建筑工程施工
禁忌系列手册

地基与基础工程施工禁忌手册

江正荣 等编著

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

建筑工程施工禁忌系列手册

- 地基与基础工程施工禁忌手册
- 钢结构工程施工禁忌手册
- 砌体与地面工程施工禁忌手册
- 防水工程施工禁忌手册
- 混凝土工程施工禁忌手册
- 装饰装修工程施工禁忌手册

ISBN 7-111-17436-4

9 787111 174363 >

定价：34.00元

- ISBN 7-111-17436-4/TU·824
- 封面设计／电脑制作：马精明

地址：北京市百万庄大街22号　邮政编码：100037
联系电话：(010) 68326294　网址：http://www.cmpbook.com
E-mail:online@cmpbook.com

建筑工程施工禁忌系列手册

地基与基础工程施工禁忌手册

江正荣　等编著

机械工业出版社

本书作为建筑工程施工规范、规程的补充，针对建筑施工的实际需要，列出施工禁忌的条目，每一个条目均包括有：现象、危害性（含特征、产生原因、应用范围、不良后果）和防治措施（含预防措施、治理方法、施工注意要点）两项内容。本册内容包括：地基处理，局部地基处理，特殊土地基处理，异常地基处理，山区地基处理，桩基工程，土方工程，基坑支护工程，降水与排水工程，浅基础工程，深基础工程，基础托换工程，建（构）筑物纠偏工程等共13章，计704个条目，基本涵盖了地基基础施工专业的各个应用领域。

本书供建筑工程施工人员阅读，建筑类大专院校师生也可用于教学参考。

图书在版编目（CIP）数据

地基与基础工程施工禁忌手册/江正荣等编著. —北京：机械工业出版社，2005.10
（建筑工程施工禁忌系列手册）
ISBN 7-111-17436-4

Ⅰ.地… Ⅱ.江… Ⅲ.①地基-工程施工-技术手册②基础（工程）-工程施工-技术手册
Ⅳ.TU47-62

中国版本图书馆CIP数据核字（2005）第109222号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
责任编辑：何文军 版式设计：冉晓华 责任校对：姚培新
封面设计：马精明 责任印制：洪汉军
北京京丰印刷厂印刷
2006年1月第1版·第1次印刷
1000mm×1400mm B5·12印张·467千字
0 001—4 000册
定价：34.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68326294
封面无防伪标均为盗版

前　言

地基与基础工程是建筑施工的主导工程之一，也是建筑施工技术最为复杂、难度最大、工期最长、占投资最多的分部工程。它的施工质量的好坏，直接影响到建筑物的安危和寿命，以及施工成本和工程整体的顺利进行。近年来，随着我国经济建设的迅猛发展，城市建设日益增多，对地基与基础施工的重要性，也日益受到各方的重视和关注，要求必须科学地进行施工，制订有效的保证质量和安全措施，按工程施工质量验收规范要求认真精心进行施工，以确保优质、安全、高速、低耗、高效益地顺利完成工程施工任务。

为了适应新世纪建筑工业迅猛发展的需要和我国加入 WTO 后建筑业与国际接轨的新形势，国家近年对岩土工程勘察规范、地基基础设计规范、地基基础工程施工质量验收规范以及有关地基基础的各种规范、规程、标准进行了全面修订，并颁布执行。但是新修订的规范、规程，只提出了质量要求和检验标准，强调了质量控制，而对施工操作中常遇到的和容易出现的违规做法，作为禁忌条目，则予省略，而这对确保工程质量和施工安全，却是很重要的一个方面。为此，我们针对施工的实际需要，组织编写了建筑工程施工禁忌系列手册，期望能作为规范、规程的补充，为建筑施工人员提供方便和借鉴，对施工有所帮助和裨益。

本册内容包括：地基处理，局部地基处理，特殊土地基处理，异常地基处理，山区地基处理，桩基工程，土方工程，基坑支护工程，降水与排水工程，浅基础工程，深基础工程，基础托换工程，建（构）筑物纠偏工程等共 13 章，计 704 个条目，基本涵盖了地基基础施工专业的各个应用领域。对每一个条目均包括有：现象、危害性（含特征、产生原因、应用范围、不良后果）和防治措施（含预防措施、治理方法、施工注意要点）两项内容，使读者能全面、较快地掌握要领，得到启迪，施工中做到防微杜渐、防患于未然。同时附有质量检验标准，以便于查找应用。

本手册编写均采用我国最新颁布执行的地基基础设计规范、工程施工质量验收规范以及有关技术规程、标准。在编写中，力求做到通用面广、实用性强、工艺先进、措施有效、内容全面、系统、完整，使理论与实践相结合，基本概念清楚。在编写方式上努力做到简明扼要，通俗易懂，便于读者理解和应用。

地基与基础工程是一门技术性、实践性强、涉及的范围和专业面广、施工难度大的学科，加上我国幅员辽阔，地质、水文情况千差万别，使得这门施工技术

十分复杂。编写这样一本手册是一次新的尝试，经验缺乏，加之我们学识水平有限，书中会有不少缺点和可商榷之处，我们热忱期望广大读者在使用中，将存在的问题和意见告诉我们，以便今后补充、修正。

参加本手册编写工作的尚有（以姓氏笔画为序）：王剑杰、刘峰、江薇薇、陈伟、陈光宁、芦平、沈京、杨祥征、花爱梅、张光辉、孟庆翠、程道广、樊兆阳等同志，由江正荣统稿。

江正荣谨识

2005 年 5 月

目　录

前言

1 地基处理

1.1 灰土地基 …… 1

禁忌1　灰土松散不密实 …… 1

禁忌2　灰土表面不平整 …… 1

禁忌3　接缝错位，接槎处不密实 …… 2

禁忌4　灰土早期泡水 …… 2

禁忌5　灰土受冻胀、疏松、开裂 …… 3

禁忌6　灰土防渗层渗漏水 …… 3

附录　灰土地基质量检验标准 …… 4

1.2 砂和砂石地基 …… 4

禁忌1　用干细砂或含泥量大的砂铺设砂地基 …… 4

禁忌2　在湿陷性黄土、膨胀土地基上用水撼法铺设砂和砂石地基 …… 4

禁忌3　人工级配砂石地基不拌合均匀铺设 …… 5

禁忌4　地基底面标高不一时，不挖成阶梯或斜坡搭接，不采取先深后浅的顺序铺设 …… 5

禁忌5　局部软弱土层不处理就施工 …… 5

禁忌6　铺设的地基密实度差 …… 5

附录　砂和砂石地基质量检验标准 …… 7

1.3 碎石和矿渣地基 …… 7

禁忌1　采用没有级配的碎石和破碎矿渣不分层铺设 …… 7

禁忌2　在碎石或矿渣地基底部不设置砂框或铺一层土工织物，直接在软弱地基上铺设 …… 8

禁忌3　当遇软弱土层厚度不同时，地基搭接处不做成阶梯形或较平缓边坡 …… 9

1.4 碎砖三合土地基 …… 9

禁忌1　槽（坑）底不进行夯实处理 …… 9

禁忌2　碎砖三合土松散不密实 …… 10

禁忌3　表面不平整 …… 10

1.5 粉煤灰地基 …… 10

禁忌1　用湿排灰直接铺设粉煤灰地基 …… 10

禁忌2　在冬季0℃以下气温铺设粉煤灰地基 …… 11

禁忌3　在粉煤灰地基中埋设未经防腐处理的金属管道、构件、预埋铁件 …… 11

禁忌4　地基摊铺粉煤灰后，不当天及时压实，隔天才继续夯压实施工 …… 11

禁忌5　采用平板振捣器振实和压路机碾压时，不进行搭接施工 …… 11

禁忌6　每层铺完后不及时铺设上层，

或全部铺设完经检验合格后，不及时浇筑混凝土垫层 …… 12
附录 粉煤灰地基质量检验标准 …… 12
1.6 重锤夯实地基 …… 12
禁忌 1 夯实不按一定顺序进行，夯点布置凌乱 …… 12
禁忌 2 夯击不密实 …… 13
禁忌 3 表面高低不平 …… 14
禁忌 4 地基夯成橡皮土 …… 14
1.7 强夯地基 …… 14
禁忌 1 不详细了解现场地质状况，不进行试夯确定工艺参数就进行强夯施工 …… 15
禁忌 2 不按试夯确定的锤重、落距、夯点布置、间距、次序、夯击遍数进行强夯 …… 15
禁忌 3 在松软土表层不设垫层直接进行强夯 …… 16
禁忌 4 在地下水位较高和基土含水饱和的基土不排、降水，不采取措施进行强夯 …… 16
禁忌 5 在邻近建筑物周围进行强夯不设置隔振沟 …… 17
禁忌 6 前后两遍强夯夯击间隔时间过短或过长 …… 17
禁忌 7 不按设计或试夯确定的范围进行夯击施工 …… 17
禁忌 8 达不到下沉量控制指标 …… 17
禁忌 9 强夯影响深度不够 …… 18
禁忌 10 地面隆起和翻浆 …… 18
禁忌 11 表层松散不密实 …… 18
禁忌 12 强夯完成后不间歇一段时间进行地基强度测试 …… 19
附录 强夯地基质量检验标准 …… 19
1.8 注浆地基 …… 19
禁忌 1 在有裂隙的岩石中钻孔注浆，钻孔角度不一致 …… 19
禁忌 2 钻孔垂直度不符合要求 …… 20
禁忌 3 钻孔护壁泥浆性能指标不符合要求 …… 20
禁忌 4 采用套管护壁注浆，不用栓塞封堵套管与注浆管之间的孔隙 …… 20
禁忌 5 注浆管未达到设计深度，偏差过大 …… 20
禁忌 6 采用花管注浆时，打完花管不冲洗掉花管中的砂土即进行注浆 …… 21
禁忌 7 注浆不按先稀后浓的次序进行，而是开始时就用浓水泥浆压入 …… 21
禁忌 8 裂隙岩体注浆结束前，不将浆液中多余的水分压出 …… 21
禁忌 9 注浆出现冒浆 …… 22
禁忌 10 注浆产生串浆 …… 22
禁忌 11 注浆出现绕塞返浆 …… 22
禁忌 12 注浆出现地面抬动 …… 22
禁忌 13 注浆加固体密实性、强度不均匀 …… 23
附录 注浆地基质量检验标准 …… 23
1.9 高压喷射注浆 …… 24
禁忌 1 注浆前不进行旋喷试验确定工艺参数（旋喷速度、提升速度、喷射压力、排量、喷嘴直径等），盲目进行施工 …… 24
禁忌 2 钻孔、沉管偏斜、冒浆 …… 25
禁忌 3 旋喷高压设备布置离钻机过远 …… 25

禁忌 4 注浆浆液搅拌不均，或使用过期、受潮结块水泥拌制浆液 …… 26
禁忌 5 注浆压力上不去 …… 26
禁忌 6 注浆压力骤然上升 …… 26
禁忌 7 注浆压力时高时低，流量时大时小，钻杆旋转和提升速度不均 …… 26
禁忌 8 不冒浆或冒浆过大 …… 27
禁忌 9 固结体顶部下凹 …… 27
禁忌 10 加固体强度不均、缩颈 …… 27
禁忌 11 旋喷体强度达不到设计要求 …… 28
禁忌 12 用旋喷桩加固既有建筑物时，不用速凝浆液和不采用间隔施工 …… 28
附录 高压喷射注浆地基质量检验标准 …… 29
1.10 粉体喷射注浆 …… 29
禁忌 1 喷粉使用过期、受潮结块水泥 …… 29
禁忌 2 成孔时卡钻 …… 30
禁忌 3 喷粉不畅或堵塞 …… 30
禁忌 4 桩体出现过大偏斜，喷粉溢出地面 …… 30
禁忌 5 粉喷到桩顶后不进行复喷 …… 30
禁忌 6 土层含水量过低，仍采用喷粉成桩工艺 …… 31
禁忌 7 桩体出现疏松 …… 31
禁忌 8 桩体出现夹层、断桩 …… 31
禁忌 9 桩体空心，形成空心桩 …… 32
禁忌 10 桩体强度不均或强度不够 …… 32
1.11 预压地基 …… 32
禁忌 1 预压的顶面积小于基底面积 …… 32
禁忌 2 预压时不控制加载速率 …… 33
禁忌 3 砂井灌砂量达不到计算灌砂量值 …… 33
禁忌 4 袋装砂井预钻孔直径等于或小于袋装砂井的直径 …… 33
禁忌 5 袋装砂井装湿砂或含泥量大的砂 …… 33
禁忌 6 塑料排水带固定不牢或打设过程中，泥土进入带芯，排水通道被堵塞 …… 34
禁忌 7 竖向排水砂井不连续、不密实，或出现缩井、井阻效应 …… 35
禁忌 8 加固土层出现剪切破坏 …… 35
禁忌 9 地基顶部设置水平排水砂垫层时，混入大量泥土、杂物 …… 35
禁忌 10 真空预压地基铺设密封薄膜时，不清除排水垫层表面带棱角的石子和贝壳 …… 36
禁忌 11 密封膜的搭接长度不够，搭接粘合温度过低或过高 …… 36
禁忌 12 密封膜周边密封不严，产生漏气 …… 36
禁忌 13 真空预压时，密封膜内真空度不够 …… 37
禁忌 14 在不堵截周围渗透水层的情况下进行真空预压地基施工 …… 37
附录 预压地基和塑料排水带质量检验标准 …… 38
1.12 振冲地基 …… 38

禁忌 1 不通过试验确定密实电流、填料量和留振时间 …… 38
禁忌 2 不按施工顺序进行成桩 …… 39
禁忌 3 振冲时泥浆稠度和密度过大 …… 40
禁忌 4 振冲一次投料超量、超高 …… 40
禁忌 5 振冲达到桩底后不降低水压，减少供水量 …… 41
禁忌 6 振冲密实砂土时，注水量不足 …… 41
禁忌 7 穿过硬土层不进行扩孔或扩孔不够 …… 41
禁忌 8 在粉细砂地基采用加填料振密作业时，使用过大的水压和水量造孔 …… 41
禁忌 9 使用小功率振冲器成桩时，采用间断下料施工 …… 42
禁忌 10 施工中漏孔、漏振 …… 42
禁忌 11 桩造孔发生坍孔 …… 42
禁忌 12 桩体出现缩颈或断桩 …… 43
禁忌 13 桩底沉渣未除掉，投料不足 …… 43
禁忌 14 桩顶部位密实度不够 …… 43
禁忌 15 加固效果差，复合地基的承载力和刚度均达不到设计要求 …… 43
附录 振冲地基质量检验标准 …… 44
1.13 水泥土（深层）搅拌桩地基 …… 44
禁忌 1 不进行成桩试验，随意选用成桩工艺 …… 45
禁忌 2 下沉时抱钻 …… 46
禁忌 3 喷浆不正常 …… 46
禁忌 4 搅拌体不均匀 …… 46
禁忌 5 桩顶疏松，强度较低 …… 47
禁忌 6 桩底出现松散层，强度偏低 …… 47
禁忌 7 成桩后桩直径达不到设计要求 …… 47
禁忌 8 成桩时随意加水助沉 …… 47
禁忌 9 提升喷水泥浆时，压浆泵中断喷浆 …… 48
禁忌 10 压浆泵输浆量不正常，过多或不足 …… 48
禁忌 11 干法供气不足，管道密封性差 …… 48
禁忌 12 喷粉的提升速度与搅拌头的转速不相适应 …… 49
禁忌 13 提钻和喷粉不同步进行，或喷粉中断仍在继续搅拌成桩 …… 49
禁忌 14 含水量低的土喷粉，成桩后不洒水 …… 49
禁忌 15 桩身喷粉不均匀 …… 49
附录 水泥土（深层）搅拌桩地基质量检验标准 …… 50
1.14 土和灰土挤密桩复合地基 …… 50
禁忌 1 选用锤重、锤型和落距不当 …… 50
禁忌 2 夯实机械不水平，桩锤与桩孔不对中 …… 51
禁忌 3 桩孔未清底或存有积水 …… 51
禁忌 4 填料含水量过高或过低，拌合不均匀 …… 51
禁忌 5 灰土未拌合均匀分层倒入桩孔中 …… 51
禁忌 6 桩顶夯填高度等于或低于基础底面高度 …… 51

禁忌 7 打拔管成孔达到桩底后，不立即拔管，或拔管后立即进行桩孔填料夯实 …… 52
禁忌 8 冲击锤成孔一开始就使用高冲程操作 …… 52
禁忌 9 出现漏桩或漏填、漏夯灰土 …… 52
禁忌 10 成孔后，回填灰土速度过快或夯击数不够 …… 53
禁忌 11 桩成孔和孔内回填夯实不按施工顺序进行 …… 53
禁忌 12 桩出现缩孔或坍孔 …… 53
禁忌 13 桩出现疏松、断裂 …… 53
禁忌 14 干密度不均，密实度达不到设计要求 …… 54
附录 土和灰土挤密桩地基质量检验标准 …… 54
1.15 水泥粉煤灰碎石桩复合地基 …… 55
禁忌 1 不进行试桩确定施工程序，采用不间隔成桩 …… 55
禁忌 2 群桩顶部不设置褥垫层就浅筑基础垫层 …… 56
禁忌 3 出现缩颈、断桩 …… 56
禁忌 4 桩孔灌灰量不足 …… 56
禁忌 5 成桩偏斜，达不到设计要求深度 …… 57
禁忌 6 CFG 桩顶土方全部采用机械开挖 …… 58
附录 水泥粉煤灰碎石桩复合地基质量检验标准 …… 58
1.16 夯实水泥土桩复合地基 …… 58
禁忌 1 桩孔填混合料前不清底、不夯底 …… 59
禁忌 2 大面积成孔后，再逐根回填夯实成桩 …… 59
禁忌 3 桩身缩颈或塌孔 …… 59
禁忌 4 水泥土含水量过大或过小 …… 60
禁忌 5 桩体出现松填或松散夹层 …… 60
禁忌 6 桩体强度达不到设计要求 …… 60
禁忌 7 桩顶不设置褥垫层就直接浇筑基础 …… 61
附录 夯实水泥土桩复合地基质量检验标准 …… 61
1.17 砂和砂石桩地基 …… 61
禁忌 1 拔管速度过快 …… 62
禁忌 2 采用逐步拔管施工工艺时，边振边连续拔管 …… 62
禁忌 3 桩身缩颈 …… 62
禁忌 4 桩身出现砂石拒落 …… 63
禁忌 5 灌砂或砂石量不足 …… 63
禁忌 6 松动、隆起不进行处理 …… 64
禁忌 7 桩出现偏斜未达到要求深度 …… 64
禁忌 8 密实度达不到设计要求 …… 64
禁忌 9 采用双管锤击成桩工艺时，不按操作顺序成桩 …… 65
禁忌 10 双管锤击成桩压实时，不用贯入度法检验密实度 …… 65
附录 砂桩、砂石桩地基的质量检验标准 …… 66
1.18 土工合成材料地基 …… 66
禁忌 1 垫层铺设厚薄不均、不平整 …… 67
禁忌 2 铺设方法不良，出现过紧、褶皱、撕裂、顶破、扭曲、

重叠 …… 67
禁忌3 接缝搭接不牢，长度不足或接缝状态不良 …… 68
禁忌4 端部不锚固或锚固效果差 …… 68
附录 土工合成材料地基质量检验标准 …… 69

2 局部地基处理

2.1 松土坑、土井、砖井、废矿井 …… 70
禁忌1 地基中存在松土坑 …… 70
禁忌2 地基中存在土井、砖井 …… 71
禁忌3 地基中存在废矿井 …… 73
2.2 古墓、坑穴、 …… 74
禁忌1 地基下有古墓 …… 74
禁忌2 地基下面有坑穴 …… 75
2.3 人防通道、障碍物、管道 …… 75
禁忌1 地基下有未经处理的人防通道 …… 75
禁忌2 基础下局部有障碍物 …… 76
禁忌3 基础或地基中埋设管道不留空隙 …… 77

3 特殊土地基处理

3.1 湿陷性黄土地基 …… 78
禁忌1 地基土为湿陷性黄土不进行处理 …… 78
禁忌2 地基土局部有湿陷性黄土 …… 79
禁忌3 场地排水不畅，基坑泡水或管网渗漏水 …… 79
3.2 膨胀土地基 …… 80
禁忌1 地基土为膨胀土不进行处理 …… 80
禁忌2 地基土局部有膨胀土 …… 81
禁忌3 场地排水不畅、积水或渗透水 …… 81
禁忌4 施工程序、施工防水措施不当 …… 82
3.3 软土地基 …… 82
禁忌1 地基土为软土不进行处理 …… 82
禁忌2 地基土局部有软土 …… 83
禁忌3 基坑开挖后长期暴露 …… 83
禁忌4 基坑边坡产生滑移 …… 84
禁忌5 施工不控制建筑荷载施加顺序和速度 …… 84
3.4 盐积土地基 …… 84
禁忌1 地基土为盐渍土不进行处理 …… 85
禁忌2 不做好地基防水、防渗 …… 85
禁忌3 基础不进行防腐处理 …… 85
禁忌4 对地基不采取防盐胀措施 …… 86
禁忌5 施工中不采取减少盐渍土对地基基础的影响措施 …… 86
3.5 冻土地基 …… 87
禁忌1 基础落在冻土地基上 …… 87
禁忌2 不做好现场散水、排水、截水 …… 88
禁忌3 用冻土作回填土料 …… 88

4 异常地基处理

4.1 冲沟、落水洞、洞穴、窑洞 …… 89

禁忌 1 基础直接落在冲沟上 …… 89

禁忌 2 地基中存在落水洞 …… 89

禁忌 3 地基土层中存在洞穴 …… 89

禁忌 4 地基土层中存在废窑洞 …… 90

4.2 故河道、古湖泊 …… 91

禁忌 1 地基局部或全部为未经处理的天然故河道、古湖泊 …… 91

禁忌 2 地基部分或全部为未经处理的人工故河道、古湖泊 …… 91

4.3 滑坡与塌方 …… 92

禁忌 1 在边坡不稳定的地段设置建筑物 …… 92

禁忌 2 不做好排水系统，大量地表、地下水浸入滑坡地段 …… 92

禁忌 3 边坡坡度不够，倾角过大 …… 93

禁忌 4 开堑挖方随意切割坡脚 …… 94

禁忌 5 在斜坡体上不适当的堆土或加载 …… 95

禁忌 6 在斜坡地段挖填土不按施工程序进行 …… 96

禁忌 7 在倾斜岩层有滑动面的基础不设置锚碇 …… 96

禁忌 8 土层下有倾斜岩层不设置抗滑桩 …… 97

4.4 流砂 …… 98

禁忌 1 基坑土方开挖出现流砂 …… 98

禁忌 2 出现流砂情况下继续深挖土方 …… 99

禁忌 3 基坑开挖降低水位深度不足 …… 99

禁忌 4 采取水下挖土时，坑内水压与外部水压不相平衡或水头差太大 …… 99

5 山区地基处理

5.1 软硬地基 …… 100

禁忌 1 基础直接落在软硬不一的地基上 …… 100

禁忌 2 基础直接落在土层厚度不一，下部有倾斜较大岩层的地基上 …… 101

5.2 高差基础 …… 102

禁忌 1 基础直接落在高差较大的倾斜岩层上 …… 102

禁忌 2 基础直接落在厚度不一的土层和倾斜较大的底部基岩上 …… 103

5.3 岩溶地基 …… 104

禁忌 1 基岩下存在溶洞 …… 104

禁忌 2 在溶岩的上覆粘土层下存在土洞 …… 105

禁忌 3 基础直接落在溶沟、溶槽上 …… 106

禁忌 4 基岩表面存在石芽（石笋）、石林 …… 108

禁忌 5 在岩石地基上直接浇筑大体积混凝土基础 …… 109

6 桩基工程

6.1 混凝土预制桩 …… 110

禁忌 1 桩制作钢筋骨架的主筋离桩顶距离过近或触及桩顶 …… 110

禁忌 2 桩顶钢筋网片互相重叠或离桩顶距离过大 …… 110

禁忌 3 桩尖不对中，与桩身轴线偏差过大，导致桩身弯曲 …… 110

禁忌 4 桩堆放时，吊点和垫木、垫木和垫木不在同一垂线上 …… 111

禁忌 5 打（沉）桩时，桩身强度和自然养生时间不够 …… 111

禁忌 6 打（沉）桩时，桩帽与桩头的尺寸不相适应 …… 111

禁忌 7 打（沉）桩随意施打，不按程序进行 …… 111

禁忌 8 桩顶位移或桩身上浮、涌起 …… 113

禁忌 9 桩身出现倾斜 …… 113

禁忌 10 桩头被击碎 …… 114

禁忌 11 桩身被打断裂 …… 114

禁忌 12 接长桩接头松脱、开裂 …… 115

禁忌 13 桩急剧下沉，超过正常值 …… 115

禁忌 14 出现桩身跳动，桩锤回弹 …… 116

禁忌 15 出现桩身转动 …… 116

禁忌 16 打（沉）桩达不到设计控制要求 …… 116

禁忌 17 接桩锚筋不直、污染、锚孔内有积水、杂物和油污时就灌入胶泥接桩 …… 117

禁忌 18 植桩法钻孔过深 …… 117

禁忌 19 桩全长采用射水法沉桩 …… 117

禁忌 20 基坑开挖方法不当引起大面积群桩倾斜 …… 118

禁忌 21 打（沉）桩出现过大挤土效应 …… 118

附录 预制桩钢筋骨架质量检验标准和钢筋混凝土预制桩的质量检验标准 …… 119

6.2 静力压桩 …… 120

禁忌 1 液压缸活塞动作迟缓 …… 120

禁忌 2 压力表指示器不工作 …… 120

禁忌 3 桩压不下去 …… 120

禁忌 4 桩达不到设计标高 …… 121

禁忌 5 压桩桩架发生较大倾斜 …… 121

禁忌 6 桩身出现倾斜或位移 …… 121

禁忌 7 在桩尖接近或处在硬土层时接桩 …… 121

禁忌 8 接桩粘接不牢，接头脱开 …… 121

禁忌 9 锚杆静力压桩反力架安装不牢固，不垂直 …… 122

禁忌 10 压桩不对称进行 …… 122

禁忌 11 压桩不连续进行，间歇时间过长 …… 122

禁忌 12 封桩草率，不认真进行 …… 122

附录 静力压桩质量检验标准 …… 123

6.3 先张法预应力管桩 …… 123

禁忌 1 先打围护桩，再打工程桩 …… 124

禁忌 2 多节管桩不连续施打，一次完成 …… 124
禁忌 3 桩接头焊接质量差，松脱、开裂 …… 124
禁忌 4 桩顶出现偏位 …… 125
禁忌 5 桩身出现倾斜 …… 125
禁忌 6 桩顶碎裂、破碎 …… 126
禁忌 7 桩身断裂 …… 126
禁忌 8 沉桩达不到设计的控制要求 …… 127
附录 先张法预应力管桩质量检验标准 …… 127
6.4 钢桩 …… 128
6.4.1 钢管桩 …… 128
禁忌 1 桩水平位移、倾斜 …… 128
禁忌 2 打桩造成周围建筑物位移 …… 129
禁忌 3 钢管桩顶变形 …… 129
禁忌 4 接桩处松脱、开裂 …… 130
禁忌 5 钢管桩顶部失稳 …… 130
禁忌 6 闭口钢管桩下部断面失稳 …… 131
禁忌 7 开口桩尖被打卷曲 …… 132
禁忌 8 穿越不过或达不到硬土层 …… 132
禁忌 9 钢管桩接头焊接好后不待冷却或浇冷水冷却后，立即锤击沉桩 …… 133
禁忌 10 沉桩达不到设计要求 …… 133
6.4.2 型钢桩 …… 133
禁忌 1 运到现场的型钢桩切割及拼装后不进行检验 …… 133
禁忌 2 H 型钢桩（薄壁钢桩）接头连接时直接采用对接焊 …… 134
禁忌 3 型钢桩焊接时，不修整或割除下节桩经锤击后产生的变形区段 …… 134
禁忌 4 为使施工快速，型钢桩沉桩时不控制锤重 …… 134
禁忌 5 不清除桩位以下障碍物就进行沉桩 …… 134
禁忌 6 接桩时桩尖停留在硬土层上 …… 135
禁忌 7 型钢桩产生扭转 …… 135
禁忌 8 沉桩时贯入度突然增大、失稳 …… 135
附录 钢桩施工质量检验标准 …… 135
6.5 混凝土灌注桩 …… 137
6.5.1 泥浆护壁成孔灌注桩 …… 137
禁忌 1 不进行桩成孔试验，任意选用成孔工艺参数 …… 137
禁忌 2 桩孔洞口不埋设护筒就钻进 …… 137
禁忌 3 钢护筒内的泥浆面低于地下水位 …… 137
禁忌 4 钢护筒周围不用粘土紧密封闭 …… 138
禁忌 5 机架不平稳、钻杆不垂直、接头弯折，未纠正就钻进 …… 138
禁忌 6 在软弱土层钻进时，进尺和转速过快、泥浆密度低、停置空转时间过长 …… 138
禁忌 7 冲击钻采用高锤冲孔 …… 138
禁忌 8 孔内出现流砂 …… 139
禁忌 9 冲孔时锤被卡在孔内 …… 139
禁忌 10 冲成梅花孔 …… 139
禁忌 11 钻孔排渣不畅，泥浆密度过大 …… 140
禁忌 12 钻进时泥浆大量流失 …… 140

禁忌 13 钻进时钻头脱落 …… 140
禁忌 14 成孔时出现坍孔 …… 140
禁忌 15 钻孔出现偏移、倾斜 …… 141
禁忌 16 成孔后出现缩孔 …… 142
禁忌 17 在稳定性差的土层中，采用空气吸泥清孔 …… 142
禁忌 18 钻进中不定时检测孔深和孔径 …… 142
禁忌 19 粘性土层出现糊钻、不进尺 …… 142
禁忌 20 钢筋笼偏位、变形、上浮 …… 143
禁忌 21 钢筋脱落，不及时处理 …… 143
禁忌 22 小桩径用大导管灌注水下混凝土 …… 143
禁忌 23 导管连接不严密，出现渗漏水 …… 144
禁忌 24 灌注导管底口距桩底距离过小 …… 144
禁忌 25 用袋装砂子代替隔水栓使用 …… 144
禁忌 26 桩孔底部不清理，沉渣厚度超过规定 …… 144
禁忌 27 用混凝土泵车出料管直接与导管连接灌注混凝土 …… 145
禁忌 28 提升拆除导管时，不测量导管内外混凝土面标高 …… 145
禁忌 29 出现吊脚桩 …… 145
禁忌 30 出现断桩 …… 146
禁忌 31 混凝土灌注桩实际桩顶标高等于设计桩顶标高 …… 146
6.5.2 干作业成孔灌注桩 …… 146
禁忌 1 钻机（架）不平稳，不垂直 …… 147
禁忌 2 成孔后局部塌孔 …… 147
禁忌 3 桩孔垂直度偏差过大 …… 147
禁忌 4 钻孔时不及时清除孔口排出土 …… 148
禁忌 5 孔底虚土超标 …… 148
禁忌 6 钻进困难或无法钻进 …… 148
禁忌 7 扩底切削土体时，设备超负荷进行作业 …… 149
禁忌 8 不清底扫孔，不放护孔漏斗，就下钢筋笼 …… 149
禁忌 9 桩身混凝土质量差 …… 150
禁忌 10 桩孔形不完整 …… 150
禁忌 11 桩顶位移偏差大 …… 150
禁忌 12 钻孔扩底桩混凝土不分段分层灌注 …… 151
禁忌 13 桩身截面缺损 …… 151
6.5.3 套管护壁成孔灌注桩 …… 151
禁忌 1 沉管时预制混凝土桩尖被打入桩管 …… 151
禁忌 2 桩尖进水和泥砂 …… 153
禁忌 3 沉管内灌注混凝土前，不进行管内质量检查 …… 153
禁忌 4 拔管速度过快或过慢 …… 153
禁忌 5 沉管采用倒打拔管时，中止倒打和轻击 …… 154
禁忌 6 采用单打法拔管，先拔管后振动 …… 154
禁忌 7 复打法成桩，在混凝土初凝后进行 …… 154
禁忌 8 反插法成桩时，桩全长用一拔一插作业 …… 154
禁忌 9 桩身出现缩颈(瓶颈) …… 154
禁忌 10 出现断桩，桩身混凝土坍塌 …… 155
禁忌 11 桩管内混凝土拒落 …… 155
禁忌 12 桩身夹泥 …… 156
禁忌 13 出现桩身下沉 …… 156

禁忌 14 桩身混凝土超量 …… 157
禁忌 15 出现吊脚桩 …… 157
禁忌 16 桩达不到最终控制要求 …… 157
禁忌 17 夯压成形灌注桩，外管内不做防回淤封底处理 …… 158
禁忌 18 夯压成形灌注桩，封底后就下钢筋笼 …… 159
禁忌 19 外管拔起与内管夯压不同步进行 …… 159
6.5.4 爆扩成孔灌注桩 …… 159
禁忌 1 桩孔出现偏斜或倾斜 …… 159
禁忌 2 出现拒爆（瞎炮） …… 159
禁忌 3 混凝土拒落(卡脖子) …… 160
禁忌 4 出现缩颈（淤孔） …… 160
禁忌 5 出现偏头 …… 161
禁忌 6 桩孔回落土多 …… 161
禁忌 7 出现浮爆 …… 161
禁忌 8 用非爆破工进行爆扩施工 …… 162
禁忌 9 在含水量大的土层中爆扩，药包不作防水处理 …… 162
禁忌 10 不在同一标高的相邻桩扩大头，不按程序施爆 …… 162
6.5.5 人工挖孔灌注桩 …… 162
禁忌 1 人工挖孔时，井口不设护圈 …… 162
禁忌 2 在软弱土层挖桩孔，不设混凝土护壁 …… 163
禁忌 3 挖孔遇坚硬土层，采用爆破方法松碎 …… 163
禁忌 4 出现塌孔 …… 163
禁忌 5 挖孔出现井涌(流泥、流砂) …… 164
禁忌 6 井孔内大量涌水、出现淹井 …… 164
禁忌 7 井孔护壁出现裂缝 …… 164
禁忌 8 出现截面大小不一或扭曲 …… 165
禁忌 9 桩混凝土超量 …… 165
禁忌 10 挖孔与护壁不连续施工，间歇时间过长 …… 165
禁忌 11 桩孔倾斜、桩顶位移偏差大 …… 165
禁忌 12 吊放钢筋笼与浇筑混凝土不当 …… 166
禁忌 13 不用溜槽、导管、串筒灌注和插入式振捣器振捣桩身混凝土 …… 166
禁忌 14 开挖深桩孔，无应急安全设施 …… 166
禁忌 15 桩端持力层达不到设计要求 …… 167
附录 混凝土灌注桩的平面位置和垂直度及钢筋笼质量检验标准，以及混凝土灌注桩质量检验标准 …… 167

7 土方工程

7.1 场地平整挖填土方 …… 170
禁忌 1 挖方边坡塌方 …… 170
禁忌 2 填方边坡塌方 …… 171
禁忌 3 填方出现橡皮土 …… 171
禁忌 4 场地积水 …… 172
禁忌 5 回填土密实度达不到要求 …… 172
7.2 基坑槽土方开挖 …… 173
禁忌 1 挖方边坡塌方 …… 173
禁忌 2 边坡超挖 …… 175
禁忌 3 边坡失稳 …… 175
禁忌 4 基坑（槽）泡水 …… 176

禁忌 5 基土被扰动 …… 176
禁忌 6 基坑（槽）开挖出现流砂 …… 177
禁忌 7 在地下水位以下，不排、降水进行土方开挖 …… 177
禁忌 8 基坑开挖，不遵循“分层开挖，先撑后挖，严禁超挖”的原则 …… 178
禁忌 9 基坑底发生过大隆起变形 …… 178
禁忌 10 开挖中产生时空效应 …… 179
禁忌 11 挖方采取不分层垂直下挖 …… 179
禁忌 12 深基坑周边土方盲目超深开挖 …… 179
禁忌 13 基底标高或土质不符合要求 …… 179
禁忌 14 基坑（槽）位置、尺寸偏差过大 …… 180
禁忌 15 局部软弱土层不处理或处理不够 …… 180
禁忌 16 基坑挖到桩头后不剥除桩顶四周土方，或基坑底面以下有深坑，采取一次开挖到底部 …… 180
禁忌 17 在基坑开挖同时进行邻近工程打桩施工 …… 181
禁忌 18 基坑挖土完毕，不进行验槽就浇筑基础垫层 …… 181
附录 土方开挖工程质量检验标准 …… 183
7.3 基岩爆破开挖 …… 183
禁忌 1 遇瞎炮（拒爆） …… 183
禁忌 2 出现早爆 …… 184
禁忌 3 出现冲天炮 …… 185
禁忌 4 出现超爆 …… 185
禁忌 5 爆渣块度过大 …… 185
禁忌 6 爆面不规整 …… 186
禁忌 7 爆破振动过大 …… 187
禁忌 8 边坡失去稳定 …… 187
禁忌 9 基岩产生过大裂隙 …… 188
禁忌 10 邻近建筑物出现开裂 …… 189
7.4 土方回填压实 …… 189
禁忌 1 填方基底不处理或处理不当 …… 189
禁忌 2 回填土质不合要求，密实度差 …… 190
禁忌 3 采用不同透水性土混杂回填 …… 190
禁忌 4 回填土料不控制含水量 …… 191
禁忌 5 用水沉法回填土方 …… 191
禁忌 6 填土不分层回填压夯实 …… 192
禁忌 7 机械压实一开始就用重型机械碾压 …… 192
禁忌 8 基坑(槽)回填土沉陷 …… 193
禁忌 9 房心回填土下沉 …… 193
禁忌 10 回填土渗漏水引起地基下沉 …… 194
禁忌 11 基础墙体被挤压变形、开裂 …… 194
禁忌 12 基础完成后地基变形加大 …… 195
附录 填土工程质量检验标准 …… 195

8 基坑支护工程

8.1 浅基坑、槽（管沟）支撑（护） …… 196
禁忌 1 支撑（护）形式、方法不当 …… 196

禁忌 2 基坑、槽先挖土后支撑 …… 198
禁忌 3 坑（槽）壁出现流砂、涌泥 …… 198
禁忌 4 拆除支撑采取由上而下的程序进行 …… 199
8.2 深基坑支护 …… 199
8.2.1 排桩墙支护 …… 199
禁忌 1 悬臂式排桩、地下连续墙支护嵌固深度不足，桩断裂 …… 199
禁忌 2 悬臂式排桩出现较大位移，桩上部折断 …… 199
禁忌 3 在软土地基连续墙支护整体滑移，坑底隆起 …… 200
禁忌 4 软土地基打桩引起支护桩倾斜 …… 200
禁忌 5 基坑失稳破坏 …… 200
禁忌 6 排桩墙、连续墙渗水或漏水 …… 201
禁忌 7 出现流砂和管涌 …… 201
禁忌 8 边坡局部或大面积塌方 …… 202
8.2.2 排桩墙土层锚杆支护 …… 202
禁忌 1 锚杆被拔出，桩折断，排桩倒塌 …… 202
禁忌 2 锚杆不起作用，桩折断，支护结构倒塌 …… 204
禁忌 3 锚杆倾角过小，锚固力不够 …… 204
禁忌 4 锚具夹片滑脱，不起锚固作用 …… 204
禁忌 5 锚杆与地下墙预留孔出现漏水、涌砂 …… 205
禁忌 6 未清孔即穿放锚杆钢筋 …… 205
禁忌 7 锚杆孔清孔采用泥浆作冲洗液 …… 205
禁忌 8 锚杆孔孔径和孔壁顺直不符合设计要求 …… 206
禁忌 9 小直径锚杆的埋设，采用先插钢筋锚杆后灌浆的方法 …… 206
禁忌 10 锚杆的非锚固段不作防腐和隔离处理 …… 206
附录 锚杆及土钉墙支护工程质量检验标准 …… 207
8.2.3 钢板桩支护 …… 207
禁忌 1 大于 10m 长钢板桩采用单桩打入法打设 …… 207
禁忌 2 钢板桩接长，接头位于同一标高上 …… 207
禁忌 3 钢板桩的转角和封闭桩不按实际尺寸测量加工 …… 208
禁忌 4 钢板桩出现倾斜 …… 208
禁忌 5 钢板桩出现扭转 …… 209
禁忌 6 钢板桩出现共连 …… 209
禁忌 7 钢板桩出现水平伸长 …… 210
禁忌 8 钢板桩支护出现渗漏 …… 210
禁忌 9 基坑底隆起，地面下沉 …… 211
禁忌 10 拔钢板桩时，采取依次连续抽拔 …… 211
禁忌 11 钢板桩拔完后，不及时填实桩孔 …… 211
附录 重复使用的钢板桩质量检验标准 …… 212
8.2.4 钢与混凝土支撑系统 …… 212
禁忌 1 排桩墙与围檩、支撑不顶紧，存在间隙 …… 212
禁忌 2 钢支撑出现失稳 …… 212

禁忌3 钢支撑布置不合理，受力不均 …… 212
禁忌4 角撑不及时支撑 …… 213
禁忌5 钢支撑不安装在同一水平面上 …… 214
禁忌6 支撑立柱偏位过大或下沉 …… 214
禁忌7 钢管支撑弯曲破坏 …… 215
禁忌8 钢筋混凝土支撑破坏 …… 215
禁忌9 拆除混凝土支撑时，不先换撑 …… 215
附录 钢及混凝土支撑系统工程质量检验标准 …… 216
8.2.5 水泥土桩墙支护 …… 216
禁忌1 水泥土桩墙作截水帷幕时，先施工挡土灌注桩，后施工水泥土桩 …… 216
禁忌2 水泥土桩帷幕施工，时打时停不连续作业 …… 216
禁忌3 水泥土桩之间不搭接或搭接长度不够 …… 217
禁忌4 水泥土桩墙嵌固深度不足 …… 217
禁忌5 水泥土桩墙出现倾斜、位移 …… 217
禁忌6 水泥土桩墙施工质量低劣 …… 218
禁忌7 水泥土桩墙连续施工时，对周围环境不进行监测 …… 219
8.2.6 土钉墙支护 …… 219
禁忌1 土钉墙施工中，不控制土方开挖的每步层高和开挖段长度，不合理安排作业顺序 …… 219
禁忌2 在土钉墙施工中，边壁裸露土体发生坍塌 …… 220
禁忌3 土钉墙支护施工不做好排水系统 …… 221
禁忌4 邻近建筑物出现滑坡坍塌 …… 221
8.2.7 逆作拱墙支护 …… 222
禁忌1 逆作拱墙不闭合成拱形 …… 222
禁忌2 逆作拱墙与坑壁之间存在间隙 …… 222
禁忌3 逆作拱墙不分道、不连续施工 …… 222
禁忌4 逆作拱墙底部出现流砂、涌泥 …… 223
禁忌5 坑底土出现隆起 …… 223
8.2.8 截水帷幕支护 …… 223
禁忌1 注浆桩帷幕渗漏水 …… 223
禁忌2 灌注排桩与高压喷射注浆桩结合不良 …… 223
禁忌3 深层搅拌桩截水帷幕深度不足 …… 224
禁忌4 灌注排桩之间不设置截水帷幕 …… 224
禁忌5 水泥土深层搅拌桩质量差，不起截水帷幕作用 …… 225

9 降水与排水工程

9.1 基坑降水 …… 226
9.1.1 轻型井点降水 …… 227
禁忌1 真空度失常 …… 227
禁忌2 抽出水较混浊 …… 227
禁忌3 井点降水局部出现异常 …… 227
禁忌4 井点使用后中途停泵，间歇时间过长 …… 228

禁忌 5 出现死井 …… 228
9.1.2 喷射井点降水 …… 228
禁忌 1 扬水器失效 …… 228
禁忌 2 真空管内无真空 …… 229
禁忌 3 井点出现堵塞 …… 229
禁忌 4 井点出现倒灌水（倒流） …… 230
禁忌 5 工作水压力升不高 …… 231
禁忌 6 井点回水连接短管爆裂 …… 231
禁忌 7 循环水池水位不断下降 …… 231
9.1.3 电渗井点降水 …… 232
禁忌 1 电渗效果差 …… 232
禁忌 2 电能消耗过大，效果差 …… 232
禁忌 3 电极间出现短路 …… 233
9.1.4 深井（管井）井点降水 …… 233
禁忌 1 出现塌孔 …… 233
禁忌 2 井点出水不畅 …… 233
禁忌 3 基坑地下水降不下去 …… 234
禁忌 4 基坑地下水位降深不足或降水速度太慢 …… 234
9.1.5 回灌井点 …… 235
禁忌 1 降水影响邻近建筑物稳定 …… 235
禁忌 2 回灌井点距降水井点过近 …… 236
禁忌 3 回灌井点与降水井点不同步进行 …… 237
禁忌 4 回灌水不稳定 …… 237
9.2 场地、基坑排水 …… 237
禁忌 1 排水沟位置设置不当 …… 237
禁忌 2 明沟排水不畅 …… 238
禁忌 3 集水井排水不畅或失效 …… 239
禁忌 4 场地、基坑浸水 …… 239
附录 降水与排水施工质量检验标准 …… 240

10 浅基础工程

10.1 浅层砖、石、混凝土基础 …… 241
10.1.1 砖基础 …… 241
禁忌 1 基础轴线位移 …… 241
禁忌 2 基础不使用皮数杆挂线砌筑 …… 241
禁忌 3 基础顶面标高不一致 …… 242
禁忌 4 砌体组砌混乱 …… 242
禁忌 5 基础防潮层失效 …… 243
禁忌 6 冬季施工砌筑砂浆受冻 …… 243
10.1.2 毛石和毛料石基础 …… 243
禁忌 1 基础位置、尺寸偏差过大 …… 243
禁忌 2 基础标高偏差过大 …… 244
禁忌 3 毛石基础根部不实 …… 244
禁忌 4 基础组砌形式不良 …… 245
禁忌 5 基础砌体出现通缝 …… 245
禁忌 6 基础出现里外二层皮 …… 246
禁忌 7 砌面凹凸不平 …… 247
禁忌 8 砌体粘结不牢 …… 247
禁忌 9 基础大方脚收台下层不压砌 …… 247
禁忌 10 毛石基础不挂线、分层砌筑 …… 248

禁忌 11 用先铺石后冲浆方法砌筑 …… 248
禁忌 12 在基础转角或与纵横墙的交接处留槎，或接槎做成直槎或斜槎 …… 248
10.1.3 混凝土基础和毛石混凝土基础 …… 248
禁忌 1 出现蜂窝 …… 248
禁忌 2 出现孔洞 …… 249
禁忌 3 表面缺棱掉角 …… 249
禁忌 4 出现塑性收缩裂缝 …… 250
禁忌 5 出现沉降收缩裂缝 …… 250
禁忌 6 基础混凝土强度不够，均质性差 …… 251
禁忌 7 锥形基础台阶斜坡较陡时，不支模浇筑 …… 251
禁忌 8 台阶式基础浇筑、根部出现烂脖子 …… 251
禁忌 9 毛石混凝土基础浇筑不逐层铺砌毛石、底层和土层不用混凝土打底和覆盖 …… 252
禁忌 10 毛石混凝土基础中毛石不均匀排列，不留间隙，掺毛石超量 …… 252
附录 砖石、混凝土（毛石混凝土）基础尺寸、位置允许偏差及检验方法 …… 253
10.2 高层建筑筏形基础 …… 253
禁忌 1 基坑开挖扰动基土或超挖 …… 253
禁忌 2 坑底出现弹性效应 …… 254
禁忌 3 后浇缝带留设位置、形式不合理 …… 254
禁忌 4 厚大筏形基础上层钢筋网片不设支架固定 …… 256
禁忌 5 底板混凝土浇筑不分段、分层进行 …… 256
禁忌 6 基础浇筑混凝土不进行泌水处理 …… 257
禁忌 7 大体积筏形基础不进行保湿、保温养护 …… 258
禁忌 8 基础出现较严重表面缺陷 …… 259
禁忌 9 基础出现缝隙、夹层 …… 260
禁忌 10 基础表面不平整 …… 260
禁忌 11 基础混凝土匀质性差，强度达不到设计要求 …… 261
禁忌 12 表面出现干缩裂缝 …… 262
禁忌 13 基础出现深进或贯穿性温度收缩裂缝 …… 262
10.3 大型设备基础 …… 263
禁忌 1 设备基础与邻近柱基相碰不进行分隔处理 …… 263
禁忌 2 设备基础受岩石地基强约束时，不进行隔离处理 …… 264
禁忌 3 软弱地基换填垫层采用混凝土 …… 264
禁忌 4 较大直径地脚螺栓埋设，不设固定架固定 …… 265
禁忌 5 设备基础中预埋管线不采取防下沉措施 …… 269
禁忌 6 采用高水化热水泥浇筑大体积混凝土 …… 270
禁忌 7 夏季浇筑混凝土不采取降低浇灌入模温度措施 …… 270
禁忌 8 基础混凝土浇筑不进行测温和控制内外温差 …… 270
禁忌 9 基础出现大面积渗漏水 …… 271
禁忌 10 预埋地脚螺栓出现过大偏差 …… 271
禁忌 11 基础预埋铁件出现

空鼓 …… 275
禁忌 12 施工缝位置留设不当 …… 275
禁忌 13 基础出现温度裂缝 …… 277
附录 设备基础尺寸、位置允许偏差及检验方法 …… 278

11 深基础工程

11.1 地下连续墙 …… 280
11.1.1 挖槽施工（槽段开挖） …… 280
禁忌 1 出现粘土糊钻（抱钻） …… 280
禁忌 2 出现钻机卡槽（卡钻） …… 280
禁忌 3 出现架钻 …… 281
禁忌 4 槽壁出现漏浆或渗漏 …… 281
禁忌 5 导墙破坏或变形 …… 282
禁忌 6 出现槽壁塌坍（塌孔） …… 282
禁忌 7 槽孔出现偏斜（歪曲） …… 283
禁忌 8 槽底沉碴厚度超标 …… 283
禁忌 9 钻具或金属构件掉落槽孔内 …… 284
11.1.2 钢筋笼制作与吊放 …… 284
禁忌 1 钢筋笼尺寸不准或变形 …… 284
禁忌 2 钢筋笼难以放入槽孔内 …… 285
禁忌 3 钢筋笼出现上浮 …… 285
11.1.3 混凝土浇筑与拔锁头管 …… 286
禁忌 1 导管插入深度、间距过大 …… 286
禁忌 2 导管浇注混凝土提升过快或过晚 …… 286
禁忌 3 导管浇注混凝土随浇随停，间歇时间过长 …… 286
禁忌 4 导管内进泥 …… 287
禁忌 5 导管内卡混凝土 …… 287
禁忌 6 导管被栓塞卡住 …… 288
禁忌 7 导管栓塞掉下（脱塞） …… 288
禁忌 8 导管埋入混凝土槽段内拔不出 …… 288
禁忌 9 接头锁头管拔不出来 …… 289
禁忌 10 接头混凝土塌坍 …… 289
禁忌 11 混凝土浇筑发生绕流 …… 290
11.1.4 墙体缺陷 …… 290
禁忌 1 墙顶部混凝土浇筑高度不够 …… 290
禁忌 2 墙体出现夹层 …… 291
禁忌 3 墙体出现酥松、混凝土强度达不到要求 …… 291
禁忌 4 槽段接头渗漏水 …… 292
附录 地下连续墙质量检验标准 …… 292
11.2 深地下结构逆作法施工 …… 293
禁忌 1 逆作中间支承柱采用泥浆护壁钻孔灌注桩时，钢管（或 H 型钢）与下部灌注桩结合不良，钢管定位偏差大，钢管壁与孔壁间不采用自凝泥浆 …… 294
禁忌 2 土方开挖采取先周边后中间方式 …… 295

禁忌 3 地下作业用电和照明采用单行线路 …… 295
禁忌 4 逆作每层地下室采取先挖土后施工水平框架支撑 …… 295
禁忌 5 地下室柱、梁、板、墙支模，模板支撑（承）处不进行加固处理 …… 296
禁忌 6 随意浇筑柱、墙施工缝的接头混凝土 …… 297
禁忌 7 地上结构施工层数超过地下围护墙和中间支承柱的承载力 …… 298
禁忌 8 中间支承柱与底板连接时，采用焊接止水钢板 …… 298
禁忌 9 采用土模浇筑梁、板时，土模表面隔离剂涂刷不均或失效 …… 298
禁忌 10 墙与楼板、柱与梁节点连接不牢固 …… 299
11.3 沉井 …… 300
11.3.1 沉井制作 …… 300
禁忌 1 沉井在较软弱土地基上制作，不进行处理 …… 300
禁忌 2 井筒外壁制作粗糙、鼓胀 …… 302
禁忌 3 井筒出现裂缝 …… 302
禁忌 4 井筒出现歪斜 …… 303
11.3.2 沉井下沉 …… 304
禁忌 1 不做好细致地质勘察，清除地下障碍物 …… 304
禁忌 2 拆除刃脚垫架、排架，不分区、分组、依次、对称、同步进行 …… 304
禁忌 3 沉井井壁未达到强度就抽除垫木，拆除垫架（排架） …… 305
禁忌 4 井壁孔洞不作封闭处理或随意封堵 …… 305
禁忌 5 沉井下沉不作下沉验算 …… 306
禁忌 6 沉井采取分节制作下沉时，首节制作高度过高 …… 308
禁忌 7 沉井下沉盲目挖土，不按分段、对称、削薄土垅的方法进行 …… 308
禁忌 8 出现沉井下沉过快 …… 309
禁忌 9 出现沉井下沉过于缓慢 …… 309
禁忌 10 出现瞬间突沉 …… 310
禁忌 11 沉井下沉被搁置 …… 311
禁忌 12 沉井下沉被悬挂 …… 311
禁忌 13 沉井筒体下沉出现较大倾斜 …… 312
禁忌 14 沉井筒体下沉出现较大位移或扭位 …… 312
禁忌 15 沉井下沉遇坚硬土层仍用常规方法挖土 …… 313
禁忌 16 沉井下沉遇流砂仍采取从中间向周边挖土 …… 313
禁忌 17 出现邻近建筑物下沉 …… 313
禁忌 18 沉井下沉筒身出现裂缝 …… 314
禁忌 19 沉井排水下沉，水泵设在井外坑底或井内开挖面 …… 314
禁忌 20 沉井降水下沉，井点选用不当 …… 315
禁忌 21 采取不排水下沉时，井内水位低于井外水位 …… 316
禁忌 22 采用空气吸泥下沉时，不定时测定排出泥浆的密度和井内各部位的开挖深度 …… 317
禁忌 23 采用抓斗水中抓土下沉时，

锅底深度过低于刃脚底面和井外土体 …… 318
禁忌 24 采用射水助沉时，不控制射水压力 …… 319
禁忌 25 采用触变泥浆助沉时、将刃脚底面掏空 …… 319
禁忌 26 沉井挖土下沉，不设测量控制标志，不随下沉随纠偏 …… 320
禁忌 27 采用射水法纠偏，射水孔不进行回填 …… 320
禁忌 28 沉井沉至离设计标高 20cm 时，不停止挖土 …… 320
禁忌 29 沉井接高，下节混凝土强度未达到要求，就开始浇筑上节混凝土 …… 321
禁忌 30 在首节未完成纠偏的情况下，进行第二节接高 …… 322
禁忌 31 沉井模板接高的轴线与下节沉井不重合、不平行 …… 322
禁忌 32 沉井接高不处理下节井圈上表面混凝土软弱层 …… 322
11.3.3 沉井封底 …… 323
禁忌 1 沉井下沉未稳定，就开始封底 …… 323
禁忌 2 沉井出现超沉或欠沉 …… 323
禁忌 3 沉井落在倾斜岩层上不处理 …… 323
禁忌 4 出现沉井失稳 …… 324
禁忌 5 出现沉井上浮 …… 324
禁忌 6 封底出现渗漏水 …… 325
禁忌 7 封底出现泥浆夹层 …… 326
禁忌 8 封底混凝土不密实 …… 327
禁忌 9 干封底不认真做好排水系统构造 …… 327
禁忌 10 封底混凝土垫层不连续浇筑 …… 328
禁忌 11 封底、底板混凝土没有达到要求设计强度等级，就停止降水和封堵集水井 …… 328
禁忌 12 不排水封底、沉井内水位低于井外地下水位 …… 328
禁忌 13 水下浇筑封底混凝土，各导管的有效作用半径不能互相搭接 …… 328
禁忌 14 水下浇筑封底混凝土，导管内进泥水 …… 329
禁忌 15 水下浇筑混凝土，导管拔不出 …… 329
禁忌 16 水下浇筑混凝土与沉井接触面不清理 …… 330
附录 沉井质量检验标准 …… 330

12 基础托换工程

12.1 坑式托换 …… 332
禁忌 1 在不降低地下水位情况下进行托换 …… 332
禁忌 2 不分段、间隔进行托换 …… 332
禁忌 3 基础加固托换，时干时停，间歇时间过长 …… 333
禁忌 4 不加支撑对柱进行全截面托换 …… 334
禁忌 5 坑式托换在基础下及侧面挖坑不加支撑，或不随挖随撑 …… 334
禁忌 6 坑式托换浇筑混凝土一次浇筑到基础底面 …… 335
禁忌 7 托换基础不进行验槽，落在

较软弱地基上 …… 335
12.2 桩式托换 …… 335
禁忌 1 在被托换基础下挖掘导坑、竖坑，对坑壁不进行适当支撑 …… 336
禁忌 2 挖掘导坑、竖坑进行静压桩托换，不排水施工 …… 336
禁忌 3 被托换基础底面不处理，就进行桩与基础连接作业 …… 336
禁忌 4 压桩不连续进行，间歇时间过长 …… 336
禁忌 5 采用锚杆静压桩托换时，基础上的压桩孔凿成上下一样大小的方形孔 …… 336
禁忌 6 埋设锚杆不清理锚固孔，锚杆不校直 …… 337
禁忌 7 压桩千斤顶与桩段中心不重合 …… 337
禁忌 8 压桩力未达到设计要求就停止压桩 …… 337
禁忌 9 压桩接桩时不清理锚孔，不校直锚筋 …… 337
禁忌 10 压桩装置不进行校验就压桩 …… 338
禁忌 11 压桩不对称进行 …… 338
禁忌 12 压桩孔和桩头表面不清理、不凿毛，就进行桩头连接固定 …… 339
禁忌 13 当要求对桩施加预压应力时，采取先拆除静压桩装置，后封桩孔 …… 339
禁忌 14 当采用灌注桩托换，不在基础两侧对称、同步进行 …… …… 339
禁忌 15 树根桩托换，钻机不作水平、对中校正 …… 340
禁忌 16 树根桩托换设计为端承桩时，不下套管进行成孔 …… 340
禁忌 17 树根桩托换设计为摩擦桩时，不管土质好坏，均采用自成泥浆护壁成孔 …… 340
禁忌 18 树根桩沉放钢筋笼分节过多，焊接时间过长 …… 340
禁忌 19 钢筋笼一次不能下到设计深度时，采取提出强行插入 …… 341
禁忌 20 树根桩托换桩顶钢筋不与被托换基础主筋焊牢 …… 341
禁忌 21 套管成孔树根桩采取先拔管，后注浆的作业方法 …… 341
禁忌 22 注浆管过短，一、二次注浆管均未插到孔底 …… 341
禁忌 23 树根桩孔内填入碎石不计量 …… 341
禁忌 24 在软弱土层和砂土层中成桩，不采用间隔作业 …… 342
禁忌 25 树根桩注浆采用大流量快速、一次注浆作业 …… 342
禁忌 26 树根桩钻孔至桩底后，就提钻、移机 …… 343
禁忌 27 用于防渗堵漏的树根桩浆液中不掺加外掺剂 …… 343
12.3 注浆托换 …… 343
禁忌 1 注浆孔布置不合理，深度、广度不够 …… 343
禁忌 2 注浆出现漏浆 …… 344
禁忌 3 建筑物地面被抬起 …… 344
禁忌 4 注浆体强度达不到设计要求 …… 345
禁忌 5 注浆托换浸湿区连成一片 …… 345
12.4 支承式托换 …… 345
禁忌 1 两侧支承托换桩出现

不均匀沉降 …… 345
禁忌 2 支承梁挠度过大 …… 347
禁忌 3 支承托换不进行分段、间隔施工 …… 347
禁忌 4 新浇支承托梁和基础不与原墙、柱紧密结合 …… 347
12.5 特殊托换 …… 347

13 建(构)筑物(基础)纠偏工程

13.1 迫降纠偏 …… 349
13.1.1 掏土纠偏法 …… 349
禁忌 1 掏土不分次、缓慢、对称、有序进行 …… 349
禁忌 2 掏土速度过快或过度掏土 …… 349
禁忌 3 掏土产生突沉 …… 350
禁忌 4 纠偏出现反倾、过倾 …… 350
禁忌 5 不进行地基沉降和建（构）筑物倾斜度观测 …… 351
13.1.2 压桩（顶桩）纠偏 …… 352
禁忌 1 压桩加荷不同步、对称进行 …… 352
禁忌 2 加荷速率太大、太快 …… 353
禁忌 3 静压桩纠偏不与原基础进行锚固 …… 353
禁忌 4 纠偏掏土侧不设保护桩 …… 353
13.1.3 浸水与降水纠偏 …… 353
禁忌 1 不控制浸水与降水速率 …… 354
禁忌 2 浸水纠偏注水流入倾斜一侧地基中 …… 354
禁忌 3 不进行现场注水试验确定有关参数，盲目纠偏 …… 354
禁忌 4 在浸水、降水纠偏过程中，不进行监测 …… 354
禁忌 5 浸水法用于非湿陷性土层中，降水法用于湿陷性土层中 …… 354
禁忌 6 降水区不对称、同步进行 …… 355
禁忌 7 降水纠偏引起邻近建筑物下沉 …… 355
13.2 顶升纠偏 …… 355
禁忌 1 顶升纠偏不经试顶升 …… 355
禁忌 2 顶升前不制订纠偏方案 …… 356
禁忌 3 顶升前不加固支顶原有建筑物、不设置顶升框梁 …… 356
禁忌 4 顶升前后不进行沉降观测 …… 356
禁忌 5 顶升不同步，不及时将受力连接部位垫牢 …… 357
参考文献 …… 358

1 地基处理

地基处理是利用人工置换、夯实、注浆、预压、排水和加筋等方法、手段，对软弱地基土进行改造和加固，用以提高软弱土地基的强度和稳定性，降低地基的压缩性，减少沉降和不均匀沉降，防止地震时地基土的振动液化，消除区域性土的湿陷性、膨胀性和冻胀性。地基处理方法多种多样，工程上常用的主要有：换土垫层处理、夯实处理、化学加固处理、排水固结处理、深层密实处理以及加筋处理等。

1.1 灰土地基

灰土地基是将基础底面下要求范围内的软弱土层挖去，用一定比例的石灰与土在最优含水量情况下，充分拌合，分层回填夯实或压实而成，使成为具有一定强度，水稳性和抗渗性的地基。

禁忌 1 灰土松散不密实

现象、危害性 灰土松散、密实性差。产生原因：土料不合要求：石灰质量差、含氧化钙低、使用未消解；灰土铺填后未及时夯打，未按分层厚度铺设，虚铺厚度超过夯实机具的有效影响深度。造成灰土地基承载力，稳定性、抗渗性降低。

防治措施 选用合格的土料并过筛；石灰选用Ⅲ级以上新鲜块石灰，并消化过筛；在场地或槽壁上标出每层铺设厚度，按要求铺设，分层及时夯打，至密实为止。

禁忌 2 灰土表面不平整

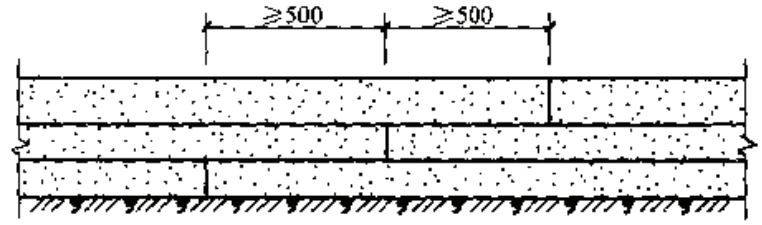
现象、危害性 灰土地基表面松散不平整。原因是灰土材料拌合不均匀；夯实完，未进行最后一遍整平夯实工序。造成灰土地基表层强度降低，与上部结构结合不良。

防治措施 灰土地基表面应严格控制标高和平整度，最后满夯一遍；对已出现高差、凹凸不平部位，应修平、补填灰土，并夯实。

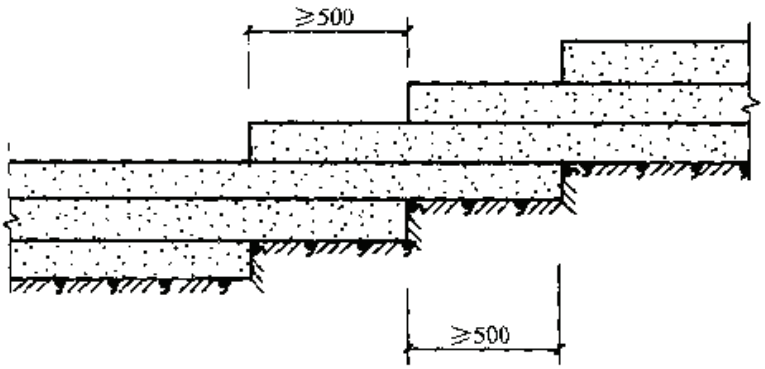
禁忌 3　接缝错位，接槎处不密实

现象、危害性　接槎位置不正确，接槎处灰土松散不密实。产生原因：未分层留槎，位置未按规范要求；上下两层接槎未错开 500mm 以上，并作成直槎；接槎处铺设夯打未超过一定距离，再挖去。导致接槎处强度降低，出现不均匀沉降，使上部建筑开裂。

防治措施　接槎位置应按规范规定位置留设；分段施工时，不得留在墙角、桩基及承重窗间墙下接缝，上下两层的接缝距离不得小于 500mm，接缝处应夯压密实，并作成直槎；当灰土地基高度不同时，应作成阶梯形，每阶宽不少于 500mm（图 1-1）；同时注意接槎质量，每层虚土应从留缝处往前延伸 500mm，夯实时应夯过接缝 300mm 以上；接缝时，用铁锹在留缝处垂直切齐，再铺下段夯实。



a)



b)

图 1-1　灰土地基接槎方法

a）分层平接法　b）阶梯式接槎方法

禁忌 4　灰土早期泡水

现象、危害性　灰土铺后或夯打完后不久，遭受雨淋或被水浸泡。主要雨天未及时进行基础施工与基坑回填，或在灰土表面作临时性覆盖；在地下水位以下做灰土时，排水或降低地下水位的措施不当，造成灰土地基浸泡，疏松，强度、

抗渗性下降。

防治措施

1）灰土地基打完后，应及时进行基础施工和基坑（槽）回填，或在表面作临时性覆盖，防止日晒雨淋。

2）在地下水位以下的基坑（槽）内施工时，应采取排水措施。夯实后的灰土 3d 内不得受水浸泡。

3）雨季施工时，应采取适当防雨，排水措施，以保证灰土基坑（槽）在无积水的状态下进行。

4）尚未夯实或刚夯打完的灰土，如遭受雨淋浸泡，则应将积水和松软灰土除去，并补填夯实。稍受浸湿的灰土，可在晾干后再夯打密实。

禁忌 5 灰土受冻胀、疏松、开裂

现象、危害性 灰土早期受冻胀，成片疏松、开裂、脱落。主要原因是冬季在受冻的基层上铺灰土或土料中夹有冻块，或夯完后未进行覆盖保温，使灰土受冻胀、鼓裂、疏松，灰土间粘结力降低。造成灰土强度、整体性、抗渗性降低。

防治措施 灰土冬季低温下施工应在基层不冻的状态下进行，土料应覆盖保温，冻土及夹有冻块的土料不得使用；已熟化的石灰应在次日用完，以充分利用石灰熟化时的热量；当日拌合的灰土应当日铺填夯完，表面应用塑料薄膜和草垫覆盖严密保温，以防灰土地基早期受冻降低强度。已受冻胀、松软的灰土应除去或补填夯打密实。

禁忌 6 灰土防渗层渗漏水

现象、危害性 灰土防渗层局部或接缝处出现渗漏水。产生原因是灰土未严格认真分层铺填夯打密实；接缝处理马虎，造成灰土局部不密实，接缝处渗漏水，影响防水效果和耐火性。

防治措施 灰土铺填应严格认真分层回填，并夯打密实；对作结构辅助防渗层的灰土层应将水位以下结构包围封闭，采用分层错缝搭接，接缝表面打毛，并适当洒水润湿，使紧密结合不渗水（图 1-2）。水平接缝除上下相邻两层互相错开 500mm 外，同时

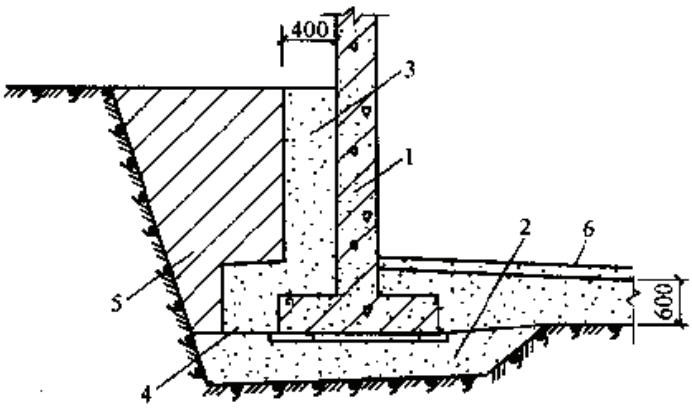


图 1-2 水池壁、池底灰土防渗层接缝处理

1—池壁 2—第一次施工灰土 3—第二次施工灰土 4—接缝面 5—素土夯实 6—水池底板

接缝处，每层虚土均从留缝处往前延伸500mm，接缝时将其挖除，再新铺灰土夯实。立面灰土先支侧模打好灰土再回填外侧土方。

附录　灰土地基质量检验标准（表1-1）

表1-1　灰土地基质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	地基承载力	设计要求		按规定方法
	2	配合比	设计要求		按拌和时的体积比
	3	压实系数	设计要求		现场实测
一般项目	1	石灰粒径	mm	≤5	筛分法
	2	土料有机质含量	%	≤5	试验室焙烧法
	3	土颗粒粒径	mm	≤15	筛分法
	4	含水量(与要求的最优含水量比较)	%	±2	烘干法
	5	分层厚度偏差(与设计要求比较)	mm	±50	水准仪

1.2　砂和砂石地基

砂和砂石地基系采用砂或砂砾石（碎石）混合物，经分层夯（压）实，作为地基的持力层，提高基础下部地基强度，并通过此层的压力扩散作用，减少变形量，同时此层可起排水作用，下层地基土中孔隙水可通此层快速排出，能加速下部土层的沉降和固结。

禁忌1　用干细砂或含泥量大的砂铺设砂地基

现象、危害性　干细砂含水量低，孔隙率大，难以振捣，压夯实；含泥量大的砂铺设砂地基，阻塞排水通道，不利于下层地基孔隙水排出，两者都造成地基承载力降低，变形大。

防治措施　砂地基宜用颗粒级配良好，质地坚硬的中砂或粗砂。当用细砂应掺加25%～30%的粒径20～50mm的卵石（或碎石），但要分布均匀；或掺加一定比例的中、粗砂拌均，在最优含水量下分层铺设，振捣或压、夯实；砂含泥量应小于5%，兼作排水地基时，含泥量不得超过3%。

禁忌2　在湿陷性黄土、膨胀土地基上用水撼法铺设砂和砂石地基

现象、危害性　湿陷性黄土受水浸湿后土的结构迅速破坏而发生显著附加下

沉；膨胀土具有受水浸湿后膨胀，失水后收缩的特性。在这类地基上采用水撼法铺设砂和砂石地基，使地基大量泡水，对前者将产生大量不均匀沉陷，使地基遭受破坏；对后者将反复产生不均匀的升降，同样使地基遭受破坏，产生严重的后果。

防治措施 应防止在湿陷性黄土地基和膨胀土地基上用水撼法施工砂和砂石地基。

禁忌 3 人工级配砂石地基不拌合均匀铺设

现象、危害性 人工级配砂石地基中的配合比例是通过试验确定的，如不拌合均匀铺设，将使地基中存在不同比例的砂石料，甚至出现砂窝或石子窝，使密实度达不到要求，降低地基承载力，在荷载作用下产生不均匀沉陷。

防治措施 人工级配砂石料必须按体积比或重量比准确计量，用人工或机械拌合均匀，分层铺填夯、压实；不合要求的部位应挖出，重新拌合均匀，再按要求铺填夯、压密实。

禁忌 4 地基底面标高不一时，不挖成阶梯或斜坡搭接，不采取先深后浅的顺序铺设

现象、危害性 地基底面标高不同时，采取按原自然边坡不挖成阶梯或斜坡搭接，不按先深后浅的顺序，不分层直接下料铺设，在斜坡面处很难以夯压密实，使斜坡处承载力不足，且易产生滑动，使地基产生不均匀下沉。

防治措施 地基底面标高不同时，边坡应挖成阶梯形（每阶高可取 250～500mm，宽 1000mm）或平缓斜坡搭接，并按先深后浅的顺序分层铺设，搭接处注意充分夯、压密实。

禁忌 5 局部软弱土层不处理就施工

现象、危害性 在地基中存在局部软弱土层，不经处理就直接在其上施工砂或砂石地基，将在该部位形成软弱土夹层，降低地基强度，产生不均匀沉降。

防治措施

1）将局部软弱土层挖出，基底夯实后分层回填灰土或砂、砂石料，仔细夯压实。

2）如软弱土层为厚度较小的淤泥或淤泥质土，可采取挤淤处理。在软弱土面上填填块石、片石等，将其压入以置换和挤出软弱土，再在其上施工砂或砂石地基。

禁忌 6 铺设的地基密实度差

现象、危害性 地基铺设后，铺填的砂、砂石的干质量密度或贯入度达不到设计要求和施工质量验收规范的规定。造成原因有：砂、石质量不符合要求，砂

石级配不良，铺填不分层或分层过厚，导致无法夯、压实，甚至不夯压，铺填时对砂、砂石的含水率控制不当等。从而使地基强度（承载力）降低、地基变形加大，甚至上部建筑物开裂。

防治措施

（1）砂、砂石材料应级配良好，不含植物残体、垃圾等杂质。当砂地基使用粉细砂时，应掺入25%～30%的碎石或卵石，其粒径不宜大于50mm。

（2）砂和砂石地基的捣实，可视不同条件，选用振实，夯实或压实以及水撼等方法。施工时应分段、分层进行，在下层密实度经检验合格后，始可进行上层施工。每层铺筑厚度和砂、砂石含水率控制不宜超过表1-2规定的数值。分层厚度可用样桩控制。

表1-2 砂和砂石地基每层铺筑厚度及最优含水量

序	压实方法	每层铺筑厚度/mm	施工时的最优含水量(%)	施工说明	备注
1	平振法	200～250	15～20	用平板式振捣器往复振捣	不宜使用于细砂或含泥量较大的砂所铺筑的砂地基
2	插振法	振捣器插入深度	饱和	（1）用插入式振捣器 （2）插入点间距可根据机械振幅大小决定 （3）不应插至下卧粘性土层 （4）插入振捣完毕后，所留的孔洞，应用砂填实	不宜使用于细砂或含泥量较大的砂所铺筑的砂地基
3	水撼法	250	饱和	（1）注水高度应超过每次铺筑面层 （2）用钢叉摇撼捣实插入点间距为100mm （3）钢叉分四齿，齿的间距80mm，长300mm，木柄长90mm	不得使用于湿陷性黄土、膨胀土、细砂地基
4	夯实法	150～200	8～12	（1）用木夯或机械夯 （2）木夯重40kg，落距400～500mm （3）一夯压半夯全面夯实	适用于砂石地基
5	碾压法	250～350	8～12	6～12t压路机往复碾压	适用于大面积施工的砂和砂石地基

注：在地下水位以下的地基其最下层的铺筑厚度可比上表增加50mm。

附录 砂和砂石地基质量检验标准（表 1-3）

表 1-3 砂及砂石地基质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	地基承载力	设计要求		按规定方法
	2	配合比	设计要求		检查拌和时的体积比或重量比
	3	压实系数	设计要求		现场实测
一般项目	1	砂石料有机质含量	%	≤5	焙烧法
	2	砂石料含泥量	%	≤5	水洗法
	3	石料粒径	mm	≤100	筛分法
	4	含水量(与最优含水量比较)	%	±2	烘干法
	5	分层厚度(与设计要求比较)	mm	±50	水准仪

1.3 碎石和矿渣地基

碎石和矿渣地基，是用自然级配的碎石或破碎矿渣经分层夯压实作为地基的持力层，来处理软弱地基，以收到提高地基强度（变形模量可达 30～80MPa 以上，允许承载力可达 0.3～0.4MPa 以上），减少下部软弱下卧层土的附加应力，加速下部土层的固结和沉降的效果。

禁忌 1 采用没有级配的碎石和破碎矿渣不分层铺设

现象、危害性 采用没有级配的碎石或矿渣不分层铺设夯压实，孔隙率大，厚度超过夯压实机具的有效影响深度，难以压实，达不到要求的密度，降低地基承载力，并使地基产生不均匀沉陷。

防治措施

（1）材料选用 碎石应采用质地坚硬、密实、未风化、级配良好、粒径为 5～40mm，含泥量不大于 5%；矿渣小面积铺设，采用粒径 2～6cm 的分级矿渣，大面积铺设，采用爆破或人工破碎的高炉混合矿渣（即破碎后未经筛分的不分级矿渣），要求质地坚硬，稳定性合格，无侵蚀性，松散重度不小于 11kN/m^3，有机质及含泥总量不超过 5%，粒径最大不超过 200mm；砂用中砂或粗砂，含泥量不大于 5%。

（2）地基应分层铺设和压实 大面积用碾压法，采用 8～12t 压路机（或 6～

10t 振动压路机）碾压，每层铺设厚度为 250～300mm，用推土机推平后，往返碾压 4～6 遍，每次碾压均与前次碾压后轮轮迹宽度重叠一半，行驶速度为 3.5±0.2km/h，碾压时适当洒水湿润，碎石含水量控制在 2%～4%，矿渣含水量在 3%～5%，以利密实，每层碾压最后两遍的沉落差应小于 1mm。

小面积多采用振捣法，采用振幅 0.4～0.8mm，振动频率不大于 2800r/min，电动机功率不小于 2.2kW，重量大于 65kg 的平板式振捣器往复振捣，每层铺设厚度 200～250mm，单位面积上振动时间不少于 60s，一般振 4～6 遍，每遍间隔不少于 40min，作到交叉、错开、重叠。

禁忌 2　在碎石或矿渣地基底部不设置砂框或铺一层土工织物，直接在软弱地基上铺设

现象、危害性　碎石和矿渣均为有不规则棱角材料，在地基底部不设置砂框或铺设一层土工织物，在振压和荷载作用下，会使底部软弱土挤入碎石或矿渣的孔隙中，而使表土产生局部破坏，同时也会使基坑边坡坍土混入碎石或矿渣地基中，导致建筑物产生不均匀附加沉降，降低地基强度。

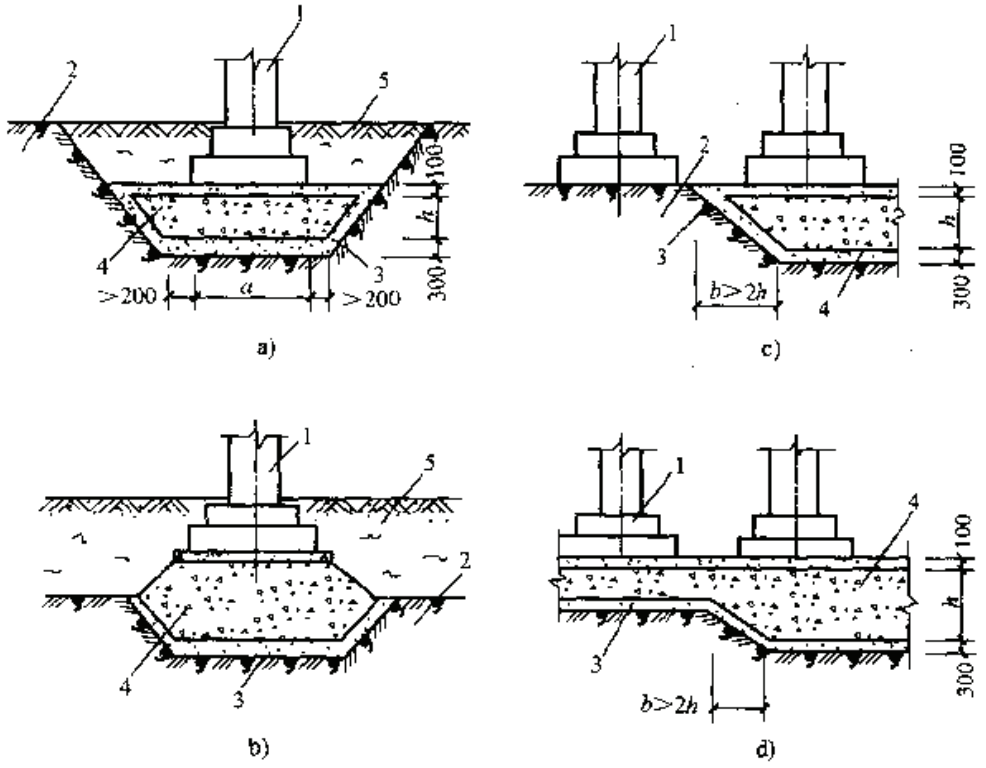
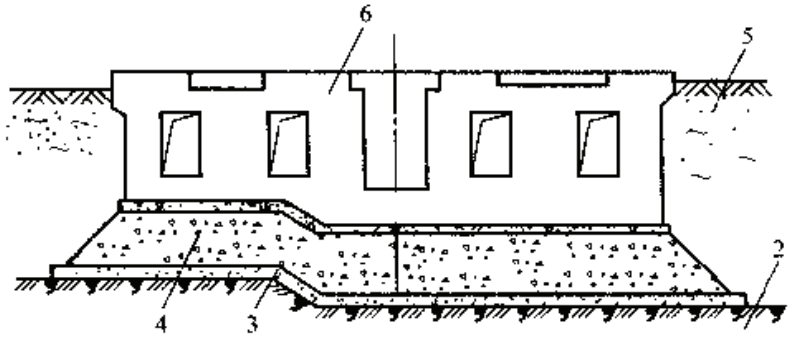


图 1-3　碎石或矿渣地基

a)、b）碎石或矿渣地基　c)、d）阶梯形碎石或矿渣地基

1—基础　2—原土层　3—砂框　4—碎石或矿渣地基　5—回填土

6—设备基础　a—基础宽度　h—地基厚度　b—阶梯宽度



c)

图 1-3 碎石或矿渣地基（续）
e）阶梯形碎石或矿渣地基
1—基础 2—原土层 3—砂框 4—碎石或矿渣地基 5—回填土
6—设备基础 a—基础宽度 h—地基厚度 b—阶梯宽度

防治措施 一般在碎石或矿渣地基的底部设置一层厚 150～300mm 的砂框（图 1-3a、b），用平板振捣器振实，再后作碎石或矿渣地基；垂直砂框可与地基同时施工。当不作砂框，亦可铺设一层土工织物代替。当在湿陷性黄土上，可在垫层底部作一层 200～300mm 厚的 3:7 灰土防渗层。

禁忌 3 当遇软弱土层厚度不同时，地基搭接处不做成阶梯形或较平缓边坡

现象、危害性 遇软弱土层厚度不同时，在高低搭接处不做成阶梯形，不易于振压密实，会发生斜坡上局部基土破坏，振压不实，导致斜坡段承载力不足，基土下陷。

防治措施 当两个相邻基础，一个用天然地基，另一个设置碎石或矿渣地基时，可按图 1-3c 作法。当软弱土层厚度及设备基础底板标高不同时，地基应做成阶梯形（图 1-3d、e），但两地基的厚度高差不得大于 1.0m，同时阶梯须满足 $b>2h$ 的要求。

1.4 碎砖三合土地基

碎砖三合土（又称灰浆碎砖三合土）地基，系用碎砖与石灰砂浆（或石灰浆）拌匀夯实而成。多用于浅层民用建筑地基加固。

禁忌 1 槽（坑）底不进行夯实处理

现象、危害性 槽（坑）底未进行验槽，清除松散土、积水、污泥，并夯实，使地基出现不同程度下陷现象，垫层遭受破坏，降低地基承载力。

防治措施 碎砖三合土铺设前先行验槽，消除松散土、积水、垃圾、污泥，并将槽坑底全面、均匀夯实两遍，再行铺设，防止下陷。

禁忌 2 碎砖三合土松散不密实

现象、危害性 碎砖三合土松散、有孔隙，夯击效果差。产生原因是碎砖粒径大小悬殊，夹有垃圾杂物；灰浆不净、浓度不够或浆水离析；未按分层厚度铺设，虚铺厚度超过夯实机具的影响深度或入槽坑材料未及时夯打，导致地基强度降低，变形加大。

防治措施

1）材料要求：碎砖粒径应控制在 2～6cm，要求不夹有草根、贝壳等杂物；生石灰块应消化成熟石灰膏使用，保持一定浓度。三合土的配合比为：石灰膏：砂或砂泥（粘性土）：碎砖，一般成分比例为 1:2:4 或 1:3:6（体积比）。

2）下料前，对基槽（坑）做好清底验槽。在槽（坑）壁上标出每层铺设厚度，按要求铺设，分层及时夯打。拌合后的灰浆碎砖三合土，一般第一层虚铺 20cm，每层均夯打至 15cm。夯打前应将铺好的三合土用四齿耙拉平。

3）夯打时如发现三合土太干，应补浇灰浆，并随浇随打，至密实为止。

禁忌 3 表面不平整

现象、危害性 表层疏松、不平整。产生原因是三合土拌合不均匀，浇浆不足；夯实后未作最后一遍整平夯实工作；影响与上层基础的良好结合和下一工序施工。

防治措施

1）最后一遍夯打宜用浓浆拌合三合土，并注意控制标高，夯打密实。

2）待表层灰浆略为收干后，铺上薄层砂子或煤屑，再最后整平夯实。

3）刚打完的三合土，如遇雨水冲刷或积水过多，表面灰浆被冲掉，可在排去积水后，重新浇浆夯实。

1.5 粉煤灰地基

粉煤灰地基是用火力发电厂的工业废料——粉煤灰作为处理软弱土层的换填材料。可用于作各种软弱土层换填地基的处理。

禁忌 1 用湿排灰直接铺设粉煤灰地基

现象、危害性 电厂湿排灰未经沥干，就直接运到现场进行铺设，其含水量往往大大超过最优含水量，不仅很难以压实，达不到密实度要求，而且易形成橡皮土，使地基强度降低，建筑物产生附加沉降，引起下沉开裂。

防治措施

1）铺设粉煤灰要选用Ⅲ级以上、含 SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3 总量高的、颗粒粒

径在0.001～2.0mm的粉煤灰、不得混入植物、生活垃圾及其他有机杂质。粉煤灰进场，其含水量应控制在31%±2%范围内，或通过击穿试验确定。

2）如含水量过大时，需摊铺沥干后再碾压。

3）夯实或碾压时，如出现“橡皮土”现象，应暂停压实，可采取将地基开槽、翻松、晾晒或换灰等办法处理。

禁忌2 在冬季0℃以下气温铺设粉煤灰地基

现象、危害性 冬季在0℃以下气温进行粉煤灰铺垫施工，含水的粉煤灰会结冰冻胀，天气转暖后，会解冻融化使地基松散，降低地基强度，使变形加大。

防治措施 严禁在0℃以下气温进行粉煤灰地基铺设。已冻胀的粉煤灰地基，解冻后，应挖出，在最优含水量情况下，重新铺填夯压实。

禁忌3 在粉煤灰地基中埋设未经防腐处理的金属管道、构件、预埋铁件

现象、危害性 粉煤灰中含有0.2%～0.5%的SO_3，pH值在8.7～12.3，也大于土壤的pH值，两者对未经防腐处理的金属管道、金属构件、预埋铁件均具有一定的腐蚀作用，使产生锈蚀、疏松、膨胀、剥落以致破坏，降低强度、耐火性和使用寿命。

防治措施 金属管道、金属构件和预埋铁件应用防腐蚀涂料或热沥青涂刷二度后再埋入粉煤灰地基中。

禁忌4 地基摊铺粉煤灰后，不当天及时压实，隔天才继续夯压实施工

现象、危害性 粉煤灰摊铺是按最优含水量进行控制的，当天摊铺的不当天夯压实，隔天施工时，含水量将会发生变化，出现失水干燥、松散、起尘，不易压实，并降低地基密实度和承载力。

防治措施

1）粉煤灰摊铺后应于当日夯压完。如隔日夯压，应重新测定含水量，如含水量变小，呈现松散状态，则应洒水湿润再夯压实。洒水的水质不得含有油质，pH值应为6～9。

2）若工期紧，则可采取换灰重新压实的方法处理。

禁忌5 采用平板振捣器振实和压路机碾压时，不进行搭接施工

现象、危害性 用平板振捣器的振板和压路机的压轮对粉煤灰层进行振捣和碾压时，平板振捣器振板和压路机压轮的边缘对粉煤灰层的压密效果差，使用一板挨一板或一轮接一轮不进行搭接，会造成地基振、压不均匀，降低地基强度。

防治措施 选用平板振捣器（或打夯机）进行振（夯）实，每次振（夯）板

应重叠（搭接）1/2～1/3 板，往复振压实，由两侧或四侧向中间进行，一般不少于 3 遍；大面积地基应用推土机摊铺，先用推土机预压 2 遍，然后用 8t 压路机碾压，施工时压轮应重叠 1/2～1/3 轮宽，往复碾压，一般碾压 4～6 遍，至达到设计要求的密实度。

地基应分层铺设与振（夯）压，铺设厚度用平板振捣器（或机动夯）为 200～300mm，振夯完后为 150～200mm；用压路机为 300～400mm，压实后为 250mm 左右。

禁忌 6　每层铺完后不及时铺设上层，或全部铺设完经检验合格后，不及时浇筑混凝土垫层

现象、危害性　每层粉煤灰铺设完经检测合格后，不及时铺设上层，会导致干燥、松散、起尘、污染环境，影响与上层的结合；全部地基铺设完后经验收合格后，不及时进行浇筑混凝土垫层，会遭受日晒、雨淋、车辆行驶等破坏。

防治措施　每层粉煤灰地基铺设完后应及时铺设上层或封层；全部粉煤灰地基铺设完经检验合格后，应尽快及时浇筑混凝土垫层或封层。

附录　粉煤灰地基质量检验标准（表 1-4）

表 1-4　粉煤灰地基质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	压实系数	设计要求		现场实测
	2	地基承载力	设计要求		按规定方法
一般项目	1	粉煤灰粒径	mm	0.001～2.000	过筛
	2	氧化铝及二氧化硅含量	%	≥70	试验室化学分析
	3	烧失量	%	≤12	试验室烧结法
	4	每层铺筑厚度	mm	±50	水准仪
	5	含水量（与最优含水量比较）	%	±2	取样后试验室确定

1.6　重锤夯实地基

重锤夯实是利用起重机械将重 2～3t 的截头圆锥体夯锤提升到 5～6m 高度，然后自由落下，重复夯击基土表面，使地基表面形成一层比较密实的硬壳（表层），从而使地基得到加固。多用于地下水位 0.8m 以上、稍湿的粘性土、砂土，饱和度 $S_r \leqslant 60$ 的湿陷性黄土、杂填土以及分层填土地基的加固处理。

禁忌 1　夯实不按一定顺序进行，夯点布置凌乱

现象、危害性　重锤夯实不按先周边后中间、或先外后里，一夯换一夯的顺序进行，而是先中间后周边，或先里后外，一夯压一夯，互相压叠，功能消耗，夯击能

不能有效传递，降低夯实效果和效率，造成密实度不均，承载力达不到要求。

防治措施 大面积基坑或条形基槽内夯实时，应一夯挨一夯顺序进行（图 1-4a），即第一遍按一夯挨一夯进行，在一次循环中同一夯位应连夯两下，下一循环的夯位，应与前一循环错开 1/2 锤底直径的搭接，如此反复进行，在夯打最后一循环时，可以采用一夯压半夯的打法。在独立桩夯打时，可采用先周边后中间或先外后里的跳打法（图 1-4b、c）。为使夯锤底面落下时与土接触严密，各次夯迹之间不互相压叠，而是相切或靠近。压叠易使锤底面倾斜，与土接触不严，消耗功能，降低夯实效率。当采用履带式（或轮胎式）起重机或悬臂式（或龙门式）桅杆起重机夯实时，可采用图 1-4d 的顺序，以提高效率。

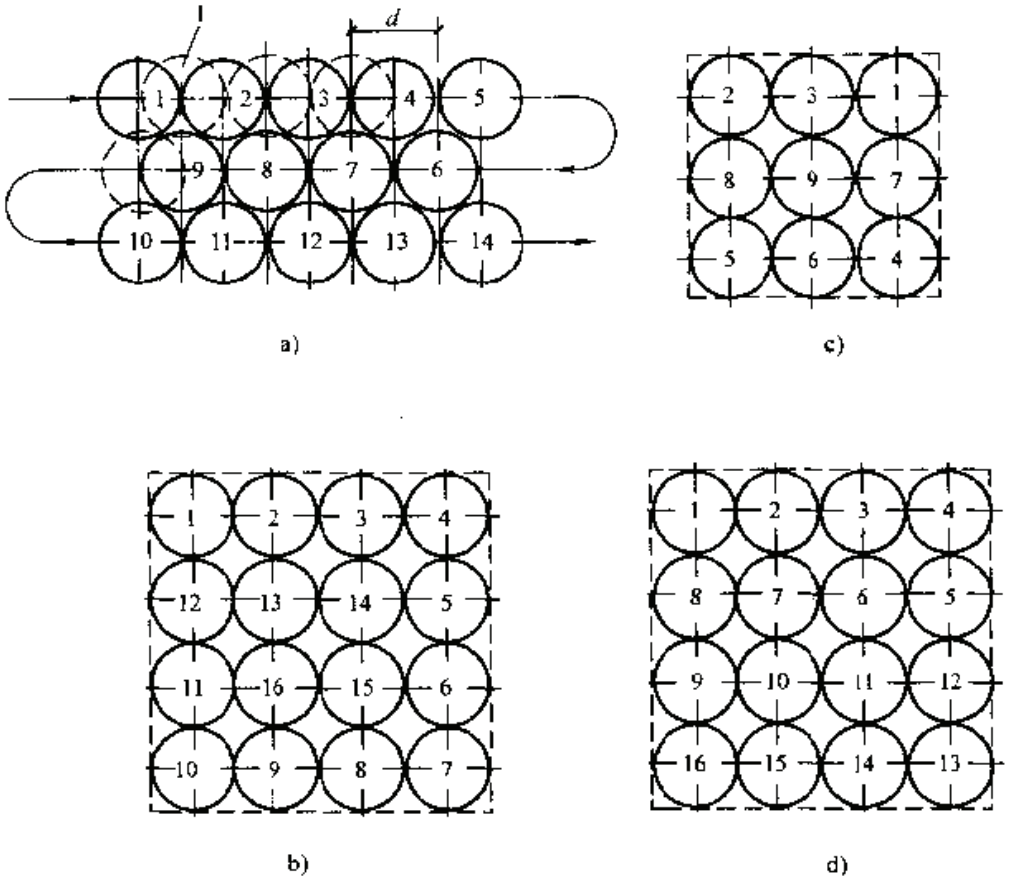


图 1-4 重锤夯实顺序

a）一夯挨一夯顺序 b）先周围后中间顺序 c）跳打法顺序 d）排夯顺序

1—重叠夯 d—重锤夯实

禁忌 2 夯击不密实

现象、危害性 地基经重锤夯实后，密实度达不到设计要求。产生原因：土的含水量过大或过小；夯击未按规定顺序进行；重锤落距忽高忽低，落锤不平稳，坑壁坍塌；分层夯实时，土的虚铺厚度过大，或夯击能量不够，未达到有效

影响深度；夯锤落距、夯击遍数、锤重或锤底面积等参数过小等；造成地基加固深度和承载力达不到设计要求。

防治措施

1）夯实时，使土保持在最优含水量范围以内，土太干应适当洒水；太湿应掺加干土、碎砖或生石灰等吸水材料；夯打次序严格按规范规定顺序进行；落距按规定执行，落锤应做到平稳，夯位要准确，基坑（槽）边坡要适当放缓；分层夯填土时，应严格控制每层铺土厚度。试夯时的层数，不宜小于二层。

2）提高落距，增加夯击遍数，或增加锤重，减小锤底的面积，以提高夯击能。

禁忌3　表面高低不平

现象、危害性　地基经重锤夯实后，表面凹凸高洼不平。产生原因是锤落距高低不一；夯锤倾斜；导致地基的密实度不均，沉降不一，与上部结合不良。

防治措施

1）加强操作控制，使落锤高度保持一致；避免夯锤下落倾斜。

2）出现表面高低不平时，可在较高处适当增加夯打遍数，或挖高填低再补夯。

禁忌4　地基夯成橡皮土

现象、危害性　当地基为粘性土且含水量很大，趋于饱和时，重锤夯打后，地基土变成踩上去有一种颤动的感觉，通常称为橡皮土。形成原因是这种土进行夯打，原状土结构被扰动，颗粒之间的毛细孔槽到破坏，水分不易渗漏和散发，当气温较高时，对其进行夯击，表面形成硬壳，更易阻止水分的渗漏和散发，形成软塑状态的橡皮土。埋藏深的土水分散发慢，往往长时间不易消失。将使地基的承载力降低，变形加大，地基长时间不能得到稳定。

防治措施

1）暂停一段时间施工，避免再直接夯打，使“橡皮土”含水量逐渐降低，或将土层翻起晾晒。

2）如地基已成“橡皮土”，可采取在上面铺一层碎石或碎砖后再进行夯击，将表土层挤紧。

3）橡皮土较严重，可将土层翻起并粉碎均匀，掺加石灰粉以及收水分水化，同时改变原土结构成为灰土，使之具有一定强度。

4）采取换土，挖去“橡皮土”，重新填含水率相当最优含水量的好土夯实。

1.7　强夯地基

强夯法是用大吨位起重机械或再配三角架、龙门架，将重 8～30t 的夯锤起

吊到6～30m高度后，自由落下，给地基以强大的冲击能量的夯击，使土中出现很大的冲击波和冲击应力，迫使土层孔隙压缩，孔隙水和气体逸出，使土体重新排列，经时效压密达到固结，从而提高地基承载力，降低压缩性，它是国内外常用和最经济的深层地基处理方法。适于加固碎石土、砂土、低饱和度粉土、粘性土、湿陷性黄土、高填土、杂填土以及工业废渣、垃圾地基等的处理。

禁忌1　不详细了解现场地质状况，不进行试夯确定工艺参数就进行强夯施工

现象、危害性　强夯前不详细了解现场地质情况，掌握地下硬夹层和障碍物状况，不通过试夯确定强夯各项工艺参数就盲目进行强夯施工，会使强夯遇到各种困难，实际地基加固强度和加固深度达不到设计要求。

防治措施

1）强夯前，详细核对地质报告，或进行补勘，查明硬夹层和地下大的障碍物分布情况。对大面积的硬夹层，应通过试夯，得出提高夯击能量的参数；对孤石、地下大的障碍应挖除清出加固区域，以利保证质量和强夯顺利进行。

2）应通过试夯确定锤重、落距、单位夯击能、夯点布置及间距，单点夯击数与夯击遍数、两遍间隔时间、处理范围、加固影响深度等工艺参数，以指导施工作业，确保达到地基强度和加固范围、深度要求。

3）强夯单击夯击能与加固深度有密切关系，应根据现场试夯或当地经验确定，在缺少试验资料或经验时，可按表1-5预估。

表1-5　强夯法的有效加固深度　（m）

单击夯击能/kN·m	碎石土、砂土等粗颗粒土	粉土、粘性土、湿陷性黄土等细颗粒土
1000	5.0～6.0	4.0～5.0
2000	6.0～7.0	5.0～6.0
3000	7.0～8.0	6.0～7.0
4000	8.0～9.0	7.0～8.0
5000	9.0～9.5	8.0～8.5
6000	9.5～10.0	8.5～9.0
8000	10.0～10.5	9.0～9.5

注：强夯法的有效加固深度应从最初起夯面算起。

禁忌2　不按试夯确定的锤重、落距、夯点布置、间距、次序、夯击遍数进行强夯

现象、危害性　强夯时，如不按试夯确定的锤重、落距进行作业，若锤重、

落距过小，会造成夯击能量不够，加固深度达不到要求；若锤重、落距过大，会造成夯击能量过大，会引起地基上产生流动，隆起量加大，导致土层破坏，使下层土得不到压密。如夯击点间距过密，相邻夯击点的加固效应将在浅处叠加而形成硬壳层，影响夯击能向深部传递，降低加固效果；夯击点间距过大，会使该层土密实度不均匀，造成不均匀附加沉降大。如夯击不按次序进行，会造成该土层强度、沉降不均匀，挤土效应加大。如夯击遍数不够，会使加固土体强度和深度达不到要求；遍数过多，则会使工效低，造成能源浪费。

防治措施 严格认真按现场试夯确定的强夯施工工艺参数进行操作。当强夯后地基强度达不到设计要求时，可采取增加夯击遍数，或适当加大落距以增大锤击功或适当缩小夯点间距，可以使土的密实度增大，使达到设计要求。

禁忌 3 在松软土表层不设垫层直接进行强夯

现象、危害性 强夯场地表层为松软土时，很难以支承强夯起重设备，且机械行走操作困难；再地下水和表层无硬层隔离，夯击效率将大大降低。

防治措施 应在场地作业范围内铺设一层厚 0.5～2.0m 的中（粗）砂、砂砾石、矿渣或碎石、小块石垫层，以防设备下陷和便于消散强夯产生的孔隙水压。

禁忌 4 在地下水位较高和基土含水饱和的基土不排、降水，不采取措施进行强夯

现象、危害性 当强夯地基地下水位较高、基土含水饱和时，不进行排、降水，不采取措施就直接进行强夯，将使强夯设备下陷无法操作。夯击时，下沉量很大，出现积水，夯击能量损失大，难以控制最后两击平均夯沉量在 50mm（当夯击能量较大时不大于 100mm）内，而且因夯坑过深而发生起锤困难，造成强夯地基密实度和承载力均达不到设计要求。

防治措施

1）当强夯地基为粘性土、粉土、软土，且地下水位较高，含水饱和或接近饱和时，在加固区周围设置排水沟，加固区边长大于 30m 时，中间加设置网格形排水沟，以排除地表和土内的水分，同时在机械行走道路线上铺 50～100cm 厚的砂石混合料，以保证强夯时土内水分排除和机械不下陷。必要时采用人工降低地下水位。

2）夯坑下沉量很大时，在夯坑内回填块石、碎石或矿渣等大颗粒材料，进行强夯置换等措施。通过强夯将坑底饱和粘性土，软土向四周挤出，使在夯点下形成块石（或碎石）墩，并与四周软土构成复合地基，一般可取得显著的加固效果。

3）适当将夯击能量降低，或将夯沉量差适当加大。

禁忌 5 在邻近建筑物周围进行强夯不设置隔振沟

现象、危害性 在紧靠邻近建筑物进行强夯，土体受到巨大夯击能量传递，受振动、冲击、挤压和超静孔隙水压力等的作用，会使建筑物变形破坏，导致裂缝或倾斜；地下埋设管线会产生位移、弯曲、下挠或接头开裂，影响正常使用。

防治措施

1）在需防护的建筑物和管线邻近设置隔振沟（防振沟），隔断冲击波，沟深应超过建筑物基础和管线深度，一段为 3m 左右。

2）在建筑物基础靠强夯一侧进行压密注浆、或设置成排水泥土搅拌桩、旋喷桩等加固措施。在管线部位用支承架将管线架空使与土体基本分离，如管线产生较大位移或沉降，可对支承架进行调整复位，以保证管线的安全。

禁忌 6 前后两遍强夯夯击间隔时间过短或过长

现象、危害性 强夯两遍夯击之间应有一定的时间间隔，如间隔时间过短，前一遍夯击产生的超静孔隙水压力没有消散，影响后一遍夯击效果；如间隔时间过长，地基已趋固结稳定，夯沉量减小，消耗能量，影响工效。

防治措施 应根据不同土质和试夯测定孔隙水压力消散所需时间来确定两遍夯击所需间隔时间。对粘性土一般为 3～4 周；对含水量较低的碎石类土或透水性强的砂性土为 1～2 周。如砂性土经测定，孔隙水压力的峰值出现在夯完后的瞬间，则在前一遍夯完后，将土推平，即可接着连续夯击，而不需要间歇。

禁忌 7 不按设计或试夯确定的范围进行夯击施工

现象、危害性 由于强夯的夯击能随加固深度而减弱，加固范围的长、宽不足，将使建筑物的边坡不稳定，会产生不均匀沉降。

防治措施 建筑物地基强夯处理范围应大于建筑物基础范围，每边超出基础外缘的长（宽）度宜为设计或试夯确定处理深度的 1/2～2/3，并且不小于 3m。

禁忌 8 达不到下沉量控制指标

现象、危害性 强夯最后两击的下沉量，超过规定下沉量指标。造成原因：在饱和淤泥、淤泥质土和粉砂土中强夯，产生液化流动；地下水位过高或地基土含水量过大，强夯时产生侧向挤出现象；从而导致地基沉降变形量大，承载力达不到要求。

防治措施 在饱和淤泥、淤泥质土及含水量过大的土层上强夯，应铺 0.5～2.0 厚的砂石，才进行强夯；适当降低夯击能量，或采用人工井点降低地下水

位，将土层疏干后再强夯。

禁忌 9　强夯影响深度不够

现象、危害性　强夯后，实际加固深度，局部或大部分未达到要求的影响深度，加固后的地基强度未达到设计要求。产生原因：土质不均，下部存在砂卵石夹层，部分夯击能被吸收；选用锤重、落距、夯击或夯击遍数不够，夯击能过小；或选用夯击能过大，造成地基土流动，隆起量增大，使土体破坏，下部没有压密；夯击点过密，在浅处叠加而形成硬层，影响夯击能向深部传递；两遍之间间隔时间不够或未间隔，影响夯实强度提高等，因而造成地基承载力达不到设计要求。

防治措施

1）强夯前，探明地质情况，对存在砂卵石夹层适当提高夯击能量。

2）锤重、落距、击数、间距夯击遍数等强夯工艺参数，应通过试夯、测试确定；两遍强夯间应间隔一定时间，对粘性土和冲积土，一般为 3～4 周，无地下水的砂类土层，可只间隔 1～2 周。

3）影响深度不够，可采取增加夯击遍数，或调节锤击功的大小，一般增大锤击功（如提高落距），可使土的密实度和影响深度显著提高。

禁忌 10　地面隆起和翻浆

现象、危害性　夯击过程中地面出现隆起和翻浆现象。产生原因：夯点选择不合适，使夯击压缩变形的扩散角重叠；土从侧向挤出；夯击后间隔时间短，空隙水压力未完全消散，使土隆起；含水量大的土夯击数过多易出现翻浆；雨季施工或土质含水量超过一定量时（一般为 20%左右），夯坑周围也常出现隆起及夯点翻浆。造成地基强度不匀。

防治措施

1）适当调整夯点间距、落距、夯击数、使之不出现地面隆起和翻浆为准。

2）施工前通过试夯确定：各夯点相互干扰的数据、各夯点压缩变形的扩散角、各夯点达到要求效果的遍数以及每遍夯击间隔时间等。

3）在易翻浆的饱和粘性土上，铺设砂石垫层，以利空隙水压的消散。

4）雨季施工要搞好现场排水，减少夯击数，延长两遍夯击间歇时间。

禁忌 11　表层松散不密实

现象、危害性　强夯后表层土松散不密实，浸水后产生下陷现象。产生原因：强夯后未整平，未经低能夯拍实一遍；被机械行驶扰动；强夯时，冻土层未清除掉，天暖融化形成松土等，造成表层土沉降大，强度降低。

防治措施

1）强夯完成应填平凹坑，用落距 6m 低能量夯锤满夯一遍，使表层土密实。

2）强夯部位避免重型机械行驶，扰动表层土。

3）冬季进行强夯，应将冻结深度内的冻土融化或清除后再强夯。

禁忌 12　强夯完成后不间歇一段时间进行地基强度测试

现象、危害性　强夯后土体受到扰动，要经间歇一段时间，土体才能恢复强度和稳定，如在强夯结束后立即进行测试工作，则测得的强度偏低，不能反映强夯地基实际承载力情况，往往取值偏小，造成浪费。

防治措施　强夯后的土体强度随夯击后间歇时间的增加而增加，检测强夯效果的测试工作，宜在强夯之后 1～4 周进行，而不得在强夯结束后立即进行。

附录　强夯地基质量检验标准（表 1-6）

表 1-6　强夯地基质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	地基强度	设计要求		按规定方法
	2	地基承载力	设计要求		按规定方法
一般项目	1	夯锤落距	mm	±300	钢索设标志
	2	锤重	kg	±100	称重
	3	夯击遍数及顺序	设计要求		计数法
	4	夯点间距	mm	±500	用钢尺量
	5	夯击范围(超出基础范围距离)	设计要求		用钢尺量
	6	前后两遍间歇时间	设计要求		

注：本表亦可用于重锤夯实地基。

1.8　注浆地基

注浆地基通常指水泥注浆地基，是将水泥浆，通过压浆泵、灌浆管均匀地注入岩土体中，以填充、渗透和挤密等方式，驱走岩石裂隙中或土颗粒间的水分和气体，并填充其位置，硬化后将岩土胶结成一个整体，形成一个强度大、压缩性低、抗渗性高和稳定性良好的新的岩土体，从而使地基得到加固，可防止或减少渗透和不均匀沉降。适于软粘土、粘土、新近沉积粘性土、砂土提高强度和止水的加固以及已建工程局部松软地基的加固。

禁忌 1　在有裂隙的岩石中钻孔注浆，钻孔角度不一致

现象、危害性　钻孔时，钻孔角度不一，使注浆形成的帷幕高低不一，连不

成一个封闭的帷幕和加固区域。

防治措施 根据基岩节理、裂缝分布、走向，选定一个能穿过最多裂隙的角度，统一按一个角度钻孔、注浆，使能截取最多的裂隙，形成一个高低一致的加固区域和封闭帷幕，以取得最优的注浆效果。

禁忌 2 钻孔垂直度不符合要求

现象、危害性 钻机架设不水平，出现钻孔歪斜，使袖阀管插入困难，孔壁与袖阀管间隙中套壳料厚薄不一，造成开环困难，或仅局部开环，使岩土体得不到充分的浆液灌注和加固。

防治措施

1）钻机就位后两个方向应保持水平、钻杆应垂直对准孔中心钻进，随时检查、纠偏。

2）装袖阀管连接时应保持垂直，使与孔中心吻合，弯曲变形的管件不能使用。

禁忌 3 钻孔护壁泥浆性能指标不符合要求

现象、危害性 钻孔护壁用泥浆未经试验，采用自成泥浆或加碱、膨润土、粘土半自成泥浆，泥浆性能指标不符合要求，造成缩颈或塌孔，影响注浆效果。

防治措施 钻孔应根据土质情况通过试钻，选用性能合格的优质泥浆护壁，使孔壁稳定，孔径符合要求，常用造孔泥浆性能指标如表 1-7 所示。

表 1-7 常用造孔护壁泥浆性能指标

性质	密度 /(g/cm³)	粘度 /s	失水量 (%)	静切力 /MPa	胶体率 (%)	稳定性	含砂率 (%)	pH
一般泥浆	1.15～1.25	18～30	15～25	2.0～5.0	>90	<0.04	<8	>7
优质泥浆	1.05～1.15	20～25	<10	2.0～10	>97	<0.03	<4	7～9

禁忌 4 采用套管护壁注浆，不用栓塞封堵套管与注浆管之间的孔隙

现象、危害性 采用套管护壁，套管与注浆管之间的孔隙不用栓塞封闭，注浆时，注入注浆管中的浆液将沿注浆管与套管之间的孔隙回流冒出孔外，使土体加固失效。

防治措施 选用套管护壁注浆时，打套管到设计注浆深度，插入注浆管后，应在注浆管端部与套管之间加栓塞塞紧封闭，再自下而上进行注浆。

禁忌 5 注浆管未达到设计深度，偏差过大

现象、危害性 注浆管沉入困难，未达到设计深度，且偏斜过大。产生原因是：注浆管沉入遇到障碍物；采取沉管措施不合理；打入（钻）入注浆管未采用

导向装置，注浆管底端的距离偏差较大等，导至加固体不均匀，达不到设计深度要求。

防治措施

1）打（钻）注浆管前，应用钎探查找地下孤石，树根，污工等障碍物，以便及时排除。

2）打（钻）注浆管应采用导向装置，注浆管底端间距的偏差不得超过20%，上端孔位偏差一般不宜大于20mm。超过时，应打补充注浆管或拔出重打。

3）场地要坚实平坦，钻架要双向校正，以保证沉管垂直。

4）注浆前应选进行试注浆，了解沉管难易程度，校核设计参数，确定有效注浆方案。注浆操作工序包括：打管（钻孔、下管）、冲管、试水、灌浆和拔管五道工序，应先进行试验。

5）设置注浆管宜用打入法，如土层较深，宜先钻孔至所需加固区域顶面以上2～3m，然后用打入法，钻孔的孔径应小于注浆管的外径。

禁忌6　采用花管注浆时，打完花管不冲洗掉花管中的砂土即进行注浆

现象、危害性　打花管时，花管中的砂土常堵塞花杆孔，灌浆时不冲洗掉，浆液从花管壁冒出，会使土层得不到加固。

防治措施　花管打（沉）到设计标高后，应用水冲洗掉进入花管中的砂土，然后再自下而上地分段拔管注浆作业。

禁忌7　注浆不按先稀后浓的次序进行，而是开始时就用浓水泥浆压入

现象、危害性　在有裂隙的岩体中注浆，裂隙岩体中往往有很多细裂缝，如一开始就用浓水泥浆压入，通道会被浓浆堵塞，难以压注密实，影响裂隙岩体的注浆加固和防渗效果。

防治措施

1）在有裂缝的岩体中注浆，应先从注稀水泥浆开始，待细裂隙被浸润后，再逐渐加浓并提加注浆压力，使达到密实。

2）注浆次序一般把射管（花管）一次沉入整个深度后自下而上分段连续进行，直至孔口为止。注浆宜间隔进行，第一组孔注浆结束后，再注第二组、第三组。

禁忌8　裂隙岩体注浆结束前，不将浆液中多余的水分压出

现象、危害性　注入岩体裂隙中多余的水分不排出，水泥浆液固化、挥发后，会降低强度、形成气孔和裂缝，影响加固效果

防治措施　如注浆量大于设计注浆体积加裂隙孔隙率加无效注浆量时，应再用最大的注浆压力闭浆30～60min，将水化多余的游离水分压出，使裂隙密实。

禁忌 9　注浆出现冒浆

现象、危害性　当岩层破碎、裂隙发育贯通，特别是存在垂直裂隙，如注浆时段位较浅，使用压力过大，浆液会沿裂隙或层面往上窜流，而大量冒出地表面，从而使加固失效。

防治措施

1）用纤维材料或速凝水泥浆填充冒浆裂隙。

2）适当降低注浆压力；提高浆液浓度或在浆液中掺加速凝剂；限制进浆量；或采用间歇注浆的办法。

禁忌 10　注浆产生串浆

现象、危害性　注浆过程中浆液从附近钻孔中流出的现象。造成原因主要是岩土层中存在较多裂隙，特别横向裂隙较多，互相串通构成注浆孔之间互相连通所致。因而使浆液大量流失，降低注浆加固效果。

防治措施

1）加大注浆间孔距；适当延长两个孔注浆间隔时间；相邻孔错开 1 至 2 个施工高程注浆。

2）在注浆方法上尽量采用自上而下的注浆方式；串浆孔如为待注孔，可采取同时并联注浆的方法。

禁忌 11　注浆出现绕塞返浆

现象、危害性　进入注浆段内的浆液在压力作用下，绕过橡皮胶塞返到上部孔段的现象。产生原因是注浆段与橡胶塞上部孔段之间有裂隙贯通；胶塞所处的位置孔壁不规则，凹凸不平；胶塞后胀程度不够，使之堵塞不严等。由于绕塞返浆，使浆液大量流失，压力上不去，密实度降低，严重的使注浆失败。

防治措施

1）钻孔时要注意维护好孔壁；操作中尽量采用合金钻头成孔；采用自上而下的注浆次序，待凝时间适当延长。

2）做水压试验时，如发现绕塞返水现象，要适当加长橡胶塞，增加胶塞的压紧程度。

禁忌 12　注浆出现地面抬动

现象、危害性　注浆时地面产生抬动变形现象。产生原因是在砂层中注浆，使用注浆压力太大；或注浆层上部覆土层太薄或无覆盖层；从而使强度降低，靠近地面土层得不到有效加固。

防治措施

1）在靠近砂砾石层表面的注浆段，灌注纯水泥浆，使地表形成一层较坚固的抗压盖重层。

2）增加表层注浆孔的密度，提高上部土层的密实性；在砂砾石层上面铺设一定厚度的夯实粘土层或混凝土盖板等。

禁忌 13 注浆加固体密实性、强度不均匀

现象、危害性 施工中发现注浆岩土体质量不均匀。产生原因有：注浆采用双液注浆时由于胶结剂、固化剂系分别加入，在土中出现浆液混合不匀，影响加固体均匀性；浆液的稠度、浓度、温度、配合比和凝结时间控制不严；注浆管孔眼被堵塞；灌浆不充分；使用不合格或过期变质材料等；造成加固体密实性，强度不均匀，达不到设计加固要求。

防治措施

1）使用双液注浆，应克服双液灌注混合不匀的疵病，加强操作控制；根据不同土层，选用合适的加固剂的浓度、稠度、配合比和凝固时间进行正常施工，确保加固体质量。

2）向土中注入混合液时，使注浆压力保持定值（一般为 0.2 ~ 0.23MPa），使浆液均匀压入土中，加固体强度均匀。

3）每个孔注浆应采取同一由上而下灌注次序，使加固体强度达到均匀。

4）为了防止注浆管和喷嘴堵塞，注浆前应冲管、试水。注浆宜用高压喷射，保持压力均匀，边灌边旋转向上提升，连续进行，一气呵成。灌注溶液的压力，一般不超过 0.3MPa；拔出注浆管后，留下的孔洞应用水泥砂浆或土料填塞密实。

附录 注浆地基质量检验标准（表 1-8）

表 1-8 注浆地基质量检验标准

项	序	检查项目		允许偏差或允许值		检查方法
				单位	数值	
主控项目	1	原材料检验	水泥	设计要求		查产品合格证书或抽样送检
			注浆用砂：粒径	mm	<2.5	试验室试验
			细度模数		<2.0	
			含泥量及有机物含量	%	<3	
			注浆用粘土：塑性指数		>14	试验室试验
			粘粒含量	%	>25	
			含砂量	%	<5	
			有机物含量	%	<3	

（续）

项	序	检查项目		允许偏差或允许值		检查方法
				单位	数值	
主控项目	1	原材料检验	粉煤灰：细度	不粗于同时使用的水泥		试验室试验
			烧失量	%	<3	
			水玻璃：模数	2.5～3.3		抽样送检
			其他化学浆液	设计要求		查产品合格证书或抽样送检
	2	注浆体强度		设计要求		取样检验
	3	地基承载力		设计要求		按规定方法
一般项目	1	各种注浆材料称量误差		%	<3	抽查
	2	注浆孔位		mm	±20	用钢直尺量
	3	注浆孔深		mm	±100	量测注浆管长度
	4	注浆压力（与设计参数比）		%	±10	检查压力表读数

1.9 高压喷射注浆

高压喷射注浆（旋喷）地基，是利用钻机把带有特殊喷嘴的注浆管钻至土层预定位置后，用高压脉冲泵，将水泥浆液通过钻杆下端的喷射装置，向四周以高速水平喷入土体，借助流体的冲击力切削土层，使喷流射程内土体遭受破坏，与此同时钻杆一面以 20r/min 的速度旋转，一面以 15～30cm/min 徐徐提升，使土体与水泥浆充分搅拌混合，胶结硬化后在地基中形成具有 0.5～8.0MPa 强度的圆柱体（称为旋喷桩），从而使地基得到加固。其工法有单管法，二重管法、三重管法等。成桩形成分旋喷注浆、定喷注浆和摆注浆三种。加固形状可分为柱状、壁状和块状等。适于淤泥、淤泥质土、粘性土、粉土、湿陷性黄土、填土、碎石土等地基加固与补强。

禁忌 1　注浆前不进行旋喷试验确定工艺参数（旋喷速度、提升速度、喷射压力、排量、喷嘴直径等），**盲目进行施工**

现象、危害性　旋喷速度、提升速度、喷射压力、排量和喷嘴直径是高压喷射注浆的五项重要工艺参数，应在注浆前通过现场试验确定。如不进行试验，随意选用盲目进行施工，会使旋喷体大小不一，强度不足或不均匀，甚至喷浆受阻出现松散、断桩等情况，达不到预期加固效果。

防治措施　注浆前应通过现场试验确定五项工艺参数，施工中应定期检查施

工工艺参数的应用情况及施工程序，以确保地基加固质量。表 1-9 为常用旋喷施工主要机具和工艺参数，可供参考。

表 1-9 旋喷施工主要机具和参数

项目			单管法	二重管法	三重管法
参数	喷嘴孔径/mm		ϕ2～3	ϕ2～3	ϕ2～3
	喷嘴个数		2	1～2	1～2
	旋转速度/(r/min)		20	10	5～15
	提升速度/(mm/min)		200～250	100	50～150
机具性能	高压泵	压力/MPa	20～40	20～40	20～40
		流量/(L/min)	60～120	60～120	60～120
	空压机	压力/MPa	—	0.7	0.7
		流量/(L/min)	—	1～3	1～3
	泥浆泵	压力/MPa	—	—	3～5
		流量/(L/min)	—	—	100～150
浆液配合比：水：水泥：陶土：碱			(1～1.5)：1：0.03：0.0009		

注：高压泵喷射的(单管法、二重管法)是浆液或(三重管法)水。

禁忌 2 钻孔、沉管偏斜、冒浆

现象、危害性 旋喷设备钻孔困难，并出现偏斜过大及冒浆现象。产生原因：遇有地下障碍物，地面不坚实平整，未校正钻机，垂直度超过 1.5%；注浆量与实际需要量相差甚多；造成桩体倾斜、松散、强度不足，降低加固地基承载力。

防治措施

1）注浆前应在桩位钎探，遇有障碍物，应清除或移桩位。

2）场地要整平压实、钻机架设对钻杆要双向校正，使垂直度控制在 1.5% 范围以内。

3）采用侧口式喷头，减小出浆口孔径，提高喷射压力，使压浆量与实际需要量相当，以减少冒浆量。

4）采取控制好水泥浆配合比、提升、旋转、注浆等工序；回收冒浆量，应除去泥土过滤后再用。

禁忌 3 旋喷高压设备布置离钻机过远

现象、危害性 旋喷用高压泵、空压机、泥浆泵距钻机太远（超过 3cm）会使压力损失很大，压力表上的读数往往高于钻机上的压力，旋喷出的固结体会小于试桩值，达不到设计要求。

防治措施 旋喷高压设备，注浆设备与钻机的距离应控制不大于30m；如加固区域面积大，高压设备宜布置在中间，或采取分段施工，移动设备的措施。

禁忌4 注浆浆液搅拌不均，或使用过期、受潮结块水泥拌制浆液

现象、危害性 注浆浆液拌制不均匀，使喷出注入桩体的浆液稀稠不一，造成固结体强度不均匀或达不到强度要求；使用过期或受潮结块水泥拌制浆液，将使固结体强度降低或强度不均匀，水泥浆液中的受潮结块颗粒易堵住出浆口，使喷浆不畅受阻，会使加固体疏松，甚至导致断桩。

防治措施

1）浆液应充分搅拌均匀，搅拌时间不少于5min，或在浆液中添加少量膨润土、陶土粉等稳定剂，减少浆液沉淀；在贮浆池中配置螺施打浆设备，不断搅动，防止浆液沉淀。

2）配制浆液应选用新鲜无受潮结块，活性良好、未过期的水泥；如对水泥质量有怀疑时，使用前必须重新检验确定其强度等级，按测定强度等使用。避免使用受潮结块水泥。

禁忌5 注浆压力上不去

现象、危害性 注浆时达不到要求的压力。产生原因：安全阀和管路接头密封圈不严而存在泄漏情况；泵阀损坏，油管破裂漏油；安全阀的安全压力过低，或吸浆管内留有空气或密封圈泄漏；栓塞油泵调压不够等，造成注浆压力、浆液流量不够，加固体密实性差，桩径、强度达不到要求。

防治措施 应停机检查，经检查排除故障后压力自然上升，并以清水进行调压试验，以达到所要求的压力为止。

禁忌6 注浆压力骤然上升

现象、危害性 注浆压力突然升高。产生原因：喷嘴堵塞；高压管路未清洗净，浆液沉淀或其他杂物堵塞管路；或泵体或出浆管路被堵塞等，造成浆液供应中断，出现断桩或强度不足，或强度不均，甚至出现爆管事故。

防治措施 应停机检查，首先卸压，如喷嘴堵塞，将钻杆提升，用铜针疏通；其他堵塞应松开接头进行疏通，待堵塞消失后再进行旋喷。

禁忌7 注浆压力时高时低、流量时大时小，钻杆旋转和提升速度不均

现象、危害性 注浆压力高低不一，浆液排量忽大忽小，或钻杆旋转、提升速度时快时慢不够均匀，造成旋喷固结体强度不足或不够均匀，降低加固地基承载力。

防治措施

1）对施工作业程序严加控制，使注浆压力、流量、钻杆旋转、提升速度均匀。如发现压力、时高时低，应停机检查，查安全阀的安全压是否过低、安全阀、泵阀和管路接头处密封圈是否完好，油管是否漏油，吸浆管内是否存有空气，吸浆管密封圈有无泄漏，栓塞油泵调压是否足够等情况。经检查纠正后，压力和流量自然会上升，再用清水进行调压试验正常后重新注浆。

2）如发现压力过高，应立即检查喷嘴、高压管路、泵体和出浆管路有无堵塞，清理故障后重新注浆。

3）加强钻杆操作控制使旋转和提升速度保持在表 1-9 规定范围内。

禁忌 8　不冒浆或冒浆过大

现象、危害性　喷浆提升操作时，孔口不见水泥浆液冒出；产生原因：土层中有较大的空隙，使浆液流（漏）失，引起不冒浆。或喷浆提升操作时，孔口冒浆量过大（超过喷入量的 20%）；产生原因是注浆喷射压力不够，喷嘴孔径过小，提升和旋转钻杆速度过慢，或有效喷射范围与注浆量不相适应而造成冒浆量过大。前者使浆液流到不该加固的空隙处，设计要求加固的土体得不到有效加固；后者则导致浪费大量水泥浆液。

防治措施

1）喷浆提升操作时，要注意观察孔口冒浆情况，若整个孔不冒浆，如属土层空隙较大，可在浆液中掺加适量的速凝剂，缩短固结时间，使浆液迅速凝结而不致流（漏）失。

2）如冒浆量过大，可提高喷射压力；适当缩小喷嘴孔径，加快提升和旋转速度，调整注浆量使冒浆量控制小于 20%以下。

禁忌 9　固结体顶部下凹

现象、危害性　旋喷桩在水泥浆液与土搅拌混合后，由于浆液的析水特性，会产生一定的收缩作用，因而造成在固结体顶部出现凹穴或下陷。导致桩顶部强度降低，在上部荷载作用下会被压碎破坏。

防治措施　在旋喷桩施工完毕，将固结体顶部凿去部分，在凹穴部位用混凝土填补或直接在旋喷孔中再次注入浆液；或在旋喷注浆完成后，在固结体的顶部 0.5～1.0m 范围内，在原位提杆再注浆复喷一次加固。

禁忌 10　加固体强度不均、缩颈

现象、危害性　旋喷加固体的成桩直径不一致，桩身强度不均匀，局部区段出现缩颈。产生原因：旋喷设备出现故障（如管路堵塞、串、漏、卡钻等），使

喷浆不正常，有时中断施工；拔管、旋转速度及注浆量未能配合好，导致桩身直径大小不匀，浆液时多时少；喷射的水泥浆与切削的土粒强制拌合不充分、均匀；桩穿过较硬的粘土层，由于回缩挤压，往往易出现局部缩颈。导致加固体强度降低，承载力不能满足要求。

防治措施

1）应根据设计要求和地质条件，选用合适的旋喷方法。旋喷前，应作压水、压浆、压气试验，检查各部件各部位的密封性和高压泵、钻机的运转情况。一切正常后，始可配浆，保证旋喷连续进行。

2）配浆时应用筛过滤，搅拌池（槽）中的浆液要经常翻拌，防止沉淀。中断喷浆时，应及时压入清水，使泵、注浆管和喷嘴内无残液。

3）严格控制喷嘴的加工精度、位置、形状、直径等，以保证喷浆效果良好。

4）根据旋喷固结体的形状及强度要求，调整控制好喷嘴的旋转速度、提升速度、喷射压力、喷浆量以及浆液的水灰比和稠度。

5）对易出现缩颈部位及底部不易检查处，采用定位旋转喷射（不提升）或复喷的扩大桩径办法。

禁忌 11　旋喷体强度达不到设计要求

现象、危害性　旋喷体强度不够，不能满足设计要求。产生原因：使用受潮或过期的水泥，或喷射时水泥浆未搅匀沉淀；喷射时压力、流量不均匀或操作程序不当，钻杆提升和旋转速度不匀；或风、水、浆管路、喷嘴轻度堵塞，使气压不稳，喷浆不均；从而使加固体承载力降低。

防治措施

1）水泥应选用新鲜，无结块、活性高的水泥，防止使用过期、受潮的水泥。

2）水泥浆应拌均匀；加强操作控制，使压力、流量、钻杆旋转和提升速度均匀；防止管路和喷嘴堵塞。

禁忌 12　用旋喷桩加固既有建筑物时，不用速凝浆液和不采用间隔施工

现象、危害性　用旋喷桩加固既有建筑物时，会对既有建筑物的地基造成扰动，在旋喷桩固结前，造成浸湿成片，会给既有建筑物增加附加沉降。如成桩不采用速凝浆液使桩体快速凝固承受建筑物荷载，不采用间隔施工以减少对地基的扰动和浸湿，将会给既有建筑物地基造成较大的变形沉降，甚至会使建筑物裂缝、破坏。

防治措施

1）加固既有建筑物地基，应选用速凝浆液，同时在浆液终凝前及时将桩顶与既有建筑物间的间隙用快凝砂浆填嵌密实，使能承受传递荷载。

2）旋喷桩施工采用大间距间隔施工法，第一批桩固结后，才在邻近继续施工第二、第三批桩，直至全部完成。

附录 高压喷射注浆地基质量检验标准（表 1-10）

表 1-10 高压喷射注浆地基质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	水泥及外掺剂质量	符合出厂要求		查产品合格证书或抽样送检
	2	水泥用量	设计要求		查看流量表及水泥浆水灰比
	3	桩体强度或完整性检验	设计要求		按规定方法
	4	地基承载力	设计要求		按规定方法
一般项目	1	钻孔位置	mm	≤50	用钢直尺量
	2	钻孔垂直度	%	≤1.5	经纬仪测钻杆或实测
	3	孔深	mm	±200	用钢直尺量
	4	注浆压力	按设定参数指标		查看压力表
	5	桩体搭接	mm	>200	用钢直尺量
	6	桩体直径	mm	≤50	开挖后用钢直尺量
	7	桩身中心允许偏差		≤0.2D	开挖后桩顶下 500mm 处用钢尺量，D 为桩径

1.10 粉体喷射注浆

粉体喷射注浆桩地基，简称粉喷桩地基，系采用粉喷桩机成孔，以水泥等粉体作固化材料，用压缩空气将粉体输送到钻头，并以雾状喷射到加固软弱土层中，借钻头的叶片旋转进行强制搅拌使充分混合，形成具有一定强度、水稳性的水泥土桩体，与原地基构成复合地基，从而使地基得到加固。适于软弱土地基的加固处理以及进行边坡加固和基坑支护、防渗墙等工程应用。

禁忌 1 喷粉使用过期、受潮结块水泥

现象、危害性 喷粉使用过期水泥（存放 3 个月，强度将降低 10%～20%，存放 6 个月强度将降低 15%～30%），会降低桩体强度；使用受潮结块水泥，喷粉不通畅，散不开，使桩体强度不足或不均匀；水泥中的结块，易堵住喷灰嘴，使喷粉受阻，造成桩体出现断桩、夹层、松散，强度降低。

防治措施 应选用未过期、新鲜无结块，活性好的水泥；过期水泥在使用前应重新检验其强度等级，按实际强度等级使用。受潮结块水泥应避免使用。

禁忌 2 成孔时卡钻

现象、危害性 钻机在成孔过程中，被卡在孔内，难以上下或提不出来。主要原因是通含水率低的粘土层，或板结的硬土层，或局部遇到障碍物被卡住。影响作业工效。

防治措施 应停止钻进或慢速钻进，严重时应停钻，并提升钻具，改进钻头；如在提升钻杆时卡钻，则应暂时停止喷粉，待正常后再复喷。

禁忌 3 喷粉不畅或堵塞

现象、危害性 粉喷桩钻机喷粉时喷时停不通畅，有时被堵住。产生原因是气路连接部分密封不严；或气源不足；水泥吸湿结块；喷口粘结粉泥后变小；或粉料中混有杂物等，导致桩体强度不均，或出现夹层或断桩。

防治措施

1）应使气路连接严密，供气保持充足，气压稳定；防止水泥受潮，必要时应过筛。

2）遇喷粉不畅应迅速操纵喷粉蝶阀，由开到关，由关到开，反复多次来克服；严禁以物体敲击灰罐罐体。

禁忌 4 桩体出现过大偏斜，喷粉溢出地面

现象、危害性 桩体偏斜过大，钻进困难，并出现冒粉，溢出地面。产生原因：地面不平整，表土松软，造成粉喷桩机倾斜；或桩机钻杆偏斜过大，搅拌轴不垂直；或桩机钻进时遇到石块、树根、旧污工等障碍物；或喷射结束过晚，未掌握好停喷时间，直到地面才停喷等。导致桩体垂直度超过要求，影响桩承载力，大量喷粉溢出地面造成浪费。

防治措施

1）施工场地要坚实平整，必要时铺砂和砂砾石垫层，粉喷桩机就位后，要双向校正垂直度；桩机本身偏差过大，应调直；地下 3m 以内的障碍物应用钎探探明，及时清出。

2）正式施工前，应作工艺试验，确定水泥的喷出量、粉喷桩机的搅拌速度、水泥与土的比例等工艺参数和技术指标，并在施工中严格控制。

3）当钻头提升至距地面 50cm 时，应停止喷粉，以防止粉粒溢出地面。

禁忌 5 粉喷到桩顶后不进行复喷

现象、危害性 粉喷桩当喷粉到桩顶时，由于气压骤减，易在桩顶部出现一段松散层，而根据测试桩受力（传力）最大部位在桩顶 $6d$（d—桩体直径）范

围，如不在桩顶以下一定范围内进行一次复喷，将使桩承载力降低，达不到设计承载力要求。

防治措施 当钻头提升到高于自然地面约 150～200mm 时，应停止向桩孔内喷射水泥，为提高桩体质量，应在每根桩顶部 3.5m 范围内再钻进，提杆复喷（水泥用量为 10kg/m）一次，以提高桩顶部位桩体密实度（复喷后桩体强度可达到 1.2MPa 左右）。

禁忌 6 土层含水量过低，仍采用喷粉成桩工艺

现象、危害性 粉喷桩系采用喷干水泥与湿土壤搅拌后凝固成水泥土桩，一般要求土的含水量不低于 23%。如土层含水量过低，水泥水化水量不足，与土粘结力差，会造成桩体出现疏松现象，降低桩体强度和承载力。

防治措施

1）在桩机钻孔搅拌切上下沉时适当注水，加大土体的含水量，使水泥与土能充分结合成桩。

2）遇到含水量低于 23%的土层，亦可改干喷水泥粉工艺为湿喷水泥浆工艺，在钻进和提钻中均进行喷浆（水∶水泥＝1∶1）搅拌，可使强度有效提高，满足设计承载力要求。

禁忌 7 桩体出现疏松

现象、危害性 松体结合差、强度低，呈松散状态。产生原因：土层含水量太低；或遇松散杂填土层，造成粉体流失，使桩体含水泥量不够；或土层含水量低，复打也易产生疏松等，导致桩体强度低，承载达不到要求。

防治措施 土层含水量过低时，可在钻孔时适当注水；或改用喷浆法成桩；发现桩体疏松，可钻进复喷一次加固。

禁忌 8 桩体出现夹层、断桩

现象、危害性 桩体存在土夹层或桩体断开。造成原因：水泥潮湿，或有异物堵管，喷粉中断；或管道漏气，供气不足；或喷粉孔磨损，被粘土堵塞；提钻速度过快，先提钻后喷粉；灰喷完后未察觉，喷粉中断，仍在搅拌成桩等；造成桩体强度降低，沉陷量大，使建筑物产生不均匀沉降。

防治措施

1）雨季、夏季存放水泥应采取防潮措施；用于水泥喷粉时应严格过筛，计量和气压检查；注意控制喷粉与提钻速度，宜先喷粉 1～2min 后，再提钻搅拌；遇堵孔应将钻头提出清理净后，再钻进、提钻、喷粉、搅拌。

2）存在夹层、断桩，应将夹层、断桩的上段桩打去，在原位复喷或邻位补桩。

禁忌 9 桩体空心，形成空心桩

现象、危害性 桩中心为土芯，外部包水泥土的现象。产生原因：土壤含水量过低，中心部位气压减小，造成桩体四周强度高，水泥进不到桩中心，桩中心形成土芯，变成空心桩；再土干气压大，水泥从两侧喷出，也易产生中间无水泥的空心桩。造成桩的强度和承载力降低。

防治措施 遇土层含水量低于 20%时，应改用喷水泥浆搅拌法施工工艺；或在钻孔搅拌切土下沉时适当注水，加大土体含水量，使喷粉均匀，桩体强度一致。

禁忌 10 桩体强度不均或强度不够

现象、危害性 加固桩体不均匀，加固柱体不完整。强度达不到设计要求。产生原因：钻杆提升速度不均；或粉喷管路轻微堵塞，造成气压不稳，喷灰量时高时低，使喷灰不匀；遇局部松软土漏灰；遇粘土搅不开；以减压阀调定的灰罐与喷射管间存在压差，也常会影响到定量喷灰等，因而使桩体强度不均或强度不够，承载力不能满足设计要求。

防治措施 严格控制提升速度，经常观察电子秤进行了解和监控；防止管路堵塞；遇松软土、粘土采取低速钻进搅拌，改变无级变速器、输出转速来进行调整，使喷粉量均匀。

1.11 预压地基

预压地基系在建筑物施工前，在地基表面采取分级堆土或其他荷载，使地基压密，或在地基中设置砂井、袋装砂井或排水带作为竖向排水通道，并在顶部设置砂垫层，作为水平排水通道，在砂垫层上再预压荷载增加土中附加应力（或采取真空预压，以大气压力作为预压荷载），使土体中孔隙水较快地通过砂井（袋装砂井、排水带）、砂垫层排出，以达到加速土体固结，提高地基强度的效果。预压地基处理按工艺方法分为堆载预压、砂井堆载预压、袋装砂井堆载预压、塑料排水带堆载预压和真空预压等多种。适用于淤泥质土、淤泥和冲填土等饱和粘性土地基的处理。

禁忌 1 预压的顶面积小于基底面积

现象、危害性 预压加载的顶部面积小于建筑物基底面积，使筑物范围内的地基得不到全面均匀加固，使边缘部位承载力不足，会产生不均匀沉降。

防治措施 应使堆载预压的顶面面积稍大于建筑物基础外轮廓的底面积，填土（或其他堆载材料）应从顶面向下自然放坡，使能满足基础底面应力扩散的要求。

禁忌 2 预压时不控制加载速率

现象、危害性 地基预压时，应根据土质情况控制好加载速率，不宜加载过大过快，特别在地基中设有砂井，未待因打砂井造成的地基强度减弱得到恢复就进行快速加载，会使地基内产生局部塑性区而使得侧向变形引起的沉降，而使得总沉降量加大，或使地基局部或整体发生剪切破坏。

防治措施

1）地基上加载不得超过地基的极限荷载，以防地基失稳破坏。

2）根据设计要求，采取分级逐渐堆载，每天进行沉降、边桩位移及孔隙水压力的观测。一般堆载控制指标是：地基最大小沉量不宜超过 10～15mm/d；水平位移不应超过 5mm/d；孔隙水压力不超过预压荷载所产生应力的 50%～60%；并且应根据上述观察资料综合分析来决定堆载的速率和判断地基的稳定性。

禁忌 3 砂井灌砂量达不到计算灌砂量值

现象、危害性 砂井中灌砂量是检验砂井质量的重要指标，一般要求砂井实际灌砂量不小于计算灌砂值的 95%，如小于此灌砂值，则可认为灌砂不够均匀密实，会影响排水固结效果，使地基得不到均匀加固。

防治措施

1）灌砂应控制砂的含水量，不得用干砂，砂的含水率应在 7%～9%范围内。

2）砂井成孔时要预防缩颈；灌砂要用漏斗，保持连续，减少对井壁的扰动；灌一段砂井后要量测标高，使每一段均达到或超过灌砂计算量的 95%。

3）对灌砂量未达到要求的砂井，应在原位将桩管打入灌砂复打一次；对有缩颈的砂井，可采取局部复打，其复打深度必须穿过缩井处 1m 以上。复打时，管壁上的泥土应清除干净，前后两次沉管轴线应一致。

禁忌 4 袋装砂井预钻孔直径等于或小于袋装砂井的直径

现象、危害性 砂井采用预钻孔或打拔管成孔，如钻孔或打入钢管直径小于砂袋直径时，砂袋放入时会扰动孔壁土壤，混入泥土，造成砂井排水不畅，影响地基土排水固结的速度、加固深度和效果。

防治措施 预钻孔径及选用打拔钢管直径一定要装砂袋的直径大 50mm，并控制砂井的垂直度偏差小于 1.5%。

禁忌 5 袋装砂井装湿砂或含泥量大的砂

现象、危害性 袋装砂井装湿砂，干燥后体积缩小，造成袋装砂井缩短与排

水垫层不搭接；袋装砂井如装含泥量大的砂，易造成井阻，影响地基加固深度和效果。

防治措施

1）袋砂井的砂宜用中、细砂，应风干后使用；含泥量应控制不大于3%。

2）确定袋装砂井的施工长度时，应考虑袋内砂体积减小、袋装砂井在井内的弯曲、超深以及伸入水平排水垫层内的长度等因素，防止砂井全部沉入孔内，造成砂袋顶部与排水垫层不连接，影响排水效果。

禁忌6　塑料排水带固定不牢或打设过程中，泥土进入带芯，排水通道被堵塞

现象、危害性　塑料排水带与桩尖未固定牢固，打设桩管拔管时，塑料排水管与桩尖（靴）脱开、拔出，使带长度不够；同时打设过程中，泥入挤入带芯，淤塞排水通道。造成原因有：沉管、插带时，遇到障碍物，管道等；塑料排水带与桩尖连接不牢固；插带机性能可靠性差；排水带排水孔道细小，水流阻力系数大，造成较大的水头损失，滤水膜透水阻力随时间迅速增长，失去滤水作用；桩尖（钢靴）不严密，起不到遮盖作用，泥砂进入空心套管内产生堵塞等。由于局

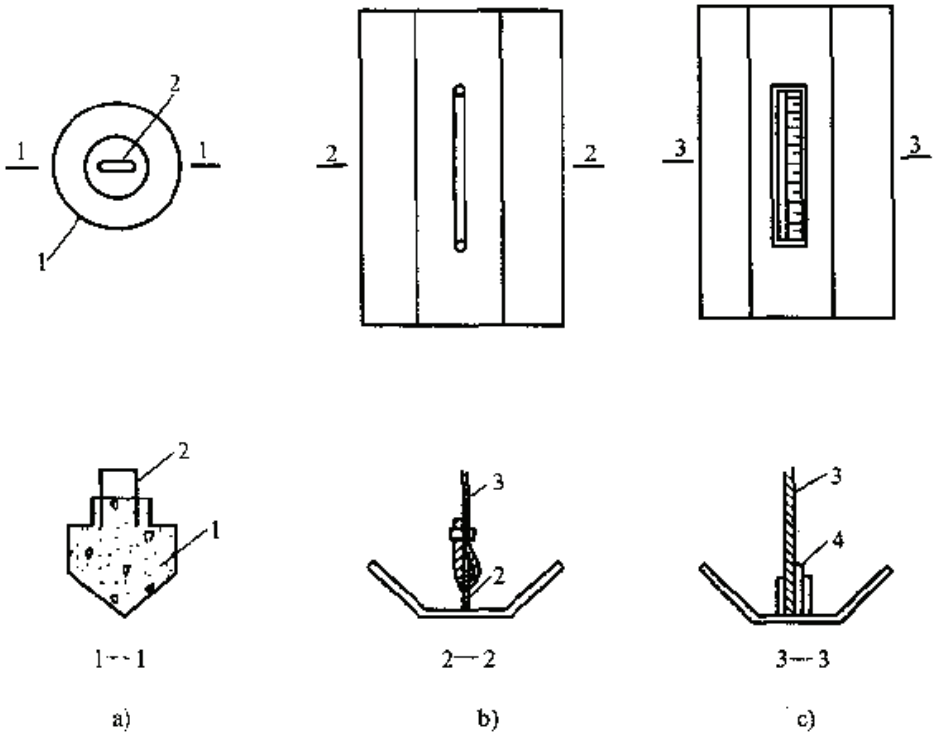


图1-5　塑料排水带用桩尖形式

a）混凝土圆形桩尖　b）倒梯形桩尖　c）楔形固定桩尖

1—混凝土圆形桩尖　2—塑料带固定架

3—塑料排水带　4—塑料楔

部或大部分堵塞，影响排水效果，使土体固结速度缓慢、固结时间延长，严重的起不到排水固结作用。

防治措施

1）遇到硬物及管道等应予清除，或移位沉管、插带。

2）塑料排水带装设要从打设导管下端穿出与桩尖连接贴紧管下端，锚定牢固后方可施工，防止拔管时脱开进泥，排水带用桩尖（靴）要保证使用可靠，常用形式如图 1-5 所示。

3）打设过程中要注意防止塑料排水带滤水膜损坏和把淤泥带入带芯堵塞排水孔，使排水带失效。

2）打设桩管插入塑料排水带，拔管时如将塑料带带出，带出长度不应大于500mm，如塑料排水带被拔起超过 2m 以上，应进行补打。排水通道被堵时应重新插塑料排水带。

禁忌 7　竖向排水砂井不连续、不密实、或出现缩井、井阻效应

现象、危害性　排水砂井沉实后，发现砂井与水平排水砂垫层之间存在空隙，或砂井出现泥夹层、不连续、不密实，或井受挤压出现缩井，或袋装砂井长细比大，管内进泥过多，井阻效应显著，导致砂井排水失效，达不到要求的加固效果。

防治措施

1）砂井与排水砂垫层之间必须夯填密实；袋装砂井砂袋和塑料排水带埋入砂垫层中的长度不应小于 500mm。

2）根据被加固软土地基的特性、施工机具设备条件、现场施工环境情况，选择确保砂井、袋装砂井、塑料排水带质量的施工工艺。

禁忌 8　加固土层出现剪切破坏

现象、危害性　加固土层预压荷载时发生剪切破坏。造成原因是加载过大过快，与地基强度的增长不相适应；塑料排水带堆载预压后孔隙水消散慢，导致土层结构破坏。

防治措施

1）地基预压荷载时，应采取分级进行，并注意控制每级加载重量的大小和加荷速率，使之与地基的强度增长相适应，待前一级荷载作用下达到固结后，再施加下一级荷载。

2）压载后待孔隙水充分消散，方可继续加载。

禁忌 9　地基顶部设置水平排水砂垫层时，混入大量泥土、杂物

现象、危害性　水平砂垫层中混入大量泥土杂物，排水通道被堵塞。造成原

因主要是：砂子含泥量过大；垫层底部软土未整平压实，被扰动，使大量泥土、杂物混入砂垫层中堵塞排水通道，影响垫层排水通畅，造成固结缓慢，降低加固效果。

防治措施

1）严格控制砂的含泥量不大于3%。

2）在铺设砂垫层前，对基土表层整平、压实，防止扰动表土，在其上来回走车和践踏，每打完一口砂井，及时清理掉砂井口的淤泥和杂物，使砂井与水平垫层连接良好。

禁忌10 真空预压地基铺设密封薄膜时，不清除排水垫层表面带棱角的石子和贝壳

现象、危害性 砂垫层表面有带棱角的石子和贝壳，会穿破密封膜，造成真空度达不到要求，影响加固效果。

防治措施 在铺好排水砂垫层后，应对表面进行一次全面清理，将带棱角的石子和贝壳清除掉，把可能影响密封膜密封性的因素彻底消除。

禁忌11 密封膜的搭接长度不够，搭接粘合温度过低或过高

现象、危害性 铺密封膜时，如出现密封搭接长度不足，或热合欠火或过火会造成粘结强度低，薄膜搭接脱开，缝隙漏气，导致膜内真空度上不去，大气压载不够，地基达不到设计要求的强度。

防治措施

1）密封膜要选用密封性好、抗老化能力强、韧性好，抗穿刺能力强、有一定抗拉强度的材料。

2）热粘合时采用平接法，搭接长15～20mm，在两块薄膜的尽端各热合一条缝。根据薄膜材料、厚度、粘结料性能及使用说明，选用合适的热合温度、热合压力和时间，以热合缝粘结牢固而不熔为准。

禁忌12 密封膜周边密封不严，产生漏气

现象、危害性 密封膜周边密封不严或不密封，周边大量漏气，会造成膜内真空度低，真空预压荷载低，预压后地基强度达不到设计要求。

防治措施 砂垫层上铺密封薄膜，一般采用2～3层聚氯乙烯薄膜，应按先后顺序同时铺设，并在加固区四周，在离清基线外缘2m开挖深0.8～0.9m的沟槽，将密封膜的周边放入沟槽内，用粘土或粉质粘土回填压实，要求气密性好，密封不漏气，或采用板桩或复水封闭，图1-6为几种薄膜周边密封方法，而以膜上全面复水较好，既密封性好又可延缓薄膜的老化。

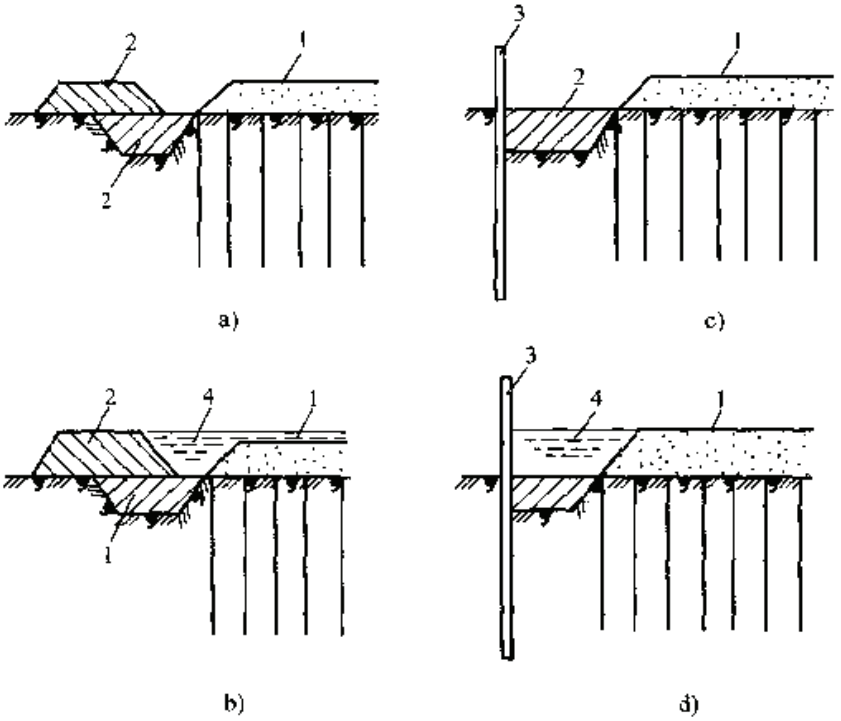


图 1-6 薄膜周边密封方法

a)挖沟析铺 b)围堰内全面复水密封 c)打设板桩密闭 d)板桩墙加沟内复水密封

1—密封膜 2—填土压实 3—钢板桩 4—复水

禁忌 13 真空预压时，密封膜内真空度不够

现象、危害性 真空预压时，真空泵的真空度小于 96kPa，膜内的真空度小于 73kPa，不符合真空预压的基本技术要求。由于膜内外产生的气压差小，作用于地基上的荷载不够，导致土体固结达不到设计值。

防治措施

1）选用合适的真空泵，一个预压区内的距离应均匀，另应有备用真空泵。同时搞好密封膜的密封，保证不漏气。

2）做好真空度、地面沉降量、深层深降、水平位移、孔隙水压力和地下水位的现场测试工作，掌握变化情况，作为检验和评价真空预压效果的依据。并随时分析，发现真空度异常，及时采取措施处理，以保证预压效果。

禁忌 14 在不堵截周围渗透水层的情况下进行真空预压地基施工

现象、危害性 在被真空预压软土层的周围有渗漏水层，不先进行堵截，透水层的水源将会向加固土层源源补给，造成地基孔隙水排除不尽，达不到真空预

压加固的效果。

防治措施 在真空预压区的外围设置封闭式截水墙，如用深层搅拌桩或高压喷射旋喷桩作成防水帷幕，挡住透水层补给水源。

附录 预压地基和塑料排水带质量检验标准（表 1-11）

表 1-11 预压地基和塑料排水带质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	预压载荷	%	≤2	水准仪
	2	固结度(与设计要求比)	%	≤2	根据设计要求采用不同的方法
	3	承载力或其他性能指标	设计要求		按规定方法
一般项目	1	沉降速率(与控制值比)	%	±10	水准仪
	2	砂井或塑料排水带位置	mm	±100	用钢直尺量
	3	砂井或塑料排水带插入深度	mm	±200	插入时用经纬仪检查
	4	插入塑料排水带时的回带长度	mm	≤500	用钢直尺量
	5	塑料排水带或砂井高出砂垫层距离	mm	≥200	用钢直尺量
	6	插入塑料排水带的回带根数	%	<5	目测

注：如真空预压，主控项目中预压载荷的检查为真空度降低值<2%。

1.12 振冲地基

振冲法分为振冲置换法和振冲密实法两类。前者采用振冲器水冲成孔，填以碎石（或砂砾）材料，借振冲器的水平及垂直振动，振密填料，形成桩体，与地基上构成复合地基，使地基承载力提高，沉降减少；适于粘性软土、粉土、饱和黄土和人工填土地基的作用。后者是利用振冲器的振动和压力水使松砂层液化，使砂颗粒相互挤密，重新排列，孔隙减少，从而提高砂层的承载力和抗液化能力；本法振据砂土质的不同又有加填料和不加填料两种。适于砂土和粉土地基加固；不加填料的仅适于粘土粒含量小于 10%的粗砂，中砂地基加固；最大加固深度可达 18m，置换率一般为 10%～30%。

禁忌 1 不通过试验确定密实电流、填料量和留振时间

现象、危害性 密实电流、填料量和留振时间为振冲施工工艺的三要素，随地质条件不同而各异。如不通过试验确定最优值，仅凭经验数据取用，将不能保

证地基土达到设计要求的密实度，加固的地基承载力将难以满足设计要求。

防治措施 振冲前应先进行振冲试验，以确定成孔合适的水压、水量、成孔速度及填料方法；达到土体密实度、承载力符合设计要求时的密实电流、填料量和留振时间，作为施工控制的依据。一般控制标准是：密实电流不小于50A；填料量为每米桩长不小于0.6m³，且每次搅拌量控制在0.20～0.35m³；留振时间30～60s。检测地基承载力应用复合地基荷载试验、静力触探等试验方法。

禁忌2 不按施工顺序进行成桩

现象、危害性 振冲成桩不考虑挤土效应和对桩邻近地基土的扰动，随意布桩施工，会造成对相邻桩地基土的挤压、扰动，给成桩带来困难，影响邻近建筑物地基的稳定，破坏周边环境的安全。

防治措施

1）应按地质条件和成桩周围环境状况布置成桩施工顺序，常用振冲造孔、成桩顺序方法可按表1-12选用。

2）对于一般粘性土可采用由一端（边）推向另一端（边）方式或由里向外施工顺序（图1-7a、b）；对强度低的软粘土宜采用间隔跳打法（图1-7c）；当邻近有建筑物时应采用由建筑物的一侧向外逐排成桩的顺序（图1-7d），以减少对相邻桩地基的挤压、扰动和振动影响。

表1-12 振冲造孔方法的选择

造孔方法	步 骤	优 缺 点
排孔法	由一端开始，依次逐步造孔到另一端结束	易于施工，且不易漏掉孔位，但当孔位较密时，后打的桩易发生倾斜和位移
跳打法	同一排孔采取隔一孔造一孔	先后造孔影响小；易保证桩的垂直度，但要防止漏掉孔位，并应注意桩位准确
围幕法	先造外围2～3圈（排）孔，然后造内圈（排）。采用隔圈（排）造一圈（排）或依次向中心区造孔	可防止桩向较一侧偏位，能减少振冲能量的扩散，振密效果好，可节约桩数10%～15%，大面积施工常采用此法，但施工时应注意防止漏掉孔位和保证其位置准确

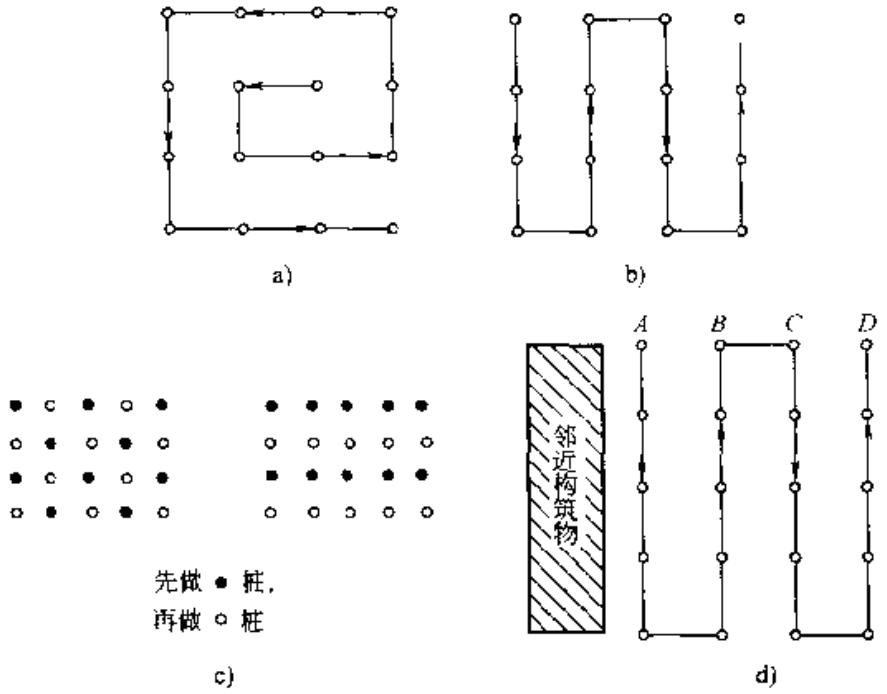


图 1-7 振冲桩的施工顺序

a）由一端（边）向另一端（边）方式 b）由里向外方式 c）间隔跳打方式 d）邻近建筑物的成桩方式

禁忌 3 振冲时泥浆稠度和密度过大

现象、危害性 在粘性土层中成孔，泥浆水太稠、密度太大，桩孔不畅通，使填料下降速度缓慢，投入困难，使桩的直径和完整性达不到设计要求。

防治措施

1）振冲成孔后，应停留 1～2min 清孔，以便回水将稠泥浆带出地面，以降低孔内的泥浆密度。填料宜“少吃多餐”，每次往孔内倒入的数量，约为堆积在孔内 0.8m 高，然后用振冲器振密后再继续加料，以保证投石顺利进行和桩的质量。

2）严格操作控制，振冲器开孔后，应以 1～2m/min 的速度缓慢下沉，用 400～600kPa 水压（对于较硬土层取上限，对于软土取下限）、水量大于 $20m^3/h$ 反复提升和下降振冲器，使桩孔畅通，振冲器在孔口和孔底各悬吊和留振 20s，扩大孔口和孔底，再不断向孔内注入清水，将孔内稠度高的泥浆置换出来，降低孔内泥浆稠度，保证投石时不被泥浆托住堵孔，通过清孔扩孔，可保证桩的直径，清孔时置换泥浆的回水可有效保护桩孔孔壁，保持桩身的完整性。

禁忌 4 振冲一次投料超量、超高

现象、危害性 振冲时一次往孔内倒入填料数量过多，在孔内堆积过高，会影响分段振密的效果，使密实度、桩径达不到设计要求。

防治措施 应严格分段控制置换投填料数数量，用定量容器计量，每次投入填料高度应控制在0.6～0.8m内，然后再均匀进行振捣密实，当该段的填料量、密实电流和留振时间均能达到设计规定值时，方进行上一段的施工。

禁忌5 振冲达到桩底后不降低水压，减少供水量

现象、危害性 振冲达到设计桩底标高后，仍按成孔时水压和水量，会使孔口回水量增大，流速增快，因而使孔底上被扰动，带出大量泥土，使孔底土松软，增加填料用量、影响振密程度、降低桩承载力。

防治措施 振冲达到桩底后，应将水压和水量降低至仅维持孔口有一定的回水而没有大量土细颗带走的程度即可。成桩时，将填料堆于孔口护筒周围，采取自下而上地分段振动加密，每段长0.5～1.0m，填料在振冲器振动下依靠自重沿护筒周壁下沉至孔底，在电流升高到规定控制值后，将振冲器上提0.3～0.5m；重复上一步骤，直至完成全孔处理。

禁忌6 振冲密实砂土时，注水量不足

现象、危害性 振冲密实砂土时，注水量不足，不能使砂土充分液化，砂颗粒相互挤密，重新排列，达不到设计要求的密实度，使地基的承载力降低。

防治措施 振冲密实砂土时，应严格控制注水量，以砂土能充分饱和，受到振动能够产生液化为准，但又不能过量，防止把砂粒冲走，影响地基振密。一般振冲器应以1～2m/min的速度提升，每提升300～500mm，留振30～60s，以使地基中的砂土完全液化，在停振后土颗粒便重新排列，使孔隙比减小，密实度提高。振密程度一般以电流超过原空振时电流25～30A时，表示该深度处的桩体已经挤密。

禁忌7 穿过硬土层不进行扩孔或扩孔不够

现象、危害性 在硬土层成孔不适当扩孔或扩孔不够，由于硬土被挤压后浸水膨胀会使桩孔回缩，直径变小，导致填料困难，使桩体断续出现缩颈或断桩，降低地基承载力。

防治措施 振冲器在硬土层成孔，可按扩孔操作工序将振冲器上下提升，并适当加大水压进行扩孔，以补偿桩孔的回缩量。

禁忌8 在粉细砂地基采用加填料振密作业时，使用过大的水压和水量造孔

现象、危害性 在粉细砂层中造孔，使用中，粗砂相同的水量和水压造孔，由于粉细砂透水性小，会造成水量过大和水压过高，促使孔口回水增大、流速增高，从而将桩孔内大量细颗粒带出孔口，导致填料量加大，挤密效果降低，使承

载力达不到设计要求。

防治措施 在粉细砂地基采用加填料时，应采用加填料振密工艺，造孔时，水压应控制在400～600kPa，供水量一般采用200～400L/min，造孔速度控制在1～2m/min，不宜过快，并使孔周砂土有一定的振密时间。

禁忌9 使用小功率振冲器成桩时，采用间断下料施工

现象、危害性 间断下料是造孔后将振冲器提出孔口，将填料倒入孔内，再将振冲器放入孔内振密，如此反复进行直至桩全部完成，但易造成上下两段搭接不良，振捣不密实的通病，导致桩体密实度不均匀，承载力不能满足设计要求。

防治措施

1）使用小功率振冲器成桩时，采用连续下料作业。方法是当振冲器造孔至设计深度时，将水压和水量调至孔口有一定量的回水，将填料通过扩筒在水平振动力作用下沿周边下沉至孔底，振冲器在填料中水平振动将填料挤入桩周围土中，使砂土层挤密。当电流值达到振密试验确定的控制值时，再将振冲器上提一段距离，继续投料挤密，逐段进行直至桩完成为止。

2）当需加快施工进度，拟用间断法下料作业时，则应选用大功率振冲器，由于功率大，当孔内填料后能顺利沉至原振冲器提起时的深度，使上下两段搭接缝处达到密实，确保沉桩质量。

禁忌10 施工中漏孔、漏振

现象、危害性 由于桩位标准被损坏或现场踩踏、堆料将桩位掩埋，而漏掉造孔，或桩孔下填料后漏振，从而使该桩位地基没有得到加固，将使地基强度不均，在荷载作用不发生不均匀沉降。

防治措施 采取逐排按次序成孔，随成孔随下料振实。加强检查，每个孔，每一段振密，及时作好详细记录，作到不漏孔、漏振。发现漏孔或漏振，或虽振但不符合密实电流和留振时间要求的，应及时进行补桩、补振，以保证整片地基加固的质量均匀一致。

禁忌11 桩造孔发生坍孔

现象、危害性 在桩成孔过程中出现孔壁坍塌，导致桩的直径减小，施加填料发生堵塞，严重时形成桩夹层和断桩，使地基强度不均匀，达不到设计承载力要求。

防治措施

1）应选用有导向装置的振冲器，严格控制振冲器喷水中心与桩中心对中并垂直一致，采用高压水自成泥浆护壁的快速成孔法，可有效地避免坍孔。

2）在软粘土层中造孔，采取经常上下提升振冲器进行扫孔固壁，或在孔中

适当加入填料使挤入土壁加固孔壁，亦可有效防止孔壁坍塌。

禁忌 12 桩体出现缩颈或断桩

现象、危害性 桩体局部产生回缩或遇硬土层扩孔不足，而使桩孔缩颈变小，导致投入填料困难，甚至造成桩体断续出现断桩现象。产生原因：在软粘土地基中成孔后，桩孔壁容易回缩或坍塌，堵塞孔道，使填料下落发生困难；或振冲器穿过硬土层后，忽视必要的扩孔工序等。从而导致承载力达不到设计要求，严重的使加固失效。

防治措施 在软粘土地基中造孔时，经常上下提升振冲器进行清孔，或在进入软弱土层时，在孔中适当加入填料，使挤入孔壁起护壁作用，然后再继续按常规向下进行振冲直至要求深度；遇硬土层时，应将振冲器在硬土层区段上下提升，并适当加大水压进行扩孔。

禁忌 13 桩底沉渣未除掉，投料不足

现象、危害性 桩成孔后，在桩底常积有一定厚度的沉渣，如不清除掉，又不多加填料使挤入沉渣层使密实，将在桩底形成一层松散层，密实度达不到设计要求，导致建筑物产生大量附加沉降。

防治措施 桩造孔达到桩底时，应留振 1～2min 清孔，将沉渣清出，在桩底适当多加填料，在软土桩底的投料量，使大体占整个桩体用料量的 15%～20%，用振冲器振动使挤入未清除掉的沉渣中使达到密实。

禁忌 14 桩顶部位密实度不够

现象、危害性 成桩至顶部，由于离地表面近，土层覆盖压力和桩周边约束力减弱，密实电流难以达到，导致桩顶部振捣不实，出现疏松，当受荷载后会使桩顶部变形下陷或向四侧挤出破坏，降低地基承载力。

防治措施

1）在设计桩顶标高以上增加 0.5m 浮桩长度，在桩顶部位留振时间适当加长。

2）加固区的振冲桩施工完毕，在振冲最上 1m 左右，由于土覆压力小，桩的密实度难以保证，可予以挖除，另作垫层；或另用振动碾压机进行碾压密实处理。

禁忌 15 加固效果差，复合地基的承载力和刚度均达不到设计要求

现象、危害性 砂土地基经振冲后，通过检验达不到要求的密实度；粘性土地基经振冲后，通过荷载试验检验，复合地基的承载力与刚度均未能达到设计要求。产生原因是：振冲密实砂土时，水量不足，未能使砂土达到饱和；在振冲

时，留振时间不足，未能使砂土充分液化；粘性土地基振冲施工时，未能适当控制水压、电流，导致填料量不足或桩体密实度欠佳等。从而造成被加固地基强度不够，承载力达不到设计要求。

防治措施

1）振冲密实砂土地基应严格控制水量，但不可过大，以免将砂粒冲走，影响地基密实度；振冲器应以 1～2m/min 速度提升，每提升 30～50cm，留振 30～60s，以保证能充分液化，与此同时应严格控制密实电流，一般应超过振冲器空转电流 10～15A。

2）对粘性土地基，应视软硬情况调节水压，造孔时水压应适当加大些，填料时，应适当降低；当振冲器沉至加固深度以上约 30～50cm 时，应将振冲器以 5～6m/min 的速度提升至孔口，再以同样速度下沉至原来深度；填料时，可以分几次或连续填料，视土质情况而定，填料量应不少于一根桩的体积容量，以确保达到设计要求的置换率；在粘性土地基中，其密实电流量一般应超过振冲器空转电流 15～20A，每次振实时，均应留片刻，观察电流的稳定情况。

附录　振冲地基质量检验标准（表 1-13）

表 1-13　振冲地基质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	填料粒径	设计要求		抽样检查
	2	密实电流(粘性土)	A	50～55	电流表读数
		密实电流(砂性土或粉土)	A	40～50	
		(以上为功率 30kW 振冲器)			
		密实电流(其他类型振冲器)	A_0	1.5～2.0	电流表读数，A_0 为空振电流
	3	地基承载力	设计要求		按规定方法
一般项目	1	填料含泥量	%	<5	抽样检查
	2	振冲器喷水中心与孔径中心偏差	mm	≤50	用钢直尺量
	3	成孔中心与设计孔位中心偏差	mm	≤100	用钢直尺量
	4	桩体直径	mm	<50	用钢直尺量
	5	孔深	mm	±200	量钻杆或重锤测

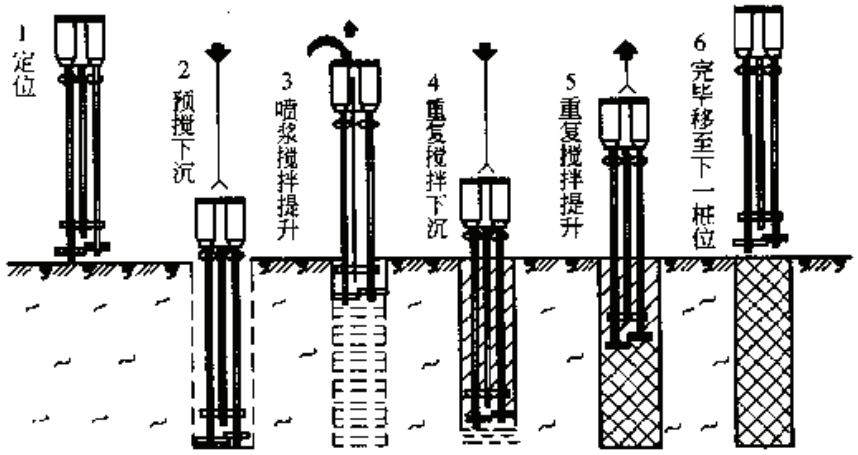
1.13　水泥土（深层）搅拌桩地基

水泥土（深层）搅拌桩地基系利用水泥作为固化剂，通过深层搅拌机在地基

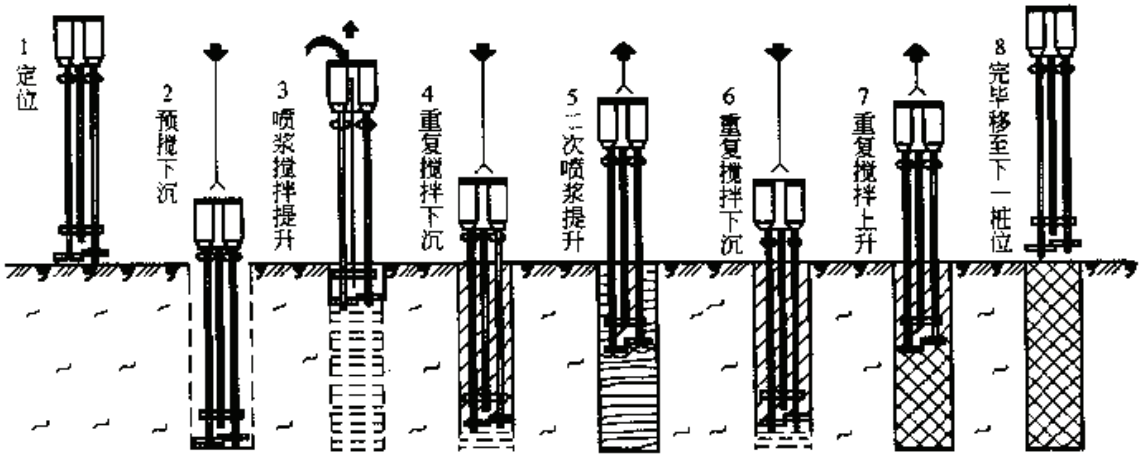
深部，就地将软土和固化剂（浆体或粉体）强制拌合，利用固化剂和软土发生一系列物理、化学反应，使凝结成具有整体性，水稳性好和较高强度的水泥加固体，与天然地基形成复合地基。适于加固较深厚的淤泥、淤泥质土、粉土、饱和黄土、素填土和含水量较高且地基承载力不大于120kPa的粘性土地基。多用于墙下条形基础、厂房地基，深基坑支护防渗墙、坑底隆起等。

禁忌1 不进行成桩试验，随意选用成桩工艺

现象、危害性 深层搅拌湿法施工工艺有一喷二搅和二喷三搅两种成桩施工工艺（图1-8），应通过试验选用。再湿法施工中水泥浆是通过定量泵输送的，泵转速是恒定的，要进行工艺试验才能确定搅拌机的提升速度（m/min），盲目选用搅拌机的提升速度，会发生固化浆液喷不完或不够喷的现象，使桩身强度不均匀，达不到地基加固要求。



a)



b)

图1-8 深层搅拌桩施工工艺流程

a) 一喷二搅施工工艺流程 b) 二喷三搅施工工艺流程

防治措施 根据设计给定的水泥掺入量和水灰比，将一根桩用的水泥浆拌制好，测量其体积，拟定搅拌头提升速度，进行工艺试验，确定用一喷二搅或二喷三搅成桩施工工艺，施工时按试验确定的施工工艺参数和工艺程序认真执行。

禁忌 2 下沉时抱钻

现象、危害性 搅拌头切土下沉时发生被粘土糊住抱钻现象。一般出现在含水量较小的软粘土或硬质粘土层中，由于粘土的粘结力强，钻头在槽中被粘土粘住，钻头外面抱满了粘土，造成刀排不能切削土体，影响钻进。

防治措施

1）施钻时，注意控制钻进速度，不使过快或过慢。

2）当在软粘土层下沉时，宜先将搅拌头用水充分湿润，并在地表加适量的湿砂，以降低土的粘性；当在硬质粘土层或较密实的粉质粘土中下沉搅拌头时，可采用“输水搅动→输浆拌合→搅拌”工艺进行操作。

3）已抱钻，可提出桩孔，清除搅头上的粘土后继续钻进。

禁忌 3 喷浆不正常

现象、危害性 施工中喷浆突然中断。造成原因有：注浆泵、搅拌机出现故障；或喷浆口被堵塞；或管道中被水泥袋纸，水泥结块等杂物堵塞；或水泥浆水灰比、稠度不合适等，使加固地基强度不均，桩出现夹层或断桩。

防治措施

1）注浆泵、搅拌机等施工中应定期维修、试运转，保证正常使用；喷浆口采用逆止阀（单向球阀），不得倒灌水泥；注浆应选用合适的水灰比（一般为0.6～1.0）；注浆作业应连续进行，不得中断，在钻头喷浆口上方设置越浆板，防止堵塞。

2）泵与管路用完后，要清洗干净，并在集浆池上部设细筛过滤，防止杂物及硬块进入管路，造成堵塞。

禁忌 4 搅拌体不均匀

现象、危害性 搅拌体质量不均匀或出现无水泥浆拌和情况。产生原因主要是工艺不合理，或搅拌机械、注浆机械操作中发生故障，造成注浆不连续，供水不均匀，使软粘土被扰动，无水泥浆拌合；或搅拌机提升速度不均匀等；导致桩体强度不均，承载力不能满足设计要求。

防治措施 施工前应对搅拌机械、注浆设备、制浆设备等进行检查、维修、试运转；选择合理的成桩工艺；灰浆拌和搅拌时间应不少于2min，增加拌合次数，保证拌合均匀，不使浆液沉淀；采取提高搅拌转数，降低钻进速度，边搅

拌，边提升，提高拌和均匀性，控制单位时间内注浆量相等；重复搅拌下沉及提升各一次，以解决钻进速度快和搅拌速度慢的矛盾，即采用一次喷浆二次补浆或重复搅拌的施工工艺。

禁忌 5　桩顶疏松，强度较低

现象、危害性　桩顶加固体疏松，强度较低。产生原因是表层土被扰动，加固效果差，加固体的薄弱部位，易出现疏松层；或由于地基表面覆盖层压力小，在拌合时土体上拱，泥土混入桩顶，不易拌合均匀等，导致桩顶强度低、承受荷载后，会发生侧向挤压破坏。

防治措施　在成桩时将桩顶标高 1m 内作为加强段，进行一次注浆复搅拌，并适当加掺 10%～15%水泥量；在设计桩顶标高时，应考虑凿除 0.5m，以加强桩顶部位。

禁忌 6　桩底出现松散层，强度偏低

现象、危害性　搅拌头切土下沉至桩底时，土被搅松散，如桩底不坐浆，提升喷浆，没有足够的水泥浆到达桩底，进行充分搅拌加固桩底，便会在桩底出现松散层，使底端的强度偏低，使建筑物的附加沉降加大。

防治措施

(1) 在切上下沉至桩底时，在桩底输送一次水泥浆液，在桩底喷浆 30s，边喷边搅不提升搅拌头，使水泥浆与底端的松散土体充分拌合，30s 后再提升喷浆，以保证底加固密实。

(2) 在桩底 0.5m 范围内进行二次提升喷浆二次搅拌，确保桩底的强度。

禁忌 7　成桩后桩直径达不到设计要求

现象、危害性　成桩时，由于搅拌头不断强力切削土层，会使搅拌头上的刀排不断受到磨损，使刀排的直径减小，因而使桩的直径也随之减小，导致成桩后直径达不到设计要求，降低复合地基的承载力。

防治措施　成桩过程中要经常定期量测刀排的直径，刀排直径小于桩直径允许偏差时，应及时加焊，至符合设计要求桩径时才能施工。

禁忌 8　成桩时随意加水助沉

现象、危害性　搅拌头预搅切土下沉发生困难时加水助沉，使土体中水分加大，泵管中的水不排空即输送泥浆，导致桩底部分水灰比加大，从而使桩底和桩身的强度大大降低。

防治措施　当搅拌头预搅切土下沉钻进困难时，可以输入稀水泥浆助沉；如

仍不能下沉时，必须用水助沉，则需把助沉水量进行计量，搅拌头沉到桩底后，应将泵管内水排尽，把助沉水量从水泥浆用水量中扣除，使水灰比不变，若扣除助沉用水量后，水灰比过小，喷浆发生困难时，则应适当增加水泥用量，确保桩射强度。

禁忌 9 提升喷水泥浆时，压浆泵中断喷浆

现象、危害性 提升喷水泥浆时，压浆泵突然中断喷浆，导致搅拌头提升该段长度内缺浆，造成断桩。产生原因有：泵浆泵、搅拌机出现故障；或喷浆口被杂物堵塞；压浆泵出口至喷浆口的管路中有杂物，堵塞管道；或喷浆水灰比太小，水泥浆太浓，可泵性差等，造成出现土夹层或断桩，降低地基承载力。

防治措施

1）水泥浆搅拌机、压浆泵在每班作业前应进行维修，试运转，确保运转良好；喷浆口上应装单向球阀，使水泥浆不倒灌；在钻头的喷浆口上方设置越浆板，注浆时不中断地连续进行，防止发生堵塞；搅拌、压浆设备、管路用完应清洗干净；搅拌好的浆液应过滤，防止杂物和硬块进入输浆管路，造成堵塞。根据压浆泵的性能，选用可泵性优良的水灰比（一般不小于 0.6），使不堵塞管路。

2）搅拌头提升与压浆泵输送水泥浆要同步，一旦出现断浆，应停止提升，将搅拌头向下回落 0.5m，待恢复供浆后再继续提升喷浆搅拌，防止出现断桩。

禁忌 10 压浆泵输浆量不正常，过多或不足

现象、危害性 压浆泵输浆计量装置未进行校验和维修，与搅拌头提升的高度和计量装置中反映的数据不一致，使搅拌桩输入的浆液不正常，过多或不足，使搅拌桩强度不足或不均匀，承载力得不到保证。

防治措施

1）定期对压浆泵输出浆液的计量装置进行校验、维修和保养，使处于良好工作状态。对计量系统要保持洁净，使用完后即进行清洗，保持管路畅通。

2）对实际输出的浆液量和计量系统反映的数量进行检定、分析，发现问题立即停止使用，查明原因，及时纠正，保证桩体质量。

禁忌 11 干法供气不足，管道密封性差

现象、危害性 干法喷粉气源不足，气路接头密封不严，出现泄透现象，会造成管路堵塞，喷粉不畅，使桩体强度不均，降低桩身强度和地基承载力。

防治措施 加强供气设备和管路检查和维护，保证供气充足、气压稳定；管

路连接接头逐个进行检查，保持密封性良好，喷粉通畅。

禁忌 12 喷粉的提升速度与搅拌头的转速不相适应

现象、危害性 喷粉的提升速度与搅拌头的转速不匹配，喷粉提升快，搅拌头旋转慢，会造成喷出的粉体与桩身切削土体得不到充分搅拌均匀，导致桩身强度达不到设计要求。

防治措施 应使喷粉的提升速度与搅拌头的转速相适应，喷粉每提升 15mm，搅拌头至少相应旋转一圈，使粉体与土体得到充分搅拌，保证桩身强度。

禁忌 13 提钻和喷粉不同步进行，或喷粉中断仍在继续搅拌成桩

现象、危害性 提钻和喷粉不同步进行，如先提钻后喷粉，会出现有的桩土体喷不到粉；或灰罐中灰喷完后未发觉，喷粉中断，仍在继续搅拌成桩，都会造成桩体只有搅松的泥土而没有水泥粉体与之水化固结，将会发生断桩现象，造成桩体强度降低，受荷载后会发生较大的附加沉降和使结构变形破坏。

防治措施

1）应调好设备使提钻与喷粉同步进行，达到水泥粉体与土体搅拌均匀。

2）单位桩长喷粉量是控制成桩质量的关键，喷粉量随土质情况，桩体强度要求而定（一般为 45～70kg/m），每个工程喷粉量控制应一次大体调定。桩体喷粉要求一气呵成，不得中断；贮灰罐中宜一次装好一根桩的灰，能搅喷完一根桩，防止中断。

禁忌 14 含水量低的土喷粉，成桩后不洒水

现象、危害性 在含水量低的土层（小于 20%）喷粉作业，由于土中含水量小，水泥水化固结的水分不足，会导致桩体酥松，用手轻拨就会成粉状脱落，桩身强度很低，不能满足复合地基强度要求。

防治措施 在含水量低的土层喷粉作业，成桩后应在桩顶部位适当浇水，以补充桩身水化固结需要的水分，保证桩身强度。

禁忌 15 桩身喷粉不均匀

现象、危害性 作业时按提升速率喷出的水泥粉体不均匀。造成原因是：提升钻杆的速度不均匀；或喷粉管路出现轻度阻塞，导致气压不稳定，使灰流量时大时小，喷粉不匀；或在局部松软的土层中漏灰；遇含水量低的粘土搅不开；或减压阀调定的贮灰罐与喷射管之间存在压差等，从而造成桩身强度不均，地基承载力不能满足设计要求。

防治措施 严格控制提升搅拌速度，定时检查电子秤进行监控；防止管路阻

塞；遇局部松软土、粘土采取低速钻进、喷灰、搅拌，改变无级变速器、输出转速进行调整，使喷粉达到均匀。

附录　水泥土（深层）搅拌桩地基质量检验标准（表 1-14）

表 1-14　水泥土搅拌桩地基质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	水泥及外掺剂质量	设计要求		查产品合格证书或抽样送检
	2	水泥用量	参数指标		查看流量计
	3	桩体强度	设计要求		按规定办法
	4	地基承载力	设计要求		按规定办法
一般项目	1	机头提升速度	m/min	≤0.5	量机头上升距离及时间
	2	桩底标高	mm	±200	测机头深度
	3	桩顶标高	mm	+100 -500	水准仪（最上部 500mm 不计入）
	4	桩位偏差	mm	<50	用钢直尺量
	5	桩径		<0.04D	用钢直尺量，D 为桩径
	6	垂直度	%	≤1.5	经纬仪
	7	搭接	mm	>200	用钢直尺量

1.14　土和灰土挤密桩复合地基

土和灰土挤密桩（简称土桩、灰土桩），系利用沉管，冲击等方法挤密土层成孔，在孔中分层回填好土或 2:8、3:7 灰土夯实而成，与桩间土共同组成复合地基，以提高地基土的承载力或增强其水稳性。适用于地下水位以上的湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基的处理。

禁忌 1　选用锤重、锤型和落距不当

现象、危害性　挤密桩夯实锤重量过小（小于 100kg）、锤型为平底圆柱形，不利于挤密、落距过低，能量不够，会使填料夯击不密实，桩身疏松或出现松散夹层，使地基加固强度达不到设计要求。

防治措施　夯锤应用铸钢制成，重量一般选用 100～300kg，其竖向投影面积的静压力不小于 200kPa。夯锤最大部分的直径应较桩孔直径小 100～150mm，以便填料顺利通过夯锤四周。夯锤形状下端应为抛物线形锥体或尖锥形锥体，上段成弧形；落距一般应大于 2m，以使能夯击密实。

禁忌 2 夯实机械不水平，桩锤与桩孔不对中

现象、危害性 夯实机安装在松软、未整平压实的场地上，机架四角不水平，夯锤中心线与桩孔中心轴线不对中，导致夯锤不能自由落入孔底夯实填料，影响桩体的密实度难以达到设计要求，降低地基的承载力。

防治措施 夯实机安装场地应整平压实，机架四角应保持水平，夯锤重心线对中桩孔，使夯锤能自由落入孔底而不发生歪斜。

禁忌 3 桩孔未清底或存有积水

现象、危害性 桩孔内存有垃圾、杂物、淤泥未清除掉，或桩孔内存有积水浸泡使桩底土已被软化，不经处理就填夯填料，会造成桩底存在软弱夹层，使建筑物产生较大附加沉降。

防治措施 桩成孔后应保护好桩口，不使泥土、垃圾、杂物和地表滞水进入孔内；下料前应检查孔底，如有泥土、垃圾、杂物和积水、淤泥、应清除掉，并用夯锤夯实孔底，至坚实后再分层下料，分层夯实桩体。对已浸泡的桩底土层，可填入碎石或灰土将下面土层夯实挤密后，再填夯桩体。

禁忌 4 填料含水量过高或过低，拌合不均匀

现象、危害性 填料应控制在试桩确定的最优含水量范围内，过高或低、干湿不匀、拌合不均，都夯击不实，造成桩身疏松，或出现松软夹层，降低地基承载力。

防治措施 填料含水量应经测试使符合试桩时确定的最优含水量要求，现场以手握成团，两指轻捏即散为宜，一般土的最优含水量为 12%，灰土为 14% ~ 18%，如含水量过高或过低时，应稍晾干或洒水湿润，拌合均匀，如有球团应打碎，要随拌随用。

禁忌 5 灰土未拌合均匀分层倒入桩孔中

现象、危害性 灰土未拌合均匀用手推车直接倒入桩孔中，由于未拌匀按规定数量均匀填入，孔内填料不在同一水平面上，填料厚薄不一，影响夯实质量，桩体强度不均匀。

防治措施 桩孔口应套好护孔漏斗，将拌合均匀的灰土用量斗定量分层向孔内下料，逐层夯实，夯实一层，再填一层，直至完成。

禁忌 6 桩顶夯填高度等于或低于基础底面高度

现象、危害性 桩顶部夯填，由于桩孔周围的覆土层较薄，周边约束力小，桩顶夯实往往难以达到密实，易造成桩受荷载后，桩顶出现侧向挤出破坏。

预防措施 桩顶部夯填时应高出基底设计标高 300～500mm。基础土方开挖时再把此增高层和周围分填施工挤出的松土一起挖去，用夯实机具对表面土层进行一次全面压夯实后，即可在上部做基础垫层。

禁忌7 打拔管成孔达到桩底后，不立即拔管，或拔管后立即进行桩孔填料夯实

现象、危害性 打拔管成孔达到设计标高后，如管在土层中留置时间过长，管四周土的摩阻力恢复，导致拔管困难；再拔管后，桩孔会产生一定缩颈，桩径和孔深没有进行检查验收就立即进行桩比填夯，难以判定桩的承载能力是否符合设计要求，影响施工进行。

防治措施

1）沉管到达设计标高后，应及时拔出；拔管困难时，可在管四周浸润水或旋转、振动沉管后拔出。

2）桩管拔出后，应仔细检查桩直径和孔深；如有轻度缩颈可适当削扩至符合要求；如严重缩颈和回淤，应填入干砂、石灰块，重新打拔管成孔。如发现深度不足，继续沉管锤击到设计深度。

禁忌 8 冲击锤成孔一开始就使用高冲程操作

现象、危害性 冲击钻成孔一开始就使用高冲程冲孔，落锤不正，易使桩孔偏斜，严重时会造成坍孔、扩孔或卡锤，使桩孔质量不能保证，桩承载力达不到设计要求。

防治措施 冲击锤成孔，开始应低锤（小冲程）密击，锤高控制在 0.4～0.6m，并及时加块石与粘土泥浆护壁，使孔壁挤压密实，直至孔深达护筒下 3～4m 后，才加快速度，加大冲程，将锤提高至 1.5～2.0m 以上，转入正常连续冲击。

禁忌 9 出现漏桩或漏填、漏夯灰土

现象、危害性 施工中由于管理混乱，有的桩孔标志被破坏或放线遗漏桩孔，或打孔后未灌灰土又被堆土埋掉未被查觉，或孔中仅填松散灰土未夯实，或仅夯部分，有的灰土未拌均匀，虚填太厚等等，造成部分地基实质未被加固，或加固质量低劣，将使地基发生较大不均匀沉降，使建筑物存在安全隐患。

防治措施

1）做好文明施工，保护好桩位标志；加强管理，认真检查放线，防止漏桩；严格监控，对每根桩、每段填夯均作详细记录，经常检查，防止漏填、漏夯灰土，确保地基加固质量。

2）经严格认真复查，对出现漏桩或打孔漏填的桩应进行补桩或补填夯处理；对桩孔中虚填灰土未夯实或填夯不够密实的桩，将原打入的灰土用洛阳铲全部取出来，按规范要求重新填夯灰土至设计要求为止。

禁忌 10　成孔后，回填灰土速度过快或夯击数不够

现象、危害性　桩成孔后，回填灰土（或土）速度过快，层厚过大或夯击遍数不足，造成桩孔回填不均匀，夯击不密实，桩身疏松或断裂或出现疏松夹层，桩的承载力不能满足设计要求。

防治措施　成孔后，应清底夯实、夯平，夯实次数不少于 8 击，并立即夯填灰土（或土）。应根据试桩确定符合密实度要求的填料速度，高度和夯击击数，分层回填，随填随夯，严格控制下料速度和夯击击数，一般落锤高度不少于 2.0m，每层夯实不少于 10 击。

禁忌 11　桩成孔和孔内回填夯实不按施工顺序进行

现象、危害性　桩成孔和孔内回填夯实，不考虑对相邻桩的振动影响，不按要求随意进行，造成相邻桩孔缩孔或坍孔，影响施工顺利进行和成桩质量，导致地基不均匀下沉，降低加固地基的承载力。

防治措施　桩成孔和孔内回填夯实的施工顺序：当整片处理时，宜从里（或中间）向外间隔 1～2 孔进行；当局部处理时，宜从外向里间隔 1～2 孔进行，或先外排后里排，同排内应间隔 1～2 孔进行；对大型工程可采取分段施工。

禁忌 12　桩出现缩孔或坍孔

现象、危害性　桩夯打时出现缩颈或坍塌堵塞。造成原因是：地基上的含水量过大或过小；或未按规定的顺序进行；对已成孔未及时回填夯实；或桩孔较密，采取一孔换一孔夯打，受振导致相邻孔缩孔或坍孔等，造成地基不均匀沉降，加固地基强度降低。

防治措施　桩孔土层含水率过大可往孔内填干土粉或石灰粉，以吸去部分水分；或快速成孔回填或边成孔边不套管，或成孔后下套管；含水率过小，应预先浸湿加固范围内的土层，成孔顺序应先外圈，后里圈并间隔进行；对已成孔，应防止受水浸湿，且应当天回填夯实，为避免夯打造成缩颈堵塞，应打一孔填一孔；当桩孔较密；土质松软，应采取间隔跳打夯实。

禁忌 13　桩出现疏松、断裂

现象、危害性　桩孔回填不均匀，夯击不密实，桩身疏松或断裂或出现松散夹层。产生原因：未按施工规定操作，回填速度过快，夯击次数不足；或填料未

拌合均匀，含水量过大或过小；填料的实际用量未达到成孔体积的计算容量或锤重、锤击、落距选择不当等，造成加固地基强度低，承载力不能满足设计要求。

防治措施

1）桩孔填料前应先夯击孔底使平整坚实；根据试桩测定的密实度要求，随填随夯，严格控制下料速度和夯击次数；回填料应拌合均匀，并控制到最优含水量；每个孔填料量应与计算用量基本符合；夯锤重量不宜小于100kg；锤型以梨形或枣型较合适，以利于夯实边缘土，落距一般应大于2m；如地下水位较高，应降低水位后再回填夯实。

2）已出现疏松、断裂或夹层的桩，应用洛阳铲将原填填料全部掏取出来，按规范要求重新填夯灰土，使达到设计密实度要求。

禁忌14　干密度不均，密实度达不到设计要求

现象、危害性　桩经检查，干密度不匀，全部或部分密实度达不到设计要求的干密度数值。产生原因：填夯灰土未计量，翻拌不均匀，干湿不一；或下料厚度不一致；夯击落距，击数不一；或抽样检查干密度，只检查上部，未检查下部等，造成加固地基强度不均匀，承载力达不到设计要求。

防治措施　认真按操作规程施工；灰土要按配合比计量，搅拌要均匀，干湿要适度；每次下灰厚度、数量、落锤高度，夯击次数要按试验规定做到前后一致；施工中严格按质量验收规范检验标准进行抽样检验。

附录　土和灰土挤密桩地基质量检验标准（表1-15）

表1-15　土和灰土挤密桩地基质量检验标准

项次	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	桩体及桩间土干密度	设计要求		现场取样检查
	2	桩长	mm	+500	测桩管长度或垂球测孔深
	3	地基承载力	设计要求		按规定的方法
	4	桩径	mm	-20	用钢直尺量
一般项目	1	土料有机质含量	%	≤5	试验室焙烧法
	2	石灰粒径	mm	≤5	筛分法
	3	桩位偏差		满堂布桩≤0.40D 条基布桩≤0.25D	用钢直尺量，D为桩径
	4	垂直度	%	≤1.5	用经纬仪测桩管
	5	桩径	mm	-20	用钢直尺量

注：桩径允许偏差负值是指个别断面。

1.15 水泥粉煤灰碎石桩复合地基

水泥粉煤灰碎石桩（Cement Fly-ash Gravel Pile），简称 CFG 桩，它是在碎石桩的基础上掺入适量石膏、粉煤灰和少量水泥，加水拌合后制成的一种低强度混凝土桩体，可充分利用桩间土的承载力，共同作用组成复合地基，并可传递荷载到深层地基中去，具有可较高幅度提高地基承载力（250%～300%），沉降量小，变形稳定快、工艺性好、工程费用低等特点。适于多层和高层建筑地基，如砂土、粉土、松散填土、粘性土、淤泥质粘土等地基的处理。

禁忌 1 不进行试桩确定施工程序，采用不间隔成桩

现象、危害性 CFG 桩施工不进行试桩，确定施工工艺程序，采用碎石桩相同工艺，由于工艺性的不同，会出现松散、缩颈或断桩等情况，又由于桩体强度较低，发展慢，采取不间隔，一根接一根，一排接一排的成桩，会使相邻桩受振动挤压，使桩顶侧向位移或桩顶上升；甚至造成断桩，降低桩承载力。

防治措施 CFG 桩一般多采用振动沉管灌注法成桩工艺（图 1-9）。桩施工程序为：桩机就位→沉管至设计深度→停振下料→振动捣实后拔管→留振 10s→振动拔管、复打。应采用隔排、隔桩跳打，新打桩与已打桩间隔时间不应少于 7d。

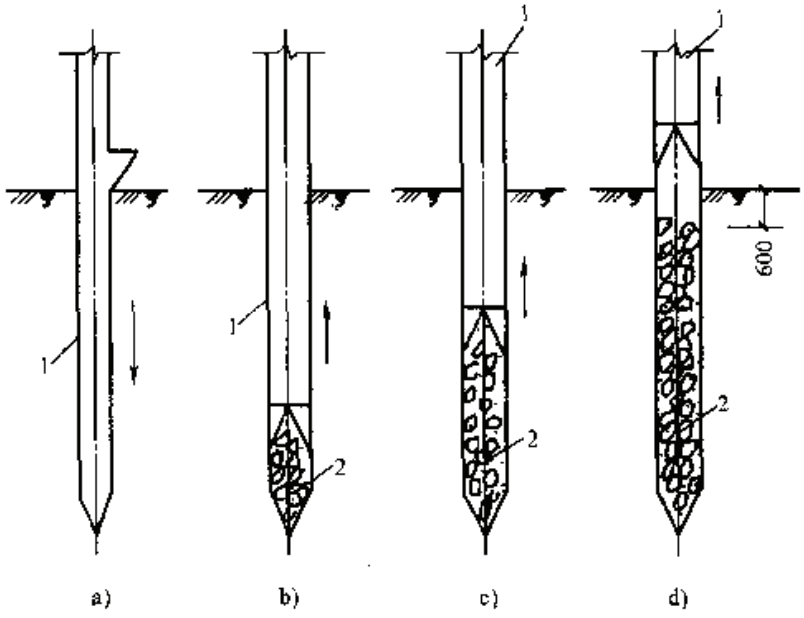


图 1-9 水泥粉煤灰碎石桩工艺流程

a）打入桩管 b）、c）灌水泥、粉煤灰、碎石振动拔管 d）成桩

1—桩管 2—水泥粉煤灰碎石桩

禁忌 2 群桩顶部不设置褥垫层就浇筑基础垫层

现象、危害性 CFG 桩和桩间土一起通过褥垫层形成复合地基，褥垫是由粒状材料组成的散体垫层，是 CFG 桩和桩间土形成复合地基的必要条件，是 CFG 桩复合地基不可缺少的一部，如群桩施工完后，顶部不设置褥垫层就直接在桩顶浇筑基础混凝土垫层或基础底板，将使桩与桩间土不能共同工作，发挥复合地基的作用，将大大降低复合地基的承载力。

防治措施 为使 CFG 桩与桩间土更好地共同工作，形成复合地基，在基础垫层下应铺一层 150～300mm 厚的中砂、粗砂、级配砂石或碎石褥垫层，最大粒径不宜大于 30mm。褥垫铺设宜采用静力压实法，当基础底面下桩间土的含水量较小时，也可采用动力夯实法，夯填度（夯实后的褥垫层厚度与虚铺厚度的比值）不得大于 0.9。

禁忌 3 出现缩颈、断桩

现象、危害性 在成桩过程中出现缩颈或断桩。产生原因有：在高水位的粘性土中，由于振动作用易产生缩颈；或灌桩填料没有严格按配合比配料，搅拌不均、搅拌时间不够；冬期施工，填料受冻，或雨期施工，填料中混入较多水分，坍落度过大，或振动拔管速度过快等均易造成缩颈或断桩，降低桩体强度。

防治措施

1）要严格按配合比配料，搅拌时间不少于 3min。

2）严格控制拔管速度，一般为 1.0～1.2m/min。用浮标观测，在出现缩颈部位，每拔管 1.5～2.0m，留振 20s 左右。

3）在桩顶处，采取每 1.0～1.5m 翻插一次，以保证设计桩径。

4）冬期搞好填料保温防冻；雨期防雨，保证混凝土质量。

5）冬期施工，在冻层与非冻层结合部位，要进行局部复打或局部翻插，防止出现缩颈或断桩。

6）出现缩颈或断桩，可采取扩颈方法（如复打法、翻插法或局部翻插法等），或者补桩处理。

禁忌 4 桩孔灌灰量不足

现象、危害性 施工中出现局部实际灌灰量小于设计灌灰量情况。产生原因有：在饱和粘性土、淤泥质土中沉管，由于振动使土产生流塑状态，而形成高孔隙水压力，使桩局部产生缩颈，而使灌量减小；或桩间距过小，沉桩管互相挤压引起缩颈；混凝土达到初凝后才灌入，或冬期施工受冻，和易性较差；或拔管填料出现拒落；或在桩管沉入过程中，地下水或泥土进入桩管等，造成填料灌量不

足，桩截面局部减小，降低桩的承载力。

防治措施

1）根据地质情况，选用合适的施工工艺，并进行试桩，确定工艺参数，保证成桩质量。

2）同禁忌3“出现缩颈、断桩”中防治措施2)、3)。

3）冬、雨期施工填料要保温防冻，防雨；未浇完的填料停留时间过长，达到初凝，应重新搅拌使用。

4）防止桩管沉入时进入泥水，应在沉管前灌入一定量的填料，使起到封底作用。

5）确定实际灌量的充盈系数（按规范规定的1.1～1.3选用），以作为控制灌量依据。

6）有浮标观测检查、控制填料的灌量，作好详细记录，发现问题，及时采取补救措施。

7）根据地质情况，合理选用桩距，一般以4倍桩直径为宜，如土的抗挤密性好，可适当减小桩距。

禁忌5 成桩偏斜，达不到设计要求深度

现象、危害性 桩体偏斜过大，成桩未达到设计深度要求。产生原因有：深管遇到地下孤石、房基，树根、管道等障碍物；或遇到粘土或砂、卵石硬夹层、倾斜软硬结合处，使桩尖滑向软弱土层；或地面不平坦、不实，使桩机倾斜；或桩管本身弯曲过大，未调直或更换等，导到桩达不到设计深度，不能满足桩的承载力要求。

防治措施

1）施工场地要整平压实；雨期施工，表面土质较软，可铺垫一定厚度的砂砾石、碎石垫层。

2）沉管要选用无弯曲的桩管，稳桩管要经双向校正。

3）桩位点处应用钎探查找有无地下障碍物，地下3m以内的障碍物应清除；过深的地下障碍物取出困难，可采取移桩位或补桩的方法处理。

4）遇到硬夹层穿不过时，可采用射水沉管或“植桩法”，先钻孔的孔径应小于或等于设计桩径。

5）沉管至干硬粘土层深度时，可采用注水浸泡1d以上，再沉管。遇软硬土层交接处，为防产生沉降不均或产生滑移，可采取缩短桩长、局部加密桩的方法处理。

6）采用合理的打（沉）桩顺序，如连续施打或间隔跳打；满堂沉桩避免从外向内打设，应采取从中心向外或从一边向另一边推进的方法。

禁忌 6 CFG 桩顶土方全部采用机械开挖

现象、危害性 基坑（槽）土方开挖，桩顶部土方全部采用机械化开挖，由于挖土机、推土机在桩顶上行驶或站在桩上挖土、推土，会将桩头压碎或施加水平推力将桩折断，造成严重后果。

防治措施 CFG 桩体经 7d 达到一定强度后，始可进行基坑（槽）开挖；如桩顶离自然地面在 1.5m 以内，宜全部用人工开挖；如大于 1.5m，下部 700mm 高土方也宜用人工开挖，以避免损坏桩头部分。

附录 水泥粉煤灰碎石桩复合地基质量检验标准（表 1-16）

表 1-16 水泥粉煤灰碎石桩复合地基质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	原材料	设计要求		查产品合格证书或抽样送检
	2	桩径	mm	-20	用钢直尺量或计算填料量
	3	桩身强度	设计要求		查 28d 试块强度
	4	地基承载力	设计要求		按规定的办法
一般项目	1	桩身完整性	按桩基检测技术规范		按桩基检测技术规范
	2	桩位偏差		满堂布桩≤0.40D 条基布桩≤0.25D	用钢直尺量，D 为桩径
	3	桩垂直度	%	≤1.5	用经纬仪测桩管
	4	桩长	mm	+100	测桩管长度或垂球测孔深
	5	褥垫层夯填度	≤0.9		用钢直尺量

注：1. 夯填度指夯实后的褥垫层厚度与虚体厚度的比值。

2. 桩径允许偏差负值是指个别断面。

1.16 夯实水泥土桩复合地基

夯实水泥土桩复合地基系用洛阳铲、长螺旋钻、锤击沉管或振动沉管成孔，在孔内分层回填拌均的水泥和土混合料经夯实成桩，与桩间土共同组成复合地基，以提高地基承载力（50%～100%），降低压缩性。适于加固地下水位以上、天然含水量 12%～23%、厚度 10m 以内的粉土、新填土、杂填土、粘性土、湿陷性黄土以及含水量较大的软弱土地基。

禁忌1 桩孔填混合料前不清底、不夯底

现象、危害性 桩成孔后底部往往存有虚土、垃圾杂物或淤泥积水，同时桩底土层在成孔时被扰动，如不清底并夯实，就在孔内回填水泥土拌合料夯实，将在底部形成软弱夹层，降低桩的承载力。

防治措施 桩成孔后应及时将孔底部虚土、垃圾杂物、淤泥、积水清除干净，并夯实，然后根据试桩确定的分层回填厚度和夯击次数，填料夯实。

禁忌2 大面积成孔后，再逐根回填夯实成桩

现象、危害性 大面积群桩成孔后，再逐根回填水泥土拌合料夯实成桩，由于机械行驶、夯机自重和夯锤的冲击或地表水灌入孔内，停歇时间过长，易造成桩孔变形，缩颈和坍孔，给施工带来困难，影响成桩质量，造成桩径尺寸偏差大，强度不均。

防治措施 每根（组）桩成孔后，应立即清孔、夯底分层回填水泥土拌合物夯实成桩，防止漏填、漏夯、桩孔变形，缩颈和坍孔发生，同时防止成桩机械设备及车辆在桩孔上移动行驶。

禁忌3 桩身缩颈或塌孔

现象、危害性 打拔管成孔后，桩孔局部缩颈或坍孔，使局部桩径小于设计尺寸，桩填夯困难，均质性差；造成原因有：在粘性土层成桩，土受强烈振动挤压，产生孔隙水压，拔管后把部分桩孔挤成缩颈；当土含水量过小，呈坚硬状态，挤密成孔时易碎裂松动而塌孔；打拔管成孔不按规定的施工顺序进行；或对已成孔没有及时回填夯实；桩间距过小，施工时受邻桩挤压使桩孔变形、缩颈或坍塌；拔管速度过快，桩孔来不及填夯，被孔壁松土填充等，使成桩困难，强度不均，地基承载力降低。

防治措施

1）在粘性土层成孔，应及时填灌填料并夯实，借自重和填夯侧向挤压力抵消孔隙水压力；如土含水量过小，应预先浸湿加固区范围内的土层，使之达到或接近最优含水量。

2）打拔管应遵守孔孔挤密顺序，应先外圈后里圈并间隔进行。对已成的孔，应防止受水浸泡，应当天回填夯实。

3）桩距过小，宜用跳打法，或打一孔，填一孔，以减轻桩的互相挤压影响。

4）拔桩管应采用“慢抽密击”，拔管速度不得大于0.8～1.0m/min。

5）成孔后如发现桩孔缩颈比较严重，可在孔内填入干散砂土、生石灰块或砖渣，稍停一段时间后再将桩管沉入土中，重新成孔。

禁忌 4　水泥土含水量过大或过小

现象、危害性　水泥土的含水量直接影响桩体填夯的质量，含水量过大，会夯成橡皮土，含水量过小，土颗粒不能互相挤密，均使桩体夯不密实，影响桩体强度，降低承载力。

防治措施　水泥土应拌合均匀，并严格控制含水量。土料可用基坑（槽）就地挖出的粉土、粘性土，并通过 10～20mm 筛，如土料含水分过多或不足时，应晾干或洒水湿润，一般以手握成团，两指轻弹即碎为合适，这时水泥土基本接近最佳含水量（w_{OP}）。夯实最佳含水量为 $w_{OP}\pm(1\sim2)\%$，此时夯实水泥土有最大强度。

禁忌 5　桩体出现松填或松散夹层

现象、危害性　桩体出现松散水泥土体或疏松夹层；造成原因是回填后漏夯、负夯或回填高度过大，夯击能影响深度不够；不按要求夯锤落距、锤击数施夯，或未连续填夯，接缝处未夯实等，导致桩体存在疏松夹层或断桩，使桩体密实度不均，承载力下降。

防治措施　桩孔内填夯必须按试桩确定的分层回填高度、锤落距、锤击遍数夯打密实，并做好记录，定时检查，防止松填漏夯或欠夯，接缝处薄填夯打；做到连续施工，每根桩要一气呵成，不得中断，防止出现软弱松散夹层。

禁忌 6　桩体强度达不到设计要求

现象、危害性　桩体密实度不均匀，干密度、压实系数达不到设计要求。造成原因是：使用过期、受潮结块水泥，活性低；水泥土配合比不准，未计量；拌和不均匀，含水量未控制在最优范围内；水泥土未按试桩确定的填料厚度、落距、锤击数夯打；或拌合料放置时间过长才使用等，使桩体强度达不到设计要求；降低加固地基的承载能力。

防治措施

1）水泥土拌合料应使用新鲜、无受潮结块、活性高的水泥，配合比应用量斗计量准确，含水量应控制在最优含水量范围以内。

2）水泥土拌合要均匀，可采用人工或机械进行，人工拌和不少于三遍；机械拌合可用强制式混凝土搅拌机，搅拌时间不少于 1min。拌合的水泥土要及时用完，放置时间超过 2h 不宜使用。

3）水泥土填夯应按试桩确定的分层回填填料厚度、锤的落距，锤击遍数进行夯实。向桩孔内填料前，先夯实孔底，采用二夯一填的连续成桩工艺，每根桩一次连续填夯完成。桩身密实度要求成桩 1h 后击数不小于 30 击，用轻便触探检

查“检定击数”，或现场施工时，根据土料性质、配比控制夯实干密度，压实系数（γ_d/γ_{max}）应大于或等于0.93。

禁忌7 桩顶不设置褥垫层就直接浇筑基础

现象、危害性 同“1.4水泥粉煤灰碎石桩复合地基”禁忌2。

防治措施 为保证桩土共同承担荷载，减少基础底面应力集中、起调整桩土垂直和水荷载分担的作用，应在桩顶部设置一层厚190～300mm的中砂、粗砂或碎石褥垫层，垫层铺设压（夯）密实，夯填度不得大于0.9，然后再在其上浇筑垫层和基础。

附录 夯实水泥土桩复合地基质量检验标准（表1-17）

表1-17 夯实水泥土桩复合地基质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	桩径	mm	-20	用钢直尺量
	2	桩长	mm	+500	测桩孔深度
	3	桩体干密度	设计要求		现场取样检查
	4	地基承载力	设计要求		按规定的方法
一般项目	1	土料有机质含量	%	≤5	焙烧法
	2	含水量(与最优含水量比)	%	±2	烘干法
	3	土料粒径	mm	≤20	筛分法
	4	水泥质量	设计要求		查产品质量合格证书或抽样送检
	5	桩位偏差		满堂布桩≤0.40D 条基布桩≤0.25D	用钢直尺量，D为桩径
	6	桩孔垂直度	%	≤1.5	用经纬仪测桩管
	7	褥垫层夯填度	≤0.9		用钢直尺量

注：见表1-16。

1.17 砂和砂石桩地基

砂桩和砂石桩地基统称砂石桩地基，系用振动、冲击或水冲等方式在软弱地基中成孔后，再将砂或砂卵石（或砾石、碎石）挤压入土孔中，形成大直径的砂或砂卵石（或碎石）构成的密实桩基，从而提高地基承载力，减少建筑物沉降，

提高砂地基抗液化能力，加速软粘土的排水固结，形成复合地基，显著提高地基抗剪强度。适用于挤密松散砂土、粉土、粘性土、素填土和杂填土等地基。

禁忌 1　拔管速度过快

现象、危害性　一次打拔管施工砂石桩，当在孔内灌入砂石后，便可一边振动桩管，一边缓慢拔出桩管，使砂、石料均匀地振实在桩孔内，如拔管速度过快（大个试桩确定的拔管速度），将会发生砂石料振不实、桩身不连续（中断）、缩颈、或断桩等质量事故，影响桩体强度，降低加固地基的承载力。

防治措施　应严格按试桩确定的拔管速度边振动边拔管，拔管速度一般宜控制在 1.0～2.0m/min 范围以内。

禁忌 2　采用逐步拔管施工工艺时，边振边连续拔管

现象、危害性　当振动沉管、拔管采用逐步拔管工艺时，应每拔一段，停拔振动或将桩管压下再拔，则落入桩孔内的砂石料，得不到振（压）实，会使砂石桩本身与桩间土的密实度不足，影响复合地基承载力的提高。

防治措施　在振动拔管过程中，应每拔 0.5m 高，停拔振动 20～30s；或将桩管压下再拔，以便将落入桩孔内的砂石料振或压实，并可使桩径扩大。振动力以 30～70kN 为宜，不应太大，以防过分扰动土体；拔管速度应控制在 1.0～1.5m/min 范围内。

禁忌 3　桩身缩颈

现象、危害性　成桩灌砂石料拔管时，桩身局部出现缩颈。造成原因是：饱和粘性土，经振动产生流塑状态，瞬间形成高孔隙水压力，将局部桩体挤成缩颈；或流动状态的淤泥质土，或地下水位与其上土层结合处，在拔管时受强烈振动，也易产生缩颈；或桩间距过小，互相挤压形成缩颈等，造成桩径，强度不足，降低桩承载力。

防治措施

1）认真分析地质勘察报告，查明现场土质情况，研究确定合适成桩工艺方法。

2）每根桩用浮漂观测法，查出缩颈部位，计算出桩径，便于及时采取补救措施。

3）控制贯入速度，以增加对土层预振动，提高密度；选择激振力，提高振动频率。

4）采用跳打法克服桩的相互挤压。

禁忌 4 桩身出现砂石拒落

现象、危害性 沉桩到个别区段，砂石料拒落，出现断桩。产生原因是：开始拔管时，桩管活瓣被粘土抱住张不开；或孔隙被流塑或淤泥所填充；或活瓣开口不大，使砂石不能顺利排出；填灌砂石料的自重克服不了孔隙水压力造成的活瓣不张，因而出现砂石拒落或断桩，降低桩身强度和承载力。

防治措施

1）同“1.16 桩身缩颈”禁忌 3 的防治措施 1）、2）。

2）用混凝土预制桩尖法，解决活瓣桩尖张不开的问题或加大灌砂石量。

3）灌料时注入压力水（泵压一般为 0.2～0.4MPa），减少砂石料摩阻力，使易于下到桩孔中。

禁忌 5 灌砂或砂石量不足

现象、危害性 桩体实际灌砂或砂石量小于设计要求的灌量。产生原因有：桩体受土的孔隙水压作用局部桩体被挤产生缩颈，或桩间距过小，互相挤压形成缩颈，或桩管活瓣被粘土抱住张不开或孔隙大泥土挤入桩内，使灌砂石量减少，造成桩体密实度、强度达不到设计要求。

防治措施

1）开始拔管前可先灌入一定量砂或砂石，振动 15～30s，然后将管子上拔 30～50cm，再次向灌中灌入足够砂或砂石量，并向管内注适量水，对桩尖施加自重压力，以强迫活瓣张开，使砂或砂石易于排出，用浮漂测得桩尖已经张开后，始可继续拔管。

2）控制拔管速度，同 1.16“禁忌 3 桩身缩颈”防治措施 1）、2）。

3）活瓣桩尖缝隙做到严密，防止沉管中进入泥土。

4）桩施工顺序，应从两侧向中间进行，以利挤密。

5）实际灌砂量应满足规范按照不同地质要求确定的充盈系数。灌砂（砂石）量应按砂（砂石）在中密状态时的干密度和桩管外径所形成的桩孔体积计算，最低不得小于计算量的 95%。

6）可选用混凝土预制桩尖法沉桩。

7）采用全复打法沉桩。要求第一次灌入量应达到自然地面，不得少灌。前后两次沉管轴线应重合。

8）采用反插法沉桩。要求桩管灌入砂（砂石）料后应先振动片刻，再开始拔管，每次拔管速度为 0.5～1.0m/min，反插深度 0.3～0.5m，保证管内填料始终不低于地表面，或高于地下水位 1～1.5m 以上；在桩尖处 1.5m 范围内宜多次反插，以强迫活瓣张口或扩大端部截面；穿过淤泥层时，应放慢拔管速度，并减

小拔管高度和反插深度。

禁忌 6　松动、隆起不进行处理

现象、危害性　砂石桩打设时，地基表层受打拔管振动和上拔力作用，会产生一定的扰动、松动或隆起，如成桩后不进行处理或仅用推土机简单的推平压实，将使桩顶部形成一层软弱土层，受建筑荷载后，会引起较大不均匀沉降，降低地基强度和承载力。

防治措施

1）砂石桩施工标高要比基础底面高 1～2m，以便在开挖基坑时将表层松土挖去。如基坑底仍不够密实，可用人工打夯机夯实或用机械碾压密实。

2）将松动或隆起部位土挖出，分层用灰土或砂石料回填夯压实。

禁忌 7　桩出现偏斜未达到要求深度

现象、危害性　桩体出现较大偏斜，没有达到设计要求深度。产生原因是：遇到地下障碍物（孤石、大块石、树根，旧砌体等）或干硬粘土或砂卵石硬夹层；或倾斜岩层、软硬土层支接处，使桩管滑移偏斜或打不下去；或场地不平坦坚实，桩机架安装不垂直或桩管本身弯曲，致使桩管打入偏斜，或深度不足，影响桩体的承载力达不到设计要求。

防治措施

1）沉桩前将桩位部位地下障碍物用钎探查清，3m 以内的障碍物应清除掉；过深的地下障碍物用补桩或移桩位的方法处理。

2）遇硬夹层沉桩困难或穿不过时，可采用射水辅助沉管或用预钻孔“植桩法”穿过硬夹层。遇干硬粘土层，可采用注水 24h 以上，再沉管的办法。

3）场地要平整压实，桩架要安装垂直，桩管要平直，沉管时要经双向校正，控制垂直度 0.5～1.0%。

4）选用合理的打桩顺序，如连续施打或间隔跳打。满堂补桩采取从中心向外或从一边向另一边推进的方法。

禁忌 8　密实度达不到设计要求

现象、危害性　砂桩或砂石桩经测试，密实度差，未达到设计要求。产生原因是：砂和砂石灌量小于设计灌量；桩局部存在缩颈或断桩现象；桩拔管速度过快，振插时间不足，未振密实；填料含泥量过大或过小；或级配不良，含泥量高，含杂质多等，造成加固地基强度和承载力均不能满足设计要求。

防治措施

1）严格控制砂桩（或砂石桩）灌量，砂桩的灌砂量通常按桩孔的体积和砂

在中密状态时的干密度计算（一般取2倍桩管入土体积）；砂石桩实际灌砂石量（不包括水重），不得少于设计值的95%。

2）按1.16“禁忌3桩身缩颈”中防治措施消除缩颈或断桩；按1.16“禁忌1拔管速度过快”中防治措施解决拔管速度过快问题。

3）控制好灌砂和砂石时的含水量，对饱和土层，砂、砂石可采用饱和状态；对饱和土或杂填土，或能形成直立的桩孔壁的土层，含水量可采用7%～9%。

4）使用砂石应具有一定级配；含泥量应在5%以内，不含有机杂质及垃圾。

5）密实性差的桩可在原位进行复打灌砂石使达到密实。

禁忌9 采用双管锤击成桩工艺时，不按操作顺序成桩

现象、危害性 当采用双管（内、外管）锤击成桩工艺时，不按顺序操作，内外管同时拔出，二步并成一步走，造成桩身连续性，均匀性、密实度差。

防治措施 成桩应严格按六道工序施工，不得两道工序合并成一道工序施工。正确的成桩工艺程序方法是：双管垂直就位（图1-10a）→锤击内管和外管下沉到土层中设计标高（图1-10b）→拔起内管向外管中灌砂（或砂石，下同）（图1-10c）→放下内管到外管中砂面上（图1-10d）→拔起外管到与内管底面齐平（图1-10e）→锤击内管和外管（图1-10f）→压实一段后，重复第三道至第六道工序操作，直至双管拔出地面为止。

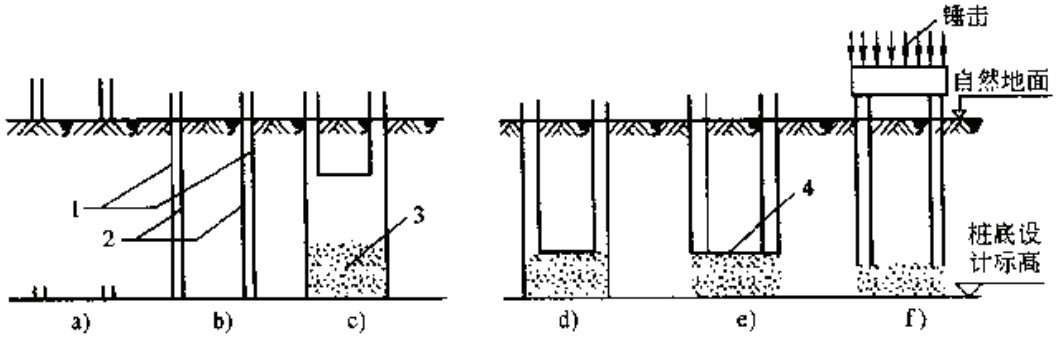


图1-10 双管锤击成桩工艺程序

1—双管的外管 2—双管的内管 3—灌入的砂或砂石填料 4—管底面

禁忌10 双管锤击成桩压实时，不用贯入度法检验密实度

现象、危害性 检验双管锤成桩密实度的最为常用有效的方法为贯入度法，由于双管法成桩时灌砂或砂石不计量，因此不能采用压入比法，如不每段采用贯入法检测，砂或砂石桩的密实度就很难控制，地基强度和承载力就难以保证。

防治措施 采用贯入度检验桩密实度的方法是：当按双管锤击成桩工艺程序至第六道工序（图1-10f）时，锤击内、外管将砂或砂石压实，用一定的锤高锤击桩管，若桩管沉入的深度不大于试桩确定的贯入度时，即认为合格。

附录　砂桩、砂石桩地基的质量检验标准（表 1-18）

表 1-18　砂桩、砂石桩、地基的质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	灌砂量(砂石量)	%	≥95	实际用砂量与计算体积比
	2	地基强度	设计要求		按规定方法
	3	地基承载力	设计要求		按规定方法
一般项目	1	砂料的含泥量	%	≤3	试验室测定
	2	砂料的有机质含量	%	≤5	焙烧法
	3	桩位	mm	≤50	用钢直尺量
	4	砂桩标高	mm	±150	水准仪
	5	垂直度	%	≤1.5	经纬仪检查桩管垂直度

1.18　土工合成材料地基

土工合成材料地基，又称土工织物、土工聚合物地基，系在软弱地基中或边坡上埋设土工织物作为加筋，使形成弹性复合体，起到排水、反滤、隔离、加固和补强等方面的作用（图 1-11），以提高土体承载力，减少沉降和增强地基的稳定。适用于加固软弱地基、公路、铁路路基、堤岸边坡、挡土墙、河道、海港岸坡及土石坝等。

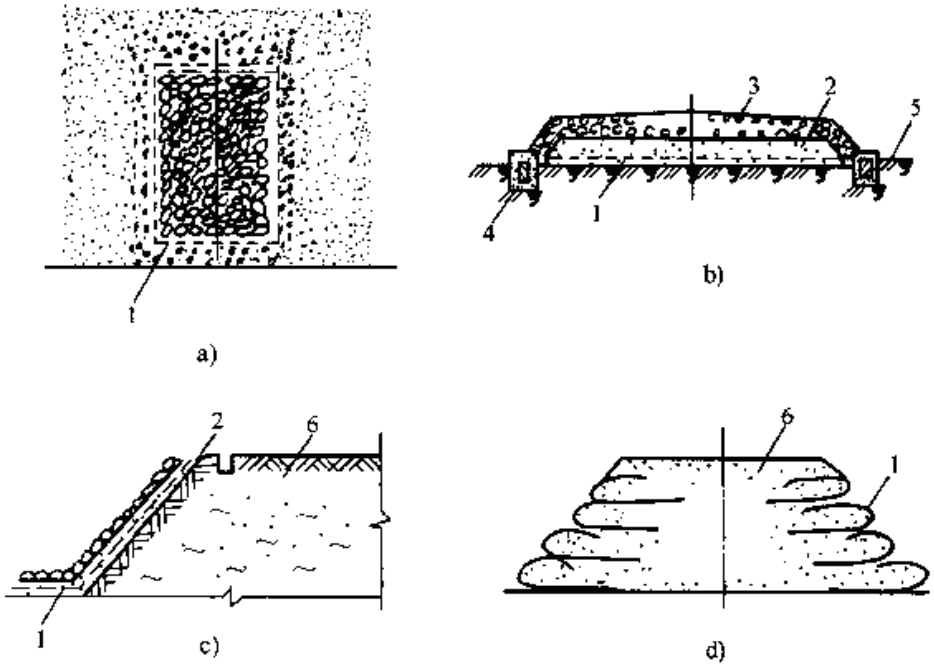
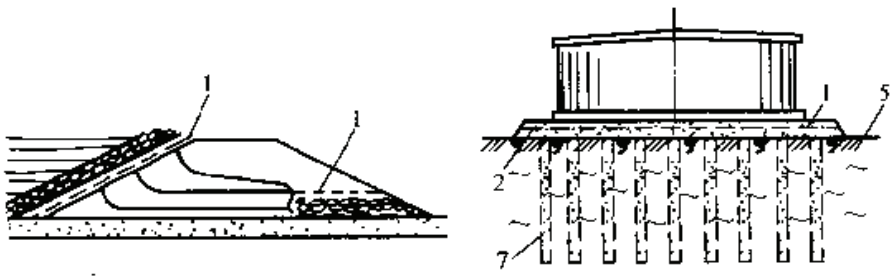


图 1-11　土工合成材料加固的应用
a）排水　b）稳定路基　c）稳定边坡或护坡　d）加固路堤
1—土工合成材料（土工织物）　2—砂垫　3—道渣　4—渗水盲沟
5—软土层　6—填土或填料夯压实　7—砂井



e) f)

图 1-11 土工合成材料加固的应用（续）

e）土坝反滤 f）加速地基沉降

1—土工合成材料（土工织物） 2—砂垫 3—道渣 4—渗水盲沟

5—软土层 6—填土或填料夯压实 7—砂井

禁忌 1 垫层铺设厚薄不均，不平整

现象、危害性 砂或砂石垫层铺设厚薄不均，部分过薄，部分过厚，表面坑洼不平，造成土工织物铺设不平整，受力不匀，易被基层或上部块石，道渣等顶破、穿刺、擦伤或撕破，使地基加固不均，局部破坏，降低工程耐久性。

防治措施

1）为防止土工织物在施工中产生顶破、穿刺、擦伤和撕破等，一般在土工织物下面设置一层砾石或碎石或砂垫层，在其上面设置一层砂卵石护层，其中碎石层能承受压应力，土工织物承受拉应力，充分发挥土工织物的约束作用和抗拉效应。

2）铺设垫层前，应将基土表面压实，修整平顺，清除杂物、草根，表面凹洼不平，应铺砂找平，然后再按一般铺设砂或砂石垫层方法做垫层，使厚薄均匀一致，表面平整。在基土上层钉标桩挂线控制厚度和平整度。作路基垫层应有4%～5%的坡度，以利排水。

3）铺完一段下面垫层，应随即铺设一段土工织物，接着随即铺设上面垫层；铺设土工织物一次（段）不宜过长，避免长时间曝晒使材料劣化。在土工织物上铺垫层时，第一层垫层厚度宜在 50cm 以下；用推土机铺垫时，应防止括土板损坏土工织物，在局部不应应力集中过重。

禁忌 2 铺设方法不良，出现过紧、褶皱、撕裂、顶破、扭曲、重叠

现象、危害性 铺设土工织物方向、顺序、方法逆作凌乱，导致出现绷拉过紧、褶皱、撕裂或局部顶破、扭曲、重叠等疵病，造成地基质量不均，局部或整体破坏。

防治措施　土工织物铺设应先进行试铺，确定工艺程序、铺设方法。铺设一般应从一端向另一端进行，端部应先铺填，中间后铺填，端部必须精心铺设锚固，铺设松紧应适度，防止绷拉过紧或褶皱，同时需保持连续性、完整性。避免过量拉伸超过其强度和变形极限而发生破坏、撕裂或局部顶破。在斜坡上施工应注意均匀和平整，并保持一定的松紧度；避免石块使其变形超出土工织物的弹性极限；在护岸工程坡面上铺设时，土坡段土工织物应搭在下坡段土工织物上。土工织物用作反滤层时应作到连续，不得出现扭曲、折皱和重叠。土工织物上抛石时，应先铺一层 30cm 厚砂卵石层，并限制高度在 1.5m 以内，对于重而带棱角的块石，抛掷高度应在 0.5m 以内，防止将土工织物砸破。

禁忌 3　接缝搭接不牢、长度不足或接缝状态不良

现象、危害性　土工织物铺设纵、横向搭接不牢靠，长度过小，或接缝处凹洼不平，应力集中，造成接缝处移动、脱开、下陷，使地基局部或整体遭受破坏。

防治措施

1）土工织物连接一般采用搭接、缝合、胶合或 U 形钉钉合等方法（图 1-12），由于搭接和缝合法施工简便，一般多采用。采用搭接时应有足够的宽（长）度，一般为 0.3～0.9m，在坚固和水平的路基，一般为 0.3m，在软的和不平的地基则需 0.9m；在搭接处尽量避免受力，以防移动；缝合采用缝合机面对面或折叠缝合，用尼龙或涤纶线，针距 7～8mm，缝合处的强度一般可达纤维强度的 80%，可以满足工程要求。

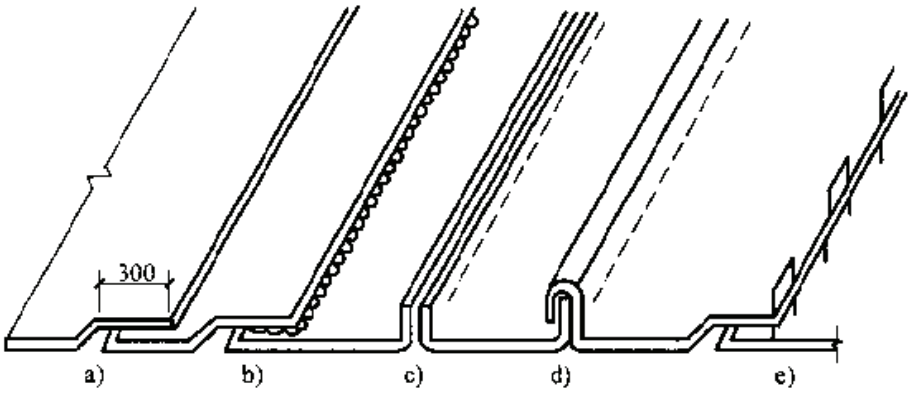


图 1-12　土工织物连接方法

a）搭接　b）胶合　c）、d）缝合　e）钉接

2）现场施工，接缝处一定要平整坚实，使受力良好，防止产生应力集中，造成损坏。发现土工织物接缝受到损坏时，应立即修补好。

禁忌 4　端部不锚固或锚固效果差

现象、危害性　土工织物铺设，特别铺设在斜坡地段，如上部端头不锚固住

或锚固不好，在重力作用下，会使土工织物产生滑移，下落或褶叠破坏，使加固失效；如在下部端头不锚固住或锚固效果差，会在雨水作用下冲刷成坑，使端头暴露，降低耐火性，使斜坡失稳。

防治措施

1）土工织物铺设时，应注意端头位置的锚固，在护坡顶部可将土工织物末端绕在管子上，埋设于坡顶沟槽中（图 1-13a），以防土工织物滑移下落；在堤坝应使土工织物终止在护坡护面块石之内；路基应终止在排水沟底部（图 1-13b），避免冲刷时加速坡脚冲刷成坑。

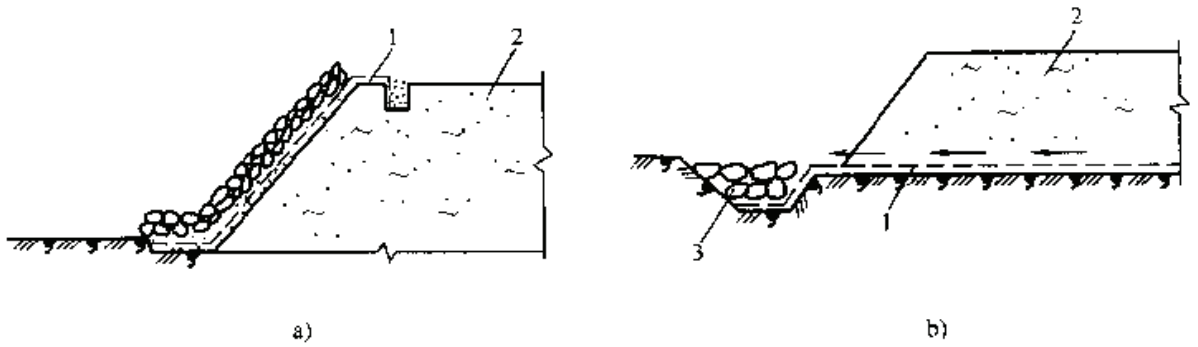


图 1-13 土工织物的端头锚固

a）护坡端头 b）路基端头

1—土工织物 2—填筑护坡或路基 3—排水沟

2）对于有水位变化的斜坡，施工时直接堆置于土工织物上的大块石间空隙，应填塞或设垫层，以避免水位下降时，上坡中的饱和水因来不及渗出形成较大水位差，使土挤向没有压载空隙，引起土工织物鼓胀而造成损坏。

附录 土工合成材料地基质量检验标准（表 1-19）

表 1-19 土工合成材料地基质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	土工合成材料强度	%	≤5	置于夹具上做拉伸试验(结果与设计标准相比)
	2	土工合成材料延伸率	%	≤3	置于夹具上做拉伸试验(结果与设计标准相比)
	3	地基承载力	设计要求		按规定方法
一般项目	1	土工合成材料搭接长度	mm	≥300	用钢直尺量
	2	土石料有机质含量	%	≤5	焙烧法
	3	层面平整度	mm	≤20	用2m靠尺
	4	每层铺设厚度	mm	±25	水准仪

2 局部地基处理

2.1 松土坑、土井、砖井、废矿井

禁忌1 地基中存在松土坑

现象、危害性 地基中局部出现未经处理的松散土填充的土坑，由于其与原土的压缩性和地基强度不一致，在上部基础荷载作用下，将产生较大不均匀沉降，使建筑物局部出现裂缝或下陷。

防治措施

1）松土坑地基槽范围内（图2-1a） 将坑中松软土挖除，使坑底及四壁均见天然土为止，回填与天然土压缩性相近的材料。当天然土为砂土时，用砂或级配砂石回填；当天然土为较密实的粘性土，用3:7灰土分层回填夯实；天然土为中密可塑的粘性土或新近沉积粘性土，可用1:9或2:8灰土层回填夯实，每层厚度不大于20cm。

2）松土坑在基槽内范围较大，且超过基础边缘时（图2-1b） 处理时常因条件限制，槽壁挖不到天然土层时，则应将该范围内的基槽适当加宽，加宽部分的宽度可按下述条件确定：当用砂土或砂石回填时，基槽壁边均应按 $l_1:h_1=1:1$ 坡度放宽；用1:9或2:8灰土回填时，基槽每边应按 $b:h=0.5:1$ 坡度放宽；用3:7灰土回填时，如坑的长度≤2m，基槽可不放宽，但灰土与槽壁接触处应夯实。

3）松土坑范围较大，且长度超过5m时（图2-1c） 如坑底土质与一般槽底土质相同，可将此部分基础加深，做1:2踏步与两端相接，每步高不大于50cm，长度不小于100cm，如深度较大，用灰土分层回填夯实至坑（槽）底一平。

4）松土坑较深，且大于槽宽或1.5m时（图2-1d），按以上要求处理挖到老土，槽底处理完毕后，还应适当考虑加强上部结构的强度，方法是在灰土基础上1～2皮砖处（或混凝土基础内），防潮层下1～2皮砖处及首层顶板处加配4φ8～12mm钢筋跨过该松土坑两端各1m，以防产生过大的局部不均匀沉降。

5）松土坑地下水位较高，坑内无法夯实时，可将坑（槽）中软弱的松土挖去后，再用砂土、砂石或混凝土代替灰土回填。

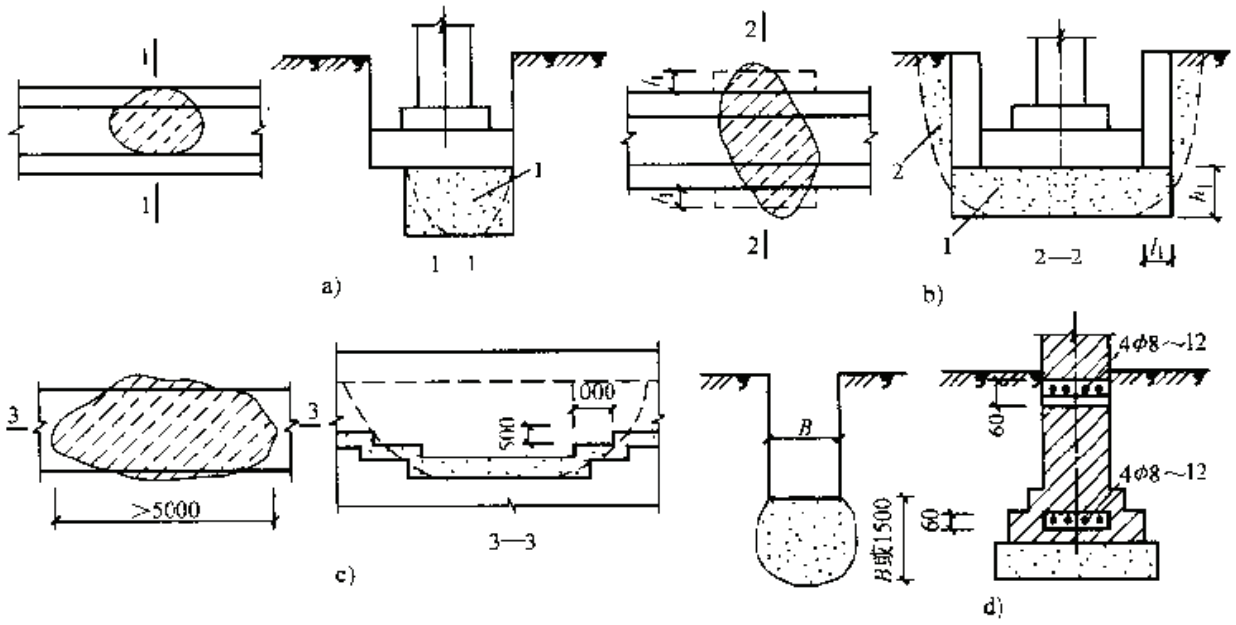


图 2-1 松土坑地基处理

a）松土坑在基槽范围以内时 b）松土坑在基础中范围较大时

c）松土坑范围很大时 d）松土坑较深且大时

1—1:9 或 2:8 灰土 2—软弱土

如坑底在地下水位以下时，回填前先用 1:3 粗砂与碎石分层回填夯实，地下水位以上用 3:7 灰土回填夯实至要求高度。

禁忌 2 地基中存在土井、砖井

现象、危害性 基础下部或近旁地基中出现未经处理的土井或砖井，其中土井的土壁强度较低，在基础荷载作用下，会使地基产生坍陷或侧移；砖井壁则与原土构成软硬地基，在上部基础荷载作用下，会产生不均匀沉降，使基础断裂，建筑物裂缝。

防治措施

1）土井、砖井在室外，距基础边缘 5m 以内时（图 2-2a） 先用素土分层夯实，回填到室外地坪以下 1.5m 处，将井壁四周砖圈拆除或松软部分挖去，然后用素土分层回填并夯实。如在压缩层范围内，则应用 2:8 灰土分层夯实。

2）土井、砖井在室内基础附近时（图 2-2b），将水位降低到最低可能限度，用中粗砂及块石、卵石或碎砖等回填到地下水位以上 50cm。砖井应将四周砖圈

拆至坑（槽）底以下 1m 或更深些，然后再用素土分层回填并夯实，如井已回填，但不密实或有软土，可用大块石将下面软土挤紧，再分层回填素土夯实。

3）土井、砖井在基础下或条形基础 3B 或柱基 2B 范围以内时（图 2-2c），先用素土分层回填夯实，至基础底下 2m 处，将井壁四周松软部分挖去，在砖井圈时，将井圈拆至槽底以下 1～1.5m。当井内有水，应用中、粗砂及块石、卵石或碎石回填至水位以上 50cm，然后再按上述方法处理；当井内已填有土，但不密实，且挖除困难时，可在部分拆除后的砖石井圈上加钢筋混凝土盖封口，上面用素土或 2:8 灰土分层回填，夯实至槽底。

4）土井、砖井在房屋转角处，且基础部分或全部压在井上时（图 2-2d） 除用上办法回填处理外，还应对基础加固处理。当基础压在井上部较少，可采用从基础中挑钢筋混凝土梁的办法处理。当基础压在井上部分较多，用挑梁的方法较困难或不经济时，则可将基础沿墙长方向向外延长出去，使延长部分落在天然土上，落在天然土上基础总面积应等于或稍大于井圈范围内原有基础的面积，并在墙内配筋或用钢筋混凝土梁来加强。

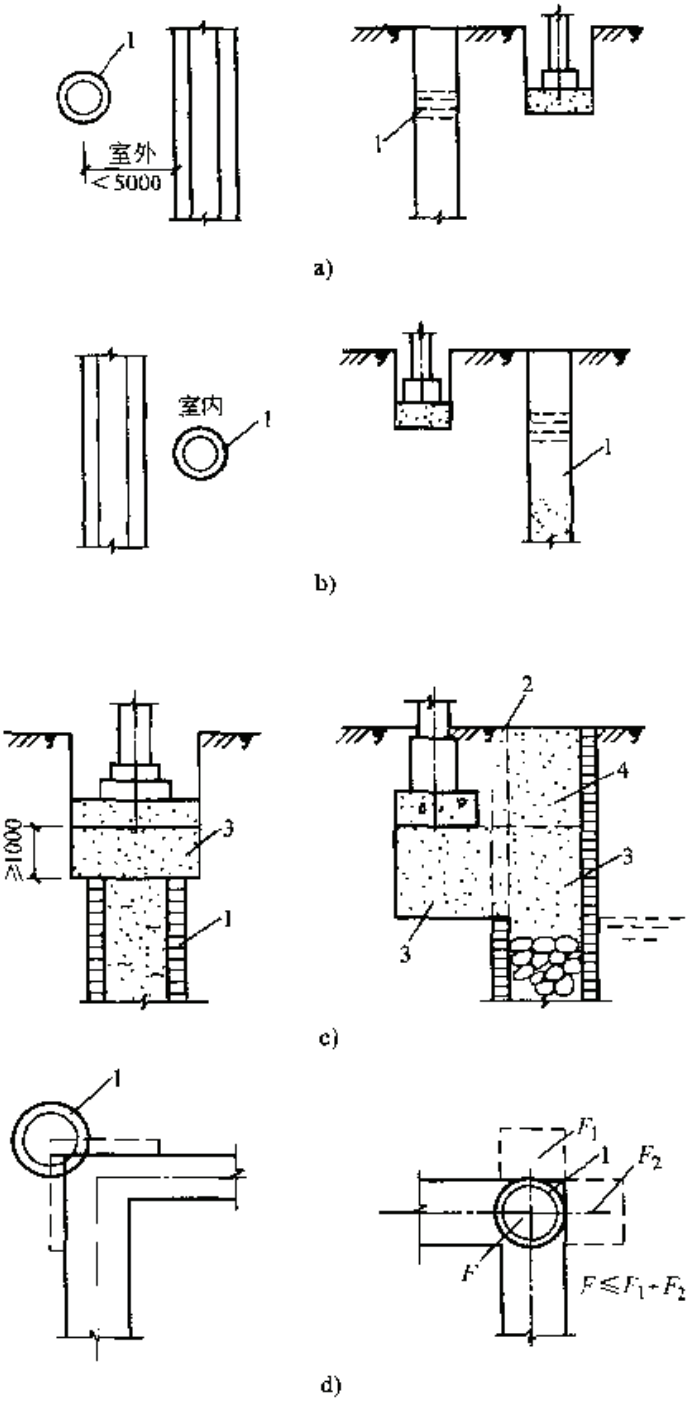


图 2-2　土井、砖井处理

a）土井、砖井在室外近旁　b）土井砖井在室内近旁

c）土井、砖井在基础下　d）土井、砖井在基础转角处

1—土井或砖井　2—拆除回砖井　3—2:8 灰土　4—回填土

5）土井已淤填，但不密实时（图 2-3），可用大块石将下面软土挤密，再用上述办法回填处理。如井内不能

夯填密实，而上部荷载又较大，可在井内设灰土挤密桩或石灰桩处理；如土井在大体积混凝土基础下，可在井圈上加钢筋混凝土盖板封口，上部再用素土或2:8灰土回填密实的办法处理，使基土内附加应力传布范围比较均匀，但要求盖板到基底的高差 $h > d$。

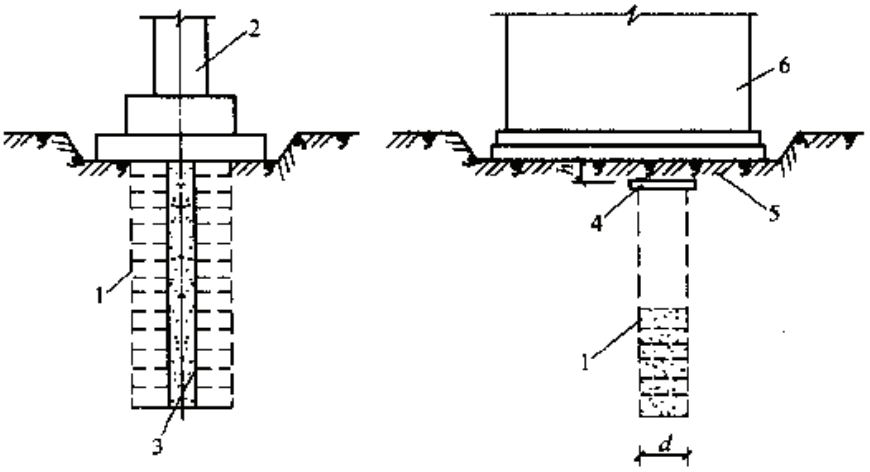


图 2-3 土井已淤填处理

1—土井 2—上部基础 3—灰土挤密桩 4—钢筋混凝土盖板

5—2:8灰土 6—上部构筑物

禁忌3 地基中存在废矿井

现象、危害性 在地基中出现未经回填处理或处理不实的各类废矿井，深度较大、土壁松软，在基础荷载作用下，井壁将坍塌，会造成基础断裂、下陷，导到建筑物裂缝、移位、倾斜甚至倒塌。

防治措施 在基础下存在采矿废井，基础部分或全部压在废矿井上时，废矿井处理可用以下3种方法：

(1) 瓶井法（图2-4a） 将井口挖成倒圆台形的瓶塞状，通过计算可得出 α 和 h，将井口上部的载荷分布到井壁四周。瓶塞用毛石混凝土浇筑而成或用3:7灰土分层夯成，应视井口的大小及计算而定，较大的井口还应配筋；

(2) 过梁法 遇到建筑物轴线通过井口，在上部做钢筋混凝土过梁跨过井口，但应有适当的支承长度 a（图2-4b）；

(3) 换填法 井深在3～5m可直接采用换填的方法 将井内的松土全部挖去，用3:7灰土分层夯实至设计基底标高。

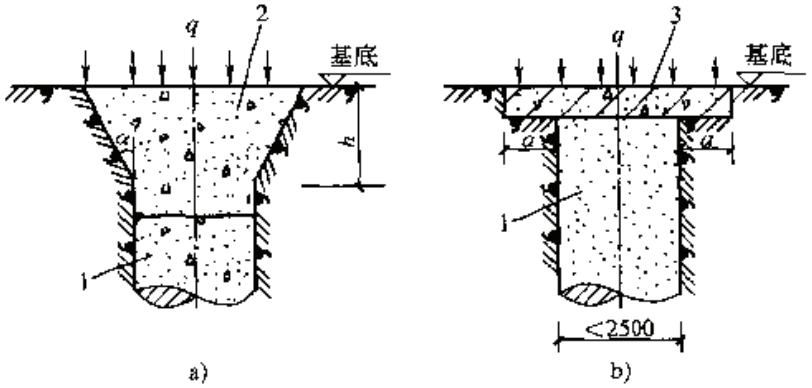


图 2-4　废矿井处理

a）瓶井法　b）过梁法

1—原废矿井口　2—瓶塞　3—过梁

2.2　古墓、坑穴

禁忌 1　地基下有古墓

现象、危害性　在基础下或近旁出现埋藏较深的古墓或墓道，由于年代久远，墓壁强度较低，内部多为空穴，在基础荷载作用下，会产生坍陷，使上部建筑物裂缝、下陷、侧移、甚至破坏。

防治措施　在黄土地区或有古墓地区，应在工程基础部位，按设计要求位置，用洛阳铲进行铲探，发现古墓，墓道（坑穴），应查明部位、大小、深浅、平面形状、土质情况等，作为研究处理方案的依据。

1）基础下有古墓、地下坑穴作地基处理时，如墓穴、坑穴中填充物已恢复原状结构的可不处理；如墓穴、坑穴中填充物为松土，应将松土、杂物挖出，分层回填素土或 3:7 灰土夯实到土的密实度达到规定为止（图 2-5a）。如古墓中有文物，应及时报主管部门或当地政府处理。

2）基础外有古墓、地下坑穴时，将墓室、墓道内全部充填物清除，对侧壁和底部清理面要切入原土 150mm 左右，然后分别以纯素土或 3:7 灰土分层回填夯实（图 2-5b）。

墓室、坑穴位于墓坑平面轮廓外时，如 $l/h>1.5$，则可不作专门处理。

3）基础下压缩土层范围内有古墓、地下坑穴时，墓坑开挖时，应沿坑边四周每边加宽 50cm，加宽深入到自然地面下 50cm，重要建筑物应将开挖范围扩大，沿四周每边加宽 50cm；开挖深度：当墓坑深度小于基础压缩土层深度，仅挖到坑底；如墓坑深度大于基层压缩土层深度，开挖深度应不小于基础压缩土层深度，墓坑和坑穴用 3:7 灰土回填夯实（图 2-5c）；回填前应先打 2～3 遍底夯，回

填土料宜选用粉质粘土分层回填，每层厚 20～30cm，每层夯实后用环刀逐点取样检查，土的密度应不小于 1.55t/m³。

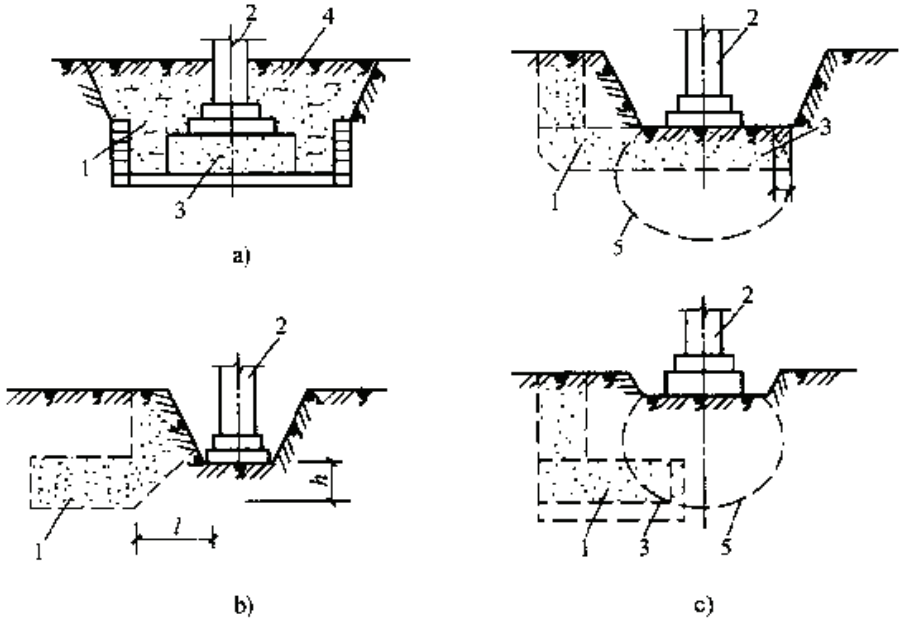


图 2-5 古墓、坑穴处理

a）基础下有古墓、地下坑穴 b）基础外有古墓、地下坑穴

c）基础下压缩土层范围内有古墓、地下坑穴

1—墓穴、坑穴 2—基础 3—2:8 或 3:7 灰土 4—回填土 5—压缩层范围

禁忌 2 地基下面有坑穴

现象、危害性 在基础下或近旁出现大小不一、松填或悬空的地下坑穴，埋藏较浅，土体强度较低，对建筑物稳定性影响很大，在基础荷载作用下，将会坍陷，使建筑物裂缝、移位、倾斜、下陷，严重的甚至会倒坍，影响安全使用。

防治措施 同本节“禁忌 1 地基下有古墓”中的防治措施有关部分。

2.3 人防通道、障碍物、管道

禁忌 1 地基下有未经处理的人防通道

现象、危害性 在基础下或近旁有未经加固处理的城市人防通道，有的未衬砌，有的仅作简单衬砌，年代较久，坚固性差，在基础荷载作用下，会使建筑物失去稳定，严重时会导致坍陷；再有的基础埋设深于邻近基础，如不处理，亦会影响邻近基础的稳定，导致下沉，位移。

防治措施 基础附近下部有人防通道或基础深于邻近建筑物基础时，可按以下方法处理：

1）当基础下有人防通道横跨时，除人防通道的上部非夯实土层应分层夯实外，还应对基础采取相应的跨越措施，如钢筋混凝土地梁、托底加固等。当人防通道与基础方向平行时（图 2-6a），$h/l \leqslant 1$ 时，一般可不作处理，当 $h/l > 1$ 时，则应将基础落深直至满足 $h/l \leqslant 1$ 的要求。

2）当所挖的基槽（坑）深于邻近建筑物基础时，为了使邻近建筑物不受影响，一般应满足下列条件：$\Delta H/l \leqslant 0.5 \sim 1$。

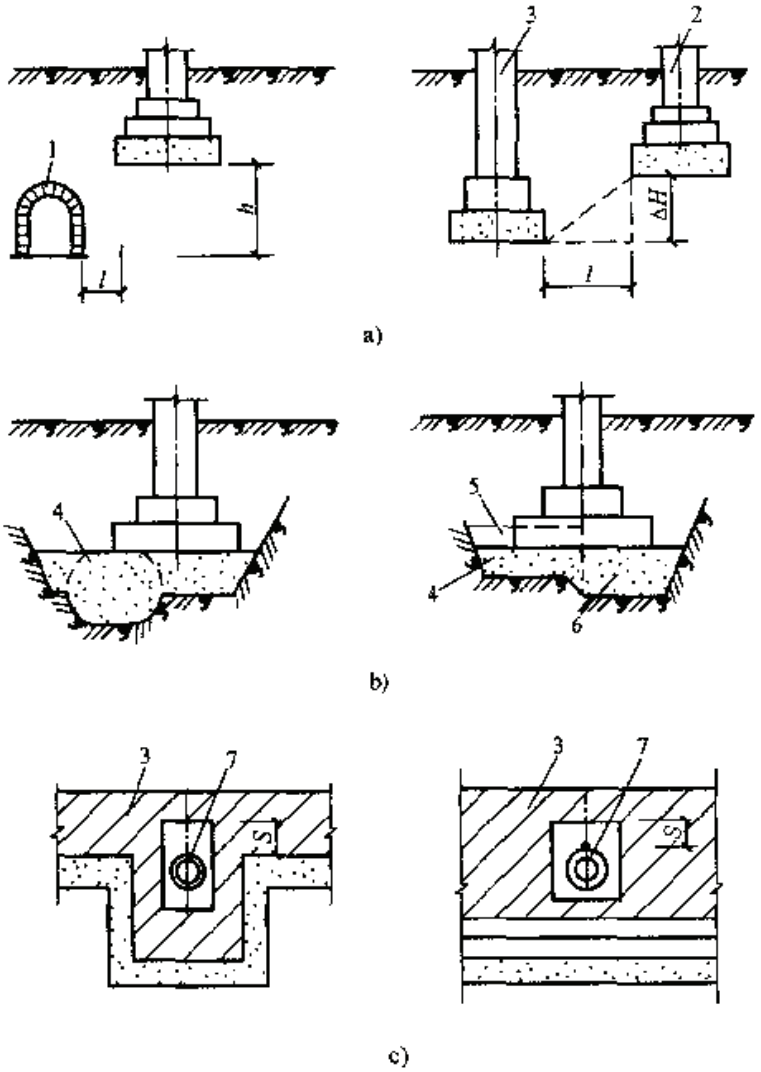


图 2-6　人防通道、障碍物、管道处理

a）人防通道处理　b）障碍物处理　c）管道处理

1—人防通道　2—原基础　3—新基础　4—拆除障碍物　5—凿去 500mm

6—砂或土砂混合褥垫层　7—管道

禁忌 2　基础下局部有障碍物

现象、危害性　当基础下局部有孤石、大块石、旧基础或基岩时，如直接在其上设置基础时，则落于原土上的部分基础会产生一定的沉降变形，而落在障碍

物上的部分基础，则基本上不会沉降变形，这样将会使整个建筑物产生不均匀沉降，导致出现裂缝、断裂或倾斜，影响使用安全。

防治措施 基础下局部遇障碍物或旧污土，可按以下方法处理：

1）当基底下有旧墙基、老灰土、化粪池、树根、砖窑底、路基、基岩、孤石等，应尽可能挖除或拆掉，使至天然土层，然后分层回填与基底天然土压缩性相近的材料或3:7灰土（图2-6b），并分层夯实或加深基础。

2）如硬物挖除困难，可在其上设置钢筋混凝土过梁跨越，并与硬物间保留一定空隙，或在硬物上设置一层软性褥垫（砂或土砂混合物）以调整沉降。

禁忌3 基础或地基中埋设管道不留空隙

现象、危害性 在基础上或地基中埋设上、下水或其他管道时，由于地基基础在上部荷载作用下会产生一定的沉降，如不采取在顶部留有一定间隙，将会把管道压坏，影响正常使用。

防治措施 基础上或基础下通过管道，如在基底以上或以下埋设有上、下水或其他管道时，可采取在管道上加做一道钢筋混凝土过梁；支承过梁的墙、桩应与管道隔开一定距离，其过梁底与管道顶面至少留有10cm以上的空隙，以防建筑物沉降时压坏管道（图2-6c）。

3 特殊土地基处理

3.1 湿陷性黄土地基

凡天然黄土在上覆土的自重应力作用下，或在上覆土自重应力和附加应力共同作用下，受水浸湿后土的结构迅速破坏而发生显著附加下沉的黄土，称湿陷性黄土。湿陷性黄土由于水浸湿常会使建筑物出现不均匀沉降，或引起边坡滑动，且这种破坏具有突发性，工程上难以预料其下沉部位。因此在建设中，遇湿陷性黄土地基应进行适当处理，而后用作建筑物地基，以确保工程质量。

禁忌 1 地基土为湿陷性黄土不进行处理

现象、危害性 湿陷性黄土是在干旱条件下形成的黄色粉质土，并含有大量的碳酸盐类，在天然状态下，具有肉眼可见的大孔隙，并有竖向节理。天然含水量的黄土，如未受水浸湿，一般强度较高，压缩性较小，但在受水浸湿后，由于充填在土颗粒之间的可溶盐类物质遇水溶解，使土的结构迅速破坏，强度迅速降低，并发生显著的附加沉降，造成建筑物产生不均匀沉降、裂缝和各种形式的变形破坏，危害建筑物的安全使用。

防治措施 湿陷性黄土地基可采用以下几种处理方法：

（1）垫层法 将基础下的湿陷性土层全部或部分挖出，然后用黄土（或 2:8、3:7 灰土），经过筛后，在最优含水量状态下分层回填夯实或压实；垫层厚度约为 1.0～2.0 倍基础宽度，控制土的干密度不小于 1.6t/m^3，它能消除一定深度内（一般为 1～3m）土的湿陷变形，改善土的工程性质，增强地基的防水效果，费用较低。适于地下水位以上进行局部或整片的处理。

（2）重锤夯实法 将 2～3t 重锤，提到一定高度（4～6m），自由下落，一夯挨一夯如此重复夯打，使土的密度增加，减小或消除地基的湿陷变形，一般能消除 1.0～2m 厚土层的湿陷性。适于地下水位以上，饱和度 $S_r < 60\%$ 的湿陷性黄土进行局部或整片的处理。

（3）强夯法 用 8t 以上的重锤，从 10m 以上高度自由下落，强力夯击土体。一般锤重 10～12t，落距 10～18m 时，可消除 3～6m 深土层的湿陷性，并提高地

基的承载能力。适于饱和度 $S_r < 60\%$ 的湿陷性黄土深层局部或整片的处理。

(4) 挤密法 是用机械（人工或爆扩）成孔的方法，将钢管打入土中，拔出钢管后在孔内填充素土或灰土，分层夯实，要求密实度不低于 0.95。通过桩的挤密作用改善桩周土的物理力学性能，基本上可消除桩深度范围内黄土的湿陷性。处理深度一般可达 5 ~ 10m，造价低。适于地下水位以上局部或整片的处理。

(5) 预浸水法 利用黄土浸水后自重湿陷的特性，在施工前挖坑进行大面积浸水，水深不小于 30cm，使土体产生自重湿陷，其稳定标准为最后 5d 的平均湿陷量小于 5mm，从而达到消除黄土的湿陷性。本法需要足够水量，处理时间较长（约 3 ~ 6 个月），同时应注意浸水对附近建筑物和场地边坡稳定性的影响，要求其间距不小于 30m。处理后还应进行专门性的勘察工作，重新评定湿陷等级，并采取相应的设计措施。适于Ⅲ、Ⅳ级自重湿陷性场地 6m 以下的处理，6m 以上尚应采用垫层等方法处理，可处理土层厚度大于 10m、自重湿陷量 $\Delta_{zs} \geqslant 50$cm 的场地。

(6) 灌筑（预制）桩基础 将桩穿透厚度较大的湿陷性黄土层，使桩尖（头）落于承载力较高的非湿陷性黄土层上，荷重通过桩身和桩尖（扩大头）传到非湿陷性黄土层中。桩的长度和入土深度以及桩的承载力，应通过荷载试验或根据当地经验确定。处理深度 30m 以内。采用桩基需消耗材料较多，费用一般较贵。适于基础荷载大，有可靠的持力层的处理。

禁忌 2 地基土局部有湿陷性黄土

现象、危害性 地基土大部分为原土，局部存在湿陷性黄土，如基础落在这两种土层上，前者沉降较小，后者遇水将会发生较大的附加沉降，使建筑物产生不均匀沉陷，出现较大沉降差，导致裂缝和各种形式的变形破坏，影响建筑物的稳定和使用安全。

防治措施

1) 采用换填垫层法，将局部湿陷性黄土挖去 1 ~ 2m 深，用 2:7 或 3:8 灰土分层回填夯实，使能消除 1 ~ 2m 深度内的湿陷变形，同时可防止地表水下渗到下部地基引起湿陷。

2) 采用挤密桩法，在局部湿陷性黄土范围内，用机械成孔的方法，将钢管打入土层中，拔管后在孔内填充灰土，分层夯实，基本可消除桩深度范围内黄土的湿陷性。

禁忌 3 场地排水不畅，基坑泡水或管网渗漏水

现象、危害性 场地排水不畅积水，基坑内浸水或地下管道局部渗漏水，都

会使基础下部湿陷性黄土地基浸水，发生显著的附加沉降，使土的强度降低，建筑物产生不均匀沉降，使之出现下沉、裂缝、倾斜，甚至破坏。

防治措施

1）做好总体的平面和竖向设计及防洪设施，保证场地排水畅通；

2）保证水池或管道与建筑物有足够的防护距离，防止管网和水池、生活用水渗漏；

3）做好屋面排水和地坪的防水措施；

4）合理安排施工程序，先施工地下工程，后施工地上工程；对体型复杂的建筑物，先施工深、重、高的部分，后施工浅、轻、低的部分；敷设管道时，先施工防洪、排水管道，并保证其畅通；

5）临时防洪沟、水池、洗料场等应距建筑物外墙不小于 12m，在自重湿陷性黄土场地不宜小于 25m，严防地面水流入基坑或基槽内；

6）屋面施工完毕，应及时安装天沟、水落管和雨水管道等，将雨水引至室外排水系统。

3.2 膨胀土地基

膨胀土为一种高塑性粘土，强度一般较高，具有吸水膨胀，失水收缩和反复胀缩变形，浸水强度衰减，干缩裂隙发育等特性，性质不稳定，常使建筑物产生不均匀的竖向或水平的胀缩变形，造成位移、开裂、倾斜，甚至破坏。故此，在施工中，遇到膨胀土地基，必须采取有效技术措施进行处理，以确保工程质量和安全。

禁忌 1 地基土为膨胀土不进行处理

现象、危害性 膨胀土有受水浸湿后膨胀、失水后收缩的特性，故在其上的建筑物随季节变化而反复产生不均匀的升降，可高达 100mm，使建筑物受到破坏。如不进行处理，这种破坏会使建筑物产生大量竖向裂缝、端部斜向裂缝和窗台下水平裂缝，内外山墙对称或不对称的倒八字形裂缝等（图 3-1）；地坪上胀隆起，出现纵向长条和网格状裂缝，使建筑物开裂和损坏。一般成群出现，尤其对低层房屋带来极大危害，往往不易修复。

防治措施 遇膨胀土地基除采取一定的建筑、结构措施外，还应采取有效的地基处理措施，如采用换土、砂土、碎石垫层、土性改良等方法。换土系将膨胀土层部分或全部挖去，采用灰土或非膨胀土置换，换土厚度应通过变形计算确定。平坦场地上对Ⅰ、Ⅱ级膨胀土的地基处理，宜采用砂、砂石、碎石垫层，垫层厚度不应小于 300mm；垫层宽度应大于基底宽度每边不少于 1.2m。

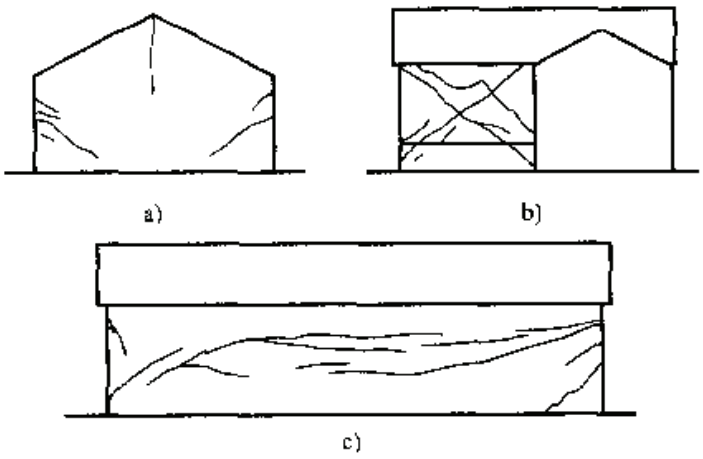


图 3-1 墙面裂缝情况

a）对称倒八字裂缝 b）端部斜向裂缝 c）水平裂缝

禁忌 2 地基土局部有膨胀土

现象、危害性 地基土大部分为好土，局部为膨胀土，如基础落在这两种不同性质的土层上，膨胀土浸水后会产生较强烈的胀缩和反复胀缩变形，若不进行处理，将导致产生较大附加升降，引起建筑物局部产生不均匀沉陷或上举变形，而受到破坏。

防治措施

1）采用换填垫层法，将局部膨胀土全部或部分挖至一定深度，用 2:7 或 3:8 灰土或非膨胀土分层回填夯压实，以隔断局部膨胀土的浸水后变形。

2）在局部膨胀土部位采用墩式基础以增加基础附加荷重；或采用灌注桩穿透膨胀土层，并抵抗膨胀力。

3）加强上部结构刚度，如设置地梁、圈梁，在角端和内外墙处设置水平钢筋加强连接等，控制地基土的变形量之差不大于 25mm。

禁忌 3 场地排水不畅、积水或渗透水

现象、危害性 建筑场地地表排水沟不通、积水，或管道漏水，雨水排水不畅，渗入地基，易使膨胀土地基浸水，引起胀缩变形，使建筑物产生不均匀升降，造成开裂、位移、倾斜，甚至倒塌。

防治措施

1）在建筑物周围做好地表防水、排水设施，如渗、排水沟等，沟底应作防水处理，以防下渗，尽量避免采用挖土明沟；散水坡适当加宽（可做成 1.2～1.5m），其下做砂或炉渣垫层，并设隔水层，防止地表水向地基渗透；

2）对室内炉、窑、暖气沟等采取隔热措施，如做300mm厚的炉渣垫层，防止地基水分过多散失；

3）管道距建筑物外墙、基础外缘距离不少于3m；同时严防埋设的管道漏水，使地基尽量保持原有天然湿度；

4）屋面排水宜采用外排水。排水量较大时，应采用雨水明沟或管道排水。

5）对已因膨胀土胀缩产生裂缝的建筑物，应迅速修复由于断沟造成的漏水，堵住局部渗漏，加宽排水坡，作渗排水沟，以加快地基稳定。对裂缝进行修补加固，如加柱墩、抽砖加扒钉、配筋、压喷浆、拆除部分砖墙重新砌筑等。在墙外加砌砖垛和加拉杆，使内外墙连成整体，防止墙体局部倾斜、倒塌。

禁忌4 施工程序、施工防水措施不当

现象、危害性 施工程序不当，如先施工建筑物，后施工室外排水系统，或施工对临时用水不加管理、控制，使大量雨水、施工用水渗入膨胀土地基，而导致建筑物出现局部胀缩变形，造成裂缝、位移、下陷或倾斜。

防治措施

1）合理安排施工程序，先施工室外道路、排水沟、防洪沟、截水沟等工程，疏通现场排水，避免建（构）筑物附近场地积水；

2）施工临时用水点应离建筑物5m以上，水池、淋灰池、洗料场应离建筑物10m以上，加强施工用水管理，作好现场临时排水，防水管网漏水；

3）基坑开挖采取分段连续快速作业，挖好后，立即施工基础，及时回填夯实，避免基槽泡水或暴晒。填土料不宜用膨胀土，可掺入一定非膨胀性土料混合使用；

4）混凝土、砌体养护宜用湿草袋覆盖，浇水次数宜多，水量宜少。

3.3 软土地基

软土是在静水或缓慢流水环境中沉积的、天然含水量大、承载力低的软塑到流塑状态的饱和粘性土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。软土具有天然含水量高，天然孔隙比大、压缩性高、强度低、渗透系数小、粘度系数低等特征；同时具有触变性、高压缩性、低透水性、不均匀性、流变性等工程性质。施工中要特别注意其特性，搞好质量控制。

禁忌1 地基土为软土不进行处理

现象、危害性 软土沉降大而不均匀，一般5～6层砖混结构房屋，沉降量可达700mm。当土质不均匀、上部荷载的差异，复杂的体型，都会引起建筑物严

重的差异沉降和倾斜，使房屋损坏，管道断裂，污水不能排出，而且沉降速度快，一般民用或工业建筑活荷载小时，竣工时沉降速度约为 0.15～1.5mm/d，大时可达 45.3mm/d；沉降稳定时间长，一般建筑物的沉降持续时间常在 10 年以上，需进行长时间的维护。

防治措施 在软土地基上建造房屋，除采取一定的建筑、结构措施外，地基处理一般可采取以下措施：

1）采用置换及拌入法，用砂、碎石等材料置换软弱地基中部分软弱土体，形成复合地基，或在软土中掺入水泥、石灰等，形成加固体，与未加固部分形成复合地基，达到提高地基承载力，减少压缩量的目的。常用方法有振冲置换法、生石灰桩法、深层搅拌法、高压喷浆法等。对暗埋的塘、浜、沟、坑穴等，可用局部挖除、换土垫层、灌浆、悬浮式短桩等方法；

2）对大面积厚层软土地基，采用砂井预压、真空预压、堆载预压等措施，以加速地基排水固结，提高其抗剪强度，适应荷载对地基的要求。

禁忌 2 地基土局部有软土

现象、危害性 基础落在局部有软土的地基上，由于软土具有高压缩性、流变性，沉降大而快，而原土压缩性小，沉降小而慢，将使地基局部产生较大的不均匀沉降，造成建筑物开裂、位移、倾斜，甚至破坏。

防治措施 将局部软土挖去或部分挖去，用一定厚度的灰土、砂或砂石材料置换软土部分以降低压缩性，消除沉降差；或局部软土部位设置生石灰桩，水泥土深层搅拌桩，高压喷射注浆桩或粉体喷射注浆桩与未加固原土部分形成复合地基，以提高局部软土地基承载力，减少压缩量，达到控制差异沉降的目的。

禁忌 3 基坑开挖后长期暴露

现象、危害性 在软土地区，一般表层土承载力尚可，深部地基承载力往往很差，且地下水位较高，很难予以排干，土含水量很大，如基坑开挖后长期暴露，日晒雨淋、受地下水浸泡，表层软土将被扰动变成软泥，大幅度降低地基承载力，必须清除，才能进行下道工序施工，影响工期，造成浪费。

防治措施

1）基坑开挖后，应立即清底，浇筑混凝土垫层，以保护坑底软土不被扰动，同时便于下道工序施工作业。

2）如基坑开挖后，短时不能浇筑混凝土垫层，可在坑底保留 200mm 厚左右，施工垫层时再挖除，避免扰动土体而破坏土的结构。

3）如基坑底表层土已被扰动，可挖去扰动部分，用砂、砂石或碎石回填压实处理。

禁忌 4　基坑边坡产生滑移

现象、危害性　基坑开挖后，边坡上体失去支撑，由于软土含水量大，且具有触变性、流动性，在土的侧压力和孔隙水压力作用下，会使土体向基坑一侧蠕变而产生较大滑移变形，严重的会使基坑边坡滑塌、破坏。

防治措施　基坑开挖后，应立即施工基础，及时回填夯实。深基坑开挖，应在基坑边缘设钢板桩、水泥土深层搅拌桩，高压喷射注浆桩或粉体喷射注浆桩支护，并采取先施工支护桩，再开挖基坑土方，以平衡基坑边坡土的侧压力和孔隙水压力作用，阻挡软土滑移。

禁忌 5　施工不控制建筑荷载施加顺序和速度

现象、危害性　在软土地基上施工不控制建筑荷载施加顺序，如施工高差较大的建筑，采取先施工高度低、重量低的部分，后施工高度大、重量重部分的顺序，将使高低部分的差异沉降加大，建筑物出现较大的不均匀沉降，使建筑物开裂、下陷；又如对建筑荷载施加速度不加控制，如对建（构）筑物活载荷施加速度过快，会使地基沉降加快，超过土体强度增长速度，将使土体侧向挤出，使建（构）筑物产生局部倾斜或破坏。

防治措施

1）建筑物各部分差异较大时，合理安排施工顺序，先施工高度大、重量重的部分，使在施工期内先完成部分沉降，后施工高度低、重量轻的部分，以减少部分差异沉降。

2）对仓库建筑物或油罐、水池等构筑物，适当控制活荷载的施加速度，使软土逐步固结，地基强度逐步增长，以适应荷载增长的要求，同时可借以降低总沉降量，防止土的侧向挤出，避免建（构）筑物产生局部破坏或倾斜。

3.4　盐积土地基

土层中含有石膏、芒硝、岩盐（硫酸盐或氯化物）等易溶盐，其质量分数大于5%，且自然环境具有溶陷、盐胀等特性的土称为盐积土。盐渍土按含盐量分弱盐渍土、中盐渍土、强盐渍土和超强盐渍土。盐渍土在干燥时，盐类呈结晶状态，地基具有较高的强度，但在遇水后易崩解，造成土体失稳，强度降低，压缩性增大等情况，造成建筑物不均匀沉降、裂缝、倾斜，甚至破坏。另外，盐分渗入与其接触的基础或墙体，会在结晶过程中将材料膨胀或腐蚀破坏。因此遇盐渍土地基，应根据其危害性，采取技术措施进行处理，以确保地基基础工程质量。

禁忌 1 地基土为盐渍土不进行处理

现象、危害性 盐渍土干燥时，地基强度较高，遇水后强度降低，伴随着土结构破坏，产生较大的溶陷变形，且变形速度快，再加上盐分渗入基础、墙体，会将其鼓胀，腐蚀破坏，如不进行地基处理，会造成建筑物出现不均匀沉陷、裂缝、倾斜、鼓裂、腐蚀等形式破坏。

防治措施 地基处理一般可采取以下措施：

1）采用垫层、重锤击实及强夯法处理浅部土层，可清除基土的湿陷量，提高其密实度及承载力，降低透水性，阻挡水流下渗而破坏土的原有毛细结构，阻隔土中盐水向上运移。

2）厚度不大或渗透性较好的盐渍土，可采用浸水预溶，水头高度不应小于30cm，浸水坑的平面尺寸，每边应超过拟建房屋边缘不小于 2.5m。

3）对溶陷性高、土层厚及荷载很大或重要建筑的上部地层软弱的盐沼地，可视情况采用桩基础、灰土墩、混凝土墩或砾石墩，埋置深度应大于盐胀临界深度及蜂窝状的淋滤层或溶蚀洞穴。

4）盐渍土边坡的坡度宜比非盐渍土的软质岩石边坡适当放缓；对软弱夹层破碎带及中、强风化带，应部分或全部加以防护。

禁忌 2 不做好地基防水、防渗

现象、危害性 盐渍土浸水后崩解，使土体失稳，强度降低，压缩性增大，如施工中不做好场地排水、防洪、施工用水，大气降水的排泄，大量水浸入地基或基础周围，将导致建筑物不均匀沉陷、开裂、倾斜，甚至破坏。

防治措施 地基防水、防渗，一般可采取以下措施：

1）做好场地的竖向设计，避免大气降水、洪水、工业及生活用水、施工用水浸入地基或其附近场地，防止土中含水量的过大变化及土中盐分的有害运移，引起盐分向建筑场地及土中富聚，而造成建筑材料的腐蚀及盐胀。

2）对湿润性生产厂房应设置防渗层，室外散水应适当加宽，一般不宜小于1.5m；散水下部应做厚度不小于 15cm 的沥青砂垫层或厚不小于 30cm 的灰土垫层，防止下渗水流溶解土中可溶盐而造成地基的溶陷。

3）绿化带与建筑物距离应加大，严格控制绿化用水，严禁大水漫灌。

禁忌 3 基础不进行防腐处理

现象、危害性 盐渍土浸水，盐分渗入与其接触的基础或墙体，会在结晶过程中将材料鼓胀，剥落破坏；土中含有的硫酸盐和氯盐浸蚀基础或墙体，会使其逐渐腐蚀，疏松破坏。

防治措施 基础防腐蚀一般可采取以下措施：

1）采用耐腐蚀的建筑材料，并保证施工质量，一般不宜用盐渍土本身作防护层；在弱、中盐渍土区不得采用砖砌基础，管沟、踏步等应采用毛石或混凝土基础；对于强盐渍土区，室外地面以上 1.2m 墙体也应采用浆砌毛石。

2）隔断盐分与建筑材料接触的途径。对基础及墙的干湿交替区和弱、中、强盐渍土区，可视情况分别采用常规防水、沥青类防水涂层、沥青或树脂防腐层作外部防护措施。

3）对强和超强盐渍土地区，基础防腐应在卵石垫层上浇 100mm 厚沥青混凝土，基础浇筑完后，外部先刷冷底子油一度，再刮沥青两度或贴二毡三油沥青卷材，室外贴至散水坡，室内贴至 ±0.00，外部回填土应用盐渍土回填分层夯实。

禁忌 4 对地基不采取防盐胀措施

现象、危害性 盐渍土中的盐主要是硫酸盐和氯盐，而硫酸盐主要是芒硝（$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$），这种土在结晶时产生体积膨胀，将地基土鼓胀疏松，一旦遇水后，又体积缩小，导致土体溶陷变形，如不采取防盐胀措施，将造成建筑物出现不均匀沉陷、开裂、倾斜破坏。

防治措施 防盐胀可采取以下措施：

1）清除地基表层松散土层及含盐量超过规定的土层，使基础埋于盐渍土层以下，或采用含盐类型单一和含盐低的土层，作为地基持力层，或清除含盐多的表层盐渍土而代之以非盐渍土类的粗颗粒土层（碎石类土或砂土垫层），隔断有害毛细水的上升。

2）铺设隔绝层或隔离层，以防止盐分向上运移。

3）采取降排水措施，防止水分在土表层的聚集，以避免土层中盐分含水量的变化而引起盐胀。

禁忌 5 施工中不采取减少盐渍土对地基基础的影响措施

现象、危害性 盐渍土对工程的危害可概括为三个方面，即溶陷性，膨胀性和腐蚀性。盐渍土对地基会造成鼓胀、松散、溶陷，降低地基强度；对基础、墙体会造成胀裂、疏松、腐蚀破坏，降低耐久性，如施工中不采取减少盐渍土对地基基础的影响措施，将会危害工程稳定、安全，降低使用寿命。

防治措施 为减少盐渍土对地基基础的有害影响，施工中一般可采取以下措施：

1）做好现场排水、防洪等，防止施工用水、雨水流入地基或基础周围，各种用水点均应保持离基础 10m 以上距离，防止发生施工排水及突发性山洪浸入而引起地基事故。

2）先施工埋置较深、荷重较大或需采取地基处理措施的基础。基坑挖好后应及时进行基础施工，完后及时回填，认真夯实填土。

3）先施工排水管道，并保证其畅通，防止管道漏水。

4）换土地基应清除含盐的松散表层，应用不含有盐晶、盐块或含盐植物根茎的土料分层夯实，并控制夯实后的干密度不小于 1.55t/m^3（对粘土、粉土、粉质粘土、粉砂和细砂）～1.65t/m^3（对中砂、粗砂、砾石、卵石）。

5）配制混凝土、砂浆应采用防腐蚀性较好的火山灰水泥、矿渣水泥或抗硫酸盐水泥；水应注意不使用 pH≤4 的酸性水和硫酸盐含量按 SO_4 计超过 1.0% 的水；在强腐蚀的盐渍土地基中，应选用不含氯盐和硫酸盐的外加剂。

3.5 冻土地基

凡温度等于或小于 0°C，含有固态冰，当温度条件改变时，其物理力学性质随之改变，并可产生冻胀、融陷、热融滑塌等现象的土称为冻土。冻土一般分季节性冻土和多年冻土两类。

冻土地基冻结时，土中含有的水分结冰体积膨胀约 9%，基础会被隆起；融化时，冻胀力消失，基础会产生沉陷。当建筑结构和采暖情况不同时，会使建筑物周边产生周期性的不均匀冻胀和沉陷，对地基的稳定性产生很大的影响，使墙身开裂、顶棚抬起、门口、台阶隆起，散水坡冻裂，严重时使建筑物倾斜或倾倒。施工中要根据以上特征，加强质量控制，防止冻胀事故发生。

禁忌 1　基础落在冻土地基上

现象、危害性　基础落在不加处理的冻土地基上，对建筑物的影响表现在两个方面，一是地基冻胀时，会使轻型建筑物上升，这种上升是由于基础侧面的切向冻胀力和对基底的垂直冻胀力作用所引起的；另方面则是解冻时融化所引起的不均匀沉降，这种升降作用，会造成基础被拉断，墙体抬起、开裂、墙面抹灰层剥落、地坪、天棚隆起、门窗歪斜、台阶变形，甚至解体、破坏，危害十分严重。

防治措施　冻害防治一般可采取以下措施：

1）建筑场地应尽量选择地势高、地下水位低、地表排水良好的地段。

2）设计前应查明土质和地下水情况，正确判定土的冻胀类别、冻深，以便合理地确定基础的埋置深度。当冻深和土的冻胀性较大时，宜采用独立基础、桩基或砂垫层等措施，使基础埋设在冻结线以下。

3）建筑物的平面形式，在保证使用的前提下，应力求简单，尽量避免凸凹多角的平面造型，同时增加建筑物的刚度和强度，如控制长高比、增加圈梁等，

以增加对不均匀变形的抵抗能力。外门斗、门台阶等应与主体结构断开；散水坡应分段浇筑（或预制）每段长度以1.0～1.5m为宜。

4）对低洼场地，宜在沿建筑物四周向外一倍冻深范围内，使室外地坪至少高出自然地面300～500mm。

5）为避免施工和使用期间的雨水、地表水、生产废水和生活污水等浸入地基，应做好排水设施。在山区必须做好截水沟或在建筑物下设置暗沟，以排走地表水和潜水，避免因基础堵水而造成冻害。

6）对建在标准冻深大于2m及标准冻深大于1.5m，基底以上为冻胀土和强冻胀土上的非采暖建筑物，为防止冻切力对基础侧面的作用，可在基础侧面回填粗砂、中砂、炉渣等非冻胀性材料或其他保温材料。当基础梁下有冻胀性土时，应在梁下填以炉渣等松散材料，并留5～15cm空隙，以防止因冻胀将基础梁拱裂。

7）对冬期开挖的工程，要随挖、随砌、随回填，严防地基受冻。对跨年度工程及冻前不能交付正常使用的工程，应对地基采取相应的过冬保温措施。

禁忌2 不做好现场散水、排水、截水

现象、危害性 冬季施工不及时做好房屋散水坡、排水沟、防洪截水沟、下水道等，会造成建筑物地基大量浸水，土的含水量加大，冻胀也随之增加，冻结深度也加深，导致建筑物基础等被抬起；解冻时，又会使融陷变形，使建筑物开裂、解体、倒塌。

防治措施 冬季施工，在主体结构完成后，及时做好散水坡、排水沟、防洪截水沟，修通下水道，疏通现场排水系统，防止地表滞水、施工用水、大气降水浸入地基，引起冻胀、融陷，防止因地基浸水而造成冻害。

禁忌3 用冻土作回填土料

现象、危害性 冬季施工，基础内外侧基槽（坑）回填土方时，采用含有冰块的冻土作回填土料，不易夯压实，在散水坡及室内地坪做好后，天暖解冻，将会产生融陷，使散水坡、室内地坪坍陷破坏。

防治措施 冬季施工，应选用含水量符合要求、未冻结的好土作为基槽（坑）回填土料，并分层回填夯压密实；回填前应清底、夯底；回填底两侧对称进行。

4 异常地基处理

4.1 冲沟、落水洞、洞穴、窑洞

禁忌 1 基础直接落在冲沟上

现象、危害性 冲沟多由于暴雨冲刷剥蚀形成，先在低凹处蚀成小穴，逐渐扩大成浅沟，以后进一步冲刷，就成为冲沟。在黄土地区常大量出现，有的深达5～6m，表层土松散，如基础直接设置在不加处理的冲沟上，会造成建筑物较大的不均匀沉陷、开裂、位移、倾斜，甚至坍陷。

防治措施 一般处理方法是：

1）对地表冲沟，可将表层松散土消除，用好土或灰土分层夯填，由于其土质结构松散，承载力低，可采取加宽基础的处理方法。

2）对边坡上较浅的冲沟，可用好土或3:7灰土逐层回填夯实，或用浆砌块石填砌至坡面一样平，并在坡顶作排水沟及反水坡，以阻止地表雨水冲刷坡面。

禁忌 2 地基中存在落水洞

现象、危害性 在黄土层或岩溶地层，由于地表水的冲蚀或地下水的潜蚀作用形成的落水洞往往发育较快，常成为排泄地表径流的暗道，影响边坡或场地的稳定，必须进行处理，避免继续扩大，造成边坡坍方或地基塌陷。

防治措施 落水洞的防治处理方法是：将落水洞上部挖开，清除软土，分层回填好土（灰土或砂卵石）夯实，面层用粘土夯填并使之比周围地表高些，同时作好地表水的截流，将地表径流引到附近排水沟中，不使下渗；对地下水可采用截流改道的办法；如用作地基的深埋土洞，宜用砂、砾石、片石或贫混凝土填灌密实，或用灌浆挤压法加固。对地下水形成的土洞和洞穴，除先挖除软土抛填块石外，还应作反滤层，面层用粘土夯实。

禁忌 3 地基土层中存在洞穴

现象、危害性 在黄土地区的土层内有时存在一些大小不一的洞穴（陷穴、

土洞），有的连续串通，有的独立封闭，洞穴发达地区，洞内很少有填充物，壁面光滑。形成原因是由于水的潜蚀作用，在雨期常与地表径流连通。地基土层中存在洞穴，对建筑地基的稳定性和承载力产生严重影响，会造成建筑物坍陷、断裂，甚至倒坍破坏。

防治措施

1）对浅层洞穴应全部挖开，在清除洞底软土后，采用砂卵石垫层或用素土、灰土分层回填夯实。

2）对深层洞穴，可采用灌浆挤密法加固（图 4-1），方法是在地表钻两个孔至洞内，一为灌浆孔，一为排气孔，用压浆泵将水泥砂浆压入洞内，气体由排气孔排出，使灰浆填满洞穴，硬化后形成实体，以保证地基土内附加应力的均匀分布和传递。

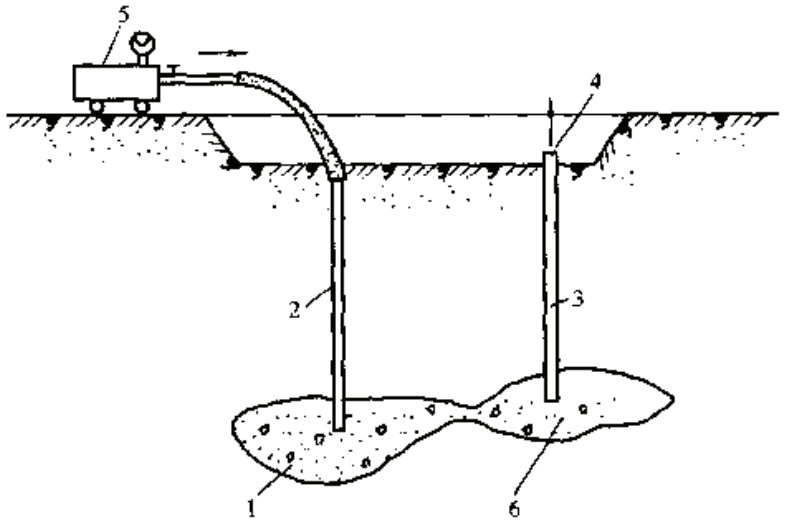


图 4-1　洞穴（土洞）压浆处理

1—洞穴（土洞）　2—压浆管　3—排气管　4—排气孔　5—压浆泵　6—填充碎石压浆

禁忌 4　地基土层中存在废窑洞

现象、危害性　在山坡地段，常在地基下部或中部出现各种大小不等的已搬迁废弃的窑洞。有的为人力开挖形成，作为生活居住的窑洞，有的是淬火失修废弃、形成的深埋窑洞。如不处理，在其上建造房屋，会造成失稳、坍陷、崩塌、甚至倾倒破坏。

防治措施

1）对住人废窑洞一般采取用人工分层回填夯压离顶 1.8m 左右，再从里向外分段回填至洞口 2m 处至窑洞顶，顶部不好回填部位用块石堆砌填实。

2）对淬火废弃窑洞，多埋设在地下，在查清部位后，用好土进行分层回填夯实处理。

3）已伸入到基础下的窑洞，可采用爆扩桩跨越土层支承上部建筑物荷载处理（图 4-2）。

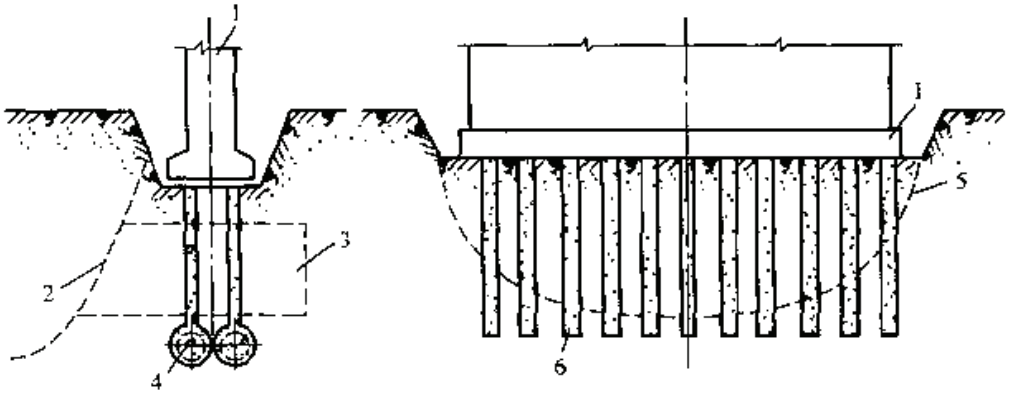


图 4-2 废窑洞的处理

1—基础 2—冲沟 3—废弃窑洞 4—爆扩灌注桩 5—已充填废窑洞 6—灰土挤密桩

4.2 故河道、古湖泊

禁忌 1 地基局部或全部为未经处理的天然故河道、古湖泊

现象、危害性 建筑物基础部分或全部直接落在天然形成的故河道或古湖泊地基上。

根据其成因，有年代久远经过长期大气降水及自然沉实，土质较为均匀、密实，含水量 20%左右，含杂质较少的故河道、古湖泊；有年代近的土质结构均较松散，含水量较大，含较多碎块、有机物的故河道、古湖泊。这些都是在天然地貌低洼处由于长期积水、泥砂沉积而形成，其土层由粘性土、细砂、粗砂、卵石和角砾所构成。承载力较低，压缩性大，如不处理，将会使建筑物产生较大不均匀沉降，引起开裂、下陷，甚至倾倒。

防治措施 对年代久远的故河道、古湖泊，已被密实的沉积物填满，底部尚有砂卵石层，一般土的含水量小于 20%，且无被水冲蚀的可能性，土的承载力不低于相接天然土的，可不处理；对年代近的故河道、古湖泊，土质较均匀，含有少量杂质，含水量大于 20%，如沉积物填充密实，承载力不低于同一地区的天然土，也可不处理；如为松软含水量大的土，应挖除后用好土分层夯实，或采取地基加固措施；用作地基部位用灰土分层夯实，与河、湖边坡接触部位做成阶梯形接搓，阶宽不小于 1m，接槎处应仔细夯实，回填应按先深后浅的顺序进行。

禁忌 2 地基部分或全部为未经处理的人工故河道、古湖泊

现象、危害性 建筑物基础局部或全部直接落在人工形成的故河道或古湖泊

地基上。其成因有为长期生活填积而成的，内含有砖瓦碎块，草木灰等杂物，土质较均匀、密实、稳定；有为新填土形成的，时间较短，沉降未稳定，土中含有较多的砖、瓦碎块、草木灰、炉渣、垃极等，结构组织松散、不均匀，含水量一般大于20%，如不进行处理，将会使建筑物产生较大不均匀沉陷，导致开裂、下沉，甚至倒塌。

防治措施

1）老填土形成的故河道，古湖泊，如已被人工填积物填密密实，沉降已稳定，承载力不低于相接天然土的，可不处理。

2）新填土而形成的要将松软填土挖除，视情况用素土或灰土分层回填夯实，或采用地基加固措施。

3）对于重要基础可用大套铲在基础底部土层打数排桩孔，深入到故河道或古湖泊底部厚土300～500mm，浇筑混凝土形成灌注桩，以承受上部建筑物荷载。

4.3　滑坡与塌方

禁忌1　在边坡不稳定的地段设置建筑物

现象、危害性　在边坡不稳定的地段，如斜坡土（岩）体本身存在倾向相近、层理发达、破碎严重的裂隙，或内部夹有易滑动的软弱带（如软泥、粘土质岩层），受水浸后便会引起滑动或塌落；又如土层下有倾斜度较大的岩层，或软弱土夹层；或未稳定的古（老）滑坡体；或土层下的岩层虽近于水平，但距边坡过近，边坡倾度过大；如在其上设置建筑物，在建筑荷重和地表水的作用下，增加了土体的负担，降低了土与土、土体与岩面之间的抗剪强度，也会引起滑坡或大塌方。

滑坡与大塌方危及建筑物安全，一旦发生常造成严重灾害，导致房屋倾斜、倒塌，甚至摧毁，交通阻塞，是各类边坡破坏中，危害性最大的一类。

防治措施　加强工程地质勘察，对拟建场地（包括边坡）的稳定性进行周密认真细微分析和评价；工程和线路一定要选在边坡稳定的地段，对具备滑坡形成条件的或存在有古老滑坡的地段，一般不应选作建筑场地，或采取可靠的措施加以预防。

禁忌2　不做好排水系统，大量地表、地下水浸入滑坡地段

现象、危害性　在斜坡地段，不良的地质条件是产生滑坡的内因条件，而水的作用和人类的工程活动则是触发并推动产生滑坡的主要外因条件。在易产生滑坡的斜坡地段，施工前和施工中如不做好地表滞水和地下水的排泄和原有排水系

统的改道或疏通，促使大量地表和地下水浸入斜坡段地基，将会加重土体的负担，降低土与土体、土体与基岩面之间的抗剪强度，从而会推动滑坡或塌方的发生，造成建筑物倾斜、倒塌、甚至被整个摧毁。

防治措施

1）做好泄洪系统，在滑坡范围外设置多道环形截水沟，以拦截附近的地表水，在滑坡区域内，修设或疏通原排水系统，疏导地表水及地下水，阻止其渗入滑坡体内。主排水沟宜与滑坡滑动方向一致，支排水沟与滑坡方向成 30°～45°斜交，防止冲刷坡脚。

2）处理好滑坡区域附近的生活及生产用水，防止浸入滑坡地段。

3）如因地下水活动有可能形成山坡浅层滑坡时，可设置支撑盲沟、渗水沟，排除地下水。盲沟应布置在平行于滑坡滑动方向有地下水露头处。做好植被工程。

禁忌 3　边坡坡度不够，倾角过大

现象、危害性　开挖边坡时，边坡坡度不够，倾角过大，会造成土体因雨水或地下水浸入，剪切应力增加，粘聚力减弱，使土体失稳而产生滑坡或塌方，影响边坡的稳定和安全。

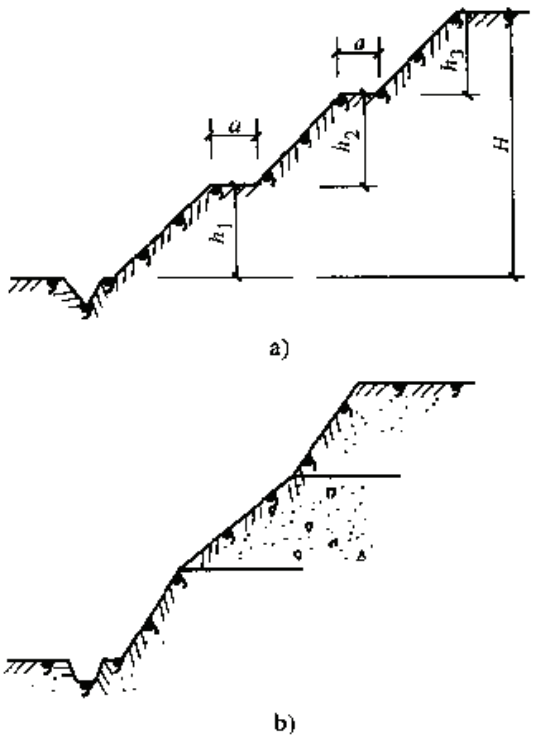


图 4-3　边坡处理

a）作成台阶式边坡　b）不同土层留设不同坡度

（a = 1500～2000mm）

防治措施　开挖边坡应保持边坡有足够的坡度。使边坡保持稳定，永久性挖方的边坡坡度应符合规定。土体宜尽量削成较平缓的坡度，或做成台阶形，使中间有 1～2 个平台，以增加稳定（图 4-3a）；土质不同时，视情况削成 2～3 种坡度（图 4-3b）。

禁忌 4　开堑挖方随意切割坡脚

现象、危害性　开堑挖方，不合理的随意切割坡脚；或坡脚被地表、地下水掏空；或斜坡地段下部被冲沟所切，地表、地下水浸入坡体；或开坡放炮将坡脚松动等原因，使边坡体坡度加大，因而破坏了土（岩）体的内力平衡，使上部土（岩）体失去稳定而造成滑坡或塌方（图 4-4）危及坡上、坡下建筑物的安全。

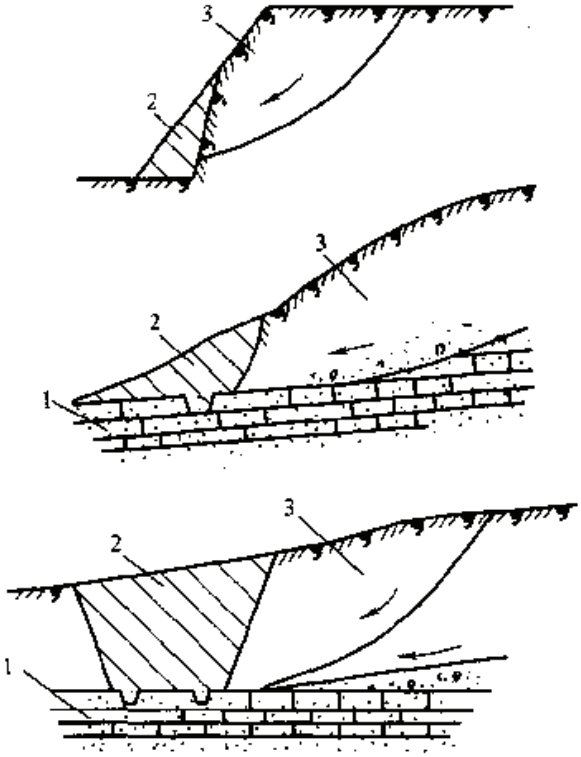


图 4-4　切割坡脚引起的滑坡

1—基岩　2—被切割的坡脚　3—滑坡土体

防治措施

1）开挖边坡，避免随意切割坡脚，导致边坡失稳。

2）尽量避免在坡脚处取土。在坡脚处有弃土条件时，将土石方填至坡脚，使其起反压作用，加大边坡坡度。

3）筑挡土堆或修筑台地，避免在滑坡地段切去坡脚或深挖方。如整平场地必须切割坡脚，且不设挡土墙时，应按切割深度将坡脚随原自然坡度由上而下削坡，逐渐挖至要求的坡脚深度（图 4-5）。

4）在多雨地区，坡脚应用块石护面，防止被表面雨水或地下水掏空；开挖边坡放炮，应采用预裂控制爆破，避免松动坡脚。

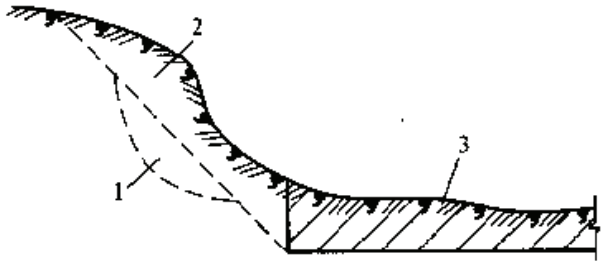


图 4-5 切割坡脚措施

1—滑动面 2—应削去的不稳定边坡 3—实际挖去部分

禁忌 5 在斜坡体上不适当的堆土或加载

现象、危害性 在坡体上不适当的堆土或填土，或设置建（构）筑物，或土工构筑物（如路堤、土坝）设置在尚未稳定的古（老）滑坡体上，或易滑动的坡积土层上。由于填方或建筑物增荷后，重心改变，在外力（堆载机械振动、地震等）和地表，地下水的作用下，坡体失去平衡或触发古（老）滑坡复活而造成滑坡（图 4-6），导致建（构）筑物被破坏，摧毁。

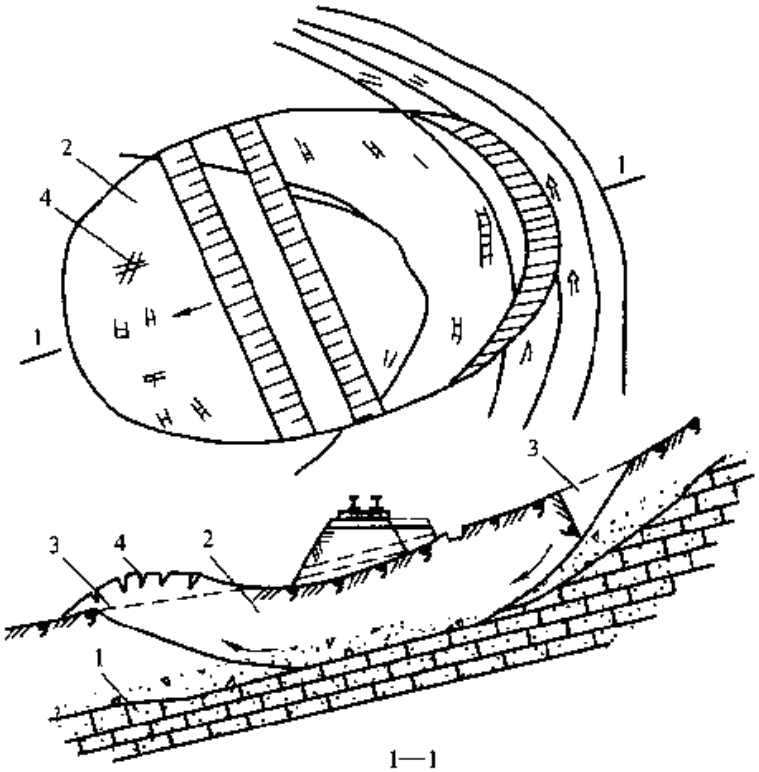


图 4-6 古（老）滑坡复活引起的滑坡

1—原基岩滑坡面 2—滑动土体 3—未滑动土体 4—滑坡裂缝

防治措施

1）尽量避免在坡体上设置临时弃土场或建筑物或在坡脚处取土。

2）避免在斜坡上集中弃土，同时避免对坡体的各种振动作用。

禁忌 6　在斜坡地段挖填土不按施工程序进行

现象、危害性　在斜坡地段挖方时采取由下而上、不分层的逆向开挖程序；在斜坡上填方时采取由上往下、不分层的逆向填方程序，会使边坡上方的坡度变陡、土体负担加重，边坡失稳，而造成破坏，滑坡或崩塌，危害施工安全，且施工困难。

防治措施　在斜坡地段挖方时，应遵守由上而下分层的开挖程序。在斜坡上填方时，应遵守由下往上分层填压的施工程序，以保证边坡的稳定、安全。

禁忌 7　在倾斜岩层有滑动面的基础不设置锚碇

现象、危害性　在倾斜岩层表层下有裂隙滑动面的基础，如不设置锚碇，将会在基础荷载、土的侧压力及地下水的作用下，沿基岩裂隙而产生滑移，造成破坏（图 4-7）。

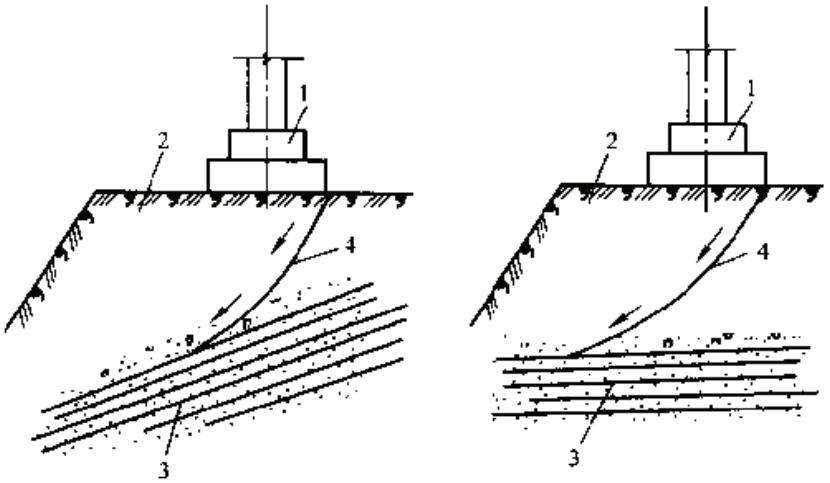


图 4-7　土层下有倾斜岩层引起的滑坡

1—柱基　2—原土层　3—基岩　4—滑坡面

防治措施　倾斜岩层下有裂隙滑动面的，在基础下设置混凝土锚桩（墩）办法（图 4-8）。土层下有倾斜岩层，可将基础设置在基岩上用锚栓锚固或作成阶梯形嵌固（图 4-9），或采用灌注桩基直至岩层减轻土体负担。

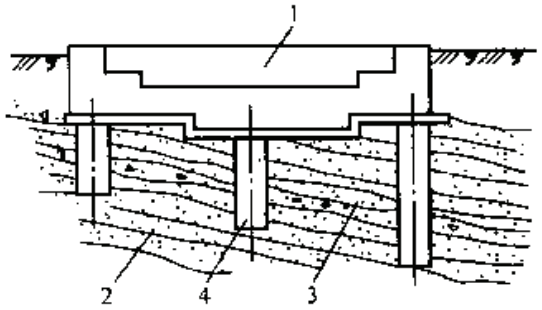


图 4-8 用锚桩、锚墩处理基岩裂隙滑坡

1—设备基础 2—基岩 3—裂隙 4—C10 毛在混凝土锚桩或锚墩，直径 600～1000mm

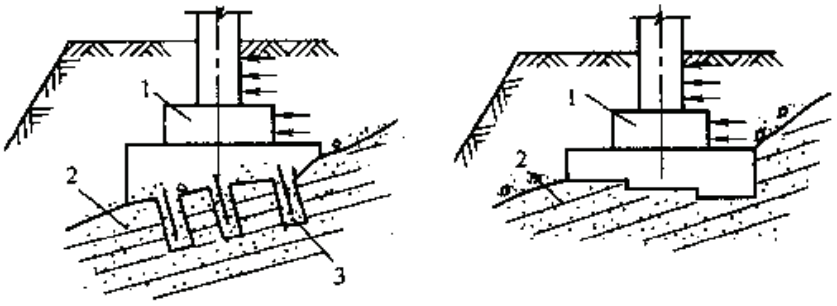


图 4-9 用锚栓和设台阶防治基础滑动

a）锚栓锚固 b）台阶嵌固

1—柱基 2—基岩 3—钢筋锚栓

禁忌 8 土层下有倾斜岩层不设置抗滑桩

现象、危害性 土层下有倾斜岩层，在土体侧压力、上部活载及地下水的作用下，坡体将沿斜坡基岩面滑动而造成滑坡，会使斜坡基岩面上土体滑坍，而将土坡体下部建筑物或线路掩埋，造成重大质量和安全事故。

防治措施 土层下有倾斜岩层时，应在坡体下方设置抗滑钢筋混凝土锚固灌注排桩（图 4-10）加固坡脚，排桩的截面、配筋、间距根据土体滑坡推力由计算确定，埋深不少于 1/3 桩长，并在桩背面设置排水盲沟，在坡体下段作截水沟、排水沟；陡坡部分采取适当去土减重，保持适当坡度。

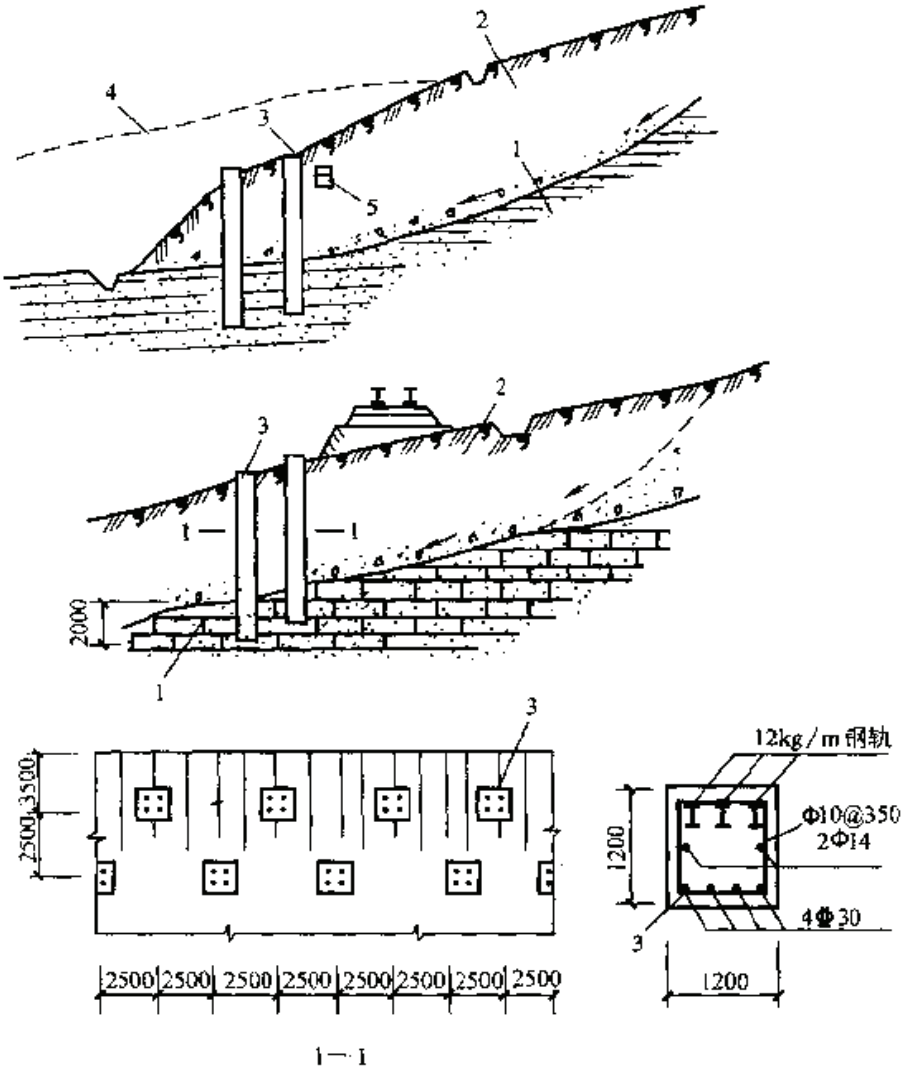


图 4-10 用钢筋混凝土抗滑锚固排桩防治滑坡

1—基岩滑坡面 2—滑动土体 3—钢筋混凝土抗滑锚固排桩

4—原地面线 5—排水盲沟

4.4 流砂

禁忌 1 基坑土方开挖出现流砂

现象、危害性 当基坑（槽、下同）开挖深于地下水位 0.5m 以下，采取坑内抽水时，坑底下面的土产生流动状态随地下水一起涌进坑内，边挖、边冒，无法挖深的现象称为流砂。发生流砂时，土完全失去承载力，不但使施工条件恶化，而且流砂严重时，会引起基坑边坡塌方，附近建筑物会因地基被掏空而下沉、倾斜，甚至倒塌。

防治措施 主要是“减小或平衡动水压力”或“使动水压力向下”，使坑底

土粒稳定，不受水压干扰。常用的处理措施方法有：

1）安排在全年最低水位季节施工，使基坑内动水压减少；

2）采取水下挖土（不抽水或少抽水），使坑内水压与坑外地下水压相平衡或缩小水头差；

3）采用井点降水，使水位降至基坑底 0.5m 以下，使动水压力的方向朝下，坑底土面保持无水状态；

4）沿基坑外围四周打板桩，深入坑底下面一定深度，增加地下水从坑外流入坑内的渗流路线和渗水量，减少动水压力；

5）采用化学压力注浆或高压水泥注浆，固结基坑周围粉砂层使形成防渗帷幕；

6）往坑底抛大石块，增加土的压重和减小动水压力，同时组织快速施工；

7）当基坑面积较小，也可采取在四周设钢板护筒，随着挖土不断加深，直到穿过流砂层。

禁忌 2　出现流砂情况下继续深挖土方

现象、危害性　当坑外水位高于坑内抽水后的水位，坑外水压向坑内流动的动水压等于或大于颗粒的浸水密度，使土粒悬浮失去稳定变成流动状态，随水从坑底或四周涌入坑内，如施工时采取继续深挖、强挖，抽水愈深，动水压就愈大，流砂就愈严重，使施工无法进行，且会造成基坑边坡失稳，邻近建筑物开裂，倾斜或破坏。

防治措施　出现流砂应停止继续深挖土方，按本节禁忌 1 中防治措施的有关方法将流砂现象制止后，再继续深挖土方。

禁忌 3　基坑开挖降低水位深度不足

现象、危害性　在粉细砂土层中开挖深基坑，如地下水位降低深度不够，达不到基坑开挖面 0.5m 以下，就会产生流砂现象，使基坑开挖条件恶化，难以继续进行，甚至造成基坑边坡底部被掏空、坍陷，邻近建筑物开裂或破坏。

防治措施　采用喷射井点或深井井点降水方法，使地下水位降低至基坑底 0.5m 以下，使动水压力方向朝下，使坑底土粒稳定，不受水压影响，土面保持无水状态，以利开挖作业。

禁忌 4　采取水下挖土时，坑内水压与外部水压不相平衡或水头差太大

现象、危害性　深基坑采取不排水挖土时，如坑内水压与外部水压不相平衡，外部水位高于坑内水位很多，水头差太大时，用机械（抓头、水力吸泥机）挖土，会使坑外粉细砂、泥土向坑内流动产生流砂，导致本节禁忌 3 同样的后果。

防治措施　深基坑采取水下挖土时，坑内水压与外部水压应相平衡或缩小水头差，一般宜使坑内水位高出坑外水位 1～2m。

5 山区地基处理

5.1 软硬地基

禁忌 1 基础直接落在软硬不一的地基上

现象、危害性 基础下部局部遇基岩、旧墙基、大孤石、老灰土或坷工构筑物时，或基础一部分落于坡度较大的基岩或坚硬土层上，一部分落于软弱土层上时，由于两种地基软硬不一，落在软弱土层上的基础部分沉降变形大而快，落在障碍物和基岩上的基础部分沉降变形甚微，甚致不变形下沉，如不进行处理，将使建筑物产生较大的不均匀沉降，导致裂缝、断裂或倾斜，严重的甚致倒塌。

防治措施

1）基础下部局部遇基岩 旧墙基 大孤石、老灰土或瓦工构筑物时，处理措施方法一般是：尽可能挖去，以防建筑物由于局部落于坚硬地基上，造成不均匀沉降而使建筑物开裂；或将坚硬地基部分凿去 30～50cm 深，再回填土砂混合物或砂作软性褥垫（图 5-1a），使软硬部分可起到调整地基变形作用，避免裂缝。

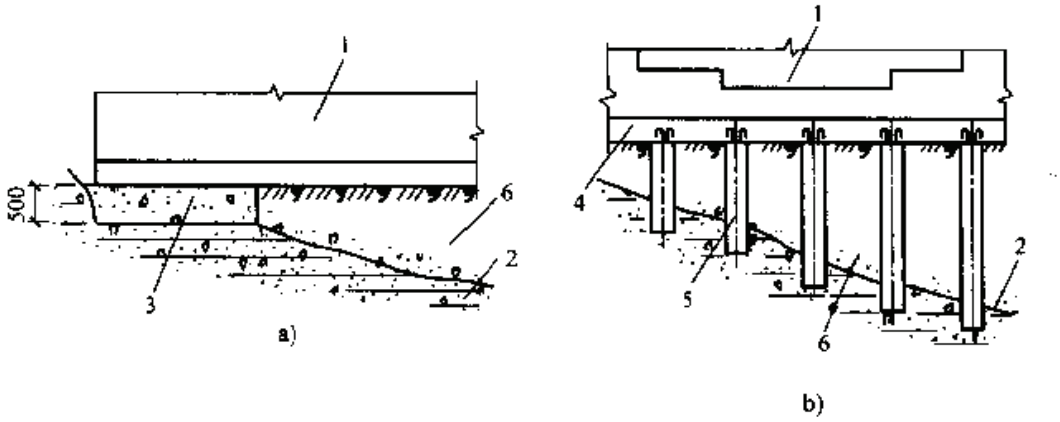


图 5-1 软硬地基处理（1）

a）软性褥垫处理 b）现浇混凝土短桩处理

1—基础 2—基岩 3—软性褥垫 4—地梁 5—现浇混凝土短桩

6—原土层 7—混凝土支承墙或支墩 8—混凝土垫层

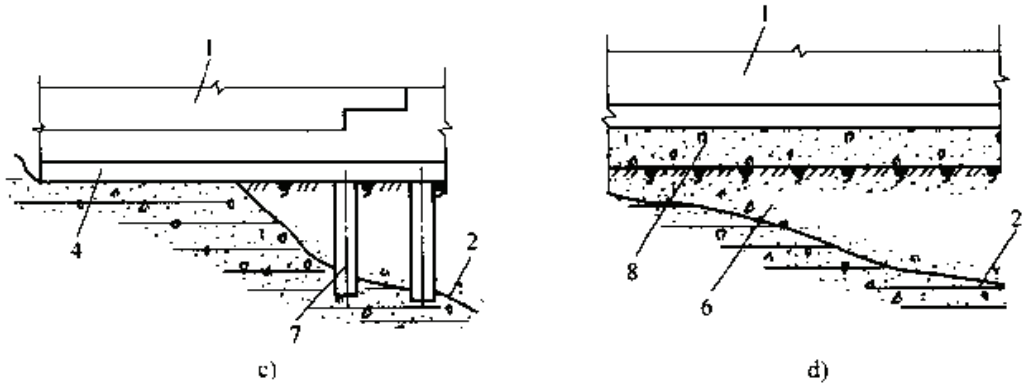


图 5-1 软硬地基处理（1）（续）

c）现浇混凝土支承墙或支墩处理 d）砂卵石垫层处理

1—基础 2—基岩 3—软性褥垫 4—地梁 5—现浇混凝土短桩

6—原土层 7—混凝土支承墙或支墩 8—混凝土垫层

2）基础一部分落于基岩或硬土层上，一部分落于软弱土层上，基岩坡度较大时，在软土层上采用现场钻孔灌注桩至基岩或在软土部位作混凝土或砌块石支承墙（或支墩）至基岩（图 5-2b、c）；或将基础以下基岩凿去 30～50cm 深，填以中粗砂或土砂混合物作软性褥垫，使之能调整岩土交界部位地基的相对变形，避免应力集中出现裂缝；或采取加强基础和上部结构的刚度来克服软硬地基的不均匀变形。

禁忌 2 基础直接落在土层厚度不一，下部有倾斜较大岩层的地基上

现象、危害性 基础落于厚度不一的软土层上，下部有较大的岩层时，或基础一部分落于原土层上，一部分落于回填土地基上时，由于土层厚度不一或两种土层坚实程度相差较大，将会在基础荷载作用下，产生不均匀沉降，而导致建筑倾斜、开裂。

防治措施

1）基础落于厚度不一的软土层上，下部有倾斜较大的岩层时，为了防止建（构）筑物倾斜，可在较深一端采用现场钻孔灌注桩直至基岩（图 5-2b），或在基础底板下作砂石垫层处理，使应力扩散，减低地基变形（图 5-1d）；也可调整基础底板底宽和埋深，如将条形基础沿基岩倾斜方向分阶段加深，做成阶梯形基础（图 5-2a），使其下部土层厚度基本一致，以使沉降均匀。

2）基础一部分落于原土层上，一部分落于回填土地基上时，可在填土部位用现场灌注桩或钻孔爆扩桩（图 5-2c）直至原土层，使该部分上部荷载直接传至原土层，以避免地基的不均匀沉降。

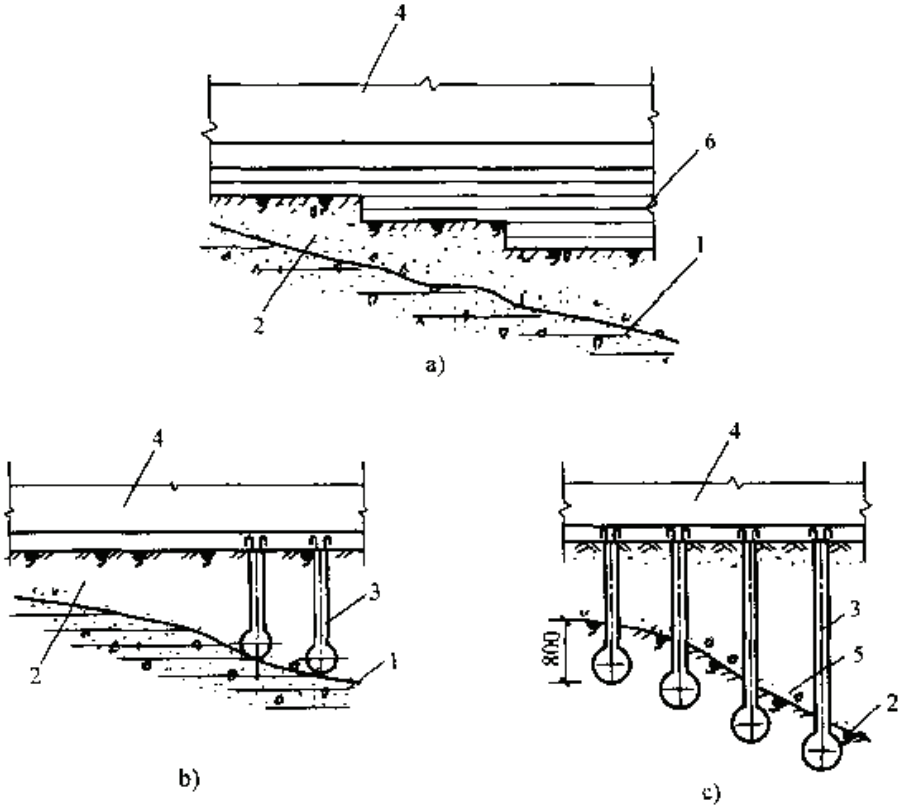


图 5-2　软硬地基处理（2）

1—基岩　2—原土层　3—爆扩灌注桩　4—基础　5—填土　6—加深阶梯基础

5.2　高差基础

禁忌 1　基础直接落在高差较大的倾斜岩层上

现象、危害性　基础直接落在高差较大的倾斜岩层上，部分基础落于基岩上，部分基础悬空，用土回填夯压实，由于基岩与填土软硬不一，填土厚薄不均，在基础荷载作用下，会产生不均匀沉降，使基础倾斜、开裂，甚至断裂。

防治措施

基础落于高差较大的倾斜岩层上，部分基础落于基岩上，部分基础悬空时，在较低部分基岩上作低强度等级混凝土或砌块石支承墙（或墩），中间用素土分层回填夯实（图 5-3a）或将较高部分基岩凿去，使基础底板落于同一标高上，或在较低部分基础上用较低强度等级混凝土或毛石混凝土作填充造型。

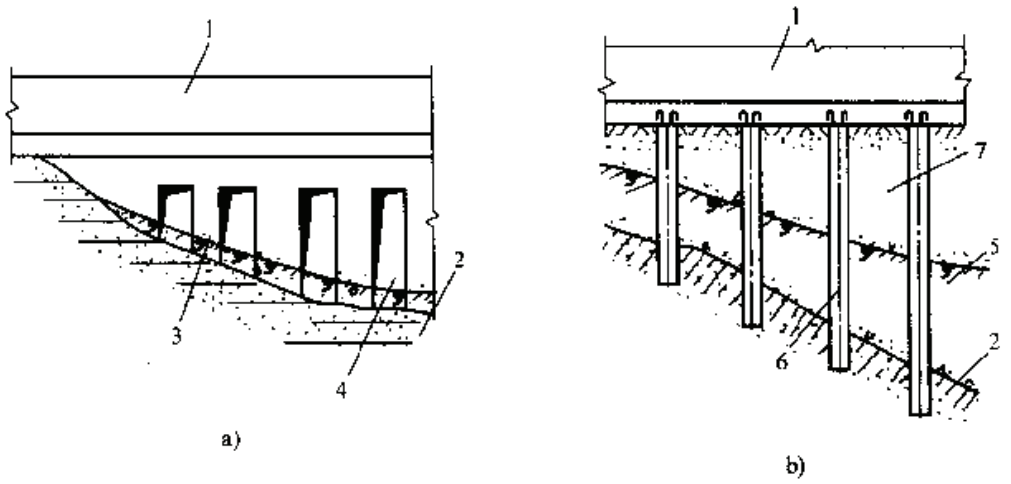


图 5-3 高差地基处理

a）支承墙或墩处理 b）钻孔灌注桩处理

1—基础 2—基岩 3—砌块石或毛石混凝土支承墙或墩

4—开洞 5—原土层 6—钻孔灌注桩 7—回填土

禁忌 2 基础直接落在厚度不一的土层和倾斜较大的底部基岩上

现象、危害性 基础直接落在厚度相差悬殊和倾斜度较大的底部基岩上，由于土层厚薄不一，基岩表面坡度较大，在基础荷载作用下，会使基础出现不均匀沉降或沿基岩倾斜面滑移，从而造成基础开裂、倾斜或位移。

防治措施

1）基础底板标高较高，下部为厚度不一的土层及倾斜较大的岩层时一般可采用扩大头桩或灌注桩至原土层或基岩（图 5-3b）基础底板与原土层间分层填土夯实；或清除原土软弱部分后作卵石垫层，分层回填夯实至基础底部或采用深基础。

2）如建（构）筑物处于稳定的单向倾斜的岩层上，基底离岩面不小于300mm，且岩层表面坡度及上部结构类型符合表 5-1 的要求时，此种地基的不均匀变形较小，可不作变形验算，也可不进行地基处理。

表 5-1 下卧基岩表面允许坡度值

上覆土层的承载力特征值 f_k /kPa	四层和四层以下的砌体承重结构，三层和三层以下的框架结构	具有 15t 和 15t 以下起重机的一般单层排架结构	
		带墙的边柱和山墙	无墙的中柱
≥150	≤15%	≤15%	≤30%
≥200	≤25%	≤30%	≤50%
≥300	≤40%	≤50%	≤70%

注：本表适用于建筑地基处于稳定状态，基岩坡面为单向倾斜，且基岩表面距基础底面的土层厚度大于 0.3m 时。

5.3　岩溶地基

禁忌1　基岩下存在溶洞

现象、危害性　溶洞系由可溶性石灰岩、泥灰岩、白云岩、硫酸盐类岩层或氯盐类岩层，长期受雨水、含碳酸的地下水潜蚀及机械作用，以及地表水通过裂隙进入内部流动等原因形成。常出现在斜坡断层附近，背斜层的顶部。溶洞大小不一，且沿水平方向延伸，有的已经干涸或泥砂填实，有的有经常性水流。

由于有溶洞、伴随溶沟、溶槽的存在，在岩体自重或建筑物重量作用下，会发生地面变形，地基塌陷，影响建筑物的安全和使用；由于地下水的运动，建筑场地或地基可能出现涌水淹没等突然事故。

防治措施　溶洞的防治处理措施方法有：

1）对洞体稳定性进行评价（表5-2）。建筑物场地最好选择在地势较高或地下水最高水位低于基岩表面的地段，并避开岩溶强烈发育及基岩面上软粘土厚而集中的地段。

表5-2　洞体稳定性评价

因素	有利条件	不利条件
地质构造	无断裂褶曲，裂隙不发育或胶结填充好	有断层褶曲，裂隙发育张开，有二组以上裂隙切割，岩体呈干砌状
岩层产状	走向与洞轴正交或斜交，倾角平缓	走向与洞轴平行，倾角较陡
岩性及层厚	层厚块状的石灰岩，强度高	薄层泥灰岩、白云岩交互层，强度低
洞体形成及埋藏条件	埋藏深、覆土厚、洞体小（与基础尺寸比较），呈竖井状，单体分布	埋藏浅，在基底附近，洞径大（与基础尺寸比较），呈扁平，洞体相连
顶板情况	顶板厚度与洞跨比值大，平板状或呈拱状，有钙质胶结	顶板厚度与洞跨比值小，有切割的悬挂岩块，未胶结
填充情况	有密实沉积物填满，且无被水冲蚀可能	未充填或充填不好
地下水	无	有水流或间歇性水流

2）对裸露表面、强度低的溶洞，可挖除洞内的软弱填充物，用块石、碎石、砾石、灰土或毛石混凝土分层填实。

3）对埋藏较浅、顶板破碎的溶洞，应清除覆土、爆开顶板，挖除充填软土，分层回填上细下粗碎石、土石混合物，然后建造基础。

4）当洞体强度较高、洞顶岩体较好，可采取用料石或预制混凝土砌块砌拱（图5-4a），外用素混凝土灌实，或砌石柱、浇筑钢筋混凝土柱、桩墩，或埋设沉

井处理，其附近小洞用浆砌块石找平等方法处理。

5）对个别跨度不大，洞壁坚固、完整，强度较高的裂隙状深溶洞，可在顶部作钢筋混凝土梁、板跨越，将结构置于梁、板上（图 5-4b）；或采取调整柱距的办法避开溶洞。

6）埋藏较深、较大、顶板较厚的溶洞，可钻孔向洞内灌水泥砂浆或低强度等级混凝土填塞；如能进入洞内，也可砌石柱支承（图 5-4c）。

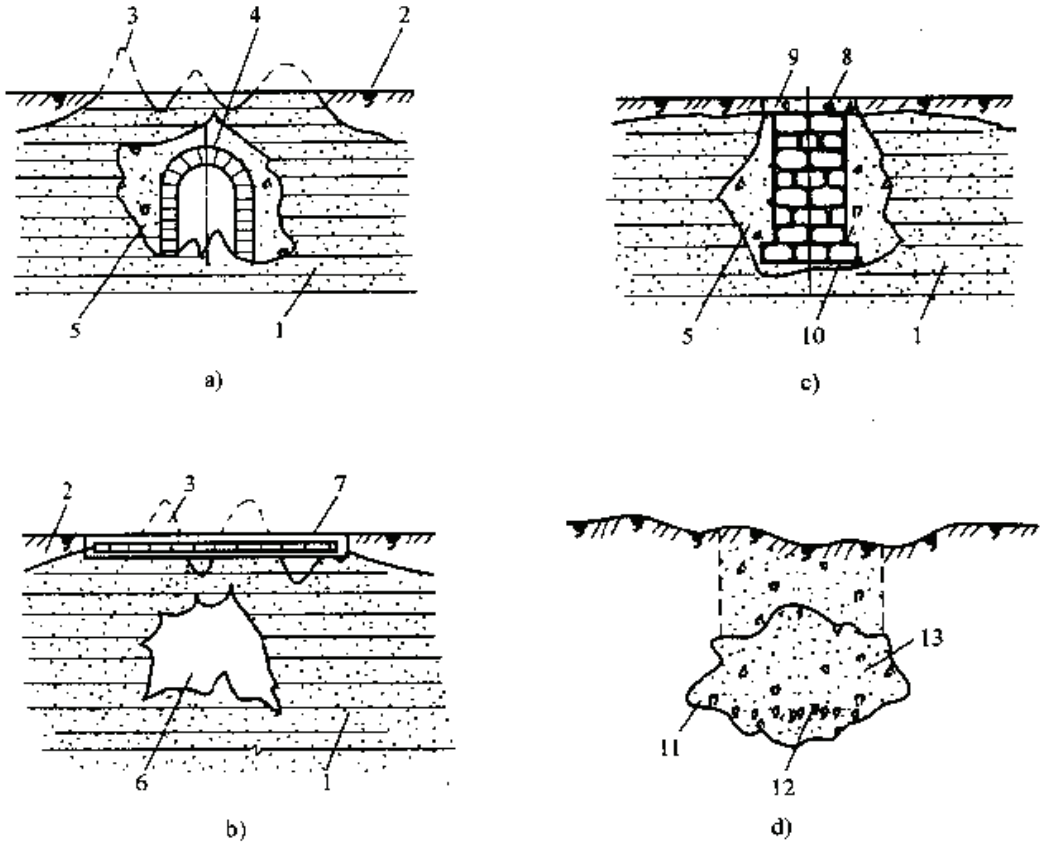


图 5-4 溶洞、土洞的处理

1—溶岩 2—原土 3—凿去基岩 4—砌石（或预制混凝土砌块）拱 5—块石灌浆 6—溶洞 7—跨洞梁板 8—砌石柱 9—混凝土垫层 10—排水管 11—土洞 12—填砂或抛块石 13—粘土掺碎石回填、并夯实

7）洞顶无流动水、洞深 5m 左右，且无连续贯通溶道的溶洞，可在洞内埋压浆管，填块石、碎石至洞顶，再用压力灌浆方法压注 M5 水泥砂浆将石间缝隙填实。

8）有流动水的、岩石较破碎的深溶洞，挖除沉积物后用浆砌石柱作基础，周围填块石灌浆填充，柱顶用梁、板支承上部结构，地下水用排水洞、渗水井、排水管等。

禁忌 2 在溶岩的上覆粘土层下存在土洞

现象、危害性 土洞是由岩溶地区上覆的粘土层经地表水的冲蚀或地下水潜

蚀作用，把粘土里的碳酸盐类溶解，将粘性的细颗粒带走而形成。多出现在岩溶地区可溶性岩层上粘土层或碎石粘土混合层中。土洞常埋藏浅，分布密，发育快，顶部土体强度低，这种洞穴，顶部的土体能塌陷成土坑和形成碟形洼地。它们对建筑物稳定性影响很大，不同程度上威胁着建筑物的安全和正常使用。

防治措施 土洞的防治处理措施有：

1）由地表水形成的土洞或塌陷地段，在采取地表截流防渗或堵漏措施后，再根据其埋深分别采用挖填、灌砂等办法处理。

2）地下水形成塌陷及浅埋的土洞，应清除软泥，底填砂子或抛石块作反滤层，上部及面层用粘土加碎石夯实（图 5-4d）。对地下水采取截流改道的办法，阻止土洞和地表塌陷的发展。

3）深埋土洞，可打洞用砂砾或细石混凝土填灌；对重要建筑物，可用桩或沉井穿过覆土层将上部建筑物荷载传至基岩，或采用梁、板跨越土洞，以支承上部建筑物，但应注意洞体的承载力和稳定性。

4）采取结构处理，加强上部结构刚度；提高基底标高，减小基础对土洞上部土层的附加压力。

禁忌 3 基础直接落在溶沟、溶槽上

现象、危害性 溶沟、溶槽形成原因是：碳酸盐类岩石，硫酸盐类岩石表面或浅层，长期受地表雨水和含碳酸的地下水溶蚀作用，或非可溶岩石受大气的侵蚀、剥蚀作用，在岩面或浅层形成深浅、宽狭不一的锯齿状溶沟和溶槽，表面高洼不平，有的还存在较大裂隙，如不处理，直接在其上浇筑基础，会使基础受力不均，或产生应力集中，使基础开裂破坏。

防治措施 溶沟、溶槽的防治处理措施方法有：

1）当基岩表面为锯齿形、槽深小于 350mm 时，只需将风化的岩石凿去，将基础直接放在岩面上；若溶沟溶槽深度大于或等于 350mm 时，可在沟槽上部加双层钢筋网片加强（图 5-5a），随基础浇筑混凝土。

2）基底有面积不大的溶沟、溶槽通过时，应挖去其中填充物回填碎石或毛石混凝土但挖填深度不宜大于 3m。

3）如溶沟、溶槽位于单独基础的下部时，可将填充物挖去 2m 左右，填碎石浇筑填充混凝土（图 5-6a）。

4）对基岩表面呈沟槽状、深度不大的，清除表面松散层后，可在上面加上层钢筋网片加强，随基础一块浇筑混凝土（图 5-5b、c），如为倾斜面，倾斜度在 30°～70°应将溶沟、溶槽倾斜岩体打成 1:1～1:2（高:宽）的台阶（图 5-5d）。

5）如溶沟、溶槽内有裂隙存在，可将其裂隙凿深 800mm 以上，当宽度不超过 100mm 时，可将淤泥掏出，插入钢筋上加双层钢筋网片（图 5-5e），若基岩面

一侧出现裂隙，且支承面小于基础底面的 80%时，需扩大底面积（图 5-5f），如溶沟、溶槽位于单独基础之边缘时，可将沟槽内填充物挖去 2m 深，填 50～60mm 粒径碎石 20～30cm 厚夯入下部粘性土中，再用 C10 毛石混凝土填灌至基础底平（图 5-6b）。

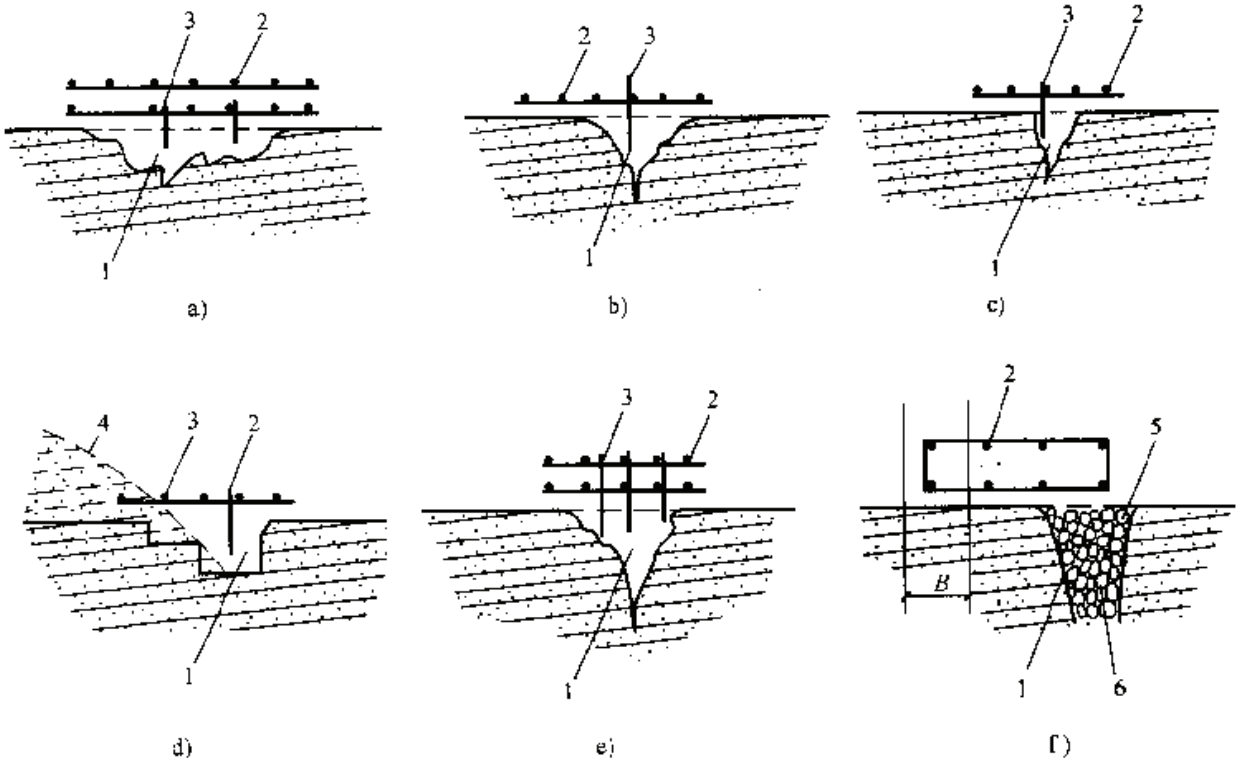


图 5-5 溶沟、溶槽的处理

1—溶沟 2—钢筋网片 3—插筋 4—凿去倾斜部分 5—裂隙 6—回填碎石或 C10 毛石混凝土
B—加宽扩大部分

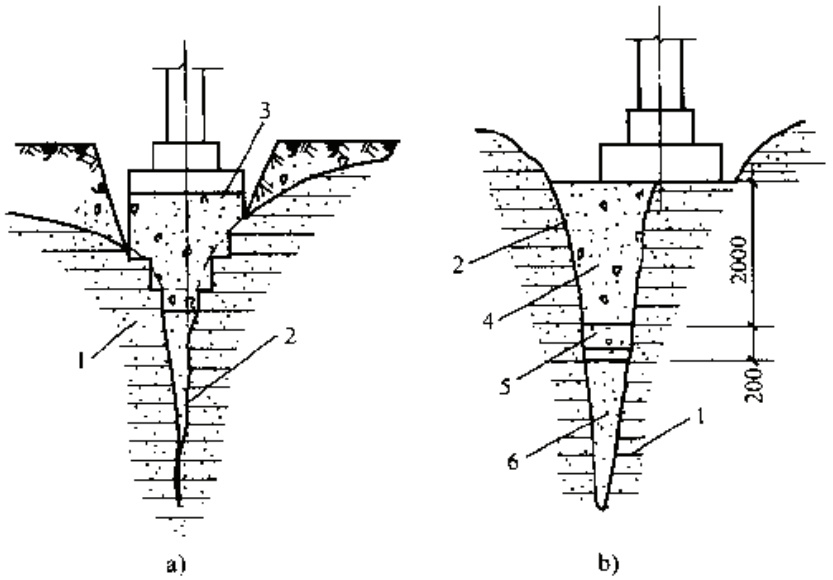


图 5-6 深溶沟、溶槽、裂隙的处理

1—基岩 2—深溶沟、溶槽、裂隙 3—填充混凝土 4—回填碎石或 C10 毛石混凝土
5—原土中填夯粒径 60mm 碎石 6—粘土

禁忌4 基岩表面存在石芽（石笋）、石林

现象、危害性 石芽（石笋）、石林形成的原因是：在埋藏石灰岩、硫酸盐类岩石地区，地表岩体受地表水的长期溶蚀作用而形成，中间多被粘土填充。地表露出顶端尖、下部粗的锥形岩体称“石芽”，又称“石笋”，石芽林立的称“石林”。基岩表面如存在石芽（石笋）、石林不处理，直接在其上设置基础，会破坏基础整体性，削弱基础截面，使受力不均，或产生应力集中，造成基础开裂破坏。

防治措施 石芽（石笋）、石林的防治处理措施有：

1）基岩局部存在石芽，可将露出石尖凿至基底下30～50cm。填以可压缩性炉渣、砂子或干土作褥垫（图5-7a）；若岩石露头宽度超过基础宽度时，垫层宽度每边应超出基础20cm。

2）如局部露头，可凿去部分石芽（图5-7b）。

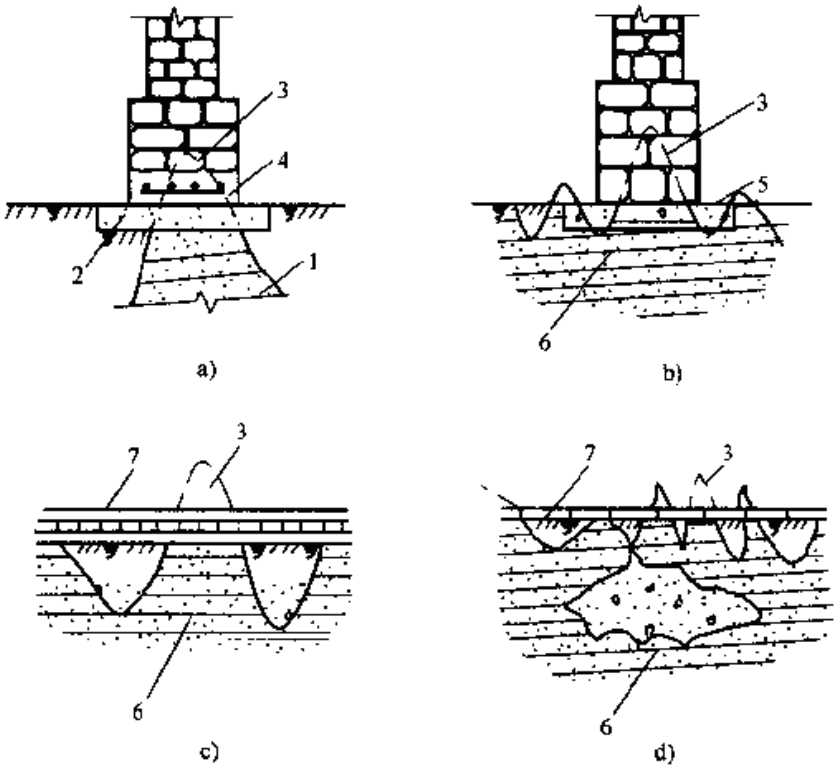


图5-7 石芽（石笋）、石林的处理

1—石芽（石笋） 2—砂褥垫 3—石芽凿去部分 4—钢筋混凝土带 5—混凝土填补 6—基岩 7—钢筋混凝土连续梁或板

3）石芽较密，中间为坚实原土时，可不处理；如为软土，可挖去用碎石或土碎石混合物回填夯实。

4）基础落在土层上，仅局部下卧层有石芽，可不处理；石芽密布均匀的，

可在其上设梁板以支承上部结构（图 5-7c、d）；石芽间填充物松散，埋藏深度不大于 3m，亦可用跨盖的方法处理。

禁忌 5 在岩石地基上直接浇筑大体积混凝土基础

现象、危害性 大体积混凝土基础（如高层建筑箱形、筏形基础、大型设备基础等）落在岩石地基上时，如不进行处理，直接浇筑在基岩上，被岩石嵌固。大体积混凝土基础浇筑时水泥水化热温升值很高，降温时，大体积混凝土基础温度收缩变形受到基岩的约束，将会引起较大的拉应力，而使基础产生开裂，严重时，会使基础产生深进和贯穿性裂缝（图 5-8），破坏整体性，降低基础的持久强度和耐火性。

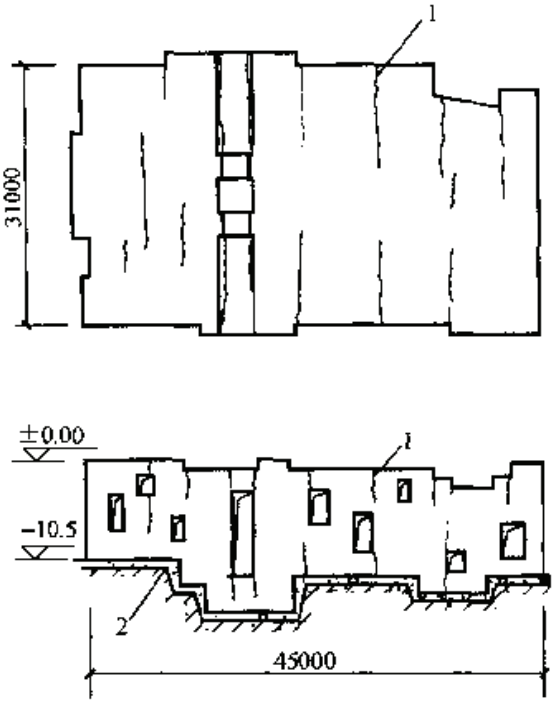


图 5-8 大体积混凝土设备基础被基岩嵌固出现裂缝情况

1—裂缝 2—岩石地基

防治措施 可采取在大体积混凝土基础底板与岩石地基之间设置隔离层（图 5-9），平面部分可采取在岩石表面刷涂 3～5mm 厚沥青玛琋脂，上撒铺砂子或贴二毡三油卷材；在垂直面用涂沥青的聚苯乙烯泡沫塑料板作隔离层，以放松约束，以削减温度收缩应力，防止裂缝出现。

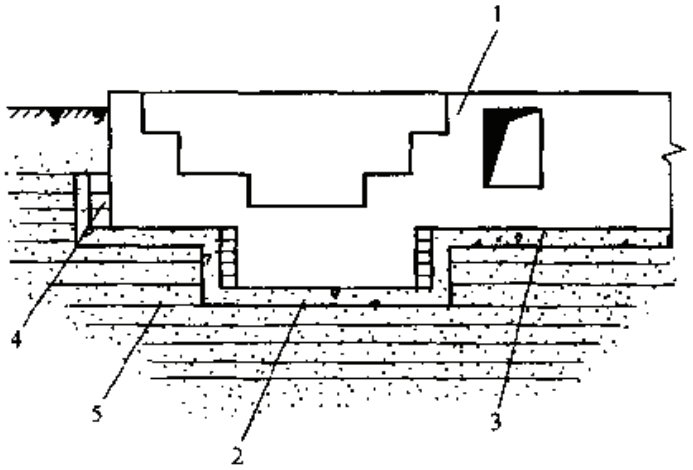


图 5-9 岩石地基隔离处理

1—大型设备基础 2—混凝土垫层 3—沥青玛琋脂铺砂或二毡三油沥青卷材

4—刷沥青聚苯乙烯泡沫塑料板 5—基岩

6 桩基工程

6.1 混凝土预制桩

混凝土预制桩施工系采用各种桩锤或振动锤对桩施加冲击力或振动力，把桩打（沉）入土中成桩。常用成桩方法有：锤击打（沉）桩法、植桩法、射水沉桩法等。适用于工业与民用建筑基础采用钢筋混凝土预制方桩、圆桩的打（沉）桩工程。

禁忌1　桩制作钢筋骨架的主筋离桩顶距离过近或触及桩顶

现象、危害性　桩制作时，钢筋骨架纵向主筋距桩顶过近或没有保护层，锤击或压桩时的冲击力或压桩力直接传到主筋，会使桩身出现纵向裂缝，降低桩的承载力。

防治措施　桩主筋距桩顶距离应按设计图要求控制，主筋长度按负偏差 -10mm执行；主筋距桩顶距离允许偏差 ±5mm。

禁忌2　桩顶钢筋网片互相重叠或离桩顶距离过大

现象、危害性　桩顶钢筋网片重迭在一起或距桩顶距离超过设计要求；易使网片间和桩顶部混凝土击碎，露出钢筋骨架，无法继续打（沉）桩。

防治措施　桩顶钢筋网片应按图纸要求间距均匀设置，并用电焊与主筋点焊，防止振捣时移位。在网片四角或中间设置长短不同的连接筋与钢筋骨架连接。浇筑桩混凝土时，从桩顶开始，要保证桩头混凝土均匀密实，钢筋网片距离正确。

禁忌3　桩尖不对中，与桩身轴线偏差过大，导致桩身弯曲

现象、危害性　桩制作时，桩尖中心轴线与桩轴线不一致，存在较大偏差，当桩对准孔位打（沉）入后，会向桩尖歪斜的边产生位移，造成桩身倾斜、桩身弯曲，严重时会导致桩身折断，报废。

防治措施　桩尖钢筋焊接时，要严格控制桩尖中心轴线与桩身两个方向轴线

的交点对中，钢筋骨架放入模板时，桩尖钢筋应对准模板中心，并使四周保护层相等；混凝土浇筑时，要防止桩尖钢筋振捣产生位移。

禁忌 4 桩堆放时，吊点和垫木、垫木和垫木不在同一垂线上

现象、危害性 桩分层堆放时，吊点和垫木，垫木与垫木不设在同一铅垂线上，使桩受到较大剪切集中荷载，会导致桩出现裂缝或被折断。

防治措施 桩堆放场地应平整坚实，排水良好。桩应按规格，桩号分层叠置，支承点应设在吊点或近旁处，并保持在同一横断平面上，各层垫木应上下对齐，并支承平稳。堆放层数不超过四层。

禁忌 5 打（沉）桩时，桩身强度和自然养生时间不够

现象、危害性 打（沉）桩时，桩的强度未达到 100%，桩的自然养护龄期未达到 28d，或制作时采用蒸汽养护的桩，蒸养后，未再经自然养护 28d 就使用，在锤击应力作用下，桩身会被打裂、桩头会被打烂，无法继续打（沉）桩。

防治措施 打（沉）桩时，必须待混凝土强度和自然养护龄期都达到设计和施工验收规范的规定，满足强度和耐打性要求，方可进行打（沉）桩作业。

禁忌 6 打（沉）桩时，桩帽与桩头的尺寸不相适应

现象、危害性 桩帽与桩头的尺寸不匹配，桩帽过大或过小。桩帽过大，锤击会产生偏移，将桩打歪；桩帽过小会将桩头打碎。

防治措施 制桩时应严格控制桩头模板和桩顶截面尺寸，使在规范允许偏差范围以内。使用桩帽（或送桩帽）的尺寸，要使与桩顶周围的间隙控制在 5～10mm。桩帽与桩接触表面须平整，桩锤、桩帽与桩身应在同一直线上，以免打（沉）桩产生偏斜。

禁忌 7 打（沉）桩随意施打，不按程序进行

现象、危害性 打（沉）桩随意施打，次序混乱，不按程序进行，造成桩挤土效应严重，桩难打入，或虽打入，使邻桩侧移或上冒；或使土体挤密不均匀，导致桩位移或偏斜，或打入深度不一，造成不均匀沉降，危害性甚大。

防治措施

1）根据地基土质情况、桩基平面布置、尺寸、密集程度、深度、方便桩移动以及施工现场实际情况等因素确定打（沉）桩程序。图 6-1a、b、c、d 为几种打桩顺序对土体的挤密情况。当基坑不大时，打桩应逐排打设或从中间开始分头向周边两边进行。

2）对于密集群桩，应自中间向两个方向或向四周对称施打，当一侧邻近建筑物

时，则应由邻近建筑物处向另一方向施打。当基坑较大时，应将基坑分为数段，而后在各段范围内分别进行（图 6-1e、f、g），但打桩应避免自外向内，或从周边向中间进行，以避免中间土体被挤密，桩极难打入，或虽免强打入，但使邻桩侧移或上冒。

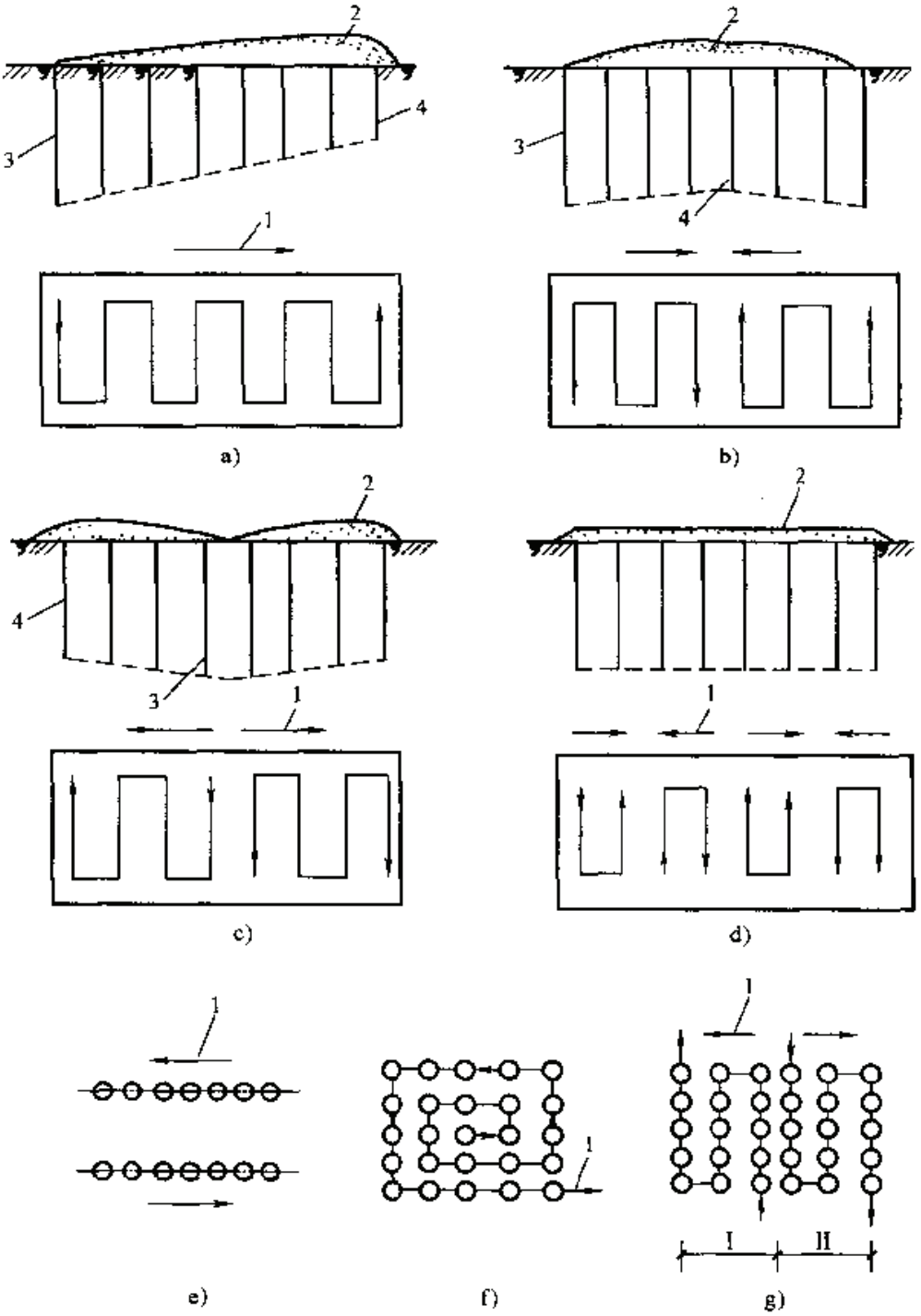


图 6-1　打桩顺序和土体挤密情况

a）逐排单向打设　b）两侧向中心打设　c）中部向两侧打设　d）分段相对打设
e）逐排打设　f）自中部向边部打设　g）分段打设
1—打设方向　2—土壤挤密情况　3—沉降量小　4—沉陷量大

3）对基础标高不一的桩，宜先深后浅；对不同规格的桩，宜先大后小，先长后短，可使土层挤密均匀，以防止位移或偏斜；在粉质粘土或粘土地区，应避免按照一个方向进行，使土方一边挤压，造成入土深度不一，土体挤密程度不均，导致不均匀沉降。若桩距大于或等于4倍桩直径，则与打桩顺序无关。

禁忌8 桩顶位移或桩身上浮、涌起

现象、危害性 在沉桩过程中，相邻的桩产生横向位移或桩身上涌。产生原因是：遇到地下坚硬障碍物，把桩挤向一侧；或桩身不正直，或两节桩、多节桩施工，相邻的两节桩不在同一轴线上造成歪斜；采用植桩施工时，钻孔倾斜过大；或沉桩次序不当，由一侧向另一侧施打，造成桩向一侧挤压位移或涌起；或遇流砂，或桩间距小，在饱和密实土中沉桩时，土被挤过密，而向上隆起，有时使相邻的桩随同一起涌起等。由于桩位移、上浮、涌起，会影响、降低桩的承载力。

防治措施

1）施工前应用长钎或洛阳铲探明桩位部位障碍物，如有，较浅的挖除，深的用钻机钻透或爆碎。

2）沉桩两个方向吊线锤检查垂直度；桩不正直，桩尖不在桩纵轴线上时不宜使用，一节桩的细长比不宜超过40。

3）植桩法钻孔插桩，钻孔必须垂直，垂直度偏差应在1%以内，插桩时，桩应顺孔插入，不得歪斜。

4）打（沉）桩应注意打桩顺序，同时避免打桩期间同时开挖基坑，一般宜间隔14d（d—桩直径），以消除孔隙压力，避免桩位移或涌起。

5）在饱和土中沉桩，采用井点降水、砂井或盲沟降水或排水措施；采用“植桩法”减少土的挤密及孔隙水压力的上升，桩的间距应不少于3.5倍桩直径。

6）位移过大，应拔出，移位再打；位移不大可用木架顶正，再慢锤打入；障碍物埋设不深，可挖出回填后再打；上浮涌起量大的桩应重新打入。

禁忌9 桩身出现倾斜

现象、危害性 桩身垂直度偏差过大，超过施工验收规范规定。产生原因有：场地不平，打桩架导杆不直，导致桩身倾斜；或稳桩时不垂直，桩顶不平，桩帽、桩锤及桩不在同一直线上；桩制作时，桩身弯曲超过规定，桩尖偏离桩的纵轴线较大，桩顶、桩帽倾斜，致使沉入时发生倾；其他同禁忌8“桩顶位移”产生原因。由于桩身倾斜，使桩的承载力降低。

防治措施

1）安设桩架场地应平整，打桩机底盘应保持水平；导杆应吊线找正，使保

持垂直；稳桩时，桩应垂直，桩帽、桩锤和桩三者应在同一垂线上。

2）桩制作时应控制使桩身弯曲度不大于1%；桩顶应使与桩纵轴线保持垂直；桩尖偏离桩纵轴线过大时不宜使用。

3）其他同本节禁忌8“桩顶位移”的防治措施。

禁忌10 桩头被击碎

现象、危害性 打（沉）桩时，桩头出现混凝土掉角、碎裂、坍塌或被打坏；桩顶钢筋局部或全部外露。产生原因有：桩头的混凝土强度等级设计偏低，钢筋网片不足，造成强度不够；或桩预制时，混凝土配合比不准确，振捣不密实，养护不良，未达到设计要求而被打碎；或桩制作外形不合要求，如桩顶面倾斜或不平，桩顶保护层过厚；施工桩锤选用过大或过小，锤击次数过大，使桩顶混凝土疲劳损坏；桩顶与桩帽接触不平；桩帽变形倾斜或桩沉入土中不垂直，造成桩顶部局部应力集中而将桩头打碎；或沉桩时未加缓冲桩垫或桩垫不合要求，失去缓冲作用，使桩直接承受冲击荷载；或施工中落锤过高或遇坚硬砂土夹层大块石等。造成桩顶部混凝土被击碎，影响继续成桩。

防治措施

1）设计应根据工程地质条件和施工机械性能合理设计桩头，保证有足够的强度；桩制作时混凝土配合比要正确，振捣密实，主筋不得超过第一层钢筋网片，浇筑后应有1～3个月的自然养生过程，使其充分硬化和排除水分，以增强抗冲击能力。

2）沉桩前，应对桩外形进行检查，如桩顶不平或不垂直于桩轴线，应修补后才能使用，检查桩帽与桩的接触面处及桩帽垫木是否平整等，如不平整应进行处理后方能施打；沉桩时，稳桩要垂直；桩顶应加缓冲垫，如发现损坏，应及时更换。

3）如桩顶已破碎，应更换或加垫桩垫，如破碎严重，可将桩顶剔平补强，必要时加钢板箍，再重新沉桩；遇砂夹层或大块石，可采用小钻孔再插预制桩的办法施打。

禁忌11 桩身被打断裂

现象、危害性 沉桩时，桩身突然倾斜错位，贯入度突然增大，同时当桩锤跳起后，桩身随之出现回弹，表明桩身已被打断裂。造成原因有：桩制作弯曲度过大，桩尖偏离轴线；或沉桩时，桩长细比过大，遇到较坚硬土层，或障碍物，或其他原因引起弯曲，在反复集中荷载作用下，当桩身承受的抗弯强度超过桩混凝土抗弯强度时，即产生断裂；或桩在反复施打时，桩身受到拉压，超过混凝土的抗拉强度时，产生开裂、剥落而导致断裂；桩制作质量差，局部强度低或不密

实；或桩在堆放、起员、运输过程中产生裂缝或断裂等。桩身断裂将使桩身强度、承载力大幅度降低，不能使用。

防治措施

1）打（沉）桩前应查清地下障碍物并清除；严格检查桩外形尺寸，发现弯曲超过规定或桩尖不在桩纵轴线上时不得使用；桩长细比应控制不大于 40；沉桩过程中，发现桩不垂直，应及时纠正，或拔出重新沉桩；接桩要保持上下节桩在同一轴线上。

2）桩制作时应保证混凝土配合比正确，振捣密实，强度均匀；桩在堆放、起吊、运输过程中，应严格按操作规程，发现断裂不得使用。

3）已断裂桩，可采取在一旁补桩的办法处理。

禁忌 12 接长桩接头松脱、开裂

现象、危害性 接桩处经锤击后，出现脱桩、开裂等情况。产生原因有：接头表面留有杂物、油污未清除干净；采用硫磺胶泥接桩时，配合比、配制使用温度控制不当，强度未达到要求，在锤击作用下产生开裂；或采用焊接或法兰连接时，连接铁件或法兰平面不平整，存在较大间隙，造成焊接不牢或螺旋不紧；或焊接质量不好，焊缝不连接，不饱满，存在夹渣等缺陷；或两节桩不在同一直线上，在接桩处产生弯折，锤击时，接桩处局部产生应力集中而使接头松脱、开裂等，从而导致接头破坏、失效。

防治措施

1）接桩前，应将连接表面杂质、油污清除干净；采用硫磺胶泥接桩时，严格控制配合比及熬制、使用温度，按操作规程操作，保证连接强度；仔细检查连接部件是否牢固、平整，如有问题，应修正后才能使用。

2）接桩时，两节桩应在同一轴线上，预埋连接件应平整服贴，连接好后，应锤击几下再检查一遍，如发现松脱、开裂等现象，应采取补救措施，如重接、补焊、重新拧紧螺栓并把螺纹凿毛，或用电焊焊死，使接头牢固。

禁忌 13 桩急剧下沉，超过正常值

现象、危害性 桩下沉速度过快，超过正常值。产生原因是：沉桩遇软土层或上洞；或桩身弯曲或有严重的横向裂缝；接头破裂或桩尖劈裂；或落锤过高或接桩不垂直等。不正常的急剧下沉导致桩的摩阻力不符合设计要求，桩承载力下降。

防治措施

1）遇软土层或土洞应进行补桩或填洞处理。

2）沉桩前检查桩垂直度和有无裂缝情况，发现弯曲或裂缝，处理后再沉桩。

沉桩时落锤控制不要过高。

3）将桩拔起检查改正重打，或在靠近原桩位作补桩处理。

禁忌 14 出现桩身跳动，桩锤回弹

现象、危害性 桩下沉时反复跳动，不下沉或下沉很慢，桩锤回弹。造成原因主要是桩尖遇树根、坚硬土层；或桩身弯曲过大，接桩过长、或落锤过高等，导致桩承载力达不到设计要求。

防治措施

1）检查原因，穿过或避开障碍物；桩身弯曲超过规定，不使用；接桩长度不应超过 40d（d 为桩边长或直径），操作时注意落锤不应过高。

2）如桩入土不深，应拔起避开或换桩重打。

禁忌 15 出现桩身转动

现象、危害性 桩下沉时平面发生转动。产生原因是：桩尖和桩身不在同一轴线；或桩身弯曲，尤其是硫磺胶泥接桩最易出现桩身转动现象，导致桩摩阻力达不到设计要求。

防治措施

1）桩身弯曲矢高控制不大于 1%桩长且不大于 20mm。

2）严格控制接桩质量；硫磺胶泥接桩应保证胶泥质量，填灌饱满和停歇一定时间才可打（沉）桩。

禁忌 16 打（沉）桩达不到设计控制要求

现象、危害性 沉桩未达到设计标高或最后沉入度控制指标要求。产生原因有：地质资料粗糙，致使设计桩尖标高与实际不符，达不到设计深度要求或持力层过高；或设计要求过严，超过施工机械能力和桩身混凝土强度；或沉桩遇地下障碍物或遇坚硬土夹层、砂夹层；在新近代砂层沉桩，同一层土的强度差异很大，且砂层越挤越密，有时出现沉不下去的现象；或桩锤选择过小或过大，使桩沉不到或超过设计要求的控制标高；或桩顶打碎、桩身打断，致使桩不能继续施打；或打桩间歇时间过长摩阻力增大等，致使沉桩达不到设计控制要求，承桩力不能保证。

防治措施

1）详细查明工程地质情况，必要时应作补勘，正确选择持力层或标高，根据地质情况和桩重，合理选择施工机械、桩锤大小、施工方法和桩混凝土强度；探明地下障碍物，并清除掉，或钻透或爆碎。

2）在新近代砂层沉桩，注意打桩次序，减少向一侧挤密现象；打（沉）桩

应连续打入，不宜间歇时间过长。

3）防止桩头打碎和桩身打断，措施同禁忌 10“桩头被打碎”和禁忌 11“桩身被打断裂”中的防治措施。

禁忌 17 接桩锚筋不直、污染、锚孔内有积水、杂物和油污时就灌入胶泥接桩

现象、危害性 接桩时，锚筋歪斜、锈蚀，锚孔内有积水，灰渣、油污，灌入硫磺胶泥接桩后，与锚筋、混凝土粘结力降低，导致锚接胶泥粘结强度不能满足要求，沉桩时在接桩处会发生松脱、开裂破坏。

防治措施

1）接桩前，先校直钢筋，消除钢筋锈蚀和锚孔内的积水、杂物、油污，并使干燥，再灌入硫磺胶泥接桩，接点的平面和锚筋孔内应灌满胶泥，灌注时间不得超过 2min。

2）灌注后停歇养护时间应满足表 6-1 要求，使达到必需的强度时才可继续沉桩，以免桩下沉时发生桩身平面转动。

表 6-1 硫磺胶泥灌注后的停歇时间

桩截面/mm	不同气温下的停歇时间/min									
	0～10℃		11～20℃		21～30℃		31～40℃		41～50℃	
	打桩	压桩	打桩	压桩	打桩	压桩	打桩	压桩	打桩	压桩
400×400	6	4	8	5	10	7	13	9	17	12
450×450	10	6	12	7	14	9	17	11	21	14
500×500	13	—	15	—	18	—	21	—	24	—

禁忌 18 植桩法钻孔过深

现象、危害性 植桩法预钻孔深度，施工单位为达到快速成桩，采取加大钻孔深度，使超过桩入土深度的 2/3，这样会使桩周摩阻力大幅度降低，达不到设计承载力要求。

防治措施 植桩法钻孔深度宜控制在桩入土深度的 1/2～1/3，钻孔直径，方桩一般控制在内切圆或小于 2/3 桩截面，使既便于打入，又能保证单桩的承载力。钻孔后应在 1h 内植桩施打，避免坍孔。

禁忌 19 桩全长采用射水法沉桩

现象、危害性 在坚实砂土或砂砾土层中沉桩，为加速下沉，往往采取用射水法冲孔至接近桩底标高，再将桩吊入孔内打至设计标高或采取射水与锤击联合

作业方式，一面射水，一面锤击（或振动）直至桩底，这种全桩长射水方法，会使整桩周摩阻力遭受破坏，桩尖土被扰动，降低桩的承载力。

防治方法 射水法沉桩应控制射水至距桩底设计标高 1～2m 时，停止射水，拔出射水管，用锤击或振动打（沉）至设计标高，以免将桩尖土壤冲坏，降低桩的承载力。

禁忌 20 基坑开挖方法不当引起大面积群桩倾斜

现象、危害性 软土地区施打（压）大面积密集群桩后，开挖基坑出现大面积群桩倾斜。引起原因是：基坑开挖方法不当，如采用挖土机挖土，集中一处开挖，挖得很深，并将土堆在基坑边坡附近，因而产生侧向土压力，加上软土的流动性及土体中未消散的超孔隙水压力的释放，导致软土向开挖方向流动，而基桩承受水平力的抵抗能力较弱，于是随着土体的位移而向基坑开挖方向倾斜，造成桩顶大量位移，严重的会将桩下部拆断，降低桩承载力或造成报废。

防治措施 严禁边打桩边开挖基坑；开挖宜在打桩全部完成并至少相隔 15d 后进行；沉桩应合理安排施工次序；挖土宜分层均匀进行，且桩周土体高差不宜大于 1m；应制订合理的开挖施工程序，注意保持基坑围护结构或边坡土体的稳定；基坑顶部周边不得堆土或材料，行驶重型机械或车辆等。

禁忌 21 打（沉）桩出现过大挤土效应

现象、危害性 采用锤击法，振动法（或静力压桩法）将桩打（沉）入土层中，由于过大的挤土效应和超孔隙水压力的作用，会使地基土隆起和水平挤动，不同程度对邻近桩、建筑物和地下管线产生不良影响，造成位移，倾斜、开裂，甚致局部破坏。

防治措施

1）设置袋装砂井或塑料排水带，以消除部分超孔隙水压力；采用井点降水，使在一定深度范围内不致产生超孔隙水压力；或采取预钻排水孔，疏通排水孔深度范围内的地下水，使孔隙水压力不致升高。

2）设置应力释放孔，一般孔径 400～700mm、孔深 25～30m，可降低孔隙水压力，同时又使释放孔附近的土体有明确的挤压力方向，起到一定引导土体挤压趋势的作用。

3）设置隔离钢板桩或桩排式水泥土深层搅拌桩，以限制沉桩的挤土效应；或开挖一定深度的防震沟，可消除部分地面振动影响，沟宽 0.5～1.5m。

4）合理安排打（沉）桩程序或采用跳打法施工，以增加同一地点沉桩的间歇时间。同时适当控制沉桩速度，视邻近建筑物和地下管线的距离等情况，控制日沉桩数量。

附录 预制桩钢筋骨架质量检验标准和钢筋混凝土预制桩的质量检验标准（表 6-2～表 6-4）

表 6-2 预制桩钢筋骨架质量检验标准 （mm）

项	序	检查项目	允许偏差或允许值	检查方法
主控项目	1	主筋距桩顶距离	±5	用钢直尺量
	2	多节桩锚固钢筋位置	5	用钢直尺量
	3	多节桩预埋铁件	±3	用钢直尺量
	4	主筋保护层厚度	±5	用钢直尺量
一般项目	1	主筋间距	±5	用钢直尺量
	2	桩尖中心线	10	用钢直尺量
	3	箍筋间距	±20	用钢直尺量
	4	桩顶钢筋网片	±10	用钢直尺量
	5	多节桩锚固钢筋长度	±10	用钢直尺量

表 6-3 钢筋混凝土预制桩的质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	桩体质量检验	按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
	2	桩位偏差	见表 6-4		用钢直尺量
	3	承载力	按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
一般项目	1	砂、石、水泥、钢材等原材料（现场预制时）	符合设计要求		查出厂质保文件或抽样送检
	2	混凝土配合比及强度（现场预制时）	符合设计要求		检查称量及查试块记录
	3	成品桩外形	表面平整，颜色均匀，掉角深度＜10mm，蜂窝面积小于总面积 0.5%		直观
	4	成品桩裂缝（收缩裂缝或起吊、装运、堆放引起的裂缝）	深度＜20mm，宽度＜0.25mm，横向裂缝不超过边长的一半		裂缝测定仪，该项在地下水有侵蚀地区及锤击数超过 500 击的长桩不适用
	5	成品桩尺寸：横截面边长	mm	±5	用钢直尺量
		桩顶对角线差	mm	＜10	用钢直尺量
		桩尖中心线	mm	＜10	用钢直尺量
		桩身弯曲矢高		＜1/1000l	用钢直尺量，l 为桩长
		桩顶平整度	mm	＜2	用水平尺量

表 6-4 预制桩（钢桩）桩位的允许偏差 （mm）

项	项目	允许偏差
1	盖有基础梁的桩：(1) 垂直基础梁的中心线 (2) 沿基础梁的中心线	$100+0.01H$ $150+0.01H$
2	桩数为 1～3 根桩基中的桩	100
3	桩数为 4～16 根桩基中的桩	$\frac{1}{2}$桩径或边长
4	桩数大于 16 根桩基中的桩：(1) 最外边的桩 (2) 中间桩	$\frac{1}{3}$桩径或边长 $\frac{1}{2}$桩径或边长

注：H 为施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离。

6.2 静力压桩

静力压桩按压桩机具设备、工艺方法的不同分为机械静力压桩和锚杆静力压桩两种。前者系采用静力压桩机将预制钢筋混凝土桩分节压入地基土层中成桩；适用于软土、填土、一般粘性土层中以及居民稠密、环境保护要求严格的地区应用。后者系利用建（构）筑物自重，先在老基础上开凿（或新基础上预留）出压桩孔和锚杆孔，然后预埋锚杆，借锚杆反力，通过反力架，用液压千斤顶将钢筋混预制短桩逐段压入基础中开凿或预留的桩孔内成桩；适用于粘性土、淤泥质土、填土、黄土等地基的加固以及基础托换等工程应用。

禁忌1 液压缸活塞动作迟缓

现象、危害性 液压缺活塞动作不灵活，缓慢。产生原因是：油压太低，液压缸内吸入空气；或液压油粘度过高；滤油器或吸油管被堵塞；或液压泵内泄漏，操纵阀内泄漏过大等，导致压桩力达不到要求，压桩速度慢，影响压桩功效。

防治措施 提高溢流阀卸载压力；添加液压油使油箱油位达到规定高度；修复或更换吸油管；按说明书要求更换液压油；拆下清洗，疏通；检修或更换。

禁忌2 压力表指示器不工作

现象、危害性 压力表指示器停止工作。产生原因是：油路堵塞；压力表损坏；或压力表未打开等，使压桩力难以判断，影响静压桩终压力的控制。

防治措施 检查和清洗油路；更换压力表；打开压力表开关。

禁忌3 桩压不下去

现象、危害性 桩在正常压力下，压不下去。产生原因有；桩端停在砂层中接桩，中途间断时间过长；或压桩机部分设备工作失灵，压桩停歇时间过长；施工降低地下水位过深，土体中孔隙水排出，压桩时失去超静水压力的“润滑作用”；或桩尖遇到砂夹层，压桩阻力突然增大，甚致超过压桩机能力而使桩机上抬等，以致造成压入深度和承载力均达不到设计要求。

防治措施 沉桩时防止桩端停在砂层中接桩；定期及时检查压桩设备；适当控制降低地下水位，不使过深；以最大的压桩力作用在桩顶，采取时停时压的办法，使桩有可能缓慢下沉穿过砂层。

禁忌 4 桩达不到设计标高

现象、危害性 压桩达不到设计要求深度。产生原因是：桩端持力层深度与勘察报告不符；或桩压至接近设计标高时过早停压，在补压时压不下去，造成桩长和承载力不能满足设计要求。

防治措施 按实际持力层深度变更设计桩长；沉桩改变过早停压的做法。

禁忌 5 压桩桩架发生较大倾斜

现象、危害性 压桩时，桩架出现较大的倾斜，产生原因是：当压桩阻力超过压桩能力时未及时调整平衡，以致使桩架发生倾斜，影响桩的垂直度达不到规范要求，降低桩承载力。

防治措施 遇桩架发生较大倾斜，应立即停压并采取措施，调整，使保持平衡。

禁忌 6 桩身出现倾斜或位移

现象、危害性 成桩后，桩身垂直度偏差过大或产生横向位移。产生原因是：压桩力偏心，未使桩保持轴心受压；或上下节桩轴线不一致；或遇横向障碍物等，导致使桩的承载力降低。

防治措施 加强检查、测量，遇压桩偏心，及时调整；遇障碍物不深时，可挖除回填后再压；歪斜较大，可利用压桩油缸回程，将已压入的桩拔出，回填后重新压桩。

禁忌 7 在桩尖接近或处在硬土层时接桩

现象、危害性 压桩时，桩尖停在坚硬土层上或进入坚硬土层内接桩，由于接桩停歇时间较长，桩周摩阻力得到一定恢复，会使继续压桩发生困难，甚至出现压不下去的情况，造成桩达不到设计标高，降低桩的承载力。

防治措施 查明各压桩部位地质情况，合理安排预制桩分段的长度，避开接桩停在坚硬土层上，确保压桩顺利进行。

禁忌 8 接桩粘接不牢，接头脱开

现象、危害性 接桩处经压桩后出现松脱、开裂，接头脱开等情况。造成原因主要有：接头表面、锚筋、锚孔内壁沾有泥土、油污等杂物未清理干净；接头用硫磺胶泥配合比和配制、使用温度控制不严，粘接强度未达到要求；接桩时，上下两节桩不在同一直线上，压桩时，受力偏心，局部产生应力集中而使接头脱开，导致桩的承载力达不到要求。

防治措施　接桩前，应将连接表面泥土，油污等杂质清除干净；严格控制硫磺胶泥的配合比及熬制使用温度，按操作要求操作，使接头胶泥饱满密实，确保连接强度；接桩时，两节桩应在同一轴线上，连接好后应进行检查，如发现开裂、松脱，应采取补救措施，重新胶接。

禁忌 9　锚杆静力压桩反力架安装不牢固，不垂直

现象、危害性　锚杆静力压桩的反力架为支承压桩反力的重要部件，安装不牢固，受力不均，将会使架产生较大变形损坏或被拔出，使压桩无法进行；再压桩反力架安装不垂直，会使压桩力偏斜，会使桩的垂直度达不到设计要求，降低桩的承载力。

防治措施　锚杆静力压桩反力架制作应有较高的强度和刚度；安装应牢固，不能松动，架身必须垂直，使桩尖吊入压桩孔后，能保持垂直，压桩时，能使千斤顶与桩段轴线保持垂直，并在一条直线上，不会产生偏压。

禁忌 10　压桩不对称进行

现象、危害性　锚杆静力压桩采取依桩排列顺序不对称进行。会造成基础受力不平衡而导致倾斜，同时使桩挤土不匀，导致桩不均匀沉降，使桩的承载力不能有效发挥。

防治措施　压桩应成组，对称均衡进行，使基础受力保持平衡，而不致产生倾斜，桩挤土均匀，受力均衡。

禁忌 11　压桩不连续进行，间歇时间过长

现象、危害性　压桩施工不连续一气呵成，时压、时停顿，间歇时间很长。这样会使原压上段桩破坏的桩周抗剪强度，因间歇时间过长，随着时间的推移，超孔隙水压力的逐渐消散，土体逐渐固结压密，土的结构强度得到恢复，抗剪强度也随之恢复提高，会使压桩力骤增，造成桩压不下去或把桩头压碎等质量事故。

防治措施　静力压桩应连续进行，不得中途停顿。压不下去或将桩头压碎的桩可拔出重压，或在近旁进行补桩处理。

禁忌 12　封桩草率，不认真进行

现象、危害性　锚杆静力压桩完毕，不认真进行桩头与基础底板的连接处理，草率从事，使桩与基础底板不牢固结合成为整体共同工作，将会使桩受力后与基础底板脱离，使桩功能受到破坏，而失去作用。

防治措施　封桩是锚杆静力压桩的重要环节，必须认真进行，应砍去外露桩

头，清除桩、孔内的泥水杂物，清洗孔壁，焊好交叉钢筋，湿润混凝土连接面，浇筑 C30 微膨胀混凝土，并加以捣实，湿养护 7d 以上，使桩与桩基承台结合成为整体。

附录 静力压桩质量检验标准（表 6-5）

表 6-5 静力压桩质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	桩体质量检验	按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
	2	桩位偏差	见表 6-4		用钢直尺量
	3	承载力	按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
一般项目	1	成品桩质量：外观	表面平整，颜色均匀，掉角深度 < 10mm，蜂窝面积小于总面积 0.5%		直观
		外形尺寸	见表 6-3		见表 6-3
		强度	满足设计要求		查产品合格证书或钻芯试压
	2	硫磺胶泥质量（半成品）	设计要求		查产品合格证书或抽样送检
	3	接桩：电焊接桩：焊缝质量	见表 6-8		见表 6-8
		电焊结束后停歇时间	min	> 1.0	秒表测定
		硫磺胶泥接桩：胶泥浇注时间	min	< 2	秒表测定
		浇注后停歇时间	min	> 7	秒表测定
	4	电焊条质量	设计要求		查产品合格证书
	5	压桩压力（设计有要求时）	%	± 5	查压力表读数
	6	接桩时上下节平面偏差	mm	< 10	用钢直尺量
		接桩时节点弯曲矢高		< 1/1000l	用钢直尺量，l 为两节桩长
	7	桩顶标高	mm	± 50	水准仪

6.3 先张法预应力管桩

先张法预应力管桩（简称管桩），系采用先张法预应力工艺和离心成形法制成的一种空心圆柱体细长混凝土预制构件；由圆筒形桩身、端头板和钢套箍等组成；多采用柴油桩锤打入地基中成桩。适用于地质条件为粘性土、粉土、砂土、砂卵石、碎石类土层的多层和高层建筑工程桩基应用。

禁忌 1 先打围护桩，再打工程桩

现象、危害性 先打工程四周围护桩，后打工程桩。由于打桩会引起严重挤土，打工程桩时土体无法扩散，会将先打围护桩挤斜，甚致挤坏，降低甚致破坏基坑围护结构挡土、止水效果；再会使基坑内的孔隙水压力陡增且很难消散，日后开挖基坑时，会导致基坑四周土体及基桩往基坑中心倾斜；再在这种封闭环境下打桩，先打的管桩会被后打的管桩挤上来，造成桩体上浮，桩的承载力达不到设计要求。

防治措施 围护结构深基坑中的管桩工程，宜先打工程桩，再打基坑周围的围护桩。如果深基坑四周是采用自然放坡形式，不设围护桩，采取先挖土后打工程桩也是可行的，但也应加强对边坡的监测并采取有效措施保护边坡的稳定，以防引起边波倒塌，危害基坑附近的建筑物及市政设施安全。

禁忌 2 多节管桩不连续施打，一次完成

现象、危害性 在较厚的粘土、粉质粘土中施打多节管桩，每根（批）桩如不连续施打，一气呵成，间歇一段时间以后再打，很难打入，甚至将桩头打坏。因为在这类土层中打桩，桩周土体会被迅速破坏，孔隙水压力剧烈上升，土的抗剪强度大幅降低，桩身贯入相当容易，如若中间停歇下来，土中超孔隙水压力逐渐消散，桩周土体重新固结，停歇时间越长，固结力越大，若要再打动这根桩，需要增加很多锤击次数，有的甚至打不下，而先将桩头或接头打烂，造成重大施工质量事故。

防治措施 在较厚的粘土、粉质粘土层中施打多节管桩，每根桩应连续施打，一次性完成。如采用流水打桩施工法作业，必须有一定停歇时，也应在本台班内将这批流水作业的桩全部打至设计持力层。

禁忌 3 桩接头焊接质量差，松脱、开裂

现象、危害性 桩接头处焊接质量不良，经锤击后，出现松脱、开裂。产生原因是：焊接连接处的表面未清理干净，留有杂质、油污等，连接铁件不平，有较大间隙，造成焊接不牢；焊接质量不好，焊缝不连续，不饱满，焊肉中夹有焊渣等杂物；焊缝未冷却就施打；桩对接时，上下节桩不在同一直线上，在接桩处产生弯折，锤击时接桩处局部产生应力集中而破坏连接；或在挤土效应等因素作用下造成松脱开裂；当管桩较密集，且桩接头松脱开裂严重时，打桩引起的土体上涌，有可能将桩接头拉断；桩接头存在松脱开裂，会大幅度降低桩的承载力。

防治措施

1）桩接头质量好坏关系到整根桩质量的好坏。接桩前，对桩连接部位上的

杂质油污等清除干净；两桩间的缝隙应用薄铁片垫实、点焊牢；焊接时电流强度应与所用的焊机和焊条相匹配，施焊应对称、分层、均匀连续进行，一气呵成，焊缝应连续饱满。冬期焊接，应采用取防风和预热措施，预热可用氧乙炔火焰均匀烘烤的方法，使母材温度达36℃以上才进行施焊；焊接后应进行垂直度、外观检查，焊缝不得有夹碴，裂缝等缺陷，垂直度应小于0.5%，焊缝应经自然冷却8min后，才能继续施打。

2）接桩时，两节桩应在同一轴线上，并作严格的双向校正，焊接预埋件应平整服贴，焊接后应锤击几下再检查一遍，如有松脱、开裂等情况，应立即采取补焊措施。接桩时，桩尖处尽量避开坚硬土层。

3）已施打完毕的管桩，可把手把灯放入空心管中检查桩的接头松脱，开裂情况，发现问题，可在空心管中放入钢筋骨架，浇筑混凝土进行补强，也可用其他方法补救。

禁忌4 桩顶出现偏位

现象、危害性 在沉桩过程中，相邻的桩产生横向位移。产生原因有：测量放线有误；或插桩对中工作马虎；或打桩顺序不当，受挤压，引起桩顶偏位；在软土层中，先打设的桩易被挤动；或桩遇孤石或其他障碍物将桩挤向一旁；或桩尖沿基岩倾斜而滑移等；会导致桩的垂直度和承载力达不到设计要求。

防治措施

1）测量放线应经复测后使用；插桩应认真对中；打桩应按规定顺序进行；避免打桩期间同时开挖基坑。

2）施工前，用洛阳铲探明地下孤石、障碍物，较浅的挖除，深的用钻钻透或爆碎；接桩应吊线锤找正，垂直度偏差应控制在0.5%以内。

3）桩顶偏位过大，应拔出，移位再打；偏位不大，可用木架顶正，再慢锤打入；障碍物不深，可挖出回填土后再打。

禁忌5 桩身出现倾斜

现象、危害性 桩身倾斜度超过规范规定。产生原因有：打桩机导杆弯曲或场地不坚实平整；插桩不正或桩身弯曲度过大；施打时桩锤、桩帽、桩身中心线不在同一直线上，受力偏心；或锤垫不平或桩帽太大引起锤击偏心而使桩身倾斜；或打桩顺序不当先打的桩被挤斜；遇孤石或坚硬障碍物使桩尖倾斜产生滑移等，从而降低桩的承载力。

防治措施

1）打桩机导杆应纠正；打桩场地应整平夯压坚实；插桩要吊线锤检查，桩帽、桩身和桩尖必须在一条垂线上方可施打；桩身弯曲度应不大于1%，过大的

不宜使用。

2）打桩时应使桩锤、桩帽，桩身在同一直线上，防止受力偏心；桩垫、锤垫应平整，桩帽与桩周围的间隙应为 5～10mm，不宜过大；接桩应吊线锤找直，垂直度偏差应控制在 0.5%以内；打桩顺序应按规定进行；遇孤石，障碍物按禁忌 7“桩顶出现偏位”相同防治措施处理。

禁忌 6 桩顶碎裂、破碎

现象、危害性 沉桩时，桩顶出现混凝土掉角、碎裂或被打破碎，桩顶钢筋局部或大部分外露。造成原因有：桩的制作质量差，混凝土强度未达到设计要求，或桩头严重跑浆，存在蜂窝孔洞；或蒸养制度不当，引起脆性碎裂；或桩锤选用不当，锤过重，锤击应力太大将桩头击碎；或锤太轻，锤击次数增多，使桩顶产生疲劳破坏；或桩帽太小或太大、太深或接头尺寸偏差太大；或遇孤石、硬岩面继续猛打，或贯入度要求太小或总锤击数过多，或每米锤击数过多；或在厚粘性土层中停歇时间过火，再重新施打时易将桩头打坏等，导致桩头不能使用，影响继续成桩。

防治措施

1）加强桩制作质量控制，保证桩头混凝土密实，强度达到设计要求。

2）合理选用桩锤，不使过重或过轻；桩帽宜做成圆筒形，套桩头的筒体深度宜为 35～40cm，内径应比管径大 2～3cm，不使空隙过大。

3）遇孤石可采用小钻孔再插管桩的方法施打；合理确定贯入度或总锤击数，不使过小或过多；在厚粘性土层中停歇时间控制不超过 24h。

禁忌 7 桩身断裂

现象、危害性 桩身出现断裂，包括桩尖破损、接头开裂，桩身出现横向、竖向裂缝或断裂等。产生原因有：在砂土层中施打开口管桩，下端桩身有时被挤产生劈裂；或遇孤石和岩石仍硬打，易将桩尖击碎；接桩质量差，引起接头开裂或接头电焊时自然冷却时间不够，焊后立即施打，焊缝遇水脆裂或接头间隙大，锤击时应力集中，引起接头开裂；管桩制作严重跑浆或管壁太薄，桩身强度不够或养护制度不当，桩身混凝土变脆；或打桩时未加桩垫或桩垫太薄；或桩身预应力值不够，不足以抵抗锤击时的拉应力而产生横向裂缝；或桩身自由段长细比过大，沉入时遇坚硬土层，易使桩断裂；或桩在堆放、吊装和搬运过程中已经出现裂缝、断裂，未认真检查或加固就使用等，导致严重降低桩的强度和承载力。

防治措施

1）在砂土层中沉桩，桩端应设桩靴，避免采用开口管桩；遇孤石和基岩面

避免硬打；接桩要保持上、下节桩在同一轴线上，焊接焊缝应饱满，填塞钢板应紧密；焊后自然冷却 8～10mm 始可施打。

2）管桩制作严格控制漏浆、管壁厚度和桩身强度。桩身制作预应力值必须符合设计要求。

3）打桩时要设合适桩垫，厚度不宜小于 12cm；沉桩桩身自由段长细比不宜超过 40。

4）桩在堆放、吊装和搬运过程中避免碰冲产生裂缝或断裂；沉桩前要认真检查，已严重裂缝或断裂的桩，避免使用。

禁忌 8　沉桩达不到设计的控制要求

现象、危害性　沉桩未达到设计标高或最后贯入度及锤击数控制指标要求。造成原因是：勘查资料太粗或有误；设计选择持力层不当或设计要求过严；或沉桩时遇到地下障碍物或厚度较大的硬夹层；或选用桩锤太小，或柴油锤破旧，跳动不正常；或桩尖遇到密实的粉土或粉细砂层时打桩会产生“假凝”现象，但间隔一段时间后，又可继续打下去；或桩头被击碎或桩身被打断，无法继续施打；布桩密集或打桩顺序不当，使后打的桩难以达到设计深度，并使先打的桩上升涌起；或打桩间隔时间过长，摩阻力加大等，导致桩入土深度，承载力达不到设计要求。

防治措施

1）详细探明工程地质情况，必要时应作补勘；合理选择持力层或标高，使符合地质实际情况；探明地下障碍物和硬夹层，并清除掉或钻透或爆碎。

2）选用合适桩锤，不使太小；旧柴油锤应检修合格方可使用；桩头被打碎，桩身被打断应停止施打，或处理后再施打。

3）打桩应注意顺序，减少向一侧挤密；打桩应连续进行，不宜间歇时间过长，必须间歇时，控制不超过 24h。

附录　先张法预应力管桩质量检验标准（表 6-6）

表 6-6　先张法预应力管桩质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	桩体质量检验	按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
	2	桩位偏差	见表 6-4		用钢直尺量
	3	承载力	按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范

（续）

项	序	检查项目		允许偏差或允许值		检查方法
				单位	数值	
一般项目	1	成品桩质量	外观	无蜂窝、露筋、裂缝、色感均匀、桩顶处无孔隙		直观
			桩径	mm	±5	用钢直尺量
			管壁厚度	mm	±5	用钢直尺量
			桩尖中心线	mm	<2	用钢直尺量
			顶面平整度	mm	10	用水平尺量
			桩体弯曲		<1/1000l	用钢直尺量，l为桩长
	2	接桩：焊缝质量		见表6-8		见表6-8
			电焊结束后停歇时间	min	>1.0	秒表测定
			上下节平面偏差	mm	<10	用钢直尺量
			节点弯曲矢高		<1/1000l	用钢直尺量，l为两节桩长
	3	停锤标准		设计要求		现场实测或查沉桩记录
	4	桩顶标高		mm	±50	水准仪

6.4　钢桩

6.4.1　钢管桩

钢管桩系采用工厂生产的螺旋焊接钢管打（沉）入土中成桩。具有重量轻、易于加工、强度高、贯穿性好，能打入坚硬土层，承载力高，排土量小，接头可以焊接，桩长易于调节，质量可靠，沉桩快速等特点。适用于工业与民用高层建筑，在沿海软土地区的桩基工程应用。

禁忌1　桩水平位移、倾斜

现象、危害性　桩施工由一边向另一边推进，先施工的桩向打桩顺序相反的方向位移，在桩的上部挠曲变形，使桩顶出现一定倾斜。产生原因是：在软土中打（沉）钢管桩，由于挤土的关系，形成很大的超静水压，再由于这种挤土和超静水压力的叠加传递作用，因而造成桩向相反侧水平方向位移。而此种应力的大小与工程地质、桩型、群桩密度、沉桩顺序以及打桩入土速率等因素有关。由于桩产生侧移、倾斜，会降低钢管的承载力。

防治措施　选用挤土量小的开口钢管桩；或采取预钻孔打入法；或选用长桩，提高单桩承载力，减少桩数，增大桩距，以减少对浅层土体的挤压影响；考

虑合理的打桩流水方案，避免在混凝土浇注完毕的区域附近打桩；减缓打桩速度，减少单位时间内的挤土量。

禁忌 2 打桩造成周围建筑物位移

现象、危害性 由于打桩使附近建（构）筑物及地下管线产生水平和垂直方向的位移。产生原因是：由于打桩时，桩的体积进入土中对软土产生挤压作用，因而常对邻近建（构）筑物、地下管线产生水平和垂直位移，严重的会导致产生裂缝、倾斜，甚至倒坍、破坏。

防治措施

1）采用开口钢管打设，避免采用闭口钢管，由于入土后排土量少，可减少挤土的影响。

2）在邻近建（构）筑物一侧设浅层防挤沟、减挤砂井（图 6-2），或其他排水桩，以消除或减少对邻近建（构）筑物的挤土影响。

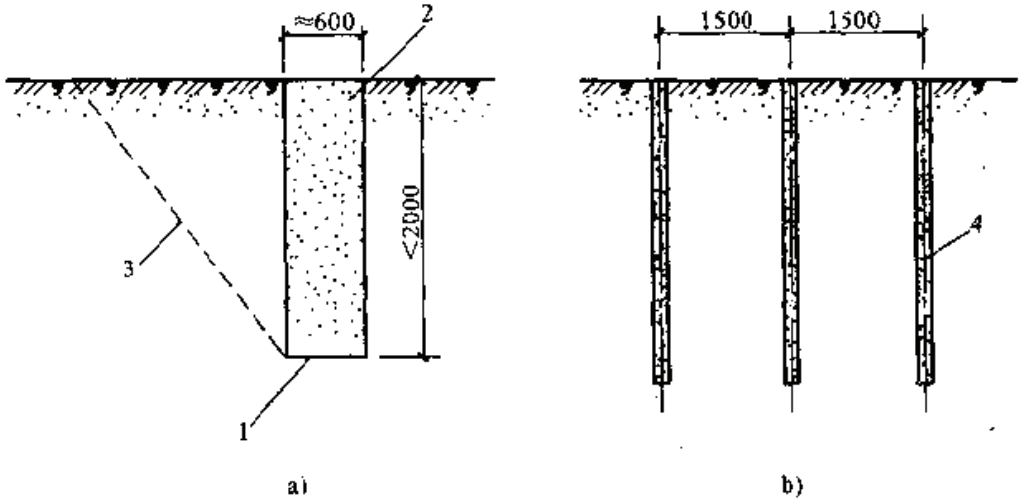


图 6-2 防挤沟、减挤砂井布置及构造

a）防挤沟 b）减挤砂井

1—防挤沟 2—填砂 3—土壤破裂面 4—ϕ400mm 砂井

禁忌 3 钢管桩顶变形

现象、危害性 钢管桩在施打过程中，特别是长桩，经大能量、长时间打击，产生变形。产生原因有：遇到坚硬障碍物，如孤石、大块石、污工等，或坚硬的硬夹层如砂，砂卵石层等，难以穿透，硬打产生变形；或桩顶减振垫过薄；打桩锤能量过大；打桩顺序不合理；稳桩校正马虎，造成桩锤偏心，影响垂直贯入；或场地不平，造成桩倾斜打入，使桩沉入困难，硬打使桩顶变形，影响顺利接振，减弱桩的有效支承。

防治措施

1）沉桩前，用洛阳铲或钎探查清地下障碍物，发现浅层障碍物，应清除后再沉桩，较深地下障碍物应用钻机钻透后再打（沉）桩。穿硬夹层时，可采用射水法、气吹法等助沉。

2）打（沉）桩场地应坚实平整，平整度不超过10%，如表土松软，应采取铺砂卵石或灰土垫层、或铺路基箱等措施。

3）施打超长且直径很大的桩，应选用大能量的柴油锤，采用重锤低击方法。桩帽内应选用合适的减振材料，如麻袋或布轮等物，随时更换或一桩一换。稳桩要双向校正，保证垂直打入，垂直偏差应控制在0.5%以内。

4）打坏变形的桩顶，接桩时应割除掉，再接桩。

禁忌4 接桩处松脱、开裂

现象、危害性 接桩处经过锤击，出现松脱开裂。产生原因有：钢管桩连接处存在浮锈、油污等杂质未清除；焊接时，连接不平存在较大间隙，未焊接牢固；或上下节接桩前不垂直，在偏心部位锤击时产生应力集中，破坏连接；或焊接质量不好，存在焊缝不连续、不饱满，有夹渣，咬肉等缺陷；或遇障碍物和较厚砂或砂卵石硬夹层，穿入困难，采用长时间大能量锤击，造成接头处松脱开裂；从而导致接头破坏，降低桩承载力。

防治措施

1）接桩前，对连接部位上的浮锈、油污等杂质必须清理干净；下节桩顶经锤击后的变形部分应割除；上下节桩焊接时应严格校正垂直度，对口的间隙应按设计要求留设，一般为2～4mm；焊接应对称进行，应用多层焊，各层焊缝的接头应错开，焊渣应除净。

2）桩位均应用钎探检查，发现障碍物应及时清除或钻孔处理。场地应坚实平整，以使桩能垂直击入；遇到坚硬夹层，应采取射水、吹气或管中取土，以使能顺利沉入。

3）插桩、打桩及接桩时，必须控制桩的垂直度，防止桩管变形，偏差过大，接头处出现松脱开裂情况。

禁忌5 钢管桩顶部失稳

现象、危害性 钢筋桩顶部被打坏，造成失稳（图6-3a）。产生原因主要有：锤击次数过多；钢管桩壁厚太薄；锤击力偏离桩中心；桩锤落距过高等，导致桩顶部失去稳定、歪曲而不能继续锤打。

防治措施

1）在软土层中沉桩如桩长在40～50m，应控制持力层 $N \leqslant 30$，是可以达到

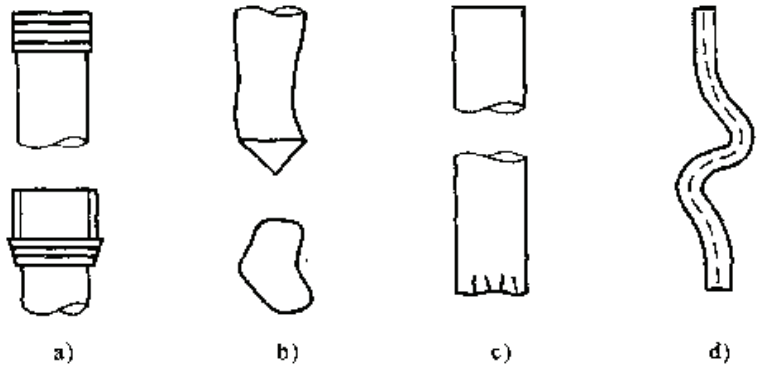


图 6-3 钢管桩、形钢桩的破坏情况

a）钢管桩顶部失稳 b）闭口钢管桩下部断面失稳

c）开口钢管桩尖被打卷曲 d）H 型钢桩弯曲失稳

不失稳的。

2）在钢管桩顶部加管箍或适当增加壁厚（图 6-4a、b），以增强抗锤击的能力。

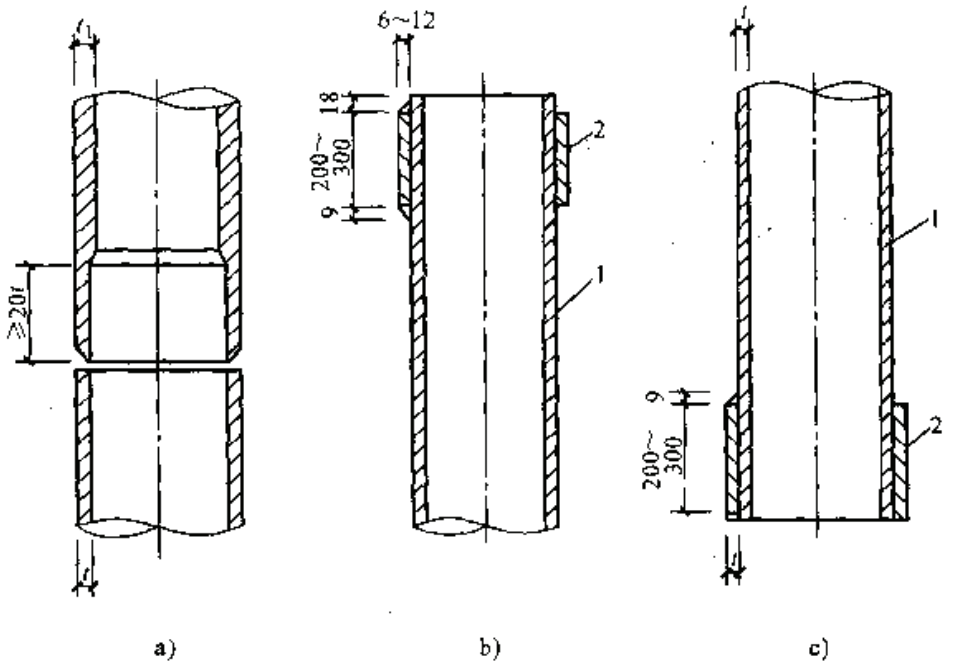


图 6-4 钢管桩桩端加强箍构造形式

a）桩顶端的加厚 b）桩顶的加强箍 c）桩底的加强箍

1—钢管桩 2—加强箍

t—钢管桩壁厚，一般为 8～12mm

3）在操作上，尽可能做到中心锤击，防止锤击力偏心；调整合适的落距。

禁忌 6 闭口钢管桩下部断面失稳

现象、危害性 闭口钢管桩下部被打产生弯曲失去稳定（图 6-3b）。造成原

因是：锤击力太大，锤击次数过多；钢管桩壁厚太薄；锤击力偏离桩的中心；遇地下坚硬障物，强行锤击等，导致桩下部屈折、弯曲失去稳定，不能继续沉桩。

防治措施

1）适当增加钢管桩下部壁厚，以提高断面刚度。

2）彻底清除地下障碍物，不使大的块石或混凝土块停留在桩尖下而被跟着打下。

3）严格控制桩垂直度，做到桩锤、桩帽、桩身、接头中心在一直线上，防止锤击力偏斜，并采用合适的桩锤落距，不使过高。

禁忌 7 开口桩尖被打卷曲

现象、危害性 钢管桩开口桩尖部位产生卷曲（图 6-3c）。造成原因主要是桩的壁厚过薄，当桩尖进入如粗砂、砾石或坚硬的粘土层时，容易发生这种事例；导致桩不能继续施打，达不到设计要求标高。

防治措施

1）在钢管桩底部加设一钢套箍（图 6-4c），以增强桩尖部位的管壁强度和刚度。

2）地基浅层如有大石块、混凝土块，应及时清除，不让其跟人下层。

禁忌 8 穿越不过或达不到硬土层

现象、危害性 打（沉）桩穿越不过中间的硬土层或桩尖块到持力层时，贯入度过小，难达到设计标高。产生原因是；打桩机性能和钢管桩承受锤击应力的能力达不到穿过硬土层或桩尖持力层的要求，从而导致达不到设计要求的承载力和沉降值。

防治措施

1）可在钢管桩底端加焊加强箍（图 6-4c），可有效减少部分摩阻力，提高桩尖锤击能力，穿越硬土层，而不易被击坏。

2）采用预钻孔工艺，在中间硬土层或底端硬土层内先钻一小孔，再插入管桩进行沉桩，可减少部分阻力。

3）采用外射水，破坏部分外摩阻，使桩沉入；可采取边锤击边射水，也可以采取射一段时间，锤击一段时间。

4）尽量减少送桩长度，一般送桩能量损耗可达 30%。对有条件的工程，可先挖去一部分基坑土方，桩机下坑作业；也可以采用内切割法而不用送桩。

5）在施工工序上，先安排桩位较密区域施工，或先打中间的桩，再向四周扩散。

禁忌9 钢管桩接头焊接好后不待冷却或浇冷水冷却后，立即锤击沉桩

现象、危害性 为图施工快速，钢管桩接头焊接完毕，不等缓慢冷却后或浇凉水冷却后，就立即锤击成桩。这样将使接头焊缝瞬间冷却，发生脆裂，导致焊缝出现裂缝，经锤击会使接头变形被坏。

防治措施 钢管桩接头施焊完毕，焊缝应经1～5min的自然缓慢冷却后，再行锤击打（沉）桩，此时焊缝不会产生脆裂，并能承受桩锤的锤击冲击力。

禁忌10 沉桩达不到设计要求

现象、危害性 桩设计时是以贯入度和最终标高作为施工的最终控制；系以一种控制标准为主，而以另一种控制标准作为参考，有时沉桩达不到设计的最终控制要求。产生原因有：勘探点不够或勘探资料粗略，致使设计持力层或选用桩尖标高与实际不符；或设计要求过严，超过施工机械能力或桩身钢材的强度；或沉桩遇地下障碍物或坚硬土、砂夹层；在新近代砂层沉桩，同一层土的强度差异很大，且砂层越挤愈密，有时会出现沉不下去的情况；或接桩质量不符合要求，焊接处开裂；或接桩选择的土层部位，未避开持力层或硬夹层处等。从而导致桩的最终控制指标达不到设计要求，使桩的承载力不能满足要求。

防治措施

1）同6.1混凝土预制桩禁忌16“打（沉）桩达不到设计控制要求”的预防措施1)、2)。

2）遇厚度大的硬夹层采用射水法或气吹法助沉，以满足双控要求。

3）根据地质报告地质情况，避免在硬夹层、硬持力层中或接近这样的土层中接桩，以减少下沉阻力和在接点处出现开裂、错位。

4）钢管桩焊接，上下节应严格校正垂直度，焊接质量要求应严格按操作规程进行，每个接头焊完后应冷却1～5min后方可继续沉桩。

5）当桩尖所穿过的土层较厚，较硬，预计难以穿透时，在桩下端部可增焊加强箍（图6-4c），以增强穿透能力。

6.4.2 型钢桩

型钢桩系采用钢厂生产的热轧H型钢打（沉）入土中成桩。具有穿透能力较强，施工挤土量小，切割、接长较简便，取材较易等特点，但承载能力，抗锤击性能略差一些。适用于工业与民用建筑桩基及作基坑支护柱桩应用。

禁忌1 运到现场的型钢桩切割及拼装后不进行检验

现象、危害性 运到施工现场的定尺H型钢桩切割后的分段及拼装的桩不

进行检验就沉桩。由于定尺型钢桩在运输，堆放中，可能造成弯曲、压扁变形，严重时可导致桩身被折断。

防治措施　定尺型钢桩切割后的分段应检查有无弯曲、压扁情况，切口应与桩轴线垂直，才能进行桩段的拼装，拼装合格后才进行焊接，焊接质量和轴线顺直度检查验收合格后，才可与正在沉桩的外露桩段焊接连接。

禁忌 2　H 型钢桩（薄壁钢桩）接头连接时直接采用对接焊

现象、危害性　H 型钢桩（薄壁钢桩）接头连接时，不在两侧加连接板，直接采用对接焊，会削弱桩的强度和刚度，沉桩时，会发生焊缝失稳。

防治措施　H 型钢桩（薄壁钢桩）对接连接时，在腹板两侧及翼板外侧加连接板焊接，以保证桩的刚度和强度。

禁忌 3　型钢桩焊接时，不修整或割除下节桩经锤击后产生的变形区段

现象、危害性　型钢桩接头焊接时，不修整或割除下节桩上口锤击产生的变形区段，会使上下节桩垂直对中困难，对口间隙不均匀或间隙过大，焊缝质量难以控制，导致接头强度和刚度下降。

防治措施　型钢桩对接时应将下节桩锤击变形部分区段修整或割除，要划线控制保证割除后的平面与桩轴线垂直，并采取对称施焊，以防止变形。

禁忌 4　为使施工快速，型钢桩沉桩时不控制锤重

现象、危害性　为图施工速度快捷，沉桩时对桩锤的重量不加以控制，使用过重桩锤，导致锤击时，桩向刚度小的方向弯曲失稳（图 6-3d）。

防治措施

1）型钢桩沉桩时，锤重宜控制在 4.5t 以内，不能过大；在桩架前应设置横梁约束装置，以阻止向刚度小的方向失稳。

2）为防止桩在下沉过程中发生侧向失稳而迫使停锤，亦可在桩上设能开启和闭合的活络抱箍，可有效地防止桩失稳事故发生。

禁忌 5　不清除桩位以下障碍物就进行沉桩

现象、危害性　桩位以下有障碍物不清除就沉桩，地基中的大块石、孤石会嵌入 H 型钢桩的槽口内，随桩沉入土中，使桩土间存在间隙，遇硬质土层大石块沉不下去，使沉桩发生困难，强行锤打又会导致 H 型钢桩向刚度小的方向弯曲，使桩失稳。

防治措施　沉桩前应用钎探或洛阳铲铲探查清地面桩位以下障碍物，3m 深以内的障碍物应挖除；较深埋障碍物可用预钻孔法钻透，再插桩施打。

禁忌 6 接桩时桩尖停留在硬土层上

现象、危害性 接桩时桩尖停留在硬质土层上，由于接头焊接间歇时间较长，原沉桩降低的桩周与土间的摩阻力得到恢复，再次沉入困难，或打不下去，或强行锤击导致桩弯曲失去稳定。

防治措施 查明地下硬质土层的标高和土质情况，避免焊接桩接头时，下节桩尖停留在硬土层上。必须留设时，可在桩尖两侧加焊钢板，其长度为 1～3m，以此来减少一部分摩阻，增加其贯入性。

禁忌 7 型钢桩产生扭转

现象、危害性 锤击沉桩过程中，桩周土体发生变化，聚集在 H 型钢桩两翼缘间的土存在差异，且随着打桩入土深度的增加而加剧，致使桩朝土体弱的方向转动而产生扭转，严重时使桩失稳。

防治措施

1）沉桩时加设抱箍，保持横向稳定，防止转动。

2）扭转过大的桩，如入土深度不大，可拔出再次锤击入土。

禁忌 8 沉桩时贯入度突然增大，失稳

现象、危害性 沉桩过程中回弹量很大，锤击声音不很清脆，贯入度突然增大，表明桩在土中已经失稳。造成原因有：桩没有垂直插入土中，锤击时发生倾斜，而且越打愈斜；桩架无抱箍，锤击时桩自由长度较大，当桩断面刚度过小，由于无横向约束也常造成桩斜向沉入；或桩位下障碍物未清除掉，插桩时石块或混凝土块夹在桩的一侧，强行沉入后，由于两侧阻力不同，桩体也会产生倾斜。从而导致桩失稳。

防治措施 沉桩时严格控制桩的垂直度偏差不大于 0.5%；桩架上应加设抱箍以横向约束桩的变形；沉桩前彻底清除桩位下的障碍物。

附录 钢桩施工质量检验标准（表 6-7、表 6-8）

表 6-7 成品钢桩质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单 位	数 值	
主控项目	1	钢桩外径或断面尺寸：桩端 桩身		$\pm 0.5\%D$ $\pm 1D$	用钢直尺量，D 为外径或边长
	2	矢高		$<1/1000l$	用钢直尺量，l 为桩长

（续）

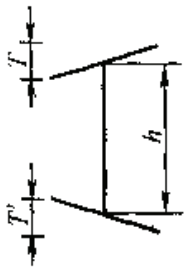
项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单 位	数 值	
一般项目	1	长度	mm	+10	用钢直尺量
	2	端部平整度	mm	≤2	用水平尺量
	3	H钢桩的方正度 $h>300$ $h<300$ 	mm mm	$T+T'\leqslant 8$ $T+T'\leqslant 6$	用钢直尺量，h、T、T'见图示
	4	端部平面与桩中心线的倾斜值	mm	≤2	用水平尺量

表 6-8 钢桩施工质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单 位	数 值	
主控项目	1	桩位偏差	见表 6-4		用钢直尺量
	2	承载力	按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
一般项目	1	电焊接桩焊缝： (1) 上下节端部错口 (外径≥700mm) (外径<700mm) (2) 焊缝咬边深度 (3) 焊缝加强层高度 (4) 焊缝加强层宽度 (5) 焊缝电焊质量外观 (6) 焊缝探伤检验	 mm mm mm mm mm 无气孔，无焊瘤、无裂缝 满足设计要求	 ≤3 ≤2 ≤0.5 2 2	 用钢直尺量 用钢直尺量 焊缝检查仪 焊缝检查仪 焊缝检查仪 直观 按设计要求
	2	电焊结束后停歇时间	min	>1.0	秒表测定
	3	节点弯曲矢高		<1/1000l	用钢直尺量，l为两节桩长
	4	桩顶标高	mm	±50	水准仪
	5	停锤标准	设计要求		用钢直尺量或沉桩记录

6.5 混凝土灌注桩

混凝土灌注桩系在现场用机械或人工成孔，在孔内放钢筋笼，灌注混凝土成桩。它具有施工机具设备较简单，可用于各种地质条件，各种大小直径（300～2500mm）和深度（10～50m），成桩质量可靠、承载力高，施工工艺简便，无振动、无噪声，对周围建筑无影响、费用较低等优点。混凝土灌注桩按成孔工艺方法不同又分：泥浆护壁成孔灌注桩、干作业成孔灌注桩、套管护壁成孔灌注桩，爆孔成孔灌注桩、人工挖孔灌注桩等种。

6.5.1 泥浆护壁成孔灌注桩

泥浆护壁成孔灌注桩系用各种地质钻机，在泥浆护壁条件下，慢速钻进排渣成孔，放钢筋笼，灌注混凝土成桩。按选用成孔机械设备及工艺方法不同，又分冲击钻成孔灌注桩、冲抓锥成孔灌注桩、回转钻成孔灌注桩、潜水钻成孔灌注桩等种。

禁忌 1 不进行桩成孔试验，任意选用成孔工艺参数

现象、危害性 成桩前，不进行成孔试验，随意选用成孔工艺参数。由于未经实践检验，所成桩孔直径、孔径形状、扩孔率、孔垂直度均没有保证。

防治措施 成桩前，应进行成孔试验，严格按成孔试验通过不同土层所得到的符合设计要求的工艺参数，如冲程（对冲击钻、冲抓锥）、转速、钻压（对回转钻，潜水钻）、泥浆指标，钻头直径等进行操作控制。

禁忌 2 桩孔洞口不埋设护筒就钻进

现象、危害性 桩成孔洞口不设置护筒，地表杂物易掉入孔内，孔口土方易于塌坍，同时使成孔轴线和泥浆面难以控制，从而使成孔质量难以保证，严重时，会破坏成孔质量。

防治措施 桩成孔时，应先在孔口设置 6～8mm 厚圆形钢板护筒或砖砌护圈，它的作用是保护孔口、定位、导向，维护泥浆面，防止杂物掉入和坍方。护筒（圈）内径应比钻头直径大 100～200mm，深一般为 1.0～1.5m 护筒口略高于自然地面，防止杂物掉入桩孔内。如上部松土较厚，应穿过松土层，以保护孔口和防止塌孔。

禁忌 3 钢护筒内的泥浆面低于地下水位

现象、危害性 泥浆在成孔过程中起护壁、携碴，冷却钻具等作用；泥浆在

孔壁上形成一层不透水的泥皮，对非粘性土地层保护孔壁面上颗粒稳定，避免剥落，防止地下水流入或浆液漏掉，其中最重要的是保持孔壁稳定，但钢护筒内的泥浆面要高于地下水位，才会起到液体支撑的作用，否则，在地下水位与浆面的高差范围内会发生坍孔，使孔壁破坏。

防治措施 桩孔内循环泥浆的浆面要保持高于最高地下水位0.5m以上，以保证孔壁稳定。

禁忌4 钢护筒周围不用粘土紧密封闭

现象、危害性 孔口设置钢护筒周围不用粘土封闭紧密，护筒周围大量渗漏水，会造成严重坍孔，使冲钻孔无法进行。

防治措施 钢护筒埋设，在粘性上中埋深，不小于1.0m；在砂性土中埋深不小于1.5m，在护筒周围用含水量保持在最范围内的粘性土分层夯击密实，使不漏浆和渗漏水。

禁忌5 机架不平稳、钻杆不垂直、接头弯折，未纠正就钻进

现象、危害性 机架安装不平稳，钻杆导向架不垂直，钻杆弯曲，接头弯折，不纠正就开机钻进；成孔后会出现孔径大小不一，扩孔率大，桩孔垂直度达不到设计和规范要求。

防治措施 钻机安装前，应将场地整平夯（压）实。机架安装应平稳牢靠，对钻杆导向架要进行水平和双向垂直度校正，钻机机台平面要用水平尺在十字方向整平；弯曲的钻杆或接头弯折，要随时剔除更换。遇软硬不匀的土层要低速钻进，避免钻孔出现偏斜。

禁忌6 在软弱土层钻进时，进尺和转速过快，泥浆密度低，停置空转时间过长

现象、危害性 在流砂、淤泥、破碎地带及松散砂层等软弱地层中钻进成孔操作时，如进尺和转速太快，停放一处空转时间过长，扩壁泥浆密度过低，由于土质松软，会造成孔壁大片坍塌，无法成孔。

防治措施 在流砂、软淤泥、破碎地带及松散砂层等软弱土层中钻进作业时，应适当加大护壁泥浆密度，缓慢进尺、低速钻进，避免停留一处不进尺空转，或尽量缩短空转时间，以保持孔壁稳定。

禁忌7 冲击钻采用高锤冲孔

现象、危害性 冲击成孔一开始就采用高冲程冲孔，此时，冲锤还没有在土中定向插稳，采用高锤冲击操作容易发生桩孔倾斜，甚致坍孔。

防治措施 冲击钻成孔，开始时应低锤（小冲程）密击，锤高一般为0.4～0.6m，并及时加块石与粘土泥浆护壁，使孔壁挤压密实，直至孔深达护筒下3～4m后，桩孔已扶正垂直，才加快速度，加大冲程（提高至1～2m），转入正常连续冲击成孔，在造孔时要及时将孔内残渣排出孔外，以免孔内残渣太多，出现埋钻现象。

禁忌8 孔内出现流砂

现象、危害性 桩孔内大量冒砂，将桩孔涌塞。产生原因是：孔外水压比孔内大，孔壁松散，使大量流砂涌塞桩孔；遇粉砂层，泥浆密度不够，孔壁未形成泥皮等，导致成孔无法进行。

防治措施

1）使孔内水压高于孔外水位0.5m以上，并适当加大泥浆密度。

2）流砂严重时，可抛入碎砖、石、粘土，用锤冲入流砂层，做成泥浆结块，使其成坚厚孔壁，阻止流砂涌入。

禁忌9 冲孔时锤被卡在孔内

现象、危害性 冲锤成孔时，锤被卡在孔内，不能上下运动。产生原因是：冲锤在孔内遇到大的探头石（叫上卡）；或冲锤磨损过甚，孔径成梅花形，提锤时，锤的大径被孔的小径卡住（叫下卡）；或石块落入孔内，夹在锤与孔壁之间等，导致成孔困难，甚至无法进行。

防治措施 上卡时，用一个半截冲锤冲打几下，使锤脱落卡具，锤落孔底，然后吊出；下卡时，可用小钢轨焊成T字形钩，将锤一侧拉紧后吊起；被石块卡住时，可用上法提出冲锤。

禁忌10 冲成梅花孔

现象、危害性 冲成的孔断面形状不规则，呈梅花形。产生原因是：冲孔时转向环失灵，冲锤不能自由转动；泥浆太稠，阻力太大；或提锤太低，冲锤得不到转动时间，换不了方向、角度便又被落下，致使成孔很难改变冲击位置，致使孔径、孔形不符合设计要求。

防治措施 成桩过程中，应经常检查，检修转向吊环，使保持灵活；操作时要勤掏渣，并适当降低泥浆的稠度；保持适当的提锤高度，必要时铺以人工转动；用低冲程时，隔一段时间更换高一些的冲程，使冲击锤有足够的转动时间，防止出现、断面形状不规则桩孔。

禁忌 11 钻孔排渣不畅，泥浆密度过大

现象、危害性 钻进成孔时，排渣不通畅，大量泥块、沉渣不能及时排出，使泥浆密度过大，在钻头周围糊满了粘土（俗称粘钻），使刀具钻进时碰不到孔壁，土体切削不下来，导致钻机钻进不进尺。

防治措施 从孔壁切削下来的土块沉渣要用正或反循环力及时排除孔外，并补充新鲜泥浆，降低孔内泥浆密度。施钻时，注意控制钻进速度，不使过快或过慢。已糊的钻头，可提出孔外，清除钻头上的泥块后重新继续钻进。

禁忌 12 钻进时泥浆大量流失

现象、危害性 在成孔过程中或成孔后，泥浆大量向孔外漏失。产生原因是：遇到透水性强或有地下水流动的土层；或护筒埋设太浅，回填土不密实或护筒接缝不严密，导致在护筒刃脚或接缝处漏浆；或孔内泥浆面过高使孔壁渗浆等，由于孔内泥浆向孔外流失，会造成孔内泥浆的标高低于孔外的地下水位，使内外水头不平衡而引发坍孔。

防治措施

1）加稠泥浆或倒入粘土，慢速钻进；或在回填土内掺片石、卵石，反复冲击，增强护壁。

2）在有护筒范围内，接缝处可用棉絮堵塞，封闭接缝，稳住水头。

3）在容易产生泥浆渗漏的土层中应采取维持孔壁稳定的措施。

4）在施工期间护筒内的泥浆面应高出地下水位 1.0m 以上，在受水位涨落影响时，泥浆面应高出最高水位 1.5m 以上。

禁忌 13 钻进时钻头脱落

现象、危害性 钻进时钻头脱落掉入孔内。产生原因是：钢丝绳在转向装置连接处被磨断，或在靠转向装置处被扭断或绳卡松脱；或转向装置与顶锥的连接处脱开或冲锤（锥）本身在薄弱截面处折断等，导致成孔不能进行。

防治措施 用打捞活套打捞；或用打捞钩打捞；或用冲抓锥来抓取掉落的冲锥；勤检查易损部位和机构。

禁忌 14 成孔时出现坍孔

现象、危害性 在成孔过程中或成孔后，孔壁发生坍落，造成钢筋笼放不到底，桩底部有很厚的泥夹层。产生原因有：泥浆密度不够，起不到护壁作用；或孔水头高度不够或孔内出现承压水，降低了静水压力；护筒埋置太浅，下端孔坍塌；或在松散砂层中钻进，进尺和转速过快或停在一处空转时间太长；冲击

（抓）锤（锥）或掏渣筒倾倒，撞击孔壁等，导致孔底存在很厚的泥渣，扩孔率增大，降低桩承载力。

防治措施

1）在松散砂土或流砂中钻进时，应控制进尺，选用较大密度、粘度、胶体率的优质泥浆护壁，或投入粘土掺片石、卵石，低锤密击，使粘土膏、片、卵石挤入孔壁，泥浆密度可参考表6-9使用。

表6-9 各类土层中的冲程和泥浆密度选用表

项次	项　目	冲程/m	泥浆密度/（t/m³）	备　注
1	在护筒中及护筒脚下3m以内	0.9～1.1	1.1～1.3	土层不好时宜提高泥浆密度，必要时加入小片石和粘土块
2	粘土	1～2	清水	或用稀泥浆，经常清理钻头上泥块
3	砂土	1～2	1.3～1.5	抛粘土块，勤冲勤掏渣，防坍孔
4	砂卵石	2～3	1.3～1.5	加大冲击能量，勤掏渣
5	风化岩	1～4	1.2～1.4	如岩层表面不平或倾斜，应抛入20～30cm厚块石使之略平，然后低锤快击使其成一紧密平台，再进行正常冲击，同时加大冲击能量，勤掏渣
6	塌孔回填重成孔	1	1.3～1.5	反复冲击，加粘土块及片石

2）如地下水位变化过大，应采取增高泥浆面，增大水头。

3）复杂地质应加密探孔，以便预先制定出技术措施，施工中发现坍孔时，应停止钻进，采取相应措施后再继续钻进，如加大泥浆密度稳定孔壁，也可投入粘土、泥膏，使钻机空转不进尺进行固壁。

4）如发现孔口坍塌，应查明位置，将砂和粘土（或砂砾和黄土）混合物回填到坍孔位置以上1～2m，如坍孔严重，应全部回填，待沉积密实后再进行钻孔。

禁忌15　钻孔出现偏移、倾斜

现象、危害性　成孔后不直，出现较大的垂直偏差。产生原因有：桩架不稳，钻杆导架不垂直，钻机磨损，部件松动，或钻杆弯曲，接头不直；或土层软硬不均；钻机成孔时，遇较大孤石或探头石，或基岩倾斜未处理，或在粒径悬殊的砂、卵石层中钻进，钻头所受阻力不匀，使钻头偏离方向等，导致桩孔倾斜，垂直度超偏，降低桩的承载力。

防治措施

1）安装钻机时，要对导杆进行水平和垂直校正，检修钻孔设备，如钻杆弯曲，及时调换或更换；遇软硬土层、倾斜岩层或砂卵石层应控制进尺，低速钻进。

2）桩孔偏斜过大时，可填入石子、粘土重新钻进，控制钻速、慢速上下提升、下降，往复扫孔纠正；如遇探头石，宜用钻机钻透；用冲击钻时，宜用低锤密击，把石块击碎；遇倾斜基岩时，可投入块石，使表面略平，再用冲锤密打。

禁忌 16　成孔后出现缩孔

现象、危害性　成孔后出现孔径小于设计桩孔径。产生原因是：塑性土膨胀，造成缩孔；或选用成孔机具、工艺不合理，导致桩直径达不到设计要求，降低桩的承载力。

防治措施

1）采用上下反复扫孔的方法，以扩大孔径。

2）根据不同土层，选用相应的机具和工艺。

3）成孔后立即验孔，安放钢筋笼，浇筑桩身混凝土。

禁忌 17　在稳定性差的土层中，采用空气吸泥清孔

现象、危害性　在稳定性差的软弱、松散土层中，采用空气吸泥清孔，由于吸力作用会扰动土壁，造成坍孔。

防治措施　对孔壁稳定性差的桩孔，应用泥浆泵吸正循环、泵举反循环或抽渣筒清孔。

禁忌 18　钻进中不定时检测孔深和孔径

现象、危害性　成孔时，只管钻进，不定时检测孔深和孔径，桩孔直径和垂直度偏差，在成孔后深度已很深的情况下，就很难以纠正，影响成桩质量，降低桩的承载力。

防治措施　桩成孔每钻进 4～5m，应检验一次孔径、垂直度和孔深，发现超偏及时纠正；遇到容易缩孔，坍孔的地段或更换钻头时，要加强检孔，造孔质量问题发生在深度不大的部位，易于及时采取措施纠正。

禁忌 19　粘性土层出现糊钻，不进尺

现象、危害性　在粘性土层钻进时，泥块糊（抱）住钻头，难以钻进，或只钻进，不进尺。造成原因有：粘土被钻头强力搅拌粘附在钻头上，产生抱钻、糊钻；或钻土合金刀具安装角度不适当，刀具切土过浅，泥浆密度过大，钻头配重过轻等，导致不能钻进。

防治措施

1）严格控制泥浆的粘土增大，加强排渣；适当向孔内投入部分砂砾，防止抱钻、糊钻。

2）适当安装刀具角度、形状、排列方向，加大配重。

3）糊粘时，可提出钻头，清除泥块后，再施钻。

禁忌 20 钢筋笼偏位、变形、上浮

现象、危害性 钢筋笼变形，保护层不够，深度，位置不符合设计要求；混凝土浇筑时，钢筋笼上浮。产生原因有：钢筋笼过长，未设加劲箍，刚度不够，造成变形；钢筋笼上未设垫块或耳环控制保护层厚度；或桩孔本身偏斜或偏位；钢筋笼吊放未垂直缓慢放下，而是斜插入孔内；孔底沉渣未清理干净，使钢筋笼达不到设计深度；当混凝土面至钢筋笼底时，混凝土导管埋深不够，混凝土冲击力使钢筋笼被顶托上浮等，导致影响桩的承载力；处理费工费时。

防治措施 钢筋笼过长，应分 2～3 节制作，分段吊放，分段焊接或设加劲箍加强；在钢筋笼部分主筋上，应每隔一定距离设置混凝土垫块或加焊耳环控制保护层厚度；桩孔本身偏斜、偏位应在下钢筋笼前往复扫孔纠正；孔底沉渣应置换清水或适当密度泥浆清除；浇筑混凝土时，应将钢筋笼固定在孔壁上或压住；混凝土导管应埋入钢筋笼底面以下 1.5m 以上。

禁忌 21 钢筋脱落，不及时处理

现象、危害性 混凝土灌注过程中，发生钢筋脱落掉入混凝土内被掩埋，桩顶没有钢筋。造成原因是：钢筋笼顶部未在孔口支承锚固牢靠，浇灌混凝土时，由于钢筋自重和混凝土下料，导管插捣荷载的作用，使钢筋笼脱落沉入桩下部混凝土内，从而导致削弱灌注桩承受水平力的能力，桩与基础底板缺少锚固钢筋，挖桩补救费工费时效果差。

防治措施

1）发现钢筋笼脱落，应立即报告，如仅桩上部有钢筋笼，可挖桩用倒链将钢筋笼提起，在孔口固定牢靠后，重新浇筑振捣混凝土。

2）如钢筋笼很长，挖桩提起困难，可枪扎一个下小上大的钢筋笼，其长度应保持与原已下沉钢筋笼顶部搭接长度不少于 1.0m，从导管外将钢筋笼套入桩孔，插入已浇的混凝土内，继续浇捣完毕。

禁忌 22 小桩径用大导管灌注水下混凝土

现象、危害性 桩径小于等于 600mm 时，用直径偏大的 250mm 的灌注导管输送混凝土，由于导管与钢筋笼之间间距很小（仅 80～90mm），稍有偏斜，间距更小，浇注混凝土时可能会发生拌合料从间距中间泛不上来发生堵塞导致断桩，再因间距小，在拆卸导管时，容易钩住钢筋笼，使钢筋笼上浮。

防治措施 桩径小于等于 600mm 时，应用直径 200mm 的灌注导管输送混凝

土，以保证浇捣质量。

禁忌 23 导管连接不严密，出现渗漏水

现象、危害性 导管与导管之间接头连接不严密，产生向导管内渗透水情况。造成桩孔内护壁泥浆渗漏入导管内，污染混凝土，增大水灰比，降低混凝土强度，导致水下灌注混凝土失败。

防治措施 新导管使用前，要试拼装，并通水试压（压力为 0.6～1.0MPa）合格，才可下孔使用。旧导管使用，导管连接要严密，导管与密封圈的型号要相适应匹配，每次接导管前要检查密封圈的完好程度，损坏的应更换；拆卸下来的导管应及时将管口和内壁全部清洗干净，严防用后不清洗，用时再敲打除去水泥浆渣，损坏导管的连接口，造成连接口渗漏水。

禁忌 24 灌注导管底口距桩底距离过小

现象、危害性 混凝土灌注导管安装，管底口距桩孔底距离过小，灌注混凝土时，隔水栓（塞）不能顺利从导管底部排出，或刚免强排击，混凝土不能顺利排出，将导管底部埋入混凝土内，而导致初灌失败。

防治措施 可在控制隔水栓不下落的情况下适当把导管上提，使隔水栓和混凝土快速排出，将导管下端埋入混凝土内，然后转入正常操作。安装导管底口必须保持离开桩孔底部有 300～500mm 的距离。

禁忌 25 用袋装砂子代替隔水栓使用

现象、危害性 为图施工方便，采用麻袋或编织袋砂子代替混凝土隔离栓（塞）使用。由于砂袋易被划破，往往难以起到隔水栓作用，导致混凝土夹泥；同时砂袋会吸饱水泥浆，不易顺利排出，会造成堵管。

防治措施 应采用预制圆柱形混凝土隔水栓（塞）或球胆作隔水栓。前者系用 8 号铁丝吊在导管口，上盖一层砂浆，待导管内装混凝土达一定量后，剪断铁丝，混凝土栓下落埋入混底部混凝土中；后者预先塞在混凝土下料漏斗下口，当混凝土下入导管后，将球胆从导管下口压出漂浮在泥浆表面。两种隔水栓塞均能起到良好的隔水效果，而且较易顺利排出。

禁忌 26 桩孔底部不清理，沉渣厚度超过规定

现象、危害性 灌注桩成孔后，孔底常积有大量沉渣，如不清除，或仅作简单清孔，沉渣厚度仍超过规范允许沉渣厚度，成桩后会降低桩的承载力，导致建（构）筑物附加沉降大。

防治措施 成孔后应清除孔底沉渣和沉淀物。清沉渣方法是：对冲击钻（冲

抓锥）成孔，可使用底部带活门的钢抽渣筒，反复掏渣，将孔底淤泥、沉渣清除干净；密度大的泥浆借水泵用清水置换使密度控制在 1.15～1.25t/m³ 之间。对回转钻（潜水电钻）桩孔，可采用循环换浆法，即让钻头继续在原位空转，将泥块破碎成细小颗粒，继续注水，用反循环方式清水换浆（系原土造浆），使泥浆密度控制在 1.1t/m³ 左右；如土质较差时，则宜用泥浆循环清孔，使泥浆密度控制在 1.15～1.25t/m³，并保持浆面稳定；好孔壁土质较好，则可用空气吸泥机用正循环方式清孔，排除沉渣。清孔一般在钢筋笼安装前进行，在下钢筋笼后，混凝土浇筑前，再测一次孔底沉渣厚度，如不合要求，再二次清孔。测孔底沉渣厚度一般用优质测绳下挂 0.5kg 重铁砣或用沉渣仪进行。灌注桩沉渣允许厚度；端承桩应小于或等于 50mm；摩擦桩应小于或等于 150mm。

禁忌 27　用混凝土泵车出料管直接与导管连接灌注混凝土

现象、危害性　用商品混凝土灌注桩混凝土时，如用混凝土泵车的出料管直接与导管连接下料，由于泵车出料管一般直径为 150mm，导管最小直径为 200mm，直接下料会造成混凝土初灌量不足，导管埋入混凝土深度不足，使导管内混凝土柱与管外泥浆柱压力不平衡，会导致混凝土夹泥或堵管，甚至造成断桩。

防治措施　在导管口上加设一个初灌贮料斗，混凝土装满初灌贮料斗后，放松隔水栓塞和泵车输送混凝土同时动作，使初灌贮料斗内混凝土下完前，泵管混凝土已连续供应下料，待导管已埋入混凝土内 1m 以上时即可把初灌贮料斗卸走，使导管与泵管直接连接下料，直至需提升导管时暂停供料。

禁忌 28　提升拆除导管时，不测量导管内外混凝土面标高

现象、危害性　提升、拆卸混凝土导管时不测量管内外混凝土面的实际标高，就不知桩孔内已浇筑的混凝土面标高，无法计算出导管需提升拆除的高度，盲目随意拔动，会使导管提升拆除不足，下料困难，或脱离混凝土面，而造成断桩。

防治措施　提升拆除导管前，应仔细测定导管内外混凝土面的标高，计算出导管埋入混凝土内实际长度，再拔动卸除导管，导管埋入混凝土内的长度要始终保持不小于 2.0m，以确保桩身混凝土连续。

禁忌 29　出现吊脚桩

现象、危害性　成孔后，桩身下部局部没有混凝土或夹有泥土。产生原因是：清孔后泥浆密度过小，孔壁坍塌或孔底涌进泥浆或未立即灌混凝土；或清渣未净，残留沉渣过厚；或吊放钢筋骨架导管等物碰撞孔壁，使泥土坍落孔底等，从而导致出现吊脚桩，降低桩的承载力，加大建（构）筑物的附加沉降。

防治措施

1）做好清孔工作，达到要求立即灌注桩混凝土，控制间歇不超过4h。

2）注意控制泥浆密度，同时使孔内水位经常保持高于孔外水位0.5m以上，以防止坍孔。

3）施工中注意保护孔壁，不让钢筋笼或导管等碰撞，造成孔壁坍塌。

禁忌30　出现断桩

现象、危害性　水下灌注混凝土，桩截面上存在泥夹层，造成断桩。产生原因有：首批混凝土浇筑不成功，再灌上层出现一层泥夹层而造成断桩；或孔壁塌方将导管卡住，强力拔管时，使泥水混入混凝土内；导管接头不良，泥水进入管内；或施工时突然下雨，泥浆冲入桩孔；或采用排水方法灌注混凝土，未将水抽干，地下水大量进入，将泥浆带入混凝土中造成夹层等，从而导致破坏桩整体性，降低强度，严重影响桩承载力。

防治措施

1）力争首批混凝土一次浇灌成功；钻孔选用较大密度和粘度、胶体率好的泥浆护壁；控制进尺速度，保持孔壁稳定。

2）导管接头应用方螺纹连接，并设橡皮圈密封严密；孔口护筒不使埋置太浅；下钢筋笼骨架过程中，不使碰撞孔壁；施工时突然下雨，要力争一次性灌注完成。

3）灌注桩孔壁严重塌方或导管无法拔出形成断桩，可在一侧补桩；深度不大可挖出，对断桩处作适当处理后，支模重新浇筑混凝土。

禁忌31　混凝土灌注桩实际桩顶标高等于设计桩顶标高

现象、危害性　混凝土灌注桩灌筑完后，桩顶实际标高等于设计桩顶标高。由于桩顶顶部的混凝土中一般都夹有沉渣和泥浆及混凝土因振捣骨料下沉产生的水泥砂浆层，强度比设计强度低很多，如直接锚入基础承台中将存在渗漏水隐患，并严重影响承载力。

防治措施　混凝土灌注桩桩顶浇筑标高应高于设计桩顶标高。当0.05倍设计桩长小于2m时，实际浇捣桩长按等于设计桩长加2m；当0.05倍设计桩长大于2m时，实际浇捣桩长按等于设计桩长加5%设计桩长予以控制。使桩浇筑完毕，将顶部夹有沉渣，泥浆和浮浆层的软弱混凝土凿去后，其桩顶标高正好等于设计标高，以确保桩顶与基础平台的锚固质量。

6.5.2　干作业成孔灌注桩

干作业成孔灌注桩是指不用泥浆和套管护壁情况下，用机械钻或人工钻具成

孔，下钢筋笼，灌注混凝土成桩。具有不用护壁，施工无噪声、无振动，无泥浆污染，机具设备简单，施工速度快、费用低等优点。适用于地下水位以上的一般粘性土、粉土、黄土以及密实砂土层中使用。干作业成孔灌注桩按成孔机具设备和工艺方法的不同又分：螺旋钻成孔灌注桩、螺旋钻成孔扩底灌注桩、钻孔压浆灌注桩、旋挖成孔灌注桩等数种。

禁忌 1 钻机（架）不平稳，不垂直

现象、危害性 钻机（架）安装不平稳、牢固，机架钻杆不竖直，出现偏斜。产生原因是：场地凹洼不平，土质松软，未整平夯（压）实；钻机未设调平装置；机架导杆不竖直，钻杆弯曲等，导致成孔不规整、偏斜。

防治措施 保持场地平整、坚实，排水良好；钻机需备有底盘调平装置；调整导架垂直度；将弯曲钻杆调直，保持钻杆不直不钻进。

禁忌 2 成孔后局部塌孔

现象、危害性 成孔后孔壁局部塌落。造成原因有：在砂砾石、卵石或软塑淤泥质土夹层中成孔，土层不易直立，易塌孔；局部有上层滞水渗漏作用，使该层土塌坍；成孔后没有及时浇筑混凝土；再出现饱和砂或干砂的情况下也易塌孔，导致成孔困难，孔底存在较多泥土，影响成桩质量。

防治措施

1）在砂砾石、卵石或软塑淤泥质土层中成孔，宜采用套管法成孔，或成孔后下套管。

2）采取降排水措施将上层滞水排走。

3）成孔后要立即下钢筋笼、灌注混凝土。

4）已塌孔，可用低强度等级混凝土或3:7灰土填至塌孔以上 1m，待混凝土初凝后再钻孔至设计要求深度，使起到护壁作用。防止继续坍塌。

禁忌 3 桩孔垂直度偏差过大

现象、危害性 桩孔垂直度偏差不符合规范要求，偏斜超过 0.5%。产生原因有：遇坚硬障碍物，将钻杆挤向一边；场地未整平，造成桩架导向杆不垂直；钻杆不直，采用多节钻杆时不在同一直线上，或钻头的定位桩尖与钻杆中心线不在同一轴线上；或钻机不平稳，施钻时晃动，导致降低桩的承载力。

防治措施

1）遇坚硬障碍物应在事前清除，或用爆破方法炸碎或避开。

2）安装钻机场地要整平压实；钻机导向杆要吊线找直、垫正，避免使用不符合要求的钻杆及钻头，发现不直或上节及钻头与钻杆不在同一轴线上要及时更

换，钻进中随时校正钻杆的垂直度，钻机应保持平稳；如发现倾斜，可素土或3:7灰土回填夯实，重新钻孔。

禁忌4 钻孔时不及时清除孔口排出土

现象、危害性 钻孔时，孔开排出土不及时清理，积土多时会掉入孔内，增添孔底虚土厚度，导致建筑物附加沉降增大，影响桩承载力。

防治措施 钻孔前，在孔口设护筒，高出自然地面，使钻出的土方排在护圈以外，并定时清理运走，不使堆积高度超过护圈，严格控制钻机排出的土回落桩孔内。

禁忌5 孔底虚土超标

现象、危害性 孔底积存虚土超过规范允许标准，即应不大于100mm。产生原因有：遇各种松软易坍塌土层；钻杆弯曲，使孔颈增大；或螺旋钻头叶片的螺距或倾角太大，使土易滑落孔底；孔口未及时清理干净，提钻时回落孔内；或孔口吊放钢筋笼或下料漏斗时，孔口土或孔壁土被碰撞掉入孔内；施工工艺选用不当；成孔后未及时灌注混凝土，被雨水冲刷或浸泡等，造成桩承载力下降，建筑物附加沉降加大。

防治措施

1）仔细查明地质情况，避免在松软易坍孔地区采用干作业成孔工艺。

2）钻杆弯曲及时更换；钻孔提出的土及时清理，避免在孔口堆土；成孔后及时清孔，孔口用盖板盖好；混凝土下料漏斗及钢筋笼应竖直放入孔内，防止碰坏土壁；当天成孔后，当天灌注桩混凝土。

3）对不同地质条件可采用以下不同的成孔工艺：①一次钻至设计标高后，原位旋转片刻再静拔钻杆；②一次钻至设计标高以上1m，提钻甩土，然后再钻至设计标高，轻拔钻杆；③钻至设计标高后，边旋转边提钻杆。

4）虚土较多，可按上述工艺重复操作二次或用勺、钻清理孔底虚土，虚土较少可先下部分混凝土，用125kg重铁锤夯实10～15次，锤高不少于0.8m；或孔底灌入水泥浆使其形成水泥土，以提高强度。

禁忌6 钻进困难或无法钻进

现象、危害性 钻进时很困难，或无法钻进。产生原因有：遇到坚硬土层，如硬塑粉质粘土、灰土或遇地下障碍物，如孤石、大石块、砌体、混凝土块等；钻机设备功率不足，钻头倾角、转速选择不当；或钻进速度太快或钻杆倾斜太大造成卡钻等，导致难以成孔。

防治措施

1）遇坚硬土层或障碍物防治措施同禁忌3“桩孔垂直度超偏”部分。

2）根据工程地质条件，选用适合的钻机、钻头、钻速、钻进时，钻杆、导架要直，并控制钻进速度。

3）遇孤石、块石时，钻进困难可采取清除障碍物，避开或用炸药爆碎等方法处理（图6-5）。

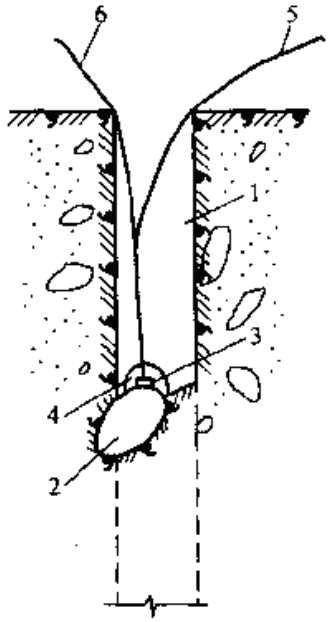


图6-5 桩孔内孤石、大块石爆破处理

1—桩孔 2—孤石或大块石 3—药包（100～200g）

4—泥团护盖 5—引爆线 6—提绳

禁忌7 扩底切削土体时，设备超负荷进行作业

现象、危害性 在扩底切削土体时，切削深度太大，引起设备电流值和电压值超负荷运行操作，会损坏机械设备，导致成孔不能一次完成，停顿调换设备易发生坍孔。

防治措施 扩孔刀片扩孔时，要根据设备电流值和油压值来调整进刀量，不能只管追求进度而采用进刀深、切土量大的作业方法；应采取一面控制电流值和油压值来调节进刀片的深度，一面进刀切削的方法，使能保持正常作业。

禁忌8 不清底扫孔，不放护孔漏斗，就下钢筋笼

现象、危害性 钻孔扩底完毕，不清除掉扩底掉落在孔底的虚土，不在孔口放护孔漏斗，就沉放钢筋笼，会碰坏孔口，使泥土掉入孔底，加厚了虚土，成桩后会导致建筑物附加沉降量加大，桩承载力降低。

防治措施 桩孔扩底直径和深度符合设计要求后，应清底扫孔，使桩底虚土厚度小于规范规定。下钢筋笼前，放护孔漏斗，下完钢筋笼后，再次测定孔底虚

土厚度，合格后再浇注桩混凝土。

禁忌 9 桩身混凝土质量差

现象、危害性 桩身表面有蜂窝、空洞、夹层或分段级配不均。产生原因有：混凝土未分层下料，边灌边振捣，使桩身混凝土不密实；或下钢筋笼、灌注混凝土时，孔壁受到碰撞、振动，孔壁土塌落在混凝土中，造成土夹层；或混凝土配合比控制不严，坍落度不匀，下料高度过大，混凝土产生离析，造成桩身混凝土级配和强度不均等，从而导致桩强度达不到设计要求，降低桩的承载力。

防治措施 混凝土灌注应分层下料、边灌边振捣；放钢筋笼、灌注桩混凝土时，注意避免碰撞土壁，造成土夹层；认真控制混凝土骨料级配、配合比、坍落度；设串筒或导管下料，防止产生离析和混凝土强度不均。

禁忌 10 桩孔形不完整

现象、危害性 桩孔形不符合设计要求，出现豁口、“梅花”孔等情况。造成原因是：成孔的垂直度偏差过大或孔径小于扩孔器直径，导致在放扩孔器时破坏了孔形；扩孔时由于切削土量过多，储土筒内贮存不下而存于扩孔刀片中，致使刀片收不拢，在强制提出扩孔器时将孔形破坏；或扩孔器发生故障或扩孔刀片连杆机构中夹有石子，使扩孔刀片合不拢，提出扩孔器破坏了孔形；或由于地质原因出现塌孔或缩孔等，导致孔形、尺寸出现较大偏差，不符合设计要求。

防治措施

1）钻直孔时，严格要求孔必须垂直，并使孔径略大于扩孔器的直径；扩孔刀片应缓慢张口，每次扩孔切削的土量以贮土筒填满为止，不可多切削土，致使扩孔刀片合不拢，一次扩孔达不到要求时，可进行二次或多次扩孔。每次提出扩孔器清理贮土筒内土的同时，应仔细清理扩孔器连杆机构部位的土。

2）对有可能出现塌孔或缩孔时可按本节禁忌 2“成孔后局部塌孔”或 6.5.1 节禁忌 16“成孔后出现缩孔”的防治措施处理。

3）扩孔刀片收不拢时，可反复做几次张开收拢的动作，尽可能把扩孔刀片中的土挤实，然后再提出扩孔器。每次扩孔的土应视贮土筒容量而定，不宜过多。

禁忌 11 桩顶位移偏差大

现象、危害性 在沉桩过程中，桩顶出现位移，偏差超过规范允许偏差。产生原因有：桩位放得不准，偏差过大；施工中桩位标志丢失或受挤压偏离，施工人员随意定位；桩位标志混淆搞错等，造成桩位错位较大；钻进时，机架移位；或遇探头石，大孤石受力不均，钻头、钻杆移位等，导致桩顶产生较大位移，使

群桩受力不均，产生不均匀沉降。

防治措施 认真按设计图纸放好桩位，做好明显标志，并定时做好桩位复查。施工时要按图核对桩位，发现丢失桩位或桩位标志以及轴线标志不清或损坏时，应由有关人员查清修复补上。轴线标志应按规范要求设置，并选择合理的行车路线，防止桩受挤压偏位；钻进时，机架要固定牢固；遇地下障碍物应采用钻孔等方式穿过。

禁忌 12 钻孔扩底桩混凝土不分段分层灌注

现象、危害性 钻孔扩底桩混凝土不分段分层进行，桩扩底部位没有认真仔细振捣，桩身混凝土由于深度大，不分段分层灌注也不易振实，从而导致桩混凝土差，降低桩的强度和承载力。

防治措施 钻孔扩底桩灌注混凝土第一次应到扩底部位的上顶面，振密实后，再分段分层灌注上部桩身混凝土，分层振捣密实，浇注至桩顶以下 5m 时，每层浇注高度应控制在 1.5m 以内，随浇随振实，以保证桩身完整和桩顶至桩底直径、几何尺寸正确及混凝土强度达到设计要求。

禁忌 13 桩身截面缺损

现象、危害性 桩身断面出现局部缺损。造成原因是护壁泥浆与混凝土的置换性不够好；泥浆的配比、密度、粘度、过滤性及物理、化学稳定性控制不严，管理不良等，导致桩径、外观质量达不到设计要求。

防治措施 选用与混凝土不相混合的护壁泥浆；加强泥浆配制管理，保证泥浆配合比及各项技术性能符合稳定性要求。

6.5.3 套管护壁成孔灌注桩

套管护壁成孔灌注桩简称套管成孔灌注桩，系用锤击打桩机或振动沉桩机，将带有活瓣桩尖或设置混凝土预制桩尖（靴）的钢管锤击或振动打（沉）入土中，然后边灌注混凝土，边用卷构机拔管或边振动拔管成桩。其工艺特点是：能适应较复杂地层，能用小桩管打较大截面桩，承载力大；有套管护壁，质量可靠；能沉能拔，施工速度快，效率高，操作简便安全等。适用于建筑地基土为一般粘性土、淤泥、淤泥质土、稍密的砂土及杂填土层中应用。

禁忌 1 沉管时预制混凝土桩尖被打入桩管

现象、危害性 沉桩时，预制钢筋混凝土桩尖的肩部宽度过小或桩尖强度不够，被锤击碎，导致桩尖被吞入套管，土体和泥水涌进套管内，造成成孔失败。

防治措施 桩尖制作，其外形尺寸，配筋及混凝土强度等级必须符合桩尖构

造图（图 6-6）要求。套管与桩尖的套合如图 6-7 所示，套管内壁的直径口要略大于桩尖肩上颈部的外径 d，并应密合防水，肩部应平整，防止向外斜肩，肩部留在套管外的宽度不小于 50mm，桩尖混凝土强度必须保证，使不致被锤击击碎桩尖而吞入套管内。当沉管灌注桩用于作围护桩，为使桩间少留间隙，桩尖肩部的长度在套管外壁可只留 20mm，但要提高桩尖混凝土强度，防止桩尖肩部被击碎。

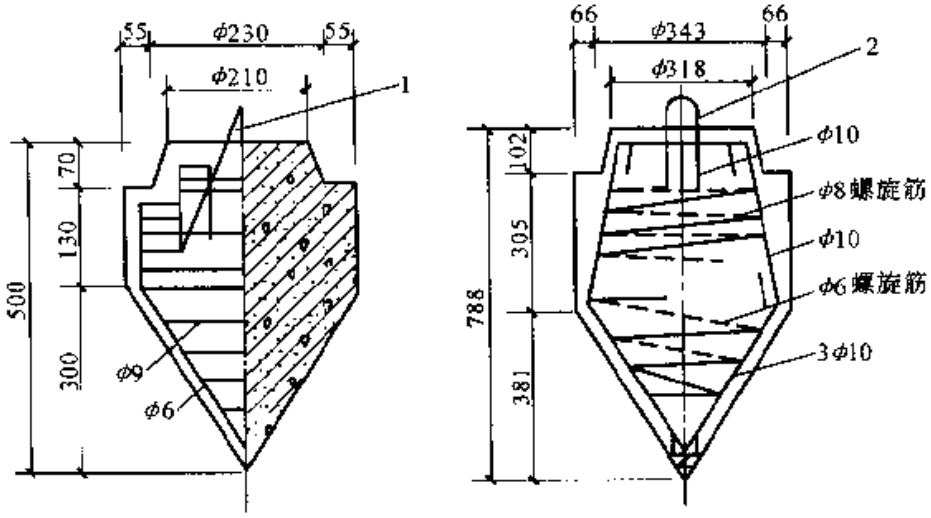


图 6-6　预制钢筋混凝土桩尖构造

1—吊钩 1φ6mm　2—吊环 1φ10mm

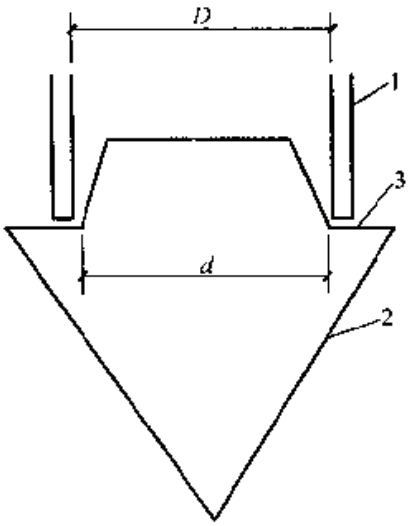


图 6-7　套管与桩尖套合图

1—套管　2—预制钢筋混凝土桩尖　3—预制桩尖肩部

D—套管内径　d—预制桩尖肩部上的颈部外径

禁忌2 桩尖进水和泥砂

现象、危害性 套管沉桩采用活瓣桩尖时，套管活瓣处涌水或泥砂进入桩管内。造成原因有：地下涌水量大，水压大；沉桩时间过长；桩尖活瓣缝隙大或桩尖被打坏等。导致成桩失败。

防治措施

1）制作桩尖（图6-8）必须活瓣密合，套管和桩尖安装时结合部位严禁有向下张口的缝隙，活瓣开启灵活，并有较高的强度和刚度，能承受锤击荷载而不被打坏。

2）地下涌水量大时，桩管应以0.5m高水泥砂浆封底，再灌1.0m高混凝土，然后沉入桩管，如仍有少量进水（小于20cm），可在第一罐混凝土中酌量减少用水量处理。沉管时间不要过长。

3）如桩尖损坏，活瓣不密合，可将桩管拔出，桩尖活瓣修复改正后，将孔用原土回填，重新打（沉）套管成孔。

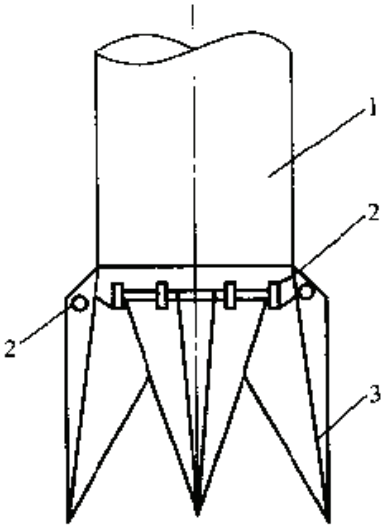


图6-8 活瓣桩尖构造示意
1—桩管 2—销轴 3—活瓣

禁忌3 沉管内灌注混凝土前，不进行管内质量检查

现象、危害性 沉管到设计标高后，不检查沉管内的成孔质量，就进行混凝土灌注。有可能造成套管内进水、进泥砂，甚至吞进桩尖不被发现，导致成桩质量事故，影响桩的承载力。

防治措施 桩沉管到达设计标高后，应立即检查套管内有无进水、进泥砂，或吞进桩尖，若没有即可放进钢筋笼，灌注混凝土，如有，则必须先将事故处理好后，再放钢筋笼，灌注混凝土成桩。

禁忌4 拔管速度过快或过慢

现象、危害性 桩管打(沉)到设计标高后，拔管速度过快，会拉裂混凝土，发生断桩；采用活瓣尖混凝土扩散、振实慢，在软弱土层拔管快，容易造成缩颈；桩管拔管过慢，此时桩周降低的摩阻力得到一定恢复，同时混凝土接近初凝，塑性降低，造成拔管困难，如强行拔管，也会使桩混凝土被拉裂，降低桩强度和承载力。

防治措施 打沉桩应按不同土质情况和桩尖形成确定拔管速度。混凝土灌入后，拔管速度要均匀，在一般土层内，拔管速度可控制在1.0～1.5m/min；在软弱土层拔管速度应控制在0.5～0.8m/min。当用预制桩尖时可用一般土层拔管速度加以控制；当用活瓣桩尖时宜以软弱土层拔管速度控制。

禁忌5 沉管采用倒打拔管时，中止倒打和轻击

现象、危害性 沉管采用倒打拔管时，中断倒打和轻击桩管，会导致混凝土不密实或被拉裂、降低桩强度和承载力。

防治措施 在拔管过程中要不断地倒打和轻击桩管，使混凝土得到振动密实；对单动汽锤为50次/min，自由落锤轻击为40次/min，直至管底拔击桩顶为止。

禁忌6 采用单打法拔管，先拔管后振动

现象、危害性 采用单打法施工时，桩管内灌满混凝土后，采取先拔管后振动，会使管内混凝土随拔管上升，造成桩混凝土不连续，桩身混凝土不密实，严重时会将桩拉裂出现断桩。

防治措施 桩管内灌满混凝土后，拔管时，先振动5～10s，再开始拔管，边振边拔，使混凝土密实，每提升0.5m停拔，振动5～10s后再拔管0.5m，再振5～10s，如此反复进行直至全部拔击桩顶为止。

禁忌7 复打法成桩，在混凝土初凝后进行

现象、危害性 复打法成桩，在混凝土已初凝后进行复打操作，混凝土会被打碎，破坏混凝土的粘结强度，降低桩身强度和承载力。

防治措施 采用复打法成桩，复打施工必须在灌注的混凝土初凝之前进行并复打完成。第一次灌注混凝土面应达到自然地面，前后两次沉管的轴线必须重合。全长复打入土深度应基本接近原桩长，局部复打加固应超过新桩或缩颈区1m以上。采用复打可使混凝土挤入土壁，增加摩阻力，扩大桩径，提高承载力。

禁忌8 反插法成桩时，桩全长用一拔一插作业

现象、危害性 采用反插成桩时，整个桩长用一拔一插操作法，会使桩端部分断面得不到有效扩大，影响桩的承载力提高。

防治措施 桩管灌满混凝土后，应先振动再拔管，每提升0.5～1.0m，再把桩管下沉0.3～0.5m（且不大于活瓣桩尖长度的2/3），在拔管过程中分段添加混凝土，使管内混凝土面始终不低于地表，或高于地下水位1.0～1.5m以上，如此反复进行直至地面。反插次数按设计要求进行，并应严格控制拔管速度不得大于0.5m/min，在桩尖的1.5m范围内，宜多次反插以扩大端部截面，提高承载力。

禁忌9 桩身出现缩颈（瓶颈）

现象、危害性 灌注混凝土后的桩身局部直径小于设计直径，呈现缩颈（又称瓶颈）。产生原因有：在地下水位以下或饱和淤泥、淤泥质土中沉桩管，土受

强制扰动挤压，局部产生较大孔隙水压力，当套管拔出时，混凝土强度高低，把部分桩体挤成缩颈；或在流塑淤泥质土中，由于下套管产生的振动作用，使混凝土不能顺利地灌入，被淤泥质土填充进来，而造成缩颈；或桩身间距过小，施工时受邻桩挤压；拔管速度过快，混凝土来不及下落，而被浮土填充；或混凝土过于干硬，和易性差，拔管时对混凝土产生摩擦力或管内混凝土量过少，混凝土出管的扩散性差而造成缩颈等；导致桩断面减小，强度和承载力达不到设计要求。

防治措施

1）施工时每次向桩管内尽量多装混凝土，借其自重抵销桩身所承受的孔隙水压力，一般使管内混凝土高于地面或地下水位 1.0～1.5m，使之有一定的扩散力；桩间距过小，宜用跳打法施工，以减少桩的相互挤压影响；沉桩宜采取“慢抽密击（振）”。

2）桩拔管速度不得大于 0.8～1.0m/min；桩身混凝土应用和易性好的低流动性混凝土灌注。

3）桩轻度缩颈，可采用反插法，每次拔管高度以 1.0m 为宜；局部缩颈宜采用半复打法；桩身多段缩颈宜采用复打法处理。

禁忌 10　出现断桩，桩身混凝土坍塌

现象、危害性　桩身局部残缺夹有泥土，或桩身的某一部位混凝土塌落，被土填充。产生原因有：桩下部遇软弱土层，桩成形后，还未达到初凝，在软硬不同的两层土中沉管，由于振动对两层土的波速不一致，产生剪切力将桩剪断；或拔管速度过快，混凝土尚未流出套管，周围的土迅速回缩，形成断桩；在流态的淤泥质土中，孔壁不能自立，灌注混凝土时，由于混凝土密度大于流态淤泥质土，造成混凝土在该层中塌落；或桩中心距过近，打邻桩时受挤压（水平力及抽管上拔力）断裂等，导致桩受到破坏，降低桩的承载力。

防治措施

1）采用跳打法施工，跳打应在相邻成形的桩达到设计强度的 60% 以上进行。

2）严格控制拔管速度，一般以 1.2～1.5m/min 为宜，对于松散性和流态淤泥质土，不宜多振，以边振边拔为宜。

3）已出现断桩，采用复打法解决；在流态的淤泥质土中出现桩身混凝土坍塌时，尽可能不采用套管护壁灌注桩；控制桩中心距不小于 3.5 倍桩直径；混凝土终凝不久，避免振动和扰动；桩中心过近，可采用跳打或控制时间的方法。

禁忌 11　桩管内混凝土拒落

现象、危害性　灌注完混凝土后拔管时，混凝土不从管底部流出，拔至一定高度后才流出管外，造成桩的下部无混凝土或混凝土不密实。产生原因有：在低

压缩性粉质粘土层中打拔管桩，灌完混凝土开始拔管时，活瓣桩尖被周围的土包围压住而打不开，使混凝土无法流出而造成拒落；或在有地下水的情况下，封底混凝土过干，套管下沉时间较长，在管底形成“塞子”堵住管口，使混凝土无法流出；或混凝土预制桩尖质量较差，强度不够，沉管时桩头被挤入套管内阻塞混凝土下落等，导致桩承载力降低，建筑物产生大量附加沉降。

防治措施

1）根据工程和地质条件，合理选择桩长，尽量使桩不进入低压缩性土层，严格检查预制桩尖的强度和规格，防止桩尖在施工时压入桩管。

2）在有地下水的情况下，混凝土封底不要过干，套管下沉不要过长，套管沉至设计标高后，应用浮标测量预制桩尖是否进入桩管，如桩尖进入桩管，应拔出处理，灌注混凝土后，拔管时应用浮标经常观测测量，检查混凝土是否有阻塞情况。

3）已出现拒落，可在拒落部位采用翻插法处理。

禁忌 12 桩身夹泥

现象、危害性 桩身混凝土内存在泥夹层使桩身截面减小或隔断。产生原因有：在饱和淤泥质土层中成桩，拔管速度过快，混凝土骨料粒径过大，坍落度过小，混凝土还未流出管外，土即涌入桩身，造成桩身夹泥；或采用翻插法时，翻插深度太大，翻插时活瓣向外张开，使孔壁周围的泥土挤进桩身，造成桩身夹泥；或采用复打法时，套管上的泥土未清理干净，而带入桩身混凝土内等，导致桩截面达不到设计要求，承载力降低。

防治措施

1）在饱和淤泥质土层中成桩，注意控制拔管速度，混凝土集料粒径小于30mm及坍落度5～7cm，拔管速度以0.8～1.0m/min较合适；混凝土应搅拌均匀，和易性要好，拔管时随时用浮标测量，观察桩身混凝土灌入量，发现桩径减小时，应采取措施。

2）采用翻插法时，翻插深度控制不超过活瓣长度的2/3；复打时，在复打前应把套管上的泥土清除干净。

禁忌 13 出现桩身下沉

现象、危害性 桩成形后，在相邻桩位下沉套管时，桩顶的混凝土或钢筋笼下沉。产生原因是：新灌注的混凝土处于流塑状态，由于相邻桩沉入套管时的振动影响，混凝土集料自重沉实，造成桩顶混凝土下沉，土塌入混凝土内；或因钢筋的密度比混凝土大，顶部未锚固，受振动作用使钢筋或钢筋笼沉入混凝土等，导致桩顶部标高不够，抗水平承载力降低。

防治措施

1）在桩顶部位采用较干硬性混凝土；钢筋或钢筋笼放入混凝土后，上部用

管将钢筋或钢筋笼架起，支承在孔壁上，可防止相邻桩振动时下沉。

2）桩顶灌注混凝土后，指定专人铲去桩顶泥土、浮浆、杂物，重新补足混凝土。

禁忌 14 桩身混凝土超量

现象、危害性 灌注混凝土时，混凝土的用量比正常情况下大一倍以上。造成原因是：在饱和淤泥质软土中成桩，土受到扰动，强度大大降低，由于混凝土对土壁侧压力作用，而使土壁压缩，桩身扩大；或地下遇有土洞、坑坑、溶洞、下水道、枯井、防空洞等，导致浪费大量混凝土，使工程费用加大。

防治措施

1）在饱和淤泥质软土层中成桩；宜先打试验桩，如发现混凝土用量过大，应与设计人员研究，改用其他桩型。

2）加强沉桩部倍勘查，通过钎探查清工程范围内的地下洞穴，如发现洞穴，预先挖开或钻孔，进行填塞处理，然后再进行沉桩。

禁忌 15 出现吊脚桩

现象、危害性 桩下部混凝土不密实或脱空形成空腔。产生原因有：桩尖活瓣受土压实，拔管至一定高度才张开，孔底泥水混合或土坍落孔底；或混凝土过于干硬，和易性差，下落不密实形成空隙；预制桩尖被打碎缩入桩管内，泥砂与水挤入管中；地下水位太高，孔内水压较大，封底混凝土高度不足以抵住地下水渗入，使孔底出现松软土层等，导致桩附加沉降量大，承载力大幅下降。

防治措施 为防止活瓣不张开，可采取“密振慢拔”方法，开始拔管 50cm，可将桩管反插几下，然后再正常拔管；混凝土应保持良好和易性，坍落度不小于 5～7cm；严格检查预制桩尖的强度和外形尺寸，防止桩尖被打碎或压入桩管内；地下水位高时，应装入足够高度的封底混凝土，将地下水压住。

禁忌 16 桩达不到最终控制要求

现象、危害性 桩管下沉，沉不到设计要求的深度。产生原因有：遇到较厚的硬夹层或地下障碍物；实际持力层标高起伏较大，桩锤选用太小，使桩管沉不到设计要求的标高；或振动沉桩机的振动参数（如激振力、振幅、频率等）选择不合适或因振压力不够而使套管沉不下去；或选用套管长细比过大，刚度较差，在沉管时产生弹性弯曲而使锤击或振动能量减弱，不能传至桩尖处等，从而导致承载力达不到设计要求。

防治措施

1）认真勘察工程范围内的地下硬夹层及埋设物情况，遇有难以穿透的硬夹层，应用钻机钻透，或将地下障碍物清除掉。

2）根据工程地质条件，选用合适的沉桩机械和振动参数，沉桩时，如因正压力不够而沉不下去时，可用加配重或加压的办法来增加正压力；锤击沉管时，如锤击能力，可更换大一级的锤；套管应有一定的刚度，长细比不宜大于40。

禁忌17　夯压成形灌注桩，外管内不做防回淤封底处理

现象、危害性　夯压成形灌注桩，外管和内管夯到设计标高后，外管内不填混凝土作封底处理，当遇地下水或软弱土层，地下水和泥土便会涌入外管底部，形成软弱泥土夹层，导致建筑物产生较大附加沉降。

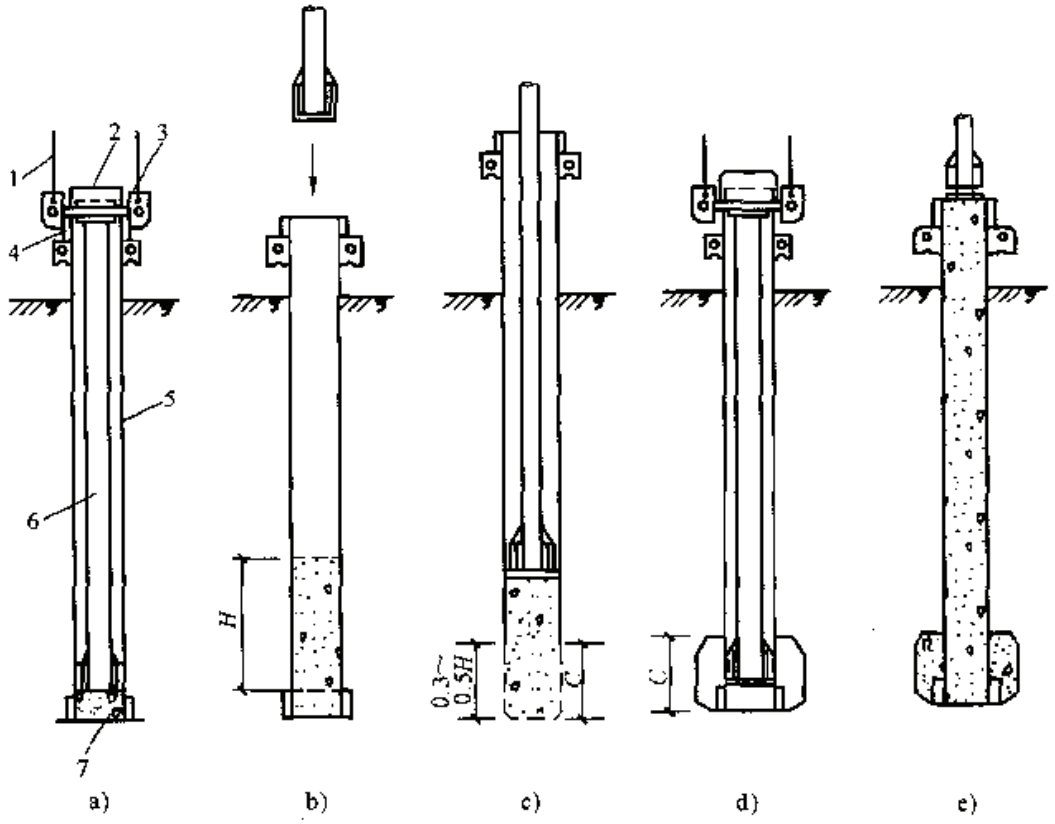


图6-9　夯压成形扩底灌注桩施工工艺程序

a）内外管同步夯入土层　b）提升内夯管、除去防淤套管，灌注第一批混凝土　c）插入内夯管，提升外管　d）夯扩　e）提升内夯管，灌注第二批混凝土，放下内夯管加压，拔起外管

1—钢丝绳　2—原有桩帽　3—特制桩帽　4—防淤套管　5—外管　6—内夯管　7—干硬性混凝土或干混凝土

防治措施

1）夯压成形灌注桩应严格认真按施工工艺程序（图6-9）进行。机架就位后，在桩位垫一层150～200mm厚与灌注桩同强度等级的干硬性混凝土，放下桩管，紧压在其上面作为封底混凝土，以防泥水回淤；当土质较好，亦可将外桩管和内套管套叠同步打入设计深度，拔出内夯管，灌入干硬性混凝土或无水混凝土，经内夯管夯实形成阻水、阻泥管塞，其高度一般为100mm，然后再按图6-

9b)、c)、d)、e）工序将桩施工完成。

禁忌 18 夯压成形灌注桩，封底后就下钢筋笼

现象、危害性 夯压成形灌注桩，封底后采取先下钢筋笼，后灌桩身混凝土，使施工工序逆作进行，导致形不成扩底端，影响桩底端承载力的提高。

防治措施 夯压成形灌注桩完成外管封底后，应先提起内夯管浇灌扩头部分混凝土，将内夯管放回外桩管中压在混凝土面上，并将外管拔起一定高度，再用桩锤通过内夯管将外桩管中灌入的混凝土挤出外管，将内外管再同时打至设计要求的深度，迫使其内混凝土向下部和四周基土挤压，形成扩大的端部，如上法分段浇灌混凝土到钢筋笼底标高，再下钢筋笼，再继续灌注混凝土到桩顶标高成桩为止。

禁忌 19 外管拔起与内管夯压不同步进行

现象、危害性 夯压成形灌注桩外管拔起与内管夯压不同步操作，会引起外管上拔把管壁上粘附的混凝土随管提升，使钢笼外面无混凝土保护层，或使混凝土与土体之间的振捣不密实，从而影响桩周摩阻力的发挥，降低桩的承载力。

防治措施 混凝土灌注后先锤击内夯管，边锤击边缓慢提升外管，使外管上混凝土被振下来，内夯管压于混凝土面将混凝土挤入桩四周土体，既可满足钢筋保护层要求，又可有效增强桩周摩阻力，提高桩承载力。

6.5.4 爆扩成孔灌注桩

爆扩成孔灌注桩是用钻机或爆扩成孔，再在孔底爆扩成球形扩大头后，浇筑混凝土成桩。具有桩性能好，能有效提高桩承载力，成桩工艺简便、快速、造价低等特点。适于一般粘土、粉质粘土中使用，在中密或密实的砂土、碎石土、杂填土中也可应用。

禁忌 1 桩孔出现偏斜或倾斜

现象、危害性 桩孔偏离或一端偏离桩轴线。产生原因是：钻孔机架不正和不稳，运输过程中发生移动或倾斜；或土质软硬不均，或成孔一侧有大孤石；或落锤提升高度过大；用力过猛等，导致桩垂直度不符合要求、受力偏心，降低桩承载力。

防治措施

1）机架安装要垂直、平稳、牢固；注意桩孔土质变化，随时检查处理，孔壁有大孤石应及时排除；控制落锤提升高度不大于 1.5m，用力不要过猛。

2）处理方法可用钢纤或洛阳铲修孔，或回填后重新成孔。

禁忌 2 出现拒爆（瞎炮）

现象、危害性 桩成孔或爆扩扩大头时，放入导孔或桩孔底部的药包，通电

引爆，炸药包不爆炸，形成瞎炮。造成原因有：炸药或雷管过期，受潮或受冻失效；或炸药包进水或引爆导线被折断或接线错误；在水中或潮湿桩孔内爆破，炸药包未进行防水处理；药包上未盖干砂保护，被混凝土冲坏；或引爆方法失当，造成爆失效。

防治措施

1）炸药和雷管要设专人负责和检查，药包内要放两个雷管；避免使用过期、受潮、受冻的炸药和雷管。

2）药包宜用防水材料包扎，导线用塑料管保护，避免进水、受潮；药包上要盖以干砂保护；不能用导线提药包，防止折断。

3）处理方法：可用竹杆或木杆，下端刻槽装炸药和雷管插入原药包附近，通电引爆，带动原药包同时爆炸，在原药包附近另打孔，装入炸药和雷管，引爆后带动原药包同时爆炸。

禁忌3 混凝土拒落（卡脖子）

现象、危害性 炸药爆炸形成扩大头后，但混凝土不从桩孔落下，造成拒落（又称卡脖子）。产生原因有：混凝土坍落度过小，骨料粒径过大；或第一次灌注混凝土量过多；或爆扩时混凝土已超过初凝时间，爆炸后所产生的气体扩散不开，混凝土被气体顶住而不能落下；或土质干燥或夹有软弱土层，引爆后产生缩颈将混凝土卡住而不能落下等。如不处理会导致成桩失败。

防治措施

1）选择适宜的混凝土坍落度和第一次浇灌量，骨料粒径控制不大于25mm；土质干燥先洒水再灌混凝土；遇软弱土层，应下套管护壁；混凝土控制在初凝前爆扩。

2）治理方法：用钢管或振捣棒强力将混凝土桶（或振捣）下去；用冲孔机械将混凝土冲下去；或用小钢管插入混凝土内放气；如因缩颈造成拒落，可用成孔机钻去缩颈泥土，重新灌注混凝土。

禁忌4 出现缩颈（淤孔）

现象、危害性 桩形成后局部出现缩颈（淤孔），直径小于设计要求。形成原因有：土质不好，有软弱土层、饱和软土，受挤压振动，泥土往孔内涌流；或拔管过急或邻桩爆扩影响；或爆扩大头时，瞬间挤压周围的土形成球颈，混凝土立即填充进去，直桩与扩孔交接处的土由于爆破时土的挤压而使直径挤小形成缩颈等，导致桩局部截面减小，影响桩的承载力。

防治措施

1）应采取快速成孔，快速浇灌；边成孔边下套管，或成孔后立即下套管；

往孔内填干土粉或石灰粉，以吸去软弱土中水分，或在孔内分层回填粘性土后，重新钻孔；拔管不应过急，相邻桩爆扩有影响时，采取群桩联爆。

2）已缩颈，可用掏泥工具修理，然后立即灌注混凝土；采用成孔机械重新成孔下套管，用不拔套管爆扩法爆扩大头；在桩孔缩颈部位放一段炸药条，四周填混凝土，同时扩大头，同时引爆排除缩颈。

禁忌5 出现偏头

现象、危害性 扩大头不在规定的桩孔位置正中心而偏向一侧。造成原因是：扩大头处土质不均匀；药包和雷管位置不正；或桩距过小，或引爆程序不当等，导致桩受力不均，产生偏心。

防治措施

1）选择土质较好的土层作扩大头持力层；包装药包时，雷管要垂直放于药包中心；药包放于孔底中心并稳固好。

2）治理方法：在偏头的后方孔壁放一小药包，再灌入少量混凝土进行补充爆扩。

禁忌6 桩孔回落土多

现象、危害性 孔口、孔壁的泥土坍落、回落，孔底虚土多。产生原因有：孔壁土质松散软弱，易于坍塌；邻桩爆扩振动影响；或孔口未作喇叭形，或盖口板受振，使孔口土方塌落；孔口孔壁被雨水冲刷或浸泡；或钻杆叶片对孔壁不均匀摩擦，使孔壁坍落；或成孔后，停歇时间过长等，导致桩承载力降低，建筑物产生较大附加沉降。

防治措施

1）在干松土层中成孔，提前1d浇水以增加粘着力或用套管护壁；相邻爆扩影响时，可两桩同时浇筑混凝土，或先爆一桩并进行第二次浇灌混凝土，再爆另一桩；雷管有导线的一端应向下，可减少回落土；孔口挖成喇叭口；当天爆扩的桩孔，当天浇筑混凝土。

2）治理方法：回落土少时，将土掏出；多者用成孔机械再次取土后下套管护壁；土与水混成泥浆时，可倒入适量干土粉或石灰粉，稍干后取出；或用小量炸药包于孔底引爆，扬弃泥浆或用成孔机械和辅助工具取出混凝土，掏出回落土，重新灌注混凝土。

禁忌7 出现浮爆

现象、危害性 扩大头爆扩位置不在桩底面，而出现在桩中部或顶部。造成原因是炸药包放到孔底后未压住，在灌注混凝土时浮到了混凝土面上或在桩身的

某部位引爆时，导致在桩身或桩顶爆扩，达不到设计桩形和承载力要求。

防治措施　当炸药包放到孔底后用砂或竹杆、钢管将炸药包固定住，待第一次混凝土灌注完后，再抽出竹杆或钢管进行引爆。

禁忌 8　用非爆破工进行爆扩施工

现象、危害性　用未经培训、考核合格的非爆破工进行爆扩桩、大头施工，由于无爆扩操作技能，不能确保桩身成孔和扩大头质量，并作到安全施工。

防治措施　桩爆扩施工应由经培训考试合格的爆破工进行操作。对炸药、雷管的贮存、运输和保管以及爆扩施工必须严格按照有关安全操作规程及制度执行。爆扩时，场地内人员应撤至安全地点。

禁忌 9　在含水量大的土层中爆扩，药包不作防水处理

现象、危害性　在含水量大的土层中爆扩，如不作防潮、防水处理，炸药、雷管，引爆线受潮、浸水将失去效用，不能起爆，会形去瞎炮，造成爆扩失败。

防治措施　在含水量大（大于 22%）、或桩孔内有水的土层中爆扩；炸药、雷管应用玻璃瓶或塑料薄膜两层紧密包裹防潮、防水；条形药卷应用玻璃管或薄透明塑料管装炸药和雷管；引爆线应用绝缘防潮、防水，并应尽快起爆。

禁忌 10　不在同一标高的相邻桩扩大头，不按程序施爆

现象、危害性　设在不同标高的相邻或串联爆扩头，不按先后程序进行，如相邻桩采取先爆深的，后爆浅的，或串联桩采取先爆浅的，后爆深的，会将后爆的扩大头部位土层松动破坏，降低桩的承载力。

防治措施　相邻扩爆桩当桩距大于爆扩影响间距时，可采用单爆方式，当桩距小于爆间距 $1.5D$（D 为扩大头直径）时宜采用联爆方式。当相邻桩不在同一标高时，引爆应先浅后深；串联桩引爆则应先深后浅，先爆扩深大头，插入下段钢筋骨架，浇下部混凝土至浇大头标处，然后爆扩浅扩大头，插入上段钢筋骨架灌注上部混凝土至桩顶。

6.5.5　人工挖孔灌注桩

人工挖孔灌注桩系采用人力挖孔，放钢筋笼，灌注混凝土成桩。其特点是：单桩承载力高，桩质量可靠，机具设备简单，操作简便；施工无振动，无噪声，无环境污染，可多桩同时施工，降低工程造价等。适用于高层建筑中桩直径 800mm 以上，少地下水的粘性土或含少量砂卵石、碎石的粘性土层中应用。

禁忌 1　人工挖孔时，井口不设护圈

现象、危害性 挖孔时，不在井口设混凝土护圈，井口土壁易于坍落，地面虚土和杂物会掉入井孔内，同时不好吊线、找正，控制桩孔开挖中心线和导向，会导致施工不安全，桩位中心线和垂直度得不到保证。

防治措施 应在桩顶设混凝土护圈，内径同桩外径，比自然地面高出200mm，防止掉土，深约1.0～1.2m，厚度为100～150mm；亦可利用上节井壁混凝土支护高出地面代替。

禁忌2 在软弱土层挖桩孔，不设混凝土护壁

现象、危害性 在软弱土层开挖桩孔，不设置混凝土护壁，孔周围土壁受侧向土压力和水压力的作用，易于坍落和向孔内渗漏水，工人在井内挖土，有被土打伤、掩埋和被水浸泡的危险，极不安全，同时井壁截面难以控制，影响成桩质量。

防治措施 在软弱土层挖桩孔，为防止坍孔、渗漏水和保证井下工人操作安全，直径1.2m以上桩孔应设混凝土支护，每节高0.9～1.0m，厚8～15cm，或加配适量直径6～9mm箍筋及竖筋，混凝土用C20或C25；挖孔时应预留出护壁厚度，保证设计的厚度。挖一节深桩孔，绑钢筋，浇筑一节混凝土护壁，如此循环作业直至完成。直径1.2m以下桩孔，由于土拱效应，土侧压力较小；井内操作空间有限，支模，浇筑混凝土支护困难，一般只井口砌半砖厚护圈，高1.2m，下部遇不良土层用半砖或1/2砖护砌。

禁忌3 挖孔遇坚硬土层，采用爆破方法松碎

现象、危害性 桩孔开挖遇坚硬土层采取打炮孔放炸药、雷管爆破的方法松动破碎后挖出，会振动损伤或破坏混凝土护壁，引起坍落，造成严重安全事故。

防治措施 桩孔开挖遇坚硬土层（如姜结石、硬质砂砾石层）或大弧石、大块石等，应用锤、钎、风镐破碎，严禁放炮。

禁忌4 出现塌孔

现象、危害性 在挖孔过程中，孔壁土方成片塌落。产生原因有：地下水渗流比较严重；混凝土护壁养护期内，孔底积水，抽水后，孔壁周围土层内产生较大水压差，从而易使孔壁土体失稳；或土层变化部位挖孔深度大于土体稳定极限高度；或孔底偏位或超挖，孔壁原状土体结构受到扰动、破坏，或松软土层挖孔，未及时支护等，导致发生塌孔事，影响工人人身、操作安全。

防治措施

1）有选择地先挖几个桩孔进行连续降水，使孔底不积水，周围桩土体粘聚力增强，并保持稳定；尽可能避免桩孔内产生较大水压差；挖孔深度控制不大于

稳定极限高度；并防止偏位或超挖；在松软土层挖孔及时进行支护。

2）对塌方严重孔壁，用砂、石子填塞，并在护壁的相应部位设泄水孔，用以排除孔洞内积水。

禁忌5　挖孔出现井涌（流泥、流砂）

现象、危害性　挖孔时，孔底下面的土产生流动状态，随地下水流一起涌入孔底。产生原因是：遇残积土、粉土，特别是均匀的粉细砂土层；当地下水位差很大时，使土颗粒悬浮在水中成流态泥土从井底上涌，引起孔底周围土沉陷，无法成孔。

防治措施

1）遇有局部或厚度大于1.5m的流动性淤泥和可能出现涌土、涌砂时，可采取将每节护壁高度减小到300～500mm，并随挖随支换，随浇筑混凝土，或采用有效的降水措施以减轻动水压力。

2）当挖孔遇流砂时，一般可在井孔内设高1～2m、厚4mm钢套护筒，直径略小于混凝土护壁内径，利用混凝土支护作支点，用小型油压千斤顶将钢护筒逐渐压入土中，阻挡流砂，钢套筒可一个接一个下沉，压入一段，开挖一段桩孔，直至穿过流砂层0.5～1.0m，再转入正常挖土和设混凝土支护。浇筑桩混凝土时，至该段，随浇混凝土随将钢护筒（上设吊环）吊出，或不吊出。

禁忌6　井孔内大量涌水，出现淹井

现象、危害性　挖孔时井孔内大量涌水，且无法排干，甚致整个井被水淹泡。产生原因是：井孔内遇较大泉眼或土渗透系数大的砂砾层；或附近地下水在井孔中集中，导致不能成孔。

防治措施　可在群桩孔中间钻孔，设置深井，用潜水泵降低水位，至桩孔挖完成，灌注混凝土成桩后，再停止降水，填砂砾封堵深井。

禁忌7　井孔护壁出现裂缝

现象、危害性　井孔护壁出现水平、垂直和斜向裂缝。产生原因有：护壁过厚，其自重大于土体的极限摩阻力，因而导致下滑，引起裂缝；或过度降水后，在桩孔周围造成地下水位大幅度下降，在护壁外产生负摩擦力；或由于塌方使护壁失去部分支撑的土体下滑，使护壁某一部分受拉而产生环向水平裂缝，同时由于下滑不均匀和护壁四周压力不均，造成较大的弯矩和剪力作用，而产生垂直和斜向裂缝等，会导致发生护壁受力不均被土体压坍，引发坍井事故。

防治措施

1）护壁厚度不宜太大，尽量减轻自重，在护壁内适当配ϕ10@200mm竖向

钢筋，上下节竖钢筋要连接牢靠，以减少环向拉力；桩孔口的护壁导槽要有良好的土体支撑，以保证其强度和稳固。

2）裂缝一般可不处理，但要加强施工监测、观测、发现问题，及时处理。

禁忌 8 出现截面大小不一或扭曲

现象、危害性 成孔后，出现截面大小不一致，桩孔局部超挖或欠挖或出现扭曲。产生原因是：挖孔时未每节对中量测桩中心轴线及半径；或土质松软或遇粉细砂层难以控制半径；或支护未严格控制尺寸等，导致桩截面不正或减弱，影响桩承载力。

禁忌 9 桩混凝土超量

现象、危害性 桩灌注混凝土时，混凝土的用量比正常情况下超出很多。产生原因有：挖孔时未每层控制截面，出现超挖；或遇有地下土洞、落水洞、下水道或古墓、坑穴；孔壁坍落，或成孔后间歇时间过长，孔壁风干或浸水剥落等，造成混凝土大量浪费，提高工程成本。

防治措施 挖孔时每层每节严格控制截面尺寸，不使超挖，遇地下洞穴，用 3:7 灰土填补、拍夯实；按本节禁忌 4“出现塌孔”一项防止孔壁坍落；成孔后 48h 内浇筑桩混凝土，避免长期搁置。

禁忌 10 挖孔与护壁不连续施工，间歇时间过长

现象、危害性 每节桩孔挖土与护壁不连续施工，一节土方挖完后，间歇很长时间才浇筑护壁，甚致每挖完两节土方，才浇筑一节混凝土护壁，导致井壁易产生变形坍塌。

防治措施 每节桩孔土方挖完后，应立即检验，绑扎钢筋，支工具式模板，浇筑混凝土护壁，做到当日挖完，当日浇完护壁。

禁忌 11 桩孔倾斜、桩顶位移偏差大

现象、危害性 桩孔倾斜超过垂直偏差及桩顶位移偏差过大。产生原因：桩位放线不准，偏差过大，施工中桩位标志丢失，施工人员随意定位；或挖孔过程中，未认真吊线，挖孔直径控制不严；或扩孔未按要求找中，支模时未吊中等，导致桩垂直度达不到设计要求，影响桩的承载力。

防治措施

1）应严格按图放桩位，并应有复测制度；桩位标志破坏，应放线补桩；挖孔过程中，应随时吊线锤，检查中心线，发现偏差过大，应及时纠正，每次支护壁模板都应吊线一次。扩底时，应从孔中心点吊线放扩底中心桩。

2）挖孔完毕后，应立即检查验收，紧接着进行下一道工序。吊放钢筋笼，浇筑桩混凝土，防止晾孔时间过长，造成塌孔。

禁忌 12 吊放钢筋笼与浇筑混凝土不当

现象、危害性 成孔后吊放钢筋笼未清底、变形大、吊装不顺利，标高有误，混凝土密实性差，保护层不均。产生原因有：下钢筋笼前未清理孔底的残渣虚土；桩孔局部垂直度超偏，挖孔、护壁不规格；钢筋笼局部变形过大，吊放过快、过猛，撞孔、刮孔，造成回落土增多；混凝土搅拌不均匀，坍落度忽大忽小，配合比不当，出现初凝或离析；或浇筑不连续，晾孔时间过长，出现局部塌孔，造成混凝土夹泥；或孔壁渗水，使混土水灰比加大等，导致桩质量差，强度降低。

防治措施

1）桩孔完毕验收后，应立即清除孔底回落土、吊放钢筋笼，保证有效桩长；吊放钢筋笼，要垂直缓慢，并采取适当加固措施，防止产生变形；下钢筋笼前，对超偏的护壁要进行处理，以保证顺利吊入，防止撞孔、刮孔。

2）保证混凝土配合比准确，坍落度均匀。浇筑混凝土应用溜槽或串筒、套管下灰；浇筑高度较大时，应用插入式振捣器振捣密实，或用套管上下翻插使达到密实。当浇筑扩底混凝土时，第一次应灌到扩底部位的底面，并振捣密实；浇筑桩顶以下 5m 范围内的混凝土，应随浇随振捣，每次浇筑高度不得大于 1.5m。护壁渗水量过大时，应采取措施，保证混凝土质量。浇筑混凝土要连续进行，不得过夜，以防间隔时间过长，导致局部塌孔，使混凝土产生泥夹层。

禁忌 13 不用溜槽、导管、串筒灌注和插入式振捣器振捣桩身混凝土

现象、危害性 桩身灌注混凝土不用溜槽、串筒下灰，水中灌注不用导管下灰，混凝土振捣不用插入式振捣器，水中灌注混凝土不用导管上下插捣。会造成混凝土离析，桩身强度不均匀，振捣不密实，降低桩周和桩端承载力。

防治措施 桩身灌注混凝土必须用溜槽布灰，高度大于 3m 时，应用串筒下灰，串筒离桩孔底或桩顶面的高度应不大于 2m；混凝土应随浇随振密实。水中灌注密实应用导管下灰，用导管上下插捣密实。

禁忌 14 开挖深桩孔，无应急安全设施

现象、危害 开挖深桩孔土方和施工混凝土护壁，没有应急的安全爬梯、不设置低压照明及通风设施，会造成操作人员在深井中作业，安全没有保证，当出现有坍孔迹象，人员无法撤至安全地带、碰到漏电会发生触电伤亡事故；井内通风不良，氧气不足，或有有害气体，会损害工人健康，危害人身安全。

防治措施

1）凡在深桩孔中作业，孔道内应设置应急爬梯，或井下人员用安全带，井口有人监护。井口应有活动安全盖板，工人带安全帽，以防土石或杂物掉入井内伤人。

2）井下应用36V安全灯照明，低压排水等设备，井上开关箱安装漏电保护器。

3）深井作业应设通风装置，保证通风良好。下井前应对井下空气进行监测，确定无有毒、有害气体后，带输氧设备下井作业，以确保操作人员安全。

禁忌15 桩端持力层达不到设计要求

现象、危害性 桩端夹泥，持力层未达到设计要求的岩土层，或桩端下有软弱下卧层。产生原因有：灌注混凝土前，对桩孔沉渣未彻底清除；扩大头斜面土体坍落；或对桩端持力层的岩土性质判断有误；或发生涌泥、流砂等现象，使挖孔作业无法进行到底，马虎收场；或地质条件复杂，而勘察又较粗糙，事前未作超前钻，验底时又未进行“探底”，致使软弱下卧层或软夹层未被发现，至钻孔取芯检查时才发现，为时已晚等，导致桩附加沉降增大，桩的承载力达不到设计要求。

防治措施

1）认真清理孔底沉渣、泥土；持力层必须落在设计要求的岩（土）层上，并整平。

2）扩底桩斜面土体挖好后，应立即吊放钢筋笼、灌注混凝土，避免间隔时间过长，导致斜面土体坍落；必要时，应在斜面部位留一定数量土垛，浇筑混凝土时，再挖去。

3）孔底发现井涌（流泥、流砂），按禁忌5“挖孔出现井涌（流泥、流砂）”中防治措施处理。

4）对桩底可能存在软弱下卧层或软夹层，应在挖桩前进行补勘，按设计要求进行处理。

附录 混凝土灌注桩的平面位置和垂直度及钢筋笼质量检验标准，以及混凝土灌注桩质量检验标准（表6-9～表6-11）

表6-9 混凝土灌注桩钢筋笼质量检验标准 （mm）

项	序	检查项目	允许偏差或允许值	检查方法
主控项目	1	主筋间距	±10	用钢直尺量
	2	长度	±100	用钢直尺量
一般项目	1	钢筋材质检验	设计要求	抽样送检
	2	箍筋间距	±20	用钢直尺量
	3	直径	±10	用钢直尺量

表 6-10 混凝土灌注桩质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	桩位	见表 6-11		基坑开挖前量护筒，开挖后量桩中心
	2	孔深	mm	+300	只深不浅，用重锤测，或测钻杆、套管长度，嵌岩桩应确保进入设计要求的嵌岩深度
	3	桩体质量检验	按基桩检测技术规范。如钻芯取样，大直径嵌岩桩应钻至桩尖下 50cm		按基桩检测技术规范
	4	混凝土强度	设计要求		试件报告或钻芯取样送检
	5	承载力	按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
一般项目	1	垂直度	见表 6-11		测套管或钻杆，或用超声波探测，干施工时吊垂球
	2	桩径	见表 6-11		井径仪或超声波检测，干施工时用钢尺量，人工挖孔桩不包括内衬厚度
	3	泥浆比重（粘土或砂性土中）	1.15～1.20		用比重计测，清孔后在距孔底 50cm 处取样
	4	泥浆面标高（高于地下水位）	m	0.5～1.0	目测
	5	沉渣厚度：端承桩 摩擦桩	mm mm	≤50 ≤150	用沉渣仪或重锤测量
	6	混凝土坍落度：水下灌注 干施工	mm mm	160～220 70～100	坍落度仪
	7	钢筋笼安装深度	mm	±100	用钢尺量
	8	混凝土充盈系数	>1		检查每根桩的实际灌注量
	9	桩顶标高	mm	+30 −50	水准仪，需扣除桩顶浮浆层及劣质桩体

表 6-11 灌注桩的平面位置和垂直度的允许偏差

序号	成孔方法		桩径允许偏差/mm	垂直度允许偏差/%	桩位允许偏差/mm	
					1～3 根、单排桩基垂直于中心线方向和群桩基础的边桩	条形桩基沿中心线方向和群桩基础的中间桩
1	泥浆护壁钻孔桩	$D \leqslant 1000$mm	±50	<1	$D/6$，且不大于 100	$D/4$，且不大于 150
		$D > 1000$mm	±50	<1	$100+0.01H$	$150+0.01H$

（续）

序号	成孔方法		桩径允许偏差/mm	垂直度允许偏差/%	桩位允许偏差/mm	
					1～3根、单排桩基垂直于中心线方向和群桩基础的边桩	条形桩基沿中心线方向和群桩基础的中间桩
2	套管成孔灌注桩	$D \leqslant 500$mm	-20	<1	70	150
		$D > 500$mm	-20	<1	100	150
3	干成孔灌注桩		-20	<1	70	150
4	人工挖孔桩	混凝土护壁	+50	<0.5	50	150
		钢套管护壁	+50	<1	100	200

注：1. 桩径允许偏差的负值是指个别断面。

2. 采用复打、反插法施工的桩，其桩径允许偏差不受上表限制。

3. H 为施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离，D 为设计桩径。

7 土方工程

在土方工程施工中，由于施工操作不善和违反操作规程引起的质量事故，其危害程度很大，如造成建（构）筑物沉陷、开裂、位移、倾斜，甚至倒塌、摧毁。因此对土方工程施工必须特别重视，按设计和施工质量验收规范要求认真施工，以确保土方工程质量。

7.1 场地平整挖填土方

禁忌1 挖方边坡塌方

现象、危害性 在场地平整过程中或平整后，挖方边坡土方局部或大面积发生塌方或滑塌。产生原因有：采用机械整平，未遵循由上而下分层开挖的顺序，坡度过陡或将坡脚破坏，使边坡失稳，造成塌方或溜坡；或在有地表水、地下水作用地段开挖边坡，未采取有效的降、排水措施，地表和地下水侵入坡体内，使土的粘聚力降低，坡脚被冲蚀掏空，边坡在重力作用下失去稳定而引起塌方；或软土地段，在边坡顶部大量堆土或建筑材料或行驶施工机械、运输车辆等，使边坡土体失稳而导致塌方。使边坡处于不稳定状态，影响场地内建筑物安全。

防治措施

1）在斜坡地段开挖边坡时应遵循由上而下，分层开挖的顺序，合理放坡，不使过陡，同时避免切割坡脚，以防使边坡失稳而造成塌方。

2）在有地表水或地下水作用的地段，应做好排、降水措施，避免冲刷坡面和掏空坡脚，使边坡失稳。特别在软土地段开挖边坡，应降低地下水位，防止边坡产生侧移。

3）施工中避免在坡顶堆土和存放建筑材料，并避免行驶施工机械设备和车辆振动。

4）对临时性边坡塌方，可将塌方清除，将坡顶线后移或将坡度改缓；对永久性边坡局部塌方，在将塌方松土清除后，用块石填砌或由下而上分层回填2:8或3:7灰土嵌补，与土坡面接触部位作成台阶式搭接，使接合紧密。

禁忌 2 填方边坡塌方

现象、危害性 填方边坡塌陷或滑移。造成原因有：边坡坡度过陡；边坡基底的草皮、淤泥、松土未清除干净，与原陡坡接合未挖成阶梯形搭接，填方土料采用了淤泥质土等不合要求的土料；或边坡填方未按要求分层回填压（夯）实，密实度差；坡顶、坡脚未做好排水措施，由于水的渗入，土的粘聚力降低，或坡脚被冲刷掏空而造成塌方等，导致坡脚处土方堆积，坡顶上部土体裂缝。

防治措施

1）永久性填方的边坡坡度应根据填方高度、土的种类和工程重要性按设计要求放坡，如设计无要求，填方的边坡坡度值可按表 7-1 采用。当填土边坡用不同土料进行回填时，应根据分层回填土料类别，将边坡做成折线形式。

表 7-1 压实填土的边坡允许值

填料类别	压实系数	边坡允许值（高宽比）			
		填土厚度			
		$H \leqslant 5$	$5 < H \leqslant 10$	$10 < H \leqslant 15$	$15 < H \leqslant 20$
碎石、卵石、砂夹石（其中碎石、卵石占全重 30%～50%）	0.94～0.97	1:1.25	1:1.50	1:1.75	1:2.00
		1:1.25	1:1.50	1:1.75	1:2.00
土夹石（其中碎石、卵石占全重 30%～50%）	0.94～0.97	1:1.25	1:1.50	1:1.75	1:2.00
粉质粘土、粘粒含量 $\rho_c \geqslant 10\%$ 的粉土		1:1.50	1:1.75	1:2.00	1:2.25

注：当压实填土厚度大于 20m 时，可设计成台阶进行压实填土的施工。

2）使用时间较长的临时填方边坡坡度，当填方高在 10m 以内，可采用 1:1.5；高度超过 10m，可做成折线形，上部为 1:1.5，下部采用 1:1.75。

3）按要求清理基底和作阶梯形接槎。

4）选用符合压实要求的土料，按填土压实标准进行分层、回填碾压或夯实。

5）在边坡上下部作好排水沟，避免在影响边坡稳定的范围内积水。

6）边坡局部塌陷或滑坍，可将松土清理干净，与原坡接触部位作成阶梯形，用好土或 3:7 灰土分层回填夯实修复，并做好坡顶、坡脚排水措施。大面积塌方，应考虑将边坡修成缓坡，作好排水和表面罩覆措施。

禁忌 3 填方出现橡皮土

现象、危害性 填土夯打后土体发生颤动，形成软塑状态，而体积并没有压缩。形成原因是：在含水量很大的腐殖土、泥炭土、粘土或粉质粘土等原状土上进行回填，或采用这种土作土料回填，当对其进行夯击或碾压，表面易形成一层硬壳，使土内水分不易渗透和散发，因而使土形成软塑状态的橡皮土。会使场地

变形加大，长时间不能得到稳定。

防治措施

1）夯实填土时，适当控制土的含水量，避免在含水量过大的原状土上进行回填。

2）填方区如有地表水时应设排水沟排走，如有地下水时应降低至回填基底以下 500mm。

3）治理方法　可用干土、石灰粉等吸水材料均匀掺入土中降低含水量；或将橡皮土翻松，晾干、风干至最优含水量范围，再夯（压）实。

禁忌 4　场地积水

现象、危害性　场地范围内局部或大面积积水。产生原因有：场地平整填土未分层回填压（夯）实，土的密实度很差，遇水产生不均匀下沉；或场地周围未作排水沟，或场地未做成一定排水坡度，或存在反向排水坡；或测量错误，使场地标高不一等，使场地高洼不平、浸水、下陷，达不到设计要求。

防治措施

1）场地内填土应认真分层回填碾压（夯）实，使密实度不低于设计要求，避免松填；按要求作好场地排水和排水沟。

2）做好测量的复核工作，防止出现标高错误。

3）已积水场地应立即疏通排水和采用截水设施，将水排除。场地未做排水坡度或坡度过小部位，应重新修坡；对局部低洼处，填土找平，碾压（夯）实至符合要求，避免再次积水。

禁忌 5　回填土密实度达不到要求

现象、危害性　回填土经碾压或夯实后，达不到设计要求的密实度。产生原因有：填方土料不符合要求，采用了碎块草皮，有机值含量大于 8%的土、淤泥质土或杂填土作填料；或土的含水量过大或过小，因而达不到最优含水率下的密实度要求；或填土厚度过大或压实遍数不够，或碾压机械行驶速度过快；或碾压或夯实机具能量不够，影响深度较小，使密实度达不到要求等，从而导致填土场地、地基在荷载不变形量增大，承载力和稳定性降低，或造成不均匀下沉。

防治措施

1）选择符合填土要求的土料回填。

2）填土的密实度应根据工程性质来确定，一般用土的压实系数换算为干密度来控制。无设计要求时，压实系数可参考表 7-2 使用。

3）按所选用的压实机械性能，通过试验确定含水量控制范围内每层铺土厚度、压实遍数、机械行驶速度；严格进行水平分层回填压（夯）实；加强现场检

验，使其达到要求的密实度。

表 7-2 压实填土的质量控制

结构类型	填土部位	压实系数 λ_c	控制含水量（%）
砌体承重结构和框架结构	在地基主要受力层范围内	≥0.97	$w_{op}\pm2$
	在地基主要受力层范围以下	≥0.95	
排架结构	在地基主要受力层范围内	≥0.96	
	在地基主要受力层范围以下	≥0.94	

注：1. 压实系数 λ_c 为压实填土的控制干密度 ρ_d 与最大干密度 ρ_{dmax} 的比值，w_{op} 为最优含水量。

2. 地坪垫层以下及基础底面标高以上的压实填土，压实系数不应小于 0.94。

4）处理方法一般是：如土料不合要求，可采取换土或掺入石灰、碎石等压实加固措施。土料含水量过大，可采取翻松、晾晒、风干或掺入干土重新压（夯）实；含水量过小，可采取增加压实遍数或使用大功率压实机械碾压等措施。

7.2 基坑槽土方开挖

禁忌 1 挖方边坡塌方

现象、危害性 在挖方过程中或挖方后，基坑（槽）边坡土方局部或大面积塌落或滑塌。产生原因有：基坑（槽）开挖较深，放坡不够；或挖方尺寸不够，将坡脚挖去；或通过不同土层时，没有根据土的特性分别放成不同坡度，致使边坡失去稳定而造成塌方；或在有地表水、地下水作用的土层开挖基坑（槽）时，未采取有效的降、排水措施，使土层湿化，粘聚力降低，在重力作用下失稳而引起塌方；或边坡顶部堆载过大，或受施工设备、车辆等外力振动影响；或土质松软，开挖次序、方法不当而造成塌方等，从而使地基土受到扰动，承载力降低，严重的会影响建筑物的稳定和施工安全。

防治措施

1）根据土的种类、物理力学性质（土的内摩擦角、粘聚力、湿度、密度、休止角等）确定适当的边坡坡度。常见土的物理性质参考数值见表 7-3。对永久性挖方的边坡坡度，应按设计要求放坡，一般在 1:1.0～1:1.5 之间。对临时性挖方边坡坡度，在山坡整体稳定情况下，如地质条件良好，土质较均匀，可按表 7-4 采用。经过不同土层时，其边坡应做成折线形，如图 7-1 所示。

2）在地质条件良好，土质均匀，且地下水位低于基坑（槽）或管沟底面标高时，挖方边坡可做成直立壁不加支撑，但挖方深度不得超过表 7-5 规定的数值。

表 7-3　常见土的物理性质参考数值

土的名称	土的状态	内摩擦角 φ	粘聚力 c/MPa	休止角 α	土的名称	土的状态	内摩擦角 φ	粘聚力 c/MPa	休止角 α
粗砂	干	40°	0	30°	粉土	干	26°	0.02	40°
	湿	35°	0	25°		湿	18°	0.005	25°
细砂	干	28°	0	28°	粉质粘土	干	24°	0.06	
	湿	32°	0	20°		湿	21°	0.008	30°
粉砂	干	36°	0.005	25°	粘土	干	20°	0.10	50°
	湿	28°	0.002	20°		湿	8°～10°	0.01	15°

注：干土指含水量适当，土呈坚硬状态；湿土指饱和度大于 50%，粘性土呈软塑状态。

表 7-4　临时性挖方边坡值

土的类别		边坡值（高:宽）
砂土（不包括细砂、粉砂）		1:1.25～1:1.50
一般性粘土	硬	1:0.75～1:1.00
	硬、塑	1:1.00～1:1.25
	软	1:1.50 或更缓
碎石类土	充填坚硬、硬塑粘性土	1:0.50～1:1.00
	充填砂土	1:1.00～1:1.50

注：1. 设计有要求时，应符合设计标准。
2. 如采用降水或其他加固措施，可不受本表限制，但应计算复核。
3. 开挖深度，对软土不应超过 4m，对硬土不应超过 8m。

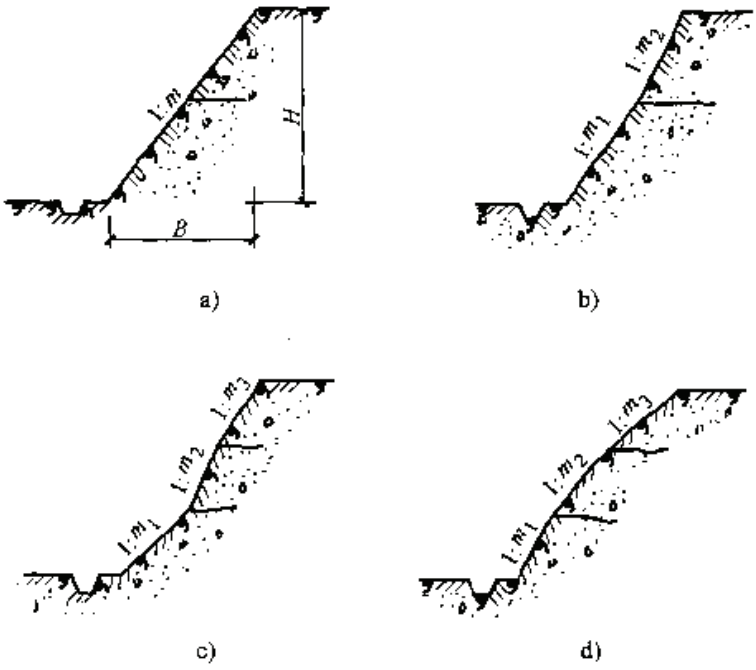


图 7-1　不同土层折线形边坡

a）上下接近　b）、c）上陡下缓　d）上缓下陡

1:m—土方坡度（$=H/B$）　m—坡度系数（$=B/H$）　H—边坡高度　B—边坡宽度

表 7-5 基坑（槽）和管沟挖成直立壁不加支撑的容许深度

项次	土的类别	容许挖方深度/m
1	密实、中密的砂土和碎石类土（充填物为砂土）	≤1.00
2	硬塑、可塑的粉质粘土及粉土	≤1.25
3	硬塑、可塑的粘土和碎石类土（充填物为粘性土）	≤1.50
4	坚硬的粘土	≤2.00

3）做好地面排水措施，避免在影响边坡稳定的范围内积水，造成边坡塌方。当基坑（槽）开挖范围内有地下水时，应采取降、排水措施，将水位降至离基底0.5m以下方可开挖，并持续到基坑（槽）回填完毕。

4）土方开挖应自上而下分段分层、依次进行，随时作成一定的坡势，以利泄水，防止先挖坡脚，造成坡体失稳。相邻基坑（槽）和管沟开挖时，应遵循先深后浅或同时进行的施工顺序，并及时做好基础或铺管，尽量防止对地基的扰动。

5）治理方法一般是：对沟坑（槽）塌方，可将坡脚塌方清除作临时性支护（如堆装土编织袋或草袋、设支撑、砌砖石护坡墙等）措施；对永久性边坡局部塌方，可将坍方清除，用块石填砌或回填2:8、3:7灰土嵌补，与土接触部位做成台阶搭接，防止滑动；或将坡顶线后移；或将坡度改缓。

禁忌2 边坡超挖

现象、危害性 边坡面界面不平，出现较大凹陷。产生原因有：采用机械开挖，操作控制不严，局部多挖；或边坡上存在松软土层，受外界因素影响自行滑塌，造成坡面凹洼不平；或测量放线错误等，造成积水，使边坡坡度加大，影响边坡稳定。

防治措施

1）机械开应预留0.3m厚采用人工修坡；对松软土层避免各种外界机械、车辆等的振动，采取适当保护措施。

2）加强测量复测，进行严格定位，在坡顶、坡脚设置明显标志和边线，并设专人检查。

3）治理方法是：如超挖范围较大，在征得设计同意后，可适当改动坡顶线；如局部超挖，可用浆砌块石填砌或用3:7灰土夯补。与原土坡接触部位应做成台阶接槎，防止滑动。

禁忌3 边坡失稳

现象、危害性 基坑（槽）坡顶土面出现裂缝或局部下沉，或边坡土方滑移、坍塌。产生原因有：边坡坡度值选用不当，坡度过陡；或对地表水没有采取截流和排除措施，使土含水率升高，抗剪强度降低；或坑底出现流砂；或坡顶堆

放大量土方或材料、设备；或选用不适当的开挖顺序和方法；基坑（槽）土坡长期暴露，在日晒、雨淋或外力作用下造成坍塌等，导致地基土受到扰动，降低承载力，影响建筑物的稳定和安全施工。

防治措施

1）选用合适的边坡坡度；做好地面排水和降低地下水位工作，地下水位应降低至基底以下0.5m，方可开挖，并持续到回填完成为止。

2）在基坑（槽）边坡顶上堆土或材料；或行驶施工机械时，堆土应距边缘不少于2m，堆置高度不应超过1.5m；起重机距边缘不少于4.0m，汽车不少于3.0m。

3）开挖土方时，应合理确定开挖顺序和分层开挖深度，自上而下，分层分段进行。

4）边坡发生失稳后，应清除塌落的土方，针对产生原因和场地条件，分别采取改缓边坡坡度，卸去坡顶荷载，或对土壁进行支护（如堆砌装土草袋、设支撑或打设简易板桩等）后，再继续施工。

禁忌4　基坑（槽）泡水

现象、危害性　地基被地表滞水或地下水淹泡，地基表层变成稀泥。产生原因有：开挖基坑（槽）未设排水沟或挡水堤，地面水流入基坑（槽）；或在地下水位以下挖土，未采取降水措施，将水位降至基底开挖面以下；或施工中未连续降水，或停电影响等，造成地基松软，承载力降低，地基下沉。

防治措施

1）开挖基坑（槽）周围应设排水沟或挡水堤；地下水位以下挖土，应设排水沟和集水井，用泵连续排走或自流入较低洼处排走，使水位降低至开挖面以下0.5m处。

2）已被水浸泡扰动的土，可根据情况采取排水、晾晒后夯实，或抛填碎石、小块石夯实，换土（三七灰土）夯实，或挖去淤泥加深基础等措施。

禁忌5　基土被扰动

现象、危害性　基坑挖好后，地基土表层局部或大部分出现松动、浸泡等情况。产生原因有：基坑挖好后，未及时浇筑垫层，施工机械及车辆，操作工人在基土上行走，造成扰动；或地基长时间暴晒、失水；或冬期施工，地基表层受冻胀；或基坑周围未做好排、降水措施，被雨水、地表水或地下水浸泡等，从而导致原土结构遭受破坏，承载力降低，基土下沉。

防治措施

1）基坑挖好后，立即浇筑混凝土垫层保护地基，不能立即浇筑垫层时，应预留一层150～200mm厚土层不挖，待下道工序开始再挖至设计标高。

2）基坑挖好后，避免在基土上行驶施工机械和车辆或大量堆放材料。必要时，应铺路基箱或填道木保护。

3）基坑四周应做好排降水措施，降水工作应持续到基坑回填土完毕。雨期施工时，基坑应挖好一段浇筑一段混凝土垫层。冬期施工时，如基底不能浇筑垫层，应在表面进行适当覆盖保温，或预留一层 200～300mm 厚土层后挖，以防冻胀。

4）治理方法一般是：对已扰动的地基土，可根据具体情况采取厚土碾压、夯实，或填碎石、小块石夯实；对扰动较严重的采用换土方法，用 3:7 灰土或砂砾石回填夯实，或换去松散土层，加深基础；局部扰动可挖去松散土，用砂石填补夯实。

禁忌 6　基坑（槽）开挖出现流砂

现象、危害性　当基坑（槽）开挖深于地下水位 0.5m 以下，采取坑内抽水时，坑（槽）底面下的土产生流动状态，随地下水一起涌进基坑内，出现边挖、边冒，无法挖深的现象。造成原因是：当坑外水位高于坑内抽水后的水位，坑外水压向坑内流动的动水压等于或大于颗粒的浸水密度，使土粒悬浮失去稳定变成流动状态，随水从坑或四周涌入坑内，如施工时采用强挖，抽水愈深，动水压就愈大，流砂就愈严重。发生流砂时，土完全失去承载力，使施工条件恶化，严重时会引起基坑边坡塌方，邻近建筑物会因地基被淘空而下沉、倾斜，甚至倒塌。

防治措施

1）防治方法主要是“减小或平衡动水压力”或“使动水压力向下”，使坑底土粒稳定，不受水压干扰；或安排在全年最低水位季节施工，使基坑内动水压减小。

2）采取水下挖土（不抽水或少抽水），使坑内水压与坑外地下水压相平衡或缩小水头差。

3）采用井点降水，使水位降至基底下 0.5m，使动水压力方向朝下，坑底土面保持无水状态。

4）沿基坑外围四周打板桩，深入坑底面下一定深度，增加地下水从坑外流入坑内的渗流路线和渗水量，减少动水压力；或采用化学压力注浆，固结基坑周围粉砂层，使形成防渗帷幕。

5）往坑底抛大石块，增加土的压重和减小动水压力，同时组织快速施工。当基坑面积较小，也可采取在四周设钢板护筒，随着挖土不断加深，直至穿过流砂层。

禁忌 7　在地下水位以下，不排、降水进行土方开挖

现象、危害性　在地下水位以下，不排、降水或仅采取简单排降水措施，在带水情况下进行挖方作业。导致作业工效低，地基土易被浸泡、扰动，造成基础附加沉降增大。

防治措施　在基坑四周挖沟或筑堤截流地表滞水，不使流入基坑；坑内采取井

点降水至基坑底标高0.5m以下才开挖，降水应持续到基坑土方回填完毕为止。

禁忌8　基坑开挖，不遵循“分层开挖、先撑后挖，严禁超挖”的原则

现象、危害性　深基坑开挖，不先施工好支撑系统，设置锚杆就挖土或不分层设置锚杆，分层挖土，会使边坡土体产生较大变形、位移，使边坡失稳，基坑上方开挖无法进行。

防治措施　深基坑土方开挖应按时空效应原理，根据地质条件采取相应的开挖方式，一般应“分层开挖，先撑后挖”，撑锚与挖土配合，严禁超挖，在软土层及变形要求较严格时，应采用“分层、分区、分块、分段、抽槽开挖，留土护壁，块挖块撑，先形成中间支撑，限时对称平衡形成端头支撑，减少无支撑暴露时间”等方式开挖。在挖土和撑锚过程中，应由专人作检查、观测，发生异常情况，立即查明原因，及时采取技术措施处理。

禁忌9　基坑底发生过大隆起变形

现象、危害性　基坑开挖后，由于地基土卸荷，从而改变了坑底原始应力状态，在坑底产生弹性隆起，其特征为坑底中部隆起最高；在开挖停止后很快停止，基本不会引起坑外土体向坑内移动；但当开挖深度继续增大，坑内外高差所形成的加载和地面各种超载的作用就会使支护结构和外侧土体向坑内移动，使坑底产生向上的塑性隆起变形，其特征为周边隆起大中间小。从而会导致支护被动土的强度降低，坑底以下的支护结构位移增大，影响支护结构安全，并引起地面沉降，同时坑底隆起会产生土方量增强，给基坑开挖带来困难。

防治措施

1）施工中设法减少土体中有效应力的变化，提高土的抗剪强度和刚度，如开挖前对坑底以下周边的地基土进行局部加固。

2）在基坑开挖过程中和开挖后，应保证井点降水的正常、连续进行。

3）减少坑底暴露时间，尽快浇筑混凝土垫层和基础底板。

禁忌10　开挖中产生时空效应

现象、危害性　基坑开挖过程中，当因某种原因需暂停一段时间，而基坑围护墙体的变形，基坑周边地层的位移和沉降仍在进行，直到稳定或引起基坑因变形过大而破坏为止，这一现象称为开挖过程中的“时间效应”。又基坑开挖围护墙体的变形，周边地层的移动还与分层、分块开挖的空间几何尺寸、围护墙体无支撑暴露面积有关，分层、分块的空间几何尺寸越大，围护墙无支撑暴露面积越大，变形也越大，这一现象称为基坑开挖过程中的“空间效应”。时间效应和空间效应统称“时空效应”，二者密切相关，共同作用，会导致围护墙体产生较大

变形，基坑周边地层产生较大的位移和沉降，使基坑失稳。

防治措施

1）深基坑开挖应考虑时空效应的基坑开挖施工参数（时间参数、空间参数）和合理施工顺序，使时空效应减小到最低限度。

2）减少开挖过程中的土体扰动范围，采用分层、分块开挖，且使空间几何尺寸能最大限度的限制围护墙体的变形和坑周土体的位移与沉降。

3）尽量缩短基坑开挖卸荷后无支撑暴露时间。对一、二级基坑，每一层挖至设计标高后，钢支撑的安装周期不宜超过 1d；钢筋混凝土支撑的完成时间不宜超过 2d。

4）基坑开挖应遵循对称、均衡的原则，使基坑受力均衡。

5）可靠而合理地利用土体自身在开挖过程中控制位移的能力，安全、经济地解决基坑工程中的稳定和变形问题。

禁忌 11　挖方采取不分层垂直下挖

现象、危害性　挖方时不分层进行，垂直下挖切割坡脚，由于主动土压力瞬时释放，容易发生边坡失稳，塌坍。

防治措施　基坑开挖应分层、均衡进行，使主动土压力逐步释放，边坡保持稳定。

禁忌 12　深基坑周边土方盲目超深开挖

现象、危害性　深基坑周边设有围护墙，不采取支撑一层挖一层土方，先撑后挖，而是随意盲目超深开挖，这样会使围护结构实际受力值大于围护结构受力的设计值，导致围护结构失稳倾覆。

防治措施　凡用钢支撑系统作围护墙时，必须采取先撑后挖，并宜采用可设千斤顶的支撑，在支撑固定前施加预应力，然后再将支撑紧密地支顶上去，以减少土体的位移，严格控制支撑一层、挖一层土方至下层支撑面结束挖土，撑好一道支撑再进行下一层土的开挖，严禁超深开挖。采用挡土灌注桩钢横撑、锚杆围护墙时，亦应采取同样方法进行。

禁忌 13　基底标高或土质不符合要求

现象、危害性　基坑（槽）底标高不符合设计规定值；或基底持力土质不符合设计要求，或被人工扰动。造成原因是：测量放线错误，导致基底标高不足或过深；或地质勘察资料与实际情况不符，虽已挖至设计规定深度，但土质仍不符合设计要求；或选用的施工机械和施工方法不当，造成超挖等。前者会导致浅基础埋置深度不足或超挖，后者会导致持力层承载能力降低。

防治措施

1）控制桩或标志板被碰撞或移动时，应及时复测纠正，防止标高出现误差。

2）采用机械开挖基坑（槽），在基底以上应预留一层 200～300mm 厚土方人工开挖，以防止超挖。

3）基坑（槽）挖至基底标高后应会同设计、监理（或建设单位）检查基底土质是否符合要求，并作出隐蔽工程记录。如不符合要求，应会同协商处理。

4）如个别部位超挖时，应用与基土相同的土料填补，并夯至要求的密度，或用碎石类土填补夯实。

禁忌 14 基坑（槽）位置、尺寸偏差过大

现象、危害性 基坑（槽）轴线错位或开挖尺寸偏小。产生原因是：测量放线错误，造成轴线错位，或土方边坡坡度太陡，开挖线尺寸太小等，导致基础位置不符合设计要求，影响使用功能，严重的会造成返工。

防治措施

1）建立与施工相适应的测量控制网（平面控制桩和水准点），作为施工测量的依据，并定期复测和检查，确保测量正确。在建筑物定位放线时，应在主要轴线部位设置控制桩或标志板。

2）在基坑(槽)开挖前，应选用合适的边坡坡度，并计算确定最小的开挖线尺寸。

3）土方开挖中，应经常测量和校核其平面位置、长宽尺寸和边坡坡度是否符合施工组织设计要求。

4）错位的基坑（槽）应进行修整或返工，确保基础工程建造在正确的位置上，基础平面尺寸符合设计要求。

禁忌 15 局部软弱土层不处理或处理不够

现象、危害性 基底存在局部软弱土层，如松土、孔穴、被扰动土等不处理或仅作简单处理，或处理不够就浇筑混凝土垫层或施工基础，会导致地基产生不均匀沉降，基础出现裂缝或断裂。

防治措施 基坑（槽）在作垫层或基础前必须验槽。如发现坑（槽）内局部有软弱土层如松土、孔穴、被扰动土，应挖除后用好土、灰土或砂砾石分层回填夯实；斜坡部位应做成 1:2 阶梯或接槎，使接合良好。

禁忌 16 基坑挖到桩头后不剥除桩顶四周土方，或基坑底面以下有深坑，采取一次开挖到底部

现象、危害性 基坑开挖到桩头后，不剥离桩顶四周的土，会导致桩被一侧土压力挤压而发生桩土端倾斜，甚至产生断桩；基坑底面下有深坑（如电梯井、深井泵

坑等），如随坑底一次开挖到底，使主动土压力突然释放，会导致边坡塌方。

防治措施 基坑挖到桩头后，应先将桩身周围土挖除，防止一侧土压力传递给先挖出的桩，使桩上端产生较大倾斜变形；挖到深坑先使与基坑底面齐平，然后再挖基坑底以下的深坑土方，使主动土压力逐步释放，保持边坡稳定，切忌一次开挖到底。

禁忌 17 在基坑开挖同时进行邻近工程打桩施工

现象、危害性 在基坑开挖同时进行邻近工程的打桩，会因振动、挤土作用，使基坑围护墙后土体超静水压力增加，下部土体抗剪强度降低，危及围护墙结构的安全。

防治措施 基坑开挖时，在坑外侧邻近工程超静孔隙水压力影响范围内应禁止打桩施工；凡施工会向围护墙土体增加超静孔隙水压力的工程项目应停止实施。

禁忌 18 基坑挖土完毕，不进行验槽就浇筑基础垫层

现象、危害性 基坑挖土完成后，浇筑基础垫层前，对地基不进行认真细致检验，对地基土质情况没有全面了解，万一持力层不符合设计要求，有地下坑穴、土洞或局部存在软弱土层未经处理，地基受荷载后，各部分间会产生较大的不均匀沉降，使建（构）筑物产生不均匀下沉、开裂，严重的可导致建（构）筑物倾斜、倒坍。

防治措施 地基开挖至设计基底标高后，应由建设、设计（如地质勘察单位在地质报告中写明参加验槽时，应同时邀请勘察单位参加）、施工、监理部门共同进行验槽，核对地质资料，检查地基土壤与工程地质勘查报告、设计图纸是否相符，有无破坏原状土壤结构或发生较大的扰动现象。基坑（槽）常用检验方法有：

（1）表面检查验槽法

1）根据槽壁土层分布情况及走向，初步判明全部基底是否挖至设计所要求的土层。

2）检查槽底是否已挖至原（老）土，是否需继续下挖或进行处理。

3）检查整个槽底土的颜色是否均匀一致；土的坚硬程度是否一样，有否局部过松软或过硬的部位；有否局部含水量异常现象，走在地基土上有否颤动感觉等。如有异常要进一步用钎探检验会同设计等有关单位进行处理。

（2）钎探检查验槽法 基坑挖好后用锤把钢钎打入槽底的基土内，根据每打入一定深度的锤击次数，来判断地基土质情况。

1）钢钎的规格和重量：钢钎用 ϕ22～25mm 的圆钢制成，钎头尖呈 60°尖锥状，长度 1.8～2.0m 如图 7-2。大锤用 3.6～4.5kg 铁锤。打锤时，举高离钎顶 500～700mm，将钢钎垂直打入土中，并记录每打入土层 300mm 的锤击数。

2）钎孔布置和钎探深度：应根据地基土质的复杂情况和基槽宽度、形状而定，一般可按表 7-6 布孔。

3）钎探记录和结构分析：先绘制基槽平面图，在图上根据要求确定钎探点的平面位置，并依次编号制成钎探平面图。钎探时按钎探平面图标定的钎探点顺序进行，最后整理成钎探记录表。

全部钎探完后，逐层地分析研究钎探记录，逐点进行比较，将锤击数显著过多或过少的钎孔在钎探平面图上做上记号，然后再在该部位进行重点检查，如有异常情况，要认真进行处理。

（3）洛阳铲探验槽法　在黄土地区基坑挖好后或大面积基坑挖土前，根据建筑物所在地区的具体情况或设计要求，对基坑底以下的土质、古墓、洞穴用专用洛阳铲进行钎探检查。

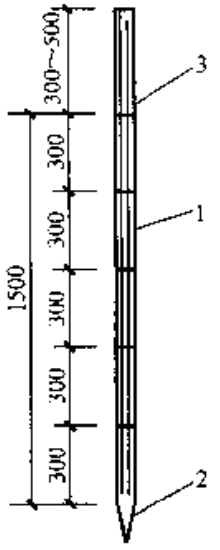


图 7-2　钢钎构造示意图

1—钎杆 ϕ22～25mm
2—针尖　3—刻痕

1）探孔的布置：见表 7-7。

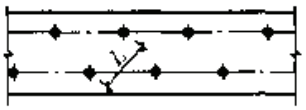
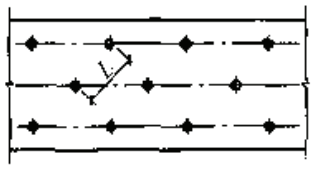
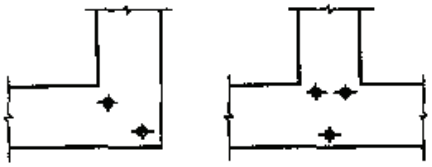
2）探查记录和成果分析：先绘制基础平面图，在图上根据要求具体情况确定探孔的平面位置，并依次编号，再按编号顺序进行探孔。用洛阳铲钎土每 3～5 铲看一下土。查看土质变化和含有物的情况。遇有土质变化或含有杂物情况，应测量深度并用文字记录清楚。遇有墓穴、地道、地窖、废井等时，应在此部位缩小探孔距离（一般为 1m 左右），沿其周围仔细探查清其大小、深浅、平面形状，在探孔图上标示清楚。全部探完后，绘制探孔平面图和各探孔不同深度的土质情况表，为地基处理提供完整的资料。探完以后，尽快用素土或灰土将探孔回填好，预防地表水入侵钎孔。

表 7-6　钎 孔 布 置

槽宽/cm	排列方式及图示	间距/m	钎探深度/m
<80	中心一排	1～2	1.2
80～200	两排错开	1～2	1.5
>200	梅花形	1～2	2.0
柱基	梅花形	1～2	≥1.5m，并不浅于短边宽度

注：对于较软弱的新近沉积粘性土和人工杂填土的地基，钎孔间距应不大于 1.5m。

表 7-7 探孔布置

基槽宽/cm	排列方式及图示	间距 L/m	探孔深度/m
< 200		1.5 ~ 2.0	3.0
> 200		1.5 ~ 2.0	3.0
柱基		1.5 ~ 2.0	3.0 （荷重较大时为 4.0 ~ 5.0）
加孔		< 2.0 （如基础过宽时中间再加孔）	3.0

附录 土方开挖工程质量检验标准（表 7-8）

表 7-8 土方开挖工程质量检验标准 （mm）

项	序	项目	允许偏差或允许值					检验方法
			柱基基坑基槽	挖方场地平整		管沟	地（路）面基层	
				人工	机械			
主控项目	1	标高	-50	±30	±50	-50	-50	水准仪
	2	长度、宽度（由设计中心线向两边量）	+200 -50	+300 -100	+500 -150	+100	—	经纬仪，用钢直尺量
	3	边坡	设计要求					观察或用坡度尺检查
一般项目	1	表面平整度	20	20	50	20	20	用 2m 靠尺和楔形塞尺检查
	2	基底土性	设计要求					观察或土样分析

注：地（路）面基层的偏差只适用于直接在挖、填方土做地（路）面的基层。

7.3 基岩爆破开挖

禁忌 1 遇瞎炮（拒爆）

现象、危害性 爆破工程点火或通电引爆后，药包不爆炸。产生原因有：起爆材料质量差；爆破材料过期、受潮失效；在水中或潮湿环境中爆破，炸药未作防水或防潮处理，雷管受潮失效；装药密度过大，爆炸的敏感度不够；电爆网路连接方法错误，漏接、连接不牢；在炮孔装药或回填堵塞过程中，炸药与雷管分离未被发现，起爆电流不足或电压不稳；或在同一网路中采用了不同生产厂不同品种的雷管；炮孔穿过很湿的岩层或岩石内部有较大裂隙，药包和雷管受潮或引爆后漏气等，从而导致爆失效。

防治措施

1）起爆雷管、导火索、导爆索和炸药使用前要进行认真检查，不合格、过期、受潮的不准使用；在水中和潮湿环境中爆破，使用耐水雷管和炸药，或用防水材料包扎药包，防止浸水、受潮；装药密度控制在最优密度范围内，不使过于密实。

2）严格检查爆破网路敷设质量，逐段检测网路电阻是否平衡，网路是否完好，有无漏接、搭断脚线、漏电，如有异常，及时排除；雷管和炸药要适当保护，防止导线损伤、折断。

3）在炮孔中装药或回填堵塞中，防止损坏线脚、电爆网路和使雷管与炸药分离；爆破前要检查起爆电流和电压，防止漏电和短路，不合要求及时处理；同时避免使用不同厂、不同批、不同品种的雷管、导火索、导爆索在同一网路中。

4）炮孔穿过很湿岩层或较大裂隙，要作防水和防漏气处理。

5）瞎炮处理可采取以下方法：

①打平行孔诱爆法。在离瞎炮孔旁约 50cm，另打一个平行炮孔装药起爆；如不能打平行爆孔，爆孔不深可用裸露药包爆破处理。

②浸湿法。将盐水注入炮孔中，使炸药、雷管失效，再用高压水冲掉炸药，重新装药起爆。

禁忌 2 出现早爆

现象、危害性 点火或通电引爆炸药，有的药包比规定时间提前爆炸。产生原因有：导火索燃速不稳定，或采用了不同燃速的导火索，燃速快的就早爆；或不同厂家生产的电雷管混用，易点燃的雷管先爆；电爆网中雷管分组不均，易引起电流分配不均，雷管数少的组，因电流充足而先爆。或爆破区存在杂散电流、静电、感应电或高频电磁波等，引起电雷管早爆；从而导致破坏迟爆药包，降低爆破效果。

防治措施

1）选择燃速稳定的导火索进行爆破。

2）同一电爆网中选用同厂、同批、同品种的电雷管。

3）电爆网设计尽量使电雷管分组均匀，使各组电流强度基本一致。

4）用电设备较复杂的场所，应对爆破范围的杂散电流进行检测，有可能引

起早爆的改用导爆索、火雷管起爆。

禁忌3 出现冲天炮

现象、危害性 爆破时，爆破气体从炮孔中冲出。产生原因有：采用堵塞材料不合适，使用了光滑、不易于密实和易漏气的堵塞材料；或炮孔堵塞长度不够，使爆炸气体从孔口冲出；或装药密度不够；或孔壁上裂缝较多，造成漏气；或炮孔方向与临空面垂直形成“旱地拔葱”，从而导致爆破失效，被爆破体不出现开裂和解体。

防治措施

1）堵塞材料应选用内摩擦力较大、易于密实、不漏气的材料。一般用粘土及砂加水拌和而成，采用比例为1:2～1:3，水用量为15%～20%。

2）炮孔堵塞应保证足够的堵塞长度，一般应大于抵抗线长的10%～20%。

3）提高堵塞质量，堵塞时，堵塞物之间必须密实，防止空段。一般当药卷装到规定的位置后，应先用炮棍把填塞物轻轻推入药孔，使填塞物与药卷充分接触，然后逐段装入填塞物，装一段捣一段。起初用力轻，以后逐渐加力，接近孔口时用力捣实。分层装药时，填塞物仅起固定药卷位置的作用，一般不需要密实。当两层药卷之间孔壁上裂缝较多时，为防止爆炸气体逸散过多，其间的填塞层应压实。分层装药的药卷之间最好用砂泥条或钻孔粉屑填充，上层药卷至孔口之间必须填塞密实。

4）炮孔方向尽量使与临空面平行或与水平临空面成45°角，与垂直临空面成30°角。

禁忌4 出现超爆

现象、危害性 基岩爆破，破碎面出现超过要求爆破界线。产生原因有：未按边线控制爆破方法布孔；或一次爆破用药量过大，超出了预定爆破作用范围等，导致清理困难，用药量浪费。

防治措施

1）在边线部位采取密孔法、护层法和拆除控制爆破方法进行布孔。

2）控制一次起爆炸药用量，采取较密布孔，较少装药，依次起爆的方法，使爆裂面较规则整齐的出现在预定设计位置。

禁忌5 爆渣块度过大

现象、危害性 爆破后，被爆破的岩石块度过大。产生原因有：炮孔间距过大，临空面太少，抵抗线长度过长，致使各炮孔单独向的自由面爆成漏斗，留下未爆破的硬块，而使爆落的爆渣块过大；或炸药用量过小，破碎力度不够，不能

使被爆破体都粉碎成碎块，而使部分爆渣过大；或采用集中药包爆破，各部分受力不匀，使爆渣块度大小不匀，产生部分大块；或在长条形爆破体上进行单排布孔，炮孔过小时，爆炸能主要消耗于相邻炮孔间的破裂上，从而减弱了向自由面方向推移介质的能量，亦会产生爆渣过大的现象等，从而导致清理和运出困难，需进行二次爆破处理，增加药量。

防治措施

1）按破碎块度要求，设计和布置炮孔；选取适当的临空面和抵抗线长度。

2）合理装药，炸药用量按计算和通过试爆确定。

3）尽可能采用延长药包，分散布孔，少装药，使爆渣大小均匀。

4）在长条形爆破体上进行单排布孔，炮孔间距宜取 1.0～1.5 倍抵抗线长度。

5）治理方法：将大块爆渣根据破碎块度要求钻孔、装药，或采取裸露爆破法进行二次破碎解体，使其达到要求的块度。

禁忌 6　爆面不规整

现象、危害性　爆破后要求爆裂面规整的岩坡、台阶，基岩底板，出现凸洼不平或在两端头的转角形成缺角等缺陷。产生原因有：在爆裂或切割面部位未采取多布孔，少装药或间隔装药的控制爆破方法进行施爆；或炮孔未沿设计爆裂面顶线（即切割线）布置，钻孔深浅不一，相互不平行，左右前后偏离过大；或切割面上未设导向空孔（不装药），或虽设导向空孔，但深度未达到破裂切割深度；或炮孔采取密装装药（即偶合装药）方式（图 7-3a），使爆轰压力过大，而损坏爆裂面等，从而造成爆面不符合要求。

防治措施

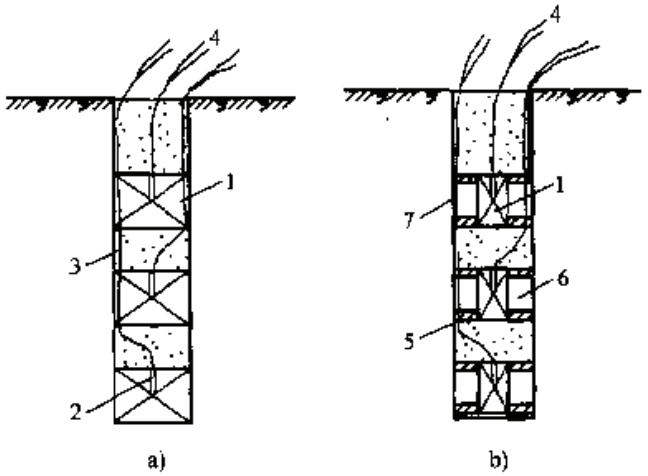


图 7-3　密装式和非密装式分层装药方式

a）密装式分层装药　b）非密装式分层装药

1—炸药卷　2—电雷管　3—堵塞物　4—导电线

5—塑料制定位器或橡胶圈　6—空隙　7—空炮孔

1）对要求切割面规整的爆破，宜采取控制爆破方法，多钻孔，少装药或间隔装药；或采用护层法施爆。基本点是：创造较多的临空面，采取较密的布孔，群炮齐爆，或依次起爆，使裂缝沿着炮孔连线裂开，形成比较整齐的爆裂面。

2）炮孔应沿设计爆裂面顶线布置，炮孔做到深浅一致，相互平行，使爆轰方基本均匀，不使前后偏离过大。

3）在爆破或切割面两端设导向空孔，并使其深度与爆破、切割深度一致。

4）靠爆裂、切割面炮孔采取非密装装药（即不偶合装药）方式（图 7-3b），以减弱爆轰力和爆破振动，保护爆裂面尽量少受损伤。

禁忌 7　爆破振动过大

现象、危害性　爆破时，振动强度过大。产生原因有：采用了爆速高、猛度大、冲击作用强的炸药，作用于爆破体上的炮轰压力大，因而使爆破振动过大；或在控制爆破中，采用了密装装药方式，爆炸能量大，易使介质粉碎，振动亦相应加大；或爆炸一次装药量过大，使爆破振动强度（爆速）超过允许界限；从而造成对邻近建（构）筑物不同程度的破坏，或对人身造成伤害。

防治措施

1）选择适当的爆破能源，如在控制爆破中选用低爆速炸药或燃烧剂，以降低地震波、冲击波的作用。

2）采用适当的装药方式，如在控制爆破中，采用分散装药，减少爆破振动强度；或采取装药与孔壁间预留一定环形空隙的装药方式，可缓冲和降低爆破对介质的冲击作用，因而可减少振动程度。

3）控制爆破振动强度。一般多以垂直振速来衡量爆破振动强度，并作为划分破坏程度的指标。

4）控制和减少一次齐爆的最大用药量来降低爆破能量，或采用分段微差控制爆破予以减振。

禁忌 8　边坡失去稳定

现象、危害性　爆破后，边坡出现裂缝、松动、滑移等现象。产生原因有：未充分考虑爆破体的地质条件，采用了不当的爆破技术参数，如采用过大的爆破作用指数，造成边坡超爆、开裂、松动；或采用了过大的爆破岩土单位体积消耗量系数 q 值，使一次爆破药量过大，扩大了爆破作用范围；或没有预留足够的边坡保护层厚度，将边坡面破坏；或不适于采用竖井，大爆破的地区，采用了大爆破，使边坡受扰动，给边坡稳定带来严重损坏；或开坡放炮将边脚松动破坏，或在坡脚坡面开成爆破漏斗坑，破坏了边坡土体的内力平衡，使上部土体（或岩体）失去稳定；或边坡部位岩土体本身存在倾向相近，层理发达，风化破碎严重的

软弱夹层或裂隙，内部夹有软泥；或岩层中夹有易滑动的岩层；或存在老滑坡体、岩堆体，受爆破振动，使边坡松动、位移失稳等，从而严重影响边坡的稳定性。

防治措施

1）爆破设计时，应在邻近最终边坡的爆破区考虑预留一定厚度的边坡保护层，使边坡处于爆破压碎圈半径范围以外。

2）根据地质条件，通过计算选择用药量和适宜的药包布置方式，相应的爆破参数；对不良地质、地段避免采用有影响边坡稳定的爆破方法，如大爆破法、峒室法爆破等。

3）为减轻爆破对边坡的振动，应尽量采用分段延时起爆。

4）为避免药包过于集中，应尽量采用分集药包或条形药包布置形式。

5）爆破时应防止松动坡脚，或在坡脚或坡面开成爆破漏斗坑。

6）在边坡部位采用预裂爆破。方法是沿边坡线钻一排较深密孔，装少量炸药，在靠近边坡的药包未起爆前；预先起爆，形成一道沿炮孔连续的裂缝面，从而隔断或减轻靠近边坡药包爆破时对边坡的振动或破坏。边坡预裂孔径以 80～150mm 为宜，有关参数见表 7-9，必要时应由试验确定。

表 7-9　预裂爆破参数

孔径/mm	炸药种类	预裂孔间距/m	装药量/（kg/m）
50	2 号岩石或铵油炸药	0.5～0.8	0.20～0.35
80	2 号岩石或铵油炸药	0.6～1.0	0.25～0.50
100	2 号岩石或铵油炸药	0.7～1.2	0.30～0.70

7）治理方法

①对坡脚松动可用设挡土墙与岩石锚杆，或挡土板、柱与土层锚杆相结合的办法来整治。锚桩、锚杆均应设在边坡松动层以外的稳定岩（土）层内。

②对坡面因振动出现较大的裂隙，可用砌石或砂浆封闭；对裂缝的悬石采用岩石锚杆与稳定岩层拉结。

③如坡面局部出现凹坑，岩石边坡可用浆砌块石填砌；土坡用 3:7 灰土夯补；与原岩土坡接触部位应做成台阶接槎，使牢固结合。

禁忌 9　基岩产生过大裂隙

现象、危害性　爆破后，岩基受挤压、振动产出过大裂隙。产生原因有：爆破时，基底以上未预留保护层，基底处于爆破压碎圈范围内，使地基受到扰动破坏，出现大量裂隙；或爆破用药量过大，使地基受过大爆轰力，造成松动，出现较多过大的裂隙；或地基本身存在很多裂隙，受爆破振动后使裂隙扩大加剧，从而造成降低地基的抗渗性和承载能力。

防治措施

1）爆破时，基底以上应预留一定厚度的保护层，使基底处于爆破压碎圈半

径范围以外。

2）根据地质情况，通过计算恰当的选择用药量和各项爆破工艺参数，使炮轰力和爆破振动不过大，以避免地基受到较大扰动而出现裂隙。

3）对本身存在较多裂隙的地基，避免采用大爆破方法松动土石方开挖基坑。

4）治理方法：对有抗渗漏要求的地基，较大裂隙用砂浆或细石混凝土填补；较小裂隙采用水泥压力灌浆处理；对无抗渗要求的地基，清除松散碎块后，用混凝土垫层找平即可；对原土地基清除松土后，用3:7灰土夯实找平。

禁忌10　邻近建筑物出现开裂

现象、危害性　爆破后，邻近建筑物出现各种程度不同的裂缝。产生原因有：爆破单位用药量过大，产生巨大的地震波、冲击波，造成建筑物裂缝；或装药结构不合理，布孔少而集中，同时采用密装装药方式，使爆轰能量大，振动大；或一次装药量大，未采取分段、分次微差起爆，使爆破振动强度超过建筑物的允许界限，从而造成对邻近建筑物的损坏。

防治措施　同本节禁忌7“爆破振动过大”的防治措施。

7.4　土方回填压实

禁忌1　填方基底不处理或处理不当

现象、危害性　填方基底未经处理，局部或大面积填方出现下陷，或发生滑移。产生原因有：基底上的草皮、淤泥、杂物和积水未清除就填方，含有机质过多，腐烂后造成下陷；或填方区未做好排水，地表、地下水流入填方区，浸泡回填土方；或在含水量很大的松散土上回填土方，基底未经换土、抛填砂石压夯实或翻晒晾干等处理，就直接在其上填土；或在较陡坡面上填方，未先将斜坡基底挖成阶梯形就填土，使填方未能与斜坡很好结合，在重力作用下，填方土体顺斜坡滑动；或冬期施工基底土遭受冻胀，未经处理就直接在其上填方等，从而造成填方产生不均匀沉降。

防治措施

1）回填土方基底上的草皮、淤泥，杂物应清除干净，积水应排除，耕土、松土应先经夯压实处理，然后回填。

2）填土场地周围做好排水措施，防止地表滞水流入基底，浸泡地基，造成基底土下陷。

3）对于水田、沟渠、池塘或含水量很大的地段回填，基底应根据具体情况采取排水、疏干、挖去淤泥、换土、抛填片石、填砂砾石、翻松、掺石灰压实等

措施处理，以加固基底土体。

4）当填方地面陡于1/5时，应先将斜坡挖成阶梯形，阶高0.2～0.3m，阶宽大于1m，然后分层回填夯实，以利结合并防止滑动。

5）冬期施工基底土体受冻胀，应先解冻，夯实处理后再行回填。

6）治理方法：对下陷已经稳定的填方，可仅在表面作平整夯实处理；对下陷尚未稳定的填方，应会同设计部门针对情况采取加固措施。

禁忌2 回填土质不合要求，密实度差

现象、危害性 基坑（槽）填土出现明显沉陷和不均匀沉陷。产生原因有：回填土料不符合设计要求和施工规范的规定。用淤泥和淤泥质土或有机质含量大于8%的土回填；用冻土块回填；填土料的含水量过高或过低等；或回填夯实方法不当。常见的有不分层回填或分层厚度太大，压实机械和方法选用不当，用手夯夯实时，未达到要求的密实度。基坑（槽）中的积水淤泥、松土、杂物未清除干净；坑（槽）边的松土掉入坑（槽）内未清除等，导致室内地坪开裂、室外散水坡裂断、空鼓、下陷。

防治措施

1）填土前，应清除沟槽内的积水和有机杂物。当有地下水或滞水时，应采用相应的排水和降低地下水位的措施。

2）基槽回填顺序，应按基底排水方向由高至低分层进行。

3）回填土料质量应符合设计要求和施工规范的规定。

4）回填应分层进行，并逐层夯压密实。每层铺填厚度和压实要求应符合施工及验收规范的规定。

5）治理方法：基槽回填土沉陷造成室内散水坡空鼓，但混凝土层尚未破坏，可填入碎石，用灰浆泵压浆等方法，将水泥砂浆填灌密实；基槽回填土沉陷造成室内地面或室外散水坡裂缝破坏，根据面积大小或损坏情况，采取局部或全部返工重做。

禁忌3 采用不同透水性土混杂回填

现象、危害性 填土采用不同透水性的土料混杂回填。由于土透水性的不同，透水性大的土被透水性小的土包裹，水分不易排出，易在填方内形成大量水囊和产生滑动现象，影响基土的稳定，降低承载力。

防治措施 填方应尽量采用同类土填筑，并宜控制土的含水量在最优含水量范围内。当采用不同透水性的土填筑时，应按土类有规则地分层铺填，分层压夯（碾压）密实，应将透水性大的土层置于透水性小的土层之下，不得混杂使用，以利水分排除和基土获得稳定，并可避免在填方内形成水囊和产生滑动现象，提高基土承载力。

禁忌 4 回填土料不控制含水量

现象、危害性 回填土料的含水量不加以控制，随意采用含水量很高或很低的土料回填，或两种含水量的土料混填。由个含水量高的土料易夯压成橡皮土，含水量低的土料，夯压不实，会造成填土密实度达不到设计要求，建筑物产生较大的不均匀附加沉降，引起开裂、下陷，甚至破坏。

防治措施

1）土料含水量的大小，直接影响到夯实（碾压）遍数和夯实（碾压）质量，在夯实（碾压）前应预试验，以得到符合密实度要求条件下的最优含水量和最少夯实（或碾压）遍数，作为施工控制的依据。各种土的最优含水量和最大密实度参考数值见表 7-10。当填料为粘性土或排水不良的砂土时，其最优含水量与相应的量大干密度应用击实试验测定。

表 7-10 土的最优含水量和最大干密度参数表

项次	土的种类	变动范围	
		最优含水量（%）（重量比）	最大干密度（t/m³）
1	砂土	8～12	1.80～1.88
2	粘土	19～23	1.58～1.70
3	粉质粘土	12～15	1.85～1.95
4	粉土	16～22	1.61～1.80

注：1. 表中土的最大干密度应以现场实际达到的数字为准。
2. 一般性的回填，可不作此项测定。

2）填土土料的含水量必须按最优含水量 $w_{op} \pm 2\%$ 控制。土料含水量一般以手握成团，落地开花为适宜。当含水量过大，应采取翻松、晾干、风干、换土回填、掺入干土或其他吸水材料等措施。如土料过干，则应预先洒水湿润，增加压实遍数或使用大功率压实机械夯压实等措施。

禁忌 5 用水沉法回填土方

现象、危害性 回填土方不是采用在最优含水量条件下分层回填，分层夯压（碾压）实，而是将土力不分层松填到基坑（槽）内，采用灌水的方法使自沉密实。这一方法使填土处于含水饱和状态，靠自重下沉密实度很差，再者水不易很快排出，会使下部地基泡水，非但达不到设计要求的压实系数 λ_c，而且会使建筑物的附加沉降增大，降低承载力。

防治措施 回填土方必须用分层进行，并逐层夯压（碾压）密实的方法，严禁采用水沉法。

禁忌6　填土不分层回填压夯实

现象、危害性　土方回填采取一次松填到顶后，再进行夯压（碾压）密实。由于填土厚度大，夯压实机械的夯击（压实）影响深度达不到该土层的深度，往往造成上层土较为密实，而下层土则仍为松散填土，导致密实度达不到设计要求，附加下沉量大，承载力降低。

防治措施

1）填土应严格按分层回填，逐层夯压（碾压）密实的方法进行。填方每层铺土厚度根据所使用的压实机具的性能而定，一般应进行现场碾压试验确定，常用夯压（碾）实工具机械每层最大铺土厚度和所需要的夯压（碾）实遍数参考数值见表7-11。

表7-11　填土施工时的分层厚度及压实遍数

压实机具	分层厚度/mm	每层压实遍数
平碾	250～300	6～8
振动压实机	250～350	3～4
柴油打夯机	200～250	3～4
人工打夯	<200	3～4

2）填方应从最低处开始，由下向上整个宽度水平分层铺填夯压（碾压）密实。在地形起伏之处，应做好接槎，修筑1:2阶梯形边坡，每台阶高可取50cm，宽100mm。分层填筑时，每层接缝处应作成大于1:1.5的斜坡，上下层错缝距离不应小于1m。

禁忌7　机械压实一开始就用重型机械碾压

现象，危害性　填方机械压实一开始就使用重型碾压机械压实。会使填土压实不均，密实度差，同时易使碾轮下陷，降低碾压效率，易产生不均匀下沉，影响填方承载力。

防治措施

1）为保证填土压实的均匀性及密实度，避免碾轮下陷，提高碾压效率，在重型（大吨位）碾压机械碾压之前，应先用轻型推土机或拖拉机推平，低速预压4～5遍，使表层初压实和表面平实；采用振动平碾压实碎石类土，应先静压而后振压。

2）碾压机械压实填方时，应控制行驶速度，一般平碾、振动碾不超过2km/h，并要控制压实遍数。用压路机进行填方压实，应采用“薄填、慢驶、多次”的方法，方向应从两边逐渐压向中间，碾轮每次重叠宽约15～25cm。运行中碾轮边距填方边缘应大于500mm，以防发生溜坡倾倒。压实密实度，除另有规定

外，应压至轮子下沉量不超过 10～20mm 为度，每碾压一层完后，应用推土机将表面拉毛，以利接合。

禁忌 8 基坑（槽）回填土沉陷

现象、危害性 基坑（槽）填土局部或大片出现沉陷。产生原因有：基坑（槽）中的积水、淤泥杂物未清除就回填；或基础两侧用松土回填，未经分层夯实；或槽边松土落入基坑（槽），夯填前未认真进行处理，回填后土受到水的浸泡产生沉陷；或基槽宽度较窄，采用手夯回填夯实，未达到要求的密实度；或回填土料中夹有大量干土块，受水浸泡产生沉陷；或采用含水量大的粘性土、淤泥质土、碎块草皮作土料，回填质量不合要求；或回填土采用水泡法沉实，含水量大，密实度达不到要求等，从而造成室外散水坡空鼓下陷，积水，甚至引起建筑物不均匀下沉，出现开裂。

防治措施

1）基坑（槽）回填前，应将槽中积水排净，淤泥、松土、杂物清理干净，如有地下水或地表滞水，应有排水措施。

2）回填土采取严格分层回填、夯实。每层虚铺土厚度不得大于 300mm。土料和含水量应符合规定。回填土密实度要按规定抽样检查，使符合要求。

3）填土土料中不得含有大于 50mm 直径的土块，不应有较多的干土块，急需进行下道工序时，宜用 2:8 或 3:7 灰土回填夯实。

4）严禁用水沉法回填土方。

5）治理方法：基坑（槽）回填土沉陷造成墙脚散水空鼓，如混凝土面层尚未破坏，可填入碎石，侧向挤压捣实；若面层已经裂缝破坏，则应视面积大小或损坏情况，采取局部或全部返工。局部处理可用锤、凿将空鼓部位打去，填灰土或粘土、碎石混合物夯实，再作面层。因回填土沉陷引起结构物下沉时，应会同设计部门针对情况采取加固措施。

禁忌 9 房心回填土下沉

现象、危害性 房心回填上局部或大片下沉。产生原因有：填土土料含有大量有机杂质和大土块，有机质腐朽造成填土沉陷；或填土未按规定厚度分层回填夯实，或底部松填，仅表面夯实，密实度不够；或房心处局部有软弱土层，或有地坑、坟坑、积水坑等地下坑穴，施工时未经处理或未发现，使用后，荷重增加，造成局部塌陷。冬期回填土中含有冰块等，从而造成地坪垫层、面层空鼓、开裂、甚至塌陷破坏。

防治措施

1）选用较好土料回填，认真控制土的含水量在最优范围以内，严格按规定

分层回填夯实，并抽样检验密实度使符合质量要求。

2）回填土前，应对房心原自然软弱土层进行认真处理，将有机杂质清理干净。

3）房心回填土深度较大（>1.5m）时，在建筑物外墙基回填土时需采取防渗措施，或在建筑物外墙基外采取加抹一道水泥砂浆或刷一度沥青胶等防水措施，以防水大量渗入房心填土部位，引起下沉。

4）对面积大而使用要求较高的房心填土，采取先用机械将原自然土碾压密实，然后再进行回填。

5）治理方法：

可参见禁忌8“基坑（槽）回填土沉陷”的治理方法1）。

禁忌10　回填土渗漏水引起地基下沉

现象、危害性　地基因基槽室外回填土渗漏水而导致下沉。产生原因有：建筑场地土表层为透水性强的土，外墙基槽回填仍采用了这种土料，地表水大量渗入浸湿地基，导致地基下沉；或基槽及附近局部存在透水性较大的土层，未经处理，形成水囊浸湿地基，引起下沉；或基础附近水管漏水等，因而造成结构变形、开裂。

防治措施

1）外槽回填土应用粘土、粉质粘土等透水性较弱的土料回填，或用2:8、3:7灰土回填。

2）基槽及附近局部存在透水性较大的土，采取挖除或用透水性较小的土料封闭，使与地基隔离，并在下层透水性较小的土层表面作成适当的排水坡度或设置盲沟。

3）对基础附近管道漏水，及时堵截或挖沟排走。

4）治理方法：如地基下沉严重并继续发展，应将基槽透水性大的回填土挖除，重新用粘土或粉质粘土等透水性较小的土回填夯实，或用2:8或3:7灰土回填夯实；如下沉较轻并已稳定，可按禁忌8“基坑（槽）回填土沉陷”的治理方法1）处理。

禁忌11　基础墙体被挤压变形、开裂

现象、危害性　夯填基础墙两侧土方或用推土机送土时，将基础、墙体挤压变形、开裂。产生原因有：回填土时只填墙体一侧，或用机械单侧推土压实，基础、墙体在一侧受到土的较大侧压力而被挤动变形；或墙体两侧回填土设计标高相差悬殊（如暖气沟、室内外标高差较大的外墙），仅在单侧夯填土，墙体受到侧压力作用；或在基础墙体一侧临时堆土，堆放材料，设备或行走重型机械，造成单侧受力使墙体变形等，从而造成基础墙体裂缝、破裂，轴线偏移，严重地影

响墙体受力性能。

防治措施

1）基础两侧用细土同时分层回填夯实，使受力平衡。两侧填土高差控制不超过300mm。

2）如遇暖气沟或室内外回填标高相差较大，回填土时可在另一侧临时加木支撑顶牢。

3）基础墙体施工完毕，达到一定强度后再进行回填土施工。同时防止在单侧临时大量堆土或材料、设备，以及行走重型机械设备。

4）治理方法：已造成基础墙体开裂、变形、轴线偏移等严重影响结构受力性能的质量事故，要会同设计部门，根据具体损坏情况，采取加固措施（如填塞缝隙、加围套等）进行处理，或将基础墙体局部或大部分拆除重砌。

禁忌12 基础完成后地基变形加大

现象、危害性 基础完成后，长期不回填，基底岩土性质变坏，地基变形加大。产生原因是：基坑（槽）未及时回填，受地表滞水、雨水浸泡；或基底为泥岩或页岩，受日晒、雨淋很容易风化，从而导致地基变形加大，承载力下降，使上部结构变形，开裂。

防治措施

1）基础工程完成后，应及早回填夯压密实。

2）因基坑（槽）未及时回填，导致地基不均匀沉降所造成的结构变形、开裂，对不严重的可采用局部封闭裂缝等方法处理；如严重变形裂缝，应会同有关方面协商处理。

附录 填土工程质量检验标准（表7-12）

表7-12 填土工程质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值/mm					检查方法
			桩基 基坑 基槽	场地平整		管沟	地（路）面基础层	
				人工	机械			
主控项目	1	标高	-50	±30	±50	-50	-50	水准仪
	2	分层压实系数	设计要求					按规定方法
一般项目	1	回填土料	设计要求					取样检查或直观鉴别
	2	分层厚度及含水量	设计要求					水准仪及抽样检查
	3	表面平整度	20	20	30	20	20	用靠尺或水准仪

8 基坑支护工程

支护是基坑工程的重要组成部分，其功能是用来维持地基土的平衡，使基坑四周边坡保持稳定，保证基坑（槽）开挖及工程施工过程中的安全和基坑四周相邻建（构）筑物及地下管线、道路的安全，不因土体变形、沉陷、位移，塌坍而造成危害。支护设置必须因工程、因地、因时制宜地合理设计，按要求精心施工，严格监控，做到万无一失，确保施工和周边环境安全，工程顺利进行。

支护工程按开挖深度和方式不同又分为浅基坑（槽、管沟）支撑（护）和深基坑支护两类。

8.1 浅基坑、槽（管沟）支撑（护）

禁忌 1 支撑（护）形式、方法不当

现象、危害性 浅基坑、槽（管沟，下同）支撑（护）形式和方法选用不当，不符合受力要求，如支撑不对称，受力大小不均，支撑不牢，与土壁间填塞不紧密，传力不直接等，从而导致支撑失效，槽坑壁失稳、塌坍。

防治措施 对宽度不大，深 5m 以内的浅基槽、管沟，一般可在两侧设简单支撑；对宽度较大，深 5m 以内的基坑一般在单侧设置挡土支护（撑）。其形式和方法根据开挖深度、土质条件、地下水位、施工时间长短、施工季节和当地气象条件，施工方案与相邻建（构）筑物情况进行选用，表 8-1 可供参考。

表 8-1 基坑和管沟的支撑形式、方法和适用范围

支撑名称	支撑形式和方法	适 用 条 件
隔断式水平支撑	图 8-1a，挡板水平放置，在两侧同时设置，并用工具式横撑顶紧，每挖一定深度，支顶一层	能保持直立壁的干土或天然湿度的粘土类土，地下水很少，深度在 2m 以内
断续式水平支撑	图 8-1b，挡板水平放置，中间留出间隔，两侧同时对称立竖楞木，再用工具式横撑上下顶紧	能保持直立壁的干土或天然湿度的粘土类土，地下水很少，深度在 3m 以内
连续式水平支撑	图 8-1c，挡土板水平放置，相互靠紧，不留间隔，两侧同时对称立竖楞木，上下各顶一根横撑木，端部用木楔楔紧	较潮湿的或散粒的土，或天然湿度的粘土类土，地下水很少，深度为 3～5m

（续）

支撑名称	支撑形式和方法	适 用 条 件
连续式垂直支撑	图 8-2a，挡土板垂直放置，每侧上下各水平放置一根横楞木，用横撑木顶紧，再用木楔楔紧	松散或湿度很大的土，深度在 5m 以内
连续式水平垂直混合支撑	图 8-2b、c，上层支设连续式水平支撑，下层支设连续式垂直支撑	松散或湿度很大的土，沟槽下部有含水土层
短桩横隔支撑	图 8-3a，打入小木桩，在桩背面钉挡土板，背部填土拍实	开挖宽度较大的基坑，当部分地段下部放坡不足时用
临时挡土墙支撑	图 8-3b、c，沿坡脚用草袋装土或用砖、石叠砌	开挖宽度较大的基坑，当部分地段的下部放坡不足时用

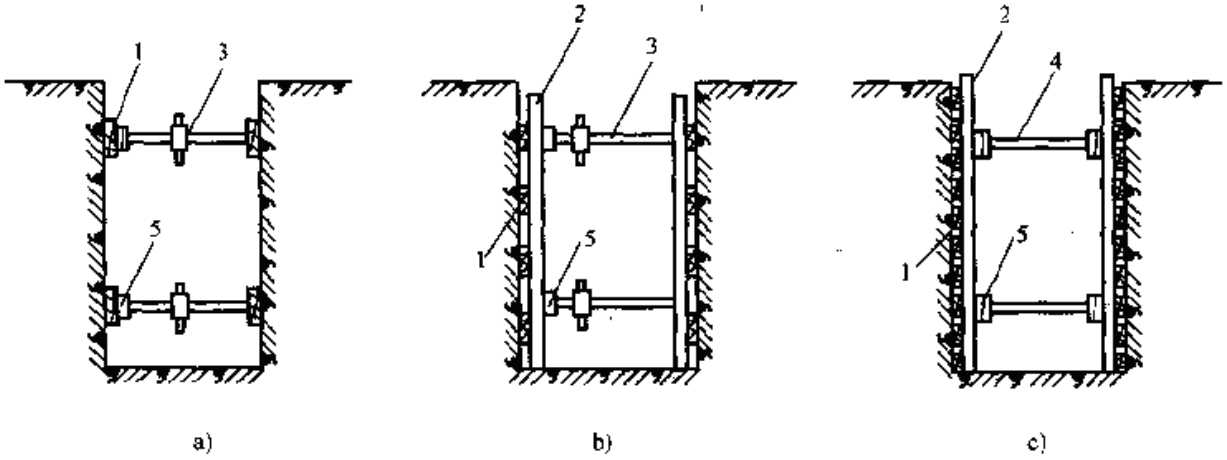


图 8-1 基坑、槽和管沟水平支撑

a）隔断式水平支撑 b）断续式水平支撑 c）连续式水平支撑

1—水平挡土板 2—竖楞木 3—工具式横撑 4—横撑木 5—木楔

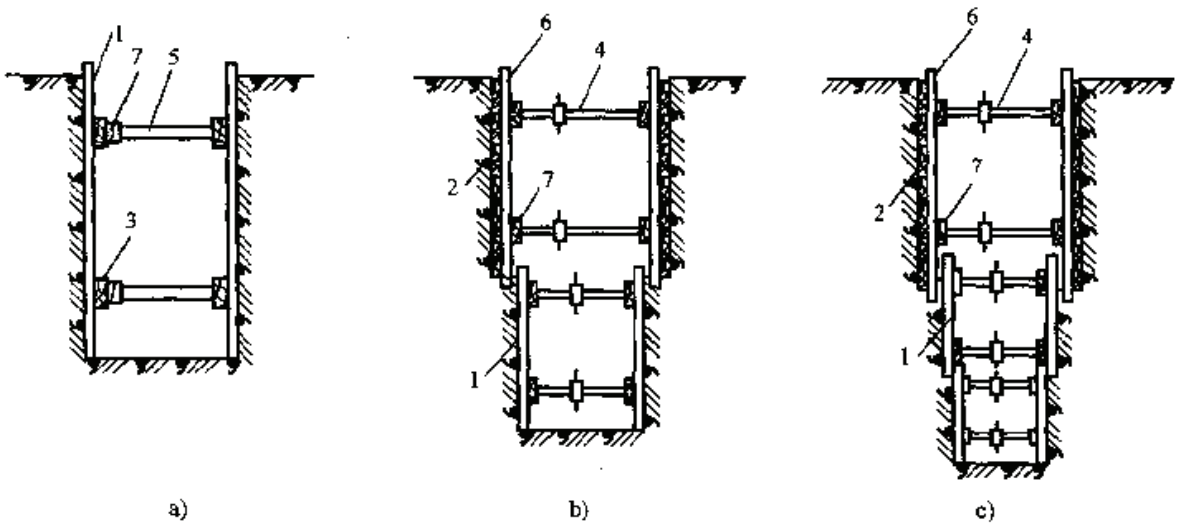


图 8-2 基坑、槽和管沟及垂直水平混合支撑

a）连续式垂直支撑 b）连续式水平垂直混合支撑 c）多层连续式水平垂直混合支撑

1—垂直挡土板 2—水平挡土板 3—横楞木 4—工具式横撑 5—横撑木 6—竖楞木 7—木楔

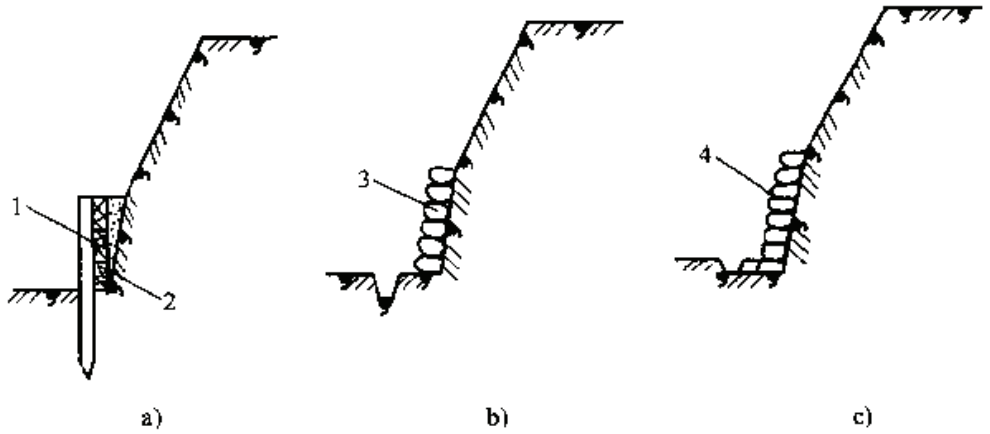


图 8-3 短桩横隔板与挡土墙支护（撑）

a）短桩横隔板支护（撑） b）、c）临时挡土墙支护（撑）

1—短木桩 2—挡土板 3—水泥编织袋或草袋装土叠砌 4—砌块石

禁忌 2 基坑、槽先挖土后支撑

现象、危害性 基坑、槽采取一次到底全部土方挖好后，再设置支撑。这种方式使土的主动土压力瞬时释放，边坡高，土压力大，容易导致边坡失稳塌方。

防治措施

1）应严格遵循“先撑后挖”的原则，和由上而下设置支撑的程序，即挖至每层支撑标高，待支撑架设并起作用后再挖下层，支一层挖一层，直至基坑（槽）底部，严禁基坑（槽）土方全部挖好后，再设置支撑，以免使坑（槽）壁失稳。

2）上方开挖宜由上而下分层、分段、对称进行，使撑结构受力均匀。同时要控制相邻段的土方开挖高差不大于 1.0m，防止因土方高差过大，产生推力，使支撑变形或位移。挖土期间沟槽边部严禁大量堆载，地面荷载数量不得超过设计支撑（护）结构时采用的地面荷载值。

3）挖土时，土壁要平直，挡土板要紧贴土面，并用木楔或横撑木顶紧挡板。在支撑（护）角部要增设加强支撑。

禁忌 3 坑（槽）壁出现流砂、涌泥

现象、危害性 在粉细砂地段开挖基坑槽，大量流砂、流泥随地下水涌入坑槽内，将坑槽淤塞。产生原因是当基坑槽开挖深于地下水位 0.5m 以上时，采取坑槽内抽水，坑槽底下面的土产生流动状态，会随地下水从坑槽两侧一起涌入坑槽内，边挖边冒，使坑槽被掏空塌陷，支撑破坏，无法继续挖深。

防治措施 土方开挖前，应先进行基坑槽降水，降水深度宜控制在基坑槽底以下 0.5～1.0m，严格防止降水影响到支撑（护）结构外面，造成基坑槽周围地

面产生沉降，导致支撑（护）破坏。

禁忌 4 拆除支撑采取由上而下的程序进行

现象、危害性 基础施工完毕回填土方时，拆除支撑，采取由上而下的程序，或先拆支撑后回填土。这样会使回填土时，土壁失去支撑（护），造成边坡失稳、塌方，而导致发生人身安全事故。

防治措施 拆除支撑（护）时，应按照基坑槽土方回填顺序，从下面上逐层逐步进行，以防止基坑槽壁土体失稳塌方。施工中更换支撑（护）时，必须先安装新的，再拆除旧的。

8.2 深基坑支护

8.2.1 排桩墙支护

禁忌 1 悬臂式排桩、地下连续墙支护嵌固深度不足，桩断裂

现象、危害性 基坑挖土至接近坑底时，发现桩倾斜，桩背面裂缝，基坑上部地面也产生裂缝，附近道路下陷，邻近房屋出现竖向裂缝，随后不久，排桩倒塌，连接圈梁折断，桩后土方滑移入基坑内，造成基坑支护破坏。产生原因有：悬臂桩的埋深只有 1/3～1/2 悬臂长，嵌固不足，嵌固深度未通过计算确定；其次是下水道漏水，使土的物理参数改变，加上一场大雨造成排桩倒塌，使土的 γ、φ 及 c 值发生变化，从而导致基坑工程坍塌。

防治措施 悬臂桩的嵌固深度必须通过计算确定，计算应考虑土的物理参数因素，按本节附录中的公式计算。不按土的物理参数的具体情况计算确定的嵌固深度，或按经验确定的嵌固深度必将产生重大事故。

禁忌 2 悬臂式排桩出现较大位移，桩上部折断

现象、危害性 在软土淤泥质土地区，基坑开挖后，排桩出现较大位移，最大达 1.15m，有的桩在地面下 3～5m 处折断，产生原因有：悬臂式挡土桩的直径按规范规定不得小于 ϕ600（配筋不得小于 ϕ20）。与工程桩不同，悬臂式挡土桩主要承受水平力，同时在坑边堆土，促使增大侧壁水平压力，因而有的桩在抗弯不足情况下折断；或在软土淤泥质土中已经锤击密布工程桩（3～4d），锤击数又多，地基土中静孔隙水压力急剧上升，且无法很快消散，地基中产生强烈挤土作用，工程桩也会产生大的位移，支护挡土桩又系外排桩，因而位移很大，造成排桩稳定性降低，严重时倒塌。

防治措施

1）支护挡土桩应用 ϕ600 或大于 ϕ600 的灌注桩，不用锤击 450mm × 450mm 的预制桩，或 ϕ500 的锤击沉管桩，因其抗弯性能不足。

2）基坑挖土应随挖随运，不得堆在坑旁，以免增加支护桩的水平压力。

禁忌 3　在软土地基连续墙支护整体滑移，坑底隆起

现象、危害性　在软土地基上修建地下连续墙支护，挖土到基坑底部设计标高时，大部分发生整体滑移，基坑地面隆起，上部第一道支撑拉脱跌落，第二道支撑大部分剪断，坑处滑坍区很大，地面下沉 2～4m。造成原因是土的粘聚力 c 和内摩擦角 ϕ 值较低，稳定系数 K 仅 0.74 < 1.15，被动土区提供的被动抗力不足，从而导致土体失稳，基坑支护被破坏，附近民房受到损害。

防治措施　采取提高基坑底面的稳定性（包括坑底隆起、管涌、抗渗等）措施，如采用深层搅拌水泥土加强坑底土的强度或加深地下连续墙的嵌固深度，使被动土区土体保持稳定。

禁忌 4　软土地基打桩引起支护桩倾斜

现象、危害性　软土地基上打桩引起邻近工程支护桩出现倾侧。产生原因是打桩时，由于打入速度快，引起较大的超静孔隙水压力，造成严重的挤土作用，加上软土受振动后，土体结构被破坏，变成流塑状态，从而导致桩滑移、倾斜，降低支护效果，需要加固，造成巨大经济损失，延误工期。

防治措施

1）在软土地区尽力避免在邻近工程打预制桩，或改用钻孔灌注桩代替，可减小对邻近支护桩的挤土效应，防止倾斜。

2）必须打预制桩时，应研究工地环境情况，是否对邻近工程支护产生较大影响，否则应采取在基坑边开槽或设置防挤孔、砂井等措施处理。

禁忌 5　基坑失稳破坏

现象、危害性　深基坑采用混凝土灌注桩支护，背面用深层搅拌桩止水，基坑挖土到设计标高时，发生基坑底隆起、涌砂、涌水，支护不稳。产生原因是：嵌固深度不足，产生渗透不稳定及管涌；再土质为淤泥及淤泥质土，其内摩擦角 ϕ 及粘聚力 c 值都很小，故此土水平抗力很小，从而导致滑移，基坑工程整体失稳破坏。

防治措施

1）在设计基坑工程时，支护嵌固深度除满足结构支点及嵌固外，尚应满足抗渗稳定条件的要求。

2）如勘察报告提供的内摩擦角 φ 及土的粘聚力 c 值比较小时，则在基坑支护桩的内侧应采取加固措施，如采用水泥土深层搅拌桩或水泥压力注浆等加固土体，以防止产生滑坡失稳。

禁忌 6 排桩墙、连续墙渗水或漏水

现象、危害性 排桩墙桩间未设止水桩或止水桩与挡土桩间连接不紧密，出现渗水或漏水；或地下连续墙槽段接头之间因泥砂未清除干净；单元槽段接头之间混凝土连接不好，局部存在泥夹层形成渗排水通道，在地下压力水作用下，出现大量渗水或漏水，影响基坑边坡的稳定。

防治措施

1）加强井点降水，将地下水位降到基坑底以下 0.5～1.0m 处，使边坡处于无水状态。

2）在排桩之间应设水泥土桩使与混凝土灌注挡土桩之间紧密接合挡水；未设止水桩的应将桩间土修成反拱形防止土剥落，在表面铺钢丝网抹水泥砂浆或浇筑混凝薄墙封闭挡水。

3）地下连续墙单元槽段的接头面，在浇筑下一槽段混凝土前，将接头面上残留的泥皮、残渣，用特制清扫接头工具（轮胎刮刀或钢丝刷），用吊车吊入槽内紧贴接头混凝土面往复上下刷 2～3 遍清除干净，并应在清槽换浆前进行，以保证接合良好。

4）已出现大量渗、漏水时，可在挡土面渗漏水部加设水泥土桩阻水，或在基坑一面浇筑混凝土薄墙止水。对地下连续墙渗漏水，可采取压力注浆补漏方法处理。

禁忌 7 出现流砂和管涌

现象、危害性 基坑开挖时，基坑底下面的土产生流动状态，随地下水一起从坑底或四侧涌入基坑，引起边坡沉陷。产生原因有：设计支护时对场地地质条件和建筑物情况调查不够，设计桩长未穿过基坑底粉细砂层；或挡土桩设计、施工未闭合，桩间存在空隙产生水流缺口，水从间隙口流入后，在桩间隙内形成通道，造成水土流失涌入基坑；或未将上水水泥土桩与挡土灌注桩间紧密结合，存在一定距离，起不到帷幕墙的作用；或施工未进行有效的降水，或基坑附近给排水管道破裂，大量水流携带泥砂涌入基坑等，由于出现流砂和管涌，会使支护墙底部被掏空，引起支护下陷，甚至倒坍，地基失去承载力，邻近建筑物开裂。

防治措施

1）加强地质勘察，探明土质情况；挡土桩应穿过基坑底部粉细砂层。

2）当挡土桩间存在间隙，应在挡土面设深层搅拌水泥土桩或高压喷射注浆桩挡水，避免出现流水缺口，造成水土流失，涌入基坑，止水桩设计应使与挡土灌注桩相切，保持紧密结合，以提高支护刚度和起到止水帷幕墙的作用。

3）施工中应先采用井点或深井对基坑进行有效降水；大型机械行驶及机械开挖应防止损坏地下给、排水管道，发现破裂漏水应及时修复。

禁忌 8　边坡局部或大面积塌方

现象、危害性　基坑开挖中支护结构失效，边坡局部或大面积失稳塌方。产生原因有：挡土桩强度和刚度不够，使支护结构破坏失去作用从而造成坍方；或挡土桩入土深度不够或未深入到坚实土层，造成整个支护系统失稳塌方；基坑开挖未进行有效的降水或降水井点失效，动水压力和土压力增大而导致滑塌；或未按支护结构程序施工，随意改变支护结构受力模型和尺寸，使支护结构强度、刚度和整体性下降或失去作用（图 8-4）；或支护结构未施工完成，就在桩顶部随意施加大量附加荷载等，导致基土被扰动，支护结构和邻近建筑物、管线的安全度降低，同时增加土方清理工作量。

防治措施

1）挡土桩设计应有足够的强度和刚度，并用顶部圈梁连成整体；如设土层锚杆应深入到坚实土层内，并灌浆密实；挡上桩应有足够的入土深度，并嵌入到坚实土层内，保证支护的整体稳定性。

2）基坑开挖前，应先采用有效的降水方法，将地下水降低到开挖基坑底 0.5m 以下；支护结构应一次施工完成，防止随挖随支护，或先挖后支护，特别要按设计规定程序施工，不得随意改变支护结构的受力状态，或在支护结构背面土坡上随意施加设计未考虑的大量施工荷载。

8.2.2　排桩墙土层锚杆支护

禁忌 1　锚杆被拔出　桩折断，排桩倒塌

现象、危害性　当挖土到基坑底，出现第一层锚杆从土中完全拔出，支护桩折断，折点分别在二、三层锚杆处，折点处混凝土破碎，钢筋弯曲，第二、三层锚杆锚头拉脱，腰梁扭断开裂，部分排桩倒坍。产生原因有：从事故现象看：第一层锚杆被拔出足以说明锚固长度显然不够，开始产生桩顶的大量位移和裂缝并延伸，足以说明其前兆。当第一层锚杆的有效锚固长度不能胜任桩受的水平推力时，锚杆被拔出，此时桩受的水平推力集中到第二层锚杆支点，桩受到过大的不能胜任的弯矩而折断，而锚头拉脱、腰梁扭断、裂开是受到复杂的扭矩拉力所致，直至整排桩被巨大力所推倒；其次是计算有误，锚杆土层的内摩擦角 ϕ 和

粘聚力 c 取值高于实际很多，造成锚固长度不够，而被拔出，导致出现排桩倒塌严重事故。

防治措施

1）锚固长度的计算应反复核算，避免错误。

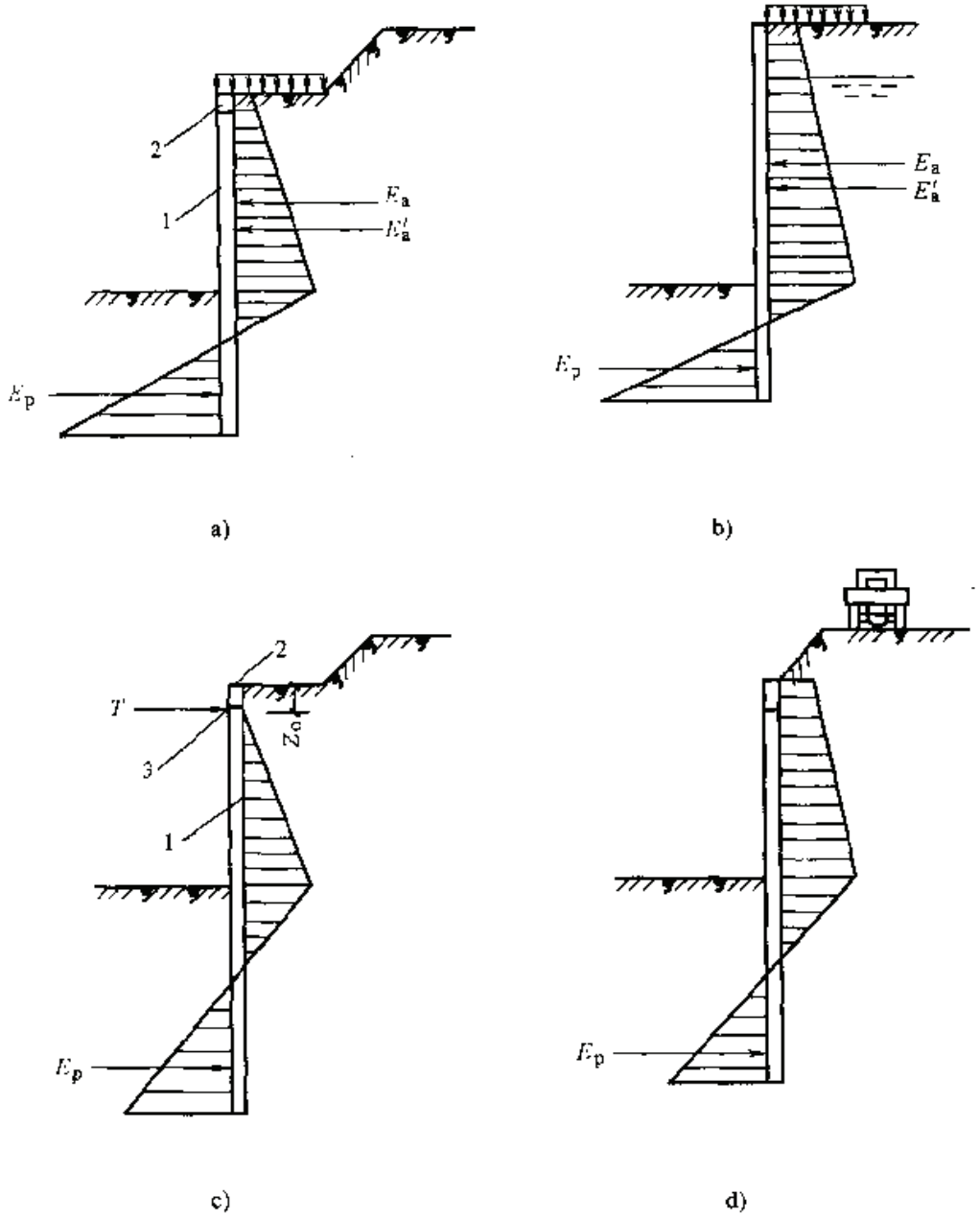


图 8-4 深基坑开挖改变支护结构受力模式

a）原设计削坡卸荷，将护坡挡土桩深埋，并设圈梁 b）施工未削坡卸荷，将护坡挡土桩改浅，取消圈梁 c）原设计削坡卸荷并设锚杆 d）施工未削坡卸荷、设置锚杆，随意增加动荷载，增大土压力

1—护坡挡土桩 2—圈梁 3—锚杆

2）在工程现场必须作测试，以发现计算上可能出现的错误。

3）从事故发生的情况看，第一层锚杆的锚固长度非常关键。因此认为多层锚杆支护体系的第一层锚杆锚固力特别重要，设计施工者应特别重视。

禁忌 2 锚杆不起作用，桩折断，支护结构倒塌

现象、危害性 基坑挖到设计标高后，出现锚杆端部脱落，挡土桩连系横梁掉下，桩间土开裂，桩顶地面较远处发生裂缝，随后，桩被折断，支护结构倒坍，邻近自来水管断裂，边坡塌方，基坑泡水。产生原因：锚杆端部脱落，说明预应力张拉后锚头没有锚固住，横梁掉下说明这一排锚杆在桩端没有受力，也就是锚杆不起拉结作用，使 1m 的大直径桩变成悬臂桩，受力后倾侧，桩间土开裂，位移大时桩顶地面开裂并发展较远，最后桩因受弯矩太大而折断，从而造成支护结构破坏。

防治措施

1）预应力施工应由有经验技工操作，如无经验，应经过培训并由有经验工人予以指导。当锚头锚住后还应检查横梁（一般为工字钢）是否受力。当发现横梁脱落，应立即停止挖土，研究原因，采取措施，如工地未能采取措施，则倒塌不可避免。

2）基坑开挖时应作排桩的位移监测，以便及时发现桩有无大的位移，一旦预报，应研究原因，采取措施。

禁忌 3 锚杆倾角过小，锚固力不够

现象、危害性 锚杆倾角过小，使锚固力差，抗拔力不够。由于锚杆的承载力与土的极限摩阻力有关，一般情况下，上层土质较下层土质差，在同样锚固长度情况下，倾角小时锚固体深入较好土体长度少，锚杆的承载力也减小，导致达不到设计抗拔力要求。

防治措施

1）正式施工锚杆前必须作锚杆基本试验，得出倾角、锚固长度关系，提供设计研究决定。

2）倾角必须适宜，按规范规定：倾角为 15°～25°，不大于 45°。选择合适角度及合适极限承载力是必要的。

禁忌 4 锚具夹片滑脱，不起锚固作用

现象、危害性 锚具在张拉锚固后不久，夹片产生滑脱，失去锚固作用，即钢绞线锚杆与挡土桩不起拉结作用。产生原因有：

经锚具、夹片等检验发现夹片硬度不足 40HRC，不符合规范规定；或当锚杆

受力时，夹片对钢绞线因硬度不足而滑脱，预应力锚固后经不起受力而滑脱，而导致锚杆失效。

防治措施

1）夹片应采用表面渗碳工艺，提高硬度，使硬度达到 50～55HRC。

2）锚杆施工完后应重新检查锚头有无松动、脱落，必要时重新将锚头张拉一下。

3）工厂交付锚具、夹片时应作详细检查验收，施工单位对锚具质量应切实负起责任。

禁忌 5 锚杆与地下墙预留孔出现漏水、涌砂

现象、危害性 采用地下连续墙及锚杆支护的工程，一般在地下连续墙施工时，在墙上一定位置预留孔洞，以作钻孔和穿锚杆之间。钻孔和装设锚杆时，锚杆外套管与地下连续墙预留孔之间常存在空隙，造成水流通道，在地下压力水作用下，水和粉细砂大量涌入基坑内；或拔出钻杆时，导致大量泥砂流入基坑内，造成地面塌陷，邻近建筑物开裂。

防治措施

1）在孔口设橡皮垫圈，以阻止水和砂涌入基坑内。

2）在钻杆钻进时，保持钻头与外套管有一定距离，停钻时缩回外套管内，防止水、砂从套管内进入基坑。

3）锚杆灌注锚固体砂浆时，应保持注浆压力不小于 0.4～0.6MPa。

4）拔管时应保留最后两节外套管，在水泥初凝后才拔出。

禁忌 6 未清孔即穿放锚杆钢筋

现象、危害性 土层锚杆孔钻完后，不进行清孔，就穿放锚杆钢筋。由于孔有许多泥土、水和杂物，不清除掉，会影响锚杆钢筋与砂浆、砂浆与土体之间的粘结力和挤密效果，降低锚杆的承载力。

防治措施 锚杆孔钻完后，应即用清水在钻孔内充分冲洗，将孔内泥土、杂物、沉渣等冲出孔外，并用压缩空气将孔内积水吹干。

禁忌 7 锚杆孔清孔采用泥浆作冲洗液

现象、危害性 土层锚杆钻孔一般不采用泥浆护壁排渣。因土层锚杆的抗拔力取决于锚杆的锚固力，锚固力的大小与锚固体与周围土体的粘结力有很大关系。如采用泥浆作冲洗液，则在孔壁上会留存大量泥皮和泥浆残留液，将会大大降低锚杆的承载力。

防治措施 在土层锚杆造孔钻进中，使用冲洗液的原则是：能不用冲洗液，

应尽量不用；能用清水冲洗钻进的，应尽量用清水钻进，清水洗孔。如使用了泥浆作冲洗液，钻完孔后必须进行清洗工作，应用清水洗孔，直至孔口流出清水为止。

禁忌 8　锚杆孔孔径和孔壁顺直不符合设计要求

现象、危害性　锚杆孔钻孔直径过小或孔壁不正，出现弯曲、歪斜等情况。造成钻孔内放置锚杆钢筋困难，钢筋与孔壁接触，影响锚杆钢筋与砂浆的粘结力，降低锚杆的抗拔力。

防治措施　选用可靠的土层锚杆钻机钻孔，应设导向装置，必要时采用套管钻进成孔，以保证孔径正确，孔壁顺直。

禁忌 9　小直径锚杆的埋设，采用先插钢筋锚杆后灌浆的方法

现象、危害性　用风动凿岩机钻孔的小孔径锚杆，采用先插锚杆钢筋后灌浆的方法。由于成孔直径较小（小于 50mm），先插锚杆钢筋后灌浆，孔内空隙很小，砂浆难以插捣密，锚杆的抗拔力不能保证。

防治措施　应在孔内先灌满砂浆后，再插入钢筋锚杆，能保证砂浆与钢筋的粘结良好，砂浆与孔壁达到挤密。

禁忌 10　锚杆的非锚固段不作防腐和隔离处理

现象、危害性　锚杆的非锚固段（即自内段）不作防腐处理，由于地下水对钢材具有腐蚀性，时间久了，会因锈蚀而断裂，危及支护结构安全；又锚杆的自由段处于不稳定的土层中，一旦土层有滑动，自由段锚杆应能自由伸缩，因此必须使锚杆自由段与土层和注浆锚固体隔离开来，以防止变形过大时导致支护破坏。

防治措施　深基坑支护结构所用锚杆一般为临时性的，锚固段杆体已由水泥砂浆封闭防腐，只要求杆体周围砂浆保护层厚度不小于 10mm；锚杆的锚头宜采用沥青防腐；锚杆的防腐和隔离处理主要为锚杆的自由段部分，其常用处理方法有：

1）对钢筋拉杆：宜先清除钢筋上的铁锈，再涂一度环氧防腐漆冷底子油，待干燥后，再涂一度环氧玻璃钢（或玻璃聚氨酯预聚体），待其固化后，再缠绕两层聚乙烯塑料薄膜，亦可在钢筋拉杆上涂上润滑油脂，套上塑料管。与锚固段相交处的塑料管口应密封并用铁丝绑紧。

2）对钢绞线拉杆：在杆体上先涂上防腐油脂，然后再套上聚丙烯防护套，与锚固段相交处防护套口应密封，以便与锚固段注浆体隔离。

附录 锚杆及土钉墙支护工程质量检验标准（表 8-2）

表 8-2 锚杆及土钉墙支护工程质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	锚杆土钉长度	mm	±30	用钢尺量
	2	锚杆锁定力	设计要求		现场实测
一般项目	1	锚杆或土钉位置	mm	±100	用钢直尺量
	2	钻孔倾斜度	°	±1	测钻机倾角
	3	浆体强度	设计要求		试样送检
	4	注浆量	大于理论计算浆量		检查计量数据
	5	土钉墙面厚度	mm	±10	用钢直尺量
	6	墙体强度	设计要求		试样送检

8.2.3 钢板桩支护

禁忌 1 大于 10m 长钢板桩采用单桩打入法打设

现象 大于 10m 长的钢板桩采取以一块或两块钢板桩为一组，从一角开始逐块（组）插打，待打到设计标高后，再插打第二块或第三块的打设方法。这种方法单块打入板桩易向一边倾斜，误差积累难以纠正，墙面平直度很难纠正，搭扣不紧密，易发生漏泥渗水事故，影响支护稳定。

防治措施 钢板桩长大于 10m 时，应选用屏风法（图 8-5）打设，系采用单层围檩，每 10～20 块钢板桩组成一个施工段，插入土中一定深度形成较短的屏风墙。对每一施工段，先将其两端 1～2 块钢板桩打入，严格控制其垂直度，用电焊固定在围檩上，然后对中间的板桩再按顺序分 1/2 或 1/3 板桩高度打入。为降低屏风墙高度，可采取每次插入后，将板桩打入一定深度。本法能防止板桩产生过大的倾斜和屈曲、扭转；能减少打入的累计倾斜误差，打入精度高，可实现封闭合拢，施工质量易于保证，可防止板桩之间漏泥冒水，同时由于分段施打，不影响邻近钢板桩施工。

禁忌 2 钢板桩接长，接头位于同一标高上

现象、危害性 钢板桩接长时，接头位在同一深度处。由于钢板桩接长采用现场手工焊接，接头处的刚度和强度都比原钢板桩差，在同一深度，遇上土体变

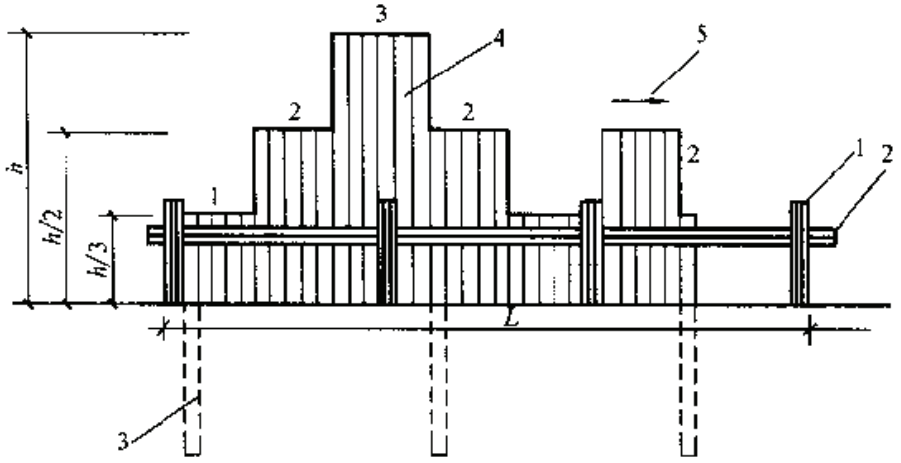


图 8-5　屏风法（单层围檩打桩法）

1—围檩桩　2—围檩　3—两端先打入定位钢板桩　4—钢板桩

5—打桩方向　h—板桩长度　L—10～20 块板桩宽度

位大，接头处易弯曲失稳，导致支护破坏。

防治措施　钢板桩焊接接头应牢固，接头应尽量错开，并宜间隔设置，竖向接头高差应错开大于 1.0m。

禁忌 3　钢板桩的转角和封闭桩不按实际尺寸测量加工

现象、危害性　钢板桩的转角部位和封口部位桩不按实际打设尺寸丈量加工，盲目按设计图尺寸加工。由于钢板桩打设会出现一定累积误差，会使桩难以打入，或闭合时封不严密，削弱钢板桩的整体刚度，间隙过大处会产生水土流失，最终导致钢板桩支护失效。

防治措施　钢板桩的转角和封闭桩施工必须按实际测量尺寸加工制作，并选用合理可靠的连接方式，使接合紧密。一般是将工程所用的钢板桩从背面中线切开，再根据所选择的截面按实际尺寸进行焊接组合而成转角或闭桩。一般多将封闭桩设在转角部位，使既为转角桩，又为封闭桩。图 8-6 为以拉森型组合的几种转角桩型式可供参考。

禁忌 4　钢板桩出现倾斜

现象、危害性　钢板桩头部向打桩方向倾斜。产生原因是打桩行进方向板桩的贯入阻力小，使头部向阻力小的面移，会导致平直度达不到要求，搭扣不紧密，易发生漏泥渗水事故。

防治措施

1）施工过程中用仪器随时检查、控制、纠正。

2）发生倾斜时，用钢丝绳拉住桩身，边拉边打，逐步纠正。

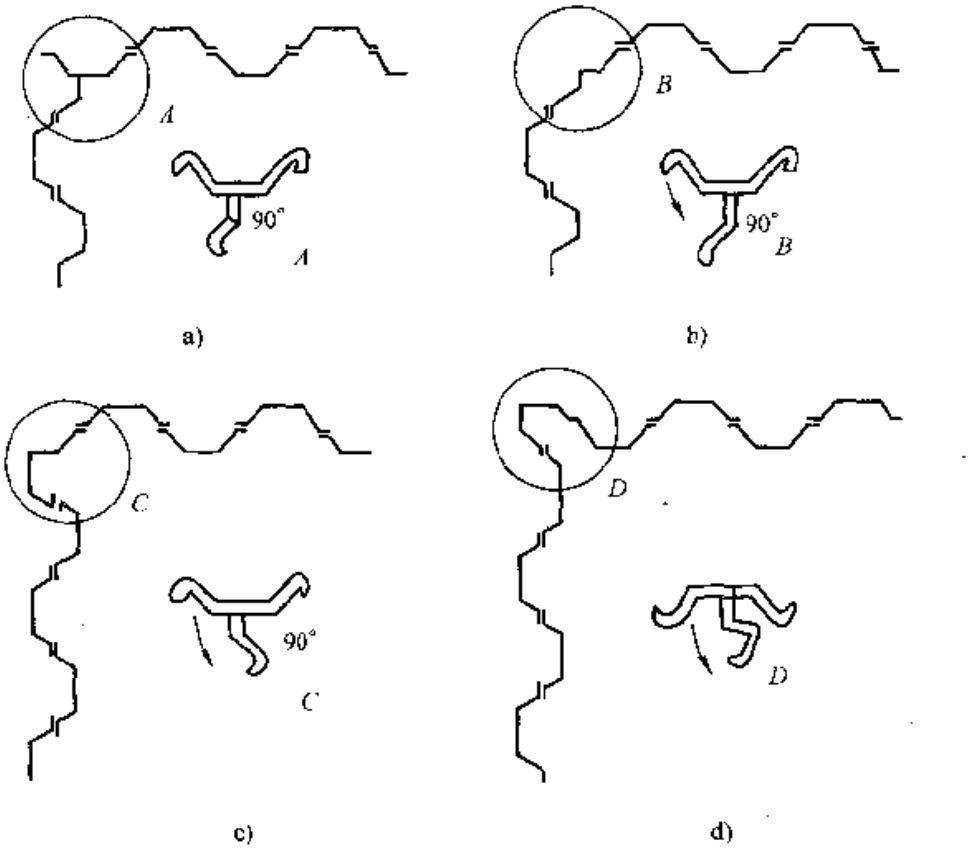


图 8-6 转角桩组合型式

a) 90°转角 b) 开口槽 c) 转向槽 d) 闭口槽

禁忌 5 钢板桩出现扭转

现象、危害性 钢板桩的中心线变为折线形。产生原因主要是钢板桩销口为铰式连接，在下插和锤击作用下，会产生位移和扭转，并牵动相邻已打入板桩的位置，使中心轴线成为折线形，从而导致桩截面刚度大小不一，降低板桩墙的抗弯曲承载力。

防治措施

1）在打桩行进方向用卡板销住板桩的前销口。

2）在钢板桩与围檩之间的两边空隙内，设一只定榫滑轮支架，制止板桩下沉中的转动。

3）在两块板桩销口扣搭处的两边，用垫铁和木榫填实（图 8-7）。

禁忌 6 钢板桩出现共连

现象、危害性 打板桩时，发生将已打入的相邻板桩跟着一起下沉。造成原因是钢板桩倾斜弯曲，使槽口阻力增加，打桩时，常会使邻桩也受到向下打击

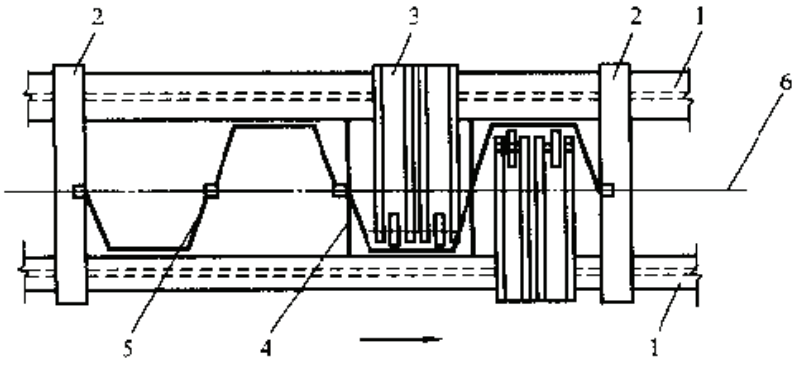


图 8-7 防止扭转方法

1—围檩 2—卡板 3—滑轮支座 4—垫铁

5—钢板桩 6—钢板桩支护中心线

力，随同一起下沉，导致邻桩超深，而上部桩长不足，需要接长，费工、费料、费时。

防治措施

1）发现板桩倾斜及时纠正。

2）把发生共连的桩与其他已打好的相邻钢板桩，一块或数块用角钢电焊临时固定。

禁忌 7 钢板桩出现水平伸长

现象、危害性 钢板桩沿打桩方向长度增加。造成原因是钢板桩销口机搭处有 10mm 空隙，打桩时常向行进方向移动，使向水平方向伸长。会导致支护平面出现偏差，闭合困难。

防治措施 钢板桩平面水平伸长属正常现象。对四角要求闭合的支护墙，设计时要考虑水平伸长值，可在轴线修正时纠正。

禁忌 8 钢板桩支护出现渗漏

现象、危害性 基坑挖土时在钢板桩支护接缝处和转角处出现渗漏泥水，有的部位涌砂产生原因有：采用旧钢板桩，使用前未按要求进行矫正修理或修理不彻底，锁口处咬合不好；造成接缝处渗漏；或打设钢板桩时，两块板桩销口插对不严密，或垂直度不符合要求，导致锁口漏水，影响支护的稳定性。

防治措施

1）旧钢板桩在打设前需进行整修矫正。矫正要在平台上进行，对弯曲变形的钢板桩可用油压千斤顶顶压或火烘等方法矫正。

2）作好围檩支架，以保证钢板桩垂直打入和打入后的钢板桩墙面平直。

3）防止钢板桩锁口中心线位移，可在打桩进行方向的钢板桩锁口处设卡板，阻止板桩位移。

4）为保证钢板桩垂直用2台经纬仪从两个方向控制锤击入土。

5）由于钢板桩打入时倾斜，且锁口接合部有空隙，封闭合拢比较困难。解决的办法一是用异形板桩（此法较困难）；二是采用轴线封闭法，此法较为方便。

6）已出现渗漏，可采用水玻璃水泥浆以阀管双液灌浆系统进行堵漏。

禁忌9 基坑底隆起，地面下沉

现象、危害性 开挖基坑至基底后，出现钢板桩外倾，坑底土隆起，地面裂缝、下陷。造成原因是：钢板桩支护设在软土地区；设计嵌固深度不够，边坡整体稳定性差，坑底被动土区抗力不足，造成桩后地面下沉，坑底土隆起；再挖土作业时，挖土机和运土汽车在钢板桩侧，增加土的地面荷载，导致桩顶外倾，坑底被挤压隆起，使整个钢板桩支护处于不稳定状态，有倒塌的危险。

防治措施

1）钢板板嵌固深度必须由计算确定；钢板桩支护设计应考虑地基的整体移动性。

2）挖土机、运土汽车不得在基坑边作业；必须时，应将该项荷载计入支护设计中，适当增加桩的嵌固深度。

禁忌10 拔钢板桩时，采取依次连续抽拔

现象、危害性 基础施工完毕拔钢板桩时，采取顺序连续抽拔，会将桩周围和基础边缘底部土带出，引起地面下沉、管线开裂，危及邻近建筑物和新建地下建筑物的安全。

防治措施 拔钢板桩应采用间隔抽拔法，并及时填补桩孔；或板桩拔至比基础底板略高300～500mm时暂停，用振动锤振动数分钟，使附在钢板桩上的土和周围的土掉下填实部分桩孔，减少成片带土和地面下沉。

禁忌11 钢板桩拔完后，不及时填实桩孔

现象、危害性 钢板桩拔完后，桩孔不及时回填密实。会导致地面下陷，基础边缘土被扰动，影响邻近和新建建筑物的使用安全。

防治措施 钢板桩抽拔完后，应及时用砂子填入，并应振动或擂捣使之挤密；亦可在拔桩时利用砂井回灌水，边振边拔边回填砂子，至拔完桩，桩孔回填密实为止。

附录　重复使用的钢板桩质量检验标准（表 8-3）

表 8-3　重复使用的钢板桩检验标准

序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
		单位	数值	
1	桩垂直度	%	<1	用钢直尺量
2	桩身弯曲度		<2%l	用钢直尺量，l 为桩长
3	齿槽平直度及光滑度	无电焊渣或毛刺		用 1m 长的桩段做通过试验
4	桩长度	不小于设计长度		用钢直尺量

8.2.4　钢与混凝土支撑系统

禁忌 1　排桩墙与围檩、支撑不顶紧，存在间隙

现象、危害性　排桩墙与围檩、支撑之间存在间隙，不顶紧，受荷后会使排桩墙不同程度的位移、变形，影响支护结构的整体稳定性，同时会使支撑系统个别杆件超负荷，或个别节点破坏，从而会导致整个支撑体系和支护结构破坏。

防治措施　排桩墙与围檩之间应保证紧密接触，使力可靠，支撑应与围檩顶紧，不使存在间隙。为此宜在每根支撑的两端活络接头处各安装一个小型千斤顶，按设计计算轴向压力的 50%施加预应力，使支撑与围檩顶紧，如有缝隙应加塞楔形钢垫板塞紧电焊锚固；或用带千斤顶的特制钢管支撑，施加预应力后，千斤顶作为一个部件留在支撑上，如产生应力松弛，可再行加荷，待地下室施工完后，再卸荷拆除。

禁忌 2　钢支撑出现失稳

现象、危害性　挡土排桩支护，采用钢支撑系统支顶，当基坑土方开挖至底时，出现个别支撑断裂失稳。造成原因是：设计支撑系统截面偏小；或未考虑长细比影响，安全度严重不足，随着基坑开挖深度加大，造成杆件失稳，从而导致支护桩大幅度位移，邻近地面开裂。

防治措施

1）支撑系统的设计计算应按《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120—1999）中 4.5 节支撑体系计算规定设计。

2）根据现场土质情况和施工条件考虑适当的安全系数。

禁忌 3　钢支撑布置不合理，受力不均

现象、危害性　钢支撑系统布置不合理，如在平面上杆件不对称，受力不平

衡，变形不一，空间小，妨碍土方机械下坑作业；在竖向布置与工程相碰；使围护墙受力不合理，产生过大的弯矩和变形；或换撑不便等，从而导致施工困难，支撑易于变形失效，围护墙失去支撑迅速破坏。

防治措施

1）内支撑体系的平面布置形式，随基坑的平面形状、尺寸、开挖深度、周围环境保护要求、地下结构的布置、土方开挖顺序和方法等而定，一般常用形式有角撑式、对撑式、框架式、边框架式以及环梁与边框架、角撑与对撑组合等型式（图 8-8），亦可二种或三种型式混合使用，可因地、因工程制宜地选用最合适的支撑型式。要求布置合理，尽可能做到平面对称，刚度大、变形小、整体性好，承载力高，坑内空间大，使用安全可靠；支撑拆除方便，能回收重复利用，而且有利于保护邻近建筑物和环境。

2）支撑在竖向的布置主要由基坑深度、围护排桩墙种类、挖土方式、地下结构各层楼面和底板的位置等确定。支撑的层数由排桩墙的刚度和受力情况而定，以使不产生过大的弯矩和变形为合适。设置的标高要避开地下结构楼板的位置，一般宜布置在楼面上下不小于 600mm，以便于支模浇筑地下结构时换撑。支撑竖向间距：采用人工挖土不宜小于 3m，采用机械挖土，不宜小于 4m。

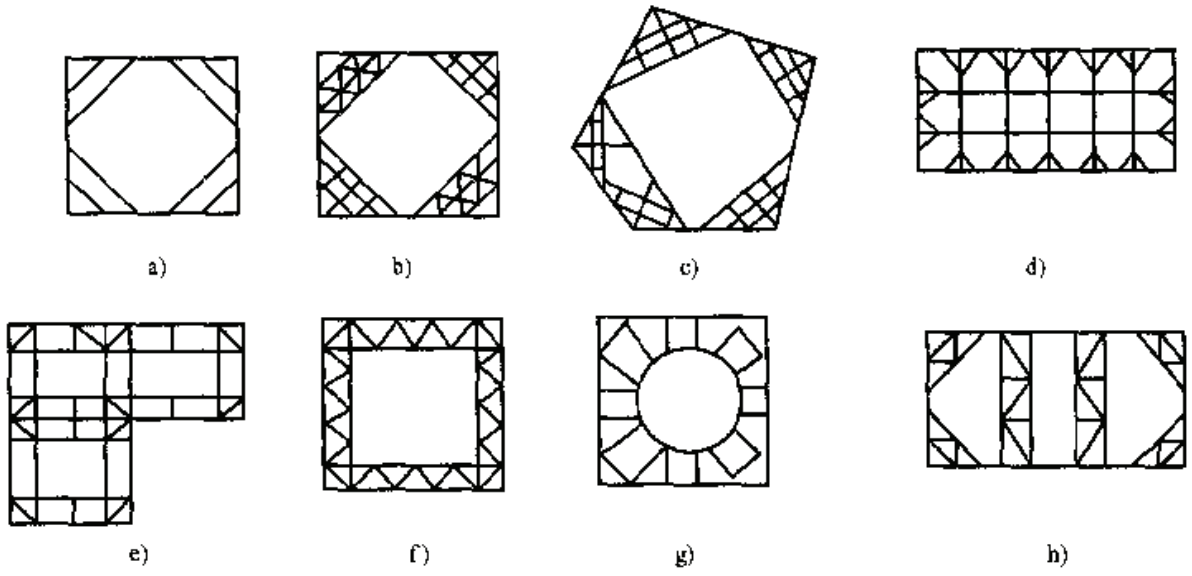


图 8-8 内支撑系统的平面布置形式

a)、b)、c) 角撑 d) 对撑 e) 框架式 f) 边框架式 g) 环梁与边框架组合式 h) 角撑与对撑组合式

禁忌 4 角撑不及时支撑

现象、危害性 挡土排桩支护设两层钢支撑及角撑，施工中为抢进度，仅按

施工方案设置支撑，而不及时设置角撑。基坑开挖到底后，土压力增大，由于未设角撑，改变了围护结构的受力情况，造成角撑部位桩产生滑移，倾斜，带动其他桩也出现倾斜，导致场地、道路地面裂缝。

防治措施　基坑开挖必须按照施工方案规定施工，及时设置水平框架支撑，并与支撑同时设置角撑，不得先设支撑，基坑开挖至底后再补装角撑，以防出现事故。再支撑系统计算，宜适当提高安全度；施工时发现有漏水，应立即组织排除。

禁忌 5　钢支撑不安装在同一水平面上

现象、危害性　钢支撑安装时，同一根支撑一头高一头低，或各个节点不在同一标高上，或同一根支撑各段不在同一轴线上，形成同一杆件不在同一水平面上，造成支撑受力偏心，甚至形成一对力矩，易使支撑失稳，导致整个支撑系统失效。

防治措施

1）安装钢支撑时，应在围檩上用水平仪弹出钢支撑的标高和中心位置十字线，在十字线的上下左右按支撑的直径划方框，每根支撑与围檩的接触面按方框上、左、右三个位置控制，使两端标高差不大于 20mm。

2）一根支撑的管段和十字节拼装后，应在钢支撑两端的中心线向上 500mm 处拉一根钢索复核每个十字节的标高，可以使标高线一致；沿钢索用卷尺量各管段中心线并对直，使钢支撑水平轴线偏差控制在 20mm 以内，即可保持同一根钢支撑顺直和水平。

禁忌 6　支撑立柱偏位过大或下沉

现象、危害性　立柱主要用于支承钢支撑，同时在立柱上焊有抱箍扣住钢支撑，防止钢支撑受力后上拱；如偏位过大或方向不准，焊出的抱箍离支撑距离过大，会使抱箍扣住钢支撑的功能减弱，失去控制钢支撑上拱的功能；又如立柱下沉，会使支撑下挠，受力不在一个平面内，导致支撑失效，支护结构破坏。

防治措施

1）在施工灌支桩立柱时，定位要正确，偏差控制在 1/4 桩经范围内，施工立柱桩要与支护设计图对照，保证立柱对钢支撑的支托和抱箍对钢支撑的锁紧符合支护结构设计的要求。

2）立柱应支承在较好土层上，并尽可能利用工程桩作立柱支承，以减小下沉。

禁忌 7 钢管支撑弯曲破坏

现象、危害性 在软土地基上设置灌注桩支护，内设两道 $\phi914\times11$mm 钢管支撑，在开挖到设计标高（-10m）时，钢管支撑多处弯曲破坏，桩折断、在宽度方向发生整体滑动，坑底土体大量隆起，地面、道路开裂。产生原因有：钢管支撑失稳，因围护桩体、支撑体系和土体三者互相作用组成基坑工程的整体，支撑体系失稳就会导致整体破坏；其次是灌注桩入土深度不够，使坑底被动土区土体抗力不足，引起坑内土隆起，使支撑、支护整体破坏。

防治措施

1）钢管支撑的设计和施工必须严格按《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120—1999）执行，保证足够的强度、刚度、整体稳定性和安全度。

2）灌注桩的嵌固深度应进行核算，应保证被动土区水平抗力满足抗滑动要求，不足时应在坑底用深层水泥土搅拌桩或高压喷射注浆桩进行加固，以防止出现土体隆起整体滑移。

禁忌 8 钢筋混凝土支撑破坏

现象、危害性 在流塑状淤泥质土地基上设置地下连续墙支护，内设两道钢筋混凝土支撑，在基坑开挖到设计基底标高时，60m 长地下连续墙整体出现滑移，坑底隆起，第一道支撑脱落，第二道支撑大部分被剪断破坏，坑外地面塌陷。产生原因主要是土体失稳，被动区抗力不足，导致支护结构整体滑动；由于整体滑动而导致支撑破坏，使支护结构失效。

防治措施

1）加深地下连续墙的嵌固深度，使深入到较好土层，防止基坑结构滑移破坏。

2）增加被动土区的土抗力，采用在坑内侧用水泥土搅拌桩加固，以提高淤泥质土的性能，避免整体滑移，使钢筋混凝土支撑不被破坏。

禁忌 9 拆除混凝土支撑时，不先换撑

现象、危害性 拆除混凝土支撑时，不先换撑，会使支护桩成为悬臂而加大位移，导致邻近建筑物随土的位移地基下沉，建筑物开裂。

防治措施 拆除钢筋混凝土支撑前，应先换牢靠临时支撑，使仍支撑支护桩。然后拆除钢筋混凝土支撑，逐层回填土夯实，逐层拆除临时支撑。当支护桩为钢板桩时，应回填夯实后才能拔出钢板桩。

附录 钢及混凝土支撑系统工程质量检验标准（表 8-4）

表 8-4 钢及混凝土支撑系统工程质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	支撑位置：标高 平面	mm mm	30 100	水准仪 用钢直尺量
	2	预加顶力	kN	±50	油泵读数或传感器
一般项目	1	围图标高	mm	30	水准仪
	2	立柱桩	参见本规范第 5 章		参见
	3	立住位置：标高 平面	mm mm	30 50	水准仪 用钢直尺量
	4	开挖超深（开槽放支撑不在此范围）	mm	<200	水准仪
	5	支撑安装时间	设计要求		用钟表估测

8.2.5 水泥土桩墙支护

禁忌 1 水泥土桩墙作截水帷幕时，先施工挡土灌注桩，后施工水泥土桩

现象、危害性 当用灌注桩作支护结构、水泥土桩作截（隔）水帷幕时，采取先施工挡土灌注桩，后施工水泥土深层搅拌桩。由于灌注桩在不同土层中会产生大小不等的桩径，在扩径处常使深层搅拌桩施工时搅拌头沉不下去，迫使搅拌头离开扩径处下沉，造成灌注桩与水泥土桩之间不能相切，而存在一定间隙。当主动土压力一旦使挡土灌注桩产生变形或者将水泥土桩压断，水土便会从灌注桩与水泥土间隙中大量涌出，从而导致挡土止（隔）水支护结构失效。

防治措施 应先施工水泥土深层搅拌桩或高压喷射注浆桩，后施工挡土灌注桩，使两种桩紧密结合。

禁忌 2 水泥土桩帷幕施工，时打时停不连续作业

现象、危害性 用水泥土桩作止水帷幕，施工时打打停停不连续作业。由于水泥土搅拌桩 12h 后就开始凝固，间歇时间过长，会扰动先施工的水泥土搅拌桩，且桩与桩之间难以达到紧密结合，影响整体性，从而导致桩与桩间隙渗漏水，降低受力性能。

防治措施 水泥土桩帷幕应不间断地连续施工，以提高抗渗性和整体性。如

因机械故障或停水停电等原因必须间歇时，可在已间歇 1d 以上的相邻桩处补桩或进行压密注浆，将竖缝阻塞，以防渗漏和补强。

禁忌 3 水泥土桩之间不搭接或搭接长度不够

现象、危害性 水泥土桩之间采取相切，不相互搭接，或搭接长度不足。易导致出现渗漏水，削弱整体强度，不起止水帷幕作用。

防治措施 应保证桩与桩之间的搭接长度不小于 200mm。每日作业前应测量搅刀排的直径，以不小于 700mm 为合格，不足时应及时加焊，两个刀排圆心的距离应为 500mm，以保证搭接不小于 200mm。

禁忌 4 水泥土桩墙嵌固深度不足

现象、危害性 水泥土桩墙，厚 3.2m，深 12m，埋深 5m，挖土到坑底（-7m)时，发生坑底涌砂涌水，由于大量砂土冒出，终致水泥土桩墙倒塌。造成主要原因是水泥土桩墙嵌固深度不够，造成抗渗透不稳定，从而导致坑底涌水涌砂，引起水泥土桩墙倒塌破坏。

防治措施 水泥土桩墙的嵌固深度必须满足抗渗透稳定条件。设计水泥土桩墙的嵌固深度时，应按下式验算需要嵌固深度 h_d（m）（图 8-9）：

$$h_d \geqslant 1.2\gamma_0(h - h_{wa})$$

式中 h——基坑挖土深度（m）；

h_{wa}——地面下水位深度（m）；

γ_0——基坑侧壁重要性系数，安全等级一级为 1.1，二极为 1，三级为 0.9。

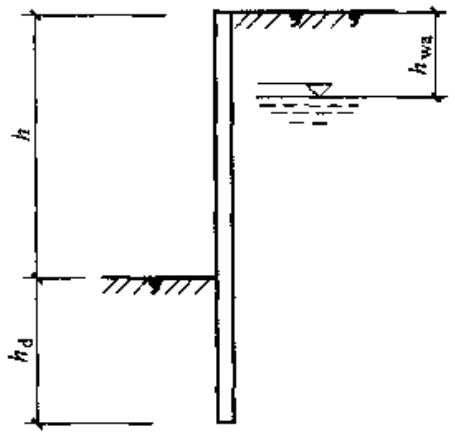


图 8-9 渗透稳定计算简图

按上式验算，该工程 $h=7$m，$h_{wa}=1$m，γ_0 取 1。h_d 应不小于 7.6m，而实际嵌固仅 5m，嵌固深度不够，因而造成渗流破坏。

禁忌 5 水泥土桩墙出现倾斜、位移

现象、危害性 基坑开挖后，水泥土桩墙出现倾斜、位移。产生原因有：水泥土桩墙截面偏小，强度、刚度，自重力不够，在土压力作用下产生倾斜，或桩墙嵌固深度不够，在土压力作用下产生位移；或基底存在软弱土层，墙背面存在粉细砂层，基底被动土区抗力不足而产生流砂，使围护桩墙位移；或施工程序错误，对支撑式水泥土桩墙支护，未按挖一层土，安装一层支撑的程序进行，使桩墙刚度和抗侧压力稳定性不够，而产生倾斜、位移等，当倾斜、位移过大，严重

时会使支护桩墙倒塌破坏，造成重大安全事故。

防治措施

1）对重力或水泥土桩墙支护，可采取减小坑边堆载，防止动荷载作用于围护桩墙或坑边区域；加块混凝土垫层与底板浇筑速度，以减少基坑敞开时间，并对支护桩墙起支撑作用；出现裂缝应将裂缝用水泥砂浆或混凝土灌满封闭；在围护桩墙背面卸荷或加设支撑、围檩（图 8-10）。

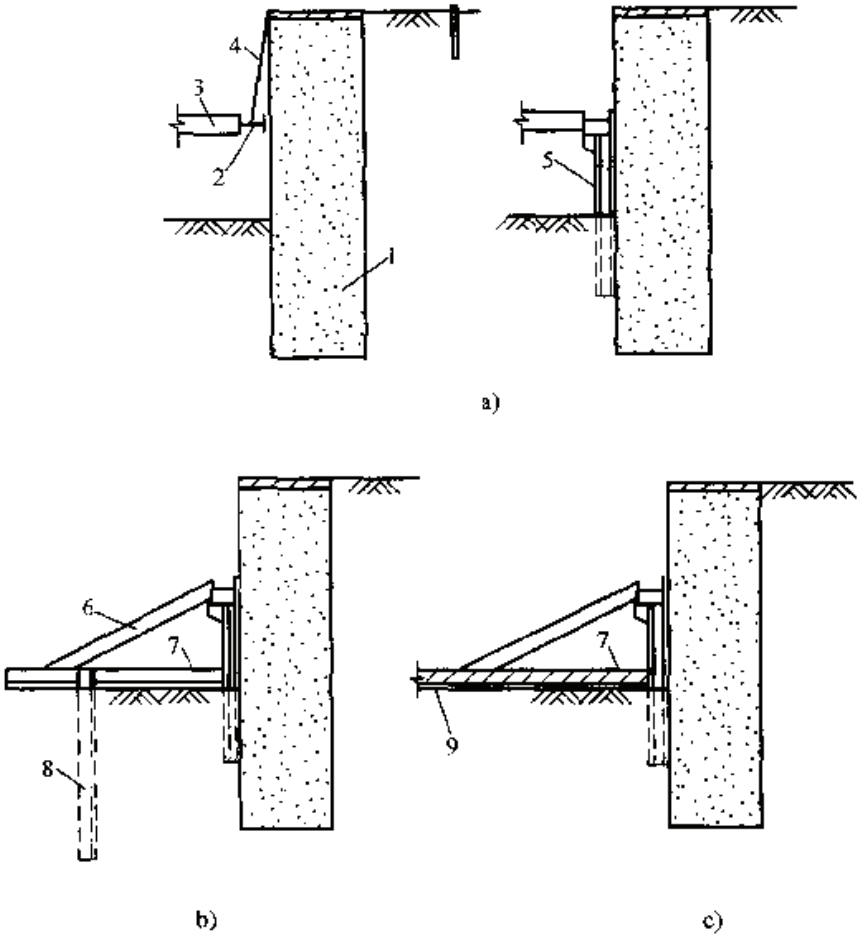


图 8-10　围护桩墙加临时支撑

a）对撑　b）、c）竖向斜撑

1—水泥土围护桩墙　2—围檩　3—对撑　4—吊索　5—支承型钢

6—竖向斜撑　7—铺地型钢　8—板桩　9—混凝土垫层

2）对悬臂式支护桩墙，一般可采取加设支撑或拉锚；或墙背卸土；及时浇筑基础混凝土垫层。

3）对支撑式支护桩墙，可采取注浆或高压喷射注浆进行坑底加固，提高被动区抗力；及时浇筑和加厚混凝土垫层，使形成可靠支撑。

禁忌 6　水泥土桩墙施工质量低劣

现象、危害性　基坑开挖后，水泥土桩墙多处渗水，挖到设计基底标高时，

基坑一侧及转角水泥土墙坍塌，基坑被淹，当基坑抽完水后，基坑边坡滑塌。造成原因有：水泥搅拌桩施工质量太差，水泥含量少，有未胶结现象。桩搭接不够，按规范规定，当考虑防水帷幕作用时，至少应搭接 150mm；或当基坑被淹后，水泥土桩墙后及基坑周围的土处于饱和状态，当将坑内水很快降下时，水泥搅拌桩一侧承受较原来更大的饱和地基土的水压力，从而失去平衡，大面积坍塌，从而使整个基坑水泥土墙破坏。

防治措施

1）水泥土桩墙应按下列规定施工：

①深层搅拌水泥土桩墙施工前，应进行成桩工艺及水泥掺入量或水泥浆配合比试验，以确定相应的水泥掺入比或水泥浆水灰比。浆喷深层搅拌的水泥掺加量宜为被加固土重度的 15% ~ 18%，粉喷深层搅拌的水泥参加量宜为被加固土重度的 13% ~ 16%。

②水泥土桩与桩之间的搭接宽度，当要求截水时，不宜小于 150mm，不考虑截水时应不小于 100mm。

③水泥土墙采用格栅布置时，水泥土的置换率对于淤泥不宜小于 0.8，对于淤泥质土不宜小于 0.7，一般粘土及砂土不宜小于 0.6。格栅长宽比不宜大于 2。

2）在低洼地段施工应筑防水堤或排洪沟，以防雨水侵入。

禁忌 7 水泥土桩墙连续施工时，对周围环境不进行监测

现象、危害性 水泥土桩墙连续施工时，对邻近建筑物和地下管线的变形不进行监控。由于水土桩墙体积大，埋入深，采取连续施工时，在土中掺入水泥浆经搅拌成桩墙，在硬化过程中会产生大量水化热量，体积膨胀会使周围土体隆起，从而导致地下管线产生位移，下沉，建筑物开裂，影响正常安全使用。

防治措施 施工体积大、埋入深的水泥土桩墙时，对周围 5 ~ 10m 范围内的管线和建筑物要进行监测，发现周围有土体隆起情况，应采取间隔跳槽或分段施工，段与段之间要留有榫头，以利搭接；或减慢施工速度，或挖隔胀沟等措施。

8.2.6 土钉墙支护

禁忌 1 土钉墙施工中，不控制土方开挖的每步层高和开挖段长度，不合理安排作业顺序

现象、危害性 基坑开挖，随意挖深、挖长，随意超挖，不考虑暴露坡面的直立自稳能力，不及时设置土钉或喷射混凝土护面；或不合理安排作出顺序，采取挖完坡面后，再进行设置土钉、喷射混凝土护面等，从而导致边坡失稳，使土钉墙支护破坏失效。

防治措施

1）基坑开挖一定要考虑暴露坡面的直立自稳能力，采取分层、分段进行。分层高度要与土钉墙的设计工况相一致，不得随意超挖，通常每步开挖层高（深度）控制在0.5～2.0m之间，每挖完一步层高，及时设置土钉、喷射混凝土护面，再进行下一步层高开挖和设置土钉进行护面直至基坑底部。

2）基坑开挖的分段长度与土质条件、坡顶附加荷载、分层高度等有关，一般对松弱杂填土和软弱土层、滞水层，施工期间坡顶超载较大、边坡坡度较陡、或基坑深度较大时，分段长度应小一些。当工期紧时，可采取多段跳槽开挖的方式，即在水平方向上间隔分段挖土，以扩大施工作业面，便于形成流水作业。

3）基坑开挖时，在未完成上层作业面的土钉与喷射混凝土支护之前，不得进行下一层深度的开挖。开挖机械应最大限度地减小对支护土层的扰动。当采用机械开挖时，要防止对边壁出现超挖或造成边壁土体松动；靠近边壁时宜用人工或小型机具清坡，以保证坡面平整度和坡角符合设计要求。

4）支护施工的作业顺序应能保证修整后的裸露边坡在设计规定的时间内予以及时支护，即及时设置土钉或喷射混凝土护面层。

禁忌2 在土钉墙施工中，边壁裸露土体发生坍塌

现象、危害性 在土钉墙施工过程中，边壁裸露土体局部或大面积发生坍塌。产生原因有：边坡土体直立自稳能力差；未合理确定每步的开挖深度及作业顺序；设计和施工未做好排水系统，地表、地下水渗流入坡面，降低土的粘聚力，使坡面土体失稳；或机械开挖出现超挖或造成边壁土体松动；或边坡开挖后，不及时设置土钉和混凝土护面层稳定坡面等，从而导致边壁坍塌，施工修整困难，降低支护稳定性。

防治措施

1）合理安排、严格控制好每步开挖深度和作业顺序，未做好上层作业面的土钉与喷射混凝土支护之前，严禁进行下一层深度的开挖，同时做好排水系统，阻截地表、地下水渗流入坡面。

2）对易坍塌的不良土体可采取以下措施：①对开挖出的基坑边壁经修整后，立即喷上一层薄的砂浆或混凝土，待凝结后再进行钻孔设置土钉，待后再喷混凝土面层；或在作业面上先设置钢筋网混凝土面层，而后进行钻孔并设置土钉；②在水平方向上分小段间隔开挖；或先将作业深度上的边壁做成斜坡保持稳定，待钻孔并设置土钉后再清坡；③必要时，可在基坑开挖前，采用水泥压力注浆的方法对边坡部分土体进行加固后，再开挖边坡，设置土钉支护。

禁忌 3 土钉墙支护施工不做好排水系统

现象、危害性 土钉墙支护施工，不先做好地表和地下水的排降水工作，使坡面浸水。由于地表、地下水的渗流会降低土体强度和土钉与土体之间的介面粘结力，并对喷射的混凝土面层产生压力，从而会降低土钉墙支护的强度、承载力和稳定性，面层脱落破坏，使支护失稳、失去效用。

防治措施

1）土钉墙支护宜在降低地下水的条件下进行施工，并采取措施排除地表滞水和坑内渗水。降低地下水位，可根据土质情况、开挖深度和施工设备条件，选用轻型井点，喷射井点或深井井点等，将地下水位降至基坑底以下 500mm。排除地表水的方法是先将基坑四周支护范围内的地面修整，设排水沟或截水沟及水泥地面，以阻截地表水向坡体渗透。

2）支护内部排水一般在支护面层背部设置长 400 ~ 600mm、直径 60 ~ 100mm 的水平塑料排水管，管壁带孔，内填滤水材料，随着开挖的加深，从上到下按一定间距和标高插入边壁土体，以便支护完成后能将混凝土面层背面的积水及时排出（图 8-11）。

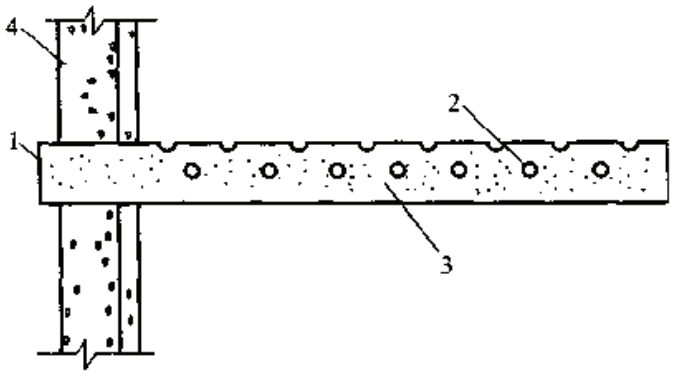


图 8-11 土钉墙面层背部排水

1—短塑料管 2—孔眼 3—滤水材料 4—混凝土面层

3）基坑内积聚的渗水，可在坑底离边壁坡脚 0.5 ~ 1.0m 设排水沟或集水井，表面用砖砌砂浆抹面以防止渗漏，坑内积水用小型水泵抽出排走。

禁忌 4 邻近建筑物出现滑坡坍塌

现象、危害性 土钉墙支护设置在填土、粘土和淤泥质土层上，坑底为 3.0m 以上淤泥质土层，开挖至底后，邻近建筑物出现倾斜，1d 后倒塌。产生原因有：土钉墙支护落在淤泥质土层上，单纯用土钉锚固，长度严重不足，承载力不够，加上坑底被动土区抗力低，施工时降排水不良，有地面、地下水渗入，土体稳定性差，从而导致支护失稳，使整个支护连动墙背土体绕基坑底滑坡，使邻近建筑物随之坍塌，最终倒塌。

防治措施

1）应根据地质和环境条件，应采取土层预应力锚杆与土钉墙结合的支护方案。在第一根土钉处改用预应力土层锚杆，其长度应通过邻近建筑物宽度，使达到较好土层；其每根土钉长度应按规范规定计算，一般宜上部设置的土钉较长而

下部较短，并考虑邻近建筑物荷载的作用。

2）施工过程中要做好排降水工作，防止地表，地下水浸入边坡土体。

3）施工前要作预应力土层锚杆、土钉与土体的极限摩阻力试验，作为设计的依据。施工过程中应作好监控，监测边坡和邻近建筑物的变形情况，发现倾斜、下沉、裂缝情况，及时进行处理。

8.2.7　逆作拱墙支护

禁忌1　逆作拱墙不闭合成拱形

现象、危害性　逆作拱墙平面采取分段设置，未闭合成圆拱形。由于拱墙做成全封闭形，才能改变受力性能，使其主要承受压应力，充分发挥混凝土材料性能，使截面大大减小、减薄，如不闭合成圆拱形，则不起拱的作用，从而导致受力性能改变、产生较大的弯曲应力和变形，甚致破坏。

防治措施　逆作拱墙支护应在平面上做成全封闭拱墙，使其发挥混凝土受压性能。

禁忌2　逆作拱墙与坑壁之间存在间隙

现象、危害性　逆作拱墙与坑壁土层之间局部或大部分存在间隙，使坑壁土压力作用于拱墙上荷载不均，甚至受很大集中荷载，造成局部产生较大弯曲应力和变形，使拱墙开裂，甚至破坏。

防治措施　逆作拱墙与坑壁之间的空隙应用砂土填满夯实，使拱墙受力均匀，确保支护安全。

禁忌3　逆作拱墙不分道、不连续施工

现象、危害性　逆作拱墙采取按随意高度施工，或不进行分道，先挖好坑壁，再施工拱墙，且每道拱墙不连续作业。这种不垂直向下分道施工，易使坑壁土层坍塌，给施工清土和填夯间隙带来困难，且施工很不安全；再不每道连续作业，使拱墙不能闭合形成圆拱形，不能与坑壁土层紧密结合嵌固，在自重力作用下会有脱落掉下危险，使拱墙破坏，造成重大安全事故。

防治措施

1）拱墙在垂直方向应分道施工，每道施工的高度视土层的直立高度而定，不宜超过2.5m；待上道拱墙合拢且混凝土强度达到设计强度的70%后，才可进行下道拱墙施工。上下两道拱墙的竖向施工缝应错开，错开距离不宜小于2m。

2）拱墙施工宜连续作业，每道拱墙施工时间不宜超过36h。

禁忌 4 逆作拱墙底部出现流砂、涌泥

现象、危害性 逆作拱墙底部出现流砂、涌泥情况。产生原因是：在粉细砂、粉土地层，地下水位高于坑底 0.5m 以上，在坑内抽水时，使基坑外粉细砂、泥土在动水压力作用下，随地下水流涌入基坑，形成流砂、涌泥。导致侧壁土体失稳，基坑土被浸泡扰动，降低地基承载力。

防治措施 基坑降水应采用井点降水，使地下水降低至基坑底以下 0.5m；基坑内积水坑的设置应远离坑壁，距离不应少于 3.0m；基坑应验算渗透稳定性，不符合要求，应采取适当加深拱墙或加强降水处理。

禁忌 5 坑底土出现隆起

现象、危害性 地基为淤泥或淤泥质土，基坑开挖至坑底后，拱墙内侧土出现隆起。产生原因是：拱墙结构无嵌固深度，底部为软土层，坑底被动土抗力低，在坑壁土体压力作用下，向坑内滑动挤出，使墙底周边土被挤隆起，导致坑壁土体失稳，坑底土被扰动，失去承载力，将使建筑物产生较大不均匀附加沉降。

防治措施

1）由于拱墙结构无嵌固深度，基坑底土体应满足抗隆起条件，对于逆作拱墙支护的每道拱墙施工，开挖深度都应验算。

2）如基坑土体不能满足抗隆起验算条件［《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120—1999）中式（7.1.2）］，应在基坑底沿拱墙周边用水泥土桩或注浆对被动区土体进行加固处理，以保持土体稳定。

8.2.8 截水帷幕支护

禁忌 1 注浆桩帷幕渗漏水

现象、危害性 灌注桩支护，桩间净距 50mm，采用水泥压密注浆桩防渗，基坑开挖到设计基底标高时，灌注桩间多处出现渗漏水，坑外地面开裂、下沉，桩向坑内倾斜，邻近建筑物墙体裂缝。产生原因主要是压密注浆使用的压力不足，仅 0.5MPa，强度低，抗渗透性差；其次是桩间隙和桩径过小，结合不好等，地下水压力大，从而导致渗漏水，失去止水帷幕作用，造成上述的严重危害。

防治措施 压密注浆桩的压力应控制在 10MPa 以上，灌注桩间隙层大于 100mm，止水桩径应大于 200mm，使能在灌注桩间形成止水帷幕。

禁忌 2 灌注排桩与高压喷射注浆桩结合不良

现象、危害性 灌注排桩与高压喷射注浆截水桩结合不严密，基坑开挖后，

帷幕不截水，多处出现漏水、漏砂并少量涌砂。产生原因有：高压旋喷桩与灌注桩在一般地质情况下，可以结成帷幕，但在砂质很不均匀层中就会产生问题。相同压力下，高压旋喷桩在不同的砂层中成形情况相差悬殊，在砾砂层中所形成的桩径很大，高压水泥浆在孔隙中流出很远，有记录达4m远。如钻机拔杆速度较快，则形成桩体不密实，有裂缝、空洞等缺陷。在中细砂中，孔隙小，浆液难扩散，但往往出现局部缩小，与灌注桩结合不好的现象；再在桩较长的情况下，要做到控制垂直度，使两种桩结合组成帷幕不渗水，比较困难，从而造成基坑泡水，支护桩倾斜，外围地面塌陷，邻近建筑物开裂，并降低地基承载力。

防治措施

1）制订方案时应详细研究场地勘察报告，如有不均匀砂层时，应研究是否应用高压注浆法，还是采用其他方法，如深层搅拌水泥土法。

2）在采用高压注浆法时，灌注桩施工应记录每根桩的垂直度，偏向何方，以便作高压注浆桩的参考，使两桩有良好结合，作成防水帷幕。

禁忌3　深层搅拌桩截水帷幕深度不足

现象、危害性　灌注桩支护，桩外设置三层直径500mm水泥土深层搅拌桩作截水帷幕，桩深入不透水层300mm，基坑开挖到设计坑底（－8m）标高后，出现桩侧涌土、涌水，基坑滑移。产生主要原因是截水水泥土深层搅拌桩嵌入不透水层的深度不足，按《建筑基坑支护技术规程”（JGJ120—1999）第8.4.2条规定，插入不透水层深度 l 应为 $l=0.2h_w-0.5b$（式中 h_w 为作用水头；b 为帷幕宽度），分析计算结果，深度不足；再灌注桩嵌固深度虽满足结构需要，但按JGJ120规程第4.1.3条计算，不符合抗渗稳定条件。从而导致桩侧涌土、涌水，基坑滑移破坏。

防治措施

1）用作灌注桩支护的截水帷幕深层搅拌桩长度，应按JGJ120规程计算确定。

2）灌注桩嵌固深度除满足嵌固深度要求外，还需满足JGJ120规程抗渗稳定条件。

禁忌4　灌注排桩之间不设置截水帷幕

现象、危害性　灌注排桩支护，桩净距为300mm；桩顶设圈梁，用一道锚杆拉结，坑内外设管井井点降水，地基土为淤泥质土，基坑开挖至设计坑底标高后，由于桩间未设截水桩帷幕，坑外泥水向坑内渗入，部分桩被折断滑入坑内，邻近建筑物向基坑倾斜，并产生不同程度开裂。造成原因是：地基为淤泥质土，地下水位高，土流变性强，用管井降水不利，水位差大促使渗流，使基坑外泥水

从灌注桩间涌入坑内，如在桩间设置可靠的截水帷幕，则可避免这种情况发生，防止导致以上危害。

防治措施 软土地区采用降水措施应按土的有效粒径及渗透系数，以及基坑要求降水深度来选用有效的井点降水方法；在灌注桩间应采用水泥土深层搅拌桩或高压喷射注浆桩作截水帷幕，以阻截地下水渗入基坑，影响基坑支护稳定。

禁忌 5 水泥土深层搅拌桩质量差，不起截水帷幕作用

现象、危害性 水泥土深层搅拌桩施工质量差，桩垂直度偏差大，桩间没有搭接或搭接不够，形成间隙、孔洞；桩搅拌不均，存在泥夹层或桩体疏松，在地下水压作用下渗漏，导致坑内漏水，涌砂，坑外地面下陷，危及邻近建筑物及地下管线正常使用和安全。

防治措施

1）截水帷幕桩的垂直度偏差应控制在 1.5%以内，桩的搭接应大于 200mm，桩位偏差应小于 50mm，桩底标高为 ±200mm，桩体强度应符合设计要求，桩身不得出现疏松和泥土夹层。

2）截水帷幕桩是工程的关键部分，必须严格按规范规定施工。

9 降水与排水工程

在地下水位较高或有丰富地面滞水的地段开挖基坑（槽、沟，下同），常会遇到地下、地表水，由于地下、地面水的存在，不仅土方开挖困难，工效很低，边坡易于塌方，而且会造成地基被水浸泡，破坏地基土壤，降低地基承载力，导致工程建成后建筑物产生大量附加不均匀沉降，使结构物开裂、倾侧或破坏，因此在基坑土方开挖施工中，应根据工程地质和地下水文情况，采取有效的降低地下水位或排水措施，使基坑开挖和基础施工达到无水状态，以保证基础施工质量和顺利进行。

9.1 基坑降水

基坑降水一般常用的为各种井点降水方法，它是在基坑开挖前，沿开挖基坑的四周、或一侧、二侧埋设一定数量深于坑底的井点滤水管或管井，以总管连接或直接与抽水设备连接从中抽水，使地下水位降低到要求深度。本法可避免大量涌水、冒泥、翻浆、在粉细砂，粉土地层中开挖基坑时，可防止流砂现象发生，同时由于土中水分排除后，动水压力减小或消除，可提高边坡的稳定性，改善土的性质和施工操作条件，提高工效。井点降水方法常用的有：单层轻型井点，多层轻型井点，喷射井点、电渗井点、管井井点、深井井点等，可根据土的种类、土的渗透系数，要求降水深度、工程特点、场地及设备条件等选用。表 9-1 为各种井点适用的渗透系数和降水深度情况，可供参考。

表 9-1 各种井点的适用条件

降水类型 \ 适用条件	土层渗透系数/(m/d)	可能降低水位深度/m
单层轻型井点	0.5～50	3～6
多层轻型井点	0.5～50	6～12
喷射井点	0.1～20	8～20
电渗井点	<0.1	宜配合其他形式降水使用
管井井点	1.0～200	3～5
深井井点	5～250	>10
回灌井点	0.1～200	不限

9.1.1 轻型井点降水

禁忌 1 真空度失常

现象、危害性 降水时，真空度很小，真空表指针剧烈抖动，出水量很少；或真空度异常大，但水抽不出来；或地下水位降不下去，基坑边坡失稳，出现流砂现象。产生原因有：井点设备安装不严密，管路系统大量漏气；抽水机组磨损或发生故障：或井点滤网、滤管、集水总管或滤清器被泥砂淤塞，或砂滤层含泥量过大等，以致抽水机组上的真空表指针读数异常大，但抽不出地下水；或井点设备选择不当；或井点滤管埋设的位置和标高不当，设在渗漏系数较小的土层中等，导致降水达不到施工设计要求。

防治措施

1）井点管路安装必须严密；抽水机组安装前必须全面维修、保养，空运转时真空度应在 60kPa 以上。

2）轻型井点系统安装应按规定程序进行；在安装前应将管内铁锈、淤泥等杂质除净。每根井点管、滤管均应严格检查，合格后始可使用；一套井点埋设后要及时试抽洗井，全面检查管路接头安装质量，井点出水状况和抽水机组运转情况，发现漏气和“死井”等情况，应立即处理。

禁忌 2 抽出水较混浊

现象、危害性 井点抽出的水较混浊或出现清了又混等情况。产生原因有：滤管的滤网孔眼过大，不能阻止土的细颗粒进入；或井点砂井质量较差，砾料级配不良或无级配；或埋管不对中，滤层厚薄不均，有的部位过薄；或工作水不清洁等，易造成堵管，使井点失效。

防治措施

1）滤管必须按要求设置滤网；砂井滤料应有一定级配。

2）埋设井管必须设在井孔的中心部位，使过滤层厚度一致；工作水应保持洁净。

禁忌 3 井点降水局部出现异常

现象、危害性 基坑局部边坡出现流砂堆积或滑裂险情。产生原因有：失稳边坡一侧有大量井点淤塞或真空度太小；或基坑附近有河流或临时挖掘的积存有水的深沟，这些方向基坑渗漏补给，使动水压力增高；基坑附近地面因堆料超载或机械振动等，引起地表裂缝和坍陷；如果同时又有地表水向裂缝渗漏，则流砂堆积或滑裂险情将更严重等，从而造成井点失效或破坏。

防治措施

1）参见禁忌1“真空度失常”的预防措施。

2）在水源补给较多的一侧，加密井点间距，在基坑开挖期间禁止邻近边坡挖沟积水。

3）基坑附近地面避免堆料超载，并尽量避免机械振动过剧。

4）治理方法：封堵地表裂缝，把地表水引往离基坑较远处；找出水源予以处理，必要时用水泥灌浆等措施填塞地下空洞裂缝；在失稳边坡一侧，增设抽水机组，以分担部分井点管，提高这一段井点的抽汲能力；在有滑裂险情边坡附近卸载，防止险情加剧，造成井点严重位移而产生的恶性循环。

禁忌4 井点使用后中途停泵，间歇时间过长

现象、危害性 井点使用后，由于停电或排水设备出现故障等原因，造成中途停泵或采取间歇开泵方式，时抽时停，间歇时间过长。这样会因停止排水时间过长，而使地下水位上升，导致淹泡基坑事故，使基土受到扰动，降低地基承载力。

防治措施 井点使用后，中途不得停泵。一般应设双回路供电，或备用一台发电机，停电时使用；同时加强排水设备维护，及时排除故障，确保连续降水。

禁忌5 出现死井

现象、危害性 井点出水极少或抽不出水，或开始能少量出水，以后完全停止出水。产生原因有：井孔灌砂砾粒不洁净，夹有泥土；或级配不好，泥砂渗入堵塞滤孔；或井点管没有埋设在孔中间，砂砾层过薄，泥砂进入滤管；或井点滤管埋入渗透系数极小的土层内；或未及时洗井和抽水，成孔时浮于水中的泥砂从内部或外部管井堵塞滤孔等，从而导致井点失效。

防治措施

1）砂砾料混有泥土应洗净；滤料应有一定级配，不得混有大量粉砂。

2）井点管埋设防止靠近孔壁过近，砂砾层过薄，泥砂进入滤管；井点滤管必须埋入渗透性强的含水层内；井管安好后应及时洗井，并与总管、抽水设备接通进行抽水，使形成一定流动水头。

3）对死井应逐个用高压水反冲洗井点管或将井点管拔出重新埋设。

9.1.2 喷射井点降水

禁忌1 扬水器失效

现象、危害性 井点真空度很小，井内管出水不畅或无力，压差不正

常；当关闭此井点时，压力表显示出工作水压力增减，如超过正常情况下预先测定的数值范围，称为压差不正常；扬水器失效的井点附近常有涌水冒砂，局部土层较湿或边坡局部出现不稳定。产生原因有：喷嘴被杂物堵塞，当关闭该井点时压力表指针基本不动或上升很小；或喷嘴磨损严重，甚至穿孔漏水；喷嘴夹板焊缝开裂；当关闭该节点时压力表指针上升很大等；从而导致降低降水效果。

防治措施

1）严格检查扬水器质量，主要是同心度和焊缝质量，每根井点均应在地面作泵水试验和真空度测定；地面测定的真空度不宜小于93kPa。

2）装配扬水器时要防止损伤喷嘴夹板焊缝，除净井点管和总管内铁锈、泥砂和焊渣等杂物，并加强防护，以防堵塞喷嘴带来后患。

3）工作水要保持洁净；工作水压力要调节适当，以减轻对喷嘴的磨损。

4）喷嘴堵塞时应及时将堵塞物排除，如果堵塞物卡得过紧，排除困难，则应将内管全部拔出，排除堵塞物后再装上；喷嘴夹板焊缝开裂或磨损穿孔漏水时，则应将内管全部拔出，更换喷嘴。

禁忌2 真空管内无真空

现象、危害性 井点真空管内测不出真空度或真空度极低。产生原因有：清孔不够充分，井管底部被沉淀泥砂堵塞，或管路安装不严密、漏气；或井点安装工序不当，采取先填井点后连接回水管，最后安装水泵的工序，井点搁置时间过长，被泥砂沉淀堵塞；或井点喷嘴内卡入异物或磨损严重，引起喷嘴断面改变；或供水管保护不好，砂砾落入井点内外管的间隙中间，从而导致井点管排不出水，甚至失效。

防治措施

1）认真进行井孔的清洗；井点埋设应先将抽水设备、管路安装好，以便能立即接通；管路安装应严密。

2）如已出现堵塞，可将心管轻轻拔起一段距离，打开供回水阀门和真空阀门，利用高压水的反冲力，使沉淀泥砂泛起排出，待水清后，再将心管放回原处；如果无效，则须将心管拔出检查，如有异物，应清除掉；如已磨损则更换新的喷嘴；供水管路应保护好，防止砂砾掉入井点内外管内。

禁忌3 井点出现堵塞

现象、危害性 降水时工作水压力正常，但真空度超过附近正常井点很多；或向被堵塞的井点内灌水，水渗不下去；如邻近同时有几根井点管堵塞，则附近基坑边坡土体潮湿，甚至出现流砂等。少量堵塞会降低出水效果，严重堵塞时，

会使井点失效。

防治措施

1）安装水泵设备（包括循环水池或水箱）及泵的进出水管路，必要时搭临时泵房；铺进水总管和回水总管，挖井点坑和排泥沟；沉设井点管，灌填砂滤料，接通进水总管，单井及时试抽；全部井点沉设完毕后，立即把各根井点接通回水总管，进行全面试抽，合格后交付使用。

2）在成层土层中，井点滤管一般应设在透水性较大的土层中，必要时可扩大砂滤层直径，适当延深冲孔深度或增设砂井。

3）冲孔应垂直，孔径应不小于40cm，孔深应大于井点底端1m以上。拔冲管时应先将高压水阀门关闭，防止把已成孔壁冲坍。

对土层中的硬粘土夹层部位应使冲管反复上下冲孔和不断旋转冲管，使夹层的孔径扩大到设计要求。

4）单井试抽时排出的浑浊水不可回入回水总管。试抽开始时水质浑，而后变清是属于正常现象。水质变清后连续试抽不宜小于1h，以提高砂滤层及其附近土层的渗水能力。

5）当滤管内被泥砂淤积时，可先提起井点内管少许，通过井点内外管之间的环形空间进水冲孔，由内管排水；或反之，通过内管进水，由环形空间排水，使反冲的压力水把淤积的泥砂冲散成浑水排出。

6）当淤泥堵塞滤网或砂滤层时，可通过井点内管压水，使高压水带动泥浆从井点孔滤层翻出地面，翻孔时间约1h，停止压水后，悬浮的砂滤料逐渐沉积在井点滤管周围，重新组成滤层。

7）如果滤管埋设深度不当，应根据具体情况增设砂井，提高成层土层垂直渗透能力，或在透水性较好的含水层中另设井点滤管，或拔出井点重新埋设。

禁忌4 井点出现倒灌水（倒流）

现象、危害性 真空管内出现正压或喷水，甚至井点附近的地面翻砂、冒水或工作水箱中的水位不断下降等情况。产生原因有：喷射井点喷嘴磨损严重，水流产生折射致使工作水流倒灌；或喷井点突然停电，也常引起倒灌；或操作不当，而突然停止工作等，从而导致井点降水失效。

防治措施

1）井点降水应连续进行，并应设双回路电源，以防突然断电倒灌；在井点滤管的心管下设一止回阀，当井管因出现故障真空消失时，应采取措施阻止工作水进入基坑，浸泡地基。

(2) 如出现倒灌应立即关闭供回水阀门，再加以修理，将心管提起重新安装。

禁忌 5 工作水压力升不高

现象、危害性 工作水压力升不高，井点真空度上不去，很小。产生的主要原因是水泵负担了过多的井点，或循环水池内泥砂沉淀过多，堵塞水泵吸水口，致使工作水量不足，水压升不高，使井点真空度很小，减弱降水效果。

防治措施

1) 要按照实际负担井点数量来选用水泵性能和数量，要准备备用水泵。为了防止水泵吸水口被泥砂堵塞，可参见本节禁忌 3“井点出现堵塞”的有关防治措施进行处理。要加强降水值班责任制，经常检查水的含砂量和水池中的泥砂沉积高，发现超标，及时采取措施处理。

2) 水泵流量不足时应增设水泵；清理循环水池中的沉积泥砂应在维持井点连续降水的条件下进行，并查明泥砂大量沉积原因，如系个别井点引起，可按 9.1.1 节禁忌 2“抽出水较混浊”中的防治措施处理。

禁忌 6 井点回水连接短管爆裂

现象、危害性 井点回水连接短管因井点阀门操作不填引起爆裂，导致降水失控，难以继续进行。

防治措施 短管爆裂时，应立即关闭该井点，换上备用的回水连接短管，按井点阀门规定的操作程序进行开、关井点阀门，开井点时应先开回水阀门，后开进水阀门；关井点时，应先关进水阀门，后关回水阀门。

禁忌 7 循环水池水位不断下降

现象、危害性 循环水池水位陆续不断地下降。造成原因主要是：循环水池位置离基坑过近，当地表发生沉陷时，导致循环水池随之下沉、开裂漏水；如出现井点倒灌水或工作水循环系统中有大量漏水时，工作水的漏水量超过井点抽出的水量，水池水位亦将不断下降。从而导致影响降水效果。

防治措施

1) 循环水池位置宜离基坑稍远，并适当加强水池结构的抗裂措施；要防止井点倒灌水；进水总管和回水总管的接头应安装严密不漏水。

2) 循环水池开裂漏水时，应对水池进行补漏和地基加固；必要时改用钢制循环水箱。如循环水池水位下降系工作水循环管路系统或井点倒灌水引起的，则应根据具体情况处理。

9.1.3　电渗井点降水

禁忌 1　电渗效果差

现象、危害性　电渗井点降水时，地下水不能向阴极方向集中，使井点量少。产生原因有：阴极、阳极数量不相等，或电线未连接成通路；或地面上有其他导电物体，使大量电流从地表面通过，降低了电渗效果；或电渗阳极埋设不符合要求，如阳极与土体接触不好，电阻增加，影响电渗效果等，从而使井点排水量少，影响降水效果。

防治措施

1）电渗井点宜按下列程序施工：

①埋设轻型井点管或喷射井点管；

②埋设阳极（用 ϕ50～ϕ70mm 钢管或 ϕ25mm 以上的钢筋）；

③阴、阳极分别用铜芯橡皮线、扁钢或钢筋等连成通路，再分别连接到直流发电机的相应电极上；

④利用轻型井点管或喷射井点管作阴极，沿基坑外围布置，用钢管或钢筋打入或钻入地下做阳极（高出地面 20～40cm）。阳极要比阴极埋深 0.5～1m，以保证水位降到所要求的深度；

⑤阴极、阳极数量要相等，并分别用电线连接成通路；通电后使带负电荷的土颗粒向阳极移动，带正电水分子则向阴极（即井点）方向集中，这样就产生电渗现象；在电渗和真空的作用下，强制粘土中的水向井点管快速排出，井点管连续抽水，地下水位逐步下降；

⑥通电前，清除干净地面上阴阳极之间的无关金属和其他导电物，地面保持干燥，最好做一层绝缘层，效果更好。

⑦阳极埋设用电钻钻孔埋设；阳极就位后，利用下一钻孔排出泥浆倒灌填孔，使阳极与土接触良好，减少电阻，有利电渗。

2）当发现抽水效果不好时，先排除井点的原因。然后逐个检查井点管和打入地下的作为阳极金属棒的通电情况，发现不符，重新进行接电。

发现阴阳极之间有导电物，应及时清除。

禁忌 2　电能消耗过大，效果差

现象、危害性　从电表上观察用电量明显增大，超过设计计算的电能耗用，造成原因主要是：电解过程中，产生气体附在电极附近，使土体电阻加大，电能量消耗相应增加；再对不需电渗的土层中的阳极表面来作绝缘处理，也消耗大量电能，造成电能浪费，而效果甚差。

防治处理

1）采用间接通电法，即通电 24h 后，停电 2～3h 后再通电。

2）在不需要电渗的土层（渗透系数较大）中的阳极表面涂沥青或其他绝缘材料。

禁忌 3 电极间出现短路

现象、危害性 阴阳电极间出现电短路，电流不通。造成原因主要是井点管与阳极棒距离太近，并且埋设不垂直互相接触，通电后，造成短路，损坏设备，使线路破坏，降水不能进行。

防治措施 阴、阳极两者的间距，应控制在 0.8～1.5m 之间，井点管和阳极管子（或钢筋）埋设都必须垂直，防止相邻的阴、阳极相碰；发现有相碰现象，应在通电前拔除阳极的管或钢筋，重新埋设。

9.1.4 深井（管井）井点降水

禁忌 1 出现塌孔

现象、危害性 在深井（管井，下同）成孔过程中或成孔后，孔口或孔下部孔壁出现局部或大片塌落。产生原因是：孔口未设护筒；成孔护壁泥浆密度过小；或成孔后停留时间过长，未立即埋设井点管，造成清孔困难，影响工期，增加填料用量。

防治措施

1）冲孔、钻孔应在井口设钢护筒；泥浆密度不能过低；成孔后应立即埋设井点筒，停歇时间不应超过 4h。

2）上部塌孔严重，可在孔口下插入一定深度的护筒进行护壁；孔口个别处塌孔严重，可增大护壁泥浆的密度。

禁忌 2 井点出水不畅

现象、危害性 井点出水不多，降水效果差，或开始出水较旺，后期逐渐衰退。产生原因有：井点沉放前未清孔，滤管被泥砂堵塞；或滤料没有级配，不清洁；或冲孔工艺不当；洗井时间停歇过长，护壁泥皮老化未被破坏影响井壁渗水；或管井井点底部未设沉砂管或预留一段沉砂井；或井点埋设离边坡太近漏气真空度达不到要求；或遇流砂、淤泥质粘土缩颈影响填砂质量等，从而影响降水效果。

防治措施

1）井孔在沉放井点前应进行一次清孔；砂砾料应符合设计要求，有一定级

配；井孔宜采用套管冲枪冲孔，提高砂井质量；

2）井点安装好后，应立即洗井，将井孔泥皮破坏，泥渣去净；井点下端应做一段 1m 长沉砂管，防止沉砂堵塞下部滤管，以克服后期降水衰退；井点管埋设应保持离边坡不少于 1m，以防漏气，降低真空度。

禁忌 3　基坑地下水降不下去

现象、危害性　深井井点深井泵（或潜水泵，下同）的排水能力有余，而井的实际出水量很小。产生原因有：井深、井径和垂直度不符合要求，井内沉淀物过多，井孔淤塞；或洗井质量不良，砂滤层含泥量过高、孔壁泥皮在洗井过程中尚未破坏掉，孔壁附近土层在钻孔时遗留下来的泥浆没有除净，结果使地下水向井内渗透的通道不畅，严重影响单井集水能力；或滤管的位置、标高以及滤网和砂滤料规格未按照土层实际情况选用，故渗透能力差；或水文地质资料与实际情况不符，井管滤管实际埋设位置不在透水性能较好的含水层中等，因而导致地下水位降不下去，造成降水失败。

防治措施

1）深井井管宜按下列程序施工：

井管测量定位→挖井口、安护筒→钻孔→回填井底砂垫层→吊放井管→回垫井管与孔壁间的砂砾过滤层→洗井→安装深井泵（潜水泵）→安装抽水控制电路→试抽水→降水井正常工作。

2）钻孔孔井应大于井管直径 300～500mm，井深应比所需降水深度深 6～8m；井管应垂直放在井孔当中，四周均匀填砾砂，砾砂应用铁锹下料，不允许用机械直接下料，防止砾砂分层不均匀和冲击井管。砾砂填至井口下 1m，然后用不含砂的粘土封口至井口面。

3）在井管四周灌砂滤料后应立即洗井。一般在抽筒清理孔内泥浆后，用活塞洗井，或用泥浆泵冲清水与拉活塞相结合洗井，借以破坏深井孔壁泥皮，并把附近土层内遗留下来的泥浆吸出。然后立即单井试抽，使附近土层内未吸净的泥浆依靠地下水不断向井内流动而清洗出来，达到地下水渗流畅通。抽出的地下水应排放到深井抽水影响范围以外。

4）在井孔内安装或调换水泵前，应测量井孔的实际深度和井底沉淀物的厚度。如果井深不足或沉淀物过厚，需对井孔进行冲洗，排除沉渣。

5）治理方法：重新洗井，要求达到水清砂净，出水量正常。在适当的位置补打深井。

禁忌 4　基坑地下水位降深不足或降水速度太慢

现象、危害性　基坑观测孔水位未降低到设计深度，或在预定时间内达不到

预定降水深度。产生原因有：基坑局部地段设置的深井数量不足；或深井泵型号选用不当，深井排水能力低；或水文地质资料不确切，基坑实际涌水量远超过计算涌水量等，因而导致基坑内涌水、冒砂，施工困难，降水达不到设计要求。

防治措施

1）先按照实际水文地质资料计算降水范围总涌水量、深井单位进水能力、抽水时所需过滤部分总长度、点井根数、间距及单井出水量。复核深井过滤部分长度、深井进出水量及特定点降深要求，以达到满足要求为止。深井布置应考虑基坑深度和形状，可沿基坑四周环形布置，也可在基坑内点式布置。深井的井距一般 15～20m，渗透系数小，间距宜小些；渗透系数大的，间距可大些。在基坑转角处、地下水流的上游、临近江河等的地下水源补给一侧的涌水量较大，应加密深井间距。

2）选择深井泵（或深井潜水泵）时应考虑到满足不同降水阶段的涌水量和降深要求。一般在降水初期因地下水位高，泵的出水量大；但在降水后期因地下降深增大，泵的出水量就会相应变小。

3）改善和提高单井排水能力，可根据含水层条件设置必要长度的滤水管，增大滤层厚度。

对渗透系数小的土层，单靠深井泵抽水难以达到预期的降水目标，可采用另加真空泵组成真空深井进行降水；真空泵不断抽气，使井孔周围的土体形成一定的真空度，地下水则能较快的进入井管内，从而加快了降水速度。

4）治理方法：在降水深度不够的部位，增设深井；在单井最大集水能力的许可范围内，可更换排水能力较大的深井泵（或深井潜水泵）；洗井不合格时应重新洗，以提高单井滤管的集水能力。

9.1.5 回灌井点

禁忌 1 降水影响邻近建筑物稳定

现象、危害性 基坑开挖采用井点降低地下水位，同时也会使邻近建筑物的地下水位下降，导致土层因失水而压密固结，此外降水过程中常会随着抽水带走土层中的部分细微土粒，因而又会引起周围地面及邻近建筑物、地下管线的稳定，产生不均匀沉降或开裂，带来较严重的危害。

防治措施

1）在基坑降水井点与被保护建筑物之间设置回灌井点，使建筑物下保持原有地下水位。回灌井点作法是在降水井点和要保护的原有建（构，下同）筑物之间打一排井点，在降水的同时，再通过回灌井点向土层内灌入一定数量的水，形成一道隔水帷幕，从而阻止或减少回灌井点外侧建筑物下的地下水流失，使其地

下水位基本保持不变，土层压力仍处于原始平衡状态（图 9-1），不会因降水而使地基自重应力增加和地面沉降。

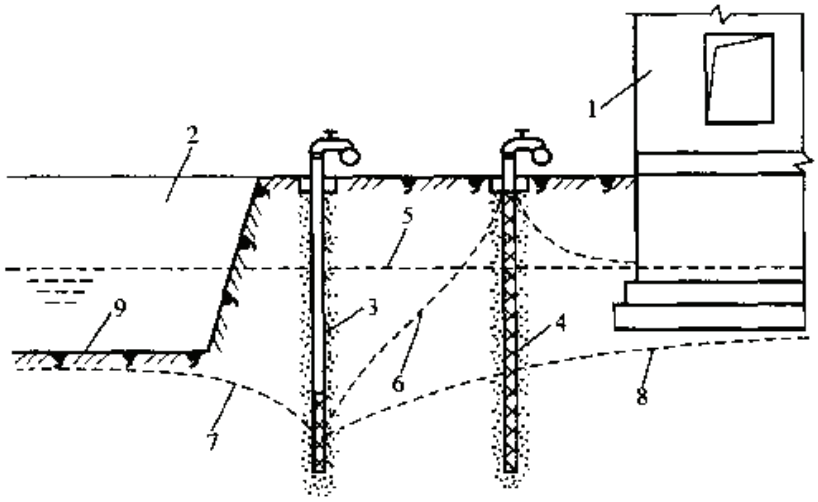


图 9-1　回灌井点布置示意图

1—原有建筑物　2—开挖基坑　3—降水井点　4—回灌井点　5—原有地下水位线　6—降灌井点间水位线　7—降低后地下水位线　8—仅降水时水位线　9—基坑底

2）当设置回灌井点有困难时，亦可采用砂井、砂沟回灌，即在降水井点与被保护建（构，下同）筑物之间设置砂井作为回灌井，沿砂井再布置一道砂沟，将降水井点抽出的水，适时适量地排入砂沟，再经砂井回灌到地下，亦能收到良好效果。回灌井的灌砂量应取井孔体积的 95%，填料应采用含泥量不大于 3%，不均匀系数在 3～5 之间的中、粗砂。

3）为减轻不均匀沉降，还可采取减缓降水速度，如在降水过程中调小离心泵阀，减缓抽水速度；或在邻近被保护建筑物一侧将井点管间距加大等措施使建筑物均匀沉降。为防止土粒被抽汲带出，可采取滤管、滤料和滤层厚度严格按规定设置；下井管前严格检查滤网；滤料粒径根据土层条件选用；井点上部 1～5m 范围内用粘土封口等措施。

禁忌 2　回灌井点距降水井点过近

现象、危害性　回灌井点埋设距离降水井点太近。这样会使灌水重新回到降水井中，造成两井“相通”，难以形成一个有效的截水帷幕，而导致回灌井点失效，不能阻止建筑物产生不均匀沉降。

防治措施　为使回灌水能形成一个有效的补给水幕，避免注水直接回到降水井点管，回灌井点与降水井点间的距离应根据降水、回灌水位曲线和场地条件而定，一般不宜小于 6m。回灌井点的埋设深度应按井点降水曲线、透水层的深度

和土层渗透系数来确定，以确保基坑施工安全和回灌效果，一般使两管距离：两者水平差 = 1:0.8~0.9，并使回水管尽量靠近被保护的建（构）筑物。

禁忌 3 回灌井点与降水井点不同步进行

现象、危害性 回灌井点与降水井点作业方式采取先降水后回灌，不同步进行。这样会使抽灌水不能达到平衡，从而不能阻止或减少回灌井点外侧建筑物下的地下水流失，不能使建筑物下部地下水位保持不变，仍会导致建筑物产生不均匀沉降。

防治措施 回灌井点必须在降水井点启动前或在降水的同时向土中灌水，且不得中断，使保持抽灌平衡。当其中有一方因故停止工作时，另一方也应停止工作，恢复工作亦应同时进行。

禁忌 4 回灌水不稳定

现象、危害性 回灌井点回灌水不畅或灌不进去，导致灌水量下降。产生原因有：灌水井及其周围地基内的孔眼被堵塞；灌入水量含有悬浊物；或滤水层中土颗粒重新排列等，导致回灌井点失效。

防治措施

1）井点钻孔后，依靠抽水将井点孔壁污浊物及其周围的细粒土吸出，并充分地冲洗井点；灌水时采取过滤等方法除去水中的悬浊物；严禁灌入高浓度的污浊水。

2）灌水时，如发现孔眼堵塞应及时用逆冲洗系统从灌水井点反抽水，以恢复井点的灌水能力。

9.2 场地、基坑排水

场地、基坑排水系在场地或基坑内挖明沟排水，汇入集水井内用水泵直接排走，或自流入低洼场地排水道、下水井或渗水层排走，为施工中最为简单、经济的方法。一般常用方法有：普通明沟和集水井排水法、分层明沟排水法、深沟排水法等。

禁忌 1 排水沟位置设置不当

现象、危害性 排水沟位置设置不能满足排水要求，如单侧排水沟设置在地下水的下游，不能阻截地下水；或离边坡和基础过近，导致边坡塌方和浸泡地基；或基坑边坡中部夹有透水性强的砂类土层，在上部未设截水沟，导致冲刷基坑下部边坡，造成塌方；或排水沟构造不当等，从而导致场地、地基排水达不到

施工设计要求。

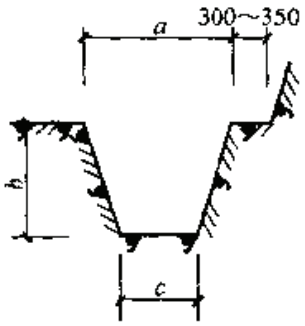
防治措施

1）在场地整平，基坑开挖的一侧、两侧或四侧设置排水明（边）沟，应在四角或每隔 20～30m 设一集水井，使地下、地表水流汇集于集水井内，再用水泵将地下、地表水排出。排水沟、集水井应在挖至地下，水位以前设置，并应设在基础轮廓线以外，排水沟边缘应离开坡脚不小于 0.3m。排水沟深度应始终保持比挖土面低 0.4～0.5m；集水井应比排水沟低 0.5～1.0m，并随基坑的挖深而加深，保持水流畅通，并使地下水位低于开挖基坑底 0.5m。

2）一侧设排水沟应设在地下水的上游。一般小面积基坑排水沟深 0.3～0.6m，底宽应不小于 0.2～0.3m，沟底应设有 0.1%～0.2%的纵坡，使水流不致阻塞。较大面积基坑排水，常用水沟截面尺寸可参考表 9-2。集水井截面为 0.6m×0.6m～0.8m×0.8m。

3）场地、基坑开挖土层内有多种土层，中部夹有透水性强的砂类土层，为防止冲刷下部边坡，造成塌方，可在基坑边坡上再设置一层排水明沟及相应的集水井，阻截并排除上部土层的地下水。

表 9-2　基坑（槽）排水沟常用截面尺寸

图　示	基坑面积/m^2	截面尺寸/m	粉质粘土			粘　土		
			地下水位以下的深度/m					
			4	4～8	8～12	4	4～8	8～12
	<5000	a	0.5	0.7	0.9	0.4	0.5	0.6
		b	0.5	0.7	0.9	0.4	0.5	0.6
		c	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3
	≥5000～10000	a	0.8	1.0	1.2	0.5	0.7	0.9
		b	0.8	1.0	1.2	0.5	0.7	0.9
		c	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
	>10000	a	1.0	1.2	1.5	0.6	0.8	1.0
		b	1.0	1.2	1.5	0.6	0.8	1.0
		c	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	0.4

禁忌 2　明沟排水不畅

现象、危害性　地下水不能通过明沟顺利排入集水井（坑）。产生原因有：排水沟没有随基坑土的挖深而加深；或排水沟的深度和宽度不够，纵向未设一定坡度，使水不能顺利流入集水井；或基坑面积大，排水沟数量不够；或施工疏忽，排水沟被泥土堵塞，水流不通等，从而导致地下水降不到设计深度，基坑土含水率高，土方工程施工困难。

防治措施

1）基坑周围设置排水井（坑）和排水沟，应距坡脚有足够的距离，一般不应小于30mm；与基础外边线也应有一定的距离，以不影响基坑施工。

2）排水沟和集水井（坑）应与基坑（槽）的开挖水平施工长度同步进行。

3）排水沟一般宜挖成梯形，宽度等于或大于0.4m，深度为0.4～0.6m，排水沟应有0.1%～0.5%的坡度，使水流不致阻滞而淤塞。

4）安排专人及时清理排水沟内的淤泥。

5）基坑面积大时，可在基坑内挖盲沟将水引至基坑周围的排水沟，加快地下水的排泄。

6）治理方法：由于边坡塌方造成排水沟损坏，可挖去塌方土，在边坡叠放装土草袋，使边坡稳定，再重新开挖排水沟。

禁忌3 集水井排水不畅或失效

现象、危害性 集水井（坑，下同）内水排不出去。产生原因有：选择的抽水泵不能满足集水井（坑）排水的需要，使水不能迅速排出；或集水井（坑）布置距离太大，不能满足地下水涌入量的需要；或集水井（坑）深度和大小不能满足抽水的要求，或构造不合理，如滤水层选择错误、井壁处理不好，造成塌土使水泵不能抽水，从而影响排水沟的水流入集水井，造成基坑降水效果差，达不到施工排水要求。

防治措施

1）集水井（坑）直径应大于0.5m，深度为1m，布置在基坑四周，一般每隔20～40m设置一个。

2）水泵型号和数量应根据涌水量选择。隔膜式水泵、潜水泵适用于涌水量 $Q<20m^3/h$ 基坑的降水；隔膜式和离心式水泵、潜水泵适用于涌水量 $Q=20\sim60m^3/h$；当 $Q>60m^3/h$ 时用离心式水泵。

3）集水井（坑）井壁四周要采取防止井壁塌方的措施，并且要有滤水层；护壁可用竹篱笆、竹箩筐、铁皮桶等，滤水层可用块石、卵石等，使水能渗进集水井（坑）。

4）经常派人清理集水井（坑），将井内的淤泥及垃圾清理干净；并指定专人对每个集水井（坑）进行观察，发现有一定量的积水立即开泵抽水。

禁忌4 场地、基坑浸水

现象、危害性 场地、基坑开挖后，场地、基坑、地基持力层局部或大面积被水浸泡。产生原因有：未做好排水系统，雨水、地表滞水流入场地、基坑；或直接在地下水位以下挖土；或降低地下水位的设施出现故障或失效，从而给施工带来困难，使地基土受到扰动。

防治措施

1）场地、基坑开挖周围应设排水沟或挡水堤，防止地面水流入场地、基坑内。

2）在地下水位以下挖土，应在开挖标高坡脚设排水沟和集水井，并使开挖面、排水沟和集水井的深度始终保持一定差值，使地下水位降低至开挖面以下不少于0.5m。施工中保持连续降水，直至基坑回填完毕。

3）已被水浸泡扰动的地基土，可根据具体情况，采取排水晾晒后夯实，或抛填碎石、小块石夯实；或换填3:7灰土夯实；或挖除浸泡泥土采取加深基础等措施处理。

附录 降水与排水施工质量检验标准（表9-3）

表9-3 降水与排水施工质量检验标准

序	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法
		单位	数值	
1	排水沟坡度	%	0.1～0.2	目测：坑内不积水，沟内排水畅通
2	井管（点）垂直度	%	1	插管时目测
3	井管（点）间距（与设计相比）	%	≤150	用钢直尺量
4	井管（点）插入深度（与设计相比）	mm	≤200	水准仪
5	过滤砂砾料填灌（与计算值相比）	mm	≤5	检查回填料用量
6	井点真空度：轻型井点	kPa	>60	真空度表
	喷射井点	kPa	>93	真空度表
7	电渗井点阴阳极距离：轻型井点	mm	80～100	用钢直尺量
	喷射井点	mm	120～150	用钢直尺量

10 浅基础工程

浅基础是建筑工程中的重要组成部分，涉及到多项工种工程。它的施工质量，关系到整个工程的耐火性和使用安全，因此对浅基础的施工必须特别重视，保证其有足够的强度和耐久性，施工中应针对基础结构的特点，制订出有效的技术措施，按施工验收规范要求认真进行施工，以确保工程质量。浅基础的种类较多，常用的有：无筋扩展基础（包括砖基础、毛石和料石基础、混凝土和毛石混凝土基础）、扩展基础（柱下钢筋混凝土独立基础和墙下钢筋混凝土条形基础）、高层建筑筏形基础以及大型设备基础等。

10.1 浅层砖、石、混凝土基础

10.1.1 砖基础

禁忌 1 基础轴线位移

现象、危害性 基础轴线与上部墙体轴线错位。产生原因有：基础收分（退台）尺寸未掌握准确，收分不均；或控制桩埋设不够，采取间隔吊中，出现偏差；放线错误，轴线偏差大，边线与中线搞错等，将会导致上层墙体与基础产生偏心受压，影响结构受力性能。

防治措施

1）认真复查收分尺寸，在基础收分部位砌完后拉通线重新核对，并以新定出的轴线为准，砌筑基础直墙部分。

2）纵、横墙及隔墙基础砌筑应设龙门板及中心桩，在横墙基础拉中心线时，应复核相邻轴线距离，以检查中心桩是否出现位移情况，如有位移应及时处理；基础施工应认真放线，经常复核。

禁忌 2 基础不使用皮数杆挂线砌筑

现象、危害性 基础砌筑不设皮数杆、挂线、凭眼力、凭经验随意砌筑。这样砌体极易发生错缝、错皮、灰缝厚度不均匀以及收台、门窗洞口标高、基础砌

体收顶标高不准等不良疵病，砌体质量不能得到保证。

防治措施

1）基础砌体砌筑必须设置皮数杆、挂线，并应根据设计和施工规范要求，砖规格和灰缝厚度，在皮数杆上标记皮数及基础收台部位，门窗洞口标高，基础收顶标高等，以保证基础尺寸，标高正确。

2）基础砌体转角处应设立皮数杆，皮数杆间距宜为 10～15m，立皮数杆要保持标高一致，砌一砖半厚及其以上的基础应双面挂线。线长时中间应设支线点，拉紧线后，应穿线看平，使水平缝均匀一致，平直通顺，标高符合要求。

禁忌 3　基础顶面标高不一致

现象、危害性　基础标高不在同一水平面，出现高低不一。产生原因有：施工基础垫层标高偏差较大，影响基础砌筑时的标高准确；或基础大放脚皮数杆未能贴近大放脚，找标高时易出现偏差；或砌筑基础未找平放线，造成各部分标高不一；基础采用大面积铺灰砌筑方法，铺灰面过长，因停歇过长，挤浆困难，使灰缝过厚面出现超高情况等。从而影响上部建筑标高一致，施工找平困难。

防治措施

1）加强对地基和垫层标高的控制；砌筑前对地基、垫层标高应仔细复核一遍，局部低洼处，用豆石混凝土找平。

2）基础皮数杆采用小断面方木或钢筋制作，尽可能夹在基础中心位置，以便检查；采用在基础外侧立皮数杆检查标高时，应配以水准尺核对水平标高；砌筑宽大基础大方脚，应采取双面挂线，保持横向水平。

3）基础砌筑宜采取小面积铺灰，随铺随砌，认真控制灰缝厚度。

禁忌 4　砌体组砌混乱

现象、危害性　基础砌体组砌方法混乱出现直缝和“二层皮”，里外皮砖层互不相咬，形成通天缝。产生原因有：操作人员砌混水基础，忽视组砌形式，致使出现多层砖的直缝和“二层皮”现象；砌砖基础需用大量七分头砖，操作人员图省事不打七分头砖砌筑；或在同一基础，采用几个砖厂的砖，致使砌的规格、尺寸不一，造成累积偏差，而常变动组砌形式等，从而造成降低砌体强度和整体性。

防治措施

1）砌筑基础应注意组砌形式，砌体中砖缝搭接不得少于 1/4 砖长；内外皮砖层，每隔五层砖应有一层丁砖拉结（五顺一丁），使用半砖头应分散砌于基础砌体中。

2）砌基础坚持打七分头砖，严禁采用包心砌法；每砌完一层应进行一次竖

缝刮浆塞缝工作，以提高砌体强度；同一基础中，应尽量使用用一砖厂的砖。

禁忌 5 基础防潮层失效

现象、危害性 基础上部防潮层开裂不密实，不能阻止地下水沿基础向上渗透。产生原因有：采用砌筑剩余砂浆作防潮层使用，抗渗性能降低；或防潮层基层面上未清理干净，未浇水湿润或浇水不够，影响与基础面的粘结；或表面抹压不实，养护不好，使防潮层早期脱水，强度、密实度达不到要求，或者出现裂缝；或冬期施工，防潮层受冻失效。

防治措施

1）防潮层应用 1:2.5 水泥砂浆铺砌 2cm 厚，不得用砌砖剩余砂浆或掺水泥代用；铺设前，基面应扫清、湿润；铺抹应用木抹子揉平，待开始收干时，抹压 2~3 遍，抹压时可刷一遍水泥净浆，以进一步堵塞毛细管通道，要求一次抹完不留施工缝，或留在门口位置，并浇水养护不少于 3d。

2）冬季施工防潮层，应适当保温护盖防冻，但不宜掺加抗冻剂。

禁忌 6 冬季施工砌筑砂浆受冻

现象、危害性 冬季施工，基础采用上冻的砂浆进行砌筑或砌筑时未冻结，砌筑后遭受冻结。由于砂浆受冻，强度停止增长，开春解冻后虽然强度会继续发展，但砂浆最终强度会降低一个等级，会使砌体强度相应降低，导致基础强度达不到设计要求。

防治措施

1）冬季施工砖基础应采取措施防止砂浆受冻，如采用掺外加剂法、掺盐砂浆法或暖棚法砌筑。砂浆使用温度不应低于 + 5°C。当采用掺盐砂浆法施工时，宜将砂浆强度等级按常温施工的强度等级提高一级。

2）基础砌筑应随砌随用未冻土在其两侧回填一定高度，砌完后应用未冻土及时回填，上表面适当覆盖，防止基础砌体和地基遭受冻结。

10.1.2 毛石和毛料石基础

禁忌 1 基础位置、尺寸偏差过大

现象、危害性 基础轴线或中心线偏离设计位置；平面尺寸误差过大。产生原因有：测量放线错误，如看错图纸，读错尺寸，造成的基础位置的偏差值往往较大；或控制基础尺寸和标高的标志板出现移动变形；或毛石基础选用石料不当，砌筑尺寸控制不准等，基础轴线偏差过大，会导致地基偏心受力，留下隐患；基础尺寸误差过大，截面减小，会导致地基应力提高，地基变形加大，上部

建筑开裂。

防治措施

1）加强建筑物基础的定位放线，基础两端及中间必须设置标志板，并经常复核轴线、中心线，砌筑过程中应定时拉通线检查。

2）基础砌筑前，应先用钢尺校核放线尺寸，允许偏差应符合表 10-1 的规定。

表 10-1　放线尺寸的允许偏差

长度 L、宽度 b 的尺寸/m	L(或 b)≤30	30＜L(b)≤60	60＜L(b)≤90	L(b)＞90
允许偏差/mm	±5	±10	±15	±20

3）选用尺寸合适的毛石、料石砌筑基础的各步台阶，尤其是最底下的一皮毛石、料石，以确保基础尺寸准确。

4）轴线偏差过大，基础尺寸减小，应会同设计，监理部门共同研究，采取加固补强措施。

禁忌 2　基础标高偏差过大

现象、危害性　基础顶面标高不在同一水平面，偏差超过施工规范的规定。产生原因有：基础下部的基层存在较大标高偏差，施工时未加纠正；或由于基础大放脚宽大，基础皮数杆不能贴近，难以察觉所砌砖层与皮数杆的标高差；或基础不设皮数杆进行砌筑；或毛石基础选用了尺寸不合适的石块，又未作加工；毛料石基础的石块上下面未经必要的打凿、找平等，从而会影响上层墙体的标高。

防治措施

1）基础施工前应校核标志板（龙门板）标高，发现偏差应及时修正。

2）砌体施工应设置皮数杆，并应根据设计要求、块材规格和灰缝厚度在皮数杆上标明皮数及竖向构造的变化部位。

3）基础垫层（基层）施工时，应准确控制其顶面标高，宜在允许的负偏差范围内。

4）砌筑基础前，应对基层标高普查一遍，局部凹洼处，可用细石混凝土垫平。

5）详见 10.1.1 禁忌 3“基础顶面标高不一致”的防治措施（1）～（3）。

6）治理方法：基础顶面标高偏差过大时，应用细石混凝土找平后再砌墙，并以找平后的顶面标高为准设置皮数杆。

禁忌 3　毛石基础根部不实

现象、危害性　地基松软不实，基础第一层毛石未坐实、挤紧，或局部嵌入

土内。产生原因有：未认真验槽、检查基底土质、进行清理找平和夯实，基底有软弱土层、杂物、浮土、积水等；或砌基础时，未铺灰坐浆，即将石头单摆浮搁在基土上；或底皮石头过小，未将大面朝下，致使个别尖棱短边挤入土中等，从而会导致基础产生不均匀沉陷，严重时会引起基础开裂。

防治措施

1）基础砌筑前应认真验槽。若发现地基不良，应会同有关部门处理，并办理隐检记录。

2）第一皮砌体应选用较大的平毛石砌筑，砌前应坐浆，并将石块大面向下。

3）砌筑时毛石应平铺卧砌，毛石长面与基础长度方向垂直（即顶砌），互相交插紧密排好。接着灌入五分之二较稀的砂浆，然后用小石块将毛石之间的缝隙填实，用手锤敲打密实，再将其余空隙灌满砂浆。

禁忌 4 基础组砌形式不良

现象、危害性 毛石基础不分皮砌筑，同皮内的石块内外不搭砌，上下皮石块不错缝，台阶形基础错台处不搭砌。产生原因有：毛石规格不符合要求，尺寸偏小或未大小搭配，造成砌筑时错缝搭砌困难；砌筑方法错误，如竖向不分层，或在同一层内，先将两边纵向排成两行，中间再用碎石填塞的砌法等；施工中不按规范和规程要求严格检查，任凭工人按各自习惯操作。从而造成基础整体性差、降低砌体强度。

防治措施

1）毛石基础的第一皮及转角处、交接处和洞口处，应用较大的平毛石砌筑，大面朝下，放平放稳。

2）毛石基础应分皮卧砌，各皮石块间应利用自然形状经敲打修整使能与先砌石块基本吻合，搭砌紧密；应上下错缝，内外搭砌，不得采用外面侧立石块中间填心的砌筑方法。

3）毛石基础各皮必须设置拉结石。拉结石应均匀分布，相互错开，其一般间距为 2m 左右。

4）阶梯形毛石基础，上级阶梯的石块应至少压砌下级阶梯的 1/2，相邻阶梯的毛石应相互错缝搭砌。

5）毛石与毛石之间不得直接接触，应留 20～35mm 的灰缝，灰缝较小（≤30mm）时，可用砂浆填满；灰缝较大（＞30mm）时，应选用小石块加砂浆填塞密实，不准使用成堆的碎石填塞。

禁忌 5 基础砌体出现通缝

现象、危害性 乱毛石基础砌体上下各皮石缝连通。产生原因有：基础砌体

采用交错组砌方式，忽略了左右、上下、前后的搭砌，砌缝未错开，在转角处未改变砌法；或施工间歇留槎不正确，未按规定留踏步斜槎，而留马牙形直槎，从而导致降低基础的砌体强度和整体性。

防治措施

1）做好石块的挑选工作，注意石块左右、上下、前后的交错搭砌，必将砌缝错开，禁止重缝；在转角部位应改为丁顺叠砌或丁顺组砌。

2）施工间歇或流水作业需要留槎时，应留斜槎，槎口应不小于其长度或宽度的一半，留槎高度每次以 1m 左右为宜。

3）基础出现垂直通缝应拆除重砌。

禁忌 6　基础出现里外二层皮

现象、危害性　基础毛石砌体里外皮互不连续自成一体。产生原因有：选用毛石尺寸过小，每皮石块压搭过少，未设拉结石，造成横截面上、下重缝；或砌筑方法不正确，如采用过桥型、填心、双合面砌法，以及翻槎面、斧刀面、铲口面（图 10-1），都易造成砌体里外二层皮，从而造成降低砌体承载力、稳定性，导致基础开裂，严重时，会造成上部墙体倾斜，甚至倒塌。

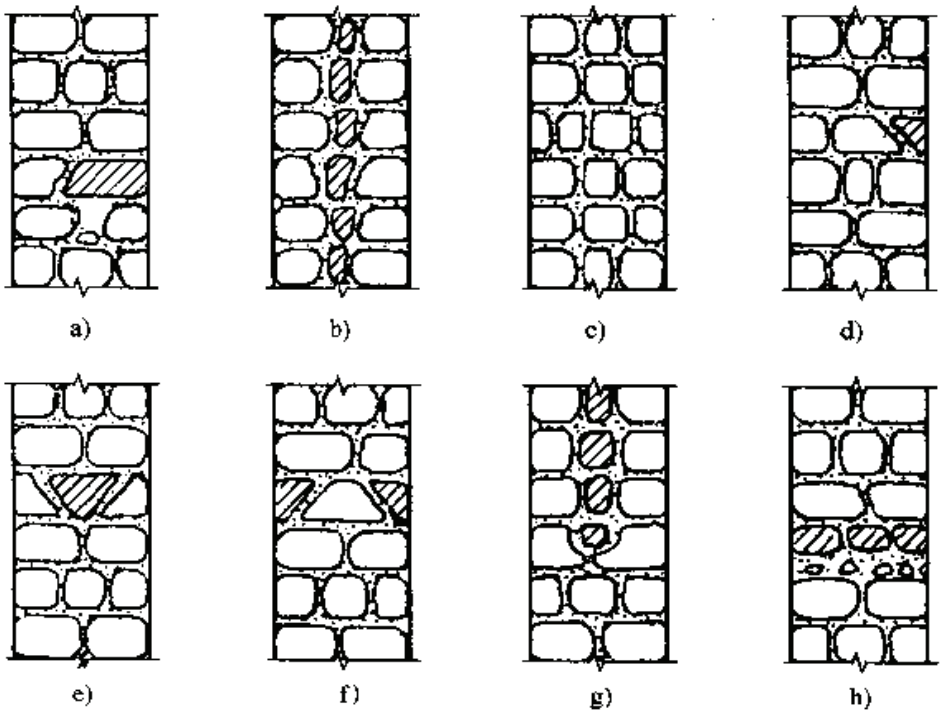


图 10-1　错误的砌石型式

a）桥式　b）填心式　c）对合式（双合面式）　d）翻槎式　e）斧刀面式

f）劈合式　g）马槽式　h）分层式

防治措施

1）要注意大小块石搭配使用，立缝要小，空隙用小块石堵塞密实，防止平

面形成十字缝。

2）每皮石块砌筑时，每隔 1.5m 砌一块拉结石，且上下皮错开形成梅花形；当墙厚 40cm 以上时，用两块拉结石内外搭接，搭接长度不小于 15cm，长度应大于墙厚的 2/3。

3）采用铺浆法砌筑，每块石头上下应叠靠，前后石块应交搭，接砌缝要错开，排石应稳固，避免平面十字缝出现图 10-1 所示的型式。

禁忌 7 砌面凹凸不平

现象、危害性 砌体表面里出外进凹凸不平。产生原因有：砌筑时未挂线，砌乱毛石时未精心挑选，使平整大面摆放在正面；或浇筑基础上部地梁时，将石砌体挤出，导致墙面不平等，影响砌体的外观质量。

防治措施 砌墙时认真跟线，并把较方且大的一面朝外。球形、椭圆形、棕子形或扁形石块不能使用。浇筑基础上部地梁时，必须加好支撑，要坚持分层浇筑，避免振捣过度。

禁忌 8 砌体粘结不牢

现象、危害性 砌体中石块与砂浆粘结不良，存在瞎缝和砂浆不实等情况。产生原因有：砌体灰缝过大，砂浆收缩后与石块脱离；或石材砌筑前未洒水湿润表面，造成砂浆失水过早；或砌筑方法不当，采用铺石灌浆法，造成砂浆不饱满等，从而导致降低砌体整体性和强度。

防治措施 砌石应严格按操作规程作业，控制灰缝厚度；砌石前视气候情况适当洒水湿润；砌筑方法应先采用坐浆法砌筑，过大缝隙用碎石填充，砂浆填塞密实；分段砌筑时，留槎高度不超过一步架，且应筑成踏步槎，以保证良好结合。

禁忌 9 基础大方脚收台下层不压砌

现象、危害性 基础大方脚收台处所砌石材不压搭在下皮石材上或压搭不够，下皮石缝外露。产生原因有：毛石规格不合要求，尺寸偏小或未大小搭配，造成大方脚上级台阶压砌下级台阶过少；或未操作规程作业，缺乏严格检查等，从而导致影响传力性能，降低砌体强度。

防治措施 乱毛石基础第一皮石块，应选用比较方正的，大面朝下，放平放稳；第二皮石块与第一皮错缝砌筑；毛石基础的顶面宽度应比墙厚大 200mm；每台阶至少砌：皮毛石，使下台阶上皮的石块压入上台阶内应不少于 1/2 石长，台阶的高宽比不应小于 1:1。

禁忌 10 毛石基础不挂线、分层砌筑

现象、危害性 毛石基础采取不设皮数杆，不挂线分层砌筑。这样使砌体错乱，灰缝大小不一，砌体强度不均，在墙体荷载作用下，易使毛石错动，劈裂、传力不均匀，降低砌体受力性能和强度。

防治措施

1）毛石基础砌筑应根据设置龙门板或中心桩放出基础轴线及边线、抄平，在两端立好皮数杆，划出分层砌石高度（不宜小于 30cm），标出台阶收分尺寸。梯形、阶梯形基础要做样板架，控制每层的高度及平整度。

2）砌筑时，应双面挂线，分层砌筑，每层高度为 30～40cm，大体砌平，使强度均匀。

禁忌 11 用先铺石后冲浆方法砌筑

现象、危害性 砌筑基础采取先铺石后铺填铺砂浆，用水冲浆方法使石块间缝隙填灌密实。这样很难以使石块间空隙及边角部位被砂浆填充密实，同时冲浆会使水泥浆大量流失，砂浆水灰比加大，降低砂浆抗压和粘结强度，破坏砌体整体性，使砌体强度大幅度降低。

防治措施 基础最下一皮毛石应选用较大石块使大面朝下放置平稳，并座浆，以上各层均应铺灰座浆砌筑，不得用先铺石后灌浆或后铺砂浆冲浆的方法砌筑。

禁忌 12 在基础转角或与纵横墙的交接处留槎，或接槎做成直槎或斜槎

现象、危害性 墙基留槎时，留在外墙转角或纵墙与横墙的交接处，并留直槎或斜槎。由于基础外墙转角和纵横墙的交接处为建筑荷载和应力较大部位，而接槎是砌体的薄弱环节，接槎设在该部位易引起基础开裂、下沉；尤其是接槎留直槎或斜槎，使砌体难以达到紧密接合，连成整体共同工作，保证基础的整体性和可靠传力，从而也会导致基础开裂，产生不均匀下沉，降低基础砌体强度。

防治措施 毛石基础砌筑需留槎时，不得留在外墙转角或纵墙与横墙的交接处，至少应离开 1.0～1.5m 的距离。接槎应作成阶梯式，不得留直槎或斜槎。

10.1.3 混凝土基础和毛石混凝土基础

禁忌 1 出现蜂窝

现象、危害性 基础混凝土局部出现酥松，砂浆少，石子多，石子之间形成空隙，类似蜂窝形的窟窿。产生原因有：混凝土配合比不当，或材料计量不准，

造成砂浆少，石子多；或混凝土搅拌时间不够，未拌合均匀，和易性差，振捣不密实；或下料不当，下料过高，未设串筒下灰，造成石子砂浆离析；或混凝土未分层下料，振捣不实，或漏振，振捣时间不够；或模板缝隙未堵严，水泥浆流失；或钢筋较密，使用的石子粒径过大或坍落度过小等，从而会导致影响基础混凝土强度和抗渗性，降低基础强度和耐久性。

防治措施

1）基础浇筑应严格控制混凝土配合比，经常检查，作到计量准确；混凝土材料应拌合均匀，坍落度适合；混凝土下灰高度超过 2m，应设串筒或溜槽；浇灌应分层下料，分层捣固，防止漏振；模板缝应堵塞严密，浇筑过程中应随时检查模板支撑情况，防止漏浆；钢筋较密时，应使用小粒径石子，适当加大坍落度。

2）小蜂窝处理：可先洗刷干净后，用 1:2 或 1:2.5 水泥砂浆抹平压实；较大蜂窝：凿去蜂窝处薄弱松散颗料，刷洗净后，支模用高，强度等级细石混凝土仔细填塞捣实；较深蜂窝：如清除困难，可埋压浆管、排气管，表面抹砂浆或浇筑混凝土封闭后，进行水泥压浆处理。

禁忌 2 出现孔洞

现象、危害性 基础混凝土结构内部有尺寸较大的空隙，局部没有混凝土或蜂窝特别大，钢筋局部或全部裸露。产生原因有：在钢筋较密的部位或预留孔洞处，混凝土下料被搁住，未振捣就继续浇筑上层混凝土；或混凝土离析，砂浆分离，石子成堆，严重跑浆，又未进行振捣，或混凝土一次下料过多、过厚，下料过高，振捣器振动不到，形成松散孔洞等，造成基础混凝土密实性，强度和耐久性降低。

防治措施

1）在基础钢筋密集处及复杂部位，采用细石混凝土浇筑，并认真分层振捣密实，必要配以人工捣固；预留孔洞两侧应同时下料，侧面加开浇灌口，严防漏振。

2）将孔洞周围的松散混凝土和软弱浆膜凿除，用压力水冲洗，支设带托盒的模板，洒水充分湿润后用高强度等级细石混凝土仔细浇筑、捣实。

禁忌 3 表面缺棱掉角

现象、危害性 基础边角处混凝土局部掉落、不规则，棱角有缺陷。产生原因有：木模板未充分浇水湿润或湿润不够；混凝土浇筑后养护不好，造成脱水，强度低，或模板吸水膨胀将边角拉裂，拆模时，棱角被粘掉；或低温施工时，过早拆除侧面非承重模板；或拆模时，边角受外力或重物撞击，或保护不好，棱角

被碰掉；模板未涂刷隔离剂，将棱角粘掉等，影响基础的外观质量。

防治措施

1）木模板在浇筑混凝土前应充分湿润，混凝土浇筑后应认真浇水养护；拆除侧面非承重模板时，混凝土应具有 1.2MPa 以上强度；拆模时，应注意保护棱角，避免用力过猛过急；基础模板应涂刷隔离剂，并刷均匀，防止将边角粘掉。

2）缺棱掉角，可将该处松散颗粒凿除；冲洗充分湿润后，视破损程度用 1:2 或 1:2.5 水泥砂浆抹补齐整，或支模用比原高一强度等级混凝土捣实补好，并认真养护。

禁忌 4 出现塑性收缩裂缝

现象、危害性 塑性收缩裂缝多在新浇基础表面出现，形状不规则，类似干燥的泥浆面，裂缝较浅，多为中间宽两端细，且长短不一，互不连贯，大多在混凝土初凝后，当外界风速大、气温高、空气较干燥湿度低的情况下出现。产生原因有：混凝土早期养护不好，表面没有及时覆盖，受风吹日晒，表面游离水分蒸发过快，产生急剧的体积收缩，而此时混凝土强度很低，还不能抵抗这种变形应力而导致开裂；或使用收缩率较大的水泥，或水泥用量过多；或使用过量的粉砂；混凝土水灰比过大；模板、垫层过于干燥吸水大等，影响混凝土的表面强度和质量。

防治措施

1）配制混凝土时，严格控制水灰比和水泥用量，选择级配良好的石子，减小空隙率和砂率；混凝土要振捣密实，以减少收缩量；浇筑混凝土前，将基层和模板浇水湿透；混凝土浇筑后，表面及时覆盖，并认真养护；在高温、干燥及刮风天气，应及早喷水养护或设挡风设施。

2）当表面发现细微裂缝时，应及时抹压一次，再护盖养护；或重新振捣办法来消除；如已硬化，可向裂缝装入水泥加水湿润、嵌实，再覆盖养护。

禁忌 5 出现沉降收缩裂缝

现象、危害性 裂缝多沿基础上表面钢筋通长方向或箍筋上或靠近模板处断续出现，裂缝呈棱形，宽度 0.3～0.4mm，深度不大，一般到钢筋上表面为止，在钢筋底部形成空隙。多在混凝土浇筑后发生，混凝土硬化后即停止。产生原因是：混凝土浇筑振捣后，粗骨料沉落，挤出水分、空气，表面呈现泌水，而形成竖向体积缩小沉落，这种沉落受到钢筋、预埋件、模板、大的粗骨料以及先期凝固混凝土的局部阻碍或约束，或混凝土本身各部相互沉降量相差过大而造成裂缝；或混凝土保护层不足，混凝土沉降受到钢筋的阻碍，常在箍筋方向发生一道

道的沉降横向裂缝等，因而会导致影响基础的持久强度，降低耐久性。

防治措施

1）加强混凝土配制和施工操作控制，不使水灰比、砂率、坍落度过大，振捣要充分，但防止过度；在混凝土硬化前保持塑性时，再对表面抹压一遍；或适当增加混凝土的保护层厚度。如混凝未凝固，表面可采取二次振捣措施。

2）治理方法同本节禁忌4“出现塑性收缩裂缝”中的防治措施2）。

禁忌6 基础混凝土强度不够，均质性差

现象、危害性 基础同批混凝土试块的抗压强度平均值低于设计要求强度等级。造成原因有：水泥过期或受潮，活性降低；砂、石集料级配不好，空隙大，含泥量大，杂物多；外加剂使用不当，掺量不准确；或混凝土配合比不当，计量不准，施工中随意加水，使水灰比增大；或混凝土搅拌时间不足，拌合不匀；或冬期施工，拆模过早或早期受冻；或混凝土试块制作，养护不符合要求等，从而导致基础强度达不到设计要求，降低耐久性。

防治措施

1）水泥应有出厂合格证，经复验合格才用；砂、石子粒径、级配、含泥量等应符合要求；严格控制混凝土配合比，保证计量准确；混凝土应按顺序拌制，保证搅拌时间和拌合均匀；防止混凝土早期受冻；按施工规范要求认真制作混凝土试块，并加强对混凝土试块的管理和养护。

2）当混凝土强度偏低，可用非破损方法（如回弹仪法、超声波法）来测定基础混凝土实际强度，如仍不能满足要求，可按实际强度校核结构的安全度，研究处理方案，采取相应加固或补强措施。

禁忌7 锥形基础台阶斜坡较陡时，不支模浇筑

现象、危害性 锥形基础斜坡较陡时，仍采取拍打方法，不支模浇筑混凝土。由于台阶坡度较陡，混凝土难以拍打密实，混凝土在重力作用下会沿斜坡下方滑动，而造成斜坡混凝土开裂、松脱，使基础的截面尺寸和强度均不能保证，降低基础的受力性能和耐久性。

防治措施 锥形基础台阶斜坡角度超过30°以上，应在斜坡面支模板浇筑混凝土，并在适当部位留洞口，下料、振捣混凝土，或随浇随安装模板。台阶与斜坡混凝土应一次连续浇筑完成，以保证整体性。

禁忌8 台阶式基础浇筑，根部出现烂脖子

现象、危害性 基础浇筑混凝土后，在台阶根部出现蜂窝状空隙，台阶混凝土被挤隆起。造成原因是基础台阶根部混凝土浇筑后，接着往上浇筑，由于此时

台阶或底层部分混凝土尚未沉实凝固，在重力作用下被挤隆起，而根部混凝土向下脱落形成蜂窝和空隙，俗称烂脖子。从而导致降低台阶部位的受力性能和强度。

防治措施

1）基础台阶浇筑混凝土，应在下部台阶混凝土浇筑完间歇1.0～1.5h，沉实后，再浇上部混凝土，以阻止根部混凝土向下滑动。或在基础台阶浇筑完后，在浇筑上部基础台阶前，先沿上部基础台阶模板底圈做成内外坡度，待上部混凝土浇筑完毕，再将下部台阶混凝土铲平、拍实、拍平。

2）治理方法：可将烂脖子处松散混凝土和软弱颗粒凿去，洗刷干净后，支模，用比原混凝土高，强度等级的细石混凝土填补，并捣实。

禁忌9　毛石混凝土基础浇筑不逐层铺砌毛石、底层和土层不用混凝土打底和覆盖

现象、危害性　基础毛石混凝土浇筑，掺毛石采取随意抛掷，不分层铺砌；在底层和上层不用混凝铺底和覆盖。这种操作方法，在基础内易造成毛石间没有被混凝土填灌密实，使基础不能形成整体，共同工作；基础底层不用混凝土打底，松散毛石直接与地基接触，存在很多空隙，易造成基础下沉；而上层没有用混凝土覆盖，高低不平，影响均匀传力；从而会导致整个基础整体性差，强度降低，受力不匀，产生不均沉降。

防治措施　毛石混凝土浇筑，应逐层铺砌毛石。浇筑时，应先铺一层10～15cm厚混凝土打底，再铺上毛石，毛石插入混凝土约一半后，再灌混凝土，填满所有空隙，再逐层铺砌毛石和浇筑混凝土顶面，保持毛石顶部有不少于10cm厚的混凝土覆盖层，并找平整。

禁忌10　毛石混凝土基础中毛石不均匀排列，不留间隙，掺毛石超量

现象、危害性　毛石混凝土基础中毛石随意铺设，毛石间不留间隙或掺加过量毛石。这种操作方法，基础中毛石不均匀排列，有的部位毛石多，有的部位毛石少，会造成强度不均；毛石间不留间隙或间隙过小，使毛石不能被混凝土包裹，振捣密实，造成基础中存在松散毛石层，不能形成整体共同工作；基础中掺入过多毛石，会使混凝土量不够，不能与毛石良好粘结，从而会使整个基础整体性、强度和刚度降低，达不到设计要求。

防治措施

1）毛石混凝土基础中，毛石铺放应均匀排列，使大面向下，小面向上，毛石间距应不小于10cm，离开模板或槽（坑）壁距离不应小于15cm，以保证能在其间插入振动棒进行捣固和毛石能被混凝土包裹。振捣时应避免振捣棒碰撞毛

石、模板和基槽（坑）壁。

2）对于阶梯形基础，每一阶高内应整分浇筑层，并有二排毛石，每阶表面要基本抹平；对于锥形基础，应注意保持斜面坡度的正确与平整，毛石不露于混凝土表面。

3）毛石混凝土基础中所掺加毛石数量应控制不超过基础体积的25%。

附录 砖石、混凝土（毛石混凝土）基础尺寸、位置允许偏差及检验方法（表10-2、表10-3）

表10-2 砖石基础尺寸、位置允许偏差及检验方法

项次	项目	允许偏差/mm				检验方法
		砖	毛石	毛料石	粗料石	
1	轴线位置偏移	10	20		15	用经纬仪或拉线和钢尺检查
2	基础顶面标高	±15	±25		±15	用水平仪和钢直尺检查
3	砌体厚度	—	+30 -0	+30 -10	+15 -0	钢直尺检查

表10-3 混凝土基础尺寸、位置允许偏差及检验方法

项次	项目	允许偏差/mm		检验方法
		独立基础	其他基础	
1	轴线位移	10	15	钢尺检查
2	截面尺寸	+8，-5		钢尺检查

10.2 高层建筑筏形基础

禁忌1 基坑开挖扰动基土或超挖

现象、危害性 基坑开挖基底土被扰动破坏或出现超挖。产生原因有：机械挖土、运土未预留人工清土层，在坑底反复行驶，将坑底土层松动；未作好基坑降水、排水，基坑被地下水长时间浸泡；或基坑开挖水平基准桩被碰动破坏；或未安排好开挖顺序、范围、标高，造成乱挖，超挖等，从而会导致基土被破坏，局部地基产生不均匀下沉，降低地基承载力，造成基础开裂；而超挖、基土扰动处理需耗用大量人工材料，影响工程进度。

防治措施

1）基坑采用机械开挖应在基底预一层200～300mm厚土层用人工开挖、清

底、找平，避免超挖和基底土遭受扰动。基坑开挖完后，应尽快进行下道工序施工，如不能及时进行施工，亦应预留一层 100～150mm 厚土层在进行下道工序前挖去。

2）做好基坑排降水，基坑四周应设排水沟或挡水堤，以拦阻附近地表滞水流入基坑内；同时应采用井点降低地下水位至开挖基坑底以下 0.5～1.0m，以防止基坑被地下水浸泡或出现流砂或管涌破坏坑底土壤。

3）基坑开挖应设水平桩，控制基坑标高，标桩的距离不大于 3m，并加强保护和检查；基坑开挖应按标桩、放线定出的开挖宽度、标高，分块（段）分层挖土，以防超挖。

4）雨期、冬期施工应连续作业，基坑挖完后应尽快进行下道工序施工，以减少对基土的扰动和破坏。

5）被扰动的土应进行换填，采用与地基土压缩性相近的土料或材料进行分层回填，并夯压实。基坑土方局部超挖，可用灰土、砂石料分层回填夯压实，或作加深基础处理。

禁忌 2　坑底出现弹性效应

现象、危害性　基坑开挖深度较大时，挖土卸载后，由于土中压力减小，基土往往会产生“弹性效应”，会使基坑面土体回弹变形，回弹变形量有时占建筑物地基变形量的 50% 以上。这种坑底向上的隆起变形，会导致坑底土疏松，支护被动土的强度降低，支护结构位移增大，影响支护结构安全，并引起坑周围地面沉降，同时坑底隆起变形会使土方量加大，给基坑开挖增加工作量。

防治措施

1）坑底弹性效应是地基土卸荷从而改变坑底原始应力状态的反应。施工中减少坑底出现弹性隆起的有效措施是设法减少土体中有效应力的变化，提高土的抗剪强度和刚度。当基坑开挖到设计基底标高经验收后，应随即浇筑垫层和底板，减少坑底暴露时间，防止地基土被破坏。

2）在基坑开挖过程中和开挖后，应保证井点降水的正常进行。

3）必要时，开挖前对坑底土层用水泥土深层搅拌桩或高压喷射注浆桩进行局部地基加固处理。

禁忌 3　后浇缝带留设位置、形式不合理

现象、危害性　筏形基础长度超过 40m 时，为避免出现温度收缩裂缝或减轻浇灌强度，多在中部设置后浇缝带，而在底板以上地下室墙壁和楼板、顶板则不设置，或仅在底板、墙壁设置，而在楼板、顶板不设置，不使形成环形。这样只在底板和墙壁上留后浇缝带，而在楼板、顶板上不留设，将会在楼板、顶板上

产生应力集中，出现裂缝，且会传递到墙壁、底板后浇缝带，也会引起裂缝，降低使用效果。又底板后浇缝带形式常作成平缝，在缝带心将主筋切断，这样不利于防渗和形成整体，甚至导致降低底板强度和刚度。

防治措施

1）筏形基础长度超过40m时，宜在中部设置贯通后浇缝带（图10-2），缝带型式宜作成阶梯缝，企口缝，缝带宽度不宜小于800mm，并从两侧混凝土内伸出贯通主筋，主筋按原设计连续安装而不切断，经3～4周，再在预留的中间缝带用高一强度等级的半干硬性混凝土或微膨胀混凝土（掺水泥用量12%的U形膨胀剂，简称UEA）浇筑密实，使连成整体并加强养护。

2）后浇缝带应在底板、地下室墙壁、楼板和顶板的同一位置上留设，使形成环形，以利释放早、中期温度应力。

3）后浇缝带适用于变形稳定较快、沉降量较小的地基，对变形量大，变形延续时间长的地基不宜采用。

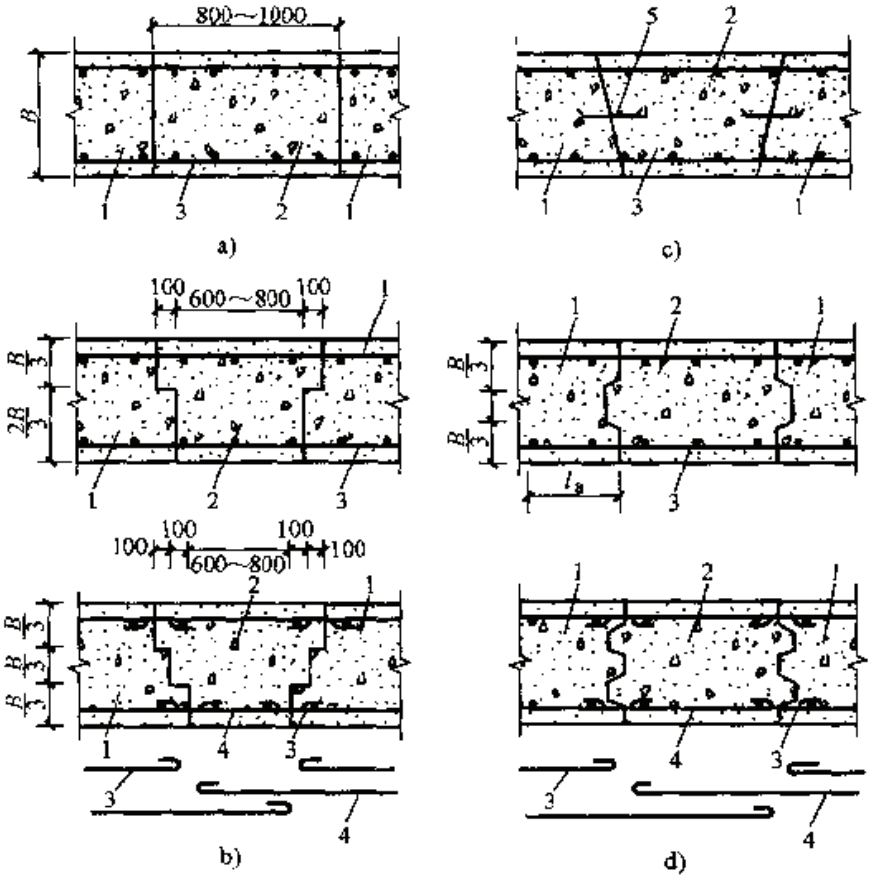


图10-2 后浇缝型式

a）平直缝 b）阶梯缝 c）楔形缝 d）企口缝

1—先浇筑混凝土 2—后浇筑混凝土 3—主筋 4—附加钢筋 ϕ14～16@250mm 5—3mm厚、450mm宽金属止水带

禁忌 4　厚大筏形基础上层钢筋网片不设支架固定

现象、危害性　厚大筏形基础上层钢筋网片，采取用一般铁马支承，不设支承架固定。由于基础底板上层水平钢筋网为悬空搁置，高差大，且单根钢筋重量大，按常规用几形钢筋铁与支承固定层次和位置，稳定性很差，且难以保持上层钢筋网在同一水平上，影响钢筋受力性能，因此会造成钢筋安装质量达不到设计要求，且施工操作很不安全。

防治措施　厚大筏形基础的上层钢筋网片应设支架固定，以保证钢筋安装位置正确和施工操作安全。支承架可采用型钢焊制的支架或混凝土支柱，或利用基础内的钢管脚手架，在适当的标高焊上型钢横担，或利用工程桩头钢筋用废短钢筋接头组成骨架（图 10-3）来支承上层钢筋网片的重量和上部操作平台上的施工荷载，并保持钢筋位置正确。支架立柱之间，适当设置斜向支撑以保持稳定，立柱固定在垫层上或底层钢筋网片上。

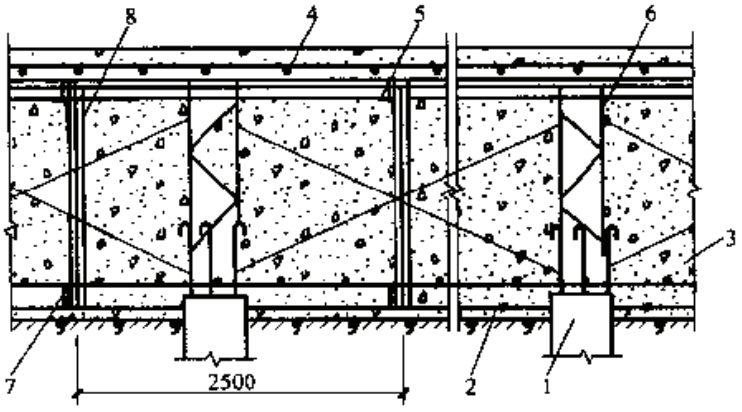


图 10-3　钢筋网的支承

1—工程灌注桩　2—垫层　3—底层钢筋网片　4—顶层钢筋网片　5—∟75mm×6mm 角钢支承　6—φ25mm 钢筋支承架　7—垫层上预埋短钢筋头或角钢　8—箍筋

禁忌 5　底板混凝土浇筑不分段、分层进行

现象、危害性　底板混凝土采取不分段、分层浇筑。由于筏形底板面积和厚度一般较大，这样容易造成浇灌混乱，使有的部位浇灌过厚，振捣不到或漏振；有的层厚过薄，导致过振，出现浆潭；有的浇灌层不能及时搭接，出现冷缝；有的部位混凝土出现离析，出现蜂窝、孔洞…等，因而会造成整个基础混凝土密实性差，强度不均，降低耐火性。

防治措施　底板混凝土浇筑，应分段、分层进行。可沿长方向分 2～3 个段（区），由一端向另一端分层推进，分层均匀下料，振捣密实。当底面积大或底板呈正方形，宜分段分组浇筑；当底板厚度小于 50cm，可不分层，采用斜面赶浆法浇筑（图 10-4a），表面及时整平；当底板厚度等于或大于 50cm，宜水平分层或斜面分层（图 10-4b）浇筑；每层厚 25～30cm，分层用插入式振捣器捣固密实，同时应注意各段（区）、组振接处的振捣，防止漏振，每层应在水泥初凝时间内浇筑完成，以保证混凝土的整体性和强度，提高抗裂性。

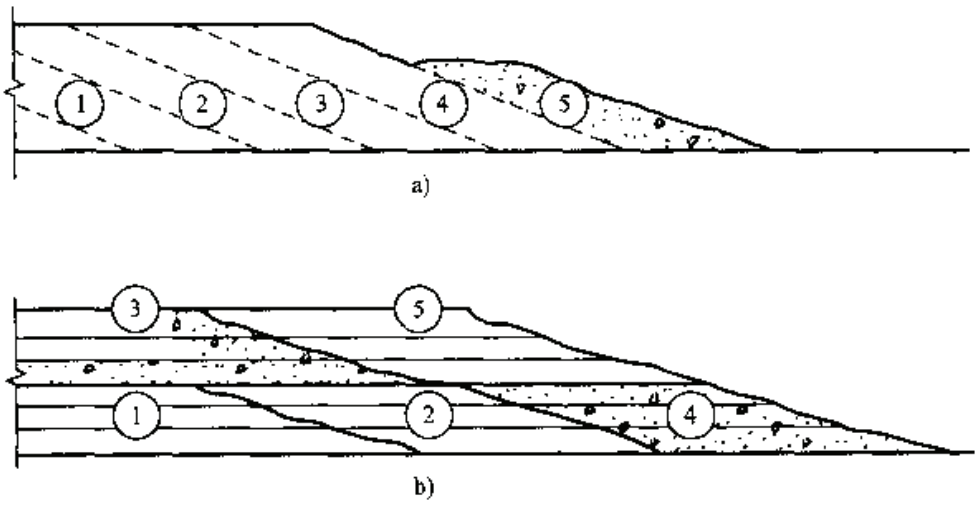


图 10-4 混凝土斜面分层浇筑流程

a）斜面分层 b）分段斜面分层

①～⑤—浇筑次序

禁忌 6 基础浇筑混凝土不进行泌水处理

现象、危害性 基础混凝土入模分层浇筑振捣后，由于水泥的析水和骨料的沉降，其表面常聚积一层游离水（浮浆层），施工中不进行处理，任其留存在基础上表面。这层泌水对混凝土危害性极大，会使基础混凝土表面产生大量浮浆，损害各层混凝土与钢筋之间的粘结力，造成混凝土强度不均，影响混凝土强度，并极易出现沉降缝和表面塑性裂缝；如再加上捣固不良，严重的将产生中间夹水层，以及表面出现水孔、露砂等现象；对泵送混凝土尤为严重。

防治措施 基础底板浇筑混凝土过程中必须妥善处理泌水，以提高混凝土质量。泌水常用处理方法有：1）在施工垫层时预留排水坑，泌水随着施工方向推进被赶至基坑顶端，集中排走；2）支模时在纵向及横向最后端头一侧后部设排水孔口，使泌水能顺利地排出模外（图 10-5a），汇集到积水井中，用泵排出基坑；3）将上层泌水汇集于基坑预留集水坑内，用软轴水泵及时排除（图 10-5b），或及时排入已施工附近较深的池、坑中排走，表面压实拉平，但要注意不要将混凝土浆同时排出；4）当混凝土坡角接近顶端时，改变混凝土浇筑方式，即下料达到最后约 15m 时，混凝土改从端头侧模边开始往回浇筑，使与混凝土原斜面形成一个集水坑，并加强两个方向混凝土浇筑强度，使逐步缩小成浆潭，再用软轴水泵排除（图 10-5c）；5）对大型基础顶面泌水坑处理，可刮去浮浆，用麻布袋或海绵吸出泌水后，用同强度等级干硬性混凝土拍平，最上层表面在初凝前用长刮尺刮平，用木抹子压实，在水泥初凝后终凝前进行二次抹面，以避免混凝土收水，产生塑性裂缝。

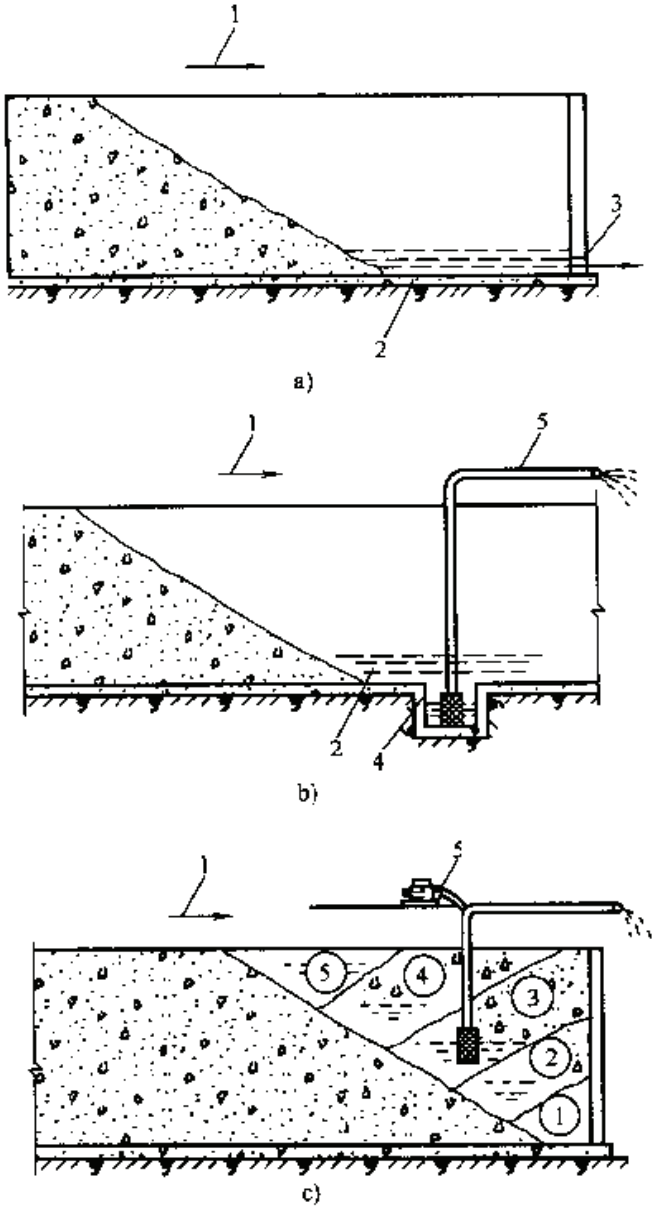


图 10-5　混凝土泌水处理

a）模板留孔排除泌水　b）设集水坑用泵排除泌水　c）用软轴水泵排除泌水

1—浇筑方向　2—泌水　3—模板留孔　4—集水坑　5—软轴水泵

①、②、③、④、⑤—浇筑次序

禁忌 7　大体积筏形基础不进行保湿、保温养护

现象、危害性　大体积筏形基础混凝土浇筑后，不进行任何保湿、保温养护。这种做法，由于基础体积大，混凝土热传导性差，常在内部产生大量的水泥水化热量，不易散发，使温度峰值很大（有时高达 50～65℃），而混凝土表面则散热较快，使内外形成较大温差，在基础表面产生拉应力，当超过混凝土的极限抗拉强度时，就会在表面产生裂缝；在混凝土降温阶段，混凝土逐渐散热冷却产生冷缩，加上混凝土硬化过程中本身的收缩，当受到岩土地基或厚大混凝土垫层

的约束，就会产生较大的降温收缩拉应力，如超过该龄期混凝土极限抗拉强度时，也会产生裂缝，有的常贯穿整个基础截面，因此，基础混凝土浇筑后，不进行保湿、保温养护来提高早期相应龄期的混凝土抗拉强度和弹性模量，延缓降温速度，充分发挥徐变特性、应力松弛效应，削减温度收缩应力，就会导致基础出现深进或贯穿性裂缝，破坏整体性，降低持久强度和耐久性。

防治措施

1）基础混凝土浇筑完毕应进行保湿和保温养护。前者采取表面洒水养护，使水泥充分水化，提高早期相应龄期的混凝土抗拉强度和弹性模量，防止早期出现裂缝；后者系对混凝土表面用保温材料进行护盖，防止混凝土温度过快散失，使缓慢降温，并通过测温，控制基础内外温差在25℃以内，降温速度在1.5℃/d以内，充分发挥徐变特性、应力松弛效应、提高混凝土的早期极限抗拉强度，削减温度收缩应力，防止基础混凝土后期出现有害的深进或贯穿性的温度收缩裂缝，确保基础混凝土质量。

2）在基础上沿中心线呈L形布置测温点，点与点距离不大于4m，在高度方向，点与点距离一般以0.5～1.0为宜，并定期进行测温，做好测温记录和分析，发现温差超过25℃，及时加强保温处理。

禁忌8 基础出现较严重表面缺陷

现象、危害性 基础表面出现露筋、蜂窝、孔洞、缺棱掉角等严重缺陷。产生原因有：露筋主要是浇筑混凝土时，钢筋保护层垫块位移或垫块太少或漏放，致使钢筋下坠或外移，紧贴模板面外露；或混凝土产生离析，钢筋部位缺浆或模板严重漏浆；或振捣器撞击钢筋、踩踏钢筋，使钢筋位移造成露筋。蜂窝主要是混凝土配合比不当，计量不准，造成砂浆少，石子多；搅拌时间不足，未搅拌均匀，振捣不实；或下料过多过高，混凝土离析，未及时振捣或漏振，而造成蜂窝；或模板缝隙未堵严，振捣过度造成严重漏浆。形成孔洞主要是钢筋较密部位或预留孔洞和埋设件处，混凝土下料被搁住，未振捣就浇筑上层混凝土，而下部形成孔洞或混凝土振捣不实形成松散孔洞。缺棱掉角主要是采用木模板时未浇水湿润，模板吸水膨胀将边角拉裂，拆模时边角被粘掉；或模板未涂刷隔离剂被粘下；或边角受外力撞击棱角被碰掉等。从而造成基础截面受到削弱，强度和耐久性降低。

防治措施

1）浇筑混凝土应保证钢筋位置和保护层厚度正确，并加强检查；混凝土应保证配合比和计算准确，和易性良好；浇筑厚度超过2m应用串筒或溜槽下料，防止离析；模板应充分湿润，刷隔离剂，并认真堵好缝隙，混凝土振捣时严禁碰撞钢筋，保护层处混凝土要仔细捣实，并避免踩踏钢筋，防止过早拆模损坏棱角。

2）混凝土浇筑应分层下料，分层捣固；预留孔洞、预埋铁件处应两侧同时下料，下部浇筑应在侧面加开浇灌口下料，振捣密实后再封好模板继续往上浇筑，防止出现孔洞。

3）拆模应达到要求强度，避免用力过猛过急；吊运模板时，防止撞击棱角。

4）对表面露筋、小蜂窝、较小缺棱掉角，可用水刷洗干净后，用1:2或1:2.5水泥砂浆将露筋、蜂窝、缺棱掉角部位抹压平整，并认真养护。对露筋较深、较大蜂窝、缺棱掉角及一般孔洞，可将薄弱混凝土和突出颗粒凿去，洗刷干净后，用高一强度等级细石混凝填塞压实，或支模强力填塞捣实，并加强养护。对较深蜂窝，大面积深进孔洞，可埋压浆管、排气管或内填碎石，表面抹砂浆或浇薄层混凝土，进行水泥压力注浆处理。

禁忌9 基础出现缝隙、夹层

现象、危害性 混凝土内成层存在水平或垂直的松散混凝土或夹杂物。产生原因有：施工缝或后浇缝带，未经接缝处理或未将软弱混凝土层及杂物清除，并充分湿润，就继续浇筑混凝土；或混凝土浇筑高度过大，未设串筒，溜槽下料，造成底层混凝土离析；施工缝交接处未灌接缝砂浆层，接缝处混凝土未很好振捣密实等，从而使基础结构的整体性受到破坏。

防治措施

1）认真按施工验收规范要求处理施工缝及后浇缝带表面；接缝处的锯屑、木块、泥土、砖块等杂物必须清除干净，并将表面洗净。混凝土浇筑高度大于2m时，应设串筒或溜槽下料。接缝处浇筑混凝土前应铺一层水泥浆或浇5～10cm厚与混凝土内成分相同的砂浆，或10～15cm厚减半石子混凝土，以利良好接合，并加强接缝处混凝土振捣使之密实。

2）缝隙夹层不深时，可将松散混凝土凿去，洗刷干净后，用1:2或1:2.5水泥砂浆强力填嵌密实；缝隙夹层较深时，应清除松散部分和内部夹杂物，用压力水冲洗干净后支模，强力灌细石混凝土捣实，或将表面封闭后进行压浆处理。

禁忌10 基础表面不平整

现象、危害性 基础混凝土表面凹凸不平，或底板厚薄不一，表面不平，甚至出现凹坑脚印。造成原因是：混凝土浇筑后，表面仅用铁锹拍平，未用抹子找平压光，导致表面粗糙不平；或混凝土未达到一定强度时，上人操作或运料，使表面出现凹陷不平或印痕，因而影响基础外观质量。

防治措施

1）严格按施工技术规程操作，浇筑混凝土后，应根据水平控制标志或弹线

用抹子找平、压光，终凝后护盖浇水养护。混凝土强度达到 1.2MPa 以上，方可在基础上走动。

2）表面局部不平整的，可在洗净后用细石混凝土或 1:2 水泥砂浆修补整平，并加强养护。

禁忌 11 基础混凝土匀质性差，强度达不到设计要求

现象、危害性 基础同批混凝土试块抗压强度平均值低于 0.85 或 0.9 设计强度等级，或同批混凝土中个别试块强度值过高或过低，出现异常情况。产生原因有：水泥过期或受潮，活性降低；砂、石骨料级配不好，空隙率大，含泥量和杂质超过规定或有冻块混入；外加剂使用不当，掺量不准确；或混凝土配合比不当，计量不准，袋装水泥欠量，计量器具失灵，施工中随意加水，或没有扣除砂、石的含水量，使水灰比和坍落度增大；或混凝土加料顺序颠倒，搅拌时间不够，拌合不匀。冬期低温施工，未采取保温措施，拆模过早，混凝土早期受冻；或混凝土试块没有代表性，试模保管不善，混凝土试块制作未振捣密实，养护管理不当，或养护条件不符合要求；在同条件养护时，早期脱水、受冻或受外力损伤；或混凝土拌合物搅拌完至浇筑完毕的延续时间过长，振捣过度，养护差，使混凝土强度受到损失等，从而导致基础混凝土强度降低。

防治措施

1）水泥应有出厂质量合格证，并应加强水泥保管工作，要求新鲜无结块，过期水泥经试验合格后才能使用。对水泥质量有疑问时，应进行复查试验，并按试验结果的强度等级使用。

2）砂、石子粒径、级配、含泥量等应符合要求。

3）严格控制混凝土配合比，保证计量准确，及时测量砂、石含水率并扣除用水量。

4）混凝土应按顺序加料、拌制，保证搅拌时间和拌匀。

5）冬期施工；应根据环境大气温度情况，保持一定的浇灌温度，认真做好混凝土结构的保温和测温工作，防止混凝土早期受冻。在冬期条件下养护的混凝土，在遭受冻结前，硅酸盐或普通硅酸盐水泥配制的混凝土，应达到设计强度等级的 30%以上，矿渣硅酸盐水泥配制的混凝土，应达到 40%以上，但 C10 及 C10 以下的混凝土不得低于 5MPa。

6）按施工验收规范要求认真制作混凝土试块，并加强对试块的管理和养护。

7）当试块试压结果与要求相差悬殊，或试块合格而对混凝土结构实际强度有怀疑，或出现试块丢失、编号错乱、忘记作试块等情况，可采用非破损方法（如回弹仪法、超声波法）来测定结构的实际强度，如强度仍不能满足要求，应经有关人员研究，查明原因，采取必要措施进行处理。

8）当混凝土强度偏低，不能满足要求时，可按实际强度校核结构的安全度，研究处理方案，采取相应的加固或补强措施。

禁忌 12　表面出现干缩裂缝

现象、危害性　裂缝在基础表面出现宽度较细，其走向纵横交错，裂缝分布不均，多沿短方向分布。产生原因有：混凝土浇筑后养护不当，受到风吹日晒，表面水分散发快，体积收缩大，而内部湿度变化很小，收缩小，表面收缩剧变受到内部混凝土的约束，出现拉应力而引起开裂；或混凝土基础长期露天曝露，未进行回填，时干时湿，表面湿度发生剧烈变化；或采用含泥量大的细砂配制混凝土，收缩大，抗拉强度低；或混凝土经过度振捣，表面形成水泥含量较大的砂浆层，收缩量加大等，从而降低混凝土的表面强度和持久性。

防治措施

1）控制混凝土水泥用量，水灰比和砂率不要过大；严格控制砂石含泥量，避免使用过量细砂；混凝土应振捣密实，并注意对表面进行二次抹压，以提高抗拉强度，减少收缩量；加强混凝土的早期养护，并适当延长养护时间；长期曝露应覆草帘（袋）塑料薄膜，并定期适当洒水，保持湿润，防止曝晒。

2）表面干缩裂缝，一般可不处理。

禁忌 13　基础出现深进或贯穿性温度收缩裂缝

现象、危害性　基础出现深进的和贯穿的温度收缩裂缝，一般与短边方向平行或接近于平行，裂缝沿全长分段出现，中间较密，裂缝宽度大小不一，多发在浇筑完 2～3 个月或更长时间，缝宽受温度变化影响较明显，冬季较宽，夏季较细。产生原因多由于基础温差较大，受到外界的约束而引起的；如基础浇筑在坚硬的岩土地基、桩基或厚大混凝土垫层上，如混凝土浇筑时温度较高，加上水泥水化热混升很大，使混凝土温度很高，当混凝土冷却收缩，受到岩土地基、桩基、混凝土垫层或其他外部因素、边界条件的约束，将使混凝土内部出现很大的温度收缩拉应力，而导致产生降温收缩裂缝，裂缝有时为深进的，有时是贯穿性的，常破坏结构整体性，降低持久强度。

防治措施　配制混凝土尽量选用矿渣水泥或粉煤灰水泥；或在混凝土中掺适量粉煤灰、减水剂，以节省水泥用量，减少水化热量；选用良好级配的粗、细骨料，控制含泥量，降低水灰比（在 0.6 以下），加强振捣，提高混凝土的密实性和抗拉强度；在垫层上设置滑动层或缓冲层（涂刷 3～5mm 厚沥青玛琋脂撒砂或铺贴二毡三油卷材），以减少约束作用，削减温度收缩应力，其他防裂措施参见 10.3“大型设备基础”一节。

10.3 大型设备基础

禁忌 1 设备基础与邻近柱基相碰不进行分隔处理

现象、危害性 设备基础部分压在邻近柱基上，不进行分隔处理。这样使设备基础一部分荷载压在邻近柱基上，造成柱基应力叠加增大，会使地基产生不均匀附加沉降，导致柱基与设备基础下沉，断裂。影响生产使用。

防治措施 土质地基上设备基础与柱基相邻时，基础底面应尽量设置在同一标高上。此时，如果两个基础相碰，可按图 10-6a 所示方法处理；当两个基础底面不便设在同一标高上时，基础之间的净距 l 应根据荷载大小和土质情况确定，一般取 $l/h=1\sim2$（图 10-6b）。当不能满足 l 与 h 的比值要求时，可采取作造型垫层处理（图 10-6c），或采取分段施工，打设板桩及其他施工期间的安全措施，并考虑浅基础荷载对深基础的影响，或加厚浅基础的垫层至深基础的底面标高处。

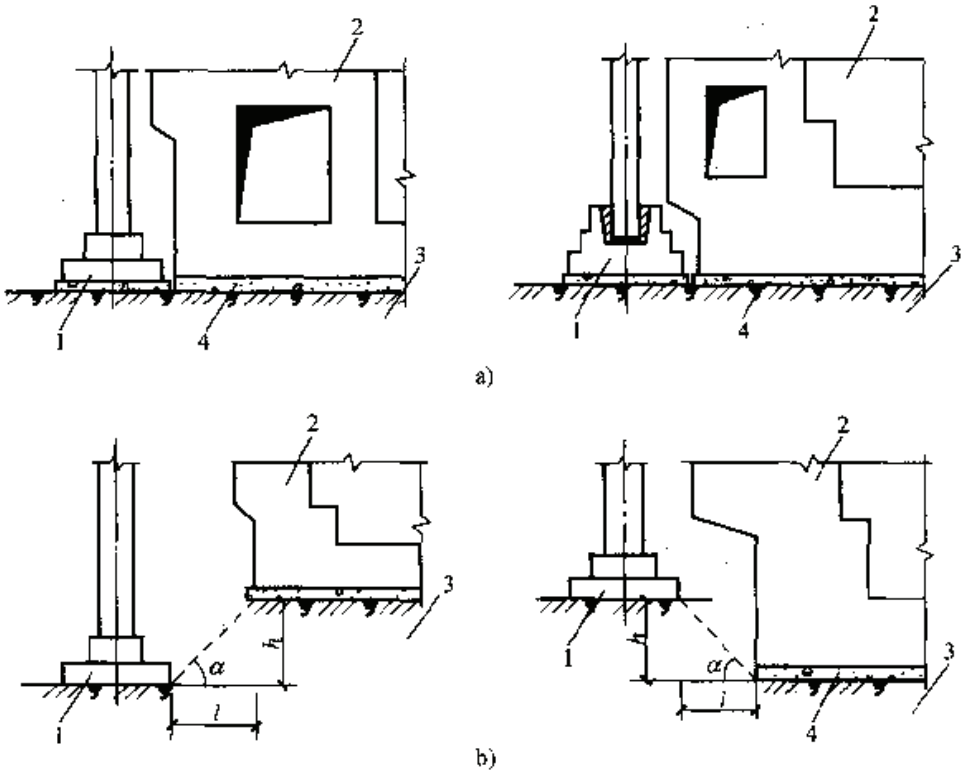
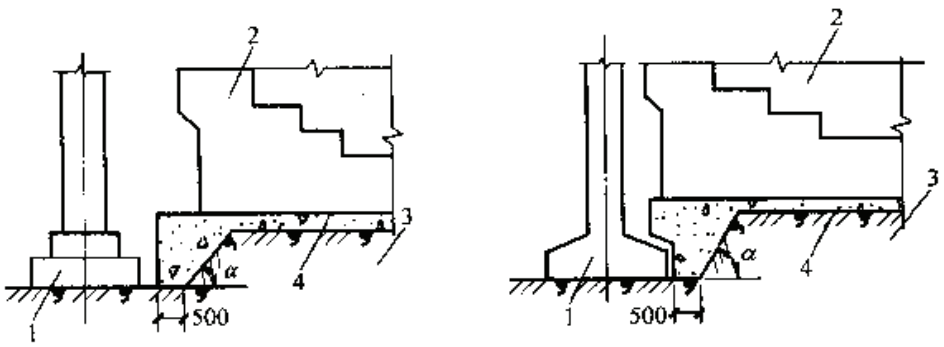


图 10-6 设备基础与邻近柱基相碰高低差的处理

a）设在同一标高处理 b）控制基础间距离

1—柱基 2—设备基础 3—原土层 4—造型混凝土垫层

l—基础间距离 h—基础高低差 α—45°～60°



c)

图 10-6　设备基础与邻近柱基相碰高低差的处理（续）

c）设混凝土造型垫层处理

1—柱基　2—设备基础　3—原土层　4—造型混凝土垫层

l—基础间距离　h—基础高低差　α—45°～60°

禁忌 2　设备基础受岩石地基强约束时，不进行隔离处理

现象、危害性　设备基础座落在岩上地基上，不进行隔离处，直接在其上浇筑混凝土基础。这样设备基础与岩石地基嵌固在一起，设备基础的温度收缩变形受到岩石地基的极强约束作用，将会产生较大的温度收缩应力，导致基础出现深进的和贯穿性的温度收缩裂缝，破坏基础的整体性，降低持久强度和耐久性。

防治措施　设备基础落在岩石地基上，应在设备基础底板垫层上设置隔离滑动层，以放松约束，削减温度收缩应力，防止裂缝出现，具体作法参见 5.3 禁忌 5“在岩石地基上直接浇筑大体积混凝土基础”中的防治措施。

禁忌 3　软弱地基换填垫层采用混凝土

现象、危害性　地基局部为软弱土层时，采取将局部软弱土挖除一定厚度，用混凝土垫层作换填处理。这种处理方法施工费工费时，成本高，不利于扩散应力，增加地基附加应力，加大地基沉降。

防治措施　如地基的土层不均匀，局部为软弱土层时，应将局部软弱土挖去或挖出一定厚度，用砂、砂卵石作换填垫层，它比混凝土垫层施工方便，成本低，特别是可起到扩散应力的作用，不增加地基附加应力，减少下沉量，使地基受力性能得到改善（图 10-7）。

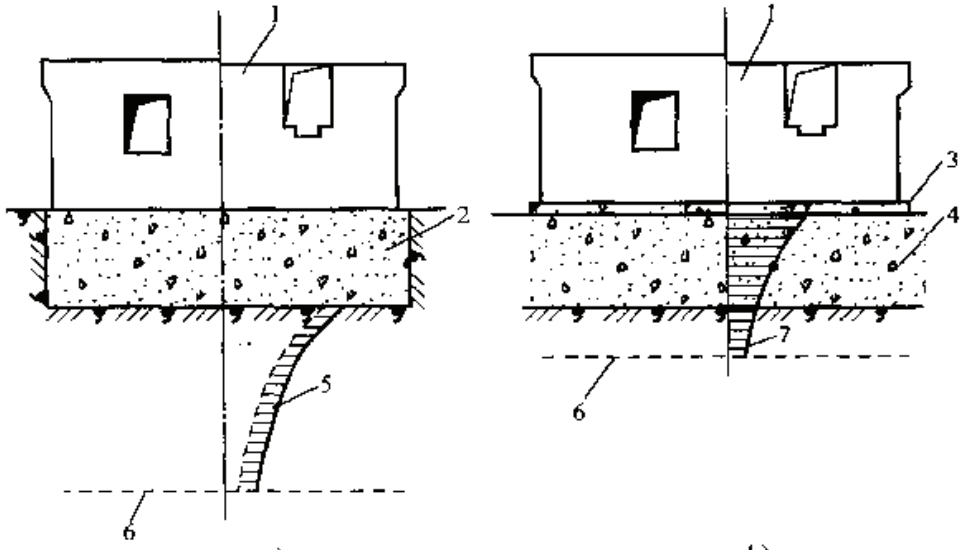


图 10-7 混凝土垫层与砂砾石垫层受力情况比较

a）混凝土垫层 b）砂砾石垫层

1—设备基础 2—混凝土换填垫层 3—基础垫层 4—砂砾石（矿渣）垫层

5—附加应力 6—受压界限 7—应力线

禁忌 4 较大直径地脚螺栓埋设，不设固定架固定

现象、危害性 较大直径地脚螺栓采取一次埋设，直接固定在模板或钢筋上，不设固定架控制地脚螺栓的轴线、位置、标高和垂直度。这种施工方法，由于螺栓直径、长度大、重量重，数量多，安装精度要求高，而模板、钢筋刚度差，不用强度和刚度大的螺栓固定架固定，在混凝土浇筑时，受混凝土下料冲击，振捣器振动，以及人员操作荷载等的作用，极易使地脚螺栓移位、倾斜、下沉，难以达到设计和规范要求的精度，从而导致出现较大偏差，使机械设备安装不上，施工纠正困难。

防治措施 凡直径 56mm 及其以上的地脚螺栓应采用钢或混凝土，或钢与混凝土混合固定架固定，以保证地脚螺栓埋设偏差在设计和规范允许范围内。常用钢固定架、混凝土立柱和混凝土梯形架固定地脚螺栓方法参见图 10-8、图 10-9 和图 10-10。

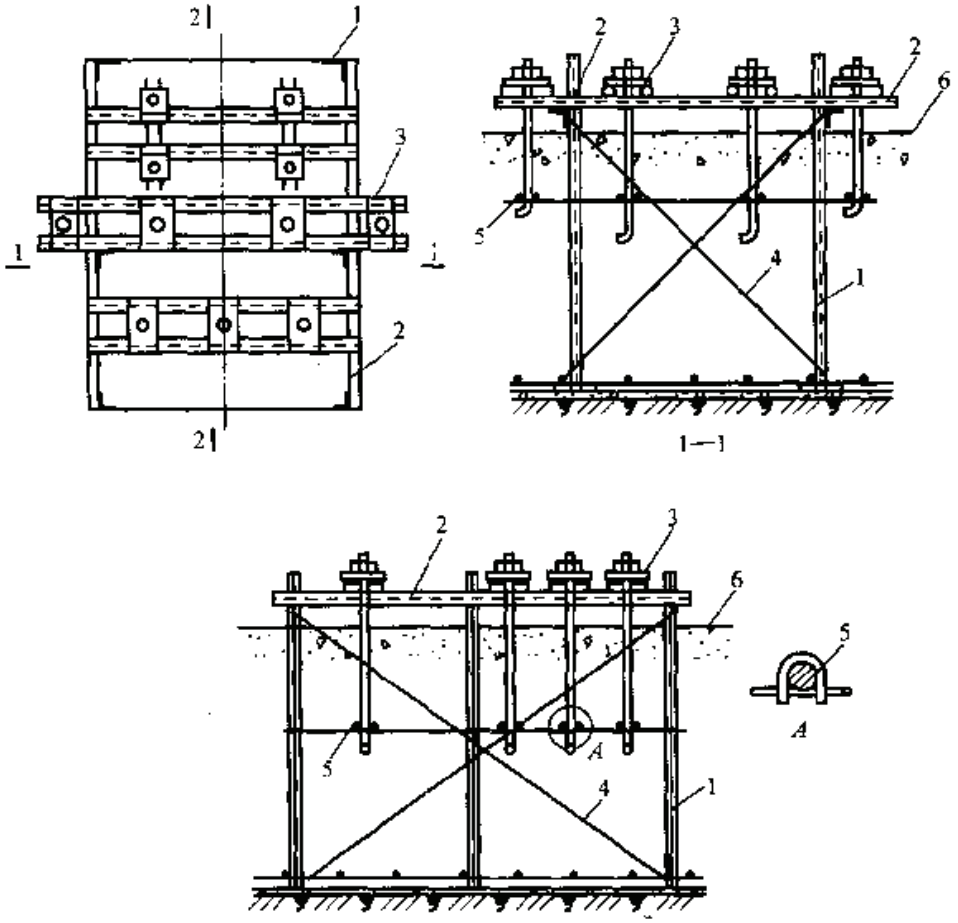


图 10-8　钢固定架固定地脚螺栓

1—角钢或槽钢立柱　2—角钢横梁　3—螺栓固定框　4—钢筋或角钢拉杆

5—钢筋拉条　6—设备基础上表面

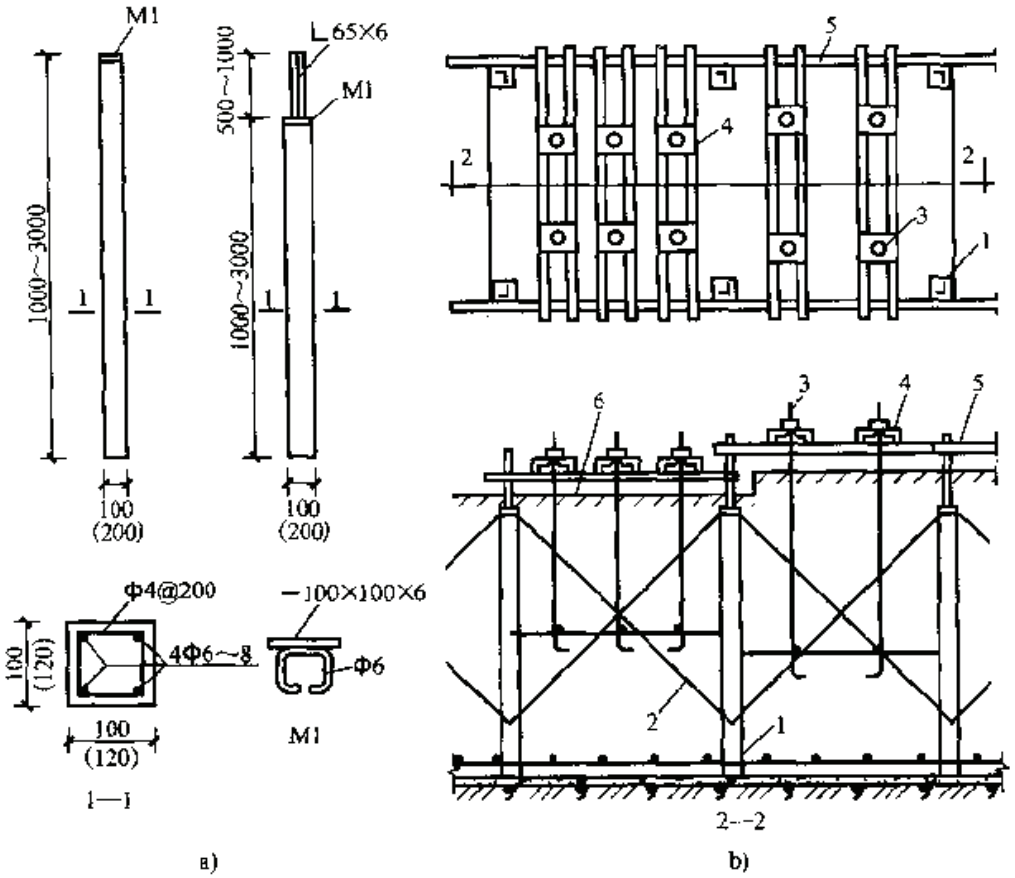


图 10-9 混凝土立柱固定地脚螺栓

a）混凝土立柱构造 b）用混凝土立柱固定地脚螺栓

1—混凝土立柱 2—钢筋拉条 3—地脚螺栓 4—角钢横梁

5—地脚螺栓固定框 6—设备基础上表面

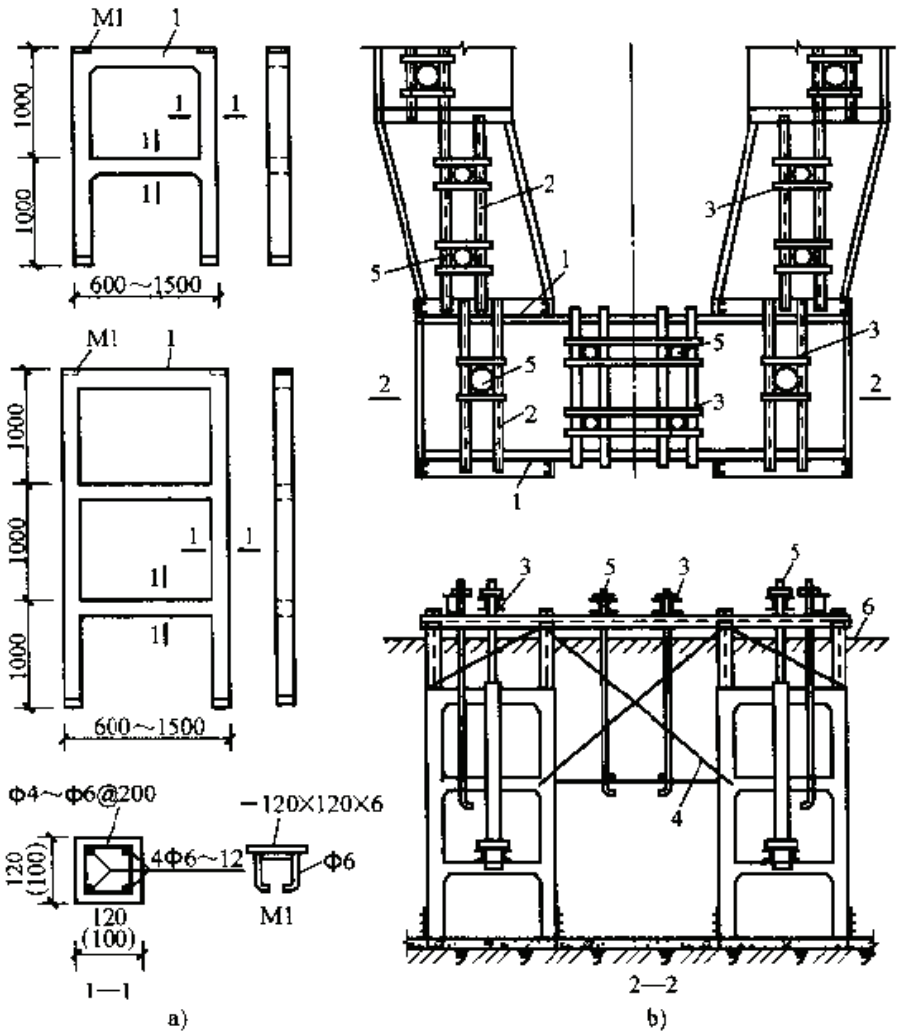


图 10-10 混凝土固定架固定地脚螺栓

1—混凝土梯形架 2—[100mm 槽钢横梁 3—钢螺栓固定框

4—ϕ16mm 或 ∟50×5mm 拉条 5—地脚螺栓

6—设备基础表面

禁忌 5 设备基础中预埋管线不采取防下沉措施

现象、危害性 设备基础中，电缆、水道、风管等管线穿过基础时，不采取防基础下沉措施。由于设备基础荷载大，地基会产生附加下沉，如管线出口部分没有缓冲保护措施，基础下沉时会将管线切断，而导致管线破坏，影响生产使用。

防治措施 管线穿过设备基础时，应采取防基础下沉切断管线措施：对电缆管束当由基础进入土中时，应采用填砂处理的方法（图 10-11a）；当水管通过变形缝或由基础进入土中时，应设套管防护（图 10-11b）；当风管由基础进入土中时，应设专门调整孔（图 10-11c）。

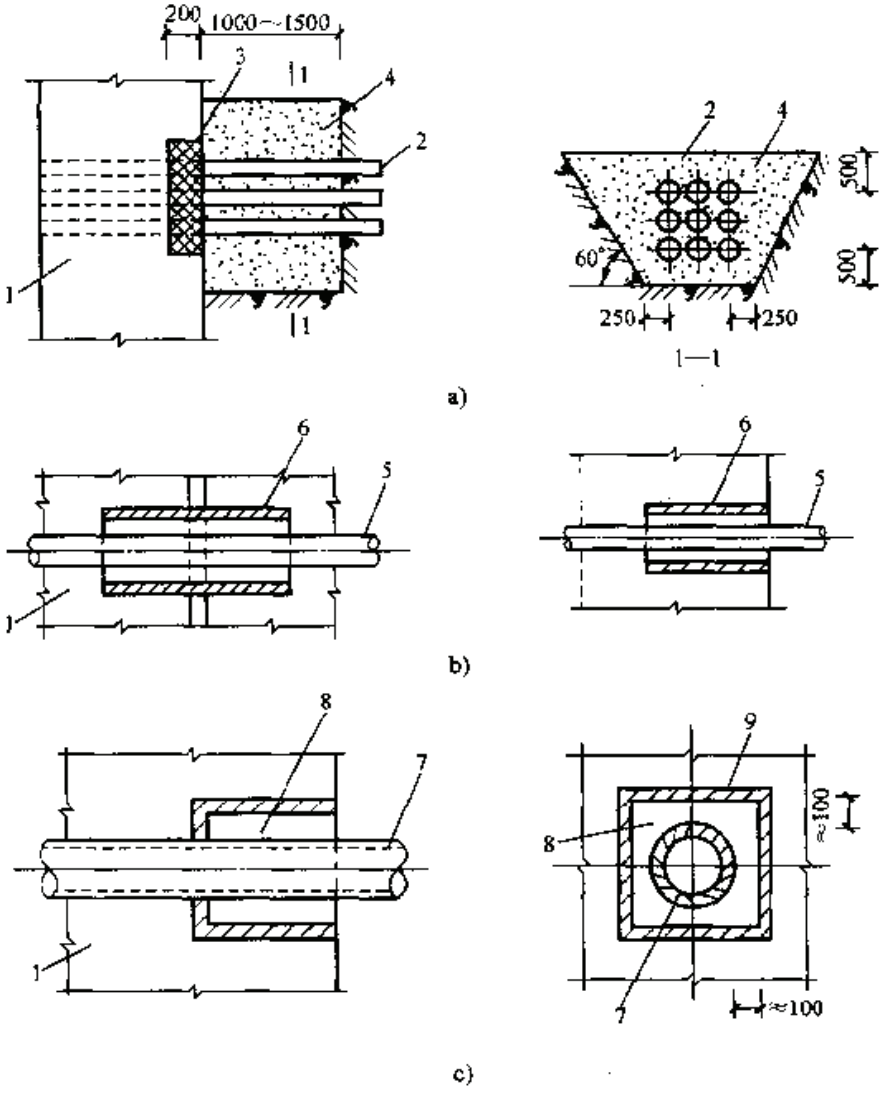


图 10-11 电缆管、水管、风管保护措施

a）电缆管保护 b）水管通过变形缝及土中的保护 c）风管的保护

1—设备基础 2—电缆管 3—沥青玛瑞脂 4—填砂 5—水管

6—套管 7—风管 8—调整孔 9—木板

禁忌6 采用高水化热水泥浇筑大体积混凝土

现象、危害性 大体积设备基础采用高水化热水泥配制、浇筑混凝土，由于这类水泥水化热量大，放热早，使水泥水化热量在基础内部大量积聚，使混凝土温升高，当以后降低到永久温度，温差大，会产生较大的降温收缩温度应力，从而导致设备基础产生深进的和贯穿性裂缝，破坏基础整体性，降低持久强度。

防治措施 设备基础大体积混凝土浇筑，应选用中低热水泥（如矿渣水泥，火山灰质水泥、粉煤灰水泥或硫酸盐水泥）配制混凝土，以减少混凝土凝结时的发热量。同时合理配料，优选配合比，适当掺加粉煤灰、减水剂，改善和易性，降低水灰比，降低水泥用量，推迟水化热释放速度，减低水化热温度，使温差不大于25℃，以控制裂缝出现。

禁忌7 夏季浇筑混凝土不采取降低浇灌入模温度措施

现象、危害性 夏季高温采取与春秋低温季节一样浇筑混凝土，不采取任何降低混凝土浇灌入模温度措施。这样使混凝土建立在较高的起点温度上，再加上混凝土的水化热温度，会使混凝土内部温度达到很高值，在受到内外约束条件下，将产生很大的降温收缩拉应力，将基础拉裂，出现表面、深进或贯穿性裂缝，危害基础整体性，降低持久强度和耐久性。

防治措施

1）选择较低温度浇筑混凝土，避开炎热天浇筑混凝土，对浇筑量不大的块体安在下午3时以后或夜间浇筑。

2）夏季采用低温水或冰水拌制混凝土；对骨料喷冷水雾或冷气进行预冷；或对骨料进行护盖或设置遮阳装置；运输工具加盖，防止日晒，以降低混凝土的拌合物温度。

3）掺加缓凝型减水剂，采取薄层浇筑，每层厚200～300mm，加强基础内部孔道通风，加速浇筑温度散发。

禁忌8 基础混凝土浇筑不进行测温和控制内外温差

现象、危害性 大型设备基础浇筑过程中及浇筑后，不进行测温和控制混凝土表面和内部、大气与混凝土表面的温差，盲目进行施工。这样大气、混凝土表面和内部中心的温度值均为未知数，无法计算温差和该龄期的温度应力，难以用控制温差或每阶段温度应力的方法来控制裂缝的出现，易导致产生表面、深进和贯穿性裂缝，破坏基础的整体性，降低耐久性。

防治措施 基础混凝土浇筑必须进行测温和温度监测，实行情报信息化施工。在混凝土浇筑过程中和浇筑后一个时期内，特别在开始3～5d内，要加强测

温工作，及时掌握混凝土内水化热混升情况；严格控制大气与混凝土表面、混凝土表面与基础中心部位的温差不超过 25°C、层面与基础底面温差不大于 20°C，发现温差接近或超过要求，及时调整保温和保湿养护措施，控制内表温差和降温速率，使缓慢降温，来控制裂缝的出现和发展。

禁忌 9 基础出现大面积渗漏水

现象、危害性 设备基础地沟、沟道、墙壁、穿墙管等部位出现大面积或局部渗漏水。产生原因有：基础设计未考虑有地下水或上层滞水作用，未采取防水措施；或未做好地下易漏水部位的细部处理，穿墙管未设止水板，群管未采用钢板封口，伸缩缝橡胶止水带未固定好，振捣混凝土时偏位、脱开或出现蜂窝孔洞；施工质量不良，坑内杂物未清理；混凝土未分层浇筑，施工漏振或振捣不密实；或施工缝未按要求处理等，导致基础内部积水，影响设备安装使用。

防治措施

1）基础坑、沟道底板、墙壁大面积渗漏水，可在漏水部位埋管，压注水泥浆或水玻璃水泥浆（水玻璃密度 1.15），或在基础坑、沟、墙内表面作五层刚性防水抹面；如净空允许亦可采取在内侧再灌一层 8～10cm 细石防水混凝土围套，伸缩缝处设橡胶止水带。施工时应先将地下水位降低至补漏部位以下。

2）对于局部渗漏水，对底板、墙壁，可用掺防水剂（速凝剂）的素灰浆或砂浆迎水强力快速堵漏。当水压较大时，应先将大漏变小漏，片漏变孔漏，线漏变点漏，使漏水集中于一点或数点，最后将点漏堵塞。

3）变形缝漏水，可将变形缝处凿开，将不密实的混凝土清理掉，用水清洗干净，在底板橡胶止水带下部用混凝土填平，将止水带位置放好后，上部重新灌注强度高一等级的细石混凝土固定，再在新旧混凝土接缝处抹 5 层刚性防水。对其他变形缝漏水，一般利用刚性防水技术的五层作法进行处理。

禁忌 10 预埋地脚螺栓出现过大偏差

现象、危害性 基础中预埋地脚螺栓的偏差超过设计和规范允许范围。产生原因有：设计图纸、施工测量、操作出现错误；或安装固定不牢；或浇筑混凝土时受冲击或振动等，从而导致出现过大偏差，将在使用中产生过大应力，会影响机械设备在基础上的可靠固定、正常运转和使用安全。

防治措施 地脚螺栓出现过大超差现象，应认真进行调整纠正。处理方法的选择，应根据螺栓直径大小和偏差情况等确定，同时应考虑机械设备的种类、振动状况和施工现场条件等。

1）地脚螺栓标高超差的处理：当地脚螺栓标高偏差为 -10～30mm，但设备安装仍能保证其丝扣有 2 个螺母的长度时，可不处理；螺纹高的可加钢垫板进行

调整。如果螺栓标高偏差大于 -10mm 或 30mm，则满足不了安装要求，可按以下方法之一进行处理。

①采用接长螺栓的方法。如图 10-12 所示，将螺栓周围的混凝土凿成凹形坑，用同直径的螺栓上下坡口对接或两侧加帮条钢筋焊接，附加帮条钢筋截面积应不小于原螺栓截面积的 1.3 倍，亦不得用小于 ϕ16mm 的钢筋，焊缝长度一般上下各取 2.5 倍螺栓直径。

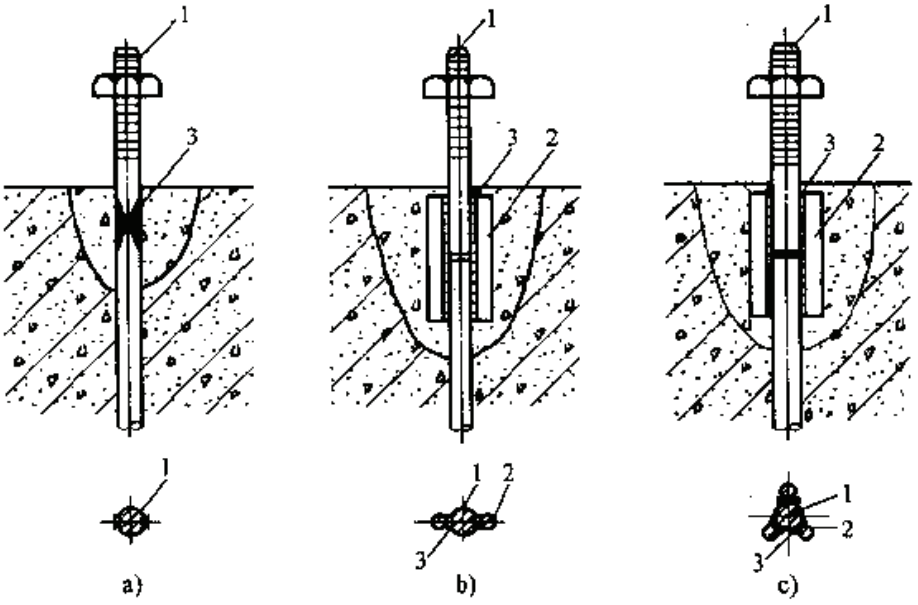


图 10-12　地脚螺栓焊接接长

a）坡口焊对接　b）加 2 根帮条对接（用于螺栓直径 36mm 以下）；

c）加 3 根帮条对接（用于螺栓直径 36mm 以上）

1—接长螺栓　2—钢筋帮条　3—焊缝

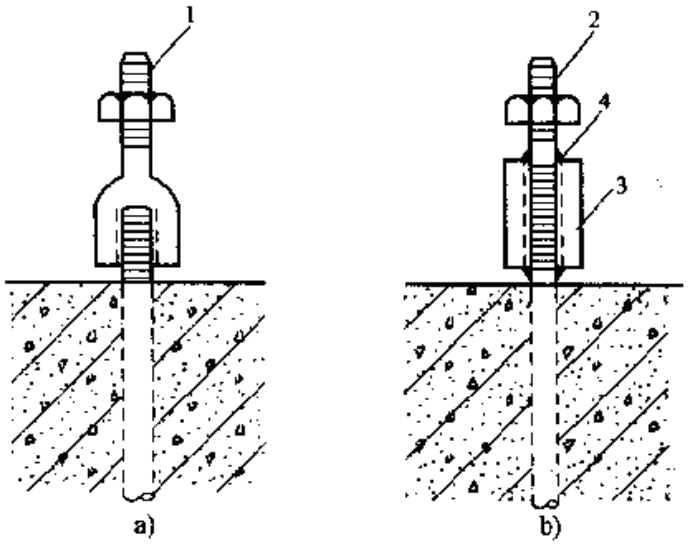


图 10-13　地脚螺栓套接接长

a）加螺栓套接长　b）加套管焊接接长

1—套接螺栓　2—接长螺栓　3—套筒　4—焊缝

②采用比原螺栓直径加大1倍的螺栓加工成内丝扣套在原有螺栓上（图10-13a），或焊上套管接上新螺栓（图10-13b）。适于支座高的螺栓接长使用。

③如标高偏差很大（100～300mm），可在靠根部将螺栓焊接接长，采用钢托座垫起（图10-14），再用混凝土包裹。

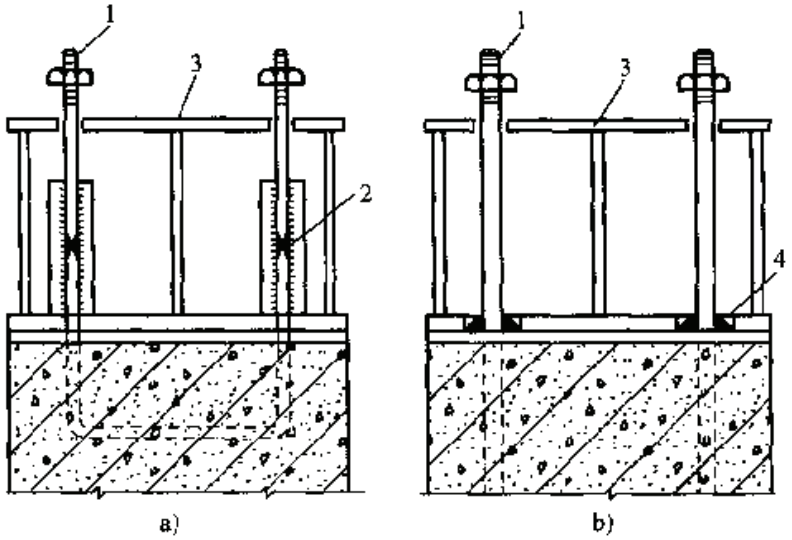


图10-14 螺栓焊接接长、加托座处理
a）上部焊接接长 b）根部焊接接长
1—接长螺栓 2—坡口焊 3—钢板托座
4—将原螺栓割断用坡口焊对接

2）地脚螺栓平面位置超差的处理：

①当螺栓中心与设计中心线偏差在10mm以内，可以调整设备底座的螺栓孔位置或搪（割）孔来调整，但要特别仔细，防止损伤底座。

②螺栓直径在36mm以内，偏差距离小于1.5d时，一般用热弯螺栓法将螺栓弯成S形（图10-15a），加热温度应在700～800°C范围内。如螺栓直径等于或大于36mm时，也可用热弯，但应在弯曲部位加焊钢板（图10-15b）。如果设备允许亦可采取在设备底座搪孔法来弥补。

③当螺栓偏差很大（大于1.5d时），可采取设过渡钢框架的方法（图10-16），即先将螺栓割断，加焊槽钢框架，再在槽钢上加焊新的螺栓，槽钢焊缝均须计算。槽架应保证足够的强度和刚度，使成为一可靠的整体。

④当地脚螺栓偏差过大，无法安装设备，或因图纸尺寸错误，预埋地脚螺栓位置、标高与设备孔洞或设备图纸不符，或设备底座加工误差过大时，需要将已埋设的地脚螺栓更新，另外埋设新螺栓。此时可用人工或风动工具凿去螺栓附近钻孔，重新在孔内装设地脚螺栓。

⑤当预埋的活螺栓套管发生偏斜或移位，影响正常设备安装使用时，可用钻机按设计位置钻孔解决。

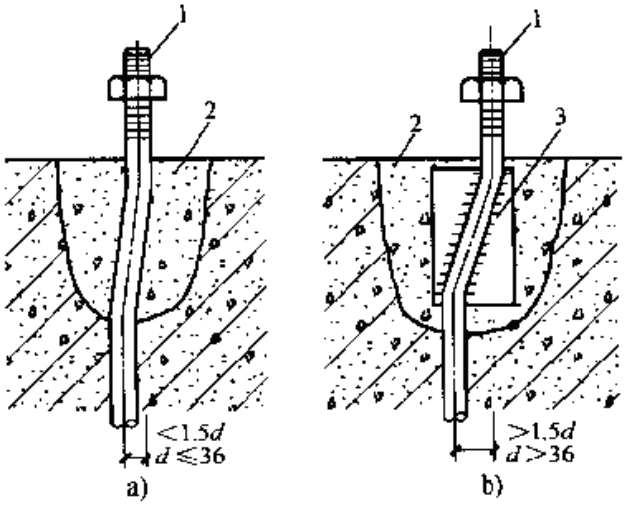


图 10-15　地脚螺栓平面位置偏差处理

a）$d<36$mm 且偏差距离小于 $1.5d$ 时　b）$d\geqslant36$mm 且偏差距离大于 $1.5d$ 时

1—地脚螺栓　2—新浇混凝土　3—加焊钢板

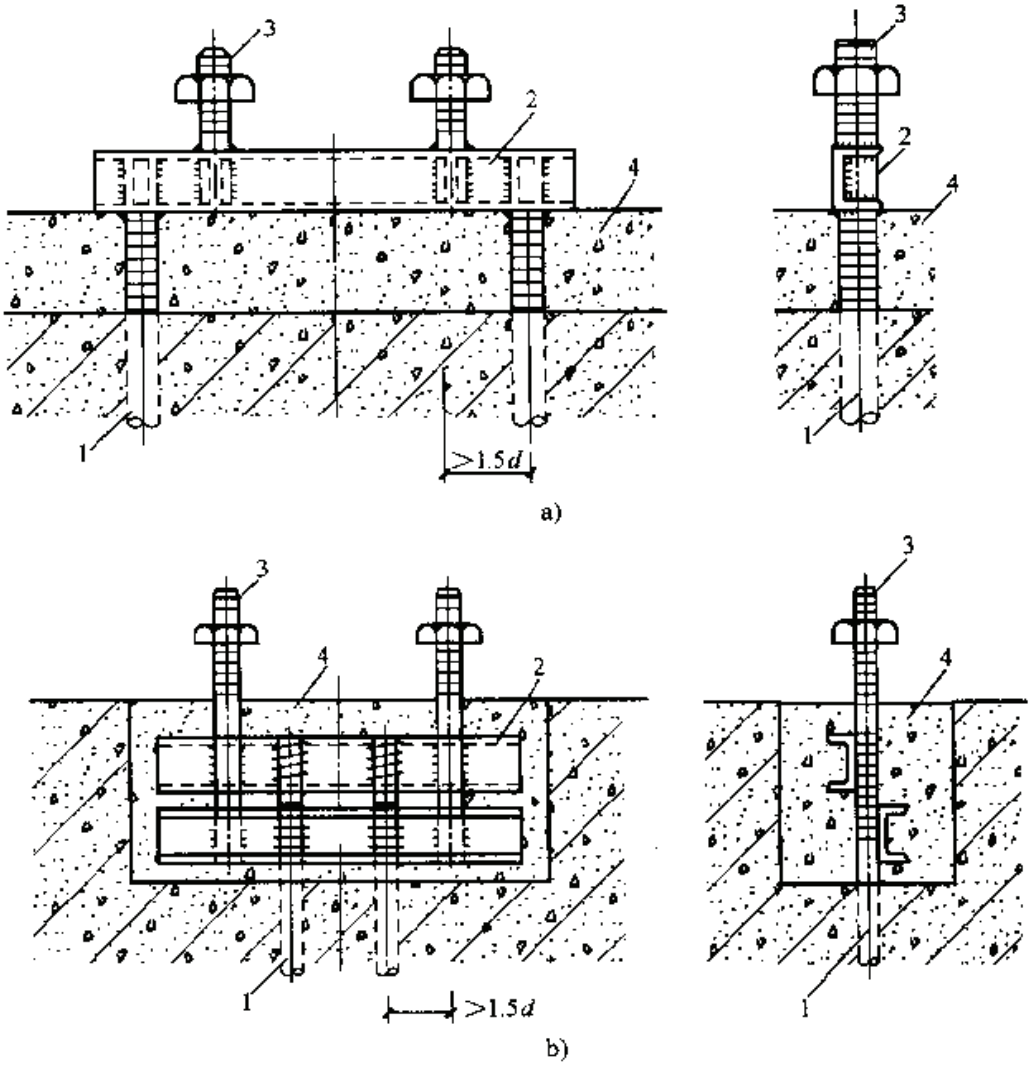


图 10-16　用过渡钢框架处理地脚螺栓偏差

a）向外偏差处理　b）向内偏差处理

1—偏差的螺栓　2—过渡钢框架　3—加焊地脚螺栓　4—二次浇筑混凝土

禁忌 11 基础预埋铁件出现空鼓

现象、危害性 基础预埋铁件与混凝土之间存在空隙。产生原因有：混凝土浇筑时在铁件与混凝土之间没有很好捣实；或混凝土水灰比和坍落度过大，混凝土下沉或干缩后在铁件与混凝土之间形成空隙；或浇筑方法不当，使预埋铁件背面的混凝土气泡和泌水无法排出，形成空鼓等，因而导致影响铁件的受力，使用功能和耐火性。

防治措施

1）预埋铁件背面的混凝土应仔细振捣并辅以人工捣实。水平预埋铁件下面的混凝土应采用赶浆法浇筑，由一侧下料振捣，另一侧挤出，并辅以人工横向插捣，使达到密实无气泡为止；或在水平铁件钢板上钻 1～2 个排气孔，以利气泡和泌水的排出。或预埋铁件背面的混凝土采用干硬性混凝土浇筑，以减少干缩。

2）如在浇筑混凝土时发现空鼓，应立即将未凝结的混凝土挖出，重新填充混凝土并插捣，使饱满密实；如在混凝土硬化后发现空鼓，可在钢板外侧凿 2～3 个小孔，用二次压浆法灌注密实。

禁忌 12 施工缝位置留设不当

现象、危害性 设备基础施工缝随意留设，位置留设不当，如垂直施工缝留在机组的同一块体上；水平施工缝随意留在螺栓的任意高度上；沟道和坑槽水平施工缝留在沟道和坑槽上……等等。这种任意留设方法非但影响到基础的整体性和防水性能，易造成开裂和渗漏，降低基础承受动力作用能力和使用寿命，同时会影响到工程的顺利进行和设备的正常安装使用。

防治措施 设备基础施工缝的留设应根基础的具体情况（生产工艺要求、基础形状、埋置深度、平面尺寸、标高变化、配筋情况、螺栓埋深、分布等）、施工方法、施工能力、工期要求等综合研究确定，做到留设合理、施工方便，确保工程质量。一般可按以下情况和方法留设：

1）受动力作用的设备基础互不相依的设备与机组之间、输送辊道与主基础之间可留垂直施工缝（图 10-17），但与地脚螺栓的距离不得少于 250mm，并不小于 5 倍螺栓直径，伸入相邻块钢筋必须留出。

2）地脚螺栓底部以下 150～200mm 处，或能包住螺栓 $l/3$ 或 $3l/4$（l—螺栓埋入深度）以上部位，或基础底板与上部块体或沟槽交界处可留水平施工缝（图 10-18）。标高不同的两个水平施工缝，其高低结合处，应留成台阶形，台阶的高宽比不得大于 1m。

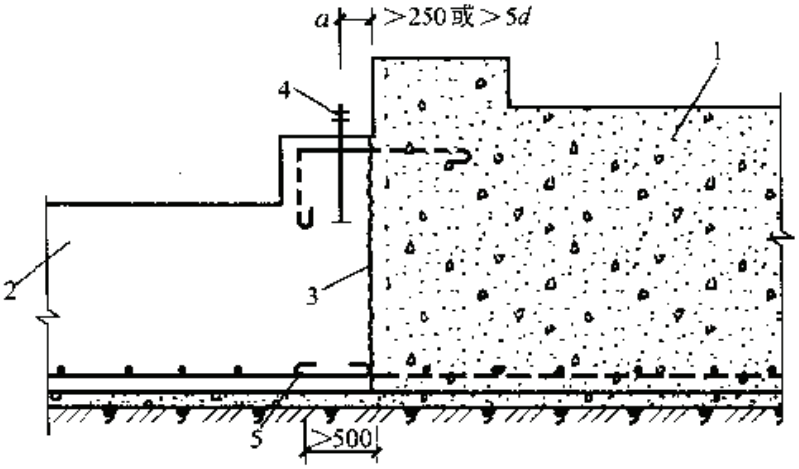


图 10-17　在两台机组之间适当地方留设垂直施工缝

1、2—两台机组基础　3—施工缝　4—地脚螺栓　5—钢筋

a—留置距离

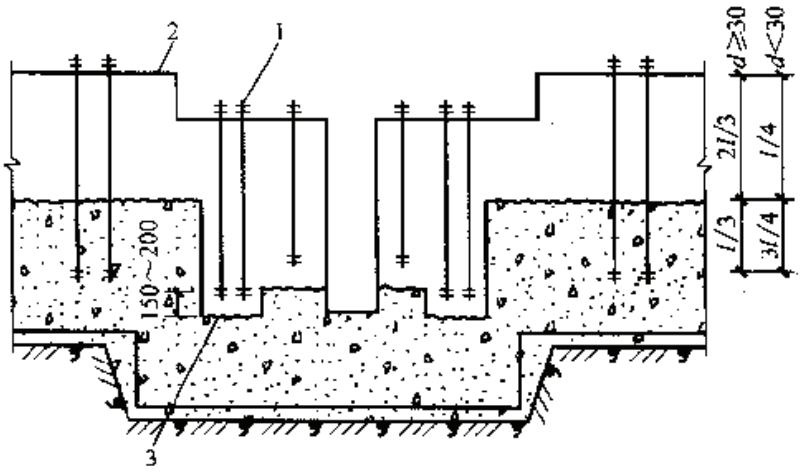


图 10-18　地脚螺栓部位施工缝的留设

1—地脚螺栓　2—基础表面　3—施工缝

3）对设计无整体浇筑要求的大型设备基础，可将基础分块、分层浇筑。水平、垂直施工缝应选择在荷载和振动不大，无防渗要求，地脚螺栓较长，截面简单（形状显著变化和截面较小）和不重要的结构部位，同时考虑同一区内标高相适应，浇筑面积和强度大致相近，每块混凝土量以 1000～1500m^3 为宜（图 10-19）；如有沟道和坑槽，水平施工缝应尽量设在沟道和坑槽的底面以及标高变化处（图 10-20）。分层施工每层的垂直施工缝位置，应使其上下错开，不在同一截面上，错开的距离不宜少于 1m。对垂直施工缝无配筋部位应补插筋；其直径为 12～16mm，长度 50～60cm；间距 500mm，双向配置，以加强连接，但应注意在同一设备基础的地脚螺栓之间、在重要设备机座之下和用轴连接转动的设备机座

之间、在基础薄壁构件或悬臂部分以被孔洞减弱的部位，均应尽量避免留置施工缝。

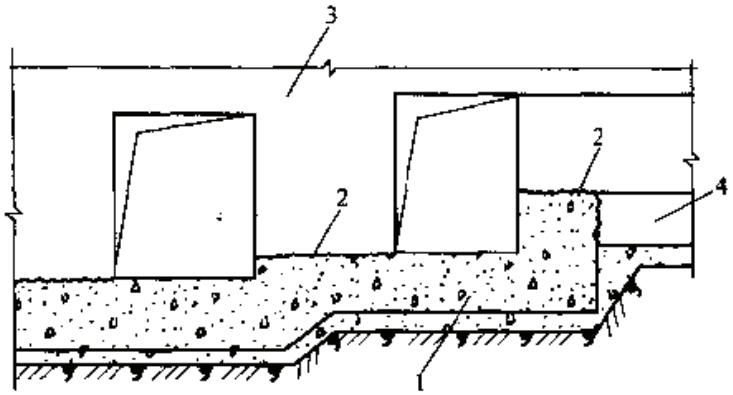


图 10-19 阶梯式底板水平施工缝的留设

1—阶梯式底板 2—施工缝 3—设备基础上部块体 4—后浇底板

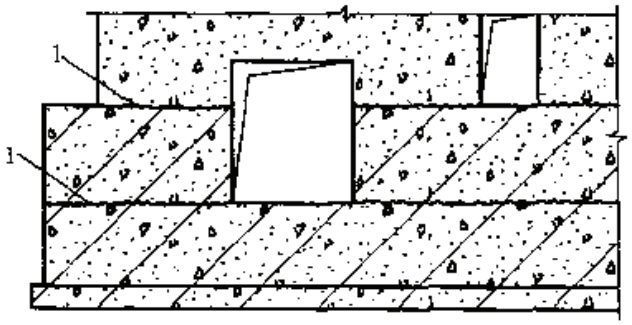


图 10-20 沟道和坑槽水平施工缝留设

1—施工缝

禁忌 13 基础出现温度裂缝

现象、危害性 基础混度裂缝有表面的、深进的和贯穿的，表面混度裂缝走向无一定规律性，裂缝多平行于短边，常发生在施工期间；深进和贯穿的温度裂缝，一般与短边方向平行或接近于平行，裂缝沿基础全长分段出现，中间较密，多发生在浇筑完 2～3 个月或更长时间，缝宽受温度变化影响较明显，冬季较宽，夏季较细。产生原因有：表面温度裂缝，多由于温差较大引起，如冬期施工过早拆除模板、保温层，或受到寒流袭击，导致混凝土表面急剧的温度变化而产生较大的降混收缩，受到内部混凝土的约束，产生较大的拉应力，而使表面出现裂缝；或基础浇筑完后长期不回填，受风吹日晒或寒潮袭击作用；深进的和贯穿性

的裂缝产生原因同 10.2　禁忌 13“基础出现深进或贯穿性温度收缩裂缝”；由于基础存在裂缝，从而影响整体性，降低强度和耐久性。

防治措施

1）预防基础产生表面温度裂缝，可控制基础表面与大气不出现过大混差；混凝土浇筑后，应及时用草帘或革袋覆盖，并洒水养护；在冬期混凝土表面采取保温措施，不过早拆模板和保温层；拆模时，控制基础表面与大气和基础中部的温差不大于 25℃，以防急剧冷却造成表面裂缝，基础拆模后要及时回填。

2）预防基础产生深进的和贯穿性温度收缩裂缝，可采取控制混凝土的温升，降低水泥水化热温升（如选用中低热水泥；合理配料、掺粉煤灰、减水剂；利用混凝土后期（90d、180d）强度，降低水泥用量，或在基础内预埋冷却水管，通入循环冷水，将水泥水化热导出等）；降低混凝土浇灌入模温度（如选择较低温度季节浇筑混凝土、采用冰水拌制混凝土，掺加缓凝型减水剂，采取薄层浇筑混凝，加快热量散发等）；改善约束条件，削减温度收缩应力（如合理分缝分块浇筑；在基础底部设置隔离滑动层，以消除嵌固作用，释放约束应力等）；提高混凝土的极限抗拉强度（如优选混凝土配合比，严格控制砂、石含泥量；采用二次振捣法，适当配置温度筋、构造筋；加强混凝土早期养护等）；加强施工的温度控制（如搞好混凝土的保湿、保温养护，充分发挥徐变特性；规定合理的拆模时间；加强测温和温度监测与管理，实行情报信息化施工；合理安排施工程序，避免过大温差）；以及其他控制技术措施（如避免降温与干缩共同作用；采取及时回填；在混凝土中掺加水泥用量 1%的 UEA 混凝土微膨胀剂等）等措施以控制裂缝出现。

附录　设备基础尺寸、位置允许偏差及检验方法（表 10-4）

表 10-4　混凝土设备基础尺寸、位置允许偏差及检验方法

项次	项　目		允许偏差/mm	检验方法
1	坐标位置		20	钢直尺检查
2	不同平面的标高		0 -20	用水准仪或拉线和钢直尺检查
3	平面外形尺寸		±20	钢直尺检查
	凸台上平面外形尺寸		0 -20	钢直尺检查
	凹穴尺寸		+20 0	钢直尺检查
4	平面水平度	每米	5	水平尺和楔形塞尺检查
		全长	10	用水准仪或拉线、钢直尺检查

（续）

项次	项目		允许偏差/mm	检验方法
5	垂直度	每米	5	用经纬仪或吊线和钢直尺检查
		全高	10	
6	预埋地脚螺栓	标高(顶部)	+20 0	在根部及顶端用水准仪或拉线和钢直尺检查
		中心距	±2	
7	预埋地脚螺栓孔	中心线位置	10	钢直尺量纵横两个方向
		深度	+20 0	钢直尺检查
		孔垂直度	10	吊线和钢直尺检查
8	预埋活动地脚螺栓锚板	标高	+20 0	水准仪或拉线和钢直尺检查
		中心线位置	5	钢直尺检查
		带螺纹孔锚板平整度	2	用钢直尺和楔形塞尺检查
		带槽锚板平整度	5	用钢直尺和楔形塞尺检查

注：检查坐标、中心线位置时，应沿纵、横两个方向量测，并取其中的较大值。

11 深基础工程

11.1 地下连续墙

地下连续墙是建造深基础工程和地下构筑物的一项新技术。具有墙刚度大，强度高，可挡土、承重、截水、抗渗和耐久性好、变形小等特点，可在狭窄场地条件下施工，对周围建筑地基无扰动，振动小，噪声低，施工安全。可用于建造高层建筑的深基础、地下室、逆作法施工支护、围护结构等。但其施工技术、施工机具设备较为复杂，质量要求严，因此，在施工中要精心作业，严格控制从挖槽、钢筋笼制作、吊放、混凝土浇筑到锁头管拔除等禁忌发生，以确保工程顺利进行和施工质量。

11.1.1 挖槽施工（槽段开挖）

禁忌 1 出现粘土糊钻（抱钻）

现象、危害性 在粘性很重的土层内成槽，粘土附在多头钻刀片上，造成糊钻（抱钻）。产生原因有：在软塑粘土层钻进，进尺过快，钻渣大，出浆口堵塞，易造成糊钻；在粘性土层成孔，钻速过慢，未能将切削泥土甩开，附在钻头刀片上，将钻头抱住；与泥浆流动形式、钻头形式有关。从而影响钻进。

防治措施

1）施钻时，注意控制钻进速度，不要过快或过慢；选用刮板齿小、出浆口大的钻头；

2）可利用强制循环方式，在钻头的喷浆管路系统钻槽时，加放 1 根压力泥浆管，将循环的泥浆送至多头钻，压力泥浆从旁侧 4 个钻头处喷出，使在钻头工作区造成激烈的泥浆流动，可避免抱钻发生。

3）已糊钻，可提出槽孔，清除钻头上的泥渣后继续钻进；或回填部分砂砾再钻进。

禁忌 2 出现钻机卡槽（卡钻）

现象、危害性 钻机在成槽过程中被卡在槽内，难以上下扫孔，或不能提出槽外。产生原因有：钻进中泥浆中所悬浮的泥渣沉淀在钻机周围，将钻机与槽壁之间的孔隙堵塞；或中途停止钻进，未及时将钻机提出地面，泥渣沉积在挖槽机具周围，将钻具卡住；或槽壁局部坍方，将钻机埋住，或钻进过程中遇地下障碍物被卡住；或在塑性粘土中钻进遇水膨胀，槽壁产生缩孔卡钻；或槽孔偏斜弯曲过大，钻机为柔性垂直悬挂，被槽壁卡住等，从而影响施工进行。

防治措施

1）制作钻机的钻头尺寸应比导板箱尺寸大 10～20mm。钻进中注意不定时的交替紧绳、松绳，将钻头慢慢下降或空转，或上、下反复扫孔，扩大孔径，避免泥渣淤积堵塞造成卡钻；中途停止钻进，应将潜水钻机提出槽外；钻进中要适当控制泥浆密度，防止坍方；挖槽前应探明障碍物并及时处理，在塑性粘土中钻进或槽孔出现偏斜弯曲，应经常上下扫孔纠正。

2）挖槽机在槽孔内不能强行提出，以防吊索破断，一般可采用高压水或空气排泥方法排除周围泥渣及塌方土体，再慢慢提出，必要时用挖井方法取出。

禁忌 3 出现架钻

现象、危害性 钻进中钻机导板箱被槽壁土体局部托住，不能钻进。产生原因主要是：

在钻进中由于钻头磨损严重，钻头直径减小，未及时补焊，造成槽孔宽度变小，使导板箱被搁住不能钻进；钻机切削三角死区的垂直铲刀或侧向拉刀装置失灵，或遇坚硬土石层，功率不足，难以切去，从而造成不能钻进。

防治措施 钻头直径应比导板箱宽 2～3cm；钻头磨损严重应及时补焊加大；钻进三角死区土层的垂直铲刀或侧向拉刀失效，或遇坚硬土石层功率不足，难以切去时，可辅以冲击钻破碎后，再钻进。

禁忌 4 槽壁出现漏浆或渗漏

现象、危害性 在成槽过程中，槽内的浆位迅速下降，出现大量泥浆突然向外漏失。产生原因有：挖槽遇多孔的砾石地层或落水洞、暗沟、裂隙等，泥浆大量渗入孔隙，或沿洞、沟、裂隙流失。或泥浆质量差，密度不够，未能在槽壁形成良好的泥皮，以致不能阻止泥浆大量泄漏。或遇到透水性强或有地下水流动的土层。或水头过高，使槽壁渗透等，从而导致无法继续钻进。

防治措施

1）遇多孔的砾石地层或裂隙发育地层，应停止使用吸力泵或砂石泵，并往导槽内输送尽量多的密度较大的稠泥浆。

2）配制优质泥浆，适当提高泥浆的粘度和密度，使槽内泥浆保持正常液面。

3）适当控制槽孔内水头高度，不要使压力过大。

4）治理方法：配备堵漏材料，发现漏浆及时补浆和堵漏。对落水洞、暗沟，应将挖槽机提出地面，填充优质粘土后，重新施钻 。

禁忌 5　导墙破坏或变形

现象、危害性　导墙出现坍塌、不均匀下沉、裂缝、断裂、向内挤扰，甚至倒塌等情况。产生原因有：导墙强度及刚度不足；或地基发生坍塌或受到冲刷；或导墙内侧没有设置支撑；或作用在导墙上的施工设备荷载过大等，从而导致不能使用，无法钻进。

防治措施

1）按要求施工导墙；导墙内钢筋应连接；适当加大导墙深度，加固地基；墙周围设排水沟；导墙内侧加设支撑；施加荷载分散设置，使受力均匀。

2）已破坏或变形的导墙应拆除，并用优质土（或掺入适量水泥、石灰）回填夯实，重新建导墙。

禁忌 6　出现槽壁塌坍（塌孔）

现象、危害性　在槽壁成孔、下钢筋笼和浇筑混凝土时，槽段内局部孔壁塌坍，出现水位突然下降，孔口冒细密的水泡，出土量增加，而不见进尺，钻机负荷显著增加等现象。产生原因有：遇竖向节理发育的软弱土层或流砂土层；护壁泥浆选择不当，泥浆密度不够，不能形成坚实可靠的护壁；地下水位过高，泥浆液面标高不够，或孔内出现承压水，降低了静水压力；泥浆水质不合要求，含盐和泥砂多，易于沉淀，使泥浆性质发生变化，起不到护壁作用；或泥浆配制不合要求，质量不符合要求；在松软砂层中钻进，进尺过快，或钻机回旋、提钻速度过快，空转时间太长，将槽壁扰动；成槽后搁置时间过长，未及时吊放钢筋笼浇筑混凝土，泥浆沉淀失去护壁作用；由于漏浆或施工操作不慎，造成槽内泥浆液面降低，超过了安全范围，或下雨使地下水位急剧上升；单元槽段过长，或地面附加荷载过大；或下钢筋笼，浇筑混凝土间隔时间过长，地下水位过高，槽壁受冲刷；或在软土地基，土的抗剪强度很低，土内摩擦角 $\varphi \leqslant 12°$，塑性指数 $I_p \leqslant 14$ 时，易发生塌孔等，从而导致钻进困难或无法钻进。

防治措施

1）在竖向节理发育的软弱土层或流砂层钻进，应采取慢速钻进，适当加大泥浆密度，控制槽段内液面高于地下水位 0.5m 以上；成槽应根据土质情况选用合格泥浆，并通过试验确定泥浆密度，一般应不小于 1.05；泥浆必须配制，并使其充分溶胀，储存 3h 以上，严禁将膨润土、火碱等直接倒入槽中；所用水质应符合要求；在松软砂层中钻进，应控制进尺，不要过快或空转过长；槽段成孔

后，紧接着放钢筋笼并浇筑混凝土，尽量不使其搁置时间过长；根据钻进情况，随时调整泥浆密度和液面标高；单元槽段一般不超过两个槽段，注意地面荷载不要过大；加快施工进度，缩短挖槽时间和浇筑混凝土间隔时间，降低地下水位，减少冲击和高压水流冲刷。

2）严重坍孔，要拔钻填入较好的粘土或土砂混合物重新钻进；局部坍塌可加大泥浆密度；已坍土体可用钻机搅成碎块抽出；如发现大面积坍塌，应将钻机提出地面，用优质粘土（掺入20%泥浆）回填至坍塌处以上1～2m，待沉积密实后再行钻进。

禁忌7 槽孔出现偏斜（歪曲）

现象、危害性 槽孔向一个方向偏斜，垂直度超过规定数值。产生原因有：钻机柔性悬吊装置偏心，钻头本身倾斜或多头钻底座未安置水平；或钻进中遇较大孤石或探头石或局部坚硬土层；或在有倾斜度的软硬地层交界岩面倾斜处钻进，或在粒径大小悬殊的砂卵石中钻进，钻头所受阻力不均；或扩孔较大处钻头摆动，偏离方向；采取依次下钻，一侧为已浇筑混凝土墙，常使槽孔向土一侧倾斜；或成槽掘削顺序不当，钻压过大等，从而影响墙承载力。

防治措施

1）钻机使用前调整悬吊装置，使机架、多头钻和孔中心在一条直线上，防止偏心；机架底座应保持水平，并安设平稳；遇较大孤石、探头石，应辅以冲击钻破碎；在软硬岩层交界处及扩孔较大处，采取低速钻进；尽可能采取两槽段成槽，间隔施钻，合理安排掘削顺序，适当控制钻压，使钢绳处于受力状态下钻进。

2）查明钻孔偏斜的位置和程度，一般可在偏斜处吊住钻机上下往复扫孔，使钻孔正直；偏差严重时，应回填砂粘土到偏孔处1m以上，待沉积密实后，再重新施钻。

禁忌8 槽底沉碴厚度超标

现象、危害性 槽段清孔后，槽底积存沉渣超过规范允许厚度。造成原因有：遇杂填土、软塑淤泥质土、松散砂、砾夹层等松软土层，易于坍落形成沉渣。成槽后，孔底沉渣未清理干净；槽孔口未保护好，上部行人、运输，槽口被扰动，虚土掉入孔内；吊放钢筋笼和混凝土浇灌漏斗时，槽口土或槽壁土被碰撞，掉入槽孔内；或成孔后未及时吊放钢筋笼和浇筑混凝土，槽孔被雨水冲刷或泥浆沉淀、槽壁剥落沉淀，使沉渣加厚等，从而会导致降低墙承载力。

防治措施

1）遇杂填土及各种软弱土层，成槽后应加强清渣工作，除在成孔后清渣外，

在下钢筋笼后，浇筑混凝土前还应再测定一次槽底沉渣和沉淀物，如不合格，应再清渣一次，使沉渣厚度控制在规范允许 100mm 以内，槽底 100mm 处的泥浆密度不大于 1.2t/m³ 为合格。

2）保护好槽孔。运输材料、吊钢筋笼、浇筑混凝土等作业，应防止扰动槽口土和碰撞槽壁土掉入槽孔内。

3）清槽后，尽可能缩短吊放钢筋笼和浇筑混凝土的间隔时间，防止槽壁受各种因素剥落掉泥沉积。

4）治理方法：经测定沉渣超过规范允许厚度时，应用吸力泵或空气吸泥法清渣。如将冲出泥浆的潜水砂泵和吸出泥浆的潜水砂泵组合放在槽底，进行冲吸，以多头钻进行清底作业。有时待沉积后，再次以抓斗下槽抓泥；如还有少量超厚泥渣清不干净时，可填以砂砾石，吊重铊夯击使混合密实，减少下沉。

禁忌 9　钻具或金属构件掉落槽孔内

现象、危害性　钻具或金属构件、或施工工具掉入槽孔内。产生原因有：钢材强度低，焊接质量差，钻具连接部件断裂；或操作不慎掉下扳手等工具、螺栓松脱，钢丝绳拉断；因而会阻碍继续钻进，并将钻头打坏。

防治措施　用打捞工具（打捞活套、打捞吊钩等）打捞；零星物件可用电磁铁吸取，或用抓斗打捞；必要时用潜水人员打捞，如已接近或达到设计深度，可用十字冲击钻冲入设计深度以下；或先在其侧面施钻，提钻后用挂钩将掉下的钻头拖出槽外。

11.1.2　钢筋笼制作与吊放

禁忌 1　钢筋笼尺寸不准或变形

现象、危害性　钢筋笼制作尺寸偏差过大、或扭曲变形。产生原因有：钢筋笼制作未在平台上放样成形，绑扎用卡板控制尺寸，点焊固定，使各部尺寸不一，或运输扭曲变形散架，无法吊放安装就位；或钢筋笼安装次序不当，使钢筋笼尺寸大小不能均匀一致；或钢筋笼尺寸大，刚度差，未设纵向钢筋桁架及斜向拉筋加固；或吊点不当，在运输和吊放时，因刚度不足而造成扭曲变形等，从而造成安放困难。

防治措施

1）钢筋笼制作应在平台上放样成形，在平整地面或平台上绑扎，用卡板控制尺寸，安排好绑扎次序，使钢筋笼尺寸一致，偏差控制在允许范围以内，外形尺寸应比槽段尺寸小 110～120mm。

2）钢筋笼除结构受力筋外，一般应加设纵向桁架和主筋平面内的水平与斜

向拉条，并与闭合箍筋点焊成骨架。对较宽尺寸的钢筋笼应增设直径 25mm 的水平筋和剪刀拉条组成的横向水平桁架，并按要求设置吊点，使有足够的刚度。

3）吊点应均匀，绑扎点应不少于 4 点，对尺寸大的两槽段钢筋笼应不少于 6 点绑扎，使受力均匀，以避免变形。

4）治理方法：对尺寸偏差过大、已扭曲变形的钢筋笼，应拆除重新在平台上设卡板按尺寸绑扎，并按要求进行加固处理。

禁忌 2　钢筋笼难以放入槽孔内

现象、危害性　成槽后，吊放钢筋笼被卡或被搁住，难以全部放入槽孔内。产生原因有：槽壁凹凸不平或倾斜过大，或弯曲；或钢筋笼尺寸偏差过大，纵向接头处产生弯曲，定位块过于凸出；或钢筋笼刚度不够，吊放时产生变形等，从而造成吊放困难，需要返工修整。

防治措施

1）成孔要调整好钻机导板箱的垂直度，使保持槽壁面平整、垂直，并在成孔过程中反复扫孔。

2）严格控制钢筋笼外形尺寸，其截面长宽应比槽孔小 11 ~ 12cm；钢筋笼接长时，先将下段放入槽孔内，保持垂直状态，悬挂在槽壁上部导墙上，再将上节垂直对正下段后，进行焊接，要求二人同时对称施焊，以免焊接变形，使钢筋笼产生纵向弯曲。

3）钢筋笼应按要求加设纵向钢筋桁架及斜向拉筋加固，使有足够的刚度，不致产生过大变形。在两侧加设导向带钢筋耳环的定位垫块（保护层垫块），使每侧与设计槽壁间应有 20mm 空隙，以利下钢筋笼。

4）治理方法：如因槽壁弯曲钢筋笼不能放入，应修整槽壁后再吊放钢筋笼，避免强行放入，使钢筋笼变形。如因钢筋笼尺寸偏差过大或变形不能放入，应全部或局部拆除，重新绑扎，使尺寸达到要求为止。

禁忌 3　钢筋笼出现上浮

现象、危害性　槽段浇筑混凝土时，钢筋笼上部被托出槽孔外，出现上浮情况。产生原因有：钢筋笼重量太轻，槽底沉渣过多，被托浮起；或下钢筋笼后，没有将钢筋笼固定在槽壁导墙上，将钢筋笼压住；或混凝土浇灌导管埋入深度过大或混凝土浇筑速度过慢，钢筋笼被挤托起上浮，从而造成修整困难。

防治措施

1）做好清槽工作，使槽底沉渣厚度控制在允许范围以内。

2）在导墙上设置锚固点固定钢筋笼，以阻止上浮。

3）加快混凝土浇筑速度，控制混凝土浇灌导管最大埋深不超过 6m。

4）治理方法：对钢筋笼上浮不大（≤100mm）的，可不处理。对钢筋笼上浮超过要求，应及时在上部加压使部分回复原位，并在上部导墙上加设锚固点，以控制继续上浮。

11.1.3 混凝土浇筑与拔锁头管

禁忌1 导管插入深度、间距过大

现象、危害性 浇筑地下连续墙混凝土时导管插入深度大于6.0m；或导管之间的间距大于4.0m。前者导管插入过深，会使混凝土在导管中流动不畅，在槽内流动度不足，还有可能使钢筋上浮和泥浆卷入混凝土中；后者导管间距过大，易使导管之间影响半径不能搭接，导致混凝土面降低，泥浆易卷入混凝土中，降低混凝土墙体质量。

防治措施

1）浇筑混凝土时，导管应埋入混凝土中2～4m，最小埋深不得小于1.5m，否则会把混凝土上升面附近的浮浆卷入混凝土内；亦不宜大于6m，否则会影响混凝土充分地流动。

2）导管之间的间距应控制在4m之内，施工时宜尽量选用较大直径的导管，加快浇注速度，使混凝土面在导管之间基本持平，以避免泥浆卷入混凝土内。

禁忌2 导管浇注混凝土提升过快或过晚

现象、危害性 导管浇注混凝土提升速度过快或提升过缓、过慢、过晚。前者易造成混凝土出现脱空现象，泥浆卷入混凝土内，形成泥浆夹层，降低强度，影响墙体整体性，引起渗漏；后者会造成导管拔不出来，给施工带来困难。

防治措施 导管应随浇灌随时提升。浇灌时，利用不停浇灌及导管出口混凝土的压力差，使混凝土不断从导管内挤出，使混凝土面逐渐均衡上升，槽内的泥浆逐渐被混凝土置换而排出槽外，流入泥浆池内。槽内混凝土面上升速度应控制不大于2m/h。浇灌速度一般为30～35m^3/h，导管不能作横向运动，否则会使泥渣、泥浆混入混凝土内。采用多根导管浇灌混凝土时，各导管处的混凝土面高差不宜大于0.3m。导管提升速度应与混凝土的上升速度相适应，始终保持导管在混凝土中的插入深度不小于1.5m。

禁忌3 导管浇注混凝土随浇随停，间歇时间过长

现象、危害性 导管浇注混凝土浇一回，停一段时间，不连续作业，间歇时间过长。这样易造成导管拔不出来，混凝土失去流动性，不能上升，造成混凝土浇筑失败，无法进行。

防治措施 导管法浇筑混凝土必须连续进行，一气呵成，不得中断，每个槽段的混凝土应控制在 4～6h 内浇完，以保证混凝土的流动性和均匀性，间歇时间应控制在 15min 内，任何情况下不得超过 30min。

禁忌 4 导管内进泥

现象、危害性 浇筑混凝土时，导管内出现涌泥，混凝土被污染。产生原因主要有：首批混凝土数量不足，不能将泥浆全部冲出导管外；或导管底距槽底距离过大，使泥浆进入导管内；或导管插入混凝土内深度不够，使泥浆混入导管中；拔出导管过度，泥浆被挤入管内等，从而会降低混凝土强度，造成夹层，引起渗漏。

防治措施

1）首批混凝土量应经计算确定，保持足够的数量和下冲力，使泥浆排出导管外。

2）导管口离槽底应保持不小于 $1.5d$（d 为导管直径）的距离。

3）导管插入混凝土深度保持不小于 1.5m。

4）浇灌中注意控制浇灌速度，经常用测锤（钟）测定混凝土上升面，根据测定高度，确定拔导管的速度和高度。

5）治理方法：如槽底混凝土深度小于 0.5m，可重新放隔水塞浇筑混凝土，否则应将导管提出，将槽底的混凝土用空气吸泥机清出，重新浇筑混凝土；或改用带活底盖子导向管插入混凝土内，重新浇筑混凝土。

禁忌 5 导管内卡混凝土

现象、危害性 混凝土导管内被混凝土堵塞，混凝土下不去。产生原因有：导管口离槽底距离过小或插入到槽底沉渣中，混凝土难以从管底挤出；或隔水塞（栓）卡在导管内，阻碍混凝土下落；或混凝土下冲力不够或混凝土坍落度过小，石子粒径过大，砂率过小，流动度差，混凝土难以下落；或浇灌下料间隔时间过长，混凝土变稠，流动度下降，或已凝固等，从而造成施工困难或返工处理。

防治措施

1）导管口离槽底距离保持不小于 $1.5d$（d 为导管直径）。

2）混凝土隔水塞保持比导管内径有 5mm 的空隙。

3）保证首批混凝土浇灌量，使其有足够的下冲力。

4）按水中浇灌混凝土选定混凝土配合比、坍落度、砂率，以保证要求的流动度；应加强操作控制，保持连续浇筑；浇灌间歇时，要上下小幅度活动导管。

5）治理方法：已堵管可敲击、抖动或提动导管（高度在 30cm 以内），或用长杆捣插导管内混凝土进行疏通；如无效，在顶层混凝土尚未初凝时，将导管提出，重新

插入混凝土内，并用空气吸泥机将导管内的泥浆排出，再恢复浇筑混凝土。

禁忌6 导管被栓塞卡住

现象、危害性 混凝土开始浇灌时，隔水栓塞卡在导管内，造成浇灌临时中断。产生原因有：隔水塞（球）制作、加工尺寸不规矩，尺寸偏差过大，被卡在导管内，冲不出来；导管下入前，内壁混凝土浆渣未彻底清除干净；或混凝土坍落度过大，和易性差，砂子挤夹在隔水塞（球）与导管之间，使隔水塞下不去；从而造成下混凝土困难，须返工处理。

防治措施

1）隔水塞（球）制作加工尺寸应经严格检查，不合要求的应经修整或更换；每次浇筑混凝土后，应将导管内粘结的水泥将渣清除干净。混凝土坍落度、和易性、流动度应符合设计要求。

2）治理方法：一旦发生卡塞事故，可以采取捣（上部卡塞）、蹲、拆（中、下部卡塞）的办法处理。

禁忌7 导管栓塞掉下（脱塞）

现象、危害性 开始浇灌时，隔水栓塞已从导管下端口脱落，造成混凝土直接混入槽中泥浆内。产生原因是：清底时槽深或导管长度尺寸掌握不准；或导管下到底后槽口夹导管的夹板未夹牢，致使导管下端口距离槽底过高等，从而造成降低混凝土强度。

防治措施 掌握好槽深和导管长度尺寸；导管下到底后夹牢。处理方法是先将导管卸开一定距离，再将吸泥器或反循环抽管下至原导管位置，将混有泥浆的混凝土抽出，然后将导管挪至原处重新浇灌。

禁忌8 导管埋入混凝土槽段内拔不出

现象、危害性 混凝土浇灌一定高度后，提升导管，已埋入混凝土内部分提不动，拔不出来。造成原因有：混凝土浇灌间隔时间太长，没有及时上下活动导管，致使导管与混凝土粘牢拔不出来；或钢筋笼上一些钢筋未焊接牢固，吊放和浇灌混凝土时被碰撞散开，将导管卡住；或导管在混凝土中的埋入深度过大，摩阻力太大等，从而造成拔管困难，处理费工费时。

防治措施

1）尽可能缩短浇灌间歇时间，如必需间歇时，要把导管提升到最小插入深度，同时经常活动导管，以防止与混凝土粘接。

2）发现钢筋笼散开，影响导管插放活动时，应立即纠正补焊牢固。

3）经常测定槽段内混凝土上升面高度，并据此确定导管在混凝土中的插入

深度，一般导管埋入混凝土内不大于3.0m。

4）治理方法：当发生导管埋入槽段混凝土内不能提动或拔不出时，可立即用大吨位起重机或锁头管顶拔装置提升导管。

禁忌9 接头锁头管拔不出来

现象、危害性 浇筑地下连续墙接头处的锁头管（又称接头管，在混凝土浇筑后，抽（顶）拔不出来。产生原因有：锁头管本身弯曲，或安装不直，与顶升装置、槽壁及混凝土之间产生很大的摩阻力，致使锁头管拔不出来；或顶拔锁头管的千斤顶能力不够，或不同步，不能克服锁头管与槽壁土层、混凝土之间的摩阻力；或拔管时间未掌握好，混凝土已经终凝，摩阻力增大，混凝土浇筑时未经常上下活动锁头管；或锁头管表面的耳槽盖漏盖，混凝土进入耳槽内凝固，阻碍锁头管拔出等，从而造成拔管困难，需用大吨位起重机抽拔，费工费时，增加费用。

防治措施

1）精心加工制作锁头管，制作精度（垂直度）应控制在1‰内；吊放时必须垂直插入，垂直度偏差不得大于50mm。

2）拔管装置能力应大于1.5倍摩阻力。

3）锁头管抽拔要掌握好时机，可根据同条件养护试块达到自立强度的硬化时间来确定顶拔锁头管的时间。一般浇筑混凝土后3.5h（气温30°C以上）或4h（气温低于30°C），即可开始顶拔锁头管，要求在5～8h内将锁头管全部拔出。混凝土初凝后，即应上下活动锁头管，每10～15min活动一次，以减小摩阻力。

4）吊放锁头管时，要盖好月牙槽盖，防止混凝土进入管内。

5）如槽壁弯曲倾斜，使锁头管无法垂直插入，应修整槽壁，符合要求后，再吊放锁头管。

6）治理方法：如锁头管顶拔不出，应辅以大吨位起重机协助抽拔。

禁忌10 接头混凝土塌坍

现象、危害性 抽拔锁头管后，墙体接头混凝土出现局部塌坍。产生原因有：接头处抽拔锁头管过快，混凝土尚未达到自立强度，就受到上部自重压力而塌坍；或上下活动锁头管时，松动已浇筑完的接头混凝土；或锁头管弯曲，安装不直，抽拔时带动强度尚低的混凝土，使局部塌坍等，从而造成施工困难。

防治措施

1）抽拔锁头管时应达到混凝土的自立强度，避免过早抽拔。

2）活动锁头管时应慢速进行，间隔时间应为15min，避免振动混凝土。

3）锁头管加工应顺直，安装应垂直，防止因弯曲倾斜强行抽拔，造成强度

尚低的混凝土塌坍。

4）已塌坍的接头应吊圆形钢丝刷或刮泥器将塌坍面清理干净，塌落的混凝土应用多头钻机或冲击钻配掏渣筒清出，与下一连接槽段混凝土一起浇筑填补。

禁忌11　混凝土浇筑发生绕流

现象、危害性　地下连续墙浇筑单元槽段混凝土时，流动的混凝土有时会在其重力及侧压力的共同作用下，绕过接头管侧面缝隙流入到相邻尚未开槽或已成槽的槽段，这一现象通称之为“绕流”。产生绕流原因有：槽壁垂直度不能满足要求，接头管吊入槽内摆正后与槽壁之间存在空隙；或接头管多次上下就位，钢筋笼吊放困难，碰落槽壁上体，造成与槽壁间产生缝隙；或成槽过程中，槽壁土体产生局部坍方等，由于出现绕流，进入相邻段的混凝土一旦结硬，会使相邻槽段的挖槽增大困难，延长挖槽时间；再使接头管提拔困难；接头处混凝土受到损坏，或混凝土疏松不密实而出现渗漏水，影响墙体的防水效果；同时会使地下连续墙的抗剪性、整体性受到削弱。

防治措施

1）精心操作，确保接头处成槽时的垂直度偏差不大于1/200，接头管摆放垂直并靠壁无缝隙，以防止混凝土绕流。

2）控制护壁泥浆物理力学指标和泥浆液面高度，防止槽段坍方。

3）钢筋笼的加工尺寸与形状应考虑到吊入时的施工便利，防止吊放钢筋笼时擦伤槽壁。钢筋笼外观应横平竖直，有一定刚度，钢筋笼周边2排钢筋交叉点应满焊，两侧纵筋间宜增加2～4排钢筋桁架，纵筋主平面内宜加设剪刀撑。保护层宜用薄钢板焊于钢筋笼上，以免擦伤槽壁面。

4）已发生绕流，可在相邻段的绕流混凝土结硬前继续下一槽段开挖，这时混凝土强度很低，混凝土易于随挖槽一起排出。若绕流混凝土已经结硬，则可用地质钻机等先在混凝土上凿孔，削弱其整体性，再用抓斗将混凝土抓出。若结硬后再开槽抓土，将使施工难度增大，效果也较差。挖槽至设计深度后，要先用专用铲具把沉渣、淤泥铲除，再吊放刷壁器进行刷壁，最后泵吸反循环等方式进行清孔，经过以上工序的严格处理，可以基本保证槽段接头的施工质量。

11.1.4　墙体缺陷

禁忌1　墙顶部混凝土浇筑高度不够

现象、危害性　墙顶部混凝土浇筑到墙顶设计标高后，本槽段混凝土浇筑就认为已完成。由于墙顶部的混凝土混入了被混凝土上托的泥渣和砂浆层，强度较低，直接作为墙体，会降低墙体的强度和承载力。

防治措施 墙顶部混凝土浇筑的标高应比设计墙顶标高出 300～500mm，待混凝土强度达到 1.2MPa 后，应将墙顶夹泥渣的砂浆层凿除，使凿去后的墙顶标高和混凝土强度均符合设计要求。

禁忌 2 墙体出现夹层

现象、危害性 混凝土浇筑后，地下连续墙壁混凝土内存在泥夹层。产生原因有：浇筑管摊铺面积不够；部分角落浇筑不到，被泥渣填充；或浇筑管埋置深度不够，泥渣从底口进入混凝土内；或导管接头不严密，泥浆渗入导管内；首批灌下混凝土量不足，未能将泥浆与混凝土隔开；或混凝土未连续浇筑，造成间断或浇筑时间过长，首批混凝土初凝失去流动性，而继续浇筑的混凝土顶破顶层而上升，与泥渣混合，导致在混凝土中夹有泥渣，形成夹层；或导管提升过猛，或测探错误，导管底口超出原混凝土面底口，涌入泥浆；或混凝土浇筑时局部塌孔等，从而造成降低强度及整体性，引起渗漏。

防治措施

1）采用多槽段浇筑时，应设 2～3 个浇筑管同时浇筑；导管埋入混凝土深度应为 1.2～4m，导管接头应采用粗螺纹，设橡胶圈密封；首批灌入混凝土量要足够充分，使其有一定的冲击量，能把泥浆从导管中挤出，同时始终保持快速连续进行，中途停歇时间不超过 15min，槽内混凝土上升速度不应低于 2m/h，导管上升速度不要过猛；采取快速浇筑，防止时间过长坍孔。

2）遇坍孔，可将沉积在混凝土上的泥土吸出，继续浇筑，同时应采取加大水头压力等措施；如混凝土凝固，可将导管提出，将混凝土清出，重新下导管，浇筑混凝土；混凝土已经凝固出现夹层，应在清除后采取压浆补强方法处理。

禁忌 3 墙体出现酥松、混凝土强度达不到要求

现象、危害性 墙体表面出现酥松、剥落、混凝土强度较低，达不到设计要求。产生原因有：导管法水中浇筑混凝土操作不良，混入大量泥浆，使混凝土质量变坏，强度降低；混凝土配合比不当，砂、石级配不好，含泥量大，杂质多，砂浆少，石子多，和易性差，水灰比大，造成混凝土级配不良，强度达不到要求；或水泥过期或受潮结块，缺乏活性，因而使混凝土强度降低；或槽壁土层松软，受流动水的冲刷作用使混凝土受到污染，出现酥松、剥落；从而造成承载力达不到设计要求，需进行加固处理。

防治措施

1）采用导管法水中浇筑混凝土，要精心操作，并采取有效的措施，防止泥浆混入混凝土内，降低强度。

2）严格认真选用混凝土配合比，做到级配优良，砂率合适，坍落度、流动性符合要求。

3）水泥应选用活性高、新鲜无结块的水泥，过期受潮水泥应经试验合格后方可使用。

4）对槽壁土质松软有流动水的槽段，应采取加快浇灌速度，混凝土中掺加絮凝剂，避免混凝土受到冲刷污染，降低强度而造成酥松剥落。

5）对墙体表面出现酥松剥落、强度降低的情况时，如单面挖出的墙，应采取加固处理；不能挖出的墙，采用压浆法加固。

禁忌4　槽段接头渗漏水

现象、危害性　基坑开挖后，在槽段接头处出现渗水、漏水、涌水等情况。造成原因有：挖槽机成孔时，粘附在上一槽段混凝土接头面上的泥皮、泥渣未清除掉，就下钢筋笼、浇筑混凝土，使形成泥土隔层；或槽段内沉渣未清理干净，沉渣过厚，在混凝土浇筑时，部分沉渣会被混凝土的流动推挤到墙段接头处和两根导管中间（此处混凝土面较低），形成墙段接缝夹泥渗水和墙体中间部分渗水等，从而造成影响使用，降低整体性、耐久性。

防治措施

1）在清槽的同时，对上一槽段接缝混凝土表面，应将圆形钢丝刷或刮泥器等工具用起重机吊入槽内紧贴接头混凝土往复上下刷2～3遍，将泥渣清除干净，或在槽壁较稳定条件下用喷射水流冲洗，但均应在清槽换浆前进行。

2）按要求做好槽底清渣工作，使沉渣厚度控制在规范允许的范围以内，防止挤入接头面及墙体中间，造成渗漏。

3）治理方法：如渗漏水量不大，可采用防水砂浆修补；渗漏涌水量较大时，可根据水量大小，用短钢管或胶管引流，周围用砂浆封住，然后在背面用水泥或化学灌浆，最后堵引流管；漏水量很大时，用土袋堆堵，然后用水泥或化学灌浆封闭，阻水后，再拆除土袋。

附录　地下连续墙质量检验标准（表11-1）

表11-1　地下连续墙质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	墙体强度	设计要求		查试件记录或取芯试压
	2	垂直度：永久结构 临时结构		1/300 1/150	测声波测槽仪或成槽机上的监测系统

（续）

项	序	检查项目		允许偏差或允许值		检查方法
				单位	数值	
一般项目	1	导墙尺寸	宽度	mm	$W+40$	用钢直尺量，W 为地下墙设计厚度
			墙面平整度	mm	<5	用钢直尺量
			导墙平面位置	mm	±10	用钢直尺量
	2	沉渣厚度：永久结构		mm	≤100	重锤测或沉积物测定仪测
		临时结构		mm	≤200	
	3	槽深		mm	+100	重锤测
	4	混凝土坍落度		mm	180～220	坍落度测定器
	5	钢筋笼尺寸		见表 6-9		见表 6-9
	6	地下墙表面平整度	永久结构	mm	<100	此为均匀粘土层，松散及易坍土层由设计决定
			临时结构	mm	<150	
			插入式结构	mm	<20	
	7	永久结构时的预埋件位置	水平向	mm	≤10	用钢直尺量
			垂直向	mm	≤20	水准仪

11.2 深地下结构逆作法施工

逆作法是指多层地下室结构施工，系以地面为起点，先建地下室四周的外墙和框架的中间支承柱，然后由上而下逐层建造梁板（或框架），利用它作水平（框架）支撑系统，支撑地下室外侧墙土压力，进行下部各层地下工程的结构和建筑施工；与此同时按常规方法自地面向上进行上部建筑结构的施工。由于地下室工程系采取逆向自上而下逐层开挖，逐层浇筑楼板直至基底，故称逆作法施工。

逆作法施工的优点是：利用永久性地下连续墙（或排桩）、楼板作施工阶段挡土、挡水支护结构，边开挖边支撑，刚度大，可保证邻近建筑物和地下管网的安全；可利用土模施工地下室板、梁、柱，可节省大量模板、支撑和脚手材料；大大减少土方开挖量，节省支护结构费用；可在狭窄场地施工，不影响建筑物正常使用；在同一建筑中，可使地下和地上建筑结构同时进行平行流水、立体交叉作业，有效地缩短施工期限（总工期可缩短 1/3）；施工不受雨、冬期影响；施工安全可靠，可降低施工成本。但本法存在施工较为复杂，工程费用稍微增高、作业条件较差，工效较低等问题。适用于建造高层建筑多层地下室，亦可用于地

下铁道、车站、停车场、商场等工程。

禁忌 1　逆作中间支承柱采用泥浆护壁钻孔灌注桩时，钢管（或 H 型钢）与下部灌注桩结合不良，钢管定位偏差大，钢管壁与孔壁间不采用自凝泥浆

现象、危害性　逆作中间支承柱是地下室结构的永久承力柱，一般布置在柱子位置或纵横墙相交处，施工时如上部钢管（或 H 型钢）与下部灌注桩（柱）结合不良，钢管轴线位置与垂直度偏差过大（大于 20mm 和 0.5%），将会削弱中间支承柱的承载力；钢管与孔壁间泥浆不作自凝处理，地下室挖土时，泥浆会到处流淌，恶化施工环境，影响施工作业。

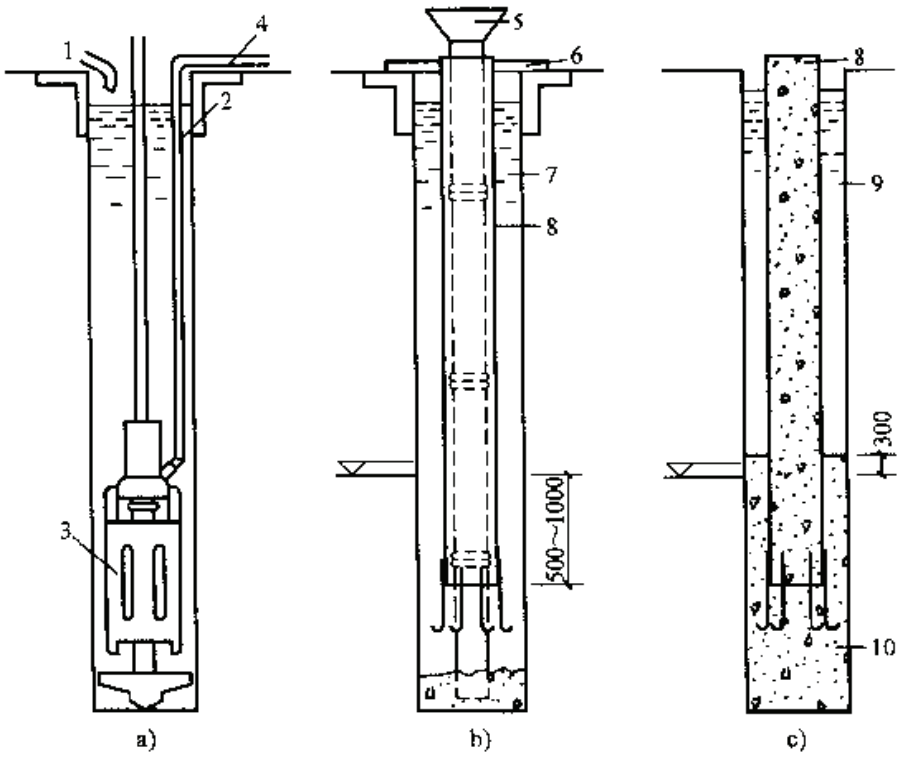


图 11-1　用反循环钻孔灌注桩施工方法浇筑中间支承柱

a）用潜水电钻泥浆反循环钻孔　b）吊放钢管、浇筑混凝土　c）形成自凝泥浆

1—补浆管　2—护筒　3—潜水电钻　4—排浆管　5—混凝土导管

6—定位装置　7—泥浆　8—钢管　9—自凝泥浆　10—混凝灌注桩

防治措施

1）灌注桩成孔时，顶部要设置钢护筒，护筒中心与中间支承柱轴线偏差不应超过 10mm，护筒四周应埋设牢固，确保不移位。钻孔完成并清孔后，吊放钢管，上部应用定位装置搁置在护筒上，下部应有相应的定位措施，使护筒中心与下部桩中心，钢管中心在同一铅垂线上，并固定牢固后再用导管浇灌混凝土，其超压力一般只能将钢管埋入混凝土灌注桩内 1m 左右。为使钢管下部与混凝土结

合良好，可在钢管下端加焊竖向分布钢筋，弯钩均向外设置；中间支承柱的顶端，一般高出底板底标高 300mm，在浇筑底板时凿去留下 100mm 粘上止水钢板，与底板联成整体。混凝土浇筑完后，吊出导管，对钻孔上段的泥浆进行硬化处理成自凝泥浆，即在泥浆中掺入 10%的水泥直接投入孔内，用压缩空气通过软管进行吹拌，形成自凝泥浆，使其自凝固化。图 11-1 为用反循环钻孔灌注桩施工方法浇筑中间支承柱的施工工艺过程示意图。

2）中间支承柱亦可用大直径套管灌注桩的施工方法施工，亦有用挖孔桩的施工方法进行施工，还可用大直径钢管桩作为中间支承柱。

禁忌 2　土方开挖采取先周边后中间方式

现象、危害性　逆作基坑土方开挖，采取先挖周边土方，后挖中间部分土方。这种做法，使周边地下连续墙较早处于悬臂状态下，不利于周边地下连续墙的稳定，会使墙变形和位移加大，甚至有可能造成墙体破坏事故。

防治措施　逆作基坑土方开挖，应采取先挖去中间部分土方，暂保留四周边缘土体作为平衡土体，以保持周边地下连续墙的稳定，随后再快速、间隔挖去坑周边的土方，作该层柱、梁、板以支撑周边地下连续墙，以避免墙产生较大的变形和位移。

禁忌 3　地下作业用电和照明采用单行线路

现象、危害性　地下室施工是在封闭的环境下进行，作业用电（包括通风、动力设备用电）和照明，如采用单行供电线路，一旦一处出现故障停电，会使整个线路停电，会酿成重大安全事故。

防治措施

1）逆作地下室作业用电和照明应设循环双向供电线路，同时应设一个应急照明系统，以满足施工需要。

2）地下施工用动力、照明线路应设置专用的防水线路，并埋设在楼板、梁、柱结构中，专用防水箱应设置在柱上，不得随意挪动。随着地下工作面的推进，自电箱至各用电设备的线路均需采用双层绝缘电线，并架空铺设在楼板底。施工完毕应及时收拢架空线，并切断电箱电源。

禁忌 4　逆作每层地下室采取先挖土后施工水平框架支撑

现象、危害性　逆作每层地下室采取先挖土方，后支模施工该层柱、梁、板作地下连续墙的水平框架支撑。这种做法使地下连续墙和中间支承柱的无支长度增大一倍，刚度降低，将使变形加大，甚致有可能造成墙、柱失稳、破坏，酿成重大事故。

防治措施　逆作每层地下室施工应采取先用土模建造该层梁板（或框架），柱帽并与中间支承柱连接好，利用它作水平（框架）支撑系统，支挡地下室外侧墙土压力，达到要求强度后，才进行该层梁板下土方开挖和结构施工，如此逐层循环施工，直至基底，以保证地下连续墙和中间支承柱的稳定。

禁忌 5　地下室柱、梁、板、墙支模，模板支撑(承)处不进行加固处理

现象、危害性　逆作地下柱、梁、板、墙模板均直接支承在刚开挖完的土层上，不作加固处理。由于结构荷载较大，而刚挖好的土层承载力较弱，大多已被扰动，土层不予加强处理，模板支撑（承）会产生不均匀沉降，使刚浇出的地下结构变形开裂，降低结构强度。

防治措施　为防止模板支撑（承）处产生沉降和结构变形，对每层支撑（承）模板部位的土层承载力均应进行验算，选用不同方法对模板支承处进行加固，一般可采取浇筑一层素混凝土垫层或铺设砂垫层或枕木等方法来扩大支承面积，降低对地基的应力，减少沉降。一般对墙、柱多采取铺设砂垫层，上铺枕木以扩大支承面积（图 11-2、图 11-3），用砂垫层可将上层墙或柱的钢筋插入砂垫层，以便于与下层后浇结构的钢筋连接。

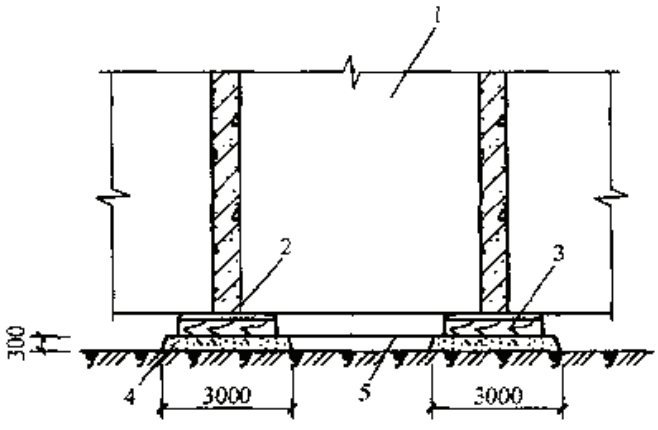


图 11-2　隔墙底模支设
1—隔墙　2—底模　3—枕木　4—砂垫层　5—支撑

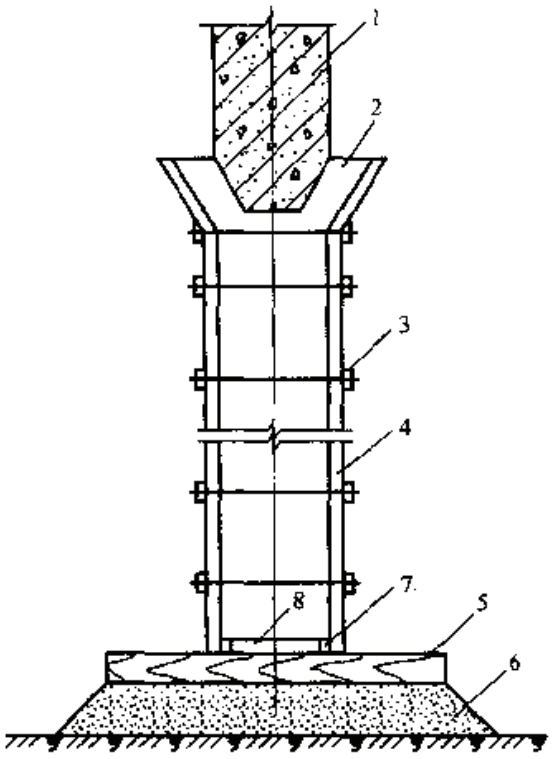


图 11-3　地下室墙板浇筑模板支设
1—上层墙　2—混凝土浇灌口　3—螺栓
4—模板　5—枕木　6—砂垫层　7—插筋木条
8—底模

禁忌 6 随意浇筑柱、墙施工缝的接头混凝土

现象、危害性 逆作法施工采取按常规随意浇筑柱、墙施工缝的接头混凝土。由于逆作法的特点±0.00m以上是由上而下进行的，而每一层结构构件又是自下而上施工的，因此在－1层和－2层的施工缝是自下而上衔接的，在这个施工缝中由于混凝土的重力、混凝土凝结过程的收缩都会造成施工缝中出现间隙，如不采取措施随意浇筑接头混凝土，会导致上下层柱、墙结构产生明显的缝隙，影响受力性能，引起沉降，降低持久强度和耐火性。

防治措施

1）浇筑接头混凝土可采取将下层墙、柱浇捣口的模板支撑得比上层墙、柱底标高高300～500mm，并设喇叭口（图11-4）；在混凝土中掺加水泥用量12%的U形微膨胀剂配制微膨胀混凝土，以减少收缩；或辅以二次振捣措施，使接头密实。

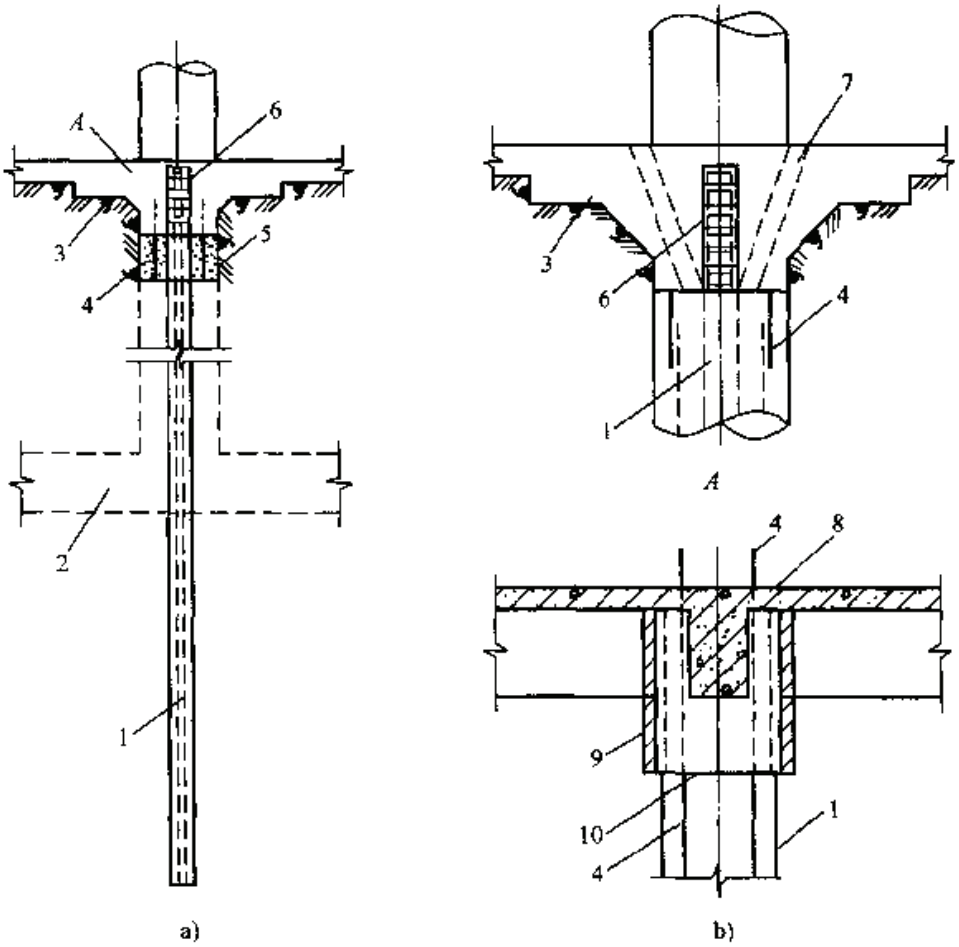


图 11-4 底层柱头土模、浇灌方式

a）设柱帽 b）不设柱帽

1—H型钢临时支柱 2—底板 3—柱帽土模 4—柱连接钢筋 5—填砂 6—临时支柱顶部槽钢锚固体 7—预埋 ϕ100mm 的 PVC 混凝土浇灌口 8—预留浇灌孔 9—柱头模板 10—施工缝

2）在施工缝结合面模板侧向预留一定数量的注浆孔、排气孔，当出现缝隙，可用压力注浆灌密缝隙，保证结合良好。

3）底层柱头的浇筑，亦可在柱与梁连接处，做下一层柱帽倒锥圆台形土模。绑扎楼板钢筋，在与连续墙接合部位与连续桩凿出的预埋钢筋焊接连接。同时预埋与下层柱连接插筋，插入砂内，以便以后与下层外包柱筋连接。为便于浇筑下层柱混凝土，在柱帽内预埋ϕ100mmPVC塑料管3～4根作浇灌孔（图11-4）。

4）在柱、墙上下段新老混凝土结合面，宜采取二次振捣措施，以提高混凝土密实度，防止施工缝处出现裂缝。为使下部后浇柱混凝土与上部已浇混凝土间的顶紧接牢，亦可采取先浇下部后浇柱，在顶部预留500mm垂直后浇缝，待浇筑2d后再支模用微膨胀混凝土浇筑后浇缝（图11-5）。

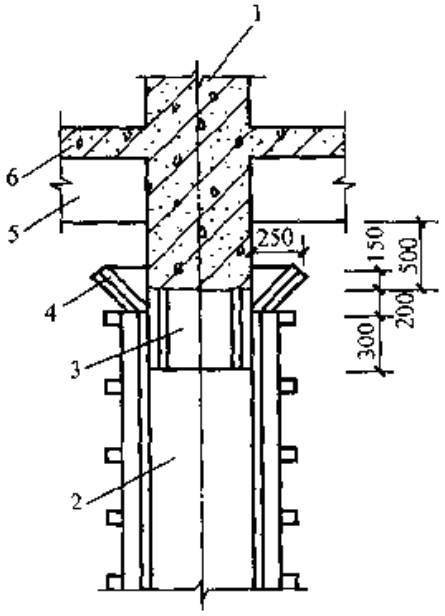


图11-5　柱后浇带模板支设
1—上层柱　2—下层柱　3—柱后浇缝
4—混凝土浇灌口　5—主梁　6—板

禁忌7　地上结构施工层数超过地下围护墙和中间支承柱的承载力

现象、危害性　地面以上施工的层数（高度）荷载超过地下连续墙围护墙和中间支承柱在该施工段的承受能力，这样轻则产生不均匀沉降，不能保证±0.00标高的正确，严重时则会导致整支承结构体系的破坏。

防治措施　地下室底板浇筑之前，地上结构施工的层数（高度）应经复核，严格控制在地下连续墙和中间支承柱的承载能力允许范围之内，严禁超载，以保证整个结构稳定。

禁忌8　中间支承柱与底板连接时，采用焊接止水钢板

现象、危害性　当中间支承柱与底板连接时，采用焊接方法焊止水钢板。此时，钢管（或H型钢，下同）柱已受到地下室各层梁板和地上已施工各层梁板传下的荷载，用电弧焊在钢管柱底部焊止水钢板时，将会大大削弱中间支承柱的承载力，导致发生重大结构变形事故。

防治措施　应采用结构胶胶接止水钢板和钢管柱，使粘接牢固、不透水。

禁忌9　采用土模浇筑梁、板时，土模表面隔离剂涂刷不均或失效

现象、危害性　采用土模浇筑梁板时，土模表面隔离剂涂刷厚薄不一或不均匀，漏刷，或隔离剂已失效，不起隔离作用。造成土模上的水泥砂浆层下层挖土

时，部分粘接在梁板底部难以脱下；当梁板受到构件自重和施工荷载作用时，砂浆层又会脱落掉下，影响施工安全作业。

防治措施 土模表面要整平夯实，挖土时预先放出 20mm 厚水泥砂浆抹面层，待抹面层达到60%强度后，用 1:1 的滑石粉废润滑油作隔离脱模剂，要求均匀地涂刷在结硬后的水泥砂浆面层上，竖横各刷 1～2 遍（图 11-6）。混凝土浇筑时，振捣器不能插到梁、板底模，防止把水泥砂浆层和隔离剂破坏。

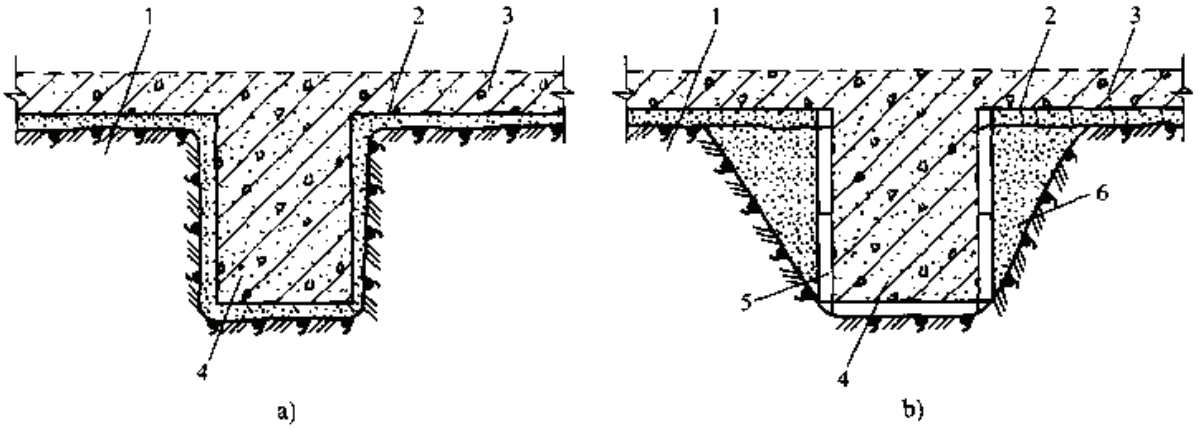


图 11-6 梁、板土模构造

a）土模 b）钢模与土模结合支模

1—原土层 2—抹水泥砂浆、刷隔离剂 3—楼板 4—梁 5—组合式钢模板 6—填土夯实

禁忌 10 墙与楼板、柱与梁节点连接不牢固

现象、危害性 地下连续墙与楼板、中间支承柱与楼板梁连接不牢靠，出现开裂，钢筋拔出，预埋件脱落等情况，造成连接节点破坏，影响使用安全。

防治措施

1）地下连续墙施工时应按设计要求，在与楼板连接的部位预埋锥螺纹套筒（或预埋钢板或预埋连接钢筋），绑扎楼板钢筋时，剥凿出预埋锥螺纹套筒端部（钢板或连接钢筋）将其与楼板钢筋机械连接（或焊接）。楼板位置的连续墙体还需要凿入 6cm 左右，以保证混凝土的紧密啮合。

2）柱梁节点是在施工中间支承柱时，即在相应楼板标高处预埋钢板或锚筋节点，待地下室开挖露出节点后，清理干净后，按设计要求焊上各类锚固钢筋或锥螺纹套筒，然后绑扎或连接梁的钢筋，浇筑混凝土，使楼板与中间支承柱连接可靠、安全（图 11-7a）。复合柱、墙与梁的节点是当模板垫层完成后，先按设计图定出柱、墙的竖向主筋位置，然后将主筋穿透垫层并按要求搭接长度插入土中（图 11-7b）；待地下室底板完成后，再由下而上施工外包复合柱和复合墙。

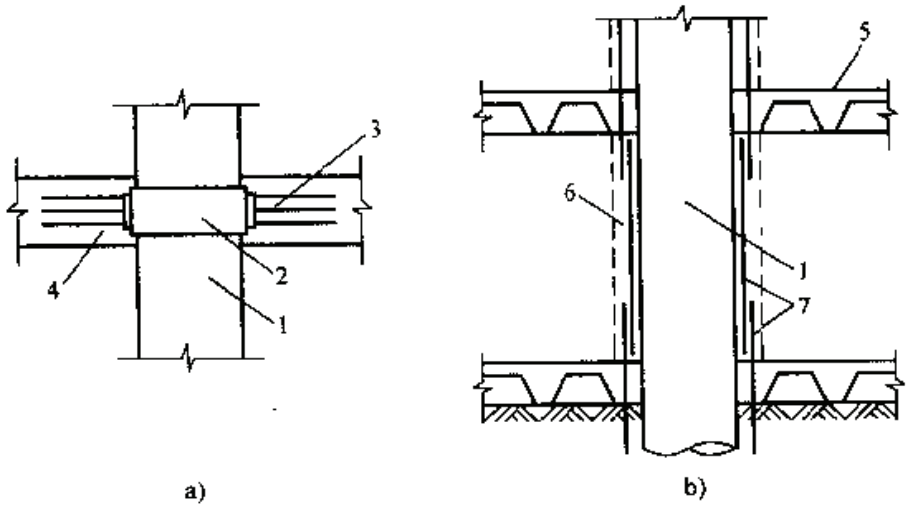


图 11-7　柱梁节点构造
a）梁柱节点　b）复合柱
1—中间支承柱　2—预埋钢圈　3—锚固钢筋　4—梁　5—地下室楼板　6—复合柱　7—复合柱竖向钢筋

11.3　沉井

沉井是在地面或地坑上，先制作开口钢筋混凝土筒身，达到一定强度后，在井筒内分层挖土、运土，随着井内土面逐渐降低，沉井筒身借其自重克服与土壁之间摩阻力，不断下沉而就位、封底的一种深基或地下工程施工工艺。

沉井结构和施工特点是：沉井结构截面尺寸和刚度大、承载力高，抗渗、耐火性好，内部空间可资利用，可用于很大深度地下工程的施工，深度可达 50m；施工不需复杂机具设备，在排水和不排水情况下均能施工；可用于各种复杂地形、地质和场地狭窄条件下施工，对邻近建筑物、构筑物影响较小；比大开挖施工，可大大减少挖、运、回填土方量，加快施工速度，降低施工费用。沉井施工方法广泛地应用于深池、坑、地下室、水泵房、设备深基础、桥墩以及水源井等工程上。

根据工程和地质特点，沉井下沉方法有排水下沉和不排水下沉两种，如在施工中注意不够，常会发生一系列的禁忌问题，影响沉井顺利下沉和安全使用。因此在施工前要制订比较科学和切实可行的施工技术方案，施工中要精心作业，防止发生各类质量禁忌问题，以确保沉井的工程质量。

11.3.1　沉井制作

禁忌 1　沉井在较软弱土地基上制作，不进行处理

现象、危害性　沉井基坑挖好后，直接在较软弱土或一般原土地基上支模制

作，不进行地基加固处理。由于沉井一次下沉制作高度和重量很大，沉井刃脚踏面宽度（一般不大于 15cm）较狭，沉井荷载直接落在比较小面积地基上，会造成应力集中，在混凝土浇筑过程中易产生突然下沉导致刃脚裂缝而破坏，或产生不均匀下沉使井筒倾斜，造成拆模和下沉困难。

防治措施 沉井在较软弱地基上制作，应在刃脚部位铺设砂、或砂砾石垫层处理，上铺枕木或设垫架（图 11-8）或砖座（图 11-9），以扩大支承面积，降低地基应力，使均匀承受沉井重量，减低下沉量，防止井筒产生突然下沉开裂破坏和使井筒倾斜，同时便于支撑和拆除模板。

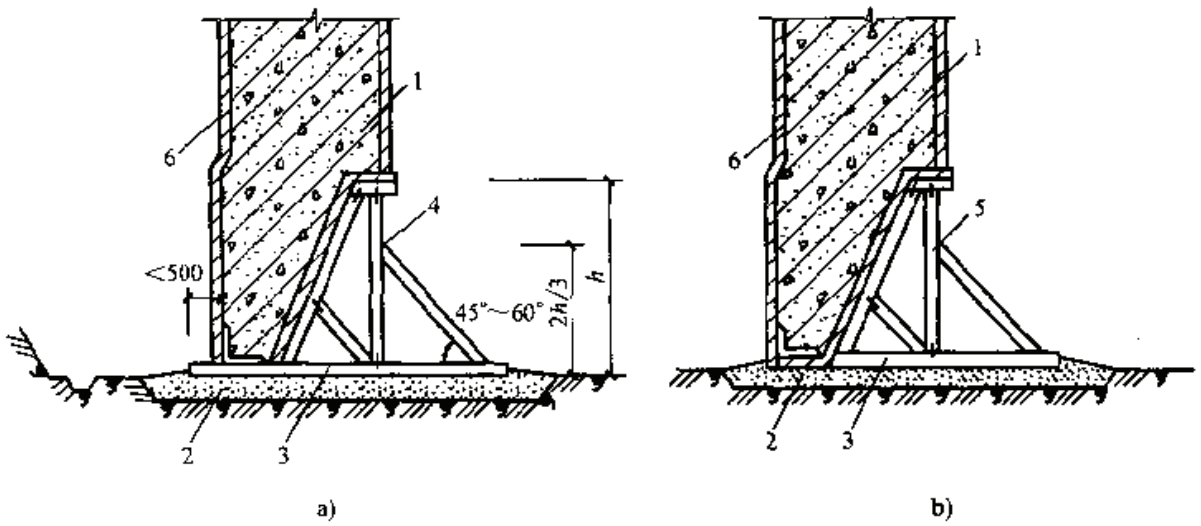


图 11-8 沉井刃脚垫架法施工

a）垫架施工 b）半垫架施工

1—刃脚 2—砂垫层 3—枕木 4—垫架 5—半垫架 6—模板

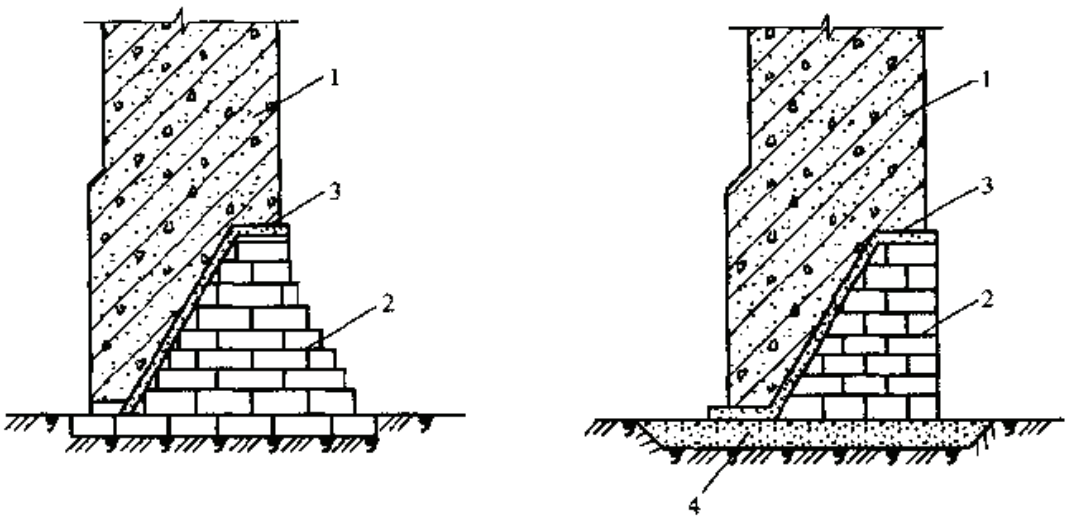


图 11-9 刃脚砖座施工

1—刃脚 2—砌砖 3—水泥砂浆抹面，上铺油毡纸或塑料薄膜一层 4—砂垫层

禁忌 2　井筒外壁制作粗糙、鼓胀

现象、危害性　沉井浇筑混凝土脱模后，外壁表面粗糙、不光滑、尺寸不准，出现鼓胀。产生原因有：模板不平整，表面粗糙或粘有水泥砂浆等杂物未清理干净，脱模时，混凝土表层被粘脱落；或采用木模板，浇筑混凝土前未浇水湿润或湿润不够，混凝土水分被吸去，致使混凝土失水过多，疏松脱落形成粗糙面；采用钢模板支模，未刷或局部漏刷隔离剂，拆模时，表皮被钢模板粘接脱落；模板接缝、拼缝不严密，使混凝土中水泥浆流失，而使表面粗糙；或混凝土振捣不密实，部分气泡留在模板表面，混凝土形成粗糙；筒壁模板局部支撑不牢，或支撑刚度差，或支撑在松软土地基上；浇筑混凝土时模板受振，或地基浸水下沉，造成局部模板松开外壁鼓胀。或混凝土未分层浇筑，振捣不实，漏振或下料过厚，振捣过度，而造成模板变形，筒壁表面出现蜂窝、麻面或鼓胀，从而造成增大与土的摩阻力，影响沉井顺利下沉。

防治措施

1）模板应经平整，板面应清理干净，不得粘有干硬水泥砂浆等杂物。

2）木模板在浇筑混凝土前，应充分浇水湿润，清洗干净；钢模脱模剂要涂刷均匀，不少于二遍，不得漏刷。

3）模板接缝、拼缝要严密，如有缝隙，应用油毡条、塑料条、纤维板或刮腻子堵严，防止漏浆。

4）模板必须支撑牢固，支撑应有足够的刚度；如支撑在软土地基上应经加固，并有排水措施，防止浸泡。

5）混凝土应分层均匀浇筑，严防下料过厚及漏振、过振，每层混凝土均应振捣至气泡排除为止。

6）治理方法：井筒外壁粗糙、鼓胀主要是增大了下沉摩阻力，影响下沉，应加以修整。即将粗糙部位用清水刷洗，充分湿润后，用素水泥浆或 1:3 水泥砂浆抹光。鼓胀部分应将凸出部分凿去、洗净，湿润后亦用素水泥浆或 1:3 水泥砂浆抹光处理。

禁忌 3　井筒出现裂缝

现象、危害性　井筒制作完毕，在沉井壁上出现纵向或水平裂缝，有的出现在隔墙上或预留孔的四角。产生原因有：沉井支设在软硬不均的土层上，未进行加固处理，井筒浇筑混凝土后，地基出现不均匀沉降造成井筒裂缝；或沉井支设垫木（垫架）位置不当，或间距过大，使沉井早期出现过大弯曲应力而造成裂缝；或拆模时垫木（垫架）未按对称均匀拆除，或拆除过早，强度不够，使沉井局部产生过大拉应力，而导致出现纵向裂缝；或沉井筒壁与内隔墙荷载相差悬

殊，沉陷不均，产生了较大的附加弯矩和剪应力造成裂缝；而洞口处截面削弱，强度较低，应力集中，常导致在洞口两侧产生裂缝；或矩形沉井外壁较厚，刚度较大，而内隔墙相对较薄、较弱，因温度收缩，内隔墙被外壁约束而出现温度收缩裂缝；从而造成降低井筒强度，引起渗漏。

防治措施

1）遇软硬不均的地基应作砂垫层或垫褥处理，使其受力均匀，荷载应在地基允许承载力范围以内。

2)沉井刃脚处支设垫木(垫架)位置应适当,并使地基受力均匀。垫木(垫架)间距应通过计算确定,应使支点和跨中发生的拉应力彼此相等,并应验算沉井壁在垂直均布荷载作用下的弯矩、剪力、扭矩(对圆形沉井),使其不超过沉井壁的垂直抗拉强度。拆除垫架,大型沉井应达到设计强度的100%,小型沉井达到70%。

3）拆除刃脚垫木（垫架）应分区、分组、依次、对称、同步地进行，先抽除一般垫木（垫架），后拆除定位垫架。

4）沉井筒壁与内隔墙支模应使作用于地基的荷载基本均匀；对沉井孔洞薄弱部位，应在四角增设斜向附加钢筋加强。

5）矩形沉井在外壁与内隔墙交接处应适当配置温度构造钢筋。

6）治理方法：对表面裂缝，可采用涂两遍环氧胶泥或再加贴环氧玻璃布，以及抹、喷水泥砂浆等方法进行处理；对缝宽大于0.1mm的深进或贯穿性裂缝，应根据裂缝可灌程度采用灌水泥浆或化学浆液（环氧或甲凝浆液）的方法进行裂缝修补，或者采用灌浆与表面封闭相结合的方法。缝宽小于0.1mm的裂缝，可不处理或只作表面处理即可。

禁忌4 井筒出现歪斜

现象、危害性 井筒浇筑混凝土后，筒体出现歪斜现象。产生原因有：沉井制作场地土质软硬不均，事前未进行地基处理，筒体混凝土浇筑后产生不均匀下沉；或沉井一次制作高度过大，重心过高，易于产生歪斜；或沉井制作质量差，刃脚不平，井壁不垂直，刃脚和井壁中心线不垂直，使刃脚失去导向功能；拆除刃脚垫架时，没有采取分区，依次、对称、同步地抽除承垫木。抽除后又未及时回填夯实，或井外四周的回填土夯实不均，致使沉井在拆垫架后出现偏斜等，从而影响沉井下沉时的垂直度控制。

防治措施

1）沉井制作场地应先经清理平整夯（压）实，如土质不良或软硬不均，应全部或局部进行地基加固处理（如设砂垫层、灰土垫层等）。

2）沉井制作应控制一次最大浇筑高度在12m以内，以保持重心稳定。

3）严格控制模板、钢筋、混凝土质量，使井壁外表面光滑，井壁垂直，各

部尺寸在规范允许偏差范围以内。

4）抽除沉井刃脚下的承垫木，应分区，分组、依次、对称、同步地进行。每次抽出垫木后，刃脚下应立即回填砂砾或碎石，并夯打密实，井外回填土应夯实均匀；定位支点处的垫木，应最后同时抽除。

5）治理方法：井筒已歪斜，可在开始下沉时，采取在歪斜相反方向，刃脚较高的部位的一侧加强挖土，在歪斜的方向较低的一侧少挖土来纠正。

11.3.2　沉井下沉

禁忌 1　不做好细致地质勘察，清除地下障碍物

现象、危害性　沉井下沉前，不对离沉井外壁 2m 范围内地层做详细的地质勘查，查明地质水文、地下障碍物情况，不清除沉井地面下 3m 以内的障碍物，采取针对性技术措施，则在下沉时将会遇到许多突发性事件，如下沉被搁置，下沉过快或过慢，产生倾斜和位移，或封底困难…等，影响下沉顺利进行和质量。

防治措施

1）在沉井外壁 2m 范围内的施工区域实施钻探，深度应达到井底以下，将土的力学指标，休止角、摩擦系数、地质构造、土层情况、地下水文情况、地下埋设物、障碍物等了解清楚，绘制详细的竖向地质剖面图，供制定沉井下沉施工方案提供可靠技术依据。

2）拆迁沉井周围土壤破坏棱体范围内的地上障碍物如房屋、电线杆、树木、管线……等，同时清除沉井地面下 3m 内的地下障碍物，如旧污工、管线、电缆线路、树根、古墓、古井等，以利顺利下沉。

禁忌 2　拆除刃脚垫架、排架，不分区、分组、依次、对称、同步进行

现象、危害性　沉井刃脚垫架、隔墙排架采取随意拆除，不分区、分组、依次、对称、同步进行。这样会使沉井及地基各处受力不均，易造成地基不均匀下沉，使井筒发生歪斜，严重时甚致倾倒，井筒开裂破坏；同时给施工纠偏带来极大困难。

防治措施　抽除刃脚下的垫架（垫木或砖垫座）应分区、分组、依次、对称，同步地进行，使地基和筒身各部受力均衡。抽除次序：圆形沉井为先抽一般承垫架，后拆除定位垫架；矩形沉井先抽内隔墙下垫架（排架），然后分组对称地抽除外墙两短边下的垫架，再后抽除长边下一般垫架，最后同时抽除定位垫架。抽除方法是将垫木底部的土（或砂垫层）挖去，利用绞磨或卷扬机、推土机将相对垫木抽出。每抽出一根垫木后，刃脚下应立即用砂、卵石或砾砂填实，在

刃脚内外侧应填筑成适当高度小土堤，并分层夯实，使下沉重量传给垫层（图11-10）。抽除时要加强观测，注意下沉是否均匀，隔墙木排架拆除后的空穴部分用草袋装砂回填（图11-11），使受力均匀。

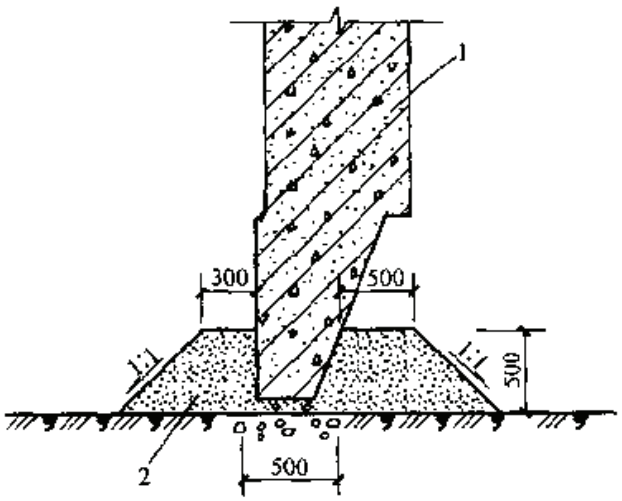


图11-10 刃脚回填砂或砂砾石
1—沉井刃脚 2—砂或砂砾石筑堤

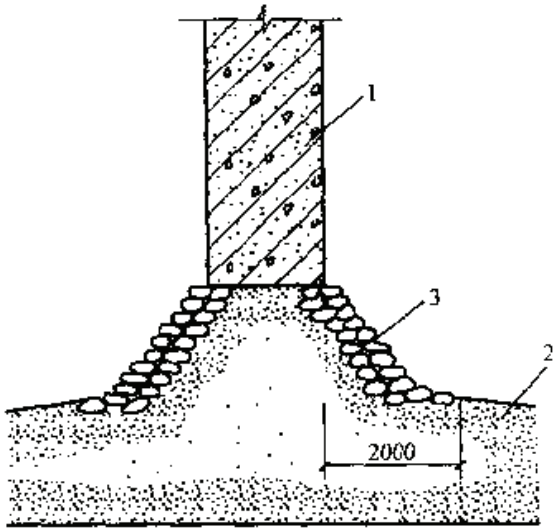


图11-11 内隔墙用草袋装砂回填
1—沉井内隔墙 2—砂 3—草袋装砂筑堤

禁忌3 沉井井壁未达到强度就抽除垫木，拆除垫架（排架）

现象、危害性 沉井井壁混凝土未达到一定强度就随意抽除刃脚下部垫木，拆除垫架（排架，下同）。这样易造成筒壁出现开裂，降低筒身强度或引起沉井渗漏水。

防治措施 枕木、垫架的拆除，对大型沉井混凝土应达到设计强度等级的100%，小型沉井应达到设计强度等级的70%始可拆除。

禁忌4 井壁孔洞不作封闭处理或随意封堵

现象、危害性 沉井壁中有的预留有与地下廊道、地沟、管道、进水窗等连接的孔洞，下沉时如不作封闭处理，泥土和地下水将大量通入井内，影响施工操作，对较大孔洞，还会造成沉井每边重量不等，影响重心偏移，使沉井下沉时易产生倾斜；如采取随意封堵，下沉时易于被土侧压力推倒、脱落，起不到封闭作用。

防治措施 沉井下沉前，对井壁上预留孔洞必须进行封闭处理。对较大孔洞，在制作时，可在洞口预埋钢框、螺栓，用钢板、方木封闭，中填与空洞混凝土重量相等的砂砾或铁块配重（图11-12a、b）。对水源沉井的进水窗则采取一次做好，内侧用钢板封闭（图11-12c），沉井封底后，拆除封闭钢板、挡木等。

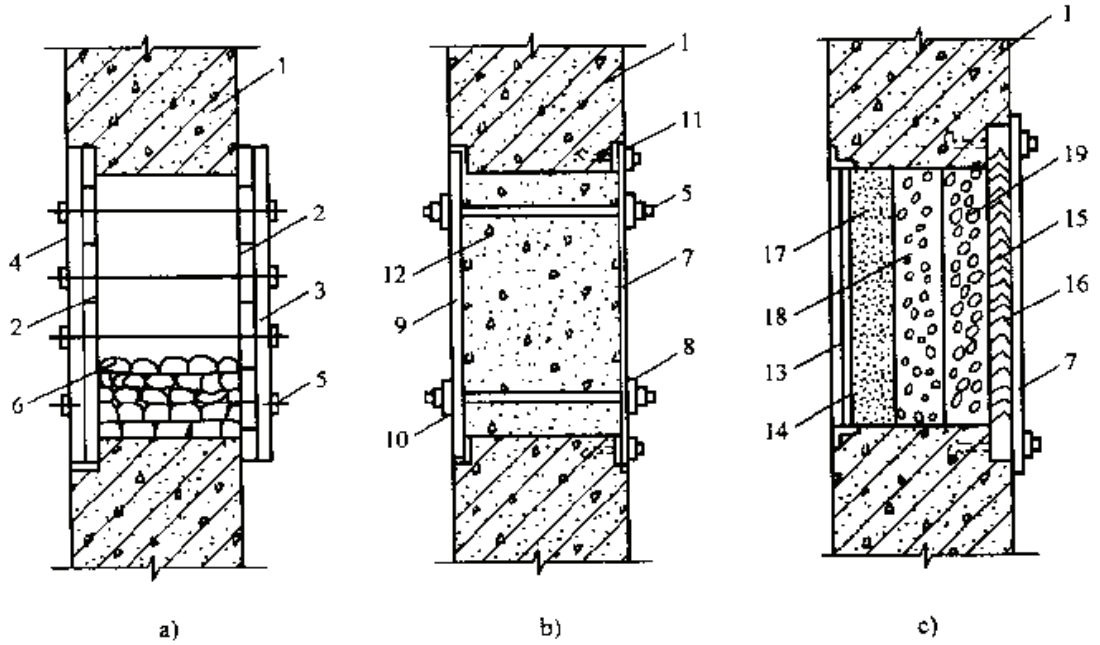


图 11-12　沉井井壁墙孔构造

a）大廊道口堵孔　b）管道孔洞堵孔　c）进水窗堵孔

1—沉井井壁　2—50mm 厚木板　3—枕木　4—槽钢内夹枕木　5—螺栓　6—配重　7—10mm 厚钢板　8—槽钢　9—100mm × 100mm 方木　10—50mm × 100mm 方木　11—橡皮垫　12—砂砾　13—钢筋笋子　14—5mm 孔钢丝网　15—钢百页窗　16—15mm 孔钢丝网　17—砂　18—5 ~ 100mm 粒径砂卵石　19—50 ~ 60mm 粒径卵石

禁忌 5　沉井下沉不作下沉验算

现象、危害性　沉井下沉前，对沉井自重能否克服井壁与土间的摩擦力和地基对刃脚的反力，顺利下沉，不去进行验算，盲目施工。则沉井在实际挖土下沉时，有可能发生刃脚下部土被掏空，乃不能下沉，从而给施工带来极大困难，必须增加辅助措施，才有可能使沉井下沉，不但增添施工费用，且影响工程进度。

防治措施

1）沉井下沉前应根据勘探获得的地质资料，对沉井能否在自重下下沉进行必要的验算，以确保顺利下沉。一般可按以下验算：

沉井下沉时，必须克服井壁与土间的摩擦力和地层对刃脚的反力，其比值称为下沉系数 K，一般应不小于 1.15 ~ 1.25；井壁与土间的摩擦力，通常有二种计算方法，一种是假定摩擦力随土深而加大，并且在 5m 深时达到最大值，5m 以下时，保持常值，如图 11-13a 所示；一种是假定摩擦力随土深而增大，在刃脚台阶处达到最大值，以下即保持常值，如图 11-13b 所示。使用较多的为前一种，按此计算偏于安全；而后一种比较符合实际情况。

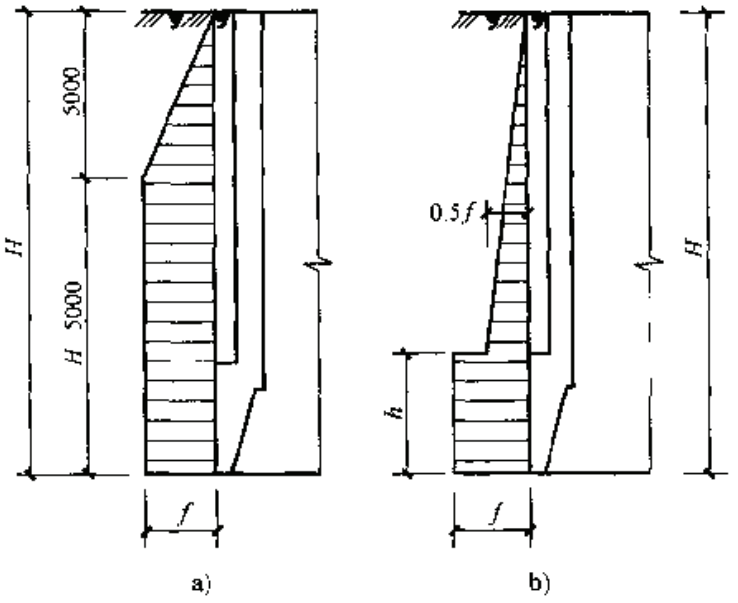


图 11-13 沉井下沉摩擦力计算简图

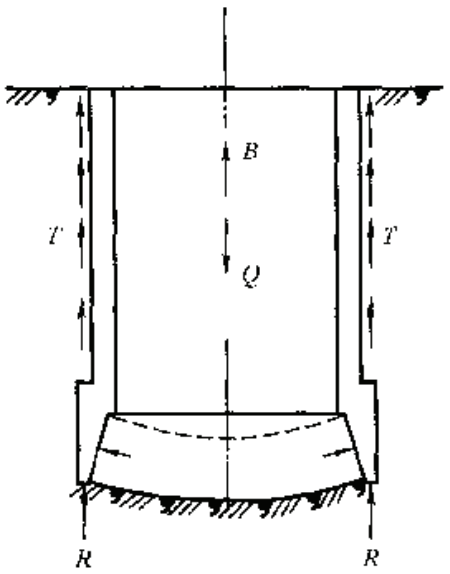


图 11-14 沉井下沉力系平衡

沉井下沉力系平衡如图 11-14，其下沉安全系数按下试计算：

$$K = \frac{Q - B}{T + R}$$

式中 K——下沉安全系数，一般应大于 1.15～1.25；

Q——沉井自重及附加荷重（kN）；

B——被井壁排出的水量（kN），如采取排水下沉时，则 $B = 0$；

T——沉井与土间的摩擦力（kN），按第一种假定时，$T = \pi D(H - 2.5)f$；按第二种假定时，$T = \pi D\left(h + \frac{H - h}{2}\right)f$；

D——沉井外径（m）；

H——沉井全高（m）；

h——刃脚高度（m）；

R——刃脚反力（kN），如采取将刃脚底面及斜面的土方挖空，则 $R = 0$；

f_0——井壁与土的摩擦系数（即单位面积的摩擦力的平均值），可从表 11-2 查得；当下沉范围内土层由不同土层构成时，其平均摩擦系数 f_0 由下式计算：

$$f_0 = \frac{f_1 n_1 + f_2 n_2 + f_3 n_3 + \cdots + f_n n_n}{n_1 + n_2 + n_3 + \cdots + n_n}$$

式中 f_1、f_2、$f_3 \cdots f_n$——各层土与井壁的摩擦系数（kN/m^2）；

n_1、n_2、$n_3 \cdots n_n$——各层土的厚度（m）。

表 11-2　土与沉井外壁间的单位面积摩阻力

土的种类	土与沉井壁面间的摩阻力/(kN/m²)	土的种类	土与沉井壁面间的摩阻力/(kN/m²)
粘性土	24.5～49.0	砂卵石	17.7～29.4
软　土	9.8～11.8	砂砾石	14.7～19.6
砂　土	11.8～24.5	泥浆润滑套	2.9～4.9

沉井采取分节制作，分节下沉时，其下沉系数亦应分段计算。

2）经以上验算或实际施工遇到不能下沉时，一般可采取继续浇筑上节沉井，增加沉井重量或在沉井顶部均匀加载，迫使下沉；或挖除刃脚下部的土，清除障碍物；或继续进行第二层碗形破土；或在井壁外装射水管、冲刷井壁周围土壤；或在井壁外下部孔隙填触变泥浆或砂，以减小下沉摩阻力等措施。

禁忌 6　沉井采取分节制作下沉时，首节制作高度过高

现象、危害性　沉井采取分节制作、下沉，首节制作的高度过高。不但制作、支模、绑钢筋、浇筑混凝土困难，而且下沉时往往不够稳定，容易发生倾斜。

防治措施　沉井采取分节制作、下沉，首节制作高度：当圆形沉井直径和矩形沉井短边大于 12m 时，沉井制作高度不宜大于 12m；当圆形沉井直径和矩形沉井短边小于 12m 时，沉井制作高度不宜大于直径和短边的长度；当首节沉井的自重不能克服下沉土壤阻力时，则宜采取在基坑中制作的方式，以减小挖土下沉深度，以保持沉井下沉稳定。沉井的制作高度和基坑深度应根据计算确定，一般每节高度以 6～8m 为宜。

禁忌 7　沉井下沉盲目挖土，不按分段、对称、削薄土垅的方法进行

现象、危害性　沉井下沉采取盲目随意挖土，不按分段、分层、全面、对称、均匀削薄土垅的程序方法进行。这样使沉井刃脚下的土层不分层、全面、对称、均匀的挖除，土垅受力不均，会使沉井产生不均匀沉降，容易造成歪斜，导至纠正困难，影响工期。

防治措施　沉井挖土下沉，必须逐层、全面、对称、均匀地进行，刃脚部位采用跳仓破土，使沉井均匀地下沉。挖土方法随土质情况而定。对普通土层，一般是采用碗形挖土自重破土方式，先挖中间，逐层挖向四周，每层挖土厚 0.4～0.5m，沿刃脚周围保留 0.8～1.5m 宽土堤，然后再沿沉井壁，每 2～3m 一段向刃脚方向逐层、全面、对称、均匀的削薄土层，每次削 5～10cm，当土层经不住刃脚的挤压而破裂，沉井便在自重作用下均匀垂直挤土下沉（图 11-15a），便不会产生倾斜。如下沉很少或不下沉，可再从中间向下挖 0.4～0.5m，并继续按图

11-15 向四周均匀掏挖，使沉井平稳下沉。当在数个井孔内挖土，为使其下沉均匀，孔格内高差不得超过 1m。刃脚下部土方应边挖边清理。当挖土遇有流砂情况发生或遇软土层时，可改为从刃脚挖起，每层厚 30cm，下沉后再挖中间（图 11-15b）部分的顺序进行。

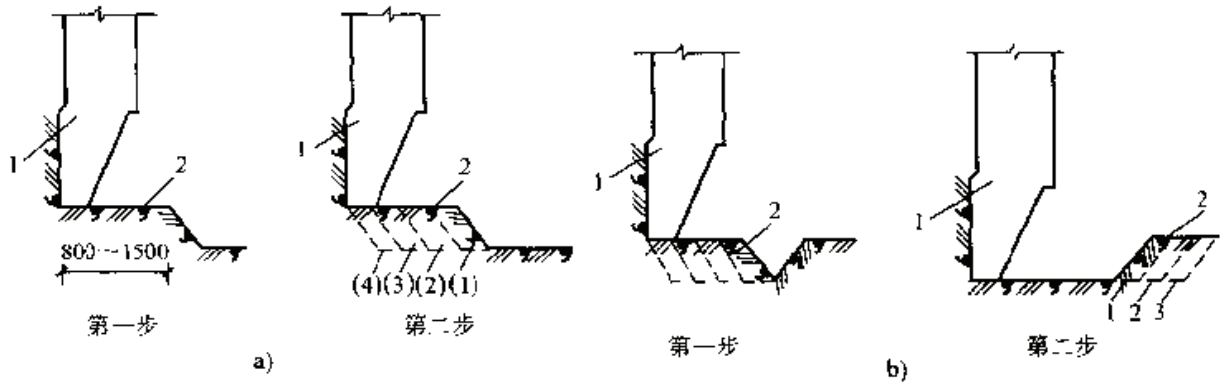


图 11-15 沉井下沉挖土方法

1—沉井刃脚 2—土堤（土垅）

(1)、(2)、(3)、(4) ……为刷坡次序

禁忌 8 出现沉井下沉过快

现象、危害性 沉井下沉速度超过挖土速度出现异常情况，施工难以控制。产生原因有：

遇软弱土层，土的耐压强度小，使下沉速度超过挖土速度；或长期抽水或因砂的流动，使井壁与土间摩擦力减小；沉井外部土液化；从而使沉井下沉失控。

防治措施

1）可用木垛在定位垫架处给以支承，并重新调整挖土，在刃脚下不挖或部分不挖土；

2）将排水法下沉改为不排水法下沉，增加浮力；

3）在沉井外壁间填粗糙材料，或将井筒外的土夯实，增大摩阻力；如沉井外部的土液化发生虚坑时，可填碎石处理；

4）减少第一节筒身高度，减轻沉井重量。

禁忌 9 出现沉井下沉过于缓慢

现象、危害性 沉井下沉速度很慢，甚至出现不下沉情况。造成原因有：沉井自重不够，不能克服四周井壁与土层的摩阻力和刃脚下土的正面阻力；或向刃脚方向削土深度不够，正面阻力过大；或井壁制作表面粗糙，高洼不平，与土的摩阻力加大；或刃脚被砂砾、卵石层及粗砂层挤实或局部被孤石或大卵石搁住；或在粘性土层中下沉，因故中途停沉或过久，侧压力增大而使下沉过慢或停沉；

从而造成下沉过慢，影响进度。

防治措施

1）沉井制作采取措施，严格保持尺寸准确，表面平整光滑。

2）使沉井有足够的下沉自重，下沉系数应不小于1.1～1.25；或加大刃脚上部空隙；或在井顶均匀地增加重量。

3）在软粘性土中对下沉系数不大的沉井，采取连续挖土，连续下沉，不使中间停歇时间过长。

4）用高压水冲刷井壁及刃脚或在井壁上预埋射水管，遇下沉缓慢或停沉，进行射水减少井壁与土层之间的摩阻力。

5）在井壁周围空隙中充填触变泥浆［膨润土20%，火碱5%，水75%（质量分数）］或黄泥浆降低摩阻力。

禁忌10 出现瞬间突沉

现象、危害性 沉井在瞬时间内失去控制，下沉量很大、或很快，出现突沉或急剧下沉。产生原因有：在软粘土层中，沉井侧面摩阻力很小，当沉井内挖土较深，或刃脚下土层掏空过多，使沉井失去支撑，常导致突然大量下沉，或急剧下沉；或当粘土层中挖土超过刃脚太深，形成较深锅底，或粘土层只局部挖除，其下部存在的砂层被水力吸泥机吸空时，刃脚下的粘土一旦被水浸泡而造成失稳，会引起突然塌陷，使沉井突沉。当采用不排水下沉，施工中途采取排水迫沉时，突沉情况尤为严重；或沉井下遇有粉砂层，由于动水压力的作用，向井筒内大量涌砂，产生流砂现象，而造成急剧下沉等，从而造成施工失控，严重时往往使沉井产生较大倾斜或使周围地面塌陷。

防治措施

1）在软土地层下沉的沉井可增大刃脚踏面宽度，或增设底梁以提高正面支承力；挖土时，在刃脚部位宜保留约50cm宽的土堤，控制均匀削土，使沉井挤土缓慢下沉。

2）在粘土层中严格控制挖土深度（一般为40cm）不能太多，不使挖土超过刃脚，可避免出现深的锅底将刃脚掏空。粘土层下有砂层时，防止把砂层吸空。

3）控制排水高差和深度，减小动水压力，使其不能产生流砂或隆起现象；或采取不排水下沉的方法施工。

4）治理方法：加强操作控制，严格按次序均匀挖土，避免在刃脚部位过多掏空，或挖土过深，或排水迫使沉水水头差过大；在沉井外壁空隙填粗糙材料增加摩阻力；或用枕木在定位垫架处给以支撑，重新调整挖土；发现沉井有涌砂或软粘土因土压不平衡产生流塑情况时，为防止突然急剧下沉和意外事故发生，可向井内灌水，把排水下沉改为不排水下沉。

禁忌 11 沉井下沉被搁置

现象、危害性 沉井被地下障碍物搁置或卡住。产生原因有：沉井下沉局部遇孤石、大块卵石、矿渣块、砖石、混凝土基础、管线、钢筋、树根等被搁置、卡住，造成沉井难以下沉；或下沉中遇局部软硬不均地基或倾斜岩层等，从而导致不能下沉，或下沉困难，处理费工费时。

防治措施

1）施工前做好地基勘察工作，对沉井壁下部 3m 以内的各种地下障碍物，下沉前挖除。

2）遇较小孤石，可将四周土掏空后取出；较大孤石或大块石、地下沟道等，可用风动工具或用松动爆破方法破碎成小块取出。炮孔距刃脚不少于 50cm，其方向须与刃脚斜面平行，药量不得超过 200g，并设钢板、草垫防护，不得用裸露爆破。

3）钢管、钢筋、树根等可用氧切割后取出。

4）不排水下沉，爆破孤石，除打眼爆破外，也可用射水管在孤石下面掏洞，装药破碎吊出。

5）对局部软硬不均地基或倾斜岩层，采取先破碎开挖较硬土层或倾斜岩层，再挖较软弱土层，使其均匀下沉。

禁忌 12 沉井下沉被悬挂

现象、危害性 沉井下沉过程中，刃脚下部土体已经挖出并掏空，而沉井的自重仍不能克服摩阻力下沉，产生悬挂，有时将井壁拉裂，产生原因有：井壁与土壁间的摩阻力过大，沉井自重不够，下沉系数过小；或沉井平面尺寸过小，下沉深度较大，遇较密实的土层，其上部有可能被土体夹住，使其下部悬空，易造成井壁拉裂，从而导致施工处理困难。

防治措施

1）使沉井有足够的下沉重量；下沉前应验算沉井的下沉系数，应不小于 1.1～1.25。

2）适当加大刃脚上部空隙，使井壁与土体间有一定空间，以避免被土体夹住。

3）用 0.2～0.4MPa 的压力流动水针沿沉井外壁缝隙冲水，以减少井壁和土体间的摩阻力。

4）在井筒顶部加荷载；或继续浇筑上节筒身混凝土增加自重和对刃口下土体的压力，但应在悬空部分下沉后进行，以免突然下沉破坏模板和混凝土结构。

5）继续第二层碗形挖土，或挖空刃脚之土，必要时向刃脚外掏深 100mm。

6）在岩石中下沉，可在悬空的地方，进行补充钻孔和爆破。

禁忌 13　沉井筒体下沉出现较大倾斜

现象、危害性　沉井下沉过程中或下沉后，筒体出现较大倾斜，使筒体中心线与刃脚中心线不重合，沉井垂直度超过允许限度，产生原有：沉井刃脚下的土质软硬不均；拆刃脚垫架没有对称地抽除垫木或没有及时回填夯实；井外四周的回填土夯实不均；沉井制作刃脚不平，井壁不垂直，刃脚和井筒中心线不垂直，使刃脚失去导向功能；挖土不均匀使井内土面高差悬殊；或刃脚下掏空过多，使沉井不均匀突然下沉，易于产生倾斜；或刃脚一侧被障碍物搁住，未及时处理；或排水开挖时井内一侧出现流砂现象；或井外弃土或堆物，井上附加荷重分布不均，造成对井壁一侧产生偏压，从而影响沉井垂直度控制。

防治措施

1）加强沉井过程中的观测和资料分析，发现倾斜及时纠正。

2）分区、依次、对称、同步地抽除垫架垫木，及时用砂或砂砾填夯实。

3）严格控制沉井制作尺寸，使偏差在允许范围以内。

4）在刃脚高的一侧加强取土，低的一侧少挖土或不挖土，待正位后再均匀分层取土。

5）在刃脚较低的一侧适当回填砂石或石块，延缓下沉速度。

6）在井外深挖倾斜反面的土方，回填到倾斜一面，增加倾斜面的摩阻力。

7）不排水下沉，在靠近刃脚低的一侧适当回填砂石；在井外射水或开挖，增加偏心压载以及施加水平外力等措施。

禁忌 14　沉井筒体下沉出现较大位移或扭位

现象、危害性　沉井下沉过程中或下沉后，筒体轴线位置发生一个方向偏移（称位移），或两个方向的偏移（称扭位）。造成原因：大多由于倾斜引起的，当发生倾斜和纠正倾斜时，筒体常向倾斜一侧下部产生一个较大的压力，因而伴随产生一定位移，位移大小随土质情况及向一边倾斜的次数而定，当倾斜方向不平行轴线时，纠正后则产生扭位，多次不同方向的倾斜，纠正后，常伴随产生偏离轴线方向的扭位；或沉井倾斜未纠正就继续下沉，常会使沉井向倾斜相反方向产生一定位移；或测量定位出现差错等，从而造成纠偏困难。

防治措施

1）控制沉井不再向偏移方向倾斜。

2）有意使沉井向偏位的相反方向倾斜，当几次倾斜纠正后，即可恢复到正确位置或有意使沉井向偏位的一方倾斜，然后沿倾斜方向下沉，直至刃脚处中心线与设计中线位置相吻合或接近时，再将倾斜纠正。

3）及时不断地纠正倾斜，避免在倾斜情况下继续下沉，造成位移和扭位。

4）加强测量的检查和复核工作。

禁忌 15 沉井下沉遇坚硬土层仍用常规方法挖土

现象、危害性 沉井挖土遇坚硬土层，用常规方法挖土，出现难以开挖下沉情况。造成原因是：遇厚薄不等的黄砂胶结层（姜结石），质地坚硬，造成用常规方法开挖困难，使下沉缓慢。

防治措施

1）排水下沉时，以人力用铁钎打入土中向上撬动、取出，或用铁镐、锄开挖，必要时打炮孔爆破成碎块。

2）不排水下沉时，用重型抓斗、射水管和水中爆破联合作业。先在井内用抓斗挖 2m 深锅底坑，由潜水工用射水管在坑底向四角方向距刃脚边 2m 冲 4 个 400mm 深的炮孔，各放 200g 炸药进行爆破，余留部分用射水管冲掉，再用抓斗抓出。

禁忌 16 沉井下沉遇流砂仍采取从中间向周边挖土

现象、危害性 沉井下沉采取井内排水时，井外的土、粉细砂产生流动状态，随地下水一起涌入井内，边挖边冒，涌向中间，无法挖深。产生原因有：井内锅底开挖过深，井外松散土涌入井内；或井内表面排水后，井外地下水动水压力把土压入井内；或爆破处理障碍物，井外土受震进入井内；挖土深超过地下水位 0.5m 以上等，从而会造成沉井突沉、偏斜或下沉过慢，或不下沉等情况出现。

防治措施

1）采用排水法下沉，水头宜控制在 1.5～2.0m。

2）挖土避免在刃脚下掏挖，以防流砂大量涌入，中间挖土也不宜挖成锅底形。

3）穿过流砂层应快速，最好加荷，使沉井刃脚切入土层。

4）在刃脚堆石子压住水头，削弱水压力，或周围堆砂袋围住土体，或抛大块石，增加土的压重。

5）采用深井或喷射井点降低地下水位，防止井内流淤。深井宜安置在井外，井点则可设置在井外或井内。

6）采用不排水法下沉沉井，保持井内水位高于井外水位，以避免流砂涌入。

禁忌 17 出现邻近建筑物下沉

现象、危害性 沉井下沉过程中出现邻近建筑物局部下沉，造成裂缝或倾

斜，周围地面产生塌陷。产生原因有：建筑物离沉井过近，基础未采取加固隔离措施；或沉井下沉降低地下水位，使邻近建（构）筑物地基土层局部压密产生下沉；或沉井下沉遇粉流层或下沉挖土，刃脚外掏空过多，向沉井内涌砂，造成周围地面下陷等。

防治措施

1）在建筑物基础靠沉井一侧用板桩或喷粉桩加固。

2）在沉井与建筑物之间设置回灌井点，减少邻近建筑物地下水的流失。

3）遇粉砂层采用井点降水，不使水头差过大，引起流砂；或采用不排水法施工。

4）沉井挖土，避免在刃脚处向外掏空，使尽量采取切土下沉方法。

5）在井壁外侧不断回填中砂使靠近建筑物一侧土不被扰动。

禁忌 18　沉井下沉筒身出现裂缝

现象、危害性　沉井下沉过程中，在沉井竖壁上出现纵向或水平方向裂缝，有的集中在隔墙上，特别是在预留孔洞的两侧。产生原因：沉井垫木位置不当或下沉时被大孤石、漂石搁住，使井壁产生过大拉应力，而造成裂缝；拆除垫木未按对称顺序进行；或内外墙沉陷不均，产生较大的附加弯矩和剪应力，而洞口处截面削弱，强度较低，应力集中，常造成在洞口两侧产生裂缝；或圆沉井下沉，由于出现过大倾斜，受侧向不均匀土压力作用；或一侧突然下沉，常导致在井壁产生竖向裂缝；或沉井下沉时，刃脚踏面脱空，沉井被上部土体挤紧而悬挂在土层中；在井墙内可能出现较大竖向拉应力，而将井筒水平拉裂，从而导致降低强度、耐久性，引起渗漏。

防治措施

1）沉井垫木设置应使支点和跨中发生的拉应力彼此相等，并应验算沉井壁在垂直均布荷载作用下的弯矩、剪力转矩（对圆形沉井），使不超过井壁的垂直抗拉强度。

2）在沉井孔洞薄弱部位适当增加构造配筋。

3）考虑沉井受侧向不均匀土压力作用，按实测内摩擦角值加减 5°～8°计算井壁，提高受力不均匀荷载强度。

4）下沉过程中避免过大的倾斜和突然下沉。

5）考虑沉井脱空情况，验算竖向钢筋，一般按自重的 25%～65%计算其最大拉断力，或按最不利情况（在分节接头处）计算最大拉断力。

禁忌 19　沉井排水下沉，水泵设在井外坑底或井内开挖面

现象、危害性　沉井排水下沉，采取在井内开挖面设排水明沟、集水井，在

井外基坑底或井内开挖面设离心式水泵将地下水排出井外。这种作法，由于一般离心式水泵的吸程只有 5m 左右，随着沉井下沉深度加大，设在井外基坑底的吸程不够，往往达不到排水要求，而设在井内开挖面，需经常搬动水泵，影响沉井挖土下沉进行。

防治措施 沉井设明沟及集水井排水，系在沉井内离刃脚 2～3m 挖一圈排水明沟，设 2～3 个集水井，深度比地下水深 1.0～1.5m，沟和井底深度随沉井挖土面而不断加深。为不影响井内挖土操作和避免经常搬动水泵，一般采取在井壁上预埋铁件，焊钢操作平台安设水泵，或设木（或钢）吊架安设水泵，用草垫或橡胶承垫，避免振动（图 11-16），水泵吸程高度控制不大于 5m。如果井内渗水量很少，亦可在井内设高扬程潜水电泵将地下水排出井外。

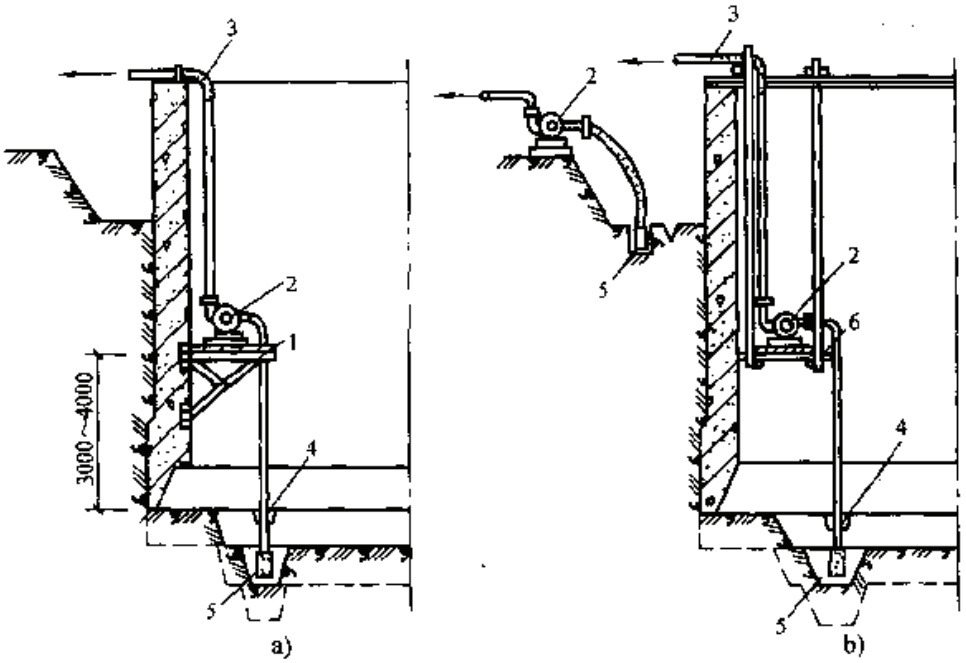


图 11-16 明沟排水水泵设置方法

a）钢支架上设水泵排水 b）吊架上设水泵排水

1—钢支架 2—离心式水泵 3—胶管 4—排水沟 5—集水井 6—木（或钢）吊架

禁忌 20 沉井降水下沉，井点选用不当

现象、危害性 沉井降水下沉，随意选用井点，降水不符合要求或造成浪费。如沉井深，土的渗透系数大，涌水量大，选用轻型井点降水；沉井深度不大，土的渗透系数小，涌水量不大，选用深井井点降水；前者降水达不到要求，后者造成设备浪费，降水费用高。

防治措施　沉井降水井点的选用，应根据土的种类、透水层位置、厚度、土层的渗透系数、水的补给源、要求降水深度、场地及设备条件、工程特点等情况，作出技术经济和节能比较后确定，选用一种或两种，或井点与明排综合使用，表 9-1 为各种井点可降水深度，可供选用参考。

一般讲当沉井下部土质情况良好，土的降水深度不大，涌水量较小，可采用单层轻型井点；当降水深度超过 6m，且土层垂直渗透系数较小时宜采用二级轻型点或井点与明沟、集水井相结合降水（图 11-17a、b）；如土质较差，降水深度较大，可采用喷射井点较适宜；如沉井很深，降水深，涌水量大，土层复杂多变，降水时间很长，此时宜在沉井外或沉井内设深井井点（图 11-17c）降水，最为有效而经济。当以上井点降水方法影响邻近建筑物产生不均匀沉降和使用安全，应采用回灌井点或在邻近建筑物一侧采用水泥土深层搅拌桩或高压喷射注浆桩加固土壤和防渗。

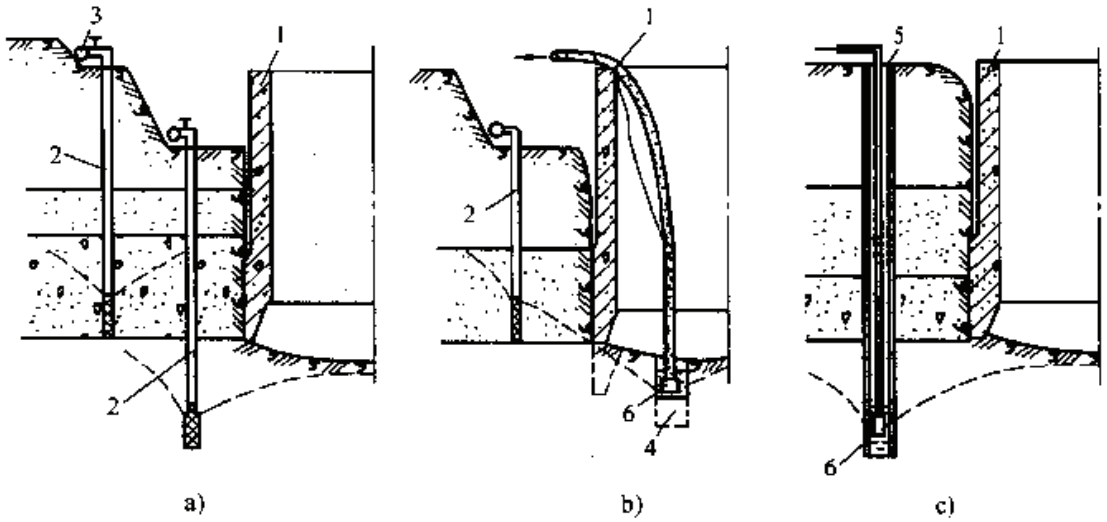


图 11-17　井点系统降水

a）井点系统降水　b）井点与明沟、集水井相结合降水　c）深井井点降水

1—沉井　2—井点管　3—井点总管　4—明沟、集水井　5—深井井点　6—潜水泵

禁忌 21　采取不排水下沉时，井内水位低于井外水位

现象、危害性　采取不排水下沉时，井外水位高于井内水位。这样在井外水压力差作用下，井外土会向井内流动，使井底土不稳定，易发生突沉，最终沉降超过设计值。

防治措施

1）应使井内的水位始终保持高出井外水位 1 ~ 2m。

2）井孔内壁由刃脚端面至井顶应有明显的高度标志，以便于检查并控制水位。

3）加强对井底开挖尺寸、下沉量、速度、水位的监测，根据测量数据指导施工。

禁忌 22 采用空气吸泥下沉时，不定时测定排出泥浆的密度和井内各部位的开挖深度

现象、危害性 采用空气吸泥下沉时，不随时测定掌握排出泥水的浓度和开挖面各部的深度。这样就无法掌握挖泥的效率；不了解开挖面的深度，就没有依据移动吸泥机的射水枪，会使井内土面高低不一，使沉井向吸土多的一侧产生倾斜，施工纠正困难。

防治措施

1）按规定时间测定泥水的密度，以提高吸泥效率。各种土成为适宜稠度的泥浆密度：对于砂类土为 1.08～1.18t/m^3；对于粘性土为 1.09～1.20t/m^3。吸入泥浆所需的高压水流量，约与泥浆量相等，吸入的泥浆与高压水混合以后的稀释泥浆，在管路内的适当流速，应不超过 2～3m/s，喷嘴处的高压水流一般约为 30～50m/s。水力吸泥器水中冲土装置和方法见图 11-18。

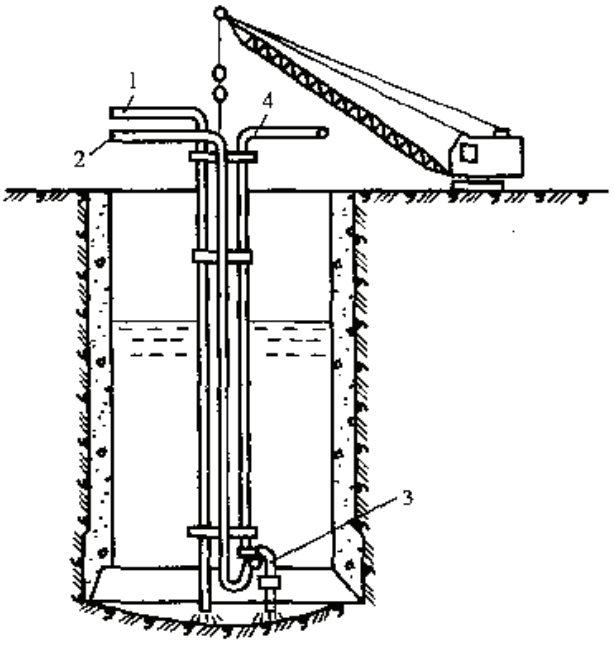


图 11-18 用水力吸泥器水中冲土

1—冲刷管 2—供水管 3—水力吸泥导管 4—排泥管

2）冲土顺序应先中央后周边。沿刃脚应留出土台，最后对称分层冲挖，使沉井受力均匀；刃脚踏面以下的土层不得冲空。冲土时应配以潜水员水下扰动及冲掏刃脚促沉。

3）高压水枪冲入井底，所混成的泥浆量和掺入的水量总和与水力吸泥机吸入的泥浆量应基本持平。对井底标高要加强监测测量，使基本保持高差不大于0.5m。

禁忌 23　采用抓斗水中抓土下沉时，锅底深度过低于刃脚底面和井外土体

现象、危害性　用抓斗水中挖土时，使锅底深度超过刃脚底面和井外土体深度。这样沉井有可能暂时被外壁摩阻力和刃脚托住，处于相对稳定，一旦锅底继续掏深，土壁摩阻力达到极限，沉井就有可能产生突沉，并伴随出现倾斜。

防治措施

1）严禁掏挖刃脚底面及井外土体；控制锅底与刃脚底面的高差不超过1～1.5m。

2）在粘性土或紧密土中，刃脚土不易向中央坍落，则应配以射水管冲土（图 11-19）。

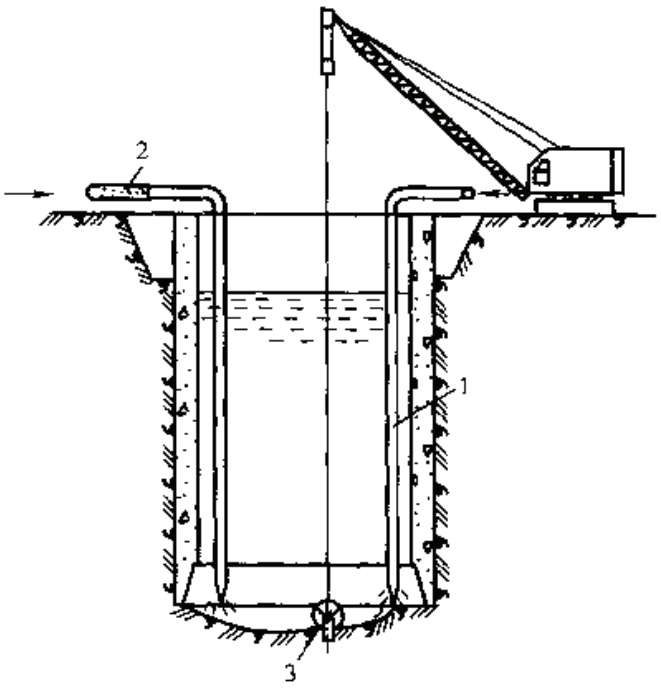


图 11-19　用水枪冲土，抓斗水中抓土

1—水枪　2—胶管　3—多瓣抓斗

3）沉井由多个孔组成时，每个井孔宜配备一台抓斗。如用一台抓斗抓土时，应对称逐孔轮流进行，使其均匀下沉，各井孔内土面高差不宜大于0.5m。

禁忌24 采用射水助沉时，不控制射水压力

现象、危害性 沉井采用射水法助沉时，随意使用水压，不按土质和冲刷深度来调节高压水的压力。致使选用水压力过小，达不到助沉的效果，选用水压力过大易造成突沉或较大倾斜，纠偏困难。

防治措施 射水法助沉是用预先安设在沉井外壁的水枪，借助高压水冲刷土层，使沉井下沉（图11-20a）。射水所需水压应严加控制：在砂土中，冲刷深度在8m以下时，需要0.4～0.6MPa；在砂砾石层中，冲刷深度在10～12m以下时，需要0.6～1.2MPa；，在砂卵石层中，冲刷深度在10～12m时，则需要8～20MPa。冲刷管的出水口径为10～12mm，每一管的喷水量不得小于0.2m³/s。

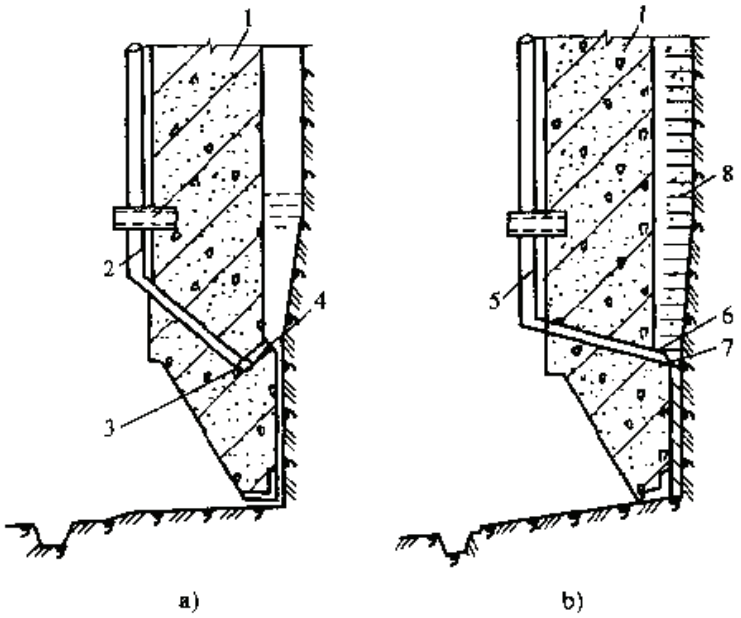


图11-20 沉井辅助下沉法

a）预埋冲刷管组射水辅助下沉 b）用触变泥浆护壁下沉

1—沉井 2—高压水管 3—环形水管 4—出口

5—压浆管 6—压浆孔 7—橡胶圈 8—触变泥浆护壁

禁忌25 采用触变泥浆助沉时、将刃脚底面掏空

现象、危害性 采用触变泥浆助沉时，将刃脚底面的土掏空。则沉井外壁周围的触变泥浆从刃脚掏空处流入沉井内，将不起减少井壁下沉摩阻力、维护沉井外围地基稳定的作用，使助沉失效。

防治措施 在沉井外壁制成宽度为 100～200mm 的台阶作为泥浆槽，在槽底的刃脚台阶上钉一层 2mm 厚橡胶皮一圈封堵（图 11-20b）；挖土时应严格控制不使刃脚底部脱空。触变泥浆是以 20%膨润土及 5%石碱（碳酸钠）加水调制而成，要求相对密度 1.1～1.25t/m^3；粘度＞30s，含砂量＜4%；失水量＜14mL/30min；泥皮厚度≤3mm；静切力＞30mg/cm^2；pH 值≥8。

禁忌 26 沉井挖土下沉，不设测量控制标志，不随下沉随纠偏

现象、危害性 沉井挖土下沉不设测量控制标志，不随挖土下沉随观测纠正出现的偏差。这样对下沉位置，标高、垂直度和深度是否符合设计和规范要求都无法控制，一旦出现较大累积偏差，就很难纠正，增加纠偏困难。

防治措施

1）沉井下沉前，应在沉井外部地面及井壁顶部四面设置纵横十字中心控制线、水准基点，以控制位置和标高；垂直度的控制，是在井筒内按 4 等分或 8 等分标出垂直轴线，各吊线锤一个对准下标板来控制（图 11-21），并定时用两台经纬仪进行垂直偏差观测。挖土时，应随时观测垂直度，当线锤离墨线达 50mm，或四面标高不一致时，即应纠正。沉井下沉的控制，系在井壁周围弹水平线，或在井外壁上两侧用白铅油画出标尺，用水平尺或水准仪来观测沉降。沉井下沉中应加强位置、垂直度和标高的观测，每班至少测量两次（于班中及每次下沉后检查各一次）；接近设计标高时应加强观测，每 2h 一次，预防出现超沉。由专人做好记录；如有倾斜、位移和扭转，应及时通知值班队长，指挥操作人员纠正，使偏差控制在规范允许偏差范围以内。

禁忌 27 采用射水法纠偏，射水孔不进行回填

现象、危害性 采用射水法纠正沉井筒体偏斜，对射水孔不予回填。由于射水孔留有较大空隙，已纠正的井筒仍有可能向射水孔一侧产生偏斜。

防治措施 在射水孔一侧用稠度大的水泥浆或砂土填灌密实。

禁忌 28 沉井沉至离设计标高 20cm 时，不停止挖土

现象、危害性 沉井沉至离设计井底标高 20cm 时，还继续挖土至井底。由于沉井自重大，一般土地基，停止挖土后，仍会在自重下继续下沉，容易发生沉井超沉。

防治措施 沉井终沉阶段应每 1h 测量一次，周边开挖深度应小于 100～300mm（视土质情况而定）；在离设计标高 200mm 时应停止挖土，依靠自重沉至设计井底标高。在软弱土地基，停止挖土后仍不能稳定时，应在四角增设垫墩以增大支承面积或对地基采取加固措施。

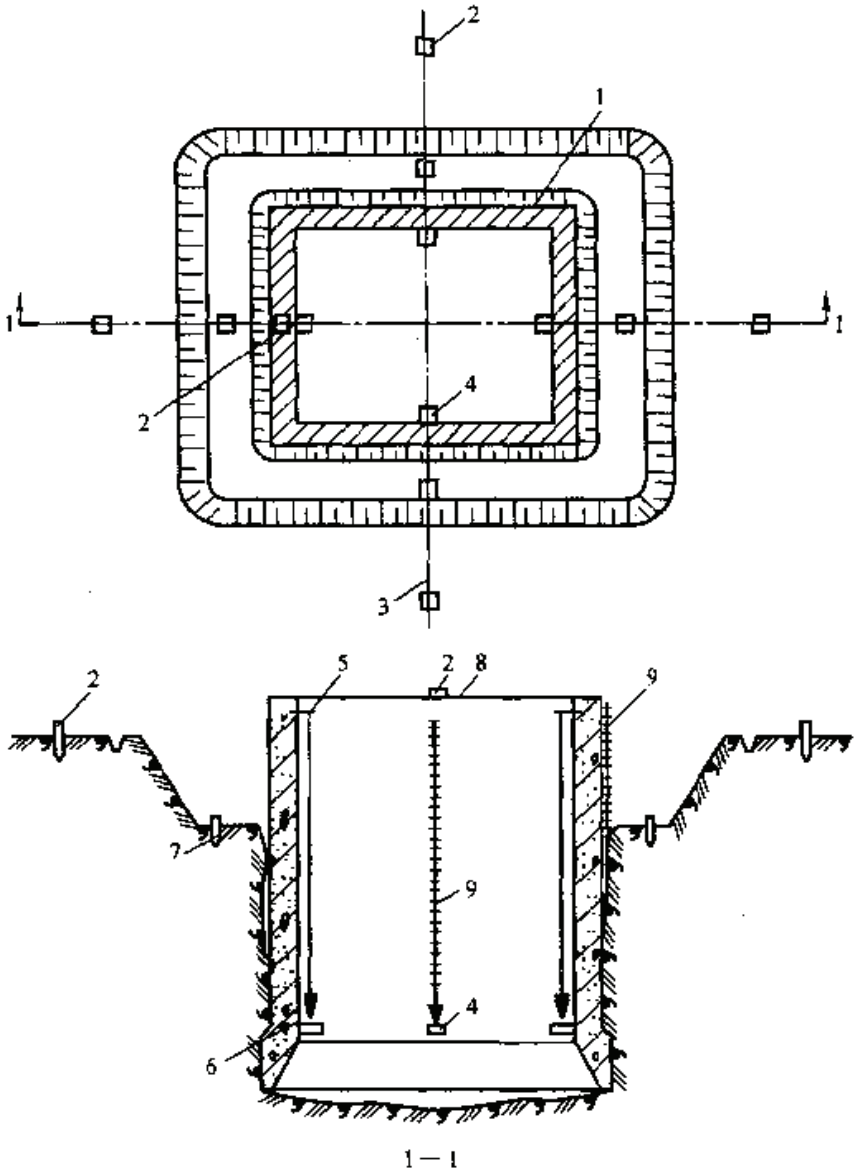


图 11-21 沉井下沉测量控制方法

1—沉井 2—中心线控制点 3—沉井中心线 4—钢标板 5—铁体
6—线锤 7—下沉控制点 8—沉降观测点 9—壁外下沉标尺

禁忌 29 沉井接高，下节混凝土强度未达到要求，就开始浇筑上节混凝土

现象、危害性 沉井接高下节混凝土强度未达到 70%，就接着浇筑上节混凝土。这样下节沉井混凝土的强度尚低，不能承受上节混凝土的施工荷载和井身

自重，将会使井壁产生裂缝，造成渗漏，降低井身强度。

防治措施 沉井混凝土应一次连续浇筑完成，下节混凝土强度等级达到70%始可浇筑上节。冬季施工时，首节沉井在达到设计强度等级前，其余各节在达到设计强度等级70%以前不能遭受冻害。

禁忌30 在首节未完成纠偏的情况下，进行第二节接高

现象、危害性 沉井首节没有完成纠偏，就进行第二节接高。这样会使偏斜的程度越来越严重，给纠偏工作带来极大困难。

防治措施 在沉井接高前应先将首节沉井偏斜纠正完成，刃脚应落在坚实土层上，底面应呈水平状态，使保持稳定；第二节接高的位置应在沉井浇筑面露出地面尚有0.8～1.0m的高度，以利支模等操作。

禁忌31 沉井模板接高的轴线与下节沉井不重合、不平行

现象、危害性 沉井模板接高的轴线与下节已制作的沉井不重合、不平行，出现一定偏差。这样会造成荷载不均匀，产生偏心，易引起沉井偏斜，同时使井壁错台，导致下沉困难。

防治措施 沉井接高支模时，要使接高上节模板的轴线与下节已完成的沉井轴线重合，当沉井壁厚逐节收小时，应使上节模板与下节井圈的轴线平行，使混凝土周圈的荷载均匀。在混凝土浇筑时，应分段、分层、对称、均匀进行，防止模板轴线偏移、地基不均匀下沉或产生沉井倾斜。每节沉井混凝土应一次连续浇筑完成，层与层之间的间隔时间不应超过混凝土初凝时间，防止出现施工缝或软弱夹层。

禁忌32 沉井接高不处理下节井圈上表面混凝土软弱层

现象、危害性 沉井井壁接高前，不处理下节井圈上表面混凝土浮浆软弱层。由于该层是一层低于捣实混凝土强度的软弱层，容易造成沉井在该软弱层中发生渗漏，同时降低持久强度。

防治措施

1）已施工完成的井圈上表面混凝土浮浆层及松动颗粒应凿去，并清理干净，用水湿润，先浇灌一层5～6cm减半石子混凝土，然后浇筑上节井圈混凝土，保证新老混凝土良好接合，无浮浆、浮粒存在，强度达到要求。

2）井壁厚度较薄，防水要求不高时，施工缝可用平缝；当防水要求高时，可在井壁中间埋设钢板止水片或BW止水条；井壁厚度较大时可留设凸式企口施工缝。

11.3.3 沉井封底

禁忌 1 沉井下沉未稳定，就开始封底

现象、危害性 沉井下沉至设计井底标高，尚未稳定就进行封底混凝土浇筑。这样封底混凝土的抗剪强度还很低，往往承受不了沉井自沉的剪力，会导致封底混凝土破坏。

防治措施 当沉井下沉到距设计标高 100～200mm 时，应停止井内挖土和抽水，经纠偏后，使其靠自重下沉至设计或接近设计标高，再经 2～3d 下沉稳定，或每小时观测一次，经观测在 8h 内累计下沉量不大于 10mm 时，即可进行沉井封底。

禁忌 2 沉井出现超沉或欠沉

现象、危害性 沉井下沉完毕后，刃脚平均标高大大超过或低于设计深度，相应沉井预留孔洞及预铁件的标高，也大大超过规范允许的偏差范围。产生原因有：沉井下沉至最后阶段未进行标高控制和测量观测；或下沉接近设计深度未放慢挖土和下沉速度；或遇软土层或流砂，使下沉失去控制；或在软弱土层预留自沉深度太小；或未及时封底；或沉井下沉尚未稳定就封底，常造成超沉；在砂土层或坚硬土层预留自沉深度太大，或沉井下沉尚未稳定就封底，常发生欠沉；或沉井测量基准点碰动，标高测量错误等，从而导致处理困难。

防治措施

1）沉至接近设计标高应加强测量观测，校核分析工作。

2）在井壁底梁交接处，设砖砌制动台，在其上面铺方木，使梁底压在方木上，以防过大下沉。

3）沉井下沉至距设计标高 0.1m 时，停止挖土和井内抽水，使其完全靠自重下沉至设计或接近设计标高。

4）采取减小或平衡动水压力和使动水压力向下措施，以避免流砂现象发生。

5）沉井下沉趋于稳定（8h 的累计下沉量不大于 10mm 时），始进行封底。

6）采取措施保护测量基准点，加强复测，防止出现测量错误。

7）超沉过多，可将沉井上部接高处理；欠沉一般作抬高设计标高处理。

禁忌 3 沉井落在倾斜岩层上不处理

现象、危害性 沉井下沉到设计深度后遇到倾斜岩层，不处理就封底。由于地质构造不均，这样，使沉井刃脚部分落在基岩上，部分落在较软的土层上，封

底后易造成沉井不均匀下沉，产生倾斜，从而造成封底困难。

防治措施

1）井底岩层的倾斜面，适当作成台阶。

2）当沉井部分落在岩层上，部分落在较软的土层上时，在沉井落在软土层上的两角及中间挖井浇筑混凝土或砌块石支墩直至硬土层，以支承沉井，使封底后下沉均匀；亦可将沉井支承在岩层的部分凿去 50cm 深，再回填土砂混合物作软性褥垫处理。

3）治理方法：遇倾斜岩层应使沉井大部分落在岩层上，其余未到岩层部分，如土层稳定不向内崩坍，可进行封底工作；若井外土易向内崩坍，则可不排水，由潜水工一面挖土，一面以装有水泥砂浆或混凝土的麻袋包堵塞缺口，堵完后再清除浮渣，进行封底。

禁忌 4　出现沉井失稳

现象、危害性　沉井封底后，沉井继续下沉或不均匀下沉，造成上部标高出现水平差。产生原因有：井底土质松软，封底前未进行处理；或井底土质软硬不均，未经处理就封底，造成各部分下沉不均。或封底混凝土未分格、对称、均匀浇筑、使各部分沉陷不均等，从而造成沉井出现偏斜。

防治措施

1）封底前，对井底松软土层和软硬不均土层，进行换填加固处理；井底积水淤泥要清除干净，使有足够的承载力，以支承沉井上部荷载，防止不均匀沉陷。

2）封底混凝土采取均匀、对称分格、按照一定顺序进行浇筑，并宜先沿刃脚填筑一宽约 70cm 同心圆带，厚度根据刃脚斜面高度确定，而后再逐步向锅底中心推进。混凝土应分层浇捣，每层厚 50cm，在软土中采取分格逐段对称封底。

3）治理方法：沉井均匀下沉，可将沉井接高处理；不均匀下沉，可采取在井口上端偏心压载等措施纠正。

禁忌 5　出现沉井上浮

现象、危害性　封底后，沉井上浮一定高度，沉井底脱空或被稀泥填塞，或造成沉井倾斜。产生原因有：在含水地层沉井封底，井底未做滤水层，封底时未设集水井继续抽水，封底后停止抽水，地下水对沉井的上浮力大于沉井及上部附加重量而将沉井浮起；或施工次序安排不当，沉井内部结构和上部结构未施工，沉井四周未回填就封底，在地下、地面水作用下，沉井重量不能克服水对沉井的上浮力而导致沉井上浮。

防治措施

1）在含水地层上进行沉井封底应做好封底排水构造，参见本节禁忌9。

2）沉井封底后，整个沉井受到被排除地下水的向上浮力作用，应对沉井进行封底后的抗浮稳定性验算：沉井外未回填土，不计抗浮的井壁与侧面摩阻力的作用，按下式验算：

$$K=\frac{G}{F}\geqslant 1.1$$

沉井外已回填土，考虑井壁与侧面土的反土反摩擦阻力的作用，按下式验算：

$$K=\frac{G+f}{F}\geqslant 1.25$$

式中 K——抗浮稳定系数；

G——沉井自重力；

F——地下水的向上浮力；

f——井壁与侧面土反摩阻力。

如抗浮稳定系数 K 分别小于 1.1 和 1.25，应采取将回填土、内隔墙、上部结构等先施工的措施，再封堵集水井。

3）合理安排施工次序，需要沉井四周回填土和上部结构施工完，才能满足抗浮要求时，应先回填土和施工上部结构，才封底。

4）治理方法：沉井不均匀下沉，可采取在井口上端偏心压载等措施纠正。

在含水地层井筒内涌水量很大无法抽干时，或井底严重涌水、冒砂时，可采取向井内灌水，用不排水方法封底。如沉井已上浮，可在井内灌水或继续施工上部结构加载；同时在外部采取降水措施使恢复下沉。

禁忌6 封底出现渗漏水

现象、危害性 封底后，沉井底板接缝及底板本身出现局部或大面积渗漏水情况。产生原因有：封底混凝土与沉井井壁刃脚接触面未经凿毛处理，并且未清理干净就浇筑混凝土，新旧混凝土间接缝不严，存在夹层；或底板分格或分圈浇筑，特别是不排水浇筑混凝土，接缝未搭接处理好，混凝土未振捣密实等，从而影响使用功能，处理费工费时，费材料。

防治措施

1）对有抗渗要求的沉井，在抽承垫木前，对底板与井壁刃脚、底梁、隔墙接触面进行凿毛处理，清除净浆、污泥，封底前再次冲洗接缝部位，保持良好接合。

2）底板浇筑应做好排水；分格、分圈浇筑混凝土要分层进行，处理好搭接缝并振捣密实。采取不排水浇筑混凝土，应用导管法分层浇筑、均匀上升，混凝土中宜掺加适量絮凝剂，使混凝土不分散并结合紧密。

3）治理方法：井底板及接缝渗漏水，可采用水泥或化学注浆补漏处理。如大面积渗漏水，可将渗漏部位凿毛，洗净、湿润，抹压 1～2mm 厚素水泥浆层，再用防水砂浆或膨胀水泥砂浆抹面，或用刚性防水多层抹面补漏。在内部净空允许的情况下，亦可在内部加设 60～80mm 厚细石防水混凝土套紧贴底板及刃脚部位，以阻止渗漏水。

禁忌 7　封底出现泥浆夹层

现象、危害性　封底混凝土中，出现大量的泥浆夹层。造成原因有：在软土地基，沉井施工采用不排水封底，井底浮泥未清理干净，混入混凝土内；或导管下口距基底面高度过大，首批混凝土量不够，使导管未埋入混凝土堆内；或浇筑时，导管埋入混凝土深度不够，提升速度太快，泥浆水进入导管内，混凝土与泥浆水未完全隔离；或导管接缝不严或断裂，严重漏水，使泥浆水与混凝土混在一起；或导管布置间距大于导管扩散影响半径，使混凝土堆间搭接不良，出现泥夹层；或混凝土和易性差，流动度过小，不能顺利摊开使之密实，而使泥浆水混入等从而造成破坏整体性，降低封底强度，引起渗漏水。

防治措施

1）基底为软土地基时，应将井底浮泥清除干净并铺碎石垫层。

2）导管下口距基底保持 40cm 为宜；首批灌注导管混凝土应通过计算确定，使混凝土能顺利从导管内排出扩散并与水隔离。

3）浇筑前导管中应设置球、塞等隔水，灌注导管应埋入混凝土堆中不小于 1.5m。多根导管同时灌注时，混凝土面应平均升高，上升速度不应小于 0.25m/h，坡度不应大于 1∶5。

4）导管接头应用橡胶圈密封，避免漏水；导管焊缝应有足够的强度，防止破裂。

5）导管间距应控制在有效影响半径范围以内，一般取 3～4m，使各导管的浇筑面积相互覆盖，导管直径宜为 250～300mm。

6）混凝土配合比要适当，保持良好的和易性和流动度，坍落度宜为 18～20cm，搅拌要均匀，浇筑应从最低处开始，由下而上分层浇筑，搭接严密，不使泥浆水混入。

7）治理方法：封底混凝土存在泥浆夹层时，可采取压浆处理；或在上部加设适当厚度配筋面层加固。

禁忌 8 封底混凝土不密实

现象、危害性 封底混凝土浇筑不密实，存在蜂窝、孔洞。造成原因为：混凝土配合比选择不当，初凝时间太短，坍落度过小，和易性差，混凝土不能很好扩散；或混凝土未连续浇筑，间隔时间过长，使混凝土失去流动性，扩散不开，不能自流密实等，从而造成降低封底强度和耐久性。

防治措施

1）封底混凝土配合比要适当，水泥用量一般为 350～400kg/m^3；砂应用中、粗砂；砂率一般为 45%～50%；骨料粒径以 5～40mm 为宜；初凝时间应大于 3h，水灰比不大于 0.6；坍落度应为 18～20cm。为节省水泥，宜掺加适量木钙减水剂，使能较好地扩散，依靠重力和流态达到密实；或掺加水泥用量 0.5%～3.0% 的絮凝剂，使混凝土拌合物遇水不离析，水泥不流失，可进行水中自落浇筑，落到水底混凝土可自流平，自密实。

2）混凝土保持在沉井全面积上连续浇筑，浇筑间歇时间不超过 30min。

3）治理方法：个别蜂窝孔洞可凿去松散颗粒，冲洗干净后，重新浇筑混凝土；大面积蜂窝孔洞，不密实，应采取压浆加固处理。

禁忌 9 干封底不认真做好排水系统构造

现象、危害性 干封底（即排水封底）不按规范要求在底板垫层以下认真细致做好排降水系统，将地下水位降低到沉井底板封底混凝土以下，而是随意在带水情况下浇筑封底混凝土和钢筋混凝土底板。这样垫必造成混凝土与泥水混杂，强度不能保证，底板出现渗漏水，甚至底板被地下水鼓胀破坏。

防治措施 在含水地层上进行干封底，井底应先按设计认真做好排水系统构造，铺设垫层，一般设置厚约 40～50cm 的碎石或砂砾石倒滤层，其中碎石和砂砾石部分应分层夯实，并在沉井底部设 2～3 个集水井不断抽水，待封底混凝土达到设计强度后，方可停止抽水，将集水井一个一个封堵，构造如图 11-22 所示。方法是将集水井中水抽干，在套管内迅速用干硬性混凝土堵塞，然后用带胶圈法兰盖严，用螺栓拧紧或用钢盖板封焊，最后在盖板上浇筑混凝土抹平。

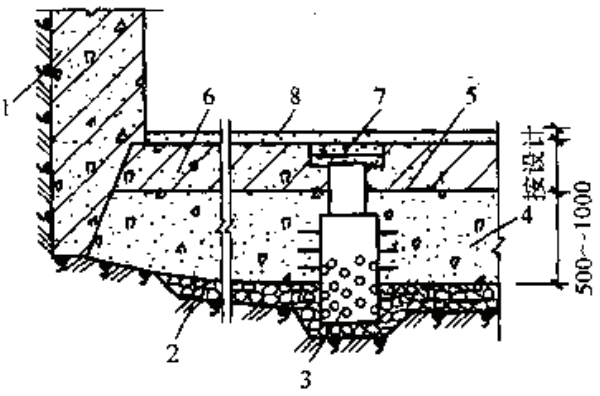


图 11-22 沉井封底排水构造

1—刃脚 2—盲沟（填粒径 15～75mm 砾石） 3—集水井、带孔钢管 4—封底混凝土 5—防水层 6—钢筋混凝土底板 7—ϕ300mm×4mm 滤水钢管，带法兰、垫圈、螺栓 8—防水砂浆

禁忌 10 封底混凝土垫层不连续浇筑

现象、危害性 封底混凝土垫层浇筑不连续进行，在中途停歇，产生施工缝。由于出现施工缝造成薄弱夹层，混凝土在终凝前承受水压作用易造成碎裂，并导致渗漏。

防治措施 封底垫层混凝土浇筑应沿井壁四周向中央一次连续浇筑完成，并应分格、逐段、全面分层、对称进行，不得中途停歇留施工缝。封底混凝土浇筑的同时，排水工作应继续进行，持续到达到 50%设计强度等级，始可进行下道工序施工。

禁忌 11 封底、底板混凝土没有达到要求设计强度等级，就停止降水和封堵集水井

现象、危害性 封底、底板混凝土浇筑完后，没有养护达到要求的设计强度等级，就停止降排水和封堵集水井。由于底板还没有达到设计要求的强度，在地基反力和地下水浮力作用下，会使底板破裂，未经抗浮验算就封填集水井还会发生沉井脱离基土浮起。

防治措施 沉井封底、底板混凝土浇筑完后，应养护达到设计强度等级的 70%以上，才可停止降水。经过抗浮验算，确认沉井能满足抗浮要求方可封填集水井。封填应快速进行并捣实，防止出现渗漏。

禁忌 12 不排水封底、沉井内水位低于井外地下水位

现象、危害性 沉井采取不排水封底，沉井外地下水位高于井内水位。由于存在水头压力差，井外粉细砂或软土会向井内流动，从而导致井底涌水、冒沙，使封底无法进行。

防治措施 水下封底，沉井内水位应高于井外水位 1～2m，以阻止井外土砂向井内流动，锅底由潜水员按设计修整，井底淤泥应清除掉，然后铺填碎石垫层。

禁忌 13 水下浇筑封底混凝土，各导管的有效作用半径不能互相搭接

现象、危害性 水下浇筑封底混凝土，各导管之间距离过大，有效作用半径没有互相搭接。这样将使各导管之间容易卷入泥浆，从而导致底板混凝土混入泥渣不密实，降低混凝土强度，引起渗漏。

防治措施 导管直径应选用 250～300mm，一根导管的有效使用半径宜取 2.5～3.5m，使浇筑水下混凝土时各导管有效作用半径能互相搭接，并能盖满沉井底板全部面积（图 11-23）；位于混凝土导管处的垫层适当加厚。

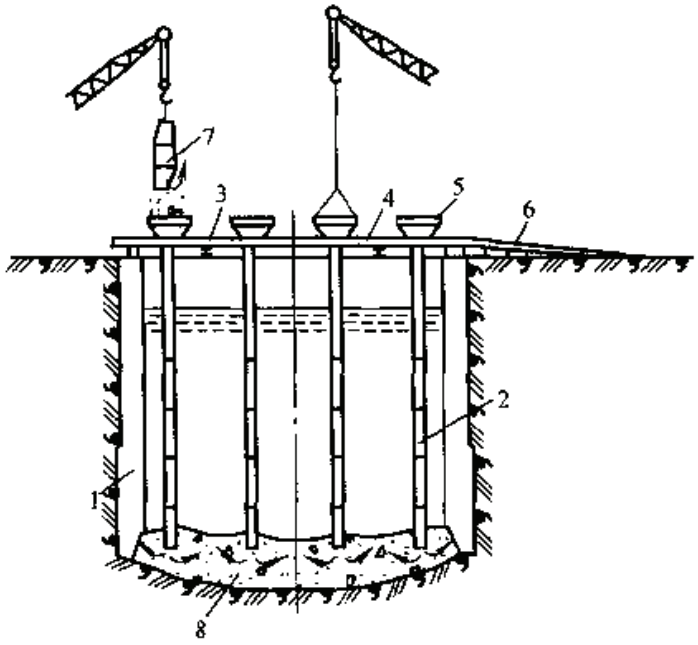


图 11-23 不排水封底导管法浇筑混凝土

1—沉井 2—导管 3—大梁 4—平台 5—混凝土运输机动车跑道 6—混凝土下料漏斗 7—混凝土料斗

禁忌 14 水下浇筑封底混凝土，导管内进泥水

现象、危害性 水下浇筑封底混凝土，导管内进入泥水。产生原因主要有：首批混凝土数量不足，不能将泥水排出导管外；或导管距槽底距离过大或导管插入混凝土深度不足，使泥浆混入导管内；或拔出导管过度，泥浆水被挤入导管内等，从而导致混凝土内混入泥水，水下浇筑混凝土条件被破坏，降低底板强度，引起渗漏。

防治措施 首批混凝土量应经计算确定，保持导管口离槽底不小于 1.5 倍导管直径；导管能插入混凝土深度不小于 1.5m；混凝土平均升高速度不小于 0.25m^3/h；浇灌中经常用测锤测定混凝土上升面，确定拔导管的速度和高度，防止泥浆水进入导管、混入混凝土内。

禁忌 15 水下浇筑混凝土，导管拔不出

现象、危害性 在封底混凝土浇筑中，出现导管下口埋入混凝土内拔不出来。产生原因有：导管制作尺寸和垂直度偏差大，外直径不一，并出现弯曲；或导管埋入混凝土堆过深，提动次数太少；或混凝土未连续浇筑，间隔时间过久，混凝土已经凝固，将导管粘牢；或混凝土配合比不当，初凝时间太短，和易性差，储料时间过久，混凝土浇筑后，很快凝固，与导管粘牢，摩阻力加大等，从而造成处理困难。

防治措施

1）导管应精心加工制作，保持上下外直径一致，弯曲度不大于0.5%。接头应用粗丝扣套接，最下一节导管长度应大于2m，下端应不带法兰盘。

2）导管插入混凝土深度应视封底厚度确定，宜控制在1.2～3.0m，不应过深。对导管外面混凝土面标高，每隔20min应测量一次，及时提升导管，不使埋入过深。在浇筑过程中，每隔20～30min应提动一次导管。

3）混凝土应连续浇筑，间隔时间一般控制在15min内，任何情况下不得超过30min。

4）适当选用混凝土配合比，初凝时间不应少于3h，混凝土坍落度应为18～20cm，储料时间不应超过1.5h。

5）治理方法：导管拔不出，可在管根部凿去部分封底混凝土，将露出的导管割断，在管内及上部浇筑混凝土堵管，捣实并整平。

禁忌16 水下浇筑混凝土与沉井接触面不清理

现象、危害性 沉井水下封底，与刃脚斜面、隔墙、底梁踏面等接面未清理或仅作简单清理就浇筑混凝土。由于接触面泥皮未清除掉，从而造成新老混凝土结合不良、存在裂隙，引起渗漏水，同时降低整体性。

防治措施 沉井水下封底时，在老混凝土接触面上应用高压水针冲刷干净，以保证新老混凝土面结合良好，避免出现渗漏水。

附录 沉井质量检验标准（表11-3）

表11-3 沉井质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	混凝土强度	满足设计要求（下沉前必须达到70%设计强度）		查试件记录或抽样送检
	2	封底前，沉井（箱）的下沉稳定	mm/8h	<10	水准仪
	3	封底结束后的位置：			
		刃脚平均标高（与设计标高比）	mm	<100	水准仪
		刃脚平面中心线位移		<1%H	经纬仪，H为下沉总深度，H<10m时，控制在100mm之内
		四角中任何两角的底面高差		<1%l	水准仪，l为两角的距离，但不超过300mm，l<10m时，控制在100mm之内

（续）

项	序	检查项目		允许偏差或允许值		检查方法
				单位	数值	
一般项目	1	钢材、对接钢筋、水泥、骨料等原材料检查		符合设计要求		查出厂质保书或抽样送检
	2	结构体外观		无裂缝，无风窝、空洞，不露筋		直观
	3	平面尺寸：长与宽		%	±0.5	用钢直尺量，最大控制在100mm之内
		曲线部分半径		%	±0.5	用钢直尺量，最大控制在50mm之内
		两对角线差		%	1.0	用钢直尺量
		预埋件		mm	2.0	用钢直尺量
	4	下沉过程中的偏差	高差	%	1.5～2.0	水准仪，但最大不超过1m
			平面轴线		<1.5%H	经纬仪，H为下沉深度，最大应控制在300mm之内，此数值不包括高差引起的中线位移
	5	封底混凝土坍落度		cm	18～22	坍落度测定器

注：主控项目3的三项偏差可同时存在，下沉总深度，系指下沉前后刃脚之高差。

12 基础托换工程

基础托换，是指根据工程的某种需要，对已有建筑物基础进新加强或重新设置新的基础工程的总称。基础托换施工的特点是：作业空间较窄，技术难度大，工期较长，质量要求高，同时需要较完善的支撑系统。因此，必须精心设计和施工，避免出现各种禁忌，确保工程质量和人身安全。基础托换按使用方法可分为：坑式托换，桩式托换（包括静压桩、锚杆静压桩、预试桩、灌注桩、树根桩等）、注浆托换（水泥注浆、高压喷射注浆）、支撑式托换以及特殊托换等。

12.1 坑式托换

坑式托换是直接在被托换的基础下挖坑后浇筑混凝土的托换加固方法。

禁忌 1 在不降低地下水位情况下进行托换

现象、危害性 导坑和托换坑的底面低于地下水位时，不降低地下水位，在带水情况下进行作业，这样会扰动坑底土壤和使坑侧土流失，会使托换基础产生不均匀沉降，托换坑的面积超过预定范围，危及上部结构的使用安全。

防治措施 在拟托换建筑物基础附近挖探坑查清地下水位标高，如地下水位高于坑底，应采用井点降低地下水位至坑底下 0.5～1.0m；或改用桩或托换方法。

禁忌 2 不分段、间隔进行托换

现象、危害性 基础托换采取在基础下按序、依次、连续挖坑，浇筑托换基础混凝土。这样会使长条基础在短时间内失去支撑，即使托换基础的混凝土浇筑完毕，由于地基没有稳定，混凝土尚未达到支承上部结构荷载的强度，会导致被托换结构物不均匀沉降、开裂，危害结构安全。

防治措施 基础坑式托换应按间断墩式托换的方法施工，到间断墩的混凝土强度足以传递上部荷载，并满足建筑物荷载条件对坑底土层的地基承载力要求时，再在间断墩之间进行托换（图 12-1），把间断墩连成连续墩基础，以间断墩之间的老基础提供作临时支承。如果间断墩足以支承上部结构荷，亦可不设连续墩，而在间断墩上部加设过梁，如图 12-2 所示。

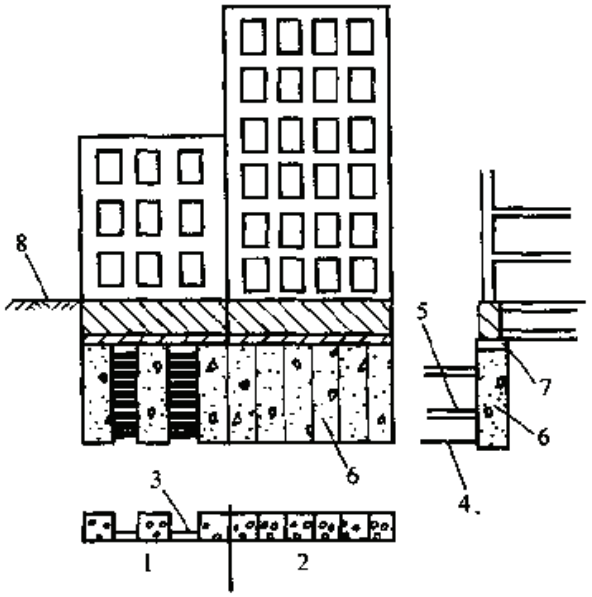


图 12-1 间断的和连续的混凝土坑式托换

1—间断墩 2—连续墩托换 3—横向挡板 4—开挖坑的底面
5—侧向支撑 6—混凝土墩 7—原建筑物基础 8—地面

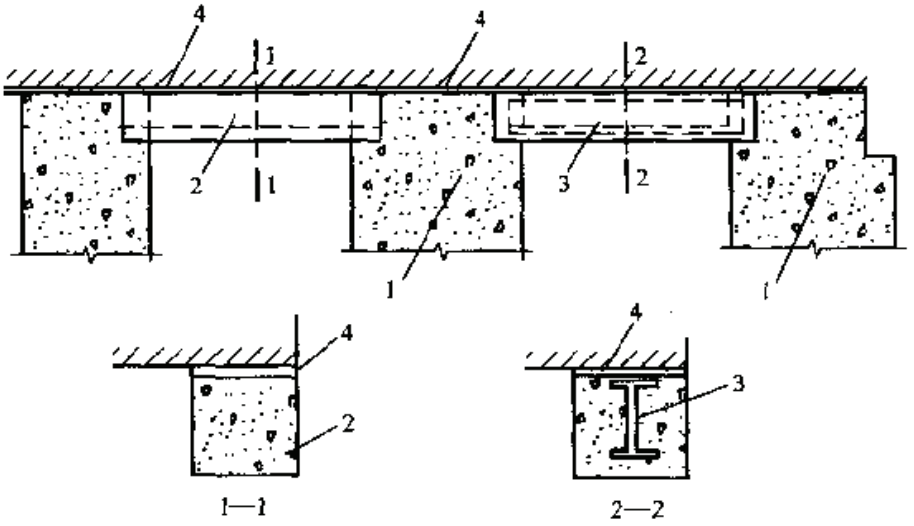


图 12-2 托换坑间的过梁类型

1—托换墩 2—钢筋混凝过梁 3—包工字钢梁
4—基础墙底面

禁忌 3 基础加固托换，时干时停，间歇时间过长

现象、危害性 在框架基础加固托换时，操作时干时停，不连续作业。由于托换时上部各层柱子可以暂时调整部分荷载、传递分配给相邻柱子承受，如托换时间拖得很长，则暂时平衡不复存在，被托换柱的上部结构将会出现裂缝，甚至引起破坏。

防治措施 基础加固托换，一旦开始施工，就应不间断地进行到结束为止，

不得较长时间歇。相邻柱基不得同时进行托换，应等已托换柱基础完全承受荷载后，始可进行相邻柱基的托换作业。

禁忌 4　不加支撑对柱进行全截面托换

现象、危害性　独立柱基础托换，对柱、梁不加临时支撑，或不将柱子抬起，仅仅靠上部梁将荷载传给相邻柱支承。这种做法，在独立柱基挖坑托换时，会发生较大沉降，如为排架结构，会发生整个结构坍落破坏。

防治措施　柱子基础坑式托换，应对柱和有关梁加临时支撑，或将柱子托起，使柱上部结构荷载在托换过程中不传给被托换基础，然后进行柱基础托换或更换。

对于独立柱托换而不加临时支撑的情况，一次不宜超过基础支承面积的20%；由于柱子中心处荷载最为集中，应先从角端处开挖托换，最后托换中间部位，以保证地基稳定。

禁忌 5　坑式托换在基础下及侧面挖坑不加支撑，或不随挖随撑

现象、危害性　基础托换挖掘导坑和托换坑时，不设支撑或先挖坑后设支撑。这样在托换挖坑过程中，由于基坑内外土体存在高差，在侧向土压力作用下，会使坑四周土体塌坍，造成被托换基础变形、下沉，托换基础位移，导致建筑物严重开裂，同时给施工带来困难。

防治措施　挖掘导坑和托换坑时，要随挖随把坑周边土体支撑好，必要时加设角撑，以保持横撑的稳定；在托换基础无土压力的一侧亦需加适当横撑、对角撑，以避免托换基础产生侧向位移（图 12-3）。

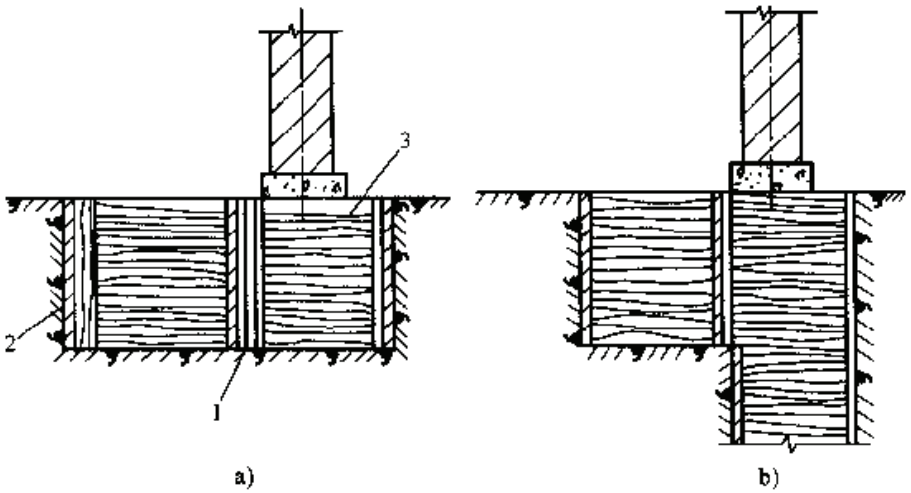


图 12-3　坑式托换支撑支设

a）开导坑，直接在基础下挖坑，设支撑　b）继续开挖和设立支撑

1—嵌条　2—横向挡板　3—直接在基础下挖托换坑　4—竖向导坑

5—挡板搭接　6—间断的或连续的混凝土墩式基础　7—回填土夯实

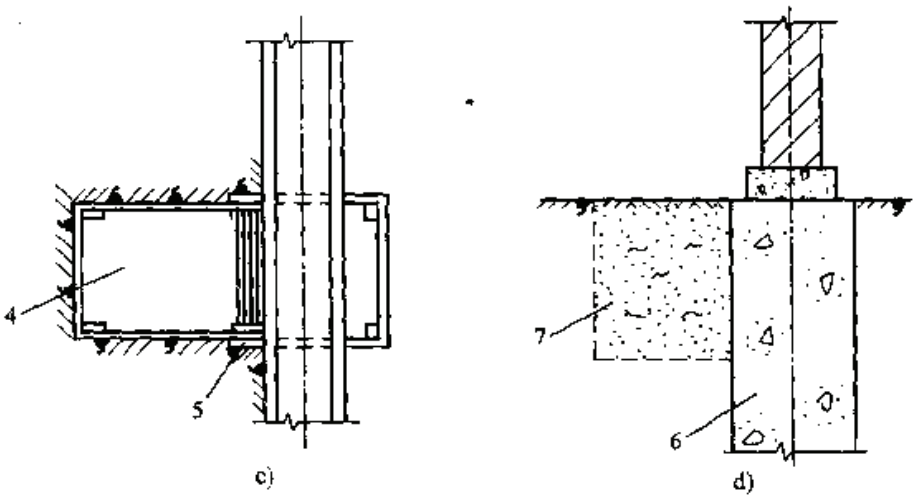


图 12-3 坑式托换支撑支设（续）

c）基坑支设 d）浇筑完间断的或连续的混凝土支墩

1—嵌条 2—横向挡板 3—直接在基础下挖托换坑 4—竖向导坑

5—挡板搭接 6—间断的或连续的混凝土墩式基础 7—回填土夯实

禁忌 6 坑式托换浇筑混凝土一次浇筑到基础底面

现象、危害性 坑式托换浇筑基础混凝土时，采取一次浇筑到被托换基础的底面。由于新浇混凝土经振捣后，上表面会产生一层泌水砂浆或松软混凝土层，强度低，沉降和体积收缩大，加上顶部捣实操作困难，会造成托换混凝土基础顶面与被托换基础底面存在间隙，使建筑物附加沉降加大或产生不均匀沉降。

防治措施 浇筑托换基础混凝土时，应在被托换基础底面下预留 80mm 厚间隙，养护 1d 后，用干硬性 1:1 水泥砂浆从侧面用小铁铲强力捣实，以保证完全密合，使被托的基础上荷载能直接传到新的托换基础上而不会产生附加沉降。

禁忌 7 托换基础不进行验槽，落在较软弱地基上

现象、危害性 托换基础坑挖好后不进行验槽，使托换基础直接浇筑在被扰动或较软弱的地基土层上。这样将使被托换建筑物产生不均匀附加沉降，造成开裂，降低托换加固效果。

防治措施 托换基抗挖好后，应进行验槽，清除被扰动或被浸泡土层，如局部有较软弱土层应挖深，换填灰土或砂砾石垫层，使地基承载力符合设计要求，并尽快浇筑托换基础混凝土，回填导坑夯实。

12.2 桩式托换

桩式托换是在基础结构的下部或两侧设置托换桩（包括静压桩、锚杆静压

桩、预试桩、灌注桩和树根桩等），在桩上搁置托梁或承台系统或直接与基础锚固，来支承被托换的墙或柱基。

禁忌 1 在被托换基础下挖掘导坑、竖坑，对坑壁不进行适当支撑

现象、危害性 采用坑式静压桩、预试桩托换时，在被托换基础下挖掘导坑、竖坑，对坑壁（砂土、软弱土、软土等）不进行适当有效支护。这样，坑壁将会在土侧压力作用下塌坍，基础脱离地基的支承面积扩大，降低上部结构的安全度，同时使桩式托换无法进行作业。

防治措施 遇砂土、软弱土及软土挖托换坑时，应适当设置必要的简易支撑，同时坑的间距要适当加大；挖一段，支护一段，确保坑壁稳定，作业安全。

禁忌 2 挖掘导坑、竖坑进行静压桩托换，不排水施工

现象、危害性 桩或托换挖掘导坑、竖坑采取不排水作业。坑底会有积水，在带水条件下作业，必然会扰动地基土，托换后会造成建筑物附加沉降加大或发生不均沉降，同时导致施工困难。

防治措施 静压桩托换挖坑，如有地下水或表面滞水，应采取井点或集水井将水位降至离坑底 0.5m 以下，以保证在无水状态下进行作业。

禁忌 3 被托换基础底面不处理，就进行桩与基础连接作业

现象、危害性 被托换基础底面存在垫层残渣、泥土、高渣不平，不进行清理、整平，就与桩连接。这样基础与桩连接后会存在缝隙，接触不紧密，会导致附加沉降加大，桩受力不均。

防治措施 压桩完成后，应逐段将被托换基础底面的泥土、垫层残渣清理干净，混凝土表面凿毛，将桩与被托换基础浇筑成整体（如压入钢管桩，在钢管桩中应先灌入混凝土），混凝土的强度等级应比被托换基础提高一个强度等级。

禁忌 4 压桩不连续进行，间歇时间过长

现象、危害性 压桩时不连续施工，一根桩压入一段停歇一段时间或同一段桩时压时停，间歇时间很长。这样会使桩周与土的摩阻力得到恢复，使压桩阻力增大，造成桩压不下去或把桩头压碎。

防治措施 压桩时，一根桩的桩段应预先检查好，全部符合设计要求的桩段，应一段一段地接着连续压下去，至一根桩全压完才能停顿。

禁忌 5 采用锚杆静压桩托换时，基础上的压桩孔凿成上下一样大小的方形孔

现象、危害性 锚杆静压桩的压桩孔凿成上下一样大小的方形孔，与桩周四

面平行，对桩受力后承受冲剪力不利，将削弱桩的承载力。

防治措施 压桩孔应凿成上小下大的锥形孔，上口（孔）边长为 $b+50$mm（b－方桩边长或圆桩直径），下口（孔）边长为 $b+100$mm，可先按桩的截面凿一个比截面四周略大一点的上下相同的孔，然后再修凿成上小下大的锥形压桩孔。

禁忌 6 埋设锚杆不清理锚固孔，锚杆不校直

现象、危害性 埋设锚杆不清理锚固孔，不校正锚杆垂直度。这样锚孔内有杂物，与锚杆粘结不牢，压桩时会拔出；锚杆不直或埋设前不校正，将影响锚固孔与锚杆对中重合，反力架安装歪斜，从而导致压桩中心线出现歪斜，使压入桩段不垂直，降低桩的承载力。

防治措施 埋设锚杆前应将锚固孔清理干净并干燥，把锚杆校直，再用硫磺胶泥或环氧砂浆粘结剂，将混凝土与锚杆粘结在一起，经冷却或固化 1d 后，即可使用。

禁忌 7 压桩千斤顶与桩段中心不重合

现象、危害性 压桩千斤顶与桩段中心线不垂直重合。将发生压入土中的桩与基础底面不垂直，降低桩的承载力。

防治措施 安装压桩千斤顶时，应使 4 个支撑点（锚杆）在同一个水平面上，使千斤顶的压力中心线与桩段的中心线重合，以保证压入桩段垂直度符合要求。

禁忌 8 压桩力未达到设计要求就停止压桩

现象、危害性 压桩力未达到设计要求的 1.5 倍单桩竖向承载力时，就停止压桩。这样会造成单桩承载力达不到设计要求，削弱桩的承载力。

防治措施 压桩时，每压入一节桩，应读一次该节桩的压桩力，直到桩尖压入到压桩力等于或大于 1.5 倍单桩竖向承载力特征值相当的土层内，始可确认该桩承载力符合设计要求，停止压桩。

禁忌 9 压桩接桩时不清理锚孔，不校直锚筋

现象、危害性 压桩接桩时对锚固孔不清理，锚固筋不校正。这样锚固孔内有泥土、杂物和水，影响桩连接强度；锚固筋歪斜，影响锚固孔和锚固筋的对中重合，上下桩段面不密合错位，从而导致整根中心线歪斜，降低桩的承载力。

防治措施 接桩前应将锚固孔清理干净并干燥，将锚固筋校直，接桩时，使筋与孔重合。套上硫磺砂浆夹箍，浇注硫磺砂浆，使上下桩面充分粘结对齐，保证桩面密合，上下对中。当用钢管桩时，亦必须上下段对中，然后电焊连接。

禁忌 10 压桩装置不进行校验就压桩

现象、危害性 压桩装置由反力架、千斤顶、高压油泵、电动葫芦等部件组成（图 12-4a），不进行检验、校验就压桩。这样，反力架安装是否牢固、垂直，与压桩孔中心线能否重合；千斤顶是否校验标定，液压系统是否完好；电动葫芦是否好用…等均为未知数，一旦不符合要求，出现问题，将会影响到压桩能否顺利进行和压桩质量。

防治措施 压桩装置安装的好坏直接影响到压桩质量。反力架应安装牢固，架身垂直；千斤顶安装中心线应与压桩孔（桩段）中心线重合，以防产生偏压，千斤顶应经校验标定，油压系统应完好；电动葫芦应上下运行正常；经校验、试用无问题，验收合格后，始可开始进行压桩。

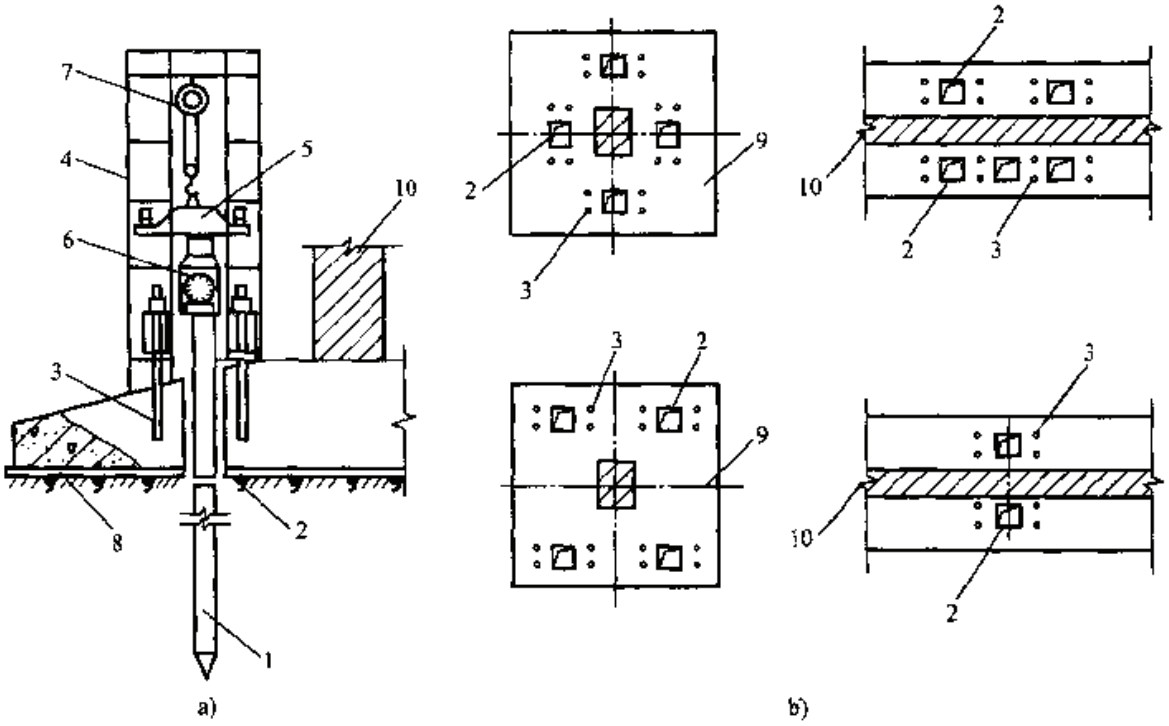


图 12-4 锚杆静压桩沉桩装置

a）静压装置 b）压桩孔与锚杆孔位置

1—桩 2—压桩孔 3—锚杆 4—钢结构反力架 5—活动横梁

6—油压千斤顶 7—电动葫芦 8—基础 9—柱基 10—砖墙

禁忌 11 压桩不对称进行

现象、危害性 压桩作业不对称进行。这样使基础受力不平衡，会导致被托换基础上的柱或墙倾斜，甚至倒塌。

防治措施 压桩施工时，对条形基础、独立基础，从整体或局部均应进行对称布置（图 12-4b），对称进行压桩，防止基础受力不平衡而产生倾斜。几台压桩

装置同时作业，亦应考虑大致对称作业，同时总压力不得大于该节点基础上的建筑物自重，以防止基础被抬起。

禁忌 12 压桩孔和桩头表面不清理、不凿毛，就进行桩头连接固定

现象、危害性 压桩孔与桩头周围表面的混凝土不清理、不凿毛就进行桩头与原基础锚固。这样处理由于表面被泥水杂物污染，基础与桩头粘结强度很低，握裹不紧密，将会削弱冲剪力的发挥。

防治措施 封桩时，应砍掉外露桩头，将桩的头部与基础桩孔周围凿毛，清理干净；封孔前清除孔内泥水杂物、清洗孔壁，焊好交叉钢筋，涂刷水泥浆一度，浇筑 C30 级微膨胀早强细石子混凝土，并加以捣实，使桩与基础承台形成一个整体。

禁忌 13 当要求对桩施加预压应力时，采取先拆除静压桩装置，后封桩孔

现象、危害性 当设计要求对桩施加预压应力时，采取先卸去反力架和千斤顶，后封桩孔。这样将会造成预加压应力回弹，使所加预压应力达不到设计要求。

防治措施 当采用预制钢筋混凝土方桩压入时，预加压力达到设计要求后，先不拆除反力架和千斤顶，将压桩孔浇好，待混凝土强度等级达到设计要求时，再拆除反力架和千斤顶。当用钢管做桩身，先将钢管压到设计深度，并使钢管顶面与基础底面的钢垫板保持约 600mm 净距，将钢管内的泥水清除后，在钢管中灌入混凝土，待结硬后，用两台液压千斤顶在钢管顶与基础之间，施加荷载到设计荷载的 150% 为止。在两台千斤顶之间竖放一段短工字钢，再用铁锤打入钢楔，以阻止桩的回弹，然后取出千斤顶，采用干填法或在不大的压力下将混凝土注入基础底面，将桩顶和工字钢包裹（图 12-5），即告完成。

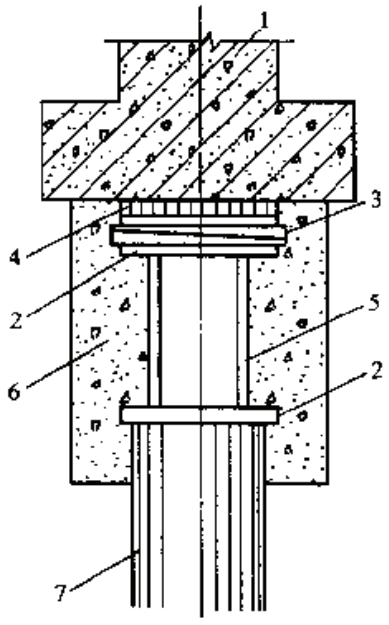


图 12-5 预加压力桩(预试桩)托换
1—被托换基础 2—钢垫板 3—钢楔 4—干填找平层 5—工字钢柱 6—混凝包裹保护 7—开口钢管，内填混凝土

禁忌 14 当采用灌注桩托换，不在基础两侧对称、同步进行

现象、危害性 灌注桩托换采取在基础一侧先钻（挖）孔成桩，然后再在另一侧钻（挖）孔成桩。这样在基础一侧先成孔，易造成基础底部土向桩孔流动，导致基础移位、倾斜，同时不利于基础分段托换完成，早日获得稳定。

防治措施 灌注桩托换应采取分段在基础两侧对称、同步进行，及时装上托梁支承被托换的基础和墙荷载。同时应采取分段间隔施工，以免基底被掏空太多，而使基础产生附加下沉。

禁忌 15 树根桩托换，钻机不作水平、对中校正

现象、危害性 树根桩托换时，钻机就位不作水平校正，钻管底部钻头不作两个方向对中检验。这样钻机不水平，易造成桩孔不垂直；钻头与桩孔不对中，易导致桩位偏移；使桩位和垂直度达不到设计要求，降低桩的承载力。

防治措施 桩架就位应先平整场地，铺好垫木。就位后，用水平尺对机架进行两个方向校正，保证机架水平、平稳、牢固；钻机钻头中心线应与钻位中心一致，控制偏差在 20mm 以内，钻杆亦应从两个方向校正垂直度；如有偏差可移动桩架再对中，如无偏差，即可固定桩架底座位置。以保持桩位、垂直度符合设计要求。

禁忌 16 树根桩托换设计为端承桩时，不下套管进行成孔

现象、危害性 树根桩托换设计要求为端承桩时，施工时采取不下套管成孔。由于树根桩截面较小（直径仅 100～300mm），捣实困难，均匀性差，不下套管成孔桩身截面和强度均得不到保证，会影响桩的承载力。

防治措施 树根桩用作端承桩时，必须下套管作业成孔，以保证桩身直径符合设计要求，桩身连续均匀。

禁忌 17 树根桩托换设计为摩擦桩时，不管土质好坏，均采用自成泥浆护壁成孔

现象、危害性 树根桩托换设计为摩擦桩时，施工图方便，不管土质情况，一律采用清水自成泥浆护壁成孔。这种做法，如在粘聚力差的砂土层中和流塑状软土地层中成孔，容易出现塌孔和缩孔现象，会造成断桩事故。

防治措施 在砂土和流塑状软土地层中成孔时，应配制一定密度、粘度的优质泥浆进行护壁，防止塌孔和缩孔。

禁忌 18 树根桩沉放钢筋笼分节过多，焊接时间过长

现象、危害性 树根桩多数用作摩擦桩，对土质较好时，多数用清水护壁成孔，如钢筋笼分节过多，沉放和焊接时间过长，容易发生塌孔，造成断桩，降低承载力。

防治措施 安装前将钢筋笼在地面接长好，尽可能整根钢筋笼一次沉放入桩孔；必须分节沉放时，应尽量减少节数，防止焊接时间过长导致塌孔或缩孔。

禁忌 19 钢筋笼一次不能下到设计深度时，采取提出强行插入

现象、危害性 树根桩第一次钢筋笼不能下到设计标高时，采取提出钢筋笼再次对准桩孔中心强行插入。由于第一次钢筋笼下不去，表明桩孔内局部塌孔或缩颈，如拔出再次强行插，将使塌孔或缩颈加重，易造成断桩事故，降低桩承载力。

防治措施 如钢筋笼下不去，可将钢筋笼缓慢提出桩孔，用钻机来重新扩孔、修孔、清孔后再重新放入钢筋笼，可防止发生断桩事故。

禁忌 20 树根桩托换桩顶钢筋不与被托换基础主筋焊牢

现象、危害性 树根桩托换时，钢筋笼竖筋不与被托换主筋焊接，或桩与基础连接不可靠、不紧密。这样将不能起到托换加固基础的作用。

防治措施 托换加固时，应凿开被托换基础的混凝土保护层，使主筋外露，再与树根桩钢筋笼的竖向主筋焊牢，同时将基础底、顶面与周边混凝土凿毛，浇筑一个混凝土外套，将树根桩与被托换基础连成整体。

禁忌 21 套管成孔树根桩采取先拔管，后注浆的作业方法

现象、危害性 套管成孔树根桩采取先拔套管，后注浆的操作方法，这样易造成塌孔或缩颈，浆液不能充满桩孔，会形成桩体强度不均或断桩。

防治措施 套管成孔树根桩应采取先注浆后拔套管的作业方法。一般当注浆压力达到规定值（0.15～0.3MPa）或浆液从孔口冒出或注浆量超过规定值，即应停止注浆，在注浆结束后立即拔管，每拔 1m 补浆一次，直至拔出为止。注浆材料配合比，当用于可灌性好的土层为：42.5 级水泥∶水∶砂 = 100∶60～65∶30～50。

禁忌 22 注浆管过短，一、二次注浆管均未插到孔底

现象、危害性 注浆管不插到孔底；二次注浆管管底没有花杆孔，亦未插到底。这样注浆管不直接插到底，使孔底至注浆管一段距离得不到注浆，会造成桩端碎石多，不密实，强度低；二次注浆管管底不设花管孔，在二次注浆时桩底一段重复注浆效果差，达不到设计承载力要求。

防治措施 一次注浆管应插到孔底；设计要求二次注浆的，应插二根注浆管到孔底，一次注浆采用 ϕ20mm 端部无花杆孔的注浆铁管，二次注浆采用 ϕ20mm 端部有一段花杆孔的注浆铁管，以保证注浆密实达到设计要求。

禁忌 23 树根桩孔内填入碎石不计量

现象、危害性 向树根桩孔内填入碎石不计投入碎石的数量。这样便无法检

验桩孔直径、承载力是否达到设计要求。

防治措施　树根桩孔内装填碎石应计量。填充碎石（粒径一般为 15～30mm）量可按体积法控制。如设桩孔的体积为 V_1，钢筋笼的体积为 V_2，注浆管的体积为 V_3，则桩孔内应填入碎石的体积（包括碎石的孔隙率）V 为：$V = V_1 - (V_2 + V_3)$

如已知算得应投入碎石的体积 V，将盛放碎石容器的体积算出，每次投入计数，投入体积等于 $0.8 \sim 1.2V$ 时为合格（$0.2V$ 是考虑钻孔计算体积误差和投入碎石时空隙率的变化）。如投入碎石量小于 $0.8V$ 时，则表示可能局部塌孔、缩颈，或碎石级配不良，应查明原因，加以纠正或进行补桩处理。

禁忌 24　在软弱土层和砂土层中成桩，不采用间隔作业

现象、危害性　在软弱土层和砂土层中成桩，不采用跳打（间隔）施工方法。由于相邻桩施工间隔时间较短和间距较小，注浆时浆液往往会从相邻已注浆尚未固化的桩孔顶部冒出（俗称穿孔）影响被穿孔桩身的完整性、均匀性和强度；同时由于正在注浆桩的浆液从相邻桩顶穿孔冒出，桩注入的浆液无法统计，桩身的连续性、均匀性、强度都不能保证，会降低桩的承载力。

防治措施

1）在软弱土层和砂土层中成桩注浆，为防止出现穿孔和浆液沿砂土层大量流失，可采用间隔（跳打）施工、间歇施工或浆液中增加速凝剂等措施。

2）采用跳打施工工序，可根据桩位间距大小，可选用跳一孔、二孔、三孔的施工工序作业，跳孔数是以不穿孔为原则；注浆前应对土的渗透性及地下埋设工程（管线、人防、井）调查清楚，对浆液易流失的土层，应适当减小注浆压力和掺加速凝剂；或采用间歇注浆作业，即浆液压出后，停顿一下，让先压出的浆液填满碎石空隙和邻近土的空隙，避免压出的浆液向远处渗出；将实际注浆量控制在计算注浆量的 3 倍以内（用浆量超出计算量 1 倍属于正常情况）。

禁忌 25　树根桩注浆采用大流量快速、一次注浆作业

现象、危害性　树根桩注浆采用高压大流量快速注浆和一次注浆作业。这种做法注浆开始就用高压大流量，会产生过多的浆液流失，使桩身强度不均；采用一次注浆法，注浆完成后，拔出注浆管时，桩顶会沉降，与被托换基础底面形成空隙，会使被托换基础的附加沉降加大；同时使桩周向土层中渗出挤入不足，影响桩的承载力。

防治措施

1）树根桩注浆，浆液从孔底开始压出时，用 1MPa 起始压力，待孔口浆液溢出时，改用 0.15～0.3MPa 压力使浆液逐渐上冒边提升注浆管，边压浆，直至

孔口。注浆管拔出后，桩孔内碎石和浆液面会沉降，浆液会向表层松散土层流失，应再向桩顶补充碎石和在桩顶 1～2m 范围补压浆一次，以确保桩顶强度。

2）采用一次注浆法，在第一次注浆完成后，拔出一次注浆管，向桩孔中补充填入碎石，待一次注浆的浆液初凝后，再第二次注浆，压力保持 4MPa，使产生浆液劈裂土体，形成根系，注浆管到桩顶拔出后，待第二次浆液初凝后，检查桩顶与基础底面是否齐平，如有缝隙修整后，再连接桩与基础，一般二次注浆后均能满足要求。

禁忌 26　树根桩钻孔至桩底后，就提钻、移机

现象、危害性　树根桩钻孔达到设计桩底标高后，就提钻管，移走钻机。这样就无法再清孔，致使孔底存在泥浆层，填灌碎石后与注入的水泥浆液与泥浆混合，在桩端形成一层低强度混凝土桩身，降低桩的强度和承载力。

防治措施　树根桩钻孔达到设计深度时，应吊紧钻管钢丝绳，在桩底旋转钻管，注入清水，使泥浆（泥渣）从孔口溢出，直至孔口基本冒清水为止；如成孔采用泥浆护壁，应使排出泥浆的密度与注入的稀泥浆密度基本一致时为止。这样能保证灌入桩孔的碎石与注入的水泥浆良好结合，桩身强度符合设计要求。

禁忌 27　用于防渗堵漏的树根桩浆液中不掺加外掺剂

现象、危害性　防渗堵漏用的树根桩仍用水泥浆液，不掺加外掺剂。这种不用外掺剂的水泥浆液稳定性和流动度差，均不能满足浆液向空隙裂缝中渗入，达不到要求的防渗堵漏效果。

防治措施　用于防渗堵漏浆液应在水泥浆液中掺加水泥用量 30% 以内的Ⅰ级和Ⅱ级磨细粉煤灰，以改善水泥浆液的流动性和稳定性。如不用粉煤灰，亦可掺加膨润土或陶土粉，应根据必需的强度、稳定性、流动性要求，通过试验确定其掺入量。

12.3　注浆托换

注浆托换是用压力注浆方法将胶结剂或化学溶液注入地基中与土粒胶结，在地基中形成一个强度较高的均匀加固体，从而在深基坑开挖时或在地基承载力不足、变形太大的部位保持建筑物的稳定。

禁忌 1　注浆孔布置不合理，深度、广度不够

现象、危害性　注浆孔布置不当，注浆孔距大，注浆体深度、范度均不足，

注浆体不能起到支承上部建筑物荷载，抵抗土的侧压力的作用，从而会导致建筑物产生不均匀沉陷或位移，造成建筑物开裂。

防治措施　作为深基坑开挖对邻近建筑物托换加固，注浆深度应达到一侧基坑开挖深度以下 1.0～1.5m，注浆宽（厚）度应使注浆体的自重力能抵抗土的侧压力作用（图 12-6）。注浆孔按三角形或梅花形布置，间距约为 0.6～1.0m，建筑物底部注浆采取打斜孔注浆，同时应考虑有一定超灌部分。

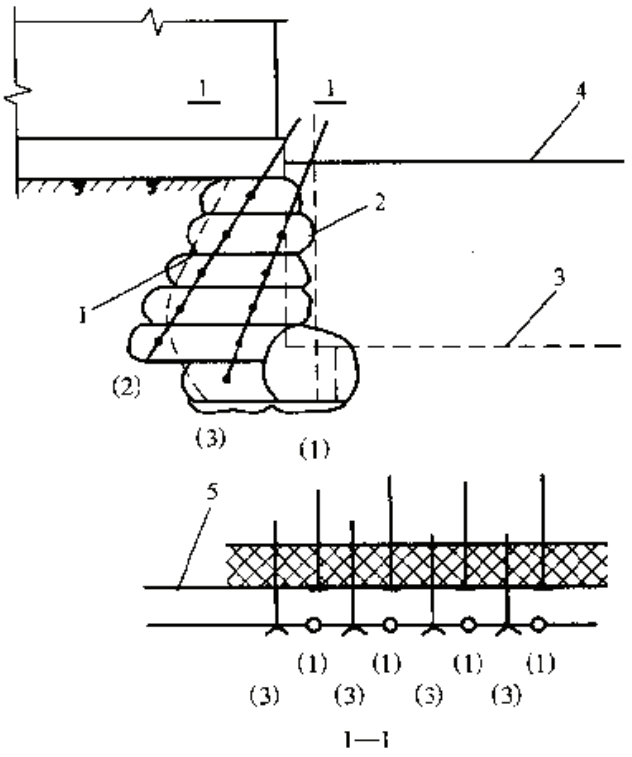


图 12-6　深基坑开挖时的注浆托换及注浆孔布置

1—设计灌注体范围　2—超灌部分　3—预定开挖坑底面　4—地表面

(1)、(2)、(3) —注浆次序

禁忌 2　注浆出现漏浆

现象、危害性　注浆出现浆液大量漏失，注浆体浆量不足。造成原因是遇透水性强或地下水流动的土层；或托换土层中存在孔洞，暗沟或污水管道，使浆液流失；从而导致注浆体浆液不足，注浆不均匀，强度低。

防治措施　采用低压注浆、加大浆液浓度；或采取间歇注浆；或在水泥浆液中掺加速凝剂等措施，避免浆液向远处流失。

禁忌 3　建筑物地面被抬起

现象、危害性　注浆时建筑物地面被抬动、变形开裂。造成原因是使用注浆

压力太大；注浆层上部无覆盖层或土层太薄，从而导致地面局部或较大面积被抬起破坏。

防治措施 注浆前在现场进行注浆试验，确定各项技术参数及操作工艺程序方法。上部土层采用低压注浆，增加表层注浆孔密度和注浆循环次数，提高上部土层密实度，使形成较厚抗顶压覆盖层，同时注浆采取间隔进行，防止上顶压力过大，应力过于集中，造成地面被抬起破裂。

禁忌 4 注浆体强度达不到设计要求

现象、危害性 加固托换土体注浆不均匀，密实性差，强度不能满足设计要求。造成原因为土质本身不均匀，有的裂隙发育，产生漏浆；注浆压力时高时低，每孔注浆不连续进行；使用水泥受潮过期，缺乏活性等，从而导致强度较低，达不到设计托换要求。

防治措施 合理布置注浆孔，使孔距、深度均匀一致；每孔注浆应一气呵成，注浆压力保持均衡，一般控制在 0.2～0.3MPa，使注浆体获得均匀的强度；水泥应选用新鲜无结块、活性高的 42.5 级硅酸盐或普通水泥；如有漏浆，可采取间隔、间歇注浆或在浆液中掺加速凝剂等措施。

禁忌 5 注浆托换浸湿区连成一片

现象、危害性 注浆托换加固时，浆液呈液体状态注入土体，在未凝固前，形成浸湿一大片，在建（构）筑物荷载作用下，会导致附加沉降增大，引起基础下沉、开裂。

防治措施 注浆托换应采用跳排、跳孔间隔注浆作业方法：加固前对被托换建（构）筑物的沉降情况进行测量记录，注浆过程中继续观察沉降情况，根据沉降观测数据适当调整施工顺序、注浆速度和注浆量，使不出现较大沉降量。亦可采取每批注浆，水泥浆终凝后，再进行下一批孔注浆，不使浸湿区连成一片。

12.4 支承式托换

支承式托换系利用支承方式将被托换的柱或墙基础上部结构托（抬）起，拆除原强度和承载力不足的柱或墙基，重新浇筑托换基础。

禁忌 1 两侧支承托换桩出现不均匀沉降

现象、危害性 柱、墙采取在两侧设支承桩，用托梁将原基础托起（图 12-7a），出现桩不均匀沉降。造成原因是两侧桩未落在同一土层上，软硬不均，承

载力、变形不均，从而导致柱、墙托换失效，使柱、墙产生倾斜或开裂。

防治措施　柱、墙基础拆除托换，两侧支承桩应设在同一土层上，深浅一致，并经承载力、变形核算满足要求，托梁具有足够的抗弯强度和刚度，方可进行基础托换施工。

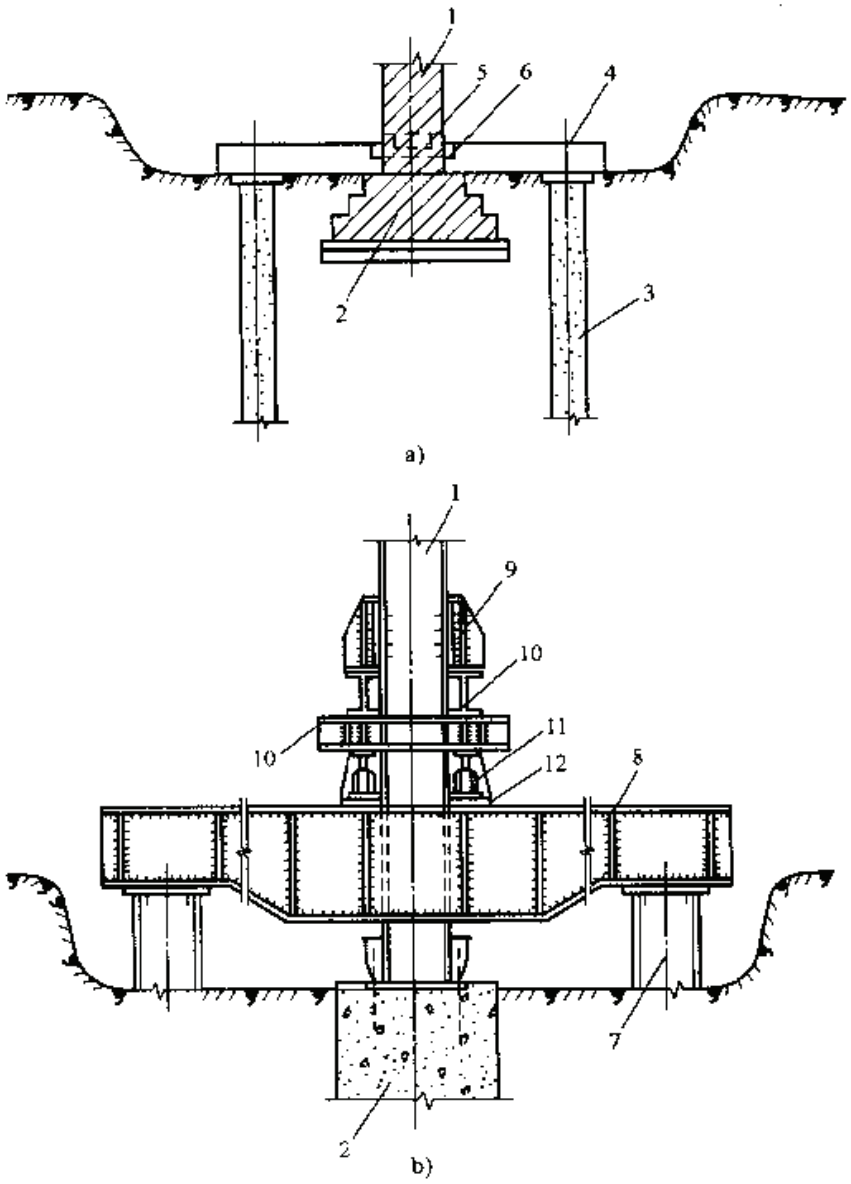


图 12-7　支承式托换

a）托墙换基　b）托柱换基

1—被托换砖墙或钢柱　2—需拆除墙基或柱基　3—灌注桩、灰土桩或墩台

4—主梁　5—次梁　6—托架梁　7—支承短柱　8—钢板或桁架托梁

9—钢牛腿　10—型钢小梁　11—油压千斤顶　12—钢垫板

禁忌 2 支承梁挠度过大

现象、危害性 钢结构支承式托换，采取在柱两侧设钢牛腿，下设两榀钢板（或桁架）托梁，支承在短柱或新设基础上，以支承柱上部钢结构荷载，由于支承钢板梁产生过大挠度，从而使上部被托换钢结构产生过大变形，焊缝开裂，影响上部钢结构的稳定。

防治措施 钢结构支承式托换系统（图 12-7b）应精心制作加工、安装。钢牛腿应牢固、焊缝可靠；钢板托梁必须有足够的强度和刚度，并有 $L/1000$（L—梁跨度）的向上拱度，在上部荷载作用下挠度应不大于 $L/500$；钢支承短柱必须有足够的支承面积。拆除旧基础，浇筑新基础期间要加强观测，支承钢板梁挠度超过允许值时，应采取措施及时调整，使在控制范围以内。

禁忌 3 支承托换不进行分段、间隔施工

现象、危害性 柱、墙支承式托换采取连续依次进行，不分段、间隔施工。这样使相邻基础在短时间内同时失去地基支撑，会使邻近上部结构产生变形、下沉，导致建筑物开裂。

防治措施 支承式托换应分段、间隔进行施工，以间隔基础之间的老基础作临时支撑进行中间基础支承托换，待中间基础托换完成足以传递支承上部荷载时，再在间隔之间进行相邻基础托换，将间断基础连成连续整体基础，以确保托换质量和安全。

禁忌 4 新浇支承托梁和基础不与原墙、柱紧密结合

现象、危害性 支承式托换新浇支承上部墙、柱荷载的托梁和基础，与原墙、柱之间不紧密结合，存在间隙。这样在上部墙、柱荷载作用下，将会产生不均匀变形、附加沉降，造成上部结构开裂。

防治措施 支承式托换新浇支承托梁和基础应做到与原墙、柱紧密连接，不留缝隙，以保护承受上部荷载。如存在间隙，应用干硬性砂浆强力打入填塞密实，对钢结构柱可楔入薄钢板，焊牢，使紧密接触。

12.5 特殊托换

特殊托换系采用高压喷射注浆法（图 12-8）、粉体喷射注浆法、水泥土深层搅拌桩法…等加固方法使地基形成复合地基得到加强，从而使建筑物下沉迅速停止，地基很快稳定。有关施工禁忌条目分别参见“1.9”、“1.10”、“1.13”节。

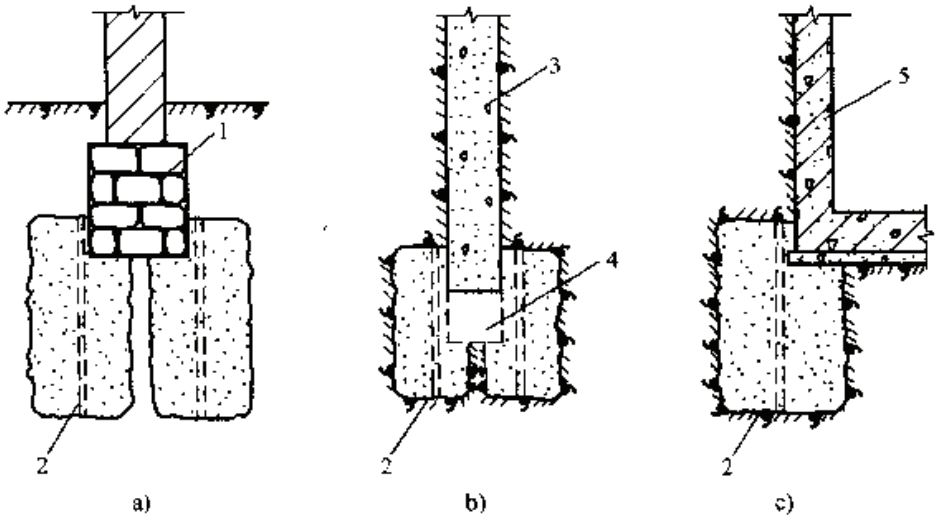


图 12-8 高压喷射注浆托换

a）高压喷射注浆加固基础 b）加固桩持力层 c）加固通廊

1—基础 2—高压喷射注浆桩 3—混凝土灌注桩

4—虚土和沉渣 5—通廊

13 建（构）筑物（基础）纠偏工程

13.1 迫降纠偏

迫降纠偏是对建筑物沉降较小一侧地基施加强制性沉降的措施，使其在较短时间内产生局部下沉，以扶正建筑物的偏斜。常用迫降纠偏法有：掏土纠偏法、压桩（顶桩）纠偏法，浸水与降水纠偏法等。

13.1.1 掏土纠偏法

掏（排）土纠偏法是在倾斜建筑物沉降量较小的一边的基础下掏出部分土，造成基底下土体部分悬空，迫使基底下的土在建筑物自重作用下压密下沉或侧向挤出变形，借以调整基础的差异沉降，从而起到矫正建筑物偏斜的效果。

禁忌1　掏土不分次、缓慢、对称、有序进行

现象、危害性　掏土纠偏不采取分期、分次（批）、缓慢、对称、有秩序地进行，乱挖乱掏，盲目施工。这样会造成掏土不均，使建筑物产生不均匀沉降，或悬挑、或突沉，导致建筑物开裂；或掏土过度，造成反倾。

防治措施

1）为防止纠偏一侧的不均匀沉降，掏土应在下沉量较小的一面沿倾斜中心两侧对称，有秩序地进行，避免乱挖乱掏。

2）纠偏掏土应分期、分次缓慢进行，每隔1～2d掏土一次，每次掏土0.25～0.5m^3，每次掏土后，应加强地基沉降、建筑物顶部倾斜度和裂缝的观测，待地基变形基体稳定，建筑物无异常情况，再进行下一次掏土。当建（构）筑物接近铅垂位置即应停止掏土，避免过度掏土，导致反倾。

禁忌2　掏土速度过快或过度掏土

现象、危害性　一次掏土过多、速度过快；或过度掏土，超过规定深度和范围。前者易使建（构，下同）筑物出现突沉，造成开裂破坏，甚至出现重大安全事故；后者易使建筑物产生反向偏斜，给纠偏带来困难。

防治措施　纠偏掏土应缓慢进行，不能急于求成，以保护建筑物安全。建筑物倾斜恢复速度，应由分次掏土及从基底下每次掏土面积、厚度的大小来控制，以防止突沉现象的发生，一般掏土面积控制在基础面积的30%以内，不会出现异常情况。同时要加强掏土监控，防止过度掏土，造成反倾。

禁忌3　掏土产生突沉

现象、危害性　掏土失去控制，出现突然下沉。造成原因主要是掏土注意不够，掏土过厚、过多、过快，预留土埂支撑不住建（构）筑一侧荷载而突然下降，产生突沉；或遇雨水、地表滞水浸泡，土埂被软化，也易出现突沉。突沉对地基产生冲击，会使建（构）筑物开裂破坏，甚至出现重大安全事故。

防治措施

1）纠偏掏土时要精心操作，严格控制掏土量，防止掏土过厚、面积过大、过快，或集中一处；同时做好周围排水、降水，防止地基土湿化，被水浸泡。

2）对高耸构筑物，宜在顶部设4根钢丝绳拉紧，纠偏时逐步放松下沉大的一侧钢丝绳，拉紧下沉小的一侧的钢丝绳，以防止突然下沉，造成安全事故。钢丝绳在纠偏完成后始可拆除。

禁忌4　纠偏出现反倾、过倾

现象、危害性　纠偏时过度，出现反向倾斜或过度回倾。造成原因是：操作失控，掏土过度、过量，未放慢掏土速度，未预留自沉土层；或掏土侧地基受雨水或地表滞水浸泡，使基底土壤处于软塑状态；从而导致反倾或过倾，给纠偏造成困难。

防治措施

1）纠偏应严格监控，掏土高度应严格控制在事先计算的掏土厚度之内。掏土宜慢速进行，掏出的土应及时排出，并不得超挖和留残土。根据实践，一般当掏土量大于沉降所需掏土量的2/3时，建（构）筑物才开始下沉，当建筑物开始回倾时，应加强观测，并严格控制掏土量，防止掏土过量而产生过倾、反倾。一般当接近扶正，宜预留薄层土，靠自沉纠倾到设计程度。在纠偏全过程中，应做基坑排水。

2）建筑物一旦被扶正，应立即停止掏土，迅速向孔隙内打入碎石，在基础周围填沙石并夯紧，谨防滞后回倾而导致过纠。对烟囱、水塔等高耸构筑物，一般宜再在倾斜相对一侧沿周边设3～6根混凝土灌注桩或墩（图13-1），直径为1.0～1.5m，桩（墩）顶与基础底面之间留有20～30cm的空隙，以作掏土矫正基础下沉之用，桩顶的空隙中垫以钢板，并在矫正过程中随着基础下沉，经常调整钢板的厚度，使基底与桩顶间始终保持10mm左右的空隙，防止垫板被基础压

紧。纠偏完成后，将基底与灌注桩（墩）顶之间的空隙用钢板全部填实，并用C30级细石混凝土进行喷灌，使基础下的缝隙全部填满，基坑用粘性土分层回填夯实。

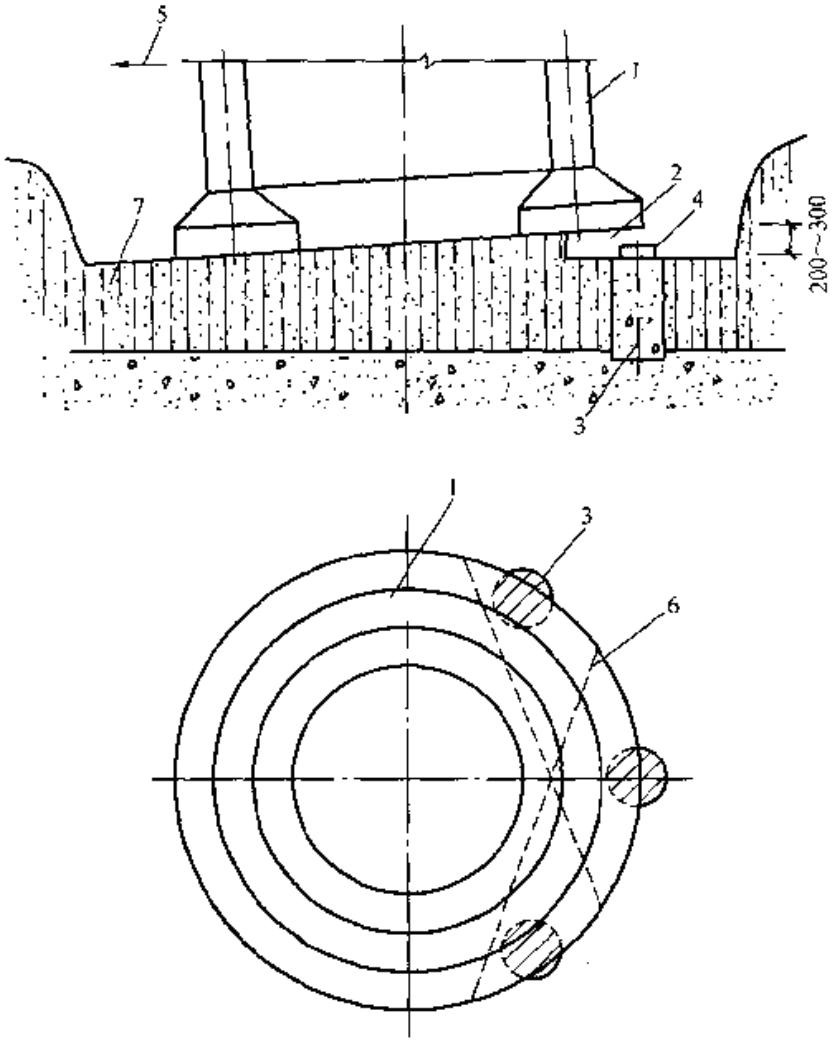


图 13-1 整片掏土纠偏

1—纠偏构筑物基础 2—基槽掏土 3—混凝土灌注桩或墩
4—钢板 5—倾斜方向 6—分段掏土线 7—地基

禁忌 5 不进行地基沉降和建（构）筑物倾斜度观测

现象、危害性 在建（构）筑物纠偏过程中，随意掏挖作业，不进行地基沉降和建筑物倾斜度的观测。这样在纠偏时，难以控制掏土量、掌握回倾速率、纠偏复位结束的时间、预留出滞后回倾量以及准确回倾程度和纠偏效果，这种仅凭目测、盲目施工，会使纠偏难达到预期效果，甚至造成超挖、过倾、反倾等情况发生，给施工带来困难。

防治措施 观测是搞好纠偏的重要环节。纠偏过程中要做好现场观测，在建

筑物上多设观测点，做好地基沉降、建筑物倾斜度观测；要用垂球、经纬仪、水准仪、倾角仪等工具勤观测多分析，及时分析，用以指导纠偏和进行信息化施工，发现不正常情况，及时调整纠偏方案，以确保纠偏质量和顺利完成。

13.1.2　压桩（顶桩）纠偏

压桩（顶桩）纠偏，系先在建（构）筑物沉降大的一侧用锚杆静压桩法先压桩，并立即将桩与基础锚固在一起，制止建筑物继续下沉，然后在沉降量小的基础一侧进行掏土或设保护桩施加拉拔力使挤土下沉（图 13-2），以达到纠偏纠正的目的。

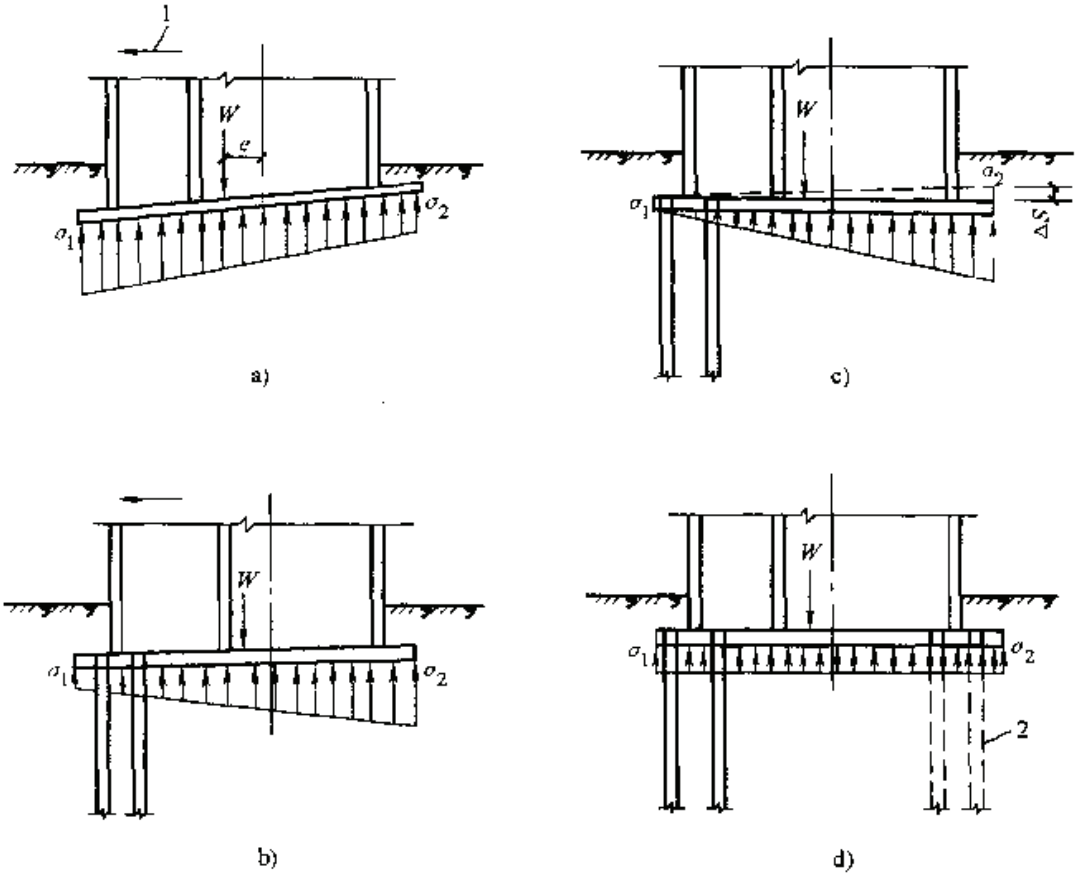


图 13-2　压桩（顶桩）纠偏情形及基底受力状态

a) 纠偏前情形及基底受力状态（$\sigma_1 > \sigma_2$）　b) 压桩加固后情形及基底受力状况（$\sigma_1 < \sigma_2$）　c) 掏土纠偏时情况及基底受力状态（$\sigma_1 < \sigma_2$）

d) 纠偏加固结束后情形及基底受力状况（$\sigma_1 \approx \sigma_2$）

1—倾斜方向　2—保护桩

禁忌 1　压桩加荷不同步、对称进行

现象、危害性　锚杆静压桩及保护桩加荷不同步、对称进行。这样使基础受力不平衡，会导致底板产生倾斜，甚至开裂，达不到一侧均匀下沉、稳定的纠偏

效果。

防治措施 压桩纠偏应对称布置，同步、对称加荷载，使基础底板倾斜一侧和非倾斜一侧受力均衡，确保加压纠偏安全顺利进行。

禁忌 2 加荷速率太大、太快

现象、危害性 压桩时随意加荷，加荷速度太大、太快。这样不利于控制纠偏速率，易使地基产生塑性变形失稳，建（构）筑物底板产生变形、开裂、倾斜，使纠偏失控。

防治措施 压桩加荷速率应与纠偏速率相适应，加荷载不应太大、太快，一般加荷载速率以使建筑物沉降量不超过 5mm/d 为限，以保证建筑物纠偏质量和安全。

禁忌 3 静压桩纠偏不与原基础进行锚固

现象、危害性 静压桩施工完后，不与原基础底板进行良好锚固。这样，桩与原基础连接不牢固，不能起纠偏抗压、抗拔的作用，将会使桩受力后与基础底板脱离，减弱纠偏效果。

防治措施 被纠偏建筑物基础应与锚杆静压桩连接牢固，桩主筋应与底板主筋焊接连接，清除桩孔内的泥水杂物，浇筑 C30 微膨胀混凝土，并加以捣实，湿养护 7d 以上，使桩与基础底板结合成整共同工作。

禁忌 4 纠偏掏土侧不设保护桩

现象、危害性 纠偏掏土一侧直接落在原土层上不设保护桩。这样会使纠偏掏土侧失去坚实支承，易在纠偏过程中及纠偏后产生过倾、超倾、甚至反倾，不能较快达到稳定。

防治措施 为防止地基受雨水或表面滞水浸泡或超挖，导致基础过倾、反倾，一般宜在倾斜相对一侧沿周边设 3～6 根混凝土灌注保护桩（或墩），直径 1.0～1.5m，纠偏时，可于保护桩的桩顶施加拉拔力，使地基达到塑性状态而被挤出，使倾斜得到纠正，当加压纠偏完后，该桩又可作为顶桩使用，使建筑物快速稳定。

13.1.3 浸水与降水纠偏

浸水纠偏系利用湿陷性黄土遇水湿陷的特性，采用“浸水”或“浸水与加压相结合”的方法进行纠偏；降水纠偏系在建（构，下同）筑物倾斜相反一侧打孔，先掏土而后进行降水，促使地基土在上部自重荷载作用下使孔周土体从侧向侧出，从而达到纠偏目的。

禁忌 1 不控制浸水与降水速率

现象、危害性 浸水或降水纠偏不控制速率，过快或过慢。如速率过快易使纠偏失控，甚至出现过倾，超倾或反倾，使地基产生不均匀沉降，影响建筑物稳定；速率过慢，则纠偏效果不显著。

防治措施 沉降速率大小取决于浸水或降水强度，浸水或降水的曲线很快下降，停止浸水或降水后曲线出现平缓段，沉降逐渐趋于平稳，纠偏即告完成；否则应适当调整速率。

禁忌 2 浸水纠偏注水流入倾斜一侧地基中

现象、危害性 浸水纠偏时注水流入倾斜一侧的地基中，这样会造成建（构）筑物倾斜一侧的地基软化，使倾斜加剧，事故恶化。

防治措施 浸水纠偏注水时，应在适当部位采取隔离措施，使注水不流入倾斜一侧地基中，加剧建（构）筑物倾斜度。

禁忌 3 不进行现场注水试验确定有关参数，盲目纠偏

现象、危害性 浸水纠偏不做现场注水试验，确定注水量、渗透速度、注水点间距等技术参数，盲目进行施工。这样不结合实际情况，随意选用工艺技术参数，就无法指导施工，预测纠偏效果，会使纠偏失控，达不到纠偏要求。

防治措施 浸水纠偏前，应进行现场注水试验，注水试验坑（槽）与倾斜建筑物间距不小于 5m，试验坑（槽）底部低于基础底面以下 0.5m，通过试验确定渗透半径、注水量与渗透速度的关系，一栋建（构）筑物的试验注水坑（槽）不宜少于 2 处。同时通过现场试验以指导施工，使纠偏符合客观实际情况和沉降变化规律，有秩序地进行，确保纠偏质量。一般要求沉降速率不超过 5mm/d。

禁忌 4 在浸水、降水纠偏过程中，不进行监测

现象、危害性 在浸水、降水纠偏过程中，不对倾斜变化情况进行监测。这样，就不能恰当控制沉降速率，准确掌握偏斜矫正情况，及时发现处理纠偏中出现的问题，达不到纠偏要求。

防治措施 在纠偏过程中，要加强对倾斜变化情况的监测，一般可采用悬球法、经纬仪法、水准仪法或倾斜仪法，及时分析力求准确，以确保质量。

禁忌 5 浸水法用于非湿陷性土层中，降水法用于湿陷性土层中

现象、危害性 将浸水纠偏法用于非湿陷性土层中，或将降水纠偏法用于湿陷性土层中。这样均收不到预期纠偏效果，如浸水纠偏法用于非湿陷性土层中纠

倾效果甚微；将降水掏土纠偏法用于湿陷性土层中，难以控制速率，会引起过倾、超倾，甚至反倾。

防治措施 浸水法纠偏适用于含水量低于20%、湿陷系数 δ_s 大于0.05的湿陷性黄土或填土地基建（构）筑物的纠偏工程，浸水再辅以加压纠偏适合于高含水量的黄土地基；降水纠偏法适用于深厚软土区、桩基房屋倾斜的纠偏，也适于其他类型基础房屋倾斜的纠偏。

禁忌6 降水区不对称、同步进行

现象、危害性 降水区采取一侧降水，另一侧不降水，不对称、同步进行。这样会造成降水区由于存在较大水头差，产生不均匀沉降，导致出现新的倾斜，使纠偏失控，建（构）筑物变形、开裂。

防治措施 建（构）筑物降水纠偏，同一区应对称、同步进行，使降水水头差不大于0.5m，使同一区沉降基本达到均匀。当一处停止降水工作，另一处也应停止降水，恢复降水亦应同时恢复。

禁忌7 降水纠偏引起邻近建筑物下沉

现象、危害性 降水纠偏引起周围邻近建筑物不均匀下沉。造成原因主要是降水速度太快，降水未采取隔离措施，从而导致邻近建筑物基础、地面下沉、开裂。

防治措施

1）降水纠偏应采取缓慢降水，控制沉降速率；如采用井点降水，应将间距加大，使建筑物均匀沉降。

2）在纠偏工程与邻近建筑物之间设置回灌井点，使建筑物保持原有地下水位。当设置回灌井点有困难时，亦可采用砂井、砂沟回灌。

3）其他参见9.1.5禁忌1“降水影响邻近建筑物稳”一节中防治措施。

13.2 顶升纠偏

顶升纠偏系在倾斜建筑物基础沉降量大的部位（基础或墙、柱体上），设置若干千斤顶，将倾斜一侧整体顶升，用调整建筑物各部分的顶升量，使建筑物沿某一点或某一直线作整体平面转动使恢复原位。

禁忌1 顶升纠偏不经试顶升

现象、危害性 顶升前不经试顶升，就正式顶升。这样会使顶升过程中出现的问题无从预防，结构变形无从预测，纠偏速率无从控制，会造成顶升不能顺利

进行，甚至使建筑物失稳。

防治措施 顶升纠偏前要进行一次试顶升，全面检验各项工作是否处于良好状态，如结构是否稳定无变形；纠偏速率是否合适；水电管线及附属体与顶升体分离是否妥当；框梁强度及整体性是否符合要求等；同时应设置好各顶点的分次顶升高度标尺，以使严格准确的控制各顶升量；经试顶检验良好，始可正式顶升。

禁忌 2 顶升前不制订纠偏方案

现象、危害性 顶升前不制订细致，安全、可靠的顶升纠偏方案，盲目施工。这样使施工无据可依，程序混乱，传力不可靠、作业不安全，会造成纠偏达不到预期要求。

防治措施 顶升前要制订细致安全可靠的顶升纠偏技术方案，以指导施工，包括：确定顶升平面和反力体系、顶升框梁的设计（截面、配筋）、计算顶升力大小、千斤顶数量、分布、施工程序、计算各点顶升量以及施工组织和安全措施等，以保证纠偏质量和施工顺利有秩地进行。

禁忌 3 顶升前不加固支顶原有建筑物、不设置顶升框梁

现象、危害性 顶升前对原有建筑物不进行加固支顶，不在千斤顶顶升部位设置水平顶升框架梁（即顶升框梁）。这样会使原有建筑物在顶升时有可能出现开裂或失稳；不设置框梁会造成千斤顶支顶处应力集中，使上部建筑物受力不均，导致变形、断裂或破坏。

防治措施 顶升纠偏前要在原建筑物刚度差、易变形部位进行适当加固支顶，以保证整体性良好；在千斤顶支顶标高部位设置通长水平钢筋混凝土框梁，使顶升力能扩散传递和使上部结构顶升时能均匀地上升，同时不使上部结构变形，并起与下部基础隔离的作用。设置框梁掏墙时，要轻锤快打，及时支设支垫，并尽快浇筑混凝土，以避免悬空时间过长而使墙体变形，产生裂缝；梁段连接要牢靠，以保证框梁的整体性。

禁忌 4 顶升前后不进行沉降观测

现象、危害性 顶升前后不对建筑物进行系统沉降观测。这样便不知建筑物实际偏斜程度，控制纠偏顶升量和速率；不了解地基沉降是否稳定，评估纠偏效果。

防治措施 顶升前后应对建筑物进行沉降观测，如沉降尚未稳定，应用双曲线法延伸来推算残余沉降，并从顶升量上来加以调节，使建筑物沉降完成后处于垂直位置或倾斜度在允许3‰范围内。由于顶升纠偏对地基没有扰动，顶升纠偏

后基底压力几乎没变，故可以认为沉降发展将按双曲线规律发展。

禁忌 5 顶升不同步，不及时将受力连接部位垫牢

现象、危害性 顶升纠偏不设专人统一指挥同步顶升到原位；顶升到达预定位置后不立即将主要受力部位垫牢并连接。这样将使顶升高低不一，受力不均，造成建筑物开裂，出现新的倾斜；顶失到达位置后，不及时将墙体主要部位垫牢，并进行墙体连接，一旦千斤顶回油、漏油，有可能使墙体变形、失稳，发生安全事故。

防治措施

1）顶升纠偏要设专人统一指挥，同步顶升到原位，信号统一规定。当顶升的千斤顶行程不够时，要有序地一台一台倒程，防止同时倒程导致框梁受力集中而发生危险。

2）顶升到达预定位置后，应立即将墙体主要受力部位垫牢并进行墙体连接，待连接体能传力后，始能逐步卸去千斤顶，将墙体补好，全部顶升纠偏工作始告完成。

参 考 文 献

1 江正荣，赵志缙，赵帆．土方与基坑工程．建筑施工手册．第4版．北京：中国建筑工业出版社，2003

2 江正荣．地基处理与桩基工程．建筑施工手册．第4版．北京：中国建筑工业出版社，2003

3 江正荣编著．建筑施工工程师手册．第2版．北京：中国建筑工业出版社，2002

4 江正荣，朱国梁编著．简明施工手册．第4版．北京：中国建筑工业出版社，2005

5 江正荣编著．简明土方与地基基础工程施工手册．北京：中国环境科学出版社，2003

6 江正荣主编．建筑地基与基础施工手册．第2版．北京：中国建筑工业出版社，2005

7 彭圣浩主编．建筑工程质量通病防治手册．第3版．北京：中国建筑工业出版社，2002

8 上海市工程建设监督研究会．建筑施工禁忌手册．北京：中国建筑工业出版社，2000

9 叶书麟，韩杰等编著．地基处理与托换技术．第2版．北京：中国建筑工业出版社，1994

10 江正荣等主编．实用高层建筑施工手册．北京：中国建筑工业出版社，2003

11 江正荣，杨宗放主编．特种工程结构施工手册．北京：中国建筑工业出版社，1998

12 江正荣主编．建筑分项施工工艺标准手册．第2版．北京：中国建筑工业出版社，2004

13 江正荣主编．基坑工程便携手册．北京：机械工业出版社，2004

14 江正荣主编．地基处理便携手册．北京：机械工业出版社，2004

15 江正荣著．大型设备基础施工技术．北京：中国建筑工业出版社，1997

16 江正荣．我国地基与基础施工技术的新进展．建筑技术，1997（5）

17 江正荣．地基处理与桩基施工技术的新进展．建筑技术，2003（3）

18 中国建筑科学研究院主编．建筑地基基础设计规范（GB 50007—2002）．北京：中国建筑工业出版社，2002

19 上海基础工程公司主编．建筑地基基础工程施工质量验收规范（GB 50202—2002）．北京：中国计划出版社，2002

20 中国建筑科学研究院主编．建筑技术地基处理技术规范（JGJ 79—2002）．北京：中国建筑工业出版社，2002

21 中国建筑科学研究院主编．建筑基坑支护技术规程（JGJ 120—1999）．北京：中国建筑工业出版社，1999

22 冶金建筑研究总院主编．建筑基坑工程技术规范（YB 9258—1997）．北京：冶金工业出版社，1998

23 中国建筑科学研究院主编．高层建筑箱形与筏形基础技术规范（JGJ 6—1999）．北京：中国建筑工业出版社，1999

24 史佩栋主编．实用桩基工程手册．北京：中国建筑工业出版社，1999