DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0155—95

钻孔灌注桩施工规程

995-09-14发布　　1996-03-01实施

中华人民共和国地质矿产部　发布

目　　录

1　主题内容与适用范围 …… (1)
2　引用标准 …… (3)
3　灌注桩质量标准 …… (3)
4　施工设计 …… (3)
5　施工准备 …… (5)
6　成孔 …… (6)
7　冲洗液与净化 …… (28)
8　清孔 …… (30)
9　钢筋笼制作与吊放 …… (31)
10　混凝土的配制与灌注 …… (33)
11　特种桩的施工 …… (44)
12　质量检验及工程验收 …… (56)
附录 A　钻头和接头(补充件) …… (60)
附录 B　钢筋及焊接标准(补充件) …… (62)
附录 C　桩基静载试验(补充件) …… (67)
附录 D　抽心取样(补充件) …… (82)

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0155—95

钻孔灌注桩施工规程

1 主题内容与适用范围

1.1 主题内容

本规程规定了钻孔灌注桩生产施工的各项技术工作要求及有关工艺操作规定。

1.2 适用范围

本规程适用于陆地或水域的工业与民用建筑、重型设施、码头、桥梁、港口等构筑物钻孔灌注桩基础施工；也适用于钻孔桩护坡挡土治理滑坡以及斜桩、扩底桩、树根桩等特种工程施工。

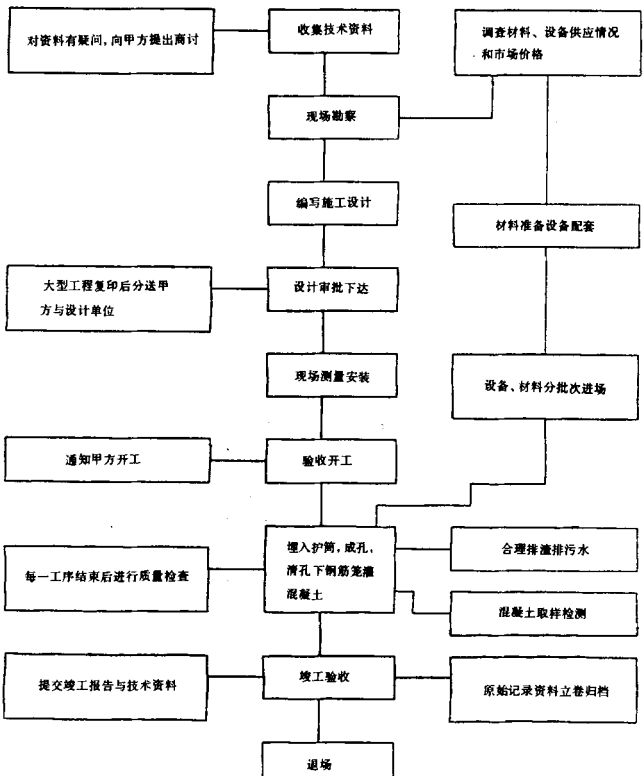
1.3 基本规定

1.3.1 本规程对钻孔灌注桩的施工设计、成孔工艺、水下混凝土灌注工艺、质量检测以及桩的试验提出了明确要求，是钻孔灌注桩施工管理、检测等项工作的主要依据和准则。承担施工任务的现场操作人员，技术、生产管理人员都必须严格遵守和执行。

1.3.2 钻孔灌注桩是一项质量要求高、施工工序多，并须在较短时间内连续完成的地下隐蔽工程。因此，必须认真按程序进行施工。（见程序框图），备齐技术资料，编写施工设计，做好施工准备。应按本规程和设计要求，建立各工序的施工管理制度，岗位责任制，交接班制，质量检查制度，设备和机具的维护保养制度，安全生产制度等。做到事事有分工，人人有专责，使施工有秩序地、快节奏地进行。

中华人民共和国地质矿产部1995-09-14批准　　1996-03-01实施

钻孔灌注桩工程施工程序



1.3.3 钻孔灌注桩施工，必须坚持质量第一的原则，进行全面质量管理。特别要严格把好钻孔、清孔、下钢筋笼和灌注混凝土等四道工序。每一工序完毕时，均应及时进行质量检查，前一道工序质量不符合要求时，必须返工重做，严禁凑合进行下一工序，以免存留隐患。每一工地应设专职质量检查员，对施工质量进行检查监督。

1.3.4 认真贯彻安全生产方针，坚持文明生产。在施工中应制订并严格执行安全技术措施，正确使用防护设施和劳保用品，确保安全生产。

1.3.5 施工过程中要严格执行城市交通管理、环境保护和三废处理等项规定，禁止向下水道或以其他违章方式排放废渣，运输钻渣途中要防止撒漏，避免污染环境。

1.3.6 施工中如发现有文物、古迹或其他需要保护的定向设施标记等，应随即报请有关部门处理后，方可继续施工。

2 引用标准

2.1 直接引用标准

JGJ 4 工业与民用建筑灌注桩基础设计与施工规程

GBJ 202 地基与基础工程施工及验收规范

GBJ 7 建筑地基基础设计规范

GBJ 301 建筑工程质量检测评定标准

JTJ 041 公路桥涵施工技术规范

2.2 配合使用的技术文件

公路桥梁钻孔施工操作技术规程(试行)

铁路桥梁钻(挖)孔灌注桩基础设计施工及试验规则(试行)

建筑桩基技术规范(征求意见稿)

岩心钻探规程

3 灌注桩质量标准

3.1 钻孔灌注桩的用途和荷载作用性质不同,其质量标准也有所不同,必须严格按相应的质量标准和设计要求施工。

3.2 特殊用途的钻孔灌注桩如护坡帷幕挡土钻孔灌注桩等,其质量应符合设计要求,亦可参考本规程有关内容。

3.3 钻孔灌注桩的成孔、清孔、钢筋笼制安、混凝土配制以及混凝土(水下混凝土)灌注等工艺、工序过程的质量直接影响到桩孔质量。控制桩孔质量,必须控制各个工序过程的质量,每个工序完工后,必须严格按相应标准进行质量检验,并认真做好记录。

3.4 桩孔的质量指标主要有孔径、孔深、孔(桩)位、垂直度、孔底沉渣厚度等,其质量标准见表1。

表1 桩孔质量标准

桩孔质量指标	工业与民用建筑钻孔灌注桩			铁路、公路、桥梁钻孔灌注桩
	干作业成孔	正反循环成孔	冲击、冲抓成孔	
直径容许偏差 cm	±2	±5	+10 −5	不小于设计桩径
孔深容许偏差 cm	+50 −20	摩擦桩:+50 −15 端承桩:+30 −5		摩擦桩:按设计规定 柱桩:+30+5
桩孔中心位置容许偏差	1 单桩、条形桩基沿垂直轴线方向和群桩基础边桩的偏差为1/6桩的设计直径; 2 条形桩基沿顺轴线方向和群桩中间桩的偏差为1/4桩的设计直径			群桩:不大于10 cm 单桩:不大于5 cm
垂直度容许偏差	直桩:≤1% 斜桩:不大于倾斜角正切值的15%			直桩:≤1% 斜桩:±2.5%
孔底沉渣 cm	≤10	摩擦桩:≤30 端承桩:≤10		摩擦桩:≤0.4～0.6 d 柱桩:≤5

注:①柱桩是指支撑在岩面上的桩。

②倾斜角是斜桩轴线与铅垂线间的夹角。

4 施工设计

4.1 一般规定

4.1.1 施工设计由施工单位进行编制，它是施工过程中各项工作的技术文件。不论工程项目大小，均应认真编审，严格做到没有设计不得施工，按照设计组织施工。修改设计，必须经原批准部门同意，任何个人不得随意修改。

4.1.2 施工设计由工程施工技术负责人组织有关人员编写，上一级主管部门的总工程师主持审批。

4.1.3 编写施工设计要结合实际，全面了解工程的技术要求，详细进行现场调查，收集工程的地质资料，然后组织编写。进场前，施工单位必须向全体施工人员进行技术交底，做到人人对工程的技术要求、质量要求、工艺方法有透彻的了解。

4.1.4 凡遇重大、特殊工程或水文地质条件复杂的工程，施工前应酌情进行工艺性试成孔，配合设计单位作试桩，以鉴定桩的承载力、验证桩的设计参数，校核设计的桩长或桩径。

4.1.5 根据桩孔的类型和工程、水文地质条件合理地选定施工工艺方案。各种钻孔灌注桩成孔工艺方法及适用范围见表 2。

4.2 编写施工设计应具备的主要技术资料：

a. 建筑场地地理、交通平面位置图、工程批文等。

b. 工程地质勘察报告和图件。

c. 钻孔灌注桩(基础)设计图，桩位平面图，桩身结构设计图，钢筋笼制作、安放设计图。

d. 施工区域内地下障碍(管、线)等资料。

e. 正常供电、供水量。

f. 工程的期限及其他方面的要求。

4.3 施工设计的内容

a. 工程概况

① 工程地理位置及交通情况，工程的批文。

② 基础工程的地质勘察报告，地层，水文地质条件。

③ 基础工程的面积、桩数、桩径、桩长，砼的设计标号，工程质量要求及设计技术要求。

④ 工程的期限及其他方面的要求。

b. 施工方案和设备选型

表 2 常见钻孔灌注桩成孔工艺方法及适用范围

作业方式	工艺方法	适用孔径 mm	清孔方法	混凝土灌注方式	适用地层
干成孔	螺旋钻 振动钻	ϕ350～ϕ800	掏土器或重力夯实	浅孔由孔口倒入，深孔用导管灌注	地下水位以上的粘性土、砂土、砂层、人工填土
冲洗液回转钻进成孔	潜水电钻	ϕ600～ϕ1 200	泵吸反循环或空压机	导管水下灌注	粘性土、淤泥、砂土、强风化基岩
	正循环回转钻	ϕ400～ϕ1 000	空压机	导管水下灌注	人工填土、粘性土、砂质土、淤泥层、碎石土、砂层、砾砂层、基岩
	反循环回转钻	ϕ600～ϕ2 500	反循环	导管水下灌注	粘性土、砂质土淤泥层、碎石土砂层、卵砾石层基岩
冲击、冲抓成孔	冲击钻	ϕ400～ϕ1 200	空压机	导管水下灌注	适用于各种复杂土层、砂层、砾砂层、强风化基岩
	冲击反循环钻	ϕ400～ϕ2 000	反循环	导管水下灌注	坚硬岩层
	冲抓钻	ϕ600～ϕ1 200	压风机	导管水下灌注	适用于各种复杂的土层、砂层、砾砂层、漂砾层

①根据基础设计的技术要求及工程地质、水文地质条件，制定施工工艺方案。内容包括施工顺序(绘

制工艺流程图），成孔的工艺技术要求及有关规定（泥浆循环系统，排污措施）。

②根据工程期限的要求，准确计算工程量，再根据工程量确定工作日、机械台班数和材料供应计划等，并编制好工程进度图表。

③根据设计基础桩型（摩擦桩、端承桩）及桩径，桩长来选择设备型号，包括成孔设备，动力、灌注设备，吊装设备，运输设备以及主要机具等。

c. 工程现场岗位定编劳动组合及岗位责任制，并列表说明各岗位人数、职责范围。

d. 施工现场平面图。

e. 施工技术要求及质量保证措施。

f. 现场安全组织网络、职责、用电安全措施，施工安全规定，季节性的安保措施。

4.4 施工设计的审批程序

大型工程施工设计，必须由上一级技术主管部门组织有关人员进行审批；中小型工程施工组织设计，报上一级技术主管部门审批备案，未经审批的施工设计，工程一律不许开工。

施工设计中应提供的图表：

a. 施工平面布置图；

b. 机械、材料、劳力安排一览表；

c. 材料供应计划表；

d. 工程进度表。

5 施工准备

5.1 施工准备工作包括平整场地、桩位测量放线、布置设备行走轨道和运输道路、设置供电、供水系统、安设冲洗液循环、储备、净化和排放设施、混凝土搅拌站、护筒埋设以及设备、机具、材料的安装和准备。

5.2 场地准备

5.2.1 对设计单位提交的测量资料进行检查，复核测量基线和基点，标定钻孔桩位和高程，测量桩孔的中心位置偏差不得大于 5 mm，并以长 300 mm、直径不小于 42 mm 的铁质尖桩锤入土层作为标记，尖桩出露地面高度一般为 50～80 mm。

5.2.2 设备进场前要做到“三通一平”，即路通、水通、电通，施工场地平整。

5.2.3 场地布置要力求合理，特别要注意运输畅通，有利于平行交叉作业，废水、废浆、废渣的排放符合环保法规，做到文明施工。

5.3 埋设护筒

5.3.1 护筒有导正钻具、控制桩位、隔离地面水渗漏、防止孔口坍塌、抬高孔内静压水头和固定钢筋笼等作用，应认真埋设。

5.3.2 护筒一般用厚 5～6 mm 钢板制作，内径应比钻头直径大 10 cm，长度一般为 1.5 m，顶部必须用钢板或角钢加固，并安有 2～4 个提升环和留有 1～2 个溢浆口，埋入深度不得小于 1 m，溢浆口必须对准循环槽。

5.3.3 埋设护筒时，护筒中心轴线对正测定的桩位中心，其偏差不得大于 20 mm，并应严格保持护筒的垂直。护筒固定在正确位置后，用粘土分层回填夯实，以起到紧固护筒和底口止水的作用并防止护筒偏斜或漏、涌水现象发生。

5.3.4 如护筒底土层不是粘性土，底口处易渗漏坍塌，应挖深换土，在坑底回填夯实 300～500 mm 厚度的粘土后，再安放护筒。

5.3.5 护筒上口应用钢丝绳对称吊紧，防止下窜。

5.4 设备安装

5.4.1 钻台行走钢轨必须平直、稳固，两钢轨的对称线与桩孔中心线的偏差不得大于 20 mm。轨道面上任意两点的高差不得大于 20 mm。钻台行走时钢轨不应有明显沉陷。

5.4.2 吊装设备的起重人员必须持有专业执照，严禁无照操作。吊装时地面应有专人配合指挥，无关人员应撤离作业范围。

5.4.3 回转钻机钻架的天车滑轮前缘、回转器(或转盘)中心和桩孔中心三者应在同一铅垂线上，以保证钻孔垂直度。回转器中心同桩孔中心位置偏差不得大于 15 mm。

冲击或冲抓钻机钻架的天车滑轮前缘的铅直线应对准桩孔中心，偏差不得大于 10 mm。

5.4.4 设备安装就位之后，应精心调平，并用螺旋支架支撑牢固，确保施工中不发生倾斜、移位。作业之前，设备应先试运转检查，以防止成孔或灌注中途发生机械故障。

5.4.5 所有机电设备接线必须安全可靠；处于运输道路上的电缆，应加套管保护或挖沟埋设。

6 成孔

6.1 一般规定

6.1.1 在建筑物旧址或填土区施工时，应先用钎探或其他方法，探明桩孔位置的地下情况。有浅埋旧基础、大石块、废铁等障碍物时，应先挖除或采取其他措施处理。

6.1.2 当桩孔净间距过小时，应采取间隔跳跨施工顺序，防止孔内串穿影响成桩质量。

6.1.3 在易坍塌的地层中施工，当用提高水头等措施尚无法稳定孔壁或超径过大时，应用泥浆进行护壁，成孔前需准备大于钻孔容积 1.2～1.5 倍的泥浆。

6.1.4 施工中应尽量不间断，不得中途无故停钻。操作人员必须认真履行岗位责任，交接班时应认真填写施工记录，详细交代钻进情况及下班应注意的事项。

6.1.5 成孔到设计深度后，应会同有关部门对孔深、孔径垂直度、孔位以及其他情况进行检查，确认符合设计要求后，填写终孔验收单。

6.1.6 成孔搬迁后，必须保护好孔口，防止人员或杂物掉落孔内。

6.2 螺旋钻钻进成孔

6.2.1 螺旋钻适宜于钻进地下水位以上的一般粘性土、砂土、人工填土、卵石层以及软岩层，不宜用于地下水位以下的上述各类土层及碎石层、淤泥、淤泥质土层的桩孔施工。

6.2.2 螺旋钻成孔直径一般为 0.3～1.0 m，深度不超过 30 m。

6.2.3 螺旋钻成孔的设备包括导向架、卷扬机、螺旋钻具、动力机等。螺旋钻进一般分为长螺旋、短螺旋、环状螺旋、震动螺旋和跟管螺旋钻进成孔。

钻头的形式有尖底式、平底式、筒式、耙式等，应根据不同地层选择钻头：

a. 粘性土地层可用尖底式钻头，如土质较硬或为冻土层，可在刃口上镶焊合金刀头；

b. 松软土层宜用平底式钻头；

c. 杂质填土层，含有大量砖、瓦、乱石，可采用耙式钻头；

d. 遇有混凝土块、条石等障碍物，可采用筒式钻头。每次钻进深度应小于筒身高度，并且在钻进中适当加水。

6.2.4 施工中应根据地层、口径等不同条件选择钻进参数：

a. 转速：一般为 30～60 r/min；

b. 钻压：一般小扭矩钻机加压 1～1.5 t，大扭矩钻机可加压 2～3 t。

6.2.5 钻进时应遵守下列规定：

a. 为便于装有筒式出土器的钻头迅速准确地对准桩位，可在桩位上放置定位环。

b. 开始钻进或穿过软硬土层交界处时，钻杆应保持垂直，并缓慢给进。

c. 在含砖头、瓦块的杂填土层或含水量较大的软塑性土层中钻进时，应尽量减少钻杆摆动，以免扩大孔径。

d. 采用长螺旋钻进时，螺旋钻杆与出土装置导向轮间隙不得大于钻杆外径的 4%。钻至要求深度时，一般应在原处空转清孔，然后停止回转，提升钻具。出土装置的出土斗离地面高度不得小于 1.2 m。

如孔底虚土超过允许厚度时，应用辅助工具(掏土或夯土工具)或二次下钻重新清孔。

e. 采用短螺旋钻进时，每次钻进深度应不超过螺旋长度。

f. 钻进中出现钻杆晃动、跳动或不进尺等异状时，应停车检查。

g. 钻进砂土层时，深度不宜超过初见地下水位，以免孔壁坍塌。

h. 应根据孔内阻力大小及时调整钻进速独并尽量保持匀速给进，以免造成机具损坏和孔内事故。

i. 钻进过程中，随时清理孔口积土，遇到孔内渗水、塌孔、缩径等异常情况时，应将钻具从孔内提出，然后会同有关部门研究处理。

6.3 正循环钻进成孔

6.3.1 正循环成孔是目前国内工业与民用建筑钻孔灌注桩普遍采用的钻孔方法。它适宜于钻进填土、粘性土、砂性土层和基岩，也可在卵砾石含量小于20%、粒径小于15 mm的部分砂卵砾石层施工。不宜用于碎石层、抛石层和层位较厚卵砾石、粗的卵砾石层施工。施工的桩孔直径一般菜大于1 200～1 500 mm。

6.3.2 主要设备：

6.3.2.1 钻机：目前较普遍使用的有：水文水井钻机、改装的立轴钻机、也有动力头钻机和大口径反循环工程钻机等。不论使用何种钻机，其主要技术性能必须满足施工要求。

6.3.2.2 泥浆泵：一般采用往复式泥浆泵，也可使用离心式砂泵。其选型应根据桩深(长)、桩径与钻杆、水龙头的通水口径而定。

6.3.2.3 钻台与钻塔：目前使用较多的有轨道式多向活动钻台、滚筒式钻台和步履式钻台几种类型。钻台必须符合整体稳定性好、移动快捷安全、钻进平稳的原则。钻塔形状较多，大体可分为塔式和龙门式两类，要便于施工作业、安全提升载荷不小于10 T，有效提升高度能满足升降钻具的需要。

6.3.3 泥浆循环系统应符合下列要求：

a. 泥浆循环系统由泥浆池、沉淀池、循环槽、废浆池、泥浆输送管道与钻渣分离装置组成，并应有排水、排废浆和外运通道。泥浆一般宜集中搅拌、储藏和向钻孔输送。

b. 泥浆池应修筑在方便清理和不影响施工场地内，其数量应视工程大小和钻机开动台数而定，一般1～2个，容积应为钻孔容积的1.5倍以上，一般不小于30 m^3；

泥浆池应有两个以上，保证在不停钻的情况下，可以轮翻清渣与使用，每个沉淀池的容积不小于6 m^3；

废浆池视场地的大小而定，一般不小于两个桩孔的容积。

c. 循环槽应设有1∶200的坡度，槽的断面积应能保持冲洗液正常循环而不外溢。

d. 可用砖砌和水泥砂砌筑泥浆池、沉淀池、泥浆循环槽，不得渗漏或倒塌。泥浆池不能建筑在新堆积的土层上，避免因池子下陷开裂倒塌而影响施工。

6.3.4 应使用优质粘土配制泥浆，使用中应经常清除钻渣，测量泥浆粘度、比重，含砂量与胶体率，以便随时调整泥浆性能。

6.3.5 钻具的选择

6.3.5.1 要求钻具有足够的强度和较大的通水口径。钻杆直径不小于ϕ89 mm。

6.3.5.2 应根据不同地层来选择钻头类型

a. 一般粘性土、淤泥和淤泥质土、砂土等地层，宜用笼式钻头或刮刀式钻头，在笼式钻头前部可加一导向小钻头，起导向作用，并利于聚渣与清孔；

b. 在不厚的砂卵砾石层、或强风化岩层中钻进，可用镶焊硬质合金刀具的笼式钻头；

c. 软基岩(5级以下)可用硬质合金的笼式钻头，较硬的基岩可选用牙轮钻头，钢粒钻头、反循环冲击钻头或潜孔锤钻进；

d. 遇孤石或旧基础时，可用筒式硬质合金钻头钻进，若孤石或旧基础较大，在保证不钻偏孔的前

提下，也可采用与基岩相同的钻进方法。

6.3.6 钻进操作应遵守的事项：

a. 开钻前设备要试运转，待正常后方能开钻。下钻时钻头内不应直接放在筒底，应离筒底100 mm左右开动泥浆泵，视泵量正常后开动钻机再将钻头慢慢放至孔底，轻压慢转，钻头不得碰撞和挤磨护筒，待钻头通过护筒后才能逐渐增加转速和增大钻压，直至正常钻进。

b. 正常钻进时，应合理掌握钻进技术参数，不得随便提动钻具和盲目加大钻压，以免造成孔斜和人为的孔内事故。操作时要精力集中，掌握升降机钢丝绳的松紧度，减少钻杆与水龙头晃动。

c. 钻进中遇到钻具跳动、蹩车、蹩泵、孔内严重漏水或涌水、钻孔偏斜等现象时，应及时查明原因，调整钻进技术参数以控制钻速。必要时应采取加大泥浆比重、粘度，更换钻头或增加导向钻具等措施。

d. 在不同地层中钻进，要及时更换相适应的钻头。

e. 钻进过程中要注意操作安全，防止人员和工具掉入孔内。

6.3.7 钻进技术参数选择

a. 冲洗液量：保持足够的冲洗液量是提高钻进效率的关键，冲洗液量应根据孔内上返流速而定，使用泥浆钻进时，一般上返流速应大于 0.25 m/s，冲洗液量可按式(1)计算：

$$Q = 60 \times 10^3 \cdot F \cdot V \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：Q ——冲洗液量，L/min；

F ——桩孔横截面积，m^2；

V ——钻孔冲洗液上返流速，m/s。

b. 转速：在松散地层中钻进，笼式钻头的外沿线速度以不超过 2.5 m/s 为宜，根据钻头直径大小不同，转速约为 30～80 r/min；在软硬不均、或钻至基岩面穿越硬夹层时，钻速应相应降低。

c. 钻压：应根据钻进地层和设备能力合理选择。在松散地层中钻进，应以保持冲洗液畅通，钻渣清除及时和孔壁完整为前提，在硬质地层中钻进可用钻铤或加重块来提高钻压，但应注意以钻机不超负荷为准。

6.3.8 升降钻具应注意事项：

a. 升降钻具前要认真检查升降机的制动装置、离合器、提引器、天车、游动滑车和拧卸工具等是否安全好用；要准确丈量机上余尺，并按岗位责任各自做好准备工作。

b. 操作升降机要轻而稳，不得猛刹猛放和超负荷使用，钻头进出孔口时要扶正对准，不得挂碰孔口护筒。

c. 孔口操作要相互配合，垫叉、管钳、扳手等工具要拿牢放稳，必要时应系上安全绳，避免工具掉入孔内损坏钻头。

6.3.9 正循环钻进常见故障及处理

6.3.9.1 钻孔坍塌：原因是地层压力不平衡、松散或含水丰富等，处理方法可加大泥浆的比重、粘度来增加泥浆柱的压力，必要时也可把粘土投入塌孔孔段，捣实重钻以保护孔壁。

6.3.9.2 在粘土层中钻进缓慢、蹩泵：原因是泥浆粘度过大或泵量过小，造成糊钻或泥包钻头。处理方法应降低泥浆粘度或直接把清水泵入孔内，以钻具空转来清理孔底泥块，必要时应提钻清理泥包钻头。

6.3.9.3 钻孔偏斜：原因是施工中钻机产生不均匀沉陷或钻具弯曲、钻进中钻头遇到障碍物或遇到倾斜度较大的软硬地层交界处、基岩面钻进及操作不当。处理方法有，钻进时注意钻机平稳，发现钻机不均匀沉陷时及时调整平稳；发现孔内障碍物应及时处理，障碍过大时可用筒式钻头钻穿处理；在倾斜度较大的软硬地层交界处及基岩面钻进中发现孔斜时，应加长粗径导向钻具，把钻头提至倾斜孔段的直孔孔段，吊住钻具在偏斜孔段反复扫孔纠斜，纠斜无效时可采用回填偏斜孔段，捣实后再用纠斜钻具缓慢扫孔。

6.3.9.4 在松散地层钻进钻速缓慢，钻头磨损严重：原因是泥浆性能差，泵量小，泥浆上返流速小，孔底沉渣不能及时排除造成重复破碎严重磨损钻头。处理的方法可加大泥浆粘度，加大泵量提高泥浆上返流

速，必要时也可采用钻进一定孔段，专门进行一次清孔，使孔底清洁后再进行钻进。

6.3.9.5 钻具折断及孔内落物：原因是孔内阻力大、钻具磨损严重或有损伤，操作方法不当所造成。处理方法：钻杆可用带导向锥、钢丝绳打捞活套打捞；钻头可用公锥或双钩打捞器打捞；工具掉入可用永磁打捞器打捞。

6.4 反循环钻进成孔

6.4.1 泵吸反循环钻进成孔

6.4.1.1 泵吸反循环钻进成孔具有施工效率高，桩孔质量好、成孔费用低、施工安全等优点，在桩孔施工中应优先采用。

6.4.1.2 泵吸反循环工艺适用于填土层、砂土层、粘土层、淤泥层、砂层、卵砾石层和基岩钻进。但填土层中的碎砖、填石和卵砾石层的卵砾石的块度不得大于钻杆内径的 3/4，否则易堵塞钻头水口或管路，影响冲洗液的正常循环。施工的桩孔直径一般在 600 mm 以上，孔深一般不超过 90 m。设备、机具的技术性能应能满足施工要求。

6.4.1.3 冲洗液循环系统设置应遵守下列规定：

a. 规划布置施工现场时，应首先考虑冲洗液循环、排水、清渣系统的安设，以保证泵吸反循环作业时，冲洗液循环通畅，污水排放彻底，钻渣清除顺利。

b. 地面循环系统一般分为自流回灌式（见图 1）和泵送回灌式（见图 2）两种。应根据施工场地、施工地层和设备情况，合理选择循环方式。自流回灌式循环系统设施简单，清渣容易，循环可靠，应优先选用。

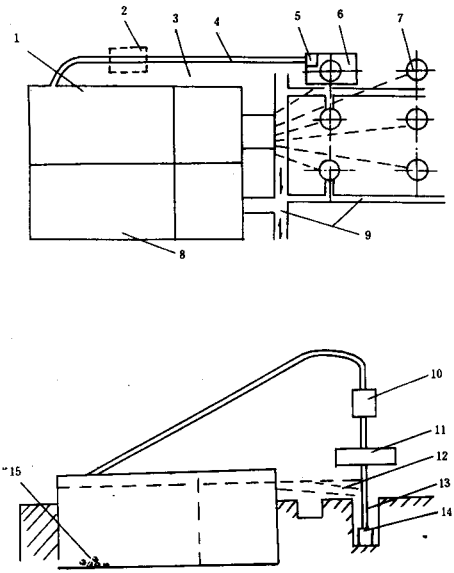


图 1 泵吸反循环自流式循环系统示意图

1—沉淀池；2—除渣设备；3—循环池；4—出水管；5—砂石泵；6—钻机；7—桩孔；8—溢流池；9—溢流槽；10—水龙头；11—转盘；12—回灌管；13—钻杆；14—钻头；15—沉淀物

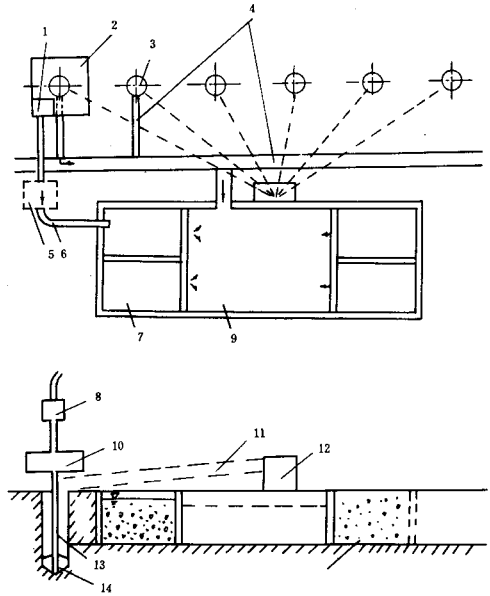


图 2　泵吸反循环泵送回灌式循环系统示意图

1—砂石泵；2—钻机；3—桩孔；4—泥浆溢流槽；5—除渣设备；6—出水管；
7—沉淀池；8—水龙头；9—循环池；10—转盘；11—回灌管；12—回灌泵；
13—钻杆；14—钻头

c.　循环系统中沉淀池、循环池、循环槽(或回灌管路或回灌泵)等的规格，应根据钻孔容积，砂石泵的型号规格来决定：

①循环池的容积，应不小于桩孔实际容积的 1.2 倍，以保证冲洗液正常循环。

②沉淀池的容积一般为 6～20 m^3，桩孔直径小于 ϕ800 mm 时，选用 6 m^3，小于 ϕ1 500 mm 时，选用 12 m^3，大于 1 500 mm 时，选用 20 m^3。

③现场应专设储浆池，其容积不小于桩孔实际容积的 1.2 倍，以确保灌注混凝土时冲洗液不致外溢。

④循环槽(或回灌管路)的断面积应是砂石泵出水管断面积的 3～4 倍。若用回灌泵回灌，其泵的排量应大于砂石泵的排量；循环槽(或回灌管路)的坡度不宜小于 1∶100。

d.　沉淀池和循环池可用砖块砌制或用 4～6 mm 钢板加工制作。

e.　沉淀池设置应方便钻渣清除外运。

6.4.1.4　冲洗液净化

a.　清水钻进时，在沉淀池内钻渣通过重力沉淀后予以清除。沉淀池应交替使用，并及时清除沉渣。

b.　泥浆钻进时，宜使用多级振动筛和旋流除砂器或其他机械除渣装置进行机械除砂清渣。振动筛主要清除较大粒径的钻渣，筛板(网)规格可根据钻渣粒径的大小分级确定。旋流除砂器的有效面积，要适应砂石泵的排量，除砂器数量可根据清渣需要确定。

c.　应及时清除循环池沉渣。

6.4.1.5 单根钻杆长度不宜大于 3 m，且内径应与砂石泵排量相匹配钻杆可采用插装式或法兰盘式连接，并在连接处安装“O”型密封圈密封。“O”型密封圈应装在专门加工的密封槽内，并高出 2～3 mm。连接好的钻杆柱应平直可靠，密封良好。

6.4.1.6 钻头应具有良好的工作性能，其主要技术要求如下：

a. 钻头进水口断面开敞、规整、流阻小，以利于防止砖块、砾石等堆挤堵塞；钻头体中心管口距钻头底端高度不宜大于 250 mm；钻头体吸水口直径宜略小于钻杆内径。

b. 钻头一般应有单或双腰带导正环；导正环圆度误差不得大于 5 mm，与钻头同心度误差不得大于 3 mm。

c. 钻头翼片应均布焊接，肩高一致。其底面上的切削具呈梳齿形交错排列，在任一同心圆上不得留有空缺。切削具出刃应一致，并用螺栓连接在翼片上。

d. 钻头翼片、支撑杆架与钻头管体及导正环要焊接牢靠。为防止因电焊造成管体焊接部位的强度下降，支撑杆架的焊接点不宜布置在管体的同一截面上。焊接时应控制焊点温度，保持焊条平稳均匀移动，不得有夹渣、漏点、裂缝等现象。钻头不得有偏重偏心现象。

e. 应经常检查切削刃及翼片的磨损情况，并及时予以修整更换。未经修复的坏旧钻头不准下孔使用。

6.4.1.7 起动砂石泵

a. 起动前应做好下列准备工作：

① 连接好所有地面管线和孔内钻具，要求连接可靠，不漏气、不堵塞。

② 孔内冲洗液的液面与孔口平齐，不宜低于地面，冲洗液补给通畅、足量、及时。

③ 钻头应提离孔底 150～200 mm。

④ 检查泵组运转部分的密封性和润滑情况，保证泵组处于良好工况。

⑤ 真空泵起动前，应向气水分离器注入足够的清水，不得加入污水、脏水。

⑥ 灌注泵起动前，应向灌注泵注满清水。

b. 起动砂石泵应遵守下列规定：

①首先开动真空泵，当系统的真空度达 50 000 Pa(450 mm 汞柱)，即气水分离器中的液面观察窗的水位上升到一半以上时，开动砂石泵，关闭真空泵及真空系统。

②灌注泵起动时，首先起动已注满水的灌注泵，向砂石泵及系统注水，当孔口返水无气泡时，开动砂石泵，关闭灌注泵及其系统。

③砂石泵开动后，逐渐打开砂石泵出水阀，使冲洗液形成反循环，并调节出水阀开口至所需排量。

6.4.1.8 钻进操作要点：

a. 砂石泵起动后，待形成正常反循环后，才能开动钻机慢速回转，下放钻头至孔底。开始钻进时，应先轻压慢转，至钻头正常工作后，逐渐增大转速，调整钻压，并避免钻头吸水口堵水。

b. 钻进时应认真观察进尺情况和砂石泵的排水出渣情况，排量减少或出水含钻渣较多时，应控制给进速度，防止因循环液比重太大而中断反循环。

c. 应根据不同的地层情况、桩孔直径、砂石泵的合理排量和经济钻速来选择和调整钻进参数，推荐的钻进参数和钻速见表 3。

表 3 泵吸反循环推荐钻进参数和钻速

钻进参数和钻速 / 地层	钻压 kN	转速 r/min	砂石泵排量 m^3/h	钻速 m/h
粘土层、硬土层	10～25	30～40	180	4～6
砂土层	5～15	20～40	160～180	6～10

续表 3

钻进参数和钻速 / 地层	钻压 kN	转速 r/min	砂石泵排量 m^3/h	钻速 m/h
砂层、砂砾层、砂卵石层	3～10	20～40	160～180	8～12
中硬以下基岩、风化基岩	20～40	10～30	140～160	0.5～1

注：① 砂石泵组排量要考虑孔径大小和地层灵活选择调整，一般外环间隙冲洗液流速不宜大于 10 m/min，钻杆内上返速度应大于 2.4 m/s。

② 钻孔直径较大时，钻压宜选用上限，转速宜选用下限，获得下限钻速；桩孔直径较小时，钻压宜选用下限，转速宜选用上限，获得上限钻速。

d. 在砂砾、砂卵、卵砾石地层钻进时，为防止钻渣过多，卵砾石堵塞管路，可采用减少钻压或间断给进的方法来控制钻进速度。

e. 加接钻杆时，应先停止钻进，将钻具提离孔底 80～100 mm，维持冲洗液循环 1～2 min，以清洗孔底并将管道内的钻渣携出排净，然后停泵加接钻杆。

f. 钻杆应拧紧上牢。

g. 钻进时如孔内出现坍孔、涌砂等异常情况，应立即将钻具提离孔底，控制泵量，保持冲洗液循环，吸除坍塌物和涌砂；同时向孔内输送性能符合要求的泥浆，保持水头压力以抑制涌砂和垮孔；恢复钻进后，控制泵排量不宜过大，避免吸垮孔壁。

h. 钻进达到要求孔深停钻时，应维持冲洗液正常循环，清除孔底沉渣至返出冲洗液的钻渣含量符合规程 8.1.3 规定止。提钻时应注意操作轻稳，防止钻头拖刮孔壁，并向孔内补充适量冲洗液，稳定孔内水头高度。

6.4.1.9 施工中常见的故障及处理方法，参见表 4。

表 4 泵吸反循环钻进常见故障及处理方法

序号	故障现象	故障原因	处理(排除)方法
1	真空泵起动时系统真空度达不到要求	1. 起动时间不够； 2. 气水分离器中未加足清水； 3. 管路系统漏气，密封不严； 4. 真空泵机械故障； 5. 操作方法不当	1. 适当延长起动时间但不宜超过 10 min； 2. 向气水分离器中加足清水； 3. 检查管路系统，尤其是砂石泵塞线和水龙头处； 4. 检查或更换真空泵； 5. 按正常操作方法操作
2	真空泵起动时，真空度达到要求但不吸水，或吸水而起动砂石泵时不上水	1. 真空管路或循环管路被堵； 2. 钻头水口被堵塞； 3. 吸程过大	1. 检修管路，注意检查真空管路上的阀是否打开； 2. 将钻头提离孔底，进行冲洗堵塞物； 3. 降低吸程，吸程不宜超过 6.5 m
3	灌注起动时灌注阻力大，孔口不返水	1. 管路系统被堵塞物堵死； 2. 钻头水口被埋住	1. 清理管路系统堵塞物； 2. 把钻具提离孔底，用正循环冲洗堵塞物

续表 4

序号	故障现象	故障原因	处理(排除)方法
4	砂石泵起动正常循环后，循环突然中断或逐渐中断循环	1. 管路系统漏气； 2. 管路突然被堵； 3. 钻头水口被堵； 4. 吸水胶管内层脱胶损坏	1. 检修管路，紧固砂石泵塞线压盖或水龙头压盖； 2. 冲洗管路堵塞物； 3. 清除钻头水口堵塞物； 4. 更换吸水胶管
5	在粘土层钻进时进尺缓慢，甚至不进尺	1. 钻头有缺陷； 2. 钻头泥包或糊钻； 3. 钻进参数不合理	1. 检修钻头，必要时应重新设计钻头； 2. 清除泥包，调整冲洗液的比重、粘度、适当增大泵量或向孔内投入适量砂石解除泥包糊钻； 3. 调整钻进参数
6	在基岩中钻进时进尺很慢甚至不进尺	1. 岩石较硬钻压不够； 2. 钻头切削具崩落，钻头有缺陷或损坏	1. 加大钻压(可用加重块)调整钻进参数； 2. 修复钻头或更换钻头
7	在砂层、砂砾层或卵石层中钻进时，有时循环突然中断或排量突然减小；钻头在孔内跳动厉害	1. 进尺过快，管路被砂石堵死； 2. 冲洗液的比重过大； 3. 管路被石块堵死； 4. 冲洗液中钻渣含量过大； 5. 孔底有较大的活动卵砾石	1. 控制钻进速度； 2. 立即稍提钻具，调整冲洗液比重至符合要求； 3. 关闭砂石泵出水阀，造成管路内较大的瞬时压力波动，清除堵死物，或用正循环冲洗堵塞物，如无效则应提钻予以排除； 4. 降低钻速，加大泵排量及时清渣； 5. 提钻后，用专门工具清除大块卵砾石
8	塌孔	1. 地层松散，水头压力不够； 2. 孔内漏失，水位下降； 3. 操作不当，产生压力激动； 4. 松散地层泵量过大造成抽吸垮孔	1. 向孔内及时补充足够冲洗液，必要时使用泥浆钻进，或加大泥浆比重或抬高水头高度，或下入长护筒； 2. 向漏水层位投入泥球或用冻胶泥浆堵漏； 3. 注意操作升降钻具要平稳； 4. 调整泵量，减少抽吸

6.4.2 射流反循环钻进成孔

6.4.2.1 射流反循环工艺适用于土层、砂土层、砂层、卵砾石层和基岩钻进。在粘土层、淤泥层成孔时，自然造浆能力强，钻渣难于沉淀。填土层、卵砾石层中卵砾石的块度不得大于 3/4 钻杆内径。施工的桩孔直径一般在 600 mm 以上，孔深一般不超过 60 m。

6.4.2.2 射流反循环成孔的主要设备和机具包括：钻机、钻塔、射流泵、钻具、泥浆循环系统和泥浆搅拌机。

6.4.2.3 冲洗液循环系统设置同泵吸反循环工艺相同，但射流反循环工作泵、吸水池与沉淀池、泥浆池用循环槽均需加钢丝网隔离，以避免钻渣和漂浮物进入吸水管和喷嘴，造成堵管。

6.4.2.4 射流反循环操作要点：

a. 泵的安装高度应尽量低，泵轴中心线距泥浆池液面高度以不大于 0.5 m 为宜。

b. 泵的吸水管及射流泵的抽吸胶管不应有死弯或压扁现象，禁止重物压挤或脚踏抽吸胶管。

c. 启动工作泵时应将蝶阀及闸阀同时打开，以减轻启动负荷。

d. 启动前应通过排渣管向泵内灌水，同时打开工作泵体上的小闸阀放气，待泵内空气排净后再关闭小闸阀，然后启动工作泵。

e. 工作泵启动后，逐步关闭闸阀，打开蝶阀，试用正循环判断钻杆是否畅通，并冲洗钻杆内的污泥。

f. 正循环畅通后打开闸阀，关闭蝶阀，反循环正常工作时压力表的指示压力应大于 0.4 MPa，此时可以正常钻进。

g. 钻进过程中合理控制进尺速度，以免钻渣太多，影响射流泵吸力，使水量减少。

6.4.2.5 施工常见故障及处理方法

见表 5。

6.4.3 气举反循环钻进成孔

6.4.3.1 气举反循环钻进广泛应用于水井和大口径工程钻孔施工(目前此法的钻进口径已达 4～5 m，钻进深度达到 1 000 m)，以解决正循环施工时冲洗液上返速度不足和泵吸反循环施工时钻进深度受水泵吸程限制所造成的困难。如图 3 所示。

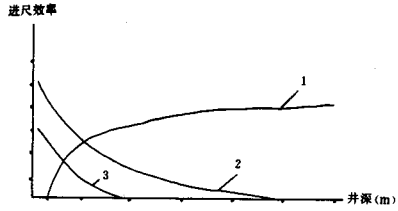


图 3 三种反循环钻进理论钻进效率曲线图

1—气举反循环；2—泵吸反循环；3—喷射反循环

表 5 射流反循环钻进常见故障及处理方法

序号	故障现象	故障原因	处理(排除)方法
1	反循环正常工况下压力表压力突然减小	1. 吸水管路堵塞； 2. 喷嘴堵塞	1. 清除吸水管路内杂物和水龙头周围的砂、土等； 2. 拆开泵清除喷嘴堵塞物
2	反循环正常工况下，压力表上压力正常，水量突然减少	1. 钻渣过多； 2. 循环管路堵卡	1. 调整钻进参数，使用正循环反复冲； 2. 拆卸钻具排除
3	启动工作泵后压力表上压力不足	1. 工作泵注水不足或吸入空气； 2. 喷嘴堵塞； 3. 工作泵叶轮间隙过大或叶轮磨损； 4. 水龙头芯管处漏气	1. 打开闸阀通过排渣管向泵内灌水； 2. 拆开泵清除喷嘴堵塞物； 3. 调整修复叶轮间隙； 4. 修复水龙头芯管处密封
4	启动工作泵压力表上压力正常，正反循环水量不足	循环管路堵塞	拆卸钻具及循环管路检修

6.4.3.2 气举反循环钻进的特点

a. 工作介质是空气，工作的可靠性较高，与泵吸反循环钻进中使用的泥浆泵、砂石泵相比事故明显减少。

b. 钻进时钻具内各处均不存在负压，故不会因钻具密封不良而不能工作。

c. 可以在孔内未完全充满液体（只要孔内有稳定水位）的条件下工作，并可以钻进深孔。

d. 属于低能系统的钻进方法。

e. 主要缺点是要求气举高度（h_t）与混合器潜入水中深度（S）的比值小于 1 时才能正常工作。只有在孔深超过 10 m，且孔内水位接近孔口（即孔深超过排渣口至地面距离），才能采用气举反循环钻进。

6.4.3.3 气举反循环钻进，按风管安装形式可分为同心式（包括双管或三层管的内供风式和外供风式）和并列式（包括附加套管和用固定在套管外壁的贴管）两种。如图 4 所示。

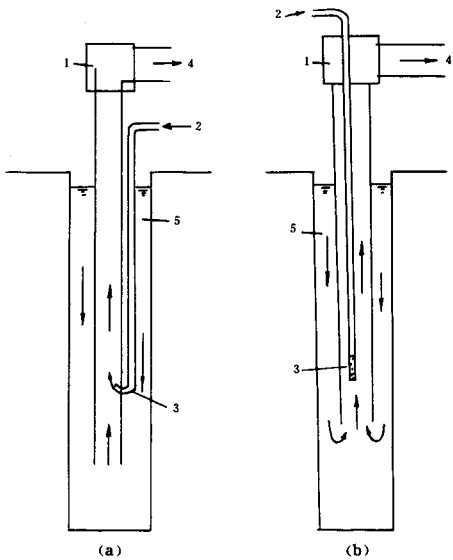


图 4 气举反循环钻进示意图

(a)并列式；(b)同心式；

1—水龙头；2—气体；3—混合器；4—混合液；5—液体

6.4.3.4 气举反循环钻进的设备与机具

a. 钻机：通常采用转盘式和动力头式钻机。

b. 空压机：一般选用风量 6～9 m^3/min，风压 0.7～1 MPa 的空压机。

c. 机具：钻杆在气举反循环钻进中既传递扭矩和钻压，又是送气、排渣的通道。因此，首先要考虑钻杆的强度（与使用设备相匹配），其次要考虑钻杆连接操作方便，接头平整，厚度均匀等因素。

①单壁钻杆：供气管是悬挂在单壁钻杆内，因此，单壁钻杆既是压缩空气的通道，又是冲洗液上返的通道。其结构简单、轻便，因而多用于动力头钻机施工的钻孔，但用于转盘钻机时，操作较为复杂。

②双壁钻杆：是一种同心式钻杆。内管为冲洗液上返通道，压缩空气通过内外管间的环状间隙输送

到混合器。

③法兰盘连接的双壁钻杆：它是一种外贴输气管的并列式双壁钻杆。一般输气管安装在单层钻杆的两侧，压缩空气通过该管送到孔底混合器。

④混合器：分为外供式与内供式两种。如图 5。

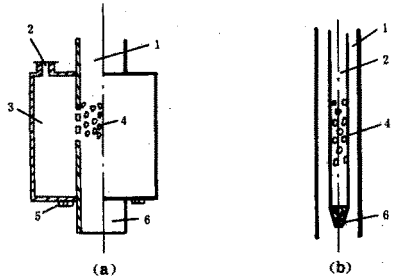


图 5　混合器结构示意图

(a)外供式混合器；(b)内供式混合器

1—排渣管；2—供风管；3—风包；4—喷气小孔；5—检查孔；

6—进渣管

外供式混合器安在双壁钻杆内外管之间，内供式混合器安在风管与中心钻杆(排液管)之间。随钻孔加深，混合器的位置随之下降，一般每 30 m 调整一次。

6.4.3.5　钻进工艺

a.　气举反循环钻进由于其自身特点所决定，在 1～10 m 孔段，很难形成气举反循环，因此必须与其他钻进方法结合。

b.　冲洗液：要求冲洗液流变性能要好，在钻杆内流动阻力要小，气液混合液携带钻渣排到地表后，沉淀要快，气体从混合液中逸出要迅速等。因此，要有专门冲洗液净化设施，以保证冲洗液的质量要求。

c.　有关参数的计算

气举反循环钻进效率与钻头型式、地层条件、孔深、孔径、钻杆尺寸、空压机的能力及混合器在孔内的位置(深度)等因素密切相关。

①冲洗液量 Q 的确定：气举反循环混合液的最小流量是根据排渣中混合冲洗液的上返回流速度要求来确定的。

$$Q = 2828d^2 \cdot v \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：Q ——冲洗液量，m^3/h；

d ——排渣管(钻杆)内径，m；

v ——混合液在排渣管中的上返速度，m/s。一般 $v=2\sim3$ m/s

②混合器的沉没系数 k_s：

见图 6。

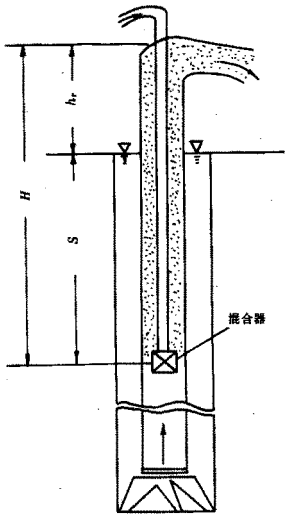


图 6

$$k_s = S/(S + h_r) = S/H \quad \cdots\cdots(3)$$

式中：S ——混合器潜入孔内水位以下的深度，m；

h_r ——气举钻进时气举高度，m；

H ——混合器沉没深度，m；

沉没系数 k_s 是直接影响气举反循环钻进效率的主要参数之一。通常在气举反循环中气举高度 h_s 为 6.5～30 m

最佳工作状态下的沉没系数 k_s 应在 0.6～0.8 之间，但不应低于 0.5。

③最大气举高度 h_r 和最小沉没深度 S_{min}：在考虑管路系统一般直径较大，长度较短的情况下，为简化计算将沿程损失不计算：

$$\text{最大气举高度 } h_r(\text{m}) = S\left(\frac{r}{r_3} - 1\right) - L\frac{r_2 - r}{r_3} \quad \cdots\cdots(4)$$

$$\text{最小沉没深度 } S_{min}(\text{m}) = \frac{h_r + L \cdot (r_2 - r)/r_3}{(r/r_3 - 1)} \quad \cdots\cdots(5)$$

式中：r ——原配冲洗液密度，g/cm³；

r_2 ——冲洗液和岩屑混合后的密度，g/cm³；

r_3 ——气、液、岩屑混合后，排出的混合物平均密度，g/cm³；

L ——尾管端(混合器至孔底)长度，m。

S 值的大小，是直接影响排除钻渣能力，进而决定气举反循环钻进效率的关键。

当混合器至钻头的距离(L 值)基本保持不变时，随着钻孔加深，混合器的沉没深度 S 值也相应增加，气举反循环钻进效率随着钻孔加深而提高(在空压机额定工作压力内)。如图 7 所示。

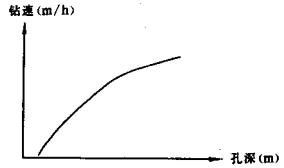


图 7　混合器位置不调时，钻速与孔深的关系曲线

当混合器在孔内的位置随钻孔加深而往上调整，即混合器沉没孔内水位以下的深度 S 值基本变化不大时，其钻进效率开始时是随孔深增大而提高，但孔深达到某一深度后则效率逐渐降低。如图 8 所示。

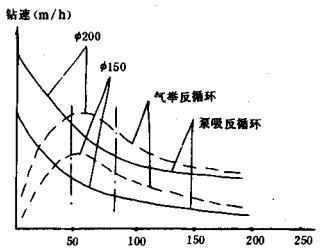


图 8　不调整混合器沉没深度时孔深与钻速的关系曲线

④钻压、转速等钻进参数与其他钻进方法相同。

6.4.4　冲击反循环钻进成孔

6.4.4.1　冲击反循环钻进适用于杂填土层、粘土层、砂、卵砾石层，漂砾石层、风化及未风化基岩等。在含有较大卵石、漂石层及坚硬基岩中施工成孔效率较其他方法高。成孔直径一般为 φ800～φ2 000 mm，孔深不超过 100 m。

6.4.4.2　冲击反循环设备包括：冲击反循环钻机、射流泵或砂石泵、排渣管、冲击反循环钻头。

6.4.4.3　冲击反循环钻进操作要点：

a.　自动冲击时，应控制钢绳放绳量，防止放绳过多减少冲击及放绳量过少形成打空锤，应做到勤放绳、少放绳。

b.　手动冲击时，应在钢绳上作记号控制冲程；防止放绳过多，使钢绳打扭损坏钢绳；放绳过少易形成打空锤。

c.　冲击钻头磨损较快，应经常用硬质合金材料修补。

d.　钻进时，根据地层情况，定时检查钢绳、提引装置及钻头有无裂缝，防止钻具事故。

6.4.4.4　冲击钻进参数的选择

a.　砂性土钻进时，用小冲程(不宜大于 0.5 m)，排渣管底口距孔底 0.5～0.8 m，排渣管增加应及时跟进。

b.　粘性土钻进时，用小冲程(不宜大于 0.5 m)，注意防止泥包钻头堵塞排渣管。在塑性很大的地

层钻进时，应适量加碎石和粘土，必要时可改正循环钻进。排渣管底口距孔底 0.6～0.8 m，并及时跟进。

c. 卵砾石层和漂石层中钻进，冲程为 0.5～1.5 m，泥浆比重和粘度应适当提高，当地层粘土含量少时，可适当投入粘土球加强护壁，且应适时改正循环钻进，使投入粘土挤入孔壁后，再用反循环钻进。

d. 基岩钻进的冲程为 0.5～1.5 m，排渣管的底口应距离孔底 0.3～0.5 m，且应及时跟进。

6.5 潜水钻钻进成孔

6.5.1 潜水钻设备简单，体积小，无噪声，适用于钻进软土层、粉土层、亚粘土层、淤泥层和强风化岩层。施工孔径为 ϕ600～ϕ2 000 mm，孔深不超过 50 m。

潜水电钻的主要设备和机具包括：潜水电钻、卷扬机、电缆卷筒、水管卷筒、砂石泵、方钻杆、电缆线、进浆胶管、钻头、配电柜钻架等。

6.5.2 潜水电钻施工现场和其他转盘式钻机施工布置相同，冲洗液循环系统按本规程有关章节执行。

6.5.3 潜水电站、卷扬机和砂石泵的电缆均应接入配电柜以便于控制。通入潜水电钻的电缆不得破损、漏电，起下钻及钻进时应指定专人负责收放电缆和进浆胶管。安装和收放电缆应严格遵守电气操作安全规定。

6.5.4 钻进时必须将钻杆卡固在导向滚轮内，以承受钻进时产生较大的反扭矩。

6.5.5 为及时显示钻进的进尺快慢及深度，应在电缆和进浆管上用油漆做出标记，以便于和钻杆上的标记相校核。

6.5.6 钻进中应根据钻速和进尺情况及时放松电缆线及进浆胶管。应勤放、少放。以免放得过多，造成电缆或胶管缠绕钻头而发生事故。

6.5.7 钻进时一般电流控制在 30～40 A，不得超过 60 A(22 kW 电动机)，电流突然上升说明电钻超负荷，应立即将电钻上提，相应回收电缆和进浆管。

6.5.8 潜水电钻操作柜内必须安装过载保护装置，以便在钻进阻力较大或孔内出现异常情况时，自动切断电源保护电钻。

6.5.9 潜水电钻的泵吸反循环或正循环的启动、主要操作要点、钻进参数的选择、钻速控制等可按有关章节规定执行。如果利用压缩空气作反循环介质，则混合器的沉没深度以不超过空压机工作压力为限。

6.6 振动钻进成孔

6.6.1 振动成孔包括振动钻进成孔和振动沉管成孔。振动钻进系采用纵向振动器(锤)将筒形钻具切入地层中并提出岩土心，从而形成桩孔的钻进方法。振动沉管是使用纵向振动器将带桩尖的套管挤入地层中，从而形成桩孔的方法。

6.6.2 振动钻进、振动沉管适用于粘土、淤泥质土、砂性土和人工填土以及松散岩层成孔，振动钻进还可用于稍密、中密碎石土层。振动钻进宜用于直径不超过 1 m，深度小于 30 m 的桩孔施工。

6.6.3 钻进时应遵守下列规定：

a. 应经常检查各部位的紧固螺钉，并调节好皮带的松紧度。

b. 应注意防止钻杆反转松动。

c. 在地下水位以下的地层钻进时，需设有卡心装置，否则采取岩心比较困难。

d. 提钻后将振动器(锤)直接与岩心管相连接用升降机吊起，并将冲击头调到上冲击位置，用升降机吊起振动出岩心。

6.6.4 振侦沉管成孔宜用于直径为 300～700 mm 的桩孔施工。施工时应遵守下列规定：

a. 可采用预制桩尖、活瓣桩尖及锥形封口桩尖。预制桩尖的混凝土标号不得低于 325 号，桩尖的尺寸和钢筋的布置应符合设计要求。

b. 成孔应按施工工艺流程顺序，依次向后退打。施工群桩基础或桩的中心距小于 3～3.5 倍桩径时，应订出保证不影响邻桩质量的技术措施。

c. 混凝土预制桩尖埋设的位置应与设计位置相符，桩管应垂直套入桩尖，二者的轴线应一致。

d. 在沉管过程中，水和泥浆有可能进入桩管时，应在管内先灌入 1.5 m 高左右的封底混凝土，方

可开始沉管。

e. 沉管时可收紧钢丝绳加压或加配重，以提高沉管效率。收紧钢丝绳加压时，应随桩沉入深度随时调整离合器，防止抬起桩架发生事故。

6.7 钻斗钻进成孔

6.7.1 钻斗钻进是一种无冲洗液循环的回转钻进成孔方法，适用于一般粘性土、砂土、砂砾石层和淤泥层等地层的钻进成孔，不宜用于坚硬土层、基岩和卵砾石层钻进。

6.7.2 在松散易坍塌地层钻进时可采用泥浆护壁或跟管。钻斗钻进一般孔深不超过 40 m，孔径 ϕ500～600 mm，其最大孔径可达到 ϕ2 000 mm。

6.7.3 钻斗钻进时应遵守下列规定：

a. 根据所钻地层正确选择钻斗底盘切削齿的形状和规格：软层可选择楔形齿、小切削角、小刃角、齿宽稍大；硬土层则宜选用较大切削角、较窄的弯角齿套；软层，特别是粘土层，齿间距应大一些，以免糊钻。

b. 为保证孔壁稳定，应根据松散表土层厚度，下入孔口护筒，并保持泥浆液面的高度，泥浆漏失时应及时补充。

c. 钻进遇硬土层，如发现每回次钻进深度太小、钻斗内碎土量太少时，可换用小直径的筒形齿状钻头，先钻一小孔，然后再用钻斗扩孔。

d. 钻进硬砂砾石层，为加固孔壁和便于取出砂砾石，可事先向孔内投入适量粘土球。下入孔内的钻斗，其底盘进渣口必须装阀板，以防提钻过程中砂砾石从底部漏掉。

6.8 锤击沉管钻进成孔

6.8.1 锤击沉管成孔适用于一般粘性土、淤泥质土、砂土和人工填土地层。对于饱和淤泥等软弱地层，必须制定防止缩径、断桩等保证质量的措施，并经工艺试验成功后方可采用。

6.8.2 锤击沉管可采用混凝土预制桩尖、活瓣桩尖及锥形封口桩尖如图 9。

预制桩尖的混凝土强度等级不得低于 C28MPa，桩尖的尺寸和钢筋布置应符合设计要求。

6.8.3 锤击沉管施工应遵守下列规定：

a. 锤击沉管灌注桩应按桩基施工流水顺序，依次向后退打。施工群桩基础或桩孔中心距小于 3～3.5 倍桩径时，应制定出保证不影响邻桩质量的技术措施。

b. 混凝土预制桩尖埋设的位置应与设计位置相符，桩管应垂直套入桩尖，二者的轴线应一致。

c. 锤击不得偏心，如采用预制桩尖，在锤击过程中应检查桩尖有无损坏。

在沉管过程中，水或泥浆有可能进入桩管时，应在桩管内先灌入 1.5 m 高左右的封底混凝土，方可开始沉管。

d. 必须严格控制最后一阵（十击）的贯入度，其值可按设计要求或根据试桩和当地长期的施工经验确定。施工时应记录沉入每一桩管的总锤击数及最后一米的锤击数。（注：贯入操作，每十击为一阵）

6.8.4 测量沉管的贯入度应在下列条件下进行：

a. 桩尖未破坏；

b. 锤击无偏心；

c. 锤击落距符合规定；

d. 桩帽和弹性垫层正常；

e. 用汽锤时，蒸汽压力符合规定。

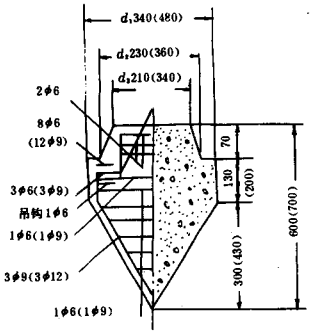
6.8.5 拔管和灌注混凝土应按下列规定进行：

a. 每次向桩管灌注混凝土时尽量多灌，用长桩管打短桩时，混凝土可一次灌足，打长桩时第一次灌入桩管内的混凝土应尽量灌满。第一次拔管高度应控制在能容纳第二次所需要灌入的混凝土量为限，不宜拔得过高。

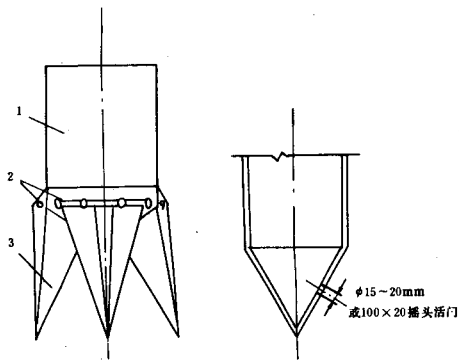
在拔管过程中，应设专人用测锤或浮标检查管内混凝土面的下降情况。

b. 拔管速度应均匀，对一般土层以不大于 1 m/min 为宜；在软弱土层及软硬土层交界处应控制在 0.8 m/min 以内。

c. 采用倒打拔管的打击次数，气锤不得少于 70 次/min；自由落锤轻击（小落距锤击）不得少于 50 次/min；在管底未拔到设计标高之前，倒打或轻击不得中断。



(a)



(b) (c)

图 9 各种桩尖示意图

1—接头；2—销；3—活瓣

6.8.6 对于混凝土灌注充盈系数小于 1 的桩应采用全复打桩；对于断桩及有缩径的桩可采用局部复打桩，其复打深度必须超过断桩或缩径区 1 m 以上。全复打桩施工时应遵守下列要求：

a. 第一次灌注混凝土应达到自然地面，不得少灌。

b. 应边拔管边清除粘附在管壁上和散落在地面上的泥土。

c. 前后两次沉管的轴线应重合。

d. 复打施工必须在第一次灌注混凝土初凝之前进行。

6.8.7 对地下水位较低，拔管后孔不缩径不坍塌的土层，可先拔管然后向孔内灌注混凝土，并应遵守下列规定：

a. 拔管时松土不得回落孔内，拔管后经检查孔深、孔径合格，应尽快安装灌注漏斗，放置钢筋笼，

及时灌注混凝土。

b. 混凝土应连续灌注，分层振动捣实，每层高度不宜超过 1～1.5 m。

6.8.8 当桩身配筋时混凝土坍落度采用 8～10 cm，素混凝土桩宜采用 6～8 cm。

6.9 冲抓锥钻进成孔

6.9.1 冲抓锥成孔是用锥瓣冲击直接抓取土石凿进成孔。冲击作用的主要目的在于使锥瓣易切入地层，而不是击碎土石。这种方法适用于杂填土层、粘土层、砂土层、砂卵砾石层、漂砾层等，不宜用于基岩钻进成孔。施工孔径一般为 ϕ700～ϕ1 200 mm，孔深一般在 20 m 以内。当孔深超过 20 m 时，则提升下落冲抓锥时间长，钻进效率降低，可改用冲击钻进成孔。

6.9.2 冲抓锥按锥瓣开合方法不同，分为双绳冲抓锥和单绳冲抓锥。双绳冲抓锥由两根钢绳直接控制锥瓣开合，无需自动挂钩机构，设备安装简单，且可多次冲击再提锥，故宜优选采用。

6.9.3 提升冲抓锥的钢丝绳应选用同向捻制、带纤维心的钢丝绳，要求无死折迹、无断丝，其安全系数不得小于 12。

6.9.4 冲抓时先将冲抓锥悬空停稳，并要求与护筒中心对线，然后慢慢放入护筒，检查处于锥中心的起重钢丝绳是否在护筒中心位置，若偏离中心位置，应调整钻塔位置，使钢丝绳居中。锥中心与护筒中心的偏差不得大于 20 mm。

6.9.5 冲抓锥钻进时，可根据需要直接向孔内灌入泥浆、倒入粘土或投入泥球。倒入粘土后，将锥瓣收拢的冲抓锥放入孔内，冲挤粘土使之与松散的孔壁胶结，然后提起冲抓锥张开锥瓣进行冲抓钻进。

6.9.6 施工操作要点：

a. 收紧内套钢丝绳，将锥提起，检查锥的中心位置有无偏移，冲抓锥各部分是否灵活可靠。

b. 双绳冲抓锥应防止两根主绳互相缠绕。冲抓时，应放松内套钢丝绳比冲程高度多 1～2 m，不宜过多。

c. 在不密实的粘土层冲抓时，冲程不宜太长，以防锥头冲入土中过深，造成提锥困难。在坚硬致密粘土层冲击时，宜适当加大冲程至 2～3 m。双绳冲抓锥，可用外套绳提锥连续冲击几次，将土冲松，再收内套合拢锥瓣抓土。

d. 冲抓松散砂土层采用短冲程(0.5～1.0 m)，或不松离合器进行冲击，并使用比重大、粘度高的泥浆或投入粘土护壁。

e. 冲抓砂砾石层时，宜用抗冲击耐磨的锥瓣。在较松散砂卵石层钻进时，宜采用中冲程，冲程为 1～2 m，砂卵石较密实，可加大冲程至 2～3 m，落锥要猛要快。

f. 冲抓漂石时宜用短冲程，并以外套绳提住锥头连续冲击为好。收内套绳时要慢，收一下松一下，以抓取漂石。

g. 根据孔壁稳定情况、孔内漏失情况和冲抓速度，每冲抓一次或几次，向孔内加适量泥浆和泥球。

h. 冲抓锥提出桩孔之工作平台上方 1.5 m 以上时，停止提升钢丝绳，并将冲抓锥悬挂于钻塔架上或拉至平台外，将出渣车推至冲抓锥下方后慢慢放松内套钢丝绳，使锥瓣张开，渣土卸入车内运走。

i. 遇大漂砾、大卵石或探头石冲抓困难或冲抓失效时，应改换冲击钻探钻进，不得继续使用冲抓锥施工，防止损坏冲抓机具。

6.10 冲击钻钻进成孔

6.10.1 冲击钻成孔适用于杂填土层、粘土层、卵砾石层、漂砾石层和风化基岩。在含有较大卵砾石层、漂砾层中施工成孔效率较高。桩孔直径一般为 ϕ600～ϕ2 000 mm。

冲击成孔的主要设备和机具包括冲击式钻机(或卷扬机)、冲击钻头、反循环冲击钻头、抽砂筒等。常用冲击钻头有一字形和十字形；抽砂筒有碗形阀门、单扇活门、双扇活门等多种形式。

6.10.2 冲击成孔使用高比重、高粘度泥浆护壁和携带钻渣，也可直接向孔内投入粘土或泥球护壁。

6.10.3 冲击钻进操作要点：

a. 用冲击式钻机施工时，应控制钢丝绳放松量，勤放少放，防止钢丝绳放松过多减少冲程，放松过

少则不能有效冲击，形成“打空锤”易损坏冲击机具。

b. 用卷扬机施工时，应在钢丝绳上作标记以控制冲程。冲击到底后要及时收绳提起冲击钻头，防止钢丝绳缠绕冲击钻具或反缠卷筒。

c. 开孔时应先在护筒内加满泥浆，地层较松散时应向孔内投入适量的粘土、碎石等，用短冲程(不宜大于 1 m)、勤冲击的方法钻进。

d. 在松散的含砂土层或砂卵砾石层中，可直接使用捞渣筒冲击捞渣钻进。

e. 在粘土层冲击钻进时，冲程宜为 1～2 m，并注意防止粘糊钻具及泥包钻头。

f. 在淤泥中冲击钻进时，应增加碎石和粘土投量，并用短冲程(0.75～1.5 m)，边冲击边投入，使碎石、粘土挤入孔壁，增加孔壁的稳定性。

g. 在卵砾石层冲击钻进时，应减少投石量，多投粘土，加强护壁，防止渗漏，冲程可增加到 2～2.5 m。

h. 在漂石层冲击钻进时，可回填硬度和漂石相近的碎石，用长冲程猛冲击或用长、短冲程交替冲击，防止发生孔斜或卡钻。

i. 在基岩中冲击钻进时，宜采用长冲程，加快冲击频率，增加冲击动能。冲程可为 2.5～3.5 m，冲击频率可为 8～12 次/min；应不断转动钻头，改变钻头在孔底的冲击位置，防止出现梅花形孔底或发生孔斜。

j. 每次捞渣后或因其他原因停钻后再次钻进时，应由短冲程逐渐增大到正常冲程，以免卡钻。

k. 冲击钻头磨损较快，应经常检修补焊。

l. 发生孔斜、梅花孔等质量事故时，应即停钻，测量事故孔深位置，用粘土和碎石回填至事故位置以上，采用不大于 1 m 的短冲程和 10～16 次/min 的冲击频率，冲击纠斜重新成孔。

6.10.4 抽砂筒捞渣应遵守下列规定：

a. 抽砂筒直径为桩孔直径的 50～70%。

b. 开孔阶段，孔深不足 3～4 m 时，不宜捞渣，应尽量使钻渣挤入孔壁。

c. 钻进 0.5～1 m 应捞渣一次，每次捞渣 4～6 筒为宜。

当在卵石、漂石层钻进时效低于 50 mm、在松散地层钻进时效低于 150 mm 时应及时捞渣，以减少重复破碎现象。

d. 每次捞渣后，应及时向孔内补充泥浆或粘土，保持孔内水位高于地下水位 1.5～2 m。

e. 冲击钻具起吊应平稳，防止冲撞护筒和孔壁，进出孔口时，严禁孔口附近站人，防止发生钻具撞击人身事埂#，停钻时，孔口应加盖保护并严禁将钻具留在孔内。

6.10.5 冲击钻成孔常见事故的处理和预防措施见表 6。

表 6 常见事故的处理和预防措施

序号	事故现象	事故原因	处理和预防
1	桩孔不圆，抽砂筒下入困难	1. 钻头的转向装置失灵，冲击时钻头未转动； 2. 泥浆粘度过高，冲击转动阻力太大，钻头转动困难； 3. 冲程太小，钻头得不到充分转动或转动很小	1. 发现孔不圆，可用碎石粘土回填钻孔重新冲击； 经常检查转向装置的灵活性 2. 调整泥浆的粘度和比重； 3. 用短冲程和长冲程交替冲击修整孔形

续表 6

序号	事故现象	事故原因	处理和预防
2	钻孔偏斜	1. 孔内探头石、漂石大小不均，钻头受力不均； 2. 基岩面产状较陡； 3. 钻进时钻塔移位	1. 钻遇基岩时采用短冲程，并使钻头充分转动，加快冲击频率，进入基岩后采用长冲程钻进，若发现孔斜，应回填重钻； 2. 发现探头石后，应回填碎石或将钻塔稍移向探头石一侧，用长冲程猛击探头石，破碎后再钻进； 3. 经常检查钻塔是否发生位移并及时调整
3	冲击钻头被卡提不起来	1. 钻孔不圆，钻头被狭窄部位卡住； 2. 未及时补焊钻头，钻头直径逐渐变小使补焊后的钻头入孔冲击被卡； 3. 上部孔壁坍落物卡住钻头； 4. 在粘土层中冲程太长，泥浆粘度过高，以致钻头被吸住； 5. 放绳太多，冲击钻头倾倒顶住孔壁	1. 应正确判断卡钻的原因，不可盲动，防止越卡越紧； 若孔不圆，钻头向下有活动余地，可向下活动并转动至孔径较大处提起钻头，处理时可用打捞钩或打捞活套助提； 2. 使用合乎规格的钻头； 3. 向孔内泵送性能良好的泥浆，清除坍落物，替换孔内的粘度过高的泥浆； 4. 及时修补冲击钻头，若孔径已变小，应严格控制钻头直径并在孔径变小处反复冲刮孔壁以增大孔径； 5. 使用专用工具将顶在孔壁上的钻头拨正
4	钻头脱落	1. 钢丝绳在转向装置连接处被磨断或在转向装置处被扭断或绳卡松脱； 2. 转向装置与顶锥的连接处脱开； 3. 冲锥本身在薄弱截面折断	1. 用打捞活套打捞； 2. 用打捞钩打捞； 3. 用冲抓锥来抓取掉落的冲锥； 4. 勤检查易损部位和机构

6.11 潜孔锤钻进成孔

6.11.1 潜孔锤适用于基岩地层钻进，特别是在坚硬地层，具有钻进效率高，防斜性能好等优点。

6.11.2 潜孔锤有液动及气动两种，大口径桩孔施工一般使用气动潜孔锤，气动潜孔锤钻进破碎的钻渣由冲洗液排出孔口，冲洗液循环采用泵吸或气举反循环和正循环等方式。

泵吸或气举反循环潜孔锤钻进应配备中、低压大风量空压机(依据潜孔锤耗风量确定)，适用于施工 ϕ800 mm 以上的桩孔。

正循环潜孔锤钻进，所配空压机的压力及风量除满足冲击器工作需要外，还应满足从孔底排渣的需要，一般只能施工较小直径的桩孔。

6.11.3 潜孔锤钻进的设备有钻机、空压机与砂石泵组。应根据桩孔直径、地层条件与排渣方式合理配备，采用多台空压机并联供气时应配有稳压装置。

潜孔锤钻进钻具包括水龙头、钻杆、加重扶正器、冲击器和钻头等。使用反循环排渣钻进应选用双通道水龙头和双壁钻杆。

6.11.4 钻进前的准备工作：

a. 检查钻机、空压机、冲击器等设备、工具，确保其在钻进中有良好的工作性能。

b. 保持冲洗液循环或排渣系统畅通，采用反循环排渣时，应保持孔内水位与孔口平。

c. 钻具提离孔底 0.2～0.3 m，开通循环系统，启动空压机，待运转正常后，开阀向冲击器供气。排气正常后，再慢转轻放钻具。待钻头接触孔底，根据排气情况确定冲击器已正常工作后转入正常钻进。

6.11.5 钻进参数：

a. 钻压：依靠钻具重量与加重扶正器，根据桩孔直径确定，一般每厘米钻头直径的压力为 300～500 N。

b. 转速：宜采用较低的转速，以降低钻头切削具的磨损，钻头回转线速度一般为 0.2～0.4 m/s。

c. 风量：使用反循环潜孔锤钻进，风量应符合冲击器的性能要求一般为 24～27 m^3/min；采用空气正循环潜孔锤钻进，风量应符合冲击器的性能要求，并满足排渣要求。空气在钻杆外环间隙中的上返流速不低于 15 m/s。

d. 风压：空压机的额定排气压力应大于潜孔锤的工作压力和平衡水柱的压力。采用正循环或气举反循环排渣的钻进时，风压应比潜孔锤的工作压力与孔内液柱压力之和大 0.1～0.15 MPa；采用泵吸反循环排渣钻进时，其风压应比潜孔锤工作压力大 0.15 MPa。

6.11.6 钻进注意事项：

a. 随时注意观察空压机的运转情况和排气压力，排气压力突然增大或减小时，应查明原因及时处理。

b. 钻进中根据进尺、排气管排气和钻具振动情况，分析冲击器是否正常工作，排气气流稳定、进尺极慢或钻具无振动现象时，说明冲击器未工作，应提钻检查。

c. 钻进过程中不得中断送风，停钻前应将钻具提离孔底 150～200 mm，维持冲洗液循环 1～2 min，待孔底钻渣清除后，方可停止供气和中断冲洗液循环，避免钻渣进入冲击器而影响其工作性能。

d. 每回次提钻后，均应检查冲击器各部分连接情况及钻头磨损情况，结合上一回次进尺速度，合理调节钻进参数。

6.11.7 常见事故处理与预防，见表 7。

表 7 潜孔锤钻进常见事故的预防与处理

序号	事故现象	事故原因	处理与预防
1	冲击器不工作	1. 所配空压机能力太小； 2. 钻具气路漏气； 3. 冲击器内进钻渣卡死	1. 按要求匹配空压机； 2. 检查送气通道，更换不合格的密封圈； 3. 按规定在提钻前排渣，拆卸冲击器清除钻渣与清洗
2	钻头合金磨损极快	1. 转速过高； 2. 孔底不清洁	1. 降低转速； 2. 增加冲洗液的流量，以提高排渣能力
3	泵吸反循环突然中断或逐渐中断	1. 地面设备管路漏气； 2. 钻具气、水两道串通	1. 见泵吸反循环钻进章节； 2. 检查钻具连接处密封性能，更换合格的密封圈

6.12 牙轮钻钻进成孔

6.12.1 牙轮钻头钻进一般用于中硬以上基岩桩孔施工。

6.12.2 大直径牙轮钻头一般由多个牙轮(滚刀)组装而成，牙轮与钻头体的组合可以采取焊接或螺纹连接。牙轮(滚刀)型式有楔齿、镶齿和盘形三类，分别适用于软、中、硬和坚硬岩层。应根据钻孔直径、地层岩性，合理确定牙轮数量，选择适应的牙轮型式。

6.12.3 牙轮钻头钻进宜采用大钻压钻进，钻压由钻铤或加重器施加。根据地层不同，一般为：

岩石抗压强度＜42 MPa 时，单位钻头直径的压力为 800 N/cm；

岩石抗压强度 42～84 MPa 时，单位钻头压力为 1.6～3.2 kN/cm；

岩石抗压强度 84～175 MPa 时，单位钻头压力为 4～4.8 kN/cm。

6.12.4 应根据钻头直径选择转速，最高转速按式(6)计算：

$$n(\mathrm{r/min}) = 120d/D \qquad (6)$$

式中：d ——牙轮或滚刀外缘直径，mm；

D ——钻头直径，mm。

在坚硬地层时，宜采用较低的转速，以降低钻头的磨损。

6.12.5 冲洗液量必须满足排除钻渣的需要，应尽量采用大排量冲洗液钻进，反循环冲洗液上返流速以 2～4 m/s 为宜，正循环冲洗液上返流速不宜低于 0.5 m/s。

6.12.6 牙轮钻头钻进注意事项：

a. 牙轮钻头钻进的钻具重量较大，钻机必须有足够的提升能力，起下钻前必须检查卷扬机制动系统和钢丝绳。

b. 必须认真检查下入孔内的牙轮钻头有无松动、脱焊现象，以及轴承部位和轮齿的磨损情况。钻进过程中必须定期提钻检查，禁止不合要求的钻头下入孔内，以防牙轮脱落。

c. 钻进过程中，应根据钻进速度、牙轮磨损程度合理调节钻进参数。

d. 牙轮钻头钻进和起下钻过程中，根据钻具对中情况分析有无孔斜征兆，发现孔斜应及时采取措施纠正。

e. 钻进过程中，孔内发现蹩车等异常情况时，应及时提钻检查。

6.13 钢粒钻进成孔

6.13.1 钢粒钻进适用于在基岩地层成孔，当笼式硬质合金钻头难以钻进时，所采用的一种钻进工艺。

6.13.2 钢粒钻头的形状与要求

a. 钢粒钻头一般采用 40 号～45 号钢材制做。

b. 钻头长度为钻头直径的两倍左右，磨盘部厚度一般在 400～500 mm 之间。

c. 钻头形状有筒式和笼式两种，筒式钻头的磨盘多用圆钢与钢板堆焊而成。笼式钻头的磨盘大都采用铸钢制造。如图 10。

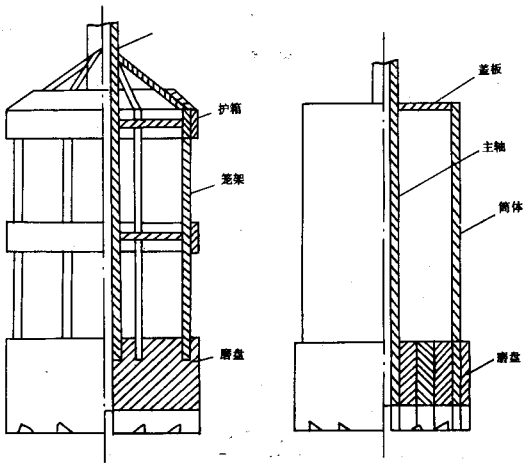


图 10 钢粒钻头形状

d. 钻头直径应比桩孔直径小 20～50 mm，应根据选用钢粒直径的大小选择钻头直径与桩孔直径相差值，用小直径钢粒钻进时，应选用与桩孔直径相差小的钻头；用大钢粒钻进时，可采用与桩孔直径相差大的钻头。

e. 钻头唇面必须留有 3～4 条单弧形水口，水口上宽为 25～35 mm，高为 100～150 mm。

f. 钻头磨盘高度短于 150 mm 时不得再继续使用。

6.13.3 钢粒的技术要求

钢粒是用于辗压破碎岩石的研磨材料，它具有在孔底重复作用的能力，因此必须具备较高的硬度和抗压强度，目前使用的钢粒有以下两种：

a. 机械岩心钻探用的钢粒，是用 70 号、Y7、Y8 等线材切制，然后再经过淬火和回火热处理。规格为 ϕ3.5～4.0 mm，长度与直径相等。

b. 建筑工程所使用的螺纹钢筋或下脚料切制的钢粒，规格为 ϕ12～18 mm，长度与直径相等或稍长，钢粒切成后要经过淬火与回火热处理，适当提高硬度和抗压强度。

6.13.4 钢粒钻进技术参数

a. 转速：转速要根据钻头直径、钻机能力以及岩石的可钻性来决定，一般为 25～80 r/min。由于钻头直径大，回转时外沿的线速度也大，因此不宜采用过高的转速，在同等条件下，桩径越大选用的转速就应该越低。

b. 压力：钻头的轴心压力按钻头磨盘唇面与钢粒接触面积来计算，单位面积压力的大小应根据岩石的可钻性和钢粒的强度进行选择，一般为 3～4 MPa。大口径钻孔桩施工中，计算所需的压力很大，超过了钻机和钻具的承受能力，因此要考虑钻机和钻具的允许承受能力，尽量满足单位面积压力的需要。

c. 冲洗液量：冲洗液量是决定钢粒钻进效率的重要因素，应认真选择并随着回次进尺时间而适当调整。采用大颗粒钢粒钻进时，一次投砂后冲洗液量可按式(7)和式(8)计算：

回次初冲洗液量＝钻头直径(cm)×5～6(L/min) ……（7）

回次末冲洗液量＝钻头直径(cm)×4～5(L/min) ……（8）

采用小颗粒钢粒钻进时，冲洗液量应适当减少，冲洗液量过大时会把钢粒冲离孔底，起不到碎岩的作用。

d. 投砂量：必须根据钻头直径、钢粒质量和岩石的可钻性等因素来选择投砂量。在一般情况下，一次投砂量可用钻头直径每 100 mm 为 1.5～2.5 kg 钢粒来计算，第一次改用钢粒钻进时投砂量可适量增加，第二次以后的投砂量应根据钻进情况和钻头磨盘唇面磨损形状而定。

6.13.5 钢粒钻进必须遵守以下规定：

a. 钻进回次终了(提钻前)必须加大泵量进行冲孔，冲孔时间一般为 20～30 min，以保证孔底清洁。

b. 同一桩孔钻进中，在岩石可钻性不变的条件下，三个班的投砂量和钻进技术参数等应基本保持一致。

c. 在采用小颗粒钢粒钻进时，要特别注意泥浆的性能，粘度过高比重过大都容易把钢粒冲离孔底。

d. 在软硬不均或岩层倾斜度大的地层中钻进，必须在钻头顶部加长同径扶正装置，并适当减少钻头压力，防止桩孔偏斜。

e. 钻进中发现孔内有异常或突然不进尺等异常情况时，必须立即提钻查明原因，不得盲目钻进。

f. 在正常钻进中，钻头在孔底的工作时间一次不宜过长，一般每班必须提钻一次，检查钻头的磨损及消耗情况，严格检查钻头各焊接部位是否磨损或变形，发现问题应及时修理牢固。检查钻头磨盘唇面水口的消耗情况，不合要求时应修整，通过检查再确定下一回次的投砂量与钻进技术参数。严禁把磨损严重和不合要求的钻头下入孔内钻进。

7 冲洗液与净化

7.1 钻孔冲洗液

钻孔冲洗液分为清水和泥浆两大类。清水宜用于孔内水位较低、孔壁较稳定的桩孔施工；泥浆宜用于孔内水位较高或复杂松散地层的桩孔施工。

在适宜地层条件下，应优先考虑使用清水作冲洗液。

7.2 泥浆配制

泥浆性能可按表 8、表 9、表 10、表 11 选用。

表 8 泥浆性能

性能 / 地层	密度 g/cm^3	粘度 s	含砂量 %	静切力 $\frac{mg}{cm^2}$	失水量 $\frac{mL}{30min}$	胶体率 %	pH 值
一般地层	1.0～1.20	18～22	<4～8	1 min 10～25	<30	≥90～95	7～9
易坍地层	1.30～1.60	22～30	<4～8	1 min 50～70	<20	≥90～95	7～9

表 9 桥梁钻孔施工中的泥浆性能

性能 / 岩层	粘度 s	密度 g/cm^3	含砂量 %	失水量 $\frac{mL}{30min}$	胶体率 %
非含水层(粘性土类)	15～16	1.03～1.08	<4	<3	>90～95
粉、细、中砂层	16～17	1.08～1.10	4～8	<20	
粗砂、砾石层	17～18	1.10～1.20	4～8	<15	
卵石、漂石层	18～28	1.15～1.20	<4	<15	
承压水流含水层	>25	1.30～1.70	<4	<15	
遇水膨胀岩层	20～22	1.10～1.15	<4	<10	
坍塌掉块岩层	22～28	1.15～1.30	<4	<15	
一般性基岩层	18～20	1.10～1.15	<4	<23	
裂隙溶洞基岩层	22～28	1.15～1.20	<4	<15	

7.3 泥浆净化

7.3.1 在钻进过程中，由孔底返上的泥浆携带大量的钻渣(岩屑、泥砂等)，导致比重增大、粘度上升、水泵易损件磨损加剧，同时增大泥浆的流动阻力，降低了钻进效率，因此需要对钻进泥浆进行净化，以维护其性能。

7.3.2 净化泥浆的方法有沉淀法、机械法和化学法。

a. 沉淀法(大循环除砂法)

泥浆在地表循环过程中靠自重克服泥浆的切力，沉于循环系统而实现泥浆净化(生产中常用的方法)。净化效果取决于循环系统的长度、总容积、泥浆槽的规格、坡度及布置形式等。若施工场地不允许挖泥浆池时，可用铁板制成泥浆箱(20 m^3 或更大的容积)数只作沉淀池。

b. 机械法

机械除砂的泥浆净化设备由振动筛、旋流除砂器、砂石泵组装而成，其净化泥浆效果较好。一般大于 170 μm 的大颗粒钻渣用振动筛清除，20～50 μm 中细颗粒用除砂器清除。

泥浆净化用的振动筛可按表 12 选用。

水力旋流除砂器、按处理泥浆量的大小可参考表 13 选用。

表 10 一般软土层挖槽泥浆性能

密度 g/cm³	粘度 s	含砂量 %	胶体率 %	失水量 mL/30min	泥皮厚 mm/30min	静切力 mg/cm 1 min	静切力 mg/cm 10 min	稳定性 g/cm³	pH 值
1.05～1.25	18～25	<4	>98	<30	1～3	20～30	50～100	<0.02	7～8

表 11 混凝土防渗墙(砂卵石层中)泥浆性能

密度 g/cm³	粘度 s	含砂量 %	胶体率 %	失水量 mL/30min	泥皮厚 mm/30min	静切力 mg/cm² 1 min	静切力 mg/cm² 10 min	稳定性 g/cm³	pH 值
1.1～1.2	18～25	<5 <4	>98	20～30	2～4 <3	20～30	50～100	<0.03	7～9

表 12 振动筛性能

项目	型号	层次	入料粒径 mm	筛孔尺寸 mm	振幅 mm	振率 Hz	倾角 (°)	生产能力 t/h	功率 kW	机重 t
自定中心	SZZ1500×3000	1	100	8,10,12,15	8	13.3	20～25	40～200	10	1.98
	1800×3600	1	100	6,8,10 13,20,25	6	8.3	25±2	250	17	4.48
	1500×4000	1	<100	8,10,12, 15,25	8	13.3	15～25	50～250	13	2.5
双轴惯性振动	WP-1	1	<300		9	13.3	0～10		10	5.0
重型	17500×3500	1	<350	25,50,100	8～10	12.5～14.3	20～25	500～800	10	3.5

c. 化学除砂法

化学除砂是在泥浆中加入适量的选择性絮凝剂，将泥浆中的劣质粘土和岩屑(粒度 20～50 μm)絮凝聚结成大的颗粒，使之沉淀，再用机械方法清除。

当前常用的絮凝剂是水解度为 30%的水解聚丙烯酰胺和大分子量的乙酸乙烯脂-顺丁烯酸酐(mv)。

7.4 废浆处理

7.4.1 随着钻进进尺的增加，泥浆经多次净化处理，最后不能恢复到原来的性能，起不到护孔的作用，即成为废浆。

7.4.2 废浆的处理方法

a. 全部弃除法：即用罐车直接把废浆全部运到指定的场地排放或集中处理。

b. 固液分离法：使固相部分脱水，干燥后运走或就地填坑，液相部分达到排放标准后从下水道排走。

废泥浆处理机(由絮凝搅拌机和网带式压滤机两部分组成)，经过处理的泥浆含水率低，能达到就地掩埋或用卡车装运的要求，处理后的废水达到国家工业“三废”排放标准。

表 13　水力旋流除砂器性能参考表

公称直径 mm	进浆口直径 mm	溢流中最大粒径 mm	处理能力(L/min) 进口压力(100 kPa)
200	25～100	0.027～0.124	300～350
250	50～100	0.032～0.125	450～850
300	75～150	0.037～0.15	800～1 080
350	75～150	0.04～0.18	1 000～1 500
500	150～200	0.052～0.24	1 500～3 000

8　清孔

8.1　一般规定

8.1.1　清孔是通过不同方法将钻渣从孔底携带至地表，使孔底符合规定要求的过程。

干作业施工的桩孔，不得使用冲洗液清除孔底虚土，应采用专门的掏土工具或加碎石夯实的办法进行处理。

8.1.2　桩孔终孔后应立即清孔，以免沉渣增多而增加清孔工作量和清孔难度。

8.1.3　使用冲洗液清孔时，应及时观测孔底沉渣厚度和冲洗液含渣量，当冲洗液含渣量小于 4%，孔底沉渣符合表 1 中关于孔底沉渣厚度规定时即可停止清孔，并应保持孔内水头高度，防止发生坍孔事故。

8.1.4　清孔结束后，应在 2 小时内灌注混凝土，并应在灌注混凝土前探测孔底沉渣厚度，若超出规定要求，应重新清孔。

8.1.5　沉渣厚度的测量

8.1.5.1　用平底钻头、冲击钻头、冲抓锥施工的钻孔，沉渣厚度以钻头或冲抓锥底部所到达的孔底平面为测量起点。

8.1.5.2　用锥底形钻头施工的钻孔，孔底为圆锥形，沉渣厚度以圆锥形的中心标高(作为桩底设计标高)为测量起点。

8.1.5.3　应使用圆锥形测锤测定沉渣厚度。锤底直径约为 130～150 mm，高度约为 180～200 mm。可用钢板焊制，中间灌铁砂配重，也可用圆钢加工制做。其重量视所系绳索种类，探测深度和泥浆比重等确定，一般为 3～5 kg。测绳以通用水文测绳为宜。

8.1.6　常用清孔方式有正循环泥浆清孔、泵吸反循环泥浆清孔和压风机空气清孔。应根据施工条件以及设备情况进行合理选择。使用泥浆做冲洗液的桩孔，一般应采用泥浆清孔，以稳定孔壁，防止坍孔。

8.2　正循环清孔

8.2.1　一般适用于在淤泥层、砂土层、基岩施工的桩孔，孔径不宜大于 800 mm。

8.2.2　先将钻头提离孔底 80～100 mm，输入比重为 1.05～1.08 的新泥浆进行循环，把桩孔内悬浮有大量钻渣的泥浆替换出来，并清洗孔底。孔底沉渣物粒径较大，正循环泥浆难以将其携带上来或孔底沉渣厚度仍超过规定要求时，应改变清孔方式。

8.2.3　孔内泥浆上返流速不应小于 0.25 m/s，返出孔口泥浆的比重不宜大于 1.08。

8.3　反循环清孔

8.3.1　一般适用于孔径大于 ϕ500 mm 的桩孔，且孔底沉渣物的块度应小于钻杆内径。

8.3.2　泵吸反循环钻进的桩孔，在达到设计孔深位置后停止回转钻具并将钻头提离孔底 50～80 mm，持续进行泵吸反循环直到符合表 1 中关于孔底沉渣厚度规定的要求。

8.3.3　清孔时送入孔内的冲洗液不得少于砂石泵的排量，防止冲洗液补给量不足，孔内水位下降导致坍孔。砂石泵出水阀的开口应根据情况适时调整，以免泵吸量过大吸坍孔壁。返回孔内冲洗液的比重不

宜大于 1.05。

8.4 压风机清孔

8.4.1 压风机清孔适用于孔深大于 5 m 各种直径的桩孔。

8.4.2 压风机清孔的主要设备、机具包括空压机、出水管、送风管、气水混合器等。空压机的主要技术参数，一般采用的风量为 6～9 m^3/min，风压 0.7 MPa；出水管直径一般不宜小于 ϕ108 mm，送风管直径可为 20～25 mm。设备机具的规格型号应根据孔深、孔径等进行合理选择。管路系统的连接必须密封良好，无漏气、漏水现象。

8.4.3 出水管的下入深度应以出水管底距沉渣面 300～400 mm 为宜，出水管底端宜加工成锯齿状。风管的下入深度一般以混合器至水位高度与孔深之比的 0.55～0.65 来确定。

8.4.4 开始送风时，应先向孔内供水。停止清孔时，应先关气后断水，以防止水头损失造成坍孔。

8.4.5 送风量应从小到大，风压应稍大于孔底水头压力；当孔底沉渣较厚、块度较大，或沉淀板结时，可适当加大送风量并摇动出水管，以利排渣。

8.4.6 随着钻渣的排出，孔底沉渣减少，出水管应适时跟进以保持管底口与沉渣面的距离为 300～400 mm。孔径较大时应经常摆动出水管，但不得撞击孔壁或钢筋笼。

9 钢筋笼制做与吊放

9.1 材质要求

a. 钢材的种类、钢号及尺寸规格应符合设计文件的规定要求。

b. 钢材进货时，要有质量保证书，并应妥善保管，防止锈蚀。

c. 对钢筋的材质有疑问时，应进行物理和机械性能测试或化学成分的分析。

d. 焊接用的钢材，应做可焊接质量的检测，主筋焊接接头长度、质量应符合 JGJ 18—84《钢筋焊接及验收规程》的规定。

9.2 制作要求：

9.2.1 尺寸允许偏差：

9.2.1.1 钢筋笼

主筋间距	±10 mm
加强筋间距	±10 mm
箍筋间距	±20 mm
钢筋笼直径	±10 mm
钢筋笼长度	±100 mm
主筋弯曲度	<1%
钢筋笼弯曲度	≤1%

9.2.1.2 分段制做的钢筋笼，每节钢筋笼的保护层垫块不得少于两组，每组四个，在同一截面的圆周上对称焊上。

9.2.1.3 主筋混凝土的保护层厚度不应小于 30 mm，水下灌注桩主筋混凝土保护层厚度不应小于 50 mm。保护层允许偏差应符合下列规定：

水下混凝土成桩	±20 mm
干孔混凝土成桩	±10 mm

9.2.2 焊接要求

9.2.2.1 分段制做的钢筋笼，主筋搭接焊时，在同一截面内的钢筋接头不得超过主筋总数的 50%，两个接头的间距不小于 500 mm，主筋的焊接长度，双面焊为 4～5 d，单面焊为 8～10 d。

9.2.2.2 箍筋的焊接长度一般为箍筋直径的 8～10 倍，接头焊接只允许上下迭搭，不允许径向搭接。加强箍筋与主筋的连接宜采用点焊。

9.2.2.3 主筋材质为高碳钢时，不宜采用焊接法，可采用绑扎方法连接。

9.3 制做钢筋笼的主要设备和工具有电焊机、钢筋切割机、钢筋圈制做台、主钢筋半圆焊接支撑架等，如图 11 所示。

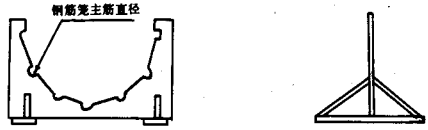


图 11 主钢筋半圆焊接支撑架

9.4 制做程序

a. 根据设计，计算箍筋用料长度、主筋分段长度，将所需钢筋调直后用切割机成批切好备用。由于切断待焊的主筋、箍筋、缠筋的规格尺寸不尽相同，应注意分别摆放，防止用错。

b. 在钢筋圈制做台上制做箍筋并按要求焊接。

c. 将支撑架按 2～3 m 的间距摆放在同一水平面上对准中心线，然后将配好定长的主筋平直摆放在焊接支撑架上。

d. 将箍筋按设计要求套入主筋(也可将主筋套入箍筋内)并保持与主筋垂直，进行点焊或绑扎。

e. 箍筋与主筋焊好或绑扎后，将缠筋按规定间距绕于其上，用细铁丝绑扎并间隔点焊固定。

f. 焊接或绑扎钢筋笼保护层钢筋环或混凝土垫块。

g. 将制做好的钢筋笼稳固放置在平整的地面上，防止变形。

h. 对制做好的钢筋笼应按设计图纸尺寸和焊接质量标准进行检查，不合要求者，应予返工，否则不得使用。

9.5 钢筋笼的吊放

9.5.1 钢筋笼的顶端应设置 2～4 个起吊点。钢筋笼直径大于 1 200 mm，长度大于 6 m 时，应采取措施对起吊点予以加强，以保证钢筋笼在起吊时不致变形。

9.5.2 吊放钢筋笼入孔时应对准孔位，保持垂直，轻放、慢放入孔。入孔后应徐徐下放，不得左右旋转。若遇阻碍应停止下放，查明原因进行处理。严禁高提猛落和强制下入。

9.5.3 钢筋笼吊放入孔位置容许偏差应符合下列规定：

钢筋笼中心与桩孔中心	±10 mm
钢筋笼定位标高	±50 mm

9.5.4 钢筋笼过长时宜分节吊放，孔口焊接。分节长度应按孔深、起吊高度和孔口焊接时间合理选定。孔口焊接时，上下主筋位置应对正，保持钢筋笼上下轴线一致。

9.5.5 钢筋笼全部下入孔后，应按设计及本规程 9.5.3 节要求，检查安放位置并做好记录。符合要求后，可将主筋点焊于孔口护筒上或用铁丝牢固绑于孔口，以使钢筋笼定位；当桩顶标高低于孔口时，钢筋笼上端可用悬挂器或螺杆连接加长 2～4 根主筋，延长至孔口定位，防止钢筋笼因自重下落或灌注混凝土时往上窜动造成错位。

9.5.6 桩身混凝土灌注完毕，达到初凝后即可解除钢筋笼的固定，以使钢筋笼随同混凝土收缩，避免固结力损失。

9.5.7 采用正循环或压风机清孔，钢筋笼入孔宜在清孔之前进行，若采用泵吸反循环清孔，钢筋笼入孔一般在清孔后进行。若钢筋笼入孔后未能及时灌注混凝土，停隔时间较长，致使孔内沉渣超过规定要求，应在钢筋笼定位可靠后重新清孔。

10 混凝土的配制与灌注

10.1 一般规定

10.1.1 钻孔灌注桩混凝土的灌注方式分干式灌注和水下灌注。干作业成孔的桩一般采用干式灌注。水下混凝土灌注方法主要有导管灌注法、泵送法、开底箱法和袋装法等，本章的规定主要适用于导管法水下灌注混凝土。

10.1.2 混凝土拌合物要求搅拌均匀，在运输、灌注、密实、成型等整个过程中能保持良好的和易性与一定的流动性，不出现离析、泌水及其他不合适的现象，并保持合适的凝结速度和水化热等。

10.1.3 混凝土灌注是确保成桩质量的关键工序。混凝土的配料、拌制、运输和灌注必须严格按要求进行，工作要协调；灌注应连续紧凑，中途不得中断；出现异常情况必须按规程、规范程序处理好后，才可继续灌注；灌注过程中，严禁将导管提出混凝土面。

10.1.4 配制混凝土所用的水泥，应据基础设计图而定。一般应选用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、矾土水泥及抗硫酸盐水泥等；并应根据工程特点和所处的环境条件，按有关规定选用。

水泥的软练标号不宜低于 325 号；混凝土的强度等级，干式灌注不得低于 C15，水下灌注不得低于 C20。

选用水泥标号时，应以能达到要求的混凝土标号并能尽量减少混凝土的收缩和节约水泥为标准，一般宜为混凝土标号的 2 倍。

10.1.5 粗骨料宜选用坚硬的卵砾石或碎石。一般应优先选用卵砾石，并宜用粒径 5～40 mm 连续级配的石料。钢筋混凝土导管灌注时，其最大粒径不得大于钢筋最小净距的 1/3，且不大于 5 cm；干式灌注的素混凝土，不得大于桩径的 1/4，一般以不大于 7 cm 为宜。不宜选用石灰石碎石。选用石料的级配须符合表 14 的规定，规格和质量符合表 15 的规定。

石料中泥土杂物含量超过表 15 的规定时，应过筛并用水冲洗以除去泥土杂物。若混入煤、煤渣、白灰、碎砖或煅烧过的石块等难以筛洗的杂物，则禁止使用。

10.1.6 细骨料宜采用干净的中粗砂。其质量和颗粒级配符合表 16、表 17 的规定。

10.1.7 使用特细砂配制混凝土时，应遵照 BJG 19—65《特细砂混凝土配制及应用规程》执行。

10.1.8 拌合用水宜采用饮用水，钢筋混凝土不得使用海水。

10.1.9 水下灌注混凝土中须掺入减水剂，以改变其流动性；也可使用其他外加剂。所掺用的外加剂，应符合有关标准，并经试验符合要求后，方可使用。

10.1.10 实际灌注量一般不得少于设计桩身体积，即灌注充盈系数不得小于 1，一般土质为 1.1、松散土质为 1.2～1.3。

10.1.11 拌制和灌注混凝土必须随时作好原始记录。

10.2 混凝土配合比的确定

10.2.1 混凝土配合比应先按原材料性能及对混凝土的技术要求进行计算，并经实验室试配与调整，然后定出满足设计和施工要求并比较经济合理的混凝土配合比。

10.2.2 混凝土配合比的计算步骤

a. 计算出要求的试配强度 R_h；

b. 按 R_h 计算出所要求的水灰比值；

c. 选取每立方米混凝土的用水量，并由此计算出混凝土的单位水泥用量；

d. 选取合理的砂率值；

e. 计算出粗、细骨料的用量，定出供试配用的配合比。

10.2.3 混凝土的配制强度，考虑到现场施工条件的差异和变化，应按混凝土标号参照下式进行配合比设计。

$$R_h = R_c + \sigma \quad \cdots\cdots (9)$$

式中：R_h ——混凝土的试配强度；

R_c ——混凝土标号；

σ ——施工单位的混凝土的标准差的历史统计水平，MPa。

施工单位若无历史统计资料时，可在混凝土标号基础上加 5 MPa 作为混凝土的试配强度。

10.2.4 混凝土配合比的设计方法，根据试配强度 R_h 按式(10)和式(11)计算所要求的灰水比(水灰比的倒数)值：

采用碎石时：$R_h = 0.46R_c(C/W - 0.52)$ ……(10)

采用卵石时：$R_h = 0.48R_c(C/W - 0.61)$ ……(11)

式中：C/W ——混凝土所要求的灰水比值；

R_h ——混凝土试配强度(MPa)；

R_c ——水泥的实际强度(MPa)。

在无法取得水泥的实际强度数值时，可用式(12)计算

$$R_c = K_c \quad R_b \quad \cdots\cdots (12)$$

式中：R_b ——水泥标号；

K_c ——水泥的标号富余系数。

水泥的标号富余系数应按各地区实际统计资料定出，在尚无统计资料时可取 $K_c = 1.13$ 试算。

对于出厂期超过三个月或存放条件不良而变质的水泥应重新鉴定其标号，并按实际强度进行计算。

10.2.5 确定混凝土配比时应符合下列要求：

a. 每立方米混凝土的水泥用量：水下混凝土不得低于 370 kg，干作业混凝土不得低于 300 kg，一般不宜超过 420 kg；

b. 含砂率：水下混凝土为 40～45%，干作业混凝土为 30～35%。采用碎石作粗骨料时，含砂率可增大 3～5%；

c. 水灰比：一般为 0.4～0.6，水下混凝土不得大于 0.5；

d. 坍落度：水下混凝土 16～20 cm，干作业混凝土全筋时 7～9 cm，底部无筋时宜小于 6.5 cm。

10.2.6 混凝土设计配合比的计算：

a. 用水量：粗骨料为卵石时选 185 kg，碎石时选 200 kg；

b. 水泥用量：据 10.2.4 计算的水灰比值和用水量算出水泥用量，若低于 10.2.5 规定时应取规定的最低值；

c. 含砂率：按 10.2.5 要求选取；

d. 粗、细骨料的用量：按照 JGJ 55—81《普通混凝土配合比设计技术规定》的规定进行计算；

表 14 碎石或卵石的颗粒级配范围

级配情况	公称粒径 mm	累计筛余、按重量计，%								
		筛孔尺寸(圆孔筛)，mm								
		2.5	5	10	15	20	30	40	60	80
连续粒级	5～15	95～100	90～100	30～60	0～10	0				
	5～20	95～100	90～100	40～70		0～10	0			
	5～30	95～100	90～100	70～90		15～45	0～5	0		
	5～40		95～100	75～90		30～65		0～5	0	

续表 14

级配情况	公称粒径 mm	累计筛余、按重量计，%								
		筛孔尺寸(圆孔筛)，mm								
		2.5	5	10	15	20	30	40	60	80
单粒级	10～20		95～100	85～100		0～15	0			
	15～30		95～100		85～100		0～10	0		
	20～40			95～100		80～100		0～10	0	
	30～60				95～100		75～100	45～75	0～10	0
	40～80					95～100		70～100	30～65	0～10

表 15 混凝土用卵石和碎石的技术要求

项次	项　目	高标号(≥300 号)混凝土	一般混凝土
1	空隙率，%不大于	45	45
2	卵石软弱颗粒含量，(%)按重量计不大于	5	10
3	针片状颗粒含量，(%)按重量计不大于	15	15
4	泥土、杂物(用冲洗法试验)，(%)按重量计不大于	1	2
5	硫化物和硫酸盐的含量(折算为 SO)，(%)按重量计不大于	1	1
6	强度以岩石试件(边长≥5 cm 的立方体)在饱水状态下的抗压极限强度与混凝土设计标号之比，(%)不小于	150	150
7	卵石有机质含量(用比色法试验)	颜色不得深于标准色，如深于标准色，则应以混凝土进行强度对比试验，加以复核	
8	抗冻性按硫酸钠法试验时最少循环次数(且其重量损失不超过 10%)	寒冷地区处在水位变化范围内的或处在吸水范围内的砼结构 7 次，暴露在空气中遭受湿气影响但不在吸水范围内的砼结构 5 次，严寒地区分别为 10 次和 7 次	

注：① 抗冻性用硫酸钠法试验不合格时，可按《公路桥涵设计规范》第 3-4 条执行。

② 有抗冻要求的混凝土，所用卵石按高标号混凝土技术要求执行。

③ 针状颗粒是指其长度大于该颗粒所属粒级的平均直径 2.4 倍者；片状颗粒是指厚度小于平均粒径 0.4 倍者；平均粒径是指该颗粒上下限粒径的平均值。

表 16　混凝土用砂技术要求

项次	项　　目	高标号(≥300 号)混凝土	一般混凝土
1	含泥量,(%)按重量计不大于	3	5
2	云母含量,(%)按重量计不宜大于	2	
3	轻物质含量,(%)按重量计不宜大于	1	
4	硫化物及硫酸盐含量,(%)按重量计(折算成三氧化硫)不大于	1	
5	有机质含量(用比色法试验)	颜色不应深于标准色,如深于标准色,则应配成砂浆,进行强度对比试验,予以复核	

注:① 对有抗冻、抗渗或其他特殊要求的混凝土用砂,其含泥量不应大于 3%,云母含量不应大于 1%。

② 砂中如含有颗粒状的硫酸盐或硫化物,则要求经专门检验,确认能满足混凝土耐久性要求时方能采用。

表 17　砂颗粒级配区

网眼尺寸 mm	分区筛余量,%		
	一区	二区	三区
10.00	0	0	0
5.00	10～0	10～0	10～0
2.50	35～5	25～0	15～0
1.25	65～35	50～10	25～0
0.63	85～71	70～41	40～16
0.315	95～80	92～70	85～55
0.16	100～90	100～90	100～90

e.　水下混凝土中的减水剂加量应据 GBJ 119—88《混凝土外加剂应用技术规范》的规定选取。

注:本条用水量为采用中粗砂时的平均值,如采用细砂,每立方米混凝土中用水量可增加 5～10 kg,采用粗砂时则可减少 5～10 kg。

10.2.7　混凝土的材料计算用量必须经试配、检验和调整后才能确定,试配时,混凝土拌合量应符合表 18 的规定。

表 18　混凝土试配用拌合量

骨料最大粒径 mm	拌合物数量 L
30 或以下	15
40	30

注:① 若用搅拌机搅拌时,所搅拌的混凝土数量不应低于搅拌机额定搅拌量的 1/4。

② 计算出的混凝土配合比均以干燥状态的骨料(含水率小于 0.5%的细骨料和含水率小于 0.2%的粗骨料)为基准,试配混凝土所需粗细骨料的称量均应为干燥状态的重量。若采用的不是干料,则应以它们的含水率修正每盘混凝土的材料用量。

10.2.8　检验混凝土拌合物的坍落度是否合乎要求,并根据检验情况予以调整:

a.　若坍落度符合要求,但粘聚性能及保水性能不好,则应加大砂率;

b.　若坍落度大于或小于设计要求,可在保持水灰比不变的条件下,相应减少或增大水及水泥用量及使用的减水剂加量;

c.　以坍落度合乎设计要求,粘聚性、保水性能好的配合比作为基准配合比。

10.2.9　基准配合比一般应进行强度检验及水灰比值校正:

强度检验时,应配制基准配合比混凝土拌合物和水灰比以每个间隔 0.05 的差距上下拉开,其他材

料加量仍以基准配合比的材料加量作为配合比的混凝土拌合物各一盘，并对以下项目进行检验：

a. 制作强度试块，以确定 28 天或其他龄期的混凝土强度；

b. 测定混凝土拌合物的容重，以供最后修正材料加量用；

c. 检验混凝土的坍落度、粘聚性和保水性。

用强度试块 28 天强度值作强度-灰水比值关系图，该直线上相应于试配强度的灰水比值即所需要的灰水比值；亦可通过计算求得。

10.2.10 按强度检验结果修正配合比：

用水量(W)——取基准配合比中的用水量值，并根据制作强度试块时测得坍落度值加以适当调整；

水泥用量(C)——取用水量乘以由强度-灰水比关系图上定出的为达到试配强度所必须的灰水比值。

粗、细骨料用量(G、S)——取基准配合比中的粗、细骨料用量，并按定出的灰水比值做适当调整。

10.2.11 按实测混凝土容重值修正配合比：

a. 计算容重校正系数 K

$$K = \frac{\gamma_h}{W + C + S + G} \qquad \cdots\cdots(13)$$

式中：K ——容重校正系数；

γ_h ——混凝土拌合物实测容重(kg/m^3)；

W,C,S,G ——每立方米混凝土水、水泥、粗、细骨料用量(kg/m^3)。

b. 把得到的各项材料用量(G,S,C,W)均乘以校正系数 K 即得到最终定出的混凝土配合比设计值。

10.2.12 每当原材料发生重大变化时，必须重新进行混凝土配合比的设计，同样需要经试配和校正，然后确定。

最后确定的混凝土配合比，填写混凝土配合比通知单，通知现场工人遵照执行。

10.3 混凝土配制

10.3.1 配制前必须将混凝土设计配合比换算成施工配合比。应在用水量中扣除骨料中超过的含水量值，骨料含量也应相应增加。

10.3.2 拌制混凝土所用原材料的数量应符合施工配合比的规定。每盘按重量计的偏差应符合下列规定：

a. 水泥、外掺混合材料，±2%；

b. 粗细骨料，±3%；

c. 水，外加剂溶液，±2%。

10.3.3 混凝土搅拌的最短时间(即自全部材料装入搅拌筒中起到卸料止)，可按表 19 规定执行。

表 19 混凝土搅拌的最短时间(min)

混凝土的坍落度 cm	搅拌机的机型	搅拌机容积 L		
		小于 400	400～1 000	大于 1 000
小于及等于 3	自落式	90	120	150
	强制式	60	90	120
大于 3	自落式	90	90	120
	强制式	60	60	90

注：掺有外加剂时，搅拌时间应适当延长。

10.4 混凝土灌注机具

10.4.1 导管

10.4.1.1 导管是水下灌注混凝土的重要工具。一般用无缝钢管制作或钢板卷焊而成；其直径应按桩径和每小时需要通过的混凝土数量决定；一般最小直径不宜小于 200 mm。导管的技术规格和适用范围见表 20。

表 20 导管规格和适用范围

导管内径 mm	适用桩径 mm	通过混凝能力 m^3/h	导管壁厚 mm		备注
			无缝钢管	钢板卷管	
ϕ200	ϕ600～1 200	10	8～9	4～5	导管的连接和卷制焊缝必须密封，不得漏水
ϕ230～255	ϕ800～1 500	15～17	9～10	5	
ϕ300	≥ϕ1 500	25	10～11	6	

10.4.1.2 导管设计应符合下列要求：

a. 有足够的强度和刚度，便于搬运、安装和拆卸。

b. 长度一般为 2 m，最下端一节导管长应为 4.5～6 m，不得短于 4 m；为了配备适合的导管柱长度，应备有 1 m、0.5 m 及 0.3 m 等不同长度的短导管。

c. 导管采用法兰盘连接或螺纹连接，宜优先选用螺纹连接。用 4～5 mm 的橡胶垫圈或橡胶“O”型密封圈密封，严防漏水。采用螺纹连接时，应注意在使用、运输、堆放过程中不得碰撞螺纹，或压坏管扣。灌注混凝土后，应立即将螺纹冲洗干净，及时涂油防锈并加以护套；采用法兰盘连接时，法兰盘外径宜比导管外径大 100 mm 左右，法兰盘厚宜 12～16 mm，在其周围对称设置的连接螺栓孔不宜少于 6 个，连接螺栓直径不宜小于 12 mm。法兰盘与导管焊接时，法兰盘面应与导管轴线垂直，在法兰盘与导管连接处宜对称设置与螺栓孔数量相等的加强筋，以加强连接强度和防止挂篓。

d. 最下端一截导管底不设法兰盘，宜以钢板套圈在外围加固。

10.4.1.3 导管加工制作应符合下列要求：

a. 每节导管应平直，其定长偏差不能超过 0.5%；

b. 导管连接部位内径偏差不大于 2 mm，内壁应光滑平整；

c. 将单节导管连接为导管柱时，其轴线偏差不得超过±20 mm；

d. 导管加工完后，应对其尺寸规格、接头构造及加工质量进行认真的检查，并应做连接、过球及充水加压试验，一般应保证在 0.5～0.7 MPa 压力下不漏水，以保证密封性能可靠。

10.4.2 漏斗和储料斗

10.4.2.1 导管顶部应设置漏斗和储料斗，漏斗设置的高度，应方便操作，并在灌注到最后阶段时，能满足对导管内的混凝土高度的需求，保证上部桩身混凝土质量。混凝土柱的高度，一般在桩顶低于桩孔中的水位时，应比该水位至少高出 2 m；在桩顶高于桩孔中的水位时，应比桩顶至少高出 2 m。漏斗设置高度(即导管内混凝土柱的高度)的计算，可参考图 12 和下列公式(14)。

$$h_1 = (p + \gamma_w H_w)/\gamma_h \quad \cdots\cdots (14)$$

式中：γ_w ——孔内泥浆或水的容重(kN/m^3)；

p ——超压力(kPa)与导管作用半径有关，见表 21；p 不宜小于 75 kPa；

γ_h ——混凝土拌合物容重(kN/m^3)；一般取 γ_h=23～24 kN/m^3；

H_s ——孔内水位至漏斗顶部高度，m；

$$H_s = h_1 - H_w \quad \cdots\cdots (15)$$

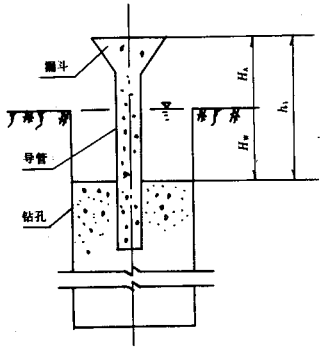


图 12 漏斗高度设计

表 21 导管作用半径与超压力关系表

导管作用半径 m	最小超压力 kPa
4.0	250
3.5	150
3.0	100
<2.5	75

10.4.2.2 漏斗与储料斗可用 4～6 mm 钢板制作，要求不漏浆，不挂浆，漏泄顺畅彻底。储料斗的容量一般为 0.5～0.8 m^3。

漏斗和储料斗应有足够的容量储存混凝土，以保证首斗灌量能达到埋管 0.8～1.2 m 的高度。漏斗和储料斗的初存量计算，可参考图 13 和式(16)。

$$V = h_1 \times \pi d^2/4 + H_c \times \pi D^2/4 \quad \cdots\cdots(16)$$

式中：V ——漏斗和储料斗初储量，m^3；

d ——导管内径，m；

D ——实际柱孔直径，m；

h_1 ——孔内混凝土达到埋管高度时，导管内混凝土柱与导管外水柱压力平衡所需的高度，m；

$$h_1 \approx H_w\gamma_w/\gamma_c \quad \cdots\cdots(17)$$

式中：γ_w ——水或泥浆的容重，kN/m^3；

γ_c ——混凝土拌合物容重，kN/m^3；

H_w ——孔内水位至管外混凝土面的高度，m；

$$H_w = H - H_c \quad \cdots\cdots(18)$$

式中：H ——实际桩孔孔深，m；

H_c ——首批混凝土埋管高度，m；

$$H_c = H_m + h_2 \quad \cdots\cdots(19)$$

式中：H_m ——应达到的最小埋管高度，m；

h_2 ——导管底口至孔底的高度，m。

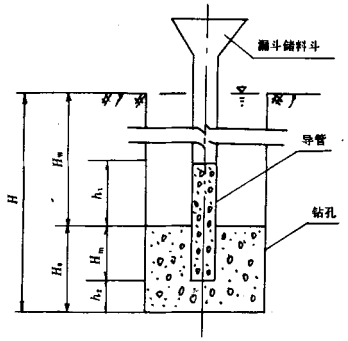


图 13　漏斗和储料斗容量计算

10.4.3　隔水塞

隔水塞一般采用混凝土制作，其外径宜比导管内径小 20～25 mm，采用 3～5 mm 厚的橡胶垫圈密封，其直径宜比导管内径大 5～6 mm。

采用混凝土制作的隔水塞，宜制成圆锥体，其直径和技术规格要求参见图 14，混凝土的强度等级宜为 C15～25。

为保证隔水塞隔水性能良好和能顺利从导管内排出，隔水塞应具有一定的强度，表面光滑，形状尺寸规整。

10.4.4　导管升降设备

10.4.4.1　导管升降设备主要有灌注平台或起吊设备，如机动吊车等。灌注平台应能安放导管、漏斗等，也能升降导管。

10.4.4.2　设计和制造灌注平台时，应注意以下几点：

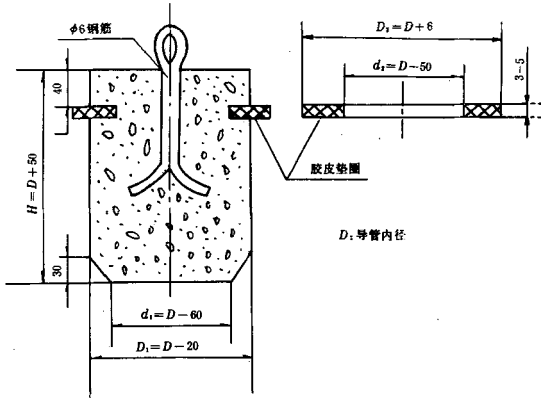


图 14　隔水塞

a.　有足够的强度和刚度，保证工作平稳。其有效提升能力应是导管重量的 2～2.5 倍，且不宜小于 40 kN。

b.　在考虑漏斗和导管的安装高度后，其有效升降高度不宜小于 6 m，同时，应考虑具有起吊安放

钢筋笼的高度和能力。

c. 拆卸移动方便，最好能在钻机移动的轨道上行走(移动)。

10.4.5 搅拌机、运输设备

10.4.5.1 应根据搅拌机的生产能力、需要灌注混凝土的数量和适当的灌注时间以及劳动力配备情况选定搅拌机的类型和数量。可参照下列式(20)计算每小时必要的混凝土供应量。

$$q = V/t_g \qquad \cdots\cdots(20)$$

式中：q ——每小时必要的混凝土供应量(m^3/h)，可根据导管直径选定。一般 12～15 m^3/h。

V ——单桩实际可能灌注的混凝土量(m^3)，应根据实际成孔情况和地质情况，按 10.1.10 考虑充盈系数后确定。

t_g ——适当的灌注时间(h)，可根据不同桩长和不同混凝土来确定。

10.4.5.2 搅拌机宜采用强制式搅拌机，也可采用自落式搅拌机，容量不宜小于 350L。搅拌机的数量应根据下列式(21)确定。

$$n = q/P \qquad \cdots\cdots(21)$$

式中：n ——搅拌机的数量(台)；

P ——搅拌机的生产能力，m^3/h。

根据计算结果再加配 1～2 台备用搅拌机。

10.4.5.3 运送混凝土宜采用搅拌运输车，如运距较近时，也可采用翻斗车。其混凝土运送能力应与搅拌机的搅拌能力相适应，并配有不少于一台的备用设备。

10.5 混凝土灌注

10.5.1 干式灌注

10.5.1.1 干孔灌注桩适用于无水或少水且较密实的土或岩石层。孔内渗水上升速度大于 6 mm/min 时应改为水下灌注混凝土。

10.5.1.2 干孔灌注混凝土前，孔底水深不宜超过 50 mm。如超过要进行抽水才能开始灌注混凝土。应加快灌注速度，使混凝土对孔壁的压力尽快地大于渗水压力。

10.5.1.3 混凝土应尽可能一次连续灌注完毕，如用串筒灌注混凝土时，串筒应对准孔中心，使混凝土在孔内自由坠落，以增加混凝土的冲击力和密实度。串筒底应始终与混凝土面保持在 2 m 以内。串筒小头直径以 200～250 mm 为宜。桩顶部 2 m 的混凝土用振捣器分层捣实，每层灌注厚度不超过振动棒的作用部分长度的 1.25 倍。

10.5.1.4 骨料(砂、石)的选择和水下混凝土相同。

10.5.2 水下灌注

10.5.2.1 应根据桩径、桩深、灌注量合理选择导管、搅拌机、起吊运输等设备机具的型号规格。所有机具均应试运转或严格检查，确保工况良好，严防灌注中出现故障。

10.5.2.2 导管吊放入孔时，应将橡胶圈或胶皮垫安放周正、严密，确保密封良好。橡胶圈磨损超过 0.2 mm时，应及时更换。导管在桩孔中的位置应保持居中，防止导管跑管，撞坏钢筋笼或损坏导管；导管底部距孔底(或孔底沉渣面)距离高度，以能放出隔水塞及混凝土为度，一般为 300～500 mm。

导管全部入孔后，计算导管柱总长和导管底部位置，并填入有关表格。同时，再次测定孔底沉渣厚度，若超过规定，应再次清孔至沉渣符合要求为止。

10.5.2.3 隔水塞可用 8 号铁丝系住悬挂于导管内贴水面处。

10.5.2.4 各项准备工作完成后，即可开始搅拌混凝土，并注意以下几点：

a. 混凝土材料必须是确定配合比的材料；

b. 现场材料的配比加量偏差，应符合 10.3.2 的规定；

c. 首批混凝土中应首先配制 0.1～0.3 m^3 水泥砂浆放入隔水塞以上导管、漏斗中，然后再放入混凝土，以便剪断铁丝后隔水塞、混凝土在导管内下行顺畅，返浆阻力小。

d. 混凝土应搅拌至各种组成材料混合均匀，颜色一致。搅拌时间应符合 10.3 的规定。

e. 首批混凝土出料时应作坍落度测定，并检查混凝土配比。至灌注中期和后期，应按灌注的不同部位，作混凝土坍落度测定，检查混凝土配比的变化情况，并填入“混凝土配制记录”。

f. 拌制好的混凝土应以最短时间运至待灌注孔并尽快灌注。

10.5.2.5 初存量必须满足首斗灌注的埋管要求。同时，观察孔内返水(或泥浆)情况，测定埋管深度并做好记录。

10.5.2.6 首批混凝土灌注正常后，应紧凑、连续不断地进行灌注，严禁中途停工。灌注过程中，应经常用测锤探测混凝土面的上升高度，并适时提升拆卸导管，保持导管的合理埋深 2～6 m。正常灌注时的探测次数一般为 4 m 一次，并应在每次起升导管前，探测一次混凝土面的高度，桩的顶部和底部应适当加密探测次数；特殊情况下(局部严重超径、缩径、漏失层位，灌注量特别大的桩孔等)应增加探测次数，同时，观察返水情况，以正确分析和判断孔内情况。

每次探测数据和拆卸导管长度应填入“钻孔水下混凝土灌注记录表”。

10.5.2.7 在灌注过程中，当导管内混凝土不满，含有空气时，后续的混凝土宜通过溜槽徐徐灌入漏斗和导管，不得将混凝土整斗倾入管内，以免在导管内形成高压气囊挤出管节间的橡胶垫而使导管漏水。

10.5.2.8 当混凝土面上升到钢筋笼下端时，为防止钢筋笼被混凝土顶托上升，应采取以下措施：

a. 在孔口固牢钢筋笼上端；

b. 灌注混凝土的时间应尽量快，以防止混凝土进入钢筋笼时，混凝土的流动度过小；

c. 当孔内混凝土面接近钢筋笼时，应保持较大的埋管深度，放慢灌注速度；

d. 当孔内混凝土面进入钢筋笼 1～2 m 后，应适当提升导管，减少导管埋置深度；

10.5.2.9 灌注接近桩顶部时，为确保桩顶混凝土质量，漏斗及导管中混凝土的高度与孔内混凝土面的高差应不小于 2 m；为了严格控制桩顶标高，应计算混凝土的需要量，使灌注的桩顶标高比设计的标高增加 0.2～0.5 m。

10.5.2.10 在灌注将近结束时，由于导管内混凝土面高差减小，超压力降低，而导管内的泥浆及所含渣土稠度和比重增大，如出现混凝土上升困难时，可在孔内加水稀释泥浆，亦可掏出部分沉淀物，使灌注工作顺利进行。

10.5.2.11 灌注结束后，各岗位人员必须按职责要求整理、冲洗现场，清除设备和工具上的混凝土积物。

10.5.2.12 在灌注过程中，应经常观察孔内情况。出现故障时，应及时分析和正确判断发生故障的原因，制定处理故障措施。常见灌注故障及处理措施参见表 22。

表 22 常见灌注故障及处理措施表

常见故障	产生故障的原因	故障处理措施
隔水塞卡在导管内	1 隔水塞翻转或胶垫过大； 2 隔水塞遇物卡住； 3 导管连接不直； 4 导管变形	用长杆冲捣或振捣，若无效提出导管，取出隔水塞重放，并检查导管连接的垂直度；拆换变形的导管
导管内进水	1 导管连接处密封不好，垫圈放置不平正，法兰盘螺栓松动； 2 初灌量不足，未埋住导管	1 提出导管，检查垫圈，重新安放并检查密封情况； 2 提出导管，清除灌入的混凝土，重新开始灌注，增加初灌量，调整导管底口至孔底高度

续表 22

常见故障	产生故障的原因	故障处理措施
混凝土在导管内出不去	1 混凝土配比不符合要求水灰比过小，坍落度过低； 2 混凝土搅拌质量不符合要求； 3 混凝土泌水离析严重； 4 导管内进水未及时发现造成混凝土严重稀释，水泥浆与砂、石分离； 5 灌注时间过长，表层混凝土已初凝	1 将混凝土按比例要求重新拌合并检查坍落度； 2 检查所使用的水泥品种、标号和质量，按要求重新拌制； 3 在不增大水灰比的原则下重新拌合； 4 上下提动导管或捣实，使导管疏通，若无效，提出导管进行清理，然后重新插入混凝土内足够深度，用潜水泵或空气吸泥机将导管内泥浆、浮浆、杂物等吸除干净恢复灌注；尽量不采取提起导管下隔水塞
断桩	1 导管提升过高，导管底部脱离混凝土面； 2 灌注作业因故中断	继续灌注的办法
夹层	1 埋管深度不够，混入浮浆； 2 孔壁坍落物夹入混凝土内； 3 导管进水使混凝土部分稀释	
钢筋笼错位或回窜	1 钢筋笼焊接质量不好； 2 钢筋笼未固定死或未固定	吊起钢筋笼重新焊好下入孔内，检查钢筋笼固定情况，并加焊固定。非全桩式钢筋笼可在其下部用铁丝系住较大的石块或水泥块

10.5.2.13 桩顶(或称桩头)灌注完毕后，随即探测桩顶面的实际高度，检查桩的实际灌注长度。由于桩顶面上泥渣沉淀增厚，泥浆的比重、粘度和静切力增大，使用测锤不易测准，可用细钢管接长，在其下端安一活塞铁盒，插入混凝土取样鉴别，或在钢管下端连接一长锥体，探测混凝土。

10.5.2.14 桩孔内高出水面的桩头，在清除浮浆沉渣后，应对桩头混凝土进行养护。高出地面的桩头，应制作桩头模板，按设计标高安放周正，浇注混凝土捣实并按规定养护。待混凝土强度达到设计标号的70%时，方可拆除桩头模板。

注：处于水中的桩头，可在混凝土初凝前，以高压水冲射超出标高的部分，但在桩头设计标高以上须保留不小于20～30 mm 的一层，待桩头挖露出后，将其凿除。

10.6 东期及高温施工

10.6.1 冬期施工

10.6.1.1 根据当地多年气温资料，室外日平均气温连续五天稳定低于5℃时，混凝土及钢筋混凝土工程的施工，除按有关规定执行外，尚应符合本节规定。

注：在冬期施工时，应密切注意天气预报，以防气温突然下降，遭受寒流或霜冻的袭击。

10.6.1.2 冬期灌注的混凝土，在受冻前，混凝土的抗压强度不得低于下列规定：

硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥配制的混凝土，为设计标号的30%；

矿渣硅酸盐水泥配制的混凝土为设计标号的40%。

10.6.1.3 冬期施工时，应对原材料的加热、搅拌运输、灌注和养护等进行热工计算。

冬期拌制混凝土时应优先采用加热水的方法，水及骨料的加热温度应根据热工计算确定，但不得超过表23的规定。

表 23 拌合水及骨料最高温度

项次	项 目	拌合水 ℃	骨料 ℃
1	标号小于 525 号的普通硅酸盐水泥矿渣硅酸盐水泥	80	60
2	标号等于或大于 525 号的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥	60	40

注：当骨料不加热时，水可加热到 100℃，但水泥不应与 80℃以上的水直接接触。投料时，应先投入骨料和已加热的水，然后再投入水泥。水泥不得直接加热，使用前宜事先运入暖棚内存放。

10.6.1.4 配制冬期施工混凝土，应优先用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，水泥标号不应低于 325 号，最小水泥用量不宜少于 300 kg/m³；水灰比不应大于 0.5；并宜使用引气型减水剂，含气量应为 3～5%，以提高混凝土的抗冻性能。

使用其他品种的水泥，应注意其中掺合料对混凝土抗冻、抗渗等性能的影响。

10.6.1.5 拌制混凝土时，骨料中不得带有冰、雪及冻团，拌合时间应比规定的时间延长 50%。

10.6.1.6 灌注时的混凝土温度以 10～20℃为宜。

10.6.1.7 灌注完毕后，必须及时用草袋或干土将桩顶盖好。

10.6.2 高温施工

10.6.2.1 室外气温稳定高于 30℃时，混凝土及钢筋混凝土中，应加入适量的缓凝剂或缓凝减水剂，以调整混凝土的凝结时间，使新拌混凝土能在 4～8 小时内具有塑性或流动性，以保证顺利施工和凝结密实。

10.6.2.2 暑期施工配制混凝土，应优先选用矿渣硅酸盐水泥；粗、细骨料应在使用前放在遮荫棚中或洒水降温；水罐或水管若暴露在阳光下也应采取遮荫措施。

10.6.2.3 灌注前的混凝土温度以不超过 35℃为宜，一般应在夜间灌注。

灌注时间一般不宜超过 4 h，若灌注时间较长，在使用缓凝剂的同时还可在保持水灰比不变的条件下，增大水及水泥的加量。

10.6.2.4 灌注结束后，应及时进行养护，保持桩头有一定的湿度。

11 特种桩的施工

11.1 浅水域钻孔灌注桩

11.1.1 浅水域一般是指江、河、湖、海中，水深在 30～50 m 以内，离沿岸不太远的水域。有河流(江)、河口、湖面、盐湖、滩涂以及滨海(潮间带)地带等。

水域钻孔桩施工，除钻进工艺与陆地大体相同外，很多工作有它的特殊规律。

11.1.1.1 根据作业需要，要掌握施工水域的气象、水文、地理和地形(包括地面和水底)等情况如掌握风的强度、风速变化规律、降雨量、施工地段的水位过渡线、水位与流速的变化、潮汐周期与潮差、海浪、水域水上漂浮物以及桩位的水深、河床海底状况等，都应在施工前调查清楚。

11.1.1.2 根据施工要求，合理选择钻场设施、锚泊定位、工方法等。

11.1.2 围堰施工

11.1.2.1 围堰：一般适用于浅水区的近岸水区或流速缓慢的水域施工。

围堰的一般要求：

a. 堰顶高度宜高出水域施工期间可能出现的最高水位 0.5～0.7 m。

b. 围堰外形应考虑河流断面被挤缩后，流速增大引起水流对围堰、河床的集中冲刷，以及影响通航、导流等因素。

c. 堰内面应满足坑壁放坡和基桩施工的要求，防水严密，尽量减少渗漏。采用循环液钻孔施工时，堰内不宜排水，应填土至比正常水位高 0.5～0.7 m，并密实。

d. 围堰断面应满足堰身强度和稳定(防止滑动、倾覆)的要求。

e. 围堰施工一般应安排在枯水时起进行,如有洪水或流水冲击时,应有可靠防护措施。

水域桩基施工的围堰主要有土围堰、草(麻)袋围堰、木(竹)笼围堰等。

11.1.2.2 土围堰

a. 适用于水深 2 m 以内和流速 0.5 m/s 以内的水域。

b. 筑堰的土宜用松散的粘土或亚粘土,填土出水面后应进行夯实。

c. 堰顶宽一般为 1～2 m,堰外边坡须视填土在水中的自然坡度而定一般为 1∶2～1∶3,堰内边坡一般为 1∶1.5～1∶1。

d. 因筑土堰引起外部水流速度增大时,可在外坡面用草皮、柴排、片石或草袋等加以防护。

11.1.2.3 草(麻)袋围堰

a. 适用于水深在 3.5 m 以内和流速在 2 m/s 以内水域。

b. 袋内宜装松散亚黏土或粘土,袋土量一般为袋容量的 2/3 左右,袋口用麻绳或细铁丝缝合。

c. 堆埋在水中的土袋,可用带钩的杆子钩送就位。上下层和内外层土袋应相互错位排放,尽量堆埋密实整齐,可能时,由潜水员配合堆埋整理堆脚。

11.1.2.4 木(竹)笼围堰

a. 适用于基底较硬或流速较大而水深在 1.5～4 m 的水域。

b. 根据孔深、流速及防渗要求,可采用单层或双层木(竹)笼围堰,木(竹)笼围堰宽度一般为水深的 1～1.5 倍。

c. 木(竹)笼可用浮运吊装或滑移就位填石(土)下沉。在堰底外围堆以土袋,以防堰底渗漏。

11.1.3 筑岛施工

11.1.3.1 筑岛基底应是坚硬密实的土质,如有淤泥等软土,应予挖除换填。岛面地基承载力应满足施工设计要求,可通过现场测试或由经验确定。

11.1.3.2 不论外围是否有围堰,应采用透水性好和易于压实的砂类土、砾石、较小的卵石等进行填筑。不得采用粘土、淤泥、泥炭和黄土类土填筑。

11.1.3.3 筑岛的岛面标高:至少应比施工期最高水位高出 0.5～1 m。

11.1.3.4 筑岛的边坡坡面和坡脚应满足稳定和抗冲击的要求,自然堆填的临水面坡度一般采用 1∶1.75～1∶3,视筑岛结构、高度、土质和流速而定。

11.1.4 水域钻场设施

11.1.4.1 水域钻探装置是将钻探设备及附属设备、管材、工具及其他材料等承托在水面上的装置,如钻探船钻探平台等。其技术要求:

a. 应具有足够的强度、能经受风浪、潮流等的冲击作用。

b. 应适应工作时的水深。

c. 能容纳必需的设备、工具、材料,并能提供安全的工作场所和必要的生活条件。

d. 应具有较好的稳定性和保持位置的能力,在风浪、潮流等的综合作用下,其运动参数不超过下列规定范围,见图 15。

a. 摇摆度＜2°;

b. 垂直升沉应＜2 m,对设有先进补偿装置的应＜0.5 m。

c. 纵移、横移而产生孔位偏离应小于水深的 5%。

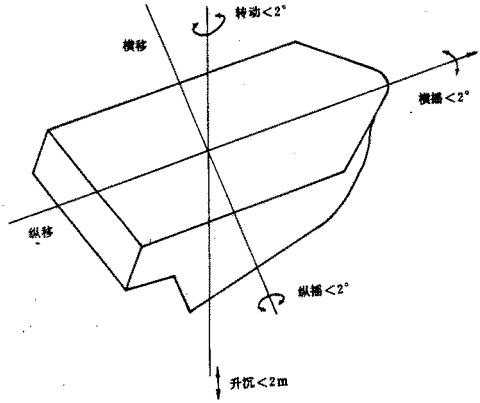


图 15　水域钻探装置运动示意图

11.1.4.2　钻探船舶的选择：

目前在浅水水域工程钻孔桩施工常用木质或钢质单体船或双体船制成的钻探平台，见图 16 和图 17。

水域钻探船设施选择，可参考表 24。

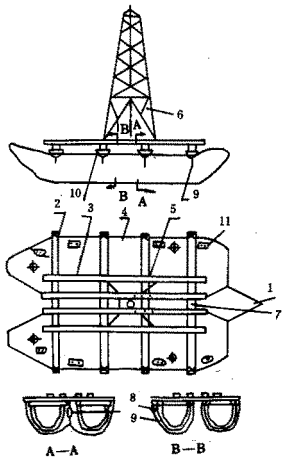


图 16　双体船拼装示意图

1—船体；2—基枕木；3—地基木；4—船舷；5—钻机座；6—钻塔；
7—横撑木；8—钢绳松紧器；9—钢绳；10—船舷垫木；11—铰锚机

a.　单体船

钻场设置在钻探船的头部或尾部(尖头船设在尾部、平头船设在头部)，钻场平台一般伸出船头(或

船尾)2.5～3.0 m,其面积随船的吨位大小而不同,一般为16～25 m²。单体船中有的是用驳船改装成钻探船它的优点是吃水浅,船面较宽,载重量大,稳定性能好。

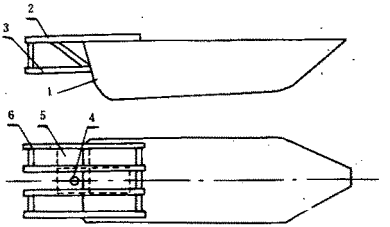


图 17 钻场安装示意图

1—船体;2—上层工作台;3—下层工作台;4—钻孔;
5—钻机;6—槽钢

表 24 水域钻探船设施选择参考表

水流速度 m/s	水深 m	风级 (级)	设备选择	备 注
<4	<50	<5	钻探船	吨位一般为30～200 t
	<20	<6	升降式平台	
	<6	<6	固定式平台	木架、沉塔式
<3	<10	<5	浮动式平台	
>5			钢索法	地形原因、水流速高河面较窄等

b. 双体船

在水深、流速都比较大或离岸较远的水域施工,多选用双体船改装成钻探船。与单体船相比,双体船稳定性好,载重量大,便于携带较多的钻具,利于施工较深或口径较大的钻孔桩。

拼装双体钻探船时,应考虑下列因素:

①根据钻孔深度、直径、钻探船在水域承受风浪、潮汐的影响,力求能够安全平稳施工。钻探船宽度应为钻塔底座的二倍。钻探船的吨位不小于船上全部设备、工具、材料重量的3倍(海域施工应达到4～5倍)。

②应力求被拼装船只的吨位、形状、宽度和深度基本一致,最好选用平底船。

③在拼装双体船时,两船间横布四根250×250 mm的地基木,其长度应超出两船宽度0.5 m,基本座落在弧形船舷部位,用螺栓使地基木与船体骨架紧固,在两船的艄艉间分别插入活动横撑木,以控制两船间的距离。

④双体铁船的拼装多采用横槽钢与船体凸出的骨架部位进行焊接而成。

c. 固定式钻塔平台

一般适用于水深不大,水底地形平坦和桩孔间距离较近的情况,优点是稳定性好。其结构形式主要有钢管式(打入式或立柱式)、桁架式、沉塔式三种。

d. 浮动式钻塔平台(见图18和图19)

浮动式钻塔平台用于浅海滩涂地带和湖上施工。主要由浮桶(一般由油槽、油罐或油桶)组成。

e. 自升式小型钻塔平台

与固定式钻塔平台和钻探船相比，具有稳定性好，便于移动，对水底地形适应能力和抗风能力强等优点。施工时平台既可离开水面，也可半浮或全浮在水面上，以摆脱水流、风浪、潮汐的影响。移动孔位时，只须将立柱(支撑)提起，即可用托船移至新孔位(见图 20)。

操作中应注意的问题：

①平台升起和降落前，应检查调试起升卷扬机制动装置的作用和起升电机绝缘是否良好。

②将立柱下降至水底后，调整四根立柱使其受力基本平衡，然后进行起升操作，若发现平台面不水平时，应立即停车，再调整立柱长度直至水平状态。

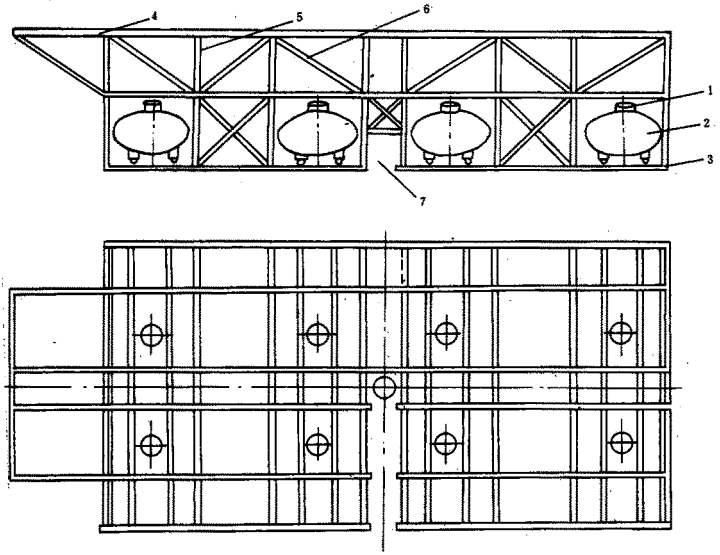


图 18 浮动式钻探平台示意图

1—浮桶注水口；2—浮桶；3—平台底座；4—平台纵梁；
5—立柱；6—斜拉手；7—平台退位口

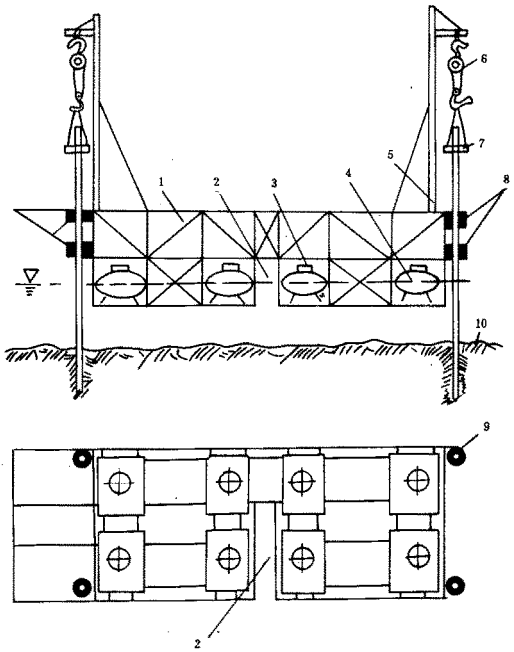


图 19　浮动式钻探平台示意图

1—网格状金属结构；2—桩孔退位口；3—浮桶注水口；
4—浮桶；5—挑杆；6—起重葫芦；7—夹板；8—滑动套；
9—定位桩；10—江底

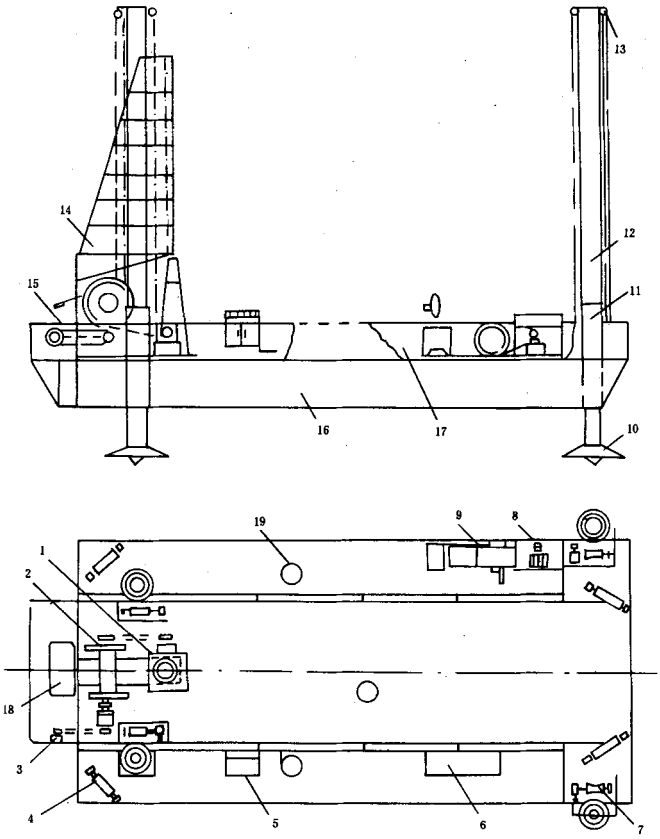


图 20　自升式小型钻探平台示意图

1—转盘；2—钻机；3—电动机；4—铰锚机；5—配电箱；6—发电机；
7—立柱铰车；8—电动机；9—泥浆泵；10—立柱底盘；11—立柱套；
12—立柱；13—滑轮；14—钻塔；15—防护栏杆；16—平台体；
17—防浪护板；18—活动盖板；19—检查孔盖板

③遇有大风浪时，应将立柱提起离开水底，进港抛锚避风；若无避风条件时，可根据水深情况，将平台升起一段高度，使平台底面距离水面 1.5～3.0 m(在海中要高出高潮位水面)。

11.1.5　钻船定位

11.1.5.1　钻船锚泊定位包括测定水底孔(桩)位、钻船就位和锚泊定位。其方法步骤是：

a.　在岸边或岛屿上选定 2 个控制点，放 2 台经纬仪，用两点交会法确定孔(桩)位。

b.　钻探船用自航或用托船，按设置的指定浮标大致就位。

c. 按先主锚(船前、后的锚)、后边锚(船左右两侧的锚)依次抛到预定的抛锚地点。

d. 调整锚缆长度,使钻船上的天车中心处交汇点时,即对正了孔(桩)位。将各锚缆拴在将军柱上,并在各锚缆上作出记号,以便检查钻船是否移位。

11.1.5.2 锚形的选择及其布置方式

钻船是靠铁锚插入水底的砂(泥)土中固定的,它对施工过程中的钻船稳定性有决定性影响。

锚型及重量的选择,主要根据海底(或河床)土的性质及稳定船的绞锚能力,以及钻船所受海(水)流、风力、海浪、潮汐等同时作用于钻船的外力来考虑选用。

a. 锚型的选择:锚的各种形式见图 21。

①燕子锚:锚重 140～320 kg,适用于有覆盖层的河床或海底。插入砂土中后越拉越紧,携带方便。

②将军锚:锚重 100～300 kg,一般在大船上使用,力量大,可用于不同种类岩石的河床或海底。

③兔子锚:锚重小于 300 kg,一般河床或海底均可使用,力量大,携带方便。

④四齿锚:力量较小,多用于民船或受力不大的船上。

b. 锚的布置方式:由于船体在水中的受力状态较为复杂,水的流向、风向、潮进、潮退很不一致,而且变化较大,因此,船锚泊定位方向一般应与风向或潮流(水流)方向相同,并采用多方向抛锚的办法目前水上施工常用的抛锚方式见图 22。选用何种抛锚方式须根据船舶类型及水文条件确定。

c. 缆绳长度的确定:按水深确定缆绳长度(缆绳与水面的交角一般应小于 20°),其直径一般选用 ϕ16～25.5 mm 钢丝绳或选用 ϕ22 mm 的有档锚链。

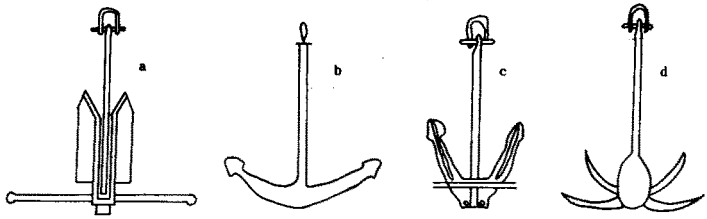


图 21 锚的形状

a—燕子锚;b—将军锚;c—兔子锚;d—四齿锚

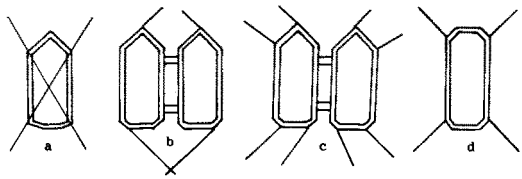


图 22 常见的几种抛锚方式

a—首尾侧锚式;b—前后交叉式;c—前后放射式;d—侧锚式

11.1.6 施工工艺方法

水上工程若采用船舶施工(浮动式钻船或浮动式钻塔平台),按其特点,要解决好升沉补偿和套管(护筒)护孔等问题。

11.1.6.1 孔口装置:见图 23。由于海上钻探受波浪和潮汐的影响,钻进中船体被水抬高或下落,给钻进带来很大的影响,为缓和、降低这种因素的影响,由活动孔口架、活动套管、隔水套管组成一种最简单的升沉补偿装置。

a. 活动孔口架：为内圆外方(角铁、铁板焊成)活动框架，见图 24。可在两船间隙相对的船体滑道(角钢)上插入，使它可以在滑道内自由升降。

b. 活动套管比隔水套管直径大 50 mm(一般应大两级，增大晃动量)水浅时，长度相当于低潮位水深，水深时，长度>1.5 倍潮差。它随潮水在孔口架内升降，因此可以起到一定的补偿作用。

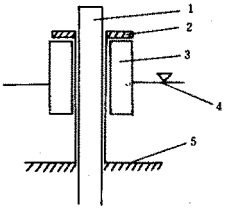


图 23 孔口装置

1—隔水套管；2—滑动套管；3—滑动孔口架；4—低潮位；5—基底

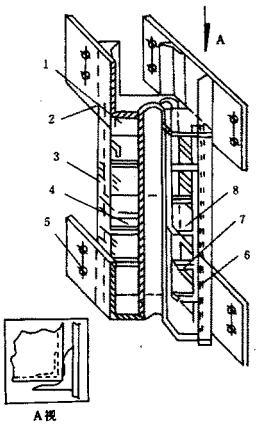


图 24 活动孔口架示意图

1—孔口架；2—固定板；3—滑道；4—导正管；
5—固定孔；6—角铁；7—支撑架；8—支撑板

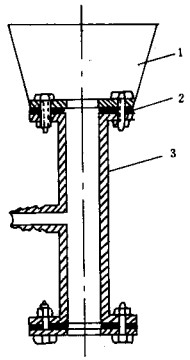


图 25　泥浆回收装置示意图

1—漏斗；2—胶垫；3—回收管

c. 隔水套管(护筒)应座在较硬的硬土层上，入土长度一般在 5～25 m，水深超过 30 m，应考虑水流、潮汐冲击作用的影响，必要时在 1/2 水深处加设辅助锚。在内河、湖泊施工，护筒埋入河床深度，卵砾石层一般为 1.5～3.5D；淤泥层一般为 1～2.5D(D 为护筒直径)。护筒埋设应无倾斜现象。

11.1.6.2　泥浆循环系统：水上钻探，泥浆循环回收较为复杂，因此一般情况下，尽量不使用泥浆，或使用泥浆而不循环回收。但遇到钻进地层复杂，钻孔较深，必须采用泥浆钻进时，为了降低成本，应设置泥浆循环系统。

反循环钻进比较容易解决。正循环钻进时，则在孔口隔水套管上加一泥浆循环装置，见图 25。从套管返回的泥浆流入回收管后，经胶管流回泥浆池或泥浆船。

11.1.6.3　水上钻探船施工的原始记录：

水上钻探作业往往由于钻探船受水位的影响，直接影响原始记录的准确性，为此，施工中要设置水位标尺(并经常进行校对)，随时掌握水位或潮位的变化。

钻孔深度可按下列式计算：

孔深＝钻具总长－下钻时水深－机上余尺±潮差 ……（22）

(涨潮时取负值，落潮时取正值)

潮差＝开钻前水深－提钻前水深 ……（23）

钻进实际进尺＝进尺±潮差 ……（24）

钻进时水深＝实际水深＋水面到台板高度＋机高 ……（25）

11.1.6.4　水域钻探施工中的安全工作：

a. 在通航的江、河、湖、海水域施工时，应按当地航运部门规定悬挂信号灯、航标；

b. 施工中应经常与气象、水文检测部门保持联系，做好防范准备以应付突然情况发生。遇六级以上大风浪时，应停止施工，迅速撤离作业区，进港抛锚躲避。

c. 船上应按要求配齐完好的各种安全防护及救生设施及照明、通讯、防火设备，并经常检查船体的坚固程度。

d. 钻船平台周围必须设置防护栏杆和上下船的梯子。钻进工作中断时，应用木板盖好平台上的井口。

水上施工的安全工作具体措施，应根据施工工程的实际情况制订出切实有效的安全实施细则。

11.1.7　灌注混凝土前应充分做好各项工作，应备有足够的混凝土材料及时运输到水上现场，灌注时应

适当提高混凝土漏斗，并防止灌注导管提离混凝土面。

11.2 斜桩

11.2.1 斜钻孔桩可采用正、反循环回转钻机施工，施工方法与工序流程同直钻孔桩基本一致，其技术关键是严格控制桩孔的倾斜角度，不超过设计斜度±2.5%；灌注管要处于钻孔中心部位，防止灌注中出现混凝土混杂和其他的质量不良问题；做好护孔工作，防止发生垮孔。

11.2.2 斜桩开孔段主要依靠护筒导向，因此要严格护筒埋设。要求护筒埋深超过人工杂填土层，以座落在粘性土层为好，其最短长度不应小于2～2.5 m。护筒埋设过程中应反复测量其倾角和方位角与设计要求是否一致，在测量准确无误后应认真用粘土夯实护筒周围。在特别情况下可用水泥砂浆灌注护筒底口，防止偏移窜位。护筒的中心位置偏向钻孔中轴线的上方，使内圆的下帮与桩孔外圆的弧线相切，以利减少桩孔下垂。

11.2.3 在缺少斜孔专用钻机的情况下，可采用普通钻机整体装斜的办法施工，见图26。钻机就位前应计算钻机转盘两侧的高差，据此铺设枕木，横竖枕应用螺杆穿牢紧固成整体。检验合格后吊装钻机就位。就位后应认真测量钻机主动钻杆倾斜角和方位角。确认就位准确无误后，应紧固机座，掩埋枕木，避免钻进过程发生机架位移。

11.2.4 为防止钻孔下垂，应采用双腰带刮刀钻头，钻头外径在2 m以上需设置带导向器的钻杆，其结构见图27。

11.2.5 钻进时的操作要点基本与直孔相同，由于斜孔上帮易发生掉块、坍塌，下帮受钻具重力影响易发生剥落，所以应切实抓好护壁措施。一般情况下应优先考虑使用泥浆作业。

11.2.6 钢筋笼在斜孔中会向桩孔下帮贴靠、陷进，所以钢筋笼的制作与下入应采取特别措施。

11.2.6.1 钢筋笼的主筋下端应向内弯，制成圆弧钩形，外端加焊一环箍，以免铲插孔壁。钢筋笼的箍筋宜框在主筋之外减少起下灌注管的阻力。钢筋笼的导正块，宜加大加密，以增大与孔壁的接触面积，一般可焊置于笼体的下帮，上帮可以焊或不焊。钢筋笼在制作与搭焊时，应保持笼体内壁的规整，以利灌注导管顺利起降。

11.2.6.2 下入钢筋笼时应保持一定方向，有导正块的一方朝向钻孔的下帮，以保持笼体外侧有适合的混凝土保护层。

11.2.6.3 钢筋笼入孔后应在孔口点焊定位，以免上下错位。

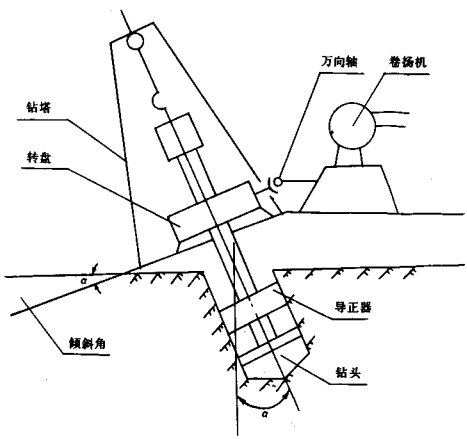


图26 斜桩钻机安装示意图

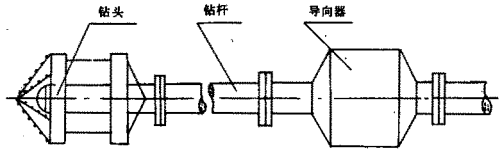


图 27 导正钻具示意图

11.2.7 为使灌注导管在灌注过程中居于钻孔中心部位和顺利下降和提升，灌注管上需加设导正器，一般可连接在导管底端上数第二节灌注管部位。导向上加焊小水管作测绳孔，可探测管外混凝土面上升高度。

11.3 扩底桩

11.3.1 钻孔扩底灌注桩适用于地层下部有较好持力层的坚硬、硬塑、可塑、软塑粘土层以及密实、中密和稍密的砂土、砂砾石层等地层，不适用于流塑状态的粘土、松散砂土和碎石土地层。

11.3.2 钻孔扩底钻进是当钻孔施工到设计扩径深度时，下入扩底钻头，在上部钻进压力的作用下，逐渐撑开扩孔刃具以形成扩底桩孔。

11.3.3 钻孔扩底灌注桩的大头直径一般为桩身直径的 2～3.5 倍。

11.3.4 钻孔扩底钻头一般分为上开式、下开式、滑降式、外推式等，选用钻头应注意：

a. 扩底的开闭动作有自重式与油压式，前者简单易造，后者复杂，需要供油管路，且不适宜深孔，一般情况下宜选用自重式。

b. 根据施工需要选择钻头开启方式：

只需保持扩底量，对扩底角要求不严的，宜选用上开式；要求保证扩底量，且需保证扩底角，并要求扩底角可调，宜选用下开式；要求扩底角为一固定值，只需调整扩底量，可选用滑块式；施工地层较复杂或基岩地层扩底时，可选用外推式。

c. 扩底角一般不大于 12°，若地层不够稳定，除采用泥浆稳定孔壁外，亦可适当减少扩底角。

11.3.5 钻孔扩底应遵守下列规定：

a. 钻进速度不宜大于 500 mm/min。

b. 扩底钻头下入孔底后，应保持空转不进尺，使其逐渐撑开扩刀扩壁。扩壁施工中应注意观察动力设备运转情况，随时调节扩刀的切削土量，防止出现超负荷现象。

c. 扩底完毕后，应空转几圈后，再收拢扩刀。

d. 必须在扩刀完全收拢，停钻后才能提升钻杆。钻杆提出孔口前，应将孔口附近积土清除干净。

e. 水下扩孔应采用泥浆护壁，并适当提高泥浆的粘度和比重，确保扩底孔段的孔壁稳定。

11.3.6 钻孔扩底完毕，干式灌注混凝土时，应清除孔底虚土或沉渣，随后应尽快灌注。灌注至扩大段高度的 1/2 处，即下入钢筋笼继续灌注。水下灌注混凝土遵照本规程有关规定。

11.4 树根桩

11.4.1 树根桩又称微型喷灌桩，就地灌注小直径钢筋笼桩，包括(70°～80°)斜桩。桩径一般为 100～300 mm，桩长 30 m 以内。适用于建筑地基、楼房基础、厂房基础加固和基础托换、基坑开挖的防渗挡土墙以及大直径桩的故障处理。

11.4.2 树根桩施工

树根桩具有桩型小，施工设备少，且多数在一些狭小的场地施工等特点。其施工工序为：

桩孔定位→埋设护筒→钻机就位→钻进成孔→第一次清孔→下放钢筋笼→下注浆管→向孔内填入碎石→二次清孔→补填石料→一次压浆→二次压浆→起拔压浆管。

11.4.2.1 埋设护筒：按测量桩位埋设护筒，如桩头标高在粘性土以下时可用钢护筒；如桩头标高在杂

填土之中应选择水泥管护筒，水泥管的内径应比桩径大 100 mm，长度视地层而定。

11.4.2.2 钻进成孔：用回转钻机，正循环一径到底的成孔方法，适用于填土层、粘土层、淤泥层等地层钻进，多选用三翼式钻头，对地下建筑物的钢筋砼结构和其他障碍物，可用合金或金刚石钻头钻穿。成孔中使用清水作冲洗液靠自然造浆，成孔速度控制在 10 m/h 左右。

技术参数：

地层类型：粘土、淤泥、粉细砂层

钻头压力：10～15 kN

转　　速：200～300 r/min

泵　　量：>120 L/min

11.4.2.3 清孔：主要通过冲洗液循环清除孔内沉渣，使泥浆比重达到 1.05～1.1 的设计要求。根据树根桩的施工特点，清孔分为三个阶段：

a. 终孔后利用钻具进行清孔 20～30 min。

b. 下入钢筋笼和压浆管后，利用压浆管进行清孔。

c. 孔内投入碎石后，利用压浆管和清水进行清孔。在清孔时注意观察孔口返回近于清水时停止。

11.4.2.4 压力灌浆

a. 压力灌浆的主要设备及机具

①压浆泵：可选用变量泵或液压活塞泵。

②压浆管：采用钻杆，底端 1 m 为筛管，孔眼直径 ϕ5 mm，间隔 5～10 mm 均布，上部使用变径接头，用提引器起吊，管长度视桩长而定。

③砂浆搅拌：选用砼搅拌机或灰浆搅拌机，需有进水计量器。

b. 填入碎石：碎石质量要求按 JG 53 标准执行，碎石规格 5～25 mm，碎石过磅填入孔内后，经清水清孔会下沉，须进行第二次补填。

c. 水泥浆(砂浆)搅拌：为便于泵送和达到设计标号要求，应使用质量合格的标号不低于 425# 的硅酸盐水泥，配制浆液(砂浆)，配比及搅拌质量应符合设计要求。

d. 压浆：在下好钢筋笼后，下两套压浆管分布在孔的两侧填入碎石，经清孔后，进行第一次压浆，压力为 0.3～0.5 MPa，当压力达到 0.4～0.5 MPa 时，开始拔管，当压力下降至 0.3 MPa 时，随即边灌边拔管，待孔口返回水泥浆(砂浆)即可停待 30～40 min。接通第二套压浆管压浆压力达到 1～1.2 MPa，待孔口持续返回浆液即可起拔压浆管。

桩径小于 ϕ150 mm 的桩，可以下一套压浆管，待孔口返回浆液，即上提压浆管 1～2 m，停 30～40 min，再进行第二次补浆。

在进行二次压浆和补浆前，应检查孔口石料。

12 质量检验及工程验收

12.1 原材料的检测及验收

12.1.1 混凝土的原材料质量必须符合现行有关标准规定，拌制所用混凝土原材料的品种及规格，必须符合混凝土施工配合比的规定。

12.1.2 水泥进场时，必须有质量证明书，水泥应符合现行水泥标准的规定要求，必须有制造厂的试验报告单、质量检验单、出厂证等证明文件。并应对其品种、标号、包装(或散装仓号)、出厂日期等检查验收。对水泥质量有怀疑或水泥出厂超过三个月(快硬硅酸盐水泥为一个月)时，应复查试验，并按其试验结果使用。

12.1.3 散装水泥用量尺法检验，或用轨道衡计量，汽车称重时采用地中衡称量，也可以采用电子秤称重。

12.1.4 每批进场的石料必须附有包括下列内容的质量证明书或产品合格证：

a. 生产厂名和产地；

b. 合格证编号和签发日期；

c. 产品的批号和数量；

d. 运输条件；

e. 产品的颗粒级配，针、片状颗粒含量和含泥量检验结果；

f. 注明产品的强度指标(岩石立方体强度或压碎指标值)。

石料进场前，应检查产品质量是否合乎要求，而且至少应采样进行颗粒级配、针、片状颗粒含量和含泥量检验。在发现产品质量有显著变化时，应按其变化情况随时进行取样检验，符合要求时方可进场。其质量标准和检验方法必须符合 JGJ 53—79 的规定。

12.1.5 入场后的碎石或卵石应按产地、种类和规格分别堆放，堆放时，堆料高度不宜超过 5 m，但对于单粒级或最大粒径不超过 20 mm 的连续粒级，堆料高度允许增加到 10 m。

12.1.6 每批进场的砂必须附有包括下列内容的质量证明书或产品合格证：

a. 生产厂名和产地；

b. 合格证编号和签发日期；

c. 产品的批号和数量；

d. 运输条件；

e. 产品的种类(按产源和细度模数)，颗粒级配及其所属级配区；

f. 产品中颗粒小于 0.080 mm 的尘屑、淤泥和粘土的总含量；

g. 如为海砂，应注明氯盐含量。

砂进场前，至少应取样进行颗粒级配和含泥量检验，如为海砂，还应检验其氯盐含量。在发现产品质量有显著变化时，应按其变化情况，随时进行取样检验，合格后方可进场。其质量标准的检验方法必须符合 JGJ 52—79 的规定。

12.1.7 夏季或雨后灌注混凝土前必须对砂石料含水量进行检测，并及时调整实配混凝土的加水量。

12.1.8 钢筋进场须附有质量证明书或试验报告单，每捆(盘)钢筋均应有标牌。进场时应按炉罐(批)号及直径分批验收。验收内容包括查对标牌、外观检查，并按有关标准的规定抽取试样作机械性能试验，合格后方可使用。对质量有怀疑时应取样做材质检验，以及拉力、焊接试验。

12.1.9 焊条的规格型号、外加剂的质量均符合要求。

12.2 单桩检验及验收

12.2.1 单桩质量检验及验收主要包括桩位、标高是否准确，成孔、清孔、钢筋的制作安放、混凝土的配制和灌注等各工序施工质量，原始资料是否齐全、准确、清晰。

12.2.2 桩位的确定必须进行测量和复测。钻机就位后须进行桩孔对位误差检测和钻机水平检查，要求安装水平、稳固，底座大梁必须垫实，不得有悬空现象。

12.2.3 钻孔完工后，须检查和校正孔深，桩孔深度应不小于设计深度；孔径偏差经测井仪检测或钻头外径测量应符合规定。

12.2.4 清孔结束后，在进孔泥浆比重不大于 1.15 时，出口泥浆比重不大于 1.25。

12.2.5 钢筋笼吊放前必须重新丈量每节钢筋笼的直径和长度，焊接质量及筋距偏差，吊筋长度等，并填写隐蔽工程验收单，吊放好的钢筋笼尽量与钻孔轴线同心。

12.2.6 在搅拌和灌注混凝土过程中，应按下列规定进行检查：

a. 检查混凝土的组成材料的质量和用量，每条桩不少于两次；

b. 检查混凝土在拌制地点和灌注地点的坍落度，每条桩至少两次；

c. 如混凝土配合比由于外界影响而有变动时，应及时检测；

d. 混凝土的拌制时间应随时检测。

12.2.7 冬季施工时，还应每两小时检查一次下列内容：

a. 检查外加剂的加量；

b. 测量水(包括外加剂溶液)和骨料的加热温度以及加入搅拌时的温度；

c. 测量混凝土自搅拌机中卸出的温度和灌注的温度。

检查结果应及时填入“混凝土配制记录”。

12.2.8 高温期间施工时尚应检测下列内容：

a. 外加剂溶液的质量和加量，每条桩不少于两次；

b. 混凝土出机温度和灌注前的温度，每两小时一次。

12.2.9 混凝土灌注顶面高度应符合 10.5.13 的规定。

12.2.10 混凝土的灌注充盈系数不小于 1；沉管成孔灌注桩任意一段平均直径与设计直径之比不小于 1。

12.2.11 单桩施工完毕后应提交下列资料：

a. 钻孔桩桩孔钻进记录；

b. 钢筋笼吊装记录；

c. 混凝土配制(含试块捣制)记录；

d. 混凝土灌注记录；

e. 事故处理记录。

12.3 全部工程质量检验与验收

12.3.1 桩位偏差，按总桩数抽查 10%，但不少于 3 根。

12.3.2 灌注桩用的原材料和混凝土强度必须符合设计要求及施工规范的规定。混凝土强度的评定须按 GBJ 301—88《建筑工程质量检验评定标准》执行。

12.3.3 混凝土的配合比、原材料的计量、搅拌、养护和试块留制必须符合规范的要求。

注：① 检查混凝土抗压强度应以边长 150 mm 的立方体试块，在温度为 20±3℃和相对湿度为 90%以上潮湿环境或水中的标准条件下，经 28 天养护后试压确定，其压试结果作为桩体混凝土是否能够达到设计强度等级的依据。

② 作为评定桩身混凝土强度等级的试块，应在灌注地点制作。

12.3.4 标准养护的试块组数，应按每条桩不少于一组留制。

每组(三块)试块应在同盘混凝土中取样制作，其强度代表值按下述规定确定：

a. 取三个试块试验结果的平均值，作为该组试块强度代表值，其基本单位为 Pa；

b. 当三个试块中的过大或过小的强度值，与中间值相比超过 15%时，以中间值代表该组的混凝土试块的强度。

注：试块外形与试验方法不符合试验要求时，其试验结果不应采用。

12.3.5 桩身质量须经下列检测：

a. 静压试桩数量一级为桩数的 1%，但不少于 2 根，允许承载力满足设计要求；

b. 钻探抽心验桩的抽检数量，一般端承桩为桩数的 10%，摩擦桩为 5～15%；混凝土密实连续，强度和孔底沉渣满足设计要求；

c. 动测、超声等无损检测比例一般为桩数的 20～50%；判析桩身混凝土连续、质量合格，桩径合乎要求。

12.3.6 分项工程质量评定合格。

12.3.7 分部工程质量评定合格。

12.3.8 工程竣工提交以下资料：

a. 桩位测量放线平面图；

b. 材料检验、试块试压记录；

c. 桩的工艺试验记录；

d. 桩和承台的施工记录或施工记录汇总表；

e. 隐蔽工程验收记录；

f. 设计变更通知书、事故处理记录及有关文件；

g. 桩基竣工平面图；

h. 竣工报告。

12.3.9 如实际的地质资料与设计不符，或在施工时对桩身质量和承载力有疑问时，可采用荷载试验或其他检验手段进行检查，其数量由设计、施工及其他有关单位共同研究决定。

12.4 特种工程质量检验与验收

12.4.1 特种工程的施工程序应符合本规程规定。

12.4.2 特种工程所使用的机具和设施应符合本规程规定。

12.4.3 特种工程采用的材料必须符合设计要求。

12.4.4 特种工程施工的原始资料应能反映实际情况和存档要求。

12.5 原始资料整理归档

12.5.1 工程施工合同签订后，应及时收集有关经济技术文件资料，整理立卷，经主任工程师审查后归档。

12.5.2 钻孔灌注桩工程归档资料应包括以下文件：

a. 工程施工承包合同及预决算单；

b. 施工设计图；

c. 施工组织设计；

d. 开工报告、基桩工程开工验收单、桩施工轴线移交验签单；

e. 单桩施工原始记录、工程联系单、工序验收资料和隐蔽工程验收单等反映施工实际情况的技术资料；

f. 竣工后向甲方所提交的全部技术资料及技术总结；

g. 反映特种工程施工和质量验收的技术资料。

附 录 A
钻 头
（补充件）

A1 泵吸反循环钻头

A1.1 双腰带梳齿刮刀钻头，见图 A1。

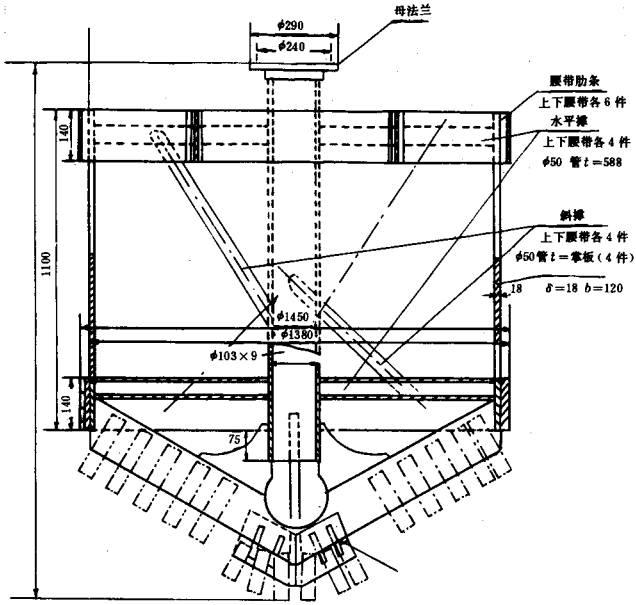


图 A1 双腰带梳齿刮刀钻头

该类钻头的特点是对地层的适应性强，综合钻进效果好。主要适合钻进砂土层、砂砾层、卵砾石层、少量粘土层和风化基岩层。

A1.2 大八角合金齿块双腰带刮刀钻头，见图 A2。

该类钻头的特点是强度大，可承受的压力和扭矩大，适合钻进砂卵砾石层和软基岩、中硬基岩。

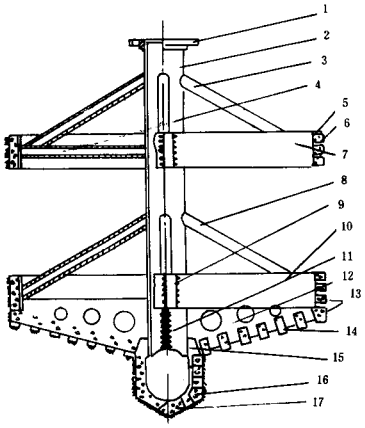


图 A2 大八角合金齿块双腰带刮刀钻头

1—接头；2—中心管；3,8—斜撑；4—水平撑；5,9—肋骨；6,13,14,16,17—合金齿；7,10—上下腰带；11,12—翼板；15—导向钻头

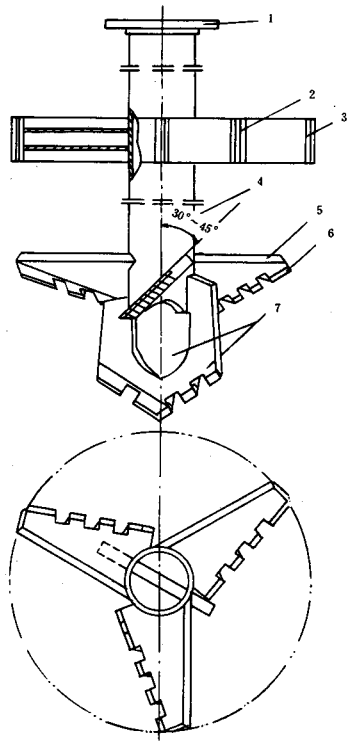


图 A3 犁式单腰带刮刀钻头

1—接头；2—肋骨体；3，6—合金块；4—中心管；5—翼板；7—中心切削具

A1.3 犁式单腰带刮刀钻头，见图 A3。

该类钻头的特点是对软土地层切削性好，排渣通畅，能有效地防止“泥包”钻头糊钻，钻进效率高。主要适合钻进软土地层、粘土层淤泥层、砂性土层等。

附 录 B
钢筋及焊接标准
（补充件）

B1 钢筋标准

钢筋的种类、钢号及直径应符合设计要求。目前我国使用钢筋的化学成分参见附表 B1，钢筋的机械性能参见附表 B2，对钢筋的材质有疑问时，应进行物理力学性能的测试或化学成分的分析试验。

B2 钢筋焊接标准

焊接用的钢筋作可焊性和焊接质量试验，钢筋焊接接头的技术资料如表 B3。

B2.1 钢筋闪光对焊接头

B2.1.1 外观检测应符合下列要求：

a. 接头处不得有横向裂纹。

b. 与电极接触处的钢筋表面，对Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋不得有明显烧伤，对Ⅳ级钢筋不得有烧伤。

c. 对焊后两钢筋轴线夹角不得大于 4°。

d. 对焊后两钢筋轴线偏移量不得大于 0.1 倍的钢筋直径，最大偏移量不得大于 2 mm。

B2.1.2 力学性能试验结果应符合下列要求：

a. 取三个试件进行拉伸试验，三个试件的抗拉强度均不得低于该级别钢筋的规定抗拉强度值。

b. 至少有二个试件断于焊缝之外，并呈塑性断裂。

c. 取三个试件进行弯曲试验，进行试验时应将受压面的金属毛刺和墩粗变形部分去除，使之与母材的外表齐平，焊缝应处于弯曲中心，Ⅰ—Ⅴ级钢筋弯曲直径分别为 2d、4d、5d、7d，弯曲至 90°时接头外侧不得出现宽度大于 0.15 mm 的横向裂纹。

B2.2 钢筋电弧焊接头

B2.2.1 外观检测应符合下列要求：

a. 焊缝表面平整，不得有较大的凹陷、焊瘤。

b. 接头处不得有裂缝。

c. 咬边深度、气孔、夹渣的数量和大小以及接头偏差不得超过表 B4 所规定的数值。

d. 坡口焊及熔槽、帮条焊接，其焊缝加强高度为 2～3 mm。

表 B1 热轧钢筋的化学成分

级别	钢号		化学成分						
	牌号	代号	碳(C)	硅(Si)	锰(Mn)	钛(Ti)	钒(V)	磷(P)	硫(S)
Ⅰ	3 号钢	A3、AD3	0.14～0.22	0.12～0.30	0.40～0.65	—	—	≤0.045	≤0.055
Ⅱ	20 锰硅	20MnSi	0.17～0.25	0.40～0.80	1.20～1.60	—	—	≤0.050	≤0.050
Ⅲ	25 锰硅	25MnSi	0.20～0.30	0.60～1.00	1.20～1.60	—	—	≤0.050	≤0.050
Ⅳ	40 硅 2 锰钒	40Si2MnV	0.36～0.46	1.40～1.80	0.70～1.00	—	0.08～0.15	≤0.045	≤0.045
	45 硅锰钒	45SiMnV	0.40～0.52	1.10～1.50	1.00～1.40	—	0.05～0.12	≤0.045	≤0.045
	45 硅 2 锰钛	45Si2MnTi	0.40～0.48	1.40～1.80	0.80～1.20	0.02～0.08	—	≤0.045	≤0.045
5 号钢		A5、AD5	0.28～0.37	0.15～0.30	0.50～0.80	—	—	≤0.045	≤0.055
35 硅 2 锰钒		35Si2MnV	0.30～0.40	1.40～1.80	0.70～1.00	—	0.08～0.15	≤0.045	≤0.045
35 硅锰钒		35SiMnV	0.30～0.42	1.10～1.50	1.00～1.40	—	0.05～0.12	≤0.045	≤0.045
35 硅 2 锰钛		35Si2MnTi	0.33～0.40	1.40～1.80	0.80～1.20	0.02～0.08	—	≤0.045	≤0.045

注：1. 表中的成分下限不作成品交货条件。

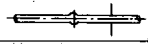
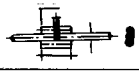
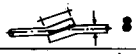
2. 转炉冶炼的 25 锰硅，含碳量允许提高 0.03%，含锰量允许提高到 1.8%。

表 B2　热轧钢筋与冷拉钢筋的机械性能

项次	级别	钢号			直径 (mm)	弹性模量 (MPa)	屈服点 (MPa) 不小于	抗拉强度 (MPa) 不小于	伸长率(%) δ_5 不小于	伸长率(%) δ_{10} 不小于	冷弯 弯心直径	冷弯 弯曲角度
		牌号	代号	符号								
1	Ⅰ	3 号钢	A3、AJ3、AD3	Φ	8～40	2.1×10^5	240	380	25	21	$1d_0$	180°
2	Ⅱ	20 锰硅	20MnSi	Φ	8～25 28～40	2.0×10^5	340 320	520 500	16	—	$3d_0$	180°
3	Ⅲ	25 锰硅	25MnSi	Φ	8～40	2.0×10^5	380	580	14	—	$3d_0$	90°
4	Ⅳ	40 硅 2 锰钒 45 硅锰钒 45 硅 2 锰钛	40Si2MnV 45SiMnV 45Si2MnTi	Φ	10～28	2.0×10^5	550	850	10	8	$5d_0$	90°
5	Ⅴ	热处理： 40 硅 2 锰 48 硅 2 锰 46 锰硅钒	40Si2Mn 48Si2Mn 46MnSiV	Φ^t	6 8.2 8.2	2.0×10^5	1 350	1 500	—	6	—	—
6		5 号钢	A5、AJ5、AD5		10～40	2.0×10^5	280	500	19	15	$3d_0$	180°
7	Ⅰ	冷拉 3 号钢钢筋		Φ^l	6～12	2.1×10^5	280	380	—	11	$3d_0$	180°
8	Ⅱ	冷拉Ⅱ级钢筋		Φ^l	8～25 28～40	1.8×10^5	420	520 500	— —	10 10	$3d_0$ $4d_0$	90° 90°
9	Ⅲ	冷拉Ⅲ级钢筋		Φ^l	8～40	1.8×10^5	500	580	—	8	$5d_0$	90°
10	Ⅳ	冷拉Ⅳ级钢筋		Φ^l	10～28	1.8×10^5	700	850	—	6	$5d_0$	90°
11		冷拉 5 号钢钢筋		Φ^l	10～40	1.8×10^5	450	500	—	9	$3d_0$	90°

注：冷弯试验中的 d_0 为钢筋直径。当钢筋直径大于 25 mm 时，弯心直径增加 $1d_0$。

表 B3　钢筋焊接接头的技术资料

项次	焊接接头类型	焊接接头简图	适用范围 钢筋类别	适用范围 钢筋直径(mm)
1	电阴点焊		Ⅰ、Ⅱ级 冷拔低碳钢丝	6～14 3～5
2	闪光对焊		Ⅰ～Ⅲ级 Ⅲ级	10～40 10～25
3	帮条电弧焊 （双面焊）		Ⅰ～Ⅲ级	10～40
4	帮条电弧焊 （单面焊）		Ⅰ～Ⅲ级	10～40
5	搭接电弧焊 （双面焊）		Ⅰ～Ⅲ级	10～40
6	搭接电弧焊 （单面焊）		Ⅰ～Ⅲ级	10～40

续表 B3

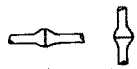
项次	焊接接头类型	焊接接头简图	适用范围	
			钢筋类别	钢筋直径(mm)
7	剖口电弧焊（平焊）		Ⅰ～Ⅲ级	18～40
8	剖口电弧焊（立焊）		Ⅰ～Ⅲ级	18～40
9	钢筋与钢板搭接焊		Ⅰ、Ⅱ级	8～40
10	预埋件丁字接头贴角焊		Ⅰ、Ⅱ级	6～16
11	预埋件丁字接头穿孔塞焊		Ⅰ、Ⅱ级	>18
12	电渣压力焊		Ⅰ、Ⅱ级	14～40
13	气压焊		Ⅰ、Ⅱ级	14～40
14	预埋件丁字接头埋弧压力焊		Ⅰ、Ⅱ级	6～20

表 B4　钢筋电弧焊接头尺寸偏差及缺陷允许值

名　　称	单　位	接头型式		
		帮条焊	搭接焊	坡口焊熔槽帮条焊
帮条沿接头中心线的纵向偏移	mm	$0.5d$		
接头处曲折(两钢筋轴线夹角)	(°)	4	4	4
接头处钢筋轴线的偏移	mm	$0.1d$ $\leqslant 3$	$0.1d$ $\leqslant 3$	$0.1d$ $\leqslant 3$
焊缝厚度	mm	$-0.05d$	$-0.05d$	
焊缝宽度	mm	$-0.1d$	$-0.1d$	
焊缝长度	mm	$-0.5d$	$-0.5d$	
横向咬边深度	mm	0.5	0.5	0.5
焊缝气孔及夹渣的数量及大小				
(1)在长 $2d$ 的焊缝表面上	个 mm	2 6	2 6	
(2)在全部焊缝上	个 mm			2 6

注：d 为钢筋直径　单位 mm。

B2.2.2 强度检验试验应符合下列要求：

a. 取三个试样作拉伸试验，三个试样的抗拉强度均不得低于该级别钢筋的规定抗拉强度值。

b. 至少有二个试样呈塑性断裂。

B3 预埋件钢筋T形接头

B3.1 外观检测应符合下列要求：

a. 焊缝应均匀与钳口接触处的钢筋表面无明显烧伤，焊缝不得有裂缝，不得有三个直径大于1.5 mm的气孔(或夹渣)。

b. 钢板无焊穿、凹陷现象。

c. 钢筋咬边深度不得超过0.5 mm。

d. 钢筋相对钢板的直角偏差不得大于4°。

e. 钢筋间距偏差不大于±10 mm。

B3.1.2 强度试验应符合下列要求：

取试样三个(试样图参见图B1)进行拉伸试验，其试验结果，对Ⅰ级钢筋接头均不得低于380MPa，对Ⅱ级钢筋接头均不得低于500 MPa。

B4 焊接骨架和焊接网片

B4.1 焊接骨架和焊接网片外观检测应符合下列要求：

a. 焊点处熔化的金属均匀。

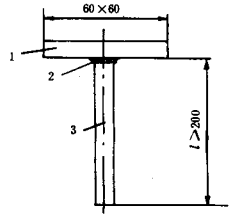


图 B1

1—钢板；2—焊缝；3—钢筋

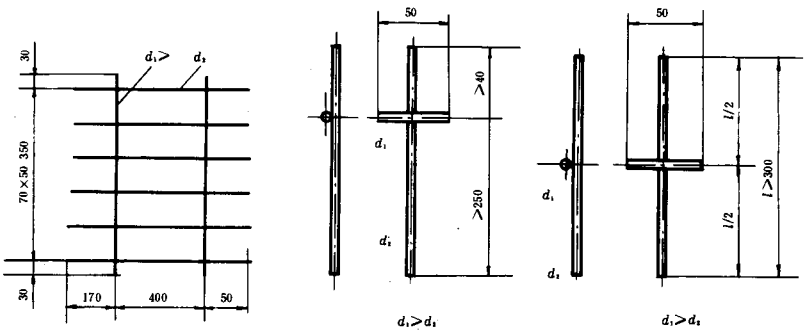


图 B2

b. 热轧钢筋焊接时，压入深度为较小钢筋直径的30%～45%；

冷拔低碳钢丝点焊时，压入深度为较小钢筋直径的30%～35%。

B4.2 焊接骨架和焊接网片的焊点强度试验

a. 试验试件按图B2。

b. 焊点抗剪试验结果应符合表B5规定的数值。

表B5 钢筋焊点抗剪指标

项次	钢筋级别	较小一根钢筋直径 mm								
		3	4	5	6	6.5	8	10	12	
1	Ⅰ级				6.8	8.0	12.1	18.8	27.1	36.9
2	Ⅱ级						17.1	26.7	38.5	52.3
3	冷拔低碳钢丝	2.5	4.5	7.0						

c. 对冷拔低碳钢丝焊点，除作抗剪试验外，还应对较小钢丝作抗拉伸试验，其试验结果应符合表B6规定的数值。

表B6 冷拔低碳钢丝力学性能

项 次	直径 mm	抗拉强度
		不小于 MPa
1	3	700
2	4	650
3	5	600

附 录 C
桩基静载试验
（补充件）

C1 桩基静载试验一般规定

C1.1 灌注桩基静载试验目的在于确定桩的承载力，取得桩基设计参数，检验成桩工艺的合理性，以便经济合理地确定桩径、桩长、改进桩的设计，改进和完善成桩工艺和机具。

C1.2 载荷试验分鉴定性试验和破坏性试验。鉴定性试验一般在工程桩上进行，检验工程桩的承载能力和成桩质量是否满足设计要求。破坏性试验在专供破坏试验的桩上进行，主要是为工程设计提供依据。

C1.3 桩基载荷试验分垂直静载试验和水平静载试验两种。水平静载试验可利用垂直静载后（未破坏）的桩进行，不得用工程桩作水平静载试验。

C2 试验设备和观测器材

C2.1 试验设备与观测器材应具备良好的重复操作与指示性能，在恒压下稳定性好，符合所测量的物理量的分级和量程要求。

试验设备和观测器材应妥善维护保养，防止损坏、受潮。使用前应对各部件进行检查、调试校正，严禁违章拆卸精密贵重仪器。

C2.2 试验主要加载设备为液压千斤顶及油泵。根据实际加载的需要选择适当吨位的千斤顶。一般千斤顶的工作吨位宜为桩的最大加载量或破坏荷载的 1.2～1.5 倍，千斤顶的有效顶升高度不得小于 150 mm。

油泵应具有良好的密封性能，不得有漏油而造成泄压现象。应尽量选配刻度划分较细，换算方便，指针指示平稳，精度为 0.4 级左右，压力误差在±5%以内的压力表。油压表的量程和最小刻度值应满足千斤顶工作吨位所需压力和最小分级荷载的压力测读与吨位换算。油泵可选用手动或电动油泵。

液压油一般为 10 号、20 号机油，锭子油或刹车油等，可根据试验时的气温及加载时的工作油温选用。

使用前千斤顶、油泵、油压表，百分表均须送到当地标准计量部门进行标定。

C2.3 垂直试验加载方式有：锚桩反力梁加载、堆重加载或锚桩反力梁与堆重联合加载。

C2.3.1 锚桩一般采用钢杆锚桩或钢筋混凝土锚桩，反力梁采用常备式钢梁、工字钢叠合梁或现浇钢筋混凝土梁。选择时，安全系数不得小于 1.5，强度和刚度在最大承重时不发生屈服变形破坏。常备式钢梁表面应涂防锈油漆，防止雨、污水锈蚀，并用醒目标记指示起重吊装位置。

C2.3.2 堆重平台由承重梁、平台和堆重物组成。可用于 200～4 000 kN(20～400 t)静载方案。平台可用 18～25 号工字钢平铺而成。堆重物一般为钢锭、特厚钢板、矩形钢块，也可用砂袋或装水水箱作为堆重物。承重梁和平台的强度及刚度在最大承重下不得发生变形破坏。

C2.4 桩的变形位移观测仪器、仪表，主要有百分表、精密水准仪、挠度计和位移计、测斜仪和倾角仪等。观测仪器、仪表使用前均须对测量精度进行校正标定，并检查工作灵敏度。指针迟滞、卡位和松动的不得使用。位移计应备有夹具、表架，并同基准梁连接，夹具和表架不得有挠曲变形。

C2.5 各种试验设备、观测仪器、仪表和测量元件的调试、校正和标定都应作原始记录或绘制有关的曲线图表，以供试验核对时使用。

C3 试验桩的施工

C3.1 试验桩的成桩工艺和质量控制标准，应与工程桩一致。试桩施工应编写施工设计，内容应包括试桩的目的要求，荷载试验方案，锚桩施工方案等，并附试验桩及锚桩桩身设计图纸。

C3.2 试桩施工前，应组织全体施工操作人员学习掌握试桩施工设计和其他有关试桩操作规定，并认真执行。

C3.3 为使荷载试验取得预期成果，应对试验桩头采取加固保护措施。

C3.3.1 按最大荷载计算桩头配筋量，适当加密桩头部分的配筋，并可设置水平钢筋网，或将护筒与桩头砼浇筑为一体。

C3.3.2 桩身砼浇灌到一定标高时，可安装桩头模板或在护筒内浇筑 25～30＃砼并捣实，桩头顶面用高标号水泥砂浆抹平。

C3.3.3 需同时摆放多个千斤顶的桩头，宜制成矩形，尺寸依千斤顶的摆放形式确定，并按钢筋砼结构件进行强度验算。

C3.4 试验桩桩头出露基准地面高度不小于 0.5 倍桩径，且不小于 0.5 m，以保证测量桩身沉降位移的仪表不受桩头应力集中区的影响。

C3.5 嵌入基岩的试验桩，当基岩抗压强度大于 30 MPa 时，桩身砼标号按设计要求配制；当抗压强度小于 15 MPa 时，桩身砼标号宜高于基岩抗压强度。

C4 单桩垂直静载试验

C4.1 垂直静载试验是为了获得单桩轴向受压时的破坏荷载、极限荷载和允许荷载、桩底反力、桩周摩阻力、桩身内应力、桩在荷载作用下的沉降位移变化。

C4.2 垂直静载试验要求：

C4.2.1 试验桩、锚桩与基准桩之间的中心距应符合表 C1 的要求；

C4.2.2 试桩顶部露出试坑地面的高度不宜小于 500 mm，试坑地面应与桩承台底计算标高一致。

C4.2.3 试验系统在加载期间工作安全、仪表指读准确。

表 C1 试压桩、锚桩与基准梁(桩)之间的中心距

反力系统		试压桩与锚桩(或平台木垛边)	试压桩与基准桩	基准桩与锚桩(或平台木垛边)
锚桩—反力梁	钢杆锚桩	≥2d	≥3d	≥3d
	钢筋砼锚桩	≥3d	≥4d	≥4d
堆重平台		≤1.5d	≤2.0m	≤2.0m

C4.3 加载装置的安装应符合下列要求：

C4.3.1 锚桩-反力梁装置，见图 C1。

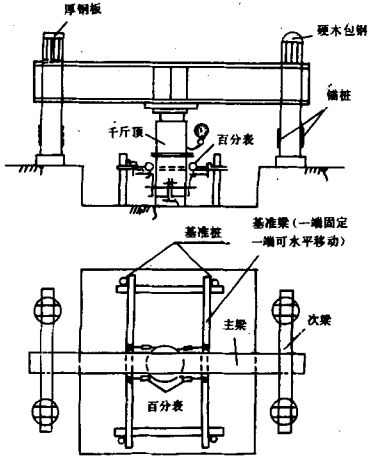


图 C1 锚桩-反力梁装置

C4.3.1.1 反力梁主梁中心线应与试桩中心线吻合，与锚桩中心垂直相交，偏差不超过 10 mm，锚杆偏离锚桩中心线不得超过 10 mm。

C4.3.1.2 桩头上置 30 mm 以上的钢板作垫板，桩头水平度不够的可通过铺垫细砂来调整垫板的水平。细砂铺垫厚度不宜大于 10 mm。

C4.3.1.3 采用 2 个以上千斤顶联合加载时，宜将千斤顶并联同步工作，并使千斤顶的合力通过试验桩中心。

C4.3.1.4 吊装反力梁主梁时，在两端用枕木搭建木垛承放主梁，木垛高度应比千斤顶顶部高出 10～15 mm。枕木垛摆放须稳固，并用扒钉钉牢。

主梁安装时，须用水准仪校正水平，保证主梁承受的荷载均匀分布于每条锚杆。

C4.3.1.5 副梁与锚桩连接的螺母须拧紧，并加戴帽套，帽套可用 4～5 mm 的钢板加工制作，用绳穿捆在主梁上。

C4.3.1.6 当主梁由两块或两块以上组成时，应用螺栓紧固，以防移位。

C4.3.1.7 试验系统安装完毕，同步启动千斤顶，对系统进行全面调试直至符合试验要求。调试时千斤

顶出力不得超过第一级荷载值。

C4.3.2 堆重平台装置

C4.3.2.1 平台支撑木垛应搭建稳固，并用扒钉钉牢，木垛顶面须进行水平校正，使平台放置其上保持水平。木垛高度比千斤顶上部的承重梁顶面高 10～15 mm。

C4.3.2.2 堆重物应一次性均匀对称堆放于平台之上。平台重心与千斤顶活塞中心保持在同一轴线上，以免平台受力不平衡而失稳。

C4.3.2.3 吊装完毕，对试验系统进行调试，检查平台的稳定性，注意安全，防止倒塌。

C4.3.3 锚桩与堆重平台联合装置

C4.3.3.1 当试验桩最大加载量超过锚桩的抗拔能力时，可预先在反力梁主梁上堆置重物。当加载量超过重物荷重时，锚桩开始承受加载引起的上拔力，从而通过堆重与锚桩共同承受千斤顶加载反力，实现试验桩的最大加载量。

C4.3.3.2 堆重物长度或宽度不宜超过主梁宽度的 1.5～2 倍，在主梁中心的两侧对称摆放；堆重后主梁中心和千斤顶活塞中心与试验桩的中心均应保持在同一轴线上，偏差不宜超过 10 mm。堆重物应用钢绳捆绑于主梁上，以防加载时重物倒落。

C4.3.4 基桩墩台荷载装置

利用基桩墩、台作反力座，在墩、台身中预留孔洞，安放千斤顶和仪表。孔洞尺寸应满足加载设备和仪表的安装、测试需要。洞顶和桩头分别垫放钢板或钢筋砼板加固。

C4.4 试验桩的沉降观测一般应在桩的两个正交直径方向对称安置四个百分表(直径小于 ϕ600 mm 的桩则可安 2～3 个)。在每根锚桩上固定一标尺杆，利用水准仪观测锚桩上拔量。

百分表测量基准面用呈"Γ"形的支架引出。"Γ"形支架可用厚度为 5～10 mm 的钢板制作，并牢固点焊于护筒外壁上。

试验系统调试完毕，即行安装调试百分表，并使所有百分表指针回零。调试好后严禁任何物体磕碰震动百分表和表架、基准梁，以防表头指针跳动造成观测误差。

C4.5 加载方式：一般采用慢速维持荷载法(每级荷载维持时间不少于 2 h)，即逐级加载，每级荷载达到相对稳定后再加下一级荷载，直至试桩破坏，然后逐级卸载到零。当考虑结合实际工程桩的荷载特征或为缩短试验时间，也可采用快速维持荷载法(一般为每小时加一级荷载)和多循环加、卸载法(每级荷载达到相对稳定后卸载到零，再加下一级荷载)。

C4.6 荷载分级：加载可分为等量加载或递变加载。等量加载时，每级载荷为预估极限载荷的 1/10～1/15，第一、第二级荷载可为 1/5～1/8；递变加载的荷载分级，可按试桩设计要求具体确定。

C4.7 沉降观测：每级加载后，隔 5、10、15 min 各测读一次，以后每隔 15 分钟读一次，累计一小时后每隔半小时读一次。

每次测读值记入试验记录表，见附表 C1，表 C2。每级荷载的沉降量，可按每个百分表的实际测读值用加权平均法求得。

C4.8 沉降稳定标准：在每级荷载作用下，桩的沉降量在每小时内小于 0.1 mm。

C4.9 加载操作时，应保持各个千斤顶同步顶升出力，并随时补充加压以维持千斤顶加载值的稳定。当荷载值较大时，应注意保持加压平稳，动作协调。

当桩身下沉超出百分表量程范围时，应及时调整表架高度，使百分表指针读数连续，同时可利用精密水准仪进行复测，校正表架调整前后产生的读数误差。

C4.10 终止加载条件：当出现下列情况之一时，认为试桩达到极限即可终止加载。

C4.10.1 当荷载-沉降(Q-S)曲线上有可判定极限承载力的陡降段，且桩顶总沉降量超过 40 mm。

C4.10.2 桩顶总沉降量达到 40 mm 后，继续增加二级或二级以上荷载仍无陡降段。

C4.11 卸载与卸载残余沉降观测：每级卸载值为二级加载值；每级卸载后 15 min 测读一次残余沉降，读两次后，隔半小时再读一次，即可卸下一级荷载，全部卸载后，隔 3～4 h 再读一次。每次测读均须记

录，并绘制回弹曲线。

卸载操作必须平稳。慢慢松开千斤顶油阀，徐徐放油，控制油压表指针缓缓回落至每级卸载值，禁止猛然放开或突然关死回油阀门。两台以上千斤顶同时工作时，应使卸载同步进行。

C4.12 试验现场应根据每级荷载作用下桩的沉降值，及时绘制下列曲线，以分析判断加载是否接近极限，指导调整加载量。

表 C1 单桩垂直静载试验记录表

工程名称　　试桩号　　试桩日期　　年　月　日～　月　日

荷载 t	观测时间 月 日 时 分	间隔时间 min	读数					沉降		说明
			表 1	表 2	表 3	表 4	平均	本次	累计	

试验负责人　　记录　　校核

表 C2　单桩垂直静载试验结果记录表

工程名称　　试桩号　　试桩日期　　年　月　日至　月　日

序号	荷载 t	历时 min		沉降 mm		说明
		本级	累计	本级	累计	

试验负责人　　记录　　校核

C4.12.1 荷载-沉降曲线(Q-S 曲线),见图 C2。

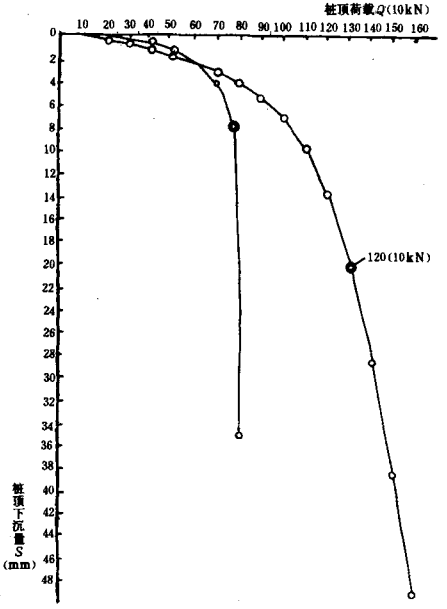


图 C2 Q-S 曲线

以荷载为横坐标向右,沉降为纵坐标向下,曲线图比例为:横:竖=2:3。

C4.12.2 沉降-时间对数曲线(S-lg$t$ 曲线),见图 C3。

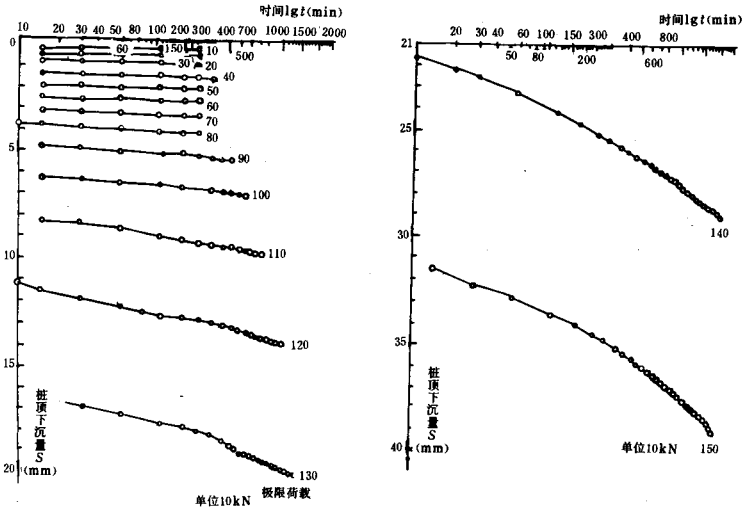


图 C3 S-lg$t$ 曲线

以时间对数为横坐标，沉降为纵坐标。

C4.12.3 沉降-荷载对数曲线(S-lg$Q$ 曲线)，见图 C4。

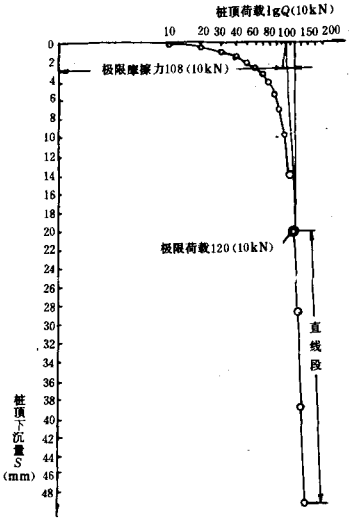


图 C4 S-lg$Q$ 曲线

以荷载对数为横坐标，以沉降为纵坐标。

当进行桩身应力、应变和桩底反力、桩侧摩阻力测定时，应根据记录的有关数据绘制桩身应力分布，见图 C5；摩阻力分布，见图 C6；桩底反力-载荷关系曲线，见图 C7。

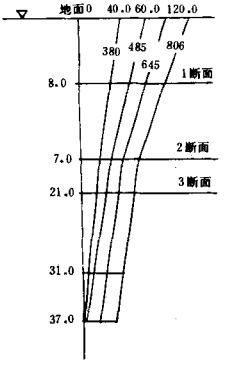


图 C5 桩身应力分布

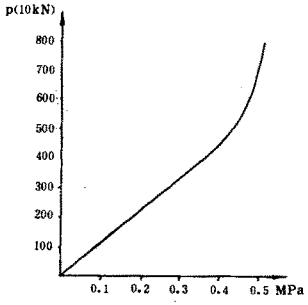


图 C6 摩阻力分布

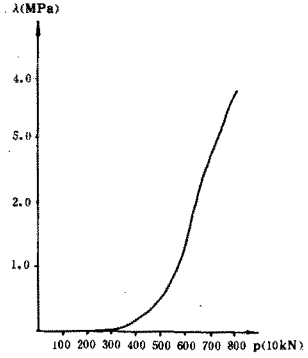


图 C7 桩底反力-载荷关系曲线

C4.13 单桩极限承载力的确定：

a. Q-S 曲线发生明显陡降的起始点所对应的荷载。

b. S-lg$Q$ 曲线出现陡降直线段的起始点所对应的荷载。

c. S-lg$t$ 曲线尾部出现明显向下弯曲的前一线荷载。

d. 当符合终止加载条件第二点时，在 Q-S 曲线上取桩顶总沉降量 S 为 40 mm 时的相对荷载值。

e. 对桩基沉降有特殊要求者，应根据具体情况选取。

参加统计的试桩，当满足其极差不超过平均值的 30%时，可取其平均值为单桩竖向极限承载力。当极差超过时，应查明原因，必须时宜增加试桩数。

C4.14 单桩承载力标准值 Rk 的确定

将单桩竖向极限承载力除以安全系数 2，即得单桩竖向承载力标准值 Rk。

C4.15 开始试验的时间

预制桩在砂土中入土 7d 后，如为粘性土，应视土的强度恢复而定一般不得少于 15d，对于饱和软粘

土不得少于 25d。灌注桩应在桩身砼达到设计强度后，才能进行。

C4.16 静载试验结束，按试验系统的安装顺序分别拆卸。各种观测仪表应将指针回零，擦拭干净包装保存；检查锚杆、反力梁、千斤顶等有无损伤。若有损坏，应及时修复，以备再用。

C5 单桩水平静载试验

C5.1 单桩水平静载试验的目的在于确定桩的容许水平荷载和荷载作用下的桩头水平位移和转角，并确定地基上的水平抗力。

C5.2 水平静载试验装置

C5.2.1 在两根单桩或两组群桩之间通过躺放的千斤顶施加水平力

C5.2.2 浇筑反力座或利用墩、台作反力座，用千斤顶向试验桩施加水平力。

水平力作用线通过试验桩桩身轴线，且保持垂直状态。在桩的受力处宜安置一球绞座，以使荷载保持在桩身某一固定作用点上。

C5.3 桩身水平位移宜采用大量程百分表。百分表的安装位置分上、下两处，下处安装位置在力作用水平面上，上处安装位置在该平面以上 500 mm 处；上、下两处各安装百分表 2～3 只，下表测量桩身在地面处的水平位置，上表测量桩顶水平位移，根据两表位移差与两表距离的比值求得地面以上桩身转角。如桩身露出地面较短，可只在力的作用水平面上安装百分表测量水平位移，桩头转角也可用倾角仪测量。

固定百分表的基准桩宜埋设在试桩侧面靠位移的反方向，与试桩的净距离不宜小于一倍试压桩直径。水平静载试验装置见图 C8。

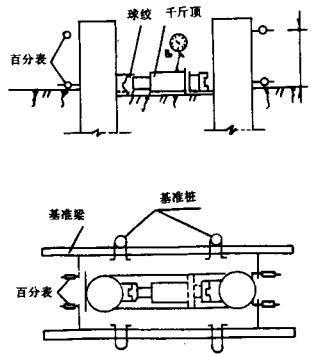


图 C8 水平静载试验装置

C5.4 水平加载一般采用循环加载方式，每级荷载维持 4～10 min(桥梁桩试验取大值)，测读水平位移，然后卸载至零，停 2 min 测读残余水平位移，然后再施加本级荷载，如此循环 5 次便完成一组荷载的试验观测，并按上述程序施加下一级荷载进行试验观测，如此反复直至加到最大试验荷载或破坏荷载。加载时间应尽量缩短，测读位移间隔时间应尽量准确，试验不得中途停歇。每一测读值均须作好检录，见表 C3。

C5.5 试验荷载分级按预估水平极限荷载的 1/10～1/15 作为每级荷载量。根据土质、桩径和桩长，对直径 300～1 000 mm 的桩，每级荷载可取 2.5～100 kN(0.25～10 t)，桥梁桩试验可根据具体情况取大值。

加载宜缓慢平稳，加载速率以 30 kN/min 为宜。

C5.6 终止试验的条件：当桩身折痘 r 水平位移超过 30～40 mm(软土取 40 mm)时，可终止试验，并整理试验资料。

C5.6.1 单桩水平静载试验概况，整理成表格形式，并对成桩和试验过程发生的异常现象作补充说明。

C5.6.2 单桩水平静载试验记录表。

C5.6.3 绘制水平力-时间-位移(H_o-T-X_o)见图 C9，水平力-位移梯度(H_o-$\Delta X_o/\Delta H_o$)见图 C10，水平力-位移双对数($\lg H_o$-$\lg X_o$)等成果曲线。

当测量桩身应力时，尚应绘制沿桩身应力分布和水平力——最大弯距截面钢筋应力(H_o-σ_g)曲线，见图 C11。

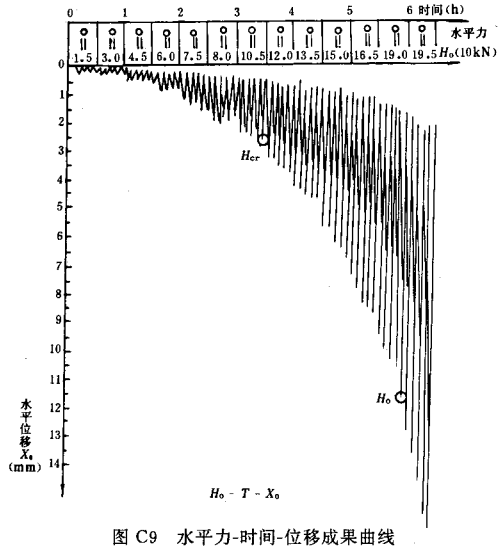


图 C9 水平力-时间-位移成果曲线

表 C3 单桩水平静载试验记录表

工程名称　　试桩号　　试桩日期　　年　月　日至　月　日

载荷 t	观测时间(年、月、日、时、分)	加卸时间	循环数	加载			卸载			水平位移 mm				加载上下表读数差	转角(度、分)	说明
				上表	下表	平均	上表	下表	平均	加载		卸载				
										本级	累计	本级	累计			

试桩负责人　　记录　　校核

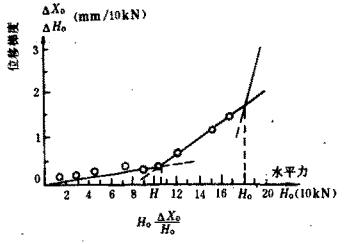


图 C10　水平力-位移梯度成果曲线

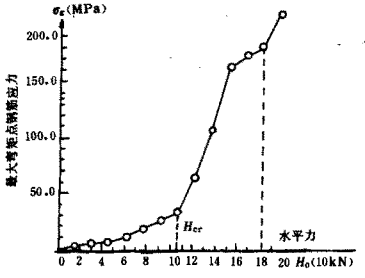


图 C11　水平力-最大弯矩截面钢筋应力曲线

C5.7　水平临界载荷(桩身受拉区混凝土明显退出工作前的最大荷载)按下列方法综合确定。

C5.7.1　取 H_0-T-X_0 曲线出现突变(相同荷载增量的条件下,出现比前一级明显增大的位移增量)点的前一级荷载为水平临界荷载。

C5.7.2　取 H_0-$\Delta X/\Delta H_0$ 曲线第一直线段的终点或 $\lg H_0$-$\lg X_0$ 曲线拐点所对应的荷载为水平临界荷载。

C5.7.3　当有钢筋应力测试数据时,取 H_0-σ_g 第一突变点对应的荷载为水平临界荷载。

C5.8　水平极限荷载可按下列方法综合确定:

C5.8.1　取 H_0-T-X_0 曲线明显陡降的前一级荷载为极限荷载。

C5.8.2　取 H_0-$\Delta X_0/\Delta H_0$ 曲线第二直线段终点对应的荷载为极限荷载。

C5.8.3　取桩身折断或钢筋应力达到极限的前一级荷载为极限荷载。

水平容许荷载为极限荷载除以安全系数得之,安全系数的选取由设计需要确定。

C5.9　地基土水平抗力系数的比例可根据试验结果由式(C1)确定:

$$m = \frac{[(H_{cr}/X_{cr}) \cdot V_x]^{5/3}}{b_0 (E_1)^{2/3}} \qquad \text{(C1)}$$

式中:m——比例系数,kN/m^4。该系数为地面以下 $2(d+1)$米深度内各层的综合值;

H_{cr}——单桩水平临界荷载,kN;

X_{cr}——H_{cr} 所对应的水平位移,m;

V_x——桩顶位移系数,见表 C4;

b_0——桩身计算宽度,m;

当 $d \leqslant 1$ m　　$b_0 = 0.9(1.5d + 0.5)$

当 $d > 1$ m　　$b_0 = 0.9(d + 1)$

d 为桩径(m)；

E_1 ——桩身抗弯刚度：

对素混凝土桩，$E_1 = E_{hl}$；

对钢筋混凝土，$E_1 = 0.85E_{hl}$；

E_h ——混凝土弹性模量，kPa；

I ——桩身截面惯性距，m^4。

桩顶(身)最大弯矩系数 V_m 与桩顶水平位移系数 V_x

表 C4

桩顶约束情况	桩的换算长度 (ah)	V_m	V_x
铰接(自由) (V_m 系桩身的最大弯距数)	4.0	0.768	2.441
	3.5	0.750	2.502
	3.0	0.703	2.727
	2.8	0.675	2.905
	2.6	0.639	3.163
	2.4	0.601	3.526
固接 (V_m 系桩顶的最大弯距数)	4.0	0.926	0.940
	3.5	0.934	0.970
	3.0	0.967	1.028
	2.8	0.990	1.055
	2.6	1.018	1.097
	2.4	1.045	1.095

表中：h ——桩的入土长度，m；

a ——桩身变形系数，L/m；

$$a = 5\sqrt{\frac{Mb_c}{E_1}}$$(先假定 M 值，试算 a)

M ——地基土水平抗力系数沿深度变化的比例系数，见表 C5(表中 M_o 为竖向抗力系数的比例系数)。

表 C5　地基土水平抗力系数沿深度变化的比例系数表

地基土类别	M,M_o MN/m^4	相应桩顶水平位移 mm
淤泥、淤泥质土、饱和湿陷性黄土	2.5～6.0	6～12
流塑(II>1)、软塑(0.75<II≤1)状一般粘性土、松散粉细砂、松散填土	6.0～14.0	4～8
可塑(0.25<II≤0.75)状一般粘性土、湿陷性黄土稍密、中密填土	14.0～35.0	3～6
硬塑(0<II≤0.25)、坚硬(II≤0)状一般粘性土、湿陷性黄土、中密的中粗砂、密实老填土、中密、密实砾砂、碎石类土	35.0～100.0	2～5
	100.0～300.0	1.5～3

C6　试验报告的编写

C6.1　试验报告应具有以下内容：

C6.1.1　试验的目的、性质和荷载类别；

C6.1.2　工程地质情况及桩身实际柱状图；

C6.1.3　荷载试验方案和加、卸载情况分析；

C6.1.4　确定桩的破坏荷载、极限荷载和容许荷载；

C6.1.5 桩的变形位移量、桩身、桩头和桩头四周地面的破坏情况；

C6.1.6 各有关图表曲线。

C6.2 报告应由试验技术负责人负责组织编写。文字论述应准确清晰，关键词句不得使用含义不清的字眼；情况、质量分析应实事求是。因需要而超出试验数据范围的分析，应具体说明分析的依据，并对分析结果负责；所附的图表曲线应为原始记录的复印件；曲线应用坐标纸绘制，并标明坐标轴比例；复印时应尽量将坐标格复印出来。

报告编写出初稿后，送上级技术主管部门审批并修改后方可打印复制，分送建设单位、设计部门、质监部门及本单位资料档案部门存档。

附 录 D
抽 心 取 样
（补充件）

D1 抽心取样的目的

是钻孔灌注桩质量检验的一种手段，同样适合于冲孔桩和人工挖孔桩的检验，它的主要目的是：

D1.1 检查桩的砼心质量情况，如砼心的胶结状况、强度是否符合设计要求，有无气孔、离析或断桩等情况；

D1.2 基础桩底沉渣是否符合设计规范；

D1.3 检查端承载桩持力层强度是否符合设计要求。

D2 抽心取样的质量要求：

D2.1 抽心取样的质量主要是砼心采取率，要求砼心强度在150号以上者砼心采取率达到95%以上，砼心强度低于150号而胶结尚好的，砼心采取率达到80%以上，胶结较差或没有胶结的，必须捞取样品，孔底沉渣也应捞取样品，持力层的岩心采取率也必大于80%；

D2.2 抽心取样的钻孔要求垂直，孔斜率要求小于0.5%；

D2.3 砼心抗压强度试验样品的选定，要征得设计部门的认可，一般应在桩的上、中、下三孔段各取一组有代表性的砼心，送交实验室进行抗压强度试验，样品长度必须大于砼心直径一倍以上。

D2.4 抽心取样的钻头直径必须≥76 mm。

D2.5 尽量提高混凝土心样品的完整度，保持岩样的原始状态，特别是混凝土与基岩的接触面的原始状态。

D3 抽心取样机具要符合下列要求

D3.1 钻机必须采用机械岩心钻探的油压钻机，不得使用立轴旷动过大的钻机，并配有相应的钻塔和牢固的底座，机械技术性能应有良好状态；

D3.2 配有长短各一套的单动双管金刚石钻具、捞取松软渣样的钻具，并具备有相应的孔口管和备用套管。

D4 抽心取样的桩要符合下列规定

D4.1 抽心取样的桩、砼心灌注时间必须≥28天；并有桩身结构设计与成桩实际资料；

D4.2 桩头最好要开挖裸露，能准确确定桩的中心点；来不及开挖或不便开挖的桩，必须由经纬仪测出桩位中心；

D4.3 桩头顶上必须有足够抽心取样钻机安装与作业的安全场地。

D5 设备安装及钻前准备

D5.1 抽心钻探设备的安装必须稳固、精心调平，各部固定螺栓要拧紧，传动系统要相应对线，确保施工过程不发生倾斜、移位；

D5.2 钻探设备安装定位后，钻机的立轴中心、天车前缘切点与抽心桩中心点必须在同一条铅垂线上；

D5.3 设备安装后，必须进行试运转，在确认正常后方能开钻。

D5.4 应具备冲洗液循环系统，循环系统必须离开钻机塔脚 0.5 m 以上，避免冲洗液冲湿场地而造成钻机倾斜、移位。

D6 开钻时应符合下列规定：

D6.1 初钻时可用硬质合金或针状合金钻头开钻，粗径钻具必须随着孔深的增加而加长，不得使用短粗径钻具连续钻进；

D6.2 桩头不与钻机塔座接触的钻孔，因钻机与桩头距离较大，钻进一米左右后应下入孔口管，孔口管下入时应严格测量垂直度，然后稳定牢固，并重新校正钻机立轴中心、天车前缘切点与孔口管中心在同一条垂直线上；

D6.3 正常钻进时必须采用金刚石钻进，粗径钻具的长度必须大于三米。

D7 金刚石钻头、扩孔器与卡簧的配合和使用要求：

D7.1 金刚石钻头与岩心管之间必须安有扩孔器，用以修正孔壁；扩孔器外径应比钻头外径大 0.3～0.5 mm，卡簧内径应比钻头内径小 0.3 mm 左右；

D7.2 金刚石钻头和扩孔器应按外径先大后小的排列顺序使用，同时考虑钻头内径小的先用，内径大的后用。

D7.3 钻头与扩孔器的胎体有裂痕、内外径磨损超过 0.3 mm，局部金刚石脱落或钻头有变形时，均不得使用。

D8 金刚石钻进技术参数

D8.1 钻头压力：抽心验桩的压力应根据砼心的强度与胶结好坏而定，胶结好、强度大的钻头压力可大，相反的压力应小；一般正常情况初压力为 1.5～2 kN，正常压力 6～9 kN；

D8.2 转速：回次初转速不宜高，一般应在 100 r/min 左右，正常钻进时可以采用高转速，但砼心强度胶结低的应采用低转速；

D8.3 冲洗液量：抽心验桩一般采用清水钻进，冲洗液量一般按钻头大小而定，钻头直径在 76 mm 以上时，其冲洗液量为 60～120 L/min；

D9 金刚石钻进应注意事项：

D9.1 采用金刚石钻进前，要严格将孔底硬质合金捞取干净并磨灭，然后磨平孔底；

D9.2 拧卸金刚石钻头与扩孔器时，要用专门的自由钳，并不得使钳子咬住钻头或扩孔器的胎体部位；

D9.3 提放粗径钻具时，不许让钻头在地下拖拉，下钻时要扶正粗径钻具，不得使用金刚石钻头碰在孔口或孔口管上，发生墩钻或跑钻事故，必须提钻检查钻头，不准盲目钻进。

D9.4 钻进时要适当控制回次进尺，一般每回次不宜超过 1.5 m，在预测或钻到胶结较差、断桩、表层、桩身缩径及桩顶以下 1 m 内、桩底部持力层面原始 1 m 以内及持力层等部位应采用轻压慢转钻进，回次进尺必须控制在 0.5～0.8 m 以内；

D9.5 当孔内有掉块、砼心脱落或残留砼心超过 200 mm 时，不得使用新金刚石钻头扫孔，要用旧的金刚石钻头或针状合金钻头套扫；

D9.6 下钻前金刚石钻头不得下至孔底，应下至距孔底 200 mm 处，采取轻压慢转扫到孔底，待钻进正常后再逐步增加压力和转速至正常范围；

D9.7 正常钻进时不得随意提动钻具，以防止砼心堵塞，发现砼心堵塞时必须立即提钻，不得继续钻进；

D9.8 钻进过程中要随时观察冲洗液量和泵压的变化，正常泵压应为 0.5～1 MPa，发现异常必须查明原因，立即处理；

D10 抽心取样资料的收集与归档：

D10.1 抽心取样必须认真填写钻探班报表、砼心与岩心描述表、砼心与岩心抗压强度试验报告等原始资料，不得更改或伪造；

D10.2 回次岩心(砼心)必须按顺序排列装箱编号、并由技术人员及时描述归档,岩心(砼心)要妥善保管,无关人员不得乱动或拿走岩心(砼心);

D10.3 工程施工结束时,施工单位应编写抽心取样工程报告书,并将抽心取样工程报告书和各类原始记录整理归档后交委托方保存;

D10.4 抽心取样钻孔终孔后,由技术人员根据该孔原始资料编制抽心取样钻孔柱状图,如发现问题应及时向委托方与设计单位汇报。

附加说明:

本标准由全国地质矿产标准化技术委员会探矿分技委提出。

本标准由地质矿产部工程勘察施工管理办公室负责组织起草。

本标准主要起草人殷国秋、沈跃兴、黄光德、董洛生、杨建林、戴智长。