JTJ

中华人民共和国行业标准　　JTJ240—97

港口工程地质勘察规范

Geologic Investigation Code for Port Engineering

1997—08—22 发布　　1998—01—01 实施

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国行业标准

港口工程地质勘察规范

JTJ240—97

主编单位：交通部第二航务工程勘察设计院
批准部门：中华人民共和国交通部
施行日期：1998 年 1 月 1 日

关于发布《港口工程地质勘察规范》的通知

交基发[1997]512号

各省、自治区、直辖市交通厅(局、委、办),部属及双重领导企事业单位:

由我部组织第二航务工程勘察设计院等单位修订的《港口工程地质勘察规范》,业经审查,现批准为强制性行业标准,编号为JTJ240—97,自1998年1月1日起施行。《港口工程技术规范(1987)》中的《地质勘察》(JTJ224—87)同时废止。

本规范的管理与出版组织工作由部基建司负责,具体解释工作由第二航务工程勘察设计院负责。

中华人民共和国交通部

一九九七年八月二十二日

前　　言

《港口工程地质勘察技术规范》颁布于1979年。之后，在纳入《港口工程技术规范》(1987)合订本时，内容上曾作了少许修改。

自本规范实施以来，对提高港口工程地质勘察工作的水平，保证和提高工程地质成果的质量等方面都起了很好的作用，但十余年来，随着港工建设的发展和勘察科技水平的提高，原规范已不能适应这一发展的需要，因此，交通部以(90)交函字210号文，要求对本规范进行修订。

修订后本规范更名为《港口工程地质勘察规范》，共分12章、17个附录，附有条文说明。主要内容包括港口工程岩土分类、勘察工作的布置准则、工程地质调查、测绘、钻探、原位测试、室内试验和勘察资料的整理等。

在修订过程中，对岩土分类、原位测试等内容，均参考利用了有关国际标准。

本次修订，增加了施工期中的勘察、工程地质钻探、原位测试、特殊岩土的勘察和地基处理工程的勘察等内容。修改和补充了勘察阶段的划分、岩土分类、风化岩(带)的划分和勘察工作的布置等内容。

本规范具体解释工作由交通部第二航务工程勘察设计院负责。请各单位在执行过程中注意积累资料、总结经验。并将意见寄交通部第二航务工程勘察设计院，以便今后修订时参考。

本规范如有局部修订，其修订部分将在《水运工程标准与造价管理信息》上刊登。

目　　次

1　总则 …… (8)
2　符号 …… (9)
3　一般规定 …… (11)
4　岩土分类 …… (14)
4.1　岩的分类 …… (14)
4.2　土的分类 …… (15)
5　工程地质勘察工作的布置准则 …… (21)
5.1　可行性研究阶段勘察 …… (21)
5.2　初步设计阶段勘察 …… (22)
5.3　施工图设计阶段勘察 …… (25)
5.4　施工期中的勘察 …… (33)
6　工程地质调查与测绘 …… (34)
7　工程地质钻探 …… (37)
8　原位测试 …… (40)
8.1　标准贯入试验 …… (40)
8.2　十字板剪切试验 …… (41)
8.3　静力触探试验 …… (42)
8.4　动力触探试验 …… (43)
8.5　载荷试验 …… (44)
8.6　旁压试验 …… (46)
8.7　水底地层剖面仪探测 …… (48)
8.8　波速试验 …… (49)
9　室内试验 …… (50)
10　特殊岩土的勘察 …… (53)

10.1 软土 …… (53)
10.2 混合土 …… (54)
10.3 填土 …… (55)
10.4 层状构造土 …… (56)
10.5 风化岩 …… (56)
11 地基处理工程的勘察 …… (59)
11.1 地基处理前的勘察 …… (59)
11.2 地基处理效果检验勘察 …… (59)
12 勘察资料的整理与勘察报告的编写 …… (62)
12.1 勘察资料的整理 …… (62)
12.2 勘察报告的编写 …… (63)
附录A 勘察技术要求 …… (64)
附录B 勘察任务书内容 …… (65)
附录C 地基容许承载力值 …… (66)
附录D 岩石岩体风化程度划分表 …… (72)
附录E 岩体按结构类型分类 …… (75)
附录F 港口工程中常见的几种成因类型的土及其工程地质特征 …… (76)
附录G 几种常见的不稳定岸坡及可能引起滑坡的工程活动 …… (78)
附录H 地下水类型 …… (82)
附录J 岩、土描述 …… (83)
附录K 砂土标贯击数与内摩擦角的关系和粘性土标贯击数与无侧限抗压强度的关系 …… (87)
附录L 土的相对密度经验值和塑性指数与液限关系的地区性经验公式 …… (89)
附录M 土的常用计算指标的计算公式 …… (90)
附录N 风化花岗岩物理力学性质试验指标参考值 …… (92)
附录P 地基土的物理指标和抗剪强度指标的统计方法 …… (93)
附录Q 常用地质符号及图例 …… (96)

附录R　勘察报告的格式和内容 …… (101)
附录S　本规范用词用语说明 …… (104)
附加说明　本规范主编单位、参加单位和主要起草人
　　名单 …… (105)

1 总 则

1.0.1 港口工程地质勘察必须贯彻国家有关技术经济政策，认真调查研究，精心勘察，密切结合工程实际，具体分析和评价场地的工程地质条件，提出反映客观实际、满足工程需要的勘察成果，为港口工程建设的全过程服务。

1.0.2 本规范适用于港口工程地质勘察。对于通航和修造船水工建筑物勘察，可参照执行。

1.0.3 工程地质勘察阶段应按下列原则划分。

1.0.3.1 大中型工程的地质勘察分为可行性研究阶段勘察、初步设计阶段勘察、施工图设计阶段勘察。

1.0.3.2 对于小型工程、工程地质条件简单或熟悉地区的工程，可简化勘察阶段。

1.0.4 对发生工程地质事故的工程，应进行补充勘察工作。对于重要工程或地质条件复杂的工程，应总结经验。

1.0.5 港口工程地质勘察除应符合本规范规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 符　　号

a　压缩系数

b　承压板的边长

C　粘聚力

C_C　压缩指数、曲率系数

C_s　回弹指数

C_u　不均匀系数、十字板剪切强度

C_v　固结系数

d_{10}　有效粒径(在级配曲线中,小于该粒径的土粒质量占10%)

d_{30}、d_{60}　限制粒径(在级配曲线中,小于该粒径的土粒质量占30%、60%)

d_{50}　平均粒径(在级配曲线中,小于该粒径的土粒质量占50%)

E_M　旁压模量

E_0　地的变形模量

E_S　土的压缩模量

e　孔隙比

f　地基容许承载力

f_s　静力触探探头侧壁阻力

F　安全系数

h　锥沉量

I_L　土的液性指数

I_P　土的塑性指数

K	土的渗透系数
K_R	岩石的软化系数
K_v	基床反力系数
M_C	粘粒含量
m_v	体积压缩系数
N	标准贯入试验锤击数
OCR	固结比
P	压力、荷载
P_c	先期固结压力
P_s	比贯入阻力
P_o	初始压力、比例界限荷载
P_u	极限荷载
q_c	静力触探锥头阻力
q_u	无侧限抗压强度
S	基础或载荷板沉降量
S_t	土的灵敏度
V_M	平均体积增量
V_o	旁压器量测腔的原始体积
V_P	地层压缩波(纵波)速
V_S	地层剪切波(横波)速
ω	土的天然含水率
ω_L	土的液限含水率
ω_P	土的塑限含水率
Z	地基压缩层计算深度
γ	土的重度
λ_c	压实系数
μ	土的泊松比
τ	抗剪强度
φ	内摩擦角

3 一般规定

3.0.1 勘察工作应按勘察任务书执行。勘察任务书应以委托书中的勘察技术要求为依据，并应根据本规范的规定进行编制。

勘察工作宜先进行工程地质调查或测绘，再进行勘探、原位测试及室内试验工作。

勘察技术要求的内容见附录A。

勘察任务书的内容见附录B。

3.0.2 港口工程地质勘察技术成果，应能符合规定的精度和深度要求。

3.0.3 确定勘察工作的范围、内容、工作量及工作方法时，应综合考虑下列因素：

(1)勘察阶段；

(2)工程等级类型、规模及结构特点；

(3)场地工程地质条件及其研究程度；

(4)地基处理方法；

(5)施工方法。

3.0.4 勘探工作应采取钻探与原位测试相结合的方式进行。常用的原位测试方法宜包括标准贯入试验、十字板剪切试验、静力触探试验、动力触探试验、载荷试验、旁压试验、波速试验和水底地层剖面仪探测等。各种原位测试方法的选用和相互配合应符合下列规定。

3.0.4.1 原位测试方法的选择，须根据勘察阶段、建筑物类型、设计要求的参数，当地岩土条件和测试方法的实施条件确定。

3.0.4.2 在未经钻探的场地，原位测试方法宜与钻探工作配合进行。

3.0.4.3　原位测试成果应与钻探和室内岩土试验的成果相互对比，综合分析评价。

3.0.4.4　解释和应用原位测试成果时，尚应考虑当地的成熟经验。

3.0.5　在下列地质条件下勘察时，应注意调查研究。

3.0.5.1　在崩塌、滑坡、洪积和坡积堆积区，应注意区分孤石与基岩、原生土与次生土。

3.0.5.2　在基岩地区，应注意有无泥化夹层、软弱夹层及软弱结构面。

3.0.5.3　在河岸、海滩地区、应注意区分第四系局部胶结的砂砾层与基岩；在有珊瑚礁分布的海域应注意区分次生珊瑚礁与基岩。

3.0.5.4　在石灰岩等可溶岩分布区应注意有无岩溶及其上覆土层中有无土洞发育。

3.0.5.5　在老粘性土和泥质岩分布地区应注意岩土有无膨胀性。

3.0.6　对于抗震设计，工程地质勘察应进行下列工作。

3.0.6.1　收集当地历史地震和地质构造背景资料，了解区域构造稳定性。

3.0.6.2　根据现行的《中国地震烈度区划图》确定场地的地震基本烈度。重大或有特殊要求的工程场地，由地震部门进行专门地震安全性评价工作。

3.0.6.3　对于地震烈度为 6°～9°的场地，应根据现行的国家标准《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)和行业标准《水运工程抗震设计规范》(JTJ225)的规定，布置勘探试验工作；划分场地土类别和建筑场地类别，确定场地中对抗震有利、不利及危险地段；判别地基土的液化性。

3.0.7　应分析由于工程建设对原有地质环境的作用和影响，诸如对岸(边)坡稳定、地面沉陷、岩溶塌陷、砂土液化、地下水污染、海水入侵以及因疏浚排泥、人工造陆、地基处理等引起的港口环境工

程地质问题，提出预测和防治建议。

3.0.8 确定地基承载力时应符合以下规定。

3.0.8.1 应根据工程特点全面考虑岩土成因类型、地质时代、结构与构造、均匀程度、指标数据的可靠程度，以及施工方法、加荷速率和建筑经验等因素。

3.0.8.2 岩土指标数据应根据取样和试验方法的适宜性，样品和试验数据的数量和代表性，并经与各种测试方法所得结果分析对比后选用。

3.0.8.3 硬质岩石承载力对各类工程一般均能满足要求，但应注意岸坡地区各种结构面的不利组合对整体稳定性的影响。

3.0.8.4 软质岩石和风化岩石应注意其干湿变化、开挖扰动后强度有显著降低的特点。

3.0.8.5 对重要建筑物应采用载荷试验，理论公式计算及其他原位测试方法等综合确定地基的容许承载力。对于一般建筑物也可按附录 C 确定地基容许承载力。

3.0.9 内河河口港、湖泊港和水库港各阶段的工程地质勘察工作布置准则，可参照河港执行。

4 岩土分类

4.1 岩的分类

4.1.1 岩石指天然形成的有一定联结强度的矿物或岩屑的集合体，一般指单个的岩石块体。

4.1.2 岩石可按下列因素分类：

(1)按成因分为岩浆岩、沉积岩、变质岩；

(2)根据强度按表 4.1.2 分为硬质岩石和软质岩石；

(3)根据风化程度划分为未风化、微风化、中等风化、强风化和全风化，其风化程度可按附录 D 划分；

(4)根据软化系数(K_R)分为软化岩石($K_R \leqslant 0.75$)和不软化岩石($K_R > 0.75$)。

注：软化系数 K_R 为饱和与风干状态的岩石单轴极限抗压强度之比。

岩石按强度分类　　表 4.1.2

类别	亚　类	强度(MPa)	代　表　性　岩　石
硬质岩石	极硬岩石	>60	花岗岩、流纹岩、闪长岩、安山岩、辉长岩、玄武岩、辉绿岩、伟晶岩、硅质砂岩或砾岩、石灰岩、白云岩、片麻岩、石英岩、石英砂岩、硅质板岩等
	次硬岩石	30～60	
软质岩石	次软岩石	5～30	粘土岩、页岩、泥质胶结的砂岩或砾岩、泥灰岩、火山凝灰岩、粘土质板岩、千枚岩、云母片岩、绿泥石片岩等
	极软岩石	<5	

注：强度指新鲜岩块的单轴饱和极限抗压强度。

4.1.3 岩体指天然条件下，由原位岩石组成的具有结构面的地质体。

4.1.4 岩体可按下列因素分类：

(1)岩体根据其结构类型按附录 E 分类；

(2)岩体根据岩石的质量指标(RQD)按表 4.1.4-1 分类；

岩体按岩石质量指标(RQD)分类　　表 4.1.4-1

RQD(%)	岩体分类	RQD(%)	岩体分类
>90	很好	25~50	差
75~90	好	<25	很差
50~75	中等		

注：RQD 指用 N 型(75mm)双层单动金钢石钻头钻进，获取的等于和大于 10cm 的不破碎岩芯长度的岩芯采取率，以百分数表示。

(3)岩层的单层厚度可按表 4.1.4-2 分类；

岩层按单层厚度分类　　表 4.1.4-2

层厚分类	单层厚度 h(m)	层厚分类	单层厚度 h(m)
巨厚层	$h>1.0$	中厚层	$0.1<h\leqslant 0.5$
厚层	$0.5<h\leqslant 1.0$	薄层	$h\leqslant 0.1$

(4)岩体根据其风化程度划分为未风化带、微风化带、中等风化带、强风化带和全风化带，见附录 D。

4.2　土的分类

4.2.1　根据土的堆积年代可分为以下三类：

(1)老堆积土：第四纪晚更新世(Q_3)及其以前堆积的土；

(2)一般堆积土：第四纪全新世(Q_4)文化期以前堆积的土；

(3)新近堆积土：第四纪全新世(Q_4)文化期以来新近堆积的土。

4.2.2　根据土的地质成因可分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、冰积土、海积土和风积土等。

港口工程常见的几种成因类型的土及其工程地质特征见附录 F。

4.2.3　根据颗粒级配或塑性指数分为碎石土、砂土、粉土和粘性土。

4.2.4　碎石土为粒径大于 2mm 的颗粒含量超过总质量 50%的土，根据粒组含量及形状可按表 4.2.4 分类。

碎石土分类　　表 4.2.4

土的名称	颗粒形状	粒组含量
漂石	圆形、亚圆形为主	粒径大于 200mm 的颗粒超过总质量 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形、亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒超过总质量 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形、亚圆形为主	粒径大于 2mm 的颗粒超过总质量 50%
角砾	棱角形为主	

注：定名时应根据粒径分组由大到小以最先符合者确定。

4.2.5　砂土为粒径大于 2mm 的颗粒含量不超过总质量 50%，且粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过总质量的 50%的土。根据粒组含量按表 4.2.5 分类。

砂土分类　　表 4.2.5

土的名称	粒组含量
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒占总质量 25%～50%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒超过总质量 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒超过总质量 50%
细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒超过总质量 85%
粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒超过总质量 50%

注：①定名时根据粒径分组由大到小以最先符合者确定；

②当粒径小于 0.005mm 颗粒含量超过总质量的 10%时，按混合土定名。

4.2.6　砂土颗粒组成特征应根据土的不均匀系数 C_u 和曲率系数 C_c 确定，并应符合下列规定。

4.2.6.1　不均匀系数 C_u 按下式计算：

$$C_u=\frac{d_{60}}{d_{10}} \qquad (4.2.6.1)$$

式中：C_u——不均匀系数，表示级配曲线分布范围的宽窄；

d_{60}——在土的粒径分布曲线上的某粒径，小于该粒径的土粒质量为总土粒质量的 60%；

d_{10}——在土的粒径分布曲线上的某粒径，小于该粒径的土

粒质量为总土粒质量的10%。

4.2.6.2 曲率系数 C_c 按下式计算：

$$C_c=\frac{d_{30}^2}{d_{10}\times d_{60}} \qquad (4.2.6.2)$$

式中：C_c——曲率系数，表示级配曲线分布形态；

d_{30}——在土的粒径分布曲线上的某粒径，小于该粒径的土粒质量为总土粒质量的30%。

4.2.6.3 当不均匀系数 $C_u\geqslant 5$ 和曲率系数 $C_c=1\sim 3$ 时，为级配良好的砂土。

4.2.7 砂土的密实度可根据标准贯入击数 N 按表4.2.7判定。

砂土按密实度分类　　表4.2.7

标准贯入击数 N	密　实　度	标准贯入击数 N	密　实　度
$N\leqslant 10$	松散	$30<N\leqslant 50$	密　实
$10<N\leqslant 15$	稍密	$N>50$	极密实
$15<N\leqslant 30$	中密		

注：①对地下水位以下的中、粗砂，其标准贯入击数 N 值宜按实测锤击数增加5击计；

②对地下水位以下的粉砂，当实测击数 N 大于15击时，其超出15击部分的实测击数折半计算。

4.2.8 粉土为粒径大于0.075mm的颗粒含量等于或不超过总质量的50%，且塑性指数小于或等于10的土。按表4.2.8分为粘质粉土和砂质粉土。

4.2.9 粘性土为塑性指数 I_p 大于10的土，按表4.2.9分为粘土

粉土的分类　　表4.2.8

名　　称	粘粒含量 M_c(%)
粘质粉土	$10\leqslant M_c<15$
砂质粉土	$3\leqslant M_c<10$

粘性土的分类　　表4.2.9

塑性指数 I_p	土　的　名　称
$I_p>17$	粘土
$10<I_p\leqslant 17$	粉质粘土

注：塑性指数的液限值是由76g圆锥仪沉入土中10mm测定的。

和粉质粘土。

4.2.10 粘性土的状态根据液性指数 I_L 按表 4.2.10 确定。

粘性土的状态　　表 4.2.10

状　态	坚　硬	硬　塑	可　塑	软　塑	流　塑
液性指数 I_L	$I_L \leqslant 0$	$0 < I_L \leqslant 0.25$	$0.25 < I_L \leqslant 0.75$	$0.75 < I_L \leqslant 1$	$I_L > 1$

4.2.11 粘性土的天然状态可根据标贯试验击数按表 **4.2.11**-1 确定；可根据锥沉量(76g 液限仪沉入土中的毫米数)按表 4.2.11-2 确定。

粘性土的天然状态　　表 4.2.11-1

粘性土状态	坚　硬	硬	中　等	软	很　软
N	30～15	15～8	8～4	4～2	<2

表 4.2.11-2

粘性土状态	坚　硬	硬　塑	可　塑	软　塑	流　塑	流　动
锥沉量 h(mm)	$h<2$	$2 \leqslant h<3$	$3 \leqslant h<5$	$5 \leqslant h<7$	$7 \leqslant h<10$	$h \geqslant 10$

4.2.12 淤泥性土是指在静水或缓慢的流水环境中沉积，天然含水率大于液限、天然孔隙比大于 1.0 的粘性土。按表 4.2.12 可分为淤泥质土、淤泥、流泥和浮泥。

淤泥性土的分类　　表 4.2.12

指标 / 土的名称	孔隙比 e	含水率 ω(%)	指标 / 土的名称	孔隙比 e	含水率 ω(%)
淤泥质土	$1.0 < e \leqslant 1.5$	$36 < \omega \leqslant 55$	流泥		$85 < \omega \leqslant 150$
淤泥	$1.5 < e \leqslant 2.4$	$55 < \omega \leqslant 85$	浮泥		$\omega > 150$

注：淤泥质土应根据塑性指数 I_P 按 4.2.9 条再划分为淤泥质粘土或淤泥质粉质粘土。

4.2.13 饱和状态的淤泥性土可根据其天然含水率按以下理论公式确定其重度：

$$\gamma = \frac{G(1+\omega)}{1+G\cdot\omega}\gamma_\omega \qquad (4.2.13\text{-}1)$$

式中：γ——土的重度(kN/m³)；

γ_ω——水的重度(kN/m³)；

ω——天然含水率(%)；

G——土的相对密度。

也可根据饱和状态淤泥性土的天然含水率按以下经验公式估算其重度。

$$\gamma=32.4-9.07\log\omega \qquad (4.2.13\text{-}2)$$

4.2.14 混合土系指粗细粒两类土呈混杂状态存在，具有颗粒级配不连续，中间粒组颗粒含量极少，级配曲线中间段极为平缓等特征。定名时将主要土类列在名称前部，次要土类列在名称后部，中间以“混”字连结。

4.2.15 混合土按其成因和不同土类的含量可分为以下两种土：

(1)淤泥和砂的混合土，属海陆混合相沉积的一种特殊土，土质极为松软。定名时，当淤泥含量超过总质量的30%时为淤泥混砂；淤泥含量超过总质量的10%，小于或等于总质量的30%时为砂混淤泥；

(2)粘性土和砂或碎石的混合土，属残积、坡积、洪积等成因形成的土。定名时当粘性土含量超过总质量的40%时为粘性土混砂或碎石；当粘性土的含量大于10%，小于或等于总质量的40%时为砂或碎石混粘性土。

4.2.16 层状构造土系指两类不同的土层相间成韵律沉积，具有明显层状构造特征的土。定名时应将厚层土列在名称前部，薄层土列在名称后部。根据其成因和两类土层的厚度比可分为：

(1)互层土属三角洲、河漫滩冲积成因的土。具交错互层构造，两类土厚度相差不大，厚度比一般大于1:3，如粉质粘土与粉砂互层；

(2)夹层土属河流中下游河漫滩冲积土。具夹层构造，两类土层厚度相差较大，厚度比为1:3～1:10，如粉质粘土夹粉砂层；

(3)间层土属湖泊、滨海、牛轭湖、河流中下游河漫滩冲积土，常呈粘性土间极薄层粉砂的特点，厚度比小于1:10，如粘土间粉砂。

4.2.17 花岗岩残积土系花岗岩风化的最终产物，残留在原地未经搬运，除石英外其他矿物均已变为土状。具有孔隙比较大、液性指数较小、压缩性较低和遇水易崩解的特点，可根据其大于 2mm 的颗粒含量(%)按表 4.2.17 分为：砾质粘性土、砂质粘性土和粘性土。

花岗岩残积土分类　　表 4.2.17

土　的　名　称	＞2mm 颗粒含量(%)
砾质粘性土	＞20
砂质粘性土	5～20
粘　性　土	＜5

4.2.18 填土系指由人类活动堆积的土，根据其物质组成和堆填方式可分为：

(1)冲填土：由水力冲填的砂土、粉土或粘性土；

(2)素填土：由碎石土、砂土、粉土和粘性土等组成的填土，经分层压实者称为压实填土；

(3)杂填土：含有建筑垃圾、工业废料和生活垃圾等杂物的填土。

5　工程地质勘察工作的布置准则

5.1　可行性研究阶段勘察

5.1.1　可行性研究阶段勘察应根据工程的特点及其技术要求，通过收集资料、踏勘、工程地质调查、勘探试验和原位测试等，对场地的工程地质条件作出评价，为确定场地的建设可行性提供工程地质资料。

5.1.2　可行性研究阶段勘察应调查研究下列内容：

(1)地貌类型及其分布、港湾或河段类型、岸坡形态与冲淤变化、岸坡的整体稳定性，常见的不稳定岸坡类型见附录G；

(2)地层成因、时代、岩土性质与分布；

(3)对场地稳定性有影响的地质构造和地震情况；

(4)不良地质现象和地下水情况。

5.1.3　可行性研究阶段勘察中应收集下列资料：

(1)地区和场地的地质图、工程地质图、地质报告和工程地质报告；

(2)地形图和水深图(包括早期施测的图纸)、水道和岸线变迁图等；

(3)地震资料；

(4)当地建筑经验；

(5)测量控制资料(包括当地理论最低潮面资料)等。

5.1.4　勘探点应根据可供选择场地的面积、形状特点、工程要求和地质条件等进行布置。河港宜垂岸向布置勘探线，线距不宜大于200m。线上勘探点间距不宜大于150m。海港勘探点可按网格状布置，点距200m～500m。当基岩埋藏较浅时，宜予加密。勘探

点应进入持力层内适当深度。勘探宜采用钻探与多种原位测试相结合的方法。

注：对于影响场地取舍的重大工程地质问题，应根据具体情况布置专门的勘察工作。

5.2 初步设计阶段勘察

5.2.1 初步设计阶段勘察应能为确定总平面布置、建筑物结构形式、基础类型和施工方法提供工程地质资料。

5.2.2 初步设计阶段勘察工作应根据工程建设的技术要求，并应结合场地地质条件完成下列工作内容：

(1)划分地貌单元；

(2)初步查明岩土层性质、分布规律、形成时代、成因类型、基岩的风化程度、埋藏条件及露头情况；

(3)查明与工程建设有关的地质构造和地震情况；

(4)查明不良地质现象的分布范围、发育程度和形成原因；

(5)初步查明地下水类型、含水层性质、调查水位变化幅度、补给与排泄条件；

(6)分析场地各区段工程地质条件，推荐适宜建设地段及基础持力层。

5.2.3 初步设计阶段勘察应采用工程地质调查，测绘、钻探和多种原位测试方法。

5.2.4 勘探工作应充分利用已有资料。勘探过程中应根据逐步掌握的地质条件变化情况，及时调整勘探点间距、深度及技术要求。

5.2.5 布置勘探线和勘探点时应符合下列各项规定。

5.2.5.1 勘探线和勘探点宜布置在比例尺为 1∶1000～1∶2000 的地形图上。

5.2.5.2 河港水工建筑物区域，勘探点应按垂直岸向布置，勘探点间距在岸坡区应小于相邻的水、陆域。

5.2.5.3 海港水工建筑物区域，勘探线应按平行于水工建筑长轴方向布置，但当建筑物位于岸坡明显地区时，勘探线、勘探点宜

按本条中5.2.5.2款的规定布置。

5.2.5.4 港口陆域建筑区宜按垂直地形、地貌单元走向布置勘探线，地形平坦时按勘探网布置。

5.2.5.5 在地貌、地层变化处勘探点应适当加密。

5.2.6 根据工程类别、地质条件、可按表5.2.6确定勘探线、勘探点的布置。

勘探线、勘探点布置　　表5.2.6

工程类别		地质条件	勘探线间距(m)或条数	勘探点间距(m)
河港	水工建筑物区	山区	70～100	≤30
	陆域建筑物区			50～70
	水工建筑物区	丘陵	70～150	≤50
	陆域建筑物区			50～100
	水工建筑物区	平原	100～200	≤70
	陆域建筑物区			70～150
海港	水工建筑物区	岩基	≤50	≤50
		岩土基	50～75	50～100
		土基	50～100	75～200
	港池及锚地区	岩基	50～100	50～100
		土基	200～500	200～500
	航道区	岩基	50～100	50～100
		土基	1～3条	200～500
	防波堤区	各类地基	1～3条	100～300
	陆域建筑物区	岩土基	50～150	75～150
		土基	100～200	100～200

注：①应根据具体勘探要求、场地微地貌和地层变化、有无不良地质现象及对场地工程条件的研究程度等参照本表综合确定间距数值。

②岩基——在工程影响深度内基岩上覆盖层甚薄或无覆盖层；

岩土基——在工程影响深度内基岩上覆盖有一定厚度的土层，岩层和土层均可能作为持力层；

土基——在工程影响深度内全为土层。

5.2.7 勘探点的勘探深度主要应根据工程类型、工程等级、场地工程地质条件及其研究程度确定。

本阶段勘探点分为控制性和一般性两类。对每个地貌单元及可能布置重要建筑物区至少有一个控制性勘探点。

勘探点的勘探深度可按表 5.2.7 确定。

勘探深度表　　表 5.2.7

工程类型			一般性勘探点勘探深度(m)	控制性勘探点勘探深度(m)
水工建筑物区	码头船坞船台滑道	万吨级以上	25～50	≤60
		3～5 千吨级	15～25	≤40
		千吨级以下	10～15	≤30
	防波堤区		≤25	≤40
	港池航道区		设计水深以下 2～3	—
	锚地区		3～5	—
陆域建筑物区			15～30	≤40

注：①在预定勘探深度内遇基岩时，一般性勘探点深度达到标准贯入试验击数 $N\geqslant 50$ 处。控制性勘探点深度应钻入强风化层 2m～3m，在预定深度内遇到中等风化或微风化岩石时亦应钻入适当深度，采取岩心判定岩石名称。

②经控制性勘探点和已有资料表明，在预定勘探深度内有厚度不小于 3m 的碎石土层且无软弱下卧层时，则一般性勘探点深度达到该层即可。

③在预定勘探深度内遇到坚硬的老土层（$Q_{1\sim3}$）时，深度可酌减，一般性勘探点达到坚硬的老土层内深度：水域不超过 10m，陆域不超过 4m，控制性勘探点达到坚硬的老土层内深度，应按一般勘探点深度增加 5m。

④在预定勘探深度内遇松软土层时，控制性勘探点应加深或穿透松软土层，一般性勘探点应根据具体情况增加勘探深度。

5.2.8 滑坡地区勘探线、勘探点应按下列规定布置。

5.2.8.1 勘探线沿滑动主轴线布置，应延伸至滑坡体上下两端之外，必要时尚需在滑坡体两侧增加勘探线。

5.2.8.2 勘探点间距应能查明滑动面形状，其间距可取 20m～40m。

5.2.8.3 勘探点的深度应达到滑动面以下稳定层内 1m～3m。

5.2.9 勘探点中，取原状土孔数不得少于勘探点总数的 1/2，取样

间距宜为 1m，当土层厚度大且土质均匀时，取样间距可为 1.5m，其余勘探点为原位测试点。

当地基土不易取得原状土样或不宜作室内试验时，可适当减少取原状土孔数量，并增加原位测试的工作量。

锚地、港池和航道区一般以标准贯入试验孔为主，并适当布置取原状土孔。

5.2.10 当对河港进行地下水位长期观测时，观测时间应不少于一个水文年。并应同时测记地表水水位。

5.2.11 岩、土试验的常规项目按 9.0.3 条确定。有专门要求时应根据工程需要确定试验项目。

5.3 施工图设计阶段勘察

5.3.1 施工图设计阶段勘察应能为地基基础设计、施工及不良地质现象的防治措施提供工程地质资料。

5.3.2 施工图设计阶段勘察应详细查明各个建筑物影响范围内的岩、土分布及其物理力学性质和影响地基稳定的不良地质条件。

5.3.3 应根据工程类型、建筑物特点、基础类型、荷载情况、岩土性质，并结合所需查明问题的特点确定勘探点位置、数量和深度等。

5.3.4 施工图设计阶段勘探点的勘探深度可按表 5.3.4 确定。对大面积填土堆载区、基岩地区以及为岸(边)坡稳定进行的勘探工作，其勘探深度应根据具体情况确定。

5.3.5 港区内勘探线和勘探点宜布置在比例尺不小于 1:1000 的地形图上，可参照表 5.3.5 确定。

5.3.6 本阶段勘探中除钻取岩土样进行岩土试验外，尚应根据岩土特性及地基基础设计需要，选用原位测试方法，划分岩土单元体和确定岩土工程特性指标。

5.3.7 当需降低地下水位时，应通过抽水试验或其他野外渗透试验来确定所需的水文地质参数。有地下水位长期观测资料时，应结合进行分析。

勘探深度表　　表5.3.4

地基基础类别	建筑物类型		勘探至基础底面(或桩尖)以下深度(m)			
			一般粘性土	老粘性土	中密、密实砂土	中密、密实碎石土
天然地基	水工建筑物	重力式码头	≤1.5B	≤B	3～5	≤3
		斜坡码头	斜坡建筑物坡顶及坡身≤15，坡底3.5	3～5	≤2	≤2
		防波堤	10～15	≤10	≤3	≤2
		船坞	≤B	5～8	≥5	3～5
		滑道	同斜坡码头	3～5	≥3	≤3
		船台	10～20	8～10	≤5	≤3
		施工围堰	根据具体技术要求确定			
	陆域建筑	条形基础	6～12	3～5	3～5	≤1
		矩形基础	3～9	≤3	3～5	≤1
桩基	水工建筑物		5～8	3～5	3～5	≤2
	陆域建筑物		3～5	3	2	1.5～2.0
大管桩	水工或陆域建筑物		桩径的3倍			
板桩			桩尖以下3～5			≤2

注：①B为基础底面的宽度。

②本勘察阶段中航道、港池、锚地区的勘探深度与初步设计勘察阶段相同。

5.3.8　建筑物地基计算所需岩土指标及重点取样测试区见表5.3.8。重点取土样区取样间距一般为1.0m，岩土层变化大时应加取土样或连续取样。非重点取土样区取样间距一般不超过2.0m。

勘探线、勘探点布置　　表 5.3.5

工程类别			勘探线(点)布置方法	勘探线距或条数		勘探点距或点数		备　注
				岩土层简单	岩土层复杂	岩土层简单	岩土层复杂	
码头	斜坡式		按垂直岸线方向布置	50m～100m	30m～50m	20m～30m	≤20m	
	高桩式		沿桩基长轴方向	1～2 条	2～3 条	30m～50m	15m～25m	后方承台相同
	栈桥	桩基	沿栈桥中心线	1 条	1 条	30m～50m	15m～25m	
		墩基	每墩至少一个勘探点	—	—	墩基尺寸较小 至少一个点	墩基尺寸较大 至少三个点	
	墩式		每墩至少一个勘探点	—	—	墩基尺寸较小 至少一个点	墩基尺寸较大 至少三个点	
	板桩式		按垂直码头长轴方向	50m～75m	30m～50m	10m～20m	10m～20m	一般板桩前沿点距 10m,后沿为 20m
	重力式		沿基础长轴方向布置纵断面	1 条	2 条	20m～30m	≤20m	
			垂直于基础长轴方向布置横断面	40m～75m	≤40m	10m～30m	10m～20m	
	单点或多点系泊式		按沉块和桩的分布范围布点			4 个点	不少于 6 个点	
修造船建筑物	船坞		纵断面	3～4 条 15m～20m	5 条 10m～20m	30m～50m	15m～30m	坞口横断面线距用下限,坞室横断面线距用上限,地质条件简单时坞口布 2 条,复杂时 3 条
			横断面	30m～50m	15m～30m	15m～20m	10m～20m	
	滑道		纵式滑道按平行滑道中心线布置	1～2 条	1～2 条	20m～30m	≤20m	
			横式滑道按平行滑道中心线布置	2～3 条	3～5 条	20m～30m	≤20m	
	船台		按网状布置、斜坡式同滑道	50m～75m	25m～50m	50m～75m	25m～50m	
施工图堰			每一区段布置一个垂直于围堰长轴方向的横断面	—	—	每一横断面上布置 2～3 个点		“区段”按岩土层特点及围堰轴向变化划分
防波堤			沿长轴方向	1～3 条	1～3 条	75m～150m	≤50m	
土建	条形基础		按建筑物轮廓线	50m～75m	25m～50m	50m～75m	25m～50m	土层分布简单时可按建筑物群布置
	柱基		按柱列线方向	30m～50m	≤25m	50m～75m	≤30m	一条勘探线可控制一至数条柱列线
单独建筑物			每一建筑物不少于 2 个勘探点					如灯塔、油罐系船设备及重大设备的基础等

注:①相邻勘探点间岩土层急剧变化而不能满足设计、施工要求时,应增补勘探点。

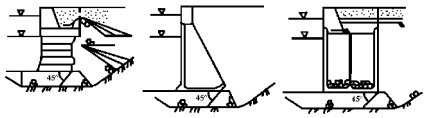
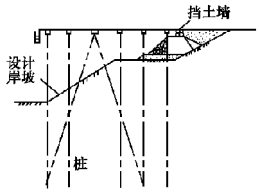
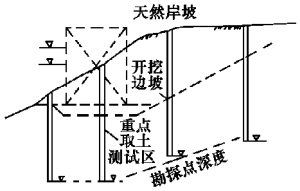
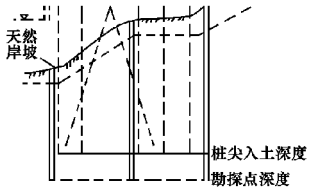
②“岩土层简单”及“岩土层复杂”主要根据基础影响深度内(或勘探深度内)岩、土层分布规律性及岩土性质的均匀程度判定。

③确定勘探线距及勘探点距时除应考虑具体地质条件外,尚应综合考虑建筑物重要性等级、结构特点及其轮廓尺寸、形状等。

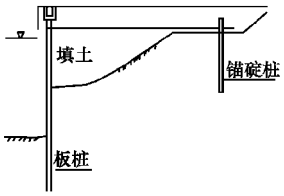
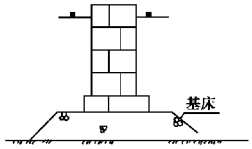
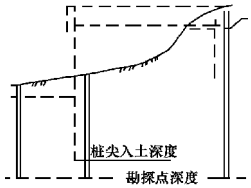
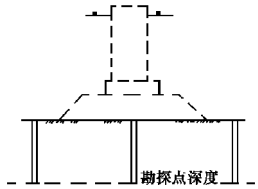
④对沉井基础如基岩面起伏显著时,应沿沉井周界加密勘探点。

⑤本阶段港池、航道区勘探点的布置应遵照现行行业标准《疏浚工程施工规范》(JTJ323)和《航道整治工程技术规范》(JTJ312)执行。

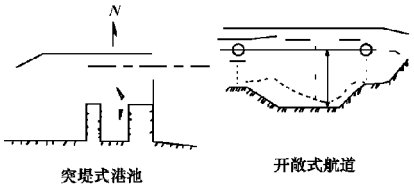
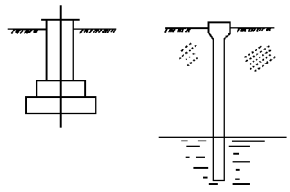
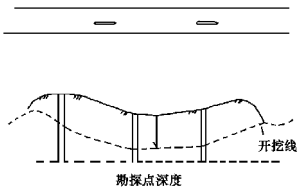
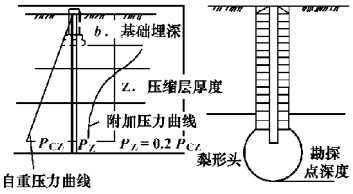
港口建筑物地基计算所需岩土指标及重点取样测试区　　表 5.3.8

项目 \ 建筑物类别	重力式码头	高桩码头
港口建筑物横断面示例图		
勘探点位及重点取样测试区示意图		
一般结构型式	方块结构(实心、空心、异型)、扶壁结构、沉箱结构、干地施工的现场灌筑混凝土和浆砌块石结构、格形钢板桩结构(除满足重力式外还应满足板桩要求)	板梁式结构、无梁面板式结构、桁架式结构、墩式结构等
重点取样测试区	持力层、开挖边坡区	桩入土范围、桩尖持力层、开挖边坡区
地基岩土指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、压缩性指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、标贯指标
建筑物地基计算项目	倾覆稳定、滑移稳定、整体稳定、基床和地基承载力、地基沉降等	整体稳定、桩的承载力

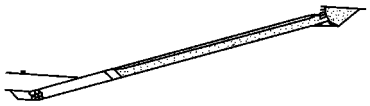
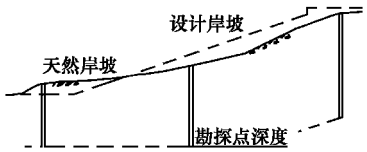
续表 5.3.8

项目 \ 建筑物类别	板桩码头	防波堤工程
港口建筑物横断面示例图		 直立式防波堤
勘探点位及重点取样测试区示意图		
一般结构型式	单锚板桩、双锚板桩、无锚板桩或多锚板桩	直立式、斜坡式、混合式、透空式、浮式和气压式等
重点取样测试区	板桩后主动土压力区、板桩前被动土压力区、整体稳定验算区、锚碇桩(墙)稳定验算区	持力层、压缩层、开挖边坡及整体稳定区
地基岩土指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、标贯指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、压缩性指标
建筑物地基计算项目	板桩入土深度、整体稳定、锚碇结构稳定	地基承载力、沉降、基槽开挖边坡稳定、整体稳定、抗滑计算等

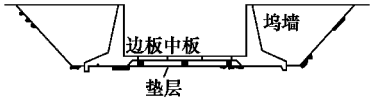
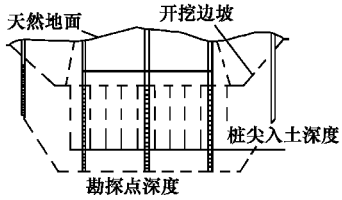
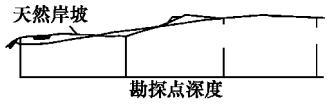
续表 5.3.8

项目 \ 建筑物类别	港池、航道、锚地	港口仓库、灯塔及其他土建工程
港口建筑物横断面示例图		
勘探点位及重点取样测试区示意图		
一般结构型式	港池：顺岸式、挖入式、突堤式；航道：通畅航道、设闸航道；锚地：装卸锚地、避风锚地、检疫锚地、到离港停泊锚地	条形基础，桩基础
重点取样测试区	查明开挖深度内有无暗礁障碍物，开挖场区深度内取土和测试	持力层、压缩层
地基岩土指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、附着力	一般物理性指标、抗剪强度指标、压缩性指标
建筑物地基计算项目	开挖边坡稳定、锚着力、沉块稳定	地基承载力、沉降、单桩承载力

续表 5.3.8

项目 \ 建筑物类别	斜　坡　码　头	堆场、陆域形成工程
港口建筑物横断面示例图		
勘探点位及重点取样测试区示意图		
一般结构型式	单级斜坡和多级斜坡码头	天然地基道碴轨枕、桩基轨道梁
重点取样测试区	整体稳定区、持力层及基槽边坡稳定验算区	持力层、压缩层，需地基处理时须满足第 11 章的规定
地基岩土指标	一般物理性指标、抗剪强度指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、压缩性指标
建筑物地基计算项目	整体稳定验算、地基承载力、基槽边坡稳定	地基承载力、强度提高推算、施工期固结沉降及使用期残余沉降、固结度，施工期稳定

续表 5.3.8

项目 \ 建筑物类别	船坞工程	船台滑道工程
港口建筑物横断面示例图		
勘探点位及重点取样测试区示意图		
一般结构型式	干船坞、灌水船坞、浮船坞、母子船坞、冰上简易船坞	船台分横向和纵向；滑道分木滑道和机械化滑道
重点取样测试区	持力层、桩入土范围、开挖边坡区、渗透计算区	持力层、桩入土范围
地基岩土指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、压缩性指标、基床系数、渗透系数	一般物理性指标、抗剪强度指标
建筑物地基计算项目	地基承载力、桩的承载力(包括拉桩力)、开挖边坡区整体稳定、渗透计算、抗滑计算等	地基承载力或桩的承载力

5.4 施工期中的勘察

5.4.1 遇下列情况之一时，应进行施工期中的勘察：

(1)为解决施工中出现的工程地质问题；

(2)地基中有岩溶、土洞、岸(边)坡裂隙发育时；

(3)以基岩为持力层，当岩性复杂、岩面起伏大、风化带厚度变化大时；

(4)施工中出现的其他地质问题，需作进一步的勘察、检验时。

5.4.2 施工期中的勘察应针对需解决的工程地质问题进行布置。勘察方法包括施工验槽、钻探和原位测试等。

6　工程地质调查与测绘

6.0.1　对工程地质条件简单的场地仅作地质调查，对工程地质条件较复杂或基岩大面积出露的场地，应进行工程地质测绘。

调查与测绘的范围、要求，应在研究已有地质资料基础上，根据工程需要确定。测绘比例尺 1∶2000～1∶5000 为宜，观测点密度在图上的距离应随工程地质条件而定，一般为 2cm～5cm。

6.0.2　港口工程地质调查与测绘工作应包括下列内容。

6.0.2.1　对地貌的调查与测绘：

(1)划分微地貌单元；

(2)判定成因类型；

(3)分析地貌形态与岩土性质、第四系堆积的类型、地质构造、地下水和地表水的关系；

(4)调查河、海动力地质作用对岸线变迁的影响，对附近已经人工整治的岸线调查其整治措施及效果；

(5)调查被掩埋的古河道、沟和塘等的分布，填土区的分布范围，填土方法与年代、人工洞穴的位置；

(6)量测各类岩土组成的天然和人工边坡的坡高、坡度与坡向。

6.0.2.2　对地层的调查与测绘：

(1)基岩的地质时代、岩性、风化状态和岩面起伏特征。着重调查研究软弱夹层、泥化层和软弱结构面的性状与分布；

(2)土层的类别、时代、成因、土质与分布规律。着重调查研究特殊土的性状与分布。

6.0.2.3　调查与测绘地质构造类型、地层产状、层位关系、软硬岩土层的接触关系，各断裂构造的分布、性状及其与地震活动的关

系，收集场地地震烈度和地震效应资料。

着重研究各种软弱结构面（层理、节理、片理、断层、岸坡区的卸荷裂隙）及其不利组合对工程建设的影响。

6.0.2.4 研究滑坡、崩塌、潜蚀等的形成原因、分布范围、发育程度、发展趋势等对场地稳定性的影响。

有岩溶、土洞发育时，可参照现行国家标准《岩土工程勘察规范》（GB50021）进行调查测绘工作。

6.0.2.5 对地下水的调查与测绘：

（1）调查地下水的类型（见附录 H）、露头位置、含水层性质、埋藏补给与排泄条件，水位变幅及与地表水体水位的动态变化关系，水质污染情况；

（2）岸坡地区着重调查研究地下水活动与不良地质现象发育的关系。

6.0.2.6 对建筑经验的调查：

（1）收集建筑物变形、地基沉降有关资料；

（2）对场区内已发生的工程地质事故，应调查事故原因、防治措施及其效果。

6.0.3 工程地质测绘中，观测点应采用仪器法定位。对地质条件适合的水域，可采用水底地层剖面仪配合探测。

对场地的重要地面地质现象，宜绘制草图、素描图或摄影。

6.0.4 应在下列地点布置工程地质测绘观测点：

（1）对有代表性的地貌、地层、地下水露头、地质构造、有关的地质现象等分布处；

（2）岩土层（包括标准层）、地貌单元的界线，主要的地质构造线；

（3）不良地质现象发育地点；

（4）露头良好地点。对天然露头不良地区应布置适量的人工露头。

6.0.5 工程地质调查与测绘成果，应由文字报告及下列有关图件组成：

(1)实际材料图；

(2)综合工程地质图或工程地质分区图；

(3)钻孔(探坑、探槽)柱状图与场地综合柱状图；

(4)工程地质剖面图(包括水底地层剖面仪探测成果)；

(5)反映地质现象的照片、素描图等。

当工程地质调查与测绘工作配合勘探工作进行时，其成果资料可与勘探成果综合整理。

7　工程地质钻探

7.0.1　钻孔孔位、标高和钻进深度的测定符合下列规定。

7.0.1.1　陆域钻孔可采用经纬仪定位；水域钻孔根据其离岸距离的远近，选用经纬仪前方交会定位、无线电定位、全站型电子速测仪或GPS卫星定位。

7.0.1.2　钻孔应按设计孔位施钻，开钻后应测定实钻孔位及标高，并及时核对实钻孔位置及标高的正确性。

7.0.1.3　水域钻孔的孔口标高及钻进深度的测量允许误差应不大于±10cm。在有潮汐水域施钻时，必须进行多次定时水位观测，按时校正水面标高，计算钻进深度。在水深流急的水域中施钻时，孔口标高应由多次水深测量确定，并用下入水中套管的长度作校核。

7.0.2　水域钻探应在水上钻探平台或钻探船舶上进行。钻探船舶定位抛锚时必须根据水文、气象条件和水域地质，选择锚型、系缆长度、抛锚数量及锚位。

7.0.3　岩芯钻探每回次进尺不得超过岩芯管长度的2/3。

7.0.4　岩芯钻探过程中应对岩样和钻进情况作详细记录，并计算岩芯采取率，必要时尚需记录岩石质量指标(RQD)。在陆域和水域平台上钻探时，其岩芯采取率应符合表7.0.4标准。当应用钻探船进行水域钻探时，其岩芯采取率可允许适当降低。

对于不易取得岩芯的部位，宜采取双层岩芯管钻取岩芯。

岩芯钻探采取率标准　　表7.0.4

岩　　石	一　般　岩　石	破　碎　岩　石
岩芯采取率	≥80%	≥65%

7.0.5　岩土样品的采取、储运与保存应符合下列规定。

7.0.5.1　采取原状土样应满足下列要求：

(1)钻孔采用套管或泥浆护壁，当采用套管时，孔内水位等于或稍高于地下水位；

(2)取样前仔细清孔，并防止对孔底土层的扰动。孔底残留土厚度不大于取土器废土段的长度；

(3)取土过程中土样不得受压、受挤和受扭，土样充满取样筒；

(4)软土采用薄壁取土器，用匀速连续压入法取样。可塑至坚硬状态的粘性土、粉土也可采用厚壁取土器以备有导向装置的重锤少击法取样；

(5)原状土样的直径 75mm～100mm。

7.0.5.2　原状土样应妥善密封，储运过程中应采取防冻、防晒和防振动等措施，土样应直立安放，不得倒置，保存时间不宜超过 3 周。对重要钻孔，可根据需要保存岩土芯样。

7.0.5.3　钻取岩芯的尺寸，应满足试样加工的要求。对需要保持天然湿度的岩芯应立即腊封。

7.0.6　地下水位的量测和水样的采取应符合下列规定。

7.0.6.1　陆域钻孔应测记地下水的初见水位和稳定水位。

7.0.6.2　量测初见水位和采取水样前采用无循环液钻进。

7.0.6.3　当需了解地下水动态变化及其与地表水的相关变化时，选择垂岸向勘探线上的钻孔，进行多次同步观测地下水位和地表水位。

7.0.6.4　存在多层地下水时，根据需要分别测定其地下水位。

7.0.6.5　当需判断地下水对建筑材料的侵蚀性时，应采取水样进行分析。水样采取的要求，储存、分析的项目及评价标准应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》。

7.0.7　钻孔、探坑和探槽的回填符合下列要求。

7.0.7.1　对下列情况应根据具体要求填塞：

(1)影响基础安全；

(2)影响堤防安全；

(3)影响测试与施工；

(4)影响耕作；

(5)影响交通安全；

(6)影响地下水的水质、水量；

(7)有可燃气体冒出。

7.0.7.2　回填材料宜就地取材，但应满足回填料规定的技术要求。对影响堤防安全的钻孔，应严格遵守堤防管理部门对钻孔回填的规定，并应做好回填记录。

7.0.8　钻探记录必须详实、数据正确、书写清楚，岩土描述按附录J执行。

8 原位测试

8.1 标准贯入试验

8.1.1 标准贯入试验适用于砂土、粉土和粘性土。在有经验地区也可用于碎石土和基岩的全风化与强风化带。

8.1.2 标准贯入试验的主要设备规格应为：贯入器总长 810mm、内径 35mm、外径 51mm、自动落锤的质量为 63.5kg、钻杆直径 42mm。

8.1.3 标准贯入试验击数 N 值系指质量为 63.5kg 的锤，以 76cm 的高度自由落下，将标准贯入器击入土中 30cm 时的锤击数。除坚硬土层外，测试计数前应先击入 15cm，不计击数。

8.1.4 试验前清孔钻进时，应避免对土层的扰动，保持孔内水位等于或高于地下水位，防止塌孔、涌砂。下放贯入器时不得冲击孔底，孔底的废土高度不得超过 5cm。试验时钻杆应拧紧、保持垂直，避免晃动。

8.1.5 对土质不均匀的土层进行标准贯入试验时，应增加试验点密度。

8.1.6 对于坚硬密实的土层和风化岩，如无特殊需要，标准贯入试验击数宜以 50 击为限，并记录其实际的贯入深度。

8.1.7 标准贯入试验击数 N 值应按其测试深度注明于钻孔柱状图或地质剖面图上。对标准贯入试验钻孔宜绘制标准贯入试验击数 N 与深度关系曲线。对进行了大量标准贯入试验的风化岩地区，可绘制风化岩的 N 等值线图。

8.1.8 可根据标准贯入试验击数，结合当地经验确定砂土的密实度、砂土的内摩擦角和一般粘性土的无侧限抗压强度，评价地基强

度、土层液化可能性、单桩极限承载力、沉桩可能性和地基加固效果等。

标准贯入试验击数与砂土的内摩擦角和一般粘性土的无侧限抗压强度关系见附录 K，标准贯入试验击数与砂土的密度关系见表 4.2.7。

8.2 十字板剪切试验

8.2.1 十字板剪切试验系指用十字板剪切仪在原位直接测定饱和软粘土（$\varphi_u \approx 0$）的不排水抗剪强度和灵敏度的试验。十字板剪切仪可分为机械式和电测式。

8.2.2 十字板头和轴杆的规格尺寸应符合表 8.2.2 的规定

十字板头和轴杆的规格尺寸　　表 8.2.2

板宽 (mm)	板高 (mm)	板厚 (mm)	刃角 (°)	轴杆		面积比 (%)
				直径(mm)	长度(mm)	
50	100	2	60	13	75	14
75	150	3	60	16	75	13

8.2.3 机械式十字板试验符合下列规定。

8.2.3.1 十字板头入土深度应不小于套管底端以下 50cm。

8.2.3.2 十字板试验孔。宜使用空心螺旋钻清孔。

8.2.3.3 当十字板头压至软土层中试验深度处，遇有硬夹层时，应穿过硬层再行试验。

8.2.3.4 十字板试验剪切速率是以 10s 转动 1°为标准，其峰值读数或稳定读数一般在 3min～10min 内出现。

8.2.3.5 水域进行十字板试验时，若孔底土质软弱，应采用套管控制器。

8.2.4 电测式十字板传感器及其联接导线在水域工作状态中，其绝缘电阻不得小于 500MΩ。

8.2.5 十字板剪切强度值，可用于地基土的稳定分析、检验软基加固效果、测定软弱地基破坏后滑动面位置和残余强度值以及地基土的灵敏度。根据十字板剪切强度计算地基容许承载力的公式

见附录 C。

8.3 静力触探试验

8.3.1 静力触探试验适用于粘性土、粉土和砂土。

8.3.2 探头按其结构和功能可分为单桥探头、双桥探头和多用探头。单桥探头、双桥探头的技术规格应符合表 8.3.2-1 和表 8.3.2-2 的规定

单桥探头规格　　表 8.3.2-1

型号	锥头直径 (mm)	锥头截面积 (cm^2)	有效侧壁长度 (mm)	锥角 α (°)
Ⅰ-1	35.7	10	57	60
Ⅰ-2	43.7	15	70	60
Ⅰ-3	50.4	20	81	60

双桥探头规格　　表 8.3.2-2

型　号	锥头直径 (mm)	锥头截面积 (cm^2)	摩擦筒长度 (mm)	摩擦筒表面积 (cm^2)	锥角 (°)
Ⅱ—1	35.7	10	179	200	60
Ⅱ—2	43.7	15	219	300	60
Ⅱ—3	50.4	20	189	300	60

8.3.3 数字测力仪的精度应为最大测量范围的±0.1%。

8.3.4 试验按下列规定执行。

8.3.4.1 进行水域静力触探时，需采用水上勘探平台，孔口应下入套管。当触探深度超过 30m 时、应配置测斜装置。

8.3.4.2 安装贯入设备时，应将支架调至水平，保持触探杆垂直贯入。

8.3.4.3 在水域工作状态中，应变片及其联接导线的绝缘电阻不得小于 500MΩ，且零飘应控制在满量程的 1%范围内。

8.3.4.4 将探头贯入土中 1.0m～2.0m 左右，然后提升 5cm，使得探头传感器处于不受力状态，待探头温度与地温平衡，仪器零位基本稳定后，将仪器调零或记录初始读数，即可进行正常贯入。

8.3.4.5 测试时应匀速连续贯入，速率宜采用 0.5m/min～1.0m/min。

8.3.4.6 试验点与其最近的已有勘探点间距离不得少于已有勘探点孔径的 20 倍，且不少于 2m。

8.3.5 试验前应先率定探头，并应符合下列规定。

8.3.5.1 应力与应变关系呈直线，并通过坐标原点，线性误差不大于 1%。

8.3.5.2 分级加荷、卸荷，应反复进行 3 次以上，重复性误差不大于 1%。所加荷载应接近空心柱的最大设计荷载，不得将应力—应变关系直线外延使用。

8.3.5.3 率定时顶柱与传感器接触良好并应注意转换顶柱方位，其读数误差不大于同一级荷载下应变量观测值的 1%。

8.3.5.4 温度飘移、归零误差不超过 1%。

8.3.6 应注意探头磨损程度，并按表 8.3.6 的规定进行更换。

探头更换标准　　表 8.3.6

锥头直径（mm）	磨损更换标准		
	锥头直径（mm）	摩擦筒直径（mm）	锥头高度（mm）
35.7	<35.16	小于锥头直径	<28
43.7	<43.04		<34
50.4	<49.64		<39

8.3.7 可根据静力触探资料结合当地经验和钻孔资料划分土层，确定土的承载力、压缩模量、单桩承载力，判断沉桩的可能性、饱和粉土和砂土的液化势。

静力触探试验比贯入阻力与地基土容许承载力的关系见附录 C。

8.4 动力触探试验

8.4.1 动力触探试验系指质量为 63.5kg 的锤，落距 76cm，将直径 74mm、锥角 60°的圆锥探头，以贯入土中 10cm 的锤击数（N_c）表示

贯入阻力，用来判断土的工程性质。也可根据土质和地区经验采用轻型（N_{10}）或超重型动力触探法（N_{120}）进行试验。

8.4.2 试验按下列规定执行。

8.4.2.1 触探杆的垂直度最大偏差不得超过2%，同时应防止锤击偏心和晃动。

8.4.2.2 锤击速率宜每分钟15～30击，锤击应连续进行。

8.4.2.3 对砂、圆砾、角砾和卵石、碎石土，触探深度不宜超过12m。

8.4.2.4 每贯入0.1m所需锤击数连续三次超过50击时，可停止试验。

8.4.2.5 各触探孔最初贯入的1.0m可不记读数。

8.4.3 锤击数 N_c 应按下式确定：

$$N_c=\frac{5\times 10}{\Delta S} \tag{8.4.3}$$

式中：N_c——每贯入10cm的锤击数；

ΔS——每锤击5次的贯入深度(cm)。

8.4.4 绘制阶段梯形曲线图时应以锤击数 N_c 为横坐标，触探深度为纵坐标。

8.4.5 根据锤击数 N_c 结合当地经验确定地基土承载力。按表8.4.5确定冲积的细砂、中砂的密实度。

锤击数 N_c 与砂土密实度关系　　表8.4.5

冲积的细砂、中砂的密实度	干密度 γ(kN/m³)	锤击数 N_c	
		天然结构	扰动结构(回填砂)
松散	<15.2	<(5～7)	<2
中密	15.2～16.3	(5～7)～(12～15)	2～6
密实	>16.3	>(12～15)	>6

8.5 载荷试验

8.5.1 载荷试验适用于重要建筑物的天然地基，可用以评价承压板下1.5～2.0倍承压板直径或宽度的深度范围内地基土的承载

力、变形模量和基床系数。试验点的布置在同一土层上不应少于2个点。

8.5.2 试验按下列规定执行。

8.5.2.1 试坑底面宽度不应小于承压板直径(或宽度)的3倍，试验前应在试坑边线外3m～5m范围内布置2个原状取土孔或其他原位测试点。

8.5.2.2 承压板尺寸可采用2500cm²或5000cm²，对密实的砂土或硬塑状态的粘性土，可采用1000cm²；对软土和填土不应小于5000cm²。

8.5.2.3 加荷标准，第一级荷载(包括设备自重)宜接近试坑挖除的土重；以后每级荷重增量，对于低、中等压缩性土，一般采用50kPa，对高压缩土则宜采用25kPa，特别软弱的土可采用10kPa。

8.5.2.4 稳定标准采用相对稳定法时，连续2h的沉降增量不应超过0.2mm，且每级荷载下的观测时间，对软粘性土不应少于24h，对一般粘性土、粉土不应少于8h，对碎石土、砂土、老堆积粘性土不应少于4h。

8.5.2.5 极限压力的标志可按以下情况判断：

(1)承压板周围的土被挤出或出现裂缝和隆起，沉降急剧增加；

(2)在本级荷载下，持续24h内沉降速率等速或加速发展；

(3)总沉降量超过承压板直径或宽度的1/12。

8.5.2.6 回弹观测时应进行分级卸荷，并观测其回弹值。每卸一级荷载后，应间隔10min观测一次，1h后再卸第二级荷载，荷载卸完后，应继续观测3h。

8.5.3 变形模量和地基承载力按下列方法确定。

8.5.3.1 变形模量 E_0 可按下列公式确定。

承压板为圆形 $$E_0=0.79(1-\mu^2)\,d\,\frac{P}{S} \qquad (8.5.3.1\text{-}1)$$

承压板为方形 $$E_0=0.95(1-\mu^2)\,b\,\frac{P}{S} \qquad (8.5.3.1\text{-}2)$$

式中：E_0——试验土层的变形模量(kPa)；

P——施加的压力(kPa)；

S——对应于施加压力的沉降量(cm)；

d、b——承压板的直径、边长(cm)；

μ——地基土的泊松比。

8.5.3.2 地基土的泊松比可按下表采用。

泊松比(μ)值表　　表8.5.3.2

土的名称	μ	μ^2	$1-\mu^2$	土的名称	μ	μ^2	$1-\mu^2$
碎　石	0.25	0.06	0.94	粉质粘土	0.35	0.12	0.88
砂、粉土	0.30	0.09	0.91	粘大	0.42	0.18	0.82

8.5.3.3 地基土承载力可按下列方法确定：

(1)强度控制法：对于坚硬粘性土、砂土、碎石土等，以比例界限 P_0 值作为地基土的容许承载力；

(2)相对沉降控制法：当在 $P\sim S$ 曲线上没有明显的直线段时，应在 $P\sim S$ 曲线较平缓的区段选取承载力，对一般粘性土、软土采用相对沉降 $S/b\leqslant 0.02$ 对应的压力作为容许承载力；

(3)极限荷载法：当 $P\sim S$ 曲线上的比例界限点出现后，土很快达到极限破损，即比例界限荷载 P_0 与极限荷载 P_u 接近时，将 P_u 除以安全系数2.0～3.0，作为土的容许承载力。

8.6 旁压试验

8.6.1 旁压试验系指通过旁压器在钻孔内对孔壁施加横向压力，使土体产生变形，用来计算土的变形模量和承载力的试验。

旁压仪可分为预钻式和自钻式。

8.6.2 加压等级为预计极限压力的1/8～1/12，也可按下表采用。

旁压试验加压等级　　表8.6.2

土的工程特性	加压等级(kPa)	
	临塑压力前	临塑压力后
淤泥、淤泥质土、流塑状态的粘性土、粉土、饱和或松散粉细砂	＜15	≤30

续上表

土 的 工 程 特 性	加压等级(kPa)	
	临塑压力前	临塑压力后
软塑状态的粘性土、粉土，稍密很湿的粉细砂，稍密的中、粗砂	15～25	30～50
可塑至硬塑状态的粘性土、粉土，中密至密实很湿的粉细砂，稍密至中密的中、粗砂	25～50	50～100
坚硬状态的粘性土、粉土，密实的中、粗砂	50～100	100～200
中密至密实的碎石类土	≥100	≥200

8.6.3 旁压试验曲线的绘制应符合下列规定。

8.6.3.1 用校正后的压力 P 和校正后的体变形量 V 绘制 $P\sim V$ 曲线如图 8.6.3.1 所示。

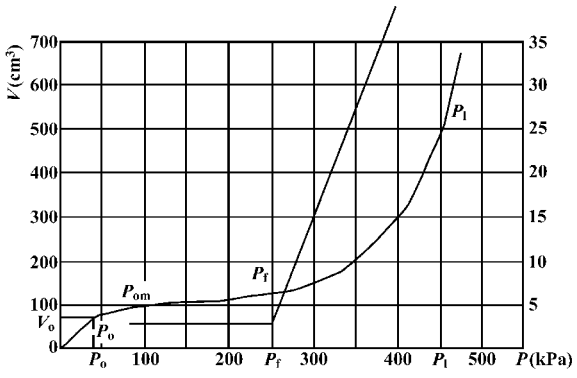


图 8.6.3.1 压力 P 与体变量 V 关系曲线

P_{om}—旁压曲线直线段在曲线上第一个切点所对应的压力值(梅那氏所定义之初始压力)；P_o—旁压曲线直线段延长与纵坐标相交，交点为 V_o，由 V_o 作与 P 轴平行线，相交于曲线的一点，其所对应的压力值(初始压力)；P_f—旁压曲线直线段的终点，即曲线与直线的第二个切点所对应的压力(临塑压力)值；P_1—曲线过临塑压力后，趋向于与纵轴平行的渐近线时，其对应的压力(极限压力)值

8.6.3.2 从绘制的 $P\sim V$ 曲线上，确定 4 个压力特征点 P_{om}、P_o、P_f、P_1。

8.6.4 地基土容许承载力 q_k 按下列公式确定：

临塑压力法　　$q_k = P_f - P_o$　　(8.6.4-1)

极限压力法　　$q_k = (P_L - P_o)/F$　　(8.6.4-2)

式中：q_k——地基土容许承载力(kPa)；

F——安全系数，取 2～3。

8.6.5　旁压模量 E_M 值可按下式计算：

$$E_M = 2(1+\mu)(V_o + V_m)\frac{\Delta P}{\Delta V} \qquad (8.6.5)$$

式中：E_M——旁压模量(kPa)；

μ——地基土的泊松比；

ΔP——旁压试验曲线上直线变形段的压力增量(kPa)；

ΔV——相应于 ΔP 的体积变化增量(cm^3)；

V_m——平均体积增量(取旁压试验曲线直线段两点间压力所对应的体积增量之和的一半)(cm^3)；

V_o——旁压器量测腔的原始体积(cm^3)。

8.7　水底地层剖面仪探测

8.7.1　水底地层剖面仪探测，可作为港口、航道工程水域勘探的辅助手段。

8.7.2　水底地层剖面仪探测适用于分辨地球物理特性不同地层的界面，工作水域的水深应大于 2m，波浪高度不应大于 0.5m。普查时航速宜为 4kn～6kn，详查时航速宜为 2kn～4kn。不宜用于场区环境噪音大和水底地形坡度陡峻的水域。

8.7.3　应在充分搜集和分析测区工程地质资料基础上，根据工程需要合理布置测线。

测线间距应小于同阶段勘探网线的间距，在选定的有代表性和控制性的水底地层剖面探测线上，应布置适当数量的钻孔进行对比，必要时布设 1～2 条交叉检查测线。

有条件时，水底地层剖面仪探测可与水深测量同步进行。

8.7.4　成果整理时，应作声波斜角水深、潮位和层厚校正，再根据钻孔资料进行解释、划分地层，绘制工程地质剖面图、岩土层面等

高线图等。

8.8 波速试验

8.8.1 波速试验包括剪切波速、压缩波速和瑞利波速试验。其测定方法应根据试验目的和现场条件选用单孔法、跨孔法和表面波速法。

8.8.2 通过波速试验，获得与波速有关的岩土参数，可用于查明和评价下列内容：

(1)地质分层和场地土类别的划分；

(2)提供振动机械基础和深基础地基的动力参数；

(3)检验地基加固效果；

(4)判别地基土液化的可能性；

(5)评价岩体的风化程度，确定破碎带的位置和裂隙发育的密度；

(6)探测地质异常体(洞穴、地下管道)等。

8.8.3 单孔波速法适用于水陆域。可采用击板法作震源。在每一测点，应获得不少于三次清晰波形。根据孔口振源至孔中检波器的距离及波的传播时间计算剪切波速。

8.8.4 跨孔波速法适用于陆域。可采用孔内剪切锤或电火花为震源。

在每一测点，应获得不少于三次清晰波形。根据孔距和波的传播时间计算剪切波速。

当测试深度大于 15m 时，应测定钻孔的孔斜与方位，校正测点的水平距离。

8.8.5 面波法适用于陆域土体。通过测定不同激震频率下瑞利波长度，求得土的瑞利波或剪切波的平均波速，提供半个波长深度内土的动力参数。

9 室内试验

9.0.1 土工试验方法应符合现行国家标准《土工试验方法标准》(GBJ123)。

岩石试验方法应符合现行国家标准《岩石试验方法标准》。

9.0.2 对振动后易于液化和水分离析的土样，宜就近进行土工试验。

9.0.3 岩土的室内常规试验一般包括下列项目：

(1)粘性土的物理性指标包括天然含水率、天然重度、相对密度、孔隙比、饱和度、液限、塑限、塑性指数、液性指数，力学指标包括抗剪强度、压缩系数或压缩指数、无侧限抗强度、锥沉量；

(2)粉土的物理力学试验项目除与粘性土相同外，尚须加测粘粒含量；

注：①土的相对密度一般不进行试验，可按附录L采用。有经验地区塑性指数可根据统计关系从液限求得，见附录L。

②土的常用计算指标可按附录M计算。

(3)砂土的颗粒分析、自然休止角(干、水下)；

(4)碎石土的颗粒分析；

(5)岩石的饱和、风干和天然状态下的单轴极限抗压强度和软化系数。

9.0.4 土的渗透系数、固结系数、前期固结压力、击实、附着力、压实系数、灵敏度、有机质含量、振动剪切等试验项目和岩的相对密度、重度、吸水率、弹性模量、泊松比、剪切及抗拉等试验项目，应根据工程需要和岩土性质确定。

9.0.5 界限含水率试验可采用液塑限联合测定法。液限试验也可采用76g圆锥仪法；塑限试验也可采用滚搓法。

缩限试验采用收缩皿法。

9.0.6 抗剪强度试验可采用快剪和固结快剪法，不宜采用直剪快剪。应根据工程要求和土质，考虑土的压缩状态，尽量模拟土层的实际受荷情况和排水条件，采用下列相应的试验方法。

9.0.6.1 当需对挖方工程的稳定验算提供卸荷条件下的抗剪强度时，宜采用三轴仪进行试验。

9.0.6.2 当需提供有效抗剪强度指标时，宜采用三轴固结不排水剪测定，也可用直剪仪慢剪测定。

9.0.6.3 对粘性土宜采用固结快剪、无侧限抗压强度试验，或采用三轴剪切试验。

9.0.6.4 对于淤泥、淤泥质粘性土等软土宜采用三轴剪切试验；若采用直接剪切时，垂直荷重应适当减小，避免试样在剪切盒内加荷时被挤出。

9.0.6.5 当考虑地基土在施工中或竣工时的实际固结程度对抗剪强度的影响时，宜作土的不同固结度的抗剪强度试验。

9.0.6.6 当原来处于不饱和状态的土在施工中或竣工后将受到水浸时，应作饱和状态下的抗剪强度试验。

9.0.6.7 当需要土的残余抗剪强度时，应做反复直剪试验。

9.0.7 固结试验方法符合下列规定。

9.0.7.1 固结试验加荷的大小、等级、速度等，应根据土质特征、取土深度、荷载大小、施工条件及设计要求确定。施加的最大荷重应大于设计荷载。

9.0.7.2 固结试验的稳定时间以 24h 为准，为缩短固结试验周期，可采用间隔 2h 逐级加荷的快速试验法。

9.0.7.3 对承受重复荷载的建筑物，应提供回弹再压缩资料。

9.0.8 对花岗岩残积土中粒径小于 0.5mm 的细粒土应进行天然含水率 ω_f、塑性指数 I_p、液性指数 I_L 试验，并应按下列公式计算。

$$\omega_f=\frac{\omega-\omega_A 0.01P_{0.5}}{1-0.01P_{0.5}} \qquad (9.0.8\text{-}1)$$

$$I_P = \omega_L - \omega_P \tag{9.0.8-2}$$

$$I_L = \frac{\omega_F - \omega_P}{I_P} \tag{9.0.8-3}$$

式中：ω_F——花岗岩残积土中细粒土的天然含水率(%)；

ω——花岗岩残积土(包括粗、细粒土)的天然含水率(%)；

ω_A——土中粒径大于 0.5mm 颗粒吸着水含水率(%)，可取 5%；

$P_{0.5}$——土中粒径大于 0.5mm 颗粒的含量(%)；

ω_L——土中粒径小于 0.5mm 颗粒的液限含水率(%)；

ω_P——土中粒径小于 0.5mm 颗粒的塑限含水率(%)

9.0.9 岩石的单轴抗压强度试验可采用圆形或方形试件，直径或边长不小于 5cm，软质岩石宜为 7cm～10cm。可用于测定风干、天然和饱水状态下的岩石抗压强度和计算软化系数。

9.0.10 对于岩石强度分类及岩体风化分带可采用点荷载强度试验，并可据以评价岩石强度的各向异性程度以及与之相关的单轴抗压强度和抗拉强度。

10 特殊岩土的勘察

10.1 软　　土

10.1.1 软土系指滨海相、三角洲相、河湖相沉积形成的淤泥质土、淤泥、流泥和浮泥，也包括由其他成因形成的具有高压缩性、低强度、灵敏度大的粘性土。

10.1.2 软土勘察包括下列内容。

10.1.2.1 查明软土的成因、成分、成层条件、分布规律、构造特征、水平与垂直向的均匀性、渗透性、下卧硬层的埋深与起伏。

10.1.2.2 根据工程类别和设计要求，确定勘察方法、手段和土工试验项目，查明其物理力学性质。

10.1.2.3 对淤泥和淤泥质土，应使用薄壁取土器采取原状土样，对流泥和浮泥可采取基本保持天然含水率的土样。

10.1.2.4 抗剪强度试验宜在现场进行十字板剪切试验、旁压仪试验，室内作三轴剪切试验。

采用直剪试验时应根据土样含水率的高低，天然状态和上覆压力，选择加荷大小、等级，加荷时土样不得产生挤出现象。

10.1.2.5 固结试验可提供压缩系数 α，压缩指数 C_c、固结系数 C_v 及固结比 OCR。

注：均质土求垂直向，层状土求水平向和垂直向固结试验指标。

10.1.2.6 港池航道的疏浚挖泥应做锥沉量、附着力试验和标准贯入试验。

10.1.3 软土的工程评价包括下列内容。

10.1.3.1 根据软土含水率高、压缩性高、孔隙比大、灵敏度高、强度低、渗透性低和压密固结时间长等特征，综合工程评价其可能

造成的影响和危害。

10.1.3.2　对港区岸坡软土，应分析产生侧向塑性挤出或滑移的可能性。

10.1.3.3　当软土下卧的基岩面或硬土层面倾斜时，应分析软土沿硬层层面产生滑移或不均匀变形的可能性。

10.1.3.4　对于分布稳定的厚层状软土，当其厚度大于 5m 时，稳定计算所需十字板抗剪强度指标应提供沿土层深度每隔 1m 同一层位的统计值。

10.1.3.5　软土的触变性和压密固结等均会造成土的压缩系数、强度指标、固结系数、渗透系数发生明显变化，分析和评价由此对工程设计和施工造成的影响。

10.1.3.6　评价软土在固结过程中沉降对桩基产生的负摩擦作用。

10.2　混　合　土

10.2.1　混合土的勘察按下列规定执行。

10.2.1.1　工程地质调查及测绘：应查明土的成因、时代、地貌单元、分布规律、沉积相、物质来源和组成成分。

10.2.1.2　勘探和原位测试：勘探孔的间距应小于一般布孔要求。采取原状土样的数量应多于常规取样数量。原位测试应以标准贯入试验、静力触探和载荷试验为主要方法。

10.2.1.3　室内试验应做颗粒分析试验、无侧限抗压强度试验和三轴剪切试验，不宜进行直剪试验。

10.2.2　混合土的工程评价符合下列规定。

10.2.2.1　在分析混合土的不均匀性时，同一单元土体具有各项试验指标的变化幅度和变异系数较大的特点。

10.2.2.2　当混合土的物理性质与力学性质指标不相匹配时，应以粗细两类土中能起主导作用的土类的指标为依据进行评价。

10.2.2.3　淤泥和砂的混合土，其地基承载力应以土工试验的力学指标和原位测试方法确定。由残积、坡积、洪积形成的粘性土和

砂或碎石的混合土，其强度宜用原位测试方法测定。其中粘性土的锥沉量 h 和液性指数 I_L 也可作为确定混合土强度的因素。

10.2.2.4　混合土经水力冲填分选后，土的名称、性质等应重新评定。

10.3　填　　土

10.3.1　填土的勘察按下列规定执行。

10.3.1.1　工程地质调查包括下列内容：

(1)搜集填土前场区地形图，了解填土来源、龄期、期次和堆填方法。对水力冲填土需了解排泥管口和围堰排水口的位置；

(2)查明填土的分布范围、物质成分、颗粒级配以及填土在水平和垂直方向的均匀性、密实性等。

10.3.1.2　勘探点的布置应根据工程地质调查结果、填土类别和工程需要综合考虑，勘探孔深度应穿透填土层后再进入下伏天然土层适当深度。并需测定地下水位。

10.3.1.3　素填土可采取钻探与标准贯入，静力触探等原位测试方法，对难于钻进的杂填土可采用坑探或动力锥探等原位测试方法。

10.3.1.4　冲填土为粘性土时应取样作土工试验，并应根据需要选做十字板剪切试验、标准贯入试验、静力触探试验；当冲填土为砂性土时，应根据需要选做静力触探、动力触探和标准贯入试验及静载荷试验。

10.3.1.5　对于压实填土，在压实前应测定填料的最优含水量和最大干密度，压实后测定其压实系数 λ_c。

最大干密度和压实系数可按附录 C 计算。

10.3.2　填土的工程评价应包括下列内容：

(1)填土的类别；

(2)填土的成分、分布特征和填土龄期；

(3)填土地基的均匀性、压缩性和密实度。

注：以压实系数 λ_c 评价压实填土的密实度。

10.4 层状构造土

10.4.1 层状构造土的勘察按下列规定执行。

10.4.1.1 层状构造土的勘察应包括以下内容：

(1)土的成因、层位关系及其分布规律；

(2)调查地下水类型、水位、岸坡地段有无地下水渗出、细颗粒被带出等导致不良地质现象产生的可能性；

(3)查明土层的构造特征、层厚、组成成分、层理状态及其在垂直与水平方向上的变化规律；

(4)查明土的物理力学性质及其各向异性。

10.4.1.2 层状构造土的勘探，应采用钻探与标准贯入、静力触探、旁压试验等原位测试相结合的方法。所取原状土样应立即密封，严防漏水。

10.4.1.3 层状构造土的土工试验注意如下事项：

(1)土工试验宜就地进行，制备试样时应具有代表性；

(2)宜采用三轴剪切试验和无侧限抗压强度试验测定其力学强度；

(3)必要时应做水平与垂直方向的渗透、压缩、抗剪强度等力学试验。

10.4.2 层状构造土的工程地质评价应符合下列规定。

10.4.2.1 对层状构造土的渗透性、压缩性、力学强度等具有各向异性的情况，应结合工程要求进行评价。

10.4.2.2 土的物理力学性质指标和承载力等应根据土工试验与原位测试成果综合分析，并结合地区经验确定

10.4.2.3 层状构造土排水固结的速度对地基土的作用。

10.4.2.4 层状构造土对不良地质现象发育的影响。

10.5 风 化 岩

10.5.1 风化岩勘察应查明下列内容：

(1)不同风化带的埋深、厚度及分布的均匀性和连续性，在全

风化和强风化带中有无风化程度较轻的风化球、块存在；

(2)岩脉、断裂破碎带、袋状风化槽和软弱夹层的分布；

(3)当地主要风化营力和风化岩体开挖暴露后的风化速度；

(4)风化岩是否具有膨胀性、湿陷性及遇水崩解等特性；

(5)各风化带的物理力学性质及地下水赋存条件。

10.5.2　风化岩的勘探应符合下列规定。

10.5.2.1　勘探点的布置，考虑岩性变化和岩脉及破碎带的产状及分布特点。

10.5.2.2　当以风化岩作为基础持力层时，如岩面起伏和风化程度变化大时，勘探点加密。

10.5.2.3　钻探中应测记岩芯采取率，必要时测定 RQD 指标。

10.5.3　风化岩的试验符合下列规定。

10.5.3.1　对全风化岩、强风化岩宜作标准贯入试验。

10.5.3.2　可采用波速试验、回弹试验配合点荷载试验等作为划分风化程度和评价的依据。

10.5.3.3　强度试验以单轴抗压强度试验(风干或天然含水率状态和饱和状态)为主，必要时在现场进行大型剪切试验。

10.5.3.4　风化岩的物理性试验应包括密度、相对密度、吸水率。

10.5.3.5　全风化岩石，可根据情况按土工试验的方法进行室内试验。

10.5.4　风化岩的工程评价包括下列内容。

10.5.4.1　应根据对岩体风化变异的宏观描述，结合各种测试指标，划分风化带。

风化花岗岩的物理力学性质试验指标参考值可按附录 N 选用。

10.5.4.2　对港池、航道、基坑区风化岩的可挖性评价，应根据风化岩遇水软化性，风化破碎性、力学强度和挖掘机械设备的性能等因素综合考虑。

10.5.4.3　开挖边坡及深基坑时，其边坡稳定性应根据坡向与岩

层面、岩脉、构造破碎带产状的关系、裂隙发育情况、岩体风化破碎程度、岩性以及地下水的渗流作用等进行综合评价。

10.5.4.4 评价风化岩作为桩基持力层的承载力及沉桩施工的可能性。

10.5.4.5 评价风化岩作为重力式码头持力层的地基承载能力和沉降特性。

10.5.4.6 评价全、强风化岩的风化速度对工程的影响。

11　地基处理工程的勘察

11.1　地基处理前的勘察

11.1.1　收集场地的工程地质、水文地质资料和当地的地基处理经验资料。

11.1.2　详细查明需要处理土层的厚度及其变化规律，绘制其厚度变化或底标高等值线图。

11.1.3　对软土层除有一般物理力学性质指标外，尚应有水平和垂直方向的渗透、固结试验资料，天然压密状态和灵敏度指标。

11.1.4　应按地基处理施工分区，分别进行统计分析需处理土层的物理、力学性指标及原位测试成果。

11.1.5　采用置换地基时应对附近的置换材料作详细调查。

11.1.6　对复合地基钻探深度应大于需处理土层底面以下受压层的计算深度。

11.1.7　当采用排水固结法进行地基处理时应查明地面水与地下水的连通情况、地下水类型、水位变幅、补给及排泄条件等。

11.1.8　采用深层搅拌法时应查明土层的有机质含量、地下水的PH值和侵蚀性等。

11.1.9　地基处理前，如已有工程地质资料不足，或原地质条件已有改变时应增补适量的勘探测试工作。勘探点的间距、勘探深度及技术要求等应根据实际需要，结合施工图设计阶段勘探工作布置准则执行。勘探方法除钻探取样试验外，应多采用适当的原位测试方法。

11.2　地基处理效果检验勘察

11.2.1　检验地基处理效果的工程地质勘察应符合下列规定。

11.2.1.1　根据地基处理的目的确定效果检验勘察内容。

11.2.1.2　根据地基处理的方法和土层的性质，分别在地基处理过程中和完成后按规定的龄期安排效果检验的勘察工作。

11.2.1.3　采用能灵敏地反映地基处理前后土质指标变化的勘察手段。应用的勘探方法、仪器设备与评价标准等宜与地基处理前的勘察相一致。

11.2.1.4　勘探点位置应选择在地质条件较差和有代表性的地段以及施工中出现异常情况的地段，并尽量与地基处理前的勘探点位置相邻近。

11.2.1.5　应结合地基处理监测成果(孔隙水压力、总沉降、分层沉降、测斜和位移观测等成果)与效果检验勘察成果综合分析，对加固深度、加固效果作出评价。

11.2.2　对排水固结法加固的地基，可采用钻探取样试验、原位测试等方法进行土体强度检查。每加一级荷载之后，都应进行一次检查。每个地基处理施工区每次土体强度检查的勘察点总数不应少于6个。

11.2.3　对换填法加固的地基，其效果检验勘察应符合下列规定。

11.2.3.1　按设计要求，用钻探取样或原位测试方法检查换填地基的质量。包括换填砂的颗粒级配、休止角、含泥量，振实后换填料的密实度和地震液化可能性等。

11.2.3.2　用钻探方法检查爆破挤淤或推进法挤淤等强制换填后，基底残留软土的分布厚度及土质。

11.2.3.3　对利用开山土石作为换填料并经夯实处理的地基，采用动力触探、载荷试验检查换填地基的强度。

11.2.4　对强夯法加固的地基其效果检验勘察符合下列规定。

11.2.4.1　强夯结束后，选用钻探取样试验及原位测试方法，进行夯后土体的强度和影响深度的检查，验算土层地震液化的可能性。

11.2.4.2　对于重要工程在强夯后布置不少于3个静载荷试验点。荷载板面积不小于0.5m^2，最大荷载应为使用荷载的2倍以

上。

11.2.5 对复合地基法加固的地基，其效果检验勘察符合下列规定。

11.2.5.1 复合地基的效果检验应针对不同类型、不同时间和设计要求，采用多种方法进行。

11.2.5.2 效果检验分别按下列3种情况进行：

(1)可抽取桩数的2%进行成桩效果检验，检验的方法采用开挖检验、钻探取芯、标准贯入和静载荷试验。静载荷试验采用圆形载荷板，其面积与桩断面相同。

(2)桩间土的加固效果应采用钻探取土试验和原位测试方法检验。

(3)对于大型工程需检验桩土结合的加固效果时，可采用大型载荷试验方法。荷载板面积一般为3m×3m，总荷载应为设计使用荷载的2倍以上。

12 勘察资料的整理与勘察报告的编写

12.1 勘察资料的整理

12.1.1 外业资料的整理应符合下列规定。

12.1.1.1 及时编绘、检查、校核外业勘察的工程地质调查与测绘、钻探、原位测试、现场土工试验等原始记录和图纸。

12.1.1.2 勘察过程中，随时绘制地质剖面草图，分析地质情况，合理调整技术要求及勘探工作量。

12.1.2 内业资料的整理符合下列规定。

12.1.2.1 岩、土单元体的划分应根据其形成时代、成因类型、岩土特征、原位测试与室内试验成果等综合确定。

12.1.2.2 岩土的物理力学指标应采用数理统计方法进行整理、分析。指标的统计应在同一岩土体单元内进行。每个主要岩土体单元，其各项岩土试验指标的统计子样不宜少于 6 个。主要统计的特征包括平均值、变化幅度值、标准差、变异系数等。地基土的物理指标和抗剪强度指标的统计方法见附录 P。

12.1.2.3 工程地质单元土体的主要特性指标，对于均质土体其孔隙比和含水率的变异系数不超过 0.15；压缩模量、抗剪强度、无侧限抗压强度变异系数不超过 0.3。若超过时，应分析土质的均匀性、试验指标的正确性和工程地质单元土体划分的合理性。

12.1.2.4 分析研究岩土测试数据的代表性、可靠性和相关性，结合地区经验确定推荐值。对不合理的测试数据，应查明原因，必要时须复查验证，确定取舍。

12.1.2.5 资料内容应正确、完整、清晰、美观。计算机绘制图表宜使用统一程序。常用地质符号及图例应符合附录 Q 的规定。

12.1.3　对场地原有的地质资料，经验证可靠后，可一并整理。

12.2　勘察报告的编写

12.2.1　勘察报告应在充分掌握和研究所获得的勘察资料的基础上，阐明场地的工程地质条件，按不同的勘察阶段，结合工程特点和设计、施工的要求进行编写。

12.2.2　可行性研究阶段勘察报告应着重说明场地的工程地质特征，分析判断工程地质条件的主要有利因素和不利因素。重点在于分析场地的整体稳定性，评价场地的建设可行性。

12.2.3　初步设计阶段勘察报告应根据工程建设的具体要求，综合分析所取得的各项地质资料，阐明场地工程地质条件，分别评价各区段地质特点及其建设适宜性，为工程的初步设计方案，提出建议和相应的地基计算参数。

12.2.4　施工图设计阶段勘察报告应分别阐明各个建筑物的工程地质条件，详细说明岩土层的分布，分析评价供地基设计和地基处理、不良地质现象防治等所需的岩土技术指标，提出设计、施工中应注意的问题和建议。

12.2.5　勘察报告的格式和内容应根据附录 R 编写。编写时应根据不同的勘察阶段有重点的叙述。对于勘察工作量小或工程地质条件简单地区的勘察报告可简化或采用图表为主，文字说明为辅的形式。

附录A　勘察技术要求

一、工程名称。

二、工程地点。

三、勘察阶段。

四、工程概况：建筑物等级规模，总平面布置，可能采用的结构型式、对沉降和震动的敏感程度，可能采用的地基基础类型、埋置深度、荷载大小及性质，施工方法及地基处理方案等。

五、勘察技术工作：

1. 要求达到的目的、应遵循的技术标准和采用的平面、高程控制系统；

2. 提供的岩土参数；

3. 要求查明和评价的主要工程地质问题；

4. 长期观测要求；

5. 对特殊岩土和专门地质条件的勘察要求；

6. 提交资料内容和日期；

7. 对勘察工作安排的建议；

8. 其他。

注：拟定勘察技术要求时，可根据设计阶段、工程要求和场地条件，择其有关项目编写。

附录 B　勘察任务书内容

一、工程名称、地点及任务来源。

二、勘察阶段及目的。

三、工程概况：工程性质、平面位置、规模、建筑物类型、结构特点、基础型式、埋置深度及荷载情况等。

四、场地的勘察沿革、地貌和地质概况。

五、须采用的平面和高程控制系统。

六、勘察工作内容、方法及工作量：

1. 工程地质调查、测绘：目的、内容、范围、比例尺；

2. 勘探：目的、各种勘探点数量、位置、深度、取样要求、测量地下水位要求及勘探方法等；

3. 原位测试：项目、目的、数量、位置及具体要求等；

4. 长期观测：项目、目的、观测点布置、观测时间及具体要求等；

5. 岩、土试验：项目、试样数量、目的、试验方法等；

6. 需重点分析评价的工程地质问题；

7. 其他。

七、工作进行程序、完成日期及需注意的问题。

八、应提交的资料名称。

九、附件：勘探点布置图(应绘在地形图上)。

注：拟定勘察任务书时应根据勘察技术要求及场地的具体条件择其有关项目编写。

附录C　地基容许承载力值

C.0.1　容许承载力 f 系指在保证地基不产生剪切破坏而失稳，又能满足建筑物的沉降不超过允许值的最大荷载。

对于一般建筑物当基础宽度小于等于3m，埋置深度小于等于1.5m时可按表C.0.2～表C.0.10或有关公式确定地基承载力。其中根据标准贯入试验击数，按表C.0.4.1和C.0.6.2确定地基承载力时，其 N 值应按国家标准《建筑地基基础设计规范》(GBJ7—89)的有关规定进行修正。

C.0.2　风化岩容许承载力可按表C.0.2确定。

风化岩容许承载力(kPa)　　表C.0.2

风化程度 / 岩石类别	全风化	强风化	中等风化	微风化
硬质岩石	200～500	500～1000	1000～2500	2500～4000
软质岩石	/	200～500	500～1000	1000～1500

注：软质岩石全风化应按土考虑。

C.0.3　碎石土容许承载力可按表C.0.3确定。

碎石土容许承载力(kPa)　　表C.0.3

密实度 / 土类	稍密	中密	密实
卵石、碎石	300～400	400～600	600～800
圆砾、角砾	250～300	300～400	400～600

C.0.4　砂土容许承载力宜按下列规定确定。

C.0.4.1　砂土根据标准贯入试验锤击数 N 值，按表C.0.4.1确定容许承载力。

砂土容许承载力(kPa)　　表 C.0.4.1

土类 \ 击数 N	4	6	10	15	20	25	30	35	40	45	50
中、粗、砾砂	120	140	180	220	260	300	340	380	420	460	500
粉、细砂	80	100	140	170	200	230	260	280	300	330	360

C.0.4.2　根据静力触探比贯入阻力 P_s 值，按表 C.0.4.2-1，C.0.4.2-2，确定砂土的容许承载力。

中、粗、砾砂容许承载力　　表 C.0.4.2-1

P_s(MPa)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
f(kPa)	120	150	180	210	240	280	310	340	370	400	430	460

粉、细砂容许承载力　　表 C.0.4.2-2

P_s(MPa)	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
f(kPa)	120	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380

C.0.5　粉土容许承载力宜按下列规定确定。

C.0.5.1　根据孔隙比和含水率，按表 C.0.5.1 确定粉土的容许承载力。

粉土容许承载力(kPa)　　表 C.0.5.1

孔隙比 e \ 含水率 ω (%)	10	15	20	25	30	35	40
0.5	350	320	300				
0.6	310	280	260	230			
0.7	250	240	220	200	180		
0.8	200	190	180	170	160		
0.9	160	150	145	140	130	125	
1.0	130	125	120	115	110	105	100

C.0.5.2　根据静力触探试验比贯入阻力 P_s 值，按表 C.0.5.2 确定粉土的容许承载力。

粉土容许承载力　　表 C.0.5.2

P_s(MPa)	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
f(kPa)	60	80	120	150	190	220	250	270	280	290	300	310	320	330

C.0.5.3　根据标准贯入试验锤击数 N 值，按表 C.0.5.3 确定粉土的容许承载力。

粉土容许承载力　　表 C.0.5.3

N	4	6	8	10	12	15	18	20	22	25	28	30
f(kPa)	100	128	150	170	185	213	240	260	280	310	335	350

C.0.6　粘性土容许承载力宜按下列规定确定。

C.0.6.1　根据孔隙比 e 和液性指数 I_L，按表 C.0.6.1 确定粘性土容许承载力。

粘土、粉质粘土容许承载力　　表 C.0.6.1

I_L / f(kPa) / e	0	0.25	0.5	0.75	1.00	1.20
0.5	500/450	450/410	410/370	380/340		
0.6	420/380	380/340	340/310	310/280	280/250	
0.7	340/310	310/280	280/250	250/230	220/200	180/160
0.8	290/260	250/230	230/210	210/190	180/160	140/130
0.9	240/220	220/200	200/180	180/160	140/130	110/100
1.0	210/190	190/170	170/150	140/130	120/110	
1.1		170/150	140/130	120/110	110/100	

注：粘土/粉质粘土。

C.0.6.2　根据标准贯入试验锤击数，按表 C.0.6.2 确定粘性土的容许承载力。

粘性土容许承载力　　表 C.0.6.2

N	3	5	7	9	11	13	15	17	20
f(kPa)	105	145	190	235	280	325	370	430	550

C.0.6.3　根据静力触探试验比贯入阻力，按表 C.0.6.3 确定粘性土的容许承载力。

粘性土容许承载力　　表 C.0.6.3

P_s(MPa)	1.0	1.3	2.0	3.1	4.6	6.2	7.7	9.2	11.0	12.5	14.0
f(kPa)	120	160	190	210	230	250	270	290	310	330	350

注：两档值之间可以内插。

C.0.7　淤泥、淤泥质土容许承载力宜按下列规定确定。

C.0.7.1　根据天然含水率 ω、塑性指数 I_p，按表 C.0.7.1 确定淤泥、淤泥质土的容许承载力。

淤泥、淤泥质土容许承载力　　表 C.0.7.1

I_p \ ω / f (kPa)	36	40	45	50	55	60	65	70
$I_p>17$	100	90	80	70	60	50	40	30
$10<I_p<17$	90	80	70	60	50	40		

C.0.7.2　根据十字板抗剪强度 C_u 值，按公式 C.0.7.2 计算容许承载力

$$f=3C_u+\gamma D \qquad (C.0.7.2)$$

式中：f——容许承载力(kPa)；

C_u——十字板抗剪强度(kPa)；

γ——基础底面以上土的加权平均重度(地下水位以下取浮重度)(kN/m^3)

D——基础埋置深度(m)。

C.0.8　花岗岩残积土的容许承载力，宜根据标准贯入试验锤击数按表 C.0.8 确定。

花岗岩积土容许承载力　　表 C.0.8

土的名称 \ N / f (kPa)	4	10	15	20	30
砾质粘性土	100	200	240	280	320
砂质粘性土	80	180	220	260	300
粘　性　土	120	220	280	340	

C.0.9 填土容许承载力宜按下列规定确定。

C.0.9.1 素填土在自重固结完成后，其容许承载力按表C.0.9.1-1～C.0.9.1-3确定。

(1)根据压缩模量按表C.0.9.1-1确定容许承载力。

素填土容许承载力　　表C.0.9.1-1

压缩模量 $E_{s_{1-2}}$(MPa)	1.5	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0
f(kPa)	70	90	105	120	135	150

(2)根据静力触探比贯入阻力，按表C.0.9.1-2确定容许承载力。

素填土容许承载力　　表C.0.9.1-2

比贯入阻力 P_s(MPa)	0.5	0.9	1.4	2.0	2.6	3.1
f(kPa)	70	90	105	120	135	150

(3)根据动力触探锤击数，按表C.0.9.1-3确定容许承载力。

素填土容许承载力　　表C.0.9.1-3

轻型动探锤击数 N_{10}	5	9	14	20	26	31
f(kPa)	70	90	105	120	135	150

注：N_{10}系指轻型动力触探锤重10kg的贯入击数，若采用重型动力触探锤重63.5kg、探头直径74mm，则$N_{63.5}\times2.83$等效系数也可使用表C.0.9.1-3。

C.0.9.2 压实填土承载力的确定。

(1)Ⅰ类压实填土按表C.0.9.2-1确定容许承载力。

Ⅰ类压实填土容许承载力　　表C.0.9.2-1

填　土　类　别	压实系数 λc	f(kPa)
碎石、卵石	＞0.96	200～300
砂夹石(其中碎石、卵石占总质量30%～50%)		200～250
土夹石(其中碎石、卵石占总质量30%～50%)		150～200
粉质粘土($10<I_p<14$)、粉土		130～180

(2)Ⅱ类压实填土按表C.0.9.2-2确定容许承载力。

Ⅱ类压实填土容许承载力 f 值　　表 C.0.9.2-2

填 土 类 别	压实系数 λc	f(kPa)
中砂、细砂	0.90～0.96	120～150
粉质粘土		100～130
粘土、粉土		80～120

注：压实系数 λc 为土的控制干密度 P_d 与最大干密度 P_{dmax} 的比值，最大干密度可按公式(C.0.9.2)计算：

$$\gamma_{dmax}=\eta\frac{\gamma_w d_s}{1+0.01\,\omega_{op} d_s} \qquad (C.0.9.2)$$

式中：γ_{dmax}——压实填土的最大干密度，当压实填土为碎石或卵石时，其最大干密度可取 20kN/m^3～22kN/m^3；

η——经验系数，粘土取 0.95，粉质粘土取 0.96，粉土取 0.97；

γ_w——水的重度；

d_s——土粒相对密度；

ω_{op}——最优含水率(%)，可按当地经验或取 ω_p+2，粉土取 14～18。

C.0.10　对于坡积、洪积、残积成因的细粒、粗粒、巨粒混杂成分的混合土，宜根据探井中大体积土试验的干密度或孔隙比，按表 C.0.10 确定其容许承载力。

混合土容许承载力 f 值　　表 C.0.10

干密度 P_d(kN/m^3)	16	17	18	19	20	21	22	/
f(kPa)	170	200	240	300	380	480	620	/
孔隙比 e	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
f(kPa)	190	200	210	230	250	270	320	400

附录 D　岩石岩体风化程度划分表

硬质岩石岩体风化程度划分　　表 D.1

风化程度	特征描述	岩体声波测试		岩石点荷载测试		岩体回弹仪测试		标贯试验	备注
		V_p (km/s)	K_v	$I_{s(50)}$ (MPa)	K_1	r	K_r	$N_{63.5}$	
未风化	岩质新鲜未受风化	>5.0	1.0	>8.0	1.0	>50	1.0		V_p—岩体纵波速。 K_v—波速风化折减系数，为风化岩体 V_p 与新鲜岩体 V_p 之比。 $I_{s(50)}$—岩石点荷载强度指数。 K_1—点荷载风化折减系数，为风化与新鲜岩石 $I_{s(50)}$ 之比 r—回弹值 K_r—回弹值风化折减系数，为风化岩体 r 与新鲜岩体 r 之比。 $N_{63.5}$—标准贯入击数
微风化	岩石的断面保持未风化状态，仅沿节理面有铁锰质渲染或易风化矿物略有风化迹象，岩体完整性好	4.0～5.0	0.8～1.0	5.0～8.0	0.63～1.0	40～50	0.8～1.0		
中等风化	岩石的颜色变浅，矿物风化变异较轻，光泽变暗，暗色矿物周边及裂隙附近常有褐色浸染现象，并可出现少量次生矿物。 岩体裂隙较发育，沿裂隙面风化较明显，岩体完整性较差，可被切割成 30cm～50cm 的块体。手锤不易击碎，开挖需爆破，岩心钻方可钻进	2.5～4.0	0.5～0.8	2.0～5.0	0.25～0.63	30～40	0.6～0.8		

续表 D.1

风化程度	特征描述	岩体声波测试		岩石点荷载测试		岩体回弹仪测试		标贯试验	备注
		V_p (km/s)	K_v	$I_{s(50)}$ (MPa)	K_I	r	K_r	$N_{63.5}$	
强风化	岩石的颜色一般变浅，常有暗褐色铁锰质渲染。大部分矿物严重风化变异，失去光泽，有的已变为粘土矿物，原岩结构构造清晰，岩块可用手折断。 岩体风化程度常不均一，有风化程度不同的岩块夹杂其中，裂隙发育，可将岩体切割成 2cm～30cm 的块体，呈干砌块石状或球状。沿裂隙面风化严重，块球体核心风化轻微。具有明显的不均一性。原岩结构面对岩体稳定有明显影响，敲击或开挖常沿节理面破裂成岩块，镐撬棍可挖，坚硬部分需爆破	1.0～2.5	0.2～0.5	0.1～2.0	0.013～0.25	12～0.30	0.24～0.6	>50	
全风化	岩石中除石英等耐蚀矿物外，大部风化为次生矿物，原岩结构形态仍保存，并可具有微弱的联结力，块体可用手捏碎，碎后呈松散土夹砂砾状或粘性土状，浸水易崩解。 岩体一般风化较均一，可含少量风化较轻的岩块或球块。已具有土的特性，可残存有原岩体中的结构面，并可影响岩体的稳定性，扰动后强度降低。锹镐可挖，干钻可钻进	0.5～1.0	0.1～0.2	<0.1	<0.013	<12	<0.24	30～50	

软质岩石岩体风化程度划分　　表 D.2

风化程度	特征描述	岩体声波测试		标贯试验	备注
		V_p (km/s)	K_v	$N_{63.5}$	
未风化	岩质新鲜，未受风化	＞4.0	1.0		符号 V_p、K_v、$N_{63.5}$意义同表 D.1
微风化	基本上保护新鲜岩体状态，仅沿裂隙面稍有风化迹象，常有铁猛质渲染或矿物有风化，颜色变浅。有少量裂隙切割，岩体完整性好	3.0～4.0	0.75～1.0		
中等风化	矿物风化变质较轻，结构构造部分破坏。岩体裂隙较发育，将岩体切割成 30cm～50cm 的岩块，沿裂隙面风化严重，常成土状。锤击易碎，用镐难挖掘，岩心钻方可钻进。	1.5～3.0	0.38～0.75	≥50	
强风化	除少量石英等耐蚀矿物外，大部显著风化变异，常含较多的粘土矿物。结构构造已大部破坏。岩体风化裂隙发育，完整性极差，被切割成碎块，干时用手可折断或捏碎，浸水可软化崩解。用镐、锹可挖掘，干钻可钻进。	0.7～1.5	0.18～0.38	30～50	
全风化	少量石英等耐蚀矿物保持不变，其他矿物均风化变异，常含大量粘土矿物，结构构造已基本破坏，但层理、片理仍可辨认，并有微弱的残余结构强度。岩体呈泥土状，用手可捏碎。锹镐易挖掘，干钻可钻进。	0.3～0.7	0.1～0.18	15～30	

附录 E　岩体按结构类型分类

岩体按结构类型分类　　表 E

岩体结构类型	主要结构体形状	结　构　面　发　育　情　况
整体状结构	巨块状	以原生构造节理为主，多呈闭合型。裂隙结构面间距大于 1m，一般不超过 2～3 组，无危险结构面组成的落石掉块
块状结构	块状 柱状	只具有少量贯穿性较好的节理裂隙，裂隙结构面间距 0.7m～1.5m，一般为 2～3 组，有少量分离体
层状结构	层状、板状 透镜体	层理、片理、节理发育，但以风化裂隙为主，常有层间错动面
碎裂状结构	碎块体	断层、断层破碎带、片理、层理及层间结构面较发育，裂隙结构面间距 0.25m～0.5m，一般在 3 组以上，有许多分离体形成
散体状结构	碎屑状 颗粒状	断层破碎带交叉，构造及风化裂隙密集，结构面及其组合错综复杂并多充填粘性土，形成许多大小不一的分离岩体

附录F　港口工程中常见的几种成因类型的土及其工程地质特征

港口工程中常见的几种成因类型的土及其工程地质特征　表F

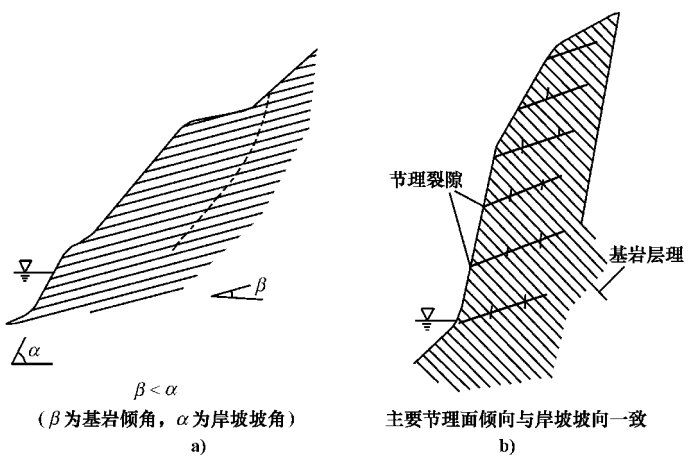
成因	分布地区	砂　　土	粉土和粘性土	碎　石　土
残积	分布于基岩起伏和缓地区	未经分选，具母岩矿物成分，表面粗糙，有棱角，常与碎石及粘性土混在一起，其厚度不均	产状复杂，厚度不均，土质不均，深埋者常为硬塑或坚硬状态。裸露地表者，孔隙比常较大	碎石成分与母岩相同，未经搬运、分选，大小混杂、颗粒呈棱角形
坡积	分布于坡脚和坡底	颗粒磨圆度差，分选性差、成分不均，常混有碎石或粘性土。其密实度常处于松或稍密状态	无层理，未经分选，粒度成分有急剧变化，一般都处于不稳定状态中，且具有较高的孔隙比，潮湿时有较大的压缩性，常处于欠压密状态，为不良地基	分选性差，颗粒有棱角，但不尖锐，混有砂或粘性土，常处于不稳定状态中
冲积	砂土、粘性土多分布于河流中下游的河床、三角洲及河漫滩等处，老粘性土多分布于河海岸阶地上。碎石、卵石土分布于河流中、上游	砂粒呈浑圆状，具有分选性。含有少量粘土颗粒和粉土颗粒。且常有粘土夹层及透镜体。在平原地区砂层厚度较稳定	具有层理构造和透镜体产状，层理构造的土具有渗透性、膨胀性、压缩性，力学强度的各向异性	磨圆度较好，有分选性

续表 F

成因	分布地区	砂　　土	粉土和粘性土	碎　石　土
海积	碎石、卵石土、砂土分布于岩岸滨海地带。粘性土在沿海河口，岸滩广泛分布	砂颗粒多呈圆形或次圆形，砂粒纯洁，但常含有碎贝壳	其近期沉积的土，有微生物作用，颜色较暗。常呈“千层饼”状间层构造，具有含水量高、压缩性高、承载力低等特性。常处于欠压密状态，为软塑或流塑状态的土	磨圆度好，光滑纯洁
海陆混合型	河流下游三角洲地带陆域有丘陵分布时，由两种以上成因的土相混形成	常见者为砂混淤泥质土，以砂为主，呈松软状态	常见者为淤泥质土混砂，以淤泥质土为主。其力学性强度指标，应以淤泥质土为准	

附录G　几种常见的不稳定岸坡及可能引起滑坡的工程活动

G.0.1　几种常见的不稳定岸坡(图中虚线表示可能的滑动面)见图G.0.1-1～G.0.1-4。

示意图	 $\beta < \alpha$ (β为基岩倾角，α为岸坡坡角) a)　　主要节理面倾向与岸坡坡向一致 b)
岸坡类别	岩　石　岸　坡
地貌及岸边地质特征	岩层层面或节理，裂隙面的倾斜方向与边坡的倾斜方向一致，且两者走向的夹角小于45°。 a)岸坡陡峻，基岩层面倾向河床，倾角小于坡角，且基岩中夹有向水域倾斜的易软化、泥化层和软弱结构面等。地下水较发育者。 b)与a)岸坡相同，基岩倾向与岸坡的倾向相反，但节理裂隙面、卸荷裂隙面的倾向与岸坡倾斜方向一致者

图G.0.1-1　岩石不稳定岸坡示意图

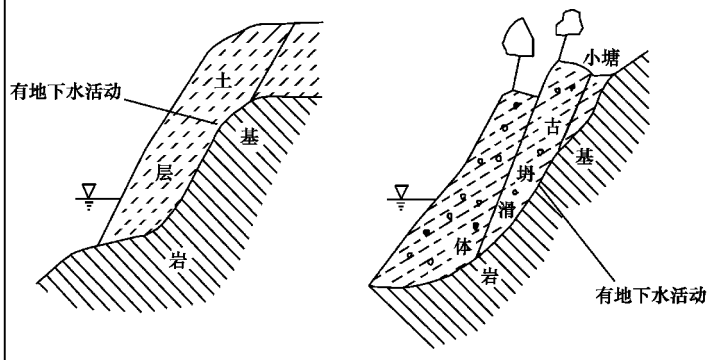
示意图	
岸坡类别	岩　土　岸　坡
地貌及岸边地质特征	c)覆盖层下卧基面陡峻，向水域倾斜，且沿基岩面有地下水活动时。 d)岸边有古坍滑体分布，有“反坡向地形”、“醉林”或在地面凹处有小池塘。土层土质杂乱，混杂大小不一的石块等。基岩面陡峻且位于冲刷岸，岸坡坡面多为上陡下缓的地形，古坍滑体有时形成伸入水域的突出地形。

图 G.0.1-2　岩土不稳定岸坡示意图

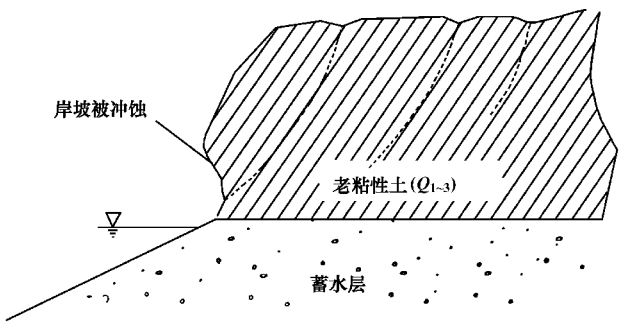
示意图	 c)
岸坡类别	阶　　地　　岸　　坡
地貌及岸边地质特征	c)阶地上部为有裂隙的老粘性土，被水流冲刷而崩塌，岸坡较陡。粘性土与下卧砂卵石层或基岩接触面在枯位附近，接触面一带土质较软当地表裂缝发育形成地面水渗入的孔道时，促使岸坡不稳。

图 G.0.1-3　阶地不稳定岸坡示意图

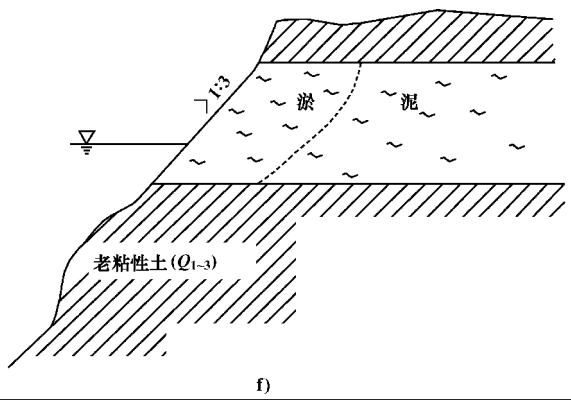
示意图	 f)
岸坡类别	淤 泥 性 土 岸 坡
地貌及岸边地质特征	f)上覆土层为近代冲积的淤泥性土,下卧土层常为坚硬的老土层。淤泥性土与老粘性土的接触面坡度小于边坡坡度。 在冲沟或掩埋的古沟谷地段,岸坡区地形多略显低洼,地面常有细小冲沟存在,地表水位下降后,坡面上常有地下水渗出,较相邻坡段潮湿,土质也较湿软,这些地段常会有坡顶开裂或习惯性滑坡。

图 G.0.1-4　淤泥性土不稳定岸坡示意图

G.0.2　几种常见的可能引起滑坡的工程活动：

(1)在坡脚挖泥,向坡顶冲填；

(2)顺坡向倾斜的岩层或古滑塌体,坡脚被开挖；

(3)坡顶大量堆载(人工填土、建筑材料等)；

(4)打桩,爆破等；

(5)挖方过深,边坡过陡；

(6)基坑积水排除过快。

附录 H　地下水类型

地 下 水 类 型　　表 H

地下水基本类型	水压性质	补给区与分布区的关系	动态特点
包气带水（上层滞水）	无压水	一致	水通常是暂时的
潜水	通常是无压的	一致	水位变化决定于水从地表的渗透，地下水的蒸发。有些地方还决定于水头的传递，形成季节性承压水
承压水	有压水	不一致	水位的变化决定于水头的传递

附录J　岩、土描述

J.0.1　岩石须描述其名称、类别(硬质岩石、软质岩石)、颜色、主要矿物及胶结成分、结构、构造、风化程度(全风化、强风化、中等风化、微风化、未风化)和其他特征。

岩体须描述其岩性、岩体构造、岩层厚度、破碎程度(断裂、节理裂隙等发育程度)、风化分带、泥化层、软夹层及软弱结构面的分布及性状、地质时代、成因类型和其他特征

J.0.2　碎石须描述其名称、成分、颗粒大小、均匀程度(应说明一般粒径及最大粒径)、颗粒形状、排列情况、密实程度(按表J.0.2划分)、夹杂物(须描述夹杂物名称、分布情况并估计其所占重量百分数)和其他特征(如碎石颗粒的坚硬程度、风化程度、胶结现象以及成因类型、地质时代等)。

碎石土密实度野外鉴别方法　　表J.0.2

密实度	骨架颗粒及充填物状态	开挖情况	钻进情况
密度	骨架颗粒含量大于总量70%,呈交错排列,连续接触。或只有部分骨架颗粒连续接触,但充填物呈密实状或坚硬状态	锹镐挖掘困难,用撬棍方能松动,井壁一般较稳定	钻进极困难,冲击钻进时,钻杆、吊锤跳动剧烈,孔壁较稳定
中密	骨架颗粒含量等于总重的60%～70%,呈交错排列,大部分连续接触。充填物包裹部分骨架颗粒,且呈中密状态或硬塑状态	锹镐可挖掘,井壁有掉块现象,从井壁取出大颗粒后,能保持颗粒凹面形状	钻进较难,冲击钻探时,钻杆、吊锤跳动不剧烈,孔壁有坍塌现象

表 J.0.2

密实度	骨架颗粒及充填物状态	开 挖 情 况	钻 进 情 况
稍密	骨架颗粒含量小于总重的60%，排列混乱，大部分不接触，充填物包裹大部分骨架颗粒，且呈疏松状态或可塑状态	锹可以挖掘，井壁易坍塌，从井壁取出大颗粒后，砂性土立即塌落	钻进较容易，冲击钻探时，钻杆稍有跳动，孔壁易坍塌

J.0.3 砂土须描述其名称、颜色、湿度、密实度、包含物颗粒形状、粒径的均匀程度、成因类型、地质时代和其他特征等，具体描述如下：

(1)砂土名称野外鉴别方法参照表 J.0.3；

砂土名称野外鉴别方法 表 J.0.3

名称	野 外 鉴 别	名称	野 外 鉴 别
砾砂	大部分颗粒类似高粱粒	细砂	其颗粒用目力仅能辨别
粗砂	绝大部分颗粒类似小米粒	粉砂	用手捻摸时有类似玉米面或灰尘的感觉
中砂	大部分颗粒类似砂糖粒或白菜籽粒		

(2)颜色与矿物成分和包含物有关；

(3)湿度分为稍湿、很湿、饱和；

(4)密实度(松、稍密、中密、密实、极密实)一般按标贯和触探试验成果确定，不进行标贯和触探试验时应根据勘探中的感觉判断之；

(5)包含物有云母、粘性土、碎石、砾石、卵石、结核、生物残骸等，并估计含量；

(6)其他特征如颗粒形状及级配均匀程度等。

J.0.4 粉土、粘性土须描述其名称、颜色、状态、湿度、构造特征、结构特征、包含物和其他特征(如成因类型、地质时代等)，具体描述如下：

(1)粉土、粘性土的野外鉴别方法可参照表J.0.4-1；

(2)粉土、粘性土的颜色，主要与其所含物质和矿物成分有关。常见几种颜色的土，所含的物质成分见表J.0.4-2；

粉土、粘性土野外鉴别方法　　表J.0.4-1

分类 / 鉴别方法	粘　土	粉质粘土	粉　土
湿润时用刀切	切面非常光滑、刀刃有粘腻的阻力	稍有光滑面、切面规则	无光滑面、切面比较粗糙
用手捻摸时的感觉	湿土用手捻摸有滑腻感，当水分较大时极为粘手，感觉不到有颗粒的存在	仔细捻摸感觉到有少量细颗粒、稍有滑腻感、粘滞感	感觉有细颗粒存在。或感觉粗糙，有轻微粘滞感或无粘滞感
粘着程度	湿土极易粘着物体，干燥后不易剥去，用水反复洗才能去掉	能粘着物体，干燥后较易剥掉	一般不粘着物体，干燥后一碰就掉
湿土搓条情况	能搓成小于0.5mm的土条，手持一端不致断裂	能搓成0.5mm～2.0mm的土条	能搓成2.0mm～3.0mm的土条

土的颜色与所含物质的成分　　表J.0.4-2

土的颜色	所含物质的成分
深　黑	含腐植质的重量不小于10%
深灰、灰	腐植质的重量约占5%
红色、红褐色	含有铁的氧化物
绿色、蓝色	含有氧化亚铁
白　色	含长石、方解石、石膏、高岭石、氢氧化铝及可溶盐等
杂　色	含有不同颜色的矿物和其他物质

注：土的颜色是随土的湿度的变化而变化的，故应于取土后立即描述。颜色的描述：副色在前，主色在后。

(3)湿度:稍湿、湿、饱和;

(4)构造特征:层状、混合状等;

(5)结构特征:团状、核状、粒状、柱状、片状结构;

(6)包含物:腐植物、云母、贝壳、结核、砂团、砂斑;

(7)其它特征:判断土的成因类型、地质时代;描述土的塑性状态、嗅味、斑纹、虫孔等。

J.0.5 新近沉积粘性土的野外鉴别见表J.0.5。

新近沉积粘性土的野外鉴别方法　　表J.0.5

沉积环境	河漫滩、山前洪、冲积扇(锥)的表层;古河道;已填塞的湖、塘、沟谷;河道泛滥区
颜　色	颜色较深而暗、呈褐、暗黄或灰色;含有机质较多时带灰黑色
结构性	结构性差,用手扰动原状土时极易变软,塑性较低的土还有振动水析现象
包含物	土层中无原生的粒状结核体,但含有经搬运而来呈一定磨圆度的钙质结核体(如姜结石)或贝壳等,在城镇附近可能含有少量碎砖、瓦片、陶瓷、硬币或朽木等人类活动的遗物

J.0.6 冲填土:除根据冲填土质,参照一般土描述外,应着重描述冲填土成分和均匀程度,此外尚应了解其冲填时间,冲填方法等。

附录 K　砂土标贯击数与内摩擦角的关系和粘性土标贯击数与无侧限抗压强度的关系

K.0.1　砂土(不具有胶结性,不含碎石、卵石)的内摩擦角可按图 K.0.1 确定。

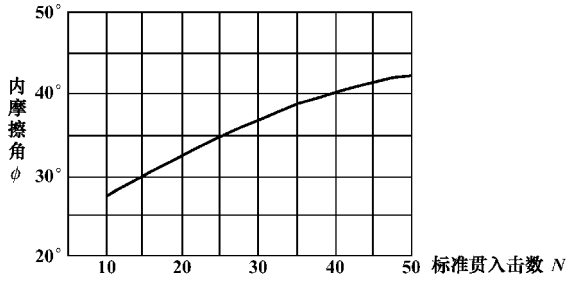


图 K.0.1　标准贯入击数与内摩擦角的关系

注:当 $N<10$ 时,φ 值按 $N=10$ 确定;

$N>50$ 时,φ 值按 $N=50$ 确定。

K.0.2　一般粘性土的无侧限抗压强度可按表 K.0.2 估算。

表 K.0.2

标准贯入击数 N	<2	2～4	4～8	8～15	15～30
无侧限抗压强度 q_u(kPa)	<25	25～50	50～100	100～200	200～400

K.0.3　对粘性土进行标准贯入试验时,所取土样宜于现场进行

无侧限抗压强度试验，在积累有丰富的室内外对比资料时，可用标准贯入击数按相关关系判断土的无侧限抗压强度，例如长江中、下游沿岸地区可用下列经验公式：

一般粘性土　　$q_u=0.014N_o$ (MPa)　　(K.0.3-1)

老粘性土　　$q_u=0.015N_o$ (MPa)　　(K.0.3-2)

附录 L　土的相对密度经验值和塑性指数与液限关系的地区性经验公式

L.0.1　各类土的相对密度可按表 L.0.1 中的数值采用。

表 L.0.1

土 的 名 称	相 对 密 度 值
粘　土	2.74
粉质粘土	2.72
粉　土	2.70
粉　砂	2.68

L.0.2　塑性指数 I_p 与液限 ω_L 的关系可按表 L.0.2 确定。

表 L.0.2

序号	经 验 公 式	适 用 范 围	适用地区
1	$I_p=0.71\,\omega_L-10.4$	冲积粘性土	长江、淮河
2	$I_p=0.71\,\omega_L-8.6$	$21\leqslant\omega_L\leqslant60$	天津新港
3	$I_p=0.71\,\omega_L-10.0$	$26\leqslant\omega_L\leqslant56$	上　海
4	$I_p=0.51\,\omega_L-4.7$	$20\leqslant\omega_L\leqslant60$	广　州
5	$I_p=0.59\,\omega_L-3.8$	$17\leqslant\omega_L\leqslant70$	湛　江
6	$I_p=0.52\,\omega_L-3.1$	$16\leqslant\omega_L\leqslant60$	福　建

附录M　土的常用计算指标的计算公式

天然孔隙比：　$e=\dfrac{G\gamma_w(1+0.01\omega)}{\gamma}-1$　　(m.1)

饱和度：　$S_r=\dfrac{\omega G}{e}(\%)$　　(m.2)

塑性指数：　$I_p=\omega_L-\omega_p$　　(m.3)

液性指数：　$I_L=\dfrac{\omega-\omega_p}{I_p}$　　(m.4)

压缩系数：　$a_{0.1\sim0.2}=\dfrac{e_1-e_2}{P_{0.2}-P_{0.1}}$　(MPa^{-1})　　(m.5)

压缩模量：　$E_s=\dfrac{1+e_o}{a_{0.1\sim0.2}}$　(MPa)　　(m.6)

灵敏度：　$S_t=\dfrac{q_u}{q'_u}$　　(m.7)

砂土相对密实度：　$D_r=\dfrac{e_{max}-e}{e_{max}-e_{min}}$　　(m.8)

固结比：　$OCR=\dfrac{P_c}{P_o}$　　(m.9)

干重度　$\gamma_d=\dfrac{\gamma}{1+0.01\omega}$　(kN/m^3)　　(m.10)

水下重度　$\gamma'=\dfrac{\gamma(G-1)}{G(1+0.01\omega)}$　(kN/m^3)　　(m.11)

式中：G——土的相对密度；

γ_w——水的重度(kN/m^3)；

ω——土的天然含水率(%)；

γ——土的天然重度(kN/m^3)；

ω_L——液限(%)；

ω_p——塑限(%)；

$P_{0.1}$，$P_{0.2}$——压力，其值分别为 0.1MPa 和 0.2MPa；

e_1，e_2——压力分别为 $P_{0.1}$和 $P_{0.2}$时的孔隙比；

q_u——结构未受破坏，天然含水率的粘性土的无侧限抗压强度(MPa)；

q'_u——含水率不变，而结构坡坏的粘性土的无侧限抗压强度(MPa)；

e_{max}——砂土最疏松状态时的孔隙比；

e_{min}——砂土最紧密状态时的孔隙比；

e——砂土的天然状态孔隙比；

P_c——先期固结压力(MPa)；

P_o——现有上复土重压力(MPa)。

注：①当 $a_{0.1\sim0.2}<0.1MPa^{-1}$时为低压缩性；

$0.1MPa^{-1}\leqslant a_{0.1\sim0.2}<0.5MPa^{-1}$时为中压缩性；

$a_{0.1\sim0.2}\geqslant0.5MPa^{-1}$时为高压缩性。

②当 $S_t=1\sim2$ 时为低灵敏；

$S_t=2\sim4$ 时为中灵敏；

$S_t=4\sim8$ 时为高灵敏；

$S_t>8$ 时为特别灵敏。

③当$0<D_r<1/3$ 时为松的；

$1/3<D_r<2/3$ 时为中密的；

$D_r>2/3$ 时为密实的。

④当 P_c 等于 P_o 时土层为正常固结的；

P_c 小于 P_o 时土层为欠固结的；

P_c 大于 P_o 时土层为超固结的。

附录 N　风化花岗岩物理力学性质试验指标参考值

风化花岗岩物理力学性质试验指标参考值　　表 N

风化程度	统计项目	相对密度 G	重度 γ 10kN/m³	吸水率 W %	孔隙率 n %	抗压强度 R_c MPa	抗压强度 R_w MPa	弹性模量 E GPa	变形模量 E_o GPa	泊松比 μ	抗剪断强度 C' MPa	抗剪断强度 Φ' o	纵波速 V_p km/d	点荷载强度 $I_{s(50)}$ MPa	回弹值 H_T
Ⅰ未风化	均　值	2.70	2.67	0.25	1.57	170.00	136.30	57.73	53.57	0.21	2.28	51.15	5.25	7.54	58.38
	最小值	2.64	2.58	0.07	0.73	121.20	99.80	34.10	25.40	0.09	1.02	38.20	4.95	6.16	55.07
	最大值	2.79	2.82	0.42	2.60	217.90	173.00	84.30	76.30	0.33	4.84	62.24	5.70	10.10	60.90
Ⅱ微风化	均　值	2.70	2.65	0.35	2.19	129.00	102.21	44.15	36.90	0.22	1.74	51.76	4.63	5.96	52.10
	最小值	2.63	2.55	0.07	1.31	86.70	52.50	27.00	14.70	0.13	0.38	33.02	3.84	5.17	46.40
	最大值	2.78	2.82	0.71	3.15	190.50	147.00	69.16	67.40	0.30	4.00	63.32	5.15	8.21	57.80
Ⅲ中风化	均　值	2.70	2.62	0.80	4.88	83.85	58.66	29.13	19.87	0.26	1.62	51.45	2.95	3.86	39.30
	最小值	2.62	2.48	0.13	1.83	27.20	24.00	7.20	7.02	0.18	0.29	37.95	2.09	1.22	31.80
	最大值	2.77	2.75	1.98	7.12	122.20	89.30	54.80	44.00	0.42	3.29	62.73	4.00	6.00	47.00
Ⅳ强风化	均　值	2.67	2.28	2.50	18.70	33.96	24.17	8.68	4.01	0.30	0.69	39.33	1.67	0.57	20.78
	最小值	2.61	1.83	0.68	6.00	6.86	5.90	4.90	1.68	0.19	0.20	30.96	0.86	0.20	16.00
	最大值	2.74	2.58	4.52	42.50	70.50	52.40	15.00	5.90	0.42	1.94	46.90	2.50	1.11	25.00
Ⅴ全风化	均　值	2.67	1.82	16.27	40.40			3.25	0.28		0.16	35.00	0.68	0.032	9.70
	最小值	2.61	1.49	2.30	26.62			0.26	0.02		0.02	26.00	0.31	0.009	6.80
	最大值	2.69	2.19	27.70	46.55			5.99	0.84		0.49	45.00	0.87	0.063	12.70

附录P　地基土的物理指标和抗剪强度指标的统计方法

P.0.1　地基土物理性指标，通常采用常规的统计方法，统计下列数值：

(1)平均值 μ_x 是指在样本中各个体之和的算术平均；

$$\mu_x=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i \tag{P.0.1-1}$$

式中：x_i——统计母体中子样数值；

n——统计母体中子样总数。

(2)标准差 σ_x 是衡量总体或样本中个体数据的波动范围，它能较准确地反映统计中的精度；

当子样总数 $n>30$ 时：

$$\sigma_x=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\mu_x)^2} \tag{P.0.1-2}$$

当子样总数 $n<30$ 时：

$$\sigma_x=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\mu_x)^2} \tag{P.0.1-3}$$

(3)变异系数 δ_i 是一个反映数值离散程度或变化性大小的指标，它是标准差 σ_x 与平均值 μ_x 的比值。

$$\delta_x=\frac{\sigma_x}{\mu_x} \tag{P.0.1-4}$$

P.0.2　抗剪强度指标的统计应采用下列方法：

(1)抗剪强度指标 c、$\mathrm{tg}\varphi$ 平均值计算公式如下：

$$\mu_{\mathrm{tg}\varphi}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\mathrm{tg}\varphi_i \tag{P.0.2-1}$$

$$\mu_{\varphi}=\text{arc tg}(\mu_{\text{tg}\varphi})$$

$$\mu_{c}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}C_{i} \qquad \text{(P.0.2-2)}$$

式中：n——试验组数($i=1\sim n$)；

φ_i——每一组试验的内摩擦角 φ 的回归值(°)；

$$\text{tg}\varphi_{i}=\frac{\sum_{j=1}^{k}(p_{j}-\mu_{p})\tau_{ij}}{\sum_{j=1}^{k}(p_{j}-\mu_{p})^{2}} \qquad \text{(P.0.2-3)}$$

$$\varphi_{i}=\text{arc tg}\frac{\sum_{j=1}^{k}(p_{j}-\mu_{p})\tau_{ij}}{\sum_{j=1}^{k}(p_{j}-\mu_{p})^{2}}$$

c_i——每一组试验的粘聚力 c 的回归值(kPa)；

$$c_{i}=\mu_{\tau i}-\mu_{p}\text{tg}\varphi_{i} \qquad \text{(P.0.2-4)}$$

μ_p——每一组试验的各级垂直压力 p_j($j=1\sim k$)的平均值(kPa)；

$$\mu_{p}=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}p_{j}$$

k——每组试验的垂直压力级数($j=1\sim k$)；

$\mu_{\tau i}$——每组试验($i=1\sim n$)各级压力($j=1\sim k$)下抗剪强度 τ_{ij}的平均值(kPa)；

$$\mu_{\tau i}=\frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k}\tau_{ij}$$

(2)抗剪强度指标 c、$\text{tg}\varphi$ 标准差计算公式如下：

$$\sigma_{\text{tg}\varphi}=\sqrt{\frac{1}{\Delta}\left[k\sum_{j=1}^{k}(p_{j}^{2}\sigma_{\tau j}^{2})-\sum_{j=1}^{k}p_{j}^{2}\sum_{j=1}^{k}\sigma_{\tau j}^{2}\right]}$$

$$\sigma_{\varphi}=\frac{180}{\pi}\sigma_{\text{tg}\varphi}\cos^{2}\mu_{\varphi} \qquad \text{(P.0.2-5)}$$

$$\Delta=k\sum_{j=1}^{k}p_{j}^{4}-\left[\sum_{j=1}^{k}p_{j}^{2}\right]^{2}$$

$$\sigma_{\tau j}=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(c_i+p_j\mathrm{tg}\varphi_1-\mu_c-p_j\mu_{\mathrm{tg}\varphi})^2}$$

$$\sigma_c=\sqrt{\frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k}\sigma_{\tau j}^2-\frac{1}{k}(\sum_{j=1}^{k}p_j^2)\sigma_{\mathrm{tg}\varphi}^2} \qquad \text{(P.0.2-6)}$$

附录Q　常用地质符号及图例

Q.0.1　地层时代符号如下：

(1)界

新生界	K_z	
中生界	M_z	
古生界	P_z	
元古界	P_t	
太古界	A_r	
时代不明的变质岩系	M	

(2)系

第四系	Q	淡　黄
第四系全新统	Q_h 或 Q_4	淡　黄
第四系更新统	Q_p	黄
上(晚)更新统	Q_3	
中更新统	Q_2	
下(早)更新统	Q_1	
第三系	R	淡　橙
上第三系	N	淡　橙
下第三系	E	深　橙
白垩系	K	淡　绿
侏罗系	J	淡　蓝
三叠系	T	淡　紫
二叠系	P	淡红棕
石炭系	C	淡　灰
泥盆系	D	淡暗棕
志留系	S	淡深绿
奥陶系	O	淡暗绿
寒武系	$\in$	淡橄榄绿

震旦系　　Z　　淡 深 蓝

(3)统在“系”的时代符号右下方注明统序数码。统序数码从老到新排列。例如第四系地层分统表示如下：

全新统	Q_4	淡黄
晚更新统	Q_3	黄
中更新统	Q_2	黄
早更新统	Q_1	黄

Q.0.2 常用成因类型符号如下：

成　因	符　号	成　因	符　号
冰川沉积	gl	冰水沉积	fgl
河流冲积	al	湖沼沉积	lk
泻湖沉积	I	海洋沉积	m
化学积沉	ch	火山堆积	v
残　积	el	坡　积	dl
洪　积	pl	人工填土	ml
成因不明	pr	崩　积	col

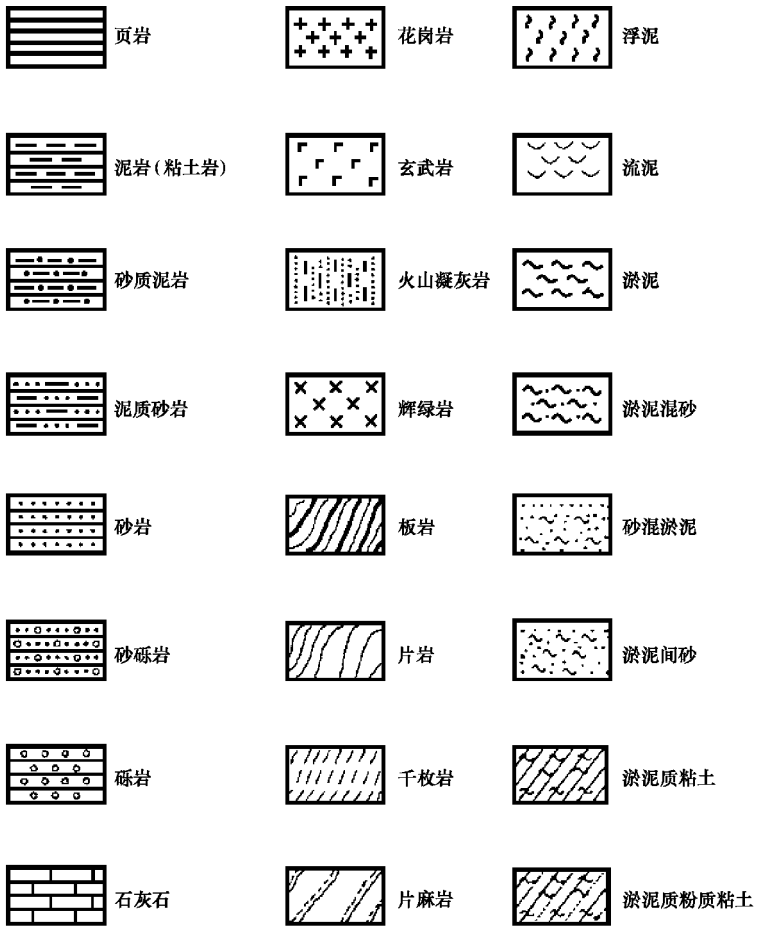
注：地层时代符号与成因类型符号通常合并使用，例如第四系晚更新统之冲积层用 Q_3^{al} 表示；如该层尚可分为亚类时，则以 Q_{3-1}^{al} 或 Q_{3-2}^{al} 表示之。

Q.0.3 常用岩浆岩符号见表 Q.0.3。

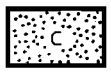
表 Q.0.3

成因 / 酸基性	深　成　岩	浅　成　岩	喷 出 岩
酸性岩	花岗岩 γ、花岗闪长岩 γ_δ	花岗斑岩 $\gamma\pi$、石英斑岩 $\lambda\pi$	流纹岩 λ
中性岩	闪长岩 δ、石英闪长岩 λ_δ	安山玢岩 α_μ 闪长玢岩、石英闪长玢岩 δ_μ	安山岩 α
基性岩	辉长岩 ν	辉绿岩 β_μ	玄武岩 β
碱性岩	正长岩、花岗正长岩 ξ	正长斑岩 ξ_π	粗面岩 τ

Q.0.4 常用岩土图例(绘图时应同时加注岩土名称)如下：



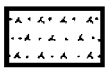

粉土


粗砂

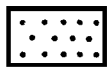

杂填土

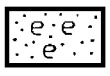

砂夹粘土

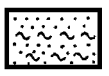

砾砂

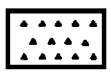

水力冲填土


粘性土夹砂


圆砾

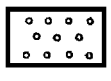

贝壳


砂间淤泥

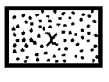

角砾

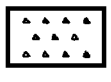

珊瑚屑

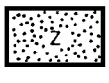

粉砂

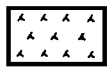

卵石


泥炭


细砂

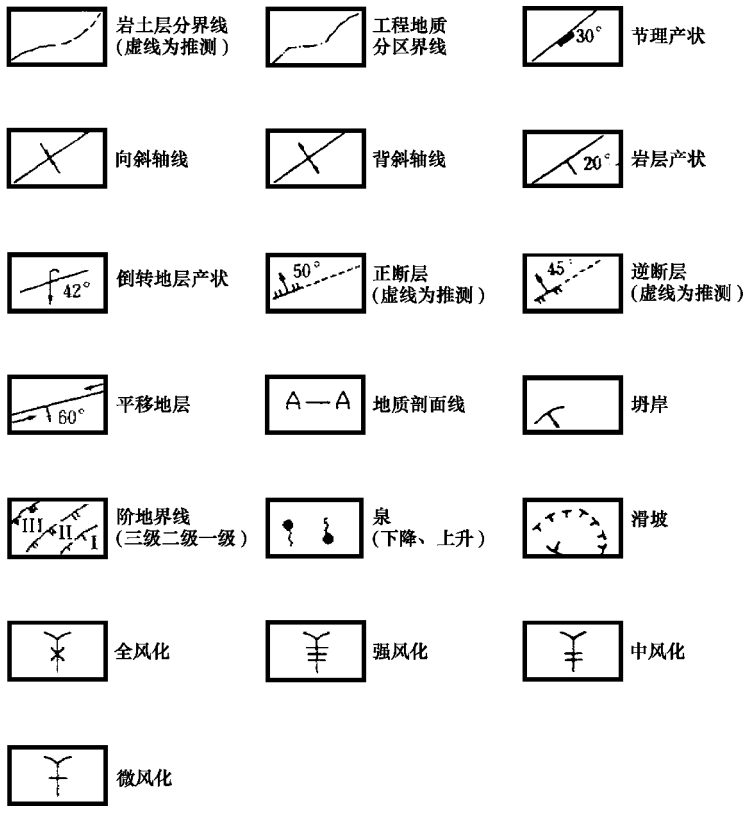

碎石


中砂


素填土

Q.0.5 常用工程地质图例符号如下：

Q.0.5 常用工程地质图例符号如下：



附录R　勘察报告的格式和内容

一、序　　言

1.勘察工作的依据、目的和任务，工程概况和设计要求、勘察沿革等。

2.勘察工作起止时间、勘察方法、完成的工作量、采用的技术标准、应用的测量图纸及其控制系统。

3.勘探、原位测试的设备和方法。

4.土工试验采用的仪器设备、测试方法、试样的质量评价。对于大、中型勘察项目的土工试验，宜编写专门的“土工试验报告”作为本报告附件。

5.需要说明的其他有关问题。

二、地　　貌

港湾或河段地形特征，各地貌单元的成因类型、特征及其分布。重点说明与工程有关的微地貌单元(如岸坡区、填土区、掩埋的古冲沟分布区等)的特征与分布。

三、地　　层

岩土层的分布、产状、性质、地质时代、成因类型、成层特征等。

四、地质构造

场地的地质构造稳定性和与工程有关的地质构造现象，分析

其对工程的影响，提出防治措施的建议。分析地质构造对岸坡稳定性的影响。

五、不良地质现象

不良地质现象的性质、分布与发育程度、形成原因，提出防治措施与建议。

六、地　下　水

地下水类型、赋存条件、水位特征、含水层的渗透系数（垂直和水平方向）。地下水活动对不良地质现象的发育和基础施工的影响。地下水水质对建筑材料的侵蚀性。

七、地　震

划分场地土和建筑场地类别，确定场地中对抗震有利、不利和危险地段。根据地震烈度，判定饱和砂土和粉土在地震作用下的液化势。

八、岩、土物理力学性质

分析各岩土单元体的特性、状态、均匀程度、密实程度和风化程度等，提出物理力学性质指标的统计值。

九、岩土工程评价

1. 根据场地岩土层性质及其对工程的影响，对各岩土单元体进行综合评价，提出工程设计所需的岩土技术参数。

2. 结合工程特点、地基基础形式推荐持力层，分析施工中应注意的问题。

3. 根据场地条件，评价天然岸坡的稳定性。

4. 不良地质现象对工程的危害性，提出整治方案建议。

5. 根据工程要求、地基土性质和地质环境条件，提出地基处理方案的建议。

6. 工程活动对地质环境的作用和影响。

7. 设计与施工中应注意的问题及下阶段勘察应注意的事项。

十、报告附图和附表

1. 勘探点平面位置图：以地形图为底图，标明各类勘探点、剖面线的位置和序号，并附勘探点座标、高程数据表。

2. 综合工程地质图：以地形图为底图，根据地貌、构造、地层时代、岩土性质、不良地质现象等进行综合工程地质分区。图中附有综合柱状图表等。

3. 工程地质剖面图：根据岸线方向、主要地貌单元、地层的分布、地质构造线和建筑物轮廓线等确定剖面位置，绘制纵横工程地质剖面图。图上画出该剖面的岩土单元体的分布、地下水位、地质构造、标准贯入试验击数、静力触探曲线等。

4. 钻孔柱状图：反映钻孔深度内岩土层厚度、分布、性质、取样和测试的位置、实测标准贯入击数、地下水位，以及有关的物理力学指标(如天然含水、孔隙比、无侧限抗压强度等)随钻孔深度的变化曲线。

5. 原位测试图表：反映标准贯入、静力触探、动力触探、十字板剪力试验、旁压试验、载荷试验、波速试验、水底地层剖面仪探测等原位测试成果的图表。

6. 土工试验图表：根据土工试验结果编绘土工试验成果表、剪切试验数据表、固结试验数据表、孔隙比与压力关系曲线、应力与应变的关系曲线、颗粒级配曲线等。

7. 各岩土单元体的物理、力学指标统计表。

8. 对于特殊地质条件或为满足特殊需要而绘制的专门图件(如软土、基岩或持力层顶板等高线图、风化岩的标准贯入击数等值线图、地下水等水位线图、不良地质现象分布图、特殊土的土工试验图表等)。

附录S　本规范用词用语说明

S.0.1　为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

(1)表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

(2)表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)对表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

S.0.2　条文中指定应按其它有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

本规范主编单位、参加单位和主要起草人名单

主编单位：交通部第二航务工程勘察设计院

参加单位：中交水运规划设计院
交通部第一航务工程勘察设计院
交通部第三航务工程勘察设计院
交通部第四航务工程勘察设计院
河海大学
长沙交通学院

主要起草人：周炳源　申伯熙
（以下按姓氏笔画为序）
冯铭璋　李曙光　周应英　张忠恕
唐曾槃　曹安立　梁之劲　魏克和