

前 言

为了统一我国海上平台场址工程地质勘察的技术要求,保证勘察工作的全面质量,特制订本规范。

本规范的编制参考了国内地质矿产部、中国海洋石油总公司、建设部、水利电力部、交通部、国家海洋局、国家地震局等有关的行业规范,参考了国外挪威船级社(DNV)制订的有关平台分类、不同固定式平台的地基勘察的总体要求,参考了美国石油学会(API)制订的海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法。

本标准的附录 A、附录 B 是标准的附录;

本标准由国家海洋局提出,并负责解释;

本标准由国家海洋标准计量中心归口;

本标准起草单位:国家海洋局第二海洋研究所;

本标准主要起草人:叶银灿、李全兴、潘国富、陈锡土、李起彤、古妩、陈小玲。

中华人民共和国国家标准

海上平台场址工程地质勘察规范

GB 17503—1998

Specifications for offshore platform
engineering geology investigation

1 范围

本规范规定了海上平台场址的工程地质勘察的内容、方法与技术要求。

本规范适用于海上固定式平台场址的工程地质勘察。其他海上固定式结构物场址的工程地质勘察也可参照使用。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GBJ 123—1988 土工试验方法标准

GB 12327—1990 海道测量规范

GB/T 13909—1992 海洋调查规范 海洋地质地球物理调查

GB 17501—1998 海洋工程地形测量规范

DLJ 204—1981、SLJ 2—1981 水利水电工程岩石试验规程

JTJ 224—1987 港口工程技术规范 地质勘察

SY/T 10009—1996 海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法——荷载和抗力系数设计法(idt API 2A-LRFD;1993)

3 定义

本标准采用下列定义

3.1 桩式海上固定平台 fixed offshore platforms on piles

指依靠打入海底的桩支撑的海上平台。以桩的数量和型式不同可分为群桩式、腿柱式和导管架式三种。

3.2 重力式海上固定平台 fixed offshore gravity platforms

指依靠若干个钢筋混凝土或钢质结构的大型圆柱体组成的底座(沉垫)支撑的海上平台。一般由底座、腿柱、钢质甲板以及甲板上的组装模块等组成。

3.3 自升式海上固定平台 fixed offshore jack-up platforms

指依靠其桩腿支撑站立在海底的海上平台。由其自身的液压提升系统使平台升降来实现其就位或撤离。

4 总则

4.1 勘察的目的与任务

国家质量技术监督局 1998-10-12 批准

1999-04-01 实施

4.1.1 勘察的目的是为平台基础设计、安装以及不良地质现象的防治措施提供基础资料。

4.1.2 勘察的任务是查明平台结构物影响范围内的岩、土层分布及其物理力学性质；查明影响地基稳定的不良地质现象。

4.2 勘察的主要内容

- a) 平台场址的水深和海底地形；
- b) 海底地貌特征、特殊地貌现象以及自然的或人为的海底障碍物；
- c) 工程地质单元的划分及其成因、时代、物理力学性质、厚度、埋深与空间分布；
- d) 滑坡、塌陷、软弱夹层、浅层气、埋藏古河谷、沙波、活动断裂、地震活动等灾害地质因素。

4.3 勘察的程序

分技术设计、海上勘察、样品分析测试、资料质量控制、资料整理与成果报告书的编写、成果验收、资料归档等程序。

4.4 勘察方法

采用工程地质——地球物理综合勘察方法，以高分辨率地球物理探测、工程地质钻探为基础。主要方法如下：

- a) 水深测量；
- b) 侧扫声纳探测；
- c) 地层剖面探测；
- d) 高分辨率多道数字地震调查；
- e) 磁法探测；
- f) 底质调查；
- g) 工程地质钻探；
- h) 工程地质试验。

4.5 勘察的范围与工作量

4.5.1 海上平台工程地质勘察是在平台位置及其四周的一定范围(即平台场址)内进行。根据工程的重要性和场址以往资料积累情况，工区一般确定为 $0.5\text{ km} \times 0.5\text{ km} \sim 1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 。

4.5.2 勘察工作量取决于平台场址的工程地质条件的复杂程度、已有的勘察资料及前人工作的成果。一般作如下规定：

a) 地球物理测线以网格布置。在场址的边缘区测线间距为 100 m，场址中心区加密至 50 m 间距。钻孔井位需有测线通过，定位点间距 50 m；

b) 底质采样不少于 10 个站；

c) 场址内应至少布置 1 个工程地质采样孔、1 个原位试验孔，或工程地质采样孔兼作原位试验孔。

4.6 勘察的基本要求

4.6.1 地球物理探测作业船能适应 5 级及以下海况条件时作业，能保持 4 kn~6 kn 航速工作。

4.6.2 几种勘察手段同步作业时，必须统一定位时间和站号。因故测线中断或同一次测线分次作业，则应按同一方法补测，并重叠 3 个定位点以上。

4.6.3 严格班报制度，遇特殊地质现象、干扰信号、非正常航行时随时记录。

4.6.4 地球物理记录纸卷注明作业区域、日期、纸卷号、测线号、作业单位、操作员。

4.6.5 原始资料由操作人员、业务部门长(技术负责人)100%自检，主管部门抽查 50%，任务下达单位抽查 10%，合格率达 95% 以上，资料方可应用。未经验收或验收不合格的资料不得应用。

4.6.6 船上和室内土工试验及其资料分析、计算按 GBJ 123—88 执行。

4.6.7 成果图件编绘必须有图名、比例尺、地理坐标、图例、图号、责任表及必要的说明等。责任表包括编图单位、编图者、清绘者、技术负责人、资料来源、编绘及出版日期等。

5 导航定位

5.1 基本技术要求

5.1.1 工作内容

- a) 陆上平面与高程控制测量,建立控制网,并测定导航定位岸台位置;
- b) 海上勘察船只导航定位;
- c) 定位资料整理。

5.1.2 定位精度

- a) 平面与高程控制测量精度分别按 GB 17501—1998 中 4.4.1 与 4.4.2 执行。
- b) 海上定位中误差不得大于图上 1.0 mm。

5.1.3 坐标系与投影

平面坐标系采用国家坐标系,也可按任务委托方要求采用 WGS-84 大地坐标系或独立坐标系。采用高斯-克吕格(Gauss-Kruger)投影。

5.2 平面与高程控制测量

平面与高程控制测量为海上勘察建立导航定位控制网,作为测区定位的起算点,同时亦测定导航定位系统岸台(包括 GPS 基准台)的位置。按 GB 17501—1998 中第 6、7 章执行。

5.3 勘察船只的导航定位

5.3.1 导航定位要求

5.3.1.1 走航式地球物理探测中导航定位要求

- a) 上测线前 1 km,船速减小或停车,放勘察用拖曳电缆。离测线 0.5 km 时船进入测线的延长线;
- b) 实际工作中,船只保持 4 kn~6 kn 航速,航迹与设计测线最大偏离距小于测线间距的 20%;
- c) 遇船只和水中障碍物,勘察船应减速、绕道避让,等拖曳电缆绕过后,再缓慢加速,将船导航至原设计测线继续工作;
- d) 定位点的图上间距不大于 1 cm;
- e) 值班记录上记入测线的首、尾点号,工作过程中每隔 10 个点填写一次数据,每隔 20 个点与有关调查人员核对一次点号。随时记录信号干扰、中断情况及处理意见;
- f) 勘察船定位仪器的照准中心或天线中心与地球物理探测定位中心应尽量重合,对大于或等于 1:10 000 比例尺测图,二者水平距离最大不得超过 2 m,否则应作偏心改正,归算到各项地球物理探测的定位中心。地球物理探测与定位时间保持同步。

5.3.1.2 定点式调查中导航定位要求:

- a) 调查仪器到达海底时,记录定位数据。实际调查站位与设计站位偏离的图上距离大于 1 cm 时,需要重做;
- b) 为保证安全,导航人员必须将舷外作业仪器操作的船舷调置在上风位一侧作业。

5.3.2 导航定位方法

勘察船只导航定位方法主要包括微波测距定位、GPS 定位、水声定位等方法。

5.3.2.1 微波测距定位按 GB 17501—1998 中 8.2 执行。

5.3.2.2 GPS 定位用差分定位方法,按 GB 17501—1998 中 8.3 执行。

5.3.2.3 水声定位系统有长基线、短基线、超短基线水声定位系统,分别按 GB 12327—90 中 6.6.7.2、6.6.7.3 和 6.6.7.4 执行。超短基线水声定位系统用于水下地球物理换能器定位时,水下声标按装在换能器中,结合调查船的定位信息,进行换能器的三维定位。

5.4 定位资料整理

5.4.1 陆上平面控制测量资料整理

平面控制测量资料整理按 GB 17501—1998 中 6.5 执行。

5.4.2 高程控制测量资料整理

水准测量按 GB 17501—1998 中 7.2 执行,光电测距三角高程测量按 GB 17501—1998 中 7.3 执行,跨海高程测量按 GB 17501—1998 中 7.4 执行。

5.4.3 勘察船只定位资料整理

5.4.3.1 外业资料整理与检查按 GB 17501—1998 中 9.4.2 执行。

5.4.3.2 根据定位资料编制走航式探测航迹图和定点式调查作业位置图,可合编或分开编;用计算机辅助制图,也可人工记入工作图版绘制;计算机辅助制图时,要求按 GB 17501—1998 中 9.8.2 执行,人工绘制时要求按 GB 17501—1998 中 9.5.2 执行。

6 工程地球物理探测

工程地球物理探测包括水深测量、侧扫声纳探测、地层剖面探测,以查明海底地形地貌、海底面状况、海底障碍物、海底浅部地质特征与不良地质现象等。可根据需要进行高分辨率多道数字地震调查和磁法探测。

6.1 测图比例尺和测图分幅

6.1.1 测图比例尺

工程地球物理探测的测图比例尺必须根据实际需要和海底浅部地质地貌的复杂程度而定,一般以 1:5 000 比例尺施测,也可按任务委托方要求选择比例尺施测。

6.1.2 测图分幅

每个平台场址单独成图,当场址相距很小时可多个场址合并成图。

6.1.3 图幅尺寸

标准图幅尺寸为:50 cm×70 cm;70 cm×100 cm;80 cm×110 cm。

6.2 水深测量

6.2.1 技术要求

6.2.1.1 水深测量精度以主测线与检测线相交点水深测量值的差值来衡量,其均方根差,在水深小于 20 m 时应不大于 0.20 m,在水深大于或等于 20 m 时应不大于实际水深的 1%。

6.2.1.2 测线布设按本规范 4.5.2 执行。使用多波束测深系统进行全覆盖水深测量时,应根据水深、仪器性能,选择合理测线间距,保证相邻测线间有不少于 10% 的重复覆盖。若测区缺乏声速或水文资料,应布设适当数量的声速或水文观测点,以获取声速剖面资料,用于测深资料的声速校正。

6.2.1.3 水深图的基准面为“1985 年国家高程基准”,亦可按勘察任务委托方的要求采用其他基准面。

6.2.2 水深测量实施

水深测量的实施按 GB 17501—1998 中 9.2.6、9.2.7、9.2.8 执行。

6.2.3 资料整理

6.2.3.1 深度量取按 GB 17501—1998 中 9.5.4 执行。

6.2.3.2 深度改正按 GB 17501—1998 中 9.5.5 执行。

6.2.3.3 水深测量的成果图应包括水深图与水深剖面图,用计算机根据数据文件制图,亦可根据水深数据报表人工成图。

水深图应以航迹图作底图,等深线值间隔一般为 0.5 m、1 m 或 2 m,按地形复杂程度而定,每 5 条等深线应加浓 1 条并加注;图例中应标注测探仪型号与水深基准面等内容。

水深剖面图的水平比例尺同水深图,垂直比例尺一般为 1:100 或 1:200,按地形起伏变化大小而定。

6.3 侧扫声纳探测

6.3.1 技术要求

6.3.1.1 根据测线间距选择合理的声纳扫描量程,在勘察区内要求 100% 覆盖,相邻测线要有 20%~

30%的重复覆盖;在拟建平台位置附近要求100%的重复覆盖;当水深太浅时可适当降低重复覆盖率。

6.3.1.2 侧扫声纳工作频率50~500 kHz,水平波束角小于或等于1°,脉冲长度小于或等于0.2 ms,单侧最大作用距离大于或等于200 m;具有水体移去、航速校正、倾斜距校正等功能。

6.3.1.3 对下列情况应进行补测:测线段漏测、由于航向偏离而造成覆盖不符合要求、记录图谱质量差导致无法进行正确判读。

6.3.2 海上探测实施

6.3.2.1 探测开始前,应在测区或附近选择有代表性的海域进行仪器设备调试,确定最佳仪器工作参数。

6.3.2.2 声纳拖鱼入水后,勘察船只不得停船或倒车,应尽可能保持航向稳定,不得使用大舵角修正航向;换测线转向应使用小舵角大旋回圈方法。

6.3.2.3 声纳拖鱼离海底高度应是扫描量程的10%~20%。

6.3.2.4 声纳记录仪记录为经水体移去、航速校正与倾斜距校正的图谱时,应用电子媒质记录储存未经校正的原始资料。

6.3.2.5 用合适的定位设备对声纳拖鱼进行自动定位,也可采用人工计算进行声纳拖鱼位置改正。

6.3.2.6 现场进行声纳图谱记录的初步判读,根据需要对可疑目标在其周围增设不同方向的补充测线作进一步探测。

6.3.3 探测资料解释

结合海底取样、钻孔取芯和浅地层剖面探测成果,进行海底面状况判读:辨别并剔除声纳图谱记录上的干扰信号和噪声及不具有工程意义的回声信号;识别海底沉积物类型,确定各类沉积物与海底裸露基岩分布范围;分析海底微地貌;进行海底障碍物识别和定位。对识别出的海底面特征和海底障碍物,应进行航速、倾斜距和拖鱼位置校正,确定它们的真实位置、分布范围、大小形状,并标绘于航迹图上。具垂向起伏的海底面特征,应根据声纳记录图谱上声学阴影长度确定其近似高度和深度。判读出的海底明显起伏的不规则性应补充进水深图中。

6.3.4 成果图件

根据侧扫声纳探测资料编绘成海底面状况图,该图以航迹图作底图,并包括海底取样、钻孔岩芯等方面的地质资料和岸线,周围陆域与主要地物标志等。按任务委托方的要求,根据声纳探测资料完成测区声纳镶嵌图,可采用计算机自动数字镶嵌或人工镶嵌方法。

6.4 地层剖面探测

地层剖面探测包括浅地层剖面探测、中地层剖面探测和深地层剖面探测。可根据需要同时进行三种地层剖面探测,或进行浅、中地层剖面探测或浅、深地层剖面探测。

6.4.1 技术要求

6.4.1.1 浅地层剖面探测获得海底以下30 m深度内的地层分布特征和不良地质现象,地层分辨率不差于30 cm。

6.4.1.2 中地层剖面探测获得海底以下100 m深度内的地层分布特征和不良地质现象,地层分辨率不差于1 m。

6.4.1.3 深地层剖面探测获得海底以下数百米(典型200~600 m)深度内的地层结构、地质构造、浅层气及其他不良地质现象,地层分辨率为3~6 m。

6.4.1.4 记录剖面图像清晰,没有强噪声干扰与图像模糊、空白、间断等现象。

6.4.2 海上探测实施

6.4.2.1 浅地层剖面探测使用浅穿透地层剖面仪,换能器入水深度不小于0.5 m。

6.4.2.2 中地层剖面探测使用中穿透地层剖面仪,其震源和水听器阵必须拖曳在船尾涡流区外的一定距离,并等浮在一定深度。

6.4.2.3 深地层剖面探测使用深穿透地层剖面仪,其震源和水听器阵拖曳方式与技术要求同中穿透地

层剖面仪。

6.4.2.4 海上探测开始以前在测区内进行试验,获得最佳的地层穿透深度和分辨率从而确立探测作业参数,同时将噪声和干扰降低到最低程度。

6.4.2.5 海上探测中对勘察船航行的要求同侧扫声纳探测。

6.4.2.6 水深变化时,应及时调整记录仪扫描时间及时间延迟。中、深地层剖面探测时应根据水深及时调整炮间距。

6.4.2.7 记录剖面图像应完整,中间漏测或缺失部分不大于 50 m,累计漏测段小于 2% 的测线总长度。

6.4.2.8 初步分析记录剖面图像,发现可疑目标应增设补充测线以确定其性质、圈定其范围。

6.4.3 地层剖面资料解释

用复制地层剖面记录资料进行解释,主要包括下列内容:

a) 识别剖面记录上的各种干扰信号;

b) 进行剖面地震(声)层序划分,并与测区的地质钻孔分层资料相对比;分析各层序的空间形态及各层序间的接触关系,确定各层序的地质特征与工程特性;主测线与检测线交汇处各层必须闭合;多种地层剖面探测同区工作时,层序划分与标记名称应统一;

c) 根据剖面记录的反射结构、振幅、连续性、频率、地震相单元外形和平面组合等地震(声)参数进行地震相分析,推测沉积环境、沉积相、沉积物类型及其工程特性等;

d) 识别下列不良地质现象:浅层气、古河谷、滑坡、塌陷、断层、泥丘、盐丘、海底软夹层、侵蚀沟槽、活动沙波等。确定它们的性质、大小、形态与分布范围。

6.4.4 成果图件

根据地层剖面探测资料和测区地质资料编制地层剖面图和浅部地质特征图。

6.4.4.1 地层剖面图根据需要选择测线编制;其平面比例尺一般与其他解释图相同,垂直比例尺根据要反映的剖面深度而定,纵横比例尺要合理。图中包括剖面线位置的水深、地层分界面、各层岩性、浅层气分布界面、断层等重要特征,并标有所经过的主要地物标志和海底取样与钻孔岩芯的位置及相应海底沉积柱状图、岩芯的分层描述与测试结果。多种地层剖面探测同时进行,可分别解释编制地层剖面图,也可合编为一种地层剖面图。

6.4.4.2 浅部地质特征图主要包括下列内容:

a) 重要地层层位的厚度等值线或顶面埋深等值线;

b) 重要的地形、地貌及浅部地质现象;

c) 主要不良地质现象分布及它们的成因、形态、性质、规模等。浅层气区要标出含气地层顶部埋深与可能的分布范围;

d) 测区内主要地物标志、海底取样站位、钻孔位置、地质取样结果描述和沉积物测试结果。浅部地质特征图内容较少时可与海底面状况图合编。

6.4.4.3 地层剖面探测资料解释成图的时深转换根据测区内和测区附近海域的声速测井资料或其他声速资料进行。没有实际声速资料时,可采用 1 500 m/s 的假设声速进行时-深转换,但应在图上注明。

6.5 高分辨率多道数字地震调查

高分辨率多道数字地震调查用来勘察海底下 1 000 m 内的地层、构造、滑坡、高压气囊以及其他灾害地质因素。

6.5.1 技术要求

6.5.1.1 道数不少于 24,道间距不大于 25 m,数据采样间距不大于 1 ms。

6.5.1.2 不正常工作道不超过总道路的 1/24;整条测线的空废炮率小于 6%;监视记录的计时线清晰,道迹均匀,气枪同步信号和激发信号(TB)的断点清楚。

6.5.1.3 测线布设按实际需要,应尽量与其他地球物理测线一致,尤其应通过钻探井位。

6.5.2 海上调查实施

- 6.5.2.1 海上调查开始前应在测区或附近海域进行仪器设备的全面试验,确定最佳仪器工作参数。
- 6.5.2.2 地震调查一般用水平迭加(共深度点)方法,覆盖迭加次数与排列长度根据实际需要而定。
- 6.5.2.3 海上调查中调查船航行要求同地层剖面探测,同时驾驶人员应经常监视拖带的震源和电缆,当发现有船只要通过电缆的水面时,应提前做好下沉电缆准备。
- 6.5.2.4 回放和检查监视记录按 GB/T 13909—92 中 41.4 执行。

6.5.3 资料处理

处理流程基本与常规地震调查资料处理相同,主要包括下列步骤:预处理、球面发散校正、速度分析、正常时差校正和切除、迭加、反褶积、时变滤波、均化、偏移成像等。根据试验确定处理参数。根据需选择重点区段与时段,进行“亮点”技术、AVO(反射振幅与偏移距)技术等特殊处理和计算,确定是否存在高压气囊,分析气体的强度。

6.5.4 地震资料解释

地震资料解释主要包括下列内容:

- a) 结合区域地质、测区钻探和其他地球物理资料,划分地震层序,确定与地质层位的对应关系;
- b) 进行地震相分析,推测沉积环境、岩性岩相与工程地质条件;
- c) 识别滑坡、断裂(层)与高压气囊等灾害地质因素;
- d) 分析速度资料,提取均方根速度、平均速度、层速度,用于时-深转换和进一步解释。

6.5.5 成果图件

主要成果图件为综合解释剖面图与地质特征图。剖面图根据需要选择典型测线绘制;地质特征图主要反映重要地形地貌与地质构造及存在的灾害地质因素。根据需要可加编典型层面的分层构造图(等 t_0 图或等深度图)或典型层次的等厚度图及其他图件。

6.6 海洋磁法探测

6.6.1 技术要求

- 6.6.1.1 磁法探测均方差不大于 2 nT,均方差计算按 GB/T 13909—92 中 36.2.5 执行。
- 6.6.1.2 测线布设按实际需要,应尽量与其他地球物理测线一致;对探测资料判断可能为磁性物体引起的异常区应增加补充测线;对历史资料标明存在磁性物体(管道、电缆、井口、沉船、水雷、炸弹等)的区域增加补充测线。

6.6.2 海上探测实施

- 6.6.2.1 当水深大于 100 m 时,传感器应采用深拖方式。
- 6.6.2.2 海洋磁法探测中对勘察船航行的要求同侧扫声纳探测。
- 6.6.2.3 探测开始前应在测区进行船磁方位影响试验,按 GB/T 13909—92 中的 34.2 执行。

6.6.3 探测资料解释

- 6.6.3.1 根据磁异常识别海底磁性物体,计算确定这些物体的性质、位置、大小、形状、产状。解释中应结合侧扫声纳、地层剖面探测的成果。

6.6.4 成果图件

探测到的海底磁性物体应标于海底面状况图,并根据需要对其中一些较重要的部位单独成图说明。

7 底质调查

7.1 底质采样方法

底质采样有柱状采样和表层采样两种。底质的柱状采样使用重力取样器、重力活塞取样器和振动活塞取样器等设备进行。表层采样使用蚌式采样器、箱式采样器进行。

7.2 底质采样技术要求

7.2.1 采样位置

底质采样站,可以按网格等间距,亦可以依底质变化情况不等间距布置站位。采样站间距一般不大

于 300 mm。

7.2.2 采样深度

在泥质海底柱状采样长度应大于 2 m, 砂质海底应大于 0.3 m。表层样品应不少于 1 000 g。

7.2.3 原状土样

土工试验要求采用原状土样, 用柱状取样管采取原状土样时, 必须内置衬管, 以减少样品的扰动。样品直径必须大于 72 mm。

7.3 底质样品编录

7.3.1 现场编录

记录采样站的位置、水深、样长。对样品进行描述和分层, 必要时照相。描述内容应有:

- a) 颜色;
- b) 气味;
- c) 粒度;
- d) 稠度;
- e) 结构;
- f) 矿物;
- g) 生物含量。

7.3.2 样品现场处理

- a) 室内土工分析用柱状样品, 标明站号、上下方向, 用高压胶布固紧, 严密腊封, 直立放置, 用软填料包住, 装箱, 尚应保温;
- b) 地质分析用柱状样品, 用高压胶布固紧、腊封, 标明站号、样长、上下端;
- c) 表层扰动样品, 用瓶或塑料袋包装, 标明站号。

7.3.3 室内编录

- a) 用切样机将柱状样管切开或从管内推出样品, 进行岩性观察、描述、分层、照相。描述内容按本章

7.3.1 执行。

- b) 根据岩性分层, 按土工、地质、化学、生物等项目的取样要求, 每层选取有代表性的试样。
- c) 实验室接收样品后, 应立即安排测试分析, 土工试验的样品贮存时间一般不得超过 1 个月。
- d) 实验报告内容应包括测试方法、使用仪器、试验结果、测试精度、资料解释与结论。

8 工程地质钻探

8.1 孔位布设

工程地质钻孔根据地球物理资料解释后确定, 一般选择在平台场址的中心位置。

8.2 钻探技术要求

8.2.1 孔位

实际钻探孔位与设计孔位的距离必须小于 20 m, 否则应重新就位。工程地质采样孔和原位试验孔的间距应小于 10 m。

8.2.2 孔深

不同类型平台场址对钻探的孔深要求不一。一般要求孔深为平台的基础埋深加上基础以下影响带的宽度。

- a) 桩式固定平台要求孔深为入土的桩长加上桩基影响带(一般按 10 倍桩径长考虑)的宽度;
- b) 重力式固定平台要求孔深大于平台底座的最大宽度, 这一深度的土层应包含任何可能出现的临界剪切面和基础沉降影响所及的全部土层;
- c) 自升式固定平台要求孔深必须大于桩腿可能贯入的深度加上大约 10 倍桩径长的影响带的宽度;

d) 如遇到基岩的情况,则钻探至新鲜基岩内 3 m~5 m 终孔。

8.2.3 孔径

岩芯直径不小于 69 mm。

8.2.4 孔位水深测量

钻探前先进行水深测量,并用回声测深仪和钻杆读数校正。取得第一个岩芯样品后再测一次水深,作进一步校对。

8.2.5 原状土取样要求

粘性土用薄壁取芯器液压的方法取芯,砂性土用锤击法取芯。

8.2.6 岩芯采取率

粘性土不低于 80%;基岩不低于 70%(用金刚石钻头);砂性土、风化破碎带与卵石层不低于 50%(用生物胶取样)。

8.2.7 无岩芯间隔

无岩芯间隔粘性土不得超过 1 m,其他土不得超过 2 m。

8.2.8 原状样采样间隔

一般土层厚度小于 2 m 取 1 个,厚度大于 3 m,取样间隔最大不得超过 3 m。

8.2.9 钻井校正

进尺 50 m 时必须进行钻井校正。要求孔深误差小于 3‰,孔斜 50 m 时小于 1°,100 m 时小于 2°。

8.3 钻孔编录

8.3.1 编录内容

- a) 岩性描述;
- b) 彩色照相;
- c) 取样记录;
- d) 现场试验记录;
- e) 钻孔结构;
- f) 施工作业情况。

8.3.2 样品现场处理

a) 钻探取得的样品按序及时存放到特制的岩芯箱内。用岩芯牌将每一回次岩芯分开。岩芯牌上用油漆标明钻进开始和终止深度。岩芯缺失处需标明,并用填料填齐;

b) 所有样品均用保鲜纸、锡箔纸包装;

c) 原状土样用蜡封存,标明深度、上下、编号后垂直放置装箱,尚应保温。

8.4 钻孔成果资料与完井报告

8.4.1 钻孔完井后应交资料

- a) 钻孔完井报告;
- b) 编录手簿;
- c) 样品分配、送样清单;
- d) 钻孔工程地质综合柱状图;
- e) 现场测试图表;
- f) 岩芯移交保管表。

8.4.2 钻孔完井报告主要内容

- a) 钻探目的、任务;
- b) 钻孔坐标、标高、水深;
- c) 施工时间;
- d) 钻进与取芯方法;

- e) 钻进中的异常情况;
- f) 钻孔质量验收。

9 工程地质试验

工程地质试验包括原位试验、船上土工试验和室内岩土试验。原位试验本章仅列出静力触探试验和十字板剪切试验二种。

9.1 静力触探试验

9.1.1 技术要求

- a) 海上用静力触探仪一般为双桥探头,其锥角为 60° ,锥头截面积 10 cm^2 ,摩擦筒侧面积 200 cm^2 ;
- b) 贯入速度应匀速,为 20 mm/s ;
- c) 探杆轴线的直线度误差小于 0.1% 。当进行深层静力触探时,为避免断杆事故,应测量触探孔的偏斜角,当偏斜角超过 3° 时应停止贯入;
- d) 探头的非线性误差、重复性误差、滞后误差、温漂、归零误差在室内率定时均不应大于 $1\%F_s$ 。探头在 500 kPa 水压下 2 h 后绝缘电阻不应小于 $500\text{ M}\Omega$ 。现场试验时,绝缘电阻不应小于 $20\text{ M}\Omega$;
- e) 应保证有足够的反力及起拔力,保证探杆的垂直度;
- f) 贯入深度记录的精度为每 20 m 误差小于 5 cm 。

9.1.2 现场作业

- a) 钻探船就位后先作静力触探试验;
- b) 每次触探 3 m ,连续贯入,获得连续完整的锥头阻力曲线、侧壁摩擦力曲线、孔隙水压力曲线和摩阻比曲线;
- c) 触探刚开始时,探头短程贯入,探头的温度与地温一致后,记录初始读数。试验结束时,重新标定,两次标定误差应小于 1% 。否则,废弃试验结果;
- d) 钻探船上必须装有波浪补偿器。

9.1.3 试验的成果整理

- a) 原始数据的修正包括:深度修正、零飘修正、原始记录曲线修正。
深度修正:当记录深度与实测深度不一致时,应按实际深度线性修正深度误差。
零飘修正:一般按归零检查的深度间隔用线性内插法对测试值加以修正。
原始记录曲线修正:对贯入停顿间歇曲线出现的喇叭口或尖峰,加以圆滑连接。
- b) 绘制触探曲线:比贯入阻力深度(P_s-h)曲线、锥头阻力深度(f_s-h)曲线、侧壁摩擦力深度(R_f-h)曲线、摩阻比深度(F_r-h)曲线;
- c) 划分土层界线:根据静力触探曲线,对土进行力学分层,或参照钻孔分层结合静力触探曲线的形态、数值大小进行土的工程地质分层;
- d) 计算土层贯入阻力:采用算术平均法,或按触探曲线,采用面积法计算钻孔各分层的贯入阻力。

9.1.4 试验的成果应用

静力触探成果主要应用于以下几方面:

- a) 利用锥头阻力和摩阻比进行土层分类;
- b) 采用适用的经验公式确定地基土的承载力和变形模量;
- c) 根据锥头阻力、比贯入阻力,确定砂土的相对密度和内摩擦角;
- d) 根据静力触探实测曲线估算单桩承载力。

9.2 十字板剪切试验

9.2.1 试验条件

原位十字板剪切试验在土体基本保持原位应力条件下进行扭剪,适用于灵敏度 S_i 小于或等于 10 、固结系数 C_v 小于或等于 $100\text{ m}^2/\text{y}$ 的均质饱和软粘性土。对于不均匀土层,特别是夹有薄层粉细砂或粉

土的软粘土,试验会有较大误差,使用时必须谨慎。

9.2.2 技术要求

- a) 十字板的尺寸通常为矩形,高径比(H/D)为2,按表1确定;

表1 原位十字板尺寸

mm

钻孔外径尺寸	直径	高度	叶片厚度	十字板钻杆直径
57.2	38.1	76.2	1.6	12.7
73.0	50.8	101.6	1.6	12.7
88.9	63.5	127.0	3.2	12.7
101.3	92.1	184.2	3.2	12.7

b) 试验时,十字板插入孔底以下的深度大于5倍钻孔孔径,以保证十字板能在不扰动土中进行试验;

c) 凡厚度大于1m的粘性土层均作十字板剪切试验,厚层粘性土层,每隔2m作一次试验;

d) 一般应控制扭剪速率在 $6^{\circ}/\text{min} \sim 12^{\circ}/\text{min}$ 。当扭矩出现峰值或稳定值后,要继续测读1min,以确认峰值或稳定扭矩;

e) 测定最大扭矩后,十字板连续转动6圈以上,待重塑过程1min后测定重塑土的峰值或稳定扭矩。

9.2.3 试验资料整理

- a) 绘制十字板不排水剪切强度深度(C_u-h)曲线;
b) 绘制灵敏度深度(S_r-h)曲线;
c) 绘制各试验点不排水剪切强度—扭转角($C_u-\alpha$)曲线。

9.2.4 试验成果应用

a) 评价现场不排水剪切强度,原位测定的十字板不排水抗剪强度值一般偏高,需经过剪切破坏时间、土的各向异性、土的超固结比等修正。

b) 软土地基承载力用下列经验公式判断:

$$f_k = 2(C_u)_{\text{Field}} + \gamma' h \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: f_k ——地基承载力标准值, kPa;

γ' ——土的天然浮重度, kN/m^3 ;

h ——基础埋置深度, m;

$(C_u)_{\text{Field}}$ ——现场不排水剪切强度, kPa。

c) 单桩极限承载力是桩侧摩阻力及桩端承载力之和,其中桩侧摩阻力按下式计算:

$$f = aC_u \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: a ——折减系数;

C_u ——土的不排水剪切强度, kPa。

桩端承载力按下式计算:

$$q = 9C_u \quad \dots\dots\dots (3)$$

根据 f 和 q 即可计算单桩的极限承载力。

9.3 船上土工试验

在钻探船上,对采集的土样进行土工试验,主要测试项目有:

- a) 袖珍十字板剪切试验;
b) 袖珍贯入仪试验;
c) 含水量;
d) 天然重度;

e) 无侧限压缩试验。

9.4 岩土室内试验

9.4.1 土的物理力学性质试验

- a) 含水量;
- b) 天然重度;
- c) 比重;
- d) 粒度成分;
- e) 液限;
- f) 塑限;
- g) 砂土相对密度;
- h) 碳酸盐含量;
- i) 渗透试验;
- j) 固结试验;
- k) 直剪试验;
- l) 重塑试验;
- m) 静三轴剪切试验;
- n) 动三轴剪切试验。

9.4.2 岩石的物理力学性质试验

- a) 吸水率;
- b) 饱和吸水率;
- c) 饱和极限抗压强度。

9.4.3 试验方法

- a) 土工试验按 GBJ 123—1988 中的第 2 章~第 8 章、第 11 章、第 12 章、第 14 章~第 16 章、第 25 章执行;
- b) 岩石试验按 DLJ 204—1981、SLJ 2—1981 中的规定进行。

9.5 岩、土的分类与命名

- a) 作为建筑场地和地基的岩土分为岩石、碎石土、砂土和粘性土四类;
- b) 岩石按坚固性分为硬质和软质,按风化程度分为微风化、中等风化、强风化。岩石的分类按 JTJ 224—1987 中的附录 8 执行;
- c) 土的分类方法按附录 A(标准的附录)执行,国内项目也可按有关行业标准或规范执行。

10 地震危险性分析

10.1 地震危险性分析

地震危险性分析包括区域(平台场址半径 200 km)和近场(平台场址半径 25 km)地震构造、地震活动性、潜在震源区划分和地震危险性的概率计算。最终给出海上平台场址 50 年超越概率 10%和 0.5% 的地震烈度值和基岩地震动水平峰值加速度。

10.2 设计地震动参数确定

在海上平台场址地震危险性分析的基础上,根据平台场址钻孔覆盖层剪切波速测定和动三轴试验等结果,进行土层地震反应分析,采用钻探确定的基岩面或剪切波速不小于 500 m/s 的界面亦可作为输入面。分析计算出的设计地震动参数,应包括平台场址地表与地下不同深度的地震动峰值加速度和相关反应谱。

根据海上平台抗震设计要求,取 50 年超越概率 10%和 0.5%分别作为海上平台的强度设计和变形设计的概率水准。

10.3 砂土液化判别

当场地分布有饱和砂或饱和粉土时,应判别液化的可能性,并应评价液化危害程度和提出抗液化措施的建议。小于 6 度时,一般情况下可不考虑地震液化。地震作用下的砂土液化,可用下例方法进行判别。

10.3.1 初步判别

饱和的砂土或粉土,当符合下式条件之一时,可初步判别为不液化或不考虑液化影响。

- 地质年代为第四纪晚更新世(Q_3)及其以前时,可判别为不液化土;
- 粉土的粘粒(粒径小于 0.005 mm 的颗粒)含量百分比,7 度、8 度和 9 度分别大于 10、13 和 16 时,可判为不液化土;
- 采用天然地基的结构物,当上覆非液化土层厚度符合下式条件时,可不考虑液化的影响。

$$d_u > d_0 + d_b - 2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: d_u ——上覆非液化土层厚度, m, 计算时宜将淤泥和淤泥质土层扣除;

d_b ——基础埋置深度, m;

d_0 ——液化土特征深度, m。

10.3.2 相对密度判别方法

不液化砂土的相对密度按表 2 确定。表中 g 为重力加速度。

表 2 不液化砂土的相对密度

地面最大加速度 m/s ²	实际不发生液化的相对密度 %	地面最大加速度 m/s ²	实际不发生液化的相对密度 %
0.1 g	$D_r > 53$	0.20 g	$D_r > 78$
0.15 g	$D_r > 64$	0.30 g	$D_r > 90$

10.3.3 抗液化剪应力判别方法

10.3.3.1 地震作用时的等效平均剪应力,按下式计算:

$$\tau_e = 0.65k \frac{a_{\max}}{g} \gamma' d_s \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: τ_e ——地震作用时的等效平均剪应力, kPa;

k ——应力折减系数,按表 3 确定;

a_{\max} ——地面最大加速度, m/s²,按表 4 确定;

γ' ——深度 d_s 的上覆土层的天然浮重度,多层土应分层计算, kN/m³;

d_s ——砂土所处的深度, m;

g ——重力加速度, m/s²。

10.3.3.2 抗液化剪应力由下式计算:

$$\tau = C_r \sigma_v' \left(\frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_a} \right)_{N_{Dr}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中: τ ——砂土的抗液化剪应力, kPa;

C_r ——应力校正系数,按表 5 确定;

σ_v' ——上覆土层自重有效压力, kPa;

$\left(\frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_a} \right)_{N_{Dr}}$ ——相对密度为 D_r 的砂土在等效应力循环次数 \bar{N} 作用下室内动三轴试验的液化应力比, \bar{N} 按表 6 确定;

\bar{N} ——等效应力循环次数;

σ_{dc} ——动应力;

σ_a ——试验时土样固结压力;

D_r ——砂土的相对密度。

表 3 应力折减系数

深度, m	0	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
应力折减系数	1.0	0.985	0.975	0.965	0.955	0.935	0.915	0.895	0.85

表 4 地面最大加速度

设计烈度	7 度	8 度	9 度
a_{\max}	0.075 g	0.15 g	0.30 g
注: g ——重力加速度			

表 5 应力校正系数

相对密度, %	30	40	50	60	70	80	85
应力校正系数	0.52	0.55	0.58	0.61	0.65	0.68	0.70

表 6 不同震级的等效应力循环次数

震 级	等效应力循环次数 N	持续时间 s
5.5~6	5	8
6.5	8	14
7.0	12	20
7.5	20	40
8.0	30	60

10.3.3.3 根据公式(5)和(6)分别计算得到地震剪应力 τ_e 和抗液化剪应力 τ_0 , 当 τ_e 大于 τ 时, 可能液化; 当 τ_e 小于 τ 时, 不可能液化。

11 成果图件与报告书

11.1 成果图件

11.1.1 制图的基本原则

- 反映平台场址的工程地质特征及其变化规律, 资料齐全、数据准确;
- 反映海底稳定性及潜在的灾害地质因素, 以地图的语言形式表示;
- 图面层次清楚、内容丰富、图例协调;
- 图件比例尺, 若无特殊要求, 选用 1:5 000 比例尺。

11.1.2 主要解释成果图件

a) 航迹图: 标注测线位置、测线号、测点号、航迹方向、底质采样站、工程地质钻孔以及拟建平台位置;

b) 水深图: 标注水深值, 按 0.5 m (平缓地形)、1 m 或 2 m (陡倾地形) 间隔作等深线, 等深线每 5 条加粗, 标明水深基准面;

c) 浅层构造图: 主要依据地层剖面探测、高分辨率多道数字地震调查以及工程地质钻探资料综合分析后编制。反映海底以下约 600 m 以内地层与构造面的起伏、褶皱、断裂等构造特征, 等厚度线间隔根据构造面的起伏程度选定;

d) 地质特征图: 主要依据地球物理探测资料分析编制, 反映对平台选址、设计、安装有潜在影响的地质特征和灾害地质因素, 例如断层、滑坡、塌陷、埋藏古河谷、浅层气富集区等的位置、形态、性质、埋深等特征;

e) 地质剖面图: 从断面上综合反映水深、沉积类型、地层结构、构造等重要地质特征, 剖面线一般应通过工程地质钻孔且垂直构造线方向, 平台场址一般编制相互正交的两条地层剖面图, 水平比例尺一般

与平面图的比例尺相同,垂直比例尺根据所反映的剖面深度而定,水平与垂直比例要配置合理;

f) 底质类型图:主要依据表层底质采样以及侧扫声纳、浅地层剖面探测资料综合分析后编制,反映海底表层底质如基岩出露区、砾石、砂、粉砂、粘土等不同类型的底质的空间分布特征;

g) 海底面状况图:主要依据侧扫声纳以及浅地层剖面探测、底质采样资料综合分析后编制,反映海底微地貌、表层物质空间分布以及自然的、人为的障碍物的属性、形状、尺度等要素;

h) 地层等厚度图:主要依据地层剖面探测以及底质采样、工程地质钻探资料综合分析后编制,反映上部沉积层(或声学层)空间变化特征及其底界面的区域起伏状态,按不同的上部沉积层,可相应作出 A 层、(A+B)层……(A+B+……N)的等厚度图,等厚度线间隔为 1 m,或根据实际情况确定。无法连续以等厚度线表示地层厚度变化的地段,则局部可采用厚度数字标注;

i) 钻孔桩状图:桩状图反映地层岩性、结构、构造、接触关系等,其左侧表示工程地质层序、时代、深度;右侧表示沉积环境、土工试验与原位试验资料等。

11.2 成果报告书

11.2.1 成果报告书编写要求

a) 充分反映工程地质勘察取得的资料和成果,重点突出,论据充分,结论明确,阐述清楚;

b) 场址的工程地质条件以及潜在的灾害地质因素作为重点评价;

c) 除主要解释成果图件外,应配以必要的插图、附表和照片。

11.2.2 成果报告书的主要内容

a) 前言:包括任务来源、工作目的、进度安排、工作量、资料质量、主要成果;

b) 场址自然地理概况;

c) 区域地质背景;

d) 地球物理探测及其资料解释:地球物理探测方法与程序、地形地貌特征、海底面状况与障碍物分布、地层层序与空间分布、地质构造特征等;

e) 工程地质条件评价:底质调查、工程地质钻探、工程地质试验、工程地质单元及其土质特性、潜在的灾害地质因素、海底冲淤稳定性;

f) 地震危险性:地震构造环境、地震活动性、地震烈度、场址和地基的地震效应;

g) 结论与建议:场址工程地质条件、地基稳定性、基础型式及其持力层建议、推荐岩、土指标数据。

注:如成果报告书需增加“桩基础”的内容,则可按附录 B 的规定进行桩的设计打入深度、轴向荷载——桩位移和侧向荷载——桩位移的计算分析。

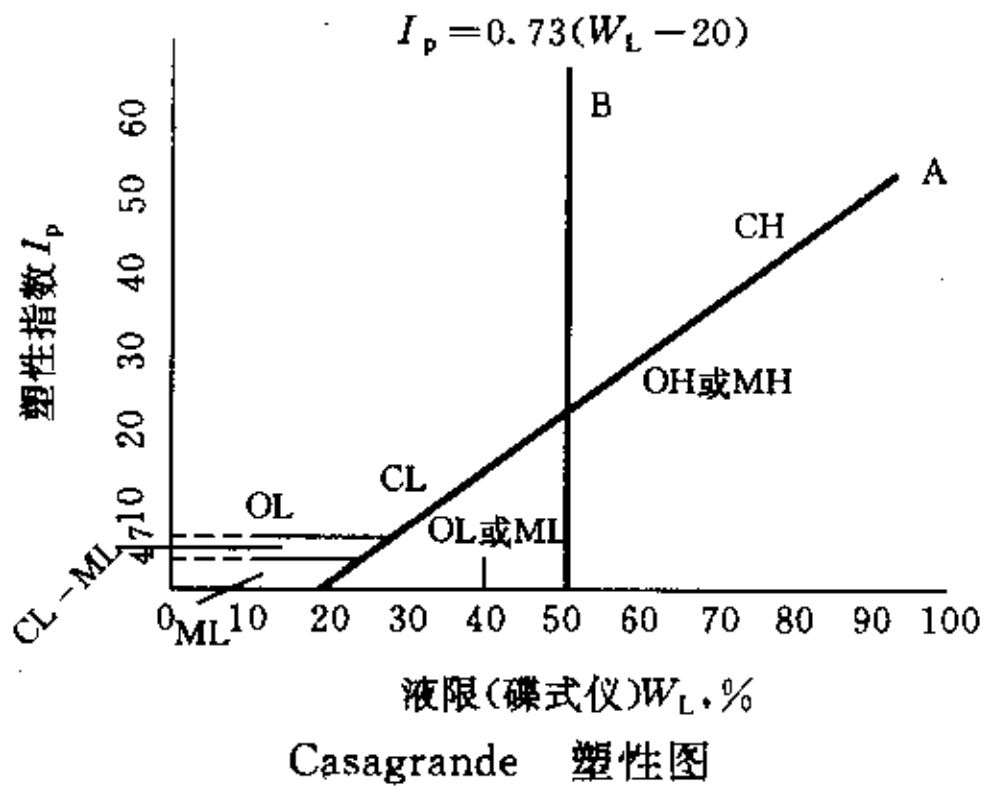
附 录 A
(标准的附录)
土的统一分类与命名

A1 土的统一分类与命名按表 A1。

表 A1 土的统一分类表(据 ASTM D-2487)

大 类			组别符号		代表性土名	粗 粒 土 分 类 标 准		
粗粒土(试样的一半以上大于200号筛)	砾石(粗粒部分的一半以上大于4号筛)	净砾石(细粒土很少或没有)	GW		级配良好的砾石或砾-砂混合物,细粒土很少或没有	1. 根据粒径曲线确定砂和砾的百分数 2. 根据细粒土(小于200号筛粒级)的百分比,粗粒土可分类如下: 少于5%-GW、GP、SW、SP 大于12%-GM、GC、SM、SC5%~12%-界限上下的土,需用双重符号	$C_u>4;$ $1<C_c<3$	不均匀系数: $C_u=\frac{d_{60}}{d_{10}}$
			GP		级配不好的砾石或砾-砂混合物,细粒土很少或没有		对 GW 的所有级配要求均不符合	曲率系数: $C_c=\frac{d_{30}^2}{d_{10}\times d_{60}}$
		混细粒土的砾石(细粒土相当多)	GM	$\frac{d}{u}$	粉土质砾石,砾-砂-粉土混合物		阿太堡(Atterberg)界限在 A 线以下或 $I_p<4$	在 A 线以上,而 $4<I_p<7$ 的土,是界限土下的土,需用双重符号表示
					粘土质砾石,砾-砂-粘土混合物		阿太堡界限在 A 线以上,且 $I_p>7$	
			GC					
		砂(粗粒部分的一半以上小于4号筛)	SW		级配良好的砂或砾砂,细粒土很少或没有		$C_u>6,1<C_c<3$	
	SP		级配不好的砂或砾砂,细粒土很少或没有	对 SW 的所有级配要求均不符合				
	SM		$\frac{d}{u}$	粉土质砂,砂-粉土混合物	阿太堡界限低于 A 线或 $I_p<4$		在框内的界限点, $A<I_p<7$ 是界限上的土,需用双重符号表示	
				粉土质砂,砂-粘土混合物	阿太堡界限在 A 线以上,且 $I_p>7$			

表 A1(完)

大 类		组别符号	代表性土名	细粒土分类标准
细粒土(试样的一半以上小于200号筛)	(液限 ≤ 50 的)粉土和粘土	ML	无机质粉土和很细的砂,岩粉,粉土质或粘土质细砂,或有轻塑性的粘土质粉土	 <p>注:</p> <p>C 为粘质土 M 为粉质土 O 为有机土 H 表示高塑性 L 表示低塑性 A 线以上是无机质土区,以下为粉质土区及有机质土 B 线右方为高塑性土,左方为低塑性土 200 号筛孔径为 0.076mm 4 号筛孔径为 4.76mm</p>
		CL	低到中等塑性的无机质粘土,砾质粘土,砂质粘土,粉土质粘土,瘦粘土	
		OL	有机质粉土和有机质低塑性粉土质粘土	
	(液限 > 50 的)粉土和粘土	MH	无机质粉土,含云母或硅藻土的细砂质土或粉土质土,橡皮粉土	
		CH	高塑性无机质粘土,肥粘土	
	高有机质土	OH	中到高塑性的有机质粘土,有机质粉土	
		Pt	泥炭和其他高有机质土	

附录 B

(标准的附录)

桩-土系统的荷载与位移分析

对于桩式海上固定平台,在桩基础设计时,为使桩基础能承受静荷载、循环荷载和瞬时荷载,不发生过大的变形或振动,应进行桩设计深度、轴向荷载-桩位移和侧向荷载-桩位移的计算分析。

B1 桩的设计打入深度

桩的设计打入深度应能使桩具有足够的能力,以承受最大的轴向计算承载力和上拔力,且具有合理的安全系数。桩的极限承载力可按照本附录 B2 的规定进行计算,或采用以大量可靠资料为依据的其他计算方法计算。桩的允许承载力为极限承载力除以合理的安全系数。安全系数不应小于表 B1 所列数值。

表 B1 不同荷载条件下的安全系数值

荷载条件	安全系数
设计环境条件加适当的钻井荷载	1.5
钻井作业期间的操作环境条件	2.0
设计环境条件加适当的采油作业荷载	1.5
采油作业期间的操作环境条件	2.0
设计环境条件加最小荷载(对上拔情况)	1.5

B2 桩的轴向承载力**B2.1 极限承载力**

静荷载条件下,桩的极限承载力 Q_D 由下式确定:

$$Q_D = Q_t + Q_p = f \cdot A_s + q \cdot A_p \quad \dots\dots\dots (B1)$$

式中: Q_t ——桩侧摩阻力, kN;

Q_p ——桩端承载力, kN;

f ——单位桩侧摩阻力, kPa;

A_s ——桩侧表面积, m^2 ;

q ——单位桩端承载力, kPa;

A_p ——桩端总面积, m^2 。

B2.2 粘性土中的桩侧摩阻力和桩端承载力**B2.2.1 对于粘性土的管桩,沿桩长上任一点的桩侧摩阻力 f 可按下式计算:**

$$f = \alpha C_u \quad \dots\dots\dots (B2)$$

式中: α ——无量纲系数;

C_u ——计算点土的不排水剪切强度。

系数 α 按下式计算:

$$\alpha = 0.5 \Psi^{-0.5} \quad \text{当 } \Psi \leq 1.0$$

$$\alpha = 0.5 \Psi^{-0.25} \quad \text{当 } \Psi > 1.0$$

式中: Ψ —— C_u/P_0' ;

P_0' ——计算点的有效上复土压力, kPa。

B2.2.2 粘性土中的单位桩端承载力 q 可按下式计算:

$$q = 9C_u \quad \dots\dots\dots (B3)$$

在成层粘性土中,桩侧摩阻力 f 按公式(B2)计算。当桩端承载力按公式(B3)计算时,如果桩端所处的粘性土层的相邻的土层相对较软,则桩端距离相邻土层界面应不小于 3 倍的桩径厚度,否则应对计算值作修整。当相邻土层与计算土层的强度相差不大时,就可不考虑桩端与相邻土层界面的距离。

B2.3 非粘性土中的桩侧摩阻力和桩端承载力**B2.3.1 非粘性土中的管桩侧摩阻力可按下式计算:**

$$f = KP_0 \tan \delta \quad \dots\dots\dots (B4)$$

式中: K ——侧向压力系数;

P_0 ——计算点的有效上复土压力, kPa;

δ ——土与桩壁间的摩擦角,度。

对于开口无土塞打入桩,无论是压荷载或拉荷载的情况,均假设 K 值为 0.8。对于形成土塞或端部封闭的桩,可假设其 K 值为 1.0。摩擦角 δ 按表 B2 选取。对于长桩, f 值宜采用表 B2 给出的极限值。

B2.3.2 对于端部支承在非粘性土中的桩,其单位桩端承载力 q 按下式计算:

$$q = P_0 N_q \quad \dots\dots\dots (B5)$$

式中: P_0 ——桩尖处的有效上复土压力, kPa;

N_q ——承载力系数。推荐的 N_q 值见表 B2。

对于密度和类别不在表 B2 所列范围的土,在选择设计参数时,应进行专门的实验或现场实验。

表 B2 非粘性硅质土的设计参数

密度	土的类别	土-桩间摩擦角 (°)	极限桩侧摩阻力值 kPa	承载力系数	极限单位桩端承载力值 MPa
极松 松 中密	砂 砂质粉土 粉土	15	47.8	8	1.9
松 中密 密实	砂 砂质粉土 粉土	20	67.0	12	2.9
中密 密实	砂 砂质粉土	25	81.3	20	4.8
密实 极密	砂 砂质粉土	30	95.7	40	9.6
密实 极密	砂砾 砂	35	114.8	50	12.0
注 1 表中所列参数为推荐值。在能取得实验资料的情况下,可以采用实验值。 2 “砂质粉土”其强度通常随含沙量的增加而增加,随含粉粒量的增加而减小					

B2.3.3 对于非粘性土中的小于钻孔孔径的打入桩,其 f 和 q 值的确定,应采用考虑到施工安装造成土扰动的方法,但其值不应超过打入桩的值。表 B2 的 f 和 q 亦可用于钻孔灌注桩,但要考虑土和灌浆界面的粘结强度。

B2.3.4 对于成层的非粘性土层桩侧摩阻力 f 值在表 B2 给出的范围内。当桩端承载力采用表 B2 的推荐值时,如果桩端所处的非粘性土层的相邻土层较软,则桩端距离相邻土层的层界面不小于 3 倍桩径的厚度,否则应对表列数据进行修改。如果相邻土层与桩端所处的非粘性土层的强度相差不大,则可不考虑桩端与相邻土层界面的距离。

B2.4 岩层中灌注桩的侧摩阻力和桩端承载力

对于岩层中的钻孔灌注桩,其单位桩侧摩阻力不应超过岩石或灌浆的三轴抗剪强度,桩侧极限摩阻力值可取为钢桩同灌浆之间的极限固结强度。

岩层的桩端承载力应根据其三轴剪切强度和可靠的承载力系数来确定,并不得超过 9.6 MPa。

B3 桩的轴向抗拔力

桩的极限抗拔力可等于或小于但不得大于桩的总侧摩阻力 Q_t 。在分析确定桩的极限抗拔力时,应考虑包括静水上浮力和土塞重量在内的桩的有效重量。对于粘性土, f 值应与公式(B2)规定值相同。对于非粘性土, f 值根据公式(B4)的规定计算。对于岩层, f 值应与 B2.4 的规定值相同。

桩的抗拔力应为极限抗拔力除以安全系数。

B4 轴向荷载-桩位移分析

在任一深度的动员的桩-土的剪力传递和桩的局部位移的图形关系可以用 $t-z$ 曲线来表示,同样,可动员的端部承载力和端部的轴向位移可以用 $Q-z$ 曲线来表示。

B4.1 轴向荷载传递曲线($t-z$)

粘土和砂土中桩的轴向荷载传递曲线见图 1。

图 B1 中: Z ——桩的局部位移, mm;

D ——桩的直径, mm;

t ——可动员的桩-土粘结力, kPa;

t_{\max} ——桩土的最大粘结力或由本附录 B2 所计算的桩的单位桩侧摩阻力, kPa。

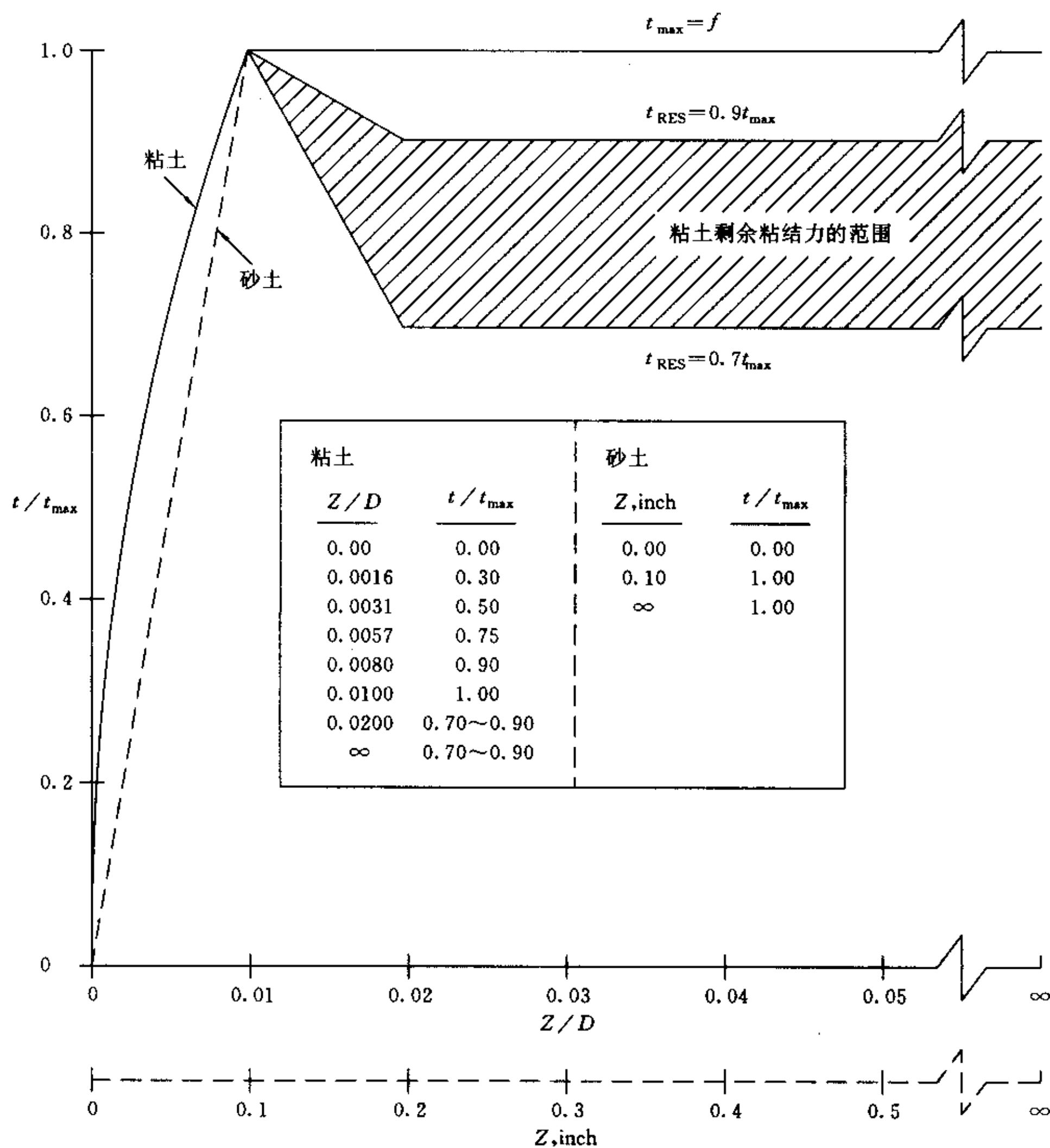


图 B1 桩的轴向荷载传递-位移($t-z$)曲线

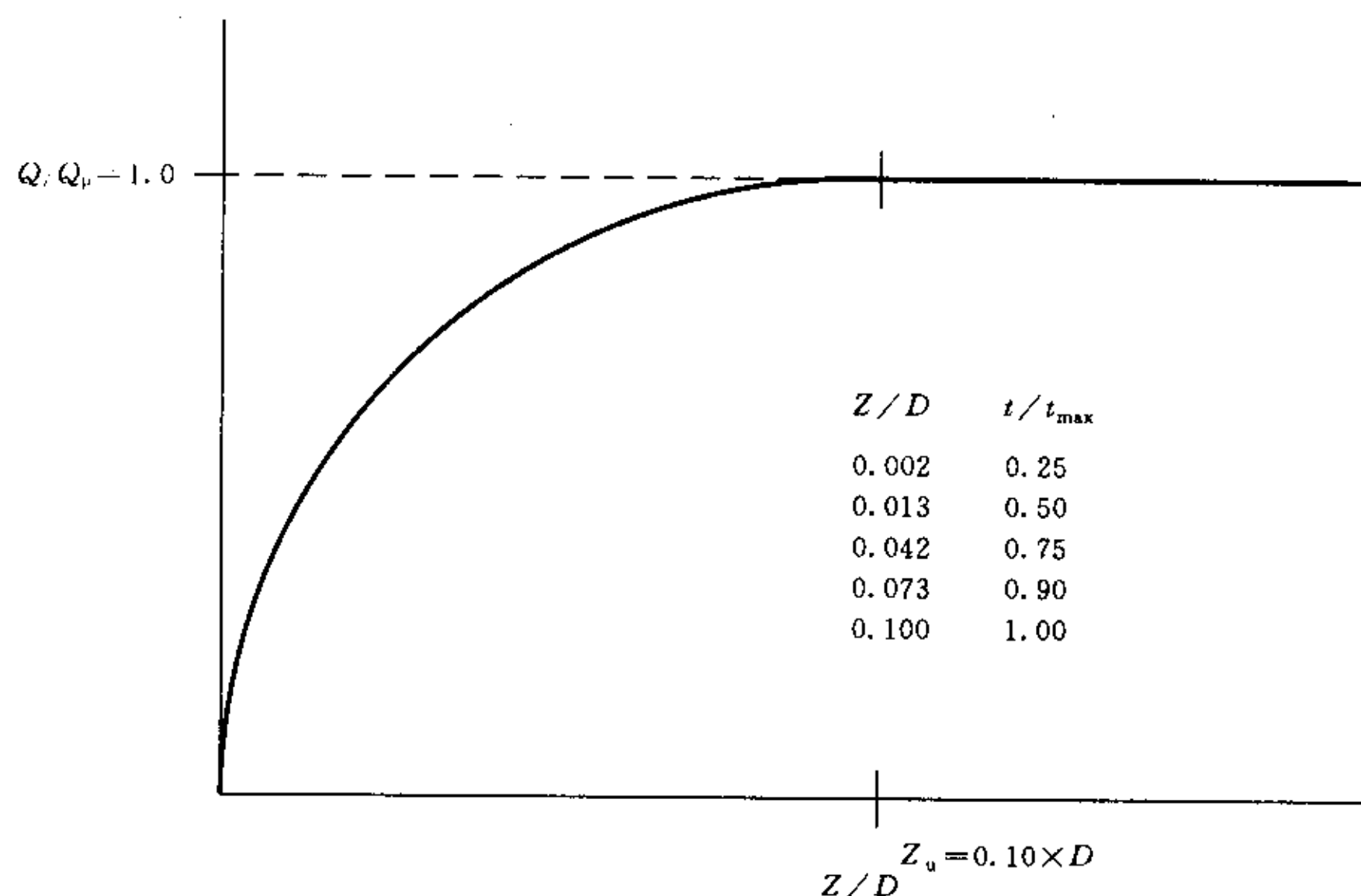


图 B2 桩端荷载-位移(Q-z)曲线

桩的轴向位移 Z_{res} 处的剩余粘结力的比值 t_{res}/t_{\max} 与土应力-应变特性、应力历史、桩的安装方法、桩的加载顺序及其他因素有关。 t_{res}/t_{\max} 的范围从 0.70 到 0.90。

B4.2 桩端荷载-位移曲线

桩端承载力是随着桩端位移增大而逐渐发挥出来的,当桩端位移达到桩径的 10% 时,才能完全使粘土和砂土中的端部承载力起作用。粘土和砂土中的桩端荷载与桩位移(Q-z)均可采用图 B2 的曲线和数值。

图 2 中: z ——桩的轴向位移, mm;

D ——桩的直径, mm;

Q ——可动用的桩端承载力, kN;

Q_p ——根据本附录 B2 计算的桩端承载力, kN。

B5 侧向荷载-桩位移分析

B5.1 软粘土的侧向承载力

软粘土的极限单位侧向承载力 P_u 在 $8C_u$ 和 $12C_u$ 之间变化。循环荷载作用下会使侧向承载力下降而低于静荷载下的数值。极限单位侧向承载力可按式计算。

当 X 从 0 增加到 X_R 时, P_u 根据下式从 $3C_u$ 增加至 $9C_u$:

$$P_u = 3C_u + \gamma'X + JC_uX/D \quad \dots\dots\dots (B6)$$

$$P_u = 9C_u \quad \text{对于 } X \geq X_R \quad \dots\dots\dots (B7)$$

式中: P_u ——极限单位侧向承载力, kPa;

C_u ——不排水抗剪强度, kPa;

D ——桩直径, mm;

γ' ——土的水下浮重度, MN/m³;

J ——无量纲经验常数, 变化范围为 0.25 至 0.5;

X ——泥面以下深度, mm;

X_R ——泥面以下至土承载力减小区底部的深度, mm。对于强度不随深度变化的情况, 对公式 (B6) 和 (B7) 联立求解, 得出:

$$X_R = \frac{6D}{\gamma'D/C_u + J} \quad \dots\dots\dots (B8)$$

对强度随深度变化的情况,可通过绘制两公式的曲线(即 P_u 对深度)来求解公式(B6)和(B7)。两曲线的第一个交点就是 X_R 。这个由经验得出的关系式不适用于土强度变化不规则的情况。在一般的情况下, X_R 的最小值约为桩直径的 2.5 倍。

B5.2 软粘土的荷载-位移(p - y)曲线

桩在软粘土中的侧向荷载-位移关系通常是非线性的。对于短期静荷载作用下的情况, p - y 曲线可采用下列数据:

P/P_u	Y/Y_c
0	0
0.5	1.0
0.72	3.0
1.00	8.0
1.0	∞

注: P ——实际侧向土抗力, kPa;

Y ——实际侧向位移, mm;

Y_c —— $2.5 \epsilon_c D$, mm;

ϵ_c ——土样在不排水压缩试验时,其应力达到最大应力的一半时的应变。

对于在周期性荷载下已达到平衡状态的 p - y 曲线,可采用下列数据:

$X > X_R$		$X < X_R$	
P/P_u	Y/Y_u	P/P_u	Y/Y_u
0	0	0	0
0.5	1.0	0.5	1.0
0.72	3.0	0.72	3.0
0.72	∞	$0.72X/X_R$	15.0
		$0.72X/X_R$	∞

B5.3 硬粘土的侧向承载力

对于侧向静荷载,硬粘土($C_u > 96$ kPa)的极限承载力 P_u 同软粘土一样,在 $8 C_u$ 和 $12 C_u$ 之间变化。由于它在周期性荷载作用下强度迅速降低,因此,在周期性荷载下设计时应低于侧向静荷载作用下的极限承载力值。

B5.4 硬粘土的荷载-位移(P - Y)曲线

虽然硬粘土也具有非线性的应力-应变关系,但比软粘土具有更大的脆性。在建立硬粘土的应力-应变曲线,以及在周期性荷载作用下的 P - Y 曲线时,应对大变形情况下硬粘土承载力的迅速退化作出恰当的判断。

B5.5 砂土的侧向承载力

砂土的极限侧向承载力,在公式(B9)及(B10)所确定的值间变化,前者为浅层的数值,而后者为深层的数值。在给定的深度处,应采用得到较小 P_u 值的公式来计算。

$$P_{us} = (C_1 X + C_2 D) \gamma' X \quad \dots\dots\dots (B9)$$

$$P_{ud} = C_3 D \gamma' X \quad \dots\dots\dots (B10)$$

式中: P_u ——极限承载力, kN, P_u 的下角标 s 为浅层, d 为深层;

γ' ——土的水下浮重度, kN/m³;

X ——深度, m;

ϕ' ——砂土的内摩擦角, 度;

C_1, C_2, C_3 ——是 ϕ' 的函数, 按 SY/T 10009—1996 图 G8-1 确定;

D ——从泥面至给定深度的平均桩直径, m。

B5.6 砂土的荷载-位移(P - Y)曲线

砂土的侧向荷载-位移(P - Y)关系也是非线性的,可按下式确定任何给定深度 X 的近似值:

$$P = AP_u \tanh \left[\frac{KX}{AP_u} Y \right] \dots\dots\dots (B11)$$

式中: A ——考虑周期性的或静荷载的系数。由下式计算:

$$A = 0.9 \quad \text{对于周期性荷载}$$

$$A = [3.0 - 0.8(X/D)] \geq 0.9 \quad \text{对于静荷载}$$

P_u ——深度 X 处的极限承载力, kN/m;

K ——地基反力初始模量, kN/m³, 是内摩擦角 ϕ' 的函数, 按 SY/T 10009—1996 图 G8-2 确定;

Y ——侧向位移, m;

X ——深度, m。