SL

中华人民共和国行业标准

P　　SL/T　188—96

堤防工程地质勘察规程

Code of geological investigation for levee project

1997—02—13 发布　　1997—05—01 实施

中华人民共和国水利部　发布

中华人民共和国行业标准

堤防工程地质勘察规程

SL/T 188—96

主编单位:湖南省水利水电厅
批准部门:中华人民共和国水利部

中华人民共和国水利部
关于批准发布《堤防工程地质勘察规程》SL/T 188—96 的通知

水科技[1997]47 号

根据部水利水电技术标准制定、修订计划,由水利水电规划设计总院主持,湖南省水利水电厅为主编单位制定的《堤防工程地质勘察规程》,经审查批准为水利行业标准,现予以发布。标准的名称和编号为:

推荐性标准《堤防工程地质勘察规程》SL/T 188—96。

本标准自 1997 年 5 月 1 日起实施。望各单位注意结合实际,总结经验,如有问题请函告水利部水利水电规划设计总院,由其负责解释。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

1997 年 2 月 13 日

目　　次

1　总则 …… (4)
2　勘察任务 …… (4)
2.1　新建堤防工程 …… (4)
2.2　已建堤防加固工程 …… (5)
2.3　堤防工程施工地质工作 …… (5)
3　勘察内容 …… (5)
3.1　新建堤防工程 …… (5)
3.2　已建堤防加固工程 …… (6)
3.3　堤防工程施工地质工作 …… (7)
4　勘察方法 …… (7)
4.1　准备工作 …… (7)
4.2　工程地质测绘 …… (8)
4.3　工程物探 …… (9)
4.4　钻探 …… (9)
4.5　水文地质试验及长期观测 …… (11)
4.6　岩土试验 …… (12)
4.7　原位测试 …… (13)
5　不良土堤基勘察 …… (14)
5.1　软土 …… (14)
5.2　砂土 …… (14)
5.3　盐渍土 …… (15)
5.4　膨胀土 …… (15)
5.5　人工填土 …… (16)
6　天然建筑材料勘察 …… (16)
7　勘察成果 …… (17)
7.1　一般规定 …… (17)
7.2　地质报告正文、附图和附件 …… (17)
7.3　原始资料归档 …… (19)
附录 A　标准贯入试验成果的应用 …… (20)
附录 B　静力触探资料的应用 …… (23)
附加说明 …… (26)

1 总 则

1.0.1 为统一堤防工程地质勘察程序,明确勘察内容、方法和要求,保证勘察成果质量,特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于江、河、湖、海3级(含3级)以上新建堤防及已建堤防加固工程的地质勘察。跨堤、穿堤建筑物工程地质勘察,按相应规模水利水电工程地质勘察规范执行。

1.0.3 堤防工程地质勘察的任务是查明堤防工程区或已建堤防堤身和堤基的工程地质与水文地质条件,为工程规划选线、设计、施工或堤防加固提供地质资料。

1.0.4 堤防工程地质勘察,应重视调查研究和总结历史经验,充分利用已有资料,采用综合勘察手段或工程地质类比的方法。

1.0.5 堤防工程地质勘察阶段的划分应与工程设计阶段相适应。

新建堤防的工程地质勘察可分为规划、可行性研究、初步设计和施工图设计四个阶段。已建堤防加固工程地质勘察可分为可行性研究和初步设计两个勘察阶段。必要时还可进行施工地质工作。地质条件简单或勘察目的单一的堤防工程,经勘察设计主管或审批单位同意,勘察阶段可适当简化。

1.0.6 堤防工程地质勘察,应按勘察任务书进行。勘察任务书应明确勘察阶段、勘察目的、勘察成果、勘察工期和对勘察工作的要求等。

1.0.7 勘察单位应在研究勘察任务书内容、搜集分析已有资料和进行现场查勘的基础上,按照本规程的基本原则,结合工程实际编制勘察工作大纲。

1.0.8 堤防工程地质勘察工作除应遵守本规程外,还应符合现行的国家标准、行业标准中的有关规定。

2 勘察任务

2.1 新建堤防工程

2.1.1 规划阶段的勘察应完成下列任务:

(1)搜集各堤线方案地区的区域地质资料。

(2)了解各堤线方案地区的基本地质条件和主要工程地质问题。

(3)了解天然建筑材料的分布概况。

2.1.2 可行性研究阶段的勘察应在规划选定方案的基础上完成下列勘察任务:

(1)调查区域地质构造情况,进行区域构造稳定性评价。

(2)基本查明堤防工程方案各工程地质单元(段)堤基及邻近区的工程地质条件,并对有关的主要工程地质问题作出初步评价。

(3)初步预测堤防挡水后可能出现的环境工程地质问题。

(4)进行天然建筑材料勘察。

2.1.3 初步设计阶段的勘察应在可行性研究阶段选定的堤线方案的基础上完成下列勘察任务:

(1)查明堤防沿线各工程地质单元(段)的工程地质条件,并对堤基抗滑稳定、渗透稳定和抗冲能力等工程地质问题作出评价。

(2)预测堤防挡水后堤基及堤内相关地段水文地质工程地质条件的变化,并提出相应处理措施

的建议。

(3)进一步进行天然建筑材料勘察。

2.1.4 施工图设计阶段应进行初步设计审批中要求补充论证和施工开挖中出现的重大专门工程地质问题勘察,为优化堤防工程设计提供地质资料。

2.2 已建堤防加固工程

2.2.1 可行性研究阶段的勘察应为堤身、堤基稳定现状的评价和加固方案的选定完成下列勘察任务:

(1)搜集分析堤段的工程地质、施工记录以及隐患情况等资料。

(2)基本查明拟加固堤段的工程地质水文地质条件及挡水后的变化。

(3)基本查明拟加固堤段堤身的工程特性。

(4)基本查明堤身、堤基隐患的性质、分布范围。

2.2.2 初步设计阶段的勘察应完成下列勘察任务:

(1)查明拟加固堤段的工程地质水文地质条件,提供有关岩土物理力学性质参数。

(2)查明拟加固堤段、堤身的结构和堤基的处理情况。

(3)查明堤身、堤基隐患的类型、规模、分布范围,分析其成因和危害程度。

(4)进行天然建筑材料勘察。

2.3 堤防工程施工地质工作

2.3.1 对工程规模较大、地质条件复杂,或有特殊要求的堤防工程,必要时应由工程建设单位组织进行施工地质工作。

2.3.2 堤防工程施工地质工作应完成下列任务:

(1)检验与修正前期勘察资料。

(2)进行施工地质编录。

(3)预测、预报施工中可能出现的不良地质现象。

(4)参加与地质有关的工程验收。

3 勘察内容

3.1 新建堤防工程

3.1.1 规划阶段的勘察应包括下列内容:

(1)了解堤防工程区的地形地貌特征、微地貌类型,特别是岸坡型态、冲淤变化、水系特点和淹没范围等,注意古河道、古冲沟、渊、潭、塘的埋藏分布情况。

(2)了解堤线附近主要地层成因类型、岩土性质、产状与分布概况,注意软土层、粉细砂层、膨胀土层、黄土层、冻土层、易崩解土层、盐渍土层、人工杂填土层、卵、砾石强透水层及裂隙发育、易风化、软化或喀斯特发育的岩层。

(3)了解对工程有影响的不良地质现象概况,注意大滑坡、泥石流等。

(4)了解地下水类型和分布概况。

(5)了解区域稳定性和历史地震背景和震情。

(6)了解堤防工程区附近天然建筑材料分布情况。

3.1.2 可行性研究阶段的勘察应包括下列内容:

(1)基本查明堤线区地形地貌单元、微地貌类型、特征及分界线,河、湖变迁情况,注意古河道、古冲沟、渊、潭、塘、砂丘等的分布位置、规模及特性。

(2)基本查明各地层成因类型、地质年代、结构组成、岩土性质、分布规模、埋藏条件、岩土接触面状况、起伏变化、岩层产状、风化程度及节理裂隙发育状况。重点是堤基范围内的软土层、粉细砂层、膨胀土层、黄土层、冻土层、易崩解土层、盐渍土层、人工杂填土层、卵砾石层及易风化、软化岩层的分布范围及其物理力学性质,分析其与地貌单元的联系。

(3)基本查明喀斯特发育特征,论证其对堤基渗漏的影响程度。

(4)基本查明穿越工程区的地质构造及不良物理地质现象的发育程度、形成原因及分布范围。

(5)基本查明透水层的性质和渗透特性,地下水类型、水位(水头)变化规律、补排条件、与地表水体的关系,堤基相对隔水层的埋藏条件和特性。

(6)评价工程区域构造稳定性,确定地震基本烈度。

(7)勘察天然建筑材料。

3.1.3 初步设计阶段勘察应包括下列内容:

(1)查明堤基地层结构、各层分布深度、厚度及垂直、水平方向的变化规律。注意软土层、粉细砂层、膨胀土层、黄土层、冻土层、易崩解土层、盐渍土层、人工杂填土层、强透水卵石和砾石层以及腐植土层、含沼气层等分布情况及其性状,浅埋基岩的特性,堤基持力土(岩)层的物理力学性质,对砂土的震动液化、软土的稳定性进行评价。

(2)查明堤基喀斯特发育的一般规律和分布位置,论证其对堤基渗漏的影响。

(3)查明堤基相对隔水层和透水层的埋深、厚度和特性,注意与江、河、湖、海相通的堤基透水层。

(4)查明工程区内埋藏的古河道、古冲沟、渊、潭、塘、古墓、土洞、喀斯特洞穴等的特性、分布范围,危及堤线的滑坡、崩塌、砂丘、岸边冲刷等不良地质现象的分布位置、规模和发育程度。

(5)调查沿线泉、井分布位置及水位、流量变化规律,查明地下水的物理性质和化学成份。

(6)进一步勘察天然建筑材料。

3.1.4 施工图设计阶段勘察内容应根据工程的具体情况确定,应包括初步设计审批中要求补充查明的专门工程地质问题和施工开挖中新发现的工程地质问题。

3.2 已建堤防加固工程

3.2.1 可行性研究阶段的勘察应包括下列内容:

(1)调查拟加固堤段、堤身、堤基病害险情性质,分布位置,出险和抢险情况,临时加固措施及效果。

(2)基本查明拟加固堤身、堤基土体性质,渗透特性,堤基及堤内外地层结构、冲沟情况。

3.2.2 初步设计阶段的勘察应包括下列内容:

(1)调查堤身、堤基病害险情,包括堤身滑坡、开裂、塌陷、渗水、管涌流土、砂沸、淘刷,以及其他各种病害险情和不良地质现象的分布位置、范围、特征、险情成因、发生险情过程、抢险措施及效果,回填材料特点,险情发展趋势,调查护坡护岸工程现状,调查外坡堤脚地形及微地貌特征、堤外州滩宽度、决口冲刷坑、决口扇情况。

(2)查明拟加固堤身填料颗粒组成,物理力学特性、渗透特性、临时抢险加固堤段填料性质、新老填料结合情况、决口口门淤积物特性。

(3)查明拟加固堤基地层结构、各层分布深度、厚度、变化规律及其物理力学性质,渗透特性、渗透稳定特性,有无强透水层与堤外水体相通;查明埋藏的古冲沟、淤塘、决口口门、古墓,洞穴、临时堵体等的分布位置、特征及其规律,查明因出险而引起的堤基地质条件变化情况。

(4)查明拟加固堤段堤基隔水层、含水层层位及特性,调查堤线附近泉、井水位,流量变化情况,手摇机井穿过地层情况、沿堤水塘蓄水及渗漏特点、海潮情况及已有的长期观测资料。

(5)调查堤线漫滩阶地情况、淘金挖砂情况,当地制砖土料来源及质量,堤防白蚁、鼠、獾洞穴发育情况及人为破坏堤防情况。

3.3 堤防工程施工地质工作

3.3.1 堤防工程施工期间应收集、编录施工开挖揭露的重要地质现象及有关情况,主要包括岩(土)层分界线,渗水点位置、流量、携出物情况,堤基表土层和不良地质现象处理情况等。

3.3.2 堤防工程施工期间,应根据开挖揭露的实际地质情况,检验、修正原岩土物理力学性质参数,必要时应选择代表性填料进行质量控制试验或进行现场原位测试。

3.3.3 堤防工程施工期间应进行有关地质问题的观测和预测,主要包括软土区筑堤后堤身沉降堤脚隆起位移变形及边坡稳定情况的观测,运行期可能产生不良环境地质现象类型和危害性的预测,并提出预防措施的建议。

3.3.4 施工地质工作人员应参加堤基、加固除险工程验收及堤身质量检查,对堤基和病害清理、填筑及处理质量,附近料场整复情况提出地质鉴定意见。

3.3.5 施工地质工作人员应提出施工期和运行期地质监测的建议。

4 勘察方法

4.1 准备工作

4.1.1 勘察准备工作应包括搜集整理工程及地质资料、进行现场踏勘与调查、制定勘察计划与勘察工作大纲,以及准备各种勘察设备、测试仪器与其他勘察器材等。

4.1.2 勘察单位应根据勘察任务书的要求,搜集、整理、分析与工程有关的资料:

(1)区域地形地质资料,即地形图、地质图、第四纪地质图、工程地质图、水文地质图、航片卫片等遥感图像资料,河、湖发育史、古河道、古冲沟、渊、潭、塘分布图,历史地震和地震基本烈度资料。

(2)工程区资料,即堤防工程的前期勘察成果和该区与堤防有关的已建其他工程的勘察资料。

(3)工程运行档案资料,对拟加固堤防,尚应搜集工程现状,特别是各类险情、隐患资料,原施工地质资料,临时抢险加固资料,堤身结构资料,以及堤身和附近水文地质观测资料。

4.1.3 现场踏勘与调查是勘察准备工作的重要组成部分,在踏勘中应重点调查了解下列情况:

(1)工程区的地形地貌与基本地层分布情况,工程区及外围可能发生与存在的不良地质现象,拟新建堤防各方案的位置。

(2)已建堤防拟加固段现状,隐患险情位置、性质、规模、发生发展过程及危害情况。

(3)工程区及外围的交通条件、工作生活条件,植被情况及主要勘察点的场地条件等。

4.1.4 勘察工作大纲应包括下列内容:

(1)工程名称、地点、任务来源。

(2)勘察阶段、目的与要求。

(3)工程概况、规划设计意图、规模等级、勘察工作重点。

(4)勘察区地形地貌和地质概况,其中包括不良工程地质现象与已建堤防堤身、堤基隐患情况。

(5)勘察工作内容,主要包括工程地质测绘、勘探、原位测试、岩土试验、长期观测等的计划工作量和要求,以及应重点分析、评价的工程地质问题。

(6)勘察工期、勘察程序、日程安排、人员配备、技术装备、经费预算及注意要点。

(7)成果的项目、名称、数量、技术要求。

(8)附件的项目、名称、数量等。

4.1.5 勘察工作大纲,应按技术管理规定报批后执行。

4.2 工程地质测绘

4.2.1 各勘察阶段都应进行工程地质测绘。

4.2.2 工程地质测绘的内容与要求,应与勘察阶段相适应。新建堤防工程规划阶段应进行地质调查;可行性研究阶段应进行平面或结合勘探进行剖面地质测绘;初步设计阶段应在地质测绘的基础上,针对地质条件复杂的局部地段进行补充平面或剖面地质测绘;施工图设计阶段应根据需要进行补充平面或剖面地质测绘。已建堤防加固工程可行性研究和初步设计勘察应在拟加固堤防进行专门平面或剖面地质测绘。

4.2.3 新建堤防工程规划阶段地质调查一般沿规划方案线路进行,调查范围包括线路两侧各 500～2000 m,主要调查了解工程区的重要地质现象,对已搜集资料进行现场复核,对观察和调查到的情况进行记录、测绘、素描或摄影。

4.2.4 新建堤防工程可行性研究阶段地质调查或工程地质测绘应在规划选定的堤线方案区进行。调查、测绘范围包括堤线两侧各 500～1000 m,主要调查研究工程区及其相邻地区的工程地质、水文地质条件。工程地质测绘宜在各地质单元(段)的代表性地段进行。每一地质单元(段)均应有地质纵、横剖面,并宜与勘探剖面相结合。横剖面间距宜为 200～500 m。对规划选定的堤线总体方案局部略有变动的地段或测绘中发现有隐伏古河道、古冲沟、渊、潭、塘等重大地质问题时,应进行平面地质测绘并增加布置纵、横剖面,横剖面宽度应达堤内外工程影响区。

4.2.5 新建堤防工程初步设计阶段工程地质测绘,应在可行性研究阶段工作的基础上进行补充工作,并针对堤线主要工程地质问题选择重点地段进行平面或剖面地质测绘。测绘范围应包括堤防工程区及堤防挡水后的影响区。测绘剖面应与勘探剖面相结合。横剖面间距视地质条件复杂程度可在 50～200 m 的范围选定。

4.2.6 新建堤防工程施工图设计阶段应根据拟补充查明的工程地质问题性质,进行补充平面或剖面地质测绘。

4.2.7 已建堤防加固工程地质测绘,应根据隐患险情的特征、性质、规模、危害性进行专门性平面或剖面工程地质测绘。滑坡、渗漏、渗透变形等病害严重地段,应进行专门性平面地质测绘。平面测绘的范围应包括与隐患险情有关的影响范围。纵剖面一般沿堤顶布置,必要时应在堤内、外加布纵剖面。横剖面的间距根据拟加固堤段长度及问题而在 50～200 m 的范围选定。沙基管涌段、溃口段、扒口分洪段、较大渊、潭、塘段,崩岸坍塌段、堤基滑移变形段和天然沟口段应增加地质剖面。横剖面的长度在软土区应达到内外反压平台以远 50～100 m;在粉土、砂土区,砂卵石强透水段,应达堤内外附近河(湖、海)床最低位置。

4.2.8 地质测绘比例尺可按表 4.2.8 执行。

表 4.2.8 地质测绘比例尺表

勘察阶段 / 地质条件	规划	可行性研究	设计（初步设计、施工图设计）	堤防加固设计
简单	可不进行	线路地质调查 1/50000～1/100000	剖面图： 1/200～1/1000	
中等	线路地质调查 1/50000～1/100000	平面图： 1/50000～1/100000 剖面图： 1/200～1/1000	平面图： 1/2000～1/5000 剖面图： 1/100～1/500	
复杂	线路地质调查 1/25000～1/50000	平面图： 1/25000～1/50000 剖面图： 1/200～1/1000	平面图： 1/2000～1/5000 剖面图： 1/100～1/500	平面图： 1/1000～1/5000 剖面图： 1/100～1/500

4.3 工程物探

4.3.1 堤防工程物探为重要辅助勘察方法，应与钻探等手段结合运用。

4.3.2 堤防工程物探主要应完成下列工作：

(1)探测基岩埋藏深度和断层破碎带位置。

(2)探测地层岩性分布及厚度。

(3)探测含水导层及相对隔水层分布及厚度，地下水流向、流速及渗透系数和潜水水面位置。

(4)探测已建堤防的洞穴、裂缝、决口口门、古河道、古冲积扇、滑面、渗漏段等隐患病害部位。

(5)测定岩、土的电阻率、地层密度、孔隙度、波速等参数。

4.3.3 工程物探可在其他勘探工程开始前结合地质测绘进行，根据探测目的和地质条件复杂程度，选用探测方法，并应利用已有勘探资料，以验证、修正物性异常区的解释成果。常用工程物探方法的适用探测项目和适用条件可按表 4.3.3 执行。

4.4 钻探

4.4.1 钻探是堤防工程地质勘察的重要方法，钻孔除揭示土(岩)层结构及分布情况外，还应进行原状土样采取、孔内原位测试和地下水位观测等。

了解堤基工程地质条件和查明堤身隐患都应以钻探控制。

4.4.2 堤防工程勘探剖面和钻孔应在工程地质测绘和物探工作的基础上布置，并遵守下列原则：

(1)勘探纵剖面应沿堤防中心线布置。在勘探纵剖面上，每一工程地质单元(段)都应有钻孔控制，钻孔间距视勘察阶段、堤防等级、地质条件复杂程度和工程地质单元(段)划分情况而定，可行性研究阶段孔距宜为 500～1000 m，初步设计阶段 100～500 m。工程地质单元(段)交接处和刚性堤防应适当增加钻孔。

(2)勘探横剖面应根据各工程地质单元(段)地质条件和设计需要布置。在横剖面上的钻孔布置，以能满足堤防抗滑和渗透稳定计算为原则，钻孔数量和孔距视地质条件复杂程度而定，一般堤顶 1 孔，堤外 1～2 孔，堤内 2～3 孔，孔距 20～100 m。地质条件简单时，钻孔数量可适当减少。横剖面长度应包括堤基和内外影响区。

(3)拟建涵闸及其他建筑物位置应布设钻孔，孔距根据需要确定。

表 4.3.3 常用工程物探方法适用探测项目及适用条件表

方法 \ 适用探测项目		覆盖层厚度、基岩埋深	风化层厚度	含水层埋深、厚度及分布	古河道古冲洪积扇位置范围	洞穴位置、范围、形态	滑动面位置	断层破碎带位置	地下水流速流向	渗漏地段位置	渗透系数	抽水影响半径	潜水面位置	岩性分层界面	测定岩土波速	测定地层孔隙度	测定地层密度	适用条件
电法勘探	电测深法	○	○	○	○	○	○	△						△		△		有一定延伸规模而且层位稳定的电性标志层，地电层次不多，相邻电性层有显著的电阻率差异，水平方向电性稳定，电性层和地质层基本一致，与地面交角小于 20°，各层厚度相对于埋深不太小，地形平坦。探测目的层上方无电阻率极高或极低的屏蔽层，无工业游散电流和大地电流干扰
	电剖面法	△			△	○		○		○				○				被探测欲分区的地层电性有显著差异，电阻率稳定或有一定的变化规律，地质体的分布有一定的规模，接触界面大于 30°，覆盖层较薄，地形平坦，无工业游散电流或大地电流干扰
	自然电场法							△	△	○		△		△				地下水埋深浅，渗透速度足够大，有一定矿化度，不同岩性有较大的接触电位差，电极接地条件良好，地形起伏不大，无游散电流影响
	充电法					△			○									含水层不深，层数不多，金属套管在地下水位以上，地下水矿化度低，有较大的流速，覆盖层电阻率均匀，有良好的接地条件，无游散电流干扰，地形平缓，低电阻率地质体延伸长度大于埋深
	激发极化法			○	○					△								探测对象要有足够的规模，不能有局部富集形式存在的电子导体的干扰，测区背景值的变化要相对稳定，接地条件好，无游散电流干扰，地形平缓
地震勘探	浅层折射波法	○	○	△			○	○					△	○	○			通常采用折射波法。要求被探测的层位有一定的厚度，波速大于上覆诸层位的波速层面相对地面的视倾角 $<(90-i)$。(i 为折射波临界角)，界面两侧介质的波阻抗有明显差异，介质均匀，波速稳定，层面起伏不大，地形起伏小
	浅层反射波法	○	○	△			○	○					△		○			
	透射波法					○									○			
	瑞利波法					△												
放射性勘探								△									△	
地质雷达						○								△				
测井	电测井		△	○				△	△	○	○			○		△		无套管有井液
	声波测井		△					△								○		无套管有井液
	放射性测井	△	△											○		○	○	有无套管和井液均可
	同位素示踪法			○		○			○	○	△							

注 “○”主要方法；“△”配合方法。

4.4.3 加固堤防工程的下列位置应布置钻孔：

(1)砂基管涌、流土等险情段。

(2)历史决口地段或堤后有决口冲刷坑地段。

(3)堤身有渗水、漏水、裂缝、滑坡、塌陷、跌窝等险情段。

(4)古河道、古冲沟、渊、潭、塘地区。

(5)弯道、堤外无滩或窄滩崩岸段。

(6)堤身浸润线水文地质观测孔位。

(7)物探查明的物性异常位置。

(8)可能扒口分洪的堤段。

(9)其他险情隐患堤段。

4.4.4 钻孔深度应根据堤防类型、规模、等级和地质条件按下列要求确定:

(1)当隔水层或软土层埋藏较浅时,应深入相对隔水层内 3～ 5 m。

(2)当遇砂、卵石等强透水层时,宜深入相对隔水层内 3～5 m。

(3)在堤外滩地狭窄、堤基受冲刷段,孔深应深入堤外深泓河床以下 5～10 m 或河段最大深度 1.5～2 倍,当遇有较厚软土、松散砂层时,宜钻入抗冲层 2～5 m。

(4)需作基础处理的堤段,孔深应能满足设计要求。

(5)专门水文地质试验孔的孔深,应根据含水层层位确定。

4.4.5 钻孔孔径应与钻孔类型及孔内测试项目相适应,并能满足取样、原位测试和水文地质试验的要求,一般鉴别孔终孔孔径不宜小于 75 mm,技术孔不宜小于 110 mm,有特殊要求的钻孔孔径根据需要确定。

4.4.6 所有钻孔应测定其平面位置和高程。

4.4.7 钻进方法应根据地层类型、钻孔状况和地下水位按下列要求选定:

(1)地下水位以上的粘性土、粉土、人工填土、堤身填土和不易塌孔的砂土宜用干法钻进。

(2)地下水位以下的土层,可用干法钻进,也可用冲洗法钻进。

(3)钻孔严重缩径或塌孔时,宜采用跟管钻进,或采用泥浆护壁。

(4)水文地质试验钻孔或长期观测孔宜采用跟管钻进,不宜采用泥浆护壁。

(5)遇卵石、砾石、漂石、碎石等,可采用冲击钻进。

(6)在基岩中可采用冲洗法钻进。

(7)在软土和砂土互层中,为确保地质编录质量,不应采用活门管钻(抽筒)冲击钻进。

4.4.8 钻进的回次进尺应以能保证获得地质资料为原则,并根据土层性质、方法、钻具长度确定。一般在粘性土和粉土中钻进时,回次进尺不应超过钻头的有效长度;在砂土及碎石土中钻进,应控制进尺和提钻速度,以确保分层与描述要求。当采用双管钻进、能保证有效采取土样时,回次进尺宜控制在 1.5～2.0 m;当采用螺纹钻进或勺钻时,回次进尺宜控制在 0.5 m 左右。

4.4.9 钻进中应做好岩土编录及钻进记录工作。应及时记录回水颜色、水量变化、钻探感应、钻进速度、缩径、塌孔、涌砂、掉钻、钻进事故、地下水初见水位及稳定水位、含水层顶底板位置等。钻孔原始记录应真实、整洁、齐全。

4.4.10 钻孔结束后必须严格封孔,专门施钻的长期观测孔除外。封孔材料和封孔工艺,根据当地实际经验或试验资料确定,确保封孔质量。封孔完毕,当班生产及技术人员应在封孔记录上签字,存档备查。

4.5 水文地质试验及长期观测

4.5.1 水文地质试验是堤防勘察的重要内容,应根据不同的水文地质条件确定采用钻孔抽水试验,钻孔注水试验、试坑注水试验、渗透变形(管涌)试验等不同的试验方法。水文地质试验的部位、

数量应在勘察任务书中予以规定。

4.5.2 渗透变形试验可取土样在室内进行试验。必要时宜进行现场渗透变形试验。

4.5.3 为评价环境水对混凝土的腐蚀性,应选取堤防建筑物附近地下水和地表水进行水质分析。

4.5.4 已建堤防加固工程可根据堤防管理部门意见建立地下水位长期观测系统。观测剖面选在重要堤防的典型地段,宜垂直或平行堤线布置。每条观测剖面布置若干钻孔或泉井为观测点。

4.6 岩土试验

4.6.1 岩土试验是堤防工程地质勘察的一项重要内容,堤防设计需要的岩土物理力学性质参数,应以岩土试验成果做依据。

4.6.2 堤防工程的岩土试验,应根据堤防等级和地质条件确定。二级和三级堤防工程应进行室内岩土试验,其试验项目可按表 4.6.2 执行。一级堤防工程或有特殊技术要求的堤防工程,除应进行室内岩土试验外,对影响堤防工程稳定的岩土层,可进行现场试验,试验项目视工程需要确定。

表 4.6.2 岩、土试验项目表

试验项目 \ 岩土类型		岩石	粘性土	粉土	砂性土
室内物理性试验	比重	○	✓	✓	○
	天然密度	○	✓	✓	✓
	相对密度			○	✓
	天然含水量		✓	✓	✓
	液、塑限		✓	✓	
	易溶盐含量		○	○	○
	天然坡角				○
	颗粒分析		○	○	✓
	有机质含量		✓	○	
	膨胀性	○(粘土类岩石)	○		
	耐崩解性	○(粘土类岩石)	○		
	渗透性	○(透水岩石)	✓	✓	✓
	吸水率及饱和吸水率	○			
室内力学性试验	点荷载强度	○			
	单轴抗压强度	○			
	直剪		✓	○	
	三轴剪切		○	○	○
	压缩、固结		✓	✓	○
现场试验	大型直剪		○	○	
	载荷		○	○	○
	堆筑		○	○	○
	碾压		○		
	抽、注水		○	○	✓
	波速	○	○	○	○
其他	土料击实		○	○	

注 “✓”必做项目;“○”根据需要选做项目。

4.6.3 新建堤防工程的岩土试验组数应根据勘察阶段确定。在规划阶段可采用工程地质类比法

提供岩土物理力学性质参数,必要时可取少量试样进行试验验证;在可行性研究阶段每一工程地质单元(段)每一层累计有效室内试验组数不宜少于6组;在初步设计阶段每一工程地质单元(段)每一层累计有效室内试验组数不宜少于10组;在施工图设计阶段应根据需要确定。

已建堤防加固工程勘察时,每加固段每一层累计有效室内试验组数不宜少于10组或根据需要确定。

堤防工程的现场岩土试验组数与试验点位置应根据岩土特性和设计要求确定,同一种试验项目的有效试验组数不宜少于2组。

4.6.4 室内或现场试验的成果均应进行分析研究,判断其正确性和合理性,必要时应采用数理统计方法,进行综合统计分析,并提出建议的岩土物理力学性质参数。

4.6.5 试验所用的原状土样应在护孔良好、经过清孔的钻孔中采取,并应根据土层情况确定选用取土器和取样方法。原状土样取出后应立即密封,贴上编号标签、避免日晒、振动、冰冻,并妥善运往试验室进行试验。

4.7 原位测试

4.7.1 原位测试是堤防工程地质勘察的重要组成部分,常用测试方法有动力触探(包括标准贯入试验)、静力触探、十字板剪切试验及波速测试。各种测试方法应根据勘察目的、场地或堤身土质、现场条件、设计对参数的要求、地区测试经验选用。

4.7.2 动力触探试验的应用应符合下列要求:

(1)每一工程地质单元(段)试验钻孔不应少于3孔,且每一层的有效试验次数不应少于10次。当地层比较复杂或土质均匀性较差时,应增加测试孔数和增加测试次数。

(2)试验成果应分孔、分层分析整理。当根据动力触探成果判别砂土的密度、粘性土状态和评估土的承载力或土的强度与变形参数时,应采用多种方法,并结合本地区工程经验综合分析确定。试验成果的应用详见附录A。

4.7.3 静力触探试验的应用应符合下列要求:

(1)每一工程地质单元(段)测试钻孔不应少于5孔,且应全孔连续试验。当土层土质比较复杂或需要查明地质现象的界限时,则应增加测试孔数。

(2)试验成果应分孔、分层分析整理,当根据静力触探成果确定土的物理力学性质参数时,应在确认探头和量测仪器无误的前提下,结合其他测试成果和地区工程经验综合分析确定。试验成果的应用详见附录B。

4.7.4 十字板剪切试验的应用应符合下列要求:

(1)试验主要布置在采集原状土样比较困难的软弱土层、滑动带或湿浸软化带区,一般应不少于3孔。当被测试层(带)厚度较薄或为查明测试(带)展布范围时,应增加孔数和加密测试点。

(2)试验成果应分层分析整理,并应分孔绘制十字板抗剪强度曲线。当根据十字板剪切强度确定土的承载力、分析地基稳定性时,应对试验成果进行修正。

4.7.5 波速测试的应用应符合下列要求:

(1)在需要确定场地类别、堤身或地基动力参数的堤基工程地质勘察中,每一工程地质单元(段)同一种波速测试方法应不少于3组(孔),即单孔法不少于3孔,跨孔法不少于3组,面波法不少于3个测点。在需要探查堤身或地基土渗漏通道和空洞、土洞和洞穴等时,同一种测试方法应不少于2组(孔),即单孔法不少于2孔,跨孔法不少于2组,面波法不少于2个测点。

(2)测试成果整理时,应先进行波形鉴别,然后进行分层统计计算,绘制实测波形图及与地层相

对应的波速图,在应用波速测试成果确定地基动力参数、地基刚度系数和计算岩土物理力学性质参数时,应结合本地区土质特点和其他测试成果进行综合分析判定。

5 不良土堤基勘察

5.1 软土

5.1.1 软土堤基勘察内容除应符合本规程第 3.1.3 条或第 3.2.2 条的有关要求外,还应包括下列内容:

(1)查明软土的地质年代、成因类型、分层和分布规律、分布范围、水平与垂直向的成层特点以及下卧硬土层或基岩的埋深与起伏状况。

(2)查明软土的物理力学性质和有机质含量。

(3)调查降水、开挖、回填、堆筑、打桩等对软土强度和压缩性的影响以及在相似软土上已建工程的建筑经验。

5.1.2 软土堤基勘察方法除应按本规程第 4 章有关规定执行外,还应符合下列要求:

(1)宜连续钻进,防止钻孔涌土、缩径和孔壁坍塌。

(2)宜采用静力触探、十字板剪切试验和标准贯入试验,并进行钻孔孔隙水压力监测,勘探钻孔和静力触探孔可相间布置。

(3)必要时配合进行预压固结排水试验,现场堆筑试验和沉陷隆起等变形观测。

(4)应采取原状土样进行物理力学性质试验,必要时可进行现场抗剪试验。

(5)软土的力学性质参数应根据室内试验、原位测试成果确定,也可利用现场试验成果和原型监测资料反算。

5.1.3 软土堤基处理应符合下列原则:

(1)分期施工、逐级填筑加荷,控制加荷速率,加强沉陷和隆起变形监测。

(2)当表部有硬壳层时,利用硬壳层作持力层,当表部无硬壳层时,采用中心加载抛石挤淤或堤侧反压平台。

(3)当软土层较薄时,采用板桩、排桩、混凝土桩或片石齿墙等作侧向约束,围限防挤。

(4)采用排水井、塑料排水板、砂垫层、土工织物垫层等加速排水固结。

(5)堤脚采用混凝土地下连续墙,城镇刚性堤防采用桩基等。

5.2 砂土

5.2.1 砂土堤基勘察内容除应符合本规程第 3.1.3 或第 3.2.2 条的有关要求外,还应包括下列内容:

(1)查明砂土层的分布范围、埋藏深度、厚度变化、结构、构造特征和水平方向相变情况。

(2)查明砂土层的物理力学性质、级配、渗透性能、抗渗比降。

(3)查明砂土层地下水类型和地下水水位,上覆隔水层性状、厚度和分布情况,堤内外沟、塘、河、湖等切割深度以及地下水补排关系等水文地质条件。

(4)确定堤防区地震基本烈度,评价砂土液化可能性。

5.2.2 砂土堤基勘察方法除应按本规程第 4 章有关规定执行外,还应符合下列要求:

(1)可采用跟管钻进方法,非水文地质钻孔,可采用泥浆护壁双管旋转钻进。

(2)可采用挖坑或钻孔取样,就地试验,测定砂土的天然密度或采用同位素法。

(3)可采用标准贯入试验确定砂土密实度和承载力。

(4)可配合进行现场振动加密试验和波速测定,评判砂土液化的可能性。

5.2.3 砂土堤基处理应符合下列原则:

(1)对于松散的砂土堤基,采用放缓堤坡、增设平台、填土压脚,或振冲加密土层等措施处理。

(2)对于强透水的砂土堤基,采用粘土截水槽、铺盖,复合土工膜贴坡、定向水泥喷射防渗墙、射水薄壁混凝土连续墙等防渗措施处理。

(3)对于可能液化的砂土堤基,当厚度不大埋藏较浅时,可采用挖除置换或振冲加密处理;当埋藏较深时,保护上覆土层,结合采用堆土加压、排水砂井措施处理。

(4)对于易冲刷坍岸的砂土堤基,采用护坡、护岸或采用混凝土挡墙和地下连续墙等防冲刷措施处理。

5.3 盐渍土

5.3.1 盐渍土堤基勘察内容除应符合本规程第 3.1.3 或第 3.2.2 条的有关要求外,还应包括下列内容:

(1)查明盐渍土地段地形地貌特点,调查植物生长情况。

(2)查明盐渍土的分布范围、分布规律、形成条件、含盐类型和含盐程度,了解含盐量在平面及剖面上的分布特征。

(3)查明地下水的埋藏深度,与地表水体的补排关系,水的矿化度及水质变化特征。

(4)查明盐渍土的物理力学性质,土层的渗透特性和毛细水上升高度。

(5)调查盐渍土地区已有建筑物被腐蚀破坏情况。

(6)搜集地下水流向、水位变化资料,堤防区气温、湿度、降水量等气象资料。

5.3.2 盐渍土堤基勘察方法除应按本规程第 4 章有关规定执行外,还应符合下列要求:

(1)为测定盐渍土含盐量,应在表层分层取样进行试验。如下层含盐量仍然很高,可适当加大取样深度。取样宜在干旱季节进行。

(2)测定毛细水上升高度。

5.3.3 盐渍土堤基处理应符合下列原则:

(1)设置地表水及地下水排水系统,加强排水措施。

(2)设置粘土防渗槽、粘土或混凝土截渗墙加强堤基防渗措施。

5.4 膨胀土

5.4.1 膨胀土堤基勘察内容除应符合本规程第 3.1.3 条或第 3.2.2 条的有关要求外,还应包括下列内容:

(1)调查膨胀土地段的地形和地貌形态、自然坡高、植被情况和气象情况。

(2)查明膨胀土的成因、年代、岩性、结构、构造、分布范围和分布规律及与下伏岩土层的接触关系,了解土体干缩后的裂隙形态、密度、深度、裂面矿物富集特征及土体特性与含水量的关系。

(3)查明膨胀土的粘土矿物、化学成份及其物理力学性质。

(4)调查堤段内因膨胀土造成的滑坡、开裂等不良地质现象的特点、范围和严重程度,对已有土建区,调查膨胀土稳定边坡坡高、建筑物基础的埋置深度和变形损坏情况。

(5)调查地表水汇流、排泄情况,地下水类型、埋藏条件、水位变化规律。

5.4.2 膨胀土堤基勘察方法除应按本规程第 4 章有关规定执行外,还应符合下列要求:

(1)膨胀土地段钻探编录工作应及时进行,防止土样失水干裂。

(2)应进行粘土矿物和化学分析。

(3)应进行土的物理力学性质及膨胀、崩解试验。

5.4.3 膨胀土堤基处理应符合下列原则:

(1)在膨胀土堤段,不宜改变土的埋藏条件,以免引起湿度变化。

(2)挖除膨胀土,置换非膨胀土。

(3)采取防水保护措施、设置排水系统或增大堤侧土层覆盖厚度,防止地表水直接灌入,保持下伏膨胀土湿度。

(4)当用膨胀土作为填筑料时,可加入砂或石灰等掺合料,改变土料特性。

5.5 人工填土

5.5.1 人工填土堤基勘察内容除应符合本规程第 3.1.3 条或第 3.2.2 条的有关内容外,还应包括下列内容:

(1)调查访问填土的类型、填土年限、堆填方法。

(2)查明填土的厚度和分布范围。

(3)调查原始地形起伏状况,了解掩埋的坑、塘、暗沟等情况。

(4)查明填土的物质成份、颗粒状况、均匀性、密实性和压缩性。

(5)调查填土地段地下水位和渗透特性等水文地质条件。

(6)调查填土地段已有建筑物的变化状况。

5.5.2 人工填土堤基勘察方法,除按第 4 章有关规定执行外,宜根据填土特点采取综合勘察方法。对冲填土、素填土,可采用土钻并取样进行试验;对杂填土、决口口门堆积土宜根据实际情况选用勘察方法,部分钻孔深度宜穿过填土堆积土层。

5.5.3 人工填土堤基处理应符合下列原则:

(1)根据人工填土特性,确定清除置换或加固处理措施。

(2)对已建堤防强透水人工填土堤基,可用修建截渗墙、高压定向喷射灌浆、防渗灌浆等方法,作垂直截渗处理。地形条件适宜时,可采用铺沥防渗处理。

6 天然建筑材料勘察

6.0.1 天然建筑材料勘察应查明堤防工程所需天然建筑材料的数量、质量和开采运输条件。

6.0.2 天然建筑材料勘察工作应按勘察任务书进行。任务书中应明确设计阶段,所需建材种类、数量和质量,根据工程规模、等级和地质特点,明确勘察精度和特殊要求。

6.0.3 天然建筑材料应按现行的《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》(以下简称《建材规程》)的规定执行。结合堤防工程特点,本规定对《建材规程》中某些技术要求和应注意事项作了一定补充和说明。

6.0.4 天然建筑材料勘察精度分为普查、初查和详查三级。在规划勘察阶段进行普查,可行性研究勘察阶段进行初查,初步设计勘察阶段进行详查。已建堤防加固工程天然建筑材料勘察为一次性初查或详查。根据堤防工程特点,勘察精度可按下述原则确定:

(1)地质条件简单、储量大的产地,可按普查或初查精度控制;地质条件复杂,储量小的产地,可按初查或详查精度控制。

(2)有用层分布不稳定时,可按初查或详查精度控制;有用层分布较稳定时,可按普查或初查精度控制。

(3)产地临近堤防,有用层较薄,有可能挖穿不透水层时,可按初查或详查精度控制;有用层较厚,不可能挖穿不透水层时,可按普查或初查精度控制。

6.0.5 天然建筑材料产地的选择,应考虑下列原则:

(1)先近后远,开采运输方便。

(2)产地应在堤基保护范围以外,不得因材料开采影响堤基防渗和堤身稳定。

(3)尽量不占或少占耕地。

6.0.6 堤防工程天然建筑材料质量应符合下列要求:

(1)堤身填筑土质量要求与均质土坝土料质量要求基本相同。

(2)护岸或石堤用料,宜选用致密坚硬、抗冲刷耐风化、干湿条件下性状稳定、块度适当、易于开采运输的石料。

(3)分散性土、膨胀土、盐渍土等不良土料,不宜作为堤防填筑材料,如采用时,必须采取措施保证填筑质量。

6.0.7 当就近选用土料作为堤防填筑材料时,应查明可利用层的厚度。计算土料储量时,应严格控制取土高程,保持一定的天然铺盖厚度,防止开采后导致堤基渗漏和渗透变形。

6.0.8 堤防工程有关天然建筑材料的问题可在堤防工程地质勘察报告中论述、评价。

7 勘察成果

7.1 一般规定

7.1.1 堤防工程勘察各阶段工作结束后,应及时整理、提交成果。

7.1.2 堤防工程应提交的勘察成果为各勘察阶段工程地质勘察报告,必要时应提交专题工程地质勘察报告。进行施工地质工作的新建和加固堤防工程,施工地质工作结束后应提交施工地质报告。

7.1.3 工程地质勘察报告是各勘察阶段的最终成果应由报告正文、附图和附件三部分组成:

(1)正文应全面论述本阶段勘察工作获取的各项成果并进行评价,提出结论和建议。要求内容客观真实、论述重点突出,形式务求实用,且应做到文字简练、条理清楚、论证有据、结论明确、建议合理。

(2)附图应按制图标准编制,能正确反映地质现象和勘察精度。要求图面准确、清晰、描绘工整、书写端正、内容实用、数据可靠,且图文相符。

(3)附件应清楚、准确、有据。

7.1.4 施工地质报告是施工期地质工作的最终成果,应详尽阐述施工中揭示的地质现象、遇到的地质问题、处理情况及结论。并应收入施工期有关技术文件、影像资料和施工记录等。要求内容详实、论述简明、数据可靠、资料完整,并包括必要的附图和有关附件。

7.1.5 工程地质勘察报告和施工地质报告,均应按技术责任制规定进行校审、核批和责任签名。全部成果应及时提交、归档。

7.2 地质报告正文、附图和附件

7.2.1 各勘察阶段工程地质勘察报告的正文,应符合下列内容要求(其详细程度可根据不同勘察阶段作适当调整):

(1)前言中包括堤防区地理位置、工程概况、规划或设计意图、主要设计参数、勘察阶段、前阶段

工程地质勘察研究程度和存在的问题、本阶段勘察任务、工作方法、技术要求、工作进行情况、应完成的工作项目和工作量。

(2)地质概况中包括地区地形地貌、地层岩性、地质构造、地震和水文地质情况等。

(3)堤基工程地质条件中包括地层结构、岩土物理力学性质、水文地质条件、不良地质现象等,可划分为不同的工程地质单元(段),分别予以阐述。

(4)已建堤防概况、堤身结构、填土组成、堤身质量、现状特征、隐患病害详述、历史险情及处理情况等。

(5)天然建筑材料中包括产地地质条件、岩土类型、品种、储量、质量、分布、开采运输条件等。

(6)工程地质评价中包括堤基、堤身抗滑稳定、抗冲稳定、抗震稳定、隐患病患的原因、性质、发展趋势等有关重要工程地质问题的评价,提出设计所需地质参数和不良地质问题处理措施的建议。

(7)跨堤及穿堤建筑物区工程地质条件,可按相应的水利水电工程地质勘察规范有关规定编写。

(8)结论及下阶段勘察工作建议。

7.2.2 施工地质报告的正文应包括下列内容:

(1)前言中包括工程概况、施工地质工作简况、实施过程、工作方法等。

(2)施工地质概况中包括工程地质简介、主要地质问题,开挖筑堤揭示的地质现象,不良地质问题或隐患病害的处理方法、过程和结果,岩土物理力学性质参数变更和最终采用情况等。

(3)运行期观测建议中包括观测项目、内容、方法及建议。

(4)施工地质资料中包括施工文件、变更通知、成果目录等。

7.2.3 各阶段工程地质报告中主要附图、附表、附件目录应符合表 7.2.3 的要求。

表 7.2.3 工程地质勘察报告附图、附表和附件目录表

名称	新建堤防				已建堤防加固设计勘察	施工地质
	规划勘察	可行性研究勘察	初步设计勘察	施工图设计勘察		
工程位置图	√	√	√		+	
区域地质图或地质构造图	√	+				
综合工程地质图(附地层柱状图)	+	√	√		√	
专门工程地质图			+	+	+	+
工程地质剖面图(包括堤身)		√	√		√	+
天然建筑材料图表		√	√		√	
代表性钻孔柱状图		√	√		√	+
基坑地质图、素描图及展示图						√
坑槽展示图		+	+	+	+	
原位测试成果图表		+	+	+	+	
岩、土、水试验成果汇总表,计算表		√	√	+	√	
物探成果图表		+	+	+	+	
长期观测图表					+	
项目批文、审查意见、地震烈度鉴定书等		√	√		+	+

注 "√"必须提交;"+"根据需要提交。

7.2.4 堤防工程地质平面图应包括下列内容:

(1)新建或加固堤线方案位置,包括跨堤建筑物位置。

(2)沿堤线的地层、岩性、成因类型,特别是工程地质性质不良土层的分布。

(3)河床冲刷与淤积的分布地段,漫滩的分布及其特征,水文站网的分布,河道变迁情况,古河

道、坑、塘、牛轭河、决口口门、决口冲刷坑、决口扇等分布情况。

(4)坍岸、坍塌、滑坡、渗水、漏洞、流土或管涌等重大险情或物理地质现象的分布位置。

(5)井泉分布及其高程。

(6)人类活动及生物活动遗址,如墓穴、房基、暗涵、蚁穴、鼠洞等。

(7)坑、孔等勘探工程位置及其编号、剖面位置、工程地质分段及分段说明。

7.2.5 堤防工程地质剖面图应包括下列内容:

(1)地层岩性界线,成因类型符号。

(2)坑、孔及取原状土样、水文地质试验、原位测试的位置。

(3)地下水位线。

(4)工程地质条件简要说明。

7.2.6 附件中应包括岩土试验报告、物探报告、水质分析报告、地震基本烈度鉴定书、矿化分析报告、专题地质报告、上级有关文件及批文等。

7.3 原始资料归档

7.3.1 各种原始资料要求真实、清楚,应由专人负责汇集、整编,进行必要的情况归纳和备忘注记,及时装订与正式成果一起归档。

7.3.2 应归档的主要原始资料应符合下列要求:

(1)野外勘察、试验、观测记录或手簿。

(2)钻孔、坑槽探、物探以及重要地质点的坐标位置,勘探剖面起止坐标测量成果。

(3)工作底图。

(4)重要的地质照片、影像资料、素描图,

(5)地质报告手稿、计算稿、电算程序。

(6)有关施工地质的批示、批文、联系单、日志、备忘录、大事记、重要技术会议记录和其他技术档案资料。

(7)勘察任务书、勘察工作大纲、委托合同书。

附录 A 标准贯入试验成果的应用

A1 确定土的物理性质

A1.1 粘性土 $N_{63.5}$ 与密度(γ)、含水量(ω)、液性指数(I_L)的关系,见表 A1、表 A2。

表 A1 $N_{63.5}$ 与 γ、ω 的经验关系

$N_{63.5}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
γ(g/cm³)	1.60～1.75	1.70～1.80	1.75～1.85	1.80～1.87	1.84～1.89	1.86～1.90	1.88～1.93	1.90～1.95	1.90～2.00	1.95～2.09
ω(%)	60～40	55～37	45～35	40～32	38～30	36～29	34～28	32～27	30～25	<25

注 资料取自《水利水电工程地质手册》。

表 A2 $N_{63.5}$ 与 I_L 的经验关系

$N_{63.5}$	<2	2～4	4～7	7～18	18～35	>35
I_L	>1	1～0.75	0.75～0.5	0.5～0.25	0.25～0	<0
状态	流动	软塑	软可塑	硬可塑	硬塑	坚硬

注 资料取自武汉治金勘察公司资料。

A1.2 砂性土 $N_{63.5}$ 与相对密度(D)的关系见图 A1 及表 A3。

表 A3 砂的紧密程度

密实程度	极松	稍松	中等	密实
相对密度	$D<0.2$	$0.2\leqslant D\leqslant 0.33$	$0.33\leqslant D\leqslant 0.67$	$D>0.67$

注 资料取自《水利水电工程地质手册》。

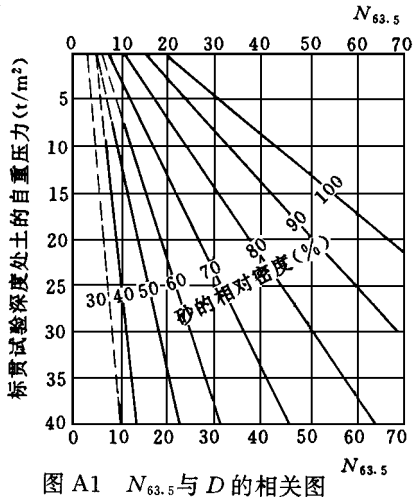


图 A1 $N_{63.5}$ 与 D 的相关图

A2 确定土的力学参数

A2.1 粘性土 $N_{63.5}$ 与凝聚力(C)、无侧限抗压强度参数(q_u)的关系,见表 A4、表 A5。

表 A4 粘性土 $N_{63.5}$ 与凝聚力 C 的经验关系

$N_{63.5}$	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	25	29	31
C (t/m²)	1.7	3.6	4.9	5.6	5.9	7.2	7.8	8.2	8.7	9.2	9.8	10.3	11.0

注 资料取自武汉冶金勘测公司资料。

对于 $\phi \approx 0$ 的软粘土,$N_{63.5}$ 与 C 值的关系如下

$$C = \frac{1}{1.6} N_{63.5} (\text{t/m}^2)$$

表 A5 $N_{63.5}$ 与无侧限抗压强度参数 q_u 的关系

$N_{63.5}$		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
q_u	粘土	0.25	0.35	0.4	0.6	1.2	1.4	1.7	2.0	2.3	2.5	2.8	3.1	3.3	3.6	3.9	4.2
(kg/m²)	壤土	0.2	0.3	0.5	0.8	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.4	2.7	3.0	3.2	3.5	3.8	4.1

注 资料取自《水利水电工程地质手册》。

A2.2 砂性土 $N_{63.5}$ 与砂性土内摩擦角(ϕ)的关系见表 A6、图 A2。

表 A6 砂性土 $N_{63.5}$ 与 ϕ 的经验关系

$N_{63.5}$	内摩擦角 ϕ(°)		$N_{63.5}$	内摩擦角 ϕ(°)	
	粉砂、砂壤土	细砂、极细砂		粉砂、砂壤土	细砂、极细砂
4	16	20	7	22	26
5	18	22	8	24	28
6	20	24			

注 资料取自《水利水电工程地质手册》。

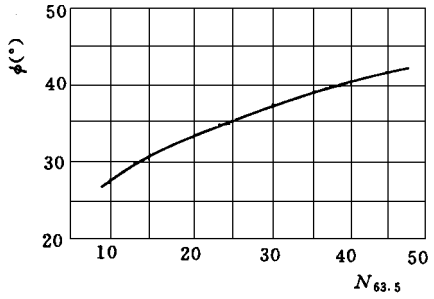


图 A2 $\phi = f(N_{63.5})$ 关系图

A3 确定地基土的允许承载力(表 A7、表 A8)

表 A7 老粘土和一般粘性土的允许承载力[R]

$N_{63.5}$	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
[R](t/m²)	12	16	20	24	28	32	36	42	50	58	66

表 A7、表 A8 中的数据只适于基础宽度小于 3 m，埋深为 0.5～1.5 m 时使用。基础宽度大于 3 m，埋深大于 1.5 m 时，需按有关规定进行修正(《工业民用建筑地基基础设计规范》TJ 7—74)。

表 A8 砂土的允许承载力[R]

$N_{63.5}$	10～15	15～30	30～50
[R](t/m²)	14～18	18～34	34～50

根据梅耶霍夫公式，可初步估算砂土层中打入桩的承载力

$$g_r = \frac{0.4ND}{B} \leqslant 4 \quad (t/m^2)$$

$$f_n = \frac{\overline{N}}{50} \quad (t/m^2)$$

式中 g_r——极限桩尖阻力，t/m²；

f_n——极限桩侧阻力，t/m²；

D——桩进入砂层的厚度，m；

N——桩尖处的平均贯入击数；

$\overline{N}$——桩埋深内的平均贯入击数；

B——桩的宽度，m。

A4 判定地震液化

A4.1 判定地震液化的可能性

基础下 1.5 m 范围内有饱和砂土层时，可用下式判定砂土液化的可能性：

$N_{63.5} > N'$ 不易液化

$N_{63.5} \leqslant N'$ 可能或容易液化

$$N' = \overline{N}[1+0.125(H-3)-0.05(h-2)]$$

式中 N'——砂土振动时的临界贯入击数；

$\overline{N}$——砂土振动液化临界贯入数当 $H=3$ m，$h=2$ m 时，由表 A9 求出。

当 $H<5$ m 时，N' 采用 $H=5$ m 的计算值；当进行标准贯入试验时地面高程与地下水位在建筑物建成运行有较大改变时，$N_{63.5}$ 可按与($H+h+7.8$)成正比关系换算。

表 A9 砂土振动液化临界贯入数 $\overline{N}$ ($H=3$ m，$h=2$ m)

地震烈度	7	8	9
$\overline{N}$	6	10	16

注 H 为砂性土层的埋深，m；h 为地下水位的埋深，m。

对于软粘土，当 $N_{63.5} \leqslant 4$ 击时，属一般情况常见的可能液化范围；当 $N_{63.5} \leqslant 2$ 击时，属较常见的可能液化范围。

A4.2 判定液化时强度降低的可能性

日本《土构筑物设计施工指南》根据日本新泻地震和其他地震灾害实例，认为设计水平加速度为 0.2～0.3 g 时(g 为重力加速度)，地震时土的强度衰减按下式规定处理。

A4.2.1 砂性土

$N_{63.5} > 20$ 击时，砂土的强度不减

$N_{63.5} = 5 \sim 20$ 击时，砂土的内摩擦角按下式减小

$$\phi' = \phi - Q$$

$$Q = \left(\frac{20-N_{63.5}}{15}\right)\mathrm{tg}^{-1}K$$

式中 ϕ'——地震时砂土的内摩擦角,(°);

ϕ——平时砂土的内摩擦角,(°);

Q——由于地震而减少的内摩擦角,(°);

K——水平地震加速度。

当 $N_{63.5}<5$ 击时,地震时会发生液化而丧失强度。

A4.2.2 粘性土

对 $N_{63.5}<5$ 击时的敏感度大的软粘土,地震时凝聚力减少 70 %。

附录 B 静力触探资料的应用

B1 划分土层、确定土名

B1.1 采用单桥探头实测比贯入阻力 P_s 不超过表 B1 所列变动幅度者可并为一层,按比贯入阻力 P_s 进行分类见表 B2。

表 B1 P_s 变动幅度

实测 P_s 范围值	变动幅度
$P_s\leqslant 10$	±(1~3)
$10<P_s\leqslant 30$	±(3~5)
$30<P_s\leqslant 60$	±(5~10)

表 B2 按 P_s 进行土的分类

土层分类	软粘土	一般粘性土	老粘性土
P_s 范围值	$P_s<10$	$10\leqslant P_s<30$	$P_s\geqslant 30$

B1.2 采用双探头分层时,以锥尖阻力 q_a 为主,综合考虑侧壁摩阻力 f_n 和摩阻比 n 进行分类见表 B3、表 B4。

表 B3 各种土类的摩阻比 n 参考值

土 类 名 称	$n=f_n/q_a\times 100\ \%$
软质岩、贝壳或疏松卵石层	0~0.5
砂 或 砂 卵 石 层	0.5~2.0
粘土—砂土混合体和粉土	2.0~5.0
粘 土	>5.0

表 B4 不同密度砂类土的摩阻比 n 的参考值

砂土的相对密度 D_r(%)	q_0 (kg/cm^2)	f_0 (kg/cm^2)	n(%)
疏松(30 %)	20	0.33	1.7
中等密实(60 %)	80	0.67	0.8
紧密(90 %)	220	1.33	0.3

B2 确定地基土的允许承载力 $[R]$

根据比贯入阻力 P_s 与载荷试验成果进行相关分析,得出适用于一定地区及一定土层的经验公式,直接用 P_s 确定地基的允许承载力 $[R]$。

B2.1 粘性土 P_s 与 $[R]$ 经验公式见图 B1,表 B5、表 B6。

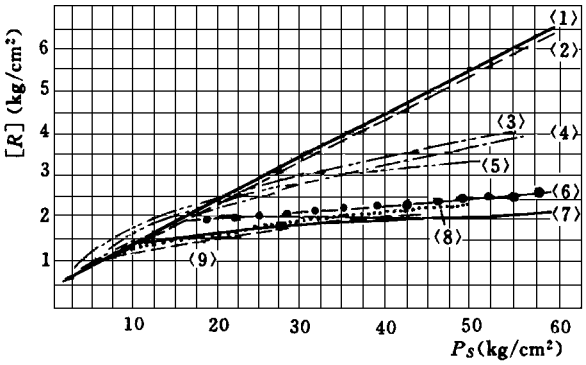


图 B1 P_S 与 $[R]$ 相关曲线

表 B5 粘性土 P_s 与$[R]$经验关系公式

分类	编号	公式来源	经验公式	适用条件
高值	1	武汉联合小组	$[R]=0.2664+0.1044\ P_s$	适用于第四纪晚更新世(Q_3)及其以前沉积的超压密老粘性土
	2	广东航运规划设计院	$[R]=0.30+0.101\ P_s$	
中值	3	东北电力设计院	$[R]=0.58\sqrt{P_s}-0.31$	适用于正常压密的一般粘性土(Q_4)
	4	铁道部第三设计院	$[R]=0.58\sqrt{P_s}-0.46$	
	5	四川省综合勘察院	$[R]=2.49\ \lg P_s-0.912$	
低值	6	北京地形地质勘测处	$[R]=0.0173P_s+1.59$(老土)	适用新近沉积的欠压密的砂性土及粘性土
	7	北京地形地质勘测处	$[R]=1.148\ \lg P_s+0.098$	
	8	交通部一航局	$[R]=P_s/[2.15P_s^{0.584}]$	
	8	天津市建筑设计院	$[R]=0.479P_s^{0.387}$	

表 B6 砂性土 P_s 与$[R]$经验关系式

编号	公式来源	经验公式	适用条件
1	湖北电力设计院	$[R]=0.2381P_s^{0.84}-0.12$	中粗砂
2	湖北电力设计院	$[R]=0.0197P_s+0.6559$	粉细砂
3	武汉冶金勘察公司	$[R]=0.02P_s+0.5$	长江中下游地区地下水位以下轻亚粘土,粉细砂层
4	铁道部第一设计院	$\delta_0=0.05\sqrt{P_s}-0.21$	西北地区内陆盆地饱和粉细砂层
5	铁道部第三设计院	$\delta_0=0.16P_s^{0.63}+0.14$	粉细砂及饱和砂土 $P_s<240$

B3 确定地基土的变形模量与压缩模量

B3.1 P_s 与 E_0 的关系式,见表 B7。

表 B7 P_s 与 E_0 经验关系式

编号	公式来源	经验公式	适用条件
1	工业与民用建筑工程地质勘察规范	$E_0=8.87P_s-13.3$	$3\leqslant P_s<30$,淤泥、淤泥质粘土及一般粘性土
2	工业与民用建筑工程地质勘察规范	$E_0=10.103P_s+15.1$	$30\leqslant P_s<60$,老粘土、碎石含量<20 %
3	综合勘察院	$E_0=6.06P_s-9.03$	$P_s<16$,淤泥、淤泥质粘土及一般性粘土
4	综合勘察院	$E_0=6.90P_s-67.93$	$P_s>16$,一般第四纪冲积层

5	武汉联合小组	$E_0=9.5186P_s-21.7973$	粘性土，$3\leqslant P_s\leqslant 30$
6	武汉联合小组	$E_0=11.78P_s-46.87$	老粘性土，$30\leqslant P_s\leqslant 60$
7	湖北综合勘察院	$E_0=6.37P_s+0.88$	一般粘性土，$10\leqslant P_s\leqslant 35$

B3.2 P_s 与 E_s 经验关系，见表 B8。

表 B8 P_s 与 E_s 经验关系

编号	公式来源	经验公式	适用条件
1	武汉联合小组	$E_s=3.72P_s+12.62$	软土及一般性粘土 $3\leqslant P_s\leqslant 60$
2	湖北综合勘察院及武汉城市规划设计院	$E_s=4.695P_s-6.27$	一般粘性土 $10\leqslant P_s\leqslant 35$
3	交通部一航局	$E_s=3.63P_s+11.98$	粘性土，$P_s<50$
4	天津建筑设计院	$E_s=2.94P_s+13.38$	一般性粘土 $2.4<P_s<33.3$
5	四川综合勘察院	$E_s=1.9P_s+32.32$	一般性粘土，$4\leqslant P_s\leqslant 30$
6	交通部三航局	$E_s=3.77P_s+8.21$	淤泥质土及一般性粘土
7	广东航运规划设计院	$E_s=2.968P_s+13.363$	老粘土及砂层
8	江苏省建筑设计院	$E_s=2.35P_s+18.83$	粘性土，$3.5\leqslant P_s\leqslant 57$
9	河南建筑研究设计院	$E_s=8.987+3.622P_s$	轻亚粘土，$3\leqslant P_s\leqslant 48$

B4 确定饱和粘性土的不排水抗剪强度（Cu），见图 B2、表 B9。

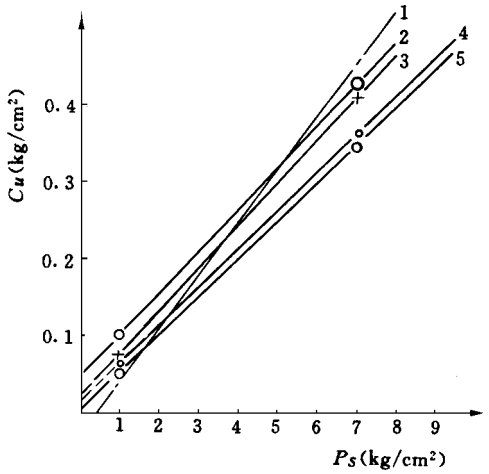


图 B2 确定不饱和粘性土的不排水抗剪强度图

表 B9 确定不饱和粘性土的不排水抗剪强度表

编号	公式来源	经验公式	适用范围
1	武汉联合小组	$Cu=0.0696P_s-0.027$	$3\leqslant P_s\leqslant 12$
2	四川建筑研究所	$Cu=0.0543P_s+0.048$	$1\leqslant P_s\leqslant 8$
3	铁四院一总队	$Cu=0.0564P_s+0.018$	$P_s<7$
4	铁四院	$Cu=0.05P_s+0.016$	$P_s>5$
5	综合近似值	$Cu=P_s/20$	$P_s<15$

B5 判定饱和砂层的液化

当饱和砂层的贯入阻力 P_s 的计算值 P_{sca} 小于下式算出的临界贯入阻力 $P_{s'}$ 值，则认为它可能液化。

$$P_{s'} = P_{s0}[1-0.065(H_\omega-2)][1-0.05(H_0-2)]$$

式中 H_ω——地下水位埋藏深度，m；

H_0——饱和砂土层上的粘性非液化土层的厚度，m；

P_{s0}——当 $H_\omega=2$m，$H_0=2$m 时，砂土的临界贯入阻力按表 B10 确定。

表 B10 砂土的临界贯入阻力值（$H_\omega=2$m，$H_0=2$m）

设计烈度	七	八	九	十
P_{s0} (kg/cm^2)	60～70	120～135	180～200	220～250

饱和砂层的贯入阻力计算值 P_{sca} 按下述方法确定：

(1)当砂层厚度大于 1m 时，取该层贯入阻力 P_s 的平均值作为该层的 P_{sca} 值。

(2)当砂层的厚度小于 1m 时，且上下土层均为阻值较小的土层时，取其大值作为该层的 P_{sca} 值。

(3)当砂层厚度较大，且力学性质显著不同，可明显分层时，应分别计算分层的平均 P_s 值进行计算。

附加说明

主 编 单 位：湖南省水利水电厅

参 编 单 位：湖南省水利水电勘测设计研究总院

湖北省水利勘测设计院

江苏省水利勘测设计院勘测总队

浙江省水利水电勘测设计院

主要起草人：金德濂 吕昌海 刘俊彦 翁焕学 吕一天 熊书成 王东华