

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 188—2005 的通知

水国科〔2005〕148号

部直属各单位，各省、自治区、直辖市水利（水务）厅（局），各计划单列市水利（水务）局，新疆生产建设兵团水利局：

经审查，批准《堤防工程地质勘察规程》为水利行业标准，并予发布。标准编号为SL 188—2005，替代SL/T 188—96。

本标准自2005年7月1日起实施。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

二〇〇五年四月十八日

# 前 言

依据水利部水利水电规划设计管理局下发的水总局科〔2002〕1号“关于下达2001年度水利水电勘测设计技术标准制定、修订项目计划及主编单位的通知”，修订《堤防工程地质勘察规程》(SL/T 188—96)。

本标准共9章29节165条和5个附录，主要技术内容有：

- 标准的适用范围；
- 堤防工程地质勘察阶段的划分；
- 堤防工程地质勘察的任务、内容和方法；
- 堤身勘察；
- 特殊土勘察；
- 天然建筑材料勘察；
- 勘察成果。

本次修订的内容有：

- 对结构进行了适当调整；
- 在前引部分增加了前言；
- 增加了术语、符号和代号；
- 增加了大、中型涵闸和堤岸工程地质勘察的有关内容；
- 增加了防渗、堤岸和大、中型涵闸施工地质的有关内容；
- 增加了堤身勘察；
- 将“不良土堤基勘察”改为“特殊土勘察”，并增加了黄土、分散性土、冻土、红粘土等内容，删除不良土堤基处理原则的条文，增加特殊土工程地质评价的条文；
- 删除了原标准中的附录，增加了土的分类、分散性土的判别标准、堤基地质结构分类、土的渗透变形判别、堤基和堤岸工程地质条件分类等5个附录。

本标准5.3.13条和8.0.2条第3款为强制性条文，以黑体字

标识。

本标准所替代标准的历次版本为：

——SL/T 188—96

本标准批准部门：**中华人民共和国水利部**

本标准主持机构：**水利部水利水电规划设计总院**

本标准解释单位：**水利部水利水电规划设计总院**

本标准主编单位：**长江委长江勘测规划设计研究院**

本标准参编单位：**黄河水利委员会勘测规划设计研究院**

**珠江水利委员会勘测设计研究院**

**黑龙江省水利水电勘测设计院**

**浙江省水利水电勘测设计院**

本标准出版、发行单位：**中国水利水电出版社**

本标准主要起草人：**马贯生 赵 旻 冯德顺 罗小杰**

**石伯勋 赵成生 范子福 方灯明**

**白晓民 李宁新 戴其祥 朱红雷**

本标准审查会议技术负责人：**李广诚**

本标准体例格式审查人：**曹 阳**

# 目 次

1	总则 .....	1
2	术语、符号和代号 .....	2
2.1	术语 .....	2
2.2	符号和代号 .....	2
3	勘察任务 .....	4
4	勘察内容 .....	6
4.1	规划阶段 .....	6
4.2	可行性研究阶段 .....	6
4.3	初步设计阶段 .....	8
4.4	施工地质 .....	10
5	勘察方法 .....	12
5.1	准备工作 .....	12
5.2	工程地质测绘 .....	13
5.3	勘探 .....	14
5.4	取样与试验 .....	16
5.5	原位测试 .....	18
5.6	水文地质试验与长期观测 .....	19
6	堤身勘察 .....	20
7	特殊土勘察 .....	21
7.1	软土 .....	21
7.2	黄土 .....	21
7.3	盐渍土 .....	22
7.4	膨胀土 .....	23
7.5	人工填土 .....	24
7.6	分散性土 .....	24
7.7	冻土 .....	25

7.8 红粘土 .....	26
8 天然建筑材料勘察 .....	27
9 勘察成果 .....	28
9.1 一般规定 .....	28
9.2 堤防工程地质勘察报告 .....	28
9.3 大中型涵闸工程地质勘察报告 .....	31
9.4 施工地质报告 .....	32
9.5 原始资料与勘察成果归档 .....	33
附录 A 土的分类 .....	34
附录 B 分散性土的判别标准 .....	35
附录 C 堤基地质结构分类 .....	37
附录 D 土的渗透变形判别 .....	39
附录 E 堤基和堤岸工程地质条件分类 .....	42
标准用词说明 .....	44
条文说明 .....	45

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范堤防工程地质勘察工作，明确勘察任务、内容、方法和要求，保证勘察成果质量，特制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于江、河、湖、海的1级、2级、3级堤防、穿堤涵闸、堤岸的工程地质勘察。江、河、湖、海的4级、5级堤防的工程地质勘察可参照执行。

**1.0.3** 堤防工程地质勘察阶段应与设计阶段相适应。新建堤防工程可分为规划、可行性研究、初步设计三个阶段；已建堤防加固工程可分为可行性研究、初步设计两个阶段。对工程规模较大、地质条件复杂或有特殊要求的堤防工程应进行施工地质工作。

**1.0.4** 本标准的引用标准主要有：

《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50287—99)

《土的分类标准》(GBJ 145—90)

《中小型水利水电工程地质勘察规范》(SL 55—93)

《水利水电工程制图标准》(SL 73.1~5—95)

《土工试验规程》(SL 237—1999)

《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》(SL 251—2000)

《水利水电工程钻探规程》(SL 291—2003)

《水利水电工程地质测绘规程》(SL 299—2004)

**1.0.5** 堤防工程地质勘察，除应符合本标准外，尚应符合国家现行的有关标准的规定。

## 2 术语、符号和代号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 堤防 levee

在江、河、湖、海沿岸或水库区、分蓄洪区周边修建的土堤或防洪墙等。

#### 2.1.2 堤防工程 levee project

堤防、堤岸防护、穿堤涵闸的总称。

#### 2.1.3 堤内 landside

堤防背水侧。

#### 2.1.4 堤外 waterside

堤防临水侧。

#### 2.1.5 堤岸 bank

自身稳定性对堤防有直接影响的岸坡。

#### 2.1.6 防渗土料 impervious soil

筑堤使用的不透水或透水性很小的细粒土。

#### 2.1.7 压渗土料 soil for landside seepage berm

堤内坡脚一定宽度内，为防止渗透变形而修筑平台所用的土料。

#### 2.1.8 封孔 borehole backfilling

指为防止沿钻孔发生渗透破坏，对完工后的堤防钻孔用适当的材料实施的回填与封填。

### 2.2 符号和代号

$C_u$ ——不均匀系数；

$D$ ——分散度；

$D_{10}$ ——在接触冲刷判定时，较粗一层土的颗粒粒径，小于该粒径土的质量占总土质量的 10%；

- $D_{15}$ ——在接触流失判定时,较粗一层土的颗粒粒径,小于该粒径土的质量占总土质量的 15%;
- $D_{20}$ ——在接触流失判定时,较粗一层土的颗粒粒径,小于该粒径土的质量占总土质量的 20%;
- $d_t$ ——土的颗粒组成中,粗细粒的区分粒径;
- $d_x$ ——分散性土针孔试验的最终孔径;
- $d_3$ ——土的颗粒粒径,小于该粒径土的质量占总土质量的 3%;
- $d_5$ ——土的颗粒粒径,小于该粒径土的质量占总土质量的 5%;
- $d_{10}$ ——土的颗粒粒径,小于该粒径土的质量占总土质量的 10%;
- $d_{20}$ ——土的颗粒粒径,小于该粒径土的质量占总土质量的 20%;
- $d_{70}$ ——土的颗粒粒径,小于该粒径土的质量占总土质量的 70%;
- $d_{85}$ ——土的颗粒粒径,小于该粒径土的质量占总土质量的 85%;
- $G_s$ ——土的比重;
- $J_{cr}$ ——土的临界水力比降;
- $k$ ——土的渗透系数;
- $n$ ——土的孔隙率;
- $PS$ ——可交换钠离子百分数;
- $P_c$ ——土的细粒颗粒含量;
- $TDS$ ——阳离子交换总量。

## 3 勘察任务

**3.0.1** 规划阶段堤防工程地质勘察应完成下列任务：

- 1 了解各堤线方案地区的区域地质背景。
- 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。

**3.0.2** 可行性研究阶段堤防工程地质勘察应完成下列任务：

- 1 了解区域地质构造情况，进行区域构造稳定性评价。
- 2 基本查明新建堤防各堤线的水文地质、工程地质条件及存在的主要工程地质问题，并对堤线进行比较，初步预测堤防挡水后可能出现的环境地质问题。

3 基本查明已建堤防的水文地质、工程地质条件及存在的主要工程地质问题，结合历年险情隐患对堤基进行初步分段评价。

4 基本查明涵闸闸址区的水文地质、工程地质条件，对存在的主要工程地质问题进行初步评价，对加固、扩建、改建及重建的已建涵闸还应基本查明闸基险情隐患，并提出加固处理的建议。

5 调查了解堤岸岸坡的水文地质、工程地质条件，并对岸坡稳定性进行初步分段评价。

6 进行天然建筑材料勘察。

**3.0.3** 初步设计阶段堤防工程地质勘察应完成下列任务：

1 查明新建堤防沿线的水文地质、工程地质条件，并进行分段评价，预测堤防挡水后可能出现的环境地质问题。

2 查明已建堤防拟加固堤段水文地质、工程地质条件，分析险情隐患成因和危害程度，提出加固处理的建议措施。

3 查明涵闸地基的水文地质、工程地质条件，对存在的主要工程地质问题进行评价，对加固、扩建、改建涵闸工程与地质有关的险情隐患提出处理措施的建议。

4 查明堤岸防护段的水文地质、工程地质条件，结合护坡方案评价堤岸的稳定性。

5 进一步进行天然建筑材料勘察。

3.0.4 施工地质应完成下列任务：

1 验证前期勘察成果。

2 预测、预报施工中可能出现的不良地质现象，并提出处理建议，必要时可进行专门工程地质勘察或研究。

3 参加与地质有关的工程项目验收。

## 4 勘察内容

### 4.1 规划阶段

- 4.1.1 规划阶段的勘察仅限于新建堤防。
- 4.1.2 规划阶段的勘察应包括下列内容：
  - 1 了解区域构造稳定性和历史地震情况。
  - 2 了解工程区的地形地貌特征。
  - 3 了解工程区内主要地层成因类型、分布概况、性质和存在的主要工程地质问题。
    - 4 了解对工程有影响的物理地质现象分布情况。
    - 5 了解区域水文地质条件。
    - 6 了解工程区附近天然建筑材料分布情况，并估算储量。

### 4.2 可行性研究阶段

- 4.2.1 新建堤防的勘察应包括下列内容：
  - 1 评价区域构造稳定性，确定地震动参数。
  - 2 基本查明堤线区的地形地貌单元与微地貌类型、特征、分界线，调查河、湖变迁情况。
    - 3 基本查明各土层成因类型、地质年代、结构组成、分布规律、埋藏条件及其性状等，特别是堤（墙）基范围内分布的特殊土层、粗粒土层。
      - 4 基本查明基岩浅埋或出露区基岩的时代及岩性特征、岩层产状、风化程度、喀斯特发育特征、岩土接触面起伏变化情况等。
      - 5 基本查明物理地质现象的发育情况、形成原因及分布范围，并分析其对工程的影响。
      - 6 基本查明透水层和相对隔水层的埋藏条件和渗透特性。
      - 7 基本查明地下水类型、水位（水头）变化规律、补排条件、与地表水体的关系，地表水、地下水的物理性质和化学成分，初

步评价对混凝土的腐蚀性。

8 提出各土（岩）层的物理力学性质参数。

9 对各堤线工程地质条件进行比较,对选定线路主要工程地质问题进行初步评价,并对堤线工程地质条件进行初步的分段评价。

10 勘察天然建筑材料。

4.2.2 已建堤防加固工程的勘察除应符合本标准 4.2.1 条的规定外,还应调查拟加固堤段堤基险情隐患类型、分布位置,出险和抢险情况,临时加固措施及效果,初步分析险情产生的原因。

4.2.3 涵闸工程的勘察应包括下列内容:

1 评价工程区的区域构造稳定性,并提供地震动参数。

2 基本查明闸址区地形地貌单元,微地貌类型、特征及分界线。

3 基本查明闸址区土层的分布规律、成因、物质组成、厚度,注意特殊土层、粗粒土层等的分布情况及其性状。

4 基本查明闸址区土岩接触面的埋藏及起伏情况,基岩的岩性、产状,风化、卸荷和溶蚀特征,断裂、裂隙及其他缓倾的软弱结构面、软弱夹层的发育情况,特别是易风化、易软化、中等~强渗透性岩层的分布范围及其性状。

5 初步选定各土（岩）层与主要软弱结构面、软弱夹层的物理力学性质参数。

6 基本查明对涵闸有影响的滑坡体等物理地质现象的分布、规模、成因。

7 基本查明闸址区透水层、相对隔水层的分布和渗透特性,地下水类型、补排条件、水位及其变化规律,地下水与地表水的物理性质、化学成分及其对混凝土的腐蚀性。

8 对主要工程地质问题进行初步分析,对各闸址区工程地质条件进行初步评价和比较。

9 勘察天然建筑材料。

10 已建涵闸加固工程还应调查涵闸险情隐患分布位置、性

质、出险情况、抢险措施及效果等，并初步分析与地质条件有关的险情隐患产生的原因。

#### 4.2.4 堤岸的勘察应包括下列内容：

1 了解河势情况，特别应注意河道冲淤变化和岸坡的形态、防护及失稳情况。

2 基本查明岸坡的地质结构，并对岸坡稳定性进行初步的分段评价。

### 4.3 初步设计阶段

#### 4.3.1 新建堤防的勘察应包括下列内容：

1 查明堤基地质结构，特殊土层、粗粒土层及腐殖土层、含沼气层等的分布、厚度及其性状。

2 查明基岩浅埋或出露区基岩的地层岩性，易风化、易软化、中等~强透水岩层的分布，断层破碎带、裂隙密集带的产状、规模、充填与胶结情况，岩土接触面的起伏变化情况等。

3 查明堤基土洞、喀斯特洞穴等的分布、规模、填充情况及充填物的性状，分析其对堤基渗漏、稳定的影响。

4 查明堤基相对隔水层和透水层的埋深、厚度、特性及与江、河、湖、海的水力连系，调查沿线泉、井分布位置及其水位、流量变化规律，查明地下水与地表水的水质及其对混凝土的腐蚀性。

5 基本查明堤线附近埋藏的古河道、古冲沟、渊、潭、塘等的性状、位置、分布范围，分析其对堤基渗漏、稳定的影响。

6 确定堤(墙)基各土(岩)层的物理力学性质和渗透性参数。

7 查明工程区滑坡、崩塌、沙丘等物理地质现象的分布位置、规模和稳定性，分析其对堤防的影响。

8 对堤基的渗漏、渗透稳定、抗滑稳定、饱和砂土振动液化、振陷、沉降变形等问题进行评价，并对堤线进行分段工程地质评价，提出处理措施的建议。

9 进一步勘察天然建筑材料。

#### 4.3.2 已建堤防加固工程的勘察除应满足本标准 4.3.1 条的规

定外，还应包括下列内容：

1 复核堤基险情隐患分布位置、范围、特征，调查堤外滩地形、微地貌特征和宽度，堤内决口冲刷坑和决口扇分布位置、范围等。

2 查明拟加固堤段堤基临时堵体、决口口门淤积物等的分布位置、特征等，查明因出险而引起的堤地质条件变化情况。

3 调查以往加固处理堤段的范围、处理方法及其效果。

**4.3.3 涵闸工程的勘察应包括下列内容：**

1 查明闸基的地层岩性，特殊土层、粗粒土层等的性状、在空间上的分布及变化规律。

2 查明浅埋基岩面的埋藏及起伏情况，风化带、卸荷带的厚度及特征，喀斯特形态、规模、分布、填充情况，断层、裂隙、软弱夹层及其他软弱结构面的位置、性质、产状、充填和透水情况等，易风化或软化、中等~强渗透性岩层的分布范围及其性状。

3 查明闸基透水层、相对隔水层的厚度、埋藏条件、渗透特性及其与地表水体的水力连系，地下水位及其动态变化，地下水及地表水质并评价其对混凝土的腐蚀性。

4 查明闸址处理埋藏的古河道、古冲沟、土洞等的特性、分布范围，危及涵闸的滑坡、崩塌等物理地质现象的分布位置、规模和稳定性，评价其对闸基渗漏、稳定的影响。

5 确定闸基土（岩）体、主要软弱结构面和软弱夹层的物理力学参数。

6 对闸基的渗漏、渗透变形、抗滑、抗冲刷、沉降变形、边坡稳定性等问题进行评价。

7 进一步勘察天然建筑材料。

8 已建涵闸加固工程还应进一步查明与地质条件有关的险情及其产生的原因。

**4.3.4 堤岸的勘察应包括下列内容：**

1 调查拟护堤岸段河势情况，岸坡微地貌形态，水下岸坡形态，护岸工程现状，岸坡失稳的范围、类型、规模和崩岸速率，发

生险情过程，分析岸坡失稳的原因，调查抛填材料特点、抢险措施及效果。

2 基本查明拟护堤岸段岸坡的地质结构、各地层的岩性、空间分布规律，评价其抗冲性能，确定各土（岩）层的物理力学参数，注意特殊土层、粉细砂层等的分布情况及其性状，不利界面的形态。

3 基本查明岸坡透水层、相对隔水层的分布情况、渗透特性，地下水类型、补排条件、地下水位及变化规律、地下水与地表水的物理性质和化学成分。

4 分段评价岸坡稳定性。

## 4.4 施工地质

4.4.1 施工地质工作应包括下列内容：

1 对初步设计审批中要求补充查明的有关工程地质问题进行研究。

2 了解设计方案、施工方案、实施情况及与地质有关的事件，编写施工地质日志。

3 收集、编录施工揭露的重要地质现象，检验各土（岩）层的物理力学参数，必要时应选择代表性样品进行复核。

4 对施工中揭露的地质缺陷、出现的不良地质现象进行调查，分析其产生的原因及危害，进行有关地质问题的预测，提出处理和预防措施的建议，必要时可补充勘察或进行专门工程地质勘察。

5 参加与地质有关的工程验收及工程质量检查，对堤基、涵闸、堤岸的险情隐患处理情况提出地质鉴定意见。

6 复核各类料源的质量，必要时可对料场进行补充勘察。

7 提出运行期监测工作的建议。

4.4.2 垂直防渗工程的施工地质工作还应包括下列内容：

1 鉴定先导孔岩芯，核实堤身、堤基土层结构和物质组成，核实防渗下限的位置。

2 核实对施工方法有影响的超径碎块石、卵石的大小、岩性及含量，对施工方法提出建议。

4.4.3 减压井的施工地质工作还应包括下列内容：

1 收集减压井施工揭露的地质结构和水文地质条件，对井身结构提出地质建议。

2 收集实施的减压井结构、井周反滤层和其他回填材料的物质组成、回填情况，了解排水系统的情况。

3 根据地质结构、减压井结构及试抽成果，分析减压井的减压效果。

4.4.4 堤岸防护工程的施工地质工作还应调查了解岸坡地下水出溢点位置，估算流量，同时调查并记录同期地表水位。

4.4.5 大中型涵闸工程的施工地质工作还应包括下列内容：

1 记录地基处理的类型、方法、深度，处理范围内土（岩）层的性状及地基土（岩）体的抬动、隆起等现象的部位、规模等。

2 记录基坑地下水出溢点的位置、涌水量和同期基坑内、外水位，分析并预测涌水量的变化情况。

## 5 勘察方法

### 5.1 准备工作

5.1.1 准备工作宜包括搜集整理与工程有关的资料、进行现场踏勘及制定工程地质勘察大纲。

5.1.2 堤防工程地质勘察宜搜集、整理的资料包括下列内容：

1 区域地形、地质、遥感与地震资料。

2 堤防工程的前期勘察成果及与堤防有关的其他资料。

3 已建堤防的工程现状、各类险情隐患和抢险加固及加固效果资料，原施工地质及水文地质观测资料。

5.1.3 现场踏勘应重点调查下列内容：

1 工程区基本地质条件。

2 已建堤防工程历史险情隐患的位置、类型、规模、发生与发展过程及危害情况，处理措施与效果。

3 工程区交通条件、工作生活条件、主要勘察点的植被情况和场地条件等。

5.1.4 工程地质勘察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、规模、等级、规划设计意图、勘察工作重点。

4 工程区地形地貌、地质概况与已建堤防堤身、堤基险情隐患。

5 工程地质测绘、勘探、原位测试、岩土试验等的计划工作量和技术要求，应重点勘察、研究的工程地质问题。

6 勘察工期、质量控制及资源配置。

7 成果的项目、名称、数量、技术要求。

## 5.2 工程地质测绘

5.2.1 各勘察阶段都应进行工程地质测绘。

5.2.2 堤防与堤岸工程地质测绘宜沿堤(岸)线进行,测绘宽度宜符合表 5.2.2 的规定。当堤外滩地较窄时,堤岸与堤防工程地质测绘可合并进行。

表 5.2.2 堤防与堤岸工程地质测绘宽度 单位: m

类别		可行性研究阶段	初步设计阶段
新建堤防	堤线内侧	500~2000	500~1000
	堤线外侧 <sup>a</sup>	1000	500
已建堤防	堤内 <sup>b</sup>	300~1000	300~1000
	堤外 <sup>a</sup>	500	500
堤岸	岸肩外	至水边	至水边
	岸肩内	500~1000	300~500

a: 当堤外滩地较宽时,测绘宽度取表中数值;当堤外滩地较窄时,测至河(江)水边。  
b: 已建堤防堤内工程地质测绘宽度应大于最近的历史险情距堤内脚的距离。

5.2.3 大中型涵闸工程地质测绘范围应包括建筑物区和对建筑物有影响的区域。

5.2.4 堤防工程各阶段工程地质测绘比例尺宜按表 5.2.4 确定。

表 5.2.4 工程地质测绘比例尺

建筑物		规划阶段	可行性研究阶段	初步设计阶段
堤防、堤岸		1:25000~1:50000	1:10000~1:25000	1:2000~1:5000
涵闸	大中型		1:1000~1:2000	1:500~1:1000
	小型	结合堤防进行		

5.2.5 堤防工程地质测绘宜符合 SL 299—2004 的有关规定,并对以下内容进行重点研究:

1 古河道、渊、塘、沟、渠、外滩宽度及岸坡形态、坡高、坡角等微地貌特征。

2 特殊土的分布范围及其工程地质特性。

3 透水层与相对隔水层的分布特征、埋藏条件等，应特别注意细粒土层中砂土夹层的类型、厚度、性状等。

4 已建堤防工程堤身、堤基、涵闸和堤岸历年险情位置、发生时间、规模、性质、类型、危害程度、险情发生时的外江（河）水位等。

5 已建堤防历史决口口门及其冲刷坑的分布、规模，堵口填坑材料类型等。

6 堤身现状、历史加高培厚情况，防参加固处理范围、方法、效果，岸坡失稳类型、规模、护岸工程现状等。

## 5.3 勘 探

5.3.1 堤防工程勘探布置应在充分分析已有勘测资料的基础上进行，已建堤防尚应考虑历史险情的分布、类型等。

5.3.2 规划阶段可不布置勘探工作。堤防勘探纵剖面宜沿堤防中心线或防渗轴线、减压井轴线布置。可行性研究阶段钻孔间距宜为500~1000m，初步设计阶段宜为100~500m，险情多发、地质条件复杂或防洪墙段应适当加密钻孔。

5.3.3 堤防勘探横剖面宜垂直纵剖面布置，并应符合下列规定：

1 横剖面长度应包括堤内、堤外影响区，渗透分析横剖面长度应能满足渗透分析的需要。

2 横剖面间距宜为堤防中心线纵剖面上钻孔间距的2~4倍，险情多发段、地质条件复杂段应适当加密横剖面，每一工程地质单元应至少有一条横剖面。

3 横剖面上宜布置3~6孔：堤防中心线1孔、堤外1~2孔、堤内1~3孔，孔距宜为20~200m。

4 在下列特殊位置应布置横剖面：

——渊、潭、塘、沟、渠等微地貌变化较大的地段；

——堤防险情段，包括堤基渗透破坏、历史溃口口门、堤身险情等；

- 物探探明的物性异常位置；
- 拟扒口分洪段；
- 小型涵闸闸址处。

**5.3.4** 堤外滩较窄时，堤岸勘探布置宜结合堤防勘探布置进行；堤外滩较宽时，堤岸勘探布置应符合下列规定：

- 1 纵剖面宜沿岸肩布置，可行性研究阶段钻孔间距宜为 500~1000m，初步设计阶段宜为 200~500m。
- 2 横剖面间距宜为纵剖面上钻孔间距的 2~4 倍，地质条件复杂或崩岸严重段，可适当加密横剖面。
- 3 横剖面上的钻孔数宜为 2~3 个，孔距宜为 20~100m。
- 4 滑坡地段应沿滑动方向布置一条主勘探剖面，剖面上宜为 3~5 个钻孔，钻孔间距 50~100m；当滑坡规模较大时，可平行主勘探剖面增加辅助勘探剖面。

**5.3.5** 大中型涵闸勘探布置应分别符合 GB 50287—99 和 SL 55—93 的有关规定，并宜符合下列规定：

- 1 可行性研究阶段，宜沿闸轴线布置 1 条纵剖面，孔距 50~100m；横剖面宜顺水流方向布置，横剖面间距宜为纵剖面上钻孔间距的 2~4 倍，并应至少布置 1 条横剖面。
- 2 初步设计阶段，钻孔宜结合建筑物方案布置成网格状，孔距宜为 20~50m，纵、横剖面数量各不宜少于 3 条。

**5.3.6** 小型涵闸的勘探可结合堤防一并考虑，地质条件复杂时可进行专门勘探。

**5.3.7** 堤防和堤岸每一工程地质单元，以及大中型涵闸应布置 1~2 个控制性钻孔。

**5.3.8** 勘探剖面应实测，精度不应低于相应工程地质测绘精度。

**5.3.9** 钻孔深度应符合下列规定：

- 1 堤防钻孔宜为堤身高度的 1.5~2.0 倍（不包括已建堤防堤顶孔的堤身段），当相对透土层或软土层较厚时，孔深应适当加深并能满足渗流与稳定分析的要求；基岩出露或浅埋段钻孔宜揭穿强风化层。

2 涵闸钻孔进入闸底板以下的深度宜为闸底板宽度的1.0~1.5倍。

3 堤岸钻孔宜深入河床深泓以下5~10m。

4 对控制性钻孔,宜根据具体工程地质条件及设计需要综合确定。

5 水文地质试验和长期观测钻孔宜根据水文地质条件确定。

5.3.10 钻孔孔径应与钻孔类型及孔内测试项目相适应,有特殊要求的钻孔应根据需要确定。

5.3.11 钻进方法应符合SL 291—2003的有关规定,并根据土(岩)类型、钻孔目的和地下水位确定。在细粒土层、粉细砂层中不应采用螺旋钻进或冲击钻进。

5.3.12 钻进的回次进尺应根据地层性质、钻进方法等确定,且不应超过2m。

5.3.13 钻孔完成后必须封孔(长期观测孔除外),封孔材料和封孔工艺应根据当地实际经验或试验资料确定。

5.3.14 堤防工程物探宜在可行性研究阶段进行,可用于下列目的:

1 探测基岩埋藏深度、断层破碎带位置及喀斯特发育情况。

2 探测透水层及相对隔水层分布及厚度、地下水位。

3 测定岩、土的电阻率、波速等参数。

4 探测已建堤防的洞穴、决口口门及其冲积扇、古河道、渗漏段等隐患部位。

5.3.15 根据地质条件和场地条件可选用坑探、槽探或井探等,坑、槽、井施工完毕后应及时编录并回填压实。

5.3.16 应测定所有勘探点的平面坐标和高程。

## 5.4 取样与试验

5.4.1 在钻孔中采取原状土样,应根据土层的性质选取合适的取样器,取样应符合下列要求:

1 软土、细粒土、砂土层中,使用套管护壁法钻进时,取样位置至少应低于套管底部0.5m。

2 取样前应仔细清孔,孔底残留浮土厚度应小于取土器上端废土段长度。

3 采取土样宜用快速连续静力压入法,遇硬粘土等压入困难的土层时,可采用重锤少击方式,但应有良好的导向装置。

5.4.2 渗透破坏试验土样应在渗透稳定计算剖面上或在渗透稳定计算剖面附近采取,所取土样应具有代表性,取样尺寸、数量应满足试验要求。

5.4.3 土样的封装、保存及运输应符合 SL 237—1999 的有关规定。

5.4.4 室内岩土试验项目可按表 5.4.4 的规定执行。有特殊要求的,可进行专门性试验。

表 5.4.4 室内岩、土试验项目表

试验项目	岩 土 类 型		
	岩 石	细粒土	砂类土
比重	+	√	+
密度	+	√	√
相对密度			√
含水率		√	√
界限含水率		√	
易溶盐		+	+
无粘性土休止角			+
颗粒分析		√	√
有机质		+	
膨胀性	+(膨胀岩)	+	
湿化	+(膨胀岩)	+	
渗透	+(透水岩石)	√	√
吸水率及饱和吸水率	+		
点荷载强度	+		
单轴抗压强度	+		
直接剪切	+	√	+
三轴压缩		+	+
固结		√	+

注：“√”为必做项目；“+”为根据需要选做项目。

5.4.5 土的分类应符合本标准附录 A 的规定。

5.4.6 岩土试验组数的确定应根据勘察阶段遵守下列规定：

1 规划阶段可采用工程地质类比法提出土(岩)物理力学参数建议值，必要时可取少量试样进行试验验证。

2 可行性研究阶段，每一工程地质单元每一层累计有效试验组数不应少于 6 组。

3 初步设计阶段，每一工程地质单元每一层累计有效试验组数不应少于 10 组。

5.4.7 试验成果均应进行分析研究，判断其正确性和合理性，并按工程地质单元分层进行数理统计，经综合分析后提出土(岩)物理力学参数建议值。

## 5.5 原位测试

5.5.1 应根据勘察目的、地质条件、地区测试经验等合理选用原位测试方法，测试孔数与次数根据需要确定。

5.5.2 动力触探试验应符合下列要求：

1 砂类土及细粒土宜采用标准贯入试验或轻型动力触探试验，中粗砂、砂砾和碎石土宜采用重型动力触探试验，卵石和砾石类土宜采用超重型动力触探试验。

2 试验成果应分孔、分层分析整理。

3 当根据动力触探成果判别砂土的密度、细粒土状态和评估土的承载力、土的强度与变形参数时，应结合其他试验成果和本地区工程经验综合分析确定。

4 当根据标准贯入试验判别砂土液化可能性时，应符合 GB 50287—99 的有关规定。

5.5.3 静力触探试验应符合下列要求：

1 静力触探孔宜布置于堤外，当土层土质比较复杂或需要查明软弱层带界限时，增加测试孔数。

2 试验成果应分孔、分层分析整理。

3 当根据静力触探成果确定土的物理力学参数时，应结合其

他测试成果和地区工程经验综合分析确定。

**5.5.4 十字板剪切试验应符合下列要求：**

**1 试验宜布置在软土层（带）区。**

**2 当被测试土层（带）厚度较薄时，应适当增加孔数或加密测试点；当需查明测试土层（带）展布范围时，应增加孔数。**

**3 试验成果应分层整理。**

**4 当根据十字板抗剪强度确定土的承载力、分析地基稳定性时，应对其进行修正。**

## **5.6 水文地质试验与长期观测**

**5.6.1 应根据不同的水文地质条件选用不同的水文地质试验方法、试验部位与数量等。**

**5.6.2 应选取建筑物附近地下水和地表水样进行水质分析，评价环境水对混凝土的腐蚀性。**

**5.6.3 必要时可提出建立地下水长期观测系统的建议。**

## 6 堤身勘察

- 6.0.1 堤身勘察的任务是了解堤身状况。
- 6.0.2 堤身勘察宜坚持地面调查、物探和勘探相结合的原则。
- 6.0.3 堤身勘察宜结合堤基勘察进行,勘察方法宜符合本标准第5章的规定。
- 6.0.4 堤身勘察前,应认真分析堤身险情的类型、规模和危害程度等。
- 6.0.5 堤身勘察可包括下列内容:
  - 1 堤身病害险情和历史加高培厚、加固情况。
  - 2 堤身填土类型,特别是粗粒土、碎块石等的大致分布范围。
  - 3 堤身填土的密实度。
  - 4 堤身填土的物理、力学性质和渗透性。
- 6.0.6 堤身填土的质量评价可从堤身险情、填土物质组成、密实度、渗透性等方面综合论述,区分出需要进行处理的堤段,并提出处理措施的建议。

## 7 特殊土勘察

### 7.1 软 土

7.1.1 软土勘察内容除应符合本标准 4.2 节或 4.3 节的有关规定外，尚应包括下列内容：

1 查明软土分布区表层硬壳层的性状与厚度及下卧硬土层或基岩的埋深与起伏状况。

2 查明软土的有机质含量。

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及在类似软土上已建工程的建筑经验。

7.1.2 软土勘察方法除应符合本标准第 5 章的有关规定外，尚应符合下列要求：

1 确定软土的抗剪强度应有一定数量的十字板剪切试验。

2 固结试验的最大固结压力宜按上覆荷载确定，必要时可进行少量代表性的次固结试验。

7.1.3 软土工程地质评价宜包括下列内容：

1 当地表存在硬壳层时，应提出利用的条件和可能性。

2 评价软土地基的抗滑稳定性、侧向挤出和沉降变形特性。

3 软土加固、处理措施的建议，宜根据软土及其上覆、下卧土层的性状，并结合地方经验提出。

### 7.2 黄 土

7.2.1 黄土勘察内容除应符合本标准 4.2 节或 4.3 节的有关规定外，尚应包括下列内容：

1 查明黄土层的结构和构造特征，夹层与古土壤层、钙质结核的分布特征。

2 查明湿陷性黄土层的厚度、湿陷类型和湿陷等级、湿陷系数随深度的变化。

3 查明黄土滑坡、崩塌、错落、陷穴、潜蚀洞穴、垂直节理、卸荷裂隙等的分布范围、规模、性质等。

7.2.2 黄土勘察方法除应符合本标准第5章的有关规定外,尚应符合下列要求:

1 黄土原状样宜在探坑(井)内人工挖取。

2 应进行黄土湿陷试验,提供湿陷系数、自重湿陷系数、湿陷起始压力等参数。

7.2.3 黄土工程地质评价宜包括下列内容:

1 黄土层物理力学性质和湿陷性随深度的变化规律,湿陷类型和湿陷等级;

2 冲沟、陷穴、碟型洼地、溶蚀洞穴、滑坡、错落、崩塌等的分布范围、发育特点,预测发展趋势及其对工程的影响。

3 根据工程地质评价结论,提出处理措施的建议。

## 7.3 盐渍土

7.3.1 盐渍土勘察内容除应符合本标准4.2节或4.3节的有关规定外,尚应包括下列内容:

1 调查植物生长情况和溶蚀洞穴的分布与发育程度。

2 查明盐渍土的形成条件、含盐类型和含盐程度,了解含盐量在水平和垂直方向上的分布特征。

3 查明盐渍土的毛细水上升高度。

4 调查盐渍土地区已有建筑物被腐蚀破坏情况。

5 搜集堤防区气温、湿度、降水量等气象资料。

7.3.2 盐渍土勘察方法除应符合本标准第5章的有关规定外,尚应符合下列要求:

1 含盐量的土样宜在地表下1.0m深度范围内分层采取,平均取样间隔0.25m,近地表取样间隔应适当减小,地下水位埋深小于1.0m时取样至地下水位,地下水位埋深大于1.0m且1.0m深度以下含盐量仍然很高时,可适当加大取样深度,取样间隔可为0.5m,取样宜在干旱季节进行。

2 测定有害毛细水上升高度。

3 对溶陷性盐渍土，应采用浸水载荷试验确定其溶陷性；对盐胀性盐渍土，宜现场测定有效盐胀厚度和总盐胀量，当土中硫酸钠含量不超过1%时可不考虑盐胀性。

4 进行溶陷性试验和化学成分分析，必要时可对土的结构进行显微结构鉴定。

**7.3.3 盐渍土工程地质评价应包括下列内容：**

1 土中含盐类型、含盐量及主要含盐矿物对土的特性的影响。

2 土的溶陷性、盐胀性、腐蚀性和场地工程建设的适宜性。

3 根据易溶盐的含盐量和含盐成分、溶蚀洞穴发育程度等提出处理措施建议。

## **7.4 膨 胀 土**

**7.4.1 膨胀土勘察内容**除应符合本标准4.2节或4.3节的有关规定外，尚应包括下列内容：

1 调查膨胀土地区的自然坡高和坡度。

2 搜集降雨量、蒸发量、地温、气温和大气影响深度等。

3 查明膨胀土的结构、构造、裂隙发育与充填情况、夹层性状、膨胀特性在水平与垂直向的变化规律，了解土体特性与含水率的关系。

4 查明膨胀土的粘土矿物成分、化学成分。

5 调查膨胀土地区滑坡、开裂等特点、范围，建筑物基础的埋置深度和变形损坏情况。

**7.4.2 膨胀土勘察方法**除应符合本标准第5章的有关规定外，尚应符合下列要求：

1 测定土的粘土矿物成分和化学成分。

2 测定自由膨胀率、膨胀率、收缩系数、膨胀力和崩解速率等膨胀性参数。

3 测定土的残余抗剪强度。

**7.4.3 膨胀土工程地质评价应包括下列内容：**

**1 对膨胀土的胀缩性进行评价，按膨胀潜势对膨胀土地基分段。**

**2 根据膨胀土的残余强度特性、含水率的变化幅度及大气影响深度等评价膨胀土对堤防工程稳定性的影响。**

**3 提出膨胀土处理措施的建议。**

## **7.5 人工填土**

**7.5.1 人工填土勘察内容除应符合本标准 4.2 节或 4.3 节的有关规定外，尚应调查下列内容：**

**1 填土的类型、填土年限、堆填方法。**

**2 原始地形起伏状况，掩埋的坑、塘、暗沟等情况。**

**3 填土的物质成分、颗粒级配、均匀性。**

**4 填土地基上已有建筑物的变形或破坏情况。**

**7.5.2 人工填土勘察方法除应符合本标准第 5 章的有关规定外，尚应符合下列要求：**

**1 对杂填土，宜进行（渗）注水试验，了解其渗透性。**

**2 对防洪墙和大中型涵闸，当无法取得室内试验资料时，宜进行动力触探试验或承压板载荷试验。**

**7.5.3 人工填土工程地质评价，可根据人工填土的物质组成、颗粒级配、均匀性、密实程度和渗透性，评价其承载力和渗透稳定性，并提出处理措施的建议。**

## **7.6 分散性土**

**7.6.1 分散性土勘察内容除应符合本标准 4.2 节或 4.3 节的有关规定外，尚应包括下列内容：**

**1 搜集分散性土分布区水文、气象、气候资料，调查土壤类型、盐碱土分布情况、植物生长情况、土壤水和潜水状况、自然冲蚀和工程受损破坏情况及防治分散性土灾害的工程措施与效果。**

2 查明分散性土形成的地质背景和特征、粘土矿物成分、化学成分、结构、构造、含盐类型。

3 研究地表水、地下水和土壤的水盐动态规律及其与分散性的关系。

7.6.2 分散性土的判定应以野外调查为主,结合室内试验综合判定,并应符合本标准附录 B 的规定。

7.6.3 分散性土工程地质评价,应根据分散性土的分散性评价其对工程的影响,提出防治与处理措施的建议。

## 7.7 冻 土

7.7.1 冻土勘察内容除应符合本标准 4.2 节或 4.3 节的有关规定外,尚应包括下列内容:

1 季节性冻土的冻胀性及形成条件,了解积水、排水条件;多年冻土的融沉性及含冰情况,不同地貌单元冻土层埋藏深度、厚度、延伸情况及相互关系。

2 查明多年冻土的分布范围及上限深度。

3 查明多年冻土的类别、厚度、总含水量、结构特征、热物理性质、冻胀性和融沉性分级。

4 查明多年冻土层上水、层间水、层下水的赋存形式、相互关系及其对工程的影响。

5 查明多年冻土区不良地质现象,包括厚层地下冰、冰锥、冰丘、冻土沼泽、热融滑塌、热融湖塘、融冻泥流、寒冻裂隙等的形态特征、形成条件、分布范围、发生发展规律及其对工程的危害。

7.7.2 季节性冻土工程地质评价应包括下列内容:

1 冻土的温度状况,包括地表积雪、植被、水体、沼泽化、大气降水渗透作用、土的含水率、地形等对地温的影响。

2 评价冻土的融沉性和冻胀性。

7.7.3 多年冻土工程地质评价除应符合本标准 7.7.2 条的规定外,尚应包括下列内容:

- 1 季节融化层的厚度及其变化特征。
- 2 对多年冻土的融沉性和季节融化层的冻胀性进行分级。
- 3 根据冻土工程地质条件及其变化,提出利用原则及其相应的保护和防治措施建议。

## 7.8 红粘土

**7.8.1 红粘土勘察内容**除应符合本标准 4.2 节或 4.3 节的有关规定外,尚应包括下列内容:

- 1 查明不同地貌单元上原生红粘土与次生红粘土的分布、厚度、物质组成、土性、土体结构等特征。

- 2 查明下伏基岩岩性、岩溶发育特征及其与红粘土分布、物理力学性质的关系。

- 3 查明地表水与地下水对红粘土湿度状态和物理力学性质的影响。

- 4 调查土体中裂隙的发育情况,分析其对岸(边)坡稳定的影响。

- 5 调查红粘土地裂的发育情况及其对已有建筑物的影响。

- 6 查明地基及其附近土洞发育情况。

- 7 收集红粘土地区勘察设计及施工处理经验。

**7.8.2 红粘土勘察方法**除应符合本标准第 5 章的有关规定外,试验项目尚应包括收缩试验、天然土与饱和土的无侧限抗压强度试验。对裂隙发育的红粘土,宜做三轴剪切试验;评价边坡长期稳定性时,应采用反复剪切试验。

**7.8.3 红粘土工程地质评价**应包括下列内容:

- 1 红粘土的塑性状态分类、结构分类、复浸水特性分类、均匀性分类。

- 2 根据湿度状态的垂向变化,评价堤基抗滑稳定及沉降变形问题。

- 3 根据红粘土裂隙发育、干湿循环等情况评价边坡稳定性。

## 8 天然建筑材料勘察

**8.0.1** 堤防工程天然建筑材料勘察级别分为普查、初查和详查。规划阶段应进行普查，可行性研究阶段宜进行初查，初步设计阶段宜进行详查或复核。各级别的勘察精度可依照 SL 251—2000，根据料场的地形地质条件适当降低。

**8.0.2** 天然建筑材料产地的选择，应符合下列原则：

- 1 宜先近后远，开采运输方便，并注意各产地料源比较。
- 2 考虑经济合理，环境保护，不占或少占耕地、林地。
- 3 土料产地距堤脚应有一定的安全距离，严禁因土料开采引起堤防渗透变形和抗滑稳定问题。

**8.0.3** 土料质量应符合下列要求：

- 1 防渗土料的质量应符合 SL 251—2000 均质坝土料的要求。
- 2 堤身填筑土料的质量宜满足 SL 251—2000 均质坝土料的要求，如缺乏满足要求的土料时，应因地制宜，结合地方经验与设计要求综合确定。
- 3 压渗土料宜选用砂类土或渗透系数比下伏土层大一个数量级的土料。
- 4 使用特殊土做堤身填筑料时，应进行专门的试验研究。

**8.0.4** 护脚、护坡块石用料应选用致密坚硬、抗冲刷、耐风化、块度适当的石料。

**8.0.5** 砂、砾料应根据其用途符合 SL 251—2000 相应的质量要求。

**8.0.6** 堤防工程有关天然建筑材料的内容应在堤防工程地质勘察报告中论述评价，必要时可编写天然建筑材料专题报告。

## 9 勘察成果

### 9.1 一般规定

- 9.1.1 规划阶段，工程地质勘察成果可在设计报告中单列一章论述。
- 9.1.2 可行性研究与初步设计阶段，堤防工程地质勘察报告宜包括堤岸工程地质条件评价，应单独编制大中型涵闸工程地质勘察报告，必要时提交专题工程地质勘察报告。
- 9.1.3 施工地质工作结束时，应编制和提交施工地质报告。
- 9.1.4 工程地质勘察报告应由报告正文、附图和附件三部分组成，并应符合下列要求：

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工程地质评价，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 附图应符合 SL 73—95 的有关规定，应正确反映地质现象和勘察精度，内容实用、数据可靠，且图文相符。

3 附件应清楚、准确。

- 9.1.5 施工地质报告应详尽阐述施工中揭示的地质现象、前期勘察成果的验证情况，遇到的地质问题、处理情况及结论，并收入施工期有关技术文件、影像资料和施工记录等。

### 9.2 堤防工程地质勘察报告

- 9.2.1 堤防工程地质勘察报告的正文宜包括前言、地质概况、堤身状况、堤基工程地质特征、主要工程地质问题、堤防工程地质条件及评价、堤线工程地质条件比较、穿堤涵闸工程地质条件、天然建筑材料和结语，内容与详细程度可根据勘察阶段做适当调整。
- 9.2.2 前言应包括堤防区地理位置、工程概况、规划或设计意图、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、完成的工作项目和工作量。

9.2.3 地质概况中应包括地形地貌、地层岩性、地质构造与地震、水文地质条件、物理地质现象等。

9.2.4 堤身状况应包括堤防概况、堤身结构、填土组成、现状特征、险情隐患及处理情况、堤身土体物理力学性质、渗透特性、堤身状况的评价等。

9.2.5 堤基工程地质特征应包括堤基地质结构的划分(见本标准附录C)、土(岩)体物理力学性质及渗透性等。

9.2.6 主要工程地质问题应包括堤基、堤岸段岸坡和涵闸存在的渗透变形问题(渗透变形判别见本标准附录D)、稳定问题、沉降变形问题等。

9.2.7 堤防工程地质条件及评价应包括堤防的工程地质分段(见本标准附录E)、各堤段工程地质条件、主要工程地质问题评价,堤基险情隐患及加固处理措施的建议。

9.2.8 堤岸工程地质条件及评价应包括岸坡地质结构的划分、土(岩)体物理力学性质及渗透性、岸坡工程地质分段、岸坡稳定性评价,并提出加固处理措施的建议。

9.2.9 穿堤涵闸工程地质条件应包括各涵闸工程地质条件的论述及评价。

9.2.10 天然建筑材料中应包括各料种的产地地质条件、岩土类型、分布,储量、质量评价,开采运输条件等。

9.2.11 各阶段工程地质报告中主要附图、附件宜按表9.2.11选择。

表 9.2.11 工程地质勘察报告附图、附件表

名 称	新 建 工 程			已建工程加固设计勘察
	规划勘察	可行性研究勘察	初步设计勘察	
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	+	√	√	√

表 9.2.11 (续)

名 称	新 建 工 程			已建工程加 固设计勘察
	规划勘察	可行性研 究勘察	初步设 计勘察	
天然建筑材料图表	+	√	√	√
坑、井、槽展示图, 代表性钻孔柱状图	+	+	+	+
原位测试成果图表		+	+	+
长期观测图表				+
岩(土)试验成果		+	+	+
物探报告		+	+	+
专题地质报告			+	+
水质分析成果		+	+	+
项目批文、审查意见、地震鉴定书等		+	+	+
注: “√” 必须提交; “+” 根据需要提交。				

### 9.2.12 综合工程地质图应包括下列主要内容:

- 1 新建堤线方案或加固堤防的位置, 包括涵闸位置。
- 2 沿堤线的地层、岩性、成因类型, 特别是特殊土和粗粒土的分布。
- 3 微地貌单元的界线, 特别是古河道、坑、塘、牛轭湖、决口口门、决口冲刷坑、决口扇等的分布位置。
- 4 坍岸、坍塌、滑坡、渗水、流土和管涌等历史险情、物理地质现象。
- 5 井泉分布位置、高程, 井水位和泉的涌水量及其观测日期等。
- 6 人类活动遗址及生物洞穴, 如墓穴、房基、暗涵及蚁穴等。
- 7 坑、孔等勘探点的位置及其编号, 剖面位置及工程地质分段类别。

### 9.2.13 堤防工程地质剖面图应主要包括下列内容:

- 1 地层岩性界线, 成因类型符号。

2 坑、孔及取样位置，水文地质试验、原位测试的位置及参数。

3 地下水位及观测日期。

9.2.14 工程地质纵剖面还应包括工程地质分段简要说明与评价。

9.2.15 工程地质横剖面还应包括设计洪水位、险情、坑塘等。

### 9.3 大中型涵闸工程地质勘察报告

9.3.1 大中型涵闸各勘察阶段工程地质勘察报告的正文宜包括前言、闸址区地质概况、主要工程地质问题、闸址工程地质条件及评价、闸址工程地质条件比较，天然建筑材料、结语等。

9.3.2 前言中应包括：闸址区地理位置、工程概况、规划或设计意图、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、完成的工作项目和工作量，已建涵闸的组成、各部分的主要设计参数、现状、险情隐患、抢险情况及效果等。

9.3.3 闸址区地质概况中应包括地形地貌、地层岩性、地质构造与地震、水文地质、物理地质现象、岩体风化情况、土（岩）物理力学性质及渗透特性等。

9.3.4 主要工程地质问题中应包括闸址区各建筑物地基的渗漏、渗透变形、抗滑、抗冲刷、沉降变形、边坡稳定问题等。

9.3.5 闸址工程地质条件及评价中应包括主要设计参数，各建筑物地基地质结构、存在的工程地质问题，并提出处理措施的建议。

9.3.6 天然建筑材料中应包括产地地质条件、岩土类型、有用层分布、开采运输条件及储量、质量评价等。

9.3.7 大中型涵闸工程地质勘察报告的附图、附件除应按本标准表 9.2.11 选择外，还应包括渗透剖面、基岩顶板等高线图。

9.3.8 大中型涵闸工程地质图应包括下列内容：

1 闸址区的地层岩性及其成因类型、基岩主要结构面的产状，特殊土、粗粒土和软弱夹层等的分布。

2 河流阶地、漫滩、深槽的分布，古河道及地表水系的分布情况。

3 坍塌、滑坡、渗水、流土和管涌等险情、物理地质现象的分布。

4 坑、孔等勘探点的位置及其编号，剖面位置，建筑物轮廓线。

**9.3.9** 大中型涵闸工程地质剖面图应包括下列内容：

1 地层岩性及其成因类型、产状。

2 断裂、裂隙和软弱夹层的位置，岩石风化带分界线。

3 坑、孔及取样位置，水文地质试验、原位测试的位置及参数。

4 地下水位及观测日期。

5 建筑物轮廓线。

## **9.4 施工地质报告**

**9.4.1** 施工地质报告的正文宜包括前言、地质概况、前期勘察成果验证、设计变更及不良地质现象处理、结论与运行期观测建议。

**9.4.2** 前言中应包括工程位置、工程概况、任务的由来、施工地质工作简况、实施过程、工作方法、完成的工作量等。

**9.4.3** 地质概况中应包括工程地质条件、主要工程地质问题和结论等。

**9.4.4** 前期勘察成果验证中应包括先导孔、岸坡开挖、基坑揭露的水文地质和工程地质条件及其与前期勘察成果的对比，并分析产生差异的原因，说明参数最终的采用情况。

**9.4.5** 设计变更及不良地质现象处理中应包括由于地质条件引起的施工方案调整情况，险情隐患及施工中产生的诸如滑坡、崩岸、堤身开裂等不良地质现象的处理方法及效果，施工期补充地质工作所查明的工程地质条件或工程地质问题的论述与评价。

**9.4.6** 施工地质报告的附图应根据具体情况而定，宜包括基坑地质图、防渗墙竣工代表性剖面图、重要的坑（孔）展示图、其他

专门工程地质图。

**9.4.7** 施工地质报告的附件应包括重要的施工地质简报、专题报告等。

## **9.5 原始资料与勘察成果归档**

**9.5.1** 各种原始资料应按有关规定与勘察成果一起归档。

**9.5.2** 需归档的主要原始资料应包括下列内容：

- 1 野外勘察、试验、观测记录。
- 2 钻孔、坑槽探、物探及重要地质点和勘探剖面等测量成果。
- 3 工作底图、计算稿。
- 4 重要的地质照片、影像资料、素描图。
- 5 钻孔柱状图、坑（井）展示图、试验成果等原始资料及其

电子文件。

6 有关施工地质的批示、批文、联系单、地质简报、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。

**9.5.3** 需归档的主要勘察成果应包括勘察报告正文、附图和附件的纸质文件与电子文件。

## 附录 A 土 的 分 类

**A. 0. 1** 土的分类宜按 GBJ 145—90 分为巨粒土和含巨粒的土、粗粒土、细粒土三类。

**A. 0. 2** 巨粒土和含巨粒的土、粗粒土的划分宜符合 GBJ 145—90 的有关规定。

**A. 0. 3** 细粒土宜按图 A. 0. 3 划分。

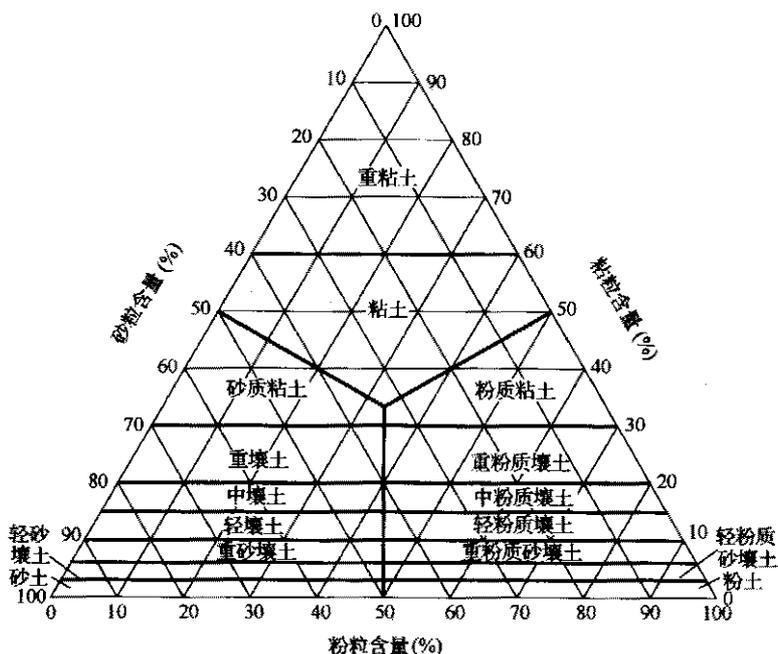


图 A. 0. 3 土的三角坐标分类

## 附录 B 分散性土的判别标准

**B.0.1** 根据碎块试验确定土的分散性等级应符合表 B.0.1 的规定。

**表 B.0.1 碎块试验分散性等级评价标准**

分散性等级	土块浸水后的反应
I	没有反应，土块可能在杯底塌散，但没有胶粒使水变浑浊的迹象
II	微有反应，土块表面附近水有些浑浊
III	中等反应，容易鉴别出悬液中的胶体浑浊点，通常在杯底扩散成细条纹
IV	强烈反应，杯底有一薄层胶体沉积，有些土样会使整杯水浑浊

**B.0.2** 针孔试验评价土的分散性应符合表 B.0.2 的规定。

**表 B.0.2 针孔试验评价土的分散性标准**

分散性	试验水头 (mm)	试验持续时间 (min)	最终孔径 $d_s$ (mm)	出水混浊情况
高分散性土	50	10	$d_s \geq 3.0$	很浑浊
分散性土	50	10	$2.0 \leq d_s < 3.0$	很浑浊
过渡型土	50	10	$1.5 \leq d_s < 2.0$	浑浊
	180			
非分散性土	380	$\geq 5$	$d_s \leq 1.5$	微浑浊
	1020			
高抗冲蚀性土	1020	$\geq 5$	针孔孔径保持不变	清水

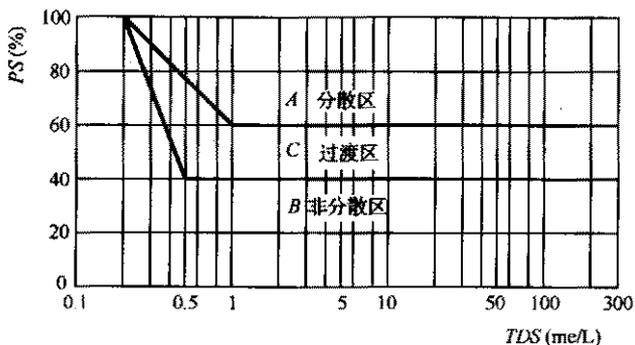
**B.0.3** 双比重计试验评价土的分散性应符合表 B.0.3 的规定。

**表 B.0.3 双比重计试验评价土的分散性标准**

分散性	分散度 $D$ (%)
非分散性土	$< 30$
过渡型土	$30 \sim 50$
分散性土	$50 \sim 70$
高分散性土	$> 70$

注： $D = (\text{不加分散剂的粘粒含量} \div \text{加分散剂的粘粒含量}) \times 100\%$

**B.0.4** 孔隙水可溶盐试验评价土的分散性应符合图 B.0.4 的规定。



阳离子交换总量  $TDS = Na^+ + K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$

可交换钠离子百分数  $PS = Na^+ / TDS \times 100\%$

图 B.0.4 孔隙水可溶盐试验评价土的分散性

**B.0.5** 当采用多种试验方法确定土的分散性时,宜符合表 B.0.5 的规定。

表 B.0.5 分散性土综合分类表

分类名称	针孔试验 分散性	孔隙水可溶盐试 验可交换钠离子 百分数 (%)	双比重计试验 分散度 $D$ (%)		碎块试验 分散性等级
			中低塑性粘土	高塑性粘土	
非分散性土	高抗冲蚀性土、 非分散性土	<40	<20	<30	I
过渡型土	过渡型土	40~60	20~40	30~50	II
分散性土	分散性土	60~90	40~60	50~70	III
高分散性土	高分散性土	>90	>60	>70	IV

## 附录 C 堤基地质结构分类

**C.0.1** 堤基地质结构宜根据勘探深度范围内岩石、粘性土、粗粒土和特殊土的分布与组合关系分类。

**C.0.2** 堤基地质结构类型宜按表 C.0.2 的规定分为单一结构、双层结构和多层结构三类。

表 C.0.2 堤基地质结构分类表

类	地质结构特征	亚 类
单一结构 (I)	堤基由一类土体或岩体组成	岩石单一结构
		粘性土单一结构
		粗粒土单一结构
		特殊土单一结构
		.....
双层结构 (II)	堤基由两类土 (岩) 组成	上粘性土下岩石
		上厚粘性土下粗粒土
		上薄粘性土下粗粒土
		上粗粒土下粘性土
		上粘性土下淤泥质土
		.....
多层结构 (III)	堤基由两类或两类以上的土 (岩) 组成, 呈互层或夹层、透镜状等的复杂结构	堤基表层为粗粒土
		堤基表层为薄粘性土
		堤基表层为厚粘性土
		堤基表层为淤泥质土
		.....

**C.0.3** 堤基地质结构亚类可根据各地实际地质条件, 结合当地实践经验划分。

**C.0.4** 当地表分布粘性土时, 应根据当地堤防挡水时间的长短、

水头（设计洪水位与堤内地面高差）及粘性土与下伏粗粒土本身的渗透性等因素，综合确定适合本地实际的粘性土临界厚度值。如无经验，粘性土临界厚度可取堤高的  $1/2$ 。

**C.0.5** 当地表分布的粘性土层厚度小于临界厚度值时，宜分为上薄粘性土亚类；当地表分布的粘性土层厚度大于临界厚度值时，宜分为上厚粘性土亚类。

## 附录 D 土的渗透变形判别

**D. 0. 1** 细粒土与不均匀系数不大于 5 的粗粒土的渗透变形为流土。

**D. 0. 2** 不均匀系数大于 5 的粗粒土的渗透变形应分别采用下列方法判别：

1 流土和管涌应根据土的细粒含量，采用式 (D. 0. 2-1) 和式 (D. 0. 2-2) 计算判别：

流土：

$$P_c \geq \frac{1}{4(1-n)} \times 100 \quad (\text{D. 0. 2-1})$$

管涌：

$$P_c < \frac{1}{4(1-n)} \times 100 \quad (\text{D. 0. 2-2})$$

$$d_t = \sqrt{d_{70}d_{10}} \quad (\text{D. 0. 2-3})$$

式中  $n$ ——土的孔隙率 (%)；

$P_c$ ——土的细粒颗粒含量，以质量百分率计 (%)；不连续级配的土，级配曲线中至少有一个以上的粒径级的颗粒含量小于或等于 3% 的平缓段，粗细粒的区分粒径  $d_t$  以平缓段粒径级的最大和最小粒径的平均粒径区分（或以最小粒径为区分粒径，相应于此粒径的含量为细粒含量）；连续级配的土，粗细粒的区分粒径  $d_t$  按式 (D. 0. 2-3) 计算；

$d_{70}$ ——土的颗粒粒径 (mm)，小于该粒径土的质量占总土质量的 70%；

$d_{10}$ ——土的颗粒粒径 (mm)，小于该粒径土的质量占总土质量的 10%。

2 不均匀系数大于 5 的不连续级配土可采用下列方法判别：

流土,  $P_c \geq 35\%$ ;

过渡型, 取决于土的密度、粒级和形状,  $25\% \leq P_c < 35\%$ ;

管涌,  $P_c < 25\%$ 。

3 对双层结构的地基, 当两层土的不均匀系数均等于或小于 10, 且符合式 (D. 0. 2-4) 规定的条件时, 不会发生接触冲刷:

$$\frac{D_{10}}{d_{10}} \leq 10 \quad (\text{D. 0. 2-4})$$

式中  $D_{10}$ ,  $d_{10}$ ——分别代表较粗和较细一层土的颗粒粒径 (mm), 小于该粒径土的质量占总土质量的 10%。

4 对于渗流向上的情况, 不均匀系数不大于 5 的土层符合式 (D. 0. 2-5) 条件将不会发生接触流失; 不均匀系数不大于 10 的土层符合式 (D. 0. 2-6) 条件将不会发生接触流失。

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5 \quad (\text{D. 0. 2-5})$$

$$\frac{D_{20}}{d_{70}} \leq 7 \quad (\text{D. 0. 2-6})$$

式中  $D_{15}$ ——较粗一层土的颗粒粒径 (mm), 小于该粒径土的质量占总土质量的 15%;

$d_{85}$ ——较细一层土的颗粒粒径 (mm), 小于该粒径土的质量占总土质量的 85%;

$D_{20}$ ——较粗一层土的颗粒粒径 (mm), 小于该粒径土的质量占总土质量的 20%;

$d_{70}$ ——较细一层土的颗粒粒径 (mm), 小于该粒径土的质量占总土质量的 70%。

**D. 0. 3** 堤基土的临界水力比降宜根据试验确定, 如无试验资料, 可按式 (D. 0. 3-1) ~ 式 (D. 0. 3-3) 计算:

1 流土型:

$$J_{cr} = (G_s - 1)(1 - n) \quad (\text{D. 0. 3-1})$$

式中  $J_{cr}$ ——土的临界水力比降;

$G_s$ ——土的比重。

2 管涌型或过渡型:

$$J_{cr} = 2.2(G_s - 1)(1 - n)^2 \frac{d_5}{d_{20}} \quad (\text{D. 0. 3-2})$$

式中  $d_5$ 、 $d_{20}$ ——土的颗粒粒径 (mm)，小于该粒径土的质量分别占总土质量的 5% 和 20%。

3 管涌型:

$$J_{cr} = \frac{42d_3}{\sqrt{k/n^3}} \quad (\text{D. 0. 3-3})$$

式中  $d_3$ ——土的颗粒粒径 (mm)，小于该粒径土的质量占总土质量的 3%；

$k$ ——土的渗透系数 (cm/s)。

**D. 0. 4** 无粘性土的允许比降宜采用下列方法之一确定:

1 以土的临界水力比降除以安全系数。1 级堤防，安全系数取 2.5；2 级堤防取 2.0；3 级堤防取 1.5。

2 可根据渗透变形型式按表 D. 0. 4 取经验值。

**表 D. 0. 4 无粘性土允许水力比降经验值**

流土型			过渡型	管涌型	
$C_u \leq 3$	$3 < C_u \leq 5$	$C_u \geq 5$		级配连续	级配不连续
0.25~0.35	0.35~0.50	0.50~0.80	0.25~0.40	0.15~0.25	0.10~0.20

注 1: 本表不适用于渗流出口有反滤层的情况。  
注 2:  $C_u$  为土的不均匀系数。

## 附录 E 堤基和堤岸工程地质条件分类

### E.1 堤基工程地质条件分类

E.1.1 堤基工程地质条件分类宜综合考虑下列因素：

- 1 沿堤线两侧分布的古河道、古冲沟、渊、潭、塘等。
- 2 堤基地质结构，土（岩）物理力学性质。
- 3 主要工程地质问题类型与严重程度。
- 4 已建堤防历年险情。

E.1.2 堤基工程地质条件分类应因地制宜，并宜根据上述因素分为4类：

1 A类：不存在抗滑稳定、抗渗稳定、抗震稳定问题和特殊土引起的问题，已建堤防无历史险情发生，工程地质条件良好，无须采取任何处理措施。

2 B类：基本不存在抗渗稳定、抗震稳定问题和特殊土引起的问题，局部坑（塘）处存在渗透变形问题，已建堤防局部有险情，工程地质条件较好。

3 C类和D类：至少存在一种主要工程地质问题，历史险情普遍，根据主要工程地质问题的严重程度、历史险情的危害程度分为工程地质条件较差（C类）和工程地质条件差（D类）。

### E.2 堤岸工程地质条件分类

E.2.1 堤岸工程地质条件分类宜综合考虑水流条件、岸坡地质结构、水文地质条件、岸坡现状和险情等。

E.2.2 当堤岸由细粒土组成时，应根据堤岸土体物理力学性质和水文地质条件分析堤岸在退水期的稳定性。

E.2.3 当堤岸存在不利于稳定的结构面时，应分析堤岸土体沿结构面滑移的可能性。

E.2.4 当堤岸受河水冲刷时，可根据岸坡（岩）土体抗冲刷能力

与历史险情将岸坡稳定性分为四类：

- 1 稳定岸坡：岸坡(岩)土体抗冲刷能力强，无岸坡失稳迹象。
- 2 基本稳定岸坡：岸坡(岩)土体抗冲刷能力较强，历史上基本上未发生岸坡失稳事件。
- 3 稳定性较差岸坡：组成岸坡的土体抗冲刷能力较差，历史上曾发生小规模岸坡失稳事件，危害性不大。
- 4 稳定性差岸坡：组成岸坡的土体抗冲刷能力差，历史上曾发生岸坡失稳事件，具严重危害性。

# 标准用词说明

执行本标准时，标准用词应遵守下表规定。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	

中华人民共和国水利行业标准

堤防工程地质勘察规程

SL 188—2005

条 文 说 明

# 目 次

1	总则	48
3	勘察任务	50
4	勘察内容	51
4.1	规划阶段	51
4.2	可行性研究阶段	51
4.3	初步设计阶段	52
4.4	施工地质	52
5	勘察方法	54
5.1	准备工作	54
5.2	工程地质测绘	54
5.3	勘探	55
5.4	取样与试验	57
5.5	原位测试	58
5.6	水文地质试验与长期观测	59
6	堤身勘察	60
7	特殊土勘察	61
7.1	软土	61
7.2	黄土	62
7.3	盐渍土	63
7.4	膨胀土	64
7.5	人工填土	65
7.6	分散性土	66
7.7	冻土	67
7.8	红粘土	67
8	天然建筑材料勘察	69
9	勘察成果	71

9.1 一般规定 .....	71
9.2 堤防工程地质勘察报告 .....	71
9.3 大中型涵闸工程地质勘察报告 .....	71
9.4 施工地质报告 .....	72
9.5 原始资料与勘察成果归档 .....	72
附录 A 土的分类 .....	74
附录 C 堤基地质结构分类 .....	75
附录 D 土的渗透变形判别 .....	77
附录 E 堤基和堤岸工程地质条件分类 .....	79

# 1 总 则

**1.0.1** 我国江、河、湖、海堤防长达数万公里。1996年以前，绝大部分堤防工程未经正规地质勘察，仅在工程遇险或存在隐患必须进行加固处理时，才进行少量地质勘察工作。1997年发布实施的《堤防工程地质勘察规程》（SL/T 188—96）（下文简称原标准）为规范堤防工程地质勘察起到了积极的作用。

1998年夏，长江流域、松花江和嫩江流域相继发生了特大洪水，在抗御洪水的过程中，各地堤防暴露出了诸多不足：堤身矮小、填土质量欠佳，堤基地质条件不明，分析险情和抢险针对性不强，许多特大型险情均与堤基地质条件息息相关。1998年汛后，全国各地开始对堤防进行加固处理，全面、细致的工程地质勘察也随之展开，原标准在堤防工程地质勘察中发挥了积极的、不可替代的作用。在堤防的工程实践中，各单位也发现了原标准中的一些不足之处，迫切要求对其进行修订，使之更适合于堤防工程地质勘察实际。同时，各地在堤防工程实践中都积累了丰富的经验，为原标准的修订打下了坚实的基础。

**1.0.2** 关于堤防的等级划分，可根据《堤防工程设计规范》（GB 50286—98）有关规定执行。

季节性挡水的水库防护堤，可参照本标准进行工程地质勘察，勘察的精度和要求可适当降低。

堤防上的穿堤涵闸规模相差悬殊，小的涵管过流量不足 $1\text{m}^3/\text{s}$ ，大的水闸过流量每秒达数千立方米。穿堤涵闸和堤防一道起着抵御洪水的重要作用，尽管有些涵闸规模较小，但就其重要性来说是和堤防等同的。近几年来，各地进行堤防加固时，均对穿堤涵闸一起进行加固。因此，本次修订将穿堤涵闸纳入堤防工程地质勘察的范畴。

堤岸的稳定与否直接关系到堤防的安全，因此本次修订也将

其纳入堤防工程地质勘察的范畴。

**1.0.3** 本次修订对施工地质作了具体的规定。一般而言，堤防工程较简单，不需要进行施工地质勘察，但对一些重要的防渗工程、护岸工程和大中型涵闸工程等，施工地质在控制投资、保证工期和工程质量方面是必不可少的。

## 3 勘察任务

**3.0.1** 堤防工程规划阶段工程地质勘察的目的是比较各方案区的水文地质、工程地质条件和主要工程地质问题，为方案的综合比选提供基础地质资料。在堤线的比较中，还应考虑堤岸及拟建大中型涵闸工程区的水文地质条件、工程地质条件。

**3.0.2** 新建堤防可行性研究阶段工程地质勘察是在规划阶段选定的堤防方案基础上，通过线路地质条件比较，对选定堤线提出地质建议。地质条件复杂时，勘察范围可适当扩大，以满足线路调整的需要。

已建堤防勘察的中心任务就是查明堤基险情隐患的类型、规模、分布和特性，分析险情与地质条件的关系，提出加固处理堤段的位置与处理措施的建议。

涵闸和堤岸是新增内容。堤岸现状包括岸坡地质结构、江(河)水流条件及岸坡变形破坏形式与规模等。分段评价的目的是为堤岸防护段的确定提供地质依据。

**3.0.3** 初步设计阶段工程地质勘察是在可行性研究阶段工程地质勘察的基础上进行的，要求对区内工程地质条件、水文地质条件、环境地质条件和工程地质问题都予以查明，特别是对涉及堤防工程安全的抗滑稳定、渗透稳定、抗震稳定、抗冲稳定等常遇的工程地质问题进行论证评价。

堤防的修建及对堤基进行垂直防渗处理，将改变原有的水文地质条件。如：垂直防渗切断了江河水入渗的通道，同时也切断了地下水排泄的通道，常使保护区水文地质条件发生大的改变，导致一系列环境地质问题，应注意分析评价。

**3.0.4** 施工地质中，对前期勘察未查明的一些重大地质问题，如滑坡等，可根据情况进行必要的勘察或研究。

## 4 勘察内容

### 4.1 规划阶段

4.1.2 规划阶段主要是通过调查、访问、搜集分析已有资料，结合现场踏勘了解一些对确定堤防方案影响比较大的地形、地貌、工程地质与水文地质条件、区域构造稳定和天然建筑材料概况。

### 4.2 可行性研究阶段

4.2.1 本阶段新建堤防要确定堤线的位置和堤身的初步结构，已建堤防要初步确定加固处理的范围和处理方法。因此，应进行地形测量、工程地质测绘、勘探、试验等。“区域构造稳定性评价”是指根据有关区域资料对区域构造稳定性进行简要评价，一般情况下无需开展专门的工作。地震动参数包括峰值加速度和特征周期，勘察单位可根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)确定。

堤线工程地质条件分段是为了初步确定处理堤段的范围和处理方法，因此，分段评价应与工程紧密结合，并宜符合本标准附录 E 的规定。

4.2.2 已建堤防的堤基险情与其地质条件息息相关，地质条件是产生险情的原因，险情是地质条件在汛期的表相。所以，已建堤防加固工程勘察除了基本查明有关工程地质条件外，还要重点调查险情的详细情况，并结合勘探、地质测绘基本查明与险情有关的工程地质条件，分析险情产生的原因和出险对原有地质条件的影响。

4.2.3 本条是新增内容。堤防工程中的穿堤涵闸，有的建在土基上，有的建在岩基上，二者勘察工作的侧重点不同，应根据具体情况分别对待。

有些涵闸依山丘而建，山坡存在滑坡体时，对涵闸的安全直

接构成威胁，尽管滑坡位于闸址区以外，但也应该作为重点进行勘察。

**4.2.4** 可行性研究阶段，应对堤岸的稳定现状进行全面的调查，确定出稳定性差或较差堤岸的位置。堤岸的稳定性除与岸坡的物质组成有关外，受水流情况的影响较大，所以应了解河势的情况，分析水流对堤岸的影响。

### 4.3 初步设计阶段

**4.3.1** 新建堤防初步设计阶段勘察是在可行性研究阶段勘察的基础上进行的，勘察内容无大的变化，只是勘察的深度和精度较前阶段高，对可行性研究阶段发现的地质条件较差的部位应重点勘察。

**4.3.2** 由于决口临时堵体成分复杂，决口口门与冲刷坑淤积物性状较差，往往会再引发险情。以往加固处理堤段是指对堤基进行的垂直防渗、减压井等。

**4.3.3** 已建涵闸的险情，有些与地质条件无关，主要是由于闸门和混凝土老化、设计标准低等原因产生的；有些是地质条件导致的，如沉降裂缝、渗透变形等。后者才是工程地质勘察的内容。

**4.3.4** 初步设计阶段堤岸的勘察是针对稳定条件较差、需要防护的岸段进行的。因堤岸段岸坡冲淤频繁，且工程对地质条件要求不高，勘察工作只需做到“基本查明”。除了岸坡的地质条件外，河势的情况对岸坡的稳定性影响很大，所以应重视对河势情况的调查。

不利界面是指上覆土体易沿其产生滑坡的结构面，如新老土层接触面、基岩面、岸坡土体中的软弱土层等。

### 4.4 施工地质

**4.4.1** 施工单位选择的天然建筑材料场地有时不是前期勘察选定的料场，此时应对料场进行复核或补充勘察，保证工程用料的质量。

4.4.2 对垂直防渗工程，施工单位一般沿防渗轴线布置先导孔，施工地质人员应根据先导孔资料修正前期勘察成果，对防渗下限和施工方法的调整提出地质建议。必要时可对先导孔与前期勘察成果差异较大的地段进行复核勘察。

4.4.4 堤岸防护工程的施工地质主要针对水上护坡工程进行，对水下护脚工程仅要求收集有关施工情况的记录。

4.4.5 小型涵闸规模小、数量多，一般不进行施工地质工作。大中型涵闸工程的施工地质工作因工程的建设形式和建筑物的结构不同而存在一定的差异，新、改、重建闸基或无混凝土覆盖的加固闸基，地质编录工作可按有关施工地质规程进行；闸基有混凝土覆盖的加固涵闸，受条件限制，主要应对地基处理进行编录。

## 5 勘察方法

### 5.1 准备工作

**5.1.2** 搜集、整理与工程有关的资料是准备工作的基础,可供搜集的资料有三类:一类是与工程有关的区域地形、地质遥感、地震资料;二类是工程区已有的勘察资料;三类是工程运行档案资料。

地形资料,如各种比例尺的地形图等,遥感资料如航片、卫片等;区域地质与水文地质资料,如1:20万、1:5万区域地质调查资料等。

工程区的已有的勘察资料,包括堤防工程本身已有的勘察成果资料(文字、图件等)和其他建筑物(如房建、桥梁、水利建筑等)的勘察资料。

工程运行档案资料是已建堤防加固工程设计的重要依据,特别是有关险情隐患的资料、原施工地质资料及观测资料等。

**5.1.3** 现场踏勘是准备工作的重要组成部分,其目的是使编制的工程地质勘察大纲更切合实际,为外业工作的顺利开展创造条件。

**5.1.4** 工程地质勘察大纲应依据任务书或合同的要求编写,应重点说明勘察工作内容及其技术要求、需查明的工程地质问题和提出的勘察成果。要做到任务明确、重点突出、技术合理、方案可行,便于操作和检查。

### 5.2 工程地质测绘

**5.2.2** 考虑到堤防线路的调整,新建堤防可行性研究阶段的工程地质测绘范围应足够宽。选择测绘宽度时,应结合工程的地质条件、堤防工程等级和已建堤防险情分布情况等。如,一些山区堤防一般保护的较小,洪水持续时间短,洪水位不是很高,影响范围小,因而测绘宽度宜取较小值;相反,下游地区宜取较大值。另外,有些堤段,险情发生点距堤线较远,工程地质测绘范

围应包括所有的险情。在初步设计阶段，工程地质测绘工作在可行性研究阶段的基础上进行，主要工程地质问题已基本明了，地质测绘工作应做到有的放矢，测绘宽度宜比可行性研究阶段适当减小。

堤防与堤岸是密不可分的，工程地质测绘时二者一般一并进行；但当堤外滩较宽时，堤岸、堤防可分别进行工程地质测绘。

**5.2.3** 对建筑物有影响的区域应包括工程施工与运行期对工程有直接或间接影响的区域，如滑坡区、渗透破坏发生区等。这主要是从堤防工程所处的环境地质条件所考虑的。

**5.2.4** 堤防工程一般修筑于地形较平坦的地区，工程地质条件相对简单，因此，在修订时将原标准表 4.2.8 的有关内容进行了合并。

在确定工程地质测绘比例尺时，宜根据具体工程地质条件、堤防等级等合理选用比例尺。一般地形、地质条件较简单、堤防等级较低时可选较小比例尺，地质条件相对较复杂或建筑物对地基要求较高、堤防等级较高时宜选用较大比例尺。

**5.2.5** 本条是新增内容。根据堤防工程的特点及存在的主要工程地质问题，工程地质测绘应重点研究与堤防工程关系较密切的历史险情、控制渗流边界条件的微地貌、水井等。

## 5.3 勘 探

**5.3.1** 为使勘探工作做到目的明确，重点突出，节省勘探工作量，分析前期勘测资料和已建堤防的历史险情是必不可少的。

**5.3.2** 本条为新增内容，明确各勘察阶段勘探工作的布置原则。规划阶段主要是确定新建堤防工程的总体方案，只需根据已有区域的、工程区的地质资料及现场调查情况，了解工程区的基本地质条件及是否存在影响工程成立的重大工程地质问题即可。

堤防勘探纵剖面首先应结合堤防沿防渗轴线布置，当防渗轴线未确定时，宜沿堤防中心线布置。勘探纵剖面上的钻孔间距应根据险情、地质条件及堤防的类型确定；当险情较严重、地质条

件复杂或为刚性堤防时，钻孔间距宜较小，反之宜较大。

**5.3.3** 横剖面上钻孔间距由原标准的 20~100m 改为 20~200m 是考虑到有些地方出险位置较远，按 100m 的间距布孔势必增加很多钻孔，这是没有必要的。如，1998 年汛期安庆长江大堤堤内 1500m 处出现了管涌险情，显然没有必要在堤内布置 15 个钻孔。原标准在特殊位置，如重大险情等部位布置 1 个钻孔，本次修订时要求布置横剖面。横剖面的长度及其钻孔数量可根据实际情况适当增减。如，已建堤防渗透破坏险情发生在距内堤脚 500m 处，横剖面的长度应大于 600m，钻孔数应为 5~6 孔。

**5.3.4** 本条为新增内容。当外滩较窄时，为减少工作量，要求堤防与堤岸勘探布置可合二为一，综合考虑。堤岸上发育的滑坡往往会影 响堤防的安全，所以本条要求在进 行堤岸勘探时需一并 对这类滑坡进行勘探，为滑坡综合治理提供地质资料。

**5.3.6** 本条为新增内容。小型涵闸规模较小，对地基要求相对较低，一般可结合堤防勘探一并考虑。但当地质条件复杂，按堤防的勘探精度难以满足要求时，应进行专门勘探，勘探布置原则可参照大中型涵闸。

**5.3.7** 本条为新增内容。控制性钻孔是为了了解深部是否存在地质缺陷。当设计采用较深的处理措施时，控制性钻孔可作为设计依据，也可作为渗透分析时考虑边界条件的重要资料。

**5.3.8** 本条为新增内容。与枢纽工程相比，堤防工程的地质测绘比例尺较小，如果勘探剖面的精度低于相应工程地质测绘的精度，很多重要的地质内容可能在剖面上难以表示。因此，本条规定了勘探纵剖面精度的最低要求。一般情况下，堤防与堤岸纵剖面实测精度可与地质测绘精度一致，横剖面精度宜较高。

**5.3.9** 对我国几大流域堤防工程的调研表明，堤防钻孔的深度多为提高的 1.5~2.0 倍，可以满足要求，因此，本条将该数值作为钻孔深度的控制深度。

**5.3.11** 冲洗法和冲击钻及麻花钻容易扰动土层，不利于地质分层，特别容易遗漏薄层粉细砂层，从而不能控制住透水层的发育

规律，常导致错误的地质分析。

**5.3.12** 一般情况下，回次进尺宜根据所用钻头、钻进方法及地层情况而定，以确保地质分层为原则。规定回次进尺不超过 2m 是为了确保细粒土取芯率及岩芯的完整，防止遗漏砂类土夹层。对于特殊的土层，应根据具体条件确定回次进尺。

**5.3.13** 当堤基有透水层分布且堤外河（湖）床又切穿透水层时，如果堤防钻孔不进行封孔，可能通过钻孔形成渗漏通道，在洪水期水位较高时，容易沿钻孔发生渗透破坏，这将严重危及堤防的安全。我国已经有过不少这方面的教训，因此，钻孔在终孔后都应予以封孔。

**5.3.14** 由于规划阶段一般进行收集资料及工程地质调查工作，只对工程区及其外围地质条件进行概括性的了解，可以不考虑布置物探工作。初步设计阶段，工程措施一般很具体，要求地质资料比较翔实，不宜使用物探方法。因此，这次修编时规定只在可行性研究阶段使用物探方法。

工程物探可以探测的内容很多，特别在探测堤防隐患方面，有时能发挥很重要的作用。但考虑到物探方法本身的局限性，取消了原标准中目前难以探明的探测内容，随着物探技术的不断更新与发展及新技术、新方法的开发与应用，物探探测的内容会越来越丰富。在使用物探时，应积极提倡新技术、新方法。

**5.3.15** 本条为新增内容。为了防止堤防在汛期发生险情，勘探期间的坑、槽、井在施工完毕后应及时编录、回填压实，不能留下隐患。关于坑、槽、井探的选用，可根据地质条件、场地条件、勘探对象和勘探目的合理选择，如，山区堤防可多布置坑、井探代替钻探。

## 5.4 取样与试验

**5.4.1** 取土器的选择应以保证所取土样尽量少受扰动为原则，如，软土、粉细砂层中取样应优先选用密封性能优良的薄壁型取土器，必要时应在工地现场试验室进行试验。

取样压入方法对原状土样质量有较大影响，一般细粒土可采用锤击或静压法，而取软土样时宜用静压法，以减少扰动。

**5.4.2** 本条为新增内容。堤防工程的渗透破坏试验一般取土样在室内进行，为了使所取样品具有代表性，保证渗流分析的准确性，渗透破坏试验土样一般在综合选定的渗透剖面上或附近挖取，应挖除表层生物活动影响带，选取代表性土样。

**5.4.4** 表 5.4.4 所列试验项目和选择意见是根据一般地质条件和堤防工程勘察中常规要求提出的。具体选择试验项目时，除结合场地岩土性质和试验目的外，尚应根据勘察阶段和勘察要求选择需做的试验项目。“有特殊要求的”系指有“防渗”、“抗震”、“防冲刷”等专门要求的堤防工程或特殊土等。

**5.4.6** “有效试验组数”系指试验结果分析、整理后，具有正确、可靠和合理性的成果组数。

**5.4.7** 由于受各种因素的影响，有的试验指标值不合理。因此，地质人员首先应对各组试验数据进行分析，剔除其中不合理的数据，然后再按工程地质单元分层统计。试验成果统计表中应列出各指标的平均值、最大值、最小值、组数、标准差、变异系数、标准值。

指标建议值应根据设计需要而定，一般应包括含水率、干密度、孔隙比、压缩系数、压缩模量、抗剪强度、渗透系数等。

## 5.5 原位测试

**5.5.1** 堤防工程地质勘察常用的原位测试方法有动力触探、静力触探、十字板剪切试验等，各种试验方法都有一定的适用条件，宜结合实际情况选用。具体试验方法可参照《土工试验规程》(SL 237—1999)。

因为波速测试属于物探方法，本次修订时未予列入。

**5.5.2** 动力触探是利用一定的落锤能量，将一定尺寸、一定形状的探头打入土中，根据打入的难易程度（贯入度）来测定土的性质的一种现场测试方法。根据锤重、落距、探头或贯入器的不同，

可将动力触探分为标准贯入试验和轻型、重型、超重型动力触探试验。

**5.5.3 静力触探**是利用压力装置将带有触探头的触探杆压入试验土层，通过量测土的贯入阻力，并根据贯入阻力与土的基本物理力学指标间的经验关系，确定土的基本物理力学特性指标。目前静力触探探头有单桥、双桥和孔压探头。

规定静力触探只用于堤外，是因为静力触探孔难以封孔，会给堤防留下安全隐患。

**5.5.4 十字板剪切试验**是借助于旋转插入软土中的十字板剪力仪，使土体剪断，确定土的抵抗力矩，然后换算其抗剪强度。十字板抗剪强度相当于摩擦角等于零时的粘聚力值。

十字板测得的不排水抗剪强度是峰值强度，其值偏高。而长期强度只有峰值强度的60%~70%。因此，十字板抗剪强度需进行修正才能用于设计计算。

## 5.6 水文地质试验与长期观测

**5.6.1 含水层较浅、水量较丰富时**可进行钻孔抽水试验，测定地下水位以上土层（包括堤身）或地下水位以下的细粒土的渗透系数时，可进行钻孔注水试验或试坑渗水试验。渗透变形试验应选择在可能存在渗透变形的堤段，并应进行垂直与水平向的平行试验。

**5.6.2 环境水对混凝土腐蚀性评价**，可参阅《水利水电工程地质勘察规范》（GB 50287—99）附录G“环境水对混凝土腐蚀评价”。

**5.6.3 地下水的长期观测**，已不属堤防工程地质勘察的范畴，但鉴于通过勘察对堤防地质条件已有系统了解，为监测堤防工程的安全运用，应提出长期观测的建议。

长期观测的项目内容有：地下水位、涌水量、携出物与河（湖）水位的相互关系，水温水质的变化，主要溢出点情况变化，渗透变形特征及其与河（湖）水位的关系，堤身浸润线变化，减压井流量与水位关系等。

## 6 堤身勘察

**6.0.1** 堤身属于人工建筑物,不属于工程地质勘察的范畴。但是,我国堤防工程多为历史上逐年加高培厚形成,且绝大多数是就地取材堆筑而成(一些城市堤防或特殊堤防除外),堤基多为第四系土层,堤身和堤基联为整体,在挡水期间,处于同一个渗流场。因此,堤防加固工程除堤基隐患的排除整治,也包括堤身的加固处理。本次修订将堤身勘察作为堤防工程地质勘察中附带的一项任务。堤身状况包括堤身现状、险情、物质组成、密实程度、渗透性等。

**6.0.2** 我国堤防高度多小于10m,堤身的缺陷通过堤身险情暴露无遗。因此,堤身勘察应以地面调查和物探为主,辅以少量勘探,即节省经费又快捷便利。

**6.0.3** 堤身一般不做专门勘察,勘察工作布置在堤基勘察时一并考虑。由于堤身填土的随机性,填土的物质组成变化较大且无规律可循,布置较多的勘探工作并不能查明堤身状况,做到对堤身状况的大致了解即可。

**6.0.4** 分析险情的目的是为勘察工作布置服务,使勘察工作能做到有的放矢。

**6.0.6** 因各地堤防填筑材料和挡水条件的差异,堤身填土的质量评价难以作出具体的规定,本条只是给出了堤身填土质量评价的原则,具体评价应根据当地堤防特点进行。

堤身历年险情是堤身填土质量的最直观表现,因此在堤身填土质量的评价中,应给予堤身险情足够的重视,并宜以堤身险情为主要依据。

## 7 特殊土勘察

### 7.1 软土

**7.1.1** 软土多属高液限细粒土，系静水或缓流环境中沉积，并经生物化学作用形成。软土主要指滨海相、三角洲相和湖沼相沉积的淤泥质土、淤泥或其他成因类型的具有高压缩性、低强度、灵敏度大的细粒土，其天然含水率一般大于液限，孔隙比不小于1.0。当天然孔隙比不小于1.5时为淤泥，当天然孔隙比为1.0~1.5时为淤泥质土。烧灼量大于5%为有机质土，大于60%为泥炭。

软土具有高含水率、高压缩性、高灵敏度、低强度等特点，加荷后变形量大、易产生滑动破坏是软土堤基的主要工程地质问题。不同地区、不同地质年代、不同成因类型的软土，物理力学特性有较大的差异，同时软土层的水平向和垂直向的变化、埋藏条件、厚度的变化等均直接影响到堤基加固和处理方案的选择。

我国沿海及内陆均分布有软土，其中长江与珠江三角洲、天津塘沽及浙江、福建沿海的软土分布地区，为我国工业基地和重要城镇密集地区。各地区在长期工程实践中，尤其在工业与民用建筑方面积累了很多经验。在堤防工程实践中，也取得了很多有益的经验，如抛石、垫层等处理方法。因此，调查不同地区软土工程建筑经验是很有必要的。

**7.1.2** 软土在取样、运输和制备试样的过程中，容易受扰动，因此室内试验测定的抗剪强度往往不准确。十字板剪切试验测定的抗剪强度相当于软土的不排水抗剪强度和残余抗剪强度，是工程中常用的方法。

固结试验最大固结压力一般应等于或大于取土样处上覆各类土层的自重压力与堤身附加荷载两部分之和。软土的次固结量往往占总固结量的很大份额，因此在沉降分析中要考虑次固结沉降。

**7.1.3** 软土区地表常分布有硬壳层,硬壳层的性质与厚度对堤防及其他建筑物的稳定性起着非常重要的作用。堤防工程荷载一般不大,应尽量利用硬壳层,降低工程施工的难度,减少工程造价。

当堤防、涵闸临近坑、塘或边坡时,分布在坑塘壁、边坡上或底部的软土在附加压力作用下易被挤出或使底部隆起,从而引起堤防、涵闸的破坏,应引起重视。

软土地基处理的关键是如何加速排水固结或使荷载传至较好持力层。应因地制宜,综合考虑软土中砂夹层的分布,上、下相对透水层的分布,软土层的厚度和性质等多种因素慎重选择处理方案。

## 7.2 黄 土

**7.2.1** 黄土主要分布于北半球中纬度干旱与半干旱区的大陆腹地、温带荒漠和第四纪冰川外缘。我国黄土主要分布在西北、华北和东北等地区,大部分分布在黄河中游地区。

黄土以黄色为主,粉粒含量高,含较多碳酸盐和钙质结核,具大孔隙和垂直节理。黄土以风成为主,其他还有冲积、洪积、坡积等黄土。

黄土最大的特点是其具有湿陷性,因此常给工程建设带来极大的危害。黄土的湿陷性与其成因、时代、结构与构造等有着密切的关系。其中所夹古土壤层和钙质结核的分布、含量、成层性对其工程性质影响较大,古土壤的粘粒含量相对较高,渗透性较弱;当钙质结核呈层分布时能增强边坡的稳定性。对堤防工程而言,勘察的重点是湿陷性黄土;非湿陷性黄土一般强度较高,可以满足堤防的要求。

**7.2.2** 钻孔中取黄土原状样易受扰动,对试验成果影响较大。在探坑(井)中人工挖取原状样能很好地保持所取土样的原状性。

**7.2.3** 本条列出了黄土工程地质评价的一般内容,不同地区黄土工程地质评价的内容应有所侧重,并结合当地工程经验说明主要工程地质问题的类型、原因、规模等,提出处理措施的建议。

同时黄土工程地质评价应满足《湿陷性黄土地区建筑规范》(GBJ 25—90)的要求。

冲沟、陷穴、碟形洼地、溶蚀洞穴常影响堤基的渗透稳定和堤防的稳定。如，堤基分布有溶蚀洞穴，易引起渗透破坏；冲沟的发展可能会影响堤防的稳定；滑坡、错落或崩塌则影响堤岸的稳定性。

## 7.3 盐 渍 土

**7.3.1** 盐渍土是指土中易溶盐含量大于0.3%，具有溶陷、盐胀和腐蚀等特性的土。

盐渍土因含盐量过高和具有特殊的物理化学性质，作为堤基或堤身填筑料，影响堤防稳定。例如：由于盐渍土中的硫酸盐结晶时膨胀、脱水时收缩，受温、湿度的影响大，所以土体结构疏松，堤基易发生胀缩变化；盐渍土的抗剪强度与含水量关系十分密切，干燥时抗剪强度较高，潮湿时抗剪强度降低，因此不利于堤防的稳定；盐渍土的密度随含盐量的增大而减小，超过一定限度时，作为堤身填筑料，很难达到规定密实程度；盐渍土还具有湿陷性。此外，如果堤身填筑料为非盐渍土而堤基为盐渍土，由于毛细水上升作用，可能引起填土的盐渍化。

盐渍土的勘察目的是正确分析和评价盐渍土的工程特性，为工程设计提供合理的特性指标。

**7.3.2** 盐渍土地区，1~2m深度范围内表土层的盐渍化程度最高，土的盐渍化性质也最强，应在此深度内连续或分层取样试验。若在此深度以下含盐量仍很高，可适当加大取样深度。所采取的试样应防湿、防潮，避免土样吸水而改变土样的原状性质。旱季，由于土中水分的蒸发，土的含盐量较高，因此取样宜在旱季进行。

有害毛细水上升高度是指对建筑物有危害性的那一部分毛细水上升高度。粘性土宜用塑限含水率法测定，取天然含水率和塑限含水率随深度变化曲线的相交处与地下水位的高度差值；砂土宜用最大分子含水率法测定，取最大分子含水率（粗砂为1%，中

砂为2%，细砂为3%，粉砂为4%）与天然含水率随深度变化曲线的相交处与地下水位的差值。盐胀与溶沉性试验可参考膨胀土与湿陷性土的有关试验。

**7.3.3 不同类型的盐渍土对堤防工程的危害与危害程度是不同的。**氯盐类溶解度大，有明显的吸湿性，从溶液中结晶时体积不发生变化，能使冰点显著下降。氯与亚氯盐渍土孔隙比低，密度高，具有一定的腐蚀性；当总含盐量超过10%时，强度将随着总含盐量的增加而显著增加；氯盐含量越高，液限、塑限与塑性指数越低。

硫酸盐类不具吸湿性，结晶时能结合一定数量的水分子，结晶时体积膨胀，脱水时体积减小。硫酸与亚硫酸盐渍土具有松散性，腐蚀性较强，力学强度随总含盐量的增加而减小。

碳酸钠的水溶液具有较大的碱性反应，能使粘土颗粒发生最大的分散，因而碳酸盐渍土遇水时发生强烈的膨胀作用，使土的透水性减弱，密度减小，强度降低，影响建筑物和边坡的稳定性。

盐渍土处理方法一般以排放地表水或防止地表水入渗为主，以避免或减轻土的湿陷、软化或胀缩的影响程度，应根据地质条件、工程特点和地方建筑经验建议技术可靠、经济合理的处理方法。

## 7.4 膨 胀 土

**7.4.1 膨胀土是一种含有大量亲水性粘土矿物，如蒙脱石、伊利石等，具有遇水膨胀、失水收缩特性的土。**这种土在干燥状态下结构较致密、压缩性小、力学强度高，但遇水后力学强度急剧降低，失水后又干裂，常给堤防带来较大的危害。

膨胀土的膨胀性越强，边坡越缓。膨胀土边坡常发育浅层滑坡。膨胀土上的已有建筑物，常因膨胀土的干缩与湿胀而发生变形或破坏。

大气影响深度是膨胀土地区的一个重要指标。在大气影响深度范围内，膨胀土经受季节性的干湿交替影响，土体经历反复胀缩，胀缩裂隙发育，土体的抗剪强度降低，从而引起建筑物破坏，

特别是大气急剧影响深度范围内的膨胀土。大气影响深度可按《膨胀土地区建筑技术规范》(GBJ 112—87) 确定,也可根据实测含水率和温度的变化幅度随深度的变化确定。

**7.4.2** 由于膨胀土胀缩裂隙发育,用峰值强度评价边坡的稳定性是偏危险的,残余强度在一定程度上反映了膨胀土中裂隙对抗剪强度的影响,但稍偏保守。

**7.4.3** 膨胀土工程地质评价要根据工程所处位置、当地气候条件和膨胀土的工程性质,结合当地工程经验做出。评价的重点是膨胀土边坡稳定性和胀缩作用对堤防的影响。如果不改变膨胀土的天然状态,其强度和承载力一般较高,因此膨胀土处理的关键是保持土的天然含水率不出现大的变化,特别是不宜暴露失水,或干湿交替变化。当然,如果能开挖置换成非膨胀土,则可一劳永逸。

## 7.5 人工填土

**7.5.1** 按物质组成,人工填土有素填土、杂填土。所谓素填土系指由碎石土、砂土、粉土和粘性土等一种或几种材料组成,不含杂质或含少量杂质的土;所谓杂填土系指人类生产、生活活动中任意堆填的成分复杂的填土,包含有碎砖、瓦砾、朽木等杂质的建筑垃圾等。决口口门堆填土常含有块石、秸秆、碎石、砂土等堵漏材料,是杂填土的一种。

不同方法堆填的人工填土,其物理力学性质有所不同。如冲填土,一般在冲填入口处颗粒较粗,出口处颗粒较细,且细颗粒含水量较高,常因排水不畅难以固结。

**7.5.2** 对堤防工程而言,查明人工填土的渗透性和力学性质是非常重要的。而在实际工作中,一般难以取到人工杂填土的原状样,其力学性质和渗透性指标一般难以获得。因此,应充分利用原位测试手段。

**7.5.3** 由于人工填土的随机性,其物质组成、颗粒大小、填筑方法与压实程度等变化较大,而这些也是影响堤防防渗和抗滑稳定的主要因素。至于人工填土地基的处理,则应针对实际情况确定

处理方法，有些宜彻底清除，有些可进行局部加固，有些可采取各种防渗处理措施。

## 7.6 分散性土

**7.6.1** 分散性土系指土颗粒能在水中散凝呈悬浮状态，被雨水或渗流冲蚀带走而引起土体破坏的土。在塑性图上，分散性土位于A线以上，B线以左，属低液限粘土。分散性土被水冲蚀破坏，是一个复杂的物理化学过程，其破坏具有快速、隐蔽的特点，具潜在危险性，常造成堤基、堤身和建筑物地基失稳，日趋受到工程界关注。土的分散特性是由主要粘土矿物蒙脱石和低含盐量的水两方面因素决定的，须高度重视土和水这两个不可分割的特性因子组合的辩证关系。我国十多个省（区）发现分散性土，其中松嫩平原就有2万 $\text{km}^2$ 的分散性土分布。分散性土不但在水平分布上连片和“插花”，在垂直剖面上发育也不均等，目前已知的分散性土分布最大深度约3m。

**7.6.2** 分散性土分布区常发育溶蚀微地貌，如溶蚀小沟、溶蚀洞穴等，应特别注意调查隐伏的溶蚀洞穴。

迄今，尚无分散性土室内试验方法标准，而国内外工程界基本认同美国水土保持局提出的针孔试验、孔隙水可溶盐试验、双比重计试验和碎块试验。不少工程实践证明，针孔试验和孔隙水可溶盐试验结果更符合实际。有些时候，用蒸馏水做试验显示为分散性土，而用一定含盐量的工程环境水做试验则不显示分散性，所以必须有一定量蒸馏水和环境水平行试验，以免误判。分散性土还需进行土壤盐分、可交换钠测定、粘土矿物鉴定等。

碎块试验是将10mm左右的方块样放入水中，观察5~10min，根据土块和水的变化判别土的分散性。碎块试验方法简便，无需特殊的试验仪器，室内和野外都能进行，是初步判定分散性土的有效方法。但要注意碎块试验具有多解性，一些膨胀土在碎块试验中亦显示分散性。

**7.6.3** 评定土的分散性时，应采用野外调查与室内试验相结合的

方法，同时应进行多种方法的对比试验，以综合分类标准判别结果为准。堤基、建筑物地基处理时，可对不同等级建筑物、工程不同部位采取不同防治措施，并对“搭界”部位谨慎处理，不留隐患。

## 7.7 冻 土

**7.7.1** 温度等于或小于 $0^{\circ}\text{C}$ ，含有固态水的土称冻土。冻土包括季节性冻土和多年冻土。在自然条件下冻结状态保持3年以上的称为多年冻土，当温度条件改变时，其物理力学性质随之改变，并可产生冻胀、融陷、热融滑塌等现象。只在冬季冻结，夏季全部融化的冻土称为季节性冻土，一般冻结期半年左右。我国多年冻土主要分布在大、小兴安岭北部，青藏高原及西部高山地区；季节性冻土分布广泛。

冻土中水的冻结和融化，常导致堤防工程建筑物冻胀破坏、融陷破坏和其他一些不良后果。冻土区冻融作用和现象的调查研究与评价是堤防工程地质勘察的重点。

多年冻土上限深度值是主要设计参数，其确定方法有实测法和经验法。在非最大融化深度季节，可用探测到的厚层地下冰顶面深度近似地认定为上限深度。东北地区常用上限深度统计资料或经验公式计算，也有用融化速率推算。青藏高原常用外推法判断或气温地温法计算。

**7.7.2、7.7.3** 冻土工程地质条件的变化主要是由于人类工程活动和自然环境的变化引起的，评价主要为涉及地基处理措施正确选择的冻土类别、特征、性质、上限深度、厚度、变化规律、趋势预报等。

## 7.8 红 粘 土

**7.8.1** 红粘土是碳酸盐岩系（包括间夹其间的非碳酸盐岩类岩石）经湿热条件下的红土化作用形成的棕红色或褐黄色粘土，有原生与次生之分。原生红粘土覆盖在碳酸盐岩系上，未经过搬运

过程,其液限大于或等于 50%;次生红粘土系原生红粘土经搬运、再沉积而成,仍保留了原生红粘土的基本特征,液限大于 45%。

红粘土具有上硬下软、表面收缩、裂隙发育等特点。地裂是红粘土地区的一种特有现象,其规模不等,长可达数百米,深数米,影响堤防的防渗安全。

**7.8.2** 对裂隙发育的红粘土而言,剪切破坏往往沿最弱的裂隙面发生,直剪试验的剪切面是预先设定的,测定的抗剪强度不能代表实际裂隙面的抗剪强度,三轴压缩试验能较好反映红粘土的这一特性。对裂隙发育的土,进行边坡长期稳定分析时宜采用残余强度。

含水比和液塑比是确定红粘土承载力的 2 个特征指标,应根据试验成果计算出。

**7.8.3** 红粘土中的裂隙会影响其整体强度,降低承载力,是不稳定因素,勘察中应根据野外观测到的裂隙密度对土体结构进行分类。

红粘土天然状态下的膨胀率仅 0.1%~0.2%,主要表现为收缩,线缩率一般 2.5%~8.0%,最大达 14%。但收缩后复浸水,不同的红粘土有不同表现。Ⅰ类红粘土复浸水后随含水率增大而解体,膨胀循环呈现胀势,缩后土样高大于原始高,胀量逐次积累以崩解告终;风干复水,土的分散性、塑性恢复,表现出凝聚与胶溶的可逆性。Ⅱ类红粘土复水,土的含水率增量微,外形完好,胀缩循环呈现缩势,缩量逐次积累,缩后土样高小于原始高;风干复水,干缩后形成的团粒不完全分离,土的分散性、塑性与  $I_r$  值降低,表现出胶体的不可逆性。

## 8 天然建筑材料勘察

**8.0.1** 《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》(SL 251—2000)主要是针对大型水利水电工程而定的,考虑到堤防工程相对较简单,且为季节性挡水建筑物。因此,堤防天然建筑材料的勘察精度可在SL 251—2000规定的基础上适度降低,勘察工作量可适当减少,成果编制可适当简化。

堤防为线状工程,沿堤地区一般分布有丰富的筑堤材料,料场地质条件相对较简单,当可行性研究阶段已查明料源的质量、储量和开采运输条件时,初步设计阶段可只进行复核。

**8.0.2** 堤防沿线一般都有筑堤材料,但产地位置的选择十分重要。在距堤较近的堤内、外坡脚取土,易造成天然防渗铺盖或盖层的破坏,导致堤防发生渗透破坏或抗滑稳定问题。至于安全距离,应综合考虑料场及堤基地质条件、堤防等级、汛期洪水持续时间、堤内与堤外水头差及地方经验等确定。如,浙江海堤,为防止地基淤泥质土的侧向挤出破坏,规定在堤两侧100m范围内不得取土;湖北省为防止堤基发生渗透变形则规定长江堤防堤内1000m范围不得取土。

美国陆军工程师团编制的《堤防工程设计与施工手册》规定堤外最小距离12.2m(40ft)、堤内30.5m(100ft)范围内不得取土。且在取土场开挖时,应保持透水层上不透水盖层适当的厚度,堤外最小的不透水层厚度为0.91m(3ft);在堤内取土时,应保证不透水盖层厚度能防止其在预期的水头作用下发生渗透变形。

**8.0.3** 堤防工程是挡水建筑物,防渗土料及堤身填筑料一般应符合均质坝土料的质量要求,但部分地区缺少合适的筑堤土料时,也有用渗透性较大的砂土筑堤的实例(如嫩江堤防),这时堤防的迎水坡应铺设防渗材料。在用特殊土作筑堤土料时,应进行充分试验研究,并采取适当的保护处理措施,保证填筑质量。铺设压渗

平台的目的是增加堤防背水侧土层的抗渗有效盖重，并应有利于下伏土层中孔隙水压力的消散。

**8.0.4** 护坡、护脚块石用料的抗冲刷、耐风化、干湿条件下性状稳定等与块石饱和抗压强度及软化系数有关，其定量指标应根据使用目的和设计要求确定。

**8.0.6** 鉴于堤防工程的有关天然建筑材料问题相对比较简单，因此不要求编写专题天然建筑材料勘察报告，可在堤防工程地质勘察报告中列为一章论述、评价。但如果天然建筑材料成为突出的复杂问题时，如作为某些城市特殊堤防用料，也可以编写专题报告。

## 9 勘察成果

### 9.1 一般规定

**9.1.1~9.1.3** 勘察成果指各勘察阶段的工程地质勘察报告和堤防垂直防渗工程、减压井、护岸工程、大型涵闸工程的施工地质报告。一些专门性水文地质、工程地质问题，在需要深入分析论述时，可另外提交专题工程地质勘察报告。专题工程地质勘察报告可单独提出，也可作为各阶段工程地质勘察报告的附件提出。

**9.1.5** 施工地质报告主要是为运行管理服务，特别当今后堤防需进行加固处理时，往往需要详细了解原施工地质情况。过去由于施工地质缺乏详细记录，在对堤防险情隐患进行处理时，不得不重新勘察。

### 9.2 堤防工程地质勘察报告

**9.2.1** 关于工程地质勘察报告的内容，本条作了一般性规定。考虑到堤防各阶段勘察工作的情况有差异，堤防建设存在新建与已建加固之分，因此，很难规定统一的报告格式和内容，其具体内容、详细程度可根据勘察阶段、工程规模和型式的不同作适当调整，形式不强求一致。

**9.2.11** 本次修订对附图和附件做了适当调整，近年来的工程实践表明，附图中一般只提交综合工程地质图和工程地质剖面图，其他图、表可根据需要而定。

**9.2.12~9.2.15** 关于综合工程地质图和剖面图的表达内容，在制图标准中都有规定。但是考虑到堤防工程的特殊性，本条规定了与堤防工程密切相关的内容。

### 9.3 大中型涵闸工程地质勘察报告

**9.3.1** 本节为新增内容，本次修订将堤防沿线涵闸的勘察纳入堤

防工程勘察的范围内，小型涵闸不单独提交报告。大中型涵闸则需提交单独的勘察报告，其内容应根据勘察阶段、涵闸的类型、存在的险情隐患等做适当的调整。

## 9.4 施工地质报告

**9.4.1** 考虑到施工地质工作的特殊性，本次修订将有关施工地质报告的内容单列一节。堤防工程的施工包括垂直防渗工程、堤岸防护工程、减压井、大中型涵闸工程等诸多方面，即使是同类工程，其施工方法、施工地质工作的内容也差异很大，所以施工地质报告的内容很难统一。本条只列出了施工地质报告中的一些常规内容，报告正文具体包括哪些内容，应根据施工地质工作的实际情况确定。

**9.4.2、9.4.3** 只是规定了施工地质报告的常规附图，实际工作中可根据需要增减。

## 9.5 原始资料与勘察成果归档

**9.5.1** 原始资料系指作为编制工程地质勘察报告和施工地质报告所依据的、一切未经系统加工的、第一手最基本的资料。本条的规定是根据多年来的经验教训而提出的。过去有些堤防工程不重视原始资料的清理、归档，在运行或抢险加固需使用地质资料时，往往找不到有关资料，也找不到勘察或施工时的当事人进行查询，耽误了工程的实施。由于原始资料比较零散，所以在归档前要作一些必要的归纳和文字注记说明，并将其装订完善，以便于日后查阅。原始资料应和正式成果一起归档，至于保存年限，按国家有关规定执行。

**9.5.2** 原始资料的内容很广泛，本条只规定了一些应予归纳的主要的原始资料，也是运行期特别是堤防加固时常要查证的原始资料。近年来，随着计算机运用的普及，部分原始资料是以电子文件的形式存在的，对于这些资料也应归档保存。

**9.5.3** 近年来，勘察报告、附图等多利用计算机完成。成果归档时，除了要将印刷出的纸质文件进行保存外，也应将相应的文档文件、图形文件等电子文件归档保存。这样做既顺应资料管理的发展趋势，又有利于以后的资料利用。

## 附录 A 土 的 分 类

1991年起实施的《土的分类标准》(GBJ 145—90)已得到了大多数行业的认可,并已被 SL 237—1999 完全采用。该标准与美国的《UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM》类似,是我国土的分类与国际接轨的标志。因此,堤防土的分类应不违背 SL 237—1999 的大原则。

在以往堤防工程地质勘察中,土的分类较为杂乱。由于堤防的特殊性,按三角分类法划分为“砂壤土”的土是堤基防渗处理的对象,其在塑性图上处于 A 线附近, B 线以左,属低液限粉土或低液限粘土,使用 SL 237—1999 标准时,与其他渗透性相对较低的土难以区分。因此,细粒土应进一步用三角分类法分类。

## 附录 C 堤基地质结构分类

**C.0.1** 堤基地质结构分类是为堤基工程地质条件评价服务的，通过堤基地质结构分类，应能分辨出哪些地质结构类存在什么样的工程地质问题，是需要进行堤基处理的；哪些不存在主要工程地质问题，工程地质条件较好，是不需要处理的。

堤基地质结构分类中，粗粒土宜包括按三角坐标分类的渗透性较强的砂壤土。

**C.0.2** 当堤基分布有基岩时，进行堤基地质结构分类可不考虑岩石的类型，即把各类岩石统一划为基岩。

**C.0.3** 由于各地堤防挡水条件和工程地质条件存在较大差异，在进行堤防工程地质勘察时，应根据当地的具体情况进行堤基地质结构亚类的划分，表 C.0.2 中列出的只是堤基地质结构亚类中常见的几种类型。

当有特殊土分布时，堤基地质结构分类应考虑特殊土这一因素。如，在湖北省洪湖分蓄洪区工程地质勘察中，针对堤基普遍分布的淤泥质软土，在三大类堤基地质结构中又划分出亚类，详见表 1。

表 1 洪湖分蓄洪区堤基地质结构分类表

分类名称	亚类	地质结构特征
单一结构 (I)		堤基为一般粘性土，厚度一般大于 10m
双层结构 (II)	II 1	表层为一般粘性土，厚度小于 5m；下部为粉细砂或淤泥质土
	II 2	表层为一般粘性土，厚度 5~10m；下部为粉细砂或淤泥质土
	II 3	表层为粉细砂，下部为粘性土
	II 4	表层为粉细砂，下部为淤泥质土
	II 5	表层为淤泥质土，下部为粘性土
多层结构 (III)		由粘性土、淤泥质土、粉细砂组成的复杂结构

**C.0.4** 根据各流域调查,当堤基表层为相对不透水层时,管涌发生处表层相对不透水层的厚度多为水头(河水位高出堤内地面的高度)的  $1/2$ 。

## 附录 D 土的渗透变形判别

土体在渗流作用下发生破坏,由于土体颗粒级配和土体结构的不同,存在流土、管涌、接触冲刷和接触流失4种破坏形式。

(1) 流土:在上升的渗流作用下局部土体表面的隆起、顶穿,或者粗细颗粒群同时浮动而流失称为流土。前者多发生于表层为粘性土与其他细粒土组成的土体或较均匀的粉细砂层中,后者多发生在不均匀的砂层中。

(2) 管涌:土体中的细颗粒在渗流作用下,由骨架孔隙通道流失称为管涌,主要发生在砂砾石地基中。

(3) 接触冲刷:当渗流沿着两种渗透系数不同的土层接触面,或建筑物与地基的接触面流动时,沿接触面带走细颗粒称接触冲刷。

(4) 接触流失:在层次分明、渗透系数相差悬殊的两土层中,当渗流垂直于层面将渗透系数小的一层中的细颗粒带到渗透系数大的一层中的现象称为接触流失。

前两种类型主要发生在单一土体中,后两种类型多出现在多层结构地基中。除分散性土外,细粒土的渗透变形形式为流土。穿堤建筑物底板与地基土接触面可产生接触冲刷。

由多种粒径组成的天然不均匀土层,可视为由粗细两部分组成,粗粒为骨架,细粒为填粒,混合料的渗流特性决定于占质量30%的细粒的渗透性质,因此对土的渗透变形起决定作用的是细粒。

最优细粒含量是判别渗透变形形式的标准,我们称最优级配时,即粗粒孔隙被细粒料充满时的细粒颗粒含量为最优细粒含量,可由式(1)确定:

$$P_{\text{opt}} = \frac{0.30 + 3n^2 - n}{1 - n} \quad (1)$$

式中  $P_{cp}$ ——最优细粒颗粒含量（%）；  
 $n$ ——孔隙率（%）。

试验和计算结果共同证明，最优级配时的细粒颗粒含量变化于30%左右的不大范围内。从实用观点出发，可以认为细粒颗粒含量等于30%是细粒开始参予骨架作用的界限值。当细粒颗粒含量小于30%时，填不满粗粒的孔隙，因此对渗透系数起控制作用的是粗粒的渗透性；当细粒颗粒含量大于30%时，混合料的孔隙开始与细粒发生密切关系。

根据许多级配不连续土的渗透稳定试验结果，分析破坏水力比降与细粒颗粒含量的关系可知，当 $P_c < 25\%$ 时，破坏水力比降很小，仅变化于0.1~0.25之间，破坏水力比降不随细粒颗粒含量的变化而变化。这表明当 $P_c < 25\%$ 时，各种混合料中的细粒均处于不稳定状态，渗透变形都是管涌的一种形式。当 $P_c > 35\%$ 时，破坏水力比降的变化随细粒颗粒含量的增大而缓慢增加，其值接近或大于理论计算的流土比降。这表明细粒土全部填满了粗粒孔隙，渗透变形形式变为流土型。这从渗透稳定试验方面进一步证明了最优细粒颗粒含量的理论是正确的，而且阐明了 $P_c > 25\%$ 以后，细粒开始逐渐受约束，直到 $P_c > 35\%$ 时细粒和粗粒之间完全形成了统一的整体。对于级配连续的土，同样可用细粒颗粒含量作为渗透变形形式的判别标准，关键问题是细粒区分粒径问题，可用几何平均粒径 $d_r = \sqrt{d_{70}d_{10}}$ 作为区分粒径，有一定的可靠性。

由于土颗粒组成有连续级配的土和不连续级配的土，此外土的密实程度或孔隙率对于临界水力比降的影响也是很明显的，可根据土层的地质条件选择或进行综合比较。

对于重要堤防、重要堤段或地层结构复杂地段，应做现场渗透试验或模拟现场渗透条件进行渗流试验等专门试验，确定堤基土的临界水力比降和允许水力比降。

## 附录 E 堤基和堤岸工程地质条件分类

### E.1 堤基工程地质条件分类

**E.1.1** 堤基工程地质评价是整个勘察工作的最终目的，是设计人员采取处理措施的主要依据之一，因此堤基工程地质评价应与工程紧密结合，考虑的主要因素应是堤基处理设计中考虑的因素。另外，我国堤防工程地质条件千差万别，工程地质评价应依据当地的工程地质条件做出。

**E.1.2** 堤防工程地质评价宜分为四类，具体分类标准应因地制宜。堤防存在的主要工程地质问题有渗透稳定、抗滑稳定、抗震稳定及特殊土等，不同地区的堤防存在的主要工程地质问题不同，堤基地质结构差异也较大，因此评价的标准应根据地方特点确定，本条给出的是堤防工程地质评价原则中应主要考虑的因素。

### E.2 堤岸工程地质条件分类

**E.2.1** 堤岸的稳定性主要与河流的水流条件和岸坡地质结构有关。对由第四系松散沉积物组成的岸坡（各流域岸坡多为此类），只要是受河水迎流顶冲或深泓贴岸的河段，其稳定性必定差。但对某些由老粘土或基岩组成的岸坡，其稳定性不受水流条件的控制。

**E.2.2** 当堤岸主要由细粒土组成时，经过较长时期的汛期，堤内、堤外地下水位上升，堤岸土体饱水，抗剪强度降低。当江（河）水位迅速下降时，细粒土中的水不能及时排出，极易发生规模较大的滑坡。从历年险情看，由此产生的崩岸险情占有相当大的比例。

**E.2.3** 当堤岸由两种性质截然不同的土或土、岩组成时，接触面往往倾向江（河），上部土体易沿接触面滑动。如长江耙铺大堤卫家矶下部为  $Q_2$  粘土，上部为  $Q_4$  淤泥质土，沿接触面产生的滑坡

几乎危及到大堤的安全。

**E. 2.4 岸坡(岩)土体抗冲刷能力的强弱只是失稳的内因——水流条件与内因相结合决定着岸坡的稳定性。**当岸坡受水流冲刷时,其组成物质的抗冲刷能力才是决定岸坡稳定性的主要因素。由于岸坡组成物质的复杂性,难以给出统一的标准,具体应根据岸坡岩、土组合来综合确定岸坡的抗冲刷能力。