

### 平原水库工程设计规范

Design code for plain reservoir project

2021 - 10 - 18 发布

2021 - 11 - 18 实施

## 目 次

前言 .....	IV
引言 .....	VI
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 平原水库工程的等级及设计标准 .....	4
4.1 工程等别 .....	4
4.2 水工建筑物级别 .....	5
4.3 泄水标准 .....	5
4.4 建筑物超高 .....	6
5 基本资料 .....	7
5.1 基本资料收集整理 .....	7
5.2 基本资料复核评价 .....	8
6 工程地质勘察 .....	8
6.1 一般规定 .....	8
6.2 区域构造稳定性 .....	10
6.3 库盆勘察 .....	11
6.4 坝后浸没区勘察 .....	11
6.5 围坝工程勘察 .....	13
6.6 水闸与泵站工程地质勘察 .....	14
6.7 引调水线路工程勘察 .....	16
6.8 天然建筑材料勘察 .....	17
6.9 施工期的地质工作 .....	18
7 工程规划与库容确定 .....	19
7.1 兴建平原水库的目标与任务 .....	19
7.2 水文分析 .....	20
7.3 水资源状况及供需平衡分析 .....	21
7.4 水源分析 .....	21
7.5 库容确定 .....	22
7.6 工程总体布置 .....	23
7.7 水库建设影响分析 .....	24
7.8 泥沙及清淤处理 .....	24
8 围坝及其相关设计 .....	24
8.1 围坝的轴线与坝高 .....	24
8.2 围坝坝型选择 .....	25
8.3 筑坝材料选择及筑坝要求 .....	25
8.4 坝体结构 .....	27
8.5 坝体防渗 .....	28

8.6 库盆及坝基防渗 .....	29
8.7 护坡 .....	30
8.8 排水及其反滤 .....	31
8.9 坝基处理 .....	33
8.10 截渗沟 .....	34
8.11 库盆和围坝渗流计算 .....	34
8.12 围坝坝体稳定计算 .....	35
8.13 围坝坝体应力和变形计算 .....	36
9 平原水库工程的其他建筑物 .....	36
9.1 一般规定 .....	36
9.2 入库涵洞 .....	36
9.3 出库涵洞 .....	37
9.4 入库泵站 .....	37
9.5 出库泵站 .....	38
9.6 其他附属建筑物 .....	38
9.7 平原水库建筑物地基计算及处理 .....	38
10 平原水库工程的加固与扩建 .....	40
10.1 一般规定 .....	40
10.2 加固 .....	40
10.3 改建与扩建 .....	40
11 水质监控与生态保护 .....	41
11.1 水质监控和保护 .....	41
11.2 生物多样性调查与生态环境保护 .....	41
12 平原水库工程管理设计 .....	42
12.1 一般规定 .....	42
12.2 管理体制、机构设置和人员编制 .....	42
12.3 管理范围和保护范围 .....	45
12.4 监测设施 .....	45
12.5 工程管理信息化 .....	46
12.6 交通与通信设施 .....	46
12.7 工程运用管理 .....	46
12.8 应急抢险与安全管理设施 .....	47
12.9 水库管理用房标准及用水用电要求 .....	47
12.10 施工期工程管理 .....	47
附录 A（资料性） 土的工程分类 .....	48
附录 B（资料性） 浸没评价 .....	49
附录 C（资料性） 地质条件复杂程度划分 .....	52
附录 D（资料性） 土质地基强度划分 .....	54
附录 E（规范性） 波浪和护坡计算 .....	55
E.1 波浪计算 .....	55
E.2 护坡计算 .....	60
E.3 计算及试验资料 .....	61

附录 F（规范性） 土工膜防渗体的稳定分析及膜后排渗能力.....	63
F.1 土工膜防渗体的稳定分析.....	63
F.2 膜后土工织物排渗能力核算.....	64
附录 G（资料性） 平原水库的水质监测与生物多样性调查方法.....	67
G.1 监测调查内容.....	67
G.2 监测断面的布设及采样点的设置.....	67
G.3 采样频率和时间的选择.....	67
G.4 采样器及采样方法.....	68
G.5 水样与生物样品的保存.....	68
G.6 测定项目及方法.....	68
G.7 水库营养状态评价.....	69
G.8 生物多样性指数计算方法.....	70
G.9 水质控制标准.....	70
附录 H（资料性） 土工膜防渗层的渗漏计算.....	74
H.1 计算原则.....	74
H.2 土工膜的渗漏水量.....	74
H.3 缺陷渗漏量.....	74
附录 I（资料性） 区域构造稳定性分级评价.....	76
附录 J（资料性） 条文说明.....	77
参考文献.....	97

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替DB37/T 1342—2009《平原水库工程设计规范》，与DB37/T 1342—2009相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 将“总则”更改为“引言”、“范围”和“规范性引用文件”（见第1章、第2章）；
- b) 更改了“基本资料”章节的条目编号及内容（见第5章，2009年版的第4章）；
- c) 增加了“不同取水水源的资料收集”、“相关的资料的收集整理”、“基本资料复核评价”的内容（见5.1.2、5.1.6、5.2）；
- d) 增加了“工程地质勘察大纲内容”、“地质建议值选取原则”、“水库选址情况”、“地下水动态勘测”、“移民调查”、“水文地质试验遵循原则”、“相对隔水层满足条件”、“勘探点要求”、“土工试验规定”、“回填技术要求”、“病险平原水库除险加固工程勘察”等内容（见6.1.4、6.1.6、6.1.7、6.1.8、6.1.9、6.1.10、6.1.11、6.1.13、6.1.14、6.1.15、6.1.16、6.1.17）；
- e) 将“水库库区渗漏勘察”更改为“库盆勘察”（见6.3，2009年版的5.3）；
- f) 增加了“分析评价与处理建议”的内容（见6.3.3、6.4.3、6.5.3、6.6.3、6.7.3、6.8.3）；
- g) 增加了“浸没区勘察内容”（见6.4.1）；
- h) 更改了“勘探点剖面布置”、“勘探点数量、位置”等内容（见6.4.2，2009年版的5.4.2）；
- i) 更改了“围坝工程勘察”的内容与方法（见6.5.1、6.5.2，2009年版的5.5.1、5.5.2）；
- j) 将“涵洞和泵站工程地质勘察”更改为“水闸与泵站工程地质勘察”，更改了“各建筑物场地勘察”的内容与方法（见6.6、6.6.1、6.6.2，2009年版的5.6）；
- k) 将“引水、输水渠（管）线路及渠系建筑物工程地质勘察”更改为“引调水线路工程勘察”，删除了“勘察方法应符合的规定”的内容，增加了“勘察方法要求”的内容（见6.7、6.7.2，2009年版的5.7、5.7.2）；
- l) 删除了“土的物理力学参数取值”的内容，增加了“施工期的地质工作”的内容（见6.9，2009年版的5.9）；
- m) 增加了“水文分析”、“水库建设影响分析”的内容（见7.2、7.7）；
- n) 更改了“水资源状况及开发利用分析”的内容，增加了“与用水总量及用水效率控制等水资源管理要求的符合性分析”的内容（见7.3，2009年版的6.2）；
- o) 增加了“料场规划要求和腐殖质土处理”、“料场内同一类筑坝材料的物理力学性质和施工特性有明显差异时的处理”、“经处理改性的分散性土仅可用于3级低坝的防渗体、湿陷性黄土或黄土状土用于填筑防渗体”、“反滤料、过渡层料和排水体料的要求”的内容（见8.3）；
- p) 将“坝体轮廓”更改为“坝体结构”，增加了“坝体分区要求”的内容（见8.4）；
- q) 增加了“渗透系数取值的规定”、“渗流计算宜采用数值分析方法”的内容（见8.11.3、8.11.5）；
- r) 删除了“流土与管涌的临界水力比降确定方法”、“无黏性土的允许比降确定方法”等内容（见2009年版的7.11.4）；
- s) 更改了“渗透变形判别方法”、“坝坡抗滑稳定计算方法”、“围坝坝体应力和变形计算方法”（见8.11.6、8.12.3）；
- t) 将“平原水库的生态环境保护与水质控制”更改为“水质监控与生态保护”，更改了“平原水库分类”（见11章、11.1.1，2009年版的10章、10.2.1）；

- u) 增加了“生物多样性调查”、“水库水质控制管理措施”、“生物多样性的群落特征分析”的内容（见 11.2.1、11.1.3、11.2.2）；
- v) 删除了“移民迁占”内容（见 2009 年版的 10.1.4、10.1.5）；
- w) 增加了“工程管理信息化”、“工程运用管理”、“安全管理设施规定”、“管理用房用水用电要求”（见 12.5、12.7、12.8.4、12.9.4）；
- x) 删除了“水土保持和环境保护”、“综合经营和渔业”的内容（见 2009 年版的 11.9、11.10）；
- y) 删除了“岩土物理力学性指标试验成果整理”、“土的渗透变形判别”（见 2009 年版的附录 E、附录 F）；
- z) 增加了“土的工程分类”、“浸没评价”、“地质条件复杂程度划分”、“土质地基强度划分”、“区域构造稳定性分级评价”（见附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 I）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东省水利厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：山东省海河淮河小清河流域水利管理服务中心、山东省水利科学研究院、水发规划设计有限公司、济南市水利建筑勘测设计研究院有限公司、青岛市水利勘测设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：马承新、刘炳兰、李福林、张军、欧钊元、高峰、周荣星、李连海、颜宏亮、李玉莹、秦超、金瑞清、姜尚堃、刘华芹、张丽蒙、刘莉莉、杨大伟、马晓超、杨惠、刘英豪。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况：

——2009 年首次发布为 DB37/ 1342—2009；

——2017 年由强制性标准转化为推荐性标准；

——本次为第一次修订。

## 引 言

为规范平原水库工程建设，确保平原水库建设做到技术先进、经济合理、安全适用，有益生态环保，统一平原水库工程设计标准和技术要求，制定本文件。

本文件所指的平原水库是在平原地区，利用低洼地或废弃河床，通过下挖和在地上修筑围坝形成库容，并从近地或远地引水充库形成的蓄水调节水库。其特点是：库区地形平坦；库容主要由下挖和地上围坝所形成；库水位高出坝基地面；围坝坝高一般不超过15 m；水库水面比较开阔；坝体一般为均质土坝，就地取材；一般以工业、城市供水、乡镇居民生活供水和农业灌溉为主要对象；一般有防汛任务，但无防洪要求。

平原水库工程的设计，应以所在流域或区域的水资源综合规划，工业、城镇、生态等专业规划为依据，必须充分合理利用本地、客水（黄河、长江）及非常规水等水资源，服从水行政主管部门统一调度，通过平原水库蓄水调节，做到错时引水、丰蓄枯用。

平原水库工程的设计，应具备可靠的气象水文、地形地貌、水源水质、工程地质及社会经济等基本资料。平原水库工程的加固、扩建和改造设计，还应具备平原水库工程现状及运用情况等资料。

平原水库工程设计应满足稳定、渗流、变形等方面的要求。库区防渗设计应遵循“以截为主，综合治理”的原则。平原水库工程设计，应贯彻因地制宜、就地取材的原则，采用行之有效的土工合成材料等新技术、新工艺、新材料、新理念，以达到提高工程技术性能、降低工程投资和加快施工速度。

平原水库工程设计应贯彻有益生态恢复和环境保护的原则。工程建设以改善和不对生态造成危害为前提，结合平原水库下挖取土，筑坝增容，对周围涝洼地进行改造，促进乡村居民点和公路建设。工程建成后周围的生态环境也得到改善。

# 平原水库工程设计规范

## 1 范围

本文件规定了平原水库设计的总体原则、技术要求及加固与扩建的规定。

本文件适用于平原地区，以及地形符合平原水库特征的各类新建、加固、扩建和改建平原水库工程的设计。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 3838 地表水环境质量标准
- GB 18306 中国地震动参数区划图
- GB/T 35580 建设项目水资源论证导则
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- GB 50265 泵站设计规范
- GB 50286 堤防工程设计规范
- GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范
- GB 50487 水利水电工程地质勘察规范
- GB 51247 水工建筑物抗震设计标准
- SL 44 水利水电工程设计洪水计算规范
- SL 55 中小型水利水电工程地质勘察规范
- SL 106 水库工程管理设计规范
- SL 197 水利水电工程测量规范
- SL/T 225 水利水电工程土工合成材料应用技术规范
- SL/T 231 聚乙烯（PE）土工膜防渗工程技术规范
- SL 251 水利水电工程天然建筑材料勘察规程
- SL 252 水利水电工程等级划分及洪水标准
- SL 265 水闸设计规范
- SL/T 269 水利水电工程沉沙池设计规范
- SL 274 碾压式土石坝设计规范
- SL/T 278 水利水电工程水文计算规范
- SL 313 水利水电工程施工地质勘察规程
- SL 629 引调水线路工程地质勘察规范
- SL 704 水闸与泵站工程地质勘察规范

## 3 术语和定义



下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**平原水库 plain reservoir**

平原地区利用低洼地或废弃河床，通过下挖和在地上修筑围坝形成库容，并从近地或远地引水充灌形成的蓄水调节水库。

### 3.2

**围坝 surrounding dam**

沿平原水库库区周边修筑的用以形成地面以上蓄水库容的挡水建筑物。

### 3.3

**入库泵站 inflow pump station**

为满足向平原水库充水而设置的提水入库的泵站。

### 3.4

**出库泵站 outflow pump station**

为满足用水部门需要而设置的出库供水泵站。

### 3.5

**入库涵洞 inflow culvert**

为满足平原水库进水充库需要而设置的输水涵洞。

注：一般布置于入库泵站出口段，穿过围坝输水入库。当水源有自流入库条件时，亦可单独设置。入库涵洞一般应设置闸门，用以控制水流。

### 3.6

**出库涵洞 outflow culvert**

为向用户供水而设置的引水出库的输水涵洞。

注：一般布置于出库泵站进口段，穿过围坝输水出库。当水源有自流供水条件时，亦可单独设置。出库涵洞应设置闸门控制水流。

### 3.7

**泄水涵洞 sluicing culvert**

在特殊情况下用以泄空或将水库水位降低至某一安全水位而设置的泄水建筑物。

注：泄水涵洞的闸门应具有在各种情况下快速启闭的功能。

### 3.8

**土工合成材料 geosynthetics**

用于岩土工程的，以聚合物为原料制造的透水和不透水产品的统称。

### 3.9

**土工织物 geotextile**

透水性土工合成材料，按制造方法不同，分为织造土工织物和非织造（无纺）土工织物。

### 3.10

**土工膜 geomembrane**

在岩土和土木工程中用于隔离液体或气体的相对隔水的聚合膜或薄板。

### 3.11

**水质标准 water quality standard**

由国家或地方政府对水中污染物或其他物质的最大容许浓度所做的规定。

### 3.12

**富营养化 eutrophication**

随着入库水流大量进入水库水体的氮、磷等植物营养物质，在自然和人类活动影响下，其浓度不断增加，引起库区藻类及其他浮游生物迅速繁殖，水体溶氧量下降，水质恶化，甚至出现鱼类及其他生物大量死亡的现象。

## 3.13

**生物多样性 biodiversity**

各种生物之间的变异性或多样性，包括陆地、海洋及其他水生生态系统，以及生态系统中各组成部分间复杂的生态过程。

注：生物多样性一般包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性。

## 3.14

**生态修复 ecological restoration**

在充分发挥生态系统自我修复功能的基础上，采取工程和非工程措施，促使生态系统恢复到较为自然的状态，改善其生态完整性和可持续性。

## 3.15

**区域构造稳定性 regional tectonic stability**

建筑物所在地区一定范围、一定地质历史时期内，断层和地震的活动性。

## 3.16

**水库浸没 reservoir immersion**

水库蓄水使水库周边地区地下水位壅高而引起土壤盐渍化和沼泽化、建筑物地基沉陷或破坏、地下工程和矿井充水或涌水量增加等灾害现象的统称。

## 3.17

**土壤盐渍化 soil salinization**

潜水位壅高后，毛管水通过蒸发向地表输送的盐分不断积聚，演变成盐渍土的过程。

## 3.18

**次生盐渍化 secondary salinization**

在干旱和半干旱地区，人为因素使盐分聚积于地表形成盐渍土的过程。

## 3.19

**沼泽化 swampiness**

潜水位壅高到接近地表，土壤长年或季节性呈过饱和状态，其上层积聚有机酸和未分解的植物残体，逐渐形成不透气及土壤过冷的泥炭层的过程。

## 3.20

**临界地下水埋深 critical groundwater depth**

开始引起浸没灾害现象的潜水面埋藏深度。

## 3.21

**工程地质条件 engineering geological condition**

与工程有关的地形、地貌、地层岩性、地质构造、水文地质、物理地质现象等地质情况的总称。

## 3.22

**裂隙黏土 fissured clay**

黄河泛滥后在积水洼地静水环境下最终沉积的棕褐色、暗褐色、淡棕红色等发育裂隙的高液限黏土。

注：其液限一般超过40%，主要分布在黄河下游冲积平原地区。

## 3.23

**软弱黏性土 soft cohesive soil**

液性指数 $IL$ 大于或等于0.75；无侧限抗压强度 $q_u$ 小于或等于50 kPa；标准贯入锤击数 $N$ 小于或等于4击；灵敏度 $St$ 大于或等于4。地基中的细粒土只要满足上述任一指标，可判定为软弱黏性土。

## 3.24

**欠固结土** under-consolidated soil

在现有自重压力作用下尚未完全固结的土。

## 3.25

**冲蚀型管涌** an erosion piping

渗流沿裂隙黏土中的裂隙流动过程中，将裂隙中充填的砂壤土、粉土（砂）或上下层的砂壤土、粉土（砂）颗粒带走，随后冲蚀裂隙两侧的黏土颗粒或碎片，裂隙宽度进一步加宽，在出溢点形成管涌现象。

## 3.26

**无黏性土** cohesionless soil

黏粒（粒径小于0.005 mm）含量（质量） $\rho_c$ 不大于3%、塑性指数IP不大于3、颗粒间不具有黏结力的土。

## 3.27

**少黏性土** less clayey soil

黏粒（粒径小于0.005 mm）含量（质量） $\rho_c$ 大于3%，但不大于25%，塑性指数IP大于3，但不大于15的土。

## 4 平原水库工程的等级及设计标准

## 4.1 工程等别

4.1.1 平原水库工程的等别，应根据其工程规模、效益及其在国民经济中的重要性，按表1确定。

表1 平原水库工程分等指标

工程等别	工程规模	水库总库容 V ( $10^8 \text{ m}^3$ )	供水	灌溉
			供水对象的重要性	灌溉面积 ( $10^4$ 亩)
I	大(1)型	$V \geq 10$	特别重要	$\geq 150$
II	大(2)型	$10 > V \geq 1.0$	重要	150~50
III	中型	$1.0 > V \geq 0.1$	中等	50~5
IV	小(1)型	$0.1 > V \geq 0.01$	一般	5~0.5
V	小(2)型	$0.01 > V \geq 0.001$	—	<0.5

注1：水库总库容指水库最高水位以下的静库容。  
注2：灌溉面积指设计面积。

4.1.2 对综合利用的平原水库工程，当按各综合利用项目的分等指标确定的等别不同时，其工程等别应按其中最高等别确定。

4.1.3 对于位于大中型河道干流，还具有防汛、治涝等综合利用功能的平原水利枢纽中的平原水库，其等别应按 SL 252 确定。

4.1.4 平原水库中入库泵站和出库泵站的等级，可根据其装机流量或装机功率，参照表2确定。工业、城市供水和乡镇居民生活供水泵站的等级，应根据其供水对象的重要性，按表1确定。并不得低于该平

原水库工程的等级。

表2 灌溉泵站分等指标

工程等别	工程规模	分 等 指 标	
		装机流量 (m <sup>3</sup> /s)	装机功率 (10 <sup>4</sup> kW)
I	大(1)型	≥200	≥3
II	大(2)型	200~50	3~1
III	中 型	50~10	1~0.1
IV	小(1)型	10~2	0.1~0.01
V	小(2)型	<2	<0.01

注1: 装机流量、装机功率系包括备用机组在内的单站指标  
注2: 当泵站分等指标分属两个不同等别时, 其等别按其中高的等别确定  
注3: 由多级或多座泵站联合组成的泵站系统工程的等别, 可按其系统的指标确定

## 4.2 水工建筑物级别

4.2.1 平原水库工程的永久性水工建筑物的级别, 应根据其所在工程的等别和建筑物的重要性, 按表3确定。

表3 永久性水工建筑物级别

工程等别	I	II	III	IV	V
主要建筑物	1	2	3	4	5
次要建筑物	3	3	4	5	5

4.2.2 对于兼有堤防功能的平原水库围坝等水工建筑物的级别, 还应符合 GB 50286 的规定, 并按级别高者确定。

4.2.3 当围坝坝基工程地质条件复杂、围坝坝高相对较高, 并长时期处于较高水位情况下运用的3~5级围坝, 经过论证并报主管部门批准可提高一级; 失事后造成损失不大的平原水库的1~4级永久性水工建筑物, 经过论证并报主管部门批准, 可降低一级。

4.2.4 平原水库工程施工期使用的临时性挡水和泄水建筑物的级别, 应根据保护对象的重要性、失事后果、使用年限和临时性建筑物的规模, 按表4确定。

表4 临时性水工建筑物级别

级别	保 护 对 象	失 事 后 果	使用年限 (年)	临时性水工建筑物规模
3	有特殊要求的1级永久性水工建筑物	淹没重要城镇、工矿企业、交通干线或推迟总工期造成重大灾害和损失	>3	较 大
4	1、2级永久性水工建筑物	淹没一般城镇、工矿企业或影响工程总工期而造成较大经济损失	3~1.5	一 般
5	3、4级永久性水工建筑物	淹没基坑、但对总工期影响不大, 经济损失较小	<1.5	较 小

## 4.3 泄水标准

4.3.1 平原水库周边地面径流, 均经由围坝外侧排水沟河下泄, 因此, 平原水库一般无防洪要求。

4.3.2 对于位于大中型河道干流，并具有防汛、治涝等综合利用功能的平原水利枢纽中的水库，其洪水标准应按 SL 252 确定。

4.3.3 为防止平原水库围坝失事对周围城镇、居民点及工矿企业造成巨大损失，小（1）型以上的平原水库应设置专用或兼用的泄水建筑物，其泄水能力应根据将水库水位从设计蓄水位降至坝外地面高程以上 1.0 m~1.5 m 所需的泄空时间确定，泄空时间一般按 10 d~15 d 考虑。当水库附近有泄水能力较大的河道或排水沟渠时，还可考虑增设临时破坝泄水设施。

4.3.4 平原水库的永久性泄水建筑物消能防冲设计，应根据泄水建筑物相应最高库水位时的实际泄水能力确定。

4.3.5 平原水库围坝以外的永久性水工建筑物和临时性水工建筑物，应根据其灌溉、治涝、保护对象和防洪规划要求，按 SL 252 及其他有关标准确定。

#### 4.4 建筑物超高

4.4.1 平原水库工程永久性挡水建筑物顶部高程，应按工程设计工况的静水位加相应的波浪爬高、风壅增高和安全加高确定。其安全加高应不小于表 5 的规定。

表5 永久性挡水建筑物安全加高

单位为米

建筑物类型及运用情况	永久性挡水建筑物级别			
	1	2	3	4, 5
正常运用条件	1.5	1.0	0.7	0.5
非常运用条件	1.0	0.7	0.5	0.3

4.4.2 围坝土质防渗体顶部在设计静水位以上的超高，应在表 6 规定的范围内选取。对于采用坝面铺塑防渗的土工膜防渗体坝，坝面铺塑应直到坝顶，并与坝顶防浪墙紧密结合。

表6 防渗体顶部超高

单位为米

防渗体结构形式	超 高	备 注
土质斜墙	0.8~0.6	小型平原水库可采用最低值
土质心墙	0.6~0.3	

4.4.3 严寒地区围坝土质防渗体顶部的保护层厚度应不小于该地区的冻结深度。

4.4.4 地震区土石坝顶部超高应计入地震坝顶沉陷和地震涌浪高度，按 GB 51247 确定。

4.4.5 对于独立于围坝外的进水口、出水口、引水渠、泄水渠和截渗沟内的涵闸以及泵站泵房挡水部位顶部安全超高，还应符合国家现行有关标准的规定。

4.4.6 不过水的临时性挡水建筑物的顶部高程，应按设计水位加波浪高度，再加安全加高确定。安全加高值按表 7 确定。

4.4.7 过水的临时性挡水建筑物顶部高程，应按设计水位加波浪高度确定，不另加安全加高。

表7 临时性挡水建筑物安全加高

单位为米

临时挡水建筑物的类型	建筑物级别	
	3	4, 5
土石结构	0.7	0.5
混凝土、浆砌石结构	0.4	0.3

## 5 基本资料

### 5.1 基本资料收集整理

5.1.1 根据平原水库工程规划、设计的需要，应收集平原水库所涉及的流域、区域、河段的气象、水文、水源、社会经济、地形、地质及其他相关资料。

5.1.2 气象、水文及水源资料主要包括以下内容：

- a) 流域的地理位置、面积、形状、水系，气候、地形地貌、土壤植被，河流的长度、比降，取水工程所在河段的河道形态和纵、横断面等特征资料；
- b) 降水、蒸发、气温、风向、风力、冰期、冻土深度等气象资料。水文站网分布，设计依据的水文站或主要参证站的流域特征值及实测水位、流量、泥沙、冰情、水质监测等水文资料；
- c) 引水渠两侧和库区周边地下水动态资料、水文地质资料；
- d) 以当地地表水为水源的，应收集涉及工程概况、现有和规划用水户等资料；
- e) 以黄河水为水源的，应收集相关黄河水文站资料，涉及引黄灌区工程概况、引水时间、灌溉制度等资料；
- f) 以南水北调长江水为水源的，应收集相关的南水北调工程概况、各分水口用水过程分配、现有和规划用水户等资料；
- g) 以非常规水为取水水源的，应收集相关的非常规水来源、水量、处理规模、处理工艺、进出水水质等资料。

5.1.3 社会经济资料主要包括以下内容：

- a) 社会经济的分析范围应以平原水库引水、输水、蓄水和供水工程有直接影响的区域为基础，统筹考虑流域与行政区域水资源管理的需要综合确定，一般以相对独立的行政区域为宜；
- b) 应收集分析范围内政府发布的统计年鉴、水利统计年鉴、水资源公报和其他相关的统计资料，分析整理与用水相关的现状水平年及规划水平年主要社会经济指标，主要包括：分析范围内的国土面积、行政区划、现状年人口、城镇化率、耕地面积、灌溉面积、土地利用、农业产量、区域生产总值、三次产业构成比例等；
- c) 对于利用当地雨洪资源或非常规水源充库的平原水库，还应说明取水口工程所在区域的社会经济情况，并附工程布置图；
- d) 对于从引黄灌区或其他调水工程引水充库的平原水库，还应说明所在灌区或其他调水工程的社会经济情况，并附工程布置图。

5.1.4 工程地形资料主要包括以下内容：

- a) 收集平原水库引输水工程区、库址区、供水区地形条件资料，包括地貌类型、地面高程、坡度等；
- b) 提供工程地形图，引、输水工程纵横断面图，围坝轴线断面图等，图纸比例尺应符合 SL 197 的规定。

5.1.5 工程地质资料主要包括以下内容：

- a) 大中型平原水库工程设计的工程地质及筑坝材料资料，应符合 GB 50487、SL 55 和 SL 251 的规定。对于工程地质条件简单的小型平原水库工程可适当简化；
- b) 平原水库工程设计应充分利用当地及附近已有的工程地质勘察资料，并应收集当地及附近地区有关的历史和现状情况资料。

#### 5.1.6 其他相关资料主要包括下列内容：

- a) 已批复的相关流域（区域）国民经济和社会发展规划、国土空间规划、区域规划、城市规划、水利规划、流域综合规划、水资源综合规划、水资源保护规划、节水规划、水资源调查评价等成果；
- b) 已批准的引黄、引江控制指标、生态流量保障目标、河湖（水库）水量分配方案、用水总量和用水效率等资料；
- c) 可靠的水源水质检测或监测成果；
- d) 分析范围内的供水量、供水水源组成，用水量、用水效率等资料；
- e) 环境影响、建设征地与移民安置等相关资料。

### 5.2 基本资料复核评价

5.2.1 工程设计前，应对照相关标准，核查所收集资料是否符合设计任务、工程特点及设计精度等要求，并了解资料来源，分析数据的合理性、可靠性、协调性。对重要的资料，应进行重点复核。对有明显错误或存在系统偏差的资料，应予改正，并建档备查。

5.2.2 对收集的气象与水文基本资料，应开展一致性、代表性和可靠性评价。对区域水资源调查评价和水资源规划等成果，应查明其来源、精度、计算方法和存在问题，并进行系统整理。

5.2.3 复核评价地形地质资料时，应查明所用地形图的精度、比例尺、绘制时间等要素。

## 6 工程地质勘察

### 6.1 一般规定

6.1.1 平原水库工程地质勘察宜分为规划、可行性研究、初步设计和施工详图设计四个勘察阶段。已建平原水库工程勘察宜划分为安全鉴定勘察、除险加固设计勘察。除险加固设计的勘察阶段应与设计阶段相适应。工程地质条件简单的小型平原水库，其勘察阶段可适当合并、简化。

6.1.2 平原水库工程地质勘察应在设计初定的坝址和建筑物场地的范围内，为选定坝轴线、坝型和各类建筑物位置提供地质依据，为选定的各类建筑物的主要工程地质问题评价，提供设计所需的工程地质资料及计算参数。

6.1.3 平原水库工程地质勘察主要包括水库大坝、库盆、坝后和附属建筑物的地质勘察。

6.1.4 开展勘察工作之前，应在收集和分析工程地区已有的地形地貌、地质资料基础上，进行现场查勘，根据勘察任务书（或勘察合同），结合设计方案，编制工程地质勘察大纲。工程地质勘察大纲在实施过程中应根据实际情况变化及时调整。工程地质勘察大纲一般应包括下列内容：

- a) 工程概况、任务来源、勘察阶段、勘察目的和任务及需要解决的主要技术问题；
- b) 勘察地区的地形地质概况及工作条件；
- c) 已有地形、地质资料，前阶段勘察成果的主要结论及审查、咨询、评估的主要意见；
- d) 勘察工作依据的规范规程及有关规定；
- e) 勘察重点、技术路线和工作思路；
- f) 勘察内容、工作方法和技术要求；
- g) 勘探完成后的现场处理；
- h) 资源配置（仪器设备、人员安排）、计划工作量和进度安排等；

- i) 拟采取的质量控制、安全保证和环境保护措施；
  - j) 勘察成果内容、形式、数量和完成日期等；
  - k) 勘探点平面布置图。
- 6.1.5 勘察应包括下列内容：
- a) 调查区域构造稳定性，对工程场地的构造稳定性做出评价，确定地震动参数；
  - b) 查明水库区水文地质条件，预测蓄水后的变化，对库盆渗漏和库区浸没的可能性做出评价，提出工程处理措施建议；
  - c) 查明坝址、引水渠、输水渠（道）闸、泵站等各类建筑物区工程地质条件，对存在的工程地质问题进行分析评价，为建筑物设计和地基处理方案提供地质资料与建议；
  - d) 进行天然建筑材料勘察；
  - e) 进行水库的库岸稳定、塌岸勘察；
  - f) 工程地质的勘察深度：规划阶段为了解，可行性研究阶段为基本（初步）查明，初步设计阶段为查明。
- 6.1.6 地质建议值的选取原则应符合 GB 50487—2008 中附录 E 的规定。对于一些重要的地质参数可通过多方会商研究确定，形成会议纪要；必要时召开专门的专家论证会确定。
- 6.1.7 水库选址于下列场地之一者，应做好库外水文地质测绘、调查工作，查明地下水动态，研究修建水库后对地下水运移产生的影响，分析地下水位抬高，加剧坝后浸（淹）没、盐渍化灾害的程度，分析地下咸水对库水水质的影响，提出处理建议。
- a) 地下水向库区或地下阻水带汇集、排泄不畅区。
  - b) 河间洼地，河、湖间洼地。
  - c) 冲洪积扇前缘与冲积平原交互处。
  - d) 邻近河流（地上悬河）一侧。
  - e) 滞洪区。
  - f) 库区分布有地下古河道或集中渗漏通道。
  - g) 地下水为咸水区。
- 6.1.8 平原水库场区宜开展地下水动态观测，视情况编制地下水动态观测专项方案，绘制地下水等值线等图件。地下水动态观测应尽早开展，观测时间延续不少于一个丰水和枯水季节，或不少于一个水文年。在初判可能产生浸没的地区，布置长期水文观测孔。
- 6.1.9 应配合征地移民调查，查明水库场区机（民）井分布位置（坐标）及数量，在机（民）井处适当布置钻孔，以查清井结构；采用现场调查与物探技术相结合，摸清库区隐伏的可能影响建筑物安全、集中渗水的墓穴、古井、空洞、窑址等分布范围，并采用钻探、钎探或坑（井）探等手段进一步查明。
- 6.1.10 水文地质试验应遵循：
- a) 第四系新近堆积层的抽水试验宜采用多孔法。抽水主井成井孔径不应小于 200 mm；
  - b) 砂壤土、粉土、粉（细）砂类土层的抽水试验，应严格做好反滤层，防止土颗粒随水流流失；
  - c) 第四纪地层相对不隔水层水文地质试验钻孔成孔工艺和试验，必须严格按照现行水利行业规范的规定操作。涌水量较小，采用回水法亦难以进行抽水试验时，可改用注水试验（稳定时间不小于 2 h）。各单项工程注水试验水头宜统一，一般情况下，控制水位至孔口；
  - d) 应分层测量主要土层的初见水位和稳定水位，各土层间应止水隔离，以查清各含水层间的水力联系、承压特征和相对隔水层可靠性。相对隔水层厚度较大，且下部分布有中等或强透土层时，宜每钻进 2 m 后停止钻进，观测稳定水位值；
  - e) 浅部土层宜采用双环渗水试验获得水文地质参数。
- 6.1.11 相对隔水层应满足下列条件：



- a) 第四系相对隔水层：土层渗透系数不大于  $1 \times 10^{-5}$  cm/s，土质均匀且连续性较好，厚度应满足渗透稳定需要，一般不小于 3 m~5 m。
  - b) 岩石相对隔水层：岩层透水率不大于 5 Lu~10 Lu，岩层厚度稳定且大于 5 m，裂隙不发育，满足渗透稳定需要。
  - c) 相对隔水层现场水文地质试验累计有效试验组数不少于 12 组，且库盆应满足每 30 万 m<sup>2</sup> 面积内不少于 1 组，或大坝每 1 000 m 长度内不少于 1 组。
- 6.1.12 工程场区位于历史上沉陷区、塌陷区的，应委托有评价资质的单位进行场地稳定性分析，评价建库的可行性。
- 6.1.13 所有勘探点均应测量平面坐标与高程，提供勘探点一览表。
- 6.1.14 所有勘探点均应按要求量测地下水位。每个工程地质段、不同含水层分层量测地下水位的勘探点数不少于 3 组。
- 6.1.15 土的分类宜采用三角坐标分类法参照附录 A。土工试验应符合下列规定：
- a) 易于振动液化、水分易析出的饱和松散砂壤土、粉土、粉砂类土，及易于失水变形的软土，宜进行现场土工试验，积累工程经验；
  - b) 地下水位以上土的抗剪强度试验应分别按天然含水率状态、饱和状态两种条件下进行试验；
  - c) 新近沉积的欠固结土、填土宜进行湿陷性试验；
  - d) 滨海平原水库等盐渍土广泛分布地区，应对盐渍土进行溶陷性试验；
  - e) 高液限黏性土（裂隙黏土等）应进行分散性、膨胀性及饱和软化性等特殊项目试验；
  - f) 软弱黏性土应进行无侧限抗压强度、灵敏度等特殊项目试验；
  - g) 根据需要进行现场渗透变形试验和载荷试验，以及可能地震液化土的室内三轴振动试验。
- 6.1.16 钻孔、探坑（井、槽）等在现场资料收集完毕竣工验收后，按技术要求进行妥善回填。应按 SL/T 291、参照 SL 188 等规定，结合工程经验，编制钻孔、探坑（井、槽）等回填技术要求。
- 6.1.17 病险平原水库除险加固工程勘察。大型病险平原水库除险加固工程勘察应符合 GB 50487 的规定，中小型平原水库除险加固工程勘察应符合 SL 55 的规定。除险加固工程勘察要充分利用和深入分析已有资料、曾经的施工和运行期有关监测资料，针对地质缺陷和安全隐患布置勘察工作。主要包括下列内容：
- a) 复核工程地质和水文地质条件，分析病险问题产生的原因，为安全鉴定评价和除险加固设计提供地质资料和物理力学参数，提出地质建议；
  - b) 检查坝体填筑质量。查明坝体填筑料岩性、压实度、强度和渗透特征；
  - c) 查明坝体滑坡、开裂、塌陷、渗水等病害险情的分布位置、范围、特征、成因，险情发生过程与抢险措施，运行期坝体变形位移情况及变化规律；
  - d) 对除险加固工程设计所需的天然建筑材料进行详查；
  - e) 进行水库安全评价及病险类型划分，应符合 SL 55—2005 中附录 E 的规定。

## 6.2 区域构造稳定性

### 6.2.1 区域构造稳定性的调查应包括下列内容：

- a) 收集区域地质构造背景、区域性断裂分布及断层的活动性、工程近场区地震活动特征等区域地质资料，确定工程场地所属大地构造单元；
- b) 分析区域构造对工程区的影响，对区域构造稳定性作出评价；
- c) 提出工程区地震动参数。

### 6.2.2 区域构造背景评价应符合下列要求：

- a) 收集工程研究区即场地周边半径不小于 150 km 范围内区域大地构造和工程近场区即坝址周围半径不小于 25 km 范围内区域性断层及其活动性，综合分析评价工程场地的地质构造稳定性；

- b) 工程场址区无活动性断层，应按 GB 18306 规定，确定工程区地震动参数；
  - c) 工程近场区有活动性断裂分布或场区位置特别重要时，建设管理机构应委托有地震安全性评价资质的单位进行专门地震安全性评价。
- 6.2.3 建筑物场地抗震有利、一般、不利和危险地段的划分和场地类别的划分应符合 GB 51247 有关规定。
- 6.2.4 区域构造稳定性调查（勘察），除应符合本文件外，尚应符合国家现行有关标准。大中型平原水库区域构造稳定性分析与评价一般应在可行性研究阶段或之前完成。
- ### 6.3 库盆勘察
- 6.3.1 库盆勘察主要内容包括：
- a) 相对隔水层及主要透水层的岩土成因、性质、厚度、延伸分布，阐明库区相对隔水层的封闭条件和连续性；
  - b) 不同类型地下水埋深及相互补排关系，各岩土层的透水性。应重点查明库盆垂直渗漏和侧向渗漏条件，调查库水外渗途径；
  - c) 与透水层（带）连通的井位及穿透相对隔水层而引起库水渗漏和库区内取土等对库水渗漏的影响；
  - d) 坝前天然铺盖的物质组成，厚度及渗透特性；
  - e) 分析库区垂直入渗、渗水形式、位置，确定通向库外的渗漏区（段），估算渗漏量；
  - f) 配合征地移民专业，对库盆内井、墓穴、洞穴、地面掩埋古井等进行调查；
  - g) 对库盆内拟建隔堤、湿地、湖心岛、观测（监测）站、码头等建（构）筑物进行勘察。
- 6.3.2 勘察方法应符合下列规定：
- a) 地质测绘可视场区地质情况及需要布置。地质测绘比例尺宜选用 1:10 000~1:2 000，应结合地下水调查监测等资料绘制地下水等值线图。测绘范围应涵盖库区及其影响区；
  - b) 库盆勘察剖面线宜结合围坝、隔堤、湿地、库盆内建（构）筑物等，采用网格状布置，勘探点间距一般 200 m~500 m。水文地质条件较复杂时，可适当加密。当勘察揭露古河道、集中渗水通道时，应加密勘探点，查明古河道、集中渗水通道等的分布及特征；
  - c) 钻孔深度应进入相对隔水层 3 m~5 m，1/3~1/2 钻孔应揭穿相对隔水层。当相对隔水层埋藏较深时，应进入当地枯水年份枯水位以下 10 m~15 m，或 3~5 倍坝高深度，或视设计需要参照 6.5.2 e) 布置适量深孔；
  - d) 野外水文地质试验应分层、分段进行，库区表层土和地下水位以上第四系土层宜进行双环渗水试验和钻孔注水试验，地下水位以下宜进行单孔或多孔抽水试验。组（段）数应满足渗漏计算、渗透稳定等需要，可行性研究阶段不宜少于 3 组、初步设计阶段不宜少于 6 组；相对隔水层野外水文地质试验组数按 6.1.11 执行。
- 6.3.3 分析评价与处理建议：
- a) 按 GB 50487—2008 中附录 F 对各岩土层进行渗透性分级评价；
  - b) 结合地下水动态观测资料，对透水层、隔水层的厚度、连续性和空间分布进行分析评价。根据隔水层分布及特征，水库蓄水情况，综合提出相对隔水层建议；
  - c) 对库盆防渗提出处理范围和工程处理措施建议。拟采用竖直截渗方式的，应提出防渗处理深度建议；
  - d) 对坝前天然铺盖进行水文地质及工程地质评价；
  - e) 水库选址于洼地咸水分布区或海水入侵区的，应分析地下咸水对库水的混染影响，预测场区水质变化，提出工程处理措施建议。

### 6.4 坝后浸没区勘察

#### 6.4.1 浸没区勘察应包括下列内容：

- a) 可能浸没区的地貌特征，潜水含水层的厚度，地层结构、基岩或相对隔水层的埋藏条件，地下水补给、径流和排泄条件、地下水流向、地下水位及其动态、地下水化学成份和矿化度等；
- b) 可能浸没区的岩土层的水文地质结构，含水层的类型、埋深和厚度、颗粒组成、渗透性、给水度、饱和度、易溶盐含量、土的物理性质等参数；
- c) 主要农作物种类、根须层厚度、有关地下水位以上土的毛管水上升高度、临界地下水位的试验和观测资料，地区土壤盐渍化和沼泽化的历史和现状；
- d) 调查城镇和居民区建筑物的基础类型及其深度等，水库周边矿井、地下建筑物、坑塘、沟渠等的分布、高程及其形态特征；
- e) 调查与地下水有密切关系的集水洼地、湿地的形成原因、分布特点及其发展概况；调查土壤盐渍化和沼泽化的历史和现状；
- f) 预测可能的浸没范围，当浸没范围较大时，宜按浸没影响程度划分为严重浸没区和轻微浸没区；
- g) 可根据需要在浸没区建立长期观测网。观测内容应包括地下水位、水化学成分、土壤含盐量等。

#### 6.4.2 勘察方法应符合下列规定：

- a) 地质测绘可视场区地质情况的复杂程度进行，可与库盆、围坝地质测绘相结合；
- b) 垂直坝轴线布置勘探剖面，每个水文地质单元，布置1~2个浸没勘察剖面，宜结合坝基横剖面布置。水文地质条件相对单一时，农业地区宜沿围坝轴线每2 km~3 km布置一个勘察剖面，城镇地区剖面间距为200 m~500 m，水文地质条件复杂地区应适当加密；
- c) 每个勘察剖面勘探点数量一般4~7个，勘探点位置宜距离坝轴线分别为50 m、100 m、200 m、500 m、1 000 m、2 000 m……，最远端勘探点宜设在可能产生最大浸没范围外500 m~1 000 m处；水文地质条件较复杂（地形及地下水位变化大，地层变化大）勘探点间距可适当加密；
- d) 勘探点宜采用钻孔、探坑（井）等勘察手段相结合。地下水位埋深较浅时，可布置适量的探坑（井），同时获取毛管水上升高度值，探坑（井）深度应达地下水位以下0.5 m。钻孔深度应进入相对隔水层大于2.0 m或地下枯水位5 m以下；
- e) 探坑（井）、钻孔应观测稳定地下水位，并结合坝基勘察布置水文地质试验；
- f) 土的渗透系数、毛管水上升高度、土壤含盐量和地下水化学成份，上部土层每类岩性试验组数累计不应少于3组；
- g) 当浸没区地层为双层结构，且上部厚度较大时，宜分别观测下部含水层和上部土层内的地下水位，并考虑黏性土对承压水的折减影响；
- h) 初判认定的不可能浸没地段不再进行相应的浸没勘察工作；在初判认为可能浸没地段，应对可能浸没地段进一步进行勘察做出复判。

#### 6.4.3 分析评价与处理建议：

- a) 分析确定产生浸没或淹没、沼泽化的临界地下水埋深，预测潜水回水埋深值；
- b) 浸没分析评价按初判和复判两阶段进行，应符合GB 50487—2008中附录D的规定。先根据周边地形地貌和地质条件、拟建平原水库、渠道水位情况进行浸没可能性初判；
- c) 复判阶段应通过分析计算确定初判可能浸没地段的最终浸没范围，评价其危害程度，提出防护措施的建议。宜采用地下水动力学方法估算水库正常蓄水位时坝后潜水位地下水位壅高值和浸没范围，浸没范围估算评价参照附录B；
- d) 绘制水库蓄水后坝后、渠道两侧潜水等水位线预测图或潜水埋深分区（段）预测图，编制浸没、淹没、沼泽化等范围分布图；

- e) 对分布有承压水、微承压水的坝后段,根据库区渗水排泄情况,提出布置减压井、降排水井或其他措施的意见建议。

## 6.5 围坝工程勘察

### 6.5.1 围坝工程勘察应包括下列内容:

- 坝址区地形地貌、第四纪沉积物成因类型、物质组成及其分布规律和特征。重点查明软弱黏性土、湿陷性土(包括湿陷性黄土状土、填土和欠固结土等)、裂隙黏土、膨胀土、分散性土、盐渍土、粉细砂等特殊岩土的分布规律及工程特性;
- 坝基岩土层的水文地质结构,地下水类型、赋存条件、水位、分布特征及其补排条件、水位的年变幅等。含水层和相对隔水层埋深、厚度、连续性、渗透性,进行岩土渗透性分级。重点查明古河道等集中渗漏带的空间分布情况、渗水性特征;
- 场区环境水水质,评价环境水的腐蚀性;
- 坝址区地处地震动峰值加速度在 0.10 g 及以上场区的,应判别坝基土的液化可能性;
- 坝基土的渗透变形类型判别;
- 配合征地移民专业,调查坝址区范围内井、墓穴、洞穴、掩埋古井等分布和结构等情况;
- 河流型平原水库,应查明坝址区牛轭湖、决口口门、沙丘、古河道、河床深槽、埋藏谷等分布、埋藏情况、规模及形态特征;
- 拟采用竖直截渗方案的,设计应提出施工时应采用先导孔复核含水层、相对隔水层分布情况的施工要求。

### 6.5.2 勘察方法应符合下列规定:

- 工程地质测绘比例尺宜选用 1:10 000~1:2 000。测绘范围视枢纽布置需要而定,一般应包括坝址及其附近所有建筑物场地,坝下游截渗沟部位,上游天然铺盖区;
- 坝轴线或防渗线及建筑物轴线应布置勘探剖面 and 横剖面,围坝横剖面宜结合浸没和库盆勘察布置。应采用钻探、坑(井)探、静力触探等综合手段进行勘察,物探视需要布置;
- 坝轴线勘探点距,规划阶段可采用搜集场区地质资料方式开展,勘探点间距视需要确定,可行性研究阶段宜采用 200 m,初步设计阶段 50 m~100 m,并可根据地质条件变化加密。横剖面勘探应在坝下游坡脚,截渗沟及沟外侧布置坑孔,每一工程地质单元横剖面最少 1 个。防渗线具体位置确定后,勘探点间距执行坝轴线勘探点间距布置原则;
- 钻孔深度应根据基岩面埋深确定,当基岩埋深小于 1 倍坝高,钻孔深度应进入基岩相对隔水层;当基岩埋深较大时,钻孔深度宜据透水层和相对隔水层具体情况确定,一般钻孔控制深度宜为建基面以下 2~3 倍坝高,控制性钻孔孔距、孔深应根据需要确定。当钻探深度内,遇有对工程不利影响的特殊土层时,应有一定数量控制性钻孔,孔深应进入坚实土层或相对隔水层 2 m~3 m。防渗线上钻孔深度可根据防渗需要确定,应满足渗透稳定和渗漏估算的要求;
- 坝轴线或防渗线上应布置深钻孔,深钻孔数量宜为勘探点总数的 1/50~1/10,一般每个水文地质单元布置 1~2 个深钻孔,孔深以摸清相对隔水层分布特征为原则。深钻孔深度宜达 80 m~100 m,查明场区较深范围内的水文地质特征;
- 应在坝址区布置适量的探坑(井),数量宜为勘探点总数的 1/10~1/5。探坑(井)应邻近钻孔布置,探坑(井)深度宜触及地下水位;坝基浅部土层应从探坑(井)采取原状土样,达到 I 级试样标准,同时获取毛管水上升高度值;
- 应根据坝基土的成因、岩性和水文地质结构进行分层抽(注)水试验,并分层观测稳定地下水位。对影响坝基渗漏的主要透水层和相对隔水层每一工程单元每 1 000 m 长度不宜少于 1 组,主要透水层野外水文地质试验有效试验组数不宜少于 6 组,相对隔水层野外水文地质试验有效组数按 6.1.11 执行;

- h) 采用标准贯入试验法进行土的液化复判时，每个工程地质单元宜选取 3~6 个钻孔，对可能液化土层每 1.0 m~1.5 m 进行一次标准贯入试验。贯入器中土样应留做散装样，进行室内颗粒分析试验，获取黏粒含量值。每一可能主要液化土层有效试验点不少于 12 组；
  - i) 在地震动峰值加速度为 0.10 g 及以上地区，应进行土层剪切波速测定，宜采用跨孔法测定纵、横波速。每一可液化层有效累计试验不应少于 6 组；
  - j) 平原水库勘察应重视原位测试、原状土样的采取保存和运输。应使用专门的薄壁取土器采取软弱黏性土类原状土样。应采用压入法采取松散饱和粉土及砂土原状土样。水位以上采取原状土样，应采用干法钻探，不得注水或使用泥浆；
  - k) 地处黄河冲积平原地区、滨海平原地区的平原水库，围坝和建筑物应进行静力触探和剪切波速测试等原位测试，软弱黏性土宜进行十字板剪切试验；
  - l) 坝基钻孔应有连续取土孔和连续标准贯入孔，抗剪强度指标要求每一控制单元稳定时期的累计有效试验组数，可行性研究阶段不宜少于 6 组；初步设计阶段不宜少于 12 组。软弱黏性土层十字板剪切试验，可行性研究阶段一般每层不少于 3 组；初步设计阶段不宜少于 6 组。持力层标准贯入试验每一土层不宜少于 6 组。规划阶段岩土物理力学参数可用工程类比法提供，必要时可取样进行岩土试验；
  - m) 坝基土的室内剪切试验方法应根据控制稳定的时期不同要求或设计要求进行，具体可按 SL 247—2020 中附录 D 有关要求执行；
  - n) 对地表水、地下水的水样进行简单分析，评价其腐蚀性，各设计阶段试样组数应各不少于 3 组，每个水文地质单元各不少于 1 组。
- 6.5.3 分析评价与处理建议：
- a) 分析评价宜建立在围坝工程地质分段的基础上进行。工程地质分段应根据地形地貌、地层结构、特殊性岩土分布、水文地质条件、主要工程地质问题等因素进行划分；
  - b) 分析评价坝基不均匀沉降、抗滑稳定性、渗漏和渗透稳定、湿陷稳定性、膨胀稳定性、地震液化、抗冲刷（冲蚀）稳定性等工程地质问题，并提出工程处理建议。预测在水库蓄水过程和运行期（库水位骤降、库水位频繁升降）有关工程地质问题的发展趋势；
  - c) 评判坝基饱和和无黏性、少黏性土液化。土的液化判别应先采用初判排除不会发生地震液化的土层。初判可能产生液化的少黏性土，除采用标准贯入试验进行复判外，同时可采用相对含水率或液性指数进行复判，综合判别土的液化，确保工程安全；
  - d) 对坝基土层进行渗透性分级，确定透水层和相对隔水层。进行坝基渗漏估算，按工程地质单元及水文地质单元不同分段估算。提出坝基防渗处理建议。坝基渗漏估算宜按 SL 373、SL 274 的有关规定执行；
  - e) 判别坝基土的渗透变形类型，综合提出坝基土渗流出口无保护条件下的允许渗透比降、水平段的允许渗透比降建议值。水平段的允许渗透比降建议值，可参考 SL 265—2016 中表 6.0.4 确定。建议值的提出要充分考虑黄泛区上部沉积层堆积时间短、孔隙发育、结构松散的特点；
  - f) 提出坝基土层物理性、渗透性、压缩性和抗剪强度等力学性指标及地基土允许承载力建议值；
  - g) 评价环境水的腐蚀性。视设计需要，可按 GB 50021 或相应行业标准，评价地下水位以上土的腐蚀性。

## 6.6 水闸与泵站工程地质勘察

### 6.6.1 各建筑物场地勘察应执行水利工程现行标准并包括以下内容：

- a) 参照附录 C 划分场地复杂程度；
- b) 场址区地面沉降、塌陷、地下采空区等不良地质现象分布、范围和规模。一般应由建设单位委托专业机构进行专项调查；

- c) 建筑物布置区的地层岩性，重点查明各类工程性质不良土层的分布范围，提供物理力学性质参数和地基允许承载力；
  - d) 上、下游引河（渠）及施工临时建筑物范围内地层岩性、分布规律及特征，提供物理力学性质参数和地基允许承载力；
  - e) 工程场区水文地质条件和岩土体的透水性、透水层（包括透镜体）和相对隔水层的分布情况、地下水类型、埋藏、补给、径流和排泄条件、环境水的腐蚀性、地下水位年变幅等；提供地基土的允许渗透比降（水平段、出口段）建议值等；
  - f) 各建筑物基坑开挖影响范围内的工程地质条件。
- 6.6.2 勘察方法应执行水利工程现行标准并符合下列规定：
- a) 勘探布置应根据工程规模、场地具体地质条件、场地地质条件复杂程度结合建筑物特性布置；
  - b) 可行性研究阶段沿垂直水流方向和平行方向各布置 1 个勘探剖面；初步设计阶段在建筑物轴线及其上、下游引河（渠），泵站进水池、出水池，防冲消能段、岸墙、翼墙及临时建筑物等部位应布置勘察剖面；大型建筑物工程及地质条件复杂的工程，可增加辅助勘探剖面。每个勘探剖面均不应少于 3 个勘探点；
  - c) 对建筑物安全有影响的边坡应按有关要求布置钻孔或勘探剖面；
  - d) 勘探点间距、勘探深度应根据覆盖层厚度、岩土层性质及建基面高程确定，并应符合 SL 704—2015 中附录 B 规定。专门性勘探点间距、深度可根据具体需要确定。水闸与泵站相邻布置时，水闸部位勘探深度宜考虑泵站对其地基变形的影响作用，适当加深；
  - e) 分层取原状样进行物理力学性质试验和渗透试验：
    - 1) 规划阶段可采用搜集场区地质资料的方式开展，岩土物理力学参数可用工程类比法提供，对特殊重要的工程按设计要求可布置勘探工作；
    - 2) 可行性研究阶段每一主要岩土层室内试验累计有效组数不应少于 6 组；
    - 3) 初步设计阶段每一主要土层室内试验累计有效组数不应少于 12 组；1 级、2 级水闸和泵站等建筑物地基应进行三轴压缩试验，每一主要土层试验累计有效组数不应少于 6 组；特殊土的特殊试验项目，应根据土层分布情况确定，每一土层试验累计有效组数不应少于 6 组。当建筑物地基为基岩时，每一主要岩石（组）室内试验累计有效组数不应少于 6 组；
  - f) 应结合钻探进行原位测试，根据土层性质选择适宜的测试方法。可行性研究阶段每一主要土层原位测试累计有效组数不应少于 6 组（段、点）；初步设计阶段每一主要土层原位测试累计有效组数不应少于 12 组（段、点），静力触探试验孔不宜少于 3 孔；
  - g) 地基土的剪切试验方法按设计要求进行，也可按 SL 265—2016 中 8.1.3 或 GB 50265—2010 中 6.4.6 要求执行；
  - h) 应对地下水和地表水进行水质分析。可行性研究阶段地表水和不同含水层地下水试验均不应少于 3 件；初步设计阶段地表水和不同含水层地下水试验均不应少于 6 件。邻近且地处同一水文地质的单元的建筑物可共用水质分析成果；
  - i) 建筑物渗控剖面上的勘探孔应进行抽（注）水或压水试验。可行性研究阶段垂直水流方向主勘探剖面上钻孔应进行抽（注）水或压水试验，主要透水层和相对隔水层各不少于 1 组；初步设计阶段主要透水层和相对隔水层各不少于 3 组。同一水文地质单元相邻建筑物或邻近围坝的建筑物，水文地质试验成果可共用；
  - j) 基坑工程勘察的范围和深度应根据场地条件和设计要求确定。基坑勘察深度宜为开挖深度的 2~3 倍；基坑勘察平面范围宜超出开挖边界外 2~3 倍的开挖深度，在深厚软土区，勘察深度和范围应适当扩大。当基坑开挖边界外无法布置勘探点时，应通过调查取得相关资料。
- 6.6.3 分析评价与处理建议：各建筑物的工程地质条件分析评价应在充分了解设计意图，了解建筑物

性质、规模、荷载、结构特点，基础形式、埋置深度等主要设计参数基础上进行。分析评价按照 SL 704 有关要求，主要包括以下内容。

- a) 进行场地稳定性和适宜性评价，参照附录 C 综合分析划分场地复杂程度等级。
  - b) 评价建筑物地基存在的主要工程地质问题。分析建筑物建基面以下岩土层的地基均匀性、抗变形能力，重点是软弱黏性土、裂隙黏土和松散砂土等分布范围、厚度和性质，结合建筑物特点评价沉降、变形尤其是不均匀沉降问题；评价采用天然地基的可能性，提出建基面选择、地基处理建议。
  - c) 评价建筑物地基渗漏和渗透稳定问题，提出相对隔水层选择意见和防渗处理建议。
  - d) 评价环境水的腐蚀性。视设计需要，可按 GB 50021 或相应行业标准，评价地下水位以上土的腐蚀性。
  - e) 评价土体的抗冲刷性能，提出土的允许不冲流速建议值，提出抗冲刷防护处理的建议。
  - f) 对抗震设防烈度不低于 7 度的场址区各建筑物地基的饱和和无黏性土、少黏性土进行液化判别。
  - g) 对抗震设防烈度不低于 7 度的厚层软土分布区，宜按 JGJ 83—2011 中 6.3.4 等现行标准规定，判别软土震陷的可能性。
  - h) 进行基坑工程分析评价。
    - 1) 对基坑开挖影响和可能支护范围内的岩土体进行分析，评价基坑边坡的稳定性，结合当地经验，提出基坑边坡处理建议。
    - 2) 对基坑工程水文地质条件进行分析，评价可能产生的流砂、流土、管涌、冲蚀型管涌等渗透破坏问题，估算基坑涌水量。当基坑底面下存在承压含水层时，应根据承压水头进行基坑底渗流稳定评价。
    - 3) 对地下水控制进行分析评价，提出降排水措施建议，并就开挖和降水可能对邻近建筑物和地下设施等的影响、保护和监测提出意见建议。
  - i) 若采用桩基础或桩地基时，应对其适用性进行分析评价。结合当地工程经验，提供可供选择的桩基类型和桩端持力层；评价成桩的可能性，重点评价土层中夹有碎块石、坚硬姜石，软土、振动易液化土、易缩孔土、承压水等对桩基施工的影响。
  - j) 泵站地基应优先选用天然地基。对于大中型供、排水泵站工程，标准贯入击数不大于 4 击的黏性土地基和标准贯入击数不大于 8 击的砂性土地基，不得作为天然地基。
  - k) 对于大中型水闸工程土质地基，宜进行松软地基和坚实地基划分评价，划分标准参照附录 D。
- 6.6.4 病险水闸、泵站等建筑物除险加固勘察按 SL704—2015 中第 11 章、GB 50487—2008 中第 9 章、SL 55—2005 中第 7 章规定执行。

## 6.7 引调水线路工程勘察

6.7.1 引调水线路及渠系建筑物勘察应符合 SL 629 的规定，主要包括下列内容：

- a) 区域构造稳定性，提出基本地震动参数。收集分析区域地形地貌、地质构造、区域构造、新构造活动、区域构造应力场和地震活动等资料。
- b) 渠道沿线微地貌和地层成因、岩性及其分布，尤其应查明强透水层、粉细砂、软弱黏性土、湿陷性土、裂隙黏土、膨胀土、分散性土、盐渍土等不良土层的分布及其工程地质性质。
- c) 渠道沿线地下水位、水质、渠底承压含水层分布，透水层和相对隔水层分布，地表水与地下水补排关系，渠底距承压含水层顶板距离，其与承压水头关系。特别是强透水层和承压水层对渠道渗漏、渗透稳定、湿陷、膨胀和分散的影响以及对环境水文地质条件的影响。
- d) 渠道沿线泵站、渡槽、管桥、埋涵（管）、倒虹吸等渠系建筑物地基的持力层岩性和分布。

- e) 提出渠堤、渠道填筑开挖边坡建议值，尤其是深挖方渠段的渠道边坡稳定性、高填方渠段填土的质量要求和填筑边坡的稳定性等。提供渠道建筑物地基土的物理力学特性指标、地基允许承载力、土层允许不冲流速建议值。
  - f) 进行渠道工程地质分段，对可能发生的渗漏、浸没、渗透变形、湿陷膨胀和边坡失稳等工程地质问题作出评价，提出各工程地质分段及建筑物地基的物理力学性质指标及开挖渠坡的坡比建议值。
  - g) 环境水和土腐蚀性。进行环境水筒分析。对钢、铸铁金属管道，应对埋设深度内各岩土层进行电阻率测试。
- 6.7.2 渠道及渠系建筑物勘察方法应符合 SL 629 的规定，并强调下列要求：
- a) 一般按照规划、可行性研究、初步设计三个阶段布置勘察工作，视工程需要，也可增加项目建议书阶段。
  - b) 规划阶段一般是调查、了解，但应通过收集、分析有关资料，初步查明影响线路规划的主要工程地质、水文地质、环境地质问题。不同地貌单元宜布置少量控制性勘探点，勘探点位置、深度视勘探目的和工程地质条件确定；对规划方案所需的天然建筑材料进行普查。
  - c) 项目建议书阶段一般是初步查明，但应基本查明影响线路必选的主要工程地质问题。应通过工程地质测绘、物探、勘探、水文地质试验、岩土试验和测试初步查明渠道及主要建筑物处的工程地质、水文地质及环境地质条件；对天然建筑材料进行初查。
  - d) 可行性研究阶段一般是基本查明，但应查明选定线路及主要建筑物工程地质条件，评价主要工程地质问题。应通过工程地质测绘、物探、勘探、水文地质试验、岩土试验和测试基本查明渠道及主要建筑物处的工程地质、水文地质及环境地质条件；对天然建筑材料进行详查。必要时，对下一阶段勘察工作提出建议。
  - e) 初步设计阶段一般应为查明。应通过工程地质测绘、物探、勘探、水文地质试验、岩土试验和测试查明建筑物场址的工程地质条件，评价工程地质问题，提出工程处理措施建议；查明局部线路比选的工程地质条件，评价工程地质问题；查明临时建筑物的工程地质条件；必要时对天然建筑材料进行复核。
  - f) 开挖方式穿越的倒虹吸、埋管（涵）等建筑物勘探应在其轴线布置勘探剖面；非开挖穿越方式的倒虹吸、埋管（涵）等工程勘探，应在建筑物轴线两侧的穿越宽度范围外布置勘探剖面，两侧勘探剖面的勘探点呈交错布置。
- 6.7.3 分析评价与处理建议：渠道及渠系建筑物的工程地质条件分析评价应在充分了解设计意图及设计参数基础上进行。分析评价按照 SL 629 有关要求，主要包括以下内容。
- a) 通过收集、分析有关资料和实地查勘，分析评价区域构造稳定性。
  - b) 参照附录 C 划分渠道及渠系建筑物工程地质条件复杂程度。
  - c) 进行渠道工程地质分段评价。分段原则应符合 SL 629—2014 中附录 G 的规定。
  - d) 提出渠道线路局部优化的建议，并进行工程地质论证。
  - e) 分析工程地质、水文地质条件对渠线布置和渠道基础稳定、边坡稳定、渠道渗漏、渗透稳定的影响以及渠道可能产生的土壤盐碱化、沼泽化等环境地质问题。
  - f) 渠道渗漏、渗透稳定及土壤盐渍化分析宜按 SL 373 的有关规定执行。
  - g) 评价土体的抗冲刷性能，提供土的允许不冲流速建议值，提出抗冲刷防护处理的建议。
  - h) 渠系建筑物的分析评价内容可参照 6.6.3。
  - i) 评价环境水和土的腐蚀性。土对钢结构的腐蚀性评价按 SL 629—2014 表 6.4.2 的规定。

## 6.8 天然建筑材料勘察

### 6.8.1 天然建筑材料勘察内容。



- a) 天然建筑材料勘察应符合 SL 251 的规定。天然建筑材料勘察可划分为初查、详查两个级别，规划阶段视需要可对天然建筑材料进行普查。普查为调查和了解，初查为初步查明和初步评价，详查为查明和评价。
  - b) 筑坝土料的质量和可用土料储量直接影响着平原水库围坝坝型的选择。可行性研究阶段筑坝土料的勘察宜达到详查精度，初步设计阶段可对筑坝土料进行复核。
  - c) 应按 SL 251—2015 中 3.0.4 规定，编制天然建筑材料勘察大纲。
  - d) 应对料场的地质条件、地下水位、岩土结构、岩性、夹层性质及空间分布、颗粒组成和砂料级配特征、石料的风化情况、剥离层、无用层厚度及总储量、有用层储量、质量、开采条件等进行勘察。
  - e) 应按开挖深度取样测试土层的易溶盐含量。
  - f) 确定土石方开挖类别。
  - g) 初查储量与实际储量误差应不超过 40%，初查储量应不少于设计需要量的 2.5 倍。详查储量误差应不超过 15%，详查储量应不少于设计需要的 1.5 倍。
- 6.8.2 天然建筑材料勘察应符合下列规定：
- a) 天然建筑材料产地选择应遵循因地制宜、就地取材、权衡利弊、综合比选的原则，避免因料场开采引发环境地质问题。
  - b) 筑坝土料应优先从库内取土，当利用坝前土层作天然铺盖时，在坝踵前留有一定宽度的天然铺盖，按大坝稳定等需要，料场宜在坝上游坡脚 50 m~100 m 以外布置，尽量采用平采方式，取土后库底应保持平整，严禁出现深坑和挖穿上部相对隔水层。
  - c) 天然建筑材料产地分类与勘探网（点）间距、单层取样组数与取土数量、材料产地储量与取样数量和试验内容及要求，应符合 SL 251 中的有关规定。
  - d) 黄河沉积平原地区浅部土层岩相和岩性变化大，勘探点宜先疏后密，逐步增加，呈等网格状或三角形布置。
  - e) 勘察填筑土料时，勘探点深度在 3 m 以内，应以探坑（井）手段探查为主，钻孔或麻花钻数量不宜超过总勘探点数量的 50%；深度在 3 m 以下部分，或地下水位埋深小于 2.5 m 挖坑困难时，可采用其他有效工具探查；勘探点均需测量稳定地下水位，探坑（井）尚应观测毛管水上升高度。
  - f) 平原水库当地土料一般岩性相变大，沉积交错频繁，层理发育，宜根据土层厚度分布特征，结合施工方法，进行室内混合料击实试验。
  - g) 中小型平原水库工程天然建筑材料勘察方法可结合工程特点、具体地质条件和设计要求进行适当调整，具体可执行 SL 55 有关规定。
  - h) 收集外购天然建筑材料的质量检验资料，必要时对供料情况进行调查并进行实际检验。
  - i) 筑坝土料剪切试验方法按设计要求进行，也可按 SL 274—2020 中附录 D 有关要求执行。
- 6.8.3 分析评价与处理建议：
- a) 应评价工程设计所需要的各类天然建筑材料的适用性以及料场开采对周围地质环境的影响。天然建筑材料适用性评价应根据质量技术指标、设计要求及工程经验等进行综合评价。
  - b) 应按地形地质条件对料场进行分类。
  - c) 应根据筑坝土料岩性、厚度及地下水位等特征，进行料场分区，并应分区、分层查明其质量和储量。储量计算应按水上、水下分别计算。储量计算采用的地下水位应考虑地下水位变化幅度、变化趋势和天然建筑材料开采时段等因素。
  - d) 有多个开采料场的应进行料场比选，提出料场推荐意见及其开采方式的建议。
  - e) 应提出填筑土料的天然状态与设计压实度或相对密度控制下的主要物理力学性质指标。

## 6.9 施工期的地质工作

### 6.9.1 施工期的地质工作内容。

- a) 平原水库工程应开展施工期的地质工作，编写施工地质报告，并符合 SL 313 的规定。
- b) 检验前期地质勘察成果和主要结论。核对设计围坝及建筑物工程布置是否与地质勘探布置一致。
- c) 地质巡视与地质编录。
- d) 进行地质问题处理措施的研究，提出处理建议。
- e) 参加隐蔽工程开挖等与地质有关的验收工作。
- f) 进行地质预报，提出专项勘察的建议。
- g) 复核岩（土）体的物理力学参数。

### 6.9.2 施工现场地质巡视应包括下列内容：

- a) 坝基、建筑物地基清基后，基坑地质条件与前期勘察成果是否一致。
- b) 围坝跨越沟渠、坑塘等坝段，揭露的坝基软土层，坝基碾压易产生“橡皮土”层、施工振动易产生液化层等重点段、关键段和薄弱环节等的施工处理措施是否得当。
- c) 防渗体工程施工对相对隔水层的复核情况。
- d) 可能产生浸没地段的防护措施及实施情况。
- e) 土料场的分区情况。
- f) 土料开采方法、方式及排水措施是否影响土料质量和储量。

### 6.9.3 施工中遇下列情况时，应提出进行专项勘察的建议。

- a) 土料场储量、质量、位置等发生明显改变。
- b) 相对隔水层的前期勘察成果与施工复核情况不一致。
- c) 发现未查明的新的地质问题。

### 6.9.4 施工过程中，应重视地质预报，发现以下问题应及时提出建议。

- a) 料场排水或开采方法不合理，影响土料储量和质量。
- b) 围坝或隔堤填筑过程中，发现坝脚外地表有隆起迹象，施工标志变形，地表水与地下水异常变化，或填筑体发现裂缝，应及时预报，提出降低填筑速率或暂停施工的建议，并建议进行坝基专项勘察。
- c) 当发现坝前竖直防渗工程施工中或库盆内，地下水和地表积水有异常变化，应及时评价相对隔水层可靠性，并提出处理建议。

## 7 工程规划与库容确定

### 7.1 兴建平原水库的目标与任务

7.1.1 结合平原水库所在区域水资源开发利用状况中存在的问题、水质状况、水资源短缺对地区经济和社会发展和居民生活的影响与制约、经济社会发展对优化水资源配置和水资源开发利用及工程建设的要求，说明为解决当地水资源紧缺、水工程不足或其它原因必须兴建平原水库，以满足经济社会发展对水资源的需求。

7.1.2 平原水库通过水量调蓄实现其开发目标与任务，一般包括生活、工业、农业、生态环境供水等，也可包括多项目标与任务，成为综合利用水库。

7.1.3 应结合分析范围及供水范围内的基本情况，针对各供水目标分析其可能的供水水源和工程方案，通过多个方案的综合比选，初步拟定水库的供水规模。供水规模应突出节水优先，用水定额应符合节水评价相关要求。

- a) 生活供水应说明城镇规模、各水平年供用水人口、用水定额、管网漏损率、现状供用水情况、节水规划等，并根据经济社会发展综合确定需要本工程提供的供水规模。

- b) 工业供水应说明供水区工业组成、类型、产量产值、增加值、单位产品用水量，现状供、用水情况，并根据经济社会发展综合确定需要本工程提供的供水规模。
- c) 农业灌溉供水应说明灌溉面积、作物组成、复种指数、灌溉定额、灌溉水利用系数、灌区布置等，综合确定需要本工程提供的灌溉供水规模。
- d) 生态环境供水应说明生态环境保护目标，结合河流水资源条件和开发利用状况、当地降水不足的缺水分析和河湖生态环境用水的亏缺分析等，综合确定需要本工程提供的生态环境供水规模。

7.1.4 平原水库的供水目标与任务，应通过区域经济社会发展和水资源供需平衡分析，经济合理确定。

## 7.2 水文分析

7.2.1 以当地地表水和黄河水为取水水源的，应开展取水工程所在河流（湖泊）、黄河干流的径流分析，方法应符合 SL/T 278 的规定。

- a) 径流分析采用的资料系列应具有可靠性、一致性和代表性。当径流受人类活动影响较小或影响因素较稳定、径流形成条件基本一致时，径流计算分析可采用实测径流资料，径流频率计算依据的资料系列应在 30 年以上。应通过对径流系列中丰、平、枯水年和连续丰、枯水段的组成及径流变化规律的分析，评价径流系列的代表性。
- b) 缺乏实测径流资料时，应依据参证站的径流资料插补延长资料系列。对无资料地区，可用类比法推求径流量。径流的统计时段可根据平原水库设计的要求选用年、期等。经验频率应按照数学期望公式计算，径流频率曲线的线型一般采用皮尔逊Ⅲ型。经分析论证，也可采用其它线型。径流频率曲线的统计参数可用矩法等方法初估，用适线法调整确定。
- c) 利用上游有大型水库调节的河流或水库作为平原水库取水水源的，应依据历年径流资料和各用水户的用水需求，通过径流调节计算确定水库径流条件。
- d) 提出取水工程所在河流（湖泊）、黄河干流断面各频率下年径流计算成果。

7.2.2 水库主要建筑物位于河道的、以现有河道作为截渗沟、以现有河道堤防作为水库围坝的，应开展水库建设涉及河道的设计洪水分析，方法应符合 SL 44 的规范要求。

7.2.3 对于无坝取水，应根据无坝取水进水闸的闸前河道断面（或其上下游有可供移用流量资料的水文站）历年逐日平均含沙量等泥沙资料，分析含沙量、输沙率和输沙量年内、年际变化特性。

7.2.4 对于从河道引水的，应拟定闸前河道断面的水位流量关系曲线。河道断面水位高程系统应与平原水库设计采用的高程系统一致。

- a) 当闸前河道断面有充分的实测水位、流量资料时，可根据实测资料拟定水位流量关系曲线。
- b) 当闸前河道断面有实测水位资料、上下游水文站有可供移用的流量资料时，可根据实测水位和借用流量拟定水位流量关系曲线。
- c) 当闸前河道断面无实测水位资料、上下游水文站有可供移用的流量资料时，可设站观测水位；也可利用上下游水文站的水位流量关系曲线和河段水面比降，来分析闸前河道断面水位与流量的关系。
- d) 当闸前河道断面有实测水位资料、上下游无可供移用的流量资料时，应在闸前河道断面施测流量。
- e) 当闸前河段无实测水位、流量资料时，应进行水文调查和临时测流，采用多种方法综合拟定水位流量关系曲线。
- f) 当闸前河道断面的水位流量关系受洪水涨落、下游变动回水等因素的影响而出现非单一性水位流量关系曲线时，应拟定出反映不同影响因素的水位流量关系曲线。闸前河道断面河床冲淤变化较大的，应拟定现状的水位流量关系曲线。
- g) 拟定的水位流量关系曲线应从依据的资料、河段控制条件和拟定方法等方面，检查其合理性。

7.2.5 水面蒸发和冰情分析应符合 SL/T 278 的规定，主要包括：

- a) 根据流域内、邻近地区蒸发站资料，或蒸发量区域综合图表计算多年平均水面蒸发量及其年内分配。
- b) 对有冰情的水库及引水河段，应依据历年冰情观测资料，统计取水河段冰情发生的地点及流冰和终冰的日期，分析工程施工期、运行期可能出现的冰情问题，并分析冰情变化特性。

### 7.3 水资源状况及供需平衡分析

7.3.1 应在经政府主管部门批准的能反映近期状况的水资源调查评价及相关规划等现有成果的基础上，结合调查和收集的资料，简述平原水库分析范围内水资源及其开发利用情况，包括多年平均降水量、地表与地下水资源量、客水资源量、其他非常规水资源量、水资源总量及可利用量、水资源质量及时空分布特点等。

7.3.2 应在流域（区域）水资源开发利用调查评价成果的基础上，结合平原水库分析范围内的各类供水状况、供水量、用水量 and 耗水量等资料，分析现状供用水情况，评价现状水资源开发利用程度、用水效率、用水水平，以及最严格水资源管理制度控制目标的落实情况。

7.3.3 对确定的平原水库供水范围应调查分析现有可供水源及其不同频率年型可供水量，现有各用水户需水量，结合经济社会发展和本水库的可供水量，参照 SL 429 提出供水范围不同水平年的丰、平、枯、特枯水年型的水资源供需平衡分析成果。

7.3.4 平原水库供水范围现状和规划水平年可供水量应分析计算现有和规划工程条件下当地地表水、地下水、客水及非常规水源（包括污水处理再生水、矿坑水、微咸水、淡化海水等）不同频率年型可供水量。现状及规划水平年可供水量应满足最严格水资源管理制度用水总量控制目标、批复的黄河水及长江水用水总量指标、生态流量保障目标、河湖（水库）水量分配方案等的要求。

7.3.5 平原水库供水范围内现状和规划水平年需水量应按生活、农业、工业、建筑业、服务业、生态等不同行业和部门，结合经济社会发展指标和用水定额分别计算。所采用的用水定额应突出节水优先的方针，满足最严格水资源管理制度用水效率控制目标、符合节水评价的相关要求。

7.3.6 现状年（基准年）宜取最近年份，并考虑水文情势的资料条件，避免特丰和特枯水平年。规划水平年以编制期后的 10~15 年为宜。

7.3.7 丰、平、枯、特枯水年型可选用来水频率为 25%、50%、75% 和 95% 的年份，特殊重要的供水目标，供水保证率要求达到 97% 的，特枯水年型应选用来水频率为 97% 的年份。

### 7.4 水源分析

7.4.1 平原水库的水源一般有当地地表水、客水（黄河水、长江水等）、非常规水等。水源方案应符合国家和地方水资源管理要求，可采用单一或多种水源。

7.4.2 平原水库的水源分析应包括：取水枢纽所在河流或湖泊的水资源分析，设计引水位分析、设计引水流量分析、可引水天数、可引水量分析和水质评价等。

7.4.3 水资源分析采用水文分析中的相应成果。

7.4.4 无坝取水进水闸的闸前设计引水位，可根据闸前河道断面最小可引水流量和水位流量关系曲线推算。当设计引水流量占河道断面流量比例较大时，应考虑引水对河道水位的影响。对引河较长或设计引水流量较大的，还应考虑引河比降和引水时间闸前流速水头损失。有坝取水枢纽进水闸闸前设计引水位，应根据闸后设计引水位加过闸设计水头确定。闸后设计引水位应由输水渠道规划确定。

7.4.5 利用已建无坝取水进水闸引水的，应对闸前设计引水位进行校核，以核算进水闸的引水能力。建闸后闸前河道断面河床冲淤变化明显的，可依据建闸时和现状的水位流量关系曲线校核设计引水位。

7.4.6 设计引水流量应依据平原水库设计入库流量（也称为设计充库流量）加上从进水闸到水库之间沿途水量损失来确定。沿途水量损失应包括泥沙池和输水渠道水面蒸发损失和渗漏损失。当引进水流的

含沙量较高时，沿途水量损失还应包括因泥沙在沉沙池和输水渠道中的沉积而产生的水量损失。设计入库流量应根据水库供水任务确定。

7.4.7 无坝取水进水闸前河道断面最小可引水流量的计算分析，除应考虑进水闸设计引水流量大小之外，还应充分考虑下游河道内外用水、为避免河道泥沙淤积而必须下泄的流量以及入海出境水量的要求。

7.4.8 无坝取水时，应依据进水闸前河道断面（或其上下游有可供移用的流量资料的水文站）的流量、含沙量和冰凌等因素和工程规划、设计的要求，制定可引水控制条件。当出现下列情况之一时，进水闸不引水，不统计可引水天数。

- a) 闸前河道断面的日平均流量小于最小可引水流量。
- b) 闸前河道断面的日平均含沙量大于沉沙池或输水渠道允许的引进水流含沙量。
- c) 流冰期、冰塞或冰坝期。
- d) 全河封冻期可按 50% 统计可引水天数。
- e) 洪水期间，河道洪水流量超过某一数值，引水可能影响防洪安全。

7.4.9 无坝取水时，各年分时段可引水天数，应依据进水闸前河道断面（或其上、下游有可供移用的流量资料的水文站）的历年水文资料，按照可引水控制条件进行统计分析。供水设计保证率的年可引水天数，通常是依据历年可引水天数，经分析论证后选用合适线型，通过频率计算确定。设计年可引水天数的年内分配，应采用典型年法（也称为代表年法）推求。设计年可引水量等于设计年可引水天数与设计引水流量的乘积。以上游有大型水库进行径流调节的河流作为平原水库取水水源的，在统计分析可引水天数时，应以建库以来河道断面的水文资料系列作为主要依据，并应考虑上游水库的径流调度方案。

7.4.10 利用有坝取水枢纽或水库作为平原水库取水水源的，应依据历年径流资料和各用水户的用水要求，通过径流调节计算，确定可引水天数和可引水量。

7.4.11 以南水北调长江水作为平原水库取水水源的，应根据各分水口用水过程分配表，确定可引水时间和可引水量。

7.4.12 以非常规水为取水水源的水库，应根据非常规水厂的设计规模、出水流量、出水过程等设计资料，确定可引水时间和可引水量。

7.4.13 应依据用水户对用水水质的要求，采用相关水质评价标准和评价方法，对平原水库取水水源的水质进行监测、分析和评价。

## 7.5 库容确定

7.5.1 应根据水源特点、供水对象的用水要求，进行来水、用水过程等计算分析，通过兴利调节计算，确定平原水库的供水规模、库容和特征水位。

7.5.2 平原水库兴利调节计算应依据下列资料：

- a) 库水位与水面面积和库容关系曲线。
- b) 水库死库容和死水位。
- c) 供水量、供水过程和供水设计保证率或者调节库容。
- d) 设计入库流量和设计引水过程。
- e) 历年逐月可引水天数、设计年可引水天数及其年内分配。
- f) 历年逐月水库水面蒸发量和库面降水量，设计年水库水面蒸发量和库面降水量，水库渗漏资料等。

7.5.3 平原水库水位与水面面积和库容关系曲线，应采用实测地形图，并结合库区开挖、库区整治和大坝填筑测算。

7.5.4 平原水库死库容和死水位的确定，应综合考虑泥沙淤积、水库水质、周边地下水位、库内取土等情况，同时应满足灌溉或供水控制高程等的要求。

7.5.5 平原水库工程应分析满足供水要求的兴利库容、正常蓄水位选择范围，通过技术经济综合比选选定正常蓄水位。

7.5.6 平原水库水面蒸发损失水量和渗漏损失水量应分别计算。

- a) 水库月水面蒸发损失水量为其月水面蒸发量与降水量的差值，应按水库月水面蒸发损失量与月平均水面面积的乘积计算。历年逐月水库水面蒸发量，通常是用库区附近测站历年逐月蒸发器水面蒸发量换算成大水体蒸发量求得。设计年逐月水库水面蒸发量，一般是采用供水设计保证率的设计年逐月水库水面蒸发量，也可采用与供水设计保证率相近的枯水年份逐月水库水面蒸发量；当供水设计保证率为 50% 时，可直接采用多年平均的逐月水库水面蒸发量。进行频率计算时，年水面蒸发量应按由小到大的顺序排列。
- b) 历年逐月库面降水量，通常是采用库区邻近测站的历年逐月降水量。设计年的逐月库面降水量，一般是采用供水设计保证率的设计年逐月库面降水量，也可采用与供水设计保证率相近的枯水年份逐月库面降水量；当供水设计保证率为 50% 时，可直接采用多年平均的逐月库面降水量。
- c) 平原水库逐月渗漏损失水量，通常是依据库区水文地质条件和采取的防渗、截渗工程措施，参考有关的经验性数据或类似的平原水库实际渗漏量资料，选用渗漏损失的估算标准，进行估算，并与设计条件下的水库渗漏量相协调。

7.5.7 平原水库的调节库容，应依据不同水平年和不同保证率的来水和用水过程，通过水库兴利调节计算来确定。通常应采用典型年时历法，必要时也可采用长系列时历法；以月作为计算时段。

- a) 水库供水对象中，生活和工业供水的保证率应采用月保证率，并根据其供水规模和重要性，一般在 90%~97% 范围内选取；灌溉保证率根据灌溉作物种类和水源条件，一般在 50%~75% 范围内选取；生态环境供水保证率根据区域与环境生态状况并结合水资源条件和开发利用程度，一般在 50%~75% 范围内选取。
- b) 典型年时历法应依据设计年的逐月可引水天数等基本资料，进行计入水量损失的水库完全年调节计算，确定调节库容或供水量和供水设计保证率，以及设计入库流量和入库水量。
- c) 长系列时历法应依据历年逐月可引水天数等基本资料，逐年进行计入水量损失的水库完全年调节计算，分析调节库容、供水量和供水设计保证率之间的相互关系，并由此确定调节库容或供水量和供水设计保证率。

7.5.8 当平原水库具有两种或两种以上不同供水设计保证率要求的供水任务时，应依据取水水源条件、进水闸和平原水库工程条件、不同的年供水量和供水设计保证率，按照不同的破坏深度，拟定不同的兴利调节方案，分别进行计入水量损失的水库完全年调节计算，合理选定调节计算成果。当供水设计保证率较高的年份取水水源仅能满足供水设计保证率较高的用水户用水要求、而不能满足供水设计保证率较低的用水户用水要求时，应编制平原水库调度图，作为供水调度的依据。

7.5.9 从水行政主管部门统一配水的江河取水的平原水库，其设计年引水量应符合统一配水方案的规定。当设计年引水量的设计保证率高于年配水量的设计保证率时，在枯水年份，应通过水行政主管部门统一调配水量，来满足设计保证率较高的用水户用水要求。

7.5.10 提供下列全部或部分水库主要技术指标：总库容，调节库容，死库容，设计蓄水位，死水位，坝顶高程，库底高程，设计引水流量，设计入库流量、设计年引水天数，设计年引水量，设计年入库水量，设计年供水量和供水设计保证率。

7.5.11 应按 GB/T 35580 的规定，进行取用水合理性分析、取水口位置的合理性、取水的可靠性和可行性分析。

## 7.6 工程总体布置

7.6.1 平原水库库址应根据水源和水库供水区情况，选择两个以上方案，从引水条件、地形、地质条

件、工程迁占、移民、工程施工、工程布置、蓄水深度、环境影响、工程建设投资和管理运行等条件，经过多方案的综合技术经济比较，择优选定。

7.6.2 平原水库工程总体布置包括引水、输水工程和水库枢纽工程的线路、围坝轴线和有关水工建筑物的具体位置及结构布置等内容，并根据库址、水源和水库供水区情况，经过论证、比较，合理确定。

7.6.3 平原水库的引水、输水工程应尽量利用水源条件可靠，距离较近的现有灌区的干、支渠道或具有拦蓄、调节功能的河道。输水工程与平原水库可通过新修引水渠与水库入库泵站连接。

7.6.4 为节约用地、保证水质、减少水库水量蒸发、降低工程建设投资，应综合考虑坝体稳定、防渗措施、移民迁占、工程投资等综合因素，合理确定蓄水深度，大、中型平原水库水深不宜小于7m，小(1)型不宜小于5m。

## 7.7 水库建设影响分析

7.7.1 计算不同标准的库区降雨量，分析降雨对水库的安全影响，为水库度汛提供依据。对围坝作为外侧河道堤防的平原水库，增加河道行洪对围坝安全影响评价。

7.7.2 以客水为水源的平原水库，应说明引水量指标情况，分析对其已有供水对象及对项目所在行政区域引水过程的影响。

7.7.3 应开展洪水影响分析评价相关内容。

- a) 水库主要建筑物位于河道的，应分析建筑物建设对河道行洪的影响。
- b) 水库建设紧邻河道的，应分析河道行洪除涝对水库围坝安全、建筑物运行等的影响。
- c) 水库建设对区域除涝体系的影响分析。水库建设对排涝体系等产生影响的，应提出切实可行的措施。
- d) 水库长期运行对当地次生盐碱化的影响分析，并提出切实可行的措施。

## 7.8 泥沙及清淤处理

7.8.1 提出水库长期保持有效库容、减少库尾泥沙淤积和淹没的措施以及引水建筑物进水口防沙、排沙运行方式和措施。

7.8.2 大、中型平原水库应进行泥沙监测，查明入库水体含沙量、颗粒级配、矿物组成等。

7.8.3 由于平原水库充库方式的特殊性，大部分的泥沙淤积在入库涵洞附近。随着运行时间的延长，可能出现库底局部淤高的现象，当影响工程正常运行时，需进行清淤处理，可采用低水位时挖除或水力抽排。清淤时要加强监控、必要时可采用临时围堰等施工措施，避免破坏工程防渗设施和护坡体系，影响工程正常运行。

## 8 围坝及其相关设计

### 8.1 围坝的轴线与坝高

8.1.1 平原水库的平面布置与围坝轴线，应根据库址区的地形、地质和附近村镇、道路等条件，经多方案的技术经济比较确定。

考虑水库蓄水后对周围村庄的浸没等影响，征地范围线与村庄的最小距离不宜小于200m。对蓄水后库外地下水水位变化不大的，距村庄距离可以适当减小。

平原水库的平面布置与围坝轴线应因地制宜地选定，在条件允许时，围坝在平面上宜布置成近似圆形或多边形，还应考虑减小主风向的吹程和波浪高度、降低坝高、降低护坡造价等因素。就每个坝段而言，坝轴线宜采用直线，直线段长度一般不短于200m，在转折处应设置曲线段，曲线段的曲率半径不小于坝顶交通对转弯半径的要求。

8.1.2 平原水库围坝的合理坝高（或蓄水深度）在库址、坝轴线和库容基本确定后进行，应根据土地

资源、地基及筑坝土料等因素，参照已建类似工程经验，选择二至三个坝高（或蓄水深度）进行技术经济方案比较，选用技术可行、经济合理的坝高（或蓄水深度），并据此调整、优化围坝轴线。

8.1.3 当坝址处存在有大断裂或软土、流砂等不良地质条件时，应研究避开或降低其处理难度的可能性。

## 8.2 围坝坝型选择

8.2.1 平原水库围坝一般可采用碾压式土坝，坝型可以在以下三种基本形式中选择：

- a) 均质土坝；
- b) 土质防渗体分区坝；
- c) 非土质防渗体坝。

8.2.2 坝型选择应综合考虑下列因素，经技术经济比较确定：

- a) 库区及坝址附近筑坝材料的种类、性质、数量、位置和运输条件；
- b) 坝址区地形、基岩、覆盖层特征及地震烈度等地形地质条件；
- c) 施工工期、填筑强度、气象、运输、度汛等施工条件；
- d) 建筑物及围坝总工程量、工期和造价。

一般情况下，应采用库区土料筑坝，并做到挖填基本平衡。

8.2.3 根据地形、地质及料场的具体条件，围坝各坝段可采用不同的坝型，但在坝型变化处应设置稳妥衔接的渐变段。

## 8.3 筑坝材料选择及筑坝要求

8.3.1 筑坝土料调查和土工试验应分别按照 SL 251 和 GB/T 50123 的有关规定，查明库区附近各种天然土料的性质、储量和分布，以及可利用的数量。

8.3.2 在当地有多种适于筑坝的土料时，应进行技术经济比较，优先选用库区土料，少用或不用库外土料。

8.3.3 筑坝材料选择应提出料场规划。料场规划编制应从筑坝材料性质、数量、分布及其与坝体分区的相互关系、料场开采运输、弃料对环境的影响及处理费用、施工进度计划和工程费用等各方面进行论证。

8.3.4 料场表层的腐殖质土处理，可根据可耕地和林地恢复或再造等需要，进行有计划剥离，并进行必要的防护。

8.3.5 用作围坝防渗体的土料应满足下列要求：

- a) 渗透系数：均质土坝不大于  $1 \times 10^{-4}$  cm/s，心墙和斜墙防渗体不大于  $1 \times 10^{-5}$  cm/s。
- b) 水溶盐含量（指易溶盐和中溶盐，按质量计）：3 级以上的坝不大于 3%；4 级、5 级坝不大于 5%。
- c) 有机质含量（按质量计）：均质坝不大于 5%，心墙和斜墙不大于 2%，超过此规定需进行论证。
- d) 有较好的塑性和稳定性。
- e) 浸水与失水时体积变化小。

8.3.6 塑性指数大于 20 和液限大于 40% 的冲积黏土、裂隙黏土、膨胀土、开挖压实困难的干硬黏土、冻土和分散性黏土一般不宜作为围坝的防渗体填筑土料，当必须采用时，应根据其特性采取相应的技术措施。

8.3.7 当在料场内同一类筑坝材料的物理力学性质和施工特性有明显差异时，宜分别开采、分别填筑。难以分别开采时，宜根据其分布情况、材料性质差异等，进行相应的处理。

8.3.8 经处理改性的分散性土仅可用于 3 级低坝的防渗体，其所选用的反滤料应经过试验验证。防渗



体与坝基、岸坡接触处等易产生集中渗流的部位，以及易受雨水冲刷的坝表面不应采用分散性土填筑。

8.3.9 湿陷性黄土或黄土状土可用于填筑防渗体，但压实后应不再具有湿陷性。采用的反滤料级配应经过试验验证

8.3.10 用于填筑防渗体的砾石土，粒径大于 5 mm 的颗粒含量不宜超过 50%，最大粒径不宜大于 150 mm 或铺土厚度的 2/3，0.075 mm 以下的颗粒含量不应小于 15%。填筑时不得发生粗料集中架空现象。

8.3.11 当采用含有可压碎的风化岩石或软岩的砾石土作防渗料时，其级配和物理力学指标应通过碾压试验，按碾压试验的分析成果进行级配设计。

8.3.12 反滤料、过渡层料和排水体料，应符合下列要求：

- a) 质地致密，抗水性和抗风化性能满足工程运用条件的要求。
- b) 具有要求的连续级配。
- c) 具有要求的透水性。
- d) 反滤料和排水体料粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量不超过 5%。

8.3.13 反滤料可利用天然或经筛选的砂砾石料，也可采用块石、砾石轧制，或天然和轧制的掺合料。其级配、透水性、抗水性和抗风化性能均应满足设计要求。

8.3.14 采用土工合成材料用作坝体、坝基防渗材料和反滤层材料时，其各项物理、化学和技术性能应符合 GB/T 50290 和 SL/T 225 和 SL/T 231 的要求。

4级、5级坝可采用土工织物作为反滤层；3级低坝经过论证可采用土工织物作为反滤层，但应防止淤堵造成排水失效。

8.3.15 用作围坝护坡的石料，应采用质地密实、抗水性和抗风化性能均满足工程运用条件的硬岩石料。石料的尺寸和块重应能满足抗风浪稳定的要求。

8.3.16 围坝的填筑标准应根据围坝级别、坝体结构、土料特性、设计地震烈度及其他动荷载作用、当地气候等自然条件、施工机具及施工方法等因素，综合分析确定。

8.3.17 含砾和不含砾的黏性土的填筑标准应以压实度和最优含水率作为设计指标。设计干密度应以击实最大干密度乘以压实度求得。

8.3.18 黏性土的填筑标准应按压实度确定。压实度应符合下列要求：

- a) 1级、2级坝的压实度应为 98%~100%，3级坝为 96%~98%。4级及以下的坝为 95%~97%；
- b) 设计地震烈度为 8 度、9 度的地区，宜取上述规定的大值；
- c) 有特别用途和性质的土料，其压实度宜另行确定。

8.3.19 黏性土的最大干密度和最优含水率应按 GB/T 50123 规定的击实试验方法求取。对于砾石土应按全料试样求取最大干密度及其最优含水率。

8.3.20 砂砾石和砂的填筑指标应以相对密度为设计控制指标，并应符合下列要求：

- a) 砂砾石的相对密度不应低于 0.75，砂的相对密度不应低于 0.70，反滤料宜达到 0.70；
- b) 砂砾石中粗粒料含量小于 50%时，应保证细料（小于 5 mm 的颗粒）的相对密度也符合上述要求；
- c) 地震区的相对密度设计标准应符合 GB 51247 的规定。

8.3.21 设计填筑标准应在施工初期通过碾压试验验证，当采用砾石土、风化岩石、软岩、膨胀土、裂隙黏土、湿陷性黄土等压实性能差的土料时，对 3 级以上的围坝，应进行专门的现场碾压试验，论证其填筑标准。

8.3.22 黏性土的施工填筑含水率应根据土料性质、填筑部位、气候条件和施工机械等情况，控制在最优含水率的-2%~+3%的范围以内。

填筑含水率的上限值还应满足不影响压实和运输机械的正常运行；施工期间土体内产生的孔隙压力不影响坝坡稳定；在压实过程中不产生剪切破坏。

填筑含水率的下限值应满足填土浸水后不产生过量的附加沉降，致使坝顶高程不满足设计要求、坝体发生裂缝以及因产生松土层而难以压实。

8.3.23 在冬季负气温下填筑时，应保证土料在填筑过程中不冻结，黏性土的填筑含水量宜略低于塑限；砂和砂砾料中的细料部分的含水率宜小于3%~4%，并适当提高压实度。

8.3.24 软土地基上的围坝，应控制坝体填筑速率，为确定安全填筑速率，应在迎水面和背水面的坝脚侧设置坝基位移沉降标点。必要时可设置孔隙水压力观测设施。

#### 8.4 坝体结构

8.4.1 坝体分区设计应根据坝体各区功能和就地取材、挖填平衡原则，经技术经济比较确定。

8.4.2 坝体的各种材料应有明确分区。各区材料的性质和施工压实要求等应有具体的可供考核、检验和进行质量评定的技术指标。

8.4.3 均质坝宜分为坝体、排水体、反滤层和护坡等区。

8.4.4 土质防渗体分区坝宜分为防渗体、反滤层、过渡层、坝壳、排水体、护坡、压坡和盖重等区。

8.4.5 沥青混凝土和土工膜防渗体分区坝宜分为防渗体、垫层、过渡层、坝壳、排水体和护坡等区。

8.4.6 坝坡坡度取决于坝型、坝高、坝的等级、坝体和坝基土料的性质、坝体的工作条件及承受的荷载和施工等因素。可参照已建坝的经验或近似方法初步拟定。对于采用机械摊铺混凝土、浇制混凝土护坡的围坝，迎水面宜采用一坡到底（不设马道）。坝坡坡度最终应通过稳定计算确定。

当坝基抗剪强度不满足深层抗滑稳定要求时，宜采用在坝脚压戗即设置压重平台的方法提高其稳定性。

8.4.7 迎水面、背水面坝体马道的布置应根据坝面排水、检修、观测、道路、增加坝体和坝基稳定等不同需要确定。

若无需要，平原水库围坝迎水面坡宜少设马道，根据施工交通需要，背水面坝坡可设置斜马道，其坡度、宽度、转弯半径、弯道加宽和超高等，应满足施工车辆运输要求。

马道宽度应根据用途确定，但最小宽度不宜小于1.50 m。

8.4.8 当坝基地质条件或筑坝土石料沿坝轴线方向不相同，坝坡确定应符合下列规定：

- a) 应根据分坝段稳定计算成果确定相应的坝坡。
- b) 当各坝段采用不同坡度的断面时，每一坝段的坝坡应根据该坝段中最大断面来选择。
- c) 坝坡不同的相邻坝段应设渐变段。

8.4.9 围坝各坝段坝顶在水库静水位以上的超高应按式（1）确定：

$$y = R + e + A \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$y$  ——坝顶超高，m；

$R$  ——最大波浪在坝坡上的爬高，m，应按附录E计算；

$e$  ——最大风壅水面高度，m，应按附录E计算；

$A$  ——安全加高，m，按表5确定。

地震区的安全加高还应增加地震沉降和地震壅浪高度，应按GB 51247的有关规定执行。

8.4.10 围坝各个坝段的设计坝顶高程等于水库静水位与相应坝顶超高之和，应按以下运用条件计算，取其最大值。

- a) 正常蓄水位加正常运用条件的坝顶超高。
- b) 正常蓄水位加非常运用条件的坝顶超高，再按8.4.9的规定加地震安全加高。

8.4.11 当坝顶迎水面侧设有防浪墙时，坝顶超高可改为对防浪墙顶的要求。但仍应满足在正常运用条件下，坝顶应高出正常设计（静）水位0.5 m；在非常运用条件下，坝顶应不低于正常设计（静）水位的要求。

8.4.12 波浪要素应按本文件附录 E 计算，设计风速的取值应遵守下列规定：

- a) 各坝段应根据当地历年实测不同风向、风速资料，按该坝段的走向确定对其不利风向的多年平均年最大风速；
- b) 在正常运用条件下的 1 级、2 级坝，设计风速采用多年平均年最大风速的 1.5~2 倍；3 级、4 级和 5 级坝，采用多年平均年最大风速的 1.5 倍；
- c) 非常运用条件下，采用多年平均年最大风速。

8.4.13 各坝段应按计算确定预留的竣工后沉降超高，预留沉降超高不计入坝的计算高度。

8.4.14 坝顶宽度应根据构造、施工、运行管理和抗震等因素确定。如无特殊要求，1 级、2 级、3 级坝可采用 6 m~10 m，4 级、5 级坝可采用 3 m~6 m。

坝顶面宜向背水坡面倾斜，坡度可根据降雨强度，在 2%~3% 之间选择，并做好向背水坡面的排水系统。

坝顶宜设置太阳能照明设施，以满足日常水库管理要求。

8.4.15 坝顶上游侧宜设防浪墙，墙顶应高于坝顶 0.8 m~1.2 m。防浪墙应坚固不透水，并满足稳定、强度要求。

防浪墙必须与防渗体紧密结合，并应设置伸缩缝，做好止水，与坝体防渗系统形成防渗整体。

位于地震区的土石坝应核算防浪墙的动力稳定性。

8.4.16 对于 1 级、2 级坝和中、高坝，坝顶下游侧和不设防浪墙的上游侧，应设栏杆、护栏等安全防护措施。

8.4.17 对于库底下挖的平原水库，为确保坝体和坝基的稳定性，围坝迎水面坝脚距库底下挖上口边缘的距离，3 级以上坝不宜少于 30 m，4 级坝不宜少于 20 m。宜采用逐渐变缓的坡面连接形式，以有利于增加坝基深层抗滑稳定性和生物多样性的生态可持续生境的发展。

8.4.18 为方便水库巡查，在背水坡结合横向排水沟沿坝轴线 500 m~1 000 m 宜设砌石或预制混凝土板上下坡台阶，台阶宽 60 cm~120 cm。

## 8.5 坝体防渗

8.5.1 土质防渗体分区坝的防渗体断面尺寸应根据防渗土料的质量（如渗透系数、允许渗透比降、塑性、抗裂性能等）、数量、施工难易程度、坝基的性质和防渗土料与坝壳土料单价比值等因素确定。在地震烈度为 8~9 度的地区，防渗体的断面尺寸应适当加厚。

土质防渗体断面应满足渗透比降、下游浸润线和渗透流量的要求。土质防渗体应自上而下逐渐加厚，顶部的水平宽度不宜小于 3.0 m；底部厚度，斜墙不宜小于水头的 1/5，心墙不宜小于水头的 1/4。

8.5.2 土质防渗体顶部在正常蓄水位以上的超高，应按表 6 的规定采用，并应核算风浪爬高影响的高度。

防渗体顶部应预留竣工后沉降超高。

8.5.3 土质防渗体顶部和土质斜墙迎水面应设保护层。保护层厚度（包括上游护坡的垫层厚度）应不小于该地区的冻结和干燥深度，还应满足施工需要。斜墙保护层的填筑标准应和坝体相同，其坡度应满足稳定要求。

8.5.4 当围坝采用土工膜防渗结构时，土工膜及复合土工膜的塑膜厚度应根据承受的工作水头、基层条件、环境条件及所用土工合成材料性能通过计算确定。对于 3 级以上的围坝，防渗土工膜的塑膜厚度不应小于 0.5 mm，对于重要工程应适当加厚，4、5 级坝可适当减薄，但不得小于 0.3 mm。

铺设在均质土坝迎水坡面的防渗土工膜通常采用平直坡、折线坡和台阶形；为增加其面层摩擦系数，可采用复合土工膜或表面加糙的土工膜。

8.5.5 对于铺设于均质土坝迎水坡面的土工膜防渗层，土工膜上面应设防护（护坡）层及膜上垫层。防渗土工膜下面应设下垫层及反滤和膜下排水设施，并起到缓解非稳定渗流的作用。

土工膜下垫层的构造应按所采用土工膜的类别和坝体土料等条件确定。为防止膜下坝体土料产生冲刷，应采用土工织物及反滤砂砾料组成的双层结构。

对于坝高不超过8 m，坝体土料为壤土或砂质壤土的3级、4级和5级坝，经过论证，土工膜下的下垫层可采用单一的土工织物垫层。

8.5.6 对于重要的围坝工程，坝面土工膜防渗系统应对其防渗面层的稳定性和膜后排渗能力进行校核。计算方法应按照附录 F。

## 8.6 库盆及坝基防渗

8.6.1 对于库区及坝基处于透水性较强的地层时，应计算库区及围坝坝基渗漏所造成的水库水量损失和由此引起的渗流控制、静力和动力稳定、允许沉降量和不均匀沉降量等方面要求，保证水库围坝安全运用。

8.6.2 平原水库库区及坝基中遇到下列情况时，必须慎重研究和处理：

- a) 深厚砂砾石层；
- b) 软黏土及裂隙性黏土；
- c) 疏松砂土及少黏性土；
- d) 湿陷性黄土；
- e) 喀斯特（岩溶）；
- f) 断层、破碎带、透水性强或有软弱夹层的基岩；
- g) 含有大量可溶性盐类的岩石和土；
- h) 透水坝基下游坝脚处有连续的透水性较差的覆盖层；
- i) 废弃河道、古河床；
- j) 矿区井、洞；灌溉机井等。

8.6.3 建造在透水地层上的平原水库及围坝，应查明库区及坝基透水地层和相对隔水地层的平面和空间分布情况，以及土质、级配、密度、渗透系数等物理力学指标。在地震区还应有标准贯入击数、剪切波速、动力特性指标等。

8.6.4 库区及坝基防渗可选择以下形式：

- a) 竖向防渗：包括明挖回填黏土截渗墙；土工膜防渗墙（竖向铺塑）；水泥搅拌防渗墙；振动沉模防渗墙；高压喷射混凝土防渗墙；混凝土防渗墙和自凝水泥黏土防渗墙等；
- b) 迎水面防渗铺盖：一般可采用黏土铺盖；土工膜铺盖（水平向铺塑）；
- c) 库底铺塑：即在整個库区或渗漏严重的部位铺设土工膜，并与围坝坝身防渗体连接，形成防渗整体。

8.6.5 库区及坝基防渗措施，应根据水库的用途、库区及坝基地质条件、坝高、坝型等条件，选择几种可能的方案，经过技术经济比较确定。并应优先采用性能可靠、有效地截断库区及坝基渗流通道而又经济合理的防渗措施。

8.6.6 围坝坝基存有相对不透水层时，可考虑采用竖向截渗。竖向截渗体嵌入相对不透水土层的深度大中型水库一般为1.0 m~1.5 m，当相对不透水层厚度较薄时，深度不少于0.5 m；小型水库不小于0.5 m。

8.6.7 竖向截渗墙应与坝体防渗体紧密联接，形成防渗整体。当围坝为均质土坝时，竖向防渗墙宜布置在坝轴线至上游坝脚1/3坝体宽的范围内。对于迎水坡面铺塑防渗的土工膜防渗体坝，竖向截渗墙宜布置在迎水面坝趾10 m以外。当采用铺盖和竖向截渗墙相结合的防渗体时，竖向截渗墙宜布置在水平铺盖的前端。

8.6.8 当以土工合成材料作竖向防渗措施时，可采用土工膜、单面复合土工膜或防水塑料板等。大型水库和重要的中型水库土工膜的塑膜厚度应不小于0.5 mm，小型水库不小于0.3 mm，膜与膜的联接宜采用热熔法焊接。土工膜铺入槽内后应及时进行填土。土工膜出槽后，应尽快与坝体防渗体或建筑物妥善

联结。

8.6.9 如坝基下透水土层比较深厚，或无相对不透水层时，可考虑采用悬挂式竖向截渗墙或水平向防渗铺盖，也可以采用两者组合的方案，但在确定截渗墙深度和铺盖长度时，应保证工程的防渗效果，使库区、坝基的渗漏量和坝外截渗沟及坝坡处的出逸比降控制在允许范围内。

8.6.10 采用土工膜水平向铺盖防渗时，土工膜厚度不宜小于 0.5 mm，铺盖的长度应通过水力计算确定，一般为 5~10 倍的最大工作水头。土工膜的接缝宜采用热熔法焊接，焊接形式为双焊缝搭接，搭接宽度 10 cm 为宜。为保证土工膜铺盖质量，防止施工和运行中损坏，可采取在土工膜上铺设保护层，保护层厚度应不小于 0.5 m。

8.6.11 当库区上部地层透水性较大，相对不透水层埋藏较深，采用竖向截渗在技术上存有困难或造价过高时，为减少水库渗漏，可考虑采用全库底铺设防渗土工膜防渗，但应满足以下要求：

- a) 进行库区清理，清除原建筑物基础、树根和硬物等，封堵废井及洞穴，并对库区进行整平和碾压。
- b) 防渗土工膜的厚度不宜小于 0.5 mm。
- c) 防渗土工膜接缝宜采用焊接工艺联接，焊接形式为双焊缝搭接。
- d) 在可能产生断裂和塌陷的部位，防渗土工膜下面应设支持层，支持层可采用细土料层、细砂层和土工合成材料等，层面应基本平整，并符合反滤准则。
- e) 防渗土工膜上面应设保护层，保护层厚度应按施工防护、膜体稳定和清淤等要求确定，应不小于 0.5 m。保护层一般由面层和膜上垫层组成，垫层可采用中粗砂或针刺土工织物等材料，面层一般为压实素土。

8.6.12 全铺型防渗土工膜应与围坝防渗体、建筑物周边紧密联结，形成封闭的防渗体系。防渗土工膜与土、混凝土、砌体的联结可执行 SL/T 231 中推荐的联结方式。

8.6.13 为防止全铺型土工膜防渗铺盖在水库蓄水后，因压缩、置换以及库水和外水进入膜下，形成膜下向上的不利作用，使膜漂浮或顶破，应根据情况采取排水、排气措施并形成排压联通体系。常用的方法有：设置“逆止阀”、有孔塑料管（花管）、盲沟及盖重等，也可以多种方法结合使用。

8.6.14 对库盆、坝基范围内古井用黏性土分层夯实，上部 1.0 m 用 C30 防渗砼封堵；机井和施工过程中的降水井，全部用 C30 防渗砼封堵，确保封堵效果。

## 8.7 护坡

8.7.1 为防止波浪淘刷、顺坝的水流冲刷、漂浮物和冰层的撞击、冻胀和冰盖的挤压，围坝迎水面应设置护坡。

为防止雨水冲刷、冻胀、干裂和蚁、鼠等生物破坏，围坝背水面亦应设置护坡。

护坡的形式、材料及构造应根据坝的等级、风浪、气候等运用条件、当地材料情况、工期和造价等因素，经技术经济比较确定。

8.7.2 根据平原水库工程的特点，护坡可在以下几种形式中选择：

- a) 迎水面护坡：
  - 1) 干砌料石；
  - 2) 浆砌块石；
  - 3) 预制混凝土联锁块或板（专业工厂预制）；
  - 4) 现浇混凝土或现浇钢筋混凝土板；
  - 5) 机浇混凝土板（即采用机械摊铺、振捣，沿坝轴线连续浇筑的混凝土护坡）；
  - 6) 其他（如水泥土、土工模袋、钢筋混凝土格框等）；
  - 7) 刚性护坡的底端应设置基脚，保证护坡结构的稳定性。
- b) 背水面护坡：

- 1) 草皮；
- 2) 草皮格框；
- 3) 其他，如：预制混凝土板（现场预制或专业工厂预制）、干砌块石等。

8.7.3 护坡的覆盖范围，迎水面自坝顶起，下至死水位以下 2.50 m，4、5 级坝可减少到 1.5 m。当最低水位不确定时，应护至坝脚。水库库容部分由开挖形成，地面以下开挖边坡较缓且能保持自然稳定时，可不进行护坡，有利于生物多样性。

8.7.4 干砌石护坡的厚度和粒径应按附录 E 中的方法计算，亦可经水工模型试验或参照类似工程实践经验，经过详细论证确定。

干砌石护坡与坝体之间应设置满足反滤作用的垫层，寒冷地区其厚度应不小于当地冻结深度，并应考虑冻胀和冰盖对护坡的挤压作用。

8.7.5 土质防渗体坝迎水面的浆砌石或现浇混凝土护坡应设置纵、横向变形缝和应对非稳定渗流的反滤排水孔。

寒冷地区的坝坡，宜采取保温措施，以满足抗冻的要求。

## 8.8 排水及其反滤

8.8.1 土质围坝背水面应设置坝体排水，以降低坝体浸润线和孔隙压力、渗透力，增加抗滑稳定性；再配置以适当的反滤构造，可以防止管涌等渗透变形，减小坝坡的冻胀范围和破坏程度。

坝体排水的形式一般有：堆石棱体排水；贴坡式排水；坝内排水（包括褥垫式水平向排水、竖向排水土工板和网状排水土工板等）；以及上述若干种排水型式组合成的综合式排水等。

排水形式的选择应考虑坝型及其防渗体系、坝基排水与坝体排水的配合、气候条件及材料供应、排水失效的维修等因素，经技术经济比较确定。当背水面无水且无其他特殊要求时，可采用贴坡式排水。

8.8.2 贴坡式排水可以结合下游坝脚截渗沟设置，尽量使坝体浸润线逸出点在截渗沟内。逸出点在坝坡的，贴坡式排水顶高程应高于坝体浸润线逸出点，超出高度应使坝体浸润线在冻结深度以下，且不小于 1.5 m。

8.8.3 坝内水平向排水体可由砂、卵石或透水的土工合成材料按反滤排水原则组成，水平向排水体的构造和伸入坝体内的长度应根据渗流计算确定，排水层中每层料的厚度应满足反滤层最小厚度的要求。

坝体水平向排水体伸进坝体的极限尺寸，对黏性土质坝为坝底宽的 1/2，砂性土均质坝为坝底宽的 1/3；对于土质防渗体分区坝，宜与防渗体下游面的反滤过渡层相连接。

网状排水带的纵向排水带厚度和宽度及伸入坝体内的长度应根据渗流计算确定，网状排水带的横向排水带宽度应不小于 0.5 m，坡度不宜超过 1%，或按不产生接触冲刷的要求确定。当渗流量很大，而增大排水带尺寸不合理时，可采用土工反滤排水管。

8.8.4 除干砌石或堆石护坡外，应设坝面排水系统，范围包括坝顶、坝坡、等部位的导水、集水、排水措施。

坝面排水系统的排水沟尺寸应由设计面雨量计算确定。有马道时，纵向排水沟宜与马道一致，并设于马道内侧。

横向排水沟可垂直纵向排水沟或斜交，一般每隔 30 m~50 m 设置一条。

排水沟可用浆砌石砌筑或混凝土预制件现场拼装，后者应使接缝牢固，形成一整体。排水沟上沿不能高于坝面土体，以保证周围的雨水汇入排水沟内。

8.8.5 土质防渗体（包括心墙、斜墙、铺盖和截水槽等）与坝壳和坝基透水层之间以及背水面渗流逸出逸处，如不满足反滤要求，应设置反滤层。

土质防渗体分区坝的坝壳内各土层间、背水面坝壳与坝基透水层接触区以及与岩基中发育的断层、破碎带和强风化带接触部位，如不满足反滤要求，应设反滤层。

8.8.6 围坝的反滤层可采用天然或人工砂砾料、土工合成材料构成，均应符合以下要求：

- a) 保土性：防止被保护土发生渗透变形；
- b) 透水性：保证渗透水通畅排除；
- c) 防堵性：防止被细土粒淤堵失效。

8.8.7 对于采用天然或人工砂砾料构筑的反滤层，每层的厚度应根据材料的级配、料源、用途、施工方法等综合确定。人工施工时，水平向反滤层的最小厚度宜采用 0.3 m；竖直或倾斜反滤层的最小厚度宜采用 0.5 m。机械施工时，其最小厚度应根据施工方法确定。

8.8.8 当采用土工合成材料构筑反滤层时，所选用的土工织物应符合以下要求：

- a) 土工织物的保土性应符合式（2）要求；

$$O_{95} \leq nd_{85} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$O_{95}$ ——土工织物的等效孔径，mm；

$n$  ——经验系数，与被保护土的类型、级配和土工织物的品种、状态有关，按表8采用；

$d_{85}$ ——被保护土的特征粒径，即土中小于该粒径的土质量占总质量的85%，采用试样中最小的  $d_{85}$ ，mm。

土的不均匀系数  $C_u$ ，应按式（3）确定。

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$d_{60}$ 、 $d_{10}$  ——土中小于各该粒径的土质量分别占总土质量的60%和10%，mm。

表8 经验系数

被保护土细粒 ( $d \leq 0.075\text{mm}$ ) 含量	土的不均匀系数或土工织物品种		$n$ 值
$\leq 50\%$	$2 \geq C_u, C_u \geq 8$		1
	$4 \geq C_u > 2$		$0.5 C_u$
	$8 > C_u > 4$		$8 / C_u$
$> 50\%$	有纺织物	$O_{95} \leq 0.3\text{mm}$	1
	无纺物		1.8
注：预计所埋土工织物连同其下土粒可能移动时， $n$ 值应采用0.5			

- b) 土工织物的透水性应符合以下条件：

- 1) 被保护土级配好，水力梯度低和预计不致发生淤堵（净砂、中粒砂等）时：

$$k_g \geq k_s \dots\dots\dots (4)$$

- 2) 排水失效导致土结构破坏，修理费用高，水力梯度高，流态复杂时：

$$k_g \geq 10k_s \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$k_g$ 、 $k_s$  ——土工织物、被保护土的透水系数，cm/s。

- 3) 土工织物防堵性要求其孔径符合以下条件：

保护土级配好，水力梯度低，流态稳定，修理费用小及不发生淤堵时：

$$O_{95} \geq 3d_{15} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$d_{15}$ ——被保护土的特征粒径，即土中小于该粒径的土质量占总土质量的15%，mm。



被保护土易管涌，具有分散性，水力梯度高，流态复杂，修理费用大时，被保护土的渗透系数  $\geq 10^{-5}$  cm/s时，应以现场土料作试样和拟选土工织物进行淤堵试验，得到的梯度比GR应符合下列要求：

$$GR \leq 3 \dots\dots\dots (7)$$

式中：

GR——梯度比，试验方法见SL 235。

当被保护土的渗透系数  $< 10^{-5}$  cm/s时，应以拟用的现场土料和土工织物进行室内长期淤堵试验，验证其防堵有效性。

## 8.9 坝基处理

8.9.1 坝基处理应满足渗透稳定、控制渗流量、静力和动力稳定、允许沉降量和不均匀沉降量等方面的要求，保证坝的运行安全。处理的标准与要求应根据具体情况在设计中确定。

8.9.2 坝基中的渗透水流有可能引起下游渗流出逸出处土层渗透变形或沼泽化，或使坝体浸润线抬高时，可设置坝基排水设施。

8.9.3 坝基排水设施应根据坝基地质情况，并结合坝体设计按下述情况选用。

- a) 透水性均匀的单层结构坝基及上层渗透系数大于下层的双层结构坝基，可采用水平向排水垫层，也可以在背水面坝脚逸出处结合贴坡排水做截渗沟。
- b) 双层结构的透水坝基，当表层土层为不太厚的弱透水层，且其下的强透水层较浅，渗透性较均匀时，可在靠近背水面坝脚逸出处做截渗沟。截渗沟的沟底应设置在强透水土层内。
- c) 当表层弱透水层厚度较大时，宜采用排水减压井深入下部的强透水土层，坝基渗水经减压井排入排渗明沟或排渗暗沟，再排出。

8.9.4 排水减压井系统设计应包括确定井径、井距、井深和出口水位，并计算渗流量。同时应符合下列要求：

- a) 减压井的出口高程应尽量低，但不得低于排渗沟底面；
- b) 减压井深入透水土层内的深度应不小于透水土层厚度的 1/2；
- c) 减压井周围应设反滤层，反滤层可采用反滤料或土工织物；
- d) 水库蓄水后应加强观测，对效果达不到要求的可加密井系。

8.9.5 在围坝背水面渗流出逸坡降大于允许值的地基范围，可采用铺设透水盖重的工程措施。透水盖重与地基之间应设置反滤层。

8.9.6 对坝基中的井，动物巢穴、墓坑等地下洞室，应查明后用黏性土或混凝土封填。对于穿透库盆相对隔水层的井、洞，封堵质量应达到相对隔水层的要求。

8.9.7 易液化土及软土地基处理。

- a) 位于地震区的饱和和无黏性土地基和少黏性土地基应考虑地震液化的可能性。液化评价应按 GB 50487—2008 中附录 P 的有关规定进行。
- b) 对于判别可能液化的土层，如挖除有困难或不经济时，应采取加密措施使其达到与设计地震烈度相适应的密实状态。加固措施主要有：
  - 1) 设置压重平台法；
  - 2) 振冲加固法；
  - 3) 强夯法；
  - 4) 挖除、换土法。
- c) 软土的承载力小、压缩性大、抗剪强度低，必须对坝基进行处理，处理方法可采用：
  - 1) 压重平台法；
  - 2) 预压法；
  - 3) 打砂井或插塑料排水带法；



- 4) 土工合成材料（如土工格栅或土工格室等）铺垫法；
- 5) 挖除处理法。

以上方法可取其中一种或几种方法组合，应通过技术经济比较后确定。

## 8.10 截渗沟

8.10.1 为防止水库蓄水后因周围地下水位升高引起土地沼泽化和盐渍化，影响生态环境，应在水库围坝背水面坝脚设置截渗沟或截渗暗管。拦截水库渗水、控制水库周围地下水位不超过临界水位。

8.10.2 截渗沟应尽量结合现有的排水系统设置，一般采用明沟式，上口与背水面坝脚的距离，大型水库不宜少于 30 m，中型水库不宜少于 20 m。具体位置应根据设计水位、地形条件、渗流分析以及地下水位控制等因素综合确定。

截渗沟的断面尺寸、沟深和底坡一般应由渗流计算，控制水库周边不发生浸没的要求来确定。对于兼有排除地面径流的截渗沟，应控制雨季排涝时截渗沟的水位过高而影响排渗。

为了确保坝体安全，对于大中型平原水库应在截渗沟近坝一侧或全断面进行护砌。截渗沟护砌应满足排水及反滤要求。

8.10.3 对于双层结构透水坝基，当表层弱透水层较薄时，宜穿透表层将截（导）渗沟底设置于透水层内。而当表层弱透水层较厚，或透水层成层性较显著时，则可考虑在沟底布置部分深入强透水层的减压井以增强截渗效果。

8.10.4 为了控制水库周边不发生浸没的要求，应尽量把截（导）渗沟做得深一些，适时将截（导）渗沟渗水回归水库或者直接供给适当的用途。以充分利用淡水资源，促进库区生态环境良性发展。

## 8.11 库盆和围坝渗流计算

8.11.1 平原水库库区及围坝渗流计算应包括以下内容：

- a) 确定坝体浸润线及其围坝背水面出逸点的位置，绘制坝体及坝基内的等势线分布图或流网图，为围坝稳定计算提供依据；
- b) 确定坝体、坝基和库区渗漏量；
- c) 确定坝坡与围坝背水面坝基的出逸比降，以及不同土层之间的渗透比降（包括截渗沟边坡及底部的出逸比降）；
- d) 确定库水位降落时围坝迎水面坝坡内的浸润线位置。

8.11.2 渗流计算应包括以下水位组合情况：

- a) 水库设计蓄水位与背水面相应的最低水位；
- b) 水库平均蓄水位与背水面相应的水位；
- c) 水库最低蓄水位与背水面相应的水位；
- d) 水库水位由设计蓄水位降落至不利坝高水位时迎水面坝坡稳定最不利的情况。

8.11.3 渗透系数取值应符合下列规定：

- a) 坝体和坝基材料应考虑渗透系数的各向异性，各向异性材料的渗透系数在不同方向分别取值；
- b) 计算渗透流量时宜采用渗透系数的大值平均值；
- c) 计算水位降落时的浸润线宜用渗透系数的小值平均值；
- d) 坝基材料取值应考虑岩层特性、风化程度和地质构造的影响。

8.11.4 当地质条件复杂时，可根据现场水文地质资料用反演法校核和修正水文地质参数。

8.11.5 渗流计算宜采用数值分析方法：当库区、坝基地层复杂，透水性强，并伴有“古河道”、“天窗”等集中渗漏通道时，可针对性地采用“分段法”或三维有限元法计算库区及坝基渗流。

8.11.6 渗透稳定计算：

- a) 渗透稳定计算应包括：

- 1) 判别土的渗透变形形式，即管涌、流土、接触冲刷或接触流失等；
  - 2) 判明坝体和坝基土的渗透稳定；
  - 3) 判明背水面渗流出逸段的渗透稳定。
- b) 渗透变形形式的判别方法应按 GB 50487 的规定执行。
- 8.11.7 在没有反滤层保护时，坝体、坝基渗透出逸比降应小于材料的允许渗透比降。

## 8.12 围坝坝体稳定计算

8.12.1 平原水库围坝应根据不同的工程地质条件选取若干有代表性断面进行坝坡稳定计算。

坝坡稳定计算应包括以下四种情况：

- a) 施工完建期的迎水面、背水面坝坡稳定；
  - b) 稳定渗流期的迎水面、背水面坝坡稳定（包括水库水位为设计水位的背水坡和水库水位约为 1/3 坝高时迎水坡）；
  - c) 水库水位降落期的迎水面坝坡稳定；
  - d) 正常运用遇地震时的迎水面、背水面坝坡稳定。
- 8.12.2 坝坡抗滑稳定计算应采用刚体极限平衡法。计算方法宜采用计及条块间作用力的简化毕肖普（Simplified Bishop）法、摩根斯顿-普赖斯（Morgenstern-Price）法等方法。稳定计算方法按 SL 274—2020 附录 D 的规定执行。坝坡抗滑稳定安全系数应不小于表 9 规定的数值。

表9 坝坡抗滑稳定最小安全系数

运用条件	工程等级			
	1	2	3	4, 5
稳定渗流期	1.50	1.35	1.30	1.25
施工完建期	1.30	1.25	1.20	1.15
正常运用遇地震	1.20	1.15	1.15	1.10

8.12.3 围坝各种计算工况，土体的抗剪强度均采用有效应力法按公式（8）计算：

$$\tau = c' + (\sigma - u)tg\phi' = c' + \sigma' tg\phi' \dots\dots\dots (8)$$

黏性土施工期同时应采用总应力法按公式（9）计算：

$$\tau = c_u + \sigma tg\phi_u \dots\dots\dots (9)$$

黏性土库水位降落期同时应采用总应力法按公式（10）计算：

$$\tau = c_{cu} + \sigma_c' tg\phi_{cu} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

- $\tau$  ——土体的抗剪强度；
- $\sigma$  ——法向总应力；
- $c_u$ 、 $\phi_u$  ——不排水剪总强度指标；
- $\sigma'$  ——法向有效应力；
- $u$  ——孔隙压力；
- $c'$ 、 $\phi'$  ——有效应力抗剪强度指标；
- $\sigma_c'$  ——库水位降落前的法向有效应力；
- $c_{cu}$ 、 $\phi_{cu}$  ——固结不排水剪总强度指标。

8.12.4 土的抗剪强度指标应采用三轴仪测定。对3级以下的中坝，可用直接慢剪试验测定土的有效强度指标；对渗透系数小于 $10^{-7}$ cm/s或压缩系数小于 $0.2\text{ MPa}^{-1}$ 的土，也可用直接快剪试验或固结快剪测定其总强度指标。抗剪强度试验的仪器、方法和设计取值应按SL 274—2020中附录D规定选用。

8.12.5 施工期黏性填土或坝基的孔隙压力可通过试验或现场观测获得，并符合下列要求：

- a) 饱和度大于80%和渗透系数介于 $10^{-7}$ cm/s~ $10^{-5}$ cm/s的大体积填土，可计算施工期填土中孔隙压力的消散和强度的相应增长；
- b) 孔隙压力消散计算宜采用太沙基方法。计算方法见SL 274—2020中附录C。

8.12.6 稳定渗流期和库水位降落期的孔隙压力可用数值方法计算获得。

8.12.7 当围坝用土工膜做防渗面层时，除应进行沿有关部位的坝坡和坝基稳定分析外，还应防护层和上垫层与土工膜之间的抗滑稳定进行验算。验算的最危险工况为库水位降落情况。

8.12.8 坝坡稳定计算成果分析应考虑下列因素：

- a) 岩土物理力学参数取值是否反映坝体和坝基的实际情况；
- b) 断面选择和边界条件概化是否反映坝体分区情况和坝基地质地形条件。

### 8.13 围坝坝体应力和变形计算

8.13.1 平原水库围坝应进行沉降分析，估算在坝体自重及其他外荷载作用下，坝体和坝基竣工时的沉降量和最终沉降量，计算方法应按SL 274—2020中附录E进行。

8.13.2 建于复杂和软土地基，坝高超过8m的1、2级围坝应采用数值方法进行应力变形计算。

地震区土石坝的动力分析应按GB 51247的规定进行。

8.13.3 坝顶竣工后的预留沉降超高，应根据沉降计算数值方法分析、施工期观测和工程类别等综合分析确定。

8.13.4 土石坝的应力变形计算应模拟施工过程和初期蓄水过程，以及投入运行后的不同工况。

8.13.5 数值方法计算采用的参数宜由试验测定，并结合工程类比选用。试验用料的力学特性应能代表实际采用的筑坝材料，试验条件和加载方式宜反映坝体的施工、运行条件。

8.13.6 应力、变形计算宜采用非线性弹性应力应变关系分析，也可采用弹塑性应力应变关系分析，可按SL 274—2020中附录F规定计算模型选用。对于黏性土的坝体和坝基，宜考虑固结对坝体应力和变形的影响。

8.13.7 当计算的竣工后坝顶沉降量与坝高的比值大于1%时，应在分析计算成果的基础上，论证选择的坝料填筑标准的合理性和采取工程措施的必要性。

8.13.8 在施工过程中，应对沉降、孔隙压力、总应力和位移等项目的安全监测和施工质量检测资料及时进行分析，校核和修正计算参数，参考工程类比成果，判断计算成果的正确性和合理性，并论证是否需要采取工程措施或修正设计。

## 9 平原水库工程的其他建筑物

### 9.1 一般规定

9.1.1 根据水量进库、出库及泄空的要求，平原水库工程一般应设置引水闸、入库泵站、出库泵站、入库涵洞、出库涵洞、泄水涵洞等建筑物。

9.1.2 各建筑物的位置应根据工程用途和来水、出水的方向结合工程地质、地形条件以及供电条件等确定。

9.1.3 建筑物的布置应做到布局合理，运行安全，管理方便，节省土地，有利施工和环保、美观。

### 9.2 入库涵洞

- 9.2.1 平原水库的入库涵洞一般可以与入库泵站合建，也可以根据需要建成单独的进水涵洞。
- 9.2.2 入库涵洞的规模应根据入库流量确定。入库涵洞底高程应根据引水渠底高程、库底高程、水库死水位以及运用条件综合比较确定。为方便施工，入库涵洞尺寸应根据入库流量、施工管理和维修等因素确定，洞口底宽不宜小于 1.0 m，高度不宜小于 1.5 m。
- 9.2.3 入库涵洞的库内挡水位为水库的设计水位，但计算闸门的结构受力时应考虑风浪的影响；单独运用的入库涵洞库外挡水位应满足引水渠的设计高水位与库内死水位相遭遇的情况。
- 9.2.4 入库涵洞的涵洞段一般可采用钢筋混凝土箱式结构，分节长度以 8 m~10 m 左右为宜。涵洞段位于坝下，应充分考虑坝顶段及坝身段不均匀沉降对涵洞造成的不利影响；如采用非预沉降地基处理措施，也应充分考虑涵洞两侧坝体产生的附加应力对涵洞及基础造成的不利影响。
- 9.2.5 入库涵洞应做好防渗止水，并与水库围坝的防渗体系可靠连接，防止水流沿着洞壁产生接触渗流。涵洞分缝处应设两道止水，洞身段外侧设 2~3 道截渗环。
- 9.2.6 入库涵洞的闸门一般可采用平面钢闸门，单独使用的进水涵洞应设检修闸门。
- 9.2.7 闸门启闭采用手电两用启闭机为宜，启闭设备应灵活可靠，操作方便。对于大型平原水库和条件较好的中型平原水库，应设置闸门的远程控制设施。
- 9.2.8 入库涵洞在库内出水侧应设置消能防冲设施。消能防冲设施宜采用平面扩散型底流式消能。设计流量下应保证下游无水时消能防冲设施的安全。
- 9.2.9 有特殊要求的水库，如建在滞洪区的平原水库，根据滞洪区的运用要求，可以建设单独的进洪闸，供进出洪水双向使用。

### 9.3 出库涵洞

- 9.3.1 平原水库出库涵洞的功能是引水出库向用户供水和泄空水库，当放水和泄水不能兼用时，应分别设置出库涵洞和泄水涵洞。

平原水库根据供水对象和不同地区的需要，可设置多座出库涵洞。

根据水力特征出库涵洞可分为有压和无压两种，若无特殊要求，以采用无压涵洞为宜。

出库涵洞在结构上由进水口（闸室）、涵洞、出口及消能设施等四部分组成。进水口位于库内，涵洞位于坝下。对于无压涵洞，出口水流经过消能后与下游明渠衔接。

- 9.3.2 平原水库出库涵洞的进水口，一般可采用堤防涵闸式结构。对于蓄水深度较大的大、中型平原水库，宜采用塔式结构。

出库涵洞进水口的孔口规模和底坎高程一般应满足水库死水位时引出设计流量的要求，当有分层取水要求时，可采用双层结构。

- 9.3.3 根据施工要求，出库涵洞进水口和涵洞底宽应不小于 1.0 m，高度不宜小于 1.5 m。

- 9.3.4 为了提高供水水质，出库涵洞宜设置在距入库涵洞较远处。为此，亦可在库内设置导流隔坝来改善水流流态。

- 9.3.5 平原水库泄水涵洞的位置，应选在具有通畅泄水出路的坝段，工程规模和布置应满足水库在非常情况下的泄水要求。

泄水涵洞出口，应考虑泄水时对下游居民点和公共设施的影响。

- 9.3.6 出库涵洞的库内挡水位为水库的设计水位，计算进水口闸门的结构受力时，应考虑风浪的影响。无压出库涵洞出口的下游设计水位为出水渠的设计高水位。

- 9.3.7 出库涵洞的洞身结构、分缝、止水、地基处理以及闸门和闸门启闭设备与入库涵洞相同。

### 9.4 入库泵站

- 9.4.1 入库泵站的规模应根据来水流量、水库库容、充库时间、调蓄次数、调蓄水量等经调节计算综合分析确定。在来水量、水库库容、供水量确定的前提下，泵站的规模以水库引水、蓄水的整个体系最

优为原则。经过论证，入库泵站可不设备用机组。

9.4.2 入库泵站的泵型应根据需要的扬程选定。入库泵站最小净扬程为水库最低水位与前池最高水位之差，最大净扬程为水库设计水位与前池最低水位之差。泵站泵型应满足所有工况下稳定运行的要求。可按照平均扬程时效率最高、设计扬程时达到设计流量、最高扬程和最低扬程时能够稳定运行选择泵型。

9.4.3 水源泥沙含量较大时，应设沉沙池，沉沙池设计应按 SL 269 确定。沉沙后，平原水库入库水含沙量不应大于  $1.5 \text{ kg/m}^3$ 。需要扬水沉沙时，应充分考虑泥沙对水泵叶轮的磨损，选用耐磨材质或增设耐磨涂层。水源含沙量大时，会使水泵流量、效率降低。导轴承的润滑宜用清水和油。

9.4.4 为减少水量损失，水泵安装高程应经技术经济比较确定。

9.4.5 泵站出水管与入库涵洞之间一般宜设库外出水池，池内设拍门。入库泵站前池入口处应设置拦污栅。

## 9.5 出库泵站

9.5.1 当平原水库库水不能自流出库或用户有特殊要求时，需设置出库泵站。出库泵站的级别应与水库围坝的级别相一致。

9.5.2 出库泵站的规模应根据供水量分析确定。出库泵站水泵台数应不少于两台。

9.5.3 供水保证率较低且不连续供水时，出库泵站经论证可不设备用机组。城市和工业供水等供水保证率较高时，必须设备用机组。

9.5.4 出库泵站的泵型应根据需要的扬程选定。出库泵站最小净扬程为出水池最低水位与水库最高水位之差，最大净扬程为出水池最高水位与水库死水位之差。泵站泵型应满足所有工况下稳定运行的要求。可按照平均扬程时效率最高、设计扬程时达到设计流量、最高扬程和最低扬程时能够稳定运行选择泵型。水泵泵型必须满足最高扬程时达到设计流量的要求，并应考虑运行时间较长时水泵流量、扬程降低的情况。

9.5.5 出库泵站的布置应充分利用水库水头。位于出库泵站上游的出库涵洞，闸室前应设置拦污栅。

## 9.6 其他附属建筑物

9.6.1 平原水库其他附属建筑物包括与主体工程配套的涵、闸、桥、渡槽及倒虹吸管等。

9.6.2 其他附属建筑物设计均可按照现行有关标准执行。

## 9.7 平原水库建筑物地基计算及处理

9.7.1 平原水库附属建筑物（水闸、涵洞、泵站、桥梁等）地基计算应根据地基情况、结构特点、使用工况及施工条件等进行。其内容应包括：

- a) 地基渗流稳定性验算；
- b) 地基承载力验算；
- c) 地基整体稳定计算；
- d) 地基沉降计算。

在各种运行情况下，建筑物地基应能满足承载力、稳定和变形的要求。

建筑物地基计算宜取两相邻顺水流向永久缝之间的建筑体作为计算单元。

9.7.2 建筑物地基应优先选用天然地基。标准贯入击数小于 4 击的黏土地基和标准贯入击数小于或等于 8 击的砂性土地基，不得作为天然地基。当建筑物天然地基不能满足承载力、稳定或变形的要求时，应根据建筑物的具体情况，因地制宜作出地基处理设计。

地基处理设计方案应针对天然地基承载力或稳定安全系数不足，或沉降变形不适应等，根据地基情况（尤其要注意地基中渗透作用的影响）、结构特点、施工条件和运用工况，并综合考虑地基、基础及上部结构的相互协调，经技术经济比较确定。

9.7.3 地基计算应根据地基土和填料土的物理力学性质试验指标进行。建筑物不宜建在半硬半软的地基上，否则必须采用严格的工程措施。当建筑物靠近围坝时，应考虑坝基沉降对建筑物地基的影响。

9.7.4 地基计算的荷载组合、地基整体稳定及地基沉降计算，应根据建筑物的类型、结构分别按 SL 265、GB/T 50265 等有关标准进行。

9.7.5 建筑物地基处理。

- a) 当需要在疏松的砂性土或软弱的黏性土地基上修建平原水库水工建筑物时，可能需要对地基进行一定的处理，土基上常用的处理方法见表 10，可根据建筑物地基情况、结构特点和施工条件等，采用一种或多种处理方法。
- b) 当采用垫层法处理地基时，垫层厚度应根据地基土质情况、结构型式、荷载大小等因素，以不超过下卧土层允许承载力为原则确定，厚度一般为 0.8 m~2.0 m，不宜大于 3.0 m。垫层材料应就地取材，采用性能稳定、压缩性低的天然或人工材料，但不宜采用粉砂、细砂、轻砂壤土或轻粉质砂壤土。垫层材料中不应含树皮、草根及其他杂质。
- c) 当采用由分层铺设土工合成材料与地基构造加筋土垫层时，作为加筋的土工合成材料应选用抗拉强度较高，受力时伸长率应不大于 4%~5%，耐久性好、抗腐蚀的土工格栅、土工格室、土工垫或土工织物等土工合成材料。
- d) 对于穿越围坝的管、涵，一般可选用预压处理地基。采用堆载预压法处理地基时应根据设计要求确定预压荷载大小、荷载分级、加载速率和预压时间等参数。对于沉降有严格限制的建筑物，应采用超载预压处理。预压荷载顶面范围应等于或大于建筑物基础外缘所包围的范围。当天然地基上的强度满足预压荷载下地基的稳定性要求时，可一次性加载，否则应分级逐渐加载。
- e) 采用强力夯实法处理地基时，处理范围应大于建筑物基础范围，每边超出基础外缘的宽度宜为基底下设计处理深度的 1/2~1/3，并不宜小于 3 m。
- f) 振冲法处理地基范围，宜为在建筑物基础外缘扩大二排桩。当有防止地基液化时，在基础外缘扩大的宽度应不小于基底以下可液化土层厚度的 1/2。
- g) 振冲桩复合地基承载力特征值应通过复合地基载荷试验确定。

表10 常用地基处理方法

地基处理方法	基本作用	适用范围	说明
垫层法	改善地基应力分布、减少沉降量，适当提高地基整体稳定性和抗渗稳定性	厚度不大的软土地基	用于深厚的软土地基时，仍有较大沉降量
桩基础法	增加地基承载力，减少沉降量，提高抗滑稳定性	较深厚的松软地基，特别是上部为松软土层，下部为坚硬土层的地基	1. 桩尖未嵌入坚硬土层的摩擦桩，仍有一定沉降量 2. 如用于松砂、砂壤土地基应注意渗透变形问题
强力夯实法	增加地基承载力，减少沉降量，并能提高抗振动液化能力	碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基	用于淤泥或淤泥质土地基时需采取有效的排水措施
振动水冲法	增加地基承载力，减少沉降量，提高抗振动液化能力	松砂、软弱的砂壤土或砂卵石地基	处理后地基均匀性和防渗条件较差

表 10 常用地基处理方法（续）

地基处理方法	基本作用	适用范围	说明
深层搅拌法	增加地基承载力，减少沉降量，提高地基整体稳定性、止水防渗	各种松软地基，如淤泥、粉土、填杂土、黏性土等	当地基土的天然含水量小于 30%或大于 70%时不宜采用干法施工，对 $I_p$ 大于 25 的黏土和地下水具有腐蚀性时应慎重
高压喷射法	增加地基承载力，减少沉降量，止水防渗，并能提高抗震液化能力	淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、黄土、砂土、人工填土和碎石土等	1. 当土中含有砾石且砾石直径过大而含量过多，以及土中含有大量纤维的腐植土时，加固效果较差 2. 当地下水流速过大，影响浆液凝固及地下水对水泥有侵蚀性时不宜采用
预压法	增加地基承载力，减少沉降量，提高地基整体稳定性	淤泥质土、壤土和饱和黏土地基	要合理确定预压荷载的大小，加荷速率和预压时间

## 10 平原水库工程的加固与扩建

### 10.1 一般规定

10.1.1 平原水库由于工程老化、存有安全隐患或使用功能变化，不能满足使用要求时，需要进行加固、改建与扩建。

10.1.2 平原水库的加固、改建与扩建，应对原工程的现状及有关原型观测资料进行分析，并对原工程进行勘探、试验，对原工程的质量和状况作出评估、鉴定。

### 10.2 加固

10.2.1 平原水库工程存在的安全隐患一般包括坝体、坝基和库区渗漏、坝体及坝基失稳、边坡塌陷、护坡损坏、附属建筑物的运用和安全出现问题等。加固前必须进行安全鉴定，针对存在的安全隐患提出除险加固措施。

10.2.2 间断供水的平原水库，加固可在非供水期低水位时进行。对于不能停止供水的平原水库，应协调好引水、蓄水、供水的关系，或在水库维持低水位运行时进行。

10.2.3 为改善坝体质量，可采用灌浆、局部翻压、补坡和强化护坡等措施。

10.2.4 防渗加固时，应在查清渗漏原因的基础上，通过方案比较，选用适合工程现状、技术可靠、造价合理的方案。

### 10.3 改建与扩建

10.3.1 当供水目标变更或供水量加大，现有平原水库库容或水质无法满足供水要求时，可考虑对现有平原水库进行改建或扩建。

平原水库改建、扩建的方式通常有以下两种，即扩建加高围坝或就近新建水库与原水库联合调节，通过方案比较择优选用。

10.3.2 平原水库改建、扩建时，应首先研究水源能否满足要求，同时，还应核算引水工程、供水工程的规模是否适应，必要时应同步进行改建、扩建。

10.3.3 平原水库进行扩建加高围坝时，应对原工程库区、坝基和坝体防渗、围坝坝基处理、坝坡稳定、填筑质量、坝体与其它建筑物的连接以及已建的进出水建筑物的过水能力和安全进行复核。若不能满足扩建加高后运行的要求时，亦应进行加固、改建或重建。

10.3.4 围坝加高，一般可采用从背水面培厚加高的方法。围坝加高时，必须保证坝体和坝基防渗体的完整。

10.3.5 提出对原有监测设施的保护措施或更新改造方案。

## 11 水质监控与生态保护

### 11.1 水质监控和保护

11.1.1 平原水库按供水目标可分为生活用水、工业用水、农业用水和多目标供水水库等。其水质监控和保护应执行 GB 3838 的基本项目标准和相关标准，具体见 D.9。

11.1.2 平原水库水质监控主要包括水体水质、水生生物和水体沉降物监控三个方面内容，具体监测项目及方法见 D.6，其监测站点的设置、采样、样品保存、具体测定项目及方法见 D.2~D.6，水库富营养化评价方法见 D.7。

11.1.3 应采取工程、生物、管理等多种措施对水库水质进行监控和保护，确保进入水库的水体水质符合国家地表水环境质量Ⅲ类以上水质标准：

- a) 工程措施方面：
  - 1) 采取拦挡、阻隔、导流等工程措施防止工业污水、城镇生活污水、农田灌溉尾水和养殖排水进入水库，污染水体；
  - 2) 利用水库的水动力学特性人工调控水库水质，应采用合理调度、控制蓄水深度、缩短水体的滞留时间，以及深层排放等措施改善水质；
  - 3) 当入库水质不满足要求时，在水库取水口上游建立生态湿地工程，削减入库水体污染负荷，净化水质，达标入库；
  - 4) 根据需要进行泥沙清淤和底泥疏浚等工程措施，消除内源污染。
- b) 生物调控措施方面：
  - 1) 合理确定水库中水生动物的投放结构，应以鲢、鳙、草、鲂、鲫、中华绒螯蟹、银鱼等的放流，消除过多的浮游生物和耗氧有机物，促进氮、磷等营养元素的转化，加速水中有毒物质的矿化作用，净化水质；
  - 2) 种植适度规模的水生植物，净化水库水质；
  - 3) 采取构建生态湿地、生态浮岛等生态修复措施，保护水生生物的栖息地、繁殖场和索饵场，提高生物多样性水平。
- c) 管理措施方面：
  - 1) 加强对水库水源水质的监管，确保入库水体的水质符合国家地表水环境质量Ⅲ类以上水质标准；
  - 2) 加强水库水质监测，建立完善的定期监测体制，对于影响水库水质的各种情况都应记录存档，并进行分析评价，发现问题及时采取预案对策；
  - 3) 对于用作生活饮用水的水库，应按照饮用水水源地保护要求严格加强管控，避免旅游观光等人为活动引发水质风险，防止人为性破坏，必要时采取半封闭式或封闭式管理；
  - 4) 严禁人工喂养鱼类，禁止向水库中投放饵料。

### 11.2 生物多样性调查与生态环境保护

11.2.1 对于改、扩建的平原水库，应进行生物多样性调查。平原水库的生物多样性调查，主要包括对浮游植物、浮游动物、底栖动物、水生维管植物、鱼类、鸟类、两栖动物、爬行动物和微生物的调查，包括对水生生物产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道等重要栖息地开展生物多样性调查，具体的调查项目与方法见 G.6。

11.2.2 生物多样性的群落特征分析，平原水库的生物多样性的群落特征指标包括  $\alpha$  多样性指数和  $\beta$  多样性指数，其中， $\alpha$  多样性指数主要有丰富度指数 ( $d_M$ )、香农-维纳指数 (Shannon-Wiener) ( $H'$ )、辛普森指数 (Simpson) ( $D$ )。 $\beta$  多样性指数为 Sørensen 指数。具体指数的计算公式和方法见 D.8。

11.2.3 平原水库建成蓄水后，库区内外将形成新的水域和湿地生态系统，并可能改变或部分改变其生



物多样性状态，应注重保护生物多样性、维持生态平衡。

11.2.4 平原水库建成蓄水后，将使周边地区的地下水位有一定程度的升高，造成土地次生盐渍化，应采取有效的工程和生物措施。

11.2.5 当引用含沙水源充灌平原水库时，会造成一定程度的泥沙淤积，若清淤和泥沙处理不当，将影响周边生态环境。应采取相应措施减少水库泥沙淤积，并合理处理淤积泥沙，减少对库区及周边生态环境的影响。

## 12 平原水库工程管理设计

### 12.1 一般规定

12.1.1 平原水库工程管理设计是工程设计的组成部分，应与主体工程设计同步进行。施工期工程管理费用投资应纳入工程设计总投资。

12.1.2 平原水库工程管理设计，按照工程等级标准和运行管理需要进行，应包括以下设计内容：

- a) 管理体制、机构设置和人员编制；
- b) 工程管理范围和保护范围；
- c) 监测设施；
- d) 交通与通信设施；
- e) 工程管理信息化设施；
- f) 工程运用管理；
- g) 应急抢险与安全管理设施；
- h) 水库管理用房及用水用电设施；
- i) 工程运行管理费用。

### 12.2 管理体制、机构设置和人员编制

12.2.1 根据平原水库工程的等级，确定水库主管部门的级别和相应的水库管理单位的机构规格。

12.2.2 依据水库管理单位的规格、工程特点和有关部门现行的有关规定，设置水库管理单位机构，并按精简原则确定人员编制。

对于主要用于向城镇居民和工、矿企业供水功能比较单一的中小型平原水库，亦可根据其建设资金来源和供水特点，采用多种融资方式，如股份制、转让使用权、联合经营等。

12.2.3 平原水库工程管理岗位设置。

- a) 平原水库工程管理岗位设置标准适用于将养护修理人员分离后的水库工程管理单位中从事公益性、准公益性工程管理、运行、监测等的岗位设置和岗位定员。对于承担水库工程维修养护以及供水、养殖、旅游等经营性任务岗位的定岗定员，不适用该标准，其所需岗位和人员应本着精简高效的原则确定。
- b) 平原水库工程定员级别按表 1 中的工程等别 I、II、III、IV、V 等对应定为 1、2、3、4、5 级。
- c) 平原水库工程管理单位的岗位类别及名称见表 11。
- d) 平原水库岗位定员总和 (Z) 按式 (11) 计算：

$$Z = G + F \dots \dots \dots (11)$$

式中：

Z——岗位定员总和，人；

G——单位负责、行政管理、技术管理、财务与资产管理、水政监察类、运行监测类岗位定员之和，人；

$F$ ——辅助类岗位定员，人。

e) 单位负责、行政管理、技术管理、财务与资产管理、水政监察类、运行监测类岗位定员之和（ $G$ ）按式（12）计算：

$$G = \sum_{i=1}^{27} G_i \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$G_i$ ——单位负责、行政管理、技术管理、财务与资产管理、水政监察类、运行监测类各岗位定员，人，按表12的规定确定。

表11 平原水库工程管理处岗位类别及名称

序号	岗位类别	岗位名称
1	单位负责类	单位负责岗位
2		技术总负责岗位
3		财务与资产总负责岗位
4	行政管理类	行政事务管理岗位
5		文秘与档案管理岗位
6		人事劳动教育管理岗位
7		安全生产管理岗位
8	技术管理类	工程技术管理负责岗位
9		水工技术管理岗位
10		大坝安全监测管理岗位
11		机电和金属结构技术管理岗位
12		水库调度、信息和自动化管理岗位
13		计划与统计岗位
14		水土资源管理岗位
15	财务与资产管理类	财务与资产管理负责岗位
16		财务与资产管理岗位
17		会计岗位
18		出纳岗位
19	水政监察类	水政监察岗位
20	运行类	运行负责岗位
21		闸门及启闭机运行岗位
22		电气设备运行岗位
23		通信设备运行岗位
24		抢险物资保管岗位
25	监测类	大坝安全监测岗位
26		水文预报、监测岗位
27		水质监测、化验岗位
28		生态监测岗位
—	辅助类	

表12 平原水库各岗位定员

单位为人

岗位类别	岗位名称	$G_i$	定员级别				
			1	2	3	4	5
单位负责类	单位负责岗位	$G_1$	3~5	3~5	2~3	2~5	1~2
	技术总负责岗位	$G_2$					
	财务与资产总负责岗位	$G_3$					
行政管理类	行政事务管理岗位	$G_4$	3~5	2~3	1~2	2~5	1~2
	文秘与档案管理岗位	$G_5$					
	人事劳动教育管理岗位	$G_6$	3~4	2~3	1~2		
	安全生产管理岗位	$G_7$					
技术管理类	工程技术管理负责岗位	$G_8$	9~15	7~9	5~7	3~7	2~4
	水工技术管理岗位	$G_9$					
技术管理类	大坝安全监测管理岗位	$G_{10}$	9~15	7~9	5~7	3~7	2~4
	机电和金属结构技术管理岗位	$G_{11}$					
	水库调度、信息和自动化管理岗位	$G_{12}$					
	计划与统计岗位	$G_{13}$					
	水土资源管理岗位	$G_{14}$					
财务与资产管理类	财务与资产管理负责岗位	$G_{15}$	5~7	3~5	2~3	2~3	
	财务与资产管理岗位	$G_{16}$					
	会计岗位	$G_{17}$					
	出纳岗位	$G_{18}$					
水政监察类	水政监察岗位	$G_{19}$	5~9	3~5	1~3	1~2	—
运行观测类	运行监测负责岗位	$G_{20}$	2~3	1~2	1~2	5~9	2~5
	闸门及启闭机运行岗位	$G_{21}$	3~5	2~3	3~9		
	电气设备运行岗位	$G_{22}$	3~5	2~3			
	通信设备运行岗位	$G_{23}$	3~5	1~3			
	抢险物资保管岗位	$G_{24}$	3~5	2~3	1~2		
	大坝安全监测岗位	$G_{25}$	3~5	5~9	2~5		
	水文预报、监测岗位	$G_{26}$	2~3				
	水质监测、化验岗位	$G_{27}$	2~3				
	生态监测岗位	$G_{28}$	3~4	2~3	1~2		
辅助类	F = q G, q 为辅助类岗位定员比例系数, 大中型水库取 0.10~0.15, 小型水库取 0.2~0.3。						

### 12.3 管理范围和保护范围

12.3.1 根据平原水库工程管理需要，结合自然地理条件和当地情况，在工程设计中划定工程管理范围和保护范围。

12.3.2 平原水库工程的管理范围应包括：工程区和生产、生活区。

- a) 工程区管理范围包括：围坝、泵站、进水闸及进库涵洞、出库涵洞（含泄水涵洞）、开关站、输变电、供水设施、水文站、监测设施、专用通讯及交通设施等各类建筑物周围和水库土地征地线以内的库区。并应符合以下规定：
  - 1) 大型平原水库：背水面从排渗沟外沿向外不少于 20 m；
  - 2) 中型平原水库：背水面从排渗沟外沿向外不少于 10 m；
  - 3) 小型平原水库：背水面从排渗沟外沿向外不少于 5 m；
  - 4) 其他建筑物（泵站、进出水涵洞、输水线路上的渡槽、倒虹吸管等）：根据工程规模，从工程外轮廓线向外不少于 10 m。
- b) 生产、生活区管理范围包括：办公室、调度室、值班室、仓库、车库、油库、机修厂、加工厂、值班宿舍及其他文化、福利设施，其占地面积按不少于 3 倍的房屋建筑面积计算。有条件设置渔场、林场、畜牧场的，按其规划确定占地面积。

12.3.3 平原水库工程管理范围即为征地范围，并应办理土地确权发证手续，待工程竣工时移交水库管理单位。

12.3.4 平原水库工程的保护范围，应符合以下规定：

- a) 水库围坝外侧管理范围以外 50 m；
- b) 泵站、进出水涵闸等建筑物管理范围以外 50 m；
- c) 截渗沟与地方河、渠、沟连接沟口上的交叉建筑物管理范围以外 20 m；
- d) 输水线路上的倒虹管、管道轴线两侧各 20 m~30 m。

12.3.5 平原水库工程的管理范围和保护范围应设立界桩。

保护范围内的土地不征用，应根据工程管理要求和有关法规制定保护范围管理办法。

### 12.4 监测设施

12.4.1 平原水库工程应设置必要的监测设施。平原水库监测项目主要包括水位、变形、坝体浸润线、坝体和坝基渗流监测、水库周围地下水动态监测和水质监测等。变形、坝体浸润线、坝体和坝基渗流监测可按照 500 m~1 000 m 距离设置一个断面。地形、地质条件有明显变化以及输泄水的坝段应设置监测断面或者加密监测断面。

12.4.2 泵站、水闸、管道等工程的监测按照相应规范设置。其他小型建筑物经论证可以不设监测设施。

12.4.3 库外周边地下水位监测。

在水库截渗沟外周边区应设立地下水位监测设施，可按围坝走向间隔 1 000 m~2 000 m 距离设置一个断面，且与水库坝体浸润线、坝基渗流等监测断面相结合，地形地质条件有明显变化的地段和重点区域（如良田、村镇、重要厂矿企业等）应设有代表性的监测断面。每个断面至少应有三个监测孔，观测孔距截渗沟边的距离可取 100 m、300 m、800 m 等。

监测孔一般需专门设置，但断面附近若有水井或水文地质钻孔可资利用时，也可借用。

库外周边地下水位监测除主要监测水库截渗沟外围地区的地下水位外，同时应进行地面现象的观察和情况调查。

12.4.4 平原水库宜根据工程需要，增设降水、库区渗漏、水面蒸发、入库水量及出库水量等监测项目。

12.4.5 工程监测、地下水位、降雨、库区渗漏、水面蒸发、入库水量及出库水量的监测资料，应及时整编，分析、存档。

## 12.5 工程管理信息化

12.5.1 大中型平原应建立工程管理信息化平台，根据工程管理需要，平台下设基础信息管理、工程检查、视频监控、水文自动测报、调度运用、供水计量、水质监测、工程监测、维修养护、档案管理等子模块。各子模块宜为支持平台进行整合。

12.5.2 信息化平台宜能提供视频图像、水利地图、数据采集分析等业务支撑服务，实现对数据、文字、声音、图像等信息进行采集、储存、处理、传送和输出等功能。

12.5.3 各子模块的设计应考虑区域内通信方式、数据库表结构与标识符的统一，满足与各子模块之间的数据共享。

## 12.6 交通与通信设施

12.6.1 平原水库内、外交通及附属设施规划设计。在工程管理范围内的主要道路及连接各建筑物的道路为永久路面。对外道路要与正式公路相接，大型及重要中型平原水库道路标准应为三级；其它中小型平原水库道路标准应为四级。

在道路适当地点应设置回车场，并设置路标和里程碑。

坝顶道路路面可选用砂石、沥青碎石或沥青混凝土路面，其构造应满足工程修防和内外交通等要求。大型和重要的中型平原水库宜采用沥青路面。

12.6.2 平原水库工程管理的交通设施应符合下列要求：

- a) 充分利用现有的坝顶作交通道路；
- b) 交通运输能力能满足正常管理、事故抢险的物资运输和人员交通的需要；
- c) 能满足各管理区、段与生产管理、生活区之间的正常联系；
- d) 对内交通与对外交通衔接合理。

12.6.3 上坝道路应将平原水库日常运行管理道路与事故抢险道路相结合，应根据实际需要确定，一般不少于两条。上坝道路应与公路干道相连接，并应与围坝附近的乡镇或人口集中的居民点连通。

12.6.4 上坝道路的宽度、路基、路面和建筑物的技术标准，应参照有关公路设计、施工规范规定进行设计、施工，应满足事故抢险主要车型和运输强度的运行要求，并保证全天候通车。

12.6.5 大型及重要中型平原水库坝顶道路宽度应满足双车道行车要求，中小型水库应满足修防车辆行驶的最小宽度。当坝顶宽度小于6m时，应按一定距离设置错车段。

12.6.6 坝顶道路作为交通道路时，应参照现行有关公路设计、施工规范规定进行设计、施工，并应设置安全、维修、养护及管理设施以及限载、限速等标志。

12.6.7 平原水库应结合自身工程特点，设置利于坝后巡查的通道，便于管理人员对坝后日常巡查监测。

12.6.8 平原水库内、外通信，应采用两种及以上可靠的设施。对外要建立与主管部门抢险指挥部门以及水库附近有关部门的有线、无线通信联络。

12.6.9 平原水库工程的通信设施应满足工程管理单位与主管部门、上级抢险指挥部门、各管理区等之间信息传输的要求，并应保证通信的迅速、准确、可靠。

12.6.10 平原水库管理单位配备的交通工具数量，应参照SL 106的规定执行。

## 12.7 工程运用管理

12.7.1 应依据平原水库工程的主要任务和工程建筑物的运用条件，在投入使用验收时，编制平原水库调度规程，明确水库调度的原则，制定各主要建筑物和附属设施的运用技术要点。

平原水库无防汛任务，但有防汛要求。应根据自身特点，明确汛期调度运用方案。

12.7.2 应制定平原水库枢纽工程的维修养护和工程监测技术规定。其中工程监测应按施工期和运行期分别做技术规定。

12.7.3 对饮用水水源地的水库，应制定水源保护措施和水质监测技术规定。

12.7.4 应提出工程运行期间所需的年运行管理费用标准及来源。

12.7.5 应按相关规定，明确管理范围的管理要求和保护范围的限制要求。

## 12.8 应急抢险与安全管理设施

12.8.1 根据平原水库工程特点，配备必要的工程维修设备和应急抢险设施，包括：备用电源、照明设备以及工程维修养护设施和必要的抢险设备、储备物资、仓库、料场等。

12.8.2 库址位于蓄、滞洪区和仍有行洪或排涝要求的旧河道的平原水库，根据工程设计要求，按水情预报提前泄水腾出库容，以减少因修建水库占用蓄滞洪区、旧河道对其运用的影响。

12.8.3 平原水库工程的重要坝段及主要建筑物按维修管理及事故抢险需要，在围坝的背水侧设堆料平台，储备一定的土料、砂石料等。

12.8.4 安全管理设施应按以下规定设施：

- a) 工程管理和保护范围内应设置界桩、安全警示牌及标示牌，并根据需要设置安全警戒标志。
- b) 水库重要部位应配备封闭围栏、视频监控、安保报警等安全管理设施。有供水任务的水库可对水库工程区管理范围实行封闭管理，应配备监控、警示标识等水源保护设施。

## 12.9 水库管理用房标准及用水用电要求

12.9.1 水库管理单位办公、生产、生活设施等用房设计应符合当地城市永久性建筑标准。

12.9.2 办公用房可包括办公室、会议室等。办公用房应根据定编人数，按人均建筑面积不大于 15 m<sup>2</sup> 确定。定编人数较少的管理单位，可适当增加建筑面积。

12.9.3 生产、生活用房可包括仓库、资料档案室、调度室、值班室、车库、食堂、值班宿舍等。仓库、资料档案室、调度室建筑面积应根据水库调度任务及其他管理要求确定，其他用房总面积按定编人数人均不大于 35 m<sup>2</sup> 确定。定编人数较少的管理单位，可适当增加建筑面积。

12.9.4 根据水库管理单位生产、生活用水、水电需要，应进行供水、排水、供电、照明设施的设计，相关要求按 SL 106 的规定设置。

## 12.10 施工期工程管理

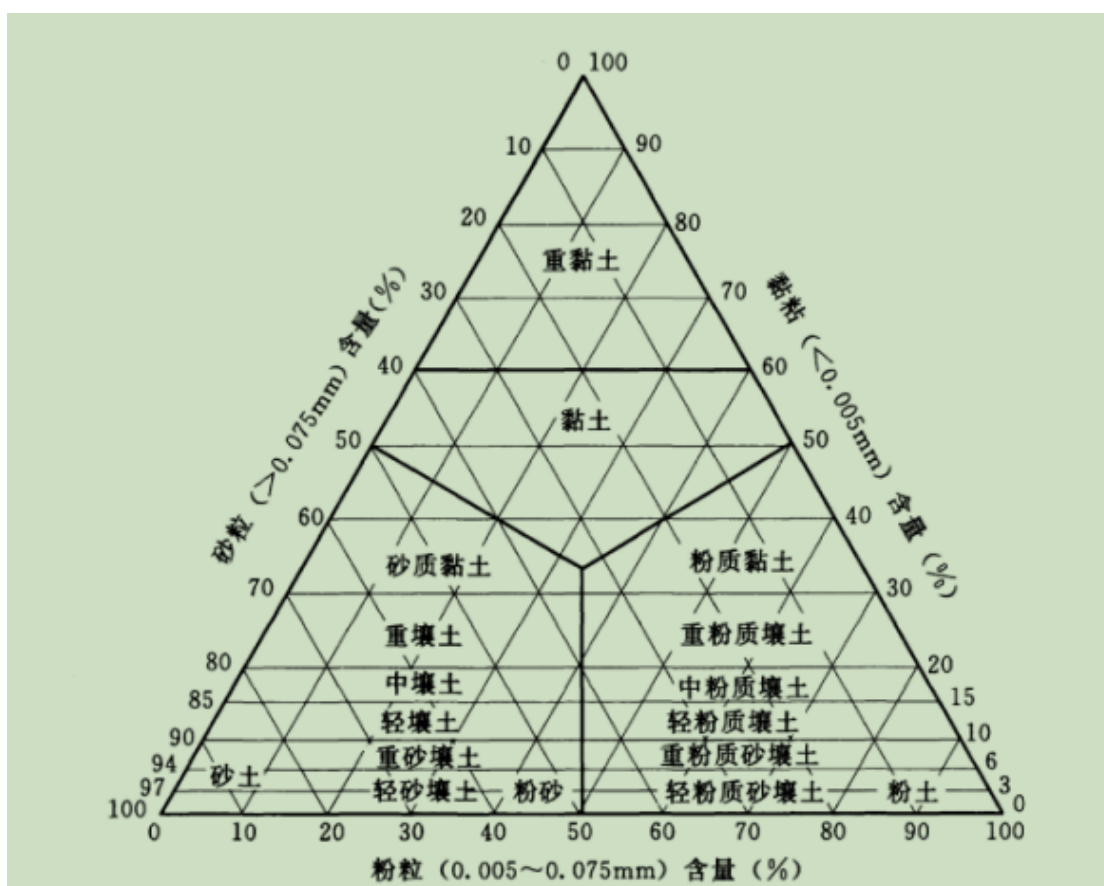
12.10.1 施工期间，依据水库管理单位机构和定员人数以及施工期间实际需要，确定管理人员的配备。提前进场人员按定编人数的比例为：大型水库 10%~11%，中型水库 12%，并根据施工进度和交付使用的工程数量，逐步增加管理人员。竣工时，生产职工培训人员应不少于定员人数的 30%，管理人员应达到额定的人数。其管理经费，按现行有关规定执行。

12.10.2 水库管理单位要参与工程质量检查、监督，并按照工程基本建设验收规程参加工程验收。

附录 A  
(资料性)  
土的工程分类

A.1 土的工程分类宜执行 GB/T 50123—2019 中附录 C。按土的不同粒组的相对含量划分为：巨粒类土、粗粒类土和细粒类土，粗粒土进一步划分为砾类土、砂类土。

A.2 细粒土一般划分为粉土、砂壤土、壤土、黏土等几大类，进一步细划宜按图 A.1。若细粒土中含有不超过 10% 的砾（砂）粒时，可在细粒土名前加“含少量砾（砂）的”字样；若细粒土中含有超过 10% 但小于 50% 的砾（砂）粒时，可在细粒土名前加“砾（砂）质的”字样。



图A.1 土的三角坐标分类

A.3 砾（砂）类土中含有细粒土时，其定名可按 GB/T 50123—2019 中附录 C。若砾（砂）类土中含有小于 5% 的黏（粉）土时，细粒土不参加定名；若砾（砂）类土中含有不低于 5% 但小于 15% 的黏（粉）土时，可定名为含细粒土砾（砂）粒；若砾（砂）类土中含有不低于 15% 但小于 50% 的黏（粉）土时，可定名为黏（粉）土质砾（砂）。

附 录 B  
(资料性)  
浸没评价

平原水库浸没评价应根据水库周边当地浸没临界值与潜水回水位埋深之间的关系确定,当预测的潜水回水位埋深值小于浸没的临界地下水位埋深时,即判定该区域为浸没区;潜水回水位埋深超过地面时,即判该范围为淹没区。

浸没的临界地下水位埋深,应根据地区具体水文地质条件及当地经验确定。也可按B.1式计算求得:

$$H_{cr} = H_k + \Delta H \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

$H_{cr}$  ——浸没的临界地下水位埋深, m;

$H_k$  ——地下水位以上,土壤毛管水上升带的高度, m;

$\Delta H$  ——安全超高值, m。对农业区,该值即根系层的厚度;城镇和居民区,该值取决于建筑物荷载、基础型式和砌置深度。

土壤毛管水上升带高度可根据下列方法确定:

- a) 探坑(井)现场观察;
- b) 根据农作物生长期的土壤适宜含水量和野外实测的地下水位以上土壤含水量,在盐碱化地区还要考虑土壤含盐量的情况随深度变化曲线选取;
- c) 城镇和居民区可通过对地下水位以上土的含水量变化曲线与水库蓄水前持力层和天然含水量的对比确定。

下列条件之一可作为次生盐渍化沼泽化的判定标志:

- a) 在气温较高地区,当潜水位被壅高至地表,排水条件又不畅时,可判为涝渍、湿地浸没区;对气温较低地区,可判为沼泽地浸没区;
- b) 在干旱、半干旱地区,当潜水位被壅高至土壤盐渍化临界深度时,可判为次生盐渍化浸没区。

潜水回水预测,按可能浸没区的地形、地貌、地质和水文地质条件,在水库周边辐射状选出若干个垂直于水库围坝的计算剖面,计算并绘制水库蓄至正常蓄水位后可能浸没区的潜水回水等水位线预测图或潜水回水埋深分区预测图,结合实际调查确定的各该地区的地下水临界深度,圈出涝渍、次生盐渍化、沼泽化和城镇浸没区等的范围。

浸没范围预测可采用潜水非稳定流理论进行预测计算。如下假定:

- a) 含水层均质,各向同性,位于水平隔水层上。上部入渗量可忽略不计。潜水流可视为一维流;
- b) 库水位发生瞬时上升,坝后0点水位瞬时定为定值H。

上述假设后,地下水运动可采用boussinesq建立的基本方程变换后,如图B.1,采用B.2简化公式预测浸没范围:

$$S = H \cdot F(\lambda) \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

其中 $F(\lambda) = \left[ 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\lambda e^{-\beta^2} d\beta \right]$  为余误差函数,可由 $\lambda$ 查表B.1获得。

$$\lambda = \frac{x}{2\sqrt{at}} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

$$a = \frac{kh_m}{\mu} \quad \dots\dots\dots (B.4)$$



式中：

$S$ ——潜水位壅高值，m；

$x$ ——浸没范围值，m；

$H$ ——浸没范围0点潜水位瞬时高度变化值，m；

$t$ ——计算某一时刻，d；

$a$ ——导水系数， $m^2/d$ ；

$k$ ——含水层渗透系数，m/d；

$h_m$ ——含水层厚度平均值，m；

$\mu$ ——给水度，宜采用试验获得，也可参照表B.2提供的经验值。

$\lambda$ ——余误差函数 $F(\lambda)$ 的变量。

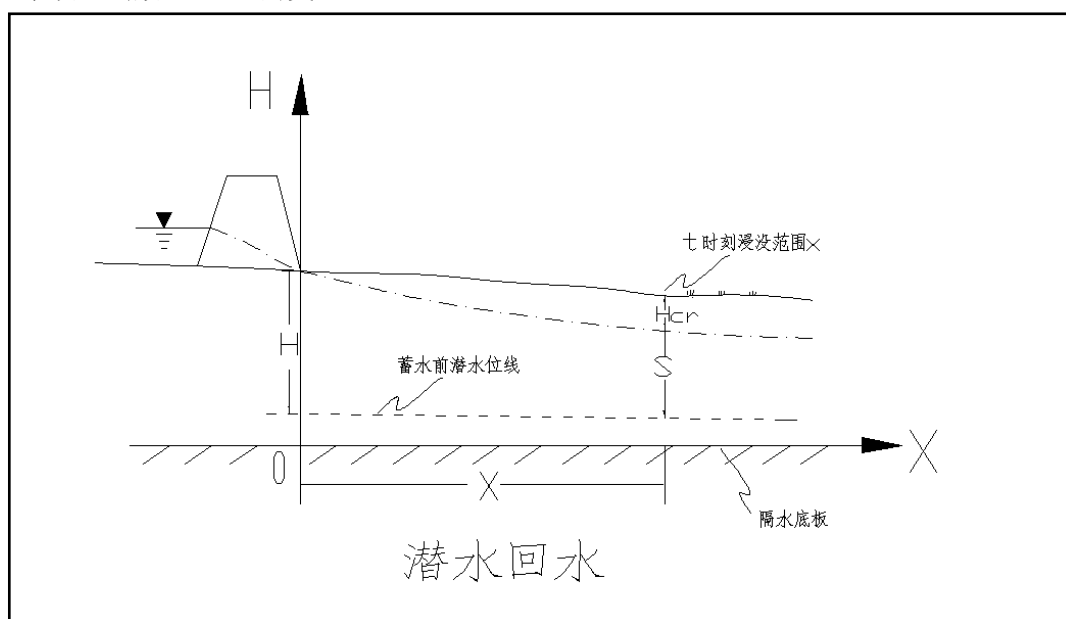


图 B.1 潜水回水线示意图

表 B.1 余误差函数  $F(\lambda)$  数值表

$\lambda$	$\lambda^2$	$F(\lambda)$	$\lambda$	$\lambda^2$	$F(\lambda)$
0.03162	0.0010	0.9643	0.5000	0.25	0.4795
0.0400	0.0016	0.9549	0.6325	0.40	0.3711
0.0500	0.0025	0.9436	0.7746	0.60	0.2733
0.06325	0.0040	0.9287	0.8944	0.80	0.2059
0.07746	0.0060	0.9128	1.000	1.00	0.1573
0.08944	0.0080	0.8991	1.140	1.30	0.1069
0.1000	0.010	0.8875	1.265	1.60	0.0736
0.1265	0.016	0.8580	1.378	1.90	0.0513
0.1581	0.025	0.8231	1.483	2.20	0.0359
0.2000	0.040	0.7731	1.581	2.50	0.0254
0.2449	0.060	0.7291	1.643	2.70	0.0202
0.2828	0.080	0.6892	1.732	3.00	0.0143
0.3162	0.10	0.6548	1.789	3.20	0.0114
0.4000	0.16	0.5716	2.000	4.00	0.0047

表 B.2 给水度  $\mu$  参考值表

岩性	给水度 $\mu$	岩性	给水度 $\mu$
卵砾石	0.30~0.35	粉砂	0.07~0.10
粗砂	0.25~0.30	粉土	0.05~0.07
中砂	0.20~0.25	砂壤土	0.03~0.06
细砂	0.15~0.20	壤土	0.02~0.05
极细砂	0.10~0.15	黏土	0.01~0.03

预测最终浸没范围时，有关参数宜按如下原则选取：

- a) 相对隔水底板埋深，根据工程勘察资料确定。当隔水底板埋藏很深时，宜按其对于地下水壅高值的影响程度，取有效深度；
- b) 土层的水文地质参数，宜通过野外试验测定。重点地段，宜布置地下水动态长期观测网，按地下水均衡理论公式求得；一般地段可采用经验值；
- c) 计算潜水位壅高值的起始的回水前的天然潜水位，宜取平水期地下水位，并应考虑丰水年的水位，对北方农业区，应取作物幼苗期多年平均水位；
- d) 预测最终浸没范围时，水库应取正常蓄水位。非经常满库运行的非稳定壅高预测，一般只考虑每年持续时间在两个月以上的库水位。

**附录 C**  
**(资料性)**  
**地质条件复杂程度划分**

C.1 工程地质勘察前应进行工程地质条件复杂程度划分。

C.2 渠道工程地质条件复杂程度参照 SL 629、GB 50487 划分，见表 C.1。

**表 C.1 渠道工程地质条件复杂程度划分**

复杂程度	划分因素
简单	1 平原地貌； 2 地震基本烈度 7 度或大于 7 度区，但对建筑物抗震有利地段或一般地段； 3 不良地质现象不发育地段； 4 地层岩性较单一，特殊岩土或粉细砂层较少分布； 5 非深挖方渠道和非高填方渠道； 6 地下水位低，无承压水分布，岩（土）体透水性弱，无大的渗漏或浸没问题
复杂	1 丘陵、山区地貌； 2 地震基本烈度 7 度或大于 7 度区，对建筑物抗震不利地段或危险地段； 3 不良地质现象发育地段； 4 地层岩性复杂多变，特殊岩土或粉细砂层或液化土大面积分布，渠道存在变形、稳定及地震液化问题； 5 深挖方渠道或高填方渠道； 6 地下水位高，有承压水分布，岩（土）体透水性中等及以上，可能存在大的渗漏或浸没问题。
注：划分可按“一项符合，就高划类”的原则执行。	

C.3 隧洞工程地质条件复杂程度参照 SL629、GB50487 划分，见表 C.2。

**表 C.2 隧洞工程地质条件复杂程度划分**

复杂程度	划分因素
简单	1 地震基本烈度 7 度或大于 7 度区，但对建筑物抗震有利地段或一般地段； 2 地形完整，不良地质现象不发育，环境地质条件较好； 3 地层岩性较单一，无工程地质性质不良岩体分布； 4 地质构造较简单、断裂构造不发育，地应力较低； 5 无有害气体、地温异常、围岩变形及岩爆问题； 6 水文地质条件简单，无富水层（带）分布，不存在大的涌水突泥问题； 7 进出口地质条件较好，边坡稳定。
复杂	1 地震基本烈度 7 度或大于 7 度区，对建筑物抗震不利地段或危险地段； 2 深埋的长隧洞、穿越地表水体的隧洞、城镇的地下隧洞； 3 地形不完整、不良地质现象发育、环境地质条件差； 4 地层岩性复杂，工程地质性质不良岩体大面积分布或洞段主要为新近系、第四系地层； 5 地质构造复杂，有大断裂或活动性断裂通过，高地应力；

表 C.2 隧洞工程地质条件复杂程度划分（续）

复杂程度	划分因素
复杂	6 存在有害气体，或地温异常，或中等以上岩爆； 7 水文地质条件复杂，岩溶发育，有强透水带或承压水分布。可能存在涌水、突泥问题； 8 进出口地质条件差，边坡不稳定。
注1：本表不适用于黄土隧洞 注2：划分可按“一项符合，就高划类”的原则执行。	

C.4 水闸与泵站等其他水工建筑物场地地质条件复杂程度参照 SL 704、GB 50487 划分。

场地条件主要组成因子及其复杂程度见表C.3。

综合表C.3各因子的复杂程度，工程场地地质条件复杂程度划分应符合表C.4的规定。复杂程度划分按照复杂、简单、较复杂的顺序依次判别。

表 C.3 水闸与泵站等其他水工建筑物场地地质条件复杂程度划分

主要组成因子		复杂程度		
因子分类	因子内容	复杂	较复杂	简单
2	地形地貌条件	丘陵—山区，地形较破碎，相对高差大于 150 m	平原—丘陵区，地形较完整，相对高差 50 m~150 m	平原地区，地形较完整，相对高差小于 50 m
2	设计地震动参数及液化土层	设计地震动峰值加速度 $\geq 0.10 g$ 且存在可液化土层		设计地震动峰值加速度 $< 0.10 g$ 或不存在可液化土层
1	不良地质作用发育情况	强烈发育	较发育	不发育
1	地层结构	岩土种类多，很不均匀，性质变化大	岩土种类较多，不均匀，性质变化较大	地层结构简单，岩土种类单一，均匀
1	有特殊性土或粉细砂分布情况	有特殊性土或粉细砂层分布，易导致地基严重沉陷、变形、滑动等，需做较复杂的工程处理	局部有特殊性土或粉细砂层分布，对建筑物稳定、变形有一定影响	无特殊性土或粉细砂层分布
2	地下水	水文地质条件复杂，有岩溶水活动，有严重影响工程施工和运行的承压含水层	基础位于地下水位以下；有承压含水层，但对工程影响小	地下水对工程基本无影响

表 C.4 工程场地地质条件复杂程度划分

复杂程度	划分依据
复杂场地	有一项或一项以上 1 类因子属于复杂的工程场地；两项或两项以上 2 类因子属于复杂的工程场地
较复杂场地	除复杂场地和简单场地以外的工程场地
简单场地	有四项或四项以上因子属于简单的工程场地

附 录 D  
(资料性)  
土质地基强度划分

D.1 松软地基包括松砂地基和软弱黏性土(软土)地基。坚实地基包括坚硬的黏性土地基和紧密的砂性土地基。介于松软地基和坚实地基之间者,为中等坚实地基。

D.2 松软地基和坚实地基可按下列规定的主要特性指标进行初步划分:

a) 松砂的特性指标见表 D.1;

表 D.1 松砂特性指标

松砂类别	相对密度 $D_r$ (%)	标准贯入锤击数 $N$ (击)
粉砂、细砂	$\leq 33$	$\leq 8$
中砂、粗砂	$\leq 33$	$\leq 10$

b) 软弱黏性土的特性指标:

- 1) 地基中的细粒土只要满足下列任一指标即为软弱黏性土:液性指数  $I_L \geq 0.75$ ; 无侧限抗压强度  $q_u \leq 50$  kPa; 标准贯入锤击数  $N \leq 4$  击; 灵敏度  $S_t \geq 4$ ;
- 2) 当液性指数  $I_L \geq 1.0$ ,  $1.0 \leq$  孔隙比  $e_0 < 1.5$  为淤泥质土;
- 3) 当液性指数  $I_L \geq 1.0$ , 孔隙比  $e_0 \geq 1.5$  为淤泥。

c) 坚硬黏性土的特性指标: 标准贯入击数大于15击;

d) 密实砂土的特性指标: 相对密度大于0.67, 标准贯入击数大于30击。

附录 E  
(规范性)  
波浪和护坡计算

### E.1 波浪计算

E.1.1 平原水库围坝的波浪计算，应根据各坝段所在位置及相应的波浪要素分区进行。

E.1.2 计算风浪的风速、风向、风区长度与水域深度的确定，应符合下列规定：

- a) 风速应采用水面以上 10 m 处 10 min 的平均风速。当仅能获得距水面其他高度的风速时，应按式 (E.1) 计算：

$$W_{10} = K_z W_z \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

$W_{10}$  ——水面以上 10 m 高处 10 min 的平均风速，m/s；

$Z$  ——距水面的高度，m；

$K_z$  ——风速修正系数；按表 E.1 查得；

$W_z$  ——距水面以上  $Z$  处 10 min 的平均风速。

表 E.1 风速修正系数

高度 $Z$ (m)	2	5	10	15	20
修正系数 $K_z$	1.25	1.10	1.00	0.96	0.90

- b) 风向宜按水域计算点处的主风向及左右  $45^\circ$  的方向角确定。其允许偏差为  $\pm 22.5^\circ$ ；
- c) 当计算风向两侧的水域较宽广，水域周界比较规则时，风区长度可采用由计算点逆风向到对岸的距离；当水域周界不规则、水域中有岛屿或隔堤时，风区长度应采用等效风区长度，按式 (E.2) 计算：

$$D_e = \frac{\sum_i D_i \cos^2 \alpha_i}{\sum_i \cos \alpha_i} \dots\dots\dots (E.2)$$

式中：

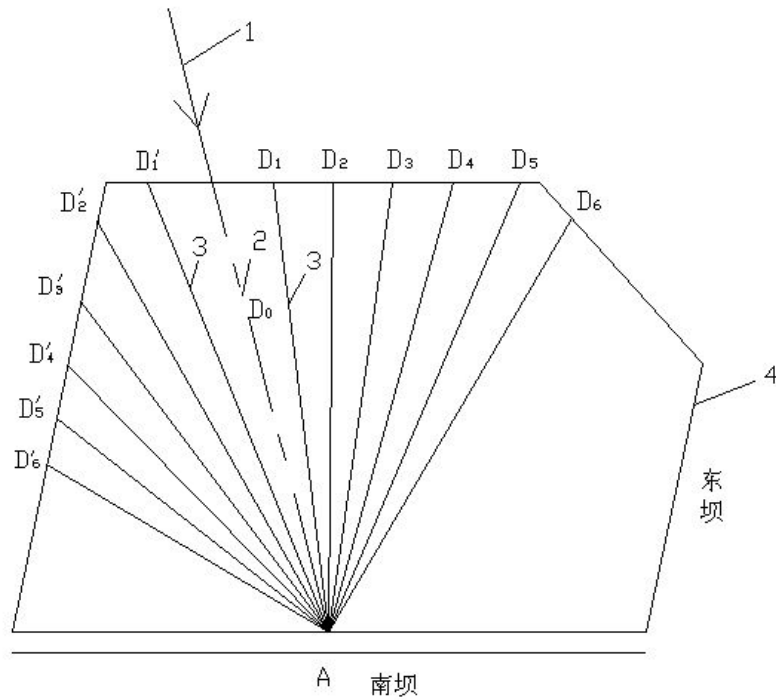
$D_e$  ——等效风区长度，m；

$D_i$  ——在主风向两侧各  $45^\circ$  范围内，每隔  $\Delta\alpha$  角由计算点引到对岸水域边界的距离， $i$  取 0、 $\pm 1$ 、 $\pm 2$ 、 $\pm 3$ 、 $\pm 4$ 、 $\pm 5$ 、 $\pm 6$ ，m；

$\alpha_i$  ——第  $i$  条射线与主风向上射线  $D_0$  之间的夹角，等于  $i \times 7.5^\circ$ 。

d) 当沿风向有局部缩窄且缩窄处的宽度  $B$  小于 12 倍的计算波长时，风区长度可采用  $5B$ ，同时不小于自计算点到缩窄处的长度；

e) 风区内水域平均深度  $H_0$  宜沿风向作出地形剖面图求得，计算水位应与相应设计状况下的静水位一致。



标引序号说明：  
 1——主风向；  
 2——主射线；  
 3——射线；  
 4——水域边界。

图 E.1 等效风区长度计算示意图

E.1.3 平原水库波浪的平均波高和平均波周期宜采用莆田试验站公式 (E.3) 和 (E.4) 计算：

$$\frac{gh_m}{W^2} = 0.13th \left[ 0.7 \left( \frac{gH_m}{W^2} \right)^{0.7} \right] th \left\{ \frac{0.0018 \left( \frac{gD}{W^2} \right)^{0.45}}{0.13th \left[ 0.7 \left( \frac{gH_m}{W^2} \right)^{0.7} \right]} \right\} \dots\dots\dots (E.3)$$

$$T_m = 4.438h_m^{0.5} \dots\dots\dots (E.4)$$

式中：

- $h_m$  ——平均波高，m；
- $T_m$  ——平均波周期，s；
- $W$  ——计算风速，m/s；
- $D$  ——风区长度，m；
- $H_m$  ——水域平均水深，m；
- $g$  ——重力加速度，取9.81 m/s<sup>2</sup>。

平均波长可按式 (E.5) 计算：

$$L_m = \frac{g T_m^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi H}{L_m}\right) \dots\dots\dots (E. 5)$$

对于深水波，即当 $H \geq 0.5L_m$ 时，式（E.6）可简化为：

$$L_m = \frac{g T_m^2}{2\pi} \dots\dots\dots (E. 6)$$

式中：

$L_m$ ——平均波长，m；

$H$ ——坝迎水面前水深，m。

E. 1.4 不同累积频率 $P$ （%）下的波高 $h_p$ 可由平均波高与平均水深的比值（ $h_m/H_m$ ）和相应得到累积频率按表E.2中规定的系数计算求得。

表 E. 2 不同累积频率下的波高与平均波高的比值（ $h_p/h_m$ ）

$h_m/H_m$	$P$ （%）										
	0.01	0.1	1	2	4	5	10	14	20	50	90
<0.1	3.42	2.97	2.42	2.23	2.02	1.95	1.71	1.60	1.43	0.94	0.37
0.1~0.2	3.25	2.82	2.30	2.13	1.93	1.87	1.64	1.54	1.38	0.95	0.43

E. 1.5 有效波高 $h_s$ 可取累积频率为14 %的波高 $h_{14\%}$ 。

E. 1.6 风壅水面高度可按式（E.7）计算：

$$e = \frac{KW^2D}{2gH_m} \cos \beta \dots\dots\dots (E. 7)$$

式中：

$e$ ——计算点处的风壅水面高度，m；

$D$ ——风区长度，m；

$K$ ——综合摩阻系数，取 $3.6 \times 10^{-6}$ ；

$\beta$ ——计算风向与坝轴线法线的夹角，（°）。

E. 1.7 设计波浪爬高值应根据工程等级确定，1级坝、2级坝采用累积频率为1 %的爬高值 $R_{1\%}$ ，3级坝采用累积频率为2 %的爬高值 $R_{2\%}$ ，4级坝、5级坝采用累积频率为5 %的爬高值 $R_{5\%}$ 。

E. 1.8 正向来波在 $m=1.5 \sim 5.0$ 的单坡上的平均波浪爬高可按式（E.8）计算：

$$R_m = \frac{K_\Delta K_w}{\sqrt{1+m^2}} \sqrt{h_m L_m} \dots\dots\dots (E. 8)$$

式中：

$R_m$ ——平均波浪爬高，m；

$m$ ——单坡的坡度系数，若坡角为 $\alpha$ ，即等于 $\cot \alpha$ ；

$K_\Delta$ ——斜坡的糙率渗透系数，根据护面类型由表E.3查得；

$K_w$ ——经验系数，按表E.4查得。



表 E.3 糙率渗透系数  $K_{\Delta}$ 

护面类型	$K_{\Delta}$
光滑不透水护面（沥青混凝土）	1.00
混凝土或混凝土板	0.90
草皮	0.85~0.90
砌石	0.75~0.80
抛填两层块石（不透水基础）	0.60~0.65
抛填两层块石（透水基础）	0.50~0.55

表 E.4 经验系数  $K_w$ 

$W/\sqrt{gH}$	$\leq 1$	1.5	2	2.5	3	3.5	4	$\geq 5$
$K_w$	1.00	1.02	1.08	1.16	1.22	1.25	1.28	1.30

E.1.9 不同累积频率下的波浪爬高  $R_p$  可由平均波高与迎水面坝前水深的比值 ( $h_m/H$ ) 和相应得累积频率  $P$  (%) 按表 E.5 规定的系数计算求得。

表 E.5 不同累积频率下的爬高与平均爬高比值 ( $R_p/R_m$ )

$h_m/H$	P (%)									
	0.1	1	2	4	5	10	14	20	30	50
$< 0.1$	2.66	2.23	2.07	1.90	1.84	1.64	1.53	1.39	1.22	0.96
$0.1 \sim 0.3$	2.44	2.08	1.94	1.80	1.75	1.57	1.48	1.36	1.21	0.97
$> 0.3$	2.13	1.86	1.76	1.65	1.61	1.48	1.39	1.31	1.19	0.99

E.1.10 正向来波在带马道的复坡上的平均波浪爬高按下列规定计算：

- 马道上、下坡度一致，且马道位于静水位上、下  $0.5h_{1\%}$  范围内，其宽度为  $(0.5 \sim 2.0)h_{1\%}$  时，波浪爬高可按单一坝坡计算值的  $(0.9 \sim 0.8)$  倍采用；而当马道位于静水位上、下  $0.5h_{1\%}$  以外，宽度小于  $(0.5 \sim 2.0)h_{1\%}$  时，可不考虑其影响；
- 马道上、下坡度不一致，且位于静水位上、下  $0.5h_{1\%}$  范围内时，可先按式 (E.9) 计算出该坝坡的折算单坡坡度系数，再根据 E.1.8 按单坡计算。

$$\frac{1}{m_e} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{m_{\uparrow}} + \frac{1}{m_{\downarrow}} \right) \dots\dots\dots (E.9)$$

式中：

- $m_e$  —— 折算单坡坡度系数；
- $m_{\uparrow}$  —— 马道以上坡度系数， $m_{\uparrow} \geq 1.5$ ；
- $m_{\downarrow}$  —— 马道以下坡度系数， $m_{\downarrow} \geq 1.5$ 。

E.1.11 当来波的波向线与坝轴线的法向成  $\beta$  夹角时，波浪爬高等于按正向来波计算爬高值乘以折减系数  $K_{\beta}$ ， $K_{\beta}$  应按表 E.6 确定。

表 E.6 斜向来波折减系数

$\beta$ (°)	0	10	20	30	40	50	60
$K_\beta$	1.00	0.98	0.96	0.92	0.87	0.82	0.76

E.1.12 作用在坡度系数为1.5~5.0的坝坡护面板上的波浪压力如图E.2所示。可按式 (E.10) ~ (E.11) 计算:

a) 最大压力强度;

$$P_z = K_P K_1 K_2 K_3 \gamma_w h_s \dots\dots\dots (E.10)$$

$$K_1 = 0.85 + 4.8 \frac{h_s}{L_m} + m(0.028 - 1.15 \frac{h_s}{L_m}) \dots\dots\dots (E.11)$$

式中:

$P_z$  ——最大压力强度,  $\text{kN/m}^2$ ;

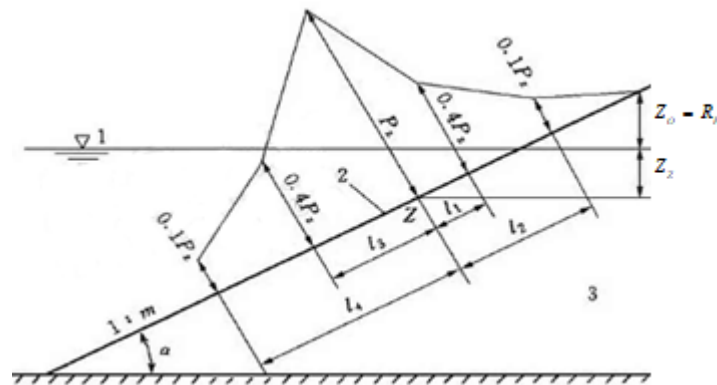
$K_P$  ——频率换算系数, 取1.35;

$K_2$  ——系数, 按表E.7确定;

$K_3$  ——作用在点Z的浪压力相对强度系数, 按表E.8确定;

$\gamma_w$  ——水的容重,  $\text{kN/m}^3$ ;

$h_s$  ——有效波高, m。



标引序号说明:

1——上游水位;

2——护坡面板;

3——坝体。

图 E.2 坝坡护面板上的波浪压力

表 E.7 系数  $K_2$

$L_m/h_s$	10	15	20	25	35
$K_2$	1.00	1.15	1.30	1.35	1.48

表 E.8 浪压力相对强度系数  $K_3$

$h_s$ (m)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	$\geq 4$
$K_3$	3.7	2.8	2.3	2.1	1.9	1.8	1.75	1.7

b) 最大压力强度作用点距水面的距离  $Z_z$ ;

$$Z_z = A + \frac{1}{m^2}(1 - \sqrt{2m^2 + 1})(A + B) \dots\dots\dots (E. 12)$$

$$A = h_z(0.47 + 0.023 \frac{L_m}{h_z}) \frac{1 + m^2}{m^2} \dots\dots\dots (E. 13)$$

$$B = h_z \left[ 0.95 - (0.84m - 0.25) \frac{h_z}{L_m} \right] \dots\dots\dots (E. 14)$$

式中:

当计算  $Z_z < 0$  时, 取  $Z_z = 0$ 。

c) 斜面上各计算点到  $Z$  的距离;

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= 0.0125S \\ l_2 &= 0.0325S \\ l_3 &= 0.0265S \\ l_4 &= 0.0675S \\ S &= \frac{mL_m}{\sqrt[4]{m^2 - 1}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (E. 15)$$

d) 波浪作用区域的上限  $Z_0$  等于设计累计频率下的波浪爬高  $R_p$ 。

## E. 2 护坡计算

E. 2. 1 平原水库围坝各坝段的护坡计算, 应根据其所在位置及相应的波浪要素分区进行。

E. 2. 2 砌石护坡在最大局部波浪压力作用下所需的换算球形直径和质量、平均粒径、平均质量和厚度可按式 (E. 16) ~ (E. 19) 确定:

$$D = 0.85 D_{50} = 1.018 K_t \frac{\rho_w}{\rho_K - \rho_w} \cdot \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m(m + 2)} h_p \dots\dots\dots (E. 16)$$

$$Q = 0.85 Q_{50} = 0.525 \rho_K D^3 \dots\dots\dots (E. 17)$$

当  $L_m/h_p \leq 15$  时:

$$t = \frac{1.67}{K_t} D \dots\dots\dots (E. 18)$$

当  $L_m/h_p > 15$  时:

$$t = \frac{1.82}{K_t} D \dots\dots\dots (E. 19)$$

式中:

$D$  —— 石块的换算球形直径, m;

- $Q$  ——石块的质量, t;  
 $D_{50}$  ——石块的平均粒径, m;  
 $Q_{50}$  ——石块的平均质量, t;  
 $T$  ——护坡厚度, m;  
 $K_t$  ——随坡率变化的系数, 按表E.9查得;  
 $\rho_K$  ——块石密度, t/m<sup>3</sup>;  
 $\rho_W$  ——水的密度, t/m<sup>3</sup>;  
 $h_P$  ——累积频率为5%的波高, m, 重要工程累积频率可适当提高。

表 E.9 系数  $K_t$ 

$m$	2.0	2.5	3.0	3.5	5.0
$K_t$	1.2	1.3	1.4	1.4	1.2

E.2.3 采用经过整理的堆石(抛石)护坡的石块质量和厚度可按式(E.20)~(E.23)计算:

$$Q_{50} = \frac{\rho_K h_s^3}{k(G-1)^3 m} \dots\dots\dots (E.20)$$

$$Q_{\max} = (3 \sim 4) Q_{50} \dots\dots\dots (E.21)$$

$$Q_{\min} = \left( \frac{1}{4} \sim \frac{1}{5} \right) Q_{50} \dots\dots\dots (E.22)$$

$$t = 1.10 \left( \frac{Q_{\max}}{\rho_K} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (E.23)$$

式中:

- $Q_{\max}$ 、 $Q_{\min}$  ——石块的最大、最小质量, t;  
 $h_s$  ——有效波高, m;  
 $k$  ——系数, 取4.37;  
 $G$  ——石块比重。

E.2.4 具有明缝的混凝土或钢筋混凝土板护坡, 当坝坡坡度系数 $m=2\sim 5$ 时, 板在浮力作用下稳定的面板厚度可按式(E.24)计算:

$$t = 0.07 \eta h_P \sqrt[3]{\frac{L_m}{b} \frac{\rho_W}{\rho_C - \rho_W} \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m}} \dots\dots\dots (E.24)$$

式中:

- $\eta$  ——系数, 对整体式大块护坡面板取1.0, 对装配式护坡面板取1.1;  
 $h_P$  ——累积频率为1%的波高, m;  
 $b$  ——沿坝坡向板长, m;  
 $\rho_C$  ——板的密度, t/m<sup>3</sup>。

E.2.5 异形预制混凝土块(或板)或其他型式的护坡, 其厚度和结构尺寸可根据水工模型试验或类似工程的实践经验并经论证确定。

### E.3 计算及试验资料

表E. 10和表E. 11所列为山东某平原水库波浪计算、坝顶高程计算和波浪爬高试验成果值, 计算表明, 围坝各段的波浪爬高计算值最大相差0. 63 m, 坝顶高程的计算值最大相差达0. 74 m。同时, 护坡构造型式对波浪爬高也有显著影响, 试验表明, 表面有埂的混凝土护坡其波浪爬高比光滑无埂的要小0. 5 m~0. 7 m。

由此可见, 分区计算确定波浪和坝顶高程, 合理选择护坡型式和构造对于围坝安全、减少工程数量和降低工程造价都是必要的。

表 E. 10 平原水库围坝波浪及坝顶高程计算成果汇总

序号	项 目	围 坝 坝 段			
		东	南	西	北
1	实测统计主风向	WNW	NNW	NE	SSW
2	实测多年平均最大风速 (m/s)	15. 83	16. 17	14. 61	12. 71
3	修正后的水面风速 (m/s)	18. 00	18. 40	17. 00	15. 20
4	设计风速 (m/s)	27. 00	27. 60	25. 50	22. 80
5	风区长度 $D$ (m)	3350	5060	3120	5350
6	水域平均水深 $H_m$ (m)	4. 10	4. 00	4. 00	4. 00
7	平均波高 $\bar{h}_m$ (m)	0. 679	0. 686	0. 560	0. 588
8	设计波高 $R_p$ (m)	1. 271	1. 283	1. 047	1. 100
9	平均波周期 $T$ (s)	3. 297	3. 313	2. 994	3. 067
10	计算风向与坝轴线法线的夹角 ( $\beta^\circ$ )	22. 5	22. 5	45	22. 5
11	波浪平均爬高 $\bar{R}_m$ (m)	1. 193	1. 206	0. 997	1. 025
12	波浪爬高 $R_p$ (m)	2. 357	2. 384	1. 753	2. 025
13	风壅水面高度 $e$ (m)	0. 163	0. 163	0. 066	0. 118
14	坝顶超高 $y$ (m)	3. 200	3. 247	2. 519	2. 843
15	水库设计水位 (m)	5. 000	5. 000	5. 000	5. 000
16	计算坝顶高程 (m)	8. 200	8. 247	7. 510	7. 843
注1: 此水库设计总库容5 000万 $m^3$ , 平面形状为长方形, 南北长5. 3 km, 东西宽2. 2 km, 围坝总长15. 59 km, 坝高5. 7 m, 蓄水深度4. 1 m;					
注2: 围坝迎水面坡度1:3, 预制混凝土板护坡, 南坝、东坝的板厚18 cm, 北坝、西坝的板厚14 cm。					

表 E. 11 预制混凝土板块波浪爬高及坝顶高程 (m)

序号	混凝土 板块型式	波浪爬高 试验值	风壅 水面高	安全 超高	坝顶 超高	坝顶 高程
1	光面无埂	1. 8	0. 1	0. 7	2. 6	7. 6
2	有 埂	1. 1	0. 1	0. 7	1. 9	6. 1
3	隔排错位有埂	1. 3	0. 1	0. 7	2. 1	7. 1
4	间隔一排有埂	1. 3	0. 1	0. 7	2. 1	7. 1
注1: 该试验在室内波浪水槽中进行;						
注2: 预制混凝土护坡板平面尺寸50 cm×50 cm, 板上有透水孔有埂板, 埂位于板的中部, 埂高10 cm, 顶宽15 cm, 长50 cm。						

## 附录 F (规范性)

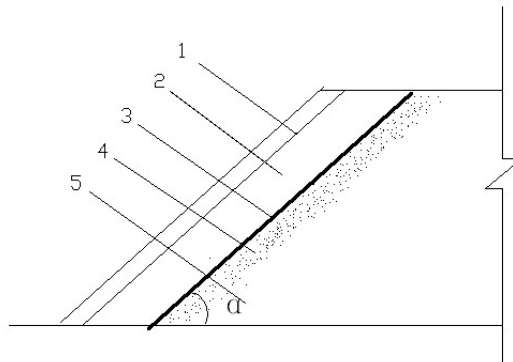
### 土工膜防渗体的稳定分析及膜后排渗能力

#### F.1 土工膜防渗体的稳定分析

F.1.1 当水库水位骤降时，应校核防护层（连同上垫层）与土工膜之间的抗滑稳定性，计算方法采用极限平衡法。

F.1.2 当土工膜上防护层不透水时，采用容重变化法计及层内孔隙水压力影响。即骤降前水位以上土料及护坡采用湿容重；计算滑动力时，骤降前水位与骤降后水位之间用饱和容重；骤降后水位以下用浮容重；计算抗滑力时，骤降前水位以下一律用浮容重。土的抗剪强度采用有效应力指标  $c'$  和  $\varphi'$ 。

F.1.3 等厚度防护层的抗滑稳定安全系数（图F.1）：



标引序号说明：

- 1——防护层；
- 2——上垫层；
- 3——土工膜；
- 4——下垫层；
- 5——堤坝体。

图 F.1 等厚防护层

a) 透水性良好，安全系数  $F_s$  按式 (F.1) 计算：

$$F_s = \frac{\text{tg}\delta}{\text{tg}\alpha} \dots\dots\dots (F.1)$$

式中：

$\delta$  ——上垫层土料与土工膜之间的摩擦角，(°)；

$\alpha$  ——土工膜铺设坡角，(°)。

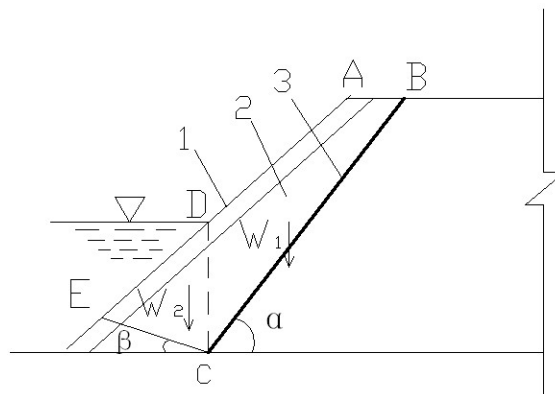
b) 透水性不良，安全系数  $F_s$  应按式 (F.2) 计算：

$$F_s = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \cdot \frac{\text{tg}\delta}{\text{tg}\alpha} \dots\dots\dots (F.2)$$

式中：

$\gamma$ 、 $\gamma_{sat}$  ——防护层（包括上垫层）的浮容重和饱和容重， $\text{kN/m}^3$ 。

F.1.4 不等厚保护层的抗滑稳定安全系数（图F.2）：



标引序号说明:

- 1——防护层;  
2——上垫层;  
3——土工膜。

图 F.2 不等厚防护层

a) 透水性良好, 安全系数  $F_s$  按式 (F.3) 计算:

$$F_s = \frac{W_1 \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + W_2 \operatorname{tg}(\beta + \varphi_2) + c_1 l_1 \cos \alpha + c_2 l_2 \cos \alpha}{W_1 \sin \alpha \cdot \cos \alpha} \dots\dots\dots (\text{F. 3})$$

式中:

- $W_1$ 、 $W_2$  ——主动楔 ABCD 和被动楔 CDE 的单宽重量, kN/m;  
 $c_1$ 、 $\varphi_1$  ——沿 BC 面防护层 (上垫层) 土料与土工膜之间的黏着力 (kN/m<sup>2</sup>) 和摩擦角 (°);  
 $c_2$ 、 $\varphi_2$  ——防护层土料的黏聚力 (kN/m<sup>2</sup>) 和内摩擦角 (°);  
 $\alpha$ 、 $\beta$  ——坡角, (°);  
 $l_1$ 、 $l_2$  ——BC 和 CE 的长度, m。

防护层如为透水性材料,  $c_1 = c_2 = 0$ 。

b) 透水性不良时, 按式 (F.3), 依据前述容重变化法计算, 分子上的  $W$  应按单宽浮容重, 分母上的  $W$  应按单宽饱和容重计算。

骤降后水位至图 F.2 中的 D 点时, 属于最危险情况。

滑动面 CE 或  $\beta$  角要通过计算, 选取  $p_3$  为最小的危险面, 当考虑到黏聚力  $c_2 l_2$  与  $\beta$  的变化关系不大时, 可按式 (F.4) 计算

$$\operatorname{tg} \beta = -f_2 \pm \sqrt{f_2^2 + \left(1 - \frac{1 + f_2^2}{mf_2}\right)} \dots\dots\dots (\text{F. 4})$$

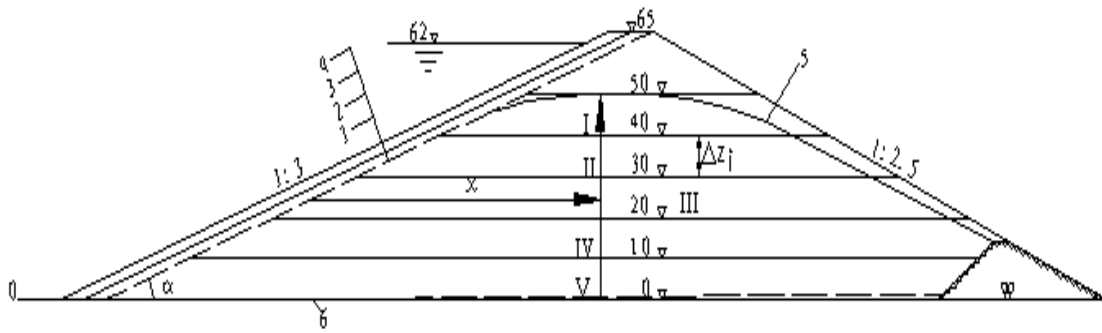
式中:

- $f_2$  —— $\operatorname{tg} \varphi_2$ ;  
 $m$  ——滑动面 BC 的边坡系数。

按上式计算得出的  $\operatorname{tg} \beta_2$  一般取正值。

## F.2 膜后土工织物排渗能力核算

F.2.1 计算时应从坝断面浸润线最高点自上而下将断面分为若干层计算图见图 F.3。



标引序号说明：

- 1——土工织物；
- 2——土工膜；
- 3——防护层（上垫层）；
- 4——护坡；
- 5——浸润线；
- 6——排水管。

图 F. 3 土工织物排水计算图

F. 2. 2 估算渗水量。设某层厚度为  $\Delta Z_i$ ，由该层流入土工织物的渗水量应该按式（F. 5）计算：

$$\Delta q_i = k j_i \Delta Z_i \dots\dots\dots (F. 5)$$

$$j_i = \frac{h_i}{l_i} \dots\dots\dots (F. 6)$$

式中：

- $k$  ——坝体土料的渗透系数，m/s；
- $j_i$  ——第  $i$  层的平均水力梯度；
- $h_i$  ——第  $i$  层中点处的水头，m；
- $l_i$  ——渗水流程（见图F.3），m。

第  $i$  层土工织物接受的渗水量  $q_i$  应为该层以上各层渗水量之和。

$$q_i = \sum_1^i \Delta q_i \dots\dots\dots (F. 7)$$

F. 2. 3 土工织物要求的导水率  $\theta_r$  按式（F. 8）和式（F. 9）计算：

$$\theta_r = \frac{q_i}{J_g} \dots\dots\dots (F. 8)$$

$$J_g = \sin \alpha \dots\dots\dots (F. 9)$$

式中：

- $q_i$  ——单宽流量，由式（F. 7）算得， $m^3 / (m \cdot s)$ ；
- $J_g$  ——渗水沿土工织物渗流的水力梯度；
- $\alpha$  ——土坝上游坡角， $(^\circ)$ 。



F. 2. 4 土工织物实际提供的导水率 $\theta_a$ 按式 (F. 10) 计算:

$$\theta_a = k_p \delta \dots\dots\dots (F. 10)$$

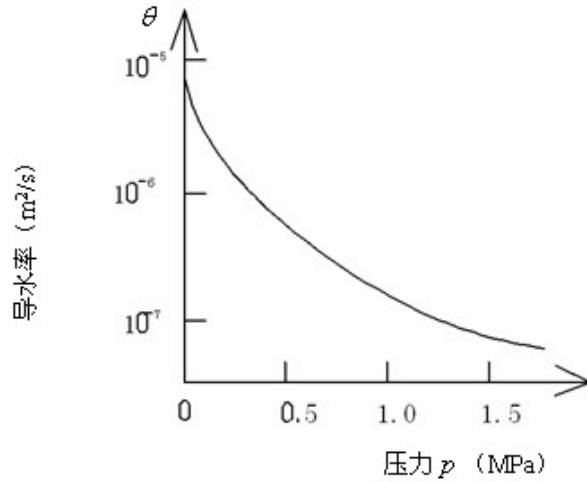


图 F. 4 针刺土工织物压力与导水率关系示意

式中:

$k_p$  ——土工织物沿平面的渗透系数, 由试验确定, m/s, 但针刺土工织物系蓬松材料, 其厚度及渗透系数随压力而变化, 故应先通过试验求得土工织物的导水率与压力的关系 ( $\theta \sim p$ ), 以备查用, 如图F. 4;

$\delta$  ——土工织物厚度, m, 如有数层织物, 则为各厚度之和。

F. 2. 5 排水能力评价。比较各层的 $\theta_r$ 和 $\theta_a$ , 要求每层 $\theta_r > \theta_a$ , 并有适当的安全系数(可取3)。如不满足, 可以增加织物层数, 或采用其他复合排水材料, 直至满足要求。

F. 2. 6 计算可按表F. 1程序进行。

表 F. 1 土工织物排水核算表

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
分层号	平均水头 $h_i$ (m)	平均渗径 $l_i$ (m)	水力梯度 $J_i$	分层流量 $\Delta q_i$ ( $m^3/m \cdot s$ )
(6)	(7)	(8)	(9)	
累计流量 $q_i$ ( $m^3/m \cdot s$ )	要求的 $\theta_r = \frac{q_i}{\sin \alpha}$ ( $m^2/s$ )	土工织物所受压力 $p_a$ (KPa)	提供的 $\theta_a = k_v \delta$ ( $m^2/s$ )	

## 附录 G

(资料性)

## 平原水库的水质监测与生物多样性调查方法

## G.1 监测调查内容

G.1.1 监测调查的主要内容包括水质监测和生物多样性调查。

G.1.2 监测调查项目及方法见G.6。

平原水库的水质监测主要包括水体水质监测、水生生物监测和水体沉降物监测，生物多样性调查主要针对生物的物种多样性调查。

## G.2 监测断面的布设及采样点的设置

G.2.1 监测断面及采样点位布设，首先应在较大的采样范围进行详尽的预调查，在获得足够信息的基础上，应用统计技术合理地确定。

G.2.2 监测断面及采样点位的布设应充分考虑下列因素：

- a) 水库水体的水动力条件；
- b) 水库面积、形态；
- c) 水库进、出水建筑物位置和规模；
- d) 水生生物的分布特征及运动轨迹。

应考虑水库面积、水深等条件的不同和水环境调查目的的不同，确定水平和垂直分布的监测断面及采样点位。

G.2.3 监测断面的布设一般应符合下列要求：

- a) 在水库进出水口、中心区、近坝区、开阔水域等代表性水域分别布设监测断面；
- b) 水库水质无明显差异的水域，采用网格法均匀布设，网格大小依据水库面积而定，精度应满足掌握整体水质的要求。在水库的重要供水水源取水口，以取水口处为圆心，按扇型法在 100 m~1 000 m 范围布设若干弧形监测断面或垂线；
- c) 水库的监测断面布设与附近水流方向垂直；流速较小或无法判断水流方向时，以常年主导流向布设监测断面；
- d) 根据水库供水目标及监测内容的不同，参照 SL 219 确定监测断面布设。

G.2.4 采样点的设置应符合下列要求：

- a) 水质监测的采样深度一般在水面下 0.5 m 处，水深大于 5 m 的区域应进行分层采样；
- b) 浮游生物和微生物的采样深度一般在水面下 0.5 m 处，水深大于 2 m 的区域应进行分层采样或混合制成混合样。

水质监测、浮游生物和微生物采样点布设具体要求按SL 219进行；生物多样性调查观测点位尽量与已有水质、水文常规观测点位相结合，同时考虑该类群生物的分布特征。

## G.3 采样频率和时间的选择

G.3.1 水库的水质有季节性的变化，采样频率取决于水质变化的状况及特性。

G.3.2 通常对于长期水质特性检测，可根据监测目的与要求确定合理的监测频率。

- a) 水质监测一般每月一次，全年不少于 12 次，可根据水库供水目标增加频次。
- b) 生物多样性调查项目观测频率。

浮游植物、浮游动物、底栖动物、鱼类一般2~4次/年。

水生维管植物一般2~4次/年。

两栖动物、爬行动物、微生物一般1次/年。

#### G.4 采样器及采样方法

G.4.1 在各采样点，采样容器根据测定项目要求而定。

G.4.2 水质监测采样器及采样方法。

- a) 水质监测采样器主要有：聚乙烯桶、有机玻璃采样器、单层采样器、直立式采样器、泵式采样器和自动采样器。
- b) 水质监测采样要求按照 SL 219、HJ 494 或 SL 187 执行。

G.4.3 水体沉降物采样器及采样方法。

- a) 沉积物采样器选用材质强度高、耐磨及耐蚀性良好的采样器，主要有：挖式、锥式、抓式、管式采样器。
- b) 悬浮物采样器同水质采样器。
- c) 采样要求参照 SL 219 执行。

G.4.4 水生生物采样器及采样方法。

- a) 水生生物采样器主要有：有机玻璃采水器、浮游生物网、彼得逊采泥器、人工基质采样器、三角拖网、硅藻计、聚酯薄膜采样器。
- b) 浮游植物、浮游动物、底栖动物、微生物等采样参照 SL 219、SL 733、SC/T 9402、SCT 9102.3 执行。

G.4.5 生物多样性调查方法参照HJ 710.4~HJ 710.8、HJ 710.12执行。

#### G.5 水样与生物样品的保存

G.5.1 水温、pH值、溶解氧、电导率、透明度、感官性状等监测项目应在采样现场采用相应方法观测或检验。

G.5.2 常用水样保存方法可参照SL 219的要求进行。

G.5.3 生物样品保存方法可参照SL 219和HJ 710.4~HJ 710.8、HJ 710.12的要求进行。

#### G.6 测定项目及方法

G.6.1 水质监测项目及方法。

- a) 水质监测分析包括常规项目和非常规项目。
  - 1) 水质监测常规项目：水温、pH 值、溶解氧，高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、六价铬、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群、氯化物、叶绿素 a、透明度、含沙量。
  - 2) 水质监测非常规项目：矿化度、总硬度、电导率、悬浮物、硝酸盐氮、硫酸盐、碳酸盐、重碳酸盐，总有机碳、钾、钠、钙、镁、铁、锰、镍。
- b) 其他监测项目可根据平原水库的供水目标具体确定。需要作为饮用水源地的监测项目参照 SL 219 要求进行。
- c) 水质监测项目的测定方法参照 GB 3838 中规定的分析方法和其他相关国家或行业标准的水质测定方法。

G.6.2 水生生物监测常规项目：浮游植物、浮游动物、着生生物、底栖生物、水生维管束植物、鱼类、叶绿素。其调查测定方法参照生物多样性观测技术导则和其他相关国家或行业标准的测定方法。

G.6.3 水体沉降物常规项目包括pH值、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、总氮、总磷、六六六、滴滴涕、有机磷农药、6种多环芳烃、有机质。其测定方法参照相关国家和行业标准的测定方法。

G.6.4 生物多样性调查项目包括浮游植物、浮游动物、底栖动物、水生维管植物、鱼类、鸟类、两栖动物、爬行动物、微生物。其调查测定方法参照生物多样性观测技术导则和其他相关国家或行业标准的测定方法。

## G.7 水库营养状态评价

G.7.1 水库营养状态评价按照SL 395进行。

G.7.2 水库营养状态评价标准及分级方法应符合表G.1的规定。

表 G.1 水库营养状态评价标准及分级方法

营养状态分级 EI=营养状态指数		评价项目 赋分值 $E_n$	总磷 (mg/L)	总氮 (mg/L)	叶绿素 a (mg/L)	高锰酸盐 指数 (mg/L)	透明度 (m)
贫营养 $0 \leq EI \leq 20$		10	0.001	0.020	0.0005	0.15	10.0
		20	0.004	0.050	0.0010	0.4	5.0
中营养 $20 < EI \leq 50$		30	0.010	0.10	0.0020	1.0	3.0
		40	0.025	0.30	0.0040	2.0	1.5
		50	0.050	0.50	0.010	4.0	1.0
富营养	轻度富营养 $50 < EI \leq 60$	60	0.10	1.0	0.026	8.0	0.5
	中轻度富营养 $60 < EI \leq 80$	70	0.20	2.0	0.064	10	0.4
		80	0.60	6.0	0.16	25	0.3
	重度富营养 $80 < EI \leq 100$	90	0.90	9.0	0.40	40	0.2
100		1.30	16.0	1.0	60	0.12	

注：本表取自《地表水资源质量评价技术规程》（SL 395-2007）

G.7.3 水库营养状态评价项目包括叶绿素a、总磷、总氮、透明度和高锰酸盐指数共5项，其中叶绿素a为必评项目。

G.7.4 水库营养状态评价应采用指数法。

G.7.5 采用指数法进行湖库营养状态评价应包括下列几个步骤：

- a) 采用线性插值法将水质项目浓度转换为赋分值。
- b) 按式（G.1）计算营养状态指数EI。

$$EI = \sum_{n=1}^N E_n / N \dots\dots\dots (G.1)$$

式中：

$EI$  ——营养状态指数；

$E_n$  ——评价项目赋分值；

$N$  ——评价项目个数。

- c) 参照表 G.1，根据营养状态指数确定营养状态分级。

## G.8 生物多样性指数计算方法

G.8.1 丰富度指数 ( $d_M$ ) 按式 (G.2) 计算。

$$d_M = (S - 1) / \ln N \quad \text{..... (G.2)}$$

式中:

$S$  ——物种数;

$N$  ——群落中所有物种的个体数。

$d_M$ 指数的水质评价标准:  $d_M > 3.0$ 为清洁;  $2.0 < d_M \leq 3.0$ 为轻度污染;  $1.0 < d_M \leq 2.0$ 为中度污染;  $d_M \leq 1.0$ 为重度污染。

G.8.2 辛普森指数 (Simpson) ( $D$ ) 按式 (G.3) 计算:

$$D = 1 - \sum P_i^2 \quad \text{..... (G.3)}$$

式中:

$P$  ——物种  $i$  的个体数占总个体数的比例,  $i=1, 2, \dots, S$ 。

G.8.3 香农-维纳指数 (Shannon-Wiener) ( $H'$ ) 按式 (G.4) 计算:

$$H' = -\sum P_i \ln P_i \quad \text{..... (G.4)}$$

式中:

$H'$  指数的水质评价标准:  $H' < 1$ 为重度污染;  $1 \leq H' \leq 2$ 为中度污染;  $2 < H' \leq 3$ 为轻度污染;  $H' > 3$ 为清洁。

G.8.4 种类相似性指数。当A、B两个群落的种类完全相同时,相似性为100%;反之,两个群落不存在共有种,则相似性为零。Sørensen指数按公式 (G.5) 计算:

$$C_s = \frac{2j}{a+b} \quad \text{..... (G.5)}$$

式中:

$C_s$  ——Sørensen指数, (%) ;

$j$  ——两个群落共有种数, 个;

$a$  ——群落A的物种数, 个;

$b$  ——群落B的物种数, 个。

## G.9 水质控制标准

G.9.1 平原水库的水质控制按照GB 3838依不同的利用功能进行控制。

G.9.2 地表水环境质量标准基本项目适用于全国江河、湖泊、运河、渠道、水库等具有使用功能的地表水水域;地表水环境质量标准基本项目标准限值见表G.2。集中式生活饮用水地表水源地补充项目和特定项目适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区和二级保护区。集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值见表G.3,集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值见表G.4。

表 G.2 地表水环境质量标准基本项目标准限值

单位为毫克每升

序号	分类		I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
	标准值						
	项目						
1	水温(℃)		人为造成的环境水温变化应限制在：周平均最大温升≤1 周平均最大温降≤2				
2	pH 值(无量纲)		6~9				
3	溶解氧	≥	饱和率 90% (或 7.5)	6	5	3	2
4	高锰酸盐指数	≤	2	4	6	10	15
5	化学需氧量(COD)	≤	15	15	20	30	40
6	五日生化需氧量(BOD <sub>5</sub> )	≤	3	3	4	6	10
7	氨氮(NH <sub>3</sub> -N)	≤	0.15	0.5	1	1.5	2
8	总磷(以 P 计)	≤	0.02(湖、库 0.01)	0.1(湖、 库 0.025)	0.2(湖、 库 0.05)	0.3(湖、 库 0.1)	0.4(湖、 库 0.2)
9	总氮(湖库以 N 计)	≤	0.2	0.5	1	1.5	2
10	铜	≤	0.01	1	1	1	1
11	锌	≤	0.05	1	1	2	2
12	氟化物(以 F 计)	≤	1	1	1	1.5	1.5
13	硒	≤	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
14	砷	≤	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
15	汞	≤	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001
16	镉	≤	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
17	铬(六价)	≤	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
18	铅	≤	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1
19	氰化物	≤	0.005	0.05	0.2	0.2	0.2
20	挥发酚	≤	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
21	石油类	≤	0.05	0.05	0.05	0.5	1
22	阴离子表面活性剂	≤	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
23	硫化物	≤	0.05	0.1	0.2	0.5	1
24	粪大肠菌群(个/L)	≤	200	2000	10000	20000	40000

注：本表取自国家《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)。

表 G.3 集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值

单位为毫克每升

序号	项目	标准值	序号	项目	标准值
1	硫酸盐(以 $\text{SO}_4^{2-}$ 计)	250	4	铁	0.3
2	氯化物(以 $\text{Cl}^-$ 计)	250	5	锰	0.1
3	硝酸盐(以 $\text{N}$ 计)	10			

注：本表取自《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)。

表 G.4 集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值

单位为毫克每升

序号	项目	标准值	序号	项目	标准值
1	三氯甲烷	0.06	41	丙烯酰胺	0.0005
2	四氯化碳	0.002	42	丙烯腈	0.1
3	三溴甲烷	0.1	43	邻苯二甲酸二丁酯	0.003
4	二氯甲烷	0.02	44	邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	0.008
5	1, 2-二氯乙烷	0.03	45	水合肼	0.01
6	环氧氯丙烷	0.02	46	四乙基铅	0.0001
7	氯乙烯	0.005	47	吡啶	0.2
8	1, 1-二氯乙烯	0.03	48	松节油	0.2
9	1, 2-二氯乙烯	0.05	49	苦味酸	0.5
10	三氯乙烯	0.07	50	丁基黄原酸	0.005
11	四氯乙烯	0.04	51	活性氯	0.01
12	氯丁二烯	0.002	52	滴滴涕	0.001
13	六氯丁二烯	0.0006	53	林丹	0.002
14	苯乙烯	0.02	54	环氧七氯	0.0002
15	甲醛	0.9	55	对硫磷	0.003
16	乙醛	0.05	56	甲基对硫磷	0.002
17	丙烯醛	0.1	57	马拉硫磷	0.05
18	三氯乙醛	0.01	58	乐果	0.08
19	苯	0.01	59	敌敌畏	0.05
20	甲苯	0.7	60	敌百虫	0.05
21	乙苯	0.3	61	内吸磷	0.03
22	二甲苯①	0.5	62	百菌清	0.01
23	异丙苯	0.25	63	甲萘威	0.05
24	氯苯	0.3	64	溴氰菊酯	0.02
25	1, 2-二氯苯	1	65	阿特拉津	0.003
26	1, 4-二氯苯	0.3	66	苯并(a)芘	$2.8 \times 10^{-6}$
27	三氯苯②	0.02	67	甲基汞	$1.0 \times 10^{-6}$

表 G.4 集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值（续）

单位为毫克每升

序号	项 目	标准值	序号	项 目	标准值
28	四氯苯③	0.02	68	多氯联苯⑥	$2.0 \times 10^{-5}$
29	六氯苯	0.05	69	微囊藻毒素-LR	0.001
30	硝基苯	0.017	70	黄磷	0.003
31	二硝基苯④	0.5	71	钼	0.07
32	2, 4-二硝基甲苯	0.0003	72	钴	1
33	2, 4, 6-三硝基甲苯	0.5	73	铍	0.002
34	硝基氯苯⑤	0.05	74	硼	0.5
35	2, 4-二硝基氯苯	0.5	75	铈	0.005
36	2, 4-二氯苯酚	0.093	76	镍	0.02
37	2, 4, 6-三氯苯酚	0.2	77	钡	0.7
38	五氯酚	0.009	78	钒	0.05
39	苯胺	0.1	79	钛	0.1
40	联苯胺	0.0002	80	铊	0.0001

注：本表取自《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）。

G.9.3 水域功能和标准分类，应依据地表水水域环境功能和保护目标，按功能高低依次划分为5类：

- a) I类 主要适用于源头水、国家自然保护区；
- b) II类 主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的索饵场等；
- c) III类 主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区；
- d) IV类 主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区；
- e) V类 主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。



附录 H  
(资料性)  
土工膜防渗层的渗漏计算

### H.1 计算原则

H.1.1 平原水库坝面铺塑的土工膜防渗体坝的渗漏水量计算，按土工膜防渗层的构造及其渗透特性，可分为单层土工膜防渗层、多层土工膜防渗层和复合土工膜防渗层三种情况。

H.1.2 透过土工膜防渗层的渗水量由透过土工膜本身渗漏和土工膜铺设施工缺陷（孔洞）所造成的缺陷渗漏两部分构成。

### H.2 土工膜的渗漏水量

H.2.1 透过土工膜的渗漏水量可沿用土体孔隙介质渗流理论，按式（H.1）进行计算。

$$Q = k_g \frac{H_w}{t_s} A \dots\dots\dots (H.1)$$

式中：

- $Q$  ——土工膜的渗漏水量，（ $m^3/s$ ）；
- $k_g$  ——土工膜的渗透系数，（ $m/s$ ）；
- $H_w$  ——土工膜上、下的水头差，（ $m$ ）；
- $A$  ——土工膜的渗透面积，（ $m^2$ ）；
- $t_s$  ——土工膜的厚度，（ $m$ ）。

H.2.2 土工膜的渗漏水量也可以把厚度为  $t_s$  的土工膜按渗透  $k_e/k_g$  转化成为厚度为  $T_e$ ，渗透系数为  $k_e$ （膜后均质土坝的渗透系数）的均质土坝计算确定其渗漏量及膜后坝身浸润线位置。

### H.3 缺陷渗漏量

H.3.1 施工中产生的土工膜的缺陷包括：(1)土工膜接缝焊接时局部黏结不实，成一定长度的窄缝；(2)施工搬运过程的损坏；(3)施工机械和工具的刺破；(4)基础不均匀沉陷使土工膜撕裂；(5)水压将土工膜局部鼓透。合理的设计和施工，可以使土工膜的缺陷减至最少。

H.3.2 由于施工中产生的缺陷偶然性很大，且不易发现，国外某些工程渗漏水量的实测数据可供参考。施工产生的缺陷，约每4 000  $m^2$ 发现一个。接缝不实等形式形成的缺陷，换算成圆孔等效孔径一般为1  $m$   $m \sim 5$   $mm$ 。某些偶然因素产生的缺陷等效孔径为10  $mm$ 。孔的大小与施工条件密切相关。

当施工条件较差时，可取缺陷的等效孔径为10  $mm$ （或称大孔）；施工条件较好时，可取缺陷等效孔径为2  $mm \sim 5$   $mm$ （或称小孔）。

H.3.3 单层土工膜防渗层的缺陷渗漏水量。当土工膜膜下土层的渗透系数  $k_s > 10^{-3} m/s$  时，可以假设为无限透水，通过土工膜破损孔洞的渗漏量可用孔口自由出流公式（H.2）计算。

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2gH_w} \dots\dots\dots (H.2)$$

式中：

- $Q$  ——土工膜防渗层的缺陷渗漏量， $m^3/s$ ；
- $A$  ——土工膜缺陷孔的面积总和， $m^2$ ；
- $g$  ——重力加速度，取9.81  $m/s^2$ ；

$H_w$  ——土工膜上、下水头差, m,

$\mu$  ——流量系数, 一般可按 $\mu=0.60\sim 0.70$ 。

#### H.3.4 复合防渗层的缺陷渗漏量:

a) 复合防渗层是由土工膜和膜下渗透系数  $k_s < 1 \times 10^{-5} \text{m/s} \sim 1 \times 10^{-9} \text{m/s}$  的低渗透性土组合而成。根据膜下土层的相对厚度和膜与膜下土层接触是否良好, 可按公式 (H.3) 至 (H.7) 计算复合防渗层单个孔洞的缺陷渗漏量  $q (\text{m}^3/\text{s})$  :

1) 土工膜与膜下土层接触良好:

$$q = 0.21 J_a a^{0.1} H_w^{0.9} k_s^{0.74} \mu \dots\dots\dots (\text{H. 3})$$

$$R = 0.26 a^{0.05} H_w^{0.45} k_s^{-0.13} \dots\dots\dots (\text{H. 4})$$

2) 土工膜与膜下土层接触不良:

$$q = 1.15 J_a a^{0.1} H_w^{0.9} k_s^{0.74} \dots\dots\dots (\text{H. 5})$$

$$R = 0.61 a^{0.05} H_w^{0.45} k_s^{-0.13} \dots\dots\dots (\text{H. 6})$$

3) 对于圆形缺陷:

$$J_a = 1 + \frac{H_w}{2H_s \ln(R/r_1)} \dots\dots\dots (\text{H. 7})$$

式中:

$J_a$  ——平均水力坡降;

$R$  ——土工膜缺陷孔下土层内渗透区的半径, m;

$a$  ——土工膜缺陷等效孔的面积,  $\text{m}^2$ ;

$r_1$  ——土工膜缺陷等效圆孔的半径, m;

$H_w$  ——作用在土工膜上的水头, m;

$H_s$  ——土工膜下低渗透性土层厚度, m;

$k_s$  ——土工膜下低渗透性土的渗透系数, m/s。

$$\frac{H_w + H_s}{H_s} \approx 1.0$$

当膜下土层很厚, 即  $\frac{H_w + H_s}{H_s} \approx 1.0$  时, 可取  $J_a \approx 1.0$ 。

b) 复合防渗层的缺陷总渗漏量按公式 (H.8) 计算。

$$Q = \sum q_i = n q \dots\dots\dots (\text{H. 8})$$

式中:

$Q$  ——土工膜缺陷总渗漏量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$n$  ——等效孔洞数。

## 附录 I

(资料性)

## 区域构造稳定性分级评价

I.1 应根据活断层的分布与活动特征、地震活动性、地震危险性分析等因素，综合分析确定工程场址区的区域构造稳定性分级。

I.2 区域构造稳定性分级参照 SL 629—2014、NB/T 35098—2017。区域构造稳定性分级应复核表 I.1 的规定。

表 I.1 区域构造稳定性分级

参量	分 级			
	稳定性好	稳定性较好	稳定性较差	稳定性差
基本地震 动峰值加速度 $a$	$a < 0.09 g$	$0.09 g < a < 0.19 g$	$0.19 g < a < 0.38 g$	$a \geq 0.38 g$
地震烈度	$\leq VI$	VII	VIII	$> IX$
活断层	近场区 25 km 以内 无活断层	场址区 8 km 以内无 活断层	8 km 以内有长度小 于 10 km 的活断层， 震级 $M < 5$ 级的发震 构造	8 km 以内有长度不小于 10 km 的活断层，有 $M \geq 5$ 级的发震构造
工程近场区地震及震级 $M$	有 $M < 4\frac{3}{4}$ 级的地 震活动	有 $4\frac{3}{4}$ 级 $\leq M < 6$ 级 的地震活动	有 6 级 $\leq M < 6\frac{3}{4}$ 级 地震活动或历史上 不多于一次 $M \geq 7$ 级 强震活动	有多次 $M \geq 6\frac{3}{4}$ 级的强震 活动
区域性重磁异常	无	不明显	较明显	明显
<p>注1：表中地震动参数的场地条件为平坦稳定的 II 类场地。</p> <p>注2：在判定稳定性分级时，按满足一项最不利的参量确定为相应级别。</p> <p>注3：区域构造稳定性分级适用范围为工程场址区，即坝址周边 8 km 区域。</p>				

## 附录 J

(资料性)

## 条文说明

## 引言

平原水库工程设计应按照流域或区域水利规划确定的任务和要求进行,必须以所在流域或区域水资源综合利用规划和工业、农业以及生态环境规划为依据,充分合理利用本地及黄河等客水资源,通过平原水库调蓄,做到错时引水,丰蓄枯用。

基本资料的收集、整理和分析工作是搞好平原水库工程设计的基础,应根据各设计阶段的具体要求,有针对性的进行。此项工作既要满足各设计阶段对资料的深度和广度的要求,也要从全局考虑,避免遗漏和重复。

基本资料的收集和整理必须做到完整、可靠和准确。事关重大技术措施的更要做细、做好。

为了保证平原水库工程在设计条件下,有效安全运行,平原水库工程中的围坝、涵洞、水闸和泵站等水工建筑物设计都应满足本文件规定的稳定、渗流、应力和变形等直接涉及工程安全的基本要求。

平原水库工程所在地区自然环境、地形、土质、水环境和社会经济等条件可能存在很大差异。因此,在平原水库工程设计时应根据当地实际情况,贯彻就地取材、因地制宜的原则,要认真研究采用行之有效的土工合成材料等新技术、新材料和新工艺,以期达到在提高工程质量的前提下,降低工程造价、便利施工等目的。

平原水库工程设计应贯彻有益生态恢复和环境保护的原则,工程建设以改善和不对生态环境造成危害为前提,结合平原水库筑坝取土,下挖增容,对周围地区的除涝改碱、农田改造、林地建设、促进乡镇公路建设、改善当地自然景观和生态环境都是有益的。

平原水库工程涉及当地经济社会多个部门和专业,主要有水利水电、城乡建设、交通、地质、岩土等部门和有关专业。因此,在平原水库工程设计时,除满足本文件的规定外,还应满足本文件引用的国家现行有关标准。

## J.1 范围

本文件所指的平原水库是属于狭义范畴的“平原水库”,即水库位于平原地区或符合平原地形特征,其库容主要是由环绕库区四周的围坝所形成,高出地面的坝高一般不超过 15 m 的引水充库式蓄水工程。天然河流平原段修建的综合性水利枢纽和平原排洪河道及天然湖泊上通过建闸扩堤蓄水兴利的水利工程不属于本文件所界定的平原水库范畴。

## J.2 规范性引用文件

除了本文件直接引用的标准外,与本文件有关的现行国家和行业标准还有:

GB 50201 防洪标准

GB/T 50145 土的工程分类标准

GB 50288 灌溉与排水工程设计规范

GB/T 50600 渠道防渗衬砌工程技术标准

GB/T 50662 水工建筑物抗冰冻设计规范

SL 189 小型水利水电工程碾压式土石坝设计规范

SL 303 水利水电工程施工组织设计规范

JGJ 79 建筑地基处理技术规范

JGJ 94 建筑桩基技术规范

### J.3 术语和定义

J.3.1 本部分对应正文第3章基本规定的条文解释。

J.3.2 对应正文3.16的条文说明。参照《水力发电工程地质勘察规范》(GB 50287-2016)术语。

J.3.3 对应正文3.23的条文说明。裂隙黏土形成必须具备两个条件：一是沉积环境条件，即黄河泛滥后能形成较稳定的静水环境——积水洼地；二是具备产生裂隙的条件，系因暴露出地表而失水收缩，形成裂隙。属于第四系全新统冲积堆积物，其堆积时间短、固结程度低，具有高含水量、低干密度和高压缩性，抗渗稳定能力差，同时还具有一定的分散性、胀缩性、软化性、不易压实性和中等透水性等特征。

J.3.4 对应正文3.24的条文说明。软弱黏性土性质依据《水工建筑物抗震设计标准》(GB 51247-2018)第4.2.8条规定，参照《碾压式土石坝设计规范》(SL 274-2020)术语第2.0.8条、《软土地区岩土工程勘察规程》(JGJ 83-2011)术语2.0.1确定。软弱黏性土一般具有高压缩、低强度，高灵敏度、低透水性和高流动性，且在较大地震力作用下可能出现震陷的细粒土。包括淤泥、淤泥质土、软(黏)土、泥炭、泥炭质土等。

J.3.5 对应正文3.25的条文说明。欠固结土多为新近沉积土或人工填土。由于欠固结土的自重固结作用尚未完成，先期固结压力小于现有覆盖土重，伴随着时间的增长，土层会发生较大的竖向变形，并且欠固结土地基承载力较低。

欠固结土作为地基的处理方法包括：换填法、预压法、压实法和强夯法。其中，换填法是将欠固结土铲除后，采用物理性质较好的其它类型土换填，换填法施工方便快捷，但是换填土方量大、弃土多、对环境影响较大，综合工程量和经济效益，换填法处理欠固结土的深度不宜超过3m；预压法是在欠固结土上堆载一定厚度的土，通过堆土的重量挤压欠固结土，加速欠固结土的固结，预压法得到了广泛应用，但其地基处理周期较长，通常需要半年至一年的预压时间；压实法与强夯法相类似，压实法采用压路机等设备对欠固结土进行压实，强夯法采用夯击方式挤密欠固结土，压实法和强夯法处理深度有限，一般不超过10m，并且对于高饱和性粉土和黏土压实法和强夯法处理效果较差。

J.3.6 对应正文3.26的条文说明。冲蚀型管涌是裂隙黏土特有的渗透变形类型，在我省黄河冲积平原地区的裂隙黏土中普遍存在。其允许渗透比降一般不超过0.10，远小于一般黏土的0.50。裂隙黏土多分布在地基土上部或表层，破坏危害性大。

J.3.7 对应正文3.28的条文说明。少黏性土术语在各勘察规范的渗透变形、地震液化中均多次出现，尤其GB 50487中多次提到。但少黏性土界定尚存有争议，有人认为少黏性土黏粒含量是3-10%，有人认为3-15%，这很有必要界定明确；无黏性土的界定目前没有争议，各规范标准均统一。

依据原《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50487-99)附录N、现行的《水力发电工程地质勘察规范》(GB 50287-2016)附录Q《土的地震液化判别》条文说明：“地震时可能发生液化破坏的土层，较常见于粒径小于0.005mm的黏粒含量质量百分率 $\rho_c$ (%)不大于3，塑性指数P不大于3的饱和无黏性土，以及黏粒含量 $\rho_c$ (%)大于3，但不大于25，塑性指数IP大于3，但不大于15的少黏性土中，……”，本文件据此界定了少黏性土的黏粒含量和塑性指数范围值

### J.4 平原水库工程的等级及设计标准

J.4.1 本部分对应正文第4章基本规定的条文解释。

J.4.2 对应正文4.1的条文说明。平原水库工程的等级和设计标准，既关系到工程自身的安全，又关系到水库附近居民、工矿企业和公共交通设施的安全，还直接影响效益、造价和工程建设速度。因此，合理确定平原水库工程的等别及设计标准，既要符合现行标准SL 252及其他有关设计标准，又能体现平原水库所固有的某些特点，促进平原水库工程建设在正确的轨道上发展。

J.4.3 对应正文4.2的条文说明。平原水库水工建筑物的级别是在工程等别的基础上根据其重要性分为永久性建筑物和临时性水工建筑物两类，按现行标准SL 252确定。但是，根据已建平原水库多年运用经验，平原水库围坝较长，有的甚至长达数十公里，蓄水位常年高出周围地面，坝基松软，筑坝土料

就地取材，运行、管理、维修工作比较繁复，工作量比相同库容的山区水库大，供水的直接经济社会效益十分明显。所以，对于年调节水量较大，即库容利用系数（年调节水量与设计总库容的比值）较大的平原水库，通过论证适当提高其围坝工程的级别，对于确保工程安全是适宜的。

对于坝地质条件复杂，失事后果十分严重，以及库容和坝高都相对较大的小型平原水库围坝及其主要建筑物，经过论证亦可提高一级设计，以策安全。

**J. 4.4** 对应正文 4.3 的条文说明。由于本文件所指的平原水库为引水充库式结构，周边的地面径流均由围坝外侧的排水沟下泄，因此，不考虑水库工程本身的防洪要求。至于位于围坝以外的其他水工建筑物，则应根据实际情况按国家现行有关标准处理防洪泄水问题。

对于蓄水位明显高出周围地面的平原水库，应考虑一旦围坝失事溃决，水体外泄对周围城乡居民及工矿企业可能造成的损失。因此大中型平原水库工程，应设置非常情况下泄空库水的泄水涵洞。泄水建筑物的泄水能力应根据水库在规定的时间内从设计水位泄放降低至坝外地面以上 1.0 m~1.5 m 的安全水位而定，泄空时间一般不超过 10~15 天，可通过论证予以确认。

对于重要的或失事后对附近居民区或工矿企业可能造成重大损失的小型平原水库，亦应考虑设置适当的应急泄水措施。

**J. 4.5** 对应正文 4.4 的条文说明。平原水库中的水工建筑物，因其所处位置的差异，其所面对的风向、风速、水深和水面开阔程度（吹程）亦不相同。因此，平原水库围坝的各个坝段和其他临水的水工建筑物的顶部高程，都应根据其所在位置分区计算其安全加高和超高。做到既要保证围坝各坝段都有足够的超高，确保安全，同时还能减少坝体工程数量，降低工程造价。

## J. 5 基本资料

**J. 5.1** 本部分对应正文第 5 章基本规定的条文解释。

**J. 5.2** 对应正文 5.1 的条文说明。基本资料是工程设计的基础。本条所列基本资料，是指平原水库工程规划、设计所需的资料，需根据工程规划、设计的要求，有针对性地搜集有关资料。设计依据的水文站或主参证站是指为平原水库工程规划、设计提供水文资料的水文站。

应根据平原水库库址区、供水范围区及输水工程区所在行政区域确定分析范围，并提供分析范围地理位置图和行政区划图。

大型平原水库以省或设区的市，中型平原水库以设区的市或县（市、区），小型平原水库以县（市、区）或乡（镇）作为分析范围。

说明拟建平原水库分析范围行政区划情况，所在行政区（市、县、乡）现状年社会经济、自然灾害、不同水平年经济社会发展规划等情况，做为项目建设的必要性和工程规划的重要依据。

说明平原水库库址区、供水范围区及输水工程区地形条件，并提供工程地形图、纵横断面图等做为项目建设在地形条件上的可行性和规划设计的依据。

工程地质资料是平原水库工程规划设计的重要基础资料，亦是平原水库选址及围坝等工程建筑选型、设计的主要依据。工程地质资料收集包括现场勘察、历史文献资料收集及当地附近水利、交通、城乡建设及工矿企业的有关资料。

收集的基本资料包括规划成果、研究成果，以及国家统计部门和行业主管部门正式公布的相关资料。

**J. 5.3** 对应正文 5.2 的条文说明。基本资料的整理、检查和复核，是平原水库工程规划、设计的基础和成果质量的重要保证。通过检查和复核，发现有明显错误或存在系统偏差的资料时，应会同有关单位共同分析研究，给予改正。气象及水文资料的检查和复核，可参照现行标准《水利水电工程水文计算规范》（SL 278）的规定执行。

## J. 6 工程地质勘察

**J. 6.1** 本部分对应正文第 6 章基本规定的条文解释。

**J. 6.2** 对应正文 6.1.1 的条文说明。平原水库的勘察任务与一般水库工程基本相同，只是勘察位置一般已初步确定。工程地质勘察中库区的勘察重点是库盆渗漏、坝后浸没及由此引起的工程地质问题。大坝工程区及建筑物勘察成果应能满足现行标准和设计要求，查明有关的工程地质问题，为最终确定坝型、建筑物轴线位置和建基面高程，提供地质资料，提出地基处理方案意见建议。

鉴于平原地区地层相变大、地基土均匀性差，对于尚存在的一般性的地质问题可在施工期通过施工期的地质工作随地基开挖加以解决。对于勘察中遗留的问题、一般手段难以查明的问题、开挖中出现的新的地质问题，需进一步查明时，应进行专门性工程地质勘察；对于筑坝土料勘察中遗留的问题及未查明的问题，其开挖深度和范围应在不影响库区渗漏的条件下，充分利用库内土料的前提下作补充勘察，以确保工程顺利建成。

**J. 6.3** 对应正文 6.1.6 的条文说明。地质建议值与标准值之间的关系不是简单的折减问题，其选取是一项综合性分析的结果，要分析试验成果可能因土样代表性和土样采取、保存、运输等环节对土样扰动带来的影响，试验过程和试验条件带来的影响，要分析地质条件、工程运行条件和环境条件带来的影响，并应采取多种原位测试手段获取地质参数成果与室内试验成果对比分析，通过积累的工程经验综合确定。对于一些影响工程安全和投资的关键地质参数，有时需多方研究，必要时应召开专题会议确定。

**J. 6.4** 对应正文 6.1.8 的条文说明。平原水库地下水动态观测是水文地质调查的主要手段之一，也可为建筑物抗浮设计提供参考依据。对于水文地质条件较为复杂的场区地下水动态观测显得尤为重要，应尽早搜集场区已有的地下水观测资料，建设管理机构（项目法人）可从规划阶段即着手委托第三方开展地下水动态观测专项工作。通过对场区地下水进行动态观测，尤其降雨前后地下水位变化，调查地表水、地下水以及地下水各含水层间水力联系，掌握地下水运移规律，验证相对隔水层的可靠性。

**J. 6.5** 对应正文 6.1.9 的条文说明。从平原水库建设经验看，因库区范围内水井、墓穴、洞穴、掩埋古井等调查不清、处理不恰当，已发生多起水库渗漏、浸没、大坝填筑过程中发生坍塌等一系列的问题，应高度重视机（民）井调查工作，应由征地移民、地质等专业联合成立调查组。井的数量、位置调查应以征地移民专业为主，地质专业密切配合，确保数量一致。井的结构调查以地质专业为主，查明井深是否穿透了相对隔水层，必要时辅以钻孔查明。

**J. 6.6** 对应正文 6.1.11 的条文说明。现行水利工程标准尚未有相对隔水层的划分标准，勘察设计技术人员比较困惑。目前山东已建平原水库坝高范围一般在 8m 左右，最大不超过 15m，积累了一定的工程经验，相对隔水层厚度在渗透等级符合要求的情况下，还要满足渗流稳定需要。本文件参照《南水北调工程平原水库技术规程》（NSBD 13-2009）第 7.4.3 条以及平原水库运行多年来的工程经验界定了相对隔水层标准。

本标准规定第四系相对隔水层按渗透系数不大于  $1 \times 10^{-5}$  cm/s 来界定，渗透系数是现场水文地质试验获得值。采用室内渗透试验值时，应有足够成熟、可靠的野外水文地质试验值作比较。

轻壤土、砂壤土、粉土、粉细砂等土层进行野外抽水试验，必须严格按照要求做好反滤层，否则，其粉砂粒、黏粒很容易随水流带出，不仅影响试验成果的准确性，还可造成井壁坍塌和地面塌陷。

采用岩层作为相对隔水层时，中小型平原水库岩层透水率一般不大于 10Lu，大型平原水库岩层透水率一般不大于 5Lu。对于设计有特殊要求的执行设计要求，对于蓄水深度超过 15m 的中小型平原水库建议岩层透水率一般不大于 5Lu。

鉴于平原水库库盆面积较大，第四纪沉积层岩相变化大，同一土层渗透性存在各向异性的具不均匀性问题，若相对隔水层仅作 12 组现场水文地质试验要求，不能较好控制，因此同时增加库盆勘察应满足每 30 万  $m^2$  面积内不少于 1 组，大坝每 500m 长度内不少于 1 组的要求，防止地层渗透性不均而导致相对隔水层判定出现差错。

**J. 6.7** 对应正文 6.1.15 的条文说明。本条款主要考虑我省平原水库大多位于黄河冲积平原中下游，场区中上部土层堆积时间短，多处于欠固结状态，易于振动液化、水分易析出的饱和松散轻壤土、砂壤土、粉土、粉砂、粉细砂及软弱黏性土广泛分布，这类土原状样的采取保存和运输较困难，室内土工试验成

果受其影响很大。通过多年的工程实践，为查清这些类土的工程地质特性，确保工程安全，需要采取适合的、有针对性的试验工作。土的分类采用三角坐标分类法，是水利工程技术人员一直沿用的习惯和贴合水利工程特点的分类法，同时也是和现行有关勘察设计规范相衔接。

**J. 6. 8** 对应正文 6. 2. 1 的条文说明。平原水库应调查工程所在的大地构造位置和区域主要构造，一般可通过收集、分析已有的区域地震地质资料，但对影响建筑物的主要构造线应落实具体位置、产状和规模。

场区大地构造单元的划分可参照山东省国土资源厅《关于印发〈山东省地层侵入岩构造单元划分方案〉的通知》（鲁国土资字〔2014〕185号）附件4《山东省大地构造单元划分表、山东省大地构造单元划分图》。

区域构造稳定性分析评价，应在研究影响工程安全的断层活动特点和地震活动规律的基础上进行。区域构造稳定性评价可参照本标准附录I；山东活动断裂分布粗略位置可参照《山东省地震构造图 1:500000》（2021年第1版）。

地震动参数及其相应基本烈度复核和地震危险性分析，应根据 GB 50487 的有关规定执行，并由建设管理机构委托有资质承担此项工作的单位进行。

**J. 6. 9** 对应正文 6. 2. 2 的条文说明。一般情况下平原水库区工程地震动参数应按现行标准《中国地震动参数区划图》（GB 18306）、《山东省建设工程抗震设防条例》（山东省人大常委会公告 213 号）确定，但坝基和围坝上的建筑物下伏有活动性断层时，应委托有地震安全性评价资质的单位进行专门地震安全性评价。区域性地震安全性评价工作要求执行《山东省区域性地震安全性评价工作管理办法》（鲁震发〔2020〕36号）有关规定。

区域构造稳定性调查（勘察）研究范围的界定宜按附录 I、参照《水电工程区域构造稳定性勘察规程》（NB/T 35098-2017）第 3. 0. 2 条 3 款，可分为三个层次，即坝址周围不小于 150km 为工程研究区，坝址周围 25km 为工程近场区，坝址周围 8km 为工程场址区。

**J. 6. 10** 对应正文 6. 2. 3 的条文说明。初步设计阶段建筑物场地基本确定后，应根据建筑物的规模和标准结合地基土液化判别，布置剪切波速试验，按《水工建筑物抗震设计标准》（GB 51247-2018）表 4. 1. 1、表 4. 1. 3 对建筑物场地抗震地段、场地类别进行划分。

**J. 6. 11** 对应正文 6. 3. 1 的条文说明。库盆渗漏是平原水库勘察研究的重点内容，直接影响工程方案和投资，并在很大程度上影响工程建设的可行性。库盆勘察主要内容是查明可能发生渗漏的区段，通常包括通向库外渗漏的第四系松散透水层（带）、古河道砂带，沟通上、下透水层的与机（民）井等人工设施。勘察中应查明库盆的水文地质条件，并对渗漏作出分析评价。

**J. 6. 12** 对应正文 6. 3. 2 的条文说明。我省平原水库大部分地处黄河冲洪积平原之上，库区出露的地层为第四系松散土层，且厚度大，露头相对简单直观，地质测绘工作相对简单，故不作硬性要求，可根据地形地貌、沉积环境复杂程度等因素确定是否开展该项工作，但应重视既有地下水动态资料的搜集整理、地下水观测网的布设等工作，绘制不同时期地下水等值线图。

库盆勘察剖面线的布置参照《南水北调工程平原水库技术规程》（NSBD 12-2009）第 7. 4. 4 条，并结合多年来的工程经验进行了修改。原规范提出的勘察剖面“宜垂直和平行地下水水流方向布置”，在地下水动态观测资料缺乏时，地下水流向尚难确定，实际工作中采用网格状布置便于操作；原规范提出的“每剖面钻孔数量不应少于 3 个”，勘探点偏少，尤其大中型平原水库库盆面积大，每条剖面仅布置几个钻孔，较难查明库盆水文地质条件，且古河道、集中渗水通道的分布范围有限，依靠物探也很难探明。地处黄泛冲积平原和山前冲洪积平原交互处的平原水库，勘察时应特别关注大孔隙发育壤土层的一般具中等透水性的特征，今后应加强该类土的现场水文地质试验工作，进一步积累工程经验。

**J. 6. 13** 对应正文 6. 4. 1 的条文说明。平原水库设计库水位一般高出地面或高于原地下水位，有些水库位于地下水汇集地带，水库渗漏或大坝截渗导致坝后地下水排泄不畅，将引起水库周边地下水位升高，土层中毛管水上升将盐份不断带向地表，会造成表层土沼泽或盐渍化，引起地质环境恶化。



**J. 6. 14** 对应正文 6. 4. 2 的条文说明。坝后浸没区勘察方法宜采用坑（井）探与钻探相结合的方法。地下水位埋深较浅时，土的毛管水上升高度宜在探坑（井）内现场测定；地下水位埋深较深时，可采用室内试验获取。掌握当地成熟的工程经验时，也可采用经验值。但用室内测定的土的毛细力来代替土的毛管水上升高度，其结果较实际情况偏大，毛管水上升高度应根据工程经验综合分析提出建议值。

**J. 6. 15** 对应正文 6. 4. 3 的条文说明。坝后浸没具体的评价方法和标准应符合根据 GB 50487—2008 附录 D 的规定，最终确定浸没范围和危害程度，为防治措施设计提供地质资料。

初判不可能浸没地段的分析评价，按 GB50487—2008 附录 D 第 D. 0. 3 条规定，在工程地质测绘基础上，根据拟建平原水库或渠道的设计水位和坝后周边地形地貌、地质条件综合判定。浸没范围计算宜建立合适的潜水渗流模型，也可参考本标准附录 I 进行估算。危害程度评价应包括对建筑物基础的危害。

当地层为双层结构，上部黏性土厚度较大且其水位受下部承压（或微承压）含水层水位影响时，工程实际调查资料表明，黏性土层中的地下水位不等于且总是低于下部。若截渗沟不能揭穿上部黏性土层，承压水头将不能削减，会引起坝后一定范围内水（机）井、深坑塘水位上升，产生浸没问题，一般需依靠布置减压井或抽水井来降低坝后水位，避免产生浸没危害。

**J. 6. 16** 对应正文 6. 5. 1 的条文说明。坝址区勘察主要任务是在选定坝址区查明影响工程总体布置及控制性较大的主要工程地质问题作为设计的依据，平原水库一般坐落在基岩埋深较大的第四系土层上，坝基一般分布有软弱黏性土、湿陷性填土和欠固结土、裂隙黏土、膨胀土、分散性土、盐渍土、粉细砂等特殊岩土，坝基存在不均匀沉降、抗滑稳定、土基液化、渗漏和渗透稳定等多类工程地质问题，为此应采用多种勘察手段相结合，以查明坝基岩土层工程地质和水文地质特性，提供准确可靠的物理力学性质指标。

渗透变形类型判别与渗透比降确定应遵循：

宜通过现场和室内试验并结合《水利水电工程地质勘察规范》（GB50487）中规定的方法综合确定。

渗透变形现场试验位置一般选择在坝趾或截渗沟处，且土层岩性厚度较稳定，结构特征明显，具典型代表性；室内试验原状试样应采用人工取样，取样尺寸满足试验要求，可采用不小于 40cm×40cm×40cm 方块盒取样。

每工程地质段主要土层有效试验组数累计不少于 3~5 组。

调查坝后浸没范围内洼地，坑塘、沟渠等低洼地势分布及土层出露特征，判断产生渗透变形破坏的可能性。

**J. 6. 17** 对应正文 6. 5. 2 的条文说明。平原水库通常第四系覆盖层较厚，地质测绘工作主要是划分地貌成因类型，如古河道区、河间坡地区、洼地区、冲积洪积、沼泽或湖积，可视情况布置地质测绘工作。平原水库软弱黏性土、饱和砂壤土和粉（（细）砂广泛分布，直接控制着坝基稳定，这类土采用钻探采取原状土样，达到 I 级原状样非常困难，即便采用薄壁取土器、压入法采取，也较难达到，根据已有资料对比，钻孔土样试验指标一般大于井探的试样指标。因此，本标准强调必须采用坑（井）探、静力触探、剪切波速、十字板剪切等多种原位测试手段相结合，可以很好的将室内试验成果与原位测试成果加以对比，提出准确合理的地质参数建议值，积累工程经验。钻孔的间距和深度，条文规定的是最基本的要求，可根据实际情况适当加密孔数孔距，试验工作除土的物理力学性质参数试验外，提出了原位测试项目的要求，以达到提供的物理力学指标齐全，供地质判别和设计采用。试验组数是最基本要求，其同现行标准《碾压式土石坝设计规范》（SL 274）相适应。

平原水库渗漏问题是直接影响着水库效益能否有效发挥的关键问题，查明相对隔水层的分布规律是勘测工作的重中之重。多年来的实践表明，随着土地资源越来越紧缺，平原水库坝高越来越高，原规范提出的“钻孔深度应进入相对隔水层，当相对隔水层埋藏较深时，应进入当地枯水年份枯水位以下 10m~15m，或 3~5 倍坝高深度。”要求，其勘探深度已不能满足平原水库垂直截渗深度要求。随着防渗工程技术的不断发展，本标准提出需要布置一定数量的深钻孔，主要目的是有效查明相对隔水层的分布深度，为设计通过经济技术比较最终确定截渗方式提供依据。

采用标准贯入试验法进行复判时，现行水利工程行业标准尚未对标准贯入计算点数量提出要求，地质报告存在标准贯入计算点偏少问题，导致判别结论不可靠、不安全。本标准根据《岩土工程勘察规范（2009年版）》（GB 50021-2001）强条第5.7.8条、一般条文第5.7.9条等规定，并考虑水利工程特点进行了规定。

GB 50487第P.0.4条第6）款提出接近震、远震确定计算液化临界标准贯入锤击数，按照地震区划图通常难以确定“近震”、“远震”，若按表P.0.4-1考虑“近震”、“远震”的影响选取计算液化临界标准贯入锤击数，工程勘察设计人员通常难以操作，不便于工程应用。参照GB50011-2001表4.3.4以及现行的GB50287有关解释，按GB18306设计地震分组II类场地基本地震动加速度反应谱特征周期分区值0.35s（第一组）的接近震考虑，基本地震动加速度反应谱特征周期分区值0.40s（第二组）、0.45s（第三组）的按远震考虑。

实际勘察工作，采用经验类比来判定土的地层年代时，曾出现液化错漏判问题。因此，采用地层年代进行饱和土液化初判时，对地层年代不确定的地层，宜进行地层年代鉴定或附有可靠的地层对比资料。

黄河冲积平原区广泛分布有砂壤土、粉土、粉细砂层，这类土层的特殊结构往往导致实测的标贯击数偏高，增加波速测试判别液化，可避免采用单一标贯击数法的误判，确保工程安全。

为避免薄层地层不能获取有效的试验资料，特别提出坝基钻孔应有每米一取土的连续取土钻孔，每米一标准贯入试验的连续标准贯入试验钻孔（可结合液化判别布置）；可按设计需要，提供计算（影响）范围内各主要岩土层的抗剪强度指标。

渗流量估算公式、渗透系数取值原则宜符合SL373附录C、D的规定，渗流量估算原则可参照《碾压式土石坝设计规范》（SL 274-2020）第8.1.8条确定的多年渗流计算经验，遵循如下原则：正常渗流量估算可按水库调节计算成果，逐月计算全年叠加，水库水位采用当月蓄水位，下游水位采用临界地下水位；渗透系数采用大值平均值，相差5倍以内的相邻薄土层可概化为一层，根据渗流方向采用厚度加权的平均渗透系数进行估算；坝基渗漏估算深度宜达到相对隔水层，当相对隔水层很深时，计算深度可按不小于2.0倍的最大坝高进行估算，也可按无限深透水坝基进行估算。

**J. 6. 18** 对应正文 6. 5. 3 的条文说明。渗流量估算公式、渗透系数取值原则宜符合 SL373 附录 C、D 的规定，渗流量估算原则可参照《碾压式土石坝设计规范》（SL 274-2020）第 8. 1. 8 条确定的多年渗流计算经验，遵循如下原则：正常渗流量估算可按水库调节计算成果，逐月计算全年叠加，水库水位采用当月蓄水位，下游水位采用临界地下水位；渗透系数采用大值平均值，相差 5 倍以内的相邻薄土层可概化为一层，根据渗流方向采用厚度加权的平均渗透系数进行估算；坝基渗漏估算深度宜达到相对隔水层，当相对隔水层很深时，计算深度宜不小于 2.0 倍的最大坝高，也可按无限深透水坝基进行估算。

**J. 6. 19** 对应正文 6. 6. 1 的条文说明。平原水库建筑物的地基主要由第四纪沉积物组成，勘察主要是解决地基强度、沉陷不均匀变形、开挖边坡和基坑支护和排水等问题，工程勘察应侧重于地基渗透性、均匀性、压缩性和抗剪强度及地基承载力等方面。

目前黄河冲积平原地区因超采地下水引起地面持续沉降的现象很普遍，对建筑物安全和有效运用存在很大的影响；为节约利用好土地，近年来也陆续在南四湖周边的煤矿塌陷洼地修建平原水库，建设单位在项目立项阶段应先行委托专业机构对地面沉降、塌陷、地下采空区稳定性作出评价。

**J. 6. 20** 对应正文 6. 6. 2 的条文说明。勘察工作要结合建筑物布设而布置，建筑物不同部位都应有勘探剖面控制。泵站、水闸基坑开挖边坡，涵洞、水闸翼墙等对地基条件要求较高，布置勘探工作应予重视。

基坑工程勘察要求参照《岩土工程勘察规范（2009年版）》（GB50021-2001）第4.8.3条编制。据统计近几年重大施工坍塌事故中，基坑坍塌约占坍塌事故总数的50%。塌方事故造成了惨重的人员伤亡和经济损失，因此要务必重视基坑工程勘察工作。基坑坍塌，可大致分为：基坑边坡土体承载力不足；基坑底土因卸载而隆起，造成基坑或边坡土体滑动；地表及地下水渗流作用，造成的涌砂、涌泥、涌水等而导致边坡失稳，基坑坍塌。

**J. 6. 21** 对应正文 6. 6. 3 的条文说明。建筑物的地基均匀性评价可参照 SL 704 的有关规定。地基均匀

性主要是针对受力层为中、高压缩性的土质地基。一般情况下符合下列条件之一时，可视为均匀地基，①当持力层底面或相邻基底标高的坡度小于 10%时可视为；②当主要受力层厚度差值小于指建筑物底板宽度 0.05 倍时。否则视为不均匀地基。

凡属下列情况之一者，可不作地基沉降变形评价：①岩石地基；②密实的卵石、碎石地基；③密实的中砂、粗砂地基；④中密、密实状态的砂壤土、粉土、粉（细）砂；⑤较厚的硬塑-坚硬的黏性土地基。

土的允许不冲流速建议值可参照《灌溉与排水工程设计标准》（GB 50288-2018）附录 C 提出。但黄河沉积平原地区土层允许不冲流速要充分考虑其堆积时间短、结构松散、粉粒含量高、土层岩性相变频繁、抗冲刷能力差、裂隙黏土具有分散性等特点提出建议值。

针对黄河沉积平原地区建筑物，当建基面在历史最高地下水位或近 3-5 年最高地下水位以下时，应建议采取降排水措施，并提供地下水控制所需的岩土体参数。施工中地下水的控制深度要结合当地经验以不产生地基土因饱和带来的振动液化、“橡皮土”等破坏土体结构，降低地基土强度为原则，地下水位一般保持在基坑底面以下不少于 1.0m 为宜，应先降水后开挖。黄泛冲积平原地区基坑降水应充分考虑土体结构松散、粉粒含量高，土颗粒易随水流带出流失的特点，一般宜采用大井降水不宜采用集水明排措施，并强调大井应做好反滤，谨防土颗粒易随水流带出，导致地基沉降破坏。

基坑涌水量计算可参照《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120-2012）附录 E《基坑涌水量计算》、《工程建设地下水控制技术规程》（DB37/T 5059-2016）附录 D。基坑抗渗透稳定性计算可参照《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）附录 W《基坑抗渗流稳定性计算》。

**J. 6. 22** 对应正文 6. 7. 1 的条文说明。应在划分地形地貌和地质条件基础上按挖方、填方和挖填结合等不同施工形式进行工程地质初步分段和分段。初步分段、分段及评价执行《引调水线路工程地质勘察规范》（SL 629-2014）附录 G 的规定。渠系建筑物的类型很多，包括水闸、节制闸、涵闸、倒虹吸管、渡槽等。条文所列勘察内容适用于所有渠系建筑物，但是因各类建筑物的荷载，基础型式不同，对地基地质条件的评价应有所区别。应重点查明，倒虹吸管的基础可供选择的持力层，地基条件、厚度、岩相变化、岩体强度及倒虹基坑涌水，砂的渗透变形可能性等对工程的影响。

按照《引调水线路工程地质勘察规范》（SL 629-2014）术语规定，深挖方渠道是指开挖深度大于 15m 的渠道，高填方渠道是指填方高度大于 8m 的渠道。

**J. 6. 23** 对应正文 6. 7. 2 的条文说明。渠道及渠系建筑物勘察方法应符合《引调水线路工程地质勘察规范》（SL 629-2014）规定，每一地质单元或工程地质单元上的勘探点间距可根据建筑物类型、地形地质条件成因等进行调整，根据需要布置控制性钻孔。

非开挖穿越方式的倒虹、埋管（涵）等建筑物勘探强调不能在建筑物设计宽度范围内布置钻孔，是为防止钻探过程中钻器具调入钻孔影响定向钻、顶管、盾构等非开挖穿越方式施工。

**J. 6. 24** 对应正文 6. 8 的条文说明。筑坝土料的质量和可用土料储量直接控制着平原水库围坝坝型的选择，尤其黄河冲积平原地区上部土层岩性相变大，黏粒含量不稳定，因此本标准强调可行性研究阶段筑坝土料的勘察宜达到详查精度。筑坝土料在不引起库区渗漏的前提下尽量从库内取土，以减少占地。具体的勘察技术要求执行现行标准 SL 251。

库内料场可按渗透稳定等需要，在坝踵前留有一定宽度的天然铺盖，预留具体宽度与设计商定。勘探点布置宜结合库盆内水文地质勘察，按等距网格状布置。

**J. 6. 24** 对应正文 6. 9. 1 的条文说明。平原水库地区尤其黄泛冲积平原地区，地层沉积轮回频繁、岩性相变大、厚度变化大，古塘坑、沼泽洼地分布广，地基土一般不均匀，抗滑稳定能力差、易产生不均匀沉降的软弱黏性土分布复杂而多变，易产生流砂、流土和易液化的粉土、粉砂、轻壤土广泛分布，中上部地层工程地质条件较复杂，与山区地层明显不同，许多工程地质问题，需要通过施工期的地质工作加以解决。施工阶段需要通过先导孔，进一步验证、确认相对隔水层。增加施工期的地质工作一节，目的是强调开展施工期的地质工作必要性。

## J.7 工程规划与库容确定

J.7.1 本部分对应正文第7章基本规定的条文解释。

J.7.2 对应正文7.1.1的条文说明。兴建平原水库的根本目的是调蓄利用水资源，满足经济社会发展对水资源的需求，应结合平原水库供水范围基本情况分析，说明为解决当地水资源紧缺、水工程不足或其它原因必须兴建平原水库。

J.7.3 对应正文7.1.2、7.1.3的条文说明。以非常规水为取水水源的平原水库，其开发目标与任务中不应包括生活及对水质要求较高的工业供水。应结合项目区的实际，说明平原水库的开发目标与规模任务。多目标与任务的综合利用平原水库，应分别说明。

a) 生活用水定额及供水规模的确定应按照节约用水的精神并符合现行有关规范与规定的要求。

b) 工业用水定额应符合行业节水先进标准。

c) 灌溉定额应采用节水型，参考现行标准《灌溉与排水工程设计规范》(GB 50288)、《节水灌溉技术规范》(SL 207)确定。

d) 生态环境供水规模参考现行标准《河湖生态环境需水计算规范》(SL/T 712)确定。

J.7.4 对应正文7.2.1的条文说明。以当地地表水和黄河水为取水水源的，水资源分析，包括设计引水位、可引水天数和可引水量分析等，其主要内容包括径流、设计洪水、泥沙、水位流量关系、水面蒸发和冰情分析等。

a) 径流资料系列的可靠性、一致性和代表性是径流分析与计算的基本要求。应在对选用的各年径流资料可靠性进行检查和复核的基础上，对资料系列的一致性和代表性作出分析和评价。

b) 我国现有水文站的径流资料多数已超过30年，不足30年的，也可通过插补延长，使其达到要求。径流的统计时段应按平原水库设计的要求确定，通常是采用年作为统计时段。以皮尔逊III型频率曲线为线型的径流频率曲线，均值采用矩法的计算值；变差系数用矩法初估，适线确定；偏差系数取为变差系数的若干倍。适线时，径流频率曲线在拟合点群趋势的基础上，一般应侧重考虑与平、枯水年径流经验频率点据的拟合。

J.7.5 对应正文7.2.2的条文说明。水库建设涉及河道的设计洪水分析，主要包括下列内容：

a) 根据流量资料计算设计洪水时，说明洪峰、洪量系列的统计原则，洪水系列年限，采用的频率曲线线型和经验频率计算公式，频率分析计算成果经合理性分析检查后确定。

b) 根据暴雨资料推算设计洪水时，说明设计暴雨及产汇流计算方法，设计洪水成果经合理性分析检查后确定。

c) 提出涉及河道运行期及施工期各设计频率下的年最大洪峰流量、分期最大洪峰流量、排涝模数及流量成果。

J.7.6 对应正文7.2.4的条文说明。从河道取水的，进水闸前河道断面的水位流量关系曲线，是分析或校核闸前设计引水位的依据之一，应根据本条所列的取水河段水位、流量资料的情况来拟定。为反映现状的水位流量关系，应采用近期（最近三年）的水位流量资料。

J.7.7 对应正文7.3.1的条文说明。水资源调查评价现有成果包括省、市、县水资源综合规划或其他经批准的水资源评价成果。

J.7.8 对应正文7.4.1的条文说明。以非常规水为取水水源的，其入库水质应符合供水对象的用水水质需求，且库盆应做好必要的防渗措施。

J.7.9 对应正文7.4.4的条文说明。无坝取水时，进水闸前河道断面的最小可引水流量，是指允许进水闸引进设计引水流量的河道断面最小流量。计算分析最小可引水流量时，除应考虑进水闸设计引水流量大小之外，还应充分考虑下游河道内外用水的要求，以及避免河道泥沙淤积而必须下泄的流量和入海出境水量的要求。

山东黄河河务局2002年5月编制的《下游水量调度工作责任制（试行）》提出，黄河在山东境内的利津、冻口、艾山、孙口和高村五处水文站的最小可引水流量分别采用50 m<sup>3</sup>/s、180 m<sup>3</sup>/s、260 m<sup>3</sup>/s、

330 m<sup>3</sup>/s 和 400m<sup>3</sup>/s。可参照执行。

J. 7. 10 对应正文 7. 4. 5 条文说明。根据无坝取水进水闸前河道断面的最小可引水流量和水位流量关系曲线推算闸前设计引水位时，若设计引水流量占河道断面流量的比例较大，则要考虑引水时取水口处河道水位的局部降落；若引河较长或设计引水流量较大，则还要考虑引河比降和引水时流速水头损失。

J. 7. 11 对应正文 7. 4. 6 条文说明。平原水库利用已建的无坝取水进水闸引水的，必须对闸前设计引水位进行校核，以核算已建进水闸能否满足平原水库引水的要求。

J. 7. 12 对应正文 7. 4. 7 条文说明。平原水库设计入库流量（也称为设计充库流量）应根据水库供水任务确定。进水闸设计引水流量应等于设计入库流量与从进水闸到平原水库之间沿途水量损失之和。每立方米引进水流因泥沙在沉沙池和输水渠道中的沉积而产生的水量损失，可按每立方米引进水流中沉积泥沙的体积来估算。

J. 7. 13 对应正文 7. 4. 8 条文说明。无坝取水时，可引水控制条件应依据进水闸前河道断面（或其上下游有可供移用流量资料的水文站）的流量、含沙量和冰凌等因素和工程规划、设计的要求来制定。

目前，山东水利设计部门根据多年来的引黄经验制定的可引水控制条件通常是：

- a) 当黄河河道断面的日平均流量小于最小可引水流量时，不引水。
- b) 为了减轻引黄泥沙处理的负担，当河道断面的日平均含沙量大于 30 kg/m<sup>3</sup>时，不引水。
- c) 黄河流冰期、冰塞或冰坝期，不引水。
- d) 全河封冻期按 50%统计可引水天数。
- e) 考虑到黄河的防洪安全，当河道断面流量大于 5000m<sup>3</sup>/s 时，不引水。

J. 7. 14 对应正文 7. 4. 9 条文说明。闸前河道断面缺乏水文资料时，可参照其上下游有可供移用流量资料的水文站水文资料进行统计分析。设计年可引水天数，通常是依据历年可引水天数，经分析论证后选用合适线型，通过频率计算确定；其年内分配，应采用典型年法推求。典型年应选择年可引水天数与设计年可引水天数相近、可引水天数的年内分配对平原水库的供水较为不利的年份。具体的计算方法可采用同倍比法。

目前，也有采用“多项式”来拟合年引水天数经验频率点据的。引水天数计算成果应进行合理性分析。

J. 7. 15 对应正文 7. 4. 10 文说明。利用有坝取水枢纽或水库作为平原水库取水水源的，可引水天数和可引水量应通过径流调节计算确定。径流调节计算可参照现行标准《水利工程水利计算规范》（SL 104）的规定执行。

J. 7. 16 对应正文 7. 4. 12 文说明。以非常规水为取水水源的水库，库盆应做好必要的防渗措施，应采用管道引水、取水、供水，以避免由于渗漏可能引起的周围生态环境恶化、地下水水质污染等问题。

J. 7. 17 对应正文 7. 5. 1 条文说明。平原水库应通过兴利调节计算，确定在已知供水量和供水设计保证率情况下的调节库容大小，或者是确定在已知调节库容大小情况下的供水量和供水设计保证率。必要时，也可拟定不同的调节计算方案，分别进行兴利调节计算，以选用合理的计算成果。

J. 7. 18 对应正文 7. 5. 2 说明。本条列出的各项资料，都是平原水库兴利调节计算必须采用的重要资料。

J. 7. 19 对应正文 7. 5. 3 说明。平原水库水位与水面面积和库容关系曲线是水库兴利调节计算的重要资料之一，要求达到较高的精度，宜采用 1:5000~1:2000 比例尺的实测地形图、并结合库区开挖和大坝填筑测算。

J. 7. 20 对应正文 7. 5. 7 文说明。为满足生态、农业、工业和居民生活用水等各用水户的用水要求，平原水库一般应具有完全年调节的功能。平原水库的兴利调节计算通常应采用典型年时历法。由于平原水库的水源是人工调入的，所以应根据设计年的逐月可引水天数等基本资料，进行计入水量损失的完全年调节计算。当需要采用长系列时历法进行兴利调节计算时，则应根据历年逐月可引水天数等基本资料，逐年进行计入水量损失的完全年调节计算。

计入水量损失的水库完全年调节计算，要求设计年入库水量应等于设计年供水量、年蒸发损失水量、

年库面降水总量和年渗漏损失水量的代数和；设计年逐月入库水量应等于逐月引水天数与设计入库流量的乘积；各月引水天数应等于或小于同月可引水天数。

**J. 7. 21** 对应正文 7. 5. 9 的条文说明平原水库从由水行政主管部门统一配水的江河取水的，除设计年引水量的大小应符合统一配水方案的规定之外，还应注意设计年引水量和年配水量的设计保证率是否一致。有的江河是按“正常年分”的径流量（即多年平均年径流量）来分配水量的，其年配水量的设计保证率小于 50%。因此，在年引水量的设计保证率高于年配水量的设计保证率的情况下，在枯水年份，应通过水行政主管部门统一调配江河水量，才能满足设计保证率较高的用水户用水要求。

**J. 7. 22** 对应正文 7. 5. 11 的条文说明。应在对取水用户提出的取水要求进行取水合理性分析的基础上，从取水河段的稳定性、取水口位置与现有取水口排污口的关系以及对第三者的影响等方面，分析取水口位置的合理性。应从河道断面径流资料情况、可引水天数分析成果的合理性、江河配水方案规定的年配水量的设计保证率与平原水库年供水量的供水设计保证率是否一致、引水口河段河床是否稳定等方面，分析取水的可靠性。应在取水可靠性分析的基础上，结合取水合理性、取水口位置、取水对其他取水户的影响等方面，分析取水的可行性。

**J. 7. 23** 对应正文 7. 6. 1 的条文说明。库址选择是平原水库建设的一项重要内容，引水充库增加了库址选择的复杂性。在选择平原水库库址时，必须从水源和供水两方面权衡利弊，选择水源可靠，引水、供水线路短，能尽量利用当地涝洼荒地、废弃河床，减少迁占、移民，库址地质条件应满足建库蓄水要求；建库后有利于当地自然生态环境良性发展，节省工程建设费用，便于施工和运行管理。

**J. 7. 24** 对应正文 7. 6. 2 的条文说明。平原水库工程总体布置应做到工程布局合理、运用可靠、便于管理、便于施工、节省投资，充分利用当地已建灌区输水渠道和排水沟河，形成能够满足当地供水、灌溉、排水的综合水利体系。

**J. 7. 25** 对应正文 7. 6. 3 的条文说明。适当增加平原水库蓄水深度，不仅可以减少水库占地、保证水质、缩短围坝长度、减少库区及坝基防渗设施规模，节省工程投资，而且还可以减少水库水量蒸发，提高水资源的利用效率。

应综合考虑坝体稳定、防渗措施、移民迁占、工程投资等综合因素，合理确定蓄水深度。平原水库蓄水深度（或坝高）的优选，一般可经过方案比较（或建立数学模型）得出。影响蓄水深度优选的主要因素是地价（土地资源的稀缺程度），工程规模及造价；制约蓄水深度不宜过深的主要因素是围坝的安全问题，根据我省某些工程的经验，平原水库蓄水深度，大型水库 10 m 左右，中型水库不宜低于 7 m。

**J. 7. 26** 对应正文 7. 8 的条文说明。以生活和工业供水为主要目标的平原水库，控制入库水源的含沙量是保证供水水质，延长水库使用年限的基本保证。对于某些没有沉沙池或沉沙池沉沙效能减退的引黄水源，入库含沙量超过  $1.5 \text{ kg/m}^3$  时，可考虑双库方案，即利用上库沉沙，下库供水，经过以挖代沉，达到保证水质，延长水库使用年限的目的，显然，采用双库方案的前提首先是有适当的库址，同时还应与其他解决途径进行方案比较，择优选用。

## J. 8 围坝及其相关设计

**J. 8. 1** 本部分对应正文第 8 章基本规定的条文解释。

**J. 8. 2** 对应正文 8. 1 的条文说明。围坝的坝轴线位置和坝高的确定，是事关平原水库工程安全有效运用和造价是否合理的大事，影响因素较多，设计时应通过多方案的技术、经济比较，择优选用。方案比较时应做到指标具体、论证确切、评价公允。

**J. 8. 3** 对应正文 8. 2 的条文说明。坝型选择亦应经过方案比较，选定的坝型应做到充分利用当地土料，并使断面构造与坝体、坝基和库区防渗设施相互协调，做到运用可靠、便于管理，施工方便，造价合理。

**J. 8. 4** 对应正文 8. 3 的条文说明。查明库区土料的性质、储量和分布是围坝设计的首要工作，目的是最大限度地利用库区土料，确定合理的坝型和断面结构，减少弃料，尽可能做到挖填平衡。并对土料填筑标准提出具体要求。



**J.8.5** 对应正文 8.4 的条文说明。平原水库的围坝多为软土地基上的均质土坝或土工膜防渗体坝，其坝体轮廓设计与一般碾压式土坝相同。坝型确定以后，坝顶高程、坝顶构造、坝坡坡度等，即可根据工程等级、水库设计水位、当地风速风向、围坝平面布置、库区地形、土质等资料，通过计算和已有工程实践经验拟定坝体轮廓，最终通过渗流、稳定及沉陷变形等计算，予以确定。

由于围坝各坝段位置各异。为了保证工程安全、节省投资，围坝各坝段的坝顶高程，应按各坝段的具体位置及相对应的风速、吹程、坝坡等因素，分区计算。

**J.8.6** 对应正文 8.5 的条文说明。根据平原水库围坝坝高较低，长度很长的特点，围坝一般应尽量采用防渗体厚度较大的均质土坝，或多种土质坝。当筑坝土料渗透系数大于  $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  时，可采用坝面铺塑，使之与坝体构成复合的土工膜防渗结构。

**J.8.7** 对应正文 8.6 的条文说明。修建平原水库工程的目的是为了丰蓄枯用，保障供给。控制水库渗漏水量（主要是通过坝基和库区），使之在一个可以接受的范围之内，是平原水库工程建设成功的关键。在一般情况下，平原水库的年渗漏量宜控制在总库容的 6%~10% 以内，还应考虑当地水资源的稀缺程度、调水成本和防渗工程措施等因素，应从技术、经济角度，通过方案比较选定。

由于平原水库库址绝大多数地处河流冲积平原或丘陵山前洪积地带，地层复杂、透水性大。工程实践证明，当库区存有连续可靠的相对不透水层，且埋深不超过 15m~20m 时，可采用垂直铺塑截渗或水泥搅拌桩墙截渗。

当相对不透水地层埋深较大，垂直铺塑截渗存有困难，采用水泥搅拌桩墙或混凝土截渗墙造价较高时，可考虑采用土工膜水平铺盖加悬挂式垂直铺塑或全库水平铺塑截渗方案。山东及国内外部分工程的实践证明，全库水平铺塑防渗效果好，质量易于控制，施工方便，施工速度快，特别是水文地质条件复杂、相对不透水层埋藏深时，全库水平铺塑的优点更加突出。

表 J.1 列出山东省部分平原水库工程库区及坝基防渗措施的资料，可供参考。

表 J.1 山东省部分平原水库库区及坝基防渗设施情况

序号	水库名称	总库容 ( $10^8 \text{m}^3$ )	坝高 (m)	坝长 (km)	库区及坝基地层情况	库区及坝基防渗设施	建成时间
1	利津	0.213	6.00 (6.69)	9.8	第四系黄河冲积相、海相、冲海积层，埋深 10m 内为砂壤土、粉土、粉细砂、壤土和薄层淤泥质土。分布连续，土质均匀，垂直及水平渗透系数分别为 $3.52 \sim 3.66 \times 10^{-4} \text{m/s}$	坝体、库盆及坝基均未采取专门的防渗设施	1991.11
2	耿井	0.208	6.20	7.86	第四系黄河冲积相、海相、冲海积层，埋深 10m 内为砂壤土、粉土、粉细砂、壤土和薄层淤泥质土。k 为 $2.76 \times 10^{-4} \text{m/s}$ 和 $1.16 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ，可视为相对不透水层	坝体、库盆及坝基均未采取专门的防渗设施	1991.1
3	鹊山	0.46	8.24 9.44 (11.24)	11.6	第四系山前冲洪积相、黄河冲积相、冲积层，以砂壤土为主，夹黏土、粉砂，下部河湖沉积层，壤土、弱透水性，连续，相对隔水	坝面复合土工膜，下接 PE 土工膜垂直截渗，平均深度 9.17m，最大深度 19m	1999.12

表 J.1 山东省部分平原水库库区及坝基防渗设施情况（续）

序号	水库名称	总库容 ( $10^8\text{m}^3$ )	坝高 (m)	坝长 (km)	库区及坝基地层情况	库区及坝基防渗设施	建成时间
4	韩店	0.45	9.00	8.8	第四系黄河冲积相、冲积层,上部为裂隙黏土、砂壤土,中下部为黄土状壤土、壤土和砂壤土,均为弱、中透水地层	坝面复合土工膜,下接 PE 水平铺塑 30 m,膜厚 0.5mm,黏土保护层 0.5m	2005.5
5	东郊	0.14	7.00	7.38	第四系黄河冲积相、冲积层,埋深 20 m 内,自上而下为粉质黏土、裂隙黏土、黏土和粉土,第③层裂隙土透水性强, k 为 $1\times 10^{-4}\text{m/s}$ ,第④层粉土透水性弱, k 为 $1.8\times 10^{-5}\text{m/s}$	坝面复合土工膜, PVC, 200g/m <sup>2</sup> /0.5mm/200g/m <sup>2</sup> ,膜下 15cm 中砂,下接 PE 垂直铺塑,膜厚 0.25mm。最大深度 18m。北坝地下古河床深 20m,用水泥搅拌桩墙封闭	1996.12
6	丁庄	0.312	8.50	9.2	第四系黄河冲积相、冲积层,埋深 15 m 内,上中部为亚黏土、亚砂土,裂隙黏土,下部为粉砂。平均渗透系数为 $4.3\times 10^{-5}\text{m/s}$	坝前黏土铺盖长 50 m,厚 50 cm,接垂直铺塑 PE,膜厚 0.22mm,深 10m	1991.6
7	丁东	0.48	8.00	11.64	第四系黄河冲积相、冲积层,埋深 15 m 内,上中部为砂壤土、裂隙黏土,淤泥质黏土,下部为砂壤土、粉砂。平均渗透系数为 $1.35\sim 11.39\times 10^{-5}\text{m/s}$	均质土坝接 PE 水平铺塑 60 m,膜厚 0.22 mm,垂直铺塑深 8 m, PE 膜厚 0.22 mm	1997.9
8	宁津	0.09	6.95	3.86	第四系黄河冲积相、冲积层,埋深 15 m 内,上中部为砂壤土、黏土,下部为砂壤土、壤土、粉砂。平均渗透系数为 $5.63\times 10^{-5}\text{m/s}$	复合土工膜坝面铺塑下接 36.5 m PE 水平铺塑,膜厚 0.2 mm,黏土保护层 0.5 m,末端 PE 膜垂直截渗,深 4.5 m	2006.4
9	浮岗	1.042	7.5 (9.5)	20.4	第四系黄河冲积相、冲积层,上部为砂壤土、裂隙性黏土、中部为粉砂,强透水层。下部为黏土,透水性弱,相对隔水	坝面复合土工膜铺塑下接 PE 土工膜垂直铺塑截渗至黏土层,深 10.3 m~16 m(平均 13.5 m),膜厚 0.2 mm	1958 年 始建 1999.12 改建
10	纯化	0.334	10.50	7.67	第四系黄河冲积相、海相、冲海积层,上部为黏土、粉土,中、下部为粉土、粉质黏土、细砂、粉质黏土、粉土	坝面复合土工膜下接土工膜垂直截渗至②层粉质黏土,深 4 m~4.5 m,水平段 5 m	2000
11	沙河	0.054	8.50	5.21	第四系黄河冲积相、冲积层,上部为粉砂、粉质黏土、粉质土,中下部为淤泥质黏土、淤泥质粉砂、黏土,质地松软,透水性弱	坝面复合土工膜铺塑,下接垂直铺塑截渗至黏土层,深 4 m~6m	2007.06

表 J.1 山东省部分平原水库库区及坝基防渗设施情况(续)



序号	水库名称	总库容 ( $10^8\text{m}^3$ )	坝高 (m)	坝长 (km)	库区及坝基地层情况	库区及坝基防渗设施	建成时间
12	新城	0.101	8.50	5.26	第四系黄河冲积相、冲积层，上中部为裂隙黏土、黏土夹姜石、壤土夹粉细沙，透水性较大，下部埋深 26 m~29 m 以下为重粉质黏土，连续、层厚，透水性弱、相对隔水	坝面复合土工膜下接全库单面复合土工膜水平防渗，PE 膜厚 0.3 mm，膜上黏土层厚 0.5 m，总面积 148.14 万 $\text{m}^2$	2001.12

表 J.2 山东省部分平原水库围坝断面及护坡情况

序号	水库名称	总库容 ( $10^8\text{m}^3$ )	坝高 (m)	坝顶宽 (m)	坝长 (km)	坝型及筑坝土料	迎水面坝坡	背水面坝坡	建成时间
1	利津	0.2	6.0 (6.69)	8.0	9.8	均质土坝，重粉质壤土、轻粉质壤土 $\gamma=1.55\text{t}/\text{m}^3$	1:3，现场预制长方形有埂混凝土板 (87×50×14cm)。垫层为土工织物 300 $\text{g}/\text{m}^2$ ，中砂 15 cm	1:3，草皮护坡，干砌石贴坡式排水，截渗沟	1991.1 1
2	耿井	0.208	6.2	7.0	7.86	均质土坝，重、中、轻粉质壤土 $\gamma=1.55\text{t}/\text{m}^3$	1:3，干砌片石护坡厚 38 cm，垫层，土工织物 350 $\text{g}/\text{m}^2$ ，中砂 10cm	1:2(2)，1:2.5，草皮护坡，L 型垫式水平排水，截渗沟	1991.9
3	丁庄	0.31	8	7.0	9.2	均质土坝，黏土铺盖 50m，粉质壤土、裂隙黏土、轻粉质壤土， $\gamma=1.55\text{t}/\text{m}^3$	1:3，干砌片石护坡，厚 30 cm，下设反滤层	1:3，草皮护坡，贴坡式排水，截渗沟	1991.6
4	丁东	0.48	8	8.0	11.64	均质土坝，砂壤土、裂隙黏土、淤泥质黏土、砂壤土、粉质壤土， $\gamma=1.55\text{t}/\text{m}^3$ 裂隙黏土与砂壤土混合， $\gamma=1.55\text{t}/\text{m}^3$	1:3(10) 1:3，浆砌块石护坡，厚 30 cm，下设垫层	1:3，草皮护坡，贴坡式排水，截渗沟	1997.9

表 J.2 山东省部分平原水库围坝断面及护坡情况 (续)

序号	水库名称	总库容 ( $10^8\text{m}^3$ )	坝高 (m)	坝顶宽(m)	坝长 (km)	坝型及筑坝土料	迎水面坝坡	背水面坝坡	建成时间
5	浮岗	1.042	7.5 (9.5)	7.0	20.4	土工膜防渗体坝,砂壤土、裂隙性黏土, $\gamma=1.55\text{t}/\text{m}^3$	1:3,现浇钢筋砼网络梁板。板下复合土工膜防渗,PVC 200g/m <sup>2</sup> /0.2mm/200g/m <sup>2</sup> 碎石垫层10cm,板下10cm碎石垫层	1:3(2), 1:5,草皮护坡,干砌石贴坡式排水,截渗沟	1958年始建 1999.12改建蓄水
6	王集 (四扣)	0.065	5	6.0	5.51	土工膜防渗体坝,轻粉质壤土, $\gamma=1.55\text{t}/\text{m}^3$	1:2.5,异形混凝土预制板护坡(43×43cm双企口板、68×50cm梯形板,厚12cm)。板下复合土工膜防渗, 250g/m <sup>2</sup> /0.2mm/150g/m <sup>2</sup>	1:2.5,草皮护坡,贴坡式排水,截渗沟	1992.12
7	沙河	0.054	8.5	10.0	5.21	土工膜防渗体坝粉质黏土, $\gamma=1.52\text{t}/\text{m}^3$	1:3(2) 1:3,干砌石护坡厚30cm,垫层,复合土工膜 0.2mm/300g/m <sup>2</sup> /0.2mm	1:3,草皮护坡,贴坡式排水,截渗沟	2007.06
8	东郊	0.14	7	7.0	7.38	土工膜防渗体坝,粉质黏土、裂隙黏土、粉土, $\gamma=1.65\text{t}/\text{m}^3$	1:3,现浇预制长方形有梗混凝土板(80×50×14cm)。板下复合土工膜防渗。 200g/m <sup>2</sup> /0.25mm/200g/m <sup>2</sup> ,中砂15cm	1:3,草皮护坡,贴坡式排水,截渗沟	1996.12
9	鹊山	0.46	8.24 9.44 (11.24)	7.0	11.6	土工膜防渗体坝,壤土、砂壤土,压实度97.5%, $\gamma=1.52\text{t}/\text{m}^3$	1:3,干砌方块石护坡30cm,中石、小石垫层各10cm,坝面复合土工膜防渗, 250g/m <sup>2</sup> /0.26mm/250g/m <sup>2</sup> ,PVC,膜下中砂10cm	1:2.5(15) 1:3,草皮护坡,贴坡式排水,截渗沟	1999.12
10	韩店	0.45	9.3	7.0	8.8	土工膜防渗体坝,粉质黏土、壤土,压实度97%, $\gamma=1.56\text{t}/\text{m}^3$	1:2.75,工厂机制扣接混凝土预制板(43×44m)厚10cm~12cm,板下碎石垫层10cm,坝面复合土工膜防渗 200g/m <sup>2</sup> /0.5mm/200g/m <sup>2</sup>	1:2.75,草皮护坡,干砌石贴坡式排水,截渗沟	2005.5
11	宁津	0.09	6.95	7.0	3.86	土工膜防渗体坝,壤土、砂壤土 $\gamma=1.59\text{t}/\text{m}^3$	1:3,现场机浇混凝土板护,厚12cm,坝面复合土工膜防渗。 200g/m <sup>2</sup> /0.3mm/200g/m <sup>2</sup>	1:3,草皮护坡,贴坡式排水,截渗沟	2006.4

表 J.2 山东省部分平原水库围坝断面及护坡情况(续)

序号	水库名称	总库容 ( $10^8\text{m}^3$ )	坝高 (m)	坝顶宽(m)	坝长 (km)	坝型及筑坝土料	迎水面坝坡	背水面坝坡	建成时间
12	纯化	0.334	10	7.0	7.67	土工膜防渗体坝, 粉土、粉质壤土, $\gamma=1.55\text{t}/\text{m}^3$	1:3(3)1:3, 现浇 18cm 栅栏板、9cm 预制混凝土板, 复合土工膜防渗, $360\text{g}/\text{m}^2/0.25\text{mm}/360\text{g}/\text{m}^2$ , 中砂垫层 16cm	1:2.5(4) 1:3, 草皮护坡, 干砌石贴坡式排水, 截渗沟	2000.12
13	新城	0.101	8.5	8.0	5.26	土工膜防渗体坝, 粉质壤土、裂隙黏土 $\gamma=1.55\text{t}/\text{m}^3$	1:3(2)1:2.5 预制混凝土板 (75×50×15cm), 板下碎石垫层厚 10cm, 复合土工膜防渗。 $150\text{g}/\text{m}^2/0.3\text{mm}/300\text{g}/\text{m}^2$	1:2.5, 草皮护坡, 贴坡式排水, 截渗沟	2001.12

对应正文8.7的条文说明。条文列出在平原水库实践中证明是行之有效、造价合理的一些护坡型式, 可根据工程具体情况经过方案比较择优选定。

根据平原水库所在地绝大多数缺少石材的情况, 从提高工程质量、降低工程造价、减少运输压力和劳力消耗、加快施工进度和有利环境保护等因素考虑, 优先选用现场或专业混凝土构件预制厂生产的预制混凝土护坡板护坡和采用机械摊铺、振捣、切块的机浇混凝土板护坡是适宜的。

草皮护坡作为一种有效、美观, 有利于生态环境的护坡型式, 应为平原水库围坝背水坡面的首选型式。

表 J.2 列出的山东平原水库围坝护坡的一些资料, 可供参考。

**J.8.9** 对应正文 8.8 的条文说明。大中型平原水库围坝都应该设置坝体排水、坝面排水。排水的各层之间, 坝体、地基土层与排水层之间都应该满足反滤要求。土质防渗体与坝壳、坝基透水层之间及下游渗流出逸处, 一般亦应设置反滤层或具有反滤作用的过渡层。

采用天然或人工砂砾料构筑的反滤层, 按《碾压式土石坝设计规范》(SL 274-2020) 的要求进行设计。

采用土工合成材料构筑的反滤层, 按《土工合成材料应用技术规范》(GB/T 50290-2014) 进行设计。

**J.8.10** 对应正文 8.9 的条文说明。建造在第四纪土基上的围坝, 坝基处理的主要目的是增强地基承载力, 截渗和控制坝基渗透变形。此外, 还应对坝基及库区内废弃矿坑、井洞、机井等破坏天然防渗层和可能会对今后工程运用带来危害的构筑物予以拆除或回填封堵。

坝基处理的技术方案应与坝基及库区防渗处理相协调。

**J.8.11** 对应正文 8.10 的条文说明。设置截渗沟是防止平原水库蓄水后引起周围地下水位升高并导致土地盐渍化的有效措施, 一般情况下, 应作为平原水库工程的一个组成部分予以考虑。

截渗沟的深度和断面尺寸, 应根据地层构造、土质透水性及蓄水深度等因素, 可通过计算, 并参照类似工程经验拟定。

截渗沟的位置与围坝背水坡脚之间应保持适当距离。

**J.8.12** 对应正文 8.11 的条文说明。平原水库库区及围坝渗漏计算可采用水力学法、流体力学法、有限单元法和绘制流网的图解法进行, 关键是准确掌握平原水库库区和坝基的地层情况和计算参数, 并进行合理的简化。

当库区、坝基的地层复杂, 透水性强, 并伴有“古河道”和透水的“天窗”等集中渗流通道时, 可针对性采用“分段法”或三维有限单元法进行计算。

**J.8.13** 对应正文 8.12 的条文说明。围坝的坝体稳定计算, 按《碾压式土石坝设计规范》(SL 274-2020)

要求进行。

由于平原水库围坝多为均质土坝和土工膜防渗体坝，而且坝高低，因此，稳定计算可采用计及条块间作用力的简化毕肖普法进行。稳定渗流期，采用有效应力法。4、5级围坝宜采用有效应力法，为简化计算，黏性土填筑的坝体施工期、水位降落期可用总应力法。

**J.8.14** 对应正文 8.13 的条文说明。围坝坝体应力和变形计算，按现行标准 SL 274 的要求进行。

对于建造在软土地基上的 1 级、2 级围坝，应对坝体的应力和变形进行有限元分析，并参照工程实践经验确定围坝断面轮廓，尤其是压重平台的长度和顶面高程。

当围坝计算沉陷较大时，应在核实计算成果可靠性的基础上，论证采取其他工程措施（如提高土料填筑质量、加大断面尺寸、放缓填土施工速度和采用填土预压等）的必要性。

## J.9 平原水库工程的其他建筑物

**J.9.1** 本部分对应正文第 9 章基本规定的条文解释。

**J.9.2** 对应正文 9.1 的条文说明。平原水库工程的附属建筑物一般是根据需要进行设置的。当水库地势较低，可以通过引水渠道和入库涵洞部分自流入库，当水库地势高或者水库高水位时不能自流入库时，水库在第一次充库时可以部分自流入库。因此，平原水库通常需要通过入库泵站提水入库。对于水库在运用过程中，可以部分自流入库的，从节省运行费，可建设单独的入库涵洞或使入库涵洞具有自流入库的功能。

由于平原水库通常都有部分库容处于地面以下，由挖方所形成，为满足供水水头的要求以及充分利用水库库容，可根据供水需要设置出库泵站及出库涵洞。

泄水涵洞主要任务是，当水库遭遇地震、意外损坏等非常情况时，能够泄空水库或尽快降低水库水位。水库设计蓄水位高于水库周围地面 2.0 m 以上，或者水库失事造成危害较大的大、中型平原水库和失事后果严重的小（1）型水库，应设置专用的或兼用的泄水建筑物。

入库泵站的布置应考虑防御区域洪水和引水河道洪水的要求，防洪标准按照（GB/T 50265-97）3.1 条确定。

对于建设在滞洪区内的平原水库，当水库面积和库容影响滞洪区的运用时，应考虑设置单独的进洪、泄洪设施，以满足水库提前腾空库容，接纳洪水的需要。

**J.9.3** 对应正文 9.2、9.3 的条文说明。入库涵洞和出库涵洞作为穿过围坝的输水水工建筑物，在进行总体布置和结构选型时，应满足入库和出库的输水功能和涵洞安全要求，同时应考虑穿坝对围坝安全的影响。因此，从总体上要尽量减少穿坝建筑物的数量，尽量做到合并、兼用。同时，还应根据工程规模和地质条件选用技术成熟、安全可靠的结构型式和施工方法，如尽量采用钢筋混凝土箱型结构，做好地基处理，强化分缝止水，防止不均匀沉降、洞身开裂、接缝渗漏和渗透变形。还应注意做好涵洞进出口水流衔接和出口水流消能。

**J.9.4** 对应正文 9.4、9.5 的条文说明。为改善平原水库水流状态，增加流程，有利沉沙，保护水库水质，平原水库的入库泵站、入库涵洞和出库泵站、出库涵洞之间，应保持相当距离，必要时可考虑设置导流丁坝进行调整。

为满足施工检修要求，涵洞尺寸不宜太小，其宽度和高度一般不小于 1.5 m×2.0 m，涵洞尺寸以 0.5 m 级差为模数，方便闸门布置和设计。涵洞分节尺寸以 10 m~15 m 为宜。考虑坝体不均匀沉降的影响，分节尺寸不宜太大，接缝处应做好止水。

平原水库附属建筑物上的闸门一般采用平面钢闸门，其优点是安装维修方便，渗漏水量小。对于水头较小的小型平原水库，也可以采用铸铁闸门。

由于入库泵站流量大，使用时间短，有充足的时间进行检修，正常情况下，可以安排机电设备的维修更换，使用期损坏的几率较小，因此，可不设备用机组。

水库的水位每年在设计水位和死水位之间变化，出库泵站的吸水室应与库内水位相通，水库水位较

高时，以节省能源，降低运行费用。

**J. 9.5** 对应正文 9.7 的条文说明。平原水库附属建筑物（水闸、涵洞、泵站及桥梁等）地基计算及处理，应考虑地基土质、结构型式、使用工况及施工等条件，其特点是建筑物的规模虽然不大，但地基松软，承载能力较差，存有沉陷及渗透变形等问题。因此，因地制宜地选择适宜的结构型式和地基处理方法是保证工程运用安全，降低工程造价和方便施工的技术关键，设计、施工时决不可因工程规模小而不加重视。

地基计算应根据建筑物的类型、结构、地基土及填料土的物理力学性质分别按现行标准 SL 265 和 GB/T 50265 等有关标准进行。

## J. 10 平原水库工程的加固与扩建

本部分对应正文第 10 章基本规定的条文解释。

随着社会经济的发展和平原地区水资源匮乏现象的加剧，对某些工程老化，存有隐患和规模不能满足现状要求的平原水库工程进行加固和改、扩建是必要的，这也是增加供水能力，提高供水质量、提高工程效益的一项技术措施。

搞好平原水库加固、改建和扩建的关键，首先是对工程的现状进行全面、深入的调查研究，对工程质量、运行状况和工程安全作出全面的鉴定、评估。然后，根据工程存在问题针对性的提出加固、改建和扩建方案，通过技术经济方案比较，择优选用。

平原水库加固及改、扩建的技术方案，必须先进、可靠、因地制宜、符合工程实际情况，对于铺塑截渗、水泥灌浆等专项技术，应注意加强技术监控，当地层情况复杂时，应先在现场进行试验，成功后再全面展开。

## J. 11 水质监控与生态保护

**J. 11.1** 本部分对应正文第 11 章基本规定的条文解释。

**J. 11.2** 对应正文 11.1.1 的条文说明。平原水库按供水目标可分为生活用水、工业用水、农业用水和多目标供水水库；按照地貌形态可分为洼地型、河道型、滩地型和河口型平原水库等。

平原水库的水质监控和保护的主体是指引入或调入平原水库的原水和进入水库蓄存的水体。其水质监控和保护应执行现行标准（GB 3838），具体见附录 G。其中，引水水质应按Ⅲ类水标准进行控制管理，水库蓄存水体的水质可按用户的水质目标进行控制，其中生活饮用水按照Ⅲ类水以上标准进行管控，工业用水按照Ⅳ类水以上标准进行管控，农业和绿化用水按照不低于Ⅴ类水标准进行管控。

**J. 11.3** 对应正文 11.1.3 的条文说明。平原水库水体水质的监控至关重要，对于生活饮用水水库一定要按照规定进行水质采样和化验分析，必要时可设立水质化验室，条件不成熟可以设立流动化验室。

对于引黄水源的平原水库和水体明显分层的水库应进行水体沉降物监测分析，水体悬移质含量或浊度是关键的分析指标。

对于调蓄能力差、调蓄周期长的平原水库，其蓄存的缓流水体在太阳照射和气温升高情况下尤其是夏季，会产生内源式的富营养化，要注意加密水质和水生物监测频次，进行富营养化评价。

为改善水库水质采取鱼类放养措施，应选育好鱼种，并严格控制放养密度，严禁人工喂养，防止产生水质污染；采取的水生植被栽植为主的生态修复措施，也应严格控制实施地点和规模，防止产生藻华。

**J. 11.4** 对应正文 11.2.1 的条文说明。平原水库生物多样性主要指物种多样性。物种多样性（species diversity）是指在一次个体采集中，不同物种的有效物种数以及一定时间、一定空间中各物种的个体分布特点。平原水库的生态保护主要是指水库水生态系统及周边一定范围内引调水或水库渗水形成的湿地等生态系统的保护。

**J. 11.5** 对应正文 11.2.2 的条文说明。生物多样性指数是用来衡量物种多样性丰富程度的指标，目前

相对广泛使用的多样性指数包括丰富度指数 ( $d_M$ )、香农-维纳指数 (Shannon-Wiener) 和辛普森指数 (Simpson) ( $D$ )。其中, 丰富度指数反映群落物种丰富度, 指一个群落或环境中物种数目的多寡, 也表示生物群聚种类丰富度程度的指数, 丰富度指数越高, 多样性也就越高; 香农-维纳指数是用来描述物种的个体出现的紊乱和不确定性的指标, 不确定性越高, 多样性也就越高; 辛普森指数描述从一个群落种类连续两次抽样所得到的个体数属于同一种的概率, 辛普森指数越高, 多样性也就越高。可以根据需要选择性进行计算评价。

**J. 11.6** 对应正文 11.2.3 的条文说明。平原水库建成蓄水后, 库区内形成新的生态系统, 改变了水库的生物多样性状况, 水生生物如水生维管植物、浮游植物、浮游动物、各种鱼类与底栖动物等逐渐丰富, 形成新的水域生态系统。一个健康良好的生态系统会为水库的综合利用创造良好的条件, 特别是对水质的改善起到有益的作用。应按有关规定进行水生生态系统和生物多样性的调查和保护。水生态系统的保护主要针对物种多样性的保护。

**J. 11.7** 对应正文 11.2.4 的条文说明。水库蓄水后, 由于渗水可能形成的湿地系统, 要对其进行保护, 改善水库周边环境; 水库渗漏也可能造成土地盐渍化, 要进行有效治理和保护。

**J. 11.8** 对应正文 11.2.5 的条文说明。当引用含沙水源充灌平原水库时, 一方面, 高含沙水源可能造成入库渠道泥沙淤积和风沙侵蚀; 另一方面, 会造成水库泥沙淤积。应尽可能建设沉沙条池、条渠等减淤设施, 减少水库泥沙淤积, 提高供水质量, 并合理处理淤积泥沙, 减少对周边生态环境的影响。

## J. 12 平原水库工程管理设计

**J. 12.1** 本部分对应正文第 12 章基本规定的条文解释。

**J. 12.2** 对应正文 12.1 的条文说明。平原水库宜设立完善的管理体系, 除保证围坝工程维护管理需要外, 还应根据平原水库的特点配备泵站等运行管理、维修方面的人员。平原水库工程管理设施应与主体工程同步建设实施。

**J. 12.3** 对应正文 12.2 的条文说明。平原水库工程管理岗位设置和岗位定员, 参照 2004 年 5 月由水利部、财政部共同制定的《水利工程管理单位定岗标准(试点)》, 并结合平原水库工程特点制定的。其中对技术管理类和观测类中的部分岗位进行了调整、合并, 部分岗位定员人数相应调增, 对以城乡生活供水为主要目标的水库, 增设了水质化验岗位, 以保证水库供水水质。设置的辅助类岗位是指管理、运行、观测类岗位在日常管理人员不足且无法调整的情况下设置的, 其岗位定员根据需要确定。平原水库的定员级别与平原水库工程等别相对应。

**J. 12.4** 对应正文 12.3 的条文说明。由于受地形、地貌和村庄、道路以及征地难度等因素的影响, 经过论证并经主管部门批准, 平原水库工程的管理范围亦可适当调整。

**J. 12.5** 对应正文 12.4.1~12.4.3 的条文说明。本文件的监测设施包含各类人工观测类和设备监测类设施。监测仪器、设施的选择, 应在可靠、耐久、经济、适用的前提下, 力求先进和便于实现自动化监测。安全检测除应符合本文件要求外, 还应执行现行标准《土石坝安全监测技术规范》(SL 60)、《土石坝安全监测资料整编规程》(SL 169) 有关规定。

**J. 12.6** 对应正文 12.4.4 的条文说明。库外周边地下水位监测, 主要是监测水库蓄水后对库区周围, 特别是截渗沟以外地下水位变幅大小、影响范围和对当地居民生产、生活及工矿企业的影响, 验证水库防渗措施的效果, 为分析浸没原因和采取后续工程措施提供依据。监测规模应根据工程地质、水文地质条件及水库工程布置等确定。

库外周边地下水位监测应同时监测水库水位、截渗沟的渗水量、水温等。并应对渗水地下水水质和截渗沟水质进行取样分析。

**J. 12.7** 对应正文 12.4.5 的条文说明。水质监测方面, 大、中型平原水库应配备专业人员, 按供水对象要求, 制订水质监测条例, 并建档备查。监测内容和具体做法可参考本文件附录 G。

**J. 12.8** 对应正文 12.5 的条文说明。本节是新增内容, 为适应新时期水利信息化发展需求, 规范水库

工程管理信息化建设，增加此内容是必要的。为便于信息化平台内的各模块之间整合及相关实时数据共享，信息化大平台内各模块通信方式、数据库表结构及数据接口的宜统一。

**J. 12. 9** 对应正文 12. 6. 1~12. 6. 2 的条文说明。平原水库工程的交通设施目的是为保证正常管理维护和事故抢险需要。

交通设施设计时，宜结合实际与现有交通道路的基础上进行统一规划。

道路路面宜采用砂石、沥青碎石或沥青混凝土路面。沥青层厚度可选用现行标准《公路沥青路面设计规范》(JTG D50) 推荐沥青层厚度的低值或中值；结构层作法、厚度则选用该规范推荐各类结构层施工的最小厚度值或中值。

**J. 12. 10** 对应正文 12. 6. 3 的条文说明。平原水库工程上坝道路一般不少于两条，主要指大型及重要中型水库。其中一条为主要交通道路，应按现行规范要求设计，其他为简易道路，以备事故抢险、水库养护维修时用。

**J. 12. 11** 对应正文 12. 6. 4~12. 6. 6 的条文说明。上坝道路应配备专门的维修养护人员。

坝顶道路一般不作为交通道路。确需兼做公路的，要严格按照相关法律法规、技术标准开展前期设计工作，符合现行公路设计、施工规范规定，并落实安全防护措施。

**J. 12. 12** 对应正文 12. 6. 7 的条文说明。结合平原水库地形，设置的坝后巡查通道，满足坝后日常巡查需要。

**J. 12. 13** 对应正文 12. 6. 8~12. 6. 10 的条文说明。平原水库工程管理通信网是指管理机构与上级主管部门、抢险指挥部门和各基层管理单位之间的通信网络。水库工程通信网的主干线应优先选用公用网络，以充分利用公共资源，节省投资。

**J. 12. 14** 对应正文 12. 7. 1 的条文说明。平原水库调度运用调度规程主要包括：水库承担的任务、调度运用的原则和要求、主要运行指标、汛期安全度汛措施、兴利调度规则等规定。

**J. 12. 15** 对应正文 12. 7. 5 的条文说明。管理和保护范围的限制要求，主要明确管理和保护范围内禁止或限制的具体行为及现象。

**J. 12. 16** 对应正文 12. 8. 2 的条文说明。修建在蓄、滞洪区及有行洪或排涝要求的旧河道的平原水库，应制定水库腾空预案，最大程度减少因修建水库占用蓄滞洪区、旧河道对其运用的影响。

**J. 12. 17** 对应正文 12. 8. 4 的条文说明。水库安全设施配置应满足 GB 50706 的相关要求。

**J. 12. 18** 对应正文 12. 9 的条文说明。平原水库管理单位办公用房、职工食堂、值班宿舍、文化活动室及生产用房标准及用水用电要求，应符合 SL 106 等有关设计规范及《山东省党政机关办公用房管理办法》等现行规定，且考虑到经济社会的发展和人民生活水平的不断提高等因素，适当提高了标准。

### **J. 13 地质条件复杂程度划分**

本部分对应附录 C 的基本规定的条文解释。平原水库地质条件复杂，不同类型的水工建筑物，工程地质勘察工作重点、深度要求、采用的手段、方法均有较大差异，引调水工程、水闸与泵站等其他水工建筑物宜进行地质条件复杂程度划分；勘察工作的布置结合地质条件复杂程度合理安排。

### **J. 14 土质地基强度划分**

本部分对应附录 D 的基本规定的条文解释。软弱黏性土（软土）的划分标准按《水工建筑物抗震设计标准》(GB 51247-2018) 第 4. 2. 8 条，参照《软土地区岩土工程勘察规程》(JGJ 83-2011) 术语 2. 0. 1。软弱黏性土一般具有高压缩、低强度，高灵敏度、低透水性和高流动性，且在较大地震力作用下可能出现震陷的细粒土。包括淤泥、淤泥质土、软黏土、泥炭、泥炭质土等。

## 参 考 文 献

- [1] GB 50007 建筑地基基础设计规范
- [2] SL 104 水利工程水利计算规范
- [3] SL 187 水质采样技术规程
- [4] SL 188 堤防工程地质勘察规程
- [5] SL 207 节水灌溉技术规范
- [6] SL 219 水环境监测规范
- [7] SL 235 土工合成材料测试规程
- [8] SL 373 水利水电工程水文地质勘察规范
- [9] SL 395 地表水资源质量评价技术规程
- [10] SL 429 水资源供需预测分析技术规范
- [11] SL/T 712 河湖生态环境需水计算规范
- [12] SL 733 内陆水域浮游植物检测技术规程
- [13] SC/T 9102.3 渔业生态环境监测规范 第3部分：淡水
- [14] SC/T 9402 淡水浮游生物调查技术规范
- [15] JGJ 83 软土地区岩土工程勘察规程
- [16] JTG D50 公路沥青路面设计规范
- [17] HJ 494 水质 采样技术指导
- [18] HJ 710.4 生物多样性观测技术导则 鸟类
- [19] HJ 710.5 生物多样性观测技术导则 爬行动物
- [20] HJ 710.6 生物多样性观测技术导则 两栖动物
- [21] HJ 710.7 生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类
- [22] HJ 710.8 生物多样性观测技术导则 淡水底栖大型无脊椎动物
- [23] HJ 710.12 生物多样性观测技术导则 水生维管植物
- [24] 《山东省地震局关于印发〈山东省区域性地震安全性评价工作管理办法〉的通知》（鲁震发〔2020〕36号）
- [25] 《山东省建设工程抗震设防条例》
- [26] 《建设工程抗震管理条例》（国令第744号）
-