

ICS 93.160
P 57

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 289—2003

替代SD 175—86

水土保持治沟骨干工程技术规范

Technical code of key dam for soil and water conservation

2003-10-20 发布

2004-01-01 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布《水土保持治沟骨干
工程技术规范》SL 289—2003 的通知

水国科 [2003] 484 号

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

经审查，批准《水土保持治沟骨干工程技术规范》为水利行业标准，并予发布。标准编号为 SL 289—2003，代替原《水土保持治沟骨干工程暂行技术规范》SD 175—86。

本标准自 2004 年 1 月 1 日起实施。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

二〇〇三年十月二十日

前 言

《水土保持治沟骨干工程暂行技术规范》(SD 175—86)颁布以来,对水土保持治沟骨干工程建设起到了积极的推动作用,这期间黄河流域修建了一千五百多座骨干坝。同时,在“七五”、“八五”和“九五”国家科研项目中,对骨干坝建设进行了专题攻关。为反映这些实践经验和技术成果,适应大规模的骨干坝建设需要,对原规范进行了修订。

本次修订SD 175—86的主要依据为《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252—2000)、《碾压式土石坝设计规范》(SL 274—2001)、《溢洪道设计规范》(SL 253—2000)和《水利水电技术标准编写规定》(SL 1—2002)。

本规范共7章31节147条,主要技术内容有:

- 坝系工程布设;
- 水文计算;
- 土坝设计、溢洪道设计、放水工程设计和配套加固设计;
- 工程施工;
- 工程质量检查及验收;
- 工程管理等基本规定和要求。

本次修订的主要内容有:

- 增加了坝系工程布设的要求;
- 增加了配套加固工程设计的内容;
- 对单坝控制面积按侵蚀强度进行了区分;
- 规定了骨干坝设计条件和建筑物级别;
- 增加了洪水调查法推算设计洪峰流量及采用经验公式推算设计洪水总量的内容;
- 增加了坝体渗流计算和沉降量计算的方法;
- 增加了放水建筑物挑流消能水力计算等内容;

— 稳定计算规定以计及条块间作用力的方法为主；

— 稳定计算的安全系数按照正常和非常两种运用条件确定；

— 增加了规范的条文说明。

本规范 1.0.6~1.0.10、5.1.3、5.2.1~5.2.3、5.10.1~5.10.5、6.2.4、7.1.1、7.4.2~7.4.4 为强制性条文，规范文本中用黑体字表示。

本规范所替代标准的历次版本为：

— SD 175—86

本规范批准部门：中华人民共和国水利部

本规范主持机构：水利部水土保持司

本规范解释单位：水利部水土保持司

本规范主编单位：水利部水土保持司

黄河上中游管理局

本规范出版、发行单位：中国水利水电出版社

本规范主要起草人：周月鲁 郑新民 薛顺康 王逸冰

蒋 钢 梁其春 李 靖 武 哲

宋慧斌 曹丽玫 寇俊峰 王俊峰

王答相 王正杲 王庆阳

本规范审查会议技术负责人：焦居仁

本规范体例格式审查人：牟广忞

1 总 则

1.0.1 为适应水土保持治沟骨干工程（简称骨干坝）建设需要，加强工程建设的技术管理，提高规划设计水平，保证施工质量，发挥工程效益，在总结十几年工程建设和管理经验的基础上，修订本规范。

1.0.2 本规范适用于黄河流域水土流失严重地区的新建和配套加固骨干坝的建设和管理，其他流域和地区可参照执行。

1.0.3 骨干坝是在综合治理的基础上，在支毛沟中兴建的控制性滞洪、拦泥、淤地的坝工建筑物。一般为均质土坝，采用碾压或水坠施工。

1.0.4 坝系是指以小流域为单元，通过科学规划、合理布设骨干坝和淤地坝等沟道工程，为提高沟道整体防御能力、实现流域水沙资源的合理开发和利用而建立的防治水土流失的沟道工程体系。

1.0.5 骨干坝建设应首先进行坝系规划。

1.0.6 骨干坝的修建，应与上游坡面治理同步进行。

1.0.7 骨干坝单坝控制流域面积，在剧烈侵蚀区〔侵蚀模数大于 $15000t/(km^2 \cdot a)$ 〕一般为 $3km^2$ ；在极强度侵蚀区〔侵蚀模数 $8000t/(km^2 \cdot a) \sim 15000t/(km^2 \cdot a)$ 〕一般为 $3km^2 \sim 5km^2$ ；强度侵蚀区〔侵蚀模数 $5000t/(km^2 \cdot a) \sim 8000t/(km^2 \cdot a)$ 〕一般为 $3km^2 \sim 8km^2$ 。

1.0.8 骨干坝的规模，多数库容为 $50 \times 10^4 m^3 \sim 100 \times 10^4 m^3$ ，少数库容为 $100 \times 10^4 m^3 \sim 300 \times 10^4 m^3$ ，个别库容为 $300 \times 10^4 m^3 \sim 500 \times 10^4 m^3$ 。对库容大于 $500 \times 10^4 m^3$ 的骨干坝，应进行专门研究；对库容小于 $50 \times 10^4 m^3$ 的淤地坝，应执行《水土保持综合治理技术规范》（GB/T 16453.3 1996）。

1.0.9 骨干坝设计条件应根据所处的工作状况和作用力的性质

分为：

1 正常运用条件

- 1) 骨干坝水位处于死水位和设计洪水位之间的各种水位的稳定渗流期。
- 2) 骨干坝水位处于上述范围内经常性的正常降落。

2 非常运用条件

- 1) 骨干坝施工期。
- 2) 校核洪水位有可能形成稳定渗流的情况。

1.0.10 骨干坝的等别划分及设计标准，应按表 1.0.10 确定。

表 1.0.10 骨干坝等别划分及设计标准

总库容 ($\times 10^4 m^3$)		100~500	50~100
工程等别		四	五
建筑物级别	主要建筑物	4	5
	次要建筑物	5	5
洪水重现期 (a)	设计	30~50	20~30
	校核	300~500	200~300
设计淤积年限 (a)		20~30	10~20

1.0.11 本规范适用于地震烈度 7 度 (含 7 度) 以下地区的骨干坝设计与施工；设计地震烈度超过 7 度的地区，应进行专门论证。

1.0.12 骨干坝的设计、施工和管理，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 坝系工程布设

2.1 基本资料

2.1.1 地形、地质资料，应主要包括以下内容：

1 1：50000~1：10000 小流域地形图，应按《水利水电工程制图标准 水土保持图》（SL 73.6·2001）标明治理现状及规划措施布设，量算骨干坝控制流域面积，绘制主沟道纵断面图。

2 1：5000~1：2000 库区地形图，绘制库容特性曲线。

3 实测 1：1000~1：500 坝址地形图，进行工程布设，绘制工程平面布置图。

4 实测 1：500~1：100 坝址横断面图。

5 坝址地质资料和当地地震烈度资料。

6 沟道地下水逸出地段、泉眼位置及分布状况，流域内沟道水化学测验资料。

2.1.2 水文、气象资料，应主要包括降水、暴雨、洪水、径流、泥沙、气温和冻土深度等。

2.1.3 经济社会情况主要包括：

1 受益区内乡（镇）村、土地、人口、劳力、生产、收益及淹没区和下游影响区的乡（镇）村、人口、土地、工矿等情况。

2 坝址范围交通条件、供水、供电等情况。

2.1.4 治理现状主要包括：

1 小流域林、草保存面积，基本农田面积，坡耕地面积和相关生态工程建设情况等。

2 小流域沟道内坝地、小型拦蓄工程和现有坝库运用情况及其调洪能力等。

2.1.5 应对配套加固工程的坝高、库容和已淤库容进行实测，对溢洪道泄洪能力进行校核，查明工程效益及运行中存在的问题等。

2.1.6 筑坝土石料调查和土工试验应分别按照《水利水电工程天

然建筑材料勘察规程》(SL 251—2000)和《土工试验规程》(SL 237—1999)的有关规定,查明坝址附近各种天然土石料的性质、储量和分布,以及枢纽建筑物开挖料的性质和可利用的数量。

2.2 坝系布设原则

2.2.1 应在小流域综合治理的基础上,根据当地自然条件和社会经济情况,妥善协调好干支沟、上下游的关系,全面规划,统筹安排。

2.2.2 应立足于对小流域洪水泥沙的长期控制,合理利用水沙资源,发挥坝系滞洪、拦泥、淤地、灌溉和养殖等综合效益。

2.2.3 应合理布设控制性的骨干坝,并相应配置淤地坝、小水库、塘坝等沟道工程。

2.2.4 骨干坝和中、小型淤地坝应相互配合,联合运用,调洪削峰,确保坝系安全和防洪保收。

2.2.5 应考虑坝路结合,保护沟道泉眼与基流,防治坝地盐碱化。

2.2.6 应考虑骨干坝后期加高,并达到最终坝高因素的影响。

2.3 坝系布设内容

2.3.1 建坝密度:应根据沟壑密度、侵蚀模数、洪水、地形、地质条件等因素,结合坝系运用方式和当地经济发展需要,合理确定骨干坝和淤地坝等沟道工程的数量。

2.3.2 工程规模:应根据工程在坝系中的作用,考虑防洪、生产、水资源利用等要求,按本规范和《水土保持综合治理技术规范》(GB/T 16453.3—1996)合理确定各类工程规模。

2.3.3 建设顺序:应按照有利于合理利用水沙资源,发挥工程效益,保证防洪安全的要求,确定坝系工程的建设顺序。

2.3.4 方案优选:坝系工程布设应进行方案比选,经分析论证后,择优确定。

2.4 骨干坝布设原则

- 2.4.1 应在现有坝库工程防洪能力安全评估的基础上,根据坝系运用方式,依次确定骨干坝和淤地坝等单项工程的坝址。
- 2.4.2 坝轴线应根据坝址区的地形、地质条件、坝型、坝基处理方式、枢纽中各建筑物的布置和施工条件等,经比较确定。
- 2.4.3 坝体布设应根据坝址地形、地质条件,结合坝高及施工方法,综合考虑放水工程和溢洪道的布设条件,合理确定。
- 2.4.4 坝脚与下游坝的最高洪水水位回水末端应保持一定的距离。
- 2.4.5 筑坝材料的种类、性质、数量、位置和运输条件应满足坝型选择的要求。
- 2.4.6 库区淹没损失要小,对村镇、工矿、干线公路、高压线路的安全影响小。

2.5 骨干坝布设内容

- 2.5.1 骨干坝坝址选择应符合以下要求:
- 1 坝轴线短、工程量小,宜采用直线。
 - 2 应有宜于布设放水工程、溢洪道的地形、地质条件,宜选择岩基或粘土基础。
 - 3 坝址附近应有较充足的筑坝土、石料等建筑材料。
 - 4 坝址应避免较大弯道、跌水、泉眼、断层、滑坡体、洞穴等,坝肩不得有冲沟。
- 2.5.2 放水工程布设应符合以下要求:
- 1 卧管布设应综合考虑坝址地形条件、运行管护方式和坝体加高要求等因素,选择岸坡稳定、开挖量少的位置。
 - 2 涵洞轴线布设应尽量与坝轴线垂直,进口处应设消力池或消力井与卧管连接,涵洞的进口、出口均应伸出坝体以外,涵洞出口水流应采取妥善的消能措施,使消能后的水流与尾水渠或下游沟道衔接。
 - 3 涵洞宜全部布设在岩基或均匀坚实的原状土基上。

2.5.3 溢洪道布设应尽量利用开挖量少的有利地形，进口、出口附近的坝坡和岸坡应有可靠的防护措施和足够的稳定性。出口应采取妥善的消能措施，并使消能后的水流离开坝脚一定距离。

3 水 文 计 算

3.1 一 般 规 定

3.1.1 计算设计洪水和输沙量,应从实际出发,深入调查了解流域特性,注重基本资料的可靠性。

3.1.2 当有洪水、泥沙实测资料时,应根据资料条件及工程设计要求,采取多种方法计算设计洪水和输沙量,经论证后选用。

3.1.3 当洪水、泥沙资料缺乏时,可利用同类地区或工程附近地区的径流站、水文站实测资料,或调查洪水、泥沙资料,通过综合分析来计算设计洪水和输沙量。

3.1.4 应按当地试验数值确定梯田和林草对设计洪水的影响。

3.1.5 小型淤地坝、塘坝、谷坊等沟道工程对设计洪水的影响一般不考虑。

3.2 设计洪峰流量计算

3.2.1 采用推理公式法计算设计洪峰流量,可按公式(3.2.1-1)、公式(3.2.1-2)计算:

$$Q_p = 0.278 \times \frac{h}{\tau} F \quad (3.2.1-1)$$

$$\tau = 0.278 \times \frac{L}{mJ^{1/3}Q_p^{1/4}} \quad (3.2.1-2)$$

式中 Q_p ——设计频率最大洪峰流量, m^3/s ;

h ——净雨深, mm, 在全面汇流时代表相应于 τ 时段的最大净雨, 在部分汇流时代表单一洪峰对应的面平均净雨;

F ——流域面积, km^2 ;

τ ——流域汇流历时, h;

L ——沿主沟道从出口断面至分水岭的最长距离, km;

m ——汇流参数；

J ——沿流程 L 的平均比降（以小数计）。

3.2.2 若坝址处沟道有历史大洪水调查资料时，可借用邻近沟道的最大流量变差系数 C_v 及偏态系数 C_s ，采用洪水调查法进行设计洪峰流量的计算。

1 测定洪峰流量，应根据洪痕高程、过水断面、沟道比降，按公式（3.2.2-1）、公式（3.2.2-2）计算：

$$Q = \omega C \sqrt{Ri} \quad (3.2.2-1)$$

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (3.2.2-2)$$

式中 Q ——明渠均匀流公式计算的洪峰流量， m^3/s ；

ω ——沟道横断面过水面积， m^2 ；

C ——谢才系数；

R ——沟道横断面的水力半径， m ，为过水断面面积与湿周的比值；

i ——水力比降，由上下断面洪痕点的高差除以两断面间沿沟间距而得；

n ——糙率，可根据沟道特征选用。

2 调查洪水经验频率可按公式（3.2.2-3）计算：

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (3.2.2-3)$$

式中 P ——调查洪水经验频率；

m ——在已调查的几次洪水系列中由大到小的顺序位；

n ——调查年代与洪水发生年代之差， a 。

3 调查洪水的重现期与经验频率有公式（3.2.2-4）所示关系：

$$N = \frac{1}{P} \quad (3.2.2-4)$$

式中 N ——调查洪水重现期， a ；

P ——调查洪水经验频率。

4 如有一个洪水调查值时,设计洪峰流量应按公式(3.2.2-5)计算:

$$\left. \begin{aligned} \bar{Q} &= \frac{Q'_p}{K'_p} \\ Q_p &= K_p \bar{Q} \end{aligned} \right\} \quad (3.2.2-5)$$

式中 \bar{Q} ——最大流量系列的均值, m^3/s ;

Q'_p ——已知重现期的洪水调查值, m^3/s ;

K'_p ——相应于调查洪水频率 P' 的模比系数;

Q_p ——频率为 P 的设计洪峰流量, m^3/s ;

K_p ——频率为 P 的模比系数,由 C_v 及 C_s 的皮尔逊 III 型曲线 K_p 表中查得。

5 如有两个洪水调查值时,设计洪峰流量应按公式(3.2.2-6)计算:

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= \frac{Q'_{p1}}{K'_{p1}} \\ \bar{Q}_2 &= \frac{Q'_{p2}}{K'_{p2}} \\ Q_p &= K_p \left(\frac{\bar{Q}_1 + \bar{Q}_2}{2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (3.2.2-6)$$

式中 \bar{Q}_1 、 \bar{Q}_2 ——两次调查洪水的设计洪峰流量均值, m^3/s ;

Q'_{p1} 、 Q'_{p2} ——已知重现期的洪水调查值, m^3/s ;

K_{p1} 、 K_{p2} ——相应于调查洪水频率 P_1 和 P_2 的模比系数。

3.2.3 经验公式法推算洪峰流量 Q_p ,可采用洪峰面积相关法或综合参数法。

1 采用洪峰面积相关法,可按公式(3.2.3-1)计算:

$$Q_p = CF^n \quad (3.2.3-1)$$

式中 F ——流域面积, km^2 ;

C 、 n ——经验参数和指数,可采用当地经验值。

2 采用综合参数法,可按公式(3.2.3-2)~公式(3.2.3-4)计算:

$$Q_p = C_1 H_p^\alpha \lambda^m J^\beta F^n \quad (3.2.3-2)$$

$$\lambda = \frac{F}{L^2} \quad (3.2.3-3)$$

$$H_p = K_p \bar{H}_{24} \quad (3.2.3-4)$$

式中

C_1 ——洪峰地理参数；

H_p ——频率为 P 的流域中心点 24h 雨量，mm；

λ ——流域形状系数；

J ——主沟道平均比降；

F ——流域面积， km^2 ；

L ——流域长度，m；

α 、 β 、 m 、 n 经验参数，可采用当地经验值；

K_p ——频率为 P 的模比系数，由 C_v 及 C_s 的皮尔逊—III 型曲线 K_p 表中查得；

\bar{H}_{24} ——流域最大 24h 暴雨均值，mm，可由当地水文手册查得。

3.3 设计洪水总量计算

3.3.1 推理公式法推算设计洪水总量，可按公式 (3.3.1) 计算：

$$W_p = \alpha H_p F \quad (3.3.1)$$

式中 W_p ——设计洪水总量， 10^4m^3 ；

α ——洪水总量径流系数，可采用当地经验值；

其他符号含义同前。

3.3.2 经验公式法推算设计洪水总量，可按公式 (3.3.2) 计算：

$$W_p = AF^m \quad (3.3.2)$$

式中 A 、 m ——洪水总量地理参数及指标，可由当地水文手册中查得；

其他符号含义同前。

3.4 设计洪水过程线推算

3.4.1 宜采用概化三角形过程线法推算设计洪水过程线，见

图 3.4.1。

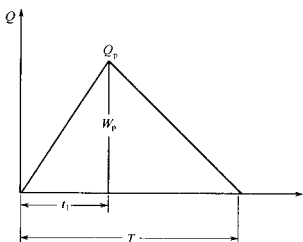


图 3.4.1 概化三角形洪水过程线

3.4.2 洪水总历时可按公式 (3.4.2-1) 计算：

$$T = 5.56 \frac{W_p}{Q_p} \quad (3.4.2-1)$$

式中 T ——洪水总历时，h；

W_p ——设计洪水总量， 10^4m^3 ；

Q_p ——设计洪峰流量， m^3/s 。

涨水历时可按公式 (3.4.2-2) 计算：

$$t_1 = \alpha_{11} T \quad (3.4.2-2)$$

式中 t_1 ——涨水历时，h；

α_{11} ——涨水历时系数，视洪水产汇流条件而异，其值变化在 0.1~0.5 之间，可根据当地情况取值；

T ——洪水总历时，h。

3.5 调 洪 演 算

3.5.1 单坝调洪演算可按公式 (3.5.1) 计算：

$$q_p = Q_p \left(1 - \frac{V_z}{W_p} \right) \quad (3.5.1)$$

式中 q_p ——频率为 P 的洪水时溢洪道最大下泄流量， m^3/s ；

V_z ——滞洪库容, 10^4m^3 。

其他符号含义同前。

3.5.2 拟建工程上游有设置了溢洪道的骨干坝时,调洪演算可按公式(3.5.2)计算:

$$q_p = (q'_p + Q_p) \left(1 - \frac{V_z}{W'_p + W_p} \right) \quad (3.5.2)$$

式中 q'_p ——频率为 P 的上游工程最大下泄流量, m^3/s ;

Q_p ——区间面积频率为 P 的设计洪峰流量, m^3/s ;

W'_p ——本坝泄洪开始至最大泄流量的时段内,上游工程的下泄洪水总量, 10^4m^3 ;

W_p ——区间面积频率为 P 的设计洪水总量, 10^4m^3 ;

其他符号含义同前。

3.6 输沙量计算

3.6.1 输沙量应包括悬移质输沙量和推移质输沙量两部分,可按公式(3.6.1)计算:

$$\bar{W}_{sb} = \bar{W}_s + \bar{W}_b \quad (3.6.1)$$

式中 \bar{W}_{sb} ——多年平均输沙量, $10^4\text{t}/\text{a}$;

\bar{W}_s ——多年平均悬移质输沙量, $10^4\text{t}/\text{a}$,可按本规范 3.6.2 的规定计算;

\bar{W}_b ——多年平均推移质输沙量, $10^4\text{t}/\text{a}$,可按本规范 3.6.3 的规定计算。

3.6.2 悬移质输沙量可采用以下两种方法之一计算:

1 输沙模数图查算法:

$$\bar{W}_s = F_i \sum M_{si} \quad (3.6.2-1)$$

式中 M_{si} ——分区输沙模数, $10^4\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,可根据输沙模数等值线图确定;

F_i ——分区面积, km^2 ;

其他符号含义同前。

2 输沙模数经验公式法:

$$\bar{M}_s = K\bar{M}_0^b \quad (3.6.2-2)$$

式中 \bar{M}_s ——多年平均输沙模数, $10^4\text{t}/\text{km}^2$;

\bar{M}_0 ——多年平均径流模数, $10^4\text{m}^3/\text{km}^2$;

b 、 K ——指数和系数, 可采用当地经验值。

3.6.3 推移质输沙量可采用以下两种方法之一计算:

1 比例系数法:

$$\bar{W}_b = B\bar{W}_s \quad (3.6.3-1)$$

式中 \bar{W}_b ——多年平均推移质输沙量, $10^4\text{t}/\text{a}$;

B ——比例系数, 一般取 $0.05\sim 0.15$;

其他符号含义同前。

2 已成坝库淤积调查法:

$$\bar{W}_{b.} = W_1 - (\bar{W}_s - W_2) \quad (3.6.3-2)$$

式中 W_1 ——多年平均坝库拦沙量, $10^4\text{t}/\text{a}$;

W_2 ——多年平均坝库排沙量, $10^4\text{t}/\text{a}$;

其他符号含义同前。

3.6.4 缺乏资料地区, 可采用侵蚀模数计算输沙量。

4 工程 设计

4.1 土 坝 设 计

4.1.1 当土质适宜、水源有保证时，应优先选用水坠坝；缺乏水源时，可选用碾压坝。

4.1.2 土料选择及填筑标准应满足以下要求：

1 水坠坝土料选择与填筑标准：

1) 修建水坠坝的土料（黄土、类黄土）应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 筑坝土料指标

项目	粘粒含量 (%)	塑性指数	崩解速度 (min)	渗透系数 (cm/s)	有机质含量 (%)	水溶盐含量 (%)
指标	3~20	<10	<10	$>1 \times 10^6$	<3	<8

2) 边埂应采用分层碾压施工，设计干容重不应低于 $1.5t/m^3$ 。

3) 冲填泥浆的起始含水量应按 40%~45% 控制，相应稳定含水量应控制在 20%~24%，干容重不得低于 $1.5t/m^3$ 。

2 碾压坝土料选择与填筑标准：

1) 一般黄土、类黄土均可作为碾压筑坝土料，其有机质含量不应超过 2%，水溶盐含量不应超过 5%。

2) 坝体干容重应按最优含水量控制，不得低于 $1.55t/m^3$ 。

4.1.3 骨干坝库容计算：

1 总库容应按公式 (4.1.3-1) 计算：

$$V = V_1 + V_2 \quad (4.1.3-1)$$

式中 V ——总库容， 10^4m^3 ；

V_1 ——拦泥库容， 10^4m^3 ；

V_z ——滞洪库容, 10^4m^3 。

2 拦泥库容应按公式 (4.1.3-2) 计算:

$$V_L = \frac{\bar{W}_{ab}(1 - \eta_s)N}{\gamma_d} \quad (4.1.3-2)$$

式中 \bar{W}_{ab} ——多年平均总输沙量, 10^4t/a , 可按本规范 3.6.1 的规定计算;

η_s ——坝库排沙比, 可采用当地经验值;

N ——设计淤积年限, a, 可按本规范 1.0.10 的规定确定;

γ_d ——淤积泥沙干容重, 可取 $1.3\text{t/m}^3 \sim 1.35\text{t/m}^3$ 。

3 滞洪库容计算, 不设溢洪道时, 应按一次校核洪水总量计算; 设置溢洪道时, 应按本规范 3.5.1 或 3.5.2 的规定计算。

4.1.4 坝体断面设计:

1 坝高确定:

1) 坝高 H 应由拦泥坝高 H_L 、滞洪坝高 H_z 和安全超高 ΔH 三部分组成, 按公式 (4.1.4) 计算:

$$H = H_L + H_z + \Delta H \quad (4.1.4)$$

2) 拦泥坝高和滞洪坝高应按本规范 4.1.3 计算的相应库容查水位-库容曲线确定。

3) 安全超高应按表 4.1.4-1 的规定确定。

表 4.1.4-1 土坝安全超高 单位: m

坝高	10~20	>20
安全超高	1.0~1.5	1.5~2.0

2 坝顶宽度确定:

1) 水坠坝坝顶最小宽度, 当坝高在 30m 以上时应取 5m, 坝高在 30m 以下时应取 4m。

2) 碾压坝坝顶宽度应按表 4.1.4-2 的规定确定。

表 4.1.4-2 碾压坝顶宽度 单位: m

坝高	10~20	20~30	30~40
坝顶宽度	3	3~4	4~5

3) 坝顶有交通要求时, 应按交通需要确定。

3 坝坡应按表 4.1.4-3 的规定确定。坝高超过 15m 时, 应在下游坡每隔 10m 左右设置一条马道, 马道宽度应取 1.0m~1.5m。

表 4.1.4-3 坝 坡 坡 率

坝型	土料或部位	坝 高 (m)		
		10~20	20~30	30~40
水坠坝	砂 壤 土	2.00~2.25	2.25~2.50	2.50~2.75
	轻粉质壤土	2.25~2.50	2.50~2.75	2.75~3.00
	中粉质壤土	2.50~2.75	2.75~3.00	3.00~3.25
碾压坝	上游坝坡	1.50~2.00	2.00~2.50	2.50~3.00
	下游坝坡	1.25~1.50	1.50~2.00	2.00~2.50

注: 水坠坝上下游坝坡一般采用相同坡率。砂壤土采用碾压筑坝时, 坝坡坡率还应经稳定分析后确定。

4 水坠坝边坝顶宽应按表 4.1.4-4 的规定确定。

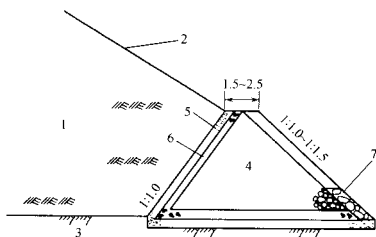
表 4.1.4-4 水坠坝边坝顶宽

土料名称	粘粒含量 (%)	在下列坝高情况下的边坝宽度 (m)		
		10~20	20~30	30~40
砂 壤 土	3~10	3~4	4~6	6~8
轻粉质壤土	10~15	3~5	5~7	7~10
中粉质壤土	15~20	4~6	7~10	10~13

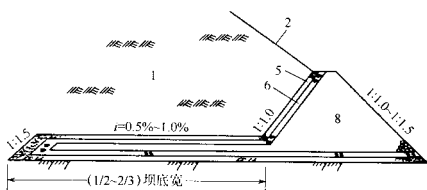
5 坝体排水设计应遵循以下规定:

- 1) 坝体应根据工程规模和运用情况设置反滤体, 其形式可结合工程具体条件选定。一般采用下列形式, 见图 4.1.4-1。
- 2) 棱式反滤体高度应由坝体浸润线位置确定, 顶部高程应超出下游最高水位 0.5m~1.0m, 坝体浸润线距坝面的距离应大于该地区的冻结深度; 顶部宽度应根据施工条

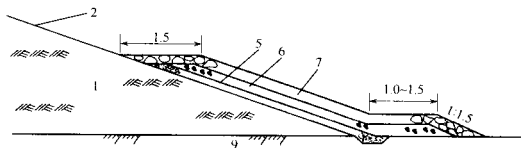
件及检查观测需要确定,但不宜小于 1.0m;应避免在棱体上游坡脚处出现锐角。



a) 棱式反滤体



b) 带水平砂沟的棱式反滤体



c) 贴坡式反滤体

1—坝体; 2—坝坡; 3—透水地基; 4—卵石; 5—粗沙; 6—小砾石;
7—干砌块石; 8—块石; 9—非岩石地基

图 4.1.4-1 反滤体示意图

- 3) 贴坡反滤体顶部高程应高于坝体浸润线出逸点, 超过的高度应使坝体浸润线在该地区的冻结深度以下 1.5m; 底脚应设置排水沟或排水体; 材料应满足护坡的要求。
- 4) 水坠坝施工期设置砂井、砂沟等临时排水设施时, 砂沟应铺设在坝基上, 出口必须与坝体反滤体相连接, 不得从坝坡引出。砂井结构及布置见图 4.1.4-2。

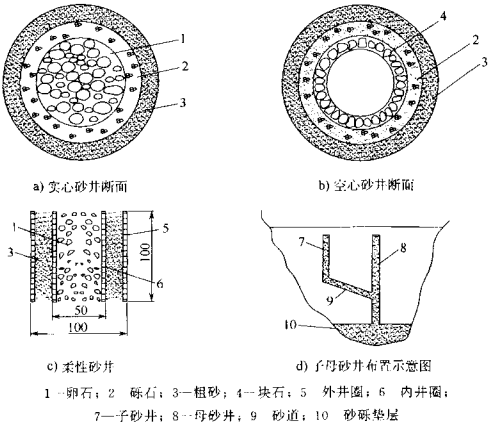


图 4.1.4-2 砂井结构及布置示意图

- 5) 砂石料缺乏地区, 坝体排水可采用土工织物或聚乙烯微孔波纹管等材料, 可参照有关规范执行。
- 6) 土坝表面应设置护坡, 护坡材料可因地制宜选用。
- 1) 护坡的形式、厚度及材料粒径等应根据坝的级别、运用条件和当地材料情况, 经技术经济比较后确定。
 - 2) 护坡的覆盖范围: 上游面自坝顶至淤积面, 下游面自坝顶至排水棱体, 无排水棱体时应护至坝脚。

7 土坝下游坡面应设置纵、横向排水沟，排水沟可采用浆砌石砌筑或混凝土现浇。

4.1.5 坝体填筑前，应对坝基和岸坡进行处理，主要内容包括：

1 拆除各种建筑物，清除草皮、树根、腐殖土等，清理并回填夯实水井、洞穴、坟墓等。

2 采用截渗或排渗措施处理透水坝基，使之满足渗透稳定和允许渗流量要求。

3 土质岸坡削坡，水坠坝不应陡于 $1:1$ ，碾压坝不应陡于 $1:1.5$ ；岩石岸坡削坡不应陡于 $1:0.5$ 。

4 坝基、岸坡应开挖 $1\sim 3$ 道结合槽，底宽应不小于 1.0m ，深度应不小于 1.0m ，边坡可取 $1:1.0$ 。

5 对湿陷性较强、厚度较大的黄土地基或台地，应采用预浸水法处理。

6 对淤土坝基应选用下列办法处理：

1) 截断上游来水，使淤土自然固结。

2) 开挖导渗沟，促使淤土排水固结。

3) 淤土强度较低时，可采用填干土（或抛石）挤淤修筑阻滑体或修筑人工盖重。

7 岩石地基应先清除表层覆盖物，再打眼放小炮开挖；接近设计高程 0.5m 时，应改用人工开凿；断层破碎带应采用深挖充填置换方法处理。

8 坝基泉眼和裂隙渗水，应采用箱堵塞法和水玻璃（硅酸钠）掺水泥等方法处理；当泉水和裂隙渗水较大时，应补设排水管，将水排出坝外。

4.1.6 坝体渗流计算应确定坝体设计水位情况下坝体浸润线的位置，计算坝体及坝基的渗流量和渗透坡降，作为坝体稳定计算的依据。

4.1.7 坝体稳定计算，水坠坝应进行施工中、后期坝坡整体稳定及边坝自身稳定性计算，竣工后应进行稳定渗流期下游坝坡稳定计算。碾压式土坝应进行运用期下游坝坡稳定计算。地震区还应

进行抗震稳定性验算。

1 土坝的强度指标应按坝体设计干容重和含水量制样,采用三轴仪测定其总应力或有效应力强度指标,抗剪强度指标的测定和应用方法可按照《碾压式土石坝设计规范》(SL 274-2001)的有关规定选用。试验值可按表 4.1.7-1 的规定取值进行修正。

表 4.1.7-1 强度指标修正系数

计算方法	试验方法	修正系数
总应力法	三轴不固结不排水剪	1.0
	直剪仪快剪	0.5~0.8 ^a
有效应力法	三轴固结不排水剪(测孔压)	0.8
	直剪仪慢剪	0.8

a: 根据试样在试验过程中的排水程度选用,排水较多时取小值。

2 坝坡整体稳定计算,应按平面问题圆弧滑动面,采用简化毕肖普法或瑞典圆弧法计算(见图 4.1.7-1)。

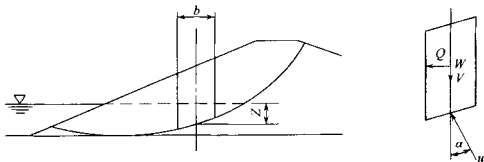


图 4.1.7-1 圆弧滑动条分法示意图

1) 简化毕肖普法:

$$K = \frac{[1/(1 + \tan\alpha \tan\phi/K)] \sum \{[(W \pm V) \sec\alpha - ub \sec\alpha] \tan\phi + c' b \sec\alpha\}}{\sum [(W \pm V) \sin\alpha + M_c/R]} \quad (4.1.7-1)$$

2) 瑞典圆弧法:

$$K = \frac{\sum \{[(W \pm V) \cos\alpha - ub \sec\alpha - Q \sin\alpha] \tan\phi + c' b \sec\alpha\}}{\sum [(W \pm V) \sin\alpha + M_c/R]} \quad (4.1.7-2)$$

式中 K ——抗滑稳定安全系数；

W ——土条重量；

Q 、 V ——水平和垂直地震惯性力（向上为负，向下为正）；

u ——作用于土条底面的孔隙压力；

α ——条块重力线与通过此条块底面中点的半径之间的夹角；

b ——土条宽度；

c' 、 ϕ' ——土条底面的有效应力抗剪强度指标；

M_c ——水平地震惯性力对圆心的力矩；

R ——圆弧半径。

3 当进行水坠坝施工期的坝坡整体稳定性计算时，采用总应力法应计算坝体含水量分布，有效应力法应计算坝体孔隙水压力分布。坝高 15m 以下的水坠坝可采用土坡稳定数图解法。

4 水坠坝施工期边埂自身稳定性计算应采用折线滑动面总应力法（见图 4.1.7-2），按公式（4.1.7-3）～公式（4.1.7-7）计算：

$$K = \frac{R}{E \cos \beta} \quad (4.1.7-3)$$

$$R = (W_1 + W_2 + W_3) \sin \beta + W_1 \cos \beta \tan \varphi_1 + c_1 L_1 \\ + (W_2 + W_3 + E \tan \beta) \cos \beta \tan \varphi_2 + c_2 L_2 \quad (4.1.7-4)$$

$$E = \frac{1}{2} \xi \gamma_T h_T^2 \quad (4.1.7-5)$$

$$\xi = 1 - \sin \varphi_2 \quad (4.1.7-6)$$

$$h_T = \lambda H \quad (4.1.7-7)$$

式中 K ——边埂允许抗滑稳定安全系数；

E ——泥浆水平推力， $9.8 \times 10^3 \text{N}$ ；

β ——滑动面与水平面的夹角， $(^\circ)$ ；

W_1 ——滑动面 L_1 以上边埂土的重量， t ；

W_2 、 W_3 ——滑动面 L_2 以上边埂土与冲填土的重量， t ；

φ_1 、 c_1 ——边埂的总强度指标；

φ_2 、 c_2 ——冲填土的总强度指标；

L_1 、 L_2 ——通过边埂及冲填土的滑动面的长度，m；

ξ ——泥浆侧压力系数，可按公式(4.1.7-6)计算，也可采用经验值0.8~1.0；

γ_T ——计算深度范围内的泥浆平均容重， t/m^3 ；

h_T ——计算深度，m，采用试算确定，对黄土、类黄土按流态区深度计算，也可按经验公式(4.1.7-7)计算；

λ ——系数，可按表4.1.7-2的规定确定；

H ——计算坝高，m。

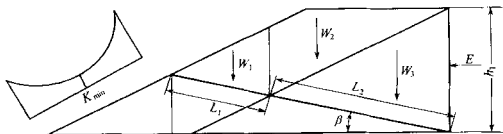


图 4.1.7-2 折线滑动面力系图

表 4.1.7-2 系 数 λ

渗透系数 k ($\times 10^{-6}$ cm/s)	1	2	4	6	8	10	12	14	16
冲填速度 V (m/d)									
0.1	0.92	0.75	0.50	0.34	0.25	0.20	0.16	0.13	0.11
0.2	0.95	0.83	0.67	0.54	0.44	0.35	0.28	0.21	0.15
0.3	0.97	0.85	0.74	0.63	0.53	0.44	0.36	0.28	0.20

注 1: 此表适用于透水地基, 对不透水地基, 表中数值可提高 50%;
注 2: k 为初期渗透系数, 即指冲填土在 $0.1kg/cm^2$ 荷重下固结试样的渗透系数。

5 坝体允许抗滑稳定安全系数按照正常运用条件和非常运用条件应分别采用 1.25 和 1.15。

4.1.8 沉降计算应计算坝体和坝基的总沉降量和施工期的沉降量。

1 坝的总沉降量可根据坝体和坝基的压缩曲线采用分层总和法计算，将各分层的沉降量相加，即为总沉降量，可按公式(4.1.8)计算：

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{e_{oi} - e_i}{1 + e_{oi}} h_i \quad (4.1.8)$$

式中 S ——总沉降量，m；

n ——分层数目；

e_{oi} ——第 i 层土起始孔隙比；

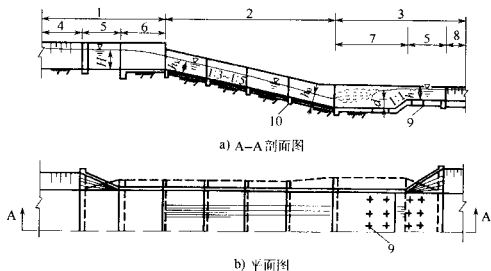
e_i ——第 i 层土上部荷载作用下的孔隙比；

h_i ——第 i 层土层厚度，m。

2 施工期坝体的沉降量，对于土坝可取最终沉降量的 80%。将总沉降量减去施工期沉降量，得竣工后沉降量。水坠坝预留沉陷值一般取坝高的 3%~5%；碾压坝预留沉陷值一般取坝高的 1%~3%。

4.2 溢洪道设计

4.2.1 溢洪道宜采用开敞式，由进口段、泄槽和消能设施三部分组成，见图 4.2.1 所示。



- 1—进水段；2 泄槽；3—出口段；4 引水渠；5—渐变段；
6—溢流堰；7—消力池；8—尾渠；9—排水孔；10—截水齿墙

图 4.2.1 溢洪道示意图

4.2.2 进口段由引水渠、渐变段和溢流堰组成。引水渠进口底高程一般采用设计淤积面高程，可选用梯形断面，其尺寸可按本规范公式(3.2.2-1)和公式(3.2.2-2)计算。溢流堰一般采用矩形断面，堰宽可按宽顶堰公式(4.2.2-1)和公式(4.2.2-2)计算。溢流堰长度一般取堰上水深的3倍~6倍。溢流堰及其边墙一般采用浆砌石修筑，堰底靠上游端应做深1.0m、厚0.5m的砌石齿墙。

$$B = \frac{q}{MH_0^{3/2}} \quad (4.2.2-1)$$

$$H_0 = h + \frac{V_0^2}{2g} \quad (4.2.2-2)$$

式中 B ——溢流堰宽，m；

q ——溢洪道设计流量， m^3/s ；

M ——流量系数，可取1.42~1.62；

H_0 ——计入行进流速的水头，m；

h ——溢洪水深，m，即堰前溢流坎以上水深；

V_0 ——堰前流速，m/s；

g ——重力加速度，可取 $9.81m/s^2$ 。

4.2.3 泄槽在平面上宜采用直线、对称布置，一般采用矩形断面，用浆砌石或混凝土衬砌，坡度根据地形可采用1:3.0~1:5.0，底板衬砌厚度可取0.3m~0.5m。顺水流方向每隔5m~8m应做一沉陷缝，遇地基变化时，应增设沉陷缝。泄槽基础每隔10m~15m应做一道齿墙，可取深0.8m、宽0.4m。泄槽边墙高度应按设计流量计算，高出水面线0.5m，并满足下泄校核流量的要求。矩形断面的临界水深可按公式(4.2.3)计算：

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{aq^2}{g}} = 0.482q^{2/3} \quad (4.2.3)$$

式中 h_k ——临界水深，m；

a ——系数，可取1.1；

q ——陡坡单宽流量， $m^3/(s \cdot m)$ ；

g ——重力加速度，可取 9.81m/s^2 。

正常水深 h_0 可采用本规范公式 (3.2.2-1) 和公式 (3.2.2-2)，取 i 等于陡坡比降计算。

4.2.4 溢洪道出口一般采用消力池消能或挑流消能形式。

1 在土基或破碎软弱岩基上的溢洪道，宜选用消力池消能，采用等宽的矩形断面，其水力设计主要包括确定池深和池长。

1) 消力池深度 d 可按公式 (4.2.4-1)、公式 (4.2.4-2) 计算：

$$d = 1.1h_2 - h \quad (4.2.4-1)$$

$$h_2 = \frac{h_0}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8aq^2}{gh_0^3}} - 1 \right) \quad (4.2.4-2)$$

式中 h_2 ——第二共轭水深，m；

h ——下游水深，m；

h_0 ——陡坡末端水深，m；

a ——流速不均匀系数，可取 $1.0 \sim 1.1$ ；

其他符号含义同前。

计算简图见图 4.2.1。

2) 消力池长 L_2 可按公式 (4.2.4-3) 计算：

$$L_2 = (3 \sim 5)h_2 \quad (4.2.4-3)$$

2 在较好的岩基上，可采用挑流消能，在挑坎的末端应做一道齿墙，基础嵌入新鲜完整的岩石，在挑坎下游应做一段短护坦。挑流消能水力设计主要包括确定挑流水舌挑距和最大冲坑深度。

1) 挑流水舌外缘挑距可按公式 (4.2.4-4) 计算，计算简图见图 4.2.4。

$$L = \frac{1}{g} [v_1^2 \sin\theta \cos\theta + v_1 \cos\theta \sqrt{v_1^2 \sin^2\theta + 2g(h_1 \cos\theta + h_2)}] \quad (4.2.4-4)$$

式中 L ——挑流水舌外缘挑距，m，自挑流鼻坎末端算起至下游沟床床面的水平距离；

v_1 ——鼻坎坎顶水面流速，m/s，可取鼻坎末端断面平均流

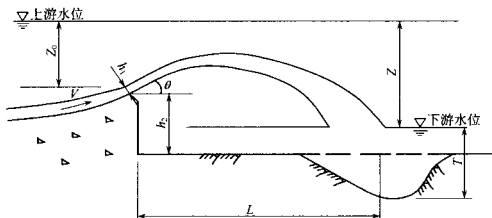


图 4.2.4 挑流消能计算简图

速 v 的 1.1 倍；

θ ——挑流水舌水面出射角，(°)，可近似取鼻坎挑角，挑射角度应经比较选定，可采用 $15^\circ \sim 35^\circ$ ，鼻坎段反弧半径可采用反弧最低点最大水深的 6 倍~12 倍；

h_1 ——挑流鼻坎末端法向水深，m；

h_2 ——鼻坎坎顶至下游沟床高程差，m，如计算冲刷坑最深点距鼻坎的距离，该值可采用坎顶至冲坑最深点高程差。

其中，鼻坎末端断面平均流速 v ，可按下列两种方法计算：

——按流速公式计算，使用范围为 $s < 18q^{2/3}$ ：

$$v = \phi \sqrt{2gZ_0} \quad (4.2.4-5)$$

$$\phi^2 = 1 - \frac{h_t}{Z_0} - \frac{h_j}{Z_0} \quad (4.2.4-6)$$

$$h_t = 0.014 \times \frac{S^{0.767} Z_0^{1.5}}{q} \quad (4.2.4-7)$$

式中 v ——鼻坎末端断面平均流速，m/s；

q ——泄槽单宽流量， $m^3 / (s \cdot m)$ ；

ϕ ——流速系数；

Z_0 ——鼻坎末端断面水面以上的水头，m；

h_f ——泄槽沿程损失, m;

h_j ——泄槽各局部损失水头之和, m, 可取 h_j/Z_0 的值为 0.05;

S ——泄槽流程长度, m。

——按推算水面线方法计算, 鼻坎末端水深可近似利用泄槽末端断面水深, 按推算泄槽段水面线方法求出; 单宽流量除以该水深, 可得鼻坎断面平均流速。

2) 冲刷坑深度可按公式 (4.2.4-8) 计算:

$$T = kq^{1/2}Z^{1/4} \quad (4.2.4-8)$$

式中 T ——自下游水面至坑底最大水垫深度, m;

k ——综合冲刷系数;

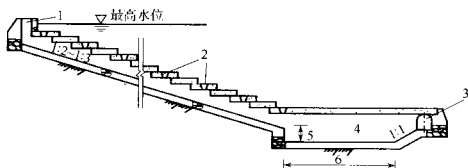
q ——鼻坎末端断面单宽流量, $m^3/(s \cdot m)$;

Z ——上、下游水位差, m。

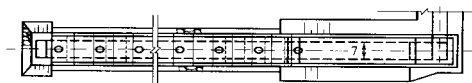
4.3 放水工程设计

4.3.1 放水工程一般采用卧管式放水工程或竖井式放水工程, 由卧管或竖井、涵洞和消能设施组成。

4.3.2 卧管式放水工程, 其结构布置如图 4.3.2-1 所示。



a) 纵剖面图



b) 平面图

1—通气孔; 2—放水孔; 3—涵洞; 4—消力池; 5—池深; 6—池长; 7—池宽

图 4.3.2-1 卧管示意图

1 卧管应布置在坝上游岸坡，底坡应取 1 : 2.0~1 : 3.0，在卧管底板每隔 5m~8m 设置一道齿墙，并根据地基变化情况适地设置沉陷缝，采用浆砌石或混凝土砌筑成台阶，台阶高差 0.3m~0.5m，每台设一个或两个放水孔，卧管与涵洞连接处应设置消力池。

2 卧管放水孔直径可按公式 (4.3.2-1) ~ 公式 (4.3.2-3) 计算：

开启一台：

$$d = 0.68 \sqrt{\frac{q}{\sqrt{H_1}}} \quad (4.3.2-1)$$

同时开启两台：

$$d = 0.68 \sqrt{\frac{q}{\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}}} \quad (4.3.2-2)$$

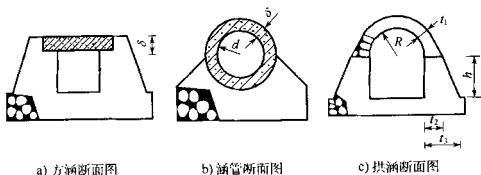


图 4.3.2-2 涵洞结构图

同时开启三台：

$$d = 0.68 \sqrt{\frac{q}{\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2} + \sqrt{H_3}}} \quad (4.3.2-3)$$

式中 d — 放水孔直径，m；

q — 放水流量， m^3/s ；

H_1 、 H_2 、 H_3 — 孔上水深，m。

3 计算卧管、消力池的断面时，应考虑由于水位变化而导致

的放水流量调节，比正常运用时的流量加大 20%~30%。

4 确定卧管高度时，应考虑放水孔水流跌落卧管时的水柱跃起，对方形卧管，其高度应取卧管正常水深的 3 倍~4 倍；对圆形卧管，其直径应取卧管正常水深的 2.5 倍。

5 卧管消力池尺寸应按本规范 4.2.4 的规定计算。消力池下游水深应取涵洞的正常水深。

6 涵洞水深应按本规范公式 (3.2.2-1) 和公式 (3.2.2-2) 计算，底坡取 1:100~1:200。混凝土涵管管径应不小于 0.8m；方涵和拱涵断面宽应不小于 0.8m，高不小于 1.2m。涵洞内水深应小于涵洞净高的 75%。沿涵洞长度每隔 10m~15m 应砌筑一道截水环，截水环厚 0.6m~0.8m，伸出管壁外层 0.4m~0.5m。

7 涵洞结构尺寸应根据涵洞断面及洞上填土高度计算确定。

1) 混凝土涵管可按公式 (4.3.2-4)、公式 (4.3.2-5) 计算：

$$\delta = \sqrt{\frac{0.06pd_0}{[\sigma_b]}} \quad (4.3.2-4)$$

$$d_0 = d + \delta \quad (4.3.2-5)$$

式中 δ ——管壁厚度，m；

p ——管上垂直土压力，t/m²；

d_0 ——涵管计算直径，m；

$[\sigma_b]$ ——混凝土弯曲时允许拉应力，t/m²；

d ——涵管内径，m。

2) 方涵混凝土盖板，应按最大弯矩和最大剪切力分别计算其厚度，取较大值。

按最大弯矩计算板厚：

$$\delta = \sqrt{\frac{6M_{\max}}{b[\sigma_b]}} \quad (4.3.2-6)$$

按最大剪切力计算板厚：

$$\delta = 1.5 \frac{Q_{\max}}{b[\sigma_r]} \quad (4.3.2-7)$$

式中 δ ——盖板厚度，m；

M_{\max} ——按简支梁均布荷载计算的最大弯矩， $t \cdot m$ ；

b ——盖板单位宽度，取 1.0m；

$[\sigma_b]$ ——钢筋混凝土弯曲时的允许拉应力， t/m^2 ；

Q_{\max} ——最大剪力， $9.8 \times 10^3 N$ ；

$[\sigma_r]$ ——钢筋混凝土允许受拉应力， t/m^2 。

方涵钢筋混凝土盖板配筋计算，应按现行规范执行。方涵侧墙和底板尺寸，可根据涵洞上填土高度计算确定。

3) 拱涵的半圆拱拱圈、拱台尺寸可按公式 (4.3.2-8) ~ 公式 (4.3.2-10) 计算：

$$t_1 = 0.8 \times (0.45 + 0.03R) \quad (4.3.2-8)$$

$$t_2 = 0.3 + 0.4R + 0.17h \quad (4.3.2-9)$$

$$t_3 = t_2 + 0.1h \quad (4.3.2-10)$$

式中 t_1 ——拱圈厚度，m；

t_2 ——拱台顶宽，m；

t_3 ——拱台底宽，m；

R ——拱圈内半径，m；

h ——拱台高度，m。

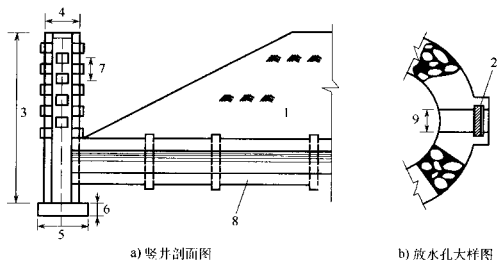
8 涵洞泄水应经消能后送至沟床，消能建筑物结构尺寸计算应按本规范 4.2.4 的规定执行。

4.3.3 竖井式放水工程，其结构布置如图 4.3.3 所示。

1 竖井一般采用浆砌石修筑，断面形状采用圆环形或方形，内径取 0.8m~1.5m，井壁厚度取 0.3m~0.6m，井底设消力井，井深为 0.5m~2.0m，沿井壁垂直方向每隔 0.3m~0.5m 可设一对放水孔，应相对交错排列，孔口处修有门槽，插入闸板控制放水，竖井下部应与涵洞相连。当竖井较高或地基较差时，应在井底砌筑 1.5m~3.0m 高的井座。

2 竖井放水孔尺寸可按公式 (4.3.3-1)、公式 (4.3.3-2) 计算：

采用单排放水孔放水：



1—土坝；2—插板闸门；3—竖井高；4—竖井外径；5—井座宽；6—井座厚；
7—放水孔距；8—涵洞；9—放水孔径

图 4.3.3 竖井结构图

$$\omega = 0.174 \frac{q}{\sqrt{H_1}} \quad (4.3.3-1)$$

采用上下两对放水孔同时放水：

$$\omega = 0.174 \frac{q}{\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}} \quad (4.3.3-2)$$

式中 ω ——孔口面积， m^2 ；

q ——放水流量， m^3/s ；

H_1 、 H_2 ——孔口中心至水面距离， m 。

3 竖井式放水工程的涵洞设计和出口消能设施设计应按本规范 4.3.2 和 4.2.4 的有关规定执行。

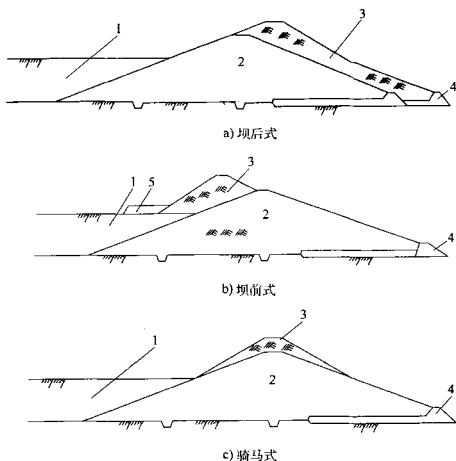
4.4 配套加固设计

4.4.1 进行配套加固设计时，应对原坝体进行勘探、测量，掌握坝体的质量、安全和淤积状况，作为配套加固设计的依据。

4.4.2 进行配套加固时，应对原工程坝基处理、坝坡稳定、填筑质量以及坝体与岸坡和其他建筑物的连接进行安全复核，核算放

水工程和溢洪道的泄洪能力。

4.4.3 土坝加高可根据工程现状与运用条件,采用坝后式加高、坝前式加高和骑马式加高三种形式。见图 4.4.3。



1—坝前淤积层; 2—旧坝体; 3—加高体; 4—排水反滤体; 5—盖重物

图 4.4.1 土坝加高形式示意图

4.4.4 土坝加高宜采用从下游面培厚加高的坝后式加高方法。如采用在淤泥面上加高的坝前式加高方法,应根据淤泥面固结情况,进行变形和稳定分析。当采取上述加高措施有困难,加高相对高度不大时,也可采用骑马式加高的方法,但需对原坝体的填筑质量、坝坡安全裕度以及坝地质条件等情况进行论证,使坝的整体安全满足本标准的要求。

4.4.5 配套加固坝体的土料与原坝体填土性质不同时,应研究增

设反滤层和过渡层的必要性。

4.4.6 坝前式加高，淤积层为砂性土或轻、中粉质壤土，固结性较好时，可不加盖重；淤积层粘粒含量大于 20%，脱水固结速度较慢时，应设置盖重体。

4.4.7 应进行坝体渗流计算和稳定性验算，按本规范 4.1.6 和 4.1.7 的有关规定计算。

4.4.8 放水工程的配套加高，可采用加长涵洞、加高卧管或竖井等形式。

4.4.9 溢洪道的配套改造，应根据工程实际情况和地形条件，采用对原溢洪道进行改造或新开挖溢洪道等形式。

5 工 程 施 工

5.1 施 工 组 织 设 计

5.1.1 编制施工组织设计应遵循以下原则：

- 1 应采用新技术和新工艺，节约人力、物力和财力。
- 2 应合理安排施工期，尽量避免临汛坝体开工。
- 3 工程施工布局应尽量少占地，减少对原有植被的破坏。
- 4 道路、供电、供水应满足施工要求。
- 5 施工进度安排应确保工程按期完工。

5.1.2 开工前必须认真编制施工进度计划和工程预算，绘制施工总平面布置图。

5.1.3 施工场地处理应符合以下要求：

- 1 工程的各类开挖面、堆弃场应相对集中，开挖面不宜长时间裸露。
- 2 弃土、弃渣应运到专门的存放地堆放，并采取防护措施。
- 3 施工过程中应做好土、石料场和施工场地的排水、引流。
- 4 工程完工后，各类施工场地、开挖面、弃土场等应进行平整，采取措施，恢复植被。

5.2 导 流 与 度 汛

5.2.1 导流建筑物度汛洪水重现期一般取 5 年。

5.2.2 坝体在汛前必须达到 20 年一遇洪水重现期防洪度汛高程，否则应采取抢修度汛小断面等措施。

5.2.3 跨汛期施工工程必须在汛前编制防洪度汛预案。

5.3 工 程 施 工 放 样

5.3.1 上坝放样应按设计要求，将坝轴线和坝坡线放在地面上，并校核高程点。

5.3.2 溢洪道放线应根据坝区三角点，在地面上测定轴线和开挖线。

5.3.3 放水工程放样和溢洪道放样方法相同。

5.4 基础处理

5.4.1 坝体施工之前，坝基和岸坡的处理应一次性完成。

5.4.2 坝基和岸坡的处理，应按照本规范 4.1.5 的规定执行。

5.5 水坠坝施工

5.5.1 冲填机具选择应满足以下技术要求：

1 应根据土场高度、冲土水枪压力及输水管路的水头选定水泵扬程。

2 水泵流量应满足日最大冲填用水量要求。

3 机泵应配套。

4 冲土水枪压力应按不同土质选定。

5 输水管道应根据水枪压力和水泵流量选用。

6 采用“小贮大放”冲填时，其输泥渠流量应控制在 $0.1\text{ m}^3/\text{s}$ ~ $0.5\text{ m}^3/\text{s}$ 。

5.5.2 坝体冲填施工应符合以下技术要求：

1 料场应选在坝址附近，土场的位置应满足冲填输入泥浆比降和造泥要求，储量应大于坝体方量的 2 倍。

2 坝高小于 15m，坝基岸坡排水条件好，冲填土料粘性小时，应采用一坝一畦连续冲填；坝高为 15m~30m，冲填土料粘粒含量较大，坝体排水条件差时，应采用一坝两畦冲填；坝高超过 30m 时，应采用一坝多畦轮流冲填。

3 造泥沟应与等高线斜交，长度不应小于 70m，沟底纵坡为 1:10~1:5。

4 输泥渠应采用窄深式断面，宽 0.6m，深 0.8m，纵坡为 1:10~1:5。输泥渠可连接多条造泥沟，渠尾可设几个出泥口，轮换使用，沿渠可设若干个跌坎，但在出泥口处不得设置。

- 5 土场应设置临时排水沟，防止土场雨水流进坝内。
- 6 泵站应靠近土场。
- 7 应严格按设计控制泥浆浓度、围堰宽度及质量。水坠坝允许冲填速度可按表 5.5.2 的规定进行控制。

表 5.5.2 水坠坝允许冲填速度

土料粘粒含量 (%)	<10	10~15	15~20
旬平均冲填速度 (m/d)	0.20~0.25	0.15~0.20	0.10~0.15
两日最大升高 (m)	<0.8	<0.6	<0.4
月最大升高 (m)	<7.0	<5.5	<4.0

8 可选用水枪冲土、人工挖土、爆破松土、推土机供土或联合作业等方法松土造泥。

9 应经常清除输泥渠中的泥土，保持输泥能力。

10 应及时排除坝面积水。

11 采用冲填法封顶，距离坝顶高程 2m~3m 范围内的冲填速度应小于坝体的允许冲填速度；用碾压法封顶时，距离坝顶高程 5m 的泥浆平均含水量应小于液限含水量。

5.5.3 应采用贴坡加固方法处理坝坡鼓肚；如坝坡发生滑坡，应将决口处的稀泥及破碎埂体清除，分层回填。

5.5.4 围堰修筑应符合以下技术要求：

1 埂顶应高出泥面 0.5m~1.0m，边埂宽度应按设计要求施工，中埂顶宽应取 2.0m~3.0m。

2 边埂一般采用碾压法施工。对于砂壤土修筑的水坠坝，可采用淤泥拍埂。

3 两层边埂的压茬宽度应为底宽的 1/2~2/3。

4 设有马道时，从距马道约 2m 开始，边埂应逐层加宽。

5.5.5 反滤体施工应符合以下技术要求：

1 反滤层应在清基平整后铺筑。

2 每层用料颗粒粒径应不超过邻层较小颗粒的 4 倍~5 倍，最小的一层粒径应不小于 0.10mm。

3 铺筑时，细粒料应浇水略加夯打，并预留相当层厚 5% 的沉陷量。

4 施工时间应选在非冻期。

5 堆石棱体，应先铺底面上的反滤层，次堆棱柱体，再铺斜向反滤层。贴坡反滤体，应从坝坡由内向外，依次铺筑至设计高度。

6 堆石的上、下层面应犬牙交错，不得有水平通缝，层厚为 0.5m~1.0m。反滤体外坡石料应采用平砌法砌筑。

7 应确保反滤料的设计厚度，作好铺设反滤层的防护。

8 采用土工织物等材料作为反滤体的施工方法可参照有关规范执行。

5.5.6 临时排水设施施工应符合以下技术要求：

1 砂井应逐层加高，保持高出冲填泥面 0.5m~1.0m。

2 应控制砂井的铅垂度和上下层衔接，防止错位。

3 砂井填筑到设计高程时，井口应采用粘土封闭夯实，厚度应不小于 1.0m。

4 各种排水设施与冲填泥浆的接触面应铺土保护，厚度应不小于 0.3m。

5.5.7 应做好永久性和临时性排水设施的连接。

5.5.8 坝体护坡工程施工应符合以下技术要求：

1 整坡时只允许削土，穴坑应回填处理。

2 砌石护坡应挂线，自下而上，错缝竖砌，紧靠密实，塞垫稳固，大块封边，表面平整。

3 植物护坡应选用易生根、能蔓延、耐干旱的灌木和草本植物，均匀密植。

5.5.9 坝体竣工时的坝顶高程，应有足够的预留沉陷值。

5.6 碾压土坝施工

5.6.1 坝体填筑应在清基完成，经验收合格后，方可回填。

5.6.2 碾压施工应符合以下技术要求：

1 坝体填筑土料含水量应按最优含水量控制。

2 坝基表面应洒水、压实。

3 应沿坝轴方向铺土，厚度应均匀，压迹重叠应达到 0.10m~0.15m。

4 每层铺土厚不得超过 0.25m，压实后干容重应不小于 1.55t/m^3 。

5 土坝与岸坡、土坝与涵洞结合部位机械碾压不到的地方必须采用人工或蛙式打夯机夯实，铺土厚度 0.10m~0.15m，夯迹应重合 1/3。

6 铺土前应对夯实表土刨毛、洒水。

5.6.3 坝体分段施工时，应清除接头表土，削成台阶，形成梳状齿槽。

5.6.4 坝体施工结合部位坡度应不陡于 1:3.0，高差应小于 5.0m。

5.6.5 反滤排水设施的铺筑应按本规范 5.5.5 的规定执行。

5.6.6 护坡工程施工应按本规范 5.5.8 的规定执行。

5.6.7 坝体竣工时的坝顶高程，应预留足够的沉陷值。

5.7 放水工程施工

5.7.1 放水工程基础处理，应符合本规范 4.1.5 的规定。

5.7.2 涵管施工应符合以下技术要求：

1 管座砌筑应根据预制涵管每节的长度，在两管接头处预留接缝套管位置。

2 预制涵管应由一端依次逐节向另一端套装，接头缝隙应采取止水措施。

3 涵管与土坝防渗体相接处应设置截水环。

4 管壁附近填筑土体应采用小木夯分层夯实，当填土超过管顶 1m 后，再采用大夯或机械压实。

5.7.3 浆砌石涵洞砌筑应符合以下技术要求：

1 砌筑基础和侧墙时，土质地基可不座浆，岩石基础应清基后座浆。每层石料应大面向下，上下前后错缝，内外搭接，石块

间均应以砂浆粘接，砌缝应随时用灰浆或混凝土填实。

2 侧墙与底板应分开施工，可先施工侧墙，后施工底板。

3 侧墙砌筑前，应确定中线和边线的位置。砌筑有斜面的侧墙时，应在其周围用样板挂线，砌体外层预留 2 cm 的勾缝槽。

4 砌筑拱圈时，应以拱的全长和全厚同时由两端起拱线处对称向拱顶砌筑。相邻两行拱石的砌缝应错开，其相邻错缝距离不得小于 0.1m。应保持拱圈的平顺曲线形状。当砂浆强度能承受住静荷载的应力时，才允许拆除支架。

5.7.4 浆砌石卧管和竖井的施工与浆砌石涵洞施工类同，但应注意脚手架的架设与中线、边线的控制，逐层加高，并应考虑砂浆的凝固时间。

5.8 溢洪道施工

5.8.1 石质山坡上开挖溢洪道，应沿溢洪道轴线拉槽，再逐步扩大到设计断面，修好稳定的边坡，中等风化岩石边坡应削至 1 : 0.5 ~ 1 : 0.2，微风化岩石边坡应削至 1 : 0.1，新鲜岩石可直立。

5.8.2 土质山坡开挖溢洪道，过水断面以下边坡应不陡于 1 : 1.0，以上应不陡于 1 : 0.5。开挖溢洪道的土方应尽量利用上坝，减少弃土。

5.8.3 用浆砌石衬砌溢洪道，可参照本规范 5.7.3 的要求施工。在岩基上采用鼻坎挑流消能时，可在挑坎基础岩石上打锚栓，应按照现行的有关规范执行。

5.9 冬季施工

5.9.1 碾压土坝施工，应符合以下技术要求：

1 夜间停工时，应铺一层虚土，次日夯碾。

2 冻土块或含有冰雪的土料不得上坝。

5.9.2 浆砌石工程施工，可根据工地具体情况，采用相应措施，符合以下规定：

1 暖棚法：棚内温度应保持 5℃ 以上。

2 加热法：石块温度应保持 0°C 以上，砂浆温度应保持 10°C 以上。

3 掺料法：环境温度低于 -10°C 时，可在砂浆里掺入氯化钠或氯化钙。

5.9.3 混凝土工程施工，当环境最低气温低于 -10°C 、平均气温低于 0°C 时，材料需加热，浇筑完毕后，应采用稻草、草袋等保暖物质覆盖保温。

5.10 安 全 施 工

5.10.1 对施工人员必须加强安全教育，制定制度，加强安全检查。

5.10.2 水坠坝施工应对造泥沟、输泥渠、冲填池、坝坡、取土场随时监视险情，防止人员或工具掉入泥中，在输泥沟平稳段应设置几道绳索或木棍进行拦挡。

5.10.3 爆破施工应符合现行有关规范的规定。

5.10.4 汛期施工，应按照防汛预案做好防洪物资、报讯联系、夜间照明等准备工作。

5.10.5 脚手架必须经常检查、维修和加固。操作人员必须使用安全带，配戴安全帽，材料不得自高空随手扔下。脚手架周围应布设安全网，身体不适或有病人员不得上架。大风或夜间停电、灯光暗淡时应停止工作。

6 工程质量检查及验收

6.1 工程质量检查

6.1.1 骨干坝施工中,应按照设计要求检查每一道工序,尤其应注意检查工程的隐蔽部位,凡不符合设计要求的,必须及时纠正和进行处理。

6.1.2 质量检查中所取试样平面位置、高程及测试成果均应按技术要求填表记载。对于施工中为保证质量所采取的措施、试验和观测资料,均应在施工记录簿上详细记载,经检查人签字后,作为原始记录存档备查。

6.1.3 土方工程检查应主要包括以下内容:

1 挖方和填方工程应检查下列各项是否符合设计要求:

- 1) 土料的种类和性质。
- 2) 边坡坡度。
- 3) 中心线位置。
- 4) 坝体各部位尺寸和水坠坝边埂尺寸。
- 5) 反滤料的颗粒级配和含泥量。
- 6) 排水设施的断面尺寸及高程。
- 7) 土方的压实干容重。
- 8) 取土场、弃土场、护道、山坡截水沟、输泥渠等的位置、形状和尺寸等。

2 隐蔽工程应检查下列项目是否符合设计要求:

- 1) 坝基的清理程度、开挖断面尺寸、结合槽(截水槽)的填筑质量、坝基的试坑和钻孔是否处理。
- 2) 坝体排水设施的断面尺寸、填料规格、接头部位、保护层及反滤层的填筑质量等。
- 3) 涵洞基础强度、水平位置、高程、开挖断面尺寸和坡度等。

3 水坠坝应检查泥浆浓度、不同土料的冲填速度和施工期坝体的水平位移。观测方法应按现行有关规定执行。

4 碾压坝应检查坝体有无层间光面、剪切破坏、弹簧土、漏压虚土层、裂缝等问题，检查坝端连接处是否符合设计要求。冬季施工应检查土料含水量、冻土含量以及填筑面和料区的防冻措施；春季解冻后，还应进行复查，发现不符合设计标准的必须及时处理。

5 碾压坝或水坠坝的边埂填筑时，应随填随取样检查压实质量，按每 200m^2 取样一个，但每层不应少于 5 个测点，对于结合部位、边角和可疑部位应加密测点。

6 铺筑反滤体前，应测定坝基土的天然干容重、含水量、颗粒级配，复核反滤料是否符合要求。反滤层填筑时，应检查其粒径、层厚、施工方法、接头及防护措施等。

6.1.4 石方衬砌工程应主要检查以下内容：

1 石料质量、块体重量和形状尺寸是否符合设计要求。

2 检查垫层的级配、厚度、压实质量是否符合设计要求。

3 检查砌筑方法和砌筑质量，有无缝口不紧、底部空虚、鼓心凹肚、重缝、飞口、翘口、悬石、浮塞叠砌、严重蜂窝及轮廓尺寸走样等缺陷，必要时应返工重砌。对于抛石护坡应检查石料是否分离、块石是否稳定。

6.1.5 浆砌石工程的质量检查应主要包括以下内容：

1 浆砌石工程的外形尺寸是否符合设计要求。

2 砌缝宽度应符合以下规定：料石为 $1.5\text{cm}\sim 2.0\text{cm}$ ，块石为 3.0cm 左右，片石为 4.0cm 左右。

3 每班均应对水泥砂浆配合比、坍落度等进行检查。

4 对浆砌石工程的重要部位应做砌体强度、砌体容重及空隙率、砌体密实性等试验，如与设计要求不符，必须及早采取补救措施。

5 涵洞砌好后，应进行灌水或在涵洞内放浓烟检查，如发现有漏水、漏烟处，必须进行处理。

6.1.6 石方开挖工程应检查中心线位置、高程、坡度、断面尺寸、边坡稳定程度。开挖溢洪道还应注意表面平整度，尤其是断面底部的平整度是否符合设计要求，否则应进行补挖和整修。

6.1.7 混凝土衬砌工程的质量检查应主要包括以下内容：

1 应定期检查水泥的标号、细度、凝结时间、体积安定性、出厂日期和存储方法，检查砂料颗粒级配、各级碎（砾）石骨料的规格、含泥量及拌合养护用水是否符合设计要求。每班检查不应少于一次。

2 浇筑期间，混凝土的配合比、坍落度每班至少应检查两次。掺用加气剂时，每班应检查两次。对设计提出要求的项目应取样塑制试件交实验室测试检查，不符合规定时应及时纠正。

3 施工过程中，应有详细的施工记录，内容包括：水泥混合料和砂石料的品种、质量、配合比，混凝土标号、浇筑顺序及起迄时间，施工期发生的问题（如漏振、架空、模板走样），养护时间，模板和钢筋情况；气温，各种材料的温度，拆模日期；各种试件的分析结果；裂缝的部位、长度、宽度、发生日期及发展情况等。

4 混凝土衬砌工程应在达到龄期后，在建筑物上取一定数量芯样进行测试。小型工程缺乏试验条件时，可使用混凝土强度测定回弹仪在现场试验，对工程质量进行评价。

5 当采用混凝土板护坡时，应控制垫层级配、厚度、压实质量、接缝以及排水孔质量等。

6.2 工程验收

6.2.1 工程验收分为中间验收和竣工验收。中间验收应包括单元工程验收、分部工程验收、隐蔽工程验收和关键部位验收。隐蔽工程的验收可分段进行，前一道工序未经验收，不得进行下一道工序。

6.2.2 竣工验收前，应提供下列资料：

1 全部工程设计和施工文件，工程批复文件、变更设计和批

准变更设计的文件，会议纪要、记录，工程监理报告和原始记录。

2 施工记录，工程质量检查记录，中间验收单。

3 竣工报告、竣工图表和竣工决算等。

6.2.3 竣工验收时，应对工程进行全面检查，对工程质量做出鉴定；对工程可否交付管理运用做出评价；审查竣工决算；对工程遗留问题提出处理意见，出具验收鉴定书。

6.2.4 存在下列情况之一者不得验收：

1 隐蔽工程未经中间验收。

2 坝体裂缝未经处理。

3 建筑物尺寸或坝体填筑质量未达到设计要求。

4 未经批准擅自变更设计和坝址。

7 工程 管 理

7.1 一 般 规 定

7.1.1 骨干坝开工前应签订工程管护合同,竣工验收后应及时交付管护单位,落实工程管护和防汛责任。

7.1.2 管护单位应做好坝体、溢洪道及放水工程的检查、观测,搞好维修养护和控制运用,保证工程安全运行,充分发挥效益。

7.1.3 管理运用中应收集和掌握工程的规划设计、施工总结、验收鉴定书、历年的检查观测资料及运用中曾发生的问题和处理结果等;了解流域的治理现状、下游的防洪、兴利和垮坝后的影响范围。

7.1.4 应划定工程管护范围,明确管护权限,设立标志。

7.1.5 应做好保护和宣传教育工作,制止一切破坏行为。

7.2 工 程 检 查 观 测

7.2.1 工程检查应包括以下内容:

1 坝身有无裂缝、塌坑、滑坡及隆起现象;迎水坡有无冲刷;背水坡有无散浸和集中渗漏,坝肩有无绕坝渗漏;坝趾有无流土管涌迹象;排水导渗设施是否破坏失灵。检查溢洪道两岸有无滑坡迹象,衬砌工程是否损坏;检查放水工程有无沉陷、断裂、堵塞;检查交通、照明、通讯和观测设备是否完好。

2 每年汛前、汛后、蓄泄水前后,应对建筑物和设备进行定期检查。

3 汛期发生暴雨洪水时,应及时组织专人上坝检查,发现险情及时组织抢险。

4 当发生特大洪水、暴雨、强烈地震,工程非常运行时,应对工程的薄弱部位、重要部位、容易发生问题的部位进行特别检查。

7.2.2 对重点工程应根据工程规模 and 需要,观测土坝的沉陷、位移、裂缝和渗流情况,观测雨量、库水位、库内淤积、泄水流量、含沙量和库区塌岸等。

7.2.3 所有检查和观测资料,均应作好原始记录,及时整理分析,定期整编存档。

7.2.4 工程观测除应符合本标准要求外,还应执行《土石坝安全监测技术规范》(SL 60-94)、《土石坝安全监测资料整编规程》(SL 169-96)的有关规定。

7.3 工程维修养护

7.3.1 应加强日常维护和局部修补;对工程汛期发生的较大损坏部位应进行年度岁修;当工程不能满足防洪要求或发生重大损坏时,必须及时进行维修加固;当建筑物遭受突然性破坏或出现险情时,必须及时采取紧急措施,制止险情扩大。

7.3.2 土坝的维修养护主要包括以下内容:

1 应及时处理坝体滑坡、裂缝及动物洞穴,填补坝顶过量沉陷,保持坝顶、坝坡的完整;保护各种观测设施的完好;清除排水沟内的淤泥和杂物。

2 严禁在工程管理范围内挖坑、打井、耕作、爆破和其他对工程有害的活动。

7.3.3 泄水涵洞及溢洪道内的石块、杂土等阻水物应随时清除,出现的渗漏、断裂等问题应及时处理。在坝址两岸、溢洪道和卧管两侧、泄水涵洞进出口附近有松动土石体坍塌滑动危险时,应根据情况采取清理、削坡或锚固等处理措施。

7.4 控制运用

7.4.1 应按照规划设计要求,结合小流域坝系的运用方式和骨干坝的作用,编制工程运用计划。

7.4.2 骨干坝在设计水位情况下,必须确保安全运用。对超标洪水应制定安全运用对策,保护工程安全,将损失降低到最低程

度。当建筑物出现严重险情或设备发生故障时，必须尽快泄空库内蓄水，进行检查抢修。对病险坝库，必须空库运用。

7.4.3 骨干坝未淤满前，一般采用缓洪、拦泥、淤地运用方式，保持足够的滞洪库容。

7.4.4 库内淤积面达到设计高程后，应空库运行，并及时采取修建防洪排水设施、防治盐碱和改良土壤等措施，充分利用坝地发展生产。

标准用词说明

执行本规范时，标准用词应遵守下表规定。

标准用词说明

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

中华人民共和国水利行业标准

水土保持治沟骨干工程技术规范

SL 289—2003

条 文 说 明

1 总 则

1.0.1 《水土保持治沟骨干工程暂行技术规范》自 1986 年颁布执行以来，对规范骨干坝建设和管理工作起到了重要的技术支撑作用。随着骨干坝建设范围和力度的不断加大，对工程的勘测、设计和施工技术提出了更高的要求，为确保规范的先进性，按照国家技术标准管理规定，在总结十几年工程建设实践经验的基础上，应适时地对规范进行补充和完善，使之更好地发挥技术规范的指导作用，促进工程建设和管理工作的提高。

1.0.2 本规范的适用范围是黄河流域侵蚀模数大于 $5000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 的水土流失严重地区的新建和配套加固骨干坝的建设和管理。其他流域或地区，在执行本规范时应专门论证，并报主管部门批准。

黄河流域有约 10 万座淤地坝，主要建设于 20 世纪五六十年代，受当时的技术条件所限，加上长期的自然淤积和水毁损坏，存在着防洪标准不足和病险等问题，使工程效益无法正常发挥，若通过少量的投入，用于工程配套加固，可有效地提高小流域坝系防洪标准，达到经济与安全的目的。自 1988 年起，淤地坝的配套加固成为骨干坝建设的一项内容，截至 2001 年已配套加固 388 座，占到骨干坝总数的 28.6%。因此，本规范补充了配套加固工程的设计内容。

1.0.3 骨干坝的建设，可以拦截泥沙，削减洪峰，改善农业生产条件，抬高沟道侵蚀基准点，稳定沟坡，减轻沟道侵蚀，增加沟道常流水，提高水资源利用率，改善山区交通条件，进而促进区域经济社会的发展。

黄河流域大部分为黄土覆盖，是世界上黄土分布最集中、覆盖度最深的区域，平均厚度在 50m~100m；黄土的粉粒含量占到 50% 左右，具有结构疏松、孔隙度大、透水性强、遇水易崩解等

特性，是理想的筑坝材料，适合碾压或水坠施工。同时考虑到骨干坝拦泥淤地为主的运行方式，一般不需要防渗处理，修筑均质土坝能够充分利用该地区丰富的黄土资源，满足骨干坝正常运用的要求。

1.0.4~1.0.5 小流域是水土保持综合治理的基本单元。以小流域为单元，进行统一规划、综合治理，是中华人民共和国成立五十多年来水土保持工作经验的科学总结。

坝系规划是小流域综合治理规划的重要组成部分，具有防洪和保收的基本要求。应结合小流域洪水、泥沙特点，在综合治理规划的基础上，做好沟道坝系工程规划。沟道工程主要包括骨干坝、淤地坝、小水库、塘坝及引洪漫地、沟滩造地等。

1.0.6 实践证明，小流域坡面治理程度低，沟道工程的淤积速度相对就快。如内蒙古自治区准格尔旗的福兴成坝，控制面积 9.5km^2 ，设计淤积年限10年，因其上游坡面治理程度仅为18%，工程运用6年即淤满。骨干坝的修建与上游坡面治理同步开展，不仅能有效地延缓其库容的淤积速度，延长使用寿命，而且有利于建立小流域水土保持综合防治体系，取得较好的生态、经济和社会效益，充分体现坡沟兼治、综合治理的指导思想。

1.0.7~1.0.8 规定了骨干坝的单坝控制面积和工程规模的范围，是根据黄河流域水土流失严重地区的实际情况，总结十几年来工程建设实践和有关研究成果，结合1500多座骨干坝资料的统计结果，经综合分析而确定。

一般来说，工程规模越大则投资越大。在目前国家投资水平下，规模太大则势必加大地方和群众的经济负担；同时，规模较大的工程，一般多兴建在干沟，不仅淹没村庄、道路、沟台地，而且因干沟多有常流水，坝地盐碱化严重，利用率低，加之干沟洪水威胁大，工程安全和防洪保收问题不易解决。在支毛沟兴建的骨干坝，受沟道地形等条件限制，库容多数在 $50\times 10^4\text{m}^3\sim 100\times 10^4\text{m}^3$ ，其工程结构简单，造价较低，淹没损失较小；多数支毛沟没有常流水，可以有效防止坝地盐碱化，提高坝地利用率。因此，

骨干坝的规模应多数控制在 $50 \times 10^4 \text{m}^3 \sim 100 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

在不同侵蚀类型区，选取不同的单坝控制面积，主要是考虑将工程规模多数控制在 $50 \times 10^4 \text{m}^3 \sim 100 \times 10^4 \text{m}^3$ 的需要，使骨干坝建设范围适应性更强，同时控制工程规模和投资，满足防洪安全，适应目前本地区生产力发展水平。剧烈侵蚀区，侵蚀模数在 $15000 \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以上，个别高达 $30000 \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 左右，为了降低工程规模，必须严格限制单坝控制面积。在强度侵蚀区，侵蚀模数相对较小，单坝控制面积可适当放宽，但不应超过 8.0km^2 。

1.0.9 因本规范适用于地震烈度 7 度（含 7 度）以下，所以骨干坝设计条件中未考虑正常运用遇地震的情况，对于设计地震烈度超过 7 度的地区，应专题论证。

骨干坝的死水位是指放水工程最低放水孔对应的水位；设计洪水水位是指设计标准洪水所对应的水位。

1.0.10 骨干坝的分等分级和设计标准主要依据《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL 252—2000）。主要建筑物指失事后将造成下游灾害或严重影响工程效益的建筑物，如：坝体、放水工程、溢洪道等；次要建筑物指失事后不致造成下游灾害或对工程效益影响不大，并易于修复的建筑物，如：挡土墙、护岸等；临时性建筑物指工程施工期间使用的建筑物，如：导流建筑物、施工围堰等。设计标准主要考虑骨干坝的运用特点、较大的拦泥库容和黄河流域洪水峰高、量小、历时较短的特性，较 SL 252—2000 规定的四等工程有所降低，校核洪水重现期由 SL 252—2000 的 300 年~1000 年调整为 300 年~500 年。

1.0.12 碾压式土石坝、水坠坝、浆砌石拱坝、浆砌石重力坝都属于骨干坝的范畴，这些坝已有相应的规范或准则，分别为《碾压式土石坝设计规范》（SL 274—2001）、《水坠坝设计及施工暂行规定》（SD 122—84）等。对上述坝型除执行本标准外还需分别执行上述有关标准。

2 坝系工程布设

2.1 基本资料

2.1.1 小流域地形图，可利用工程所在流域现有的 1:50000 或 1:10000 地形图进行工作。可收集或实测库区地形图，比例尺为 1:5000~1:2000，作为绘制库容曲线、施工场地布置、确定淹没范围及统计淹没拆迁损失的基本依据。实测库区地形图一般采用断面法，断面间距不得大于 30m，遇到地形、地质突变之处应插补断面。坝址地形图必须实测，比例尺可根据地形情况选用 1:500 或 1:1000，测图范围应满足初步设计（包括建筑物布设和相关建筑物的连接）、施工图设计（包括料场区和施工场地布置区范围）及管理（包括坝区范围）的要求。坝址横断面比例尺一般为 1:500~1:100。

2.1.2 应根据设计与运用需要，有针对性收集有关资料，如是否蓄水运用作为确定坝体内坡护坡材料的依据；河南、陕西关中地区和山西南部等雨量较为充沛地区，应收集施工期降雨天数及降雨强度资料；青海、宁夏、内蒙古等高寒地区，应收集冻土深度及施工期气温资料等。

2.1.5 应对配套加固工程的防洪能力、淤积和运行等情况进行综合评价，补充收集资料，进行必要的勘探、测量和计算复核工作，针对存在的问题和今后的运行方式提出配套加固方案。

2.1.6 查明筑坝材料的性质、储量 and 分布是骨干坝设计的首要工作，目的是经济合理地选择筑坝材料，确定合适的坝型和断面结构，并保证顺利施工。本条将枢纽建筑物开挖料提到与天然筑坝材料同等重要的地位，旨在引起设计者对开挖料应用的重视。

2.2 坝系布设原则

2.2.1~2.2.6 近年来，为进一步保证淤地坝的运行安全和充分

发挥整体效益，在全面总结淤地坝建设经验的基础上，经过反复的科学试验和研究，确立了“以支流为骨架、小流域为单元，骨干坝和中小型淤地坝相配套，建设沟道坝系”的指导思想。目前，黄土高原地区初步建成了陕西省宝塔区碾庄沟、山西省离石市阳坡、内蒙古自治区准格尔旗川掌沟、甘肃省定西县花盆、宁夏回族自治区西吉县聂家河等十几条小流域坝系。但从总的发展水平看，小流域坝系仍处于初期发展阶段，尚未形成成熟的设计技术体系，因此，仅作原则性的规定。

2.3 坝系布置内容

2.3.1 根据各地经验，剧烈侵蚀地区骨干坝单坝控制面积一般为 3km^2 ，骨干坝与中小型淤地坝的配置比例为 $1:8.3\sim 1:6.4$ ；极强度侵蚀地区骨干坝单坝控制面积为 $3\sim 5\text{km}^2$ ，骨干坝与中小型淤地坝的配置比例为 $1:5.5\sim 1:3.7$ ；强度侵蚀地区骨干坝单坝控制面积为 $3\sim 8\text{km}^2$ ，骨干坝与中小型淤地坝的配置比例为 $1:4.5\sim 1:3.0$ 。

坝系的运用方式一般有以下几种：

(1) 上淤下种、淤种结合运用方式：采取由沟口至沟头，自下游而上游分期打坝，当下游坝淤满耕种时，再打上游坝。

(2) 上坝生产、下坝拦泥淤地运行方式：采取从上游至下游分期打坝的方式，待上游坝淤满利用时，再打下游坝。

(3) 轮蓄轮种、蓄种结合运用方式：同时建几座坝，分段拦洪淤地，待这些坝淤满生产时，再在这些坝上游打坝，作为拦洪坝，形成隔坝拦蓄，所蓄洪水浇灌下游坝；待上坝淤满后，由滞洪转为生产，接着加高下坝。

(4) 支沟滞洪、干沟生产运用方式：对已初步形成坝系的小流域，干沟工程以生产为主，支沟工程以滞洪为主，干支沟工程应按区间流域面积分组调节，控制洪水，拦、蓄、淤、排相结合，达到安全生产的目的。

2.3.3 建坝顺序一般有以下几种情况：

- (1) 先支毛沟后干沟，先上游后下游。
- (2) 先干沟后支毛沟，先下游后上游。
- (3) 以干沟分段，按支毛沟分片，段片分治。

2.3.4 应至少提供两个以上备选方案，根据目标要求，从坝系工程防洪安全、生态效益、经济效益和社会效益等方面进行计算分析和对比论证，推荐优选方案。

2.5 骨干坝布置内容

2.5.2 放水工程的布置，还应符合以下技术要求：

(1) 涵洞宜布置在主流水线一岸，洞身不应放在松软的淤土基础上，确实无法避免时，必须进行处理。

(2) 涵洞轴线应尽可能采用直线，如受地形、地质条件限制需转弯时，弯道曲率半径应大于洞径的 5 倍。

2.5.3 溢洪道布置应符合以下技术要求：

(1) 应尽量选择天然马鞍形山凹地形，不得布置在断层、滑坡体或地质破碎的地方。

(2) 中心线应力求顺直，如受地形限制需转弯时，弯曲半径应大于水面宽度的 5 倍。

(3) “出口应采取妥善的消能措施，并使消能后的水流离开坝脚一定距离”的目的是，避免水流冲刷和回流淘刷坝脚。也有工程受地形条件限制，溢洪道出口布置在距坝脚较近处，有些工程的溢洪道是在坝肩的岸边山坡开挖而成，应对坝脚进行适当的保护。

(4) 溢洪道的布置还应考虑管理、抢修工作以及后期坝体加高的要求。

3 水 文 计 算

3.1 一 般 规 定

3.1.1 基本资料调查包括流域基本情况和暴雨、洪水、径流等水文资料，应注重坝库淤积量调查值、洪水调查值及其重现期的可靠性。水文调查方法应符合《水文调查规范》(SL 196—97)的有关规定。

3.1.2~3.1.3 骨干坝所在的小流域大多数无实测资料，在计算中主要采用 24h 暴雨资料推算设计洪水，其他方法一般作为估算。无论采用哪种方法计算设计洪水，都必须对计算过程中依据的基本资料、主要环节、各种参数和计算成果进行多方面的分析校验，论证其合理性。

3.1.4 坡面治理程度和措施布局的不同，其减蚀作用也有较大差异，在计算洪水泥沙时，可根据当地的试验数值，结合工程具体情况，适度考虑其减蚀作用。

3.2 设计洪峰流量计算

3.2.1 表 1 可作为在无资料条件下确定 m 值的参考，表中 $\theta=L/J^{1/3}$ ， L 、 J 定义同条文。

3.2.2 洪水调查前应收集流域及调查沟道的地形图、沟道的纵横剖面图、沿沟道水准点高程及位置等基本资料，查阅有关历史文献，了解历史洪水的次数、发生年代、洪水的大小次序等情况。

测量洪水痕迹的高程和沟道纵横断面图，并确定洪水痕迹在纵断面图上的位置。

推算洪峰流量，如果横断面的形状是复式的，主沟槽和两岸滩地应分别采用明渠均匀流公式计算各部分流量，然后相加求出断面洪峰流量。

如果有调查到的洪水涨落变化情况，既何时起涨、何时到达

表 1 小流域下垫面条件分类

类别	雨洪特性、沟道特性、土壤 植被条件的简单描述	推理公式洪水汇流参数 m 值		
		$\theta=1\sim 10$	$\theta=10\sim 30$	$\theta=30\sim 90$
I	植被条件较差,以荒坡、梯田或少量的稀疏林为主的黄土丘陵沟壑区,旱作物较多,沟道呈宽浅型,间隙性水流,洪水陡涨陡落	1.00~1.30	1.30~1.60	1.60~1.80
II	植被条件一般,以稀疏林、针叶林、幼林为主的黄土丘陵沟壑区或流域内耕地较多	0.60~0.70	0.70~0.80	0.80~0.95
III	植被条件良好,以灌木林、乔木林为主的黄土丘陵沟壑区,治理度达40%~50%,沟床多砾石、卵石,两岸滩地杂草丛生,大洪水多为尖瘦型,中小洪水多为矮胖型	0.30~0.40	0.40~0.50	0.50~0.60

顶峰、何时落尽,以及涨水次数等,则可根据洪峰流量值并参考该沟道实测洪水过程线的形状,大致绘出历史洪水的变化过程,计算洪水过程线下的面积,推算该次洪水总量。

对计算出的调查洪水经验频率,应与邻近地区相似流域进行对比分析,正确确定调查洪水的重现期。

沟道糙率可参照表 2 选用。

表 2 沟道糙率 n 值表

类别	河 槽 特 性	n
1	源于山区的天然沟槽,但坡度不大,并处于良好的状况下,清洁顺直,土质(粘土、砂、小砾石)沟槽,沟道比降在5%~8%之间	0.025
2	在同样情况下,小卵石或砾石河槽,沟道比降在8%~10%之间	0.030
3	形状和表面状况良好的季节性流水的沟道,为小卵石或砾石沟床,沟道比降在1%~3%之间	0.035

表 2 (续)

类别	河 槽 特 性	n
4	在良好条件下季节性洪水的土质沟道, 整洁、良好的小卵石沟床, 沟道比降在 3%~7%之间	0.040
5	非常堵塞和弯曲的季节性流水的沟道、水流表面不平顺的山区型(中型)的卵石或巨石沟道, 沟道比降在 15%~50%之间	0.065
6	季节性流水的山区型巨石沟道, 水流湍急, 有泡沫(水花向上飞溅), 沟道比降在 50%~90%之间	0.080
7	山区沟道, 极限最高阻力	0.200

3.2.3 经验公式法推算洪峰流量, 一般适用于面积大于 100km^2 的小流域, 可以作为骨干坝推算洪峰流量的参考。

3.6 输 沙 量 计 算

3.6.2 可利用分区输沙模数图查算骨干坝所在小流域多年平均输沙量, 通过与邻近有资料的小流域进行分析比较, 合理确定输沙量。

4 工 程 设 计

4.1 土 坝 设 计

4.1.1 碾压坝可就地就近取材，能适应各种不同的地形、地质和气候条件；水坠坝具有造价低、施工质量稳定等特点。应根据坝址土质、地形、地质、水源、交通条件合理确定施工方式。

4.1.2 土坝设计时应对照坝土料进行调查和试验，查明其储量、分布、开采条件、运距及物理力学性质，作为坝型选择、坝体断面设计和确定施工方法的主要依据。

筑坝土石料调查和土工试验可按照现行有关规定执行。

碾压填筑坝体干容重必须达到设计要求。坝体设计干容重具体确定时，应进行必要的试验，或参考相似工程的经验，并在施工过程中校核与修正。

4.1.3 骨干坝总库容由拦泥库容和滞洪库容两部分组成，滞洪库容应根据不同枢纽组成形式采用相应的计算方法确定：由坝体和放水工程组成的“两大件”工程，其滞洪库容应取一次校核洪水总量；由坝体和溢洪道组成的“两大件”或由坝体、放水工程和溢洪道组成的“三大件”工程，滞洪库容应经调洪后确定；放水工程一般不参与调洪。

4.1.4 坝坡坡率和水坠坝边埂顶宽的取值规定，是在总结黄土高原地区几十年来淤地坝建设经验，对不同土质、不同坝高的均质坝经稳定计算后确定的，壤土和砂壤土均可满足安全运用的要求；其他类型的土料，可参照已建坝的经验初步确定，最终应经稳定计算确定。

棱柱式反滤体可以降低坝体浸润线，防止坝坡土的渗透破坏和冻胀，增加坝坡稳定性，是一种常用的排水形式，但需要的块石较多，造价较高，且与坝体施工有干扰，检修较困难。适用于

较高的坝或石料较多的地区有长期蓄水可能的坝。当不进行浸渗线计算时，反滤体高可取坝高的 $1/6 \sim 1/5$ 。

带水平砂沟的棱式反滤体一般适用于水坠坝，水平砂沟厚度应根据反滤、排水要求确定，块石层厚约 $0.4\text{m} \sim 0.5\text{m}$ ，且有倾向下游的纵坡。

对非蓄水运用或季节性蓄水运用的工程，可采用贴坡反滤体形式。贴坡反滤体可防止坝坡土发生渗透破坏，保护坝坡免受下游波浪淘刷，与坝体施工干扰较小，易于检修，但不能有效降低浸润线。其顶部高程应高出浸润线逸点 1.5m 以上，要防止坝坡冻胀，厚度应大于冻结深度。

水坠坝施工期，在沟谷开阔、坝基不透水、冲填土料粘粒含量大于 20% 、坝高大于 15m 时，应设置砂沟和砂井，有排水褥垫时，砂井可与排水褥垫直接连通而不设砂沟。砂沟分单级砂沟和多级砂沟，一般与坝轴线垂直布置，砂沟的间距和长度视排水要求而定，坡度一般采用 $1/200 \sim 1/100$ 。砂井分实心砂井、空心砂井、柔性砂井和子母砂井等形式，可根据工程施工情况具体选用。

在砂石料缺乏地区，可考虑采用土工织物或聚乙烯微孔波纹管替代反滤体和水坠坝施工期的砂井、砂沟，其布设形式可参考有关资料。

为防止坝坡被水冲刷和人为破坏，骨干坝在上游设计淤积高程以上坝坡和下游坝坡应设置护坡，一般采用植物护坡，结合坡面排水，其护坡效果良好，而且可美化环境；如条件许可，亦可根据工程运用情况，采用砌石护坡等形式。

下游坝坡应设置纵向和横向排水沟，横向排水沟一般设置在坝体与两岸结合处，有马道时，纵向排水沟宜与马道一致，并设于马道内侧，与横向排水沟连通。

4.1.6 渗流计算一般采用水力学计算方法。渗流计算应考虑到工程运行中可能出现的不利情况，当坝体及坝基的情况比较复杂时，可对计算的边界条件做适当的简化。

4.1.7 坝体稳定计算与否,应根据工程的规模 and 实际运用情况确定。对蓄水运用的工程或当坝高大于 30m、总库容大于 $100 \times 10^4 \text{m}^3$ 时,必须进行稳定计算。

原规范中圆弧稳定计算,采用的是总应力法或有效应力法。考虑到土坝稳定计算的复杂性,原公式不计条块间的作用力,在理论上有一定的缺陷,且当孔隙压力较大和地基软弱时误差较大,故规范修订后采用了简化毕肖普法或瑞典圆弧法。运用上述两种方法,能够客观地反映土体滑动土条之间的状况,虽然计算方法比较复杂,但只要合理地确定公式中的各个物理力学量,即可计算出相应的稳定安全系数。

4.2 溢洪道设计

4.2.2 溢洪道引水渠轴线布置应使其进水顺畅。

溢流堰宜布置在坝轴线上或附近,应满足建筑物对地基强度、抗渗性及耐久性的要求,尽量减少地基处理工程量。溢流堰一般采用宽顶堰形式,矩形断面,与引水渠采用渐变段连接过渡。渐变段长度一般取堰顶水头的 3 倍~6 倍。

4.2.3 泄槽轴线应采用直线,泄槽一般采用矩形断面,纵坡宜采用一次坡。泄槽段的水面曲线,应根据能量方程采用分段求和法计算,按现行的有关规范执行。

4.2.4 消力池消能方式适应各类地质条件,宜采用等宽的矩形断面。在有地下水活动的地区,消力池底板应布设梅花形排水孔。

有较好的岩石基础条件,泄槽末端冲刷坑不会影响建筑物的安全时,可采用挑流消能,一般采用连续式挑流鼻坎。

冲刷坑深度计算公式(4.2.4-8)中综合冲刷系数 k 的选择可参见表 3。

表3 岩基冲刷系数 k 值

类别		I	II	III	IV
节理裂隙	间距 (cm)	>150	50~150	20~50	<20
	发育程度	不发育。节理(裂隙)1组~2组, 规则	较发育。节理(裂隙)2组~3组, X形, 较规则	发育。节理(裂隙)3组以上, 不规则, 呈X形或米字形	很发育。节理(裂隙)3组以上, 杂乱, 岩体被切割成碎石状
	完整程度	巨块状	大块状	块(石)碎(石)状	碎石状
岩基构造特征	结构类型	整体结构	砌体结构	镶嵌结构	碎裂结构
	裂隙性质	多为原生型或构造型, 多密闭, 延展不长	以构造型为主, 多密闭, 部分微张, 少有充填, 胶结好	以构造或风化型为主, 大部分微张, 部分张开, 部分为粘土充填, 胶结较差	以风化或构造型为主, 裂隙微张或张开, 部分为粘土充填, 胶结很差
k	范围	0.6~0.9	0.9~1.2	1.2~1.6	1.6~2.0
	平均	0.8	1.1	1.4	1.8
注: 水舌入水角适用范围为 $30^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。					

4.3 放水工程设计

4.3.2 放水工程应避免与溢洪道布置在同一侧, 其泄量一般按坝地防洪保收的要求确定, 如有灌溉任务, 还应考虑来水量和需水量的要求。放水流量一般按3天~5天排完10年一遇洪水总量, 或按4天~7天排完一次设计洪水总量计算。

卧管的台阶高差, 当采用3台放水时一般不大于0.4m, 当采用2台放水时一般不大于0.5m。放水孔孔口直径一般不大于0.3m, 否则按每台设置2个放水孔设计。卧管顶部应设通气孔, 顶高程应高出最高洪水位0.5m~1.0m。

当工程兼有灌溉任务时, 涵洞宜布置在靠近灌区一侧, 布置

高程应能满足灌溉要求。涵洞应按无压流设计，对涵洞上方填土高超过 15m 的土质地基，应采用浆砌块石或钢筋混凝土对基础进行加固处理。

4.4 配套加固设计

4.4.1 当工程使用年限较久，库容已不能满足防洪要求时，应根据坝系规划，综合考虑拟配套加高工程在小流域中的位置、作用和防洪及生产等要求，按照骨干坝的设计标准确定工程规模。

土坝加高宜采用坝后式加高，如采用坝前淤土加高形式，当坝前淤土为砂土或轻、中粉质壤土，土的脱水固结性能较好时，可不设盖重体；当坝前淤土粘粒含量大于 20%，脱水固结速度较慢时，应设置盖重体。

受地形、地质条件限制，原坝体坝坡较缓，加坝高度不大时，可采用骑马式加高坝体。

加高坝体应进行抗滑稳定计算，校核新老坝体接触面的抗滑稳定性和坝基淤土的稳定性。

加高坝体结构与土坝设计类同。

4.4.4 卧管或竖井配套改建设计一般有以下两种形式：

(1) 当原卧管或竖井距离坝轴线较远，土坝加高后卧管或竖井在坝脚线以外时，可将卧管或竖井加高既可。

(2) 土坝加高后坝体埋没卧管或竖井时，应先将泄水涵洞向上游延长，然后再加高卧管或竖井，也可重新修建防水工程。

4.4.5 溢洪道的改建一般有以下两种形式：

(1) 当土坝加高后，将原溢洪道填筑起来，再在坝体两岸寻找合适的地形重新开挖溢洪道。这种改造方式适合于土溢洪道，且需有合适的地形，工程量相对较大。

(2) 对在岩基上修建的溢洪道，可在原溢洪道底部采用浆砌石加高。

5 工 程 施 工

5.1 施 工 组 织 设 计

5.1.1 黄土高原地区降水较少，且年内分配不均，主要集中在6月、7月、8月、9月四个月，每年6月1日至9月30日为汛期，其他月份为非汛期。

5.1.2 施工进度计划包括总进度计划和分部工程进度计划。施工总进度计划应在分部工程（如土坝、卧管、涵洞、溢洪道等）进度计划的基础上编制。

施工总平面布置图应主要包括三方面的内容：

- (1) 一切地上已有的建筑物和房屋。
- (2) 一切地上和地下拟建的建筑物和房屋。
- (3) 一切为施工服务的临时性建筑物、房屋和施工设施。

5.2 导 流 与 度 汛

5.2.1 骨干坝导流建筑物一般指涵洞和施工临时围堰，一般最终都作为坝体的一部分。

5.2.2 度汛小断面一般布置在坝体上游，顶宽不得小于5m，并应满足抢险车辆通行和物料堆放的要求，断面内外坡比均可取1:1.0。

5.2.3 防汛预案应主要包括：抢险机构的建立，抢险队伍的组织，抢险物料、机具和车辆的储备，紧急抢险物资组织、车辆调度方案，人员撤离路线及报警联系方式等。

5.5 水 坠 坝 施 工

5.5.1 水泵流量可采用式(1)、式(2)计算：

$$Q = \frac{AM}{3.6Kt} \quad (1)$$

$$M = \frac{V}{T} \quad (2)$$

式中 Q ——需要的抽水流量, L/s;

A ——水泵有效工作系数, 有备用装机时可取 1.0, 无备用装机时可取 1.2~1.5;

M ——最大冲填强度, m^3/d ;

K ——设计冲填泥浆土水体积比, 控制在 2.2~2.6 之间;

t ——一天内有效冲填时间, h;

V ——最紧张施工阶段需要完成的工程量, m^3 ;

T ——完成工程量 V 计划的施工天数, d。

冲土水枪的出口压力可按表 4 的规定确定:

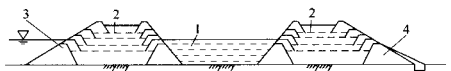
表 4 不同冲填土料所需水枪最小出口压力 单位: Pa

土 质	原 状 土	爆破松土
砂土及砂壤土	6.86×10^5	3.92×10^5
轻粉质壤土	9.80×10^5	4.90×10^5
中粉质壤土	14.60×10^5	5.88×10^5

输水管道分为主管道和支管道。主管道一般布设在取土场外部, 在施工过程中不移动。对土方量较大、土场范围较宽的工程, 为了减少支管长度, 可将主管道布设在取土场范围内, 根据土场开挖利用顺序, 确定主管道移动方案。应根据土场情况, 在主管道上适当位置设分水口, 布设支管; 支管应与造泥沟的布置统一考虑, 合理安排; 支管管道一般采用胶管。

5.5.2 水坠坝的料场分边埂土场和冲填土场两部分。边埂土场应距坝近, 运土路线顺直, 最好能一次上坝, 但不得在坝肩取土, 土料含水量以 15%~18% 为宜。冲填土场高度应能满足输泥要求, 泥浆进入坝体部位的出泥口应尽量避免有较大的陡崖或跌坎。

多畦冲填, 一般采用一坝三畦, 两小一大, 两高一低的办法布置畦块, 也可将三畦布置成两小一大, 两低一高的形式。两畦泥面高差应不大于 5m。水坠坝施工坝体分畦见图 1。



a) 两小一大、两高一低分畦法



b) 两小一大、两低一高分畦法

1—大畦；2—小畦；3—蓄水围堰；4—反滤体

图 1 水坠筑坝坝体分畦示意图

水坠坝泥浆含水量应控制在 37%~41%，土水体积比值应控制在 2.2~2.6 之间。可通过观察泥浆的流动形态、颜色、声音和浮载能力，根据表 5 鉴别泥浆是否符合设计要求。

表 5 黄土泥浆浓度现场鉴别

泥浆评价	泥浆颜色	泥浆状态	流动声音	浮载能力	含水量 (%)	土水体积比值
稀	淡黄色	流速大，有波纹，发亮	哗啦哗啦	不能浮土	>42	<2.2
合格	暗黄色	蠕动向前，表面有皱纹	咕嘟咕嘟	能浮细土	37~41	2.2~2.6
稠	暗褐色	表面呈麻面，有时拥疙瘩	时而咕嘟，时而无声	能浮土块	<37	>2.6

5.5.4 利用淤泥拍埂，挖泥时应离开边埂 0.5m~1.0m，拍埂时应注意泥块之间的压茬错缝，使泥块联成整体不留孔隙。拍一次埂，冲一层泥，间歇一段时间，分畦交叉进行，一次筑埂高度随一次充填厚度而定，一般为 0.5m~1.0m，边埂顶宽度一般取 0.4m~0.6m。

5.5.6 砂井施工应符合以下规定：

(1) 实心砂井砌筑，中心用卵石，外圈用粗砂，中间用砾石充填成柱形结构，砂井直径一般为 0.8m~1.0m。

(2) 空心砂井砌筑, 应先用块石干砌内径为 0.5m 左右的井筒, 四周按照反滤要求分别填充砾石和粗砂。

(3) 柔性砂井施工, 先用竹篾或红、白柳条编成内、外井圈, 内井圈直径 0.5m 左右, 外井圈直径 1.0m 左右, 每节长度 1.0m 左右, 节与节应套在一起并留有一定的搭接长度, 用细铁丝连接起来。内井圈用卵石或砾石回填, 内外井圈之间用粗砂回填。随着泥面升高, 一节一节接上去。

(4) 子母砂井施工与其他砂井相似, 子井下端采用砂沟或管子与母井接通, 母井直接与坝基砂沟或褥垫式排水连通。连接子母井的砂沟或管子坡度应大于 1:100。

砂井上端距坝顶或坝坡 3m~5m 时应封顶, 下端与砂沟或褥垫排水层连通。

5.5.8 植物护坡一般采用苜蓿、沙打旺、柠条、紫穗槐、沙棘等灌木或草本植物, 不宜用乔木。

5.5.9 竣工后沉陷值包括坝体沉陷和地基沉陷两部分, 一般可取坝高的 1%~2%; 当坝基为软土层, 施工期短, 沉陷值可取坝高的 3%。

5.6 碾压土坝施工

5.6.1 不同土壤最优含水量可按表 6 的规定控制。

表 6 不同土壤最优含水量取值参考

土料类别	最优含水量范围 (%)
砂土	8~12
砂壤土	9~15
壤土	12~15
重壤土	16~22
粘土	19~23

5.7 放水工程施工

5.7.2 预制管安装一般由下游一端开始, 逐步向上游进行。套管

接头或承插管接头靠两管接缝处应用水清洗干净，先用沥青油麻填实（约占套箍宽度 $1/4 \sim 1/3$ ），然后将石棉水泥用水调成半干粉末状，均匀分层填实并用小锤捣实。接头完成后，覆盖草袋，6h 后开始洒水养护。养护时间不得小于 7d。填筑完成的涵管必须垫砌结实，不得发生摇动。

5.7.3 涵洞拱圈砌筑，还应满足以下要求：

(1) 拱圈石料除应符合砌筑底板、侧墙的块石质量与尺寸要求外，还需加工成方石，石块厚度不小于 0.15m，宽和长应分别为石厚的 1.5 倍与 2 倍~4 倍，石料应凿成楔形，若不是楔形，砌筑时应适当掌握砌缝宽度的变化以调整拱度。

(2) 砌石应与拱压力线垂直，砌石平缝应相互错开，错缝距离不小于 0.10m，砌缝宽度应不大于 0.02m。

(3) 拱架一般在拱圈上方填土 3m 以上后方可拆除。当气温在 15°C 以上时，拆除支架时间应不小于 15d，低于 15°C 时，每降低 1°C ，应推迟 1d。

6 工程质量检查及验收

6.1 工程质量检查

6.1.1~6.1.7 主要描述骨干坝施工中土方、石方和混凝土工程应检查的主要内容和应达到的要求。

6.2 工程验收

6.2.2 工程监理报告应由负责工程监理工作的监理公司出具。

7 工程 管 理

7.1 一 般 规 定

7.1.1 骨干坝防汛工作，在建工程由建设单位负责，完建工程由工程管护单位负责，并应纳入地方政府防汛的职责范围。

7.1.4 骨干坝管护与保护范围可参照水利工程，并根据工程具体情况划定。

工程管护范围一般包括：最高洪水位以下库区范围；大坝及下游坡脚和坝端坡脚以外 50m 范围内；放水工程、溢洪道等建筑物及其边线以外 10m~15m 范围内。

骨干坝保护范围一般包括：库区及库周围与工程维护有密切关系的范围；大坝下游坡脚和坝端外 100m 范围内；放水工程、溢洪道等建筑物及其边线以外 100m 及其因开发利用对工程正常运行造成威胁的范围内。

7.3 工 程 维 修 养 护

7.3.1~7.3.3 对工程的日常维修与养护内容进行了具体规定，增加了在坝面上不得进行耕作的规定。

7.4 控 制 运 用

7.4.3 对蓄水运用的骨干坝，最高水位不得超过汛期限制水位。

最新出版规程及配套出版物

- 《水利水电工程钻探规程》(SL291—2003) 定价: 17.00 元
- 《水利水电工程建设征地移民设计规范》(SL290—2003) 定价: 22.00 元
- 《水利工程建设项目建设施工监理规范》(SL288—2003) 定价: 33.00 元
- 《WTO 与中国标准化》 定价: 26.00 元
- 《水利水电工程钻孔压水试验规程》(SL311—2003) 定价: 12.00 元
- 《水电农村电气化标准》(SL301—2003) 定价: 10.00 元
- 《水文自动测报系统技术规范》(SL61—2003) 定价: 14.00 元
- 《黄土高原适生灌木栽培技术规程》(SL287—2003) 定价: 9.00 元
- 《地下水超采区评价导则》(SL286—2003) 定价: 10.00 元
- 《水利水电工程进水口设计规范》(SL285—2003) 定价: 15.00 元
- 《沙棘种子 沙棘苗木》(SL283—2003 SL284—2003) 定价: 15.00 元
- 《GB/T18870—2002〈节水型产品技术条件与管理
通则〉宣贯教材》 定价: 18.00 元
- 《混凝土拱坝设计规范》(SL282—2003) 定价: 30.00 元
- 《水电站压力钢管设计规范》(SL281—2003) 定价: 39.00 元
- 《卷管牵引绞盘式喷灌机使用技术规范》
(SL280—2003) 定价: 9.80 元
- 《水利信息化标准指南(一)》 定价: 32.00 元
- 《水利技术标准编写规定》(SL1—2002) 定价: 8.50 元
- 《水工隧洞设计规范》(SL279—2002) 定价: 23.00 元
- 《水利水电工程水文计算规范》(SL278—2002) 定价: 13.00 元
- 《水土保持监测技术规程》(SL277—2002) 定价: 18.00 元
- 《水文基础设施建设及技术装备标准》(SL276—2002) 定价: 14.50 元
- 《核子水分—密度仪现场测试规程》(SL275—2001) 定价: 13.00 元
- 《碾压式土石坝设计规范》(SL274—2001) 定价: 18.00 元
- 《水库大坝通用法规标准选编》 定价: 75.00 元
- 《工程建设标准强制性条文》(水利工程部分) 定价: 78.00 元
- 《工程建设标准强制性条文》(水利工程部分)
宣贯辅导教材 定价: 58.00 元
- 《水中有机物分析方法 痕量硝基苯类化合物的测定
树脂吸附/气相色谱法》(SL/T273.1—2001) 定价: 5.00 元

《水质 总硒的测定 铁（Ⅰ）—邻菲罗啉间接分光光度法》（SL/T272—2001）	定价：4.00元
《水质 总汞的测定 硼氢化钾还原冷原子吸收分光光度法》（SL/T271—2001）	定价：4.00元
《水利工程建设项目建设招标投标管理规定》	定价：8.00元
《多泥沙河流水环境样品采集及预处理技术规程》（SL270—2001）	定价：6.00元
《水利水电工程沉沙池设计规范》（SL269—2001）	定价：15.00元
《大坝安全自动监测系统设备基本技术条件》（SL268—2001）	定价：6.50元
《雨水集蓄利用工程技术规范》（SL267—2001）	定价：12.00元
《水电站厂房设计规范》（SL266—2001）	定价：24.00元
《水利技术标准体系表》	定价：15.00元
《水闸设计规范》（SL265—2001）	定价：40.00元
《水利水电工程岩石试验规程》（SL264—2001）	定价：35.00元
《水利基本建设项目竣工财务决算编制规程》（SL19—2001）	定价：10.00元
《水利水电工程制图标准水土保持图》（SL73.6—2001）	定价：22.00元
《中国蓄滞洪区名称代码》（SL263—2000）	定价：8.00元
《中国水闸名称代码》（SL262—2000）	定价：20.00元
《中国水库名称代码》（SL259—2000）	定价：22.00元
《水库大坝安全评价导则》（SL258—2000）	定价：12.00元
《水道观测规范》（SL257—2000）	定价：24.00元
《泵站技术管理规程》（SL255—2000）（含条文说明）	定价：14.00元
《泵站技术改造规程》（SL254—2000）	定价：5.00元
《小型水力发电站自动化设计规定》（SL229—2000）	定价：6.50元
《水利水电工程地质观测规程》（SL245—1999）	定价：8.00元

中国水利水电出版社水利水电技术标准咨询服务中心

电话：(010) 68345101 68317892 68317893

传真：(010) 68317893