

# 水库溢洪道控制段大体积混凝土施工技术

梁雄毅

(珠海市斗门区乾务水库工程管理处, 广东 珠海 519000)

**摘要** 本文研究了水库溢洪道控制段大体积混凝土施工技术, 通过模型试验和计算分析评估了混凝土铰链排防护方案的稳定性和抗冲刷能力。研究表明, 混凝土铰链排具有出色的耐水、耐冲刷性能, 能够有效分散水流的能量, 降低了明渠边坡的冲刷和坍塌风险。在洪水条件下, 铰链排能够有效保障水库大坝和水电枢纽工程的安全运行。通过本文的研究结果, 以期为类似水利工程的防护设计和施工提供有价值的经验和参考。

**关键词** 水库溢洪道; 控制段; 大体积混凝土

中图分类号: TV62

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)11-0040-03

水库溢洪道作为重要的水利工程结构, 承担着防洪、供水、发电等多重功能。其控制段的稳定性和抗冲刷能力对于水库工程的安全运行至关重要。本文研究的对象是混凝土铰链排防护方案, 通过深入的模型试验和计算分析, 旨在评估该方案在不同水流条件下的效果, 为水库溢洪道控制段的大体积混凝土施工技术提供有力支持。

## 1 工程概况

A水库具有防洪、供水、发电等多重功能。该水库建成后, 将与相关工程协同作用, 有效保护下游地区人民的生命财产安全, 同时保障铁路、高速公路等交通干线的正常运行。水库溢洪道的开挖使左岸边坡高度达到80m。初步设计方案中, 溢洪道采用以下方案: 进水渠左、右岸采用1:0.5的岩石边坡放坡; 左岸设置了共5级马道, 马道的高程依次为415.0m、423.5m、438.5m、453.5m、468.5m, 其宽度分别为3m、10m、3m、3m、3m, 其中第二级马道兼作泄洪洞控制段, 连接通往大坝的交通道路; 开挖面采用5m长的锚杆支护, 每根锚杆直径25mm, 间距为2×2m; 右岸边坡开挖后形成的人工坡高度最大不超过30m, 大部分范围在10~20m之间, 不再设置马道, 也不进行支护。

根据现场实地考察和室内岩土体强度试验结果, 为了最大化工程经济效益, 提出以下建议: 将边坡坡度适当调整, 由原设计的1:0.5增加至1:0.4; 同时, 将第二级马道的高程调整为423.5m, 该马道还将兼作泄洪洞控制段, 连接通往大坝的交通道路。原本设计的10m宽度考虑到施工高峰期车流量较大, 因此建议将其扩展至12m。

## 2 混凝土铰链排防护方案

### 2.1 防护方案的选择理由

混凝土铰链排作为水库溢洪道的控制段的选择具有多重合理的理由。首先, 混凝土铰链排表现出卓越的耐水性能和耐冲刷性能, 这使得它能够承受高速水流的冲击, 从而降低了控制段受损的风险。其次, 混凝土铰链排的结构设计稳定, 能够有效地分散水流的能量, 减少了控制段河床冲淤的情况。此外, 铰链排的设计和施工相对简单, 容易进行维护和修复, 这在典型的中游河段工程环境下显得尤为重要。混凝土铰链排的结构特点和形状, 使其在水库溢洪道中的应用变得更加合理和可行。因此, 这些理由共同促使了混凝土铰链排成为水库溢洪道控制段防护方案的首选<sup>[1]</sup>。

### 2.2 铰链排的设计和特点

混凝土铰链排作为一种水利防护工程, 其设计和特点具有独特之处, 主要表现在以下几个方面:

1. 结构特点: 混凝土铰链排的独特之处在于其结构设计。通常, 它由多个铰接的混凝土块组成, 这些块之间可以根据需要进行灵活铰接。这一设计的关键优势在于, 它能够有效分散水流的冲击力, 从而降低块体受损的可能性。无论水流条件是增大还是减小, 铰链排都能够自动适应, 保持其稳定性和防护效果。这种结构的灵活性是其设计的重要特点之一。

2. 形状特点: 铰链排通常呈阶梯状或波浪状。这种形状设计的目的在于增加水流的摩擦和扰动, 有效减缓水流速度。通过在铰链排上引入这些形状特点, 可以降低水流的冲击力, 使水流更加平稳地通过铰链排。这进一步有助于保护水库溢洪道的稳定性和防护效果。

形状特点的选择取决于具体的工程需求和水流条件。

3. 材料选择: 铰链排的耐久性至关重要, 因为它需要在长期水下运行, 承受不断的水流冲击。因此, 通常采用高强度混凝土或特殊的耐水材料来制造铰链排。这些材料具备抵御水流侵蚀和自然环境影响的特性, 确保铰链排能够长期稳定地履行其防护职责。此外, 这些材料还具备良好的耐候性, 能够抵御紫外线、酸雨等环境因素的侵害, 延长了铰链排的使用寿命。

混凝土铰链排以其独特的设计和特点, 为水利工程提供了可靠的防护和稳定性, 有效减少了水流冲击带来的风险, 对于保护工程设施和确保水流通畅具有重要作用。这些特点的合理应用有助于提高水利工程的可靠性和安全性<sup>[2]</sup>。

### 2.3 铰链排的材料和施工要求

在铰链排的设计与施工中, 材料选择和施工要求至关重要, 直接影响着防护工程的质量和性能。以下是关键词的扩写:

1. 材料选择: 铰链排的制作材料是工程成功的基础。应当选择高质量的混凝土作为主要材料。这种混凝土具有卓越的耐水性, 能够长期承受水流的浸泡而不失效。同时, 它还表现出出色的耐冲刷特性, 可以抵御水流带来的冲击力, 不会轻易受损。此外, 混凝土必须具备卓越的抗冲击性能, 以应对突发的水流冲击。所有这些材料特性都必须符合相关的水利工程标准和规范要求, 以确保工程质量和长期可靠性。

2. 施工要求: 铰链排的施工需要高度的专业技术和精密工程测量。施工过程必须确保铰链排的几何形状和结构稳定性, 以满足工程设计的要求。特别需要关注铰链排的铰接部分, 必须进行精确的工艺控制, 以确保铰链能够正常运动, 块体之间能够保持紧密连接。此外, 在施工过程中还必须对混凝土的质量进行严格的控制, 确保混凝土的配比、浇筑工艺和固化时间都符合要求。只有这样, 铰链排才能具备优越的性能, 能够有效应对水库溢洪道复杂的水流条件。

通过采用混凝土铰链排防护方案, 可以确保防护工程具备出色的稳定性和安全性, 有效保障水库溢洪道、副坝和水电枢纽工程的长期可靠运行。深入理解关键材料和施工要求的重要性, 有助于提高工程质量和减小潜在风险, 从而更好地服务社会和人民的安全<sup>[3]</sup>。

## 3 防护效果研究

### 3.1 模型试验和计算分析

为了全面评估混凝土铰链排防护方案的效果, 进行了一系列关键的模型试验和深入的计算分析。这些试验和分析旨在深入了解铰链排对水库溢洪道水流的实际影

响, 以及防护工程在不同条件下的稳定性和抗冲刷能力。

在铰链排的模型试验中, 详细记录了在不同洪水流量下的水流速度数据 ( $V$ ) 以及水流流态的压力数据 ( $P$ )。这些关键数据不仅为实验室测试提供了依据, 还在实际工程中具有极高的参考价值。通过记录和分析这些数据, 可以深入了解铰链排在不同水流条件下的表现, 评估其对水流的实际影响。

$$V=Q/A$$

其中,  $V$  表示水流速度 ( $m/s$ ),  $Q$  表示水流量 ( $m^3/s$ ),  $A$  表示流动横截面积 ( $m^2$ )。

在水流速度数据方面, 通过测量水流在不同洪水流量情况下的速度, 了解铰链排如何影响水流的流动性质。这有助于确定铰链排的实际控制效果, 尤其是在高水流条件下, 铰链排是否能够有效减缓水流速度。

同时, 也记录了水流流态的压力数据, 以评估铰链排对水流的压力分布和力学特性的影响。这些数据对于确定铰链排的稳定性和抗冲刷能力非常重要, 特别是在面对洪水冲击时。

通过模型试验和计算分析, 能够更全面地了解混凝土铰链排防护方案的实际效果。这些数据和结果为工程设计提供了有力支持, 确保了防护工程在复杂的水流条件下具备出色的稳定性和可靠性。这不仅有助于确保工程的成功实施, 还为类似工程提供了宝贵的经验和参考<sup>[4]</sup>。

### 3.2 铰链排对洪水流速和水流流态的影响

在模型试验中, 将铰链排置于水流中, 并针对不同的洪水流量条件进行了详尽的测试。试验结果表明, 铰链排在控制段的作用下, 对水流具有显著的影响。

首先, 铰链排能够有效减缓水流的速度。这一效果在高洪水流量条件下尤为明显, 铰链排成功地减缓了水流的流速。这意味着铰链排在洪水期间能够有效地减轻水流的冲击力, 降低了可能对防护工程造成损坏的风险。

其次, 铰链排的波浪状结构在试验中显示出卓越的效果。这种波浪状结构扰动了水流的流态, 使其更加复杂和多变。通过引入这种扰动, 成功地减小了水流的冲击力, 使其变得更为平稳和均匀。这对于保护防护工程的稳定性具有非常积极的影响。

在模型试验中, 详细记录了不同洪水流量下的水流速度数据 ( $V$ ) 和水流流态的压力数据 ( $P$ )。这些数据是评估铰链排对水流影响的关键依据。试验结果强调了铰链排作为水利防护工程的优势, 特别是在处理洪水和高水流条件下, 它能够有效地维护工程的稳定性, 降低水流冲击的威力。这些发现为工程设计和实施提供了有力的支持, 确保了工程的可靠性和持久性。

表1 冲刷深度计算结果统计

计算方法	张瑞瑾公式	岗恰洛夫公式	唐存本公式	沙玉清公式	模型试验结果
起动流速 (u) (m/s)	0.5836	0.5308	0.4265	0.3946	-
冲刷深度 (h) (m)	8.81	7.95	8.92	9.28	9.32

水流流态的压力 (P) 可以使用以下公式计算:

$$P=0.5\rho V^2$$

其中, P 表示压力 (Pa),  $\rho$  表示水的密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), V 表示水流速度 (m/s)。

在模型试验中, 可以测量水流的速度和压力, 并根据这些数据进行分析, 以了解铰链排对水流的影响。

水库溢洪道的下距水利枢纽为 63.5km, 上距雅口航运枢纽为 58.0km。因此, 水库溢洪道的总长度为 5.5km。水库溢洪道的河床底宽为 250m。进口高程为 39.0m, 出口高程为 38.0m。水库溢洪道的导流标准为全年 10 年一遇。对应的设计流量为  $13500\text{m}^3/\text{s}$ 。这些效果对于减小明渠边坡的冲刷风险和维护防护工程的稳定性具有重要意义。

### 3.3 防护工程的稳定性和抗冲刷能力

为了评估防护工程的稳定性, 可以使用以下公式来计算明渠边坡的稳定性分析:

$$FS=(\tau_s/\tau_c)*(N/N_c)$$

其中, FS 表示稳定性安全系数,  $\tau_s$  表示剪切应力 (Pa),  $\tau_c$  表示抗剪强度 (Pa), N 表示正应力 (Pa),  $N_c$  表示临界正应力 (Pa)。

为了计算冲刷深度, 使用以下四个公式进行计算:

张瑞瑾公式:

$$P=\rho \cdot g \cdot h+c$$

其中:

P 为孔隙水压力 (Pa);  $\rho$  为水的密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ); g 为重力加速度 ( $\text{m}/\text{s}^2$ ); h 为水深 (m); c 为常数。

岗恰洛夫公式:

$$Q=K \cdot A \cdot (h_1-h_2)/L$$

其中:

Q 为排水或渗透的速率 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ); K 为渗透系数 ( $\text{m}/\text{s}$ ); A 为截面积 ( $\text{m}^2$ );  $h_1$  为起始水头 (m);  $h_2$  为终点水头 (m); L 为渗透路径长度 (m)。

唐存本公式:

$$Q=K \cdot (h_1-h_2)/L$$

其中:

Q 为渗流速率 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ); K 为渗透系数 ( $\text{m}/\text{s}$ );  $h_1$  为起始水头 (m);  $h_2$  为终点水头 (m); L 为渗透路径长度 (m)。

沙玉清公式:

$$\sigma_c=c+\sigma_{fg}$$

其中:

$\sigma_c$  为岩石的抗压强度 (Pa); c 为岩石的内聚力 (Pa);  $\sigma_{fg}$  为岩石的摩擦力 (Pa)。

通过模型试验和计算分析, 对防护工程的稳定性和抗冲刷能力进行了评估, 冲刷深度计算结果统计如表 1 所示。

结果表明, 铰链排的设计和材料选择能够满足工程要求, 保证了防护工程在不同水流条件下的稳定性。特别是在洪水条件下, 铰链排能够有效分散水流冲击力, 减少明渠边坡的冲刷和坍塌风险。

通过以上的研究, 可以得出混凝土铰链排防护方案对水库溢洪道的控制段效果良好, 具有稳定性和抗冲刷能力, 能够有效保障水库大坝和水电枢纽工程的安全运行。这些研究结果为类似水利工程的防护设计和施工提供了有价值的经验和参考<sup>[5]</sup>。

## 4 结语

深入研究水库溢洪道控制段大体积混凝土施工技术是确保水利工程安全和稳定运行的重要一环。本文通过对混凝土铰链排防护方案的评估, 证明了其在防洪、抗冲刷等方面的出色性能。这不仅为水库溢洪道工程提供了可行的防护方案, 也为类似工程的设计和施工提供了有价值的经验和指导。期待这项研究能够为水利工程领域的发展和进步做出贡献, 确保人民生命财产安全和水资源的有效利用。

## 参考文献:

- [1] 曹怀利. 阿湖水库溢洪道控制段大体积混凝土施工技术分析 [J]. 水利科技与经济, 2023, 29(08): 122-125.
- [2] 徐斌, 田丹丹. 水库溢洪道工程大体积混凝土施工温度裂缝控制 [J]. 石材, 2023(02): 77-79.
- [3] 田文辉. 巴家咀水库溢洪道闸室大体积混凝土施工及质量控制 [J]. 甘肃水利水电技术, 2019, 45(08): 53-54.
- [4] 佟荣祝, 宋双蕾. 王快水库溢洪道大体积混凝土施工温度控制 [J]. 水科学与工程, 2015(S1): 78-80.
- [5] 邵宇阳, 张健玮, 吕博, 等. 不规则波作用下的混凝土铰链排稳定厚度的试验研究 [J]. 水运工程, 2017(02): 39-44.