

# 复杂地质结构上坝基防渗处理设计研究

扬 峰

(邹平县韩店镇人民政府, 山东 邹平 256209)

**【摘要】** 本文针对滑坡体上修建防渗体难度大的问题,以山东省平原水库大坝复杂地质结构上建设防渗体为例,结合地质条件设计了坝基防渗加固方案,并通过模拟计算对大坝典型断面的渗流情况进行分析与评判。模拟结果表明,防渗处理后的大坝渗流量得到有效控制,渗流稳定,符合安全运行要求。

**【关键词】** 滑坡堆积体;垂直防渗;方案设计;数值计算

中图分类号: TV543

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2017)06-0032-03

## Research on dam foundation seepage prevention treatment design on complex geological structure

YANG Feng

(Zouping County Handian Town People's Government, Zouping 256209, China)

**Abstract:** In the paper, anti-seepage bodies constructed on the complex geological structure of Pingyuan Reservoir dam in Shandong are adopted as examples aiming at the problem of high difficulty of constructing anti-seepage bodies on landslides. Geological conditions are combined for designing a dam foundation seepage prevention and reinforcement plan. The seepage condition of dam typical cross sections is analyzed and evaluated through simulation calculation. Simulation results show that the dam seepage flow after seepage prevention treatment is controlled effectively, seepage is stable, and the project is consistent with the requirements of safe operation.

**Keywords:** landslide deposit; vertical seepage control; plan design; numerical calculation

山东省内平原水库是地区内骨干性蓄水工程,主要任务是向下游 4786hm<sup>2</sup> 提供灌溉用水,兼顾向部分城镇供水。水库控制流域面积较大,雨量相对充沛,水库总库容可达 4990 万 m<sup>3</sup>。水库大坝属于黏土心墙堆石坝,大坝总高度为 52m。水库坝基地质条件较为复杂,上游坝基属于沉积软土地基,建设中需经过振冲压实得到有效控制;而下游心墙和坝体下部基础处于滑坡堆积体,且两岸岸坡均存在不同规模滑坡体。因此坝址位置十分优越,便于灌区内农田灌溉实施,经过方案比选决定在此建坝,但需处理滑坡堆积体地基问题。

### 1 工程地质概况

工程河床坝段地质条件较为复杂,其地层结构及岩性见下页表 1。坝址两岸岸坡较为陡峻,左岸岩层向内部倾斜;右岸岩层结构中发育有滑坡,其中 1 号和 4 号滑坡对结构稳定性影响最为严重。1 号滑坡体属于 II 级牵引式滑坡,滑动面埋深达 42m,影响区域滑坡体体积约 123 万 m<sup>3</sup>。同时,坝址右岸段上游还有 23 万 m<sup>3</sup> 的不稳定山体存在。两岸岩层中节理裂隙发育,为主要渗漏通道,岩层透水性强,单位透水率可达 1.54 ~ 5665.4Lu。为改善坝基渗流条件,使其满足大坝建

设需求,应对坝基采取防渗处理措施。

表1 坝址河床段地质结构

地层	厚度/m	岩性描述
河床冲积层	2	由卵石、沙粒和粘土组成
滑坡堆积层	26	内部充填砂土和砂壤土,结构较为密实;碎块石含量在40%~80%,整体处于地下水水位以下,扰动出现流砂问题。结构中存在两个滑动不稳定面,产状向下游倾斜
古河床冲积层	3	岩性较河床冲积层密实
石英砂岩层	17	岩性密实,透水性弱,但与河床冲击接触带透水性较强

## 2 防渗加固方案设计

考虑到建设场地地质条件,设计在滑坡堆积体之上修建大坝防渗心墙。但由于工程建设处滑坡堆积体厚度达到了26m,且分布范围较广,如清除全部的堆积体,将耗费大量的人力物力,且不符合现实情况。因此,混凝土防渗心墙修建在滑坡堆积体之上,但需采取有效的措施解决坝基渗流问题。结合工程实际情况,两岸坝基与坝肩均需要采取防渗措施,即帷幕灌浆。混凝土防渗心墙底部插入不透水层,上部与填土心墙相接,墙体两侧与防渗帷幕衔接均采用插入式。与防渗心墙类似,防渗帷幕底端也插入基岩不透水层,两岸幕体与防渗心墙形成全封闭结构,见图1。

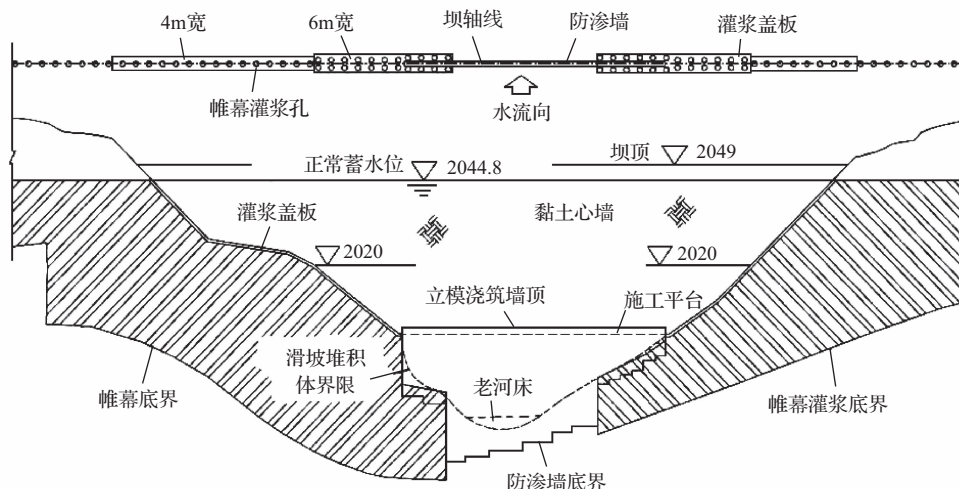


图1 坝基防渗体系纵剖面

### 2.1 混凝土防渗墙

混凝土防渗心墙轴线与水库大坝轴向相重合,重合段长度为81m。混凝土浇筑采用泥浆下浇筑作业,通过高压喷切作用穿透堆积体和老河床冲积层,使得防渗心墙底部插入基岩层,与不透水层结合长度不得小于1m。心墙墙顶采用立模浇筑的方式,与黏土心墙结合处的长度为5m。墙体两侧与帷幕体搭接,搭接处为阶梯形状,长度不得小于3m。设计混凝土防渗心墙主要规格参数见表2,还需要做好混凝土材料质量控制,保证其坍落度与扩散度控制在18~22cm、34~38cm。考虑工程施工需要在大孤石滑坡堆积体上进行造孔作业,其施工难度较大,应严格控制打孔的孔斜率,不得超过

0.6%;同时,在I期和II期槽孔套接的时候,套接孔中心偏差值不应超过设计墙厚的三分之一。

表2 混凝土防渗心墙规格参数

内容	水头差/m	水力坡降	墙厚/m	墙深/m	抗压强度/MPa	抗渗标号
参数	44.8	56	0.8	最大值39.5	8~10	≥W8

### 2.2 帷幕灌浆

帷幕墙体轴线与大坝轴线的走向重合。为保证防渗墙体与帷幕结合处的防渗效果,设计在结合处以下高程的帷幕体采用双排孔,以上高程采用单排孔。单排孔施工孔距为2m,帷幕体厚度为1.4m;双排孔排距控制在1.4m,打孔间距2m,整体采用棋盘式布置方

式,幕体厚度为 2.6m。帷幕灌浆深度控制在 21.5 ~ 53.5m,幕体底端插入不透水基岩 5m。因两岸滑坡堆积体分布有差异,帷幕体与防渗心墙在两岸的搭接范围应进行调整,左岸和右岸搭接范围分别为 14.8m、20m,同时通过浆液的扩散作用达到结合效果。灌浆施工中应采取分期分序进行加密处理,双排孔施工遵循先下游排后上游排,相同钻孔排灌浆采用 3 序孔布置。孔内灌浆应分段进行,由上而下循环灌注浆液。需注意盖板与基岩石英砂岩层接触表层段灌注后,应保证其达到充分凝结后才能进行以下各段的灌注作业,胶凝时间一般为 24h,视实际情况进行调整。

### 3 防渗计算分析

为验证坝基防渗加固方案的可行性,采用有限元模拟元件 ANASY 对坝体及坝基流场进行模拟分析。

#### 3.1 模型建立及参数设定

考虑到坝体材料分区的不同,建模过程中在上游、下游及深度方向均取 1.5 倍的坝高。模型经过适当的简化处理,对关键区域网格进行加密,计算模型见图 2。分析模拟大坝在不同水位情况下的渗流状况:工况 I,校核洪水位 2046.30m;工况 II,设计洪水位 2045.50m;工况 III,正常蓄水位 2044.80m。

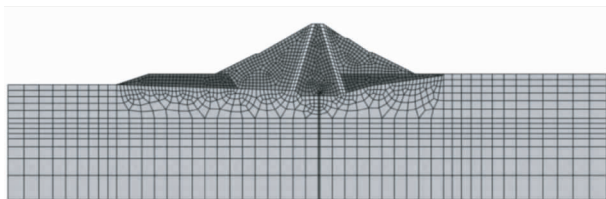


图 2 大坝渗流计算模型

#### 3.2 防渗加固效果分析

a. 模拟得到坝体在正常高水位条件下坝基处理后的流网情况及渗透比降,见图 3。如坝基不进行防渗处理,大坝每天的渗流量为  $40.66\text{m}^3$ ,年渗流将达到  $418.5\text{m}^3$ ,这占到水库总库容非常大的比重。同时,随着渗流时间的延长,坝基渗流情况将更加恶化,对整个大坝的安全造成威胁。由图 3 可知,而对比采取防渗处理措施后的流网情况,渗流情况得到明显的改观,渗流量仅为  $5.85\text{m}^3/\text{d}$ ,渗流稳定性良好,达到水库安全

运行的需求。

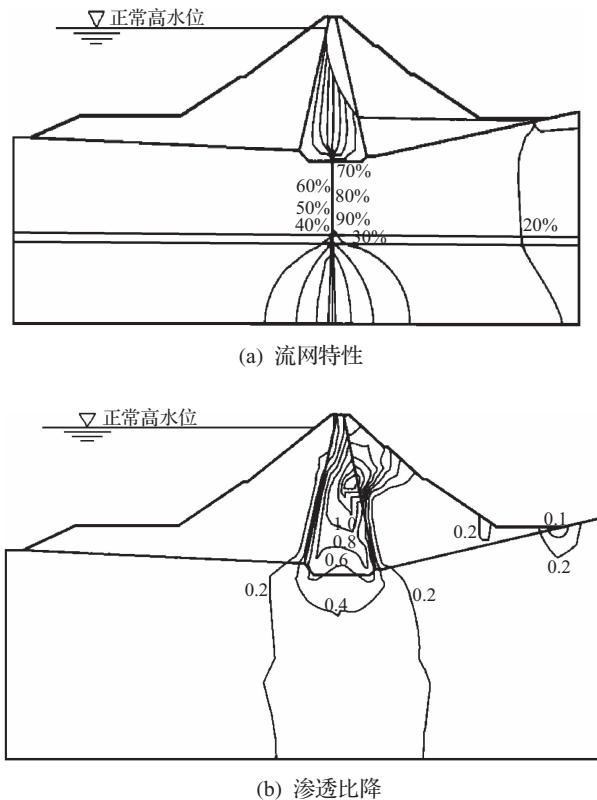


图 3 正常高水位工况下坝基处理前后流网

b. 模型计算中将坝体材料视作各向同性,计算中可将任一节点水头和渗流量作为渗流计算结果。计算得到不同工况下的单宽流量以及浸润线出逸点高程,见表 3。分析可知,大坝在不同工况下的单宽流量均没有超过安全允许值,且坝体浸润线出逸点位置较低,几乎与下游坝基面在一个水平。综合分析可知,处理后坝基渗流量小,渗流稳定,防渗处理方案可行。

表 3 不同工况渗流计算结果

工况	单宽渗流量/( $\text{m}^3/\text{d}$ )	浸润线出逸点高程/m
I	0.98	2015.60
II	0.94	2015.50
III	0.93	2015.30

## 4 结 语

由于地质条件的复杂性,在复杂地质基础上修建大坝需要采取综合防渗措施,同时防渗体的设计需要综合分析工程地质条件,选择有效的复合式处理措施。复杂地质结构上防渗体的建设需要注(下转第 47 页)

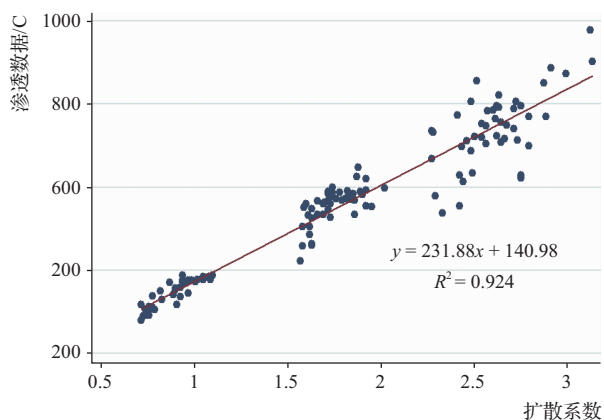


图13 混凝土试块所有龄期电通量与扩散系数关系

## 4 结论分析

### 4.1 龄期对混凝土抗氯离子性能的影响

从图6和图7所示曲线可以看出,在水胶比不变情况下,混凝土电通量与扩散系数均随着龄期的增大而减小。这说明随着龄期增长,混凝土内部更加密实,抵抗氯离子渗透能力加强。

### 4.2 水胶比对混凝土抗氯离子性能的影响

水胶比是影响电通量与扩散系数的重要因素,从图8和图9所示曲线可以看出,在同一龄期下,水胶比越大,对应的混凝土电通量和扩散系数均呈增大趋势。

### 4.3 电通量与扩散系数的相关性

通过对所有数据相关分析,希望得到电通量和扩散系数两者之间的关系,探索衡量混凝土抗氯离子性能两种方法的相关程度,并用一条直线来近似表示两者的相关性。

(上接第34页)意两个方面,一是要选择合理的防渗组合方案;二是要注意结合部位的有效衔接,以形成封闭性的防渗体系。在此基础上可结合数值计算,对防渗方案的可行性进行验证,保证施工设计方案合理有效。◆

#### 参考文献

- [1] 张天明,苏红兵. 滑坡堆积体上坝基防渗处理设计研究[J]. 土木工程学报,2005(4):129-133.
- [2] 谢庆明,乔秀笙. 爆破堆石坝体造孔混凝土防渗墙试验槽段设计探讨[J]. 中国农村水利水电,2015(7):116-120.
- [3] 彭国新. 河壩水库大坝坝基帷幕灌浆设计[J]. 水利规划与设计,2009(2):71-73.

如图10所示,得到28d龄期下电通量和扩散系数的回归方程为 $y = 287.67x - 10.86$ ;确定系数 $R^2$ 为0.43。

如图11所示,得到56d龄期下电通量和扩散系数的回归方程为 $y = 263.94x + 93.73$ ;确定系数 $R^2$ 为0.46。

如图12所示,得到90d龄期下电通量和扩散系数的回归方程为 $y = 256.62x + 115.47$ ;确定系数 $R^2$ 为0.80。

如图13所示,得到所有龄期的电通量和扩散系数的回归方程为 $y = 231.88x + 140.98$ ;确定系数 $R^2$ 为0.92。

从图中可以看出,龄期为90d的数据在图表中较为集中,龄期为56d的较为分散,龄期为28d的更为分散。而从确定系数来看,图12中所示曲线的确定系数 $R^2$ 为0.80,拟合程度较高。图13所有数据综合曲线确定系数 $R^2$ 为0.92,方程中变量 $x$ 对 $y$ 的解释度达92.4%。解释度越高,方程越有意义。

由此,笔者建议,对于已知两种评价方法中任意一种数据,可以通过此方程来推断另一种试验方法数据,为评价混凝土抗氯离子性能提供有效的参考和依据。◆

#### 参考文献

- [1] 冷发光,田冠飞. 混凝土抗氯离子渗透性试验方法[J]. 东南大学学报(自然科学版),2006(S2).
- [2] JTS 202-2—2012 水运工程混凝土质量控制标准[S]. 北京:人民交通出版社,2011.
- [3] JTS 257-2—2012 海港工程高性能混凝土质量控制标准[S]. 北京:人民交通出版社,2012.
- [4] Tang L, Nilsson L. Chloride diffusivity in high strength concrete [J]. Nordic Concrete Research, 1997, 27(2):293-302.
- [4] 曹群. 八宝海水库基础帷幕灌浆设计优化[J]. 水利规划与设计,2008(1):62-63.
- [5] 徐利君. 白石水库坝基帷幕灌浆设计分析[J]. 东北水利水电,2002(6):21-22.
- [6] 依沙克·胡吉. 下坝地水库大坝心墙与防渗墙连接方案比选与效果分析[J]. 水利科技与经济,2015(7):57-58.
- [7] 张慧萍,赵迪,梁越. 金佛山沥青混凝土心墙坝二维渗流计算分析[J]. 地下空间与工程学报,2014(2):449-454.
- [8] 陈守开,刘尚蔚,郭利霞,等. 中、小型土石坝渗流场三维有限元分析方法及应用[J]. 应用基础与工程科学学报,2012(4):612-621.
- [9] 周灿,刘美智,李中林,等. 混凝土防渗墙施工质量控制要点及事故预防[J]. 人民长江,2010(11):57-59.