

浸没区水利枢纽渗控措施对比分析

许孝臣^{1,2}, 陈星^{1,2} (1. 浙江广川工程咨询有限公司, 浙江杭州 310020; 2. 浙江省水利河口研究院, 浙江杭州 310020)

摘要 以位于钱塘江上游的姚家枢纽为例, 分析了不同防渗方案对浸没区水利枢纽附近浸没和渗流的影响, 发现沿库岸布置防渗措施与垂直库岸布置防渗措施对比, 可以明显降低枢纽附近的浸润面, 降低发生浸没的可能, 并能降低上游侧高水位发生渗透破坏的可能。建议浸没区水利枢纽采用沿库岸方向布置防渗措施, 以防止发生浸没和渗透破坏。

关键词 渗控措施; 浸没研究; 数值模型; 方案对比

中图分类号 S29; TV82 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)08-0217-04

Comparative Analysis of Seepage Control Measures for Water Control Project in Immersion Zone

XU Xiao-chen^{1,2}, CHEN Xing^{1,2} (1. Zhejiang Guangchuan Engineering Consulting Corporation, Hangzhou, Zhejiang 310020; 2. Zhejiang Institute of Hydraulics & Estuary, Hangzhou, Zhejiang 310020)

Abstract Taking Yaojia Project in the upper reaches of Qiantang River as an example, the influence of different seepage control schemes on immersion and seepage was analyzed. It was found that the seepage control measures along the bank of the reservoir and the seepage control measures of the vertical reservoir bank can obviously reduce the infiltration surface near the junction, to reduce the possibility of the occurrence of immersion, and to reduce the high water level in the upper reaches of the seepage damage. The seepage control measures were suggested to arrange along the direction of the reservoir bank to prevent the infiltration and infiltration.

Key words Seepage control measures; Immersion study; Numerical model; Scheme comparison

目前国内外中小河流整治、内河航电枢纽建设正在兴起, 内河航道两岸多属平原地区, 地势低平, 而旨在提高水位以增加通航能力的水利枢纽势必会提高两岸地下水位^[1], 打破原来的水利平衡, 引起两岸的浸没和渗漏问题, 它不仅影响枢纽的正常安全运行, 降低内河通航标准, 而且将对库区沿岸堤防渗流稳定和库岸稳定以及水库两岸平缓地带农田或村庄地下水环境产生较大影响^[2-4]。如官厅水库建设后^[5], 两岸土地产生沼泽化和盐渍化, 以及农作物减产和房屋倒塌事故; 三门峡水库建设后, 地下水位抬高, 库区两岸产生地下水环境恶化、湿陷性塌陷等问题^[3]。

水利枢纽建成后, 由于天然水位存在水力坡度, 枢纽建设位置处水位抬高相比上游位置要高, 水利枢纽位置处最容易发生浸没, 而不恰当的防渗措施也会导致水位抬高, 增加发生浸没的可能。笔者以位于钱塘江上游的姚家枢纽为例, 通过建立三维渗控模型, 分析讨论不同渗控措施对浸没及渗漏的影响。

1 工程概况

1.1 工程简介 姚家枢纽是衢江干流六级开发中的第六级枢纽, 下游为富春江枢纽库区, 在兰溪市城区的上游约 11 km, 正常蓄水位为 28.50 m, 拦蓄水头约 5.50 m。自左向右, 主要建筑物有发电厂房、泄洪闸及船闸等, 船闸为四级建筑, 泄洪闸和电站为三级建筑。

左侧堤防近岸有发电站, 厂房为挡水建筑物的一部分, 由主厂房、副厂房、启闭机房、升压站、回车场等组成。

中间泄洪闸 33 孔 × 14.00 m, 中墩厚 2.40 m, 两侧边墩厚 1.60 m, 闸段总长 542.20 m, 闸室底板高程 25.00 m。

右侧船闸上闸(坝轴线处)宽 42.50 m, 顶高程 36.80 m。

全长 2 371.60 m, 从上而下依次为上游引航道、上闸首、闸室、下闸首及下游引航道。

1.2 库区工程地质条件

1.2.1 地形地貌。衢江金华段航运开发工程库区属金衢盆地冲积平原区, 两岸地形平坦, 地形起伏小。两岸库区覆盖层层厚一般为 8~10 m, 主要包括堤坝填土、冲积洪粉质黏土、含砂黏质粉土、粉细砂和砂砾卵石 5 层, 下伏泥质粉砂岩。整个库区地层单一, 分布均匀, 松散覆盖层较薄。

1.2.2 地层岩性。该枢纽工程库区主要分布的岩土层有堤坝填筑砂卵石和黏质粉土层, 河床砂砾卵石, 两岸粉质黏土、含砂黏质粉土、粉细砂和砂砾卵石, 以及泥质粉砂岩基岩。

1.2.3 地质构造。工程区内地震活动受深大断裂控制, 附近无近代地震和断裂活动, 区域构造稳定。据调查和踏勘, 无大的构造破碎带, 岩层相对稳定、完整。

1.2.4 水文地质。该工程区水文地质条件相对简单, 地下水多为浅部松散孔隙潜水, 富水性较强, 受大气降水和江河水补给。在正常情况下, 地下水补给江水, 当江水大幅度上升时, 则江水反过来补给地下水。

2 三维渗流模型

2.1 模型建立与概化布置 左岸: 从河床中心线往左岸 1.6~2.0 km。右岸: 从河床中心线往右岸 1.5~2.3 km。上游: 取姚家枢纽坝轴线上游 1.0 km 左右。下游: 取姚家枢纽坝轴线下游 1.0 km 左右。模型底高程: 取至 0 m 高程。

2.2 计算模型四周截取边界条件 上、下游截取边界以及底边界均取为隔水边界条件, 左岸截取边界和右岸截取边界则取为第 1 类边界条件即定水头边界条件, 根据实测得到的地下水位进行差值求得。

对于地表边界, 在进行天然渗流场反演分析时, 低于河水位的地方为已知水头边界, 高于河水位的地方取为可能出渗边界。在进行设计蓄水工况分析时, 在坝轴线上游侧, 低

基金项目 浙江省科技计划项目(2014F50016)。

作者简介 许孝臣(1982—), 男, 山东东营人, 工程师, 硕士, 从事大坝安全监测及岩土渗流与控制研究。

收稿日期 2017-01-18

于蓄水的地方为库水边界,高于蓄水的地方为可能出渗边界;在坝轴线下游侧,低于下游水位的地方为定水头边界,高于下游水位的地方为可能出渗边界。

渗流场计算网格划分中共生成 15 312 个单元、17 265 个节点。网格中对地层结构等进行了较精确的模拟。图 1 为生成的三维有限元网格图平面布置图。

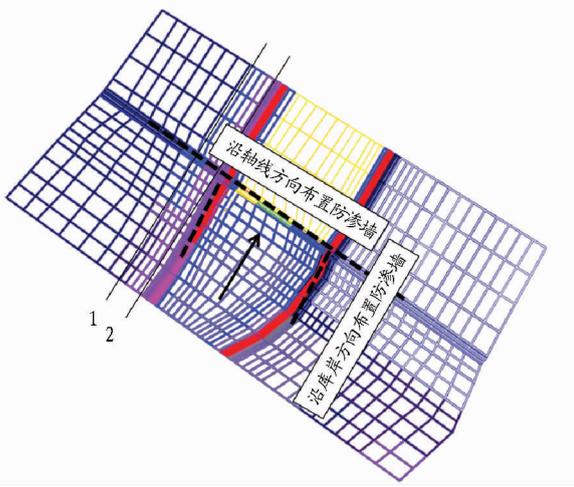


图 1 三维有限元网格平面示意

Fig. 1 Three-dimensional finite element mesh plane

2.3 方案拟定 水位组合为正常蓄水位为设计运行水位 28.50 m,下游水位为 23.50 m。在洪水期间库水位高于两岸水位,拟采用封闭式防渗墙方案防止发生渗透破坏,防渗墙的布置采用 2 种方式,沿库岸方向和垂直库岸方向,防渗长度分别为 200、400、600 m。各方案渗控措施布置见图 2~7。

表 1 计算工况

Table 1 Calculation condition

| 计算方案 Calculation scheme | 计算内容 Calculation content | 计算工况 Calculation condition//m | |
|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | | 上游水位 Upstream level | 下游水位 Downstream level |
| | | 1 | 防渗墙沿库岸方向 200 m(图 2) |
| 2 | 防渗墙沿库岸方向 400 m(图 3) | 28.50 | 23.50 |
| 3 | 防渗墙沿库岸方向 600 m(图 4) | 28.50 | 23.50 |
| 4 | 防渗墙垂直库岸方向 200 m(图 5) | 28.50 | 23.50 |
| 5 | 防渗墙垂直库岸方向 400 m(图 6) | 28.50 | 23.50 |
| 6 | 防渗墙垂直库岸方向 600 m(图 7) | 28.50 | 23.50 |
| 7 | 运行期无防渗方案 | 28.50 | 23.50 |
| 8 | 运行期仅闸基帷幕灌浆防渗方案 | 28.50 | 23.50 |

3 计算结果分析

3.1 渗流场 左右岸情况基本相同,该研究以左岸为例进行分析。图 8~11 给出了左右岸不同工况下距离库岸不同距离浸润线高程分布图。由图 8~11 可以看出,防渗墙沿库岸分别为 200、400 和 600 m 时浸润面高程变化越平缓,渗透坡降也越小,左岸堤外 100 m(图 8)处地下水位分别下降了 0.4、0.9、1.1 m,说明从无防渗措施到防渗 400 m 地下水位下降速度较快,从 400 到 600 m 地下水位降幅不明显。距离水库越远防渗措施对地下水水位的影响越小。

垂直库岸防渗分别为 200、400、600 m 时,地下水位下降作用有限,要明显低于沿上游库岸的方向,并且对防渗墙上

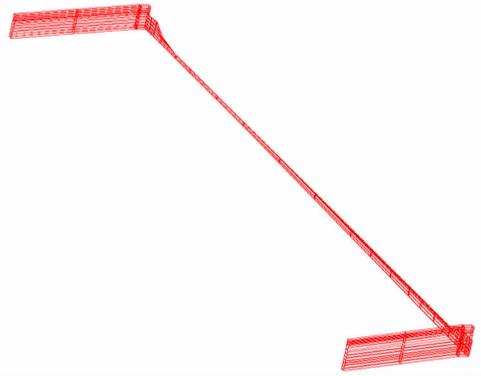


图 2 方案 1 渗控措施布置

Fig. 2 Seepage control measures of scheme 1



图 3 方案 2 渗控措施布置

Fig. 3 Seepage control measures of scheme 2

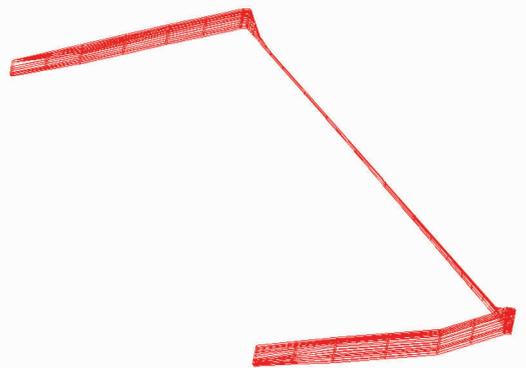


图 4 方案 3 渗控措施布置

Fig. 4 Seepage control measures of scheme 3

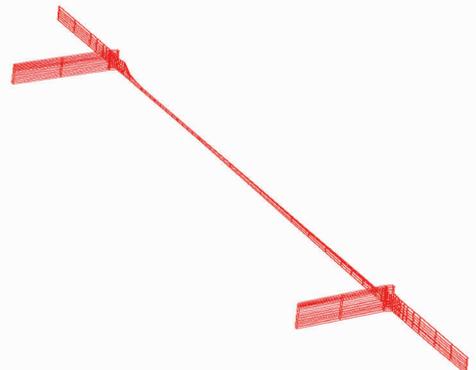


图 5 方案 4 渗控措施布置

Fig. 5 Seepage control measures of scheme 4

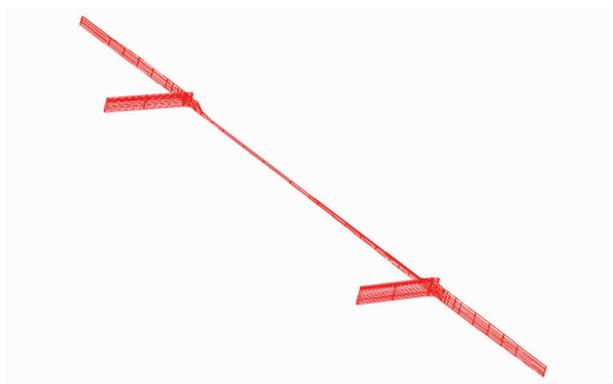


图 6 方案 5 渗控措施布置

Fig.6 Seepage control measures of scheme 5

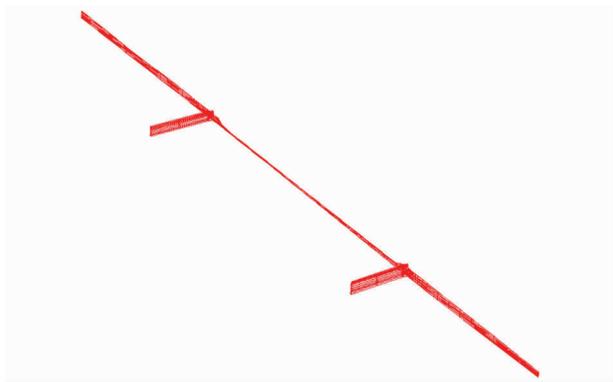


图 7 方案 6 渗控措施布置

Fig.7 Seepage control measures of scheme 6

游水位有抬高作用,在防渗墙位置集中下降,对于旨在降低地下水位以减小浸没影响的防渗措施来说是不利的。产生这种现象的主要原因在于两岸的地下水位较高,下水水位的补给主要是垂直于库岸方向,因此垂直于库岸布置的防渗墙所起到的作用有限。

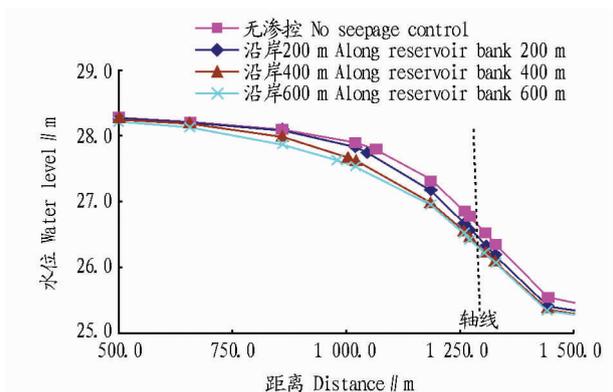


图 8 距离左岸 100 m 处(剖面 2)不同防渗方案浸润面分布(沿库岸防渗)

Fig.8 Infiltration surface distribution(seepage control along the direction of the reservoir bank) of different seepage control schemes far from left bank 100 m(profile 2)

3.2 渗流稳定性 河床段覆盖层较浅,闸基位于基岩上,基础条件较好。下游侧泄洪闸基础处水平比降和垂直比降均远小于基岩的抗渗比降,基岩面不会发生渗流破坏。

沿库岸设置防渗措施,降低了高水位期间发生渗透破坏

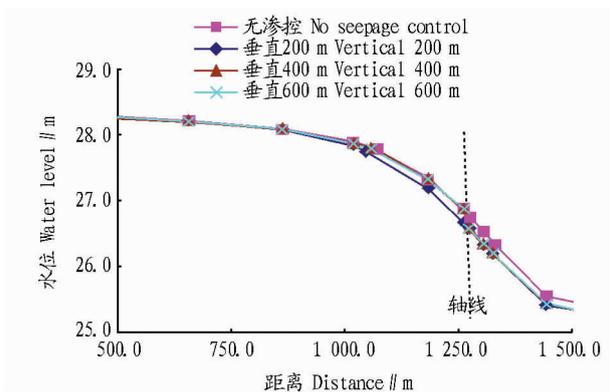


图 9 距离左岸 100 m 处(剖面 2)不同防渗方案浸润面分布(垂直库岸防渗)

Fig.9 Infiltration surface distribution(seepage control along the vertical direction of the reservoir bank) of different seepage control schemes far from left bank 100 m(profile 2)

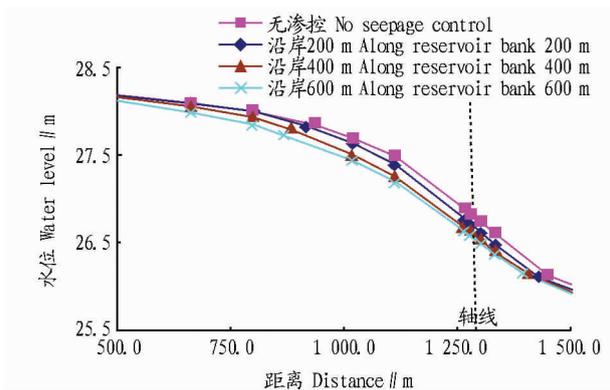


图 10 距离左岸 200 m 处(剖面 1)不同防渗方案浸润面分布(沿库岸防渗)

Fig.10 Infiltration surface distribution(seepage control along the direction of the reservoir bank) of different seepage control schemes far from left bank 200 m(profile 1)

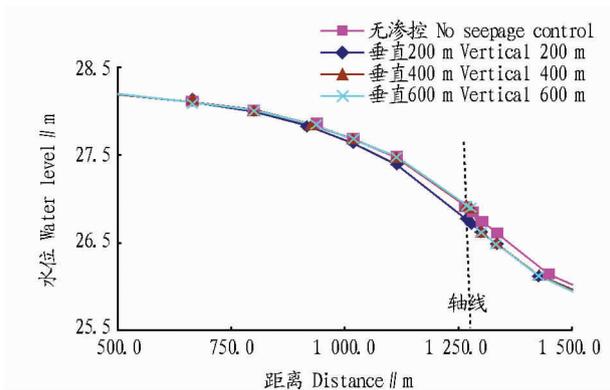


图 11 距离左岸 200 处 m(剖面 1)不同防渗方案浸润面分布(垂直库岸防渗)

Fig.11 Infiltration surface distribution(seepage control along the vertical direction of the reservoir bank) of different seepage control schemes far from left bank 200 m(profile 1)

的可能,垂直库岸方向设置防渗措施,起不到相应作用。

3.3 渗流量 从渗流量看(表 2),最大渗流量为无防渗措

施时的 $773.40 \text{ m}^3/\text{d}$,其他有防渗措施的方案计算结果相差不大,基本都比无防渗措施时降低了 $30\% \sim 40\%$ 。由此可见,防渗方案对渗流量影响不大,主要原因是渗流量主要为闸基渗漏,进行帷幕灌浆措施后截断了大部分渗流通道;另外,上下水头相差不大,两岸水位较高,补给方向基本垂直库岸方向,绕渗作用不是很明显,所以采取闸基防渗措施后渗流量减小较大,而两岸防渗措施对渗流量影响较小。

表2 渗流量计算结果

Table 2 Calculation results of seepage quantity

| 计算方案 Calculation scheme | 渗流量 Seepage quantity m^3/d | 计算方案 Calculation scheme | 渗流量 Seepage quantity m^3/d |
|----------------------------|--|----------------------------|--|
| 防渗墙沿库岸方向 200 m | 518.20 | 防渗墙垂直库岸方向 200 m | 509.20 |
| 防渗墙沿库岸方向 400 m | 497.40 | 防渗墙垂直库岸方向 400 m | 495.00 |
| 防渗墙沿库岸方向 600 m | 479.80 | 防渗墙垂直库岸方向 600 m | 475.20 |
| 运行期无防渗方案 | 773.40 | 运行期仅闸基帷幕灌浆防渗 | 552.30 |

4 结论

以往浸没研究大多基于大范围的区域浸没研究及预测^[6-7],该研究主要讨论不同防渗方案对浸没和渗流的影响,并以姚家枢纽为例,模拟了姚家枢纽三维渗流情况,讨论了不同防渗方案对浸没和渗流的影响,得到了如下结论:①

(上接第214页)

结合预测得到的人口、耕地、粮食单产、粮作比等数据,利用公式(1)、(2),计算得到抚州市2020、2025年的耕地压力指数分别为0.79、0.80。

3 结论

(1)2001—2014年抚州市的耕地压力先增后降的过程。2003年耕地压力最大,达到1.24,2003—2014年耕地压力逐年降低。主要有2点原因:第一,粮食作物播种面积占农作物播种面积的比例逐年增加,以及粮食单产逐年提高;第二,近几年,我国实行最严格的耕地保护制度,抚州市耕地面积有所增加。

(2)2001—2014年抚州市耕地保护效果显著。2001年抚州市有4个县(区)处于耕地压力明显区,6个县(区)处于耕地压力警戒区,1个县(区)处于耕地压力不明显区。到2014年耕地压力明显区减少到2个,耕地压力警戒区减少到3个。这显示出,2001—2014年抚州市采取的耕地保护措施非常有效。但是,对于耕地压力明显的2个县(区),抚州市政府仍应采取保护措施保护耕地,防止这2个县(区)的耕地压力继续增加。

由于两岸的地下水位较高,下游水位的补给主要是垂直于库岸方向,因此沿库岸的防渗措施要优于垂直于库岸布置的防渗措施;沿库岸布置防渗措施枢纽附近的浸润面明显低于垂直库岸布置防渗措施,可以减小发生浸没的可能。②不同防渗方案对闸基渗透稳定性和渗流量影响不大,但沿库岸方向布置防渗措施降低了高水位发生渗透破坏的可能。

综上所述,沿库岸布置防渗措施与垂直库岸布置防渗措施对比,可以明显降低枢纽附近的浸润面,降低发生浸没的可能,并能降低上游侧高水位发生渗透破坏的可能,建议浸没区水利枢纽采用沿库岸方向布置防渗措施,以防止发生浸没和渗透破坏。

参考文献

- [1] 谢先红,杨金忠. 河岸浸没预测及排水沟效果研究[J]. 中国农村水利水电,2005(6):47-50.
- [2] 秦雨,张立杰. 哈尔滨市松北区水库雍水浸没评价[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2010,40(1):134-139.
- [3] 董良德. 水库浸没影响的探讨[J]. 河海大学学报(自然科学版),1993,21(6):71-78.
- [4] 张颖,许模,王子忠. 应用三维地下水渗流数值模拟方法分析水库浸没问题[J]. 四川水利,2008(4):46-48.
- [5] 冀建疆. 官厅水库的浸没评价和范围预测[J]. 水利水电技术,2005,36(2):18-21.
- [6] 骆祖江,杨林,李占军,等. 松原壅水坝工程库区左岸浸没预测三维数值模拟[J]. 农业工程学报,2012,28(3):129-134.
- [7] 徐瑞兰,曹先玉,杨国瑞,等. 平原水库利用排渗减压技术预防库外农田浸没[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2007,38(3):432-436.

(3)未来一段时期抚州市耕地压力基本保持稳定。预测2020、2025年抚州市耕地压力为0.79、0.80,耕地压力较低。从预测结果可以看出,抚州市人口逐年增加,抚州市耕地有缓慢减少的趋势,虽然粮食单产有所增加,但是抚州市的耕地压力仍然处于警戒线附近。对此,一方面抚州市政府应该加强耕地资源的保护,限制非农占用耕地,减少耕地抛荒;另一方面抚州市政府应该加大土地整理力度,改善农业生产条件,提高粮食单产。

参考文献

- [1] 曹俊文,史丙仑,刘官站. 鄱阳湖生态经济区耕地压力变化及其驱动因素[J]. 江苏农业科学,2012,40(5):406-408.
- [2] 赵亚峰,贾科利,文琦. 宁夏耕地压力动态变化规律分析[J]. 干旱区资源与环境,2014,28(1):62-65.
- [3] 张素娟,赵先贵,任桂镇,等. 江西省耕地压力时空差异分析及预测[J]. 土壤,2009,41(1):142-146.
- [4] 张星星,曾辉. 基于多尺度主成分面板模型的中国耕地压力动态变化及驱动力分析[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(S3):204-208.
- [5] 蔡运龙,傅泽强,戴尔阜. 区域最小人均耕地面积与耕地资源调控[J]. 地理学报,2002,57(2):127-134.
- [6] 常建峰. 基于粮食安全的江西省耕地资源保护研究[D]. 南昌:江西财经大学,2012.
- [7] 刘正伟. 基于耕地压力指数的湖北省粮食安全研究[D]. 武汉:华中师范大学,2009.