

江垭大坝基础管涌原因分析及处理措施

涂俊钦,高兴中

(水利部·湖南省澧水开发公司江垭水电站,湖南 慈利 427221)

摘要:江垭大坝基础120廊道1999年6月30日突发特大管涌,涌出砂砾石约 26m^3 ,将廊道顶拱混凝土喷射出5cm左右的深坑.分析认为,发生管涌的原因是由于岩溶地区地质复杂,按常规布设排水孔难于打中全部溶洞、溶隙;同时,一部分地下水的出露通道被建筑物所覆盖,或被固结灌浆、帷幕灌浆所阻塞,因而引起排水不畅.对此采取“高水高排、前后排中间堵”的处理措施,共补打排水洞4条,增加排水孔约15000m,补强及阻水帷幕灌浆2032m.实践证明,江垭大坝基础管涌处理措施合理,效果良好.

关键词:管涌;岩溶地区;分层排水;排水洞;江垭大坝

中图分类号:TV698.2+33

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2002)03-0034-02

江垭水库大坝位于湖南慈利澧水一级支流澧水中游,控制流域面积 3711km^2 ,总库容 $17.4\text{亿}\text{m}^3$,是一座以防洪为主的水利工程.大坝为全断面碾压混凝土重力坝,坝高131m,坝顶轴线长367m,分13个坝段,BL5~BL7坝段长88m,为溢流坝段.大坝EL120m廊道为基础排水与帷幕灌浆廊道,帷幕轴线位于坝轴线后5.5m处,呈一向上游开口的“U”字形;EL120m廊道向左、向右分别与2号、1号坝肩灌浆斜洞相连.BL5~BL8坝段坝基帷幕灌浆孔分3排布置,上、中、下游排水孔深分别为40m,60m,80m.EL120m廊道及灌浆斜洞内设主排水孔,排水孔深入基岩39~44m,孔距2.5m,倾向下游,倾斜度 15° .建基面EL114m设2纵4横相互交错的副排水廊道.

等,均在两坝肩出露,基础深部还有 f_{115} .各溶隙、断层、层间错动的位置及相互关系见图1.

2 管涌原因分析

管涌发生在基础灌浆廊道的BL5,BL6坝段,以及BL7,BL8坝段分缝线两侧,前者轻微,后者严重.BL5,BL6坝段处地层中有 K_{203} , K_{202} , K_{201} 等层面溶隙;BL7,BL8坝段处地层中有 F_{26} , K_{301} , K_{203} , K_{201} 等断层和层面溶隙.上述地质缺陷在帷幕灌浆孔和排水孔的钻孔记录中均有描述.特别是BL7,BL8坝段分缝线钻孔记录中,有7个孔在 K_{201} 位置遇到较厚夹砂层、砂砾层,并有涌动现象,难以成孔,后采取下设花管防淤.

发生管涌前,1999年6月21~22日和25~29日,有两次较大的集中降雨,雨量为54.2mm和253mm.27日和28日晚排水孔涌流观测员和巡查工程师在BL5~BL8坝段观测到:6-1号和6-2号孔串通,涌水水柱高出孔口约50cm,两孔渗流量由 $2.57\text{L}/\text{min}$, $20.4\text{L}/\text{min}$ 均突增到 $200\text{L}/\text{min}$,并夹带砾石、泥块、水泥结石等.8-4号涌黄泥水浓度最大.29日上午发现地层溶隙内充填的泥砂大量被涌水带出,散积在地面的砂及砂砾厚约5cm.30日凌晨4时,BL8坝段8-1号、8-2号、8-6号排水孔发生特大管涌.管涌孔位于左岸EL133m平台,EL133m平台被淹没,渗水沿两岸灌浆斜洞至EL145m处停止上升.

据测算,廊道及集水井内淤积的砂砾石约 26m^3 ,其成分为褐色混圆砂及砾石,夹有少量方解石、水泥结石、破碎岩芯块.分别在3个管涌孔对应

1 坝地质概况

大坝坝址位于澧水江垭峡谷地段的石灰岩地区,区内溶洞、溶隙发育;两侧山体基本对称,呈 45° ~ 60° 陡坡,山顶标高约800m;岩层走向与坝轴线近乎平行,倾向下游,倾角 36° .坝地质剖面从上至下,依次有上部含水层(层厚190m)、下部含水层(层厚37m)、深部承压热水层(层厚173m)及各含水层的相对隔水层.

河床BL5~BL8坝段坐落于下部含水层、中部相对隔水层、上部含水层之中.地层中层面溶隙主要有 K_{203} , K_{202} , K_{201} , K_{302} , K_{511} 等,分别在上游铺盖及坝肩开挖后出露.大的断层有 F_{12} , F_{26} ,均位于左岸山体中.层间错动较多,主要有 f_{302} , f_{411} , f_{421} , f_{422} , f_{512} , f_{521}

作者简介:涂俊钦(1963—),男,湖南益阳人,工程师,从事水利工程施工研究.

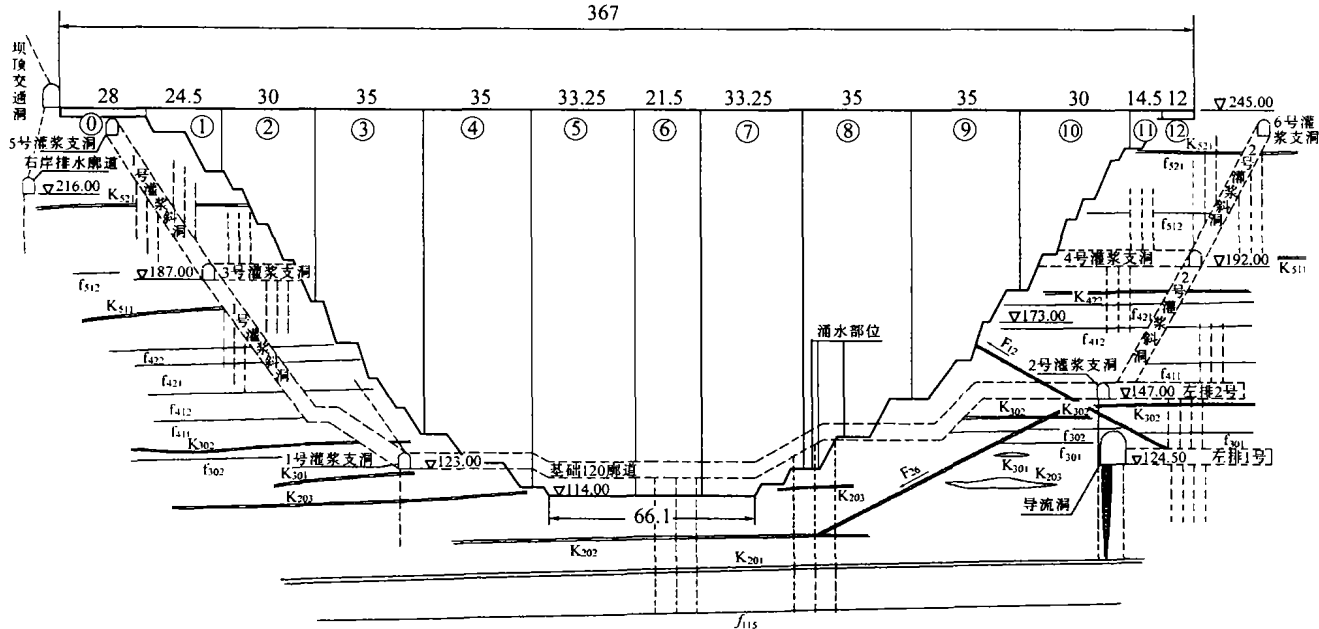


图1 大坝基础开挖剖面示意图(单位:m)

的廊道顶拱上发现混凝土被喷射出5 cm左右的深坑,可见当时管涌夹石射流速度之大。

发生管涌的原因主要有以下几个方面:

a. 大坝防渗帷幕无失效迹象,涌水系两岸山体来水。根据 BL5, BL8 坝段坝基扬压力水位过程线分析,帷幕上游侧的渗压计观测值与库水位升降同步,而帷幕下游侧的则变化很小;幕后 BL5 坝段各渗压计在管涌前测值虽均有明显加大,但当廊道内涌水抽干后压力恢复原值;坝基测压管 P8-4 管涌前测值骤然增大,以致超过仪器量程而失效。

暴雨期间绕坝渗流孔观测,两岸山体地下水位230m以上,而坝前水位最高只达216m,但暴雨停后,坝基涌水孔渗流量迅速减小,绕坝渗流孔内水位也迅速降低。

b. 管涌与连续暴雨直接相关。根据观测资料分析,所有坝基排水规律是:沿岩石层面低位比高位大,雨后比多日晴天大,绕坝渗流观测孔水位受降雨影响的滞后时间约半天左右。

c. 通过对涌出物质的分析可知,涌出物为岩溶充填物。因连续暴雨,地下水位急骤升高,致使坝基岩溶水压力上升,排水孔出逸比降严重超过岩溶充填物允许渗透比降而发生出逸型渗透破坏,在高压作用下,岩溶充填物发生了挤出型的破坏,而发生爆发性涌水所致。

d. 通过孔内电视观察,孔内出水点位置清晰可辨,8-2号孔深34m,8-6号孔深36m处正好是 F_{26} 断层,而 F_{26} 与 F_{12} , K_{302} , K_{203} , f_{302} , f_{301} 相交,于是 F_{26} 串通并汇集左岸来水。坝基中部岩层虽为不透水层,但同样存在层间错动、溶隙(甚至未探明的溶洞)等,这些

地质缺陷形成了由坝肩向坝基补水通道。

e. 岩溶地区地质复杂,准确勘探十分困难,因而缺乏足够的预见性,按常规布设排水孔,难于打中全部溶洞、溶隙;再加上坝肩开挖后,两岸山体地下水的一部分出露通道被坝体混凝土所覆盖,或被固结灌浆、帷幕灌浆所堵塞,因而引起山体水排水不畅。而在高山峡谷地区,山体相对高差大,地下水位高,在暴雨季节极易产生溶蚀裂隙承压水,导致溶蚀填充物渗透破坏而产生管涌。

3 管涌处理措施

发生管涌后,岩溶充填物被掏空,如不及时处理,可能发生更大的管涌,危及帷幕安全。因此,在管涌发生后,我们迅速降低了库水位,对管涌部位立即进行处理,并加强坝基和两岸山体的排水,采取的主要处理措施如下:

a. 在 BL5 ~ BL8 坝段,对管涌及其附近涌水量大的排水孔进行分段或全孔一次性灌浆。另在其旁边斜向下游补钻排水孔。

b. 在管涌部位布置补强帷幕灌浆孔。

c. 左岸 EL124.5m 导流洞永久堵头下侧,接坝基帷幕顺洞轴向(与坝轴线近乎垂直)布置一阻水帷幕,形成“中间堵”,阻止山体地下水大量排向坝基。帷幕灌浆孔打穿 F_{12} , K_{302} , K_{203} , K_{202} , K_{201} 断层及溶隙。在阻水帷幕的岸坡内侧,向下钻设一排排水孔,形成“前排”;在2号灌浆支洞(EL147m)坝基帷幕下侧、阻水帷幕后向下布置一排排水孔,形成“后排”;这样左岸坝基帷幕后的导流洞内 EL124.5m 以下形成“前后排、中间堵”的处理方式。(下转第53页)

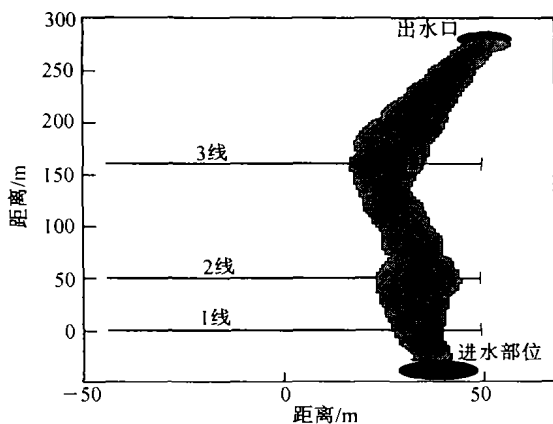


图5 洪泽湖大堤 52K+315 断面渗漏通道路径漏或其它挡水建筑物的渗漏检测。

DB-3^I型堤坝管涌渗漏检测系统在江西、湖北、湖南等省的堤防查险及防汛工作中已发挥出巨大效益,但在洪泽湖堤防渗漏检测中尚属首次,为在众多

的隐患探测方法中筛选出一个目前最为合理的隐患探测方法,我们将该方法和传统的较为准确的“同位素示踪”法进行检测比较,从这次检测的结果看,两种方法检测的结论完全一致,而从检测的过程和总体效益看,DB-3^I型堤坝管涌渗漏检测系统更具有明显的经济、快速和操作方便的优势,最重要的是它还能应用于汛期恶劣环境(表1),是江、河、湖、库堤坝管涌、渗漏探测的首选设备,具有广阔的应用前景。

表1 DB-3^I型堤坝管涌渗漏检测系统与“同位素示踪”法检测效益对比

检测方法	投资/万元	检测时间/d	检测过程	可操作性
同位素示踪法	15 (一次性)	12	布点、钻孔、投放元素、检测、计算分析	需中高级专业技术人员操作
DB-3 ^I 系统	11 (可重复使用)	1	安装仪器、布线、检测、分析	培训后即可操作

(收稿日期:2001-09-10 编辑:熊水斌)

(上接第35页)

d. 左右两岸沿灌浆斜洞、灌浆支洞,接坝基帷幕下游侧(与坝轴线近乎垂直)全线竖直向上、向下各布设一排排水孔。

e. 左岸在导流洞和2号施工支洞内各设一条长度分别为220m、198m的排水洞,命名分别为左排1号、左排2号,其向上、向下各钻设一排排水孔。右岸EL187m及坝顶各打一条排水洞(坝顶排水洞兼作交通洞),其向上、向下各钻设一排排水孔。

各层排水洞、排水孔和阻水帷幕灌浆孔以打穿地质缺陷所在岩层为深度控制,这样,形成左右岸分层排水、高水高排、排堵结合的综合处理措施。

4 结 语

管涌发生后,坝肩左右岸共补打4条排水洞(其中1条兼作交通洞),增加排水孔约15000m,补强及岸坡阻水帷幕灌浆孔2032m,各排水洞排水效果明显。尤其在暴雨后,部分排水孔大量出水,出水点集中出现在溶蚀带、断层、层间错动部位,其它部位无水或出水极少。通过绕坝渗流孔观测,2000年汛期同等降雨强度下地下水位远低于1999年。

经过2000年汛期大暴雨及水库正常高水位(EL236m)的考验,证明坝肩分层排水、高水高排、阻排结合的方案切实可行,达到了预期目的。本文介绍的管涌处理措施,值得岩溶地区,特别是高山峡谷岩溶地区的坝工建设借鉴。

(收稿日期:2001-02-15 编辑:张志琴)

(上接第45页)

c. 任何物探方法都有其局限性和多解性,地电影像技术也不例外,仅以一种参数——电阻率值的高低作为解释依据,必定产生认识上的不足。因此,需要尽可能结合已知资料,并辅以其它物探方法,以利于资料解释、分析,保证探测结果的准确性。

中国煤田地质总质水文地质局物理探测队乔建民、龚惠民等参加了野外试验,北京骄鹏工程技术有限公司刘力高级工程师给予了指导,在此深表谢意。

参考文献:

- [1] 刘建伟.电阻率连续测深法及其在堤坝隐患探测中的应用[J].工程勘察,2000(3):35~38.
- [2] 刘康和.物探技术在水利水电工程中的应用简介[J].水利水电科技进展,1999,19(4):61~63.
- [3] 崔元星.电阻率层析成像的实质及其应用[J].水文地质工程地质,1997(2):42~44.

(收稿日期:2001-03-05 编辑:张志琴)

(上接第18页)

参考文献:

- [1] Ganji V, Gucunski N, Maher M H. Detection of underground obstacles by SASW method[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 1997, 123(3): 212~219.
- [2] 王兴泰.工程与环境物探新方法新技术[M].北京:地质出版社,1996.
- [3] Nazarian S, Desia M R. Automated surface wave method: field testing[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 1993, 119(7): 1094~1111.

(收稿日期:2001-02-21 编辑:张志琴)