

清华洞水库岩溶地质条件及防渗体系

卢晓鹏

(云南省水利水电科学研究院,云南 昆明 650228)

摘要:针对清华洞水库枢纽区存在的较严重的岩溶渗漏问题,勘察查明漏水地段,根据坝址工程地质条件,按照防渗工程量较小、避开岩溶较发育的溶洞等原则,选定暗河堵洞体的位置及防渗线路。根据枢纽区水文地质条件、岩溶发育规律以及相对隔水层的分布情况,采用上下2层廊道进行帷幕灌浆防渗处理,所形成的防渗幕体最大深度达145 m,最大宽度约558 m。灌浆施工后岩层平均透水率由施工前的13.38 Lu降至1.25 Lu,帷幕灌浆防渗效果显著,清华洞水库建成后已正常蓄水运行。

关键词:岩溶;防渗体系;暗河堵洞体;帷幕灌浆;清华洞水库

中图分类号:P641.72 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2013)06-0083-04

Karst geological conditions and seepage control system of Qinghuadong Reservoir//LU Xiaopeng (*Yunnan Research Institute of Water Resources and Hydropower, Kuiming 650228, China*)

Abstract: For controlling serious karst leakage of Qinghuadong Reservoir, the leakage sections were identified. According to the engineering geological conditions of the dam site, the position and seepage line of the plugging holes body were selected by adopting seepage control project with small amount of work and avoiding well developed karst caves. According to the hub area karst development law, characteristics and hydrogeological conditions and the distribution of relatively impermeable layer, we adopted curtain grouting corridors of the upper and lower levels. The maximum depth of the formed seepage curtain is 145 m, and the maximum width is 558 mm. The average permeable rock rate fell from 13.38 Lu to 1.25 Lu, the seepage effect is remarkable, and the reservoir has been properly build operation.

Key words: karst; seepage control system; plugging holes body; curtain grouting; Qinghuadong Reservoir

清华洞水库是建于富宁腹地普厅河上游的一座中型水库,距县城6 km,水库枢纽主要由挡水建筑物、输水泄洪隧洞和防渗帷幕灌浆工程组成,水库坝址以上径流面积212 km²,总库容9 965万 m³。

清华洞水库地质条件复杂,勘察工作于1978年开始,1990年结束。通过一系列的勘察工作,查清了水库上游的径流、洪水情况,以及库区和坝址区的工程地质条件,为确定水库的防渗位置和形式奠定了基础^[1]。由于清华洞水库地形、地质条件比较复杂,水库能否正常蓄水,取决于库区是否漏水和防渗工程是否成功^[2]。水库防渗处理措施主要是在上、下层灌浆廊道内设上、下2层帷幕,对枢纽区进行帷幕灌浆防渗^[3],根据地质勘察资料,暗河堵洞体的轴线位置在0+086处较为理想。灌浆廊道以堵洞体中心线为参考线,向左、右岸延伸。水库经防渗处理后已较好地解决了岩溶渗漏问题,2010年12月

水库正式蓄水运行。

1 岩溶区水库工程地质评价

1.1 库区工程地质评价

清华洞水库河谷深切,两岸山坡陡峻,库区构造以断层为主,褶皱次之。库区基岩多处裸露,覆盖层较薄,冲沟不发育,部分缓坡地带植被覆盖良好,不存在较严重的岸坡稳定问题。水库淤积不严重,基本上不存在浸没问题。

水库四周山体厚度一般大于5 km,无低邻谷地。库区主要由相对隔水层组成,地下水补给河水,未见较大的构造破碎带连通库外,水库蓄水后除通过坝址区全强风化基岩裂隙及岩溶通道产生绕坝渗漏外,不存在库区渗漏问题。

1.2 枢纽区工程地质评价

清华洞水库枢纽区地形地貌、地质构造复杂。

基金项目:云南省水利科技计划(201207)

作者简介:卢晓鹏(1966—),男,云南昆明人,高级工程师,硕士,主要从事水利水电工程勘测设计工作。E-mail:hygslxp@163.com

枢纽区的主要地层为石炭系下统大塘组 C_{1d} , 据其岩性可分为上、下 2 层: 上层 C_{1d}^2 为灰、深灰色中~厚层状结晶灰岩夹薄层浅肉红色燧石条带和硅质灰岩, 沿堵洞体轴线分布于 825 ~ 860 m 高程之间; 下层 C_{1d}^1 为浅肉红色、灰色薄~中厚层硅质灰岩夹多层燧石条带和极薄层泥质灰岩、泥灰岩、灰岩互层, 分布于 630 ~ 825 m 高程之间。受岩性影响 C_{1d}^2 岩体透水性一般较 C_{1d}^1 强, C_{1d}^2 主要属中等~极强透(含)水层, C_{1d}^1 主要属微~强透(含)水层。根据钻孔压水试验资料, C_{1d}^2 和 C_{1d}^1 的透水性几乎完全取决于节理裂隙和岩溶发育程度, 岩溶和裂隙发育部位透水性很大而完整灰岩不透水。

枢纽区出露地层以碳酸盐岩为主,岩体弱风化,局部强~全风化,岩石中等坚硬~坚硬,抗滑稳定性较好。由于堵洞体左右岸岩溶和节理裂隙较发育,且存在有隐伏的岩溶管道等,故绕坝渗漏不可避免,存在较严重的渗漏问题。水库枢纽区地质剖面见图1。

坝基渗透稳定性分析如下:堵洞体河床部位第四系松散堆积物厚 4 ~ 5 m,由砂卵砾石和漂石等组成,渗透性强,坝基需开挖至完整基岩。堵洞体基岩主要由泥质灰岩、泥灰岩、灰岩互层组成,岩体弱风化,局部强风化。堵洞体段无大的断裂构造通过,岩层较稳定,呈单斜产出,倾向下游,倾角较缓,岩层走向与堵洞体轴向接近平行,岩体较完整,以层状结构为主,节理裂隙较为发育,岩体中等坚硬~坚硬,抗滑和抗变形性能较强,抗渗稳定性较好。因堵洞体段节理裂隙较为发育,对堵洞体周边及基础采取固结灌浆和锚杆等加固处理。

2 水库岩溶发育规律及渗漏特性

清华洞水库枢纽区岩溶较为发育,呈现出多种岩溶形态,主要以溶洞(暗河)、岩溶洼地和溶沟、溶槽等形态出露。岩溶发育的深度和强度主要受岩性、构造和节理裂隙控制,岩溶多顺层(1号、2号溶洞)、沿裂隙(清华洞暗河、3号和4号溶洞)和构造(安恩暗河、断层溶塌体)发育,溶洞顶板多为可溶性较差的极薄层和薄层硅质灰岩、泥灰岩等。岩溶发育规律主要表现为:①岩溶发育极不均匀,可由严重透水层突变为相对隔水层;②具有自上而下逐渐减弱的趋势;③左岸较右岸发育;④距清华洞暗河或断层溶塌体越近岩溶越发育;⑤岩溶发育具成层性。

水库右岸正常蓄水水位以下自堵洞体向南出露地层依次为 C_{1d}^2 、 C_{1d}^1 、 ν - $\beta\mu$ 和 D_{3g} 。对蓄水最不利的因素是右岸地形,为一垭口,存在绕坝渗漏问题。水库左岸正常回水位线以下出露地层主要为 C_{1d}^1 ,其次为少量的 C_{1d}^2 ,而 ν - $\beta\mu$ 隔水层和 D_{3g} 相对隔水层则远离堵洞体。左岸岩体破碎,节理裂隙和岩溶均较发育,上层灌浆廊道工程地质条件较下层灌浆廊道复杂。800 m 高程以上,由堵洞体向北依次出露较大的 1 号、2 号、3 号溶洞,断层溶塌体和 4 号溶洞以及破碎岩体等是渗漏的主要通道,因此,清华洞水库左岸存在严重的库水渗漏问题^[4]。

综上所述,清华洞枢纽区主要由碳酸盐岩微~极强透水层组成,岩石节理裂隙和岩溶发育,局部岩石破碎,岩层倾向下游,设计库水位以下至 715 m 高程存在隐伏的中小型溶洞和岩溶管道以及断层溶塌体。

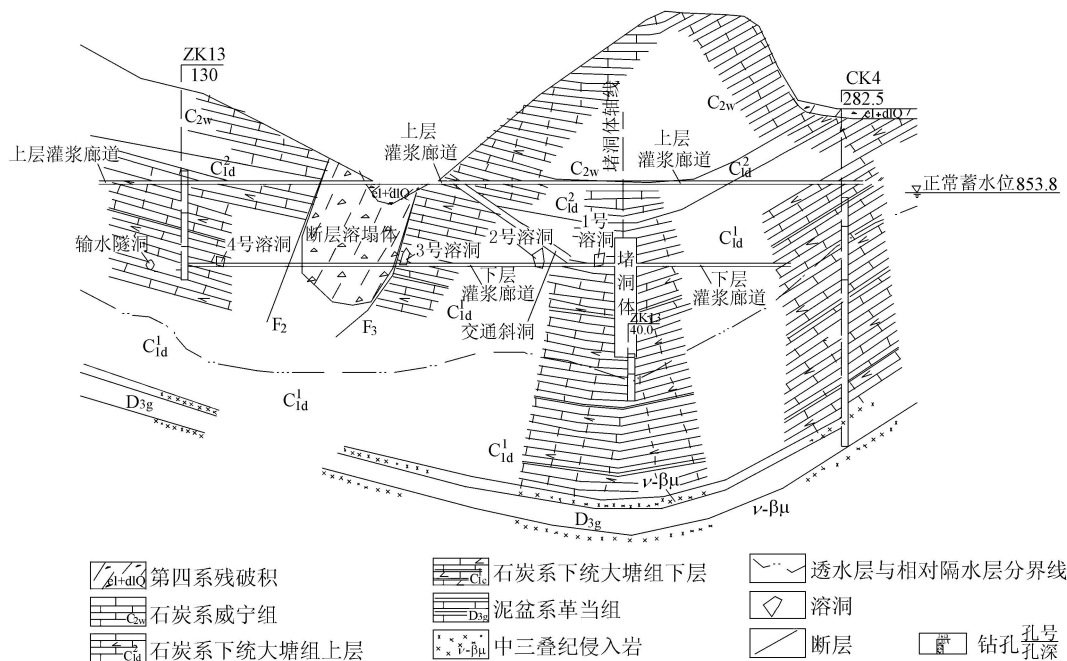


图 1 清华洞水库枢纽区沿坝轴线地质剖面(单位:m)

已形成有效的防渗帷幕。

水库于2008年11月28日实现847.92 m高程蓄水目标。水库蓄水过程中,随着水库水位的上升,库周山体及堵洞体未出现坍塌和开裂迹象,经观测,847.92 m高程水库总渗水量从第二期帷幕灌浆工程实施前的124.8 L/s减小为54.4 L/s,水库已成功蓄水。

随着库水位的升高,在高水头作用下,堵塞的渗漏通道存在被再次压穿并产生渗漏的可能,水库需加强长期渗漏观测。

2009年10月整个工程建设结束,水库达到了最终建设规模,总库容为9965万m³,水库最大水深124.6 m。水库在建设期间就对减轻富宁县2001年“8·25”洪灾损失起到了巨大的作用。水库建成后,解决了下游农田的灌溉、滞洪问题,为富宁城区提供了生产生活用水,有力地促进了当地的和谐安康以及社会经济的可持续发展。

5 结 论

a. 清华洞水库枢纽区出露地层主要以碳酸盐岩为主,岩溶和节理裂隙发育,局部岩石破碎。715.00 ~ 851.50 m高程存在隐伏的破碎岩体、岩溶管道和溶洞等,枢纽区存在绕坝渗漏问题。

b. 枢纽区右岸渗漏部位主要为堵洞体附近50 m范围内和地表浅层,左岸渗漏部位主要为1 ~ 4号溶洞、断层溶塌体以及破碎岩体等。

c. 根据查明的水库工程地质条件,水库防渗帷幕灌浆设计合理,防渗帷幕灌浆质量达到了设计预期要求,岩层透水率平均值由灌浆前13.38 Lu降为1.25 Lu,灌浆效果显著,枢纽岩溶区已形成有效的防渗帷幕,水库正常蓄水运行。

参考文献:

[1] 曾凡杜. 坝面帷幕灌浆技术在竹银水库主坝坝基处理中的应用[J]. 水利水电科技进展,2011,31(6):55-58. (ZENG Fandu. Application of dam surface curtain grouting technology in foundation treatment in main dam of Zhuyin Reservoir[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2011,31(6):55-58. (in Chinese))

[2] 彭第,王伟. 中梁一级电站库区防渗帷幕灌浆试验效果分析[J]. 水利水电科技进展,2011,31(6):73-78. (PENG Di, WANG Wei. Effectiveness of grouting experiments of anti-seepage curtain in reservoir area of Zhongliang No. 1 Hydropower Station[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2011,31(6):73-78. (in Chinese))

[3] 郭铁柱,谢宝瑜,魏红. 海子水库岩溶渗漏分析及帷幕灌浆防渗效果评价[J]. 水利水电技术,2009,40(4):73-75. (GUO Tiezhu, XIE Baoyu, WEI Hong. Analysis on karstic seepage and evaluation on anti-seepage effect from

curtain grouting for Haizi Reservoir[J]. Water Resources and Hydropower Engineering,2009,40(4):73-75. (in Chinese))

[4] 汪方富. 贵州普定马官岩溶地下水库成库条件及效益研究[J]. 中国岩溶,1999,19(1):47-55. (WANG Wenfu. Study on the construction conditions of Maguan underground reservoir and its benefit at Puding, Guizhou[J]. Carsologica Sinica,1999,19(1):47-55. (in Chinese))

[5] 张宏先. 小浪底水利枢纽左岸山体防渗处理措施及评价[J]. 水利水电科技进展,2007,27(3):50-52. (ZHANG Hongxian. Seepage control measures for left abutment in Xiaolangdi Hydro Project and their evaluation[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2007,27(3):50-52. (in Chinese))

[6] 康彦仁,张邦初. 云南蒙自五里冲水库岩溶及其工程处理[J]. 中国岩溶,2002,21(2):120-130. (KANG Yanren, ZHANG Banren. Wulichong reservoirs karst and its engineering treatment at Mengzi, YunNan[J]. Carsologica Sinica,2002,21(2):120-130. (in Chinese))

[7] 施华堂,徐年丰,李洪斌,等. 丹江口大坝高水头帷幕补强灌浆技术研究[J]. 人民长江,2012,43(17):10-14. (SHI Huatang, XU Nianfeng, LI Hongbin, et al. Study of strengthening grouting technology of curtain with high water head of Danjiangkou Dam[J]. Yangtze River,2012,43(17):10-14. (in Chinese))

[8] 肖万春. 水库岩溶渗漏勘察技术要点与方法研究[J]. 水力发电,2008,34(7):52-55. (XIAO Wanchun. Keystones and methods study of karst reservoir leakage investigation[J]. Water Power,2008,34(7):52-55. (in Chinese))

[9] 陈汉宝,李瑞青,刘贤才. 鄂西南岩溶地区几个水库渗漏的教训与反思[J]. 资源环境与工程,2010,24(5):450-453. (CHEN Hanbao, LI Ruiqing, LIU Xiancai. Lessons and reflection of reservoir leakage in karst area of southwest Hubei[J]. Resources Environment & Engineering,2010,24(5):450-453. (in Chinese))

[10] 赵瑞,许模. 水库岩溶渗漏及防渗研究综述[J]. 地下水,2011(2):20-22. (ZHAO Rui, XU Mo. Summary on reservoir karst seepage and anti-seepage research[J]. Groundwater,2011(2):20-22. (in Chinese))

[11] 富宁县清华洞水库第二期工程初步设计报告[R]. 文山:文山州水利电力勘察设计院,2007.

[12] 罗长军. 帷幕灌浆技术在既有土坝可溶岩坝基中的应用[J]. 岩土力学与工程学报,2004,23(22):3910-3916. (LUO Changjun. Application of curtain grouting to the soluble rock foundation of existing soil dam[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering,2004,23(22):3910-3916. (in Chinese))

[13] 黄顺涛,刘荣富,吴高海. 沙老河水库岩溶渗漏分析及防渗处理[J]. 水利规划与设计,2008(4):41-44. (HUANG Shuntao, LIU Rongfu, WU Gao hai. Leakage analysis and leakage control of Shalaohe Reservoir Project in karst area[J]. Water Resources Planning and Design,2008(4):41-44. (in Chinese))

(收稿日期:2013-01-04 编辑:骆 超)