

花岗岩地区病险水库工程地质问题及处理措施

朱永华¹, 吕 锋²

(1. 江西省丰城市水利局, 江西 丰城 331100; 2. 水利部长江勘测技术研究所, 湖北 武汉 430011)

摘要:花岗岩地区病险水库的险情主要为坝基渗漏,高水位运行期坝脚易发生管涌而限制水库效益的发挥。以某病险水库为例,分析总结了花岗岩地区以风化料作为坝体填料的主要地质问题;对坝基花岗岩深厚的风化壳、差异风化以及河床冲洪积砂砾卵石层等主要工程地质问题进行了评价;针对主坝、副坝及溢洪道的防渗加固,提出了相应的工程措施。对其他典型花岗岩地区的病险水库工程勘察有一定参考价值。

关键词:花岗岩风化壳; 差异风化; 砂砾卵石; 坝体渗漏; 坝基渗漏; 大坝防渗; 病险水库

中图法分类号: P642 文献标志码: A

1 工程概况

某病险水库位于赣江流域典型花岗岩地区,坝址以上控制流域面积 81.5 km²,正常蓄水位 82.0 m(吴淞高程),总库容 1.2 亿 m³,水库设计灌溉面积 1.2 万 hm²,是一座以灌溉为主,兼顾防洪、发电、养殖等综合利用的大(二)型水库。水库下游保护区有重要交通、堤防、城镇,以及耕地 2.2 万 hm²、人口 22 万。水库枢纽工程主要由主坝、1~6 号副坝、溢洪道、灌溉发电隧洞等建筑物组成。主、副坝均为均质土坝。

水库主要险情为:主、副坝坝基渗漏严重,高水位运行期主坝坝脚管涌。多年限制水位运行,水库效益无法发挥。为此,曾对渗漏问题采用坝体冲抓套井黏土心墙、坝基高喷灌浆防渗等处理措施。

2 工程区地质条件

该水库库区为切割较深的高丘陵,丘顶高程约 1 000 m,山顶平钝,山谷较宽阔;基岩裸露地表,植被较稀疏。坝区为起伏较小的低丘陵,丘顶高程 100 m 左右,地形上形成一盆地,山顶浑圆,山谷宽敞,植被茂密。山脊线走向北东,河流自南而北纵穿低丘盆地中央,河谷中发育带状平原,均有河漫滩及 I 级阶地。

区内出露地层较简单,除第四系覆盖层外,基岩为燕山期花岗岩。花岗岩灰白色、灰色,矿物成分主要为

石英,斜长石、钾长石,少量黑云母等;中粗粒花岗岩结构,块状构造。第四系覆盖层(Q)有上更新统洪积砂壤土与砂卵砾石、全新统冲积含砾中粗砂和残坡积砂质黏土。

工程区地质构造形式主要表现在花岗岩体内的断裂及节理,断裂、节理不甚发育。主要有 F1、F2 断层,近乎平行通过主坝右肩,二者均为陡倾角正断层,沿断裂面有明显的擦痕和断层角砾岩出露,断裂破碎带宽窄不一,呈半胶结状态。节理主要为 V 级硬性结构面。

库坝区新构造运动微弱,表现为大面积间歇性缓慢升降,未见明显的差异运动。地震动峰值加速度小于 0.05 g,相应的地震基本烈度小于 VI 度。

区内地下水按其赋存形式主要分为基岩裂隙水、基岩全风化层与第四系覆盖层孔隙潜水,花岗岩为非含水岩层,仅第四系冲洪积层孔隙潜水水量丰富。地表水及地下水的化学类型为 HCO₃-Ca 型和 HCO₃-K-Na 型水,其对混凝土以及钢结构具有弱腐蚀性。

坝址区基岩为燕山期花岗岩,从剖面上可划分为全风化带、强风化带、弱风化带以及微新岩体,风化剖面完整。不同的地貌单元风化带的厚度分布不同,如水库左岸低丘一带,全、强风化带的厚度比右岸高丘地段厚,河谷及沟谷底部受水流冲刷,全、强风化岩体残留厚度较小或几乎没有。花岗岩风化具有较强的不均一性,根据野外调查以及钻孔揭示情况,坝址区全强风

化层厚度一般在 5~20 m 之间,沿山谷及断层部位风化有加刷现象。

3 坝基与坝肩渗漏问题

3.1 主坝坝基渗漏问题

(1) 坝基清基不彻底,河床分布厚 5~12 m 的河流冲洪积层,其中下部为上更新统洪积物,物质组成上部为砂壤土,下部为含细粒土砂砾卵石、含砂砾卵石粉质黏土,二元地质结构明显;上部为全新统冲积物,物质组成为含细粒土中粗砂、粉质黏土,其中粉质黏土多以薄夹层或透镜体形式分布于含细粒土中粗砂层中,显示水动力条件强弱交替变化,密实度相对较小。注水试验成果表明,透水性在 $10^{-4} \sim 10^{-3}$ cm/s 范围,呈中等透水;厚度较大的冲洪积层是形成坝基渗漏的主要通道之一;目前高水位期间坝脚后集水沟明流溢出,集水沟变成导流渠,渗漏量约 $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

(2) 右坝肩分布 2 条陡倾角断层破碎带,走向与大坝轴向近垂交,宽度大小不一,充填断层角砾岩,角砾岩胶结较差,断层带形成风化深槽,由于冲刷原因,目前表现为左坝肩附近钻孔揭示岩体较破碎,压水试验呈中等透水,透水率在 10~100 Lu 之间。右坝肩坝脚集水沟高水位期间可见明流直接排泄于集水沟中,集中渗漏明显。

(3) 左坝肩低矮残丘分布 8.3 m 厚花岗岩全、强风化层,岩体渗透系数在 10^{-4} cm/s 量级,呈中等透水,左坝肩产生绕坝渗漏问题。

(4) 坝基防渗采用高压旋喷灌浆,当时砂砾卵石层灌浆的施工质量差,坝基未形成连续的防渗系统。此外,坝基灌浆帷幕与坝体防渗心墙搭接不连续,亦未形成连续的防渗系统。因此,坝基与坝体仍存在较严重的渗漏问题。

3.2 副坝坝基渗漏问题

(1) 坝基普遍分布厚度较大的全、强风化层,其中 5 号副坝全风化层(风化砂)厚度 10 m 以上,强风化层厚度 20 m 以上,形成宽缓的风化深槽;风化槽岩体注水试验的渗透系数在 $10^{-4} \sim 10^{-3}$ cm/s 量级,呈中等透水性,是坝基渗漏的主要通道。

(2) 1~6 号副坝均位于水库左岸低矮垭口部位,风化作用普遍有加刷现象,全、强风化层厚度往往较大,最深可达 30 m 以上,多形成开阔的“U”型风化槽,弱风化岩体埋深一般较大,是副坝渗漏的根本原因。

3.3 渗漏分析

(1) 花岗岩风化特征。岩体抗风化能力受岩性、构造、地下水活动强度等多种因素影响。花岗岩中的

闪长岩脉等以暗色矿物为主,抗风化能力低,剖面上往往追踪岩脉风化形成典型的深部风化通道现象;工程实践中钻孔常遇到这样的现象:弱风化层完整块状岩体下部突然出现一定厚度的全、强风化层,多是花岗岩中抗风化能力弱的深色岩脉所致。花岗岩为块状构造,典型风化类型为球形风化,典型微地形地貌特征是剥蚀残丘呈浑圆状。花岗岩孔隙率较低,为不含水地层,因此裂隙密集带、断裂构造带等地段成为花岗岩区域的主要含水构造;地下水活动相对较强,同时由于岩体完整性差,风化加剧,剖面上往往形成一定规模的带状风化深槽。地表河谷与沟谷等目前相对较低的位置,早期多为长大裂隙、断层等分布部位,受地表水追踪侵蚀作用,往往形成区域上的大规模带状风化槽谷。

(2) 花岗岩地区坝基渗漏分析。花岗岩为块状构造,岩质坚硬,是良好的工程构筑物地基基础;但花岗岩地区坝基由于差异风化形成的风化深槽,往往成为坝基渗漏的主要通道。水库枢纽主要建筑物坝基往往位于主河道以及鞍部、垭口等部位;而这些部位正是花岗岩风化加剧的地段,普遍分布有较深厚的全强风化层,花岗岩地区坝基这样的地质缺陷往往带有普遍性。因此,坝基全强风化层渗漏是花岗岩地区坝基渗漏的主要形式之一;其特点是风化槽深度较大,尤其在平缓地区,如该水库左岸多个副坝坝基。由于坝基风化深槽发育规模一般较大,全、强风化层剖面上与剖面上分布连续,花岗岩地区病险库坝基防渗工程量往往较大。

4 坝体填筑料质量问题与评价

4.1 主坝坝体填筑质量

(1) 原坝体为均质坝,填料为右岸低矮山丘洼地残积物,物质组成为细粒土质砂砾:黏粒占 14.5%、粉粒占 23.0%、砂占 34.8%、砾占 27.7%,粗粒组份高达 62.5%。注水试验成果表明,其 90% 以上的渗透系数大于 1×10^{-4} cm/s,呈中等透水性。因此,填料质量及透水性不满足均质坝的规范要求。

(2) 后期采用冲抓套井心墙防渗,心墙料源为工程区花岗岩风化残积物,其料源质量天然具有含砂量较高且不均一的地质缺陷,其黏粒含量为 23.5%~54.2%;注水试验成果表明,其渗透系数为 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ cm/s,部分呈中等透水性。此外,根据物理试验成果,其塑性指数均值为 26.2、液限均值为 49.6%,塑性指数、液限偏大,心墙料最大干密度均值为 1.60 g/cm^3 、最优含水量均值为 22.8%。试验结果表明,防渗墙料含水量在 21.6%~37.9%,平均含水量为 30.4%,较相应最优含水量高;干密度为 1.29~1.61

g/cm^3 , 平均干密度 $1.46 \text{ g}/\text{cm}^3$, 平均压实度为 91%。心墙料物性指标、透水性和压实度指标均不满足规范的要求。

4.2 副坝坝体填筑质量

(1) 副坝为均质坝,其料源与主坝一样,其质量与主坝均质坝坝料一致,物质组成为细粒土质砂砾,90%以上渗透系数大于 $1 \times 10^{-4} \text{ cm}/\text{s}$,呈中等透水性。

(2) 副坝坝后均未作反滤设施;副坝均没有护坡设施,坝坡冲刷强烈。

综上所述,主坝与副坝坝体填料及后期心墙填料质量较差,不满足规范要求。

4.3 花岗岩地区残积土料质量分析

花岗岩地区风化残积土大面积分布,多是土坝填筑料的首选。花岗岩造岩矿物 90% 以上为长石和石英,其中长石占到 60% ~ 70%;长石抗风化能力相对较差,这是湿热气候地区花岗岩容易风化且风化层较厚的主要原因。花岗岩风化过程中,长石主要是高岭土化;但花岗岩中石英抗风化能力强,因此风化残积土中石英砂砾、岩屑普遍含量较高,往往超过粒度组成的 50%,该工程均质坝坝体平均含量则超过 60%,按颗粒组成多为含细粒土砂砾。因此,以花岗岩风化残积土作为均质坝填料,质量不能满足规范要求。因此,花岗岩地区残积土料作为土坝心墙填筑料是不合适的,作为心墙填料则需要严格的质量控制,以达到设计压实度与防渗指标。

5 除险加固处理措施建议

(1) 主坝坝基全风化岩层以下采取帷幕灌浆,全风化层及河流冲洪积层采取素混凝土防渗墙处理;右坝肩断层分布段采取加深防渗帷幕处理。副坝坝基采取坝前防渗铺盖处理,延长渗径以达到防渗目的。

(2) 主坝坝体心墙部位采用素混凝土防渗墙处理,并截穿坝基冲洪积层以及基岩全风化层,与基岩灌浆帷幕连成一体,形成连续封闭的防渗系统。副坝坝体迎水坡设置黏土防渗斜墙,并与坝前黏土铺盖有效搭接,形成连续防渗系统。黏土防渗斜墙表面采取块石护坡,坝后采取草皮护坡,坝脚设置反滤体。其中副坝坝体与坝基防渗是一个关键问题,因为其防渗工程量大,坝体采用混凝土防渗墙、坝基采用帷幕灌浆显然是不合适的;可以利用花岗岩地区风化残积土做坝前斜墙与防渗铺盖土料,但需要有一定的厚度,并进行必要的碾压处理,以达到设计要求的压实度与防渗指标。

(3) 溢洪道控制段采取帷幕灌浆防渗处理,与左坝肩、左岸 1,2 号副坝防渗系统连为一体,形成连续封闭的防渗系统。泄槽段底板采取锚固措施,进入建基面全、强风化层一定深度,以提高抗拔能力。

(4) 对灌溉发电隧洞洞身掉块与渗漏段进行必要的喷护与灌浆处理。

6 结语

(1) 花岗岩风化壳较为深厚。花岗岩风化残积土料作为土坝填筑料存在砂砾等粗粒组分含量高、透水性较大、分布不均一的问题,不能满足规范要求。因此,料源质量较差是花岗岩地区土坝渗漏问题的共同原因。

(2) 受微地形、构造等因素影响,花岗岩地区普遍存在差异风化问题。由于差异风化形成的风化深槽往往成为坝基渗漏的主要通道。

(3) 坝基清基不彻底,如主副坝均存在第四系松散覆盖层;坝料碾压不充分,没有达到规范要求;施工工艺落后,无法达到设计目标等。坝体与坝基渗漏则是上述诸多原因必然的结果。

(编辑:李慧)

Engineering geological problems of dangerous reservoirs in granite region and treatment measures

ZHU Yonghua¹, LU Feng²

(1. Fengcheng Water Conservancy Bureau, Fengcheng 331100, China; 2. Changjiang Reconnaissance Technology Research Institute, Ministry of Water Resources, Wuhan 430011, China)

Abstract: The major dangers of dangerous reservoirs in granite region include foundation seepage of main dam and auxiliary dam, piping in dam toe of main dam in the operation period at high water level, which restricts the profit of the reservoir. A dangerous reservoir in granite area is taken as an example, and the main geologic problems of using weathered materials as the fillings of the dam body are analyzed and summarized. The main geological problems such as thick regolith of granite mass of the dam foundation, differential weathering, and the alluvium sandy gravels in river bed are evaluated. In view of the anti-seepage and reinforcement of main dam, auxiliary dam and spillway, the engineering measures are proposed accordingly.

Key words: granite regolith; differential weathering; sandy gravel; dam body seepage; dam foundation seepage; anti-seepage of dam; ill-conditioned reservoir