

某水电站坝下游河道渗漏问题地质分析

彭仕良, 王雪梅

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

摘要: 某水电站在距坝下游坡脚约 200 m 的河道中出现涌水现象。通过对坝下游观测孔水位数据进行相关性分析以及库水、沟水、渗漏水的水质分析, 结合坝基覆盖层结构特征, 初步判定了下游涌水的主要来源及渗漏途径。

关键词: 渗漏; 观测孔水位; 渗漏途径地质分析

中图分类号: F642; TV7; TV221; F641

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2015)04-0089-04

1 概述

该水电站位于某干流上, 工程任务主要为发电。水库正常蓄水位高程为 1 378 m, 装机容量 920 MW。大坝为粘土心墙堆石坝, 最大坝高 79.5 m, 首台机组已于 2011 年 10 月投产发电。2013 年 3 月底, 运行人员现场巡视发现右岸河道岸边渗水, 其位置位于坝轴线下游 448 m (对应坝桩号 0 + 236), 距大坝坡脚约 200 m。渗水初期流量约为 5 L/s, 至 2013 年 4 月 15 日流量增至约 200 L/s, 且有较多的灰黑色细颗粒涌出。在对涌水出口实施压重、反滤、设置排水管等排堵结合的处理措施后, 流量为 188 ~ 212 L/s, 渗水为清水,

管涌得到初步抑制。但查明渗漏途径则是进行堵漏的关键问题之一。

2 坝址区基本地质条件

坝址区出露基岩为前震旦系康定杂岩, 主要为闪长岩、花岗岩。岩体裂隙较发育, 岸坡强风化水平深度为 6.5 ~ 22 m, 弱风化上段水平深度一般为 60 ~ 70 m, 弱风化下段水平深度一般大于 100 m, 岩体强卸荷水平深度为 15 ~ 20 m, 弱卸荷水平深度为 50 ~ 70 m。

坝址区河床覆盖层深厚, 层次结构复杂 (图 1)。河床覆盖层一般厚度为 120 ~ 130 m, 自下而上 (由老至新, 图 1) 分述如下:

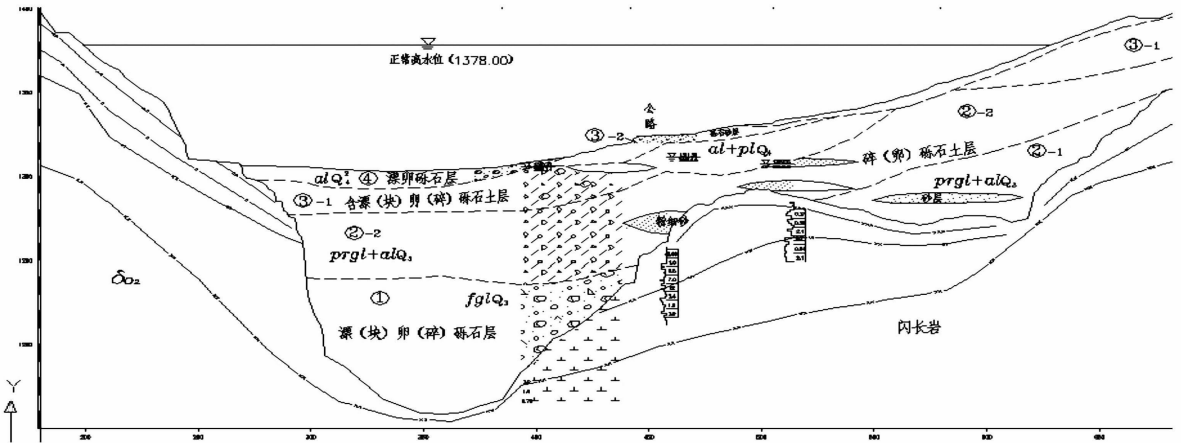


图1 坝轴线地层结构示意图

第①层: 漂(块)卵(碎)砾石层 (fglQ₃)。分布于坝址区河床底部, 厚 25.52 ~ 75.31 m, 顶板埋深 52.12 ~ 81.8 m。钻孔标准注水试验渗透系数多介于 $2 \times 10^{-2} \sim 8.96 \times 10^{-4}$ cm/s 之间, 具强

~中等透水性。室内扰动样试验渗透系数 k 为 1.29×10^{-2} cm/s, 临界坡降 i_k 为 0.15, 破坏坡降 i_f 为 0.57, 破坏类型为管涌破坏。

第②-1 亚层: 漂(块)卵(碎)砾石层 (prgl + alQ₃)。主要分布于坝轴线靠右岸底部, 局部夹砂

收稿日期: 2015-03-08

层透镜体,厚 19.75 ~ 29.95 m,顶板埋深 29.7 ~ 65.15 m。该层力学性能较好,局部具架空现象,属强 ~ 中等透水。

②-2 亚层:碎(卵)砾石土层(prgl + alQ₃)。该层分布于河床中部及右岸,厚度 8.2 ~ 79.45 m,顶板埋深 1.85 ~ 68.2 m(河床埋深较大、右岸埋深相对较浅)。钻孔标准注水试验得到的渗透系数多介于 $2.86 \times 10^{-2} \sim 4.67 \times 10^{-4}$ cm/s 之间;现场渗透试验得到的渗透系数 $k = 6.35 \times 10^{-4}$ cm/s,临界坡降 $i_k = 1.06$,破坏坡降 $i_f = 5.64$,属流土破坏;室内扰动样试验得到的渗透系数 k 为 $1.49 \times 10^{-1} \sim 8.17 \times 10^{-6}$ cm/s,临界坡降 i_k 为 0.19 ~ 1.78,破坏坡降 i_f 为 0.38 ~ 3.73,破坏类型为管涌 ~ 流土破坏。该层结构紧密,力学性能较高,具中等透水性。

②-3 亚层:粉细砂及粉土层(prgl + alQ₃)。该层主要分布于坝轴线上游。

③-1 亚层:含漂(块)卵(碎)砾石土层(al + plQ₄)。该层分布于河床中上部及右岸台地上部,厚度 5 ~ 39.36 m,顶板埋深 0 ~ 25.5 m。试坑简易注水、钻孔抽水及标准注水试验得到的渗透系数介于 $9.07 \times 10^{-2} \sim 1.72 \times 10^{-4}$ cm/s 之间;现场渗透变形试验得到的渗透系数 $k = 5.5 \times 10^{-2}$ cm/s,临界坡降 $i_k = 0.55$,破坏坡降 $i_f = 2.23$,属管涌破坏;室内渗透变形试验得到的渗透系数 k 一般为 $3.31 \times 10^{-1} \sim 6.92 \times 10^{-5}$ cm/s,临界坡降 i_k 为 0.11 ~ 0.87,破坏坡降 i_f 为 0.25 ~ 2.58,破

坏类型为管涌 ~ 流土破坏。该层粗颗粒基本形成骨架,力学性能较好,具中等 ~ 强透水性。

③-2 亚层:砾石砂(土)层(alQ₄)。该层以砂为主,在右岸台地坝轴线上下游局部分布,坝基开挖时已经大部分清除。

第④层:漂卵砾石层(alQ₄)。该层在河床表面及河漫滩均有分布,厚 1.5 ~ 25.5 m。钻孔抽水试验得到的渗透系数介于 $4.9 \times 10^{-1} \sim 5.34 \times 10^{-2}$ cm/s 之间;现场渗透变形试验得到的渗透系数 $k = 2.91 \times 10^{-1}$ cm/s,临界坡降 $i_k = 0.23$,破坏坡降 $i_f = 0.91$,属管涌破坏;室内扰动渗透变形试验得到的渗透系数 k 为 $1.65 \times 10^{-1} \sim 2.21 \times 10^{-1}$ cm/s,临界坡降 i_k 为 0.14 ~ 0.15,破坏坡降 i_f 为 0.28 ~ 0.32,破坏类型为管涌,属强透水性。

3 渗漏途径地质分析

3.1 渗漏水源分析

坝下游渗漏水可能的来源有三种:库水通过坝基、绕坝渗漏及两岸山体地下水和浑水沟沟水渗入。

3.1.1 渗漏水水质分析

从库水、量水堰以及涌水点、浑水沟的水质分析成果对比(表 1)中可以看出,量水堰和涌水点水样的 pH 值、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺ + K⁺ 等离子含量、总矿化度及水质类型与库水基本相同,而与浑水沟的水质相差较大,水质分析成果表明渗漏水主要来源于库水。

3.1.2 观测孔水位与库水位关系分析

表 1 库水、量水堰流水、涌水及浑水沟水质分析对比表

位置	pH 值	Cl ⁻ /mg · L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ /mg · L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ /mg · L ⁻¹	Ca ²⁺ /mg · L ⁻¹	Mg ²⁺ /mg · L ⁻¹	Na ⁺ + K ⁺ /mg · L ⁻¹	总矿化度 /mg · L ⁻¹	水质 类型
库水	7.7	10.19	62.66	184.43	38.59	10.58	45.47	351.91	Ca - HCO ₃ 型水
量水堰	7.7	11.15	62.66	191.26	39.84	10.58	47.39	362.86	Ca - HCO ₃ 型水
涌水点	7.7	11.15	65.64	198.09	41.08	11.33	48.64	375.92	Ca - HCO ₃ 型水
浑水沟	8.2	9.55	83.54	273.22	46.06	18.88	65.87	497.14	NaK - HCO ₃ 型水

为查明涌水点附近地层结构、水文地质条件,在坝下游及右岸岸边涌水部位附近补充钻孔并进行水位监测。各观测孔基本情况见表 2。

LJZK01、LJZK02、LJZK03、LJZK06、LJZK08 及 LJZK09 观测孔在钻进过程中的地下水情况为:在涌水点附近区域中上部(未揭穿②-2层前)地下水为潜水,孔内地下水位基本与河水位相当,孔口无地下水涌出;当孔深 70 m 左右揭穿②-2层

后,地下水涌出钻孔口,显示①层地下水为承压水,其承压水位在高程 1 335 ~ 1 345 m(库水位高程 1 375 m 左右),只有观测孔 LJZK05 在相对较浅的孔深 28.5 m 时出现承压水。

上述资料显示,在涌水点附近 ~ 下游坝坡脚原河床部位及附近地层水文地质结构主要分三层结构,即:上部的强透水性④层、中部的中等透水性③-1层和②-2层以及下部的强透水性①层;

表2 坝下游观测孔基本情况统计表

孔号	位置	孔口高程 /m	孔深 /m	地下水位 /m	测量日期	出露层位	库水位高程 /m	备注
LJZK01	涌水点上游约220m量水堰旁	1312.98	75.5	1336.86	20130601	第①层	1375.28	承压水
LJZK02	涌水点上游偏右岸约200m	1321.17	51	1345.77	20130601	第②-2层下部~第①层	1375.28	承压水
LJZK03	涌水点上游稍偏右岸约100m	1316.26	74.5	1345.98	20130601	③-1层	1375.28	承压水
LJZK04	涌水点上游偏右岸约254m	1335.52	66	1320.61	20130601	第②层下部②-1层	1375.28	潜水
LJZK05	涌水点上游约126m	1313.36	28.5	1340.76	20130517	③-1层下部	1374.44	承压水
LJZK06	涌水点上游偏右岸约151m	1319.1	75	1344.49	20130601	①层	1375.28	承压水
LJZK07	涌水点上游约290m偏右岸	1346.94	78	1319.29	20130601	②-1层	1375.28	潜水
LJZK08	涌水点上游偏左岸约200m	1309.72	69.2	1332.32	20130717	①层	1377.25	承压水
LJZK09	涌水点下游偏右岸约30m	1315.7	76.34	1347.40	20130717	①层	1377.25	承压水

LJZK01、LJZK02、LJZK03、LJZK06、LJZK08 及 LJZK09 孔底部地层中存在承压水,根据在坝轴线~下游坝坡脚的地层结构以及观测孔水位,推测在坝轴线~下游河道涌水点之间的①层中存在较高水位的承压水,其承压水位一般在高程1335

~1345m。据观测孔水位与库水位过程关系曲线(图2)显示,观测孔水位受库水位升降影响其水位波动较大,表明具承压性的观测孔水位变化与库水位相关性较强。

位于坝下游右岸的 LJZK04 及 LJZK07 观测

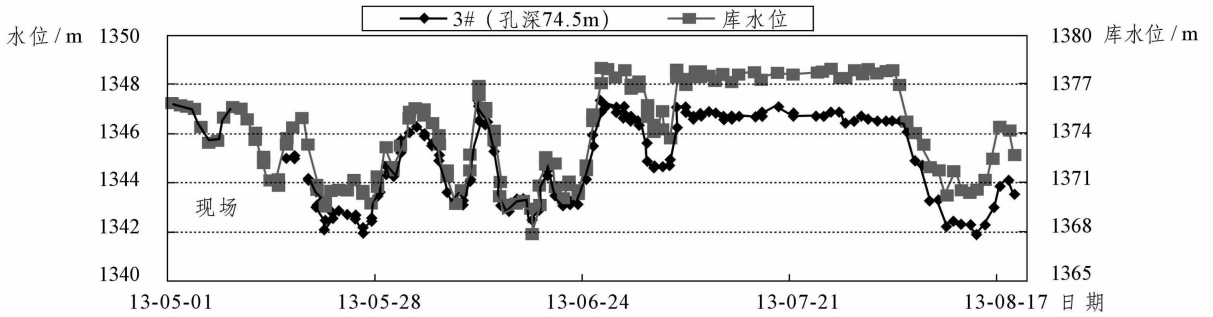


图2 3#观测孔水位过程线示意图

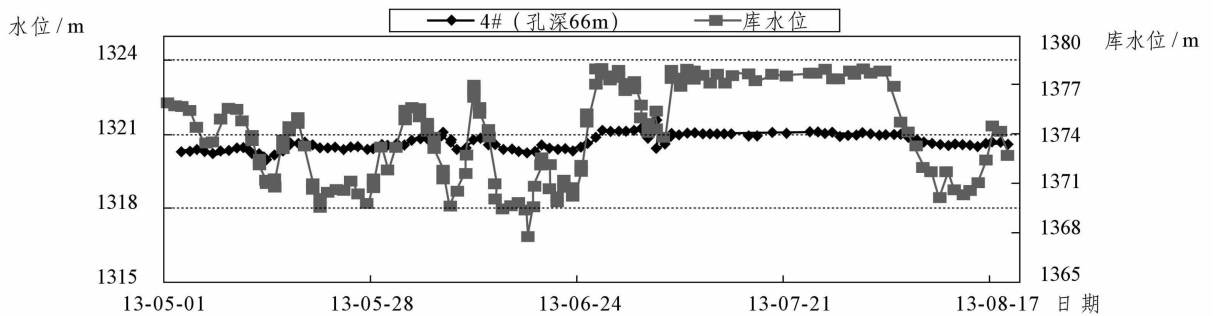


图3 4#观测孔水位过程线示意图

孔在钻进过程中无地下水涌出孔口现象,地下水为潜水,水位在高程1320m左右,受库水位升降影响其水位波动较小(图3),与库水位变化相关

性相对较弱。

3.1.3 浑水沟流量分析

在坝下游、渗水点上游右岸有一支沟——浑

水沟,该沟流量较小。2013年5月1日测得浑水沟流量约为2.4 L/s,沟水在排水涵道进口前约20 m全部渗入地下。

尽管浑水沟水在改道排水涵道进口前全部渗入地下,但其流量小,相对于涌水点渗漏流量(约200 L/s)和量水堰(约400 L/s)流量所占比例很小,因此可以确定,渗漏水主要来源于库水渗漏。

综合以上分析得知,渗(涌)水与库水相关性较好,且渗漏来源中的两岸地下水及浑水沟水渗入量占总渗漏量的比例小,可以确定渗漏水的主要来源为库水渗漏。

3.2 渗漏途径分析

库水向坝下游渗漏的可能途径为右岸绕坝渗漏、左岸绕坝渗漏、沿河床覆盖层及其下部基岩渗漏。

从观测孔LJZK01、LJZK02、LJZK03、LJZK05、LJZK06、LJZK08及LJZK09等孔承压水位可知①层下部形成较大范围水位偏高的承压水区域。

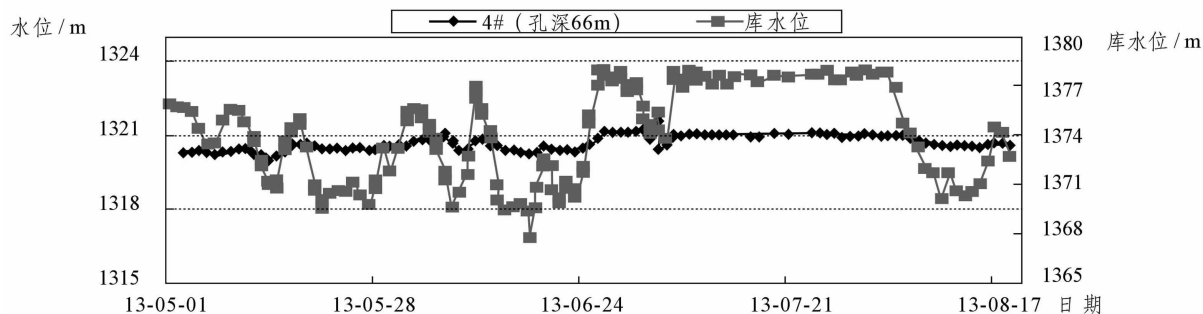


图4 8#观测孔水位过程线示意图

大坝下游围堰防渗墙底高程为1 273 m,已经进入②-2层中。大坝挡水后下游围堰防渗墙仅上部局部拆除,据监测资料,位于坝基防渗墙下游侧浅部渗压计的各测点水位:高程1 313.28 ~ 1 317.09 m范围,地下水类型为潜水;而LJZK01、LJZK02、LJZK03、LJZK05、LJZK06、LJZK08及LJZK09观测孔的水位大致为高程1 335 ~ 1 345 m,为①层承压水,其水位高程及地下水埋藏类型与坝轴线~下围堰的浅部地下水明显不同。据此,分析坝下游河岸涌水主要来源于坝轴线下较深的部位。

坝轴线的地层结构(图1)为:覆盖层下部第①层为强透水,中部的②-2层及③-1层为中等透水,上部第④层为强透水;①层附近基岩为强~中等透水、向右(或左、向下)的基岩透水性为弱

LJZK4及LJZK7观测孔位于近坝下游右岸,两孔的深度较大,已经揭穿②-2层,其水位在高程1 320 m左右,低于涌水点附近的LJZK3和LJZK9观测孔水位。水位监测资料表明:LJZK4、LJZK7观测孔水位与库水位相关性相对较弱,随库水位变幅波动较小,右岸绕渗不明显。

LJZK2、LJZK3、LJZK6和LJZK9观测孔水位在高程1 345 ~ 1 348 m,为坝下游监测孔水位最高部分,基本沿涌水点成一高承压水位带且水位变幅与库水位显著相关,表明对应大坝防渗体系部位存在通过①层连通涌水点的渗漏途径的可能性较大。

左侧的LJZK1和LJZK8观测孔在②-2层及以上地层钻进中孔内水位与河水位基本一致,揭穿②-2层后出现承压水,承压水位在高程1 332 ~ 1 335 m左右,较高水位带低10 m左右,与库水位相关性较为显著(图4),表明坝下游①层存在较高的承压水头,存在沿①层渗漏的可能性。

透水。坝轴线下游的地层结构与坝轴线相似。由于下游围堰轴线以下的观测孔反映出的较高承压水多分布在较深部位的①层中,而该层的透水性强、埋深较大,其上部的②-2层透水性相对较弱。观测孔LJZK02、LJZK03、LJZK06及LJZK09一线承压水位最高,涌水点也分布在此线附近,按最短渗流路径推测,渗漏途径位于以上观测孔和涌水点对应的坝桩号(0+236)附近坝基较深部位。

4 结语

坝轴线及坝下游地层结构:①层为强透水,中部的②-2层及③-1层为中等透水,上部第④层为强透水;坝轴线下游①层中普遍存在较高水位的承压水。鉴于下游观测孔LJZK02、LJZK03、

(下转第97页)

(1)采用中热42.5水泥。

(2)严格控制大坝混凝土出机口温度、最高温度。

11月~翌年3月上旬混凝土出机口温度不低于10℃,3月中旬~4月和10月的混凝土为自然拌合,5~9月混凝土出机口温度不高于10℃~12℃。

大坝强约束区混凝土允许最高温度不高于26℃,大坝弱约束区混凝土允许最高温度不高于28℃,大坝自由区混凝土允许最高温度不高于30℃。

(3)严格控制浇筑层厚和间歇期。

基础强约束区混凝土浇筑层厚为1.5m,基础弱约束区和自由区浇筑层厚为3m,最小间歇期为5~7d,最大层间歇期不宜超过21d。

(4)高温季节混凝土浇筑。每一坯层浇筑完毕、在上一层混凝土覆盖前,在每天的高温时段覆盖5cm厚的聚苯乙烯卷材,以减少混凝土的温度回升。

(5)埋设冷却水管进行通水冷却。

(6)坝址区常年日温差变幅大,混凝土浇筑过程中应常年采用保温材料进行保护,采用在钢模板外侧嵌贴5cm厚聚苯乙烯保温板的方式。

(7)对于11月~翌年3月上旬的混凝土浇筑,采取在钢模板内贴3cm厚聚苯乙烯保温板和一层土工膜,同时在钢模板外侧嵌贴5cm厚聚苯乙烯保温板,拆模后内贴保温材料固定在混凝土表面。3月中旬~10月,混凝土自然浇筑,拆模后进行保湿养护,待养护时间满足要求后粘贴保温材料,大坝上、下游面分别粘贴5cm、3cm厚聚苯乙烯保温板,侧面采用3cm厚保温卷材封闭保温。

5 结语

目前藏木水电站已建成发电,施工过程中混凝土施工质量得到了很好的控制,至今未发现混凝土质量问题。

针对藏木水电站的气象特征,同时充分考虑施工过程中的各种影响因素,实践证明:所采取的施工措施是合适的,可为气候条件相似的其他工程混凝土施工提供参考。

作者简介:

阎士勤(1966-),男,河南郸城人,教授级高级工程师,工程硕士,从事水利水电工程施工组织设计工作;

曹喜华(1968-),女,河南新野人,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工组织设计工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第92页)

LJK06及LJK09的水位与库水位相关性较强,因此可以确定:坝下游涌(渗)水主要来源于库水,坝桩号(0+236)附近坝基较深部位为主要渗漏通道之一。

参考文献:

[1] 彭士标,袁建新,王惠明.水力发电工程地质手册[M].北京:中国水利水电出版社,2011.

京:中国水利水电出版社,2011.

作者简介:

彭仕良(1965-),男,四川眉山人,高级工程师,学士,从事水电工程地质勘察技术工作;

王雪梅(1964-),女,重庆江津人,工程师,从事水电工程地质勘察技术工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第95页)

阻抗孔口在底板中间开孔,故底板为中间开孔的环形板,孔口直径为3.8m,底板衬砌厚度为2m。

调压室结构剖面见图2。

5 结语

(1)通过对不同形式调压室进行水力计算以及施工难度综合分析,最终确定了本工程调压室采用阻抗式调压室。

(2)通过对阻抗式调压室的阻抗孔面积大小

对调压室和引水隧洞的影响进行分析,最终选择了阻抗孔口的较优尺寸。

(3)根据施工现场揭示的围岩情况,调整了调压室的结构布置以及衬砌支护参数。

计算依据为潘家铮所著的《调压井衬砌》及《水利水电工程地下建筑物设计手册》、《水工设计手册》第七卷(水电站建筑物)。

作者简介:

鲁毅(1963-),男,安徽巢湖人,设计总工程师,高级工程师,从事水电站水工建筑物设计工作。

(责任编辑:李燕辉)