

梅山水电站右坝肩渗流特征分析

杨光中¹,彭汉兴¹,张百川²,郑开发²

(1.河海大学土木工程学院,江苏 南京 210098;2.梅山水电站,安徽 金寨 237300)

摘要 依据水文地球化学原理,库水作为一种溶液,在向坝基渗透过程中,既传递水的物理特性如压力、水量等,又与坝基岩石、帷幕、混凝土间产生物理化学作用,形成新的水质特征.为此,对梅山水电站右坝肩坝基排水孔水位、水量、水质进行定期观测,并对现场水 pH 值测试资料进行了系统分析.分析结果表明:工程措施效果明显.拱廊道内大流量排水孔水主要来自库水.拱廊道少数排水孔水中 $K^+ + Na^+$ 含量较丰富,此是坝基水化学潜蚀的结果.

关键词 渗流 水质 水岩作用

中图分类号 :TV698.2+33

文献标识码 :A

文章编号 :1000-1980(2002)05-0107-03

梅山水电站大坝主体为连拱坝,由 15 个垛和 16 个拱组成,两端各为一重力坝段.坝顶高程为 141.27 m,最大坝高为 88.24 m,水库正常蓄水位为 128.0 m.坝基岩石为细粒花岗岩,构造以近东西向压性断层较发育,节理裂隙发育,以北北东向和北北西向为主.1962 年右坝肩发生大量渗漏,扬压力升高,岩体发生轻微滑移.渗水点多集中于 14~16 拱内,一般是沿北北东向陡倾角节理渗出,渗水量达 70 L/s.由 14 垛左侧一钻孔观测得知,当时坝基扬压力增高甚大,该孔往外射水,水平射程达 11 m^[1].采用帷幕、加设排水孔减压以及坝基预应力钢束锚固等 5 种加固处理措施后,大坝运行正常.其中 1991 年 7 月库水位达 135.75 m(已接近大坝百年一遇水位 135.95 m),超过正常蓄水位 7.75 m.

1 观测资料分析

1.1 水位变化特征

右坝肩排水孔水位最高的是 16 拱 10 孔,最高水位达 124.31 m(1995 年 11 月 27 日),最低的是 13 拱 5 号 1 孔,为 72.66 m(1993 年 12 月 8 日).16,15,14 拱内孔水位变化基本与库水位变化同步,库水位升高,孔水位上升;反之,库水位下降,孔水位也下降.温度上升,孔水位下降,温度下降,则孔水位上升.尤其在冬季,温度较低,孔水位升高较快.但当库水位发生剧变时,如 1999 年,孔内水位变化甚小.这说明库水与坝基地下水有联系,但并不十分密切.

自 1995 年 15,16 拱帷幕补强以后,右岸肩坡排水孔水位普遍降低,其中以 16 拱 4,7 孔降低值最大,达 7.0 m 以上,15 拱排水孔次之,降低值一般在 2~6 m 间.14 拱内排水孔水位降低值仅 8~24 cm,说明帷幕补强效果明显.

右坝肩 16 拱至 13 拱平均地下水力坡降为 0.47,小于坝基基岩面平均坡降(0.52).拱内水力坡降平缓,仅在 0.31~0.05 之间,拱间水力坡降达 0.62~0.66,两者由岸坡上部向下部逐渐减小.拱内水力坡降平缓反映出主要受库水的补给,甚至出现同一拱内岸坡下部排水孔水位高于岸坡上部的孔,如 16 拱 4 孔水位(孔口高程 118.93 m)常高于 7 孔(孔口高程 122.36 m),差值可达 2~3 m,这是库水补给佐证.拱间水力坡降的明显增高,反映拱垛作用力的影响造成裂隙闭合径流滞缓.

1.2 渗漏量变化特征

右坝肩排水的排水孔集中在 13 拱内,13 拱处于右坝肩与河床坝基接壤部位.拱内排水孔众多,在拱廊道内有 2 排(山坡侧和河床侧)横向排水孔共 38 个,其中 31 个排水,此外,加强拱内有 3 个排水孔.各排水孔

排水量相差悬殊,但仍有一定的分布规律.

a. 排水量大的孔只分布在廊道的上下游端. 1 孔排水量最大,位于廊道上游端,一般在 1 000 mL/min 以上,最大值达 3 804 mL/min(1969 年 7 月 15 日). 因孔淤堵,20 世纪 70 年代排水量逐年减少,20 世纪 80 年代后趋于稳定,最大值为 1 800 mL/min(1997 年 3 月 7 日),主要受库水位变化的影响. 邻近除 3 孔排水量稍大外均甚小. 34 孔位于廊道下游侧,排水量仅次于 1 孔,一般在 600 mL/min 以上,左右两侧 29,30,35 三孔排水量亦较大,均在 100 mL/min 以上. 1991 年 7 月汛期 11 d 内,库水位由 121.45 m 迅速上涨至 135.75 m(超过正常蓄水位 7.75 m,已接近大坝百年一遇水位)时,34 孔排水量出现峰值(2 200 mL/min)时,邻近孔均出现峰值,说明孔间连通性好.

b. 廊道中部排水量小,且山坡侧排水孔排水量远小于河床侧,前者从 2~15 孔以及 31 孔等 13 个孔的排水总量仅 310 mL/min(表 1),而后者可达 1 704 mL/min. 河床侧大流量排水孔又集中于下游侧,即从 25 孔至下游端排水量占 97% 以上. 从动态上看,河床侧排水孔渗漏量变化主要受库水的影响,1991 年汛期更为突出,排水量均出现峰值.

表 1 13 拱廊道排水孔水 pH 值(二次均值)和流量(1998 年 8 月 28 日)
Table 1 pH value of water flow and discharge from drain holes in No.13 arcade

山 坡 侧			河 床 侧		
孔 号	pH 值	流量/(mL·min ⁻¹)	孔 号	pH 值	流量/(mL·min ⁻¹)
1	6.95	12.65	16	7.94	13
2	11.64	3	17	11.85	
3	8.22	74	18	9.02	2
4	10.67	7	19	7.62	8
5	10.18	6	20	9.64	
6	9.01		21	10.6	6
7	8.25	4	22	7.21	7
8	9.94		23	7.05	11
9	11.25	72	24	7.88	
10	9.56	12	25	7.27	307
11	10.37	31	26	7.46	80
12	10.15	19	27	7.81	229
13	11.05	59	28	7.97	60
14	8.55	15	29	7.72	129
15	9.05	8	30	7.94	139
31	11.05		34	7.98	619
32	7.86	129	35	7.98	78
33	7.86	53	36	8.17	16
37			38	8.17	

13 加强拱内(10~12)3 个排水孔渗漏量小,不超过 50 mL/min,除 10 号孔因堵孔深减少明显外,其余 2 孔孔深变化不大,排水量动态受库水位变化的影响.

1.3 坝基水化学特征

库水离子含量不高,为低矿化度水. 库面水多为弱碱性、碱性水,中下层多为中性、弱碱性水,中下层水中侵蚀 CO₂ 含量较高,最大值达 16.28 mg/L,为具侵蚀性的水. 水化学类型均为 HCO₃-Ca 型. 岸坡基岩水以 16 拱 7 孔水为代表,为弱碱性-碱性水,水中离子含量稍大于库水.

13 拱内水质分析成果可代表坝基岩体水质特征. 6 个水样中,水质特征可分为两种类型,一是中性、弱碱性水类型,水化学类型主要为 HCO₃-K + Na·Ca 型. HCO₃⁻ 含量丰富,可达 470.17 mg/L,一般在 200 mg/L 以上; K⁺ + Na⁺ 含量较丰富,可达 135.5 mg/L,一般在 50 mg/L 以上,两者与下层库水相比,前者要高出 1 个数量级,后者要高出 1.5~6.5 倍,反映出离子迁移量较大. 部分水中含有侵蚀 CO₂,最大含量可达 62.79 mg/L(13 加强拱 12 孔). 这是地下径流条件通畅的反映,但此孔排水量不大,且孔内又无淤堵,说明地下径流通道小. 相同类型的还有 13 拱廊道 3,19 孔. 13 拱廊道 1,34 孔,地下径流通畅且排水量大,说明地下径流通道较宽畅. 二是以 13 拱 13 孔为代表的强碱性 CO₃²⁻-K + Na 型水,水中 CO₃²⁻ 含量较丰富,水 pH 值达 10.55,排水量不大,一般小于 70 mL/min,水质特征说明地下径流滞缓.

现场水 pH 值实测结果显示,13 拱廊道内两排排水孔水质特征不同.山坡侧除 4 个排水量大的孔(1,3,32,33 孔)水 pH 值为中性、弱碱性外,其余排水量甚小,且为碱性、强碱性水.河床侧则相反,除上游侧 4 个孔(17,18,20,21)为碱性、强碱性水外,其余无论排水量多少,均为中性、弱碱性水.22 孔排水量仅 7 mL/min,pH 值为 7.21,为中性水.不排水的 24 孔,pH 值为 7.88,为弱碱性水.

坝基水的 pH 值大小和化学类型的形成与坝基径流条件密切相关^[2].从水质成果看,13 拱廊道内 2 排(山坡侧,河床侧)排水孔的地下径流条件不同,山坡侧除上下游两侧外,多为强碱性水,以及水化学类型为 $\text{CO}_3\text{-K} + \text{Na}$ 型,说明地下径流滞缓.河床侧除上游侧少数孔外,均为中性、弱碱性水,水质特征与库水相近,说明地下径流通畅.

2 小 结

a. 右坝肩基岩地下水,自 1995 年进一步采取帷幕灌浆等工程措施后,孔水位明显降低且渗漏量减少,水力坡降亦较平缓,说明帷幕补强效果明显.但 15 拱、16 拱排水孔水位变化的相似性,以及与库水位变化的同步性仍很显著,反映地下径流较通畅,应进一步加强观测,必要时采取适当的工程措施进行处理.

b. 13 拱廊道底部基岩存在以 1 孔和 34 孔为中心的两条地下水径流通畅带.34 孔径流通畅带范围大,1 孔径流通畅带狭窄,中间以径流滞缓带相隔.

1 孔水的补给来自库水.34 孔虽位于廊道下游侧,但从此孔水中含 H_2S ,邻近的河床侧排水量明显大于山坡侧,且水质特征与库水相近,说明 34 孔径流通畅带水来自库水补给,1991 年汛期排水量随库水位同步变化即是佐证.地下径流仍主要受北北东向陡倾角节理制约,径流通畅带延伸方向与此基本一致.总之,廊道内大流量排水孔主要来自库水,岸坡水补给量不大.

c. 库水及山坡岩体水(以 16 拱 7 孔为代表)中 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 含量不多,仅 17.0 ~ 24.0 mg/L,但 13 拱廊道内不少孔水中含量达 100 mg/L 以上,13 拱 34 孔水中最大值达 141.75 mg/L,是同期库水的 9 ~ 16 倍.说明 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 的迁移量较大.坝基水中 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 来源是坝基花岗岩中中长石类矿物局部被分解的产物,同时促使水中 HCO_3^- 含量丰富.此外,排水孔口的析出物中 SiO_2 和 Al_2O_3 含量较多,也说明坝基岩石中硅、铝的迁移.总之,坝基部分软弱岩石受到腐蚀^[3],应引起重视.

参考文献:

- [1] 水利电力部科学研究所,中国科学院地质研究所.水利水电工程地质[M].北京:科学出版社,1974.107 ~ 108.
- [2] 杨保全,杨光中,叶桂萍.大坝坝基水质与渗流特征[J].河海大学学报(科学自然版),2001,29(2):91 ~ 95.
- [3] 马晓辉,彭汉兴,杨光中,等.新安江大坝坝基岩石性状变化研讨[J].河海大学学报(科学自然版),1999,27(4):101 ~ 106.

Analysis of characteristics of seepage from right dam abutment at Meishan Hydropower Station

YANG Guang-zhong¹, PENG Han-xing¹, ZHANG Bai-chuan², ZHENG Kai-fa²

(1. College of Civil Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;

2. Meishan Hydropower Station, Jinzhai 237300, China)

Abstract: According to the principles of hydrology and geo-chemistry, water in reservoirs may infiltrate into dam foundations. During this process, physiochemical reactions may occur between the water, dam foundation rocks, grout curtains, and concrete, forming new characteristics of water quality. In consideration of the above fact, an observation is performed of water table and water quality from drain holes in the right dam abutment of the Meishan Hydropower Station. The pH values of the water measured are systemically analyzed. Some conclusions are drawn: the engineering measures adopted are reasonable, the large flow from drain holes in arcades is mainly from the reservoir, and the abundance of $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ in some drain holes is caused by dam foundation water-induced chemical corrosion.

Key words: seepage; water quality; water-rock action