

大坝运行中的水文地质问题

张庆虎¹, 杨光中², 彭汉兴²

(1. 南京市水利建设工程总公司, 江苏 南京 210007; 2. 河海大学土木工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:以新安江等数个大坝为例, 分析大坝运行过程中存在的若干水文地质问题。分析表明, 水库蓄水大坝运行后, 地下水作用成为影响大坝稳定的重要因素; 坝基地下水既具水动力作用又具水化学作用, 它造成坝基帷幕防渗性能的衰减, 混凝土的腐蚀以及坝基软弱夹层的软泥化问题, 应引起重视, 并采取积极防治措施。

关键词:坝; 地下水; 化学潜蚀; 水文地质

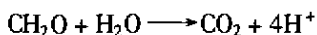
中图分类号: P641

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2001) 07-0100-02

1 库水的侵蚀性问题

大坝建成运行后, 湍急的河水变为相对静止的库水, 上层库水水质特征与河水相近, 多为中性、弱碱性水。水库底部由于大量有机物质的富集, 使中下层库水具侵蚀性(表1), 水的 pH 值大多小于 6.5, 为弱酸性水, 水中侵蚀 CO₂ 含量可达 16~17 mg/L, 是库面水的 7~10 倍。这是由于库底水中有机质分解的结果, 即



在反应过程中还可释放出还原态物质 H₂S, CH₄ 等。因库底处于缺氧环境, 有机厌氧分解不完全, 因而水库底层水中 CO₂ 含量受到一定制约^[1]。

2 坝基渗流场特征

在各种因素的综合影响下, 坝基渗流场可划分径流通畅带和径流滞缓带, 以及局部隔水岩体。

陈村水电站大坝为混凝土重力拱坝, 坝高 76.3 m, 坝基岩层由志留系砂页岩组成, 岩性较为单一, 但断裂裂隙发育。因此在 7-17 坝段坝基布设了三道水泥帷幕和一道丙凝加强帷幕。幕后仅灌 9-5, 灌 10-4, 灌 17-4 等 3 个孔常年排水, 其中灌 10-4 孔排水量最大, 最高可达 1220 mL/min, 与库水位同步变化, 且孔口见有丙凝被挤出。近年来, 9-10 坝段坝基地下水位要高出邻近坝段 2~3 m, 成为廊道内的高水位坝段。灌 10-4 封孔观测, 经 24.5 h, 水位抬升 2 m, 对邻近坝段的影响较大, 9-12 坝段排水孔和扬压力孔水位均随之上升了 0.03~0.76 m 或更大, 影响半径达 20 余 m,

且 9-10 坝段内各排水孔 5 h 内水位已达峰值, 说明此高水位坝段坝基地下水连通性好。

灌 17-4 孔排水量小, 多为滴水, 从排水孔口算, 要比两侧排水孔水位至少要高 6.5~7.5 m。经封孔观测, 灌 17-4 孔 6 h 后水位抬升 11.5 m, 达 80.95 m (库水位 101.06 m), 而两侧邻孔受此影响甚小, 左侧灌 17-3 孔水位仅升高 2 cm, 右侧灌 18-1 也水位升高 10 cm, 水位差值达 18-19 m, 也构成局部高水位柱。但此属于孤立的径流通畅带, 而两侧排水孔多年水位变幅甚小, 则属径流滞缓带。

盐锅峡大坝为混凝土宽缝重力坝, 修建在白垩系红色岩层上, 岩性主要为砂岩、砂质砾岩、间夹粘土质粉砂岩和粘土页岩。岩层产状平缓, 倾角仅 15°~21°。多年运行后, 在坝基宽缝中分别开挖 4 m 和 6 m 深的竖井, 井壁除 1 处有少量渗水外, 表面干燥, 软弱岩层含水量低。经取样测试, 其天然含水量、天然密度等测值与勘探阶段基本一致, 说明大坝运行多年后坝基仍存在不含水的隔水岩体。

3 化学潜蚀问题

库水作为一种溶液, 在向坝基运移过程中, 水与岩石之间, 水与帷幕、混凝土之间的物理化学作用也随之发生。从部分坝基水质成分看(表2)坝基水的化学潜蚀作用, 在局部地段(如岸坡坝基地段)是较强烈的。岸坡坝基水力坡降大, 径流通畅, 地下水多处于氧化环境, 有利于从库水带来的有机质的氧化与分解, 故水中 CO₂ 含量丰富, 水的 pH 值大多小于 6.5。新安江右岸坝基水 pH 为 5.15~6.31 的弱酸性

作者简介: 张庆虎(1962—), 男, 江苏南京人, 工程师, 主要从事水利工程基础处理工作。

表1 部分大坝坝前库水水质特征

取 样 地 点		水温 /℃	pH	侵蚀性 CO ₂ /(mg·L ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ /(mg·L ⁻¹)	K ⁺ + Na ⁺ /(mg·L ⁻¹)	Ca ²⁺ /(mg·L ⁻¹)	总硬度 /H°
磨子潭 ^①	库面水		8.71		16.13	11.2	5.49	1.54
	30m深水		7.59	2.37	38.7	11.6	7.24	1.61
	库底水		6.20	5.81	45.15	14.5	7.95	1.99
梅 山 ^①	库面水	23.5	7.68	2.16	33.32	5.96	6.71	1.40
	35m深水	13.0	6.34	17.20	41.62	5.67	8.40	1.82
	45m深水	12.0	6.34	15.40	43.28	11.15	8.82	2.04
新安江 ^②	河水(蓄水前)		7.60		48.06	4.95	14.20	
	库面水(100m高程)	19.9	8.10	0.90	45.14	3.34	13.60	2.30
	70m高程水	12.5	7.62	3.90	50.02	3.34	14.00	2.38
	50m高程水	9.7	7.49	6.00	54.09	4.43	16.00	2.49
	库底水	10.4	6.60	9.70	61.00	5.30	17.10	

注:①两次均值;②1984~1990年平均值。

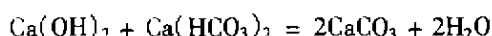
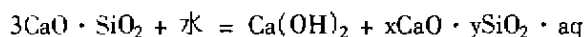
表2 部分大坝坝基水质特征

取 样 地 点		pH	总硬度 /H°	侵蚀性 CO ₂ /(mg·L ⁻¹)	K ⁺ + Na ⁺ /(mg·L ⁻¹)	Ca ²⁺ /(mg·L ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ /(mg·L ⁻¹)
丹江口 ^①	灌 u27-1(河床)		12.46	51.6	2.25	57.3	270
	灌 27-11(河床)	8.16	5.15	2.77	74.0	18.8	277
	灌 26-7(河床)	8.50	1.68	—	164.0	6.41	327.0
梅 山 ^①	13(廊道)-19(右岸)	7.77	12.05	—	93.25	64.46	464.39
	13(廊道)-34(右岸)	8.0	6.47	11.63	112.75	36.43	354.74
	13(加强拱)-12(右岸)	7.43	5.38	62.79	68.75	31.53	257.90
磨子潭 ^①	10-3(右岸)	7.02	5.04	32.54	26.63	38.57	174.15
	4-5(河床)	7.27	4.17	4.65	17.88	26.24	122.70
新安江 ^②	排 2-C(右岸)	5.15	0.78	50.5	—	2.0	6.1
	灌 2-3(右岸)	6.31	2.13	41.79	2.76	9.62	46.97
	灌 24-1(左岸)	11.59	22.02		80.59	154.13	10.07

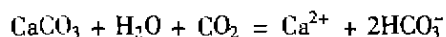
注:①两次均值;②多年均值;带 u 字为幕前扬压力孔,灌 27-11 为灌浆廊道 27 坝段 11 号排水孔。

水;不少坝基水中侵蚀 CO₂ 含量 40~50 mg/L,有的超过 60 mg/L(表 2),对混凝土有强的侵蚀性。

水与混凝土、帷幕间的物理化学作用表现在水泥与水的作用,反应式为



在富含 CO₂ 的弱酸性水作用下,碳酸钙溶解加快:



坝基水中 Ca²⁺ 的迁移,主要来自坝基水与帷幕水泥石间的作用,这是坝基化学潜蚀的主要方式之一。据计算,丰满大坝 39 坝段坝基溶蚀量达 1932.8 kg/a,基础帷幕防渗性能衰减明显,发生了集中渗溶^①。

水与岩石间的物理化学作用表现为铝硅酸盐矿物的水解,在碳酸(CO₂)的参与下速度加快,钾、钠呈离子迁移,SiO₂ 多呈胶态淋失,部分以离子态迁移,Al₂O₃ 则呈胶态淋失。

梅山水电站坝基为花岗岩,13 号拱内排水量大,其中 34 孔平均值达 570 mL/min(1998 年),水中

K⁺ + Na⁺ 含量达 112.75 mg/L,是库水 13.8 倍。坝基水中 K⁺ + Na⁺ 来自基岩,此说明局部地段坝基水对岩石的侵蚀强度是大的,应积极采取防治措施。又如新安江大坝坝基少数析出物化学成分中 SiO₂、Al₂O₃ 之和成为主成分,SiO₂ 含量最高可达 59.57%,Al₂O₃ 最高含量可达 12.61%,此是地下水中胶体的迁移,且与此有关的排水孔出现塌孔现象,说明坝基软弱页岩夹层出现软化现象,其程度有待查明。

大坝运行过程中地下水作用突出,一些坝基排水孔口大量析出物的析出;坝基水质的弱酸性和富含侵蚀 CO₂;帷幕、混凝土溶蚀量以及软弱夹层软泥化的评价等问题还有待进一步认识和总结,以利在勘测和大坝设计施工中及早采取防治措施。

参考文献:

- [1] 彭汉兴等.新安江水电站坝址环境水特征及作用[J].水利学报,1994(2):40~45.

(收稿日期:2001-07-18 编辑:马敏峰)

① 陈宛平,李玉兰.高坝岩基灌浆帷幕防渗能力衰减原因的研究,1989 年。