

大黑汀水库混凝土坝的环境水侵蚀研究

王少明

44-45156 (水利部潘家口水利枢纽管理局 河北迁西 064310)

摘要 大黑汀水库主廊道于 1988 年发现在排水孔及排水沟内有大量的沉积物,分别为乳白色絮状物、黑色及红褐色物质。经对 13 组排水孔、3 组钻孔进行水质全分析,得出结论:在分析的 16 个坝段中,环境水对 F₁ 坝段、14 坝段、10 坝段、20 坝段、28 坝段护坦廊道存在中等程度的溶出性侵蚀。

关键词 环境水 水质分析 混凝土坝 溶出性侵蚀 大黑汀水库

大黑汀水库是引滦枢纽工程的一个重要的组成部分,1973 年 10 月开始动工修建,1982 年基本竣工。大黑汀水库主坝坝长 1354.5 m,分为 82 个坝段,主坝整体结构为宽缝混凝土重力坝。1988 年在大坝排水孔发现水中有红褐色、黑色、白色等絮状或糊状物质,继而溢出沉积在大坝排水沟内。为了研究环境水对大坝混凝土的侵蚀,海河流域水环境监测中心引滦分中心对 13 个坝段的排水孔、3 组钻孔水样及 1 组库水水质进行了检测分析。

1 环境水水质分析

1.1 分析项目

为分析环境水对大坝混凝土的侵蚀,选择以下项目进行分析:pH 值、游离 CO₂、侵蚀 CO₂、溶解氧、化学耗氧量、生化需氧量、八大离子、总硬度、总碱度、铁、铝、三氮、总磷、可溶性 SiO₂、酚酞碱度、甲基橙碱度等。

1.2 分析结果表示方法

根据 SDJ19—78《水利水电工程地质勘测资料内业整理规程》规定,采取 C. A. 舒卡列夫分类法对环境水进行分类,以阴阳离子百分数大于 25% 的离子组份命名。

1.3 环境水检测结果

1.3.1 水质检测结果

13 组主坝排水孔、3 组钻孔、1 组库水水质检测结果见表 1。

表 1 环境水水化学分类及侵蚀情况

断面名称	沉积物情况	水化学分类	侵蚀类型	侵蚀程度
Q ₁ 坝段	白色	HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ —Ca ²⁺ , Mg ²⁺	无	
F ₁ 坝段	白色结晶	OH ⁻ —Ca ²⁺	溶出型	中
D ₁ 坝段	红褐色	HCO ₃ ⁻ —Na ⁺ , Ca ²⁺	无	
6 坝段	黑红色	HCO ₃ ⁻ —Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺	无	
10 坝段	灰白色	OH ⁻ —Ca ²⁺ , Na ⁺	溶出型	中
14 坝段	白色豆腐状	OH ⁻ —Ca ²⁺ , Na ⁺	溶出型	中
20 坝段	白色糊状	CO ₃ ²⁻ —Na ⁺	溶出型	中
30 坝段	锈黄-桔红	HCO ₃ ⁻ —Ca ²⁺ , Mg ²⁺	无	
39 坝段	红色	HCO ₃ ⁻ —Ca ²⁺ , Mg ²⁺	无	
45 坝段	黑色	HCO ₃ ⁻ —Ca ²⁺ , Mg ²⁺	无	
47 坝段	黄-锈黄色	HCO ₃ ⁻ —Ca ²⁺ , Mg ²⁺	无	
54 坝段	褐色	HCO ₃ ⁻ —Ca ²⁺ , Mg ²⁺	无	
28 坝段护坦	乳白色絮状	CO ₃ ²⁻ —Ca ²⁺	溶出型	中
6 坝段钻孔		HCO ₃ ⁻ —Ca ²⁺ , Mg ²⁺	无	
14 坝段钻孔		HCO ₃ ⁻ —Ca ²⁺ , Mg ²⁺	无	
19 坝段钻孔		CO ₃ ²⁻ —Na ⁺	溶出型	中
大黑汀深层		HCO ₃ ⁻ —Ca ²⁺ , Mg ²⁺		

1.3.2 存在化学侵蚀坝段环境水的化学表达

按照《水利水电工程地质手册》^[1],对存在化学侵蚀坝段的环境水的化学组成采用库尔洛夫表达式描述。

作者简介:王少明,男,高级工程师,从事水质监测及水资源保护工作,曾发表《引滦枢纽工程与水质的相互影响》等论文。

a. F_1 坝段:

$$M0.197 O_2 0.0015 = \frac{OH50.5 SO_4 20.6 CO_3 18.7}{Ca70.4 Na17.6} T13^\circ C$$

b. 10 坝段:

$$M0.351 O_2 0.0011 = \frac{OH71.8 CO_3 23.8}{Ca66.2 Na27.3} T15^\circ C$$

c. 14 坝段:

$$M0.137 O_2 0.0029 = \frac{OH60.6 CO_3 20.9}{Ca61.4 Na30} T14^\circ C$$

d. 20 坝段:

$$M0.301 O_2 0.0031 = \frac{CO_3 79.5 HCO_3 10.2}{Na88.4} T10^\circ C$$

e. 28 坝段护坦廊道:

$$M0.101 = \frac{CO_3 54.5 SO_4 23.6 HCO_3 15.2}{Ca55.6 Na22.1 Mg18.6} T16^\circ C$$

f. 19 坝段:

$$M0.192 O_2 0.0018 = \frac{CO_3 75.4 Cl12.4}{Na62.5 Mg19.5 Ca13.8} T10^\circ C$$

根据检测结果,大黑汀水库主坝中环境水对 6 个坝段存在分解类溶出型中度侵蚀,分别是 F_1 坝段、10 坝段、14 坝段、19 坝段、20 坝段和 28 坝段护坦廊道。在环境水有侵蚀作用的坝段中有一个共同的特征,即:排水孔及排水沟内的沉淀溢出物均为白色或灰白色物质;pH 值均在 9.0 以上,最大者达到 11.5; HCO_3^- 的量或很小或为零。根据检测结果没有发现其它类型的侵蚀。其它坝段的溢出物均为碳酸盐类、硅类及少量的铁或有机物的混合物,环境水对这些坝段没有侵蚀作用。

2 环境水侵蚀机理研究

2.1 侵蚀类别

根据环境水对硅酸盐水泥混凝土的作用,环境水的侵蚀性一般分为溶出性侵蚀、酸性侵蚀、碳酸性侵蚀、硫酸盐性侵蚀四种类型。根据对大黑汀水库环境水的检测结果,我们基本认定在大黑汀水库混凝土坝中存在中等程度的溶出性侵蚀,无其它类型的侵蚀。

2.2 侵蚀机理分析

大黑汀水库主坝采用的是混凝土重力坝,所用材料为 425 号和 525 号硅酸盐水泥以及砂砾料、石料等。其中砂砾料以花岗岩

为主,石料以角闪石片麻岩为主,有少量的石英岩。

硅酸盐水泥的主要成分是硅酸钙,约占 75% 左右,根据硅酸盐水泥水化理论,水泥水化时主要生成物是水化硅酸钙、氢氧化钙、水化铝酸钙、水化铁酸钙、水化硫铝酸钙。当环境水对水泥石进行侵蚀时,水化生成物将按照水化物的溶解度大小依次逐渐被水溶解,最终使水泥混凝土受到侵蚀。在这些水化产物中,氢氧化钙的溶解度最大,当水流渗透混凝土时,首先使氢氧化钙溶出。如水量不大,水中的氢氧化钙浓度达到饱和程度,溶出停止。但在流动的水中,特别是有水压存在的情况下,水流不断地将氢氧化钙溶出带走,使得水泥石的孔隙率增大,密实度和强度降低,造成的后果是一方面使水更容易渗入,另一方面氢氧化钙的溶出将引起其它水化产物的溶解或分解,如水化铝酸钙最终可分解成没有胶结能力的氢氧化铝,水化铁酸钙可分解成氢氧化铁。

在所检测的坝段中,凡是环境水主要阴离子为重碳酸盐的,均对混凝土无侵蚀,因为重碳酸盐能够与被溶出的氢氧化钙生成不溶的碳酸钙沉淀填充在水泥石的孔隙中,提高水泥石的致密度,在混凝土的表面上形成一层紧密的不透水层,使水泥石免受侵蚀,因此环境水的暂时硬度越大,发生的溶出性侵蚀的机会越小;而环境水中阴离子以氢氧根为主的坝段,由于水的暂时硬度很小或为零,容易发生溶出型侵蚀。在 F_1 坝段、10 坝段、14 坝段、19 坝段、20 坝段和 28 坝段护坦廊道中,pH 均在 9.0 以上,重碳酸盐的量很小或为零,可以认定存在分解类溶出侵蚀。

3 结论与建议

a. 根据检测结果,环境水对 F_1 坝段、10 坝段、14 坝段、19 坝段、20 坝段和 28 坝段护坦廊道存在中度分解类溶出型侵蚀。环境水对其它坝段没有侵蚀存在。

(下转第 56 页)

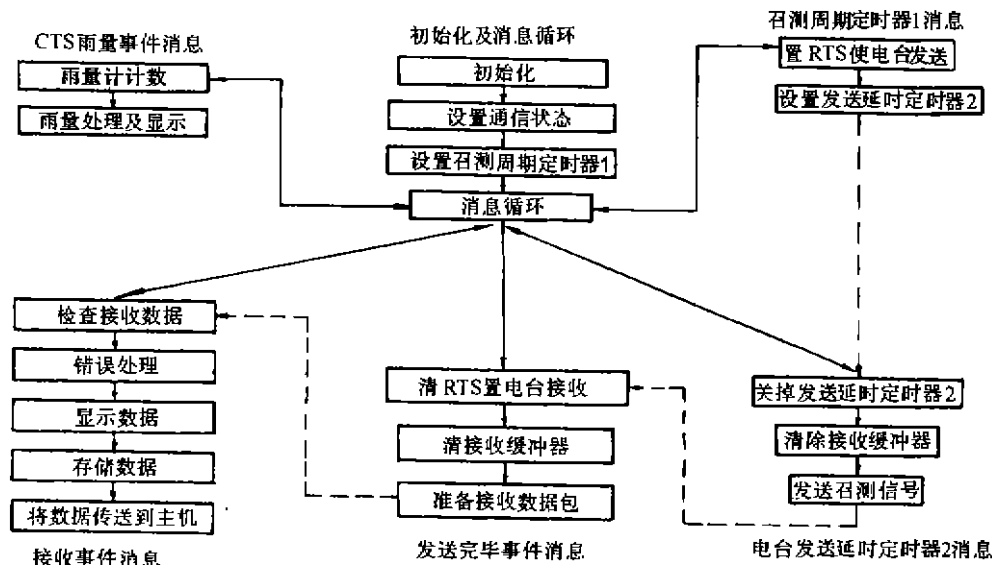


图3 前置机通信程序设计软件框图

方面等待雨量 CTS 事件的重叠操作,一方面处理 CTS 出错,在有雨量事件时转入处理及显示雨量事件,然后触发下一个 CTS 事件。

定时器 1 事件用于定时对泵站发出召测信号,首先清除及设置通信口缓冲寄存器,然后设置 RTS 使电台处于发送状态,再设置定时器 2 中断,用于启动发送延时。定时器 2 中断用于信号的延时发送,先清除接收端和接收缓冲器,再设置数据奇偶校验位,发送召测指令。发送完毕后引起发送事件响应,这时将电台发送改为接收,等待处理接收数据。接收事件响应时,开始检查起始字和站号,然后是数

据及校验和,处理并显示接收结果。并将最后的结果存储并传入中心处理机。

以上设计方法已用于苏州市防洪调度泵站管理系统,在召测的抗干扰、多任务和人机界面方面都取得了校好的效果。

参考文献

- 1 Gofton P W. 精通串行通信. 王仲文等译. 北京: 电子工业出版社, 1995
- 2 刘震等. 无锡市城市防洪排涝微机管理系统. 水科学进展, 1995(增刊): 30~34.

(收稿日期: 1997-09-05 编辑: 熊水斌)

(上接第 45 页)

b. 根据检测结果,环境水存在侵蚀的坝段排水孔中水样的 pH 值较大,一些水样的 pH 值甚至达到 11 以上,容易和水泥混凝土发生碱集料反应,同时有可能夺取钙矾石中的钙组分,从排水孔中析出,降低混凝土的强度,从而对大坝产生破坏作用。

c. 在一些坝段中由于排水孔水中含有较大的重碳酸盐、游离二氧化碳和较多的可溶性二氧化硅,符合发生化学管涌的条件,

应引起足够的重视。

d. 一些坝段排水孔水中溶解氧量很小,生化需氧量很大,对这些坝段应进行有机物和微生物的测定。

参考文献

- 1 水利电力部水利水电规划设计院编. 水利水电工程地质手册. 北京: 水利电力出版社, 1982
- 2 SDJ19-78 水利水电工程地质勘测资料内业整理规程

(收稿日期: 1997-08-25 编辑: 熊水斌)