

(5)

溢洪道

安全监测

混凝土坝

加固

1996年8月

水利水电快报 EWRHI

第17卷第15期

15-18

卡里巴坝溢洪道的安全加固

C. MTsokodayi

MTsok.

傅湘宁 TV651.1

摘要 通过对卡里巴坝的监测及试验表明,碱骨料反应使其溢洪道运行产生了问题,从而使溢洪道泄洪闸门失灵,随之采取了一定的措施进行了修复和补救。对有关问题及补救措施进行了论述。

关键词 溢洪道 碱骨料反应 安全监测 坝加固 施工方法 混凝土坝 卡里巴水电站

碱骨料反应对许多大坝和水电站都会造成危害,这是人所共知的,即使采取补救措施,往往也较困难而且也是暂时性的。在卡里巴,碱骨料反应影响着溢洪道的运行。本文对此问题及其补救措施进行了叙述。

卡里巴坝溢洪道象其他任何坝一样,是坝工建筑物的重要安全部位。溢洪道的正常运行,是减小大坝洪水漫溢风险的保证。

然而,由于混凝土的尺寸变化所引起的运行问题,导致了卡里巴坝溢洪道泄洪闸门的失灵,目前修复工作正在进行。

卡里巴坝位于赞比亚与津巴布韦边界的赞比西河上,坝长618 m,坝高128 m,长高比值较大,正常蓄水位时的最大库容为 $181 \times 10^9 \text{ m}^3$,为世界上最大的蓄水库之一。

溢洪道由布置在大坝中央的6孔泄洪闸组成,拱座远离泄洪闸,凸出的支墩位于上游侧。每一座泄洪闸均由下游侧的链轮型闸门和上游侧的叠梁槽组成,溢洪道的典型断面如附图所示。

6孔泄洪闸在最高壅水位时的总泄水能力为 $9144 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

开启泄洪闸包括在上游控制段平衡压力下放下9块叠梁,随后用电动启闭机提起下游的链轮型检修闸门。

叠梁装有固定的轴轮,万一出现控制闸门卡住事故,可以将叠梁放下作为

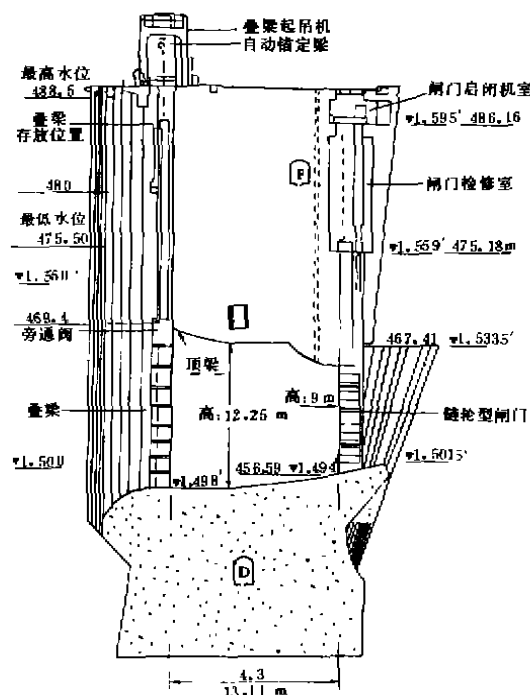
一整体闸门运用。

检修闸门运行时,沿光滑的混凝土垂直墙面滑动,墙面尺寸为 $10.4 \text{ m} \times 9.0 \text{ m}$ 。

本文主要对与下游控制段上的这一垂墙有关问题,及其补救措施进行论述。

1 混凝土膨胀的确认

自70年代初以来,卡里巴坝混凝土出现了碱骨料反应。随之在混凝土中埋入应变



附图 卡里巴坝溢洪道断面图(示有链轮型闸门)

计,对混凝土进行长期的测定。此后,法国工业研究试验协会对该混凝土芯样进行试验,确认了这一事实。后来又在各个坝段包括溢洪道部位取了若干芯样,送至巴黎道路桥梁中心试验室进行试验。

所有结果都证实有一种化学物质——钙矾石(三硫酸盐水化钙)存在,它与混凝土碱骨料反应有着密切的关系。

对埋在混凝土内一系列应变计(振动弦线型)的数据进行分析,结果清楚地说明了大坝中心部位混凝土膨胀的情况,在垂直方向膨胀程度高达 $18 \mu\text{m}/(\text{m} \cdot \text{a})$ 。

在过去的34年中,定期对坝体进行了精密水准测量,测量结果清楚地表明,在大坝的中心部位,坝顶以每年2.3 mm的平均速率持续上升。

2 闸门与启闭设备

由法国格勒诺布尔 GEC 阿尔斯通奈尔皮克公司制造的泄洪闸闸门为链轮型,闸门采用钢丝绳卷扬绞车操作启闭。

除了正常提升闸门泄水以外,启闭机还设计用来将闸门提至检查室高程,以便检修。

闸门从启闭室层的控制点进行操作。沿闸门顶部和底部布置有两条侧向和水平向止水,作为闸门的止水密封。所有的止水均为音符型,但在四角连接成连续体,在链轮闸门的拼接部分采用钢性螺栓连接。

3 与碱骨料反应有关的问题

80年代早期卡里巴工程就明显出现了闸门难于关闭或开启的问题。

那时认为此问题是由于被刮掉的方解石沉积物所致,所以只得在闸门轨道上涂上润滑脂,这样才在一定程度上使闸门运行成为可能。

由于闸门开启期间出现剧烈振动,问题逐渐恶化。为将闸门全部开启,不得不使启

闭机超负荷运行。

问题一直恶化到只要提升闸门就出现剧烈振动和卡阻现象。

进一步的调查表明,止水严重变形,导轨严重擦伤,这是闸门与混凝土之间以及闸门导块与导轨之间摩擦所造成的。

这种摩擦很剧烈,以致启闭机在超负荷情况下强行将闸门提起时,连固定在闸门顶部侧面止水上的高抗拉强度钢锚栓都常常被剪断。

止水混凝土表面的龟裂状是典型的碱骨料反应特征,所以混凝土的膨胀是造成止水变形的原因。

溢洪道混凝土部分通过裂缝持续地“灌入”,这一点在泄洪闸及建筑物上游面的混凝土上可观察到,在破碎混凝土面层时还可见到部分多孔混凝土。

通气室和“排灰管”也是一个直接渗透邻近止水面上游较薄混凝土区的水源,混凝土内长期有水,促使混凝土膨胀(见附图)。

为杜绝此问题,1993年3~6月进行了一系列调查,旨在确定各止水及门槽的变形程度。此项工作采用了两种独立的方法:1)用经纬仪测量;2)采用支撑在门槽,专门制造的千斤顶张拉钢丝。

4 采用经纬仪测量变形

首先,根据调查的止水建立网格。

网格的最大垂直间距为1.5 m,水平间距为2.2 m,如此布置是为了避免沿止水面遗漏有关数据资料。门槽设在下游辊道与止水道之间。

这是确定变形范围的重要尺寸。所有的变形都视为与下游辊道有关,即假定它们之间是固定在一起但相互又是平行的。

用经纬仪放样时,取左、右475.18 m为两个基准点,固定在止水面的北端和南端,基本上与下游辊道相平行。

用经纬仪通过上述两点确定的参考轴线

定出偏差,直接在网格的各特定点求出尺寸的变化。对于每一特定的上升高度,其偏差都与理论上的门槽宽有关,根据实际槽宽与标称槽宽之差就可得到各特定点的相对变形。

(注:止水面的北边和南边分别对应于溢洪道的左侧和右侧)

总之,当在上述北边和南边设置经纬仪时,采用这种方法所得到的结果,可作为所求变形的平均值。

5 用张拉钢丝测定变形

在各相应止水面上建网格的方法与上相同。该方法包括在门槽内设两个千斤顶的支撑柱,其间放置一根钢琴钢丝。在分层上升标记的所有点上测出止水面的偏差。

通过止水面和下游辊道上测得的偏差总和,可求得任一高程上的实际槽宽。这些值与额定标称值之差即为各止水面上的变形。

最后,将上述两种方法所得结果进行比较,取各方法所得值的平均值作为代表各止水面的几何形状值。

6 混凝土变形测量结果

用上述两种方法所得结果,其吻合程度平均在 $\pm 2\text{mm}$ 以内。绘出的通用等高线表明了每一特定面的变形范围。由于北边导轨的变形要求将内置钢梁埋入基础内,所以受到最严重影响的泄洪闸是3号闸。

7 泄洪闸门的混凝土修复计划

由于正在处理诱发膨胀问题,泄洪闸门不可能按要求运行,因而在大坝的运行和维修中缺乏安全性。

变形的止水面只能采用打磨混凝土,或敲碎整个混凝土面层(混凝土面层以外的某些地方采用了部分结构混凝土)并换上另一层混凝土的方法来复原。

对于采用设备的类型,两种方法均有其

局限性,一是工期,二是对混凝土面层内外的钢筋缺乏了解。

打磨方案未作进一步考虑,因为这意味着保留混凝土面层网在原位置。打磨混凝土所需的工具还得专门设计。

这样做的目的是为了利用低水库水位,避免洪水漫溢的可能性。

8 射流技术的运用

考虑到修复工作中遇到的所有钢筋不会是完好无损的,采用射流技术证明较为合适。然而,由于这种设备价格昂贵,且当地市场上又无货可售,所以也不是理想的方法。

9 风动工具

由于该方法有可能损坏混凝土面层内外的锚杆和钢筋网,所以原来就考虑不采用。

后来又从经济方面考虑,其造价为15万美元,便宜10%,因而才采用了此方法。

10 混凝土工程

6号泄洪闸门的修复工作始于1994年6月,采用手风钻破碎混凝土面层。起初,钻破作业较慢,因为工人们要逐渐适应在这样狭窄的工作区及艰难的工作条件下工作。

钻破作业包括取出混凝土面层范围内的所有钢筋网,打磨面层钢条,以使门槽的有效宽度达到975 mm。

用这些工具难以将混凝土面层破碎,所以进度较慢,偶尔也将工具损坏。

然而,采用电动混凝土破碎机就解决了这些问题。但在破碎混凝土面层的过程中,遇到了潮湿的有时甚至是湿混凝土区。

混凝土采用的骨料为白云石,最大粒径为10 mm。混凝土中加入塑化剂后,改善了混凝土的和易性,设计强度要求为40 MPa,其36 h的强度为12 MPa,而实际强度达到了50 MPa。

11 骨料质量

料源为白云石粒径为 10 mm 的粗骨料, 必须测试其与水泥拌和的碱性反应。根据化学试验导则, 由道路桥梁中心试验室完成, 试验认为, 二氧化硅含量大于 4% 的骨料视为易受到碱骨料反应侵害的骨料。对 10 mm 骨料的试验结果表明, 二氧化硅的含量为 2.85%。然而, 这一结果并不包括其他种类的骨料反应, 如碱碳反应。而且由于混凝土浇筑层较薄, 任何可能发生的反应都是非常剧烈的。

12 表面整修与公差

为使闸门有效地运行, 链轮型闸门在止水面上的滑动摩擦应最小。这意味着必须达到水力光滑面所要求的表面光洁度。

在每一个止水面完工后, 用张拉钢丝法进行量测, 以得到止水面几何形态。量测结果表明, 止水面在规定的标准平面公差范围 ± 1 以内。

超出规定公差范围的表面面积, 要打磨修整至标准平面。然而, 3 号闸门遇到的问题, 与其他闸门相比就相当突出了。

13 3号泄洪闸门

从 80 年代末以来的运行纪录看, 这座特殊的泄洪闸, 与闸门运行期间剧烈振动有着极大的关系, 因而导致了检修闸门卡阻。

变形观测还揭示了闸门止水面上的变形程度。观测结果清楚地说明, 北边内置的“T”型钢梁不再有任何余隙, 北边导轨也被严重擦伤, 检修闸门不能全部开启。

观察到标准平面以外沿导轨的最大变形为 9 mm。

将导轨进行打磨, 修整到适宜的最小门槽尺寸, 也就是要废弃全部的法兰, 从结构观点看是不合乎要求的。

在最小槽宽和导轨的空隙部分之间以最佳兼顾方式来打磨“T”型钢梁。这将使止水面能恢复到超过标准平面 4 mm。

采用这种办法修复 3 号泄洪闸门, 特别是其摩擦部分, 比预期的时间长得多。此闸门的混凝土工程于 1995 年 1 月底才完成, 而 2 号闸门和 1 号闸门是修复计划中完成出色的仅有的项目。

值得注意的是, 该闸门的卡阻问题只是得到暂时的解决。

14 仪器设备

在溢洪道区混凝土坝体内的关键部位设置了一系列多杆钻孔伸长仪(1994 年 12 月布置), 以监测混凝土膨胀引起的变形。

这些仪器设备按垂直和水平两个方向设置, 旨在更好地观测膨胀现象及其对水工建筑物的影响。

15 结论

卡里巴工程闸门的失灵是由碱骨料反应引起的。现已完成该坝所建议实施的补救措施, 希望在余下的泄洪闸门修复中不再遇到其他问题。

由于碱骨料反应是持续不断的, 未来的修复工作也就必不可少。如内置部件厚度减小, 以后则须更换这些部件。

这种工作费用很高, 难以实施。

最近在布设伸长仪时, 还得到了更多的有关混凝土膨胀率和止水平面变形程度的资料。

这种资料将来可用于防止任何闸门不正常运行的修补工作规划。

傅湘宁 译自英刊《水力发电与坝工建设》
1996 年 1 月号

魏 璇 校

(收稿日期: 1996-05-22)