

文章编号:1007-2284(2005)05-0049-02

纤维复合材料在管道防渗、堵漏、 补强加固工程中的应用

陈尚建^{1,2},刘逸敏¹,杨金华²,王新民²

(1. 武汉大学土木建筑工程学院,武汉 430072;2. 武汉长江加固技术有限公司,武汉 430072)

摘要:以桃花江水库采用CFRP修复发电灌溉管为例,介绍一种CFRP复合材料,利用该材料对管道进行防渗、堵漏、补强加固。并在功能和技术方面与钢材衬砌作了比较,阐述了CFRP比钢材衬砌优越的特性。

关键词:管道;纤维复合材料;抗渗;止漏

中图分类号:TU377 **文献标识码:**B

1 工程概况

桃花江水库位于湖南省桃江县,是1967年建成投产的中型水库(库容量为0.754亿 m^3),水库右岸灌溉管的出口在坝下游右岸150m,进水口与水电站共用。引水道由坝内管道、压力隧洞、叉管和露天钢筋混凝土弧形灌溉管(直径240cm,壁厚40cm,总长17.5m)组成。灌溉管在叉管出口经过3.5m直线管段后,由半径15m的弧形段(长12m)与长2m的出口渐变段相连而成,平面布置形状较复杂。

2 混凝土输水管道渗漏成因分析

该水库正式投入运行以来,在防洪、发电、灌溉和养殖等方面发挥了很大的工程效益,特别是在防洪、灌溉方面起到了不可替代的作用。由于当时历史条件的原因,加上当时施工条件的限制和后期维修的问题,运行了35年的灌溉管、发电管损坏严重,已影响到水库的正常运行。经湖南省建筑工程质量检测中心检测,具体情况如下。

(1)混凝土强度低。灌溉管为14.5MPa,发电管为10.6MPa,原设计混凝土强度为20MPa,现降低了38%~47%。

(2)碳化严重。平均碳化深度为1.8cm,局部超过3cm。

(3)管壁裂缝较多、破损严重。灌溉管可见裂缝47条,最大缝宽为5mm;发电管可见裂缝36条,最大缝宽为3mm。环向纵向均有裂缝,且有多处渗漏,其中1处还产生射流。

(4)管道表面粗糙,外观质量差。

(5)灌溉管出口左侧混凝土墙112m高程处(与灌溉管支座面同高)有一条宽2~4mm、长4m的裂缝,已危及弧形工作门的安全。

经计算复核,管道配筋基本满足要求,分析管壁产生裂纹

的原因主要有2种,一是混凝土施工质量差,浇筑不密实、强度低,且老化严重;二是在管道暴露段,管道两端在相对约束的条件下,伸缩缝构造不合理,不能完全起到伸缩缝的作用。

3 输水管道渗漏修复及方案的比选

输水管道修复加固方案要解决的主要问题是:抗渗漏,恢复混凝土的整体性;约束裂缝特别是纵向裂缝的开展,防止钢筋锈蚀;防止混凝土的继续碳化。另外,灌溉管及发电引水管的取水口未设工作门(更无事故闸门),一旦灌溉管破裂,水库就被放空,损失巨大。因此必须确保灌溉管安全、正常运行。

根据以上输水管的现状 & 正常使用的要求,对输水管加固处理方案进行了2个方案的比选。

(1)方案1:对裂缝进行化学灌浆封堵,对全管段采用内衬8mm的Q235钢板进行管壁保护。

(2)方案2:对裂缝进行化学灌浆封堵,对全管断面采用粘贴碳纤维布。

经过认真比选,选择了方案2。方案2的优点如下:

3.1 施工方便、易成型

输水管(灌溉管)在叉管出口经过3.5m的弧形段(长12m)与长2m的出口渐变段连接而成,洞径尺寸渐变大小不一致,使用钢衬难度大:因为钢材的刚度大、硬度大,成型、制作、安装比较困难,而且与原管管壁不易紧密接触,对原输水管混凝土强度无多大帮助。而纤维的刚度远小于钢板,属于柔性材料,裁剪、加工、制作方便,粘贴纤维布具有不受洞径不均匀的影响,不改变原结构,可对处理过的裂缝进行保护,同时又能解决管壁混凝土强度(联合作用)不足的问题,且施工周期短。

3.2 提高输水管的过流能力

由于纤维布表面光滑,其糙率与玻璃糙率相接近,一般为0.007,是光滑混凝土表面的1/2(混凝土光滑表面为0.014),加固段的沿程水头损失比混凝土管降低,输水管的流量系数增大,提高了输水管的过流能力。

3.3 价低、投资小、经济效益显著

方案1钢板衬砌加固投资约16万元,且周期长,而玻璃纤

收稿日期:2005-01-26

基金项目:水利部科技创新项目(SCXC2003-08)。

作者简介:陈尚建(1954-),男,副教授。

维加固方案的周期只有钢衬加固方案周期的 1/3,且费用只有 12 万元,节少投资近 4 万元,约为 33%。

4 材料特性及主要施工工序

4.1 材料性能

管壁裂缝灌浆、防止渗漏和恢复管壁混凝土的整体性,同时在内壁粘贴纤维复合材料封闭裂缝,形成高强、抗裂和密封抗渗的复合层。

灌浆材料使用的是武汉长江加固技术有限公司生产的 YZJ-5 裂缝灌注型结构胶,主要性能指标见表 1。

该材料粘结力强,可灌性好,还具有一定的弹性。粘结结

表 1 长江牌 YZJ-5 裂缝灌注型结构胶 MPa

胶体性能			粘结性能	
抗压强度	拉伸强度	弯曲强度	钢-钢	钢-混凝土
≥70	≥20	≥40	≥10	≥ f_{tk} 或 2.5

维材料使用的是 YZJ-C 碳纤维专用胶,该材料由 3 部分组成: YZJ-CQ 浸渍胶,用于碳纤维的粘结; YZJ-CD 基底胶,渗入混凝土,增加混凝土表面强度; YZJ-CZ 找平胶,用于构件的找平、修补,主要材料特性见表 2。

碳纤维布选用台湾重亿公司生产的 L300-C 碳纤维布,厚约

表 2 长江牌 YZJ-C 碳纤维专用胶 MPa

结构胶	胶体性能				粘结性能		疲劳/万次
	抗压强度	拉伸强度	弯曲强度	弹模	钢-钢	钢-混凝土	
CQ	≥70	30	≥40	≥1 500	≥10	≥ f_{tk} 或 2.5	200 不破裂

0.167 mm,弹性模量为 215 GPa,抗拉强度为 3 500 MPa 左右。

4.2 CFRP 修复加固施工的主要工序

首先进行管道排水,适当干燥管壁然后凿除混凝土松动、破碎、尖突的部分,对较大的凹下部分用聚合物砂浆修补平整,进行灌缝和封缝。以下为粘贴 CFRP 的主要工序。

- (1)将表层打磨至坚硬混凝土面,用水或丙酮洗净,涂刷 YZJ-CD 基底胶。
- (2)用 YZJ-CZ 找平胶找平(修补)。
- (3)用 YZJ-CQ 浸渍胶粘贴 1 层 L300-C 碳纤维布并滚压密实。
- (4)在表面加涂 1 层 YZJ-CQ 浸渍胶。
- (5)养护。
- (6)表面防护。

5 工程修复效果与经济效益

所使用的 YZJ-C 结构胶(基底胶、找平胶、浸渍胶)为改性的环氧树脂,本身具有极好的防水性能,在迎水面形成 FRP 复合层后,将裂缝全部封闭,运行 1 年来未见管道渗水。

在正常挡水位情况检修低输水管时,低输水管承受的外水压均小于 0.2 MPa;混凝土抗拉强度标准值 $f_{tk} = 1.27$ MPa,采用粘贴碳纤维布,碳纤维布与管壁混凝土之间的粘结正拉强度

≥2.5 MPa,大于外水压力及混凝土的抗拉强度,提高了管道的承载能力与安全度。

FRP 本身具有良好的抗腐蚀、耐老化性能,可以有效阻止管道混凝土继续碳化、老化,延长混凝土的使用寿命。

使用 FRP 修复加固与使用钢衬加固方案相比较,其主要优势体现在以下几方面。

- (1)投资省,修复方案的总造价比使用钢板衬砌加固的方案降低 33%。
- (2)FRP 修复加固输水管比钢板衬砌施工简单,成型容易,工期短。
- (3)FRP 修复加固不减小输水管道的过流断面,而且耐腐蚀,不需要经常维护。

工程实践证明,采用 FRP 修复加固水利工程输水管道是一种投资省、工期短、施工易、功能多、质量好的新技术,值得应用和推广。 □

参考文献:

[1] 殷清明. 碳纤维增强复合材料在输水管加固中的应用[J]. 湖北水力发电,2003,(2).
 [2] 侯发亮. 建筑结构粘结加固的理论与实践[M]. 武汉:武汉大学出版社,2003.

· 信 息 ·

纤维复合材料(FRP)修复加固混凝土输水洞(管)的技术特点

技术主要特点有如下几点:

- (1)采用 FRP 加固混凝土输水管,可提高管道抗裂、抗渗、抗冲磨强度,可使极限承载能力提高。
- (2)施工简便、造价低。比一般钢板衬砌加固方法提高工效 3~4 倍,造价降低 30%~40%。
- (3)可在高潮湿混凝土面施工。在有裂缝管道外水压力作用下,FRP 与混凝土粘结强度可抵抗 250~300 m 水头的剥离压力。

- (4)FRP 表面防护层的抗冲磨强度相当于 C_{40} 混凝土的 2 倍,适用于低速和高速水流。试验证明:脉冲、振动、疲劳 200 万次以上不破坏。
- (5)FRP 的抗渗漏能力强。表面糙率系数 $\mu = 0.007$ 左右,比混凝土的系数小 1/2 左右。可减少水头损失,增加发电量或灌溉面积。
- (6)适用于任意曲面、任意形状的结构加固。抗老化、耐腐蚀、不生锈。