

# 土工膜斜墙堆石坝反渗处理的研究与实施

李红良, 李旺盛

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

**摘要:**土工膜防渗在渠道、污水处理、人工湖、水库等工程中有较多应用,其特点是价格低廉,防渗效果好。开茂水库副坝坝面防渗即是通过铺设复合土工膜实现的。但由于该副坝坝基下游高、上游低,且副坝趾板高程比库底死水位高,副坝坝体存在前后水位差,因此需要解决坝体反渗排水的问题。通过对开茂水库副坝坝体反渗排水中几种处理方案进行的对比分析与研究,最终确定采用逆止阀解决该问题,并在工程中得到了实际应用,取得了较好的效果,可为类似工程借鉴。

**关键词:**土工膜;开茂水库;副坝;反渗水处理;逆止阀

中图分类号:TV7;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)05-0082-03

## 1 概述

开茂水库位于四川省北川县安昌镇境内,主要由苏宝河取水枢纽工程、引水工程、水库枢纽工程、城市供水(布设与向城市供水的输水主管道对接)等工程组成。水库枢纽的主要工程项目包括:主坝及1~5#副坝工程,左、右岸山脊防渗工程,溢洪道工程、放空洞工程、供水隧洞工程等。1~5#副坝均为复合土工膜斜墙堆石坝,上游坝坡均为1:1.8,下游坝坡坡比均为1:1.4。其中1#副坝坝轴线长度为130 m,最大坝高13.75 m;2#副坝坝轴线长度为149 m,最大坝高20.78 m;3#副坝坝轴线长度为139.2 m,最大坝高22 m;4#副坝坝轴线长度为197.7 m,最大坝高25 m;5#副坝坝轴线长度为334.8 m,最大坝高25.3 m。1~5#副坝的共同特点为坝基上游低、下游高。1#副坝坝基上游比下游低约6 m,2#副坝、3#副坝坝基上游比下游低约10~12 m,4#副坝坝基上游比下游低7 m,5#副坝坝基上游比下游低20 m。由于副

坝的上述特点且副坝是通过复合土工膜防渗,而复合土工膜防护层只有厚度仅为12 cm的C20混凝土,若不进行坝体渗水的反渗处理设计,坝体在运行阶段就可能因反渗水无法排除而造成坝前与坝体内水位差过大而导致上游坝坡面板混凝土及复合土工膜撕裂,甚至可能造成上游坝坡垮塌。

## 2 三种方案的对比与分析

鉴于以上特点,我们提出了三种处理方式。方案1为坝前回填粘土进行压重处理;方案2为从坝后钻排水孔,引排坝体渗水至坝后;方案3为在上游坝坡安装逆止阀。三种方案工程量如下:

方案1:粘土回填6 500 m<sup>3</sup>,含砾粘土回填87 800 m<sup>3</sup>。

方案2:钻孔(φ130)800 m,钻孔预埋钢管600 m,土方开挖42 000 m<sup>3</sup>。

方案3:逆止阀30个,PE管12 m。

对三种方案进行投资对比分析情况见表1、2。

表1 三种方案投资对比分析表

方案	项目名称	单位	数量	单价/元	产值/元	备注
方案1	粘土回填	m <sup>3</sup>	6 500	11.88	943 806	
	含砾粘土回填	m <sup>3</sup>	87 800	9.87		
	钻孔	m	800	89.85		
方案2	钻孔预埋钢管	m	600	130	200 574	
	土方开挖	m <sup>3</sup>	42 000	12.07		
方案3	逆止阀	个	30	1 200	36 000	包括辅助材料及安装

从表1、2可以看出,投资方面:方案1 > 方案2 > 方案3,且以方案3最优;进度方面:方案2 >

方案1 > 方案3,方案3最优;质量保障率方面:方案1 = 方案3 > 方案2,方案2最差。因此,我们最终选用方案3进行处理,即在5个副坝上游坝坡

收稿日期:2017-04-10

表2 三种方案施工时间及质量可靠性对比分析表

方案	施工时间/d	质量可靠性	备注
方案1	60	较好	需要新增临时施工道路,施工繁琐,但质量保证率较好
方案2	105	较差	需在坝后开挖施工平台,施工最为繁琐且排水孔斜率难以保证
方案3	20	较好	施工简便,从类似工程经验判断质量可靠性较好

低高程处安装逆止阀,每个副坝安装6个逆止阀。

### 3 逆止阀的选型

选用逆止阀时发现市场上现有的逆止阀多为塑料制品生产厂家根据设计的要求而试制的产品,主要有逆止阀集水箱、橡胶缓闭逆止(阀鸭嘴阀)、拍门式逆止阀、浮球式逆止阀。在引黄济青工程中应用的即为埋入式逆止阀集水箱,其主要缺点是检修困难,存在阀门密封不严、缝隙漏水和箱体承压开胶等问题。鸭嘴阀在高水头作用下管

身挤压后很难止水,而拍门式逆止阀其止水性能很差,通常在1.5 m水头下仍不能止水且容易淤堵,淤堵严重时被完全堵死。为此,我们专门联系了由长科院研制生产的新型压差控制式高精度逆止阀,型号为CKF110-35(图1、2),其主要性能见表3。该逆止阀适用于最大水头为20 m的渠道、管道等输水引水工程、堤防和大坝防渗引排工程以及减压井工程。

### 4 逆止阀安装过程中的工艺改进

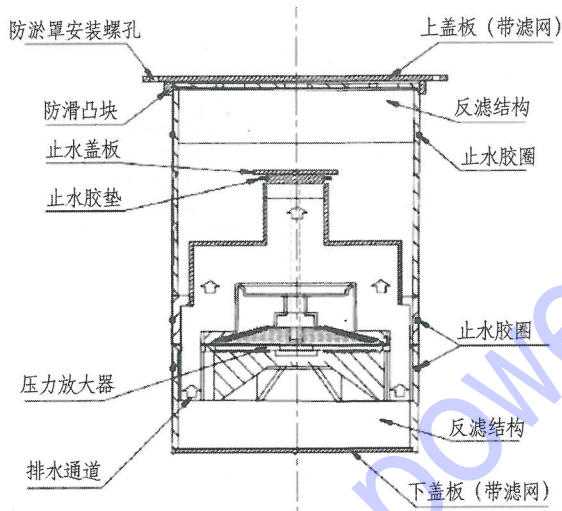


图1 新型压差控制式高精度逆止阀结构图

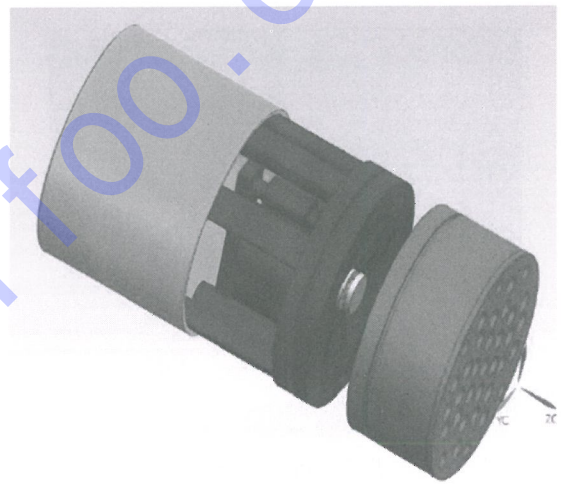


图2 新型压差控制式高精度逆止阀三维模型图

表3 新型压差控制式高精度逆止阀性能指标表

项 目	性能指标			备注
	CKF110-20	CKF110-35	CKF200-60	
止水水头/cm	1~2	1~1.5	1~1.5	
开启水头/cm	0.5~1	0.5~1	0.5~1	
5 cm水头差排水流量/mL·s <sup>-1</sup>	50	200	800	
长期运行性能				
开启水头/cm	2	3	3	淤积厚度10 cm时
5 cm水头差排水流量/mL·s <sup>-1</sup>	40	1.6	640	

根据厂家提供的资料,逆止阀与土工膜的连接采用的方法是将逆止阀安装在PVC管中,PVC管外边缘采用法兰将土工膜与PVC管紧固连接。前期,我们在试验时发现PVC管与法兰之间难以完全紧固,存在渗水甚至漏水的现象,连接质量无法保证(图3、4)。为此,我们将PVC管改换成PE管,因为PE管与土工膜同质,可以采用焊接的方

式连接。焊接时应首先对PE管与土工膜接触部位进行搓光打磨,土工膜宜裁剪成三角槎与土工膜连接,焊接时应根据天气情况控制好焊枪温度,防止土工膜被烫伤。焊接时需特别注意死角位置,防止出现漏口(图5、6)。

## 5 方案的实施

### 5.1 作业流程



图3 前期试验(根据厂家建议的连接方式)

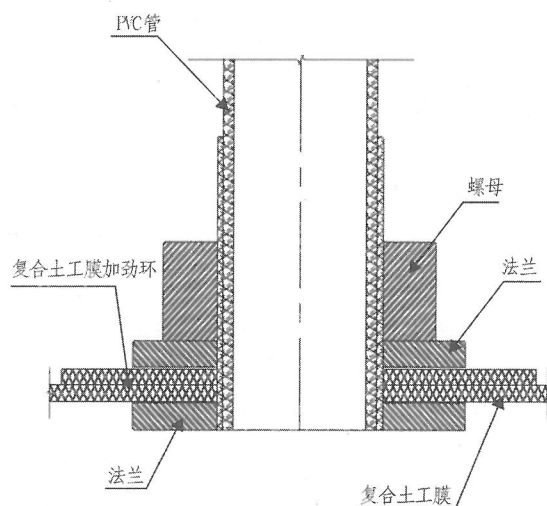


图4 厂家建议的连接方式示意图



图5 正在进行的PE膜与PE管焊接试验

预留逆止阀安装孔位位置→埋设PE管→PE管与PE土工膜焊接→面板防护层安装。

## 5.2 安装

(1)逆止阀安装较为简单,安装时与PE管联合使用,首先进行PE管的施工。

(2)PE管安装前应确保上下游水流畅通,保证PE管外壁无渗漏。

(3)在上游坝坡开挖口径为40 cm、深度50 cm的安装坑内进行PE管的安装。安装时,在PE管下游出口采用土工布包裹,防止堵塞。PE管就位后,在其周围浇筑C25混凝土,混凝土面与无砂混凝土面平齐,确保PE管稳固。

(4)在PE管施工完成后,将PE管外侧清洗干净,用锉子将其与土工膜焊接部位打磨后采用焊枪将其与PE土工膜焊接牢固。为确保质量,



图6 正在进行的PE膜与PE管焊接施工

应将PE膜与PE管进行多层焊接。

(5)混凝土达到设计强度后,直接将逆止阀压入PE管中即可。安装过程中应注意以下细节:①施工过程中,为防止PE管被混凝土、砂石或泥浆等堵塞,应将其顶部采用土工布包裹防护;②逆止阀安装时,去掉土工布,将PE管清理干净,然后压入逆止阀。当安装困难时,可以在PE管内侧涂抹润滑剂后再进行安装。

## 6 结语

(1)开茂水库副坝均为复合土工膜斜墙堆石坝,坝体结构从上游至下游依次为:面板混凝土防护层→复合土工膜(两布一膜)→无砂混凝土支持层→过渡料→堆石料→坝后干砌块石。由于副坝坝基上游较下游低,为确保坝体运行期的安全

(下转第98页)

验、空蚀磨损测试试验、稳定性及水压脉动试验。测试结果表明:未发现明显的空蚀部位,机组空蚀状态良好,导水轴承摆度幅值在各工况下合格,机组灯泡头水平振动、发导径向水平振动、发导垂直振动、发导轴向水平振动、水导径向水平振动、水导垂直振动在各工况下合格;水压脉动满足保证值要求,机组无强振区。测试还发现:0~2 MW及3 MW以上负荷区间为振动较大区,建议电厂合理调度,避免机组在0~2 MW区间运行,在该区间运行机组效率较低,振动较大,在3 MW以上负荷区间运行时应加强对转轮室振动的监测,若出现大幅度变化(相同工况变化25%),应立即检查处理。

自2012年8月改造后的机组投入运行以来,机组已正常运行5 a,未发生大的事故。经了解,改造后的涪沱水电站年实际发电量约为5 500万kW·h,远远超过原设计多年平均发电量3 808万kW·h。

以上结果表明:对涪沱水电站进行的改造是成功的。不仅充分利用了水力资源,创造了一定的经济社会效益,还填补了国内外超低水头两叶片贯流式水轮机组应用的空白。

## 6 结 语

两叶片、超低水头贯流式水轮发电机组运用在水电站改造中在国内外实属首次,无经验可借鉴。通过改造,实现了机组安全多年稳定运行,机组性能、振动和噪声满足预期目标和要求。改造

(上接第84页)

与稳定,必须考虑坝体反渗排水问题。

(2)开茂水库副坝施工前期,由于一系列原因没有重视以上问题,待坝体填筑完成后才对这一问题进行了考虑并加以解决,从一定程度上讲,安装逆止阀亦属于补救型技术措施。鉴于其他处理方案限制条件较多且施工成本大、施工时间较长,相应地突出了逆止阀安装方案的优势。

(3)市场上常用的逆止阀形式较多,通过对类似工程的查阅访问,各种逆止阀均不同程度地存在一定的缺点。压差放大式逆止阀采用弹性膜片等压力放大装置对水头差进行放大,并利用弹性膜的变形带动止水装置移动实现阀门启闭的逆止阀,无论从原理和性能上均较其他产品有较大

后的机组成功运行也为我国充分利用超低水头的残余水力资源创造了可能。

涪沱水电站改造的成功,为今后超低水头贯流式水轮发电机组运行提供了成功的经验,扩大了水轮机组选型范围,为超低水头大流量水电站设计提供了借鉴,也为今后类似电站的改造提供了成功案例。同时,为充分利用水力资源,结合城市景观和防洪要求,超低水头灯泡贯流式机组的应用前景十分广阔,如松花江大顶子山航电枢纽工程采用三叶片灯泡贯流式机组已成功运行10余a。

## 参考文献:

- [1] 汤毅强. 灯泡贯流式和轴伸贯流式水轮机的发展现状[J]. 东方电气评论[J], 1990, 4(4): 274-278.
- [2] 杨春霞, 郑源, 等. 超低水头竖井贯流式水轮机模型试验[J]. 水利水电科技进展, 2012, 32(6): 87-90.
- [3] 张 铮. 两叶片双向贯流式水轮机数值模拟[D]. 西安: 西安理工大学硕士学位论文, 2013.
- [4] 冯明哲. 贯流式水轮机两叶片转轮的适用性研究[D]. 西安: 西安理工大学硕士学位论文, 2012.
- [5] 周晨阳. 两叶片灯泡贯流式水轮机设计及流动分析[D]. 广州: 华南理工大学硕士学位论文, 2014.

## 作者简介:

- 程 奇(1965-),男,重庆市人,高级工程师,硕士,从事水电及水运工程建设技术与管理工作;  
 郑 禄(1965-),男,吉林舒兰人,高级工程师,学士,从事水电及水运工程建设机电设备技术与管理工作;  
 王承恩(1984-),男,四川通江人,高级工程师,硕士,从事水电及水运工程建设技术与管理工作。 (责任编辑:李燕辉)

改进,更符合本工程要求。

(4)根据开茂水库工程的实际需要,对现有逆止阀进行了比选,并选择了压差放大式高精度逆止阀产品做为副坝反渗排水装置。施工过程中,对厂家建议的施工进行了相应的改进和优化,不仅施工简便,而且效果较为理想,可为今后类似工程提供借鉴和参考。

## 作者简介:

- 李红良(1976-),男,陕西商洛人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;  
 李旺盛(1987-),男,青海民和人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)