

瀑布沟水电站坝基廊道结构缝渗水处理

尤士介¹,袁长海²,王 林¹,高武林²

(1. 长江勘测规划设计研究院 长江岩土工程总公司,湖北 武汉 430010; 2. 长江勘测规划设计研究院 工程建设与监理公司,湖北 武汉 430010)

摘要:为慎重、彻底解决瀑布沟水电站大坝心墙廊道结构缝渗水问题,经参建单位、专家组多次讨论、分析,确定了分期、分层处理的原则,即先对可能存在的大渗漏通道进行封堵,再封堵小的渗漏通道;对深层的渗漏源头、浅层的渗漏通道、表层的止水进行全面处理。经实践证明,处理效果较好。对整个处理过程作了详细介绍,可为同类型工程心墙廊道结构缝渗水的处理提供值得借鉴的经验。

关键词:黏土心墙;廊道结构缝;渗水处理;瀑布沟水电站

中图分类号: TV642 **文献标志码:** A

1 工程概况

瀑布沟水电站位于大渡河中游,是一座以发电为主、兼有防洪、拦沙等综合效益的大型水电工程。工程由砾石土心墙堆石坝、左岸地下厂房系统、岸边敞开放式溢洪道、泄洪洞、右岸放空洞等建筑物组成。电站总装机 3 300 MW,多年平均发电量 145.8 亿 kW·h。

大坝心墙区河床廊道布设在下游防渗墙顶部,断面为城门洞型,廊道底板混凝土起始高程为 670.0 m,厚度为 2.97~3.48 m,从右岸至左岸有 0.5% 的坡降,廊道内部净空尺寸为 3.5 m×4.0 m(宽×高),下游侧布设 20 cm×30 cm 排水沟,廊道混凝土设计指标为 C₄₀F₅₀W₁₀,廊道左侧在桩号 0+172.80 m 处与左岸底层灌浆平洞衔接,右侧在 0+374.20 m 处与右岸底层灌浆平洞衔接,廊道总长度为 202.60 m。桩号 0+177.15 m 和 0+354.20 m 处分别为左右侧基岩和覆盖层交界处,设有结构缝,结构缝环向分别设有一道铜片止水 and 一道橡胶止水。廊道布置横剖面见图 1,廊道布置纵剖面见图 2。

河床廊道施工于 2007 年 2 月 15 日完成,初次发现结构缝渗水的时间为 2008 年 3 月中旬,在 0+177.15 m 处结构缝出现变形,地面出现渗水,后将结构缝表层混凝土浮渣清除,发现地面来水为上游侧墙渗

水,同时右侧 0+354.20 m 处的结构缝也有变形和渗水,但渗水量相对较小。因当时帷幕灌浆施工和防渗墙物探检测正在进行,无法精确测定渗水量,估测在 0+177.15 m 处结构缝渗水流量约为 40~50 L/min,此时大坝心墙砾石土填筑高度已达 85 m 左右。由于瀑布沟水电站大坝为黏土心墙坝,必须将心墙廊道结构缝渗水适时封闭,否则渗水势必继续增大,并可能导致渗水携带心墙细颗粒流出形成流土、管涌等形式的破坏,威胁大坝稳定。为慎重、彻底解决廊道结构缝渗水问题,经参建单位、专家组多次讨论、分析,确定了分期、分层处理的原则,即先对可能存在的大渗漏通道进行封堵,再封堵小的渗漏通道;对深层的渗漏源头、浅层的渗漏通道、表层的止水进行全面处理。经实践证明,处理效果较好,可为同类型工程心墙廊道结构缝渗水处理提供有益的、值得借鉴的经验。

2 渗漏通道分析

通过对 0+177.15 m 结构缝附近钻孔的水压进行分析,渗漏水压与上游河道水位基本相同,不随两岸山体裂隙水位在雨季的升高而明显升高,说明结构缝渗水来自于河床的可能性较大。而由于大坝上下游防渗墙间的封闭帷幕设计钻孔未以深入相对隔水层为终孔原则,可能成为防渗的薄弱环节。同时,由于廊道倒梯

形基础浇筑在开挖后的覆盖层基槽内,在进行倒梯形基础施工时,对已经进行固结灌浆的覆盖层进行了开挖,可能导致与倒梯形基础接触部位的覆盖层受扰动而产生透水通道,两墙间的压力水通过廊道底部的倒梯形基础与覆盖层接触面进入廊道结构缝。

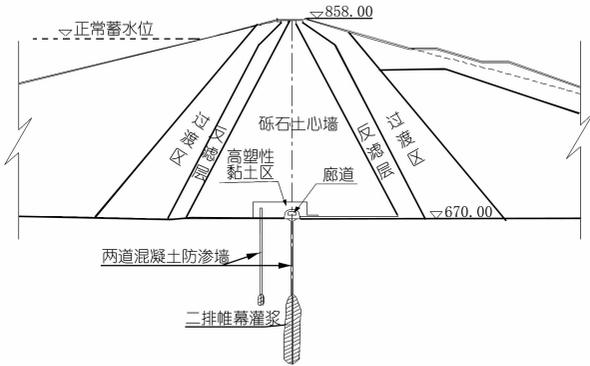


图 1 廊道布置横剖面

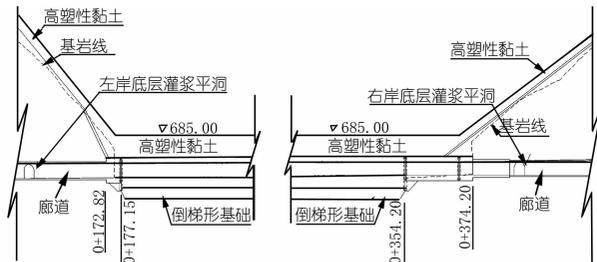


图 2 廊道布置纵剖面

鉴于以上分析,河床两防渗墙间封闭帷幕处、廊道倒梯形基础与覆盖层接触面处,可能存在连通的渗水通道,是导致坝基结构缝渗水的重要原因,但不排除部分渗水来自于两岸山体的可能性。

3 止水破坏及原因分析

经检查,桩号 0+177.15 m 和 0+354.2 m 结构缝处的橡胶止水和铜止水均已被破坏。经分析,破坏原因:廊道结构缝变形过大,橡胶止水无法适应如此大的变形,在廊道变形过程中橡胶片发生了撕裂,破坏比较严重;铜止水鼻高与翼板的结合部位在廊道变形后发生撕裂,撕裂的原因应为结构缝多向变形造成的。

进入结构缝的压力水,在止水被破坏的情况下从结构缝内渗出。

4 渗水处理

项目业主对大坝心墙廊道结构缝渗水问题高度重视,于 2008 年 9 月 10 日邀请包括工程院院士在内的多位国内知名基础处理专家进行咨询。根据专家的咨询意见,为慎重、彻底解决廊道结构缝渗水问题,结构缝渗水应采取分期、分步解决的办法。

施工处理分两期,第一期处理在廊道两端岸坡山

体的灌浆平洞内进行,采用沿灌浆平洞环向布孔进行压力灌浆,目的是进一步确认结构缝渗水是否全部来自于两岸山体或部分来自于两岸山体,并封闭两岸山体可能向结构缝渗水的浅部通道;根据第一期的处理效果,研究、决策第二期的处理方案,第二期处理主要为封闭两岸山体可能存在的深部渗漏通道,并对两墙间的封闭帷幕进行补强,对结构缝附近受扰动的覆盖层进行加固,对结构缝浅表层渗漏通道进行封堵,对已破坏的止水进行修复。

4.1 第一期处理

2008 年 10 月 24 日,施工单位开始进行第一期处理的阻水帷幕施工。阻水帷幕垂直于灌浆平洞轴线,布设于两岸坡山体中,分 3 排环向梅花形布设,左岸从桩号 0+171.82 m 开始向 0+168.82 m(山体内侧)布设,右岸从 0+375.00 m 向 0+378.00 m(山体内侧)布设,排距为 1.5 m,孔距 0.9 m,孔底距离 0.9~7.4 m,顶拱钻孔要求深入盖板混凝土底部 0.2 m,其他部位孔深按 12 m 进行控制。阻水帷幕灌浆采用孔口封闭法,浆液为纯水泥浆。

为验证阻水效果,阻水帷幕施工前对结构缝渗水进行了汇集测量,测得 0+177.15 m 处结构缝渗水量为 51 L/min,0+354.20 m 处渗水量为 12 L/min。本次阻水帷幕施工于 2008 年 11 月 15 日完成,效果较为显著,但左侧结构缝渗水仍在 20 L/min 左右,右侧结构缝也有少量水渗出。从本次阻水帷幕施工的效果看,结构缝渗水应部分来自于两岸山体的浅层渗漏通道。

阻水帷幕施工完成后,结构缝渗水虽有所减少,但仍有渗水,为此,又实施了加强阻水帷幕施工。加强阻水帷幕分别在桩号 0+173 m~0+176 m 和 0+355 m~0+358 m 之间顺廊道轴线靠近上游侧结构缝与防渗墙两端头之间布设 3 排斜孔,孔深为入岩 20 m。

加强阻水帷幕施工于 2008 年 11 月 29 日完成,但 2008 年 12 月 3 日,0+177.15 m 处结构缝渗又开始渗水,且渗水由初始的滴状变为线状流出。

4.2 第二期处理

第一期处理完工后,结构缝渗水有所减小,但仍未封闭,说明部分渗水应来自于两岸山体、部分渗水可能来自于两墙间的河床,因此需进行第二期处理。

2008 年 12 月至 2009 年 3 月间,项目业主会同监理、设计、施工以及其他相关单位,根据第一期处理的效果又先后两次取水样进行水质分析,并多次召开专题研讨会,设计提出了第二期处理方案。2009 年 3 月 10 日,项目业主再次邀请国内知名基础处理专家对新的处理方案提出了咨询意见,确定了第二期廊道结构

缝渗漏处理方案,并于2009年4月中旬开始实施。第二期处理方案为对深层、浅层和表层进行全面处理。

深层处理以封闭两岸山体深部的渗漏通道为目的,采用将第一期处理中布置的灌浆孔加深并进行压力灌浆的方法,浆液为纯水泥浆。浅层处理分为两步,第一步以补强两墙间的封闭帷幕为目的,在下游防渗墙的两端头部位向河床上游斜向下钻孔,以孔口封闭法灌注纯水泥浆液;第二步以加固结构缝部位的基础覆盖层为目的,对结构缝部位的覆盖层进行钻孔,并进行固结灌浆,浆液采用水泥-膨润土灌浆,以尽量减少对心墙防渗土料的污染。

4.2.1 深层处理

深层处理于2009年4月18日开始进行,施工内容为加深帷幕灌浆,灌注纯水泥浆液。

加深帷幕灌浆是将第一期处理中布置的3排环向灌浆孔加深至40 m,顶部孔则按伸入混凝土板20 cm控制;随着灌浆孔的逐步完成,结构缝渗水量也随之下降,但仍有少量渗水。从加深帷幕的施工效果看,结构缝渗水应部分来自于两岸山体的深层渗漏通道。

4.2.2 浅层处理

在深层处理完成后开始进行浅层处理。

第一步,在左岸底层灌浆平洞桩号0+169.25 m~0+172.25 m之间、右岸底层灌浆平洞桩号0+358.75 m~0+373.75 m之间靠上游侧底板部位布置3排深度为20 m的补强帷幕灌浆孔,在左岸底层灌浆平洞桩号0+173.00 m~0+176.00 m之间、右岸底层灌浆平洞桩号0+355.00 m~0+358.00 m之间靠上游侧底板部位布置3排深度为10 m的补强帷幕灌浆孔,灌注纯水泥浆液。

第二步,在左岸河床廊道桩号0+178.00 m~0+181.00 m之间、右岸河床廊道桩号0+350.50 m~0+353.50 m之间靠上游侧底板上布置3排深度为15 m的灌浆孔,对基础覆盖层进行水泥-膨润土固结灌浆。

浅层处理于2009年5月28日结束,此时0+177.15 m结构缝渗水量已由第1期处理结束后的约20 L/min减小至1.2 L/min,灌浆效果明显。0+354.2 m结构缝在第一期处理后渗水量已很小,难以进行测量。从浅层处理的效果看,结构缝渗水应部分来自于河床两墙间,且可验证廊道倒梯形基础与覆盖层接触面为渗漏水进入结构缝的通道。

4.2.3 表层处理

为彻底封闭结构缝渗水,2009年5月17日开始进行廊道结构缝渗水表层处理,施工内容为聚氨脂灌浆,修复铜止水。

(1) 聚氨酯灌浆。由于聚氨酯材料不但具有亲水性和可灌性好的特点,可迅速实现完全止水,还具有在潮湿状态下,灌浆料与混凝土的粘着力强,硬化后弹性好,不会因构筑物的变形而引起再次漏水以及耐化学介质及耐盐水性能,可确保长期止水等优点。经设计单位提议,并咨询专家后,决定对结构缝渗水部位的表层进行聚氨酯灌浆处理。

具体方法为对桩号0+177.15 m结构缝止水外侧和对桩号0+354.20 m结构缝止水内、外侧钻孔,灌注聚氨脂浆液。

0+177.15 m结构缝处共布置聚氨酯灌浆孔共计11个,钻孔均至止水外侧,其中2个孔深为2.12 m(底板上),9个孔深1.46 m(沿缝均匀布置)。灌浆于2009年5月17日开始进行,至2009年5月18日结束,当灌至第9号孔时,该结构缝已无渗水。该缝共计灌入聚氨酯1247.6 L。

0+354.2 m结构缝处布置聚氨酯灌浆孔共计15个,其中6个深孔(底板2孔,两侧边墙上各2孔)钻至止水外侧,孔深为2.12 m,9个浅孔钻至止水内侧(沿缝均匀布置),孔深1.46 m。灌浆于2009年5月20日开始进行,至2009年5月21日结束,当灌至第10号孔时,该结构缝已无渗水。该缝共计灌入聚氨酯1290.7 L。

(2) 修复铜止水。2009年6月初,施工单位开始进行廊道渗水结构缝的铜止水修复施工。

根据专家组意见,在桩号0+177.15 m、0+354.20 m结构缝处刻槽,在槽内各重新埋设1道铜片止水,在缝内补设SR填料和Φ80橡胶棒并浇筑混凝土。

止水修复于2009年9月13日完工,至此,第二期处理已全部完工。

5 结 论

经过各方共同努力,瀑布沟水电站土石坝坝基廊道结构缝渗水处理工作圆满完成,至今已2 a时间,期间经历了电站初期蓄水和二期蓄水,处理后的结构缝未再出现明显渗水,说明瀑布沟水电站坝基廊道结构缝渗水的处理是成功的,取得了预期效果。瀑布沟水电站坝基廊道结构缝渗水问题的解决,不但为下闸蓄水创造了条件,也为同类型大坝廊道结构缝渗水处理提供了有益的、值得借鉴的经验。

(编辑:徐诗银)

(下转第49页)