

# 浅谈二次灌浆在拱坝横缝及坝基处理中的应用

李增星

陕西岚河水电开发有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v6i7.4502

**[摘要]** 二次灌浆技术是处理拱坝诱导缝(横缝)以及河床坝基中的重要技术手段。本文以蔺河口水电站为例,探讨了该工程拱坝诱导缝、河床坝基处理方案,简要介绍了施工情况,并从孔压水检查、注浆量、结合缝开度变化、坝基渗水量、河床坝基帷幕灌浆、坝基扬压力等方面检验了施工成果。实践证明,二次灌浆在拱坝诱导缝(横缝)及河床坝基处理中是可行的、有效的,值得进一步实践推广。

**[关键词]** 二次灌浆; 拱坝诱导缝; 坝基处理

**中图分类号:** TV42+1.3 **文献标识码:** A

Application of Secondary Grouting in Transverse Joints and Foundation Treatment of Arch Dam

Zengxing Li

Shaanxi Lanhe Hydropower Development Co., Ltd

**[Abstract]** Secondary grouting technology is an important technical means to deal with induced joints (transverse joints) of arch dams and riverbed dam foundations. Taking Linhekou Hydropower Station as an example, this paper discusses the treatment scheme of induced joint and riverbed foundation of the arch dam, briefly introduces the construction situation, and tests the construction results from the aspects of pore water pressure inspection, grouting quantity, opening change of joint seam, dam foundation seepage quantity, riverbed foundation curtain grouting, dam foundation uplift pressure, etc. Practice has proved that secondary grouting is feasible and effective in the treatment of induced joints (transverse joints) of arch dams and riverbed foundation, and it is worthy of further practice and popularization.

**[Key words]** secondary grouting; induced joint of arch dam; dam foundation treatment

## 1 工程概况

蔺河口水电站位于陕西省岚皋县境内的岚河干流上,为该流域唯一的控制性工程。工程以发电为主,水库正常蓄水位512.0m,校核洪水位512.5m,总库容1.47亿 $m^3$ ,调节库容0.875亿 $m^3$ ,为不完全年调节水库,电站装机3台24MW水轮发电机组,工程规模为II等大(2)型。电站枢纽由碾压混凝土双曲拱坝、坝身泄洪表孔和左岸泄洪洞、左岸引水隧洞和发电厂房组成。

碾压混凝土双曲拱坝坝顶高程515.0m,建基面高程418.5m,最大坝高96.5m,坝顶弧长311.0m,最大底宽27.2m,坝顶基本型宽度6.0m,最大宽度23.0m,设置8条横缝(诱导缝),坝顶布置5孔9.0m $\times$ 10.5m泄洪表孔,坝体在438m高程、478m高程和493m高程分别设置观测交通廊道和交通廊道。

## 2 项目来源

蔺河口水电站工程于2000年5月开工,2003年10月27日下闸蓄水,2004年5月3台机组全部并网发电,工程竣工安全鉴定于2005年5月完成。蔺河口水电站自下闸蓄水至2016年已安全运行13年,2011年8月至2013年5月国家电力监管委员会大坝安全监

察中心对蔺河口水电站进行了大坝安全首次定期检查,检查结论认为大坝总体运行情况良好,存在的问题和处理要求:

(1) 7#横缝497.0m高程以上及4#诱导缝482.0m高程以上多部位接缝开度超过0.5mm,应按原设计要求进行二次灌浆。

(2) 坝基拱冠梁4#诱导缝偏右部位的扬压力较高,与蓄水过程中坝踵建基面拉开有关,目前扬压力虽已稳定,但仍较高,且附近排水孔1P6渗水较大,应对该部位进行浅层补强灌浆处理。

## 3 项目设计方案

为消除大坝安全隐患,保证工程安全运行,受陕西岚河水电开发有限责任公司(以下称岚河公司)的委托,中国电建西北勘测设计研究院有限公司(以下称西北院)承担了蔺河口大坝诱导缝二次灌浆处理及438基础廊道补强灌浆设计工作,在整理分析大坝监测资料的基础上,制定了4#诱导缝、7#横缝及河床坝基处理方案,提出了《蔺河口水电站拱坝监测资料分析及诱导缝接缝灌浆和坝基防渗帷幕补强灌浆处理设计报告》(以下简称“设计报告”)。根据蔺河口水电站大坝安全第二次定期检查第一次会议专家提出的修改意见和要求,西北院对“设计报告”中的处理

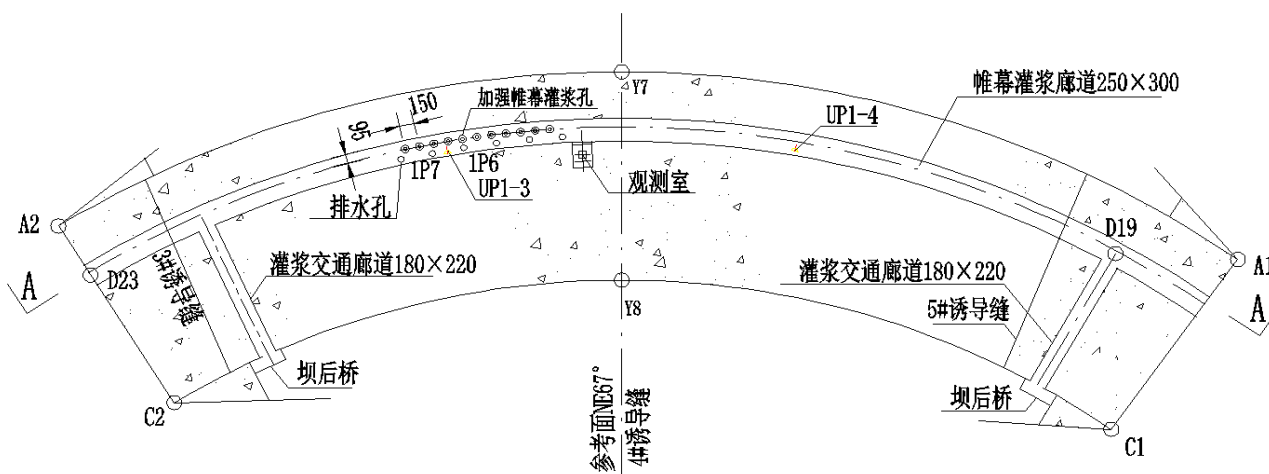


图 3.2-1 坝基帷幕补强处理灌浆孔布置平面图

方案进行了修改,取消了诱导缝和横缝以及河床坝基“化学灌浆”,保留水泥灌浆,减小了河床坝基帷幕补强灌浆处理范围,增加0#横缝灌浆处理,并完善了水泥灌浆处理方案,提出了《葡萄酒水电站拱坝诱导缝和横缝及河床坝基处理施工技术要求》(以下称“设计要求”)。在施工过程中,根据现场实际情况对局部设计变更补充了相应的设计通知。

### 3.1 诱导缝(横缝)灌浆处理设计

利用515m高程坝顶平台及478m高程、493m高程的坝内交通廊道,沿诱导缝(横缝)打骑缝孔,穿过各所需施灌的灌区,将原设计的各小灌区连接形成较大的灌区,这些孔既是灌浆孔、同时也是排气孔,自下而上进行灌浆。对于部分未打到缝面的孔,在廊道或坝顶打辐射孔作为辅助灌浆孔。灌浆采用42.5及以上的水泥,最大灌浆压力1.0MPa。

### 3.2 坝基帷幕补强灌浆设计

在438廊道UP1-3至UP1-4两个扬压力孔之间布置一排灌浆孔(共11个),孔间距1.5m,孔深入岩8.0m,布置于原两排防渗帷幕孔之间。灌浆材料采用52.5普通硅酸盐水泥,采用孔内拴塞、自上而下分段灌浆法。每个灌浆孔分为两个灌浆段,最大灌浆压力分别为1.0MPa和1.5MPa。

## 4 项目施工情况

拱坝诱导缝(横缝)灌浆施工期为2018年1月18日~3月14日,主要针对4#诱导缝和0#、7#横缝进行钻孔接缝灌浆。分别在515m坝顶、493m廊道和478m廊道内沿缝面布设下倾穿缝孔,根据钻孔穿缝情况适量布设辅助孔,根据缝面畅通情况,从低往高进行灌浆。施工工艺为:钻孔放样→钻孔取芯→钻孔冲洗→缝面通畅性压水试验检查→孔内成像→水泥灌浆→封孔→灌后质量检查。

河床坝基处理施工期为3月17日~4月25日,主要针对438m廊道内的IP6排水孔与UP1-3扬压力监测孔附近渗水较大的坝基进行加强帷幕灌浆处理。本次施工共布置加强帷幕灌浆孔12个,分两序进行施工,每序钻孔的间距为3.0m,分两段进行灌浆。河床坝基处理施工工艺为:钻孔取芯→钻孔冲洗→压水检查→水

泥灌浆→封孔→排水孔扫孔→灌后质量检查。

为掌握钻孔穿过诱导缝、横缝情况、以及缝的张开情况,实施了钻孔录像。

## 5 项目实施效果

### 5.1 拱坝诱导缝和横缝

本次拱坝诱导缝和横缝接缝灌浆效果可从灌后质量检查孔压水检查吕荣值、注浆量情况和灌前灌后结合缝开度变化三个方面进行综合分析。

#### 5.1.1 灌后质量检查孔压水检查结果

诱导缝和横缝接缝灌浆检查孔布置在坝顶4#诱导缝处,共布置1个检查孔,该孔取芯率为77%,岩芯完整,穿缝部位的岩芯结石水泥浆充填充实,与两侧混凝土结合良好。对该孔从孔口至孔底全孔进行单点法压水检查,压水压力为0.5MPa,压水吕荣值为0.0Lu。灌后质量检查孔压水吕荣值符合设计要求(透水性:  $L \leq 1Lu$ ),说明该部位通过接缝灌浆,达到了设计要求的灌浆效果。

#### 5.1.2 注浆量情况分析

本次拱坝诱导缝和横缝接缝灌浆共计注入水泥浆量为8512.29kg,三条诱导缝和横缝总的灌浆面积为1077.10m<sup>2</sup>,每平方米的注浆量为7.903kg,可见本次诱导缝和横缝接缝灌浆达到了设计要求的灌浆处理效果。

#### 5.1.3 灌前灌后结合缝开度变化情况

据诱导缝(横缝)灌前、灌后缝宽结合缝开度变化观测数据对比可见,灌后结合缝开度测值逐渐趋于稳定。

### 5.2 河床坝基帷幕灌浆

本次河床坝基帷幕灌浆效果可从灌后质量检查孔压水检查吕荣值、灌后坝基渗水量和排水孔排水量的降低、灌前灌后扬压力变化情况等三个方面进行综合分析。

#### 5.2.1 灌后质量检查孔压水检查结果

河床坝基补强帷幕灌浆灌后质量检查孔布置在河床坝基438.0m廊道6、7#补强孔之间,共布置1个检查孔。该孔取芯率为81.9%,岩芯完整。对该孔进行分段压水,第一段(孔深20.1m~

23.1m)段长3.0m,压水稳定流量为1.29L/min、压水压力为0.6MPa,吕荣值为0.72Lu;第二段(孔深23.1m~28.2m)段长5.1m,压水稳定流量为4.32L/min、压水压力为1.0MPa,吕荣值为0.85Lu。灌后质量检查孔压水吕荣值符合设计要求(透水率:  $L \leq 1Lu$ )。说明该部位通过加强帷幕灌浆,达到设计要求的灌浆效果。

5.2.2灌前灌后坝基渗水量对比

根据438.0m廊道帷幕补强灌浆前后渗水量资料,可以看出在坝区相似水位下,灌浆后的438.0m廊道总渗水量、1P5渗水量均有大幅度减小。说明本次河床坝基帷幕补强灌浆达到了处理效果。

河床坝基帷幕补强灌浆前后坝基渗水量对比表详见下表5.1所示。

灌前		灌后	
2016.2.24(库水位505.03m)		2018.4.15(库水位503.68m)	
总渗流量(ml/s)	1P5(ml/s)	总渗流量(ml/s)	1P5(ml/s)
2463.861	1344.203	476.610	74.670
2017.2.15(库水位489.73m)		2018.5.11(库水位489.47m)	
总渗流量(ml/s)	1P5(ml/s)	总渗流量(ml/s)	1P5(ml/s)
619.52	309.763	224.270	12.300
2016.11.1(库水位511.85m)		2018.5.28(库水位511.00m)	
总渗流量(ml/s)	1P5(ml/s)	总渗流量(ml/s)	1P5(ml/s)
3101.726	1461.310	924.070	241.530
2018.3.16(库水位498.31m)		2018.6.7(库水位498.22m)	
总渗流量(ml/s)	1P5(ml/s)	总渗流量(ml/s)	1P5(ml/s)
1071.290	680.500	326.750	26.910

河床坝基帷幕补强灌浆前后坝基总渗水量与库水位对比图如图5.1所示。

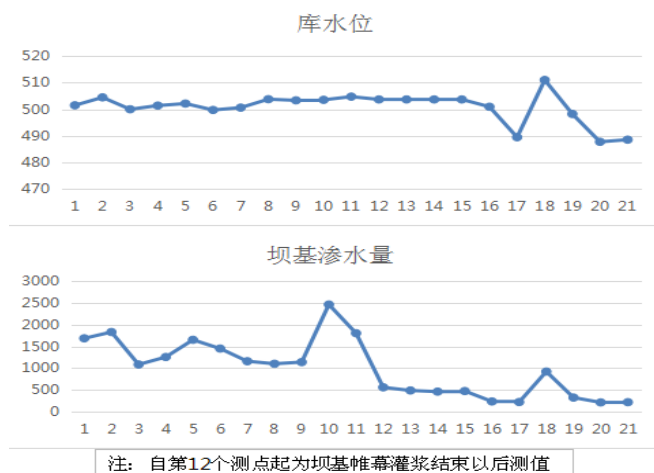


图5.1 河床坝基帷幕补强灌浆前后坝基总渗水量与库水位对比图

5.2.3灌前灌后坝基扬压力

438廊道河床坝基帷幕补强灌浆前后UP1-3扬压力测值变化详见图5.2所示。

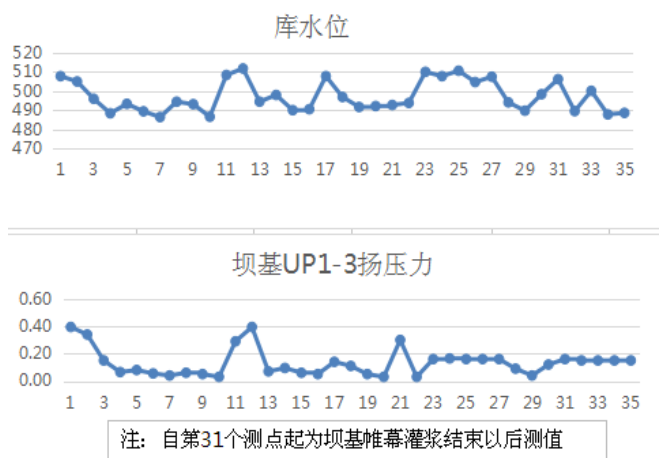


图5.2河床坝基帷幕补强灌浆前后UP1-3扬压力测值变化图

6 结论

通过对藺河口水电站拱坝诱导缝(横缝)灌浆处理和河床坝基帷幕补强灌浆处理的实施,拱坝诱导缝和横缝接缝开度测值逐渐趋于稳定,坝基渗水量和排水孔排水量显著降低、灌后扬压力测值平稳,说明二次灌浆在拱坝诱导缝和横缝及河床坝基处理中的应用是可行、效果显著的。

【参考文献】

[1]袁月丽.水利工程施工混凝土裂缝成因分析及控制措施[J].黑龙江水利科技,2022,50(07):113-117.  
 [2]林喜香.水利工程施工中接缝灌浆技术的运用[J].住宅与房地产,2019,(05):192.  
 [3]水利部关于批准发布《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》等7项水利行业标准的公告水利部公告2020年第23号[J].中华人民共和国水利部公报,2020,(04):63.  
 [4]蔡云鹏.藺河口水电站碾压混凝土拱坝设计[J].水力发电,2004,(02):36-37+41.

作者简介:

李增星(1975--),男,汉族,陕西安康人,大学本科,工程师,陕西岚河水电开发有限责任公司,研究方向:项目管理。