

# 天生桥一级电站混凝土面板堆石坝趾板灌浆施工浅析

牟兴华

(中国水利水电第七工程局基础分局, 四川 温江 611130)

摘要: 从趾板灌浆的特点入手, 以天生桥一级电站面板堆石坝趾板灌浆施工为例, 介绍了灌浆施工中采用灌浆自动记录仪, 按灌浆灰量结算工程价款等新工艺、新方法。

关键词: 趾板灌浆; 灌浆自动记录仪; 灌浆灰量

中图分类号: TV 640.31; TV 543

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2000)增-0034-02

## 1 前言

天生桥一级水电站位于贵州省和广西壮族自治区交界的南盘江上, 是红水河梯级电站的第一级。该电站以发电为主, 水库正常蓄水位 780 m, 死水位 731 m, 总库容为 102.5 亿  $m^3$ , 装机容量 1200 MW, 保证出力 405.2 MW, 年发电量 52.3 亿  $kW \cdot h$ 。工程主要由混凝土面板堆石坝、溢洪道、放空洞、引水发电系统组成。混凝土面板堆石坝高 178 m, 在同类型坝中属“国内第一, 世界第三”。坝基防渗主要依靠布置在大坝前缘趾板上的固结灌浆和帷幕灌浆, 由于坝高、库容大, 设计对坝基防渗要求高。趾板灌浆在国内施工实例较少, 已施工的均是低坝, 与其它工程基础灌浆相比, 天生桥面板堆石坝高 178 m, 灌浆施工有自己明显的特点:

(1) 采用 GJY-III 型灌浆自动记录仪, 按地层灌浆灰量结算工程价款, 具有先进、科学、灌浆效果好的优点。

(2) 趾板混凝土厚 0.6~1 m, 灌浆上覆盖重, 难以承受大的灌浆压力。趾板在水库蓄水后, 长期浸泡在水下, 是大坝混凝土面板的承载基础, 趾板的抬动、变形、裂缝会相应引起混凝土面板的变形、裂缝、位移。因此, 防止趾板抬动是灌浆的首要任务。

(3) 混凝土面板堆石坝没有预留的灌浆廊道, 在大坝蓄水后无防渗补救措施, 基础防渗必须达到设计要求, 否则后果不堪设想。

## 2 地质概况与灌浆设计

### 2.1 地质概况

坝区位于安然背斜的北西端, 岩层走向北东 50~70 度, 倾向北西, 地质构造以东北向断裂为主, 左岸为岩层的逆向坡, 岩层倾角一般为 35°~45°; 岩层主要为中厚层石灰岩、厚层灰黑色泥岩、厚层泥岩

夹薄层细砂和微细砂岩, 岩层呈弱风化和微风化。F<sub>16</sub> 断层对坝区岩层影响较大, 倾角较陡, 沿北东向延伸, 属二级结构面。F<sub>16</sub> 断层及其影响带由于受构造动力作用, 破碎带发生泥化, 其透水性和可灌性均较未发生泥化的断层小, 其它构造面均较细小, 这些节理或裂隙主要夹有活动的地下水运移沉淀的方解石、石英细脉或钙质薄膜。

从压水试验结果看, 基岩透水性与岩性关系较大, 石灰岩地层的透水率明显大于泥岩地层的透水率, 与岩层层理和倾角关系不大。

### 2.2 灌浆设计

基础灌浆设计分固结灌浆和帷幕灌浆, 均布置在大坝前沿趾板上, 趾板分 A、B、C 型, 分别布置 4、3、2 排固结灌浆孔, 孔深分别为 15 m、12 m、10 m, 孔位均呈梅花形布置, 孔距 3 m, 排距 1.5 m, 固结灌浆布置在浅层带, 主要是降低浅层带基岩受开挖、卸荷而引起的基岩透水率增大, 改善趾板的均一性, 提高承载能力, 为混凝土面板运行提供良好的基础条件。帷幕灌浆沿整个趾板呈单排孔布置在固结灌浆孔中间, 帷幕孔深一般按坝前水头高度的二分之一进行设计, 要求帷幕孔穿过相对透水岩层, 底线深入相对不透水岩层 2~5 m, 局部不透水岩层埋藏较深时, 需加深灌浆孔。

## 3 灌浆工艺

### 3.1 灌前工艺

灌浆按单元分序进行, 每个灌浆单元长 24~36 m。固结灌浆孔分两序, 先施工下游排, 再施工上游排, 最后为中间排。帷幕灌浆在固结灌浆结束 3 d 后进行, 各排孔之间、各序孔之间须待上一排、上一序孔灌浆结束之后施工; 为监测趾板抬动, 每个灌浆单元布置 2 至 3 套抬动观测装置, 最大允许抬动值为 100  $\mu m$ ; 灌浆方法采用“自上而下, 孔内循环, 分段

灌浆”,各孔第1段均为接触段,段长2~3m,采用“低压、浓浆”灌注后待凝24h,使趾板混凝土与基岩面更好地接触,能减少抬动;各灌浆孔均为直孔,孔底最大允许偏斜率为2.5%,在泥岩及灰岩段钻孔采用全段用合金钻头钻进,砂岩段采用金刚石钻头钻进。

### 3.2 灌浆工艺

各孔钻至终孔后,用清水对孔内进行开敞式冲洗,对孔底最后一段作压水试验,了解钻孔底部渗透情况,可进一步确定钻孔是否深入到相对不透水岩层。灌浆采用525号普通硅酸盐水泥、河沙。固结灌浆分3段,段长为3m、6m、6m,灌浆压力分别为0.2~0.3MPa;固结灌浆浆液水灰比采用2:1、1:1、0.5:1三个比级,开灌水灰比为2:1,帷幕灌浆浆液水灰比采用5:1、3:1、2:1、1:1、0.8:1、0.5:1六个比级,开灌水灰比为5:1。灌浆采用GJY-III型灌浆自动记录仪。灌浆过程控制采用“限流、分级升压”的原则控制,保持灌浆过程中吸浆率在10~30L/m<sup>in</sup>之间。当吸浆率大于30L/m<sup>in</sup>时,降压限流灌浆;当吸浆率小于10L/m<sup>in</sup>时,升压灌注,这样做,既保持了浆液对坝基孔隙、裂隙尽可能的充填,又不至于浆液扩散范围过远,造成浪费。当灌浆段单位耗灰量达1t/m而吸浆率仍较大、灌浆压力仍较低时,采用加沙灌注,加沙重量为水泥重量的30%。如地层单位耗灰量达2t/m仍出现上述现象时,待凝48h,扫孔后再复灌。灌后质量检查采用“钻质量检查孔、取岩芯、自上而下分段压水、灌浆”的方法,固结灌浆还进行灌浆前后超声波速测试,压水试验压力为80%的灌浆压力,最大值为1MPa,设计允许透水率为3Lu。

## 4 工艺分析

### 4.1 灌浆自动记录仪的使用

国内在灌浆施工中一般采用人工记录的方法,需专人放浆、记录,劳动强度较大。由于人为误差,人工灌浆记录对地层的透水性、吸浆情况反映不够准确、真实、及时,给灌浆资料分析带来许多困难。采用灌浆自动记录仪后,进浆管、回浆管通过压力计、流量计与灌浆自动记录仪连接,设备包括计算机、打印机、流量计、压力计、电源,压水和灌浆时由操作人员输入灌浆或压水状态、孔号、孔序、分段及段长,打印时间间隔、开灌水灰比、开始时间等。启动灌浆泵后,计算机屏幕即时显示瞬时灌浆压力、瞬时灌浆段吸浆率、总计灌入浆液体积、时间等参数。操作人员可以根据显示参数及时调节回浆阀门控制灌浆过程,对孔内的特殊情况,如冒浆、漏浆等能有比较明显的

反应,可以及时进行处理。灌浆结束后,记录仪立即打印出该灌浆段总的灌浆灰量和灌入浆液体积、压力与时间关系曲线、浆液注入率与时间关系曲线,可以方便、及时的对灌浆资料进行分析,对灌浆效果进行分析,对灌浆效果不好的孔段可以立即采取补救措施,并且减少了大量手工计算。灌浆自动记录仪记录与人工记录相比,具有以下优点:

- (1) 灌浆资料准确、真实,与国际通用标准接轨,易于对灌浆过程控制,容易保证灌浆效果。
- (2) 减轻了工人的劳动强度,节约劳动力。
- (3) 容易达到设计要求的并浆时间,减小人为的误差,易于保证灌浆质量。

### 4.2 采用灌浆灰量结算工程价款

国内在灌浆过程中采取按钻灌浆延米数结算工程价款,这种办法对于采用人工记录灌浆过程的方法是适用的。由于人工记录人为误差较大,记录的灌浆灰量不能准确反映地层的实际灌入灰量,所以,按钻灌浆延米数结算工程价款,也是一种迫不得已的办法。采用灌浆自动记录仪记录后,由于对地层的灌浆灰量能真实记录,为采用灌浆灰量结算工程价款提供了准确的原始依据。国外在灌浆施工中普遍采用灌浆灰量结算工程价款,国内在二滩、小浪底等国际工程的灌浆施工中也采用了以灌浆灰量结算工程价款的办法。采用灌浆灰量结算工程价款后,提高了施工队伍搞好灌浆施工质量的积极性,施工单位由以前被动的搞好施工质量变为主动的搞好施工质量,对搞好灌浆质量能有一定的经济补偿。天生桥一级电站趾板灌浆质量检查中,固结灌浆质量检查孔透水率及声波检测均达到了设计要求,帷幕灌浆尽管设计为单排孔,但质量检查孔透水率仍达到了设计要求。反映在灌浆灰量上,平均每m<sup>3</sup>钻孔耗灰量达127kg,灌浆质量得到了好评。

### 4.3 防止有害抬动是趾板灌浆的关键

由于趾板较薄,而为保证灌浆效果又需要较高的灌浆压力。在施工中,除加强抬动观测外,还采用了各灌浆孔分段逐级升压、接触段采用浓浆灌注、最后一段达到设计灌浆压力等方法,未产生有害抬动。灌浆结束后,对趾板逐块进行清面检查,未发现趾板裂缝,说明防止趾板抬动所采取的措施收到了良好的效果。

#### 作者简介:

牟兴华(1969年-),男,四川阆中人,中国水利水电第七工程局基础分局三峡工程项目部副经理,工程师,从事水利水电工程基础处理工作。