

文章编号:1001-4179(2012)04-0053-03

# 德泽水库大坝趾板帷幕灌浆异常情况处理

史顺华, 王世华, 蒋俊杰

(长江勘测规划设计有限责任公司 工程建设与监理公司, 湖北 武汉 430010)

**摘要:**在德泽水库大坝河床部位趾板帷幕灌浆中, 出现复灌次数多、吸浆量大、经常性串浆并引起趾板抬动破坏等异常情况。经分析, 主要是灌浆技术要求中所定灌浆参数与实际地质条件不符而人为生搬硬套所致。针对具体情况, 采取调整灌浆参数和不同的复灌处理措施, 达到了预期效果。灌后压水试验检查显示, 帷幕透水性满足小于 5 Lu 的设计要求。对失败与成功的经验进行了总结, 可供同类工程参考。

**关键词:**缓倾角; 薄层状砂泥岩; 帷幕灌浆; 大坝趾板; 德泽水库

中图法分类号: TV543 文献标志码: A

## 1 工程概况

牛栏江-滇池补水工程是治理滇池水环境污染以及远期兼顾昆明、曲靖城市供水跨邻近流域的一项引水工程。工程由水源工程、取水(提水泵站)工程和输水工程组成。

水源工程为德泽水库, 位于曲靖市沾益县、金沙江支流牛栏江上游的德泽乡境内。德泽水库工程主要建筑物有面板堆石坝、导流泄洪隧洞、输水发电隧洞、溢洪道和坝后电站, 库容 4.48 亿  $m^3$ 。德泽水库大坝坝顶高程 1 796.30 m, 设计最大坝高 142 m, 坝顶长 386.9 m, 宽 12.0 m。德泽水库大坝河床部位趾板标准宽 10 m, 厚度为 0.8 m。

河床段趾板基础已开挖切穿冲洪积层及强风化岩体, 进入到完整性较好的弱风化岩体, 岩体结构面相对两岸坡段不发育, 岩体工程地质为 III~IV 类, 为互层状镶嵌结构。岩层总体缓倾向下游, 两侧近岸坡倾角较陡, 倾向下游偏左、右岸。

坝址岩层透水性呈现不均一性, 在浅表层溶蚀作用强烈带, 透水率大于 100 Lu, 深部(60~70 m 以上)及溶隙溶孔发育岩体带, 透水率一般为 30~100 Lu, 为强透水层。深部(80 m 以下)及溶蚀作用不发育岩体

带, 透水率一般为 10~30 Lu; 基岩裂隙水发育于砂、页岩岩层中, 透水率一般为 10~100 Lu。

## 2 帷幕设计及施工情况

### 2.1 河床部位趾板基础灌浆设计

根据设计要求, 大坝趾板河床部位基础灌浆均布 4 排固结孔, 孔距 1.5 m, 排距 1.5 m, 钻孔深入基岩 10 m; 帷幕灌浆孔布置在第三排固结与第四排固结灌浆孔之间, 单排帷幕, 孔间距 1.5 m, 分 3 序施工, 各序孔的孔口管理设深入基岩 0.5 m。

河床段帷幕钻孔孔深为 47~68 m, 钻孔深入相对不透水层( $q \leq 5$  Lu)。灌浆质量检查标准为: 固结灌浆灌后透水率  $q \leq 5$  Lu; 帷幕灌浆后透水率  $q \leq 5$  Lu。

该工程帷幕灌浆采用孔口封闭、自上而下、孔内循环灌浆法, 灌浆压力采用分级升压法, 起始压力为 0.3 MPa, 终孔压力采用 2.1~2.5 MPa, 按不小于坝前 1.5 倍水头考虑。

灌浆材料使用普通硅酸盐水泥, 强度等级为 42.5 以上。灌浆水灰比采用 5:1, 3:1, 2:1, 1:1, 0.8:1, 0.6:1, 0.5:1 七个比级。I、II、III 序孔均采用 5:1 水灰比开灌, 施灌浆液由稀到浓、逐级变换。

设计结束标准: 当注入率小于 0.4 L/min 时, 屏浆

收稿日期: 2011-11-20

作者简介: 史顺华, 男, 助理工程师, 从事水利水电工程建设监理工作。E-mail: 408406803@qq.com

60 min 即可结束灌浆;当注入率小于 1 L/min 时,屏浆 90 min 即可结束灌浆。

为防止趾板产生抬动破坏,在趾板顺轴线方向每间隔 10 m 布置一组抬动变形观测孔,抬动孔深入岩 4 m。在压水和灌浆过程中,采用千分表对趾板进行抬动观测。

## 2.2 灌浆出现异常情况

前期灌浆试验成果反映,在砂泥岩地质条件下进行帷幕灌浆,可灌性好,且吸浆量小。但从河床趾板段 H13、H25、H37、H49 号先导孔施工情况反映:帷幕孔在 15~20 m、40~50 m 深处均出现涌水,涌水量为 25~32 L/min,涌水压力为 0.02 MPa。该孔段在灌浆过程中吸浆量大,采用暂停或间歇灌浆时,经常出现孔内浆液返浆或回浆变稀现象。

随着先导孔各孔段灌浆压力的逐步递增,当灌浆压力达到 1.6 MPa 以上时,就会出现灌浆压力骤降,流量突然增大,吸浆量异常增大等现象,灌浆难以按设计要求结束。

在 II 序孔施工过程中,浆液会绕过已灌结束的 I 序孔,与正在钻进的 II、III 序孔串浆,部分孔段串浆至岸坡,且复灌次数多达 10 次。

## 2.3 异常情况的初次处理

针对上述异常情况,经设计、监理、施工方多次研究讨论,用下述措施进行处理:

(1) 多孔串浆情况处理。第 1 次采取 3 孔并灌(并灌孔相隔距离大于 9 m),使用 0.5:1 浓浆,限流不大于 30 L/min 进行灌注,每灌 400~600 kg 间歇 15~20 min。为了避免引起趾板抬动,若正在施灌的 3 个孔中有任意一个孔段压力升至 50% 设计压力时,当即封堵其中的两个串浆孔,改一泵一孔灌注,若流量无减小迹象及压力仍恒定在 50% 设计压力、且单孔累计灌入量达到 4 t 时,待凝 8~12 h。

扫孔后按一泵一孔施灌,按上述标准进行限流、间歇,当注入量累计达到 2~4 t/段,压力和流量再无明显变化时,待凝处理,直至灌浆正常结束为止。对趾板范围出现的外冒浆情况,采取直接变换 0.5:1 浓浆施灌,当地面冒浆处冒出浓浆时,每灌 300 kg 间歇 25 min,间歇 3~4 次后,若冒浆量无减小迹象,且灌浆量达到 2 t,则进行待凝处理。

(2) 涌水孔段处理。帷幕灌浆孔深 15~20 m、40~50 m 处均存在涌水。在灌浆施工过程中,为防止回浆变稀及孔内涌浆影响灌浆质量,对于涌水孔段第 1 次直接使用 0.5:1 浓浆开灌,不下射浆管,采用孔口纯压灌浆,当压力升至 70% 设计压力时,或累计灌入水

泥达到 4 t,则待凝 12~24 h,扫孔后再按设计要求重新灌浆。

(3) 吸浆量异常大情况处理。第 1 次采取 0.5:1 浓浆,限流 30 L/min,每灌 700~800 kg 间歇 20~25 min,当累计注入量达到 4 t,压力和流量无变化时待凝 8~12 h;第 2 次灌浆时当单耗达到 200 kg/m 而压力和流量无变化时,改换砂浆灌注,当压力升至设计压力后,再扫孔重新使用水泥浆按设计标准结束灌浆。

该工程在 H15 号孔第 10 段第 9 次复灌时,采用无限量灌注,当灌入水泥 22 t 后,压力和流量仍无变化。为了避免造成趾板抬动,进行了待凝,第 10 次复灌才结束灌浆。根据 H15 号孔的施灌情况,为切实解决吸浆量大的问题,在 H33 号孔第 7 段采取灌注砂浆进行处理,在砂浆灌注过程中,当砂浆进孔后就会立即出现注入率停止,压力骤升。

## 2.4 异常情况的再次处理

经初次处理后,涌水情况得到控制,但复灌次数多,吸浆量异常、串浆严重等问题没能得到明显改善。

为解决面临的困境,施工单位邀请地质专家和灌浆专家进行了现场咨询指导。

分析认为,灌浆技术要求中所定灌浆参数与实际地质条件不符,是造成复灌次数多、吸浆量大、出现经常性串浆的根本原因。在缓倾角、薄层状砂泥岩地质条件下,其结构层面抗击穿强度约在 1.5 MPa,按帷幕灌浆设计技术要求中的压力递增公式计算,第 8 灌段之前各灌段压力均小于 1.5 MPa,之后逐段递增至 2.5 MPa,由于是采用孔口封闭孔内循环的方法施灌,孔内各灌段最终都要达到 2.5 MPa 的灌浆压力,在压力 1.5 MPa 升至 2.5 MPa 的过程中,会造成正施灌段以上,已结束灌浆岩体的结构层面被反复击穿的现象。

从前期灌浆统计结果分析,在进入第 9、10 灌段时,复灌次数开始明显增加,从邻近孔开始出现串浆情况看,证明了上述推断的合理性。

针对上述分析,采取下述处理措施:① 为了快速提升灌浆压力及有效减轻抬动,将孔口管安装由原来的入岩 0.5 m 改为入岩 1.5 m。② 为防止因灌浆压力递增导致裂隙被反复击穿,并考虑到前 3 段属固结灌浆范围,帷幕灌浆压力由原设计递增变更为从第 4 段开始全部按 2.1 MPa 的恒定压力施灌。

在采取前两项措施后,若仍存在串浆、吸浆量大,需要复灌的孔段,则按下述要求实施:第 1 次灌注按 1 500 kg/m 的单耗控制,当灌注量累计达到 4 t 后,按 10~15 L/min 限流灌注,若累计灌注已达到 1 500 kg/m 仍不起压,则进行待凝处理。第 2 次、第 3 次灌注时仍按第 1 次灌注标准施灌,灌浆过程中,若在

压力上升过程中,流量突增,则应立即降低压力限流、间歇灌注;在灌至接近 1 000 kg/m 时,仍不起压,则掺入 2% ~ 4% 的水玻璃灌注,最后再压入两盘纯水泥浆,结束灌浆,避免管路因掺水玻璃而堵塞。

在采取上述措施,复灌 1 ~ 2 次后,压力只能上升至该灌段设计压力的 50% 或以上时,待凝 14 ~ 18 h 后,继续进行下一段造孔灌浆,但终孔段灌浆压力必须达到设计最大压力。复灌过程中,为降低成本,提高后期结石强度,可考虑在浆液中加入粉煤灰,掺量不大于 50%。对于吸浆量大的孔段,用浓浆屏浆时,可能造成射浆管被埋,对此,可在灌浆段不再吸浆的情况下,采取变换较稀浆进行屏浆。

从 2011 年 4 月 6 日起,对灌浆过程中的异常情况进行再次处理,至 4 月 20 日,复灌次数明显减少、串浆现象得到有效控制,日完成进尺在 80 m 左右,达到预期效果。

## 2.5 灌浆质量检查

帷幕灌浆质量检查,以分析检查孔压水试验成果为主,结合检查孔钻孔取芯资料、灌浆记录和声波测试等,评定灌浆质量。

河床段帷幕灌浆共 54 孔,总灌段 762 段,分 3 个单元进行施工,共布置检查孔 7 个,总试压段为 88 段。

(1) 压水试验成果分析。河床段一单元灌浆孔 18 个,灌段 254 段。该单元共布置 3 个检查孔,压水 40 段,平均透水率 0.56 Lu,最小透水率为 0,最大 2.88 Lu,满足小于 5 Lu 的设计要求,施工质量合格。

河床段二单元灌浆孔 18 个,灌段 229 段。该单元

共布置 2 个检查孔,压水 24 段,平均透水率 1.23 Lu,最小透水率 0.19 Lu,最大 4.5 Lu,满足小于 5 Lu 的设计要求,施工质量合格;河床段三单元灌浆孔 18 个,灌段 210 段。该单元共布置 2 个检查孔,压水 24 段,平均透水率 0.62 Lu,最小透水率 0.04 Lu,最大 2.8 Lu,满足小于 5 Lu 的设计要求,施工质量合格。

(2) 检查孔取芯分析。帷幕灌浆共布置 7 个检查孔,取芯总长 407.6 m,部分检查孔取芯在不同深度的岩层裂隙里可见水泥结石充填(尤其在 15 ~ 20 m、35 ~ 40 m 处的水泥结石清晰可见),结石厚度均在 3 ~ 15 mm,灌浆效果明显。

(3) 灌浆频率分析。该工程河床段帷幕灌浆 I 序孔灌前平均透水率 180.4 Lu,单位注入量 943.4 kg/m; II 序孔灌前平均透水率 17.6 Lu,单位灌浆量 836 kg/m; III 序孔平均灌前透水率 11 Lu,单位灌浆量 429 kg/m。

各序孔的单位灌浆注浆率及透水率频率逐步递减明显,符合一般灌浆规律。

## 3 结语

在砂泥岩地质条件下进行帷幕灌浆,应依据不同地质结构确定相应灌浆参数。

对于缓倾角、薄层状的地质结构,自固结灌浆范围以下,应采用恒定的、较小的灌浆压力,避免对原本结合紧密的层面人为的造成张性裂隙,或因压力递增致使裂隙在结石后被重复击穿,并引起趾板抬动。

(编辑:赵凤超)

# Treatment of abnormal conditions of curtain grouting at dam toe – slab of Deze Reservoir

SHI Shunhua, WANG Shihua, JIANG Junjie

(Construction and Supervision Company, Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** In the process of curtain grouting at dam toe – slab of Deze Reservoir, the abnormal conditions such as repeatedly grouting, large absorbed slurry amount, regular series slurry, and the lift or damage of the toe – slab occurred. The analysis shows that the grouting parameters of the grouting technology requirements are inconsistent with the actual geological conditions. Therefore, adjustment of the grouting parameters and different measures of re – grouting should be adopted in view of the specific situations to achieve the expected results. The examination of water pressure test after grouting shows that the curtain seepage rate is less than 5 Lu, which meets the design requirements.

**Key words:** gentle inclined angle; thin sandstone and mudstone; curtain grouting; dam toe – slab; Deze Reservoir