

16

50-53

浆砌石坝灌浆治漏加固技术

李宗杰¹, 蒋洪华²

TV 641.3

(1. 泰安市水利水产局, 山东 泰安 271000; 2. 山东水利专科学校, 山东 泰安 271000)

摘要:针对浆砌石坝漏水问题, 分析小型水利工程漏水成因, 介绍“上游堵、中间截、下游追踪”的压力灌浆治漏加固技术, 即坝体、坝基帷幕灌浆, 坝上游面固结灌浆, 坝下游面追踪固结灌浆及坝面重新勾缝四部分, 应用实例证明, 该项技术设备简单, 操作方便, 效果显著, 实用性强, 应用前景广阔。

关键词:浆砌石坝; 漏水; 灌浆; 加固; 帷幕灌浆

中图分类号: TV641.3

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2000)06-0050-04

砌石坝工程在世界上历史悠久, 是重要的坝型之一, 数量较多, 我国是世界上建造这类坝型最多的国家, 据统计, 坝高 15 m 以上的达 2000 余座, 山东省达 120 余座, 这些工程在防洪、发电、灌溉、供水、旅游等方面发挥了巨大作用, 但是由设计、施工、老化、退化等原因, 有些砌石坝出现坝基、坝体和接触带漏水, 致使工程效益降低, 危及工程安全。

1 漏水成因及危害

浆砌石坝蓄水后, 坝下游面、坝后基岩及坝头结合部位存在湿润的地方称为渗水, 这是一种较普遍的现象, 若渗水发展成为管涌或成股水流则称为漏水, 漏水较严重的坝一般都有较多的出逸点, 且水量较大。

漏水的主要原因如下: ①坝体局部裂缝、断裂或坝面勾缝脱落引起漏水; ②坝体无防渗墙或施工质量差引起漏水; ③清基不彻底或坝体与坝基结合不好, 造成接触带渗漏和坝头绕渗; ④坝址基岩破碎、裂隙发育或灰岩地层造成坝基漏水; ⑤由于坝体长期受冻融、冲蚀、溶蚀和潜蚀作用引起漏水。

坝体、坝基长期漏水, 会直接影响水库的经济效益和社会效益, 并导致坝体与水产生物理化学反应, 增加体积力, 引起破坏效应, 降低大坝抗力, 加速老化, 危及大坝安全, 如造成垮坝失事, 后果不堪设想。

2 灌浆治漏加固技术

2.1 方法简介

a. 坝体、坝基帷幕灌浆, 主要是充填漏洞和缝隙, 防渗截漏, 通过灌浆加固, 形成防渗体, 此方法适

用于浆砌石重力坝。

b. 坝上游面固结灌浆, 是堵塞漏洞和缝隙, 加固补强坝体和提高防渗性能, 以进一步提高坝体的承载能力和完整性。

c. 坝下游面追踪固结灌浆, 是在下游坝面有漏水或溶蚀物出逸的地方, 造水平孔或斜孔, 埋注浆管进行灌浆, 以堵塞漏水通道和坝体空洞、裂缝, 加固坝体, 增加坝面稳定性和抗冲刷能力, 这种反向灌浆工艺, 非常适合拱坝和支墩坝工程, 对重力坝工程只要搞清扬压力并设排水孔也可采用, 采用这种方法时最好是坝前无水。

d. 坝面重新勾缝, 先剔缝, 用高标号水泥砂浆、干硬性预缩水泥砂浆或用防水材料配制的高标号水泥砂浆勾缝, 提高坝面防渗漏能力及坝体稳定性、整体性和抗冻融、抗风浪淘刷能力。

此方法即“前堵、中截、后追踪”灌浆治漏加固法。

2.2 灌浆前的勘探与试验

为准确地确定各种灌浆参数, 保证质量, 首先要进行勘探和试验。

坝体和坝基勘探, 目的是查清坝体和坝基的现状, 为设计和施工提供依据, 首先在典型漏水部位进行钻孔勘探, 查明坝体内部的实际情况、胶结材料密实程度, 有无空洞及基岩结构情况等。

压力抬动试验, 目的是查明坝基、坝体的承压情况, 以确定灌浆压力, 在不破坏原结构的条件下, 有效地将浆液压入坝体内部、基岩裂缝、砂砾石层中, 以保证灌浆效果。

压水试验, 目的是为帷幕及固结灌浆设计提供

准确的数据,并指导施工,保证效果。选择坝体或坝基典型部位,按照文献[1]的要求进行工作,试验压力采用设计灌浆压力,根据试验结果、透水率值的大小,确定浆液浓度、吃浆量大小。透水率值越大,吃浆量就越大,浆液就要适当变浓。

灌浆试验,目的是解决帷幕灌浆和固结灌浆的影响半径、浆液浓度及其它参数等,为布孔和灌浆设计提供依据。

2.3 设备及材料选择

a. 造孔设备的选择:①帷幕灌浆垂直造孔采用回转式液压钻机,如钻孔浅时,也可采用风钻造孔;②坝上下游面固结灌浆(即前堵、后追踪灌浆)造水平孔或斜孔,使用风钻或采用7655型汽钻机造孔。

b. 灌浆设备的选择:有搅拌机、多缸活塞式灌浆机、承压输浆胶管、注浆管、胶塞、压力表、比重计等。

c. 灌浆材料的选择:主要是425号普通硅酸盐水泥、砂子、粉煤灰、石英粉、水、外加剂等。

2.4 布孔和造孔

a. 帷幕灌浆布孔。在漏水坝段沿坝顶中心线,以孔距3m,孔径50mm,75mm为宜,或根据试验确定孔距。孔深钻至漏水部位以下1~2m,如接触带或基岩漏水,钻孔可钻至不透水基岩以下1~2m。造孔可一次性造孔,也可分序造孔,破碎地带上下分段造孔、分段灌浆,同时在浆体凝固5~7d后,再继续向下钻孔,以防止卡钻、埋钻事故发生。坝体与基岩接触部位和坝基灌浆也可采取在上游坝脚打斜孔或垂直孔灌浆堵漏,但造孔前应先清基,在坝脚浇筑0.3~0.5m厚混凝土,待凝固后再打孔。垂直或倾角小于5°的帷幕灌浆孔,其孔向的偏差值不得大于规定值。

b. 坝上游面固结灌浆布孔,在漏水部位呈“梅花”型,钻孔间距和排距1~3m为宜,根据漏水情况确定,钻孔位置选在砌石“T”缝中;在裂缝部位,可沿裂缝每米布设一孔,孔径为42mm,孔深0.7~1.5m,根据坝体实际情况确定。

c. 坝下游面追踪固结灌浆布孔,哪个地方漏水就在哪个地方布孔。在裂缝部位沿缝隙每米布设一孔;在其它渗水部位,按照“梅花”型布孔,排距和孔距2~3m为宜,布孔位置在“T”缝中,也可适当加密布孔。孔深和孔径同坝上游面。

2.5 施工要求

a. 先放水空库或将库水位降至灌浆部位以下,再灌浆施工,并做好灌浆各项记录。

b. 洗孔。灌浆前应对孔壁、孔底及裂缝进行冲洗,采用风水联合冲洗方法,水压力不大于本段灌浆

压力的75%,时间以孔深浅确定,直到回清水为止。

c. 帷幕灌浆。①采用孔内循环法,自上而下或自下而上分段灌浆,最后全孔灌注,分段灌浆时,要在灌浆段以上0.5m处加胶塞封堵,通过论证也可采用小口径钻孔孔口封闭灌浆法;②坝体内灌浆长度,一般5m左右较好,孔深不超过8m时,可全孔一次性灌注;③灌浆压力按设计控制,但要低于抬动试验极限压力,一般控制在0.2~0.4MPa。

d. 坝面固结和追踪灌浆。①在孔内预埋注浆管,孔口管周围用干硬性水泥砂浆填堵,采用内径20mm钢管,长50cm,插入孔内40cm,外露5~10cm,管头要加工丝扣,以便与输浆管连接;②采取一组四孔并联灌浆法,也可单孔或两孔一起灌注,对坝后漏水处重点孔位要采取单孔重点灌注,灌浆压力按设计控制,一般采用0.2~0.25MPa。

e. 浆液的浓度。灌浆时应遵循由稀到浓的原则,根据压水试验逐级改浓。坝体当注入浆量大于30L/min时,可越级变浓。当某一级浆液灌注400L以上,而灌浆压力和吸浆量均无明显改变时,可改浓一级浆液灌注。浆液水灰比一般采用重量比8:1,5:1,3:1,2:1,1.5:1,1:1,0.8:1,0.6:1,0.5:1九个级别。根据设计必要时还可掺加粉煤灰、砂子、石英粉、铝粉等。在灌浆过程中浆液要每隔1h测定一次浆液比重。

f. 灌浆时要分2~3序灌注,同时一定要进行复灌。在设计压力下,当吸浆量不大于0.4L/min时,再继续灌30min即可结束。

g. 灌浆孔封孔。帷幕灌浆时,竖孔封孔采用机械导管法,用1:2水泥砂浆从孔底向上逐渐提升封填密实;坝面固结灌浆水平孔封孔,采用低水灰比1:2水泥砂浆人工填堵捣实,封填材料最好用膨胀水泥砂浆。

h. 特殊灌浆孔处理。①灌浆过程中,发现冒浆时,可采用表面封堵,加浓浆液,降压等方法处理。②坝体灌浆串浆时,一是串浆孔正在钻进时,应立即停钻;二是相邻孔串浆量大时,可两孔同时并灌;三是在串浆孔上部用胶塞封堵。③灌浆过程应连续进行,因故中断超过30min,应及时冲洗钻孔或扫孔后复灌。④在涌水段灌浆时,当涌水压力超过0.2MPa时,应首先测定涌水压力及涌水量,再采用自上而下用稠浆灌浆法,对坝基可适当加压,灌浆结束有屏浆措施,且时间不少于1h,必要时加速凝剂,采用机械封孔。⑤坝体吸浆量较大难于结束时,加大浆液浓度,可采取限流、间歇灌浆,浆液中加速凝剂的方法。⑥灌浆过程中,若有回浆变浓,则应改稀浆后灌注。若回浆仍变浓,则结束灌浆。

i. 加强灌浆观测.在灌浆期间,应随时观测坝体位移、变形情况,发现问题立即停灌或降低压力,采取补救措施.

2.6 质量检测

质量检测主要以灌浆前后压水试验资料、灌浆资料、灌浆前后钻孔取岩芯资料、孔内摄影及蓄水考验等资料,进行比较综合评定,或者在灌浆前后用振动测试分析仪检测坝体质量.

采取检测孔检测坝体灌浆质量的原则:①检测孔的数量,一般按孔总数的5%~10%抽检;②检测孔位置选在灌浆中心线或下游20cm以内;在坝体漏水严重或吃浆量大的部位;③检测孔压水试验压力值为设计正常高水头的1.5倍;④检测后,按封孔要求进行封孔.

灌浆质量评定按合格和优良两级,凡各单元工程主要检测项目全合格,其他检查项目有70%及其以上达到标准要求的定为合格.凡各单元工程中主要检测项目全部合格,其他检查项目有90%及以上达到标准要求的定为优良.

3 工程实例

3.1 泰山虎山水库

泰山虎山水库1956年兴建,总库容7万 m^3 ,为浆砌石重力坝,坝长156m,最大坝高12m,由于基岩有强风化花岗片麻岩和砂砾层、清基不彻底造成坝基和接触部位漏水;坝体是水泥白灰混合砂浆砌筑,质量差、老化退化严重、溶蚀破坏、无防渗墙、裂缝6条,造成坝体漏水严重.在坝下游300m处,实测总漏水量为30L/s.

3.1.1 灌浆前勘探、试验情况

a. 钻勘探孔3个,经取岩芯证实,坝内砌体密实度差,取岩芯率30%~40%,且柱状砂浆极少,水泥白灰砂浆呈粉状,基岩风化、裂隙多.

b. 坝体抬动试验极限压力为0.5MPa,从而确定灌浆压力为0.2~0.4MPa.

c. 对坝体做了7个孔9个段次压水试验,平均透水率 $q=0.238L/(min\cdot m\cdot m)$;坝面做了10个孔,平均透水率 $q=0.088L/(min\cdot m\cdot m)$,最大值为 $q=0.159L/(min\cdot m\cdot m)$;各孔透水率值都大于0.05L/(min·m·m)规定值,证实坝体漏水.

d. 灌浆试验,选典型坝段钻孔4个,对孔距、灌浆压力、浆液配比、灌浆方法等方面进行了试验,确定坝体帷幕灌浆孔距为3m.

3.1.2 前堵、中截、后追踪灌浆

a. 坝上游坝面采用固结补强灌浆堵漏,共布孔6排、排距2.5m、孔距2.5m、孔深0.7m、孔径42mm,

呈“梅花”形布孔,共灌219个孔,分两序,灌浆压力0.25MPa.同时在坝前脚清基后浇筑200号混凝土,靠近坝体边混凝土厚0.5m,外边厚0.1m,宽1.5m.在混凝土上钻灌浆孔22个,孔距1.5m,孔深2m,孔径5cm,主要堵截坝基接触渗漏.

b. 沿坝体中心线采取帷幕灌浆截漏,钻灌浆孔57个,孔距3m,孔径75mm、最大孔深14m,深入基岩内1~4m,采用三序、自上而下和自下而上分段灌浆法,灌浆压力0.2~0.4MPa.

c. 下游坝面固结灌浆和追踪灌浆,共布孔6排,排距2.5~3m,孔距3m,孔深0.7~1.5m,共灌201个孔,灌浆压力0.25MPa.

d. 坝面勾缝3870 m^2 ,用1:2水泥砂浆勾缝.坝下游坡脚打排水孔13个.

e. 浆液水灰比(重量比)8:1,5:1,2:1,1:1,0.8:1,0.6:1,0.5:1,对个别吸浆量大的孔,则加细砂;如漏浆则采取外堵、勾缝、间歇、加速凝剂等方法.

该坝灌浆总计完成帷幕灌浆孔64个,进尺690.4m;坝面固结灌浆孔437个,进尺349.5m.共计灌入水泥166.33t.

3.1.3 质量检查及效果

a. 对帷幕灌浆打5个检查孔,经压水试验,平均透水率为0.0134L/(min·m·m),小于0.05L/(min·m·m),合格率为100%.

b. 对坝面固结灌浆和追踪灌浆打18个检查孔,经压水试验,平均透水率为0.016L/(min·m·m),小于0.05L/(min·m·m),合格率为100%.

c. 钻孔取岩芯率由原来的30%~40%,提高到80%~90%,岩芯完整、密实、胶结好.

d. 经蓄水考验,坝下游面漏水、明流、射流全部消失,坝后无明流汇流,只是坝下部坝面有个别湿润现象.

3.2 山东省部分砌石坝灌浆情况

山东省部分砌石坝灌浆情况见表1.在泰山、莱芜等地先后治漏补强的工程类型有砌石重力坝、砌石拱坝共8座,坝高12~38.3m不等,都是在80年代和90年代实施的,灌浆压力绝大多数0.1~0.4MPa,灌入水泥几十吨到数百吨,大都采用本文方法,均达到基本不漏的效果.

4 结 语

浆砌石坝灌浆治漏加固技术,采取“上游堵灌、中间截灌、下游追踪灌”的灌浆方法,设备简单,操作方便,效果显著,取得了明显的经济效益和社会效益.该项技术,实用性强,可在中小型砌石坝工程治漏加固中推广应用.

表1 山东省部分砌石坝灌浆情况

工程名称	所在市区	坝高 /m	建成 年份	灌浆 年份	灌浆压力 /MPa	灌入 水泥/kg	灌浆工艺	治理类型	效果
石咀子砌石重力坝	山亭区	38.3	1971	1973	0.1~0.2	260	坝顶截灌	裂缝和漏水	基本不漏
上茶叶砌石拱坝	莱芜市	22.7	1974	1980	0.2~0.4	9	上游堵灌,下游追踪灌	漏水,补强	基本不漏
书院砌石重力坝	莒山区	21.0	1981	1986	0.1~0.4	32.7	坝顶截灌	漏水,保稳	基本不漏
流清河砌石拱坝	莒山区	68	1981	1983	0.2~0.8	12	坝顶截灌,上游堵灌	漏水,侵蚀	漏水减少
黑龙潭砌石重力坝	泰山区	19.0	1943	1981	0.1~0.3	463.5	上游堵灌,下游追踪灌	漏水,补强,保稳	基本不漏
黑龙潭砌石重力坝	泰山区	19.0	1943	1996	0.2~0.25	626.63	上游堵灌,坝顶截灌,下游追踪灌	漏水,补强,保稳	基本不漏
曹庄砌石拱坝	泰山区	13	1979	1998	0.1~0.2	13	上游堵灌,下游追踪灌	裂缝,漏水,补强	基本不漏
虎山砌石重力坝	泰山区	12	1956	1992	0.2~0.4	166.3	上游堵灌,坝顶截灌,下游追踪灌	漏水,裂缝,补强,保稳	基本不漏
大河东砌石拱坝	莒山区	23.3	1971	1984	0~0.15	47	上游堵灌	漏水,补强	不漏有渗

参考文献:

[1] SDJ16-78 水利水电工程钻孔压水试验规程[S].

[2] SDJ210-83 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S].

[3] 水利电力部水文水利管理司.水工建筑物养护修理工作手册[Z].北京:水利出版社,1980.

(收稿日期:1999-08-30 编辑:张志琴)

《河海大学学报(哲学社会科学版)》征订启事

(季刊 16开本 彩色封面 96页)

刊号:ISSN 1008-3316 CN 32-1521/C

- 本刊以马列主义、毛泽东思想和邓小平理论为指导,坚持实事求是的思想路线,贯彻“双百”方针,弘扬时代主旋律,理论联系实际,为社会主义物质文明与精神文明建设服务。
- 本刊为哲学与社会科学类学术期刊,主要刊登哲学、政治学、文学、史学、语言学、法学、社会学、心理学、经济学、管理学、高等教育学等社会科学方面的研究成果、学术论文、综述等学术性文章。本刊可供上述有关专业的研究人员、管理人员和大专院校师生阅读与参考。本刊为中国学术期刊(光盘版)入编期刊,书生之家中华期刊网入编期刊。
- 本刊由河海大学主办,每季末出版,国内外公开发行,每期定价:5元,每期邮费:1元,全年订费24元。欢迎广大读者直接与编辑部订阅。

联系地址:南京市西康路1号《河海大学学报(哲学社会科学版)》编辑部,邮政编码:210098。

欢迎订阅2001年《水土保持科技情报》

《水土保持科技情报》是水利部主管的唯一以译文为主的全国性水土保持科技期刊,主要传递国内外水土保持先进研究成果、治理经验、测试技术、执法监督、要闻简讯、产业开发等科技动态,以及与水土保持有关的农业、林业、水利、土壤、环境保护等约定综合内容。本刊融方针政策、科技新闻、实用技术为一体,为科研单位、大中专院校、水利水保管理机

构、基层水利水保站、情报部门、图书馆等单位提供系统的国内外水保科技动态、信息反馈。

本刊为季刊,自2001年起,改为标准16开本48页,每册定价5.00元,全年20.00元(包括邮资费)。国内发行,国内统一刊号:CN21-1159/S,邮发代号8-111。全国各地邮局(所)均可订阅,也可直接向本编辑部汇款邮购,请在汇款单上工整注明收件人姓名、地址、邮政编码,在附言栏中注明份数,回寄本刊编辑部。

本刊地址:辽宁省朝阳市龙山街四段235号;邮编:122000;电话:(0421)2911717-8319 8318 8321;传真:(0421)2917149;E-mail: sbkjqb@mail.cyptt.ln.cn

《水利水运工程学报》征订启事

经国家科技部审核、国家新闻出版署批准,中文核心期刊《水利水运科学研究》将于2001年更名为《水利水运工程学报》,国内外公开发行。季刊,A4开本,全年定价24元。国内邮发代号:28-19;国外邮发代号:4156-Q。

《水利水运工程学报》系由水利部主管,南京水利科学研究院主办的学术性刊物,主要报道水利、水电、水运、近海工程的规划、可行性研究、设计、科研、施工、监理以及管理工作中的新理论、新技术、新成果等。读者对象为从事水利、水运、近海及土木建筑工程事业的广大科技工作者和有关院校的师生。

编辑部地址:南京市虎路关34号;邮编:210024;电话:(025)3739178-384;E-mail: JNHRI@njhri.edu.cn