

# 中小型水库坝基岩溶管道渗漏勘察与处理实例

屈昌华

(中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院, 贵州 贵阳 550008)

**摘要:**对已建中小型水库坝基岩溶管道漏水,一般放空水库查找漏水通道后处理,但存在损失大等问题。通过贵州某中型水库坝基岩溶管道的勘察与堵漏处理,总结了一种在已建中小型水库低水头岩溶管道堵漏处理方法,它的主要特点是损失小、费用低、工期短。

**关键词:**水库坝基;岩溶管道;渗漏;勘察;处理

**中图分类号:**TV543 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)10-0060-02

贵州某水库大坝位于贵州省寺洛江上,为一浆砌石坝。该坝于1963年修建并投入使用,经过几十年的运行,坝基产生了严重渗漏,实测漏水量为 $0.706 \text{ m}^3/\text{s}$ ,已严重影响了附近厂矿正常生产及居民的正常生活。在无任何勘察、设计及施工资料的情况下,我们采用“先查后堵、先小后大、先压后灌”的处理方案,在较短的时间内完成了岩溶管道勘察与处理并取得成功。

## 1 渗漏通道勘察

渗漏勘察手段主要包括地质测绘、钻探、物探,利用这些手段查明了坝区工程地质条件及岩溶水文地质条件。

### 1.1 工程地质条件

挡水坝处于一河湾下游,左岸陡右岸缓,坝主要地层为第四系覆盖层和三叠系茅草铺组灰岩,根据勘探钻孔揭露,覆盖层为河流冲积物,主要成分为粘土及砂卵砾石,厚 $0.2 \sim 1.5 \text{ m}$ ,基岩为中厚层及薄层灰岩。据地质调查,坝区在区域构造上属遵义—息烽褶皱带南段,地层单斜,与坝轴线呈小角度相交,即地层倾上游偏左岸;坝基无顺河向断层通过,基岩裂隙发育,倾角 $40^\circ \sim 76^\circ$ ,宽 $0.2 \sim 3 \text{ cm}$ ,主要充填方解石,部分裂隙溶蚀后充填粘土。

### 1.2 岩溶及水文地质条件

坝区岩溶发育程度中等,主要表现为浅层岩溶管道及溶蚀裂隙等岩溶形态。根据坝区地质调查、勘探孔及物探CT测试揭露,坝基发育一溶洞,孔深为 $5.8 \sim 12 \text{ m}$ ,洞深为 $6.2 \text{ m}$ ,沿岩层层面顺倾向展布,为一半充填型溶洞,充填物为粘土。

坝区水文地质条件根据岩溶发育程度、岩性等因素划分为2类透水层:覆盖层透水层(河床及坝基砂卵砾石层)及中等岩溶化透水层(中厚层及薄层灰岩)。

### 1.3 坝基漏渗成因分析

该坝经过几十年的运行,坝基产生了严重渗漏并在继续发展,据渗漏调查,坝后主要有5个漏水点(编号为Q1~Q5),在库水不翻坝及不开闸的情况下,坝后实测总渗流量为 $0.7064 \text{ m}^3/\text{s}$ ,各渗漏点的渗流量、流速见表1。

表1 实测渗流量、流速成果表

序号	位置	断面面积/ $\text{m}^2$	流速/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	流量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$
1	Q1	5.06	0.07	0.3542
2	Q2	3.43	0.032	0.2694
3	Q3~Q5	0.88	0.08	0.0792
4	坝下游	0.334	2.115	0.7064

注:Q1~Q5总渗流量 $0.7028 \text{ m}^3/\text{s}$ ,与坝下游总流量相近。

根据地质调查、勘探孔揭露及水文地质试验、物探测试,挡水坝坝基渗漏形式主要有2种,一是坝基接触带(砂卵砾石层)渗漏,二是沿浅层岩溶管道渗漏,其成因分析如下。

**接触带渗漏:**由于部分坝段坝基在建坝时未清除较大块石或就地块石堆砌于砂卵砾石地层之上,使其构成骨架,水库蓄水后,随着渗透压力的增大,块石间的细小颗粒被渗透水流带走而产生管涌,形成了目前的坝基接触带渗漏。

**浅层岩溶管道渗漏:**由于坝基岩石为中厚层及薄层纯灰岩,透水性较强,而坝基上、下游均有透水性较弱的白云岩分布,因而使坝基灰岩成为渗漏的主要分布区;从地质构造及河谷形式上看,河谷为斜

收稿日期:2007-03-22

作者简介:屈昌华(1964-),男(汉族),四川人,中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院勘探分院副院长、工程师,水文地质工程地质专业,从事与工程地质相关的岩土工程施工技术研究工作,贵州省贵阳市白云大道353号,chang418@163.com。

向谷~纵向谷,即地层走向往库区逐渐平行河谷,给顺层溶蚀创造了有利条件;再从地下水动力条件看,库水位远高于坝后水位,具备了库水向下游渗漏的水动力条件;坝后出水点在平面上呈线状分布,与地层走向一致,在剖面上与地层倾向一致。

以上分析表明,坝基主要是以沿层面形成的浅层岩溶管道渗漏为主。

## 2 堵漏方案设计与施工

### 2.1 堵漏方案设计

根据勘察成果并结合有关规范,本工程采取在坝后出水口段设置水下混凝土盖板、坝基设置防渗帷幕即“先压后灌”的综合堵漏方案,具体设计方案如下。

防渗标准:渗漏量减少 90% 以上,透水率  $>5$  Lu;

坝后 Q1~Q5 五个大渗漏点浇筑水下混凝土盖;

溶洞段设双排灌浆孔,孔排距均为 1.0 m,孔深深入溶洞底板 2 m,并设置 3 个孔径  $>150$  mm 的投砂孔且上游排孔可视堵漏效果增减;其余各坝段为单排孔,孔距 1.5 m,孔深入完整基岩 2 m。

### 2.2 堵漏施工

#### 2.2.1 施工程序及施工工艺

本工程采用“先小后大、先压后灌”即先堵小渗漏段、后堵大渗漏段;先堵坝基接触渗漏段,后集中封堵浅层岩溶管道的施工程序。在封堵浅层岩溶管道时先在坝后出水口浇筑水下混凝土盖板,再灌浆。

施工工艺:接触渗漏带采用“钻孔灌浆、栓塞封闭、不待凝”的施工工艺;浅层岩溶管道则采用钻孔灌浆与浇筑水下混凝土盖板相结合的施工工艺。

#### 2.2.2 施工设备

SGZ-Ⅱ型钻机、SGB6-10 型灌浆泵、JJS-400 型双层制浆机、砂浆泵及灌浆专用栓塞等。

#### 2.2.3 施工材料

主要为水泥、水玻璃、河砂等,灌浆使用的水泥为 525 普通硅酸盐水泥,水下混凝土盖板使用 625 早强水泥。

#### 2.2.4 灌浆压力、结束标准及水灰比

灌浆压力 0.1~0.2 MPa,水灰比 2~0.5,灌浆采用吸浆量  $<0.4$  L/min 并稳定 30 min 作为结束标准。

#### 2.2.5 灌浆施工

主要包括造孔、下栓塞、灌浆、封孔。对于浅层岩溶管道的封堵,在浇筑水下混凝土盖板 48 h 后,利用 3 个  $\text{Ø}150$  mm 投砂孔向溶洞内投砂,至出水口冒砂时,加入水玻璃、水灰比为 0.5 的水泥浆(双管双液)(不间断)直至出水口漏水量减小,再加压灌

浆完成封堵。所有灌浆结束后,再施工检查孔。

### 2.2.6 质量控制

按设计要求及相关规范控制,本工程质量控制点主要对浅层岩溶管道封堵时的施工控制,由技术负责人现场实施,从而保证了施工质量。

## 3 堵漏效果及评价

### 3.1 单位注入量对比

灌浆施工是按分序加密的原则进行的,即先施工 I 序孔,后施工 II 序孔。由于各序次孔的施工顺序不同,其水泥注入量也不尽相同,从理论上讲,其单位注入量应遵循 I 序孔大于 II 序孔的原则,本工程灌浆也遵循这一原则(各序次孔注入量分别为: I 序孔 418.66 kg/m, II 序孔 180.05 kg/m),说明在灌注 I 序孔时影响了 II 序孔并取得了较好的效果。

### 3.2 检查孔取心及压水检查

灌浆结束后,在各坝段布置了 3 个检查孔,从取心情况看,每个检查孔均有水泥结石,其中 J3 号孔在孔深 5.92~8.39 m 遇到溶洞,取出长 2.18 m 水泥结石岩心,说明水泥浆已充满溶洞,达到了封堵岩溶管道的目的;各检查孔压水试验得到的透水率为 0.19~0.37 Lu,平均 0.26 Lu,远远超过防渗标准。

### 3.3 渗漏量实测对比

堵漏前后均进行了渗漏量实测,堵漏前坝后实测渗漏量为  $0.706$  m<sup>3</sup>/s,堵漏后实测渗漏量为  $0.0047$  m<sup>3</sup>/s,且主要为闸门漏水,堵漏完成后的渗漏量为堵前的 0.7%,渗漏量减少了 99.3%,说明堵漏效果非常显著。

### 3.4 效益分析

(1)工期短、损失小。从接任务到完成堵漏,仅用了不到 3 个月时间,比合同工期提前了一半(合同工期为 6 个月),工期效益是显著的;由于堵漏效果显著,并在较短时间内完成,保证了附近电厂的生产,从而使损失降到了最低。

(2)费用低。根据当时的物价指数,本处理方案与其它处理方案(化学灌浆、放空水库等)相比费用节省 40%~60%,经济效益明显。

### 3.5 施工技术分析

对于已建中小型水库坝基岩溶管道漏水堵漏,首先要通过勘察查明其发育规模及类型,不可盲目实施堵漏;对于岩溶漏水管道,采取控制出口流量,在合适位置进行“封压”(水下混凝土盖板)并根据实际情况制定封堵程序,能有效降低出水口渗漏水流速和渗漏量,再采用水泥灌浆可取得满意效果。