

小南海水库渗漏的地质背景及处理

⑪

37-40

沈玉玲 蒋甫南 李西平

(河南省水利勘测设计院 郑州 450002)

TV6P7.32

P642.25

摘要 小南海水库库盆为中下奥陶统碳酸盐岩,受顺河断裂控制,深部发育有深层岩溶水径流带,库区处于悬托状态。1993 年加固施工期间,因群众在库底开采中奥陶统底部的石膏,巷道沟通了库水与深层岩溶水,引起了库水集中渗漏,致使水库干涸,再也无法蓄水。为了止漏,专门进行了水文地质和巷道沟通库水与深层岩溶水具体情况的调查,采取截堵方法封闭主要漏水巷道,止漏工程量和投资较少,取得了较好的效果和明显的经济效益。

关键词 水库渗漏 水库加固 水文地质 岩溶

小南海水库位于河南省安阳市西南 35 km 处善应镇附近的安阳河上。该水库于 1960 年基本建成蓄水。由于病、险于 1986 年被水利部列为全国 43 座重点除险加固水库之列。

1989 年 10 月,水库放空,进行除险加固。1993 年竣工初次蓄水,从 8 月 31 日到 11 月 29 日达到本次蓄水最高水位 157.8 m,以后尽管上游保持 $4 \sim 6 \text{ m}^3/\text{s}$ 的入库流量,水库却以每日 $8 \sim 23 \text{ cm}$ 的速度下降,同时在石膏矿巷道口出现漏水旋涡,时急时缓。从 1993 年 11 月 29 日至 1994 年 3 月 31 日共漏水约 3000 万 m^3 。至此,水库已无法蓄水运用。

1994 年 5 月河南省水利勘测设计院接受了安阳市水利局的委托,首先对库区岩溶、渗漏作了专门调查,分析了库水漏失与下游小南海泉群和鹤壁市北部深层地下水之间的水力联系,并对西善应滩地石膏矿巷道分布和挖掘过程中的水文地质现象进行了详尽调查和分析研究,从而形成了悬托型库水与深层岩溶径流带沟通的渗漏模式。经多方案比较确定了处理方案。

堵漏工程于 1994 年 7 月开工,11 月 31 日竣工,投资 76 万余元。水库于 1994 年 12 月重新蓄水,1995 年最高水位达 166.6 m,1996 年最高蓄水位达 175.42 m。据现场观察,集中渗漏旋涡消失,堵漏效果较好。

1 水库渗漏的地质背景

1.1 地层岩性

库区奥陶系碳酸盐岩分布最多,奥陶系由中、下统地层组成,其中中统马家沟组,在库区分布最广,总厚 $300 \sim 400 \text{ m}$;下游及右岸分水岭以东分布有石炭、二叠系碎屑岩;上第三系砾岩零星分布于山麓及丘陵漫岗;第四系地层分布于山坡、冲沟及河谷阶地;岩浆岩有燕山晚期侵入体,岩性以闪长岩、花岗闪长岩为主,分布于库区左岸及坝址区,其与碳酸盐岩接触处,多见大理岩化现象。

1.2 地质构造

库区褶皱、断裂及岩浆活动较强烈,地质构造较为复杂,岩层产状变化较大,区内主要构造线为北北东至近南北向。构造形迹以走向近南北,向北倾伏的宽缓褶皱及北北东向

第一作者简介:沈玉玲,女,高级工程师,从事水利水电工程设计工作,曾发表《窄口水库工程地质》等论文。

断裂为主,北东及北西向断裂规模小,数量亦少。

1.2.1 褶皱

库区附近有3个褶皱,主要由中、下奥陶统组成,轴向近南北,向北倾伏,核部岩层平缓,倾角小于 5° ,两翼岩层倾角 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 。由于岩浆侵入及大断裂的影响,形成局部岩层顶托、弯曲及牵引褶皱。

1.2.2 断层

本区断裂以走向北北东—近南北向为主,数量多,规模大,多为正断层。库区集中漏水段西侧就有断层通过。

1.3 岩溶

库区碳酸盐岩的岩溶有溶孔、溶沟、溶槽、溶洞等,具有成层性。可粗略划分为3层,高程大致为 $350 \sim 300$ m, $200 \sim 150$ m 和 150 m 以下,其中, 150 m 以下溶洞对水库渗漏影响最大。

库区的水文地质条件较为复杂,从地质调查和钻探资料分析,库区主要漏水段位于化象至白玉地段(见图1)。其依据为:①三仓大平间发育有一组横穿河谷近东西向的张性裂隙,宽 $1 \sim 30$ cm,成为库水入渗通道;②张二庄、西善应一带高程 $155 \sim 170$ m有密集

的溶沟、溶洞;③西善应至张二庄两个测流量断面相距 1500 m,据1959年建库前实测资料,上游断面为 59 L/s 和 63 L/s,下游断面相应流量为 17 L/s 和 3 L/s,证实这个河段为严重间歇河段,民间传说是“化象河水下伏,善应泉水泼泼”,说明整个水库区处于间歇河段之上。由于河漫滩和阶地均有相对隔水层存在,中奥陶统下部砾状灰岩亦起隔水作用,因而,库水处于悬托状态,下部奥陶系灰岩中有深层岩溶地下水体系。地表水和地下岩溶水各自自成体系,它们二者之间也有沟通联系之处,这就是水库的渗漏所在。通过对1982~1984年水库运用期间若干时段的水均衡分析得知,当达到兴利水位(169 m 高程)时,水库总渗漏量约为 2 m³/s。 169 m 以上,库水位每提高 1.0 m,渗漏量约增大 0.05 m³/s。

据小南海泉群多年来测流资料,由北善应至南善应长约 1.0 km 多的安阳河旁侧有成股流的泉水点约20多处,此外还有更多的细小涌水点,泉口分散,泉水总量稳定,约为 $5.0 \sim 6.0$ m³/s。建库后,库水位升高,泉水流量也增大。奥陶系灰岩中的地下水通过沿安阳河的顺河断裂岩溶水径流通道,以 $1/400 \sim 1/1000$ 比降向北径流至小南海、南善应一带,受岩浆岩和石炭、二叠系地层的抑制和阻隔,溢出成泉。

1.4 水库石膏矿井的集中渗漏

1989年10月后小南海水库放空,进行加固施工,乘此机会,群众在距坝址 4.5 km 处的西善应村安阳河左侧滩地上挖掘石膏矿,据不完全统计,几年间总计有大小巷道24条,总掘进长度约 750 m,开挖石膏约 1 万 m³。开掘的个别巷道沟通了地表水与深层岩溶水,才形成地表水“天窗式”向地下径流通道集中渗漏,巷道中发现漏水点约有14个,其中SE 160° 巷道漏水量最大,4台3寸泵抽水两天,地下水位基本不下降。正东向巷道漏水也较严重,其次是NE 50° 第三层巷道,用1台3寸泵可抽干。其余多为渗水,个别巷道

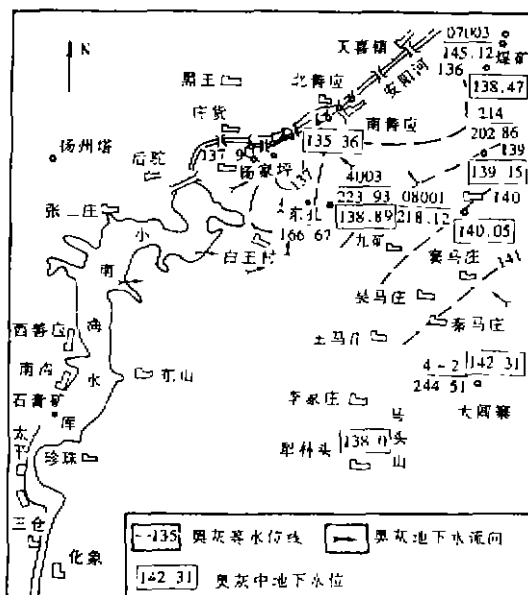


图1 水库东部奥陶系灰岩中地下水径流示意图

有小股射流,开挖期间用木楔可以堵塞。

水库在开始蓄水过程中,采矿巷道的进口竖井大量集中漏水,在水面形成直径约4m的漏斗旋涡。由于巷道进水冲刷,除一条巷道尚能进入外,其余巷道均已坍塌堵死。顶板岩层较薄的巷道,有的已经坍塌,使地面出现5个较大的塌坑。坑口呈圆形,最大直径25m,最大坑深12m。因为下部地面塌陷,引发西岸山坡裂缝,最大缝宽7cm,最大错距达5cm,危及西岸公路。

2 漏水地段的处理

2.1 采矿巷道封堵处理

漏水地段的巷道处理设计比较过三个方案:①混凝土或泥浆砂卵石灌注巷道;②爆破炸塌巷道,辅以灌浆和粘土铺盖;③混凝土门栓塞封堵漏水巷道。这三个方案中,第一方案因工程量大,施工时间长和技术上没把握,开始即被放弃。第二爆破方案需进行爆破设计,而巷道数量、长短、大小及在空间分布的具体位置还需采用勘探手段核实,实施困难较大;同时灌浆和粘土铺盖的填筑,都需要上万立方米的工程量,也不是短时间所能完成的;另外,在爆破时,可能使更多的巷道与地下岩溶洞穴爆通,人为造成更大的渗漏危险。经过反复论证和比较,最后决定采用第三方案,将主要漏水通道用混凝土门栓塞堵漏。在24条采矿巷道中,主要漏水通道为SE160°和正东向2条巷道。进水口总巷道为诸巷道总门,也必须封堵。各巷道封堵方法基本相同,现以总巷道和SE160°巷道封堵处理为代表简述如下。

2.1.1 总巷道封堵处理

总巷道开口于河道西岸山坡脚下,进口高程147.29m。方位角NW310°,巷道下斜坡率30°,斜长12.68m,进口3m长段内为料石砌筑的拱圈,较坚固。巷道下接138.88m高程平台,平台形状不规则,约3m×3m,平台顶呈下规则穹形,高约3m。诸巷道口都开口

于此平台周围,但除SW200°巷道尚能由此平台进入外,其余诸巷道口都因进水冲刷坍塌堵死。

总巷道顶部岩层厚度较薄,因进水冲刷坍塌尚有2m左右,因此总巷道封堵在138.88m高程平台,必须全部用80#水泥砂浆砌块石填实,以防岩层进一步坍塌与地面塌透,形成新的漏水口。总巷道斜坡段在高程145.50m左右以下至浆砌块石体之间,用水冲砂卵石填实。砂卵石面至巷道顶再用80#水泥砂浆砌块石填实。浆砌块石体至巷道口3m长段内用100#混凝土塞封口。在混凝土塞封口3m长段内的原干砌石拱圈,要全部拆除,使混凝土塞能与周围岩层紧密结合。巷道口外再用土工织物滤水布铺贴。土工布铺贴范围,除下部挖结合槽压边外,上、左、右三边都要超出巷道口外2m。口外再用中、重粉质壤土回填压实,压实干密度为 1.63 t/m^3 。

2.1.2 SE160°巷道封堵处理

SE160°巷道为SW200°巷道的岔支巷道,两巷道夹角为40°,中线交点距138.88m高程平台11.0m;两巷道中线交点距鱼嘴端4.12m,鱼嘴地面高程推算为132.53m,巷道断面约3m×3m,巷道顶板覆盖层厚约10~19m,其中岩层厚3~9m。混凝土门塞放在距两巷道中线交点围岩厚10m的位置。该处经探测,地面高程154.40m,巷道顶板高程136.20m,地层总厚18.2m,其中第四系覆盖层厚9.2m,岩层厚9.0m。混凝土门塞设计厚5.0m,周围设门槽深1.0m,将门槽嵌入岩层以内。由于门槽深入岩层,混凝土在巷道内无法施工,采用从门顶挖竖井浇筑。竖井为2.4m×2.4m方形,从地面直通巷道。由于巷道内地下水无法抽干,采用了水下清淤及水下浇筑混凝土门塞。混凝土塞浇好后,要求严格封填竖井。门顶以上用100#混凝土填实,厚2.0m,混凝土以上填中、重粉质壤土,厚7.0m,分层夯实,夯实干密度为

1.68 t/m³。土层以上填砂卵石或原地土,分层夯实,干密度 1.63 t/m³。

2.2 漏水地段的塌坑处理

漏水地段共有大小塌坑 9 个,其中大塌坑 5 个,小塌坑 4 个。编号以大塌坑为准,为 1,2,3,4,5 号。

1,2,5 号及小塌坑因未与漏水巷道贯通,处理较为简单,即用原地土分层回填压实,压实干密度为 1.63 t/m³。

3 号塌坑位于正东向巷道和北东 50°巷道首端顶部地面,塌坑呈圆形,坑口直径 13.0m,坑深 7.6m,坑内为土层,因它与 4 号塌坑紧挨,4 号塌坑已与下部巷道塌透,为防止渗漏冲刷,在回填时要求按填料粗、细,由下到上分层过渡填筑。第一层粒径 5~10 cm 碎石填至 150.00m 高程,厚 1.5 m;第二层为砾石厚 2.0m,砾石层面和周围 1.5m 高坑壁铺设土工织物滤水布,土工布以上分层回填中、重粉质壤土,压实干密度不小于 1.63 t/m³,土层至地面填原地土,分层压实,干密度不小于 1.63 t/m³。

4 号塌坑紧挨 3 号塌坑,位于 NE50°巷道支岔巷道中段的顶部地面,坑口呈圆形,坑口直径 18.0m,深 12.0m。坑底已露出巷道岩壁,岩层顶板高程为 147.00m,坑底已和下部巷道塌透。巷道顶部岩层厚仅 1.0m 左右。回填要求按反滤原则分层填筑。第一层为大于 30.0 cm 的块石夹碎石填平至岩层顶板,厚约 4.0m。第二层为粒径 5~10 cm 的碎石层至 149.00m 高程,厚 2.0m。砾石层面和周围坑壁 1.0m 高范围内,铺一层土工织物滤水布,土工布以上至 152.50m 高程填中、重粉质壤土,厚 1.5m,分层压实,干密度不小于 1.63 t/m³,再往上至地面填原地土,分层压实,干密度不小于 1.63 t/m³。

3 结 论

水库库盆座落于寒武、奥陶系的碳酸盐类地层上,区域内地下岩溶极为发育,构成地

下水的强径流带。库水位与强径流带的岩溶水之间的水位高差达 30~40m。说明它们之间具有强的渗流阻力(俗称相对隔水层),尽管存在着垂向渗漏,仍不会对水库蓄水至 173.0m 水位造成影响。不能正常蓄水来自人为的开挖造成的巷道式的沟通,致使库水与地下深层岩溶水沟通,形成集中渗漏通道。仅 1993 年 8 月 31 至 11 月 29 日短短几十天内,水库约流失 3000 万 m³ 水,最大渗漏量达 7.0 m³/s,如不及时处理,水库则面临报废的危险,将直接影响安阳市工农业用水。

碳酸盐岩岩溶库盆防渗堵漏是一个极为复杂的问题,小南海水库集中渗漏通道采用“深部矿巷塞堵”、“地表塌坑”分层夯实回填处理后,1994 年 12 月水库重新蓄水,水库水位逐月呈上升趋势,1996 年 9 月至 11 月,最高水位达 175.42m,出现建库以来最高水位,集中渗漏旋涡消失,水面平静,效果较好。1984~1985 年,1993~1994 年,1995 年三个时期水位与漏水流量对比情况见图 2。

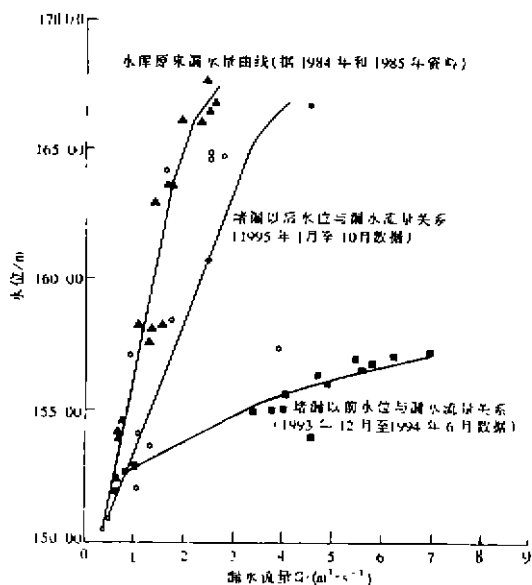


图 2 小南海水库堵漏前后水位与漏水量对比

由于正确找到了问题的症结,对症下药地提出了适合工程实际的科学措施,从而保证了此次堵漏工程的一次成功。

(收稿日期:1997-03-21 编辑:熊水斌)