

沐溪大坝坝基帷幕灌浆处理的几个难点

王 辉

(韶关市水利水电勘测设计院 , 广东 韶关 512025)

摘要 通过沐溪水库大坝坝基防渗灌浆处理的过程 , 论述岩溶坝基常规帷幕灌浆处理中灌浆方式、灌浆压力、灌浆孔冲洗、灌浆材料的选择等几个难点问题 , 强调应针对岩溶发育特点 , 调整常规帷幕灌浆在一般裂隙性基岩地区灌浆的思路及方法 , 遵循先充填后帷幕的原则 , 选择可操作、易控制的灌浆方法。

关键词 岩溶 帷幕灌浆 灌浆方式 沐溪水库

中图分类号 :TV543 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2003)07-0033-02

常规帷幕灌浆由于工艺、应用经验、规范标准及设备等方面较成熟 , 在防渗标准要求较低的中低坝、病坝险库的处理中经常应用。但在某些特殊地质条件的工程实例中 , 需针对工程特点 , 在帷幕灌浆设计思路、施工方法等方面突破常规帷幕灌浆的局限 , 才能取得预期理想的效果。

沐溪水库位于韶关市西郊约 10 km 处 , 建于 1975 年 , 是一座以灌溉、供水、综合经营为主的中型水库。大坝为均质土坝 , 最大坝高 24.5 m , 坝长 250 m。水库运行过程中 , 在 1986 ~ 1987 年高水位期间 , 大坝右岸岸坡上游出现 3 个直径 2 ~ 4.3 m , 深 1 ~ 2.3 m 的岩溶跌窝 , 距坝下游棱体脚 35 ~ 70 m 低洼处出现 3 个泉眼。之后 , 在 1988 ~ 1989 年低水位期间 , 对右岸岸坡岩溶跌窝进行开挖回填三合土夯实处理 , 对右岸岸坡局部坝基进行了灌粘土浆处理。2000 ~ 2001 年沐溪水库安全加固中 , 在大坝低水位运行期间对坝基进行防渗帷幕灌浆。对坝基岩溶的灌浆处理是本次坝基帷幕灌浆的重点及难点。

1 坝址工程地质及灌浆设计概况

坝址地层为泥盆系上统帽子峰组 (D₃m) 石灰岩、砂岩、粉砂岩、页岩。右岸 ~ 原河床(坝中部)地形较缓 , 坝基岩性自上而下依序为坡积层 , 最大厚度 4 m ; 全风化砂岩、粉砂岩 , 透水性中等 , 厚度 12 ~ 2 m , 由岸坡至河床变薄 ; 下部为石灰岩 , 岩溶发育 , 以溶洞、溶隙为主 , 尤其在右岸岸坡砂岩、粉砂岩与石灰岩界面附近开口溶洞发育 , 溶洞规模大(最大垂径约 10 m) 充填 ~ 半充填 , 充填物为软塑状粘土夹风化砂岩、粉

砂岩 , 充填不密实 , 岩溶通道连通性好 , 与坝下游泉眼有水力联系。右岸 ~ 原河床坝段坝基透水性受岩溶发育程度主导 , 为强透水带 , 是大坝坝基渗流的主要部位 , 渗流通道以溶蚀管道为主。左岸岸坡地形较陡 , 坝基岩性为砂岩夹炭质灰岩、炭质页岩 , 岩溶不发育 , 基岩透水性较差。坝基帷幕灌浆设计概况如下 :

a. 灌浆布置。为减少坝体钻进工作量 , 坝体中段帷幕线布置在坝前坡高程 74 m 马道上 , 右岸岸坡沿坝体前坡轮廓边线布置 , 左岸坝基岩溶不发育 , 基岩透水性较差 , 不作灌浆处理。双排帷幕 , 排距 1.5 m , 孔距 3 m , 两序孔 (图 1)。

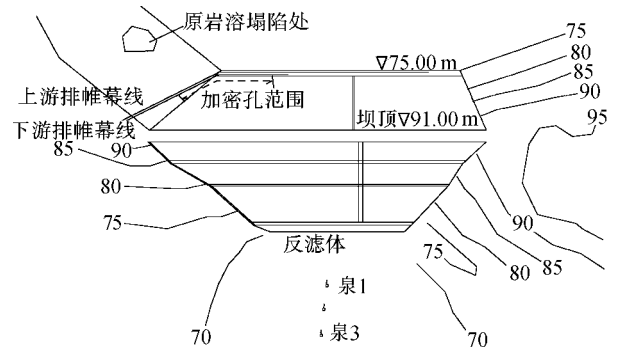


图 1 沐溪水库帷幕灌浆布置示意图

b. 钻孔冲洗。非岩溶孔段采用压力水(灌浆压力的 80%) 冲洗 , 岩溶孔段采用风水联合冲洗。

c. 灌浆方式。自上而下分段(段长 5 m) 灌浆。对于非岩溶及岩溶不发育孔段灌水泥浆 , 岩溶孔段灌水泥粘土浆 , 对于溶洞规模较大、充填不密实或无充填的采用先充填砂卵石粗颗粒 , 再灌水泥粘土浆。

d. 灌浆材料。灌浆原材料有水泥、粘土、砂卵

作者简介 : 王辉 (1970 —) , 男 , 江苏南京人 , 工程师 , 从事水利水电工程地质勘察设计及监理工作。

石、水玻璃、水泥粘土浆中水泥掺量为 20%。

- e. 灌浆压力. 灌浆压力取 0.15 ~ 0.6 MPa.
- f. 浆液控制及终灌标准按水利水电灌浆技术标准执行^[1].

2 岩溶孔段的灌浆处理

由于未作灌浆试验,上述帷幕灌浆设计是依据勘察资料及前期灌浆(粘土浆)资料进行的,设计思路偏重于裂隙性坝基帷幕灌浆方法.施工前期,通过部分灌浆先导孔的压水试验及灌浆效果分析,发现常规灌浆处理方法对岩溶孔段效果不理想.根据岩溶发育规律,在钻孔冲洗、灌浆材料、灌浆压力、灌浆方式、钻孔布置等方面作相应的调整.

a. 钻孔冲洗. 灌浆施工规范中对溶洞是否冲洗以及冲洗方式,未有明确的要求.原设计中岩溶孔段采用风(机口压力 1MPa)水(压力 0.5MPa)联合冲洗,目的是将溶洞泥质充填物冲洗干净,确保坝基的可灌性.灌浆先导孔冲洗过程中,发现坝下游泉眼渗流量剧增,水质变浑.同时,冲洗时间长,连续冲洗 3d 仍未见回水变清.冲洗过程中右岸岸坡上游岩溶跌窝附近出现新的跌窝(直径 1.5m,深 1m).考虑到本工程坝基岩溶发育,溶洞规模大且开口溶洞发育,连通性好,充填物以泥质为主且不密实,大坝右岸岸坡上游曾出现岩溶跌窝等特殊情况.采用风水联合冲洗方式不可行,首先,该冲洗方式对水库安全运行有潜在的危害性,在风水联合冲洗下,加剧溶洞充填物的冲蚀掏空,坝基及岸坡在冲洗过程中有可能产生新的岩溶塌陷.其次,该冲洗方式使灌浆扩散半径急剧扩大,超出帷幕灌浆的有效扩散半径,增加了不必要的灌浆材料消耗.从上述情况分析,岩溶孔段宜采用清水(压力 0.3 MPa)冲洗至回水变清.

b. 灌浆材料. 前期右岸局部的帷幕灌浆(灌粘土浆)曾起着一定的效果,下游泉眼渗流量灌后减小,但随着水库多年的运行,粘土浆所形成的帷幕能否持续可靠起防渗作用?粘土浆浆液在充填基岩裂隙后,须经脱水固结,才能形成一定强度的浆脉,在地下水位以下,浆液的排水固结过程的时间加长,在此期间,在渗透压力作用下,未固结的浆脉会否遭到渗流破坏?针对上述疑问,为保证本次帷幕灌浆的质量,岩溶地段取消灌水泥粘土浆,采用灌水泥砂浆,再复灌水泥浆.对于溶洞规模较大、充填不密实或无充填的采用先充填砂卵石粗颗粒,再灌水泥砂浆.对溶洞充填砂卵石粗颗粒,岩溶地段是通过孔口投入粗颗粒,在钻具旋转及压力水携带下向钻孔四周扩散.实施中,该充填方式效果未如预期,主要问题在于水的粘滞力小,携带砂卵石粗颗粒扩散半径

小,加之孔径较小,砂卵石主要集中在钻孔附近,距钻孔较远的溶洞空间只能通过水泥砂浆充填.本工程采用的重量比水:水泥:砂为(1 ~ 0.5):1:(0.2 ~ 0.5)水泥浆既是灌浆材料又是运输媒质,砂在水泥浆的携带下向溶洞四周扩散充填,扩散半径大.由于灌浆设备(主要是灌浆泵)的制约,砂的掺入量及砂的粒径(本工程选用中细砂)受到限制,因此对溶洞的灌浆中水泥的消耗量仍较大.

c. 灌浆压力. 由于本工程岩溶发育,连通性好,岩溶孔段灌浆中窜浆、冒浆频繁,因此灌浆中,控制灌浆压力的提升速度,以控制浆液扩散半径,减少冒浆损耗.最大灌浆压力亦控制在 0.6 MPa 以下,以减小冒浆对土坝坝体影响.

d. 灌浆方式. 自上而下与自下而上分段灌浆相结合,以加快灌浆施工进度.第一段及岩溶孔段采用自上而下灌浆,使后续孔段的灌浆中冒浆情况减少,灌浆压力能较快达到设计标准,保证灌浆质量.其余孔段采用自下而上分段灌浆.岩溶孔段采用灌水泥砂浆,再复灌水泥浆.若灌注水泥砂浆过程中,接近或达到灌浆设计压力,且灌入量有减小的趋势,可保持压力,继续灌注纯水泥浆,否则,应在灌注水泥砂浆后待凝 24 ~ 48 h,扫孔再复灌水泥浆.复灌应确保按帷幕灌浆终灌标准执行.

e. 钻孔布置. 岩溶地区帷幕灌浆,在实施钻孔布置过程中,应视具体地段岩溶发育情况作相应的调整.本工程右岸—原河床坝段坝基岩溶发育,溶洞多、规模较大,垂向上呈串珠状,水平向连通性好,且主要集中在上部石灰岩(厚约 10 m),见图 2. 因此,在完成下游排两序孔的灌浆后,通过分析已灌资料,在右岸岸坡地段加密钻孔(终孔孔距 1.5 m),钻孔孔深控制在石灰岩内两段灌浆段,对该地段进行重点灌浆处理.

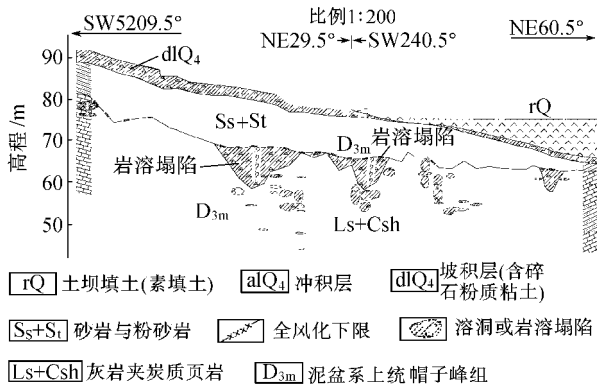


图 2 大坝右岸—河床坝基工程地质剖面图

f. 特殊情况处理. 岩溶孔段灌浆过程中,冒浆、漏浆及灌浆段注入量大,灌浆难于结束这两种情况较频繁出现.对于冒浆、漏浆可根据(下转第 44 页)

脚打桩压重、顺堤河筑坝抬高水位等措施进行抢险。

a. 对于裂缝及堤身滑移险情,采取的措施有:

①加强巡查,24 小时密切观测裂缝长度、宽度等变化;②在暴雨间隙立即停机进行钻探,钻探资料显示,深土层有较厚的灰白色重粉质壤土河泥,易发生滑移,因此决定在背水坡脚打桩阻滑,抛块石土袋压重,防止该段土体发生深层滑动破坏。打桩采用人工用铁榔头打桩,木桩采用脚手架方法控制桩基,桩分两排,呈梅花桩形,桩间距 0.6 m,脚手架钢管桩入土 4 m,伸出地面 2 m,打桩总长 194 m,见图 2;③在迎水面进行抛石护脚;④用防渗膜对裂缝部位进行覆盖,防止雨水灌缝,同时禁止行人及重物上堤顶。

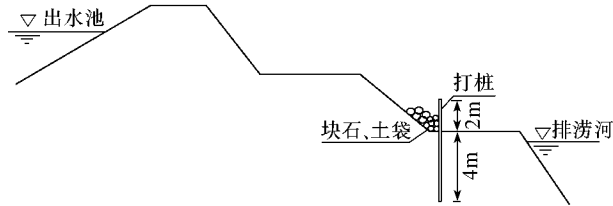


图 2 裂缝及堤身滑移抢险施工示意图

b. 对于渗水险情,利用暴雨的间隙,在出水池水位较高时,在渗水量较大点处抢筑反滤围井,在渗水量较小处赶筑“养水盆”,观测其发展变化,以便采取措施。反滤围井施工见图 3。

抢险工作从 2003 年 7 月 8 日下午开始,至 14 日

结束。根据观测,裂缝和滑移量稳定,无发展趋势,渗水停止,所有险情得到有效控制,抢险工作取得了成功。

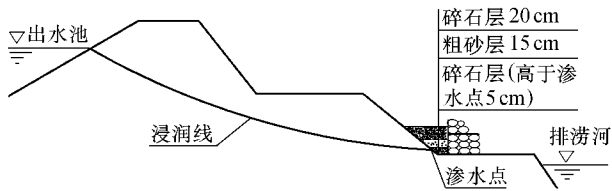


图 3 反滤井施工示意图

3 加固建议

由于石港抽水站是江苏省金湖、宝应地区的重要排涝泵站,也是引江济淮和江苏南水北调的重要泵站,因此加固工作刻不容缓。但石港抽水站又是国家南水北调东线二期工程中将要重建的泵站,因此又不宜大范围加固。然而石港新抽水站的建设毕竟还有待时日,因此对北堤的加固仍应本着经济实用的原则进行。为此建议:①目前堤防缺少里程桩,建议埋设;②为了监测堤身的水平和垂直位移的发展,建议埋设观测标点,加强监测;③对堤顶不足设计高程的堤段进行培土加高;④对发生裂缝、滑移及渗漏险情部位的浅层进行开挖回填,深层全面进行帷幕灌浆处理。

(收稿日期 2003-11-04 编辑:马敏峰)

(上接第 34 页)

具体情况采用嵌缝、表面封堵、低压、浓浆(加大掺砂量)、限流、限量、间歇灌浆等方法进行处理。对于后一种情况,可选用下列措施处理:①低压、浓浆、限流、限量、间歇灌浆;②浆液中掺加速凝剂;③加大掺砂量灌注。该段经处理后仍应扫孔,重新依照技术要求进行灌浆,直至结束。本工程实施过程中主要是灌浆段注入量大,灌浆难于结束,受设备影响,充填过程掺砂量只能限制在 1:0.5(水泥:砂)之内,水泥消耗量较大。

3 灌浆效果

沐溪大坝坝基帷幕灌浆总进尺 3 683.75 m,灌入水泥 673.46 t,砂 79.54 m³,平均单位耗灰量 182.82 kg/m,最大单位耗灰量 3 872.55 kg/m,最大单孔耗灰量 31 700 kg,最大单孔耗砂 4.58 m³。耗灰量因岩溶发育的差异性而变化幅度大。经检查,灌浆效果满足下列要求:设计防渗标准为透水率 $q \leq 5 \text{ Lu}$,检查孔 10 孔,压水试验 28 段,其中 26 段合格,两段 q 在 5 ~ 10 Lu(2.0 $q_{\text{设}}$)间,且不集中,满足所在单元工程透水

率合格率在 90% 以上的要求。坝后渗流分析,灌浆后坝后泉点渗流量大幅减小。相近库水位情况下,泉 1、泉 3 流量降低了 77% ~ 81%。见图 3(灌浆施工期为 2000 年 10 月 23 日至 2001 年 3 月 17 日)。

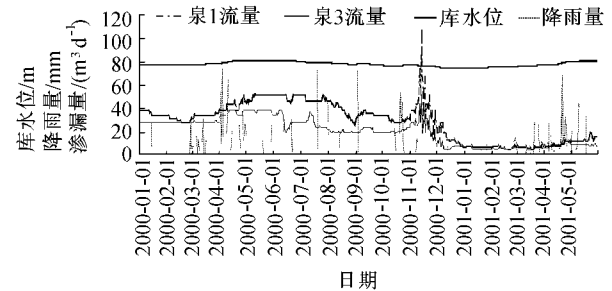


图 3 沐溪水库库水位、坝后泉 1、3 渗漏量及降雨量~时间曲线(2000-01~2001-05)

参考文献:

[1] SL62-94 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S]

(收稿日期 2003-08-04 编辑:马敏峰)