

文章编号 1000-5013(2002) 01-065-05

木屑水泥浆在土层灌浆中的应用

黄 国 春

(福建省水利水电工程局, 泉州 362000)

摘要 在带压力水进行灌浆堵漏施工以处理水库漏水时,会遇到土层冒浆问题. 采用木屑水泥浆作为灌浆材料并施以限量灌浆,致浆液在流动中保持层流状态而使冒浆土层不再冒浆,有效地治理了大坝漏水. 该方法简单,费省效宏,可供防堤、大坝等治理工程借鉴.

关键词 木屑水泥浆, 围孔, 限量灌浆, 管涌毛渗, 层流状态, 雷诺公式, 水灰比

中图分类号 TV 543 : TV 432⁺.9

文献标识码 A

水库大坝的渗漏若不彻底根治,将危及大坝自身和大坝下游居民的安全. 福建省古田县杉洋镇境内的龙舞溪水库大坝为浆砌条石拱坝,最大坝高 14.5 m; 坝顶长 53.8 m, 宽 1.0 m. 大坝河床基岩为凝灰岩,岩石较为新鲜; 两岸基础 1 004 m 高程以上岩石为强风化岩,有两组节理十分发育. 一组为 NE7.6°; 倾角 7°; 倾向上游; 另一组为 NE76°; 倾角 82°. 岩石风化破碎,夹有 1~3 mm 不同厚度的红黄色泥层. 右岸有 2 条张拉断层 F₁ 和 F₃, 均有泥质充填(图 1). F₁ 断层开裂度为 50 mm, F₃ 断层开裂度为 70 mm. 经过多年的水库运行,断层内的泥层渐

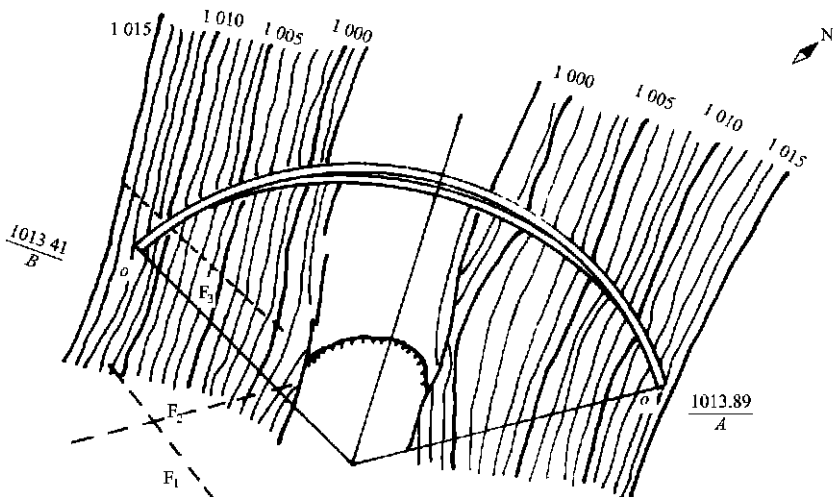


图 1 断层平面图

渐被水带走^[1], 导致出现多处管涌. 其中 8 处漏水量较大, 最大漏水量为 $0.012 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 已危

及大坝安全, 严重地影响水库效益的发挥. 要治理水库漏水问题, 难度较大. 原因是在大坝上游难以找到漏水源头, 且施工期正遇雨季, 库内水难以放空. 倘若排水施工则水电站又要停止发电, 这将减少电站收入, 并需向用电企业索赔经济损失(专线供电). 鉴于以上实际情况, 堵漏施工宜在不降低库水位且电站照常发电的条件下进行.

1 渗漏原因分析

根据实地观察发现, 该水库 1 004 m 高程以上坝基岩石节理发育, 节理面风化严重, 这是造成大坝渗流的主因. 另一方面, 主要绕坝渗流的通道是右岸两条张拉断层被水掏空, 导致大坝下游 8 处大漏水. 因此, 采用灌浆方法堵塞漏水通道是处理漏水的主导思想.

2 灌浆设计

灌浆目的是通过对大坝与两岸基础接触部位进行静压灌浆^[1], 对难以判断的漏水通道采用围孔持续间隔灌注的方法. 该法可使浆液充填空隙, 拦截其渗漏通道, 根治渗漏.

2.1 布孔

坝后基础布置一排帷幕灌浆孔, 孔距 1.5 m, 孔深视基础的地质情况而定并至少 3 m. 分 2 次序孔, 其布置如图 2 所示.

2.2 围孔

绕坝渗流的通道难以判断, 故在坝后钻孔堵截通道效果不好. 可采用浆砌块石围孔. 即在漏水处将土层挖至岩面以下 0.5 m, 然后根据漏水量的大小埋入相应规格的铁管. 将水全部从管中引出, 再用浆砌块石将铁管及周围的土体包住. 灌浆管的四周设置一道止浆土工布, 其基本型式如图 3 所示. 管周围的砌石体应能承受灌浆所需的灌浆压力.

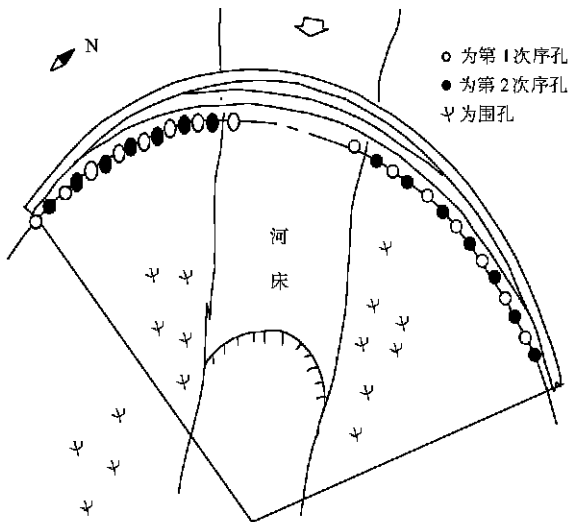


图2 灌浆孔平面布置图

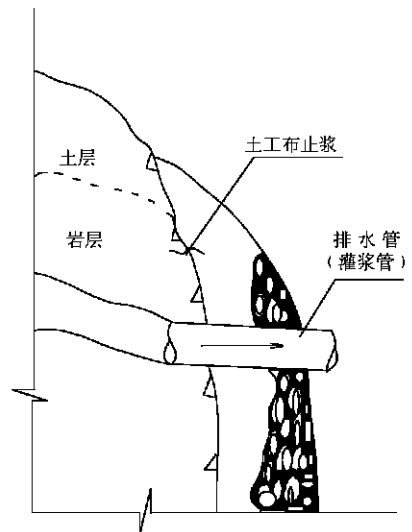


图3 围孔型式断面图

2.3 施工设备

钻孔机械采用手持式风钻造孔. 灌浆机械采用双缸灌浆机, 拌和机械采用自制的拌和筒,

其生产率应和灌浆泵的生产率相匹配。灌浆管直接插入漏水口。灌浆管路必须保证能承受最大的灌浆压力的 1.5 倍, 其管径选择应满足最大灌浆流量的要求。它与漏水口的连接应符合浆液流态的要求, 避免发生水泥沉淀而导致堵管。

2.4 配制浆液

鉴于大坝下游段覆盖层为 1.0~1.2 m 厚的松散土层, 灌浆时极易冒浆。水泥浆很难灌至大坝位置, 这将直接影响堵漏效果。施工前先试验各种不同的灌浆材料, 尔后从中选择比较合适的灌浆材料。(1) 掺加一定比例(0.04)速凝剂的水泥浆液(以水溶液状态加入), 以加速水泥浆的凝结。结果在邻近土层的冒浆虽能达到止浆的效果, 但灌浆管路及灌浆通道易堵塞, 灌浆效果不好。(2) 水泥砂浆浆液不掺用外加剂。为保证浆液流动, 灌浆压力需较大。灌浆压力取决于土层的性质, 浆液的浓度。当灌浆压力超过土层的允许压力时, 土层的滑坡极易产生; 另一方面, 砂在浆液的流动中, 极易沉淀, 止浆效果不好。(3) 木屑水泥浆的组成。木屑掺量为水泥质量分数的 0.000 5~0.001 5。浆液的水灰比采用 4:1, 2:1, 1:1 和 0.5:1 等 4 种比级, 并遵循由稀到浓的要求, 逐级改变。变换的方法比较复杂, 它要根据吸浆量大小、地表冒浆情况、孔口距大坝的远近、灌注时间的长短等多种因素, 在实际操作中进行变换。其大体的方法是先从水灰比为 4:1 的水泥浆开始, 灌浆压力控制在 0.05 MPa, 灌注 10~20 min。若无冒浆且吸浆量较大, 可变换水灰比为 2:1 的水泥浆并逐渐调高灌浆压力。当压力升至 0.1 MPa 时, 若地表没有发现冒浆, 且吸浆量较大, 则再换成更浓一级的水泥浆。由此类推, 直至灌浆压力达到设计的灌浆压力。在操作过程中, 还可以根据实际情况跳级变换。若发现地表冒浆, 先降低灌浆压力。然后根据冒浆情况配制木屑水泥浆。木屑很快流向土层冒浆口封堵, 使水泥浆不再跑浆。从挖开的土层观察到, 灌浆通道周围的土层, 已形成强度较高的水泥土。

2.5 木屑水泥浆的特点及要求

木屑的密度较水泥浆小, 故浆液在灌浆通道中流动时, 木屑浮在通道上部流动。由于冒浆处均处于灌浆通道以上, 一出现冒浆, 木屑很快流往冒浆通道。加上木屑颗粒较粗, 能封堵冒浆毛细管, 使水泥浆不再外冒。根据木屑水泥浆的以上特点, 选用的木屑应符合以下材料要求。(1) 采用杉木的木屑材料最佳, 因其密度小, 遇水后, 具有一定的膨胀率, 故防治冒浆效果好。(2) 木屑的颗粒不宜太大, 其最大粒径应小于 2 mm。(3) 为了防治白蚁, 木屑在使用前应浸泡药水, 然后晒干。

3 灌浆施工

经过多次的试验分析认为, 龙舞溪水库右岸的地质条件复杂, 在坝基强风化层以上渗漏量最大, 吸浆量亦较大。针对这种情况, 灌浆分两个步骤。(1) 先灌帷幕灌浆孔。分 2 次序孔钻灌(图 2), 自上而下用孔口封闭循环式的灌浆方法施灌。(2) 灌围孔的漏水孔, 可以自上游而下游施灌。

3.1 压力控制^[6]

灌浆允许的最大压力, 应根据库水位、孔深、岩层的岩性、岩体的完整性、裂隙大小、浆液浓度等情况, 并经灌浆试验后确定。按灌浆设计的要求, 灌浆压力控制在 0.05~0.2 MPa。当发现地表冒浆或灌浆压力超过控制值时, 要通过控制开关及时调整灌浆压力, 或停灌数分钟后再灌。压力控制大概分以下几种:(1) 冒浆时的压力控制。地表冒浆时, 采用掺有木屑的水泥浆

液. 此时压力控制以流量控制为主, 灌浆压力随之变化, 变化范围一般在 $0.05 \sim 0.15 \text{ MPa}$ 之间. 待冒浆处的土体达到一定的强度后, 再逐步升高灌浆压力. (2) 地表地层呈毛细渗流(简称毛渗)时的压力控制. 地表土层常见有水泥浆毛渗现象, 且渗出的水泥浆的水灰比比拌和筒内的水灰比大. 此时, 应及时观察其瞬时的灌浆压力. 然后, 灌浆压力控制值应比瞬时灌浆压力读数小 $0.01 \sim 0.02 \text{ MPa}$. 浆液掺入极少量的木屑, 使木屑和水泥颗粒堵住渗浆的毛细管内, 待土体达到一定的强度后再升压. (3) 地表强度较高时的压力控制. 地表土层已被水泥浆液充填且达到压力要求的强度, 单位吸浆量有下降趋势, 则压力逐步升至设计要求的灌浆压力. 此时, 灌浆施工按常规的水泥灌浆法施灌.

3.2 流量控制^[6]

流量控制主要是在地表出现冒浆的情况下, 控制灌浆浆液在被灌体通道中的流态应保持层流状态, 使木屑保持在上层流动. 根据雷诺试验的液流形态的判别法, 分两种不同条件的流态判别. (1) 当被灌体为岩层的缝隙时, 根据平行固体壁之间液流层流状态的雷诺公式为

$$Re = \frac{Vb}{r} < 1\,000, \quad (1)$$

式中 V 为浆液的流速, b 为两壁之间的距离, r 为浆液的粘滞系数. (2) 当被灌体为土层时, 漏时通道近似视为圆管液流. 根据圆管液流, 其层流状态下的雷诺公式为

$$Re = \frac{Vd}{r} < 2\,000, \quad (2)$$

式中 d 为管径. 据资料查出水灰比为 $2:1$ 时的浆液, 其液体的粘滞系数为 $0.0186 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. 在施工中, 按不同漏水通道的两壁距离或孔径大小, 计算出相应的控制流量.

3.3 注意事项

(1) 当冒浆处不冒浆时, 浆液应换成纯水泥浆灌注. (2) 当冒浆较大时, 冒浆口应用棉絮作堵塞处理. 先沿漏浆通道挖一个小口, 深度挖至较坚硬的土层, 必要时应挖至 $0.4 \sim 0.6 \text{ m}$ 深, 再将棉絮堵住土层底部. 尽量不要扰动原状土, 可采用轻击. 压实, 以减少冒浆量. (3) 若地表土层不能很快达到灌浆压力的允许强度, 可在土层表面抹一层早强水泥砂浆.

4 效果与效益

4.1 木屑水泥浆的效果

在施工中, 当见有地表冒浆时, 立即采用木屑水泥浆, 可使漏水通道周围的土层逐步变成坚固的通浆管壁. 本工程实例证明, 当被灌孔口低于上游水位 11.5 m 时, 通道周围仅 1.2 m 厚的土层能承受 0.25 MPa 的灌浆压力. 使用木屑水泥浆作为灌浆材料后, 灌浆过程中从大坝下游面灌入的水泥浆液, 能在水库的上游冒出水泥浆, 使漏水的源头彻底堵死.

4.2 堵漏效果

龙舞溪水库大坝经过灌浆处理后, 实现了水库水位在正常蓄水位时完全堵漏的效果. 比如, 原来多处漏水的坝体、坝基均已不见漏水, 大坝从此投入安全运行.

4.3 经济效益

4.3.1 木屑水泥浆的经济效益 若采用化学灌浆处理, 原预算总费用需 22.75 万元人民币. 现采用木屑水泥浆灌浆处理, 实际总费用仅为 10.6 万元人民币, 节省了 10.15 万元人民币.

4.3.2 水电站的经济效益 采用不降库水位进行施工, 因而水电站可在施工期间照常发电。根据电站工作人员的测算, 施工期间不耽误发电, 可以给电站免除直接和间接损失近 12 万元人民币。

4.4 社会效益

多年来, 由于水库的漏水量较大, 每次汛期到来, 水库下游居民不能安心生产和生活。现在, 下游居民完全打消了思想顾虑, 并在河流两岸大胆发展生产。

5 结束语

(1) 在灌浆工艺中, 把握灌浆流量及灌浆压力的控制是至关重要的。灌浆过程中若经常出现冒浆, 水泥浆不能灌到坝体位置, 灌浆效果就不好。因此, 施工中应科学地指导灌浆操作工艺, 根据不同的漏水情况, 采用不同的操作方法, 才能使灌浆达到效果。(2) 此次灌浆的实例表明, 用木屑水泥浆处理土层冒浆, 方法简单, 费省效宏。它对于堤防工程的管涌治理, 小型土坝工程的堵漏治理等, 均可采用。

参 考 文 献

- 1 赵 逊, 苏向明. 石庄子水库坝体渗漏初步分析[J]. 河北水利科技, 1998, (2): 43~44
- 2 从 容, 李守东, 王 雷等. 高喷技术在哈尔滨市道外江堤防渗加固工程中的应用[J]. 山东水利, 1999, (1): 33~34
- 3 丘宏余, 雷国辉. 劈裂灌浆技术在深圳水库防渗加固工程中的应用[J]. 水利水电科技进展, 1997, (2): 49~50

Application of Sawdust-Cement Mortar to the Grouting through Solum

Huang Guochun

(Fujian Prov. Bureau of Hydraul. & Hydroelec. Eng., 362000, Quanzhou)

Abstract In treating water leakage of reservoir, slurry emitting from solum may occur during leakage stoppage by pressurized water. To adopt sawdust-cement mortar as grouting material and to grout in limited quantity will make the flow of slurry to keep a state of laminar flow. Thus slurry emitting from solum did not occur any more and water leakage of dam was effectively treated. This is a simple, cheap and effective method which will serve as reference for the engineering of dyke and dam.

Keywords sawdust-cement mortar, border aperture, to grout in limited quantity, piping and capillary leak, state of laminar flow, Reynolds formula, water cement ratio