

# 天荒坪电站引水岔管的高压灌浆施工

张维明, 孙玉涛

(中国水利水电第一工程局基础处理分局, 吉林 永吉 132200)

**摘要:** 天荒坪抽水蓄能电站为高水头电站, 其地下引水系统的岔管承受的最大动水头达 887 m, 采用固结灌浆的压力为 9.0 MPa, 由于岔管的结构特殊, 受力条件复杂, 在该部位进行高压灌浆施工稍有不慎就可能对隧洞产生不利影响。通过生产性高压灌浆试验, 优选可靠的灌浆参数和施工工艺, 使引水岔管的高压灌浆施工得以顺利进行。

**关键词:** 高压岔管; 高压灌浆; 天荒坪抽水蓄能电站

**中图分类号:** TV732 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-3746(2001)02-0027-02

## 1 工程概况

天荒坪抽水蓄能电站设计装机容量为 180 万 kW, 其高压引水系统采用“两洞六机”的布置方式, 即由 2 条相对独立的引水系统分别经由 58° 倾角、700 m 长斜井和岔管分成 6 条引水支洞再分别与 6 台机组相接。充水后, 斜井底部输水隧洞及岔管承受的动水头压力接近 9 MPa, 因此该部位的固结灌浆压力定为 9.0 MPa。

由于斜井及岔管为钢筋混凝土衬砌, 岔管结构形式特殊, 由一个主洞分岔成为 3 条支洞, 受力条件复杂, 其洞径由 7 m 渐变到 3.2 m。在该部位进行 9.0 MPa 的高压灌浆, 如果灌浆参数和施工工艺选取不当就可能对引水隧洞造成不利影响。为了选取切实可行的灌浆参数, 我们于 1996 年 9 月进行了 9.0 MPa 的高压灌浆试验, 论证了 9.0 MPa 高压灌浆试验的可行性, 得出了可靠的试验数据。但高压灌浆试验洞为圆形, 洞径为 3.2 m, 与岔管部位的边界条件有很大差别, 为确保岔管部位高压灌浆的安全进行, 在 1 号岔管高压灌浆时, 又进行了生产性高压灌浆试验, 进一步优化了灌浆参数及施工工艺。

## 2 岔管的地质条件及结构形式

高压水道通过的土层为流纹质熔凝灰岩, 岔管部位岩性新鲜, 岩石坚硬, 节理较发育, 但紧密闭合, 岩体声波速度基本在 5000 m/s。高压渗透试验表明岩体属于微透水性, 地应力较高。

岔管部位钢筋混凝土衬砌厚度为 0.6 m, 分 13 个浇筑段, 洞径由 7 m 渐变到 3.2 m (见图 1)。高压灌浆孔的布置根据洞径不同由 10 孔/环逐渐变为 6 孔/环, 环距为 3 m。A、B 主岔管部位的孔深为入岩 8 m, 其余的灌浆孔深为入岩 6 m, 环向帷幕的灌浆孔深为入岩 10 m。

## 3 高压灌浆施工工艺

### 3.1 高压灌浆原理及目的

高压灌浆是在普通低压灌浆的基础上, 通过高压灌浆泵

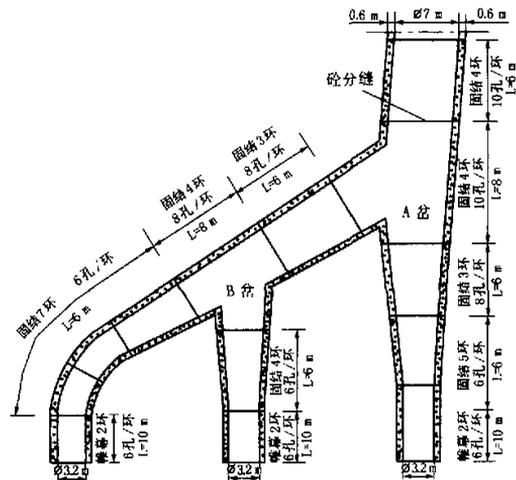


图 1 岔管衬砌结构及灌浆孔位布置示意图

对水泥浆液施加压力经耐压钢丝胶管、高压耐磨阀门输送浆液至灌浆塞, 对岩体施加高压进行灌浆。

高压灌浆前要先进行回填灌浆和浅层固结灌浆, 并在与钢管相交部位进行高压帷幕灌浆用以封闭高压灌浆区域。

高压灌浆的目的是对岩石的节理、裂隙或软弱结构面在高压下使浆液很好地充填并得到较高的结石强度, 从而减少岩体的渗透性, 同时提高岩体地应力。

### 3.2 回填灌浆和浅层固结灌浆

回填灌浆按常规灌浆方法在顶拱 120° 范围内回填水泥砂浆用以充填顶拱部位, 灌浆压力 0.4 MPa。

浅层固结灌浆的目的是在高压灌浆前对衬砌与围岩的结合缝和爆破松动圈给予固结, 使其在高压灌浆时有足够的强度抵抗高压灌浆时产生的上抬力。浅层固结的孔位布置与高压固结的孔位布置相同。孔深为入岩 3 m, 灌浆塞位在衬内。灌浆时, 圆管段不分序, 灌浆压力 3 MPa, 在 A、B 主岔管段 2 个次序进行灌浆, 压力为 I 序孔 1.0 MPa, II 序孔 3

收稿日期: 1999-05-14; 改回日期: 2000-12-08

作者简介: 张维明 (1962-), 男 (汉族), 山东人, 中国水利水电第一工程局副总工程师、基础处理分局副局长、总工程师兼东南基础工程公司经理, 高级工程师, 水利水电工程建筑专业, 从事基础处理工作, 吉林省水吉县口前镇, (0432)4313011, 13906821248。

MPa,按分序加密的原则施灌。灌浆用 625 普通硅酸盐水泥,灰水比为 0.8。

### 3.3 高压灌浆材料及径向变形观测装置

由于岔管的结构形式特殊,受力条件复杂,为确保高压灌浆施工中不破坏衬砌,在岔管段每隔 2 环孔即布置一组径向变形观测装置,其布置形式为纵横交错分布。在高压灌浆过程中,设专人监测并记录径向变形数值。其安装位置尽可能靠近被灌孔。

灌浆用水泥浆液采用 625 普通硅酸盐水泥掺外加剂配制析水率 < 5%,初凝时间 > 2 h 的稳定性浆液,初期经室内水泥浆液试验得出,在水灰比为 0.8 的浆液中掺加膨润土(SM-C)及高效抗渗防水剂(TMS)各 5%,制成稳定性浆液。在高压灌浆中,该种浆液在 9.0 MPa 压力下 30 min 左右浆液即成膏状,失去流动性。后经现场高速搅拌下的析水率测试,在满足析水率 < 5% 的情况下优化浆液配比,并调整搅拌槽的加料顺序为水→外加剂→水泥,搅拌时间 < 3 min,调整后的水泥浆液可连续灌注达 50 min 左右,基本上能满足单个孔连续灌浆的要求。

### 3.4 施工方法

灌浆设备选用 SGB4-12 型高压灌浆泵,使用机械式高压灌浆栓塞,灌浆塞初期安装在入岩 0.3~1.3 m 之间进行灌浆塞位试验,在确保衬砌不被破坏的前提下,将塞位逐步调整为入岩 0.5 m,但 A、B 主岔管部位因受力条件特殊,灌浆塞位为入岩 1.2 m。灌浆顺序为由低到高逐孔灌浆,每环前后交替呈跳跃式灌浆,灌浆开始时,用高压灌浆泵将灌浆管路充满浆液,测定出管路占浆数值后,用高压耐磨阀门控制压力逐步升压,在吸浆量较小的情况下,压力一般在短时间内升至 5.0 MPa,在无异常情况下,压力再由 5.0 MPa 逐

渐升至 9.0 MPa。灌浆过程中,设专人监测砧变形观测装置。在变形值超过 0.2 mm 的情况下,则压力不再上升。如果在升压过程中,个别孔出现串浆或串水现象,则采用“低压慢灌,串浆稳压”或加深塞位等方法使压力逐渐升至 9.0 MPa。在设计压力下孔内吸浆量 < 2.5 L/min 持续灌注 20 min 后可结束灌浆,灌浆结束时均带压闭浆,待打开孔口阀门孔内不淌浆时方可取出灌浆塞。

### 4 灌浆成果

1 号岔管段共布置了灌浆孔 303 个,全部在 9.0 MPa 压力下结束灌浆。共完成钻孔灌浆 1815 m。

1997 年 11~12 月,在 1 号系统充水过程中,1 号岔管段经受了考验。充水期间,在最大水头压力下,从岔管上部 A1 排水廊道观测到的情况及原形仪器观测的情况说明,岔管处于良好的工作状态,A1 廊道内的排水孔只有微量渗水,很难通过量水堰收集计量,说明围岩整体性明显提高,岔管围岩渗水量很小,岔管段高压灌浆取得了较为明显的效果。

在岔管部位灌后布置的 30 个检查孔中做压水试验,其单位吸水率值全部小于 0.5 Lu,均满足设计要求的使用标准。

### 5 结语

天荒坪电站 9.0 MPa 高压灌浆,从试验到生产充分证明,从施工设备到施工工艺都是可行的,而且通过优化技术参数,在受力条件复杂的异形岔管中进行 9.0 MPa 高压灌浆也是成功的,为下一步高压灌浆的全面展开创造了条件。高压灌浆以其自身的功能和特点把灌浆理论由低压常规范畴提高到一个新的阶段。