

# 宝珠寺水电站中孔预应力闸墩的施工

常 明 云, 杨 振 华

(中国水利水电第五工程局, 四川 广元 628003)

摘 要: 宝珠寺水电站中孔工作弧门支铰的支撑牛腿采用后张法预应力锚索结构。工程项目施工复杂, 技术标准高, 并且作用在弧门上的水推力大(单支铰承受 2.5 万 kN), 相应地张拉吨位大(主锚索单孔设计锁定吨位为 380 t), 又属于高空作业, 给施工带来了难度。根据现场实际情况, 灵活采用各种施工方案, 为达到张拉技术要求, 施工中采用“双控”兼顾测力器观测、校核, 确保了工程如期交付使用。

关键词: 中孔闸墩; 预应力锚索; 后张法施工; 施工技术措施

中图分类号: TV 652.1; TV 52

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2000)增-0027-04

## 1 工程概况

宝珠寺水电站中孔位于坝体 11 号、12 号坝段, 共两孔 4 墩, 孔宽 13.0 m, 闸墩厚 4.0 m。进口堰顶高程为 560.0 m, 工作弧门尺寸为 13 m × 13.6 m, 正常蓄水位在 588.0 m 高程时, 单支铰弧门承受 2.5 万 kN 推力。闸墩为单薄的缝墩结构, 支撑牛腿承受如此巨大的推力, 如果不采用预应力锚固结构, 不但配筋量大、复杂, 而且难以保证施工质量。因此, 在设计阶段, 经过多方案的比较优化, 最后选用预应力锚固结构, 这样, 不但确保了施工质量, 而且经济合理。因此, 支铰锚固采用简单锚块式结构, 预应力锚索采用后张法施工, 锚索具体布置见图 1。

主锚索在闸墩立面上呈扇形布置, 设 5 层, 每层 4 束, 扩散角 20°; 共 20 束。在弧门支承牛腿的锚块

部位垂直主锚索方向上, 参差布置着 4 层, 每层 4 束共 16 束次锚索, 预应力锚固体采用柳州市华达机械厂生产的 DHF-Z 水电闸墩锚。主锚索上游端为夹片端(单束张拉端), 下游端为墩头端(整体补偿张拉端), 主索由 12 小束, 每束 7 根  $\varnothing 7$  mm 共 84 根低松弛高强度钢丝组成; 次锚索由 7 小束, 每束 7 根  $\varnothing 7$  mm 共 49 根高强度钢丝组成。线材为天津钢丝一厂生产的低松弛预应力高强度钢丝, 其机械性能及技术指标满足(GB 5223-85)要求, 其极限张拉强度  $\sigma_k = 1670$  MPa。

## 2 施工方案

预应力锚索张拉采用后张法施工, 施工程序为: 分层安装主、次锚索的预埋钢管; 与预埋钢管分层相对应, 浇筑闸墩一期混凝土; 穿主次锚索; 张拉; 锚固; 灌浆; 回填墩头二期混凝土。

根据实际情况, 主锚索张拉端设在上游闸墩中预留的 1.5 m 宽的槽孔中, 待张拉完毕后回填, 下游端为墩头整体补偿张拉端, 在浇一期混凝土的同时预埋型钢, 搭设张拉平台。次锚索中墩水面布置墩头锚, 背水面为夹片张拉端, 边墩与中墩相反, 临空面均预埋型钢, 搭设张拉平台。锚索下料制作在坝顶 595 m 高程一平台处, 锚索吊运和混凝土浇筑, 利用横跨白龙江的平移式缆机施工。

## 3 预应力闸墩的施工

### 3.1 钢管的预埋

预应力孔道采用在二期混凝土中预埋无缝钢管的方案, 由于钢管较长, 位置分布较高, 安装精度有严格要求, 且闸墩混凝土浇筑是采用分层浇筑的施工方法。因此, 我们根据浇筑分层厚度和钢管设计长度在加工厂预拼, 然后运到施工现场分层分段安装预埋钢管。钢管连接采用现场焊接, 钢管支架采用型

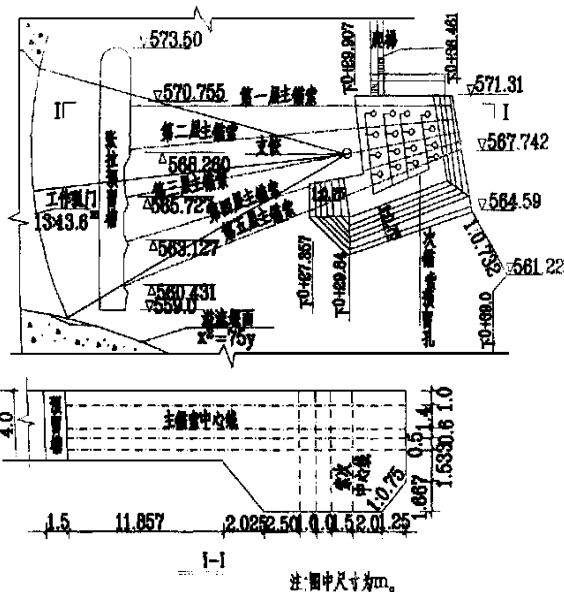


图 1 中孔闸墩预应力锚索布置示意图



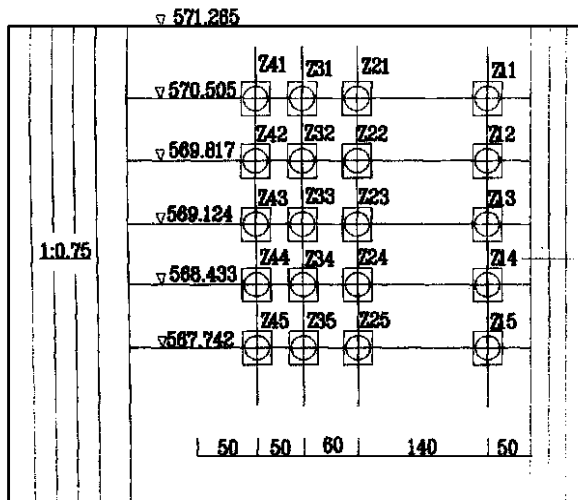


图3 主锚索位置排列顺序示意图

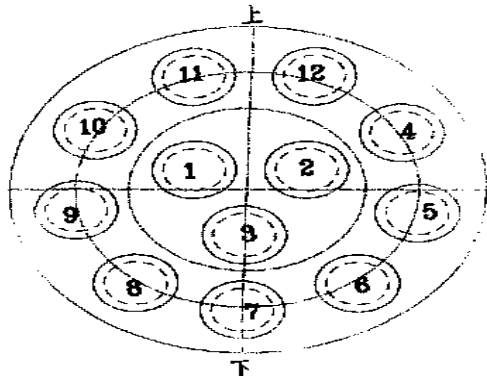


图4 主锚索夹片端每束排列顺序图

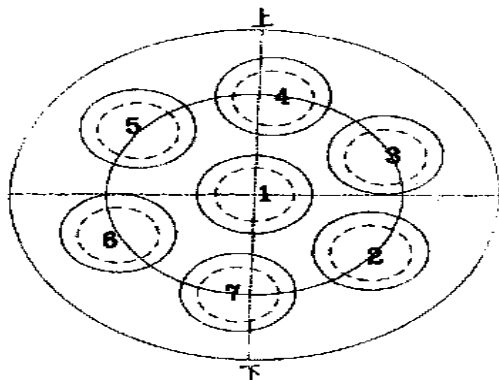


图5 次锚索夹片端每束排列顺序图

锁定吨位为 224.95 t, 永存吨位为 202.45 t。张拉时, 升荷速率每分钟不超过设计应力的 1/10, 并不大于 5 MPa/min, 卸荷速率每分钟不超过设计荷载的 1/5。

(2) 张拉吨位控制

采用张拉千斤顶对应油压表读数, 伸长值校核 (实际伸长值与理论伸长值比较即双控) 兼顾测力计观测值控制, 张拉中每级荷载都要准确测量伸长值, 当大于计算伸长值 10% 或小于 5% 时, 暂停张拉, 查明原因并采取措施调整后, 方可继续张拉。

3.4.4 主次锚索张拉程序

(1) 主锚索张拉程序。

(a) 预紧: 将闸墩主锚索中每小束钢丝预紧至 3 t 稳压 5 min, 测初始伸长值。

(b) 第一循环: 由 3 t <sup>升荷</sup> 16 t (稳压 5 min, 测量伸长值) 锁定 卸荷 (同一闸墩主锚索张拉完第一循环后, 再进行第二循环张拉)。

(c) 第二循环: 由 16 t <sup>升荷</sup> 32.133 t (稳压 10 min) 锁定 卸荷。

(2) 次锚索张拉程序。

(a) 预紧: 同主锚索;

(b) 由 3 t <sup>升荷</sup> 31.133 t 稳压 10 min, 测量伸长值 锁定 卸荷。

(3) 补偿张拉。

在夹片端初张拉完毕后过 7 d, 在墩头端进行整体补偿张拉, 稳压 5 min 锁定卸荷, 特别注意的是在实施张拉时, 应随时拧紧锁定螺母。

(4) 张拉记录及测力器观测。

(a) 记录: 及时准确记录测量张拉伸长值, 并迅速计算理论伸长值, 以此来校核张拉操作是否正确。该程序对确保张拉质量极为重要, 不可忽视, 预应力计算伸长值  $\Delta L$  的公式如下:

$$\Delta L = (F_p \cdot L) / (A_p \cdot E_s)$$

式中  $F_p$  —— 预应力钢丝的平均张拉力, 本闸墩取油压表读数作为对应的张拉力;

$L$  —— 钢丝的长度 (m);

$A_p$  —— 单根预应力钢丝的截面积 (mm<sup>2</sup>);

$E_s$  —— 预应力钢丝的弹性模量, 这里取  $2.0 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>。

由此公式计算, 结果均能满足设计和规范要求。

(b) 测力计的测值:

主索用 450 t 级, 次索用 300 t 级的测力计, 在施工中按以下几个档次观测记录, 主索拉完 6 小束 (次索 3 小束) 时测一次读数, 每束全拉完测一次, 补偿张拉前观测一次, 补偿后观测一次。经过上述几个阶段测值分析, 补偿张拉前即初张拉全拉完后 7 d 左右, 预应力损失为 2.6% ~ 3.0%。补张后一个月, 我们又一次测值, 结果预应力损失很少。此后, 在运行期间, 由运行单位继续观测。

3.5 灌浆

3.5.1 灌浆系统的布置

灌浆设备布置在 571.283 m 高程中墩上, 设一个 15 t 的水泥临时储存棚, 主要利用工地现有设备 2000 L 强制式搅拌机一台及相配套的注浆机一台。

3.5.2 灌浆材料

采用 525 号江油中热大坝水泥, 在闸墩上临时架接供水管, 拌合用水的  $PH$  值 = 8.45, 不掺外加剂, 所用材料指标均能满足规范要求, 浆液水灰比按 (0.45~0.5) : 1 控制, 浆液密度为 1.85~1.90  $g/cm^3$ 。

### 3.5.3 灌浆工艺

在墩头端, 补偿张拉后 48 h 内进行灌浆, 在灌浆前, 用氧焊切割锚具外长出的钢丝, 用环氧沙浆封堵每孔锚索的两端头。主次锚索均采用二次起浆, 二次并浆一次倒灌的方法施工, 出浆口均设压力表, 其压力控制在 0.1~0.2 MPa, 其工艺如下:

#### (1) 第一次灌浆。

主次锚索均由夹片端  $\Phi 90.5$  mm 进浆管进浆, 墩头端一序、二序回浆管出浆兼排气, 待出浆浓度密度大于 1.85  $g/cm^3$  时关闭进浆管, 进行压力式并浆 30 min。

#### (2) 第二次灌浆。

以备用进浆管与  $\Phi 90.5$  mm 进浆管同时进浆, 其它工序同第一次灌浆, 完毕后封堵进浆管。

#### (3) 倒灌。

顺灌结束 30 min 后, 从二序出浆管进浆, 一序出浆管出浆, 待收浆密度大于 1.85  $g/cm^3$ , 水灰比在 0.5 : 1 以下后迅速封堵进浆管, 结束灌浆。

#### (4) 灌浆质量检查。

由于精心组织施工, 严格施工过程控制, 灌浆结束后会同监理检查: 每束孔均密实, 满足设计要求。

## 4 结 语

该工程于 1998 年 4 月 2 日验收合格, 交付蓄水, 且经历了 1998 年白龙江百年一遇的洪峰考验, 经多方观测分析工况良好, 证明了所采用的后张法预应力锚索施工技术比较成熟, 施工方案合理可靠。通过中孔预应力闸墩的施工, 笔者总结出了以下几点经验, 供设计和施工人员参考。

### 4.1 初张拉循环次数

初张拉循环次数主要与张拉千斤顶行程有关, 在钢丝较短的情况下, 一次能张拉到设计吨位就不必再进行二次循环。因为, 循环次数越多, 对钢丝锁紧夹片的内齿损伤就越严重, 这样, 锚索锁定后, 预

应力损失也相应增加。所以, 本工程次锚索未采用二次循环。

### 4.2 夹片安装注意事项

由于夹片分为 3 瓣, 安装对位时端头一定要平齐, 前后相差不应超过 2 mm, 否则无法张拉到设计吨位夹片便脱扣了。如本闸墩次锚补张拉时, 个别夹片就出现了脱落, 后又重新安装夹片, 重新张拉, 因此, 安装时要严格要求。

### 4.3 培训的重要意义

锚索张拉掌握每一台油压机的性能是关键, 这就必须保证有专人操作, 上岗前先进行培训, 掌握机器的原理和技术性能。稳荷是为了保证所加荷载千斤顶的伸长量; 缓慢升荷是为了保证钢丝的弹性增长均匀, 不致使钢丝因局部拉力大而拉断, 缓慢升荷可使拉力沿钢绞线分力, 使钢绞线受力均匀。所加荷载不能超过弹性极限应力, 只有这样才能保证钢丝是弹性变形, 符合虎克定律等力学规律。

### 4.4 如何保证锚索张拉吨位

应从下面几个方面作好张拉前的准备工作: 每个夹片在穿之前, 牙缝之间必须清洗干净, 不能存在任何杂物; 夹片在安装就位后, 3 个夹片的尾端必须在同一个平面上; 墩头锁紧端补偿张拉后, 锁紧螺母必须保证锁紧; 循环张拉中, 第一次张拉的拉力和第二次张拉的拉力, 要保证锁紧牙扣, 不在钢绞线上的同一位置 (与上次张拉咬合位置不再重复)。

### 4.5 国产钢丝的性能

国产钢丝材质较硬, 墩头直裂纹多, 墩头直径小, 在墩头压力为 42 MPa 时, 墩头直径为 9.5~10.5 mm, 且在张拉时夹片容易脱扣, 现场观察脱扣夹片, 发现夹片的牙扣都磨平了, 与钢丝材质过硬有关。

#### 作者简介:

常明云(1966年-), 男, 四川广元人, 中国水利水电第五工程局第四分局生产办工程师, 现从事水电施工生产管理工作;

杨振华(1966年-), 男, 浙江桐乡人, 中国水利水电第五工程局第六分局机械队队长, 工程师, 现从事施工机械管理工作。

(上接第 10 页)

[8] 沈清, 汤霖. 模式识别导论[M]. 北京: 国防科技大学出版社, 1991.

#### 作者简介:

王文圣(1970年-), 男, 四川宣汉人, 四川大学水电学院讲师, 博士, 从事水文水资源新理论新方法研究;

丁 晶(1935年-), 男, 江苏扬州人, 四川大学水电学院教授, 博士生导师, 从事水文计算和预测研究;

刘国东(1962年-), 男, 安徽六安人, 四川大学水电学院副教授, 博士, 从事水环境研究