

宝珠寺水电站中孔闸墩预应力锚索施工质量控制

陈忠勇

(宝珠寺水电建设管理局, 四川 广元 628003)

摘要: 宝珠寺水电站中孔孔口尺寸和总水推力在全国名列前茅, 所宣泄洪水占枢纽总泄量的 2/5, 为了承受弧门支铰传来的巨大水推力, 闸墩采用了预应力锚索结构。文章结合中孔闸墩预应力锚索张拉吨位大, 技术含量高, 施工工艺复杂等特点, 全面地介绍了预应力锚索施工工序间的质量控制标准和措施, 供类似工程参考。

关键词: 中孔; 闸墩; 预应力锚索; 张拉; 质量控制

中图分类号: TV 3; TV 222

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(1999)增-0037-03

1 工程概况

宝珠寺水电站泄洪中孔布置于河床 11 号、12 号坝段内, 共两孔四墩, 闸墩厚 4 m, 孔口尺寸 13 m × 15 m (宽 × 高), 堰顶高程 560.0 m, 宣泄设计洪水 5 830 m³/s, 校核洪水 6 302 m³/s, 非常洪水 6 667 m³/s, 占枢纽总泄量的 2/5。在正常高水位 588 m 时, 堰上作用水头 28 m, 弧门承受的总水推力 42 000 多 kN, 通过支铰传给闸墩承受。宝珠寺水电站中孔的孔口尺寸和总水推力目前在全国名列前茅。

为承受弧门支铰传来的巨大水推力, 闸墩采用了预应力锚索结构。在每个闸墩内布置了 20 根主锚索, 16 根次锚索。主锚索在闸墩立面上呈扇形布置, 设 5 层每层 4 根, 扩散角 20°; 次锚索在锚块部位上下游方向上呈 4 层 4 排布置。详见图 1。每根主锚索由 84 根预应力钢丝组成, 每根次锚索由 49 根预应力钢丝组成, 钢丝采用天津钢丝一厂生产的低松弛预应力高强钢丝, 公称直径为 7.0 mm, 极限抗拉强度 $R_y^6 = 1\ 670\ \text{MPa}$ 。

锚索施工从 1997 年 6 月钢管预埋开始至 1998 年 3 月整个张拉工作全部结束, 共历时 10 个月。

2 锚索结构

中孔闸墩预应力锚固体系采用柳州华达机械厂生产的 DHF-Z 型水电闸墩锚, 其预应力锚索结构由夹片端 (张拉端)、墩头端 (补偿张拉端) 索体三部份组成。主锚索夹片端布置在闸墩的预留槽内, 边墩次锚索夹片端布置在迎水面, 中墩次锚索夹片端布置在背水面。索体由 $\varnothing 7$ 预应力高强钢丝和预埋钢管

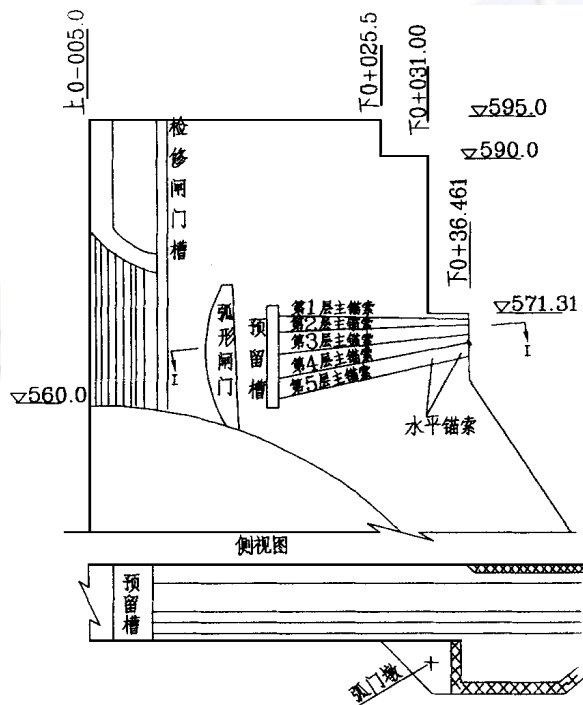


图 1 中孔闸墩预应力锚索布置示意图
组成。在每根锚索的两端布置有灌浆管路。测力计布置在 12 号坝段主、次锚索的墩头端, 共 19 个, 在未张拉前用铁皮罩保护。其详细结构见图 2。

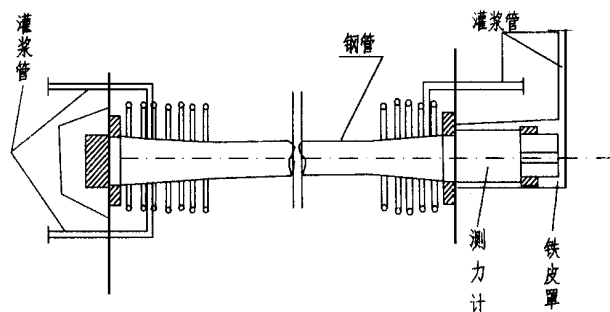


图 2 带测力计的锚索结构示意图

3 预应力锚索施工质量控制

3.1 工艺流程

准备——一期混凝土立摸、钢筋绑扎——钢管架立——混凝土浇筑——混凝土养护、拆模——锚索制作——孔道清理——锚索穿管、安放——锚索张拉——孔道灌浆——端头二期混凝土封堵——清理现场、撤离。

3.2 施工质量控制

3.2.1 闸墩一期混凝土浇筑与钢管架立

闸墩一期混凝土浇筑顺序严格遵守中孔孔口部位分层分块图,其模板制作、钢筋制作、钢管架立以及各专业埋件、观测仪器埋设均严格遵守《水工混凝土施工规范》(SDJ207-82)。

锚块部位模板架立采用内拉内撑加固方式,加固模板的拉、撑杆不准连到预埋钢管及其支架上,也不能共用地锚。模板架立好后,由测量人员进行校测,要求锚块及锚索上、下游锚固面安装误差控制在15 mm内,其它部位满足规范要求。

预埋用钢管采用定型产品,主索钢管外径 $\Phi 152$ mm,内径 $\Phi 124$ mm,管壁厚4.5 mm、次索钢管外径 $\Phi 133$,内径 $\Phi 124$,管壁厚4.5 mm。锚垫板、锥管、灌浆管路与钢管焊接在加工场内完成并经验收合格后,再运至现场。为减小施工难度,钢管采用分层吊装并用预埋钢支架逐层架立,钢支架埋设须稳固牢靠,要求钢管中心线与锚垫板、锥管段中心线重合,并保证与锚垫板垂直,误差不大于 0.5° ;钢管在高程、平面上误差均应 ± 5 mm,局部凸凹不大于 ± 5 mm。

闸墩部位混凝土标号 $R_{28}300$ 号、锚块部位 $R_{28}400$ 号。混凝土浇筑采用通仓逐层铺料,水平上升,铺料厚度不大于50 cm,振捣器和吊罐不能碰撞钢管和其它预埋件。混凝土浇筑完后,采用喷水养护,其养护时间为28 d,拆模时间不早于15 d。

3.2.2 锚索制作

由于主索长度均超过22 m,运输困难,为便于施工,将右岸上坝公路平台作为主索制作场所。次索长度较短,选定加工厂进行加工制作。锚索制作工序,线材检查、穿锚具、镦头、下料、编束。

(1) 线材检查:

线材外观检查:要求钢丝表面不得有锈坑等腐蚀造成的缺陷,不允许有死弯、裂纹,并检查钢丝直径,直径允许偏差 -0.03 mm,而实际检查结果偏差为 $-0.02\sim +0.08$ mm。

抽样检查:从选取的几盘高强钢丝首尾截取标距为10 cm的线材,进行拉伸试验,其物理指标和力学性能试验均满足规范要求,其中极限抗拉平均强度为1682.4 MPa,平均伸长率为7.5%。

(2) 镦头:线材验收合格后,将钢丝一端穿入锚杯并镦头。头型为平台型,镦头器为LD20K型。镦头质量控制标准为:镦头直径 $d=9.5$ mm,高度 $h=7.5$ mm,头型饱满无歪头,无劈头裂纹及斜裂纹。检查时不合格的镦头,截掉后重镦,直至合格。锚索在加工过程中取了几组镦头试件进行镦头抗拉强度试验,试验包括有裂纹的镦头在内,其试验结果均满足规范要求,从而证明裂纹对镦头强度影响不大。

(3) 下料:为了有效地避免因镦头不合格而造成整根钢丝报废,提高材料利用率,采用先镦头后下料,下料长度严格按图纸要求的长度进行,其下料误差控制标准为:

$$\begin{aligned} &+0.1\text{ m} \\ &-0.1\text{ m}。 \end{aligned}$$

(4) 编束:每根锚索内相邻7根钢丝镦头下料完毕并理顺后,用扎丝每隔2~3 m绑扎成束。整根锚索编束完毕后,逐束理顺,用铅丝每隔5 m左右绑扎成索,并编好索号: $Z_{ik}C_{ij}$ 。在镦头端用不同颜色的油漆作好上下左右标记,同时在另一端对应小束上作好相同颜色的标记,以便可穿索时检查锚索是否扭转、平顺。

3.2.3 锚索安装

锚索穿孔之前,将锚孔内及孔周围杂物清除干净,核对锚束与锚孔的对应编号,锚端的进、回浆管及排气孔必须畅通,张拉平台应方便施工,安全可靠。

次锚索较短,采用人工直接穿索,主锚索较长,施工难度大,采用缆机将锚索吊至锚管管口,在上游端预留槽内用牵引绳人工牵引穿束。锚索吊运穿管时应保护好钢丝、锚具螺纹。穿管后,根据两端颜色采用对应敲击,检查锚索是否扭转,找正后用垫片塞紧定位。

3.2.4 锚索张拉

3.2.4.1 张拉前的准备工作

(1) 组织设计人员进行技术交底。

(2) 对所有参与现场施工人员进行培训,掌握机械性能,熟悉张拉程序及施工技术要求,熟练掌握张拉锚固体系的安装以及测力计的安装使用,熟悉填写各种表格。

(3) 对千斤顶、油压表、高压油泵进行配套率定,对测力计进行标定,并绘制压力表读数——张拉力关系曲线、应力——应变曲线。

(4) 检查闸墩混凝土强度是否达到设计强度, 混凝土是否有裂缝或架空现象。

(5) 安装锚夹具、测力计、墩头限位板。

3.2.4.2 锚索张拉

张拉前的各项准备工作完成并经验收合格后, 由监理工程师签发准张证进行张拉。张拉原则: 先张拉水平次锚索, 后张拉主锚索, 在同闸墩张拉面上张拉孔位是先中间后两侧, 逐步扩散, 对称均衡进行。张拉质量标准: 张拉控制应力以压力表读数为准, 兼顾伸长值和测力计读数, 伸长值偏差控制在 $-5\% \sim 10\%$ 之间, 升荷速率控制在 $5 \text{ MPa}/\text{min}$, 卸荷速率控制在 $10 \text{ MPa}/\text{min}$ 。张拉分期: 主锚索分三期, 即第一循环张拉, 第二循环张拉, 补偿张拉; 次锚索分二期进行张拉, 即第一循环张拉, 补偿张拉。

(1) 第一循环张拉: 主锚索: $0 \sim 3 \text{ t}$ (稳压 5 min , 测初始值) $\rightarrow 16.0 \text{ t}$ (稳压 10 min , 测伸长值) 锁定 \rightarrow 卸荷; 中墩次锚索: $0 \sim 3.0 \text{ t}$ (稳压 5 min , 测初始值) $\rightarrow 18 \text{ t}$ (稳压 10 min , 测伸长值) 锁定 \rightarrow 卸荷。边墩次锚索: $0 \sim 3.0 \text{ t}$ (稳压 5 min , 测初始值) $\rightarrow 32.133 \text{ t}$ (稳压 10 min , 量测伸长值) 锁定 \rightarrow 卸荷。

(2) 第二循环张拉: 主锚索: $16.0 \text{ t} \rightarrow 32.133 \text{ t}$ (稳压 10 min , 量测伸长值) 锁定 \rightarrow 卸荷。

(3) 补偿张拉: 在主索第二循环张拉和次索第一循环张拉结束并待部分预应力损失完成后, 在墩头端进行整体补偿张拉, 张拉顺序同夹片端, 并及时作好记录, 主锚索补偿张拉锁定吨位 385.6 t , 永存吨位 347 t , 次锚索锁定吨位 224.94 t , 永存吨位为 202.45 t 。

(4) 伸长值校核: 预应力筋的张拉伸长值 ΔL , 在不考虑孔道摩擦的影响, 按下列公式计算。

$$\Delta L = \frac{N_j L}{(\Delta P \cdot E_s)}$$

式中 N_j —— 预应力筋张拉端的拉力 (N);

ΔP —— 预应力筋截面面积 (mm^2);

E_s —— 预应力筋的弹性模量 (N/mm^2);

L —— 预应力筋的长度 (mm)。

通过对 80 根主锚索, 64 根次锚索张拉实际量测的伸长值与理论伸长值比较, 大约有 5% 略超过《水工预应力锚固施工规范》(SL 46-94) 的规定偏差值 $-5\% \sim 10\%$ 。

3.2.4.3 孔道灌浆

为减少预应力损失, 在补偿张拉结束后, 由监理工程师开具准灌张进行及时灌浆, 间隔时间控制在 3 d 内, 浆液采用 525 号纯大坝水泥, 水灰比 0.5

1, 浆液比重控制在 $1.85 \sim 1.90 \text{ g}/\text{cm}^3$, 控制出浆口压力在 $0.1 \sim 0.2 \text{ MPa}$ 内。主、次锚索均采用两次顺灌, 一次倒灌施工。第一层锚束两次顺灌在墩头端进行, 倒灌从夹片端进行, 其它层锚索两次顺灌从夹片端进行, 倒灌在墩头端进行, 灌浆时间在 45 min 内结束。灌浆结束 1 d 后, 在墩头端进行了灌浆质量检查, 有个别孔口来灌满, 用环氧进行了补救处理。

3.2.4.4 预留槽混凝土回填

预留槽及下游锚头区二期混凝土施工前, 将一期混凝土面凿毛, 并将钢筋焊接好, 模板支立应稳固, 预留槽回填混凝土采用低热微膨胀水泥, 浇筑完后不再进行灌浆。

4 锚索预应力监测

锚索测力计共 19 个, 其中主锚索 12 个 (两个备用), 次锚索 7 个 (备用 1 个), 除次锚索的备用测力计安装在 11 号坝段中墩外, 其余均安装在 12 号坝段中、边墩。测力计在验证锚索补偿张拉锁定吨位时, 测力计所测吨位比压力表读数反映的张拉吨位小 4% 左右。本工程以压力表读数所反映的张拉吨位作为永久锁定吨位。它们锁定后由测力计进行长期监测。通过一年多时间观测来看, 大多数测力计的测值无规律, 忽高忽低, 主锚索测力计有 5 个测值变化较正常, 其测值都大于设计永存吨位, 测力计测值不正常的原因将留待进一步研究。

5 结 语

中孔闸墩预应力锚索张拉吨位大, 技术要求高, 施工工艺复杂, 施工工期长 (历时 10 个月), 笔者在施工过程中从事该部位的工程监理工作, 现有以下几点意见供同行参考。

(1) 随着预应力锚索施工技术的进步, 为了缩短锚索施工工期, 采用锚索“先装法”, 即先穿索后浇筑混凝土, 应该在设计时优先考虑, 这样可以不留预留槽, 减少施工工序, 加快施工进度。

(2) 在整个锚索张拉施工过程中, 补偿张拉锁定吨位的控制和孔道灌浆质量的控制是保证锚索设计永存吨位的关键, 也是整个锚索施工工序质量控制的核心。

(3) 应加强测力计的保护, 为锚索预应力验证提供可靠保证。

作者简介:

陈忠勇 (1968 年-), 男, 四川仪陇人, 宝珠寺水电建设管理局工程管理部副部长, 工程师, 学士, 现从事水电工程监理工作。