

N-J 水电站大坝闸墩预应力锚索施工研究及应用

崔健

中国葛洲坝集团第三工程有限公司

DOI:10.32629/hwr.v3i6.2235

[摘要] 水电站闸墩锚索是一个系统预应力工程,其施工工艺要求严格且施工工艺程序相对其它水电工程隐蔽项目要更加复杂、各工序间影响较大,尤其是对锚索预紧张拉应力的选用以及张拉方式是锚索施工的重中之重,施工中需严格控制,如果某一索失败即可能造成整个预应力系统失效,从而造成难以弥补的后果。因此在水电站闸墩锚索施工前需做好一系列准备工作,在施工过程中严格按程序进行操作显得尤为重要。本文主要介绍巴基斯坦N-J水电站闸墩预应力锚索施工的主要工艺流程控制要点以及锚索预紧张拉应力及张拉方式的研究及应用,以保证锚索张拉施工的安全性和可靠性,供其它工程借鉴参考。

[关键词] Neelum Jhelum 水电站; 闸墩; 预应力锚索; 施工技术

1 工程概况

Neelum Jhelum水电站工程位于巴基斯坦东北部克什米尔特区内,大坝工程距印巴克什米尔停火线约6km,海拔在600~1100m之间,主要包括挡水大坝工程、引水隧洞工程、发电厂房工程,其中引水隧洞轴线长度28.56km,属于典型的引水式电站,总装机容量969mw,是巴基斯坦已建和在建的最大水电工程。

大坝工程挡水建筑物主要由中部混凝土重力坝、左侧引水建筑物、右侧粘土心墙坝三部分组成,其中混凝土重力坝位于主河道内,包含三孔泄洪底孔和两孔排渣表孔。泄洪底孔为主要的泄水建筑物,每孔泄水闸进口净宽12.0m,高为15m矩形喇叭口断面,泄水闸工作闸门设计为弧形闸门。为了加强闸墩位置弧形工作闸门混凝土抗拉强度,在闸墩和弧形门轴部位混凝土内布置有后张法预应力锚索。每束锚索由12根 $7 \times \Phi 5\text{mm}$ 钢绞线构成,垂直门轴方向每束锚索长度为48.0m,弧形门轴部水平锚索分别为11.4m, 7.5m, 5.7m。锚索均为有粘结后张法张拉锚固的锚索结构形式,张拉吨位为2500KN,锁定吨位2350KN,在完成锚索张拉锁定后,对其孔道进行回填灌浆并进行锚头保护混凝土浇筑。

2 锚索施工工艺

预应力锚索施工技术作为一种常用的增加结构内应力的方法,常常运用在桥梁、墩墙、边坡支护以及电站弧形闸门闸墩部位,以加强结构抵抗拉力,弥补混凝土结构抗拉性较差的特点。预应力锚索是一种较复杂的锚固工程也是一项系统工程,需要专门知识与经验,施工人员应具有丰富理论和实践经验,并严格按照施工程序进行。尤其是水电站闸墩这类多束集中锚固结构,其中一索失败即有可能造成整个系统失去作用,给水电站后期的运行造成极大地风险和不可估量的后果,因此如何有效的选择更加准确的初始张拉预应力及张拉方式是锚索施工一项非常关键的工作。

3 锚索张拉施工

张拉施工是锚索工程最关键、最重要的环节,也是施工控制难度最大、施工状况最复杂、意外风险较多的环节。因

此,如何选择合适的张拉方式对有效控制锚索张拉施工并达到经济、高效的施工显得尤为重要。N-J水电站闸墩预应力锚固工程采用后张法施工。常规的锚索张拉方式根据锚索长度及锚索特点采用单侧、两侧同时或两侧非同时张拉等方式,本工程初期采用两侧非同时张拉,后期经过现场试验优化为单侧分级张拉并取得了成功。

3.1 张拉准备工作

在进行锚索张拉施工前应完成一系列的张拉准备工作,其中锚索张拉机具的率定工作是最为重要的一项。同时对于率定使用的设备配套方式在施工中需严格遵守,否则可能造成表盘读数与张拉实际应力不符的问题,从而影响张拉效果,可能造成结构无法到达设计应力标准。

锚索张拉前第二项重要准备工作是计算钢绞线理论伸长值。在锚索张拉施工中一般是以应力控制为主,应变控制为辅,在任何情况下钢绞线上每索承受的张拉应力不应超过该钢绞线破断应力的80%,到达设计张拉应力时钢绞线的实际伸长值不应超出理论伸长值的 $\pm 6\%$ 。尤其对于两侧张拉的锚索束,钢绞线的伸长值是一个很重要的指标,很多情况下,单侧应力已达到设计值,而实际伸长值确比理论伸长值小很多,在此种情况下则必须在锚索的另一个端头重复张拉至设计应力。在本工程张拉初期即出现过此类情况,在后期由于采取了其它控制方法,使单侧张拉应力、应变均达到了设计值,从而省去了另一端头张拉工序,加快了施工进度。因此,钢绞线理论伸长值的计算就显得尤为重要。钢绞线理论伸长值计算公式为:

$$\Delta L = (\Delta F \times L) / (E \times A)$$

其中: ΔF ——张拉荷载(N);

L ——钢绞线张拉有效长度;

E ——钢绞线弹性模量;

A ——钢绞线横截面积。

上式中钢绞线张拉有效长度是指锚索两锁定端之间长度加上端头至张拉千斤顶张拉锁定长度。对于较短的锚索束,端头张拉锁定长度对理论伸长值影响较大,必须计入有效长

度计算, 否则可能出现正常情况下实际伸长值与理论伸长值差值较大的情况, 而影响判断。

3.2 锚索预紧

锚索张拉前预紧是一项很重要的工作, 是消除锚索穿索或编索过程中导致钢绞线长度不同、受力不一致等问题, 确保张拉时每一根钢绞线承受相同的应力。尤其是25m以上长预应力对穿锚索, 其预紧应力的选择可能影响到锚索张拉伸长值的测定, 从而无法达到张拉应力与应变互相校核的目的, 并且可能造成重复张拉等缺点。参照相关施工规范锚索预紧力一般为该钢绞线设计张拉应力的10%~15%, 本工程中早期采用的锚索预紧应力为设计应力的10%, 后期根据现场测算调整为12%。锚索张拉应力根据钢绞线长度、材质及绕索方式不同而不同, 准确的选择预紧张拉应力可以避免预紧期间锚索伸长值的损失。

3.3 锚索张拉

根据施工经验和相关技术规范指导, 曲线预应力筋或长度大于等于25m的直线预应力筋, 宜在两端张拉; 长度小于25m的直线预应力筋, 可在一端张拉。当同一截面中有多束一端张拉的预应力筋时, 张拉端宜均匀交错地设置在结构的两端。

本工程中每个闸墩设计斜拉锚索24索, 张拉形式从中心编号A向外至编号Z对称张拉, 按最初设计先进行坝后下游段分级张拉, 然后进行廊道内另一端张拉, 即所谓的两端非同时张拉。考虑到现场施工条件在廊道内进行锚索张拉施工部位狭窄、施工难度较大, 施工速度慢, 后期通过现场试验得到了锚索钢绞线伸长曲线计算公式后优化为单侧张拉, 并大幅简化了施工难度加快了施工进度。

根据现场实测计算, 钢绞线实际变形应力约为299.84KN略大于该假定线性变化值, 但两数值较接近, 可以满足施工运用要求。由此可以确定当锚索预紧应力在小于设计应力12.72%的情况下, 理论上不会发生弹性伸长值, 故在正常情况下预紧阶段可以不考虑钢绞线伸长值损失的情况; 但, 当采用大于12.72%的预紧力时, 钢绞线可能已经发生伸长值, 而由于该预紧阶段钢绞线实际伸长值测量较困难, 不能准确辨别出是否存在伸长值损失, 将对锚索张拉实际伸长值计算造成影响, 从而无法达到准确衡量锚索应力与应变的准确关系, 使利用钢绞线伸长值校核张拉应力的理论方法失去意义。

4 锚索孔道灌浆

4.1 锚索孔道灌浆时间要求

孔道灌浆主要是对锚索进行保护, 在锚索完成张拉后理论上应当在48h内完成锚索孔道灌浆工作, 但有时候为了施工方便, 在施工部位较狭窄无法安排多项工作同时施工时, 可根据现场实际情况将锚索分成若干个部分进行张拉和灌浆工作。确定间隔时间的最好方法是在张拉前进行现场锈蚀观察实验, 根据现场实际环境确定可以延长的最大间隔时间, 在确保施工安全的同时又能有效的提高施工工效。在本工程

中, 根据不同的季节气候因素综合确定7天为最佳锚索回填灌浆延迟时间, 最长不宜超过15天。尤其是在大坝施工廊道潮湿的环境下, 尽早完成锚索孔道灌浆和锚头保护显得非常重要。如果无法在早期完成锚索孔道回填灌浆工作时, 采用延长灌浆管利用高强砂浆封闭锚头可以对锚头进行有效保护。本工程中, 由于大坝施工廊道两侧均处于混凝土浇筑上升状态, 进入廊道施工影响因素较多, 采用了高强砂浆临时保护锚墩头使锚索灌浆时间得到了有效延长, 待一个闸墩张拉全部完成后再进行整体灌浆, 加快了施工进度, 减小了施工干扰。

4.2 灌浆配合比

采用现场剖管试验确定灌浆配合比是一个比较有效确保孔道灌浆密实度的方法。同时, 可以考虑在水泥灌浆配比中增加膨胀剂的方法增加孔道灌浆密实度, 但在使用膨胀剂时需注意其掺量, 如果太小达不到膨胀效果, 如果掺量太大会造成灌浆浆液泌水较大, 影响灌浆强度。

4.3 灌浆压力

灌浆压力及闭浆方法也是影响孔道回填密实度的一个很大因素。理论上, 锚索孔道灌浆压力不需太大, 保证锚索孔道顶部连续流出浓浆即可。本工程中, 采用了200Kpa的理论灌浆压力和高程变化及孔道摩擦系数修正值150Kpa, 实际初始灌浆读数压力为0.35MPa。当锚索孔道上部连续流出浓浆后, 首先关闭上部出浆阀门, 在保证底部灌浆压力0.35MPa持续15min后, 可以关闭底部供浆阀, 结束孔道灌浆。

良好的锚索孔道灌浆和墩头封锚工作, 对于锚索系统的保护有着非常重要的作用, 应在锚索张拉完成后尽快完成, 并得到施工作业人员的充分重视, 只有在上述工作全部完成后, 锚索系统工程才真正宣告结束。

5 结语

预应力锚索系统对于增加水电站弧形闸门门轴闸墩内应力, 改善混凝土抗拉强度较低的作用非常显著, 其在众多水电工程中得到了广泛运用, 有效的降低了冲击水流对刚性混凝土结构的破坏, 如何提高锚索系统的可靠性在施工中显得非常重要。通过在N-J水电站工程中对闸墩预应力锚索施工的研究和运用, 在斜拉后张拉预应力锚索安装、预张拉值确定、张拉应力应变变化情况分析、尤其是采用单侧分级张拉可以运用在48m以内直锚索施工等方面取得了较可靠的施工经验, 可以用于类似工程参考使用, 有一定的适用价值和指导意义。

[参考文献]

- [1]董海利. 水利水电工程预应力锚索施工技术研究[J]. 居业, 2016(8):95-96.
- [2]王俊石, 张俊涛, 王文海. 《水工预应力锚固设计规范》学习与研讨[J]. 矿产勘查, 2001(5):44.
- [3]赵兴安, 杜宜兵, 陈国平. 自由式拉压复合型预应力锚索在金河水电站厂房后边坡处理中的应用[J]. 四川水力发电, 2003(03):10-13.