

草街水电站抗滑稳定加固锚索施工工艺与质量控制

李明, 张岩

(中国水利水电第一工程局第五分局, 辽宁 大连 116041)

摘要: 水工建筑物施工项目往往因地质条件的变化, 需要进行地基或周边围岩加固处理, 使主体建筑物具有足够的整体性、均一性和强度。抗滑稳定加固锚索施工是一项较为适用于地基处理的施工工艺, 结合实践介绍了该工艺在草街水电站的应用。

关键词: 草街水电站; 抗滑稳定加固锚索; 质量控制

中图分类号: TV698 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2008)03-0067-04

1 工程概况

重庆草街航电枢纽纵向围堰全长 611 m, 上起闸 0~236.56 m, 下至闸 0+362.47 m。全线由 36 块组成, 分成上、下游导流堤和中间 U 形槽段。为增加主体建筑物抗滑稳定性, 在 14、15、16 和 17 号坝块设置了 24 根压力分散型锚索以满足坝体抗剪强度要求, 并对岩体起加固作用, 增大岩层间的挤压力。每根锚索长度 36 m, 设计荷载 2000 kN, 由 12 根 $\varnothing 15.24$ mm、1860 MPa 高强度低松弛无粘结标准型钢绞线组成, 钢绞线外部由 PE 套管、防腐油脂和水泥结石等对锚索进行多层防腐保护, 并具有在上层砼浇筑前可多次补偿张拉的特点。加固锚索在施工验收完毕后其上砼才允许浇筑。锚索具体位置和

结构形式见图 1、图 2。

2 技术要求

(1) 预应力锚索施工应按规定的工艺流程进行作业, 施工前应进行性能试验或生产性试验, 以验证设计参数, 完善施工工艺。

(2) 锚墩混凝土强度应达到 C35(7 天), 方能进行锚索张拉。

(3) 锚固段的胶结体强度应达到 M50(张拉力为 2000 kN), 其中 5 天水泥石强度达到 40 MPa, 方可进行锚索张拉。

(4) 锚索张拉过程中如遇预应力钢绞线断丝、夹片出现可视裂缝、千斤顶严重漏油、油泵压力表反

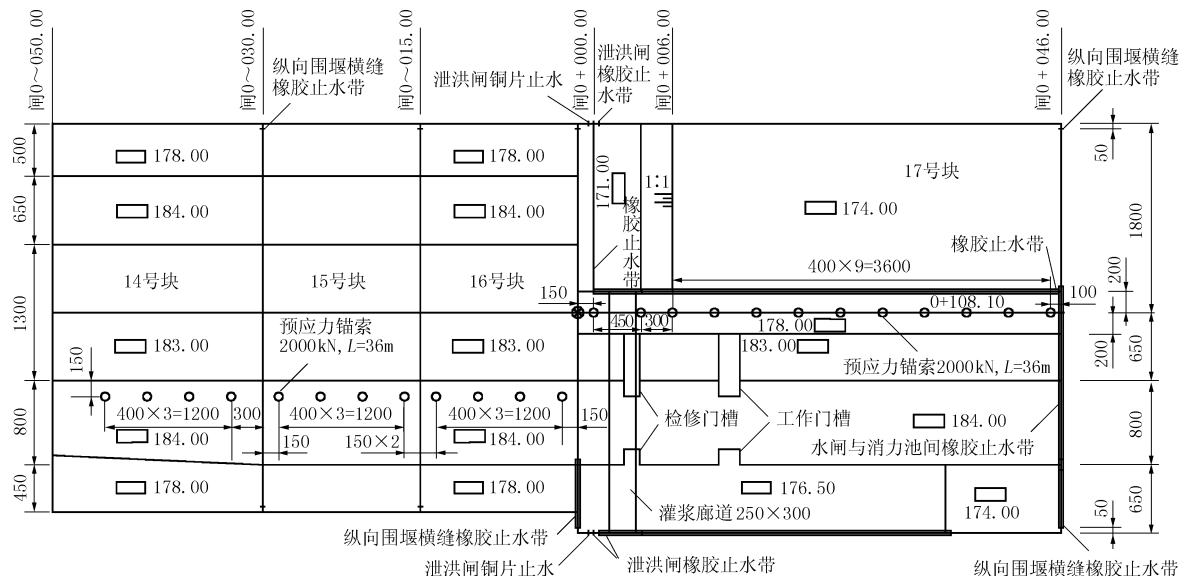


图 1 锚索平面布置图

收稿日期: 2007-07-30

作者简介: 李明(1983-), 男(汉族), 河北人, 中国水利水电第一工程局第五分局技术员, 计算机维护与应用专业, 从事基础处理施工工作, 辽宁省大连市旅顺口区中水山庄第五分局, bear-751@163.com; 张岩(1975-), 女(汉族), 辽宁人, 中国水利水电第一工程局第五分局工程师, 英语专业, 从事基础处理施工。

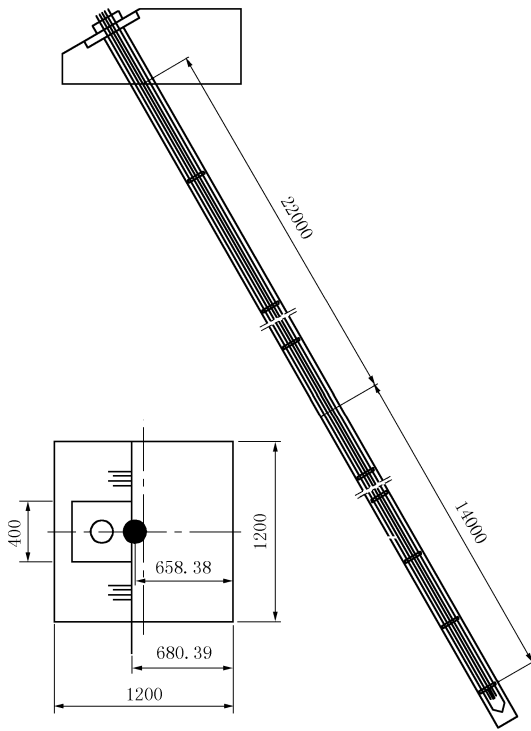


图2 锚索结构图

应异常等情况之一,应停机检查处理。

(5)封孔灌浆应在锚索张拉锁定后3天内进行。

(6)封孔灌浆应采取有效措施排除孔内的水、气,确保灌浆密实度,浆液内应掺有微膨胀剂,其掺量应通过试验确定。

3 锚索施工过程与控制

3.1 造孔

3.1.1 造孔参数

根据地质条件选择适合的造孔手段,对于地质复杂的地段,造孔不能采用水钻,避免地质条件恶化。要根据施工规范和设计要求确定孔斜和孔深,实际钻孔深度要求大于设计深度20 cm,但也不宜超过设计深度的1%。孔径是根据锚索体承载板和索体净空确定的,本工程锚孔孔径取140 mm,倾角为下倾与竖直夹角 30° ,倾角允许误差2%。孔深按锚索设计长度加导向头的长度。

3.1.2 钻孔

根据设计图纸,在施工前用全站仪进行测量放点,确定所有锚索孔位,经过监理工程师确认后才能进行钻孔。选用地质潜孔钻机成孔,实际孔位与设计孔位偏差 ≥ 10 cm,钻头钻进20~30 cm后进行一次角度校核,在钻进过程中要工作一段时间、钻进一定深度后进行孔斜的测量,以确保钻孔倾角、方位角

均能依照设计要求控制在 5° 以内。钻孔的孔深、孔径均不得小于设计值,有效孔深的超深必须小于20 cm,终孔后采用空压机供风冲洗,直到孔口返出清水为止。经检查合格后,才能转入下孔钻进。预应力锚索的锚固端应位于稳定的基岩中,若孔深已达到预定施工图纸所示的深度,而仍处于破碎带或断层等软弱岩层时,应延长孔深,继续钻进,直至监理认可为止。

3.1.3 测斜

锚索孔孔斜精度要求较高,钻进过程中除了利用测斜仪和罗盘仪进行控制外,端头锚可采取将灯光置于孔底利用经纬仪实测钻孔的方位角和倾角,测出进、出口端孔中心的坐标和高度,从而算出孔斜率。

3.2 压水试验

钻进过程中对每个孔的地层变化、钻进状态(钻压、钻速)、地下水及一些特殊情况作好现场记录。在遇到地层松散、破碎时,锚索孔内锚段进行吕荣压水试验,如果透水率 $q < 1$ Lu,则不必进行固结灌浆。否则,要对该孔锚固段进行固结灌浆。

3.3 固结灌浆

地层松散、破碎时,内锚段分段进行固结灌浆,段长根据各孔钻孔情况确定,不宜大于8 m,灌浆压力为0.1~0.3 MPa,结束标准为吸浆量 ≥ 0.4 L/min,持续30 min即可结束。

灌浆结束48 h后进行扫孔。终孔后以高压风、水混合进行冲洗,直至返水变清,然后进行压水试验。如透水率满足规定要求,即可进行下道工序,如不合格,应重复上述步骤,直到满足要求为止。

完成造孔后等待下道工序的锚索孔,要做好孔口保护,防止异物、污水进入孔内。

3.4 锚索的制作和安装

3.4.1 编束

拟在现场施工平台上按设计结构图组装制作锚索,组装锚索用的附件在后方车间统一加工。集中编制好后的锚索挂牌标示,在锚索下入孔内之前用彩条雨布遮盖,以做临时防护。

下料前注意检查钢绞线的表面,没有损伤的钢绞线才能下料。

切割好的无粘结钢绞线一端PE剥除20 cm,将剥除部分除污洗干净。剥除部分挤压上P锚,并对剥除PE的部分和挤压好的P锚热缩套进行防护。按照由内向外的顺序将相应长度的钢绞线穿进各自的承载体内,沿14 m锚索内锚段长度方向共设置6

个承压板,同时放好隔离架。隔离架每 2 m 放 1 个,隔离支架两端及两个隔离支架之间用 12 号无镀锌铁丝绑扎牢固,绑扎过程中应保证绞线顺直。编束完成后,对不同位置处的承载体上相应的绞线外露端做好标记,保证整体拉拔时能分清楚每根绞线所对应的各级承载体。同时在锚索中间设置 4 根 $\varnothing 20$ mm 的 PVC 管作为锚固段和自由段进、出浆管。

3.4.2 穿束

在造孔和清孔干净之后及编束经设计、监理、质检、施工等四方人员共同验收后即可往锚索孔内进行安装。锚索安装前对钻孔都重新进行了通孔检查,对塌孔、掉块进行清理,孔内积水用高压风吹干净。安装前对锚索体进行详细的检查,主要检查排气管位置及注浆管的通畅情况,并核对锚索编号与钻孔孔号,对损坏的配件进行修复或更换。锚孔经检验合格后将制作好的相应锚索用人工安放在锚孔里。推送时用力均匀一致,防止锚索扭转,锚索最小转弯半径为 5 m,入锚孔时保持平顺,均匀推进,索体与锚孔倾角相一致。索体外露部分满足工作长度时即到位,停止穿束。往孔内穿索时,不能损伤 PE 管,防止导向架脱落,锚索安放要平顺,否则对施工质量有一定影响,破损的 PE 管要用焊枪补好。

3.4.3 锚索入孔

锚索穿索入孔时采用卷扬机牵引配合人工定位的方法进行施工。为防止锚索在运输过程中产生磨损和扭曲,在水平吊运锚索的过程中必须确保相邻的固定点之间的水平距离 < 2 m,弯曲部分的半径 > 3 m;垂直吊运时,吊点间距 ≥ 3 m。

锚索穿入时不得过多的来回抽动锚索,且送入孔道的力度应均匀,避免损坏锚索、金属结构,包括钢垫板、钢套管、垫座钢筋等。严格按照设计图纸进行锚墩钢结构和模板的架立,导向管插入岩体的深度必须满足设计要求。锚墩采用一级配砣,标号为 C30(28 天),砣浇筑时要加强锚索下部的振捣,防止出现蜂窝麻面。在进行该部位的施工时必须一次浇筑完成,保证锚墩的整体结构受力。

3.5 注浆

3.5.1 注浆工艺

注浆材料根据现场远程输送以及压力分散型索体结构要求高强度配比浆体的特点,采用普通硅酸盐 625 水泥,水灰比、外加的膨胀剂和减水剂的配比由试验确定后进行灌注,水泥浆用灌浆泵注入锚孔里。浆液应搅拌均匀,随搅随用,并在初凝前用完。在全段锚孔里,浆体通过内径为 20 mm 的注浆管。

注浆时边注浆边拔注浆管,必须保证注浆管出浆口总是处在浆体液面之下一定深度。

3.5.2 注浆过程控制

注浆过程中为保证浆体的密实性,施工中采用了以下措施:

(1)从孔口返浆,待浆液溢出排气孔一定时间后才停止注浆;

(2)严格控制注浆压力;

(3)采用二次补浆。

为了保证浆体饱满,锚索注浆方式采用孔底注浆、孔口排气。

锚孔一次注浆结束后由于浆液的自然渗漏和收缩致使锚孔上部出现内空情况,在初凝前及时对锚孔进行二次补浆,以使锚孔密实充满,保证锚固力。

3.6 砣承载墩制作

砣承载墩浇筑工序为:砣面清理→布设钢筋→立模→验收→浇筑→砣养护→拆模。

现场配制 C35 混凝土,进行承载墩浇筑,并用人工和振动棒振捣密实。承载墩浇筑好后 3 天进行脱模养护,直至达到设计强度。

3.7 张拉

锚索张拉在锚固注浆结石体抗压强度达到 40 MPa 及砣墩混凝土强度达到 70% 设计强度值后方可进行。

锚索张拉施工流程:安装锚固端锚具→在张拉端安装测力计(监测锚索)→安装工作锚具及夹片→使用 YC-20D 型小型千斤顶对各钢绞线逐根预紧张拉→安装限位板→安装 YCW250 型千斤顶(张拉 2000 kN 级主锚索使用)→安装工具锚及夹片→张拉→锁定→注浆封孔做永久防锈→切除工作锚以上超长部分钢绞线→锚固头初步保护处理。

锚索张拉采用超载持荷稳定及超载安装锁定相结合的张拉施工方法。超张拉系数为 1.05,锚索超张拉为 2100 kN。

张拉时分阶段增加荷载,增载速率以每分钟不超过设计应力值的 1/10 为宜,2000 kN 级锚索在张拉过程中分为 500、1000、1500、2000、2100 kN 等 5 个拉力级别进行分级张拉,增载至每个张拉力级时,均需持荷稳压 2 min,张拉至超张拉力时,持荷稳压 10 min 后即可锁定。

起监测作用的试验锚索,试验锚索束的数量及位置由监理工程师确定,试验锚索张拉时,记录压力传感器的读数、张拉千斤顶的油表读数以及在不同张力下的钢绞线伸长值,张拉时应有监理工程师在

现场旁站监理。

锚索的张拉力以安装在油泵上的压力表指针所指示的中值为准。张拉过程中,在每级拉力下持荷稳定时,用钢板尺量测钢绞线的伸长值,以用于校核张拉力,实际量测的钢绞线的伸长值须与理论计算的伸长值基本相符,当实际量测的伸长值大于理论计算值的 10% 或小于理论计算值的 5% 时,应暂停张拉,待查明原因并采取相应措施,予以调整后方可恢复张拉。

计算钢绞线理论伸长值的理论计算式如下:

$$\Delta L = L(\sigma_k - \sigma_0) / E$$

或
$$\Delta L = L[(P_e - P_0) / n] AE$$

式中: ΔL ——钢绞线伸长值,mm; L ——钢绞线自锚固段至工具锚夹片中心的有效张拉长度,mm; σ_k ——钢绞线张拉应力,MPa; σ_0 ——钢绞线预张拉应力,MPa; E ——钢绞线的弹性模量;取 $E = 1.95 \times 10^5$ MPa; n ——钢绞线根数,按实际取值; A ——钢绞线的截面积,按试验计算结果取值; P_e ——钢绞线的张拉力,N; P_0 ——钢绞线的预张拉力,N。

在锚索张拉锁定后的 48 h 之内若锚索拉力下降至小于设计值时,应进行补偿张拉,直至满足要求为止。

3.8 封孔回填灌浆和锚头保护

(1)封孔回填灌浆在补偿张拉工作结束后 28 天进行,封孔回填灌浆前应由监理检查确认锚索应力已达到稳定的设计值。

(2)封孔回填灌浆材料与锚固段灌浆的材料相同。

(3)封孔回填灌浆应尽量采用锚索中的灌浆管从锚具系统中的灌浆孔施灌,灌浆管应伸至锚固端面,灌浆必须自下而上连续进行,压力 ≤ 0.8 MPa。

(4)为保证所有空隙都被浆液回填密实,在浆液初凝前必须进行不少于 2 次补灌,当浆液凝固到不自孔中回流出来之前,应保持不小于 0.4 MPa 的压力进行拼浆。

(5)灌浆完成后,锚具外的钢绞束除留存 30 cm 外,其余部分应切除。

(6)外锚具或钢绞束端头,如果该层不能及时浇筑,应按施工图纸要求用混凝土封闭保护,混凝土保护的厚度应不小于 10 cm。

4 施工中遇到的问题及解决方法

4.1 钢绞线锁定时回缩量,应力损失大

经检查发现钢绞线伸长部分无刮痕。分析认为是由于限位板与工作锚板的间距过大,导致钢绞线锁定时,工作夹片未与钢绞线同步跟进,引起钢绞线回缩量加大。后经调整限位板的结构,使回缩量控制在 6 mm 左右。

4.2 锚垫板与锚索轴线垂直度总存在一定的偏差

由此引起测力计偏心受压,而产生测试误差。根据测力计的工作原理,测力计的率定系数是测力计均匀受压时测力计中所有应变计应变平均值与压力线性回归系数,若在测力计偏心受压时,仍按仪器率定系数计算,将产生一定的计算误差,且测力计测试力与千斤顶出力误差随张拉力增大而增大。经分析、研究采取了按每只应变计的率定系数分开计算应力,然后取平均值,减小了测力计计算误差。但当锚垫板与锚索轴线垂直度误差大于 1° 时,钢绞线与导管口的摩擦较大,应加楔形块进行解决。

4.3 钢绞线与测力计产生摩擦引起测试误差

由于测力计安装偏斜等原因,钢绞线与测力计产生摩擦引起测试误差。对这种情况采取了使用退锚器退出夹片后重新安装的办法。

4.4 张拉端工作夹片与钢绞线间摩擦力加大引起测力计的压力减小

由于锚夹具与钢绞线不配套,张拉端工作夹片与钢绞线间摩擦力加大引起测力计的压力减小,在这种情况下预紧时测试力与千斤顶的出力误差较大,且两力的差值随张拉力的增大变化较小,对此采取了更换限位板的方法解决。

5 效果分析

草街水电站抗滑稳定加固预应力锚索施工测试结果表明,其实际伸长值在理论伸长值的 97% ~ 106% 之间,测力计与千斤顶出力误差小于 5%,施工质量达到了规范要求。

6 结语

草街水电站预应力锚索精心组织施工,改进了施工工艺,对施工中出现了的问题进行了认真的分析、找出了原因,采取了有效的措施,取得了良好的效果,为今后预应力锚索施工提供了宝贵的经验。