

特大预应力对穿锚索施工技术

余太金

(江西有色工程总公司,南昌 330001)

【摘要】 以三峡永久船闸预应力对穿锚索施工为例,主要介绍了对穿锚索施工方法、施工工艺,尤其是锚索孔导正方法、效果以及经验教训。

【关键词】 预应力对穿锚索;施工技术;锚孔导正;张拉;灌浆

【中图分类号】 P642

the Construction Technique of Opthread-prestressed Strand Anchor of Great Tonnage

【Abstract】 With the example of construction of the opthread-prestressed strand anchor in Sanxia permanent dock, introducing mainly the construction method and process, especially the boring correction method, effect and experiences.

【Key words】 opthread-prestressed strand anchor; construction technique; boring correction; strain; prout

1 概述

三峡永久船闸是三峡水利枢纽的重要组成部分,全长1 637 m,宽134 m,分南北两线,设计总水头113 m,单闸室最大工作水头45.2 m,是世界上唯一的双线五级船闸。船闸南北两侧均为开挖的高边坡和直立坡以及中隔墩直立坡,为有效提高这些高陡坡的稳定性,保证船闸建成后行船的安全,在坡中上部设置了3 000 kN的对穿锚索,见图1。

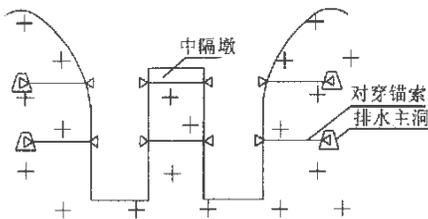


图1 船闸横剖面示意图

该对穿锚索设计孔径 $\phi 165$ mm,孔深一般35~45 m,分水平孔和斜孔(孔斜 $2^\circ\sim 4^\circ$)两种,

孔位位于NA₄排水主洞(横断面 $3\text{ m}\times 3\text{ m}$)内,由洞壁向直立坡面对穿,设计单索张拉力3 000 kN,主要用于加固直立坡墙塑性区。受闸室墙体结构及锚索受力状态要求影响,对穿锚索孔精度要求高,允许偏斜误差1%。

施工范围内地层为风化程度不一(中风化~弱风化,局部全风化),节理裂隙发育且有断层、破碎带、软弱夹层的前震旦纪闪云斜长花岗岩。地下水主要沿断层、裂隙渗透。

2 施工技术

2.1 施工工艺

预应力对穿锚索施工首先进行钻孔,成孔后将编好的锚索索体穿入孔内安装,然后在锚索两端浇筑垫座混凝土,垫座混凝土强度达到设计要求后预紧和张拉索体,最后当索体锁定后灌浆和外锚头保护。其工艺流程图见图2。

2.2 主要施工方法

2.2.1 钻孔定位及钻机安装

由于锚索孔在横断面 $3\text{ m}\times 3\text{ m}$ 的排水主

洞侧壁上,受洞内场地条件限制,导致钻孔定位和钻机安装比较困难。为保证孔位的准确性,根据控制点坐标和设计孔位坐标,采用导线法,用PT-Ⅲ型全站仪在洞内进行钻孔定位放样,并反复校核,误差不得大于3 mm。运用两点定线原理安装钻机方位角,用钻机前、后高差点和开孔点控制钻机倾角、钻孔轴线,用钢管、边壁锚杆等多点固定钻机,以确保钻机稳定牢靠,钻进时不会偏移。

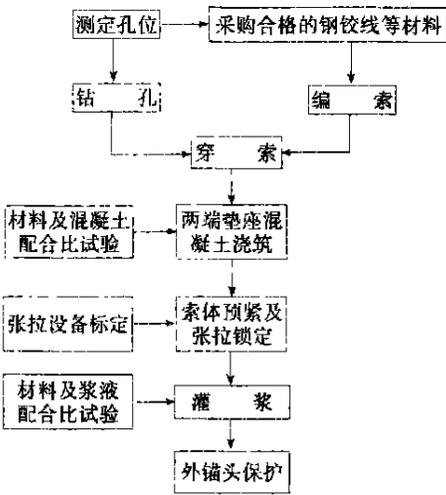


图2 预应力对穿锚索施工工艺流程图

2.2.2 钻进成孔

对穿锚索施工的首要问题是如何在地层条件、施工条件(排水主洞内)所限的情况下,采用何种设备钻进来保证钻孔的精度(孔斜1%)要求,这是摆在三峡永久船闸预应力对穿锚索施工单位的一大技术难题。针对影响孔斜的三大因素即地层、钻进设备和钻进工艺、锚孔导正方法,通过吸取试成孔的经验教训,经过反复研制、反复实践,摸索出一套控制孔斜的有效方法。

(1)不良地质条件的对策:当钻进中遇到严重风化的岩层和软弱夹层时,采取快速通过的方式钻进,从而避免了扩张而引起的孔斜;当钻进中遇裂隙发育、断层破碎带而跑风、塌孔、卡钻时,进行固结灌浆,采用孔口封闭全孔灌浆48 h后扫孔钻进的方法处理。

(2)钻进设备和钻进工艺:首先在钻进设备器具上,合理选择了MS-100型风动冲击回转锚索钻机,它是江西有色地质机械厂充分考虑了三峡地质条件、工作条件和技术要求而研制的,工作状态稳定,调位准确快捷,转速、钻进压力、导向性等均可满足高精度定向钻孔的要求;同时合理配用了 $\phi 165$ mm凹底和平底球齿钻头、DHD360型冲击器、 $\phi 89$ mm风、水双壁钻杆、英格索兰XHP750SCAT型空压机。在钻进工艺(导正技术除外)上,正式钻孔前,开动钻机先钻10 cm左右,停机检查钻机是否移位,确认钻机稳固后即可正式钻进;正式钻进时,根据冲击器做功风压范围、岩石硬度变化和孔深不同,钻进风压、风量分别在0.9~1.7 MPa、14~20 m³/min范围内灵活调节使用,钻进压力和钻机转速分别控制在4.5~10 MPa、26~40 r/min之间,并要求每根钻杆钻毕到位后立即提升钻具,使钻头离开岩面,反复冲净孔内岩粉后接杆继续钻进。

(3)锚孔导正方法:在试成孔前期,曾采用过全长导正和前端单点导正方法,即冲击器和第一根钻杆之间加一个导正器,然后每隔2根、4根、6根钻杆加一个导正器,以此类推直至终孔为止的全长导正,或全孔不带导正器或者只在冲击器后加一个导正器的单点导正。结果这两种方法均未达到钻孔导正的目的,前者使钻孔向下偏斜,后者使钻孔产生方位偏斜和向下偏斜。经过多次理论探讨和反复实践,找到了比较理想的钻孔导正方法,这就是点焊冲击器前端加双导正器导正方法,即用钢筋点焊冲击器前端8点,使之外径达到155~162 mm,第一个导正器位于冲击器和第一根钻杆之间,第二个导正器根据孔深变化,距第一个导正器5~7 m(即第5~7根钻杆后面)。导正器采用铸铁制作,其形状为八角凹槽柱形,棱上镶焊合金片,外径 $\phi 155\sim 162$ mm,长200~300 mm。

这种点焊冲击器前端加双导正器的导正方法是基于钻机开孔时冲击洞壁后,由于受钻

头重力影响,使得钻头总与孔的下侧接触,钻孔有一个微小的向下偏斜和水平向偏移,当钻头全部入孔后,这时可通过点焊后的冲击器前端作为一支点,对正在孔内冲击回转的钻头起到控制下偏和约束水平方位的作用;当钻进至冲击器全部入孔后加第一根钻杆前加一个支点导正器,此时该导正器与冲击器前端焊点起到双导杠杆作用,可以保证5~7 m(即5~7根钻杆长)的孔深精度;当钻进至5~7 m(不包括钻具长度)后,这时前端的钻头、冲击器和第一个导正器便以这个导正器为支点,形成一种前端质量大的局面,导致前端下偏,并且钻头在孔壁下侧滚动,顺时针转动时将产生一个较大的向右推力,引起钻孔向右偏斜,这时加一个外径稍大2 mm左右的钻杆导正器加强导正,与第一个导正器又形成双导杠杆作用,继续导直至终孔。

实践证明:通过改变支点导正器、钻杆导正器外径的大小及两导正器的间距,可相应调整钻孔上、下、左、右的偏斜,从而控制了钻孔的精度。

2.2.3 锚索制作与安装

(1) 锚索制作

锚索采用高强度、低松弛的优质钢绞线制成,钢绞线标准强度为1 860 MPa、计算截面积 140 mm^2 ,满足本工程对穿锚索施工要求。锚索制作前,先将钢绞线除锈、去污,保证其表面清洁、无锈斑、无油污、无杂质。每束锚索由 $19\phi 15.24\text{ mm}$ 钢绞线组成,锚索头部设 $\phi 105\text{ mm}\times 300\text{ mm}$ 的导向帽。锚索编制时,针对每个孔深加2.4 m准确下料并在工作台上编索,首先将架线环与各孔进、回浆管及钢绞线一一对应编号,然后对号入座;进、回浆管采用 $\phi 25\text{ mm}$ 的PVC管,其耐压性要达到设计灌浆压力的1.5倍以上;经过架线环的每根钢绞线都必须用无锌铅丝与架线环绑扎在一起;架线环按3~5 m间距设一个,两环之间加扎一道无锌铅丝,使索体成枣核状;整个索体钢绞线及进、回浆管要平行,不得交叉。

(2) 锚索安装

由于对穿锚孔呈现水平或缓倾斜状态,基本上无坠滑力,导致孔深越大,阻滑力也越大,加上锚索具有一定柔性,因此一束40多米长的锚索从编索棚内通过排水主洞运输至孔口穿索时,刚开始需25~30人往孔内推送,费时费力,有时达不到预期的目的。后来,通过改变下索方法,即采用机械配合人力从孔内套引锚索,开动卷扬机慢速拉到孔外,因而提高了下索效率,取得了令人满意的效果。

2.2.4 垫座混凝土浇筑

锚索安装完后,接着进行两端垫座混凝土浇筑。浇筑前,将垫座范围内的岩面清洗干净,并对岩面进行打毛处理;孔口管($\phi 160\text{ mm}$)与锚垫板($350\text{ mm}\times 350\text{ mm}\times 50\text{ mm}$)垂直焊接时,要求锚垫板平面与孔口管中心线垂直的误差不大于 0.5° ,现场安装时,孔口管插入钻孔,使锚孔轴线与孔口管中心线重合;立模前将5层钢筋网($8\phi 14\text{ mm}$)与导向管通过焊接联成一个整体,立模采用木模板,模板表面力求光滑平整,安装时要求稳固。立模后,按设计要求配制垫座混凝土($R_7=35\text{ MPa}$,洞壁垫座混凝土中掺入0.7%的GYA外加剂,直立坡墙上垫座混凝土中掺入6%的JG-2外加剂),分2~3层浇捣,每层浇捣时做到均匀密实,尤其注意边角部位。混凝土浇筑完成后要及时养护,使混凝土内坚外秀,表面无蜂窝麻面等缺陷。

2.2.5 张拉

张拉是预应力对穿锚索施工的关键工序。根据张拉力的要求,合理选用了ZB4-500型高压油泵、YCW400A-200、YDCW240Q-100型千斤顶、OVM15G-19型锚具,并对张拉机具进行了率定,包括对千斤顶、油泵、油管、压力表校验,校验合格后将千斤顶与油泵配套进行率定。

张拉分6级,即预紧(30 kN)→ 750 kN → 1500 kN → $2\ 250\text{ kN}$ → $3\ 000\text{ kN}$ → $3\ 450\text{ kN}$ 。

正式张拉前,取 30 kN 的预紧张拉力,采用多次循环预紧方式对每根钢绞线进行预张

拉,使其各部位的接触紧密,钢绞线完全平直。每根钢绞线预紧时,以两次张拉伸长值差不超过3 mm为限,否则进入下一循环继续预紧直至符合要求为止。预紧后安装千斤顶和工具锚都要与工作锚对中,夹片要平整,严禁钢绞线在千斤顶的穿心孔内交叉。

正式张拉时,采用限位张拉自行锚固的方式进行。张拉过程中,当达到某一级控制张拉力后稳定7 min,即可进行下一级张拉,达到最后一级张拉力后稳定15 min即可锁定。张拉时采用应力控制及伸长值校核的操作方法,及时准确地记录油压机读数、千斤顶伸长值、夹片外长度等。当实际伸长值大于计算伸长值的10%或小于5%时,要停止张拉,待查原因并采相应措施予以调整之后可继续张拉。张拉时,升荷速率每分钟不超过设计张拉力的10%;张拉人员必须站在千斤顶两侧位置操作,不得在千斤顶正面操作,以免发生夹片飞出伤人事故。

2.2.6 灌浆

预应力对穿锚索灌浆是在张拉锁定后一次性灌注纯水泥浆液封孔。灌浆泵选择BW100/15型注浆泵。浆材包括525[#]普硅水泥、8%的AEA和0.7%的GYA外加剂。外加剂的加入可使浆液结石产生微膨胀而导致侧向应力的产生,以加强锚固。浆液水灰质量比0.4,相对体积质量不小于1.90,其标号要达到35[#]。灌浆压力不宜过大,选择0.2~0.7 MPa,以能连续缓慢压入浆液为原则,这

样浆液能由孔底慢慢流向孔口,使浆液有效地将孔内积水排出和充填空隙,而不会与水产生混和。当回浆管返出完全纯净的水泥浆液时,可以认为孔内积水已完全排出,这时可以并浆,并浆压力0.2~0.4 MPa,并浆时间30 min。灌浆结束以实际灌浆量大于理论吃浆量和回浆相对体积质量大于进浆相对体积质量且孔内不再吸浆为控制标准。

2.2.7 外锚头保护

锚索张拉锁定、封孔灌浆验收合格后,将锚索预留50 mm长度,其余采用手持砂轮机切去,并将预留的钢绞线和工作锚清洗干净以及垫座仓面凿毛清洗后,用25[#]细骨料混凝土将锚头密封保护。

3 结语

三峡永久船闸3 000 kN预应力对穿锚索施工难度大,成孔精度高,为国内罕见的锚固工程。通过选用合理的钻孔设备和张拉机具,采用切实可行的施工技术(尤其是钻孔导正技术),进行了大胆探索和实践,攻克了在风化程度不一、节理裂隙发育且有断层、破碎带、软弱夹层的花岗岩中定向钻进的难关,解决了锚索安装、特大预应力张拉、灌浆等一系列难题,实现了85%的锚索孔开孔端与终孔端可通视,为以后锚索施工积累了经验。同时,预应力对穿锚索孔在不同地层中钻进的钻具级配和选择、钻探工艺尤其是钻孔导正系统更趋合理化以及特大预应力张拉等技术问题需进一步研究。

收稿日期:2002-01-15