中国广西柳江红花二线船闸下引航道高边坡预应力锚索施工技术与质量控制

Construction Technology and Quality Control of Prestressed Anchor Cable on High Slope of Lower Approach Channel of Honghua Second Line Shiplock in Liujiang, Guangxi, China

符业晃

Yehuang Fu

中交四航局第三工程有限公司
中国·广东 湛江 524001
The Third Engineering Company of CCCC Fourth Harbor Engineering Co.,Ltd.,
Zhanjiang, Guangdong, 524001, China

【摘　要】论文以中国广西柳江红花水利枢纽二线船闸工程为例，对船闸施工中高边坡预应力锚索的施工技术和质量控制措施进行了研究，对工程的重难点和施工基本流程进行了阐述和分析，并制定了施工中的质量保证措施，期待能够为中国船闸工程中预应力锚索的施工提供参考。

【Abstract】Taking the second-line ship lock project of Honghua Water Control Project in Liujiang, Guangxi, China as an example, the paper studies the construction technology and quality control measures of prestressed anchor cable in high slope during ship lock construction, elaborates and analyzes the major and difficult points of the project and the basic construction process, and formulates quality assurance measures during construction, hoping to provide reference for the construction of prestressed anchor cable in China's ship lock project.

【关键词】船闸工程；预应力锚索；施工技术；质量控制

【Keywords】ship lock project; prestressed anchor cable; construction technology; quality control

【DOI】10.36012/etr.v2i4.1699

1 引言

预应力锚是指利用预应力技术，将锚索固定在岩体内部，用以加固边坡[1]。预应力锚索通过将不稳固的岩体和稳固的岩体固定在一起，可以提升岩体整体的稳定程度，从而保障施工的安全。因此研究预应力锚索的高边坡支护施工，对于保障船闸施工的有序进行和人员安全具有重要意义。

2 工程简介

中国柳江红花水利枢纽二线船闸工程土建Ⅲ标位于柳州里雍镇红花村，布置在已建的红花水利枢纽一线船闸的左侧，两线船闸中心距为 120m，按 2000t 级船闸（兼顾通航 3000t 级船舶，按Ⅱ级船闸）建设，船闸有效尺度为 280m×34m×5.8m（长×宽×门槛水深），船闸主体段总长 387m，其中上闸首长 52m，闸室长 270m，下闸首长 65m。锚索的布置拟定在下游航道 1+200 船 1+318 高程、1+246 高程和 1+246 船 1=318 高程，具体的布置平面如图 1 所示。

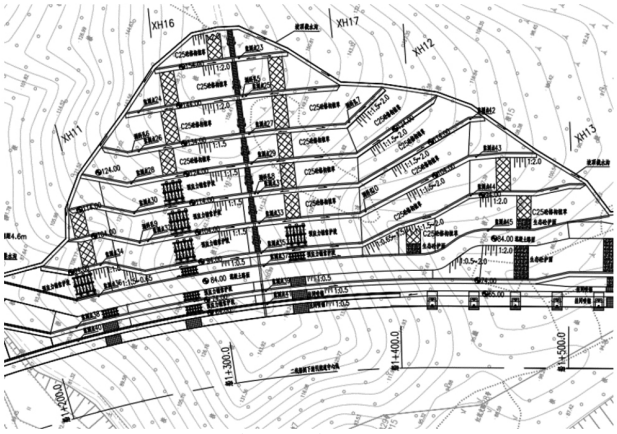

图 1 高边坡锚索布置平面图

3 主要施工工艺方案

3.1 方案思路

本工程中的锚索采用压力分散型锚索，成梅花形布置，锚索的间距为 4m，锚固长度为 12m，单根锚索的预计承受压力

为 1600kN。因此，每根锚索中布置 4 级承载力为 400kN 的承载体。具体的锚索支护结构如图 2 所示。

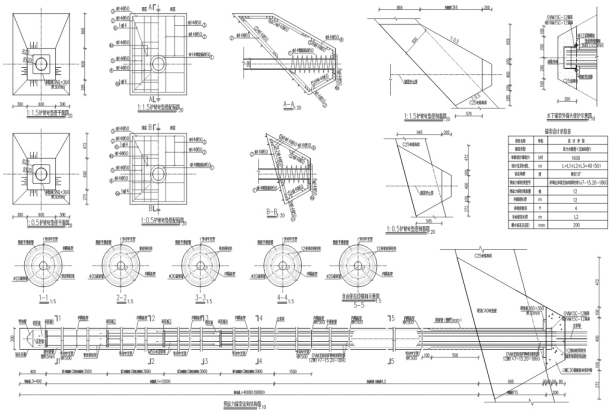

图 2 边坡锚索支护结构

3.2 施工流程和施工方法

3.2.1 测量放样

测量人员根据图纸确定锚索孔的位置，并用钢钎进行标记，以方便后续的施工。由于本工程中锚索的数量非常多，进行测量放线时，一次标记的孔位数量不宜过多，按照施工队伍的施工能力进行布置即可[2]。

在进行测量放样过程中，应当由两人进行，其中一人负责布置孔位，另一人则负责校对。在孔位布置完成后，应当由监理工程师进行审查[3]，合格后方可进行下一步施工工序。

3.2.2 浮渣和石块的清理

在进行边坡支护之前，施工人员应当对其中的浮渣、碎石、石块和垃圾等进行彻底的清理，确保边坡整洁干净后再进行施工。由于本工程中的边坡坡度较大，清理工作只能由人工进行，机械无法在大坡度的坡面上工作。

3.2.3 搭设脚手架

坡面清理完成后在其上搭设脚手架，搭设的最高高度为 10m。脚手架立杆的纵向距离为 1.8m，横向距离为 1.5m。脚手板采用竹片或者厚木板制成，每搭设一层脚手架，铺设一层脚手板。脚手架的钢管选择 ϕ48mm×3mm 的钢管，剖面作业图如图 3 所示。

3.2.4 锚索施工

锚索施工的钻孔过程采用液压锚索钻机，钻孔直径为 200mm。由人工将钻孔机搬运到施工平台上进行安装，调整钻孔机使得其钻孔方向和孔位方向一致并使其足够稳固。在钻进完成后，质检员应当对成孔的参数进行测试，判定该孔是否为合格的孔。正常来说，钻孔位置的偏差不能超过 10cm，孔的直径的误差不能小于 1cm，孔的深度的误差不能大于 20cm，孔的方位角偏差不能超过 1°，当验收合格后才能进行下一个孔的

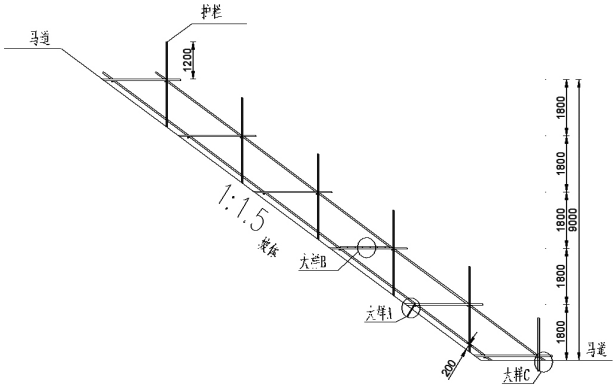

图 3 脚手架剖面作业图

钻进，否则应当将孔填实后重新进行钻进[4]。

3.2.5 锚索的制作和安装

本工程采用的锚索为分散型锚索，无黏结压力，每段锚索的最大承受拉力为 400kN。制作锚索的钢绞线的强度为 1860MPa，属于较高强度，钢绞线的直径为 15.2mm。在编束钢绞线之前，施工人员应当详细检查钢绞线是否存在锈蚀、弯折、变形、裂纹等问题，应当保证用于制作锚索的钢绞线无任何质量问题。

切割钢绞线时应当采用砂轮切割机缓慢切割，重点保证切口的平整光滑，严禁为节省时间直接使用气焊或电焊切割钢绞线。

将处理完毕的钢绞线运输到坡上的加工平台上，并按照编束钢绞线的规定对其进行编号，按照编号对应编束。编束钢绞线时使用支架和束线环辅助进行，支架的间距应当大于 1.5m，同时在锚索体中安装 ϕ20mmPVC 注浆管与锚索杆体绑扎在一起，在编束完成后检查锚索是否存在扭转、交错等影响质量的问题。

在钢绞线编束完成后开始安装锚索，首先在钻好的孔中通入高压气流进行清理，将孔内的残渣等吹出孔外。当向孔中持续吹气 5min 后仍未有残渣排出时说明孔已经清理完毕。

安装锚索的过程中采用人工穿索，在安装过程中应当注意锚索和注浆管之间的位置关系，应当保证在穿索完成后注浆管完好。如果出现注浆管不通畅或穿索过程中受阻，应当将钢索拔出并检查孔内，排除障碍因素后再次进行施工。

3.2.6 注浆施工

在锚索安装完成后利用预先安装的注浆管进行注浆施工，考虑到本工程中锚索的长度和孔的深度，注浆应当一次性完成。浆液的材料为 P·O 42.5R 的硅酸盐水泥，浆液的水灰比控制在 0.4:1，其中水泥结石体 5d 抗压强度不低于 40MPa，在浆液制备完成后，应当进行水灰比实验，合格后方可使用。注

浆过程中应当安装自动记录仪进行记录，也可采用人工方式记录。

注浆所使用的设备为 3SNS-A 型灌浆泵，注浆的压力控制在 0.3~0.5MPa，一次性完成注浆，中途不能中断。

3.2.7 锚索张拉

在张拉锚索之前首先加工锚墩，锚墩由钢垫板、钢套管、和固定组件等构成，其中钢垫板的规格为 36cm×36cm。锚墩整体由 C40 混凝土浇筑而成，可以在混凝土中加入少量的减水剂满足锚索张拉时承载拉力的需要。

张拉锚索的主要设备是 YCW200t 型千斤顶，整个张拉过程分为 3 个阶段，首先是预张拉，此时的拉力为 30~50kN，其作用为充分拉伸钢绞线使其完全平直，同时将张拉后的钢绞线固定在锚墩上。

预张拉完毕后是分级张拉，共计分为 5 级，分别是 0%~40%、40%~60%、60%~80%、80%~100%和 100%~105%。在张拉的过程中，应当注意时刻测量锚索的伸长量，当伸长量能够稳定 5min 后开始下一级的张拉过程。

如果张拉完毕后发现锚索的预应力损失过大，超过预定值的 10%，则应当进行补偿张拉，确保钢绞线的实际伸长量和理论计算的伸长量基本相符，误差应当控制在 5%以内。

4 结语

论文对高边坡预应力锚索的安装施工过程进行了阐述和分析，其中重点是锚索的制作和安装过程，同时在施工过程中应当注意各项参数的精度，如孔的参数以及制作的锚索的参数等。同时，论文阐述了施工质量的保证措施。

参考文献

[1]连晓宏.预应力锚拉桩板墙施工技术在道路高边坡支护中的应用[J].低碳世界,2020,10(2):62-64.

[2]孙春艳.大型高边坡支护处理设计方案比选研究[J].中国水运(下半月),2019,19(6):213-215.

[3]黄勇博,王博生.某泥岩砂岩互层高边坡监测与稳定性分析[J].工程技术研究,2019,4(6):213-214.

[4]肖美,肖玉成.全黏结预应力锚索在老挝南康 3 水电站厂房高边坡支护中的应用[J].四川水力发电,2018,37(3):68-70+117.

（上接第 117 页）

锚筋总截面面积应满足规范要求：

$$A_s \geqslant \frac{V-0.3N}{a_r a_v f_y}+\frac{M-0.4Nz}{1.3a_r a_b f_y z}=2355\text{mm}^2 \qquad (8)$$

$$A_s \geqslant \frac{M-0.4Nz}{0.4a_r a_b f_y z}=0\text{mm}^2 \qquad (9)$$

式中，a_r 为锚筋层数影响系数，4 层为 0.85；a_b 为锚板弯曲变形的折减系数，$a_b=0.6+0.25\frac{t}{b}=0.6+0.25\times\frac{25}{20}=0.85$；$a_v$ 为锚筋受剪承载力系数，$a_v=(4-0.08d)\sqrt{\frac{f_c}{f_y}}=(4-0.08\times20)\sqrt{\frac{14.3}{300}}=0.524$；$z$ 为外层锚筋中心线距离，取 390mm。

计算表明预埋件锚筋 $12\phi20=3770\text{mm}^2>A_s=2355\text{mm}^2$，计算结果满足要求。

6 拱形连续梁桥三角区施工流程

步骤一：主墩施工完成后，搭设支架，施工永久制作及临时固结，安装模板。

步骤二：在主墩两侧的满膛支架上绑扎 V 腿钢筋，将临时铰上支座预埋件固定于 V 腿钢筋下端，通过销轴把临时铰上支座下支座销住，形成临时转铰。

步骤三：两侧对称浇筑 V 腿及梁拱结合处混凝土，将临时铰下支座预埋件固结在 V 腿混凝土的端部。

步骤四：搭建 0# 块上部箱梁支架并进行预压，预压合格后开始钢筋、预应力安装及混凝土施工。

步骤五：箱梁强度达到要求后，浇筑在临时铰混凝土，待混凝土强度达到设计要求后，进行箱梁预应力张拉、压浆工序，开始后续箱梁施工。

7 结语

耳板销轴式临时铰有效解决了传统垫块式临时铰只能释放弯矩、不能限制梁体竖向位移的问题。刚性临时铰不仅能承受较大的轴向力、剪力，传力、释放弯矩性能良好，同时有效地限制了梁体竖向位移，达到既有效避免混凝土裂缝产生，又避免混凝土错台的效果，更加有利地保障了桥梁线性的连续性，保证了梁体质量。

参考文献

[1]胡川开,汪芳,江军.大跨度拱形连续梁桥设计与施工关键技术[J].现代交通技术,2013,10(2):45-48.

[2]中华人民共和国住房和城乡建设部.混凝土结构设计规范:GB 50010—2010[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.

[3]中华人民共和国水利部.水利水电工程钢闸门设计规范:SL74—2013[S].北京:中国水利水电出版社,2013.