

# 长线性富水基坑锚索施工质量控制要点

吴 壤

(中山市水利水电勘测设计咨询有限公司, 广东 中山 528400)

**摘 要** 工程采用预制板桩+排预应力锚索联合支护结构,项目位于现状河道,呈线性基坑,范围长、地质条件差,基坑补水条件丰富。合适的施工技术和方法、严谨的组织管理以及有效的质量监控措施,是确保基坑锚固工程质量的关键因素。本文结合工程实例对河道长线性基坑中排桩锚索施工质量进行分析,详细介绍了施工前准备、造孔、锚索组装与安放、注浆及张拉锁定等关键工序的技术要求,并强调了运行期监测的重要性,以期对长线性基坑开挖设计与施工提供参考。

**关键词** 线性基坑; 锚索; 造孔

中图分类号: TV5

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0103-03

水利工程中的基坑往往呈现线性特征,地质条件复杂,基坑补水条件丰富。随着城市建设的发展,水利工程建设面临的周边环境更加复杂,对基坑支护设计与施工提出了更高的要求。本文以某扩建排洪渠工程为例,探讨在受限条件下采用预制板桩+预应力锚索作为基坑支护体系的施工质量控制方法,为同类工程提供借鉴。

## 1 工程概况

### 1.1 项目建设背景

扩建中珠排洪渠工程位于中山市南部,全长 14.98 km,其中新建段 4.51 km,扩建段 9.18 km。工程建成后可有效拦截三乡镇东北部山区洪水,将沿途山洪截流排出至珠江口,减轻三乡镇洪涝灾害。

### 1.2 工程地质条件

该段河道沿山前坡脚走向,位于高尔夫球场内,河道现有宽度 25~35 m,堤顶高程 15.26~20.02 m,河底高程 11.82~14.14 m。

根据工程地质勘察报告,河道两岸岸坡为土质岸坡,为人工填土,坡顶为球场草皮;河道右岸局部揭露 0.80~2.10 m 厚淤泥质土;下部土层主要为残坡积土。地层从上到下分别为:

1. 第①-1层:人工填土(Qs 4),黄褐色、杂色,稍湿,未压实,密实度差异较大,主要由碎石和粉质黏土回填组成,包含砂和砾石等成分,导致土质分布不均。该层主要分布沿现状渠道两侧分布呈条带分布,揭露层厚 0.40~6.80 m,平均层厚 3.17 m,层顶高程 15.13~34.40 m。该层进行标准贯入试验 7 次,6~26 击,平均 12.3 击。

2. 第③-2层为残积土(Qed 4),颜色为黄棕色至黄褐色,结构松散,主要由砂、砾质黏性土构成,母岩为花岗岩。该层成分包括黏性土及石英砂粒,遇水易软化和崩解,在沿线广泛分布,厚度在 0.50 m 到 21.80 m 之间,平均厚度 6.53 m,顶部埋深 0.00 m 到 12.10 m,标高-8.30 m 到 34.27 m。标准贯入试验 101 次,平均击数 21.4 击。

拟建场地地下水主要为上层滞水和孔隙潜水,分布于填土和残积土层,依赖大气降水和地表水补给,并通过径流排入水体或通过含水层排放。地下水位受降水影响显著,钻探期间地下水初见水位埋深 0.00~2.30 m,高程 13.56~17.63 m。

## 2 河道断面与基坑支护设计

### 2.1 河道设计断面

中山温泉高尔夫球会是中华人民共和国内首个集温泉与高尔夫于一体的俱乐部,同时也是国内首个拥有符合锦标赛标准的 36 洞球场。该项目位于球会内的阿诺庞玛球场,根据球会方要求,河道建设不得改变、影响球场原有地形地貌,为此工程设计采用有压箱涵,涵内行洪,涵顶恢复高尔夫球会内部水景隔离带。箱涵整体断面采用 13 m 长预制板桩+2 排预应力锚索联合支护方案,基坑无内支撑,大大拓展了基坑开挖、出渣的施工作业空间。同时涵身贴合板桩面,减少一侧立模施工,显著缩短施工工期。

### 2.2 基坑支护方案

鉴于河道箱涵开挖深度与范围较大,基坑围护设计选用 13 m 长预制板桩加两排预应力锚索。具体步骤如下:首先清理河道,然后施工预制板桩;接着安装

第一层 13 m 长的锚索（自由段 6 m，锚固段 7 m）及其腰梁；待锚索锁定后，向下开挖 3 m 并设置第二层 15m 长的锚索（自由段 5 m，锚固段 10 m）及其腰梁；最后锁定第二层锚索后，继续开挖至设计基底标高。

本工程主要面临孔隙潜水的影响。鉴于土层透水性差，预计基坑开挖过程中的水量不大，排水措施采用预制板桩预留排水孔、基底 300 mm 厚碎石排水带以及 DN400 无砂透水管，将水排出至相邻低洼河道。

### 3 线性基坑锚索施工质量控制关键因素

#### 3.1 施工前准备

线性基坑锚索施工前，应做好下列有关事项工作：

1. 仔细核对设计内容，深入研究设计要求、地质状况及环境条件，了解基坑周边的情况、建筑物的状态及其可能受到的影响，预判潜在问题并制定相应的应对措施<sup>[1]</sup>。

2. 复核并调查沿线地表、地下水情况，对于地下水位较高的部位，应调查其水文地质条件，并分析地下水对锚索施工及其运行期间的潜在影响。评估在钻孔过程中是否可能出现涌水情况。对于可能存在涌水的区域，制定相应的防水措施，以防止锚固孔孔壁的坍塌和灌浆材料的稀释。

3. 核查场地周边的地下构筑物，确定其位置、形状、尺寸和数量，并提出相应的排除和防护措施。

4. 确定处理造孔和洗孔后的污水、搅拌机排出的水以及灌浆材料稀释用水等废弃物的方案。

5. 考察施工场地、进出道路和电力供应情况，并制定保障措施，确保施工顺利进行。

6. 仔细核查原材料及仪器设备的类型、品种、规格和锚索各组件的质量，确保其符合设计要求。

7. 选取具有代表性的地质段或结构进行预应力锚固性能测试，以确定钻孔、注浆、张拉及锁定等施工工艺及设备的适用性。

#### 3.2 施工作业流程

施工作业流程如图 1 所示。

##### 3.2.1 造孔

造孔是锚索施工中的关键步骤，造孔效率低下会直接影响工期、成本和经济效益；而造孔质量不佳则会影响锚索的安装和水泥砂浆的灌注质量，从而降低锚杆与砂浆、砂浆与孔壁之间的黏结力，导致锚索无法达到设计标准。因此，在钻凿锚索孔时，必须遵循设计要求，以确保成孔的质量<sup>[2]</sup>。

1. 造孔机械。应根据长线性基坑锚固工程的钻孔要求和施工单位现有设备的具体情况，选择适宜的钻孔设备。短锚索（孔径小于 45 mm，长度小于 4 m）的钻孔，可使用普通手动冲击式钻机。大直径长锚索（直径在 60 ~ 168 mm 间，长度在 5 ~ 50 m 间）的钻孔，可以采用回转钻、冲击钻或冲击一回转钻进行钻进。钻机的选择应依据地层特性、钻孔的直径和深度、冲洗孔的方法以及钻机布置的空间条件等因素来决定，一般可选用专用的锚孔钻机。

2. 锚固孔施工技术及工艺。（1）钻孔结构。钻孔结构应按岩土地层条件进行布置，一般采用孔口套管钻进<sup>[3]</sup>的一级口径结构。（2）钻机就位和安装调试。钻机的安装质量不仅会影响钻孔的效果，还牵涉施工

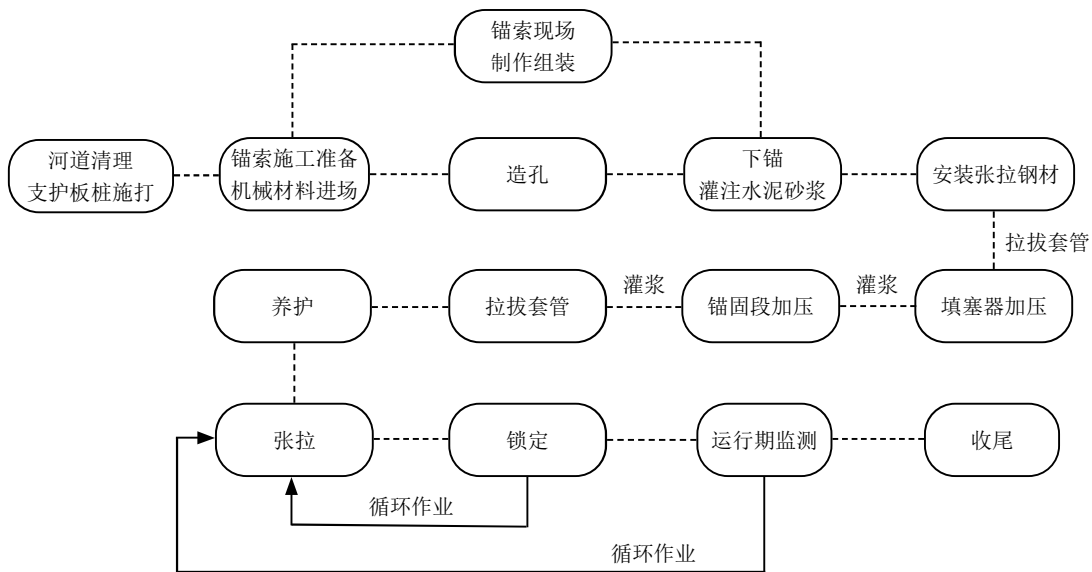


图 1 施工作业流程图

效率和人员安全。因此,钻机的安装必须满足“正、平、稳、固”的要求。(3)钻进方法与参数。在完整的岩层中,通常采用清水并加大泵量进行钻进,必要时可添加适量的润滑剂以减少摩擦;在易水化剥落的水敏性岩层中钻进时,应使用失水量小的高质量泥浆;在含有滑动面的地层中钻进时,禁止带水作业;对于破碎带,则应采取分段钻进、分段固结灌浆的方法;在土层中,应采用无泵干式作业法进行钻孔。必须注意的是,在锚索孔钻进中使用冲洗液的原则是:若非必要,则尽量避免使用;如果可以使用清水进行冲洗钻进,则应优先使用清水。这是由于采用泥浆或润滑剂作冲洗液后留在孔壁上的泥皮和润滑剂残留会削弱锚固段的锚固效果。如果在钻进过程中使用了泥浆或润滑剂,则在成孔后必须进行清洗,可以使用清水(或高压空气)进行冲洗,直到孔口流出的水变得清澈为止。(4)钻孔质量控制。锚固孔需保持圆整且直线,不得弯曲。在钻孔施工过程中,应及时进行倾斜测量。在容易偏斜的岩层中钻进时,应增加测斜点的密度,必要时每隔 5 m 测量一次,一旦发现孔斜应及时纠正,可以采用套管楔入法来进行校正。

### 3.2.2 锚索的组装与安放

1. 锚索需在专门的场地按照设计要求进行组装,杆体放入钻孔之前,应检查杆体的质量,确保杆体组装满足设计要求<sup>[4]</sup>。

2. 在放置杆体时,应避免杆体受到扭曲或弯折。注浆管应与锚索一同置入钻孔,注浆管的端部距离孔底应保持在 50 mm 至 100 mm,杆体的放置角度应与钻孔的角度相一致。可以使用偏心夹管器、推送器结合人工方式平稳缓慢地推送。在推送过程中,严禁上下左右晃动、反复扭转或窜动,以防中途散乱或卡住,导致安装失败。

### 3.2.3 注浆

注浆浆液应搅拌均匀,现拌现用,并确保在初凝前使用完毕,严禁石块和杂物混入浆液中。为保证足够的锚固力,采用二次注浆工艺。初次常压注浆应从孔底开始,一直持续到孔口有浆液溢出;初次常压注浆完成后,应清洁注浆管、注浆枪和注浆套管。当第一次注浆形成的水泥结石体强度达到 5.0 MPa 时,可以进行二次高压注浆,具体的注浆压力和时间应根据锚固体的体积来确定。

### 3.2.4 锚索张拉与锁定

根据设计断面,锚索锚固段注浆完毕后,需先安装好工字钢腰梁,方可进行锚索张拉与锁定。

1. 张拉锁定设备选择。张拉锁定设备要根据杆体

的材料和锁定力的大小,结合工期要求进行选择。水利长线性基坑范围长,地下水丰富,采用省时省力的电动油泵张拉锁定设备。

2. 张拉与锁定施工方法。应在孔内水泥浆达到设计强度后方可进行张拉与锁定工作,为降低支护结构受力风险,应尽快进行锚索张拉锁定工作,因此需在水泥浆中加早强剂,促使水泥提前凝结牢固。加入早强剂后的锚固体在 8 ~ 10 d 即可达到张拉锁定强度。

锚索张拉应根据设计文件要求,按一定程序进行,并应考虑邻近锚索的相互影响以确定张拉顺序。

在正式张拉之前,需要对锚索进行两次预张拉,张拉力设定为设计拉力的 0.1 ~ 0.2 倍(Nt),以确保锚索各部分紧密接触且杆体完全伸直,从而消除杆体内部的潜在变形。在拉直之后再次进行张拉时,变形量的计算将以此时的状态为基准。锚杆的张拉荷载应分阶段逐步增加,达到设计锁定标准时方可进行锁定作业。

### 3.3 运行期监测

加强锚索预应力监测是确保基坑安全的有效手段。锚索张拉锁定后立即开始监测,此后三天内每天至少监测两次,三天后至十天内每天监测一次,十天到三十天期间每五天监测一次,之后每月监测一次,并根据预应力值的变化来调整监测频率<sup>[5]</sup>。如果环境或边界条件发生变化,应相应提高监测频率。

预应力锚索的原位监测应与基坑变形监测相结合,并同步进行数据分析与反馈。

## 4 结束语

本工程的基坑全长约 840 m,项目具有范围长、水文地质条件差、施工场地受限、结构复杂,安全隐患多、工期紧张等特点,文章对预制板桩+排预应力锚索联合支护结构进行介绍,提出了针对该项目的预应力锚索施工质量控制要点,以此为同仁提供有益参考。

## 参考文献:

- [1] 水利部. 水利预应力锚固技术规范 .SL/T 212-2020[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2020.
- [2] 王浩. 浅谈京东地区超厚富水砂层钻孔桩施工工艺[J]. 城市建筑, 2022, 19(16): 179-182.
- [3] 寇明宝. 锚固桩技术在桥梁基础工程施工中的应用探讨[J]. 工程建设与设计, 2022(10): 171-173.
- [4] 王芳泓. 珠三角地区富水砂层深基坑施工涌水涌砂安全风险控制[J]. 路基工程, 2024(01): 198-205.
- [5] 单宇. 富水砂层地质条件盾构穿越密集锚索区域施工质量控制[J]. 建筑技术开发, 2023, 50(04): 143-145.