

下穿通道工程深基坑开挖及支护施工技术 应用要点探讨

刘剑琅

中国水利水电第十六工程局有限公司, 福建 福州 350000

摘 要 : 下穿通道工程是现代城市基础设施建设中常见的工程类型, 尤其是在城市地下交通系统建设中应用广泛。其特点是需要有限的地表空间下进行深基坑开挖, 因此深基坑的开挖与支护施工成为关键技术之一。本文以某机场工程灯光带下穿为例, 分析深基坑开挖及支护的应用要点, 以期下穿通道工程的施工提供有益参考。

关键词 : 机场工程; 下穿通道工程; 深基坑开挖; 支护; 施工; 技术

Discussion on the Application Points of Deep Foundation Pit Excavation and Support Construction Technology for Underpass Engineering

Liu Jianlang

China Water Resources and Hydropower 16th Engineering Bureau Co., Ltd. Fuzhou, Fujian 350000

Abstract : Underpass engineering is a common type of engineering in modern urban infrastructure construction, especially widely used in the construction of urban underground transportation systems. Its characteristic is the need to excavate deep foundation pits in limited surface space, making excavation and support construction of deep foundation pits one of the key technologies. This article takes the underpass of a certain airport project lighting strip as an example to analyze the application points of deep foundation pit excavation and support, in order to provide useful reference for the construction of underpass channel projects.

Keywords : airport engineering; underpass channel project; deep foundation pit excavation; support; construction; technology

一、工程概述

灯光带下穿通道位于北一跑道东绕滑外侧, 受跑道灯光带光芯高度的影响, 服务车道在灯光带影响范围内进行下沉处理, 通道起终点分别位于灯光带的南北两侧, 总长400米, U槽段长度350.00米, 其余为地面段。通道双向4车道, 通道U槽净宽度28.75米。本次设计内容为灯光带下穿通道基坑开挖、支护、地下水控制、回填及地基处理设计, 拟建场地开阔, 周边无需要特殊保护的市政管线及建(构)筑物。基坑工程于场地平整挖方区土方挖除后, 填方区土方未填筑之前进行施工, 基坑底标高按下穿通道结构底标高控制(泵房位置按照泵房结构底标高控制), 考虑底板垫层、防水层和褥垫层厚度, 下穿通道基坑开挖深度为2.00m~7.50m, 泵房处基坑深度约为9.50m^[1]。

二、下穿通道工程深基坑开挖技术

在进行本基坑工程时, 根据设计图纸以及开挖方法的不同, 我们将采用放坡开挖和围护有支撑开挖两种方式^[2]。本通道的基坑支护工作计划从排水泵房区域开始, 向南北U槽段方向逐步施工。与此同时, 基础底板的施工将从南北U槽段开始, 向雨水泵

房区域方向推进。开挖工作应保持对称均衡, 每完成一层土方开挖后, 必须等待上层土钉注浆体及喷射混凝土面层达到设计强度的70%之后, 才能进行下一层土方的开挖^[3]。根据温度环境等条件, 这一过程一般需要3天至7天。每一步开挖应挖至土钉位置下0.5米处, 严禁超挖。具体开挖方式详见表1。

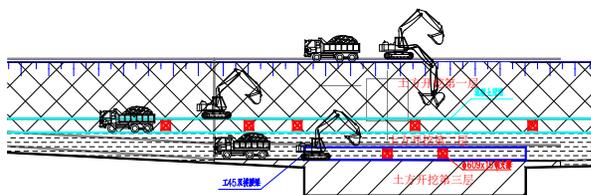
表1 土方开挖方式

段落	第一层	第二层	第三层
U1~U4、 U11~U14	纵向分层全断面开挖, 运输便道为通道两侧规划便道。	无	无
U5、U7~U10	纵向分层全断面开挖, 运输便道为通道两侧规划便道。	开挖采用纵向分层全断面倒退开挖, 运输便道为基坑内运输。	无
U6、排水泵房	纵向分层全断面开挖, 运输便道为通道两侧规划便道。	开挖采用纵向分层全断面倒退开挖, 运输便道为基坑内运输。	台阶式倒退法开挖, 运输便道为基坑内运输。

(一) 纵向分层全断面开挖

在此次工程中各区段均应用到了纵向分层全断面开挖的方式, 具体开挖示意图详见图1。具体方法措施如下: 第一, 分层开挖厚度控制与施工步骤优化。在纵向分层全断面开挖过程中, 第

一层为DK0+29.7-DK0+377.23(U1~U14),第二层开挖段落为DK0+110-DK0+291(U5~U10),第三段为DK0+161.23-DK0+174.84泵房区域(U6段),土方开挖时要做到“竖向分层、纵向分段、随开挖随支护”,由排水泵房区域(U6段)往南北U槽段开挖。开挖前,明确分层标高并布置控制点,采用全站仪动态调整施工线^[4]。针对9.5米深的泵房区域,采用纵向分层全断面开挖技术分三次完成。开挖前,要求工作人员认真交底基坑的断面、开挖的次序和出土线路。并设置截水沟和基坑排水系统,截、排水沟截面尺寸300mm*300mm,并定人定岗巡视水沟内畅通情况,发生堵塞及时疏通,防止地下水对施工的干扰。开挖时,第一层开挖深度为4.5米,挖至第一层钢支撑以下0.5~0.8米,先进行冠梁、钢支撑施工,待冠梁、钢支撑施工完成后开挖第二层。每层土方均需采用小型挖掘机逐步卸载,防止大型设备集中荷载导致基坑边坡失稳^[5]。第二,全断面开挖作业顺序与土方运输协调。全断面开挖需按从基坑一端向另一端的倒退方式进行,以降低土方运输干扰及对周边环境的影响。施工中划分多个作业区,每区设专用施工通道,土方装载后通过封闭运输车辆快速外运,减少扬尘和噪声影响。开挖设备使用履带式挖掘机配合液压破碎机,应根据土质条件调整设备参数,如破碎强度和斗容容量。对于砂性土区域,开挖后应立即设置防护帷幕或排水系统,防止地下水渗透对基坑结构造成破坏。第三,基坑降水与土体稳定性监测。在纵向分层全断面开挖过程中,为确保基坑干燥稳定,首先设置合理的基坑排水系统,采用井点降水或深井泵降水相结合的方法,快速排除地下水,防止水位上升导致基坑边坡不稳定。每层开挖前,检查降水系统的排水效果,并确保无积水现象。开挖过程中,通过布设多个地表沉降点、位移监测设备,实时监测基坑周围的沉降与位移变化^[6]。

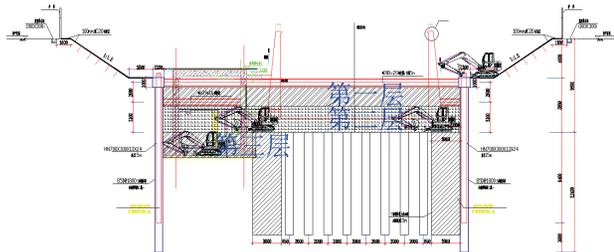


>图1纵向分层全断面开挖示意图

(二) 台阶式倒退法开挖

在此次工程第三段为DK0+161.23-DK0+174.84泵房区域(U6段),方开挖方式主要采用台阶式倒退法、纵向分层全断面开挖,该区域开挖深度9.5米,共分3次开挖到底。在实施台阶式倒退法时具体开挖示意图详见图2。首先,根据基坑深度和土质条件对台阶进行详细设计。台阶的高度一般设置为2.0米至3.0米,宽度控制在1.5米至2.0米之间,以保证施工设备的通行和安全操作。每个台阶的开挖都按分层进行,每次开挖的深度不超过设计值,以避免一次性开挖过深导致的边坡失稳。在开挖过程中,采用激光水平仪精确标定台阶高度,确保每一层的开挖面均匀、平整,减少不均匀沉降的风险。因受空间限制,开挖时要边坡边撑及时完成钢支撑制安,确保施工过程中的土体稳定性。其次,在每层开挖完成后,对裸露的坡面进行即时加固。通常采用喷射混凝土与钢筋网结合的方式进行坡面支护,喷射混凝土厚度控制在5

至8厘米。对较松散的土层,可在喷射混凝土后增长螺栓或钢筋网作为辅助加固,增强坡面的抗剪强度。在土层较为疏松或地下水位较高的情况下,设置临时支撑结构或安装滑动支座,通过钢支撑与锚杆组合的方式增加坡面的稳定性。此外,机械开挖时基底及边坡应预留一层20cm厚土层用人工清底、找平,以保证基底标高正确,避免超挖和土层遭受扰动^[7]。



>图2台阶倒退法开挖示意图

三、下穿通道工程深基坑支护施工技术应用要点

(一) 止水帷幕桩施工

止水帷幕桩主要通过设置连续的防水墙来阻止地下水渗透,从而确保基坑施工的安全性和稳定性。首先,止水帷幕桩施工的关键技术在于桩体材料的选择。通常,采用高强度钢筋混凝土或钢板桩材料,这些材料具有较高的抗渗性和抗压能力,能够有效抵御水压。在此次工程中水泥等级使用42.5级普通硅酸盐水泥,初步确定其设计掺入量为20%,水灰比为1.5~1.8之间,要求28天的强度达1.0MPa。待现场试桩后,根据试桩情况确定具体参数。同时,在施工过程中,施工单位需依据地下水的流动性及土质特点,选用适合的灌浆材料和灌浆工艺,以确保止水效果的长期稳定性。其次,精确定位,确保桩体与设计线的对齐。根据基坑周围的水文地质条件,选择合适的桩型及桩深。钻孔过程中,采用旋挖钻机或液压钻机,根据土层性质调整钻进速度和压力,防止孔壁坍塌。在孔内进行清孔操作时,确保孔底无淤泥或杂物,必要时使用冲洗液清洗孔底,以确保桩体与土体之间的有效接触。再者,钢筋笼的制作与安装。钢筋笼通常采用直径12mm以上的钢筋,间距根据设计要求进行调整,确保桩体的强度与稳定性。在钢筋笼组装过程中,需对钢筋进行防腐处理,防止钢筋在后期使用中发生锈蚀^[8]。

(二) 土钉墙施工

首先,需要依据基坑的土层结构和地下水条件,合理确定土钉的布置、长度及密度。土钉墙主要通过将钢筋土钉按一定间距打入基坑壁的土体中,再通过喷射混凝土形成墙体,从而实现土体的加固与支护功能。在施工实施阶段,土钉的打入需要采用高频震动桩机或冲击钻机等专业设备。根据土质的不同,钻孔深度和土钉长度需做出相应调整。此次工程中土钉采用直径48mm的钢管管,钢管端部应制成尖锥状,钢管顶部设置防止施打变形的加强构造。施工过程中应确保钻孔壁的稳定性,采用42.5级普通硅酸盐水泥,水泥浆水灰比为0.5~0.6,防止孔壁坍塌对施工安全造成影响。此外,在土钉墙施工中,土钉的埋设采用机械钻孔

方式进行，通常采用旋挖钻机或液压钻机，根据土层的不同选用合适的钻头。钻孔深度一般控制在5米至8米之间，孔径根据设计要求与土质情况确定。在孔内置入土钉时，土钉的长度根据土体层的强度和稳定性进行设计，通常为6米至12米不等^[9]。

（三）挂网喷射混凝土面层施工

在基坑支护施工中，对于深度超过5米的基坑，采用坡顶放坡结合SMW工法桩和内支撑体系，同时坡面需覆盖挂网喷射混凝土面层，以增强土体稳定性。面层采用干喷法施工，选用强度等级为42.5的普通硅酸盐水泥作为混凝土的基础材料，喷射面层的强度要求为C20，厚度设定为100mm。该混凝土面层通过喷射形成坚固的保护层。挂网施工中，网片采用 $\phi 8\text{mm}$ 的HPB300钢筋，按照200mm \times 200mm的规格绑扎，绑扎方式采用跳绑技术，确保网片的稳定性。水平加强筋采用 $\phi 16\text{mm}$ HRB400钢筋，其钢筋网由HPB300 $\phi 8\text{mm}$ 光圆钢筋制成，并用“U”型卡固定在坡面上，固定过程中使用1.0m长的HRB400 $\phi 16\text{mm}$ 钢筋，以确

保钢筋网牢固嵌入坡面，水平间距设定为2m。钢筋网的绑扎严格控制，使用22#火烧丝通过“8”字扣进行逐点绑扎，确保连接牢固，且钢筋搭接长度不应小于35d（且不小于300mm）。搭接接头错开至少1.3倍搭接长度，钢筋端部需弯曲180°，弯钩长度不小于10d。螺纹钢连接及锚筋锚头与横压筋的连接采用搭接焊接工艺，单面焊接搭接长度不得小于10d，双面焊接不得小于5d。此外，喷射作业过程分段进行，喷射过程中每段应均匀施加混凝土，喷射的厚度控制在30mm至80mm之间^[10]。

四、结束语

下穿通道工程深基坑开挖及支护施工技术的应用，对于确保工程安全、提高施工效率和降低风险具有至关重要的作用。通过合理选择支护结构形式可以有效应对不同土质和地下水条件下的挑战，确保基坑施工期间的土体稳定性和安全性。

参考文献

- [1] 王春华, 余国梁, 方能榕, 等. 改扩建机场超大超深基坑群施工管理 [J]. 施工技术, 2021, 050(005):12-15.
- [2] 姚亮. 市政管线对深基坑设计的影响及解决方案 [J]. 广东土木与建筑, 2022, 29(09):74-77+85.
- [3] 张茜, 姚建军. 复杂地理环境下深基坑的设计与施工技术 [J]. 中国水运: 下半月, 2009(1):2.
- [4] 王纯兴. 机场明挖隧道深基坑支护施工关键技术应用研究 [J]. 中华建设, 2023:155-157.
- [5] 蒋成, 周地晴. BIM-4D技术在复杂深基坑群施工中的应用 [C] // 第九届全国BIM学术会议论文集. 2023.
- [6] 詹新彬, 刘俊, 刘涛, 等. 拉森钢板桩支护体系在大型机场项目液化深基坑中的应用 [J]. 建筑技术开发, 2024(002):051.
- [7] 伍永飞, 翟炯. 机场枢纽超大基坑群的总体设计方案研究 [J]. 山西建筑, 2023, 49(11):81-84.
- [8] 颜玉兵. 基于软土地区深基坑施工变形安全性状的时间特性研究 [J]. 工程建设与设计, 2021, (14).
- [9] 李欣然, 刘小英, 杨颖, 等. 临近运营线深基坑施工存在的问题及解决措施 [J]. 云南水力发电, 2023, 39(12):182-185.
- [10] 李红现, 李占良, 于新平. 基于大型机场下的钢板桩围护施工技术 [J]. 建筑机械, 2023(3):127-130.