

Research on the excavation technology of large-diameter shield tunneling in the flight control area of operating airports

Minghui Yao Jianping Liu Cong Liu

China Energy Engineering Gezhouba Rail Transit Construction Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518100, China

Abstract

With the rapid development of cities and the continuous progress of shield tunneling technology, shield tunneling has been widely used in underground tunnel construction. The first section of the Guangdong Hong Kong Macao Greater Bay Area Shenzhen Urban Circle Intercity Railway from Shenzhen Airport to Daya Bay Intercity Shenzhen Airport to Pingshan Section Project (T4-Wuhe) Civil Engineering Zone 1 T4 Hub Station to Airport East Station section (hereinafter referred to as the "T-Airport Section") passes under the flight control area of Bao'an International Airport. The tunnel length in this area is 230 meters, and the geological conditions are uneven soft and hard composite strata. This article introduces the application of large-diameter shield tunneling technology in the flight control area of operating airports under complex conditions in practical engineering, based on engineering examples.

Keywords

Large diameter TBM; Airport runway flight area; Complex Ground

大直径盾构下穿运营机场飞行控制区掘进技术研究

姚明会 刘建平 刘聪

中能建葛洲坝轨道交通建设有限公司, 中国·广东 深圳 518100

摘要

随着城市的高速发展和盾构施工技术的不断进步, 地下隧道施工已普遍采用盾构法施工, 粤港澳大湾区深圳都市圈城际铁路深圳机场至大亚湾城际深圳机场至坪山段工程1标(T4-五和)土建一工区T4枢纽站至机场东区间(以下简称“T机区间”)下穿宝安国际机场飞行控制区, 该区域隧道长度为230m, 地质条件为软硬不均复合地层, 本文结合工程实例, 介绍了在复杂条件下大直径盾构机下穿运营机场飞行控制区施工技术在实际工程中的应用。

关键词

大直径盾构; 机场飞行控制区; 复杂条件

1 引言

机场飞行控制区地理位置特殊, 周边环境敏感, 工程水文地质条件复杂, 对大直径盾构机掘进施工技术形成了巨大的挑战, 全国范围内盾构下穿机场的案例稀少, 因此城际铁路复杂条件下大直径盾构下穿运营机场飞行控制区掘进的研究对于促进类似条件下盾构掘进施工的应用具有重要的指导意义。

2 工程概况

2.1 项目概况

深大城际 T4 枢纽站~机场东区间线路隧道全长 2702m, 采用两台开挖直径 9.14m 的大直径土压平衡盾构机施工, T 机区间左线在里程 ZDK1+623 ~ ZDK1+853、右线在里程 YDK1+652 ~ YDK1+882 处下穿机场飞行控制区(15

区), 全长 230 米, 风险等级为高风险区域, 隧道埋深约 34.8~35.9m。

2.2 工程水文地质条件

机场飞行控制区洞身范围为全风化花岗岩、强风化花岗岩和中风化花岗岩及微风化花岗岩, 上软下硬地层占 78%, 机场不具备地面钻孔取芯条件, 施工过程中微动探测结果与实际地质情况存在较大偏差, 且该区域为沿海回填区, 隧道上部孔隙多、不密实, 盾构掘进过程中保压困难。

3 复杂地质掘进参数分析

3.1 盾构机推力及扭矩参数分析

T 机区间穿越机场飞行控制区在全强风化地层中掘进时推力为 33000KN ~ 50000KN, 刀盘扭矩 1700KNm ~ 8000KNm; 在上软下硬地层中掘进时推力最大值为 60000KN, 刀盘扭矩最大为 8300KNm; 在全断面硬岩地层中掘进时推力最大值为 57000KN, 刀盘扭矩最大为 6300KNm。

3.2 盾构机推进速度参数分析

T 机区间穿越机场飞行区在全强风化地层中掘进速度

【作者简介】姚明会(1968-), 男, 中国吉林榆树人, 正高级工程师, 从事轨道交通工程施工和技术研究。

控制在 40 ~ 50mm/min，在上软下硬地层中掘进速度控制在 15 ~ 40mm/min，在全断面硬岩地层中掘进速度控制在 5 ~ 25mm/min，见图 1。

3.3 盾构机土仓压力参数分析

T 机区间穿越机场飞行区在全强风化地层掘进过程中土仓压力主要控制在 2.8bar 左右，在上软下硬地层土仓压力主要控制在 3.2bar 左右，在全断面硬岩地层土仓压力主要控制在 0.8bar（见图 2），实际土压力与计算土压力基本吻合。

3.4 盾构机同步注浆量参数分析

T 机区间穿越机场飞行区在全强风化地层中注浆量控制

在 12 ~ 16m³，注浆压力控制在 3.1 ~ 3.7bar；上软下硬地层中注浆量控制在 12 ~ 24m³，注浆压力控制在 3.5 ~ 3.7bar；全断面硬岩地层中注浆量控制在 14 ~ 22m³，注浆压力控制在 3.1 ~ 3.7bar，见图 3。

3.5 盾构机出土量参数分析

T 机区间穿越机场飞行区在全强风化地层中掘进过程中出土量稳定在 152m³ ~ 172m³，在上软下硬地层中掘进过程中出土量稳定在 160m³ ~ 171m³；在全断面硬岩地层中掘进过程中出土量稳定在 162m³ ~ 176m³，松散系数为 1.3 ~ 1.5，基本与设定值一致，见图 4。



图 1 T 机区间下穿飞行区控制区（15 区）推进速度变化曲线图



图 2 T 机区间下穿机场飞行区土仓压力变化曲线图

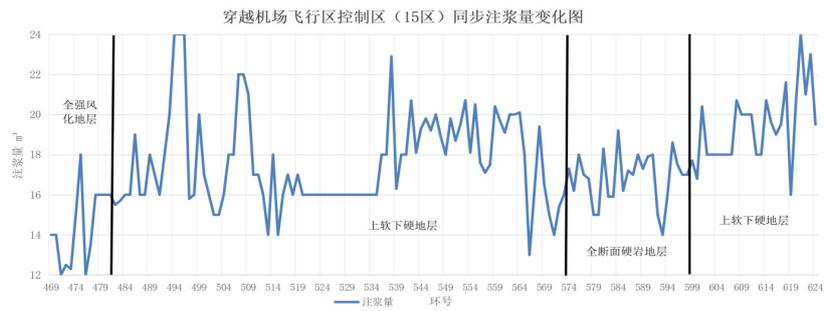


图 3 T 机区间下穿飞行区控制区（15 区）同步注浆量变化曲线图

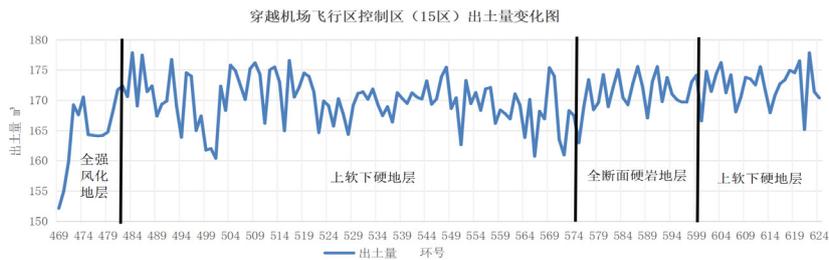


图 4 T 机区间下穿飞行区控制区（15 区）出土量变化曲线图

4 管控措施

4.1 地质复核措施

4.1.1 飞行控制区内地质补勘: 经与机场集团多次协调, 施工单位在机场飞行控制区周边共实施了 12 处补勘孔。

4.1.2 隧道内超前地质预报: 对于盾构下穿机场飞行控制区详勘期间未做钻孔详勘区域采用 HSP 超前地质预报^[1]。

4.1.3 地表空洞探测: 每周两次对机场飞行控制区内进行航后空洞探测, 出现异常情况及时预警并处置。

4.2 洞内超前注浆加固

根据民航相关规定, 地表沉降值需按照 $\pm 10\text{mm}$ 控制, 盾构机在穿越机场控制区过程中进行多次洞内超前注浆预加固。

4.3 洞内跟踪注浆

根据盾构推进时的沉降数据, 增加同步注浆及二次注浆量, 同步注浆量在全强风化地层由 $13.32\text{m}^3/\text{环}$ 增加至 $15.5\text{m}^3/\text{环}$, 在上软下硬地层由 $15.84\text{m}^3/\text{环}$ 增加至 $17.5\text{m}^3/\text{环}$; 二次注浆量在全强风化地层增加至 $5.4\text{m}^3/\text{环}$, 上软下硬地层增加至 $6.0\text{m}^3/\text{环}$ ^[2]。

4.4 监控量测

机场飞行控制区人工监测断面由设计的 90m 加密至 30m, 隧道中线的监测点由设计的 30m 加密至 5m。高风险区域采用自动化监测手段。

4.5 落实专家例会制度和领导带班制度

4.5.1 每周组织召开 2 次专家会议, 研判地质情况与掘进参数匹配情况。

4.5.2 下穿作业时专职巡查员 24 小时不间断巡查, 监督作业层严格按照方案实施。

5 掘进参数总结

盾构机在全强风化地层中掘进时, 做好渣土改良工作, 防止出现刀盘结泥饼、地面沉降等情况; 盾构机在上软下硬地层中掘进时, 防止出现刀盘结泥饼现象及喷涌, 并且加强二次注浆, 防止地面出现沉降; 盾构机在全断面硬岩中掘进时, 土仓仓位控制在 1/3 仓以下, 严格控制掘进速度和推力, 保证注浆量充足, 防止管片上浮, 控制贯入度, 及时检查刀具, 防止刀具超磨。各种地层掘进参数见下表(表 1)。

表 1

| 类型 | 参数 | | |
|-------------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| | 全强风化地层 | 上软下硬地层 | 全断面硬岩地层 |
| 土仓仓位 | 1/2 ~ 2/3 仓 | 2/3 仓及以上 | 1/3 仓以下 |
| 推力 (KN) | 31000 ~ 50000 | 41000 ~ 60000 | 31000 ~ 60000 |
| 刀盘转速 (mm/min) | 1.3 ~ 1.5 | 1.3 ~ 1.5 | 1.4 ~ 1.8 |
| 刀盘扭矩 (KNm) | 2500 ~ 5500 | 3500 ~ 7000 | 3000 ~ 6000 |
| 掘进速度 (mm/min) | 30 ~ 50 | 15 ~ 30 | 5 ~ 30 |
| 顶部土压 (bar) | 2.7-3.2 (根据埋深调整) | 3.0 ~ 3.3 (根据埋深调整) | 0.5 ~ 0.8 (根据埋深调整) |
| 出土量 (m ³) | 152 ~ 165 | 165 ~ 177 | 165 ~ 175 |
| 同步注浆量 (m ³) | 12.8 ~ 18 | 14 ~ 20 | 13 ~ 18 |
| 同步注浆压力 (bar) | 3.1 ~ 3.5 | 3.3 ~ 3.8 | 3.1 ~ 3.5 |

6 结论

本文以深大城际 1 标工程 T 机区间盾构下穿机场飞行控制区施工为背景, 对复杂地质条件下大直径盾构机掘进参数、管控措施等方面的关键技术进行了阐述, 总结如下几点施工经验:

每隔 90 米环进行一次 HSP 法超前地质预报, 探明隧道前方地质情况, 选择合适的掘进参数。

盾构推进期间, 严格控制出土量, 采用体积法和称重法对每一环出土量进行校核。

通过可视化如发现掉渣, 可适当提高土仓压力, 防止超方增加, 当盾体经过可能超方区域时, 可通过盾壳向盾体

上方注入膨润土、沉降补偿剂填充盾壳与地层孔隙。

由于机场飞行区高风险区域的特殊性, 外部人员无法进入, 机场飞行控制区内采用自动化监测, 可以实时监测地表沉降数据, 当地表沉降数据超标时, 可以及时采取相应措施。

参考文献

- [1] 罗刚, 潘少康. 双线盾构隧道下穿机场高速沉降及变形规律[J]. 长安大学学报(自然科学版). 2019, 39(04): 100-108
- [2] 徐礼华, 艾心炎, 余佳力, 等. 厦门机场路隧道施工对砌体结构建筑物的影响分析[J]. 岩石力学与工程学报. 2010, 29(03): 583-592
- [3] 竺维彬, 钟长平, 米晋生, 等. 超大直径复合式盾构施工技术挑战和展望[J]. 现代隧道技术. 2021, 58(3): 6-16+42.