

城市隧道下穿既有构筑物进洞方法

周敬龙

苏州交投建设管理有限公司, 江苏 苏州 215000

摘 要：以苏州长江路南延项目为依托，对一种城市隧道下穿既有构筑物进洞方法进行阐述。因该工程暗挖段入口处地质条件差、埋深浅、跨度大、下穿公墓段距离长，周边构（建）筑物较多，隧道施工难度极高。为有效控制地面沉降对周边构（建）筑物的影响，保证开挖过程中边坡稳定，减小超浅埋大跨度暗挖隧道进洞过程中地形起伏大，软弱围岩及丰富地下水造成的风险，通过采取一系列隧道变形控制技术，如洞口范围加固并进行放坡开挖、设置管幕及 mjs、采用旋喷桩进行地基加固，利用玻璃纤维锚杆进行掌子面封闭等，成功控制隧道下穿构（建）筑物带来的地表沉降等风险，保证苏州长江路南延项目暗挖隧道快速、安全地进洞施工，也为类似下穿既有构筑物隧道施工提供有价值的参考。

关 键 词：隧道；下穿构筑物；进洞方法

City Tunnel Underpass the Existing Structures Into the Hole Method

Zhou Jinglong

Suzhou Trading Investment and Construction Management Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu 215000

Abstract：Based on the south extension project of Changjiang Road in Suzhou, a method of penetrating existing structures under urban tunnel is expounded. Due to the poor geological conditions, the buried depth of the excavation section of the project, the large span, the long distance through the cemetery, and the surrounding structures (buildings), the tunnel construction is extremely difficult. In order to effectively control the influence of ground settlement on the surrounding structures (buildings), ensure the stability of the slope in the excavation process, and reduce the risks caused by large topography and weak surrounding rock and rich groundwater in the process of ultra-shallow buried large-span dark tunnel excavation, By adopting a series of tunnel deformation control technologies, such as strengthening the scope of the hole and conducting slope excavation, setting up pipe curtain and mjs, using rotary jet pile for foundation reinforcement, using glass fiber anchor rod for palm surface sealing, etc., Successfully control the surface settlement and other risks caused by the structure (construction) construction under the tunnel, so as to ensure the rapid and safe construction of the tunnel in the south extension project of Suzhou Changjiang Road, and also provide a valuable reference for the construction of the existing structures.

Key words：tunnel; underpass existing structures; hole access method

一、绪论

（一）选题背景及意义

近年来，国家公路快速发展，为经济社会的发展起到了重要的基础性和先导性作用，为了满足社会需要和人民生活需求，交通事业同样也迎来了新的机遇和挑战。随着我国城市交通的不断发展，隧道下穿既有建筑物的情况也愈发频繁。尤其在暗挖隧道进洞时，受超浅埋、软弱岩层、边坡影响、建筑物复杂、隧道施工跨度大等因素的影响，容易造成掌子面不稳、边坡滑塌失稳、地表建筑倾斜沉陷等问题，存在极大的施工风险^[1]。因此，制定合理有效的支护形式与控制措施，对确保建筑物稳定以及隧道快速、安全的施工具有重要现实意义。

二、工程概况

（一）项目概况

苏州国际快速物流通道二期工程—长江路南延工程起点位于长江路—七子路交叉口北，沿现状长江路向南，以地面道路形式和七子路平交后，以隧道形式下穿宝带西路、晋福路后，双孔山体隧道向南穿越七子山，其间避让苏州市国防教育训练中心的军事用地区域及七子山垃圾填埋场，下穿七子山公墓。在环山路交叉口，主路接与规划旺山路线位，并采用隧道形式相继下穿环山路、创高路、吴中大道和北官渡路后，在南官渡路北侧接地。

（二）地质情况

本工程隧道整体布置形式为小净距+分离隧道形式，采用连

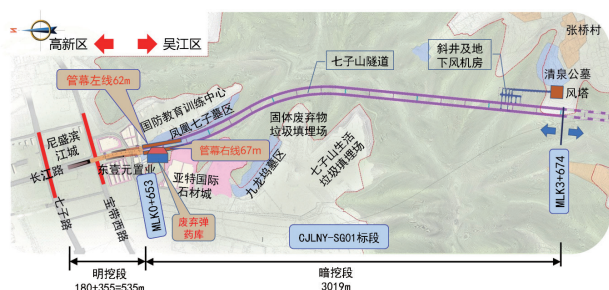


图2 周边建（构）筑物分布情况

拱隧道形式进洞，最大开挖跨度29.33m，高度12.19m，且洞口处左右线隧道之间最小净距约为7.1m，为超小净距隧道，与公墓间的最小距离约4.50m，最大埋深约25m。

隧道进洞口左右线在很长一段距离围岩较弱，围岩等级为Ⅵ级。覆土主要为表土、黏土、粉质黏土、含碎石粉质黏土、碎石土、全风化砂岩、强风化砂岩和破碎状中风化砂岩，表土结构松散地形起伏变化较大。隧道入口及出口处附近有塘分布，区内山体的山脊与山脊间形成大小不一的汇水面积。大气降水是隧址区域内地表水的主要补给来源。

（三）地表建筑物情况及周边环境

本工程周边建筑（构）物有凤凰山七子山墓区、苏州市国防教育训练中心、废旧炸药库等。

周边建（构）物情况比较复杂和敏感，且施工中隧道开挖容易影响周边建（构）物的稳定，分布均距离洞口处较近且结构相对薄弱。其中苏州市国防教育训练中心为砖结构，位于隧道左侧，房屋距离隧道仅2—3m；废旧炸药库单层砖结构，位于隧道入口处上方；下穿七子山公墓，公墓均无地下结构，墓碑为浅基础，墓区外设置砖砌二四墙，高度2.5m，极易受地层扰动影响。水塘与其最近隧道断面拱顶标高3m左右，水平方向距离隧道开挖轮廓线20m。

三、施工工艺及进洞方法

隧道下穿施工一般易造成土体扰动，严重的引起路面沉降过大甚至导致坍塌的事故频繁，继而引发一系列后续影响，给施工过程中技术与安全管理带来了巨大的挑战。

同时本工程进洞埋深浅，围岩性质较差，地表及地下水丰富，连拱隧道跨度大，对周围土体扰动大小以及深度较大，引起沉降的系数变复杂。而与施工工法相对应，隧道超前支护技术也呈现多样化，而如何保证施工过程中安全可靠，必须加强隧道开挖方法、超前预加固、支护方式、围岩稳定性控制、监控量测等，针对性的采取方法来解决难题，故基于某工程城市隧道下穿既有构筑物进洞方法来进行说明，其采用三轴搅拌桩对洞口处范围进行垂直加固后采取放坡开挖施工，水平设置管幕及mjs进行超前支护，底部地基采用旋喷桩进行加固，掌子面利用玻璃纤维锚杆进行封闭。

（一）工程重难点

浅埋软弱围岩隧道存在安全事故多发的情况，以往的施工案

例中一直是隧道设计和施工的难点^[2]。浅埋隧道的重难点在于开挖时不能形成承压拱，具有较差稳定性，极易受到地表水的影响，若不能进行有效支护，极易造成滑坡、坍塌及基坑变形等风险^[3]。

本工程隧道进洞15m后的地表为七子山公墓，公墓区沿路线走向长约630m范围内的山体坡面密布公墓。隧道进口连拱隧道段覆土厚度仅4.5m为超浅埋隧道，且地层为表土、黏土、粉质黏土、含碎石粉质黏土、碎石土，以黏土、粉质黏土为主，地质情况较差且地下水丰富，开挖施工中极有可能发生坍塌。

连拱隧道施工最大断面道跨径约30m，最大断面的计算矢高约10m，矢跨比0.397，为超大断面隧道。根据线路统计，左右线最小净距仅7.1m，且位于洞口连拱段，左右线净距远小于一倍洞径，先行隧道开挖扰动将会严重影响后建隧道的正常施工。

（二）支护形式及进洞方法

连拱隧道洞门位于明挖基坑内，明挖基坑支护采用钻孔灌注桩排桩支护+内支撑体系，并在坑外采用搅拌桩作为止水帷幕。洞门口采用地面垂直加固后放坡开挖进行施工，并设置导向墙。坑内主体结构为单层矩形框架结构，在明挖结构与暗挖结构交接部分设置了明洞结构与两者相连接。

1. 边坡稳定

在下穿构（建）筑物过程中，边坡要确保在相对稳定的同时要满足施工生产需要。在隧道明暗挖交界范围内垂直方向水泥搅拌桩加固至基坑底部以下4m。连拱隧道洞门里程正位于加固范围内。确保土质稳定情况下进行放坡开挖施工，在开挖过程中严格按照规范要求控制坡比，保证土体稳定性。进行二级放坡施工，设置5m安全平台。为截排洞顶仰坡外地表水，使仰坡不受冲刷，在洞顶坡顶砌筑矮墙并进行地面硬化。边仰坡开挖后及时施做锚喷挂网进行坡面防护。在管幕施工完成后，在连拱隧道洞口处及时设置导向墙，保证整体稳定性。在实际开挖过程中，无滑坡及坍塌情况出现。

2. 超前支护管幕设计

浅埋大跨下穿软弱围岩隧道施工应对超前支护质量严格控制，采用拱部 $\Phi 299 \times 10$ mm管幕+MJS加固形式。管幕施工长度62m，属于小口径超长距离管幕，其以单根钢管铺设为基础，多根钢管采用锁扣连接平行咬合，密布在隧道周围形成稳定支护结构。此外，因口径较小，施工距离较长，使用钢管材质硬度较低，管幕从施工过程中对接焊、测量、纠偏，管头改进等方面进

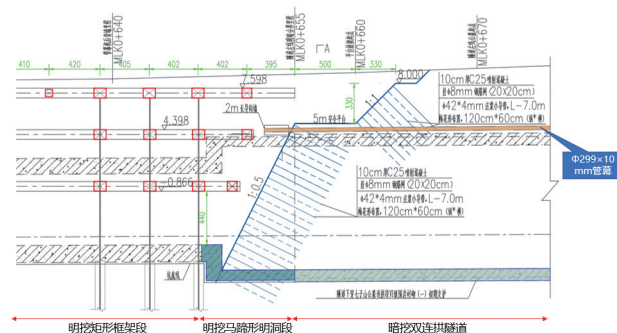
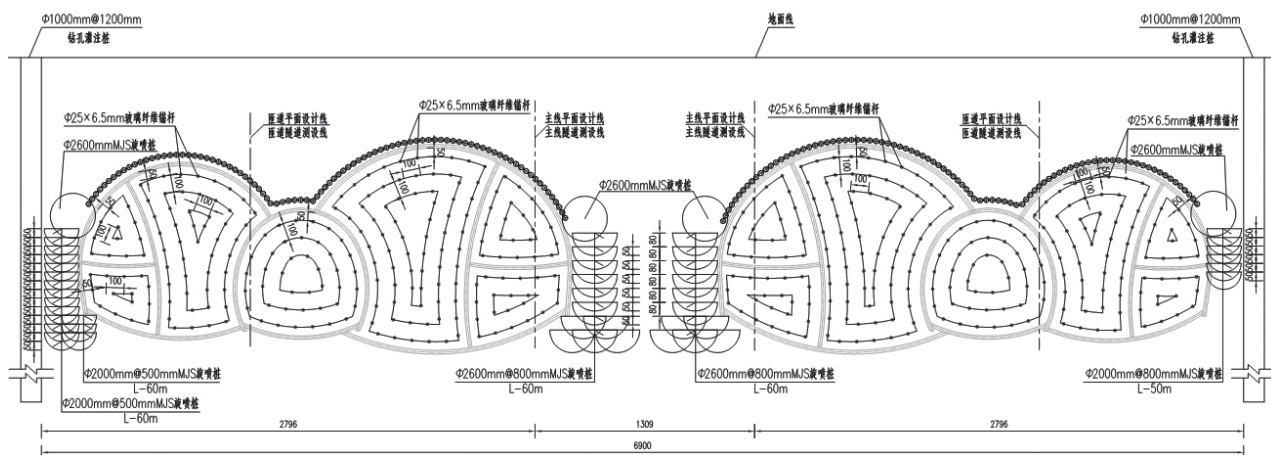


图3 隧道洞口纵断面施工设计图（单位：cm）



>图4 加固示意图 (单位: mm)

行改进增强管幕施工精度以及对顶进过程纠偏的控制,有效提高了小口径锁管幕长距离顶进姿态合格率。

3. 加固设计

(1) 隧道进口水平加固设计

为确保软弱围岩,地下水丰富条件下连拱隧道开挖稳定,对连拱隧道左右线匝道侧及中岩墙侧采用 MJS 旋喷桩对软弱围岩进行加固,与管幕相接处采用一根整圆 MJS,其余加固部分采用半圆 MJS 加固,形成 4 道加固柱子,起到良好的止水作用同时与管幕结合建立稳定的受力体系,大大减小进洞风险。为了减小后期开挖难度,合理控制超欠挖,保证施工质量,针对性适应施工环境地下各种复杂情况,采用指挥官导向系统与传统全站仪测量方式相结合,精确控制施工姿态,保障了施工顺利有效进行。

(2) 底部注浆加固设计

地基及拱脚加固措施,形成一个强度大、压缩性低、抗渗性高和稳定性良好的新岩土体,能够有效减小隧道施工产生的整体下沉^[4]。左线采取在洞口段约 10m 处垂直加固范围外对地基采用 $\phi 800\text{mm}$ 双重管旋喷桩加固。在横断面上将地基加固分成五部分进行跳段施工,初支仰拱以上部位采用空桩,初支仰拱以下部位为实桩,该段旋喷桩加固施工完成后,再进行后续施工。

(3) 掌子面加固施工

加强施工管理,确保施工质量,是隧道施工地表变形控制的关键。掌子面封闭措施对控制隧道开挖纵向位移、掌子面挤出位移可以起到较大的控制作用^[5]。因此对掌子面采取玻璃纤维锚杆注浆施工,玻璃纤维锚杆作为一种新型的掌子面加固技术,可以很好的控制围岩变形,提高围岩的稳定性。因导洞掌子面玻璃纤维筋加固各自为独立体系,故将玻璃纤维锚杆注浆施工在每个导

洞开挖至进洞 10m 采用网喷混凝土封闭掌子面后,各自独立进行。左线施工长度为 50m;右线施工长度为 25m,锚杆采用钻机成孔,安设玻璃纤维注浆锚杆后,通过注浆管进行注浆,达到稳定工作面作用。玻璃纤维锚杆采用 A 25×6.5mm,布孔间距为 1.0*1.0m,梅花形布设。玻璃纤维锚杆在施工前需要采用喷射混凝土封闭工作面,然后引孔安设玻璃纤维锚杆,确保玻璃锚杆布设和隧道轴线方向一致。

(三) 监控量测

施工过程中进行的监控量测是信息化施工的基础,具有重要作用,所以施工过程中必须加强监控量测工作。通过现场数据采集显示,开挖过程中状态良好,地表沉降,拱顶下沉,净空收敛,围岩内部位移等均在合理范围内。

四、结论

本文通过对某工程城市隧道下穿既有构筑物进洞方法进行说明,主体分为三部分:

一、说明了研究得意义以及分析思路。二、基于工程概况,对地质情况、地表建筑物情况及周边环境进行描述,说明了本工程进洞埋深浅,围岩性质较差,地表及地下水丰富,连拱隧道跨度大,进而对工程重难点进行分析。三、基于工程概况采取针对性的进洞方法:采用三轴搅拌桩对洞口处范围进行垂直加固后采取放坡开挖施工,水平设置管幕及 mjs 进行超前支护,底部地基采用旋喷桩进行加固,掌子面利用玻璃纤维锚杆进行封闭。在实际施工过程中,依据监控量测数据显示,采取的支持手段均取得了良好的成效。

参考文献:

- [1] 许军. 软弱砂层下的地铁隧道穿越建筑物的加固技术及注浆控制效果分析 [J]. 城市轨道交通研究, 2017,(5):122-126.
- [2] 朱浩波. 大断面浅埋高速铁路隧道施工关键技术研究 [D]. 北京交通大学, 2015.
- [3] 田志宏. 浅埋软弱围岩下隧道施工工艺及支护施工技术 [J]. 城市住宅, 2019,(6): 183-184.
- [4] 欧阳大任. 双洞暗挖穿越敏感结构物的扰动效应及安全控制技术研究 [D]. 中南大学, 2014.
- [5] 雷亚峰. 浅埋大断面软弱围岩隧道下穿高速公路变形控制技术研究 [J]. 铁道科学与工程学报, 2018,(6):1239-1246.