

Research on Top Moving Technology of Box Culvert

Mingfei Wu Mei Qin

Beijing Urban Construction Group Co., Ltd., Beijing, 100088, China

Abstract

With the rapid development of China's economy, more and more urban population, road congestion phenomenon is serious, due to the limited ground and space, rational use of underground space has attracted people's attention. The construction of underground space is affected by the existing roads, underground structures, pipelines, space objects and other factors. In order to reduce the settlement of the road surface as much as possible, reduce the impact on the surrounding environment and ensure the normal operation of vehicles, the box and culvert roof displacement method has been effectively applied in underground engineering because of its unique advantages.

Keywords

box culvert top move; technology; research

箱涵顶移技术研究

毋明飞 秦美

北京城建集团有限责任公司, 中国 · 北京 100088

摘 要

随着中国经济的飞速发展, 城市人口越来越多, 道路拥堵现象严重, 由于地面和空间有限, 合理利用地下空间备受人们的关注。地下空间的施工受现有道路、既有地下结构、既有管线、既有空间物体等因素的影响, 为尽可能减少路面的沉降、降低对周围环境影响以及保证车辆正常运行, 箱涵顶移工法因其独特的优势在地下工程得到有效应用。

关键词

箱涵顶移; 技术; 研究

1 概述

北京城市副中心行政办公区启动区综合管廊工程(七标段)作为城市副中心行政办公区内重要的政治功能核心区城市市政基础重要设施之一, 其中综合管廊 K1+195~K1+241 段处于运河东大街路口下方, 地下管线复杂, 且上穿地铁六号线东夏园一潞城盾构区间。因其地理位置特殊性等特点, 施工面临巨大的难点, 为此探索出完全适合本工程段的箱涵顶移技术, 基于此将展开箱涵顶移技术在施工管理中应用的研究与探索。

1.1 研究目的和意义

地下管廊建设常常涉及地表覆土浅、地下和地上管线复杂、交通路口多变的施工环境, 在施工技术上要求高, 难度大, 且施工时要求要尽量减少对地上和地下建筑物的影响。相比以往的明开施工技术, 暗挖施工技术、盖挖施工技术无法满足这特定管廊的施工要求, 而箱涵顶移施工技术便

突破这一瓶颈, 脱颖而出。

“箱涵顶移”技术是指在既有的建筑物、公路或者铁路下面或上面采用预制好的箱涵体顶移施工, 形成满足城市基础设施发展需求的地下空间结构^[1]。

1.2 研究主要内容及技术路线

主要研究内容:

①通过比较此管廊段采用明开施工、暗挖施工、箱涵顶移施工工法的可能性, 确定最优最能实现工期、保证安全的工法为“衡重式”箱涵顶移。

②“衡重式”施工工法详细阐述上穿地铁段注浆加固、后背支撑体系、滑板施工、结构预制、加载顶进、中继间和箱体配重拆除及土方回填关键技术的施工管理与控制。

2 项目概况及施工设计方案

2.1 工程概况

宋梁路运河东大街北段管廊顶推段(K1+195~K1+241)全长 46m, 宽 17.55m, 高 5.2m。此段管廊地理位置特殊, 一则它处于运河东大街交叉路口处, 交通要塞, 可变性因素多, 施工难度大; 二则因上穿地铁 6 号线东夏园至潞城盾构区间, 穿越位置距东夏园站最近约 90m, 设计管廊底板与地

【作者简介】毋明飞(1981-), 男, 中国河南三门峡人, 工程师, 从事城市综合管廊、城市市政道路、房屋建筑研究。

铁隧道之间的净距离仅约 4.16m，顶进设计中心线与地铁六号线区间所夹锐角约为 77°。顶涵现场与现状情况平面布置图如图 1 所示。

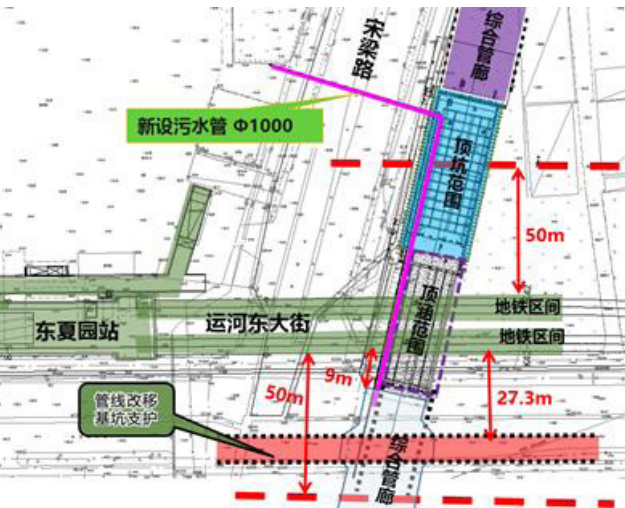


图 1 顶涵现场与现状情况平面布置图

2.2 方案比选

明开施工、暗挖施工、“衡重式”箱涵顶移比较见表 1。

从表 1 可以看出，序号 2~5 为决定项，明开施工和暗挖施工，从施工方案上可行性就无法让管廊结构施工保证地铁 6 号线运行的安全。综合管廊施工过程对已运营的地铁结构影响最小，节点工期如期完成，以及从设计、施工生产、安全、资源调配等多角度综合考虑直接采用“衡重式”箱涵顶移法施工。

2.3 顶进段方案设计说明

设计管廊基底位于土层粉砂~细砂③上，为保证基底的可靠性、安全性，保证基底足够的承载力，在上穿既有段对管廊结构基底土层进行深孔注浆加固，加固厚度为 2m。加固后的土体的无侧限抗压强度不小于 0.8MPa。

设计管廊从 K1+195~K1+241，全长 46.0m，宽 17.55m，高 5.2m，在中间采用中继间设计，每段长 23m，箱体最大顶力为 11866t，此顶涵段结构为单层矩形混凝土框架结构，采用 C35、P8 混凝土，结构自重约 4890t^[2]。

箱涵顶移的工作坑，是包含围护桩、后背楞、管廊滑体导轨等结构、箱涵预制及其他准备工作区域。顶进时通过后背楞支撑、滑体导轨千斤顶等共同作用推动预制箱涵体由北向南移动，为减小对地铁区间的影响，采取“短开挖，勤顶进，勤监测”的方针，土方开挖时并在管廊内增加钢锭，钢锭设置的原则为卸一补一，共计 5232t，在每隔 4m 的顶铁横向连接点上另外再增加钢锭铁，防止横梁崩起。

3 项目主要技术创新点

3.1 采用上穿地铁段基底采用袖阀管注浆加固

由于设计综合管廊区间段为大箱体结构，且上穿地铁 6 号线，管廊底板地面与 6 号线盾构区间竖向最近距离为 4.16m，管廊底板所处的基底位于粉砂~细砂③上，其天然地基承载力标准值为 f_{ka} 为 160kpa，局部可能出现承载力标准值 $f_{ka} \leq 140kpa$ ，小于满足设计基底承载力 $f_{ka} \geq 150kpa$ 要求，况且无法提前探视到整个基底的实际情况，从地质情况、地基承载力和安全性综合考量在地段采用提前袖阀管注浆加固方案^[3]。

表 1 明开施工、暗挖施工、“衡重式”箱涵顶移比较

| 序号 | 类别 | 明开施工 | 暗挖施工 | “衡重式”箱涵顶移 | 备注 |
|----|---|------------------------------|--|------------------------------------|-----|
| 1 | 地理位置： ①交叉路口复杂； ②结构顶部覆土浅； ③基坑西侧有 1800×1600 雨水方沟 | ①路口不复杂； ②覆土厚度没限制； ③不影响 | ①路口不复杂； ②顶部覆土厚； ③存在雨水方沟给施工安全增加难度 | ①路口复杂度没限制； ②顶板上覆土厚度没限制； ③不影响 | |
| 2 | 上穿地铁区间段不能设置支护桩 | 需要设置支护桩 | 不需要设置支护桩，超前小导管断面注浆等 | 不需要设置支护桩 | 决定项 |
| 3 | 土方开挖 | 会长时间卸载 | 会长时间卸载 | 可变开挖边顶进，边加钢锭 | 决定项 |
| 4 | 结构施工 | 会造成卸载 | 会造成卸载 | 可换地预制结构 | 决定项 |
| 5 | 基底位置处于③，局部需要地基处理 | ①可地基处理； ②会造成卸载 | ①可地基处理； ②会造成卸载 | 可土方开挖前，注浆加固，同时缩短工期 | 决定项 |
| 6 | 工期角度 | 可变因素多，无法衡量工期 | 可变因素多，施工进度慢，工期长 | 工期受顶进情况限制，但较前两者工期有保障，基本 24h 作业 | |
| 7 | 经济效益 | 节省，但无法实行 | 费用高，且难以施工 | 钢锭重复使用，节省费用 600 万 | |

方案中采用袖阀管深孔注浆,注浆孔 750×750 梅花形布置,注浆液采用 PO42.5 级普通硅酸盐水泥,深孔注浆范围宽 17.55m,注浆厚度 2.0m。根据箱涵顶移的试验段和顶推段得出加固后的土体的无侧限抗压强度不小于 0.8MPa,同时满足设计基底承载力 $f_{ka} \geq 150\text{kpa}$ 的要求,一则解决了地基由于土层不均与导致承载力不够的技术难题;二则为保证顶移过程中,防止箱涵体“扎头”问题;三则为避免顶推实施中和完成后基底沉降量在允许范围内;四则保证了顶推过程中地铁区间正常运行的安全性;五则可以与其他施工工序同时进行,可以缩短一定的工期。

3.2 顶铁上压重由土方改成枕梁和钢锭压重

箱涵在顶进中,随着顶移距离的延长,箱涵底部变得粗糙,或者已经离开滑板区域,此时不仅所需配置的顶铁数量增加,而且所需的定力也相应增加,对后背梁和顶铁的稳定也增加,为避免顶铁“崩”起来,常规的做法是随着箱涵顶移进行再顶铁上覆盖一定厚度的土方(顶铁上覆土 BIM 展示图见图 2)。虽然此方案在一定程度上保证施工的安全性,但是增加成本预算,同时由于二次土方开挖,造成工期延误。

为避免工期延误和成本的增加,技术上考量从以下三个方面出发:一则在滑板施工时在一定位置预留一定铁块,便于顶铁连接点相连接;二则顶铁之间设置高强锚栓连接点;三则在前后顶铁上放置一定枕梁和能周转使用的定型钢锭。

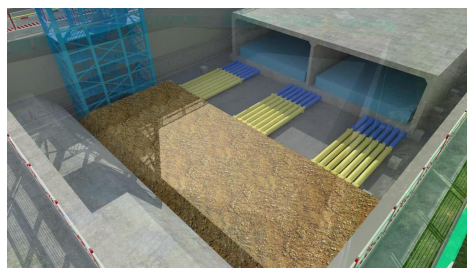


图 2 顶进过程中顶铁上覆土 BIM 展示图

4 结语

箱涵“衡重”顶移技术在管廊施工运用中严格按照绿色施工标准,通过科学管理和有效的组织,克服了工期紧张、场地条件复杂、结构难度大等困难,践行高效、低耗、环保的理念,通过新技术、新工艺的推广应用,提高了工程质量、缩短了施工工期,降低了工程成本,培养和锻炼了一批人才,展现了北京城建集团员工在此工程中吃苦耐劳,奋力拼搏,勇往直前的工匠精神,树立了企业形象,扩大了社会影响,弘扬了企业声誉,提高了市场竞争能力。

参考文献

- [1] 左志鹏.管幕对箱涵顶进过程的支撑作用及反力墙变形研究[J].四川建筑,2021(3):6.
- [2] 朱永全,朱正国,王道远,等.基于箱涵顶进法的隧道下穿车站流固耦合分析[J].高速铁路技术,2019(5):4.
- [3] 李虎.大跨度箱涵顶进姿态智能预测技术研究[J].四川水泥,2020(4):2.