

移动装配式模架在地铁站洞桩法施工中的应用

张洪军¹ 冯利华¹ 周翠红² 吴玉鹏^{2,3*} 陈佳蕊²

(1. 中铁一局集团第二工程有限公司, 063004, 唐山; 2. 北京石油化工学院机械工程学院, 102617, 北京;

3. 北京工业大学环境与能源工程学院, 100124, 北京//第一作者, 工程师)

摘要 随着城市轨道交通体系的发展,暗挖车站施工工法获得了广泛应用。其中的PBA(洞桩逆作)法利用小导洞施作围护桩、梁,再施作二衬拱盖结构形成完整的受力体系。模板支架为移动装配式组合,通过倒链牵引模架体系移动。施工过程中先进行导洞初支破除,完成防水施工与钢筋绑扎后进行模板支架安装;浇筑二衬扣拱混凝土后进行下一段(仓)二衬扣拱施工,同时对刚完成的上一段(仓)二衬扣拱段设置钢拉杆;下一段(仓)二衬扣拱防水、钢筋绑扎完工后千斤顶卸力,最终使模架落在移动轨道上。通过改进施工步骤和移动装配式模架体系,减少了资源投入,进而在降低建造成本的同时提高了施工效率。

关键词 地铁站;洞桩法施工;移动装配式模架

中图分类号 U231.3;TU94

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.09.031

Application of Movable Assembled Formwork in Construction of Metro Station by PBA

ZHANG Hongjun, FENG Lihua, ZHOU Cuihong, WU Yupeng, CHEN Jiarui

Abstract With the development of urban rail transit system, the construction method of underground excavation station has been widely used. In the method of PBA (pile beam arc), the small pilot hole is used as the retaining pile and beam, and then the second lining arch cover structure is used to form a complete stress system. The formwork bracket is a movable assembled modular formwork which is pulled by the chain. In the construction, initial support breaking of pilot hole is first carried out, then after waterproofed and steel bar ligature completed, modular formwork is installed. After second lining arch concrete is poured, the next section (bin) and second lining arches are constructed, and a steel tie rod is arranged for the newly completed section (bin) and second lining arch sections. After the second section (bin) of the second lining arch, waterproofed and steel bar ligature is completed. Then the jack is unloaded, and the formwork falls on the moving

track. Through the improvement of construction steps and mobile assembly formwork system, the resource input is reduced, the construction cost is reduced, and the construction efficiency is improved.

Key words metro station; PBA method construction; movable assembled formwork

First-author's address China Railway First Group Second Engineering Co., Ltd., 063004, Tangshan, China

由于城市地面建筑密集、市政管网分布复杂、地面交通量大等因素的影响,目前地铁车站及区间隧道较多采用暗挖法施工。PBA(洞桩逆作)法就是一种很有代表性的暗挖地铁车站施工工法^[1]。PBA法是在暗挖法的基础上,结合盖挖法的特点,在小导洞内施作桩梁体系,共同组成桩、梁、拱的横向框架受力体系,然后在该体系的保护下进行土体开挖,再施作内部结构^[2-3]。文献[4]以北京地铁16号线肖家河站为背景,提出一种合并式PBA法,使用了导洞顶纵梁及二衬扣拱技术。传统的二衬扣拱施工技术存在以下缺点:①每段(仓)结构施工完成后,均需拆除模架体系,造成人力、物力重复投入,施工周期长,占用空间大等;②拼装和拆卸耗时费力且影响工期;③受力体系转换慢,不能快速完成二衬扣拱,地表沉降不易控制。文献[5]结合北京地铁8号线施工,分析了传统台车施工二衬扣拱的弊端,采用了跳仓法的二衬扣拱施工工艺。该工艺采用多套二衬拱架并分节分段拆除,在满足设计拆除长度的同时可进行多仓钢筋绑扎和混凝土浇筑。但台车具有占用空间大、阻碍施工通道等缺点,单部台车成本高,且不能同时进行多个工作面施工,因此使用台车将会影响施工周期,不易满足施工进度目标要求。

移动装配式模架能实现多个工作面施工,劳动

* 通信作者

强度低且施工效率高,可在保证高效安全施工的同时顺利完成二衬扣拱受力转换,使车站上方地表、管线及周边建筑物的沉降保持稳定。本文借鉴台车的行走机构,实现装配式模架施工过程的整体移动,减少模板反复拆除和组装等工序,从而快速进行二衬扣拱施工以减少沉降。使用所提方法后,在浇筑二衬扣拱混凝土完成后顺利进行下一段(仓)二衬扣拱施工。本文研究对类似工程施工具有一定的借鉴意义。

1 工程概况

北京某地铁站为暗挖车站,施工工地沿长春桥东西向布置,主体结构总长为 218 m,标准段宽度为 24.7 m,车站结构高度为 25.73 m,车站埋深为 7.5~9.2 m,车站主体结构为地下三层岛式站,采用 PBA 法施工。车站暗挖风险等级为一级且结构断面非常复杂,二衬扣拱共有 11 种断面,其中 7 处为变截面。该项目不仅存在诸多施工难点,同时施工场地条件十分受限,还要为后续的盾构过站提供条件,施工任务繁重,若不能高质量、高效率地完成二衬扣拱施工,将影响整体通车运营工期节点。

2 移动装配式模架的组成

地铁暗挖车站二衬扣拱施工工序剖面示意图如图 1 所示。中拱及边拱初支贯通后,分段破除导洞侧墙,一次破除长度为 6 m,铺设防水层后浇筑中拱及边拱二衬,中跨随顶拱浇筑并设置钢拉杆,中跨拱部二衬先进行施工,与两边跨拱部二衬错开 8~12 m,两侧边拱二衬对称浇筑。

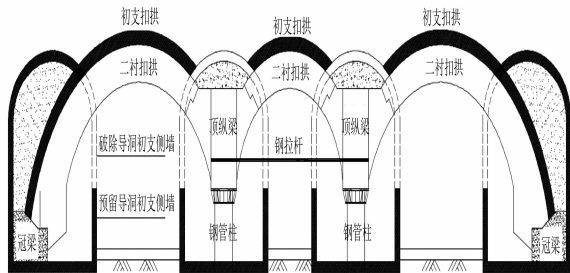
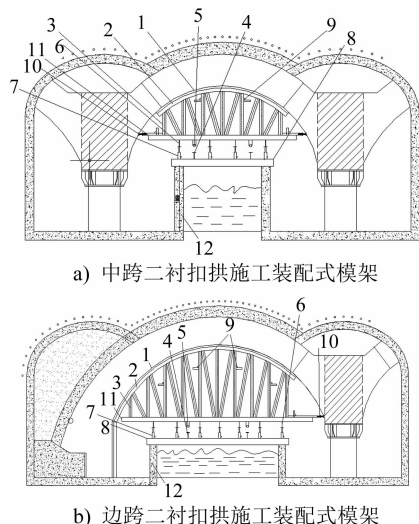


图 1 地铁暗挖车站二衬扣拱施工工序剖面示意图

Fig. 1 Construction process profile diagram of second lining arch of metro underground excavation station

中跨与边跨二衬扣拱施工装配式模架分别如图 2 a) 和图 2 b) 所示,其主要组成有钢模板、拱架、支撑、移动轨道、滑轮、纵向支撑、千斤顶、横撑、拱

架纵向钢管连接、拱架横向支撑、横梁以及导洞初支侧墙。



注: 1——钢模板; 2——拱架; 3——支撑; 4——移动轨道; 5——滑轮; 6——纵向支撑; 7——千斤顶; 8——横撑; 9——拱架纵向钢管连接; 10——拱架横向支撑; 11——横梁; 12——导洞初支侧墙。

图 2 二衬扣拱施工装配式模架示意图

Fig. 2 Schematic diagram of assembled formwork for second lining arch construction

采用 4 mm 厚钢板作为弧面钢模板,采用 10 号工字钢作为弧面模板钢拱架和钢拱架竖向支撑,采用 20 号工字钢作为装配式模架移动轨道与纵向支撑,钢滑轮作为装配式模架移动体系,20 t 千斤顶作为装配式模架紧固和调节系统。拱架纵向与横向支撑均采用 $\phi 48 \text{ mm} \times 3.6 \text{ mm}$ 钢管,其中横向支撑采用 22 号工字钢支放于导洞初支侧壁的直墙上。纵向支撑将钢拱架沿纵向连接成为整体,拱架横向支撑及顶托将装配式模架固定在顶纵梁上,同时采用 14 号工字钢作为钢拱架下部横梁,即整个装配式模架的支撑受力杆件。实际施工过程中,沿用原导洞初支侧墙,一般预留 2 m(高度可根据实际施工的需要进行调整)作为千斤顶与移动轨道横撑的竖向支撑受力结构。

3 现场施工过程

施工现场照片如图 3 所示。初支扣拱开挖完成后先破除 2 号、3 号小导洞(见图 3 a))的侧壁临时支护结构(见图 3 b)),破除长度为 7 m,两导洞侧壁预留千斤顶顶升支撑直墙(导洞初支侧墙),直墙高度设置需考虑千斤顶的顶升高度。施作二衬扣拱防水层,然后在导洞侧壁预留直墙上

部设置横向移动轨道支撑杆(横撑),并在导洞侧壁直墙顶部安装千斤顶,千斤顶上下采用 10 mm 厚钢板作为支撑垫板。在横向移动轨道支撑杆上安装移动轨道,移动轨道需保证相互平行。同时,在千斤顶上方安装装配式模架纵向支撑,纵向支撑上部按 750 mm 间距安装钢拱架,在横梁的底部安装滑轮,拼装弧面钢模板,检查模板及钢拱架拼接质量,保证装配式模架纵向受力稳定。二衬扣拱钢筋绑扎完成后,使用千斤顶将装配式模架升至设计位置,并进行紧固和调平,装配式模架组装保证并支护体系稳定(见图 3 c))。

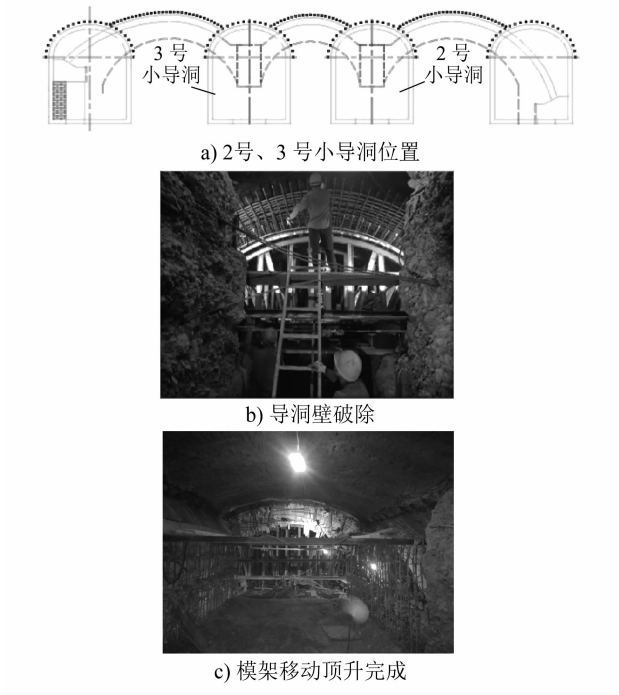


图 3 施工现场照片
Fig. 3 Photos of construction site

整个模板支架加固完成后浇筑二衬扣拱混凝土,二衬扣拱混凝土达到设计强度后,进行下一段(仓)二衬扣拱施工。将下一段(仓)的移动轨道支撑横杆、移动轨道和千斤顶安装完成,本段(仓)装配式模架千斤顶回落,滑轮落在移动轨道上,采用倒链进行牵引并推动整个装配式模架体系,平移至下一施工段进行施工。中跨二衬扣拱施工完成 2 段(仓)(12 m)后继续施工第 3 段(仓),两边跨二衬扣拱开始施工,施工方法同中跨二衬扣拱。

4 施工效果分析

可移动装配式模架能保证多个工作面同时施工,劳动强度低且施工效率高,能够满足目标要求。

每段二衬扣拱施工周期为 7.5 d,节省了施工工期。施工过程中,各工序衔接紧密、多方协调,采取多项质量控制措施以满足设计和规范要求。

前期论证阶段对施工周期与沉降量进行了理论计算,计算出使用移动装配式模架的地表沉降量为 15.00 mm,使用传统施工法的地表沉降量为 25.00 mm。在施工过程中严格对沉降量进行控制,监测了 16 个燃气管测点沉降量的变化量与变化率,如表 1 所示。由表 1 可知,各监测点均为安全状态,最大沉降量为 12.71 mm。

表 1 测点沉降量监测数据表

Tab. 1 Monitoring data of measuring points settlement

序号	测点	当前安全状态	阶段变化值/mm	本月变化量/mm	12 月 31 日变化速率/%	累计报警值/mm	速率报警值/%
1	RQG-01-01	正常	-4.45	-1.62	-0.09	±10	2
2	RQG-01-02	正常	-9.76	-0.26	-0.17	±10	2
3	RQG-01-03	正常	-10.92	-3.89	-0.25	±10	2
4	RQG-01-04	正常	-10.34	-3.09	-0.09	±10	2
5	RQG-01-05	正常	-11.49	-0.59	-0.07	±10	2
6	RQG-01-06	正常	-11.44	-2.25	-0.13	±10	2
7	RQG-01-07	正常	-12.49	-3.04	-0.12	±10	2
8	RQG-01-08	正常	-12.71	-3.23	-0.01	±10	2
9	RQG-01-09	正常	-12.27	-2.10	-0.20	±10	2
10	RQG-01-10	正常	-11.91	-0.93	-0.19	±10	2
11	RQG-01-11	正常	-11.32	-0.29	-0.07	±10	2
12	RQG-01-12	正常	-11.50	-0.28	-0.05	±10	2
13	RQG-01-13	正常	-11.75	0.75	-0.22	±10	2
14	RQG-01-14	正常	-10.27	0.96	0.07	±10	2
15	RQG-01-15	正常	-10.31	3.14	0.13	±10	2
16	RQG-01-16	正常	-10.22	2.80	0.09	±10	2

注: RQG——燃气管。

5 结语

该工地施工工期紧,借鉴台车的施工方式,根据现有技术进行了施工步骤和模架体系创新,完成了可移动模架二衬扣拱施工,对施工过程的沉降情况进行了监测。

1) 通过利用钢模板、支架、滑轮、移动轨道和千斤顶等配件组装成了装配式模架体系,只需第 1 段(仓)二衬扣拱施工时进行组装,预留导洞初支侧壁直墙段作为模架的下部支撑体系、千斤顶和移动轨道的竖向支撑受力结构。

2) 通过移动轨道将组装完成的整体模架体系移动至下一段施工,避免了每段混凝土浇筑均需

(下转第 165 页)