

沉管隧道衔接段模架及台车结构的研究及应用

王坤^{1,2}, 毕建秋^{1,2}

(1. 中交一航局第三工程有限公司, 辽宁 大连 116083;
2. 天津市水下隧道建设与运维技术企业重点实验室, 天津 300461)

摘要: 模架及台车结构常用于工程施工项目, 但在沉管隧道现浇衔接段应用较少。结合大连湾海底隧道工程实例, 论述了模架及台车结构在沉管隧道衔接段模板体系中应用, 包括模架及台车结构设计形式, 衔接段底板、中墙、顶板各分层现浇施工工艺流程及施工方法等, 总结了模架及台车结构应用效果说明, 并提出改进建议。模架及台车的顺利应用可为类似分层现浇沉管隧道衔接段、管廊等箱涵式结构施工提供借鉴。

关键词: 沉管隧道; 衔接段; 模架; 台车

中图分类号: U655.4; U455.46

文献标志码: A

文章编号: 2095-7874(2024)04-0016-04

doi: 10.7640/zggwjs202404004

Application and research on formwork and trolley structure in connection section of immersed tunnel

WANG Kun^{1,2}, BI Jian-qiu^{1,2}

(1. No.3 Engineering Company Ltd. of CCCC First Harbor Engineering Company Ltd., Dalian, Liaoning 116083, China;
2. Tianjin Key Laboratory of Construction, Operation and Maintenance Technologies for Underwater Tunnels,
Tianjin 300461, China)

Abstract: Formwork and trolley structures are commonly used in engineering construction projects, but are rarely used in cast-in-place connection sections of immersed tunnels. Based on the example of the Dalian Bay Subsea Tunnel Project, this paper introduces the application of formwork and trolley structures in the template system of the connection section of the immersed tunnel, including the design form of the formwork and trolley structures, the construction process and methods of each layer cast-in-place of the connection section's bottom plate, middle wall, and top plate, summarizes the application effect of formwork and trolley structures, and put forward improvement suggestions. The smooth application of formwork and trolley can provide reference for the construction of box culvert structures such as connection sections and pipe galleries of layered cast-in-place immersed tunnels.

Key words: immersed tunnel; connection section; formwork; trolley

0 引言

沉管隧道结构工程^[1]中现浇衔接段施工时模板工序常采用散支模板或定型模板, 通过分块吊装支立或脚手架作支撑加固方式, 施工效率较低, 投入起重设备、模板辅材及人员较多, 传统模板工艺已不适应工程施工现代化高标准、高效率、高质量的要求。提出一种采用模架及台车结构作

为现浇衔接段模板支撑骨架的新工艺, 辅助模板分层支立及分层拆除, 可大幅提高现浇衔接段模板施工工效, 保证模板施工过程中的精度和质量。

1 工程概况

大连湾海底隧道建设工程北接岸现浇衔接段主体全长 430 m, 分为暗埋段、敞开段 2 部分。其中暗埋段长度 380 m, 敞开段长度为 50 m, 均

采用干地现浇施工工艺。现浇衔接段标准断面为等宽五孔矩形箱涵结构,结构高度 11.4 m,横向宽度 41.30 m,其中两侧行车道孔净宽均为 12.65 m,两侧混凝土压重箱孔净宽 2.9 m,中间管廊箱孔净宽 4.4 m。现浇衔接段分段长度 30 m/段,单段自下而上分成 3 层浇筑,其中底板分层高度 2.3 m,中墙分层高度 6.8 m,顶板分层高度 2.3 m(含侧墙高度 9.1 m),现浇衔接段分层尺寸见图 1。

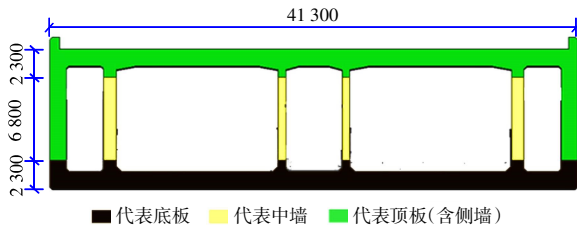


图 1 现浇衔接段结构分层尺寸图(mm)

Fig. 1 Layered dimension diagram of cast-in-place connection section structure(mm)

现浇衔接段处在重力式防护止水围堰内部干地施工环境中,具有作业空间狭小、各工序交叉作业频繁、起重吊装设备使用率高等施工环境特点。现浇衔接段结构单段模板体系施工体量大且质量要求高,同时为克服本工程施工环境特点的影响,设计使用一种模架及台车结构。其中模架主要用于底板墙体小块木模板连接,使底板木模与模架组合成块吊装使用;台车主要用于中墙及顶板大片木模板连接,大片木模板固定在台车上共同进行单段整体滑动周转。

模架及台车结构应用旨在替代传统人工散支散拼支模方式,减少模板吊装次数、提高模板周转使用工效。而且模架及台车结构自身整体性好,可提高模板工序施工精度及质量。

2 模架及钢台车结构设计制作

现浇衔接段模板通过模架或钢台车结构辅助安装和拆除施工。考虑模板支拆整体性、施工操作便捷性,模板主要采用轻型大片木模板,模板可固定在模架或钢台车上,实现模板及台车整体移动,完成周转安装和拆除。模架及台车结构强度和刚度^[2]均通过计算验证,结构形式简单且操作方便。

2.1 底板模架

底板模架骨架由支撑钢梁、调节丝杆、定位调节板组成。底板木模可悬挂在模架上,单个模架及模板整体吊装使用,模板及模架效果见图 2。

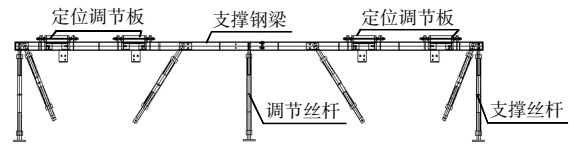


图 2 单个底板模架结构断面图

Fig. 2 Sectional view of a single bottom plate formwork structure

2.2 中墙钢台车

中墙台车由上部操作平台、支撑钢梁骨架、卷扬牵引、调节丝顶系统等组成,见图 3。中墙大片木模板通过手拉葫芦悬挂在中墙台车上。

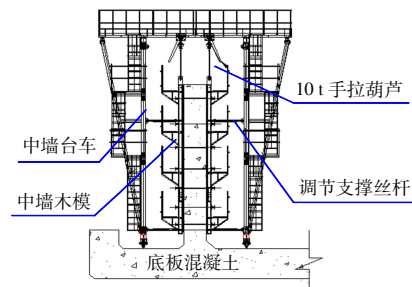


图 3 中墙模板与台车结构断面示意图

Fig. 3 Sectional schematic diagram of the middle wall formwork and the trolley structure

2.3 顶板钢台车

1) 行车道顶板台车下部考虑预留材料运输及车辆通行空间,采取伞式支撑结构,由型钢三角支架、钢斜撑、液压顶升系统、卷扬牵引系统、调节找正系统、行走系统等组成。

2) 压重仓顶板台车由型钢桁架、钢腿撑、液压顶升系统、卷扬牵引系统及行走系统等组成。顶板模板与台车结构形式见图 4。

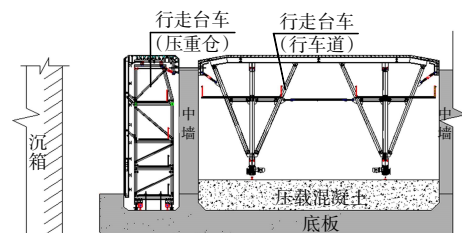


图 4 顶板模板与台车结构断面示意图

Fig. 4 Sectional schematic diagram of the top slab formwork and the trolley structure

3 现浇衔接段施工工艺流程及施工方法

现浇衔接段主体结构按照分段流水施工原则,自南至北顺序逐段施工;结构断面自下至上先施工底板,然后施工中墙,最后施工顶板。

3.1 底板模板施工

1) 底板模板支立

① 现浇衔接段底板钢筋绑扎完成后,在钢筋上部固定混凝土垫块,精确控制垫块顶标高。

② 逐个吊装底板模架^[3],单个模架通过4点起吊并坐落在混凝土垫块上。

③ 首先调节底板模架竖向支撑丝杆,将模架顶起离开垫块5 cm以上;然后松开模架横梁上的定位调节板装置,使模板绕调节板旋转活动;通过调节斜向支撑丝杆使模板位置找正,最后回收并下落竖向支撑丝杆,底板模架及模板支撑在垫块上,完成支立。

④ 分片吊装支立底板侧模,侧模坐落在基础垫层上,侧模底部及背部通过斜支撑加固。

⑤ 最后安装底板端模,底板端模与基础垫层上预埋件间支撑固定^[4],通过调节丝杆将模板找正。

2) 底板模板拆除

当底板混凝土强度达到拆模要求后,按照模板支立逆顺序进行拆除。首先拆除端模,然后逐个吊装底板模架及底板侧模,最后将已拆除的模板放在行车道底板上,清理完成并周转用于下一段底板。底板模架拆除示意图见图5。

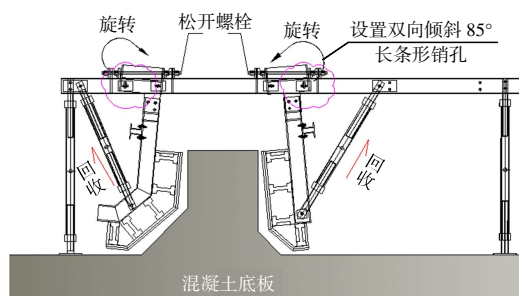


图5 底板模架拆除示意图

Fig. 5 Schematic diagram of bottom plate formwork removal

3.2 中墙模板施工

1) 中墙模板支立

① 在底板混凝土上表面铺设中墙台车行走用P50钢轨。通过卷扬机逐个拖带中墙台车及模板就位,锁紧中墙台车防止移动^[5]。

② 调节中墙台车上的手拉葫芦,找正大片中墙木模板标高及位置,同步调节支撑丝杆完成加固。大片木模板与中墙台车间连接形式见图3。

③ 进行中墙大片木模板对拉加固,中墙模板采用M20止水型对拉杆,水平向及竖向对穿拉杆间距均控制为1.1 m。

④ 安装中墙木端模,端模与大片木模板间通过包角拉杆紧固。

2) 中墙模板拆除

当底板混凝土强度达到拆模要求后,按照模板支立逆顺序拆除。首先拆除端模及对穿拉杆,然后操作手拉葫芦使中墙大片模板脱离混凝土面不小于10 cm,最后通过卷扬机牵引,中墙台车及大片木模板整体滑移至下一工作面。

3.3 顶板模板施工

1) 顶板模板安装

① 在底板压重混凝土上铺设顶板台车行走用P50钢轨,使用卷扬机拖带顶板台车纵移就位,完成限位车档安装,防止顶板台车移动。

② 通过液压顶升系统^[6]将顶板台车整体顶起至设计标高,同时人工调校顶板台车底部支撑钢底座。由钢底座承受全部荷载,然后液压顶升系统卸压并收回。

③ 调节并加固顶板台车两侧异形角模,使顶板模板紧贴中墙表面,异形角模间增加一排对拉杆,顶板模板与台车加固断面示意图见图4。

④ 侧墙外模采用大片木模板,模板形式同中墙木模。侧墙大片木模板均4点吊装就位。侧墙外模底部及背部采用撑杆支顶,大片木模板间采用M20止水型对拉杆固定,对拉间距控制在1.1 m。

⑤ 最后安装固定顶板端模,端模坐落在顶板台车上,端模与现浇衔接段主体钢筋间焊接拉杆完成连接^[7]。

2) 顶板模板拆除

① 顶板混凝土强度达到拆模要求后,按照模板支立逆顺序拆除。首先拆除端模及侧墙外模对拉杆,清理并存放端模及侧墙外模。

② 丝杆收缩廊道顶板倒角模板,使角模脱离中墙墙面不小于5 cm。再拆除台车底部支撑钢底座,并操作液压顶升系统控制台车同步落顶,使顶板台车整体下落10 cm,坐落在P50轨道上(图6)。

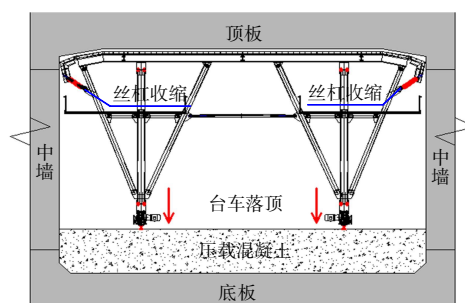


图6 顶板台车落顶示意图

Fig. 6 Schematic diagram of top plate trolley roof falling

③压重仓顶板模板拆除时,脱模施工方法同廊道台车拆除。

4 模架及台车应用效果及改进

4.1 应用效果

1) 底板模板及模架整体结构重量轻,吊装方便且可减少模板吊装次数,节省起重设备使用。单组模架可同时连接多块底板模板,可大幅减少底板模板吊装次数,模板调校无需使用对拉杆。辅助模板支撑材料投入少,施工效率比常规分块模板支拆效率高2倍以上。

2) 中墙及顶板采用钢台车结构,通过台车辅助大片木模板及钢模板施工,大幅减少吊装作业。大片模板固定在台车上,模板拆除后无需平放清理,可节省存放场地。中墙台车可在轨道上快速滑移,周转施工效率很高,较常规分块吊装支立大片模板施工效率提高2倍以上。

3) 顶板采用伞式结构台车,实现了单段顶板整体支立及拆除,可实现在1d内完成单段顶板模板拆除和台车再就位,顶板整体式台车较常规搭设满堂脚手架作顶板支撑施工效率大幅提高3倍以上;同时伞式支撑结构顶板台车下部可以正常通行施工车辆,实现顶板与管内施工同步进行,有效避免交叉作业。

4) 模架及台车结构刚度大且整体性好,模板平整度高,现浇衔接段表观质量有保证。各类模板存放场地占用少,节省起重设备投入,进一步节省成本。

4.2 结构优化建议

1) 智能化控制系统应用

可移动式中墙台车和顶板台车支立及拆除时,可研发智能化控制系统。通过智能化系统应用实现自动控制台车移动就位、精调等。同时结合数字化监测系统应用,进而实现台车一体化移动及支拆,数据可视化,杜绝人工操作误差,减少人工投入。

2) 绿色低碳技术应用

结合模架及台车应用工况,优先考虑采用新材料、新技术,如模架钢骨架采用轻型型钢、组合式模板^[8]材料等,模架及台车材料可以重复周转使用,减少一次性消耗材料投入。模架及台车设

计时各组成材料可通用,结构稳定性高且不占用空间,做到节能、节材、节地,实现绿色设计及建造。

3) 底板模架适用高度改进

底板模架安装时,模架顶部钢横梁与底板钢筋位置易出现干扰,现场需临时适当调整钢筋位置。建议在模架制作时,充分考虑模架与底板钢筋间影响,在保证模架刚度和可适用性前提下,调整模架高度不低于底板钢筋0.2 m。

5 结语

经实践,模架及台车结构已在大连湾海底隧道北岸现浇衔接段中正式应用,模架及台车辅助模板体系安装及拆除,施工操作方便,可以显著提高现浇衔接段模板工序施工效率,而且结构整体性好、安全性强、吊装作业少、成本投入较低。本应用可为类似现浇衔接段模板及支撑体系施工技术领域提供新思路、新工艺,已积累成熟经验及应用成果可进一步推广。

参考文献:

- [1] 陈韶章,陈越.沉管隧道施工手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2014.
CHEN Shao-zhang, CHEN Yue. Construction manual for immersed tunnel[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.
- [2] GB 50017—2014,钢结构设计规范[S].
GB 50017—2014, Code for design of steel structures[S].
- [3] JGJ 276—2012,建筑施工起重吊装工程安全技术规范[S].
JGJ 276—2012, Technical code for safety of lifting in construction [S].
- [4] JTS 202—2011,水运工程混凝土施工规范[S].
JTS 202—2011, Specifications for concrete construction of port and waterway engineering[S].
- [5] JGJ 162—2008,建筑施工模板安全技术规范[S].
JGJ 162—2008, Technical code for safety of forms in construction [S].
- [6] 赵之顺.顶升箱涵(沉箱)系统的设计与施工[J].中国水运,2008(9):245-246.
ZHAO Zhi-shun. Design and construction of jacking box culvert system[J]. China Water Transport, 2008(9): 245-246.
- [7] GB 50204—2015,混凝土结构工程施工质量验收规范[S].
GB 50204—2015, Code for quality acceptance of concrete structure construction[S].
- [8] 马书林.现浇混凝土组合钢模板施工技术[J].混凝土世界,2012(6):1-3.
MA Shu-lin. Construction technology of cast-in-situ concrete composite steel formwork[J]. China Concrete, 2012(6): 1-3.