

全预制轨下结构拼装质量控制浅谈

王振

(中铁十四局集团大盾构工程有限公司 江苏省南京市 210000)

DOI: 10.12238/jpm.v5i11.7394

[摘要] 目前城市大直径盾构施工呈逐年增多趋势,全预制轨下结构作为一种全新的轨下结构形式开始得到使用。本文系统分析了影响全预制轨下结构拼装拼缝、错台的因素及改善方法,提高了全预制轨下结构的拼装质量,减少了对后续找平层施工的干扰,为今后类似工程提供参考。

[关键词] 全预制轨下结构;拼装质量控制;嵌缝胶条硬度

Analysis of the origin of the large diameter shield

Wang zhen

(China Railway 14th Bureau Group Large Shield Engineering Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu Province, 210000)

[Abstract] At present, the construction of large-diameter shield tunneling in cities is increasing year by year. As a new type of under-track structure, fully prefabricated under-track structure has been used. This paper systematically analyses the factors affecting the assembling joints and staggered platform of the fully precast track structure and the improvement methods, improves the assembling quality of the fully precast track structure, reduces the interference to the follow-up leveling layer construction, and provides a reference for similar projects in the future.

[Keywords] Fully prefabricated underrail structure; Assembly Quality Control; Hardness of seam tape

目前大直径盾构铁路隧道轨下结构常用的结构形式有整体现浇,中央预制、两侧现浇两种。但轨下结构采用全预制构件拼装的施工尚无先例。本项目盾构隧道轨下结构采用全预制形式,施工灵活、效率高,取得了显著的经济效益及社会效益,是国内盾构隧道轨下结构施工的革命性创举。已拼装箱涵顶部需施作找平层,所以箱涵拼缝、错台量的控制成为箱涵施工的重点。本文通过对施工环节的系统调查,分析了为影响箱涵拼装质量的因素并提出相对应的解决方法,为今后此类施工提供了借鉴。

1 工程概况

清华园隧道盾构段为单洞双线隧道,全长4448.5m,隧道管片外径12.2m,内径11.1m,管片环宽200cm,管片厚度055cm,采用6块标准块+2块临接块+1块封顶块模式拼装。隧道轨下结构采取中间预制“口”字件(中箱涵)+两侧预制边箱涵的结构形式,中箱涵用作救援通道,边箱涵用作通风风道及设备管廊。箱涵均采用C40混凝土预制,纵向长度均为1980mm,隧道环向预制构件接触面采用箱涵橡胶条嵌套,起到缓冲及密封作用。预制箱涵使用M24螺栓机械连接。全预制轨下结构示意图如图1所示。

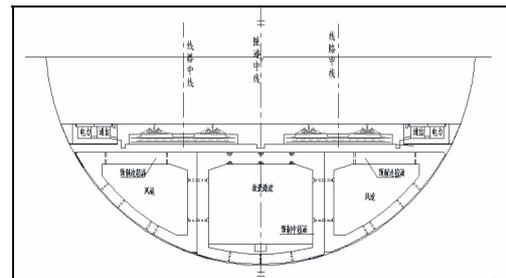


图1 全预制轨下结构示意图

2 施工方法

2.1 施工原理

大直径盾构全预制轨下结构是将隧道内轨下结构在工厂内分为若干标准段箱涵,随盾构机掘进利用自带拼装机拼装中箱涵,然后利用边箱涵拼装机拼装边箱涵,按次序逐块组装。同时对箱涵施加预应力,使之密贴,再使用螺栓将中箱涵、边箱涵连接成为一个整体,实现轨下结构全预制施工^[1]。

2.2 施工流程

全预制轨下结构拼装流程如图2所示。

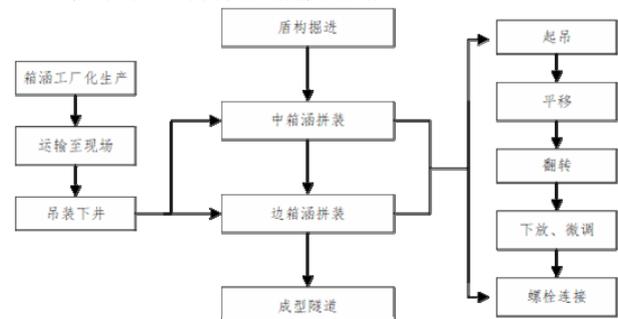


图2 全预制轨下结构拼装流程图

2.1.1 中箱涵拼装

(1) 准备工作

①当盾构机二号台车和盾构机尾部延伸的已拼装箱涵之间拉开足够2块箱涵的拼装空间。

②盾构机长与地面技术人员确定将要吊装的中箱涵型号，现场检查中箱涵外观质量，检查合格后才允许运输至井下拼装施工。

③中箱涵预拼装区域应进行彻底清理，不得留存垃圾、杂物等。准备好安装每块中箱涵配套的连接工装、连接螺栓及橡胶缓冲垫。

(2) 具体操作

一切准备就绪后，盾构司机确认开始进行拼装作业，箱涵拼装人员接到拼装作业信息后，组织人员进行箱涵拼装作业；拼装施工中，现场管理人员负责监督箱涵拼装人员作业的规范性并对作业质量进行监督，质检工程师负责检查箱涵施工质量。

①清理杂物

在箱涵拼装前，需要对拼装位置底部的杂物进行清理。

②测量定位

由测量人员对箱涵位置进行测量放样，使中箱涵位于隧道中轴线上，并确保箱涵顶面处于水平位置。

③箱涵处理

根据现场实际，盾构技术员安排拼装人员在箱涵底端凸台黏贴2~5mm厚的丁晴软木衬垫，以调整箱涵走向及坡度。

④水平起吊箱涵

平板运输车开至合适位置，移动箱涵吊机，降低并平移吊具至箱涵下方，初步对正后，提升吊具使其恰好卡在箱涵上；到位后接近开关会给出一个信号，操作手可以加紧夹具，提升箱涵，箱涵触到限位开关后，即可吊起箱涵。中箱涵拼装机如图3所示。



图3 中箱涵拼装机示意图

⑤前移箱涵吊机

箱涵起吊后，前移箱涵吊机至拼装位置，水平下放箱涵至一定高度，然后缓慢下放，同时调整箱涵轴线位置与与上块箱涵的间距，使箱涵基本就位。

⑥定位拼装

按照测量员放样做好的标记左右调整箱涵，使之与设计方位基本平齐，同时靠紧上块箱涵。调整箱涵使其与上块箱涵端面密贴，通过对箱涵接缝平整度的测量精确定位箱涵。相邻箱涵间的间隙可以通过垫橡胶垫调整，箱涵底部接触面与管片间的间隙可通过在底部凸台设置2.0mm厚HDPE垫片进行调整。同时保证箱涵之间预留螺栓孔一一对应。

⑦安装连接件

在完成定位后，安装螺栓连接件，确保箱涵间连接紧密。

⑧恢复吊机

拼装完成后恢复吊机进行下一块拼装，由质检工程师对已拼装成品验收。

2.1.2 边箱涵拼装

边箱涵拼装滞后于中箱涵，位于盾构机尾部，利用边箱涵拼装机进行边箱涵拼装，具体施工步骤如下：

(1) 地面将检验合格且粘贴嵌缝条完毕的边箱涵预制件通过龙门吊吊装至井下，并放置于安装有边箱涵预制件专用托架的运输车上，每辆车一次可运输一环（两块）边箱涵预制件。运输车如图4所示。

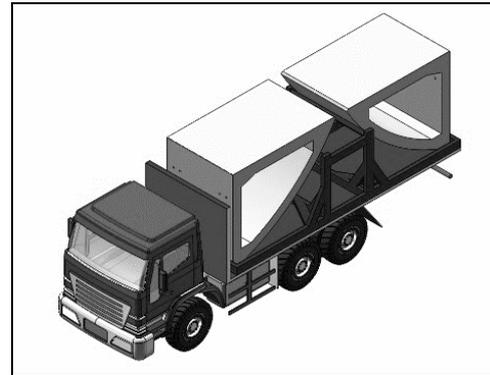


图4 边箱涵预制件专用运输车

(2) 拼装工对需拼装边箱涵区域内的灰尘、积水、杂物进行全面清理。

(3) 拼装机操作人员对拼装机行走系统、起吊系统、箱涵件的吊具及定位调整系统进行全面检查，一切正常后，操作人员操作拼装机前进至边箱涵拼装区域。前行过程中，尤其是在通过管片及箱涵件错台处时，利用驱动系统的变频器进行调速，以确保启动和行走平稳。同时由于隧道具有向下或向上的坡度，所以应利用驱动系统配备的电磁制动功能，对行走轮进行及时制动。边箱涵拼装机如图5所示^[2]。

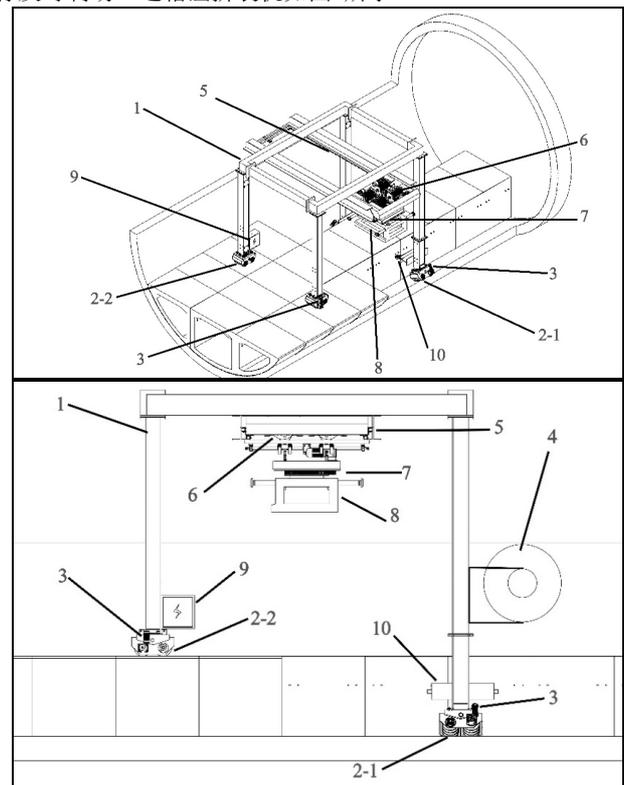


图5 边箱涵拼装机示意图

注：1. 车架

2-1. 作用于盾构隧道管片上的行走车轮组

2-2. 作用于已安装的预制边箱涵上的行走车轮组

3. 车轮组驱动机构

4. 磁滞式电缆卷筒

5. 横移机构

6. 起吊机构

7. 旋转机构

8. U型吊具

9. 电气控制及安全保护系统

10. 导向机构

(4) 拼装机到达指定位置后，起吊小车起吊箱涵件吊具至最高位置，并水平移动至最右端。箱涵件运输车在中箱涵上前进至拼装机正下方。吊具根据边箱涵在运输车上的位置进行回转调整，使前一块箱涵与箱涵件吊具保持横向水平。

(5) 拼装手操作拼装吊机将U型吊具下落至合适位置，然后向左移动，使U型吊具的U型槽插入边箱涵预制件的顶部混凝土层，在插入过程中留意U型吊具两侧的距离检测装置，避免U型吊具磕碰边箱涵预制件。使用U型吊具上的定位装置控制U型吊具的停止时机，停止后使用夹紧装置夹紧边箱涵预制件。

(6) 缓缓起吊边箱涵预制件，待其升至最高处且与支架完全脱离接触后，水平右移吊具，移动至最右端后，逆时针旋转吊具，使边箱涵预制件以正确的姿态处于待拼装区上方。

(7) 缓慢下落U型吊具，当箱涵件下落至拼装位置时，伸长U型吊具左右两侧的电动推杆，使其末端顶紧在管片上，来实现箱涵件位置的微动精调。同时可对边箱涵和中箱涵的接触面产生顶紧力，确保两结构件连接位置的精确度。末端的球铰结构可保证电动推杆的着力点适应管片的圆弧结构。之后松开夹紧装置，退出U型吊具。至此完成一块边箱涵的拼装^{[3][4]}。

(8) 收回U型吊具，运输车前进至合适位置，重复以上步骤，进行左侧边箱涵的拼装。接下来采用螺栓通过预留孔洞将中箱涵与边箱涵连接成为一个整体。起吊后，运输车倒车离开拼装区。至此完成一环边箱涵（两块边箱涵）的拼装作业。

待箱涵全部拼装完成后，对箱涵之间以及箱涵和管片之间的空隙处实施整体注浆，使得隧道内部轨下结构连接密实。至此完成轨下结构全预制施工^[5]。

3 存在问题原因分析及改善措施

3.1 存在问题

由于箱涵顶面后期需施作找平层，故箱涵拼缝、错台的偏差量尤其重要。2018年1月2日，清华园隧道3-2盾构区间完成100环箱涵的拼装。质量人员对隧道内已完成的100环箱涵拼装质量进行全面排查，排查的不良项目为：

①箱涵拼缝：

相邻水平缝、纵向缝间隙误差控制在 2 ± 0.5 cm；

②箱涵错台：

相邻箱涵错台误差控制在 $0 \sim 1.5$ cm。

对拼缝、错台的误差量进行统计，检测方法为逐环检验，每环检测3点，每个点检验采用尺量，误差精确到mm，拼缝、

错台各300个点。统计结果如图6所示。

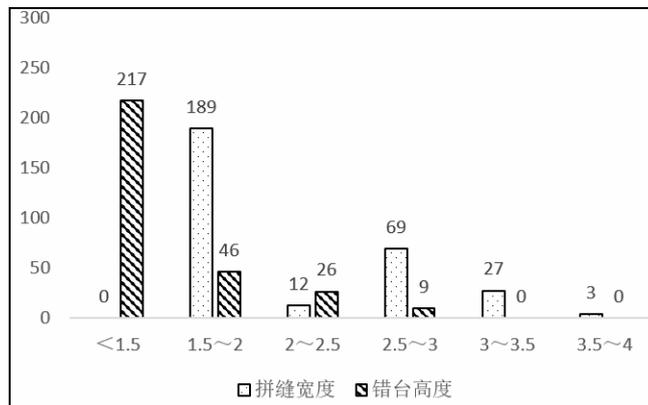


图6 箱涵拼缝、错台现场调查示意图（1~100环）

由此可知，箱涵拼缝合格率为：

$$(189 + 12) / 300 \times 100\% = 67\%$$

箱涵错台合格率为：

$$217 / 300 \times 100\% = 73.33\%$$

因此可以得出结论，箱涵拼缝、错台的整体合格率偏低。

3.2 原因分析

通过对现场施工流程的观察分析，总结出以下几点造成合格率偏低的原因：

(1) 中箱涵拼装机功能缺陷

中箱涵拼装设备为“天佑号”盾构机自带，拼装模式为重力垂直摆放，无法提供侧向力，不能压实到位，造成拼装误差增大。

(2) 边箱涵拼装机功能缺陷

边箱涵拼装机抓取边箱涵的原理与中箱涵拼装机相同，但在拼装时，边箱涵外侧会受到已延伸的泥水管路的干扰，如图7所示，造成边箱涵在触底前都会保持错误的姿态，造成拼装误差增大。



图7 边箱涵与泥水管路位置关系图

(3) 嵌缝胶条过硬

嵌缝胶条45mm宽，对其原材料邵氏硬度检测表明数值为50~60A，造成橡胶条的材质过硬，加之冬季施工，无法压缩至设计缝隙的20mm要求。嵌缝胶条实物图如图8所示。



图8 边箱涵与泥水管路位置关系图

3.3 改进措施

(1) 中箱涵拼装辅助机械设施

针对中箱涵拼装机无法提供侧向力的缺陷,由加工厂加工了辅助中箱涵拉紧的设备。设备由5t的手拉葫芦、挂钩及铁链组成,在箱涵侧面的螺栓孔设置拉紧固定点,具体操作图如图9所示。操作时,两侧操作人员应与中箱涵拼装机操作员保持沟通,在中箱涵保持轻触底部管片的前提下交替拉紧,在拼缝宽度达到要求后,拼装机松开中箱涵,松开两侧手拉葫芦,进行下一块中箱涵的拼装。



图9 中箱涵附属拉紧装置示意图

(2) 边箱涵拼装扁担梁

针对泥水管路干扰边箱涵拼装机施工的缺陷,利用2根200mm型钢加焊肋板及吊耳扁担梁,使之具有承载构件的能力且保证不变形。2根扁担梁可以独立升降,在降下边箱涵时,先降下靠近泥水管路一侧的扁担梁,使边箱涵绕过泥水管路,之后降下远离泥水管路的扁担梁,使边箱涵在泥水管路之下回复正确拼装姿态,然后下放到拼装位置。拼装示意图如图10所示。



图10 扁担梁拼装边箱涵示意图

(3) 嵌缝胶条硬度调整

针对嵌缝胶条过硬的问题,与设计单位沟通,在保证橡胶条材质不变的前提下,调整橡胶条制作配比,从而达到调整橡胶条硬度的目的,调整后的邵氏硬度为40~50A,满足拼装和

控制缝隙大小的目的。由质检员对每批进场的橡胶条材料进行质量检测,保证使用合格材料。检测采用全检制,合格率应达到95%。

3.3 改进措施应用效果

2018年2月26日,3-2盾构区间箱涵拼装至210环,小组对3~2盾构区间101~210环预制结构拼装质量进行检查,每环为一个样本,每个样本3个点,拼缝、错台各330个点。统计结果如图11所示。

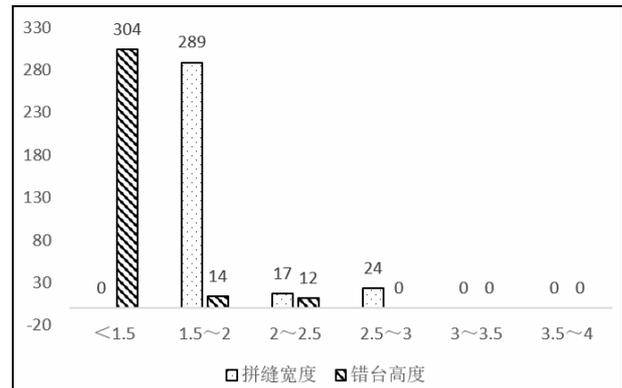


图11 箱涵拼缝、错台现场调查示意图(101~210环)

应用改进措施后,箱涵拼缝合格率为:

$$(289+17)/330 \times 100\% = 92.7\%$$

箱涵错台合格率为:

$$304/330 \times 100\% = 92.1\%$$

统计结果表明,改进措施的应用使箱涵拼缝、箱涵错台提升到了标准合格率。

4 结语

(1) 大直径盾构施工时,如采用全预制轨下结构,应对中箱涵拼装机进行适当改造或使用附属机械设备,使其具备提供侧向力的功能。

(2) 边箱涵拼装机在拼装时,应充分考虑隧道内既有泥水管路、污水管路等设施对边箱涵拼装的干扰,及早对边箱涵拼装机进行适当改造。

(3) 嵌缝胶条的设计硬度不宜过大,以控制在40~50A为宜,如遇冬季施工则应在隧道内设置暖风机,在箱涵拼装前对嵌缝胶条做最后一次处理。

[参考文献]

- [1] 新型预制装配式涵洞施工标准化技术研究[J]. 邹正明. 交通标准化. 2013(13)
- [2] 杭州地铁盾构到达钢套筒接收技术[J]. 李金锋. 施工技术. 2017(S1)
- [3] 装配式结构现状分析与应用推广研究[J]. 王光新. 四川建材. 2018(12)
- [4] 装配式箱涵在公路建设中的推广应用[J]. 马建勇. 内蒙古公路与运输. 2013(04)
- [5] 预制装配式混凝土建筑防水技术[J]. 樊骅,汪力. 住宅科技. 2016(03)
- [6] 预制拼装综合管廊发展现状及接头防水密封性能的探讨[J]. 严林. 混凝土与水泥制品. 2017(01)

作者简介:姓名(出生年—),技术职称/职务,主要从事什么专业技术研究(或者其他)(只要第一作者简介)