

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.01.040

# 浅谈大断面管节分段式预制工艺

谷文杰

(上海隧道工程有限公司构件分公司, 上海市 200120)

**摘要:** 为满足城市日益扩张的需求, 现有市政项目如隧道、地下通道、桥梁等项目都向更深、更宽、更大的方向发展, 但同时又带来了针对大型预制构件的交通运输压力。为了解决大断面顶管管节的运输问题, 创新性地提出了对预制顶管管节进行分段的构想, 到达现场后使用 UHPC 二次浇筑结构连接后用于顶进施工。湿接法作为国内首次运用于管节连接, 其分段式管节的生产及施工工艺可供相关专业人员参考。

**关键词:** 大断面; 顶管管节; 预制分段; 现场连接

中图分类号: U455

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)01-0148-04

## 1 项目简介

### 1.1 项目背景

项目位于浙江省杭州市某地下连接通道(见图 1), 通道全长 74 m, 采用土压平衡式矩形顶管机进顶管法作业施工, 通道共计 43 节标准混凝土管节(1.5 m)和现浇段结构 9.5 m(长边, 位于隧道两侧洞门连接处)。顶进坡度为上坡 +1.68%, 始发井覆土深度为 5.44 m, 接收井位置覆土深度为 4.2 m。



图 1 工程应用效果

### 1.2 管节情况简介

本工程顶管管节断面形式为类矩形, 管节断面外包尺寸为 10 060 mm × 5 260 mm, 管节壁厚 700 mm, 节宽 1 500 mm, 单节混凝土管节重约 70 t。

管节采用上下两分段式预制设计, 即图 2 中灰色区域为预制段, 红色区域为 UHPC 现场湿接法连接接头。预制构件厂内事先采用强度等级为 C50、抗

渗等级 P8 混凝土进行分段预制, 后将两分块送至现场使用超高性能混凝土(UHPC)完成结构连接。

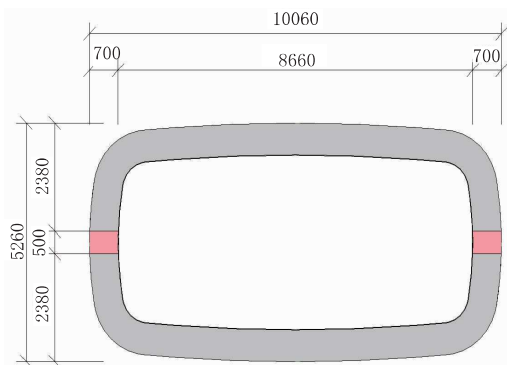


图 2 管节断面尺寸(单位:mm)

## 2 分段式管节预制流程简述

因本工程的首创性与特殊性, 项目实施团队合理运用了 BIM 技术, 从项目实际出发, 运用 BIM 技术能够提前模拟施工全过程, 为预制构件生产及安装保驾护航。

混凝土浇筑及钢筋骨架加工属常规性工艺, 本文不予赘述, 本工程采用两底一模(一套内外模、一套二次浇筑立模、两套底模), 两套底模项目初期于厂内可延迟起吊时间, 保障起吊强度、增加产量; 临近顶推节点时, 运至推进现场用于管节连接, 设计预制分段思路见图 3。

## 3 预制问题与解决

### 3.1 端板拆除问题

#### 3.1.1 端板难以拆除

因本工程设计由湿接头完成连接, 管节上下两分块连接端头各预留 450 mm 的伸出钢筋, 钢筋互相交

收稿日期: 2021-11-11

作者简介: 谷文杰(1996—), 男, 学士, 助理工程师, 从事混凝土预制构件生产技术管理工作。

工序	BIM 方案模拟与优化	分段管节预制生产
管节底模安装		
管节内模安装完成后进行钢筋骨架入模		
管节端模安装		
管节外模合模		
管节一次浇筑		
管节外模拆模		
管节内模拆模		
管节端模拆模		
管节后浇立模安装		
管节 UHPC 二次浇筑		
管节分段式生产完成		

图3 设计预制分段思路

错均布,导出端模板难以拆除(见图4);而管节分段到达现场后,需要安装进底模,进行钢套环连接后,二次浇筑 UHPC。

### 3.1.2 自主研发可分离式底模

针对端板难以拆除的问题,联系专业钢模厂商,协商开发了可分离式底模。在原有底模底部增设四根滑轨,底模可分离端可通过下部滚轮进行分离处理,底模分离后即可进行端板脱模作业,见图5。

而当分段式管节放入底模后,需要对底模进行推



图4 端板难以拆除

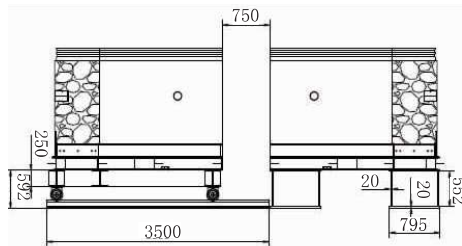


图5 底模分离、端板拆除(单位:mm)

合。底模推合到位后,再通过4根定位销及定位套进行定位拼装,拼装完成后需通过 M24 螺栓锁紧加强贴板,方可完成底模拼装,见图6。

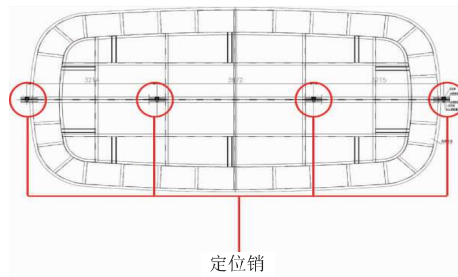


图6 底模分离及定位系统示意

本工程管节为类矩形管节,插口端有小钢套环预留凹槽,而底模有外倒角,二次入模可通过钢套环及插口端预埋槽口进行定位入模,确保管节与底模之间的精确定位。

### 3.2 大断面管节翻身问题

#### 3.2.1 管节翻身困难

本工程管节断面尺寸达 10 060 mm × 5 260 mm, 单节重约 70 t, 预制厂内采用上下两分块设计, 导致管节短边腰侧翻身孔不处于重心水平线上, 翻身存在失稳危险, 见图 7。

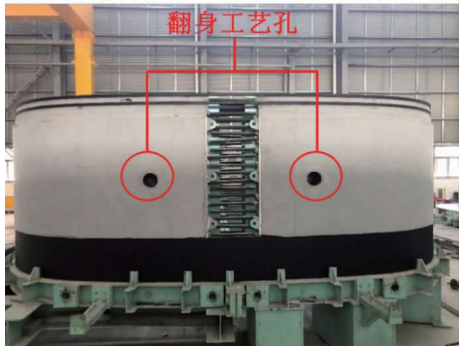


图 7 翻身工艺孔位置

#### 3.2.2 定制式翻身架

针对本工程分段式管节的特殊性, 为满足管节翻身需要, 联合专业钢模生产厂商, 开发了针对本工程的定制式翻身架(见图 8), 利用上下两分块的两侧腰部翻身孔加工了二合一转接翻身轴, 保障翻身过程的重心位置, 满足了翻身需求, 确保了管节翻身的顺利进行, 形成了针对于采用分段式设计的顶管管节翻身工艺技术储备, 同时也提高了翻身行为安全性。

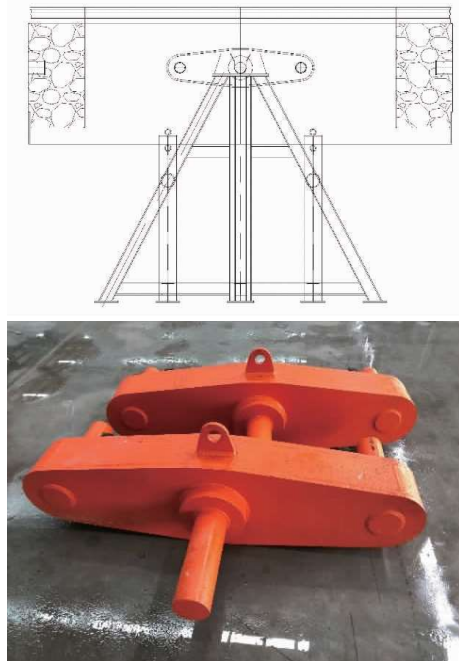


图 8 定制式翻身轴及翻身架

## 4 创新工艺点

### 4.1 预制构件防水体系生产创新

#### (1) 接缝内防水

因二次浇筑拼接端口外侧存在拼接缝, 而 UHPC 与预制段 C50 由于混凝土密度差异及浇筑时间的先后, 存在混凝土收缩情形, 导致接触截面形成渗水通道的可能。

于本工程管节在预制段与二次浇筑的 UHPC 段接触面, 进行了凿毛处理, 并预埋了止水条。将止水条与承口端、插口端的钢套环闭合形成避水回路, 从而满足地下工程防水需求, 见图 9。

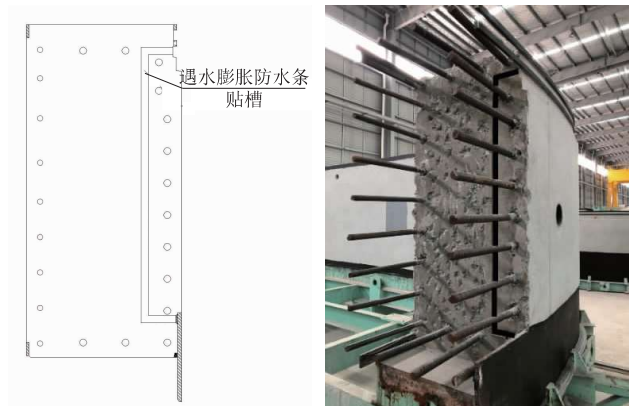


图 9 接缝内防水体系创新

#### (2) 接缝外防水

在二次浇筑 UHPC 满足 7 d 养护要求的龄期后, 于外弧面进行了外防水涂料的涂覆, 并进行了保湿养护, 确保外防水体系正常, 见图 10。



图 10 接缝外防水体系创新

### 4.2 BIM 技术助力预制项目推进实施

#### 4.2.1 项目前期 BIM 技术模拟生产流程

因本工程的首创性与特殊性, 项目实施团队合理运用了 BIM 技术, 从项目实际出发, 运用 BIM 技术能够提前模拟施工全过程, 对可预见的施工难点进行数据化模拟, 编写合理的施工专项方案。且在施工过程中运用 BIM 技术能够达到实时监控进度, 控制成本, 优化资源配置, 及时协调专业冲突, 提高施工管理的效率<sup>[1]</sup>。在项目发起阶段, 利用 BIM 技术的模拟性, 预先模拟了生产流程, 在可视化的基础上快速暴露生产过程中的工艺矛盾点制定解决预案, 提高了与设计及施工沟通的效率, 最终确定了管节分段接头处理、钢模的形式、管节分段预制的生产工

序,并采用定制化模具,以达到管节分段预制要求。

#### 4.2.2 项目实施阶段 BIM 技术三维交底

在生产方案确认、实际项目生产前,项目实施团队利用 BIM 技术提前建模预演重、难点工序细节,将初步确定的施工方案细节对分包进行三维交底,帮助分包单位快速领会预制方案,提高沟通效率,减少预制过程中的错误发生率。

#### 4.2.3 项目实施阶段 BIM 技术工程量汇总

项目实施团队于项目推进期间,创新性的利用 Revit 等主流 BIM 软件,建立了管节的 LOD300 精度模型(见图 11),并利用模型进行了工程量辅助统计及汇总工作。工程量统计方法的改进不仅有利于加快概预算速度、减轻概预算人员的工作量、提高概预算质量,而且对于增强审核及审定透明度都具有非常重要的意义<sup>[2]</sup>。



图 11 LOD300 精度管节模型

### 4.3 预制生产过程精细化管理

#### 4.3.1 生产方案落实管理

(1)生产前进行班组技术交底及技术安全专项交底

项目实施团队于项目试生产前,技术部门及安全部门牵头对作业班组进行分班组交底,保障项目实施过程的技术管控;针对本工程易发生的安全事故以及设备操作注意事项,对分包单位进行了安全教育。

(2)生产过程中技术跟踪及安全落实工作

因本工程钢模设计及防水设计的特殊化,针对生产过程中的重、难点,如分段节底模脱模、UHPC 截面粘贴遇水膨胀止水条等问题,技术人员按照设计及施工要求汇总,及时跟踪现场问题并提出合适的解决方案,以保障现场能够继续生产。见图 12。



图 12 试生产过程技术及安全管理跟踪

#### 4.3.2 作业指导书精细化管理

无论是管理环节的优化,还是企业生产成本的控,都需要从整体上实行精细化管理。通过在生产过程中对质量、成本等诸多指标进行精细化管理,制造业预定的精细化管理效果才会得到更大范围的实现。我司项目实施团队根据本工程特点,针对各道工序,编制了生产作业指导书以及质量控制要求,并严格向班组进行了交底,确保现场人、机、料的合理调配,管控现场材料质量、减少现场材料浪费、为现场质量管理人员进行质量管理工作提供衡量指标,见图 13。




作业名称	(8)管节修补及堆放	作业描述	管节修补并涂抹单组分聚脲防水涂料
作业区域	大型构件加工中心	人员配置	质检员4名;行车工1名;泥水工2名
	(1)涂抹单组分聚脲防水涂料		
	1	以2:1的比例将ET基底材料的A、B组分处理搅拌均匀,涂抹在经过清理的管节一次浇筑与二次浇筑的接缝面上。	
	2	以33:3的比例将ETS基底处理材料的A、B组分均搅拌后,涂抹在指定区域	
	3	再次刮涂ET材料,等等固化2~5 h不黏手	
	4	刮涂第一遍单组分聚脲防水涂料,等待3~12 h固化至不黏手	
	5	薄涂单组分聚脲防水涂料后,立刻黏贴上网格布,均匀涂抹单组分聚脲防水涂料,等待表干3~12 h至不沾手	
6	再次刮涂单组分聚脲防水涂料,至网格布肉眼不可见,表面平整		
(1)管节修补			
1	工具:刷子、泥桶、泥灰刀、砂皮纸	 	
2	以专业的修补浆,用抹刀将修补浆抹到经过刷子清理干净的气泡上		
3	先把管节破损处的基础混凝土用漆刷清理干净,使其表面无尘、无松散颗粒、油污等;然后将混凝土基层预湿,用水充分浸透孔隙		
4	对于边缘缺损在5~50 mm以内以及角位缺损在5~70 mm以内采用专用修补材料修补;对于边缘缺损大于50 mm,且不露主筋河角位缺损大于70 mm,且不露主筋;采用木模加专用修补材料修补		

图 13 分段式管节生产指导书示意

- Data Anomaly Detection Method Using Multiple Information for Structural Health Monitoring[J]. Structural Control and Health Monitoring, 2019, 26(1): 2296.
- [6] 刘春城,刘佼.基于支持向量机的大跨度拱桥损伤识别方法研究[J].振动与冲击,2010,29(7):174-178.
- [7] 熊仲明,王超,林涛.基于神经网络的大跨钢结构缺陷损伤的定位研究[J].振动与冲击,2011(9):198-203.
- [8] 谢祥辉,单德山,周筱航.基于堆栈降噪自动编码器的桥梁损伤识别方法[J].铁道建筑,2018,58(5):1-5.
- [9] 孙利民,尚志强,夏焯.大数据背景下的桥梁结构健康监测研究现状与展望[J].中国公路学报,2019,32(11):1-20.
- [10] Pathirage C, Li J, Ling L, et al. Development and Application of A Deep Learning - Based Sparse Autoencoder Framework for Structural Damage Identification[J]. Structural Health Monitoring, 2018, 18(1): 103-122.
- [11] Guo T, Wu L, Wang C, et al. Damage Detection in A Novel Deep-learning Framework: A Robust Method for Feature Extraction [J]. Structural Health Monitoring, 2020, 19(2): 424-442.
- [12] Bao Y, Tang Z, Li H, et al. Computer Vision and Deep Learning - Based Data Anomaly Detection Method for Structural Health Monitoring[J]. Structural Health Monitoring, 2018, 18(2): 401-421.
- [13] 金禄渊.基于机器学习的海洋平台在线损伤识别研究[D].大连:大连理工大学,2019.
- [14] 刘巧利,闫航,贺鹏飞,等.基于改进 DenseNet 网络的乳腺癌自动诊断[J].计算机与数字工程,2019,47(10):2496-2502.
- [15] 许濛萌.基于深度学习的桥梁健康监测传感器故障诊断研究[D].重庆:重庆交通大学,2018.
- [16] 朱宏平,余璟,张俊兵.结构损伤动力检测与健康监测研究现状与展望[J].工程力学,2011,28(2):1-11.
- [17] 罗明明.桥梁健康监测系统数据处理与分析技术研究[D].重庆:重庆大学,2015.
- [18] 毛亚纯,王恩德,修春华.剔除变形监测粗差数据的新方法——数据跳跃法[J].东北大学学报(自然科学版),2011,32(7):1020-1023.
- [19] 裴益轩,郭民.滑动平均法的基本原理及应用[J].火炮发射与控制学报,2001(1):21-23.
- [20] 谢祥辉.基于深度学习理论的桥梁损伤识别研究[D].成都:西南交通大学,2018.

~~~~~  
 (上接第 151 页)

## 4 结 语

近些年,随着我国经济水平的不断提高,随着城市规模的不断扩大,城市化进程的进一步加快,城市对公共基础设施的需求不断增加,市政工程项目越来越多。随着城市的不断拓张及经济的不断发展,机动化进程持续加快,城市交通问题日益突出。

在城市发展的交通需求剧增与道路运输条件的限制相互矛盾的背景环境下,大断面尺寸预制构件分段预制不仅是必行之路,更是破冰之举。本文剖析了国内首条采用湿接法连接的分段式管节工程及新

型湿接法连接接头构想,希望能助力市政装配式构件设计向更开放的方向发展,革新现有预制构件型式,推动超大型断面尺寸隧道发展!

### 参考文献:

- [1] 李文芳,刘莎莎.BIM 技术在施工模拟中的应用研究[J].教育教学论坛,2018(30):57-58.
- [2] 王在生,连玲玲.工程计价与算量的改革设想[J].中国建设信息,2010(14):62-67.
- [3] 花昕雨.浅谈精细化管理在我国制造业的应用[J].市场研究,2016(12):19-21.