
技术创新推动项目管理

完成首条单管双线盾构隧道预制式中隔墙工程

上海市基础工程集团有限公司轨道交通 16 号线 10 标项目部

杨成龙 龚金弟 张良 陈静

【摘要】: 上海市轨道交通 16 号线地下段为国内首条通过在大直径盾构隧道内设置中隔墙实现单管双线运营的城市轨道交通,项目部通过精心组织施工、专门研制了预制中隔墙拼装机完成了在狭小隧道空间的预制中隔墙拼装。

【关键词】: 单管双线 大直径盾构 狭小空间 中隔墙

一、成果背景

(一) 工程背景

近年来,随着城市建设的步伐日益加快,城市地下轨道交通建设也得到了迅猛的发展。目前国内采用盾构法施工的地铁隧道断面主要为双管双线的单圆以及双圆两种形式,其隧道主要采用直径 6m 级的盾构机进行施工,以满足列车双向运营,而该类盾构隧道阻塞比小,如果列车高速运行,在隧道中会产生瞬变压力,容易引起乘客耳膜不适等反应。与之相比较,采用 11m 级大直径盾构法隧道,通过设置中隔墙将隧道分隔成地铁上、下行线两条区间实现单管双线运营,则具有施工效率高、工期短、节约地下资源、对周边环境影响小及能有效减少拆迁成本等特点,而且大直径盾构增加了隧道空间,提高列车速度后乘客乘车舒适度将显著提升。

但是在相对狭小的隧道内施工中隔墙是一个全新工艺,国内目前尚没有任何类似施工实例,在施工过程如何解决狭小隧道内水平运输、中隔墙就位、施工精度要求高、中隔墙稳定性等难题是必须解决的问题。

(二) 工程简介

上海市轨道交通 11 号线南段工程 10 标区间隧道从临港新城站盾构端头井始发,沪城环路站接收,盾构起始里程为 DK58+739.800,终点里程为 DK56+629.000,全长 2110.8m。隧道采用盾构法施工,管片外径 $\Phi 11.36\text{m}$,内径 10.4m,厚 480mm,环宽 1.5m。合同总造价 45679.1809 万元。隧道内部采用预制与现浇相结合的形式,中间口字型构件为预制构件、口字型构件两侧承轨板为现浇结构、中隔墙采用现浇与预制相结合施工,如图 1-1 所示。

本工程于 2011 年 1 月 29 日盾构出洞,2011 年 12 月 5 日隧道结构贯通;中隔墙施工 2011 年 12 月 25 日开始,2012 年 4 月 20 日完成。本工程隧道于 2013 年 8 月 20 日通过验收。

二、选题理由

(1) 上海市轨道交通 16 号线为上海市重点工程,具有的重大的社会影响。

(2) 16 号线选择目前国内最快的 120 公里时速的技术路线,大直径单管双线盾构法隧道在国内也属于首创,没有类似成功经验借鉴,属于一个全新工艺。

(3) 隧道内径 10.4m,而中隔墙高度达 7.8m,其预制部分高度 5.3m。需要在相对狭小的隧道空间内解决隧道内水平运输、中隔墙拼装就位、施工精度要求高等难题。

三、实施时间

四、项目部制订了实施计划表：

总实施时间	2010年6月15日~2012年12月26日
分阶段实施时间表	
管理策划	2010年6月15日~2011年12月25日
管理措施实施	2011年12月25日~2012年4月20日
过程检查	2012年1月10日~2012年4月30日
取得成效	2012年1月20日~2012年12月26日

五、管理难点及重点

（一）管理重点

根据本工程项目特点分析，在狭小隧道空间内拼装预制中隔墙质量与安全风险控制是项目成功的关键要素。

（二）管理难点

1、技术难度大

上海市轨道交通16号线南段工程10标区间隧道为国内首条通过在大直径盾构隧道内设置中隔墙实现单管双线运行的轨道交通工程，没有相关的工程经验借鉴，属于一全新工艺，需要研制新设备并摸索出一套完整的施工工艺。

通过与协作单位共同设计研究的预制中隔墙拼装机械完全满足了工况要求，可以很好的完成高大构件在相对狭小隧道内旋转、平移、提升及微调等多个动作。

2、拼装精度要求高

在盾构掘进过程中隧道管片自身旋转，导致部分管片顶部预留的接驳器与轴线位置偏离较大，还有极少部分预留接驳器垂直度存在较大偏差，使得传力杆无法安装。这就需要预制中隔墙顶部预留孔洞位置、直径进行适当调整，同时对偏离较大的位置进行植筋处理。

此外，每块预制中隔墙纵向之间没有设计连接，无法像隧道管片利用千斤顶受力后那样密贴，在拼装初期拼装一段距离后，累计的间隙会增大，也会使得中隔墙传力杆不易被穿入孔洞内，因此每拼装一段距离后需要对中隔墙纵向进行收紧。

3、安全控制难度大

（1）由于预制中隔墙构件中自重较重，平面尺寸大，构件较薄，安装高度较高，在狭小的隧道空间内安装过程中极易产生倾倒。而且中隔墙采用预制与现浇相结合的形式，在后浇带浇筑前预制中隔墙处于悬空状态，预制中隔墙稳定性较差。

（2）圆隧道内部中隔墙施工主要包括混凝土浇筑、预制中隔墙运输及拼装，而中隔墙底部“T”形现浇段一旦施工后，圆隧道即被等分为两部分，且中隔墙两侧逃生平台悬臂部分800mm，隧道内水平运输时空间显得相对狭小，多任务同时作业形成交叉施工势必会增大安全风险。

4、建设周期短

16号线是上海市重点工程，根据工程总体节点目标要求在隧道贯通后半个月内完成内部中隔墙施工，确保后续铺轨、机电安装、装饰装修等专业的施工，实现通车节点目标。本工程在没有相关类似施工经验的情况下，利用科技创新推动项目管理，最终提前一个多月完成圆隧道内中隔墙施工。

六、管理策划和创新特点

根据本工程的项目重点及难点分析，明确项目管理

（一）管理目标确定

上海市16号线10标中隔墙工程的建设目标：一是达到设计要求，确保满足各项使用功

能要求，一次验收合格率达到 100%；二是打造样板工程和精品工程的目标，确保达到上海市优质结构奖；三是项目高标准的管理目标，确保工程满足工程总体进度要求，安全管理确保无重大事故，施工期间全过程保持场容场貌干净整洁，确保达到上海市文明工地。

（二）突出技术领先

项目建设对工程难度大、技术要求高，项目部成立 QC 课题攻关小组，有针对性的对建设过程中的关键技术难题进行攻关，制定了作业指导书，以此指导施工技术方案的确定。

（三）创新特点

（1）本工程为国内轨道交通建设中首条通过设置中隔墙实现单管双线运营的大直径隧道，在没有任何施工经验可借鉴的情况下，通过研究总结出一套包括在相对狭小隧道内预制中隔墙精确就位、隧道内多任务水平运输、钢构件固定、岩棉安装及防火涂层等施工技术，成功指导了工程进展全过程，并形成了施工工法。

（2）针对预制中隔墙自重较重、平面尺寸、构件较薄、安装高度较高等特点，专门设计的预制中隔墙拼装机械具备了移动灵活、旋转自如、微调精确等优点，在工程中得到了成功的应用。

（3）通过合理选择混凝土运输搅拌设备，布置两条水平运输通道，解决了在相对狭小隧道空间内，现浇混凝土施工、预制中隔墙板运输与预制中隔墙拼装相互冲突的问题。

（4）通过设计预制中隔墙临时支撑，有效的解决了预制中隔墙在后浇段浇筑前处于悬空不稳定的状态，并申请了发明专利。

七、管理措施实施和风险控制

（一）建立科研课题，进行科技攻关

项目部技术施工管理人员成立科研小组进行技术攻关，由上海市城乡建设和交通委员会工期《单管双线隧道预制式中隔墙施工技术研究》科研项目（课题编号 2012085）。课题组主要对以下内容展开研究：

- （1）预制中隔墙的拼装施工机械研制；
- （2）预制接驳器定位偏转预防和纠正技术；
- （3）狭小隧道内多任务水平运输体系设计；
- （4）预制中隔墙顶部就位技术；
- （5）悬空拼装构件自稳定装置的设计。

（二）积极主动创新，促进有效管理

1、研制专用设备

根据预制中隔墙自重较重，平面尺寸大，构件较薄，安装高度较高，隧道空间狭小等特点，专门设计了拼装机，该设备具备在圆隧道内仅占用半幅路面作业、在各方向都能够进行微调作业、自重较轻、移动灵活等优点。另外，拼装机采用电驱动，履带式行走机构，大大的提高作业效率。

2、优化狭小隧道内多任务运输

采用两条轨道进行水平运输，在预制中隔墙作业区施工顶部钢构件时搭设门式支架，彻底解决了混凝土浇筑与中隔墙拼装施工的冲突，大大提高了作业效率，有效地缩短了施工工期，同时减小了多任务交叉施工产生的风险。

3、研究预制中隔墙拼装技术，形成有效工法

通过施工前精心策划，正式施工前进行模拟段的作业，形成一套包括在相对狭小隧道内预制中隔墙精确就位、隧道内多任务水平运输、钢构件固定、岩棉安装及防火涂层等施工技术，并形成了施工工法。

尤其是通过反复设计预制中隔墙临时支撑，有效的解决了预制中隔墙在后浇段浇筑前处于悬空不稳定的状态，并申请了发明专利。

（三）成立 QC 攻关小组

项目部先后成立提高预制中隔墙拼装精度 QC 小组、提高临时支撑焊接质量 QC 小组等。QC 攻关小组的成立和活动的开展，为工程质量提供的保证。

（四）加强过程控制，优化调整施工

1、方案认证评审

充分利用社会专家和资源，集思广益，对中隔墙施工方案进行专家论证，通过新技术、

新设备、新工艺等方面综合技术的运用与实施，保证工程安全顺利的进展。

2、安全、技术质量交底

针对本工程在狭小隧道内进行多任务中隔墙施工的特点，施工前专门编制了作业指导书，项目部进行针对性安全、技术质量交底，特别是交叉作业施工的安全防护措施，做到全体作业人员心中有数。通过细致交底，明确重点工序要求及要点，并在过程中进行监督与不断改进，施工过程中未发生任何安全、质量事故。

（五）优化设计，确保工程质量安全

项目部全程参与了中隔墙的设计讨论，在施工过程中对出现的问题及时与设计进行沟通并提出优化意见，例如增大吊装孔预埋件、调整预制中隔墙榫头倒角尺寸等，减少了作业风险的同时也提高了施工质量。

八、过程检查和监督

（一）联合开展定期攻关，定期分析反馈

项目部联合设计方、业主方、监理方、构件预制厂家及设备制造商定期对现场进行监督检查，召开专题讨论会，对施工过程中发现的技术难点、质量与设备缺陷进行总结并不断优化，有效地保证工程的推进。

（二）目标分解到位、确保责任落实

项目部加强前期策划和技术方案交底，层层进行目标分解、落实责任制，加强安全重大危险源、质量关键特殊过程的风险识别与防范，加大针对的安全宣传和交底，以及施工人员的培训教育，从源头上把好安全质量关。

项目部本次专门成立新型设备维修保养小组，对首次设计制造的专用中隔墙拼装机械定期进行检查，发现缺陷及时整改维修，对操作技巧不断改进，保证了中隔墙拼装的安全。

九、管理效果评价

（一）管理成果

1、形成课题研究成果总结报告 1 份，成果水平在国内处于领先，并达到国际先进水平。2012 年 12 月 26 日通过上海市城乡建设和交通委员会组织对“单管双线盾构隧道预制式中隔墙施工技术”课题验收。

2、在《建筑施工》上发表 1 篇论文；

3、已申请专利 1 项；

4、形成了“单管双线盾构隧道内部预制中隔墙施工工法”，并于 2013 年 11 月 17 日通过验收。

（二）获得的主要荣誉

项目部荣誉：

序号	奖 项
1	上海市重大工程文明工地
2	上海市绿色施工工程
3	上海市优质结构奖

个人荣誉：

龚金弟获得“上海市建设功臣荣誉”称号

（三）经济和社会效益

上海市轨道交通 16 号线 10 标段大直径圆隧道内预制式中隔墙施工技术的研究，顺利完成了国内首条通过设置中隔墙实现单管双线大直径运营的地铁隧道，并提前 1 个多月完成了施工，未发生任何安全事故，节约成本 300 多万。该工艺技术新颖独特，不仅具有施工效率高、节约地下资源、对周边环境影响小及能有效减少拆迁成本等优点，而且解决了传统小直径地铁隧道阻塞比小，在列车高速行驶时会产生瞬变压力，容易引起乘客耳膜不适等反应的问题，大直径盾构增加了隧道空间，提高列车速度后乘客乘车舒适度将显著提升，具有广泛的应用前景，能创造良好的经济效益和社会效益。