

# Application of Prefabricated Technology in the Installation of Underground Pipelines for Rail Transit Systems

Haoqiang Zhang Xingyun Tan

Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610213, China

## Abstract

Urban rail transit underground spaces are densely packed with pipelines and frequently intersect. The traditional installation method of “on-site cutting, individual positioning, and point-by-point drilling” often leads to process congestion, cumulative interface deviations, and rework in station public areas and equipment zones. In recent years, China has promoted prefabricated and modular construction techniques in subway projects, shifting the processing of pipe segments, supports, and fasteners from on-site to factory assembly, followed by rapid modular and system-based installation in confined spaces. This approach reduces the risks of wet work and secondary damage on-site while improving interface consistency and replaceability. Practices such as modular pipeline laying and integrated supports in prefabricated stations have been summarized and promoted in engineering practice and research. This article focuses on the engineering attributes of underground pipelines and key modular installation techniques, proposing actionable technical points for reference in similar projects.

## Keywords

prefabricated technology; rail transit; underground pipelines; installation; application

## 装配式技术在轨道交通地下管线安装中的应用

张豪强 谭幸芸

中国水利水电第七工程局有限公司, 中国·四川成都 610213

## 摘要

城市轨道交通地下空间管线密集、交叉频繁,传统“现场切割、逐根定位、逐点打孔”的安装方式在车站公共区与设备区容易引起工序拥挤、接口偏差累积与返工。近年来,中国在地铁工程中推进机电预制化与装配式工艺,将管段、支吊架与固定件由现场加工转为工厂成套加工,再在狭小空间内按分段、按系统快速拼装,以降低现场湿作业与二次破坏风险,并提升接口一致性与可替换性。装配式车站的管线敷设与综合支吊架等做法已在工程实践与研究中得到总结与推广。文章围绕地下管线的工程属性与装配式安装关键做法展开,并提出可直接落地的技术要点以供类似工程参考。

## 关键词

装配式技术; 轨道交通; 地下管线; 安装; 应用

## 1 引言

地下车站与区间内的给排水及消防、通风空调系统、动力照明系统及高压、弱电系统等管线共同构成“地下管线系统”。其安装质量不仅取决于单根管道强度与严密性,还取决于成排敷设的标高控制、接口同轴度、支吊架受力路径与变形补偿。中国文献将装配式工艺概括为“工厂预制、现场装配”的组织方式,并指出其在城市轨道交通机电安装中可通过标准化部品减少现场加工量<sup>[1]</sup>。因此,本文从地下管线的空间特征出发,聚焦装配式技术在安装环节的具体应用要点。

## 2 轨道交通地下管线概述

轨道交通地下管线是指服务于地铁车站、区间及设备用房运行需求,在地下结构内沿顶板下、侧墙、管井与设备夹层等空间布置的各类机电管线与其支撑固定体系的总称,既包括有压力或有流量要求的管道系统,如消防水、给排水、空调冷冻水与冷却水,也包括电缆桥架与风管等线性系统。与市政埋地管道相比,它的“地下”并非土中直埋,而是处于混凝土结构形成的封闭空间内,受净空、检修通道、防火分区与装修界面的约束,呈现“多专业同走廊、同标高成排、节点密集”的典型特征。装配式车站实践中,设备区往往采用模块化布局,并配合综合支吊架组织管线敷设,以适应空间紧凑与检修要求。由于管线系统需要长期运行维护,地下管线还具有“可更换、可隔离、可操作”的工程属性,因而在安装阶段必须兼顾接口可拆装性、阀门可达性与支吊架的

【作者简介】张豪强(1993-),男,中国陕西西安人,本科,工程师,从事市政及城市轨道交通工程施工管理研究。

承载力条件。

### 3 装配式技术在轨道交通地下管线安装中的应用

#### 3.1 管段预制与接口单元化拼装

在轨道交通地下管线采用装配式路径时,管段预制与接口单元化拼装要把结构封闭后的可操作空间当作边界条件,把分段、接口与验收一次写进施工交底。第一,施工人员应按直管段、弯头变径段、带支座段和阀件连接段四类单元拆分,单段长度宜控制在3~6m并兼顾运输转弯半径,单件重量宜控制在200~400kg便于站内倒链或小型电动葫芦平稳就位,接口优先选用沟槽或法兰等可拆连接,工厂用胎具控制端面垂直度和短节长度偏差,现场只做对口找正、垫片就位与对角紧固,沟槽式连接具有抗振并能适应一定收缩与膨胀。第二,成排管线预制应先固定定位基准,同一横担上的多根管道统一中心距与偏移量,支座孔位按控制线预留5~10mm可调余量,管段与支吊架同步预装并复核标高,现场按基准线整体挂装后再逐口紧固,避免逐根对口导致串动和碰撞成品<sup>[2]</sup>。第三,阀门、过滤器、止回阀等局部阻力构件宜形成组件段,预制阶段核对阀体流向标识、手柄旋转半径和检修侧净距,组件段两端设置可拆短节或活接用于二次微调和更换,法兰连接按规格配套螺栓并记录最终紧固顺序与力矩点,满足大口径钢管常用沟槽或法兰连接的现场习惯。第四,预制段进场后按系统、区间和安装顺序编号分堆,端口采用盲板或塑料盖封堵并加防尘膜,垫片按批次干燥存放并随段配套发放,拼装前由班组用无纤维布清洁密封面并检查划伤,螺栓分三次对角紧固并复核法兰间隙均匀,外露螺纹宜保持2~3扣,最后在接口处做可追溯标记,编号宜采用系统代号加区段序号的规则,阀件组件段另加流向箭头和检修侧标识,封堵拆除前复核介质标识与坡向,公称直径较大部位多采用沟槽式管件或法兰连接并保持扳手操作面外露。

#### 3.2 综合装配式支吊架的成排承载与快速定位

地下车站管线密集区推进装配式安装时,应把综合装配式支吊架作为成排受力与快速定位的基准单元来组织施工。第一,技术负责人应在综合排布复核后先划定同排承载框架的荷载边界,将风管、水管、桥架按重量与检修需求分层归并到一套横担与立柱体系内,横担宜选用槽型钢与可滑移锁扣螺母组合,抱箍与连接件尽量统一规格并按管径配置限位垫片,使各专业通过孔位实现5~15mm的标高微调并顺势修正墙体偏差,同时对单根支架的集中荷载进行复核并预留不少于10%的安装余量,必要时在多管同跨段把横担截面提高一个规格,避免后续加挂造成超载。第二,现场放线应以线路方向控制基准线和分区标高点为依据,班组按先骨架后管线的顺序沿区间成排立架,先安装底座锚栓并复核孔距与边距,再拼装立柱与主横担形成连续框架,成排支架

的轴线偏差宜控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内,支架排距可按1.5~2.0m结合管径与荷载调整,同排横担标高采用激光水平仪逐点校核,确认骨架稳定后再按系统从大到小挂装,挂装后立即复测坡向、净空与检修面宽度并将偏差回写到调整清单便于统一复核。第三,装配式连接件的预紧必须与受力点对应,紧固前施工员应清洁齿槽面并检查螺纹完整,横担端部、设备接口附近及多管集中点增设加强角码或双连接件,螺栓按对角分两次拧紧并记录力矩值,振动区关键节点加防松垫圈并在24h内复检锁扣螺母位置,发现滑移及时回紧。第四,靠近转弯、分支与设备接口处的成排支架宜采用可调限位构造,将承载构件与侧向限位分开设置,限位螺栓与管束之间预留2~3mm间隙并配置柔性垫片,必要时在接口两侧各布置一根支架分担位移,避免热胀冷缩或设备振动把应力集中到法兰、软接与穿墙套管处<sup>[1]</sup>。

#### 3.3 预留预埋嵌缝槽的免开孔固定

为降低地下车站成品结构二次钻孔对混凝土与防水层的扰动,地下管线支吊架宜在土建阶段通过预留预埋嵌缝槽实现免开孔固定。第一,土建单位应依据综合管线深化成果在顶板或侧墙弹出走向控制线,按支吊架间距一般1.2~1.5m布置预埋槽道,施工员需复核保护层厚度、钢筋避让与端部锚固,槽道固定点宜每500~600mm设置一道,端部距结构边缘不小于100mm,槽口用封盖或泡棉条封闭防止浆体进入,浇筑振捣过程安排专人看护槽道直线度与标高,拆模后清理槽口并复测,中心线偏差宜控制在 $\pm 5\text{mm}$ 。第二,机电安装时施工人员以槽道作为连续基准,将T型螺栓或滑块螺母推入槽内并旋转90°完成咬合,再连接成品支吊架立柱、横担,通过槽内滑移完成平面与标高微调,单点调节量宜控制在 $\pm 30\text{--}50\text{mm}$ 范围内,成排管线按先主干后支管、先大管后小管的顺序统一校正,同一区段可在槽道侧面做编号标识以便复位,安装顺序宜先挂立柱再挂横担,横担成排后统一上管复核中心距与坡向。第三,连接件防松采用双螺母或锁紧垫片并落实力矩控制,常用M10~M12紧固力矩可按说明取40~80N·m区间对称分次拧紧,振动敏感区在横担端部增设限位片或防摆拉条,紧固后在关键点做扭矩标记并在24h内复紧一次,并留存紧固记录,外露螺纹涂防咬合剂并对镀锌层划伤处冷镀锌修补。第四,后期增减管线时先核对槽道允许荷载与支吊架受力路径,再在既有槽位并联横担、增设抱箍完成扩展,横担两侧预留至少50mm安装余量并复核与吊顶龙骨、检修口的净距,闲置槽段用封条恢复防尘防浆,新增连接点完成后二次复紧并补齐标识。

#### 3.4 阀件与检修段的模块化组件就位

为降低地下站内狭窄区段的返工率,阀件与检修段宜按可整体吊入、可快速对接的思路组织模块化组件就位。第一,项目技术负责人应以系统图与阀门表为依据,将阀门、过滤器、软接、压力表取压三通、放空与排气排水点在加工场预装成阀组模块,模块长度宜控制在1.5至3.0m以便通

过门洞与吊装通道,两端统一采用法兰或沟槽等标准连接口并预留 20 至 30mm 装配余量,预装时应完成阀门启闭方向校核与手轮净距复核,避免现场转向改位。预装完成后加工人员应对端口平行度、法兰对角线差与阀杆可操作角度进行复测,端口平面度宜控制在 1mm 以内,并在模块外壁标注介质流向与阀门编号,现场按编号对位安装即可。模块最低点可预留排污口并配封帽,出厂前保留预检记录。第二,阀组模块应自带受力支点并与综合支吊架形成闭合受力路径,支点位置应避开阀体薄弱部位并设置可调整铁或滑移座,安装人员应在就位后先锁定支点再连接两端管段,使阀体重量不由相邻接口承担,同时按介质温度设置限位间隙避免热胀顶推,支点螺栓宜采用双螺母或防松垫片并于 48h 回拧<sup>[4]</sup>。第三,检修频繁的部位应在模块内设置可拆短节或伸缩短管并明确拆装方向,短节两侧宜采用活接或带拆装长度的法兰,净空不足时应预留不小于阀门外形 1.2 倍的检修侧距离,并在模块上标识起吊点与拆卸顺序,使更换密封、滤网清理与仪表校验不牵连成排管线,必要时在模块端部预留盲板位以便分段隔离。第四,运输包装宜采用木箱或钢框并设置防扭支撑,端口用盲板或封帽封堵防尘进水,吊装时用导向绳控制摆幅在 50mm 内,落位后复核法兰面清洁度、垫片完好与同轴偏差小于 2mm,螺栓按对角分三次紧固并记录力矩,随后随系统试压一并接口巡检。

### 3.5 穿越与过渡段的快速拼装与变形协调

轨道交通车站地下管线在穿墙、穿板、变标高与汇集转折处最易出现返工,装配式做法要把定位、密封与位移吸收同步固化为可复制的节点。第一,穿墙穿楼板宜在土建阶段预埋成品刚性或柔性防水套管,套管内径一般比穿越管外径大 50mm 左右以留足找正与填充空间,安装班组先用限位环或定位卡将管段居中并锁定标高,再分层压紧可拆式密封圈和压盖螺栓,压紧后复测偏心量不宜大于 5mm,最后做端面封口与外露螺栓防锈处理,避免依赖现场抹灰随意填塞造成空鼓渗漏。第二,变标高与转弯过渡段宜采用工厂预制偏心变径、45° 或 90° 弯头与短节组合控制转折半径,现场按放样线先拼主段再拼过渡段,并在转折前后各设置一

处导向支座,导向间隙控制在 2 至 3mm,使位移方向明确,严禁用单个法兰接口硬拉对口导致应力积累。第三,长距离成排管线在温差与结构微变形作用下需预留可动量,宜按介质温度范围选用橡胶软接或金属伸缩节,并与固定支座、导向支座成组布置,通常通过固定点承受伸缩节轴向力、导向点引导位移进入伸缩节的方式组织受力,同时将穿墙点与设备口设置为导向而非固定,安装后用划线法记录冷态预拉伸量并留存复测记录。第四,汇集段多管并行时应采取分层与分区拼装,先拼装占空间最大的主干段和阀组并完成限位,再拼装支管段与旁通段并逐段复核支承点,现场可先在地面按编号试拼并校核交叉净距,常用管外表面至相邻构件净距宜不小于 20mm 以便保温与检修,同时支吊架先临时紧固留出 10 至 15mm 的调节余量,待整段对口完成后再按扭矩值终拧,确保每个接口都在可调范围内完成受力闭合<sup>[5]</sup>。

## 4 结语

轨道交通地下管线安装采用装配式技术,应把工厂预制的稳定性与现场装配的可调性结合起来,围绕“分段可运输、成排可定位、节点可拆装、过渡可变形”的目标组织施工。本文提出的管段单元化、综合装配式支吊架、嵌缝槽免开孔固定、阀件模块化以及过渡段变形协调等做法,均以常见材料与常用连接工艺为基础,能够适配中国地铁车站与附属用房的狭小空间条件,并为后续同类工程提供可直接套用的安装要点。

## 参考文献

- [1] 陈东伟.BIM技术在城市轨道交通管线装配式施工中的应用[J].建筑与装饰,2025(1):178-180.
- [2] 张广鹏.轨道交通装配式车站施工技术研究[J].建筑机械化,2023.
- [3] 赵洋.城市轨道交通明挖装配式地下结构设计技术及方法[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(002):000.
- [4] 王俊.预制装配式技术在城市轨道交通地铁出入口建设中的应用分析[J].市政技术,2025,43(2):63-72.
- [5] 沈洁.整体装配式机电安装技术在地下轨道交通消防泵房中的应用[J].安装,2023(11):68-71.