

装配式综合管线在地铁机电安装中的实施效果分析

赵 鸿 皇 兴

中国水利水电第七工程局成都水电建设工程有限公司 四川 成都 611130

【摘 要】：装配式综合管线在地铁机电安装中的应用被视为提升施工组织与安装协同水平的重要路径。通过将多专业管线在工厂预制、集成排布并以模块化方式运送至现场，可在较短时间内完成精确吊装，减少复杂空间中的冲突与返工，并有效缩减现场作业面和施工风险。该方式在提升安装精度、控制工程质量以及优化工期方面表现突出，同时使材料管理和接口衔接更加清晰，显现出较高的可复制性和稳定性。随着地铁建设规模持续扩大，装配式综合管线在机电安装领域的应用价值逐渐凸显，对施工组织模式与技术路径形成推动力量，并展现出改善建设流程与整体品质的潜在优势。

【关键词】：装配式综合管线；地铁建设；机电安装；施工效率；模块化集成

DOI:10.12417/2811-0722.26.04.045

引言

地铁建设对机电系统的安全性、可靠性和空间协调度具有严格要求，各类管线在有限断面内交叉密集，使传统安装方式常面临工序衔接紧张、调整频繁和现场作业量大等问题。随着城市轨道交通对建设速度与品质提出更高期望，将多专业线路集成化、模块化的装配式综合管线引入机电安装成为一种值得关注的路径。该方式把繁复的现场工序前移至可控环境中完成，使管线排布更为清晰，安装过程更趋稳定，为复杂空间内的机电系统构建提供了新的组织结构与实施模式，引导施工思路向高效与精细化方向发展。

1 地铁机电管线安装中的关键矛盾

地铁机电系统在有限断面内集聚通风、给排水、电力、通信、消防等多类管线，空间排布呈现高度密集状态。由于结构条件受限，管线走向往往在短距离内发生多次转折，加之不同专业的施工时间并不完全同步，易出现管线占位冲突和高度误差累积。传统的现场安装依赖大量人工测量与临时调整，不仅对施工人员的空间判断能力要求极高，还因测设基准容易受到环境干扰而影响精度，复杂节点区域的协调耗时显著增加^[1]。在多专业叠加施工的场景中，任何局部偏差都可能引起后续管线的重新布置，使整体机电系统的连续性受到影响，施工组织压力不断上升。

机电安装涉及的构件种类繁多，材质特性与安装工法差异显著，特定工序之间存在严格的先后关系。由于地铁车站和区间内部施工环境封闭，作业面狭窄，人员和材料的流动受到限制，传统方式难以实现高效组织。现场需反复吊装、支架调整和管线复测，使劳动强度增加，重复返工的概率随之扩大。加之机电设备接口种类庞杂，现场加工量大，尺寸误差与设备位置偏移常造成局部区域无法满足综合排布要求，技术交底与专业之间的沟通成本显著提升。系统之间的穿插关系越复杂，施工节奏越容易被打乱，使工程周期处于被动状态，质量控制难度不断加大。

随着城市轨道交通建设规模扩张，建设单位对施工周期与成品质量的要求更趋严苛，而传统管线安装模式仍以分散作业为特征，这种组织方式使多专业协同难度被放大。现场安装的不确定性在高峰作业阶段表现得更为突出，空间拥堵使人员布置、机具摆放和安全管理面临持续压力。施工过程的变量增多，风险点也不断累积，特别是机电系统对尺寸偏差和接口吻合度高度敏感，任何细微误差都可能引发后续设备调试异常，使施工体系的稳定性降低。面对这些矛盾，不同专业在图纸深化、排布优化和工艺衔接方面耗费大量时间，传统方式的局限逐渐显现，为后续寻求更高效的管线系统集成方式埋下转变动力。

2 装配式综合管线的集成化构建路径

装配式综合管线的构建以精细化设计为起点，通过多专业信息集成形成具有可执行性的综合排布模型，使机电系统在工程开端即具备整体性。在数字化平台中整合风管、桥架、给排水、电缆、电力配管等多类线路，依靠三维模型实现空间冲突检测、净空校核和设备接口复核，使管线在进入预制环节前达到稳定的设计状态^[2]。多专业共用同一数据源，使构件尺寸、节点形式和安装基准具有一致性，减少传统施工阶段由图纸理解偏差带来的变量。构建路径中强调构件分段方式与吊装尺度的匹配，使综合管线模块在结构约束条件下具备可运输、可安装的几何特性，为后续预制提供明确依据。

在工厂条件下对综合管线进行模块化制造，是集成化路径中的关键环节。制造环境稳定，可对金属支架、抗震连接件、风管段、电缆桥架及其附属构件进行精确加工，尺寸控制范围大幅优于现场操作。构件间通过标准化接口进行组合，使模块内部各线路的标高、间距与安装空间保持一致。生产过程中可使用定位胎架、数控加工设备以及焊接质量检测系统，使综合管线的成品精度保持在可控范围内。模块的构成不仅包含主干线路，还可对调节阀、检修口、柔性接头等关键节点进行预装，使现场安装环节从传统的逐点施工转变为成段吊装，从根本上降低繁复工序对施工周期的影响。

模块制造完成后通过运输、吊装与现场固定形成完整的安

装体系,使综合管线的集成效果真正落地。运输阶段重视模块稳定性与重量分布,常采用多点加固支撑方式,使构件在移动过程中保持姿态稳定。进入现场后,通过激光测量设备复核安装基准,使吊装位置与结构预留点保持一致,避免标高偏差和横向偏移。装配过程中,模块间的拼装关系依托标准化连接构件完成,使接口对接快捷、调整量小,有助于在复杂空间内维持排布秩序。由于大部分工序已经在工厂完成,现场环境不再成为决定产品质量的关键因素,使装配式综合管线具备更高的稳定性和一致性,为地铁机电系统的整体构建提供持续的支持。

3 工厂预制与现场装配的协同机制

工厂预制与现场装配的协同机制建立在高度统一的技术基准与信息共享体系之上。综合管线在进入预制流程前,通过三维深化模型将各专业的排布关系固化为可制造的数据,对构件编号、分段长度、接口形式、预留孔洞等参数进行标准化处理,使预制环节拥有清晰的生产指令。在统一模型的引导下,工厂能够对加工设备、胎架定位、焊缝形式、构件拼装顺序进行精准控制,使综合管线的几何尺寸、构造形式和连接节点保持稳定一致^[3]。不同专业在此过程中通过模型数据协同调整,使现场安装所需的接口位置、受力点位置和吊装空间得到提前验证,避免模块化构件在运输至现场后出现无法安装或需要大幅修改的问题,为装配阶段提供可靠的前置条件。

预制模块从生产到装配的过渡依赖严密的物流调度与技术衔接。综合管线结构往往跨度较大,构件内部线路密集,运输阶段对支撑方式、横向稳定、重心控制均有明确要求。通过运输前的结构强度校核与节点加固,可保证模块在行驶、吊装、转运过程中保持构态不变形。到达施工现场后,通过激光扫描仪、全站仪等测量工具对结构基准点进行复核,使装配位置与模型数据精准匹配。从卸车到就位的全过程以工序串联方式进行,每一模块均需经过尺寸复核、吊点调整、拼接预检等流程,使装配误差在累积前被及时识别和控制。现场不再依赖大量手工测设,而是通过数字化定位方式实现模块的快速就位,使施工节奏更加稳定,空间组织更加协调。

当模块进入最终拼装阶段,协同机制的作用在多专业融合中得到充分体现。现场装配通过标准化连接件、快速锁紧装置及可调节支撑系统,使综合管线能够在有限空间内实现高精度拼接。各专业在装配过程中按照统一基准线与标高体系进行对位,使风系统、电缆系统、给排水系统及消防系统在空间布局上保持一致性。模块之间的微调通过调节拉杆、伸缩接口或可调吊架实现,使现场不必进行大面积拆改即可满足安装要求,从而显著减少返工量。机电系统内部的功能性构件,如阀门、检测装置、软接头等,也在装配阶段与主模块顺利衔接,使系统功能在较短周期内具备启用条件。协同机制保障了工厂加工的精度能够有效传递至现场,使装配式综合管线在施工组织、

工期控制和质量稳定性方面形成连续化执行链条,为地铁机电安装构建更高水平的系统集成能力。

4 安装效率与质量提升的表现特征

装配式综合管线在地铁机电安装中的应用,使施工节奏与空间组织呈现出更高程度的可控性。管线模块以工厂成型的方式进入现场,使大量以往依赖人工完成的测量、切割、钻孔和组装环节被前移至受控环境中完成。现场作业面因此得到释放,吊装路径更加畅通,多专业交叉干扰显著减少^[4]。模块化构件带来的安装连续性,使现场能够以成段完成作业的方式加快施工推进速度,避免传统逐点施工导致的停滞和等待。施工人员在装配过程中依托统一的基准体系进行对位,使排布秩序在高密度空间中保持稳定,机电线路的走向更加清晰,整体安装节奏更加顺畅。

模块化制造带来的尺寸稳定性,使质量控制体系不再依赖个体技工水平,而是以数字化模型和标准化工艺作为核心准则。工厂加工环境能够严格控制焊缝成形、孔位精度、支架标高和构件变形,使综合管线进入现场前即具备较高的成品一致性。现场装配过程中,通过激光测量仪、标高定位器和快速锁紧节点完成模块复核,使误差在最小范围内被消解。多专业线路以组合体形式呈现,使风管、电缆桥架、消防管道等构件在排布秩序上保持恒定间距,从而提升整体结构的稳定程度。设备接口位置经过工厂预校,使机电系统在后续调试阶段表现出更高的匹配度,减少因接口偏移造成的系统不良。

随着装配式综合管线的应用不断深化,质量可追溯性成为又一显著表现特征。模块在加工、运输、吊装和拼接过程中均形成对应的工序记录,使质量信息与构件编码直接关联。现场能够通过构件编号追溯加工批次、材料来源以及节点工艺参数,为后续运营维护提供可靠依据。装配后的综合管线结构层次分明,使检修通道更加清晰,管线排列在视觉上呈现规范化特征,利于后续巡检与局部替换。由于工序减少、安装路径清晰,施工阶段的环境干扰显著下降,焊接飞溅、噪声和粉尘产生量明显收缩,使安装区域具备更高的安全性和可维护性。装配式综合管线以稳定的质量表现和高效的施工进度,展现出与传统模式截然不同的工程实施特征。

5 综合管线模式对施工组织的启示

装配式综合管线的应用使施工组织方式出现明显转向,传统依赖现场加工与逐点施工的模式被整体化、前置化的生产链所取代。多专业在项目初期通过模型协同确定排布关系,使施工组织从线性逻辑转变为并行逻辑,原本需要多个工序连续展开的内容被整合在预制阶段完成。现场不再作为主要的加工空间,而成为成品构件的集成节点,使施工组织更关注流程衔接、吊装窗口和空间占用管理^[5]。在这种方式下,施工资源可以根据模块进场节奏进行精准配置,使劳动力投入更具针对性,减

少无效等待和重复调配，为工程推进提供稳定的节奏控制能力。

综合管线模式在现场形成的集约化安装方式，使各专业的交叉关系更易被管理。由于模块结构已经具备明确的排布秩序，现场施工组织可围绕模块路径布置工位、规划材料堆场和确定机具运行路线，使作业区呈现高度清晰的分区结构。通过吊装顺序、安装节拍和测量复核点的预设，现场组织者能够以可视化方式掌握整体进展，减少突发冲突对施工进度造成的干扰。模块化安装还推动安全管理从被动响应向过程控制转变，吊装工况、操作半径和人员动线均能提前确定，使施工过程的风险点得到提前暴露与处理。设备接口、检修面和操作空间在模块形成时已经综合考虑，使后续机电调试和运维接口更加顺畅，为施工组织减少大量后期调整压力。

综合管线应用带来的组织方式变化，使项目管理呈现结构化、精细化的特点。信息模型在施工阶段成为协调不同团队的重要载体，使现场组织者能够基于数据对进度节点和资源配置

进行动态调整。随着构件从工厂源源不断进入现场，施工组织不再围绕单一作业面展开，而是以模块流转作为主要驱动，使进度控制更侧重大范围统筹与节点管理。质量控制因模块化生产而具有可追溯性，使现场只需专注于拼装精度与位置复核，从而减少繁杂的过程检验工作量。装配式综合管线的组织逻辑使施工过程更接近工业化生产模式，为地铁机电安装体系带来更为稳定的执行结构和更高层级的协同性，为传统施工组织方式提供值得关注的参考路径。

6 结语

装配式综合管线在地铁机电安装中的应用，使施工流程与组织模式呈现出更高程度的整体化与协同化特征。模块化制造、数字化校核和现场快速拼装的结合，使空间利用、安装精度与施工节奏得到明显改善。多专业在统一基准下展开协同，使施工组织从传统的分散作业转向集成化执行，为机电系统的稳定构建奠定可靠基础。由此形成的工业化施工路径，为地铁机电安装探索出更加高效、规范与可控的实施方式。

参考文献：

- [1] 高玉健,位洁,张宁,等.地铁建设与城市空间格局演变关系研究[J].交通节能与环保,2025,21(06):191-194.
- [2] 储强.地铁机电安装工程综合管线敷设施工技术研究[J].工程技术研究,2024,9(23):75-77.
- [3] 段呈祥.装配式管线支吊架技术在地铁机电安装工程的应用[J].工程机械与维修,2022,(06):53-55.
- [4] 曹代.地铁机电安装工程的造价管理及成本管理[J].中国招标,2022,(11):120-121.
- [5] 王冰.浅谈地铁机电安装工程的造价管理及成本控制[J].居舍,2022,(15):146-149.