

机电安装工程装配式吊顶管线一体化施工工艺

周伟结^{1,*}

1. 江苏点夺技术股份有限公司, 江苏 南通, 26000

摘要: 建筑工程施工阶段, 机电管线预埋作业容易产生各类质量问题: 管线预留定位不准, 材料、构件规格选型不合理等。上述问题会增大后续安装施工难度, 影响后期使用功能, 还会遗留安全风险。针对上述工程痛点, 本文提出并研究装配式吊顶与管线一体化施工技术。该技术颠覆传统现场分步作业的施工逻辑, 依托工厂标准化预制体系, 完成吊顶构件与机电管线的集成一体化加工, 成型构件转运至施工现场后, 直接开展整体同步装配施工, 实现机电管线规整内嵌、集成布设, 为建筑机电安装工程提质增效、技术升级提供有力的技术支撑。

关键词: 机电安装工程; 装配式吊顶管线; 一体化施工工艺

Construction Technology of Prefabricated Ceiling and Integrated Pipeline for Electromechanical Installation Engineering

Weijie Zhou^{1,*}

1. Jiangsu Dianduo Technology Co., Ltd., Nantong 226000, Jiangsu Province, China

Abstract: During the construction phase of building projects, quality defects frequently occur in the pre-embedding operation of electromechanical pipelines, such as inaccurate positioning of reserved pipelines and improper selection of specifications for materials and components. Such problems will increase the difficulty of subsequent installation work, impair the service functions in later operation stages, and leave potential safety hazards. To address these engineering pain points, this paper proposes and investigates an integrated construction technology for prefabricated ceilings and pipelines. Breaking the conventional construction logic of separate on-site operations, this technology realizes integrated processing of ceiling components and electromechanical pipelines based on a factory-based standardized prefabrication system. The prefabricated finished components are transported to the construction site for direct overall synchronous assembly, enabling orderly embedded and integrated layout of electromechanical pipelines. It provides robust technical support for quality-efficiency improvement and technical upgrading of building electromechanical installation projects.

Keywords: Electromechanical installation engineering; Prefabricated ceiling pipeline; Integrated construction technology

1 引言

吊顶结构与机电管线系统是建筑机电安装工程不可或缺的两大核心组成部分, 直接决定建筑空间的使用功能与品质体验。其中, 吊顶体系主要负责建筑室内空间的装饰美化, 同时兼具隔声、防潮、规整空间的重要作用, 是优化室内人居环境的关键构件; 而机电管线涵盖电气、给排水等多项核心建筑功能系统, 承担着建筑能源输送、排水通风、设备运行保障的核心任务, 是建筑安全、稳定、常态化运营的基础保障。二者功能相辅相成、缺一不可, 施工质量与工艺适配性直接影响整体机电工程效果。因此, 在满足建筑多元使用功能、严控施工质量与效率的行业需求下, 研发适配吊顶-管线协同体系的新型施工工艺, 破解传统施工适配性不足的难题, 已然成为现代建筑机电工程领

域的重点研究方向。装配式机电管线作为现代建造技术的重要组成,依托优化设计与精细化装配施工,可同步提升建筑的安全性能、装饰效果与现场施工效率。装配式吊顶管线一体化不仅能保障建筑物的正常运行,还能提高施工质量和减少施工成本^[1]。

2 机电安装工程装配式吊顶管线一体化施工现有问题

2.1 管线布局不科学

管线排布紊乱、布局不合理是当前建筑机电安装工程中普遍存在且亟待解决的典型质量问题。该问题的产生贯穿工程设计与现场施工全流程,严重影响工程整体建设质量。在现场施工环节,部分施工人员片面追求施工进度,对管线标准化排布的施工要求缺乏足够重视,未严格按照设计图纸规范作业,导致管线实际敷设路径与设计方案存在偏差。而在前期设计阶段,部分设计人员未能充分结合施工现场实际工况开展方案设计,过度侧重室内装饰视觉效果,忽视机电管线的实用功能与施工可行性,致使管线布置方案本身存在缺陷,与工程实际建设需求不匹配。上述双重问题叠加,不仅大幅降低机电管线的运行效能与使用稳定性,还易对建筑主体结构造成不良影响,埋下长期的建筑安全隐患。机电管线施工涉及多专业、多单位协同作业,若缺少统一规划与协调管控机制,各专业之间难以实现高效对接,极易在现场实施阶段出现管线交叉碰撞、互相干涉等问题^[2]。

2.2 管线安装质量有待加强

管线安装质量缺陷是机电工程现场的另一类突出问题,材料性能与施工工艺是决定管线服役寿命及运行安全的两大核心因素。部分施工单位出于成本管控考量,选用性能不达标的管材构件,致使管线本体质量难以满足设计要求。这类劣质材料投入使用后易发生老化、开裂乃至断裂失效,给建筑后期运营埋下安全隐患。与此同时,施工工艺执行水平同样决定管线安装质量。现场作业人员专业能力不足、对工艺标准理解不到位,会造成管线敷设、连接等工序出现各类质量缺陷,进一步增大建筑运行阶段的安全风险。

2.3 管线预留与实际需求不匹配

在机电管线预埋施工阶段,管线预留参数与工程实际需求适配性不足,是制约机电安装施工质量的又一典型难题,具体主要体现在三个方面。其一,预留点位定位偏差超标。管线孔洞、点位预留作业过程中,受施工人员对现场施工条件摸排不全面、现场测量放线存在误差、施工操作不规范等因素影响,极易导致预留孔洞、预埋点位与后续管线安装的标准要求存在偏移,为后期管线精准安装造成阻碍。其二,预留数量设置缺乏合理性。管线预留数量需结合建筑功能需求、后期运维拓展要求进行精准核算与规划。但在实际施工中,施工及设计人员对建筑后期使用工况预判不足,参数取值过于保守或激进,常出现预留数量不足或冗余的问题。其中,预留数量偏少无法满足建筑正常机电使用与运维需求,预留数量过多则会占用有效建筑空间,造成建材、人工及空间资源的不必要浪费。其三,预留方案缺乏灵活性与可拓展性。传统管线预留方案多仅适配当期施工需求,设计规划较为固化,未充分考虑建筑后期改造、设备更新、功能升级等拓展需求,方案通用性、适配性较差。一旦建筑使用功能调整,原有预留点位及数量无法适配新的施工需求,极易引发二次开孔、管线改造等返工问题,增加施工成本与工期压力。随着科技的进步和建筑物使用需求的不断变化,机电管线的使用需求也在不断更新和升级,一些机电管线预埋方案在设计时缺乏灵活性和可扩展性,导致在后期无法适应新的使用需求^[3]。

3 装配式吊顶与管线一体化施工工艺分析

3.1 设置脚手架及支撑柱

脚手架与支撑柱搭设是装配式吊顶及管线一体化施工的前置关键工序,直接决定高空作业安全性、吊顶预制构件安装精度及管线集成施工效率,为后续吊顶拼装、管线对位、固定与调校作业提供可靠作业平台与受力支撑。正式施工前,需结合建筑室内层高、吊顶设计标高、管线排布空间及现场施工范围,完成专项搭设方案编制与技术交底,严格依据规范要求确定脚手架搭设间距、立杆高度、横杆步距及支撑柱布设点位,杜绝随意搭设、非标搭设问题。

在脚手架搭设施工中,优先采用盘扣式脚手架体系,该体系稳定性强、拆装便捷、标准化程度高,适配装配式施工高效、精准的作业要求。搭设过程中严格遵循“先立杆、后横杆、再斜撑”的施工顺序,保证脚手架立杆垂直、横杆水平,各连接节点锁紧牢固,无松动、虚接现象。同时根据室内施工跨度与荷载需求,合理设置扫地杆、水平加固杆与竖向斜撑,提升整体架体的整体性与抗倾覆能力。架体搭设完成后,对作业平台进行满铺加固,铺设防滑脚手板并固定牢靠,杜绝翘边、悬空问题,为人员作业、构件临时堆放提供安全稳定的操作空间。

支撑柱作为吊顶预制构件与集成管线的临时承重结构,是保障一体化装配施工精度的核心支撑体系。结合吊顶龙骨排布、管线集中布设区域的受力特点,精准定位支撑柱布设点位,遵循均匀、对称、重点加固的布设原则,在吊顶主次龙骨对接节点、大型设备管线集中区域、吊顶跨度较大区间加密设置支撑柱。支撑柱选用高强度可调节顶撑,根据设计吊顶标高精准调整支撑高度,保证顶面受力水平、均匀,有效抵消预制吊顶构件及集成管线的自重荷载,避免装配过程中出现龙骨变形、构件下沉、管线错位等问题。

3.2 安装吊杆与龙骨

吊杆与龙骨安装是装配式吊顶成型的核心骨架施工工序,也是机电管线集成布设的重要载体,其安装精度、间距排布、整体刚度直接决定吊顶成型质量与管线敷设稳定性。在前期支撑体系验收合格后,依据施工图纸及吊顶标高控制线,开展现场弹线定位作业,精准标注出吊杆布设点位、主龙骨与次龙骨排布轴线,严格控制弹线精度,确保点位横平竖直、间距均匀,为标准化安装提供精准施工依据。

弹线完成后开展吊杆安装施工,结合吊顶设计高度及荷载要求选用规格匹配的镀锌吊杆,严格按照定位点位进行打孔固定,确保吊杆顶部与建筑楼板连接牢固、无松动、虚焊及脱扣现象。吊杆安装严格控制间距标准,常规区域吊杆间距符合规范要求,针对管线集中布设、吊顶荷载较大的区域适当加密吊杆,提升整体承载能力。安装过程中全程校正吊杆垂直度,杜绝倾斜、偏移问题,同时统一预留吊杆调节余量,便于后续吊顶标高微调与平整度校正。

吊杆安装固定完成并验收合格后,依次开展主龙骨、次龙骨及边龙骨的安装与调平作业。主龙骨悬挂于吊杆专用吊件上,沿弹线位置精准对位安装,保证龙骨通长顺直、标高统一,相邻主龙骨对接平整、无错台、无明显缝隙。次龙骨垂直于主龙骨排布,按照标准间距卡接固定,确保卡接到位、连接紧密,形成稳定、规整的吊顶骨架体系。边龙骨沿墙面四周安装固定,贴合墙面基层,封堵吊顶侧边缝隙,保障吊顶整体规整度^[4]。

3.3 布置机电综合管线

机电综合管线布置是装配式吊顶与管线一体化施工的核心工序,区别于传统先吊顶后管线的分步施工模式,本工艺依托成型吊顶龙骨骨架,实现多专业管线集成化、规整化同步布设,有效解决传统施工管线杂乱、交叉冲突、检修困难等痛点。施工前需结合建筑电气、给排水、通风空调等专业图纸,开展管线综合深化排布,对各类管线走向、标高、安装间距进行统筹优化,提前规避管线

交叉碰撞、空间挤占等问题，形成适配吊顶骨架的综合管线排布方案。

管线施工遵循“先大管、后小管，先主管、后支管，先风管、后水电”的标准化布设顺序，有序开展通风管道、给排水管道、电气桥架、消防管线等各类机电管线的安装作业。依托吊顶龙骨预留的集成空间，将各类管线规整嵌入吊顶骨架内部，严格按照深化图纸控制管线敷设标高、走向及安装间距，杜绝管线随意弯折、错位、堆叠杂乱等问题。管线安装过程中，同步做好管线固定支吊架的安装布设，支吊架间距符合规范要求，固定牢固、受力均匀，避免管线长期运行出现晃动、变形、脱落等问题。

针对管线交叉密集、空间狭小的重点区域，采用避让、翻弯、分层排布等优化方式进行精细化施工，在保障管线安装规范、功能达标前提下，最大化节约吊顶内部空间，保证吊顶整体平整度不受管线施工影响。同时兼顾后期运维检修需求，对阀门、接口、检修点位等关键位置进行预留标注，确保后期设备检修、管线维护便捷高效。所有管线接口、对接部位严格按照专业规范密封、紧固处理，杜绝渗漏、漏电、漏风等质量隐患。

4 保障机电安装工程装配式吊顶管线一体化施工的具体措施

4.1 预留位置设计

预留点位设计作为机电管线施工的前置关键环节，点位设置的精准度直接决定后续机电安装作业能否有序推进。开展设计工作前，需充分研读建筑整体平面布局，厘清各功能分区的方位与尺度，使预留点位与建筑本体布局相互适配；同时兼顾各类机电设备的就位条件与安装空间，保障预留空间可匹配设备安装的各项工况要求。

预留点位规划过程中需恪守“先大后小、先重后轻”的设计准则：优先落实大型机电设备及主干管线的预留位置，再结合现场实际条件细化局部预留点位。该方式既可优先保障核心设备与主干管线的安装条件，也能规避预留点位碎片化带来的现场施工难题。除此之外，还需结合机电系统整体架构、管线走向及接驳形式，科学确定预留孔洞、开槽的位置与规格，保障管线接驳通畅，满足系统运行使用标准。

4.2 材料和规格选择

材料与规格选型是机电管线预埋作业把控施工质量、提升作业效率的重要环节，选型阶段需综合权衡材料性能、工程造价、现场施工条件等多重要素。材料遴选上，优先选用性能稳定、质量达标可靠的管材与线缆，材料需具备优良的抗腐蚀、抗磨损及耐热性能，保障机电管线长期服役工况下运行可靠；同时兼顾绿色建筑理念，优先选取节能环保型建材，契合现代建筑低碳建设的相关要求。规格配置需结合工程实际工况以及管线自身特性科学确定。若选型规格偏大，易造成材料损耗，增大现场施工作业难度；规格选取偏小，则会造成管线承载力、通量不足，难以满足系统实际使用条件。选择规格时，应充分考虑管线的流量、压力等参数，并结合实际施工条件进行选择^[5]。

4.3 预留深度和管线间距预留

在装配式建筑机电管线预埋施工中，预留深度把控、孔洞预埋精度控制以及管线排布间距优化，是决定机电预埋施工质量的三大核心技术要点，直接关系机电管线安装精度、使用稳定性及工程综合效益。其中，预埋预留深度的科学管控尤为关键，深度取值是否合理直接影响施工质量、施工难度与工程成本。若预留深度不足，已完成预埋的管线极易受到后续混凝土浇筑、构件装配等工序的施工扰动，引发管线挤压、破损、移位等质量问题；而预留深度取值过大，则会大幅增加现场施工操作难度，造成人力、材料及空间资源的浪费，提升工程建设成本。因此，施工全过程需结合现场

实际工况精准确定管线预埋深度。在前期设计阶段，设计人员需全面掌握装配式建筑结构特点与机电管线整体布设条件，结合建筑结构构件尺寸、安装定位基准，同时综合考量管线类型、规格参数、敷设走向等核心要素，划定科学合理的预埋预留深度区间。同时充分预判施工过程中可能产生的安装偏差、构件形变等不确定因素，合理增设施工余量，规避后期施工适配不足的问题。在此基础上，现场施工需严格遵循设计图纸及现行施工规范开展孔洞预埋作业，严控预留孔洞的空间定位、位移偏差及几何尺寸，在混凝土浇筑、预制构件装配等关键施工环节实施动态管控，及时矫正孔洞偏移、错位、变形等问题，依托完善的现场监督机制，保障施工工艺合规、作业安全可控。除此之外，管线布设间距的规范化管控同样不可或缺，结合施工工况与规范标准合理设置管线间距，既能简化现场装配流程、提升施工效率，又可从源头规避管线交叉干涉、碰撞冲突等常见病害，为装配式机电系统长期安全、稳定运行提供坚实保障。

依据机电管线综合图纸，由专业工程师分层、分部位完成刚性防水套管、柔性防水套管及普通填料套管的数量统计；套管预埋长度按照结构墙体实际厚度予以确定，整理形成各类套管明细清单，详见下文表 1。

表 1 管线直径与吊架距离统计表

Table 1 Statistical Table of Pipeline Diameter and Hanger Spacing

公称直径（mm）	距离（mm）	公称直径（mm）	距离（mm）
400	14	125	7
350	13	100	6.5
300	12	80	6
250	11	50	5
200	9.5	40	4.5
150	8	2.5	3.5

在装配式建筑机电管线预埋施工中，孔洞预埋精度与管线排布间距是保障整体施工质量的两大核心管控要点。为规避预埋施工质量缺陷、保障机电系统后续稳定运行，施工全过程需落实精细化管控标准。针对管线预留孔洞施工，所有孔洞的空间定位、安装位移偏差均需严格契合现行建筑施工规范的限值要求，在精准确定孔洞预留深度后，现场施工必须严格对标设计图纸开展标准化作业，杜绝随意施工、违规操作的问题。在混凝土浇筑、预制构件装配等关键施工阶段，需全程动态把控预留孔洞的几何尺寸与空间位置，实时矫正施工偏差，有效防范孔洞偏移、错位、变形等质量隐患。同时需建立完善的现场全过程监督机制，全方位把控施工工艺合规性，兼顾工程施工质量与现场作业安全。除此之外，管线布设间距的科学管控同样至关重要，依据规范及施工工况合理设定管线间距，不仅能够简化现场装配工序、提升整体施工效率，更可以从源头规避各类管线交叉干涉、碰撞冲突的常见问题，为机电管线长期安全、稳定运行筑牢施工基础。

4.4 完善质量监管体系

完善的质量监管体系是保障装配式机电管线预埋施工质量的核心支撑。建立健全系统化的质量监管机制，可实现对管线预埋全施工流程的全方位管控，有效提升预埋施工的整体质量与作业效率，具体管控流程详见图 1。为严控机电管线预埋施工质量，需结合施工规范及项目设计要求，制定精细化、标准化的施工质量管控标准，明确管材选型、预埋深度、管线间距、施工工艺、作业流程等核心技术参数与操作要求，为现场施工人员提供标准化作业依据，规范施工操作流程，确保各项工序严格契合技术规范与设计标准。在标准化制度建设的基础上，需配套搭建高效的现场监管机制。

通过组建专项质量监管小组，对机电管线预埋各施工环节开展全覆盖、常态化的巡查、核验与监督工作，及时排查整改施工隐患，从制度和执行层面双重保障装配式机电管线预埋的施工质量。

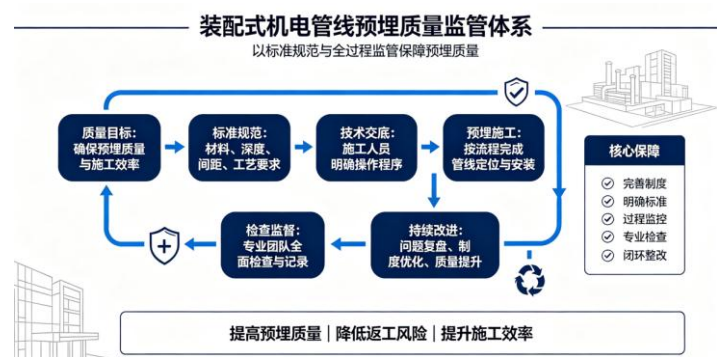


图 1 装配式机电管线预埋体系

Fig. 1 Prefabricated Electromechanical Pipeline Pre-embedding System

5 结论

综上所述，本文围绕建筑机电安装工程施工痛点，系统探究了装配式吊顶与管线一体化施工技术的完整应用工艺，完整梳理了临时支撑体系搭设、吊顶吊杆与龙骨骨架安装、机电综合管线集成布设等一系列核心施工流程，形成了一套标准化、规范化的一体化施工实施体系。相较于传统吊顶与管线分步施工模式，该装配式施工技术依托前置深化设计、工厂预制加工与现场集成装配的核心优势，搭配全过程精准施工管控，有效规避了传统施工中管线排布混乱、预留定位偏差、工序交叉干扰、施工精度不足等常见工程问题。该工艺不仅能够有效提升室内吊顶装饰效果与建筑空间利用率，保障机电各系统长期安全、稳定、高效运行，还可显著简化现场施工流程、缩短施工周期、降低人工与材料损耗成本，全方位提升机电安装工程的施工质量与综合效益。总体而言，装配式吊顶与管线一体化施工技术适配现代建筑提质、增效、降本的施工发展需求，实用性与推广性极强，具备较高的工程应用价值与行业借鉴意义。

参考文献

[1] 王成滨. 预制装配结构的机电安装施工技术特点及配合策略分析[J]中国设备工程, 2022, (10): 165-167.

[2] 丁涛, 张生龙, 马海林, 等. 机电安装工程预制装配式施工技术[J]. 建筑安全, 2022, 37(04): 14-16.

[3] 刘景, 顾建兵, 张金河, 等. 机电吊顶集成模块化施工技术探讨与应用[J]. 安装, 2022, (03): 21-23.

[4] 罗丽平. 装配式建筑机电安装优势及施工工艺[J]. 中华建设, 2022, (03): 150-151.

[5] 赵佳佳. 装配式建筑机电预留预埋施工技术探析[J]. 建筑技术开发, 2021, 48(18): 37-39.

^{1,*}第 1 作者&通讯作者简介：周伟结，（1990-），男，研究方向：机电安装工程与装配式。E-mail: 441447045@qq.com。