

装配式建筑电气工程中预制构件电气接口标准化设计与现场对接质量管控研究

马梁

513701*****3116

摘要: 随着装配式建筑在我国建筑行业的快速推广,其工业化、模块化的建造特点对电气工程的预制化程度提出了更高要求。预制构件电气接口作为装配式建筑电气系统连接的核心节点,其设计标准化程度与现场对接质量直接影响整个电气系统的安全性、稳定性与施工效率。本文针对当前装配式建筑电气工程中预制构件电气接口设计缺乏统一标准、现场对接易出现偏差等问题,深入分析电气接口标准化设计的关键要素,提出涵盖接口类型、规格参数、连接方式的标准化设计框架,并结合工程实践总结现场对接质量管控的具体措施,旨在为提升装配式建筑电气工程施工质量与效率提供理论参考与实践指导。

关键词: 装配式建筑; 电气工程; 预制构件; 电气接口; 标准化设计; 质量管控

DOI: 10.69979/3060-8767.25.09.079

引言

装配式建筑因缩短工期、减少现场作业、降低资源消耗,成为建筑行业转型升级关键方向。电气工程作为其重要部分,涉及预制墙板、楼板、梁柱等构件的电气接口连接,施工质量直接影响建筑功能与安全。

当前我国装配式建筑电气接口无统一行业标准,各厂家接口类型、尺寸、接线方式差异大,致现场对接常现不匹配、连接松动、绝缘不达标等问题,既增施工成本,又存安全隐患。加之施工人员对安装规范掌握不足、检测流程不完善,加剧质量风险。因此,开展接口标准化设计、强化现场管控,是解决电气工程施工难题、推动装配式建筑高质量发展的关键。

1 装配式建筑预制构件电气接口设计现状与问题分析

1.1 设计现状

当前装配式建筑预制构件电气接口设计缺乏统一标准,仅通用规范对接口安全性、可靠性提总体要求,未明确具体类型、规格尺寸及连接工艺标准。

实际工程中,预制构件生产厂家多依自身工艺与项目需求自主设计接口,造成接口形式多样。例如预制墙板接口,部分采用预埋接线盒与导管直连,部分采用插头插座式;即便同一类型接口,接线盒深度、导管直径也存在差异,虽能满足特定项目需求,却给不同厂家构件互换及现场对接带来困难。

此外,设计阶段常忽略接口与现场管线的衔接问题,部分设计方案仅关注预制构件内部接口布置,未结合现场管线走向、管径开展协同设计,导致构件安装后接口与管线无法顺利对接,不得不进行二次凿改,既破坏构件结构完整性,又延误施工工期。

1.2 主要问题

1.2.1 接口设计缺乏标准化,兼容性差

因无统一设计标准,不同厂家预制构件电气接口的结构形式、技术参数差异显著,兼容性大幅下降。例如某项目中,预制墙板用厂家A插头式接口,预制楼板用厂家B插座式接口,现场发现插合尺寸不匹配,需更换接口或增设转接装置,既增工程成本与施工难度,还可能因转接装置使电气系统电阻增大,存在发热、短路等安全风险。

1.2.2 接口防护设计不完善,易受环境影响

预制构件生产、运输、存储中,电气接口易受灰尘、水分、机械碰撞影响,而部分接口仅靠简单塑料盖防护,防护等级低。运输时塑料盖易脱落致灰尘入接线盒,潮湿环境下水分渗入会锈蚀接线端子、降低绝缘性能;且部分接口对接后密封不佳,雨水或潮气可能通过缝隙进入构件,影响电气设备运行。

1.2.3 设计与施工协同不足,衔接存在断层

接口设计需设计、生产、施工多环节协同,但实际中各方沟通不充分,设计与生产、施工脱节。如设计未

明确接口预埋位置偏差范围,生产按自身精度预埋,现场因安装偏差致接口无法与管线对接;又如设计采用新型连接工艺,施工单位缺乏对应经验与设备,难以保证对接质量。

2 装配式建筑预制构件电气接口标准化设计框架

2.1 标准化设计原则

预制构件电气接口标准化设计应遵循“安全性、兼容性、可操作性、经济性”四大原则。安全性是首要原则,接口设计需满足电气安全要求,确保绝缘性能、防触电保护、短路保护等指标符合相关规范;兼容性原则要求统一接口的结构形式、技术参数,实现不同厂家、不同类型预制构件之间的互换与对接;可操作性原则强调接口设计应便于现场安装与维护,减少施工难度,提高施工效率;经济性原则要求在满足功能需求的前提下,优化接口设计,降低生产与施工成本。

2.2 接口类型与规格标准化

根据装配式建筑预制构件的类型与电气功能需求,可将电气接口分为电源接口、信号接口、控制接口三大类,并针对每类接口制定统一的规格标准。

2.2.1 电源接口

电源接口主要用于预制构件与现场配电系统的连接,包括强电电源接口与弱电电源接口。强电电源接口应根据构件的用电负荷确定额定电流与电压等级,常用规格可分为 10A、16A、25A 等,接口形式推荐采用工业级插头插座式,插头与插座的插合尺寸应统一,插针数量根据回路需求确定(如单相两线、单相三线、三相五线等),且插针的直径、长度应符合标准要求,确保插合紧密、接触良好。弱电电源接口(如通信、安防系统电源接口)额定电流较小,通常为 1-5A,接口形式可采用 MicroUSB、Type-C 等通用接口,便于采购与更换,同时需明确接口的输出电压(如 5V、12V)与极性,避免反接损坏设备。

2.2.2 信号接口

信号接口用于传输数据、语音、图像等信号,常见于智能建筑系统中的预制构件(如预制智能墙板、预制智能楼板)。信号接口的标准化应重点关注接口的传输速率、传输距离与抗干扰性能,接口形式可采用 RJ45(用于以太网信号)、BNC(用于视频信号)、RS485(用

于总线型信号)等成熟接口类型,统一接口的引脚定义与接线方式,确保不同设备之间的信号能够稳定传输。例如,RJ45 接口应遵循 T568B 线序标准,引脚 1-8 分别对应白橙、橙、白绿、蓝、白蓝、绿、白棕、棕,避免因线序混乱导致信号传输故障。

2.2.3 控制接口

控制接口用于实现对预制构件内电气设备的控制,如预制照明墙板中的开关接口、预制空调板中的温控接口等。控制接口的标准化应根据控制方式(如开关控制、模拟量控制、数字量控制)确定接口类型,开关控制接口可采用单极、双极开关接口,统一开关的安装尺寸与接线端子规格;模拟量控制接口(如 0-10V 电压信号接口)应明确信号范围与端子定义;数字量控制接口(如干接点接口)应规定触点容量与接线方式,确保控制器与被控设备之间的控制信号能够准确传递。

2.3 接口连接工艺标准化

接口连接工艺的标准化是确保现场对接质量的关键,应明确接口的连接步骤、操作规范与质量要求。

2.3.1 预埋工艺标准化

预制构件电气接口的预埋应在构件生产阶段完成,预埋工艺需明确接线盒、导管的预埋位置、深度与固定方式。接线盒的预埋位置应根据设计图纸准确定位,偏差允许范围应控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内,接线盒与构件表面的距离应统一(如突出构件表面 2-3mm 或与构件表面平齐),避免因预埋过深或过浅影响接口对接。导管与接线盒的连接应采用专用连接件(如锁母),确保连接牢固、密封良好,导管的弯曲半径应符合规范要求,避免因弯曲过度导致管线堵塞或破裂。此外,预埋完成后,应对接口进行标识,标注接口类型、规格、回路编号等信息,便于现场识别与对接。

2.3.2 现场对接工艺标准化

现场对接工艺应分为预处理、连接、检测三个阶段。预处理阶段,施工人员需清理接口表面的灰尘、杂物,检查接口是否存在损坏、锈蚀等情况,若发现问题应及时处理;连接阶段,应按照接口类型的不同采用相应的连接方式,如插头插座式接口应确保插合到位,避免虚接,螺栓连接式接口应按照规定的扭矩拧紧螺栓(如 M6 螺栓扭矩为 8-10N·m),确保接触压力符合要求;检测阶段,对接完成后需进行导通测试、绝缘电阻测试、接地电阻测试等,导通测试应检查回路是否通畅,无断

路现象；绝缘电阻测试应采用 500V 兆欧表，测试值不应小于 $0.5\text{M}\Omega$ ；接地电阻测试应确保接地电阻值符合设计要求（通常不大于 4Ω ）。

2.4 接口防护设计标准化

为提高电气接口的抗环境干扰能力，需制定统一的防护设计标准，明确接口的防护等级、防护措施与材料要求。

接口的防护等级应根据构件的安装位置与使用环境确定，室内干燥环境下的接口防护等级不应低于 IP40，室外或潮湿环境下的接口防护等级不应低于 IP65。防护措施方面，接口应配备专用的防护盖或防护套，防护盖应采用耐老化、耐冲击的塑料或金属材料，与接口的配合应紧密，防止灰尘、水分进入；对接完成后，接口缝隙应采用密封胶进行密封，密封胶应具有良好的防水、耐候性能，确保接口在长期使用过程中不受环境影响。此外，在接口的结构设计中，应设置排水孔，避免水分在接口内部积聚，同时采用耐腐蚀的金属材料（如黄铜、不锈钢）制作接线端子，提高接口的抗锈蚀能力。

3 装配式建筑预制构件电气接口现场对接质量管控措施

3.1 前期准备阶段质量管控

3.1.1 技术交底与培训

预制构件进场前，施工单位组织设计、生产、监理单位联合技术交底，明确电气接口标准化要求、对接工艺及质量标准：设计方讲解接口类型、规格、预埋位置与管线衔接；生产方介绍接口生产工艺、质控要点及运输防护；施工方针对接口清理、连接、检测等对人员专项培训，考核合格方可上岗。

3.1.2 构件进场验收

监理单位会同施工单位验收构件电气接口，重点查外观（无裂纹、锈蚀，接线盒平整）、规格尺寸（用工具测插合尺寸、预埋深度，符标准）、标识（类型、规格、回路编号清晰）、防护（防护盖完好、密封严）。合格填验收表，不合格需厂家整改，整改达标方可进场。

3.2 现场安装阶段质量管控

3.2.1 接口清理与检查

预制构件安装前，施工人员需彻底清理电气接口：用压缩空气吹除内部灰尘杂物，用抹布擦拭表面污渍，

确保接口清洁。清理后检查接线端子是否牢固无松动、导管是否通畅无堵塞；若端子松动需及时拧紧，导管堵塞需用专用工具疏通，严禁暴力敲击构件，避免损坏接口或构件结构。

3.2.2 对接过程监督

现场对接时，监理单位需全程旁站监督，重点关注操作规范性与质量：对插头插座式接口，检查插头是否插合到位、无松动；对螺栓连接式接口，监督螺栓是否按规定扭矩拧紧，防止扭矩不足致接触不良或扭矩过大损螺栓。同时检查接口密封情况，确保密封胶涂抹均匀、严密无缝隙气泡，发现违规操作立即叫停，整改合格方可继续。

3.2.3 实时质量检测

对接完成后，施工单位立即开展实时检测，检测设备需经计量检定合格且在有效期内。检测项目包括：用万用表做导通测试，逐一排查回路是否通畅，断路需检查接口连接与导线是否断裂；24 小时内用 500V 兆欧表做绝缘电阻测试，测试前断开与外部设备连接以保数据准确；用接地电阻测试仪测接口接地端子与接地极，阻值不达标需检查接地导线截面、连接方式，必要时增设接地极。检测合格填《现场对接质量检测记录表》，方可进入下道工序。

3.3 后期验收与维护阶段质量管控

3.3.1 分项工程验收

接口对接全部完成后，施工单位组织监理单位验收，内容含三方面：整体质量查接口连接是否牢固、密封是否严密、外观是否整洁；检测记录查《进场验收记录表》《现场对接检测记录表》等是否完整真实；技术资料查设计图纸、技术交底记录、培训考核记录等是否齐全。验收合格签署《分项工程验收报告》，不合格需制定整改方案限期整改，整改后重新验收。

3.3.2 后期维护

建筑使用中需定期维护接口，周期依环境定：室内干燥环境每年 1 次，室外或潮湿环境每半年 1 次。维护内容包括：检查防护盖是否完好、密封胶是否老化开裂、接线端子是否锈蚀，对应问题及时更换防护盖、重涂密封胶、清理锈蚀并涂防锈剂；同时定期做绝缘电阻与接地电阻测试，确保接口性能稳定，测试不达标需及时排查维修，保障电气系统安全运行。

4 结论与展望

4.1 结论

本文分析发现,装配式建筑预制构件电气接口存在缺乏统一标准、兼容性差、防护不完善、设计施工协同不足等问题,严重影响对接质量与效率。据此构建涵盖接口类型规格、连接工艺、防护设计的标准化框架,提出全阶段管控措施:接口标准化需遵循安全、兼容、可操作、经济性原则,明确三类接口参数,统一工艺与防护设计以提升可靠性;通过前期交底验收、现场监督检查、后期验收维护,构建全流程管控体系,降低质量风险,保障电气系统稳定。

4.2 展望

随装配式建筑向智能化、绿色化发展,未来可从四方面深化研究:研发带传感器的智能接口,结合物联网实现远程监控与故障预判;深化 BIM 技术应用,覆盖接口全生命周期数字化管理;推动接口标准化与绿色化融

合,用环保材料、研低功耗接口并量化碳排放;加强跨行业协同,完善全流程标准体系,参与国际交流形成具竞争力的接口标准。

参考文献

- [1]季晨.装配式建筑电气接口设计研究[J].智能建筑电气技术,2019,13(5):6. DOI:CNKI:SUN:ZNDQ.0.2019-05-025.
- [2]杨震.民用建筑设计中的电气专业设计内容的若干问题思考[J].地产,2019.
- [3]闫茹飞.中等户型装配式住宅模数化空间与电气接口设计研究[D].湖南大学,2021.
- [4]陈忠炜.针对装配式建筑电气设计关键技术分析[J].科学与财富,2021(z1).
- [5]高冠新,赵宝军,彭建成,等.模块化集成建筑强弱电设计与施工技术[J].施工技术(中英文),2023,52(2):62-66. DOI:10.7672/sgjs2023220062.