

绿色低碳“好房子”建设中的电气施工技术应用研究

侯 辉

中国二十二冶集团有限公司, 河北 唐山 063000

[摘要]在“双碳”目标以及住房和城乡建设部有关建设“好房子”的重要部署的推动下,绿色低碳已经成为住宅电气施工的主要方向。文章以绿色低碳“好房子”电气系统功能需求为出发点,从节能型电气设备安装、智能控制和能效管理、光伏建筑一体化施工、智能微电网和光储直柔、高效照明协同控制、充电基础设施以及柔性负荷控制等关键技术入手,对电气施工过程质量控制的方法进行研究。研究表明,电气施工技术的低碳化转型不但是建筑电气工程技术的升级,也是住宅从高能耗运行到源荷协同低碳运行的重要保障。

[关键词]绿色低碳;电气施工技术;光伏建筑一体化;智能微电网

DOI: 10.33142/aem.v8i5.19905

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Research on the Application of Electrical Construction Technology in the Construction of Green and Low-carbon "Good Houses"

HOU Hui

China MCC22 Group Corporation Ltd., Tangshan, Hebei, 063000, China

Abstract: With the promotion of the "dual carbon" target and the important deployment of the Ministry of Housing and Urban Rural Development on building "good houses", green and low-carbon have become the main direction of residential electrical construction. The article takes the functional requirements of the electrical system for green and low-carbon "good houses" as the starting point, and studies the methods of quality control in the electrical construction process from key technologies such as energy-saving electrical equipment installation, intelligent control and energy efficiency management, integrated construction of photovoltaic buildings, smart microgrids and photovoltaic storage direct flexible, efficient lighting collaborative control, charging infrastructure, and flexible load control. Research has shown that the low-carbon transformation of electrical construction technology is not only an upgrade of building electrical engineering technology, but also an important guarantee for residential buildings to transition from high-energy consumption operation to source load collaborative low-carbon operation.

Keywords: green and low-carbon; electrical construction technology; integrated photovoltaic building; smart microgrid

引言

2025 年国务院政府工作报告中明确提出要适应人民群众高品质居住需求,完善标准规范,建设安全、舒适、绿色、智慧的“好房子”。同期发布的《住宅项目规范》(GB 55038-2025)属于国家强制性标准,从国家强制性标准层面给住宅电气系统绿色低碳性能设置技术界限。电气系统是住宅建筑的主要能耗系统,施工质量、技术水平的好坏直接影响到建筑全生命周期内能源消耗和碳排放。建筑电气系统年运行能耗占全社会用电量的 35%,节能潜力大。但是目前住宅电气施工仍然存在着负荷估算粗放、设备能效等级低、可再生能源电力消纳能力不足等状况。因此,从施工环节出发,对绿色低碳导向的电气施工关键

技术进行系统的研究,对推动好房子建设由理念到工程实践的转变有重大意义。

1 绿色低碳“好房子”电气系统的基本要求

好房子的电气系统在设计上已经提出了许多目标,但是施工环节才是把这些目标变成可靠运行性能的关键。绿色低碳“好房子”对于电气施工技术有三个层次的基本要求。从安全可靠角度来说,施工要保证电气系统全生命周期的安全运行。光伏组件作为围护结构使用时,其抗风压性能、气密性能、水密性能应符合相关标准的规定;电化学储能系统安装应满足机房温湿度、防火隔离等设计要求。同时电气施工要同建筑主体结构、消防系统、给排水管线精确配合,防止后期返工造成的资源浪费。施工时应该使

用高效等级的电气设备,使系统运行的能效比传统方案提高 20%以上^[1]。变压器的负载率不应长期小于 30%,传统的粗放式设计造成的低效运行状况,施工阶段必须经过准确计算来保证设备容量与建筑实际负荷相匹配。从材料上来说,应该首先采用环保型电气材料,提高可回收率,减少施工废料。施工时要做好传感网络布线、数据采集接口预留、通信协议对接,给可再生能源就地消纳、储能系统智慧调度、建筑与电网柔性互动提供物理基础。这就意味着施工环节要摆脱传统上“按图配线”的思想,把电气系统当作一个可以感知、响应、调节的活性系统来创建。

2 电气施工关键技术与方法

2.1 节能型电气设备安装技术

节能型电气设备安装技术是绿色低碳“好房子”电气施工的基本功。变压器安装时,应采用准确的负荷计算方法来确定设备容量,防止出现传统施工中依靠经验选型造成容量过大等问题。有研究显示,绿色施工管理之后变压器综合功率损耗能削减 858.6 kWh。在安装工艺上采用干式变压器就地安装方式,减小供电距离、减小线路损耗。配电箱柜的安装要合理规划线路走向,不能出现线缆绕着敷设的情况,以减少线损。电气线缆敷设时,由于管线设计同土建结构的协调性差,造成线缆切割、更换,材料损耗率 10%~15%。施工前应做好 BIM 管线综合排布,改善线缆路径,削减交叉矛盾和材料浪费。同时线缆选型应优先选用低烟无卤阻燃电缆,生产过程中产生的有毒气体少,废弃后易于回收利用,符合绿色施工节材的原则。

2.2 智能控制与能效管理系统施工技术

智能控制和能效管理系统是住宅电气精细化运行的重要保证,施工质量的好坏直接影响到“好房子”能否实现低碳运行。能效管理系统施工分为前端传感器安装、数据采集装置布设、通信网络建设、中央监控平台连接调试。施工时应按照设计图纸布置各类传感器,即电能计量表具、温湿度传感器、光照度传感器等,保证数据采集的准确性、覆盖面。通信网络要留有足够冗余的接口来支持以后系统的升级和扩展。负荷分类计量属于能效管理的基本工作。施工时应根据照明插座、空调通风、动力设备、生活热水等不同的用电回路分别设置计量装置,为之后的碳排放核算提供数据基础。就碳排放量化而言,有关标准已经规定了办公区、生活区以及施工区的能耗及碳排放统计方式。

另外在系统安装完毕后要进行全部功能调试和联动测试,主要对传感器数据传输是否稳定、计量数据是否准确、监控平台数据处理能力等进行检测。对智能照明、智

能空调、新风系统等设备的自动控制逻辑进行检验,看其是否满足设计要求,实现按需供能、精准调节。施工过程中还要做好设备标识管理、线路整理工作,建立完善的设备档案和调试记录,为以后的运维管理工作提供依据。依靠智能控制系统同能效管理平台的深度整合,达成对建筑能源消耗实施实时监测,剖析能耗状况并达成节能策略改进的目的,从而加强住宅建筑的绿色低碳运行水平。

3 绿色低碳导向的电气施工技术应用

3.1 可再生能源发电系统电气施工

光伏发电系统是绿色低碳“好房子”最主要的可再生能源利用方式。按照安装方式可以分为建筑附加型(BAPV)和建筑集成型(BIPV)两种。BIPV 组件可以取代屋面、幕墙、采光顶、遮阳板等建筑构件,具有发电和围护的功能。BIPV 系统电气施工比传统的光伏系统要复杂得多,在多专业协同、防水构造、接线隐蔽性、散热通风等各方面都要进行精细化处理。施工过程中要严格控制光伏组件在屋面或者立面上的安装精度,合理规划汇流箱、逆变器的安装位置,保证布线走向和建筑模数相协调。光伏组件的引线穿过屋面防水层的地方,要加设附加防水层,防止雨水渗入引发电气故障。组件后面应留有不小于 100mm 的通风间隙来满足散热要求,延长组件使用寿命^[2]。并网逆变器安装是 BIPV 系统电气施工的技术难题。施工时必须严格按照技术要求接线,设置高低电压保护、频率保护等安全措施,在逆变器输出汇总点设置容易操作且有明显断开点的开关设备,保证检修维护的安全。逆变器安装位置应避开阳光直射、高温环境,箱体应有 IP65 以上防护等级,适应户外运行条件。

3.2 建筑电气能源存储与调配施工技术

电化学储能系统是住宅实现自发自用、余电存储的主要设备。电化学储能系统的施工重点是电池组安装、储能变流器接线、电池管理系统布置和监控系统建立。施工时应保证电池组之间连接可靠一致,按照设计图纸设置 BMS 数据采集线缆,保证电池电压、电流、温度等参数可以被实时监测到。电池储能机房要达到通风、防火、防水、温控等设计标准。对安装在地下室或者半地下室的储能系统要特别注意排水和防潮问题,防止由于环境湿度过高而造成安全问题。

光储直柔是目前建筑低碳领域的前沿技术方向,把光伏发电、储能、直流配电、柔性用电有机结合起来,可以优先消纳可再生能源电力,也可以主动参与电力需求侧响应。在施工过程中,直流配电系统与交流配电系统存在着较大的差别,对线缆的选用、断路器的配置以及接

地方式等都有专门的要求。施工人员应了解直流系统电气特性,按设计图纸布置直流母线,合理设置各级保护装置,保证直流系统安全运行。

3.3 高效照明与自然采光协同控制系统施工

照明系统在住宅建筑电气能耗中所占比例较大,高效照明和自然采光协同控制是达到照明节能的一种方式。施工时应使用 LED 等高效光源,按照室内功能分区合理布置灯具位置,防止出现过度照明的情况。对公共区域的照明应装设智能感应控制器,实现人来灯亮、人走灯灭或者自动调光。自然采光协同控制施工时要预留光传感器接口和调光信号线缆,使人工照明可以依据室外自然光照度的改变自行调节输出功率。对于使用导光管采光的住宅建筑,在施工过程中要注意导光管的密封性安装以及屋面开孔处的防水处理,防止因为安装不当导致采光效果降低或者屋面渗漏。

3.4 充电基础设施与柔性负荷控制电气施工

电动汽车普及以后,充电基础设施就成了绿色低碳“好房子”的标配。新建住宅要严格实行车位、桩位、电力容量三同步原则,从源头上满足电动汽车充电的需求。施工时充电设施的电表及电表前端供电线路由供电企业负责建设,电表后至充电设施线路由施工单位按规范完成。在既有住宅小区内推广应用充电设施的时候,首先要采用智能有序充电技术挖掘现有的电力容量潜力,在不扩容的情况下尽量满足充电需求。有序充电系统要求施工时布设通信总线或者无线通信模块,使得充电桩可以接受后台调度指令,在电网负荷高峰时段自动降低充电功率。充电设施的线缆应采用铜导体,地下车库应使用阻燃电缆并独立桥架敷设。充电桩安装位置不能靠近消防疏散通道,在明显处设置安全操作标志。柔性负荷控制施工包含热泵、储能设备、电动汽车等可控负荷的连接及控制线路布置,应在各个用电设备的配电箱中留出可控开关接口和通信端口,为之后的负荷调度赋予硬件支撑。

4 电气施工过程的质量控制与绿色评价

4.1 绿色低碳电气材料的选用与进场检验

电气材料的绿色低碳属性属于施工质量控制的第一道防线。进场电气设备应具有绿色建材认证或者节能产品认证标识,电缆绝缘材料应优先采用低烟无卤、可回收材质,不得使用含卤素或者重金属的绝缘材料。配电箱柜的壳体材料可以使用可回收金属,内部元器件应该选择低损耗型产品^[3]。进场的每一批线缆、每一台设备都必须核对产品合格证、型式检验报告、能效等级标识,不符合绿色要求的材料应退场。

4.2 施工过程中的能耗与碳排放控制

电气施工过程中产生的碳排放主要是由施工机械燃油消耗、临时用电电力消耗、材料运输间接排放等造成的。施工现场能耗、碳排放的量化控制属于绿色施工的重要手段。办公区、生活区和施工区的能耗要分开计量,找出主要的碳排放源并制定相应的减排措施。施工机械设备尽量使用电动化设备,减少燃油消耗,临时照明采用 LED 灯具分区域控制,防止无效照明。施工阶段通过以上措施可以控制碳排放。

在实际施工过程中还要对关键工序的碳排放进行专项监测。电缆敷设时用到的卷扬机、牵引机等设备的电能消耗可以按台班记录,然后根据当地的电网排放因子折算成碳排放量。对采用柴油发电机的临时电源情况要进行燃油消耗量记录,用碳排放系数法计算直接排放。施工总平面布置时应优化材料堆场和作业面的运输路线,减小场内运输距离,间接减少施工机械的燃油消耗。施工碳排放台账要每日或每周进行一次汇总,发现异常波动要及时分析原因并加以纠正。

4.3 系统调试与节能性能测试

电气系统安装完毕之后的调试、测试属于检验绿色低碳性能的重要部分。系统调试要涵盖光伏发电系统的发电效率检测,储能系统的充放电效率检测,照明控制系统感应灵敏度检测以及能效管理系统数据采集准确性检验等各个方面。对光伏系统要实测并网点的电压、频率、谐波含量,保证并网技术要求;对储能系统要测试 BMS 数据上传是否完整准确;对能效管理系统要验证各个计量回路的电能数据与现场仪表读数是否一致。调试合格后才能进行试运行,在试运行期间不断监测系统能耗数据,与设计指标比较,发现问题及时调整。

4.4 电气施工绿色度评价方法

创建电气施工绿色度评价办法,可以对施工质量展开量化评判。评价指标可以是材料绿色化率、线缆敷设损耗率、临时用电节能率、可再生电力接入率、电气系统运行能效比等^[4]。相关团体标准如零碳建筑低碳施工评价标准(征求意见稿)、建筑机电安装工程绿色低碳建造技术规程等正在编制中,给电气施工绿色度评价提供方法框架。施工企业应当按照项目实际情况来创建内部评价体系,定时开展对每一个施工节点的绿色度实施自评工作,把评价结果融入施工质量验收流程当中,从而形成闭环改进的机制。

5 结束语

绿色低碳“好房子”建设对电气施工技术有系统的要求,包含节能设备安装、智能控制、可再生能源接入、储

能调配、高效照明、充电设施和全过程绿色评价等各方面。从施工实践上看,电气施工技术由原来的“按图施工”向现在的“绿色建造”转变的趋势越来越明显。但是目前还存在着绿色材料成本过高、施工人员技术储备不够、绿色度评价标准不明确等现实问题。未来要继续完善绿色低碳电气施工标准体系,加大施工人员绿色技术培训力度,推进绿色电气材料规模化使用来降低成本,加快建立覆盖设计、施工、验收、运维全过程的碳排放数据管理平台,为绿色低碳“好房子”高质量建设提供强有力的技术支撑。

[参考文献]

- [1]张小康.绿色施工理念下建筑电气安装技术的实践分析[J].智能建筑与智慧城市,2025(2):182-184.
- [2]张扬,王京波,戴力,等.基于绿色建筑理念的房建光伏系统施工优化与能效评估[J].中国建筑装饰装修,2025(3):103-105.
- [3]郁国卿.“双碳”试点商业综合体项目中的“光储直柔”系统应用[J].建筑电气,2024,43(7):13-18.
- [4]容浩.“光储直柔”建筑配电系统应用研究[J].建筑电气,2024,43(3):33-38.

作者简介:侯辉(1986—),男,汉族,河北定州人,本科,郑州大学电气工程及其自动化,工程师,就职于中国二十二冶集团,任项目副总工程师。