

基于绿色可持续理念下的装配式建筑节能减排研究

袁瑞刚

乌兰察布市城市管理保障中心 内蒙古乌兰察布市 012000

摘要: 本文以内蒙古某装配式建筑项目为例, 研究绿色可持续理念下装配式建筑节能减排技术的应用。该项目采用装配式混凝土结构体系, 在预制构件生产环节, 应用高性能混凝土和高强度钢材, 优化生产工艺; 运输环节, 合理规划路线并优化运输设备; 现场装配环节, 改进装配工艺并管理能源; 使用环节, 采用节能围护结构和优化能源系统。经分析, 与传统现浇建筑相比, 其全生命周期能源消耗降低, 碳排放减少, 资源节约提高效益明显。并在最后展望装配式建筑节能减排技术的未来, 将融合新兴技术、完善政策规范、加大国际合作, 以推动建筑行业绿色可持续发展。

关键词: 绿色; 可持续发展; 装配式建筑; 节能减排; 降耗

随着全球环境问题的日益严峻, 建筑行业作为能源消耗和碳排放的重要领域, 面临着巨大的节能减排压力。据统计, 全球约 40% 的能源消耗和 36% 的二氧化碳排放与建筑活动相关。传统的现浇建筑方式在施工过程中存在资源浪费、环境污染等诸多问题, 如大量的建筑垃圾产生、施工现场扬尘和噪声污染、建筑材料运输和堆放造成的能源消耗等^[1]。而装配式建筑以其标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修和信息化管理等特点, 为实现建筑节能减排提供了有效途径。在绿色可持续理念的引领下, 深入研究装配式建筑节能减排技术的应用具有极为重要的现实意义。

1 项目概况

以内蒙古某装配式建筑项目为例, 总建筑面积为 29365 平方米, 层高 3m, 装配式剪力墙结构。该项目采用装配式混凝土结构体系, 预制构件类型主要有预制外墙板、预制内墙板、预制楼板、预制楼梯等, 预制率达到了 68%。项目旨在打造一个绿色、舒适、节能的建筑环境, 同时为装配式建筑节能减排技术的应用提供实践平台。

2 装配式建筑节能减排技术应用

2.1 预制构件生产环节的节能减排技术

2.1.1 新型建筑材料的应用

在预制构件生产中, 采用高性能混凝土和高强度钢材等新型建筑材料。高性能混凝土具有高耐久性、高强度等特点, 可减少混凝土的使用量, 同时其耐久性好, 能够延长建筑的使用寿命, 降低建筑在使用过程中的维修和重建频率, 从而间接减少能源消耗和资源浪费。采用高性能混凝土的预

制构件, 其强度可比普通混凝土构件提高 30% 以上, 在相同承载要求下, 构件截面尺寸可减小, 节约材料用量。高强度钢材的使用能够提高构件的承载能力, 减少钢材的用量。与传统钢材相比, 高强度钢材在强度提高的同时, 其加工性能也得到改善, 在预制构件生产过程中可降低加工能耗。在一些高层装配式建筑中, 采用高强度钢材制作的预制钢梁, 其重量可比普通钢梁减轻 20%~30%, 不仅节约了钢材资源, 还减少了运输和安装过程中的能源消耗^[2]。

2.1.2 生产工艺优化

采用先进的预制构件生产工艺, 如自动化生产线、预制构件蒸汽养护技术等。自动化生产线能够提高生产效率, 减少人工操作误差, 降低能源消耗。自动化混凝土浇筑设备能够精确控制混凝土的浇筑量和浇筑速度, 避免混凝土浪费, 同时提高构件生产质量。蒸汽养护技术是预制构件生产中常用的养护方法, 通过控制养护温度和湿度, 加速混凝土的硬化过程, 缩短养护时间。与自然养护相比, 蒸汽养护可使预制构件的生产周期缩短 50% 以上, 提高了生产效率, 减少了生产场地的占用时间, 从而降低了能源消耗和生产成本^[3]。

2.2 预制构件运输环节的节能减排技术

2.2.1 合理规划运输路线

利用地理信息系统 (GIS) 和物流管理软件, 对预制构件的运输路线进行优化规划^[4]。根据构件的生产地、施工现场位置以及交通状况等因素, 选择最短、最顺畅的运输路线, 减少运输里程和运输时间, 降低运输过程中的能源消耗和碳排放。通过对某装配式建筑项目预制构件运输路线的优化,

运输里程缩短了 15%，运输时间减少了 20%，相应地减少了燃油消耗和尾气排放。

2.2.2 运输设备的选择与优化

选用节能环保型运输车辆，如采用混合动力或纯电动运输车辆运输预制构件。这些车辆在运行过程中能够减少燃油消耗和尾气排放，具有较好的节能减排效果。同时，根据预制构件的尺寸和重量，合理选择运输车辆的类型和规格，提高车辆的装载率，避免车辆空载或超载行驶，提高运输效率。对于大型预制墙板的运输，选择专门的平板运输车辆，并合理安排墙板的装载方式，使车辆的装载率达到 90% 以上，减少了运输次数，降低了能源消耗。

2.3 现场装配环节的节能减排技术

2.3.1 装配工艺改进

大力研发和应用先进的装配式建筑装配工艺，如采用干式连接技术代替传统的湿式连接技术。干式连接技术不需要现场浇筑混凝土，减少了施工现场的湿作业，降低了建筑垃圾的产生量，同时缩短了施工时间。采用螺栓连接或焊接等干式连接方式的预制混凝土柱与梁的连接节点，施工速度可比湿式连接节点提高 50% 以上，且施工现场整洁，无大量混凝土废弃物产生。采用高精度的装配式建筑安装设备，如激光定位仪、塔吊智能控制系统等，提高预制构件的安装精度和效率。高精度的安装设备能够减少因构件安装误差导致的返工现象，降低能源消耗和资源浪费。激光定位仪能够精确确定预制构件的安装位置，使构件安装误差控制在毫米级范围内，避免了因反复调整构件位置而消耗过多的人力和能源。

2.3.2 施工现场能源管理

在施工现场设置太阳能光伏发电系统、风能发电系统等可再生能源发电设备，为施工现场的照明、小型机械设备等提供电力。在一些装配式建筑施工现场，安装了太阳能路灯和太阳能板为塔吊的部分用电设备供电，减少了对传统电网电力的依赖，降低了施工现场的电力消耗和碳排放。节能型施工设备和器具，如节能型电焊机、节能型电动机等，这些设备和器具在运行过程中能够降低能源消耗，提高能源利用效率。同时，加强施工现场的能源管理，制定合理的能源使用计划，对施工设备和器具的使用进行监控和管理，避免能源浪费现象的发生。

2.4 建筑使用过程的节能减排技术

2.4.1 建筑围护结构节能技术

装配式建筑的外墙、屋面等围护结构采用高效保温隔热材料，如聚苯板、岩棉板等。这些保温隔热材料能够有效阻止热量的传递，降低建筑物的采暖和制冷能耗。在寒冷地区的装配式住宅建筑中，采用外墙外保温系统，保温层厚度为 10cm 的聚苯板，可使建筑物的冬季采暖能耗降低 30% 以上；在炎热地区，采用屋面隔热材料可有效降低夏季室内温度，减少空调制冷能耗。也可采用节能门窗系统，如断桥铝门窗、中空玻璃门窗等。节能门窗具有良好的气密性能、水密性能和保温隔热性能，能够减少室内外热量交换。中空玻璃门窗的传热系数可比普通单层玻璃门窗降低 40% ~50%，有效提高了建筑物的保温隔热效果，降低了建筑能耗。

2.4.2 建筑能源系统优化

采用地源热泵、太阳能热水器等可再生能源利用系统为建筑物提供采暖、制冷和生活热水。地源热泵利用地下浅层地热资源进行能量转换，具有高效节能、环保无污染等特点。在一些装配式建筑中应用地源热泵系统，其采暖和制冷综合能效比可达 4.0 以上，相比传统的燃煤锅炉和中央空调系统，能源消耗可降低 50% ~60%。安装智能建筑能源管理系统，对建筑物内的照明、空调、通风等设备进行智能化控制。智能能源管理系统能够根据室内外环境参数和人员活动情况，自动调节设备的运行状态，实现能源的合理利用。通过采用智能照明系统，可根据室内光照强度自动调节灯具亮度，在无人区域自动关闭照明设备，节约照明用电。

3 装配式建筑节能减排技术应用效果分析

3.1 能源消耗降低效果

通过上述一系列节能减排技术在装配式建筑中的应用，建筑全生命周期的能源消耗得到显著降低。从预制构件生产环节到建筑使用过程，各个阶段的节能措施相互协同作用。在生产环节，新型材料的应用和生产工艺优化减少了原材料加工和构件生产过程中的能源消耗；运输环节的优化降低了运输能耗；现场装配环节的工艺改进和能源管理减少了施工过程中的能源消耗；建筑使用过程中的围护结构节能和能源系统优化则大幅降低了建筑物运行期间的采暖、制冷、照明等能耗。与传统现浇建筑相比，装配式建筑在全生命周期内的能源消耗可降低 20%~30%。（见表 1）为该项目与全国范围内住宅资源消耗及污染物排放比较情况。

表 1 能源消耗对比情况

对比	项目	该工程	全国住宅	节省量
资源消耗	水资源 / (m^3/m^2)	1.69×104	3.99×109	0.06
	钢材 / (kg/m^2)	1.59×106	1.33×1011	-33.78
	水泥 / (kg/m^2)	4.24×106	3.74×1011	-86.88
	木材 / (m^3/m^2)	2.99×102	1.36×108	0.03
能源消耗	电 / ($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$)	1.33×105	3.33×1010	0.53
	煤 / (kg/m^2)	3.57×104	4.49×109	-0.53
	油 / (L/m^2)	2.29×105	7.29×1010	3.29
污染物排放	污水 / (m^3/m^2)	7.09×104	7.09×104	0.19
	垃圾 / (kg/m^2)	3.34×105	3.34×105	16.61

3.2 碳排放减少效果

装配式建筑节能减排技术的应用也对减少碳排放起到了积极作用。首先,在生产环节,由于材料用量的减少和生产效率的提高,减少了因原材料开采、加工和构件生产过程中产生的碳排放。高性能混凝土和高强度钢材的使用减少了水泥和钢材的消耗,从而降低了水泥生产和钢铁冶炼过程中的二氧化碳排放。其次,运输环节的节能减排措施减少了运输车辆的燃油消耗和尾气排放,降低了交通领域的碳排放。在建筑使用过程中,可再生能源的利用和能源效率的提高减少了因电力和热力消耗产生的碳排放。综合来看,装配式建筑相较于传统现浇建筑,在全生命周期内的碳排放量可减少 30%~40%,对缓解全球气候变化具有重要意义。

3.3 资源节约效果

装配式建筑在资源节约方面表现突出。在材料资源方面,预制构件生产过程中的精确控制和新型材料的应用减少了建筑材料的浪费。自动化生产工艺能够精确控制混凝土和钢材的用量,避免了现场施工中因材料过量使用或施工误差导致的材料浪费。同时,高性能混凝土和高强度钢材的使用提高了材料的利用效率,在满足建筑结构要求的前提下减少了材料用量。此外,装配式建筑减少了施工现场建筑垃圾的产生量,大量的建筑垃圾无需处理和填埋,节约了土地资源和垃圾处理成本。据统计,装配式建筑在材料资源节约方面可比传统现浇建筑提高 10%~20%。

4 装配式建筑节能减排技术未来发展

4.1 融合新兴技术

未来装配式建筑节能减排技术将不断创新和融合发展,在材料技术方面,研发更加环保、高性能、低成本的新型建筑材料,如可回收利用的建筑材料、自保温混凝土等。在生产工艺方面,将进一步提高自动化、智能化水平,实现预制构件生产的精细化管理和节能减排目标。在建筑能源系统方面,加强太阳能、风能、地热能等可再生能源与建筑的深度融合,开发更加高效的能源转换和存储技术,如新型太阳能

电池、储能电池等,提高建筑能源的自给自足能力。同时,将建筑信息模型(BIM)技术与装配式建筑节能减排技术相结合,实现建筑设计、施工、运营全生命周期的信息化管理和节能减排优化控制。

4.2 完善政策规范

随着对装配式建筑节能减排重要性认识的不断提高,政府将进一步加大政策支持力度,出台更多鼓励装配式建筑发展的政策措施,如财政补贴、税收优惠、土地政策支持等,降低装配式建筑的建设成本,提高企业的积极性。同时,相关部门将加快完善装配式建筑节能减排技术标准体系,制定更加严格、科学、合理的技术标准和规范,加强对装配式建筑项目的监管和评估,确保节能减排技术的有效应用,推动装配式建筑行业的规范化、标准化发展。

4.3 加大国际合作

随着全球经济一体化进程的加快,我国装配式建筑企业将加强与国际同行的交流与合作,引进国外先进的节能减排技术和管理经验,参与国际装配式建筑市场竞争,推动我国装配式建筑节能减排技术走向国际舞台,提升我国在全球绿色建筑领域的影响力。

结语:综上所述,装配式建筑以其独特的生产和施工方式,在绿色可持续发展方面展现出显著优势。通过在预制构件生产、运输、现场装配以及建筑使用过程中的一系列节能减排技术措施的实施,装配式建筑在能源消耗降低、碳排放减少和资源节约等方面取得了显著成效。未来随着技术创新,各项政策标准完善,与国际间加大合作力度,装配式建筑节能减排技术将不断发展和完善,为实现建筑行业的绿色可持续发展做出更大贡献。

参考文献:

- [1] 王蕊娟.施工现场废弃材料的节能低碳利用问题研究[J].陶瓷,2021(12):107-108.
- [2] 黄文进.绿色建筑设计理念与节能技术应用研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(1):0013-0016.
- [3] 袁涛,范家旗,李豪,李利,赵宁博.低碳节能大趋势下绿色建筑节能减排技术探析[J].陶瓷,2024(2):9-11+41.
- [4] 田野.绿色可持续发展的装配式建筑节能减排思考[J].中华传奇(下旬),2022(18):0160-0162.

作者简介:姓名:袁瑞刚,性别:男,民族:汉,出生年月:1982年6月,学历:本科,现职称:建设工程工程师,从事的研究方向或工作领域:建设工程。