

绿色节能建筑施工技术质量控制与管理方法探究关键探索

文 / 廖 婷 乐平市城镇发展服务中心

摘要：建筑的绿色化、节能化是推动“双碳”事业的有效手段，而其建造质量与管理手段也体现着建筑能耗水平。本文针对围护体系保温处理、节能建筑材料选择与安装、可再生能源一体化运用、建筑气密性等方面的绿色节能技术进行探讨，并从材料、环节、专项验收三个方面制定绿色节能质量管控体系，利用BIM技术与动态管控目标的规划等方式，建立全寿命周期的协同管理模型，剖析其中存在的标准缺失、人才匮乏以及协同化协同水平相对滞后等方面的不足并提出相应的解决办法，以期为绿色建筑高质量建造提供经验指导。

关键词：绿色节能建筑；双碳；质量控制；人才匮乏

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.19.025

引言

随着全球气候与能源问题的加剧，建筑业作为耗能与耗碳大户，转型之路势必为绿色之路。所谓绿色节能建筑，是指通过优化建筑设计、采用绿色建材、采用绿色节能技术和利用可再生能源，在建筑全生命周期内，节约资源（节地、节水、节能、节材）、保护环境、减少污染，为人们提供健康、适用、高效的使用空间。我国也提出了“2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”（如图1所示）的目标并先后出台了《绿色建筑评价标准》等多项相关政策法规文件，坚定不移地践行和贯彻落实绿色建筑的普及化、高品质发展。但是绿色节能建筑设计理念、设计目标，必需要通过高品质的建筑施工过程来实现，相较于普通建筑，其建筑施工往往涉及更复杂的功能集成、更多样化的绿色环保节能型建筑材料及更精细的气密性、热工性能等设计指标^[1]。由于施工各环节细微处质量控制方面的偏差，很可能直接造成建筑实际运行能耗超出预期设计值，绿色性能大大降低甚至出现室内空气质量事故，由此实现设计所期待的绿色价值及建筑节能减排目标，成为绿色节能建筑施工过程中的重要技术点和难点，这也是我国当前实施建筑业高质量发展的迫切需求。

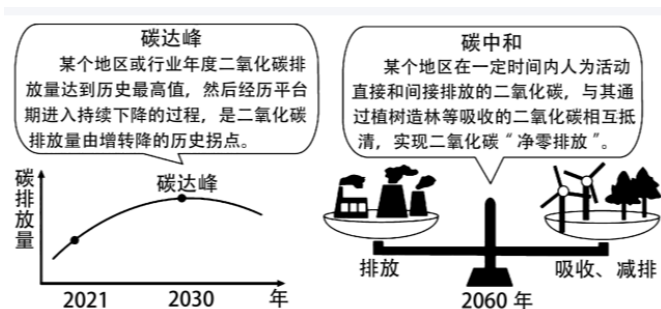


图1 我国2030年的碳达峰和碳中和目标

一、绿色节能建筑核心施工技术及其质量关键点

（一）围护结构保温隔热系统施工

墙体保温是建筑施工技术中很重要的一环，对建筑物的使用寿命、工程质量、用户满意度有着重要的影响。

良好的保温系统是在面对寒冷或炎热的天气时能够起到隔寒、隔热的作用。因此，对于墙体保温（包括外保温、内保温、夹心保温），应重点留意保温板材的粘结强度、锚固的可靠性、拼缝的严密性以及防火隔离带的设置，以此避免出现冷热桥和空鼓脱落的情况。屋面保温要保证保温层的厚度、铺设的密实度以及防水层的完整搭接。门窗与幕墙工程是能耗较为薄弱的环节，必须严格控制门窗框的安装垂直度、与墙体连接的密封性（采用耐久性密封材料）、高性能玻璃（如Low-E、三玻两腔）的安装工艺以及开启扇的气密性。遮阳设施（如外遮阳板、百叶）的安装位置、角度、稳固性以及智能控制系统的联动情况，会直接对遮阳效果产生影响^[2]。

（二）可再生能源系统集成施工

可再生能源是当代能源领域非常重要的一环，它是维持社会健康、可持续发展必不可少的一部分。可再生能源系统对节约资源，减少资源浪费有着重要的作用。可再生能源一体化工程的安装太阳能光伏/光热安装要注意支架构造强度、抗风稳定性、光伏板角度方向准确性、电气连线合格性、防雷接地安全性。地源热泵在埋管换热器施工中要注意钻孔深度和垂直度、U形管安装无破损、回填材料导热系数密实度、管路试压合格等，这些都会对换热性能产生直接的影响。

（三）节能设备与高效系统安装

安装节能系统的有：高效暖通空调设备（含变频多联机、高效锅炉、热回收新风机组）选型匹配、安装位置（利于散热气流组织）、减震降噪、管道的保温绝热（厚度、严密无缝）等；节能照明系统保证LED灯具质量、分区控制及感应装置的灵敏、可靠；节水器具与中水/雨水回收系统保证管道严密性、设备运行稳定性和处理后水质效果^[3]。

（四）气密性保障施工技术

建筑本身的气密性是达到超低能耗建筑的关键。在建设期间要对各种贯穿构件（如管线穿墙/楼板洞口、门窗框与墙体间的接缝、幕墙间的接缝等）进行详细的

封堵,用专用气密性胶带、密封胶、膨胀密封条等材料进行连续封闭无缝隙的材料封堵并通过专业的气密性检测(如鼓风门法)进行检测。

二、绿色节能建筑施工质量控制体系的构建

(一) 严控材料与设备入场关

为保证绿色建筑以及节能工程质量,应实现从材料进入、过程管控直至专项验收的全过程精细化。实行绿色建材、节能设备的严格进入制,进场材料设备应具备完整的出厂合格证、性能检测报告以及绿色建材评价标识等绿色准入等环保认证,监理单位应做到见证取样送检,对保温材料、密封材料、节能玻璃、光伏组件以及高效设备等进场的关键材料进行复验,各项参数满足《建筑节能工程施工质量验收标准》GB50411-2019等设计及规范的要求,避免不合格材料入场使用。

(二) 强化施工过程质量监控

项目施工过程中推行样板引领制度,对节能外保温、门窗制作安装、光伏、埋管施工、密封处理等关键分项施工环节均应按照其制作样板,并在样板经检查验收合格的前提下进行大面积施工。各工序交接检查、隐蔽工程验收等均严格“上一道不合格禁止进行下一道”原则,保温层、埋管、密封处理等隐蔽验收时并同步拍摄影像照片。各监理人员加强旁站监督、巡视抽查,采用红外成像仪检测保温缺陷、漏风检仪检测气密性等实测手段进行动态抽查,发现问题应及时整改,对于发现不符合实际情况的偏差应及时整改,从根本上消除这些施工现象。采用第三方检测单位对项目围护结构传热系数、系统性能等重要指标进行过程抽测。

(三) 完善分部分项工程专项验收

绿色节能专项施工验收应满足特定施工标准和方法,除了规范的观感质量、尺寸偏差、成品保护的检验外,主要是指节能性能项目的检查和评估,包括:外墙保隔热材料的厚度及保隔热性能检查、建筑门窗幕墙气密性、水密性、抗风压以及保隔热性能现场复验、可再生能源系统功能调试及运行能效指标检验、设备运行的参数及检查、建筑物空气渗透性能(n_{50} 值)、建筑物室内环境(甲醛、TVOC等)检测,必要材料、检测、调试及隐蔽工程照片等资料完善齐全,形成全过程质量溯源档案。

三、基于数字化的绿色节能施工管理创新方法

(一) BIM 技术深度应用

通过BIM碰撞检测提前进行管线与结构、设备与装修的碰撞分析,优化综合管线布局方案,可降低返工及材料的浪费;通过施工模拟(4D)施工工序、场地进行合理的调整优化,以提高大型设备(光伏板、幕墙单元)吊装工作效率;建立数字化的物料库,物料库中包含材

料性能数据信息和设备信息,可为合理算量和选材采购提供帮助;通过BIM模型与放样机器人之间的配合,确保复杂部位(异形保温、光伏支架定位)在施工时的准确性;通过BIM模型进行能耗模拟,为施工过程中围护及设备的调整提供依据。

(二) 精细化过程管控方法

对绿色节能分项工程进行全面的PDCA循环管理,编制绿色施工质量计划,确定控制点和标准,施工按施工方案执行,检测、监测(包括能耗、扬尘、噪音在线监测)、监测得到结果,分析偏差原因,制定并实施纠正措施,保证质量稳定提升;设定绿色施工管理KPI,包括单位建筑面积能耗降低率、可再生资源利用率、固体废弃物利用回收率、关键节能节点一次验收合格率等,按时间段统计、分析完成情况,作为管理决策和考核依据;通过物联网、传感器、云计算等技术建立智慧工地平台,集成包括环境监测、能耗监测)、大型设备运转状态监控、视频监控、人员定位等,以平台实现实时监测、分析与预警,方便管理层快速响应施工现场问题,实现绿色施工智能化、可视化管理。

(三) 绿色施工动态评价与持续改进

以《建筑工程绿色施工评价标准》GB/T50640为基础构建项目全过程绿色施工的动态评价机制,定期(每半月)或按照施工进度对“四节一环保”(节能、节地、节水、节材和环境保护)执行情况及效果自评、互评或第三方评价,及时公示并纳入项目考核,对评价过程中暴露出的材料浪费、节能措施执行不到位等问题(成因分析、对策措施、跟踪验证、形成闭环)组织专题会议,制定具体有效的措施并落实执行。

四、当前面临的主要问题

(一) 标准规范体系有待细化与更新

标准规范是工程项目施工的技术指南,是施工质量控制直接的技术支撑。在新型建材及节能环保技术革新迭代不断加快的当下,新形式的建筑绿色节能技术(如碲化镉薄膜光伏幕墙、光伏瓦、可变颜色、动态调节智能调光玻璃等)、新型复合保温隔热新材料等不断出现,但相关新的质量控制过程的细节以及过程质量验收标准和评价体系制订的速度通常会滞后于技术创新的速度,一些方面甚至是空白状态,致使施工现场工程质量控制缺乏清晰、统一、具有前瞻性的技术指引和评价准则,增加了工程质量风险和难度。

(二) 专业技术人才储备不足

高素质专业人才是绿色低碳建造施工技术发展和进步的动力。当前,既能掌握和熟练运用绿色低碳施工关键技术和方法——复杂单元式玻璃幕墙的精细安装与密封、深层地源热泵系统的高精度打井与调试、建筑

外护结构气密层的精细构造等，又善于依托 BIM 技术优化设计、协调施工、管理运维，有效实现绿色施工全过程整体方案管理的高级复合型技术、管理人员严重不足。技术与管理人员队伍结构不合理，以及其能力、水平等的不足已成为先进的技术和不能顺畅实施的障碍。

（三）精细化施工水平参差不齐

绿色节能建筑高质量、高性能要求的落实依赖于对建筑实体施工的精细化掌控，然而由于目前部分建筑施工企业管理理念和管理实践上仍然存在一定粗放特征，对绿色节能建筑施工特有的精细化要求理解不够，包括对绿色建筑施工节点部位严格进行密封防水处理防止渗漏、对保温层连续覆盖实施防止热桥、对可再生能源系统装置的安装精度等一些细节方面的高要求落实不到位，不同程度地影响了绿色建筑关键性能指标的落实，为墙体渗漏、保温隔热不符合要求、建筑节能性不高、运行能耗高等使用问题的发生埋下了隐患，进而影响了绿色节能建筑使用的优劣性。

（四）全过程协同管理机制不健全

建筑的绿色节能由于缺少一个项目全生命周期各个不同参与方高度协同、融合，因此现有项目的施工中，设计单位、施工单位、材料供应商、运维单位等主体之间存在一定的环节分断，各参与主体间的信息传递不畅通、沟通机制欠缺，设计阶段的绿色理念与绿色技术意图，在进行施工的时候往往被过度简化或信息丢失。设计意图不明确，各施工环节也不被关注，绿色材料的选择缺乏，施工考虑的不充分，都可能使最终建筑的实际绿色性能与设计目标的完成度有所偏差，无法对全过程的绿色建筑进行一体化协同管控，缺乏闭环的绿色效益反馈。

五、对策建议

（一）加快标准规范的制定与修订

主管部门和行业协应密切关注绿色节能建筑工程方面出现的各种新技术发展情况，敏锐捕捉信息，适时组织专家组编制、修订适用于不同新材料、新工艺、新系统的相应的施工技术规程，并对相关的质量验收、检测等技术手段不断加以完善，使其能保持新鲜和实用，发挥真正的作用，指导绿色节能建筑工程施工，为绿色节能建筑的发展奠定坚实的技术基础^[4]。

（二）加强专业人才培养与引进

绿色建筑是时代发展的必然，是减少资源损耗，促进可持续发展的必要手段。高校作为人才培养的场所，应根据绿色建筑发展要求设置相关专业课程，为培养绿色建筑专业人才奠定基础。企业应与专业培训机构协同

合作，对在职人员（技术工人及管理人员）有针对性地开展培训，比如 BIM 操作技能培训、气密性施工技术培训和可再生能源系统的安装调试培训等，对在职人员的综合素质和实践能力进行提升；同时建立相应的激励机制，通过待遇优厚、工作舒适和事业发展空间广阔等手段吸引及留住高端复合型人才，为企业的绿色节能建筑项目提供有力的人才保证。

（三）推广精益建造与工匠精神

积极引导企业大力培育精益管理的理念，细化精益管理的要求落实到工程施工的每一工序、每一重要节点。大力弘扬工匠精神，通过各种形式的技能比武、技术交流等活动，提高一线工人专业技能水平和质量观念，这样才能使得复杂的节能节点施工过程中，一线工人具有高超的技、德的工匠精神，施工误差精确到极致，才有保障绿色节能建筑的质量^[5]。

（四）推动基于 BIM/IPD 的全过程协同

鼓励并积极推广 BIM 技术，将其建设成为绿色节能建筑项目的信息交流共享平台，实现项目参与各方之间信息高效畅通的传输与共享，积极尝试并利用 IPD 等集成项目交付等新模式，使设计单位、施工单位、供应单位以及运维单位等在项目前期就可以积极介入其中，共同签订风险共担、利益共享协议，从全过程协同优化出发，保证绿色建筑项目的目标在项目全周期内的一致性，同时也保证施工的可行性，为绿色建筑项目的顺利实施保驾护航。

结语

加强建筑施工技术质量管理是提升施工质量的有效手段。绿色节能建筑施工质量提升是系统工程，需要技术创新与管理变革协同推进。本文构建的质量控制体系与数字化管理方法，验证了 BIM 技术、动态评价等工具在提升施工精度与效率方面的有效性。针对标准体系碎片化、专业人才缺口等问题提出的对策，为政策制定者与行业实践者提供了明确方向。

参考文献

- [1] 张薇. 绿色节能建筑施工技术质量管理研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025 (8): 130-132.
- [2] 吴万霞. 绿色节能建筑施工技术与造价管理探究 [J]. 市场周刊·理论版, 2023 (36): 74-76.
- [3] 田洪男, 杜磊, 梁晋. 绿色节能建筑施工技术及实施关键点 [J]. 电脑采购, 2023 (7): 148-150.
- [4] 李小飞. 绿色节能技术在建筑工程中运用分析 [J]. 科技资讯, 2024, 22 (19): 152-154.
- [5] 赵中伟. 建筑节能材料施工技术与质量控制研究 [J]. 居舍, 2024 (32): 26-28.