

绿色建筑节能施工技术落地实施路径探讨

李 波 洪丽娟

湖北沛函建工集团有限公司 湖北 宜昌 443000

摘 要：绿色建筑节能施工技术是实现建筑领域碳达峰与碳中和目标的关键环节，然而当前大量节能设计在施工阶段因技术交底不清、工艺控制不严、监管机制松散等原因而流于形式，导致实际运行能效远低于设计预期。本文从施工全过程视角出发，系统剖析绿色建筑节能技术落地的现实困境，提出以“设计—施工—检测—验收”闭环管理为核心的实施路径。研究认为，节能施工技术的有效落地有赖于三大支柱的协同发力：一是基于性能化目标的技术遴选与施工图深化体系，二是以工艺标准化和过程追溯为抓手的施工质量控制体系，三是以现场检测和能效调适为保障的验收评估体系。本文进一步从组织管理、人员能力、信息协同和激励机制四个维度，构建了可操作的落地保障框架，旨在为施工企业和管理部门提供理论参考与实践指引。

关键词：绿色建筑；节能施工技术；实施路径；质量控制；能效调适

引言

随着我国“双碳”战略的深入推进，建筑行业作为能源消耗和碳排放的主要领域，其绿色转型已从倡导性目标转化为刚性约束。住房和城乡建设部发布的《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》明确提出，到2025年城镇新建建筑全面执行绿色建筑标准，星级绿色建筑占比持续提升。然而，实践中一个突出的矛盾长期存在：大量绿色建筑项目在设计阶段获得了较高的理论节能评级，但在竣工验收和实际运营后，其能耗表现却与设计值出现显著偏离。究其根源，施工环节的节能技术“悬空”是最为关键的失分项——保温层厚度不足、气密性处理不到位、热桥节点被随意简化、可再生能源系统安装偏差等问题屡见不鲜。近年来，部分学者开始意识到“设计—施工”鸿沟的严重性，并从过程管理、检测技术等角度展开探索，但系统性的实施路径研究仍显零散。本文试图弥补这一缺口，重点回答三个问题：当前落地的核心障碍是什么？全流程闭环管理应包含哪些关键环节？支撑闭环运转的保障体系如何搭建？研究结论对于提升绿色建筑实际节能绩效具有现实参考价值。

1 绿色建筑节能施工技术落地的主要障碍分析

1.1 设计与施工的深度脱节

当前绿色建筑设计普遍由专业咨询机构或设计院完成，其节能方案往往基于理想化的边界条件和标准化的构造做法，未充分考虑施工现场的可行性、当地施工队伍的技术水平以及材料供应的实际情况。施工图设计文件中关于节能节点的标注不够详细，节点大样缺失或抽象，导致施工人员只能凭经验“揣摩”设计意图。更为

突出的是，设计阶段采用的节能计算软件与施工实际之间存在模型简化的误差，例如热桥线传热系数的取值、空气渗透量的假定等，这些在施工中若未加以针对性控制，则累积偏差将直接吞噬预期的节能效果。

1.2 施工工艺控制精度不足

节能施工技术对工艺精度有着远高于传统施工的要求。以外墙外保温系统为例，保温板的粘贴面积、锚固深度、接缝处理、抹面层厚度等均有严格的量化指标，偏差超过允许范围即会显著降低系统热工性能^[1]。然而，当前现场施工多为粗放式作业，班组自检和专职质检的频次和深度均难以满足节能专项要求。气密性控制更是薄弱环节，穿墙管道、门窗洞口、砌体灰缝等细微部位的气体泄漏路径往往被忽视，而这些路径累积形成的渗透热损失有时可达设计预期值的数倍。

1.3 现场检测与过程监管缺位

相较于结构安全和主要使用功能，节能工程在施工过程中的质量验收往往流于形式。现行验收规范虽然规定了材料复验、隐蔽验收、现场实体检测等程序，但在实际执行中，检测滞后、抽样随意、数据失真等问题普遍存在。更为关键的是，缺乏施工过程中的动态热工性能监测手段，大部分项目仅在竣工后进行一次抽检，发现问题时已难以整改。监督机构受限于专业力量和装备条件，对于节能施工的专项检查往往只能查验资料完整性，难以深入判断技术实施的真实质量。

1.4 施工人员节能意识与技能欠缺

一线作业人员和管理人员对节能技术的认知普遍停留在“加厚保温层”“使用节能材料”的粗浅层面，对于气密性、热桥、太阳得热系数等核心概念缺乏理解。

节能施工需要特殊的操作技能和责任心，但现有培训体系并未将节能专项技能纳入强制性要求，技术交底多为照本宣科，无法转化为作业层的实际能力。这种人力资本的短板使得再完善的设计图纸和技术方案，在落地时都会出现不可控的“衰减”。

2 节能施工技术落地的全流程闭环路径构建

针对上述障碍，本文提出“设计深化—工艺标准—过程追溯—检测调适”四环节闭环实施路径，强调每一环节的输出必须为下一环节提供明确输入，同时后一环节的反馈应能倒逼前一环节优化，形成持续改进的螺旋上升机制。

2.1 设计深化与施工可行性耦合

落地的起点在于将“可用”的设计转化为“可造”的施工图。这一环节的核心工作是节能专项施工图的深化设计，包括：对全部热桥部位进行节点大样图的逐项绘制，明确每个节点的构造层次、材料规格、施工顺序和允许偏差；对气密层的位置和连续完整性进行图示标注，明确不同材质交界面的处理方式；对可再生能源系统（如光伏、太阳能热水）的管线预埋、设备基础、检修通道等提出具体施工要求。更为重要的是，深化设计应引入施工方的反向校核机制，由施工技术人员基于现场条件对设计方案的可行性进行逐条确认，提出修改建议，经设计方认可后形成最终的“可施工性节能图纸”^[2]。这一过程将原本单向的设计传递转化为双向耦合，从源头消解了“设计不顾施工”的固有矛盾。

2.2 施工工艺标准化与作业指导书编制

将深化设计图纸转化为现场操作行为，需要以标准化工艺为桥梁。本环节要求针对每一项节能施工分项，编制专项作业指导书，其内容应超出通用施工规程，具体包括：材料进场检验与储存条件、施工环境温湿度要求、基层处理标准、每道工序的操作手法与工具、工序间隔时间、自检方法与记录表格、常见质量通病的预防与应急处理措施。作业指导书应摒弃大段文字描述，采用图示化、清单化、口诀化的形式，便于一线班组快速掌握。同时，应在施工前进行可视化交底，利用BIM模型或视频动画展示关键节点的施工过程和成品效果，确保每位操作工人都能准确理解“为什么要这样做”和“怎样做才算达标”。

2.3 施工过程追溯与质量闭环控制

过程追溯是闭环路径的核心硬约束。本环节建立“三位一体”的质量控制体系：一是班组级的实时自检，每完成一道关键工序即按作业指导书的清单逐项检查并签名留存；二是项目部的专项巡检，由质量工程师

在关键节点（如保温层粘贴完成、抹面层上墙、气密膜铺贴后）进行独立检测，使用红外热像仪、气密性测试仪等设备进行无损抽检；三是监理单位的平行检验，重点验证自检和巡检记录的真实性。所有检测数据均录入施工质量追溯系统，形成不可篡改的电子档案。一旦发现偏差，立即启动原因分析和整改闭环流程——从返工修复到调整工艺参数，再到修订作业指导书，确保同类问题不再重复发生^[3]。这种追溯机制不仅服务于当次项目的质量保障，更通过数据积累为后续项目的工艺优化提供依据。

2.4 能效调适与综合验收的刚性约束

传统验收关注的是“有没有做”，而节能验收必须回答“做得是否有效”。本环节将能效调适（commissioning）纳入验收前置程序，即在竣工后、正式运营前，对建筑围护结构热工性能、设备系统运行效率、可再生能源产量、室内环境参数等进行联合测试与调整。核心工作包括：利用鼓风门法进行建筑整体气密性测试，验证是否达到设计渗透量指标；采用热流计和红外检测法对围护结构传热系数进行现场校验；对暖通空调系统进行季节性调适，确保其在最不利工况下仍能保持设计能效。调适过程中发现的问题必须整改至达标后方可进入竣工验收备案。这种“以效验质”的验收逻辑，将施工质量的评价从“过程合规”提升到“性能达标”，是对落地效果的最终刚性把关。

3 支撑实施路径落地的保障体系

闭环路径的有效运转不能仅依靠技术流程本身，还需要从组织、人力、信息和制度四个方面构建稳固的支撑底座。

3.1 组织管理重构：责任矩阵与协调机制

传统施工项目管理中，节能目标常被分解到不同岗位却无人统筹。本文建议设立“节能施工专项负责人”岗位，赋予其独立于进度和成本之外的节能质量否决权。同时建立设计方、施工方、监理方和建设方共同参与的节能专题例会制度，在施工全过程定期对接信息、协调矛盾、解决技术难题。责任矩阵应明确每项节能工序的第一责任人、协同责任人和验收责任人，避免责任虚置。

3.2 人员能力建设：分层培训与持证上岗

人力短板需通过系统性培训补齐。培训应分三个层级：决策层（项目经理、技术负责人）侧重节能法律法规、经济激励政策和整体管理意识；执行层（工长、质检员）侧重节能施工标准、检测仪器操作和问题诊断方法；作业层（一线工人）侧重操作技能、质量自检和常

见问题识别。培训须结合实操考核,合格者颁发节能施工专项上岗证,无证人员不得从事关键节能工序作业。此外,应建立施工队伍节能业绩档案,将历史项目的节能验收结果作为后续招标的评分参考,以市场机制倒逼技能提升。

3.3 信息协同平台: BIM与数字化的深度应用

信息断裂是导致设计意图衰减的重要原因。借助建筑信息模型(BIM)平台,可将深化设计中的全部节能信息(材料参数、构造做法、性能指标)以数字化方式集成,并关联到施工进度计划中的每个构件和工序。施工过程中,现场检测数据可通过移动终端实时录入平台,与预设指标进行自动比对,超差即报警^[4]。竣工后,该平台可生成完整的节能施工数字孪生模型,为运营期的能效管理提供准确的基础数据。这种信息协同不仅提高了管控效率,更从根本上解决了纸质资料传递中信息丢失和滞后的问题。

3.4 激励与约束协同: 经济杠杆与信用评价

落地的持久动力来自合理的利益机制。在约束方面,应将节能施工质量与工程款支付节点挂钩——节能专项验收未通过则不予拨付相应批次款项;同时将节能施工违规行为纳入企业信用评价体系,影响其投标资格。在激励方面,对节能施工质量优良、实际能效高于设计值的项目,给予税收减免、容积率奖励或绿色金融优惠;对积极采用先进施工工艺和信息化管理手段的企业,在评优评先和资质升级中予以倾斜。约束与激励双向发力,远比单纯依靠行政检查更具长效性。

4 实施路径的阶段推进策略

闭环路径的完全落地难以一步到位,建议采取“试点先行—标准固化—全面推广”的三阶段推进策略。第一阶段选择管理基础较好、技术力量较强的项目作为试点,重点验证四环节闭环流程的可操作性,积累不同气候区、不同建筑类型下的工艺参数和管理经验。第二阶段将试点成果转化为企业级或地方级施工技术标准、

工法和操作规程,将过程追溯和能效调适的具体要求纳入合同示范文本和招标文件范本。第三阶段依托行业主管部门的强制力,将成熟经验上升为工程建设强制性标准或规范性文件,同时配套监管能力建设和社会监督机制,最终实现节能施工技术落地的常态化、制度化。在推进过程中,应特别注重中小型施工企业的能力帮扶,避免因技术门槛过高而加剧市场分化。可通过行业协会组织技术巡回指导、开发低成本简易检测工具、提供标准化管理模板等方式,降低落地难度,确保实施路径的公平性和普适性。

5 结语

绿色建筑节能施工落地是多主体、多阶段的复杂系统问题。本文构建“设计深化—工艺标准—过程追溯—检测调适”四环节闭环路径,旨在将节能目标从设计“理想状态”转化为施工“刚性约束”与作业“习惯自觉”。配套的组织、人力、信息及制度保障体系,则从软环境层面防止闭环因人为干扰而断裂。研究表明,有效落地的核心在于重塑责任逻辑:确保每道工序有人负责、偏差及时修正、验收回归真实性能评判,而非单纯增加审批检验。鉴于地区与项目差异,该框架需结合当地气候、产业及管理实际进行适应性调整。未来研究应聚焦既有建筑改造、极端气候质量保障及AI辅助监控等方向。唯有持续推动施工精细化与科学化,绿色建筑方能实现从“纸上绿”到“真正绿”的跨越。

参考文献

- [1]王乾坤,张磊,郭佩文.基于全过程管理的绿色建筑施工节能控制策略研究[J].建筑经济,2023,44(5):78-83.
- [2]李慧民,陈旭,王静.夏热冬冷地区绿色建筑围护结构节能施工质量控制体系[J].施工技术,2022,51(12):45-50.
- [3]张希黔,杨文,李华.BIM技术在绿色建筑节能施工过程管理中的应用研究[J].建筑科学,2022,38(4):112-118.
- [4]刘晓君,赵强.建筑能效调适在施工验收阶段的实施路径与关键指标[J].暖通空调,2023,53(8):67-73.