绿色建筑技术在公共建筑改造中的研究

徐　鑫

璟明工程技术有限公司 吉林 长春 130012

【摘　要】：公共建筑存量规模持续扩大，能耗水平与运行成本问题逐步显现，既有建筑围护结构性能不足、设备系统效率偏低及功能布局滞后，制约节能改造效果。基于绿色建筑技术体系，构建以被动节能优化、设备系统更新及空间功能整合为核心的改造路径，针对严寒地区气候特征，通过外墙保温构造重构、门窗耐候性升级与暖通空调系统高效配置，实现建筑整体能效提升与环境品质改善。工程实践表明，改造后建筑能耗显著降低，室内热环境稳定性增强，运行维护成本得到有效控制，绿色性能水平明显提升。

【关键词】：绿色建筑技术；公共建筑改造；节能设计；围护结构优化；系统协同

DOI:10.12417/2705-0998.26.14.037

引言

公共建筑长期运行暴露出能耗偏高、设备老化及空间适应性不足等问题，既影响使用品质，也增加运维压力。尤其在严寒地区，冬季采暖期长，冬季热负荷居高不下，围护结构保温衰减与门窗气密性下降引发的冷风渗透问题尤为突出，暖通系统长期高负荷运行。同时，原有设计对节能技术应用深度有限，能效水平难以满足当前要求。在此背景下，绿色建筑技术的综合应用成为重要路径，通过强化围护结构保温、更新机电系统及优化空间功能，可实现节能性能与使用体验的同步提升，推动既有公共建筑向高效、低耗方向转变。

1 公共建筑既有条件与设计约束识别

1.1 围护结构热工性能与构造特征

设计院需系统识别既有围护结构热工性能，结合原始构造分析外墙、屋面及门窗的传热、蓄热与气密表现。多层砌体或混凝土外墙多存在保温缺失或老化，严寒地区冷热桥效应显著，内表面结露发霉频发。屋面防水保温层分离或压缩变形，加剧冬季热流失与冻融破坏。单层门窗在强风低温下气密性不足，引发大量冷风渗透。

1.2 原有机电系统配置与运行状态

设计院需对既有机电系统进行全面梳理，涵盖暖通空调、电气及给排水设备类型、容量与运行工况。早期公共建筑多采用定风量或集中供冷供热方式，调节手段单一，能效偏低[1]。电气系统缺乏分区控制，负荷不均。给排水管网布置传统，水资源效率不足，且冬季防冻措施缺失存在安全隐患。上述设备老化、控制手段落后及监测体系缺位等问题，使系统整体运行状态难以精细调控，需通过数据采集与运行分析明确改造重点方向。

1.3 空间功能布局与负荷分布关系

设计院建筑设计需从空间使用特征出发，对公共建筑内部功能分区与负荷分布进行结构化分析，识别高密度使用区域与低频使用空间之间的能耗差异。原有设计中功能划分往往侧重使用需求而忽视能源分区，导致冷热源供应范围过大，局部区域存在过度供能现象。不同功能空间在人员密度、设备散热及使用时段方面差异显著，使热负荷呈现动态变化特征。垂直交通空间与大开间区域在热环境控制上存在明显不均衡现象，影响整体舒适度与系统效率。

2 绿色改造中的关键技术限制因素

2.1 外围护热工性能不足问题

设计院建筑设计需面对既有围护体系热工性能衰减带来的结构性限制，外墙、屋面与门窗在长期使用中出现材料老化、节点失效及气密性下降，形成连续性热桥与不稳定传热通道。原有构造中保温层厚度不足或设置不连续，导致整体传热系数难以满足严寒地区节能标准要求。同时，立面形式与结构体系对新增保温层厚度及施工方式形成约束，限制节能构造的优化空间，成为绿色改造实施中的关键瓶颈。

2.2 暖通与电气系统效率衰减问题

设计院建筑设计在系统更新过程中需识别暖通与电气系统长期运行导致的效率下降问题，原有设备存在容量配置偏差与运行策略单一，无法适应负荷变化需求。暖通系统在冷热源转换与输配过程中能量损失较大，管网阻力增加与末端调节能力不足，使整体运行效率持续降低[2]。电气系统缺乏分区控制与精细化管理手段，照明与动力负荷调配不合理，导致能耗结构失衡。自动化控制与监测体系缺位，使系统运行状态难以实时优化，制约节能潜力的有效释放。

2.3 建筑空间与节能技术适配不足

设计院建筑设计需解决空间结构与节能技术耦合不足的问题，既有公共建筑在功能划分与空间尺度上未充分考虑节能技术的嵌入条件，导致被动式与主动式技术难以有效整合。不同功能区域在使用时间与负荷变化方面差异明显，但原有空间缺乏有效分区与调控界面，使节能措施难以针对性实施。空间组织方式与设备布置之间缺乏协同关系，进一步限制绿色技术在改造中的应用深度与实施效果。

3 围护结构与建筑本体节能设计优化

3.1 外墙与屋面保温构造重构设计

设计院建筑设计应以围护结构整体热工性能提升为核心，对外墙与屋面构造进行系统性重构，重点解决传热路径不连续与热桥效应集中的问题。外墙节能改造需根据原有结构形式确定保温体系类型，优先选用导热系数低、耐候性优异的保温材料，通过优化保温层厚度与构造层次，使墙体传热系数满足严寒地区节能设计标准要求，同时加强结构节点部位处理，消除梁柱交接、窗洞口等关键部位的热桥影响。屋面需重构保温与防水协同关系，连续铺设高效保温材料，结合排气、隔汽层设置，抵御严寒地区冻融循环破坏。材料宜优先选用工业副产石膏、粉煤灰基绿色建材或生物基保温板，兼顾节能与低碳排放。在夏季太阳辐射过强的局部区域，可配置反射或隔热层以降低热增益，但需与冬季保温需求统筹协调。构造设计需与结构承载能力及立面改造条件匹配，确保施工可行性与长期稳定性，实现建筑本体节能性能整体提升。



图 1 围护结构一体化热工重构图

3.2 门窗系统气密性与冬季得热一体化设计

设计院需将门窗作为围护结构节能控制的关键界面，重点提升气密性与热工性能，并针对严寒地区气候，通过优化窗墙比与玻璃选型实现对冬季太阳辐射的有效利用。改造应优先选用多腔体断桥型材与三层中空 Low-E 玻璃，优化密封结构与连接节点，降低空气渗透与传热损失。框体与墙体连接部位需连续密封处理，避免冷热桥通道。在满足基本热工性能的基础上，需进一步结合建筑朝向优化门窗设计参数。朝向上，南向窗户宜采用较高透光率玻璃以增加冬季被动得热，北向则需在保证采光前提下减小窗墙比、强化保温。遮阳设计应区别于南方隔热思路，着重冬季日照利用与夏季眩光控制的平衡，宜采用可调节外遮阳或内置百叶中空玻璃，冬季完全开启引入辐射，夏季适度遮挡[3]。

3.3 被动式节能技术在建筑中的融合应用

设计院应强化被动式节能技术与建筑本体的深度融合，通过空间布局、构造优化与自然资源利用实现能源需求源头削减。建筑体形与朝向需结合严寒地区气候，优化日照获取与冬季通风路径。围护结构热惰性调节可缓冲室内温度波动，同时应注重气密性层与隔汽层连续设置，防止湿气渗透导致热工退化。自然通风需构建有效气流组织路径，利用开口位置与高差形成稳定驱动力。采光设计应结合反射与漫射机制提高自然光利用效率。屋顶及墙面绿化的引入，夏季可降低表面温度并改善微气候环境，冬季落叶后配合屋面构造层次可辅助减少热量散失。被动技术与建筑结构、空间形态形成协同，在不增加能耗的前提下同步提升节能效果与舒适性能。

4 机电系统协同优化设计策略

4.1 暖通空调系统节能配置与分区控制

设计院建筑设计需以热负荷精细匹配为基础，对暖通空调系统进行分级配置与分区控制优化，形成高效响应的运行体系。系统设计应依据空间功能、使用时间及负荷特征进行区域划分，通过独立控制单元实现按需供冷供热，避免整体系统高负荷运行带来的能源浪费。冷热源设备选型需结合实际负荷曲线进行容量校核，采用高效机组与变频调节技术，提升部分负荷工况下的运行效率。控制系统需引入智能调节策略，对室内外环境参数进行实时监测与反馈调节，提升系统运行的动态适应能力。同时，为降低冬季新风加热能耗，热回收装置在新风系统中的集成应用，可有效回收排风中的热量用于预热新风，显著降低冬季新风加热能耗。暖通系统与建筑本体节能措施之间形成协同关系，可在降低能耗的同时提升室内热环境品质。

4.2 给排水与电气系统节能技术整合

设计院建筑设计需推动给排水与电气系统在节能技术层面的协同整合，通过系统优化实现资源利用效率的整体提升。给排水系统设计应强化分区供水与压力控制策略，结合变频调速设备降低输送能耗，同时通过中水回用与雨水利用技术减少新水消耗，在采取防冻胀构造措施的前提下，结合海绵城市建设理念，设置透水铺装、雨水花园、下凹式绿地等源头减排设施，对屋面及场地雨水进行滞蓄、净化和利用，补充景观用水与绿化灌溉用水，形成循环利用体系[4]。管网布置需减少不必要的阻力损失，提升系统运行稳定性。电气系统在照明与动力设计中应引入高效光源与分区控制策略，通过智能照明控制实现按需开启与调光调节，降低无效能耗。动力系统需优化配电结构与负荷分配，提高设备运行效率。水系统与电气系统之间应通过监测与控制平台实现数据联动，形成统一的能耗管理界面，为节能运行提供技术支撑。

4.3 建筑能源系统与设备运行协同设计

设计院建筑设计需构建以能源系统为核心的综合协同机

制，将暖通、电气及给排水等系统纳入统一的运行框架，实现多系统之间的协调控制。能源系统设计应结合建筑负荷特征，合理配置热源与可再生能源利用方式，通过多能源耦合提升能源利用效率。在严寒地区，宜充分利用太阳能光伏发电为建筑提供清洁电力，用于照明及动力设备运行；同时可结合太阳能热水系统辅助供暖或制备生活热水，降低对传统化石能源的依赖。设备运行需依托智能控制平台，对各类机电设备进行集中监测与分级调度，根据实际负荷变化动态调整运行状态。系统间数据共享机制的建立，可实现能耗信息的实时分析与优化决策，提高整体运行效率。机电系统在统一能源策略指导下形成稳定高效的运行体系，为公共建筑绿色改造提供持续支撑。



图 2 建筑能源系统协同运行示意图

5 改造实施后的建筑性能提升分析

5.1 建筑整体能耗控制水平变化

设计院通过围护结构优化与机电系统协同改造，使建筑能耗由粗放供能转向精细调控。围护体系传热损失显著降低，热负荷有效压缩，暖通系统运行趋于平稳，严寒地区冬季高供暖能耗大幅削减，全年累计耗热量指标明显下降。电气系统经分区控制与高效设备应用，照明及动力用电强度降低，能耗分布更均衡。给排水系统在节能调控与循环利用技术下，水资源消耗与输送能耗同步减少。太阳能光伏系统优化了用能结构，可再生能源替代率稳步提升。能源管理平台实现能耗数据实时采集、分项计量与动态调节，提升能源使用透明度与控制精度，整体能耗控制呈现稳定、可控、结构优化的特征。

5.2 室内热环境与舒适度改善情况

设计院建筑设计在节能改造过程中强化建筑本体与机电系统的协同作用，使室内热环境指标得到系统性优化。围护结构保温性能提升后，内表面温度分布更加均匀，冷热辐射不均现象显著减弱，严寒地区冬季室内墙体内表面结露、发霉问题得到根本解决[5]。暖通系统通过分区控制与末端调节，实现温湿度参数的稳定维持，避免局部过冷或过热问题。新风系统热回收装置的有效运行，保证了室内空气品质的同时显著降低了新风负荷。电气系统在照明品质与控制策略优化后，光环境稳定性增强，与热环境形成协同改善效果。整体空间环境在温度、湿度与空气品质等方面保持协调状态，满足公共建筑高品质使用需求。

5.3 运行效率与设备能效提升效果

设计院建筑设计通过设备更新与系统整合，使机电系统运行效率与能效水平得到全面提升。暖通设备在高效机组与变频控制技术作用下，运行效率在不同负荷工况下均保持较高水平，减少能源浪费。电气系统通过优化配电结构与智能控制手段，提高用电效率与响应能力。给排水系统在压力调节与设备节能控制下，实现稳定输送与低能耗运行。太阳能热水与光伏系统的投用，在降低常规能源消耗的同时提高了整个能源系统的清洁化程度。能源系统在集中管理平台支持下，对各类设备运行状态进行实时监测与调度，提升系统整体协同能力。运维管理模式向数据驱动转变，设备运行更加稳定可靠，能效水平持续保持在优化状态。

6 结语

绿色建筑技术融入公共建筑改造体系后，围护结构性能与机电系统效率得到系统提升，空间环境品质与能耗控制能力实现协同优化。针对严寒地区气候特征所采取的强化保温、冬季得热、防冻控制及可再生能源利用等专项措施，有效解决了该气候区建筑能耗突出难题。建筑本体与水、电、暖及能源系统形成稳定联动关系，运行管理精度不断提高，整体性能向高效、低耗与可持续方向持续推进。

参考文献：

[1] 郑亚轩.绿色建筑技术在公共建筑节能改造中的综合应用研究[J].中华民居,2025,18(11):14-16.

[2] 夏诗彤.基于公共建筑改造的绿色节能技术应用分析[J].智能建筑与智慧城市,2025,(8):128-130.

[3] 吴荻.绿色建筑技术在既有建筑改造中的应用研究[J].新城建科技,2025,34(2):67-69.

[4] 李健开.绿色建筑技术在公共建筑改造中的应用研究[J].节能,2024,43(11):72-74.

[5] 石栋.绿色建筑理念在公共建筑改造中的融入[J].工程抗震与加固改造,2023,45(3):190.