

基于节能理念的建筑机电系统设计与优化

熊辉

广州市九龙湖生态旅游开发有限公司，广东省广州市，510000；

摘要：随着全球能源危机的加剧和环保意识的提升，建筑节能已成为可持续发展的重要议题。建筑机电系统作为建筑能耗的主要组成部分，其节能设计与优化对降低建筑整体能耗具有关键作用。本文围绕节能理念，深入探讨建筑机电系统的设计与优化策略。首先分析了建筑机电系统的能耗现状及节能潜力，随后分别从空调通风系统、给排水系统、电气系统三个核心子系统入手，详细阐述了各系统的节能设计要点，包括设备选型、系统布局、控制方式等。同时，介绍了 BIM 技术、智能控制系统等在机电系统节能优化中的应用，通过实际案例验证了节能设计与优化方案的有效性。研究表明，科学合理的建筑机电系统设计与优化可降低 20%~30% 的能耗，为建筑领域的节能降耗提供了切实可行的路径。

关键词：节能理念；建筑机电系统；设计优化；空调系统；智能控制

DOI：10.69979/3029-2727.25.10.033

引言

建筑行业作为能源消耗的重点领域，其总能耗占社会总能耗的 30% 以上，而建筑机电系统（包括空调、给排水、电气等）的能耗又占建筑总能耗的 60%~70%，是建筑节能的核心突破口。在“双碳”目标的背景下，传统高能耗的建筑机电系统设计已无法满足时代需求，亟须以节能理念为指导，对系统进行全面的设计与优化。当前，我国建筑机电系统在运行中存在诸多能耗问题：空调系统负荷计算不准确导致设备选型过大，造成“大马拉小车”现象；给排水系统管道布局不合理增加水头损失；电气系统供配电方案设计粗放，变压器负载率偏低等。这些问题不仅加剧了能源浪费，还提高了建筑的运营成本。因此，基于节能理念的建筑机电系统设计与优化，不仅能降低能源消耗，还能提升建筑的舒适度和运行效率，具有重要的经济和环境效益。本文结合国内外先进的节能技术和设计经验，从系统设计的各个环节入手，提出针对性的节能策略，并探讨智能化技术在系统优化中的应用，为建筑机电系统的节能改造和新建项目提供参考。

1 建筑机电系统能耗现状及节能潜力

1.1 能耗现状

我国建筑机电系统的能耗结构呈现出明显的不平衡性。其中，空调通风系统能耗占比最高，约为 50%，主要用于维持室内温湿度环境；给排水系统能耗占比约

10%，主要消耗在水泵运行环节；电气系统能耗占比约 40%，包括照明、电梯、动力设备等用电。从运行效率来看，多数建筑机电系统存在“高能耗、低效率”的问题。例如，部分大型商场的空调系统 COP（能效比）仅为 2.5~3.0，远低于国际先进水平的 4.0 以上；住宅小区的供水泵组运行效率普遍低于 60%；办公楼的变压器负载率常处于 30%~50% 的低效区间。这些数据表明，建筑机电系统的节能潜力巨大^[1]。

1.2 节能潜力

通过科学的设计与优化，建筑机电系统的节能潜力主要体现在三个方面：一是设备能效提升，采用高能效比的设备可降低 10%~15% 的能耗；二是系统匹配优化，通过合理的负荷计算和系统布局，减少 15%~20% 的无效能耗；三是智能控制应用，实现系统的动态调节，可再降低 5%~10% 的能耗。综合来看，建筑机电系统的总节能潜力可达 20%~30%，节能空间显著。

2 各子系统节能设计要点

2.1 空调通风系统

2.1.1 负荷计算与设备选型

空调负荷计算是系统设计的基础，应采用动态负荷计算方法，综合考虑建筑朝向、围护结构传热系数、人员密度、设备散热等因素，避免因负荷估算过大导致设备选型冗余。例如，在办公建筑中，传统静态负荷计算常高于 10%~20%，而采用 DeST、EnergyPlus 等软件

进行动态计算，可精准匹配实际需求。设备选型应优先选用能效等级高的产品，空调冷水机组宜选用一级能效的变频螺杆机或磁悬浮离心机，其COP值可达到5.0以上；风机选用变频离心风机或轴流风机，比传统定频风机节能20%~30%。同时，根据负荷特性合理配置设备台数，采用“大小搭配”的组合方式，提高部分负荷下的运行效率^[2]。

2.1.2 系统布局优化

空调水系统采用闭式循环，减少管道阻力损失；采用同程式系统或平衡阀调节，确保各环路水力平衡，避免水力失调导致的能源浪费。风管设计中，尽量缩短风管长度，减少弯头、三通等局部阻力部件，风速控制在8~12m/s范围内，降低风机电耗。

对于大型建筑，采用分区空调系统，按不同功能区域（如办公区、商业区、会议室）的负荷特性分别设计，实现独立调节。例如，会议室人流量波动大，采用变风量空调系统（VAV），可根据人员数量动态调节送风量，节能率达15%以上^[3]。

2.1.3 节能控制策略

采用楼宇自控系统（BAS）对空调系统进行智能控制，根据室外温湿度、室内负荷变化自动调节冷水机组出水温度、风机转速、水泵频率等参数。例如，当室外温度降低时，自动提高冷水机组出水温度，减少压缩机运行时间；采用焓值控制新风量，在过渡季节充分利用室外新风降温，减少机械制冷时间。此外，设置空调系统的分区温度控制，办公区夏季温度设定为26℃，冬季设定为20℃，既满足舒适度要求，又能降低能耗。数据显示，夏季温度每提高1℃，空调能耗可降低6%~8%。

2.2 给排水系统

2.2.1 供水方式优化

住宅小区采用分区供水方式，根据建筑高度分为低区、中区、高区，低区利用市政管网直接供水，中高区采用变频调速水泵供水，避免传统水箱供水造成的二次污染和能耗损失。变频水泵可根据用水量自动调节转速，在部分负荷下能耗仅为定速水泵的30%~50%。商业建筑采用叠压供水设备，直接利用市政管网的余压供水，无需建造水箱，节能率可达15%~20%。同时，合理设计管网压力，控制最不利点的水头损失在15m以内，减少管道扬程损失^[4]。

2.2.2 节水与节能结合

选用节水型卫生器具，如低流量坐便器（用水量≤6L/次）、节水型淋浴喷头（流量≤6L/min），减少总用水量，从而降低水泵运行能耗。在热水系统中，采用太阳能辅助加热，可满足50%~70%的热水需求，降低燃气或电加热的能耗。管道保温采用高密度聚氨酯保温材料，厚度不小于30mm，减少热水系统的散热损失；冷水管在夏季采取防结露措施，避免冷量损失。数据表明，良好的保温措施可使管道热损失降低80%以上。

2.3 电气系统

2.3.1 供配电系统设计

变压器选用节能型干式变压器（如SCB14系列），其空载损耗比传统型号降低20%，负载损耗降低15%；根据负荷特性合理选择变压器容量，使负载率保持在60%~80%的高效区间，避免“大马拉小车”。对于大型建筑，采用多台变压器并联运行，根据负荷变化自动投切，提高运行效率。低压配电系统采用放射式与树干式相结合的接线方式，缩短配电线路长度，降低线路损耗。线路导线截面选择时，在满足载流量的前提下，适当增大截面以减少电阻损耗，例如将普通10mm²导线换为16mm²，线路损耗可降低37.5%。

2.3.2 照明与动力系统节能

照明系统采用LED光源，其光效可达100~150lm/W，是传统白炽灯的5~8倍，寿命长达5万小时以上；结合智能照明控制，在走廊、楼梯间采用声光控开关，在办公室采用日光感应开关，实现“人来灯亮，人走灯灭”，节能率达30%~40%。动力设备（如电梯、风机、水泵）采用变频调速技术，根据实际负载调节转速。例如，电梯采用永磁同步无齿轮曳引机，比传统异步曳引机节能30%；风机、水泵变频改造后，平均节能率可达25%~35%。

3 节能优化技术与应用

3.1 BIM技术在设计阶段的应用

BIM（建筑信息模型）技术通过三维建模整合建筑机电系统的设计信息，可在设计阶段进行碰撞检测，避免管道、设备之间的空间冲突，减少施工阶段的返工和材料浪费。同时，利用BIM软件的能耗模拟功能，对不同设计方案进行能耗对比分析，优化系统参数。例如，在某商业综合体项目中，通过BIM技术优化空调风管

布局，减少了 15% 的风管长度，降低风机能耗 8%。

3.2 智能控制系统的应用

智能控制系统通过传感器实时采集室内温湿度、光照强度、设备运行参数等数据，经中央控制器分析后，自动调节设备运行状态。例如，空调系统根据室内温度与设定值的偏差，调节冷水机组的运行台数和水泵频率；给排水系统根据管网压力变化，调整水泵转速；电气系统通过智能电表监测各区域能耗，实现负荷的动态分配。

某办公楼采用智能控制系统后，空调系统能耗降低 22%，照明系统能耗降低 35%，整体机电系统能耗降低 25%，投资回收期约 3 年。

3.3 可再生能源的集成

在建筑机电系统中集成太阳能、地热能等可再生能源，可减少对传统能源的依赖。太阳能光伏系统可为电气系统提供部分电力，在光照充足地区，光伏板发电量可满足建筑 10%~20% 的用电需求；地源热泵系统利用土壤的恒温特性，夏季制冷能效比可达 4.0~5.0，冬季制热能效比可达 3.5~4.5，比传统空调系统节能 30%~40%。

某绿色建筑项目采用地源热泵 + 太阳能光伏的复合能源系统，机电系统能耗降低 40%，每年减少二氧化碳排放约 500 吨，取得了显著的节能和环保效益^[5]。

4 案例分析

4.1 某绿色办公建筑机电系统节能设计

某办公建筑总建筑面积 2.5 万 m²，地上 15 层，地下 2 层。在机电系统设计中，采用了多项节能技术：空调系统选用磁悬浮冷水机组 (COP=6.2)，配合变风量末端和智能控制系统；给排水系统采用分区变频供水和太阳能热水系统；电气系统采用 LED 照明、节能变压器和变频动力设备。项目运行数据显示，该建筑机电系统的年能耗为 85kWh/m²，较同类传统建筑 (120kWh/m²) 降低 29.2%，每年节约电费约 80 万元，投资回收期约 4 年。

4.2 某住宅小区机电系统节能改造

某小区建成于 2010 年，原有机电系统存在设备老

化、能耗偏高的问题。改造内容包括：将传统空调机组更换为变频多联机（能效等级一级）；给排水系统水泵改为变频调速泵；照明系统全部更换为 LED 灯具，并加装智能控制开关。改造后，小区机电系统能耗降低 31%，居民平均电费支出减少 28%，改造投资在 3 年内收回，取得了良好的经济和社会效益。

5 结束语

基于节能理念的建筑机电系统设计与优化，是降低建筑能耗、实现可持续发展的关键举措。通过合理的负荷计算、高效的设备选型、优化的系统布局和智能的控制方式，可显著提升机电系统的能源利用效率。本文提出的节能设计要点和优化策略，在实际案例中得到了验证，具有较强的可操作性。未来，随着物联网、人工智能等技术的发展，建筑机电系统将向“智慧化、一体化”方向发展。通过构建数字孪生模型，实现系统全生命周期的能耗监测与优化；利用 AI 算法预测负荷变化，提前调整设备运行状态，进一步挖掘节能潜力。同时，可再生能源的高比例集成和储能技术的应用，将使建筑机电系统逐步迈向“零能耗”目标，为建筑行业的绿色转型提供有力支撑。

参考文献

- [1] 洪延梓. 关于建筑暖通机电安装在新型节能设计理念中的应用与体现 [J]. 广东建材, 2024, 40(02): 71-73.
- [2] 王尉. 绿色节能理念建筑设计探讨 [J]. 建筑技术开发, 2019, 46(19): 13-14.
- [3] 耿辉. 基于绿色建筑理念的照明节能设计方法与实践分析 [J]. 灯与照明, 2025, 49(03): 44-46.
- [4] 耿辉. 基于绿色建筑理念的照明节能设计方法与实践分析 [J]. 灯与照明, 2025, 49(03): 44-46.
- [5] 余呈鹏. 探究绿色理念在建筑暖通空调系统节能设计中的应用 [J]. 中华建设, 2024, (10): 106-108.

作者简介：熊辉（1978.09-），男，汉，湖北省荆州市，本科，中级工程师，研究方向：机电。