

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均衡性。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,降低风机能耗。

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;冷水管道的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,可减少了对传统能源的依赖。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 and 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. 绿色节能理念建筑结构设计探讨[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。