

建筑能耗监测与数据分析在节能管理中的应用研究

张永寿

青海省建筑建材科学研究院有限责任公司 青海 西宁 810008

摘要：随着全球能源危机和环境问题的日益严峻，建筑能耗作为能源消耗的主要领域之一，其节能管理显得尤为重要。本文旨在探讨建筑能耗监测与数据分析在节能管理中的应用，通过系统分析能耗监测技术、数据分析方法及其在节能管理中的作用，提出有效的节能管理策略。以期为建筑节能提供理论支持和实践指导。

关键词：建筑能耗；监测；数据分析；节能管理

引言

随着经济的快速发展和城市化进程的加快，建筑能耗在我国能源消耗总量中占据约30%的比例，成为能源消费的重要组成部分。为实现可持续发展目标，国家提出了建设资源节约型和环境友好型社会的战略。在这一背景下，建筑能耗监测与数据分析技术作为节能管理的重要手段，日益受到重视。本文将从能耗监测技术、数据分析方法及其在节能管理中的应用等方面进行深入探讨。

1 建筑能耗监测技术

1.1 监测系统的组成

建筑能耗监测系统，作为现代信息技术与建筑节能管理的完美结合，其构成主要涵盖数据采集模块、通讯传输模块以及数据处理与分析平台三大部分，每一部分都扮演着不可或缺的角色。

数据采集模块：通过布置在建筑各处的传感器和仪表，如智能电表、水表、气表以及温度、湿度、光照等环境传感器，实时捕捉并记录建筑内部各种能源的使用情况。这些传感器和仪表不仅精度高，而且能够适应多种环境，确保数据的准确性和完整性^[1]。此外，数据采集模块还具备数据预处理功能，能够对原始数据进行初步筛选和校验，减少数据传输过程中的误差。

通讯传输模块：作为连接数据采集与数据分析的“神经”，通讯传输模块利用现代无线通信技术，如4G/5G、Wi-Fi、LoRa等，实现数据的远程、高效、安全传输。这一模块的设计考虑了网络的稳定性、数据的加密传输以及设备的低功耗运行，确保数据在传输过程中既快速又安全。在特殊情况下，如网络不稳定或设备故障，通讯传输模块还能自动切换至备用通道或启动故障恢复机制，保证数据传输的连续性。

数据处理与分析平台：通过先进的算法和模型进行深度分析和挖掘。平台能够实时展示能耗数据，生成详细的报表和图表，帮助管理者直观了解建筑能耗的分

布、趋势和异常情况。更重要的是，平台还能根据历史数据和预测模型，为建筑提供个性化的节能建议和优化方案，如调整设备运行策略、优化能源配置等。

1.2 监测技术的优势

相较于传统的人工抄表和统计方式，建筑能耗监测系统展现出以下显著优势：一是实时监测与即时反馈：监测系统能够24小时不间断地监控建筑能耗，一旦发现异常或超标情况，立即通过短信、邮件或APP推送等方式通知管理者，便于及时采取措施进行调整。二是数据准确性与完整性：借助高精度的传感器和仪表，以及先进的数据处理技术，监测系统能够确保数据的准确性和完整性，为节能管理提供可靠的基础。三是自动化控制与智能化管理：监测系统不仅能够实时监测能耗，还能与建筑的自动化控制系统集成，根据预设的规则和算法自动调整设备运行状态，如根据室内外温差自动调节空调温度、根据光照强度自动调节照明亮度等，实现能耗的智能化管理。四是远程监控与集中管理：通过通讯传输模块，管理者可以随时随地远程监控建筑的能耗情况，无需亲临现场即可掌握全局。同时，对于多个建筑或区域，还可以建立集中的能耗管理平台，实现统一管理和优化。

2 数据分析方法在节能管理中的应用

2.1 数据分类与汇总

2.1.1 数据分类

一方面可以将能耗数据按照能源类型细分为电力、燃气、水等，每种能源类型下还可以进一步细分，如电力可细分为照明用电、空调用电、动力用电等。这样的分类有助于管理者了解各种能源的消耗比例，识别主要能耗来源。除了能源类型，还可以按照设备类型进行分类，如照明设备、空调设备、电梯设备等。通过对每种设备的能耗数据进行分析，可以评估设备的能效水平，识别出能效较低的设备，为后续的节能改造提供依据。

2.1.2 数据汇总

一是时间维度汇总：将能耗数据按照时间维度进行汇总，如日、周、月、年等，以便观察能耗随时间的变化趋势。这种汇总方式有助于管理者了解能耗的周期性变化，为制定能源使用计划提供参考。二是空间维度汇总：将能耗数据按照空间维度进行汇总，如楼层、区域、房间等，以便了解不同空间位置的能耗情况。这种汇总方式有助于管理者识别出能耗较高的区域，为后续的节能改造提供方向。

2.2 数据分析方法

2.2.1 趋势分析

趋势分析是节能管理中一种重要的数据分析方法，它通过对比不同时间段的能耗数据，揭示建筑能耗的变化规律和趋势。这种分析不仅有助于管理者了解建筑能耗的季节性变化，还能为制定合理的能源使用计划提供科学依据^[2]。具体来说，趋势分析可以包括以下几个方面：（1）季节性趋势分析：通过对比不同季节（如春季、夏季、秋季、冬季）的能耗数据，可以清晰地看到建筑能耗的季节性变化规律。例如，夏季由于空调使用增加，电力消耗可能会显著上升；而冬季由于供暖需求增加，燃气消耗可能会相应增加。季节性趋势分析有助于管理者预测未来不同季节的能耗需求，从而提前调整能源供应策略，确保能源的稳定供应，并降低能耗成本。（2）月度/周度趋势分析：通过对比每个月或每周的能耗数据，可以进一步细化能耗趋势的分析。这种分析有助于管理者了解能耗的周期性变化，如工作日与周

末、月初与月末的能耗差异。月度/周度趋势分析可以为管理者提供更为精确的能耗预测，有助于制定更为细致的能源使用计划。（3）年度趋势分析：通过对比不同年份的能耗数据，可以观察建筑能耗的长期变化趋势。这种分析有助于管理者评估节能措施的效果，以及建筑能耗是否得到有效控制。年度趋势分析还可以为管理者提供未来能耗增长的预警，从而及时采取措施应对可能的能耗峰值。

2.2.2 精细化分析

精细化分析要求对建筑内部各个区域的能耗进行细致入微的剖析。通过这种方法，可以精确识别出能耗较高的具体区域和设备，从而为后续的节能改造提供有针对性的指导。精细化分析通常包括以下几个步骤：（1）区域划分：首先，将建筑内部划分为多个区域，如办公区、生产区、仓储区等。每个区域都有其特定的能耗模式和特点。（2）数据采集：针对每个区域，收集详细的能耗数据，包括电力、燃气、水等各种能源的消耗情况。这些数据可以通过智能电表、传感器等设备实时采集。（3）数据分析：对采集到的数据进行深入分析，计算每个区域的能耗密度、能耗占比等指标，以识别出能耗较高的区域。同时，对区域内的设备进行能耗评估，找出能效较低的设备。（4）制定节能措施：根据分析结果，制定针对性的节能措施，如优化建筑设计、更换节能设备、调整设备运行参数等。为了更好地说明精细化分析的应用，以下是一个简单的数据表示例，展示了某建筑内部不同区域的能耗数据（表1）：

表1 某建筑内部不同区域能耗数据

区域	能耗类型	总能耗 (单位: kWh)	能耗密度 (单位: kWh/m ²)	主要能耗设备
办公区	电力	80,000	200	照明、空调、电脑
生产区	电力+燃气	150,000	375	生产设备、空调
仓储区	电力	50,000	125	照明、叉车充电
公共区域	电力	30,000	75	照明、电梯

从上述数据表中，可以观察到以下几点：生产区的总能耗最高，主要是由于生产设备的大量使用以及空调系统的运行。办公区和仓储区的能耗相对较低，但仍然有一定节能潜力。生产区的能耗密度最高，说明该区域的能耗强度较大。这可能是由于生产设备密集、工艺流程复杂等因素导致的。在各个区域中，照明、空调和生产设备是主要的能耗来源。特别是生产区的生产设备，其能耗占比可能高达总能耗的60%以上。

2.2.3 异常检测

异常能耗往往意味着设备性能下降、维护不足或操

作失误，如果不及及时发现并处理，不仅会导致能源浪费，还可能影响生产效率和设备寿命。

（1）异常检测的技术原理

数据收集与处理：首先，需要收集全面的能耗数据，包括电量、水量、气量等各类能源的消耗数据。数据收集过程中应确保数据的准确性、完整性和实时性。随后，对收集到的数据进行预处理，包括数据清洗（去除噪声、异常值和缺失值）、数据转换（归一化、标准化）等步骤，以便后续分析。

异常检测算法异常检测算法可以分为统计方法和机

器学习方法两大类。一是统计方法：基于历史数据，假设正常数据符合特定的统计分布（如正态分布），而异常值则偏离该分布。常用的统计量包括Z-score、离群点检测等。通过计算数据点与分布的偏差来识别异常值。二是机器学习方法：利用数据中的模式来训练模型，该模型可以识别异常值。常见的机器学习方法包括孤立森林、支持向量机（SVM）等。这些方法无需明确的统计假设，能够自动从数据中学习异常模式。

（2）阈值设定与异常判断

在确定了异常检测算法后，需要设定合适的阈值来判断数据点是否为异常值。阈值可以根据历史数据分布、业务规则或专家经验来设定^[3]。一旦数据点超过阈值，即可判断为异常并触发警报。

3 基于建筑能耗监测与数据分析的节能管理策略

3.1 优化设备运行策略

在建筑能耗中，设备运行占据了相当大的比例，因此，通过数据分析来优化设备运行策略是节能管理的首要任务。这包括对照明、空调、供暖、通风及电梯等关键系统的精细化管理。利用光感应器和时间控制器自动调节照明亮度，根据室内自然光照强度和人流量动态调整，避免过度照明。同时，采用LED等高效光源替换传统灯具，进一步降低能耗。基于室内外温湿度、人员活动情况等数据，通过智能算法自动调节空调温度、风速和运行模式，实现按需供冷/暖，避免能源浪费。在过渡季节，充分利用自然通风和遮阳措施，减少空调使用。对于采用集中供暖的建筑，通过数据分析优化供暖时间和温度设定，避免过度加热。在条件允许的情况下，探索地源热泵、太阳能集热等可再生能源供暖方式。根据室内空气质量监测结果，智能调节新风量，确保室内空气清新同时减少不必要的能耗。通过数据分析优化电梯调度策略，如高峰时段增加运行频次，低峰时段采用节能模式运行，减少空载运行时间。

3.2 推广节能技术

在建筑设计和改造过程中，积极采用先进的节能技术是降低建筑能耗的根本途径。除了LED灯具外，还应考虑智能照明控制系统，如通过传感器和无线通信技术实现远程控制和自动调节，进一步提升照明效率。在建筑围护结构中应用高性能绝热材料，如保温墙板、隔热玻璃等，有效减少热量传递，降低空调和供暖能耗。此

外可以集成建筑自动化系统（BAS），实现对建筑内各系统的集中监控和管理，通过数据分析优化系统运行策略，提高整体能效。再者，在建筑设计中融入太阳能光伏板、风力发电装置等可再生能源设施，为建筑提供清洁、可持续的能源供应。

3.3 加强能耗监测与评估

首先，要在建筑内部署一套完善的能耗监测网络。这包括安装智能电表、水表、气表等监测设备，它们能够实时监测并记录建筑内各个系统的能耗数据。这些数据的收集是后续分析的基础，也是发现能耗异常、挖掘节能潜力的关键。其次，构建能耗数据分析平台是至关重要的。这个平台应该能够整合从监测网络中收集到的数据，并运用大数据和人工智能技术进行分析。通过深入的数据挖掘，可以识别出能耗模式、异常点以及潜在的节能机会，为制定节能策略提供科学依据。定期评估是监测与评估体系中的重要环节。通过定期对建筑能耗进行评估，包括能效比、碳排放量等指标，并与行业标准或基准值进行对比，可以明确建筑的节能潜力和改进方向。这有助于制定更具针对性的节能措施，提高节能效果。为了确保节能管理的持续改进，需要建立一套有效的改进机制。基于评估结果，应制定具体的节能改进措施，如调整设备运行策略、升级节能技术、开展员工培训等。

结语

本文系统探讨了建筑能耗监测与数据分析在节能管理中的应用，提出了有效的节能管理策略。随着科技的不断进步和应用的不断推广，建筑能耗监测与数据分析技术将在建筑节能领域发挥更加重要的作用。未来，应进一步加强技术研发和应用推广，完善相关政策和标准，推动建筑能耗管理的智能化和自动化发展，为实现可持续发展目标贡献力量。

参考文献

- [1] 赖振彬,李洋,杨垣,等.基于分项监测能耗的建筑节能潜力分析[J].绿色建筑,2024,(05):105-109.
- [2] 王乐,罗婧维.基于建筑能耗监测管理的楼宇智能化分析[J].建筑与预算,2024,(04):55-57.
- [3] 王彪.建筑能耗监测对既有建筑节能的研究[J].四川建材,2024,50(01):5-7.