

# 高校低碳校园建设中的大数据应用与能效提升研究

文 | 刘婧倩 王欣悦

实现碳达峰与碳中和这一战略目标，对高等院校节能减碳工作提出更严格标准。因为高校属于主要能源消耗单位之一，其用能管理精细化水平直接关系低碳校园建设成效。凭借大数据技术的不断发展，高校可实现能耗数据全面采集、智能分析及系统优化，这为低碳校园建设开辟了数据驱动的新模式。



(配图由 AI 生成)

## 高校能耗数据的采集与监测体系构建

### 多源异构能耗数据的采集框架

高等院校的能源消耗涉及电力、热能、燃气和用水等多维度，各类能源数据在存储格式、更新周期和产生渠道上差异显著，呈现出典型的多源异构数据特征。数据采集系统要兼容智能电表、热量计、流量计以及楼宇自动化系统（BAS）等多元终端设备，依靠物联网通信技术，将分散节点信息整合到统一的数据中台。在采集精度方面，电力数据能够做到 15 分钟级的细分计量，供暖及冷热源数据按照小时进行采集，构建起分层级的差异化采集架构。针对既有建筑里计量设备型号不同、通信协议不兼容等实际痛点，可通过部署协议转换网关来实现设备适配，保障多源异构数据的无缝接入，为后续的深度分析提供完整的数据支撑。

### 实时监测平台的技术架构与部署

实时监测平台的主要功能是完成能耗数据采集运算和直观呈现，其技术框架大多采用“边缘采集、网络传输、云端分析”三段式设计。边缘采集模块安装在各个建筑内部进行本地数据初步加工与精简工作；网络传输环节通过校园专用网络或者 5G 移动通信技术来保障信息传递及时性与可靠性；云端分析环节依靠云平台或者本地服务器资源池，利用流式计算框架完成数据秒级入库和动态分析。在应用界面系统借助数字看板与网页管理工具，以热力分布图等多种方式清晰展示不同楼宇及区域用能情况，帮助管理人员实时获取整体能耗状况，此方案拥有良好实施条件及扩展潜力。

## 数据质量管控与标准化处理机制

数据质量好坏直接影响分析结论的可靠性程度。在数据清洗工作中，要处理传感器故障、网络中断等问题，避免由此产生数据缺失、异常跳变或重复记录，为此我们建立基于统计阈值与时序特征的自动识别规则，识别出问题数据后对其进行标记、插值或删除操作。在标准化方面，不同建筑、不同能源介质的计量单位需要统一换算为标准煤当量或千瓦时等，此外，还要按建筑面积进行归一化处理以消除规模差异、避免干扰横向比较。在数据治理工作方面，依托能记录数据来源、采集时间、设备编号等信息的元数据管理系统，以此形成可追溯的数据血缘链条，保障数据在分析、核查与报告各环节中保持一致性与权威性。

## 大数据分析驱动的高校能效优化

### 能耗模式识别与异常检测模型

高校建筑能耗会受到多种不同因素的影响，像教学周期、气候条件以及人员密度等情况，这就使得其能耗数据呈现出明显的时序规律和周期波动特点。借助历史能耗时间序列方面的数据，我们能够运用 K-means 聚类算法，该算法可以对不同建筑类型的典型用能模式进行分类提取。举例来说，它能够识别出教学楼、宿舍楼、实验楼等建筑各自的基准负荷曲线，在异常检测这个领域中，孤立森林与长短期记忆网络（LSTM）等算法应用得十分广泛，这些算法主要用于识别能耗时序数据的偏差具体情况，它们能够有效捕捉多种不同

的异常状态，比如设备空载运行、非工作时段出现高能耗以及局部管网发生泄漏等。模式识别与异常检测这两种方法协同应用后，能耗管理的模式从过去的被动记录转变为现在的主动感知，这为后续的能效优化相关工作提供了精准且可靠的数据支撑。

#### 基于预测算法的能耗调度与峰谷管理

精确的负荷预测是精准调度实现的重要基础，能为校园配电系统的优化运行提供数据支撑。XGBoost、随机森林等集成学习方法依靠处理非线性特征的优势，在短期电力负荷预测中取得显著效果；而在具有明显时序特性的供热、空调负荷方面，基于 Transformer 架构的时序模型在捕捉长期依赖关系上更具优势。在峰谷管理工作中，借助电网分时电价机制，预测系统可预先安排高耗能设备的运行周期，把可调度负荷从高峰时段转移到低谷时段，以此节省电费并减轻电网的负荷。对于配备储能装置的高校而言，预测数据还能指导蓄电池充放电策略进行灵活调整，实现经济收益与节能效果的双重提升。

#### 能效评价与碳减排量化分析模型

能效评价体系合理性能决定低碳校园建设成效评估结果。在指标设计上要结合《高等学校节约型校园建设管理与技术导则》以及 ISO 50001 能源管理体系要求，去选取单位建筑面积能耗、生均能耗、可再生能源比例、碳排放强度等关键指标，以此构建多维度评价框架，并且采用熵权法或者层次分析法来确定各指标的权重分配。在碳排放计量方面要基于区域电网的碳排放因子，把各类能源消耗换算成碳排放当量，建立校园碳排放测算模型以实现从能源消耗到碳排放的完整数据链。通过横向分析同类院校的能效状况以及纵向追踪历史排放数据的变化，该评价体系能够准确识别高耗能环节，为节能改造优先级确定和减排目标分解提供科学依据。

### 高校低碳校园建设的系统集成与运营管理

#### 智慧楼宇与校园微网的协同管控

校园能源系统要实现低碳化发展得依靠智慧楼宇和校园微网协同管理，达成从局部节能到整体集成的转变。楼宇控制系统通过联动照明、暖通空调、电梯及热水等子系统，结合室内人员活动监测与外部气象信息，对设备运行状态进行智能调控并按实际需求供应能源。在校园微网层面，分布式光伏、储能装置和公共电网共同组成多元化供电网络，能量管理系统依据实时用电负荷预测和光伏发电情况，动态调整各类能源输出功率与储能充放电方案。智慧楼宇的动态负荷特性和微网的灵活供电能力相互配合，让校园能源系统具备削峰填谷与自调节能力，进而减少对外部电网依赖并降低整体碳排放。

#### 碳排放核算与可视化平台的开发应用

碳排放核算平台为高校推行精细化碳管理提供关键技术支撑。在核算范围界定方面，该平台依照 GHG 协议的范围一和范围二标准，把校内锅炉、食堂燃气等直接源排放，以及外购电力、热力带来的间接源排放整合进统一计量体系。在数据采集环节，平台和能耗监控系统实现无缝对接，实时抓取各类能源介质的使用数据，且依托持续更新的碳排放因子库自动完成换算，有效避免人工干预可能产生的数据偏差。在数据可视化方面平台以校园地图作背景，运用热力图技术直观展示各楼宇碳排放强度地域分布特征，还支持按院系、按建筑单体、按能源种类做多层级下钻分析，辅助管理人员快速定位高排放区域，以此增强碳管理决策响应速度与科学性。

#### 基于数据反馈的低碳运营持续优化策略

低碳校园要持续提升离不开数据反馈机制的高效运行。在运作方面，能源管理系统定期监测各建筑物能耗状况，对比实际数值和预期目标的差距，查找节能措施执行不力或设备效能下降的具体环节。在决策优化层面，平台收集的历史数据能持续完善预测模型，让调度方案依据季节变动、人员变动等外部条件灵活调整，以确保预测模型准确性和长期可靠性。在管理协作层面，系统把能效异常信息自动同步到后勤部门工单系统，直接生成设备维护指令。构建起“数据监测异常-工单推动修复-效果数据检验”管理闭环推动高校低碳运营，从临时性整改过渡到持续性精细化管理。

#### 结束语

大数据技术引入后，从根本上改变了高校能耗管理依赖人工经验的传统模式。通过构建多源能耗数据采集与实时监测体系来助力，部署能耗异常识别、预测调度及碳减排量化分析等模型，在智慧楼宇管控、碳排放可视化平台与数据反馈运营机制层面集成应用，让高校低碳校园建设形成从数据感知到智能决策再到持续优化的完整闭环。随着传感网络、边缘计算与智能算法的持续演进，数据驱动的能效管理体系将会在高校绿色发展发挥更为关键支撑作用。

作者简介：刘婧倩 王欣悦 西安财经大学