

基于数据挖掘和AI模型的基站降碳智慧平台

于英姿 张妍 顾鹏 叶平

中国电信股份有限公司北京分公司 北京 100032

摘要: 为探索形成无线通信基站能耗动态监测机制,进一步提升基站碳排放的精细化管理,本文创新提出基于数据挖掘和AI模型的基站降碳智慧平台建设方案,通过构建以“数据采集及治理——大数据算法——多维应用管理”为核心的三层架构体系,实现全网基站能耗、碳排放监测及时序预测管理;站址级能耗异常预警及优化;前置电费风险扫描等应用。对精细化基站碳排放管理,助力绿色发展具有重要意义。

关键词: 双碳;基站;能耗监测;AI模型

1 引言

2020年以来国家领导、中央经济工作会议及多个部委明确指出“做好碳达峰、碳中和工作”是未来工作重点任务之一。并向国际社会承诺2030年实现碳达峰,2060年实现碳中和,节能减排的任务极其艰巨。为贯彻落实《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》,按照《2030年前碳达峰行动方案》统一部署,国家发展改革委、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局联合研究制定了《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求 推动数据中心和5G等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》。方案明确,到2025年,数据中心、5G能耗动态监测机制基本形成,综合产出测算体系和统计方法基本健全;在数据中心、5G实现绿色高质量发展基础上,全面支撑各行业特别是传统高耗能行业的数字化转型升级,助力实现碳达峰总体目标,为实现碳中和奠定坚实基础^[1]。至此,通信基站能耗动态监测及数字化转型,被行业列入重要工作清单。

基站用电是基础运营商重要的用能单元^[2],以北京电信数据统计为例,总体能耗量的97%来自耗电量,其中总耗电量的36%来自无线通信基站耗电。根据相关权威机构发布的报告预测,到2026年,5G可能会使网络能耗增加150%~170%,其中增幅最大的包括宏基站。因此实时监测、合理管控基站用电将对运营商整体碳排放压降具有重要意义。

2 基站碳排放管理难点

由于基站地点分散、产权归属不同、电费收缴责任单位不同等原因,传统的基站能耗管理多为粗放式管理,难以应对当前高标准的能耗管理需求。主要体现在:

(1) 数据基础薄弱:传统基站的电量数据采集采用人工上站抄表方式,以电费缴纳的目的、频次进行能耗数据收集,历史数据难以获取且准确性、实时性差;且

各类能耗管理系统分散形成数据孤岛,例如运维系统储存电费缴纳电量数据、铁塔能耗系统统计分路计量电量数据、设备网管系统储存主设备能耗数据等,数据源多且不一致,无法有效联动形成有价值的数据分析结果;

(2) 问题点定位困难:由于基站数量大且地点分散,基础数据条目多,数据量庞大,纯靠人工无法进行深度分析,统计分析难度极大;同时基站构成复杂,不同类型基站所含设备的类型及数量完全不同,且不同基站设备功率随业务负荷实时变化,无法单纯依靠基站能耗总量判断是否存在异常,难以精准定位问题站址,采取有效行动;

(3) 碳排放前置管理难:当前已有的能耗管控手段均为结果式管控,仅可对实际发生的用能数据进行滞后统计,再采取相应节能措施,无法对未来时间进行合理预测,难以为前置决策提供参考。

3 基站降碳智慧平台建设方案

为解决基站能耗管理痛点,需通过“三步走”实现基站碳排放的精细化管理,即:

(1) “摸清家底”——对各类能耗数据进行采集、整理及分析;

(2) “找准问题”——充分识别异常能耗关键点及问题点;

(3) “主动出击”——变结果式管理为前置性管理,提前采取措施降低能源浪费。

为此,本文创新提出数字化解决方案,打造基站降碳智慧平台,应用大数据、AI算法,实现对基站碳排放数据的实时监测及管理,并通过充分的数据价值挖掘,实现能耗数据的时序预测及高功耗提前预警,为管理决策提供参考。本文构建以“数据采集及治理——大数据算法——多维应用管理”为核心的三层架构体系,并结合新兴的大数据、AI算法,实现“绿色管理指挥舱”、“预测预警仪”、“虚拟报账管家”三大功能模块(见图1)。

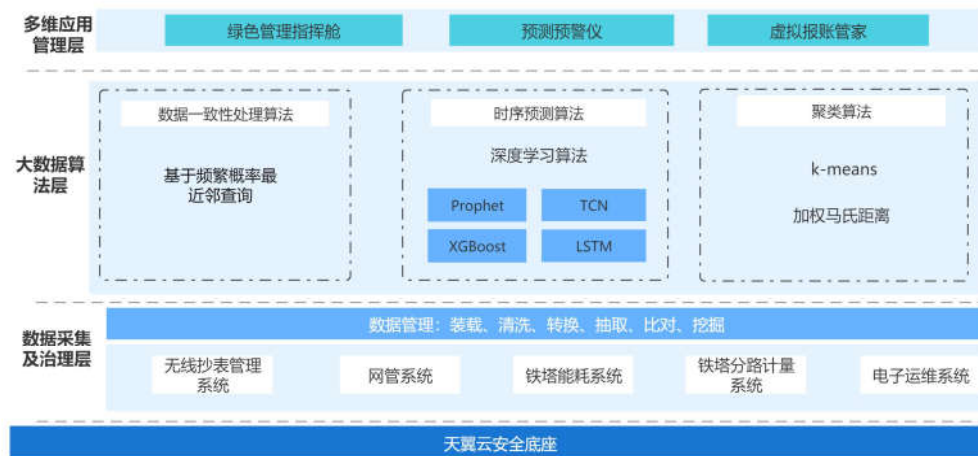


图1：系统架构图

3.1 数据采集及治理层

接入基站资源信息及能耗信息数据，来源包括：无线抄表管理系统，电信网管系统，电子运维系统，铁塔运维系统，铁塔能耗系统等外部系统，通过数据湖管理与分析、数据存储计算、数据管理运营等技术，对无效数据进行清洗过滤，完成数据融合相关工作。

3.2 大数据算法层

基于频繁概率最近邻查询的数据一致性处理算法^[3]，通过数据一致性规则发现、数据一致性评估问题的计算复杂性和评估、基于反馈的不一致数据修复问题计算复杂性和修复、不一致数据查询处理等技术，实现多种来源能耗数据的一致性处理。

基于深度学习的时序预测算法，用于开展各基站能耗总量的时序性预测。通过直接+递归策略的多步预测模式，构建不同形式的时间特征，并输入到深度学习算法中进行预测：

- 将基站能耗数据以分钟级、小时级、天级形成不同级别的时序数据；
- 结合节假日特征，使用LSTM/PaddleTS分别构建不同粒度的时序模型；
- 进行模型融合预测不同时间粒度的基站能耗，并实现能耗基准值模型。

相比传统时序预测算法具备更灵活的感受野，可根据不同任务场景进行定制化开发。基于Paddle Serving的快速部署，实现了模型快速的迭代优化，大幅缩减了算法类任务的开发周期。最终实现以分钟/小时/天等不同时间粒度的基站能耗量预测，并进行可视化实时展示。

基于加权马氏距离的 k-means 聚类算法，用于根据典型基站类型即设备配置对基站进行分类，并聚类分析形

成典型基站能耗模型^[4]。

3.3 多维应用管理层

通过大数据计算结果的场景化分析呈现，实现“绿色管理指挥舱”、“预测预警仪”、“虚拟报账管家”三大功能模块。

绿色管理指挥舱——将各公司、基站的位置、能耗和阈值等信息，基于可视化大屏实时汇聚轮动展示，并对异常值，异常时点进行标注，辅助运营人员及时了解能耗状态。通过各类能耗数据的收集、治理、分析，实现全网碳排放量实时监测及预测、预警信息的可视化呈现，帮助决策者掌握全网碳排放整体情况，辅助决策；并从不同设备类型（2、3/4/5G）、不同区域、不同站址维度进行基站能耗分析，同时电表日能耗叠加日平均温度曲线分析辅助分析决策（见图2）。



图2：日平均温度曲线

预测预警仪——通过预测不同基站类型的基站能耗值和趋势，结合阈值，预计超出阈值的站址即为问题站址，及时发出预警消息，提前分析处置；通过对典型基站能耗模型的聚类分析，分析呈现高能耗站址类型，提前采取止损措施（见图3）。

站址名称	消息标题	报警名称	A报警	报警时间	操作
1 高丽街	基站每日能耗异常报警	基站每日能耗	20%平均百分比偏差	2021-12-31 14:40	详情 报警
2 博泰国际大厦1	基站每日能耗异常报警	基站每日能耗	20%平均百分比偏差	2021-12-31 14:40	详情 报警
3 唐山丰润区天地广场1-10层	基站每日能耗异常报警	基站每日能耗	20%平均百分比偏差	2021-12-31 14:40	详情 报警
4 南庄北村开工地	基站每日能耗异常报警	基站每日能耗	20%平均百分比偏差	2021-12-31 14:40	详情 报警
5 北庄北村开工地	基站每日能耗异常报警	基站每日能耗	20%平均百分比偏差	2021-12-31 14:40	详情 报警

图3：基站类型的基站能耗值和趋势

虚拟报账管家——报账信息风险扫描与稽核。完善基站电费信息、规范电费管理，建立“一站多表”的对应关系并进行存储，在每一笔报账发生之前，一方面对电费数据进行稽核，包括时序性，连续性，能耗定额，分摊比例，历史账单波动等维度的，稽核出异常缴费情况并进行上报；另一方面将报账电费数据与系统电费数据进行能耗、PUE等数据计算差异，并对超出阈值的报账

行为及时发起告警提示。并通过GIS对基站位置及拉远关系实时呈现，辅助实操人员进行数据核实，规避电费保障数据误差。

除此之外，聚类分析出的典型基站能耗模型，还可用于新建站址规划阶段，分析测算碳排放量及相关成本支出，作为规划输入项，助力输出TCO最优的规划方案。（见图4）



图4：TCO最优的规划方案示意图

4 创新性分析

本文为解决基站碳排放管理数据基础薄弱、问题点定位困难、碳排放前置管理难等关键痛点，创新提出基于数据挖掘和AI模型的基站降碳智慧平台建设方案，采用新兴的大数据和AI算法，于国内率先实现无线通信基站碳排放管理的数字化、智能化、前置化，大大提升能耗管理的精细程度和敏捷性。

为实际解决基站能耗管理痛点，通过“三步走”（“摸清家底”——“找准问题”——“主动出击”）实现基站碳排放的精细化管理，并针对设置“绿色管理指挥舱”、“预测预警仪”、“虚拟报账管家”三大功能模块。通过基站碳排放量的预测预警及电费账单风险扫描，实现基站碳排放量及电费管理的前置化，便于及时定位能耗风险点，提前采取止损措施。

将多应用于电力、交通、气象等领域的基于深度学习的时序预测算法,创新应用于基站碳排放量的时序性预测。采用时域卷积网络,可有效减少RNN中梯度消失和梯度爆炸问题,并且时域卷积网络使用更低内存,可有效节约资源。同时,相比传统时序预测算法具备更灵活的感受野,可根据不同任务场景进行定制化开发。基于Paddle Serving的快速部署,保证了模型快速的迭代优化,大幅缩减了算法类任务的开发周期。

5 应用情况及价值分析

该项目解决了基础运营商5G无线网络运营中能耗管控的数据获取难、实时性难等难点,大大提升了无线网络精细化管理水平,降低了无线网络运行成本。本项目应用于北京电信无线通信基站中,自2021年4月起全面推广应用,经测算,协助降低碳排放约560.81吨,节省各项费用约880万元:

(1)通过远程抄表及数据回传综合展示等功能开发,实现基站级电表数据的实时监测,可覆盖北京全市基站,覆盖室内站、室外站和拉远站等多种站址,将一线维护人员从机械、重复性的抄电表的日常维护工作中释放出来,每年可节省维护成本295万元。同时,可以解决如遇疫情或重保期间无法上站抄表的问题,保证了电量统计的及时性与准确性。

(2)通过数据稽核及异常预警,可对基站日耗数据进行定期稽核。经测试,在4000块电表中发现2.5%的电

表存在停转、倒转、计数异常等问题,可在针对性及时更换故障电表,严防跑冒滴漏。推广至全网应用后,预计可节省电费成本约480万元。

(3)通过风险扫描功能对往年电费历史账单盘点,发现其中2%的单据存在人工误填或错填现象,在报账前通过系统数据对比,及时发现异常,可以及时解决该部分问题,避免缴费过后追溯纠纷的产生。

(4)本方案采用的碳排放监测采集、监测、预警技术,可推广应用至智慧灯杆、智慧园区、智慧校园等垂直行业,用于行业内离散能耗单元的监测与管理,产生对外赋能收益。例如本项目相关监测手段已推广应用于某高校的校园智慧化管理系统,用于各个楼宇的能源消耗状况的实时监测及AI智能自动调节系统结合,同时实时获取用电器运行状态,预防因设备故障带来的教学质量下降、灾害等问题。

参考文献

[1]薛静.通信基站的主要能耗及节能减排技术措施探讨[J].中国信息化,2022(09):63-64.

[2]李然.基于边缘计算的基站用电精准分路计量设计与实现[D].天津师范大学,2022.DOI:10.27363/d.cnki.gtsfu.2022.000905.

[3]范智勇,邝瑶,吴玲.基于大数据的运营商基站能耗稽核系统[J].通信与信息技术,2022(S2):14-17.