

# 基于物联网技术的电气施工设备智能监控系统设计

贾红波

青州市力王电力科技有限公司，山东省潍坊市青州市，262500；

**摘要：**基于物联网的电气施工设备智能监控以数据驱动的可视化与闭环管理为核心，通过感知节点、边缘单元与平台服务把机械、工器具与临时供配电纳入统一监测与调度。方案以标准化编码与模型词典作为数据底座，围绕设备定位、状态采集、健康评估、能耗管理与安全预警建立自治链路，使现场作业与管理决策在同一时空坐标上同步。系统强调轻量部署与可迁移设计，在工期与网络条件波动的情境下仍保持稳定运行，并以最小可用单元逐步扩展成面。文中提出分层架构、接口规则、数据治理与安全边界的系统方法，给出从方案到实施的可执行路径与校核要点，为多类型电气施工场景提供可复用的设计思路。

**关键词：**物联网；电气施工；智能监控；边缘计算；数据治理

DOI：10.69979/3060-8767.25.05.082

## 引言

电气施工设备数量多、移动频繁、作业环境复杂，传统管理依赖人工巡检与经验判断，信息滞后与责任不清常导致停工与返工。物联网技术把感知与通信嵌入设备与工位，让状态信息以连续流的方式汇聚到统一平台，从而支撑计划、调度与安全控制。要让监控系统在现场可靠落地，需要在架构层、数据层与组织层同时构建规则，并兼顾临时性、可搬移与低维护成本等特性。系统还必须适配多承包并行与工序交叉的组织形态，把设备与作业票据、人员与空间边界相互绑定，使信息能够与行动同步。本文围绕总体框架、关键技术与治理机制展开设计探讨，强调以最小闭环为起点，以滚动扩展与里程碑校核实现稳态运行，力求在不增加现场负担的前提下提升可见性与可控性。

## 1 物联网监控系统的总体框架设计

### 1.1 系统目标与边界定义

监控系统旨在以统一视角管理施工期的电气设备与相关工序，核心目标包括安全防护、状态可视、能耗管控与现场协同。边界划定以施工组织设计与临时用电方案为基线，覆盖发电机组、配电箱、卷扬与提升设备、焊接与切割设备以及关键工器具。系统把实体对象抽象为带位置与状态的数字条目，以编码规则关联设备、回路与责任区<sup>[1]</sup>。边界明确有助于控制复杂度，也便于在合同与验收中对照执行。对象模型区分长期资产与临时资产，前者沉淀台账与寿命数据，后者重视在场状态与故障记录。监控粒度根据风险与价值分级，重要回路记录电流与温升，一般设备记录开停与位移。为了适应多

承包协同，系统定义跨单位的接入口径与最小数据集，通过协议转换把不同厂商设备映射到统一词典。对临时变更设置登记与时限，避免长期悬而未决。

目标与边界需要在方案阶段确认并形成书面条目，包含对象清单、接入口径、数据保留周期与移交要求。对可移动对象设置电子围栏与入离场登记，对高风险作业设置强制在场与双人确认。对作业票据与断电挂牌建立数据联动，同步到看板与告警流程。边界之外的对象允许以观察模式接入，记录基础信息以备扩展。通过这样的分层管理，系统既能集中资源覆盖关键环节，又能保持扩展的通道，使不同体量的项目都能找到合适的切入点。体系建设配套实施评审与复盘，在每个里程碑结束后对边界控制与目标达成进行打分，并将差距转化为条目化改进。通过这种以目标为轴的管理，监控系统不再是孤立工具，而是贯穿计划到验收的共同语言。对外部协作单位提供只读门户与数据订阅，减少重复抄录与口头传递，重要节点以签收与回执形成闭环。边界与目标一经确认，纳入合同与验收条件，形成制度层面的约束与保障。

### 1.2 架构分层与接口规则

架构采用感知层、边缘层与平台层的分层组织。感知层布设电参量采集、温湿检测、倾角与震动检测、人员识别与位置标识等节点，节点在安装与拆除时随设备移动并保持编码不变。边缘层承担就近计算与缓存，完成数据清洗、去噪与规则判定，把高频采样压缩为可用事件，减少回传压力<sup>[2]</sup>。平台层汇聚多工区的数据流，提供资产总览、工序进度、能耗画像与风险地图。接口

规则以设备编码为主键，围绕点位命名、单位量纲与时间戳格式给出统一定义，事件采用轻量结构表达，使移动终端也能高效解析。连接协议以有线与无线并用，现场优先选择抗干扰强的方式，边缘与平台之间启用断点续传与重发队列，以确保时序一致。为降低耦合度，系统把设备驱动与业务逻辑分离，新增设备只需映射字段即可接入，平台层的应用以组件式组合，便于快速裁剪与扩展。权限模型按角色细分，施工管理岗关注作业窗口与资源占用，安全岗关注告警闭环与作业票状态，运维岗关注节点健康与通信质量，避免信息噪声干扰决策。

为了应对不稳定的网络与供电，边缘层支持离线运行与数据合并，采用持久化队列保存关键事件，恢复连接后按时间顺序补传。架构还预留第三方系统对接通道，采用标准化字段映射与任务网关，把工程进度、质量记录与材料台账与监控数据并行展示，形成同屏视图。对多项目并行的组织形态，平台以租户与工区两个维度进行隔离，既能共享词典与模板，又能保障数据不交叉。通过这种分层与隔离的设计，系统在复杂组织与多变环境中保持清晰的结构与可维护性。平台与边缘之间采用心跳与能力宣告机制，自动协商可用功能与频率，遇到资源紧张自动降级，保证关键监控不间断。多级缓存与优先级队列让紧急事件先到达决策端，减少盲区与滞后。

## 2 感知与边缘侧设计

### 2.1 设备状态感知与采集建模

感知设计以真实需求为驱动，围绕安全、质量与效率三个维度选择采集要素。对临时配电关注电压、电流与漏电动作，对长时间运行设备关注温升与振动，对高危工序关注人员在场与区域越界。传感节点采用可更换结构与插拔式端子，便于周转与维护。为降低误报，节点在边缘侧执行多源印证，把电流波形与开停状态进行比对，把位移轨迹与工序计划进行比对，再把一致结论上报<sup>[3]</sup>。采集建模以对象为中心，定义属性、状态与事件三类字段。属性描述额定参数与安装位置，状态描述瞬时测量与健康评分，事件描述异常、检修与更换。模型支持继承与变型，同一类设备共享字段，再按场景扩展必要项。对电缆与母线这类线性对象，以区段表达位置并在接头处设置里程标，便于故障定位。为提升时间精度，节点使用统一时间源，在弱网场景由边缘节点分发本地时间并在回传时统一校正。节点固件保留本地缓存，在平台不可达时把关键事件与短期数据保存在环形区，网络恢复后按时间顺序补传，保持序列完整。

为提升部署效率，节点出厂加载标准配置，在现场

通过扫码完成绑定与参数下发。供电采用低压取电与电池混合策略，关键点位配备能量缓冲，短时断电不影响事件上报。对高温高尘环境，节点外壳采用防护与散热复合结构，关键接口具备防松与防错插能力。维护流程以交换式替换为主，拆换后自动继承编码与配置，减少停工时间。采集策略按工序阶段进行切换，调试阶段提高采样密度，稳定运行阶段以事件驱动为主，把算力与带宽用于更有价值的环节。在多种工序交错的条件下，节点通过邻近感知识别干扰源，把短时异常与结构性异常区分开，减少无效检修。系统保留传感器自检记录与校准记录，为后续比对提供依据。

### 2.2 边缘计算与通信保障

边缘单元承担数据处理与就地联动。对高频信号执行滤波与特征提取，把原始采样转化为电气与机械的特征量，再用阈值与趋势判断生成事件。对需要快速响应的场景在边缘侧完成联动控制，减少往返延迟。通信设计遵循冗余与分段原则，工区内部采用短距离高可靠链路，跨区域回传采用多路径并发，任何一路中断都不影响关键数据上行<sup>[4]</sup>。为提升抗干扰能力，重要通道配置屏蔽与隔离，电源与信号走线分层布置，接地采用等电位策略并提供检测点。链路健康以延迟与丢包作为指标，边缘单元定期上报质量，平台据此调整采样与上送节奏。为避免单点障碍，边缘主机支持热备与自动接管，配置与规则从平台下发并保留本地副本，现场更换后即可恢复运行。安全策略以白名单与最小权限为底线，边缘与平台之间使用凭据与摘要校验，固件升级采用分批滚动，任何异常立即回退到稳定版本。

为了减少对中心的依赖，边缘侧内置规则库与常见脚本，能够在断联时维持关键监控与告警。对跨厂商设备制定适配清单，以字段映射实现兼容。对链路建设给出验收清单，包括收发功率、端口状态与冗余切换时长等项目，未达标不得移交。在大型工区配置区域级边缘主机，负责跨区协调与数据聚合，把多条链路汇成可管理的骨干，降低平台端压力。对应急状态预置降级表与断联脚本，保障关键提示与本地联动优先执行。边缘侧还承担对人员与区域的关联校核，把定位与作业票据进行匹配，当出现越界或未授权在场时触发提醒并记录处置过程。对临时供电与发电设备设置切换策略与提醒窗口，保障关键负载在故障时得到有序支撑。

## 3 平台与应用层设计

### 3.1 数据治理与分析方法

平台以数据中台与应用组件的组合形态运行。数据治理从词典与编码入手，把设备、位置与回路的名称固化为统一口径，任何一条数据都能追溯来源与责任。采集流经接入、清洗、标准化与存储四个环节，清洗阶段执行异常抑制与缺失填补，标准化阶段统一量纲与时间轴。存储采用冷热分层，事件与近时状态驻留在高性能区，长周期曲线与文档归档在低成本区。分析方法围绕健康评分、能耗画像与风险预测展开。健康评分将温升、振动与动作次数转化为可比较的分值，能耗画像把设备与工序绑定，显示单位产出能耗与波动区间，风险预测把告警与处理时长组成样本，训练出停机概率与影响范围的估计。平台提供规则引擎与可视化编辑器，现场人员可以以自然语言形式配置阈值与逻辑，减少对专业开发的依赖。为提高透明度，平台对每一次告警给出触发依据与历史轨迹，便于复盘与改进。为支撑多项项目复用，平台支持模板化导出，把词典、规则与看板作为模板保存，新的工区按模板快速上线。

在权限与合规方面，平台实行分级访问与按需展示，现场端只显示与当日任务相关的信息，管理端汇聚跨工区指标并关注异常聚集。为控制运行成本，平台对低价值数据执行周期合并与抽样，对高价值事件长期保留并建立索引。为支持决策，平台提供情景化沙盘，把假设变更与资源调整的影响呈现成简图，给出停机风险与能耗变化的估计。当指标出现漂移，平台发出提醒并引导排查数据口径、传感节点与作业行为三个方向，减少误判与无效整改。平台对模型与规则建立健康看板，记录命中率、误报率与处置时长，用趋势线提示退化风险。对外部数据接入设置沙箱，先在离线数据上回放，再在小范围灰度启用，确保现场秩序稳定。审计功能记录每一次查看与修改，便于责任追溯与改进复盘。

### 3.2 施工现场的应用机制与流程控制

应用机制围绕计划、执行与复盘展开。计划阶段把作业窗口与设备资源在平台上编排，形成到场、启停与检修的清单，平台按照节奏推送到责任人。执行阶段以看板与移动终端配合，关键设备显示运行区间与告警状态，异常自动生成工单并关联位置与回路。复盘阶段汇总能耗与停机时长，结合质量记录评估改进幅度，把有效措施沉淀为标准条目。现场协同强调边界清晰，安全岗对停送电与上锁挂牌拥有最终确认权，管理岗对资源调配与计划变更负责，运维岗对节点健康与通信质量负

责，平台以权限保障职责不被越权。在多承包并行的环境下，用共享词典与公共编号前缀避免混用与冲突，公共区域的监控由总包统一维护，分包在各自区域内按照口径接入。为降低学习成本，平台提供一页式界面，集中呈现工区状态与缺陷老化天数，重要趋势以简图呈现，避免信息堆叠。为提升韧性，系统内置离线工单与应急脚本，弱网场景下仍可继续安全操作，网络恢复后自动同步并提示冲突人确认。应用机制以滚动扩展推动覆盖面，先在样板形成闭环，再在全场复制，配合周期性演练验证处置流程的可行性。

在安全与绿色目标的协同上，平台把作业票、能耗曲线与风险事件联动展示，引导班组在满足质量与进度的同时降低无效空转。对高能耗设备设置启停窗口与负荷上限，对夜间作业设置照明强度提示与时长提醒。对缺陷闭环设置时限与升级路径，超期自动提醒到责任岗。对优秀做法进行标注并推送到相似工区，逐步形成可复制的知识库。通过这些流程与工具，监控系统从记录工具成长为指挥与协同的支点。平台把改进经验沉淀为规则片段与操作卡片，随工区复制而持续演进，让知识与流程共同成长。

### 4 结语

物联网使电气施工设备的状态从间歇可见转为持续可见，使管理从经验判断转为证据驱动。要让监控系统稳定服务于现场，必须在架构、数据与组织三个层面同时设计，并把最小可用闭环作为起点，通过模板与词典扩展到更大范围。以分层部署与就地联动提高可靠性，以规则引擎与可视化工具降低使用门槛。随着样本积累与流程固化，监控将从报警工具升级为运营工具，在安全与绿色约束并重的框架下支撑高质量交付。

### 参考文献

- [1] 朱文衡. 物联网技术在电气工程领域的应用研究 [J]. 数字通信世界, 2022, (10) : 127-129.
- [2] 孙桂磊, 张博, 刘光辉. 基于物联网技术的电气工程设备远程监控研究 [J]. 数字通信世界, 2025, (04) : 34-36.
- [3] 刘泽伟. 物联网技术在商业建筑电气智能照明系统中的应用 [J]. 光源与照明, 2025, (03) : 96-98.
- [4] 徐小华, 王贵兰. 物联网技术在电气设备状态检修中的应用 [J]. 信息与电脑(理论版), 2020, 32(19) : 155-157.