

[云计算]

云计算在换电站智慧运维服务平台设计中的应用

文/许莹 罗肖 彭爽 殷明凯
国网电动汽车服务湖北有限公司

随着电动汽车的普及，换电站成为电池能量补充的重要基础设施。为提升运维效率和设备稳定性，云计算技术逐渐应用于换电站的智能化管理和自动化运维中。探讨云计算在换电站智慧运维服务平台中的应用，分析实时监控、自动化运维、数据处理、弹性扩展及高效协作等需求，设计基于云计算的架构和核心功能，并详细讨论数据安全与隐私保护策略。

随着电动汽车产业的快速发展，换电站的规模和数量持续增长，传统的人工运维方式已无法满足多站点、大规模设备的实时监控和维护需求^[1]。电气设备的复杂性、数据量的爆炸式增长以及多站点的分布式管理，对运维平台提出更高的要求^[2]。云计算技术的引入为换电站智慧运维提供高效的解决方案，利用其强大的计算能力和分布式架构，实现对电压、电流、电能质量等关键电气参数的实时监控、数据分析与处理^[3]。边缘计算与云计算协同工作使换电站可以实现远程故障诊断、自动化运维和大规模数据的高效处理。基于云架构的弹性扩展能力，运维平台能够应对设备数量和数据量的动态变化，确保高效协作与实时响应^[4]。因此，本文将深入探讨换电站在云计算背景下的运维需求与功能设计，为行业的数字化转型提供参考与借鉴。

智慧运维平台的需求分析

1. 实时监控需求

利用实时监控，能够精准掌握每个电站的电能

转换效率、充电桩功率因数及电流电压波动等电气参数^[5]。不同站点之间电流谐波畸变率、电压不平衡度等异常波动能够及时反馈给运维中心，防止局部短路、过载、设备老化等故障隐患发生。为实现对海量设备的实时监控，需要引入大规模传感器网络，基于物联网架构与电流互感器、电压传感器等设备协同工作。每个换电站的电气设备工作时会产生大量实时数据，包括电池组内阻变化、电流电压特性、充电效率曲线等，这些数据必须利用高速低延迟的传输通道传送到云端数据中心进行实时处理与分析。对这些电气特性的持续监控能够预测电池充放电过程中的过载、过热等异常情况。实时监控的实现还依赖于高准确度数据采集装置和高频采样技术，采样频率能够达到千赫兹级别，以捕捉设备瞬态响应情况。同时，实时监控的稳定性要求各个换电站能够支持双向通信机制，实现上下行数据的同步更新，以确保所有的电流、电压和功率等电气参数能够被即时监测并反馈。平台的核心在于云计算资源的调度和边缘计算节点的协同，实现海量电

基金项目：国网电动汽车湖北公司充换电技术创新课题组（2024 SGTYHT/23-QT-001）

气设备的无缝监控与高效数据处理。

2. 自动化运维需求

在电气设备的长期运行中，电流电压不平衡、电池过充电过放电、绝缘电阻下降、电气设备老化等问题频繁发生，传统手动运维方式难以及时发现并处理这些问题^[6]。自动化运维需要构建基于大数据分析和机器学习的算法模型，实时分析设备运行数据，并对电池组充放电曲线、电压瞬变、谐波失真和电流失衡等电气指标进行智能诊断与预测。运维系统应具备自动故障检测功能，采集电流互感器、电压传感器及温度传感器等设备的运行数据，生成运维决策。对于设备可能出现的绝缘故障、电流短路和漏电等隐患，系统能够主动推送检修计划，避免设备异常扩大。换电站的电池管理系统（BMS）与运维平台的深度集成，能够实现对电池SOC（State of Charge）、SOH（State of Health）及电池组温升等数据的连续监控，运维系统采用云端算法自动调整充电策略，延长电池使用寿命。自动化运维还需具备设备远程控制与自动恢复功能。当电气设备出现异常时，系统能够利用配电控制柜、电力开关等设备执行自动隔离或重启操作，避免大规模停电或设备损坏。实现自动化运维的关键在于云计算的弹性资源调度能力，能够动态分配计算资源并快速响应各换电站的故障报警和维护需求，保证系统持续稳定运行。

3. 数据处理需求

换电站内的各类电气设备在运行过程中会产生大量的电流、电压、功率因数、谐波失真率、温度和电池组SOC（荷电状态）、SOH（健康状态）等数据。这些数据分布广泛、实时性要求高，且数据量巨大，必须依赖云计算架构下的分布式存储与高效计算能力进行处理。电气数据的采集频率达到kHz级别，需进行快速滤波、去噪和归一化处理，以确保信号的准确性和一致性。针对数据流的高并发性，云平台必须采用并行计算架构，进行大规模数据的实时分析。运维平台需要对电气设备的状态数据进行快速聚合、分区存储与动态计算，借助大数据处理框架，如Hadoop、Spark，快速执行复杂的运维模型和故障预测算法。基于这些算法的分析，能够检测出电气系统中的谐波失真、电压不稳定、绝缘电阻变化等隐患，为设备维护提供决策依

据。平台需要处理不同类型的电气数据流，如结构化数据（如设备运行日志）、半结构化数据（如传感器读取值）和非结构化数据（如图像监控数据），这要求云平台具备多模态数据处理能力。为确保实时性和低延迟响应，数据的处理链路应采用边缘计算和云计算相结合的架构，边缘节点处理低延迟任务，云端负责大规模数据分析与存储。

4. 弹性扩展需求

随着换电站数量的不断增加，电气设备的数据流量和运维需求呈现指数级增长。为适应这一变化，平台需要具备在设备负荷、数据吞吐量、计算能力等方面的动态调整能力。换电站内的电流、电压、电能质量等参数的监控，以及电池组的充放电管理，都需要依托大量实时数据的处理和分析，这要求平台能够根据不同站点的运行状态，灵活地分配计算资源。云计算架构下的弹性扩展功能，利用虚拟化技术，实现计算节点、存储节点的动态调整，确保在负载增加时，系统可以无缝添加新的虚拟机或容器，从而提供额外的计算能力和存储空间。负载均衡机制能够在不同计算节点之间合理分配任务，避免出现资源瓶颈和单点故障。运维平台的弹性扩展还体现在数据存储方面，当各个换电站产生的电气数据量超出预期时，系统能够动态扩展分布式存储集群，保证海量数据的高效存储与读取。对于并发处理需求，平台采用横向扩展架构，增加节点以应对高并发请求，提高数据处理的吞吐量与响应速度。弹性扩展能力的实现依赖于云计算的基础架构，还需要运维平台本身具有模块化设计，能够根据实际业务场景，灵活调整不同功能模块的计算资源分配，确保系统在负载变化时依然能够保持高效稳定的运行状态。

5. 高效协作需求

随着换电站规模的扩展，运维团队面临着多个站点间的数据共享、设备状态同步以及运维决策的协同需求。为了实现跨地域、多站点的统一管理，平台需要依托云计算的分布式架构，构建支持多用户、多角色的协作机制。电气设备的运行参数，如电压波动、电流负载及设备故障状态等信息，必须在各个运维团队之间实时共享，以便不同层级的运维人员能够在同一数据视图下进行分析与决策。平台需具备智能工单系统，各种运维任务、故障报

告等信息利用工单的形式分发至对应的责任人员，并且在任务完成后，系统自动更新设备状态，确保信息流的连续性。为保证高效协作，系统还应集成远程诊断与控制功能，运维人员可以利用云平台直接远程访问电力控制柜、充电桩等设备，实时调整电气参数或执行远程重启等操作，缩短响应时间。多方协作的实现要求平台支持基于权限的访问控制机制，保证不同用户组只能访问其权限范围内的设备数据，确保信息安全。平台的高效协作还依赖于云计算的实时通信能力，运维人员利用集成的通信模块能够随时发起视频会议、文档共享等，快速处理紧急故障和复杂电气问题，实现各方协作的无缝对接。

功能设计

1. 基于云计算的架构设计

平台的核心架构依托于分布式计算和存储系统，实现对海量电气设备数据的高效处理。传感器采集的电压、电流等数据采用通信模块传输至云端，数据流的带宽利用率可以表示为

$$U_b = \frac{B_u}{B_t} \tag{1}$$

式中， B_u 为实际使用的带宽； B_t 为总带宽。

在计算资源调度中，虚拟机的CPU利用率表示为

$$U_c = \frac{T_u}{T_t} \tag{2}$$

式中， T_u 为CPU使用时间； T_t 为总CPU时间。

为确保运维任务的实时性，采用边缘计算与云计算协同工作，边缘节点处理时延为

$$T_c = \frac{D_p}{F_c} \tag{3}$$

式中， D_p 为数据处理量； F_c 为边缘节点的计算能力。

云端处理时延为

$$T_c = \frac{D_p}{F_c} \tag{4}$$

式中， F_c 为云端的计算能力。

整个系统的延迟表示为

$$T_l = T_c + T_c \tag{5}$$

确保实时监控和故障处理。

在分布式存储架构中，存储节点的利用率可以

表示为

$$U_s = \frac{S_u}{S_t} \tag{6}$$

式中， S_u 为已用存储空间； S_t 为总存储空间。

数据传输的速率表示为

$$R_d = \frac{S_d}{T_t} \tag{7}$$

式中， S_d 为传输数据量； T_t 为传输时间。

云架构需保证数据传输和处理的高效性。

2. 平台核心功能

平台核心功能的设计基于换电站运维中对设备状态监控、数据分析处理、故障预测与预警等方面的需求。为确保平台的高效性与可操作性，核心功能需涵盖实时监控、自动故障检测、远程控制、数据分析、设备健康管理以及能耗优化等方面，见表1。实时监控功能采集电流、电压和功率因数等关键电气参数，结合高频采样技术，持续获取并分析电气设备的运行状态。自动故障检测基于大数据分析和机器学习算法，对电气设备的异常状态进行识别，并运用模型预测未来可能的故障点。远程控制功能实现对各类电气设备的远程开关操作、电力调度以及充电站电能分配等任务。数据分析模块依托云计算架构，对换电站的电气数据进行聚类分析、时序分析、趋势预测等操作，为设备维护与系统优化提供数据支持。设备健康管理功能基于对电池SOC、SOH、内阻等参数的跟踪，动态调整充电策略，延长电池寿命，避免过充电和过放电。能耗优化利用对电站负载、电流和功率的实时调整，最大化电能利用率，降低损耗，提高整体运行效率。各模块功能需紧密配合，构建稳定可靠的运维系统，确保电气设备高效运转和故障的快速响应。

表1 平台核心功能介绍

核心功能	功能描述
实时监控	传感器采集电压、电流和温度等数据，结合高频采样，实时获取设备运行状态
自动故障检测	利用机器学习和大数据分析，自动识别异常状态并预测未来故障，减少非计划停机
远程控制	实现远程对设备的电力调度、充电站控制及电气设备开关操作，确保快速响应和调整
数据分析	对换电站电气数据进行时序分析、趋势预测和聚类分析，提供运维决策支持和性能优化建议
设备健康管理	监控电池组的SOC、SOH和内阻，调整充电策略，延长设备寿命，避免过充或过放引发故障
能耗优化	实时调节电流功率、负载分配，减少电能损耗，优化电能利用率，提升整体电站的运行效率

3. 数据安全与隐私保护

数据安全和隐私保护涉及电气设备运行数据、用户充电行为数据以及平台的核心算法模型等敏感信息的安全性。平台必须具备严格的访问控制机制，采用基于角色的访问控制（RBAC）模型，确保不同权限的用户只能访问对应级别的数据，防止未经授权的操作。数据传输过程需采用加密算法，确保数据在传输中的机密性。数据存储层采用多副本冗余机制，结合分布式存储架构中的哈希一致性算法，实现数据的可靠备份与快速恢复，保证在灾难性故障时的数据完整性。为确保设备与平台之间的通信安全，采用基于SSL协议的加密传输通道，防止数据在网络中被窃取或篡改。平台的日志审计系统记录所有访问、操作及异常行为，结合日志分析算法，能够及时发现潜在的安全威胁并提供预警。隐私保护方面，所有用户相关数据在存储前需进行脱敏处理，采用伪匿名化算法替代个人敏感信息，确保数据在分析和处理过程中不会暴露隐私。基于云计算的弹性资源调度能力，平台在处理大量运维数据时依然能够保证其安全性，防止因资源争用导致的数据泄露或滥用，如图1所示。

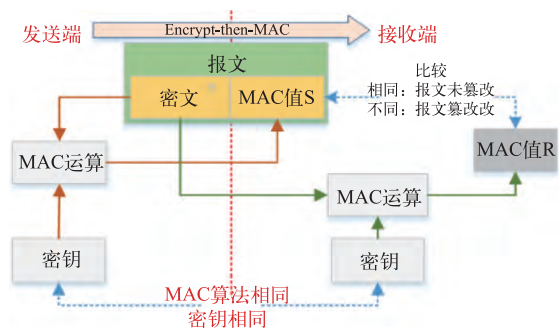


图1 基于SSL协议的加密传输通道设计

结束语

云计算在换电站智慧运维服务平台中的应用，为电气设备的实时监控、自动化运维、数据处理以及系统的弹性扩展提供强有力的技术支持。分布式计算与边缘计算相结合实现对海量电气数据的高效处理与预测，提升设备的稳定性和系统的可靠性。基于云架构的弹性扩展能力能够灵活应对运维平台的动态需求，确保高效协作和资源优化。数据安全性与隐私保护的设计，利用加密传输、访问控制以及日志审计等技术手段，保障平台的安全性和合规性。云计算技术的深度融合，使换电站智慧运维平台具备更强的适应性与前瞻性，推动换电站运维的智能化与自动化进程。EA

(收稿日期：2024-10-12)

参考文献

[1] 王思佳, 张乐. 基于互联网技术的医药科普集成平台构建策略[J]. 智能物联技术, 2024, 56(3): 30-33.

[2] 赵健, 方玉燕. “互联网+”背景下现代学徒制教学管理运行策略分析[J]. 新疆职业教育研究, 2021, 12(2): 46-48.

[3] 于广艳. 基于Android智能手表计步器的研究与设计[J]. 科学技术创新, 2017(19): 125-126.

[4] 段志杰. 基于Android传感器模块手机计步器的设计与实现[D]. 重庆: 重庆邮电大学, 2017.

[5] 毕京学, 汪云甲, 曹鸿基, 等. 一种波峰波谷检测的智能手机计步算法[J]. 中国惯性技术学报, 2020, 28(3): 287-292.

[6] 张添奥, 陈永翀, 杨奕贤, 等. 基于电动汽车换电站的配网解列下弹性提升策略的探索研究[J/OL]. 储能科学与技术, 2024, 13(11): 3961-3970.

