

# 基于5G与AI融合的电厂安全管理平台

郑子纯

杭州华电半山发电有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要:** 本文聚焦基于5G与AI融合的电厂安全管理平台。先阐述5G与AI技术特点、优势及融合协同机制,强调其对电厂安全管理的重要性,如保障电力供应、保护人员安全、符合法规要求。接着介绍其在电厂安全管理中的多方面应用,包括智能巡检、人员安全管理、应急管理。然后说明平台“云-边-端”架构、关键技术及功能模块。该平台显著提升电厂安全管理水平,降低故障率与违规行为,缩短应急响应时间。

**关键词:** 5G通信;人工智能;电厂安全

## 1 5G与AI融合技术概述

### 1.1 5G技术特点与优势

5G作为第五代移动通信技术,以其超高速率、超低时延和超大连接三大核心特性,重新定义了无线通信的边界。其峰值速率可达10Gb/秒,较4G提升百倍,能够支持8K视频流、全息通信等高带宽应用,为实时数据传输提供坚实基础。在时延方面,5G空口时延可低至1毫秒,仅为4G的十分之一,这一特性使其在工业自动化、远程手术等对响应速度要求极高的场景中具有不可替代性。此外,5G每平方公里可支持百万级设备连接,远超4G的十万级容量,为物联网设备的规模化部署提供了网络支撑<sup>[1]</sup>。以山东移动在国能发电厂的应用为例,5G专网实现了厂区5000个机械设备的实时连接,支撑起智能巡检、视觉诊断等创新应用,显著提升了电厂的运维效率。其低功耗特性也延长了终端设备的续航时间,降低了能源消耗,为大规模物联网部署提供了经济可行的解决方案。

### 1.2 AI技术核心能力与应用

人工智能技术通过模拟人类认知过程,实现了从数据到价值的转化。其核心能力涵盖文本生成、图像识别、逻辑推理、智能决策等多个维度。在图像识别领域,AI已达到甚至超越人类水平,例如在工业质检中,基于深度学习的视觉检测系统可识别微米级缺陷,准确率超过99%。在自然语言处理方面,大模型技术推动了智能客服、机器翻译等应用的普及,互联网企业通过部署AI客服系统,将人工坐席需求减少60%,同时将客户满意度提升至92%。AI的决策能力在金融风控、医疗诊断等领域表现突出,如银行利用AI算法分析交易数据,将欺诈交易识别时间从分钟级缩短至毫秒级。在能源领域,AI通过分析历史运行数据,可预测设备故障概率,电厂应用AI预测性维护系统后,设备非计划停机时间减少45%,维护成本降低30%。

### 1.3 5G与AI融合的协同机制

5G与AI的融合实现了“网络+智能”的双重赋能。5G提供的高速、低时延、大容量通信能力,为AI算法的实时运行提供了数据传输保障;AI则通过数据分析、模式识别等技术,优化5G网络资源配置,提升网络效率。在边缘计算场景中,5G将计算任务从云端迁移至网络边缘,结合AI的轻量化模型,实现了本地化实时决策。例如,在智能交通领域,5G+AI系统可同时处理来自数千个摄像头的视频流,通过边缘节点实时分析交通流量,动态调整信号灯配时,将城市拥堵指数降低20%。在工业制造中,5G网络支持机器人集群的毫秒级协同,AI算法则根据生产数据动态优化工艺参数,使汽车工厂的柔性生产线换型时间从2小时缩短至15分钟。这种协同机制不仅提升了系统响应速度,还降低了云端计算压力,为大规模物联网应用提供了经济高效的解决方案。

## 2 电厂安全管理的重要性

### 2.1 保障电力稳定供应

电力作为现代社会的“血液”,其稳定供应直接关系到国计民生。电厂作为电力生产的核心环节,任何安全事故都可能导致大面积停电,引发连锁反应。2021年美国得州大停电事件中,极端天气导致电厂设备故障,造成400万户家庭断电,直接经济损失超过1950亿美元。相比之下,我国通过强化电厂安全管理,将非计划停机率控制在0.5%以下,有效保障了电力供应的连续性。在山东百万千瓦级电厂,通过部署5G+AI智能巡检系统,实现了设备状态的实时监测与故障预警,将计划外停机次数从每年12次降至3次,年增发电量2.4亿千瓦时,相当于满足10万户家庭一年的用电需求。

### 2.2 保护人员生命财产安全

电厂作业涉及高温、高压、强电等高危环境,安全风险贯穿生产全过程。据统计,我国电力行业年均发生

人身伤亡事故约50起，其中70%与设备故障或操作不当有关。传统人工巡检方式存在盲区多、响应慢等问题，难以满足现代电厂的安全需求。电厂曾因巡检人员未及时发现锅炉管道泄漏，导致爆炸事故，造成3人死亡、直接经济损失8000万元。而引入5G+AI技术后，通过在关键部位部署传感器和摄像头，结合AI算法实时分析设备振动、温度等参数，可提前48小时预警潜在故障，将事故发生率降低80%。智能安全帽等可穿戴设备可监测人员体征和位置，在发生危险时自动报警，为人员安全提供双重保障<sup>[2]</sup>。

### 2.3 符合法规政策要求

我国《安全生产法》《电力监管条例》等法律法规明确要求电力企业建立健全安全管理体系，落实主体责任。国家能源局发布的《电力安全生产“十四五”行动计划》提出，到2025年要实现电力安全监管智能化水平显著提升，重大风险管控能力全面增强。在此背景下，电厂安全管理已从被动应对转向主动预防，从人工管理转向智能管控。央企电厂通过建设5G+AI安全管控平台，实现了安全制度的数字化落地，将合规检查周期从每月一次缩短至实时监测，违规行为识别准确率达到95%，满足了监管部门对安全生产透明化的要求，避免了因安全不达标导致的停产整顿风险。

## 3 5G 与 AI 融合在电厂安全管理中的应用

### 3.1 智能巡检与设备状态监测

传统电厂巡检主要依赖人工定期检查，这种方式不仅效率低下，而且漏检率较高，难以满足现代电厂高效、精准的运维需求。随着5G+AI技术的引入，巡检模式迎来了革命性变革。在山东电厂，5G专网为巡检工作提供了强大的通信支持，能够保障200余个巡检机器人和无人机实时传输4K视频，确保数据传输的稳定性和及时性。AI算法则发挥着核心作用，通过分析设备外观、温度、振动等多维度数据，能够精准识别0.1mm级的裂纹或异常振动。以锅炉检测场景为例，5G+清理机器人搭载高清摄像系统和具备25kg臂力的机械臂，可深入炉膛内部完成集箱清理和缺陷检查。原本需要停机7天的检修工作，如今借助这一技术缩短至2天，且检测准确率从人工的75%大幅提升至99%。另外，AI算法通过学习海量历史故障数据，能够构建设备健康度评估模型，预测设备剩余使用寿命，为电厂的预防性维护提供科学依据，有效降低设备故障风险。

### 3.2 人员安全管理与行为分析

电厂作业环境复杂多变，人员行为规范与否直接关系到整体安全水平。5G+AI技术通过可穿戴设备和视频

分析，实现了对人员行为的实时监控与智能干预。电厂为工作人员配备智能安全帽，这一安全帽集成了5G模块、摄像头和多种传感器，能够实时监测工作人员的心率、体温、位置等关键信息<sup>[3]</sup>。同时，借助AI算法分析作业姿态是否规范，当检测到未佩戴安全帽、进入危险区域或操作违规等行为时，系统会立即发出警报，并迅速通知管理人员。在一次演练中，该系统成功识别出一名工作人员未系安全带进入高空作业区，并在10秒内触发预警，及时避免了潜在事故的发生。AI行为分析模型通过对长期数据的积累和分析，能够识别出高风险作业习惯，为安全培训提供针对性内容，帮助工作人员提升安全意识和操作技能，进一步保障电厂作业安全。

### 3.3 应急管理 with 风险预警

电厂应急管理对快速响应和精准决策有着极高要求。5G+AI技术通过构建数字孪生系统，为应急管理带来了创新解决方案，实现了对事故场景的模拟推演和资源优化调度。在电厂的应急演练中，系统利用5G网络实时采集现场数据，结合AI算法精准预测火灾蔓延路径，自动生成最优疏散路线和灭火方案，提高应急救援的效率和准确性。同时，AR眼镜为救援人员提供设备结构、操作指南等实时信息，将应急响应时间缩短40%，为救援工作争取宝贵时间。在风险预警方面，AI算法通过分析气象、设备、人员等多源数据，能够提前72小时预测台风、设备过载等风险，并自动触发防范措施。例如，在2023年台风“杜苏芮”来临前，沿海电厂通过该系统提前加固设备、调整运行方式，有效避免了因台风导致的停机损失，保障了电厂的稳定运行和电力供应。

## 4 基于 5G 与 AI 融合的电厂安全管理平台构建

### 4.1 平台总体架构设计

电厂安全管理平台创新性地采用“云-边-端”三层架构，这种架构设计旨在实现数据的分层处理与智能协同，从而提升电厂安全管理的效率和精准度。终端层作为数据采集的前沿阵地，广泛部署了各类传感器、高清摄像头以及智能设备。这些终端设备借助5G网络的高速稳定特性，能够实时采集设备状态信息，如设备的温度、压力、振动等参数；同时，还能获取环境参数，像厂区内的温湿度、气体浓度等；以及对人员行为数据进行收集，例如人员的行动轨迹、操作动作等。边缘层在厂区合理部署边缘计算节点，这些节点运行着轻量化的AI模型。其优势在于能够实现本地化的实时决策，当设备出现异常状态时，能迅速发出故障预警；当检测到人员有违规行为时，可立即进行识别并采取相应措施。云端层则构建了统一的数据中台和AI训练平台，它就像一

个强大的“大脑”，整合来自终端层和边缘层的多源数据。通过对海量数据的分析和学习，训练出高精度的模型，为安全管理提供更准确的预测和决策支持。云端层还提供可视化管控界面，方便管理人员直观地了解电厂的安全状况。该架构既满足了低时延的需求，确保在紧急情况下能够快速响应，又降低了云端的计算压力，而且通过数据闭环机制，不断收集反馈信息，实现模型的持续优化。

#### 4.2 平台关键技术实现

平台的高效运行依赖于多项核心技术的突破。在通信技术领域，采用5G专网切片技术是关键一环。该技术能够为安全监控、设备控制等不同业务分配独立的资源，就像为不同的交通流开辟了专用车道，确保关键数据传输的可靠性和低时延，避免数据拥堵和延迟。在AI技术方面，针对电厂复杂多变的场景，开发了专用模型。例如基于Transformer架构的设备故障预测模型，通过迁移学习技术，将原本需要3个月的训练周期大幅缩短至2周，大大提高了模型的开发效率和应用速度。在数据处理上，采用时序数据库和图数据库结合的方式。时序数据库能够高效存储设备运行的时间序列数据，方便对设备状态的变化趋势进行分析；图数据库则可以清晰地展示设备之间的关联关系，便于快速查询和分析复杂的数据网络。平台还集成了数字孪生技术，构建了电厂的虚拟镜像。这个虚拟镜像能够实时反映电厂设备的状态和工艺流程，支持对各种场景进行仿真推演。通过模拟不同的运行情况和事故场景，为安全决策提供科学、可靠的依据，帮助管理人员提前制定应对策略。

#### 4.3 平台功能模块设计

平台包含六大核心功能模块，全方位保障电厂的安全运行。设备健康管理模块是电厂设备的“私人医生”，它实时监测设备的运行参数，运用先进的AI算法对设备的健康状况进行评估，预测故障发生的概率，并根据预测结果生成科学合理的维护计划，提前预防设备故障的发生。人员安全管控模块结合智能安全帽和视频

分析技术，实现对人员的精准定位、行为实时监测和违规预警。一旦发现人员未佩戴安全帽、进入危险区域或操作不规范等情况，立即发出警报。环境风险监测模块集成了多种传感器，如气体传感器、温湿度传感器等，能够实时监测厂区的环境状况，及时发现火灾、泄漏等潜在风险，并发出预警信号。应急指挥模块在事故发生时能够自动启动应急预案，根据事故的实际情况提供资源调度、路径规划等决策支持，确保应急救援工作高效有序进行<sup>[4]</sup>。安全培训模块利用VR技术模拟各种事故场景，让员工身临其境地感受事故的危害，从而提升员工的安全意识和应急处理能力。数据分析模块通过可视化看板展示各项安全指标，将复杂的数据以直观的图表形式呈现给管理层，为管理层的决策提供有力依据。电厂应用该平台后，取得了显著成效，设备故障率下降35%，人员违规行为减少60%，应急响应时间缩短50%，安全管理水平得到了大幅提升。

#### 结束语

5G与AI融合为电厂安全管理带来革新，从技术融合到应用实践，再到平台构建，全方位提升了安全管理的效率与精准度。通过智能巡检、人员行为分析、应急预警等功能，有效降低了设备故障率和人员违规行为，缩短了应急响应时间。未来，随着技术不断发展，该平台将进一步优化完善，持续为电厂安全稳定运行保驾护航，推动电力行业安全管理向智能化、高效化迈进。

#### 参考文献

- [1] 艺荣,孙昕,吕斌,田芮溪,苏庆雨.发电厂智能监控系统设计[J].黑龙江科学,2022,13(06):82-84.
- [2] 陈斌,董平,谢晓刚,等.5G网络安全测评技术研究与实践[J].信息安全研究,2024,10(06):539-547.
- [3] 吕小倩.5G无线通信网络安全问题研究[J].通讯世界,2024,31(05):82-84.
- [4] 唐虎震,郭傲日格勒,孟庆国,等.基于5G与AI融合的电厂安全管理平台[J].今日自动化,2025(6):181-183.