

# 5G 技术在发电厂中的应用研究

## Research on the Application of 5G Technology in Power Plants

孙龙 刘昭 宋凯兵 丁健康 贾静

Long Sun Zhao Liu Kaibing Song Jiankang Ding Jing Jia

华北电力设计院有限公司 中国·北京 100120

North China Power Engineering Co., Ltd., Beijing, 100120, China

**摘要:** 通过对 5G 技术的特点及发展等分析, 5G 技术可以利用场景将分布广泛、零散的人、机器和设备全部连接起来, 构建统一的互连网络。针对发电企业, 利用 5G 技术超大带宽、超低时延、超高可靠的网络, 在电厂的安防系统和基建工程安全生产管理的应用场景开展应用, 为建设一流的智能电厂奠定了基础。

**Abstract:** By analyzing the characteristics and development of 5G technology, it is possible to use scenarios to connect widely distributed and scattered people, machines, and devices, and build a unified internet network. For power plant, the use of 5G technology with ultra large bandwidth, ultra-low latency, and ultra-high reliability in the network has been applied in the security system of power plants and the safety production management of infrastructure projects, laying the foundation for building a first-class intelligent power plant.

**关键词:** 5G; 技术特点; 应用场景; 智能电厂

**Keywords:** 5G; technical characteristics; application scenarios; intelligent power plant

**DOI:** 10.12346/etr.v5i12.8867

## 1 引言

5G 移动通信技术具有高速度、泛在网、低功耗、低时延、超高速移动场景、万物互联、重构安全的特点, 是为了应对未来爆炸性的移动数据流量增长、海量的设备连接、不断涌现的各类新业务和应用场景, 同时与行业深度融合, 满足垂直行业终端互联的多样化需求, 实现真正的“万物互联”, 构建社会经济数字化转型的基石。

## 2 5G 网络架构

### 2.1 5G 基本架构

中国 IMT-2020 (5G) 推进组于 2015 年 2 月发布“5G 概念白皮书”, 书中给出了如图 1 所示的 5G 网络概念架构。

未来的 5G 网络将是基于 SDN、NFV 和云计算技术的更灵活、智能、高效和开放的网络系统。5G 网络架构包括接入云、控制云、转发云三大功能部分<sup>[1]</sup>。

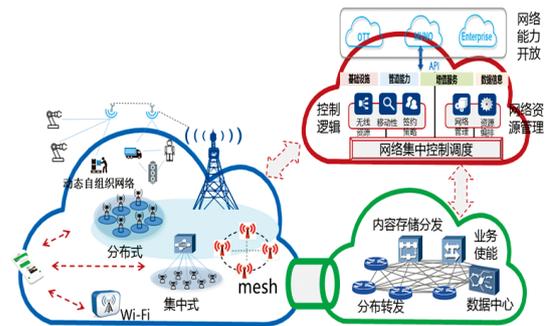


图 1 5G 网络概念架构

### 2.2 5G 组网

5G 组网功能一般可分为四个层次:

①中心级: 以控制、管理和调度职能为核心, 如虚拟化功能编排、广域数据中心互联和 BOSS 系统等, 可按需部署于全国节点, 实现网络总体的监控和维护。

【作者简介】孙龙 (1974-), 男, 中国湖北武汉人, 本科, 高级工程师, 从事热工自动化研究。

②汇聚级：主要包括控制面网络功能，如移动性管理、会话管理、用户数据和策略等。可按需部署于省份一级网络。

③区域级：主要功能包括数据网关功能，重点承载数据流，可部署于地市一级。移动边缘计算功能、业务链接功能和部分控制面网络功能也可下沉到这一级。

④接入级：包含无线接入网的CU和DU功能，CU可部署在回传网络的接入层或者汇聚层；DU部署在用户近端。CU和DU间通过增强的低时延传输网络实现多点协作化功能，支持分离或一体化站点的灵活组网。

借助于模块化的功能设计和高效的NFV/SDN平台，在5G组网实现中，上述组网功能元素部署位置无需与实际地理位置严格绑定，而是可以根据网络规划、业务需求、流量优化、用户体验和传输成本等因素考虑，对不同层级的功能加以灵活整合，实现多数据中心和跨地理区域的功能部署<sup>[2]</sup>。

### 3 5G 总体架构及技术方案

#### 3.1 5G 承载网总体架构

5G承载网络总体架构包括转发平面、协同管控、5G同步网三大部分。在此总体架构下，5G承载网支持差异化的网络切片服务。5G网络切片为端到端的网络切片，需首先实现端到端协同管理，涉及终端、无线、承载和核心网的协同管控。

#### 3.2 核心网技术方案

5G核心网架构采用原生云化设计思路，关键特性包括服务化架构（Service-based Architecture）、网络切片、边缘计算。5G核心网部署大多采用“中心-边缘”两级数据中心的组网方案。具体在实际部署中，是不同运营商根据自身网络基础、数据中心规划等各方面因素灵活地分解为多层次分布式组网形态<sup>[3]</sup>。

### 4 5G 在发电厂中的应用

针对发电企业，利用5G技术超大带宽、超低时延、超高可靠的网络，在电厂中除在无人机和机器人巡检、人员定位、单兵作业等场景开展应用外，对于安防系统和基建工程安全生产管理的应用场景通过5G技术的加持，充分利用5G应用叠加部署的可扩展性、便捷性及安全性，将5G定制网可应用到解决智能视频分析、数据的本地监控与采集等方面问题能更好的实现智能电厂中智慧安防、智慧工地的各项功能。

下面将对发电厂安防和基建安全生产管理等应用场景对5G技术应用加以分析。

#### 4.1 5G 在发电厂中的单兵作业场景

在无人机和机器人巡检的场景中，通过安防中心应用平

台与机器人的移动通信连接，可以远程操控位于现场的无人机和机器人进行现场巡检作业，无人机和机器人巡检的视频图像能实时高清回传至安防控制中心或集控中心，实现数据传输的从有线到无线、设备的操控从现场到远程的进化。而在单兵作业场景中，通过智能穿戴设备的音视频以及人员定位等功能，还可以实现专家远程对电厂现场检修维护人员的远程作业指导。智能穿戴设备主要传输的通讯数据为实时高清音视频信号。

5G高带宽与低时延特性支持远程数据的实时回传。一线巡检人员佩戴AR眼镜，与后台专家、数据库实时交互，提升电力设备的巡检效率，及时解决巡检中发现的问题。

#### 4.2 发电厂安防系统构成及5G应用场景分析

##### 4.2.1 发电厂安防系统构成

电厂中智能安防主要包括：视频监控系统（包括安防视频监控及生产视频监控）、智能门禁、红外周界报警系统、电子围栏、智能锁控系统等。

视频监控系统是由前端摄像、信号传输、控制、图像显示、图像记录5大部分组成。目前视频监控的传输方式主要有有线传输和无线传输，有线传输占主导。随着视频监控领域产品和技术正在经历高清、智能化快速发展，新建工程基本上采用的均是全高清数字式视频监控系统。门禁、红外周界报警系统、电子围栏、智能锁控系统网络的组成基本和视频监控类似，各种控制器连接下面的安防监测设备、执行元件，然后通过RJ45以太网接口将控制器与区域交换机相连，接入上层监控中心管理网络。控制器与交换机之间距离100米以内时采用双绞线，超出了上述距离限制，就需要采用光纤收发器进行光电信号的转换。

随着5G技术的普遍应用使得无线视频监控的易于部署的便利优势将得到更大的发挥，采用无线传输的无线视频监控也得到更多的应用。针对安防系统其他应用领域，同样可以通过5G无线传输方式，每个室外安装超出距离的摄像头配置5G通信模块，只需就近为其提供摄像头工作电源，就可以大幅度减少各种线缆使用量，使得施工安装、维护、使用的快捷性和便利性得到充分体现。

##### 4.2.2 发电厂安防系统5G通信需求

考虑安防系统最主要应用是视频监控，符合eMBB（增强移动宽带）的应用特性，以某2×660MW机组新建工程为例，5G通讯网络指标大致要求如下：

①覆盖范围需求计算。参考电厂占地大致成梯形布置，厂区围墙长度2400m，占地面积32.08hm<sup>2</sup>。

②用户数计算。参考电厂共约106个室外摄像头，考虑厂区内其他安防设备、移动设备也可能应用5G技术，总的5G用户数量暂按150考虑。

③带宽需求计算。106个室外摄像头,清晰度按1080P、720P各一半考虑,总的通信流量需求为 $4 \times 53 + 2 \times 53 = 318\text{Mbps}$ ,再考虑其他安防设备、移动设备,总流量可按350Mbps考虑。

④时延要求。视频监控系统系统要运行流畅,不卡顿,响应时间应不超过1秒。

⑤可靠性要求。原则上视频监控系统要24小时实时录像或画面有变化即进行录像,不变立刻停止,不能丢失任何音频/视频图信号。基站故障情况下应能快速恢复,不能造成监控画面的长时间丢失。

⑥环境要求。电厂外部环境较为恶劣,部署设备应能够在极端工作环境中稳定运转,极端工作环境包括:外部温度 $-35^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ;多沙环境;无通风口或风扇。

⑦信息安全要求。相应的信息安全措施,为防范黑客及恶意代码对监控系统的攻击和侵害,特别是抵御集团式攻击,从而防止系统崩溃或瘫痪而造成设备事故或安全事故(事件),因此必须有相应的信息安全措施。

### 4.3 发电厂基建管理5G应用场景分析

#### 4.3.1 5G智慧工地的应用场景

智慧基建安全生产管理即智慧工地主要是利用云、大、物、智、移等新一代信息技术,实现对人、机、料、法、环的全方位实时监控,变“被动监督”为“主动监管”,围绕基建过程管理,建立互联协同、科学管理的工程项目信息化生态圈,提供过程趋势预测,提高项目管理信息化水平,达到绿色建造和安全建造的目的,实现人员、工程、环境的和谐高质量发展。

5G智慧工地从本质上保证了人员、大型机械设备安全,对高耸建筑物(冷却塔、烟囱)实现了在线实时监测,保证了混凝土浇灌施工安全。对深基坑、大型脚手架施工项目全方位实施监测,确保人员、设备安全。

针对工地重点管理问题提供以下:

①特种设备运行监控,监控设备加传感器实时记录分析,从根本上杜绝塔吊等特种设备的安全事故;脚手架、高支模对超过预警值和控制值的监测点位实现实时告警,保证人员安全和工程顺利进行。

②传感器实时检测工地扬尘等污染信息,保障工地绿色施工。

③人脸识别、实名制管理,实现动态监管建设工程现场的用工情况,现场人员需求情况,实时掌控各工种人员偏差和需求。

④施工区域安全帽识别检测,安监人员使用5G高清移动记录仪开展巡察工作,对于巡查发现问题实时截取视频、图像资料,将视频、图片资料上传至服务器,通过简单处理

信息后生成考核单。

⑤无人机巡检,建筑周期记录,施工检测。利用5G实现无人机摄下的高清画面瞬间回传到管理中心的监控大屏上,清晰、无卡顿的画面将工地在建情况尽收眼底。

⑥危险区域电子周界管控,入侵告警。

⑦安全培训。通过VR进行360度环视的实景效果,保留了场景的真实性;能给人以三维立体的空间感觉,置身其中。

#### 4.3.2 AR电力设备远程巡检与辅助的应用场景

5G高带宽与低时延特性支持远程数据的实时回传。一线巡检人员佩戴AR眼镜,与后台专家、数据库实时交互,提升电力设备的巡检效率,及时解决巡检中发现的问题。

#### 4.3.3 数据的本地监控与采集

基于5G-MEC,让电厂本地数据不出厂区,降低时延的同时提高敏感数据的安全性。同时,将原本各个分散的数据采集设备所采集的数据汇总处理,提升数据处理的效率,让电厂的运行状态可视化的实时性得到充分的保证。

### 4.4 某电厂5G网络覆盖建设方案

某 $2 \times 1000\text{MW}$ 新建机组智能电厂规划5G网络方案。

5G物联网规划建设2个5G基站(宏站),在满足整体网络覆盖的技术要求的条件下合理分布5G网络基站,实现最大范围的覆盖,并根据覆盖区域内的具体情况,合理分布基站的点位,保证重点地区的覆盖率,满足后续基于5G+工业数据的智能电厂建设的相关应用。

①5G物联网设计功能要求。峰值速率需达到Gbit/s的标准,满足高清视频、虚拟现实等大数据量传输要求。

空中接口的时延水平需要在1ms左右,以满足实时应用。

超大网络的容量,能提供千亿设备的连接能力,满足物联网通信。

频谱效率应比LTE提升10倍以上。

低功耗。

5G支持不同类型的设备及公共设施联网。

②硬件技术要求。

A. 基带控制单元(BBU)。

支持“星型组网”和“链型网”,BBU至少支持与18个RRU星形拓扑连接。

支持机柜和挂墙安装;支持灵活时隙配置;单级最大拉远距离不小于10km。

至少配置2个25GE回传光接口,向下兼容10GE速率。

B. 有源天线单元(AAU)。基站必须支持语音通话功能。上行速率100Mbps,下行速率800Mbps以上。基站须同时支持链型连接和星型连接方式。

最大输出功率不小于300W。

支持-48VDC和220VAC内置或外置交流模块的供电方式。

支持室外AAU避雷保护机制。

③参考项目5G网络建设方案。根据5G的应用场景及技术要求,并结合电厂当地电信网络的情况具体定制,针对电厂给出了5G公网专用的配置方案。

无线网方案:为满足厂区内5G全覆盖,计划在厂区内建设2处5G基站,4处5G有源分布系统。

配套传输方案:5G覆盖传输设备方案共计划新增2台接入型STN-A2设备,接入层采用“口”字型组网方式。

光缆线路方案:5G覆盖方案计划规划2个宏站,4个有源室分站点,5G宏站光缆必须考虑传输设备成环境保护,室分就近引接至新建宏站。

## 5 结语

5G所带来的变化不仅是网速的提升,还有无线通信应用深度和广度的大大拓展。可以肯定的是,5G技术将会在电厂的安防系统和生产管理中有着越来越多的应用场景,为智能电厂的建设发挥更大的作用。

## 参考文献

- [1] 罗成.程思远.5G承载关键技术与规划设计[M].北京:人民邮电出版社,2019.
- [2] 赵明宇.SDN和NFV在5G移动通信网络架构中的应用[J].移动通信,2015,39(14):39-68.
- [3] 张传福.5G移动通信系统及关键技术[M].北京:电子工业出版社,2018.