

团体标准

T/GITIF XXX—2024

面向核电领域的“5G+工业互联网”应用场 景及技术要求

Application scenarios and technical requirements of 5G+ industrial internet for
nuclear power

(征求意见稿)

2024-X-X 发布

2024-X-X 实施

广东省电子信息联合会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	3
5 总体原则	4
6 智能发电典型应用场景及技术要求	7
7 智能管理典型应用场景及技术要求	10
8 环境及试验要求	14

前言

本标准按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准由中广核研究院有限公司提出。

本标准由广东省电子信息联合会归口。

本文件起草单位（排名不分先后）：

中广核研究院有限公司、南方科技大学、广东省新一代通信与网络创新研究院、中国联合网络通信有限公司深圳市分公司、工业和信息化部电子第五研究所、大亚湾核电运营管理有限责任公司。

本文件主要起草人（排名不分先后）：钟质飞、方郁、吕跃跃、郭伟、熊国华、郭承旺、邹龙昊、卢华、段雪飞、徐云、吴正嘉、荣文晶、吴波、张峥峥、谭世杰等

1 范围

本文件规定了面向核电领域的“5G+工业互联网”在核能过程中的典型应用场景及业务和通信技术要求。

电力领域属于国家标准 GB/T4754-2017《国民经济行业分类》的门类 D(电力、燃气及水的生产和供应业)，具体面向 44 大类（电力、热力的生产和供应业）。

本文件适用于面向核电领域“5G+工业互联网”在核能发电的应用设计及部署实施。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4754-2017	国民经济行业分类
3GPP TS 22.104	Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains
3GPP TS 22.261	Service requirements for the 5G system

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3GPP TS 22.104、3GPP TS 22.261 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

- 第 5 代移动通信技术 The Fifth Generation Communication Technology(5G)
具有大带宽、低时延和广连接等特点的最新一代蜂窝移动通信技术。

- 差动保护 Differential protection

输入电流互感器的两端电流矢量差，当达到设定的动作值时启动动作元件。

- 精准负荷控制系统 precise load control system

以可中断负荷为具体控制对象的系统保护网络。在电网需要时，根据控制量精准匹配可中断负荷并对其进行批量快速控制。通信对象包括接入层电力用户配电室分路开关，以及骨干汇聚层各级上联汇聚站点。

- 同步向量测量单元(PMU) phasor measurement unit

同步向量测量单元是利用全球定位系统（GPS）秒脉冲作为同步时钟构成的相量测量单元。可用于电力系统的动态监测、系统保护和系统分析和预测等领域。是保障电网安全

运行的重要设备。

- 生产控制大区 Production Control Area

按照业务系统的重要性和对生产系统的影响程度将生产控制大区划分为控制区（安全区 I）及非控制区（安全区 II），重点保护生产控制以及直接影响电力生产（机组运行）的系统。

- 信息管理信息大区 Management Information Area

在不影响生产控制大区安全的前提下，可以根据各单位不同安全要求划分安全区，包括生产管理区、办公内网区、办公外网区及在上述区域运行使用的信息系统，主要可以分为安全 III 区和安全 IV 区。

- 微能源网 Micro Energy Grid

微能源网是一种智慧型能源综合利用的区域网络，涵盖能源生产、使用、存储、调度、控制的系统。可相对独立运行，通过能量存储和优化配置，实现风、光、天然气等各类分布式能源多能互补以及本地能源生产与消纳的基本平衡，并可按需要与公共电网灵活互动。

- 端到端时延 End-to-End Latency

将给定的信息从源地传输到目的地所需的时间，在应用级别上测量时,可测量从源地发出的时刻到目的地接收的时刻作为时延时间。

[来源：3GPP TS 22.261 Service requirements for the 5G system 中术语 3.1]

注：时延是指一个报文或分组从一个网络的一端传送到另一个端所需要的时间，本文件中使用的时延分为空口时延、传输时延和终端到终端时延，其中空口时延是指 5G UE 和基站之间的时延，传输时延是指 5G UE 和 UPF 之间的时延，终端到终端时延是指 5G UE 和 5G UE 之间的时延。

- 通信可靠性 Communication Service Reliability

5G 网络在给定条件下和规定时间内，完成规定网络业务的能力。

[来源：3GPP TS 22.104 Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains 中术语 3.1]

注 1：给定条件将包括影响可靠性的方面，如：操作模式、压力水平和环境条件。

注 2：可靠性可以使用适当的度量方法来量化，例如平均故障间隔时间，或在指定的时间段内不发生故障的概率。

- 业务可靠性 Operational Reliability

在网络层数据包传输的情况下，在目标服务所需的时间限制内，成功传递到给定系统实体的已发送的数据包数量除以发送的网络层数据包总数的百分比值。

[来源：3GPP TS 22.261 Service requirements for the 5G system 中术语 3.1]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

5G	5th Generation mobile networks	第五代移动通信网络
AI	Artificial Intelligence	人工智能
AR/VR	Augmented Reality/Virtual Reality	增强现实技术/虚拟现实技术
APS	Automatic Procedure Start-up/Shut-down	机组自动启停
DCS	Digital Control System	数字化控制系统
EMC	magnetic Compatibility	电磁兼容
FA	Feeder Automation	馈线自动化
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Event	面向通用对象的变电站事件
GIS	Geographic Information System	地理信息系统
GPT	Generative Transformer	预训练语言模型
HRA	Human Reliability Analysis	人因可靠性分析
IaaS	Infrastructure as a Service	基础设施即服务
IOT	Internet of Things	物联网
IPS	intrusion Prevention System	入侵防御系统
IT	Information Technology	信息技术
KPI	Key Performance Indicator	关键性能指标
LCO	Limiting Conditions Operation	运行限制条件
LOE	license operating event	执照运行事件
MEC	Multi-access Edge Computing	多接入边缘计算
OAF	Operator Aid Function	操纵员辅助功能
OT	Operation Technology	操作技术
PaaS	Platform as a Service	平台即服务
PID	Proportional Integral Derivative	比例、积分、微分

PLC	Programmable Logic Controller	可编程逻辑控制器
PSA	Probabilistic Safety Assessment	概率安全分析
PSF	Performance Shaping Factor	行为修正因子
PC	personal computer	个人电脑
PMU	Phasor Measurement Unit	同步相量测量装置
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	数据采集与监视控制系统
SaaS	Software as a Service	软件即服务
TCP	Transmission Control Protocol	传输控制协议
UDP	User Protocol	用户数据报协议
UI	User Interface	用户界面
UPS	Uninterruptible Power Supply	不间断电源
VLAN	Virtual Extensible-LAN	虚拟局域网

5 总体原则

5.1 场景分类

本标准面向核能发电应用场景，主要包括智能发电、智能管理两大方面，如表 1 所示。

表 1 面向电力领域的“5G+工业互联网”应用场景分类

场景分类	场景名称	场景描述
智能发电	重要物项监测与故障预警诊断	通过 5G 网络对电厂内的发电设备进行动态监测，实时显示发电设备的当前状态，提前判断设备故障状态及剩余寿命，为预防性维修提供依据。
	机组级监测与预警智能化	在传统发电系统基础上，通过引入先进的智能感知、信息通信、智能控制等新技术，进行核电机组在线风险监测与预警，形成的新一代安全、高效、环保的核能发电监测与预警系统系统。
	重要敏感环境实时监测与预警	利用 5G 大带宽、多节点的特性，按需配置监测终端，实现环境监测的实时化、精细化
智能管理	智能巡检	智能巡检系统是实现巡检业务的全流程自动化、智能化管理，包括但不限于：代替人员抄表、监测设备震动异常、声音异常、温度异常、设备跑冒滴漏进行自动识

		别、数据分析并进行预警/报警、发现设备性能缓慢劣化等潜伏性问题，并自动生成巡检报告。
	辐射防护管理	利用 5G 广连接特性，通过固定监视终端和人员穿戴型终端采集的辐照数据，实现辐射防护数据治理，具备辐射防护大数据分析的基础，并建设三位辐射防护风险地体，实现核电厂集体剂量的优化。
	智慧安全管理	利用 5G 技术，将智能识别、智能安防、虚拟现实、人员定位、移动互联、大数据等设备和先进技术融入到安全管理体系，构建安全管控平台，实现安全业务闭环管控、现场管理流程规范、安全数据深度挖掘、风险有效监控预防。
	智能培训	结合 VR 技术，构建电厂智能培训系统，实现现场设备位置、操作、故障/应急处置仿真，实现设备部件解体、装复全过程仿真，通过仿真培训避免限时中的安全事故，加深受训者的安全认知与操作，熟练专业技能，提升人员水平。

5.2 电力业务安全分区原则

网络与信息安全应确保落实国家信息安全等级保护制度，按照国家网络安全等级保护的有关要求，坚持“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证、综合防护”的原则，实现智能控制平台、智慧管理平台内部逻辑隔离、平台间数据传输需通过电力专用横向单向安全隔离装置，保障智慧企业各级系统的安全。按照国家《电力监控系统安全防护规定》，结合核电建设、运营的活动实践，信息安全分区划分为生产控制大区和管理信息大区，具体如下：

- 生产控制大区：按照业务系统的重要性和对生产系统的影响程度将生产控制大区划分为控制区（安全Ⅰ区）及非控制区（安全Ⅱ区），重点保护生产控制以及直接影响电力生产（机组运行）的系统。

控制区(安全Ⅰ区)：指由具有实时监控功能、纵向联接使用电力调度数据网的实时子网或者专用通道的各业务系统构成的安全区域。核电厂典型业务系统包括厂级生产控制系

统(DCS)、自动电压控制系统(AVC)、网控系统、继电保护、辅机控制系统(包括三废处理系统、循环水处理系统、凝结水精处理系统和除盐水系统等)、相量测量装置(PMU)、自动控制装置和火警探测系统等。

非控制区(安全 II 区): 指在生产控制范围内由在线运行但不直接参与控制、是电力生产过程的必要环节、纵向联接使用电力调度数据网的非实时子网的各业务系统构成的安全区域。核电厂典型业务系统包括厂级信息采集监测系统、电能量采集装置、故障录波装置等。

- 管理信息大区: 在不影响生产控制大区安全的前提下, 可以根据各单位不同安全要求划分安全区, 包括生产管理区(安全 III 区)、办公内网区(安全 IV 区)、办公外网区及在上述区域运行使用的信息系统。

生产管理区(安全 III 区): 指与电力生产没有直接关系, 但与电力生产管理活动密切相关的各业务系统构成的区域。业务实时性要求不高, 主要使用对象为电厂生产一线人员。电厂典型业务系统包括: 实时信息监测系统的厂级管理功能等。有些不属于电力监控系统但是为电厂生产业务服务的系统, 也归于生产管理区, 如核电站全范围模拟机系统、地震监测系统、气象与辐射监测系统、实物保护系统、核电基地应急分析与指挥系统、冷源监测预警系统等。

办公内网区(安全 IV 区): 指由用于处理企业内部业务与经营管理信息以及企业商密信息的计算机网络构成的区域。典型业务系统包括: 企业资源计划 SAP 系统等。

- 不允许把应属于控制区域的业务系统或其功能模块迁移到非控制区域, 但允许把属于非控制区域的业务系统或其功能模块放置于控制区域。
- 对不存在外部网络联系的孤立业务系统, 其安全分区无特殊要求, 但需遵守所在安全区的防护要求。

5G 承载电力生产控制大区业务时, 需提供与其他业务(包括电力管理信息大区业务或运营商公网业务)端到端物理隔离的专用通道, 对于生产控制大区内部的不同业务之间, 需要提供逻辑隔离的通道。

5.3 场景应用总体要求

面向电力领域的“5G+工业互联网”应用场景应满足以下总体要求:
应满足电力业务应用对上行速率、下行速率、传输时延、通信可靠性、安全隔离等差异化

网络质 量要求；

- 应提供不同的切片类型，满足业务开通、故障抢修、售后响应、技术支撑等服务保障；
- 应提供 5G 通信接口与通信技术支持，保障 5G 承载业务信息传输的及时性与准确性；
- 应合理规划无线网络信号覆盖及接入容量需求，定期或不定期检查网络信号质量、及时检修信号故障，保证网络信号的稳定性及有效覆盖；
- 针对生产控制类业务，应保障服务线路及网络资源 7×24 小时不间断运行，不受光缆中断、停电、系统软硬件升级等因素影响；
- 针对重大保供电等特殊情况，应做好关键站点的硬件、KPI 性能等的全面监控，制定相应的技术应对方案及应急保障措施，保障 5G 通信覆盖、服务质量以及网络安全；
- 针对网络设备进行调试、维护或其他可预见性原因引起服务中断等情况，应提前通知业务应用，不得随意终止提供的相关通信服务（不可抗拒的自然灾害和双方不可预见的情况除外）；
- 线路、网络发生突发故障时，应及时开展排障、现场测试、问题定位及故障消除。

6 智能发电典型应用场景及技术要求

6.1 重要物项监测与故障预警诊断

6.1.1 场景描述

重要物项监测和故障预警诊断，是以 5G 为传输链路，利用先进传感器技术对电厂运行数据进行采集，根据历史数据和环境条件，对设备实施运行状态监测和故障预警与诊断，并进行剩余寿命预测，进而建立设备健康状态智能化的评估体系，并可根据故障诊断和健康评估信息、可用维修资源及使用要求，对后续设备运行和维修活动提供相应的智能化解决方案，避免因过度维修或维修不足引起的设备故障。

6.1.2 业务需求

- 终端传感器数据传输可通过 5G 网络实现；
- 对发电设备的状态、性能等信息进行监测；
- 对电厂内的环境信息进行监测；
- 对电厂内的人员、设备和环境进行视频安监；

- 对电厂内的异常违规现象发出声、光控等形式的报警；
- 基于网络切片或专网等进行安全可靠的网络连接；
- 采集的数据不出电厂，如采用 5G 网关本地分流，实现数据不出厂。

6.1.3 通信技术需求

典型场景	上行速率	下行速率	传输时延	通信可靠性	备注
振动类传感器	1Mbps		$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	单套设备需求
视频类传感器	4Mbps（1080p）； 6Mbps（2K）；	$\geq 100\text{kbps}$	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99\%$	
音频类传感器	2Mbps		$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	
其他传感器	100Kbps		$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	

6.2 机组级监测与预警智能化

6.2.1 场景描述

该场景旨在将 PSA 技术与智能化技术相结合，在内部事件一级 PSA 静态模型的基础上，引入智能核电设计特征，构建智能电厂 Living PSA 模型，使用高效率、高精度的计算引擎，实现模型的快速求解以及安全风险的实时监测和预警，并最终在一体化管理平台中构建核电机组在线风险监测及预警系统以提升风险预警及监测水平。

6.2.2 业务需求

机组级监测与预警智能化的功能目标是能够为电厂稳定经济运行提供以下技术支持：

- 电厂的配置信息设置和修改；
- 电厂实时风险计算和展示（如 CDF）；
- 不同电厂配置方案的比较分析；
- 电厂维修计划评估；
- 更为直观的电厂健康表征指标的监测与预警；
- 基于网络切片或专网等进行安全可靠的网络连接；

- 采集的数据不出电厂，如采用 5G 网关本地分流，实现数据不出厂。

6.2.3 通信技术需求

典型场景	上行速率	下行速率	传输时延	通信可靠性	备注
视频类传感器	4Mbps（1080p）； 6Mbps（2K）；	100kbps	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99\%$	单套设备需求
手持型智能终端	4Mbps（1080p）； 6Mbps（2K）；	4Mbps（1080p）； 6Mbps（2K）；	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99\%$	
穿戴类智能终端	4Mbps（1080p）； 6Mbps（2K）；	4Mbps（1080p）； 6Mbps（2K）；	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99\%$	
非视频类业务	2Mbps	2Mbps	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.99\%$	

6.3 重要敏感环境实时监测与预警

6.3.1 场景描述

重要敏感环境实时监测与预警是针对核电厂环境监测需求而搭建的专用监测系统，监测对象包含但不限于气候环境（温度、湿度、盐雾、风速、光照等）、水质环境（盐度、PH、杂物、浮游生物等）、土壤环境（PH、温度、湿度等）、空域监测（如可见度、无人机等）。通过重要敏感环境的监测，实时评估电厂内外部环境风险，产生实时预警，并协助制定针对性防护和应急策略。

6.3.2 业务需求

- 5G 终端应具备广泛适用性，能够适用陆地、低空、海洋、湖泊等不同环境的使用要求；
- 能够通过视频、传感器、专用仪器设备等实现不同物理量的采集；
- 具备通过数据分析，推理挖掘潜在环境风险的能力；
- 具备针对异常现象发出声、光控等形式的报警；
- 基于网络切片或专网等进行安全可靠的网络连接；
- 采集的数据不出电厂，如采用 5G 网关本地分流，实现数据不出厂。

6.3.3 通信技术需求

典型场景	上行速率	下行速率	传输时延	通信可靠性	备注
视频类监视终端	4Mbps（1080p）； 6Mbps（2K）； 30Mbps（4K）		$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99\%$	单套设备需求
穿戴类监视终端	4Mbps（1080p）； 6Mbps（2K）；	2Mbps	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99\%$	
分析仪器类监视终端	2Mbps		$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.99\%$	
传感器类监视终端	1Mbps		$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.99\%$	

7 智能管理典型应用场景及技术要求

7.1 智能巡检

7.1.1 场景描述

传统的人工巡检或非智能巡检方式，经常出现漏巡、代巡、错检，以及巡检质量不高、信息反馈滞后，甚至出现发电设备异常不能及时发现和反馈等问题，给正常发电造成了较大的干扰。通过引入巡检机器人或电力巡检无人机等智能巡检方式，有助于及时发现发电设备的故障隐患，为发电场所的安全生产起到重要的保障作用。

电力巡检机器人或电力巡检无人机在发电场所内按照规划的路径自动运行，并在设置的巡检点自动监测和智能感知发电设备的运行状态（包括温度、速度、压力、震动、电压、电流等）及周围环境等信息，对发电设备故障、违规和危及发电安全的隐患进行判别和预测，并给出具体的检修意见，以便巡检人员能够及时消除故障，从而保证输电线路安全和电力系统稳定。

7.1.2 业务需求

智能巡检可通过 5G 网络实现：

- 预置巡检线路、巡检点、巡检启动时间、巡检周期等；
- 引导电力巡检设备在电厂内按规定的线路运动；

- 将被巡检的发电设备及环境信息通过 5G 网络上传到管理平台；
- 将识别的故障、安全隐患等通过 5G 网络实时传输到管理平台；
- 将被巡检的设备的位置信息通过 5G 网络实时传输到管理平台；
- 将被巡检的设备的高清视频或快照图像通过 5G 网络传输到管理平台；
- 对电力巡检机器人、无人机等巡检设备进行远程操作控制；
- 上传巡检日志到管理平台；
- 电力巡检设备低速移动性，以及巡检过程中的业务连续性；
- 基于网络切片或专网等进行安全可靠的网络连接；
- 采集的数据不出电厂，如采用 5G 网关本地分流，实现数据不出厂。

7.1.3 通信技术需求

典型场景	上行速率	下行速率	传输时延	通信可靠性	备注
采集类（发电设备状态、环境数据等信息采集）	100Kbps		$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	单套设备需求
控制类（巡检设备的巡检规划、远程控制等）	2Mbps	2Mbps	$\leq 30\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	
交互类（视频/图像传输、位置/巡检日志上传）	4Mbps（1080p）； 30Mbps（4K）	1Mbps	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	

7.2 辐射防护管理

7.2.1 场景描述

辐射防护管理用于核电厂正常运行和事故运行期间运行人员集体计量的优化。系统的主要技术目标为：

- 实现辐射防护数据治理，具备辐射防护大数据分析的基础；
- 实现核电厂集体剂量目标值降低。

此外，为支持以上系统的功能所开发的智能辐射监测设备，包括个人剂量监测定位仪、腐蚀产物就地伽马谱装置和分布式区域剂量率监测仪，用以实现个人剂量数据的实时快速传输和人员定位，满足周测量和大修期间的无人化辐射监测需求和腐蚀产物沉积源项测量

问题。

7.2.2 业务需求

辐射防护管理可通过 5G 网络实现：

- 通过固定的辐射监测系统，实现固定点位的辐照强度信息；
- 移动类/便携类辐照监测终端，具备室内外定位功能，并江位置信息和辐照信息上传至管理平台
- 基于固定和移动的辐照监测信息，绘制三维辐照强度地图；
- 上传巡检日志到管理平台；
- 具备辐照路径规划与导航能力；
- 能够针对辐照强度进行报警；
- 基于网络切片或专网等进行安全可靠的网络连接；
- 采集的数据不出电厂，如采用 5G 网关本地分流，实现数据不出厂。

7.2.3 通信技术需求

典型场景	上行速率	下行速率	传输时延	通信可靠性	备注
个人剂量监测定位仪	100Kbps		$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	单套设备需求
腐蚀产物就地伽马谱装置	100Kbps		$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	
分布式区域剂量率监测仪	100Kbps		$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	
手持式作业终端	30Mbps	6Mbps	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	

7.3 智慧安全管理

7.3.1 场景描述

将智能识别、智能安防、虚拟现实、人员定位、移动互联、大数据等设备和先进技术融入到安全管理体系，构建安全管控平台，实现安全业务闭环管控、现场管理流程规范、安全数据深度挖掘、风险有效监控预防，确保作业过程安全、作业行为安全和系统设备安全，实现人防到智防的转变。智能安全包括：人员定位、两票智能、电子围栏、安全行为

识别等。

7.3.2 业务需求

智慧安全管理可通过 5G 网络实现：

- 通过智能可穿戴劳保终端，实时获取人员体征信息、外部环境信息、定位信息等，并传递至管理平台；
- 通过智能可穿戴劳保终端，实时监测人员的劳保用品穿戴情况，并实时传递至管理平台；
- 具备通过智能可穿戴劳保终端，远程发送报警的能力，并通过视频/语音对讲，进行远程沟通；
- 具备通过采集的数据、视频等进行不安全状态、不安全行为分析、挖掘与报警的能力；
- 具备划定风险边界，进行电子围栏搭建的功能；
- 基于网络切片或专网等进行安全可靠的网络连接；
- 采集的数据不出电厂，如采用 5G 网关本地分流，实现数据不出厂。

7.3.3 通信技术需求

典型场景	上行速率	下行速率	传输时延	通信可靠性	备注
智能安全帽	30Mbps	6Mbps	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	单套设备需求
智能作业终端	30Mbps	6Mbps	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	

7.4 智能培训

7.4.1 场景描述

结合 VR 技术，构建电厂智能培训系统，实现现场设备位置、操作、故障/应急处置仿真，实现设备部件解体、装复全过程仿真，通过仿真培训避免限时中的安全事故，加深受训者的安全认知与操作，熟练专业技能，提升人员水平。

7.4.2 业务需求

智能培训可通过 5G 网络实现：

- 基于 AR/VR 的远程培训功能；

- 具备远程专家指导与交互的功能；
- 能够依托固定视频采集终端、穿戴式视频采集终端，全程记录学院的作业状态，并上传至管理平台，进行分析与挖掘的功能；
- 具备远程植入异常信息，考核学员发现问题、分析问题、解决问题的能力；
- 具备自动考评功能，可根据学员表现，自动给出考核结果；
- 基于网络切片或专网等进行安全可靠的网络连接；
- 采集的数据不出电厂，如采用 5G 网关本地分流，实现数据不出厂。

7.4.3 通信技术需求

典型场景	上行速率	下行速率	传输时延	通信可靠性	备注
智能安全帽	30Mbps	6Mbps	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	单套设备需求
智能作业终端	30Mbps	6Mbps	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	
专家支持系统	40Mbps	10Mbps	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	
VR/AR 培训系统	100Mbps	100Mbps	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	

8 环境及试验要求

8.1 环境要求

设备供应商应根据设备的安装地点、运行需求等，确认设备在对应环境下的可靠性和可用性。

本标准基于国内 CPR1000、EPR、华龙一号等压水堆堆型的建设标准和工程实践，规定主要设备的环境要素分为环境和地震条件、电源供给条件等。

- 环境条件和地震条件
 - 设备不运行时的环境条件；
 - 安全壳外正常环境条件、事故环境条件；
 - 安全壳内正常环境条件、事故环境条件；
 - 地震条件。

- 电源供给条件。

具体环境指标参考 EJ/T 1197 附录 B、C、D。

8.2 试验要求

本标准参考国内核级设备的一般鉴定方法，给出试验要求。

8.2.1 温湿度条件试验

按照规定的环境条件，验证设备能够在温、湿度上、下限及其范围内正常工作，试验方法和条件可参见 TR-107330-1996。

8.2.2 机械振动试验

为检验电子设备再振动环境下的结构的坚固性和设计的合理性，按照 NB/T 20344 附录 A 的试验指标，参考 GB/T 2423.10，执行振动试验。另外，如设备安装于振动环境已知的环境中，应考虑具体环境的影响。

8.2.3 辐照试验

对于安装于辐照环境下的设备，应参考 RCC-E B5200 的试验要求，进行辐照试验，并保证可用性；对于事故后仍需要保持运行功能的设备，应参考 B6220 的要求，进行事故环境下的辐照试验。

8.2.4 电磁兼容试验

设备供应商应按照通信行业的一般要求，组织和实施 EMC 试验。此外，由于核电行业的特殊性，5G 及相关设备应根据核电行业的 EMC 试验标准，补充行业要求的 EMC 试验，具体的试验要求和试验方法参见 IEC 62003 或 RG 1.180。

8.2.5 地震试验

对于再地震环境下需正常运行或保持完整性的设备，供应商应根据根据设备安装位置的反应谱，组织并实施地震试验，参见 RCC-E B4200 的相关要求。