

团体标准

T/CES XXX-XXXX

数字孪生变电站新型传感接入技术规范
(征求意见稿)

Specification for new sensor access technology for digital twin substation

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

1	范围.....	1
2	规范性引用文件.....	1
3	术语和定义.....	1
4	总则.....	3
5	数字孪生变电站系统架构.....	3
5.1	数字孪生变电站.....	3
5.2	数字孪生变电站特征.....	3
5.3	数字孪生变电站体系架构.....	4
6	传感设备技术要求.....	4
6.1	新型传感器设计与部署.....	4
6.2	新型传感器智能信息处理.....	5
6.3	新型传感器信息通信.....	5
6.4	新型传感器数据处理与计算.....	5
6.5	新型传感器信息安全.....	5
7	数据传输技术要求.....	5
7.1	本地通信网.....	5
7.2	远程通信网.....	6
8	数据存储技术要求.....	7
8.1	数据处理技术要求.....	7
8.2	云存储资源池配置.....	7
8.3	数据库建立和维护.....	7
附录 A	(资料性附录) 数字孪生变电站体系架构.....	9

前 言

变电站作为发电与用电之间的重要桥梁，承担着电力能量转换、调度控制、信息监测等重要工作，是电力供应网络中的重要环节。近年来，通过在变电站内建设先进、可靠、集成、低碳、环保的智能设备，智能变电站成为重要建设目标，更加注重变电站之间、变电站与调度中心之间信息的统一与功能的层次化和设备集成化，可实现监测设备的智能化和故障信息综合分析。随着大数据、云计算、数字孪生等数字技术的快速发展，智能变电站更加朝着自主、透明的方向发展，数字孪生变电站成为重要发展目标，面临着新型传感接入不规范、数据价值难以充分发挥、难以满足设备精细化运维等较多亟待解决的问题。其中，标准是数字孪生变电站快速发展的重要导则，尤其是新型传感接入技术标准的规范对于实现多源数据规范、数据建模、数据信息挖掘等至关重要。

本文件按照 GB/T1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构与编写》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别中专利的责任。

本文件由国网信息通信产业集团有限公司提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会能源智慧化工作组负责归口。

本文件起草单位：国网信息通信产业集团有限公司、北京国网信通埃森哲信息技术有限公司、国网思极数字科技(北京)有限公司、华北电力大学。

本文件主要起草人：李强、赵峰、许中平、谢可、郭翔、李炳森、李守超、刘亚庆、吴耀军、张钊源、吕建兵、孟德建、张韬、陈颖、常天渤、许乐乐、李祺豪、石鑫、房方。

本文件为首次发布。

数字孪生变电站新型传感接入技术规范

1 范围

本文件适用于110kV及以上电压等级的新建、扩建、改建的智能变电站。

本文件规定了数字孪生变电站新型传感接入的总则，给出了数字孪生变电站系统架构、传感设备技术说明、数据传输技术说明和数据管理存储技术标准规范，涵盖了数据、通信、存储三个方面。

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。

DL/T 1023—2006 变电站仿真机技术规范

DL/T 5056—2007 变电站总布置设计技术规程

DL/T 969—2005 变电站运行导则

DL/T 860—2006 变电站通信网络和系统

DL/T 1075—2016 数字式保护测控装置通用技术条件

GB/T 2900.59—2008 电工术语发电、输电及配电变电站

GB/T 30155—2013 智能变电站技术导则

GB/T 34132—2017 智能变电站智能终端装置通用技术条件

GB/T 34121—2017 智能变电站继电保护配置工具技术规范

GB/T 33905.3—2017 智能传感器 第3部分：术语

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数字孪生 (digital twin)

针对物理实体，充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，在虚拟空间中构建一个与物理实体完全等价的数字等价体，借此来实现对物理实体的了解、分析和优化。

3.2

微机电系统 (micro-electro-mechanical system)

集微传感器、微执行器、信号处理和电路等于一体的微型系统。

3.3

智能终端 (intelligent terminal)

与传统一次设备就近安装，实现信息采集、传输、处理、控制的智能化电子装置。

3.4

无线传感网 (wireless sensor network)

一种分布式传感网络，它的末梢是可以感知和检查外部世界的传感器。无线传感网络中的传感器通过无线方式通信，因此网络设置灵活，设备位置可以随时更改，还可以跟互联网进行有线或无线方式的连接。

3.5

数字线程技术(digital thread technology)

一种通信框架，它能展示资产数据在整个生命周期的互联的数据流和集成视图。

3.6

面向通用对象的变电站事件 (Generic Object Oriented Substation Event)

面向通用对象的变电站事件主要用于实现在多智能电子设备之间的信息传递，包括传输跳合闸信号，具有高传输成功概率。

3.7

本地通信网(local communication network)

支持多种通信媒介、具备灵活组网能力，主要满足配电物联网海量感知节点与边缘节点之间灵活、高效、低功耗的就地通信需求，属于局域网范畴。

3.8

远程通信网(remote communication network)

主要满足配电物联网平台与边缘节点之间高可靠、低时延、差异化的通信需求，属于广域通信网的范畴。

3.9

制造报文规范 (manufacturing message specification)

制造报文规范即制造报文规范，是 ISO/IEC9506 标准所定义的一套用于工业控制系统的通信协议。MMS 规范了工业领域具有通信能力的智能传感器、智能电子设备、智能控制设备的通信行为，使出自不同制造商的设备之间具有互操作性。

3.10

物理层(physical layer)

物理层包含输变电设备设计、制造、交付、运维及报废回收等全生命周期所涉及的物理实体，其包括机器、人员、环境、材料等，是数字孪生的实现基础。

3.11

感知层(perception layer)

感知层需基于先进传感装置监测输变电设备在其全生命周期中的状态及其参数，从而在虚拟空间中融合装备的设计参数、制造过程参量、在线监测数据、环境数据等数据，并采用仿真建模、大数据计算等对输变电设备生命周期的各个阶段进行研究分析。

3.12

传输层(transmission layer)

传输层的功能是为其他层级提供数据支撑服务，感知层采集到的物理实体数据通过传输层实时传递给虚拟层，虚拟层的管理控制指令也可通过传输层传递给物理层，用以实现物理层跟虚拟层之间的实时交互。

3.13

虚拟层(virtual layer)

虚拟层指的是与物理层中物理实体相对应的虚拟体集合。虚拟层包含数字化建模、仿真计算、大数据分析等功能，该层是基于感知数据实现对输变电设备全生命周期的监测、评估与预测。

3.14

应用层(application layer)

应用层是输变电设备数字孪生全生命周期中的具体业务应用，其包括输变电设备数字化研发、智能制造、物理与数字体双交付、智能运维等环节。

3.15

边缘网关(border gateway)

部署在网络边缘侧的网关，通过网络联接、协议转换等功能联接物理和数字世界，提供轻量化的联接管理、实时数据分析及应用管理功能。

3.16

边缘计算(edge computing)

将计算资源就近放置在更靠近用户或设备的“边缘”，从而减少延迟和带宽消耗，提供靠近数据源的实时处理。

4 总则

数字孪生变电站新型传感接入技术涉及变电站设计制造阶段新型感知技术及运维阶段电、声、光、化、热新型传感接入技术，涵盖了数据、通信、存储三个方面，应兼顾可用产品的技术水平和未来发展趋势，以确保电网的安全可靠为基础，降低变电站故障率，考虑运行和检修的便利性，着力实现变电站全生命周期内的综合成本优化。

(1) 满足系统实时性原则

数据传输实时性是保证物理变电站与其数字孪生体之间动态特性一致的必要条件，应加强对实时通信技术的应用研究，系统设计、实施过程中应充分考虑系统通信的实时性和稳定性。

(2) 继承和发展结合原则

首先将传统数字变电站传感接入技术以合适方式融入数字孪生变电站中，然后再结合数字孪生变电站的特点，在确保可靠性、安全性前提下探索和集成新技术。

(3) 系统安全、可靠运行原则

数字孪生变电站新型传感装置接入不能牺牲变电站原有的安全性、可靠性和经济性，各子系统的性能应满足变电站的基本原则要求，对于涉及变电站稳定和设备安全的重要性能指标，不应低于现有标准约束。

(4) 合理冗余原则

数字孪生变电站感知层数据采集、传输、执行单元和数据交换系统，应保证一定的冗余配置，对于电、声、光、化、热等新型传感装置，可以综合衡量功能需求和经济性，通过按间隔配置等规则保证一定的冗余配置。

(5) 逐步推进原则

数字孪生变电站新型传感装置安装和接入应根据工程实际情况，综合考虑技术、经济因素，选择合理的技术方案。新型传感装置应选用先进、可靠的设备与技术，改造现有装置应考虑设备的合理使用寿命，按照经济性和可平滑升级的原则进行。110kV及以上变电站应采用积极稳妥、渐近发展的思路进行试点，新设备、新技术在变电站经实施验证确实可行后才逐步进行推广。

(6) 实用性和合理发展的原则

积极稳妥地推进数字孪生变电站新型传感接入，根据变电站实际情况，逐步实施，对于尚可继续使用的传感装置，通过增加采集转换设备、升级通信技术、扩展存储容量等，实现传感装置的改造升级，但同时应考虑到将来更换传统传感装置时不再额外增加系统感知层的设备。

5 数字孪生变电站系统架构

5.1 数字孪生变电站

数字孪生变电站以无处不在的小微智能传感器及其传感网络为基础，以智能电气设备为载体，并充分应用无线传感网络技术、大数据技术、云计算技术、边缘计算技术、数字线程技术等先进技术，自动完成自由（无限、海量）的数据采集、数据存储、数据获取以及智能分析等功能，使得变电站设备的内外状态、环境状态、安全状态等信息及运行动态特性全面深度透明，最终实现变电站处处可见、可知、可控。

5.2 数字孪生变电站特征

5.2.1 状态全面感知

数字孪生变电站以小微智能传感器为基础，以点线成面的方式全方位、多维度的部署状态监测设备，构建泛在传感网络，可以全天候全时段监测变电站内外状态的细微变化，结合

新一代人工智能、大数据分析等技术，实现对电流、电压等电量状态，以及光照、温度、湿度、声音、图像等非电量状态的全面精细化自主感知。

5.2.2 运行高度智能

数字孪生变电站运行高度智能主要体现在两个方面，一方面是以智能设备为载体，实现数字孪生变电站的灵活快速控制，另一方面则是基于海量信息数据，不依赖于具体模型，利用数据分析技术和高性能计算技术，通过数据关系发现变电站的运行规律，变电站拓扑结构、运行状态可以根据指令和外部环境变化进行动态调整，实现变电站故障诊断、态势预测、智能预测、智能运维、智能管控、智能决策等智能智慧运行。

5.2.3 全景化数字呈现

数字孪生变电站能够实现对所有设备、所有状态历史信息、即时信息的自由获取，实现对未来信息的准确预测，通过利用先进的3D技术等，能够直观地实现变电站全景呈现，实现变电站的深度透明。

5.3 数字孪生变电站体系架构

数字孪生变电站体系架构图见附录 A(图 A.1)，主要包括边缘感知层、网络层、平台层和应用层，各层具体功能要求描述如下。

5.3.1 边缘感知层

数字孪生变电站边缘感知层以小微智能新型传感器为核心，即小微新型传感器和智能型传感器，由感知设备模块和边缘计算模块组成，应不只局限于以往变电站的信息采集功能，而是状态全面感知和运行高度智能特征的集中、交互体现，应包括感知设备模块和边缘计算模块，能够提升变电站边缘侧数据处理能力和区域自治能力，降低云端计算压力，提升系统运行决策效率。

5.3.2 网络层

网络层主要负责数字孪生变电站数据的可靠、高效传输，解决各层级设备间的通信问题，包括面向通用对象的变电站事件和制造报文规范传输，从而实现更加广泛的互联功能，应具备高可靠、低时延、差异化特征。

5.3.3 平台层

数字孪生变电站是数据驱动的，以全域数据资源为支撑驱动业务模块的数字化自由拼接，应具备强大的数据管理能力和超强的计算能力，实现全域数据集中和实时管理，一般由一体化云平台、云数据中心、技术中台、物联管理中心等组成。

5.3.4 应用层

数字孪生变电站建设最终服务于变电站的智慧运检，其应用层是以变电站运维业务实际需求为导向搭建的顶层应用结构，搭建时应采用基于物理实体、虚拟实体、服务、孪生数据、各组成部分间连接的数字孪生五维模型，实现对变电站的全域和全生命周期管理，探索变电站的运行规律，精准预测变电站状态，科学决策控制方案，实现三维动态实景和实体行为交互的高级系统仿真。

6 传感设备技术要求

6.1 新型传感器设计与部署

6.1.1 由于数字孪生变电站边缘感知层的建设需要大量传感器，新型传感器应具备小微化、低功耗、智能化、自取能、自组网等特点。

6.1.2 由于电力设备内外具有强电磁干扰，新型传感器应满足抗电磁干扰能力和精度要求，变压器铁芯接地电流监测精度误差不超过 1%，局放定位精度在 10cm 以内，振动或声音信号频率响应范围为 20Hz~1MHz，可对带宽为 10Hz~10kHz、声级为 30~130dB 的声音信号进行采集，红外成像检测精度不超过 2℃，气体检测精度不高于 10⁻⁵ 量级，微机电系统灵敏度

不超过 $4.5\text{mV}/(\text{kV}\cdot\text{m}^{-1})$ 。

6.1.3 传感器布局应注意降低冗余，组网要求避免网络拥塞、丢包，丢包率不高于 1%。

6.1.4 为了快速对监控状态做出预判、预警等处理，同时减少网络传输的压力，新型传感器应带有微处理器，且具备信息监测、信息处理、信息记忆与逻辑判断等智能化功能。

6.1.5 装置应具备高可靠性，所有芯片选用微功率、宽温芯片，装置平均故障间隔时间大于 50000

h，其中 I/O 单元模块平均故障间隔时间 $\text{MTBF} \geq 100000$ h。使用寿命宜为 10 年以上。

6.1.6 装置部署时应采取必要的防静电、防尘及防电磁辐射干扰的防护措施。

6.2 新型传感器智能信息处理

6.2.1 新型传感器应通过研究基于智能芯片的传感技术，对监测等功能进行集成。

6.2.2 新型传感器应具备数据处理能力，对具备保护、测量、控制、计量等功能的二次装置提出了高可靠、高性能、高集成的要求，可靠性需大于 99.999%，数据处理时延不能大于 50ms，时延抖动不大于 5ms。

6.2.3 新型传感器应满足数字孪生变电站对芯片计算能力、存储容量等方面的要求。

6.3 新型传感器信息通信

6.3.1 新型传感器信息通信应满足实时性和可靠性要求，需要大于 99.999%的可靠性和可用性，并且数据的传输时延不能大于 20ms，时延抖动要小于 3ms。

6.3.2 新型传感器应根据接入设备类型、传输数据规模和变电站实际环境选择合适的通信方式，并降低通信连接的复杂程度和成本。

6.3.3 新型传感器各终端设备和平台间应遵循统一的通信标准，确保采集数据的规范。

6.4 新型传感器数据处理与计算

6.4.1 新型传感器应具备一定的计算能力，确保数据的完整性、准确性、有效性和一致性。

6.4.2 根据计算资源和计算任务，传感器终端应与边缘计算、云计算平衡协同。

6.5 新型传感器信息安全

6.5.1 传感器数据采集过程中存在较多信息泄露风险点，且数字世界和物理世界的边界不清晰，应加强网络安全与传感器融合，提升数据采集、传输、处理过程中的安全性。

6.5.2 传感器应具备信息加密、数据校验、身份认证、入侵检测等安全防护功能，认证及检测准确率不低于 99%。

6.5.3 传感器网络安全体系结构应包括加密算法及密码分析、密钥管理及访问控制、认证及安全路由、安全数据融合及安全定位四方面功能，认证准确率不低于 99%，定位精度不低于 95%。

7 数据传输技术要求

7.1 本地通信网

7.1.1 本地通信网负责海量感知节点与边缘计算节点之间的就地通信。

7.1.2 主要通过具备灵活部署、低功耗、低成本等优势的 LoRa、WiFi、APN 专网等无线组网技术。

7.1.3 无线通信组网技术方案。

(1) 低功耗无线的 mesh 技术应包括链路层和网络层。

(2) 协议架构：

- 1) 物理层通过 FSK/OFDM SubG 等协议；
- 2) 链路层支持 6LoWPAN、RF MAC 等协议；
- 3) 网络层支持 L3 mesh 等协议；
- 4) 传输层支持 UDP 等协议；

5)应用层支持CoAP等协议;

(3)L3 mesh网络设备包括:协调器 (Coordinator)、节点 (Node)。Node在mesh网络中可做中继,且L3 mesh协议支持为协调器和节点建立上下路由,并选择最优路径转发数据报文。

7.1.4 边缘网关应满足如下技术要求。

(1)支持多专业多类型终端统一接入。

(2)满足不同业务场景下运行环境、电磁兼容、电源的适应性要求。

(3)支持对不同业务的优先级管理,满足高优先级业务的处理。

(4)支持现有业务(用采、配变监测)的透明传输与数据汇集。

(5)具备适配HPLC/RS485/Zigbee/LoRa等多种通信方式。

(6)支持实现各专业App远程安装、配置、升级、监控,统一对操作系统进行状态监视、在线升级。

(7)分为智能型、标准型、轻量型,适应不同业务场景。其中智能型主要用于变电站,尤其是视频业务接入、图像处理等需要配置高性能计算能力的场景;标准型主要用于配电站房或台区侧,针对配电变压器、充电桩、分布式储能等配用电业务接入场景;轻量型主要用于居民家庭或商业用户,针对综合能源服务和新兴业务接入场景。

(8)支持业务分类标识处理,支持对接口、连接、软件资源、硬件资源的QoS管理。

(9)嵌入用户采集、配电自动化安全芯片,兼容现有业务接入。

7.2 远程通信网

7.2.1 远程通信网具备多模多制式的网络传输技术融合,保证边缘感知层和平台层的连接。

7.2.2 远程通信网的搭建依托电力光纤网、电力无线专网、第五代移动通信网络等多元化广域网络技术。

7.2.3 平台层应满足如下技术要求

(1)具备百万级设备接入和管理能力,支持对海量直联的智能业务终端、边缘物联代理的统一监视、配置和管理。

(2)支持各专业智能应用的快速迭代和远程升级的全生命周期的管理。

(3)具备实现各设备模型统一定义,采集汇集及标准化处理,并转发至企业中台。

(4)支持开放共享的App开发和应用环境,为企业中台、其他业务应用提供标准化接口服务。

(5)支持通过信息系统接口形式实现数据接入。

7.2.4 具备以下功能模块

(1)连接管理

1)应用证书和权限的双认证机制,保证设备的安全接入。

2)应用可信度量,防止伪造篡改设备的接入。

3)通过协议适配服务(MQTT、HTTP、CoAP)支撑边缘物联代理、智能业务终端及存量设备的接入,实现各类终端的统一接入。

4)通过负载均衡和云上资源调配进行动态弹性扩展,支撑千万级设备同时连接。

(2)数据处理

1)应用统一的设备数据模型对采集数据进行处理。

2)用引擎的转发规则将处理后的数据转发到企业中台的对应数据域进行统一存储。

(3)设备管理

1)具备生成设备ID和设备凭证,设置访问权限。

2)支持异步设备参数配置、状态监视功能。

(4)应用管理

1) 支持对边缘物联代理上运行的APP进行统一管理。

(5) 标识管理

- 1) 具备标识前缀分发管理。
- 2) 具备标识编码及分发。
- 3) 具备标识解析。

8 数据存储技术要求

8.1 数据处理技术要求

(1) 对来源不同、长度不同、格式不同、所属时间尺度不同的各数据进行统一分析管理。

(2) 支持根据计算资源和计算任务，使得云端和边缘节点的平衡协同。

(3) 支持深入挖掘变电站海量数据，提高数据分析智能化程度，透过数据关系发现深层的变电站运行规律，实现对未来信息的准确预测，保证变电站的自动智能运行。

8.2 云存储资源池配置

(1) 要求使用成熟的SAN网络技术，支持存储虚拟化技术进行不同SAN协议和网络的融合，能够向云计算平台提供统一的数据存放接口。

(2) 要求存储设备具有8Gb FC主机接口，能够提供海量存储空间，具有海量数据存放的性能和较高的安全性。

(3) 虚拟机需存储在共享磁盘阵列，支持在主机故障时迁移功能。

(4) 按共部署50台虚拟机，每台虚拟机平均占用300G空间，总有效空间为15000G，即约15T。如果按经济的RAID5配置，有效容量约85%，则存储裸空间需要12.75T，再加上热备盘配置，建议配置20T以上裸空间到存储池供虚拟机使用。

(5) 向数据库提供存储服务，按5年运行估计，每年系统将产生1T的数据，5年即为5T，加上系统本地日志空间2T，临时存储空间2T，空闲储备空间1T，总计数据库存储部分空间需求为10T。加上RAID及热备盘配置，建议配置15T以上裸空间。

8.3 数据库建立和维护

8.3.1 自动化系统应建立实时数据库和历史数据库：

(1) 实时数据库：载入变电站自动化系统采集的实时数据，其数值应根据运行工况的实时变化而不断更新，记录设备的当前状态。实时数据库的刷新周期及数据精度应满足工程要求；

(2) 历史数据库：对于需要长期保存的重要数据采用选定周期的方式存放在数据库中。历史数据应能在线存储 12 个月以上，存储溢出时，应保存最新历史数据，所有历史数据应能转存至磁带、硬盘、光盘等作长期存档，并能回装到历史数据库以供查询。应配置稳定运行的数据库（例如 TiDB、OceanBase、PolarDB 等为代表的国内新兴数据库）作为历史数据库平台。

8.3.2 数据库管理

通过数据中台、物联管理平台和调度自动化系统等接口，满足变电站多源异构数据的开放式接入、海量数据存储和融合处理。数据库中存储变电站运行维护相关信息，例如变电站电气设备相关数据、人员数据、设备检修数据，问题原因，时间，检修类别等数据。通过变电站实时、历史数据库为数字孪生体监视、虚拟巡视、远程协作、安全管控和状态评价等功能的实现提供支撑，推进变电运维及管理模式向数字化转型。

数据库管理功能包括：

(1) 系统应能方便地根据SCD文档进行数据库生成和维护。所有参数应只需输入一次，这些参数可在多个应用中被使用，或在多个数据库中被拷贝。对其它数据生成的数据不必再重新输入。

(2) 快速访问常驻内存数据和硬盘数据，在并发操作下能满足实时功能要求；

(3) 允许不同程序对数据库内的同一数据集进行并发访问，保证在并发方式下数据库的完整性和一致性；

(4) 具有良好的扩展性和适应性，满足数据规模的不断扩充及应用程序的修改；

(5) 可在线生成、修改数据库，对任一数据库中的数据进行修改时，数据库管理系统应对所有工作站上的相关数据同时进行修改，保证数据的一致性；

(6) 在系统死机、硬件出错或电源掉电时，系统应能自动保护实时和历史数据库，在故障排除重新启动时，能自动恢复至故障前状态；

(7) 可以生成多种数据集，用作培训、研究、计算等用途；

(8) 可方便地交互式查询和调用；

(9) 应有实时镜象功能。

8.3.3 数据访问读取

构建数据汇聚层应具备数据协同采集访问、整合和通信等功能，为数字孪生变电站信息处理中枢数据处理、协同计算、智能分析处理等业务提供访问接口，进一步实现数字孪生变电站的实时监测、虚拟巡视、远程协作、安全管控和状态评价等应用功能。

数据访问要求满足如下技术特点：

(1) 简单性

应提供一系列模板、库工具，用于帮助能够用户快速成立自己的应用程序，简化应用程序的设计。

(2) 灵活性

应提供丰硕的类库和方式，能够使开发者依照自己的需求设计应用程序的界面和功能。

(3) 访问速度快

应选择访问数据库速度快的访问技术，如OLE DB、ADO等技术。

(4) 可拓展性

应实现应用层序的模块化，增强程序的可移植性、可拓展性。

(5) 访问不同种类数据源

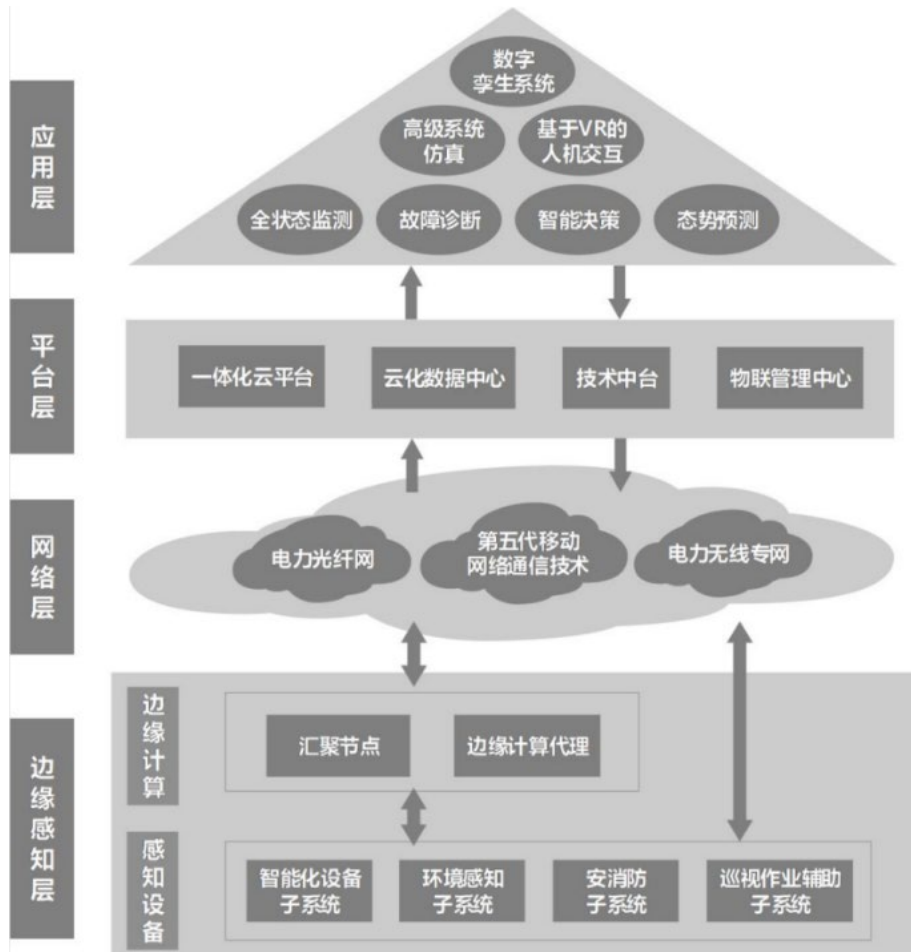
应能访问关系型、非关系型等多种类型数据库。

附录 A
(资料性附录)

数字孪生变电站体系架构说明

A.1 数字孪生变电站体系架构

数字孪生变电站体系架构见图 A.1。



图A.1 数字孪生变电站体系架构图