

团 标 准

T/CES XXX-XXXX

电力人工智能感存算一体化系统

设计规范

Design specification of power ai systems with integrated capabilities of sensing,
data storage, and processing

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

目 次	I
前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 符号、代号和缩略语	4
5 系统框架	4
5.1 概述	4
5.2 业务域	6
5.3 数据服务域	6
5.4 算法引擎域	6
5.5 基础域	6
6 技术要求	6
6.1 总体要求	6
6.2 接入管理	7
6.3 网络通信	7
6.4 计算及存储	7
6.5 AI 能力	7
6.6 模型推理	7
6.7 远程维护能力	8
6.8 自治能力	8
6.9 可扩展性	8
6.10 安全性	8
附 录 A (规范性附录) 业务模型	9
参 考 文 献	9

前　　言

本文件按照 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》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这些专利的责任。

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归口。

本文件起草单位：国网信息通信产业集团有限公司、福建亿榕信息技术有限公司、中国科学院上海微系统与信息技术研究所。

本文件主要起草人：李强、王秋琳、赵峰、庄莉、王营冠、卜智勇、李炳森、张晓东、李凤荣、黄晓光、琚诚、吴小燕、宋立华、李年勇、伍臣周、俞成强、吴佩颖、林钊、王婧、张维。

本文件为首次发布。

电力人工智能感存算一体化系统技术规范

1 范围

本文件规定了面向输电、变电、配电等电力领域的人工智能感存算一体化系统的总体架构、功能性要求及非功能要求。

本文件适用于电力人工智能感存算一体化系统的设计、开发。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 1.1-2020	标准化工作导则 第1部分：基本术语
GB/T 5271.1-2000	信息技术 词汇 第1部分：基本术语
GB/T 5271.28-2001	信息技术 词汇 第28部分：人工智能 基本概念与专家系统
GB/T 5271.34-2006	信息技术 词汇 第34部分：人工智能 神经网络
GB/T 35295-2017	信息技术 大数据 术语
GB/T 36572-2018	电力监控系统网络安全防护导则
T/CES 128-2022	电力人工智能平台总体架构及技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电力感存算一体化系统 power systems with integrated capabilities of sensing, data storage, and processing

集感知、存储、处理功能于一体（感存算一体化）架构下，高效且实时地采集和处理电力信息的交互式系统，具备接入管理、数据处理、网络通信、AI、存储能力。

3.2

人工智能 Artificial Intelligence

一门交叉学科，通常视为计算机科学的分支，研究表现出与人类智能（如推理和学习）相关的各种功能的模型和系统。

[来源 GB/T 5271.28-2001, 定义 28.01.01]

3.3

AI 加速器 Artificial Intelligence accelerator

一类专门用于人工智能硬件加速的微处理器或计算系统，通常由专用 AI 芯片制成，在通用或特定人工智能领域上较通用 GPU 可达到或发挥更好的性能优势。

3.4

接口 Interface

两个功能单元共享的边界，它由各种特征（如功能、物理互联、信号交互等）来定义。

[来源 GB/T 5271.1-2000, 定义 01.01.38]

3.5

训练 training

教会神经网络在输入值的样本和正确输出值之间做出结合的步骤。

[来源：GB/T 5271.34-2006, 34.03.18]

3.6

推理 inference

从已知前提导出结论的推理方法。

注 1：在人工智能领域，前提是事实或者规则。

注 2：术语“推理”既指过程也指结果。

[来源：GB/T 5271.28—2001, 28.03.01]

3.7

结构化数据 structured data

一种数据表示形式，按此种形式，由数据元素汇总而成的每个记录的结构都是一致的并且可以使用关系模型予以有效描述从已知前提导出结论的推理方法。

[来源：GB/T 35295—2017, 02.02.13]

3.8

非结构化数据 unstructured data

不具有预定义模型或未以预定义方式组织的数据。

[来源：GB/T 35295—2017, 02.01.25]

4 符号、代号和缩略语

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

AI：人工智能（Artificial Intelligence）

CPU：中央处理器（Central Processing Unit）

GPU：图形处理器（Graphic Processing Unit）

FPGA：场域可编程逻辑门阵列（Field Programmable Gate Array）

TPU：张量处理器（Tensor Processing Unit）

NPU：神经网络处理器（Neural-network Processing Unit）

LoRa：远距离无线电（Long Range Radio）

NFC：近距离无线通讯技术（Near Field Communication）

RFID：无线射频识别（Radio Frequency Identification）

NSA：非独立组网（Non-standalone）

SA：独立组网（Standalone）

TSN：时间敏感网络（Time Sensitive Network）

SDN：软件定义网络（Software Defined Network）

MQTT：消息队列遥测传输（Message Queuing Telemetry Transport）

COAP：受限制的应用协议（Constrained Application Protocol）

CMOS：互补金属氧化物半导体（Complementary Metal Oxide Semiconductor）

5 系统框架

5.1 概述

电力人工智能感存算一体化系统是包括业务域、数据服务域、算法引擎域、基础域等核心逻辑域，其基本框架见图 1，实际电力应用中，感存算一体化系统不需要同时具备框架中的全部功能，应支持存算一体技术，可以通过配置或部署支撑相应的算法和业务模型。感存算一体化架构有多种形态，包括但不限于 CMOS 架构、阻变调控网络架构等，其中，CMOS 架构的特点是传感器和模拟信号处理器（PE）串联然后并联，其具有时序操作能力，计算处理灵活。阻变调控网络架构的特点是探测器与神经突触器件（如忆阻器、多级开关等）进行组合，探测器负责传感，神经突触器件负责存储和计算，实现传感、存储、计算的一体化功能融合。图 2 为一种感存算一体化架构示例，该系统采用存算一体的方式，从存算分离变成存算一体，计算器件从原来的场效应晶体管变成忆阻器，计算范式从基本布尔逻辑的数字计算变成基于物理定律的模拟计算。

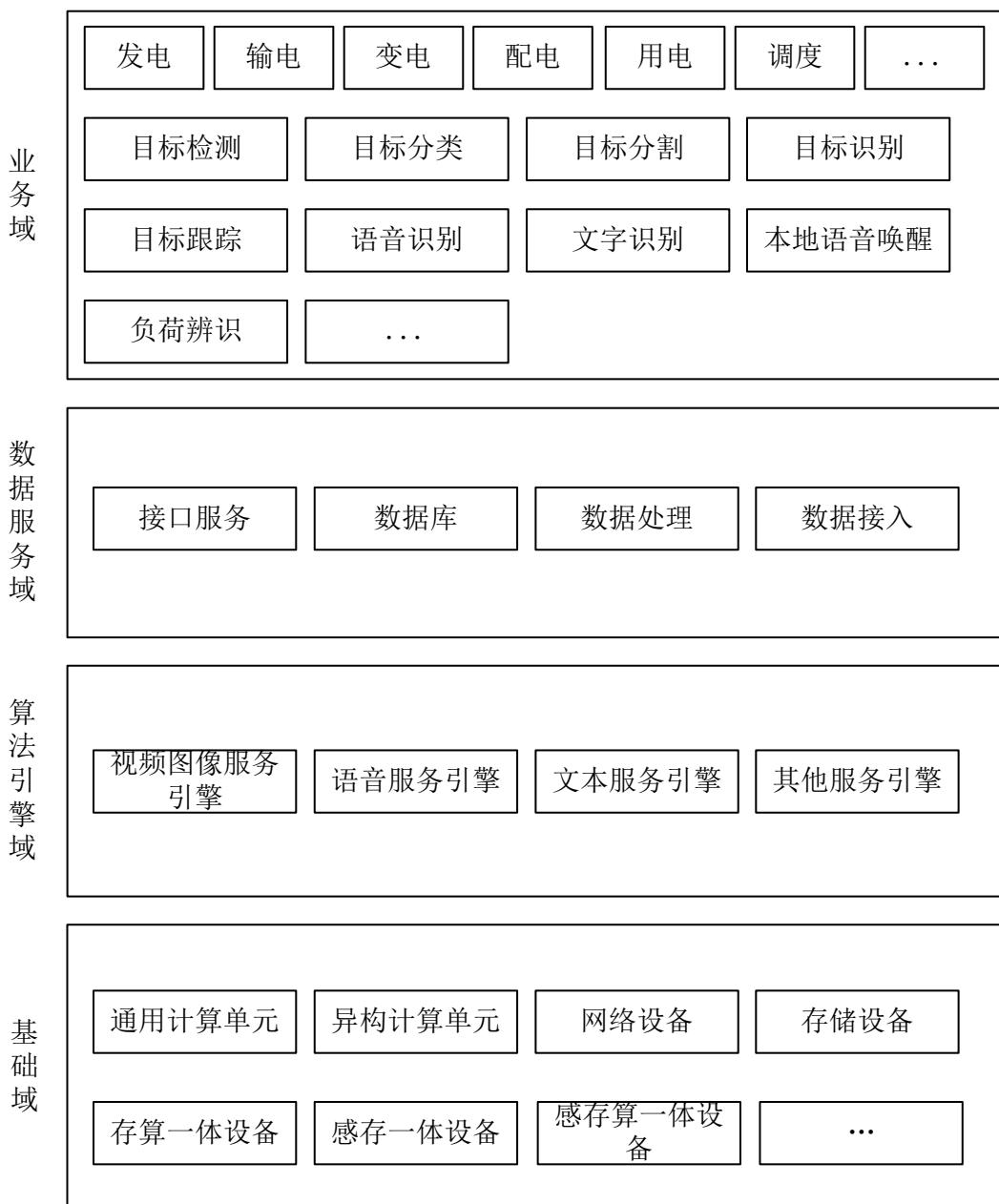


图 1 电力人工智能感存算一体化系统基本架构

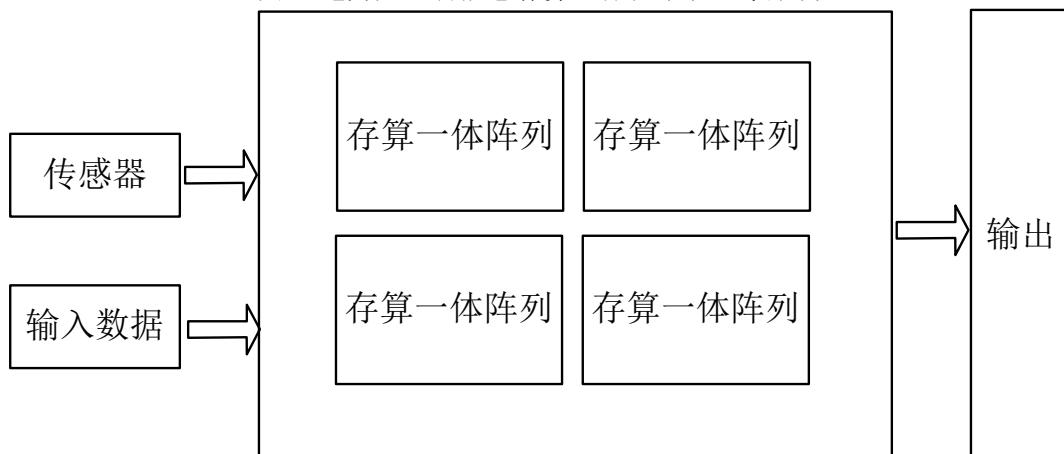


图 2 感存算一体架构示例

5.2 业务域

业务域主要是利用 AI 能力，支持工作流管理、通用算法模板、应用部署，包括目标分类、目标识别、目标检测、语义分割、语音识别、文字识别、负荷辨识、本地语音唤醒等多维业务场景，满足电力发电、输电等应用场景需要。业务域涵盖工程建设、设备运维、负荷调度、客户营销和安全监督等核心业务，主要面向的应用包括：

- a) 发电场站巡检、智能发电预测；
- b) 输电线路巡检
- c) 变电站巡检、智能监控；
- d) 配电房监控；
- e) 用电负荷辨识；
- f) 调度控制。

5.3 数据服务域

数据服务域包括以下功能模块：

- a) 接口服务：应具备查询检索、数据管理等服务，可支持他服务或系统接入功能；
- b) 数据库：应支持标签库、数据集库、关键词库；可支持其他数据库功能；
- c) 数据预处理：应具备数据清洗、转换、快速写入、持久化、多维度的聚合查询等功能，可支持其他数据处理功能，对不同类型数据应支持不同类型的预处理方法：

图片、视频数据：特征提取、图像增强、去噪等；

语音数据：特征提取、数据增强、预加重、分帧等；

文本数据：标记化、归一化、替换等。

- d) 数据接入：应支持视频、图像、语音、文本等数据类型接入；可支持其他元信息。

5.4 算法引擎域

算法引擎域主要包括基于电力人工智能技术的视频图像服务引擎、语音服务引擎和文本服务引擎等，针对视频、图像、语音、文本等进行标签化标识，支持按需对智能算法进行安装、删除、启动、停止、更新等操作：

- a) 视频图像服务引擎：应具备视频、目标分类、目标识别、目标检测、标签识别、特征提取功能，可支持其他功能；
- b) 语音服务引擎：应具备语音识别、语义分割、声纹提取功能，可支持其他功能；
- c) 文本服务引擎：应具备文本识别、文本实体分割、特定语种识别、文字特征提取功能，可支持其他功能。

5.5 基础域

基础域包括支持通用计算单位或异构计算单位的硬件、网络设备、存储设备、感存一体设备、存算一体设备、感存算一体设备等构成的资源池，由感存算一体化节点和感存算一体化相关节点组成，以 CPU 和各类 AI 芯片如 FPGA、GPU、NPU 等为基础，具备计算资源供给能力，通过板卡或棒、终端、服务器、集群等形态的存算一体设备/感存算一体设备/感存设备，针对不同电力业务应用场景，可以使用不同硬件形态支撑该应用场景下的 AI 算力需求，并实现模型训练和推理等功能。感存算一体化节点是感存算一体化系统中的核心节点，包括存算一体设备、感存算一体设备、感存设备器。感存算一体化相关节点是指接入感存算一体化系统的其他节点。

6 技术要求

6.1 总体要求

电力人工智能感存算一体化系统宜根据需要具备以下能力：

- a) 应具备设备接入、数据采集、上报、数据处理、指令响应等能力；
- b) 应支持视频图像、语音、文本等数据预处理能力，对部分感知信息的智能化处理；

- c) 应提供不同电力人工智能应用场景所需的算力资源，包括计算资源、存储资源和网络资源等，根据场景特性实现精准算力支持；
- d) 应支持至少一种存算一体技术，包括但不限于查存计算、近存计算、存内计算、存内逻辑等；
- e) 应具备电力应用部署、运行、管理等能力，应至少支持传统部署、虚拟化部署、容器化部署中的一种；
- f) 应具备 AI 能力，支持 AI 算力的部署，提供 AI 算力，可以根据感知数据信息，实现实时自主决策与控制。

6.2 接入管理

接入管理要求，包括但不限于：

- a) 应支持 RS485、RS232 等串口通信接口以及模拟量、开关量、数字量等信号接口各类冯·诺依曼架构设备、感存算一体化设备通过串口、以太网接入；
- b) 应支持至少一种视频、图像、语音、文本等类型感知数据接入；
- c) 应支持通过 GB/T 28181、ONVIF、RTSP 等标准协议接入不同厂商的视频监控摄像机；
- d) 宜支持 H264/H265 等主流编解码协议，支持存储视频调阅回看等功能；
- e) 宜支持 NSA、SA 的 5G 全频段接入（含大网及专网）。

6.3 网络通信

网络通信要求，包括但不限于：

- a) 应支持蓝牙、Zigbee、Wifi、LoRa、NFC、RFID 等无线或有线功能模型，满足各网络协议接入要求；
- b) 宜支持多种协议转换、数据转发等功能；
- c) 宜支持 MQTT、HTTP/HTTPS、DL/T 698.45、CoAP、DL/T645、IEC60870-5-104、IEC61850 等多种通信协议；
- d) 宜支持 SDN、TSN 等新型网络技术。

6.4 计算及存储

计算及存储要求，包括但不限于：

- a) 应支持至少一种存算一体技术，包括但不限于查存计算、近存计算、存内计算、存内逻辑等；
- b) 应具备本地化存储能力；
- c) 应支持多类型数据存储，并支持多类型数据库接入；
- d) 宜支持异构计算，具备处理结构化数据和非结构化数据的能力；
- e) 宜支持不同类型指令集和不同体系架构的计算单元协同技术；
- f) 宜开放集成多种 AI 训练和推理平台，兼容多厂商计算单元。

6.5 AI 能力

具备 AI 能力，支持 AI 算力的部署，包括但不限于：

- a) 应支持 1 种或多种处理器架构，包括但不限于 X86、ARM、RISC-V、MIPS 等；
- b) 应支持至少 1 种自主可控加速器，包括但不限于昇腾、智芯等；ASIC 类的加速器，如 NPU 等；FPGA 类型的加速器；GPU 类型的加速器；
- c) 应支持部署 AI 模型；
- d) 应支持对 AI 模型库的管理功能；
- e) 应支持 AI 服务的管理功能；
- f) 宜支持 AI 模型训练功能（可选）；
- g) 应支持的模型精度：FP64、FP32、FP16、INT4、INT8、INT16、BP16 或混合精度等。其中，训练场景精度应支持 FP16、FP32、FP64，推理场景下精度应支持 INT8、FP16；
- h) 应支持主流的人工智能框架：TensorFlow、Pytorch、Caffe/Caffe2、Mxnet、ONNX、MindSpore（昇思）或 PaddlePaddle（飞桨）等。

6.6 模型推理

应完成以下场景中至少一项测试:

- a) 目标分类;
- b) 目标检测;
- c) 目标分割;
- d) 目标识别;
- e) 目标跟踪;
- f) 行为检测
- g) 语音识别;
- h) 文字识别;
- i) 本地语音唤醒;
- k) 负荷辨识。

6.7 远程维护能力

远程维护能力，包括但不限于:

- a) 应支持时间同步功能;
- b) 应具备软件安装功能;
- c) 应具备远程固件升级、系统重启、日志收集等运维管理功能。

6.8 自治能力

自治能力要求，包括但不限于:

- a) 无法被集中纳管时，仍可以正常运行电力应用/服务;
- b) 当重新纳管时，不会影响当前电力应用/服务运行状态。

6.9 可扩展性

可扩展性要求，包括但不限于:

- a) 宜支持提供对 DAN、NAS (CIFS, NFS) 的访问;
- b) 应支持主流 Linux 包括但不限于 CentOS 、Ubuntu、windows 平台访问;
- c) 应支持存储空间动态扩展。

6.10 安全性

安全性要求，包括但不限于:

- a) 信息安全管理应符合 GB/T 36572-2018 的要求。
- b) 数据部分应符合《中华人民共和国数据安全法》的规定。

附录 A
(规范性附录) 业务模型

表 A.1 业务模型

电力场景	业务应用场景	典型 AI 模型任务
发电场景	发电站巡检	图像分类、目标检测、目标分割、目标识别、目标跟踪、行为检测、语音识别、文字识别、本地语音唤醒
	智能发电预测	图像分类、目标检测、目标分割、目标识别、目标跟踪、语音识别、文字识别
输电场景	输电线路巡检	图像分类、目标检测、目标分割、目标识别、目标跟踪、行为检测、语音识别、文字识别、本地语音唤醒
变电场景	变电站巡检	图像分类、目标检测、目标分割、目标识别、目标跟踪、行为检测、语音识别、文字识别、本地语音唤醒
	智能监控	图像分类、目标检测、目标分割、目标识别、目标跟踪、行为检测、语音识别、文字识别、本地语音唤醒
配电场景	配电房监控	图像分类、目标检测、目标分割、目标识别、目标跟踪、行为检测、语音识别、文字识别、本地语音唤醒
用电场景	用电负荷辨识	负荷辨识、目标检测、目标分割、目标识别、语音识别
调度场景	调度控制	语音识别、文字识别、本地语音唤醒

参 考 文 献

- [1] 张宇琦, 王俊杰, 吕子玉, 韩素婷. 应用于感存算一体化系统的多模调控忆阻器[J]. 物理学报, 2022, 71(14): 148502. doi: 10.7498/aps.71.20220226.
- [2] 廖付友, 柴扬. 具有感存算一体化的新型神经形态视觉传感器[J]. 物理, 2021, 50(6):378-384. DOI:10.7693/wl20210603.
- [3] 王童, 温娟, 吕康, 陈健中, 汪亮, 郭新. 仿生生物感官的感存算一体化系统. 物理学报, 2022, 71(14): 148702. doi: 10.7498/aps.71.20220281.