

团 体 标 准

T/CCSA 597—2024

工业互联网 面向生产制造质量管理的人工智能系统技术要求

Industrial Internet — Technical requirements of AI system for production manufacturing quality management

2024 - 11 - 11 发布

2025 - 01 - 01 实施

中国通信标准化协会 发布

版权声明

本技术文件的版权属于中国通信标准化协会，任何单位和个人未经许可，不得进行技术文件的纸质和电子等任何形式的复制、印刷、出版、翻译、传播、发行、合订和宣贯等，也不得引用其具体内容编制本协会以外各类标准和技术文件。如果有以上需要请与本协会联系。

邮箱：IPR@ccsa.org.cn

电话：62302847



目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 总体架构	1
5.1 参考架构	1
5.2 部署架构	2
6 智能质量分析引擎	3
6.1 概述	3
6.2 分布式机器学习平台	3
6.3 质量分析组件	5
7 智能质量管理应用	5
7.1 概述	5
7.2 场景化质量管理	5
7.3 全流程质量管理	6
7.4 质量服务调用	6
8 接口要求	6
9 性能指标	6
附录 A（资料性） 面向生产制造质量管理的人工智能系统的典型性能指标	7
参考文献	8

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》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中国通信标准化协会提出并归口。

本文件起草单位：阿里云计算有限公司、中国信息通信研究院、中国联合网络通信集团有限公司、中国电信集团有限公司、深圳艾灵网络有限公司、中兴通讯股份有限公司、青岛海信通信有限公司、无锡物联网创新中心有限公司。

本文件主要起草人：王琳、韦莎、刘大鹏、许芮兢、陈列、王海萍、李亚宁、刘洋、盛明哲、张东、乔岩、俞一帆、刘旸、邢真、高峰、李松、张学杰、董接莲、章军辉。



引 言

为适应信息通信业发展对标准文件的需求，由中国通信标准化协会组织制定“中国通信标准化协会团体标准”，推荐有关方面采用。有关对本标准的建议和意见，向中国通信标准化协会反映。



工业互联网 面向生产制造质量管理的人工智能系统技术要求

1 范围

本文件规定了面向生产制造质量管理的人工智能系统总体架构、智能质量分析引擎功能要求、智能质量管理应用功能要求、接口要求和性能指标。

本文件适用于指导制造企业运用人工智能技术开展生产制造的质量管理，并为相关人工智能系统的建设方、使用方和运维服务方提供参考。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

人工智能系统 artificial intelligence system

针对人类定义的给定目标，产生诸如内容、预测、推荐或决策等输出的一类工程系统。

[来源：GB/T 41867-2022，3.1.8]

3.2

质量管理 quality management

制造执行层的制造设施协调、指导、管理和跟踪质量测量和汇报功能的活动。

[来源：GB/T 25485-2010，3.45]

3.3

生产制造 production manufacturing

将材料从原材料或半成品状态转换成进一步完成状态的功能或活动。

[来源：GB/T 19114.44-2012，3.1.7]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

API：应用程序接口（Application Programming Interface）

CPU：中央处理器（Central Processing Unit）

DOE：试验设计（Design of Experiment）

GB：千兆字节（Giga Byte）

IT：信息技术（Information Technology）

MSA：测量系统分析（Measurement Systems Analysis）

OT：制造运营技术（Operational Technology）

PLC：可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller）

SDK：软件开发工具包（Software Development Kit）

SPC：统计过程控制（Statistical Process Control）

5 总体架构

5.1 参考架构

面向生产制造质量管理的人工智能系统参考架构如图1所示，一般由智能质量分析引擎和智能质量管理应用两部分组件组成，数据底座提供支撑能力。数据底座支持生产制造相关的OT数据（如设备运行数据、生产测量数据、PLC数据、传感数据等）和IT数据（如主数据、工艺数据、售后数据、质保数据等）的采集和下发，进行离线和实时数据计算与存储等大数据接入和处理，以及IT-OT数据融合等，本文件不做细化要求。智能质量分析引擎基于数据底座提供的生产制造相关的IT-OT融合数据，在分布式机器学习平台进行算法模型训练和推理，为智能质量管理应用提供各类质量分析组件。智能质量管理应用层提供场景化的质量管理、全流程质量管理，并为生产制造质量管理用户（车间经理、工艺主管、现场工程师、质量部门、检验员等）提供质量服务调用功能。

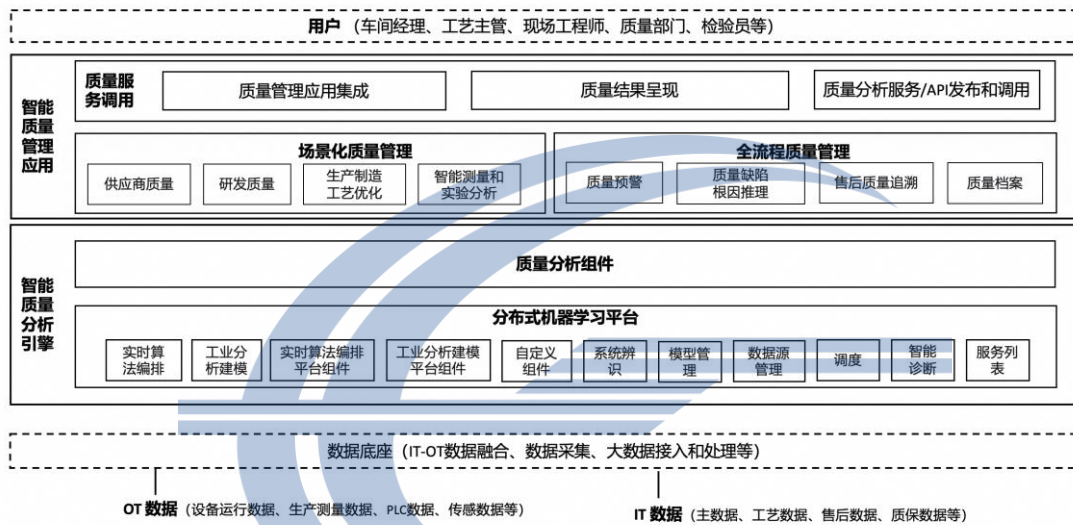


图1 面向生产制造质量管理的人工智能系统参考架构

5.2 部署架构

面向生产制造质量管理的人工智能系统的部署架构如图2所示，可采用公共云或混合云部署方式。

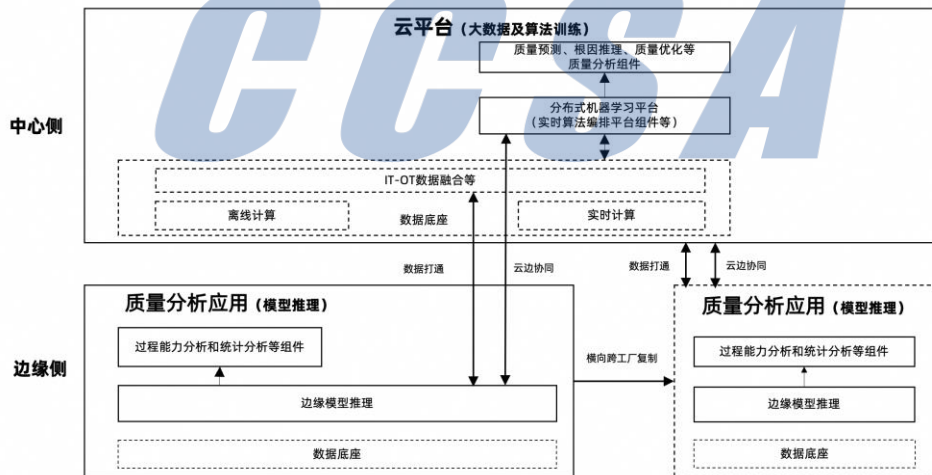


图2 面向生产制造质量管理的人工智能系统部署架构

在实际应用中，边缘侧（车间/单个工厂）仅提供过程能力分析和统计分析等质量分析能力和分布式机器学习平台的模型推理能力，中心侧（云平台）提供大数据及算法训练，具备分布式机器学习平台的实时算法编排平台组件及质量预测、根因推理、质量优化等质量分析组件，边缘侧与中心侧可进行数据交互和云边协同，满足不同生产制造质量分析场景和质量管理的技術要求。

6 智能质量分析引擎

6.1 概述

智能质量分析引擎一般包括分布式机器学习平台和质量分析组件。

分布式机器学习平台基于数据底座提供的生产制造相关的IT-OT融合数据进行分布式机器学习算法模型训练和推理。质量分析组件提供过程能力分析、统计分析、交互式质量分析、质量预测、根因推理、质量优化等能力，支撑智能质量管理应用。

6.2 分布式机器学习平台

6.2.1 通用要求

分布式机器学习平台支持的通用功能包括：

- a) 应支持的工作流程包括生成制造质量相关数据的预处理、模型开发、模型分布式训练、模型推理、模型优化、模型评估、模型纳管、模型部署等；
- b) 应支持对生产制造质量相关模型和训练测试数据的版本控制、分类、更新等的管理；
- c) 宜支持基于通用大模型的生产制造行业大模型预训练和微调能力，以及数据生成能力，并针对生产制造质量管理相关场景的微调能力。

6.2.2 实时算法编排

实时算法编排模块内置多种组件，支持将组件拖入画布中，完成组件配置与连线，实现传统控制系统与机器学习算法的结合，和对生产制造过程进行控制。

实时算法编排应支持的功能包括：

- a) 画布列表：展示所有实时算法编排的画布；
- b) 画布搜索：关键字模糊搜索画布名称；
- c) 画布标签：画布标签增删改查；
- d) 画布操作：组件框选功能、画布新建、修改、删除、编排、复制、放大、缩小、移动、试运行、发布；
- e) 画布配置：展示画布名称、运行状态，调度周期与全局变量支持可配置；
- f) 画布编排：组件从组件列表拖入，端口连线联通数据流，实现实时算法；
- g) 画布搭建：组件拖入画布中，配置完成组件后，连线实现数据流转，实现过程控制；
- h) 趋势分析：通过数据的趋势图，可以了解测点的当前统计周期内的数据状况及波动状况，辅助用户进行分析；
- i) 组件列表：平台组件与自定义组件列表；
- j) 发布服务：将整个画布发布为一个通过 SDK 可供外部调用的 API。

6.2.3 工业分析建模

工业分析建模模块部署在云端，应支持的功能包括：

- a) 基于生产制造工艺的历史数据生成预测模型；
- b) 展示所有实时算法编排的画布列表；
- c) 关键字模糊搜索画布名称；
- d) 画布标签的增加、删除、修改和查询功能；
- e) 画布新建、修改、删除、编排、复制操作；
- f) 平台组件与自定义组件列表；
- g) 展示画布名称和运行状态，并可配置全局变量；
- h) 画布编排，从组件列表选择组件，端口连线联通数据流，实现实时算法；
- i) 画布组件框选、画布放大、缩小、移动、部署、运行等操作。

6.2.4 实时算法编排平台组件

实时算法编排平台组件部署在云端，内置的组件分组件包括：数据读写、数值运算、数据处理、智能控制、工业视觉、自定义、逻辑运算、图表分析、工业优化。各分组件应支持的功能包括：

- a) 数据读写分组件：用于读取产线从客户边缘端采集到的测点数据，并将算法引擎输出的数据进行时序存储，并对外输出，包括 API 输入、API 输出、逗号分隔值（CSV）数据模拟；
- b) 数值运算分组件：包括小波分解去噪_在线、快速傅里叶变换_在线、折线函数、自定义函数等；
- c) 数据处理分组件：包括信号保持、信号发生器、信号选择、归一化、时滞处理、死区处理、滤波、积分统计、计时统计、运行计数、限幅限速等；
- d) 智能控制分组件：是分布式机器学习平台用于解决生产过程控制优化类任务的一种通用算法引擎，可帮助 AI 创作者快速生成面向各种工业场景的控制优化算法服务，包括模型预测控制、组件电势诱导衰减控制、比值控制等；
- e) 工业视觉分组件：包括图像分类；
- f) 自定义分组件：包括 Python 脚本、分段多项式预测、机器学习通用预测、行业预测（固废）等；
- g) 逻辑运算分组件：包括与门、非门、或门、重设触发器、延时关闭、延时打开、脉冲触发器、触发器、计时器等；
- h) 图表分析分组件：包括趋势分析等；
- i) 工业优化分组件：用于解决生产过程中优化参数推荐类任务的一种通用算法引擎，可帮助 AI 创作者通过图形化配置，结合简化语法进行模型描述，快速生成最优参数推荐算法服务，展示实时算法编排所有组件及介绍文档，包括建模优化、黑盒优化等。

6.2.5 工业分析建模平台组件

工业分析建模平台组件部署在云端，内置的分组件包括：数据读写分组件、数据处理分组件、算法分组件。各分组件应支持的功能包括：

- a) 数据读写分组件：用于读取用于模型训练的离线数据，包括 API 输入、API 输出、逗号分隔值组件等；
- b) 数据处理分组件：用于数据的常规处理，包括键值对存储形式转列式存储形式、批量数据合并、数据对齐、数据归一化、数据滤波、数据类型转换、数据聚合、数据采样、窗口聚合、缺失值处理等；
- c) 算法分组件：包含常规的机器学习算法，主要用于模型的训练，包括偏最小二乘回归、决策树、分段多项式回归、小波分解去噪_离线、快速傅里叶变换_离线、行业建模预测等。

6.2.6 自定义组件

自定义组件应支持低代码、可视化组件搭建的方式，方便用户快速上架自有的算法组件。

6.2.7 系统辨识

系统辨识模块应支持通过辨识建立数学模型估计表征系统行为重要参数，建立一个能模仿真实系统行为的模型，用当前可测量的系统的输入和输出预测系统设计智能控制器，辨识完成模型，可通过控制流程中的模型预测控制组件对系统智能控制。

6.2.8 模型管理

模型管理模块应支持管理工艺分析建模已经发布的模型机器结果，该模型可在在线实时算法画中调用，用于预测。

6.2.9 数据源管理

数据源管理应提供数据源集成能力（如MySQL, OSS等），应支持从多种不同的数据源（如MySQL, Kafka, InfluxDB等）读取数据和时序数据的批量写入和查询，支持的数据类型包括字符串、双精度型、整型、时间戳等。

6.2.10 调度

调度功能应提供可视化的DAG调度系统，支持在线算法类型，通过拖拽完成作业编排。

6.2.11 智能诊断

智能诊断功能应提供独立容器节点的日志查询功能，提供画布和节点的运行统计信息和每个节点运行的日志，用于查询和辅助诊断。

6.2.12 服务列表

服务列表功能应展示该租户下所有已发布的服务，展示API输入、API输出参数和各节点的调用地址等。

6.3 质量分析组件

质量分析组件支持的功能包括：

- a) 应支持过程能力分析类组件功能，如 SPC；
- b) 应支持统计分析类组件功能，如 DOE、MSA、假设检验等；
- c) 应支持交互式质量分析类组件，提供对不同质量管理场景的数据交互分析功能；
- d) 可支持质量预测类组件，提供神经网络和传统机器学习相结合的融合回归等算法，覆盖全时序、时序+离散等场景的预测需求；
- e) 可支持质量判定/检测类组件，基于深度学习，结合自编码器（AE）、生成对抗网络（GAN）等混合训练等技术，支持面向工业制造领域典型的小数据、非平衡数据的多元时序异常检测；
- f) 可支持根因推理类组件（如因果分析、深度归因等），支持基于知识图谱、概率推理实现对基于文本数据、离散/连续数据的推理，解决制造领域知识利用、问题根因分析等典型场景；
- g) 可支持质量优化类组件，基于数学规划、（元）启发式算法、机器学习黑盒优化等的融合优化算法方案，解决工艺规划、供应链优化、生产良率提升等典型优化问题；
- h) 可支持控制优化类组件，支持基于人工智能的工艺参数寻优和控制，将人工智能与传统控制技术相结合，通过数据自学习更新控制器模型及参数，实现控制过程的智能优化。

7 智能质量管理应用

7.1 概述

智能质量管理应用一般包括场景化质量管理、全流程质量管理和质量服务调用功能。

场景化质量管理包括供应商质量、研发质量、生产制造工艺优化、智能测量和实验分析；全流程质量管理包括质量预警、质量缺陷根因推理、售后质量追溯和质量档案等；质量服务调用功能主要面向生产制造质量管理用户。

7.2 场景化质量管理

场景化质量管理应支持的功能包括：

a) 供应商质量

供应商质量管理支持对供应商设备、加工过程数据的分析和预警。

b) 研发质量

研发质量管理支持基于冲焊涂总电的过程数据（例如点焊的电流、电压、保压时间，涂装的喷涂量、喷速、时长等）进行智能质量判定和预测。

c) 生产制造工艺优化

生产制造工艺优化支持对关键工序、典型质量问题（例如焊装的飞溅、虚焊，涂装的膜厚、缩孔，总装的拧紧、加注等）的工艺优化。

d) 智能测量和实验分析

智能测量和实验分析支持在传统DOE、MSA的基础上，基于过程质量数据，进行智能测量和相应的实验分析。

7.3 全流程质量管理

全流程质量管理支持的功能包括：

a) 质量预警

质量预警应支持质量风险模式识别，实现质量风险识别和预警，并支持与质检策略联动。

b) 质量缺陷根因推理

质量缺陷根因推理可支持针对质量问题、重要缺陷，覆盖连续、离散变量的因果网络构建、根因推理，实现跨工序的质量根因分析。

c) 售后质量追溯

售后质量追溯应支持从供应商、生产、4S店等维度，进行售后质量分析和追溯、索赔分析、客户满意度分析等。

d) 质量档案

质量档案应建立生产制造全过程的质量档案并实时更新。

7.4 质量服务调用

质量服务调用应支持为生产制造质量管理用户（车间经理、工艺主管、现场工程师、质量部门、检验员等）提供如下功能：

a) 支持多个智能质量管理应用的集成

质量服务调用应能够集成多个智能质量管理应用，确保不同应用之间的数据和功能的无缝连接。

b) 支持质量结果呈现

质量服务调用应支持质量分析图表的可视化发布和调用，使用户能够直观地查看和分析质量数据。

c) 支持质量分析服务以及 API 发布和调用

质量服务调用应支持质量分析服务的发布和调用，并提供 API 接口，方便用户进行二次开发和集成。

8 接口要求

生产制造质量管理体系应以API的方式(如RESTful)提供数据上报和存取服务，提供提供以下功能：

a) 编程接口

系统应提供编程接口（如Python SDK），以便开发人员能够方便地进行系统集成和二次开发。

b) 在线的代码编写

系统应支持在线的代码编写（如python代码），以使用户能够直接在平台上进行数据处理和分析。

9 性能指标

生产制造质量管理体系的性能指标项包括高可用性、算法节点数、实时调度频次、吞吐量、CPU、内存、磁盘等，典型指标参考见附录A。

附录 A (资料性)

面向生产制造质量管理的人工智能系统的典型性能指标

在水泥、钢铁等生产制造的工艺质量优化、质量预警、全流程质量追溯等应用场景下，面向生产制造质量管理的人工智能系统的典型性能指标如下：

a) 高可用性

生产制造质量管理体系可采用容器平台方案，支持多副本数保持和失败自动拉起。

b) 算法节点数

生产制造质量管理体系的算法节点数不低于300个。

c) 实时调度频次

生产制造质量管理体系每个节点每天支持的实时调度次数不少于100万次。

d) 吞吐量

生产制造质量管理体系批量写的总吞吐量不少于2万数据采集点/秒，批量读的总吞吐量不少于10万数据采集点/秒。

e) CPU

生产制造质量管理体系的CPU数不低于32核。

f) 内存

生产制造质量管理体系的内存数不低于128GB。

g) 磁盘

生产制造质量管理体系的本地磁盘容量不低于1000GB。

The logo for CCSA (China Communications Standards Association) is displayed in a large, light blue, stylized font. It features a large, curved 'C' shape above the letters 'CCSA'.

参 考 文 献

- [1] GB/T 41870-2022 工业互联网平台 企业应用水平与绩效评价
- [2] GB/T 42018-2022 信息技术 人工智能 平台计算资源规范
- [3] GB/T 41478-2022 生产过程质量控制 系统模型与架构 装配与铸造
- [4] GB/T 42130-2022 智能制造 工业大数据系统功能要求

