

中华人民共和国国家标准

GB/T 44122—2024

工业互联网平台 工业机理模型开发指南

Industrial internet platform—
Guidelines for the development of industrial mechanisms model

2024-05-28发布

2024-12-01实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目次

前言 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 概述 2

6 工业机理模型能力描述 2

7 工业机理模型开发步骤 3

 7.1 需求分析阶段 3

 7.2 设计阶段 4

 7.3 开发阶段 4

 7.4 测试阶段 4

 7.5 部署与运行维护阶段 4

 7.6 变更管理阶段 5

8 工业机理模型管理平台 5

 8.1 工业机理模型管理平台核心功能 5

 8.2 数据管理 6

 8.3 模型开发 6

 8.4 模型管理 7

 8.5 模型服务 7

 8.6 运营管理 7

附录A（资料性） 工业机理模型分类 8

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》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。

本文件由全国信息技术标准化技术委员会(SAC/TC 28)提出并归口。

本文件起草单位：中国软件评测中心(工业和信息化部软件与集成电路促进中心)、中国电子技术标准化研究院、中国信息通信研究院、中国工业互联网研究院、清华四川能源互联网研究院、卡奥斯工业智能研究院(青岛)有限公司、徐工汉云技术股份有限公司、北京东方国信科技股份有限公司、中国商用飞机有限责任公司北京民用飞机技术研究中心、中国铁道科学研究院集团有限公司电子计算技术研究所、北京航空航天大学、北京理工大学、北京工业大数据创新中心有限公司、中国华能集团有限公司、美林数据技术股份有限公司、北京天泽智云科技有限公司、北京云道智造科技有限公司、航天神舟智慧系统技术有限公司、中国科学院自动化研究所、苏州数设科技有限公司、浪潮云洲(山东)工业互联网有限公司、中冶赛迪信息技术(重庆)有限公司、国家电投集团科学技术研究院有限公司、广域铭岛数字科技有限公司、国家管网集团北方管道有限责任公司、佰聆数据股份有限公司、深圳华龙讯达信息技术股份有限公司、北京博华信智科技股份有限公司、赛迪检测认证中心有限公司、中电工业互联网有限公司、朗坤智慧科技股份有限公司、内蒙古电力(集团)有限责任公司内蒙古电力科学研究院分公司、树根互联股份有限公司、江苏中天互联科技有限公司、无锡雪浪数制科技有限公司、西北工业大学、中南大学、广州健新科技有限责任公司、中科云谷科技有限公司、东方电气集团东方汽轮机有限公司、中车南京浦镇车辆有限公司、联通雄安产业互联网有限公司、上海核工程研究设计院股份有限公司、山西天地煤机装备有限公司、中新软件(上海)有限公司、河南航天液压气动技术有限公司、海南金盘智能科技股份有限公司、北京鼎轩科技有限责任公司、橙色云互联网设计有限公司、上海中船船舶设计技术国家工程研究中心有限公司、京东科技信息技术有限公司、山东大学、上海化工宝数字科技有限公司、安徽电信规划设计有限责任公司、满缘红(深圳)质量技术创新发展有限公司、机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、浙江省图灵互联网研究院。

本文件主要起草人：周润松、杨春立、王程安、田洪川、尚舵、王晨、陈录城、黄凯、李航、孙香云、李樊、任磊、赵亮、李侃、苍天竹、周彦飞、周超、田春华、孟子涵、赵茅、朱小芹、孙慧玉、减媛媛、谭杰、牟全臣、来健强、郑强、张成刚、王晓虎、贾立东、姜磊、张亚杰、董松伟、刘振杰、刘烨、黄琳、崔文浩、朱立锋、刘亮、王鹏、李阳、时宗胜、王峰、何军红、阳春华、刘勇坚、曾光、雷晓龙、陶春松、蔡晓贤、毕道伟、鲍文亮、高远松、孙先海、汤表贤、高春光、赵迎芳、严传续、吴强、彭赛金、侯军委、高旭彬、崔丽娜、王瑾、蔡艺鹏、李华、满敏、赵华、傅正。

工业互联网平台 工业机理模型开发指南

1 范围

本文件提供了工业互联网平台工业机理模型开发的指导，界定了工业机理模型的定义，给出了工业机理模型开发步骤、工业机理模型管理平台 and 工业机理模型分类的建议。

本文件适用于指导工业机理模型研发单位及应用单位的开发、管理工作，也适用于第三方测评机构进行测评时参考使用。

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 25000.51—2016 系统与软件工程系统与软件质量要求和评价(SQuaRE) 第51部分：就绪可用软件产品 (RUSP) 的质量要求和测试细则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业互联网平台 industrial internet platform

面向制造业数字化、网络化、智能化需求，构建基于云平台的海量数据采集、汇聚和分析服务，支撑制造资源广泛连接、弹性供给、高效配置的系统。

[来源：GB/T 42569—2023,3.1]

3.2

工业App industrial application

承载工业知识和经验(最佳实践)，面向工业领域，解决研发设计、生产制造、经营管理、运行维护等场景中特定业务需求的软件。

[来源：GB/T 42562—2023,3.1,有修改]

3.3

工业机理模型 industrial mechanisms model

针对工业制造过程和管理过程等所涉及的工艺、材料、设备等制造技术方法，运用定律、定理和原理建立的数学模型，能够揭示工业制造过程的内在科学规律和技术原理，并利用算法开发形成的程序。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

API: 应用程序编程接口(Application Programming Interface)

App: 应用软件(Application)

- DataOps: 数据研发运营一体化(Data Operations)
- DevOps: 开发运营一体化(Development &.Operations)
- IP: 网际互连协议(Internet Protocol)
- PaaS: 平台即服务 (Platform as a Service)

5 概述

工业机理模型是工业互联网平台的重要构成要素，其汇集了工业领域生产过程中的原理、定律、定理等专业知识，结合实际工业生产经验，形成机理并构建可解释的模型，嵌入到工业互联网平台中。工业机理模型将工业经验知识进行提炼和封装，推动行业知识经验在工业互联网平台中工业PaaS 层的沉淀集聚，形成工业互联网平台的核心竞争能力。

工业机理模型能力描述表达了模型在开发中需具备的要素及执行流程。面向工业机理模型需求分析、设计、开发、测试、部署与运行维护及变更管理全过程提出了开发建议。

工业机理模型管理平台是工业机理模型的数字化载体，是汇集模型开发、管理、数据处理、更新、评估等一站式的服务平台，在工业互联网平台中工业PaaS层为应用层软件提供统一的调用接口。基于工业机理模型的开发运营管理需求，提出工业机理模型管理平台一体化数据管理、模型开发、模型管理、模型服务和运营管理的服务能力建议。

根据工业机理模型的运行机制，为方便工业机理模型管理，提供了行业、业务使用范围和产品生命周期、应用场景等10个维度的工业机理模型分类，见附录A。

6 工业机理模型能力描述

工业机理模型能力描述宜包含以下要素：模型名称、模型编码、模型分类、模型功能、模型原理、模型归属、模型输入数据、机理模型、模型输出结果、模型版本、运行环境和模型应用效果等，如图1所示。

模型输入数据宜包括应用场景或对象的本体几何、动态响应、材料、工艺、质量、管理、环境和场景等可标注的工业源数据。

机理模型宜包括工业制造过程中涉及的定理定律、算法、原理和知识经验所建立的数学模型，宜考虑模型准确性、完整性、复杂度、实时性、可靠性、稳定性和可扩展性等，确保工业机理模型的应用效果。

模型输出结果是通过机理模型计算分析后对外部输出设备的控制参数或对工业场景应用输出结果的数据等。

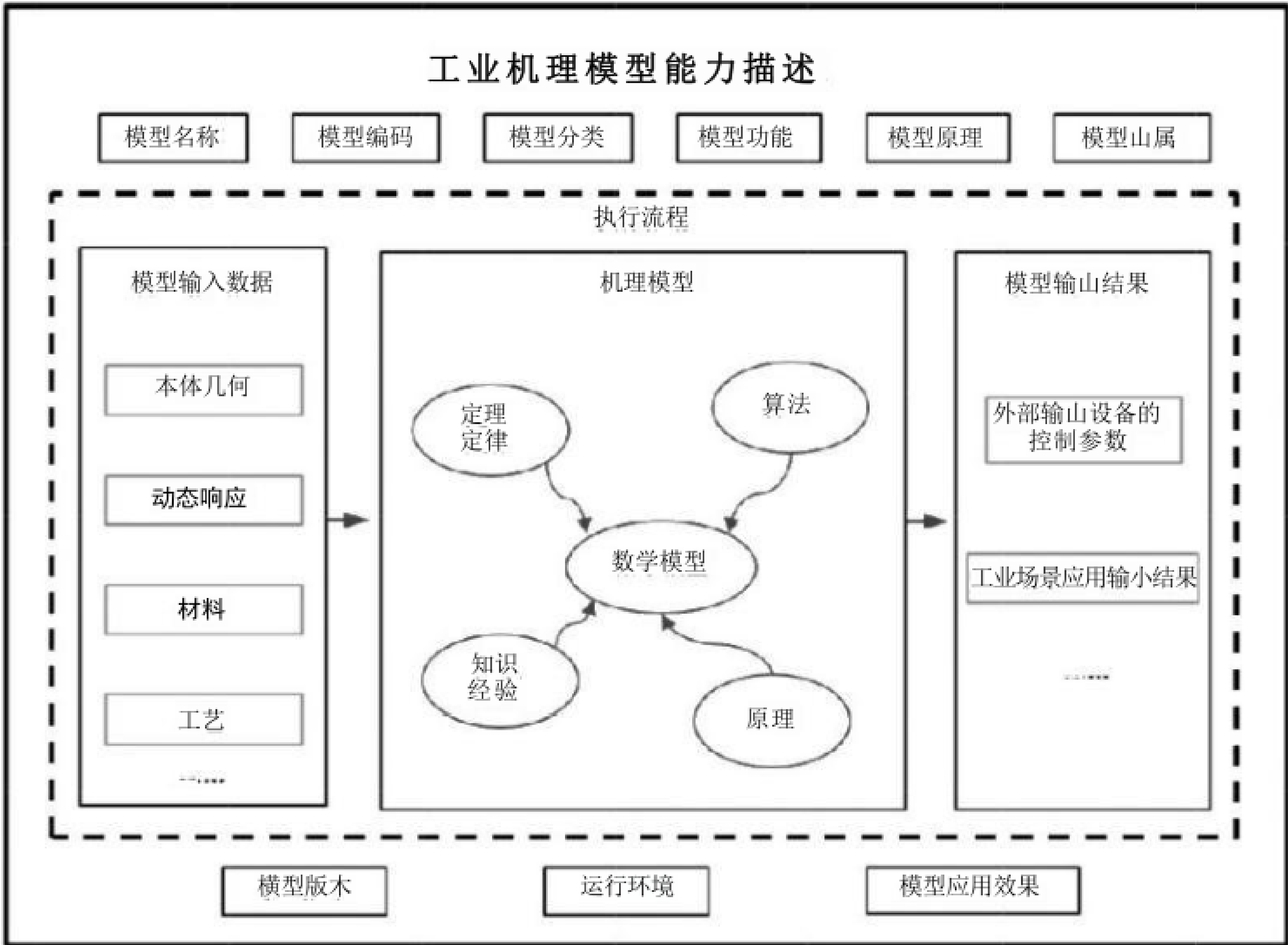


图 1 工业机理模型能力描述示意图

7 工业机理模型开发步骤

7.1 需求分析阶段

工业机理模型需求分析阶段主要是根据客户的各项需求，明确工业机理模型的对象、需求场景、所需解决的问题和所实现的功能，使开发人员和用户达成共识。具体考虑的需求分析要点包括但不限于：

- a) 明确描述对象，包括业务需求和模型对象使用目的等，宜梳理机理关系、初步建立模型目标要求；
- b) 明确源数据的实际情况、关键性能指标、确认维度和数据域等；
- c) 明确应用场景和功能需求，包括需求场景、模型解决的问题、预期收益、模型的功能、模型的应用模式(人工参与程度、与外界环境的交互等)、数据的类型、采样频率、可用的历史数据情况、数据质量和可得性、业务的成熟度、适用的范围和推广价值、运行软硬件环境要求(芯片、存储、操作系统和网络)和部署环境要求(温度、湿度和噪声等)；
- d) 明确可扩展性、性能和安全性等要求；
- e) 明确模型的可复用性和可维护性，包括模型复用和二次开发能力、灵活配置、场景编排、协作和管理需求；
- f) 明确系统融合度、模块调用、层次化接口及耦合度和应用系统的标准化程度等；
- g) 明确开发工作量、开发周期和运营周期；
- h) 形成规范的需求分析文档。

7.2 设计阶段

工业机理模型设计阶段根据7.1需求分析阶段中的要点，描述设计工业机理模型的实现方案。具体考虑的设计要点宜包括但不限于：

- a) 明确特征参数、输入变量、输出变量、约束条件、性能要求和部署条件等；
- b) 明确源数据和建模对象关联关系，明确模型建立所需的核心机理，如与建模对象相关的原理、定律和定理等；
- c) 明确功能和算法实现并完成相关的技术论证；
- d) 明确定位的合理性、选取数据质量的可靠性、算法的适用性和稳定性、输出的准确性等；
- e) 明确部署和集成，包括模型的集成方式、部署环境的选择和配置等，支持云计算资源调度和容器化部署
- f) 明确完整的系统架构，易于优化扩展，支持DevOps、DataOps 等架构，便于持续迭代和运行维护自动化；
- g) 形成规范的设计文档。

7.3 开发阶段

工业机理模型开发阶段根据7.2设计阶段中的要点，实现高效、规范的开发编码工作。具体考虑的开发要点宜包括但不限于：

- a) 选取主流、普适和运行稳定的开发环境；
- b) 明确依赖的公开库、关联或组合的模型；
- c) 明确云、边、端侧或云边协同等部署和使用方式；
- d) 支持多源异构数据的接入和存储，统一数据格式转换，供模型开发与验证使用；
- e) 实现函数和类快速封装，模型快速迭代更新；
- f) 支持模型加速计算，包括硬件优化和算法优化等；
- g) 选择可视化建模的开发工具；
- h) 考虑跨工业细分行业的共性问题，提升模型的多场景兼容性，减少开发重复投入；
- i) 支持模型二次开发；
- j) 形成规范的开发文档。

7.4 测试阶段

工业机理模型测试阶段主要对模型进行验证，验证7.1中的所有需求已被正确实现，并确保识别出相关缺陷在部署前进行处理，保障工业机理模型质量。具体考虑的测试要点宜包括但不限于：

- a) 从功能性、性能效率、兼容性、易用性、可靠性、信息安全性、维护性、可移植性和用户文档集等方面进行测试，测试内容按照GB/T 25000.51—2016给出的有关内容进行验证；
- b) 验证模型的多模态数据适配能力；
- c) 验证模型在不同应用场景下的合理性和准确性；
- d) 验证与所关联或组合的模型配合的匹配性和运行流畅性；
- e) 验证性能表现，包括计算效率、吞吐量和资源开销等；
- f) 验证算法对于数据扰动的稳定性；
- g) 形成规范的测试文档。

7.5 部署与运行维护阶段

工业机理模型部署与运行维护阶段，旨在优化资源配置，规范运行维护管理过程，实现高效的模型部署与应用。具体考虑的部署与运行维护要点宜包括但不限于：

- a) 明确提供方、管理平台和使用方的责任与义务；
- b) 支持云、边、端侧或云边协同等常见部署方式；
- c) 支持应用创建、持续集成、持续发布、扩容、缩容、监控和版本回退等功能；
- d) 支持不同访问控制管理的能力，包括速率限制、请求大小限制、计量、机器人检测和IP地理范围等；
- e) 支持模型的调用和下载；
- f) 支持模型容器镜像文件部署、容器快速启动和环境隔离；
- g) 满足系统对应的网络安全防护要求及数据安全防护要求；
- h) 提供有效的用户意见反馈途径，实现模型在全生命周期内迭代优化，包括但不限于接收用户关于模型准确率、误报率和漏报率等反馈意见；
- i) 提供完整详细的操作手册，提供操作引导示例，便于人员操作；
- j) 形成规范的部署与运行维护记录文档。

7.6 变更管理阶段

工业机理模型变更管理阶段，旨在跟踪和发布新的迭代模型。具体考虑的变更管理要点宜包括但不限于：

- a) 建立模型名称、版本变更、发布、部署、审核和调用机制；
- b) 建立模型差分管理标准和模型信息管理标准等；
- c) 支持模型在验证及参数调整过程中产生数据的管理；
- d) 模型变更开始前，充分进行模型使用情况及变更影响确认，在测试环境进行试运行，经确认审批后，按照组织内部规定的模型变更机制执行变更，避免对生产运行造成影响；
- e) 支持版本向下兼容，模型镜像升级时对外服务访问地址和接口不变，无感知升级，对于实际生产运行不造成影响；
- f) 完整记录所有变更信息和变更影响，定量地给出各变更因素对生产及成本的影响权重，为管理者完善变更管理提供参考；
- g) 形成规范的变更管理文档。

8 工业机理模型管理平台

8.1 工业机理模型管理平台核心功能

工业机理模型管理平台核心功能宜包括数据管理、模型开发、模型管理、模型服务和运营管理五大部分，如图2所示。

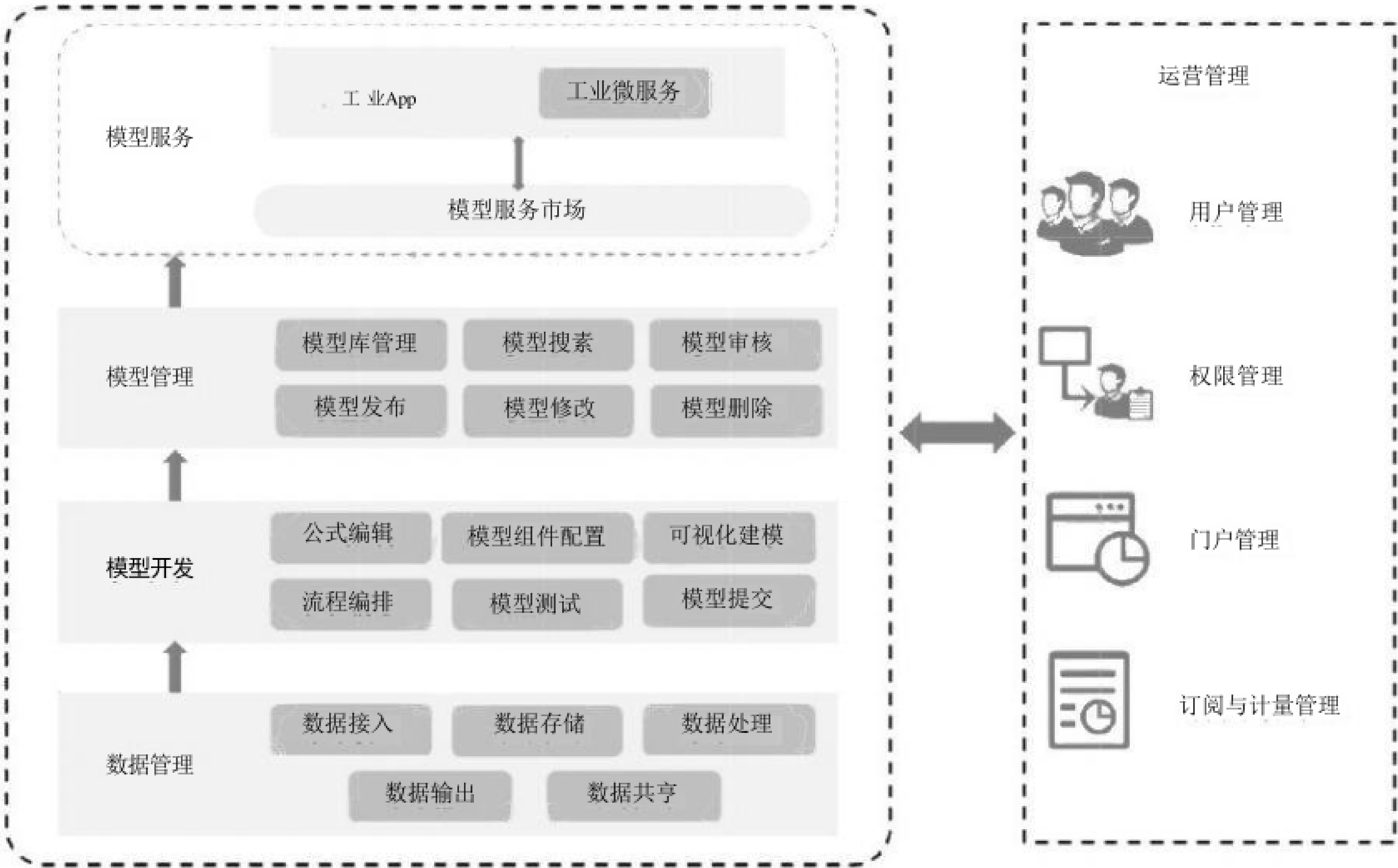


图 2 工业机理模型管理平台功能架构

8.2 数据管理

数据管理包括但不限于数据接入、数据存储、数据处理、数据输出和数据共享。具体考虑的数据管理要点宜包括但不限于：

- a) 支持关系型数据库、非关系型数据库、对象存储、静态数据源等多种数据源的接入和管理；
- b) 承载一定容量规模的数据；
- c) 支持数据在线预览、编辑和预处理等操作；
- d) 具备对接入数据进行格式转换、去噪、去冗、修正和补齐等预处理能力；
- e) 具备对异常数据的清洗能力；
- f) 支持常用协议适配和转换；
- g) 支持数据版本管理功能，包括数据集的演进过程、切换版本和删除版本等操作；
- h) 满足不同场景数据处理的时效要求；
- i) 支持提供多源异构数据模拟仿真；
- j) 支持不同的数据输出接口；
- k) 对数据提供多层次分类管理能力，支持调整数据所属分类；
- l) 支持数据共享，采用隐私计算等方式进行数据保护。

8.3 模型开发

模型开发包括但不限于公式编辑、模型组件配置、可视化建模、流程编排、模型测试和模型提交。具体考虑的模型开发要点宜包括但不限于：

- a) 提供图形化开发工具和多语言运行环境；
- b) 提供在线开发和离线开发方式，支持多人在线协同开发；
- c) 提供多种建模算子，系统预置常用的算子如集合运算、特征工程、物理化学计算公式及信号处

理等；

- d) 支持对算子自定义开发和编辑功能，如新建、修改公式和参数；
- e) 支持通用模型组件、单模型升级、多模型组合和多模型编排等多种形式；
- f) 提供可视化建模能力，支持流程编排，以算子拖拽式的方式构建完整的数学模型；
- g) 支持对云计算资源的调度；
- h) 支持模型调试和测评功能，以保证模型能通过7.4的建议；
- i) 支持从代码托管、编译、构建、测试、应用部署到软件发布的工业机理模型开发全流程功能；
- j) 支持多层级分类管理能力，具备同类模型推荐功能。

8.4 模型管理

模型管理包括但不限于模型库管理、模型搜索、模型审核、模型发布、模型修改和模型删除。具体考虑的模型管理要点宜包括但不限于：

- a) 支持模型定义、模型上传、模型编辑、模型标签管理、模型发布、模型状态监控、模型评估和版本管理等功能；
- b) 具备快速定义、创建、查找和使用模型等；
- c) 提供多维度的搜索能力，以实现模型智能化检索和精准化调用；
- d) 具备多维模型/多领域模型管理和模型知识库管理等；
- e) 支持模型对外发布，以API的形式接入到模型服务市场；
- f) 支持模型运行监测能力；
- g) 支持多个模型的灵活编排，同一场景使用多个模型时，充分考虑模型之间的协同和耦合关系；
- h) 具备一键式部署与快速迭代能力，对云、边、端侧提供快捷、统一管控的部署和迭代更新，缩短模型建设周期；
- i) 支持模型综合评价，按照不同时间周期维度，对模型的功能、性能和使用效果综合打分。

8.5 模型服务

模型服务包括但不限于通过模型服务市场调用或下载工业App和工业微服务等。具体考虑的模型服务要点宜包括但不限于：

- a) 支持模型服务的发布、搜索、购买(或订阅)等操作；
- b) 通过API接口向外部应用程序提供服务，并显示服务可用状态；
- c) 实现跨平台灵活调用；
- d) 支持全生命周期的API托管服务，包括平台API以及接入的第三方API；
- e) 支持模型手动更新和自动更新服务；
- f) 提供操作文档下载服务，包括操作手册和服务部署等帮助信息。

8.6 运营管理

运营管理包括但不限于用户管理、权限管理、门户管理、订阅与计量管理。具体考虑的运营管理要点宜包括但不限于：

- a) 支持多用户使用，并且保证用户资源间的逻辑隔离与数据安全；
- b) 具备用户管理和身份认证用户设置等服务功能，实现账号、用户、产品的全方位、一站式管理；
- c) 实现用户多级部门组织结构的建立和维护，同级部门之间的排序，具有组织/岗位的配置管理功能，具备对不同权限层级用户实现算子和模型等功能的分级授权能力；
- d) 实现终端全生命周期的管理，包括认证接入、删除、关联选用和禁用等；
- e) 具备对模型的浏览量、订阅、下载和调用情况进行可视化统计分析功能。

附 录 A
(资料性)
工业机理模型分类

本文件为有效地指导工业机理模型的分类管理工作，综合目前主流的工业机理模型分类方式，提供表A.1中的分类维度和对应的工业机理模型类别。

表A.1 工业机理模型分类

序号	分类维度	工业机理模型类别
1	行业	航空/航天行业、机械行业、汽车行业、电子行业、石化/化工行业、建材行业、轻工行业、能源行业、医药行业、冶金行业和材料行业等
2	业务使用范围和产品生命周期	基础理论、研发设计仿真、生产过程管理(工艺、物料、仓储、生产管理等)、设备故障诊断、产品质量控制、服务效能提升和物流优化等
3	应用场景	研发设计、生产制造、质量管控、运营管理、产品服务、运行维护服务、仓储物流和节能减排等
4	专业学科	力学(固体或流体、多体动力学等)、电磁学、热力学、化学、声学、核磁、计算机视觉和几何等
5	实现方式	基础理论、仿真、工艺、流程逻辑和数据驱动等
6	工业对象维度	部件、设备、产线、车间、企业和跨企业等
7	机理求解算法技术	参数表、非线性方程、常微分方程、偏微分方程、随机仿真和机器学习等
8	使用方式	文件类和接口类等
9	业务目标和分类目标	分析、推演、预测、决策和优化等
10	模型作用原理	几何(外观形状、尺寸大小、内部结构、空间位置、装配关系和运动学原理等)物理(力学特性、电磁特性、流体特性和热力学特性等)、行为(动态功能、性能退化、周期运动、随机扰动和响应机制等)及规则(数据关系、专家知识、领域标准、历史经验和相关准则等)等

参 考 文 献

[1]GB/T 25000.10—2016 系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价(SQuaRE) 第10部分：系统与软件质量模型

[2]GB/T 36073—2018 数据管理能力成熟度评估模型

[3]GB/T 42562—2023 工业互联网平台选型要求

[4]GB/T 42569—2023 工业互联网平台 开放应用编程接口功能要求

[5]SJ/T 11915—2023 工业互联网平台术语

www.bzxz.net

免费标准下载网