



中华人民共和国国家标准

GB/T 45873—2025

信息技术 车间数字孪生 参考架构

Information technology—Digital twin for workshop—Reference architecture

2025-06-30 发布

2026-01-01 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 车间数字孪生参考架构 2

6 车间数字实体 3

 6.1 孪生数据 3

 6.2 数字模型 3

7 车间数字孪生应用 4

 7.1 排产调度 4

 7.2 物流管理 4

 7.3 工艺优化 4

 7.4 质量控制 4

 7.5 设备管理 5

 7.6 产线重构 5

 7.7 能耗管理 5

 7.8 生产管控 5

 7.9 安全管控 5

8 信息交互 5

 8.1 孪生互动 5

 8.2 车间数字实体内部的交互 6

 8.3 车间数字实体与车间数字孪生应用的交互 6

 8.4 企业管理系统与车间数字孪生应用的交互 6

参考文献..... 7



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：北京航空航天大学、中国电子技术标准化研究院、江苏赛西科技发展有限公司、深圳赛西信息技术有限公司、北京小米移动软件有限公司、中国电子工程设计院股份有限公司、东南大学、西安交通大学、北自所(北京)科技发展股份有限公司、金航数码科技有限责任公司、重庆邮电大学、北京东土科技股份有限公司、浪潮电子信息产业股份有限公司、东方电气集团数字科技有限公司、浪潮通用软件有限公司、北京电信规划设计院有限公司、浪潮工创(山东)智能制造有限公司、西门子(中国)有限公司、浙江西图盟数字科技有限公司、北京航天万源科技有限公司、中国航空综合技术研究所、北京航天拓朴高科技有限责任公司、北京卫星环境工程研究所、本溪钢铁(集团)信息自动化有限责任公司、邦迪智能科技(上海)股份有限公司、中国兵器工业集团航空弹药研究院有限公司、潍柴动力股份有限公司、北京商询科技有限公司、中国海诚工程科技股份有限公司、长春金赛药业有限责任公司、北京中超伟业信息安全技术股份有限公司、成都银磁材料有限公司。

本文件主要起草人：陶飞、戚庆林、李佳、韩丽、程颖、程雨航、朱远哲、张星星、季旭、董昕阳、程星华、闫理跃、马立群、刘晓军、张树蕊、刘庭煜、徐俊、徐慧、申林、王勇、张晓梅、张焱、张超、苑森康、马腾、鹿海洋、何智勇、李家京、秦念彬、孙铮、曹佃松、郭成、吴文亮、易航、张祥春、宫建华、金小辉、孟凡伟、崔健、王健、张谦、段雅琦、朱剑青、王琇玲、王先锋、刘欣昱、黄昆仑、罗远哲、柯华、陈海军。

信息技术 车间数字孪生 参考架构

1 范围

本文件规定了车间数字孪生的参考架构以及车间数字实体、车间数字孪生应用、信息交互。

本文件适用于离散制造型车间、流程制造型车间、混合制造型车间等不同类型车间数字孪生的规划、建设、运维。

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 43441.1—2023 信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求

3 术语和定义

GB/T 43441.1—2023 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

物理车间 physical workshop

为独立完成和执行实际生产任务，由所需要的人员、设备、工具和物料等以及车间布局、工艺流程等组成的基本单元。

注：物理车间包括离散制造型车间、流程制造型车间、混合制造型车间三种类型。

3.2

车间数字孪生 digital twin for workshop

具有保证物理状态和虚拟状态之间以适当速率和精度同步数据连接的物理车间（3.1）的数字化表达。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CAD：计算机辅助设计（Computer-Aided Design）

CAM：计算机辅助制造（Computer-Aided Manufacturing）

CRM：客户关系管理（Customer Relationship Management）

ERP：企业资源规划（Enterprise Resource Planning）

PDM：产品数据管理（Product Data Management）

PLM：产品生命周期管理（Product Lifecycle Management）

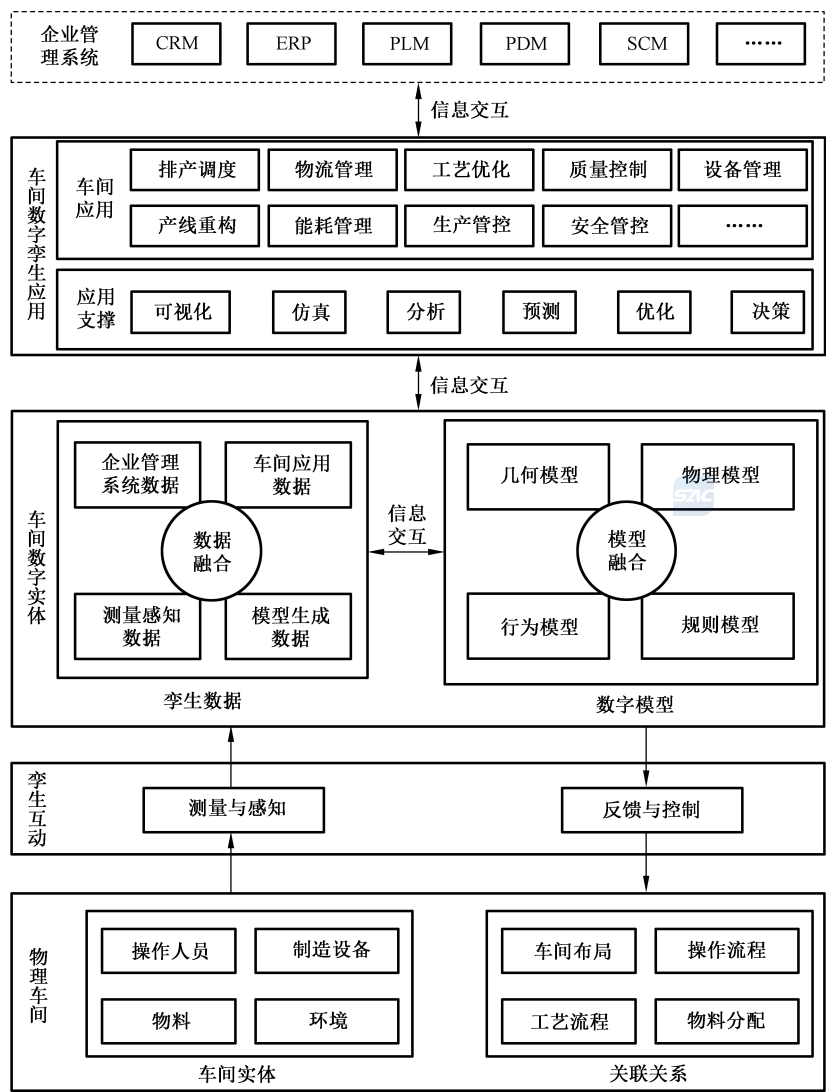
SCM：供应链管理（Supply Chain Management）

5 车间数字孪生参考架构

车间数字孪生参考架构包括物理车间、车间数字实体、车间数字孪生应用,以及各部分间的信息交互,见图 1。

- 物理车间:由车间实体和关联关系组成,车间实体包括操作人员、制造设备、物料、环境等;关联关系包括车间布局、操作流程、工艺流程、物料分配等。
- 车间数字实体:包括孪生数据和数字模型。
- 车间数字孪生应用:基于物理车间和车间数字实体实现的车间管控应用,包括但不限于排产调度、物流管理、工艺优化、质量控制、设备管理、产线重构、能耗管理、生产管控、安全管控等。
- 信息交互:车间数字孪生各部分之间以及车间数字孪生与企业管理系统交换数据、控制信息和其他信息的过程,包括孪生互动。参与信息交互的对象包括物理车间、车间数字实体、车间数字孪生应用、企业管理系统以及车间数字实体内部各部分。

车间数字孪生的基本要求、功能要求、安全要求应符合 GB/T 43441.1—2023 的规定。



注：虚线框部分不属于本文件车间数字孪生参考架构的组成部分。

图 1 车间数字孪生参考架构

6 车间数字实体

6.1 孪生数据

6.1.1 测量感知数据

测量感知数据是指通过适当技术手段获取的孪生数据,应包括但不限于设备运行状态和位置、生产环境参数(如温度、湿度、光照等)、物料位置与状态、人员操作等实时数据。

6.1.2 模型生成数据

模型生成数据是指在车间数字模型构建和运行过程中生成的并应用于外部交互的数据,应包括但不限于仿真数据、模型运行结果数据等。

6.1.3 车间应用数据

车间应用数据是指数字孪生系统运行过程中,各种车间数字孪生应用运行生成的用于管理的数据,应包括但不限于排产调度、物流管理、工艺优化、质量控制、设备管理、安全管理等数据。

6.1.4 企业管理系统数据

企业管理系统数据是指来自企业管理系统(如 CRM、ERP、PLM、PDM、SCM 等)的数据,如生产计划、市场与客户、合作伙伴、车间设备供应商数据(如图纸、模型、操作文件等)等。

6.2 数字模型

6.2.1 几何模型

几何模型应对车间实体的外观形状、尺寸大小、内部结构、空间位置、装配关系等进行数字化表达。几何模型利用计算机图形学、CAD、CAM 等领域的数字建模技术,结合各种数据采集和处理技术,构建车间三维几何信息。

6.2.2 物理模型

物理模型应对物理车间的物理特征和功能特性等物理属性进行数字化表达。物理模型包括但不限于物理车间的物质性质、机械特性等,例如,机床刀具的力学性能、加工对象的热力学特性以及特殊车间电磁学特性、材料的膨胀系数和伸缩变形。

6.2.3 行为模型

行为模型应对物理车间的行为特征和响应机制等行为属性进行数字化表达。

行为模型应反映外部变化与内部运行间的关系,如对物理车间的实际运行行为进行模拟,包括设备的运行状态、生产线的物流情况等。

6.2.4 规则模型

规则模型应对物理车间的约束规则、关联规则、演绎规则及专家知识实现数字化表达,规则模型包括但不限于生产流程、设备维护规则、机床刀具疲劳、腐蚀退化规则等。

规则模型应支撑虚拟环境模拟物理车间的操作和管理。

7 车间数字孪生应用

7.1 排产调度

应利用数字孪生基于生产计划对资源进行智能化管理、调度和优化的服务。通过排产方案制定、实时调度调整、可视化监控与分析以及决策支持与优化等手段,对资源调度方案进行动态迭代优化、纠偏,包括排产方案制定、实时调度调整、可视化监控与分析、决策支持与优化。

- a) 排产方案制定:应按照生产计划,基于实时和历史生产数据,结合工装与设备状态、物料库存、资源规则约束等因素,生成最优排产方案。
- b) 实时调度调整:应实时监控生产现场的数据变化,如设备故障、物料短缺、计划变更等异常。在超过警戒阈值后,自动触发排产调度方案的调整/优化。
- c) 可视化监控与分析:应将生产计划和调度的执行情况以图形化的方式展示出来。通过对生产过程中的各项指标进行数据挖掘和分析,找出影响生产计划执行的堵点和瓶颈,并提出改进建议。
- d) 决策支持与优化:应基于排产调度的时序数据和历史数据,结合决策模型进行智能决策支持。通过持续优化算法的应用,不断对排产调度方案进行迭代优化。

7.2 物流管理

应利用数字孪生实现物料监控分析和虚拟仿真测试的服务,包括物料监控分析、虚拟仿真测试。

- a) 物料监控分析:应实时获取物料在库与在途、物料齐套、物料有效期、替代料、出入库记录等各项数据,优化仓储方案和物料出入库策略,保证物料先进先出、物料减少库存冗余等。
- b) 虚拟仿真测试:应进行虚拟仿真,模拟车间物流、物料消耗、库存状态等,进行优化方案的测试和验证,以降低实际操作中的风险。

7.3 工艺优化

应利用数字孪生对车间布局、工艺流程、生产节拍、物流路径等进行精准模拟、实时监控和持续优化工艺的服务。包括精准模拟、实时监控、持续优化。

- a) 精准模拟:应对实体车间的生产工艺流程精准模拟/同步,包括但不限于车间布局、工艺流程、生产节拍、物流路径等。
- b) 实时监控:应融合物联网技术,实时采集生产现场的数据,包括但不限于设备状态、物料齐套、生产计划进度、产品质量等,并将其反馈到虚拟模型中。
- c) 持续优化:应基于实时数据和历史数据,结合处理算法模型,对生产工艺进行持续优化。在具体实施过程中,企业可根据自身需求和实际情况,选择合适的工艺优化策略和方法。

7.4 质量控制

应利用数字孪生将生产质量相关数据进行集成、融合和挖掘,实现车间生产过程中的质量监控、过程控制、根因分析、质量追溯,为质量控制决策提供数据支持和模型支持,包括质量监控、过程控制、根因分析、质量追溯。

- a) 质量监控:应实时收集生产过程中的数据,监控产品质量。
- b) 过程控制:应实时监控和调整工艺参数,预测不同工艺参数对产品质量的影响。
- c) 根因分析:应识别质量问题的根本原因并制定解决和预防措施。
- d) 质量追溯:应记录生产过程中的所有关键数据,实现产品质量的可追溯。

7.5 设备管理

应利用数字孪生对车间内的人员、设备、物料、环境等进行设备管理,包括状态监控、性能分析、规划配置。

- a) 状态监控:应实时监控车间内人员、设备、物料、环境等的状态,包括设备运行状态、原材料消耗状态等。
- b) 性能分析:应对车间内设备的性能进行分析,以识别潜在的瓶颈并预测设备的潜在故障。
- c) 规划配置:应对车间内人员、设备、物料、环境等进行规划,以达到最佳资源配置组合。

7.6 产线重构

应利用数字孪生基于产线孪生模型,通过分析产线生产效率(产能、生产周期、建设成本等)指标数据进行重构,包括产线设计重构、产线工艺流程重构、产线物流重构。

- a) 产线设计重构:应对产线布局类型、产线工序位置、产线生产平衡、瓶颈工序设备数量、设备生产能力、产线物料配送路径等方面开展仿真预演,实现对产线重构优化,指导产线改造重建。
- b) 产线工艺流程重构:应实现对不同产线工艺流程进行配置和孪生仿真预演,指导产线生产工艺流程重构优化。
- c) 产线物流重构:应实现对产线物流路径、物流小车数量、配送任务优先级等方面进行孪生仿真预演,指导产线物流重构优化。

7.7 能耗管理

应利用数字孪生对车间内的水、电、油、气等能源消耗进行全面、实时监控与优化,包括但不限于能源消耗实时监控、能耗数据分析与预测、能耗可视化呈现、用能策略优化、能耗管控展示等内容。

7.8 生产管控

应利用数字孪生实时监控生产线上的每一个环节,如生产进度等。管理者应利用数字孪生实时查看车间生产过程运行情况,分析识别瓶颈和低效环节,快速做出调整和决策。

7.9 安全管控

应利用数字孪生对车间仪表、阀门、动、静设备、安全与消防设备等进行可视化管理,通过部署环境监测传感器模组,实时监测车间内的气体浓度、温度、湿度等环境参数,并对异常情况进行预警。此外,应根据不同的应急场景,自动匹配相应的应急预案,并集中周边可调度的资源,实现指挥调度。

8 信息交互

8.1 孪生互动

8.1.1 测量与感知

物理车间运行数据应通过物联网技术感知和采集并流向车间数字实体,实现物理车间运行状态的感知。

8.1.2 反馈与控制

车间数字实体应根据物理车间的运行数据进行仿真分析、模型更新以及控制指令或控制策略生成,然后指令数据下达给物理车间,控制物理车间运行。

8.2 车间数字实体内部的交互

车间孪生数据中实时或历史数据应流向车间数字模型,数据驱动模型运行与更新。车间数字模型的分析计算数据应流向车间孪生数据,进行数据汇聚与共享。

8.3 车间数字实体与车间数字孪生应用的交互

车间数字实体应为车间数字孪生应用提供测量感知数据、模型生成数据、车间应用数据和融合数据,以及数字模型驱动。车间数字孪生应用应为数字实体提供优化策略。

8.4 企业管理系统与车间数字孪生应用的交互

车间外部的企业管理系统(如 CRM、ERP、PLM、PDM、SCM 等)的数据应在车间孪生数据中融合处理,为车间数字孪生应用提供数据支持。车间数字孪生应用运行过程中产生的数据,如计划产量、生产排程、生产计划执行情况、设备维护数据等信息应流向企业管理系统在企业层面掌握车间生产进程。

参 考 文 献

- [1] GB/T 20720.1—2019 企业控制系统集成 第1部分:模型和术语
 - [2] GB/T 37393—2019 数字化车间 通用技术要求
-

