

### 智能制造 第1部分：智能工厂建设指南

Intelligent manufacturing—Part 1: Guidelines for smart factory

地方标准信息服务平台

2023 - 08 - 31 发布

2023 - 09 - 30 实施



## 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 建设重点 .....	2
5.1 设施全面互联 .....	2
5.2 系统全面互通 .....	2
5.3 数据全面互换 .....	2
6 建设指南 .....	2
6.1 整体规划 .....	2
6.1.1 总体规划 .....	2
6.1.2 参考模型 .....	2
6.1.3 系统设计 .....	3
6.1.4 设计过程监控 .....	4
6.1.5 数据字典设计 .....	4
6.2 场景建设 .....	5
6.2.1 研发设计 .....	5
6.2.2 生产制造 .....	5
6.2.3 经营管理 .....	6
6.2.4 售后服务 .....	7
6.2.5 供应链管理 .....	7
6.2.6 系统集成 .....	8
6.2.7 信息安全 .....	8
6.2.8 新模式应用 .....	8
6.3 能力建设 .....	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。

本文件是DB37/T 4649《智能制造》的第1部分。DB37/T 4649已经发布了以下部分：

- 第1部分：智能工厂建设指南；
- 第2部分：智能工厂评价体系指南；
- 第3部分：数字化车间建设指南；
- 第4部分：数字化车间评价体系指南；
- 第5部分：系统解决方案供应商能力成熟度评估指南。

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。

本文件由山东省工业和信息化厅提出、归口并组织实施。

地方标准信息服务平台

## 引 言

为了指导工业企业的智能工厂建设，实现传统制造业智能化转型，为创建一批示范引领作用强、综合效益显著的数字化车间提供建设指南，根据智能制造能力成熟度模型发展建设，实施智能化改造，推动产业转型升级，推进设计制造和生产管理的信息化改造，提出制定DB37/T 4649《智能制造》系列标准。DB37/T 4649拟由以下5部分构成：

- 第1部分：智能工厂建设指南：给出了符合智能工厂发展趋势和发展需求的建设指南；
- 第2部分：智能工厂评价体系指南：给出了水平与能力评价指标、判定规则等内容，适用于评价智能工厂的水平能力；
- 第3部分：数字化车间建设指南：给出了符合数字化车间发展趋势和发展需求的建设指南；
- 第4部分：数字化车间评价体系指南：给出了水平与能力评价指标、判定规则等内容，适用于评价数字化车间的水平能力；
- 第5部分：系统解决方案供应商能力成熟度评估指南：给出了智能制造系统解决方案供应商能力成熟度的评估指标、评估程序和成熟度等级判定等内容，适用于智能制造系统解决方案供应商开展成熟度评估活动。

地方标准信息服务平台



# 智能制造 第1部分：智能工厂建设指南

## 1 范围

本文件提供了智能工厂的建设重点、建设指南方面的指导。  
本文件适用于指导工业企业的智能工厂建设。

## 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 39116 智能制造能力成熟度模型
- GB/T 39117 智能制造能力成熟度评估方法
- GB/T 42137 离散型智能制造能力建设指南
- GB/T 42138 流程型智能制造能力建设指南

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### **数字化生产线** digital production line

将数字化、自动化生产设备按照要求进行集成，按规定的程序或指令对生产过程进行操作或控制，自动完成产品全部或部分制造过程。

注：包括工业自动化软件、硬件和系统等。

### 3.2

#### **数字化车间** digital workshop

以生产对象所要求的工艺和设备为基础，以信息技术、自动化、测控技术等为手段，用数据连接车间不同单元，对生产运行过程进行规划、管理、诊断和优化的实施单元。

[来源：GB/T 37393—2019，3.3]

### 3.3

#### **智能工厂** smart factory

在数字化工厂的基础上，利用物联网技术和监控技术加强信息管理和服務，提高生产过程可控性、减少生产线人工干预，以及合理计划排程。同时集智能手段和智能系统等新兴技术于一体，构建高效、节能、绿色、环保、舒适的人性化工厂。

[来源：GB/T 38129—2019，3.1.1]

## 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）

CAE: 计算机辅助工程 (Computer Aided Engineering)

CAPP: 计算机辅助工艺过程设计 (Computer Aided Process Planning)

CIM-OSA: 计算机集成制造开放系统体系结构 (Computer Intergrated Manufacturing-Open System Architecture)

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

EAM: 企业资产管理 (Enterprise Asset Management)

ERP: 企业资源计划 (Enterprise Resource Planning)

MES: 制造执行系统 (Manufacturing Execution System)

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)

WMS: 仓储管理系统 (Warehouse Management System)

## 5 建设重点

### 5.1 设施全面互联

人与机器、机器与机器以及服务与服务之间宜形成互联。宜通过将传感器、嵌入式终端系统、智能控制系统、执行系统、通信设施等集成形成一个智能网络实现互联。

工厂的横向、纵向和端对端宜集成化。可利用物联网、互联网等通信技术将工厂与车间内部的生产设备之间、车间信息系统间、生产设备与车间系统间形成连接,实现集成。

### 5.2 系统全面互通

工厂的PDM、ERP、MES、SCADA等产品全生命周期的关键信息化管理系统之间的信息宜互联互通与集成。工厂的数据资源宜充分共享,产品的设计、工艺、生产、设备、质量、能源等方面的数据宜全面互通。

### 5.3 数据全面互换

宜构建包括数据采集标准、数据处理标准、数据服务与管理标准、数据安全标准等的标准体系,管理信息系统与控制系统之间开发数据接口模块,规范产品全生命周期各个环节所产生的各类数据的获取、处理和应用过程。

## 6 建设指南

### 6.1 整体规划

#### 6.1.1 总体规划

智能工厂建设的总体规划宜包括以下内容:

- 智能工厂的战略定位;
- 智能工厂的战略目标;
- 智能工厂数字化、智能化发展路径;
- 智能工厂的总体布局 and 具体架构。

#### 6.1.2 参考模型



智能工厂参考模型宜从企业内部协同及产品全生命周期的生产资源协同两个方面进行考虑。其中：

- 企业内部协同宜从企业设备、控制、管理等方面进行考虑，包括组织内部的设备与控制、制造执行、经营管理、经营决策；
- 产品全生命周期的生产资源协同，宜从信息物理系统（CPS）角度进行分析，包括感知执行、适配控制、网络传输、认知决策和服务平台。

### 6.1.3 系统设计

#### 6.1.3.1 概述

智能工厂的系统建设包括总体架构和功能结构。进行智能工厂系统设计时宜考虑数字化生产线、数字化车间、智能工厂的递进关系。编制系统设计方案时，宜包括：

- 公司的总体战略目标及阶段性目标；
- 信息化架构设计；
- 自动化架构设计；
- 管理集成化设计；
- 系统安全设计。

#### 6.1.3.2 信息化架构设计

6.1.3.2.1 可采用以下方法对智能工厂建设的信息化框架进行设计并建立数字化模型：

- CIM-OSA 方法；
- 集成的信息系统体系构成方法（ARIS）方法；
- ICAM 分析（IDEF）方法；
- 决策活动关联图（GRAI）/GIM 方法；
- 集成化企业建模（IEM）方法；
- EAM 方法。

6.1.3.2.2 智能工厂的信息化架构宜包括基础平台层、数据库层、功能层。

6.1.3.2.3 基础平台层设计宜考虑如下因素：

- 软件，如：CAD、PDM、ERP、CAPP、CAE、FMS、MES 以及数据库管理、操作系统等；
- 硬件，如：计算机、存储设备、输入/输出设备、传感器、摄像头等。
- 公共服务，如：软件接口、硬件接口、结构模式及信息安全。

6.1.3.2.4 数据库层设计组织宜考虑如下因素：

- 设计类，如：基础设计类数据、设计规范等；
- 工艺类，如：工艺数据、工艺规程等；
- 试验类，如：试验数据、试验规范等；
- 制造类，如：生产计划、运行数据等；
- 管理类，如：管理制度、管理标准；
- 数据标准体系库。

6.1.3.2.5 功能层的设计组织宜考虑如下因素：

- 工厂布局；
- 产品设计；
- 工艺规划；
- 生产仿真。

#### 6.1.3.3 自动化架构设计

6.1.3.3.1 智能工厂的自动化架构包括现场设备层、车间监控层以及生产管理层。

6.1.3.3.2 现场设备层宜包括但不限于：

- 工业通信系统，如现场总线、工业以太网、工业无线、工业 5G 等；
- 传感器；
- 驱动设备；
- 执行机构和开关设备等。

6.1.3.3.3 车间监控层宜包括但不限于：

- 生产设备状态的在线监控；
- 车间生产环境相关因素在线监控；
- 设备故障报警及维护等。

6.1.3.3.4 生产管理层宜包括但不限于：

- 生产任务管理；
- 工序计划与派工管理；
- 领料与投料管理；
- 生产过程管理；
- 检验过程管理；
- 产品入库管理。

#### 6.1.3.4 管理集成化设计

利用信息化技术，对管理进行集成化设计。在进行管理集成化设计时，宜考虑如下因素：

- 经营与决策能力；
- 产品设计研发能力；
- 供应链协同能力；
- 生产协同能力；
- 质量管理与保证能力；
- 资产管理能力；
- 设备互联能力；
- 绿色制造能力；
- 安全管理能力；
- 环境管理能力。

#### 6.1.4 设计过程监控

宜对智能工厂设计过程的关键控制点进行监控，制定监控方案或计划，宜包括：

- 监控的责任人及责任部门；
- 监控的时机；
- 监控的方法，如采取评审、研讨、专家座谈会等方式进行。

#### 6.1.5 数据字典设计

对数据的数据项、数据结构、数据流、数据存储、处理逻辑等进行定义和描述，制定数据字典。在设计数据字典时，宜：

- a) 对业务类型进行划分，形成相对独立的业务板块和对应的数据指标体系；
- b) 对各条业务线内部的业务过程、业务主题域进行梳理，对业务过程进行抽象和提炼；
- c) 对指标名称、指标含义、度量类型、数据汇总方式等内容进行完善。

## 6.2 场景建设

### 6.2.1 研发设计

#### 6.2.1.1 工厂设计

6.2.1.1.1 宜利用工厂三维设计与仿真软件进行工厂规划、设计和仿真优化。

6.2.1.1.2 工厂总体设计、工艺流程及布局宜进行数字化模型仿真并优化产品生产流程。

#### 6.2.1.2 工艺设计

6.2.1.2.1 宜使用 PDM 系统进行产品设计、工艺数据的集成管理。

6.2.1.2.2 宜利用试验数据管理 (TDM) 系统进行产品试验、测试、在线检测数据的管理。

6.2.1.2.3 宜运用 CAPP 等工具和工艺知识库,并集成三维建模和仿真验证等技术进行基于模型的离散工艺设计,宜采用高效加工、精密装配等先进制造工艺。

注: 6.2.1.2.3 针对于离散型智能工厂。

6.2.1.2.4 宜开展过程工艺设计与流程全局优化,宜建设工艺技术系统和工艺知识库,可采用原料物性表征、工艺机理分析、过程建模和工艺集成等技术。

注: 6.2.1.2.4 针对于流程型智能工厂。

#### 6.2.1.3 产品研发

6.2.1.3.1 宜进行基于模型的产品设计、仿真优化和测试。可运用计算机辅助设计工具(如 CAD、CAE 等)和设计知识库,可采用集成三维建模、有限元仿真、虚拟测试等技术。

6.2.1.3.2 宜创建原料物性数据库和模型库,优化原料选择和配方设计。可建设物性表征系统或配方管理系统,可采用快速评价、在线制备检测、流程模拟和材料试验等技术。

### 6.2.2 生产制造

#### 6.2.2.1 计划调度

6.2.2.1.1 宜通过构建 ERP 系统,应用约束理论、寻优算法和专家系统等技术,进行基于采购提前期、安全库存和市场需求的生计划优化。

6.2.2.1.2 宜通过建立生产过程数据采集和分析系统,进行生产进度、现场操作、质量检验、设备状态、物料传送等生产现场数据自动上传,并可视化管理。

6.2.2.1.3 宜通过应用高级计划与排程 (APS) 系统,集成调度机理建模、寻优算法等技术,进行基于多约束和动态扰动条件下的车间排产优化。

6.2.2.1.4 宜通过建立车间 MES,建立人员技能库、岗位资质库等,进行生产、质量、库存、设备维护等的管理,提高设备利用率。

#### 6.2.2.2 生产作业

6.2.2.2.1 宜应用自动化、数字化、智能化的生产装备或生产线,建立车间级工业通信网络,进行系统、装备、零部件及人员之间的信息互联互通和有效集成。

6.2.2.2.2 宜应用人机界面以及工业平板等移动终端,实现生产过程无纸化;人工操作工位宜建立防差错系统;宜建立互操作系统,实现工序间的协作。

6.2.2.2.3 宜应用模块化、成组和产线重构等技术,搭建柔性可重构产线,实现产线适应订单、工况等变化的快速调整。

6.2.2.2.4 宜构建 MES,集成大数据、运筹优化、专家系统等技术,进行人力、设备、物料等制造资

源的动态配置。

6.2.2.2.5 宜依托先进控制技术（APC），融合工艺机理分析、实时优化和预测控制等技术，进行精准、实时和闭环过程控制。

6.2.2.2.6 宜搭建生产过程全流程一体化管控平台，应用工艺机理分析、流程建模和机器学习等技术，开展工艺流程和参数的动态优化调整。

6.2.2.2.7 集成机器人、高端机床、人机交互设备等智能装备，应用 AR/VR、机器视觉等技术，开展生产的高效组织和作业协同。

6.2.2.2.8 依托 MES，应用六西格玛、6S 管理和定置管理等精益工具和方法，开展基于数据驱动的人、机、料等精确管控。

### 6.2.2.3 仓储配送

6.2.2.3.1 宜通过集成智能仓储（储运）装备，建设 WMS，应用条码、射频识别、智能传感等技术，完成物料自动入库（进厂）、盘库和出库（出厂）。

6.2.2.3.2 宜通过应用 WMS 和智能物流装备，集成视觉/激光导航、室内定位和机器学习等技术，实现物资自动配送和路径优化。

6.2.2.3.3 宜应用 MES 或 WMS，采用识别传感、定位追踪、物联网和 5G 等技术，实现原材料、在制品和产成品流转的全程跟踪。

### 6.2.2.4 质量管控

6.2.2.4.1 宜利用流数据处理、多源异构数据融合、特征提取、关联分析与预测、人工智能卷积神经网络等技术，构建质量模型库、知识库、规则库、约束库、规则库，实现在线质量自动判定与监控预警。

6.2.2.4.2 宜通过质量关键管控指标监控及分析、产品全流程过程质量综合评价、跨工序产品质量交互分析与异常诊断和质量异议快速反查等程序，实现全流程质量追溯及分析。

## 6.2.3 经营管理

### 6.2.3.1 设备管理

6.2.3.1.1 宜应用工业机器人、智能巡检装备和设备管理系统，集成故障检测、机器视觉、AR/VR 和 5G 等技术，实现对设备的高效巡检和异常报警等。

6.2.3.1.2 宜建设设备管理系统，应用大数据和 AR/VR 等技术，开展检维修计划优化、资源配置优化、虚拟检维修方案验证与技能实训。

6.2.3.1.3 宜建设设备管理系统，融合智能传感、故障机理分析、机器学习、物联网等技术，实现设备运行状态判定、性能分析和故障预警。

6.2.3.1.4 宜构建故障预测与健康（PHM）系统，集成故障机理分析、大数据、深度学习等技术，进行设备失效模式判断、预测性维护及运行参数调优。

6.2.3.1.5 宜建立 EAM 系统，应用物联网、大数据和机器学习等技术，实现资产运行、检维修、改造、报废的全生命周期管理。

### 6.2.3.2 安全管控

6.2.3.2.1 宜依托安全感知装置和安全生产管理系统，集成危险和可操作性分析、机器视觉等技术，进行安全风险动态感知和精准识别。

6.2.3.2.2 宜基于安全事件联动响应处置机制和应急处置预案库，融合大数据等技术，实现安全事件处置的智能决策和快速响应。

6.2.3.2.3 宜建设危化品管理系统，应用智能传感、理化特征分析等技术，实现危化品存量、位置、

状态的实时监测、异常预警与全过程管控。

6.2.3.2.4 宜依托自动化装备，集成智能传感、机器视觉和 5G 等技术，实现危险作业环节的少人化、无人化。

### 6.2.3.3 能源管理

6.2.3.3.1 宜建立能源管理系统（EMS），集成智能传感、大数据等技术，开展全环节、全要素能耗数据采集、计量和可视化监测。

6.2.3.3.2 宜依托 EMS，应用能效优化机理分析、大数据和深度学习等技术，基于设备运行参数或工艺参数优化，实现能源利用率提升。

6.2.3.3.3 宜依托 EMS，融合机理分析、大数据等技术，进行能源消耗量预测，实现关键装备、关键环节能源的综合平衡与优化调度。

### 6.2.3.4 环保管理

6.2.3.4.1 宜构建环保管理平台，应用机器视觉、智能传感和大数据等技术，开展污染源管理，实现全过程环保数据的采集、监控与报警。

6.2.3.4.2 宜依托环保管理平台，集成机器视觉、智能传感和大数据等技术，实现排放实时监测、分析预警和排放优化方案辅助决策。

6.2.3.4.3 宜搭建固废信息管理平台，融合条码、物联网和 5G 等技术，进行固废处置与循环再利用全过程监控、追溯。

6.2.3.4.4 宜开发碳资产管理平台，集成智能传感、大数据和区块链等技术，实现全流程碳排放追踪、分析、核算和交易。

### 6.2.3.5 营销管理

6.2.3.5.1 宜应用大数据、深度学习等技术，实现对市场未来供求趋势、影响因素及其变化规律的精准分析、判断和预测。

6.2.3.5.2 销售计划动态优化。宜依托 CRM 系统，应用大数据、机器学习等技术，挖掘分析客户信息，构建用户画像和需求预测模型，制定精准销售计划。

6.2.3.5.3 销售驱动业务优化。宜通过销售管理系统与设计、生产、物流等系统集成，应用大数据等技术，根据客户需求变化，动态调整设计、采购、生产、物流等方案。

### 6.2.4 售后服务

6.2.4.1 客户服务。宜建设 CRM 系统，集成大数据、知识图谱和自然语言处理等技术，实现客户需求分析、精细化管理，提供主动式客户服务。

6.2.4.2 远程运维。宜建立产品远程运维管理平台，集成智能传感、大数据和 5G 等技术，实现基于运行数据的产品远程运维、预测性维护和产品设计的持续改进。

6.2.4.3 数据增值服务。宜分析产品的运行工况、维修保养、故障缺陷等数据，应用大数据等技术，提供专业服务、设备估值、融资租赁、资产处置等新业务。

### 6.2.5 供应链管理

6.2.5.1 采购策略优化。宜建设 SCM 系统，集成大数据、寻优算法和知识图谱等技术，实现供应商综合评价、采购需求精准决策和采购方案动态优化。

6.2.5.2 供应链可视化。宜搭建 SCM 系统，融合大数据和区块链等技术，打通上下游企业数据，实现供应链可视化监控和综合绩效分析。



6.2.5.3 物流实时监测与优化。宜依托运输管理系统（TMS），应用智能传感、物联网、实时定位和深度学习等技术，实现运输配送全程跟踪和异常预警，装载能力和配送路径优化。

6.2.5.4 供应链风险预警与弹性管控。宜建立 SCM 系统，集成大数据、知识图谱和远程管理等技术，开展供应链风险隐患识别、定位、预警和高效处置。

## 6.2.6 系统集成

6.2.6.1 宜建立覆盖工厂的工业通信网络，构建互联互通的基础环境。

6.2.6.2 宜对过程控制系统（PCS）、现场数据采集和分析系统、MES 与 PLM、ERP 协同与集成，实现设计、生产、管理、服务各环节的互联，支持跨企业的业务协同。

## 6.2.7 信息安全

6.2.7.1 宜建立工业信息安全管理和技术防护体系，具备网络防护、应急响应等信息安全保障能力；

6.2.7.2 宜建立功能安全保护系统，采用全生命周期方法有效避免系统失效。

## 6.2.8 新模式应用

6.2.8.1 用户直连制造。宜通过用户和企业的深度交互，提供满足个性化需求的产品定制设计、柔性化生产和个性化服务等，创造独特的客户价值。

6.2.8.2 大批量定制。宜通过生产柔性化、敏捷化和产品模块化，根据客户的个性化需求，以大批量生产的低成本、高质量和高效率提供定制化的产品和服务。

6.2.8.3 共享制造。宜建立制造能力交易平台，推动供需对接，将富余的制造能力通过以租代买、分时租赁、按件计费等多种模式对外输出。

6.2.8.4 网络协同制造。基于网络协同平台，推动企业间设计、生产、管理、服务等环节紧密连接，实现基于网络的制造资源配置和生产业务并行协同。

6.2.8.5 基于数字孪生的制造。宜应用建模仿真、多模型融合等技术，构建装备、产线、车间、工厂等不同层级的数字孪生系统。

6.2.8.6 远程运行维护服务：

——智能装备/产品配置有开放的数据接口，具备数据采集通信和远程控制等功能；

——建立或应用智能装备/产品远程运维服务平台，并与企业的 PLM、CRM 实现信息共享；

——智能装备/产品远程运维服务平台能够对装备/产品上传数据进行有效筛选、梳理、存储与管理，并通过数据挖掘、分析，向用户提供多种形式的远程服务；

——建立相应的专家库和专家咨询系统，能够为智能装备/产品的远程服务提供智能决策支持，并向用户提出运维解决方案。

## 6.3 能力建设

工业企业宜根据 GB/T 39116 和 GB/T 39117，完成智能制造能力基础确认，从而进行能力建设。

a) 离散型制造企业按照 GB/T 42137 进行离散型智能工厂的智能制造能力建设。

b) 流程型制造企业按照 GB/T 42138 进行流程型智能工厂的智能制造能力建设。