

# DB 3302

## 浙江省宁波市地方标准

DB3302/T 1122—2021

### 数字化车间/智能工厂评估规范

Specification for digital workshop/intelligent factory evaluation

2021 - 09 - 22 发布

2021 - 10 - 22 实施

宁波市市场监督管理局 发布

## 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。

本文件由宁波市经济和信息化局提出。

本文件由宁波市经济和信息化局归口。

本文件起草单位：宁波弘讯工程咨询有限公司、宁波市标准化研究院、宁波市智能制造协会。

本文件主要起草人：王刚、余盛兵、胡一俊、缪林、周军。

# 数字化车间/智能工厂评估规范

## 1 范围

本文件规定了数字化车间/智能工厂评估的指标构建原则、指标体系、指标说明和评价方法。  
本文件适用于数字化车间/智能工厂的现状水平评价及建设指导。

## 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 37413-2019 数字化车间 术语和定义

## 3 术语和定义

GB/T 37413-2019 界定的术语和定义适用于本文件。

## 4 指标构建原则

### 4.1 科学性

体现数字化车间/智能工厂核心内涵和特征，反映现状发展水平和持续改进方向。

### 4.2 实用性

立足工业实践，评价企业新一代信息技术在数字化车间/智能工厂融合的能力与水平。

### 4.3 系统性

综合考虑数字化车间/智能工厂宏观、微观状况，系统评价其核心要素、基础能力与绩效水平。

### 4.4 可操作性

数据易于采集、统计和分析，客观反映数字化车间/智能工厂现状水平。

### 4.5 先进性

追踪新技术发展，体现数字化车间/智能工厂最新使能技术。

## 5 指标体系

### 5.1 总体框架

数字化车间/智能工厂评估指标是以数据互联互通为核心，包含设计、生产装备、生产过程、仓储物流、运营以及能源环境、安全等各业务环节，并体现综合绩效。数字化车间/智能工厂指标体系总体框架见图1。

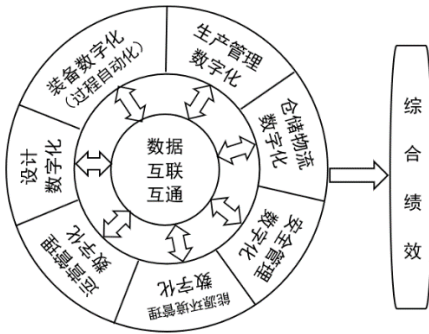


图1 数字化车间/智能工厂指标体系总体框架图

5.2 评估指标分类

根据数字化车间/智能工厂制造型式不同，分为离散型制造评估指标体系、流程型制造评估指标体系。

5.3 评估指标框架

5.3.1 离散型制造

离散型制造数字化车间/智能工厂评估指标体系由设计数字化、装备数字化、生产管理数字化、仓储物流数字化、运营管理数字化、能源环境管理数字化、数据互联互通、安全管理数字化、综合绩效构成，见图2。

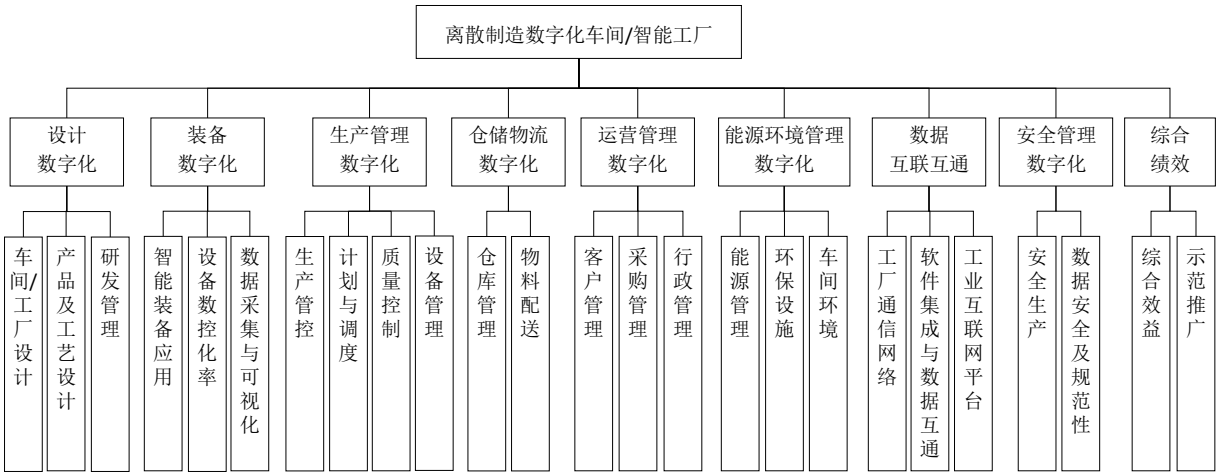


图2 离散型数字化车间/智能工厂评估指标体系

5.3.2 流程型制造

流程型制造数字化车间/智能工厂评估指标体系由设计数字化、过程自动化、生产管理数字化、仓储物流数字化、运营管理数字化、能源环境管理数字化、数据互联互通、安全管理数字化、综合绩效构成，见图3。

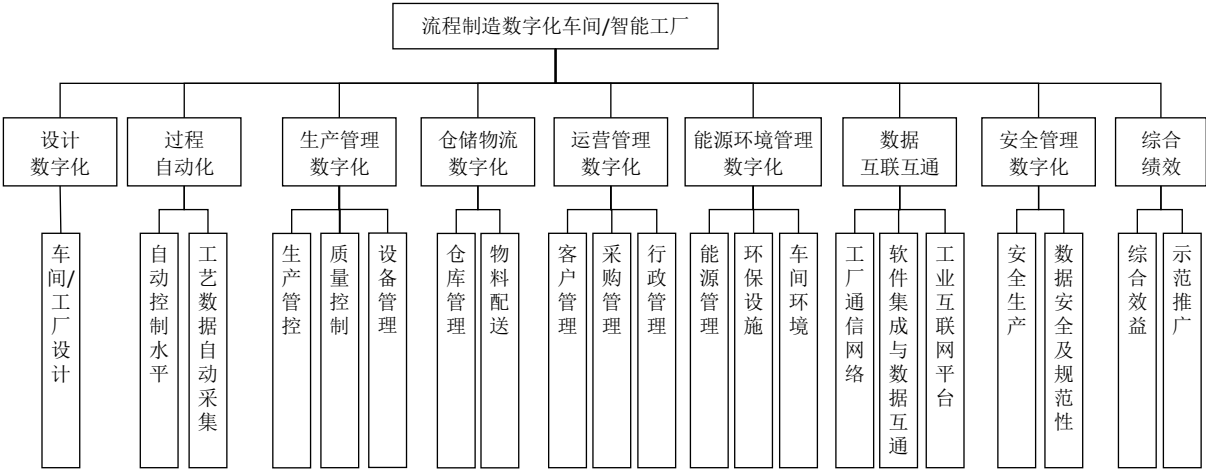


图3 流程型数字化车间/智能工厂评估指标体系

6 指标说明

6.1 离散型制造

离散型制造数字化车间/智能工厂评估指标说明见表1。

表1 离散型制造数字化车间/智能工厂评估指标及说明

一级指标	二级指标	指标说明
设计数字化	车间/工厂设计	采用计算机辅助设计（CAD），仿真分析，数字孪生技术对车间/工厂进行总体规划、产线布局、工艺流程、制造过程、仓储物流进行设计以及仿真优化，实现规划、生产、运营全流程的数字化管理。
	产品及工艺设计	采用计算机辅助设计（CAD）和计算机辅助工艺过程设计（CAPP）技术实现产品设计和工艺设计数字化，采用仿真分析软件或数字孪生技术对产品设计 with 工艺设计进行仿真分析与优化。
	研发管理	建立产品数据管理（PDM）、产品全生命周期管理（PLM）或其他具有研发过程和管理功能的软件系统，实现产品研发管理数字化。
装备数字化	智能装备应用	应用高档数控机床与工业机器人、增材制造装备、智能传感与控制装备、智能检测与装配装备、智能物流与仓储装备、智能加工单元等 6 大类智能装备，应用具有计算机视听觉、特征识别、新型人机交互等人工智能技术的高端智能装备，在产品质量改进与缺陷检测、生产工艺过程优化、故障预测与诊断等关键环节应用智能技术的产线。
	数据采集与可视化	建立生产过程的数据采集与监视控制（SCADA）系统，实现设备及工艺状态、生产进度、现场管控、质量检验、物料传送、生产人员考勤等数据自动采集，并实现可视化 管理。
	设备数控化率	关键装备数控化率达到 70% 以上。

表1 离散型制造数字化车间/智能工厂评估指标及说明（续）

一级指标	二级指标	指标说明
生产管理数字化	生产管控	建立制造执行系统（MES）或制造运营管理（MOM）系统，实现生产计划、制造数据、现场管理、车间资源（模具、刀具、工装夹具等）、人员绩效等管理功能；建立企业资源计划（ERP）系统，实现对订单、物料（产品）、财务等业务流程的闭环管理。
	计划与调度	建立高级计划与排产系统（APS），实现柔性生产，适应多品种、小批量的订单需求。
	质量控制	在建立 SCADA 系统基础上，通过条形码、二维码、RFID 等识别技术，实现产品数据的实时采集与跟踪；或建立企业标识解析体系，接入标识解析二级平台，实现产品质量生命周期全过程追溯。
	设备管理	在设备数据采集的基础上，建立设备故障知识库，并通过计算机建模、虚拟现实等数字孪生技术对设备运行状态在线监控，实现设备状态异常预警、远程诊断和运行优化以及设备的预测性维护与保养。
仓储物流数字化	仓库管理	建立仓库管理系统（WMS），并基于条形码、二维码、RFID 等识别技术，实现入库、出库、在库、盘点管理和生产制造现场物流与物料的精准管控，以及与 MES、ERP 等系统实现集成。
	物料配送	能够基于生产线实际生产情况拉动物料配送，实现与自动引导运输车（AGV）等自动化物流系统的无缝集成。
运营管理数字化	客户管理	建有客户关系管理（CRM）系统或利用 ERP 系统，实现客户管理的信息化，并对销售数据进行挖掘分析及时调整市场战略。
	采购管理	建有供应商管理（SRM）系统或利用 ERP 系统，实现对供应商的评估、考核、询价、招标、竞价等全生命周期管理以及与其他业务系统的集成应用；或建有供应链管理（SCM）系统，实现对供应、需求、原材料采购、市场、生产、库存、订单、分销发货等全过程的信息化管理。
	行政管理	建有资产管理、人力资源数字化管理（eHR）、业务流程管理（BPM）等软件系统，并与 ERP、MES 等系统实现数据互联互通。
能源环境管理数字化	能源管理	建立能源管理系统（EMS）或利用 MES 系统，对主要耗能设备实现能源消耗实时监控；建立产耗预测模型，水、电、气（汽）、煤、油以及物料等消耗实现实时监控、自动分析，实现能源资源的优化调度、平衡预测和有效管理。
	环保设施	全面采集环保数据，实时监控及报警，实现数据分析并优化运行。
	车间环境	实时采集环境参数，实现工厂/车间环境的监测与管理。
数据互联互通	工厂通信网络	采用现场总线、工业以太网以及 5G 等网络技术建立通信网络架构，包括计算机网络、机器设备网络、生产物联/物流网络等。
	软件集成与数据互通	利用工厂通信网络，实现设计、工艺、制造、仓储物流、运营、能源、环境等各环节之间，以及各关键信息化管理系统之间的数据互联互通与集成。
	工业互联网平台	建立企业级工业互联网平台或统一数据平台，采用数据资源开展数据深度分析与利用，并将数据用于生产、销售等业务流程的优化和辅助决策。

表1 离散型制造数字化车间/智能工厂评估指标及说明（续）

一级指标	二级指标	指标说明
安全管理 数字化	数据安全及 规范性	建立工业信息安全管理制，构建具备网络防护、应急响应等数据安全保障能力的数据存储与网络防护技术体系，并按照相关标准、规范进行设计和施工。
	安全生产	开展安全风险感知或预警，实现生产过程中人、机、物、过程、环境、信息等要素的智能化管控。
综合绩效	综合效益	生产效率提高 20% 以上，运营成本降低 10% 以上，产品研制周期缩短 30% 以上，产品不良品率降低 10% 以上，能源利用率提高 10% 以上等各类提质增效指标效果显著。
	示范推广	形成一批具有自主知识产权的核心成果，以及可复制、可推广的智能制造新模式（包括但不限于个性化定制、网络化协同、服务化延伸、共享制造等）和经验做法，示范带动效应明显。

## 6.2 流程型制造

流程型制造数字化车间/智能工厂评估指标说明见表2。

表2 流程型制造数字化车间/智能工厂评估指标及说明

一级指标	二级指标	指标说明
设计数字化	车间/工厂 设计	采用计算机辅助设计（CAD），仿真分析，数字孪生技术对车间/工厂进行总体规划、产线布局、工艺流程、制造过程、仓储物流进行设计以及仿真优化，实现规划、生产、运营全流程的数字化管理。
过程自动化	自动控制 水平	工厂自控投用率达到 90% 以上，关键生产环节实现基于模型的先进控制和在线优化，实现对物流、能流、物性的全流程监控；应用具有计算机视觉、特征识别、新型人机交互等人工智能技术的高端智能装备，在产品质量改进与缺陷检测、生产工艺过程优化、故障预测与诊断等关键环节应用智能技术的产线。
	工艺数据自 动采集	建立生产过程的数据采集与监视控制（SCADA）系统，生产工艺数据自动数采率达到 90% 以上，并实现数据的可视化管理。
生产管理 数字化	生产管控	建立制造执行系统（MES）或制造运营管理（MOM）系统，实现生产计划与调度、制造数据、现场管理、人员绩效等管理功能；建立企业资源计划（ERP）系统，实现对订单、物料（产品）、财务等业务流程的闭环管理。
	质量控制	采用在线分析、智能传感器（变送器）、软测量等设备或技术，实现原料、关键工艺质量参数和成品检测数据的采集和集成利用以及质量风险预警。
	设备管理	在设备数据采集的基础上，建立设备故障知识库，并通过计算机建模、虚拟现实等数字孪生技术对设备运行状态在线监控，实现设备状态异常预警、远程诊断和运行优化以及设备的预测性维护与保养。
仓储物流 数字化	仓储管理	建立仓库管理系统（WMS），并基于条形码、二维码、RFID 等识别技术，实现入库、出库、在库、盘点管理和生产制造现场物流与物料的精准管控，以及与 MES、ERP 等系统实现集成。
	物料配送	能够基于生产线实际生产情况拉动物料配送，实现生产和仓库物流系统的无缝集成。

表2 流程型制造数字化车间/智能工厂评估指标及说明（续）

一级指标	二级指标	指标说明
运营管理 数字化	客户管理	建有客户关系管理（CRM）系统或利用 ERP 系统，实现客户管理的信息化，并对销售数据进行挖掘分析及时调整市场战略。
	采购管理	建有供应商管理（SRM）系统或利用 ERP 系统，实现对供应商的评估、考核、询价、招标、竞价等全生命周期管理以及与其他业务系统的集成应用；或建有供应链管理（SCM）系统，实现对供应、需求、原材料采购、市场、生产、库存、订单、分销发货等全过程的信息化管理。
	行政管理	建有资产管理、人力资源数字化管理（eHR）、业务流程管理（BPM）等软件系统，并与 ERP、MES 等系统实现数据互联互通。
能源环境管理 数字化	能源管理	建立能源管理系统（EMS）或利用 MES 系统，对主要耗能设备实现能源消耗实时监控；建立产耗预测模型，水、电、气（汽）、煤、油以及物料等消耗实现实时监控、自动分析，实现能源资源的优化调度、平衡预测和有效管理。
	环保设施	全面采集环保数据，实时监控及报警，实现数据分析并优化运行。
	车间环境	实时采集环境参数，实现工厂/车间环境的监测与管理。
数据 互联互通	工厂通信 网络	采用现场总线、工业以太网以及 5G 等网络技术建立通信网络架构，包括计算机网络、机器设备网络、生产物联/物流网络等。
	软件集成与 数据互通	利用工厂通信网络，实现设计、工艺、制造、仓储物流、运营、能源、环境等各环节之间，以及各关键信息化管理系统之间的数据互联互通与集成。
	工业互联网 平台	建立企业级工业互联网平台或统一数据平台，采用数据资源开展数据深度分析与利用，并将数据用于生产、销售等业务流程的优化和辅助决策。
安全管理 数字化	数据安全及 规范性	建立工业信息安全管理制制度，构建具备网络防护、应急响应等数据安全保障能力的数据存储与网络防护技术体系，并按照相关标准、规范进行设计和施工。
	安全生产	开展安全风险感知或预警，实现生产过程中人、机、物、过程、环境、信息等要素的智能化管控。
综合绩效	综合效益	生产效率提高 20% 以上，运营成本降低 10% 以上，产品不良品率降低 10% 以上，能源利用率提高 10% 以上等各类提质增效指标效果显著。
	示范推广	形成一批具有自主知识产权的核心成果，以及可复制、可推广的智能制造新模式（包括但不限于个性化定制、网络化协同、服务化延伸、共享制造等）和经验做法，示范带动效应明显。

7 评价方法

7.1 权重赋值

评价指标的权重赋值采用层次分析法（见附录A），指标权重见附录A中表A. 3、表A. 4。

7.2 综合得分计算

企业现状水平综合得分按公式(1)计算。

$$E = \sum(P_i \times I_i) \cdots \cdots \cdots (1)$$



式中：

$E$ ——数字化车间/智能工厂现状水平综合得分；

$P_i$ ——对第  $i$  项二级级指标的评分分值；

$I_i$ ——第  $i$  项指标的权重。

### 7.3 等级划分

数字化车间/智能工厂现状水平划分为：

- a) 60 分  $\leq E < 70$  分：企业水平处于基础级；
- b) 70 分  $\leq E < 80$  分：企业水平处于提升级；
- c)  $E \geq 80$  分：企业水平处于引领级。

附录 A  
(资料性)  
指标权重赋值

A.1 层次分析法

A.1.1 建立模型

根据数字化车间/智能工厂评价指标框架，建立递阶层次结构模型。

A.1.2 构造判断矩阵

根据评价递阶层次结构模型，构造 $n \times n$ 阶判断矩阵。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

对同一层次指标进行两两比较得到量化的判断矩阵，引入1~9的标度（见表A.1）。

表A.1 （1~9）标度值

标度 $a_{ij}$	定义
1	$i$ 因素与 $j$ 因素同等重要
3	$i$ 因素比 $j$ 因素略重要
5	$i$ 因素比 $j$ 因素较重要
7	$i$ 因素比 $j$ 因素非常重要
9	$i$ 因素比 $j$ 因素绝对重要
2, 4, 6, 8	为以上判断之间的中间状态对应的标度值
倒数	若 $i$ 因素与 $j$ 因素比较，得到判断值为 $a_{ij}=1/a_{ji}$ ， $a_{ii}=1$

A.1.3 计算特征值与特征向量

采用和积法计算特征值的近似值。

- a) 将判断矩阵 A 按列归一化（即列元素之和为1）： $B_{ij} = A_{ij} / \sum A_{ij}$ 。
- b) 将归一化的矩阵按行求和： $C_i = \sum B_{ij}$ ， $i = 1, 2, 3 \dots n$ 。
- c) 将  $C_i$  归一化：得到特征向量  $W = (w_1, w_2, \dots w_n)^T$ ， $W_i = C_i / \sum C_i$ 。
- d) 求特征向量 W 对应的最大特征值： $\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{w_i}$ 。

A.1.4 一致性检验指标

计算出判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{max}$  后，需对层次单排序进行一致性检验。

- a) 计算判断矩阵的一致性指标  $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ ；
- b) 判断矩阵的平均随机一致性指标  $RI$ （取值见表 A.2）。

表A.2 不同阶数 RI 的值

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$RI$	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

当  $n > 2$  时，计算判断矩阵的随机一致性比值  $CR = CI/RI$ 。当  $CR \leq 0.1$  时，认为判断矩阵有满意的一致性。反之，则调整判断矩阵，再行分析。

A.2 指标权重

A.2.1 离散型制造

离散型制造数字化车间/智能工厂评估指标权重见表 A.3。

表 A.3 离散型数字化车间/智能工厂评估指标权重

一级指标	一级指标权重	二级指标	二级指标分值
设计数字化	0.08	车间/工厂设计	30
		产品及工艺设计	30
		研发管理	40
装备数字化	0.16	智能装备应用	50
		数据采集与可视化	30
		设备数控化率	20
生产管理数字化	0.22	生产管控	40
		计划与调度	15
		质量控制	30
		设备管理	15
仓储物流数字化	0.08	仓储管理	60
		物料配送	40
运营管理数字化	0.10	客户管理	40
		采购管理	40
		行政管理	20
能源环境管理数字化	0.06	能源管理	40
		环保设施	40
		车间环境	20
数据互联互通	0.20	工厂通信网络	30
		软件集成与数据互通	40
		工业互联网平台	30
安全管理数字化	0.05	数据安全及规范性	60
		安全生产	40
综合绩效	0.05	综合效益	70
		示范推广	30

A.2.2 流程型制造

流程型制造数字化车间/智能工厂评估指标权重见表 A.4。

表 A.4 流程型数字化车间/智能工厂评估指标权重

一级指标	一级指标权重	二级指标	二级指标分值
设计数字化	0.04	车间/工厂设计	100
过程自动化	0.16	自动控制水平	70
		工艺数据自动采集	30
生产管理数字化	0.22	生产管控	40
		质量控制	30
		设备管理	30
仓储物流数字化	0.08	仓储管理	60
		物料配送	40
运营管理数字化	0.10	客户管理	40
		采购管理	40
		行政管理	20
能源环境管理数字化	0.10	能源管理	45
		环保设施	45
		车间环境	10
数据互联互通	0.20	工厂通信网络	30
		软件集成与数据互通	40
		工业互联网平台	30
安全管理数字化	0.05	数据安全及规范性	60
		安全生产	40
综合绩效	0.05	综合效益	70
		示范推广	30