



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 37393—2019

---

## 数字化车间 通用技术要求

Digital factory—General technical requirements

2019-05-10 发布

2019-12-01 实施

国家市场监督管理总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	3
5 体系结构 .....	4
6 基本要求 .....	5
6.1 数字化要求 .....	5
6.2 网络要求 .....	6
6.3 系统要求 .....	6
6.4 集成要求 .....	6
6.5 安全要求 .....	6
7 基础层数字化要求 .....	6
7.1 制造设备的数字化要求 .....	6
7.2 生产资源的数字化要求 .....	6
8 工艺设计数字化要求 .....	7
9 车间信息交互 .....	7
9.1 通信网络 .....	7
9.2 数据采集与存储 .....	7
9.3 数据字典 .....	7
10 制造运行管理数字化要求 .....	7
10.1 基本要求 .....	7
10.2 车间计划与调度 .....	8
10.2.1 信息集成模型 .....	8
10.2.2 功能要求 .....	8
10.3 工艺执行与管理 .....	10
10.3.1 信息集成模型 .....	10
10.3.2 功能要求 .....	10
10.4 生产过程质量管理 .....	11
10.4.1 信息集成模型 .....	11
10.4.2 功能要求 .....	12
10.5 生产物流管理 .....	13
10.5.1 信息集成模型 .....	13
10.5.2 功能要求 .....	13
10.6 车间设备管理 .....	15

10.6.1 信息集成模型 .....	15
10.6.2 功能要求 .....	16
附录 A (资料性附录) 典型电气产品数字化车间应用案例 .....	18
附录 B (资料性附录) 数字化车间合理化产线设计案例 .....	25
附录 C (资料性附录) 数字化制造设备典型配置与功能 .....	28
附录 D (资料性附录) 数字化车间的安全管理示例 .....	36
附录 E (资料性附录) 数字化车间信息处理案例 .....	39
参考文献 .....	43

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本标准起草单位：机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、中国科学院沈阳自动化研究所、国机智能科技有限公司、吴忠仪表有限责任公司、西安高压电器研究院有限公司、无锡职业技术学院、中国船舶重工集团公司第七一六研究所、秦川机床工具集团股份公司、北京和利时系统工程有限公司、中国信息通信研究院西部分院、中冶赛迪信息技术有限公司、青岛海尔工业智能研究院有限公司、江苏徐工信息技术股份有限公司、南京大学、华南理工大学、西北工业大学、西门子(中国)有限公司、罗克韦尔自动化(中国)有限公司、三菱电机自动化(中国)有限公司、菲尼克斯(中国)投资有限公司、贝加莱工业自动化(中国)有限公司、施耐德电气(中国)有限公司、重庆盟讯电子科技有限公司、南京优倍自动化系统有限公司、上海自动化仪表有限公司、陕西高端装备与智能制造产业研究院有限公司、上海电器科学研究院、上海工业自动化仪表研究院有限公司、北京航天智造科技发展有限公司、广东汇兴精工智造股份有限公司、毕恩吉商务信息系统工程(上海)有限公司。

本标准主要起草人：丁露、王成城、王春喜、宋宏、李歆、刘曙、陶铮、戴勇、钱晓忠、刘志刚、王骏、郭琼、吴慧媛、华谔、戴霖明、杨应华、周晓毅、戎罡、孙强、潘学龙、倪建军、廖良闯、玄甲辉、任洪强、全新路、张维杰、任涛林、李翌辉、赵洪武、陈长胜、张云华、范雨晓、黄振林、刘俊杰、陈菁、刘亚俊、何茂松、董健、薛晓娜、宋华振、张庆军、王震、柴熠、王英、王嘉宁、许建全、于文涛、阎新华、何军红、许光辉。



## 引 言

数字化车间是运用精益生产、精益物流、可视化管理、标准化管理、绿色制造等先进的生产管控理论和方法设计和建造的信息化车间,具有精细化管理能力,是实现智能化、柔性化、敏捷化的产品制造的基础。数字化车间作为智能制造的核心单元,涉及信息技术、自动化技术、机械制造、物流管理等多个技术领域。因此,统一的术语和通用的技术要求是我国实现数字化车间建设、完善智能制造标准体系所必备的基础条件。

数字化车间标准体系由一系列标准构成,标准体系架构如图 1 所示。

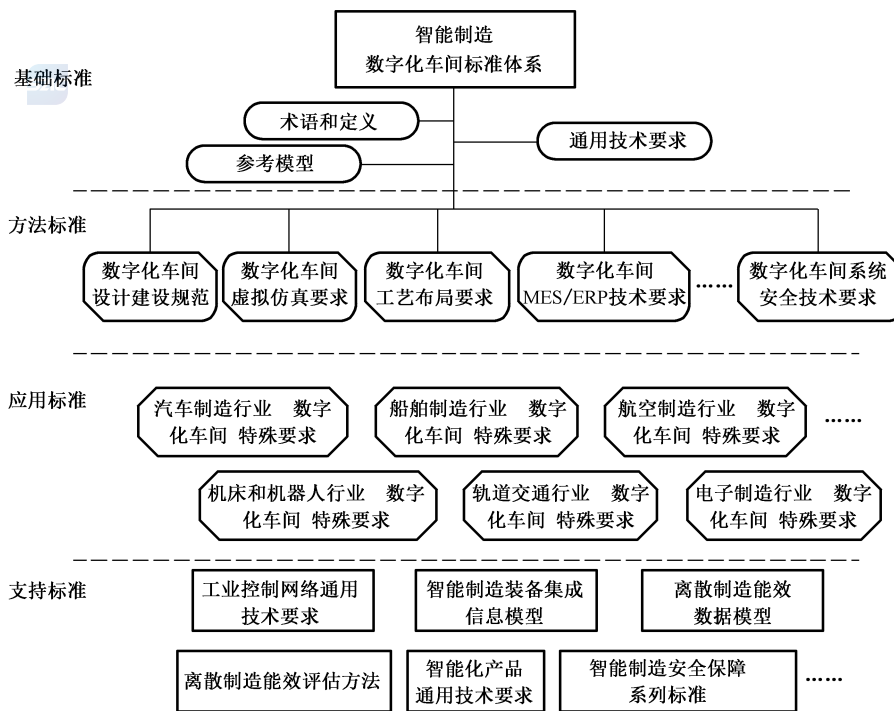


图 1 数字化车间标准体系架构

其中,第一栏为标准体系中的基础标准,本标准为基础标准;第二栏为方法标准,是第四栏技术支持标准在数字化车间环境中的映射,是数字化车间标准建设的重点;第三栏为应用标准,是基础标准和方法标准在特定行业领域的应用,例如汽车制造、船舶、航空、轨道交通等;第四栏为支持标准,不是数字化车间标准的重点工作内容,但对本标准体系中第二栏的方法标准起到支撑作用。

本标准主要用于离散制造领域数字化车间的新建、改建、验收和运营,对于流程工业领域也具有一定的参考价值。

# 数字化车间 通用技术要求

## 1 范围

本标准规定了数字化车间的体系结构、基本要求、车间信息交互、基础层数字化要求、工艺设计数字化要求、车间信息交互、制造运行管理数字化要求等内容。

本标准适用于指导离散制造领域数字化车间的规划、建设(新建或改建)、验收和运营。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 20720.3—2010 企业控制系统集成 第3部分:制造运行管理的活动模型

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 控制图 control chart

为检测过程、控制和减少过程变异,将样本统计量值序列以特定顺序描点绘出的图。

[GB/T 3358.2—2010,定义 2.3.1]

### 3.2

#### 详细生产排产 detailed production scheduling

组织和构造生产现场作业计划的集合,并对单个或多个产品的相关生产顺序进行排序。

### 3.3

#### 数字化车间 digital factory (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。

注:在本标准中,数字化车间仅包括生产规划、生产工艺、生产执行阶段,不包括产品设计、服务和支持等阶段。

### 3.4

#### 紧急插单 emergency order

在按订单生产模式下,客户订单要求的交货期早于正常生产运行需要的提前期,使得产品不能按照常规业务流程进行生产,而采取的特殊措施。生产过程中发生产品品质问题,返工返修、补废等导致不能按期交货,也会引起紧急插单。

### 3.5

#### 设备管理 equipment management

以设备为研究对象,追求设备综合效率,应用一系列理论、方法,通过一系列技术、经济、组织措施,对设备的物质运动和价值运动进行全过程管理。

注1:前期管理:规划、设计、选型、购置、安装、验收。

注2:后期管理:使用、维护、维修等过程。

3.6

**作业计划 job plan**

根据企业季度、月度、日生产计划的具体规定,为各个工段、班组、个人,或每个工作地制定的以周、日、班以至小时计,制造同一产品的计划。

3.7

**物流调度 logistic scheduling**

在稀缺资源分配过程中所涉及的物流的调配。

3.8

**制造设备 manufacturing equipment**

通过设备自身功能以及同其他辅助设备协同来执行车间具体生产工艺的设备。

注:制造设备包括加工设备、物流设备、质量检测设备以及维护设备等。

3.9

**制造执行系统 manufacturing execution system**

生产活动管理系统,该系统能启动、指导、响应并向生产管理人员报告在线、实时生产活动的情况。这个系统辅助执行制造订单的活动。

[GB/T 25486—2010,定义 2.162]

3.10

**人机交互 man-machine interaction**

人与机器互相配合共同完成一项任务的过程。

3.11

**预测性维护 predictive maintenance**

根据观察到的状况而决定的连续或间断进行的预防性维修,以监测、诊断或预测构筑物、系统或部件的条件指标。这类维修的结果应表明当前和未来的功能能力或计划维修的性质和时间表。

注:也称为基于状态的维修。

[GB/T 29308—2012,定义 3.13]

3.12

**生产求助 production help**

作业工位上作业人员对发生的各种异常情况发出求助信息,提示相关人员及时处理。

3.13

**生产物流管理 production logistic management**

发出实时、具体的物流指令,调度物流资源、驱动物流设备、控制物流状态,按排产计划与调度要求为生产过程各个工位或区域,供应生产作业所需物料,保障车间生产的任务有效完成。

3.14

**生产现场可视化管理系统 production site visualization management system**

面向生产现场,采用电子看板、广播等技术手段,实现产品、设备、物流、生产状态、能源监管等信息公开化、可视化,以提升现场管理水平、优化现场工作环境的管理系统。

3.15

**生产资源 productive resources**

生产所需的除制造设备以外的制造资源。

注:生产资源包括人员、元器件、成品、半成品、辅助工具等。

3.16

**质量控制 quality control**

质量管理的一部分,致力于满足质量要求。

[GB/T 19000—2015,定义 3.3.7]

## 3.17

**维修 repair**

设备技术状态劣化或发生故障后,为恢复其功能而进行的技术活动。

注:设备维修,包括各类计划维修和计划外的故障维修及事故修理。

## 3.18

**作业任务 task**

根据动态的现场情况,为作业计划分派人员、设备等资源后,下发给作业人员或设备的可执行的单一产品的生产制造工作。

## 3.19

**可视化工艺流程管理 visual process management**

将制造过程各工序间流转关系及条件用计算机工艺软件进行管理,并以工艺流程图的方式进行显示。

## 3.20

**作业工位 work station**

数字化车间里生产过程最基本的生产单元。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AGV:自动导引运输车(Automated Guided Vehicle)

ASN:预先发货清单(Advanced Shipping Note)

BOM:物料清单(Bill of Material)

CNC:计算机数字控制机床(Computer numerical control)

DCA:文件控制与归档(Document Control and Archiving)

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

HMI:人机接口(Human Machine Interface)

I/O:输入/输出(Input/Output)

IT:信息技术(Information Technology)

MBD:基于模型的设计(Model Based Design)

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

MTBF:平均故障间隔时间(Mean Time Between Failure)

NC:数字控制(Numerical Control)

OEE:整体设备效率(Overall Equipment Effectiveness)

PDA:生产数据采集(Production Data Acquisition)

PLC:可编程序控制器(Programmable Logic Controller)

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

PDM:产品数据管理(Product Data Management)

PDCA:计划执行检查行动(Plan, Do, Check, Act)

SCADA:监控与数据采集(Supervisory Control And Data Acquisition)

SIL:安全完整性等级(Safety Integrity Level)

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

SQL:结构化查询语言(Structured Query Language)

RFID:射频识别技术(Radio Frequency Identification)

RGV:有轨制导车辆(Rail Guided Vehicle)



TCP/IP:传输控制协议 / 互联网协议(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

VPN:虚拟专用网络(Virtual Private Networks)

WLAN:无线局域网(Wireless Local Area Networks)

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

### 5 体系结构

数字化车间重点涵盖产品生产制造过程,其体系结构如图 2 所示,分为基础层和执行层。在数字化车间之外,还有企业的管理层(不在本标准范围内)。数字化车间应用案例可参见附录 A,产线设计可参见附录 B。

数字化车间的基础层包括了数字化车间生产制造所必需的各种制造设备及生产资源,其中制造设备承担执行生产、检验、物料运送等任务,大量采用数字化设备,可自动进行信息的采集或指令执行;生产资源是生产用到的物料、托盘、工装辅具、人、传感器等,本身不具备数字化通信能力,但可借助条码、RFID 等技术进行标识,参与生产过程并通过其数字化标识与系统进行自动或半自动交互。

数字化车间的执行层主要包括车间计划与调度、生产物流管理、工艺执行与管理、生产过程质量管理、车间设备管理五个功能模块,对生产过程中的各类业务、活动或相关资产进行管理,实现车间制造过程的数字化、精益化及透明化。由于数字化工艺是生产执行的重要源头,对于部分中小企业没有独立的产品设计和工艺管理情况,可在数字化车间中建设工艺设计系统,为制造运行管理提供数字化工艺信息。

本标准仅包含最基础的功能模块,可根据实际情况增加其他模块,如能效管控系统、生产安全管理系统等,参见附录 C 和附录 D。数字化车间信息处理方式可参见附录 E。

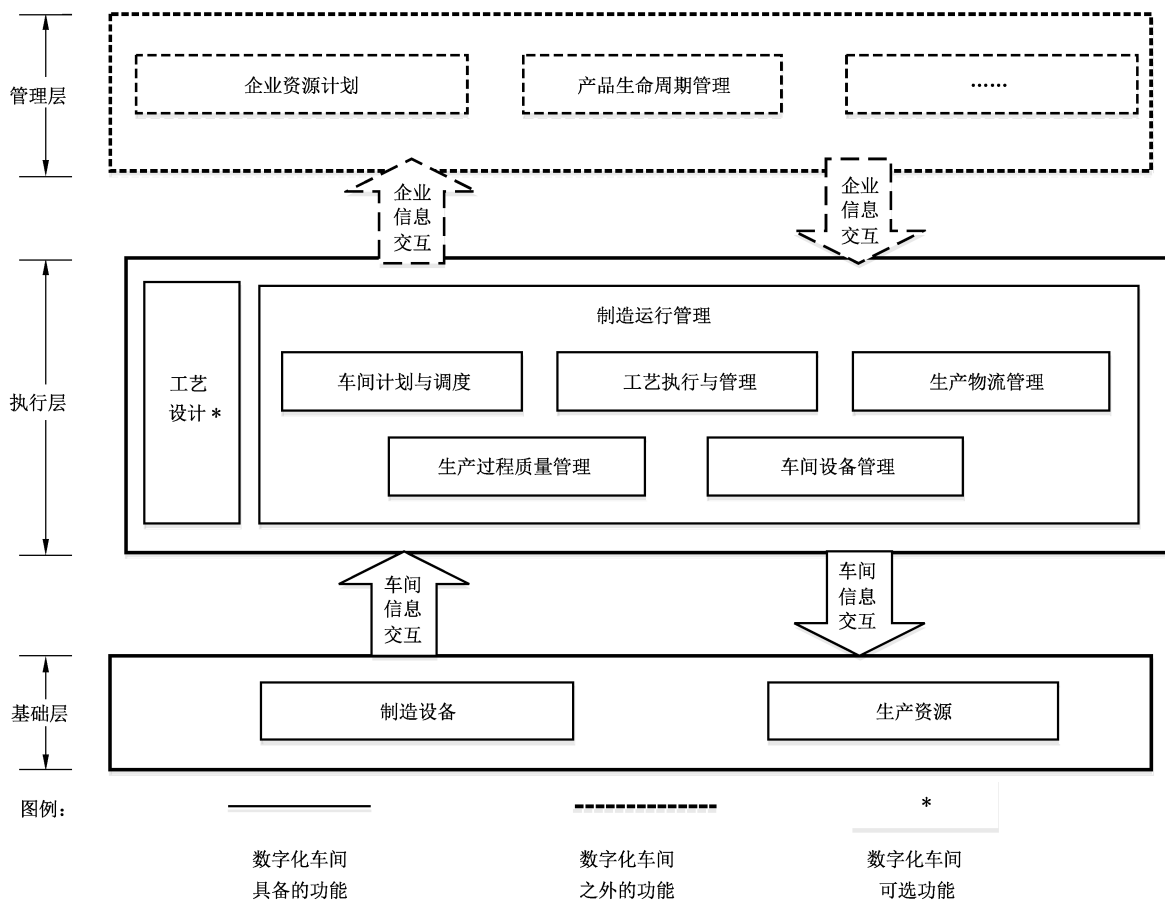


图 2 数字化车间体系结构图

数字化车间各功能模块之间主要数据流如下(见图 3):

- 系统从企业资源计划承接分配到车间的生产订单,在车间计划与调度模块依据工艺路线分解为工序作业计划,排产后下发到现场。
- 工艺执行与管理模块指导现场作业人员或者设备按照数字化工艺要求进行生产,并采集执行反馈给车间计划与调度。若生产过程出现异常情况,不能按计划完成,需敏捷协调各方资源,通过系统进行调度以满足订单需求。
- 工艺执行过程中若需进行检验控制,由生产过程质量管理模块将检验要求发送给检验员或检验设备执行检验,并采集检验结果,进行质量监控和追溯。
- 生产现场需要的物料,根据详细计划排产与调度结果,发送相应物料需求给生产物流管理模块,由仓库及时出库并配送到指定位置;生产完成将成品入库,实现生产物料的管理、追踪及防错。
- 生产执行过程的工艺执行、质量控制等结果反馈到车间计划与调度,进行实时监控及生产调度,并形成完工报告反馈到更上一层企业资源计划。
- 数字化车间中大量的设备运维,通过车间设备管理模块统一维护,提醒和指导设备人员定期保养,记录维修保养结果。设备维保计划与工序作业计划需相互协调,以保证生产正常进行。

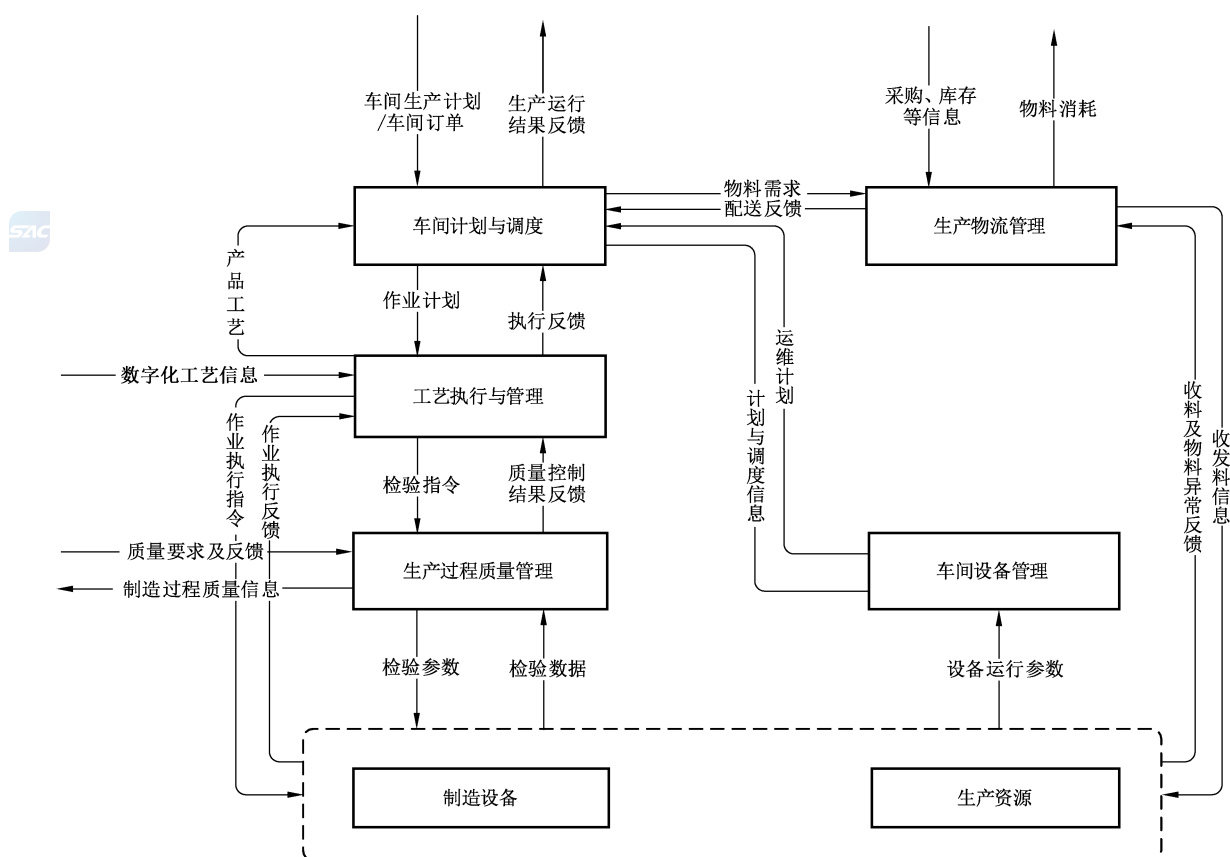


图 3 数字化车间数据流示意图

## 6 基本要求

### 6.1 数字化要求

数字化车间的资产和制造过程信息应数字化。

数字化要求主要包括如下方面：

- 制造设备数字化：数字化车间的制造设备数字化应符合 7.1 的要求，数字化设备的比率应不低于 70%。各行业可根据各自特点规定相应行业数字化车间制造设备的数字化率。
- 生产信息的采集：90% 的数据可通过数字化车间信息系统进行自动采集。
- 生产资源的识别：应能对数字化车间制造过程所需要的生产资源的信息进行识别。
- 生产现场可视化：可通过车间级通信与监测系统，实现车间生产与管理的可视化。
- 工艺设计数字化：数字化车间的工艺设计宜采用数字化设计方法，符合第 8 章要求。

## 6.2 网络要求

数字化车间应建有互联互通的网络，可实现设备、生产资源与系统之间的信息交互。

## 6.3 系统要求

数字化车间应建有制造执行系统或其他的信息化生产管理系统，支撑制造运行管理的功能。

## 6.4 集成要求

数字化车间应实现执行层与基础层、执行层与管理层系统间的信息集成。

## 6.5 安全要求

数字化车间应开展危险分析和风险评估，提出车间安全控制和数字化管理方案，并实施数字化生产安全管控。

# 7 基础层数字化要求

## 7.1 制造设备的数字化要求

制造设备的数字化要求包括：

- 应具备完善的档案信息，包括编号、描述、模型及参数的数字化描述；
- 应具备通信接口，能够与其他设备、装置以及执行层实现信息互通；
- 应能接收执行层下达的活动定义信息，包括为了满足各项制造运行活动的参数定义和操作指令等；
- 应能向执行层提供制造的活动反馈信息，包括产品的加工信息、设备的状态信息及故障信息等；
- 应具备一定的可视化能力和人机交互能力，能在车间现场显示设备的实时信息及满足操作的授权和处理相关的人机交互。

数字化制造设备的典型配置与功能要求参见附录 C。

## 7.2 生产资源的数字化要求

生产资源的数字化要求包括：

- 在条码及电子标签等编码技术的基础上满足生产资源的可识别性，包括生产资源的编号、参数及使用对象等的属性定义；
- 上述信息应采用自动或者半自动方式进行读取，并自动上传到相应设备或者执行层，便于生产过程的控制与信息追溯；
- 识别信息可具备一定的可扩展性，如利用 RFID 进行设备及执行层的数据写入。

## 8 工艺设计数字化要求

根据生产过程需求,数字化车间的工艺设计宜采用数字化设计方法,并满足以下要求:

- 采用辅助工艺设计,如三维工艺设计;
- 能进行工艺路线和工艺布局仿真;
- 能进行加工过程仿真和/或装配过程仿真;
- 建立工艺知识库,包括工艺相关规范,成功的工艺设计案例,专家知识库等;
- 提供电子化的工艺文件,并可下达到生产现场指导生产;
- 向制造执行系统输出工艺 BOM。

## 9 车间信息交互

### 9.1 通信网络

为执行数字化车间基础层的工作任务处理,实现控制设备与现场设备之间的通信,可采用如下通信方式:

- 现场总线:可采用 PROFIBUS、CC-LINK、MODBUS、CAN 等协议;
- 工业以太网通信:可采用 PROFINET、Ethernet/IP、EtherCAT、POWERLINK 等协议;
- 无线通信:工业无线(WIA-FA、WIA-PA)、WIFI、蓝牙、3G/4G/5G 等协议。

### 9.2 数据采集与存储

数字化车间应在企业数据字典定义的数据采集内容基础上,结合数据的实时性要求,利用合理的网络通信方式与数据存储方式进行数据的采集与存储,并与企业级数据中心实现对接。包括:

- a) 应能对车间所需数据进行采集、存储和管理,并支持异构数据之间的格式转换,实现数据互通。
- b) 宜采用实时数据库与历史数据库相结合的存储方式:
  - 1) 实时数据库:采集和储存生产现场实时性较高的数据,支持执行层的各项应用,如 OEE 统计等;
  - 2) 历史数据库:宜采用关系数据库,采集和储存工艺设计和制造过程所需的相关主数据及过程数据。
- c) 应具备信息安全策略,并支持更新和升级,如访问与权限管理、入侵防范、数据容灾备份与恢复等。

### 9.3 数据字典

数字化车间应建立数据字典,具体要求如下:

- 包括车间制造过程中需要交互的全部信息,如设备状态信息、生产过程信息、物流与仓储信息、检验与质量信息、生产计划调度信息等;
- 描述各类数据基本信息,如数据名称、来源、语义、结构以及数据类型等;
- 支持定制化,各行业可根据各自特点制定本行业的数据字典。

## 10 制造运行管理数字化要求

### 10.1 基本要求

数字化车间制造运行管理各功能模块应满足以下基本要求:

- 能与数据中心进行信息的双向交换；
- 具有信息集成模型,通过对所有相关信息进行集成,实现自决策；
- 模块间能进行数据直接调用；
- 模块能与企业其他管理系统(如 ERP、PDM 等)实现信息双向交互。

## 10.2 车间计划与调度

### 10.2.1 信息集成模型

车间计划与调度的功能模型及与主要数据流见图 4。其中,虚框中为生产计划与调度的功能,包括详细排产、生产调度、生产跟踪,其主要业务流程如下:

- 数字化车间从企业生产部门获取车间生产计划(或通过接口自动接收 ERP 系统的生产订单),根据生产工艺形成工序作业计划,根据生产计划要求和车间可用资源进行详细排产、派工；
- 将作业计划下发到现场,通过工艺执行管理模块指导生产人员/或控制设备按计划 and 工艺进行加工；
- 生产执行过程中,实时获取生产相关数据、跟踪生产进度,并根据现场执行情况的反馈实时进行调度；
- 根据生产进度偏差对未执行的计划重新优化排产,并将生产进度和绩效相关信息反馈到企业生产部门或 ERP 系统,完成车间计划与调度的闭环管理。

车间计划与调度应支持可视化信息管理,即通过车间生产流程监测、控制系统反馈的信息,以可视化看板的形式展现生产计划执行的节拍、工艺调整、指挥调度、物流(车间级)、产成品等信息,以辅助人员在线实时地监控、参与、调整生产计划。

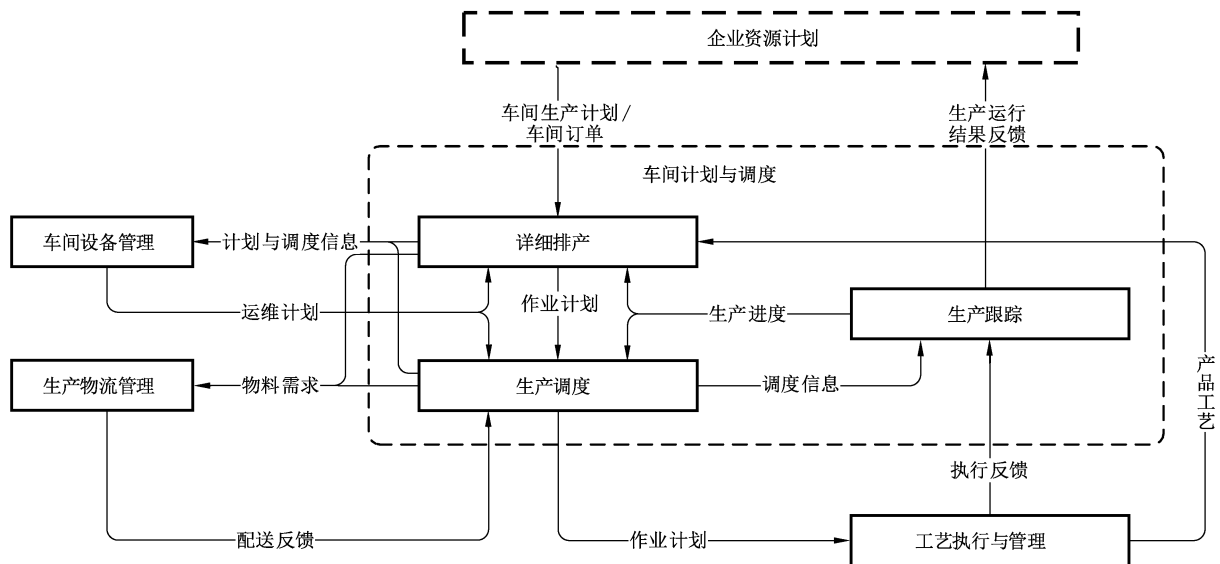


图 4 车间计划与调度信息集成模型

### 10.2.2 功能要求

#### 10.2.2.1 详细排产

为满足车间生产计划要求,通过详细排产,根据产品工艺路线和可用资源,制定工序作业计划。排产的过程需综合考虑当前计划完成情况、车间设备等资源可用性、实际产能及节省能源等因素,生成基于精益化生产理念的、以柔性制造为目标的生产排产计划。详细排产的具体功能要求见 GB/T 20720.3—

2010 中 6.6。

详细排产应根据产品生产工艺制定工序计划,考虑车间设备管理、生产物流管理中设备、人员、物料等资源的可用性进行计划排产,形成作业计划发送给生产调度。另外,排产生成的作业计划也会反馈影响生产设备、人员、物料等生产要素的管理,比如,与设备维护保养计划相互影响。

对于多品种小批量生产模式,由于从一批产品转到另一批产品生产要花费时间调整设备、更换模具等,传统车间以减少换产次数的方式安排生产。随着多功能加工中心、柔性生产线等智能装备的提升,以及准时配送、成套配送等新物流方式的支持,数字化车间中多品种小批量生产的详细排产应实现均衡化生产,包括:

- 生产总量的均衡:将连续两个时间段之间的总生产量的波动控制到最小程度,减少生产量波动造成的设备、人员、库存及其他生产要素的高配置浪费;
- 产品品种数量的均衡:在生产期之间,合理安排不同产品的投产顺序和数量,消除不同品种产品流动的波动,减小对前道工序和库存的影响。对于柔性生产线,应能实现均衡化混线生产。多品种小批量的均衡化车间计划,需与其他车间生产要素的管理相配合,最终应能达到如下效果:
  - 能够快速适应每月中每天的市场需求的变化,为准时化的实施提供强有力的支撑;
  - 成品库存数量保持较低水平,并且可以及时满足客户的需求;
  - 可以使工序间的在制品数量减少到最低,并可以进一步消除,实现“零库存”。

对于单件生产模式,产品品种多而每一品种生产数量很少,产品生产重复性差,生产技术准备时间长,设备利用率较低。数字化车间中单件生产的详细排产应基于瓶颈理论,确定某时间段内的瓶颈资源,并根据瓶颈资源排产,提高资源利用率及有效产出。

#### 10.2.2.2 生产调度

为了实现作业计划的要求,通过生产调度分派设备或人员进行生产,并对生产过程出现的异常情况进行管理。详细功能要求见 GB/T 20720.3—2010 中 6.7。

数字化车间的生产调度应能实时获取生产进度、各生产要素运行状态,以及生产现场各种异常信息,具备快速反应能力,可及时处理详细排产中无法预知的各种情况,敏捷地协调人员、设备、物料等生产资源,保证生产作业有序、按计划完成。获取生产现场状况的方式包括设备实时数据,通过数字化工位、可视化管理系统获取的各种生产过程信息。

生产调度处理的异常情况主要包括:

- 市场需求波动引起的紧急订单,下达到车间成为紧急插单,影响已安排的其他正常生产计划,需采取相应措施满足计划要求;
- 生产计划已安排或投产后,发生客户临时变更订单要求,需采取相应措施满足要求;
- 生产过程中进行质量检验发现不合格情况,导致返工返修需进行生产调度;
- 设备故障、人员等发生异常情况,采取相应措施保证生产继续进行。

若异常事件导致无法通过调度满足计划要求,则需通过详细排产重新进行优化排产。

#### 10.2.2.3 生产跟踪

生产跟踪包括为企业资源计划作生产响应准备的一系列活动,如总结和汇报关于产品生产中人员和设备的实际使用、物料消耗、物料生产以及其他如成本和效益分析需要的有关生产数据信息。生产跟踪还向详细生产排产、以及更高层的企业生产计划提供反馈信息,以使各层计划能根据当前情况进行更新。

数字化车间的生产跟踪应能自动获取生产相关数据,统计产品生产中各种资源消耗,并反馈给相关功能/系统/或部门。生产相关数据的获取来源,包括从数字化接口(数字化设备或工位)直接采集到的,或者经过其他功能模块加工过的信息。

### 10.3 工艺执行与管理

#### 10.3.1 信息集成模型

工艺执行与管理信息集成模型如图 5 所示,主要包括工艺执行与工艺管理两部分。工艺执行由车间子计划/物料清单生成、派工单生成、作业文件下发等构成,工艺管理由工艺权限管理、工艺变更管理、可视化工艺流程管理等构成。工艺执行贯穿于计划、质量、物流、设备等全生产过程中;工艺管理功能可以在 PDM、ERP、MES 等相关系统中实现,工艺文件以计算机系统可识别的数据结构呈现。

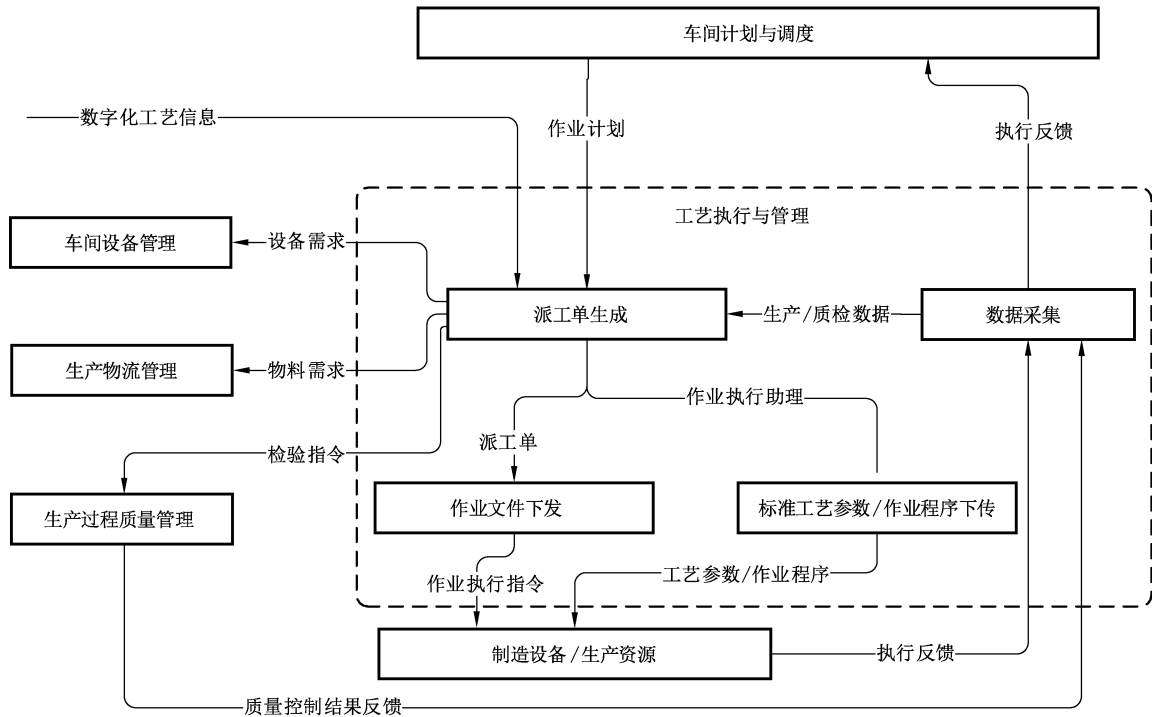


图 5 工艺执行与管理信息集成模型

#### 10.3.2 功能要求

##### 10.3.2.1 工艺执行

通过工艺的数字化与车间系统的网络化,实现作业文件、作业程序的自动下发和标准工艺精准执行;通过生产和质检数据、现场求助信息采集,反馈工艺执行实时状态和现场求助信息,实现产品生产工艺的可追溯与现场求助的快速响应。具体功能包括:

###### ——物料清单生成

根据产品 BOM 与作业计划,自动分解生成物料清单,实现生产计划细分、物料提前备料、工序流转自动采集、工位物料智能化配送等。

###### ——派工单生成

根据生产工艺过程,将车间子计划分解为各工序的派工单。各工序根据产品 BOM、生产工艺过程、日派工单实现生产前物料备料,车间根据产品 BOM、生产工艺过程、标准工时等实现各派工单智能化调度。

###### ——作业文件下发

将各种工艺卡、工艺图纸、作业指导书等作业文件自动下载到各作业工位终端,现场作业人员可通过工艺编码或生产计划号、工单号实时查询标准工艺参数、标准质检工艺、作业指导等工艺信息。

#### ——标准工艺参数、作业程序下传

通过以太网或总线方式将标准工艺参数自动下发到对应机台,防止由于人为因素导致现场机台工艺参数设置错误。

作业程序可以自动下传到现场数字化装备实现自动加工或装配等作业。

#### ——数据采集

进行工艺信息在线交互式浏览、物料校验及开工条件检查;

实时记录和上传生产现场出现的工艺技术和处理方法;

实时采集生产过程中的工艺参数,向质量控制系统提供生产、质检数据,实现生产过程质量预警,并通过与生产现场可视化管理系统等进行集成,实现预警信息及时发布;

求助终端实时采集生产求助信息,向生产现场可视化管理系统提供现场求助信息,以便现场作业工位获得快速响应;

及时将作业指令状态信息与作业工位状态信息向系统反馈。

### 10.3.2.2 工艺管理

数字化车间应实现以工艺信息数字化为基础,借助一体化网络与车间作业工位终端实现无纸化的工艺信息化管理;并以可视化 workflow 技术,实现制造流程再造、工序流转和调度的数字化管控以及工艺纪律管理。具体功能包括:

#### ——工艺权限管理

工艺执行权限主要实现组织结构管理、人员管理、访问规则管理等。一般情况下,组织结构由 Group(组别)、Role(角色)、User(用户)和 Person(人员)构成。通过访问规则的定义,来实现对用户操作权限的控制,控制用户、角色、工作组对数据仓库或具体文档的操作权限。

根据岗位职责要求进行相应权限分配,对应授权人员可进行相关工艺的上传、下载、查询、修改等。

#### ——工艺变更管理

主要实现工艺变更、工艺优化数据版本管理等。工艺变更应符合标准变更工作流程以及控制、跟踪机制,结合产品数据的状态管理,可以在规范管理更改过程、保证更改的可追溯性的同时,提供准确、及时的更改传递机制,保证更改结果的正确性和一致性。

#### ——可视化工艺流程管理

通过可视化工艺流程实现工序间流转管理,并对工艺流程中各工序点进行属性设置,快速实现数字化车间生产流程再造,实现数字化车间生产工艺流程快速切换。

#### ——作业文件管理

作业文件包括生产流程工艺、工艺卡、工艺图纸、质检工艺标准卡、标准工艺参数卡等,并以版本号区别。

#### ——作业程序管理

作业程序通过工艺编码或生产计划号、工单号与数字化装备关联,并以版本号区别。

#### ——工艺优化管理

对采集的机台工艺参数的实际值或质检数据,进行统计、分析、预警,实现工艺优化。

#### ——生产求助管理

工位上作业人员针对工位发生的各种问题发出求助呼叫信息,上传生产现场可视化管理系统,可触发声光报警、显示终端、广播等,提示相关人员注意,以便及时处理问题。

## 10.4 生产过程质量管理

### 10.4.1 信息集成模型

生产过程质量管理各功能之间及与外部功能子系统之间的信息集成关系描述,如图 6 所示。



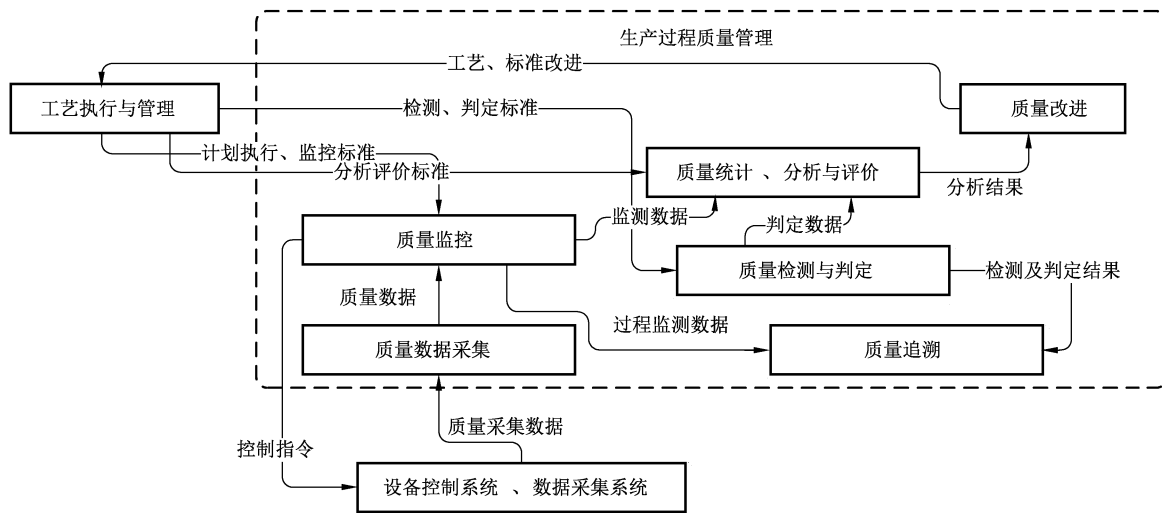


图 6 生产过程质量管理信息集成模型

## 10.4.2 功能要求

### 10.4.2.1 质量数据采集

质量数据主要包括生产设备工艺控制参数、质量检测设备检测结果、人工质量检测结果等生产过程数据，覆盖原材料、零部件、半成品和成品。数字化车间应提供质量数据的全面采集，对质量控制所需的关键数据应能够自动在线采集，以保证产品质量档案的详细与完整；同时尽可能提高数据采集的实时性，为质量数据的实时分析创造条件。

### 10.4.2.2 质量监控

#### 10.4.2.2.1 指标监控

应对过程质量数据趋势进行监控，并对综合指标进行统计监控。

过程质量数据趋势监控：主要用于独立质量指标的原始数据监控，具有采集频率高、实时性强的特点，通过设定指标参数的报警界限，对超出界限的数据及时报警。通常由生产组态软件开发实现，以趋势图为主要展现形式。

综合指标统计监控：主要用于基于原始数据的综合质量指标的统计监控，可以融合多种监控标准和统计算法对指标进行综合运算，并定时刷新，使监控更宏观，更有针对性。通常由MES或独立质量系统开发实现，以SPC控制图、预控图、仪表盘等为主要展现形式。

#### 10.4.2.2.2 质量监控预报警

应基于实时采集海量质量数据所呈现出的总体趋势，利用以预防为主的质量预测和控制方法对潜在质量问题发出警告，以避免质量问题的发生。以采用SPC工具进行监控为例，其具有八种标准的判异准则，可以基于判异规则对质量数据进行监视，对发现的异常情况应及时预报警与处理。

#### 10.4.2.3 质量追溯

以产品标识(生产批号或唯一编码)作为追溯条件，以条码及电子标签为载体，基于产品质量档案，以文字、图片和视频等富媒体方式，追溯产品生产过程中的所有关键信息：如用料批次、供应商、作业人员、作业地点(车间、产线、工位等)、加工工艺、加工设备信息、作业时间、质量检测及判定、不良处理过程、最终产品等。

#### 10.4.2.4 质量改进

针对生产过程中发现的质量缺陷,应基于 PDCA 循环原则构建质量持续改进机制,固化质量改进流程,提供质量异常原因分析工具,并不断积累形成完备的质量改进经验库。

### 10.5 生产物流管理

#### 10.5.1 信息集成模型

数字化车间中的所有物料、刀具、量具、车辆、容器/托盘等都应进行唯一编码。应能自动感知和识别物流关键数据,并通过通信网络传输、保存和利用。生产物流管理信息集成模型见图 7。

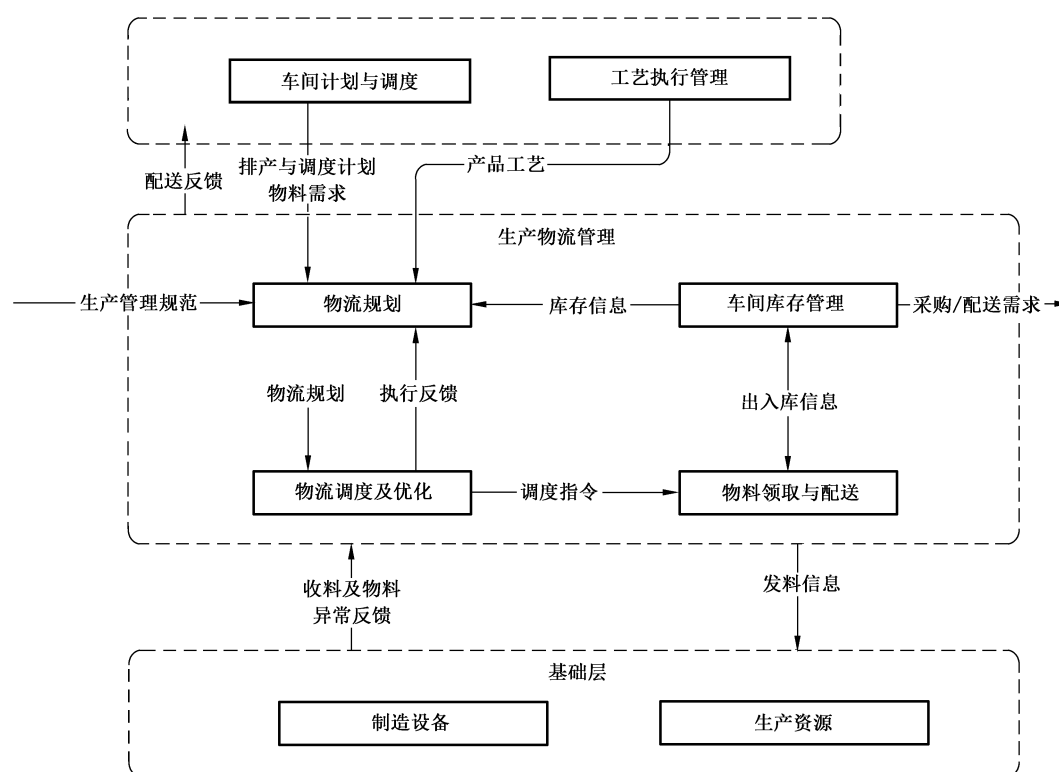


图 7 生产物流管理信息集成模型

#### 10.5.2 功能要求

##### 10.5.2.1 物流规划

物流规划的依据是车间计划与调度指令要求,并应遵守下列约束条件:

- 时间:基于物流规划中规定的时间条件,以及制造执行计划中的批次、路线及起始-到达的区位要求,设置合理、可行的物流起始时间、运行路线和到达时间;
- 装载:基于车间环境与实施条件和工艺执行计划要求,确定各次物流运转所应装载的物料或在制品。

凡进入物流计划的物料均应编码,并在物料本体上附加数字化标识,标识的编码结构应符合企业产品生命周期管理信息结构要求。

物流规划应输出相应的信息文件,内容包括:物流运行的物件数量、批次组合、物流路线、物料需求

时间和送达时间等基本信息。物流方案应使物流批量与工艺指令相匹配,合理安排转序时间间隔,用准确的物料流量来满足工艺执行岗位操作需要。

### 10.5.2.2 物流调度及优化

物流调度主要包括如下内容:

- 事前调度,针对供应链采购进厂物流进度及其产品信息和质量状况,按照事先设计的处理流程应对物流计划内容的插入变更;
- 事中调度,针对较大批次生产任务对物流计划的影响,基于生产进度执行原则和精益库存管理原则,合理调配物流时间和运输批次,保持物流与各工艺执行工位的进度同步;
- 事后调度,在发生外来扰动(如插单、换单等)时,快速启动物流响应,以减轻外来扰动对生产进度的影响,满足客户需求。

调度优化主要包括如下内容:

- 充分利用物联感知技术,获取物流调度作业执行过程中的现场实时数据,以验证当前调度执行的流程是否合理、节约和高效;
- 基于规定的车间时钟时间,预先制定可多时间段分散并行的物流作业方案,以应对外来扰动所引发的制造执行指令变更,并避免时间和物理资源的浪费;
- 积累生产过程运行管理知识,逐步形成基于制造执行系统指令的最佳物流方案;
- 数字化基础条件好的企业,应引入虚拟化技术以提高生产物流的可视化程度,为工艺过程的仿真试验、验证分析和节拍预测/调整提供决策支持。

### 10.5.2.3 物料领取与配送

在车间运输与库存系统的基础上,为了配合车间物流调度而进行的实物形态的运输、存储等活动,包括在仓库内外的运输活动(包括调库、移库等)进行物料领取与配送。如图 8 所示。

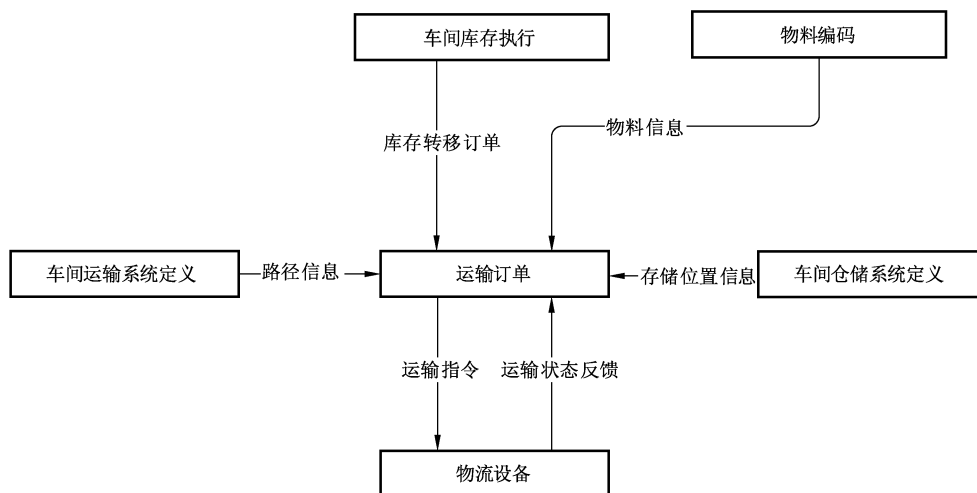


图 8 物料领取与配送接口示意图

在具体物流调度的需求下,车间物料请求(包括具体的物料、数量以及配送地点等)通过设备、现场执行层或者制造执行系统提交给车间物流管理系统。借助于自动化物流设备和车间物流布局,车间物流管理系统产生相应的物流配送作业并将指令发送给对应的车间物流设备并指导该设备完成物流作业任务并反馈给车间物流管理系统。

必要时,应有一定的防错措施,用文字、语言、标识和必要的物理装置来警示、限制或隔离人的行动及其功能作用,防止人对材料、物体和设备实施错误或不当的触摸、尝试、操纵、移动或变更。

#### 10.5.2.4 车间库存管理

数字化车间的库存管理应是基于不同库存活动对车间物料形态、数量、状态等属性变化进行记录、追溯与分析等活动。可借助于信息化手段与自动化技术,使其变得更加精确和透明。主要包括库存数据采集与追溯、库存分析。

库存数据采集是指对于库存运营和物料操作信息的汇集和报告的一系列活动。

库存追溯是建立在库存历史数据基础上以满足第三方系统和企业内的查询、验证等活动。车间库存与企业资源计划应交互库存移动、状态等信息。在企业资源计划中建立库存管理体系。在企业层对库存管理进行企业级别库位定义、库存移动规则定义等(包括库位间不同库存类型和状态、以及库位与库位之间)。库存移动信息一般包括:

- 从仓库到产线的原材料准备;
- 生产订单状态更新,包括生产订单的执行、更改和取消等;
- 车间发生的非符合型成本,比如由于人为、设备和技术原因导致的原材料报废和不良品报废等;
- 其他库存转移,包括:
  - 退仓:由于生产计划的变更,多余原材料退回仓库;
  - 退还给供应商:将车间有问题的物料转移到收货环节进行供应商退货处理。

库存分析是指为了库存操作的持续改善而对于库存效率以及资源利用率进行分析的一系列活动,如在收货环节通过提供的收货数量差异与交付时间来进行原材料供应商评估。

### 10.6 车间设备管理

#### 10.6.1 信息集成模型

车间设备管理主要功能包括设备状态监控、设备维修维护和指标运行分析。各功能之间及与外部功能子系统之间的信息集成关系描述如图9所示。

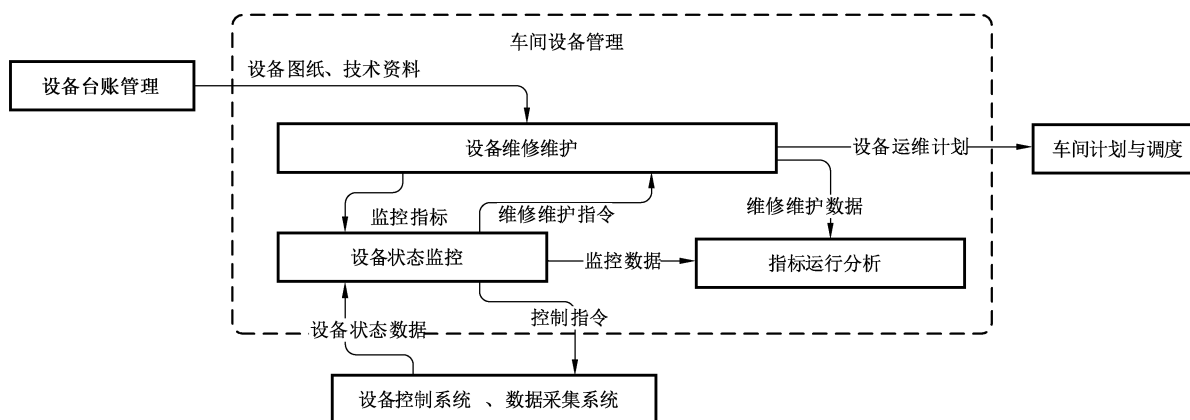


图9 车间设备管理信息集成模型

## 10.6.2 功能要求

### 10.6.2.1 设备状态监控

#### 10.6.2.1.1 设备运行数据采集

通常由设备控制与数据采集系统实现,应能自动在线采集反映设备状态所需的关键数据。对于不同类型的设备,数据采集方式也不同,如对于具有以太网等标准通讯接口的设备,可以直接按相应接口协议采集;对于没有通讯接口的设备,可以通过增加专用采集终端进行采集。

数据采集信息一般应包括:

- 设备状态信息;
- 设备状态起始时间信息;
- 设备运行及空闲时间;
- 设备故障信息;
- 设备报警信息;
- 设备加工及运行参数信息。

#### 10.6.2.1.2 设备状态可视化

设备状态信息应采用图形化展示方式。

对于具有建模需要的关键设备,应按照设备图纸构建数字化模型,结合采集数据准确模拟设备的实时运行状态,并能够按照设备结构实现部件级的分解查询。从而增强设备监控的可视化效果。

#### 10.6.2.1.3 基于事件的设备状态异常预警

依据设备运行标准和要求,应对指标参数的监控结果进行分析和判定,对有异常变化趋势的情况进行预警,对发生异常或故障的情况进行报警。

预警和报警信息应按照异常等级与类型及时通知到相应的监控人员,并采用多种形式相结合的通知方式,如现场监控屏幕显示、报警灯声光报警、系统级消息通知、短信通知等。

### 10.6.2.2 设备维修维护

#### 10.6.2.2.1 概述

应建立以设备维修维护计划制定、工单分配、下发、执行、反馈为流程的标准化维修维护体系,以计划工单为主要管理形式,利用智能移动终端(如手持 PDA、平板电脑)完成维修维护的执行和反馈。针对典型故障,提供维护维修的经验库,能够基于采集的设备状态进行自诊断;对于维修过程,提供图文、视频等标准作业指导,确保设备安全稳定运行。

#### 10.6.2.2.2 周期性维护

根据设备类型制定相应的周期性维护计划,基于配置信息自动生成维护工单,并通知和下发给相应岗位人员,通过执行工单的反馈信息跟踪执行状态。

#### 10.6.2.2.3 预测性维护

基于对设备运行数据,特别是设备运行日志文件数据的分析,对设备的运行状态进行有效评估,进而动态、及时地发现设备运行的潜在异常情况,并生成具有针对性的维护方案。

针对设备关键零部件,能够结合其理论使用寿命和实际运行参数状态,对零部件的更换时间做出及

时提醒,对超期使用的零部件做报警。

#### 10.6.2.2.4 设备故障管理

设备故障管理内容如下:

- 故障分类管理:依据管理要求,可以对故障类型按不同角度进行配置,形成类型编码与名称的对应存储关系。如按故障发生的部位可划分为机械故障和电气故障,按故障来源可划分为人为故障和非人为故障等。
- 故障树管理:依据车间设备实际情况,建立设备、故障类型、故障部位、故障名称的故障树存储结构,形成可配置的故障信息维护体系。
- 故障分析与经验库:利用可视化分析工具,对故障现象进行原因分析,为分析人员提供故障诊断方案。基于日常故障处理经验,建立并维护故障案例库和处理经验库,为故障处理人员提供故障解决方案。
- 故障处理:按照故障分析结果,以电子工单的方式对故障的处理流程进行管理,保存故障处理的过程记录。

#### 10.6.2.3 设备运行分析

基于设备实时状态采集和维护维修过程中搜集的过程数据,自动统计分析及设备相关的指标,主要包括设备完好率、设备利用率、设备故障率、停机(或停产)时间、停机(或停产)次数、设备平均故障间隔时间(MTBF)等。

注:不同类型设备的统计指标及计算方法不尽相同,按实际管理需求进行选择。

附 录 A  
(资料性附录)

典型电气产品数字化车间应用案例

A.1 概述

数字化车间是数字化、网络化技术在生产车间的综合应用,它将制造设备与工艺设计系统、生产组织系统和其他管理系统的信息进行集成,形成综合信息流的集成制造系统。从整体上改善生产的组织与管理,提高制造系统的柔性,提高数字化设备的效率。

本附录通过一个典型的数字化电气产品生产车间实例,展示数字化车间的实现方案及关键节点。在车间建设中,数字化制造起着非常重要的作用,提供从产品设计、工艺编制、车间计划到产品的整个加工过程的生产活动的信息化管理。它采用当前的、精确的数据,对生产活动进行初始化,及时引导、响应和报告车间的活动,对随时可能发生变化的生产状态和条件做出快速反应,重点削减不产生附加值的活动,从而有效的推动车间运行。数字化制造改善运行设备的回报,并改善及时交货、库存周转、毛坯和现金流性能。通过双向通信,提供整个企业的生产活动以及供应链中以任务作为关键因素的信息。

A.2 实现方案

A.2.1 体系架构

体系架构如图 A.1 所示。

A.2.2 功能和要求

**实现功能:**本数字化车间订单管理模块从企业资源计划承接分配到车间的生产订单,由排产模块根据工艺路线分解为工序作业计划,排产后下发至生产现场,工艺管理模块指导现场作业人员或设备按照数字化工艺要求进行生产,工艺执行过程中,若需进行检验控制,由质量管理模块负责质量的监控和追溯,生产需要的物料由物流管理模块负责分配,生产过程中的大量设备,通过设备管理模块进行统一管理。生产过程中的工艺执行、质量控制等结果将会反馈到排产模块,进行实时的监控与调度,并形成报告反馈至更高一层的企业资源计划系统。

**数字化要求:**数字化车间的资产和制造过程信息应能够转变为被计算机识别的信息,主要包括设备的数字化、生产资源的可识别、数据信息的可采集以及生产现场的可视化。

**网络要求:**数字化车间的网络通信,实现设备、生产资源与系统间的互联互通。

**集成要求:**数字化车间应能实现执行层与基础层、执行层与管理层系统间的信息传输与集成。

**安全要求:**数字化车间应提出车间的安全控制和数字化管理方案,并实施数字化生产安全管控。

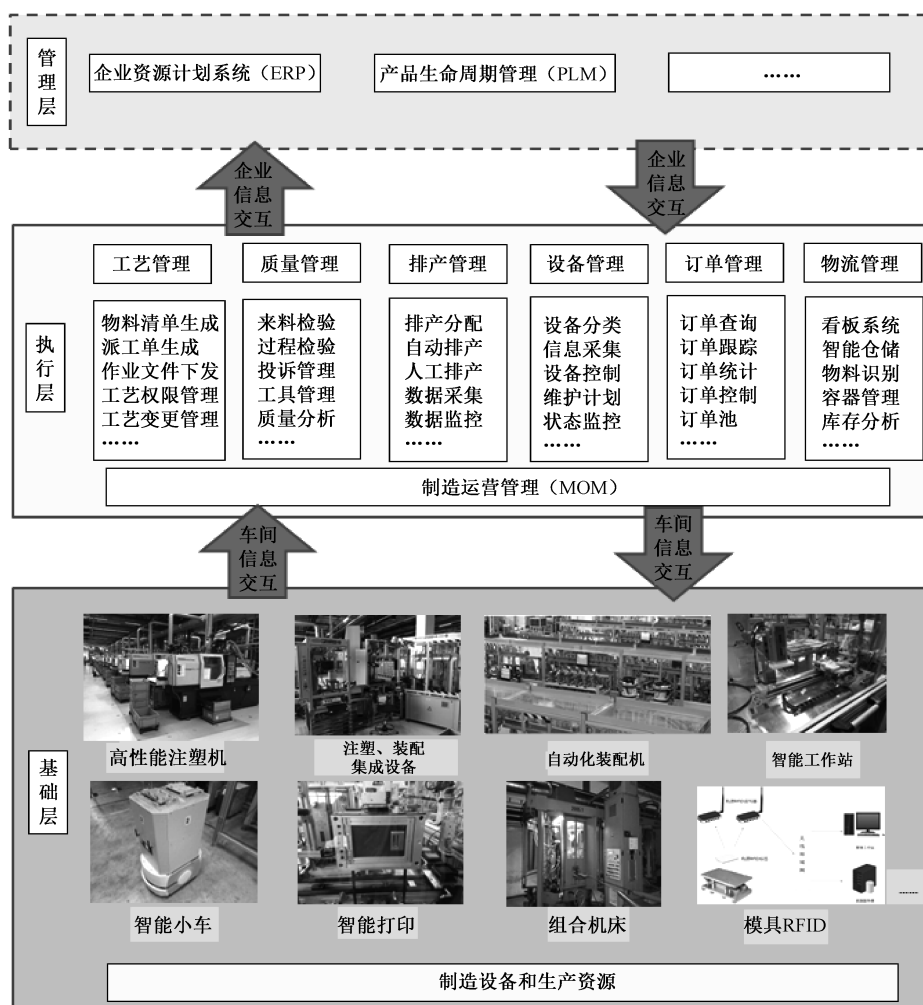


图 A.1 数字化车间体系架构

### A.3 基础层数字化

#### A.3.1 制造设备的数字化

##### A.3.1.1 数字化功能

制造设备的数字化功能主要分为数据采集和操作功能两部分：

- a) 数据采集：对制造设备进行数据采集和分析，对制造进度、现场操作、质量检验、设备状态等生产现场信息进行采集和跟踪，并对这些信息进行分析。

数据采集的接入主要采用如下方法：条形码阅读器采集工件码标，经可编程控制器转换为可识别数据，并通过 Profinet/Profibus-DP，上传到车间 MES 系统 SQL 数据库；材料托盘全部带有 RFID 标签，由读出/写入设备与 PLC 相联，再连接到 MES 系统；AGV 小车，下料、切割、注塑、装配设备全部采用 PLC 为控制核心的自动化设备，通过光电（光电开关、编码器）、磁感应、霍尔效应、热阻、图像识别、语音等方式采集数据，并将工件、设备、人员、物料等信息上传给 MES 系统，车间设备的电压、电流、相位、功率因素等能效参数也通过 PLC 采集上传给 MES 系统。

- b) 操作功能：MES 系统负责制造设备的执行管理如订单信息、排程管理、生产信息统计、资源信



息以及 HMI 信息;设备及生产信息、报警信息、作业及维修指导等信息。

### A.3.1.2 网络构成与接口

PROFINET 的实时通道和等时同步通道可以实现毫秒级到微秒级的响应速度,已被工业自动化业界广泛采用。本系统采用开放实时以太网的一网到底结构,从底层 I/O 现场层到设备之间连接的控制层,再到管理层 MES、ERP 等全部采用 PROFINET 实时工业以太网,包括线缆、光纤传输的 PROFINET 技术、无线 WLAN 传输的 PROFINET 技术。整体网络架构如图 A.2 所示。

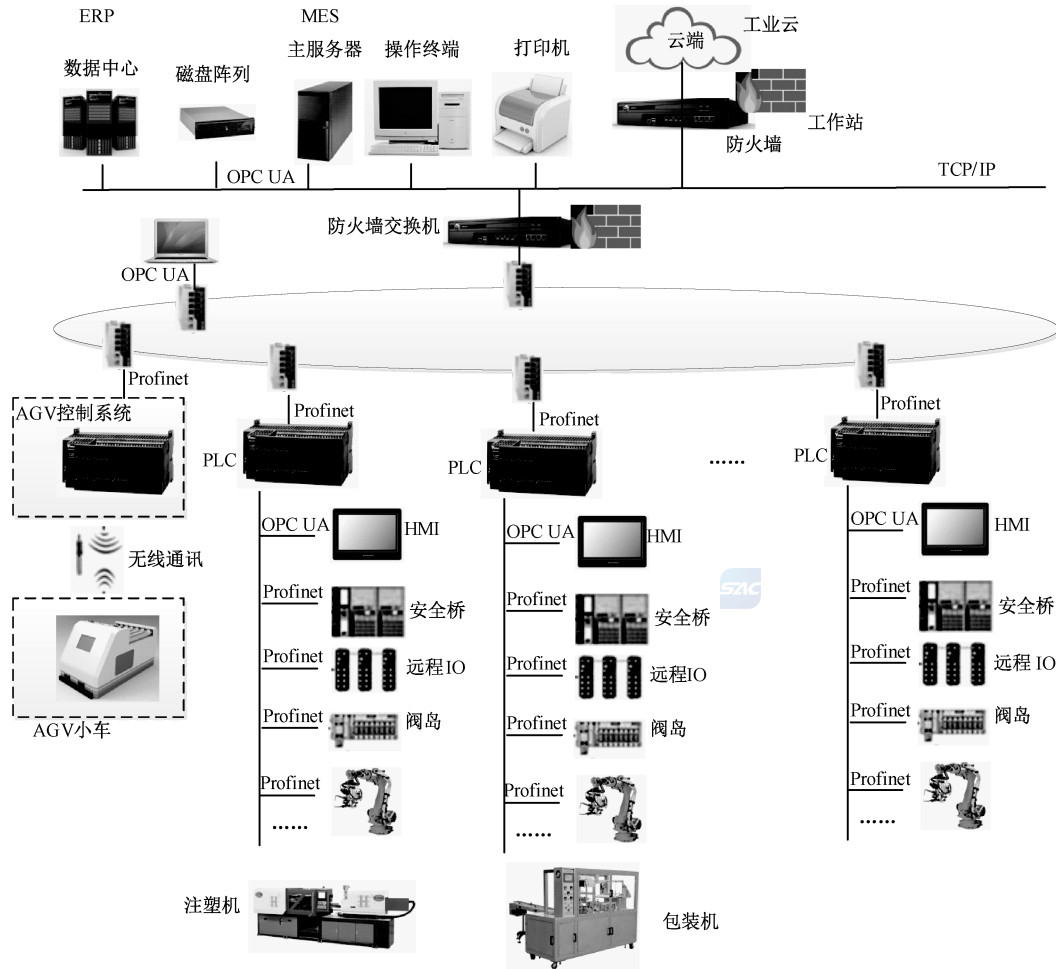


图 A.2 网络架构

PROFINET 兼容 TCP/IP 协议的实时以太网,能满足过程控制、工厂自动化和运动控制实时通信要求,已有的系统无需修改就能集成到 PROFINET 中,系统具有高度开放性和兼容性,为系统拓展提供了接口,如 CNC 设备、机器人、RFID、视觉系统、视频监控等。

本案例车间已经建成了以工业交换机和工业无线 AP 为接入设备,并与公司办公网络有机集成的工业以太网。通过有线的、无线的连接,车间中的生产设备能够与网络相连,并将相关的数据传输到 MES 系统中。

### A.3.1.3 集成要求

对数字化智能制造设备的系统构成以及内在逻辑关系进行至上而下的梳理和分析,如图 A.3 所示。

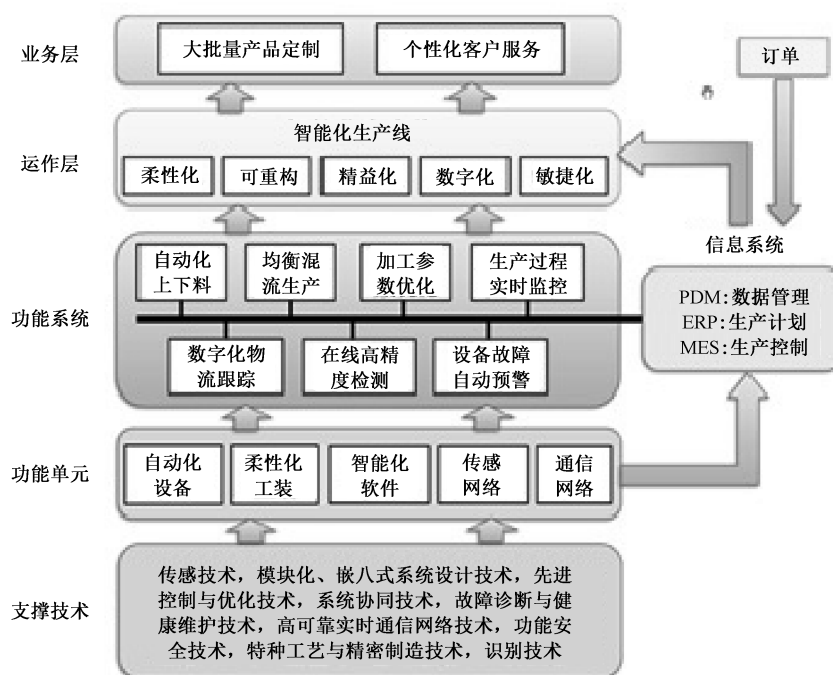


图 A.3 制造设备的系统集成

该架构主要包括业务层、运作层、功能系统、功能单元、支撑技术五个层次。各个层次相辅相成，紧密联系，其中系统以需求订单为输入，以信息系统为核心，集成自动化上下料等多个子功能系统，以基本功能单元及支撑技术为依托，推动智能制造生产线的正常运作，实现大批量产品的生产或小批量个性化产品的定制服务，满足客户和市场需求。

#### A.3.1.4 功能安全

设备的安全性能由机械安全防护和电气安全控制两方面组成。除了机械安全防护外，从电气安全控制的角度，一套安全控制系统，由安全输入设备，如紧急停止按钮、安全门锁、安全激光扫描仪、双手按钮、安全地毯等；安全控制模块如安全继电器、安全桥、安全 PLC、安全网络；和被控输出元件，如主接触器、阀等三部分组成。

本数字化车间根据车间个设备区域安全系统的规模大小来选择相应的方案，具体如下：

简单的单功能安全应用，如急停按钮、采用单功能的安全继电器。

对于 2 个～3 个安全功能的应用，如一个急停按钮、一个安全门锁和一个安全光幕，可选择多功能的安全继电器，即简化接线、减少安装空间，又节约成本。

对于 4 个～70 个安全功能的应用，可采用可编程安全模块，使用方便，性价比高，还可以通过网关，将故障信号传到 PLC 或上位机，有利于故障诊断。

占地面积大或长距离的自动化生产线通常采用现场总线或工业以太网，实现分布式 I/O 系统，其安全控制系统可采用安全 PLC+安全 I/O 的方案。对低成本要求较高的，采用安全桥方案。安全桥技术自带安全逻辑处理单元，无需安全 PLC，显著降低整体方案成本。

智能型安全驱动设备，如，变频器、伺服控制器，采用自带安全力矩关断功能的型号。

从提高生产效率方面考虑，将安全区域划分成几个不同的区域，分别进行安全控制。另外，对产线核心的区段，采用安全速度监视继电器控制，可在满足安全要求的同时，将安全对生产效率的影响降到最低。

安全防护系统的实施，遵照相关安全标准，如 IEC 61508、ISO 12100、IEC 62061、ISO 13849、

IEC 60204 等。采用包括风险评估在内的全生命周期的安全管理体系。

#### A.3.1.5 信息安全

车间信息系统可能遇到的不安全威胁有病毒、黑客和内部人员的非授权网络操作或误操作。为了消除以上不安全因素,整个车间网络系统采用三层纵深防御策略。

- 第一层为物理策略层,建立车间网络操作管理规范,计算机设置相应的不同层级密码;
- 第二层为网络安全层,对车间网络按功能区域分段,段与段之间及控制层与管理层之间设置 mGuard 工业级硬件防火墙,其过滤器根据源发地址和目标地址对数据包进行过滤,阻止来自“外部”的不需要的数据流。远程访问全部经过 VPN 和 mGuard 防火墙过滤;
- 第三层为系统完整性层面,采用 CIFS (Common Internet File System)完整性检测技术可定期扫描网络中的病毒,并可以调用第三方病毒服务器对病毒实施有效查杀。

#### A.3.2 生产资源的数字化

通过应用 RFID 技术,可编码原料、原料处理设备、模具等,并将收集的信息传送给生产设备控制系统。即将产品从原料到成品整个流程的所有信息记录并连接起来。

#### A.4 工艺设计数字化

工艺设计数字化是产品设计数字化与企业管理数字化的桥梁。本数字化车间采用工艺设计、执行与管理系统进行数字化的产品工艺设计。现场生产工程师可以通过流程框图的形式对现场的工艺进行设计和规划。

#### A.5 车间信息交互

数字化车间的整体布局分为基础层、执行层,在数字化车间之外,还有企业的管理层,系统将收集到的客户信息与管理层的 ERP 和 PLM 进行信息交互,ERP 与执行层的制造执行系统 MES 之间进行信息交互,PLM 将数字产品信息传递到执行层的工艺设计、执行与管理系统,同时 MES 与工艺设计、执行与管理系统也存在信息交互,MES 将生产订单等信息传递给基础层生产资源、制造设备、模具、检测工具等,工艺设计、执行与管理系统将生产工艺、物流信息等传递给制造设备、AGV 等,同时基础层又会将收集到的信息反馈到 MES 与工艺设计、执行与管理系统中。

#### A.6 制造运行管理数字化

##### A.6.1 车间计划与调度

数字化车间通过车间计划排产模块实现车间计划与调度。

根据预先定义的生产约束条件,规则矩阵,预设指标,排产产能策略等条件,实现全自动排产、半自动排产或人工排产。结合甘特图方式,综合显示设备实时状态信息、已排产订单工序、关联关系、工具资源分配情况,便于计划员检查现场排产情况和执行状态,实现了生产过程透明化的需求。

除了生产订单排产,还可以针对设备预修、维修任务、模具换针任务等,创建 MES 中的工作计划工单,调动车间生产、ToolShop、设备维护等团队完成指定任务。

##### A.6.2 工艺执行与管理

数字化车间通过车间订单管理模块完成工艺执行与管理。

ERP 系统生产订单数据、相应 BOM、routing 等主数据,准实时传入 MES 系统,经排产后下达车间现场。实现了无纸化信息流传递,提高了计划与车间执行层面的联动性。

在 HMI 终端上显示设备实时运行状态,支持状态转换,自动记录设备作业周期、产量,合格品/不合格品数量。查看本工位上待生产订单,登录或退出订单工序,订单工序完成情况,订单产品 BOM,工序配套、工具资源和准备状态等信息。

在 HMI 终端上还可以即时打开本工序订单相关的操作文档手册,方便车间现场员工使用。

车间执行过程和结果信息,最终汇入 MES 订单管理模块,通过订单相关报表,方便获取订单完成的各种时间状态组成,便于分析订单执行周期内的瓶颈,通过订单与质量相关报表,可以分析订单与班组、设备、工具之间的关联关系,便于分析、定位质量问题。

### A.6.3 生产过程质量管理

质量管理包括来料检验、过程检验、投诉管理、工具管理以及质量分析模块。它通过检验计划与生产计划紧密的结合,实现了生产的闭环管理。它通过各测量工具等方法采集现场的相关数据。

- 质量数据采集与监控: MES 对接收到 PLC 发送的不合格品信号进行记录和统计,定时刷新系统质量监控页面,通过 SPC 控制图方式展示每个设备每个时段的不合格品数量,并根据不合格品的发展趋势进行预警。
- 质量追溯与改进:质量追溯系统是数字化车间在引入质量追溯软件框架的基础上,车间自主开发的生产软件。系统贯穿整个生产过程,其主要的功能包含追溯产品中使用的原材料状况及记录通过每道生产工序的时间及结果。实施全面产品质量过程管控,并实现收集数据用于内部分析改进。追溯系统如图 A.4 所示。

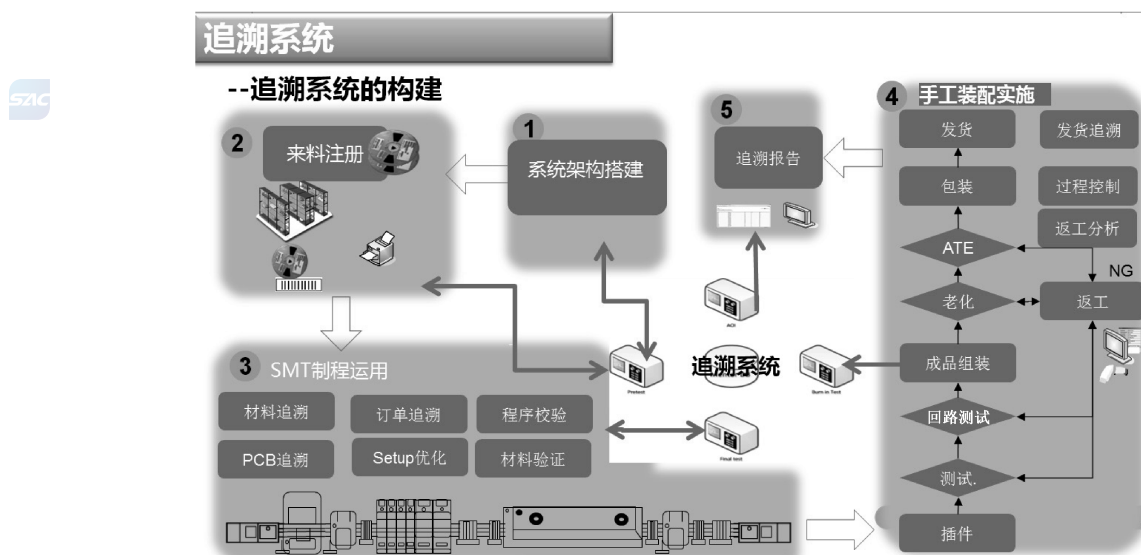


图 A.4 追溯系统构建示意图

### A.6.4 生产物流管理

生产物流管理包括：

- 内部生产物流:包括收货和发货环节。其中,收货环节包括 ASN 的创建、货物的清点、货物的上架,发货环节包括订单发货、生产发料看板及生产发货。
- 成品物流:成品仓库物流系统主要功能部件采用模块化、标准化设计,并应用条码技术、变频调速、高速数据采集、人机界面、工业现场总线、以太网及 PLC 控制等先进控制技术,在 WMS 系

统的管理调度下,完成物品的包装输送及出库业务。

通过核心 ERP 系统下达业务指令,实现业务信息流的自动传递,减少仓库对人员的需求和依赖。

#### A.6.5 车间设备管理

车间设备管理包括:

- a) 设备状态监控:数字化车间采用 MES 制造执行系统中的设备管理模块,对设备的状态进行监控。
- b) 设备维修维护:设备信息管理模块-设备维护日历可实现:
  - 操作工及设备维修人员可在设备终端上查看设备维护内容及周期;
  - 系统自动计算维护周期,并通过图示在终端给出提示信号。
- c) 设备运行分析:智能生产线的数据采集与控制系统对设备实时状态和维护维修过程中搜集的数据进行采集,自动统计并分析与设备相关的指标。



## 附录 B

(资料性附录)

## 数字化车间合理化产线设计案例

## B.1 目的和概要

由于人工成本上升、人才成本提高、品质确保困难等问题的出现,机器代替人的自动化解方案得到广泛应用。其中一种是全自动化产线的方式(如图 B.1 所示),但存在以下缺点:

- 难以对应多品种小批量的生产方式;
- 难以跟上生产规模的变动;
- 设备成本较高;
- 需要较大的安装空间;
- 维护成本较高;
- 生产类型更换的准备时间长,由于设备故障造成的临时停机多发,难以保持高开工率;
- 需要高水平的操作人员。

按照适当的规模,将产线分割为多个工作单元可有效解决以上问题,如图 B.2 所示。工作单元之间的部件搬运由人来完成。本附录给出了人和设备(机器人)的协作生产解决案例。

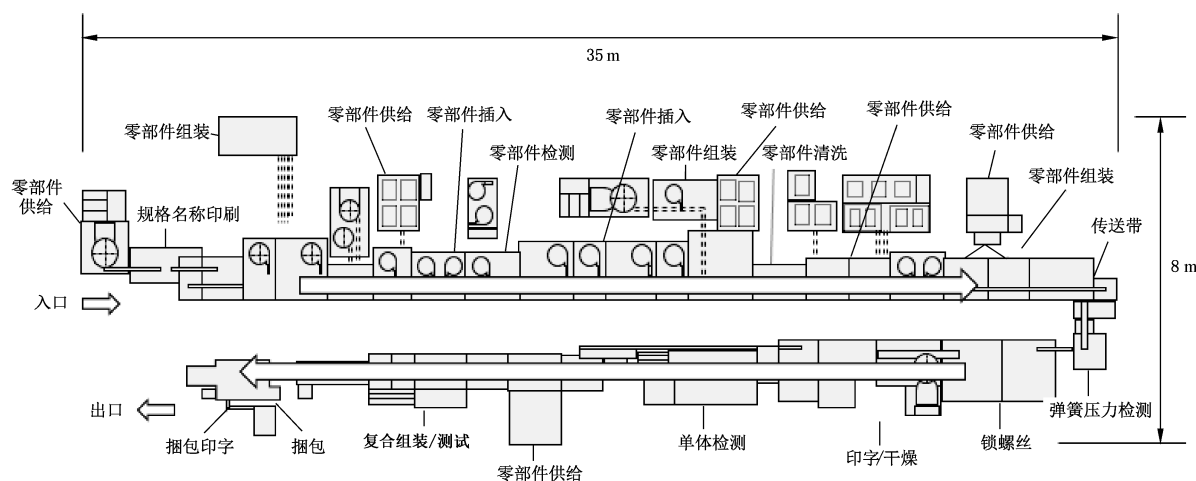


图 B.1 全自动化产线的整体示意图

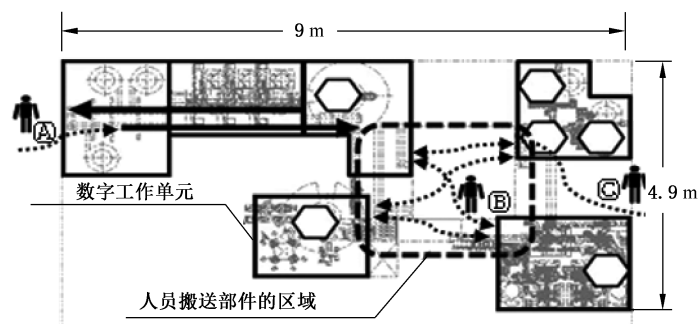


图 B.2 单元式生产线的整体示意图

## B.2 实现方法

### B.2.1 应对多品种小批量生产

包括：

- 自动换产：在头道工序打印 QR 码，在之后的各工序中通过读取该 QR 码，使设备执行符合该产品的生产方式，实现自动换产。
- 人工供给零部件：因产品型号不同所需的不同零部件，将设备中这些零部件的自动供料改为人工供料。在数字化车间中，操作人员会因为多品种小批量的生产方式需要而频繁地变更操作工序。为了减轻操作人员的负荷并消除人为的错误，宜导入作业辅助解决方案。即需要操作人员供给的零部件(如图 B.2Ⓐ所示)、在数字化工作单元间的部件搬运(如图 B.2Ⓑ所示)、成品取出和堆放(如图 B.2Ⓒ所示)等操作方法都会在显示器上给出恰当的操作提示，并提供明确的操作顺序指导，防止人为失误，以提升生产效率和产品品质。同时作业辅助解决方案还可以和 MES/ERP/BI(Business Intelligence)等上位系统协同，通过 PDCA 的持续循环改善方法，降低操作失误、提高生产效率、品质和节能等，从而削减综合成本。
- 引进小型的单元式生产线：把生产性高(周期时间短)的全自动产线更换为周期时间较长的小型单元式生产线，使整体生产可应对多品种小批量生产的柔性要求。

示例：

全自动产线：周期时间=5 s、面积=35 m×8 m、产线数=1 条产线。

单元式产线：周期时间=15 s、面积=9 m×4.9 m、产线数=3 条产线。

### B.2.2 节省设备的占地面积

比较大的零部件如需自动供料(排列供给)则需要大型的供料设备，因此通过人工上料大型零部件方式可减少设备的占地面积。另外，集中操作人员的活动路线，可减少操作人数。(如图 B.2Ⓓ所示)

### B.2.3 实现设备高运转率

包括：

——减少临时停机：

- 通过削减工序数量，减少停机概率

在图 B.1 所示的全自动产线上排列着 50 道工序，只要其中一道工序发生临时停机，就会造成整条产线停止。图 B.2 所示的单元式产线把工序数减少到 23 道，降低了整体产线的停机概率。

- 通过减少零部件的搬运，排除了停机的主要原因

通过把供料设备的搬运工序最小化，排除了零部件搬运时因部件堵塞所造成的停机。在震动盘的出口处安装视觉传感器确认零部件的位置，机器人在此位置抓取零部件。

——削减换产时间：

通过 B.2.1 中自动换产或人工供给零部件，实现换产时间最小化。

### B.2.4 使用工业物联网进行运行管理/品质管理

可在如下方面使用工业物联网进行运行管理或品质管理：

- a) 自动采集设备的运行状况、停止次数、停止时间、停止原因等数据，实现运行管理。
- b) 自动采集产品的测试结果、使用的零部件属性、操作人员属性、组装属性(具备力觉传感器的电动螺丝刀采集锁螺丝的力矩值)等数据，实现品质管理。

- c) 自动采集设备使用的能耗信息和生产状况的数据,实现能源监控。
- d) 通过作业辅助解决方案,可将生产实绩数据、操作实绩数据(具备力觉传感器的电动螺丝刀采集锁螺丝的力矩值)实时上传到 IT 系统。
- e) 可将采集的数据生成以下可视化图表:
- 锁螺丝不合格推移表;
  - 组装台数图表;
  - 组装节拍时间图表;
  - 锁螺丝不合格数图表;
  - 作业项目不合格数图表。
- f) 使用可视化数据分析操作人员的人为失误原因,并将分析结果用于操作人员的教育和工序的调整改善,并迅速地反馈到生产现场,从而实现实时的 PDCA 循环,如图 B.3 所示。

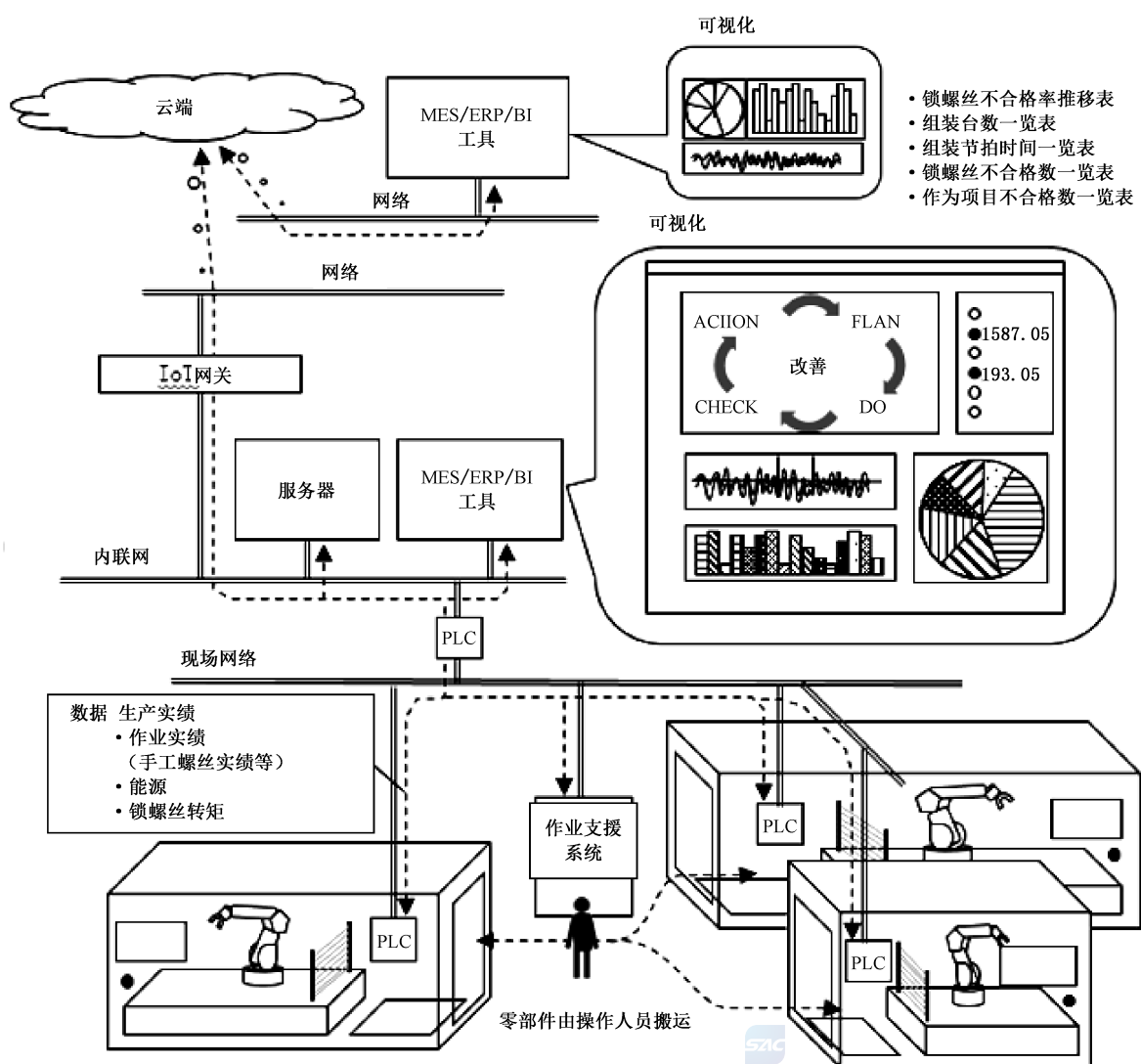


图 B.3 Industrial IoT 自动采集数据示例



附 录 C  
(资料性附录)  
数字化制造设备典型配置与功能

C.1 概述

为了满足某一特定的车间工艺过程,在具体工艺定义输入的基础上,通过数字化制造设备自身功能以及同其他辅助设备协同来执行车间具体的生产工艺。通过车间网络向执行层反馈作业执行的状态和用户自定义的数据采集属性值。

交互的数据主要包括:

- 生产运行数据;
- 质量运行数据;
- 维护运行数据;
- 物流运行数据。

数字化制造设备应构建在工业通信网络基础之上实现与其他数字化设备及上层运作系统进行数据交互的功能,包括:

- 现场设备与邻近设备联网实现协调动作、信息交换与互锁;
- 现场设备与辅助设备联网实现协调动作、信息交换与互锁;
- 工厂信息网络与上位管理信息系统实现联网与数据交互。

其功能模型见图 C.1。

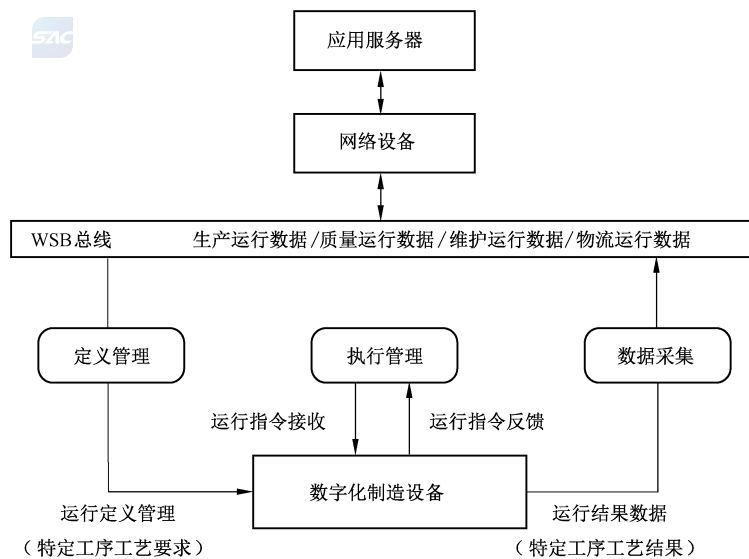


图 C.1 数字化车间设备功能模型图

## C.2 数字化加工设备

### C.2.1 基本要求

对数字化加工设备的基本要求如下：

#### ——自动化加工

加工装备具备在无人操作的情况下按照既定的逻辑(NC代码或PLC程序)实现自动加工生产：

- 工作模式可选,如手动、自动等；
- 根据指令自动运行和停止；
- 加工节拍根据工艺要求自动调节；
- 工件自动夹紧与松开；
- 与辅助设备配合完成自动上下料；
- 自动测量、定位与保护功能；
- 互锁功能；
- 自动报警；
- 安全防护功能。

#### ——网络功能

装备可作为一个网络节点接入到工厂中现场总线网络或工厂信息网络,并且在保证安全传输的前提下,与网络中其他设备实现数据交换。

网络是实现数字化工厂的前提条件,是加工装备与其他设备数据传输的基础。加工装备主要涉及到两种网络:现场总线(如PROFIBUS)和工厂信息网络。

通常加工设备与现场设备间具有逻辑互锁的信息交换多采用现场总线;而加工设备与工厂管理系统间信息交换的采用工厂信息网络。两种网络在传输的实时性、数据量、传输方式等要求上有较大的差别,通常不可混用:

- 现场网络与邻近设备联网实现协调动作、信息交换与互锁；
- 现场网络与辅助设备联网实现协调动作、信息交换与互锁；
- 工厂信息网络与上位管理信息系统实现联网与数据交互。

#### ——柔性加工

指装备在不停机的情况下,满足多品种的加工:

- 丰富的人机界面,支持开放式工具对用户界面自定义；
- 根据指令自动选择不同的加工程序；
- 根据指令自动选择工艺参数；
- 根据指令自动选择工装、夹具或托盘；
- 根据指令自动更换加工刀具；
- 刀具参数根据指令自动调整；
- 自动测量、定位与保护功能。

#### ——安全

关于安全性,从单个的加工设备角度考虑,涉及到人员安全性与设备安全性两个方面。

人员安全性针对具有一定危险性的加工工艺现场,为了保证作业人员等设备周围人员的安全,加工设备应具有以下功能:

- 针对加工工艺中的危险环节具有警告功能。例如,利用蜂鸣器、指示灯等对危险性做出警告。
- 针对加工设备周围环境的安全性具有感知功能。例如,利用互锁、安全光幕等对进入危险领域的行为具有感知功能。
- 针对危险行为具有迅速采取安全措施的功能。例如,感知到危险行为后,迅速自动断电,运动机构自动紧急停止等。

设备安全性包括加工设备中需要使用用来加工的刀具、模具等消耗部件以及定期补充部件。此类部件如不及时更换和补充,会影响到设备的安全性,进而发展为故障或者事故。

作为数字化加工设备,对以上消耗部件的状态以及定期补充部件的交换记录,应具有数字化管理的功能。并且通过灵活运用以上管理数据,事先起到对消耗部件以及定期补充部件维护的作用:

- 消耗部件。例如,刀具、冲压模具、砂轮;
- 定期补充部件。例如,油类(冷却油、润滑油)、电池、密封圈。

#### ——远程监视

数字化加工设备需对设备的运行状态、消耗品寿命有远程监视(故障预告)功能。

以往传统设备中应在车间现场才能完成的各种监视,数字化设备需能在监视室电脑上显示出与车间 HMI 同样画面,并且通过移动终端支持的远程监视功能,在不同地点在任何时间实施监视:

- 监视生产状况,例如,针对于生产计划的进展情况;
- 监视设备状态,例如,正常运行中,缺料(等待)、异常;
- 监视消耗部件的损伤状况,例如,刀具的使用次数;
- 把握报警原因,例如,缺料、安全报警(人员进入)、消耗部件损伤材。

### C.2.2 数字化功能

在数字化工厂中,加工装备不再是作为独立设备运行,而是作为工厂的一个组成部分与其他设备共同协作运行,接受工厂管理系统的统一调度管理。频繁及大量的数据交换使得加工装备一定要具备完善的功能和接口。实现数字化功能可分为如下两大方面:

#### ——数据采集:

数字化加工装备需要具备为工厂管理系统提供用于统计、分析、监控等所需的基础数据。这些数据根据其数据用途主要分为:

- 加工信息。用于描述该加工装备在进行某一生产过程相关的信息,如工件名称、工艺参数、加工时间、工件计数等;
- 设备状态信息。用于描述加工装备的运行状态、工作状态、组件状态等相关信息,如开机状态、设备总运行时间、操作模式等;
- 故障报警及信息。用于描述加工装备异常时产生的故障和报警相关信息,如报警代码、报警内容、持续时间、频次等;
- 刀具管理信息。用于描述加工装备所使用到加工刀具相关的信息,如刀具参数、刀具使用寿命等;
- 能耗数据。用于描述加工装备在运行过程中消耗的能源相关信息,如电压、电流、功率等;
- 其他信息。用于描述各种加工装备特有的数据信息。

#### ——操作功能:

数字化装备需要具备相应的接口,以接收工厂管理系统的操作指令,并能够按照指令执行相应的功

能,在执行结束后,将执行的结果反馈给工厂管理系统。加工装备主要的功能包括:

- 文件访问。支持工厂管理系统对加工装备文件类数据进行(读写、修改、删除、复制、移动等)操作,例如,将 NC 程序的下载至数控机床,或者从检测设备中将测量结果文件上载至服务器等。
- 诊断和调试。支持远程对加工装备进行故障诊断及操作调试,以便于快速维修。
- 操作权限。加工装备应具备权限管理功能,可以区分操作人员、维护人员、编程人员等操作权限,避免由于误操作对设备或生产造成损失。
- 数据缓存。支持加工装备保存一定时间的历史数据,以确保意外离线时仍然能够保持数据的连续性完整性。
- 操作追溯。支持记录加工装备的操作历史,便于装备发生故障时进行追溯。
- 时钟同步。确保设备与整个工厂网络内其他设备保持同一时钟,以免发生记录混乱。
- 归档。支持工厂管理系统定期对加工装备中的重要数据如调试数据、加工程序、配置信息等进行归档保存进行管理,以便于由于加工装备更换、维修后,可以快速恢复生产。
- 其他。用于实现各种加工装备特有的操作功能。

### C.2.3 网络接口

常用的数字化加工设备的网络接口包括如下两类:

——现场网络(种类、安全)

现场网络用于实现加工设备与其他加工设备或辅助设备之间协同工作时的通信与数据交换,应满足实时性及安全性:

- 支持国标所列的现场网络标准;
- 具备标准统一的、开放的刀具数据采集接口;
- 可通过 MES 订单选择加工程序;
- 可通过 MES 订单自动启动加工;
- 与辅助设备(如测量仪、机器人等)无缝集成。

——工厂网络:

- 实现数控加工程序同 CAM 或 MES 的开放式、专用的交互接口;
- 实现 SCADA 或 MES 对加工设备的数据采集、数据传输和管理;
- 通信协议应支持标准统一的、开放的数据采集协议;
- 用户可以自己选择采集数据的类型,可以实现高速的数据采集与传输,支持文件夹、Ftp 等方式;
- 支持远程访问与诊断;
- 支持数据备份与恢复。

### C.2.4 辅助设备

辅助设备是数字化加工设备不可或缺的部分,不直接参与加工,但对加工有重要作用的相关设备,根据其辅助作用分类如下:

——上料下料设备

用于向加工设备提供物料以及从加工设备获取成品:

- 机器人;

- 机械手(非标设备)。

——测量设备

用于监视、检测加工设备中使用的消耗部件等：

- 力学传感系统；
- 刀具测量设备。

——识别设备

用于识别、检测物料和成品：

- RFID；
- CCD；
- 视觉设备；
- 称重设备。

### C.3 数字化物流设备

#### C.3.1 物料输送设备

##### C.3.1.1 悬挂输送机

悬挂输送机系统的技术要求：

——应具有数字化变频调速功能，以便适合相关工艺作业节拍的要求。

——按照工件种类和外形特征选择合适的挂具。挂具应适合人的操作，使悬挂输送机在输送或行走过程中，能够由人工或机械的形式实施安全的操作。

——悬挂输送机的架空轨道安装在厂房的屋架或其他构件上，组成有直线和转向站的空间线路，故应配置完整的安全保障装置和管理措施。

##### C.3.1.2 辊子输送机

辊子输送机主要用来输送具有一定规则形状、底部平直的成件物品。为保证物料在辊子上移动的稳定性，基于输送机机械组成结构，要求每个物料支撑面至少应有4个辊子支撑，辊子的间距应小于物料/箱体支撑面长度的1/4。



##### C.3.1.3 搬运机器人

适合于工艺现场的搬运机器人，有桁架机器人(简称桁架，用于搬运体积大、质量重的工件)、机械臂、检测机器人等。

引入搬运机器人，应先对搬运工艺现场进行合理化和规范化。包括：

——规划设计物流的空间轨迹、作业条件、作业顺序等技术规格和性能指标；

——根据工序作业的要求，设计、制作并安装不同类型的末端执行器，以完成不同形态和状态的工件搬运作业；

——根据工件的特点选用或设计、制作适合工件物理特征的传送装置，以服务于搬运机器人的功能效用。

#### C.3.2 自动搬运小车

自动搬运小车是在生产过程中执行物料搬运作业的重要工具，分为有轨自动小车(RGV)和自动导

引(AGV)小车两类。

对 AGV 的控制要求：

- AGV 系统应是基于计算机的现场控制系统,能够在车间内部按照规定的方向(通常为顺时针方向)在规定的轨道上移动,并能够通过位置感知实现在规定站点的定位、启动、转向或停止。
- AGV 系统应通过自带传感器,用于检测 AGV 何时到达规定的站点,或越过某站点继续移动;AGV 系统应与车间主信息系统保持时钟同步。
- 基于 AGV 的物流系统,应含有“运行监管”和“动态显示”功能;其中,运行监管系统负责接收外来的物流指令并实时获取车辆当前动态信息并发送至动态显示。
- 需要多台 AGV 的数字化车间,应规划、设计出基于优化控制策略的 AGV 系统运行监管模式,确保多个 AGV 设备能够在移动指令得到层次化的控制。
- 简单的 AGV 系统,其应用软件应得到分布式异步通信技术的支持;复杂的多 AGV 系统应具有一定的并发实时性。

### C.3.3 自动化立体仓库

自动化立体仓库,是自动存取、自动输送、自动识别等功能集成的自动化仓库,是通过计算机技术和 PLC 控制的多技术集成的有机整体。

自动化立体仓库的功能要求：

- 具有基于计算机管理、自动控制的物料搬运设备和货物存取作业功能;能够始终准确无误地对各种信息进行存储和管理。
- 具有信息识别功能,包括对自动化仓库中货物识别、跟踪,堆垛机自动认址、货物位置检测和堆垛机准停等内容。
- 与车间或企业的信息系统互联互通,支持加工工艺执行的需求、整机装配的齐套管理需求和库存控制要求。
- 采用高层货架存储货物,存储区充分利用仓库地面和空间、节省库存占地面积,提高空间利用率;具有自动分拣、理货功能,可自动地执行物料识别、接收和分类储存管理;可自动提取和半自动配送。
- 可通过调节运输过程中不同运输工具间的运量差异,优化运输的匹配方案,化解不同运输设备间能力差异。
- 自动化立体仓库的管理软件,应具有出入库管理、盘库管理、查询、打印及显示、仓库经济技术指标计算分析等功能。

## C.4 数字化检测设备

### C.4.1 基本要求

数字化检测设备采用基于数字化的测量方式,具有在线或离线检测、记录、显示、上传、分析、故障诊断和校准等功能,还应具有数字化接口,以支持检测设备与加工设备、检测设备与生产管理系统、检测设备与质量管理系统之间检测数据的传输。

通过网络互联各类检测设备,构建数字化检测系统,实现对检测数据的采集、分析与处理,从而有效提高生产过程的质量控制水平。

## C.4.2 功能要求

### C.4.2.1 数字化检测设备数据通信要求

数字化检测设备数据通信包括检测程序的下达和检测结果的采集,通过设备接口实现。主要的通信形式包括基于 RS232 串口的数据通信、基于 GPIB(General Purpose Interface Bus)、VXI(VMEbus eXtensions for Instrumentation)、PXI(PCI eXtensions for Instrumentation)、LXI(LAN eXtensions for Instrumentation)和 AXIe 等总线标准的数据通信。

不同类型的检测数据需按照统一的数据结构进行格式转换,以满足上层系统对数据的分析和监控的要求。典型的检测数据协议标准有用于尺寸测量的 ANSI DMIS 标准、用于质量数据表达和通信的 Q-DAS 标准等。

### C.4.2.2 数字化检测系统应用要求

通过检测设备的联网构建数字化检测系统,采用数字化检测方法,将零部件真实测量状态反映到数字化模型上,以形成设计—制造—检测—控制—管理的闭环控制,工序中监控关键工序的加工或装配质量,有效降低测试成本,提高检测效率与质量管控水平:

#### ——数字化检测技术应用规范

针对机加零件、钣金零件、复材零件、部件及大部件装配检测等工程应用环境,编制数字化检测工艺规程编制规范、数字化检测方法选用技术规范、检测数据分析与处理技术规范和数字化检测作业流程规范等。

#### ——基于模型的检测工艺规划

一般应包括基于零部件典型结构特征的检测任务快速定义、识别与提取;基于模型环境的检测工艺规程编制(检测设备选择、测点规划与布局及对检测路径的优化与仿真等);检测坐标系构建;检测方案选用;检测模型轻量化等过程。

#### ——数字化快速检测

一般包括快速选择与零件检测特征模型匹配的检测方法;开发辅助自动化测试装置,构建自动化检测系统;通过监测设备数据接口,实现检测数据的自动采集与上传等。

#### ——检测数据的处理与分析

依据检测数据分析与处理技术规范,基于统一的编码,对测试数据进行规范化处理,对测试数据文件进行转换,并统一存放在测试数据库中。通过 MBD 技术,在三维模型上实现检验工艺规程、产品测量数据和检测结果的统一标注,生成基于轻量化模型的三维可视化检验报告,对检测数据进行分类统计,利用散点图、柱状图、分布图或趋势图等显示不同分析结果,为产品全生命周期质量追溯提供依据。

## C.4.3 数字化设备布置要求

数字化检测设备安装位置一般采用在机安装或现场安装。

**在机安装:**将检测设备直接安装在加工设备上,在工序加工过程中和加工结束时对工件精度进行实时自动检测,并自动输出检测数据。

**现场安装:**按照加工工艺路线,在生产现场安装检测设备,在加工结束时对工件进行自动检测,并自动输出检测数据。

**注:**在机安装检测,可有效减少检测运输时间,提高检测精度和效率,并可对工件进行实时自动检测,保证了加工质量,但对加工设备及检测仪器要求较高。现场安装检测可快速换型适用于多品种的检测,柔性高,但增加了检

测运输及重新定位装夹时间。

### C.5 数字化辅助设备

数字化辅助设备主要包括移动终端和工作站。移动终端包括但不限于 PDA、平板电脑、车载电脑等移动终端。工作站包括但不限于落地式、悬挂式、嵌入式等形式的信息终端,以及拉绳式、按钮式等形式的求助终端。对数字化辅助设备的基本要求如下:

- 具备良好的现场网络布置环境条件;
- 按数字化工艺流程合理布局;
- 具有权限管理功能,能进行作业人员身份验证管理;
- 具备生产数据录入功能;
- 可查询、下载作业所需的生产指导文件;
- 具有呼叫请求、求助信息提示、响应确认等信息交互功能。



**附 录 D**  
(资料性附录)  
**数字化车间的安全管理示例**

**D.1 目的和概要**

为了确保数字化车间中的设备和人可以在安全的状态下共存,一定要考虑各种安全保障措施,以紧急应对突发事故,并确保信息安全等。因此,需要采取以下措施:

- a) 自动采集并显示与人和物的安全状态相关的重要数据。
- b) 在实时采集安全状态相关数据的基础上,提供安全监视和风险报警。
- c) 实现安全的数字化管理。危险信息、风险信息、保护措施信息、安全有关的过程/设备/人员信息、管理规则信息、分析辅助信息、知识类信息等,对这些信息以计算机可以识别的形式进行采集、保存、供应、处理、展开。
- d) 提高安全管理的可视化。通过安全监测和分析管理系统,全方位地观测和追踪重要的危险源,实时监测风险等级并预警,安全且全面地展开监视,同时要具备针对紧急情况的应对策略等,以不断提高安全管理和可视化的等级。

本资料提供数字化车间在多品种小批量生产方式下,频繁发生工序变更带来的安全控制,以及因连接外部网络需要进行的信息安全处理的事例。

**D.2 实现方法**



**D.2.1 架构**

数字化车间的生产安全管理功能模型如图 D.1 所示。

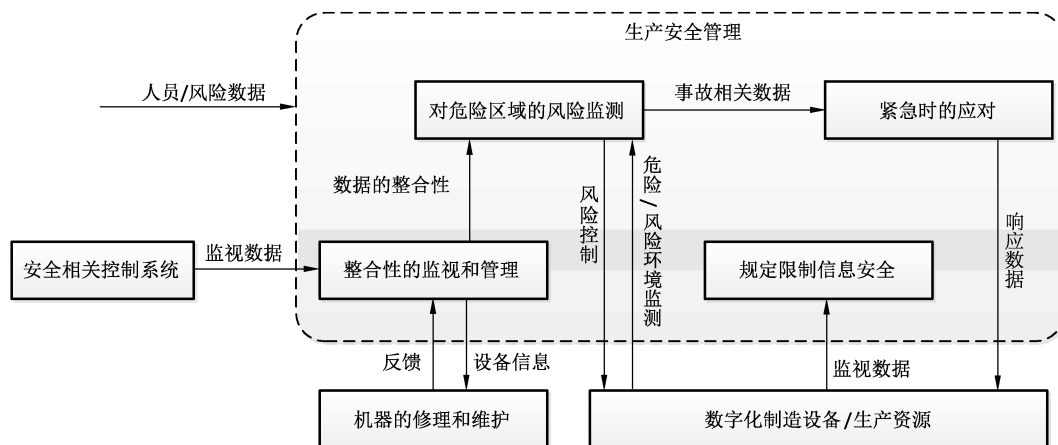


图 D.1 生产安全管理的功能模型

**D.2.2 功能**

在数字化车间开展生产安全管理,应将被数字化的各类危险源监视数据、人员状态数据、侵入危险区域的监视数据、机器的状态数据等,与生产管理系统协同,开展实时生产安全管理。

生产安全管理具备以下的功能:

## a) 危险区域的风险监测

## ——危险源的监测：

根据危险源的分类,对机械的危险、电气的危险、热的危险、噪声产生的危险、放射线产生的危险、材料和物资所引起的危险等进行实时监测,对于机械的伤害范围、噪声、粉尘浓度等预先设定基准值,超过时报警,根据反馈信息及时调整,以避免危险情况发生。

## ——人员的行动和状态监测：

通过识别身份、追踪位置、行为判断等对人员的行动进行监测,可以实现以下功能：

- 判别人员活动信息,评价进入危险区域的风险状况。
- 通过声光,对侵入危险区域、异常行为,异常状态等发出报警。
- 必要的情况下,对人员的状态(呼吸、心跳、血压等)进行实时监视,异常时报警。

## ——风险管理和早期预警：

实时收集风险参数信息,对评价计算模型进行准确的设定/分析,当有可能导致风险上升或者超过基准值时,实时报警并提示减少和避免风险的应对措施：

- 自动分析导致风险上升和超过的原因,提示减少和回避风险的应对措施。
- 和生产系统协同,自动判别风险要素的变化(由于生产计划的改变,导致安全区域发生变化,威胁人员安全),维持安全的环境。

## b) 安全程度的监视和管理

安全功能必需符合安全等级标准(ISO 13849-1 PL、IEC 61508 SIL 等)所规定的相关规格。例如类别 4 PL(Performance Level)e 规定的单一故障,在安全功能实行时或者实行前的功能诊断时,所检测出的每小时危险侧故障的平均概率(PFH)在  $10^{-8} \leq \text{PFH} < 10^{-7}$  范围内。这就是 SIL3 的时间单位的平均危险侧故障率：

- 针对响应时间、设备状态、诊断和反馈、故障率及对策等的相关信息数据进行数据采集。
- 将实际动作中的安全性进行可视化,监视整个动作过程中的安全水平。
- 常态化评价风险的变化状况,对实际动作条件下的风险等级进行更新。
- 对于有损安全性的零部件,早期发出预警,使用备用零部件进行维护。

## c) 信息安全监视

通过信息安全监视系统对企业的资源(即各构成部分)实施有效管理。主要功能是资源管理、账户管理、综合日志管理、安全管理服务、反应设置、访问控制等。

## d) 事故和紧急应对

当危险发生时,有时会因为操作人员的训练不足而产生操作错误,导致事态进一步恶化。事故发生时的紧急应对系统应向操作者提示事故的紧急应对措施,从而避免操作人员的失误。

## D.3 参考事例

数字化车间的安全管理事例(如图 D.2 所示)：

- a) 本征安全设计:消除作业现场内机器设备的尖锐部分,可放心地接触机器设备,并确保足够的安全作业空间。
- b) 保护防护、追加的安全对策:人和机械的作业空间用护栏隔离,当护栏打开时,通过互锁装置不允许机器运转。
- c) 导入符合 ISO 13849-1 的 4PLe、IEC 61508 的 SIL3 安全规格的可编程控制器,与紧急停止按钮、光栅等安全设备连接,并控制安全输出。
- d) 导入符合安全规格的工业机器人,机器人除具备自动运行模式外,还应支持安全限速功能、与安全门联动的门开关功能、自动避让功能等。

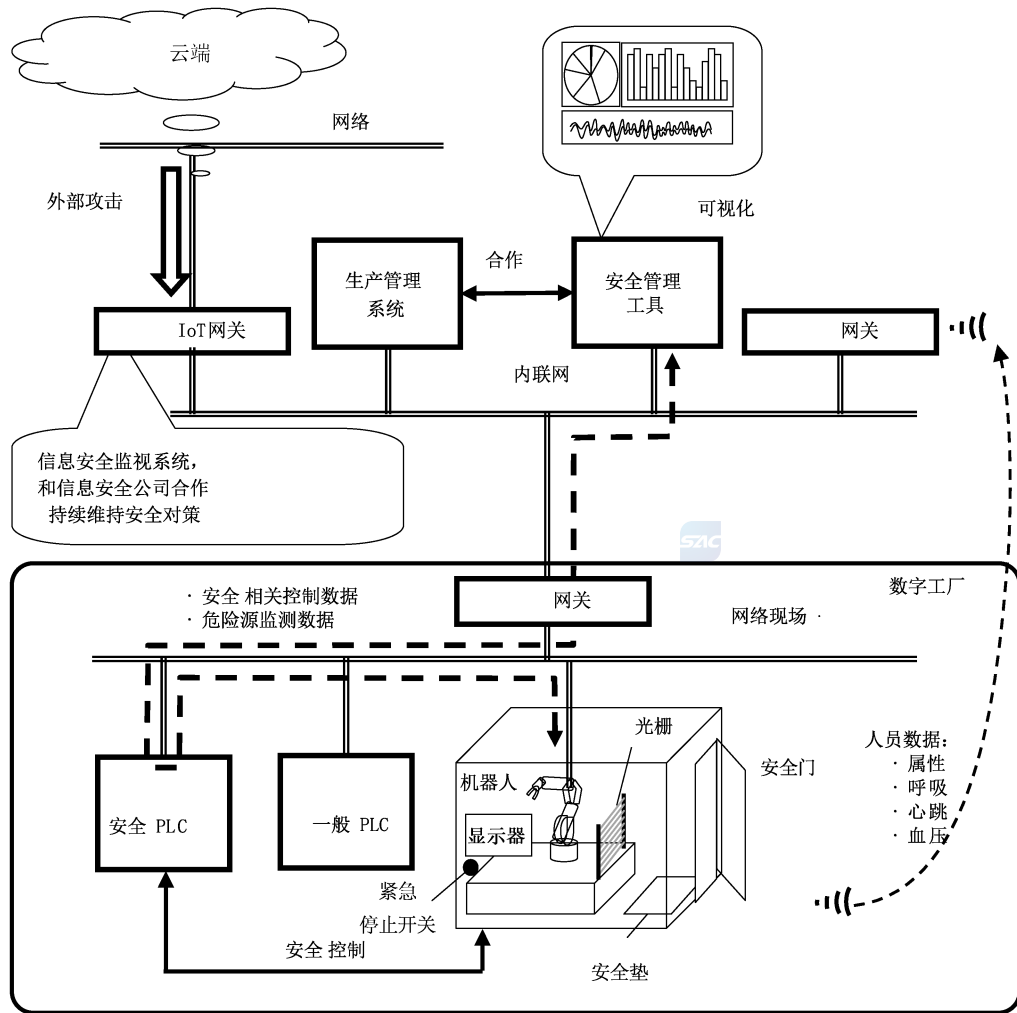


图 D.2 数字化车间的安全管理事例

- e) 使用安全管理工具,对被数字化的操作人员的属性信息、位置信息、呼吸、心跳、血压等监视并可视化。当作业人员进入危险区域时发出警告,对作业人员进行安全管理。其中,安全管理工具是指在多品种小批量生产方式下发生生产工序变更时,可以通过与生产管理系统的协同,监视和分析与生产工序相对应的危险原因,设定各工序的最佳评价计算模型,使各机器设备状态实现可视化,展开常态的实时安全管理的辅助工具。
- f) 信息安全管理重点包括以下内容:
  - 机密性:只有对数据、机器设备等有权限的人员可以访问和阅读;
  - 完整性:维护和保护数据等资产的正确性和完整性;
  - 可用性:被允许的人员在需要时可确保访问;
  - 对于控制设备和嵌入式设备的安全性:应考虑如何维持正常状态,以及异常时的处理动作。
- g) 关于针对工厂整体的威胁、侵入路径、损害大小、对策方法等,应与专业的信息安全公司协作,制定安全方针/核查一览表等,并持续性地改善对策。

## 附录 E

### (资料性附录)

### 数字化车间信息处理案例

#### E.1 目的与概述

数字化车间通过从现场各生产单元采集数据上传至上层系统,以实现生产的规划、管理、诊断和优化。本附录针对数据与现场关联性、实时反馈及数据机密性,提供了数字化车间信息处理解决方案的实现案例。

通常采用云技术将生产现场收集的各类信息上传至上层系统。但是在实际的制造业生产现场中,云技术存在如下问题:

- 要灵活应用储存在云端上的大数据,应具备制造业生产现场的诸多专业知识;
- 数据信息一定要实时的反馈至生产现场;
- 制造业现场中的核心信息具有极高的机密性。

为解决以上问题,本案例采用介于生产现场与 IT 系统之间的中间层信息处理技术。

#### E.2 实现方案

##### E.2.1 架构

数字化车间的信息系统架构大致可分为 3 个部分,即为生产现场层、IT 系统层以及连接两者的中间层(见图 E.1)。

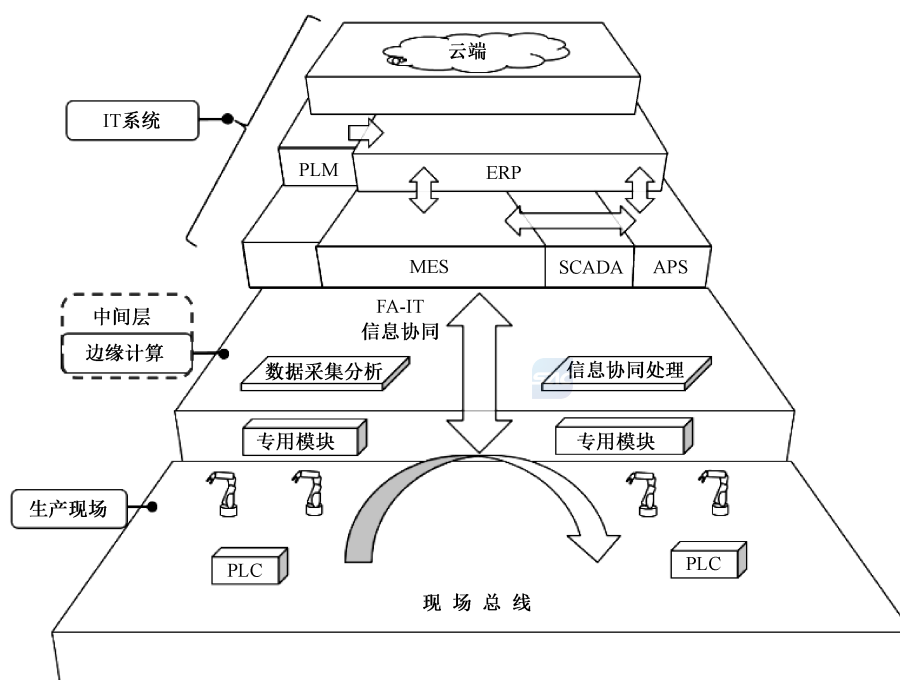


图 E.1 数字化车间的信息系统架构

在生产现场层中,对车间产生的各种数据进行实时收集。在中间层中,为了对原始数据赋予其因果关系并转换成有用的信息,需对收集的数据进行一次处理,又称“边缘计算”。在此得到的分析、解析的结果将被反馈至生产现场。另外,也会与 IT 系统进行无缝连接。中间层不仅有助于无缝连接,也可优化整个系统。

### E.2.2 功能

中间层的“边缘计算”具有以下功能:

- 生产现场数据的一次处理

制造现场采集的数据十分庞大,若将全部数据送到云端上作处理,常会发生通信负荷和响应性能恶化的问题。因此在数据分析时,有必要对重要数据进行过滤,进而能改善负荷集中的问题。另外,对数据做关联性处理、对控制数据做时间排序等,使数据的分析更容易。

- 生产现场数据的分析和改善

对制造现场进行数据分析时,需要各种专业技术。能够在生产现场快速分析所采集的数据,将有助于实现生产现场的改善。

- 专有技术的保护

利用云技术将制造现场的数据上传到云端,无法确保专业技术的保密性。通过边缘计算,对数据进行一次处理,可降低生产现场的专业技术流出的可能性。

### E.2.3 实施

中间层的“边缘计算”方案的实施及系统构成可参见图 E.2。在系统中增加用于边缘计算的关键部件 FA-IT 信息协同处理模块即可实现。

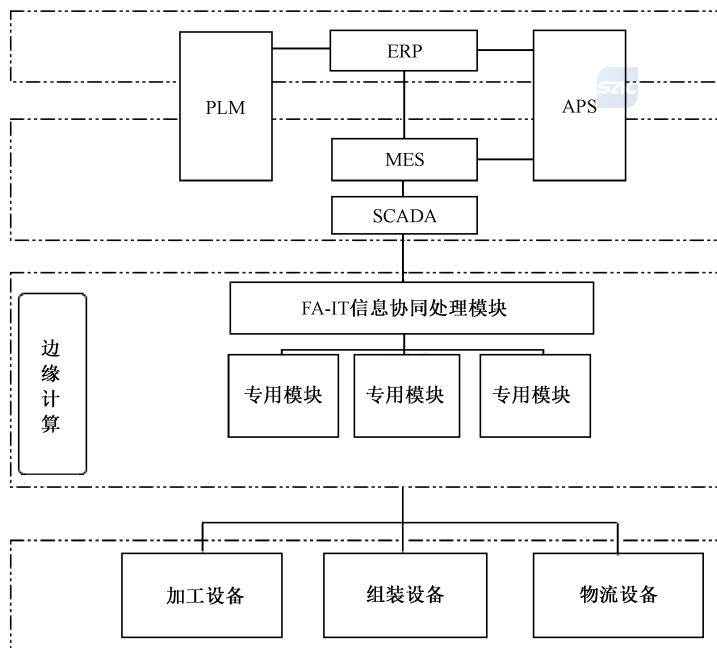


图 E.2 边缘计算方案实施及系统构成示意图

## E.2.4 要求

为了实现以上的实施方案,对整个系统有以下基本要求:

通信上需要采用满足高速、大容量通信的开放式现场总线。采用可实现多种硬件、软件与网络、阶层、设备的无缝连接的通信协议。另外,为了满足中间层的信息处理要求,需采用编写便捷可实现传输、数据收集功能的信息协同处理模块。

## E.3 案例

### E.3.1 产品生产状态监测与反馈

以贴片机运行管理系统为例,如图 E.3 所示。通过运用相关信息协同处理模块,实时收集贴片机的生产、运行、品质信息,并结合传感器收集的基板数量,赋予其产品关联性,写入信息系统数据库。通过边缘计算分析贴片机运行数据、零部件层面的不良数据等,最终将贴片不良问题反馈至产品设计阶段,进而降低不良率,优化产品生产。

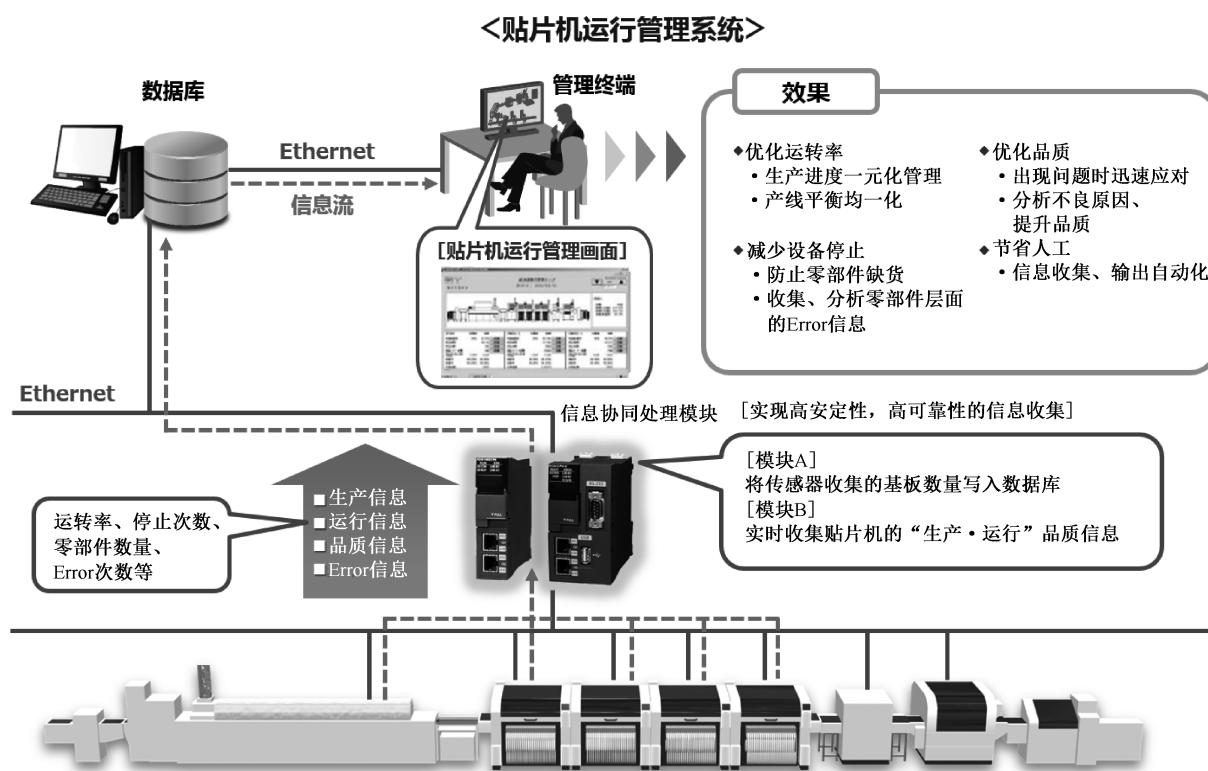


图 E.3 贴片机运行管理系统示例

### E.3.2 设备状态监测与反馈

以伺服电机机械诊断功能的运用为例,如图 E.4 所示。通过收集与伺服电机相连的机械部件的振动、摩擦等相关数据,实现设备状态监视。进一步通过对数据的实时分析诊断,当出现异常波形时,早期停机检修,减少因设备故障停机带来的损失。

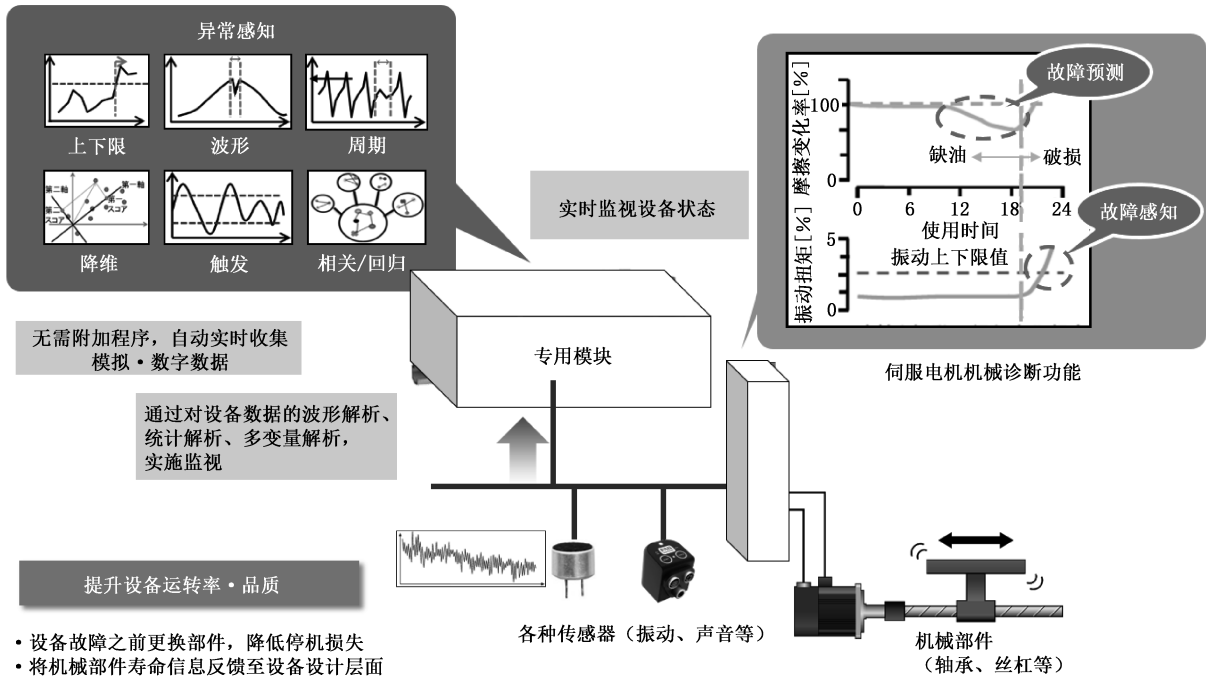


图 E.4 伺服电机机械诊断功能运用示例

参 考 文 献

- [1] GB/T 3358.2—2010 统计学词汇及符号 第2部分:应用统计
  - [2] GB/T 19000—2016 质量管理体系 基础和术语
  - [3] GB/T 25486—2010 网络化制造技术术语
  - [4] GB/T 29308—2012 核电厂安全重要仪表和控制系统老化管理要求
  - [5] ISO 12100 Safety of machinery—General principles for design—Risk assessment and risk reduction
  - [6] ISO 13849 Safety of machinery—Safety-related parts of control systems
  - [7] IEC 60204 Safety of machinery—Electrical equipment of machines
  - [8] IEC 61508 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
  - [9] IEC 62061 Safety of machinery—Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems
- 

