

ICS 35.240.50  
CCS L 67



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 40647—2021

---

## 智能制造 系统架构

Intelligent manufacturing—System architecture

2021-10-11 发布

2022-05-01 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 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 智能制造系统架构 .....	1
4.1 总则 .....	1
4.2 生命周期维度 .....	2
4.3 系统层级维度 .....	4
4.4 智能特征维度 .....	5
附录 A (资料性) 智能制造系统架构使用示例 .....	7
附录 B (资料性) 生命周期维度与系统层级维度之间的关系 .....	12
附录 C (资料性) 生命周期维度与智能功能维度之间的关系 .....	18
附录 D (资料性) 不同利益相关方对智能制造系统架构的使用 .....	20
参考文献 .....	22

## 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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件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)和全国信息技术标准化技术委员会(SAC/TC 28)归口。

本文件起草单位：中国电子技术标准化研究院、机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、哈尔滨工业大学、东北大学、无锡物联网产业研究院、深圳赛西信息技术有限公司、中车工业研究院有限公司、中船第九设计研究院工程有限公司、施耐德电气(中国)有限公司、西安航天自动化股份有限公司、三菱电机自动化(中国)有限公司、重庆邮电大学、机械工业第六设计研究院有限公司、苏州智享爱盖亚科技有限公司、江苏金陵智造研究院有限公司、菲尼克斯(中国)投资有限公司、北京卓易智慧科技服务有限责任公司、安尼梅森(北京)数码科技有限公司、中信戴卡股份有限公司、宝武装备智能科技有限公司、联想(北京)有限公司、青岛海尔工业智能研究院有限公司、沈阳鸿宇科技有限公司、智能云科信息科技有限公司、中化国际(控股)股份有限公司。

本文件主要起草人：韦莎、纪婷钰、廖胜蓝、张晖、郭楠、马原野、程雨航、李瑞琪、何宏宏、丁露、柳晓菁、闫纪红、郭超众、张晓玲、李建慧、孙万源、钱维林、余晖、陈小松、刘昱、郑舒阳、彭飞、熊冠楚、郑鹏飞、邱思明、黄咏、阎新华、杨会甲、张建奇、高山青、张焱、魏旻、刘岩、金星、李茂盛、洪鹏、赵抢抢、潘学龙、王健、王书强、陈向阳、黄亮、朱献忠、李麒、汪子颀、陶宏芝、王勇、孙能林、高国平、白欧、顾涛、解旭东。

# 智能制造 系统架构

## 1 范围

本文件规定了智能制造系统架构的生命周期、系统层级和智能特征三个维度。  
本文件适用于机构开展智能制造的研究、规划、实施、评估和维护等。

## 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### **智能制造 intelligent manufacturing**

通过综合和智能地利用信息空间、物理空间的过程和资源,贯穿于设计、生产、物流、销售、服务等活动的各个环节,具有自感知、自决策、自执行、自学习、自优化等功能,创造、交付产品和服务的新型制造。

### 3.2

#### **生命周期 lifecycle**

从产品原型研发开始到产品回收再制造的所有阶段。

### 3.3

#### **系统层级 system hierarchy**

与企业生产相关的组织结构的层级划分。

### 3.4

#### **智能特征 intelligent characteristics**

制造活动具有的自感知、自决策、自执行、自学习、自适应之类功能的表征。

## 4 智能制造系统架构

### 4.1 总则

智能制造系统架构从生命周期、系统层级和智能特征三个维度给出智能制造的对象及其之间的关系,每个维度包含 5 个主要组成部分。图 1 给出该架构的三维结构。

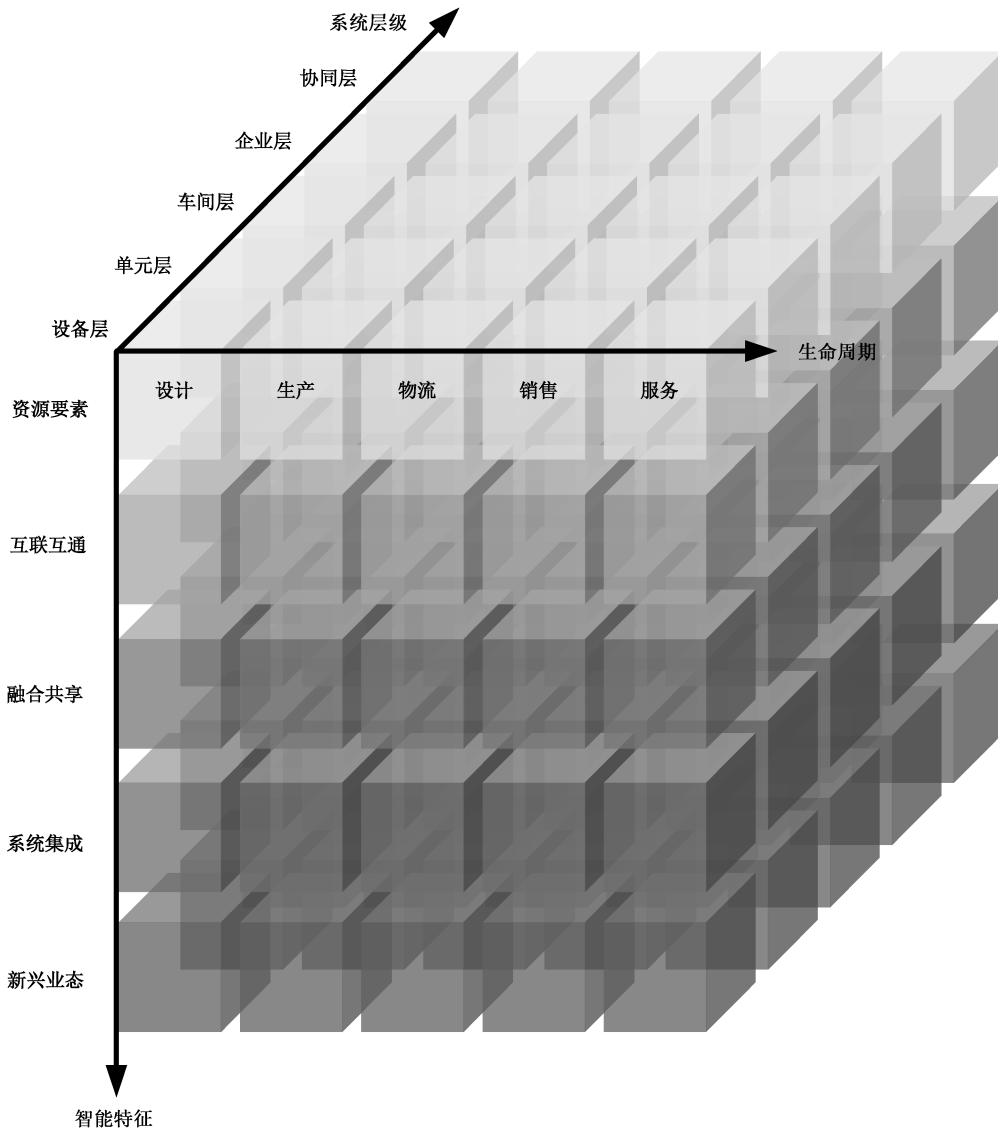


图 1 智能制造系统架构

生命周期维度由设计、生产、物流、销售、服务组成。

注 1：生命周期包含产品、制造系统和工厂的生命周期。不同行业、不同类型的企业的产品的生命周期构成有所不同、活动先后顺序可能会有差别。有些产品并不涉及完整的生命周期。

系统层级维度由设备层、单元层、车间层、企业层和协同层组成。

注 2：系统层级根据企业生产活动的功能层次进行划分，不同类型的行业的功能相近的层次其实际物理位置的映射可能不同。

智能特征维度由资源要素、互联互通、融合共享、系统集成和新兴业态组成。

智能制造系统架构使用示例见附录 A，生命周期维度与系统层级维度之间的关系见附录 B，生命周期维度与智能功能维度之间的关系见附录 C，不同利益相关方对智能制造系统架构的解读/使用见附录 D。

## 4.2 生命周期维度

### 4.2.1 设计

设计是指根据企业的所有约束条件以及所选择的技术对需求进行实现和优化的过程。设计一般

包括：

- a) 产品需求分析；
- b) 产品企划；
- c) 外观与产品设计；
- d) 工艺设计；
- e) 系统测试规划；
- f) 试验验证；
- g) 最终设计；
- h) 最终试验；
- i) 设计定型。

注：上述过程对新产品设计、生产系统设计均适用。宜使用产品数据管理、产品生命周期管理、模拟仿真实现设计过程。在设计过程中可接受如生产、服务等阶段对设计的反馈，并在设计过程中及时调整改进。

示例：在流程制造行业中，设计是指根据企业的所有约束条件以及所选择的技术对需求进行构造、仿真、验证、优化等研发活动过程。可包括需求分析、概念定义、规划设计、质检规划、试验验证、辅助制造、设计与制造集成等业务活动，并同相应数字化工具、信息系统相结合的完整过程，流程行业中设计阶段测试验证主要采用模拟仿真方法。

#### 4.2.2 生产

生产是指通过将物料进行加工、运送、装配、检验等活动创造产品的过程。生产一般包括：

- a) 设备安装调试；
- b) 加工；
- c) 装配；
- d) 运送；
- e) 检验。

示例：通过计划排产、质量管理、能源管理等生产管理方法，联合自主控制系统实现生产过程。可利用智能制造装备、实时数据采集、大数据分析等技术手段实现对生产现场的透明管控，质量问题的优化分析，生产过程的智能调度等；利用检测技术、全流程控制技术是实现生产过程的优化运行。

#### 4.2.3 物流

物流是指物品从供应地向接收地的实体流动过程。物流一般包括：

- a) 运输；
- b) 储存；
- c) 装卸搬运；
- d) 包装；
- e) 配送。

示例：使用自动导引运输车、智能货架等设备以及仓储管理软件、物流管理软件、物流仿真软件实现物流过程。

#### 4.2.4 销售

销售是指产品或商品等从企业转移到客户手中的经营活动。销售包括：

- a) 市场需求分析；
- b) 市场推广；
- c) 客户挖掘；
- d) 订单跟踪；
- e) 客户回访。

示例：使用客户关系管理软件支持销售过程，可采用大数据分析，精准营销等信息技术优化产品的销售活动。

#### 4.2.5 服务

服务是指产品提供者与客户接触过程中所产生的一系列活动的过程及其结果。服务一般包括：

- a) 客户培训；
- b) 产品维护；
- c) 配件管理；
- d) 返厂维修；
- e) 报废回收。

示例：对智能装备、产品开展远程运维服务，并收集产品在使用中的实时数据，开展故障诊断、预测性维护等业务，同时用以优化产品的设计过程。

### 4.3 系统层级维度

#### 4.3.1 设备层

设备层是指企业利用传感器、仪器仪表、机器、装置等，实现实际物理流程并感知和操控物理流程的层级，是其以上所有层级的基础。该层级的实际物理位置的映射一般为：流程型行业为设备单体，离散型行业为单机、单体装置。层级功能是生产过程的传感和操纵。

实现其功能的应用装置或系统一般包括：

- a) 输入装置：传感器、仪表、编码识别、信号转换；
- b) 输出装置：执行机构、驱动器、状态指示；
- c) 输入输出混合装置：人机界面。

#### 4.3.2 单元层

单元层是指用于企业内处理信息、实现监测和控制物理流程的层级，通过工业计算机控制系统实现功能，是其以上所有层级的基础。层级功能是生产过程的监控和自动控制。

实现其功能的应用系统一般包括：

- a) 可编程逻辑控制系统(器)；
- b) 数据采集与监视系统和分布式控制系统；
- c) 现场总线控制系统。

注 1：IEC 62264-1 中根据行业和功能不同，分为流程型、离散型、批处理、物流仓储 4 类，其逻辑层次相近，实际物理位置的映射不同。

注 2：列举的应用系统的功能可能有所交叉重叠。

注 3：在信息技术(IT)视角，该层级为边缘计算提供物理基础，边缘计算处于物理实体(设备层)和工业网络连接之间，或处于物理实体的顶端。

#### 4.3.3 车间层

车间层是指实现面向工厂或车间的生产管理的层级，是连接相邻层级的接口层级。层级功能是为生产预期最终产品进行工作流程及方法控制。包括保持记录并优化生产过程、分派生产、详细生产调度、可靠性保证等。

实现其功能的应用系统一般包括：

- a) 生产制造执行系统；
- b) 物流仓储管理系统；
- c) 人员、设备、资源及环境管理系统；
- d) 车间监控可视化系统。

注：列举的应用系统的功能可能有所交叉重叠。

#### 4.3.4 企业层

企业层是实现面向企业经营管理的层级,是其下部层级的信息转化为商业运营活动的层级。层级功能一般是财务会计、市场营销、生产运作、人力资源、企业研发与采购管理。

实现其功能的应用系统一般包括:

- a) 设计研发方面:计算机辅助工程和制造系统、信息知识库系统;
- b) 生产运营方面:企业资源计划管理系统、产品全生命周期管理系统、办公自动化系统;
- c) 采购物流方面:供应链管理系统;
- d) 销售和服务方面:客户关系管理系统;
- e) 财务与人力资源方面:财务、人力资源管理系统;
- f) 可视化方面:商业智能和企业可视化系统。

注：列举的应用系统的功能可能有所交叉重叠。

#### 4.3.5 协同层

协同层是企业实现其外部信息互联和共享,实现跨企业间业务协同的层级,层级功能是其下部层级的信息通过企业外部网络活动实现互联互通的层级。

实现其功能的应用系统一般包括:

- a) 设计协同;
- b) 生产协同;
- c) 供应链协同;
- d) 销售协同。

### 4.4 智能特征维度

#### 4.4.1 资源要素

资源要素是指企业从事生产时所需要使用的资源或工具,应包括智能制造过程中涉及的所有的物理实体和信息对象。

物理实体包括人员、设备、原料、产品、能源等。

信息对象包括设计、生产、物流、销售、服务等过程中产生的所有数据。

#### 4.4.2 互联互通

互联互通是指通过有线或无线通信网络、规范化通信协议与接口,实现资源要素之间以及企业之间的数据传递与参数语义互换的层级,包括工厂内和工厂外两种互联互通类别。

互联可以是某一个工厂内部生产现场的资源要素和信息管理等系统间的网络连接与数据传输(工厂内互联),也可以是企业上下游间、企业与用户、企业与产品间的网络连接与数据传输(工厂外互联)。

互通是指建立数据的结构和规范,使资源要素间以及企业之间传递的数据和信息能够被正确/准确理解和利用,使得异构数据在参数语义层面能够互换。

#### 4.4.3 融合共享

融合共享是指在互联互通的基础上,利用云计算、大数据等新一代信息通信技术,基于信息标准化和规范化,实现信息协同共享的层级。

融合是指综合多源智能制造信息,通过数据存储、数据清洗、数据转换等多级多层面的处理,以得到精确的对象状态估计,完整、及时的对象属性、态势和影响估计,使不同设备、不同信息系统之间实现融



合目标。

共享是在融合基础上,结合分布式协同等先进技术实现智能制造数据、信息、知识的交流与共用。

融合共享的前提是互联互通,融合共享为系统集成层级提供可靠的数据信息资源。融合共享贯穿于智能制造全生命周期管理的全流程,同时为系统层级各阶段提供必要的的数据信息资源支撑。

#### 4.4.4 系统集成

系统集成是指企业实现智能制造过程中的智能装备、智能生产单元、智能生产线、数字化车间、智能工厂之间,以及智能制造系统等不同功能系统之间的数据交换和功能互联,为企业提供基础的信息集成、应用集成、过程集成和商业集成服务。智能制造涉及贯穿企业设备层、单元层、车间层、工厂层、协同层不同层面的纵向集成,跨资源要素、互联互通、融合共享、系统集成和新兴业态不同级别的横向集成,以及覆盖设计、生产、物流、销售、服务的端到端集成。

系统集成层级涵盖了系统层级维度,为系统层级中车间层、企业层以及协同层等的集成提供技术支撑;同时,系统集成层级为智能制造全生命周期管理(生命周期维度)提供系统化平台。

#### 4.4.5 新兴业态

新兴业态是企业为形成新型产业形态进行企业间价值链整合的层级。包括但不限于以下三种模式:

- a) 大规模个性化定制,是指通过新一代信息技术和柔性制造技术,以模块化设计为基础,以接近大批量生产的效率和成本满足客户个性化需求的服务模式;
- b) 运维服务,是指通过对设备(系统)的状态远程监测和健康诊断,实现对复杂系统快速、及时、正确诊断和维护,全面分析设备现场实际使用运行状况,为设备(系统)设计及制造工艺改进等后续产品的持续优化提供支撑的服务模式;
- c) 网络协同制造,是指基于网络化制造资源协同云平台,构建面向特定需求的基于网络的制造系统,突破空间对企业生产经营范围和方式的约束,实现资源优化配置的服务模式。

## 附录 A

(资料性)

## 智能制造系统架构使用示例

智能制造系统架构通过三个维度展示了智能制造的全貌。为更好的解读和理解系统架构,以计算机辅助设计(CAD)、工业机器人和工业网络为例,分别从点、线、面三个方面诠释智能制造重点领域在系统架构中所处的位置。已发布的主要相关标准见表 A.1。

表 A.1 计算机辅助设计(CAD)、工业机器人和工业网络已发布的主要相关标准

标准分类	标准号	标准名称
已发布的 CAD 标准	GB/T 14665—2012	机械工程 CAD 制图规则
	GB/T 17304—2009	CAD 通用技术规范
	GB/T 18784—2002	CAD/CAM 数据质量
	GB/T 18784.2—2005	CAD/CAM 数据质量保证方法
	GB/T 24734—2009(所有部分)	技术产品文件 数字化产品定义数据通则
已发布的工业机器人标准	GB 11291.1—2011	工业环境用机器人 安全要求 第 1 部分:机器人
	GB 11291.2—2013	机器人与机器人装备 工业机器人的安全要求 第 2 部分:机器人系统与集成
	GB/T 19399—2003	工业机器人 编程和操作图形用户接口
	GB/Z 20869—2007	工业机器人 用于机器人的中间代码
	GB/T 29825—2013	机器人通信总线协议
	GB/T 32197—2015	机器人控制器开放式通信接口规范
	GB/T 33266—2016	模块化机器人高速通用通信总线性能
	GB/T 33267—2016	机器人仿真开发环境接口
已发布的工业网络标准	GB/T 19582—2008(所有部分)	基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范
	GB/T 19760—2008(所有部分)	CC-Link 控制与通信网络规范
	GB/T 20171—2006	用于工业测量与控制系统的 EPA 系统结构与通信规范
	GB/T 25105—2014(所有部分)	工业通信网络 现场总线规范 类型 10:PROFINET IO 规范
	GB/Z 26157—2010	测量和控制数字数据通信 工业控制系统用现场总线 类型 2: ControlNet 和 EtherNet/IP 规范
	GB/T 26790.1—2011	工业无线网络 WIA 规范 第 1 部分:用于过程自动化的 WIA 系统结构与通信规范
	GB/T 27960—2011	以太网 POWERLINK 通信行规规范
	GB/T 29910—2013(所有部分)	工业通信网络 现场总线规范 类型 20:HART 规范
	GB/T 31230—2014(所有部分)	工业以太网现场总线 EtherCAT

CAD 位于智能制造系统架构生命周期维度的设计环节、系统层级的企业层,以及智能特征维度的融合共享,见图 A.1。

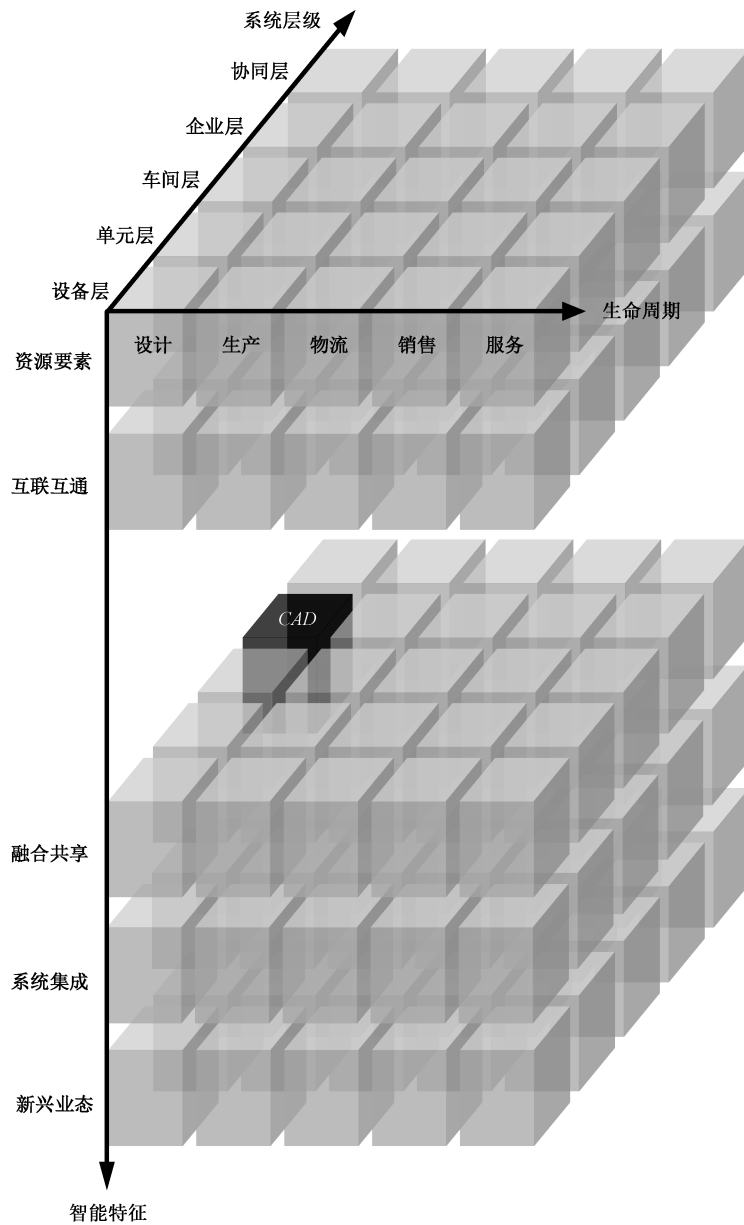


图 A.1 CAD 在智能制造系统架构中的位置

目前,CAD 正逐渐从传统的桌面软件向云服务平台过渡。下一步,结合 CAD 的云端化、基于模型定义(MBD)以及基于模型生产(MBM)等技术发展趋势,将制定新的 CAD 标准。CAD 在智能制造系统架构中的位置相应会发生变化,见图 A.2。

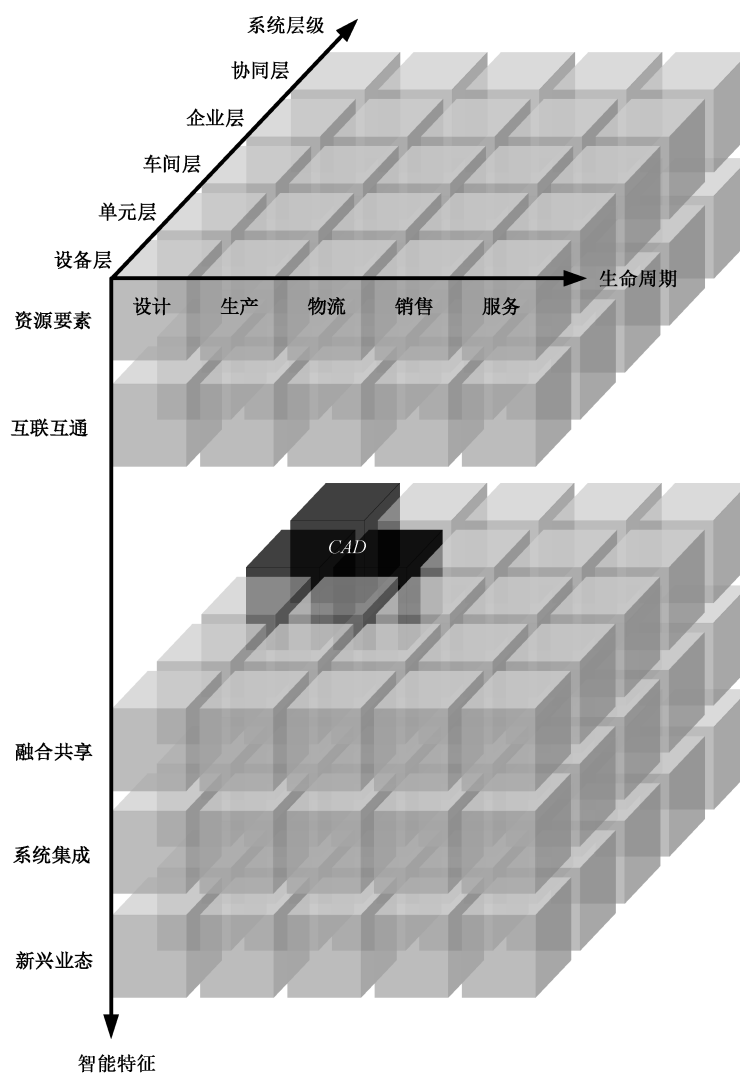


图 A.2 CAD 在智能制造系统架构中的位置变化

工业机器人位于智能制造系统架构生命周期的生产和物流环节、系统层级的设备层级和单元层级，以及智能特征的资源要素，见图 A.3。

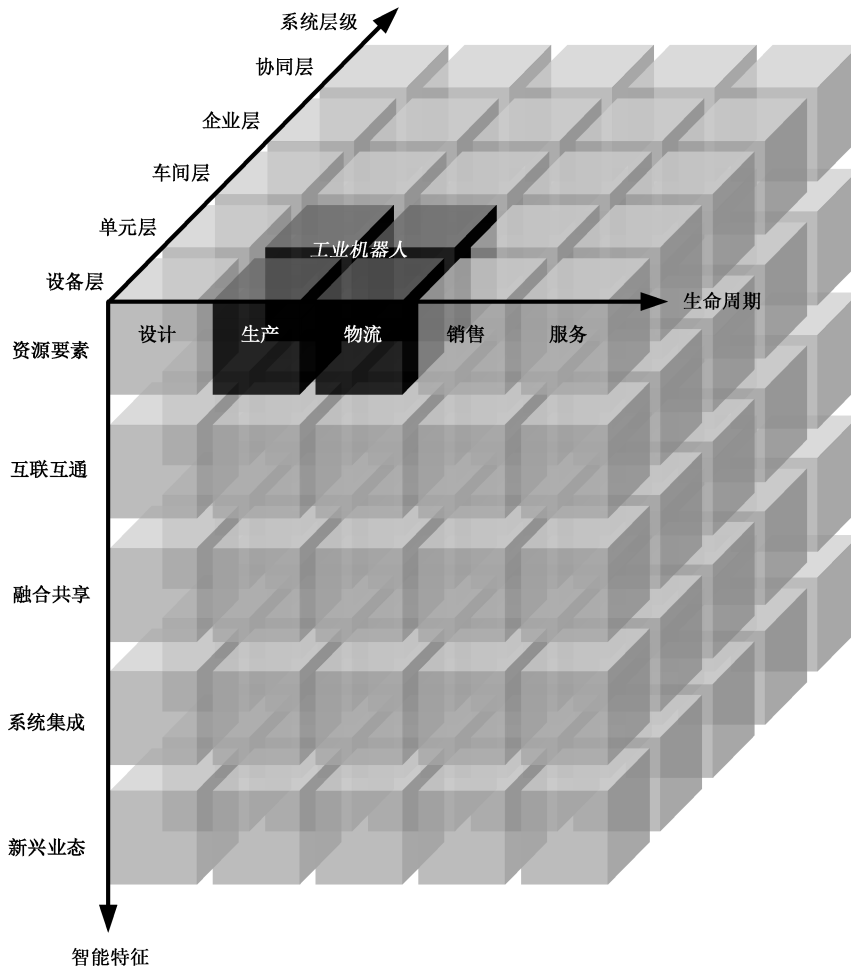


图 A.3 工业机器人在智能制造系统架构中的位置

工业网络主要对应生命周期维度的全过程,系统层级维度的设备、单元、车间和企业,以及智能特征维度的互联互通,见图 A.4。

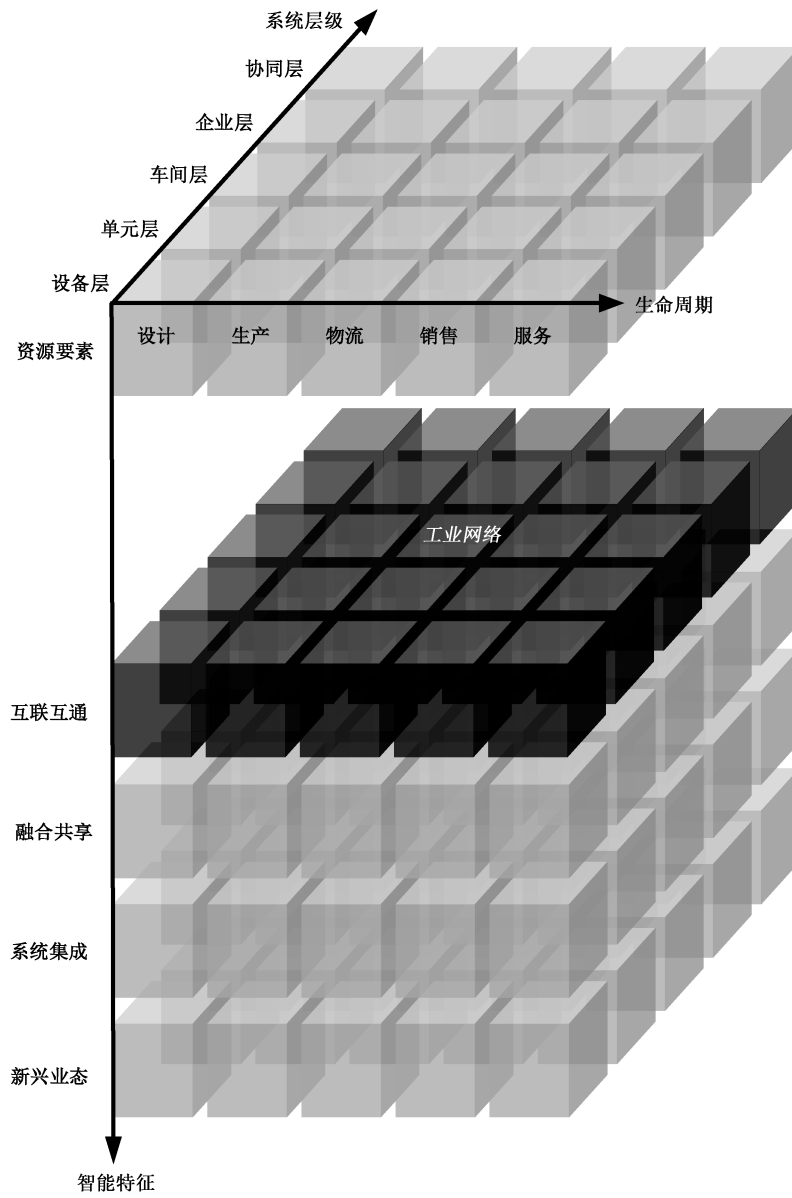


图 A.4 工业网络在智能制造系统架构中的位置

附录 B

(资料性)

生命周期维度与系统层级维度之间的关系

B.1 制造平面

智能制造系统架构的生命周期维度是产品、设备和服务的生命周期。系统层级维度是从现场设备到协同制造的企业层级。这两个维度是制造的过程和基础。智能特征维度体现了数据生命周期，即资源要素、互联互通、融合共享、系统集成和新兴业态对应了数据的产生、采集、传输、分析和应用。为了说明生命周期维度和系统层级维度之间的关系，将智能特征维度映射到生命周期维度和系统层级维度组成的平面上，即将三维的智能制造系统架构压缩为两维的制造平面，并通过企业常用的软硬件系统来说明智能制造与传统制造的区别与联系，见图 B.1。

智能特征维度映射到生命周期维度和系统层级维度组成的平面见图 B.1，即将图 1 三维的智能制造系统架构映射为两维的制造平面。智能制造与传统制造的区别与联系见图 B.1 所列举企业常用的软硬件系统。

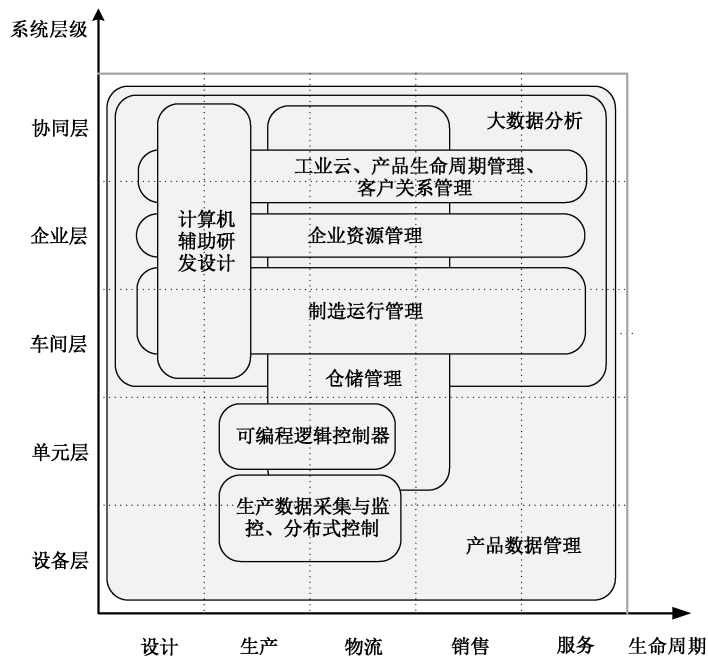


图 B.1 生命周期维度与系统层级维度组成的两维制造平面关键软硬件系统示意图

B.2 工业云

工业云贯穿生命周期维度，处于系统层级维度的企业层和协同层，在制造平面中的位置见图 B.2。企业可利用工业云平台，管理客户、产品、流程、员工和设备等资产，或预测企业未来情况，规避风险。

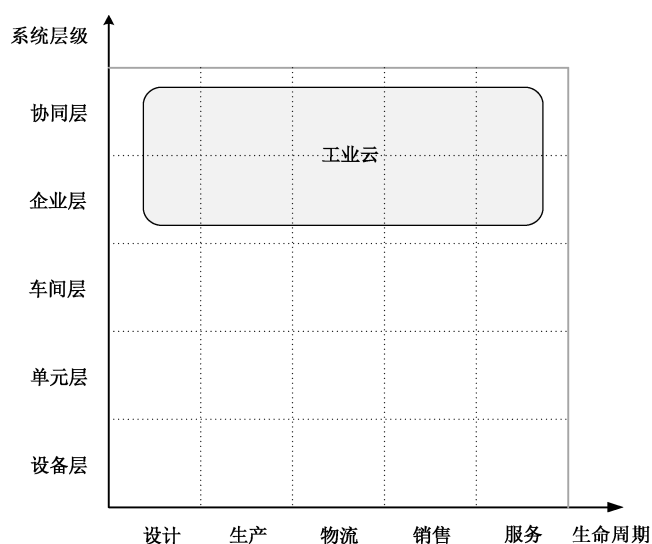


图 B.2 工业云在制造平面中的位置

### B.3 大数据分析

大数据分析贯穿生命周期维度,处于系统层级维度的车间层、企业层和协同层,在制造平面中的位置见图 B.3。企业使用大数据分析实现从海量数据中快速获得有价值的信息,形成经营决策。

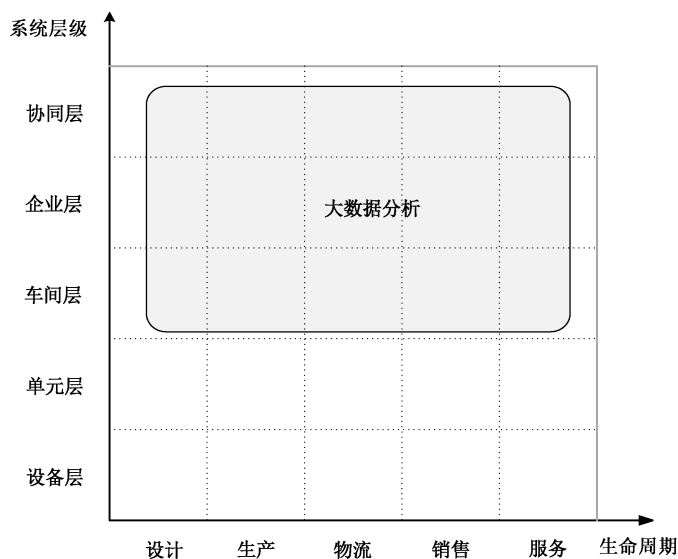


图 B.3 大数据分析在制造平面中的位置

### B.4 客户关系管理

客户关系管理贯穿生命周期维度,处于系统层级维度的企业层和协同层,在制造平面中的位置见图 B.4。企业通过客户关系管理为生产研发、财务金融决策支持,优化业务流程,使企业资源合理利用,为客户提供满意、周到的服务,以提高客户满意度和忠诚度。



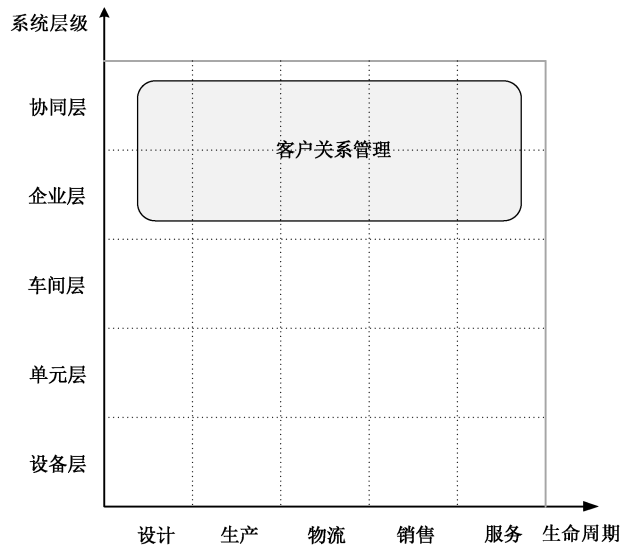


图 B.4 客户关系管理在制造平面中的位置

### B.5 产品生命周期管理

产品生命周期管理贯穿生命周期维度,处于系统层级维度的企业层和协同层。产品生命周期管理在制造平面中的位置见图 B.5。企业使用产品生命周期管理实现对产品从创建到使用,到最终报废等全生命周期的产品数据信息进行管理。

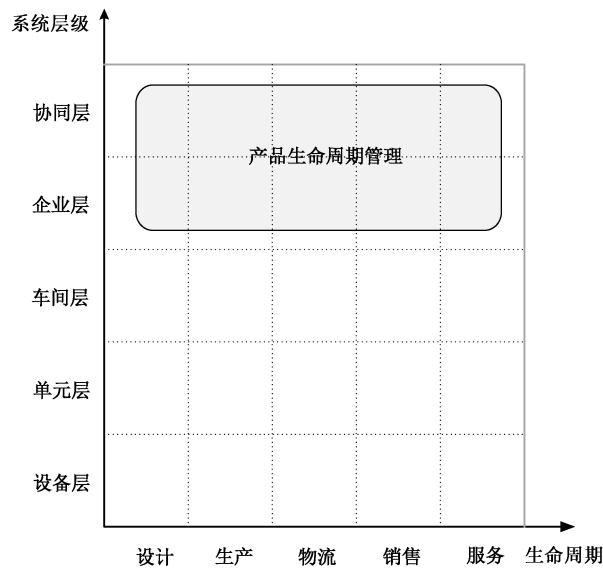


图 B.5 产品生命周期管理在制造平面中的位置

### B.6 产品数据管理

产品数据管理覆盖整个制造平面,在制造平面中的位置见图 B.6。企业通过实施产品数据管理,对并行工程中的人员工具、设备资源、产品数据以及数据生成过程进行全面的的管理。

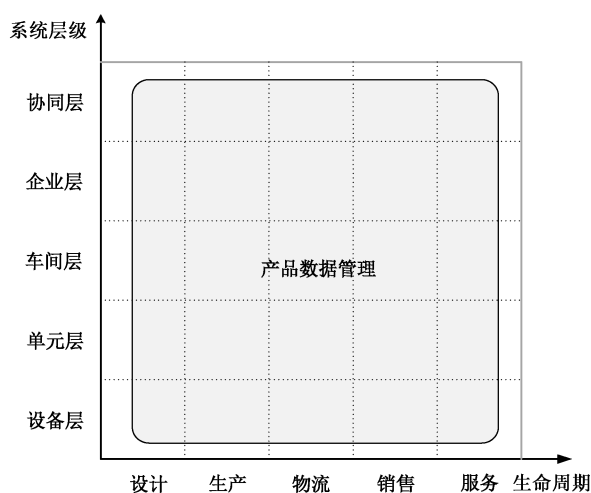


图 B.6 产品数据管理在制造平面中的位置

### B.7 仓储管理

仓储管理处于生命周期维度的生产、物流和销售,系统层级维度的单元层、车间层、企业层和协同层。仓储管理在制造平面中的位置见图 B.7。企业通过入库业务、出库业务、仓库调拨、库存调拨和虚仓管理等功能,实现对批次管理、物料对应、库存盘点、质检管理、虚仓管理和即时库存管理等功能的综合运用。

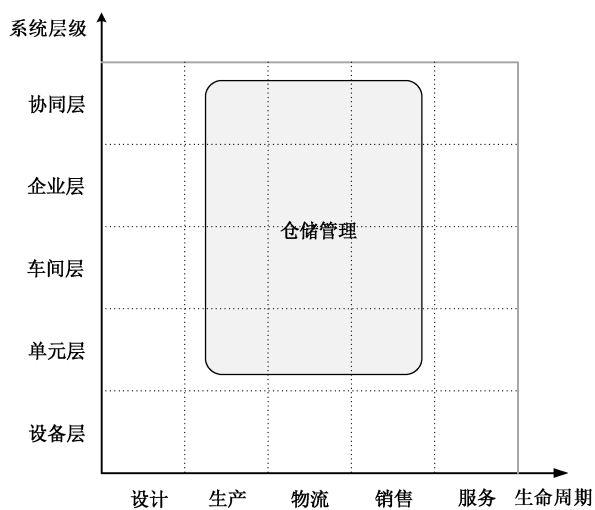


图 B.7 仓储管理在制造平面中的位置

### B.8 企业资源管理

企业资源管理贯穿生命周期维度,处于系统层级维度的企业层。企业资源管理在制造平面中的位置见图 B.8。企业以系统化的管理思想,利用企业资源管理为企业员工及决策层提供决策手段的管理平台。

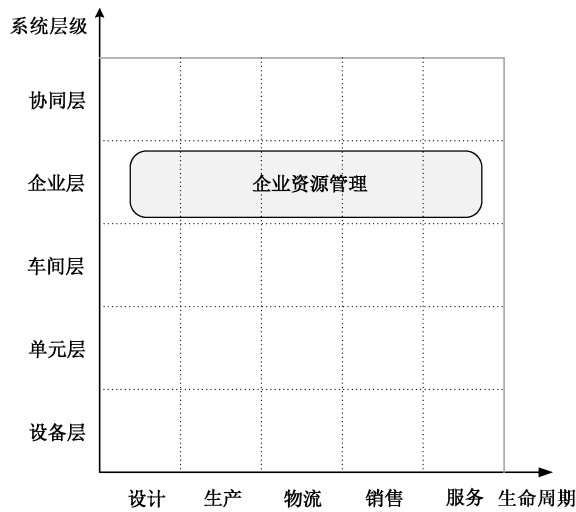


图 B.8 仓储管理在制造平面中的位置

### B.9 制造运营管理

制造运营管理贯穿生命周期维度,处于系统层级维度的车间层和企业层。制造运营管理在制造平面中的位置见图 B.9。企业可通过制造运营管理,协调管理企业的人员、设备、物料和能源等资源,把原材料或零件转化为产品。

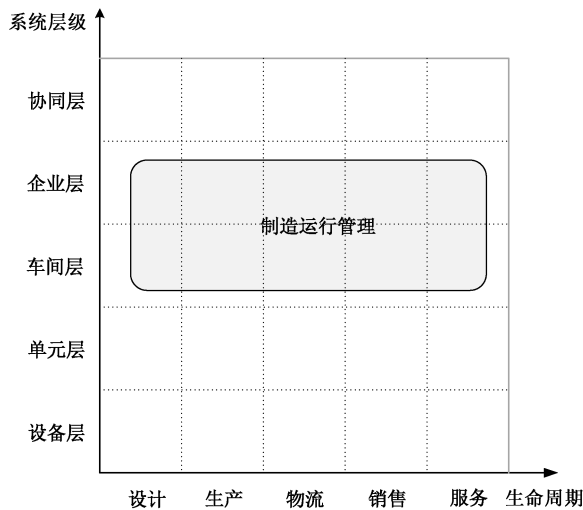


图 B.9 制造运营管理在制造平面中的位置

### B.10 计算机辅助研发设计

计算机辅助研发设计处于生命周期维度的设计和生产,系统层级维度的车间层、企业层和协同层。计算机辅助研发设计在制造平面中的位置见图 B.10。企业使用计算机辅助研发设计获取优化的设计成果和效益。

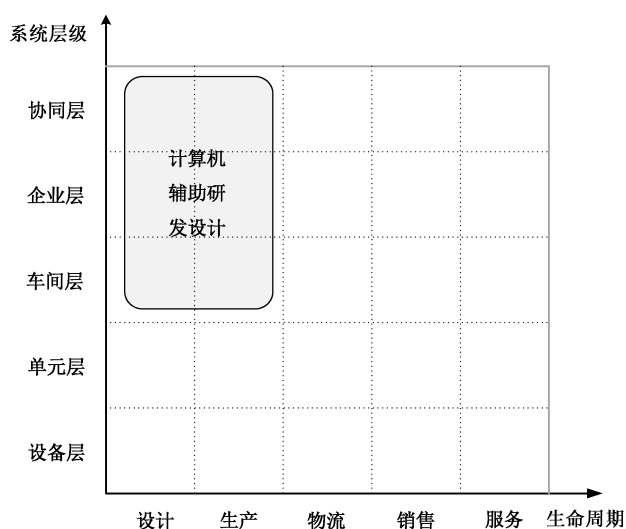


图 B.10 计算机辅助研发设计在制造平面中的位置

### B.11 生产数据采集与监控

生产数据采集与监控处于生命周期维度的生产和物流,系统层级维度的设备层和单元层。生产数据采集与监控在制造平面中的位置见图 B.11。企业通过生产数据采集与监控实现对现场的生产设备和生产过程进行监视和控制。

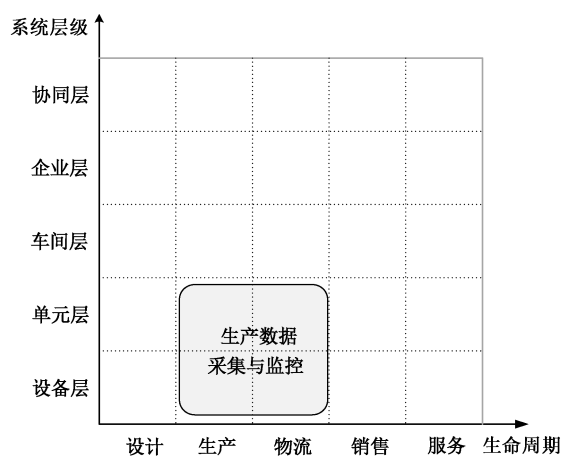


图 B.11 生产数据采集与监控在制造平面中的位置

附录 C

(资料性)

生命周期维度与智能功能维度之间的关系

C.1 智能平面

智能制造系统架构的生命周期维度是产品、设备和服务的生命周期。智能特征维度反映了制造过程的智能化程度,体现了智能制造的客观规律和具象表达。为了说明生命周期维度和智能特征维度之间的关系,将系统层级维度映射到生命周期维度和智能特征维度组成的平面上,即将三维的智能制造系统架构压缩为两维的智能平面,并通过生命周期各环节产生的数据以及对数据的应用来说明智能制造与传统制造的区别与联系。生命周期维度与智能特征维度组成的两维智能平面的数据衍变过程见图 C.1。

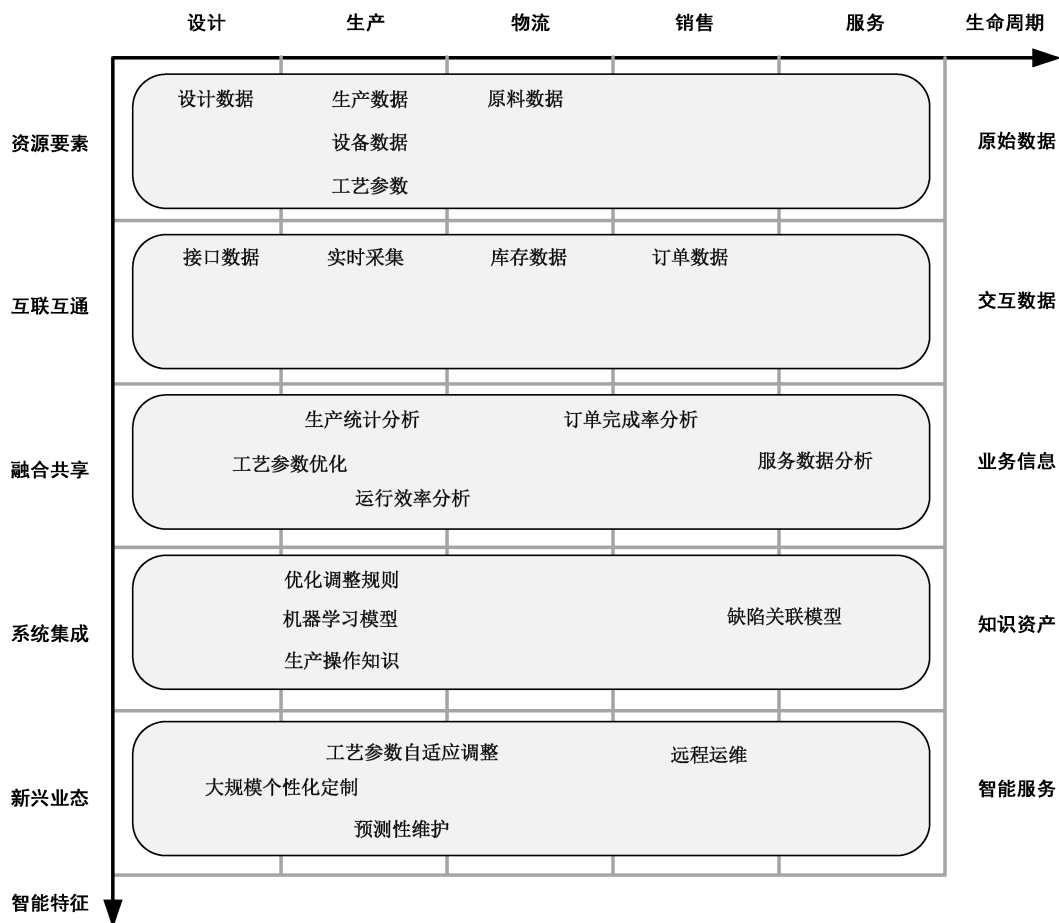


图 C.1 生命周期维度与智能功能维度组成的两维智能平面

C.2 原始数据

原始数据处于智能特征维度的资源要素,贯穿生命周期维度,并在生命周期维度实现从产品设计、原材料供应、生产制造、实物交付到售后服务过程的中数据的客观记录。可包括但不限于设计、生产、物流、销售、服务等过程中产生的数据。

### C.3 交互数据

交互数据处于智能特征维度的互联互通层级,贯穿生命周期维度。交互数据来自于工业现场网络、协议转换、视觉识别、编码识别、人机交互、执行器等系统中,可包含原始数据的转换或计算结果、控制指令等。

### C.4 业务信息

业务信息处于智能特征维度的融合共享层级,贯穿生命周期维度,并在生命周期维度实现对业务需求、设计、制造、销售、服务过程的数据化描述。业务信息来自于对交互数据的存储、清洗、分析和处理过程,可包括生命周期维度各阶段的量化指标,可用于业务绩效的评价和考核。

### C.5 知识资产

知识资产处于智能特征维度的系统集成层级,贯穿生命周期维度,并在生命周期维度建立企业运营各环节的优化体系。在生命周期活动中将单一业务的信息进行系统化的集成,为绩效提供数据分析环境,建立业务信息与知识的关联关系,形成知识库。可包括工业知识、机理模型、专家系统等,可用于优化决策。

### C.6 智能服务

智能服务处于智能特征维度的新兴业态层级,贯穿生命周期维度,并在生命周期维度实现产业链企业间运营活动不同环节的协同。实现知识管理和协同调度,宜支持大规模个性化定制、远程运维、网络协同制造等智能增值服务。

示例:智能平面上的生产维度

从智能制造系统的生产维度分析,在智能平面上可以呈现如下数据衍变过程:

- a) 原始数据:智能制造的生产维度的原始数据包括设计数据、原料数据、生产数据、设备数据、工艺参数等。这些原始数据是智能制造系统最基本的资源要素,原始数据通常来自各种状态的传感器,包括自动采集和人工抄表统计。
- b) 交互数据:来自不同数据源的原始数据,通过自动化和网络系统实现数据汇集和交互。数据交互包括数据转换计算、人机交互、指令执行等。交互数据实现各个系统之间的互联互通,建立智能制造系统的数据分析基础平台。
- c) 业务信息:在智能制造系统的数据分析基础平台上,针对生产过程、工艺参数、订单完成率、设备效率等可以展开各种数据分析,采用统计分析方法,以及大数据分析可以得到包含某一个或多个维度的分析结果,成为可以被各个模块使用的业务信息。业务信息是数据分析的结果,从原始数据中分析得到的业务信息提供给智能制造系统的各个模块,实现融合共享。
- d) 知识资产:通过各子系统的系统集成,采用大数据和机器学习技术,实现对集成数据的进一步深化分析,使生产工艺参数与其他维度之间的关联关系数字化,形成规则和知识,实现决策支持和操作指导。
- e) 智能服务:在业务信息和知识资产的基础上,可实现对工艺参数的自适应调整、预测性维护、远程运维、大规模个性化定制等新兴业态。

## 附 录 D

(资料性)

## 不同利益相关方对智能制造系统架构的使用

## D.1 用户企业

制造系统的使用者专注于生产制造,动态按需使用智能制造系统架构中的各类应用服务,并能实现企业间的协同交互。

制造系统的使用者对智能制造系统架构的使用包括以下方面:

- a) 生命周期维度视角。完成产品整个生命周期的所有生产活动的软、硬件元素,包括设计、制造、维护等相关活动过程中涉及的所有元素;
- b) 系统层级维度视角。关注整个制造系统的所有应用资源的集合,从功能的角度可细分为设计系统、分析系统和管理系统等;
- c) 智能特征维度视角。通过企业资源规划系统(ERP)可以对企业资源进行有效共享与利用的系统。通过信息系统对信息进行充分整理、有效传递,实现企业的资源在购、存、产、销、人、财、物等各个方面的配置与利用。制造执行系统(MES)通过反馈结果来优化生产制造过程的管理业务。

## D.2 设计方

设计方是指能为智能制造系统的使用者提供有针对性的智能制造系统解决方案专项技术咨询、技术配合和项目设计等服务。

在传统模式中,通常设计方仅仅关注自身业务最核心部分的内容,在价值链的某一点上。如某自动化工业设计院的活动集中在在系统架构的设计环节、设备层、资源要素这个坐标点,其活动仅仅提供价值链上单点的增值。

在智能制造模式中,设计方在系统架构中至少关注一个维度的坐标线,即其关注一条完整的价值链。因为组织(企业)间的竞争,不只是某个环节的竞争,而是整个价值链的竞争,而整个价值链的综合竞争力决定企业的竞争力。仍以某自动化工业设计院的活动为例,其将原有的活动扩展到全生命周期,则可以对此价值链的所有环节进行统筹优化,以实现整体的增加价值最大化。如从设计单一业务扩展到、规划、设计、生产制造及服务的 EPC 工程承包等。

设计方以完整维度的视角,价值链整体最优为导向,建立信息技术的统一接口和数据共享标准体系,以连接各环节的数据孤岛,对其活动进行改进和优化,由此将资源要素整合可能产生新兴业态。

设计方对智能制造系统架构的使用包括以下方面:

- a) 生命周期维度视角。关注全生命周期活动的价值增值。在各环节实现通用数据格式的传输,一模多用,建立仿真模型系统。如利用计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)、建筑信息模型(BIM)、产品生命周期管理(PLM)、供应链管理工具(SCM)等;
- b) 关注各相关层级活动的价值增值。实现数据在层级间的共享。如利用制造执行系统(MES)、企业资源规划系统(ERP)等;
- c) 智能功能维度视角。关注资源要素在生命周期和系统层级的活动过程中的价值增值。利用人工智能和大数据平台实现设计的功能,利用标准化和参数化设计数据模型,设计出符合要求的产品。

注:价值链是哈佛大学商学院教授迈克尔·波特于1985年提出的概念,波特认为,“每一个企业都是在设计、生产、销售、发送和辅助其产品的过程中进行种种活动的集合体。所有这些活动可以用一个价值链来表明。”企业的

价值创造是通过一系列活动构成的,这些活动可分为基本活动和辅助活动两类,基本活动包括内部后勤、生产作业、外部后勤、市场和销售、服务等;而辅助活动则包括采购、技术开发、人力资源管理和企业基础设施等。这些互不相同但又相互关联的生产经营活动,构成了一个创造价值的动态过程,即价值链。价值链在经济活动中是无处不在的,上下游关联的企业与企业之间存在行业价值链,企业内部各业务单元的联系构成了企业的价值链,企业内部各业务单元之间也存在着价值链联结。价值链上的每一项价值活动都会对企业最终能够实现多大的价值造成影响。价值链对收益、国际分工以及经营战略具有重大作用。

波特的“价值链”理论揭示,企业与企业的竞争,不只是某个环节的竞争,而是整个价值链的竞争,而整个价值链的综合竞争力决定企业的竞争力。用波特的话来说:“消费者心目中的价值由一连串企业内部物质与技术上的具体活动与利润所构成,当你和其他企业竞争时,其实是内部多项活动在进行竞争,而不是某一项活动的竞争。”

### D.3 系统解决方案供应商

系统解决方案供应商处于相对于智能设备的下游应用端,为制造系统的使用者提供应用解决方案。对现有设备进行升级和联网,提供工业控制、传动、通讯、生产与管理信息等方面的系统设计、系统成套、设备集成及工程总承包(EPC)等服务。

系统解决方案供应商宜建立信息技术的统一接口和数据共享标准体系,以连接各层级的数据孤岛:计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)、建筑信息模型(BIM)、产品生命周期管理(PLM),制造执行系统(MES)、企业资源规划系统(ERP)、供应链管理工具(SCM)等。

系统解决方案供应商对智能制造系统架构的使用包括以下方面:

- a) 生命周期维度视角。信息和数据模型在集成商和分包商以及客户之间有的统一的传输标准和接口;
- b) 系统层级维度视角。实现数据在层级间的共享;
- c) 智能功能维度视角。实现各层级智能特征,产生新的商业模式,成为新型服务提供商。

### D.4 消费者

消费者主要关注生命周期维度的服务,提供各种信息的咨询、培训和售后服务等,同时也包括对系统和资源的使用帮助。



### 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 25488—2010 网络化制造系统集成模型
  - [3] GB/T 26327—2010 企业信息化系统集成实施指南
  - [4] GB/T 31778—2015 数字城市一卡通互联互通 通用技术要求
  - [5] GB/T 33537.2—2017 工业通信网络 现场总线规范 类型 23:CC-Link IE 规范 第2部分:应用层协议规范
  - [6] GB/T 33863—2017(所有部分) OPC 统一架构
  - [7] GB/T 36625.1—2018 智慧城市 数据融合 第1部分:概念模型
  - [8] GB/T 37686—2019 物联网 感知对象信息融合模型
  - [9] GB/T 37723—2019 信息技术 信息设备互连 智能家用电子系统终端统一接入服务平台总体技术要求
  - [10] 工业物联网互联互通白皮书(<http://www.cesi.cn/201809/4334.html>)
  - [11] 工业互联网网络连接白皮书(<http://www.miit.gov.cn/n973401/n5993937/n5993968/c6488070/part/6488075.pdf>)
  - [12] IEC 62264-1:2003 Enterprise-control system integration—Part 1:Models and terminology
  - [13] IEC PAS 63088:2017 Smart manufacturing—Reference architecture model industry 4.0 (RAMI4.0)
-