

智能制造综合标准化专项研究成果丛书

INTELLIGENT MANUFACTURING STANDARDIZATION

智能制造基础共性标准 研究成果（一）

国家智能制造标准化总体组 主编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

智能制造综合标准化专项研究成果丛书

智能制造基础共性标准 研究成果（一）

国家智能制造标准化总体组 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京•BEIJING

内 容 简 介

2015 年开始,工业和信息化部与财政部共同实施了“智能制造综合标准化与新模式应用”专项行动。专项行动包括智能制造综合标准化和新模式应用两部分内容。本系列丛书是 2015 年专项中智能制造综合标准化的部分研究成果。丛书分为三册,其中基础共性标准成果两册,行业应用标准成果一册。

本书是丛书的第一册,收录了 16 项智能制造基础共性标准,是针对智能工厂/数字化车间这一领域的研究成果。本书可供制造业企业、科研院所相关人员参考阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

智能制造基础共性标准研究成果. 一 / 国家智能制造标准化总体组主编. —北京: 电子工业出版社, 2018.12
(智能制造综合标准化专项研究成果丛书)

ISBN 978-7-121-35126-6

I. ①智… II. ①国… III. ①智能制造系统—标准化—研究 IV. ①TH166-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 224615 号

策划编辑: 徐 静 陈韦凯

责任编辑: 陈韦凯 郭穗娟

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 北京天宇星印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 880×1230 1/16 印张: 28.5 字数: 883 千字

版 次: 2018 年 12 月第 1 版

印 次: 2018 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 198.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: chenwk@phei.com.cn。

编委会

指导委员会

主任委员：李 东

副主任委员：尤 政 王瑞华 朱森第

委 员：张荣翰 汪 宏 董景辰 赵 波
 欧阳劲松 徐洪海 张入通 朱恺真
 于海滨 蒙有为 尹天文 石 勇
 孙迎新 余晓江 李 侠 邵柏庆

出版工作委员会

主 编：董景辰

副 主 编：杨建军 王麟琨

参编人员：王春喜 刘 丹 史学玲 丁 露 吴东亚 卓 兰
 张 晖 周 平 郭 楠 范科峰 胡静宜 黎晓东
 王 英 徐建平 张岩涛 徐 鹏 涂 煊 柴 熠
 李翌辉 史海波 王克达 于秀明 赵奉杰 鞠恩民
 于美梅 苗建军 谢兵兵 郝玉成 朱恺真 王 琨
 朱毅明 徐 静

编者按

2015 年开始，工业和信息化部与财政部共同实施了《智能制造综合标准化与新模式应用》专项行动，专项包括智能制造综合标准化和新模式应用两部分内容。本系列丛书是 2015 年专项中智能制造综合标准化的部分研究成果。丛书分为三册，基础共性标准成果两册，行业应用标准成果一册。本书是丛书的第一册，收录了 16 项标准成果，每项成果均按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》的要求进行编写。

此次出版的标准研究成果符合国家标准化委员会与工业和信息化部 2015 年发布的《智能制造标准体系建设指南》。根据专项的考核目标，标准的研究成果是形成标准草案，在此基础上再申报国家标准或者行业标准立项。目前，已有一部分成果完成国家标准或者行业标准的立项，也有不少成果已经在企业中得到应用。

按照工业和信息化部发布的“智能制造综合标准化和新模式管理办法”规定，专项标准的研究过程须经过三次技术审查。审查专家组由该领域的技术专家和标准化专家组成，其中至少包含两名国家智能制造标准化专家咨询组的专家。每次审查会都形成会议纪要、专家审查意见及专家审查意见汇总处理结果。所形成的标准（草案）还必须经过验证，由专项的项目承担单位建设验证平台，并在一个以上的企业现场创建验证环境（2016 年以后要求在三个以上的企业现场搭建验证环境）。通过举证、平台、现场三种验证方式，使验证覆盖标准（草案）的全部内容，从而保证了标准（草案）有较好的完整性、准确性和可操作性。

智能制造标准的特点是综合性非常强，不但在内容上要将设计、制造、通信、软件、管理等多个领域的技术融合在一起，而且还要进行全面的验证，所以技术难度是很大的。这也是对标准化工作一个新的挑战。感谢专项的承担单位、参研单位和众多的技术专家，付出了巨大的努力，克服了很多困难，最终取得了较好的成果。

希望本丛书的出版能对业界推进企业智能制造转型升级有所帮助，并希望大家对丛书的内容提出宝贵的意见。

《智能制造综合标准化专项研究成果丛书》编委会

2018 年 9 月

目 录

成果一 智能制造 系统架构	1
引言	2
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 缩略语	5
5 智能制造的系统架构	6
6 系统架构三维度之间的关系	10
附录 A（资料性附录）智能制造系统架构使用示例	14
附录 B（资料性附录）已发布、制定中的智能制造基础共性标准和关键技术标准 在智能制造系统架构中的位置	17
附录 C（资料性附录）系统架构应用案例一：离散型制造企业	29
附录 D（资料性附录）系统架构应用案例二：流程型制造企业	37
附录 E（资料性附录）系统架构应用案例三：混合型制造企业	40
参考文献	46
成果二 智能工厂通用技术要求	47
引言	48
1 范围	49
2 规范性引用文件	49
3 术语和定义	49
4 缩略语	52
5 总则	52
6 智能设计	54
7 智能生产	56
8 智能服务	59
9 智能管理	61
10 系统集成	62

成果三 数字化车间 术语和定义67

引言68

1 范围69

2 规范性引用文件69

3 通用术语69

4 基础设施类术语73

5 功能类术语75

6 系统集成类术语82

成果四 数字化车间 通用技术要求85

引言86

1 范围87

2 规范性引用文件87

3 术语和定义87

4 缩略语90

5 体系结构90

6 基本要求92

7 基础层数字化要求93

8 工艺设计数字化要求93

9 车间信息交互94

10 制造运行管理数字化要求94

附录 A（资料性附录）典型电气产品数字化车间应用案例104

附录 B（资料性附录）数字化车间合理化生产线设计案例111

附录 C（资料性附录）数字化制造设备典型配置与功能114

附录 D（资料性附录）数字化车间的安全管理示例122

附录 E（资料性附录）数字化车间信息处理案例125

成果五 基于 OPC UA 的数字化车间互联网络架构129

引言130

1 范围131

2 规范性引用文件131

3 术语、定义和缩略语131

4 数字化车间互联网络层次结构133

5 数字化车间互联网络信息流134

6 基于 OPC UA 的数字化车间互联网络架构136

附录 A（资料性附录） OPC UA 协议规范与技术概述	142
附录 B（资料性附录） OPC UA 开发实现	147
附录 C（资料性附录） OPC UA 的兼容性	154
参考文献	158
成果六 工业控制网络通用技术要求 有线网络	159
引言	160
1 范围	161
2 规范性引用文件	161
3 术语、定义和缩略语	162
4 概要	163
5 工业控制网络设备通信质量保障性要求	163
6 工业控制网络通信性能要求	164
7 工业控制网络功能要求	166
附录 A（资料性附录） 常用工业控制网络	169
附录 B（规范性附录） 工业控制设备常用 EMC 检测项要求及相关标准	170
附录 C（资料性附录） 工业控制信息安全常用标准	171
附录 D（资料性附录） PROFINET 网络性能设计示例	172
成果七 智能制造测控装备分类和编码	175
引言	176
1 范围	177
2 规范性引用文件	177
3 术语和定义	177
4 分类基本原则	177
5 测控装备的分类方法	178
6 测控装备分类编码	180
附录 A（规范性附录） 智能制造测控装备的分类代码表	182
附录 B（资料性附录） 最终控制元件代码对照表	194
参考文献	196
成果八 智能制造测量装备 语义化描述和数据字典 通用要求	197
引言	198
1 范围	199

2 规范性引用文件	199
3 术语、定义和缩略语	199
4 属性列表的结构元素和结构概念	205
5 属性列表的类型	210
6 结构和事务数据	230
7 语义化描述	233
附录 A（规范性附录） 属性列表的概念模型	234
附录 B（资料性附录） LOP 的用法	237
附录 C（资料性附录） 用于工程的实例	244
附录 D（资料性附录） 资源描述框架示例	249

成果九 制造装备集成信息模型 第 1 部分：通用建模规则	251
引言	252
1 范围	253
2 术语、定义和缩略语	253
3 总则	255
4 信息模型定义	258
5 数据类型	265
6 制造装备信息模型统一描述	266
附录 A（规范性附录） 数据类型索引号	276
附录 B（资料性附录） 基于 OPC UA 的信息模型的使用方法	277
附录 C（资料性附录） 贴片机信息模型	280
参考文献	286

成果十 制造装备集成信息模型 第 2 部分：数控机床信息模型	287
引言	288
1 范围	289
2 规范性引用文件	289
3 术语、定义和缩略语	289
4 数控机床信息模型架构	290
5 数控机床信息模型组成	291
6 属性与属性元素	307
7 属性的类型	309
参考文献	313

成果十一 制造装备集成信息模型 第3部分：工业机器人信息模型315

 引言.....316

 1 范围.....317

 2 规范性引用文件.....317

 3 术语、定义和缩略语.....317

 4 工业机器人信息模型架构.....318

 5 工业机器人信息模型组成.....320

 6 属性与属性元素.....348

 7 属性的类型.....350

 附录 A（资料性附录） 连杆型工业机器人工作空间描述.....354

 附录 B（资料性附录） 基于工业机器人信息模型的运动学建模过程描述.....355

 附录 C（资料性附录） 基于工业机器人信息模型的动力学建模过程描述.....357

 附录 D（规范性附录） 基于 OPC UA 的工业机器人信息模型集成方法.....358

 参考文献.....361

成果十二 用于数字化车间生产的射频识别（RFID）系统通用技术要求363

 引言.....364

 1 范围.....365

 2 规范性引用文件.....365

 3 术语和定义.....365

 4 系统组成.....366

 5 RFID 标签要求.....367

 6 RFID 读写器要求.....369

 7 数据采集接口.....372

 8 数据管理平台.....376

 9 数字化车间应用系统.....377

 附录 A（资料性附录） 用于数字化车间的 RFID 系统应用场景.....378

成果十三 用于数字化车间生产的二维码系统通用技术要求381

 引言.....382

 1 范围.....383

 2 规范性引用文件.....383

 3 术语和定义.....383

 4 系统组成.....383

5 二维码要求	384
6 识读设备要求	385
7 赋码设备要求	387
8 编码规则	390
9 识读设备接口	390
10 赋码设备接口	391
11 数据管理平台	394
12 数字化车间应用系统	394
13 数字化车间二维码系统与应用系统的接口要求	394
附录 A（资料性附录）用于数字化车间的二维码系统应用场景	396
成果十四 智能制造能力成熟度要求	399
引言	400
1 范围	401
2 规范性引用文件	401
3 术语和定义	401
4 概述	401
5 一级	402
6 二级	405
7 三级	408
8 四级	412
9 五级	416
成果十五 智能制造能力成熟度评估指南	421
引言	422
1 范围	423
2 规范性引用文件	423
3 术语和定义	423
4 评估过程	424
附录 A（资料性附录）智能制造能力成熟度模型评估域权重值的计算方法	428
附录 B（资料性附录）智能制造能力成熟度评估案例	432
参考文献	434

成果十六 智能制造能力成熟度模型435

 引言436

 1 范围437

 2 术语和定义437

 3 成熟度模型437

 4 应用439

成果一

智能制造 系统架构

引 言

标准解决的问题：

本标准规定了智能制造系统架构的范围和内容，以及生命周期、系统层级、智能功能三个维度之间的关系。

标准的适用对象：

本标准适用于从事智能制造研究、规划的人员。

专项承担研究单位：

中国电子技术标准化研究院。

专项参研联合单位：

机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、北京机械工业自动化研究所、中国电子信息产业发展研究院（赛迪集团）、机械工业北京电工技术经济研究所、北京蓝波技术信息开发公司、海尔集团、浙江中控技术股份有限公司、中国信息通信研究院、上海明匠智能系统有限公司、中国信息通信研究院。

专项参研人员：

胡静宜、韦莎、宋继伟、耿力、纪婷钰、王春喜、汪烁、孙洁香、杨秋影、左世全、许斌、王琨、邓伟、潘理达、钱涛、米永东、俞文光、柏立悦、沈善俊、毕京洲、张凤德、石友康。

智能制造 系统架构

1 范围

本标准规定了智能制造系统架构的范围和内容，以及生命周期、系统层级、智能功能三个维度之间的关系。

本标准适用于从事智能制造研究、规划的人员。

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 15624—2011 服务标准化工作指南

GB/T 18354—2006 物流术语

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本文件。

3.1

智能制造 intelligent manufacturing

基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节，具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的新型生产方式。

3.2

生命周期 lifecycle

从产品原型研发开始到产品废止结束的各个阶段。

3.3

系统层级 system hierarchy

与制造控制系统和其他业务系统相关的层次，自下而上共五层，分别为设备层、控制层、车间层、企业层和协同层。

3.4

智能功能 intelligent functions

使制造活动具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等一个或多个功能的新一代信息通信技术的层级划分，包括资源要素、系统集成、互联互通、信息融合和新兴业态等五层智能化要求。

3.5

设计 design

根据企业的所有约束条件以及所选择的技术来对需求进行构造、仿真、验证、优化的活动过程。

3.6

生产 production

通过劳动创造所需要的物质资料的过程。

3.7

物流 logistics

物品从供应地向接收地的实体流动过程。根据实际需要，将运输、储存、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、信息处理等基本功能实施有机结合。

[GB/T 18354—2006，定义 2.2]

3.8

销售 sale

企业将商品、劳务、观念导向消费者或使用者的商业活动过程，即将企业拥有的产品或商品等从企业转移到购买者（客户）手中的经营活动。

3.9

服务 service

服务提供者与顾客接触过程中所产生的一系列活动的过程及其结果，其结果通常是无形的。

[GB/T 15624—2011，定义 3.1]

3.10

设备层 equipment level

企业利用传感器、仪器仪表、条码、射频识别、机器、机械和装置等，实现实际物理流程并感知和操控物理流程的层级。

3.11

控制层 control level

用于工厂内处理信息、实现监测和控制物理流程的层级，包括企业常用的可编程逻辑控制器(PLC)、数据采集与监视控制系统(SCADA)、分布式控制系统(DCS)和现场总线控制系统(FCS)等系统。

3.12

车间层 workshop level

企业利用制造执行系统(MES)等系统，实现生产期望产品的工作流(包括记录维护和流程协调)，及面向工厂/车间的生产管理的层级。

3.13

企业层 enterprise level

用于企业管理所需的业务相关活动以实现企业经营管理的层级。其中，制造相关活动包括建立基础车间调度（比如物料的使用，传送和运输），确定库存水平以及确保物料按时传送给合适的地点以进行生产。

3.14

协同层 cooperation level

企业实现其内部和外部信息环境中不同数据、应用、业务流程和服务共享及互联的方法与过程的层级。

3.15

资源要素 resources elements

企业进行生产时所需要使用的资源或工具，包括设计施工图纸、产品工艺文件、原材料、制造设备、生产车间和工厂等物理实体，也包括电力、燃气等能源以及人员。

3.16

系统集成 system integration

通过二维码、射频识别、软件等信息技术集成原材料、零部件、能源、设备等各种制造资源。由小到大实现从智能装备到智能生产单元、智能生产线、数字化车间、智能工厂，乃至智能制造系统的集成。

3.17

互联互通 interconnection

通过有线、无线等通信技术，实现机器之间、机器与控制系统之间、企业之间相互连接的功能。

3.18

信息融合 information fusion

在系统集成和通信的基础上，利用云计算、大数据等新一代信息技术，在保障信息安全的前提下，实现信息协同共享。

3.19

新兴业态 new business pattern

基于人工智能等新一代信息技术实现不同产业间企业内部价值链和外部产业链整合所形成的新型产业形态，包括大规模个性化定制、远程运维服务和网络协同制造等服务型制造模式。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

APS：高级计划与排程系统（Advanced Planning and Scheduling System）

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