

智能制造综合标准化专项研究成果丛书

INTELLIGENT MANUFACTURING STANDARDIZATION

智能制造行业应用标准 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

智能制造行业应用标准 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。丛书分为基础共性标准成果和行业应用标准成果两大体系，本书是其中行业应用标准成果的第一册，收录了 10 项标准成果：航空领域 8 项，船舶领域 2 项。

本书可供航空、船舶领域企业及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

智能制造行业应用标准研究成果. 一/国家智能制造标准化总体组主编. —北京: 电子工业出版社, 2019.7
(智能制造综合标准化专项研究成果丛书)

ISBN 978-7-121-36768-7

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 111928 号

责任编辑: 陈韦凯

印刷: 天津嘉恒印务有限公司

装订: 天津嘉恒印务有限公司

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: 9.25 字数: 286 千字

版次: 2019 年 7 月第 1 版

印次: 2019 年 7 月第 1 次印刷

定价: 168.00 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

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。丛书分为基础共性标准成果和行业应用标准成果两大体系。其中,基础共性标准成果的第一册——《智能制造基础共性标准研究成果(一)》已于2018年12月出版,该书收录了16项标准成果。本书是行业应用标准成果的第一册,收录了10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管理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,他们付出了巨大的努力,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

2019年3月

目 录

成果一 航空机加数字化车间 参考架构	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 参考架构.....	3
5 车间层级描述.....	4
成果二 航空机加数字化车间 工艺参考架构	9
引言.....	10
1 范围.....	11
2 规范性引用文件.....	11
3 术语和定义.....	11
4 数字化机加工工艺特征.....	11
5 机加工工艺参考架构.....	12
6 工艺参考架构要素描述.....	12
成果三 航空机加数字化车间 生产管理集成	19
引言.....	20
1 范围.....	21
2 规范性引用文件.....	21
3 术语和定义.....	21
4 一般要求.....	21
5 集成数据要求.....	22
成果四 航空机加数字化车间 装备智能化管理	35
引言.....	36
1 范围.....	37
2 规范性引用文件.....	37
3 术语和定义.....	37
4 装备分类.....	37

5 功能架构及特征	38
6 数据采集	38
7 数据应用	42
成果五 航空装配数字化车间 参考架构	45
引言	46
1 范围	47
2 规范性引用文件	47
3 术语和定义	47
4 参考架构	47
5 系统层级描述	49
成果六 航空装配数字化车间 工艺参考架构	53
引言	54
1 范围	55
2 规范性引用文件	55
3 术语和定义	55
4 总则	55
5 装配规划	56
6 装配生产线	58
7 装配站位	61
8 装配工序	64
成果七 航空装配数字化车间 生产管理集成	67
引言	68
1 范围	69
2 规范性引用文件	69
3 术语和定义	69
4 一般要求	69
5 生产管理系统集成数据要求	70
6 生产管理系统与企业其他系统集成数据要求	85
成果八 航空装配数字化车间 装备智能化管理	88
引言	89
1 范围	90
2 规范性引用文件	90
3 术语和定义	90

4 装备分类.....	90
5 功能架构及特征.....	91
6 数据采集.....	91
7 数据应用.....	94
成果九 大型船舶焊接数字化车间 通用技术要求	96
引言.....	97
1 范围.....	98
2 规范性引用文件.....	98
3 术语和定义.....	98
4 缩略语.....	99
5 总则要求.....	100
6 基础环境要求.....	102
7 车间设备要求.....	105
8 功能要求.....	106
附录 A（资料性附录）水密补板焊接工位参考架构.....	113
参考文献.....	116
成果十 大型船舶焊接数字化车间 平面分段制造技术要求	117
引言.....	118
1 范围.....	119
2 规范性引用文件.....	119
3 术语和定义.....	119
4 基本要求.....	120
5 设备要求.....	123
6 数字化功能要求.....	126
附录 A（资料性附录）大型船舶焊接数字化车间平面分段 T 型材对口焊接应用示例.....	130
参考文献.....	139

成果一

航空机加数字化车间 参考架构

引 言

标准解决的问题：

本标准规定了航空机加数字化车间的参考架构和层级描述。

标准的适用对象：

本标准适用于航空机加数字化车间的技术改造。

专项承担研究单位：

中国航空综合技术研究所。

专项参研联合单位：

中国航空综合技术研究所、中国电子技术标准化研究院、昌河飞机工业（集团）有限责任公司、西安飞机工业（集团）有限责任公司。

专项参加起草单位：

昌河飞机工业（集团）有限责任公司、西安飞机工业（集团）有限责任公司。

专项参研人员：

蔡金辉、邵华、张岩涛、苗建军、彭有云、郑朔昉、王海桂、赵丽君、陈素明。

航空机加数字化车间 参考架构

1 范围

本标准规定了航空机加数字化车间的参考架构和层级描述。
本标准适用于航空机加数字化车间的技术改造。

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，仅所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 25485 工业自动化系统与集成 制造执行系统功能体系结构

GB ××××× 数字化车间 术语和定义

HB ××××× 航空机加数字化车间 生产管理集成

HB ××××× 航空机加数字化车间 装备智能化管理

3 术语和定义

GB/T 25485 和 GB ×××××《数字化车间 术语和定义》界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

数字化车间 digital workshop (digital shop floor)

数字化车间是以物理车间为基础，以信息技术等为方法，用数据连接生产运营过程的不同单元，对生产进行规划、管理、诊断和优化，实现产品制造的高效率、低成本、高质量。

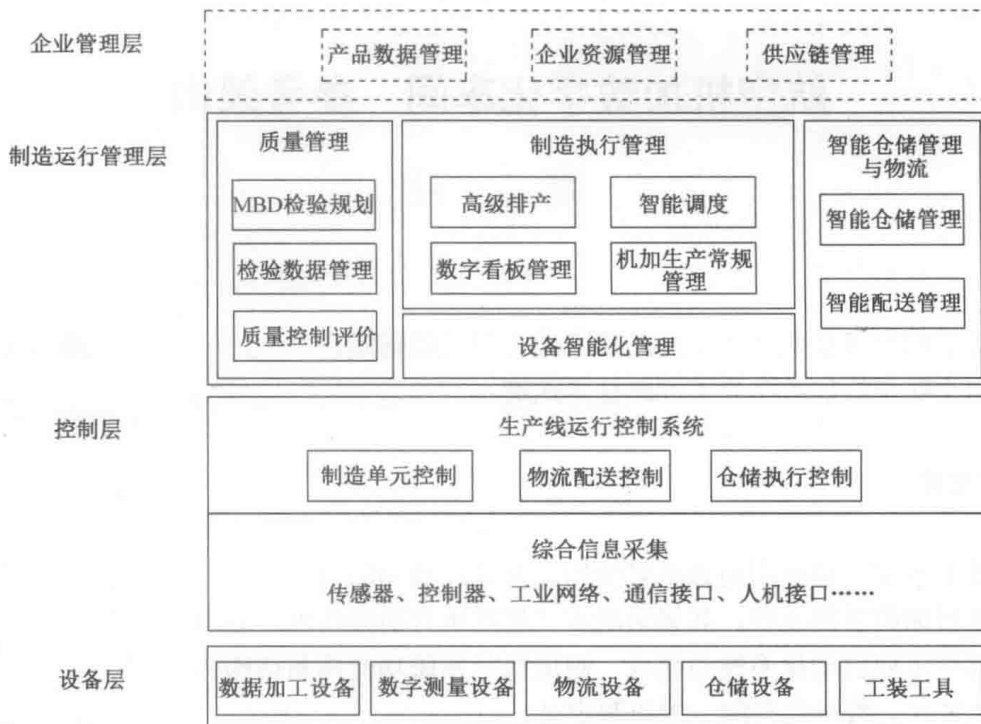
4 参考架构

4.1 总体架构

航空机加数字化车间参考模型采用三层架构（如图 1 所示），其中：

- a) 设备层：指车间现场具体的硬件设备，包括数控加工设备、数字测量设备、工装工具、仓储设备、物流设备等，是车间进行生产活动的物质技术基础。
- b) 控制层：通过现场设备层综合信息的采集分析和可视化，实现车间生产线的运行控制，如物流配送控制和仓储执行控制等，并实时反馈给制造运行管理层。
- c) 制造运行管理层：实现面向工厂/车间的生产数字化管理，包括质量管理、制造执行管理、智能仓储与物流管理、设备智能化管理。其中制造执行管理以生产跟踪为主线，对高级排产、智能调度、数字看板管理、机加生产常规管理等车间级业务实施管控；智能仓储与物流管理对毛

坏、成品/半成品、刀具库等进行智能仓储管理和智能配送管理；质量管理实现 MBD 检验规划、检验数据管理和质量控制评价。



注：三层架构之处的企业管理层为数字化车间的生产运行提供顶层管理依据（如工艺信息、生产计划、设备状态等），其主要活动包括产品数据管理、企业资源管理和供应链管理等。

图 1 参考架构

4.2 功能特征

航空机加数字化车间应具备以下功能特征：

- 基于机加件的全三维数字化模型，实现车间工艺、生产和检验过程的数字化贯通。
- 基于需求拉动，实现高级排产、智能调度、物料及时配送，促进生产的精益化和准时化。
- 基于数控加工设备和数字化测量系统，实现零件或毛坯的精准加工。
- 基于数据采集与监视控制，实现对车间生产状态的实时感知，包括数控加工设备的运行状态、毛坯/零件/刀具的库存和配送状态等。

5 车间层级描述

5.1 设备层

5.1.1 功能内容

设备层的主要功能内容包括：

- 车间现场物理设备之间以及设备层与控制层之间应实现高质量、低延迟的数据通信。
- 数控加工设备主要完成线前机加件毛坯的基准定位加工、余量去除，以及线上零件成形的切削加工。
- 数字化测量设备主要完成机加件加工过程中的工序检验和产品终检。
- 物流设备主要完成毛坯、零件、刀具在数控加工单元之间，以及数控加工单元与仓储设备间的及时配送。

- e) 仓储设备主要完成毛坯、零件、刀具的存放、提取。
- f) 工装工具指制造过程中所用的各种工具，用于辅助生产。

5.1.2 功能模型

设备层功能模型主要接收从控制层发来的数据，完成毛坯准备、物流配送、零件粗加工/精加工、检验测试等工作，并将执行过程中的检测数据、配送反馈信息、运行状态等实时传递给控制层，如图 2 所示。

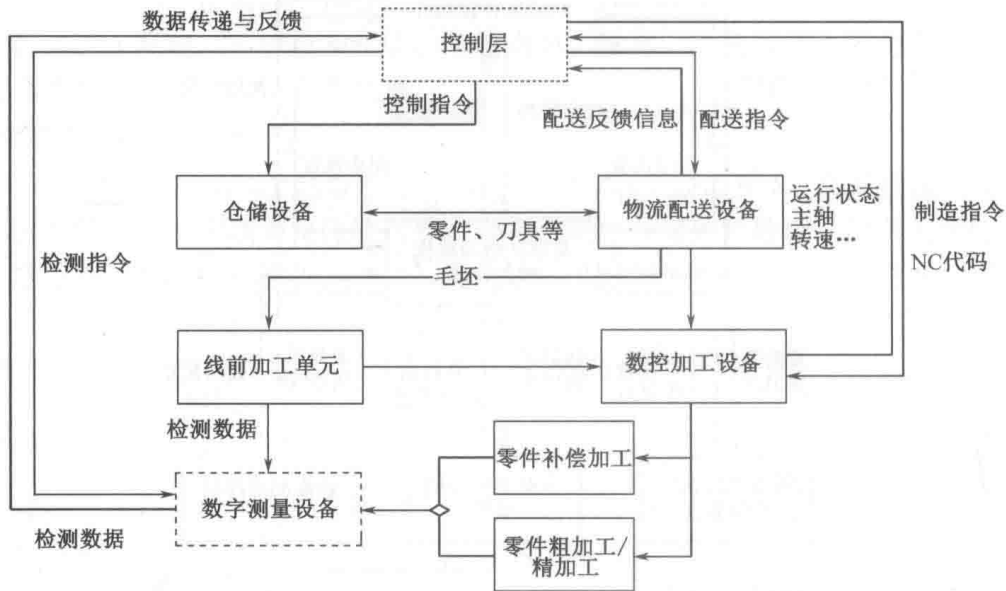


图 2 设备层功能模型

5.1.3 功能要求

现场设备层的主要功能要求包括：

- a) 数控加工设备、智能物流设备、智能仓储设备、测量设备等可通过现场总线，实现和数据采集与监视控制系统进行互联互通。
- b) 操作工人可利用 PC 终端接收制造指令（FO），并可反馈加工完成信息以及配送指令等。
- c) 可通过 RFID 或者条码等实现毛坯、零件、刀具等配送过程状态的感知和控制。
- d) 通过在线测量手段控制生产线产品质量。

5.2 控制层

5.2.1 功能内容

控制层的主要功能内容包括：

- a) 数据采集：包括车间运行过程中产生的生产监视类数据、生产控制类数据、测量数据、刀具信息、环境能耗数据、物流配送数据、仓储管理数据等。
- b) 数据分析和可视化：对采集的数据进行整理分析，并按照一定规则将数据可视化，实现对车间实时监控。
- c) 上下层数据的转发：一方面，将采集数据和分析数据传递给制造运行管理层，支撑车间生产管控；另一方面，接收制造运行管理层的数据，并将数据下发给现场设备。

5.2.2 功能模型

控制层主要通过数据总线、通信协议与接口，实现与各类现场设备控制系统的互联互通，进而实

时监控各类设备的使用状态数据，经过数据库的存储及数据分析，将数据以适当的形式展示出来，为制造运行管理层的相关业务活动提供支撑。具体的控制层功能模型如图 3 所示。其中，数据采集与监视控制系统通过实时采集分析制造单元执行控制系统、仓储执行控制系统等的相关数据，实现车间总体状态感知；制造单元执行控制系统通过与数控系统、PLC 系统以及机床电控部分的集成，实现对机床数据采集部分的自动化执行；物流配送控制系统实现毛坯、零件等成品以及刀具从起点工序至加工工序完成的全自动化输送；仓储执行控制系统实现成品和刀具在仓储库中的自动化存取。

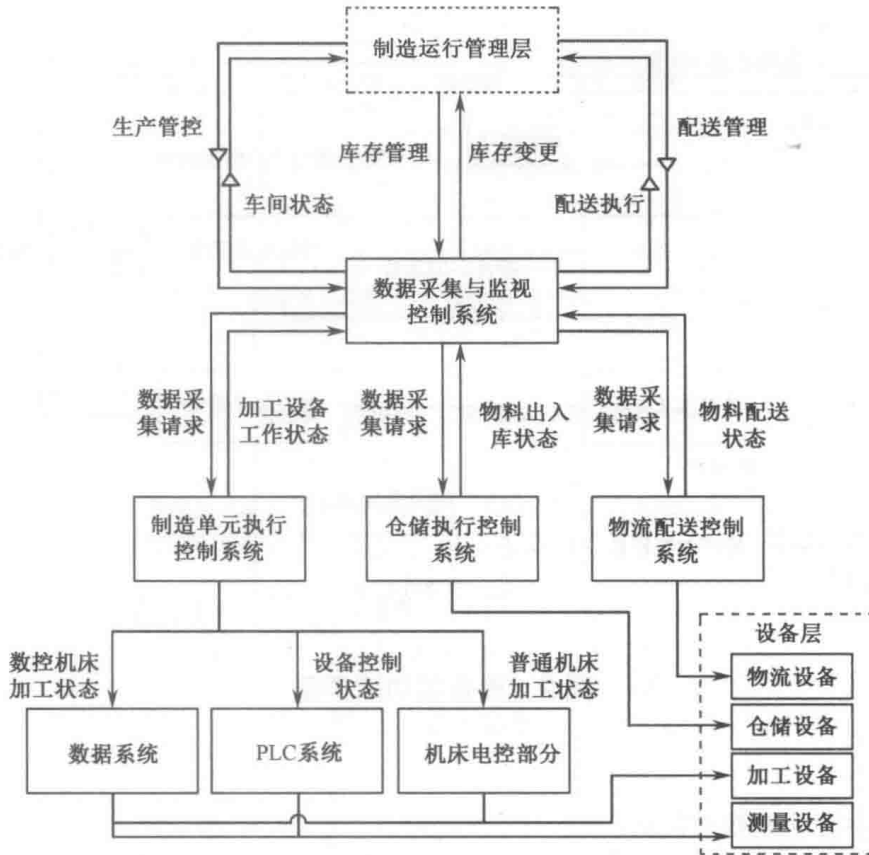


图 3 控制层功能模型

5.2.3 功能要求

控制层的功能要求包括：

- a) 通过数据接口实现与上下层（制造运行管理层和设备层）的数据实时采集/归档/转发。
- b) 数据总线应能够满足不同设备之间的互联。
- c) 系统数据库应能实现对不同设备产生的不同类型数据的存储与分析。
- d) 提供生产线设备的状态图、趋势图、报警显示和事件显示。

5.3 制造运行管理层

5.3.1 功能内容

制造运行管理层的主要功能内容包括：

a) 制造执行管理：

- 1) 高级排产：依据主生产计划和设备运行状态数据，采用数学模型和智能排产优化算法，构建资源约束条件模型，实现以保护瓶颈、重要资源效率为目标的工序排产计划。
- 2) 智能调度：依据排产计划，实时推送生产任务信息（包括图号、名称、开工时间、完工节点等）至现场终端。

- 3) 数字看板管理: 通过采用以安全、质量、成本、交付、人员等五大绩效指标为内容的 SQCDP 可视化管理, 实现生产控制管理流程的优化、现场相关环节的主动管理、生产现场问题的快速响应和解决、生产过程控制与持续改进。
- 4) 机加生产常规管理: 实现生产过程管理, 跟踪生产进度, 及时推送反馈现场问题。
- b) 智能仓储与物流管理:
 - 1) 智能仓储管理: 根据排产计划, 自动从立体库中提取毛坯、零件、刀具等, 完成出入库管理。
 - 2) 智能配送管理: 依据排产计划, 自动生成配送计划, 通过信息化网络传递到智能物流系统或其他工作终端, 实现数控程序、制造指令、物料、刀具和零件等的自动配送, 并接收来自智能物流系统的配送反馈信息。
- c) 质量管理:
 - 1) MBD 检验规划: 从航空机加件的 MBD 模型获取模型检测要求, 生成检验规程和测量程序。
 - 2) 检验数据管理: 实现测量程序管理和推送, 实时存储检测数据, 记录工序检测结果。
 - 3) 质量控制评价: 针对现场采集到的生产线质量控制点的检测数据, 通过统计过程控制技术等进行实时分析, 有效控制生产质量。
- d) 设备智能化管理: 实现数控加工设备、数字化测量设备等的报修、定检、维修等活动的管理。

5.3.2 功能模型

制造运行管理层主要从 PDM 系统中获取工艺信息, 从 ERP 系统中获取生产计划和设备状态信息, 基于排产算法和原则, 进行高级排产; 然后, 将详细工序作业计划下发到现场, 根据现场执行情况实时调度; 及时将数控程序、三维制造指令 (FO) 等信息自动推送到生产加工设备的控制系统和 PC 端; 通过实时采集执行过程的生产相关数据跟踪生产进度; 依据采集的数据进行智能分析, 优化生产进度, 调整计划排产, 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, 完成车间计划的闭环管理, 如图 4 所示。

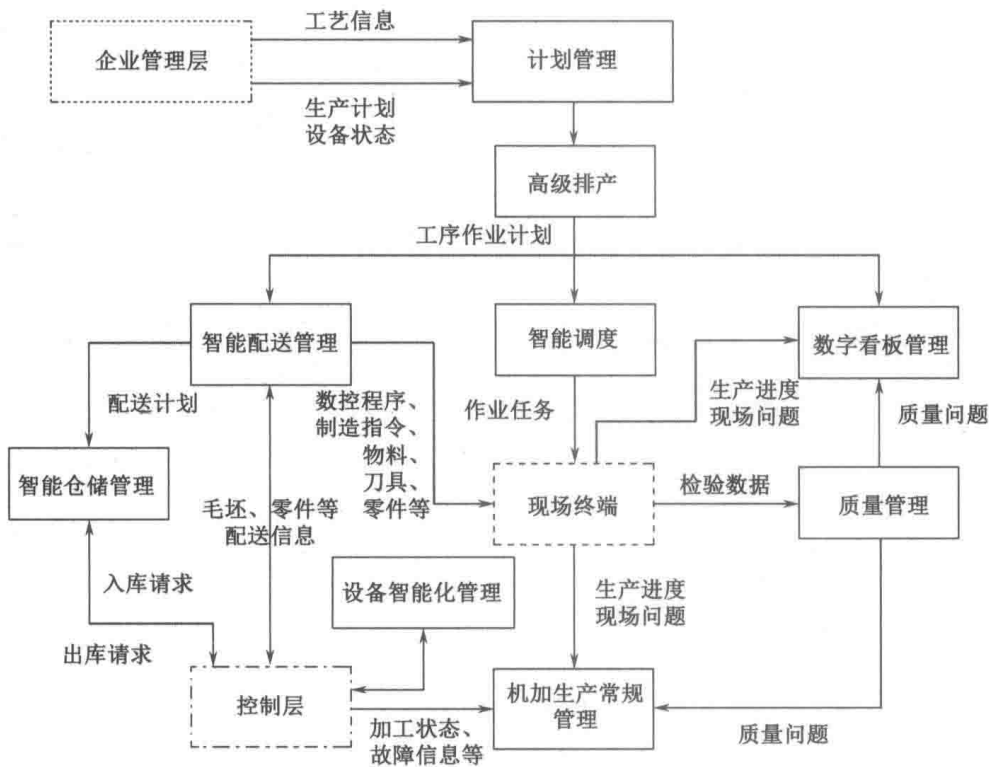


图 4 制造运行管理层功能模型

5.3.3 功能要求

制造运行管理层的功能要求包括：

- a) 通过总线能够实现各管理系统之间的集成，能够实现管理系统与控制层、企业管理层的信息传递。
- b) 制造执行管理的功能要求按 GB/T 25485 执行，并满足 HB×××××《航空机加数字化车间生产管理集成》的相关要求。
- c) 设备智能管理应满足 HB×××××《航空机加数字化车间 装备智能化管理》的相关要求。
- d) 智能分析能够实现基于控制层实时采集数据以及现有的设备资源，实现对工艺路线、物流配送等方面进行优化。
- e) 智能仓储与物流管理能够实现加工过程中毛坯、零件、刀具的使用状态和位置信息的实时管理。
- f) 智能调度应能实时获取加工进度、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，可及时处理详细计划排产中无法预知的各种情况，保证作业有序、生产按计划完成。
- g) 质量管理应可实时获取生产线质量控制点的检测数据，通过质量数据分析，实现对生产线的加工过程控制。

成果二

航空机加数字化车间 工艺参考架构