

航空柔性加工生产线管控与操作 职业技能等级标准

标准代码：460044

（2021年2.0版）

中航国际航空发展有限公司 制定

2021年12月 发布

目 次

前言.....	1
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	2
4 适用院校专业.....	3
5 面向职业岗位（群）	4
6 职业技能要求.....	4
参考文献.....	11

前 言

本标准按照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。

本标准起草单位：中航国际航空发展有限公司、西北工业大学、北京航空航天大学、北京市工贸技师学院、珠海汉迪自动化设备有限公司、天津安卡尔精密机械科技有限公司、雷尼绍（上海）贸易有限公司。

本标准主要起草人：王炜磊、陈五一、陈志同、贾玉红、张益、马维民、李菁卓、刘相国、邬焯、施博洋、胡昊天、李征、李晓五、谭文锋、谭海星、江伟、陈云春。

声明：本标准的知识产权归属于中航国际航空发展有限公司，未经中航国际航空发展有限公司同意，不得印刷、销售。

1 范围

本标准规定了航空柔性加工生产线管控与操作职业技能等级对应的工作领域、工作任务及职业技能要求。

本标准适用于航空柔性加工生产线管控与操作职业技能培训、考核与评价，相关用人单位的人员聘用、培训与考核可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 12643-2013 机器人与机器人装备 词汇

GB 11291.2-2013 机器人与机器人装备 工业机器人的安全要求

GB 5226.1-2008 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB 16655-2008 机械安全 集成制造系统 基本要求

GB/T 38177-2019 数控加工生产线 柔性制造系统

GB/T 18784.2-2005 CAD/CAM数据质量保证方法

GB/T 1008-2008 机械加工工艺装备基本术语

GB/T 18726-2011 现代设计工程集成技术的软件接口规范

3 术语和定义

国家、行业标准中关于生产线界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

数控加工 numerically controlled machining

根据被加工零件图样和工艺要求，编制成以数码表示的程序输入到机床的数控装置或控制计算机中，以控制工件和工具的相对运动，使之加工出合格零件的方法。

[GB/T 4863-2008，定义3.1.29]

3.2

计算机辅助制造 Computer-Aided Manufacturing; CAM

利用电子计算机的高速处理和大容量存储功能辅助产品生产制造的技术，英文缩写CAM。广义地说，计算机辅助制造是指一切由计算机直接或间接控制的产品生产制造过程。

[GB/T 18726-2011，定义3.5]

3.3

工业机器人 industrial robot

自动控制的、可重复编程、多用途的操作机，可对三个或三个以上轴进行编程。它可以是固定式或移动式。在工业自动化中使用。

[GB/T 12643-2013，定义 2.9]

3.4

数控加工生产线 CNC machining line

按工件既定工序排列的若干台数控设备及其他辅助设备组成的加工生产线。

[GB/T 38177-2019，定义 3.1]

3.5

柔性制造系统 flexible manufacturing system;FMS

由一组数控设备/计算机信息控制系统和工件自动储运系统有机结合，可按任意顺序加工一组有不同工序和加工节拍的工件，能适时地自主调度管理，因而在数控设备技术规范范围内自动适应加工工件和生产批量的变化的制造系统。

[GB/T 38177-2019, 定义 3.2]

3.6

末端执行器 end effector

为使机器人完成其任务而专门设计并安装在机械接口处的装置。示例：夹持器、扳手、焊枪、喷枪等。

[GB/T 12643-2013, 定义 3.11]

3.7

工件载体 workpiece pallet

用于安装和放置工件的托板或工装。

[GB/T 38177-2019, 定义 3.6]

3.8

离线编程 off-line programming

在与机器人分离的装置上编制任务程序后再输入到机器人中的编程方法。

[GB/T 12643-2013, 定义 5.2.4]

3.9

生产运行管理 production management

在成本、质量、数量、安全性和时效性等要求下，数字化车间的制造设施在车间生产运行过程中协调、指导、管理和跟踪原料、能源、设备、人员和信息以实现产品生产的功能活动。

[GB/T37928-2019, 定义 3.1.10]

4 适用院校专业

4.1 参照原版专业目录

中等职业学校：数控技术应用、机械制造技术、机械加工技术、工业机器人技术应用、机电技术应用、工业自动化仪表及应用、电气设备运行与控制、智能设备运行与维护等。

高等职业学校：数控技术、机械设计与制造、机械制造及自动化、工业机器人技术、电气自动化技术、机电一体化技术、智能控制技术、机电设备技术、智能制造装备技术、电子信息工程技术、工业互联网技术等。

应用型本科学校：机械工程、机器人工程、机械设计制造及自动化、智能制造工程技术、电气工程及自动化、电气工程与智能控制、机械电子工程技术、智能科学与技术、航空智能制造技术等。

4.2 参照新版职业教育专业目录

中等职业学校：数控技术应用、机械制造技术、机械加工技术、工业机器人技术应用、机电技术应用、工业自动化仪表及应用、电气设备运行与控制、智能设备运行与维护等。

高等职业学校：数控技术、机械设计与制造、机械制造及自动化、工业机器人技术、电气自动化技术、机电一体化技术、智能控制技术、机电设备技术、智能制造装备技术、电子信息工程技术、工业互联网技术等。

高等职业教育本科学校：数控技术、机器人技术、机械设计制造及自动化、智能制造工程技术、电气工程及自动化、自动化技术与应用、机械电子工程技术、智能控制技术、航空智能制造技术等。

应用型本科学校：机械工程、机器人工程、机械设计制造及自动化、智能制造工程、电气工程及其自动化、电气工程与智能控制、机械电子工程、智能装备与系统、机械工艺技术等。

5 面向职业岗位（群）

【航空柔性加工生产线管控与操作】（初级）：主要面向航空制造企业/航空外协企业/国际航空制造产业链相关企业的生产线操作、设备管理、组织生产、基础调试等岗位。

【航空柔性加工生产线管控与操作】（中级）：主要面向航空制造企业/航空外协企业/国际航空制造产业链相关企业的生产线管控软件操作、物料准备、常见故障排查、生产线调试、制造工艺编制、数控编程以及机内测量宏程序编程等岗位。

【航空柔性加工生产线管控与操作】（高级）：主要面向航空制造企业/航空外协企业/国际航空制造产业链相关企业的生产线高级操作、应急故障处理、生产线系统集成、生产线设计、建模仿真、工艺规划、生产线运行维护以及内部培训等岗位。

6 职业技能要求

6.1 职业技能等级划分

航空柔性加工生产线管控与操作职业技能等级分为三个等级：初级、中级、高级，三个级别依次递进，高级别涵盖低级别职业技能要求。

【航空柔性加工生产线管控与操作】（初级）：能理解生产线方案说明书、操作手册和维护保养手册；能依据应用需求对生产线进行日常操作，如订单管理、生产资源（刀具、夹具、毛坯等）调度、设备监控数据查询等；能掌握机械加工基本原理以及数控设备的操作知识；能对物流系统进行示教编程；能操作生产线完成简单车削、铣削零件单机试运行。

【航空柔性加工生产线管控与操作】（中级）：能识读机械、电气、网络及布局图，可对生产线的运行状态进行确认，并排除一般常见故障问题；掌握工艺设计知识，能对典型航空零件进行工艺开发并进行仿真调试；熟悉在线检测编程语言，能针对零件编制检测程序并进行在线检测操作；能操作生产线完成零件的自动加工。

【航空柔性加工生产线管控与操作】（高级）：能熟练操作生产线高级功能模块，能针对生产线的功能扩展提出需求定义；能针对生产线上的设备连线进行接口开发，可进行基本的 PLC 编程；能独立排除生产线常见故障，并能在专业人员指导下解决全部故障；能进行复杂零件的工艺方案设计，掌握四轴及以上加工设备的数控编程，并能对工艺进行进一步优化；能针对加工设备进行精度校验，可以对机内测头及机内对刀仪进行安装和调试，并进行零件在线检测。

6.2 职业技能等级要求描述

表 1 航空柔性加工生产线管控与操作职业技能等级要求（初级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 生产线管控系统软件操作	1.1 管控系统组成认知	1.1.1 能识读生产线管控系统方案说明书，理解生产线的组成。 1.1.2 能识读生产线管控系统操作手册，理解生产线的正确操作、使用。 1.1.3 能识读生产线管控系统维护保养手册，理解生产线的维护方法。 1.1.4 可以在软件里对基础功能模块进行操

		作, 包括浏览编辑生产订单、编制物料计划及临时插单处理等。
	1.2 生产线运行逻辑认知	<p>1.2.1 能理解生产线的系统组成, 包括总体管控软件系统、物流系统、加工设备和辅助设备等等。</p> <p>1.2.2 能理解生产线系统各部分之间接口的规范。</p> <p>1.2.3 能够理解各组成系统的功能、配置和性能参数。</p> <p>1.2.4 能理解各组成系统的逻辑关系及运行关系。</p>
	1.3 生产任务认知与分解	<p>1.3.1 能理解生产线上零件加工的工艺流程。</p> <p>1.3.2 能对生产线上在运行订单进行管理。</p> <p>1.3.3 能及时查看并判断毛坯物料、刀具、夹具等资源的配置情况。</p> <p>1.3.4 能及时查看并判断各加工设备和辅助设备的配置和状态。</p>
	1.4 管控系统软件基础操作	<p>1.4.1 能识读管控系统软件的操作说明书, 理解软件的系统功能模块。</p> <p>1.4.2 能理解软件的操作流程和安全规范, 严格遵守。</p> <p>1.4.3 能在软件里对基本功能模块进行操作, 浏览生产订单, 查看订单执行情况。</p> <p>1.4.4 能够查看生产线运行工作日志, 及时发现报警等异常信息。</p>
2. 生产线调试与操作	2.1 生产线运行准备	<p>2.1.1 将编制好的零件加工程序导入管控系统。</p> <p>2.1.2 能根据工艺规范, 在上下料站完成零件的拆装。</p> <p>2.1.3 能使用扫描枪对零件及夹具编码进行扫描, 导入管控系统。</p> <p>2.1.4 能检查生产线上各设备是否满足自动运行状态, 如各监控信号是否正常、设备有无障碍物、急停按钮是否有效等。</p>
	2.2 物流系统基础配置	<p>2.2.1 能对机器人或堆垛机末端机构进行更换, 如快换卡爪、握柄等。</p> <p>2.2.2 能手动操作机器人或堆垛机执行动作。</p> <p>2.2.3 能对生产线上设备进行上线操作。</p> <p>2.2.4 能对生产线上设备进行离线操作。</p>
	2.3 生产线调试	<p>2.3.1 能对生产线内加工设备和辅助设备初始化设定。</p> <p>2.3.2 能完成单台设备与物流系统和管控系统的联机调试。</p>

		<p>2.3.3 能操作生产线完成简单车削零件的单机试运行。</p> <p>2.3.4 能操作生产线完成简单铣削零件的单机试运行。</p>
3. 零件加工工艺开发与加工过程质量控制	3.1 数控加工理论认知	<p>3.1.1 能识读零件的加工工艺单。</p> <p>3.1.2 能理解机械制图、公差配合及金属加工工艺。</p> <p>3.1.3 能理解插补、刀具补偿等数控加工基本概念。</p> <p>3.1.4 能理解 CAD/CAM 及数控编程的理论基础。</p>
	3.2 数控加工设备操作	<p>3.2.1 能掌握数控机床基本结构及运行原理，能区分车、铣、磨、钻等不同类型的数控机床。</p> <p>3.2.2 能理解数控系统（西门子、海德汉等）的各项基本功能。</p> <p>3.2.3 能理解各类夹具的定位原理、方法和设计。</p> <p>3.2.4 能掌握各类刀具选取、预调、装卸的技巧。</p> <p>3.2.5 能够独立操作机床，完成简单零件试切加工。</p>
	3.3 典型零件加工工艺认知	<p>3.3.1 能理解轴类、盘类零件特点及加工工艺。</p> <p>3.3.2 能理解套筒、壳体类零件特点及加工工艺。</p> <p>3.3.3 能理解叶盘、叶片类零件特点及加工工艺。</p> <p>3.3.4 能理解齿轮、齿轴类零件特点及加工工艺。</p>
	3.4 加工过程质量控制	<p>3.4.1 能对机内测头和机内对刀仪进行标定。</p> <p>3.4.2 能测量各种工件特征（如方台、凹槽、内圆、凸圆等）设定加工原点。</p> <p>3.4.3 测量 NAS 试件尺寸并输出。</p> <p>3.4.4 能利用机内对刀仪校准加工刀具的参数。</p>

表 2 航空柔性加工生产线管控与操作职业技能等级要求（中级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
------	------	--------

1. 生产线管控系统软件操作	1.1 管控系统应用操作	<p>1.1.1 能应用软件的基础功能模块进行数据采集，包括机床设备运行监控模块、刀具运行模块、物料跟踪模块、托盘跟踪监控模块等。</p> <p>1.1.2 能创建新的加工订单任务，能配置订单所需的线内资源，包括工艺程序、刀具、夹具、机器人末端执行器等。</p> <p>1.1.3 能根据生产订单的紧急程度手动定义产品订单执行优先级，进行排单、插单操作。</p> <p>1.1.4 能对生产线运行历史数据库进行浏览，查找所需信息进行质量追溯。</p>
	1.2 管控系统故障判断和恢复	<p>1.2.1 能识读生产线常见故障代码手册。</p> <p>1.2.2 能借助系统诊断工具对故障进行排查和确定。</p> <p>1.2.3 能参照手册和系统提示排除一般常见故障。</p> <p>1.2.4 能协助专业人员排除复杂故障。</p>
	1.3 管控系统安装、升级和维护	<p>1.3.1 能对管控系统软件进行安装和初始化。</p> <p>1.3.2 能安装配置管控系统软件升级包。</p> <p>1.3.3 能对软件各功能模块单独进行安装、卸载。</p> <p>1.3.4 能定期对软件运行文件进行清理维护。</p>
2. 生产线调试与操作	2.1 生产线状态确认	<p>2.1.1 能识读生产线物流系统说明书，理解物流系统的组成。</p> <p>2.1.2 识读生产线的电气原理图，理解电气元件接线方式，熟悉 SIEMENS、BECKOFF、三菱等常见 PLC 软硬件。</p> <p>2.1.3 能识读生产线网络拓扑结构图，理解生产线网络通信连接方式。</p> <p>2.1.4 能识读生产线的气动原理图，理解气路连接关系。</p> <p>2.1.5 能识读生产线的安装布局图，理解各设备的就位情况。</p>
	2.2 生产线调试与试运行	<p>2.2.1 能对机器人或堆垛机行走轴进行校验和标定。</p> <p>2.2.2 能对搬运机器人或堆垛机进行示教编程，满足零件在生产线内各个工位间自动流转的需求。</p> <p>2.2.3 能定期对机器人或堆垛机位置精度进行检验和修正。</p> <p>2.2.4 能独立操作生产线完成零件加工的 4-8 小时连续运行，处理运行期间的生产资源准备及故障诊断等工作。</p>

	2.3 物流系统常见故障分析	<p>2.3.1 能识别常见故障信号，如急停信号、超程信号、锁轴信号等。</p> <p>2.3.2 能识读物流设备的故障手册。</p> <p>2.3.3 能对常见故障进行分析和处理。</p> <p>2.3.4 能对物流系统的易损件和备件进行更换。</p>
3.零件加工工艺开发与加工过程质量控制	3.1 数控加工工艺开发	<p>3.1.1 能开发简单零件车削、铣削加工工艺，编写加工工艺流程。</p> <p>3.1.2 能根据不同零件的特点选用或设计夹具。</p> <p>3.1.3 能根据不同零件的特点选用刀具和其他辅助工具。</p> <p>3.1.4 能根据工艺流程，开发简单零件的加工程序。</p>
	3.2 工艺仿真	<p>3.2.1 能理解利用 CAM 软件（NX、CATIA 等）对加工程序进行仿真验证的方法。</p> <p>3.2.2 能理解利用 VERICUT 等软件对加工程序进行仿真验证的方法。</p> <p>3.2.3 能根据仿真结果发现加工程序的过切和残留等错误。</p> <p>3.2.4 能根据仿真结果提出初步的加工程序提效优化方案。</p>
	3.3 自动化工艺优化	<p>3.3.1 能根据零件特点将工序合理分配到不同加工设备。</p> <p>3.3.2 能根据工艺方案、加工程序和仿真结果分析各加工设备的工时。</p> <p>3.3.3 能根据分析结果识别加工能力瓶颈。</p> <p>3.3.4 能合理优化各加工设备工时，平衡生产线节拍。</p>
	3.4 加工过程质量控制	<p>3.4.1 能对机内测头和机内对刀仪进行标定。</p> <p>3.4.2 能编制 NC 宏程序实现机内测头和机内对刀仪的应用。</p> <p>3.4.3 能联结加工和测量，自动补偿加工参数，实现闭环加工。</p> <p>3.4.4 能处理机内测头和机内对刀仪的常见故障，进行日常维护保养。</p>

表 3 航空柔性加工生产线管控与操作职业技能等级要求（高级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
------	------	--------

1. 生产线管控系统软件操作	1.1 管控系统高级操作	<p>1.1.1 能对生产线运行历史数据库进行归档、备份及恢复等操作。</p> <p>1.1.2 能基于生产线数据库数据对生产线运行情况进行诊断分析，评判生产线运行效率、人工工效评估、产品加工质量等。</p> <p>1.1.3 能与工厂其它信息化平台，如 ERP/MES 系统进行通信配置。</p> <p>1.1.4 能针对生产线增删机床、清洗机等硬件设备进行系统的重构和配置。</p>
	1.2 管控系统故障处理	<p>1.2.1 能对各类常见故障进行独立分析和处理。</p> <p>1.2.2 能对偶发复杂故障进行分析和判断。</p> <p>1.2.3 能在专业人员指导下排除复杂故障。</p> <p>1.2.4 能对偶发复杂故障进行详细记录总结，并对生产线提出优化建议。</p>
	1.3 管控系统功能扩展	<p>1.3.1 能对生产线的进一步升级、优化提出需求定义。</p> <p>1.3.2 能根据需求提出软件功能开发的逻辑和方案。</p> <p>1.3.3 能在生产线管控系统预留接口基础上进行二次开发。</p> <p>1.3.4 能对软件二次开发的功能进行测试和优化。</p>
2. 生产线调试与操作	2.1 设备接口开发	<p>2.1.1 熟悉常用数控系统功能及开发环境，如 FANUC、SIEMENS、HEIDENHAIN、华中数控、广州数控等。</p> <p>2.1.2 能针对机床设备与管控系统软件的连接进行网络接口开发。</p> <p>2.1.3 能针对机床设备与物流系统的连接进行电气接口开发。</p> <p>2.1.4 能针对机床设备与物流系统的连接进行机械接口开发。</p>
	2.2 生产线建模与仿真	<p>2.2.1 能基于生产线系统组成建立三维仿真模型。</p> <p>2.2.2 能利用专业仿真软件，搭建仿真环境，进行生产线运行模拟。</p> <p>2.2.3 能根据模拟运行效果，对生产线运行逻辑进行优化。</p> <p>2.2.4 能根据仿真结果设计生产线布局、节拍、缓存库数量等关键参数。</p>
	2.3 电气 PLC 系统编程	<p>2.3.1 熟悉常用 PLC 编程语言，如梯形图、STL 等。</p> <p>2.3.2 能识读生产线内各设备的 PLC 程序。</p> <p>2.3.3 可针对生产线增、减设备、传感器或 I/O</p>

		<p>端口需求，进行 PLC 系统的修改。</p> <p>2.3.4 能独立编写生产线所需的 PLC 程序。</p>
3. 零件加工工艺开发与加工过程质量控制	3.1 数控加工工艺开发	<p>3.1.1 能开发复杂零件加工工艺，编写加工工艺规程。</p> <p>3.1.2 能根据不同零件的特点选用或设计夹具。</p> <p>3.1.3 能根据不同零件的特点选用刀具和其他辅助工具。</p> <p>3.1.4 能根据工艺规程开发加工程序。</p> <p>3.1.5 能将加工程序与测量程序连接，并生成后置处理程序。</p>
	3.2 工艺仿真	<p>3.2.1 能利用 CAM 软件（NX、CATIA 等）对加工程序进行仿真验证。</p> <p>3.2.2 能利用 VERICUT 等软件对加工程序进行仿真验证。</p> <p>3.2.3 能根据仿真结果对加工程序的过切和残留等错误进行修改。</p> <p>3.2.4 能根据仿真结果对加工程序进行提效优化。</p>
	3.3 自动化工艺优化	<p>3.3.1 能根据工艺方案、加工程序和仿真结果分析各加工设备的工时。</p> <p>3.3.2 能在虚拟仿真软件中进行生产线仿真条件的设定。</p> <p>3.3.3 能在虚拟仿真软件中构建生产线的数字双胞胎。</p> <p>3.3.4 能在虚拟仿真软件中分析优化生产线加工节拍。</p>
	3.4 加工过程质量控制	<p>3.4.1 能编制 NC 宏程序进行工件轮廓随形加工。</p> <p>3.4.2 能在加工设备中灵活使用机内测头进行工件找正、测量、补偿。</p> <p>3.4.3 能独立在加工设备上安装机内测头和机内对刀仪。</p> <p>3.4.4 能独立对机内测头和机内对刀仪进行初始配置和调试。</p>

参考文献

- [1] GB/T 12643-2013 机器人与机器人装备词汇
- [2] GB 11291.2-2013 机器人与机器人装备工业机器人的安全要求
- [3] GB 5226.1-2008 机械电气安全机械电气设备第 1 部分：通用技术条件
- [4] GB 16655-2008 机械安全集成制造系统基本要求
- [5] GB/T 38177-2019 数控加工生产线柔性制造系统
- [6] GB/T 18784.2-2005 CAD/CAM 数据质量保证方法
- [7] GB/T 1008-2008 机械加工工艺装备基本术语
- [8] GB/T 18726-2011 现代设计工程集成技术的软件接口规范
- [9] 教育部关于印发《职业教育专业目录(2021 年)》的通知(教职成〔2021〕2 号)
- [10] 《教育部关于公布2019年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知》(教高函〔2020〕2号)
- [11] 《教育部关于公布 2020 年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知》(教高函〔2021〕1 号)