

精密数控加工

职业技能等级标准

(2021 年 1.0 版)

北京精雕科技集团有限公司 制定

2021 年 3 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 | 3 |
| 4 适用院校专业 | 5 |
| 5 面向职业岗位（群） | 5 |
| 6 职业技能要求 | 6 |
| 参考文献 | 16 |

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：北京精雕科技集团有限公司、机械工业教育发展中心、中国机械工程学会、中国（天津）职业技能公共实训中心、天津职业技术师范大学、南京工业职业技术大学、常州机电职业技术学院、金华职业技术学院、浙江机电职业技术学院、陕西工业职业技术学院、深圳职业技术学院、广东轻工职业技术学院、江苏信息职业技术学院、杭州科技职业技术学院、宁波职业技术学院、北京卫星制造厂有限公司、秦川机床工具集团股份公司、宝鸡忠诚机床股份有限公司、广东星联精密机械有限公司、深圳市博恩医疗器材有限公司、江苏恒立液压科技有限公司、无锡鹏德汽车配件有限公司、浙江西子势必锐航空工业有限公司、浙江大华科技有限公司、浙江蓝特光学股份有限公司、杭州航天电子技术有限公司。

本标准主要起草人：张保全、崔亚超、李渊志、郑丽梅、罗平、贺琼义、徐国胜、王晓勇、刘江、戴素江、曹焕亚、赵明威、李玉炜、赵战峰、甘辉、罗晓晔、王正才、郭雷、石忠东、梁传秋、潘高星、张加波、齐恒年、高利强、林昌武、陈勇、史欣兵、谈正光、傅云、肖建、高峰、管明炎。

声明：本标准的知识产权归属于北京精雕科技集团有限公司，未经北京精雕科技集团有限公司同意，不得印刷、销售。

1 范围

本标准规定了精密数控加工职业技能等级对应的工作领域、工作任务及职业技能要求。

本标准适用于精密数控加工职业技能培训、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 4457.4-2002 机械制图 图样画法 图线

GB/T 4458.1-2002 机械制图 图样画法 视图

GB/T 4458.4-2003 机械制图 尺寸注法

GB/T 4458.5-2003 机械制图 尺寸公差与配合注法

GB/T 14665-2012 机械工程 CAD 制图规则

GB/T 4863-2008 机械制造工艺基本术语

GB/T 6477-2008 金属切削机床 术语

GB 15760-2004 金属切削机床 安全防护通用技术条件

GB/T 38267-2019 机床数控系统 编程代码

GB/T 1800.1-2009 产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第1部分：
公差、偏差和配合的基础

GB/T 1800.2-2009 产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第2部分：
标准公差等级和孔、轴极限偏差表

GB/T 1031-2009 产品几何技术规范 (GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值

GB/T 34880.2-2017 多轴联动加工中心 检验条件 第 2 部分：立式机床精度检验

GB/T18400.2-2010 加工中心检验条件 第 2 部分：立式或带垂直主回转轴的万能主轴头机床几何精度检验（垂直 Z 轴）

GB/T18400.7-2010 加工中心检验条件 第 7 部分：精加工试件精度检验

3 术语和定义

国家和行业标准中有关于机械制造工艺、数控加工的概念及术语界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 数控机床 numerically-controlled machine tools; NC machine tools
按照加工要求预先编制的程序，由控制系统发出数字信息指令对工件进行加工的机床。

注 1：具有数控特性的各类机床均可称为相应的数控机床，如数控铣床、数控钻床等。

注 2：本标准中规定了一些具体的数控机床术语和定义为现行标准中已明确的。

[GB/T 6477-2008, 定义 2.1.26]

3.2 在机测量 on-machine measurement

将机床硬件作为载体，再通过机床测头、3D 测量软件等相应的软硬件测量工具，在机床上对零件进行形状特征测量的一种方式。

3.3 虚拟制造 virtual manufacturing

一种新的制造技术，它以信息技术、仿真技术、虚拟现实技术为支持，在产品设计或制造系统的物理实现之前，就能使人体会或感受到未来产品的性能或者制造系统的状态，从而可以做出前瞻性的决策或实施方案。

[GB/T 4863-2008, 定义 3.1.40]

3.4 精密加工 *precision machining*

指尺寸精度和表面粗糙度可达微米级、亚微米级、分子级、纳米级或更高精度的切削加工方法。

[GB/T 4863-2008, 定义 3.3.53]

3.5 复合切削 *combined machining*

将两种或两种以上的刀具组合起来依次或同时对工件进行切削的方法。

[GB/T 6477-2008, 定义 13.5.2]

3.6 典型工艺 *typical process*

根据零件的结构和工艺特征进行分类、分组，对同组零件制定的统一加工方法和过程。

[GB/T 4863-2008, 定义 3.1.3]

3.7 工艺规程 *procedure*

规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法等的工艺文件。

[GB/T 4863-2008, 定义 3.1.14]

3.8 工艺参数 *process parameter*

为了达到预期的技术指标，工艺过程中所需选用或控制的有关量。

[GB/T 4863-2008, 定义 3.1.18]

3.9 对刀 *to size*

调整刀具切削刃相对工件或夹具的正确位置的过程。

[GB/T 4863-2008, 定义 3.6.15]

3.10 补偿 compensating

在加工过程中, 为校正加工工具与工件相对的正确位置而引入的微量位移。

[GB/T 6477-2008, 定义 2.2.4]

3.11 找正 aligning; to center align

用工具 (或仪表) 根据工件上有关基准, 找出工件在划线、加工或装配时的正确位置的过程。

[GB/T 4863-2008, 定义 3.6.14]

4 适用院校专业

中等职业学校: 数控技术应用、机械制造技术、机械加工技术、模具制造技术、机电技术应用、机电设备安装与维修等专业。

高等职业学校: 数控技术、机械制造与自动化、模具设计与制造、机械设计与制造、精密机械技术、特种加工技术、机械产品检测检验技术等专业。

应用型本科学校: 机械工程、机械设计制造及其自动化、材料成型及控制工程、机械工艺技术、智能制造工程、过程装备与控制工程、机械电子工程、机电技术教育等专业。

5 面向职业岗位 (群)

【精密数控加工】 (初级) : 主要面向高端装备制造、机械零部件制造、模具制造、汽车零部件制造、计算机、通信和其它电子设备制造、仪器仪表制造、医疗仪器设备及器械制造等产业中的现场技术人员。从事三轴精密加工机床的操作、简单精密零件的编程与加工、精密加工方案的实施、设备的

维护保养与故障描述等相关职业岗位。

【精密数控加工】（中级）：主要面向高端装备制造、机械零部件制造、模具制造、汽车零部件制造、计算机、通信和其它电子设备制造、仪器仪表制造、医疗仪器设备及器械制造等产业的工艺及数控编程人员。从事三轴与多轴精密加工机床的操作、常规精密零件的工艺方案制定与实施、精密加工管控方案设计与实施、设备精度管控、设备的维护保养与故障处理等相关职业岗位。

【精密数控加工】（高级）：主要面向高端装备制造、机械零部件制造、模具制造、汽车零部件制造、计算机、通信和其它电子设备制造、仪器仪表制造、医疗仪器设备及器械制造等产业中的高级工艺人员。从事复杂零件的精密加工管控与编程加工、精密加工工艺过程的评估与管理、刀具寿命管理方案设计与实施、精密加工技术管理与推广等相关职业岗位。

6 职业技能要求

6.1 职业技能等级划分

精密数控加工职业技能等级分为三个等级：初级、中级、高级，三个级别职业能力依次递进，高级别涵盖低级别职业技能要求。

【精密数控加工】（初级）：能够初步运用虚拟制造仿真技术、在机测量技术；能够完成精密加工管控方案的实施；能够实现数控机床的精细化管理与操作；能够进行平面、轮廓类零件的精密加工工艺规划与编程，完成尺寸公差 IT7 级、形位公差 6 级、表面粗糙度 $Ra0.6 \mu m$ 的零件加工；能够进行数控机床的日常维保和故障描述。

【精密数控加工】（中级）：能够运用虚拟制造技术、复合切削技术、在

机测量与补偿加工技术；能够设计精密零件的加工管控方案并实施；能够通过三轴联动、多轴定位的加工方法进行工艺规划与编程，完成尺寸公差 IT5 级、形位公差 5 级、表面粗糙度 $Ra0.4 \mu m$ 的精密零件加工；能够对设备进行精度管控、简单故障诊断与处理。

【精密数控加工】（高级）：能够深入运用虚拟制造技术、复合切削技术、在机测量与自适应加工技术并进行应用推广；能够进行工艺过程、刀具寿命的精细化管理；能够通过多轴联动的加工方法进行工艺规划与编程，完成尺寸公差 IT4 级、形位公差 4 级、表面粗糙度 $Ra0.2 \mu m$ 的复杂精密零件加工；能够通过加工环境与生产条件的精细化设计，实现镜面级表面效果。

6.2 职业技能等级要求描述

表 1 精密数控加工职业技能等级要求（初级）

| 工作领域 | 工作任务 | 职业技能要求 |
|---------------|----------------|--|
| 1. 精密加工工艺方案设计 | 1.1 工艺准备 | 1. 1. 1 能够根据机械制图相关国家标准读懂零件图纸，并提取工件的加工要求。 |
| | | 1. 1. 2 能够使用 CAD/CAM 软件绘制二维曲线，生成和提取编程用辅助曲线。 |
| | | 1. 1. 3 能够使用 CAD/CAM 软件绘制立方体、圆柱体等标准模型，并用来建立加工毛坯。 |
| | 1.2 精密数控加工工艺设计 | 1. 2. 1 能够读懂三轴数控加工的工艺规程，同时会设计平面、轮廓类精密零件的工艺路线并编写工艺文件。 |
| | | 1. 2. 2 能够根据常用材料（6061 铝合金、718/P20 钢、45 钢等）的切削特性和材料的切削状态调整工艺参数。 |
| | | 1. 2. 3 能够根据加工过程与工件材料特性选择合适的冷却方式。 |
| | | 1. 2. 4 能够根据三轴数控机床的结构特点、切削性能和加工工艺要求合理选择加工设备。 |
| | 1.3 虚拟制造仿真平台定制 | 1. 3. 1 能够根据工件加工要求选择机床的刀柄。 |
| | | 1. 3. 2 能够根据工艺规程，选择合适的刀具。 |
| | | 1. 3. 3 能够根据工艺规程，运用机械加工工艺和夹具的知识，合理选用平口虎钳、卡盘等通用工装。 |

| 工作领域 | 工作任务 | 职业技能要求 |
|-------------|-----------------|---|
| | | 1. 3. 4 能够根据工艺方案设计与构建毛坯。 |
| 2. 精密加工系统准备 | 2. 1 虚拟制造物理环境搭建 | 2. 1. 1 能够根据工艺文件选择夹具和进行工件的安装。 |
| | | 2. 1. 2 能够检查判断三轴数控加工设备及附件状态是否正常。 |
| | | 2. 1. 3 能够识别数控机床刀柄的基本类型并正确安装刀柄。 |
| | | 2. 1. 4 能够根据工艺文件要求，在 ISO、BT 和 HSK 型 ER 刀柄上安装刀具和使用千分表等工具检测刀具、刀柄安装状态，控制刀具径向跳动量在 0.008mm 以内。 |
| | | 2. 1. 5 能够按照工艺要求合理选择、安装毛坯和使用百分表对工件调平、找正。 |
| | 2. 2 在机测量系统准备 | 2. 2. 1 能够检测测头开启、关闭状态是否正常。 |
| | | 2. 2. 2 能够使用标准环对在机测量系统（接触式测头类）进行标定。 |
| | | 2. 2. 3 能够配置在机测量系统基本参数和进行刀库刀位管理、测头限速等防呆设置。 |
| | | 2. 2. 4 能够对接触式对刀仪的安装精度进行检测和评估。 |
| | 2. 3 设备运行准备 | 2. 3. 1 能够根据三轴数控机床的结构特点、零件的加工要求，对机床进行暖机、预热和全行程润滑。 |
| | | 2. 3. 2 能够手工操作完成工件分中、设定工件坐标系和使用手动方式、接触式对刀仪完成刀具长度、半径等补偿参数的设置。 |
| | | 2. 3. 3 能够掌握数控系统操作面板的按键功能，熟练操作三轴数控机床，并掌握刀具安装及不同类型的刀库参数设置，实现自动换刀。 |
| | | 2. 3. 4 能够检查程序刀号、转速、进给等关键信息与工艺文件一致，并在手工干预加工过程后，通过程序插入实现返回加工。 |
| | | 2. 3. 5 能够手动操作在机测量系统，测量距离、长度、高度等简单特征。 |
| 3. 精密加工数控编程 | 3. 1 程序调试技术准备 | 3. 1. 1 能够根据数控系统操作说明书，掌握常用 G 功能、M 功能、S 功能、T 功能代码的使用方法和程序结构。 |
| | | 3. 1. 2 能够根据数控系统操作说明书，读懂加工主程序、子程序。 |
| | | 3. 1. 3 能够对输出的 NC 程序进行刀号、转速、补偿号等的编辑。 |
| | 3. 2 精密加工过程编程 | 3. 2. 1 能够根据工艺文件或虚拟制造平台规划，在软件中选择机床并设置加工用刀柄、从软件夹具库中调用夹具并完成安装、在软件中建立加工用刀具库和在软件中调入并安装毛坯。 |

| 工作领域 | 工作任务 | 职业技能要求 |
|---------------|-----------------|---|
| 4. 精密加工管控方案实施 | 3.3 在机测量编程 | 3.2.2 能够应用CAM软件对平面、轮廓类工件进行钻削、铣削的精密加工编程，并根据在机测量的要求进行参数设置。 |
| | | 3.2.3 能够应用路径模板完成工件加工程序的编制。 |
| | | 3.2.4 能够基于虚拟制造环境对加工程序进行模拟仿真。 |
| | | 3.2.5 能够根据数控系统正确选择后处理配置文件并进行刀路轨迹的后处理。 |
| | | 3.3.1 能够根据工艺文件和检测方案对工件、毛坯设置测量点。 |
| | | 3.3.2 能够根据工艺文件进行工件的角度与中心补偿编程。 |
| | | 3.3.3 能够根据检测方案进行工件的在机测量编程。 |
| | 4.1 精密数控加工与安全生产 | 4.1.1 能够根据零件加工要求，使用三轴数控机床完成特征加工，并稳定达到如下要求： (1) 尺寸公差等级：IT7； (2) 形位公差等级：6级； (3) 表面粗糙度：Ra0.6 μ m。 |
| | | 4.1.2 能够根据加工过程中产生的声音、振动、切屑，判断加工状态是否正常。 |
| | | 4.1.3 能够判断刀具磨损状态并按规范更换刀具。 |
| | | 4.1.4 能够根据设备操作规范和文明生产要求操作数控加工设备和在机测量系统。 |
| | 4.2 零件手工检测 | 4.2.1 能够进行常用检测工具的维护保养。 |
| | | 4.2.2 能够根据量具使用要求，对常用量具进行校正。 |
| | | 4.2.3 能够根据检测要求正确使用常用量具完成精度检测。 |
| | 4.3 零件在机检测 | 4.3.1 能够利用在机测量系统对工件位置进行检测。 |
| | | 4.3.2 能够根据工件位置检测数据进行加工工件的角度与中心找正。 |
| | | 4.3.3 能够利用在机测量系统进行工件尺寸公差的检测并出具报告。 |
| | | 4.3.4 能够利用在机测量系统进行形状公差（直线度、平面度、圆度、圆柱度）及定向、定位公差的检测并出具报告。 |
| 5. 数控机床的维护与保养 | 5.1 数控机床精度管控 | 5.1.1 能够对三轴数控机床的水平进行检查和调整。 |
| | | 5.1.2 能够通过检测工具对三轴数控机床进行几何精度检测。 |
| | | 5.1.3 能够利用标准试件进行机床切削精度的检验。 |
| | 5.2 数控机床保养 | 5.2.1 能够根据三轴数控机床的保养要求对机床机械、电、气、液压、冷却系统进行日常点检。 |
| | | 5.2.2 能够根据加工工艺选择切削液和按照配比要求配置、检查切削液。 |
| | 5.3 故障描述 | 5.3.1 能够按照机床操作说明书对三轴机床进行日常保养。 |
| | | 5.3.1 能够根据机床说明书查询常规报警信息。 |

| 工作领域 | 工作任务 | 职业技能要求 |
|------|------|-----------------------------------|
| | | 5.3.2 能够描述数控系统的常见故障。 |
| | | 5.3.3 能够描述机床的机械、电、气、液压、冷却系统的常见故障。 |

表 2 精密数控加工职业技能等级要求（中级）

| 工作领域 | 工作任务 | 职业技能要求 |
|---------------|-----------------|---|
| 1. 精密加工工艺方案设计 | 1.1 工艺准备 | 1.1.1 能够根据机械制图相关国家标准读懂、绘制零件图纸并提取工件的加工要求。 |
| | | 1.1.2 能够根据零件加工要求，并使用 CAD/CAM 软件生成和提取三维曲线和编程辅助曲面。 |
| | | 1.1.3 能够使用 CAD/CAM 软件提取工件模型和建立毛坯。 |
| | 1.2 精密数控加工工艺设计 | 1.2.1 能够读懂三轴、多轴数控加工的工艺规程，同时会设计零件的三轴联动加工与多轴定位工艺路线，并编写工艺文件。 |
| | | 1.2.2 能够合理选择设备和工艺参数，实现工件的复合切削（铣削、磨削、钻削、铰削、攻丝、镗削）。 |
| | | 1.2.3 能够定性分析环境变化、装夹精度、刀具参数对加工精度的影响，并据此优化工艺过程。 |
| | | 1.2.4 能够按照工艺规程的要求，选用通用夹具、组合夹具、零点定位系统等装夹方案和设计简单的夹具，并将夹具模型调入软件夹具库。 |
| | | 1.2.5 能够根据零件结构特点设计简单的专用加工刀具。 |
| | 1.3 测量与补偿加工工艺设计 | 1.3.1 能够根据产品结构和装夹特点制定三轴与多轴加工过程的工件找正方案。 |
| | | 1.3.2 能够根据工艺要求，制定刀具尺寸检测和刀尖 Z 向位置检测的方案。 |
| | | 1.3.3 能够根据产品几何技术规范和零件图纸要求制定工件的检测标准和检测方案。 |
| | | 1.3.4 能够制定在机测量系统的尺寸、形位公差检测方案，并制定检测报告模板。 |
| | | 1.3.5 能够根据在机测量检测结果，制定工件补偿加工方案。 |
| 2. 精密加工系统准备 | 2.1 虚拟制造物理环境搭建 | 2.1.1 能够使用千分表检测刀具、刀柄安装状态，控制刀具径向跳动量在 0.005mm 以内，并根据工艺文件，使用百分表对工件调平、找正。 |
| | | 2.1.2 能够检查并判断三轴、多轴数控机床及其附件状态是 |

| 工作领域 | 工作任务 | 职业技能要求 |
|-------------|--------------|--|
| 3. 精密加工数控编程 | 2. 在机测量系统准备 | 否正常。 2. 1. 3 能够根据工艺文件对夹具进行调整并在机床上合理安装。 2. 1. 4 能够根据工艺文件对刀具进行避空处理。 2. 1. 5 能够使用热缩刀柄安装刀具。 |
| | | 2. 2. 1 能够对在机测量系统、激光对刀仪进行参数设置及行程防呆设置。 |
| | | 2. 2. 2 能够使用标准球对在机测量系统进行标定。 |
| | | 2. 2. 3 能够对激光对刀仪进行调整和标定。 |
| | | 2. 2. 4 能够进行测针的调整、校正和安装精度的检测。 |
| | 2.3 设备运行准备 | 2. 3. 1 能够根据三轴、多轴数控机床的结构特点和加工要求, 对机床进行暖机、预热和全行程润滑。 |
| | | 2. 3. 2 能够根据零件加工要求合理配置三轴、多轴数控系统参数, 并掌握数控系统操作面板的按键功能, 熟练操作三轴、多轴数控机床。 |
| | | 2. 3. 3 能够在三轴、多轴数控机床上使用刀库管理功能, 完成刀具及常见刀库参数设置, 实现自动换刀。 |
| | | 2. 3. 4 能够使用手动方式、接触式对刀仪、激光对刀仪、在机测量系统完成工件坐标系和刀具长度补偿参数的设定。 |
| | | 2. 3. 5 能够使用激光对刀仪完成刀具直径、轮廓的补偿参数设置。 |
| | 3.1 程序调试技术准备 | 3. 1. 1 能够手动编写直线、圆弧以及圆孔、槽、凸台和螺纹孔类加工主程序。 |
| | | 3. 1. 2 能够编写和插入宏程序实现行程管理、误操作防呆功能。 |
| | | 3. 1. 3 能够添加和编辑自动对刀、暖机等辅助程序。 |
| | 3.2 精密加工过程编程 | 3. 2. 1 能够为软件夹具库新建夹具, 根据工艺文件从软件夹具库中调用夹具并完成安装。 |
| | | 3. 2. 2 能够根据工艺文件, 在软件中建立加工用刀具库和为刀具库新建刀具。 |
| | | 3. 2. 3 能够建立标准视图和不同加工视角的加工坐标系并在多坐标系下进行编程, 编程参数能够根据在机测量的结果进行调整。 |
| | | 3. 2. 4 能够应用CAM软件内三轴联动、多轴定位的加工方法进行精密加工编程, 并利用虚拟制造仿真技术精确计算装刀长度、进行干涉和碰撞检查。 |
| | | 3. 2. 5 能够根据工艺文件, 使用不同的路径模板, 集中生成加工程序, 并根据合理定制的工艺单模板输出工艺单。 |
| | | 3. 2. 6 能够根据设备结构特点和数控系统正确选择后处理配置文件并进行刀路轨迹的后处理。 |

| 工作领域 | 工作任务 | 职业技能要求 |
|---------------|-----------------|--|
| | 3.3 在机测量编程 | <p>3.3.1 能够利用在机测量系统生成自动工件找正程序并在自动编程中加入找正补偿参数。</p> <p>3.3.2 能够合理应用软件布置测量点（直线、平面、圆、圆柱等元素）。</p> <p>3.3.3 能够编写在机测量程序，进行尺寸精度测量、形位精度测量等，并输出检测报告。</p> |
| 4. 精密加工管控方案实施 | 4.1 精密数控加工与安全生产 | <p>4.1.1 能够根据零件加工要求，使用多轴数控机床完成特征加工，并稳定达到如下要求：</p> <p>(1) 尺寸公差等级：IT5；</p> <p>(2) 形位公差等级：5级；</p> <p>(3) 表面粗糙度：Ra0.4μm。</p> <p>4.1.2 能够对加工过程数据进行分析并调整工艺方案。</p> <p>4.1.3 能够按照工艺文件要求，完成精密加工管控。</p> <p>4.1.4 能够根据企业相关质量管理制度，宣传贯彻安全文明生产要求，提高工作质量。</p> |
| | 4.2 零件手工检测 | <p>4.2.1 能够准确掌握尺寸公差及形位公差的概念及测量方法。</p> <p>4.2.2 能够根据零件的精度要求和量具的测量规范知识，选用合适量具。</p> <p>4.2.3 能够根据零件加工精度的要求，制定手工检测方案，并会运用测量工具与测量方法，检验零件加工精度。</p> |
| | 4.3 零件在机检测 | <p>4.3.1 能够利用激光对刀仪对刀具进行检测。</p> <p>4.3.2 能够利用在机测量系统进行尺寸及形位公差检测。</p> <p>4.3.3 能够根据零件加工精度的要求，运用在机测量系统，检验并分析零件加工精度，实现补偿加工。</p> |
| 5. 数控机床维护与保养 | 5.1 数控机床精度管控 | <p>5.1.1 能够对多轴数控机床的水平进行调整。</p> <p>5.1.2 能够通过检测工具对多轴数控机床进行几何精度检测。</p> <p>5.1.3 能够利用在机测量系统进行多轴数控机床转台轴心参数标定及校验。</p> <p>5.1.4 能够利用在机测量系统检查机床的定位精度。</p> |
| | 5.2 数控机床维护保养 | <p>5.2.1 能够根据机床操作说明书进行数控系统版本更新操作。</p> <p>5.2.2 能够按照机床操作说明书对多轴数控机床进行日常维护保养。</p> <p>5.2.3 能够根据多轴数控机床的保养规范对机床机械、电、气、液压、冷却系统进行定期维护保养。</p> |
| | 5.3 简单故障处理 | <p>5.3.1 能够处理机床操作、加工过程中产生的简单故障。</p> <p>5.3.2 能够处理在机测量系统的通讯故障。</p> <p>5.3.3 能够处理在机测量系统运行过程中的中断报警。</p> |

表 3 精密数控加工职业技能等级要求（高级）

| 工作领域 | 工作任务 | 职业技能要求 |
|---------------|-----------------|---|
| 1. 精密加工工艺方案设计 | 1.1 模型绘制与优化 | 1. 1. 1 能够根据复杂零件加工要求并使用 CAD/CAM 软件生成、提取、编辑和优化三维曲线、工件模型和辅助曲面。 |
| | | 1. 1. 2 能够根据工艺规程，优化辅助线面。 |
| | | 1. 1. 3 能够根据加工位置结构特点制作合适的刀轴控制曲面（曲线），达到零件图要求。 |
| | | 1. 1. 4 能够根据复杂零件加工和夹具设计要求，使用 CAD/CAM 软件建立半成品加工毛坯和绘制夹具模型并装配。 |
| | 1.2 精密数控加工工艺设计 | 1. 2. 1 能够设计复杂零件的多轴联动加工工艺，并编写工艺文件。 |
| | | 1. 2. 2 能够根据工艺尺寸链知识对工艺尺寸和工序余量进行计算。 |
| | | 1. 2. 3 能够利用数控系统中的智能刀具管理功能，设计刀具管控方案，实现对刀具寿命的管控。 |
| | | 1. 2. 4 能够按照工艺规程的要求，运用机械加工工艺和夹具相关知识，选用和设计合适的夹具。 |
| | | 1. 2. 5 能够使用误差分析方法和监测数据，分析、计算夹具的装夹精度，并据此优化工艺方案。 |
| | 1.3 测量与补偿加工工艺设计 | 1. 3. 1 能够利用工艺尺寸链知识和在机测量系统进行加工基准转换。 |
| | | 1. 3. 2 能够根据工艺要求制定刀具监控指标和方案。 |
| | | 1. 3. 3 能够根据加工精度管控要求制定工件轮廓、曲面测量方案，并制定测量报告模板。 |
| | | 1. 3. 4 能够根据在机测量结果制定工件自适应加工方案。 |
| 2. 精密加工系统准备 | 2.1 虚拟制造物理环境搭建 | 2. 1. 1 能够使用千分表检测刀具、刀柄安装状态，控制刀具径向跳动量在 0.003mm 以内，并根据工艺规程，使用百分表对工件调平、找正。 |
| | | 2. 1. 2 能够根据工艺文件对半成品毛坯进行安装。 |
| | | 2. 1. 3 能够根据工艺文件对通用及专用夹具进行安装。 |
| | 2.2 在机测量系统准备 | 2. 2. 1 能够处理测头电池亏电、模式不正确等故障。 |
| | | 2. 2. 2 能够对 L 型、菱形等异型探针进行标定。 |
| | | 2. 2. 3 能够按照比对测量要求，使用标准件调试在机测量系统。 |
| | 2.3 设备运行准备 | 2. 3. 1 能够根据刀具寿命管理方案对数控系统设置相应参数。 |
| | | 2. 3. 2 能够根据生产特点对数控系统进行权限管理。 |
| | | 2. 3. 3 能够输入并编辑工件的分中程序、找正程序、加工程序和在机检测程序。 |
| 3. 精密加 | 3.1 程序调试 | 3. 1. 1 能够手动编写直线、圆弧以及圆孔、槽、凸台、台阶 |

| 工作领域 | 工作任务 | 职业技能要求 |
|---------------|-----------------|--|
| 工数控编程 | 技术准备 | <p>面和螺纹孔类加工主程序、子程序和系统宏程序。</p> <p>3.1.2 能够应用数控系统内变量，手动编写直线、圆弧、圆孔、槽、凸台、台阶面、阶梯孔和螺纹孔类的宏程序。</p> <p>3.1.3 能够调用外部程序模块完成宏程序编制。</p> |
| | 3.2 精密加工过程编程 | <p>3.2.1 能够合理设置工艺参数，熟练应用 CAM 软件内多轴联动的加工方法进行编程，并根据在机测量的要求进行调整。</p> <p>3.2.2 能够总结零件的典型工艺，并建立加工路径模板库。</p> <p>3.2.3 能够添加和选择软件的加工参数库参数。</p> <p>3.2.4 能够在加工程序中熟练插入过程管控代码或过程管控宏程序。</p> <p>3.2.5 能够使用软件提供的后处理编辑器对多轴机床后处理文件进行编辑。</p> <p>3.2.6 能够根据刀具参数检测数据进行补偿加工编程。</p> |
| | 3.3 在机测量编程 | <p>3.3.1 能够根据基准设置方案编写加工基准转换的在机测量程序。</p> <p>3.3.2 能够根据工艺要求并利用 CAM 软件布置曲线、曲面测量点。</p> <p>3.3.3 能够编写在机测量程序，包括位置、轮廓和曲面形状测量、余量检测等，并输出检测报告。</p> |
| 4. 精密加工管控方案实施 | 4.1 精密数控加工及安全生产 | <p>4.1.1 能够根据零件加工要求，使用多轴数控机床完成特征加工，并稳定达到如下要求：</p> <p>(1) 尺寸公差等级：IT4；</p> <p>(2) 形位公差等级：4 级；</p> <p>(3) 表面粗糙度：Ra0.2μ m。</p> <p>4.1.2 能够设计精密加工管控方案，实现镜面级表面效果。</p> <p>4.1.3 能够对加工过程及批量生产数据进行分析并调整工艺方案。</p> <p>4.1.4 能够根据精密加工过程管控方案制定安全文明生产规范。</p> |
| | 4.2 零件常规检测 | <p>4.2.1 能够正确使用百分表、千分表等常用量具进行精度检测，了解三坐标测量机、影像测量仪、接触式粗糙度仪等精密检测设备的测量原理。</p> <p>4.2.2 能够根据零件特征、批量大小、生产工艺等条件设计品质管控方案。</p> <p>4.2.3 能够根据零件加工精度要求，选择测量工具与测量方法，检验零件并分析检测数据，找出误差产生的原因。</p> |
| | 4.3 零件在机检测 | <p>4.3.1 能够根据在机测量系统形成的转换基准完成加工。</p> <p>4.3.2 能够利用激光对刀仪对刀具的参数进行检测，并对刀具寿命进行管理。</p> <p>4.3.3 能够利用在机测量系统进行尺寸及形位公差检测并</p> |

| 工作领域 | 工作任务 | 职业技能要求 |
|----------------|--------------|--|
| | | <p>实现补偿加工。</p> <p>4.3.4 能够利用在机测量系统进行轮廓、曲面检测和根据检测结果进行自适应加工。</p> |
| | 5.1 精密加工技术管理 | <p>5.1.1 能够收集、总结精密加工管控的先进方法和夹具设计的技术要求，并完成技术报告。</p> <p>5.1.2 能够对精密数控加工过程中的加工数据与管控方案进行分析并完成技术文档。</p> <p>5.1.3 能够根据加工结果和检测数据，提出工艺方案的改进方向并组织技术交流。</p> <p>5.1.4 能够组织中级及以下技术人员针对精密加工领域的技术难题进行联合攻关。</p> |
| 5. 精密加工技术管理与培训 | 5.2 理论知识培训 | <p>5.2.1 能够对中级及以下技术人员进行机械制造工艺、金属切削原理相关的专业理论知识进行培训。</p> <p>5.2.2 能够对中级及以下技术人员进行精密数控加工方面的理论培训，包括工艺方案的制定原则、精密加工的管控指标等。</p> <p>5.2.3 能够指导中级及以下技术人员查找并使用机械加工相关的技术手册。</p> <p>5.2.4 能够指导中级及以下技术人员撰写精密数控加工相关的技术论文。</p> |
| | 5.3 实操技能培训 | <p>5.3.1 能够制定实操技能培训的教学计划。</p> <p>5.3.2 能够编写培训教材。</p> <p>5.3.3 能够对中级及以下技术人员进行精密数控加工的实操演示和培训，包括操作规范、在机测量技术与虚拟制造技术的应用等。</p> <p>5.3.4 能够针对中级及以下技术人员加工中出现的问题进行指导和提出改进建议。</p> |

参考文献

- [1] 教育部. 中等职业学校专业目录（2010 年修订）. 2010.
- [2] 教育部. 普通高等学校高等职业教育（专科）专业目录（2015 年）. 2015.
- [3] 教育部. 普通高等学校本科专业目录（2020 年版）. 2020.
- [4] 战略性新兴产业分类（2018）
- [5] 高等职业学校专业教学标准（2018 年）
- [6] 国家职业技能标准编制技术规程（2018 年版）
- [7] 2017 年国民经济行业分类（GB/T 4754—2017）
- [8] 中华人民共和国职业分类大典（2015 版）
- [9] 6-18-01-02, 铣工[S]. 北京: 中华人民共和国人力资源与社会保障部, 2018.