

增材制造工程技术人员

国家职业标准

(征求意见稿)

1 职业概况

1.1 职业名称

增材制造工程技术人员

1.2 职业编码

2-02-38-11

1.3 职业定义

从事增材制造技术、装备、产品研发、设计并指导应用的工程技术人员。

1.4 专业技术等级

本职业共设三个等级，分别是初级、中级和高级。

初级、中级和高级分为两个职业方向：增材制造技术开发、增材制造技术应用。

1.5 职业环境条件

室内，常温。

1.6 职业能力特征

具有一定的学习能力、计算能力及表达能力，具有较强的空间想象力，色觉正常。

1.7 普通受教育程度

大学专科学历（或高等职业学校毕业）

1.8 职业培训要求

1.8.1 培训时间

增材制造工程技术人员需按照本《标准》的职业要求参加有关课程培训，完成规定学时，取得学时证明。初级 90 标准学时，中级 90 标准学时，高级 120 标准学时。

1.8.2 培训教师

承担初级、中级理论知识和专业能力培训任务的人员，应具有相关职业中级及以上专业技术等级或相关专业中级及以上职称。

承担高级理论知识或专业能力培训任务的人员，应具有相关职业高级专业技术等级或相关专业高级职称。

1.8.3 培训场所设备

理论知识培训在标准教室或线上平台进行；专业能力培训应在配备相应设备和工具(软件)系统等的实训场所、工作现场或线上平台进行。

1.9 专业技术考核要求

1.9.1 考核申报条件

——取得初级培训学时证明，并具备以下条件之一者，可申报初级专业技术等级：

- (1) 取得技术员职称。
- (2) 具备相关专业大学本科及以上学历（含在读的应届毕业生）。
- (3) 具备相关专业大学专科学历，从事本专业技术工作满1年。
- (4) 技工院校毕业生按国家有关规定申报。

——取得中级培训学时证明，并具备以下条件之一者，可申报中级专业技术等级：

- (1) 取得助理工程师职称后，从事本专业技术工作满2年。
- (2) 具备大学本科学历（或学士学位），或大学专科学历，取得初级专业技术等级后，从事本专业技术工作满3年。

(3) 具备硕士学位（或第二学士学位），取得初级专业技术等级后，从事本专业技术工作满1年。

- (4) 具备相关专业博士学位。
- (5) 技工院校毕业生按国家有关规定申报。

——取得高级培训学时证明，并具备以下条件之一者，可申报高级专业技术等级：

- (1) 取得工程师职称后，从事本专业技术工作满3年。
- (2) 具备硕士学位（或第二学士学位），或大学本科学历（或学士学位），取得中级专业技术等级后，从事本专业技术工作满4年。

(3) 具备博士学位，取得中级专业技术等级后，从事本专业技术工作满1年。

(4) 技工院校毕业生按国家有关规定申报。

1.9.2 考核方式

从理论知识和专业能力两个维度进行考核，分别采用笔试（机考）考核和实操考核的方式进行。各项考核均实行百分制，成绩皆达 60 分（含）以上者为合格。考核合格者获得相应专业技术等级证书。

理论知识考核采用闭卷笔试、机考等方式进行，主要考查增材制造工程技术人员从事本职业应掌握的基础知识和专业知识。专业能力考核采用方案设计、实际操作等实践考核方式进行，主要考查增材制造工程技术人员从事本职业应具备的实际工作能力。

1.9.3 监考人员、考评人员和考生配比

理论知识考核中的监考人员与考生配比不低于 1:15，且每个考场不少于 2 名监考人员；专业能力考核中的考评人员与考生配比为 1:10，且每场考核考评人员为 3 人及以上单数。

1.9.4 考核时间

理论知识考核时间不少于 120 分钟；专业能力考核时间：初级不少于 120 分钟，中级不少于 120 分钟，高级不少于 150 分钟。

1.9.5 考核场所设备

理论知识考试在标准教室内进行，配置能覆盖全部考生范围的监控设备。

专业能力考核在配备符合相应等级专业技术考核的设备和工具（软件）系统等的实训场所、工作现场或线上平台进行，需配置覆盖全部考生和工位范围的监控设备，并且具备增材制造设备、计算机、耗材和安全防护设备等条件。

2 基本要求

2.1 职业道德

2.1.1 职业道德基本知识

2.1.2 职业守则

- (1) 爱岗敬业，践行社会主义核心价值观。
- (2) 恪守职责，遵守有关法律法规和行业相关标准。
- (3) 诚实守信，承担自身能力范围与专业领域内的工作。
- (4) 终身学习，不断提高自身的工程能力与业务水平。
- (5) 服务社会，为大众福祉、健康、安全与可持续发展提供支持。
- (6) 严于律己，保守国家秘密、技术秘密和商业秘密。
- (7) 清正廉洁，反对渎职行为和腐败行为。

2.2 基础知识

2.2.1 基本理论知识

- (1) 制造工程基础知识。
 - a. 机械制图
 - b. 机械设计原理与方法
 - c. 机械制造技术基础
 - d. 增材制造技术基础
 - e. 材料成形技术
 - f. 金属学及热处理
- (2) 材料与力学基本知识。
 - a. 工程力学
 - b. 热流体力学
 - c. 材料力学
 - d. 机械工程材料基础
 - e. 材料科学基础
 - f. 无机材料科学基础

g. 高分子材料基础

h. 金属材料基础

(3) 电子工程与控制工程基础知识。

a. 电工电子技术

b. 传感器与检测技术

c. 控制工程基础

d. 微机原理与接口技术

e. 程序设计语言

f. 编译技术基础

2.2.2 安全文明生产、环境保护知识

(1) 生产现场管理方法。

(2) 职业健康与职业安全。

(3) 环境与可持续发展。

2.2.3 质量管理知识

(1) 企业质量管理体系。

(2) 产品与工作质量要求。

(3) 产品与工作质量保证措施与责任。

2.2.4 知识产权保护知识

(1) 专利权保护。

(2) 著作权保护。

(3) 商业秘密保护。

(4) 反不正当竞争。

2.2.5 相关法律、法规知识

(1) 《中华人民共和国劳动法》相关知识。

(2) 《中华人民共和国产品质量法》相关知识。

(3) 《中华人民共和国标准化法》相关知识。

(4) 《中华人民共和国安全生产法》相关知识。

(5) 《中华人民共和国专利法》相关知识。

职业编码：2-02-38-11

(6)《中华人民共和国著作权法》相关知识。

3 工作要求

本标准对初级、中级、高级的专业能力要求及相关知识要求依次递进，高级别涵盖低级别的要求。

3.1 增材制造技术开发

3.1.1 初级

职业功能	工作内容	专业能力要求	相关知识要求
1.设计与制造装备	1.1 设计和试制装备机械零部件	<p>1.1.1 能完成增材制造装备常用机械零部件的三维建模、性能分析、工程图纸绘制等</p> <p>1.1.2 能根据增材制造装备设计标准或规范完成装备机械零部件的试制及试验验证</p> <p>1.1.3 能根据客户需求,在增材制造装备设计标准或规范基础上,完成所需增材制造装备机械零部件结构的改进或定制化</p>	<p>1.1.1 增材制造技术基础知识,包括增材制造原理、工艺与装备</p> <p>1.1.2 增材制造装备基础知识,包括光固化、熔融沉积、粉末床烧结/熔融、定向能量沉积、挤出成形等增材制造装备零部件结构与功能</p> <p>1.1.3 增材制造机械零部件结构优化设计方法</p>
	1.2 选型装备核心功能部件与组装调试	<p>1.2.1 能根据成型原理和目标装备的需求进行增材制造装备核心功能部件(光学、成型头、在线监控、步进/伺服传动等模块)的选型</p> <p>1.2.2 能按照装备的装配图纸及装配要求进行增材制造装备核心功能部件(光学、成型头、在线监控、步进/伺服传动等模块)的组装与调试</p> <p>1.2.3 能根据增材制造装备功能部件标准或规范,完成装备常用功能部件的功能测试验证与合格评估</p>	<p>1.2.1 增材制造核心功能部件工作原理</p> <p>1.2.2 增材制造常用电气元器件选用、标准件/常用件的选型、功能部件选型方法与规则</p> <p>1.2.3 增材制造核心功能部件中的光学、机械、电气的装配、测量和功能测试与评估方法</p>
2.开发软件与控制系统	2.1 选型设备控制系统	<p>2.1.1 能根据增材制造工艺和设备运行工况、成本及可靠性等需求进行控制系统各模块的选型</p> <p>2.1.2 能进行至少一种单元模块(运动系统、监控系统、扫描系统等)</p>	<p>2.1.1 增材制造设备工作控制逻辑相关知识</p> <p>2.1.2 增材制造专用控制系统原理和技术,包括运动控制器、可编程逻辑控制器、电机、激光器、振镜和各类</p>

		的基本功能应用与测试	传感器等的功能、适用范围和应用方法
	2.2 开发软件部分模块	<p>2.2.1 能根据工艺需求设计三维模型、二维切片、加工路径的数据处理流程</p> <p>2.2.2 能使用基本的界面设计库、图形渲染库，开发用户交互界面和可视化功能</p> <p>2.2.3 能进行单一模块程序的测试、维护</p>	<p>2.2.1 增材制造数据处理流程相关知识</p> <p>2.2.2 增材制造常用工业软件使用方法</p> <p>2.2.3 增材制造软件支撑库知识，包括界面设计库、图形渲染库、网格模型处理库等</p>
3. 研发材料与工艺	3.1 制备增材制造专用材料	<p>3.1.1 能根据材料特征（氧含量、粉末粒径、丝材直径等）进行材料分类</p> <p>3.1.2 能根据增材制造专用材料（光敏树脂、粉材、丝材等）的制备工艺规范进行材料制备</p> <p>3.1.3 能进行增材制造专用材料的安全使用与管控</p>	<p>3.1.1 增材制造材料类型、材料物性知识与适用工艺</p> <p>3.1.2 增材制造专用材料的制备技术，包括原材料的选择、制备方法、材料性能评价等</p> <p>3.1.3 增材制造专用材料的安全存储和使用方法</p>
	3.2 验证增材制造专用材料工艺特性	<p>3.2.1 能完成增材制造工艺装备与材料类型（丝材、粉材、液材等）的适用性匹配</p> <p>3.2.2 能根据工艺过程中材料的表现形式（铺粉问题、喷头堵塞）评价材料的工艺性</p> <p>3.2.3 能验证增材制造专用材料的工艺性能</p>	<p>3.2.1 专用材料对增材制造工艺的影响机制相关知识</p> <p>3.2.2 增材制造专用材料的工艺性评价方法</p> <p>3.2.3 增材制造专用材料表征方法</p>

3.1.2 中级

职业功能	工作内容	专业能力要求	相关知识要求
1.设计与制造装备	1.1 分析与设计装备功能部件	<p>1.1.1 能完成增材制造装备功能部件的系统技术需求与可行性分析</p> <p>1.1.2 能完成增材制造装备功能部件的结构设计、功能设计与仿真优化</p> <p>1.1.3 能完成增材制造装备功能部件的测试与验证、分析与优化</p>	<p>1.1.1 增材制造需求与装备成形能力分析方法</p> <p>1.1.2 增材制造装备结构部件优化设计方法,重点包括轻量化设计与可靠性分析</p> <p>1.1.3 增材制造装备功能部件优化设计方法,重点包括功能稳定性和可靠性</p>
	1.2 设计装备整体结构	<p>1.2.1 能按照工艺特点进行增材制造装备整体结构和各子系统（光学、控制、密封腔体等）的布局、设计与仿真</p> <p>1.2.2 能进行增材制造装备整体结构和各子系统（光学、控制、密封腔体等）的协同设计与集成</p> <p>1.2.3 能根据绿色、智能、安全、人机工学的要求进行增材制造装备的工业设计</p> <p>1.2.4 能进行增材制造装备的安全性设计与评估</p>	<p>1.2.1 增材制造装备模块化设计方法与系统集成技术</p> <p>1.2.2 增材制造装备工业系统驱动与控制技术</p> <p>1.2.3 增材制造装备外观设计方法、造型设计方法等</p> <p>1.2.4 增材制造设备安全性设计原则与风险评估标准相关知识</p>
	1.3 组装与调试装备、编制装备集成工艺规范	<p>1.3.1 能编制增材制造装备集成工艺规范</p> <p>1.3.2 能根据增材制造装备集成工艺规范进行增材制造装备的集成、组装</p> <p>1.3.3 能根据性能/功能需求完成增材制造装备的安装、调试（精度、各单元联动）</p> <p>1.3.4 能编撰设备使用说明书与安全操作规范</p>	<p>1.3.1 金属、非金属等增材制造装备的装配流程相关知识</p> <p>1.3.2 金属、非金属等增材制造装备的调试规范相关知识</p> <p>1.3.3 增材制造装备运行测试数据的采集与分析方法</p>

2. 开发软件与控制系统	2.1 开发数据处理软件	<p>2.1.1 能根据数据处理流程完成三维模型预处理、切片、路径规划等数据处理模块的开发</p> <p>2.1.2 能根据应用需求完成数据处理各模块的集成与扩展，形成完整处理软件</p> <p>2.1.3 能编撰数据处理软件使用说明书</p>	<p>2.1.1 增材制造专用计算机辅助设计、计算机辅助工程、计算机辅助制造软件开发方法</p> <p>2.1.2 增材制造专用三维、二维、一维标准格式数据的表示与解析技术</p> <p>2.1.3 软件技术文件编制规范相关知识</p>
	2.2 开发装备控制系统软件	<p>2.2.1 能根据装备及工艺要求，开发将加工路径、扫描参数等数据解析为控制器指令信息的软件</p> <p>2.2.1 能根据增材制造工艺特征开发加工过程质量监测模块</p> <p>2.2.3 能使用可编程逻辑控制器和运动控制器进行运动等控制程序的开发</p> <p>2.2.4 能根据设备要求及安全规范进行控制系统软硬件模块的协同设计与开发</p> <p>2.2.5 能编撰设备控制系统软件使用说明书</p>	<p>2.2.1 增材制造效能优化方法</p> <p>2.2.2 增材制造数字控制和机器视觉的开发与应用方法</p> <p>2.2.3 增材制造安全控制系统规范及其实现方法</p> <p>2.2.4 增材制造设备嵌入式系统开发方法</p> <p>2.2.5 软件测试基本方法，如黑盒测试和白盒测试等</p>
	2.3 集成与维护装备控制系统	<p>2.3.1 能进行装备控制系统软件与装备的集成和联调</p> <p>2.3.2 能根据装备功能要求进行控制系统的设计、测试与验证</p> <p>2.3.3 能进行增材制造装备软硬件故障诊断与识别</p>	<p>2.3.1 增材制造装备控制系统软硬件集成方法</p> <p>2.3.2 增材制造装备控制系统软硬件调试方法</p> <p>2.3.3 增材制造装备故障诊断与识别方法</p>
3. 研发材料与工艺	3.1 根据增材制造工艺要求选择/匹配原材料	<p>3.1.1 能根据工艺过程中材料的表现形式（铺粉问题、喷头堵塞）更换/选取合适的材料</p> <p>3.1.2 能识别增材制造设备工作过程中关键部件（铺粉刮刀、升降平台、喷头等）与材料工艺特征之间的关系并更换/调整材料</p>	<p>3.1.1 增材制造专用材料、装备、工艺的协同关系相关知识</p> <p>3.1.2 增材制造专用材料成分、宏观特征形貌相关知识</p>

		3.1.3 能根据原材料物性合理配比原材料	
	3.2 根据增材制造工艺特征改性与优化材料	3.2.1 能判断工作过程中工艺参数与材料表现形式之间的关系，调整优化材料的工艺特征 3.2.2 能根据工艺特征制定材料的改性与优化方案 3.2.3 能根据客户需求对专用材料进行改性和优化	3.2.1 增材制造专用材料改性方法 3.2.2 增材制造专用材料优化方法 3.2.3 增材制造专用材料与产品精度、性能的影响关系相关知识
	3.3 新材料增材制造工艺研发	3.3.1 能根据材料的表现形式评价新材料在增材制造设备工作过程中的工艺性 3.3.2 能评价工作过程中新材料对增材制造设备的影响及制定新材料的使用安全防范与管控 3.3.3 能制定新开发材料增材制造全流程工艺，并实现试验件制造	3.3.1 增材制造新开发材料系统评测知识，包括材料成分、物相、微观组织对材料性能、成形能力、适用工况的影响等 3.3.2 增材制造材料与成形工艺之间的作用关系相关知识，包括成形精度与性能的影响、新材料工艺窗口的制定 3.3.3 增材制造材料的后处理知识，包括系统的金属、非金属后处理知识

3.1.3 高级

职业功能	工作内容	专业能力要求	相关知识要求
1. 设计与制造装备	1.1 总体设计与优化装备	<p>1.1.1 能根据用户与生产需求进行增材制造装备的总体设计、概念设计、智能化设计、绿色节能设计与协同设计</p> <p>1.1.2 能对增材制造装备的总体功能、性能进行测试与验证</p> <p>1.1.3 能根据增材制造装备测试结果进行装备及总系统的总体分析与优化</p>	<p>1.1.1 增材制造装备总体优化设计方法</p> <p>1.1.2 增材制造装备智能化技术</p> <p>1.1.3 增材制造装备可靠性设计知识</p> <p>1.1.4 增材制造装备绿色化设计知识</p>
	1.2 制定装备运维规范	<p>1.2.1 能建立增材制造装备故障状态指标进行关键参数阈值研究与配置</p> <p>1.2.2 能根据增材制造装备设计与应用的需求开展装备运维规范的制定</p> <p>1.2.3 能按照增材制造装备性能与效益的要求开展装备运维规范的制定</p>	<p>1.2.1 增材制造装备多层次系统监控技术相关知识</p> <p>1.2.2 增材制造装备数据与信息管理和处理知识</p> <p>1.2.3 增材制造装备质量/安全管控方法</p>
	1.3 研发新型增材制造装备	<p>1.3.1 能针对特定行业/领域进行新型增材制造装备需求与可行性分析，完成新型增材制造装备的研发</p> <p>1.3.2 能根据新原理/新技术体系架构的要求进行新型增材制造装备的研发</p> <p>1.3.3 能完成新型增材制造装备的总体评价和运行规范制定</p>	<p>1.3.1 增材制造新原理和新方法</p> <p>1.3.2 考虑增材制造全流程制造工艺的增材制造装备开发理论与方法</p> <p>1.3.3 增材制造装备的工业大数据分析方法</p>
	1.4 评价和提升增材制造装备可靠性	<p>1.4.1 能制定增材制造装备可靠性测试准则</p> <p>1.4.2 能进行增材制造装备可靠性建模、测试与评价</p> <p>1.4.3 能针对增材制造装备关键性能/功能指标进行可靠性优化</p>	<p>1.4.1 增材制造装备综合测试技术</p> <p>1.4.2 增材制造装备失效模式建模仿真技术</p> <p>1.4.3 增材制造装备可靠性建模与管理技术</p>

2.开发软件与控制系统	2.1 设计开发数据处理、工艺仿真及装备软件总体架构	<p>2.1.1 能根据具体领域需求完成单机、云服务、分布式计算/控制、上下位机等不同架构模式软件的框架设计</p> <p>2.1.2 能根据工艺流程、计算效率、加工效率、制件性能及材料消耗等需求设计数据表达模型、数据处理流程</p> <p>2.1.3 能根据装备、工艺、使用场景进行个性化的模块调整与扩展</p> <p>2.1.4 能根据硬件测试结果分析软件的运行情况，构建、优化高鲁棒性的总体架构</p>	<p>2.1.1 增材制造设备与工艺知识，及其数据处理、数值模拟方法</p> <p>2.1.2 增材制造数据接口格式、协议，软件框架、设计模式、云制造知识</p> <p>2.1.3 增材制造软硬件架构设计方法、自动化脚本开发技术</p>
	2.2 研发与优化数据处理及仿真算法	<p>2.2.1 能基于优化算法构建高效读写、处理大规模数据模型的核心模块</p> <p>2.2.2 能根据加工工艺的特征及需求优化三维模型剖分、镂空、点阵结构处理、最优加工方向、优化路径等算法</p> <p>2.2.3 能根据特定增材制造工艺特点设计优化的模型网格剖分、工艺仿真数值求解算法</p> <p>2.2.4 能进行算法的时空复杂度测试、分析与性能优化</p>	<p>2.2.1 增材制造相关计算机图形学算法</p> <p>2.2.2 增材制造工艺与数据的深度学习知识</p> <p>2.2.3 增材制造加工过程中的形性关系及数值求解知识</p> <p>2.2.4 增材制造数据性能调优技术</p>
	2.3 研发与优化新型控制系统	<p>2.3.1 能根据设备成本和性能等需求设计规划控制系统整体方案</p> <p>2.3.2 能根据控制系统方案设计硬件拓扑结构、数据传输模式和配套的软件接口等</p> <p>2.3.3 能优化控制系统，以实现稳定性、可靠性和实时性等需求</p> <p>2.3.4 能定制或自主开发专用控制器</p>	<p>2.3.1 增材制造控制新方法与新装置相关知识</p> <p>2.3.2 增材制造操作系统设计方法，包括内核态程序开发、线程调度、中断与异常处理和同步与异步程序开发等</p> <p>2.3.4 增材制造分布式控制系统集成技术</p>

3.研发材料与工艺	3.1 研发增材制造专用新材料	<p>3.1.1 能根据增材制造原理特征开发增材制造专用新材料</p> <p>3.1.2 能根据客户特定需求发展增材制造专用新材料</p> <p>3.1.3 能制定新材料增材制造全流程工艺规范</p>	<p>3.1.1 基于增材制造原理的新材料研发机理</p> <p>3.1.2 高通量增材制造新材料研发方法</p> <p>3.1.3 增材制造材料制备新方法</p>
	3.2 制定新材料制备规范与标准	<p>3.2.1 能制定专用材料设计过程中的规范与标准</p> <p>3.2.2 能根据新材料特性和相关标准制定新材料制备规范</p> <p>3.2.3 能根据质量管理体系制定新材料制备标准</p> <p>3.2.4 能进行专用材料运输条件、存放环境、安全防范与管控的规范与标准</p>	<p>3.2.1 增材制造专用材料设计、制备、存储等系统知识</p> <p>3.2.2 增材制造新材料与工艺的相互作用原理与影响关系相关知识</p> <p>3.2.3 材料质量管理体系相关知识</p>

3.2 增材制造技术应用

3.2.1 初级

职业功能	工作内容	专业能力要求	相关知识要求
1. 设计产品与处理数据	1.1 根据客户需求优化产品三维几何模型	1.1.1 能根据客户需求,使用至少一种三维建模软件建立产品三维模型 1.1.2 能根据增材制造工艺能力设计产品工艺结构 1.1.3 能根据设备加工能力与材料的特性对产品模型进行尺寸缩放 1.1.4 能使用计算机辅助设计接口软件将模型转换成增材制造专用格式文件	1.1.1 增材制造产品数字化建模相关知识 1.1.2 增材制造工艺的技术特征相关知识,包括制造精度、性能等 1.1.3 增材制造后处理对尺寸的影响相关知识,包括加工、打磨余量等 1.1.4 增材制造建模软件、转换接口软件操作方法与流程
	1.2 分析与设置产品工艺辅助结构	1.2.1 能根据增材制造工艺特点与产品构型,制定产品成形摆放方案 1.2.2 能使用增材制造工艺辅助软件,设计添加辅助支撑结构 1.2.3 能使用切片软件生成增材制造生产数据	1.2.1 辅助支撑处理软件操作流程相关知识 1.2.2 辅助支撑结构设计知识,包括支撑结构材料、类型、作用、工艺性以及应用范围等 1.2.3 切片软件操作与切片数据生成技术
2. 应用工艺与生产运维	2.1 依据工艺规范完成工艺设置和执行	2.1.1 能进行增材制造耗材前期处理与准备工作 2.1.2 能识读工艺文档与数字模型、根据工艺规范要求进行基础的工艺参数设置和导入设备 2.1.3 能根据增材制造工艺和打印设备支持格式,设置和调整工艺参数,实现工艺完整执行与零件制造	2.1.1 增材制造原理相关知识 2.1.2 增材制造的工艺分类与关键工艺参数相关知识 2.1.3 增材制造前处理工艺相关知识
	2.2 增材制造设备安全运维	2.2.1 能根据产品的成形工艺,应用增材制造装备实施产品的生产和保障设备稳定运行 2.2.2 能根据设备使用频率及环境,合理安排设备维护保养频次,制定维护保养计划	2.2.1 增材制造设备的操作规范、安装与调试维护知识 2.2.2 增材制造原料储藏及使用规范相关知识 2.2.3 增材制造实验室生产安全规范相关知识

		2.2.3 能进行设备异常原因分析、易损组件检测与更换	2.2.4 增材制造设备常见故障及处理方法
3.后处理与检测评价	3.1 按照工艺规范进行产品后处理	<p>3.1.1 能根据生产需求，对不同材质、不同工艺及性能要求进行表面处理与着色等</p> <p>3.1.2 能根据性能要求与后处理工艺制度，进行不同材料的性能改善</p> <p>3.1.3 能根据产品要求，制定减材加工后处理工艺</p>	<p>3.1.1 增材制造专用材料相关知识，包括金属和非金属材料等</p> <p>3.1.2 增材制造材料热处理工艺相关知识</p> <p>3.1.3 增材制造结构件表面减材加工后处理方法</p>
	3.2 检验评价产品表面质量、尺寸精度	<p>3.2.1 能使用检测工具或设备进行接触式/非接触式检测</p> <p>3.2.2 能进行产品原型的配作与装调，开展动作功能的验证</p>	<p>3.2.1 增材制造产品精度与表面质量相关知识</p> <p>3.2.2 增材制造产品质量检测方法</p>

3.2.2 中级

职业功能	工作内容	专业能力要求	相关知识要求
1. 设计产品与处理数据	1.1 根据用户需求与工艺特征优化产品三维构型	<p>1.1.1 能根据用户需求,对产品进行有限元分析与模型设计</p> <p>1.1.2 能根据增材制造工艺特点,优化设计产品三维构型</p> <p>1.1.3 能建立三维反求模型</p>	<p>1.1.1 有限元模拟与仿真分析知识</p> <p>1.1.2 增材制造成形工艺理论相关知识,包括成形工艺原理、特殊结构成形工艺知识、扫描策略等</p> <p>1.1.3 三维反求技术,包括三维反求原理、操作流程、数据处理与反求模型建立</p>
	1.2 根据工艺特征制作产品工艺模型	<p>1.2.1 能根据增材制造成形与后处理要求,设计合理的工艺结构</p> <p>1.2.2 能根据节能减材要求,优化设计产品的工艺模型</p> <p>1.2.3 能优化设计辅助支撑结构,便于非加工区原材料的清理、支撑去除</p>	<p>1.2.1 增材制造成形与后处理知识,包括材料特性、成形工艺调控、后处理方法等</p> <p>1.2.2 工艺结构优化设计技术,包括设计成形辅助结构、加工余量、后处理余量以及加工基准等</p> <p>1.2.3 辅助支撑结构优化设计技术,包括组合辅助支撑设计、支撑结构优化、支撑结构参数优化等</p>
	1.3 处理与检验工艺模型分层数据	<p>1.3.1 能分析检验产品的工艺模型数据,识别错误数据并修改优化</p> <p>1.3.2 能选择合理的工艺对模型进行切片分层</p> <p>1.3.3 能分析检验分层数据,识别错误数据并修改优化</p>	<p>1.3.1 工艺模型检验技术,包括模型成形工艺性、成形工艺参数、扫描策略合理性判定</p> <p>1.3.2 分层数据处理技术,包括切片软件基本操作、数据格式、工艺参数选择、切片数据存储等</p> <p>1.3.3 分层数据检查分析相关知识,包括分层图像识别、机器代码识错等</p>
2. 应用工艺与生产运维	2.1 根据用户需求进行材料选型和制定匹配工艺	<p>2.1.1 能根据用户需求选择增材制造所用材料</p> <p>2.1.2 能根据用户需求进行不同增</p>	<p>2.1.1 增材制造成形影响因素和机理相关知识</p> <p>2.1.2 增材制造专用材料及其工</p>

		<p>材制造工艺的选择</p> <p>2.1.3 能对现有的工艺参数及方案进行培训讲解和技术输出</p> <p>2.1.4 能根据生产工艺,进行项目生产基础计划及排产</p>	<p>艺特点相关知识</p> <p>2.1.3 光固化、熔融沉积、金属粉末床、定向能力沉积、挤出成形等金属、非金属增材制造工艺规范相关知识</p>
	2.2 优化和调整工艺参数	<p>2.2.1 能完成客户复杂定制化结构增材制造</p> <p>2.2.2 能进行增材制造设备参数设置及优化、增材制造成型工艺参数设置及优化</p> <p>2.2.3 能进行增材制造工艺仿真分析,指导增材制造生产工艺</p> <p>2.2.4 能根据零件成型效果,分析零件成型影响因素,并优化调整工艺参数,构建工艺数据库</p> <p>2.2.5 能编制增材制造作业指导书,指导生产制造</p>	<p>2.2.1 增材制造工艺数据采集、处理与分析技术</p> <p>2.2.2 增材制造不同技术的工艺影响规律和影响机理,包括原材料属性、设备精度、加工和生产参数的优化知识</p> <p>2.2.3 增材制造工艺仿真分析技术</p> <p>2.2.4 增材制造工艺参数的优化和调整方法</p> <p>2.2.5 增材制造产品质量评价体系相关知识</p>
	2.3 诊断现场设备故障与应急处理	<p>2.3.1 能严格按照安全生产原则,做好日常维保,排除安全隐患</p> <p>2.3.2 能对装备的报警及时做出排查及处理</p> <p>2.3.3 能对设备故障做出分析,并提出解决方案,完成设备元器件更换</p> <p>2.3.4 能编写故障排除处理规范与设备维护手册</p>	<p>2.3.1 增材制造设备厂区生产安全规则相关知识</p> <p>2.3.2 增材制造设备故障处理应急知识</p> <p>2.3.3 增材制造设备配套工具的选择和使用知识</p> <p>2.3.4 增材制造设备整机故障判断知识</p>
3. 后处理与检测评价	3.1 制定符合材料与结构特征的后处理工艺	<p>3.1.1 能根据产品的表面处理要求,制定针对性的机械处理、物理处理、化学处理等后处理工艺</p> <p>3.1.2 能根据材料与结构特征,制定热处理改性方案</p> <p>3.1.3 能根据产品质量要求进行增材制造成形件的表面强化</p>	<p>3.1.1 增材制造产品防腐蚀表面处理方法和工艺相关知识</p> <p>3.1.2 增材制造专用材料热处理技术原理及生产工艺相关知识</p> <p>3.1.3 增材制造产品质量评价方法</p> <p>3.1.4 增材制造成形件表面强化</p>

			工艺理论相关知识
	3.2 检验评价产品力学性能与内部缺陷	<p>3.2.1 能使用荧光等方法对产品的表面质量进行检测，制订产品检测方案与规范</p> <p>3.2.2 能使用检测工具或试验设备，开展产品力学性能测试与内部缺陷检测，制订产品检测方案与规范</p> <p>3.2.3 能根据检测数据，进行产品性能评价</p>	<p>3.2.1 增材制造产品综合性能相关知识</p> <p>3.2.2 增材制造产品质量数据分析与优化知识</p> <p>3.2.3 增材制造产品测量标准、检测分析知识</p> <p>3.2.4 增材制造产品内部结构和缺陷检测主要方法与工艺相关知识</p>

3.2.3 高级

职业功能	工作内容	专业能力要求	相关知识要求
1. 设计产品与处理数据	1.1 产品多零件、多材料集成一体化设计	<p>1.1.1 能根据产品的使用环境与性能要求进行多零件的集成一体化设计</p> <p>1.1.2 能根据产品的使用环境与性能要求进行多材料的集成一体化设计</p> <p>1.1.3 能根据增材制造工艺特点对集成设计部件进行工艺性优化</p>	<p>1.1.1 多材料、整体化增材制造相关方法</p> <p>1.1.2 多零件、多材料的功能集成一体化设计方法</p> <p>1.1.3 增材制造工艺设计体系化知识，包括成形工艺方法、摆放方式、辅助支撑结构、成形参数等对产品成形尺寸精度、内部和表面质量的影响判断</p>
	1.2 产品结构的拓扑优化设计	<p>1.2.1 能根据产品的使用环境与性能要求确定拓扑设计方案</p> <p>1.2.2 能进行产品结构的轻量化、光顺化拓扑设计</p> <p>1.2.3 能进行产品的功能化拓扑设计</p>	<p>1.2.1 基于增材制造的拓扑优化原理与方法，包括拓扑优化软件应用边界条件设置方法等</p> <p>1.2.2 轻量化、光顺化拓扑设计方法，包括点阵结构、流体结构等</p> <p>1.2.3 功能化拓扑设计方法，包括超结构设计等</p>
	1.3 产品多工艺、多工序制造方案制定	<p>1.3.1 能根据产品的结构、材质、功能要求进行零件拆分</p> <p>1.3.2 能根据产品拆分结果进行单元化设计</p> <p>1.3.3 能基于成本、效率控制，制定增-等-减材多工艺的全流程制造方案</p>	<p>1.3.1 产品增材制造与传统制造的体系化构架相关知识，包括产品的冷、热加工方法与等材、减材、增材制造方法等</p> <p>1.3.2 多工艺、多工序集成制造技术，包括制造工艺选择、工序制定等</p> <p>1.3.3 增材制造产品制造成本核算方法</p>
2. 应用工艺与生产运维	2.1 根据用户需求统筹项目进度与制定工艺流程	<p>2.1.1 能根据任务特征和需求，制定增材制造工艺流程与实施工艺方案</p> <p>2.1.2 能按照方案，提前规划设备、物料及人力配合，完成物料采购存</p>	<p>2.1.1 增材制造全流程工艺体系与管理知识</p> <p>2.1.2 增材制造与传统制造协同相关知识</p>

		<p>储、人员调度及外协配合等工作</p> <p>2.1.3 能按照方案实施任务,完成工艺设计及测试件制备及性能试验检测</p> <p>2.1.4 能掌控项目整体进度,做好项目流转,预测项目可能存在风险,提前做好规避及补救方案</p>	<p>2.1.3 增材制造产品质量分析、验收等知识</p>
	2.2 系统集成应用各类型增材制造工艺与装备	<p>2.2.1 能应用多种增材制造设备,进行多材料、多工艺集成化增材制造任务</p> <p>2.2.2 能针对复杂工艺任务,应用增材制造技术结合传统加工方式,制定多元工艺方案</p> <p>2.2.3 能应用网络集成与通信技术对设备进行管理</p> <p>2.2.4 能进行柔性生产规划及模块化增材制造生产管理</p> <p>2.2.5 能编制增材制造集成应用工艺规范</p>	<p>2.2.1 增材制造新方法与新工艺相关知识</p> <p>2.2.2 多类型增材制造工艺与装备管理系统知识</p> <p>2.2.3 工业物联网、柔性制造等相关知识</p> <p>2.2.4 增材制造产品应用效益综合评价知识</p> <p>2.2.5 增材制造集成应用综合性能评价知识</p>
	2.3 产线故障分析与优化	<p>2.3.1 能对增材制造设备故障进行根本原因分析及判定,并开发系统性的技改方案</p> <p>2.3.2 能针对零件增材制造的全流程编制设备故障处理和应急手册文件</p> <p>2.3.3 能分析产线中设备运维情况、故障数据等对设备迭代、优化生产、订单管理提出改进方案</p>	<p>2.3.1 数据分析、大数据收集归纳整合等相关知识</p> <p>2.3.2 增材制造设备的故障机理模型、知识库架构相关知识</p> <p>2.3.3 增材制造在线检测与智能控制相关知识</p>
3. 后处理与检测评价	3.1 开发后处理工艺与装备	<p>3.1.1 能针对增材制造成形工艺的表现,开发具有智能化、绿色、安全与系统集成化的专用后处理装置或装备</p> <p>3.1.2 能根据表面质量、精度、性能等相关要求制定增材制造零件后处</p>	<p>3.1.1 增材制造后处理工艺设计知识</p> <p>3.1.2 增材制造专用后处理装备智能化、绿色、安全与集成化设计方法</p> <p>3.1.3 增材制造后处理设备故</p>

		理工艺	障机理模型、知识库架构相关知识
	3.2 针对应用环境制定个性化评价策略，系统检测评价产品质量	<p>3.2.1 能根据产品的服役与应用环境制定个性化的检测方案</p> <p>3.2.2 能建立产品质量的系统化评价方法</p> <p>3.2.3 能根据产品缺陷区域特征，规划配套复合加工工艺，实施缺陷修复和精度控制</p>	<p>3.2.1 增材制造复杂构件的数字制造工艺设计知识，包括数控加工技术、机器人加工技术等</p> <p>3.2.2 面向增材制造的复合加工技术与工艺知识</p> <p>3.2.3 增材制造产品质量控制及质量分析等知识</p>
	3.3 开发检测与评价标准规范及仪器	<p>3.3.1 能根据生产需求，开发面向增材制造的专用检测仪器及专用夹、治、检、辅具</p> <p>3.3.2 能根据产品特性，制定检测方案与评价标准规范</p> <p>3.3.3 能结合测试结果与评价标准，提供个性化的产品质量评价方案</p>	<p>3.3.1 面向增材制造产品的工装夹具设计原理与制造工艺相关知识</p> <p>3.3.2 增材制造产品检测设备仪器运行原理相关知识</p> <p>3.3.3 增材制造产品质量检测与控制相关知识</p>

4 权重表

4.1 理论知识权重表

4.1.1 增材制造技术开发

项目		专业技术等级		
		初级 (%)	中级 (%)	高级 (%)
基本要求	职业道德	5	5	5
	基础知识	20	15	10
相关知识要求	设计与制造装备	25	30	35
	开发软件与控制系统	25	25	25
	研发材料与工艺	25	25	25
合计		100	100	100

4.1.2 增材制造技术应用

项目		专业技术等级		
		初级 (%)	中级 (%)	高级 (%)
基本要求	职业道德	5	5	5
	基础知识	20	15	10
相关知识要求	设计产品与处理数据	25	25	25
	应用工艺与生产运维	25	30	35
	后处理与检测评价	25	25	25
合计		100	100	100

4.2 专业能力要求权重表

4.2.1 增材制造技术开发

项目		专业技术等级		
		初级 (%)	中级 (%)	高级 (%)
专业能力要求	设计与制造装备	40	40	40
	开发软件与控制系统	30	30	30
	研发材料与工艺	30	30	30
合计		100	100	100

4.2.2 增材制造技术应用

项目		专业技术等级		
		初级 (%)	中级 (%)	高级 (%)
专业能力要求	设计产品与处理数据	30	30	30
	应用工艺与生产运维	40	40	40
	后处理与检测评价	30	30	30
合计		100	100	100