

增材制造模型设计

职业技能等级证书标准

(2021年2.0版)

北京赛育达科教有限责任公司制定

2021年9月 发布

目 录

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.....	10

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：北京赛育达科教有限责任公司、机械行业数字化设计与增材制造技术职业教育集团、安徽三维天下科技股份公司、北京汇天威科技有限公司、北京易博三维科技有限公司、北京兴塔科技有限公司、杭州中测科技有限公司、珠海塞纳科技有限公司、北京太尔时代科技有限公司、广州中望龙腾软件有限公司、亚龙智能装备集团股份有限公司、北京工业职业技术学院、安徽机电职业技术学院、浙江机电职业技术学院、天津职业大学、河南工业职业技术学院、宁波职业技术学院、苏州工业职业技术学院、常州机电职业技术学院、山东职业学院、陕西工业职业技术学院、广西机电职业技术学院、甘肃机电职业技术学院、北京市自动化工程学校、青岛工贸职业学校、深圳宝安职业技术学校等单位共同制订。

本标准主要起草人：牛小铁、王志强、徐春林、高显宏、陈丽华、石皋莲、王文浩、李建国、李斌、易楠、陈玲芝、范进桢、覃群、马雪峰、邱霞菲、朱成俊、吴兵、张昊、于万成、卓良福、闫学文、李旭鹏、王春香、丛日辉、陆军华、李凯、李庆、章青等。

声明：本标准的知识产权归属于北京赛育达科教有限责任公司，未经北京赛育达科教有限责任公司同意，不得印刷、销售。

1 范围

本标准规定了增材制造模型设计职业技能等级所对应的工作领域、工作任务及职业技能要求。

本标准适用于增材制造模型设计职业技能培训、考核与评价，相关用人单位的人员聘用、培训考核可参照使用。

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的，凡是注明日期的引用文件，仅注明日期的版本适用于本标准。凡是不注明日期引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 37698-2019 增材制造 设计 要求、指南和建议

GB/T 35021 增材制造 工艺分类及原材料

GB/T 35022 增材制造 主要特性和测试方法 零件和粉末原材料

GB/T 35351-2017 增材制造 术语

GB/T 35352 增材制造 文件格式

GB/T 37461 增材制造 云服务平台模式规范

GB/T39251-2020 增材制造 金属粉末性能表征方法

GB/T39328-2020 增材制造 塑料材料挤出成形工艺规范

GB/T39252-2020 增材制造 金属材料粉末床熔融工艺规范

ISO/ASTM 52921 增材制造 主要原则 增材制造产品采购要求 (Additive manufacturing—General principles—Requirements for purchased AM parts)

ISO/ASTM 52921 增材制造 术语 坐标系和测试方法 (Additive manufacturing—Standard terminology for additive manufacturing—Coordinate systems and test methodologies)

3 术语和定义

GB/T 35351—2017和GB/T 37698—2019界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1增材制造 additive manufacturing, AM

以三维模型数据为基础，通过材料堆积的方式制造零件或实物的工艺。

[GB/T 35351—2017, 定义 2.1.1]

3.2三维打印 3D printing

利用打印头、喷嘴或其他打印技术，通过材料堆积的方式来制造零件或实物的工艺。

[GB/T 35351—2017, 定义 2.1.4]

3.3 三维数字化 3D Digitizing

通过记录实物表面的x、y、z的坐标系以获取一个实物三维形状和尺寸，并通过软件把各坐标系转化为数字数据的方法。

[GB/T 35351—2017, 定义 2.4.1]

3.4 设计因素 design consideration

影响零件设计者决策的因素。

[GB/T 37698—2019, 定义 3.1]

3.5 工艺链 process chain

为实现零件的预期性能所需的一系列制造工艺。

[GB/T 37698—2019, 定义 3.2]

4 适用院校专业

(1) 适用院校专业（参照原版专业目录）：

中等职业学校：增材制造技术应用、机械加工技术、机械制造技术、数控技术应用、模具制造技术、机械设备安装与维修、汽车制造与检修、康复辅助器具技术及应用、美术设计与制作等专业。

高等职业学校：机械设计与制造、机械制造与自动化、数控技术、材料成型与控制技术、模具设计与制造、机电一体化技术、工业设计、飞行器制造技术、汽车制造与装配技术、假肢与矫形器技术、产品艺术设计、首饰设计与工艺等专业。

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、机械电子工程、工业设计、材料科学与工程、金属材料工程、高分子材料与工程、电气工程及其自动化、建筑学、飞行器设计与工程、生物医学工程等专业。

(2) 适用院校专业（参照新版职业教育专业目录）：

中等职业学校：增材制造技术应用、机械加工技术、机械制造技术、数控技术应用、模具制造技术、智能设备运行与维护、机电技术应用、汽车制造与检测、康复辅助器具技术及应用、美术设计与制作、艺术设计、文物保护技术、无人机操控与维护等专业。

高等职业学校：数字化设计与增材制造技术、增材制造技术、机械设计与制造、机械制造及自动化、数控技术、材料成型及控制技术、模具设计与制造、机械产品检测检验技术、机电一体化技术、工业设计、飞行器数字化制造技术、汽车制造与试验技术、康复辅助器具技术、产品艺术设计、首饰设计与工艺等专业。

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、机械电子工程技术、工业设计、材料科学与工程、金属材料工程、高分子材料与工程、电气工程及其自动化、建筑学、飞行器设计与工程、生物医学工程等专业。

高等职业教育本科学校(所有专业新加)：机械设计制造及自动化、智能制造工程技术、数控技术、工业设计、工业工程技术、材料成型及控制工程、电气工程及自动化、智能控制技术、自动化技术与应用、新材料与应用技术、建筑设计、飞行器维修工程技术、口腔医学技术、康复辅助器具技术、工艺美术等专业。

5 面向职业岗位（群）

主要面向增材制造模型设计领域的产品设计、产品制造、设备维修、3D打印服务和三维建模服务等领域，在产品设计、增材制造工艺设计、增材设备操作、质量与生产管理等岗位，从事三维建模、数据处理、产品优化设计、增材制造工艺制订、3D打印件制作、产品质量分析检测等工作，也可从事增材制造技术推广、实验实训和3D打印教育科普、增材制造（3D打印）设备操作等工作。

6 职业技能要求

6.1 职业技能等级划分

增材制造模型设计职业技能等级分为三个等级：初级、中级、高级，三个等级依次递进，高级别涵盖低级别技能要求。总要求如下：

【增材制造模型设计】（初级）：能遵守安全规范，熟悉 3D 打印技术原理，掌握基于实体特征零件的正逆向混合模型设计；掌握民用级FDM工艺、LCD工艺或SLA工艺增材制造设备操作技能，包括其数据处理、工艺编写、设备操作、后处理。

【增材制造模型设计】（中级）：掌握基于曲面特征零件的正逆向混合建模，能够进行数据修复；在掌握初级增材制造设备操作技能基础上，掌握工业级LCD工艺、SLA工艺或SLM工艺设备操作技能，包括其数据处理、工艺卡编制、设备操作、质量控制、相应工艺后处理。

【增材制造模型设计】（高级）：掌握基于曲面与实体混合特征零件的正逆向混合建模，具备产品结构与优化的能力；掌握金属、非金属材料的粉材、丝材增材制造工艺及设备操作，包括其数据处理、工艺编写、设备操作、质量检测和产品性能提升；能够根据材料、打印件要求，选择增材制造工艺与装备；能完成常见故障的诊断与维修，打印机设备的安装与调试。

6.2 职业技能等级要求描述

表1：增材制造模型设计职业技能标准（初级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 数字建模	1.1 工程图识读	1.1.1 能根据三视图投影特性完成作图 1.1.2 能绘制简单机械零件图 1.1.3 能识读简单装配图 1.1.4 能选择零件间公差与配合
	1.2 三维绘图	1.2.1 能利用草图命令绘制简单零件图形 1.2.2 能利用三维软件进行实体造型 1.2.3 能够对三维模型进行编辑 1.2.4 能根据零件模型生成工程图
	1.3 逆向设计数据采集	1.3.1 能完成三维扫描仪初始化设置 1.3.2 正确使用三维扫描设备对产品进行扫描 1.3.3 能完成初级复杂模型的正逆向混合模型设计 1.3.4 能够进行封装并生成可以三维打印模型数据
2. 3D打印前处理	2.1 模型摆放和切片处理	2.1.1 能将任意格式的三维模型转换成3D打印所需的数据格式 2.1.2 能根据增材制造工艺和打印设备支持格式，设置切片参数 2.1.3 能将打印模型导入相应的切片软件，合理摆放位置、调整大小与设计支撑 2.1.4 能进行分层预览和调整打印参数设置
	2.2 3D打印前准备	2.2.1 能选择并检查基板的种类、表面质量是否符合工艺要求 2.2.2 能用不同种类的材料进行打印 2.2.3 能完成增材制造工艺打印设备上、下料及平台调平 2.2.4 能根据打印制件的技术要求，选择制件的3D打印工艺 2.2.5 能根据工作任务要求，对多零件打印进行自动编排
	2.3 安全用品识别与环境保护	2.3.1 能选择防护用品种类并正确佩戴，做好个人防护 2.3.2 能正确选择打印设备和材料 2.3.3 能掌握设备安全操作规程 2.3.4 能对工作环境进行日常维护
3. 3D打印制件	3.1 熔融沉积（FDM）工艺	3.1.1 能根据熔融沉积成型工艺的原理，选择熔融沉积成型方法 3.1.2 能制定熔融沉积成型工艺方案 3.1.3 能正确选择打印程序 3.1.4 能操作相关设备进行打印

	3.2 光固化工艺	3.2.1 能根据光固化成型工艺的原理，选择光固化成型方法 3.2.2 能够完成典型零件打印的工艺编制 3.2.3 能正确选择打印程序 3.2.4 能操作立体光固化 3D 打印机
	3.3 选择性粉末烧结（SLS）工艺	3.3.1 能操作选择性粉末烧结设备和控制软件基本功能 3.3.2 能完成典型零件打印的工艺路线编制 3.3.3 能正确选择打印程序 3.3.4 能操作选择性粉末烧结打印机
4. 3D打印后处理与质量检验	4.1 支撑去除与表面处理	4.1.1 能正确使用工具取件并去除支撑 4.1.2 能正确使用设备进行打磨和表面处理 4.1.3 能对打印制件进行二次固化 4.1.4 能根据工作任务要求进行后处理
	4.2 精度检测	4.2.1 能够使用常用量具进行工件的尺寸精度 4.2.2 能够对中小型制件或简单结构制件的特征进行形状精度和位置精度测量 4.2.3 能够完成表面粗糙度测量 4.2.4 能对装配关键尺寸进行测量
	4.3 3D 打印机日常维护	4.3.1 能判断设备正常工作状态 4.3.2 能清理机器舱室内灰尘以及残料 4.3.3 能按照说明书进行日常维护 4.3.4 能定期完成设备的维护与保养

表2：增材制造模型设计职业技能标准（中级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 产品正向设计	1.1 产品需求分析	1.1.1 能够与客户进行沟通后了解设计要求 1.1.2 能根据客户要求分析产品功能 1.1.3 能收集相应产品的相关资料 1.1.4 能编写相应产品需求文档
	1.2 产品外观与结构设计	1.2.1 能根据已经掌握的基础知识和相应的标准要求，能进行产品的结构设计 1.2.2 能完成中等复杂产品三维造型 1.2.3 能完成产品的数字化外观设计与渲染 1.2.4 能完成产品的数字化装配
	1.3 产品制造工艺设计	1.3.1 能根据产品的要求编排打印顺序 1.3.2 能选择零部件的打印材料 1.3.3 能根据产品的精度要求设置打印参数 1.3.4 能制定产品打印的装配工艺
2. 三维逆向设计	2.1 数据采集	2.1.1 能根据样品特征进行扫描前预处理 2.1.2 能正确选用三维扫描仪 2.1.3 能准确设定三维扫描参数 2.1.4 能正确使用三维扫描设备对样品进行数据采集 2.1.5 能对扫描数据进行除杂、降噪、平滑、填补等操作

		作
	2.2数据分析	2.2.1 能够在逆向设计软件中将三维扫描数据导入 2.2.2 能够进行封装并生成可以三维打印的STL文件 2.2.3 能够根据精度要求, 调整三角面片数量简化模型 2.2.4 能对重构的曲面进行在线精度分析
	2.3 三维模型重构	2.3.1 能对数模曲面进行区域划分 2.3.2 能对STL文件进行优化和修补 2.3.3 能完成各种曲面、实体模型的重构 2.3.4 能对重构产品进行效果评估
3. 3D 打印数据处理与参数设置	3.1 模型拓扑优化	3.1.1 能对模型进行简单的拓扑优化 3.1.2 能利用软件进行模型的自动修复 3.1.3 能对不合理的部分进行局部修整 3.1.4 能在样品模型基础上进行整体优化
	3.2 3D 打印前准备及仿真	3.2.1 能选择打印产品所需耗材、清理基材、刮刀等 3.2.2 能操作工业级3D打印设备所需的辅助装置 3.2.3 能调平工业级3D打印设备打印平台 3.2.4 能完成功率检查、气氛准备、添加粉末及丝材等 3.2.5 能运用仿真软件进行零件在虚拟打印
	3.3 3D 打印参数设置	3.3.1 能正确导入打印模型数据 3.3.2 能正确设置打印机的打印参数 3.3.3 能正确设计模型支撑 3.3.4 能正确设置打印工艺参数
4. 3D打印制件	4.1 金属3D打印	4.1.1 能正确开启SLM工艺金属3D打印机, 安装基板 4.1.2 能正确开启EBSM工艺金属3D打印机, 安装基板 4.1.3 能正确开启WAAM工艺金属3D打印机, 导入丝材, 安装基材 4.1.4 能正确操作金属3D打印机进行打印
	4.2 光固化3D打印	4.2.1 能够完成中等复杂零件打印的工艺编制 4.2.2 能正确选择打印程序 4.2.3 能对打印制件进行二次固化及后处理
	4.3 扫描策略	4.3.1 能对不同的结构设置合适的扫描方式, 并能够选择扫描策略 4.3.2 能配置基础扫描策略参数 4.3.3 能了解不同扫描策略对制件的影响
	4.4过程监控	4.4.1 能进行打印过程中重要参数的监控 4.4.2 能通过监控判断打印过程是否正常 4.4.3 能通过监控对打印的质量进行评估 4.4.4 能对打印过程中的常见情况进行处理

5. 3D打印后处理	5.1 表面处理	5.1.1 能针对零件情况和应用需求, 选择相应表面处理方法 5.1.2 能借助砂纸、偏口钳等简单工具对模型表面进行打磨处理 5.1.3 能利用工具对产品喷涂处理 5.1.4 能对模型进行精细上色处理
	5.2 特殊处理	5.2.1 能对打印制件进行化学处理 5.2.2 能对打印制件进行震动抛光 5.2.3 能对打印制件进行表面光整处理 5.2.4 能对打印制件进行粘合处理
	5.3 质量检测	5.3.1 能对打印制件进行外观检测 5.3.2 能对打印制件采用排水法测量制件密度 5.3.3 能对打印制件进行尺寸精度测量 5.3.4 能对打印制件进行无损结构检测
6. 3D打印应用维护	6.1 3D打印机定期维护	6.1.1 能完成整机及各部件的清理及维护 6.1.2 能对打印设备的机械部件进行定期维护 6.1.3 能对打印设备的粉末输送与铺粉系统、加热系统、水路系统、过滤系统进行定期维护 6.1.4 能对3D打印机的其他日常维护
	6.2 3D打印材料管理	6.2.1 能对各种 3D 打印材料进行正确保存 6.2.2 能进行各类材料的入库、发放管理 6.2.3 能对所有材料进行5S管理 6.2.4 能正确处理3D打印残留物
	6.3 常见故障诊断排除	6.3.1 能对设备的常见故障进行诊断 6.3.2 能对设备更换元器件 6.3.3 能对平台进行调平 6.3.4 能正确处理打印机断丝等故障问题

表3：增材制造模型设计职业技能标准（高级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 三维建模与结构优化	1.1 结构设计	1.1.1 能按照标准化、系列化、通用化进行产品设计 1.1.2 能按照结构工艺性、可靠性、经济性进行结构优化设计 1.1.3 能计算强度、刚度, 校核零部件强度 1.1.4 能根据产品要求进行创新设计, 优化产品结构
	1.2 拓扑优化	1.2.1 能模型进行修复并进行轻量化改进 1.2.2 能进行典型零件的拓扑优化 1.2.3 能对拓扑优化后的模型进行修复 1.2.4 能对优化后的模型进行分析并生产优化报告
	1.3 结构分析优化	1.3.1 能运用三维仿真软件进行初步的有限元分析 1.3.2 能运用软件完成产品强度计算 1.3.3 能运用软件完成产品缺陷预测 1.3.4 能运用软件完成产品结构仿真优化等, 并生成相关报告

2. 三维逆向设计	2.1 数据模型重构	<p>2.1.1 能手动操作三维扫描仪进行未扫描到的位置补扫描</p> <p>2.1.2 能对数据进行简化三角网格、松弛、填充孔、去除特征，得到重构的三维模型</p> <p>2.1.3 能用主流三维设计软件对扫描数据进行模型重构</p> <p>2.1.4 能对三维模型进行高级仿真，能对三维模型进行可视化，动画及渲染处理</p>
	2.2 数据对比及检测报告	<p>2.2.1 能运用软件对扫描数据及原始数据进行比对</p> <p>2.2.2 能运用软件生成检测报告</p> <p>2.2.3 能对检测报告进行分析</p>
3. 3D打印制件	3.1 打印前准备和仿真	<p>3.1.1 能熟练利用软件对STL格式的三维模型进行修复</p> <p>3.1.2 能对多零件同时打印进行工艺编排</p> <p>3.1.3 能根据工作任务要求，对金属打印制件添加支撑并分析工艺，优化支撑参数</p> <p>3.1.4 能使用仿真软件进行打印实操仿真，并优化参数</p>
	3.2 选择性粉末熔融（SLM）工艺	<p>3.2.1 能进行SLM工艺3D打印设备参数设置及调整</p> <p>3.2.2 能操作SLM工艺3D打印机</p> <p>3.2.3 能分析影响零件成型效果的因素</p> <p>3.2.4 能分析打印失败原因，并记录对应工艺参数</p>
	3.3 光固化（SLA）工艺	<p>3.3.1 能够完成复杂零件打印的工艺编制</p> <p>3.3.2 能正确选择打印程序</p> <p>3.3.3 能对打印制件进行二次固化及后处理</p> <p>3.3.4 能够对打印制件进行分析并提出改进措施</p>
	3.4 电子束选区熔化（EBSM）工艺	<p>3.4.1 能进行EBSM工艺3D打印设备参数设置及调整</p> <p>3.4.2 能操作EBSM工艺3D打印机</p> <p>3.4.3 能根据打印材料不同设置正确的能量场预热温度</p> <p>3.4.4 能对成型腔内抽真空</p> <p>3.4.5 能对打印的制件设置冷却速度，防止产生应力</p>
	3.5 电弧增材制造技术（WAAM）工艺	<p>3.5.1 能进行WAAM工艺3D打印设备参数设置及工艺调整</p> <p>3.5.2 能操作WAAM工艺3D打印机</p> <p>3.5.3 能选择正确的丝材，并导入送丝机构</p> <p>3.5.3 能对成型腔填充惰性气体并在打印结束后进行安全排放</p> <p>3.5.4 能在打印过程中添加丝材</p>
	3.6 增材制造材料管理	<p>3.6.1 能进行增材制造材料采购管理</p> <p>3.6.2 能进行增材制造材料回收管理，包括固体、液体、粉末原材料、支撑料、成品废料的处理和回收</p> <p>3.6.3 能对材料进行分类标识</p> <p>3.6.4 能根据粉末使用要求，对新旧粉进行配比</p>
	3.7 扫描策略	<p>3.7.1 能设置高级扫描策略，包括扫描速度激光功率、填充方式、特征扫描顺序、等待时间等</p> <p>3.7.2 能分析扫描策略对打印效果的影响</p>

4. 3D打印后处理和检测	4.1 表面处理	4.1.1 能了解增材制造打印件打磨、抛光、电镀、氧化处理工艺 4.1.2 能对大型制件或较复杂结构制件进行表面处理 4.1.3 能根据模型表面的粗糙度，分析产生的原因 4.1.4 能根据模型表面的尺寸问题，分析产生的原因
	4.2 机械性能检测	4.2.1 能正确使用机械性能检测工具和检验装备 4.2.2 能根据要求正确设置工具和检验装备参数 4.2.3 能对制件进行强度、硬度、致密度检测 4.2.4 能对标准打印样件进行机械性能检测
	4.3 性能提升	4.3.1 能对制件进行热等静压、热处理等性能提升工艺 4.3.2 能熟练运用几种常用的工艺优化方法 4.3.3 能对制件性能的变化规律进行归纳总结 4.3.4 能根据分析总结规律，提出整改意见
5. 3D打印设备装调	5.1 设备机械装调	5.1.1 能对增材制造设备机械结构装配及调试 5.1.2 能正确合理装配增材制造设备的各机械结构件 5.1.3 能正确安装3D打印机电气柜 5.1.4 能进行3D打印机整机的装调
	5.2 打印机系统调试	5.2.1 能正确完成打印机系统的机械与电气联动调试 5.2.2 能对金属打印机平台进行调平校准 5.2.3 能对金属打印机的物料系统、加热系统、光学系统进行功能检测与调试 5.2.4 能完成激光与振镜调试并校准打印尺寸精度
	5.3 增材制造设备质量控制	5.3.1 能检测铺粉装置铺粉精度 5.3.2 能检测升降机构运动精度、重复定位精度 5.3.3 能检测激光扫描轮廓尺寸精度，并设置合理补偿 5.3.4 能测量激光光斑直径并进行调整

参考文献

- [1] GB/T37698—2019 增材制造 设计 要求、指南和建议
- [2] GB/T35021 增材制造 工艺分类及原材料
- [3] GB/T35022 增材制造 主要特性和测试方法 零件和粉末原材料
- [4] GB/T35351-2017 增材制造 术语
- [5] GB/T35352 增材制造 文件格式
- [6] GB/T37461 增材制造 云服务平台模式规范
- [7] GB/T39251-2020 增材制造 金属粉末性能表征方法
- [8] GB/T39328-2020 增材制造 塑料材料挤出成形工艺规范
- [9] GB/T39252-2020 增材制造 金属材料粉末床熔融工艺规范

- [10] 教育部《普通高等学校高等职业教育（专科）专业目录（2015年）》
- [11] 教育部《普通高等学校高等职业教育（专科）专业目录》增补专业（2016~2019年）
- [12] 教育部《中等职业学校专业目录（2019年修订）》
- [13] 教育部高等职业学校专业教学标准（2018年）
- [14] 教育部中等职业学校专业教学标准（试行）
- [15] 普通高等学校本科专业目录（2020年）
- [16] 职业教育专业目录（2021年）