

增材制造国内外标准研究进展

丁红瑜¹, 武姝婷², 袁 康¹, 束超平¹, 王 凡¹,
陈 超¹, 汤雁冰¹, 蒋志勇¹

(1. 江苏科技大学 海洋装备研究院, 江苏 镇江 212003)

(2. 江苏科技大学机械工程学院, 江苏 镇江 212003)

摘 要: 增材制造技术是近年来快速发展的先进制造技术, 在航空航天、汽车零部件、生物医药、复杂内流道模具等领域有着广泛的应用前景。标准化是技术发展到一定程度的必然需求, 对规范行业生态, 促进技术提升, 改进产品质量具有重要意义。为提升增材制造技术的标准化水平, 国际自动机工程师学会(SAE)、美国材料与试验协会(ASTM)、国际标准化组织(ISO)等机构都开展了大量研究工作, 并颁布了一系列标准。我国也在参照国际标准的基础上制定了相应的国家标准、地方/行业标准及团体标准, 有力促进了增材制造技术的发展和运用。概述了目前国内外有关增材制造标准的研制现状, 分析了这些标准的特点和下一步努力的方向, 对增材制造相关从业人员有一定参考意义。

关键词: 增材制造; 3D 打印; 国外标准; 国家标准; 地方/行业标准; 团体标准

中图分类号: TP391.73; F203 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3962(2020)12-0955-07

Research Progress of Standards on Additive Manufacturing

DING Hongyu¹, WU Shuting², YUAN Kang¹, SHU Chaoping¹,
WANG Fan¹, CHEN Chao¹, TANG Yanbing¹, JIANG Zhiyong¹

(1. Marine Equipment and Technology Institute, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

(2. Department of Mechanical Engineering, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

Abstract: Additive manufacturing is a kind of advanced manufacturing technology developed in recent years. It is expected to be applicative in aerospace, automobile, medical, mold with complicated inner tunnel, etc. Standardization is demanded in certain stage of technology development, and it is meaningful for normalizing industry, elevating skills as well as improving product quality. To promote standardization level in the field of additive manufacturing, many organizations such as Society of Automobile Engineer (SAE) International, American Society for Testing and Materials (ASTM), and International Organization for Standardization (ISO) did lots of research work and series of standards have been published. On these basis, national standard, local/profession standard, group standard have been formulated thereof. These standards are very important for development and application of additive manufacturing technique. In this paper, the research progress of standards on additive manufacturing both domestic and abroad is summarized, and their characteristic and future development trend are analyzed. It can be helpful for researchers who focus on additive manufacturing.

Key words: additive manufacturing; 3D printing; foreign standard; national standard; local/profession standard; group standard

收稿日期: 2019-11-13 修回日期: 2019-12-12

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2018YFC0310400); 江苏省自然科学基金青年基金项目(BK20190979); 江苏高校高技术船舶协同创新中心/江苏科技大学海洋装备研究院资助项目(1174871801-2); 江苏省双创计划项目(1174901901)

第一作者: 丁红瑜, 男, 1984 年生, 博士, 助理研究员,
Email: dinghongyu2018@just.edu.cn

通讯作者: 陈 超, 男, 1974 年生, 教授, 硕士生导师
Email: snowden_chen@163.com

DOI: 10.7502/j.issn.1674-3962.201911013

1 前 言

增材制造通常又称“3D 打印”, 是以三维模型数据为基础, 通过数字化添加材料的方式制造零件或实物的工艺。增材制造是相对于传统的等材制造(如铸造、锻造)和减材制造(如机械加工)而言的, 是制造领域的又一次革命, 近几十年来成为引领科技创新和产业变革的关键技术之一, 是制造业转型升级、提质增效的重要驱动力。据美国增材制造技术咨询服务协会(Wohlers)年度报告显示, 截至 2016 年, 全球增材制造行业市场规模达到了

60.63 亿美元, 预计到 2020 年有望达到 210 亿美元^[1, 2]。

伴随着增材制造产业的快速发展, 产业及技术发展中面临的标准化问题日益凸显, 各研究机构、厂家采用的术语、技术指标的标准不统一, 不利于学术交流和提升, 严重制约了增材制造产业的进一步发展。因此, 开展增材制造标准制定工作具有重要意义^[3, 4]。本文大体以时间为顺序, 分门别类地概括了目前国内外有关增材制造标准的制定情况, 分析了现有标准的特点和下一步的努力方向, 对增材制造相关从业人员有一定参考意义。

2 国外增材制造标准研制进展

增材制造技术在国外经历长期发展, 已经形成了比较完整的研发、生产、销售、应用全产业链体系, 在标准制定方面也走在前列。目前国外针对增材制造标准制定的机构主要包括国际自动机工程师学会(SAE)、美国材料与试验协会(ASTM)、国际标准化组织(ISO)等。以下就国外增材制造相关标准的制定情况进行简介。

2.1 国际自动机工程师协会(SAE)的 AMS 系列标准

SAE International 即国际自动机工程师学会(原译: 美国汽车工程师学会), 是一个技术性学会, 在全球范围内拥有超过 145 000 名会员, 会员均是航空航天、汽车和

商用车辆行业的工程师和相关技术专家。SAE International 制定的 AMS 标准(Aerospace Material Specifications, 美国宇航材料规范)应用于全球范围内航空飞行器零件、系统的设计和生以及政府采购。AMS 标准具有技术水平先进、适用性好、格式规范等特点^[5], 迄今为止, 已有超过 1000 份 AMS 标准被美国国防部采用。

在增材制造标准制定方面, 早在 2002 年 SAE 就针对激光直接沉积制造 Ti-6Al-4V 合金零件发布了一项标准——AMS4999, 并于 2011 年将其升版为 AMS4999A。鉴于增材制造技术近年来迅猛发展的势头, SAE International 于 2015 年成立了 AMS-AM 增材制造委员会, 并得到联邦航空管理局的任务函, 以协助监管机构制定增材制造认证指导材料, 将继续制定金属和聚合物的 AMS 规范, 以支持航空航天的行业需求。据称, 代表飞机、航天器和发动机原始设备制造商、材料供应商、运营商、设备/系统供应商、服务提供商、监管机构和国防机构等超过 15 个国家的 350 多名全球参与者积极参与该委员会。随后 SAE 发布了 AMS700X 系列标准, 目前已发布 6 项, 从 AMS7000 到 AMS7005, 此外还有多项标准在制定中, 涉及 Haynes 230 (GH3230)、Ti6242 (TA19)、AlSi10Mg (ZL104)、ULTEM 9085、ULTEM 1010 等材料, 见表 1^[1, 5]。

表 1 AMS 系列增材制造标准^[1, 5]

Table 1 AMS series standard for additive manufacturing^[1, 5]

No.	Standard serial number	Content	Issued time
1	AMS 4999A	Titanium Alloy Laser Deposited Products~6Al-4V~Annealed	2011
2	AMS 7000	Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF) Produced Parts, Nickel Alloy, Corrosion and Heat-Resistant, 62Ni-21.5Cr-9.0Mo-3.65Nb Stress Relieved, Hot Isostatic Pressed and Solution Annealed	2018
3	AMS 7001	Nickel Alloy, Corrosion and Heat-Resistant, Powder for Additive Manufacturing, 62Ni-21.5Cr-9.0Mo-3.65Nb	2018
4	AMS 7002	Process Requirements for Production of Metal Powder Feed Stock for Use in Additive Manufacturing of Aerospace Part	2018
5	AMS 7003	Laser Powder Bed Fusion Process	2018
6	AMS 7004	Titanium Alloy Preforms from Plasma Arc Directed Energy Deposition Additive Manufacturing on Substrate-Ti6Al4V-Stress Relieved	2019
7	AMS 7005	Plasma Arc Directed Energy Deposition Additive Manufacturing Process	2019
8	AMS 7006	Inconel 718 Alloy Powder for Additive Manufacturing	Working
9	AMS 7007	Requirements for Electron Beam Powder Bed Additive Manufacturing Process	Working
10	AMS 7008	Hastelloy X Alloy Powder for Additive Manufacturing	Working
11	AMS 7009	Laser Wire Deposition Additive Manufactured Ti6Al4V Parts—Annealed, Aging State	Working
12	AMS 7010	Requirements for Laser Wire Deposition Additive Manufacturing Process	Working
13	AMS 7011	Electron Beam Powder Bed Additive Manufactured Ti6Al4V Parts for Aerospace Application	Working
14	AMS 7012	17-4PH Alloy Powder for Additive Manufacturing	Working

2.2 美国材料与试验协会 (ASTM) 的 ASTM 系列标准

美国材料与试验协会, 其英文全称为 American Society for Testing and Materials (ASTM), 是当前世界上最大的标准发展机构之一, ASTM 的会员目前已近 34 000 个, 已制定 10 000 多项标准。

ASTM 高度关注增材制造技术的发展, 2009 年 ASTM 专门组建了 F42 增材制造技术委员会, 其主要目标是制定增材制造材料、产品、系统和服务等领域的特性和性能标准、试验方法和程序标准, 促进增材制造技术推广与产业发展。F42 下设 6 个专业技术委员会, 包括 F42.01 测试方法、F42.04 设计、F42.05 材料与工艺、F42.06 环境、

健康与安全、F42.07 应用领域(涉及航空、航天、医疗、重型机械、航海、电子、建筑、石油与天然气、消费品)、F42.91 术语等。同时针对协会运行及与国际标准化组织 ISO/TC 261 的合作, 另外成立了 F42.90 执行委员会及 F42.95 技术协调组。截止目前, ASTM F42 已经发布及正在制定标准共 50 余项^[6], 目前公开渠道查询到已发布的标准见表 2^[3, 6]。这些标准涵盖了钛合金、高温合金、铝合金、塑料等材料; 粉末床熔融、直接能量沉积等工艺; 基础文件术语、生产制造规范、后处理规范、测试评价方法规范等方面, 种类丰富。

表 2 ASTM 系列增材制造标准^[3, 6]

Table 2 ASTM series standard for additive manufacturing^[3, 6]

No.	Standard serial number	Content	Issued time	Note
1	ASTM F2915	Standard Specification for Additive Manufacturing File Format	2013	Equivalent to ISO 59215
2	ASTM F2921	Standard Terminology for Additive Manufacturing-Coordinate Systems and Test Methodologies	2011	—
3	ASTM F2924	Standard Specification for Additive Manufacturing Ti6Al4V with Powder Bed Fusion	2014	—
4	ASTM F2971	Standard Practice for Reporting Data for Test Specimens Prepared by Additive Manufacturing	2013	—
5	ASTM F3001	Standard Specification for Additive Manufacturing Titanium-6 Aluminum-4 Vanadium ELI (Extra Low Interstitial) with Powder Bed Fusion	2014	—
6	ASTM F3049	Standard Guide for Characterizing Properties of Metal Powders Used for Additive Manufacturing Processes	2014	—
7	ASTM F3055	Standard Specification for Additive Manufacturing Nickel Alloy (UNS N07718) with Powder Bed Fusion	2014	—
8	ASTM F3056	Standard Specification for Additive Manufacturing Nickel Alloy (UNS N06625) with Powder Bed Fusion	2014	—
9	ASTM F3091	Standard Specification for Powder Bed Fusion of Plastic Materials	2014	—
10	ASTM F3122	Standard Guide for Evaluating Mechanical Properties of Metal Materials Made via Additive Manufacturing Processes	2014	—
11	ASTM F3187	Standard Guide for Directed Energy Deposition of Metals	2016	—
12	ASTM F3301	Standard for Additive Manufacturing-Post Processing Methods-Standard Specification for Thermal Post-Processing Metal Parts Made via Powder Bed Fusion	2018	ISO TC261 joint issued
13	ASTM F3303	Standard for Additive Manufacturing-Process Characteristics and Performance Practice for Metal Powder Bed Fusion Process to Meet Critical Applications	2018	ISO TC261 joint issued
14	ASTM F3318	Standard for Additive Manufacturing-Finished Part Properties-Specification for AlSi10Mg with Powder Bed Fusion-Laser Beam	2018	—

2.3 国际标准化组织 (ISO) 相关标准

国际标准化组织 (International Organization for Standardization, ISO) 是世界上最大的非政府性标准化机构, 是国际标准化领域中一个十分重要的组织。ISO 的宗旨

是“在世界上促进标准化及其相关活动的发展, 以便于商品和服务的国际交换, 在智力、科学、技术和经济领域开展合作”。

针对增材制造领域的标准化工作, 2011 年 ISO 也成

立了标准化技术委员会 TC261, 并与 ASTM F42 签署合作协议, 共同开展增材制造技术领域的标准化工作。ISO/TC 261 将增材制造标准体系框架分为 3 个层次。其中最高级为基础标准, 包括术语、工艺与材料、测试方法、设计与数据等方面; 第二级为分类标准, 包括原材料、工艺、装备分类、零件技术指标及测试等方面; 第三级为专用标准, 包括专用材料检测标准、工艺专用标准、应用标准等。

ISO 与 ASTM 联合发布了多项标准, 如表 2 中的 ASTM F2915、ASTM F3301、ASTM F3303 等^[3, 6]。

3 国内增材制造标准研制进展

我国自 20 世纪 80 年代开始增材制造技术研究, 现已具备一定的技术基础, 但在技术、配套、人才以及产业链发展等方面与发达国家相比还存在一定差距, 尤其是过去很多专门针对增材制造的高端制造设备, 其软件及专用材料长期依赖进口, 近年来这一情况有了很大改观, 国产化取得了初步成效。不过, 国内增材制造领域的标准化工作推进仍然十分紧迫。

有鉴于此, 2016 年 4 月在北京成立了全国增材制造标准化技术委员会 (SAC TC562), 并召开了一届一次会议; 随后分别于 2017 年 6 月在成都、2018 年 9 月在西安召开了一届二次、一届三次全体会议, 讨论标准制定工作^[7]。SAC TC562 主要负责增材制造术语和定义、工艺

方法、测试方法、质量评价、软件系统及相关技术服务等领域国家标准制订和修订工作, 对口 ISO/TC261, 由中国机械工业联合会负责日常管理和业务指导。SAC TC562 搭建了一个集标准研制、应用、交流和共享于一体的技术平台, 在增强增材制造标准有效供给的同时, 将有效提升我国增材制造标准国际化水平。

2018 年 9 月 SAC TC562 专用材料工作组成立会议在珠海顺利召开。秘书处由广东省珠海市质量计量监督检测所和华南理工大学共同承担; 2019 年 5 月 SAC TC562 测试方法分技术委员会在无锡成立, 秘书处由无锡市产品质量院 (国家增材制造产品质检中心) 承担。该测试方法分技术委员会主要负责增材制造领域的专用材料、装备成形件的可靠性、安全性等测试方法的国家标准制修订工作。分委员会的成立标志着增材制造标准化工作向分工更明确、更专业化的方向发展。

3.1 增材制造国家标准

起初增材制造设备、技术等方面的标准制定工作由全国特种加工机床标准化技术委员会 (SAC/TC 161) 负责指导。SAC TC562 成立以后, 增材制造相关的国家标准制定工作速度大幅提升。表 3 统计了近年来发布的有关增材制造的国家标准^[1-3]。部分标准是参照 ISO/ASTM 标准制定的。并且在国外增材制造标准的基础上结合了新时代的特点, 例如制定了《GB/T 37461—2019: 增材制造云服务平台模式规范》, 充分利用信息时代的网络化传输

表 3 国内增材制造国家标准汇总 (统计至 2019. 10)^[1-3]

Table 3 National standard for additive manufacturing (till 2019. 10)^[1-3]

No.	Standard series number	Standard content	Time issued	Effective date	Note
1	GB/T 14897. 7—2015	Non-Traditional Machines—Terminology— Part7: Additive Manufacturing Machines (特种加工机床 术语 第 7 部分: 增材制造机床)	2015. 12. 10	2016. 7. 1	—
2	GB/T 34508—2017	Additive Manufacturing With TC4 Alloys by Electron Beam Powder Bed Melting (粉床电子束增材制造 TC4 合金材料)	2017. 10. 14	2018. 5. 1	—
3	GB/T 35351—2017	Additive Manufacturing—Terminology (增材制造 术语)	2017. 12. 29	2018. 10. 1	—
4	GB/T 35352—2017	Additive Manufacturing—File Format (增材制造 文件格式)	2017. 12. 29	2018. 10. 1	Refer to ISO/ ASTM 52915; 2016
5	GB/T 35021—2018	Additive Manufacturing—Process Categories and Feedstock (增材制造 工艺分类及原材料)	2018. 5. 14	2019. 3. 1	Refer to ISO 17296-2; 2015
6	GB/T 35022—2018	Additive Manufacturing—Main Characteristics and Corresponding Test Methods-Parts and Powder Materials (增材制造 主要特性和测试方法 零件和粉末原材料)	2018. 5. 14	2019. 3. 1	—
7	GB/T 37698—2019	Additive Manufacturing—Design—Requirements, Guidelines and Recommendations (增材制造 设计 要求、指南和建议)	2019. 6. 4	2019. 6. 4	—

续表

No.	Standard series number	Standard content	Time issued	Effective date	Note
8	GB/T 37461—2019	Additive Manufacturing—Specification for Cloud Service Platform Mode (增材制造 云服务平台模式规范)	2019. 5. 10	2019. 12. 1	—
9	GB/T 37463—2019	Additive Manufacturing—Specification for Powder Bed Fusion of Plastic Materials (增材制造 塑料材料粉末床熔融工艺规范)	2019. 5. 10	2019. 12. 1	—
10	GB/T 37643—2019	PLA Filament for Fused Deposition Modeling (熔融沉积成型用聚乳酸(PLA)线材)	2019. 6. 4	2020. 1. 1	—

特点,实现增材制造的远程异地产业分工合作,使得生产过程更加顺畅高效。

3.2 地方标准及行业标准

地方标准和行业标准是根据各个地区、行业的技术发展水平制定的标准,用于引导,规范当地和行业内的

生产过程,以达到产品质量可控和技术稳步提升的目标^[8]。地方和行业标准最大的特点是因地制宜,其制定与地方/行业的发展水平密切相关。目前查询到有关增材制造的地方标准及行业标准统计如表 4 所示^[8]。

表 4 地方及行业增材制造标准汇总(统计至 2019.10)^[8]Table 4 Local and profession standard for additive manufacturing (till 2019.10)^[8]

Category	No.	Standard series number	Standard content	Time issued	Effective date
Local Standard (地方标准)	1	DB32/T 3597—2019	Additive Manufacturing-Guidelines for Mechanical Property Testing of Metals (增材制造 金属材料机械性能测试方法指南)	2019. 4. 8	2019. 4. 30
	2	DB32/T 3598—2019	Additive Manufacturing-Requirements and Testing Methods for Direct Laser Deposition Metal Parts (增材制造 金属激光熔化沉积制件性能要求及测试方法)	2019. 4. 8	2019. 4. 30
	3	DB32/T 3599—2019	Additive Manufacturing-General Technical Requirements for Titanium Alloy Powders Applicate in Selective Laser Melting (增材制造 钛合金零件激光选区熔化用粉末通用技术要求)	2019. 4. 8	2019. 4. 30
	4	DB34 XXXX—XXXX	Additive Manufacturing-Property Testing of Fused Deposition Modelling (FDM) Parts (增材制造 熔融沉积成形(FDM)零件性能试验方法)	Soliciting opinions	—
	5	DB61 XXXX—XXXX	Production Quality Management Specification for 3D Printed Medical Equipment (3D 打印医疗器械生产质量管理规范)	Project listing on 2018. 5	—
Profession Standard (行业标准)	1	YS T 1139—2016	Additive Manufactured TC4 Titanium Alloy Honeycomb Structure Parts (增材制造 TC4 钛合金蜂窝结构零件)	2016. 7. 11	2017. 1. 1

3.3 团体标准

团体标准是由团体按照团体确立的标准制定程序自主制定发布、由社会自愿采用的标准。

根据国务院印发的《深化标准化工作改革方案》(国发【2015】13 号),改革措施中指出,政府主导制定的标准由 6 类整合精简为 4 类,分别是强制性国家标准、推荐性国家标准、推荐性行业标准、推荐性地方标准;市

场自主制定的标准分为团体标准和企业标准。政府主导制定的标准侧重于保基本,市场自主制定的标准侧重于提高竞争力。同时建立完善与新型标准体系配套的标准化管理体制。在标准制定主体上,鼓励具备相应能力的学会、协会、商会、联合会等社会组织和产业技术联盟协调相关市场主体共同制定满足市场和创新需要的标准,供市场自愿选用,增加标准的有效供给。在标准管理上,

对团体标准不设行政许可,由社会组织和产业技术联盟自主制定发布,通过市场竞争优胜劣汰。国务院标准化主管部门会同国务院有关部门制定团体标准发展指导意见和标准化良好行为规范,对团体标准进行必要的规范、引导和监督。

目前,在全国团体标准信息平台(<http://www.ttbz.org.cn/>)上查询到与增材制造密切相关的团体标准共 16 项,分别由广东省增材制造协会、中国机械制造工艺协会、广州市质量检验协会、东莞市标准与产业融合促进会、中国医疗器械行业协会、中关村标准化协

会等提出,具体如表 5 所示(按实施时间先后排序)^[9]。此外,根据公开的消息,中国航空航天工具协会正在制定包括《增材制造 金属激光粉末床熔融材料及零件的鉴定与认证》等在内的团体标准 13 项,可见团体标准正在成为标准制定中的新兴力量。团体标准在我国已逐渐成为一套法律体系和制度设计,对产品质量的提升至关重要。利用好团体标准“快、活、新”的市场化特点和更新灵活迅速的机制特点,已成为推动新兴行业、新兴产业发展的有效方式。

表 5 增材制造(3D 打印)相关团体标准(统计至 2019.10)^[9]
Table 5 Group standard for additive manufacturing (till 2019.10)^[9]

No.	Standard series number	Standard content	Time issued	Effective date
1	T/CMES 35001.1—2015	Additive Manufacturing Main Principle, Terminology (增材制造基本原理 术语)	2015.11.19	2016.1.1
2	T/ZSA 2001.01—2016	Additive Manufacturing Main Characteristics and Testing Methods (增材制造 主要特性及测试方法)	2016.12.16	2017.2.13
3	T/CMES 35001.2—2016	Additive Manufacturing Main Principle, Parts Procurement and Service Requirements (增材制造基本原理 零件采购与服务需求)	2016.10.31	2017.4.5
4	T/ZSA 2002.01—2017	Additive Manufacturing Testing Methods, Ultrasonic Detection Method for Directional Energy Deposition of Metal Parts (增材制造 测试方法 定向能量沉积金属件超声检测方法)	2017.12.19	2017.12.19
5	T/GZZJ 07—2019	Bending Property Testing of Polylactic Acid Consumable for 3D Printing (3D 打印用聚乳酸耗材弯曲性能的测定)	2019.1.15	2019.2.1
6	T/GZZJ 08—2019	Impact Property Testing of Simply Supported Beams for 3D Printed Polylactic Acid Consumable (3D 打印用聚乳酸耗材简支梁冲击性能的测定)	2019.1.15	2019.2.1
7	T/GZZJ 06—2019	Tensile Property Testing of Polylactic Acid Consumable for 3D Printing (3D 打印用聚乳酸耗材拉伸性能的测定)	2019.1.15	2019.2.1
8	T/GAMA 01—2019	Metal Additive Manufacturing Equipment and Quality Control by Selective Laser Melting (激光选区熔化金属增材制造装备与质量控制)	2019.4.1	2019.4.1
9	T/GAMA 02—2019	General Technical Specification for Table-top Fused Deposition Modelling 3D Printing Machine (熔融沉积桌面型 3D 打印机通用技术规范)	2019.5.15	2019.5.20
10	T/GAMA 03—2019	Additive Manufacturing Process of 18Ni300 Maraging Die Steel by Selective Laser Melting (18Ni300 马氏体时效模具钢激光选区熔化增材制造工艺流程)	2019.7.1	2019.7.1
11	T/GAMA 05—2019	Additive Manufactured AlSi10Mg Alloy by Selective Laser Melting (激光选区熔化增材制造 AlSi10Mg 合金)	2019.7.1	2019.7.1
12	T/CAMMT 21—2019	Additive Manufacturing Table-top Material Extrusion Forming Equipment (增材制造 桌面级材料挤出成形设备)	2019.7.1	2019.7.1
13	T/CAMMT 22—2019	Additive Manufacturing Plastic Filament for Table-top Material Extrusion Forming (增材制造 材料挤出成形用塑料线材)	2019.7.1	2019.7.1

续表

No.	Standard series number	Standard content	Time issued	Effective date
14	T/GAMA 04—2019	Composite Milling Reduction with Plasma Additive Manufacturing Equipment and Process Quality Control (等离子增材复合铣削减材装备与工艺质量控制)	2019. 7. 5	2019. 7. 5
15	T/CAMDI 028—2019	General Requirements of Internet Implementation Conditions for Personal Additive Manufacturing (3D Printing) Medical Instruments (定制式增材制造(3D 打印)医疗器械的互联网实现条件的通用要求)	2019. 6. 28	2019. 7. 20
16	T/DASI 005—2019	Technical Specification for Metal 3D Printing by Selective Inhibition Sintering (SIS) (基于选择性抑制烧结技术(SIS)的金属 3D 打印机技术规范)	2019. 10. 1	2019. 10. 1

4 结 语

对以上有关增材制造国内外标准制定,发布的情况进行分析,可以看出以下几点:

(1)从技术体系的角度来看,目前包括技术基础术语、材料、设备、后处理、检验、服务等方面都有一些标准发布,但框架搭建起来以后,还有待进一步完善,充实。

(2)从原材料的角度来看,有关航空航天领域的钛合金、铝合金、高温合金等标准较多,非金属的相对较少,这主要是由工业生产中的需求牵引决定的。

(3)从工艺上来说,目前主要以粉末床熔融、直接金属沉积为主,选区激光烧结、挤出成型也占了一部分,这与原材料的工艺匹配关联很大。

(4)从国内外的标准对比情况来看,国外的增材制造标准化工作起步较早,发布的标准较多,内容规定详尽,质量也很高;为顺应技术发展潮流,2016 年成立了全国增材制造标准化技术委员会(部分活跃的分支甚至成立了分委员会及工作组),为增材制造国内标准的制定提供了组织上的保障;为与国际接轨,国内在增材制造技术基础术语方面参考了国外标准,但在具体细分领域走出了自己的路子,近几年发展势头迅猛。尤其是开放团体标准制定权限后,业内人士热情高涨,积极性大幅提升,近年来制定了多项团体标准,有力促进了业界的资源整合和技术提升。在这个背景下,对标准制定的内在质量也需要密切关注。

总之,国外在增材制造标准制定领域走在前列,国内在参考借鉴的同时近年来也在努力赶超。标准的制定和执行需要学术界、企业界和用户保持密切沟通和合作,并随时关注技术发展的前沿和最新动向,在业界的共同努力下,促进标准体系的完善,产品质量的提高和技术的进步。

参考文献 References

- [1] WOHLERS T. Wohlers Report 2017: 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry[R]. Colorado, USA: Wohlers Associates Inc., USA.
- [2] 薛莲,肖承翔,李海斌,等. 标准科学[J], 2017, 11: 52-55.
XUE L, XIAO C X, LI H B, *et al.* Standard Science[J], 2017, 11: 52-55.
- [3] 刘琼馨,王顺权. 理化检验-物理分册[J], 2017, 53(9): 651-655.
LIU Q X, WANG S Q. Physical Testing and Chemical Analysis Part A: Physical Testing[J], 2017, 53(9): 651-655.
- [4] 张渝,侯慧鹏,雷力明. 材料导报[J], 2017, 31: 62-65.
ZHANG Y, HOU H P, LEI L M. Materials Reports[J], 2017, 31: 62-65.
- [5] 袁文明. 航空标准化与质量[J], 2007, 219: 37-40.
YUAN W M. Aeronautic Standardization & Quality[J], 2007, 219: 37-40.
- [6] 景绿路. 航空标准化与质量[J], 2013, 4: 44-49.
JING L L. Aeronautic Standardization & Quality[J], 2013, 4: 44-49.
- [7] 赵子军. 中国标准化[J], 2018, 531: 8-17.
ZHAO Z J. China Standardization[J], 2018, 531: 8-17.
- [8] 王顺权,华若绮,胡娟. 江苏科技信息[J], 2019, 24: 17-21.
WANG S Q, HUA R Q, HU J. Jiangsu Science & Technology Information[J], 2019, 24: 17-21.
- [9] 全国团体标准信息平台. 增材制造/3D 打印团体标准[EB/OL]. (2019-10-31) [2019-10-31]. <http://www.ttbz.org.cn/Home/Standard>.
National Group Standard Information Platform. Additive Manufacturing/3D Printing Group Standard[EB/OL]. (2019-10-31)[2019-10-31]. <http://www.ttbz.org.cn/Home/Standard>.

(编辑 张雨明)