

增材制造国家标准体系建设与发展规划

卢秉恒^{1, 2}, 侯颖¹, 张建勋^{1, 2}

1. 国家增材制造创新中心 陕西西安 710100

2. 西安交通大学 陕西西安 710049

摘要：分析了国内外增材制造标准化现状，结合“十四五”规划提出了增材制造标准体系建设的指导思想，归纳出三个实施方向：技术维度、保障维度及应用领域维度，明确了中国推进增材制造业应强化标准研究和技术研发同步、国内标准和国际标准同步、标准实施与产业化同步，以先进适用的标准提升产业基础能力和产业链现代化水平，领航增材制造产业高质量发展。

关键词：增材制造；3D打印；标准体系；高质量发展



中国工程院院士 卢秉恒

1 序言

增材制造——崛起中的智能制造方式。增材制造不仅仅是炫酷的前沿科技，更是有望革新制造业的“潜力股”。其集合了大规模生产的高效和手工生产的灵活等优点，可被引入制造业的全流程，能实现制造过程的高效率和低成本^[1]。近年来，我国增材制造行业由高速增长阶段转向高质量发展阶段，紧跟智能制造强国的主攻方向，也是新一轮科技革命和产业变革与我国加快高质量发展的重要交汇点。制造业提质增效步伐不断加快，供给和创新服

务能力不断提升，支撑标准体系也需要逐渐完善^[2]。

2 国外增材制造标准现状

目前全球范围内，已经出现了很多关于增材制造的标准，推出标准的单位有国际标准化组织、各国的国防军工部门，航空方面有FAA/NASA、3MF/ASTM等国外先进标准化组织。包含发布、在编及计划编制的标准，总计200余项。已经发布的增材制造标准涉及通用基础、设计、材料、制造工艺、产品、测试评估、安全、修理和应用行业等多个方面^[3, 4]。

ASTM F42增材制造技术委员会于2009年成立，是最早成立的增材制造技术委员会的标准化协会组织。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，促进增材制造的技术推广与产业发展。国际标准化组织（ISO）是国际标准化领域中一个十分重要的全球性非政府组织，ISO/TC 261于2011年创建，是ISO针对增材制造技术成立的标准化技术委员会，它的工作范围涉及相关工艺、术语和定义、工艺链（硬件和软件）、试验程序、质量参数、供应协议及所有的基础共性技术。ISO/TC 261创建当年就与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。2013年，ISO/TC

261与ASTM F42共同发布了一份《增材制造标准制定联合计划》,该计划包含了AM标准的通用结构/层次结构,以保证由任何一方所发起的项目都能实现一致性。截止到目前,ISO/TC261已与ASTM成立了26个联合工作组,共同推进标准制定工作,已发布及在制定标准共计61项,标准涉及了增材制造的材料与工艺、测试方法、设计、安全防护和服务等多个方面。^[5-8]

美国的增材制造标准发展较快,有三方面原因,一是美国国防部提出了“增材制造路线图”,二是美国制造(American Makes)根据不同的技术难题开展了大量基础技术研究;三是增材制造标准化协作组织(AMSC)由不同应用场景和技术链条的单位组成,由企业、政府组织(DoD、FAA、NASA等)、高校与科研机构、标准化机构(ASTM、SAE)等一起合作形成。总体上,美国增材制造是以军事和工程化需求来牵引,通过基础研究,最后制定出可以促进产业发展和应用的依据标准。^[5, 8-9]

欧洲在增材制造技术及设备研究方面也一直走在世界前列,德国航空航天标准化协会(DIN)与德国工程师协会(VDI)针对增材制造技术的发展与应用制定了相应的标准。VDI已发布及在制定的标准达26项,涉及术语定义、材料鉴定、质量控制、设计准则、操作安全以及成形特征的统计与验证等多个方面。DIN除了积极参与国际标准化组织、欧洲标准化组织的相关标准制定之外,还依据德国本身技术及应用发展的需求,制定了激光粉末床熔融增材制造设备验收、操作人员鉴定、粉末材料、零件检测及成形技术规范等标准,正在制定成形制品机械性能、非燃烧压力容器、电弧定向能量沉积和金属材料使用指南等标准,目前已发布及在制定标准共有14项。^[10]

2015年4月,微软、惠普、Shapeways、欧特克、达索系统、Netfabb和SLM Solutions7家公司建立了3MF联盟,并着手推广可用于整个增材制造设计流程的、专用的统一文件格式,以便打通从设计到3D打印期间的诸多环节,避免在此过程中出现信息数据损失。目前,3MF已发布了3D打印格式、材料及属性、点阵晶格结构、切片及制品的扩展名5份

标准。

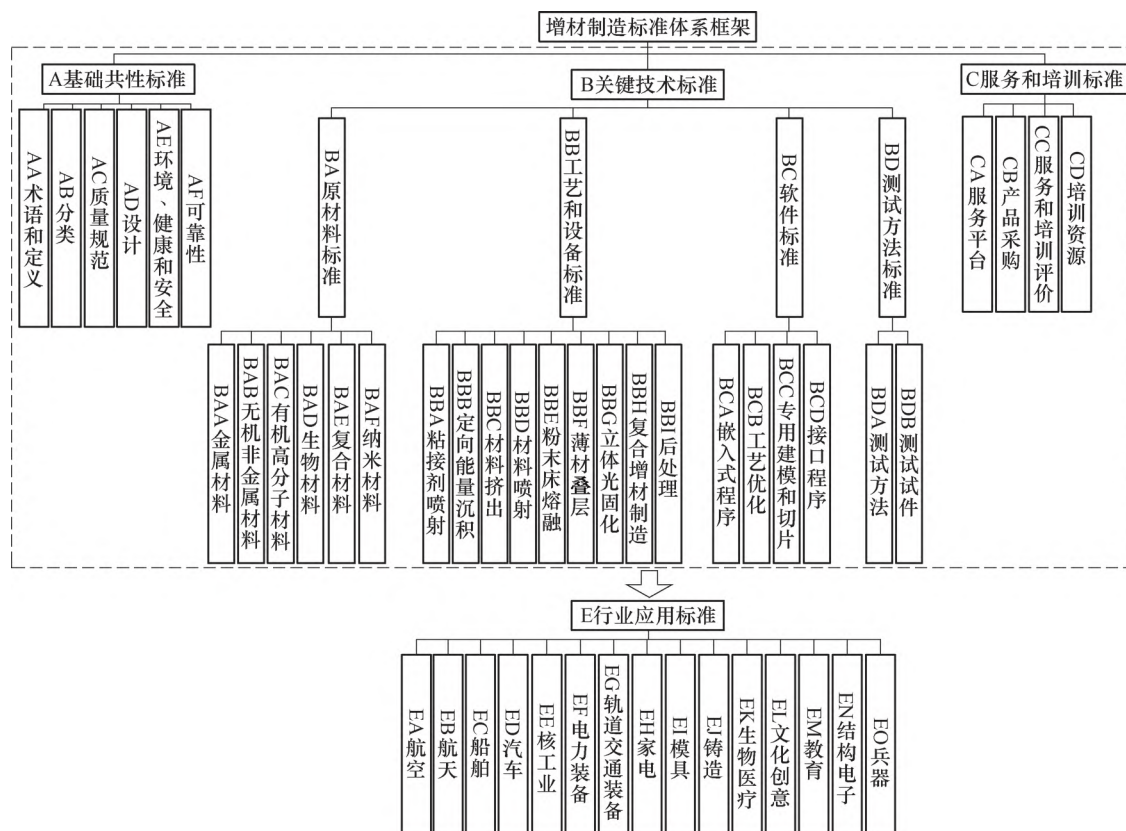
此外,国外的SAE、AWS、DNV-GL、NIST、IEEE、IPC、AMMI、ABNT和UL等组织或机构也针对增材制造的特点在航空航天、汽车、焊接、船舶、计量、检测、印刷电路板、消费类3D打印、医疗和安全等不同领域开展了标准的研究与制定。

3 国内增材制造标准现状

我国最早于2006年就发布了快速成形设备及安全的相关标准,走在国际前列,但没有专门开展过标准体系研究,早期几项标准都是结合当时快速成形技术现状而提出的。随着近几年增材制造技术的快速发展,全国增材制造标准化技术委员会SAC/TC562在2016年4月正式成立,对接ISO/TC261,规范开展国内及国际增材制造技术标准化工作。全国增材制造标准化技术委员会结合《增材制造产业发展行动计划(2017-2020年)》《增材制造标准领航行动计划(2020-2022年)》等有关政策要求,重点围绕标准制修订、标准化科研、标委会组织建设等方面开展了一系列工作,结合我国增材制造技术和标准化工作已经形成的基础和特点,推出了增材制造标准体系框架(见图1)。

全国增材制造标准化技术委员会于2019年标委会组建了测试方法分技术委员会SAC/TC562/SC1,负责增材制造领域的专用材料、装备成形件的特性、可靠性和安全性等测试方法的国家标准制修订工作。除SAC/TC562以外,国内其他国家标准化技术委员会也针对增材制造技术在各领域开展了标准的制定工作,主要包括:全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC 243)、全国特种加工机床标准化技术委员会(SAC/TC 161)等,与增材制造相关的全国专业标准化技术委员会约10余个,在不同应用领域共同推动增材制造标准化工作。目前我国已发布的增材制造技术相关国家标准共计30余项。

2021年10月,国际标准ISO/IEC23510:2021 Information technology — 3D printing and scanning — Framework for an Additive Manufacturing Service Platform (AMSP)正式发布。该标准由全国增材制造标准化技术委员会牵头负责,是中国在增材制造领域牵头制定的第一项国际标准,标志着我国在增材制造领域的国际标准化工作实现了零的突破。



4 增材制造标准“十四五”发展规划

国家“十四五”规划和2035年远景目标纲要提出完善智能制造标准体系的要求，助力我国智能制造业迅猛发展。《国家标准化发展纲要》《“十四五”智能制造发展规划》《增材制造标准领航行动计划（2020-2022年）》《“十四五”推动高质量发展的国家标准体系建设规划》等文件的部署，对智能制造标准化提出了新的要求。增材制造行业也要紧跟智能制造规划的“两步走、四大任务、六个行动、四项措施”，立足于智能制造这个基本本质，紧扣增材特征，以工艺、装备为核心，以材料、数据为基础，建立健全增材制造标准体系^[1]。

增材制造技术标准体系以三个方面为指导思想进行规划。一是紧扣目标导向，必须以规范产业发展、促进技术进步、利于专业交流等目标为导向，利用综合标准化的思想建立标准体系，健全科技成果转化标准的机制，加强政府引导和产业协同。二是要系统分析，需要从全产业链、全价值链、全技术体系等维度开展分析，形成综合性的标准系

统,以满足产业发展、技术进步的需求,推动标准化发展向质量效益型转变。三是进行整体优化,寻求整个产业的最优配置,协调行业相关上、中、下游的标准化需求,合理统一规划,促进上、下游产业链的有效衔接,避免重复、不匹配等问题,发挥关键技术标准在产业协同、技术协作中的纽带和驱动作用,增强产业链供应链稳定性和产业综合竞争力。^[12, 13]

增材制造技术领域标准体系实施方向应从技术维度、保障维度及应用领域维度这三个维度进行。技术维度是增材制造技术的核心部分，主要从增材制造技术的一般工艺过程需求出发，分为设计、装备、材料及工艺等，以科技创新提升标准水平，重点加快制定关键技术标准，推动产业发展。保障维度是增材制造技术的基本保障，主要从增材制造技术全生命周期的保障技术需求出发，建立各环节、各阶段、各类事物及人员的基础性、检测、认证、安全、基础数据格式、运维服务、验证平台、网络协同制造和绿色制造等标准，加强标准实施效果评估，提升标准实施效能。应用领域维度则依据增材

制造技术产品在各领域应用的不同要求及特点进行，细分行业需求，包括航天、航空、核工业、船舶、汽车、轨道交通、生物医药、教育和兵器军工等，由此健全增材制造技术标准体系。开展不同应用领域的标准化试点示范，强化标准核心技术指标研究，重点支持基础通用、产业共性、新兴产业应用和融合技术等领域的标准研制。^[12]

同时，还要健全标准化人才培养体系，提升信息化支撑能力，拓展标准化国际合作，强化标准研究和技术研发同步、国内标准和国际标准同步、标准实施与产业化同步，以先进适用的标准提升产业基础能力和产业链现代化水平，领航增材制造产业高质量发展^[14]。到2025年，结构优化、先进合理、国际兼容的标准体系更加健全，标准化质量效益不断显现，全面形成市场驱动、政府引导、企业为主、社会参与、开放融合的标准化工作格局。^[13, 15]

5 结束语

“十四五”期间，我国将面临更加复杂的国际形势，国家间的产业竞争也会更加激烈。在这个背景下，坚定不移地实施制造强国战略，以智能制造为主攻方向，找到符合自己的发展路径和发展模式发展好制造业，将是我们应对外部竞争的底气^[16]。以标准促进科技创新成果转化，助推产业发展升级，支撑国内大循环、国内国际双循环建设，充分发挥标准化在推进国家治理体系和治理能力现代化建设中的基础性和引领作用。

参考文献：

- [1] 无. 智能制造装备行业现状及十四五发展趋势分析[J]. 装备制造与教育, 2020 (3) : 92-96.
- [2] 胡欣. 辛国斌出席国家智能制造标准化总体组、专家咨询组全体会议暨《国家智能制造标准体系建设指南(2021版)》发布会[J]. 信息技术与标准化, 2022 (Z1) : 4.
- [3] 栗晓飞. 国外增材制造标准分类与解析[J]. 电加工与模具, 2020 (5) : 56-59.
- [4] 吴卫明. 分析增材制造标准 突破产业发展瓶颈[J]. 中国标准化, 2021 (11) : 72-78.
- [5] 融融生态圈. 增材制造标准一网打尽[OL]. (2019-07-17) [2022-02-18]. <https://rrh.rongrong.cn/rr/8996.html>.
- [6] 薛莲, 肖承翔, 李海斌, 等. 增材制造标准体系研

究[J]. 标准科学, 2017 (11) : 52-55.

- [7] 张进朋, 秦训鹏. 国内外增材制造标准化工作发展现状综述[J]. 表面工程与再制造, 2019, 19 (1) : 23-29.
- [8] MONZÓN M D, ORTEGA Z, MARTINEZ A, et al. Standardization in additive manufacturing: activities carried out by international organizations and projects[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2015, 76 (5-8) : 1111-1121.
- [9] CHUA C K, WONG C H, YEONG W Y. Roadmap on Additive Manufacturing Standards[J]. Standards, Quality Control, and Measurement Sciences in 3D Printing and Additive Manufacturing, 2017: 31-35.
- [10] 栗晓飞. VDI与DIN增材制造标准概述[OL]. (2020-04-29) [2022-02-20]. <https://rrh.rongrong.cn/rr/30169.html>.
- [11] 中华人民共和国工业和信息化部, 等. 八部门关于印发《“十四五”智能制造发展规划》的通知[R]. (2021-12-28) [2022-02-22]. https://wap.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2021/art_1c779648523c40f3a0e2ea044ff8f24b.html.
- [12] 栗晓飞. 关于增材制造技术标准体系现状与思考[OL]. (2016-08-16) [2022-02-24]. <http://www.51shape.com/?p=6920>.
- [13] 国家标准化管理委员会, 等. 关于印发《“十四五”推动高质量发展的国家标准体系建设规划》的通知[R]. (2021-12-06) [2022-02-25]. http://www.sac.gov.cn/sxxgk/zcwj/202112/t20211222_349879.html.
- [14] 国家标准化管理委员会, 等. 关于印发《增材制造标准领航行动计划(2020-2022年)》的通知[R]. (2020-03-05) [2022-02-26]. http://www.sac.gov.cn/sxxgk/zcwj/202101/t20210122_347057.html.
- [15] 中共中央、国务院. 中共中央 国务院印发《国家标准化发展纲要》[R]. (2021-10-10) [2022-02-26]. http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/10/content_5641727.htm.
- [16] 付保宗. “十四五”时期我国产业发展呈现五大趋势[J]. 经济纵横, 2020 (5) : 76-86.