

# AMS标准体系与形成方法研究

## Research on AMS Standard System and Its Forming Approach

■ 李岩 袁文明 熊艳才/中国航发航材院

一流的航空发动机研制必然配套以“技术为基础，标准为载体”的先进材料标准体系，正向形成机制是航空发动机材料标准体系的建设思路，是先进材料标准的核心内涵，是接轨国际先进标准的发展趋势。

作为国际先进材料标准的领跑者，美国构建了以正向形成机制为核心并具有先进性、可操作性和适用性的航空航天材料标准，目前航空航天材料领域的美国汽车工程师协会（SAE）的宇航材料规范（AMS）标准基本是由美军标（MIL）转化而来。AMS标准以科学的标准正向形成机制，提高了标准质量水平，成为国际先进材料标准的典型代表，被誉为航空航天材料领域的“全球性标准”。目前，AMS标准应用于全球范围内航空飞行器零件、系统的设计和生产以及政府采购，也是可供我国航空材料研制、生产和使用参照的重要材料标准。本文通过分析AMS标准体系特点和标准正向形成方法，为我国建立和实施航空发动机材料标准正向形成机制提供借鉴。

规格和状态。截至2019年，AMS标准约3000项，主要包含金属和非金属材料标准（约2450项）、质量控制

和工艺标准（约320项）以及附件、成品件和组合件标准（约120项）。AMS标准统计具体如表1所示。

表1 AMS标准统计

序号	材料类型	材料牌号数量	标准数量	标准号段
1	航空航天维修用化学制品和材料	—	78	AMS1320-2175
2	公差	—	53	AMS2201-2279
3	质量控制和工艺	—	273	AMS2280-2980
4	非金属	—	857	AMS3002-3970
5	铝合金	114	356	AMS4000-4349
6	镁合金	35	113	AMS4350-4490
7	铜合金	39	63	AMS4500-4740
8	其他非铁合金	31	59	AMS4750-4893
9	钛合金	31	99	AMS4897-4999
10	变形碳素钢	18	42	AMS5010-5132
11	特殊用途非铁合金	1	4	AMS5210-5225
12	铸铁和铸造低合金钢	6	14	AMS5310-5339
13	铸造耐蚀和耐热钢及合金	16	71	AMS5340-5442
14	变形耐蚀和耐热钢及合金	159	446	AMS5500-5966
15	变形低合金钢	96	236	AMS6240-6560
16	钛合金	1	21	AMS6900-6948
17	附件、成品件和组合件	—	118	AMS7205-7498
18	特殊性能材料	10	30	AMS7510-7735
19	高熔点和活性材料	18	43	AMS7800-7918
合计		575	2976	—

### AMS标准体系 AMS标准种类

SAE成立于1905年，SAE的董事会下设5个理事会，其中包括航空航天理事会。航空航天材料委员会是该理事会下属的7个分会之一。AMS标准是SAE所属的航空航天材料委员会制定的材料标准。

AMS标准体系涵盖575个主干材料牌号（航空发动机相关材料牌号300余个）、1200多个材料品种、

据统计，我国与航空材料、热工艺及理化测试有关的国军标和行业标准仅为1500项，俄罗斯航空材料热工艺和理化测试的标准约为1800项。AMS是世界各国航空材料专业标准数量最多的，有效标准约2500项，涵盖的材料专业比较齐全，包括了航空使用的金属材料、非金属材料、复合材料及其相关的工艺标准。材料制品的种类划分比较详细，不仅包括各种的原材料标准，也包括附件、成品件和组合件标准。例如，在非金属材料及工艺标准中，涵盖了100余种非金属材料；在特种工艺标准中，涵盖了热处理、焊接、表面处理、表面强化、腐蚀防护、沉积、复合以及精加工等；在成品件标准中，包含了弹簧、紧固件、标准件在内的20余种零件。

此外，AMS标准还包括航空维

修用的化学制品和材料、公差和质量控制等。其中，质量控制标准主要包括材料的一些特殊的试验方法，如晶粒度、压力试验、痕量元素控制和取样等。近年来，AMS标准注重特种工艺标准的发展，尤其是热处理、表面处理、焊接等专业标准制定的速度加快，以热处理标准为例，涉及钢、高温合金、铝合金、镁合金、铜合金的AMS标准达到24项，几乎与美国大型航空公司企业级热处理标准的数量相当。

### AMS标准特点

AMS标准具有专业化、系列化、通用化水平高以及标准应用与维护的时效性、先进性强等特点。

AMS标准所属的美国航空航天材料委员会下设材料、工艺和检测等相关的18个专业委员会和14个工作组，AMS标准组织结构如图1所示。

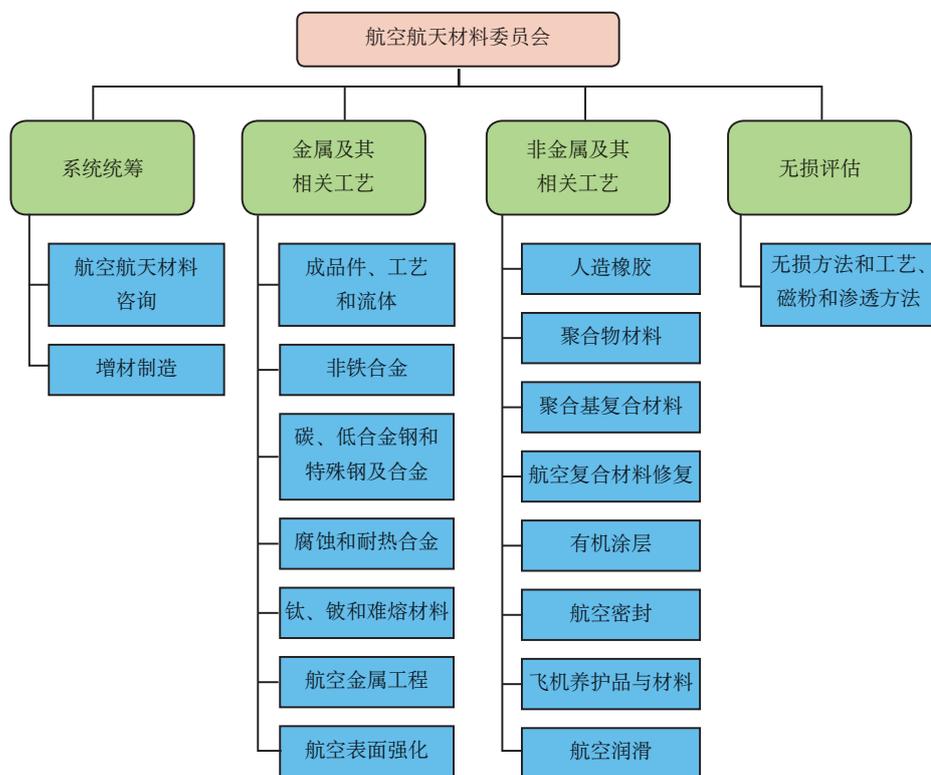


图1 AMS标准组织结构图

示。航空航天材料委员由航空公司、材料供应商和军事机构代表组成，有近3000名专家参与AMS标准制定工作。标准均由工业界高水平的技术专家起草，由专业委员会进行技术协调和技术审查，在标准编制过程中十分重视技术指标验证和与其他标准的协调性，其中专业委员会的把关是保证标准质量的重要环节，确保了标准的编制质量。

AMS标准体系中与航空发动机材料技术相关的标准主要为金属规范、非金属规范及工艺规范，共约1200项。AMS标准以材料牌号为主线，强调材料品种、规格、状态的系列化，科学地固化和规范了材料和制造技术的发展应用成果，体现了材料标准在装备发展中的重要地位和系统支撑作用。

AMS标准以单个牌号（品种、状态、性能等）的材料标准为主，标准的适用性很强，全部技术内容均是针对该材料的某一状态而规定的，与具体材料相互对应，标准的系列性和配套性较好，对于材料的生产、采购、检验和使用都很方便，也有利于标准化管理和标准体系的维护。以IN718材料为例，合金主要品种、规格、状态的系列验收标准和配套的工艺控制、检测评价标准多达24份，IN718材料的标准体系具体如图2所示，标准系列化水平很高。

AMS标准体系完全基于材料本身的自然属性、特点、性能和使用条件制定具体的标准，并不限定材料在飞机、发动机或机载设备上具体应用部位或产品的型号类别，这有利于新材料的推广应用，同时也提高了标准的通用性，满足设计要

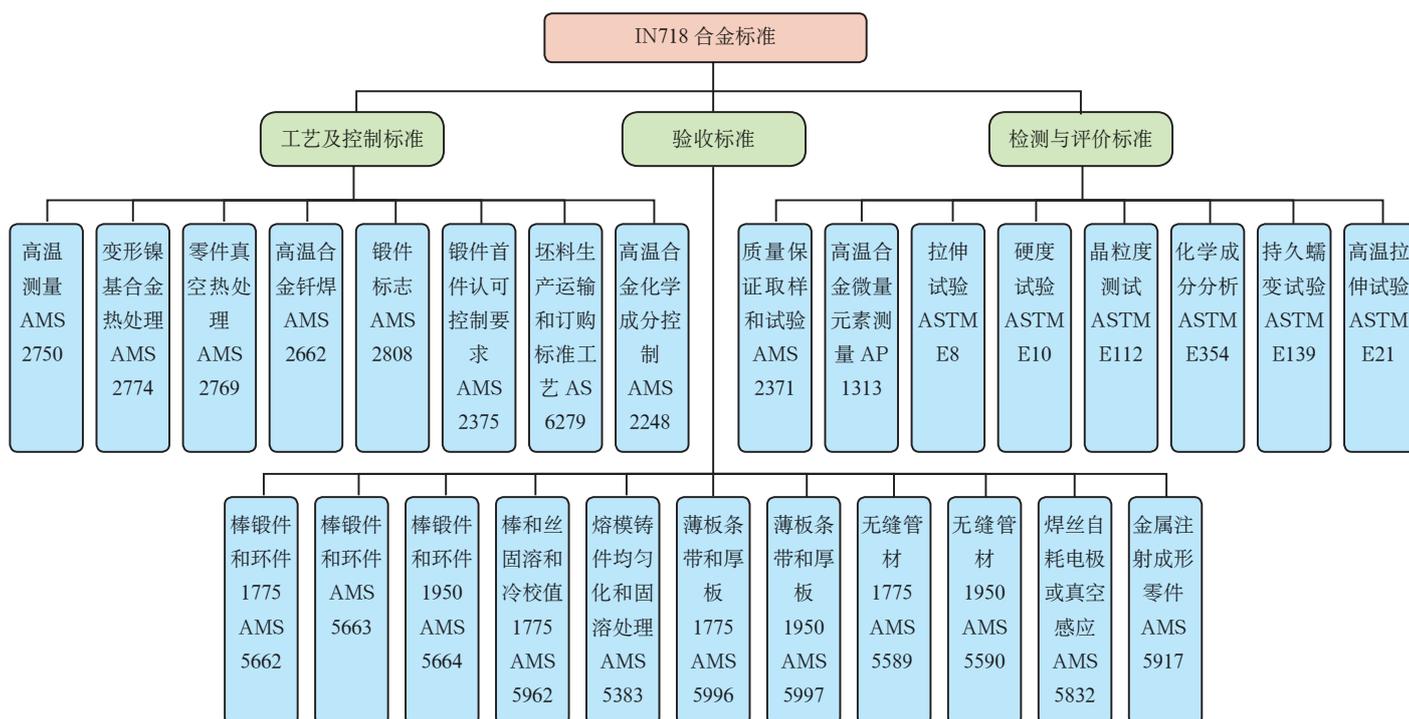


图2 IN718材料的标准体系

求性能的材料及其标准可应用于任何系统或零部件。

目前已有超过1270项的AMS标准被纳入美国国防部（DoD）武器装备采办文件中用于武器装备研制生产；同时，也被全球各大公司用于民用航空器/航天器、船舶、车辆、核设备、发动机和燃气轮机等民用装备研制生产。

由于标准通用水平很高，AMS标准被国际权威的《金属材料性能

研发与规范化》（MMPDS）手册全面采用。对于钢、铝、镁、钛、耐热合金和其他合金共6大类主干金属材料，MMPDS手册主要采用AMS标准来规范材料的设计、生产和应用，手册对中AMS标准的采用比例高达96%，采纳的材料牌号、品种和标准数量如表2所示。

AMS标准实施动态维护，标准修订和维护效率很高，很好地保证了标准先进性和时效性。年度制定、

修订率高，标准复审换版周期短。AMS标准年度的标准平均制定、修订率（标准制定和修订的数量占标准总数的比率）已达到10%左右，数量接近250项。

AMS标准的状态大致可以分为有效标准和修订标准2类。有效标准一般不需要修订，可继续使用，只进行简单的复审确认即可，大部分标准复审确认的周期为2~3年，最长的一般不超过5~6年。修订标准应及时进行修订，大多数标准的修订周期为2~6年，有少数标准甚至1年就换一次版。

AMS标准体系能充分反映新材料研究和开发的结果，及时将科研成果和生产使用经验固化为相应的标准，快速满足供需双方对标准的使用需求。同时，标准体系能得到有效的动态性维护，复审、修订周期的缩短，有利于及时解决标准中存在的问题，

表2 MMDPS手册所包含的材料牌号、品种和标准数量

材料种类	铝合金	钛合金	钢	高温合金	镁合金	其他	共计
材料牌号	65	11	43	14	11	10	154
材料品种	295	90	215	108	27	35	770
材料规格	规格的数量大约是品种的3倍						2200
AMS数量	195	42	79	81	32	16	445

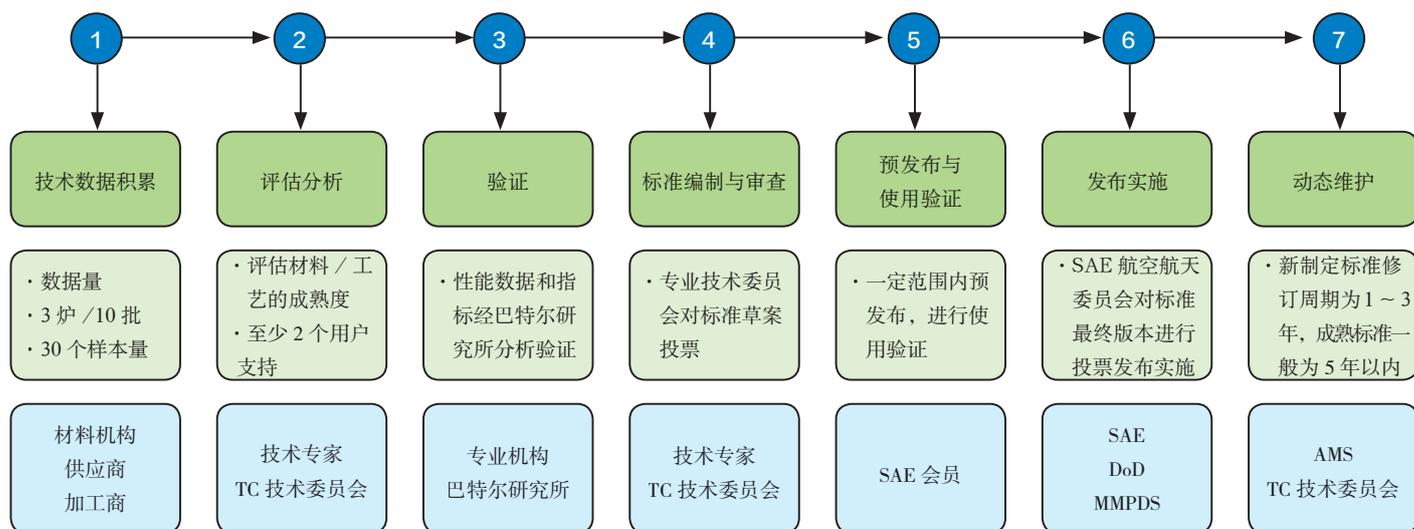


图3 AMS标准形成过程

及时反映材料技术要求和生产工艺的变化, 保证标准最大限度地满足生产、采购和使用的要求。此外, AMS标准体系中每一份标准的状态标识明确, 可以指导工程技术人员正确地选材和使用标准。

## AMS形成方法

AMS标准重视数据积累、评估分析、验证、审查和使用维护等环节, 遵循正向形成原则, 标准形成过程如图3所示。AMS标准以大量科研成果和生产数据积累为基础, 技术指标有充分可靠的数据支撑, 科学的标准正向形成机制, 促进了标准质量水平的大幅提高, 保障了产品可靠性、可重复性与质量。正向形成机制极大提高了AMS标准竞争力, 并被航空航天飞行器主制造商广泛采用, 使其成为国际权威标准。

综合分析, AMS标准正向形成过程可归纳如下。

一是数据积累。在材料工艺稳定和技术成熟后, 通过材料试验、数据收集, 积累标准编制所需的性能数据, 数据量最低要求为3炉/10批, 30个样本量。

二是统计评估。对数据进行统计分析, 评估材料/工艺的成熟度, 至少得到两个材料用户支持, 并形成技术报告, 提出标准中的最低性能指标。

三是分析验证。性能数据和指标需要得到巴特尔研究所的分析验证, 若不能通过分析验证, 需要补充进行更多的试验与分析。

四是编制与审查。起草人获得SAE标准顾问指导后起草标准草案, 在28天审查期内, SAE专业技术委员会对标准草案投票, 并对技术评议意见进行辩论, 当有超过50%具有投票权的成员参加投票时, 其中75%以上的投赞成票, 并且所有的意见和反对意见都得到了适当的处理时, 可视为到达协调一致。

五是使用验证。将标准草案在一定范围内预发布, 进行使用验证, 并收集和分析数据, 针对标准草案存在的问题完善标准。

六是发布实施。SAE航空航天委员会对标准最终版本进行投票, 通过后统一出版发行。

七是动态维护。通过多种渠道收集标准使用过程中发现的问题, 并对标准及时进行修订, 新定标准修订周期一般为1~3年, 成熟标准修订周期一般为5年以内。

七是动态维护。通过多种渠道收集标准使用过程中发现的问题, 并对标准及时进行修订, 新定标准修订周期一般为1~3年, 成熟标准修订周期一般为5年以内。

## 结束语

通过借鉴AMS标准等先进材料标准体系构建及管理经验, 我国应尽早建立起以专业化、系列化、通用化为目标的发动机材料标准体系, 形成先进、完整、适用的航空发动机材料标准。通过建立标准正向形成机制, 能够实质性地提升发动机材料标准的先进性、时效性和可操作性, 并与国际先进水平接轨。建立以正向形成方法为核心的材料标准制定规则, 严格按正向形成方法要求, 编制先进适用、高质量、高水平的发动机材料标准, 满足航空装备研制生产的需要。

航空动力

(李岩, 中国航发航材院, 工程师, 主要从事铸造及标准化研究)