

# 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。

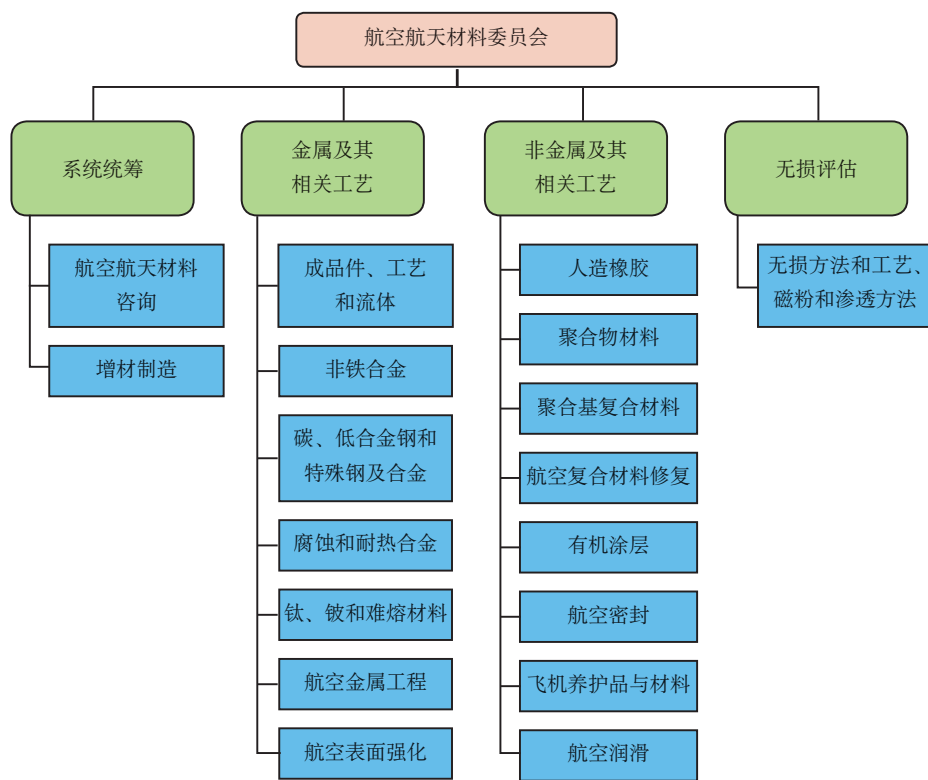


图1 AMS标准组织结构图

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

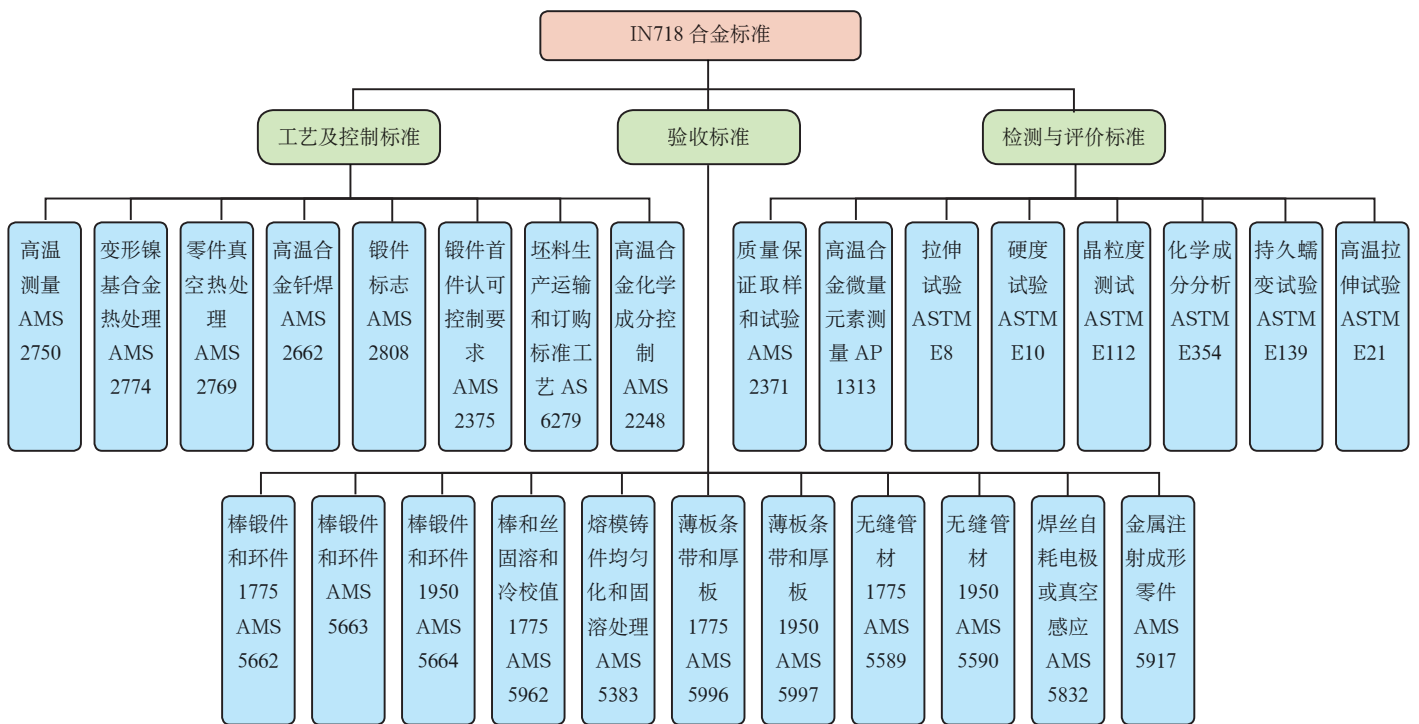


图2 IN718材料的标准体系

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  |

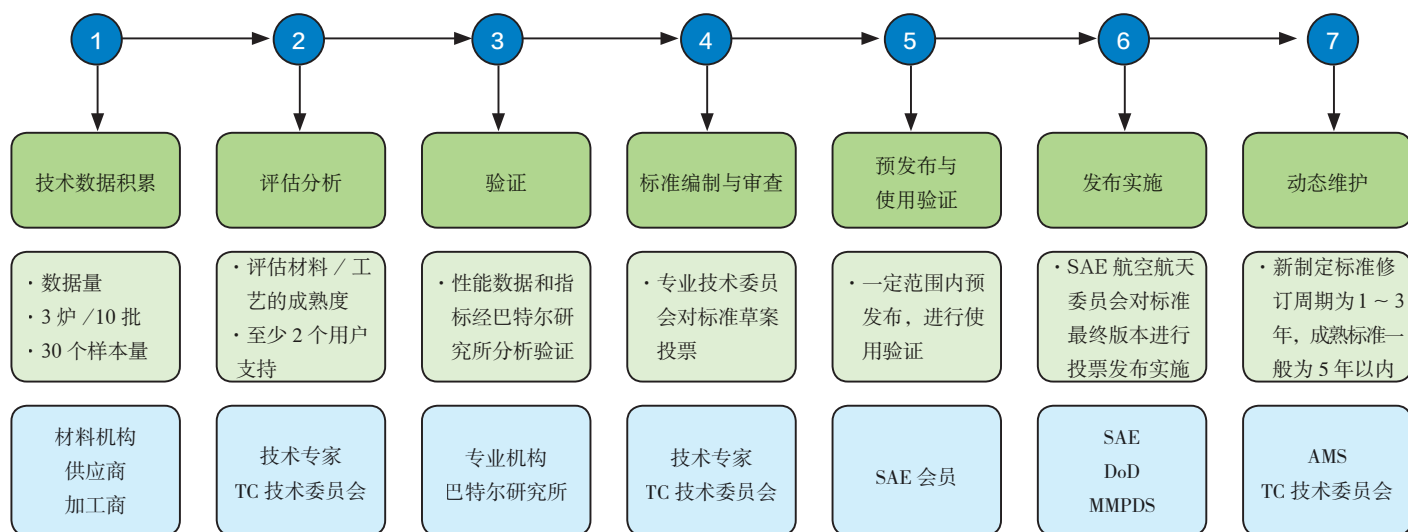


图3 AMS标准形成过程

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。

## 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)