

# 国际国外航天标准化综述

■ 湛希<sup>1</sup> 李国强<sup>2</sup>

(1.中国航空综合技术研究所; 2.北京跟踪与通信技术研究所)

**摘要:** 本文介绍了国际国外航天标准化的建设和开展情况,分析了国际国外航天标准化的组织管理模式,总结了国际国外航天标准体系的建设模式,提出了对我国航天标准化工作的启示与建议。

**关键词:** 航天 标准 标准化 标准体系

**DOI编码:** 10.3969/j.issn.1002-5944.2016.11.020

## Review of International and Foreign Aerospace Standardization

ZHAN Xi<sup>1</sup> LI Guo-qiang<sup>2</sup>

(1. AVIC China Aero-polytechnology Establishment; 2. Beijing Institute of Track and Communication Technology)

**Abstract:** This paper introduces the conduct situation of the international and foreign aerospace standardization, analyzes the organizational management mode of the international aerospace standardization, and summarizes the construction mode of international aerospace standard system, offering some suggestions and enlightenment about aerospace standardization in China.

**Keywords:** aerospace, standard, standardization, standard system

## 1 引言

我国航天事业经过50多年的不懈努力,取得了一系列举世瞩目的辉煌成就,成功地将各类卫星送入太空,并圆满完成了历次“神舟”飞船和“天宫”空间实验室载人航天飞行任务,在国民经济建设和国防建设中发挥着日益显著的作用。

航天标准化是保证航天系统质量可靠性的客观需要和重要手段。伴随着我国航天事业和航天装备建设的发展,航天标准化方面已建立起较为成熟的航天(宇航)行业标准体系,开展了相关国

家标准、国家军用标准建设,产生了明显的技术推动和保障作用。然而,相对于信息时代航天技术的迅猛发展,相对于我国国民经济和国防建设赋予航天事业的更高要求,当前的航天标准化还存在着体系建设不够协调完善、组织管理不够科学高效等问题和不足。因而,研究分析国际国外航天标准化建设及开展情况,借鉴其先进经验,将有利于推动我国航天标准化工作的科学发展。

## 2 国际国外航天标准化组织机构

在广泛搜集、整理和分析相关资料的基础上, 本文遴选了8个有代表性的、具有较强示范意义且与我国航天科技关系紧密的国际国外航天标准化组织机构, 分别是国际标准化组织(ISO)、国际电工委员会(IEC)、国际电信联盟(ITU)、空间数据系统咨询委员会(CCSDS)、欧洲空间标准化合作组织(ECSS)、美国汽车工程师学会(SAE)、美国航空航天协会(AIAA)、美国军用标准(MIL)管理机构, 根据各自的性质及业务范围, 将这些标准化组织机构及其制定颁布的标准分为国际、区域、军用和行业4个层次分类介绍。

## 2.1 国际航天标准化组织

国际性的标准化组织旨在研究、制定并推广采用国际统一的标准, 协调各国、各地区的标准化活动, 研讨和交流有关标准化事宜。与航天相关的国际性标准化组织主要有ISO、IEC、ITU和CCSDS。其中, ISO、IEC和ITU作为国际三大标准化组织, 在世界标准化领域具有影响力和权威性, 代表着世界标准化的发展方向。

ISO中负责航天领域标准制定的机构是航空航天技术委员会(ISO/TC20)下设的空间数据与信息传输系统分技术委员会(ISO/TC20/SC13)和空间系统及其应用分技术委员会(ISO/TC20/SC14)。SC13、SC14所涉及的标准与我国航天产品的研制密切相关, 是经过世界上有关国家的专家试验研究、相互协商, 得到大多数成员国同意而制定的。其中, SC13的基本任务是制定空间数据与信息传输、交换方面的国际标准, 主要采取封面法, 将CCSDS提出的标准建议书经审议后, 发布为国际标准, 至今已发布70余项。SC14的工作内容涵盖了载人及非载人航天器的设计、生产、运行、维修直至退役处置, 以及其元器件、材料、运行环境等方面, 所制定的国际标准大部分由美国国家航空航天局(NASA)、欧洲空间局(ESA)提出和起草(俄罗斯也承担部分标准的起草), 至今已发布150余项。因而, 美国和欧洲基本主导了国际航天标准的方向。

IEC的宗旨是促进电工、电子领域产品的国际标准、认证认可规则等国际文件的制定, 促进国际标准化以及认证认可方面的合作, 其制定的国际标准在世界范围内得到广泛采用, 目前已发布标准一万余项, 这些标准与航天是有紧密联系的。

ITU是联合国的专门机构之一, 它负责协调分配卫星轨道和频率资源, 发射国在发射卫星前需要向其提出轨道和频率申请, 在得到批准后才能在规定时间内发射。各国均应遵守由ITU制定的《国际电联组织法》《国际电联公约》及《无线电规则》等法规, 以此保证各国拥有和平探索和利用外空活动的权利。目前已发布标准7,200余项, 其中航天相关标准1,100余项。

CCSDS是一个由各国空间管理部门联合正式组建的国际协调机构, 其宗旨是通过技术协商方式, 建立一整套空间数据系统标准, 以便实现广泛的国际合作和相互支持。CCSDS无权发布国际标准, 只能提出标准建议书, 其标准建议书涵盖航天器接口、空间链路、任务实施与信息管理、交互支持、空间网络、系统工程等6个方面, 以标准化的方式进行数据交换与处理, 以更为经济有效的方式满足不同航天器和不同类型用户的业务需要。CCSDS标准不仅为实现开放互连的国际空间数据系统网奠定了技术基础, 还反映了世界空间数据系统的最新技术发展动态。航天任务中采用CCSDS协议可降低成本、减小风险和缩短开发时间, 增强不同空间组织在航天任务开展交互操作和交互支持的能力。目前已发布标准建议书230余项。

## 2.2 区域航天标准化组织

区域标准化组织是在某一区域范围内或按政治的、经济的或民族的利益结合的国家之间展开标准化活动的组织。在航天标准化领域中, ECSS是最具代表性的区域标准化组织, 它是由ESA和欧洲各相关国家空间机构和组织联合成立的, 旨在确保ESA、各国家航天局、欧洲工业协会等开展空间项目合作的顺利实施。ECSS标准是以ESA原标

准体系为基础,同时结合法国航天局等各国空间机构、航天公司标准的实际,并与ISO充分协调一致而形成的,划分为项目管理、产品保证、空间工程3个专业,目前已发布标准110余项。

### 2.3 军用标准化组织

美国作为空间大国,是先进航天技术的代表,其制定的标准技术领先、内容广泛,对我国航天产品的研制、生产和管理具有较大的指导与借鉴意义。为确保军用标准化工作有法可依,美国建立了一套完备的法规体系,通过条例、指令等明确军用标准化的地位、职责和任务,如:《国防部编目与标准化法》:《国防部标准化工作政策与程序》等。上世纪90年代以来,美国对军用标准化工作进行的一系列改革,改革后军用标准化文件统称为国防部标准化文件(美国国防部在装备采办中所使用的标准化文件的统称),不仅包含军用标准,而且吸收了大量民用标准,共计约12万余项技术标准,数量庞大、技术内容丰富、专业面宽,标准体系也更为合理。从整体上看,国防部可利用的标准资源更为丰富,满足武器装备标准化需求能力更为增强。在美国国防部大量采用民用标准的同时,数十年积累的军用规范、军用标准和军用手册中也有相当一部分是具有军民通用属性的,同样被民用部门或非政府标准团体采用<sup>[1]</sup>。

### 2.4 航天行业标准化组织

行业标准化组织是在某个行业或专业范围内开展标准化活动的机构。SAE和AIAA是航天行业标准化组织中的两个突出代表。SAE由两个重要的技术委员会组成,其中之一就是航空航天技术委员会,该委员会制定的许多航天标准被NASA采用或在相关法规文件中引用,目前已发布标准近5,000项。AIAA是ISO/TC20/SC14的秘书处单位,是全球最大的致力于推动航空、航天、国防领域科学技术进步与发展的专业性的非政府、非营利性学会,目前已发布标准70余项。相比较而言,SAE航天标准主要是从工程应用角度进行专业分类,

AIAA则更侧重于科学研究。

## 3 国际国外航天标准化管理模式

通过对以上国际国外航天标准化组织的工作模式与运行机制进行综合比较和研究分析,将其开展标准制定及相关工作的组织管理模式归纳为以下3种类型:技术委员会管理模式、技术归口单位管理模式和混合管理模式。

### 3.1 技术委员会管理模式

如图1所示,技术委员会管理模式的基本结构是按专业、按学科设立技术委员会(TC)、分技术委员会(SC)和工作组(WG)。属于此管理模式的标准化组织有ISO、IEC、ITU、CCSDS、AIAA、SAE和ECSS。其管理特点是以市场需求为导向制定标准,不带任何行政色彩,通过技术委员会的成员以一定的程序实现标准编制的公开参与、协调一致,避免重复,从而推动整个标准化工作的有序进行。

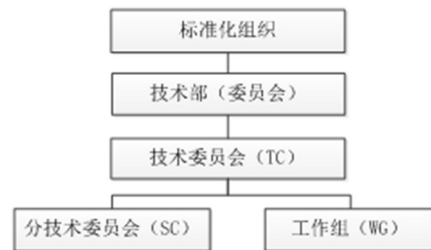


图1 技术委员会管理模式示意图

### 3.2 技术归口单位管理模式

标准化技术归口单位是标准化领域政府行为的延伸,代表政府利益制定和管理标准,其制定标准的程序按科研课题的运行模式进行,形成的标准草案由主管部门主持或委托主持,邀请有关专家进行审查,从标准的计划、制定、审批到出版发行都有严密的管理制度和 Work 程序,保证了标准的体系完整、协调,以及标准化工作的有力落实。如图2所示,MIL标准是采用此种管理模式的典型代表,其管理体系大致分为3个层次,国防部标准化局为决策层,对标准化工作实行集中统一管理;部



门标准化管理机构(陆海空三军和国防后勤局的标准化办公室)为管理层,分别负责本部门的标准化工作;执行层为部门指定的标准化工作实体,包括标准化主持单位(联邦供应分类法(FSC)或字母类的技术归口,审批标准化项目)、协调管理单位和编写单位等。其管理特点是组织机构与管理体制明确,行政隶属关系较为突出,各级职责清晰,“统一管理、分头实施,分工明确、责任到位”<sup>[2]</sup>。

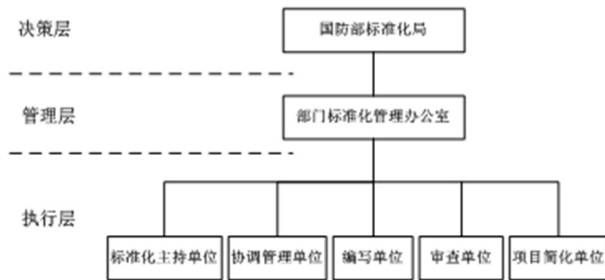


图2 以MIL为代表的技术归口单位管理模式示意图

### 3.3 混合管理模式

所谓混合管理模式,即由技术委员会和标准化技术归口单位综合统筹、相互支撑地实施标准化工作的一种模式,NASA的标准化工作是此种模式的典型。如图3所示,NASA总工程师办公室主管NASA标准化工作,同时授权领导中心负责制定、管理标准<sup>[3]</sup>。工程管理委员会(EMC)由NASA各个中心的标准化专家组成,负责推荐各自的标准并提出标准政策建议。值得强调的是,在NASA开始制定内部使用的专用标准之前,由工程标准指导委员会(ESSC)确定是否有可采用的相应自愿协调一致标准,或了解是否有自愿协调一致标准组织正在制定相应的标准。在此基础上,ESSC听取常设专业工作组(DSWG)关于NASA优选技术标准工作的计划并进行汇总上报,然后指定标准起草组(TWG)及成员。在标准起草过程中,NASA各中心和喷气推力实验室(JPL)参与对相关标准的改进。由此看出,NASA标准既可通过DSWG推荐特定的TWG来完成,也可通过直接采用EMC推荐的各中心标准来完成

成,目前已发布标准3,600余项。其吸收了技术委员会的技术支持与标准化归口单位的行政管理模式的特点,使标准化工作更加高效地开展。

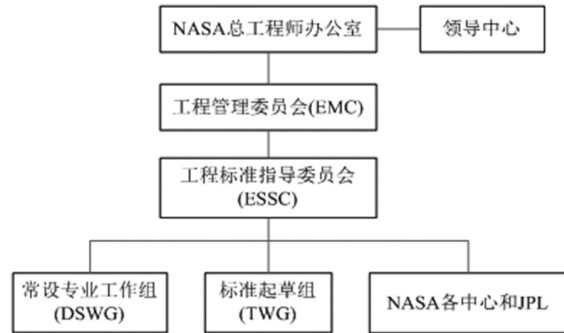


图3 NASA标准化工作管理模式示意图

## 4 国际国外航天标准体系建设

标准体系的规划和建设是标准化的基础,是标准编制的蓝图和标准实施应用的依据。通过对国际国外航天标准体系建设的分析研究,其构建模式可归纳为以下两种:一是在标准化政策方向指导下的“自下而上”模式;二是在体系系统规划下的“自上而下”模式。但不论采用何种模式,标准体系的结构设置都遵循非常清晰的主基线展开。

### 4.1 在政策方向指导下的“自下而上”模式

该体系建设模式,一般为标准化主管单位或相关专业的技术委员会确定标准化的工作方向,编制方依据需求,申报标准编制项目,按照程序“自下而上”逐级上报,层层把关,由标准化主管单位或相关的专业技术委员会予以批准。NASA的标准体系即是采用此种模式实施建设的。

NASA标准是NASA根据需求逐步制定,逐步形成的。范围涵盖了NASA的整个航天活动,包括航天技术、空间探索与太空开发、地球科学、太空科学研究等。在组成上既有NASA本部及其9个空间中心制定的标准,同时还优选采用了ISO、MIL、SAE等48种标准,共同构成了一个开放性的NASA航天标准体系。如图4所示,该体系结构包括两个层次,第一层次分为技术标准和管理标准,第二层

次基本上按专业进行分类。

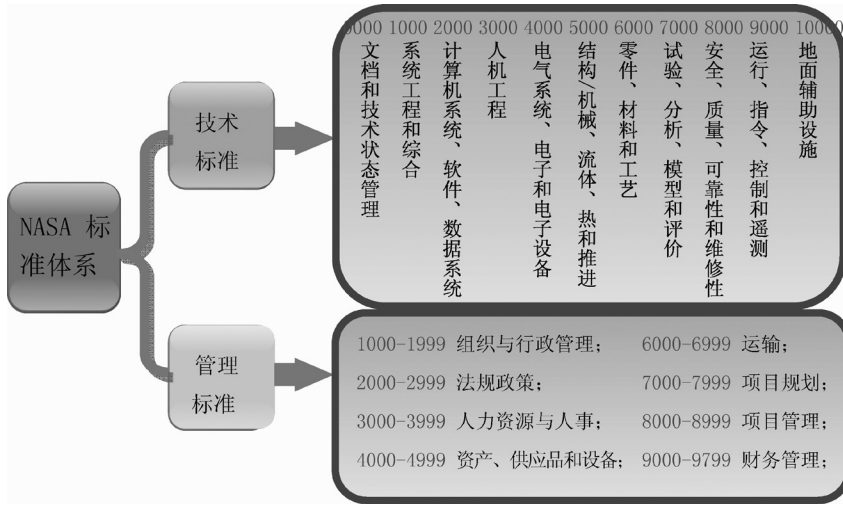


图4 NASA标准体系结构示意图

“自下而上”模式建立的标准体系，没有前期有方向性的对体系进行总体设计规划，对标准的需求和应用是体系建立的主导，可以说不是通过标准体系来描绘标准化工作的蓝图。为了便于标准文献检索、应用和管理，体系内的标准项目一般根据内容和专业特点按照相关分类法进行分类。

#### 4.2 在体系系统规划下的“自上而下”模式

该体系建设模式主要是在体系设计之初就进行顶层、全局的策划，系统全面地考虑体系的目标、功能和范围，构划出体系的总体结构框架，然后逐步搭建标准体系，由标准化主管单位或相关专业的技术委员会依据体系，按照程序“自上而下”逐级安排，开展并落实标准制定与实施等工作。ECSS标准体系就是此种模式的典型代表。

ECSS标准体系是以ESA原标准体系为基础，同时结合欧洲各国航天机构的实际与国际标准(ISO)充分协调一致而形成的，在建立的10多年中仍在不断完善充实。如图5所示，该体系结构分为四级(0、1、2、3级)和四大板块(项目管理、产品保证、工程、可持续性)<sup>[4]</sup>，并自上而下，逐步提出标准项目。顶层文件描述体系的方针目标、术语等，空间项目管

理标准(ECSS-M)主要针对项目的组织和监督工作，空间产品保证标准(ECSS-Q)主要规定项目产品保证活动的管理和实施等方面要求，空间工程标准(ECSS-E)则更加集中于空间系统的产品本身，其下层次划分主要以专业为主<sup>[5]</sup>，空间可持续性标准(ECSS-S)是新增板块，体现其对航天器空间保护工作的关注。

“自上而下”建立的标准体系，根据体系建立的目的与目标进行体系的总体设计和系统

规划，在充分研究的基础上建立标准体系框架和标准项目，通过体系来规划和指导今后的标准化工作。这样可更好地促进标准的编制和使用，提高体系建设的效率。但同时，随着技术的发展与需求的变化，此种模式建立的标准体系与未来标准化工作的适应性有可能会出现偏差，因而需要对体系进行适时的调整和完善。

## 5 启示与建议

在我国航天事业和航天装备建设突飞猛进的新形势下，航天标准化的作用已经从保证航天系统质量、规范型谱系列、缩短研制周期、降低研制成本等，向支持互连互通互操作、支持系统集成、支持装备信息化建设等方面拓展。标准化工作的范围已经从原来的主要面向国防科研与生产，向装备全系统全寿命管理拓展。围绕新形势新任务对航天标准化工作提出的更高要求，应当在研究分析我国航天领域现有各级各类标准的基础上，梳理应用情况，查找薄弱环节，加强预研试验，填补缺项空白，推动航天标准编制建设成规模成体系协调快速发展。

标准体系是标准化工作的基础和先导。构建起

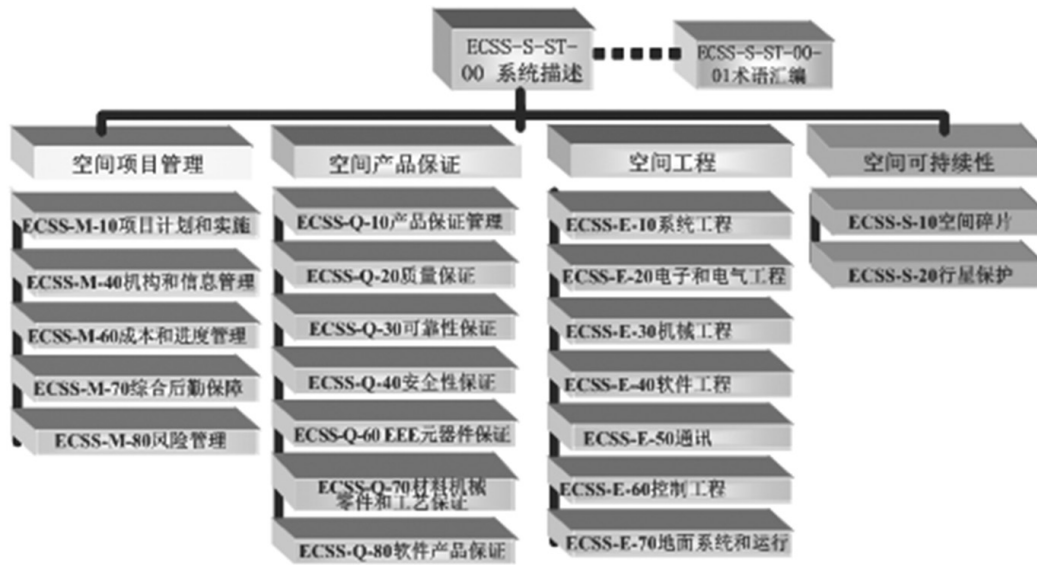


图5 ECSS标准体系结构示意图

科学全面、先进适用的航天标准体系是实现航天标准化工作持续协调发展的客观要求。应当按照统筹兼顾、全面协调可持续的工作理念和方法,在广泛收集、整理、研究NASA、ECSS、ISO,以及国内航天行业标准体系建设情况及相关经验的基础上,针对我国航天科技发展趋势和航天装备全系统全寿命建设需求,强化顶层设计,科学构建标准体系并不断优化完善。

航天标准是紧密围绕航天系统、航天装备的研制、生产、运行和应用全过程需要而制定的,各级标准之间应当协调有序、层次分明、互补完善,并由专门的组织机构协商一致制定,因而航天标准应当纳入统一的组织体系进行管理。建议在分析研究我国航天领域国家标准、国家军用标准、行业标准管理渠道、工作流程等情况的基础上,借鉴ISO、ECSS、NASA等机构的组织管理经验,结合我国航天系统、航天装备发展建设的特点,着眼实现航天标准化工作的计划性、协调性、系统性,设立职责明确、工作界面清晰的航天标准化归口管理与

服务机构,探索建立起既与航天系统建设实践相协调、相统一,又符合标准化工作规律与特点的航天标准化组织管理机制。<sup>[7]</sup>

参考文献

- [1] 王宇飞. 美军标改革与军民融合发展的启示[J]. 船舶, 2016(2): 93-96.
- [2] 陈润, 曾繁雄. 美国军用标准化简明读本[M]. 2015, 9.
- [3] 诸一维, 张小达. NASA标准化工作跟踪研究[J]. 航天标准化, 2013(1): 29-37.
- [4] 宋轶姝, 刘涛. ECSS控制工程系列标准简介[J]. 航天标准化, 2015(3): 32-34.
- [5] 苗宇涛, 江元英. ECSS产品保证标准体系动态[J]. 航天标准化, 2012(1): 29-34.

作者简介

湛希, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为军用标准化、军民通用标准化。

(责任编辑: 马 磊)