

中国航空材料手册

4

铜合金 精密合金 粉末冶金及无机涂层材料

中国航空材料手册

铜 合 金 精密合金

粉末冶金及无机涂层材料

中国航空材料手册编辑委员会

中国标准出版社

攀登材料
科学高峰

方良



有九分質量原材
料才能造出
精品

張愛華

發展航空工業，材料先行

呂東

一九八七の

航空材料科学技术的结晶

祝贺中国航空材料手册出版

宋健

一九八七年
二月廿四日

發展材料科學
振興航空工業

莫文祥

编 辑 委 员 会

主任委员

副主任委员

委 员

(按姓氏笔划排列)

编 辑

(按姓氏笔划排列)

常务编辑

颜鸣皋
刘多朴
戚彪
王祖法
王新民
刘林志
李广风
林发
周瑞忱
夏恭世
王世伦
杨灼
葛明
张朝纲

吕绪
范棠
王道平
叶济生
李文龙
陈宗瑾
赵世荃
侯印初
黄志豪
王峙南
范棠
姜作义

高良
王峙南
王惠泉
朱之成
李嗣唐
沈昌远
罗朝纲
张朝吟
郭絮琴
朱之瑞
张清

序 言

材料是现代科学技术发展和国民经济建设的重要支柱。航空材料已成为材料科学中富有开拓性的一个独立分支，是航空工业现代化的物质基础，是航空工业发展速度的决定性因素之一。

航空材料集中了材料科学的精华，反映着一个国家科学技术和基础工业的综合水平，并推动整个材料科学与工业的发展，是航空产品不断改进、更新、优质和稳定生产的可靠保证。

航空材料与航空产品设计和制造的关系十分密切。新型高性能飞机和发动机的设计和制造，对材料的要求越来越高，从而推动着航空材料的发展。同时，各种新型材料的出现和工艺、测试技术的进步，又促进了新的设计方案的实现和制造技术的变革。例如，根据发动机原理，只有在增压比和涡轮前温度相匹配提高的条件下，才能获得发动机的最大单位推力，以达到提高推力和降低燃油消耗的目的。这一事实促进高温合金不断发展及钛合金的扩大应用。最终导致定向凝固及单晶合金叶片、粉末冶金涡轮盘及性能更好的钛合金等新材料、新工艺的诞生，从而为高推重比发动机的研制成功奠定了基础。

减轻结构重量对于航空产品具有特殊的意义，既可增加飞机运载能力，提高机动性能，加大航程，又可减少燃油或推进剂的消耗。比强度 (σ_b/ρ) 和比刚度 (E/ρ) 是衡量航空结构材料力学性能的一种重要指标。高强度铝合金、钛合金、铝锂合金以及先进复合材料在飞机上的应用，对减轻结构重量，提高性能具有明显效果。复合材料将更多地应用于飞机次受力构件，并逐步扩大到承力构件上，尚需要继续研究解决许多新课题。透明材料及工艺研究将为崭新的圆弧风挡座舱结构提供可靠的依据。高性能的新型燃料及润滑材料的开发，从另一角度显著提高飞机的效率。

航空零、部件的设计已逐步推行“损伤容限设计准则”，要求提供断裂韧性、裂纹扩展速率以及模拟使用条件下的疲劳与断裂等数据。

长期以来，我国一直沿用苏联的《航空材料手册》，早已不能满足上述各项要求，远不适应航空工业发展的形势。这给设计、生产、使用和维护带来不少困难，迫切需要一部比较系统、完整的我国自己的航空材料手册。因此，编写本手册就成为航空工业发展的当务之急。

三十多年来，随着航空工业的发展，航空材料研究和生产的进展也是很快的。在中国科学院和各材料工业部门所属研究院、所、工厂、高等院校等广大科研工作者的共同努力下，航空材料逐步实现了国产化、系列化，目前已基本上满足了各种型号飞机及其他航空器对材料的要求，达到了航空材料基本立足于国内的目的，走出了一条自力更生发展航空材料的道路。在长期研究、生产、使用过程中，积累了丰富的经验和大量的珍贵数据，为编写《中国航空材料手册》，打下了坚实的基础。

在航空工业部的领导下，《手册》的编写工作得到了中国科学院、冶金工业部、有色金属总公司、化学工业部、石油化工总公司、轻工业部、纺织工业部、建筑材料工业局及其所属研究院、所、工厂、高等院校等单位的大力支持。参加编辑委员会工作或承担编写任务的有各方面经验丰富的专家，提供数据、资料的单位达300多个，参加人员共有1100多人。《手册》中选录了1789个牌号的材料，其中金属材料713个，非金属材料1076个，分7卷20篇，是一部大型的、综合性的实用工具书。它的编成和出版是全国各材料工业部门大协作的结果，是航空材料系统广大科技人员和工人多年辛勤劳动的结晶。

本《手册》有以下几个特点：

1. 先进性 《手册》选录了近年来我国研制的钛合金、先进复合材料和定向凝固和单晶合金、粉末冶金等新型材料，以及某些带有发展方向的、有一定研究成果的新材料，如形状记忆合金、非晶态软磁合金、超导电材料等。列入了各科研、生产和使用单位近年来测定的各种持久、蠕变、疲劳断裂、应力腐蚀以及接近使用条件的各种模拟试验性能的大量数据，在一定程度上反映了我国航空材料研究的成就和已达到的水平。

《手册》的编写格式统一，采用数字编码，便于计算机存储与检索。

2. 综合性 包括了金属材料、有机和无机非金属材料，既有结构材料，又有功能材料；既有物理、化学、力学性能数据，又有工艺、组织结构方面的参数和扼要描述。

3. 可靠性 所选录的数据大部分是有关科研、生产、使用单位测定和提供的，并且经过严格处理和核算。重要结构材料的拉伸强度性能还提供了 A 、 B 基值，为设计提供了许用值。

4. 实用性 按材料牌号给出了技术标准、品种规格、供应状态、应用概况和主产、使用中应注意的事项等，是一部带有标准性质的实用工具书。它不仅可供航空产品设计人员，还可供有关科研、生产和维修人员使用，并对汽车、燃气轮机、船舶、机械、仪表制造业，以及石油、化工、轻工、建材、纺织各有关部门也有重要的参考价值。

编写如此重要和内容广泛的《中国航空材料手册》还是第一次，缺乏经验，难免会出现不足之处，诚请各界广大读者批评指正，以期在增刊和再版时使它更完善，更富实用价值。

《手册》在编写过程中，承蒙各有关单位的支持，积极提供研究报告、准确的数据、曲线、图表、资料等，在此谨向各有关单位和个人表示深切的谢意。

编写说明

《中国航空材料手册》分7卷20篇，包括结构钢、不锈钢、变形高温合金、铸造高温合金；铝合金、镁合金、钛合金；铜合金、精密合金、粉末冶金及无机涂层材料；塑料、透明材料、复合材料、胶粘剂；橡胶、密封剂、燃料及润滑材料；涂料、绝缘材料、纺织材料，共1789个牌号，500多万字，含大量数据、图表、曲线。《手册》中数据经过严格处理，对于某些重要材料，除了提供指标值和典型数据外，还提供了A、B基值。为了便于计算机存储，《手册》采用了数字编码的形式。

1 取材原则

纳入《手册》材料的选取条件是：

- (1) 已通过鉴定并已在航空上正式使用的材料；
- (2) 虽未鉴定（非技术原因）但已在航空上正式使用的材料；
- (3) 已通过鉴定，正在或准备在航空上推广应用的材料；
- (4) 航空用关键材料，数据齐全，相近牌号在国外已有成熟使用经验的材料；
- (5) 新研制的带方向性的材料，数据齐全，正在或准备在航空上试用的材料。

在每个独立编写单元（一般是一个牌号一类材料，或一个系统）“概述”部分的应用概况中说明了该材料的应用成熟程度，各独立编写单元排列的先后次序也是基本上按照上列条件次序安排的。使用中已暴露出严重问题，停止使用的材料或航空工业部已有明文规定停用或限用的材料未编入手册。

2 编写格式

《手册》中大部分材料以一个牌号为一个独立编写单元；

橡胶、塑料、绝缘材料、纺织材料及涂料，也有以一类材料为一个独立编写单元；涂料还有以一个系统为一个独立编写单元的。每个独立编写单元分章、条、款、项进行叙述。

结构钢、不锈钢、高温合金、铝合金、镁合金、钛合金、铜合金、精密合金、粉末冶金及无机涂层材料的编写格式与编码（编码不连续时表示该缺项无数据或暂缺）如下：

1 概述

- 1.1 材料牌号
- 1.2 相近牌号
- 1.3 材料的技术标准
- 1.4 化学成分
- 1.5 热处理制度
- 1.6 品种规格与供应状态
- 1.7 熔炼与铸造工艺
- 1.8 应用概况与特殊要求

2 物理及化学性能

- 2.1 热性能
 - 2.1.1 熔化温度范围
 - 2.1.2 热导率
 - 2.1.3 比热容
 - 2.1.4 线膨胀系数
- 2.2 密度
- 2.3 电性能
- 2.4 磁性能
- 2.5 化学性能
 - 2.5.1 抗氧化性能
 - 2.5.2 耐腐蚀性能

- 3 力学性能
 - 3.1 技术标准规定的性能
 - 3.2 室温及各种温度下的力学性能
 - 3.2.1 硬度
 - 3.2.2 拉伸性能
 - 3.2.3 压缩性能
 - 3.2.4 冲击性能
 - 3.2.5 弯曲性能
 - 3.2.6 扭转和切变性能
 - 3.2.7 承载性能
 - 3.2.8 应力集中
 - 3.2.9 其他性能
 - 3.3 持久和蠕变性能
 - 3.3.1 高温持久性能
 - 3.3.2 高温蠕变性能
 - 3.4 疲劳性能
 - 3.4.1 高周疲劳
 - 3.4.2 低周疲劳
 - 3.4.3 特种疲劳
 - 3.5 弹性性能
 - 3.5.1 弹性模量
 - 3.5.2 剪切弹性模量或割线模量
 - 3.5.3 泊松比
 - 3.6 断裂性能
 - 3.6.1 断裂韧度
 - 3.6.2 应力腐蚀断裂韧度
 - 3.6.3 疲劳裂纹扩展速率

目 录

铜 合 金

绪论.....	(5)
纯铜	
1号铜T 1、2号铜T 2、3号铜T 3.....	(9)
1号脱氧铜TP 1、2号脱氧铜TP 2.....	(21)
普通黄铜	
96黄铜 H96.....	(30)
80黄铜 H80.....	(36)
70黄铜 H70.....	(42)
68黄铜 H68.....	(51)
62黄铜 H62.....	(61)
复杂黄铜	
63-3铅黄铜 HPb63-3.....	(69)
59-1铅黄铜 HPb59-1.....	(74)
70-1锡黄铜 HSn70-1.....	(83)
62-1锡黄铜 HSn62-1.....	(88)
77-2铝黄铜 HAl77-2.....	(95)
58-2锰黄铜 HMn58-2.....	(100)
59-1-1铁黄铜 HFe59-1-1.....	(106)
锡青铜	
4-4-2.5锡青铜 QSn4-4-2.5.....	(111)
4-0.3锡青铜 QSn4-0.3.....	(116)
4-3锡青铜 QSn4-3.....	(122)
6.5-0.1锡青铜 QSn6.5-0.1.....	(129)
6.5-0.4锡青铜 QSn6.5-0.4.....	(138)
7-0.2锡青铜 QSn7-0.2.....	(145)
无锡青铜	

7 铝青铜	QA17	(151)
9-4 铝青铜	QA19-4	(158)
10-3-1.5 铝青铜	QA110-3-1.5	(165)
10-4-4 铝青铜	QA110-4-4	(171)
1.9 铍青铜	QBe1.9	(179)
1.9-0.1 铍青铜	QBe1.9-0.1	(189)
2 铍青铜	QBe2	(197)
1-3 硅青铜	QSi1-3	(213)
3-1 硅青铜	QSi3-1	(219)
0.2 锆青铜	QZr0.2	(228)
0.5 铬青铜	QCr0.5	(236)
1 镉青铜	QCd1	(246)

白铜

15-20 锌白铜	BZn15-20	(253)
30-1-1 铁白铜	BFe30-1-1	(262)

镍铜合金

28-2.5-1.5 镍铜合金	NCu28-2.5-1.5	(269)
-----------------	---------------	-------

铸造铜合金

16-4 硅黄铜	ZCuZn16Si4	(279)
10-3 铝青铜	ZCuAl10Fe3	(283)
5-5-5 锡青铜	ZCuSn5Pb5Zn5	(288)
6-6-3 锡青铜	ZCuSn6Zn6Pb3	(291)
10-1 锡青铜	ZCuSn10P1	(295)
10-2 锡青铜	ZCuSn10Zn2	(298)
10-10 铅青铜	ZCuPb10Sn10	(302)
25-5 铅青铜	ZCuPb25Sn5	(306)

精 密 合 金

绪论	(313)
----	-------

磁性合金

电磁纯铁	(317)
电工用钢(硅钢片)	(332)
铁镍系软磁合金	(370)