

云南金属材料产业发展研究

YUNNAN JINSHU CAILIAO CHANYE FAZHAN YANJIU

和段琪 蒋兴明 梁双陆 等著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

云南金属材料产业发展研究

和段琪 蒋兴明 梁双陆 等著



北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2015

内 容 提 要

针对云南金属材料产业发展,本书分别对优化提升的金属材料产业、加快发展的金属材料产业、小金属材料产业、贵金属材料产业、有价金属材料产业、稀土金属材料产业的发展态势和产业发展方向进行了探讨。

本书可供经济管理部门、相关企业的科研人员和管理人员阅读,也可供高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

云南金属材料产业发展研究 / 和段琪等著. —北京:
冶金工业出版社, 2015. 6

ISBN 978-7-5024-6919-1

I. ①云… II. ①和… III. ①冶金工业—工业发展—
研究—云南省 IV. ①F426. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 117571 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 杨秋奎 加工编辑 李维科 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 禹蕊 责任印制 彭子赫

ISBN 978-7-5024-6919-1

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2015 年 6 月第 1 版, 2015 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 14.75 印张; 356 千字; 227 页

55.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

本书是以2011年9月完成的《新兴科技与传统产业深度融合 加快培育和发展云南省战略性新兴产业——功能性新材料研究报告》为基础修改而成的。本书在收集整理云南金属材料产业发展的基础上,着眼于新兴产业发展和传统产业改造升级的方向,分析了金属材料产业发展态势和发展方向,研究了部分功能性新材料产业的发展方向。

本书是集体智慧的结晶,并参考了大量的文献资料,具体撰写分工如下:第一章优化提升的金属材料产业由梁双陆(第1、5、6节)、陈瑛(第2、3节)、罗平(第4、7节)负责撰写,第二章加快发展的金属材料产业由梁双陆(第1节)、李娅(第2、3、4节)负责撰写,第三章小金属材料产业由和段琪负责撰写,第四章贵金属材料产业由蒋兴明负责撰写,第五章有价金属材料产业由李娅(第1节)、梁双陆(第2、3、4节)负责撰写,第六章稀土金属材料产业由蒋兴明、黄宁负责撰写。王宜国、胡时耀、张继红、金振辉、赵泽宽、徐卫华、梁玉浩、郭长海、王楠、史亚飞、赵浩东、钟振华、梁世国、崔然然、林闽、王颖、刘凤、徐杰、谢祥稼等同志参加了部分撰写工作。在撰写过程中,叶燎原、刘绍忠、龙江、许云、杨先明等专家给予了指导。全书内容由和段琪审定、蒋兴明审稿、梁双陆统稿。

本书作为资料型的研究成果,期待为科研机构和实践工作部门提供借鉴参考。

本书可供经济管理部门、相关企业的科研人员和管理人员阅读,也可供高等院校师生参考。

由于作者水平所限,书中不妥之处,请广大读者批评指正。

著 者

2015年1月

目 录

1 优化提升的金属材料产业	1
1.1 锡金属材料产业	1
1.1.1 锡的应用领域	1
1.1.2 产业发展态势	3
1.1.3 技术分析	6
1.1.4 产业发展思考	8
1.2 锌金属材料产业	8
1.2.1 锌的应用领域	8
1.2.2 产业发展态势	9
1.2.3 技术应用及发展	15
1.2.4 技术分析	22
1.2.5 产业发展潜力分析	28
1.2.6 产业发展思考	29
1.3 铅金属材料产业	30
1.3.1 铅的应用领域	30
1.3.2 产业发展态势	31
1.3.3 技术分析	34
1.3.4 产业优势分析	40
1.3.5 产业发展思考	41
1.4 镍金属材料产业	42
1.4.1 镍的应用领域	42
1.4.2 产业发展态势	43
1.4.3 技术分析	47
1.4.4 产业发展思考	54
1.5 铜金属材料产业	55
1.5.1 铜的应用领域	55
1.5.2 产业发展态势	57
1.5.3 技术分析	67
1.5.4 产业发展潜力分析	69
1.5.5 产业发展思考	71
1.6 铝金属材料产业	72
1.6.1 铝的应用领域	72

1.6.2	产业发展态势·····	75
1.6.3	技术分析·····	76
1.6.4	产业发展思考·····	80
1.7	钢铁产业·····	81
1.7.1	钢铁的应用领域·····	81
1.7.2	产业发展态势·····	82
1.7.3	技术分析·····	84
1.7.4	产业发展思考·····	89
2	加快发展的金属材料产业·····	90
2.1	锰金属材料产业·····	90
2.1.1	锰的应用领域·····	90
2.1.2	产业发展态势·····	90
2.1.3	技术分析·····	92
2.1.4	产业发展思考·····	95
2.2	锑金属材料产业·····	95
2.2.1	锑的应用领域·····	95
2.2.2	产业发展态势·····	97
2.2.3	技术分析·····	99
2.2.4	产业发展思考·····	105
2.3	钨金属材料产业·····	105
2.3.1	钨的应用领域·····	105
2.3.2	产业发展态势·····	107
2.3.3	技术分析·····	109
2.3.4	产业发展思考·····	111
2.4	镁金属材料产业·····	111
2.4.1	镁的应用领域·····	111
2.4.2	产业发展态势·····	114
2.4.3	技术分析·····	116
2.4.4	产业发展思考·····	130
3	小金属材料产业·····	132
3.1	钼金属材料产业·····	132
3.1.1	钼的应用领域·····	132
3.1.2	产业发展态势·····	133
3.1.3	技术分析·····	134
3.1.4	产业发展思考·····	140
3.2	锆金属材料产业·····	141

3.2.1 锆的应用领域	141
3.2.2 产业发展态势	142
3.2.3 技术分析	145
3.2.4 产业发展思考	146
3.3 钛金属材料产业	147
3.3.1 钛的应用领域	147
3.3.2 产业发展态势	151
3.3.3 技术分析	153
3.3.4 产业发展思考	158
3.4 镓金属材料产业	159
3.4.1 镓的应用领域	159
3.4.2 产业发展态势	159
3.4.3 技术分析	160
3.4.4 产业发展思考	163
4 贵金属产业	164
4.1 铂族金属材料产业	164
4.1.1 铂族金属的应用领域	164
4.1.2 技术分析	166
4.1.3 产业发展态势	169
4.1.4 产业发展思考	171
4.2 金金属材料产业	172
4.2.1 金的应用领域	172
4.2.2 技术分析	172
4.2.3 产业发展水平分析	177
4.2.4 产业发展思考	177
4.3 银金属材料产业	178
4.3.1 银的应用领域	178
4.3.2 技术分析	179
4.3.3 产业发展水平分析	185
4.3.4 产业发展思考	186
5 有色金属材料产业	187
5.1 铜金属材料产业	187
5.1.1 铜的应用领域	187
5.1.2 技术分析	187
5.1.3 产业发展思考	190
5.2 镍金属材料产业	190

5.2.1 铼的应用领域	190
5.2.2 产业发展态势	191
5.2.3 技术分析	192
5.2.4 产业发展思考	196
5.3 铈金属材料产业	196
5.3.1 铈的应用领域	196
5.3.2 技术分析	197
5.3.3 产业发展思考	199
5.4 钼金属材料产业	200
5.4.1 钼的应用领域	200
5.4.2 产业发展态势	200
5.4.3 技术分析	204
5.4.4 产业发展思考	207

6 稀土金属材料产业

208

6.1 钐金属材料产业	208
6.1.1 钐的应用领域	208
6.1.2 产业发展态势	209
6.1.3 技术分析	210
6.1.4 产业发展思考	212
6.2 钇金属材料产业	213
6.2.1 钇的应用领域	213
6.2.2 产业发展态势	214
6.2.3 技术分析	215
6.2.4 产业发展思考	218
6.3 铈金属材料产业	218
6.3.1 铈的应用领域	218
6.3.2 技术分析	219
6.3.3 产业发展思考	225

参考文献

226



优化提升的金属材料产业

我国锡、锌、铅、镍、铜、铝、铁等矿产资源丰富，已经形成了以矿产采选、冶炼、加工为基础，以科研、技术、人才为支撑，具有较强竞争力的原材料产业体系。优化提升锡、锌、铅、镍、铜、铝、铁的产业结构，加快培育和发展锡、锌、铅、镍、铜、铝、铁功能性新材料产业。

1.1 锡金属材料产业

1.1.1 锡的应用领域

锡耐弱酸弱碱腐蚀，系无毒绿色金属，能与大多数金属形成合金。锡的性能具有质软、富有展性、可塑性强、良好的韧性、导热性、耐蚀性、抗疲劳、无毒性、熔点低、常温下稳定性好等诸多优点。

锡的物理化学特性使其具有广泛的用途。锡被用来生产锡箔及装饰艺术品，在浮法玻璃生产线中作为玻璃的载体，配制锡合金，生产锡焊料以及锡的各种有机和无机化工产品，从而被广泛地应用于冶金、电子、包装、电器、化工、建材、机械、汽车、航天、军工等行业，并且其用途还在不断扩展。电子、镀锡板、锡化工三个产业是锡和锡产品的主要应用领域。

锡具有良好的耐腐蚀性，即使被腐蚀，所生成的化合物一般无毒，故大量用作热镀锡以生产镀锡薄板，作为包装材料用于食品工业中。锡与其他金属所组成的合金具有良好的抗腐蚀和力学性能，所以各种锡合金用于机械制造和军事工业中，其中以焊料、青铜、黄铜和耐磨合金为主。锡基轴承合金是优良的耐磨材料，它有低的摩擦系数和良好的韧性、导热性和耐蚀性。锡还能配置成易熔合金、焊锡、印刷合金、锡青铜和含锡黄铜等。含锡的锆基合金在原子能工业中作为核燃料包装材料，可避免锆的迅速腐蚀；含锡钛基合金中锡起固熔强化作用，增加钛的强度，用于航空、造船、原子能、化工、核医疗器械等工业部门。锡铌金属间化合物可作为超导体。

高纯锡具有相当高的化学稳定性，塑性高，能承受很大的冷加工变形，是一种应用前景很好的功能材料，广泛应用于国防、航天航空、电子工业及原子能工业，主要用于制备化合物半导体、高纯合金、超导材料、焊料及化合物半导体掺杂剂。用高纯锡制备的锡基轴承合金应用于汽车、坦克、装甲运兵车、舰艇、移动电站等各种重要装备的内燃机、蒸汽机和压缩机上。高纯锡制备的环保锡线抗氧化性强，流动性好。

锡的化学性质十分稳定。锡与水不会发生化学反应，即使长期与潮湿空气接触，也只会锡的表面逐渐形成一层紧密的氧化物薄膜，防止锡继续氧化。锡与有机酸几乎不发生作用，而与无机酸的作用很缓慢。锡的化合物用途广泛，如纯锡用于镀锡和制造锡管，纯

锡箔用于包装和电器工业，氧化锡用于陶瓷工业，氧化亚锡用于玻璃工业，氯化亚锡用于丝染织工业，锡的化合物还用作杀虫剂、防污剂、木材防腐剂和火焰遏制剂等。

目前尚未找到锡的完全替代品，特别是锡作为国际公认的“绿色金属”，随着世界各国环保意识的增强和相关政策的实施，以及电子、化工等行业的快速发展，锡及其制品的市场前景非常广阔。从现有的技术水平看，锡的生产不能超越从锡矿中选冶的资源制约。因此，在一个较长的时期内，锡及锡产品具有较长的生命周期，显示锡行业具有稳定发展的良好前景。锡是重要的战略物资，在现代国防、现代工业和尖端科技以及人类生活中是不可缺少的金属。随着科学技术的发展，锡的应用领域日益扩大。

锡的优良性能及锡资源的稀缺性，导致国际上对锡及锡基新材料的研发不断深入，不断创新出新的应用领域。目前锡的应用领域如下：

(1) 电子信息领域。电子行业是锡金属消费的龙头行业，约占全球锡金属总消费量的32%，锡在有铅电子焊料中的含量为60%~63%，随着环保意识的不断增强，无铅化成为全球锡焊料的发展趋势，因此对锡的需求不断增加，目前无铅焊料中锡金属的含量上升到95%~98%。同时，为满足电子工业表面贴装技术的需要，焊料的形式正向多丝、膏等多规格、多品种发展，其中免清洗焊膏及焊剂正成为精密电子器件的主要焊接材料。总之，锡的无毒性使其成为众多领域传统材料的“绿色替代品”，全球各地正在改进电子合金焊料的标准，合金焊料无铅化进程正在世界各地推进，比如在焊接材料中替代铅，在化工材料中取代锑、铅、镉等。

(2) 探矿领域。锡矿资源和金属锡作为重要的战略资源，已经受到发达国家和主要产锡国的高度重视，纷纷增加锡的储备，抑制出口，造成惜售现象突出。由于已知储量资源的短缺，各国加大了探矿和探矿技术研发的力度，云南个旧在已知资源枯竭的基础上，通过深部探矿获得丰富的资源储量，引起了主要产锡国的高度重视。

(3) 采选冶领域。锡矿采选冶技术发展较为平稳，国际上产锡国锡冶炼的主流生产技术包括反射炉、电炉、奥斯麦特炉等技术，这些技术在世界锡产量中所占的比例分别为50%、17%、20%。整体上锡业采矿和冶炼技术发展的方向主要是应用机械化程度高、环境污染小、综合回收高、自动化控制水平高的工艺和设备。

(4) 锡深加工领域。锡深加工技术主要集中在世界上主要的化工公司，我国通过引进国外先进的锡化工和锡材加工技术，消化吸收，自主创新，研发出了拥有自主知识产权的深加工技术。

锡合金方面，由于锡价昂贵，多数国家都致力于开发低锡合金或代锡合金。但由于锡所具有的某些优异特性及不可替代性，总的来说锡合金的应用及耗锡比例较为稳定。

锡化学制品方面，不断开发新的产品及拓展新的应用领域，同时研发锡化学制品的替代品。

锡锡氧化物在未来十年将有大量需求，即使价格高涨，锡锡氧化物的需求仍将继续增长。据估计，至2015年，锡锡氧化物涂层基板的产值将达到80亿美元，而锡锡氧化物墨和膏一旦成为商品，也将有6亿美元的产值。由于锡锡氧化物稀缺，目前它已作为一种新型的战略资源而被世界各国所争夺。

(5) 锡弹。环境保护的压力使锡成为弹药和车轮平衡负重中铅的无毒的代用品。目

前这项用途每年消费锡 50t。锡弹的需求量有可能增加很快，特别是英国、丹麦、加拿大等国禁止狩猎者在荒郊野地用铅弹猎鸟，以消除对环境的污染问题。

(6) 锡基阻燃添加剂正替代传统三氧化二锑。新型、环保、无毒的锡酸锌阻燃剂在各种塑料、橡胶和其他聚合物中的应用有所增加。这些添加剂的无毒性，加之其显著的抑烟性能已使其逐渐取代三氧化二锑等阻燃剂。此外，其他一些锡基阻燃剂也大有前途，这些称为“涂覆填料”的材料显示出较强的阻燃功效，可与标准的同类产品相媲美。从长远看，这些材料能成为锡的新用途，用量将超过锡酸锌。

(7) 有机锡。有机锡具有品种繁多、用途广泛等特点（已开发的有机锡产品多达千种，但较常用的约 30 种），是锡消费量增长最快的领域，其中应用最大的是作为聚氯乙烯的热稳定剂。在热稳定剂、农药等传统应用方面，有机锡的开发及生产向无毒（或低毒）、高效、复合型、多功能的方向发展。此外，有机锡的开发正向医药等新的应用领域扩张。

1.1.2 产业发展态势

从锡业的全球产业链看，基本形成了采选业集中在资源地，而冶炼业集中在中国、东南亚等发展中国家。云南的锡冶炼具有技术优势和产能优势，对全球锡矿资源有聚集力。锡的深加工集中在发达国家，尤其是高端的锡基新材料生产技术被发达国家封锁。云南依托锡产业优势，加快了深加工技术研发的步伐，已经研发出多种锡基新材料系列产品，发展态势良好。

1.1.2.1 锡的全球产业链基本形态

由于锡应用广泛且历史悠久，锡业已经融入国际化生产过程，形成了全球产业价值链形态。从锡产业的上下游关联看，锡业完整的产业链是：锡资源地质勘探业→锡矿开采业→锡矿选矿业→锡矿冶炼业→锡材加工业→锡产品商业→锡产品研发科技服务业（见图 1-1）。

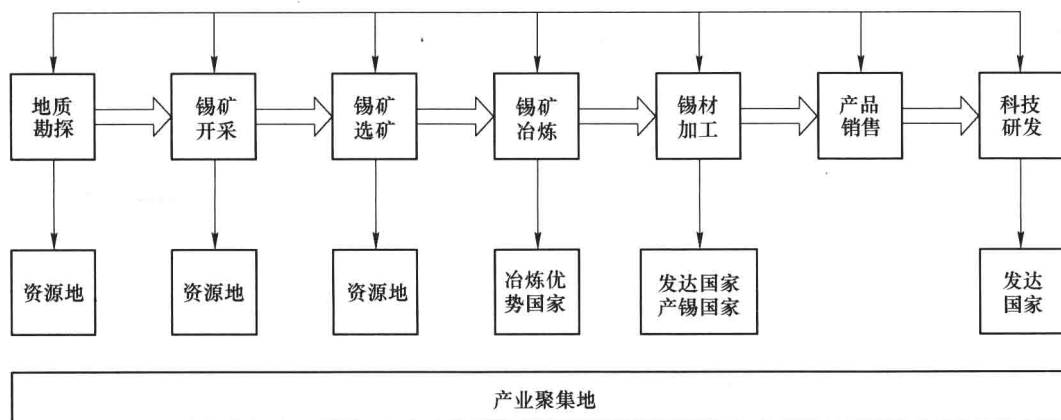


图 1-1 锡业全球产业链示意图

锡的勘探、开采和选矿主要集中在锡资源国，主要产锡国都已经掌握了勘探技术和开

采技术,发展比较平稳,而深部勘探和开采技术则主要由发达国家掌握,南非、美国、加拿大、澳大利亚等国深部复杂矿床开采深度已达 2000m 以上。锡矿的冶炼主要集中在发展中国家。锡具有熔点低、易加工的特点,所以在主要产锡国都分布有锡材加工业,但锡材品种、质量与世界工业发达国家有较大差距。中国是世界上最大的锡生产国和消费国,但还处于低价出口金属锡、高价购进锡深加工产品的产业格局,锡基新材料的高新技术尤其是在尖端应用领域的产品生产主要被发达国家垄断。

1.1.2.2 锡矿采选冶工业集中在资源地

锡矿的资源分布决定了锡矿采选冶工业的分布格局,也基本决定了世界锡精矿产地的格局。

A 世界锡采选冶工业主要分布在资源地

从世界范围来看,锡矿的采选业主要集中在中国、东南亚、南美洲等国家和地区,冶炼业也主要集中在这些地区,这三大区域的锡精矿产量占全球的 80% 以上。南美的采矿成本较高,且锡矿资源多为国家所有,其锡精矿产量一直保持稳定。世界锡供应的增量主要来自中国和东南亚等国家和地区。中国的锡精矿产量一直处于上升的趋势;而东南亚的锡精矿产量则出现较大幅度的波动,1980 ~ 1993 年,该地区的产量一直下降;1993 ~ 2010 年,该地区的产量逐渐得以恢复。锡的行业集中度比其他金属高,全球精锡产量最高的 10 家精锡生产企业的精锡产量占世界总产量的 70% 以上。企业之间的竞争呈现寡头竞争格局。

B 中国的锡矿采选冶工业在世界占有重要地位

中国是世界上最大的锡生产国和出口国,所以中国的锡矿采选冶工业在世界占有重要地位,全球 10 大锡生产企业中中国就占了 4 家。据中国有色金属工业协会的统计数据,2010 年我国锡精矿产量为 83636t (金属量),同比增加 15.4%;精锡产量为 14.9 万吨,同比增长 11.1%。当年中国与世界其他主要精锡生产国相比,生产状况较为良好。中国的锡矿资源主要分布在云南、广西、湖南三省区,其中云南个旧和广西南丹大厂两个特大型锡矿区是中国最重要的锡矿资源集中地。

由于我国和世界对精锡的消费需求大且我国具有冶炼技术优势,国内资源难以满足下游冶炼业的需求,需进口锡冶炼原料。2010 年我国进口锡矿砂及其精矿 19840t (实物量),同比增长 94.4%。虽然折合成金属量后,进口锡精矿在精锡冶炼原料中所占的比例还比较小,但预计将呈现增加趋势。随着我国对锡及锡制品出口的限制,国内锡产业相关企业加强了锡深加工产品的开发力度。

C 云南锡采选冶工业在全国占有重要地位

虽然云南锡矿资源丰富,但云南的锡冶炼业采用奥斯麦特技术,处于国际领先水平,锡矿资源难以满足冶炼能力需求,每年需从其他省区购买和从国外进口锡矿资源。

云锡集团不仅具有达到国际先进水平的以奥斯麦特冶炼技术为核心的锡粗炼生产技术,更成功开发了一大批先进生产技术与工艺,诸如砂矿水采水运,锡矿泥重选,以电热机械结晶机、真空炉为核心的火法精炼等,为公司的发展提供了有力保证。将奥斯麦特冶炼技术与原有的火法精炼技术相配套,代表了当今世界锡冶金技术的最高水平。该公司实施了“高密度组装技术(SMT)封装用锡基球形焊锡粉产业化关键技术及设备开发”项

目,建成了具有世界先进、国内领先水平的BGA(球栅阵列)生产线。此外,还成功研制出一大批具有国际先进水平的锡采选冶装备,例如全液压全断面天井钻机、中国漆面摇床、离心选矿机等。在这些技术和装备中,有41种先进技术、相关设备及产品(其中设备13种)出口到英国、荷兰、马来西亚、泰国、巴西、玻利维亚、秘鲁等主要产锡国。

因此,云南在锡冶炼上具有独占性的技术优势,在精锡生产上具有较强的垄断地位。

1.1.2.3 锡深加工工业集中在发达国家

我国是世界上的产锡大国和出口大国,但还不是锡加工强国。锡深加工技术主要集中在世界主要化工公司。

我国的锡消费中,电子信息工业方面用锡居主导地位,主要以焊锡和易熔合金的形式消费,占锡消费总量的70%左右,而镀锡板消费锡占15%,化工用锡只占锡消费总量的9%~10%。长期以来,我国在出口精锡的同时,又不得不进口高附加值的锡化合物,特别是锡的有机化合物产品。与发达国家相比,我国锡的应用才起步不久,但发展较快。2010年我国共计进口锡合金、锡材和其他锡制品13147t,同比减少1.7%;出口锡合金、锡材和其他锡制品8395t,同比增加82.5%。

从锡的消费结构看,我国与发达国家相比有较大差距:初级产品比重大,例如焊锡占50%(以焊块、焊条为主);合金占21%;而深加工产品所占比重小,例如锡化合物仅占4%。

从锡产品结构来看,我国锡产品共有76种,其中精锡产品5种,锡铅焊料锭、条、丝8种,锡基铸造合金7种,无机锡化合物12种,有机锡化合物12种,锡基轴承合金7种。其中,以焊锡为主的初级产品占了大部分,为19.7%(折锡量),而以锡合金、锡材加工及锡化工制品为代表的锡加工和深加工产品仅占9.1%,其余为精锡产品。

从锡加工方面看,我国精锡的品种及质量已达到国际先进水平;焊锡锭、条的生产及国家标准与发达国家的水平基本相当,也达到了国际先进水平,基本上可满足国内需求,并可部分出口。但其他锡深加工产品无论是产品品种、质量及档次与国外相比仍有差距。比如发达国家的有机锡用量占锡消费量的比重较大,而我国在这一领域仅刚刚起步,即使是像焊锡这样的传统产品也只不过是产量大而已,其品种也只有30多种,而国外的焊料种类已达上百种。为满足国内需求,每年需从国外大量进口锡深加工产品。

所以,我国锡产品的深加工与国外相比有较大的差距:一是产品品种、规格少,特别是高附加值、高技术含量的产品较少;二是产量、规模小,远远不能适应市场发展的需要。

云南在锡深加工方面已开发出一些具有自主知识产权的技术和产品,但总体上品种少、质量不高的问题仍然突出。云南通过引进国外先进的锡化工和锡材加工技术,消化吸收,自主创新,研发出了一些拥有自主知识产权的深加工技术。如云锡集团拥有球状锡粒、分析纯硫酸亚锡、无铅氯化亚锡、锡酸锌、羟基锡酸锌、锌酸亚锡等深加工专有技术。从国外引进锡深加工产品的生产工艺和设备,现已能生产如球形焊粉、BGA、有机锡、锡酸锌等产品;但钢锡氧化物靶材等高端产品还不能生产。1998年,率先引进了具有国际先进水平的超声雾化设备用于球形焊锡粉的生产,使云锡集团焊锡粉的品质处于国

内领先水平。国内小作坊式的陶瓷釉料行业对所用二氧化锡的质量要求不高,大多用到云锡集团为主的国内二氧化锡。但诸如意大利著名品牌卡罗比亚、福禄等走高端路线的陶瓷生产商,则更多地选择在质量上保证产品稳定性的英国凯琳沃克(Keeling & Walker)的二氧化锡。电子陶瓷用二氧化锡对纯度要求非常高,凯琳沃克的电子陶瓷类用氧化锡在国外直接供给西门子电子及其他高端企业,纯度在99.85%以上;云锡集团生产的二氧化锡产品纯度为98%左右,还达不到高端用氧化锡的纯度要求。

1.1.3 技术分析

虽然现在我国锡材加工能力不断增强,但在品种和质量方面与发达国家相比还有较大差距,高端应用的锡基新材料还存在着较大的技术缺口。

1.1.3.1 铟锡氧化物及技术分析

氧化铟锡(ITO)材料是一种N型半导体材料,该种材料包括ITO粉末、靶材、导电浆料及ITO透明导电薄膜。其主要应用分为:平板显示器产业,如液晶显示器、薄膜晶体管显示器、电激发光显示器、场发射显示器、电致有机发光平面显示器、等离子显示器等;光伏产业,如薄膜太阳能电池;功能性玻璃,如红外线反射玻璃、抗紫外线玻璃(如幕墙玻璃、飞机、汽车上的防雾挡风玻璃、光罩)和玻璃型磁盘等领域。

液晶显示等平板显示的快速发展导致ITO靶材的需求量不断增加,也对ITO靶材提出了更高的要求,大尺寸、高密度、高纯度、更稳定的镀膜性能是ITO靶材的发展方向。

国内处于领先地位的是中色(宁夏)东方集团公司,该公司在2008年已基本掌握了ITO靶材的烧结工艺,现可生产出 $300\text{mm} \times 600\text{mm} \times (6 \sim 10)\text{mm}$,相对密度不小于99%,稳定在99.5%左右的大尺寸、高密度ITO烧结靶材。经过德国贺利士公司、深圳南玻镀膜公司、蚌埠华益镀膜公司等用户试用,各项性能指标均达到或接近日本日矿和韩国三星康宁靶材水平。

1.1.3.2 焊锡膏及技术分析

焊锡膏是为适应高密度组装技术(SMT)的需要而逐渐发展起来的,它将通常的焊料球粉和焊剂科学地结合起来,使其成为一种高技术、高附加值的新型焊料。由于它的使用,可使焊料的供给及用量实现自动控制,既保证了焊料成分的稳定,又防止了对电路板的污染,从而满足了高密度组装微结合技术发展的要求,被广泛应用于航空、航天、通信、计算机、医疗电子、汽车、办公自动化、家用电器等领域电子产品的生产中。

我国正成为世界上最大的电子产品加工基地。但我国SMT用焊锡粉无论产量,还是质量均不能完全满足电子工业快速发展的需求,现阶段国内球形焊粉市场主要被国外产品所控制,究其原因是在球形焊粉制备工艺技术与装备方面与国外相比尚有较大差距。因此,加快高品质球形焊粉制备工艺与技术装备研究及产业化实施,将对满足我国电子工业需求和促进相关行业发展起到积极的促进作用。

1.1.3.3 锡基合金及技术分析

锡基轴承合金的主要成分是锡、铅、锑、铜。其中锑和铜用于提高合金强度和硬度。它的摩擦系数小,硬度适中,韧性较好,并有很好的磨合性、抗蚀性和导热性,主要用于高速重载条件下工作的轴瓦,与其他轴承材料相比,具有更好的适应性和

压入性,广泛用于大型船用柴油机、涡轮机、交流发电机,以及其他矿山机械和大型旋转机械等。锡基合金品种多,既有传统产品,又有尖端技术产品,总体上我国的锡基合金在高端应用领域存在着技术缺口,而国外对技术的封锁很严,在高品质的锡基合金产品上具有垄断地位。

1.1.3.4 硫酸亚锡及技术分析

硫酸亚锡是一种重要的无机化工原料,主要用于各种金属及合金的表面处理、印刷电路板及其他化学工业。如用于镀锡或化学试剂,合金、马口铁、汽缸活塞、钢丝等的酸性电镀,电子器件的光亮镀锡等。另外,还用于铝合金制品涂层氧化着色,在印染工业中用作媒染剂,在有机溶液中作为双氧水去除剂等。随着国民经济的发展和科学技术水平的提高,市场上对硫酸亚锡,尤其是高纯硫酸亚锡的需求量与日俱增。但是,由于硫酸亚锡的化学性质极不稳定,在溶液中易水解生成碱式硫酸盐沉淀,二价锡易被氧化生成四价锡,使硫酸亚锡产品溶解性变差,严重影响产品质量。因此,制备硫酸亚锡,特别是制备高纯度的硫酸亚锡有很大难度,国内外研究者为此做了大量工作。制备硫酸亚锡的工艺方法较多,大体上可分为化学法和电化学法两大类。在硫酸亚锡的化学制备方法中,由于氯化亚锡-硫酸沉淀法工艺简单,反应速度快,设备投资少,易于实现工业化,曾经是制备硫酸亚锡的主要间接化学方法之一。但由于其产品纯度差,晶形差,水溶性不好,已不适应市场上对高质量硫酸亚锡的要求,所以该法已逐步失去市场竞争力。氧化亚锡-硫酸合成法是我国制备硫酸亚锡的主要化学方法,其不足之处是设备投资大,生产成本低,锡的利用率仅70%,但由于该法反应速度快,易于控制,产品质量比沉淀法好,在合成法基础上,将沉淀剂碳酸钠改为盐酸氨后,锡利用率达到85.6%,产品纯度可达98%。该方法已被我国许多厂家所采用,其他化学方法一般都用于实验室少量制备,未见工业应用报道。

由于化学方法本身的局限性,产品质量已很难满足市场要求,电化学制备方法越来越被更多的厂家所接受。其中直接电解法电流效率极低,已经被隔膜电解法所淘汰。由于微孔性隔膜容易成型和安装,不易破损,电流效率极高,电解条件易于控制,产品纯度可达99%以上。所以,近年来建成的硫酸亚锡生产厂都采用微孔性隔膜电解法。而阴离子隔膜电解法是近几年才迅速发展起来的制备方法,其电流效率比微孔性隔膜电解法高出约10%,节能效果明显,而且基本无污染,该方法尚处在推广阶段,是一种最具前景的制备方法。

1.1.3.5 二氧化锡及技术分析

二氧化锡又名氧化锡,可用于制造不透明玻璃、防冻玻璃、高强度玻璃、瓷釉和玻璃擦光剂;用作搪瓷色料、锡盐制造、大理石及玻璃的磨光剂;用于制锡盐、催化剂、媒染剂,配制涂料,玻璃、搪瓷工业用作抛光剂;制备熔炼玻璃的二氧化锡电极;用于新型环保银氧化锡电触头材料的原料(替代有毒的银氧化镉材料);具有催化作用和气体探测功能的高级表面活性材料。国内的二氧化锡纯度不高,只能供给国内小作坊式的陶瓷釉料行业,而在电子陶瓷类用氧化锡等高端应用中还存在着技术缺口。

1.1.3.6 高纯锡及技术分析

高纯锡一般是指4N以上的精锡。高纯锡在半导体器件、超导材料和工程物理等方面

有着广泛用途。生产高纯锡一般用普通精锡为原料，生产的方法有电解提纯法，电解—真空挥发提纯法和电解—区域熔炼提纯法三种。

高纯锡生产的研究始于 20 世纪 50 年代。20 世纪 60 年代初期苏联采用电化溶解—化学净化—电解—区域熔炼法生产高纯锡，1970 年经过改进后采用真空挥发—电解—区域熔炼法。中国于 1969 年开始生产高纯锡，首先是用电解法，后来改为电解—真空挥发提纯法。日本用区域熔炼再结晶法生产高纯锡。

1.1.4 产业发展思考

1.1.4.1 加强锡化学制品的开发

一是重点发展塑料稳定剂，即针对我国塑料工业快速发展对塑料加工用稳定剂需求量增长较快的特点，加强食品包装和房屋内装饰塑料制品、水管等聚氯乙烯（PVC）制品稳定剂的以锡稳定剂取代铅镉稳定剂，实现进口替代。二是重点发展农药和杀菌防腐剂，即发展有机锡替代目前主要在使用的以氯化三苯锡、三丙基锡为有效成分的农药。三是重点发展防污涂料，即发展三苯锡、三丁基锡类有机锡替代传统的氧化亚铜涂料。四是重点发展阻燃剂，即发展锡化合物作为棉花、亚麻、粘胶人造丝、纸、木材、羊毛、蚕丝及聚合物等产品的阻燃剂及烟雾抑制剂。

1.1.4.2 加快开发性能优异的焊料

低锡焊料应用于汽车水箱、水管、电光源等锡焊料中。特种焊料可以满足某些特殊要求，虽然每种产品用量不大，但仍有较高的应用价值，有必要顺应环保要求开发无铅焊料，如发展高密度组装封装用锡基球形焊锡粉和电子工业用锡基焊接材料。

1.1.4.3 积极开发生产低锡轴承材料

积极开发铝基高锡合金复合钢带，铜铅基低锡合金复合钢带，以及可以代替巴氏合金的锡合金，如高锡铝合金、铜铅合金、铝铅合金、锡青铜、低锡铝合金等。

1.1.4.4 加大力度开发锡加工材料

向精细化、专业化、系列化的方向发展开发锡基新材料，一是开发菱形棒、八角形棒、星形棒等用量大、品种繁多的条、杆、棒、型等锡材，以替代进口锡材；二是开发高档锡箔。

1.1.4.5 大力开发高纯锡

发挥云南在锡冶炼和提纯方面的优势，在精锡基础上开发更高纯度的锡及锡化合物。

1.2 锌金属材料产业

1.2.1 锌的应用领域

锌能与多种有色金属制成合金，其中最主要的是锌与铜、锡、铅等组成的黄铜等，还可与铝、镁、铜等组成压铸合金。锌的优越性能使其广泛应用于钢铁、冶金、机械、电气、化工、轻工、军事和医药等领域（见表 1-1）。镀锌是世界精锌最主要的消费领域，约占全球精锌消费总量的 47%；消费量占第二位的是黄铜，约占精锌消费的 19%；精锌的消费还包括压铸合金、氧化锌等。中国的精锌消费结构与世界总的消费结构类似，主要

区别在于中国精锌消费中用于电池的比例较大。镀锌板是镀锌的最大消费领域，热镀锌钢管、镀锌钢带、型钢镀锌等也是电力、交通运输业以及基础建设等行业必不可少的原材料。

表 1-1 锌金属性质及其应用领域

性 质	初级用途	最终用途
与铁反应，抗腐蚀性，电化学性	钢铁保护层（热镀锌，电镀，富锌涂料）	建筑、能源/动力、道路设备、农业、汽车/运输
低熔点，低流动性，良好的表面处理能力，强度高	压铸合金	汽车设备、房屋设备、器具、装置、玩具、工具
合金特性	黄铅（铜锌合金）、铝合金、镁合金	建筑/建设、装置、汽车、电子元件
可锻造性和抗腐蚀性	锌板	建筑/建设
电化学性	电池	汽车/运输、计算机、医药设备、消费产品
化学性	氧化锌、硬脂酸锌	轮胎、所有的橡胶物品、油漆颜料、陶瓷釉面、静电复印纸
本质的营养性	锌化合物	食品工业、动物饮料、肥料
治疗作用	锌化合物	制药工业、化妆品

1.2.2 产业发展态势

从全球产业链看，锌产业已经形成了较为完整的产业链，锌锭等初级产品的生产集中在亚洲和欧洲。由于中国加快工业化进程的需要，中国已经成为世界最大的锌锭生产国，但锌基新材料的生产还较为落后，技术缺口很大，依赖进口，其中云南锌冶炼在全国具有重要地位，为锌基新材料产业发展奠定了良好基础。

1.2.2.1 锌的全球产业链形态

锌从原矿开始，经过采矿和选矿，得到含锌 45% ~ 55% 的锌精矿，然后送入冶炼厂进行冶炼。锌的完整产业链如图 1-2 所示。

影响锌产能的关键环节，一是锌矿储量及其品质、采选矿企业采选技术对采选生产能力的影 响；二是冶炼企业中精锌的生产能力及其共生关系；三是下游企业对各种锌基材料的需求。

锌矿矿山的生产能力与盈利能力取决于以下因素：（1）矿山铅锌矿储量、基础储量及其品位，即矿山的基础储量决定了矿山自有的可开采的矿产量及其可持续开采的周期，而矿石的品位决定了选矿的难易程度；（2）矿山采选技术（入选比率及回收率）决定了采选企业的最大生产能力；（3）产量、锌精矿的价格和公司的直接成本、运营费用及税收等决定了矿山的盈利能力。国际市场上，铅锌精矿贸易非常频繁，且其存在许多贸易惯例，因此影响矿山盈利的关键驱动因素为：金属价格、加工费、计价金属比重、精矿生产成本及运费。

铅锌生产过程以及行业结构表明，行业价值主要包括矿山和冶炼商两个部分。价值链的主要增值因素在各环节成本、收入的分析，由于铅锌精矿以加工费的方式核算，因此金