

# 现代铝合金板带

投资与设计、技术与装备、产品与市场

XIANDAI LÜHEJIN BANDAI

TOUZI YU SHEJI JISHU YU ZHUANGBEI CHANPIN YU SHICHANG

周鸿章 谢水生 编著



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press

# 现代铝合金板带

投资与设计、技术与装备、产品与市场

周鸿章 谢水生 编著

北京

冶金工业出版社

2012

## 内 容 提 要

本书是一部集现代铝合金板带项目投资与设计、技术与装备、产品与市场等于一体的、符合现代企业科学和创新发展的综合性技术读物，内容丰富、实用。

全书共分3篇22章。第1篇：投资与设计，主要介绍了投资者必备思维、投资方式的选择，大型铝板带加工项目设计思想、设计要点、最佳工艺平面布置、铝板带项目可行性研究报告等。第2篇：技术与装备，全面介绍了熔炼与铸造、轧制、精整、机加工、热处理、物流、在线检测、信息化管理等现代铝合金板带加工最新技术与装备等。第3篇：产品与市场，重点介绍了罐体用铝板材、印刷版用铝板材、钎焊用铝合金复合板、铝合金预拉伸中厚板、高强高韧铝合金材料、铝箔坯料及双零箔、高压阳极铝箔、建筑装饰用铝板材、汽车车身用铝板材等高新技术铝合金板带典型产品与市场等。

本书可供从事铝合金板带项目投资、商务、设计、制造、生产、技术、科研、管理、教学等人员阅读，也可供大专院校有关专业师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

现代铝合金板带：投资与设计、技术与装备、产品与市场/  
周鸿章，谢水生编著. —北京：冶金工业出版社，2012. 4  
ISBN 978-7-5024-5836-2

I. ①现… II. ①周… ②谢… III. ①铝合金—板材轧制  
②铝合金—带材轧制 IV. ①TG335.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 032627 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号，邮编 100009

电 话 (010) 64027926 电子信箱 yjcb@cnmip.com.cn

责任编辑 张登科 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 王贺兰 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-5836-2

北京鑫正大印刷有限公司印刷；冶金工业出版社出版发行；各地新华书店经销

2012 年 4 月第 1 版，2012 年 4 月第 1 次印刷

169mm × 239mm；28 印张；544 千字；429 页

79.00 元

冶金工业出版社投稿电话：(010)64027932 投稿邮箱：tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话：(010)64044283 传真：(010)64027893

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

(本书如有印装质量问题，本社发行部负责退换)

# 前 言

20世纪50年代，中国第一代铝加工人操纵苏联制造的2000mm热粗轧机时，我们这一代人还是中小學生。60年代，当我们这一代人进入高等学校压力加工专业学习，在压延厂见习时，见到的是二人转轧机。70年代，中国第一代铝加工人操纵中国制造的2800mm热粗轧机时，我们这一代人是刚刚步入铝加工厂的大学毕业生，在操纵室里认真地记录各种铝合金轧制工艺数据。90年代初，当中国第一代铝加工人步入花甲之年时，我们这一代人已经成长为中国第一条双机架热轧生产线上的指挥员。今天，我们这一代人已过花甲之年，高兴的是在中国东南西北的大地上，都能看到多机架热连轧生产线上一条条铝板带如银色长龙翩翩起舞。

60多年来，中国铝加工业随着中国经济的腾飞和世界铝加工技术的发展，经历了1949~1978年民族铝加工业奠基时期，1979~1993年铝加工业大发展时期，1994~2004年铝加工业第一次辉煌时期。2005~2011年中国铝加工业又迎来第二次发展高潮，令人兴奋和鼓舞！

2010年，中国铝加工材年产量达2026万吨，年消费量超过2000万吨，从最初的铝加工小国已迈入了铝加工大国，从最初的铝消费小国已迈入了在交通、建筑、包装、电子、机械、耐用品等众多领域的铝加工材消费大国。

形势虽好，但我们不能盲目乐观，应清楚地看到，尽管中国的铝加工企业几乎拥有了当今国外最先进的铝板带装备和技术，但是我国铝加工材在品种、质量以及综合经济技术指标等方面还相对落后，与国际先进水平相比仍有一定差距，特别是新技术研究和新品种开发的

力量匮乏，水平差距更大。面对中国铝加工业发展的现状，我们仍然要坚信，“小国—大国—强国”是中国铝加工业发展的必由之路。我们要明白，中国有了多台万吨挤压机，甚至有了多条热连轧生产线、双机架热轧生产线、多台宽幅（2000mm）铝箔轧机，中国就会成为铝加工强国吗？答案是肯定的，但现在不是，是今后十年、二十年，还是更长时间，应该由新一代铝加工人回答。无论时间多长，要圆中国铝加工业强国之梦，中国铝加工企业应朝着大者更强、专者更精的方向发展。

2010年初，开始酝酿写作本书，其宗旨是想和行业人士一起，早圆铝加工业强国之梦。总体构思是要把本书编写成一部集现代铝合金板带项目投资与设计、技术与装备、产品与市场等于一体的、符合现代企业科学和创新发展的综合性技术读物。书中凝聚了作者从事铝加工生涯的“学习—实践—学习—实践”之苦旅以及经验知识之积累。书中既有中国铝加工业历史的缩影，也有中国铝加工业发展的方向；既有中国铝板带生产经验，也有世界铝板带生产发展的最新动态；既有铝板带加工的基本原理、相关理论和技术，也有铝板带加工项目投资与设计；既有铝板带加工成套工艺、现代装备和最新技术，也有铝板带加工高精产品技术和商业的研究方向；既有世界铝板带加工企业纵览和分析，也有铝板带加工基础知识。书中历史的点滴会使我们永远记住老一辈铝加工人艰辛的奉献，传承老一辈铝加工人的拼搏精神和丰富经验，一代又一代传下去。书中所汇集、提炼的当今铝板带最新装备技术和相关理论知识会告诉我们，要在不断地学习和实践中，永远跟踪并掌握世界铝加工最新技术，早圆铝加工强国之梦。书中运用了“共性和个性”的哲学观点分析问题，希望能与学者、工程技术人员共享对铝加工业的发展、新技术的研究、新品种的开发所需要的独特思维和见解，以实现“中国制造”到“中国创造”的跨越。书中提倡的投资理念和现代设计思想力图与投资者和设计者共同实现对新的铝板带加工项目，遵循科学发展、持续发展和环境友好的理念，以及资源节约和低碳经济的发展方式。

在撰写本书时，挥之不去的记忆是感谢和珍惜。在西南铝加工厂

这块成长的热土上和东北轻合金有限责任公司这个铝加工摇篮里，有过激情和往事，留下过不少难忘的身影和足迹。感谢老厂长蒋民宽、贺广瑗的关怀；感谢老师左铁镞院士的教诲；珍惜与中南大学钟掘院士、张新明教授、刘楚明教授、重庆大学潘复生教授、汪凌云教授合作的情景与友谊。同时，对作者而言，亚洲铝业再造的知识平台将是“学无止境”的一种新的延续和探索。

全书由周鸿章教授构思并撰写初稿，由谢水生教授进行加工和补充，最后共同修改、定稿。

本书在编写过程中，参考或引用了国内外有关专家、学者的一些珍贵资料、研究成果和著作，编入或列举了一些企业或科研院所的数据和图表，如参阅了洛阳有色金属加工设计研究院的“铝板带项目可行性研究报告”的有关内容，并得到冶金工业出版社的大力支持，在此一并表示衷心的感谢！

由于书中内容涉及面广，加之作者水平所限，难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正，提出宝贵意见。

作 者

2012年2月

# 目 录

## 第 1 篇 投资与设计

<b>1 投资者必备思维</b> .....	3
1.1 铝板带加工产品市场应用广泛 .....	3
1.1.1 铝的优良特性 .....	3
1.1.2 铝合金品种繁多 .....	4
1.1.3 应用范围广泛 .....	5
1.2 铝板带加工项目生产工序复杂 .....	9
1.2.1 工序衔接——道道相连 .....	9
1.2.2 工序质量——前后遗传 .....	13
1.3 铝板带加工项目技术含量高 .....	13
1.3.1 现代铝板带加工装备 .....	13
1.3.2 代表性产品关键加工技术 .....	14
1.4 铝板带加工项目一次性投资巨大 .....	16
1.5 铝加工项目符合国家产业政策 .....	17
1.5.1 铝及铝材是一种可再生的资源 .....	17
1.5.2 铝及铝材是一种节能和储能材料 .....	17
1.5.3 未来铝工业的发展趋势 .....	17
1.5.4 我国对铝加工产业发展的政策和指导意见 .....	17
<b>2 投资方式的选择</b> .....	18
2.1 投资机遇和风险 .....	18
2.1.1 投资机遇 .....	18
2.1.2 投资风险 .....	22
2.2 项目投资思路 .....	23
2.2.1 产品品种定位 .....	23
2.2.2 产品目标定位 .....	24
2.2.3 投资指导原则 .....	25

2.2.4	投资设备选择	29
2.3	投资者的共同目标	34
2.3.1	投资决策的科学判断力	34
2.3.2	区域资源配置的控制力	34
2.3.3	产品技术开发的支撑力	34
2.3.4	国际国内市场的融通力	35
3	设计要点	36
3.1	设计理念现代	36
3.2	产品方案清晰	36
3.3	项目目标明确	36
3.4	总体设计合理	36
3.5	设计内容全面	37
3.6	预测指标实际	37
4	最佳工艺平面设计	38
4.1	亚铝板带项目工艺平面设计图	38
4.1.1	分步总体布置	39
4.1.2	现代物流布置	39
4.1.3	节能经济布置	40
4.1.4	要素精细布置	40
4.1.5	产品质量保证	40
4.1.6	安全健康保证	40
4.2	国外铝加工厂典型工艺平面设计选编	41
4.2.1	Davenport 工厂热轧生产线	41
4.2.2	Alunorf 工厂	42
4.2.3	Furukawa 福井工厂	43
5	铝板带项目可行性研究报告	44
5.1	总论	44
5.2	市场分析及拟建规模	45
5.3	厂址与建厂条件	46
5.4	主要生产设施	46
5.5	辅助及公用设施	47
5.6	土建工程	47



5.7	总图运输	47
5.8	节能	47
5.9	环境保护	47
5.10	劳动安全卫生	48
5.11	消防	48
5.12	劳动定员与职工培训	49
5.13	项目实施计划	49
5.14	总投资估算	49
5.15	资金使用计划与资金筹措	49
5.16	成本与费用估算	50
5.17	损益计算	50
5.18	财务评价	50
5.19	综合评价	50

## 第 2 篇 技术与装备

6	熔炼铸造技术及设备	53
6.1	熔炉高效燃烧技术	54
6.1.1	蓄热式燃烧技术	54
6.1.2	布洛姆导流板燃烧器	56
6.1.3	熔炼过程的其他节能技术	57
6.2	熔体搅拌技术及设备	57
6.2.1	熔体搅拌通用方法	58
6.2.2	熔体 EMS 电磁搅拌技术	58
6.2.3	熔体 EMP 电磁泵技术	63
6.3	熔体净化处理技术	66
6.3.1	熔体净化原理	66
6.3.2	传统的熔体炉内净化处理技术	67
6.3.3	炉内净化处理技术的发展趋势	67
6.3.4	现代的熔体炉外在线净化处理技术	68
6.3.5	现代的熔体炉外在线过滤技术的发展	73
6.4	铝合金铸造的现代工艺技术	79
6.4.1	结晶器设计技术的发展	80
6.4.2	结晶器液面自动控制铸造技术	85
6.4.3	现代复合锭铸造技术	86

<b>7 轧制技术及设备</b> .....	88
7.1 连轧技术.....	88
7.1.1 国内外热连轧概况.....	88
7.1.2 国内外冷连轧概况.....	91
7.1.3 热、冷连轧装备及工艺技术的再开发.....	92
7.1.4 亚铝热连轧生产线.....	93
7.2 轧制现代装备技术.....	95
7.2.1 热轧现代装备.....	96
7.2.2 冷轧现代装备.....	101
7.2.3 AGC 自动控制系统.....	103
7.2.4 分段冷却系统.....	105
7.2.5 轧辊凸度可变技术.....	106
7.2.6 冷轧现代板形控制技术的特殊设计.....	111
7.2.7 HS 水平稳定系统.....	115
7.2.8 轧制表面控制现代技术.....	115
7.2.9 轧制润滑现代技术.....	117
7.2.10 冷轧含油空气洗涤系统.....	142
7.2.11 热粗轧斜轧工艺技术.....	144
7.2.12 连铸连轧工艺.....	152
<b>8 精整技术及设备</b> .....	157
8.1 现代拉矫、辊矫技术.....	157
8.1.1 BWG 公司开发的 Levelflex® 型张力矫直技术.....	158
8.1.2 BWG 公司开发的板带纯拉伸矫弯技术.....	160
8.1.3 SELEMA 公司开发的 Tension - leveller 技术.....	162
8.1.4 UNGERER 公司开发的拉弯矫 (AFC) 技术.....	164
8.2 铝板带精确切边技术.....	164
8.3 DANIELI - FROHLING 的铝带高精度分切技术.....	167
8.4 铝箔精确分切技术.....	168
8.4.1 上、下圆刀的重叠量.....	169
8.4.2 侧压.....	169
8.4.3 速差.....	169
8.4.4 入剪切区时的位置.....	169
8.4.5 圆刀的精磨和刃磨.....	170
8.4.6 圆刀的材料选择和组合.....	170

8.5	多功能精整生产线 .....	170
8.6	涂层近红外固化技术 .....	171
8.6.1	近红外涂层固化系统 .....	171
8.6.2	NIR 近红外技术 .....	172
8.6.3	近红外涂层固化工艺数据 .....	174
8.7	静电涂油先进技术 .....	174
8.7.1	立式静电涂油机 .....	175
8.7.2	卧式静电涂油机 .....	176
8.8	铝卷、铝板自动包装生产工艺 .....	177
<b>9</b>	<b>机加工技术及设备 .....</b>	<b>179</b>
9.1	扁锭锯床 .....	179
9.1.1	高速扁锭切削带锯系统 .....	179
9.1.2	Drylube 干式润滑技术 .....	180
9.1.3	扁锭锯切长度精度控制技术 .....	181
9.1.4	锯屑旋风吸收系统 .....	182
9.1.5	扁锭锯切精度 .....	182
9.2	扁锭铣床 .....	183
9.2.1	铝锭运输系统 .....	183
9.2.2	铝锭检测和扫描系统 .....	184
9.2.3	铣面机机身 .....	185
9.2.4	碎屑收集系统 .....	188
9.2.5	扁锭铣削精度 .....	188
9.3	高表面高精度轧辊磨辊技术 .....	189
9.3.1	床身和基础设计 .....	190
9.3.2	Monolith 床身 .....	190
9.3.3	砂轮架床身设计 .....	190
9.3.4	砂轮架 .....	190
9.3.5	磨头 .....	192
9.3.6	轧辊的测量和检测 .....	192
9.3.7	轧辊的自动磨削 .....	193
9.3.8	轧辊的凸度磨削 .....	193
9.3.9	轧辊磨削精度 .....	194
<b>10</b>	<b>热处理技术及设备 .....</b>	<b>195</b>
10.1	大型铝合金热处理炉 .....	195

10.1.1	几种先进的大型铝合金热处理炉	195
10.1.2	炉体节能结构设计现代技术	195
10.1.3	铸锭推进式加热炉	199
10.1.4	均质炉	201
10.1.5	时效炉	202
10.2	铝合金中厚板卧式淬火炉及热处理技术	204
10.2.1	辊底式淬火炉的结构及特点	204
10.2.2	铝合金中厚板的热处理	205
10.3	铝合金带材气垫式热处理技术	207
10.3.1	气垫原理	209
10.3.2	主要工艺技术参数的设计与选择	213
10.3.3	淬火系统的设计分析	218
10.4	铝合金带、箔材箱体式退火炉温度精控技术	220
<b>11</b>	<b>物流技术及设备</b>	<b>223</b>
11.1	铸锭铣面机的碎片收集、处理和储存系统	223
11.2	智能现代物流——高架库	224
11.3	轧制卷平面智能库	226
11.4	轧制板材高架智能库	226
<b>12</b>	<b>在线检测技术及设备</b>	<b>227</b>
12.1	熔体氢含量检测技术	227
12.2	熔体粒子含量检测技术	228
12.3	热精轧板厚度凸度和板型集成化的测量系统	229
12.4	热轧温度检测及温度自动控制系统	230
12.5	铝带在线表面检测技术	231
12.6	表面阳极氧化检测技术	232
12.7	建筑幕墙检测技术	232
12.7.1	幕墙试验件要求	233
12.7.2	空气渗透性能测试	233
12.7.3	雨水渗透性能检测	233
12.7.4	风压变形性能测试	233
12.7.5	迪拜塔幕墙测试	234

<b>13 信息化管理系统</b> .....	236
13.1 现代化生产信息管理技术.....	236
13.1.1 科学的生产计划投入方式.....	236
13.1.2 有力的生产控制手段.....	238
13.2 现代信息管理.....	240
13.2.1 系统4级制概念.....	241
13.2.2 系统功能描述.....	241

### 第3篇 产品与市场

<b>14 罐体用铝板材</b> .....	249
14.1 罐体用铝板材的基本要求.....	249
14.2 冶金质量.....	250
14.3 立方织构.....	253
14.3.1 织构与制耳关系.....	253
14.3.2 两类制耳相互补偿.....	254
14.3.3 热轧立方织构.....	255
14.4 厚差控制.....	259
14.4.1 横向厚差.....	260
14.4.2 纵向厚差.....	264
14.4.3 轧制过程的弹塑性曲线.....	264
14.5 技术商务.....	267
14.5.1 罐料市场.....	267
14.5.2 下游需求的增加.....	268
14.5.3 商务认证程序.....	270
<b>15 印刷版用铝板材</b> .....	272
15.1 印刷版用铝板材的基本要求.....	272
15.2 表面质量.....	274
15.2.1 表面粗糙度.....	274
15.2.2 表面粘铝.....	276
15.2.3 表面伤痕.....	277
15.2.4 表面油痕.....	277
15.2.5 表面轧制纹.....	279
15.3 板形平直度.....	279
15.3.1 铝版基材表面平直度与印刷版电解砂目的关系.....	279

15.3.2	铝版基材表面平直度与印刷版阳极氧化膜的关系	280
15.4	内部质量	281
15.4.1	化学成分不均	281
15.4.2	组织粗大	281
15.4.3	不同产品的对比研究及差异分析	284
15.5	技术商务	288
15.5.1	印刷版用铝基市场	289
15.5.2	商务认证	290
<b>16</b>	<b>钎焊用铝合金复合板</b>	<b>292</b>
16.1	传统的复合板生产过程	292
16.2	钎焊用铝合金复合板的基本结构及特点	293
16.3	焊合强度	295
16.3.1	热轧焊合试验	295
16.3.2	界面焊合扩散机理	296
16.4	包覆层厚度均匀性	298
16.4.1	复合板截面方向的包覆层变化规律	299
16.4.2	复合比率变化规律	299
16.4.3	包覆层与基材金属形变速度之间的关系	301
16.5	复合过程分析	302
16.6	钎焊机理	303
16.7	钎焊用铝合金复合板、复合箔市场	303
<b>17</b>	<b>铝合金预拉伸中厚板</b>	<b>305</b>
17.1	铝合金预拉伸板的主要用途及基本要求	305
17.2	材料残余应力分析	306
17.2.1	材料残余应力的普遍性	306
17.2.2	轧制过程	307
17.2.3	淬火热处理过程	308
17.2.4	拉伸机理分析	311
17.3	高强铝合金的性能	311
17.4	铝合金预拉伸中厚板生产设备	313
17.5	可探讨的铝合金预拉伸特厚板热轧生产技术	314
17.5.1	异步轧制技术的应用	315
17.5.2	蛇形轧制技术的应用	316

17.5.3 多向锻造后轧制的复合强应变技术应用	317
17.6 铝合金预拉伸中厚板市场	318
<b>18 高强、高韧铝合金材料</b>	<b>319</b>
18.1 市场应用分析	319
18.1.1 ARJ-21 型客机	319
18.1.2 波音 777 客机	320
18.1.3 空客 380 客机	321
18.1.4 航天器	321
18.2 高强、高韧铝合金的特点	322
18.3 高强、高韧铝合金的热处理	323
18.3.1 时效的特点及分类	324
18.3.2 脱溶过程	324
18.3.3 脱溶相结构	325
18.3.4 铝合金时效强化机理	328
18.3.5 铝合金时效强化工艺	329
18.4 高强、高韧铝合金组织强化	331
18.5 高强、高韧铝合金强化研究新途径	332
18.5.1 强化固溶	332
18.5.2 双重淬火	332
18.5.3 原子簇强化	332
18.6 高强、高韧铝合金断裂韧性等综合性能	333
18.6.1 断裂韧性	333
18.6.2 抗应力腐蚀性能	334
<b>19 铝箔坯料及双零箔</b>	<b>335</b>
19.1 1235 合金组织控制	335
19.2 1235 合金铸锭高温转变和组织遗传性	336
19.2.1 铸锭组织遗传性	337
19.2.2 铸锭均匀化工艺的选择	337
19.3 影响铝箔坯料轧制性能的主要因素	338
19.3.1 Fe、Si 在铝基体中的固溶度	338
19.3.2 化合物相的大小、形状和分布	340
19.3.3 晶粒大小	341
19.4 中间退火工艺的选择	341

19.4.1	单级中间退火工艺	342
19.4.2	两级中间退火工艺	342
19.5	铝箔冲孔	343
19.6	双零箔成品率	344
19.6.1	外在因素	344
19.6.2	内在因素	345
19.7	现代铝箔的装备水平	347
19.8	中国铝箔轧机现状	347
19.9	铝箔市场及分类	347
<b>20</b>	<b>高压阳极铝箔</b>	<b>349</b>
20.1	铁杂质对高纯铝箔再结晶织构及比电容的影响	349
20.2	微量铍对高纯铝箔再结晶织构形成的影响	352
20.3	预变形及退火对高纯铝箔立方织构的影响	356
20.3.1	试验和结果	356
20.3.2	分析和讨论	358
20.4	分级成品退火对高纯铝箔再结晶织构的影响	360
20.4.1	试验和结果	360
20.4.2	分析和讨论	361
20.5	生产优质高压阳极电容箔的关键问题	363
20.5.1	严格控制高纯铝锭的原始化学成分	363
20.5.2	严格控制高纯铝铸坯的最终化学成分	364
20.5.3	把住关键的工艺要点	364
20.6	电解电容器用铝箔市场	365
20.6.1	国际市场变化趋势	365
20.6.2	国内市场变化趋势	365
20.6.3	需求增长趋势	366
<b>21</b>	<b>建筑装饰用铝板材</b>	<b>367</b>
21.1	铝涂层板	367
21.1.1	涂料	368
21.1.2	涂层板的生产工艺	369
21.1.3	废气处理	378
21.1.4	质量保证	379
21.1.5	涂层新产品	380



21.2 铝幕墙板·····	382
21.2.1 铝塑板·····	383
21.2.2 铝单板·····	386
21.2.3 蜂窝铝板·····	387
<b>22 汽车车身用铝板材·····</b>	<b>389</b>
22.1 车身轻量化的必然趋势·····	389
22.2 车身铝合金板·····	390
22.2.1 车身板用铝合金·····	391
22.2.2 车身板铝合金的成形性能·····	392
22.3 我国汽车车身铝板标准·····	392
22.4 欧美汽车车身铝板研究·····	393
22.4.1 车身外板·····	394
22.4.2 车身内板·····	395
22.4.3 车身内外板复合材料·····	396
22.5 日本汽车车身铝板研究·····	396
22.6 汽车工厂车身板部件加工及组装工艺·····	398
22.7 中国交通铝板用量步入快速增长期·····	399
<b>附录·····</b>	<b>401</b>
附录1 中国变形铝及铝合金状态代号及表示方法·····	401
附录2 中国变形铝及铝合金化学成分表·····	407
附录3 各国变形铝及铝合金牌号对照表·····	415
附录4 国内外主要铝合金板带箔加工企业一览表·····	421
<b>参考文献·····</b>	<b>426</b>