



中国铝产业的发展现状及展望

余欣未^{1,3}, 蒋显全^{1,3}, 谭小东¹, 郭胜锋¹, 唐彬彬¹, 潘复生^{2,3}

(1. 西南大学 材料与能源学院, 重庆 400715;
2. 重庆大学 材料科学与工程学院, 重庆 400044;
3. 重庆市科学技术研究院新 材料研究中心, 重庆 401123)

摘 要: 铝产业属于朝阳产业, 具有蓬勃的生命力, 是国内材料产业的重要组成部分。新时代我国铝产业正由高速发展转向高质量发展, 既面临增速放缓、效益下滑的严峻考验, 也呈现出结构优化、创新能力增强等积极变化。铝企业要主动控制运营成本, 重视人才培养和装备升级, 正确应对国际贸易摩擦; 政府应积极引导铝产业健康发展, 通过调整产业结构和优化产业布局, 推动铝企业齐头并进、合作共赢。

关键词: 铝; 铝加工; 产业现状; 挑战; 展望

文章编号: 1004-0609(2020)-04-0709-10

中图分类号: TF821

文献标志码: A

铝及铝合金因密度小、比强度高、耐腐蚀、易加工成形、导热导电性好和可回收利用等优点, 被广泛应用于航空航天、建筑交通、电子通讯和国防军工等领域^[1-5]。目前, 铝合金是仅次于钢铁的第二大金属结构材料, 正向着高强、高韧、耐腐蚀和材料/结构一体化方向发展^[6-9]。

总体来讲, 我国铝产业起步较晚、根基较弱, 经历了从无到有、从小到大的艰难历程, 也取得了令人骄傲的辉煌成就。进入新时代后, 在党和政府的亲切关怀和业内业外人士的共同努力下, 我国铝产业正行进在由大国向强国转变的道路上。科技引领产业, 这是一条千古不变的真理。目前, 国内铝合金材料的研究基础还比较薄弱, 具体表现在自主开发的牌号较少, 尖端技术领域所需的大规格高性能铝合金材料还处在攻关时期^[10-15]。加强铝合金材料的基础研究, 是推动铝合金材料和产业发展的关键一招。

铝产业属于朝阳产业, 具有蓬勃的生命力, 是材料产业的重要组成部分。近十年来, 随着国内铝产业发展速度的加快, 在产业规模和生产技术等方面已接近世界先进水平, 成功培育了多个享誉全球的现代化铝业集团公司, 研发了一系列高性能的新型铝合金^[16-20]。铝土矿筛选、氧化铝提纯、电解铝降耗、铝合金铸造、(深)加工及质量检测等技术不断推新, 向

安全节能、短程连续、高效精准等方向发展; 相关技术装备持续升级, 朝智能、精密、紧凑等方向改进, 加快了我国铝产业向现代化进军的步伐^[21-25]。

1 铝产业的发展形势

1) 产业规模及消费需求持续增大

我国是全球最大的铝生产国和消费国, 铝产业规模及消费需求继续呈现稳步增长的态势, 主要反映在建筑、交通、电力、机械等领域, 其中建筑、交通仍然占比最高^[26]。

2) 产业技术装备不断升级

铝锭品质向大规格和高均匀方向改善; 工艺装备向短流程、自动化方向更新; 轧制技术向快速变形、大变形量和高精度方向创新^[27]。加上模具设计与加工方法不断优化, 材料的综合性能和使用寿命大幅提高, 高新产品不断涌现。

3) 产业结构调整力度加大

国家发改委、财政部等《关于加快铝工业结构调整指导意见的通知》明确了铝产业结构调整的目标, 提出了增加高附加值铝材的比重。到 2020 年, 高精铝带材、工业型材、双零铝箔等高技术产品要占有一席

基金项目: 中国工程院咨询项目(2018-XZ-CQ-4); 国家自然科学基金资助项目(51971183); 重庆市自然科学基金资助项目(cstc2019jcyj-msxmX0594); 中央高校基本科研业务费项目(XDJK2019D002)

收稿日期: 2019-04-02; **修订日期:** 2019-12-02

通信作者: 蒋显全, 教授, 博士; 电话: 023-68253904; E-mail: 574754298@qq.com

之地;电解液铸轧成型的产品比例达到70%;铝加工材的综合成品率超过76%。《铝行业准入条件》的严格化也有利于提高产业集中度,推动产业向集群化方向发展。

4) 产业聚集态势更加明朗

经过国家“十五”、“十一五”、“十二五”建设,我国已基本完成铝工业产能向能源、资源富集地区,消费集中地区的转移^[28]。具体表现为:电解铝产业向西部转移;铝加工产业向北方转移。“十三五”期间,我国将加快完善“高效铝产业链”,形成煤(水)-电-氧化铝-电解铝-铝深加工-再生铝一体化产业链,尽可能将原铝就地或就近转化为深加工产品。目前,珠三角铝建筑型材板块、中原地区民用铝板带加工板块、环渤海民用铝材加工板块、长三角铝箔加工及再生铝板块、西南军民两用铝加工板块、西北铝加工板块已基本成形。引导六大铝产业板块协同发展,进一步增强我国铝产业国际竞争力。

2 铝产业的发展现状、运行状况及面临的挑战

2.1 发展现状

2018年,我国铝产业在坚持推进供给侧结构性改革、加快产业的转型升级,持续扩大产品应用、开辟新的潜在市场,加大“三废”监控力度、满足日益严峻的减排要求,积极利用国内外市场、实现产能的利益优化,平心应对贸易摩擦、维护公正的贸易秩序等环境下砥砺前行,继续保持高质稳速发展。下半年以来,受房地产、汽车等主要消费领域表现低迷及贸易保护主义抬头等因素的影响,铝产业呈现出增速放缓、消费疲软、价格下行、效益回落、贸易摩擦增多等特点。

1) 铝产品产量持续增长,增速有所回落

2010~2018年,我国氧化铝、电解铝和铝材产量逐年稳步攀升(见图1)。2018年,氧化铝产量为7253万t,同比增长9.9%;电解铝产量为3580万t,同比增长7.4%;铝材产量为4554万t,同比增长2.6%,

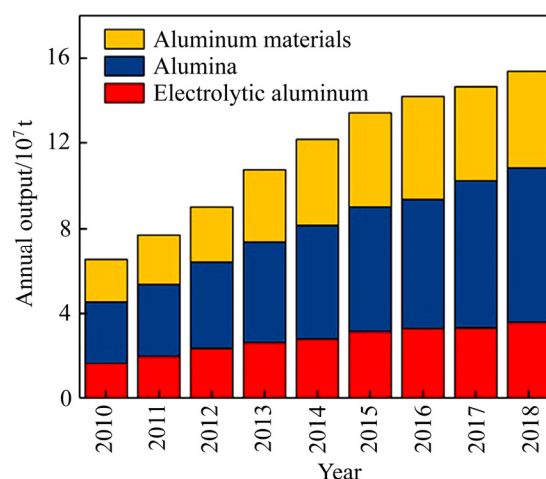


图1 我国主要铝产品产量

Fig. 1 Output of main aluminum products in China

增速同比回落7%^[29]。

2) 铝土矿进口持续增长,铝材出口创历史新高

2018年,我国铝产品进口额约为104亿美元,同比增长0.8%;出口额约为174亿美元,同比增长31.2%,贸易顺差70亿美元。

进口方面:铝土矿为8262万t,同比增长20.6%;氧化铝为51万t,同比下降82.1%;未锻轧铝为20万t,同比增长2.3%;铝材为40万t,同比增长0.1%。

出口方面:氧化铝为146万t,同比增长近25.3倍;未锻轧铝为56万t,同比增长2.1%;铝材为523万t,同比增长23.4%(见表1)^[30]。

近年来,我国铝材进口总量在短时期内基本保持稳定,尤其是航空铝材、汽车车身薄板、动力电池铝箔等高端铝材仍然依靠进口,表明我国在上述领域未能取得生产技术和市场应用等关键性突破。虽然国际贸易形势越发复杂,但我国铝材出口呈现逆势增长(见图2)。

2018年,进口铝材中铝挤压材为5.2万t,占13%;铝板带为25.6万t,占64%;铝箔为6.8万t,占17%。出口铝材中铝挤压材为97万t,占18.5%;铝板带为279万t,占53.3%;铝箔为129万t,占24.7%(见图3)。铝材出口大幅增长,主要原因是铝产业国际竞争

表1 2018年主要铝产品进出口情况

Table 1 Import and export of main aluminum products in 2018

Products	Import quantity/ 10 ⁴ t	Year-on-year import change/%	Export quantity/ 10 ⁴ t	Year-on-year export change/%	Net export quantity/10 ⁴ t
Bauxite	8262	20.6	—	—	—
Alumina	51	-82.1	146	2528	95
Unwrought aluminum	20	2.3	56	2.1	36
Aluminum materials	40	0.1	523	23.4	483

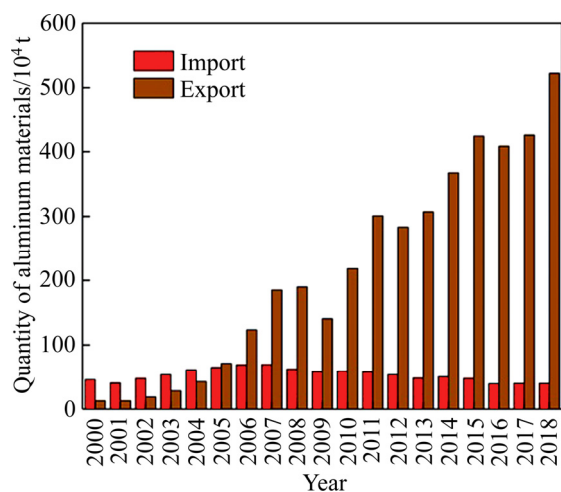


图2 我国铝材进出口数量

Fig. 2 Import and export quantities of aluminum materials in China

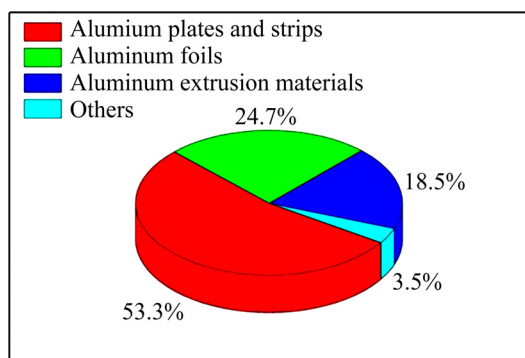


图3 我国出口铝材产品结构

Fig. 3 Product structure of exported aluminum materials in China

力日益增强,但不排除非正常因素所致。例如,部分企业因国内外市场铝价倒挂而采取加大出口力度来赚取差价或因出口前景堪忧而选择提前突击等。

3) 铝矿采选效益增长,冶炼及压延加工利润下降

2011~2018年,我国铝冶炼产业的利润总额波动较大,经历了2012~2014三年的漫长亏损期,2015年形势开始好转,之后两年收益俱增,至2018年再次回落;压延加工产业的利润总额呈先增后降的趋势,2016年收益最好,盈利约600亿元(见图4)。2018年,铝产业主营业务收入为1.5万亿元,成本为1.4万亿元,实现利润近372亿元,同比下降40%^[30]。其中,铝矿采选盈利7亿元,同比增长18.7%;铝冶炼及压延加工分别盈利112亿元和254亿元,同比分别下降54.6%和31.4%。

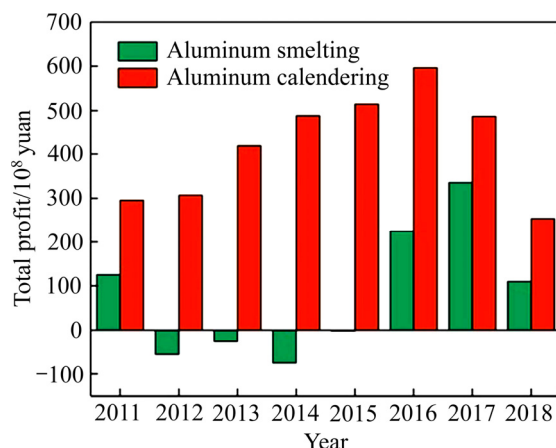


图4 我国铝冶炼及压延加工产业盈利情况

Fig. 4 Profit of aluminum smelting and calendering industries in China

4) 铝冶炼节能指标逐步提高,环保理念不断加强

近年来,我国氧化铝综合能耗和铝锭综合交流电耗整体上呈下降趋势,一方面表明氧化铝和铝锭的生产装备及工艺技术有了长足的进步(见图5),另一方面也表明环保理念逐渐深入人心。2018年,氧化铝综合能耗为392 kg标煤/t,相比前年增加近8 kg标煤/t;原铝直流电耗约12900 (kW·h)/t,相比前年下降约16 (kW·h)/t;铝锭综合交流电耗为13555 (kW·h)/t,相比前年下降约22 (kW·h)/t^[31-32]。

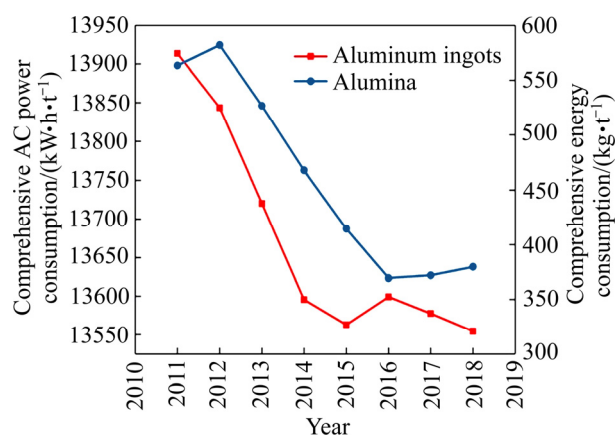


图5 我国铝冶炼产业主要技术经济指标变化

Fig. 5 Changes in main technical and economic indicators of aluminum smelting industry in China

5) 电解铝产能置换成绩卓越,产业布局日益合理

2018年,我国电解铝产业继续推行严控新增、优化存量的政策,使产业发展质量得到有效提升。全年累计转移电解铝产能400多万t,是名副其实的产能置

换高峰期^[29]。其中,内蒙古和云南是产能购入大户,两地合计新增产能约300万t;河南是产能转出大户,出让产能超过200万t。截止年底,全国累计置换落后产能约266万t,新增产能约100万t。通过跨省产能置换及企业兼并重组,产业布局得到进一步优化,产业集中度也有所提高。经统计,西部地区的电解铝合规产能占比同比提高4%,达到65%,其中同比增幅最快的地区为贵州、广西和云南,增速分别为50%、66%和129%。重点企业集团规模化程度不断提高,中铝集团完成对云南冶金集团实施战略性重组,电解铝产能已跃居全球首位。

6) 铝材产量分布相对集中,产业集群化趋势增强

2018年,我国铝材产量超过100万t的省区市有14个,合计产量3936万t,约占全国总产量的86%^[33]。排名前5位的是重庆、江苏、广东、山东和河南,产量达2653万t,约占全国总产量的58%。从铝材产量分布来看,除长三角和珠三角铝材消费核心区域外,中西部电解铝生产地的铝产业规模也在持续扩大。在铝材产量超过100万t的14个省区市中,中西部就有7个,占据半壁江山(见图6)。可见,围绕电解铝生产布局的铝产业集中趋势日益明显。

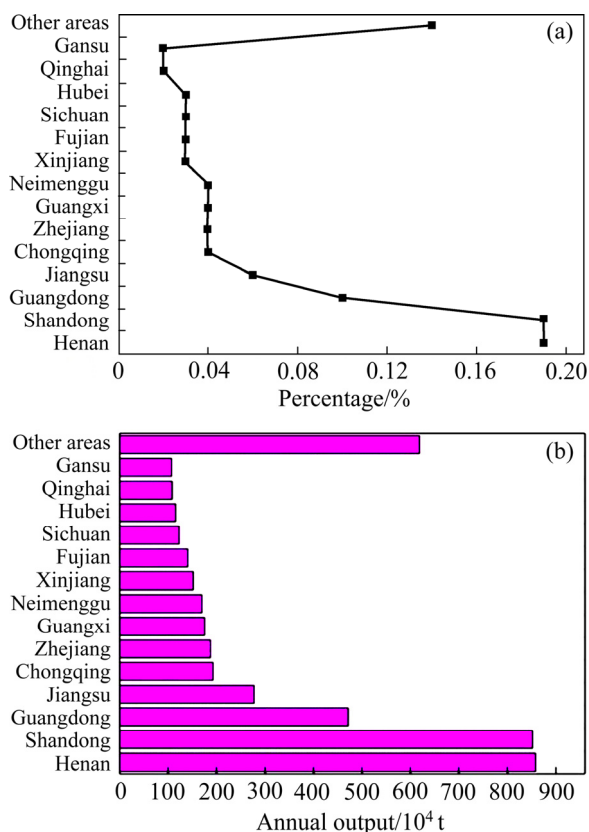


图6 我国铝材产量及分布

Fig. 6 Output and distribution of aluminum materials in China: (a) Percentage; (b) Output

7) 海外铝资源开发平稳推进,全球性布局取得新进展

受国内铝土矿品位下降、开采成本上升和环保治理趋严等因素的影响,铝资源进口量占国内供应量比重同比提高。2018年,我国进口铝土矿、氧化铝分别为8262万t、51万t,折合一次铝资源对外依存度为45%,较前年提高了5%^[34-35]。其中,自几内亚进口铝土矿达3818万t,占比46%,是我国铝土矿进口的最大来源。2018年初,酒钢牙买加阿尔帕特氧化铝厂的首船氧化铝启运回国,并启动了工厂升级再造项目,拟将产能从165万t提升至200万t。此外,在印尼等地的铝资源及氧化铝项目也在积极推进。

2.2 运行状况

1) 传统消费领域下行,铝消费增速大幅回落

建筑与交通是我国铝消费最主要的领域,与其相关的直接或间接铝消费量占比超过50%。受国民经济由高速发展进入高质量发展等因素的影响,这两大领域在2018年运行表现低迷,下行趋势较为明显。例如,汽车月度产量同比呈现负增长,且降速逐月扩大,全年产量同比下降4.2%^[36-37];商品房销售面积累计增速由前7个月的4.2%降至全年的1.3%^[38-39]。尽管铝合金建筑模板、新能源汽车、全铝家具等新兴产业发展迅速,但由于新增消费基数尚低,无法弥补传统消费增速下降产生的缺口。2018年,电解铝消费量为3713万t,同比增长4.9%,增幅同比回落约4%,创近20年以来新低^[40]。重点消费领域下行,直接导致铝冶炼及压延加工产业利润大幅下降。铝消费与宏观经济呈高度正相关,随着我国经济呈现“新常态”式发展,铝消费在未来一段时期也将呈现低速增长。

2) 突发事件效应叠加,氧化铝出现净出口

受海德鲁巴西氧化铝厂减产、美国制裁俄铝、美铝澳洲氧化铝厂罢工等事件的影响,国际氧化铝价格暴涨,成交价格最高达800美元/t,刷新了以往的纪录。在此期间,国内氧化铝价格一路上扬至3200元/t左右,差值近200美元/t^[41]。结果,2018年我国氧化铝首次实现规模性出口,全年累计净出口超过90万t^[42]。为此,需要引起注意:一是当前国内氧化铝生产规模已与电解铝需求相匹配,甚至有所富裕,今后一段时期要审慎决策氧化铝相关项目的投放与发展;二是此次氧化铝大量出口主要得益于国际市场价格异常上涨,而非由氧化铝产业竞争力提升所致。从长远来看,这种现象是不可持续的,不应当将此作为在国内扩建氧化铝产能的依据。实践证明,随着国际氧化铝市场

黑天鹅事件影响的逐渐消失,全球氧化铝市场价格及运行将回归正常。

3) 相关政策调整,或致企业经营成本上升

从党的十八大把生态文明建设确定为国家战略以来,我国环境保护方面的政策持续深度加码,企业在环保上做的一次性投入和日常维护费用必将大幅增加。2018年7月,中共中央办公厅、国务院办公厅联合印发《国税地税征管体制改革方案》,明确提出从2019年1月1日起将基本养老保险费和医疗保险费等各项社会保险费交由税务部门统一征收,这一政策出台后,不少地方发生了要求企业追缴职工社保事件,在一定程度上增加了企业的财政负担。2018年9~10月,国家发布文件两次提高有关铝材产品的出口退税率,旨在鼓励企业加大出口,短期来看效果不太理想。

4) 国内消费不振,国际贸易形势严峻

2018年以来,国内房地产、汽车、家电等铝材传统消费领域持续走弱,而带动性强的新兴应用领域未能及时发挥补偿作用;国际贸易救济案件数量呈爆发增长态势,贸易摩擦此起彼伏,可能会影响到企业出口的积极性^[43]。

2.3 面临的挑战

1) 铝材需求量逐顶

我国人均铝消费将在2023年前后进入饱和期,全口径铝消费总量将进入平台期,预计达到4600~5000万t^[44]。我国经济从高速增长转入高质量增长,铝需求增速全面放缓,符合后工业化时代消费强度减弱的规律。

2) 基础研究滞后于产业发展

目前,新型铝合金开发在自主创新方面还比较欠缺,相关研究工作多围绕国外先进铝合金进行。美国铝协(AA)注册的铝合金牌号约700个,中国只占3个,基础研究与工艺开发滞后可见一斑,反映出国内对铝合金领域的诸多共性科学问题探索的不足。

3) 企业债务风险加剧

近年来,铝企业的盈利空间不断缩小、债务风险骤升,破产、倒闭现象日益突出。企业应当引起重视,主动调整经营方案,做好防范工作。

4) 贸易摩擦长期存在

由美国挑起的全球性贸易战,涉及的铝产品种类十分广阔,粗略估计达到数千亿美元。鉴于铝材应用的普遍性,贸易摩擦对国内铝产业将产生巨大冲击。随着我国在全球战略地位的不断提升,这类事件在未来可能还会发生。

3 铝加工产业的发展现状及存在的问题

3.1 发展现状

2018年是我国改革开放40周年,也是我国经济社会各项事业发展全面进入中国特色社会主义新时代的开局之年。铝加工产业深入贯彻新思想,积极践行新理念,产业发展既面临增速放缓、效益下滑的考验,也呈现出结构优化、创新能力增强等积极变化,产业由高速增长向高质量发展转变的步伐加快。

1) 铝加工材产量增速放缓,产业发展进入换档期

近20年来,我国铝材产量经历了由少至多的巨变。除2009年受金融危机的影响外,2016年前几乎呈逐年增长的趋势,年增长速度保持在10%左右。2018年,我国铝加工材产量为3970万t,相比前年增长了3.9%,增幅回落4.6%(见图7)^[43]。这主要是因为传统领域的增长放缓、新兴市场尚未形成有效支撑的缘故。全年铝加工材产量较前年没有太大变化,产业发展明显进入换档期。

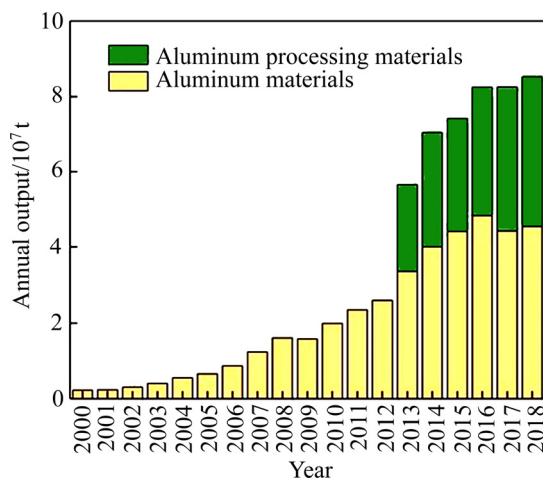


图7 我国铝材及铝加工材产量

Fig. 7 Output of aluminum and aluminum processing materials in China

2) 铝加工产业经济效益下滑,盈利能力大幅减弱

2012~2016年,我国铝加工产业平均销售利润率基本维持在5.2%^[45]。从2017年开始,这一指标开始下滑,且有加剧的趋势(见图8)。2018年,我国铝加工产业主营业务收入为8931亿元,同比增长3.8%;实现利润254亿元,同比下降31.5%;平均销售利润率降至2.84%,同比下降1.8%^[46]。

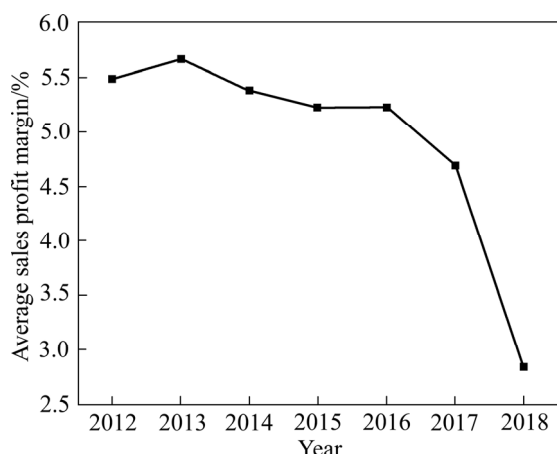


图8 我国铝加工产业平均销售利润率

Fig. 8 Average sales profit margin of aluminum processing industry in China

3) 固定资产投资出现分化, 铝箔产业依旧抢手

2018年以来, 我国铝加工产业固定资产投资整体放缓, 局部出现较大分化。具体地, 铝挤压材和铝板带领域固定资产投资放缓, 投资重在产业升级, 自动化、智能化改造和产业链填平补齐等方面。铝挤压材和铝板带领域新增大规模建设项目较少, 但铝箔领域投资项目依然热火朝天, 很多企业都有新增产能的计划, 可能导致铝箔产业竞争加剧。

4) 铝加工产品科技成果丰富, 创新能力愈发增强^[43]

2018年4月, 中国商用飞机有限责任公司向西南铝业(集团)有限责任公司颁发了7050厚板工程批准证书; 2018年7月, 南山铝业通过空客A320机翼长桁用挤压型材产品认证; 2018年12月, 铝基新材料院士工作站正式落户安徽省濉溪经济开发区; 2019年1月, 由江苏中天科技股份有限公司和上海交通大学共同完成的“高性能铝合金架空导线材料与应用项目”荣获2018年度国家技术发明奖二等奖。

5) 铝加工产业“走出去”打开新局面^[43]

以前, 我国铝加工产业的“走出去”主要体现在铝材出口。如今, 在铝加工企业和生产装备的“走出去”方面也取得了重大突破。2017年5月, 江苏鼎胜新能源材料股份有限公司在泰国罗勇工业园投资建设了亲水铝箔生产项目; 2018年1月, 中国五矿集团所属的涿神有色金属加工专用设备有限公司与日本ALMET公司、东洋铝业签署了 $d 1003 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$ 倾斜式铝铸轧机订购项目, 并于12月完成了用户验收, 打破了我国对发达国家成套铝铸轧机零出口记录。

6) 资本市场再传捷报, 鼎胜新材登上市

2018年4月, 国内最大的铝箔生产企业——江苏鼎胜新能源材料股份有限公司在上海证券交易所成功挂牌上市, 正式登陆资本市场, 为企业做大做强, 实现跨越发展注入了强劲动力, 同时也为其他企业树立了榜样。

3.2 存在的问题

1) 集约化程度低

2018年, 我国铝加工材产量为3970万t, 规模以上企业约2000家, 平均产量不足2万t。从单个企业来看, 我国规模最大、世界排名第二的辽宁忠旺集团有限公司的铝挤压材产量约为60万t, 而世界最大的铝挤压企业萨帕铝业的产量约为140万t。可见, 中国铝加工产业不仅龙头企业的规模有待扩大, 产业整体集约化程度更亟待提高。

2) 同质化现象严重

铝加工企业习惯跟踪模仿, 形成“走别人的路, 让别人无路可走”的不良局面; 习惯挖人墙角, 鲜有依靠技术创新和开拓潜在市场实现自我提升的。如此恶性循环, 造成行业同质化竞争严重, 势必引起铝材加工费一降再降, 导致铝箔、易拉罐料等部分高端产品也逐渐陷入无利可赚的困境。

3) 生产经营压力倍增

铝加工属于微利行业。近年来受市场竞争加剧的影响, 铝材加工费逐年下滑, 而企业的环保投入、原辅材料价格和用工成本等不断攀升, 进一步压缩了原本十分有限的盈利空间, “生存下去”成为眼下众多企业面临的首要难题。

4 展望

新时代, 我国铝产业要在政府的正确引导下, 切实把握好发展速度与发展质量的平衡性, 以满足人民日益增长的美好生活需要为根本目的, 积极响应国家关于产业结构与产业布局的调整政策, 稳步推进铝产业由大国向强国的战略性转变。

1) 坚持自主创新, 重视人才培养

加强铝合金材料的基础研究, 建立和完善相关理论体系; 跟踪国内外铝加工技术, 实现科技创新转化; 完善产学研合作机制, 发挥科研平台桥梁作用。重视领导团队建设和技术人才培养, 弘扬工匠精神, 培育出值得托付的下一代铝产业“巨匠”, 打响誉满全球的“中国铝材”。

2) 全面扩大应用, 抢占新兴市场

铝产业在很多应用领域尚存在可利用空间, 要同时从产业链的长度和广度下手, 建设“根深叶茂型”产业链。挖掘东南亚、中东等国家和地区的铝消费潜力, 就近寻找产品出口替代市场; 开拓铝合金新应用领域, 瞄准过街天桥、防洪墙、模块式建筑、高铁及城市轨道交通车厢和可调温复合地板等新产品。

3) 谨慎资本运作, 正确应对摩擦

有实力的企业可以借助资本市场的力量, 走上市的路子快速实现企业增值、资产增值和品牌增值。认真研究当前的国际形势, 看清贸易摩擦常态化的本质; 在面对国际贸易摩擦时做到“不挑事、不怕事”, 积极通过合法途径维护自身权益。

REFERENCES

- [1] LEE S W, YEH J W. Superplasticity of 5083 alloys with Zr and Mn additions produced by reciprocating extrusion[J]. *Materials Science and Engineering A*, 2007, 460/461: 409–419.
- [2] XU Yue, WANG Xiao-jing, YAN Zhao-tong, LI Jia-xue. Corrosion properties of light-weight and high-strength 2195 Al-Li alloy[J]. *Chinese Journal of Aeronautics*, 2011, 24(5): 681–686.
- [3] 林 波, 张卫文. Fe 含量对挤压铸造 Al-Cu 合金组织演变及高温力学性能的影响[J]. *中国有色金属学报*, 2017, 27(5): 885–893.
LIN Bo, ZHANG Wei-wen. Effects of Fe on microstructure evolution and elevated-temperature mechanical properties of squeeze cast Al-Cu alloys[J]. *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 2017, 27(5): 885–893.
- [4] CHE Hong-mei, JIANG Xian-quan, QIAO Nan, LIU Xiao-kui. Effects of Er/Sr/Cu additions on the microstructure and mechanical properties of Al-Mg alloy during hot extrusion[J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2017, 708: 662–670.
- [5] WU Yu-na, LIAO Heng-cheng, LU Chang-lue. Dynamic precipitation and recrystallization in Al-12.5wt% Si-0.6wt% Mg-0.1wt% Ti alloy during hot-rolling and their impacts on mechanical properties[J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2019, 788: 125–135.
- [6] 张新明, 邓运来, 张勇. 高强铝合金的发展及其材料的制备加工技术[J]. *金属学报*, 2015, 51(3): 257–271.
ZHANG Xin-ming, DENG Yun-lai, ZHANG Yong. Development of high strength aluminum alloys and processing techniques for the materials[J]. *Acta Metallurgica Sinica*, 2015, 51(3): 257–271.
- [7] 刘 铭, 李惠曲, 陈军洲, 李国爱, 陈高红. 航空用 7475-T7351 铝合金厚板耐腐蚀性能[J]. *材料工程*, 2017, 45(9): 129–135.
LIU Ming, LI Hui-qu, CHEN Jun-zhou, LI Guo-ai, CHEN Gao-hong. Corrosion resistance of 7475-T7351 aluminum alloy plate for aviation[J]. *Journal of Materials Engineering*, 2017, 45(9): 129–135.
- [8] 赵乃勤, 刘兴海, 蒲博闻. 多维度碳纳米相增强铝基复合材料研究进展[J]. *金属学报*, 2019, 55(1): 1–15.
ZHAO Nai-qin, LIU Xing-hai, PU Bo-wen. Progress on multi-dimensional carbon nanomaterials reinforced aluminum matrix composites: A review[J]. *Acta Metallurgica Sinica*, 2019, 55(1): 1–15.
- [9] 邓运来, 张新明. 铝及铝合金材料进展[J]. *中国有色金属学报*, 2019, 29(9): 2115–2141.
DENG Yun-lai, ZHANG Xin-ming. Development of aluminum and aluminum alloy[J]. *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 2019, 29(9): 2115–2141.
- [10] 张新明, 韩念梅, 刘胜胆, 宋丰轩, 曾瑞林, 黄乐瑜. 7050 铝合金厚板织构、拉伸性能及断裂韧性的不均匀性[J]. *中国有色金属学报*, 2010, 20(2): 202–208.
ZHANG Xin-ming, HAN Nian-mei, LIU Sheng-dan, SONG Feng-xuan, ZENG Rui-lin, HUANG Le-yu. Inhomogeneity of texture, tensile property and fracture toughness of 7050 aluminum alloy thick plate[J]. *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 2010, 20(2): 202–208.
- [11] 沈海鸥. 5083 铝合金 650×2670 mm 大规格扁锭熔铸工艺研究与实践[J]. *中国金属通报*, 2016(8): 72–74.
SHEN Hai-ou. Research and practice on the melting and casting process of large-sized 5083 aluminum alloy ingot with a size of 650×2670 mm[J]. *China Metal Bulletin*, 2016(8): 72–74.
- [12] 侯陇刚, 刘明荔, 王新东, 庄林忠, 张济山. 高强 7050 铝合金超低温大变形加工与组织、性能调控[J]. *金属学报*, 2017, 53(9): 1075–1090.
HOU Long-gang, LIU Ming-li, WANG Xin-dong, ZHUANG Lin-zhong, ZHANG Ji-shan. Cryogenic processing high-strength 7050 aluminum alloy and controlling of the microstructures and mechanical properties[J]. *Acta Metallurgica Sinica*, 2017, 53(9): 1075–1090.
- [13] 聂俊辉, 樊建中, 魏少华, 刘彦强. 航空用粉末冶金颗粒增强铝基复合材料研制及应用[J]. *航空制造技术*, 2017(16): 26–36.
NIE Jun-hui, FAN Jian-zhong, WEI Shao-hua, LIU Yan-qiang. Research and application of powder metallurgy particle reinforced aluminum matrix composite used in aviation[J]. *Aeronautical Manufacturing Technology*, 2017(16): 26–36.

- [14] 昌江郁, 陈送义, 陈康华, 周亮, 袁丁玲. 7056 铝合金厚板轧制变形不均匀性的实验研究与数值模拟[J]. 中南大学学报, 2018, 49(8): 1914–1921.
- CHANG Jiang-yu, CHEN Song-yi, CHEN Kang-hua, ZHOU Liang, YUAN Ding-ling. Numerical simulation and experimental investigation of rolling deformation inhomogeneity of 7056 aluminum alloy thick plate[J]. Journal of Central South University, 2018, 49(8): 1914–1921.
- [15] 王祝堂. 新型超塑铝合金及其在汽车中应用[J]. 中国有色金属, 2019(21): 46–48.
- WANG Zhu-tang. New superplastic aluminum alloy and its application in automobile[J]. China Nonferrous Metals, 2019(21): 46–48.
- [16] 中铝网. 西南铝成功试制出全球最大规格硬合金圆铸锭[EB/OL]. [2014–09–04]. <http://www.cgl.org.cn/auto/db/detail.aspx?db=999002&rid=160740&agfi=0&cls=13&uni=True&cid=0&showgp=True&prec=False&md=76&pd=351&msd=63&psd=207&mdd=76&pdd=351&count=10&reds=%E7%A1%AC%E5%90%88%E9%87%91%3b%E5%9C%86%E9%93%B8%E9%94%AD%3b%E9%87%91%E5%9C%86>.
- Chinalco Network. Southwest aluminum successfully trial-produces the world's largest hard alloy round-ingots[EB/OL]. [2014–09–04]. <http://www.cgl.org.cn/auto/db/detail.aspx?db=999002&rid=160740&agfi=0&cls=13&uni=True&cid=0&showgp=True&prec=False&md=76&pd=351&msd=63&psd=207&mdd=76&pdd=351&count=10&reds=%E7%A1%AC%E5%90%88%E9%87%91%3b%E5%9C%86%E9%93%B8%E9%94%AD%3b%E9%87%91%E5%9C%86>.
- [17] 铝道网. 中国首件重型火箭超大直径铝合金环件完成轧制[EB/OL]. [2015–01–05]. https://www.alu.cn/aluNews/NewsDisplay_946776.html.
- Aluminum Road Network. The first extra-large diameter aluminum alloy ring of heavy rocket has been rolled in China[EB/OL]. [2015–01–05]. https://www.alu.cn/aluNews/NewsDisplay_946776.html.
- [18] 陈仁桂, 何宇棋, 黄景霖. 不同尺寸大规格铝合金扁锭同时铸造的工艺研究[J]. 轻合金加工技术, 2017, 45(10): 17–21, 32.
- CHEN Ren-gui, HE Yu-qi, HUANG Jing-lin. Research on the technology of casting large-sized aluminum alloy ingots with different dimensions simultaneously[J]. Light Alloy Fabrication Technology, 2017, 45(10): 17–21, 32.
- [19] 吴海旭, 李洪林, 杨丽, 刘学, 王国冰. 超大规格铝合金挤压型材生产及应用[J]. 铝加工, 2019(5): 9–11.
- WU Hai-xu, LI Hong-lin, YANG Li, LIU Xue, WANG Guo-bing. Production technology and application of extra-large aluminum alloy extrusion profiles[J]. Aluminium Fabrication, 2019(5): 9–11.
- [20] 张文静, 郭世杰, 蒋会学, 任伟才. 7xxx 系铝合金大规格铸锭显微缺陷的检测与分析[J]. 有色金属加工, 2019, 48(3): 15–19.
- ZHANG Wen-jing, GUO Shi-jie, JIANG Hui-xue, REN Wei-cai. Detection and analysis on microscopic defects of large size ingots of 7xxx series aluminum alloy[J]. Nonferrous Metals Processing, 2019, 48(3): 15–19.
- [21] 尹晓辉, 刘静安. 我国铝合金加工材产业技术与国际先进水平的差距及对策[J]. 铝加工, 2006(2): 1–4, 14.
- YIN Xiao-hui, LIU Jing-an. Gap between aluminum industry in China and international advanced level and countermeasure[J]. Aluminum Fabrication, 2006(2): 1–4, 14.
- [22] 吕建南, 章晶, 佟媛媛, 蔡国华, 华勤. 热分析技术检测 319 铝合金熔体质量的研究[J]. 特种铸造及有色合金, 2008, 28(5): 395–397, 327.
- LÜ Jian-nan, ZHANG Jing, TONG Yuan-yuan, CAI Guo-hua, HUA Qin. Quality detection of 319 Al alloy melt by thermal analysis[J]. Special Casting & Nonferrous alloys, 2008, 28(5): 395–397, 327.
- [23] 祝培旺. 煤矸石及其灰渣中铝硅资源化利用的试验研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015: 73–92.
- ZHU Pei-wang. Experimental research on coal gangue and ash for resource utilization of Al and Si[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015: 73–92.
- [24] 腾讯财经. 天津忠旺成功生产出亚洲最宽超大规格铝合金拉伸板材[EB/OL]. [2016–08–10]. <https://finance.qq.com/a/20160810/045675.htm>.
- Tencent Finance. Tianjin Zhongwang successfully produces the widest and largest aluminum alloy drawing plates in Asia[EB/OL]. [2016–08–10]. <https://finance.qq.com/a/20160810/045675.htm>.
- [25] 陈伟, 张宁. 电解铝节能降耗措施探讨[J]. 中国资源综合利用, 2017, 35(11): 84–86.
- CHEN Wei, ZHANG Ning. Discussion on energy saving and consumption reduction of electrolytic aluminum[J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2017, 35(11): 84–86.
- [26] 搜狐网. 铝市: 一文读懂铝产业链[EB/OL]. [2018–02–27]. http://m.sohu.com/a/224302574_747404.
- Sohu Network. Aluminum market: an article to understand the aluminum industry chain[EB/OL]. [2018–02–27]. http://m.sohu.com/a/224302574_747404.
- [27] 王国军, 王祝堂. 中国铝合金热轧工业的发展历史和现状(2)[J]. 轻合金加工技术, 2018, 46(10): 1–14.
- WANG Guo-jun, WANG Zhu-tang. Development history and situation of aluminum alloy hot-rolling industry in China(II)[J]. Light Alloy Fabrication Technology, 2018,

- 46(10): 1-14.
- [28] 田明焕, 陈良金, 陈冬一, 李耀民. 我国铝及铝加工产能转移思考[C]/河南省有色金属学会. 2012 河南省有色金属学术年会论文集. 郑州: 河南省有色金属学会, 2012: 1-10.
- TIAN Ming-huan, CHEN Liang-jin, CHEN Dong-yi, LI Yao-min. Thoughts on aluminum and aluminum processing capacities transfer in China[C]/Henan Nonferrous Metals Society. Proceedings of Henan nonferrous metals academic annual meeting in 2012. Zhengzhou: Henan Nonferrous Metals Society, 2012: 1-10.
- [29] 原材料工业司. 2018 年铝行业运行情况 [EB/OL]. [2019-03-05]. <http://www.miit.gov.cn/n1146312/n1146904/n1648356/n1648358/c6664313/content.html>.
- Department of Raw Materials Industry of China. Operation of aluminum industry in 2018 [EB/OL]. [2019-03-05]. <http://www.miit.gov.cn/n1146312/n1146904/n1648356/n1648358/c6664313/content.html>.
- [30] 原材料工业司. 2018 年有色金属行业运行情况及 2019 年展望 [EB/OL]. [2019-02-12]. <http://www.miit.gov.cn/n1146290/n1146402/n1146455/c6638801/content.html>.
- Department of Raw Materials Industry of China. Operation of nonferrous metals industry in 2018 and outlook for 2019 [EB/OL]. [2019-02-12]. <http://www.miit.gov.cn/n1146290/n1146402/n1146455/c6638801/content.html>.
- [31] 同花顺财经. 铝工业“寻电记” [EB/OL]. [2019-08-05]. <http://baijiahao.baidu.com/s?id=1640979993019394204&wfr=spider&for=pc>.
- Tonghuashun Finance. “Search for electricity” in aluminum industry [EB/OL]. [2019-08-05]. <http://baijiahao.baidu.com/s?id=1640979993019394204&wfr=spider&for=pc>.
- [32] CBC 金属网. 中国氧化铝冶炼综合能耗 [EB/OL]. [2011-2017]. <http://www.cbcie.com/154534/0/list.html>.
- CBC Metals Network. Comprehensive energy consumption of alumina smelting in China [EB/OL]. [2011-2017]. <http://www.cbcie.com/154534/0/list.html>.
- [33] 中国报告网. 2018 年 1-12 月全国各省铝材行业产量情况分析, 河南省位居第一 [EB/OL]. [2019-02-21]. <http://data.chinabaogao.com/yejin/2019/02214002B2019.html>.
- China Report Network. Output analysis of aluminum industry in all provinces of China from January to December in 2018, Henan province ranks first [EB/OL]. [2019-02-21]. <http://data.chinabaogao.com/yejin/2019/02214002B2019.html>.
- [34] 中华人民共和国商务部. 2018 年全年中国铝土矿进口量为 8262 万吨 [EB/OL]. [2019-02-15]. <http://www.mofcom.gov.cn/article/i/jyj/k/201902/20190202834585.shtml>.
- Ministry of Commerce of the People's Republic of China. The bauxite import volume of China is 82.62 million tons in 2018 [EB/OL]. [2019-02-15]. <http://www.mofcom.gov.cn/article/i/jyj/k/201902/20190202834585.shtml>.
- [35] 新浪财经. 2019 年氧化铝将出现小幅过剩, 价格不断下移 [EB/OL]. [2019-03-18]. <http://finance.sina.com.cn/money/future/fmnews/2019-03-18/doc-ihrfqzkc4743124.shtml>.
- Sina Finance. There will be a small surplus of alumina and the price will continue to move down in 2019 [EB/OL]. [2019-03-18]. <http://finance.sina.com.cn/money/future/fmnews/2019-03-18/doc-ihrfqzkc4743124.shtml>.
- [36] 中国产业信息. 2018 年中国汽车行业发展回顾及 2019 年汽车行业发展趋势预测 [EB/OL]. [2019-03-21]. <http://www.chyxx.com/industry/201903/723568.html>.
- China Industrial Information. Review of the automobile industry development of China in 2018 and forecast of the development trend of the automobile industry in 2019 [EB/OL]. [2019-03-21]. <http://www.chyxx.com/industry/201903/723568.html>.
- [37] 盖世汽车. 2018 阵痛期过后, 2019 年车市将呈现怎样的格局 (上) [EB/OL]. [2019-01-31]. <https://auto.gasgoo.com/News/2019/01/310422532253170086769C102.shtml>.
- Gasgoo. After the pain period of 2018, what will be the pattern of the car market in 2019 (I) [EB/OL]. [2019-01-31]. <https://auto.gasgoo.com/News/2019/01/310422532253170086769C102.shtml>.
- [38] 和讯网. 2018 年商品房销售额创历史新高, 开发投资仍处高位 [EB/OL]. [2019-01-22]. <https://house.hexun.com/2019-01-22/195961717.html>.
- Hexun Network. In 2018, the Sales of commercial housing reached a record high and the development investment is still at a high level [EB/OL]. [2019-01-22]. <https://house.hexun.com/2019-01-22/195961717.html>.
- [39] 中研网. 2019 年 1-8 月商品房销售和待售的具体情况: 全国商品房销售面积同比下降 0.6% [EB/OL]. [2019-09-17]. <http://www.chinairn.com/news/20190917/133316375.shtml>.
- China Research Network. The specific situation of commercial housing sale and for sale from January to August in 2019: the sale area of national commercial housing decreased by 0.6% year-on-year [EB/OL]. [2019-09-17]. <http://www.chinairn.com/news/20190917/133316375.shtml>.
- [40] 中国有色网. 有色是山东工业重要组成部分: 金、铝产品称雄 [EB/OL]. [2019-09-17]. <https://www.cnmn.com.cn/ShowNews1.aspx?id=414976>.
- China Nonferrous Network. Nonferrous metals are an important part of Shandong industry: gold and aluminum products occupy a leading position [EB/OL]. [2019-09-17]. <https://www.cnmn.com.cn/ShowNews1.aspx?id=414976>.
- [41] 新浪财经. 广发期货: 铝早报 [EB/OL]. [2018-04-23]. <https://finance.sina.com.cn/money/future/indu/2018-04-23/doc-ifznefki0569735.shtml>.

- Sina Finance. Guangfa futures: Aluminum morning post[EB/OL]. [2018-04-23]. <https://finance.sina.com.cn/money/future/indu/2018-04-23/doc-ifznefki0569735.shtml>.
- [42] 新浪财经. 2018 年中国成氧化铝净出口国[EB/OL]. [2019-06-20]. <http://finance.sina.com.cn/money/future/indu/2019-06-20/doc-ihytcitk6549585.shtml>.
- Sina Finance. China becomes a net exporter of alumina in 2018[EB/OL]. [2019-06-20]. <http://finance.sina.com.cn/money/future/indu/2019-06-20/doc-ihytcitk6549585.shtml>.
- [43] 中国有色网. 2018 年中国铝加工行业大事记[EB/OL]. [2019-02-15]. <https://www.cnmn.com.cn/ShowNews1.aspx?id=405505>.
- China Nonferrous Network. Aluminum processing industry events of China in 2018[EB/OL]. [2019-02-15]. <https://www.cnmn.com.cn/ShowNews1.aspx?id=405505>.
- [44] 屠雯. 范顺科: 新时代中国铝加工产业面临的形势及努力方向[J]. 中国有色金属, 2018, (18): 48-51.
- TU Wen. FAN Shun-ke: The situation and direction of China's aluminum processing industry in the new era[J]. China Nonferrous Metals, 2018, (18): 48-51.
- [45] 铝道网. 范顺科: 前进的道路不会一帆风顺, 转型升级往往伴随暂时的阵痛[EB/OL]. [2018-12-18]. https://www.alu.cn/aluNews/NewsDisplay_1061868.html.
- Aluminum Road Network. FAN Shun-ke: The road ahead will not be smooth, and transformation and upgrading are often accompanied by temporary pain[EB/OL]. [2018-12-18]. https://www.alu.cn/aluNews/NewsDisplay_1061868.html.
- [46] 有色金属行业信息数据. 范顺科: 铝加工产业要努力向高质量发展, 未来应向深加工领域转型, 向绿色、智能制造转变[EB/OL]. [2019-07-08]. <http://db.cnmn.com.cn/NewsShow.aspx?id=412012>.
- Information Data of Nonferrous Metals Industry. FAN Shun-ke: The aluminum processing industry should strive for high quality development, transforming to the deep processing field and green and intelligent manufacturing in the future[EB/OL]. [2019-07-08]. <http://db.cnmn.com.cn/NewsShow.aspx?id=412012>.

Status and prospect for aluminum industrial development in China

SHE Xin-wei^{1,3}, JIANG Xian-quan^{1,3}, TAN Xiao-dong¹, GUO Sheng-feng¹, TANG Bin-bin¹, PAN Fu-sheng^{2,3}

(1. School of Materials and Energy, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

3. Advanced Materials Research Center, Chongqing Academy of Science and Technology, Chongqing 401123, China)

Abstract: Aluminum industry is a sunrise industry with vigorous vitality and an important part of the domestic materials industry. In the new era, aluminum industry is changing the development from high-speed to high-quality. It not only faces a severe ordeal that economic benefit declines and its growth rate becomes slow, but also shows a positive change that the industrial structure is optimized and innovation ability is enhanced. The aluminum enterprises should proactively control operating costs, attach importance to personnel training and equipment upgrading, and correctly deal with international trade frictions. The government should actively guide the healthy development of aluminum industry and promote enterprises to advance together and obtain a win-win cooperation by adjusting the industrial structure and optimizing the industrial layout.

Key words: aluminum; aluminum processing; industry status; challenge; prospect

Foundation item: Project(2018-XZ-CQ-4) supported by the Chinese Academy of Engineering; Project(51971183) supported by the National Natural Science Foundation of China; Project(cstc2019jcyj-msxmX0594) supported by the Natural Science Foundation of Chongqing, China; Project(XDJK2019D002) supported by the Fundamental Research Funds for the Central Universities of China

Received date: 2019-04-02; **Accepted date:** 2019-12-02

Corresponding author: JIANG Xian-quan; Tel: +86-23-68253904; E-mail: 574754298@qq.com

(编辑 王超)