

# 科 技 奖 励 成 果 包

( 冶金及有色工业产业 )

宁夏回族自治区生产力促进中心

2019 年 12 月

# 科技奖励成果包说明

本成果包为宁夏生产力促进中心委托北京市科学技术情报研究所编制，所有成果数据均根据宁夏产业情况从国内奖项数据库匹配得来。

本成果包仅作为宁夏科技企业提供成果信息，任何机构和个人使用本《成果汇编》中的科技成果信息，请自行分析和评估其在相关应用中的适用性，并根据《合同法》等相关法律法规，与科技成果提供方约定双方权利义务，在科技成果交易和使用中严格履行相关合同。任何因使用本成果包中的科技成果而产生的责任，由相关行为人自负。

各市县科技局、科技中介服务机构和企业，如有对接需求，可与宁夏生产力促进中心联系。

崔 雷 0951-5015360 17795028936

李 营 0951-2070006 17795028944

邮 箱 nxsclxmb@163.com

# 目 录

<b>一、金属锰</b> .....	<b>1</b>
1. 4J72 锰基合金冷带批量生产研究.....	1
2. 高碳锰铁替代电解锰生产节镍型奥氏体不锈钢技术开发.....	3
3. 低成本、高效化、稳定生产洁净钢的复吹转炉集成技术研发与应用.....	4
4. 锰渣高温脱硫制硫酸锰资源化综合利用.....	6
5. 铁、锰系锂电池正极材料前躯体制备关键技术及产业化.....	8
6. 锰电解产品绿色生产关键技术集成及应用.....	11
7. 新型悬浮剂及中和剂在高性能电解二氧化锰生产中的应用.....	13
8. 冶金、化工固体废物安全大宗利用关键技术.....	15
9. 高性能烧结锻轧锰生产工艺的研究与应用.....	18
10. 电解金属锰节能减排关键技术研究与应用.....	20
11. 搅拌反应器混沌混合强化技术及应用.....	22
12. 青海省东昆仑地区沉积变质型锰矿找矿突破和技术研究.....	24
13. 高含泥含水低品位细粒软锰矿生产电解二氧化锰关键技术研究与应用.....	25
14. 低品位多价态混生锰矿生产电解金属锰关键技术应用.....	27
15. 采用藕合焙烧技术富集氧化锰矿生产电解金属锰技术研发与应用.....	30
16. 半封闭矿热炉生产锰硅合金废弃物资源化利用关键技术及应用示范.....	31
<b>二、炭基材料</b> .....	<b>34</b>
17. 宁东特大型整装煤田高效开发利用及深加工关键技术.....	34
18. 固相无压烧结碳化硅复相防弹陶瓷研发.....	37
19. 干熄焦高效和长寿技术的开发与应用.....	38
20. 碳化硅复合陶瓷材料制备技术与应用.....	41
21. 高品质半导体碳化硅衬底关键技术及产业化.....	44
22. 低维半导体和金属的生长与物性研究.....	45
23. 耐高温连续碳化硅纤维的研发及产业化.....	48
24. 晶硅片切割刀料碳化硅生产及废砂浆再生关键技术研究与产业化.....	51
25. 矿热炉用炭素材料的研发与应用.....	54
26. 复杂曲面机械产品成型工艺及性能检测关键应用技术.....	57

27. 纳米增强碳化硅陶瓷制备技术及其在机械密封中的应用	60
28. 高性能高速铁路切磨砂轮关键技术的研发及产业化	61
29. 大型二板式注塑机百吨级球墨铸铁件生产关键技术的研发	63
30. 氮化硅结合碳化硅复合陶瓷生产新工艺及成套装备	65
31. 大型高炉出铁沟综合浇注及耐火材料循环利用技术	66
32. 氮化硅结合碳化硅特种陶瓷	68
33. 碳化硅炭砖研发	69
34. 无机功能复合材料的低温合成及改性关键技术	70
35. 金刚石柔性磨具技术研究及应用	73
36. 材料弹塑性行为的微观机制研究	75
37. 硅衬底高光效 GaN 基蓝色发光二极管	77
38. 碳化硅基石墨烯晶圆材料、高频器件和低噪声放大器电路研究	80
<b>三、钢铁</b>	<b>83</b>
39. 钢铁烧结烟气汞污染监测及控制技术示范	83
40. 钒钛高强铁道车辆用钢板开发及推广应用研究	85
41. 钒钛钢铁废水综合利用零排放技术研究	87
42. 钢铁联合企业碳（氢）素流价值优化集成技术研究与应用	88
43. 连铸工艺生产铁道车轴钢相关技术研究及产品开发	91
44. 节材耐磨损钢铁材料制造技术研发与工业应用	92
45. 先进铁素体不锈钢关键制造技术与系列品种开发	95
46. 钢铁行业烧结烟气脱硫及脱硫渣利用一体化技术与工程示范	98
47. 钢铁企业循环物料使用技术开发与应用	99
48. 钢铁企业电能质量控制与综合节电运行关键技术研究与应用	101
49. 转底炉直接还原处理钢铁厂含锌尘泥成套工艺产业化	104
50. 高性能钢铁粉末冶金材料关键技术研究与应用	107
51. 高速重载铁路用高性能特殊钢开发及产业化	108
52. 高速铁路接触网用高性能钢丝绳研发及产业化	111
53. 钢铁企业废渣/余热利用技术研发及应用示范	113
54. 含钒铁水“三脱”炼钢新技术	114
55. 钢铁冶金高温装置用新型节能环保耐火材料的研究与应用	115
56. 钢铁用珍珠岩尾矿复合聚渣剂的关键技术及产业化	116

57. 高温冶金容器内衬优化设计及其在钢铁行业中的应用	117
58. 钢铁冶金重金属废水的综合治理与中水回用新技术及工程应用	118
59. 钢铁企业生产管控数字化关键技术研究及应用	119
60. 耐候钢及冷弯型钢在输电铁塔中的应用研究与工程示范	121
61. 钢铁制件表面高性能防腐处理关键技术	123
62. 钢铁企业特殊作业挖掘机关键技术及装备	126
63. 鞍钢炼铁原料合理利用研究与应用	127
64. 钢铁制造流程动态精准设计方法的研究与应用	129
65. 钢铁企业低压余热蒸汽发电和钢渣改性气淬处理技术及示范	131
66. 转底炉高效处理钢铁流程含铁、锌尘泥资源关键技术集成与示范	134
67. 钢铁烟尘超低排放预荷电袋滤器	135
68. 节材耐磨损钢铁材料关键技术研发与集成示范	136
69. 高效低成本钢铁耐磨材料制备技术及应用	138
70. 钢铁生产与物流调度关键技术及应用	140
71. 基于 M3 组织调控的钢铁材料基础理论研究与高性能钢技术	142
72. 铁水中有益元素用于炼钢过程合金化技术的研究及应用	144
73. 炼钢污泥提纯铁粉的技术发明与应用	147
74. 钢铁连铸保护渣相变和传热机理研究	148
<b>四、电解铝</b>	<b>149</b>
75. 电解铝液直接铸轧制备超宽幅超薄铝箔坯料产业化关键技术	149
76. 高龄铝电解槽稳定生产技术的研究与应用	152
77. 铝电解铸造铝灰渣循环利用技术	154
78. 高铝粉煤灰提取氧化铝多联产技术开发与产业示范	155
79. 12000 吨航空铝合金厚板张力拉伸装备研制与应用	158
80. 废铝清洁再生及梯级应用关键技术研究	161
81. 高强耐磨活塞新材料	164
82. 信发集团区域循环经济关键技术集成与模式示范	167
83. 高温耐压新型铝合金材料活塞制造技术及其装备	170
84. 高性能节能环保型铝电解电容器用中高压阳极铝箔及其生产技术	173
85. 高强高韧耐蚀航空铝合金大规格中厚板制备技术研究	174
86. 电解铝阳极钢爪再制造新技术和装备研究	178

87. 含锂无水氟化铝研制开发及产业化	180
88. 电解铝液直接铸轧生产阴极电子铝箔的研究与开发	183
89. 高质量铝-钪中间合金的开发	185
90. 汽车车身结构轻量化技术研究与轻质材料集成应用	187
91. 特种车辆用 7A52 铝合金板材产业化技术	189
92. 7000 系铝合金强韧化热处理技术创新与工业应用	191
93. 超高纯铝定向凝固制备技术与装备	194
94. 真空碳热还原氯化歧化制铝过程中主要元素行为规律研究	197
95. 泡沫铝、镁合金的制备工艺优化及孔结构控制	200
96. 铝电解用石墨化阻流块及其新型组合石墨化异型阴极研究与应用	203
97. 一种汽车热交换器用铝合金复合材料的制备方法	206
98. 基于全自动技术的大尺寸闭孔泡沫铝低成本制备	208
<b>五、金属镁及镁合金</b>	<b>211</b>
99. 新能源汽车轻量化技术开发	211
100. 月面巡视器移动系统制造与测试技术	214
101. 嫦娥三号巡视器电源分系统	217
102. 数字医用 X 射线影像设备 FPD1M	220
103. 以轻量化为驱动的汽车子系统技术创新	222
104. 先进稀土材料制备及应用技术-通讯领域用高品质稀土镁合金及应用关键技术的研究	224
105. 高性能稀土镁合金	226
106. 晶体硅切割废料的铁合金冶炼资源化技术开发与应用	227
107. 镁合金表面无铬磷化技术研究及应用	228
108. 大型电炉多期法冶炼钒铁技术研究	229
109. 中国西部三大盆地海相碳酸盐岩储层形成机理和预测技术	231
110. 元坝地区勘探开发一体化评价研究	235
111. 高性能多尺度颗粒协同增强铝、镁基复合材料关键技术与应用	238
112. 汽车轻量化用系列双相钢高效制造技术	241
113. 机车轻量化用高性能镁合金材料及部件制备技术	244
114. 基于微组织调控的高强韧镁合金变形材低温强塑变制造与应用技术	247
115. 镁合金挤压铸造工艺与装备关键技术研究	248

116. 特殊钢钼合金化新工艺技术开发及应用	249
117. UN650MG II 半固态镁合金注射成型机	251
118. 高强韧性压铸镁合金汽车零部件关键技术研究与应用	253
119. 耐高温钛膜超硬复合材料	256
120. 具有抗拉强度反常温度效应的高轧耐热镁合金	259
121. 镁电解用石墨阳极研制	261
122. 1725mm 热轧/1650mm 冷轧高性能镁合金板材轧制成套装备	263
123. 汽车车身结构轻量化技术研究与轻质材料集成应用	264
124. 重庆锂镁铝资源利用及产业发展规划服务	266
125. 陕北侏罗纪煤制兰炭清洁生产工艺研究及示范项目	268
126. 大型轻合金结构件数字化无冒口精密铸造技术	269
127. 锅炉燃用兰炭技术试验研究	272
128. 大规格镁合金板材产业化关键技术	273
129. 新型轻合金及其复合材料应用基础研究及产业化	274
130. 高品质镁合金型材板材制备及应用关键技术体系的创新与开发	276
131. 铁合金冶炼过程喷溅抑制及终点控制技术	277
132. 铁合金电炉综合节能控制技术应用研究	279
133. 特种铁合金系列标准样品的研制及应用	281
134. 大型复杂薄壁镁合金构件控形控性关键技术及应用	282
135. “双零级” 5154 铝镁合金丝线材细化技术与应用	283
136. 广西北山 MVT 铅锌矿三位一体勘查找矿关键技术应用	284
137. 镁合金高可靠钎焊工艺及钎料开发	286
138. 高性能低热裂倾向镁合金与慢压射高真空压铸技术开发及应用	287
139. 车辆及电子工业用铝镁合金等温挤压、压铸与控轧关键技术及产业化	288
140. 五轴联动水射流“软刀子”精密加工装备的研发及产业化	291
141. 高强耐热镁合金材料及其在航空航天领域应用技术开发	294
142. 镁合金稀土强韧化的基础研究	297
143. 轻金属板材自冲铆接—粘接复合连接方法	300
144. 氩氧精炼铁合金工艺及其测控技术	302
145. 镁合金表面处理环保新技术的开发与应用	303
146. 新型超塑性高强镁合金及制备关键技术	304

147. 纳米晶种合金系列产品与耐热高强轻金属材料的创制及应用	305
148. 泡沫铝、镁合金的制备工艺优化及孔结构控制	308
149. 镁合金构件特殊环境下的腐蚀行为及耐腐蚀镁合金创新研究	311
150. 高阻尼高强镁合金研究	312
151. 新型镁基储氢合金及其复合材料的制备技术与性能	314
152. 高性能镁/铝合金熔炼及深加工关键技术	316
153. 高性能轻质闭孔泡沫铝镁合金生产关键技术与应用	318
154. 镁合金的腐蚀防护及提高使役性能的关键技术	321
155. 高质量镁合金锭坯低频电磁半连铸技术	322
156. 铝、镁、钛、铁合金功能性表面处理新技术的开发及产业化应用	323
157. 镁合金织构控制成型技术	324
158. 镁合金焊接接头微观组织控制及性能强化机理研究	326
159. 高性能镁合金组织性能调控机制研究	327
160. 变形镁合金屈强比及其影响机制	329
161. 镁合金固相再生与固相合成	331

# 一、金属锰

编 号: 0287YJ

省 份: 北京 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 4J72 锰基合金冷带批量生产研究

关 键 词: 锰基合金; 生产工艺; 轧制方法;

简 介: 4J72 锰基合金冷带主要用作制造热双金属的主动层材料。

由于其所具有的高热膨胀系数、高电阻率等特殊性能使得用 4J72 锰基合金复合的热双金属灵敏度高、温曲率大，在各类热双金属中性能是最好的。热双金属最大用途是漏电保护装置，随着中国已成为全球低压电器制造大国，4J72 锰基合金用量也在不断增加。而长期以来 4J72 锰基合金冷带全部依赖进口。全球能够生产该产品并商品化供货的只有法国殷菲公司和美国卡本特公司两家，国内尚无厂家生产。

为了打破国外公司垄断，实现该材料国产化提高下游产业国际竞争力，同时促进该公司的企业转型，北京北冶功能材料有限公司组织开展 4J72 锰基合金冷带批量生产研究工作。该项目为特殊功金属能材料大批量生产工艺研究课题。由于金属锰为一种脆性金属，其化学性质活泼，固态相变复杂，加工性能恶劣，所以实现批量生产存在相当难度。研究工作通过研究冷轧开裂机理、改进原料制备方法减少夹杂带入，成功解决了 4J72 锰基合金冷轧开裂难题；独创了适用于 4J72 锰基合金批量生产的特殊原料及其制备方法；首次采用非真空冶炼和保护性浇铸技术解决了冶炼过程锰元素氧化、挥发问题；摸索出了液

压锤锻造开坯和大热轧热加工工艺，实现了宽板轧制；将等离子弧焊接技术首次引入到锰基合金焊接，满足了大卷重冷轧要求；摸索出了独到的锰基合金金相浸蚀剂和显示方法，为科学的研究和工艺改进奠定了有利的基础；掌握了锰基合金气体含量分析方法。通过项目组的研究工作，完成预定研究目标。形成了 4J72 锰基合金冷带宽板轧制生产的一系列稳定工艺，生产成材率和生产效率显著提高，原料至冷带成品的综合成材率可达 48.66%。成为国内唯一掌握 4J72 锰基合金宽板轧制技术的生产厂家。产品已在多家用户大批量使用，证明该产品从化学成分、热膨胀系数、电阻率、力学性能到冷带单支卷重均达到进口材料水平，可以取代进口材料。北京北冶功能材料有限公司批量生产的产品达到国际同类产品先进水平。同时该产品大批量生产也创造了良好的经济效益和社会效益，三年来共生产 4J72 锰基合金冷带 2573.24 吨，新增产值 25456.63 万元，新增利税 6844.00 万元，实现利润 3597.38 万元。研究过程中取得了多项独有技术，其中《一种低气体含量金属锰及其制备方法》获得了国家发明专利：《锰基合金保护性浇铸方法》申请了国家发明专利，也进入实审阶段。

完成单位：北京北冶功能材料有限公司

完成人：陈军、任福全、白凤江、叶飚、杨爱红、万克军

编 号: 0288YJ

省 份: 四川 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高碳锰铁替代电解锰生产节镍型奥氏体不锈钢技术开发

关 键 词:

简 介:

完成单位: 四川金广实业(集团)股份有限公司、四川金广技术开发有限公司、云南天高镍业有限公司

完 成 人: 向花亮、杜俊涛、蒋雯冉、韦成贵、黄建林、张建国

编 号: 0289YJ

省 份: 天津 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 低成本、高效化、稳定生产洁净钢的复吹转炉集成技术研发与应用

关 键 词: 洁净钢; 复吹转炉炼钢; 炼钢工艺;

简 介: 该项目属于炼钢新技术开发, 着眼于对天钢高炉-转炉区段的工艺流程优化, 重点以天钢炼钢厂顶底复吹转炉功能解析和分阶段按需求优化吹炼模式的操作实施为切入点, 充分借鉴日本成功开发的MURC或LD-ORP技术的先进理念, 在充分掌握新吹炼技术的基础上, 将顶枪优化与石灰石造渣行为控制技术、转炉高拉碳出钢技术、脱碳期熔融还原技术、脱碳炉渣热循环利用技术等内容进行深度开发和实施, 以期实现规范的生产操作制度的建立和新工艺生产过程的稳定运行。通过技术创新、研究和应用获得如下研究成果及效果: 开发了大流量底吹供气成套装备及智能控制系统, 提高底吹供气强度调节范围, 由改造前的 $0.02\text{--}0.08\text{Nm/min.t}$ 提高到改造后的 $0.03\text{--}0.25\text{Nm/min.t}$ , 复吹转炉在强底吹操作条件下, 底吹透气元件寿命与转炉炉龄基本同步; 将若干单体技术集成应用在复吹转炉冶炼过程中, 实现复吹转炉分阶段作业模式, 低耗高效化生产洁净钢水转炉冶炼前期脱磷率达到7%, 中间倒渣量大于60%, 倒渣时间控制在3min以内; 实现了少渣冶炼条件下高效脱磷: 对于平均磷含量超过0.15%的铁水

条件，和常规冶炼相比，石灰消耗降低 50%，平均达到 19.5kg/t。总渣量减少 20%，平均达到 80.35kg/t，脱磷率平均达到 95%；在降低消耗并高效脱磷的情况下实现（石灰消耗 24.5kg/t，脱磷率达到 95.2%），高拉碳出钢的钢水碳含量达到 0.22%，锰矿熔融还原的金属锰回收率达到 60% 以上。通过新工艺创新应用，节能减排效果明显采用石灰石炼钢，使用生白代替轻烧白云石，有效降低了炼钢流程能耗和 CO 排放。同时减少 20.25kg/t 炉渣，每年减少 7.07 万吨炉渣排放。建立转炉新工艺生产、管理体系通过工艺的应用逐渐建立了与之配套的生产及管理体系，新工艺在生产中得到了大规模的应用，应用比例达到 97% 以上。降低生产成本与常规工艺对比，新工艺优化后降低生产成本 30 元/t 以上，年经济效益 1.069 亿元/年。在钢铁行业效益普遍下滑的形势下，全行业都在努力寻找降低生产成本、改善钢材质量的技术途径。该技术在天钢 120 吨转炉成功的实践，在国内同类技术中具有独到的特点，并达到国际先进水平，必将为中国低成本、高效化、稳定生产洁净钢技术的进一步推广，以及炼钢技术的发展做出重要贡献。

完成单位：天津钢铁集团有限公司、钢铁研究总院、北京大学

完成人：潘贻芳、曾加庆、侯葵、任茂勇、袁章福、杨利彬、王文辉、吴杰

编 号: 0290YJ

省 份: 宁夏 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 锰渣高温脱硫制硫酸锰资源化综合利用

关 键 词:

简 介: 该项目针对电解锰生产过程中大量废渣堆存, 造成土地占用和环境污染等问题开展了锰渣的资源化综合利用研究。项目主要研究内容包括: 将电解金属锰废渣烘干粉磨送入预热器预热至回转窑在还原剂的作用下高温煅烧脱硫, 将活化后的脱硫锰渣用于新型干法水泥生产, 软锰矿浆中的 MnO<sub>2</sub> 与煅烧烟气中的 SO<sub>2</sub> 逆向接触进行氧化还原反应, 生成 MnSO<sub>4</sub> 浆液, 制得合格电解液通过电解车间制取金属锰产品。项目创新点包括: 实现了化工、冶炼、建材的循环结合, 实现了冶炼废渣的资源化综合利用, 破解了电解金属锰废渣利用的世界性难题, 实现了硫资源的无限次循环资源化综合利用; 创新了硫酸锰的生产工艺, 使硫酸锰生产取消了软锰矿焙烧和使用硫酸浸取的老工艺, 降低了电解锰生产成本。该项目申请专利 2 项, 获得自治区科技成果 1 项。项目每年可处理电解锰废渣 230 多万吨, 生产硫酸锰电解液 960 万 m<sup>3</sup>, 直接经济效益达 1 亿元。项目的实施改变了电解锰的生产工艺, 实现了电解锰产业链的良性发展, 解决了电解锰废渣储存及污染环境的行业难题, 具有良好的社会、生态和经济效益。

完成单位: 宁夏天元锰业有限公司

完 成 人: 杨正有、石砚、宋正平、杨静宁、毛俊健、刘宁、尚国辉

编 号: 0291YJ

省 份: 安徽 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 铁、锰系锂电池正极材料前驱体制备关键技术及产业化

关 键 词: 电池正极材料; 前驱体制备工艺; 四氧化三锰; 磷酸铁; 铁锰系锂电池;

简 介: 该项目属于无机非金属材料领域。中钢天源从锂电池产业发展的实际需求出发,根据高端锂电池正极材料对前驱体的要求,进行了3多年的研究和实践,成功开发了具有自主知识产权的电池级四氧化三锰和电池级磷酸铁两种锂电正极材料前驱体。2013年中钢天源对电池级四氧化三锰进行产业化,2014年电池级磷酸铁以技术入股的方式在安徽铜陵进行产业化。主要技术内容包括:创新性的采用“复合催化氧化技术”和“催化掺杂一步法”制备电池级和掺杂型电池级四氧化三锰,该技术于2013年通过省科技成果转化鉴定,总体水平达到国内领先,其中采用复合和掺杂催化剂制备电池级四氧化三锰工艺达到国际先进水平。自主创新设计一套四氧化三锰中残余金属锰含量快速检测装置,提高了检测水平,保证了产品品质。在电池级四氧化三锰生产过程中,针对严格的Mn排放标准,采用母液回用技术,提高生产用水效率,实现绿色环保。自主设计一条磷酸铁生产工艺流程,实现体系pH多级控制,可得到高纯、高活性磷酸铁,该技术于2012年通过省科技厅科技成果转化鉴定,技术达到国内领先水平;采用

自主研制的雾化反应装置，实现一次颗粒小于 50nm 电池级磷酸铁大批量生产能力。成功研发出磷酸铁液相多离子掺杂技术，该技术条件温和，降低能耗，同时提高物料的均匀性，所掺杂离子进入磷酸铁晶格，增大了磷酸铁晶体的晶面间距，扩大了锂离子的脱嵌通道，有利于提高磷酸铁锂的电性能和产品的稳定性。项目产品铁锰系锂电池正极材料前驱体的产业化显著降低了锂离子电池正极材料厂家的生产成本(15%左右)，天津斯特兰能源科技有限公司拟全部采用项目产品。项目共申请专利 11 项，已授权发明专利 4 项，授权实用新型专利 2 项，2 项技术通过省科技成果鉴定，在 EI 和核心期刊发表多篇学术论文，拥有项目的全部自主知识产权。利用该项目技术成果建成 5000 吨/年电池级四氧化三锰和 5000/年吨磷酸铁生产线，均已投产。现分别着手 2 万吨/年电池级四氧化三锰和 1 万吨/年电池级磷酸铁扩建工程，预计分别于 2017 年底具备 2 万吨/年电池级四氧化三锰的生产能力和 2016 年底具备 1 万吨/年电池级磷酸铁生产能力。该项目产品已获得河北强能、泰丰先行、天津斯特兰、合肥国轩等国内 10 余家知名锂电正极材料生产企业的认可，并形成批量使用。由于电池级四氧化三锰产品的自身特点，技术自 2014 年产业化后，不仅应用于电池正极材料领域，还成功应用于电容、增重剂等领域，累计销售额达到 9760 万元，利润总额达到 808 万元。电池级磷酸铁 2015 年 1 月正式投产至 2015 年底累计销售额近 700 万元，利润总额超过 200 万元，实现当年投产当年盈利，成为马鞍山市以科技成果入股方式获得经济收益的典范，并且开创了马鞍山市专利投融资以及马鞍山市企业对外

技术投资的新突破。铁锰系锂电池正极材料前驱体两年共实现销售收入 1.05 亿元，实现利润 1000 万元。

完成单位：中钢集团安徽天源科技股份有限公司

完成人：骆艳华、杨洋、王志鹏、裴晓东、董泽友、马金保

编 号: 0292YJ

省 份: 广西 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 锰电解产品绿色生产关键技术集成及应用

关 键 词: 锰电解工艺; 节能电解槽; 脉冲电解装置;

简 介: 项目属于冶金技术领域。 锰电解产品是冶金、化工及新能源等领域的关键基础材料。 中国是全球最大的锰电解产品生产基地, 但一直存在锰矿品位低、工艺装备落后、能耗高、环境压力大、高品质产品少等问题。 项目历时 10 年, 通过技术创新集成, 在绿色生产方面取得了一系列成果, 推动了锰产业的可持续发展。 主要内容及创新点为: 过程强化理论及工艺、装备创新: 开发了国内最大的碳酸锰矿粗细分级联合磁选~全干选新工艺和装备, 攻克了低品位碳酸锰矿干法难以分选的技术难题, 使碳酸锰矿平均品位由 13.5% 提高至 18% 左右, 锰回收率达到 90% 以上, 每年减少生产排渣量约 30 万吨, 减少选矿废水排放量约 90 万吨; 发明了刚柔组合桨搅拌反应器混沌混合强化技术, 开发了同时适用于电解金属锰、电解二氧化锰的 250m<sup>3</sup> 大型钢制化合槽, 实现了锰矿浸出装置的大型化; 开发了一种国际领先水平的动力电池级高纯电解二氧化锰中和漂洗新工艺, 将钾、钠总含量从 3000ppm 降低至 500ppm 以内, 提高了产品的质量与附加值。 节能减排工艺技术创新: 创立了锰电解过程的分形生长理论, 开发了节能电解槽和脉冲电解装置, 使每吨电解金属锰产品电耗

下降 400kWh 以上，单板产量提高约 3%，电解槽使用寿命从原来的 3~5 年延长至 6~8 年，节能降耗效益显著；开发了一种硫酸锰溶液的深度净化技术，锰电解液中的各种金属离子杂质含量普遍下降 20% 左右，使锰电解进入低电耗区域，每吨电解金属锰产品电耗下降 50kWh。清洁生产及循环经济技术创新：开发了电解锰渣中可溶锰及硫酸铵回收技术，可溶锰及硫酸铵回收率超过 70%，有效降低了锰渣对环境的污染；开发了含锰生产废水的循环利用及锰资源的回收技术，实现了生产废水的零外排，废水中锰回收率达 90% 以上；开发了一种电解锰阳极泥中有价金属的回收技术，实现了阳极泥中锰的循环利用及铅的有效富集回收。项目获得国家 863 计划、国家自然科学基金、广西科学研究与技术开发计划等多项国家和省部级重大课题资助。共申请专利 49 件，其中 29 件获授权（发明专利 22 件，实用新型专利 7 件）；参与和主持制定国家和行业标准共 5 项；获省级名优产品 1 项；出版专著 2 部；发表论文 28 篇。成果已在中信大锰的大新、天等分公司获得产业化应用，形成了年选矿 120 万吨、电解金属锰 13 万吨、锂锰电池级电解二氧化锰 3 万吨的生产规模。近三年新增产值 36.45 亿元，新增利润 2.54 亿元，新增税收 2.22 亿元。经济和社会效益显著。

完成单位：中信大锰矿业有限责任公司、广西大学、重庆大学

完成人：李维健、粟海锋、陶长元、李同庆、刘作华、刘春明、明宪权、范兴、黄炳行

编 号: 0293YJ

省 份: 广西 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 新型悬浮剂及中和剂在高性能电解二氧化锰生产中的应用

关 键 词:

简 介: 该项目采用的钛基钛锰涂层合金阳极, 结合了纯钛阳极机  
械强度好和钛锰合金阳极抗钝化两者的优点, 克服了两者的缺点, 并  
且可实现阳极的节能化和结构的大型化。据了解国外电解二氧化锰生  
产至今仍旧使用纯钛阳极。该项目将研究可使产品放电性能进一步提  
高的第 2 代悬浮剂, 该悬浮剂是一种新型符合型悬浮剂, 克服了原来  
的单一悬浮剂分散效果不好、导致电解时产品在极板上中下三层不均  
匀的缺点, 保证了产品的质量, 同时提高了产量. 在后续处理过程中  
采用新型中和剂处理产品, 大大降低了产品中的 K、Ca、Na、Mg 等杂  
质含量, Ca、Mg 含量由原来的 500ppm 降到 200ppm 以下, K、Na 含量  
由原来的 3000ppm 降到 200pp 以下, 完全满足锰酸锂离子电池正极材  
料的要求, 为新型电池原料提供更为广阔的来源。相对于电解金属锰  
等锰产品而言, 电解二氧化锰是锰系产品中科技含量较高的产品。针  
对采用贫锰矿为原料生产电解二氧化锰过程的特点, 中国已研发了悬  
浮法电解工艺, 取得了提高产品性能和生产率的明显效果, 生产规模  
发展迅速, 2006 年实际产量已达 16 万吨, 产品打破了美、日长期垄  
断进入国际主流市场, 使中国成为世界第一大电解二氧化锰生产国和

出口国。该课题成果在产业化应用后，将有力地推动中国电解二氧化锰生产工业的发展，使中国电解二氧化锰的产品性能达到国际同类产品的先进水平。提高产品的市场竞争力和附加值，提高产品在国内外市场中的占有率和销售价格。据计算，每吨产品可提高售价 500-1000 元，无汞碱锰电池级电解二氧化锰产品世界市场总需求量达 25 万吨/年左右，并且以每年 5-8% 的适当在持续增长。现在中国产品在国内外市场总需求量中所占比例仅约 20%，其中高端产品所占份额更低。该课题成果在国内电解二氧化锰行业全面推广以后，每年将可增加十数亿元的直接经济效益。从社会作用来说，该项目的成功开发为中国低品位锰矿的利用提供了更广阔的空间，提供了一条高起点、发展高附加值产品生产的新途径，尤其是对振兴中国西部地区的经济发展将有较大的贡献。

**完成单位：**中信大锰矿业有限责任公司、中南大学、湘潭大学、湖南泰阳新材料有限公司

**完成人：**李维健、詹海青、陈南雄、李同庆、黎贵亮、贺跃辉、肖逸峰

编 号: 0294YJ

省 份: 湖南 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 冶金、化工固体废物安全大宗利用关键技术

关 键 词: 固体废物利用; 烧结工艺; 加气砌块;

简 介: 冶金、化工行业是该省乃至中国工业固体废物的主要排放来源, 2010 年中国冶化行业固废产量高达 6.4 亿吨, 占全国工业固废总量的 28.4%。冶化固废成分以钙、硅、铝盐类物质为主, 其中含有难以处理的重金属有害物, 传统资源化方法是利用其类硅酸盐物质的大然胶凝性生产建筑材料。然而, 长期以来缺乏对固废利用的综合评价体系和安全处理方法, 传统工艺无法有效提高弃渣的胶凝性, 难以保证废物大规模资源化的无污染利用, 影响了冶金化工行业的可持续发展。该项目在 3 项湖南省科技重大专项、2 项国家 863 计划课题、国家杰出青年基金等项目的支持下, 产学研合作, 重点围绕冶化固废资源安全大宗利用技术开展创新研究, 创建了冶化工业区固体废物安全性评价体系, 研发了复合外场有效激活固废中胶凝成分新方法, 发明了固废低温软化烧结新工艺, 开发了基于托勃莫来石特征的复合胶凝生产加气砌块新工艺; 形成了冶化行业固废安全大宗利用关键共性技术。主要创新如下: 1、基于冶化固废有害物质物相分析与聚类模糊层次分析法, 创建了冶化工业区大宗工业固废安全利用评价系统, 研发了固废中重金属化合物包裹固定预处理新方法, 处理后重金属浸

出毒性及放射性等指标优于国家相关标准,为冶化固废安全利用提供科学依据与奠定基础。2、揭示了冶化固废钙、硅、铝等成分的活性与其结构的关系,建立了复合外场有效激活固废中胶凝成分新方法,为固废在建材生产中实现大比例掺入提供技术保障。3、攻克了传统烧结制砖工艺利用高能耗提高产品强度的难题,揭示了冶化固废软化烧结规律,发明了锰渣等冶金固废低温软化烧结制砖新工艺,烧结温度降幅 100℃,同时烧结砖的抗压强度可达到 22.64MPa。4、揭示了固废托勃莫来石的物相转化机制,优化了废物成分工艺配比,开发了基于托勃莫来石结构特征的复合胶凝加气砌块生产新工艺,固废的掺入比例提高了 27%,产品强度超过国家标准 1.0MPa,生产成本下降 20%。项目发表重要期刊论文 30 余篇、专著 1 部,培养教育部“长江学者”奖励计划特聘教授、国家 863 计划资源环境技术领域主题专家、湖南省科技领军人才各 1 名,获批了国家重金属污染防治工程技术研究中心。项目申请发明专利 10 项、授权 3 项,软件著作权 1 项,先后在中南五省最大的烧结砖生产企业湖南金鼎建材有限公司、该省最大的加气砌块生产企业湘潭市飞山奇建材有限公司等 10 家大型企业成功应用,其中 4 家为该省加气砌块生产企业前十名。项目建立了 5000 万块/年锰渣烧结制砖生产线,形成了 150 万立方米/年加气砌块生产能力,消纳利用电解锰渣、电石渣等冶化固废 300 万吨,生产的加气砌块、锰渣烧结砖等建材产品广泛安全应用;统计的 9 家企业累计新增产值 6.12 亿元、利税 1.71 亿元、节支增收 0.5 亿元。引领了冶金化工固废资源安全大宗的技术进步,为改善湘江流域环境质量、促进

长株潭“两型社会”建设作出了突出贡献。

完成单位：中南大学、湖南工业大学、湘潭电化科技股份有限公司、株洲市霞湾建材有限公司、湖南恒宇建材有限公司、湖南省建筑材料研究设计院有限公司

完成人：柴立元、汤建新、彭兵、柳全丰、胡舜钦、滕明珺、闵小波、梁彦杰、刘乐安、张塘柏、彭长青、黄忠卫

编 号: 0295YJ

省 份: 湖南 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高性能烧结锻轧锰生产工艺的研究与应用

关 键 词: 锻轧锰; 生产工艺; 真空烧结设备; 钢铁冶金;

简 介: 项目背景: 锰在钢铁冶炼中起脱氧、脱硫、合金化等作用, 锰的存在不仅能消除或减弱因硫引起的热脆性, 提高钢铁材料的热加工性能, 形成和稳定奥氏体组织的能力仅次于昂贵的金属镍, 同时也能强烈提高碳钢和合金钢的淬透性。传统锰产品在新型冶炼行业时存在以下问题: 电解金属锰片晶间结构太致密, 且表面易形成氧化膜, 冶炼时回收率太低; 金属锰粉是易燃危险品, 且易氧化, 比重小, 使用时容易快速扩散, 不能和炉料充分合金化; 金属锰块形态、大小不一, 使用时小块的马上在炉面熔解, 大块的易沉入炉底, 且锰块是中频炉熔炼而成, 晶间结构太致密, 冶炼时回收率太低。尤其是在新型铝合金行业, 原来因传统锰产品不能用, 而使用锻轧锰铝合金, 但这样成本没有锻轧锰低, 使用效果也不如锻轧锰好。项目研究目的: 锻轧锰产品没有国家标准及行业标准, 各厂家基本上是按企业标准及客户需求来生产。该项目研究的主要目的, 在传统的工艺基础上, 进行创新, 改进产品性能, 提高附加值, 制定企业标准, 应用研究成果, 生产出高性能锻轧锰产品, 增强产品市场的竞争力。项目意义: (1) 符合国家的节能环保政策。该项目能耗及产出水平相对于传统其他锰

合金化添加剂(如锰锭产品)，具有不可比拟的优势，锻轧锰是通过冷轧制成型再烧结，单位产品用电是锰锭的1/6。(2)有利于湘西州锰深加工高新技术产业化基地的建设，促进区域产业结构调整和优化升级。湘西州锰深加工高新技术产业化基地在2010年被认定为国家基地。近年来，为了提高高新技术产业在区域经济中的比重，促进区域产业结构调整和优化升级，加速高新技术成果产业化，在州委、州政府的正确领导下，州锰产业基地紧紧抓住国家扩大内需、实施产业调整和振兴的机遇，突出“科技引领、产业升级、绿色生态”的理念，以自主创新为动力，以产业升级为主线，以项目建设为重点，延长锰精深加工产业链，提高产品附加值，促进锰产业由“资源型”向“创新型、节约型”发展。1.项目技术路线：电解金属锰→锻轧成金属锰粉→锻胀成型→瞬时加热固型→冷却→真空烧结→出炉→检测→成品入库。项目成果：该项目，开发了锻轧锰的烧结工艺，采用新型粘结剂，通过真空烧结，提高了锻轧锰的机械强度，降低了硅、硫、氧等杂质含量。研制了真空烧结设备和配套的真空净化罐，建立了自动化锻轧锰生产线，形成年生产能力1.5万吨，产品在钢铁冶金行业得到良好的应用，前景广阔。项目产品累计实现销售收入4亿余元，创汇6300万元美元，利税3500万元，将进一步加强研究应用。

完成单位：湘西自治州丰达合金科技有限公司、湖南三鑫锰业科技有限公司

完成人：王国宁、杨家冬、李绍东、刘汉勇

编 号: 0296YJ

省 份: 重庆 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 电解金属锰节能减排关键技术研究与应用

关 键 词: 金属锰; 电解工艺;

简 介: 锰是国家战略性资源, 有“无锰不成钢”之说。但电解锰产业面临资源利用率低、能耗高、污染重等突出问题, 节能减排任务艰巨。电解锰污染问题得到了胡锦涛同志和李克强同志的高度重视和多次批示。因此, 开发电解金属锰节能减排新技术, 对重庆及全国电解金属锰产业的可持续发展具有重要意义。该项目针对电解锰产业关键技术问题, 通过原理创新、技术创新和工艺创新, 形成电解锰节能减排集成技术, 包括如下创新点: 首次研究发现并阐明了电解锰过程中电化学振荡、分形生长等非平衡非线性行为及其机理, 研发出脉冲电解、多孔阳极等节能电解系列新技术及脉冲电解新设备。在相关企业应用后, 吨锰平均电耗由  $6200 \text{ kW}\cdot\text{h}$  降低到  $5600 \pm 200 \text{ kW}\cdot\text{h}$ , 阳极泥减少 80%。基于混沌混合强化流体传递与锰矿浆高效浸取的动力学行为及规律, 研发出空气射流强化锰矿浸出与空气氧化除铁新技术及新设备。在相关企业应用后, 锰矿平均浸出率由 80% 提高到 95%, 吨锰软锰矿消耗量由  $500 \sim 600 \text{ kg}$  降低到  $0 \sim 100 \text{ kg}$ 。针对城口地区高硫高磷锰矿利用难的问题, 研发出高磷锰矿选别及高硫锰矿脱硫新技术。脱磷率可达到 98.1%, Mn 回收率 97%, 硫含量可降低 90% 左右。

使城口县 800~1000 万吨高硫、高磷复杂难选锰矿得以利用。研发出电场强化电解锰渣预处理、废水中硫酸锰及硫酸铵资源化利用新工艺技术及设备。在企业应用后，废水中锰离子浓度由 2~12g/L 降低到国家排放标准 2 mg/L 以下。重庆市科学技术委员会组织专家对项目进行了科技成果鉴定认为“项目获权发明专利 16 项，发表相关论文 34 篇……项目相关成果已……得到广泛应用，经济和社会效益显著，项目成果达到国际领先水平”。成果在重庆武陵锰业有限公司、秀山县嘉源矿业有限责任公司、中信大锰矿业有限责任公司得到全面应用，近三年来因产能提高新增销售收入约 40.16 亿元，节约生产成本约 3.76 亿元。同时技术还在城口富宇锰业、广西靖西一洲锰业、攀钢等企业得到应用，取得了显著的经济效益。由于技术突破，城口富宇锰业公司于 2011 年底开工投产，标志着城口 800~1000 万吨高硫高磷复杂难选锰矿步入工业化应用，将带动就业 10 万人以上，经济效益超 400 亿。电解技术推广到攀钢，攻克了提钒废水回用难题，保障了钒钛磁铁矿这一重大战略资源的可持续开发。技术在全国推广后，预计综合经济效益 50 亿元/年，带动就业超 20 万人。

**完成单位：**重庆大学、重庆武陵锰业有限公司、中信大锰矿业有限责任公司、秀山县嘉源矿业有限责任公司、重庆市国土资源和房屋管理局

**完成人：**陶长元、刘作华、范兴、杜军、刘仁龙、张飞、杨绍泽、明宪权、陈南雄、吴和财、胡晓风

编 号: 0297YJ

省 份: 重庆 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 搅拌反应器混沌混合强化技术及应用

关 键 词: 搅拌反应器; 废水除杂工艺; 强化方法;

简 介: 针对化工搅拌反应器内流体混合存在的能耗高、效率低及放大难等问题, 项目研究了流体混沌混合机理及搅拌反应器强化方法, 形成了搅拌反应器放大新技术。提出: 流体混合效率准数  $C_e$ ; 采用小波分析处理压力脉动信号或扭矩信号, 获取混沌特性参数, 用于表征流体混沌程度; 用分数阶系统 Navier-Stokes 方程描述流场结构演化规律; 建立基于流场最大 Lyapunov 指数的搅拌反应器放大准则; 流体混沌混合强化的新方法: 促使流场隔离区与混沌混合区界面失稳。通过过程强化原理创新、装备创新与过程优化, 实现过程强化, 形成了一整套具有自主知识产权、居于国际先进水平的搅拌反应器混沌混合强化技术。技术创新点: 发现了混沌混合调控流场结构以及强化高粘度流体混沌混合过程的规律。 研发出刚柔组合桨和高粘度流体混沌混合新技术, 应用于重庆武陵锰业有限公司锰矿浸出, 浸出率提高 10 个百分点, 浸出时间缩短 2-3 小时; 应用于重庆三峡水务有限公司聚丙烯酰胺溶解, 改造生产线 1 条, 溶解时间由 1-2 小时缩短到 20-30 分钟。 研发出多相流搅拌强化新技术, 应用于中信大锰矿业有限责任公司锰矿浸出, 浸出时间缩短到 5-6 小时, 减少锰渣排放

2 万吨/年；应用于攀钢集团沉钒废水除杂工艺，除杂处理后的提钒废水满足电解锰电解过程要求。研发出混沌电机耦合刚柔组合桨强化新技术，应用于秀山县嘉源矿业有限责任公司锰矿浸出，提高了锰矿浸取率、缩短了浸取时间；应用于西南合成医药集团有限公司维生素 E 萃取分离，产量提高 20%。知识产权及团队建设：申请发明专利 9 项，获授权发明专利 4 项，已发表相关论文 34 篇，出版专著 1 部。团队中 1 人入选重庆市十大节能减排突出贡献专家，2 人入选重庆市科技特派员，2 人入选重庆市科技创新领军人才，2 人入选重庆市百名工程技术高端人才，1 人入选广西自治区政府特聘专家。1 人入选教育部新世纪人才，培养博士 5 名、硕士 15 名。应用推广及效益：项目成果在重庆武陵锰业有限公司、秀山县嘉源矿业有限责任公司、中信大锰矿业有限责任公司、攀钢集团西昌钢钒公司、重庆三峡水务有限责任公司、西南合成医药集团有限公司等企业得到工业化应用，提高了资源综合利用效率和企业的竞争力。依据审计报告，近三年新增销售收入约 34.74 亿元，节约生产成本约 20.84 亿元，环境效益和社会效益也非常显著。

**完成单位：**重庆大学、清华大学、重庆武陵锰业有限公司、秀山县嘉源矿业有限责任公司、中信大锰矿业有限责任公司

**完成人：**刘作华、陶长元、王运东、刘仁龙、朱俊、杨绍泽、明宪权、朱海鸥、唐秀伟、陈南雄、吴和财

编 号: 0298YJ

省 份: 青海 年 份: 2018

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 青海省东昆仑地区沉积变质型锰矿找矿突破和技术研究

关 键 词:

简 介:

完成单位: 完成单位: 青海省第三地质矿产勘查院

完 成 人: 王生明、王宗胜、刘智刚、张大明、白国龙、周青禄、李建亮

编 号: 0299YJ

省 份: 广西 年 份: 2014

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高含泥含水低品位细粒软锰矿生产电解二氧化锰关键技术研究与应用

关 键 词: 二氧化锰; 锰矿; 生产工艺;

简 介: 该项目属于化工和湿法冶金领域。该技术主要解决锰加工行业所用锰矿原料日益贫化、来源无法得到保障的困境,开展低成本、高效率利用高含泥含水低品位的软锰矿资源的技术研究。传统电解二氧化锰或者电解金属锰行业采用的锰矿主要以碳酸锰矿为主,经过多年的开采,采出的碳酸锰矿日渐贫化,锰含量只有 10-14%,碳酸锰矿其资源不断枯竭,使得企业不得不面对如何应对生产电解二氧化锰原料来源的困境,因而将目光关注到广西区内大量储有的低品位、高泥高水的氧化锰矿,锰含量为 20%左右,含水量高达 50%以上,泥份高达 26%左右,粒度分布细、硬度低,火法冶金无法利用。该技术针对高泥、高水、低品位软锰矿利用难度大的问题,开发了将软锰矿高效预处理的湿式闭路粉磨分级系统直接嵌入电解二氧化锰生产线的新工艺,免除了单独洗矿工序,避免了锰矿在洗矿过程中损失,显著地提高了锰资源的回收利用率;采用压滤技术直接处理粉磨矿浆,滤水直接返用,滤饼投入化合槽反应的技术,解决了湿式投料计量难的问题,确保了硫酸锰电解液浓度的稳定。该技术发明的关键是将水破

-螺旋分级-球磨-螺旋分级进行封闭循环运转，并将这个闭路循环系统直接嵌入到电解二氧化锰生产线中，通过将破碎矿浆与研磨矿浆在同一台螺旋分级机上分离，并且分离矿浆经过压滤成滤饼进行称重后直接进入化合槽，不仅解决了湿法磨矿的计量难题，而且缩短了生产电解二氧化锰的工艺流程，提高生产效率，与传统干法研磨相比，又免除了烘干工序，显著降低了能耗和成本，工艺新颖，在国内获得国家发明专利 1 项，同时在美国、澳大利亚和新加坡和日本申请的发明专利受理并公开。该技术已经在广西有色金属集团汇元锰业有限公司成功应用 3 年，生产运行稳定，生产电解二氧化锰产品近 4 万吨，产品经广西壮族自治区冶金产品质量监督检验站检测，符合 QB2106-1995 标准，产品已在国内外销售，销售收入 3.6 亿元，利润达 8000 万元，取得了显著的经济、社会和环境效益。

**完成单位：**广西有色金属集团汇元锰业有限公司、中国科技开发院广西分院

**完 成 人：**陈奇志、万维华、韦国柱、贾艳桦、黄科林、周个妹、史磊

编 号: 0300YJ

省 份: 广西 年 份: 2015

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 三等奖

项目名称: 低品位多价态混生锰矿生产电解金属锰关键技术应用

关 键 词: 金属锰; 除杂剂; 净化除杂工艺;

简 介: 所属科学技术领域、简要背景、主要技术内容及发明要点、知识产权、推广应用及效益情况。该项目属于化工领域,项目主要是针对碳酸锰与氧化锰混生或者掺杂型的锰矿,因其矿相结构复杂、杂质种类繁多且含量高、净化除杂成本居高不下难题,开展净化方法和工艺并进行工业化应用的技术研究。通过研发复合型净化除杂剂、采用多层级的深度除杂技术,以及在净化除杂及电解工序的全流程精确控制技术,解决了多矿相复杂型混生锰矿的利用难题,并低成本的应用于工业化生产,生产出合格的满足用户需求的电解金属锰产品,该技术的研发解决了电解锰行业多年来对单一的碳酸锰矿资源的过度依赖所导致的碳酸锰原料日益匮乏、品位不断降低的困境,为锰深加工企业开辟了一条锰矿合理综合利用的新途径。该项目通过自主研发通过多项技术集成及控制技术的优化匹配解决了低品位多价态的混生矿生产电解金属锰过程中的除杂难、生产指标不好的难题,实现了充分利用广西的各种锰矿资源。该技术具有如下创新:将两矿法及碳酸锰矿法生产电解金属锰的化合浸出、除杂及电解的控制技术进行集成并进行针对性的优化,创新性的应用在低品位多价态氧化锰-碳酸

锰混生矿生产电解金属锰的工业化生产中，解决了低品位混生矿可持续利用的问题。自主研发适合低品位多价态混生锰矿制得的硫酸锰溶液净化的除杂剂，采用多层次、分阶段的深度除杂净化技术，确保电解金属锰产品质量合格、成本可控。针对低品位多价态的混生锰矿生产电解金属锰，研究出高 pH 值控制、定时交替调整槽而放液管位置等技术，确保了槽液锰均匀分布，阴极板上锰均匀，并通过自主研发脱落到隔膜框中金属锰粒子的有效回收技术，显著提高金属锰产品质量和产量。项目中采用的工艺技术有三项已经获得国家发明专利的授权，“一种多矿法生产电解金属锰过程中的净化方法，专利号：201310006950.0”：“一种电解金属锰的生产方法，专利号：201310006953.4”：“金属锰电解隔膜框中金属锰粒子的分离回收方法，专利号：201110187494.5”。项目采用专利技术获得优良的技术经济指标主要表现如下：采用低品位复合混生矿生产电解金属锰的锰回收率  $> 75\%$ ；硫酸锰浸出液经过自主研发的净化除杂工艺技术实现锰的总损失率  $\leq 0.4\%$ ；精制硫酸锰溶液中锰含量及杂质含量达到或者超过行业标准；单板金属锰产量大于 3.2kg，直流电耗小于 6700kWh/t；阳极渣的生成率小于 5%；氨耗和硒耗接近碳酸锰法的指标，单位成本相比碳酸锰法低 1800 元/吨。低品位多价态混生锰矿生产电解金属锰解决了电解金属锰企业而面临的碳酸锰矿日益贫化的难题，对广西区的锰矿资源进行了优化利用，拓宽了低品位锰矿资源应用渠道，同时生产过程中的废液完全循环利用，构建了环境友好型的生产模式，对实现环保高效、节能降耗，具有重要的意义，该技术的

应用推广将对该区冶金科技水平的提高，促进该区冶金技术的发展起到示范和促进作用。该项目于2013年3月通过专家鉴定，成果达到国内领先水平。

完成单位：广西有色金属集团汇元锰业有限公司、中国科技开发院广西分院、广西大学

完成人：陈奇志、万维华、李学锋、贾艳桦、吴睿、史磊、黄映恒

编 号: 0301YJ

省 份: 广西 年 份: 2017

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 三等奖

项目名称: 采用耦合焙烧技术富集氧化锰矿生产电解金属锰技术研发与应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 广西有色金属集团汇元锰业有限公司、湖南工业大学、中国科技开发院广西分院、广西民族大学

完 成 人: 陈奇志、万维华、史磊、陈晗、贾艳桦、卢彦越、王则奋

编 号: 0302YJ

省 份: 广西 年 份: 2017

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 三等奖

项目名称: 半封闭矿热炉生产锰硅合金废弃物资资源化利用关键技术及应用示范

关 键 词: 矿热炉; 锰硅合金; 废弃物资资源利用

简 介: 该项目属于冶金环保领域, 着重解决铁合金生产产生两类废弃物—烟气和废渣资源化利用的关键技术问题。废烟气所含热焓相当于输入电能的 60-70%, 由于温度低、粉尘浓度高、粒度小一直没有工业化应用, 造成能源浪费严重(项目承担单位每年就有 4.8 亿 kWh 左右)。废弃炉渣是含锰约 12% 的工业废渣, 各企业长期堆存渣场, 项目承担单位年产废渣约 20 万吨, 造成严重的环境压力。如何经济合理解决烟气和废渣的回收利用问题是铁合金行业的一大技术攻关课题之一。该发明是针对这两类废弃物开展资源化利用技术研究, 在废气和废渣回收利用技术方面共获得三项发明专利。一是通过控制烟气含氧量为核心的技术手段对低温烟气进行改质处理, 推导出半封密矿热炉冶炼烟气温度、烟气量与烟气含氧量的函数公式, 发明了基于烟气含氧量的烟气温度和烟气量测控装置, 开创了低温烟气余热回收用于发电的成功案例。二是针对传统一步法生产 FeMn68Si18 产生的废渣进行资源化利用技术开发。采用“二步法”生产 FeMn68Si18, 产生的炉渣再用于生产 FeMn60Si30(低碳高硅锰硅合金)。针对不同

含硅量的锰硅合金对锰原料和渣系的需求不同，通过优化调整不同冶炼阶段的渣型，合理控制碱度、配碳量、实现选择性还原，最终废弃渣中 Mn < 5%，节约了锰矿资源，同时减少了固体废渣的排放量，有利于环境保护。该项目创新性是建立了基于烟气含氧量的烟气温度、烟气量、锅炉蒸发量及锅炉效率的计算模型，开发出通过监控烟气含氧量为关键技术手段的烟气温度及烟气量测控技术及装置，实现了低温烟气的余热回收和产业化应用；是创造性的开发二步法生产锰硅合金新技术，利用不同锰硅合金品种对锰原料和渣系需求不同，充分回收锰硅等有价金属元素，锰综合回收率提高到 95.13%，FeMn60Si30 的硅回收率达到 59.6%。该发明在 FeMn68Si18 生产中不产生固废渣，在生产 FeMn60Si30 时，渣铁比只有 0.8 左右，显著降低了固废渣的排放，具有行业引领作用。该项目采用的工艺技术获得 3 项授权发明专利。烟气余热回收利用技术应用于广西铁合金有限责任公司两台 16.5MVA 的半封密锰硅合金矿热炉，建设了一座烟气余热电站，发电功率 2158kW；指导重庆渝经能源技术设计研究院设计完善重庆城口泰正公司矿热余热发电项目，建成 3000kW 余热电站。二步法生产的 FeMn68Si18 和 FeMn60Si30 技术也在广西铁合金有限责任公司的三台矿热炉中应用，生产 FeMn60Si304 万吨，减少固体废弃渣排放量为 2.6 万吨，回收有价锰达 2000 吨。发明技术为企业增收 3035 万元、增利 441 万元、增加税收 1187 万元、节约成本支出 1577 万元。

**完成单位：**广西铁合金有限责任公司、中国科技开发院广西分院

**完成人：**曾世林、贾艳桦、钟耀球、吴永长、赵洪洋、吴军、曹志

强

## 二、炭基材料

编 号: 0303YJ

省 份: 国家 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 宁东特大型整装煤田高效开发利用及深加工关键技术

关 键 词:

简 介: 该项目属煤矿开采和矿山综合利用领域。随着中国经济快速发展,煤炭消费持续增长,石油对外依存度不断提升,煤化工面临诸多技术瓶颈,煤炭产业链延伸动力不足,科学合理的开发利用现有煤炭资源迫在眉睫。宁东煤田是中国西部能源“金三角”的重要组成部分,是以无烟煤、焦煤、烟煤等优质煤种为主的罕见整装煤田,含煤面积约 3500 平方公里,煤炭探明储量 273 亿吨,预测资源量 1394 亿吨。但宁东煤田地质构造复杂、地层松软富含水、煤层易自燃且赋存形态多变,矿井快速建设和安全高效生产难度极大,煤炭气化等煤炭深加工产业化发展面临严重技术瓶颈。该项成果是在宁东特大型煤炭基地开发建设实践中,经过十年的创新研究和科技攻关取得了以自主创新为主具有国际领先水平的技术成果,支撑了国家立项的多个大型产业化工程,实现了宁东煤田安全高效开发利用、提高了优质煤炭资源产能和加工利用水平、延长了煤炭产业链,对保障国家能源安全,促进煤炭产业升级,实现煤炭向燃料和原料并举转变,推动区域经济发展具有重要的战略意义。主要创新成果如下:首创宁东特大型整装煤田亿吨级煤炭雄地高效开发关键技术。自主研发了系列千万吨级大

倾角大起伏大采高工作面系列国产成套装备；开发了高韧性难冒放厚顶煤“多方位分区域可控顶煤弱化”技术；首创了井上下综合液氮防灭火工艺和千米定向钻进探放水技术，实现了复杂厚煤层的安全高效回采。首创西部复杂地层大断面井筒快速施工技术。自主开发了热盐水循环控制冻土边界、花管释放冻胀压力等关键技术，首创了软岩地层保护既有井筒的非全井控制冻结设计与信息化施工关键技术；首次将靶域钻进技术等引入 650m 深大直径降水井和疏导孔施工中，开发出深孔疏降水凿井技术。首次实现煤制丙烯技术的集成创新及规模化应用。创新了煤粉密相稳定输送和煤气洗涤技术；开发了甲醇制丙烯工艺中的激冷和关键杂质的去除技术；研制了甲醇转化烃类裂解分子筛催化剂的设计与制备技术。首次以超低灰无烟煤取代传统工艺原料，自主研发了活性炭炭活化炉大型化制备技术、无烟煤冶炼绿质碳化硅生产技术、无烟煤石墨化工艺技术和高温可燃烟气回收利用技术。实现了煤炭从燃料到炭基材料的高附加值转化。项目在宁东成功实施后，2011?2013 年累计新增产值 832.6 亿元，新增利润 183.57 亿元，增缴税收 142.85 亿元。煤炭开采技术成功应用于陕西、甘肃、新疆等多个矿区，煤化工技术在陕西等地得到推广，煤化工产品已替代石油化工产品在国内广泛应用，以无烟超低灰纯煤为原料的绿质碳化硅和石墨化产品主要指标优于传统工艺及传统原料生产的同类产品，具有较强的市场竞争力。该项目获授权专利 93 项（发明专利 8 项），发表论文 240 篇，出版专著 4 部。项目的核心成果获省部级特等奖 1 项、一等奖 4 项、二等奖 6 项。煤炭、化工领域院士及专家经现

场实地考察和鉴定认为：“项目整体达到国际领先水平”。

**完成单位：**神华宁夏煤业集团有限责任公司，中国矿业大学，西安科技大学，煤炭科学研究院，西安交通大学

**完成人：**王俭，李玉民，周光华，樊永宁，关清安，郭菊娥，李光明，张忠富，赵林，刘洪涛

编 号: 0304YJ

省 份: 宁夏 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 固相无压烧结碳化硅复相防弹陶瓷研发

关 键 词:

简 介: 该项目以 SiC 为主体材料, 加入第二、第三相, 对材料进行改性, 制备出复合粉体, 经过固相无压烧结, 使产品具有优异的抗弹击能力。制备出的防弹陶瓷产品的理化指标优异 (密度大于  $3.14\text{g/cm}^3$ 、HRA 硬度达到 95、三点抗弯大于 460 MPa), 不变形、不翘曲, 大体积净型砖不开裂, 防弹性能达到美国司法部标准 (NIJ Standard-0101.06) 中的 IV 级防弹要求。在国内各次打靶试验中, 我公司的防弹产品优于其它企业的同类产品, 人体防弹制品试验结果高居榜首, 各项性能指标居国内第一。项目已申报国家发明专利 6 项, 授权 1 项, 授权实用新型专利 3 项; 发表论文 2 篇。通过项目实施, 可带动本地区碳化硅产品由初级原材料向高技术、高附加值转化, 促进行业的高值化发展, 对碳化硅产业可持续发展起到积极的推动作用。同时, 通过项目产品的推广应用, 对我国的军工、国防建设与社会治安具有重要推动作用, 经济、社会效益显著。

完成单位: 宁夏机械研究院股份有限公司

完 成 人: 张光荣、付利华、赵文林、姜伟、段春雷、李虎、李晓臣、

编 号: 0305YJ

省 份: 安徽 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 干熄焦高效和长寿技术的开发与应用

关 键 词: 干熄焦装置; 干熄炉结构改进; 除尘灰利用;

简 介: 该项目属于炼铁科学技术领域。主要内容: 干熄焦高效和长寿技术的开发与应用。干熄焦技术起源于瑞士, 突破于前苏联, 20世纪70年代日本在干熄焦大型化、自动化方面进行了有效改进, 我国干熄焦于80年代国外引进。目前干熄焦工艺技术基本成熟, 但干熄焦高效运行是目前行业内重点关注问题, 为此高效和长寿是干熄焦技术的发展方向, 只有把这两方面技术提升, 才能使得干熄焦装置发挥最大的经济效能和环保效能。因此, 2005年马钢立项了“干熄焦高效和长寿技术的开发与应用”项目。本项目中干熄焦除尘灰高效利用和环保输送、干熄炉立体模块检修工装, 以及干熄焦关键设备的技术创新属于干熄焦高效技术提升范畴。其一, 针对干熄焦除尘灰目前汽车运送污染和炼铁烧结低效利用的技术背景, 提出了“气力输送”和“高炉喷吹”的设计思路, 开发了“干熄焦除尘灰气力输送和高炉喷吹技术”, 并于应用于马钢生产线, 解决了输送污染问题, 使得含碳量85%以上的干熄焦除尘灰得到高效利用, 并获得国家发明专利。其二, 针对传统干熄炉检修工装低效问题, 提出了“立体模块工装”的设计思想, 作业效率提升约35%, 并创造了国内干熄焦中修工期25

天的最新纪录。其三，干熄焦关键设备提升机和一次除尘器高温排灰装置的技术创新，使得上述设备先进性和可靠性得到提升，并获得二项发明专利。干熄焦长寿技术的关键在于其主体设备干熄炉的使用寿命。为此，马钢开展了干熄炉结构，以及干熄炉耐火材料和砖型的改进。其一，本项目创建的“一种新型干熄炉环形气道”，解决了其承受1000℃高温和装焦过程阵法性烟气冲击而出现的“鼓肚”和“倒塌”问题，并获得国家发明专利。其二，耐火材料开发：一是针对干熄炉斜道区为悬臂结构，加之高温和高速气流的冲刷，极易出现“牛腿砖”折断和烧熔，开发了“高强度抗折断氮化硅-塞隆相结合碳化硅砖”( $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Si}_{6-x}\text{Al}_x\text{N}_{8-x}$ 结合相)，其高温抗折 $\geq 45\text{MPa}$ （现有技术 $\geq 25\text{MPa}$ ），热震稳定性：1100℃水冷 $\geq 80$ 次（现有技术：1100℃水冷 $\geq 60$ 次），解决了“牛腿砖”折断和烧熔的问题；二是开发了干熄炉冷却段“高耐磨性莫来石-刚玉砖”，其耐磨性能达到4.0 cc以下（设计 $\leq 9.0$  cc），解决了冷却段快速磨损的问题；其三，环形气道砖型改进为左右立向和上下水平方位勾舌和钩槽结构，保证了砌筑体咬合强度；其四，装入水封槽改进为L型耐火砖保护层，解决了钢质水封槽龟裂和开焊问题。以上技术的开发和应用，使得马钢干熄焦中修周期由传统的二年突破为六年。应用推广情况：本项目年综合直接经济效益为3500多万元。本项目中的“干熄焦除尘灰气力输送和高炉喷吹技术”，以及“一种新型干熄炉环形气道”等关键技术具有很好的推广前景，同时也推动了我国干熄焦技术的进步。本项目技术还通过干熄焦年会和论文的形式辐射到国内各大型钢铁联合企业，具有一定

的影响力。

**完成单位:** 马钢(集团)控股有限公司

**完成人:** 余世云、汪开保、陈松清、李强、徐剑峰、任强

编 号: 0306YJ

省 份: 山东 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 碳化硅复合陶瓷材料制备技术与应用

关 键 词: 碳化硅复合陶瓷材料; 流体换热器; 烧结工艺;

简 介: 该项目为“反应烧结 B4C/SiC 复合陶瓷制备技术”、“高效碳化硅陶瓷流体换热器研制”、“节能耐用碳化硅陶瓷内加热器保护管”、“高性能碳/碳化硅刹车复合材料制备”共四项成果的综论, 属于新材料科学技术领域。该项目以碳化硅为基体, 引入碳化硼, 通过反应烧结工艺制备出了耐磨、耐冲刷工业领域应用和人体防护及车辆、舰船、直升机等装甲防护应用的高性能 B4C/SiC 陶瓷基复合材料; 引入氮化铝组分和合理的制备工艺, 制备出了高换热效率、耐酸碱腐蚀、结构紧凑的高效碳化硅陶瓷流体换热器; 引入碳毡, 制备出强度高、使用寿命长、节能效益显著的节能耐用碳化硅陶瓷内加热器保护管; 引入碳毡作为碳纤维载体、采用溶胶凝胶法涂覆氮化硼保护层和两次熔硅浸渗工艺, 制备出耐磨性好、静摩擦系数高等优点, 可用于高速列车、航空等领域的高性能碳/碳化硅刹车复合材料。基于该项目技术, 已获得授权发明专利 3 件, 实用新型专利 14 件。该项目产品经国家建筑材料工业工业陶瓷产品质量监督检验测试中心、国家陶瓷与耐火材料产品质量监督检验中心检测, 各项性能指标均已达到或超过国家产品质量监督检测标准, 达到国内同类产品先进水平。具体

性能指标如下：技术名称：反应烧结 B4C/SiC 高效碳化硅陶瓷节能耐用碳化硅陶瓷；高性能碳/碳化硅复合陶瓷制备技术；流体换热器研制内加热器保护管；刹车复合材料。体积密度：2.；3.13；2.83；2.20-2.42 (g/cm<sup>3</sup>)。热导率：141 (PSSIC) (W/m·K)；110 (RSSIC)；110；25。弯曲强度 (MPa)：405；341；326；153。4.46；4.51；4.94 (MPa·m<sup>1/2</sup>)。抗热震性：≥10 (1100℃-室温，次数)。耐腐蚀性 (g/m<sup>2</sup>)：0.32 (RSSIC, 浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)；0.21 (PSSIC, 浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)；0.70 (PSSIC, 浓 NaOH)。耐磨性 (cm<sup>3</sup>)：1.04。防弹性能 (级)：IV。静摩擦系数：0.38。动摩擦系数：0.33。层间剪切强度：25.9 MPa。体积磨耗：0.56 × 10<sup>-7</sup> (cm<sup>3</sup>·N<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup>)。平均线磨损率：1.10 μm (面·次)。(注：RSSIC-反应烧结碳化硅；PSSIC-无压烧结碳化硅。)该项目已建成注浆成型、压制成型和挤出成型3条生产线，项目产业化后，形成了年产 B4C/SiC 复合陶瓷防弹材料 270 吨、耐磨耐腐蚀产品 230 吨，高效碳化硅陶瓷流体换热器 1000 台，节能耐用碳化硅陶瓷内加热器保护管 6000 件，高性能碳/碳化硅陶瓷刹车盘 15000 片、刹车片 60000 片的生产能力，实现年销售收入 27585 万元，利税总额 9512 万元。经济效益显著，具有广阔的市场潜力和开发空间。该项目生产的反应烧结 B4C/SiC 复合陶瓷、高性能耐液体腐蚀碳化硅陶瓷换热器、节能耐用碳化硅陶瓷内加热器保护管、高性能碳/碳化硅刹车复合材料产品，具有轻质、高硬度、高热导系数、耐磨耐腐蚀的特性，潍坊烽元有限公司、醴陵兴泰隆化工陶瓷填料有限公司、山东泰山钢铁集团有限公

司、天津市工大镀锌设备有限公司、山东昊宇车辆有限公司等公司先后从该公司采购各类型的碳化硅复合陶瓷材料产品，截止 2014 年底，项目产品累计销售额达到 25684 万元。产品经客户推广已出口 10 余个国家和地区，深受客户的好评。项目产品已为应用单位累计创造经济效益达 2.27 亿元。

**完成单位：** 山东宝纳新材料有限公司、山东大学

**完成人：** 张玉军、李兆敏、翟彦霞、李文杰、孙海滨、李其松、刘欢、宋建锋

编 号: 0307YJ

省 份: 山东 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高品质半导体碳化硅衬底关键技术及产业化

关 键 词: 半导体碳化硅; 电子器件; 单晶衬底材料;

简 介:

完成单位: 山东天岳先进材料科技有限公司

完 成 人: 高玉强、宗艳民、王希杰、梁庆瑞、于国建、高超

编 号: 0308YJ

省 份: 新疆 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 低维半导体和金属的生长与物性研究

关 键 词: 化合物半导体; 纳米结构; 金属材料;

简 介: 该研究主要来源于国家自然科学基金项目“Ga、Al、In 氮化物及其合金和径向异质结纳米线的可控制备和物性研究”、“含碳过渡金属团簇及碳纳米管物性的理论及计算研究”、“氮化铝薄膜制备及过渡金属元素掺杂研究”，教育部留学回国人员科研启动项目“碳纳米管催化生长机理的理论及计算研究”，新疆自治区高校科研计划“II-VI族化合物半导体纳米结构的制备及性能表征”。国家重点实验室开放课题“AlN 基低维结构及性质的研究”，企业委托横向课题“碳化硅晶体生长技术研究”，新疆大学博士启动基金“硫族化合物半导体纳米结构的制备及表征”，研究工作的起止时间为 2008 年 1 月-2013 年 4 月，历时 5 年 4 个月。该项目采用实验结合模拟计算的研究方案，以真空热蒸发、化学气相沉积、水热溶剂热、磁控溅射等实验方法和分子动力学、第一性原理密度泛函等计算方法为研究手段，系统研究低维光电半导体和金属材料的生长机理和物性，扩展和深化了传统生长理论，发展出新的实验方法用于生长有重要应用前景的低维光电半导体，获得新型低维光电材料，掌握了低维结构生长的理论和技术。研究内容主要包括：(1) II-VI 化合物半导体低维结构的可控生长机理

和技术探索；(2) III族氮化物半导体低维结构的生长调控机制和物性；(3) 金属团簇的几何结构与电子特性。围绕以上三个方面，该项目获得了以下研究成果：(1) 拓展了 II-VI 化合物半导体低维结构在气相、溶液相环境下的生长机制，将气-液-固 (VLS) 生长机制引入到真空热蒸发过程中，发展出了生长低维 II-VI 化合物半导体纳米结构新的普适方法。(2) 研究了气相条件下，III族氮化物半导体低维结构的反应生长机制，探索了生长动力学因素结合晶体结构调控氮化物低维结构的取向生长机理，实现了一维 AlN 阵列在多种衬底上无催化剂生长，得到了独立透明新型 AlN 纳米晶薄膜，发展了该材料体系气相生长的机制。(3) 将第一性原理密度泛函计算方法和经典分子动力学方法结合，同时采用了遗传算法并对之进行了推广扩充。首次详细研究了极小尺寸金属团簇熔点的判据，预言了 Lindemann 因子判断极小尺寸金属团簇熔点的失效性。系统研究了系列中性及带电含 C 过渡金属团簇的几何结构与电子结构。该项目共发表学术论文 43 篇，其中被 SCI 收录论文 24 篇，被 SCI 数据库引用 103 次，获得授权发明专利 7 项。项目完成期间获得新疆维吾尔自治区自然科学优秀学术论文二等奖 1 项、三等奖 2 项。依托项目培养毕业 52 名研究生，其中 3 人获得自治区优秀硕士毕业论文奖励。项目成果为新疆大学申请“材料科学与工程”一级硕士学位点、新疆高校重点实验室发挥了关键作用，为自治区“材料物理”和“凝聚态物理”学科的发展起到了重要推动作用。该项目经新疆维吾尔自治区科技厅组织专家鉴定，达到国内领先水平。

完成单位: 新疆大学、

完成人: 简基康、段海明、吴荣、李锦、孙言飞、

编 号: 0309YJ

省 份: 江苏 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 耐高温连续碳化硅纤维的研发及产业化

关 键 词: 连续碳化硅纤维; 无机陶瓷纤维; 聚碳硅烷; 不熔化处理;  
高温热分解;

简 介: 项目背景: 碳化硅纤维是一种具有高比强度、高比模量、耐高温、抗氧化、抗蠕变、耐化学腐蚀、耐盐雾, 优良电磁波吸收特性的多晶陶瓷纤维。由于此类陶瓷纤维属于国防高科技领域极其重要的战略材料, 只有日本和美国掌握规模化生产技术, 对中国实行严密技术封锁和产品出口限制。项目内容: 该项目来源于江苏省科技成果转化专项资金(编号: BA2009065), 各项技术和经济指标完成合同要求, 已提交项目验收。该项目采用有机先驱体法制备连续碳化硅纤维, 即以聚碳硅烷为先驱体, 利用其可熔融特性成纤后, 再经不熔化处理和高温热分解, 使之从有机物转变为无机陶瓷纤维。苏州赛力菲陶纤有限公司是国内唯一实现了连续碳化硅纤维的规模生产的企业, 打破了日美等国家对中国碳化硅纤维长期的技术封锁和垄断, 填补了国内产业化空白, 产业化所使用的关键原料国产、装备自造、技术自主, 为今后技术革新及装备升级奠定了基础。技术创新点: (1) 陶瓷有机先驱体转换法制备耐高温、抗氧化、抗辐射、耐烧蚀型连续碳化硅纤维的工业化方法及装置; (2) 分步、高阶、共裂重排法制备高分子量、

线性陶瓷先驱体—聚碳硅烷方法及工艺。技术指标及成果：经北京化工大学碳纤维及复合材料研究所、航天材料及工艺研究所重点实验室、国家耐火材料质量监督检验中心等单位检测，该产品达到的技术指标如下：碳化硅纤维：拉伸强度 (GPa)：2.5 ~ 2.8；拉伸模量 (GPa)：170 ~ 200；耐高温氧化性能 (Ar, 100h)：1000℃；强度保留率 (%)：75 ~ 85；纤维平均直径 (μm)：11.5 ~ 13.5；断裂伸长率 (%)：1.2 ~ 1.6；含氧量 (wt%)：≤ 10。该项目共申请国家专利 15 项，其中发明专利 9 项，实用新型专利 6 项，获得授权发明专利 4 项，实用新型 6 项，并发表论文 4 篇。作为主要起草单位与中国化纤协会共同制定连续碳化硅纤维行业标准 (HX/T50009-2012)，同时作为主要单位起草碳化硅纤维军用标准。公司和航天科技集团 703 所已开展多个碳化硅纤维研发技术合作项目。2013 年 1 月通过了江苏省国防科学技术工业办公室组织由孙晋良院士等专家进行的新技术鉴定：制备技术具有新颖性，工程化技术水平处于国内领先水平。项目产品受到航天 703 所、306 所、航空 625 所等应用单位，及王礼恒、包为民、李仲平等十余名院士的高度评价，连续碳化硅纤维达到国外同类产品性能水平，产业化制备技术达到国内领先水平。推广应用：产品已在航天材料及工艺研究所、中国航空工业集团公司北京航空制造工程研究所、中国航天科工集团 306 研究所、中国航天科技集团公司四院 43 所、北京航空材料研究院 621 所、北京航空航天大学等众多单位应用，提高装备服役时间及机动性能，已有更高性能、多个牌号的产品投放市场，市场占有率达 85% 以上，同时围绕该项目，连续碳化硅纤维行业经济产

产业链正在逐步形成。经济和社会效益：自应用以来，销售收入逐年翻倍增长，截止 2014 年 3 月累计销售收入为 9132 万元，新增利润 430 万元，新增税收 110 万元。随着航空航天复合材料轻量化以及高超时代的到来，该项目产业化的成功实现，对推动中国高技术复合材料的发展、提升中国航空航天、武器装备应用技术，具有深远意义。

完成单位：苏州赛力菲陶纤有限公司

完成人：张卫中、冯春祥、何立军、张冀、蒋伟鸣、张博、陆仁

编 号: 0310YJ

省 份: 河南 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 晶硅片切割刃料碳化硅生产及废砂浆再生关键技术研究与产业化

关 键 词: 废砂浆利用; 晶硅片切割工艺; 环境污染防治;

简 介: 在半导体用硅片和太阳能电池用硅片的制造过程中, 国内晶硅片切割工艺主要是采用碳化硅切割刃料配合一定比例的切削液进行切片。碳化硅刃料对切割的影响至关重要。碳化硅的纯度越高, 颗粒的棱角越锐利, 粒径大小合适, 粒度分布越窄, 切割效率就越高, 切出的硅片表面质量就越好。在实际应用中, 常用圆形度来标示碳化硅的形貌, 该值越低则切割能力越强。因此, 在生产过程中, 除需要严格控制原料品质外, 还要对破碎、除杂、分级等工艺过程中进行优化选择, 从而提高生产效率和产品质量, 降低生产成本, 降低能耗和减少环境污染。另外, 在晶硅片的切割过程中, 会产生大量的废砂浆, 其主要成分包括聚乙二醇、碳化硅微粉、硅粉切屑及其他杂质, 若直接丢弃, 将不仅造成资源浪费, 还会造成巨大的环境污染。将这些废砂浆回收, 所生产的再生砂和再生液可重新用于切割, 而且由于其成本和价格低廉, 能够大大降低切割成本, 从而推动光伏产业的发展。在碳化硅刃料和再生砂、再生液的生产上, 国内大多数企业都存在着生产规模小、生产技术落后、生产效率低、产品质量不稳定等问题。

河南新大新材料股份有限公司与河南大学合作，自 2009 年起，经过系统研究，在原有技术的基础上，自主设计了一整套碳化硅切割刃料（即新砂）的生产工艺，通过对粉碎、除铁、水力分级、脱水、烘干、精筛等工艺过程、工艺参数及生产设备的优化，生产出了切割效率高、质量稳定、圆形度低、粒径分布窄的系列碳化硅微粉产品。针对废砂浆设计了一套回收处理工艺，通过优化固液分离、碳化硅和硅粉的分离、切割液回收、碳化硅回收等工艺过程、工艺参数及生产设备，生产出了质优价廉、质量稳定的再生砂和再生液。通过项目实施，生产了 20 多种碳化硅新砂、再生砂和再生液产品，其中碳化硅新砂的圆形度  $\leq 0.903$ ，粒度中值在  $5.5 \sim 14.0 \mu\text{m}$  之间，碳化硅含量  $\geq 98.2\%$ ，铁含量  $\leq 0.15\%$ ，水分含量  $\leq 0.05\%$ ，游离碳含量  $\leq 0.15\%$ ，pH 值为  $6 \sim 8$ ；再生砂粒度中值在  $5.5 \sim 14.0 \mu\text{m}$  之间，碳化硅含量  $\geq 98.2\%$ ，水分含量  $\leq 0.05\%$ ；再生液旋转粘度为  $40 \sim 70 \text{mPa.s}$ ，电导率  $\leq 10 \mu\text{s/cm}$ ，色度  $\leq 30$ ，pH 值为  $5.0 \sim 7.0$ ，含水量  $\leq 0.5\%$ ，密度为  $1.110 \sim 1.140 \text{g/cm}^3$ ，折光率为  $1.450 \sim 1.470$ 。所有产品各项指标均达到相关标准要求。该项目已获授权专利 31 项，其中发明专利 1 项，实用新型专利 30 项，通过河南省科技成果鉴定成果 5 项，技术水平国内领先。项目在河南新大新材料股份有限公司及所属子公司得到了产业化应用，近三年累计实现利润达 6747.5 万元，在稳定和提高产品品质、降低生产成本等方面效果明显，获得了用户的一致认可，确立并巩固了公司在碳化硅刃料和再生砂、再生液行业的龙头地位，产生了良好的经济和社会效益。

完成单位: 河南新大新材料股份有限公司、河南大学

完成人: 徐元清、申君来、张海峰、辛玲、高延峰、丁涛、高敏杰

编 号: 0311YJ

省 份: 河南 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 矿热炉用炭素材料的研发与应用

关 键 词: 矿热炉; 炭素材料; 炉衬结构; 导热性能;

简 介: 主要技术内容: 矿热炉结构立足于冷却法技术角度; 矿热炉用炭素材料以高导热性能为研究出发点, 采用添加工业 Si 和金属 M 的方法, 通过优化原料配方, 改进工艺技术参数及工艺方法, 使其在原来微孔炭砖的基础上进一步提高导热性 (600°C: 20W/m. k), 平均孔径  $\leq 0.5 \mu m$ ,  $<1 \mu m$  孔容积  $\geq 75\%$  和抗铁水侵蚀  $<7\%$ , 达到美国热模压炭砖的高导热性和塞隆结合碳化硅砖的抗机械冲刷和抗热震性能合二为一, 是一种新型炉底炉缸内衬用复合材料。该项目研发的矿热炉用炭素材料炉衬结构传热效果好, 使铁水凝固线向炉堂中心内移, 防止了铁水对炉衬渗透, 显著提高了矿热炉的使用寿命; 同时, 矿热炉冷却法技术用炉衬结构大大提高了矿热炉炉衬的整体使用寿命, 由 3 个月提高到 3 年以上甚至更长。此外, 该项目研发的矿热炉用炭素材料炉衬结构和普通炭砖炉衬结构相比, 炉缸耐火材料的厚度可减薄  $1/2$ , 炉底由于死铁层加深, 相应减薄了炉底厚度。这样不仅节约耐火材料的消耗, 而且扩大了炉缸内径, 加深了炉缸深度, 有利炉衬的高效、节能、安全及长寿, 为企业创造出更高的生产利润。成果的经济、社会效益显著。授权专利情况: 该项目的研究成果多次获

国家发明专利和实用新型专利，其中发明专利 2 项，实用新型专利 6 项。技术经济指标：矿热炉冷却法技术用炉衬结构大大提高了矿热炉炉衬的整体使用寿命，由 3 个月提高到 3 年以上甚至更长。生产的矿热炉用高导超微孔炭砖的导热性：20W/m·k (600℃)；平均孔径  $\leq 0.5 \mu\text{m}$ ， $<1 \mu\text{m}$  孔容积为 75%；抗铁水侵蚀 7%。应用推广及效益情况：矿热炉用炭素材料已由方圆公司，亚星公司，瑞星公司成功应用于东方资源(钦州)12500KVA(2010 年-至今)，蒙自太耀泰瑞 63000KVA × 2(2012 年-至今)，砚山县阿舍 16500KVA × 2(2013 年-至今)，临沂亿晨 33000KVA × 2(2013 年-至今)，美国方圆集团(伊朗项目)12000KVA(2013 年-至今)等有色重金属冶炼的矿热炉企业，完全满足了一代炉役 3 年无中修，仅此一项即为企业减少 1 亿元的中修费用，使用寿命可达 3 年以上，为企业增加近 1.9 亿元的运营收入。该炭素材料在 10~20 年内不会被其它材料所替代，市场营销占有率达到 60% 以上。每年还可接纳社会剩余劳力 90 多人，同时可增加汽、火运输量 10000 多吨，并带动域内包装、建材等行业的快速发展，为企业创造出更高的利润。中国矿热炉大约有 2000 余座，在冶炼比重较大的合金时，按 70% 炉子投入运行，大约有 1400 台在生产；以一年大修一次计算，每座炉子大修时平均需要耐火材料 200 吨，每年需求耐火材料 280000 吨，若 50% 的矿热炉采用矿热炉用炭素材料炉衬结构，每年至少需 140000 吨。经济、社会效益显著。且该技术国际先进，国内领先，市场前景广阔。

完成单位：河南方圆炭素集团有限公司、河南城建学院

完 成 人: 宋留建、景延斌、李银峰、石欣、杜玲枝、万欣娣、李伟

编 号: 0312YJ

省 份: 河南 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 复杂曲面机械产品成型工艺及性能检测关键应用技术

关 键 词: 复杂曲面机械产品; 成型工艺; 检测方法;

简 介: 1、应用领域和技术原理: 项目针对家电、汽车、兵器工业、压力容器、化工和生活用具等行业的大型复杂曲面机械产品成型工艺及性能, 采用先进检测方法存在因获得的海量数据不能及时处理实现快速检测和敏捷制造等问题, 力求对关键部件成型工艺进行优化并对检测获得的数据处理技术进行深入研究。该项目历时数年, 在省市基金等项目的资助下, 取得了系列突破性研究成果, 解决了项目开发中所遇到的诸多关键性技术问题。主要研究内容包括: (1)研究并完成了 1.5MW 风力发电制动器高速轴制动器的结构工艺设计及成型制造。采用新型镁基复合材料替代传统的铜基复合材料, 以镁合金 AZ91 为基体, 碳化硅晶须为增强相, 研究了碳化硅晶须的分散、粉末冶金法制备镁基复合材料制备技术以及碳化硅晶须对镁基复合材料性能的影响; (2)研究光学检测方法对不锈钢-铝等先进材料的成形极限问题以及具有复杂曲面产品的三维光学检测海量点云数据的融合技术, 提出了一种针对双金属板的应变计算方法; (3)针对板料成形回弹前后的几何形状, 采用三维光学非接触检测方法来获取并进行三维对比分析; 以冰箱门外壳为研究对象, 通过将点云数模与原始

CAD 数模对比，其法线距离上的差值即是精确的回弹值，从而实现对冰箱外观钣金件冲压回弹效果的评价；(4)研究并完成了家用空调连接管铜铝复合管替代铜管问题。连接管体采用铜管、铜阀，须与铜螺母连接才能正常生产。设计了一种将铜铝复合管中的铝制内层切割剥离，铜制外层向内翻并挤压，模具打喇叭口新式喇叭口的制作装置，解决了直接用复合管打喇叭口产生电化腐蚀问题；(5)采用 MEMS 技术提供一种基于压电叠堆的结构紧凑、成本低廉且无需考虑灰尘问题的敞开式封装的弹性体预紧的微位移驱动器。2、技术经济指标：产品成型工艺及性能检测过程中所需的几何形状精度达到  $0.05\text{mm}/\text{m}$ ；相同的海量数据和硬件条件下，运算时间在原来基础上缩短 30%。在河南省内企业郑州辰维科技股份有限公司，省外广东志高空调有限公司等企业应用至今，创造效益超过 5 亿元。3、成果的创新性和先进性、授权专利情况：项目对机械产品成型工艺、成型过程及过程中涉及性能检测方法进行了深入研究，实现成型工艺、新材料替代、处理算法等多个方面关键技术的实现。进行省级科技成果鉴定 4 项，鉴定意见均显示，在国内所检索文献范围内，未见与该项目运用技术特点完全相同的公开文献报道，均达到了“国内先进水平”。研究期间发表代表性论文 8 篇，其中 SCI 检索 2 区以上文章 6 篇，核心论文 1 篇；授权发明专利 10 项。4、作用意义：项目对典型复杂曲面机械产品成型工艺及新材料替代进行了深入研究，研究工作及成果对丰富数据处理及云计算理论，发展数值算法在光学检测和逆向工程、材料科学、数字化设计与制造性方面的交叉研究具有重要的理论意义及工程应用

价值。

**完成单位:** 郑州轻工业学院、广东志高空调有限公司、郑州美东工程  
科技有限公司

**完成人:** 刘建秀、张德海、金听祥、李艳芹、张永辉、王培远、王  
辉、樊江磊、刘阳、杨军

编 号: 0313YJ

省 份: 浙江 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 纳米增强碳化硅陶瓷制备技术及其在机械密封中的应用

关 键 词: 机械密封; 碳化硅陶瓷材料; 结构材料;

简 介: SiC 陶瓷是一种高性能的结构材料, 具有高强高硬度、耐磨损、耐化学腐蚀和抗氧化等优点, 因此可以作为耐火材料、密封件、防弹材料等, 并具有在航空领域应用的潜力。针对碳化硅陶瓷室温强度较低、断裂韧性较差等问题, 立项开展了纳米增强碳化硅陶瓷制备技术的研究, 突破多项关键技术, 开展高强度、高韧性碳化硅陶瓷材料, 并将该技术用于制备高性能机械密封制品, 主要成果如下: (1) 优选 Nano-TiN 等纳米增强相, 利用纳米包裹湿化学引入技术、喷雾造粒等技术, 制备成分及粒度分布可控、流动性好、成型性能优异的碳化硅基纳米复合陶瓷粉体。 (2) 突破碳化硅基纳米复合陶瓷粉体高致密高均匀成型技术、晶粒无明显长大致密化技术等, 开发出高强度、高断裂韧性碳化硅基纳米复合陶瓷及纳米结构机械密封构件制品。 (3) 突破碳化硅陶瓷表面造孔技术, 开发出低摩擦系数、密封性能优异、使用寿命长的自润滑碳化硅陶瓷及其机械密封件制品。

完成单位: 浙江大学、台州东新密封有限公司

完 成 人: 杨辉、郭兴忠、郑浦、张玲洁、郑志荣、傅培鑫、高黎华、李志强、李海森、朱潇怡、朱林

编 号: 0314YJ

省 份: 浙江 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高性能高速铁路切磨砂轮关键技术的研发及产业化

关 键 词: 高速铁路; 切磨砂轮; 特种磨料;

简 介: 1、主要技术内容: 项目实现了国产化, 替代进口, 打破了国外垄断。首次创新性地采用无捻捆綁式网格布三网复合支撑和新型网片粘结增强技术, 确保了成型后砂轮的强度; 自主研发了黑碳化硅和半脆刚玉混合粒度的特种磨料配方, 极大提高砂轮的锋利度和耐用度; 研发了改性的酚醛树脂水溶性结合剂, 提高了树脂的湿润性和混料的可操作性; 采用特殊的优质空心填料, 可有效降低切削热, 提高切割效率。该产品成功应用于中国高速铁路铁轨切磨, 具有自锐性好、高保持性、高精度、耐高温、环保等特点。经鉴定, 项目产品创新性强, 其核心技术达到了国际先进水平。 2、授权知识产权情况:

项目获授权发明专利 6 项。 3、技术指标: 1) 切割产品主要技术性能指标: 单点侧向负荷:  $\geq 231\text{N}$ ; EN12413 标准要求  $\geq 125\text{N}$ ; 三点侧向负荷:  $\geq 248\text{N}$ ; EN12413 标准要求  $\geq 150\text{N}$ ; 冲击试验:  $\geq 6.99\text{Nm}$ ; EN12413 标准要求  $\geq 5.4\text{Nm}$ ; 平面度: 仅为  $\leq 0.3\text{mm}$ , 行业标准要求  $\leq 0.8\text{mm}$ ; 2) 打磨产品主要技术指标: 单点侧向负荷:  $\geq 480\text{N}$ ; EN12413 标准要求  $\geq 290\text{N}$ ; 冲击试验:  $\geq 6.99\text{Nm}$ ; EN12413 标准要求  $\geq 5.4\text{Nm}$ ; 平面度: 仅为  $\leq 0.2\text{mm}$ , 行业标准要求  $\leq 0.5\text{mm}$ 。 4、应用推广及取得

的效益：该项目产品已经和中铁一局、中铁十三局、武汉铁路局、北京铁路局、武汉全路通铁路、北京路全通铁路公司等多家铁路机构成功配套，是甬台温铁路维修用砂轮唯一供应厂家，并出口到英国、德国等发达国家。项目产品价格只有国外产品的 20%-40%，具有很强的市场竞争力。近三年实现新增销售额 2.02 亿元，新增利润 1517.9 万元，新增税收 748.6 万元，经济效益显著，公司砂轮连续多年被评为浙江省名牌产品，拥有浙江省著名商标。项目的研发，打破了国外 FLEXOVIT、Norton 等垄断，改变了中国铁路树脂砂轮长期依赖进口的局面，提高了中国在高端树脂砂轮行业的国际竞争力。此外，该项目技术不仅可以应用于高速铁路砂轮，还可用于汽车、船舶、航空工业、数控机床等行业所需高档砂轮中，对带动中国相关行业的技术进步起到了重要的作用。随着一带一路铁路铁轨的切磨砂轮配套和维护需要，市场前景十分广阔，将为国产树脂砂轮产品技术提升和产业升级提供了思路。

完成单位：宁波大华砂轮有限公司

完成人：李保国、张和平、俞建成、张瑜、刘钟、黄海燕、董金华

编 号: 0315YJ

省 份: 浙江 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 大型二板式注塑机百吨级球墨铸铁件生产关键技术的研发

关 键 词: 注塑机; 球墨铸铁件; 铸造工艺;

简 介: 该项目属于新材料制备技术领域, 涉及球墨铸铁铸造、冶金工程、重大装备基础件制造等技术领域。项目通过校企产学研合作, 成功研制出国内领先、国际先进的大型二板注塑机模板球墨铸铁件, 实现了产业化应用。项目主要科技创新如下: 1) 设计了大型模板铸件自清洁半开放底注式浇注系统, 实现了铁液型内外相结合的多次孕育和过滤净化处理, 避免了充型过程中的卷气和夹渣, 解决了二次氧化渣及孕育衰退的行业难题, 1300℃、100~120吨球墨铸铁铁液 90~99 秒内平稳充型, 铸件 MT 检测达到欧标 EN1369 标准 II 级要求。2) 综合砂芯制作、涂料刷涂、固定及吊运、翻转等多方面要求, 发明了大型复杂砂芯分体制作、装配及固定技术, 确保了砂芯的整体强度、定位精度和铸件相关部位的组织致密性, 有效解决了重 10.2 吨、外形尺寸 4000mm×3600mm×1195mm 的大型砂芯浇注过程中上抬、位移、漂浮甚至断裂的铸造难题。3) 原创性的提出在铸件本体上沿厚度方向设计两对称吊柱组件的思路, 既实现了铸件的平稳起吊和任意角度翻转操作, 整个过程无需工人在大型铸件上进行高空作业, 有效提高了起吊翻转效率; 同时又对铸件兼有加固、支撑作用, 减少了铸件成型

过程中的变形。4)研发了铁液在球化过程中、球化后及转入浇包过程中用碳化硅、硅-钡和硅-锆孕育剂复合孕育及微合金化处理的工艺,一次性熔炼的大吨位铁液完全消除了球化衰退现象,石墨球数及球化等级明显提高,彻底消除了球墨铸铁件壁厚 500mm 以下部位的石墨畸变,试块性能超过 GB/T 1348-2009 国标要求。该项目共获得发明专利 4 项、发表学术论文 5 篇。项目成果经薛群基院士领衔的专家组进行鉴定,认定该成果达到"国内领先、国际先进"水平。利用该项目技术开发的“6500 大型二板式注塑机百吨级球墨铸铁件”荣获省内首台(套)产品"(证书标号: SN2015JG018)。该项目已规模产业化,自 2014 年以来新增销售收入 10696.41 万元,利税 2857.45 万元。该项目关键技术的研发打破了国外大型铸件制造技术的垄断,摆脱了以前受进口限制的局面,符合中国大型铸锻件行业发展的总体目标。该技术可推广到风电、矿山、机床、冶金及工程机械等重型装备制造中大型高质量球墨铸铁件的生产,其经济带动性强、辐射作用大,具有良好的经济效益与社会效益。

完成单位:日月重工股份有限公司、浙江大学宁波理工学院、湖南大学

完成人:傅明康、李继强、宋贤发、贾志欣、刘建东、马超、高文理

编 号: 0316YJ

省 份: 湖北 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 氮化硅结合碳化硅复合陶瓷生产新工艺及成套装备

关 键 词:

简 介:

完成单位: 丹江口弘源碳化硅有限责任公司、武汉工程大学、汉江弘源襄阳碳化硅特种陶瓷有限责任公司

完 成 人: 李秋南、王惠民、徐志高、高丽华、王立公、赵光华、夏志强、黄涛、刘锋、李兵

编 号: 0317YJ

省 份: 湖北 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 大型高炉出铁沟综合浇注及耐火材料循环利用技术

关 键 词: 高炉; 出铁沟; 浇注成型; 耐火材料利用;

简 介: 项目属新材料及节能环保技术领域。高炉出铁沟一般采用高品质刚玉碳化硅质浇注料浇注成型, 由于高温下断续出铁引起热震破坏、铁水冲刷及熔渣侵蚀, 尤其是渣坝、主沟渣线等部位损毁速度快, 耐材消耗高, 异常检修频繁; 常规铁沟大修中, 拆除的铁沟废弃料作工业垃圾填埋, 既污染环境, 又浪费大量昂贵的刚玉、碳化硅资源。因此, 如何提高原料性价比、利用铁沟废弃料资源开发新型出铁沟用耐火材料已成为炼铁与耐火材料行业关注的热点, 对降低炼铁耐材消耗及耐材企业降本增效意义重大。项目历时 6 年, 研制产品在武钢大工业生产中推广应用, 形成了多项技术创新与突破: 1) 开发了高品质的渣线浇注料、铁线浇注料及预制件用料, 采用原料特性分析、粒度分布优化与基质组成设计、界面处理等手段, 改善浇注料综合性能, 创新了预制件预埋后的复合浇注技术, 延长了出铁沟的整体检修周期。项目实施后, 出铁沟寿命延长 12-20%, 通铁量提高 26-36%, 耐材消耗降低 22-27%。2) 开发了铁沟废弃料再生利用技术, 通过铁沟废弃料回收、破碎、磁力除铁、筛分获得粒度不同的再生原料, 通过加入再生原料后的配方优化技术, 研制了再生浇注料、再生捣打

料、再生修补料及再生砂口料，实现了铁沟再生原料的全部安全回收利用。3)开发了相关耐火材料检验的仪器及工具，结合再生耐火材料的研究及应用，确立了再生材料用量、粒度等技术条件及安全使用范围的理论依据，据此制定了《出铁沟再生浇注料捣打料》行业标准，消除了使用再生原料的安全隐患。项目形成发明专利2项、实用新型专利6项及行业标准1项。研究成果成功应用于武钢炼铁生产，降本增效6893.49万元，为企业赢利提供了有力支撑。项目成果经湖北省科技厅组织鉴定，项目成果综合技术达到国际先进水平，经济及社会、环保效益巨大。项目对耐火材料行业循环经济的发展具有引导和示范作用，对提高行业竞争力并实现可持续发展意义重大。

完成单位：武汉钢铁(集团)公司、武汉钢实炼铁修造安装有限公司

完成人：陆隆文、徐国涛、刘自力、董汉东、陈进军、周旺枝、张庆喜

编 号: 0318YJ

省 份: 湖北 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 氮化硅结合碳化硅特种陶瓷

关 键 词: 特种陶瓷材料; 矿热炉; 浇注成型工艺;

简 介:

完成单位: 丹江口弘源碳化硅有限责任公司

完 成 人: 王惠民、李秋南、王立公、赵光华、黄涛、赵玉红、刘锋

编 号: 0319YJ

省 份: 甘肃 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 碳化硅炭砖研发

关 键 词:

简 介:

完成单位: 方大炭素新材料科技股份有限公司

完 成 人: 李天秀、郝相龙、党锡江、李长平、于兆斌、刘财、王兰

编 号: 0320YJ

省 份: 陕西 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 无机功能复合材料的低温合成及改性关键技术

关 键 词: 无机功能复合材料; 合成工艺;

简 介: 所属科学技术领域: 该项目属于材料科学与工程学科, 属于无机非金属材料的功能化改性领域。主要技术内容: 无机非金属材料是一种应用广泛的传统材料, 随着科学技术的发展, 不仅对其性能的要求越来越高, 而且还提出了功能结构一体化的要求, 其制备与合成也朝着绿色环保的方向发展。该项目围绕无机非金属材料的低温合成与功能化改性等基础科学问题, 经过 8 年的艰苦攻关, 发明了多种无机非金属的低温制造及其功能化改性技术(包括钛铝碳基复合材料的低温制备及其功能化改性技术、系列复合材料水热表面改性与涂层技术、复合材料低温合成改性、纳米改性技术等), 取得了多项理论创新和突破。钛铝碳基复合材料的低温制备及其功能化改性技术。以 Ti、Al 粉、碳化钛及少量能够产生铝热反应的廉价氧化物(NbO、VO、CrO)为起始原料, 通过组成设计与工艺控制, 发明了通过原位反应生成 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 陶瓷增强及第三元素固溶改性的钛铝碳(TiAlC、Ti<sub>2</sub>AlC)基及钛铝基(TiAl)复合材料, 实现了多机制协调改性钛铝碳可加工材料及钛铝金属间化合物材料的途径; 利用高能球磨热处理方法可实现纳米复合粉体及微细结构块体结构, 大幅度提高了基体相与增强相界面的结

合性以及破坏抗力；通过内生铝热反应放热、氧化还原反应及置换反应放热结合外加热压，实现了在较低温度下合成高强、轻质、韧性适中、氧化抗力良好的钛铝碳基及钛铝基复合材料，既能作为某些合金的细化剂，也可用于高温部件，耐磨部件及其它模具材料、发动机部件、汽车发动机气门等。无机复合材料表面改性及低温功能陶瓷涂层制备技术。以低温水热合成技术为基础，发明了微波水热合成、水热电解沉积、水热电泳沉积、微波水热电泳沉积、超声水热电泳沉积、水热电弧放电沉积等多种复合材料表面改性的水热新工艺和水热合成功能涂层的新方法。突破了传统水热方法瓶颈，拓展了复合材料改性涂层的制备方法和水热合成的应用领域，实现了低温温和制备高性能抗氧化涂层，并发明了相关的关键设备和关键技术，开发了系列新颖的复合材料改性涂层体系和制备方法，大幅度的提高了涂层的性能，有效拓展了复合材料的应用领域。碳基复合材料基体的低温功能化改性技术。超临界水热体系内进行液相反应，物质的传输速率快，渗透能力强，可以有效促进改性材料向基体材料内部扩散，通过原位合成并渗入第三相，实现碳基复合材料的基体改性。基于此，发明了微波水热改性技术、溶胶-凝胶溶剂热改性技术、溶剂热改性技术、水热结合高温固相改性技术等系列的碳材料低温改性技术，拓展了水热技术的应用领域，大幅度提高了碳基复合材料在不同温域的抗氧化性能，改性后的碳基复合材料的 800℃ 抗氧化可达到 500 小时失重小于 1.5%。碳基摩擦材料的基体纳米功能化改性技术。结合湿法成型工艺和真空抽滤成型的优点，发明了碳纳米管改性摩擦材料、晶须改

性摩擦材料、碳纤维粉改性摩擦材料以及纳米碳化硅、纳米二硫化钼改性摩擦材料等多种新型湿式摩擦材料及其产品，并且已经应用于汽车自动变速器、同步器齿环以及湿式离合制动器等多种油润滑工况中，取代了传统的铜基摩擦材料，达到了国外同类产品的技术指标。

技术经济指标及应用推广情况：该项目申报发明专利 28 项，授权 23 项，发表 SCI 收录论文 36 篇，论文被 SCI 正面他引 100 余次，10 篇代表作被 SCI 他引 56 次，研究成果得到了国内外同行专家的高度评价。项目的相关专利技术已在 10 余个企业进行了推广应用，新增经济效益总计 15000 万元以上。

完成单位：陕西科技大学

完成人：朱建锋、李翠艳、欧阳海波、曹丽云、殷立雄、王勇、孔新刚、卢靖、李嘉胤

编 号: 0321YJ

省 份: 广西 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 金刚石柔性磨具技术研究及应用

关 键 词: 金刚石磨具; 柔性磨具; 磨削加工;

简 介: 金刚石是世界上最硬的材料,是国家“十二五”重点发展的新材料。金刚石钻、切、磨等制品是世界公认的高效、高精、节能、环保型工具。中国金刚石工业随着生产技术的不断创新,金刚石及其工具技术有了长足进展,已成为全球金刚石及其工具的生产大国。金刚石工具种类繁多,其中的一大类为金刚石磨具,金刚石磨具按加工方式可分为刚性和柔性两大类,国内生产的金刚石磨具主要是烧结、电镀的刚性工具。在硬、脆性难加工材料、非平整表面等磨削时,刚性磨具就不能充分发挥作用,这严重阻碍了国内金刚石工具应用领域的拓展。在机械、半导体、船舶、机车、航空、大型金属构件制造等行业,以及玻璃、陶瓷、宝石等加工业中,对一些硬、脆性难加工材料、曲面、非平整表面等磨削时,大量使用碳化硅等普通磨料涂附柔性磨具。普通磨料生产是高能耗高污染产业,属国家政策严格限制或取缔的行业。普通磨料使用消耗量大,对环境污染大,废液粉尘处理不当易造成二次污染,且加工效率、效果不理想。而金刚石最硬的特性,用其作磨料磨削加工时,其消耗量极小,可长时间保持磨具锋利度和外形,这即保证了加工精度,提高加工时效,同时降低了对环境

的污染。金刚石柔性磨削磨具有美国 3M 和 EastWind 等公司在研究开发，并有部分产品供应市场。中国金刚石工业不断创新发展，金刚石磨料市场售价大幅降低，这为金刚石取代部分普通磨料进入柔性磨具市场奠定了基础。利用中国廉价金刚石磨料资源，为国内金刚石业、磨具业开发适应市场发展急需的金刚石柔性磨具技术及相关产品，显得愈来愈重要。该项目在国内研发了长寿命、高效率以及表面加工质量高的新型金刚石柔性磨削磨具技术，研发出以  $\phi 100 \times 25$ 、 $\phi 150 \times 38$ 、 $\phi 200 \times 50$  等金刚石柔性磨轮为代表的多规格金刚石柔性磨削磨具产品，产品技术性能达国际先进水平，项目产品已出口美国等国际市场。项目技术成果为中国开发各种规格型号的金刚石柔性磨削磨具奠定了技术基础。随着中国建设环境友好型、能源节约型社会的发展，金刚石柔性磨削技术的研究及其相关金刚石柔性磨具产品的开发，将更多地应用于半导体材料、硬质合金等硬、脆性材料表面磨削、抛光，在金属构件表面焊缝、曲面、非平整表面等磨削中的应用也具有广阔的前景。金刚石柔性磨轮的磨削加工特性和特殊结构设计，对今后高新技术行业发展需要的普通磨具难加工的硬脆性、耐磨合金等材料精密、超精密的磨削，亦具有磨削效率高、使用寿命长、加工表面质量高等诸多优点。

完成单位：中国有色桂林矿产地质研究院有限公司

完成人：谢志刚、王进保、肖乐银、陈超、程煜、徐文娟、王智慧

编 号: 0322YJ

省 份: 北京 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 材料弹塑性行为的微观机制研究

关 键 词: 材料弹塑性行为; 微观机制; 原子层次;

简 介: 该项目属于材料科学基础与凝聚态物理学科。弹、塑性是材料的基本力学性质, 是由材料的微观结构所决定的。在原子层次上认知材料的弹、塑性行为与其微观结构的直接关联性, 是材料科学与凝聚态物理领域的重大基础科学问题和目标, 但此类问题长期以来是实验领域的国际性瓶颈难题。该项目围绕上述重大基础科学问题和目标, 直接在原子层次对材料弹、塑性行为的微观机制进行了原位、系统和定量化研究, 取得了系列原创性重大突破, 主要成果包括: 基于原子层次力学动力学实验, 首次发现支撑半导体工业的硅, 在小尺度下呈现 106% 的室温大应变塑性, 是硅的体材料断裂应变的 3 个数量级。揭示并阐明了材料领域持续了近 60 年的重大科学问题, 硅的脆-韧转变原子机制: 通过位错形核, 非晶化及小尺度非晶塑性而实现。基于这些机制, 进一步在氧化硅和碳化硅中实现了应变超过 200% 的室温超塑性行为。NPG Asia Materials 专题评述这些发现: “极有价值”, “前所未有的”, “为半导体器件的制造、加工提供了新途径”。首次在原子层次直接实验测得单晶铜纳米线的弹性应变为 7.2%, Science 撰文指出“这是金属材料中迄今能够实现的最大单轴拉伸弹

性应变”；揭示了镍孪晶纳米线的弯曲晶格应变可达 34.6%，是体材料的 1 个数量级，该发现解决了近 100 年前的理论预言难题。这些发现发展了晶体材料弹性变形及强度理论，将应变工程的应变极限提高了 10 倍。首次在原子层次揭示了纳米晶材料弹-塑性转变的位错动力学物理图像：定量化了弯曲应力及位错核心引起的弹性应变梯度及其动态演化过程；发现位错形核的极限晶粒尺寸小至理论预测极限的 0.3 倍，从而将多晶材料理论强度极限提高了 30-50%。这些实验发现为位错形核尺寸效应理论提供了基础数据。独立、原创性地发展了材料力学行为的原子层次原位动态表征方法，将材料力学行为原位表征技术的空间分辨率由纳米提高至皮米尺度，实现了 3 个数量级的飞跃，填补了国际空白。这些方法具有国际原创性、重要性和唯一性。该项目开辟了原子层次材料力学行为实验动力学研究新方向，部分成果获 2007 年中国高等院校十大科技进展。2012 年“211 工程”验收专家组评论该项目的部分研究成果居国际领先水平。

完成单位：北京工业大学、浙江大学

完 成 人：韩晓东、张泽、张跃飞、郑坤、王立华、岳永海、毛圣成、刘攀、邓青松

编 号: 0323YJ

省 份: 国家 年 份: 2015

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 一等奖

项目名称: 硅衬底高光效 GaN 基蓝色发光二极管

关 键 词: 蓝色发光二极管; 硅衬底薄膜型; 氮化镓基;

简 介: 具有节能环保意义的 LED 照明产业, 是国内外重点发展的战略性新兴产业。国际上现有三条 LED 照明技术路线, 分别是蓝宝石、碳化硅和硅衬底 GaN 基 LED 技术路线。其中, 前两条技术路线分别是日本和美国为主发展起来的, 主要贡献者分别获得日美两国最高科技奖, 第一条技术路线的三位主要发明人还获得了 2014 年度诺贝尔物理学奖, 第三条技术路线是由中国发展起来的, 即该项目发明成果。第一条技术路线是产业界采用的主流技术路线, 第二条技术路线属“贵族”路线。这两条技术路线的核心发明专利分别被日、美等国所垄断, 对中国 LED 产业发展形成了专利壁垒。为使中国这一产业从根本上避开与前两条技术路线发生专利纠纷, 该项目经过近 10 年的技术攻关和生产实践, 发明和不断完善了第三条 LED 照明技术路线。在硅上制备高光效 GaN 基 LED 一直是学术界梦寐以求的目标。然而由于硅和 GaN 巨大的晶格失配和热失配导致的外延膜龟裂、晶体质量差, 以及衬底不透明导致的出光效率低等问题长期未能解决, 致使业界普遍认为, 在硅上制备高光效 GaN 基 LED 是不可能的, 几乎被判“死刑”。该项目经过三千多次实验, 终于在国际上率先攻克了这一世界难题,

所生产的硅衬底 LED 各项指标在同类研究中均处于国际领先地位，并与前两条技术路线水平持平。在 350mA 下（电流密度 35A/cm）硅衬底薄膜型蓝光（450nm）LED 光功率高达 657mW，电光转换效率 60%，封装成冷白光 1551m，光效 1461m/W，50mA 下光效 1911m/W。三条技术路线均可制备薄膜型芯片，制造成本比约为 1.3:3.6:1，硅衬底技术路线成本最低。该项目从衬底加工、外延生长、芯片制造到器件封装应用均发明了适合硅衬底高光效蓝光 LED 生产的关键核心技术，自成体系。包括：（1）制作图形化分割硅衬底，（2）生长综合过渡层，（3）制备 n 型 GaN，（4）生长有源层（量子阱），（5）生长 p 型 GaN，（6）激活 p 型 GaN，（7）制备反射镜及互补电极，（8）外延层转移到支撑硅基板，（9）n 型 GaN 表面粗化，（10）氮极性的 n 型 GaN 表面制备 n 型电极等。其中 1、2、7、8、10 等单元技术为该项目的原创技术并全部获得发明专利，3、4、5、6、9 项技术属借鉴了前两条路线的技术基础上的二次创新单元技术，部分获得发明专利，部分属技术诀窍。该项目已获授权国内外发明专利 68 项，其中美国发明专利 19 项；获江西省技术发明一等奖和工信部信息产业重大技术发明。该项目在国际上率先实现了硅衬底 LED 产业化，近三年直接经济效益 11 亿元，产品成功应用于路灯、手电、矿灯、筒灯、射灯、彩屏、家电数码等领域，用户分布于中、日、美、韩、澳、荷、墨、印度等国家。该项目冲破了国外的专利束缚，所发明的新技术产品在市场上形成了强劲的竞争力，为中国 LED 产业可持续发展打下了坚实的基础，有力地提升了中国 LED 技术在国际上的地位。

完成单位:

完 成 人: 江风益(南昌大学)、刘军林(南昌大学)、王立(南昌大学)、  
孙钱(晶能光电(江西)有限公司)、熊传兵(南昌大学)、王敏(中节  
能晶和照明有限公司)

编 号: 0324YJ

省 份: 河北 年 份: 2017

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 二等奖

项目名称: 碳化硅基石墨烯晶圆材料、高频器件和低噪声放大器电路研究

关 键 词: 碳化硅; 石墨烯晶圆材料; 高频器件; 放大器

简 介: 1、所属科学技术领域: 该项目属于半导体材料, 射频器件和集成电路领域。 2、立项背景: 由单层碳原子紧密堆积成的二维蜂窝状晶格结构的石墨烯具有高饱和漂移速度(50, 000, 000cm/s), 高载流子迁移率(室温 200, 000cm<sup>2</sup>/V.s), 高热导率、低电噪声等特性, 预期可实现 THz 频段的高频电子器件。但晶圆级石墨烯材料质量不理想, 迁移率低、石墨烯晶体管器件工艺不成熟, 电路设计和工艺欠缺。该项目主要研究碳化硅基石墨烯晶圆材料制备, 开发石墨烯高频晶体管器件和低噪声放大器电路。 3、主要技术内容及发明点: 该项目开展了石墨烯材料生长、载流子输运、高频器件工艺、晶体管建模, 低噪声放大器电路设计和工艺研究, 突破了高质量石墨烯材料制备技术, 提升了石墨烯载流子迁移率, 突破了器件欧姆接触、栅介质沉积、纳米栅形成、低噪声放大器电路设计等基础工艺问题, 实现了高频率石墨烯晶体管器件和电路, 各项指标达到国际领先水平。 发明点: (1)国际首创低损伤自对准石墨烯晶体管制备方法, 预沉积金薄膜作为保护层避免器件制备过程中对石墨烯晶格造成的损伤。电子

束直写栅后，以栅光刻胶作掩膜，金薄膜进行湿法腐蚀，然后进行介质和栅金属沉积，未被腐蚀的金薄膜形成自对准的源漏，该工艺避免石墨烯沟道被光刻胶等污染，同时大大降低寄生，提升石墨烯晶体管性能。（2）在国际上首次设计和制作了石墨烯低噪声放大器单片集成电路，晶体管和匹配电路集成在同一衬底上，减小损耗。（3）提出了碳化硅基外延石墨烯近平衡态生长新技术，并结合氢界面钝化技术，提高了外延石墨烯材料质量，同时降低了衬底的远程声子散射，实现了高迁移率外延石墨烯晶圆材料。

4、技术经济指标：碳化硅基外延石墨烯晶圆材料室温载流子迁移率国内外最高值  $6,600\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，该项目达到  $9,010\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ；碳化硅基外延石墨烯晶体管电流截止频率国内外最高值  $350\text{GHz}$ ，该项目达到  $407\text{GHz}$ ；最大振荡频率国内外最高值  $70\text{GHz}$ ，该项目达到  $220\text{GHz}$ ；研制出国际首支石墨烯低噪声放大器单片集成电路。碳化硅基外延石墨烯晶圆材料、晶体管器件和放大器单片集成电路各项指标达到国际领先水平。

5、授权专利情况

该项目授权国家发明专利 5 项，美国发明专利 1 项。

6、应用及效益情况

该项目研究成果已用于中国院苏州纳米所石墨烯场效应太赫兹探测器研制，为石墨烯场效应探测器国际最好报道结果；应用于中国科学院射电天文重点实验室太赫兹探测器和中国科学院微电子研究所石墨烯晶体管，取得了良好的效果。该项目研究成果具有良好的社会效益，在雷达，太赫兹探测，危险气体探测，大规模集成电路等领域推广应用前景广阔。

完成单位：中国电子科技集团公司第十三研究所

完 成 人: 冯志红, 蔚翠, 刘庆彬, 李佳, 何泽召, 宋旭波

### 三、钢铁

编 号: 0325YJ

省 份: 北京 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 钢铁烧结烟气汞污染监测及控制技术示范

关 键 词: 烟气汞污染监测; 重金属污染物; 钢铁行业污染防治;

简 介: 汞作为一种重金属污染物, 具有高度生物富集性、毒性和易迁移性, 对人体健康和环境危害很大。中国大气汞排放量占全球人为汞排放的 30%~40%, 已成为全球范围汞污染最严重区域之一, 无论是从国际履约还是国内汞污染防治的角度, 均面临着巨大的减排压力。钢铁行业是仅次于火电、有色金属冶炼行业的中国大气汞污染的主要排放源, 在复杂的钢铁生产流程中, 烧结工序产生的烟气污染最为严重, 因此烧结烟气污染物排放控制成为钢铁行业治污重点, 但关注主要集中在 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>和粉尘等方面, 在非常规污染物汞监测及控制方面存在着监测方法缺失, 基础数据薄弱、排放状况不清, 缺乏经济可行的汞减排技术等问题。钢铁行业烧结烟气排放具有烟气量大、高湿高尘, 汞浓度相对较低的特征, 不能简单地将燃煤电厂汞排放监测及控制技术直接移植, 亟需对工业烟气汞污染监测方法进行修正和改进, 以获得更为准确有效的排放监测数据, 同时有针对性开发价廉的汞污染控制技术和设备。该项目针对中国钢铁行业烧结工序烟气排放特点, 积极应对未来日趋严格的排放标准, 研发了具有自主知识产权的钢铁烧结烟气汞污染监测方法、价廉高效汞吸附剂及成套

化汞污染控制技术，为中国钢铁行业烧结烟气汞污染监管提供可靠的技术支撑。该项目的主要创新点如下：针对钢铁烧结烟气排放特点，对现有固定源汞监测方法进行修正和改进，建立钢铁烧结烟气汞排放特征测试方法与质量保证体系。针对卤素改性活性炭存在二次释放、易产生酸性气体腐蚀管道等问题，开发了一种价廉高效的非卤素改性活性炭吸附剂，降低了工业应用运行成本。针对循环流化床反应器内速度场和浓度场对活性炭喷吹位点的影响，采用计算流体力学(CFD)方法对反应器内活性炭喷吹位点进行模拟优化，确定了循环流化床反应器内最佳的活性炭喷射位点。针对钢铁烧结烟气汞污染控制主要通过现有污染物控制装置协同实现脱除的现状，采用活性炭喷射技术与循环流化床反应器相结合的工艺，建立了循环流化床多污染物协同控制示范工程，烧结烟气汞脱除效率达99%以上，显著降低了烧结烟气汞排放。该项目的研发成果，满足了中国钢铁行业汞污染监测及控制技术的需求，促进了钢铁行业节能减排技术的提升，推动了钢铁行业绿色发展，减少汞污染对人类健康带来的直接危害。特别是对于北京周边数百家钢铁企业的烧结烟气污染控制，提供了强大的技术支撑，为改善首都环境做出了积极贡献。

**完成单位：**中国科学院过程工程研究所、北京正实同创环境工程科技有限公司、华北电力大学

**完成人：**朱廷钰、徐文青、张锴、孙新福、王雪、李玉然

编 号: 0326YJ

省 份: 四川 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 钒钛高强铁道车辆用钢板开发及推广应用研究

关 键 词: 铁道车辆; 钢板; 热轧工艺;

简 介: 该任务来源于攀钢高耐候热轧钢板开发项目。攀钢是国内最大的铁路用钢生产基地,但最近几年钢铁行业竞争异常激烈,耐候钢效益也随之减弱。因此,低成本高品质耐候钢开发势在必行。攀钢西昌 2050MM 先进生产线在 2011 年年底投产,并在 2012 年取得耐候钢生产资质,为攀钢开发钒钛高强耐候钢宽厚板创造了条件。根据攀钢自身的资源优势,研究开发了钒钛高强耐候钢,充分发挥 2050MM 国内一流装备的控轧控冷能力,通过 V-tI 微合金化方式提高产品性能,并通过合理利用自身矿产中残余贵重合金 V、cr、NI、cU 等进一步降低生产成本,生产的先进高强耐候钢 Q450NQR1 成本低,力学性能、耐蚀性能和焊接性能优良,涉及厚度规格 4.0-14.0MM, 宽度 1200-1800MM。厚度 <10MM 的钢卷屈服强度、抗拉强度、延伸率的平均值分别为 508.3MPa、602.1MPa、28.8%。厚度 ≥10MM 的钢卷屈服强度、抗拉强度、延伸率的平均值分别为 480.1MPa、602.9MPa、26.8%。低温冲击性能好, -40℃ 低温冲击半尺寸平均 77.8J, 四分之三尺寸平均 106.9J, 全尺寸平均 128.3J, 冷弯全部合格, 具有良好的焊接性和耐腐蚀性能, 表面质量好,能满足用户使用要求。产品性能优良,

合金成本比国内同类产品低。项目的创新性和先进性体现在以下以方面：利用攀钢自身资源 V、tI 微合金化，并加入适当 Nb 细化晶粒。在合金加入时充分考虑攀钢矿石中贵重金属 cr、NI、cU、V 等残余元素含量，进一步降低成本。适当提高硅含量降低锰含量，有利于提高耐候钢能和降低成本。硅在耐蚀钢中，与 cr、al、tI、N 等配合，提高抗蚀和抗高温氧化能力。同时硅铁合金比锰铁合金便宜。c 含量采用分级控制方式，即厚度  $< 10\text{MM}$  为 0.06% ~ 0.09%，厚度  $\geq 10\text{MM}$  为 0.08% ~ 0.11%，这样有利于厚规格产品的强度富余量。项目获得 3 项发明专利授权。钒钛高强耐候钢的开发成功，为公司创造了显著的经济效益，至今已创效 5163.6 万元人民币。钒钛高强度耐候钢的开发满足了铁道车辆用户的使用要求，同时研究了钒钛铌微合金化钢的应用技术，为西昌钢钒公司热轧厂提供了一种含钒钛铌钢的生产技术，拓宽了品种范围，具有显著的社会效益。

完成单位：攀钢集团研究院有限公司、攀钢集团西昌钢钒有限公司

完成人：李正荣、翁建军、付开忠、杜丽华、唐建伟、许哲峰

编 号: 0327YJ

省 份: 四川 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 钒钛钢铁废水综合利用零排放技术研究

关 键 词:

简 介:

完成单位: 四川省川威集团有限公司、成渝钒钛科技有限公司

完 成 人: 何小波、谢建国、刘在波、杨俊良、黄世礼、陈红

编 号: 0328YJ

省 份: 四川 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 钢铁联合企业碳(氢)素流价值优化集成技术研究与应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 四川省达州钢铁集团有限责任公司、四川达兴能源股份有限公司、赛鼎工程有限公司、四川天一科技股份有限公司

完 成 人: 江善明、吴映忠、李元廷、张光辉、谢华强、郜豫川、张冬草、李克兵、何晓霞

编 号: 0329YJ

省 份: 四川 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 连铸工艺生产铁道车轴钢相关技术研究及产品开发

关 键 词: 车轴钢; 连铸工艺;

简 介: 铁道车轴作为铁道车辆或机车走行部的重要部件, 长期在重复或交变应力条件下使用, 使用工况恶劣, 其质量好坏与铁路运输安全密切相关。车轴在运行过程中如果发生断裂, 将导致列车出轨、翻车、运输中断等严重事故, 造成人民生命和国家财产的重大损失, 是要坚决杜绝的。因此铁路部门对车轴材料的安全性极其重视, 并提出了很高的要求。不仅在车轴的材质、生产工艺、质量检验等方面有严格的要求, 而且对车轴生产厂家有详细、规范的认证要求, 只有取得铁道部认证、具有生产资质的厂家才能进行车轴钢坯的生产。攀钢是国内最早开展铁道车辆车轴钢坯研制的钢厂, 1986 年攀钢采用"转炉+模铸"工艺生产的 LZ、JZ 车轴钢通过冶金部、铁道部组织的联合鉴定。1996 年攀钢在国内又率先研制成功 LZ50 车轴钢坯, 成为国内铁道车轴钢坯品种、规格配套最为齐全的铁道部定点生产厂家之一, 也是当时国内最大的车轴坯生产企业。截止 2002 年底攀钢采用模铸工艺累计生产了约 60 万吨车轴钢坯。2003 年底, 攀钢由于生产流程发生改变, 取消了"模铸-初轧开坯"工艺流程, 改为全连铸生产, 遂停止了车轴钢坯的生产。而国外模铸及连铸均可以生产车轴钢, 国内

只有太钢、宝钢等模铸生产企业，车轴坯的市场年需求量达 30 多万吨。随着我国铁路运输的快速发展，对铁路货车车轴的需求不断增加，由于攀钢退出车轴坯生产，导致可供铁路部门选择的车轴钢的生产厂家减少，不能适应铁路部门的需要。为此，攀钢在经过充分调研的基础上，结合攀钢装备现状和条件，联合铁科院、西南交大等单位，于 2005 年成立了"连铸工艺生产铁道车轴用钢相关技术研究"课题组，率先在国内开展了连铸工艺生产铁道车轴用钢的可行性研究和相关工艺技术研究，力争突破国内只能模铸生产车轴钢坯的限制，利用"炉外精炼+连铸"这一先进钢铁生产工艺技术，开发出满足我国铁路运输发展要求的高质量铁道车轴钢坯。针对铁道车轴的高品质及高风险性要求，开展了车轴钢的微合金化技术、精炼、连铸、轧制及热处理等关键技术研究，率先在国内开发出了具有自主知识产权的连铸工艺生产铁道车轴的成套工艺技术，解决了连铸低压缩比条件下车轴芯部及表面质量控制、力学性能均匀性及探伤要求高等技术难题，突破了过去国内只有模铸工艺生产车轴的限制，第一家获得了连铸工艺生产铁道车轴钢的资质，开发的车轴钢产品质量完全满足目前和将来铁道运输发展的需要，并实现了规模化生产。连铸工艺生产铁道车轴坯具有高效、经济、化学成分偏析小和表面质量优良等特点，通过 LZ50 车轴钢的微合金化处理，使车轴的强度提高了 10% 以上，且车轴各部位的力学性能均匀，提高了抗疲劳破坏能力，用户一次热处理性能的合格率由 90% 提高到 100%，解决了 LZ50 车轴钢化学成分与力学性能匹配不佳的难题。另外通过对车轴坯精炼、连铸及轧制工艺的研究创

新，开发出了提高车轴坯表面质量及内部组织致密度的工艺技术，保证了车轴的表面磁粉探伤及内部径向超声波探伤的合格率均达 99.5% 以上，适应了不同用户加工工艺的要求，连铸工艺生产铁道车轴钢的产品质量及工艺技术均处于国内领先水平。该成果的推广应用，不仅提高了攀钢生产铁道车轴钢的生产效率和技术水平，产品成材率提高了 10%，降低了生产成本，而且可以降低车轴的制造成本，减少资源和能源的浪费，具有广阔的推广应用前景。随着用户认知度的不断提高，攀钢连铸工艺生产车轴坯的产量将不断增加，并产生显著的经济和社会效益。

**完成单位：**攀钢集团有限公司、攀钢集团研究院有限公司、攀钢集团攀枝花钢钒有限公司

**完成人：**代华云、刘建华、唐历、李扬洲、王彦忠、邓通武、雷秀华

编 号: 0330YJ

省 份: 国家 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 节材耐磨损钢铁材料制造技术研发与工业应用

关 键 词: 耐磨损钢材; 铁基耐磨复合材料; 高硬韧性; 高耐磨性;  
重力铸渗冶金复合制造;

简 介: 中国是世界耐磨损钢铁材料生产和应用大国, 年消耗在摩擦、磨损和润滑方面的资金 10000 亿元以上, 但存在磨损工况耐磨钢铁材料硬韧性匹配失当、耐磨性较低和消耗量巨大的行业共性关键技术难题。破碎、挖掘、研磨、泵送等机械装备的关键易损件耐磨寿命较低, 严重制约中国这些装备进入世界前列。项目针对冶金、电力、建材、建筑、煤炭、机械等工业磨料磨损工况用耐磨材料科技攻关, 实现 3 类新材料高硬韧性和高耐磨性突破, 取得如下创新成果: 发明用于严酷高温磨料磨损工况的外植入高硬韧陶瓷预制体增强(硬)铁基耐磨复合材料及其大压力头重力铸渗冶金复合制造技术。解决复合界面冶金结合、钢铁液铸渗厚度和多重“复合”设计难题, 实现产品易磨损部位即局部区域高硬陶瓷与适当硬韧性钢铁冶金结合, 层状复合材料耐磨层厚度可达 15mm, 同比耐磨性提高 100%以上, 柱状镶嵌耐磨复合材料大型锤式破碎机锤头使用寿命达到耐磨高锰钢的 2~4 倍。发明用于强烈冲刷腐蚀磨损工况的高硬韧内生碳化物增强(硬)过共晶高铬合金耐磨蚀材料及其定向结晶控制脆性制造技术。解决高

体积分数碳化物的过共晶耐磨蚀材料硬脆、碳化物方向选择耐磨损设计难题，实现产品显微区域高硬碳化物与硬韧性钢铁基体匹配复合，研制的典型渣浆泵叶轮和护套使用寿命是先进耐磨高铬合金铸铁件 (Cr26Mo) 的 1.3?2.0 倍。研制出用于冲击磨料磨损工况的高硬韧耐磨合金钢，创立系列高硬化率耐磨合金钢优化设计及应用评价技术。解决耐磨钢设计及应用不当、硬度与韧性匹配不佳和耐磨寿命较低难题，实现产品整体即宏观区域耐磨合金钢高硬韧性匹配。基于磨损工况冲击载荷跃升，优化设计及分别应用马氏体高中合金钢、低合金钢、奥氏体 Mn13 钢、Mn18 钢、Mn21 钢，耐磨寿命提高 20%?200%。在不同磨损工况 3 类高性能耐磨材料及其制造技术研制基础上，凝练提出耐磨损钢铁材料高硬韧性理论，指导磨料磨损工况的耐磨损钢铁材料（件）设计、研发、选材、应用和评价。主导（主持）研制出包括该项目系列新材料在内的 9 项节材耐磨材料国家标准、2 项机械行业标准和“中国铸造耐磨材料产业技术路线图”，辐射和推广应用于全行业，引领和提升中国耐磨材料产业。项目发明和创制 3 类新型耐磨钢铁材料及其制造技术，获发明专利 19 件、实用新型专利 44 件，提出和应用耐磨材料高硬韧性理论，主导制修订 9 项国标和 2 项行标，研制出版 1 部国家产业技术路线图，发表论文 108 篇（其中 SCI 和 EI 论文 30 篇），引领建立、支撑和发展国家“钢铁耐磨材料产业技术创新战略联盟”，培养研究生和培训技术骨干 100 余名。项目已获得 3 项省部级科技 1 等奖。项目技术产品已实现大批量生产和推广应用，相关企业近 3 年直接生产销售额 927048 万元、利润 64421 万元、税

收 61279 万元，节材节支总额 278114 万元。项目成果突破行业发展瓶颈，耐磨件消耗大幅度下降，显著提升了中国耐磨材料产业技术水平，引领和推动产业发展，取得显著的经济和社会效益。

**完成单位：**暨南大学，广东省工业技术研究院(广州有色金属研究院)，广州有色金属研究院新丰耐磨合金材料有限公司，广州市天河区金棠表面工程技术有限公司，江西铜业集团(德兴)铸造有限公司，浙江裕融实业有限公司，安徽省凤形耐磨材料股份有限公司

**完成人：**李卫，郑开宏，冼卫泉，李运初，邓世萍，李文政，陈晓，李林，刘英，苏志辉

编 号: 0331YJ

省 份: 国家 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 先进铁素体不锈钢关键制造技术与系列品种开发

关 键 词:

简 介: 该项目所属学科为钢铁材料加工制造工艺、炼钢和黑色金属及其合金领域, 涉及装备、冶金、压力加工、材料等。铁素体不锈钢的优点有: 1) 与奥氏体不锈钢比, 不含或含少量镍, 可节镍、显著降低成本; 2) 热膨胀系数低、导热性好、耐应力腐蚀性能优异, 在汽车、铁路、海洋装备、家电等领域具有广阔应用前景。近十几年来世界钢铁强国均致力于铁素体不锈钢的开发和应用, 2004 年发达国家铁素体不锈钢占不锈钢总产量 30%以上, 而中国不足 10%, 年产量不足 20 万吨, 进口量达 130 万吨, 价格高达 2 万元/吨以上, 中国未来需求量预期每年以 20%速度增长。因此, 中国必须在发展不锈钢同时, 优化品种结构, 大力发展铁素体不锈钢。铁素体不锈钢生产工艺复杂、技术难度大: 1) 高铬含量下 (15-27%) 实现超低碳氮 ( $\leq 180 \text{ ppm}$ ) 冶炼; 2) 铸坯裂纹敏感、极易开裂; 3) 热轧过程带钢易与轧辊粘结; 4) 冷轧产品难获得高光亮度表面; 5) 冷成型加工易出现皱折缺陷等。在国家科技项目大力支持下, 经过近十年探索, 实现了铁素体不锈钢生产流程和装备、关键技术和产品应用的重大创新。关键技术及创新点: 首次采用 BOF 铁水预处理、铸坯热磨热送热装、层流密集冷却、热卷箱

等流程和装置，解决了国际上先进铁素体不锈钢生产关键技术难题，自主开发和集成了全新的以生产铁素体不锈钢为主的流程和先进专用装备，与国内外现有铁素体不锈钢产线相比，在生产效率、合金和气体消耗、生产规模、成本、高端品种以及产品规格覆盖面等方面优势突出，连续五年产量世界第一，引领了国际铁素体不锈钢生产技术的发展。开发了“三步法脱碳”、“铸坯裂纹控制”、“带鳞精轧+在线超大能力拉伸破鳞机+TG 液酸洗新工艺”等具有自主知识产权的一系列铁素体不锈钢生产工艺专利和专有技术，使太钢的铁素体不锈钢生产工艺技术处于国际领先水平。首次开发了新型铁路货车车辆用T4003、造币用钢CTSzb等五大系列30余个铁素体不锈钢新品种及极限宽度达2000mm的铁素体不锈钢冷轧带钢，填补了国空白，满足了铁路运输、汽车、造币、海洋装备、家电和厨房器皿等国家重要领域和改善民生的需求，主要产品具有很高的市场占有率。项目申请并受理专利41件，授权发明专利14件，主持修订国家标准4项，新增铁素体不锈钢牌号8个，发表论文52篇，获省部级科技进步奖5项。经专家委员会鉴定，项目总体技术达到国际领先水平。太钢铁素体不锈钢产量连续五年居世界第一，2013年产量达到146万吨，是2004年的14.6倍，比例由13.44%提高到45%以上，近三年新增利税30.74亿元，出口创汇4.9亿美元，节镍24.72万吨。该项目创新了不锈钢制造技术，优化了中国不锈钢品种和消费结构，大量替代进口，铁素体不锈钢进口量从2004年的130万吨下降为2013年的12万吨，对提升中国不锈钢产业整体竞争力具有重要的战略意义。

完成单位: 太原钢铁(集团)有限公司, 东北大学, 钢铁研究总院,  
齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司, 南京造币有限公司, 山西太钢  
不锈钢股份有限公司

完成人: 李晓波, 范光伟, 姜周华, 李建民, 苏杰, 于跃斌, 刘洪  
涛, 邵继南, 徐书峰, 刘亮

编 号: 0332YJ

省 份: 天津 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 钢铁行业烧结烟气脱硫及脱硫渣利用一体化技术与工程示范

关 键 词:

简 介:

完成单位: 天津市环境保护科学研究院、鞍钢集团工程技术有限公司、天津冶金集团轧三钢铁有限公司、天津市联合环保工程设计有限公司

完 成 人: 张金凤、马艳宁、常治铁、崔少为、冯海军、刘晓亮、康磊、徐森

编 号: 0333YJ

省 份: 天津 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 钢铁企业循环物料使用技术开发与应用

关 键 词: 钢铁企业; 球团矿; 回转窑工艺;

简 介: 该技术属于工程技术领域。为了环保、经济, 天铁集团从 2011 年开始对烧结不能使用的循环物料, 包括转炉除尘灰的使用进行技术研究和攻关, 开发出了将除尘灰用于自熔性球团矿生产的技术以及该自熔性球团矿用于高炉、炼钢转炉的使用技术。该技术已经成熟, 并取得了良好的经济效益和社会效益。利用烧结、炼铁、炼钢工序回收的含铁除尘灰, 生产自熔性球团, 作为炼铁、炼钢工序的生产原料。开创了循环物料再利用的新途径, 碱性球团生产的新技术、新工艺以及炼铁、炼钢配加原料的新方法。除尘灰中锌、碱、铅等有害元素在链篦机-回转窑工艺中脱除, 生产出符合炼铁、炼钢工序需要的碱性球团原料, 增加了炼铁、炼钢工序生产调整的新手段。链篦机-回转窑工艺生产自熔性球团, 采取的混合料中精粉、循环物料、皂土配比为 60-65: 32-37: 3; 干燥制度采用三段式, 两段抽风干燥和一段抽风预热, 干燥一段温度控制在 300℃ 以下, 干燥二段温度控制在 550℃ 以下; 使用浇注耐火材料整体浇注链篦机炉罩内衬等措施, 保证了碱性球团的成功生产。高炉、炼钢通过采取技术措施, 使用自熔性球团矿取得了良好的效益。该技术推广以来, 2015 年直接经济效

益 1466 万元。在钢铁企业能耗高、环保压力大的形势下，具有广泛的推广价值。

完成单位：天津天铁冶金集团有限公司、河北绿茵工贸有限公司、重庆科技学院

完 成 人：凌忠敏、谢文飞、万新、刘瑞东、汤学敏

编 号: 0334YJ

省 份: 安徽 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 钢铁企业电能质量控制与综合节电运行关键技术研究与应用

关 键 词: 电能质量控制; 综合节电运行; 钢铁企业;

简 介: 钢铁工业是中国三大高耗能行业之一, 集聚了大量冲击性、非线性和不对称性大功率负荷, 普遍存在电压波动与闪变、电压偏差、功率因数低、电压畸变、三相不平衡、电压暂降、短时中断等电能质量问题, 造成功率电费罚款、电网与设备损耗大、生产中断或设备损坏等, 严重影响钢铁企业生产连续性和经济性。同时, 轧机、电弧炉等大功率单体设备能耗占比高, 节电潜力巨大。研究钢铁企业电能质量控制与综合节电运行关键技术并推广应用, 具有重要理论意义与实用价值。主要技术内容: 该项目是安徽大学(电能质量教育部工程研究中心)多年来与马钢(集团)控股有限公司合作的系列科研项目及工程应用成果总结。主要技术内容如下: 电能质量测试评估技术。基于钢铁企业配网架构、负荷特性和电能质量标准, 采用参考阻抗法、电能质量限值分配和多主体责任分摊定量评估等关键技术, 创新建立了以节电和安全稳定运行为目标的钢铁企业电能质量测试评估技术体系。电能质量控制与节电运行技术。提出了基于多目标(电能质量达标、安全性、经济性)和多影响因子(配电网重构、电压不平衡度、

电缆充电电容、间谐波分布、电能质量控制装置交互影响)的仿真建模方法,应用于钢铁企业大功率轧机变频器高次谐波控制、超高功率电弧炉动态无功补偿装置优化设计中,明显改善了钢铁企业的电能质量问题,提高了钢铁企业配电网运行的可靠性和经济性。电弧炉节电运行技术。基于运行数据的交流电弧炉数学模型优化方法,建立求解操作导纳、电弧阻抗、电弧长度、耐材指数、配电效率等多参数耦合的交流电弧炉节电运行数学模型,提出了多边界约束条件的交流电弧炉变压器容量设计及多控制目标的供电制度优化与节电运行技术。配电网可靠性技术。基于钢铁企业复杂配电网可靠性仿真技术,提出了配网层(SSTS、快速切换装置、DVR)和设备层(直流侧储能、双整流器)的电压暂降治理技术。根据钢铁企业自备电厂发电机类型和运行方式,提出了孤网运行检测算法、频率与负荷控制策略,制定了孤网发生时的“黑箱”应急技术方案。授权专利情况:申请发明专利6项,其中2项已获授权;授权实用新型专利2项;授权软件著作权2项。技术经济指标:PCC点电能质量指标满足国标要求:电压偏差小于10%,THDU(%)小于2%,三相不平衡度小于2%,PLt小于0.8,电压变动小于1%;PCC点PF在0.92~1.0之间;配电网无功损耗降低20%以上;配电网故障次数减少20%以上,故障停电时间减小25%以上;电弧炉吨钢电耗降低1.5%以上;实现钢铁企业综合节电率达6.6元/吨~7.3元/吨。应用推广及效益情况:该项目整体技术成果在马钢股份有限公司成功应用后,直接经济效益达11965万元/年,2013年~2015年三年综合经济效益达35895.34万元,并在西宁特钢

得到了推广应用，其经济效益达 1164 万元/年。该项目部分成果已成功应用于制订国家标准《高压滤波装置设计与应用导则》和行业标准《电能质量监测系统技术规范》，现正应用于制订《交流电弧炉供电技术导则》系列行业标准第 1 和第 4 部分。

完成单位：安徽大学、马钢(集团)控股有限公司

完成人：王群京、丁毅、朱明星、田俊、李怀迁、李令冬、苏国友、  
郑常宝

编 号: 0335YJ

省 份: 山东 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 转底炉直接还原处理钢铁厂含锌尘泥成套工艺产业化

关 键 词: 含锌尘泥处理; 直接还原; 转底炉; 钢铁厂;

简 介: 项目所属科学技术领域: 冶金科学技术。钢铁企业的粉尘产生量一般为钢产量的 8%-12%, 以年产 8 亿钢计, 我国钢铁行业每年的粉尘量达 6400~9600 万吨。其中部分粉尘含有较高的锌、钾、钠等元素且粉尘的颗粒非常细小。将这部分粉尘返回烧结循环利用, 会显著影响烧结过程的透气性, 降低烧结的产量, 同时使烧结除尘系统的负荷加重; 此外这部分粉尘含有较高的锌 (一般>1%)、钾、钠等有害元素。由于锌、钾、钠等元素的循环富集会严重影响烧结矿的质量, 同时锌、钾、钠的循环富集会影响高炉的顺行和高炉的寿命。若将这部分粉尘露天堆放, 有毒元素可被浸出渗入地下水, 对人类健康产生严重的后果。莱钢也面临这方面的问题, 每年有近 30 万吨的粉尘无法利用, 目前严重影响烧结和炼铁的正常生产。鉴于此, 莱钢与北京科技大学合作, 在原有工艺技术的基础上, 进一步开发适合于莱钢含铁粉尘原料条件下的转底炉工艺。项目的建成不仅可以解决莱钢含铁粉尘综合利用问题, 而且可以很好地改善炼铁系统运行状态并对莱钢发展循环经济、清洁生产及炼铁生产的稳定顺行具有重大意义; 同时也为国内钢铁行业含铁粉尘的综合处理工艺起到示范作用,

将具有极高的推广应用价值。该工程项目的工艺流程为：首先将将粉尘配加还原剂（煤粉）、粘结剂等进行造球，造好具有一定强度的生球经烘干机烘干此时生球的水分降低至 3%以下，然后将烘干的生球通过振动布料机均匀布置在转底炉内，转底炉炉内温度控制在  $1100^{\circ}\text{C}$ ~ $1300^{\circ}\text{C}$ ，球团在炉内发生直接还原反应，70%以上的铁氧化物还原为金属铁保留在金属化球团中，而同时球团中的锌、铅、钾和钠还原或挥发后进入转底炉烟气系统，最终实现球团中铁与锌、钾、钠的分离，从而实现铁回收利用、锌及钾和纳的分离。由于国外技术的保密，课题组围绕建立转底炉系统工艺流程与热工控制模型的复杂工业过程的关键科学问题，展开了系统深入的研究，形成了(1)基于原料特性的综合配料及成球技术、(2)转底炉本体结构设计与制造技术、(3)热工控制技术、(4)转底炉能量综合利用技术、(5)转底炉二次粉尘回收技术、(6)关键工艺装备设计及制造技术和(7)钢铁厂含锌尘泥处理系统工艺。以上技术成功应用于莱钢转底炉的设计和生产实践，对钢铁厂处理粉尘取得显著应用成效。本项目研究已授权发明专利 5 项，实用新型专利 7 项，并应用到各自的生产实践中，为全面提高我国的转底炉直接还原水平具有重要意义，行业引领作用明显。与此同时，转底炉建设过程中的大量实物及视频资料，为高校及冶金企业培养冶金人才提供了生动的教具，所形成的转底炉工程实践和系统理论已被应用到冶金工程专业的教学实践中，对深化冶金高层次人才培养具有重要意义，社会效益显著。

完成单位：莱芜钢铁集团有限公司、北京科技大学

完 成 人：张胜生、张欣欣、薛庆国、曾晖、王静松、姜雷、牛福成、  
姜泽毅、余雪峰

编 号: 0336YJ

省 份: 山东 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 高性能钢铁粉末冶金材料关键技术研究与应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 莱芜钢铁集团粉末冶金有限公司、中南大学、钢铁研究总院、北京科技大学、莱芜市金石粉末冶金有限公司

完 成 人: 李普明、袁勇、柳学全、李松林、陈建华、罗丰华、刘增林、田建军、卢军、宋全华、石勇、张德金

编 号: 0337YJ

省 份: 江苏 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高速重载铁路用高性能特殊钢开发及产业化

关 键 词: 特殊钢; 铁路用钢; 高速重载零部件;

简 介: 1、项目技术内容: 本项目采用自主研发、自主知识产权的转炉流程生产特殊钢技术(2004年首批省成果转化项目),通过进一步的技术创新工作,研究开发了抗裂纹扩展、耐疲劳、高洁净度和高精度的高速重载火车用车轮、车轴、铁路扣件、转向架、钩尾框和辙叉等铁路用钢系列产品,为国家铁路轨道交通业提供高性能特殊钢材料,替代进口,增加出口作出重要贡献。同时提高了铁路用钢研究与技术水平,推动了我国高速重载铁路的发展,提升我国高速列车技术的整体竞争力。中国铁科院金化所和钢铁研究总院为本项目研究开发提供技术支持。2、项目主要创新点: 1) 高洁净度铁路用钢工艺技术研究与应用,提高车轮、车轴探伤合格率及抗剥离、裂纹扩展性能,以及弹簧钢的疲劳寿命; 2) 机车转向架、车轴和辙叉用大规格热轧钢坯轧制工艺技术研究,重点是轧制孔型设计、大规格方坯和超大规格扁钢塑性变形理论与控制研究; 3) 高精度轧制技术研究与开发,保证弹簧圆钢良好的外形尺寸、精度及表面质量,大幅度提高弹簧疲劳寿命和安全使用性能; 4) 采用微合金化技术,开展了车轴材料的耐腐蚀性能和抗裂纹扩展性能的研究,满足铁路货车车辆重载化对车

轴较高综合力学性能的要求；5) 新型高 Mn-Cr 含量贝氏体辙叉用钢的超低铝含量冶炼与质量控制工艺技术研究。3、已获主要成果：本项目相关技术已申报专利 14 件，其中发明专利 5 件，获授权发明专利 4 件，实用新型专利 9 件；研究成果在国内外权威期刊和杂志发表专业论文 13 篇；产品经铁道部科学研究院金属与化学研究所和国家钢铁材料测试中心等权威机构检验，产品完全符合相关铁路产品标准的要求；起草车轮、车轴和弹簧钢等企业标准 5 个；其中铁路扣件和转向架用高精度弹簧钢产品通过省高新技术产品成果鉴定，黄旭芒、程晓农等知名专家鉴定认为该技术处于国内领先水平。淮钢拥有自主研发、具有自主知识产权的转炉流程生产特殊钢技术，形成了具有自主知识产权的转炉流程生产铁路用特殊钢的核心装备和技术，2004 年获得省科技成果转化专项资金的资助 (BA2004018)，2008 年顺利通过省科技厅验收，曾获得冶金科学技术二等奖。4、应用推广及效益：本项目通过生产实践和市场应用，淮钢已形成铁路车轮用 CL60 和 ER 系列、火车车轴用 LZ50 和 LZ45CrV、火车钩尾框用 25MnCrNiMoA、客专弹条 60Si2MnA 和转向架用 60Si2CrVAT 和铁道辙叉用 HG25ZG 大规格扁钢等二十多个铁路用钢核心产品，各项技术指标均满足铁路用钢相关标准及用户的要求，其中铁路车轮和车轴用钢通过铁道部认证，转向架用弹簧钢通过铁道部产品质量监督检验中心 500 万次疲劳试验和省高新技术产品科技成果鉴定，铁路用钢产品顺利完成产业化，年销量 10 万多吨。淮钢特钢已具备年产 20 万吨铁路用高品质特殊钢和 300 万吨特殊钢的能力，并逐步建立起一支铁路用钢开发的技

术力量和团队。自 2008 年以来，累计生产销售高品质铁路用钢产品 40.5 万吨，销售收入 23.42 亿元，实现利润 2.12 亿元，新增税收 0.41 亿元。

**完成单位：**江苏沙钢集团淮钢特钢股份有限公司、铁道科学研究院、钢铁研究总院

**完 成 人：**王忠英、李培松、刘鑫贵、江惠中、杨忠民、包石磊、吴朝兵

编 号: 0338YJ

省 份: 江苏 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高速铁路接触网用高性能钢丝绳研发及产业化

关 键 词: 钢丝绳; 接触网承力索; 电气化铁路;

简 介: 该项目分属于材料科学, 黑色金属丝绳加工制造技术领域。

任务来源于国家科技支撑计划“高品质特殊钢技术开发”项目之“超高强度高疲劳性能丝材制品技术开发”课题。该项目的目标产品是电气化高速铁路接触网用高疲劳性能钢丝绳, 主要用于高速铁路接触网滑轮钢丝绳张力系统上, 电气化铁路用钢丝绳是张力系统调节的主要张力元件。随着国家电气化铁路的高速发展, 高速、高安全性已经成为首要条件, 电气化接触网上使用的滑轮钢丝绳张力系统也面临新的挑战。已经沿用多年的老式系统采用不锈钢铁路绳做张力件, 已不能适应高速列车的高速运行和高安全要求。国外日本和欧洲电气化高速铁路都是采用大滑轮和厚镀锌钢丝绳组成的系统, 维护成本比较高。针对上述问题, 该项目从钢丝绳结构选型和原辅材料上进行创新, 研究开发出具有高疲劳寿命、高破断拉力、高耐腐蚀性能、不旋转及高捻制质量的新型的电气化铁路接触网用钢丝绳, 获得授权国家发明专利 2 项, 实用新型 2 项, 起草企业标准 1 项。该项目的主要研究内容如下: (1) 创造性的提出了不锈钢和碳钢的复合结构, 克服了不锈钢丝强度低和热镀锌钢丝耐腐蚀性能相对低的缺陷, 在保证其耐腐蚀性

能的同时，进一步提高了钢丝绳的破断拉力。（2）创新的选用高平行捻密实钢丝绳为钢丝绳的主体结构，由于其填充系数高且结构上呈线性，在同等条件下提高了钢丝绳的破断拉力和疲劳寿命。（3）创新的采用沥青基耐高低温油脂组合，并采用淋油工艺实现丝、股间的完全密封，在保证其耐腐蚀性能的同时，有效地提高了钢丝绳耐高低温性能和疲劳性能。该项目产品高速铁路接触网用钢丝绳的成功研发与生产，符合国家产业政策发展，满足国内市场需要，填补了国内空白，打破国外产品在该领域的垄断，并逐步替代进口。成功应用于沪宁城际高铁、京沪高铁、温福线、广珠线、海南环线、哈大线、包西线等高速铁路建设，并在大郑线、黎湛线、宁启线、京九线等普通铁路电气化改造过程中实现了南北贯通。到 2013 年，公司已形成年产 1000 吨的生产能力，并累计销售近 2000 吨，新增产值 10416 万元，新增利润 5312 万元，提高了中国金属制品行业为高速铁路的配套能力。随着国内高速铁路的快速发展，美国、委内瑞拉、俄罗斯等国均表达了对中国自主知识产权高速铁路的兴趣，此外东盟大通道，甚至北京都欧洲伦敦的大铁路计划也提到了议事日程。由此可见，该项目高速铁路接触网用高疲劳性能钢丝绳国内和国际市场的需量将与日俱增，市场前景十分广阔。

完成单位：江苏法尔胜股份有限公司、江苏法尔胜泓昇集团有限公司

完成人：张春雷、董东、黄磊、刘红芳、张伦、王晖、赵维凯

编 号: 0339YJ

省 份: 河北 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 钢铁企业废渣/余热利用技术研发及应用示范

关 键 词:

简 介:

完成单位: 华北理工大学、河钢集团有限公司、河钢集团唐钢公司、  
河钢集团宣钢公司

完 成 人: 于勇、张玉柱、田欣、邢宏伟、韩志杰、胡长庆、刘连继

编 号: 0340YJ

省 份: 河北 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 含钒铁水“三脱”炼钢新技术

关 键 词:

简 介:

完成单位: 河钢股份有限公司承德分公司、北京科技大学

完 成 人: 白瑞国、朱荣、王宝华、田鹏、董凯、张兴利、韩春良

编 号: 0341YJ

省 份: 河南 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 钢铁冶金高温装置用新型节能环保耐火材料的研究与应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 中钢集团洛阳耐火材料研究院有限公司

完 成 人: 李红霞、李志刚、王刚、韦袆、张海燕、段斌文、禄向阳、  
孙小飞、张三华、方胜、曹喜营、秦红彬、惠先磊

编 号: 0342YJ

省 份: 河南 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 钢铁用珍珠岩尾矿复合聚渣剂的关键技术及产业化

关 键 词:

简 介:

完成单位: 河南豫中铁合金有限公司

完 成 人: 芦永军、黄强、樊安定、芦亚楠、王文杰、魏方方、贾璐  
璐

编 号: 0343YJ

省 份: 湖北 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高温冶金容器内衬优化设计及其在钢铁行业中的应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 武汉钢铁(集团)公司

完 成 人: 王安江

编 号: 0344YJ

省 份: 湖南 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 钢铁冶金重金属废水的综合治理与中水回用新技术及工程  
应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 湘潭大学、湖南华菱湘潭钢铁有限公司、湖南华菱节能环  
保科技有限公司

完 成 人: 杨运泉、刘宪、熊果、肖江平、沈毅、何峰、李文松

编 号: 0345YJ

省 份: 湖南 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 钢铁企业生产管控数字化关键技术研究及应用

关 键 词: 钢铁企业; 生产管控数字化平台; 炼钢生产调度系统;

简 介: 项目研发背景及关键技术: 针对国内钢铁企业经营、管理和决策需求, 组织对钢铁企业生产管控数字化建设中存在的共性问题及系统集成关键技术进行研究与攻关, 建立基于信息化的钢铁企业生产管控数字化平台, 推进制造业向数字化和智能化转变, 为中国钢铁企业实现生产管控、供应链协同的信息化应用提供典型示范。项目研究的关键技术包括: 提出多约束条件下正、逆向加权布局优化的实时、动态组板技术, 建立了基于知识的范围尺寸合同的组板、组坯和任意大小批量虚拟板坯组炉组浇的数学模型, 并开发出余材钢板智能组板、余材板坯智能匹配、出钢材智能组坯及智能组炉组浇四个组件。

提出面向钢铁企业产品成本设计和利润预测建模技术, 研究并解决了相关关键技术、设计产品成本计算模型, 建立了日成本分析与利润测算体系, 设计并开发了日成本分析系统。研究了钢铁产品多维度合同全程跟踪技术, 实现了从需求、订单、设计、生产、发运、客户收货及结算的合同全程精细管理。提出了面向集团企业多分辨率的分布式业务协同模型。基于该模型建立了钢铁企业生产管控数字化和业务高效协同的信息系统; 基于 ebMS 和 XML 等国际标准, 采用 VPN 安全控

制访问技术，建立了企业内部信息系统与外部信息系统之间的异构系统集成平台。针对多产线物流交叉和多种可替代工艺路线的钢铁行业典型特征，基于“黑箱模型”的非线性辨识方法和统计方法，采用小波神经网络预测模型预测钢材产品销售需求，提出了多目标优化的计划排程与动态调整技术；利用多模态甘特图技术，建立基于 Petri 网模型人机交互组合方法的炼钢生产调度系统。知识产权情况：该项目获得授权发明专利 1 项，计算机软件著作权 5 项，发表论文 7 篇。应用情况：该项目开发的产品和技术已在湘潭钢铁集团有限公司进行了应用，开发实施了由湘钢销售在线、多维度全程合同跟踪管理、炼钢生产调度系统、自动组炉组浇组板、远程计量管理等系统组成的生产管控数字化平台。满足了湘钢集团生产管控的需求，取得了良好的应用效果。经济效益：每年为企业创造直接经济效益 6000 万元以上，节约标煤约 7000 吨。社会效益：通过研究钢铁企业生产管控数字化关键技术，建立完整的钢铁企业生产管控数字化平台框架体系，为促进钢铁企业信息化和管理精细化起到了良好的作用，也为钢铁行业树立了良好的典型应用示范；同时，联合高校培养博士研究生 2 人、硕士研究生 4 人。

完成单位：湘潭钢铁集团有限公司、湘潭大学

完成人：陈展、黎自强、陈章红、彭邦伦、段斌、谭貌、张建和

编 号: 0346YJ

省 份: 福建 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 耐候钢及冷弯型钢在输电铁塔中的应用研究与工程示范

关 键 词: 输电铁塔; 耐候钢; 冷弯型钢; 承载力计算方法; 输变电工程;

简 介: 该项目属于输变电工程中的输电线路技术领域, 项目主要研究内容及取得的成果包括: 项目通过构件承载力试验、数值计算和理论分析, 确定了输电铁塔冷弯型钢轴心受压构件的稳定系数曲线, 得到了不同约束条件下受压构件长细比修正公式, 提出了输电铁塔冷弯型钢构件承载力计算方法; 通过冷弯型钢模型塔和真型塔试验和数值分析, 进一步验证了由构件试验和分析确定的承载力计算方法的正确性和适用性。对较大厚度冷弯型钢进行了材性试验和构件承载力试验, 提出了较大厚度冷弯型钢的设计强度修正公式, 研究了其加工工艺对构件承载力的影响。对输电铁塔用 JT 系列耐候钢进行了不同腐蚀环境下节点、单片腐蚀试验和焊接性能试验, 提出了输电铁塔用耐候钢的耐腐蚀性能指标要求。结合以上研究成果, 设计了国内第一基冷弯型钢输电铁塔, 相同荷载工况下, 重量比热轧角钢塔降低约 4%。在输电铁塔中使用耐候型冷弯型钢, 可以降低钢材用量, 且不用热镀锌, 减少环境污染, 具有显著的经济效益和社会效益。项目在冷弯型钢输电铁塔构件承载力设计方法、大厚度冷弯型钢加工工艺对构件承

载力的影响研究、输电铁塔耐候钢耐腐蚀性能指标的确定等方面有技术创新。采用项目研究成果，结合福建沿海地区大气腐蚀环境特点，合理选择耐候钢钢种，于 2009 年 12 月在厦门梧侣-内官 220kV I、II 回线路工程中试点应用耐候型冷弯型钢铁塔，这是耐候型冷弯型钢首次在中国输电线路铁塔中应用，线路运行状况良好。梧侣-内官 220kV I、II 回线路全长 12.8km，如全部采用耐候型冷弯型钢，可节约造价 94.3 万元。

**完成单位：**国网福建省电力公司电力科学研究院、中国电力科学研究院（原国网北京电力建设研究院）、福建省电力勘测设计院、国网福建省电力有限公司厦门供电公司

**完成人：**王永明、韩军科、林德源、赵金飞、杨风利

编 号: 0347YJ

省 份: 福建 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 钢铁制件表面高性能防腐处理关键技术

关 键 词: 钢铁制件表面防腐处理; 多元合金共渗; 铁路混凝土预埋件;

简 介: 科学技术领域: 该项目属于材料科学技术 – 金属材料学 – 金属腐蚀与防护学。主要科技内容: 高铁预埋件使用的钢铁制件, 长期处在机械震动、冲击、磨损以及野外高温高寒高湿等恶劣环境, 为了延长钢铁制件使用寿命, 铁道行业标准 (TB/T3274-2011) 规定, 铁路混凝土预埋件采用多元合金共渗防腐技术。 现有多元合金共渗防腐技术具有镀层硬度高、镀层均匀性好和工艺简单等优势, 但在工业化生产中仍然存在: 一是多元合金共渗层配方锌粉用量大, 共渗过程加热保温周期长, 成品合格率较低, 自然降尘时间长, 致使防腐处理生产效率低、能耗大、粉尘污染严重和成品合格率低。针对上述科技局限, 项目组开展了“钢铁制件表面高性能防腐处理关键技术”研究, 重点从多元合金共渗剂配方、共渗件封闭涂层配方、共渗过程工件定位装置和降尘装置等进行了自主创新设计和研发, 取得了良好的成果。主要技术创新点: 采用扩散动力学, 结合 Thermo-Calc 和 Dictra 软件, 对 Fe-Zn/Al/La 等合金体系的相平衡信息和扩散进行热力学计算, 优化了钢铁制件多元合金共渗层配方和共渗工艺, 增强了钢铁制

件对环境的适应性，延长了金属表面防腐层的使用寿命，节约了电耗和锌粉用量，降低了生产成本。创新设计了封闭层防锈金属涂料配方及其制备工艺，提高了特殊工程对钢铁制件的防锈性能要求。自主创新设计并开发了渗锌炉螺栓固定装置，避免了螺栓构件在渗锌过程容易因滚动碰撞而导致螺栓牙纹损坏，有效提高了螺栓渗锌的成品合格率。自主创新设计开发了渗锌炉降尘装置，避免了渗锌后的粉尘污染，缩短了工时，提高了生产效率。创新设计并自主开发了抛丸机输送装置，解决了工件长时间悬挂加工存在的安全隐患，缩短了操作时间，提高了生产效率。技术经济指标：经国家铁路产品质量监督检验中心检验，钢铁制件共渗层厚度  $50\text{--}65\mu\text{m}$ 、共渗层均匀性好、耐盐雾试验  $\geq 550$  小时，关键指标优于 TB/T3274-2011 《铁路混泥土梁配件多元合金共渗防腐技术条件》。同时实现了共渗过程节电 15% 以上，节约锌粉 10% 以上，渗锌过程无粉尘污染，成品合格率达 96% 以上。知识产权保护情况：项目技术获得授权专利 4 件，其中授权发明专利 1 件。应用推广及效益情况：利用研发成果，形成了年产 1.2 万吨钢铁构件表面高性能防腐处理生产线，累计生产了 4.935 万吨高铁预埋钢铁制件，供应中国中铁等 66 家企业，应用于龙厦铁路等 30 多个项目建设，深受客户好评。2013-2015 年累计生产防腐金属构件 4.935 万吨，实现营业收入 31950 万元，经济效益 1385.4 万元（其中：利润 609 万元、纳税 464 万元、节电 171.76 万元、节材 140.64 万元）。培养了一支金属材料表面防腐科研队伍，提升了企业科技创新能力。成果先进性水平：经中国高科技产业化研究会组织专家评价，该项

目成果达国内领先水平。

完成单位: 福建宏贯路桥防腐科技股份有限公司

完成人: 罗贯虹、李瑞平、罗长虹、邓正鸿、王强

编 号: 0348YJ

省 份: 贵州 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 钢铁企业特殊作业挖掘机关键技术及装备

关 键 词:

简 介:

完成单位: 贵州詹阳动力重工有限公司、贵州大学、贵阳永青仪电科技有限公司

完 成 人: 高山铁、王健、何锋、杨玉华、夏强

编 号: 0349YJ

省 份: 辽宁 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 鞍钢炼铁原料合理利用研究与应用

关 键 词: 铁矿石; 合理配矿; 冶炼性能;

简 介: 1. 技术领域: 钢铁冶金。2. 主要内容: (1) 在充分利用前人对“铁矿石烧结基础特性概念”掌握的基础上: 根据对鞍钢自产与外购国外铁矿石的烧结特性基础研究结果, 更注重发挥各种铁矿石的特点和优势互补特性, 达到改善烧结矿质量的目的。 (2) 高铁、低硅烧结技术的开发与应用研究: 随着矿山提铁降硅的不断深入, 鞍钢目前的烧结矿  $SiO_2$  含量在 4.70% 左右, 继续降低  $SiO_2$  含量是否合理进行了可行性试验研究。 (3) 改善鞍钢烧结矿冶金性能的试验研究: 以影响烧结矿质量的重要因素, 碱度和  $FeO$  含量为出发点, 进行了改善鞍钢烧结矿冶金性能的试验研究, 解决了争议较大的关于鞍钢烧结矿碱度和  $FeO$  值问题, 确定了其合理范围。 (4) 铁矿烧结合理燃料粒度研究。 (5) 鞍钢外购矿的研究与应用: 对各种铁矿粉(铁精矿)使用价值进行了评估, 为鞍钢开发更多更好的新矿源, 指导公司合理购矿和为烧结合理配矿提供科学依据。全赤铁粉矿烧结技术填补了鞍钢烧结历史上的空白。 (6) 高品质球团矿的开发研究: 针对鞍钢自产精矿粒度细的特点, 开发高质量的球团矿, 进行了不同熔剂型球团矿的试验研究, 为高炉炉料结构的改善提供技术储备。3. 项目特点: 针对鞍钢

现有原料条件,对烧结与球团使用的国内外两种铁矿资源合理配置开展系统研究工作,包括鞍钢自产与外购铁矿石的冶炼性能等基础性研究工作,为鞍钢烧结、球团及高炉工艺所用原料的科学配矿和将来扩展原料使用范围及铁矿石物化性能数据库的建立做了大量技术储备,为鞍钢公司合理购矿提供科学依据。4. 应用推广情况: 针对鞍钢铁前工序节能降耗,系统地研究了鞍钢国内、外铁矿资源对烧结与球团冶炼性能的影响,研究了利用鞍钢各种原料的合理搭配方式等一系列基础研究工作,为鞍钢烧结与球团科学合理配矿提供技术支撑,为鞍钢公司合理采购国外铁矿石提供科学依据并得到实施,从而为降低铁前成本提供了在原料方面的技术保障。首次提出并确定了鞍钢烧结、球团及高炉科学配矿方法,已在鞍钢铁前系统普遍推广,为提高铁前系统技术竞争力和降本增效起到强有力技术支撑作用。

**完成单位:** 鞍钢股份有限公司

**完成人:** 周明顺、韩淑峰、翟立委、刘杰、张辉、徐礼兵、官作岩

编 号: 0350YJ

省 份: 重庆 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 钢铁制造流程动态精准设计方法的研究与应用

关 键 词: 钢铁工程; 能源利用; 制造流程精准设计方法;

简 介: 背景与目标: 该项目针对长期以来中国钢铁工程设计中, 重单体轻集成、重技术轻流程的倾向, 采用静态化布局、公式化估算的方法, 仿真设计空缺、建模技术落后的状态, 从而造成钢铁行业单体强、整体效率低、竞争力不足等问题, 研究系统性、集成性、动态性、精确性的解决方案, 重点对存量产能进行流程的系统化再设计、竞争力再提高。 技术内容: 该项目将国际领先的冶金流程理论应用到钢铁工程设计实践中, 通过建立虚拟仿真流程, 研究流、流程网路、运行程序, 实现了设计的动态性; 通过收集生产实际数据建立模型, 进行量化评价和优化, 实现了设计的精准性。 技术创新点: 经评价认定, 取得了如下创新性成果: 建立了钢铁制造整体流程、流程界面、重点流程的动态设计平台体系; 自主开发了基于细胞自动机、融合仿真与遗传算法、炼钢多流仿真耦合算法的钢铁制造流程的系列仿真算法; 提出了基于多项“流”的钢铁制造流程效率的精准评价体系。

技术水平: 评价专家和国外著名客户都认定该成果整体技术达到国际领先水平。 中国工程院殷瑞钰院士评价: 形成了全新的钢铁流程动态精准设计方法, 标志着中国钢铁行业的工程设计从过去依赖国外技

术，发展到现在已经开始向国外输出工程设计理念，具有划时代的意义。这样的成果已经在一定程度上引领国际钢铁行业的发展。取得成果：建成冶金系统集成国家工程技术研究中心，完成国家 863 计划 1 项、重庆市重点攻关项目 1 项，已获得授权发明专利 6 项、软件著作权 16 项，出版专著 1 部、发表论文 26 篇、编写国家标准 5 项。应用推广：首次在南钢转型升级改造系统化再设计中成功应用，全面调整了南钢的冶金工程流程，解决了利用原有场地进行产能优化、产品升级的难题，近三年降低生产成本约 9.1 亿元，还减少了环境污染，实现了产城融合。该项目成果支持中冶赛迪多次在国内外著名的钢铁工程国际招标中胜出，已成功应用于国内的宝钢湛江钢铁基地、国外的越南台塑河静钢厂、印度 TATA 集团 KPO 钢厂等国际著名的大型冶金工程的总体设计中，以及在日钢、梅钢等企业的十多项存量产能的系统化再设计中，有利于多品种小批量产品的生产，减少了钢铁基地的占地面积和吨钢物流量，提高了铁素利用率和能源利用率，降低了生产成本和污染排放。经济效益：经过中冶赛迪财务部的统计，近三年新技术交易收入 1.13 亿元、新技术推广新增收入 14.84 亿元，新增利润 2.46 亿元、新增税收 0.18 亿元。

完成单位：中冶赛迪工程技术股份有限公司、重庆大学、南京钢铁联合有限公司

完成人：张义、胡芝春、郑忠、许秀飞、钟星立、袁超、范新库、何腊梅、徐林伟、龙建宇

编 号: 0351YJ

省 份: 国家 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 钢铁企业低压余热蒸汽发电和钢渣改性气淬处理技术及示范

关 键 词: 低压余热蒸汽发电; 钢渣改性气淬处理; 钢铁企业;

简 介: 钢铁生产过程吨钢余热资源总量为 244 ~ 287 千克标准煤, 实际回收利用率不足 26%, 余热资源高效回收利用已成为钢铁工业进一步节能的方向与根本途径。烧结和转炉烟气余热及钢渣显热约占吨钢余热资源总量的 24%, 但由于存在低温、间歇、分散等特点, 尚未有效回收和充分利用。“钢铁企业低压余热蒸汽发电和钢渣改性气淬处理技术及示范”在国家科技支撑计划重点项目支持下, 研发了具有自主知识产权的钢渣气淬处理与余热回收和烧结、转炉烟气余热回收发电关键技术与成套装置, 首次成功应用于唐山钢铁集团有限责任公司, 建成钢渣气淬处理、烧结余热发电和转炉余热发电三大示范工程, 构建二次能源利用关键技术平台, 三年累计节能 58.25 万吨标准煤, 新增效益 7.44 亿元, 实现了良好的经济效益和社会效益。研究成果达到了国际先进水平, 对钢铁工业节能减排具有示范推动作用, 主要技术创新有: 发明了钢渣氮气气淬处理与余热回收成套技术与装备。基于气淬粒化、液态渣滴冷却与凝固和钢渣矿相生成等机理研究, 研发钢渣氮气气淬与粒度控制、“双载热体-双层流化床”钢渣显热高效

回收与活性组分耦合控制等关键技术，建成年处理能力 30 万吨的钢渣氮气气淬处理示范工程，实现了钢渣粒径小于 3mm 达 96%~98%、吨渣蒸气回收量 110kg、气淬钢渣 f-CaO 含量<2.8%、单质铁提取率 96%、气淬钢渣 100% 资源化利用。发明了低温、非稳态烧结余热高效、稳定运行的余热回收发电技术。基于烧结工况变化对热源参数与热力系统运行影响规律、余热回收发电系统热力参数与配置方式优化等研究，开发了余热锅炉烟气全循环的废气温度调控工艺、有凝结水加热器的双压余热锅炉和双通道、饱和蒸汽补汽的烧结余热回收发电系统，建成 4 台烧结环冷机余热锅炉-1 套 25MW 发电机组的示范工程，实现了 250℃ 以上环冷机废气与 150℃ 锅炉排烟废气梯级利用和系统稳定运行，吨烧结矿余热发电量 22kWh。研发了间歇性转炉余热回收发电系统安全稳定运行技术。基于汽化冷却烟道结构参数对余热回收量影响规律和主要热力设备热力参数优化研究，发明了基于水循环动态安全性的水冷烟道结构优化方法和压力分级叠能蓄热技术，建成 7 座转炉余热锅炉-6 台蓄热器-1 套 15MW 发电机组的示范工程，实现了间歇性余热回收系统高效、连续、安全运行，吨钢转炉余热发电量 14kWh。上述成果，攻克了低温、间歇、分散余热回收的行业性技术难题，形成了高效、连续、稳定运行的余热回收成套技术，获国家授权发明专利 6 项、实用新型专利 3 项、软件著作权 1 项，发表学术论文 94 篇 (EI 收录 24 篇)，出版专著 1 部，丰富和发展了钢铁工业余热回收和固体废弃物利用理论和技术。研究成果在承德钢铁集团有限公司、宣化钢铁集团有限责任公司等 5 家钢铁企业推广应用，累计覆

盖产钢量约 4000 万吨 / 年，节能 83 万吨标准煤，为国家“十二五”实现重点大中型钢铁企业余热余压利用率达到 50% 以上的目标提供技术支撑。

**完成单位：**河北联合大学，唐山钢铁集团有限责任公司，中国钢研科技集团有限公司，北京科技大学

**完成人：**于勇，张玉柱，王新东，胡长庆，王兰玉，邢宏伟，史东日，李建新，苏福源，冯润明

编 号: 0352YJ

省 份: 江苏 年 份: 2018

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 转底炉高效处理钢铁流程含铁、锌尘泥资源关键技术集成  
与示范

关 键 词:

简 介:

完成单位: 江苏沙钢集团有限公司, 江苏省冶金设计院有限公司, 江  
苏省沙钢钢铁研究院有限公司, 神雾科技集团股份有限公司

完 成 人: 刘俭、吴道洪、施一新、王汝芳、杜屏、谢善清、毛瑞、  
殷惠民、王飞、李生忠、茅沈栋

编 号: 0353YJ

省 份: 湖北 年 份: 2018

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 钢铁烟尘超低排放预荷电袋滤器

关 键 词:

简 介:

完成单位: 中钢集团天澄环保科技股份有限公司

完 成 人: 姚群、钱磊、赵永平、刘世铮、马晓辉、陈志炜、项丽君、  
刘立、姬智、汪杨

编 号: 0354YJ

省 份: 广东 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 节材耐磨损钢铁材料关键技术的研发与集成示范

关 键 词:

简 介: 项目针对传统钢铁材料耐磨性较低、韧性不足和消耗量巨大这些国内外行业共性关键技术难题开展攻关, 实现高硬韧性和高耐磨性突破, 研制出适于不同磨损工况的系列耐磨损钢铁材料及其制造技术。(1)研制出有自主知识产权的适于中等冲击磨料磨损工况的具显著冲击磨损硬化特性的新型耐磨中合金钢, 提高耐磨件使用寿命; (2)研制出有自主知识产权的适于强烈冲刷腐蚀磨料磨损工况的新型高硬度含镍过共晶高铬合金耐磨蚀铸铁材料; (3)研制出有自主知识产权的适于强烈摩擦磨损和冲击磨料磨损工况的新型金属陶瓷颗粒增强铁基耐磨复合材料; (4)优化设计和选材应用研究出高锰钢和超高锰钢分别适用于较低和较高冲击磨料磨损工况; (5)研制出有自主知识产权的适于表面强烈摩擦磨损工况的超音速火焰喷涂涂层耐磨复合材料陶瓷压机柱塞; (6)主导研制出 1 个系列 6 项节材耐磨钢铁材料国家标准, 集成示范, 辐射全行业, 社会效益非常显著; (7)针对磨料磨损工况应用的耐磨损钢铁材料(件), 提出耐磨损钢铁材料高硬韧性理论, 指导耐磨损钢铁材料(件)设计、研发、选材和应用; (8)研制出“中国铸造耐磨材料产业技术路线图”, 作为行业和产业技术发展纲领性和

指导性文件，推动中国耐磨材料产业的发展，社会效益非常显著；(9)实现新型耐磨钢铁材料产业化，项目实施取得明显的经济和社会效益；(10)建立新型耐磨钢铁材料技术集成和产业化示范基地，带动耐磨材料产业发展。

**完成单位：**暨南大学、广州有色金属研究院、广州有色金属研究院新丰耐磨合金材料 广州市天河区金棠表面工程技术有限公司 有限公司、

**完成人：**李卫、郑开宏、冼卫泉、乐有树、刘英、王翔、李展、李林、苏志辉、李运初、张治国、戚文军、黄勇、谢家浩、尤德强

编 号: 0355YJ

省 份: 云南 年 份: 2013

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 一等奖

项目名称: 高效低成本钢铁耐磨材料制备技术及应用

关 键 词: 耐磨材料; 钢铁材料; 制备工艺;

简 介: 该项目属于金属材料科学领域。耐磨材料消耗量大, 应用面广, 在矿山、电力、建材等行业全国每年消耗约 400 万吨, 高性能钢铁耐磨材料的应用成为该行业节能降耗的关键环节之一。钢铁材料耐磨性的提高是通过基体的强韧化和硬质相类型、数量和形态的改善, 以及组相的协同等技术途径, 依靠添加大量的镍、钼、钒、铜等昂贵合金元素得以实现。因此, 研发高效低成本钢铁耐磨材料是国内外研究领域追求的目标。该项目采用廉价元素合金化和材料先进加工与控制技术, 制备出低成本高性能钢铁耐磨材料。主要研究内容如下:

1、提出了硅锰合金化和控制冷却热处理耦合获得贝氏体/马氏体复相耐磨钢(铁)的学术思想, 研究了贝氏体控制冷却转变工艺理论。发明了低成本高强韧硅锰合金化贝氏体/马氏体复相耐磨钢(铁)制备技术及装备, 取代了传统等温淬火工艺, 突破了钼合金化成本高和等温淬火工艺污染大、能耗高等技术瓶颈。2、揭示了钢铁耐磨材料中硼化物硬质相的形核长大机理, 发明了稀土-钛-氮改善硼化物形态与分布的控制技术, 突破了高体积分数硼化物应用于耐磨材料的关键技术, 研制出高硬度和抗冲击的新一代铸造高硼耐磨材料。3、发明了封闭

通道强化过流冷却的初生相细化技术及装置,研制出初生碳化物细小弥散分布的过共晶高铬铸铁,解决了传统过流冷却温度控制精度低、金属液氧化吸气严重等技术难题,大幅度提高了过共晶高铬铸铁的韧性及耐磨性。4、利用上述关键技术,与十余家耐磨材料企业合作,开发了系列低成本、高强韧钢铁耐磨材料产品,实现了产业化。产品性能已通过国家权威部门检测。该项目申请专利 29 项,其中授权 21 项(发明专利 14 项,实用新型专利 7 项),发表相关论文 72 篇,其中 SCI、EI 收录 35 篇。由云南省科技奖励办公室组织的成果鉴定结论为:“该项目整体技术达到国际先进水平,其中耐磨球铁硅锰合金化和控制冷却热处理耦合技术、高体积分数硼化物的耐磨材料及其稀土-钛-氮复合变质技术、强化过流冷却过共晶高铬铸铁初生碳化物的控制技术是具有自主知识产权的创新技术,达到国际领先水平”。该成果产品已应用于昆钢集团、江西铜业集团、云南铜业集团等多家企业。应用表明:系列产品成本降低近 20%,贝/马复相球墨铸铁磨球(段)较高铬铸铁磨耗下降 36%以上,衬板寿命比合金高锰钢提高 30%以上。近 3 年,采用该成果生产企业累计新增销售额 16.1 亿元,新增利润 2.5 亿元,新增税收 1.8 亿元。项目推动了钢铁耐磨材料相关理论和技术研究的进步。

完成单位:昆明理工大学、北京工业大学、云南昆钢耐磨材料科技股份有限公司、江西铜业集团〔德兴〕铸造有限公司

完成人:周荣、蒋业华、符寒光、周荣锋、卢德宏、李祖来、黄汝清、雷永平、何正员

编 号: 0356YJ

省 份: 国家 年 份: 2016

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 二等奖

项目名称: 钢铁生产与物流调度关键技术及应用

关 键 词: 钢铁企业; 物流调度理论

简 介: 针对钢铁工业对技术升级和精细化管理的迫切需求与现有技术支撑之间的突出矛盾,从调度理论、优化方法、关键技术和工程应用四个视角进行了二十年系统深入持久的基础研究与应用研究,提出了一系列能够提高钢铁企业生产与物流作业水平及效率的具有国际领先水平的关键理论、建模与优化方法、自主创新技术,为解决钢铁各个工序中长期困扰生产实际的生产计划与物流调度等难题提供了系统的理论和方法,对提高传统钢铁企业生产及运作水平具有实质性的贡献. 主要体现在: 1)针对现有建模与优化方法难以有效解决复杂工业生产与物流调度的难题,对建模方法及优化方法的改进和应用进行了系统研究,为复杂的工业生产与物流调度问题的定量化数学描述提供了新的技术手段,并根据问题的结构特征研制了一系列新颖的最优化算法及精密的启发式算法,为求解复杂工业生产与物流调度问题提供了一般性方法和通用求解技术; 2)从炼铁、炼钢、连铸、热轧和冷轧各工序中首次提炼出普遍存在于生产实际的关键生产与物流调度理论与科学问题,通过机理分析,建立了多个原创性的模型,同时从问题的复杂性、解的结构特征和算法的性能分析等方面进行了深入

的理论研究,为分析、解决复杂钢铁生产与物流调度问题提供了一系列具有普遍意义的新思路和新方法; 3)针对炉次计划、浇次计划、炼钢车间生产调度、板坯高效利用、热轧产线生产调度、冷轧产线生产调度、各工序物流设备调度等长期困扰生产实际的重大难题,提出了最优化建模和智能优化求解的混合策略,研发了炼钢-连铸工序批量计划与生产调度技术、热轧产线资源高效利用与生产调度技术、冷轧产线生产调度技术及钢铁物流调度技术等一系列能够提高钢铁企业生产运作与物流作业计划水平的具有国际领先水平的关键技术. 4)以上述研究的理论与技术为核心,先后开发了多个具有中国自主知识产权的决策支持系统.

完成单位:

完 成 人: 唐立新(东北大学)、孟 盈(东北大学)、汪恭书(东北大学)、杨 阳(东北大学)、郭庆新(东北大学)、赵 任(东北大学)

编 号: 0357YJ

省 份: 国家 年 份: 2018

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 二等奖

项目名称: 基于 M3 组织调控的钢铁材料基础理论研究与高性能钢技术

关 键 词: 钢铁材料基础理论; 性能组织; 低合金钢;

简 介: 针对汽车、建筑、管线、桥梁、船舶等领域用钢的高安全性要求,开展高性能钢组织调控理论和技术基础研究。项目提出了“多相 (Multiphase)、亚稳 (Metastable) 和多尺度 (Multiscale)” 相结合的 M3 组织调控理论,通过 M3 组织形成控制裂纹的形成与裂纹的扩展,提高了裂纹的形核功与扩展功,在高强度水平下,有效地提高了塑性和/或韧性。系统研究了生产流程中的相关现象、规律和机理,形成第三代汽车钢和第三代低合金钢的原型钢技术。针对汽车领域持续对钢材高强度与高塑性的要求,在 M3 组织调控理论指导下,创新提出中锰钢通过逆相变获得超细晶铁素体+奥氏体的目标组织、利用马氏体相变不均匀性控制残留奥氏体量、TWIP+TRIP 叠加效应提升强塑积等多个创新理论与技术,开发了第三代汽车钢。在抗拉强度为 600-1500MPa 级别时,强塑积(抗拉强度与断后伸长率的乘积)不小于 30GPa%,较第一代汽车钢翻番,有效地解决了强度提高带来塑性下降问题,不仅提高了高强度钢的冲压成形性能,还提高了车辆的碰撞安全性。针对低合金钢的强度提升后韧性和/或塑性降低的情况,在 M3

组织调控理论的指导下，通过奥氏体状态调控，获得多相基体组织，并调控析出相的状态。通过在线回火多相组织调控、与析出相的协同析出开发了低屈强比、高均匀延伸的屈服强度 700MPa 级及以上的第三代低合金钢板卷，断后伸长率不小于 25%，屈强比不大于 80%，为低屈强比高塑性钢生产提供了理论与技术基础。工业规模生产中板的屈服强度在 900MPa 级时、-40℃ 温度下 V 型缺口冲击韧性不小于 200J。世界上首次实现了中锰合金化第三代汽车钢的实验室制备与工业生产，产品在在卡车元宝梁和整体式桥壳等零件上进行试制并通过台架试验评价，显示了较传统钢铁材料在减重和高成形性能方面的特点。形成了温成形 B 柱技术，可以替代热成形钢。首次提出了第三代低合金钢的概念，指导高塑性和/或高韧性低合金钢的开发。高塑性第三代低合金钢相关技术已用于生产 X90/X100 超高强度管线钢获得低屈强比、X80 抗大变形管线钢、500MPa 级桥梁钢、大型集装箱船板钢、高强度建筑钢的生产。

完成单位：

完成人：董瀚（钢铁研究总院），翁宇庆（钢铁研究总院），曹文全（钢铁研究总院），孙新军（钢铁研究总院），王存宇（钢铁研究总院），谢振家（北京科技大学）

编 号: 0358YJ

省 份: 河北 年 份: 2015

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 三等奖

项目名称: 铁水中有益元素用于炼钢过程合金化技术的研究及应用

关 键 词: 铁水合金化工艺; 冶炼工艺; 螺纹钢筋;

简 介: 所属科学技术领域: 炼钢合金化技术领域。主要内容: 该项目从提高钢种质量、降低炼钢生产成本及实现资源充分利用的角度出发, 利用铁水中的有益元素碳、钒、锰、钛、铬等对钢水直接进行合金化, 打破了传统的使用固态合金进行合金化的工艺。铁水中有益元素得到高效、综合利用, 避免了钒元素经提钒-钒产品过程中的流失, 解决了铁水中铬、钛元素难于提取回收利用的问题, 而且节省了铁合金的生产过程, 降低了钢铁行业废渣、废气的排放, 具体为发明了铁水稀有元素用于微合金钢生产的方法、一种使用含钒钛铁水冶炼中高碳硬线用钢的方法及一种生产Ⅱ级热轧螺纹钢筋的冶炼工艺, 为实现铁水合金化高效、高进度作业, 开发了一种钢水预处理装置。结合现有工艺及设备, 形成了炼钢过程中采用铁水合金化生产专有技术4项, 即利用含钒铁水合金化+LF炉钢包吹氮生产抗震钢筋的技术, 利用铁水脱硫→扒渣→提钒脱钛→半钢脱磷→铁水合金化工艺流程生产中高碳钢的技术, 利用含钒铁水中钒元素代替含锰合金生产低合金高强度结构钢的技术, 利用铁水合金化专用装置实现了合金化高效、高精度作业技术。该项目形成了经济、高效、节能、环保的合金

化应用技术,为钢铁企业探索出了一条极其有效的低成本炼钢合金化途径。授权专利情况:已授权专利4项,其中发明专利3项,分别为:铁水稀有元素用于微合金钢生产的方法(2012.11.14授权)、一种使用含钒钛铁水冶炼中高碳硬线用钢的方法(2014.07.02授权)、一种生产II级热轧螺纹钢筋的冶炼工艺(2014.07.30授权);实用新型专利1项,为一种钢水预处理装置(2011.04.27授权)。技术经济指标:采用含钒铁水合金化生产III级抗震钢筋,液态铁中碳、钒等有益元素收得率高达98%以上,且吸收率稳定,节省了大量铁合金及增碳剂消耗,降低成本23.7元/吨。利用铁水中钒元素代替含锰合金,降低钢中锰含量,实现了低合金高强度结构钢的生产,在保证钢材性能的基础上降低炼钢合金成本59.28元/吨。将铁水经脱硫、提钒脱钛、脱磷后的半钢进行合金化应用到中高碳钢的生产,实现降低成本10.98元/吨,同时采用该工艺钢水增氮、增氢量低于全部使用增碳剂炉次,实现了不经脱气装置生产中高碳钢。利用铁水合金化专用装置及合金化配加模型,称量误差控制在 $\pm 10\text{kg}$ ,实现了合金化高效、高精度作业。铁水直接转化成钢水,降低了炼钢工序能耗,实现了低碳、环保生产。推广应用及效益情况:通过不断完善,“炼钢过程利用铁水直接合金化技术的研究及应用”已成功应用于承钢公司三个炼钢转炉车间的生产,涉及钢种包括抗震钢筋、低合金高强度结构钢、中高碳钢(45~75、C77B、C82B)等钢种,到该课题结题时铁水合金化比例已达80%以上。2012年1月至2014年12月累计创效1.58亿元。项目经专家评审及鉴定,该项目达到国际先进水平。因此,该技术对于普铁

冶炼企业同样可根据各自铁水条件利用铁水中的有益元素，适用范围广泛，在整个行业中均具有广泛的推广应用价值。

完成单位：河北钢铁股份有限公司承德分公司

完成人：白瑞国、韩春良、翁玉娟、李彦军、国富兴、房志琦

编 号: 0359YJ

省 份: 湖北 年 份: 2014

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 二等奖

项目名称: 炼钢污泥提纯铁粉的技术发明与应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 武汉钢铁(集团)公司

完 成 人: 王爱华、李信平、陈秀丽、汪平刚、华洲连、焦立新

编 号: 0360YJ

省 份: 湖南 年 份: 2017

奖励类型: 自然科学奖 级 别: 二等奖

项目名称: 钢铁连铸保护渣相变和传热机理研究

关 键 词:

简 介:

完成单位: 中南大学

完 成 人: 王万林, 周乐君, 古可专, 魏娟, 路博勋

## 四、电解铝

编 号: 0361YJ

省 份: 云南 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 电解铝液直接铸轧制备超宽幅超薄铝箔坯料产业化关键技术

关 键 词: 铝箔坯料; 铸轧工艺; 电解铝;

简 介: 随着中国电解铝产能过剩的日益加剧, 国内加快转型发展铝精深加工。2011 年, 中国铝箔产能达 264 万吨, 约占全球 33%, 是全球第一大铝箔生产国。为提高生产效率, 降低生产成本, 中国以引进阿申巴赫超宽幅、高速铝箔轧机为代表, 使铝箔生产进一步向高效、优质方向发展。在铝加工行业内把压延轧制幅宽  $> 1700\text{mm}$ 、在线轧制速度  $> 1500\text{mm/min}$  的铝箔轧制称为超宽幅、高速铝箔轧制。2012 年, 国内辊面宽度  $\geq 2000\text{mm}$  的超宽箔轧机已有 43 台, 占全球超宽箔轧机的 64.2%, 由于国内铸轧坯料无法满足超宽幅、高速铝箔轧制要求, 坯料都以热轧坯料或进口供应, 成本仍然偏高。针对国内铸轧坯料无法满足超宽幅超薄铝箔生产的需求, 电解铝液直接铸轧制备超宽幅超薄铝箔坯料技术是市场发展的必然选择。采用电解铝液直接连续铸轧生产超宽幅铝箔坯料短流程工艺, 相比传统热轧或铸锭重熔工艺, 主要存在原料的“三高一低”问题, 即电解铝液温度高、含气量高、杂质含量高和形核质点低, 如果以上问题难以解决, 将无法达到铝箔轧制要求, 更不用说生产  $0.0045\text{mm}$  超薄双零箔。该项目通过开发电解

铝液直接铸轧制备超宽幅超薄铝箔坯料关键技术，获取了具有自主知识产权的电解铝液直接铸轧制备超宽幅（板宽  $\geq 2200\text{mm}$ ）超薄（ $0.0042 \sim 0.0045\text{mm}$ ）铝箔坯料短流程全套生产技术，连续三年实现产业化生产。通过项目实施，该技术成果生产的产品已向上海沪鑫、云南浩鑫、洛阳铝箔、江苏中基、江苏大亚、ABB、GE 等生产厂家连续稳定供货，特别是云南浩鑫铝箔有限公司的超薄铝箔由月产十几吨突破到 200t，用此坯料生产的  $4.5 \sim 5.0\mu\text{m}$  超薄电容器箔是 ABB、GE 公司的最大供应商，连续多年被评为优秀供应商名录，而且江苏中基和大亚采用此坯料成功实现了超薄铝箔生产，月产量达 100 多吨，通过生产厂家的应用，超宽幅超薄铝箔坯料产品质量和性能稳定，提高了生产效率，降低了生产成本，取得了可观的经济效益。该项目通过开发电磁紊流场精炼技术，实现熔炼炉内铝液含渣体积密度  $\geq 2.63\text{g/cm}^3$ ，Fe、Si 单个波动率  $\leq 0.5\%$ ；通过开发高速铸轧生产自下而上双级泡沫陶瓷过滤技术，使氢含量小于  $0.10\text{mL}/100\text{gAl}$ ，Ti 吸收率达 91.7% 以上，轧制  $0.0045\text{mm}$  超薄双零箔，针孔数小于 100 个/ $\text{m}$ ；通过研发新型供流技术，实现铸嘴区整个板宽方向温度最大波动值  $\pm 1^\circ\text{C}$ ；通过研发板形控制技术，使轧机可以满足  $1.5\text{m/min}$  速度连续稳定生产超宽幅超薄铸轧坯料，整体技术达到国际先进水平。该项目实施过程中申请发明专利 12 项，已授权 8 项；发表论文 11 篇，其中 SCI 1 篇，EI 1 篇。项目 2013 年至 2015 年共生产超宽幅超薄铝箔坯料 34570.525t，累计新增利润 6247.22 万元。

完成单位：云南铝业股份有限公司、中南大学

完 成 人：李永平、张新明、丁吉林、陈德斌、邓运来、付利智、李学睿

编 号: 0362YJ

省 份: 云南 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高龄铝电解槽稳定生产技术的研究与应用

关 键 词: 铝电解槽; 生产工艺;

简 介: 铝电解是一个高能耗的行业, 随着世界能源供应的日益紧张和人们环保意识的不断增强, 国家政策的硬性规定, 低污染、高效能和高度智能控制成为电解铝行业工艺技术发展的主要方向。铝电解槽是铝电解生产的主要设备。质量好的电解槽可以减少大修费用和吨铝成本, 提高电解铝企业的经济效益。铝电解槽寿命问题直接影响电解铝的生产成本和生产效率, 因此延长大型铝电解槽寿命研究对发展中国铝电解工业具有重要的意义, 是电解铝企业的一贯追求。随着槽寿命指标的不断提升, 电解槽的稳定性、技术指标和安全生产运行等方面会越来越差, 在降低生产成本方面面临较大的困难。因此, 该项目针对 200kA、300kA 系列 2000 天以上电解槽 (以下称为高龄槽), 通过分析并研究其特点, 开发出一套高龄槽监测与诊断系统, 并研发出阴极电流分布均匀化装置, 优化电流分布情况, 同时制定适合其特点的工艺技术标准与操作制度, 开发"零效应"控制技术, 并通过对高龄槽槽底支撑梁、阴极母线及立柱母线等的修复技术的开发, 实现高龄槽的稳定、高效、安全运行。项目申请专利 9 件, 其中发明专利 3 件; 已授权专利 7 件, 其中发明专利 1 件。通过项目的实施, 200kA

系列大于 2500 天的电解槽达到 116 台，占整个系列的 58%；2500 天以上电解槽平均电压 4.1495V，电流效率 95.14%，原铝直流电单耗 13057kWh/t-Al。300kA 铝电解系列共有 56 台电解槽寿命突破 2500 天，占整个系列的 23%。300kA 铝电解系列共有 56 台电解槽寿命突破 2500 天，占整个系列的 23%，系列 2500 天以上电解槽平均电压 4.163V，电流效率 95.51%，原铝直流电单耗 12989kWh/t-Al。该两系列电解槽总体技术达到了国内领先水平。

完成单位：云南铝业股份有限公司

完成人：丁吉林、刘永强、李俊、王新华、陈光恒、刘强、李钊

编 号: 0363YJ

省 份: 四川 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 铝电解铸造铝灰渣循环利用技术

关 键 词: 电解铝; 工业废渣循环利用;

简 介: 该项目属于电解铝行业减排项目。项目以实现电解铝铸造铝灰渣在企业内部的循环利用为目标, 通过技术创新研发了一种不含氯、钾元素的新型铝打渣剂并应用于铝锭铸造生产, 开发了热铝灰快速分离新工艺减少了金属铝的烧损提高了金属铝回收率, 开发了铝灰全部返回电解槽应用技术达到了工业废渣在电解铝企业内部循环利用的目的。

完成单位: 四川启明星铝业有限责任公司

完 成 人: 陈帮之、李勇、王有来、刘升、刘勇

编 号: 0364YJ

省 份: 国家 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 高铝粉煤灰提取氧化铝多联产技术开发与产业示范

关 键 词: 铝土矿资源利用; 预脱硅工艺; 氧化铝;

简 介: 中国是铝资源消费大国, 每年需要进口大量的氧化铝和电解铝。而中国铝土矿资源却非常匮乏, 人均铝土矿占有量仅占世界平均水平的 1.5%, 按照铝土矿现有的消耗速度计算, 中国的铝土矿资源使用年限仅 8-10 年。内蒙古中西部地区由于特殊的地质背景, 在晚古生代煤层及夹矸中赋存大量一水软铝石和高岭石等富铝矿物, 形成煤铝共生矿产资源。这些煤种在火力发电厂煤粉炉燃烧后形成的粉煤灰中氧化铝含量高达 50%, 相当于中国中级品位铝土矿中氧化铝的含量, 是非常宝贵的再生含铝矿物资源。该类矿产主要分布于内蒙古自治区中西部的准格尔煤田、桌子山煤田和大青山煤田, 其中准格尔煤田潜在高铝粉煤灰蕴藏量达 70 亿吨, 相当于中国铝土矿保有储量的 3 倍, 并且该煤中镓的平均含量高达 44.8 ppm, 总储量  $6.3 \times 10^4$  t, 为特大型镓矿床。因此, 准格尔煤田是国内外罕见的煤-铝-镓复合矿产, 具有极其重要的经济价值和开发前景。这些宝贵的煤铝共生矿物资源并未得到科学合理的开发利用, 不仅造成了中国紧缺的含铝矿物资源的大量浪费, 而且粉煤灰的运输和大量囤积产生了严重的占地和环境污染问题。而这些宝贵的资源并未得到科学合理的开发利用的原

因，除了传统观念认识不足外，最主要还是技术开发存在瓶颈，可行性方案很少且存在重大缺陷，导致仅有产业化的项目陆续停产。粉煤灰的综合利用要想取得突破，必须在观念思路上有重大革新。为开发利用该类粉煤灰资源，大唐国际与清华大学和清华同方于 2004 年元月 3 日，共同召开了粉煤灰资源化利用专题会议，确定了利用高铝粉煤灰研制开发提取氧化铝多联产技术的产业方向，同时为该项目的确立提供了依据和指导。该项目针对高铝粉煤灰富含  $Al_{2}O_{3}$  和大量非晶态  $SiO_{2}$  的资源特性，按照循环经济的科学理念，研制开发出一套利用粉煤灰、电石渣及电厂排污等废弃物为主要原料，生产氧化铝联产新型活性硅酸钙填料，并将硅钙渣脱碱后用于电厂烟气脱硫或生产水泥的整套工艺技术路线。高铝粉煤灰与铝土矿相比， $A/S$  明显偏低，如果按照常规的碱石灰烧结法或石灰石烧结法直接进行处理，生产过程中消耗将大大增加。为此确定首先用氢氧化钠溶液脱除粉煤灰中非晶态二氧化硅，使粉煤灰中的  $A/S$  从 0.95 提高到 2.20，脱硅液添加石灰乳制备活性硅酸钙并回收氢氧化钠。脱硅后的粉煤灰采用碱石灰烧结法制备氧化铝，最后的残渣-硅钙渣脱碱之后用来生产水泥熟料或用于电厂烟气脱硫。该工艺技术方案通过粉煤灰预脱硅工艺，提高了粉煤灰  $A/S$ ，在很大程度上降低氧化铝生产成本，又能用脱除的  $SiO_{2}$  生产活性硅酸钙、用提取氧化铝所得的硅钙渣生产水泥熟料，因此不但能提高产值，增加利润，而且与传统烧结法生产氧化铝工艺中赤泥堆存相比，可解决占地和环境污染的难题。大唐国际与清华大学合作，自主开发了预脱硅-碱石灰烧结法提取氧化铝工

艺技术路线，2005 年完成公斤级实验研究，2008 年完成年产 3000 吨半工业化试验，2010 年建成投产年产 20 万吨氧化铝示范生产线，成为国内外首条粉煤灰提取氧化铝示范生产线。

**完成单位：**内蒙古大唐国际再生资源开发有限公司，大唐国际发电股份有限公司

**完成人：**孙俊民，苏杰，孙振斌，张生，曹瑞忠，陈刚，邓忠贵，洪景南，周立平，陈晓霞

编 号: 0365YJ

省 份: 国家 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 12000 吨航空铝合金厚板张力拉伸装备研制与应用

关 键 词: 航空铝合金厚板; 张力拉伸装备; 万吨级; 均匀变形控制;  
多级缓冲保护;

简 介: 航空制造业快速发展, 对铝合金厚板材料提出了更高要求。尤其是中国大飞机(宽体客机、大型运输机等)的自主发展, 迫切需要高性能、大规格铝合金厚板。之前, 这些厚板只有美、德等几个国家可以生产, 中国只能依赖进口, 价格昂贵, 严控供给, 严重制约着中国航空产业的发展。大型拉伸机是生产航空用厚板的必须装备。研发万吨级拉伸装备和技术, 是面临的重要任务。在国家科技重大专项等支持下, 八家单位产学研用联合攻关, 历时七年, 在超高负载系数、均匀变形控制、多级缓冲保护等万吨级拉伸装备关键技术及厚板拉伸工艺方面取得了重大突破。主要创新成果包括: 构建了拉伸机力能参数模型, 研发出预应力组合梁式主体结构, 解决了传统“C型板结构”机架刚度低、超厚板无法拉伸的国际难题, 突破了其负载系数瓶颈, 单位宽度负载达到  $63\text{kN/mm}$  (国外  $50\text{kN/mm}$ ), 实现了超厚板拉伸。提出了复合斜面夹紧方法, 结合超大吨位液压缸同步控制技术, 保证了拉伸机多组钳口夹紧位置一致、夹紧力均匀分步及精确同步拉伸。解决了宽厚板拉伸变形一致性难题, 实现了板材稳定均匀变形, 确保了

产品质量及性能。创建了“断带”冲击过程数值模型，提出了柔性耦合钳口、双向缓冲压梁、全浮动机架等多级、多路径断带缓冲技术，实现了“断带”时巨大冲击能量平稳逐级释放，解决了冲击保护的国际难题，确保了设备安全、可靠运行。创建了拉伸参数控制模型和成套工艺，结合设备性能及控制参数，建立了拉伸工艺数据库，揭示了不同工况下宽厚板拉伸流变、残余应力与回弹变化规律。实现了板材达到精确、最优变形状态，残余应力小于 50MPa。以上关键技术的成功研发，使中国具备了大型铝合金厚板拉伸装备设计制造能力，研制成功首台万吨级航空铝合金厚板张力拉伸机，开发了成套拉伸工艺。经国家检验中心检测，该机最大拉伸力 12000 吨，延伸率 1~4%，延伸率精度 0.1%，可拉伸板材最厚 250mm、最宽 4000mm、最大 3000mm。其主要性能指标达到国际领先水平。该装备自 2011 年投产以来，累计生产航空用三大系列铝合金厚板超 20000 吨，创造销售额 10.8 亿元。厚板产品经北京航空材料研究院、西安飞机国际航空制造股份有限公司等单位检测和使用，性能指标、表面质量达到专用技术要求，并成功应用于飞机机翼、加强框、梁等主承力构件。项目获国家发明专利 6 项、实用新型专利 7 项，制定行业标准 2 项，发表论文 29 篇。经专家鉴定：“该项目取得了多项创新性成果，总体上达到国际先进水平”。获 2014 年度中国机械工业科学技术特等奖。项目成功实施，实现了中国铝合金厚板生产线关键设备及其工艺的国产化，打破了国外对航空厚板的垄断，改变了中国大飞机等制造用材料受制于人的局

面，对保障国家安全具有战略意义，推动了中国航空、军工等行业的科技进步。

**完成单位：**中国重型机械研究院股份公司，西南铝业（集团）有限责任公司，中信重工机械股份有限公司，重庆大学，太原科技大学，中南大学，西安交通大学

**完成人：**谢东钢，蒋太富，汪恩辉，赵永平，张超，王殿楹，李迅，刘庆，朱才朝，王智敏

编 号: 0366YJ

省 份: 安徽 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 废铝清洁再生及梯级应用关键技术研究

关 键 词: 废铝再生; 梯级应用; 再生铝低温节能三连熔炼炉; 熔炼炉尾气处理装置;

简 介: 铝及铝合金应用非常广阔, 市场巨大, 中国年消费量已超过 3000 万吨, 废铝再生及综合利用已成为人类持续发展的重要课题。亟待解决两大技术难题: 废铝再生熔炼能耗较高, 且污染环境; 再生铝中不可避免存在较多铁及其它被认为是杂质的元素, 如何充分利用这些非铝成分, 研发高端产品, 开拓应用领域。该项目采用系列自主创新研发废铝绿色再生和梯级应用关键技术, 水平居国内领先。针对传统再生铝熔化炉中废铝料无预热, 熔化后先铸成铸锭再经过精炼炉重熔精炼所造成的大量能源浪费, 自主研发并制造集预热、熔化、精炼为一体的再生铝低温节能三连熔炼炉; 针对熔化炉尾气排放污染环境问题, 自主研发并制造设有烟气过滤器、重金属吸附器、有害气体吸附器的熔炼炉尾气处理装置。针对亚共晶 Al-Si 合金, 在国内率先提出充分利用再生铝中原认为是杂质的 Fe、Mn 等合金元素, 通过优化成分及微合金协同作用, 获得优异高温性能的缸盖材料。针对共晶 Al-Si 合金, 在国内首次提出以 Fe 相为主的异相强化作用机理, 通过 Fe 相球化剂及稀土微合金化的强韧化作用, 活塞高温性能显著提

高。针对过共晶 Al-Si 合金，在国内率先集成过共晶成份热强元素的组份设计及添加技术、富铈混合稀土和磷类压块复合变质处理技术，开发出高硅（硅含量达到 24%）过共晶铝合金活塞材料，解决了传统亚共晶、共晶铝硅合金材料的热膨胀系数大、耐磨性能差等问题，又解决了现有过共晶铝合金材料的流动性差、高温强度低等问题。充分利用再生纯铝锭中的杂质 Fe、Cu 等合金，研制铝铁铜镁稀土合金电缆材料，直径为 2.55mm 铝线的导电率（IACS） $\geq 62\%$ ，抗拉强度 $\geq 130\text{ MPa}$ ，经多次旋锻、退火和三分色加工，分别制成新型耐火稀土铝合金电缆和新型阻燃稀土铝合金电缆。该项目获得 6 件发明专利和 13 件实用新型专利授权，另有 8 件发明专利通过实审。通过科技查新表明，该项目在熔炼炉设计制造及尾气处理、梯级应用的材料成分设计与工艺技术方面有创新，其核心技术均未见国内报道。经安徽省理化检测有限公司检测，再生铝锭具有多种合金成分，应用于铝合金缸盖、活塞等方面性能优异。从用户使用报告中可以看出，再生铝除应用于该项目产品外，还可满足铝型材和泡沫铝的使用要求。通过该项目的研发，安徽省金兰金盈铝业有限公司已形成年产 10 万吨再生铝的生产能力，2015 年产值超过 2.67 亿，利税近 4 千万元，且产品性能满足纯铝（铝合金电缆）、变形铝合金（铝型材）、铸造铝合金（缸盖、活塞）及泡沫铝等梯级应用要求。若加上参加该项目另外 2 家企业效益，2015 年该项目直接产值超过 5 亿元，具有显著的经济和社会效益。该项目是由安徽省金兰金盈铝业有限公司与合肥工业大学、安徽省恒泰动力科技有限公司及安徽亚神电缆集团有限公司共同研

发的，它的实施对于加快中国再生铝产业健康发展，促进中国经济和社会发展具有重要意义。

完成单位：安徽省金兰金盈铝业有限公司、合肥工业大学、安徽省恒泰动力科技有限公司、安徽亚神电缆集团有限公司

完成人：苏勇、宋金林、章高伟、胡宏权、陈志刚、吴海平

编 号: 0367YJ

省 份: 山东 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 高强耐磨活塞新材料

关 键 词: 活塞; 钛铝合金; 压力铸造; 铸造余热淬火;

简 介: 随着汽车工业向高效率低排放、节能环保方向发展,发动机功率密度不断提高,当发动机爆发压力达到 20MPa 时,普通的铝合金活塞材料 ZL109(等同渤海活塞 BH122A)已不能满足发动机中高温、高压的恶劣工况,经常出现活塞燃烧室、销孔开裂等破坏失效,为此,公司成立攻关项目组,开展高强耐磨活塞新材料(即 BH135)及其在先进发动机中应用的研究,项目来源于 2007 年山东省自主创新成果转化重大专项,属于内燃机行业新型金属材料领域的前沿技术。1、主要技术内容:新材料成分优化设计技术,是以共晶铝硅合金为基础,调整并增加了部分促使强化相生成的合金元素,使基体组织细化,强化相生成,从而提高材料的机械物理性能,尤其是高温性能。应用电解加钛技术,以钛氧化物电解生产含钛铝合金;铁相形貌控制技术,使电解铝杆状铁相团球化,并延续为最终活塞合金铁相团球化,使合金疲劳强度提高 10%以上。开展合金组织结构的微细化与变质处理研究应用,在材料细化方式上,我们摒弃了过去的赤磷或磷的化合物,而采用了新型高磷变质剂,改善了细化效果,减少了有害物质的介入及烟雾污染。采用先进的精炼处理技术,利用自主研发的旋转处理装

置和技术，采用高性能精炼熔剂，确保精炼效果，同时进一步提高磷的变质细化效果和产品质量。凝固冷却成型工艺研究方面，利用引进的 MAGMA soft 铸造仿真技术，通过调整及优化凝固冷却参数，对新材料活塞铸造凝固过程进行模拟，缩短了新材料试验周期，提高了新材料活塞铸造工艺设计的准确性、可靠性，保证了产品质量。新型热处理技术，在国内同行业中首次采用铸造余热淬火技术，打破了活塞行业普遍采用 T6 处理现状，提高生产效率，节能效果显著。活塞新材料压力铸造工艺开发，结合公司自主研发的铝活塞压力铸造机，有效控制了活塞铸造过程，提高了活塞新材料组织的均匀性和机械性能。

2、授权专利情况：本项目拥有专利 4 项，其中 1 项发明专利，3 项实用新型专利。

3、高强耐磨活塞新材料（BH135）技术指标：新材料高温抗拉强度（300℃）： $\geq 110\text{ MPa}$ ；其线膨胀系数（20~200℃）：低于 ZL109 合金，约降低  $1 \times 10^{-6}/\text{℃}$ ；新材料耐磨性（摩擦失重）：BH135 耐磨性比 ZL109 提高 18%；新材料活塞体积稳定性： $\leq 0.02\text{D\%}$ 。

4、获奖情况：2011 年获滨州市科技进步一等奖，2012 年获得国家重点新产品证书。

5、应用推广及效益情况：该新材料为国内外各大知名发动机厂家高端机型研发、制造提供了有力的支持，解决了发动机爆发压力达到 20MPa 时，活塞燃烧室喉口开裂的世界性难题。采用该新材料生产的活塞，国内已为潍柴高科动力品牌—蓝擎发动机、玉柴联合动力 6K、锡柴 CA6DL 提供独家配套，同时在上柴、重汽、大柴等各大主机厂高端发动机活塞上进行了推广应用；另外凭借该新材料技术，首次打入国外高端发动机市场，为美国康明斯 ISLe 系列、

德国戴姆勒奔驰 OM 系列等发动机提供配套，对提高我国活塞行业的国际竞争力具有重要意义。2010 年至 2012 年新材料活塞累计生产 1390 万只，实现产值 12.25 亿元，完成销售收入 12.12 亿元，企业获得净利润 9520 万元，实交税金 7066 万元。

完成单位：山东滨州渤海活塞股份有限公司

完成人：张国华、冯增建、牟俊东、朱俊奎、张屹林、高占雨、高晓波、魏作山

编 号: 0368YJ

省 份: 山东 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 信发集团区域循环经济关键技术集成与模式示范

关 键 词: 废物循环利用; 电石渣替代石灰; 电石炉改造; 尾气回收综合利用; 铝工业;

简 介: 本项目针对信发集团热电、铝业、氯碱及精细化工构成的典型铝工业循环经济发展模式, 按照关键技术创新、技术集成和系统优化的研究思路, 从循环经济减量化、资源化和无害化技术研究入手, 并以此为基础, 从工业过程内部、工业过程之间、区域层面三个层次开展区域循环经济系统水资源、能源和物质的集成研究, 形成了支撑铝工业可持续发展和区域经济转型升级的技术体系和成果示范, 主要技术内容包括以下几个方面: 1、针对铝工业生产过程中资源、能源消耗高等问题, 研发了以化水车间给水减量化关键技术为代表的水资源减量化、以“低槽温、低电压、低效应系数”高效低能运行模式、离子膜烧碱“零极距”电解槽技术为代表的能源减量化、以能源“发、供、用”一体化为代表的流程减量化技术, 实现了生产源头减量与过程减量的有机结合, 提高了资源利用效率, 氧化铝、烧碱、PVC 新鲜水耗以及电解铝、烧碱、PVC 综合能耗优于国际先进水平。2、针对铝工业生产过程中废物产生量大、综合利用率低等问题, 创造性地将工艺流程削减与废物循环利用有机结合, 研发了电石渣替代石灰用于

氧化铝生产、电石炉改造及尾气回收综合利用、聚氯乙烯尾气中氢气回收利用等技术，实现了废物的高值、高效、整体利用，降低了环境风险。3、针对铝工业生产废水种类多、废水中污染物的成分、性质差异较大，污染严重等问题，研发了聚合离心母液處理及回用技术、含汞废水高效处理与回用技术等，实现了废物无害化与资源化的有机结合，减轻了有毒有害物质对人体健康和生态环境的影响。4、针对“热电联产、铝电联营”区域内产业关联度低、资源循环利用和产出率低等制约区域持续发展的关键瓶颈问题，从物质、能量和水资源要素入手，对热电、铝、氯碱及精细化工等行业清洁工艺、节能技术和污染治理技术集成开发与应用，从工业过程内部、工业过程之间以及区域产业之间三个层面研究建立了区域水资源优化配置、循环利用及废水不外排、能量梯级利用、物质高效循环利用、产业耦合共生的发展模式，构建了“热电平衡、铝电双赢、化工配套、静脉循环”特色循环经济模式，引领了区域产业的产业生态化转型和高端发展。项目自2004年实施至今，取得了巨大的经济、环境和社会效益，为信发集团带来综合经济效益70.12亿元/年；年节约新鲜水量1197.14万m<sup>3</sup>，减排废水2012.09万m<sup>3</sup>、二氧化碳319万t、二氧化硫1.03万t，资源化利用赤泥200万t、电石渣64.74万t。本项目获得了以张国成、段宁、孙传尧、张泽等院士为首的国内外知名专家的充分肯定，专家们一致认为该项成果“实现了以铝产业为核心的物质流、能量流、信息流、资金流的高效平衡，实现了产业转型升级，建设了生态文明，有重大的示范价值”，“实现了区域循环经济的关键

技术集成与模式示范，总体技术达到了国际领先水平”。项目实施过程中共获得实用新型专利 2 项。

完成单位：信发集团、山东省国合循环经济研究中心、山东大学

完成人：张刚、张学信、崔兆杰、宋婷婷、刘继军、孙晓梅、贾启、王艳艳、潘士刚

编 号: 0369YJ

省 份: 山东 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 高温耐压新型铝合金材料活塞制造技术及其装备

关 键 词: 铝合金材料; 活塞; 电解生产工艺; 发动机;

简 介: 随着商用车及军用装备发动机功率密度不断提高, 当发动机爆发压力达到 20MPa 时, 普通铝合金活塞已不能满足发动机中高温、高压恶劣工况, 经常出现活塞燃烧室、销孔开裂等破坏失效, 为此, 公司实施了“高温耐压新型铝合金材料活塞制造技术及其装备”项目技术, 该项目技术研发了新型铝合金材料, 同时开创了铝合金材料资源循环利用技术和“短流程”节能环保技术, 在活塞制造领域起到示范带动作用。项目来源于 2011 年山东省自主创新成果转化重大专项, 属于内燃机行业新型材料及其产品制造领域的前沿技术。

技术内容: 在活塞用铝合金中首次采用铝锆钛合金电解生产工艺, 形成  $Al_{1<, 3>}Ti$ 、 $Al_{1<, 3>}Zr$  等可作为  $\alpha$  相核心, 充分细化  $\alpha$  相组织,  $Ti$ 、 $Zr$  等元素固溶至  $\alpha$  相中, 有效提高了新材料机械性能, 尤其是高温强度,  $Ti$ 、 $Zr$  等元素降低了形成针孔倾向。开发了短流程工艺, 实现了电解铝液直接浇铸活塞毛坯, 省去铝锭熔炼浇铸工艺过程, 节省了能源, 成本降低 10% 以上, 开发了铝液净化技术, 确保了精炼效果, 同时进一步提高磷变质细化效果, 材料性能提高 15% 以上。发明了活塞铝合金材料熔渣、灰、废活塞电解回收技术, 实现了资源循环利用。

发明活塞喉口部位铝合金材料复合技术，使活塞产品常温抗拉强度提高约 1 倍，350℃ 高温抗拉强度和疲劳强度提高约 3 倍，大幅提高活塞的耐高温性能。在生产工艺方面，发明了陶瓷盐芯形成光滑内冷油腔及铝合金活塞毛坯压铸技术，提高了铝合金活塞的整体强度。在生产装备方面，为解决活塞在压力铸造情况下内冷通道成型稳定性差的难题，发明了铝活塞压力铸造机，活塞获得了均匀细致的金相组织，达到优良高温机械性能。获得成果：研发的的铝合金材料获得国家科技部重点新产品，获发明专利 5 项；行业标准：“内燃机镶耐磨圈铝活塞技术条件”；论文 5 篇。技术指标：“高温耐压新型铝合金材料活塞制造技术及其装备”项目开发了用于国 IV、V 排放要求的高功率发动机活塞，活塞所能承受的爆压达到 20MPa 及以上。活塞常温抗拉强度： $\geq 220\text{ MPa}$ ；活塞高温(300℃)抗拉强度： $\geq 110\text{ MPa}$ ；活塞平均线膨胀系数(20–300℃)： $\leq 22 \times 10^{-6}/\text{℃}$ ；活塞喉口增强部位常温抗拉强度： $\geq 240\text{ MPa}$ ；活塞喉口增强部位高温(300℃)抗拉强度： $\geq 160\text{ MPa}$ ；活塞喉口增强部位平均线膨胀系数(20–300℃)： $\leq 19 \times 10^{-6}/\text{℃}$ 。通过行业内专家推荐以及鉴定委员会专家鉴定，项目技术指标达到国际先进水平。应用推广及效益情况：“高温耐压新型铝合金材料活塞制造技术及其装备”项目的推广应用，适应了高功率密度发动机发展的需要。已在潍柴、康明斯等几十发动机厂家的活塞上进行了生产，得到了主机用户和社会用户的广泛好评。同时新技术解决了新一代军用坦克发动机动力系统活塞喉口开裂的瓶颈问题，国防意义显著。同时该技术在活塞制造领域推广，生产成本降低 10% 以上。

应用该技术实现近三年销售收入 325300 万元。经项目实施后，提高了中国活塞行业的综合制造水平，带动国内活塞行业的技术进步，活塞新产品进入了国外先进发动机零部件供应体系，项目具有较高的示范带动作用。

完成单位：山东滨州渤海活塞股份有限公司

完成人：张国华、冯增建、牟俊东、朱俊奎、盖少磊、徐云庆、高晓波、高占雨、王世利

编 号: 0370YJ

省 份: 广东 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 高性能节能环保型铝电解电容器用中高压阳极铝箔及其生产技术

关 键 词: 铝电解电容器; 高压阳极铝箔; 生产工艺;

简 介: 1、通过对电子铝箔加工技术的创新,实现了偏析法铝锭在高档电极材料中100%比例添加的应用,达到了绿色环保和成本最小化的双赢局面; 2、化学成分和热处理过程优化,提高表面均匀性及表面状况,使腐蚀过程能均匀发孔,提升容量; 同时选择性调整合金元素搭配,细化晶粒,提高均匀腐蚀能力和腐蚀后抗折弯能力,立方织构达99%以上; 3、通过铝箔表面清洗工艺,改善表面质量,有效降低铝箔表面氧化膜厚度,减少了腐蚀后容量偏差。

完成单位: 乳源东阳光精箔有限公司

完 成 人: 叶章良、黄世恒、李刚、池国明、曹汉权、刘颖、刘波、杜新伟、刘军、郭飞跃、

编 号: 0371YJ

省 份: 广西 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 高强高韧耐蚀航空铝合金大规格中厚板制备技术研究

关 键 词: 航空铝合金; 中厚板; 加工技术;

简 介: 项目背景: 随着社会经济的发展和航空工业技术的进步, 未来几十年全世界对大型飞机的需求量将会呈现井喷式的发展。高强、高韧、耐蚀航空铝合金大规格中厚板, 全球只有少数发达国家和跨国大型铝业公司能够规模化生产, 是国内正在开展的大运、大客等大飞机项目急需的关键结构材料。该项目通过与广西大学和广西航空航天铝合金材料与加工研究院联合开展产学研合作, 针对中国高端航空用铝合金中厚板制备技术与世界先进水平差距过大的问题, 研究航空用铝合金熔体净化、大规格高品质锭坯铸造、强应变轧制、高效固溶与均匀淬火、精密预拉伸消减残余应力、多级积分时效等关键技术, 解决航空铝合金高强、高韧、耐蚀、低残余应力的匹配难题, 突破中国航空用铝合金中厚板制备遇到的技术瓶颈, 满足中国航空领域对优质大规格铝合金中厚板的迫切需求, 促进中国铝加工技术水平的跨越式发展。主要技术内容及创新要点: (一) 主要技术内容: 1、航空用铝合金熔体高效净化技术; 2、大规格高品质硬铝合金锭坯铸造技术; 3、强应变轧制技术; 4、高效固溶与均匀喷淋淬火技术; 5、积分时效技术; (二) 创新点: 1、开发出大规格高强高韧耐蚀航空铝合金中

厚板。板材尺寸达  $75\text{mm} \times 1430\text{mm} \times 18650\text{mm}$ , L 向屈服强度达  $556\text{MPa}$ , 抗拉强度达  $588\text{MPa}$ , ST 向屈服强度达  $499\text{MPa}$ , 抗拉强度达  $572\text{MPa}$ , L 向压缩屈服强度达  $560\text{MPa}$ , L-T 向断裂韧性达  $28.15\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ , 抗剥落腐蚀性能达 EB 级, C 环应力腐蚀测试不开裂。板材综合性能明显优于 AMS 4052B 7150 T7751 航空材料标准。2、开发出航空级铝合金熔体高效净化技术。通过铝熔体电磁搅拌技术、铝熔体在线精炼过程中精炼温度、气体流量、气体配比、转子转速的研究, 熔体氢含量  $< 0.08\text{mL}/100\text{gAl}$ , 渣含量  $< 0.02\text{mm}^2/\text{Kg}$ , 碱金属含量  $\text{Li} \leq 1\text{ppm}$ ,  $\text{Na} \leq 1\text{ppm}$ ,  $\text{Ca} \leq 3\text{ppm}$ ,  $\text{Ga} \leq 20\text{ppm}$ 。3、开发出大规格高品质硬铝合金锭坯铸造技术。通过大过冷度矮结晶器设计、软起铸技术、铸造温度、铸造速度、冷却水流量的研究, 开发出了大规格高品质硬铝合金锭坯铸造技术, 成功铸造出宽达  $1850\text{mm}$  的国内最大规格的硬铝合金铸锭, 铸锭晶粒度达一级, 疏松小于一级, 成分和组织均匀。4、开发出均匀喷淋淬火技术。通过淬火速度、淬火冷却水压力的优化研究, 明显提升硬合金厚板淬透深度, 提高了厚板高向硬度的均匀性。5、开发出 T77 积分时效技术。通过回归温度和回归时间的精密设计, 调控晶界和晶内析出相的形貌、尺寸和分布, 得出强度、韧性和耐蚀性能的最佳匹配, 提升了合金的综合性能。技术经济指标: 研究开发高强高韧耐蚀大规格航空铝合金中厚板制备技术, 实现年产 1 万吨大规格航空中厚板的生产规模, 产品质量明显优于 AMS 4052B 7150 T7751 航空材料标准要求。1、强度和延伸率: L 向, 抗拉强度  $R_m: 587 \sim 590\text{MPa}$ , 屈服强度  $R_{p0.2}: 555 \sim 557\text{MPa}$ , 伸长率  $A_5: 11.0 \sim 11.2\%$ ; ST 向, 抗

拉强度  $R_m$ : 570 ~ 573 MPa, 屈服强度  $R_{p0.2}$ : 498 ~ 500 MPa, 伸长率 A5: 5.4 ~ 6.1%; 2、压缩强度: L 向压缩屈服强度  $R_{pc0.2}$ : 555 ~ 570 MPa;

3、断裂韧性: L-T 向 K<sub>IC</sub> 28.15 ~ 30.63 MPa; 4、抗剥落腐蚀性能: 抗剥落腐蚀等级为 EB 级; 5、耐应力腐蚀性能: S-L 向 C 环试样, 在 172 MPa 的载荷下试验 20 天, 未产生裂纹; 6、申请发明专利 6 项, 获发明专利授权 2 项, 申请实用新型专利并授权 1 项。经济社会效益:

1、项目经济效益: 该项目从 2014 年开始实施, 依托公司“年产 20 万吨大规格高性能板带型材项目”, 通过对国外先进技术引进消化吸收及再创新, 聚集并培养一批行业高层次专业技术和管理人才, 对高强高韧耐蚀航空铝合金大规格中厚板制备技术研究, 逐步实现了产业化, 产品包括 2XXX、7XXX 铝合金中厚板, 项目实施期间, 共实现销售收入 9311.29 万元, 利润 751.52 万元, 税收 225.64 万元。2、项目社会效益: 该项目价值在于解决了大规格高强高韧耐蚀航空铝合金中厚板制备关键技术, 制备出了大型军用运输机和民用客机用铝合金关键结构材料, 解决了该材料长期以来未能国产化的问题。项目的开展促进了航空用高性能铝合金制备技术的研发和应用, 进一步延伸了铝加工产业链, 提高铝精(深)加工的附加值, 促进行业技术进步、优化产品结构及形成规模经济, 壮大主导型产业, 对全面推动广西铝加工技术水平和经济发展起到极其重要的意义。同时, 填补了广西航空航天装备生产领域的空白, 丰富和延伸了广西铝精深加工的产品品种, 提升了广西铝及铝加工行业的技术含量, 使广西成为铝资源、铝加工和铝产品真正意义上的大省、强省。

完成单位: 广西南南铝加工有限公司

完成人: 何克准、周文标、刘俊生、曾建民、姚祥、李承波、黄金  
宁、闫焱、郑许、卢祥丰、彭自业、黄亮

编 号: 0372YJ

省 份: 江西 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 电解铝阳极钢爪再制造新技术和装备研究

关 键 词: 电解铝生产; 阳极钢爪设备; 助熔剂;

简 介: 该项目是企业出资, 依托科研单位产学研结合完成的。属机械制造领域。阳极钢爪是电解铝生产的关键易耗件, 据统计中国电解铝全年消耗的阳极钢爪费用超过 10 亿元。长期以来电解铝企业一直采用人工电焊法修复阳极钢爪, 但是, 由于钢爪截面积大 (Φ 140-175), 人工电焊方法无法实现全截面焊接, 在焊接处实际接触面积小 (< 50%), 因此, 存在钢爪电压降增加、能耗增加、连接强度低、使用寿命短、无法实现反复修复、修复效率低等重大缺陷, 同时工人的劳动强度大、工作环境差。因此, 阳极钢爪修复问题成了长期未能解决的电解铝行业共性技术难题。该项目成功研究开发出了一种全新的阳极钢爪再制造技术和设备, 从根本上解决了长期困扰电解铝企业的阳极钢爪修复难题。主要技术内容和创新点: 独创了具有自主知识产权的阳极钢爪助熔剂熔渣池保护全截面熔焊再制造技术, 实现了全截面熔焊, 同时, 熔焊区组织纯净、均匀, 无气孔、夹杂和裂纹等缺陷, 熔焊结合面的强度和导电性不仅远高于现有的人工焊接技术, 而且均优于母材; 开发了含微量稀土的助熔剂, 使熔焊区材料的强度和导电性进一步提高; 自主研制出阳极钢爪腿再制造设备, 具有自动化

程度高、生产效率高、再制造精度高和适应性好等特点；该项目研发的技术和设备，可以大幅度降低电解铝生产的电能和阳极钢爪消耗，从而显著降低生产成本。主要技术经济指标：熔焊结合面为全冶金结合，结合面积达到钢爪面积的 95%以上；熔焊区结合强度高于母材，电阻率低于母材；再制造钢爪效率为人工修复的 3 倍以上；可实现钢爪反复修复，再制造钢爪使用寿命可达到新钢爪的使用周期，综合成本比人工修复降低 50 – 60%。该项目已申请国家发明专利三项：“全截面熔焊修复电解铝阳极钢爪设备”，申请号 CN201210000282；电解铝阳极钢爪修复设备，CN201210000264；“一种应用于电解铝阳极钢爪修复中的助熔剂”，申请号 CN201210000283。经上海科技情报研究所查新，该项目技术属国内外首创。中国有色金属工业协会组织的技术鉴定，该项目技术达到国际领先水平。该项目成果已在中国铝业兰州分公司、中国铝业连城分公司、中国铝业包头铝业有限公司、甘肃东兴铝业有限公司、福建南平铝业有限公司、东方希望包头稀土铝业有限责任公司、中国铝业股份有限公司青海分公司、中国铝业山西华泽铝电有限公司、中电投霍煤鸿骏铝业有限公司、洛阳豫港龙泉铝业有限公司和山东邹平铝业有限公司等十多家企业推广应用，获得经济效益 10328 万元。

**完成单位：**江西省科学院应用物理研究所、江西世星新材料科技有限公司、沈阳铝镁科技有限公司

**完成人：**王日昕、陆德平、陆磊、饶云福、张国斌、赵冰洋

编 号: 0373YJ

省 份: 河南 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 含锂无水氟化铝研制开发及产业化

关 键 词: 氟化铝; 电解铝; 生产工艺; 调整剂;

简 介: 氟化铝是电解铝生产中的重要熔剂, 主要起降低氧化铝的熔点, 调整铝电解生产过程中电解质水平的作用。作为新一代氟化铝产品, 无水氟化铝具有质量好、成本低、污染小等优点, 代表着氟化盐发展的方向。世界上约 95%的无水氟化铝用于电解铝行业, 作为氧化铝融熔电解质的调整剂, 起到降低电解温度, 增强导电性能, 降低分子比等作用。在铝电解生产中, 除了向电解质中添加氟化铝、冰晶石外, 还添加某种氟化物或氯化物等盐类, 以改善电解质的性质, 利于电解过程, 达到提高电流效率和降低消耗的目的。常用的添加剂主要有氟化钙、氟化镁、氟化锂、氯化钠等, 这些添加剂中氟化锂的效果最好, 对铝的品质也无影响。公司利用自身的氟化工技术优势, 结合铝电解生产的需求、电池级氟化锂的氟、锂收率提高(国内氟化锂生产氟收率在 92%、锂收率在 93%左右)以及盐湖锂资源和其他锂化合物的品质特点等行业研究热点, 研究开发了无水氟化铝升级换代产品--含锂无水氟化铝, 进一步降低了铝电解和锂离子电池关键材料六氟磷酸锂的生产成本、减少环境污染, 同时也为低品位锂资源的开发开辟了新工艺, 拓展了应用领域。在无水氟化铝生产过程中添加锂

化合物(氟化锂工艺产生的副产物--氟化锂和碳酸锂的混合物)或盐湖锂提纯副产的低品位锂产品、其他锂化合物副产(如四氟硼酸锂或双草酸硼酸锂)等其中的一种或多种,生成含锂无水氟化铝。该产品能够有效地降低电解质的初晶点,提高其电导率,延长电解槽的寿命,同时降低电解铝过程中的污染物排放,是新型的电解铝添加剂。该项目主要采用精制除杂的液态氟化氢、氢氧化铝及锂化合物生产或锂提取制备过程中的含锂副产物(主要成分是氟化锂或碳酸锂或两者混合物)为原料,在流化床反应器中经高温反应制备电解铝用含锂无水氟化铝,实现了氟、锂资源的综合利用。该项目获得2项国家授权发明专利。产品经郑州轻金属研究院检测实验室检测,质量指标符合国家标准GB/T4292-2007氟化铝AF-1产品标准。产品经陕西有色榆林新材料有限责任公司和云南云铝涌鑫铝业有限公司使用表明,产品使用效果良好,有效的降低了电解质初晶温度,降低了氟排放,对电解铝稳定生产、节能降耗起到一定的促进作用。该项目从2012年10月开始实施应用于含锂无水氟化铝产品的工业化生产,产品已实现销售收入4204.7万元,利税523.7万元。该项目将氟、锂、铝行业有机结合在一起进行了技术创新和产品升级,实现了学科之间的交叉融合,符合国家大力提倡的“以资源循环与再生利用为突破口,强化了废弃物资源化、清洁生产和发展循环经济共性技术的研发,提升了环保产业技术水平,促进了循环经济的发展”方针要求,具有良好的经济、社会和环境效益。

完成单位:多氟多化工股份有限公司

完 成 人: 刘海霞、薛旭金、于贺华、侯红军、杨华春、陈宏伟、吴海峰

编 号: 0374YJ

省 份: 河南 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 电解铝液直接铸轧生产阴极电子铝箔的研究与开发

关 键 词: 电子铝箔; 轧制工艺; 退火方法; 铝电解电容器;

简 介: 铝电解电容器作为电子工业基础电子元件的重要分支, 以其性能优良、价格低廉、易于加工、使用便捷等特点, 广泛应用于数字视听设备, 计算机及其外部设备、通讯设备、太阳能和风力发电以及环保型混合动力汽车等领域。公司与郑州大学共同开发铝电解电容器用铝箔, 主要是采用电解铝液直接铸轧生产阴极电子铝箔, 省去了铝锭重熔工序, 降低了铝锭重熔的能耗, 减少了设备投入和铝锭重熔的二次烧损, 提高了材料的有效利用率和生产效率, 降低了生产成本。

主要技术内容: 重点研究了电解铝液直接铸轧的除气、除钠、除渣方法, 以及加入不同比例的固体料对铸轧阴极电子铝箔组织与性能的影响, 克服了电解铝液铸轧时晶粒粗大, 含氢量高等技术难题。采用铸轧时不同的冷却方式和冷轧时均匀化退火方法, 消除了因结晶 Mn 偏析造成的阴极电子铝箔腐蚀后易出现的孔洞问题。研究了不同变形量和均匀化退火温度对第二相粒子析出的影响, 及退火后晶粒尺寸的影响, 确定了最佳均匀化退火厚度、温度等参数的工艺制度。研究了中间退火对再结晶晶粒尺寸的影响, 确定出最佳的再结晶退火温度及时间等参数的工艺制度。研究了不同轧制工艺及退火工艺对成品电子铝

箔腐蚀后的表面质量和比电容的影响,获得了高表面质量和比电容的阴极电子铝箔。实现了多项专利技术的集成应用。技术经济指标及经济效益情况:技术指标:抗拉强度:210-220MPa;延伸率:6-12%;折弯次数大于62次;比电容:520-550  $\mu$ F;腐蚀后残铜量:12.3-13.5mg/m。经济效益情况:近三年共生产阴极电子铝箔约9200吨,新增产值约16500万元,利润2022万元,新增税收884万元。应用推广情况:项目产品已在博罗冠业电子有限公司、伦扬高科(韶关)有限公司、益阳鸿坤电子有限公司等用户应用。该项目产品在该领域中具有广阔的应用前景,同时电解铝液直接铸轧技术在河南省的其它电解铝企业也具有很大的推广价值,已与郑州荣铝、达峰铝业初步达成技术合作事项。知识产权情况:授权专利10项,在核心期刊上发表学术论文4篇。

**完成单位:**登电集团铝加工有限公司、郑州大学

**完成人:**胡冠奇、赵红亮、杨明生、孙俊朋、袁文晓、邵霞、毕书军

编 号: 0375YJ

省 份: 湖南 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高质量铝-钪中间合金的开发

关 键 词: 铝钪中间合金; 制备工艺;

简 介: 1. 主要技术内容: 在铝合金中添加微量钪(0.15-0.25wt%) , 能大幅度提高铝合金强度, 显著改善其冷热加工性、抗腐蚀性, 是制备新一代航空航天、电子等领域用的新型材料。该项目以从钛白废水及钨渣中提炼的氧化钪为原料, 金属铝锭为还原剂, 加以特别熔剂, 在非真空条件下进行铝热还原, 经保温浇注、表面处理制得高质量的铝钪中间合金, 主要研究技术内容: ①通过对溶剂体系的研究, 简化工艺流程, 同时降低对原料氧化钪纯度的要求, 拟降低成本; ②通过对溶剂配比的研究, 提高铝钪合金中钪的收率; ③通过对合金浇铸工艺的研究, 改善合金的偏析度。其工艺流程如下: 氧化物原料+KC1 及特殊熔剂→混合→装炉→铝热还原→保温浇注→铝钪中间合金→表面处理→检测分析→包装→产品。2. 授权专利情况: 1) 中请专利情况: 铝钪合金的制备工艺属我院自主研发, 其核心技术我院已申请发明专利, 其中《铝热还原制备铝钪合金的方法》已于 2008 年授权, 专利号为 CN100410400C; 2011 年申请专利《从富集钪的原料中分离镨的方法及氧化钪的制备方法》已受理, 专利号为 201110099856.5。所撰写的论文“铝-2%钪合金的制备”获第十一届自然科学学术论文

三等奖。2) 标准制定情况: 该院对铝钪合金的研发一直处于国内先进水平, 并已制定国家稀土行业标准, 标准号为 XB/T402-2008, 已于 2008 年 7 月实施。2008 年《铝钪中间合金》标准获全国稀土标准委员会技术标准三等奖, 2010 年铝钪中间合金制备或中国有色金属工业科学技术奖三等奖。3、该项目产品达到以下技术指标: 铝热还原中钪的总收率  $\geq 92\%$  (超过目标任务的 90%), 产品中钪含量  $-2\% (\pm 1\%)$ , 杂质含量: Fe-0.05%, Si-0.02%, Na-0.0005%, Cu-0.0005%, 合金产品铸锭偏析  $< \pm 0.1\%$ 。4、应用及效益情况: 俄罗斯、欧、美及日本等国, 利用铝-钪中间合金添加到铝系类合金中, 开发出一系列新一代铝合金材料, 主要用于航空航天飞行器、核导弹、轻型汽车、高速列车等方面, 均需要大量的铝钪中间合金, 而其铝-钪中间合金依赖中国进口。国内航空、航天及高新技术领域, 急需该类合金。北京航空材料研究院二所与该院合作生产 Al-Zn-Mg-Sc 军工用高强度可焊合金。在民用产品方面, 已开发有高尔夫球杆、赛车车架、山地车等高档体育产品, 另外, 新一代的汽车构件均已用到铝钪合金。随着中国交通事业的发展, 特别是高速铁道, 双层铁道车辆以及地铁运输的发展, 将为铝合金在交通业中的开发与应用开辟一条广阔的道路。铝钪合金作为中间合金是高性能铝合金的重要原料, 2015 年铝钪合金需求量达 1000 吨。

完成单位: 湖南稀土金属材料研究院

完成人: 黄美松、王志坚、张晓梅、邬晔、黄蓉、苏正夫

编 号: 0376YJ

省 份: 重庆 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 汽车车身结构轻量化技术研究与轻质材料集成应用

关 键 词: 汽车车身结构; 轻质材料; 铝合金型材; 成形工艺;

简 介: 项目以实现汽车轻量化为目标, 以长安拥有自主知识产权的 C104 为研究对象, 对轻质材料的应用及汽车轻量化结构优化设计、分析技术进行研究; 对高成形性铝合金板材关键技术及在前罩上应用技术进行研究; 对铝合金型材成形工艺及其在前碰撞横梁上的应用技术进行研究; 开展汽车用复杂薄壁镁合金压铸件产品设计、开发及成本控制等关键技术进行研究应用, 开展玻纤增强复合材料及在前端模块的应用研究。通过项目的实施, 建立轻质材料和零部件结构专用数据库及相应规范, 搭建了长安公司轻量化设计开发流程和设计平台, 并形成轻量化零部件及整车精细仿真技术能力。建立轻质材料零部件的替代设计及性能优化分析技术, 形成了轻质材料集成应用的设计、分析、验证的方法和流程体系, 实现了在保证性能的前提下实现轻量化的目标。该项目形成了多项具有自主知识产权的核心技术, 完成 12 个专利的申报与授权, 其中发明专利 8 个, 实用新型专利 4 个; 发表学术论文共计 23 篇, 其中 SCI 收录 2 篇, EI 收录 9 篇, ISTP 收录 1 篇; 制定 1 个国家标准、2 个行业标准, 2 个企业规范; 完成试验报告 11 项。该项目解决了自主品牌汽车结构优化技术及轻质材料

在汽车上集成应用的技术瓶颈，整体水平达到国内领先、国际先进水平。

**完成单位：**重庆长安汽车股份有限公司、西南铝业（集团）有限责任公司、重庆大学、重庆博奥镁铝金属制造有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、湖南大学

**完成人：**刘波、李晓青、曹韩学、蔡军、曹建勇、马鸣图、代陈绪、李落星、刘杨胜

编 号: 0377YJ

省 份: 重庆 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 特种车辆用 7A52 铝合金板材产业化技术

关 键 词: 铝合金板材; 轧制工艺; 热处理工艺;

简 介: 研究主要内容: 开展了 7A52 合金大规格扁锭铸造工艺技术研究, 解决了铸锭规格大铸造开始时底部翘曲大, 极易产生底部裂纹的问题。开展了铸锭表面裂纹控制技术研究, 解决了 7A52 合金大规格铸锭因氧化膜夹渣、“沟槽”缺陷, 易引起表面裂纹的难题。开展了 7A52 合金大规格扁锭化合物一次晶控制技术研究, 解决了铸造后存在粗大化合物初晶的问题, 显著提高了 7A52 合金板材探伤合格率。开展了强轧制变形热轧工艺技术研究, 形成了产业化轧制工艺。开展了强韧化热处理工艺研究, 解决了铝合金板材热轧后, 存在大量热轧过程中产生的平衡相和少量没有完全消除的共晶组织的问题, 为制订合金的固溶处理工艺提供理论和实验依据。技术创新点: 大规格 7A52 铝合金扁锭铸造成型工艺。7A52 合金大规格扁锭粗大金属化合物一次晶控制技术。7A52 超厚板强变形轧制工艺技术。强韧性匹配以及较高综合性能的热处理工艺技术。大规格预拉伸板型控制以及残余应力控制技术。形成了具有自主知识产权的核心技术, 获得授权专利 5 项: 炉内处理装置限位锁定控制方法及系 ZL201010582370.2。铸造流槽紧急上升控制方法及系统 ZL201110409562.8。合金熔炼设

备及其流槽 ZL201210457606.9。铝合金熔炼过程中加入锌锭的方法 ZL201210547996.9。Al-Zn-Mg-Zr 铝合金铸锭及其铸造工艺 ZL201210562293.3。应用推广及效益：经济效益：西南铝生产的 7A52 合金板材力学性能、抗弹性能、耐腐蚀性能等完全满足国内特种车辆的使用要求，产品市场占有率达到 100%，项目实施至 2014 年底，累计交货 15735.626 吨，实现销售收入 66963.52 万元，利润 21260.4 万元。社会效益及推广价值：7A52 铝合金预拉伸板的成功研制，解决了国家重点产品急需的结构材料的重大技术难题，研发的系列新工艺技术已成熟应用于全部铝合金预位伸板材，批量生产并成功运用到国家重点产品上，为国家重点产品的发展做出了重大贡献，也带来了无法估量的社会经济效益。该项目开发的创新技术不仅是 7A52 预拉伸板的通用关键技术，适用于高强高韧铝合金板材的生产，并已经成功生产出厚度达 200mm 的预拉伸板材。而且对电力、化工、机械等行业应用的铝合金板材产品的技术进步和质量升级具有推广应用价值。

完成单位：西南铝业（集团）有限责任公司

完成人：黎勇、冯杰、王能均、范林、陈新民、王正安、范云强、唐剑、王军

编 号: 0378YJ

省 份: 国家 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 7000 系铝合金强韧化热处理技术创新与工业应用

关 键 词: 铝合金; 强韧化热处理;

简 介: Al-Zn-Mg-Cu 系铝合金, 又称为 7000 系铝合金, 长期以来一直是全世界航空航天飞行器、地面和海上交通运输工具等领域中最为重要、应用十分广泛的轻质结构材料; 尤其在航空制造业中, 铝合金结构件的重量一般要占飞机结构重量的 60% 左右, 其中一半以上须采用 7000 系铝合金板材、型材和锻件等制造。作为一种典型的热处理强化型合金, 7000 系铝合金综合性能的优劣, 在很大程度上取决于制造过程中所使用的强韧化热处理技术。长期以来, 西方发达国家一直将 7000 系铝合金的强韧化热处理视为核心技术, 严禁对外扩散转移。“十五”初期, 由于中国 7000 系铝合金铸锭的均匀化退火处理技术、变形加工材的固溶热处理技术尚不过关, 且仅掌握了以 T6 单级峰时效、T73 双级深度过时效等为代表的少数时效热处理技术, 而 T76 双级浅度过时效和 T74 双级中度过时效等主流热处理状态的产品、以及更加先进的 T77 三级时效热处理状态的产品不能生产, 不能形成完整的 7000 系铝合金强韧化热处理技术体系, 导致中国 90% 以上的产品需要依赖进口, 价格昂贵、且受国际政治因素影响经常断供, 严重制约了中国以三代战机为代表的各种军机、多种航空航天飞

行器等的发展。该项目在国家科技支撑计划、国家“863”计划等的支持下，围绕 7000 系铝合金强韧化热处理的理论与技术开展了全面的创新研发工作：①在发展完善了 7000 系铝合金铸锭均匀化退火处理和变形加工材固溶热处理过程中的复杂凝固析出相-弥散相-基体组织的协同调控理论的基础上，开发了实用化的铸锭双级和多级均匀化退火处理新技术、变形加工材多级固溶热处理新技术；②在发展完善了晶内与晶界时效沉淀相协同调控理论的基础上，开发了实用化的 T79、T76 和 T74 双级过时效热处理技术，以及与国外现有工艺相比具有更宽的高温回归处理时间窗口、适用于更大厚度制品生产的三级时效热处理新技术。在上述创新工作的基础上，建立了完整的、包括铸锭双级 / 多级均匀化退火处理、变形加工材多级固溶热处理、T6 单级峰时效、T79 双级微度过时效、T76 双级浅度过时效、T74 双级中度过时效、T73 双级深度过时效、三级时效在内的 7000 系铝合金强韧化热处理技术体系。项目成果已全面实现工业化应用，近三年累计生产销售各种新型热处理状态的 7000 系铝合金变形加工材超过 11000 吨，销售收入超过 10 亿元、利润 3.2 亿元。上述产品已成为当前中国全部三代战机的骨干材料，并广泛应用于国产民用飞机、直升机、在研新型战机、卫星、载人航天飞船、探月飞行器等，打破了国外对中国关键材料与技术的封锁，经济和社会效益显著，具有广阔的应用前景。在上述过程中：发表科学论文 46 篇，其中 33 篇被 SCI/EI 收录；获授权国家发明专利 9 项、实用新型专利 1 项；形成企业技术标准 7 项、7000 系铝合金变形加工材强韧化热处理时效动

力学曲线数据包 36 个。

完成单位: 北京有色金属研究总院, 东北轻合金有限责任公司, 中南大学, 东北大学

完成人: 熊柏青, 周江, 张永安, 陈康华, 赵刚, 李志辉, 苏堪祥, 李锡武, 吕新宇, 王锋

编 号: 0379YJ

省 份: 上海 年 份: 2014

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 一等奖

项目名称: 超高纯铝定向凝固制备技术与装备

关 键 词: 超高纯铝; 定向凝固; 真空提纯

简 介: 该项目属于有色金属及其合金材料领域。超高纯铝含铝量大于 99.999wt.% (> 5N), 具有优异的导电性、延展性和抗腐蚀性能。

中国年产集成电路芯片超 1000 亿片、TFT-LCD 液晶面板超 2000 万平方米, 超高纯铝及其合金制作的溅射靶材不可或缺, 用量 5000 吨以上; 此外, 用超高纯铝制造雷达罩和航天器关键部件用焊料、航空惯性制导陀螺仪屏蔽罩等关键零件, 具有不可替代性。但长期以来, 中国超高纯铝完全依赖进口, 迫切需要发展自主知识产权的生产技术和装备, 以打破国外垄断与技术壁垒。精铝含铝量约 99.995wt.% (~ 4N5), 不仅是制备超高纯铝的原料, 也是一种广泛用于电子信息、航空航天、新能源等领域的基础原料, 年需求量 50 万吨以上。只有用三层液法生产的精铝才能用作超高纯铝提纯的原料, 但其能耗高、污染大、成本高, 亟需发展新的精铝制备技术。十多年来, 在 973、863 和国家自然科学基金等项目支持下, 该项目组在铝的提纯理论和技术领域开展了深入系统的研究, 重点攻克了超高纯铝提纯技术、提纯装备制造和精铝制备技术等难题, 取得了如下创新结果: 发明了超高纯铝定向凝固高效提纯技术: 开发了促进胞状晶合并长大、减少晶界杂质驻留

的变速生长控制技术；突破了液固界面前沿熔体强迫对流的电磁场控制技术，创建了液固界面前沿溶质富集层的杂质强化排出方法；发明了铸锭定向凝固温度场控制技术，实现了液固界面以近平面方式快速生长，提高了杂质偏析效果；使杂质平均去除效率从 50% 提高到 73% 以上。研制出国内首套超高纯铝真空提纯装备：建立了多因素温度-晶体生长速度自反馈闭环控制系统，开发了相应控制软件，实现了超高纯铝提纯设备的自动化控制；开发了液固界面位置精确控制技术，将电磁搅拌强作用区精确定位于液固界面前沿，保证了电磁搅拌对溶质富集层的高效减薄作用；规模生产出了纯度超过 5N 的超高纯铝锭。创建了“熔剂反应法+偏析法”双联工艺精铝制备技术：发明了去除原铝液中铁、硅、钛等杂质的反应熔剂，使原铝纯度达到了 3N；提出了调节硅钒质量比减小钒元素分配系数的方法，解决了钒杂质偏析法无法去除的难题，通过偏析法将 3N 铝提纯到 4N5；新工艺比三层液法能耗低近 80%，成本低约 50%。该项目共获得 15 项发明专利，5 项实用新型专利和 1 项软件著作权登记，发表论文 23 篇。经中国有色金属工业协会组织的鉴定认为，“超高纯铝制备技术与装备，达到了国际先进水平”。研制的技术实现了 4N5、5N、5N5 和 6N 等系列产品的规模化生产。近三年新增产值 8.4 亿元，新增利润 0.97 亿元。产品已用于制备 TFT-LCD 和太阳能电池用溅射靶，通过了中国台湾、日本、美国客户的认证；用于制造中国航空惯性制导陀螺仪屏蔽罩、军用雷达罩焊料，品质优良、稳定可靠，为国防工业做出了贡献。该项目对提升中国超高纯铝和精铝制备技术水平，推动中国铝工业的转型升级

具有重要意义。

完成单位：上海交通大学

完成人：孙宝德、张佼、王俊、戴永兵、何博、疏达、高海燕、韩延锋

编 号: 0380YJ

省 份: 云南 年 份: 2017

奖励类型: 自然科学奖 级 别: 三等奖

项目名称: 真空碳热还原氯化歧化制铝过程中主要元素行为规律研究

关 键 词: 金属铝; 真空碳热还原; 生产方法;

简 介: 该项目属于冶金物理化学研究领域。金属铝是重要的基础材料, 铝提取新方法研究是铝工业可持续发展的重大需求和前沿课题。上世纪 90 年代, 项目组提出了"铝土矿真空碳热还原-氯化-歧化制备铝 (CCRA)"的构想, 后经十余年持续深入的研究, 在 NSFC-云南联合基金等 6 个研究计划的支持下, 克服了真空高温研究手段缺乏等难点, 取得了重要科学发现: 一、证明了 CCRA 法的可行性, 以铝土矿、氧化铝为原料均可制得金属铝; 确立了氧化铝 CCRA 过程的 20 个重要化学反应, 为建立其过程机理和物质演化规律奠定了基础。研究结果发表于国际著名专业期刊 Vacuum 、 Trans. Nonferrous Met. Soc. China。在化学领域 top 期刊 Green Chem. 上被引用确定 A14C3 层状材料的合成路线; 浙江大学清洁能源利用国家重点实验室在工程技术 top 期刊 Appl. Therm. Eng. 上全面分析评价了 CCRA 过程, 其理论能效 96.52%、预期实际能效 67%, 显著优于现行电解铝指标, 在能耗、温室气体排放和工艺过程优势明显, 是未来很有竞争力的一种铝生产方法。二、揭示了高温低压下 Al-O-C 体系元素间的微观相互作用及产物成分调控机制, 阐明了 Al-O-C 间化合物的氯化规律,

首次发现了  $\text{Al}_2\text{O}_3$  气体在 CCRA 过程中的行为特性。研究结果深化了人们对  $\text{Al}_2\text{O}_3$  真空碳热还原、氯化过程的认知，发表于 Vacuum、J. Cent. South. Univ. 等国际著名专业期刊，被 Yang 等在 Appl. Therm. Eng. 上引用计算 CCRA 全过程能效；并为 Huang 等研究攀枝花钛精矿的真空碳热还原提供了重要参考。三、首次发现了  $\text{AlC}_1$  歧化过程中  $\text{AlC}_1$  气体分子生长为  $[\text{AlC}_1]_n$  团簇的特性及其形核机理，提出了  $\text{AlC}_1$  转化为  $\text{AlC}_{12}$  和  $\text{Al}$  的反应是  $\text{AlC}_1$  分子在铝表面歧化的速控步骤。研究结果开启了人们对  $\text{AlC}_1$  微观行为的认识，发表于冶金学科顶级期刊 Metall. Mater. Trans. B、国际知名专业期刊 Chinese J. Struc. Chem. 和 Acta Phys. -Chim. SIN.。四、阐明了  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$  对  $\text{Al}_2\text{O}_3$  真空碳热还原-氯化过程的影响规律， $\text{SiO}_2$  会消耗  $\text{Al}_4\text{C}_3$  生成  $\text{Al}_4\text{SiC}_4$ ，降低铝的直收率； $\text{Fe}_2\text{O}_3$  有利于降低还原反应温度； $\text{TiO}_2$  无影响。研究结果为铝土矿 CCRA 炼铝过程的杂质控制提供了科学依据，发表于冶金学科国际著名期刊 JOM，指导了 Peng 等合成  $\text{Al}-\text{O}-\text{C}$  间化合物。研究成果发表学术论文 60 篇，其中 SCI/EI 收录 39 篇，累计影响因子 18.205；论文 SCI 总引 55 次，其中他引 20 次。获得授权专利 6 件，其中发明专利 3 件。培养博士后 1 人，博士研究生 14 人。发表论文的数量、质量、被引次数及查新报告显示，铝土矿真空碳热还原氯化歧化制备铝的方法和相关理论研究均是项目组的原创性工作，经第三方机构组织专家评价，研究成果国际领先，为推动炼铝新方法和新技术的发展奠定了扎实的理论基础，积累了重要的实验数据。

完成单位: 昆明理工大学

完成人: 徐宝强、陈秀敏、郁青春

编 号: 0381YJ

省 份: 山西 年 份: 2014

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 三等奖

项目名称: 泡沫铝、镁合金的制备工艺优化及孔结构控制

关 键 词: 泡沫铝; 渗流法; 消音器;

简 介: 任务来源: 太原市科学技术委员会 计划名称: 消音环保型泡沫金属及其应用的研究 编号: 1998 年启明星计划 本课题为太原市启明星计划项目。泡沫金属是一种新型的轻质、多孔功能材料, 利用其多孔结构、大比面积和金属特性, 兼具消音、降噪、吸能、过滤、散热、轻质、高比强等多种性能, 应用前景非常广阔。因而对泡沫金属的研究在国内外均受到了高度重视, 欧、美、日本均在这一方面投入了大量的人力物力, 我国在原有支持的基础上今年又将其列为国家自然科学基金重点资助项目。经过多年的努力, 在基本成形工艺、性能、机理方面已取得了重要进展, 可以用各种方法制取不同规格、不同材质、一定孔径和孔隙率范围的泡沫铝, 并在应用方面也迈出了一定的步伐。基础研究表明, 泡沫铝的各种性能对孔结构有很强的敏感性, 要获得良好的应用, 必须对其孔结构进行有效控制, 以获得孔隙均匀可控的高质量的泡沫铝。这已成为目前泡沫铝研究中的核心和热点之一; 另一方面要使泡沫铝尽快获得应用, 必须选择一定的产品进行应用和开发。消音、降噪、轻质、环保是泡沫铝的主要用途之一, 而噪声污染是一种非常常见又急需解决的有害现象。基于这种情况,

本课题以适合于消音的通孔型泡沫铝为对象，对渗流法制备工艺作了进一步的研究和完善，获得了孔结构的控制原理和方法，实现了对孔结构的有效控制；对泡沫铝的消音性能、压缩—吸能性能、过滤性能进行了研究和测试，获得了相应的数据；在此基础上，选择泡沫铝吸音板和气动元件消音器，进行了开发研究。所获结果可直接用于进一步的中试和批量生产，也为更大规格的泡沫铝板型材及其他产品的开发，为其他高熔点泡沫金属的研究奠定了基础。具体技术特点如下：

1) 对泡沫铝渗流法制备工艺作了进一步的研究和完善，能够单独使用真空渗流或者复合成型工艺，稳定地制取孔径为 0.1~数毫米，孔隙率为 50%~70% 的不同形状、规格的泡沫铝试样。 2) 提出了孔结构控制的基本原理和方法，对影响孔结构的几个关键工艺环节进行了深入的研究和分析，获得了一种有效的填料颗粒处理工艺，可以获得形状圆整、均匀并具有一定强度的盐粒；对压实造型过程中填料的受力和运动情况作了分析并在此基础上提出了分层低压压实工艺；对挤压渗流过程进行了分析并提出了有效的控制方法。采用这些工艺可以获得孔隙圆整、孔径和孔隙率均匀的泡沫铝试样。 3) 测试研究了泡沫铝的孔隙结构，泡沫铝的孔隙结构由主孔隙、连通孔隙及金属骨架组成其孔隙有通孔、半通孔和闭孔三种形式。其孔径形状大小和孔隙率大小均由填料颗粒、造型和渗流工艺确定。孔径范围：0.1mm~数毫米，孔隙率范围：50%~75%，密度范围：0.68~1.35g/cm<sup>3</sup>，通孔度：10%~35%（经形状处理后其通孔度大大增加，约为 35%）。 4) 研究了泡沫铝的压缩性能和吸能能力。泡沫铝的应力—应变曲线有一很长的平台

区,表明它有良好的吸能特性。一般以材料进入致密化区前的形变所吸收的能量作为该材料的吸能能力。孔结构不同,其应力一应变曲线也不同,吸能能力不同。孔径越大,孔隙率越高其屈服应力变小但变形量增大,反之亦然。对于确定的实用条件,吸能能力和孔结构的变化曲线有一最大值。5)研究了泡沫铝的声学性能,分别对泡沫铝对气流噪声的降噪性能,对机械声波的隔声、吸能性能进行了测试研究。结果表明,泡沫铝对气流噪声和机械声波都有很好的消音作用。在实验条件下,取最佳结构值时,消声率均大于20%。泡沫铝的吸声系数约为0.4~0.7,泡沫铝的消音效果对泡沫铝的孔结构、消音器的宏观结构以及噪音的频率都有很强的敏感性,最佳参数应由具体条件确定。在此基础上,研制成功了泡沫铝消音器产品,其性能达到并超过了现有产品。6)研究了泡沫铝的流体透过性能,其渗透系数在10~10数量级范围内,渗透系数随孔径和孔隙率的增大而增大。7)首次用渗流法成功地研制了外形尺寸 $\geq 300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的泡沫铝板型材,设计制作了用渗流法制作泡沫铝板材的专用工装模具。该模具采用垂直分型对开式结构和电加热方式,加热元件和模具一体化,结构简单,操作方便;一套模具可同时进行挤压、气压和真空吸铸。通过对加热元件的合理设计与布置,可以对模具和填料的温度分布实现控制,以保证渗流的顺利进行和充型完整,获得高质量的泡沫铝件。

完成单位:太原科技大学

完成人:王录才、王芳、游晓红、武建国、任建富

编 号: 0382YJ

省 份: 广西 年 份: 2014

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 三等奖

项目名称: 铝电解用石墨化阻流块及其新型组合石墨化异型阴极研究与应用

关 键 词: 铝电解冶金; 石墨阴极; 生产工艺;

简 介: 该项目属于冶金领域。在熔盐电解生产金属铝过程中, 使用普通异型阴极其阻流块由于配方中含有非导电耐火材料和工艺上使用高温石墨化技术, 导致其密度及强度低、不耐磨、电解槽电阻率、极距大、能耗和生产成本高; 同时由于异型阴极结构不合理, 阻流块受电解液流冲刷强度大, 磨损快, 导致电解槽寿命降低和电耗升高。

针对上述现状, 该项目从阴极阻流块的配方、生产工艺及阴极结构三大方面进行国际上独到且卓有成效的技术创新: 1. 配方创新: 在国际上, 独创筛选出能够有效提高阴极阻流块密度、强度、抗磨损性的 Sic 和对熔融金属具有良好地润湿性、可抗熔融金属腐蚀、抗氧化温度可达 1000℃ 的二硼化钛作为增强体, 研发出新一代石墨化阻流块配方, 产品的耐压强度和抗折强度均达到国家标准的两倍以上。2.

工艺创新: 在国际上, 首创开发的 2000℃ 以下低温阻流块低温石墨化生产技术, 与传统 2100℃ 以上的高温石墨化相比, 产品的电学、热学、力学性能等各项性能指标均优于 YS/T699-2009 的国家标准。3.

结构创新: 在国际上, 首创开发的不同材质的主体块和石墨化阻流块

跨级银嵌异型阴极结构和技术，既实现对主体块薄弱部位（主体块接合缝）进行局部结构补强，又提高阴极的抗磨损性能，延长电解槽寿命。该项目技术已获国家发明专利授权 2 项（铝电解用新型组合石墨化异型阴极，ZL201010296859.3；铝电解用阴极石墨化阻流块，ZL201010296856.X）；同时目通过巴黎公约向俄罗斯、加拿大、德国和印度 4 个国家申请国际专利，其中加拿大专利已经取得授权通知书，其他专利处于实质审查阶段。项目技术经国家一极查新资质机构——广西科技情报研究所检索查新表明：该项目的中国专利均处于有效状态，权属明晰；在阴极阻流块配方同时添加 SiC 和 TiB 实现降低槽电压 0.35v-0.5v；2000℃以下低温石墨化生产阻流块技术，产品耐压强度和抗折强度分别达到 38MPa 和 18.1MPa；采用在两块阴极主体块接合缝上“跨极镶嵌”凸起的阻流块方式，开发一种铝电解用跨极镶嵌组合式石墨化异型阴极等方面，国内外未发现与之技术特征相同报道。在 2013 年 8 月 27 日广西科学技术厅组织的专家鉴定中，该项目的科技成果鉴定为“该研究成果达到国内先进水平”，并 2013 年在百色市科技进步评选中荣获百色市科学技术进步奖一等奖。项目产品和技术于 2011 年已经在广西百色银海铝业有限责任公司、广西来宾银海铝业有限责任公司及美国世纪铝业冰岛诺顿铝厂等企业进行了工业化生产应用，与传统技术和产品相比，该项目技术和产品可降低电解槽电压约 0.35v-0.50v，每吨电解铝节约电耗  $\geq 1000\text{kWh}$ ；经中试放大对比试验估算，电解槽寿命将有望实现由原来的 1500?1900 天提高到 2200 天以上。截止 2013 年 5 月，铝电解用石墨化阻流块项

目现已形成年产两万吨的生产线，铝电解用阴极石墨化阻流块销售 502 套，实现销售收入 2340.68 万元，利税 565.11 万元。同时实现间接经济效益 2.38 亿元。

完成单位：广西强强碳素股份有限公司

完成人：赵唯皓、张志禹、罗高强、冯柳江、罗永城、林国友、吴大奎

编 号: 0383YJ

省 份: 广西 年 份: 2016

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 三等奖

项目名称: 一种汽车热交换器用铝合金复合材料的制备方法

关 键 词: 汽车; 热交换器; 铝合金材料; 复合材料;

简 介: 课题来源与背景: 汽车用热交换器主要有铜制和铝制两种, 与铜制热交换器相比, 铝制热交换器的优势表现在: 铝材的密度仅为黄铜材的三分之一左右, 因而铝制热交换器可节省燃料; 铝的可焊性能比铜好, 焊缝的强度高于软焊铜; 铝合金有强的抗腐蚀性能, 热交换器的使用期限长; 铝回收率高, 铝制热交换器报废后的回收率可达94%。热对热交换器用铝合金复合材料的基本要求是组织均匀、尺寸精度高、具有较好的力学性能和界面结合效果。铝合金复合材料普遍采用芯层铸锭和包覆层热轧板块复合热轧法制备。利用包覆层热轧板生产的铝合金复合材料具有以下特点: 轧制的包覆层表面变形量比心部大, 板材厚向组织不均匀; 轧制后的包覆层平面度和厚度用轧辊控制, 精度低; 轧制的包覆层与铸造芯层复合时界面效果一般; 生产工序多、周期长、成本高。技术原理、新颖性及创造性: 已有的热交换器用铝合金复合板、带、箔的生产方法为芯层铸锭和包覆层热轧板块复合热轧法, 典型生产工艺流程如下: 1、芯层制备: 铸锭→均热→切头尾→切断面→表面处理→3; 2、包覆层制备: 变质处理、铸锭→均热→切头尾→铣面→预加热→热轧→分切→拉伸矫直→表面处理

→ 3; 3、复合：钢带固定(焊接)、加热→热轧复合→冷轧→最后一道次退火→冷轧至成品→包装→入库发货↑↓中间退火该发明对铝合金复合材料进行下图所示的工艺处理，尤其是包覆层制备利用铸造锯切板代替传统的热轧板，与传统方法制备的复合材料相比，该发明制备的复合材料性能优异、组织均匀、界面结合效果好、抗下垂能力提高。1、芯层制备：铸锭→均热→切头尾→切断面→锯切→表面处理→ 3; 2、包覆层制备：变质处理、铸锭→去应力→切头尾→切断面→锯切→表面处理→ 3; 3、复合：钢带固定、加热→热轧复合→冷轧→最后一道次退火→冷轧至成品→包装→入库发货↑↓中间退火。技术成熟度及应用效果专利权人为促进专利价值实现，于 2013 年成立层状复合材料研究所，并投入研发资金 300 万元，用于双铸造组织钎焊复合板带箔产品的开发。结合专利权人所在的生产设备，已生产出多种规格的双铸造组织钎焊复合材料产品，该专利成果转化后，已为专利权人带来新增产量 14625 万吨，新增销售额 13366.5 万元，新增利润 712.88 万元，带动了地方相关产业的发展，促进经济发展和合作。

完成单位：广西南南铝加工有限公司

完成人：朱玉涛、郑玉林、周文标、刘莹、彭自业、莫肇月

编 号: 0384YJ

省 份: 湖南 年 份: 2014

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 二等奖

项目名称: 基于全自动技术的大尺寸闭孔泡沫铝低成本制备

关 键 词: 闭孔泡沫铝; 缓释发泡剂; 生产工艺;

简 介: 项目的主要技术内容: 熔体发泡法是工业化生产闭孔泡沫铝的主要方法, 但现行工艺存在成材率低、 难制备出大规格产品、 性能一致性难保证以及成本居高不下等缺陷。为解决现有技术存在的问题, 特别是为了降低成本, 该项目开展了大量原创性研究, 其主要技术内容包括: 研发了一种新颖缓释发泡剂及相应发泡技术, 为发泡过程可控、 成材率提高与减小工艺难度提供了强有力的技术支撑, 现行泡沫铝制备工艺中, 通常采用分解温度低于铝熔点、 且分解迅速的氢化钛类发泡剂, 从而导致了过程控制条件苛刻、 成材率低下。该项目所研制缓释发泡剂在铝熔点附近的发泡时间长、 且分解过程可控, 这为解决由氢化钛类发泡剂所导致的各类缺陷创造了条件。设计并制造出了一种可简单拆卸与组装的新型复合模具, 为简化工艺步骤、 减少过程能耗以及大规格泡沫铝的生产创造了有利条件。“将发泡熔体倾倒进入发泡坩埚” 是泡沫铝生产工艺中的常用步骤, 倾倒作业不仅耗时、 熔体热量散失大, 更为主要的是倾倒后期的大粘度熔体可能难以全部进入发泡坩埚、 最终导致大规格产品的制备困难。该项目所研制的这种新型复合模具, 不仅省去了倾倒步骤、 减少了热量

散失，更为重要的是可利用该模具生产出大规格泡沫铝产品。设计并制造了基于“缓释发泡技术”与“新型复合模具”的全自动生产线，并在该生产线上实现了产品性能一致性良好的闭孔泡沫铝的半连续生产。产品性能一致性问题一直困扰泡沫铝生产企业，其主要原因是添加剂(增粘剂和发泡剂等)加入、熔体倾倒以及冷却等步骤中存在较多的人为操作因素。而在该项目所研发的生产线上，生产的各道工序基本实现了全机械化自动操作，这为获得性能一致性良好的产品提供了保证。研究了从泡沫铝废料高效回收废杂铝的工艺，实现了以废杂铝与市购再生铝为原料、锯屑取代部分增粘剂的泡沫铝工业生产，这些为泡沫铝的低成本制造奠定了基础。项目所获得的专利等知识产权情况：项目一共申报发明专利 15 项，其中 7 项已获授权。项目研究过程中，还在国内外杂志上发表论文 30 余篇。技术经济指标与效益等简况：项目技术于 2011 年在“四川元泰达有色金属材料有限公司”成功实现了产业转化，建立起了一条年产 30 万 m<sup>3</sup> 的生产线，并生产出了世界上最大尺寸的闭孔泡沫铝产品，其规格达到 2600mm×800mm×Xmm。在生产线上，项目技术实现了较现行工艺成材率高 1 倍(达到 80% 以上)、单个泡沫铝锭坯生产周期缩短 1 半以及生产成本低 40% 的技术指标。项目产品已应用到轨道交通与军工等领域。投产当年(2011 年 8 月)实现销售 372 万元，2012 年销售额为 975 万元，2013 年销售收入增长到 9669 万元。项目技术填补了中国在大规格泡沫铝产品上的研发空白，并为中国再生铝的高附加值应用开辟了一条新的途径。

完成单位: 中南大学, 四川元泰达有色金属材料有限公司

完成人: 周向阳, 杨娟, 王辉, 袁跃民, 李凤, 何静

# 五、金属镁及镁合金

编 号: 0385YJ

省 份: 上海 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 新能源汽车轻量化技术开发

关 键 词: 新能源汽车; 轻量化设计;

简 介: 所属技术领域: 该项目是在国家和汽车工业发展大背景的指导下、在上海市产业政策的扶持下、在上海市科学技术委员会支持下, 以上汽自主品牌新能源汽车为平台, 在轻量化车身和底盘开发、轻量化材料应用、零部件制造工艺和结构优化等方面开展技术攻关, 形成汽车轻量化核心技术, 促进轻量化技术的产业化。主要内容及特点: (1) 该项目以上汽新能源汽车作为研发平台, 依据轻量化设计原理和流程, 应用高强钢、镁铝合金、复合材料等先进材料, 运用零部件结构的薄壁化、中空化等优化设计方法, 结合新材料加工工艺、异质材料连接等技术: 在保证不低于原型车性能的前提下, 实现整车减重 133.6kg, 达到 7%以上; 通过有限元仿真分析和试验测试, 经济性、动力性和加速性能均较原型车有所提高, 验证了整车轻量化效果。以工程院林忠钦院士为组长的专家组鉴定, 认同该项目的综合技术处于国内领先水平, PC 车窗等零部件达到国际先进水平。 (2) 多种材料在新能源汽车中的集成应用是该项目的主要特点之一, 高强钢、镁铝轻合金、塑料与复合材料等轻质材料在汽车中应用技术开发是该项目的重点研究内容。利用 CAE 有限元结构强度数值模拟技术和基于载荷与

强度特性的轻量化设计方法，确定车身与底盘系统可减重零部件的轻量化技术路线，通过零部件的轻质材料选择、结构设计与优化、工艺设计与分析、试制与测试等技术研究，轻量化零部件在满足整车与零部件的技术与性能要求的基础上，有效实现减重。（3）围绕整车性能以及车身、底盘子系统性能进行的轻量化设计、优化与评估，是该项目的另外一个主要特点，主要体现在：建立了整车有限元模型，保证有限元模型具有较高的仿真精度基础上进行整车性能评估；基于仿真分析成本和优化效率，建立了考虑整车碰撞安全性、车身刚强度和模态、NVH、疲劳等性能的车身轻量化设计流程，保证轻量化方案的工程可行性；运用多体系统动力学仿真软件ADAMS，建立整车底盘系统虚拟样机，完善整车底盘开发的动态仿真平台；并且通过整车性能测试、根据相关法规和行业标准，对仿真分析结果进行验证和评估，为轻量化设计提供指导依据。项目应用推广情况：项目成果主要面向上汽集团自主品牌产品，首先应用于自主品牌新能源轿车，继而推广至其他自主品牌产品；项目形成的汽车轻量化设计方法和流程可以为汽车行业提供一个技术升级平台，核心技术可以推广应用到全国整车企业，通过开发重量更轻、性能更佳的汽车可以提高国内自主品牌新能源汽车的市场竞争力；开发底盘轻量化的技术，有助于新能源汽车减重，也可推广应用到相同车型平台的底盘部件的轻量化开发；基于载荷与强度特性的轻量化设计方法可推广应用于各种汽车半轴、齿轮、车桥等类型零件，产业化前景广阔；高强度钢板冷冲压零件的回弹预测及控制以及高温成形极限图预测技术对推动高强度汽车板的应用

特别是汽车轻量化和汽车用钢的技术发展有很大的现实意义；开发的镁合金车轮、座椅骨架和仪表盘骨架等零件均已应用到上汽轻量化新能源汽车上。

完成单位：上海汽车集团股份有限公司、上海交通大学、同济大学、上海理工大学

完成人：凌天钧、冯奇、朱平、林建平、郑松林、张建武、董杰

编 号: 0386YJ

省 份: 上海 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 月面巡视器移动系统制造与测试技术

关 键 词: 月面巡视器; 移动系统; 制造工艺; 测试工艺; 嫦娥三号;

简 介: 嫦娥三号月面巡视任务是中国重大专项探月工程的二期任务, 是航天领域迄今最复杂、难度最大的任务之一, 首次实现中国地球以外天体的软着陆以及月面环境的巡视、勘察任务。该项目属于航空航天技术领域。移动系统是实现月面巡视、勘察任务的关键设备, 它具备行走、巡视、探测、导航、通信等功能, 还要在月面巨大温差( $-180 \sim +150^{\circ}\text{C}$ )、高真空、高辐射、低重力等恶劣的月面环境生存。因此它具有结构形状复杂、轻量化构型、精度要求高, 测试技术难度大, 在生产研制中体现出精密加工、精密装配、复杂测试的工艺特点。

月面巡视器移动系统制造与测试技术发明了镁合金挤锻成型技术, 采用了基于真空熔融半连续浇铸工艺和150MN双动正向等压挤锻工艺技术, 制造出高强度镁合金, 使得该材料同时具有锻件和挤压棒的性能特点, 横向力学性能提高了15%以上, 满足轻量化设计以及复杂恶劣的月面环境使用要求; 提出了内应力控制与柔性支撑技术, 解决了月面巡视器车轮等复杂外框架式结构加工过程中切削量大(99%去除)、局部刚性弱、易变形的难题, 满足了轻量化设计以及产品精度

要求；提出了微小结构测量辅助装调和密封圈轴向均载装配技术，保证了行星减速器轴向间隙以及密封圈装配过程中的圆度公差，使得密封圈有效贴合转动体并保证装配一致性。从而保证驱动机构高低温情况下输出性能稳定并有效防止月尘进入机构内部；提出了基于载荷模拟的移动系统刚度特性装调测试技术，开发了移动系统刚度特性测试系统，解决了移动系统刚度测试难题，保证移动系统刚度性能，满足移动系统运动平稳性要求；提出了六轮同步/异步力矩特性测试技术，开发了六轮同步/异步力矩特性测试系统，实现不同组合的驱动力矩特性测试，确保移动系统能适应不同月面状态下的移动能力。通过这些关键技术的实施，解决了移动系统制造与测试技术难题，实现移动系统设计功能、确保产品最终质量，圆满完成中国首次月面巡视、勘察任务。该项目技术取得了4项授权专利，3项受理专利，创造了5000万元经济收入。不仅能解决月面环境的巡视勘察任务需求，还具有一定的推广应用价值，可以推广应用到后续载人登月任务及其它的深空探测、行星探测的移动系统上，比如火星车、行星车、载人月球车等。嫦娥三号月面巡视探测器成功发射，实现了中国首次地球以外天体的软着陆以及月面环境的巡视、勘察任务，使中国的航天技术得到了一次提升，实现了中国探月工程“三步走”战略的关键一步，不仅为后续月面采样返回任务奠定了坚实的基础，还为中国后续深空探测任务提供宝贵的经验，具有巨大的技术应用价值。嫦娥三号任务的圆满完成，使中国成为继美国、俄罗斯之后世界第三个独立掌握月面软着陆及巡视勘察技术的国家，极大增强了民族自豪感和自信心，提升中国

航天的国际地位和国际影响力，具有显著的社会效益。

完成单位：上海航天设备制造总厂、上海宇擎稀贵金属材料有限公司

完成人：陆海滨、顾华洋、王闻杰、顾丹、龚凤英、张剑、金伟英

编 号: 0387YJ

省 份: 上海 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 嫦娥三号巡视器电源分系统

关 键 词: 巡视器; 电源分系统; 蓄电池; 供电系统;

简 介: 项目所属科学技术领域及项目背景: 该项目属于航天电源技术领域, 航天电源多采用太阳电池阵-蓄电池组联合供电系统, 光照期利用太阳电池的光伏效应, 将太阳能直接转换成电能, 为航天器供电并为蓄电池组充电, 阴影期由蓄电池组为航天器供电。该项目来源于探月工程二期嫦娥三号巡视器。嫦娥三号探测器于2008年2月工程立项。该项目承担嫦娥三号巡视器能量的产生、储存、输送、控制管理及休眠唤醒任务。嫦娥三号电源分系统与以往卫星研制有较大差别: 能量平衡分析复杂: 巡视器月面行走使得太阳电池阵接受的光照出现随机不确定性, 太阳电池阵受巡视器本身的遮挡以及太阳光线大光照角的照射都使电源分系统的输入变得复杂。巡视器行走中的避障, 勘测又使电源分系统输出的功率随机变化。这都给能量平衡分析带来困难。电源分系统应保障巡视器在月夜时可靠休眠, 月昼时自主唤醒巡视器。月面温差大, 太阳阵温度范围-190℃-145℃, 蓄电池组工作温度-20℃-55℃、储存温度-50℃-70℃; 传统的设计和工艺不能满足恶劣的环境要求。主要内容: 该项目研制了适应月面工作的轻型化、集成化电源分系统, 设计了极端低温、高比能锂离子蓄电池组以

及宽温度范围、高效率高效太阳电池阵，设计并成功实现了休眠唤醒功能，解决了巡视器能源供应、月夜生存等恶劣月面环境适应性及轻量化的难题。主要技术创新内容：该项目的创新点如下：首次提出适应月面移动探测器的地面实时能量应用规划系统，保障了巡视器月面任务的执行；国际上首次提出并成功实现适应巡视器在月面地形地貌及复杂光照条件下的自主恢复策略，实现了地面受控休眠、自主唤醒的功能，解决了巡视器月夜生存的难题；提出适应月面超低温环境的电解液体系，解决了月夜超低温储存后恢复供电的难题；攻克了宽温度范围使用的极柱密封、全密封薄壁铝合金焊接工艺，提高了锂离子蓄电池重量比能量；提出了适用于月面复杂工况下的高效锂离子蓄电池组管理技术，解决了低热导率镁合金外壳的高效散热难题，实现了电源控制系统的轻型化、集成化；提出适应极端月面环境的三结砷化镓高温锡焊工艺、外延工艺、结构设计，实现了减应力汇流技术，解决了月面环境适应性难题、提高了太阳电池阵效率。论文、著作等知识产权及水平：该项目研制过程中申请专利 18 项，其中已获得 12 项授权，发表论文 4 篇，并获得 8 项软件著作权。推广应用及经济、社会效益情况：该项目成功应用于嫦娥三号巡视器，并经历了多个月昼月夜考核。该项目的高效、轻量化、多功能集成电源控制技术及高比能锂离子蓄电池组技术、高效率高效太阳电池阵技术适应未来卫星或探测器的发展方向；两器间的联合供电技术也适用于飞行器组合体间的联合供电，已在嫦娥五号及火星探测应用；月面移动探测器的地面实时能量应用规划技术及过长月夜的自主恢复技术则适用于深空探

测任务，已在火星车上进行了应用。该项目是中国首次实现月面巡视  
勘测及月面休眠唤醒任务，具有显著的军事、社会、经济效益。

完成单位：上海空间电源研究所

完成人：钱斌、金波、刘勇、张玉花、刘东、王晓锐、储红、许峰、  
瞿诗霞、陈达兴

编 号: 0388YJ

省 份: 上海 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 数字医用 X 射线影像设备 FPD1M

关 键 词: 数字医用 X 射线影像设备; X 射线机; 影像诊断系统;

简 介: 该项目旨在制造数字医用 X 射线影像设备 FPD1M, FPD1M 数字医用 X 射线影像设备与 X 射线机配合使用, 供医疗机构对人体进行静态数字化 X 射线摄影成像。该产品是数字 X 射线影像诊断系统的重要组成部件, 由平板探测器主机、控制盒、DR 工作站软件、计算机系统及相关附件组成, 需安装到 DR 系统中配合 X 射线发生器、机械辅助装置等一起使用。适用于医院临床中成人及幼儿的疾病、损伤及相关的健康问题提供数字 X 射线影像用于诊断。不同人体的辐射剂量由 DR 系统控制, 该产品只被动接收经过临床人体 X 线辐照产生 X 线影像并进行后处理。直接搭配传统模拟 X 光机使用, 无需探测器和发生器之间的信号同步, 并获得专利“一种数字摄影自动曝光控制装置及控制方法”、“一种像素 AEC 平板探测器”。铝镁合金加强结构加工和制造, 以及全球独有的 COG (chip on glass 结构的 Gate Drive 芯片), 制造出 2013 年全球最轻的 1717 尺寸平板。TFT 和 GOS 层的光学耦合技术。CSI 闪烁体的蒸镀生长技术。DR 工作站软件。经中国科学院上海科技查新咨询中心查新后结论, 该项目综合技术在国内未见有相同或类似的报道, 因此, 该项目具有新颖性和良好的市场应用

价值。该产品已获得授权发明专利 2 项、实用新型专利 5 项、外观专利 1 项、软件著作权证书 2 项。上海已形成上游以中芯国际、上海天马微电子为代表的 X 射线摄影系统厂商，下游以上海医疗器械厂、上海联影医疗科技有限公司为代表的面板设计加工厂商，通过中游产品非晶硅 X 射线探测器的研制将实现上下游的贯通，区域资源有效利用，对于促进区域经济活力大有裨益。

完成单位：上海奕瑞光电子科技有限公司

完成人：邱承彬、方志强、曹红光、马扬喜、王杰杰、于祥国

编 号: 0389YJ

省 份: 上海 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 以轻量化为驱动的汽车子系统技术创新

关 键 词: 汽车零部件; 智能开启驱动系统; 汽车门盖系统;

简 介: 所属科学技术领域: 该项目属于汽车零部件及系统设计研发创新。是上汽通用汽车履行节能减排绿色社会责任, 践行企业“绿动未来”可持续发展战略, 推动汽车门盖系统向轻量化绿色节能发展的重点技术创新项目, 成果达到国际先进水平。研究内容与创新点: 燃油消耗及排放问题会制约汽车业的可持续发展, 而汽车轻量化对节油、降低排放、改善性能具有重要意义, 是现代汽车工业技术发展主要方向。 汽车子系统减重对性能的影响明显, 汽车减重 10%: 空载情况下减少约 6-8%的燃油消耗, 百公里消耗燃油下降 0.7 升; 排放污染减少 2mpg; 0 至 100kph 的加速所需时间减少 0.5 秒; 制动安全距离增加 3 米; 有效负载和牵引增加 150kg。 该项目以汽车门盖系统为例, 从轻量化材料, 轻量化设计, 轻量化制造 3 个途径开展门盖轻量化的总体规划及创新实践。轻量化材料的创新: 0.8mm 薄板铝合金前盖: 突破国际车企发动机盖料厚极限, 减重达 50%, 推广至 GM 全球应用; 铝合金举门自主开发: 国内首例, 突破国际车企技术封锁, 减重达 40%; 冲压镁合金板行李箱盖: 汽车行业第一个通过镁合金轧制板成型的批量生产车身零件, 减重达 75%, 获得了国际镁业协会授

予的 2013 年最佳应用奖；非金属材料：塑料尾门及翼子板，碳纤维材料等项目即将上市。轻量化设计的创新：变薄：0.5mm 超薄钢板在前盖的应用，行业首例，设计质量效率达到国际一流水平；变小：车门第二代典型断面的轻量化精益设计，拓扑优化在后盖轻量化中的创新应用，等研究内容达到国际先进水平；集成：以新型门模块技术，单导轨防夹摇窗机系统，行李箱盖低成本智能开启驱动系统，等为代表；获得发明专利。轻量化制造的探索及实践：轻质材料成型工艺：如，真空吸塑成型 (QPF) 技术在铝合金及镁合金后盖的创新应用；轻质材料连接技术：如，首例 0.5mm 超薄钢板点焊；首例铝板点焊；激光钎焊；薄板冲铆。应用与推广：该项目的研究成果已经成功应用到上汽通用自主开发的雪佛兰新赛欧，别克新 GL8，别克新君越，以及与 GM 联合开发的 SGM985 等车型，并将在后续项目深入推广。项目为公司创造了可观的经济效益。如，在别克 GL8，新君越上应用的超薄铝合金前盖，从 2011 年到 2015 年 8 月份，实现新增产值：5.45 亿元，新增利润：1.15 亿元，新增税收：1.0 亿元，节约资金：1.68 亿元。科学价值方面，通过该项目掌握了核心技术，拥有自主知识产权，提高了企业及产品竞争力，扩大了产品的市场份额。项目所培养的本土供应商，申请的专利，发表的论文，对提高中国汽车子系统轻量化的自主开发能力和国际竞争力，起到了积极的推动作用。

完成单位：泛亚汽车技术中心有限公司

完成人：陈虹、李涛、杨俊、魏一凡、刘占兵、周建强、吴迪

编 号: 0390YJ

省 份: 内蒙 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 先进稀土材料制备及应用技术-通讯领域用高品质稀土镁合金及应用关键技术的研究

关 键 词: 稀土镁合金; 熔炼工艺; 熔炼炉;

简 介: 该项目属于有色冶金、新材料制备领域。主要进行镧、铈镁中间合金的研究,开展高品质、低成本二元、多元稀土镁中间合金、低杂质稀土镁中间合金的技术开发,并对其成分控制技术及稀土镁合金熔炼设备进行开发。主要结果包括:建立了镧镁、铈镁、镧铈镁、钕镁和钇镁等混合稀土镁中间合金的熔炼工艺条件,获得偏析程度为 $\pm 0.3\text{--}0.7\%$ 的稀土镁中间合金,合金收率95%以上。该工艺相对传统工艺产品品质高,生产成本低;建立通过阴极共沉积一次电解法获得稀土镁中间合金的工艺条件:获得对电解电流、电压、电解液浓度及物料平衡比等因素的控制,针对上述因素进行优化调整,提高电解制备合金工艺的稳定性,改变合金产品品质;获得稀土镁中间合金的偏析程度为 $\pm 0.3\text{--}0.7\%$ ,合金收率达到95%以上;同时含锆稀土镁合金中锆元素含量 $1.0\pm 0.4\%$ ,解决锆在镁合金中溶解度难以突破0.8%的难题;一次电解生成合金因省去后期熔配步骤,对应加工成本较感应炉熔炼方式降低45%以上;开发了针对稀土镁合金熔炼要求的专用中试熔炼炉及对应的熔炼技术:开发出专用于稀土镁合金熔炼的中

试镁合金熔炼炉，熔炼温度最高达 850℃。新型设备对所得合金的组分均匀性及合金产品纯净性带来显著改变，充分发掘了稀土镁合金的熔炼潜力；研发 WE43 及 AM60B(1%RE) 应用稀土镁合金的熔炼工艺，获得稀土镁应用合金的偏析程度为  $\pm 0.3\text{--}0.7\%$ ，合金收率达到 95% 以上。新型熔炼工艺较传统工艺成本较低且操作简便，生产效率较高。合金经杂质元素检测其含量均在原料金属镁或稀土金属所含范围之内，合金品质纯净；熔炼所用专用熔炼炉功耗为 1.4kWh/kg，对应熔炼成本降低 44%。建成了 1000 吨镁合金生产中试基地。依托该项目已申请专利两项，授权 1 项（发明专利：稀土锆合金与稀土镁锆合金及其制备方法；申请号 200310072393.2。实用新型专利：用于稀土镁合金熔炼的合金化装置；申请号 201320103637.4）；制定国家标准两项：分别是“钆镁中间合金”国家标准，“镧镁合金”国家标准。该项目的成果可以满足高新技术领域对先进稀土材料的迫切需求，同时提高产品档次和附加值，扩大稀土材料的应用范围，紧密围绕稀土、镁资源优势，将低价的原材料转化为高附加值的高新技术产品，形成了一套完整的高效提取工艺技术和短流程生产稀土镁合金产品技术，使合金产收率获得显著提高，产品成本大幅降低。

完成单位：包头稀土研究院

完成人：张志宏、王小青、陈国华、胡文鑫、杨正华

编 号: 0391YJ

省 份: 吉林 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 高性能稀土镁合金

关 键 词: 稀土镁合金材料; 金属材料; 大马力发动机;

简 介: 1、通过镁-20-25%稀土中间合金加入, 解决了镁合金生产中稀土难加入和收得率不稳定, 生产成本偏高的问题; 2、解决高性能镁合金批量产业化生产过程中稀土元素对微结构、晶粒度和强化相的控制, 解决稳定的批量化生产工艺中的成分、凝固工艺和后处理工艺等难题; 3、针对下游用户的需求, 解决目前铸造镁合金流动性能差和高温性能不足的缺点, 批量化生产低成本、高性能稀土镁合金; 4、解决合金化元素对提高镁合金挤压变形能力差的问题, 研究合金化元素改善合金流动性的机理, 解决存在的组织、各相非均匀性问题, 实现专利技术的成功转化。

完成单位: 临江市东峰有色金属股份有限公司

完 成 人: 赵海东、孟健、李洪献、李涛、彭云

编 号: 0392YJ

省 份: 四川 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 晶体硅切割废料的铁合金冶炼资源化技术开发与应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 四川川投峨眉铁合金(集团)有限责任公司

完 成 人: 唐华应、吴孝、郑再春、唐先庆、方 艳、郑惠丽

编 号: 0393YJ

省 份: 四川 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 镁合金表面无铬磷化技术研究及应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 四川理工学院、四川省莱美特镁业科技有限公司、山东省科学院新材料研究所

完 成 人: 崔学军、林修洲、刘春海、杨瑞嵩、李明田、周吉学

编 号: 0394YJ

省 份: 四川 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 大型电炉多期法冶炼钒铁技术研究

关 键 词: 钒铁; 电炉; 冶炼工艺;

简 介: 该课题的任务来源为自选项目, 应用于铁合金冶炼领域。

其原理为大型电炉多期法结合阶梯配铝的新技术, 该技术的核心思路在于: 每期氧化钒原料的配铝系数呈阶梯状逐步减少, 当每期渣中钒含量降至一定水平后除去大部分渣, 进行多期加料和出渣的反复操作, 最后一期渣铁同出, 浇铸到锭模中。在单炉总铝耗大幅减少的情况下, 更有效地降低渣中 TV 含量, 减少钒在渣中的损失, 大幅提高钒铁冶炼收率。该课题主要研究内容包括钒铁冶炼渣系研究、冷态渣扫描电镜和 MLA 矿相分析、冶炼过程热量需求计算、原料配比耗铝量和产渣量计算等等, 最终确定大致的多期法冶炼工艺流程, 并创造性提出采用阶梯配铝的多期法冶炼的技术, 在总铝耗略有降低的情况下, 大大降低了钒在渣中的损失。同时通过理论推导, 在渣中 TV 含量与合金中铝含量两者之间建立起直接的函数关系, 通过冶炼过程中渣样的检测, 实现对合金中铝含量的有效监测和控制。该技术主要技术性能指标: 通过运用阶梯配铝与多期法冶炼相结合的技术, 大型电炉铝热法生产 FeV50 的渣中 TV 含量从 2.34% 降低至 0.94%, 冶炼收率由 92.8% 提高至 95.4%, 较原来提高 2.6 个百分点, 生产效率大幅提

升，单炉铝耗减少 105kg，提高了铝的利用率。大型电炉多期法结合阶梯配铝技术已经在攀钢集团西昌钢钒有限公司全面推广，通过现场稳定试验生产，所得钒铁合金产品完全符合国家质量标准。三期冶炼过程中，前两次渣中钒损失分别为 0.18% 和 0.30%，总损失占钒总量不到 0.5%，综合收率稳步提升，同时该技术还能根据不同客户需求提供低铝含量钒铁合金，具有较强的市场适应能力。该成果的应用极大地推动了大型电炉钒铁冶炼工艺和装备技术的发展，在冶炼效率、贫渣效果等方面较传统一步法冶炼钒铁工艺有较为明显的优势。对中国及其世界铝热法冶炼贵、重金属合金产业发展具有很好的促进作用。

完成单位：攀钢集团研究院有限公司、攀钢集团西昌钢钒有限公司

完成人：孙朝晖、刘武汉、鲜勇、钟国梅、景涵、张巍

编 号: 0395YJ

省 份: 四川 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 中国西部三大盆地海相碳酸盐岩储层形成机理和预测技术

关 键 词: 碳酸盐岩储层形成机理; 油气藏勘探; 地震数值模拟方法;

简 介: 系统总结分析了中国西部三大盆地构造特征、沉积充填序列的规律性与差异性, 揭示了碳酸盐岩建造形成于前三叠纪小板块分散活动阶段, 认识到基底具有鄂尔多斯盆地稳定、四川盆地次稳定、塔里木盆地活动的差异, 总结出碳酸盐岩沉积充填序列。首次建立了 5 类碳酸盐岩台地边缘沉积模式, 揭示了台地边缘的动态演化过程, 为碳酸盐岩储层的预测提供了理论依据。系统研究了不同级次的层序界面类型、沉积旋回和海平面变化特征, 建立了三大盆地的层序地层格架, 分析了海相层序发育的控制因素。深入研究了石炭纪至三叠纪碳酸盐岩锶、碳同位素组成, 建立了国际公认的碳、锶同位素演化曲线, 为海平面变化、年代地层、重大地质事件方面的认识提供了有力证据, 为层序界面划分提供了可靠的理论依据。在中国西部三大盆地中识别、划分出礁滩型、白云岩型及古岩溶型 3 种优质储层类型, 进一步细分出 12 种亚类。深入研究了主力优质储层的特征和各类储层在三大盆地中发育的规律性与差异性。首次系统深入地研究了碳酸盐岩储层的形成机理。在详细的岩石学、地球化学、流体包裹体研究

基础之上,提出中国西部大型盆地海相碳酸盐岩优质储层的四个主要形成机理为白云化作用、表生岩溶作用、埋藏溶蚀作用及热液改造作用,着重强调白云化作用、表生岩溶作用对中国西部大型盆地海相碳酸盐岩优质储层形成过程的影响。系统分析揭示了海相碳酸盐岩优质储层的主控因素:沉积微相对储层发育具有基础控制作用,以高能礁、滩微相最为有利;白云化作用对白云岩储层和礁滩储层发育具有关键控制作用,对储层物性的提高尤其显著;多期次构造运动对储层发育具有重要控制作用,其影响角度和强度存在明显差异;强烈埋藏热液作用对储层发育具有叠加改造作用。形成了深层碳酸盐岩储层几何形态描述与成像方法技术系列:较全面地总结了礁滩储层地震响应特征和识别陷阱;形成了礁滩复合体精细层位对比与追踪三维地震成像方法;研制了适合于复杂地下、地表条件的礁滩储层数值模拟方法;利用地震沉积学和地震相分析研究了生物礁和鲕粒滩储层沉积相特征,为基于地震资料的沉积相划分提供了依据;通过地震叠前弹性参数反演及叠后地震属性提取,实现了深层碳酸盐岩储层空间展布、内部结构和储层物性的精细刻画。形成了地震全频带信息挖掘与利用新技术:研制了高精度地震信号时频分析方法,具有良好时频聚集性能和较高的运算效率,有效刻画地震信号局部层次结构,兼备理论上的严密性和实际应用的有效性;研制了在多维时间-空间-频率域内构造地震全频带信息数据集(SFFS)方法,使得较弱低频与高频分量及通频带内地震信息均能有效利用,显著提高了地震信息利用率;建立了弥散-粘滞-速度频散波动方程的碳酸盐岩储层地震数值模拟方法,进而

研究了储层在全频带内不同频率（尤其是低频）的地震响应特征及其机理，改变了仅通过实际资料中的现象认识储层地震响应及其机理的主观性和偏差，为定量研究储层内部特征与其地震响应的关系提供了一种新途径。拓展了基于地震低频信息分析储层及检测油气的应用潜力，如低频伴影、基于地震低频的储层流体流度、多角度集低频瞬时谱差异提取等技术。研发了碳酸盐岩储层缝洞发育带的多尺度地震检测新方法：建立了三维多尺度体曲率方法技术系列，它考虑了储层结构和构造特征的复杂多样性以及在时频域、空间波数域同时存在的多尺度性，可精细刻画复杂储层及构造；基于上述方法构建的地震全频带信息数据集（SFFS）的振幅、频率、相位、吸收衰减、能量密度等地震属性，进行储层几何结构和物性结构分析与成像。建立了高灵敏度储层流体识别因子和多种流体识别标志，实现储层结构和流体性质的同步预测：构建了多种高灵敏度流体识别因子（基于波阻抗组合与不同角度道集），通过放大不同流体差异，使其对不同流体的反应更灵敏，识别不同流体的能力更强；参仿声纹分析，确定了可用以表征油气储层的地震纹参数，发展了基于地震纹分析的含气储层预测技术；提出了基于多种流体识别标志的含油气储层综合预测方法，显著提高了预测精度。首次提出了不同级次层序岩相古地理研究及编图的理论和方法，并在中国西部三大盆地进行了实践，揭示了不同时间尺度下三大盆地海相碳酸盐岩有利储层分布的规律性及差异性，与传统的岩相古地理图相比较，更加具有等时性、成因连续性和勘探实用性。以聚焦有利储层分布区为核心，地质预测和地球物理储层识别及流体

检测相结合，形成了碳酸盐岩油气勘探从“选区-选带-目标落实”的技术系列，卓有成效地指导了三大盆地海相碳酸盐岩油气勘探取得重大突破。根据“构造控盆、盆控相、相控生储盖组合”的思想，在强调三大盆地海相碳酸盐岩储层发育和分布的基础上，充分考虑其它成藏要素，提出了三大盆地海相碳酸盐岩油气勘探的新领域，为未来5-10年各盆地海相碳酸盐岩的油气勘探指明了方向。

完成单位：成都理工大学

完成人：陈洪德、贺振华、曹俊兴、田景春、侯明才、黄思静、陈学华、王兴建、文晓涛、陈安清

编 号: 0396YJ

省 份: 四川 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 元坝地区勘探开发一体化评价研究

关 键 词: 油气藏勘探; 富集规律;

简 介: 一、任务来源: 项目成果是中国石化勘探南方分公司承担的国家科技重大专项"四川盆地二-三叠系碳酸盐岩大中型气田富集规律与勘探评价"、多项中国石化股份有限公司科研项目及勘探开发一体化评价研究过程中形成理论认识与技术成果的综合总结, 成果形成应用时间: 2006 年 06 月-2012 年 12 月。二、技术原理及性能指标

(一) 技术原理如下: 1、元坝地区位于梁平-开江陆棚西翼, 晚二叠世长兴期-早三叠世飞仙关期发育缓坡型台地边缘礁滩沉积体系。长兴期生物礁成排成带展布, 总体上具有由西向东进积迁移发育特征, 呈现早礁、晚滩, 前礁后滩特征。储层主要发育于长兴期的礁相白云岩, 礁间和礁后滩相云岩。其储层非均质性强, 礁体、滩体不连续, 独立成藏。提出并建立"元坝缓坡型台地边缘沉积模式", 总结了台缘沉积特征及沉积模式, 明确了层序格架内储层发育规律。2、揭示深层超深层优质碳酸盐储层形成-发育-保存机理, 明确本区优质储层的形成主要受有利沉积相带、早期大气淡水淋滤和白云岩化作用、晚期构造作用与裂缝改造、烃类及时充注五大因素控制, 建立储层定量-半定量综合评价方法及理论预测模型, 指导勘探实践。3、针对元坝

超深岩性气藏，开展了成藏条件、成藏过程、成藏机理及模式的解剖性研究，明确了元坝气田天然气成因与来源，探讨了油气充注油气转化过程、运移路径及其输导体系，建立“多远供烃、近源富集、岩性控藏、油气转化、晚期调整”的深层超深层碳酸盐岩岩性气藏模式。4、元坝地区相变复杂，礁滩相储层非均质性强，埋藏深。项目采用层拉平、三维可视化技术开展异常体识别，圈闭储层发育的有利相变区块；利用模型正演、分频解释技术、波形分析、相干体技术、多属性分析等手段精细刻画相带，确定储层发育的宏观展布规律；运用相控地震反演描述有效储层的空间分布情况，并进行储层参数的预测。项目研究中，开发和改进了适合本区特点的伽马去泥质反演和拟声波反演技术，形成了以沉积相研究为指导、以模型正演与地震相分析为基础，以相控多参数储层反演为核心的“相控三步法”储层精细预测技术以及测井精细解释、储层综合评价、储层流体综合判别等特色技术，成为超深层岩性气藏勘探开发一体化评价的关键技术。（二）性能指标：项目按照合同要求，开展了相应研究工作，全面超额完成合同要求的任务。三、成果的创造性、先进性项目提出的三项理论认识成果为国内首创，两项方法技术成果针对深层超深层碳酸盐岩勘探开发评价，适应于本地区和类似地区，总体处于世界领先水平。1、针对元坝地区深层碳酸盐岩台地边缘沉积、储层发育规律的研究，创造性地提出并建立了“元坝缓坡型台地边缘沉积模式”，属国内首创。2、基于元坝地区超深层储层形成保存机理、孔隙发育演化的研究，并与普光地区类比，提出（相带控制、早期暴露、云化溶蚀、裂缝改造、烃类充

注)五大因素控制了优质储层的发育和保存,深化了深层碳酸盐岩储层发育保存机理认识。此认识居国内领先水平。3、基于元坝岩性气藏成藏过程、成藏机理的研究,提出并建立了"多元供烃、近源富集、岩性控藏、油气转化、晚期调整"的深层超深层碳酸盐岩岩性气藏模式,属国内首创。4、在超深层碳酸盐岩储层预测与目标评价技术领域居世界领先水平。四、技术的成熟程度,适用范围和安全性该技术目前已经处于成熟阶段,主要适用于台地边缘生物礁滩的油气田勘探开发,非常安全。五、应用情况及存在问题应用情况:1、元坝地区超深层储层平面分布预测符合率97.8%,厚度预测符合率94.91%,探井评价井成功率高达92.3%。2、元坝台缘礁滩相整体部署的40口井,完钻30口,27口已完成试气工作,25口获工业气流,其中10层/8井获百万方高产工业气流。3、形成的地质认识、技术方法,在山前带、涪陵、建南及川西海相勘探中得到推广应用。发现元坝、河坝、兴隆场等大中型气田,指导川西地区深层海相油气勘探取得重大突破。存在问题:扩大成果推广应用范围。

完成单位:中国石油化工股份有限公司勘探南方分公司

完成人:郭旭升、郭彤楼、胡东风、黄仁春、王良军、彭劲、陈祖庆

编 号: 0397YJ

省 份: 国家 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 高性能多尺度颗粒协同增强铝、镁基复合材料关键技术与应用

关 键 词: 金属基复合材料; 铝基复合材料; 镁基复合材料; 陶瓷颗粒增强; 多尺度颗粒协同增强;

简 介: 该项目属于金属基复合材料与制造技术领域, 涉及有色金属部件制造学科。高性能颗粒增强铝、镁基复合材料一直是近 20 年来国际金属基复合材料研究、制造与应用的热点。如何使增强颗粒与基体界面润湿结合、均匀分散是液态复合法制造该类复合材料的两大难题, 而熔体净化和重熔处理是此类复合材料工程化应用的关键。该项目针对国家重点装备高速高功率柴油机活塞、缸盖长期在 350℃-400℃服役条件下对材料的苛刻要求, 历经 20 余年深入系统研究, 突破了长期制约颗粒增强铝、镁基复合材料制造与应用的一系列重大技术难题, 产业化制造了达到国际先进水平的颗粒增强铝、镁基复合材料, 并大量应用。拥有自主知识产权的整体铸造颗粒增强铝基复合材料活塞代表了轻质活塞材料及制造技术的国际先进水平, 综合性能超过标志国际先进水平的德国活塞, 完全取代进口, 彻底打破了西方国家的技术封锁和垄断。国庆 60 周年阅兵新型战车方队柴油机全部使用该项目制造的颗粒增强铝基复合材料活塞。该项目主要技术创新

如下：1) 界面反应润湿与结合技术。提出了通过可控界面反应实现陶瓷颗粒与铝、镁合金熔体润湿与结合的新方法、解决了液态复合过程中加入的增强颗粒与基体合金熔体润湿差的难题。在微米尺度 SiC 颗粒表面高温氧化生成  $\text{SiO}_{2}$  层，通过该层与熔体中 Al、Mg 元素反应，实现了 SiC 颗粒与铝、镁合金熔体的良好润湿与界面结合，开发了 SiC 微粒高效氧化技术与专用设备。2) 多尺度颗粒协同增强技术。提出了微米和纳米尺度颗粒协同增强铝、镁基复合材料的新理念，发明了熔体反应自生-高剪切液态搅拌复合制备多尺度颗粒协同增强铝、镁基复合材料新技术，解决了颗粒增强铝、镁基复合材料中外加微米 SiC 颗粒难以分散均匀问题。外加微米颗粒与内生纳米颗粒 (TiC, TiB<sub>2</sub>, TiAl<sub>3</sub> 等) 在晶内与晶并存，弥散分布、界面结合良好。3) 铝、镁基复合材料熔体净化与重熔技术。揭示了颗粒增强铝、镁基复合材料熔体净化与重熔机理，开发了该类复合材料熔体净化和多次重熔处理的专有技术，解决了复合材料熔体净化与重熔铸造期间增强颗粒界面脱黏逸出熔体的难题，确保了颗粒增强铝、镁基复合材料重熔组织与性能的稳定性。4) 高品质颗粒增强铝、镁基复合材料制品工程化制造技术。发明了高速高功率柴油机颗粒增强铝基复合材料活塞和缸盖新结构和整体铸造技术，并在军民用先进柴油机中大量应用，综合性能超过国外同类产品，价格仅为进口产品三分之一。该项目申请国家发明专利 21 项，已获授权发明专利 11 项，形成 2 项企业技术标准，发表论文 100 篇 (SCI 和 EI 收录 45 篇)。相关成果获得 2010 年度陕西省科学技术奖一等奖、第 18 届全国发明展览会金奖，总体

技术达到国际同类技术先进水平。在国内企业大量应用，近三年累计新增产值 27.6 亿元，新增利润 1.79 亿元，经济与社会效益显著，显著提升了中国颗粒增强金属基复合材料制造与应用水平，有力推动了中国内燃机活塞等关键部件制造业的技术跨越与进步。为中国经济建设、社会发展和国家安全做出重要贡献。

**完成单位：**西安工业大学，北方通用动力集团有限公司，中国北方发动机研究所，曲阜金皇活塞股份有限公司，西安康博新材料科技有限公司

**完成人：**李建平，郭永春，杨忠，严文，夏峰，李高宏，李艳，颜君衡，赵玉厚，董晟全

编 号: 0398YJ

省 份: 安徽 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 汽车轻量化用系列双相钢高效制造技术

关 键 词: 高强度双相钢; 冷轧双相钢板; 汽车用钢;

简 介: 该项目属冶金科学技术领域金属材料加工制造工艺学科, 主要研究内容涉及系列高强度双相钢产品的设计、制造及应用技术研究。汽车产业是中国国民经济的支柱产业, 在促进经济发展、增加就业、拉动内需等方面发挥着重要的作用。汽车在改变人们生活的同时, 也带来了严重的环境污染。为减少微粒物与氮氧化合物的排放, 汽车轻量化被认为是最具前景的技术。与其他轻量化材质相比, 钢铁材料成本低、全生命周期排放少; 且钢在汽车行业有广泛的应用经验, 其设计、制造、加工与成形技术开发成本非常少, 因此钢铁仍然是汽车工业的主要用材。世界钢铁协会发布的未来钢质汽车计划 (FSV), 以新开发的先进高强钢 (AHSS) 制造车辆, 实现车身减重 35%, 污染降低 70%。由于双相钢具有连续屈服、屈强比低、合金含量少、成形性与焊接性优异等特点, 在超轻钢质车身 (ULSAB) 计划中用量达 70% 左右, 因此开发和应用冷轧双相钢板是满足汽车工业轻量化发展最具竞争力的解决方案。欧美成熟车型应用先进高强钢比例为 25%, 而中国只有 5% 左右, 有较大的发展空间。安徽及周边地区拥有奇瑞、江淮、悦达起亚、南汽、安凯、昌河等知名主机厂, 具有 300 万辆整车

生产能力，随着“国五”标准的推进，其汽车用冷轧双相钢市场前景十分广阔。然而与宝钢汽车板生产线相比，马钢新区 2130 仅 1 条连退生产线，1 条合金化热镀锌生产线，产品品种与规格多，难以适应专业化生产，生产过程中温度、速度与组产变化频繁；而双相钢对工艺控制要求严格，采用传统 CSiMn 成分很难满足其稳定生产要求。因此马钢瞄准区域汽车产业发展对双相钢的需要及国内需求，并结合其生产特点，启动了系列双相钢经济、高效、柔性制造技术研究，开发了 450~600MPa 级系列高强度双相钢。在该技术的研发过程中，对冷轧双相钢基础理论、组织演变规律、退火/镀锌工艺、成形、焊接等方面开展研究。历经 4 年的研究，形成了一系列双相钢生产工艺控制和应用新技术：一钢两级生产 DP450 和 DP500 的柔性生产技术；低工艺敏感性 600MPa 冷轧双相钢生产工艺技术；高翻边成型性双相钢外板制造技术；低屈强比含 Al 镀锌双相钢生产制造技术；提升耐大气腐蚀的含 Cr 成分体系双相钢制造技术。以上技术解决了马钢单一连退生产线生产多规格小批量高强度冷轧双相钢，以及纯锌和锌铁合金双相钢产品组产困难与稳定性的问题，开发的 500MPa 冷轧双相钢在汽车覆盖件上首次应用并取得成功。该项目研究成果申报国家发明专利 10 项，授权 5 项。通过项目的实施，马钢实现 450~600MPa 级冷轧双相钢的批量生产能力，产品性能达到国内竞争厂家水平，并且 600MPa 级冷轧双相钢已列入省级新产品目录。2013~2015 年，马钢系列冷轧双相钢产品实现产销 6 万余吨，新增销售收入 2.35 亿元，新增利润 2432.29 万元，新增税收 729.45 万元，新增利税 3161.73

万元，产品经济效益显著。马钢冷轧双相钢板的研究与推广既顺应国家与地区发展的需要，又促进和引领汽车行业轻量化升级。在支撑国家汽车轻量化与安徽省新一代绿色新能源汽车全产业链的形成以及节能、环保和安全方面具有显著的社会效益。

**完成单位：**马钢（集团）控股有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、安徽工业大学、钢铁研究总院

**完成人：**刘永刚、潘红波、谷海容、李光瀛、陈云霞、詹华

编 号: 0399YJ

省 份: 山东 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 机车轻量化用高性能镁合金材料及部件制备技术

关 键 词: 镁合金材料; 低压铸造装备; 制备方法;

简 介: 项目属于材料科学领域、有色金属及其合金材料、4304020。

项目背景: 基于镁合金质轻的特性和机车轻量化的迫切需求, 针对镁合金在机车部件应用过程中强韧性不足、应用合金类型较少和制备方法不完善以及镁合金表面耐蚀性能较弱等关键技术瓶颈问题, 研发出了新型高强度镁合金、镁合金多元微合金化技术、新型镁合金成型工艺以及微弧氧化-电泳一体化表面处理技术, 提升镁合金产品的品质, 开发出了机车用镁合金部件并实现了应用, 推动了山东省镁产业的发展。 主要创新点: (1) 开发了 AZ、AS 系列商用镁合金 Sr、RE、Ca 等多元微量合金化强韧化技术, 实现铸造镁合金的组织变质与性能强化。AZ91D 合金经过 Nd、B 多元微合金化后铸态抗拉强度和屈服强度分别达到了 206MPa 和 123MPa, 比基体 AZ91D 合金分别提高了 27.1% 和 26.8%, 合金的抗高温蠕变性能明显比 AZ91D 合金提高; 相对于 AZ91D 合金, WF001 合金室温屈服强度和延伸率分别提高 20% 和 88%; WFMZT55 合金室温抗拉强度、屈服强度和延伸率分别提高 6%、26% 和 67%。AS31 合金经 Sr、RE 微合金化后, 其室温抗拉强度和延伸率, 相对于 AS31 合金分别提高了 20% 以上和 40% 以上。 (2) 研制了

新型 Mg-Al-Sn、Mg-Zn-Sn、Mg-RE 系列高性能镁合金，实现了新型镁合金的产业化应用，丰富了镁合金材料的选择范围。（3）开发了基于一种新型冷却装置的低压铸造装备，优化了镁合金真孔压铸工艺。通过以上两种工艺明显减少了合金组织中的疏松、气孔等缺陷，实现了 WF001、WF002 等合金的高致密度铸造，形成建立铸件质量测试标准和控制方法，形成了批量生产的能力。（4）优化设计了镁合金微弧氧化-电泳一体化表面处理技术。研究了微弧氧化工艺参数对镁合金表面氧化膜组织与性能的影响规律和机理，优化了微弧氧化工艺，获得耐蚀性良好的陶瓷膜，能有效提高后续涂层的附着力和防护性能，显著提高了镁合金表面防护功能。获得的项目成果：获得授权国家专利 6 项，发表相关学术论文 7 篇，验收和鉴定科技成果 4 项。技术经济指标：WF001、WF002 等合金材料力学性能为： $R_m \geq 331 \text{ MPa}$ ， $R_{p0.2} \geq 273 \text{ MPa}$ ， $A \geq 8.0$ ， $HWB \geq 75$ ；AT、ZT 系列铸造新型合金抗拉强度分别达到 240、235MPa 以上，ZT55 合金 150℃延伸率达到 39.2%。ZT55 合金热处理后  $R_m \geq 290 \text{ MPa}$ ， $R_{p0.2} \geq 183.3 \text{ MPa}$ ， $A \geq 10.5$ ，疲劳强度  $\geq 80 \text{ MPa}$  ( $5 \times 10^7$  次)。应用推广效益情况：开发的镁合金材料和部件，其性能达到了机车部件使用性能和质量的要求，已实现了成果转化，应用于各类机车，近 3 年期间，为企业累计销售收入 52162 万元；利税总额 9754 万元，经济效益显著。项目研发的镁合金产品已成为德国 BMW，美国 HD，麦格纳，奥地利 KTM，意大利 Ducati，MotoGuzzi，Aprilia，英国凯旋，国内上汽，高铁等厂重点产品。尤其在电动汽车镁合金集成框架等产品上的应用，有效提高了节能减排

的效果，经专家鉴定项目技术达到国际先进水平。实施完成了首批山东省自主创新专项项目“高性能镁合金制备及精深加工技术研究开发及产业”，负责起草了镁合金材料等相关国家标准 3 项，带动了省内镁合金上下产业链企业的发展，该成果对中国尤其是山东省镁产业及机车轻量化技术的发展起到了重要促进作用。

**完成单位：**威海万丰镁业科技发展有限公司、山东省科学院新材料研究所

**完成人：**朱训明、唐守秋、周古学、段军鹏、赵东清、徐国松、刘运腾、刘旦、李卫红

编 号: 0400YJ

省 份: 山东 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 基于微组织调控的高强韧镁合金变形材低温强塑变制造与  
应用技术

关 键 词:

简 介:

完成单位: 哈尔滨工业大学(威海)、山东银光钰源轻金属精密成型有  
限公司、淄博德源金属材料有限公司

完 成 人: 张文丛、陈文振、孙强、王守泰、于洋、翟慎宝、王前进、  
王飞、王尔德

编 号: 0401YJ

省 份: 山西 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 镁合金挤压铸造工艺与装备关键技术研究

关 键 词:

简 介:

完成单位: 中北大学

完 成 人: 侯华、赵宇宏、田晋忠、牛永强、田志刚、杨玲、靳玉春、  
杨晓敏

编 号: 0402YJ

省 份: 山西 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 特殊钢钼合金化新工艺技术开发及应用

关 键 词: 钢钼合金; 钼铁合金; 炼钢; 冶炼工艺;

简 介: 该项目属于钢铁冶金行业炼钢工艺及矿物冶金领域。为应对钢铁行业产能过剩、竞争激烈的现状,中国钢铁企业加快了品种结构的优化升级,高等级管线钢、高强钢、高耐蚀不锈钢等含钼特殊品种钢产量大幅增加并广泛用于国计民生重大工程,这些特殊品种钢仍采用传统的钼铁合金化工艺,每年钢铁行业钼铁的使用量约6万多吨。氧化钼作为一种可替代钼铁合金化的重要资源,因其使用存在低温升华和高温喷溅等关键技术难题,没有一家钢铁企业全面实现高效利用。氧化钼是生产钼铁的主原料,其品位与钼铁相当。钼铁生产过程消耗铝、硅铁、萤石等大量资源,同时产生大量的烟尘和NO<sub>x</sub>、SiF等有毒气体,仅SiF气体产生量达到14.7kg/t,造成环境污染和大气层破坏。采用氧化钼直接合金化冶炼含钼钢早已成为国内外冶金工作者重点研究的方向,并针对防止氧化钼升华进行了大量的试验研究,主要方法是加CaO生成钼酸钙或采用碳粉、硅铁等还原剂混合压块在电炉使用,其钼收得率90%左右,远低于钼铁98%收得率。氧化钼直接用于转炉、AOD、铁水进行合金化工艺,国内外尚处于理论研究阶段。该项目围绕氧化钼低温升华和高温喷溅开展了氧化钼铁浴反

应、抑制升华、控制反应速度等一系列理论研究及工艺实践，开发出多工序氧化钼应用技术：(1)开发出“铁水喷吹氧化钼合金化”新技术，实现了含钼铁水冶炼超纯铁素体不锈钢。(2)开发出“转炉内废钢+氧化钼混合降温控制气化速度、铁水覆盖还原气态氧化钼合金化及冶炼模型”技术，实现了含钼特殊钢转炉使用氧化钼合金化。(3)开发出“氧化钼浸入 AOD 高温钢液渐进反应技术及冶炼工艺新模型”，实现了 AOD 采用氧化钼直接合金化冶炼不锈钢。依靠自主创新，开发并集成一整套含钼特殊钢钼合金化新工艺技术及冶炼控制模型。该项目在氧化物直接合金化炼钢方面取得重大突破，解决了氧化钼直接合金化低温升华和高温喷溅的世界难题，钼收得率稳定在 98%以上，与钼铁收得率相当，其工艺技术及钼收得率水平达到国际领先水平。获 2 项国家发明专利和形成了 25 项企业技术秘密，近三年累计 150 万吨含钼钢使用了该项技术，创造直接经济效益 4720 万元。该项目的实施促进了氧化钼直接合金化炼钢技术的发展，降低了含钼钢的生产成本。项目的实施带动了矿物炼钢技术的发展，降低了钼生产企业的生产成本及资源消耗，减少对环境的污染，有巨大的社会效益，推广应用前景非常广阔。

完成单位：太原钢铁（集团）有限公司、山西太钢不锈钢股份有限公司

完成人：冯焕林、王建昌、常国栋、张永亮、何仕超、牛爱兵、刘卫东、李宏

编 号: 0403YJ

省 份: 广东 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: UN650MG II 半固态镁合金注射成型机

关 键 词: 镁合金注射成型机; 注射成型工艺; 压铸机械装备;

简 介: 项目将塑料的注射成型原理, 应用于半固态金属成形工艺中, 形成了触变注射成型新工艺, 实现了半固态金属浆料的制备、输送、成形过程, 较好地解决了半固态金属浆料的保存、输送、成形控制困难等问题。属于压铸机械装备, 项目主要技术内容如下: 项目针对半固态镁合金成型特点, 采用了高响应伺服阀进行伺服控制, 通过高精度压力传感器和位置传感器在线监测注射速度, 并通过高速以太网与控制器进行数据传输, 实现了对注射速度的精确闭环控制; 自主开发了控制程序, 实现了对液压及控制系统的有效调整、匹配, 整机最高注射速度已经达到 5m/s, 同时从零加速到 5m/s 仅需要 12ms, 完全满足镁合金产品的成型要求。项目整机采用传感测控、实时控制等先进技术, 具有远程监控、信息储存与记忆、安全密匙及自动报警等功能, 整机实现了自动化、智能化。项目成果自转化至今共实现销售收入 2730 万元, 实现利润 520 万元, 税收 121.8 万元。其主要技术指标如下: 锁模力: 7000kN; 注射速度: 5m/s; 注射容量: 1385cm<sup>3</sup>; 注射压力: 95MPa; 加速时间: 12ms; 干循环周期: 4.5s。新产品的成功研发, 实现了国产具有自主知识产权的镁合金半固态注射成型技

术的突破及产业化生产，缩小中国与国外镁合金精密成型加工设备的技术差距，项目产品填补了国内空白，增强了企业自主创新能力，为企业培养了高素质的技术人员，奠定了伊之密公司在行业中的领先地位。项目主要应用于原料为镁合金的注射成型，适用于表面质量及综合机械性能相要求高、产品形状复杂、尺寸精密的镁合金零部件的生产。例如，汽车、电子产品、电子仪器零部件以及其他消费类或工业产品的生产，具有广泛发展空间。

完成单位：广东伊之密精密机械股份有限公司

完成人：隋铁军、区贻标、李子玉、梁启华、陈冲、吴振波、周晓星

编 号: 0404YJ

省 份: 江苏 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 高强韧性压铸镁合金汽车零部件关键技术研究与应用

关 键 词: 镁合金压铸件; 汽车零部件;

简 介: “高强韧性压铸镁合金汽车零部件关键技术研究与应用”

成果来源于以南京航空航天大学与江苏中翼汽车新材料科技有限公司共建的江苏省企业研究生工作站、苏州市工程技术中心平台下承担的科技部 2008 年度科技型中小企业技术创新基金项目“复杂镁合金汽车部件精密压铸技术开发与应用”(08C26213200606)、2009 年度江苏省基础研究计划项目“汽车用高强韧耐热压铸镁合金材料的应用基础研究”(BK2009577)、2010 年度江苏省工业支撑计划项目“高强耐热镁合金汽车零部件关键技术的研究开发”(BE2010103)等项目。

本项目不仅为汽车工业中薄壁形状复杂的关键零件轻量化提供先进的成形技术,而且对我国镁合金在通讯等行业的高端应用起到推动作用。本项目所属科学技术领域为材料科学与工程学科。汽车工业的轻量化技术发展促使其关键压铸器件向大型化、薄壁化、整体化发展,对压铸镁合金材料及其压铸技术提出了很高要求:一方面,国内外现有的商业合金牌号镁合金压铸材料难以满足薄壁复杂关键构件应用时强韧性及耐热耐蚀性能要求;另一方面,现有的采用压铸废料的熔化过程中存在熔体难以净化的问题,并且压铸技术难以克服大型薄壁

复杂镁合金压铸件因“大尺寸效应”、“变截面效应”和“薄壁效应”所带来的产品欠铸、热裂、变形等缺陷和模具变形问题。针对上述制约压铸镁合金生产的关键性技术难题，本项目主要取得了以下技术创新：（1）系统研究了稀土元素和表面活性元素对镁合金微观组织、力学性能、耐热耐蚀性能影响规律及其作用机理，提出了改善晶界第二相的组织和引入弥散相强化基体的手段以提高压铸镁合金力学性能、耐热耐蚀性能的合金设计方法，开发了具有自主知识产权的弥散强化型含稀土耐热耐蚀压铸镁合金材料，其综合性能优于美国道氏公司的 AE42 压铸镁合金。（2）开发了含压铸废料的新型压铸镁合金材料的熔铸和集成熔剂与气体喷吹精炼与过滤于一体的多级多介质净化技术，解决了边加料边熔铸所造成的熔体难以净化的问题，有效去除了镁合金熔体中  $10 \mu\text{m}$  以上夹渣夹杂且稀土元素烧损率控制在 5% 以下，实现高品质镁合金熔体连续熔化和净化；（3）建立了新型压铸镁合金材料和高保溫压铸涂料及模具材料的数据库，利用 CAD/CAE/CAM 技术进行压铸模、压铸件的优化设计和数控加工，优化了压铸模结构和压铸工艺参数，保证压铸毛坯的充型完整性和尺寸精度。本项目已经授权发明专利 3 项、实用新型专利 9 项，技术水平达到国际先进水平。已成功开发了 4 种高新技术产品，取代进口产品在上海大众、上海通用、一汽大众、阿尔卡特-朗讯公司等单位得到应用。三年来，江苏中翼汽车材料科技有限公司生产的复杂薄壁镁合金压铸高新技术产品销售总额为 16200 万元，新增利润 1954 万元，取得了显著的经济效益。

完成单位：南京航空航天大学、江苏中翼汽车新材料科技有限公司

完成人：刘子利、李娟、刘希琴、李健、王震东、周桂斌、吴钿、

朱洪岚、朱晓春

编 号: 0405YJ

省 份: 河南 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 耐高温钛膜超硬复合材料

关 键 词: 超硬复合材料; 耐高温钛膜; 高温镀覆;

简 介: 本项目属新材料技术领域。本项目旨在解决超硬材料工具在使用过程中, 超硬材料颗粒与基体结合力差、易脱落的问题。之前国内外所产的镀钛金刚石因镀膜与超硬材料结合力小和成本高, 达不到预期效果而未有效推广。本项目通过设备、材料选型与结构、系统程序设计, 研制了单炉产量达到 50 万克拉的镀覆设备; 通过粘合剂配方、预配合工艺的研发, 突破了大批量生产耐高温钛膜超硬复合材料的质量均匀性难题。本项目通过吸热反应镀覆配方和配套工艺的研发, 突破了低温镀覆工艺超硬材料与钛镀层结合力差、高温镀覆时超硬材料易烧损的技术瓶颈。实现了高温镀覆, 钛镀层与超硬材料化学键合, 镀层高温下不脱落。本项目研发的镀覆配方在高温高真空条件下生成钛蒸气速度可控, 可根据不同客户要求生产不同厚度的钛膜。镀覆配方在高温加热后保持活性, 可重复利用, 使钛利用率达到 95% 以上。整个生产工艺过程无废水、废气、废渣产生, 体现了高效、节能、环保。本项目解决了超硬材料性能检测误差大, 重复性差的难题, 研发成功高效、准确测定耐高温钛膜超硬复合材料冲击韧性的检测方法, 提高了检测效率和检测重复性。耐高温钛膜超硬复合材料可通过

金属键与工具基体材料形成金属键，增加基体对超硬材料颗粒的把持力，避免在钻进、锯切时脱落，制造的超硬材料工具可使用较少的超硬材料，切削时锋利、效率高。钛膜对超硬材料的保护作用给铁基工具的研发创造了条件，节约镍、钴等贵金属。广泛应用于以下加工领域：1. 金属切削加工类：广泛应用于铜及铜合金、铝及铝合金、镁及镁合金等非铁金属的切削加工；2. 木材切削加工类：木质及复合地板、纸板类材料切削加工等；3. 硬质非金属切削加工类：玻璃、耐火材料、磁性材料、陶瓷材料、石材、特种材料的切削加工等；4. 钻探开采类：石油、矿山、钻孔加工、工程掘进等；5. 核工业、空间技术、修正工具等。本项目研发过程中共取得发明专利三项，其中两项已授权，一项已通过审理答辩；取得实用新型专利一项。项目组经全国磨料磨具标准化技术委员会推荐，工信部批准，正在起草项目产品的行业标准。本项目单炉产量达到 50 万克拉以上，产品经受 900℃ 高温和一定磨擦冲击不脱落。产品经磨料磨具检测中心检测和河南省科技厅组织专家鉴定，达到国内领先水平。本项目总投资 247 万元，在产品中批试验时已收回投资。耐高温钛膜超硬复合材料已销往国内和数十个国家（地区），每年可为公司创造近七千万经济效益，并为下游产业带来十亿元以上的间接效益。随着耐高温钛膜超硬复合材料的优越性能被更多客户认可，必将给公司带来更多的经济效益，也为下游超硬材料工具产业产品性能的提高奠定了基础，必将推动我国乃至全球相关产业的技术进步和产品升级。

完成单位：中南钻石股份有限公司

完 成 人：卢灿华、张凤岭、王志涛、孟庆伟、张帅、韩丽杰、王国成

编 号: 0406YJ

省 份: 河南 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 具有抗拉强度反常温度效应的高轧耐热镁合金

关 键 词: 耐热镁合金; 高温力学性能; 微观机理;

简 介: 镁合金是最轻的金属结构材料, 具有密度小、比强度和比刚度高、导热导电性好、电磁屏蔽性能优良、产品尺寸稳定性好, 易于加工等特点, 在汽车、电子、航空航天以及国防等领域的应用日益增多。但传统镁合金存在耐热性能和抗高温蠕变性能差的缺点, 通常只能用于120℃以下的场合。提高镁合金的高温力学性能, 扩大其应用范围, 是目前镁合金研究关键内容之一。稀土(RE)是提高镁合金耐热性能最有效的合金元素, 以稀土钆(Gd)为主要合金元素的Mg-Gd系铸造镁合金, 具有较好的高温强度和优良的抗蠕变性能, Mg-RE系合金成为发展高强耐热镁合金的一个重要合金系。该项目成功开发了综合性能优良的Mg-Gd系耐热稀土镁合金, 其高温力学性能明显优于目前开发最为成功的商用耐热稀土镁合金WE54。如该系中最优合金最大抗拉强度室温时284MPa, 200℃时338MPa, 250℃时366MPa, 300℃时316MPa(WE54合金抗拉强度室温时280MPa, 200℃时241MPa, 250℃时230MPa), 抗高温蠕变性能也优于WE54; 研究还发现, 该系合金在室温到250℃(个别合金300℃)范围内, 抗拉强度随拉伸温度的提高不降反升, 出现抗拉强度反常温度效应。这一特性对于耐热镁合金的

开发意义重大,据此该项目进一步研究了该合金系抗拉强度反常温度效应产生的合金成分规律;并采用原位加热透射电镜等材料现代分析技术,系统研究了抗拉强度反常温度效应产生的微观机理: (1) 通过 Mg-Gd 系多元耐热稀土镁合金在不同温度 (200℃-300℃) 下原位加热微观组织的演变过程分析, 揭示了  $\beta''$  相在高温拉伸中对抗拉强度反常温度效应的作用机理。 $\beta''$  相在高温下的演变被认为是产生抗拉强度反常温度效应的主要原因。(2) 通过对温度和力共同作用下(经历高温拉伸后)合金组织演变的研究, 发现在热-力耦合作用下产生的长周期有序结构相 (LPSO 相) 是产生抗拉强度反常温度效应的另一主要原因。(3) 通过高温 X 射线衍射分析, 发现基体  $\alpha$ -Mg 的晶轴比 (c/a) 在 200℃ 和 250℃ 时明显减小, 这也促进了合金 200℃ 和 250℃ 的抗拉强度提高。该项目揭示了 Mg-Gd 系耐热稀土镁合金抗拉强度反常温度效应的微观机理, 丰富了镁合金的强度理论。该项目成功开发了性能优异的 Mg-Gd 系高强耐热稀土镁合金, 并系统研究了该系镁合金的组织、力学性能及抗拉强度反常温度效应产生的合金成分条件和微观机理, 为高强耐热镁合金开发提供全新的科学基础, 在洛阳鑫友镁业有限公司、洛阳华陵镁业有限公司、洛阳沃有金属材料有限公司等镁合金生产企业得到广泛应用和推广, 直接经济效益 1.81 亿元。在节能降耗和环境保护等方面, 其社会效益和间接经济效益显著。该项目已获授权国家发明专利 10 项; 发表论文 7 篇, 其中 EI 收录 6 篇。

**完成单位:** 河南科技大学、洛阳鑫友镁业有限公司

**完成人:** 李全安、付三玲、张清、陈君、朱利敏、文九巴、李跃华

编 号: 0407YJ

省 份: 甘肃 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 镁电解用石墨阳极研制

关 键 词: 石墨阳极; 电解槽; 镁电解;

简 介: 镁电解石墨阳极是将不同粒级的延迟煅后石油焦颗粒、延迟石油焦粉料、石墨碎配成干料; 将干料加入混捏锅, 再加入添加剂氧化铁粉和硬脂酸, 加入粘结剂中温煤沥青进行湿混制得糊料, 再进行压型、反复焙烧、反复浸渍、石墨化工艺制备过程, 石墨化坯料根据加工图纸要求精加工而成。使用时作为镁电解、钛冶炼电解槽的阳极, 即为氯化镁电解生产金属镁, 用直流电流通过熔融电解质把 Mg 还原为金属镁, 在工业上最常用的镁电解质是 MgCl<sub>2</sub>、KCl、NaCl 和 CaCl<sub>2</sub> 的四组原电解质, 当直流电通过熔融电解质时, 阴极上析出镁, 阳极上析出氯气, 再用镁热还原 TiCl<sub>4</sub> 制取海绵钛。石墨阳极作为镁电解槽的核心部件, 是消耗性导电材料, 要求具有良好导电性、耐高温耐氯盐氯气腐蚀性、耐压抗折强度高及抗氧化性能。长期以来镁电解用细结构石墨阳极依赖进口, 价格昂贵, 增加了镁电解的生产成本。国内已有 300 万吨的电解镁产量, 20 万吨的钛产量, 中国青海盐湖集团从挪威 Hydro 公司引进 430KA 的镁电解槽, 攀枝花、金昌等也已经从乌克兰引进了 200KA 的电解槽, 镁电解用石墨阳极作为消耗性导电材料, 使用寿命 10~18 个月, 并且需要定期更换, 石墨阳极需

求有巨大的市场潜力，研制镁电解用石墨阳极逐步替代进口产品，能为公司开拓新的市场领域，对促进国内镁电解行业的发展具有重要意义。

完成单位：方大炭素新材料科技股份有限公司

完成人：于兆斌、郝相龙、李长平、黄涛、李天秀、吴世锋、余东

编 号: 0408YJ

省 份: 辽宁 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 1725mm 热轧/1650mm 冷轧高性能镁合金板材轧制装备

关 键 词:

简 介:

完成单位: 北方重工集团有限公司

完 成 人: 张德林、吴喜福、龚志英、马仲彬、赵碧川、郐新民、刘义、张平、李镭

编 号: 0409YJ

省 份: 重庆 年 份: 2013

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 汽车车身结构轻量化技术研究与轻质材料集成应用

关 键 词: 汽车车身结构; 轻质材料; 铝合金型材; 成形工艺;

简 介: 项目以实现汽车轻量化为目标, 以长安拥有自主知识产权的 C104 为研究对象, 对轻质材料的应用及汽车轻量化结构优化设计、分析技术进行研究; 对高成形性铝合金板材关键技术及在前罩上应用技术进行研究; 对铝合金型材成形工艺及其在前碰撞横梁上的应用技术进行研究; 开展汽车用复杂薄壁镁合金压铸件产品设计、开发及成本控制等关键技术进行研究应用, 开展玻纤增强复合材料及在前端模块的应用研究。通过项目的实施, 建立轻质材料和零部件结构专用数据库及相应规范, 搭建了长安公司轻量化设计开发流程和设计平台, 并形成轻量化零部件及整车精细仿真技术能力。建立轻质材料零部件的替代设计及性能优化分析技术, 形成了轻质材料集成应用的设计、分析、验证的方法和流程体系, 实现了在保证性能的前提下实现轻量化的目标。该项目形成了多项具有自主知识产权的核心技术, 完成 12 个专利的申报与授权, 其中发明专利 8 个, 实用新型专利 4 个; 发表学术论文共计 23 篇, 其中 SCI 收录 2 篇, EI 收录 9 篇, ISTP 收录 1 篇; 制定 1 个国家标准、2 个行业标准, 2 个企业规范; 完成试验报告 11 项。该项目解决了自主品牌汽车结构优化技术及轻质材料

在汽车上集成应用的技术瓶颈，整体水平达到国内领先、国际先进水平。

**完成单位：**重庆长安汽车股份有限公司、西南铝业（集团）有限责任公司、重庆大学、重庆博奥镁铝金属制造有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、湖南大学

**完成人：**刘波、李晓青、曹韩学、蔡军、曹建勇、马鸣图、代陈绪、李落星、刘杨胜

编 号: 0410YJ

省 份: 重庆 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 重庆锂镁铝资源利用及产业发展规划服务

关 键 词: 矿产资源利用; 产业发展规划;

简 介: 重庆拥有丰富的锂、镁、铝资源, 利用好该市的锂、镁、铝资源对该市国民经济的发展具有举足轻重的作用。因此, 市政府非常重视, 市级相关部门对此做了专门安排, 该项目主要工作和成果如下: 牵头组织国内外锂、镁、铝专家对该市锂、镁、铝资源分布情况和开采状况, 以及锂、镁、铝加工企业和科研机构的产业发展现状进行了调研, 理清了重庆锂、镁、铝的资源利用情况, 编写完成《重庆锂镁铝资源利用及产业发展规划》研究报告, 提出了具有重庆特色的锂、镁、铝资源利用和产业的发展思路、目标、产业布局、发展重点及产业发展的支撑体系与保障措施, 为该市锂、镁、铝资源利用及产业发展提供了战略规划。重庆昆瑜锂业有限公司采用了该项目研究成果中关于重庆锂资源的开发及锂产业集群发展规划, 该公司正在策划在重庆市铜梁工业园区建设重庆(铜梁)锂产业园, 重点发展金属锂及型材、锂化合物、高端金属锂制品、锂系合金材料、废旧锂制品回收等六大板块, 打造年销售收入10亿元以上的金属锂及锂化合物产业集群。该项目研究成果提出的重庆(万盛)镁矿资源利用及产业发展思路, 为重庆市万盛区有关部门策划、建设“重庆(万盛)镁产业

园”和策划、实施重庆市“121”工程项目—“中国镁合金科技示范基地建设”提供了重要的参考价值。该项目研究成果为重庆盛镁镁业有限公司、中国铝业重庆分公司、重庆市南川区先锋氧化铝有限公司在合理利用本地镁、铝矿资源的基础上进行生产转型，开发镁、铝下游深加工产品提供了指导。重庆市南川区科委根据该项目的研究成果，成功策划了重庆市“121”工程项目—重庆市氧化铝产业科技支撑示范，该项目获市科委1000万元的经费资助，并组织完成了重庆（南川）140万吨氧化铝重大工程示范项目总体方案的策划和设计。重庆市南川区经信委根据该项目的研究成果，组织相关单位编制了《重庆市南川区铝镁材料工业发展规划》及《南川工业园区水江组团产业发展规划》，并被南川区政府采纳，规划目的是在南川打造“铝土矿-氧化铝-铝板锭(铝镁合金、再生铝镁)-铝镁精深加工”等铝镁资源循环产业链这一发展方向。形成500亿产值，推动南川经济进步。万盛镁产业园区和南川铝工业基地已被纳入该市电子信息产业的11个配套基地之中。上述成果正得到推广应用并助推了重庆市千亿规模的新材料产业发展，经济效益和社会显著，成果丰硕。

**完成单位：**重庆市科学技术研究院、重庆科技发展战略研究院有限责任公司

**完成人：**李权、田培棠、刘文君、曾斌、程仁菊、田凌、吴夏

编 号: 0411YJ

省 份: 陕西 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 陕北侏罗纪煤制兰炭清洁生产工艺研究及示范项目

关 键 词:

简 介:

完成单位: 陕西省环境科学研究院、陕西省环境管理体系咨询中心、

府谷县三联煤电化工有限责任公司

完 成 人: 黄西川、杨湛明、吕亚鹏、刘旗龙、马占斌、张金喜、王晓涛

编 号: 0412YJ

省 份: 陕西 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 大型轻合金结构件数字化无冒口精密铸造技术

关 键 词: 轻合金结构件; 无冒口精密铸造; 致密度控制; 铸造缺陷控制; 石膏型造型材料;

简 介: 本成果属于材料合成与加工科学技术领域, 是制造业的一个重要分支。集成化、整体化、轻量化、精密化是现代航空航天、高速铁路、汽车、输变电设备等工业领域对铸件铸造技术的发展提出的新目标。因此, 复杂结构的整体精密铸造为铸造这一传统工业领域带来新的机遇和活力。金属的凝固特性决定着铸件的质量, 凝固过程的溶质分凝和收缩是导致缩松、偏析、裂纹等各种铸造缺陷, 以及铸件的尺寸偏差的根源。传统的铸件通常采用大冒口、大加工余量的方法, 这些措施效果有限, 并造成金属材料的浪费。本成果将凝固基础理论研究和工程应用相结合, 开发出大尺寸结构件的石膏型精密铸造技术, 在精密铸件尺寸上实现了突破, 最大可生产轮廓尺寸达到 3000mm 的精铸件, 在国际上无先例。其次, 突破了石膏型精密铸件的致密度控制问题, 铸件 X 射线透视达到一类铸件的水平, 并保证了力学性能。铸件典型性能超过国标和航标的金属型铸件的性能, 实现了石膏型铸件在有气密性要求的耐高压铸件上的应用。主要发明点是: (1) 将激光快速成型蜡模制造、石膏型铸造、真空增压凝固、浇铸系统补缩原

理相结合，通过技术集成，形成一种大型复杂轻合金构件的无模具数字化精密铸造技术。(2)发明了一种改性的铸造用石膏造型材料，在保持石膏型铸造高尺寸精度的基础上，其冷却能力及尺寸稳定性显著提高。(3)借鉴反重力铸造技术的凝固控制思路，开发出真空充型增压凝固的无冒口铸造新技术，实现了铸件凝固组织和致密度的优化控制。(4)发明了一种铸件凝固补缩的理论分析方法，以此为基础，建立了相应的浇铸系统设计方法和工艺设计准则。(5)开发出一种铸造铝合金熔体综合处理方法，获得极好的晶粒细化及凝固组织控制的效果。(6)发明了一种热处理过程反变形的矫形方法，解决了大型复杂薄壁结构件的热处理变形控制难题。(7)在开发出新型高性能铸造镁合金材料的基础上，重点解决了镁合金精铸型壳材料选择问题和防氧化燃烧问题，开发出了高致密镁合金构件精铸技术。本成果作为一种通用的技术，可应用于航空航天以及其他国防和民用技术领域具有高致密度、高性能、高尺寸精度要求的大型复杂铝合金及镁合金结构件的铸造。该技术自研发成功以来，已经为先进飞机制造出舱门、整体舱盖、整体油箱等多个关键结构件，产生巨大的社会效益。同时，已在相关企业创造出数千万元的经济效益。本成果已获得授权国家发明专利 5 项；发表学术论文 39 篇，专著 1 部，国际会议邀请报告 6 次；培养博士研究生 5 人，硕士研究生 9 人。

**完成单位：**西北工业大学、成都耶华科技有限公司、成都飞机工业(集团)有限责任公司

**完成人：**介万奇、杨光星、陈超英、唐友辉、于忠、李新雷、刘永

勤、刘少军

编 号: 0413YJ

省 份: 陕西 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 锅炉燃用兰炭技术试验研究

关 键 词:

简 介:

完成单位: 西安热工研究院有限公司、陕西银河榆林发电有限公司

完 成 人: 姚伟、呼延斌、杨忠灿、王志超、杜鸿斌、蒙毅、李仁义、  
王桂芳、刘家利

编 号: 0414YJ

省 份: 陕西 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 大规格镁合金板材产业化关键技术

关 键 词:

简 介:

完成单位: 西部钛业有限责任公司

完 成 人: 黄张洪、杨建朝、巨建辉、李明利、唐进、廖强、孙旭东

编 号: 0415YJ

省 份: 青海 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 新型轻合金及其复合材料应用基础研究及产业化

关 键 词: 轻合金; 复合材料; 预处理工艺; 铸造方法;

简 介: 该项目通过硼酸镁晶须增强铝基和镁基复合材料进行了界面设计和优化, 提高了材料的塑形。采用真空气压渗流法、功率超声搅拌铸造法和挤压铸造法制备了具有高强度和一定塑形的硼酸镁晶须增强铝基/镁基复合材料, 材料的综合性能得到了明显改善。经界面优化后, 铸态镁基复合材料检测抗拉强度达 305MPa, 拉伸杨氏模量 62GPa。同时提出了通过界面设计和优化的方法, 大幅改善了铝/镁基复合材料的综合性能; 优化了复合材料塑形加工前的预处理工艺, 建立了有效消减复合材料内应力的调控理论, 提高了复合材料塑形加工性能, 突破了镁基复合材料塑性成形难的瓶颈; 提出了 Mg-Al-Mn 系合金中锰粒控制方法和关键技术。并通过 Mg-Al-Mn 系合金的制备工艺优化, 成功的控制了该系列合金中锰粒的平均尺寸及析出数量, 形成了 Mg-Al-Mn 系合金设计和熔炼铸造技术, 镁合金经检测抗拉强度达 291MPa; 含锰粒子数量为 58 个/平方毫米, 面积分数为 0.29%, 平均粒径为 4.9  $\mu\text{m}$ 。产品出口美国, 销售收入 2.2 亿元。成果达到国际领先水平。

完成单位: 青海大学、青海三工镁业有限公司

完 成 人：金培鹏、王金辉、朱云鹏、唐彬彬、庞全世、刘伟朝、李广伍

编 号: 0416YJ

省 份: 黑龙江 年 份: 2017

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高品质镁合金型材板材制备及应用关键技术体系的创新与  
开发

关 键 词:

简 介:

完成单位: 哈尔滨理工大学

完 成 人: 于彦东、李超、王国军、唐宏伟、林凯、董丽波、王志超

编 号: 0417YJ

省 份: 吉林 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 铁合金冶炼过程喷溅抑制及终点控制技术

关 键 词:

简 介: 【科学技术领域】本项目属于自动化仪器仪表和铁合金冶炼技术交叉学科。 【主要技术内容】项目以 AOD 炉、转炉冶炼中低碳铬铁合金生产过程喷溅抑制和终点控制技术为研究内容, 以抑制冶炼过程发生喷溅、提高冶炼终点命中率、完善冶炼工艺为目标, 实现铁合金冶炼工艺安全生产、节能降耗的目的。 主要科学内容包括:

(1) 铁合金冶炼过程喷溅特征提取技术研究: 选择炉内振动信号、音频信号、火焰图像信号作为表征喷溅的特征信号, 采用小波方法提取特征信号的有效信息, 为喷溅预测与控制提供依据; (2) 铁合金冶炼过程喷溅预测技术研究: 采用多传感器信息融合技术对喷溅特征信号进行融合处理, 重构喷溅信号, 给出最终判断结果, 最后形成喷溅计量系统, 预测成功率 98%以上; (3) 喷溅类型判别及控制技术研究: 采用支持向量机理论构建喷溅类型判别模型, 给出了分类函数的求解过程及其算法实现, 指导控制系统执行相应的压喷操作, 抑制喷溅成功率 95%以上; (4) 铁合金冶炼过程终点控制技术研究: 采用推理控制技术实现冶炼终点铁水温度和碳含量的动态预测, 精确控制铁水温度, 提高碳含量的命中率, 冶炼时间  $\leq 60s$ 。 (5) 铁合金

冶炼过程终点时刻判别技术研究：采用机器视觉技术模拟传统人工看火过程，实现冶炼终点判别，终点识别准确率在 93% 以上。【促进行业科技进步作用】本项目针对 AOD 炉、转炉等冶炼铁合金工艺中的缺陷和瓶颈问题开展研究工作。成功地预测和抑制了冶炼过程中喷溅的发生，解决了威胁人身和设备安全的严重隐患问题；准确地预测和控制了终点温度和碳含量，缩短了冶炼时间、稳定了产品质量，降低了耐火材料消耗。其创新性成果对完善铁合金工艺、实现冶炼过程的安全生产、节能降耗提供了技术支撑，对促进铁合金行业的绿色转型、产业升级具有重要意义。【应用推广情况】研究成果已成功应用在中钢集团吉林铁合金股份有限公司 3 吨转炉和 5 吨 AOD 炉冶炼中低碳铬铁工艺中。相关研究成果申报国家发明专利 6 项，授权 4 项，获国家实用新型专利 8 项，获计算机软件著作权 1 项，发表专著 2 部，发表学术论文 12 篇。2012—2014 年期间成功应用，累计创造经济效益 3085 万元，节支 298 万元。

完成单位：长春工业大学、中钢集团吉林铁合金股份有限公司

完成人：韩顺杰、马海涛、曹志强、李慧、郭军、王宏志、江虹、尤元、陈戈华、赵彬、吴立斌

编 号: 0418YJ

省 份: 吉林 年 份: 2015

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 铁合金电炉综合节能控制技术应用研究

关 键 词:

简 介: 【科学技术领域】本项目属于冶金自动化研究领域。【主要技术内容】以国家科技支撑计划课题为依托, 综合吉林省科学技术研究项目以及鞍钢集团校企科研项目, 密切围绕《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)》中重点领域及优先主题, 以铁合金冶炼过程中的节能减排为目标, 重点针对电炉短网电能品质改善、自培电极位置非接触检测、炉况运行最优控制、主辅物料配比过程优化、炉顶多点布料时间最优、电炉综合 DCS 系统建立等几个直接影响电耗、热损、效率以及产品质量的关键技术问题, 集成采用短网源滤补偿技术、中心重合控制技术以及功率匹配技术等控制策略, 通过优化冶炼工况, 减少电能损耗, 改善电气设备运行状态, 提升系统测控技术水平, 综合提高电炉整体效率, 实现了电炉冶炼过程中的节能减排。项目较好地解决了铁合金冶炼过程中的综合节能控制等关键技术问题, 形成了多项自主知识产权, 取得了显著的节能减排效果和示范作用, 在科技部组织的项目验收以及省科技厅组织的项目鉴定两次专家会议上, 专家组给出的鉴定意见为"系统综合指标达到国内领先水平, 系统具有重要的实用价值和良好的推广价值"。【技术经

**济指标】**变压器二次侧功率因数 $>=0.85$ ; 锰铁单产电耗下降 2%。 **【促进行业技术进步】**冶金行业是典型的高能耗、重污染行业，是国家重点关注的节能减排技术领域，电炉是铁合金企业的主要耗能设备，是集冶炼、电气、液压、机械、传动等内容为一体的复杂系统。本项目正是针对其复杂系统中从配料到冶炼的几个关键环节共性技术问题，并均事关影响能量损耗、效率、产品质量以及管控水平等核心要素，以铁合金龙头企业-中钢吉铁为实施对象，并取得了预期的节能减排效果，无疑将对促进行业技术进步起到带头和示范作用。 **【知识产权及应用推广和效益情况】**申报国家发明专利 6 项，已授权 4 项；获授权实用新型专利 9 项，软件著作权 1 项，出版专著 1 部，发表学术论文 27 篇。研究成果于 2011 年通过验收并投入生产，当年新增产量 91979 吨，产值 78907 万元，效益 15572 万元。2012-2014 年，累计生产硅锰合金 180593.34 吨，新增产值 121228 万元，新增税收 6503 万元，新增经济效益 3153.82 万元，同时节约电量 2725.73 万 Kwh，实现节电效益 1580.92 万元。相关研究成果和技术已同步推广应用在中钢吉铁八分厂的 802#，803#电炉上，并引入到一分厂的 102#，103# 电炉综合节能技术改造中，同时推广应用到鞍钢集团球团厂以及后期相继的校企课题研发上，为助推冶金企业的节能减排工作起到了良好的示范效应。

**完成单位：**长春工业大学、中钢集团吉林铁合金股份有限公司

**完成人：**卢秀和、薛鹏、侯云海、邢毅民、程方晓、魏巍、张袅娜、仲崇峙

编 号: 0419YJ

省 份: 吉林 年 份: 2018

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 特种铁合金系列标准样品的研制及应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 吉林铁合金股份有限公司、北华大学、吉林市质量管理协会

完 成 人: 郭军、张俊哲、刘冰、吴丽玉、郑海东、梁静波、肖丽君、  
张宇帅、李会兰、张晓红、王洪涛、张英杰、刘志杰

编 号: 0420YJ

省 份: 广东 年 份: 2018

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 大型复杂薄壁镁合金构件控形控性关键技术及应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 东莞宜安科技股份有限公司、广东省材料与加工研究所、嘉瑞科技(惠州)有限公司、广东文达镁业科技股份有限公司、嘉丰工业科技(惠州)有限公司

完 成 人: 李扬德、黄正华、李卫荣、李远发、宋东福、陈善荣、沙振春、戚文军、张亚琴、孙丽娟

编 号: 0421YJ

省 份: 广西 年 份: 2018

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: “双零级” 5154 铝镁合金丝线材细化技术与应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 百色学院、广西平果博导铝镁线缆有限公司

完 成 人: 黄显吞、吴顺意

编 号: 0422YJ

省 份: 广西 年 份: 2016

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 三等奖

项目名称: 广西北山 MVT 铅锌矿三位一体勘查找矿关键技术应用

关 键 词: 铅锌矿勘查; 找矿; 成矿规律;

简 介: 所属科学技术领域: 自然科学领域(地球科学技术领域)。

简要背景: 为实现广西北山铅锌矿田的找矿突破, 广西有色金属集团有限公司启动《广西北山铅锌黄铁矿床成矿规律及找矿预测研究》项目(编号: 桂色科[2012]-地字 01), 其主要任务是研究北山矿田的成矿机制、富矿规律和快速找矿评价工作方法, 为北山矿田的进一步找矿提供理论和勘查技术支撑, 项目经费人民币 500 万元, 由广西有色金属集团资源勘查有限公司主持, 联合广西北山矿业发展有限责任公司共同完成。主要技术内容及创新要点: 确定并提出了北山矿床为产于大陆伸展环境中的 MVT 型铅锌矿床。创立礁顶白云岩 MVT 铅锌矿床三位一体找矿模式: 中上泥盆统+NNE 向断裂+礁顶白云岩→矿体, 据此进行物探电法等探测定位、工程验证, 发现并探明新矿体。独创性采用了固定点旋转激发瞬变电磁法工作方案, 解决了岩溶峰丛地貌区难以正常开展电法扫面工作的难题, 验证发现并探明中型以上铅锌硫铁矿床 1 处。技术经济指标: 实际达到的性能指标: 总结北山矿田成矿规律及找矿标志, 提出礁顶白云岩 MVT 铅锌矿床三位一体找矿模式, 指明找矿方向; 详细研究北山矿床的成矿规律及控矿特征, 划定

了 2 个找矿靶区 (VI 号、VII 号)、3 个成矿远景区；对找矿靶区进行筛选和排序，经对 VI 号靶区进行验证发现了具备大型铅锌资源潜力的矿床 1 处 (勘探未结束)。促进行业科技进步作用及推广应用：礁顶白云岩 MVT 铅锌矿床三位一体找矿模式与固定点旋转激发瞬变电磁法技术在北山矿区深部找矿取得突破性进展：发现了 VI 号矿体，初步控制金属资源量  $Pb+Zn 25.96$  万吨，远景金属量  $Pb+Zn 80$  万吨以上，潜在经济价值超过 100 亿元。运用“三位一体勘查找矿关键技术”在广西环江北山地区新探明矿床为中型以上，实现该区找矿重大突破，延长矿山寿命，将促进当地经济发展，具有明显社会效益。项目的理论认识、勘查技术方法集成对同类矿床的寻找具有示范作用，项目总体技术水平达到国际先进。效益情况：控制 VI 号矿体厚度  $2.56m-31.69m$ ， $Pb+Zn$  品位  $3.78\%-25.76\%$ ，平均品位  $6.13\%$ ，初步估算资源量  $(332+333)Zn 20.31$  万吨、 $Pb 5.65$  万吨、 $Pb+Zn 25.96$  万吨，预测远景金属量资源量 80 万吨以上，潜在经济价值可达 100 亿元以上。

完成单位：杨立功、刘湘华、何国朝、蒋桂新、董秀英、闭理楚、黄胜海

完成人：广西有色金属集团资源勘查有限公司、广西北山矿业发展有限责任公司

编 号: 0423YJ

省 份: 河南 年 份: 2018

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 镁合金高可靠钎焊工艺及钎料开发

关 键 词:

简 介:

完成单位: 郑州机械研究所有限公司, 清华大学, 哈尔滨工业大学,  
北京工业大学

完 成 人: 马力, 刘磊, 王晓军, 钟素娟, 孙华为, 李红, 薛行雁,  
向抒林, 纪永涛, 程战

编 号: 0424YJ

省 份: 辽宁 年 份: 2018

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 二等奖

项目名称: 高性能低热裂倾向镁合金与慢压射高真空压铸技术开发及应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 沈阳工业大学

完 成 人: 王峰, 王越, 王志, 刘正, 毛萍莉, 周乐, 王威, 郭全英, 孙晶

编 号: 0425YJ

省 份: 广东 年 份: 2014

奖励类型: 科技进步奖 级 别: 一等奖

项目名称: 车辆及电子工业用铝镁合金等温挤压、压铸与控轧关键技术及产业化

关 键 词: 铝镁合金; 等温挤压; 压力铸造; 温控轧制;

简 介: 项目属于材料科学领域, 针对中国铝、镁加工产业转型升级中亟待解决的若干共性关键技术实施产学研联合攻关, 在等温挤压、汽车关键零部件精密压铸和高品质汽车钎焊箔热控轧方面形成核心技术装备, 并实现产业化, 项目成果应用于汽车、电子、船舶等领域。主要技术内容如下: 1. 研究建立铝型材等温挤压数学模型, 首次开发坯料多级喷水环快速梯度冷却控制、液氮调控模具温度和型材温度-挤压速度实时反馈的三重控制方式, 实现等温快速挤压, 达到控温精度  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ , 挤压速度提高 25%以上, 模具使用寿命延长 20%以上; 开发出等温挤压的模具设计软件。2. 研发在线发生、输送、可替代 SF6 新型混合保护气体, 获得高品质的镁合金熔体; 采用数值模拟与实验验证协同的研究方法, 对铝、镁大型精密压铸部件的熔体热场、流场和充型凝固行为进行模拟仿真, 优化模具设计和调控工艺参数, 采用局部“挤压销”增压技术提高铸件质量, 使铝合金油底壳和镁合金气室罩盖的成品率和工艺收得率分别提高至 94.62%、62.58%和 93.05%、60.62%; 研发一种通过镁合金热塑性化变形实现优异连接性

能的旋铆技术和基于有机丙烯酸树脂涂层的无鉻转化复合膜层制备方法等多项拥有自主知识产权的核心技术，获得美国通用、日本本田等汽车公司的高度认可，实现精密压铸产品批量出口美国和日本。3. 研发除气箱微正压的熔体净化处理技术，通过优化转子喷嘴结构增加气体流量以及多级管式过滤，实现铝熔体的联合净化，氢含量低于  $0.108\text{m1}/100\text{gAl}$ ， $5\text{ }\mu\text{m}$  夹杂去除率大于 85%。研究低液位铸造中液穴及热量传递规律及其冷却及凝固过程，开发可调结晶器铸造技术，获得高质量大扁锭；研究微结构与变形工艺参数之间的关系，实现对薄板微结构的精确调控，大大提高性能；研究建立热轧温度前馈/反馈控制系统以及性能-结构-工艺关系模型，设计出多参数耦合温控轧制工艺系统，轧制道次温降从  $15^{\circ}\text{C}$  降至  $10^{\circ}\text{C}$ ，热轧产品成材率达 90.2% 以上。项目整体技术水平达到国际先进水平，获授权发明专利 8 件、实用新型 2 件，制定企业技术标准 2 项，发表学术论文 30 篇。项目在行业内示范推广，已建立 3600 吨、2500 吨、800 吨 3 条等温挤压示范生产线，年产 100 万件汽车油底壳、气室罩盖精密压铸示范生产线和汽车钎焊箔单机架热轧示范生产线，已开发新产品 6 种。项目经济效益显著，累计新增销售额 722838.04 万元，利润 48525.69 万元，税收 40297.77 万元。项目成功实施促进了广东省铝镁产业结构调整和优化，主要包括促进铝产业从建筑铝材向工业铝材产品的转变，促进镁产业从简单镁压铸件向镁合金汽车零部件等高端产品转变。通过组织该项目的重大成果在行业内示范、推广，全面提升广东省铝镁产业技术水平，推动广东支柱产业汽车和电子工业的发展。

完成单位：广州有色金属研究院、北京科技大学、中南大学、重庆大学、广东工业大学、广东兴发铝业有限公司、佛山市三水凤铝铝业有限公司、广东豪美铝业股份有限公司、广东鸿图科技股份有限公司、乳源东阳光精箔有限公司

完成人：戚文军、李静媛、张新明、刘敏、谢建新、张百在、池国明、项胜前、龙思远、袁鸽成、唐建国、刘志铭、冷文兵、农登、常移迁

编 号: 0426YJ

省 份: 上海 年 份: 2015

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 三等奖

项目名称: 五轴联动水射流“软刀子”精密加工装备的研发及产业化

关 键 词: 冷态高能束加工; 水射流加工; 五轴联动装备;

简 介: 该项目属于高端装备制造领域中的高能束特种加工领域。

水射流“软刀子”是世界上唯一一种冷态高能束加工方法, 由于加工过程中没有热效应及热损伤, 被认为是航空航天、国防军工、核工业、医疗器械等行业的最有效加工手段, 同时, 由于水射流软刀子可高效加工各种难加工材料, 被国外广泛用于复合材料、钛合金、镁合金、玻璃、石材等材料加工。该项目针对中国航空航天、国防军工等行业对精密特种加工技术一方面急迫需求, 另一方面却受国外技术封锁而国内落后技术无法满足需求的现状, 建立在 30 余年深入接触世界最前沿技术基础上, 自选课题进行五轴联动水射流“软刀子”精密加工装备的研发, 通过自主开发的独特“软刀子”控制技术, 结合自主设计的精密五轴运动系统, 解决了高能束“软刀子”精密加工难题; 进一步开发了超高压力系统, 打破了一直由国外垄断的局面, 取得了一系列成果。该项目针对“软刀子”射出点在垂直面滞后于射入点从而导致切面锥度误差及弯道、转角形状误差的独特特性, 撇开各国一直沿用的射入点控制方法, 首次提出了“以射出点为控制目标的高能束加工方法”, 通过控制误差源头, 避免了“软刀子”加工固有缺陷,

极大提高了控制精度；摒弃了传统数控机床普遍采用的控制器插补算法，另辟蹊径构建了具有无限前瞻功能的基于复杂空间射流运动轨迹的多维度信息控制理论及方法，极大提高了大数据处理能力及多维度信息的同步性；技术发明了独特的“双心共点万向动摆头”，通过一个独特的平行四边形精密运动机构，以射流对材料的射入点为 A、B 轴转动中心，避免了因 A、B 轴转动造成的射入点补偿误差；技术发明了“正交三轴机床”，采用独特的金属填料胶工艺取代精密配合面加工方式，实现了精密配合面精度控制及低成本批量制作；技术发明了“环状磨料储存装置”，最大限度消除了附加扭矩；技术发明了“超高压零部件疲劳测试装置及测试方法”，提出了以数值模拟为引导的超高压零部件多组件同工况高效疲劳测试方法，极大缩短了开发周期。该项目共申请 13 项国家技术发明专利，其中 9 项已获得授权，项目还获批了 1 项软件著作权。项目在“软刀子”控制技术上获得突破，该技术突破可横向扩展于激光加工、等离子加工等高能束加工领域，有望极大提高其加工精度。项目在超高压力技术上也获得突破，该技术也可横向扩展至纳米颗粒制作、矿物破碎、深井开采等领域。项目的各项检测指标(切割厚度达 200mm；完全去除软刀子锥度误差及转角误差；切割精度  $\leq \pm 0.05\text{mm}$ )完全达到国际领先水平。该项目产品现已在中航工业西安飞机工业(集团)有限公司、北京航空航天大学、北京航天三院等近 20 家代表性企业获得应用，为用户解决了一系列技术难题。由于项目较高的技术含量，央视科教频道多次免费为该产品做了节目。项目实现了 1000 万元左右的销售收入，虽然由于

时间短导致销售收入不高，但项目发展空间巨大，完全可能走进每个加工车间。随着新材料技术的发展，项目价值将更加凸显。项目能解决中国国防军工、航空航天、核工业等领域难加工材料精密加工瓶颈难题，具有很高的社会、经济价值。

完成单位：上海狮迈科技有限公司，上海大学

完成人：曾继跃、张仕进、柯分洪、翟波、姚守强、成川、李小华

编 号: 0427YJ

省 份: 上海 年 份: 2013

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 一等奖

项目名称: 高强耐热镁合金材料及其在航天航空领域应用技术开发

关 键 词: 镁合金; 耐热性; 细晶化; 精密成形;

简 介: 该项目属新材料领域有色金属及其合金材料方向。轻质高强耐热镁合金随着航天航空领域轻量化的迫切需求,已成为先进材料技术领域的竞争热点和重点。但镁合金材料选择范围小、强度低、耐热性差、净化困难、成型性能差、工艺与装备落后等缺点,严重阻碍了航天航空装备的轻量化进程和飞行指标的提高。该项目在国家航天重大专项、航空重大专项、973计划、863计划等课题支持下,在高强耐热镁合金材料及其应用技术开发方面取得了一系列创造性成果。

(1) 该项目系统研究了稀土元素(尤其是重稀土元素)在镁合金中的强化与耐热机制,研究了Mg-Gd-Y系镁稀土合金的显微组织和精细结构,阐明了稀土镁合金复合强韧化理论,确定了Mg-Gd-Y镁合金时效析出序列。发明了国际领先水平的高强耐热Mg-Gd-Y系新型镁稀土合金JDM2,铸造T6态室温抗拉强度>400MPa,屈服强度>350MPa,延伸率>5%;300℃高温抗拉强度>265MPa,屈服强度>210MPa,延伸率>29%;挤压T5态室温抗拉强度>490MPa,屈服强度>380MPa、延伸率>10%;300℃高温抗拉强度>300MPa,屈服强度>230MPa,延伸率>30%。攻克了镁合金强度低和耐热性差的难题。(2)针对镁合金易氧化燃烧、夹杂

难以去除、稀土元素成分难以控制的特点，提出了镁熔体中夹杂物加速传递模型、揭示了镁熔体中稀土元素动态损耗机制，发明了集高强耐热 Mg-Gd-Y 镁合金精炼熔剂、除铁熔剂、镁熔体净化装置、镁合金熔体保护装置于一体的复合净化系统，实现了镁液中氧化夹杂的高效去除和稀土元素的烧损率控制，解决了镁稀土合金纯净化的世界性难题。（3）在细晶化与凝固组织调控方面，发明了镁钆钇三元中间合金的制备方法与镁合金熔炼的错复合饼细化剂，提出了电流与 Zr 联用复合细化镁合金凝固组织的方法，开发了镁合金在线成分检测与凝固组织控制的方法及装置，有效调控了镁合金熔体的预结晶组织与结构，实现铸态组织微细化和均质化。（4）发明了镁合金金属型铸造涂料，开发了镁合金砂型铸造用树脂自硬砂及阻燃剂，发明了镁合金低压铸造坩埚的密封材料与铸造升液管涂料，开发了镁合金涂层转移砂型精密低压铸造工艺，攻克了镁合金铸造充型过程中易氧化燃烧的难题，突破了大型复杂镁合金铸件的尺寸精度低、表面质量差的瓶颈。

共授权发明专利 11 项，在高强耐热稀土镁合金材料、镁熔体纯净化与细晶化、镁合金精密成形技术、工艺装备等应用技术方面形成了自主知识产权的技术群。发表高水平学术论文 20 余篇，论文引用次数 67 了次。该项目首次实现了大型复杂高强耐热镁合金部件制造，项目研究成果已在航天集团、航空集团、国防军工等多个国家重大专项中获得应用，性能指标均超过原设计要求，受到用户的高度评价，具有极大的社会效益。相关研究成果已推广到汽车及其它民用领域，近三年新增产值 13316 万元，新增利润 2633 万元，新增税收 1329 万元，

新增节支总额 1473 万元。促进了中国优势资源镁及稀土产业的发展。

完成单位：上海交通大学

完 成 人：吴国华、丁文江、曾小勤、彭立明、王迎新、董杰、王渠东、郭兴伍、蒋海燕、刘文才

编 号: 0428YJ

省 份: 上海 年 份: 2016

奖励类型: 自然科学奖 级 别: 二等奖

项目名称: 镁合金稀土强韧化的基础研究

关 键 词: 镁合金; 高温蠕变机理; 强韧化方法;

简 介: 该项目属新材料领域有色金属及其合金材料方向。高强韧镁合金的设计和开发是镁合金领域的前沿课题。由于强化相缺乏、高温稳定性差、滑移系少变形难等原因, 通常合金设计中采用的强韧化方法难以在镁合金中应用, 发展高强韧的镁合金是全世界面临的难题。因此, 探寻镁合金强韧化的有效途径, 建立镁合金强韧化的新理论, 是镁合金领域面临的巨大挑战和必须解决的关键科学问题。该项目通过镁合金的稀土合金化特别是重稀土元素合金化、大压缩塑性变形组织超细化等途径, 围绕镁合金的稀土合金化与复合强韧化、镁合金组织超细化及高塑性化、镁合金高温强化与高温蠕变开展镁合金稀土强韧化的基础研究, 发现了新的强韧化机制, 建立了镁合金稀土强韧化理论, 实现了镁合金室温和高温强韧化, 开创出了具有中国特色和世界影响的研究方向, 推动了高性能镁合金的学科发展和技术进步。主要创新成果包括: 建立了镁合金的稀土合金化与复合强韧化理论: 获得了稀土元素在镁合金中的作用和对强韧性的影响规律, 发现和确定了几种新的强化相、新的时效序列, 提出了扩散控制的原位相变模型; 发现了层错强化新机制, 揭示了稀土镁合金多元复合强韧化

机制。采用常规铸造、热挤压等加工手段，创制了世界上工业应用的最高强度的铸造镁合金、变形镁合金，攻克了镁合金强韧性差的世界性难题。揭示了镁合金组织超细化及高塑性化机制：发明了大压缩塑性变形制备超细组织材料的系列技术，发现往复挤压制备的稀土镁合金具有更随机的组织分布、其拉压不对称性大大降低，揭示了反复大压缩塑性变形镁合金超细组织的复合细化机理，阐明了超细组织镁合金高塑性化的变形机制。获得了伸长率超过 20% 的高强高塑性的 Mg-Gd-Y 系镁合金，其塑性达到国际同类镁合金的领先水平。阐明了镁合金高温强化与高温蠕变机理：阐明了稀土镁合金高温拉伸、压缩、蠕变的变形和失效行为。发现 Mg-Gd/Y-Zn 合金系中时效析出相、LPSO 结构、准晶等精细结构共存及其协同增韧机制；构建了稀土镁合金高温蠕变机制图，获得了各滑移/孪晶系激活分布与温度、应力之间的定量关系，以及位错在晶内的多滑移和在晶间的滑移转移规律。发明了 200-300℃ 高温强度和抗蠕变性能超过常规耐热铝合金、远远超过现有高温性能最好的 WE54 商用镁合金的耐热铸造镁合金和耐热变形镁合金，处于国际领先水平。20 篇主要论文发表在金属材料领域国际权威学术期刊 MSEA, JAC, MMTA, Scripta Mater, MaterLett 等上，SCI 他引 943 次，其中 8 篇代表性论文 SCI 他引 460 次，单篇最高 SCI 他引 157 次，论文被 ActaMaterials, MSEA, JAC 等期刊广泛引用，被该领域的著名专家 K U Kainer, J F Nie, F S Pan 等高度评价和引用，相关论文还获得了中国机械工程学会金奖论文、美国 TMS 年会最佳论文、金属学报优秀论文等，该团队在高强韧镁合金、大压缩塑

性变形等方面获授权发明专利 50 余项。在该项目基础理论的指导下，高强韧、高温耐热稀土镁合金已经在航空航天、国防军工、汽车等领域得到应用，获得了显著的社会经济效益。

完成单位：上海交通大学

完成人：王渠东、丁文江、蒋海燕、董杰、吴玉娟

编 号: 0429YJ

省 份: 云南 年 份: 2014

奖励类型: 自然科学奖 级 别: 二等奖

项目名称: 轻金属板材自冲铆接-粘接复合连接方法

关 键 词: 轻金属板材; 铆接方法; 粘接复合连接方法

简 介: 为实现减重增效、节能减排, 轻金属板材被广泛用于制造业, 但因很多轻金属板材焊接性能不好, 不能用传统的点焊技术进行连接, 故急需开发轻金属板材连接新技术。该项目在分别系统研究结构粘接技术和自冲铆接技术的基础上, 将两者相结合, 优势互补, 形成轻金属板材自冲铆接-粘接复合连接方法。主要特点在于利用结构粘接技术减少高应力集中并消除微振磨损, 改善自冲铆接的机械性能, 为轻金属板材的连接提供一种高强度高可靠性的连接新方法。该项目自 1991 年 10 月 15 日至 2012 年 5 月 31 日, 历时 20 年。该项目深入系统地研究了结构粘接剂性能对接头动态特性的影响, 发现结构粘接剂弹性模量对接头动态特性有显著影响而泊松比对接头动态特性的影响可以忽略, 被国际同行作为基础结论广泛引用。该项目于 2001 年首先提出"将概率分布变异系数应用于机械系统可靠性设计制造"的方法, 用于解决试验中以小样本实验数据预测系统整体性能的问题, 取得很好的效果。该方法被国际同行称为"CV 法"或"COV 法", 已被外国学者扩展运用到放射医学、牙科材料、复合材料等多学科领域, 被国际重要学术刊物多次引用并给予好评。该项目对自冲铆接技

术及自冲铆接-粘接复合连接技术进行了深入系统研究，发现了自冲铆接-结构粘接复合连接对消除微振磨损的效果及机理。该项目系统研究了有限元分析方法在结构粘接技术领域的实用技术，发现了极薄粘接层及相邻过渡区域有限元建模的实用方法。该项目系统研究应用有限元分析方法对结构粘接接头、自冲铆接头及自冲铆接-粘接复合接头的动态性能进行预测，发现了各类单搭接头动态性能试验系统有限元建模的实用方法，并通过 LMS 动态测试系统进行验证，得到很好的一致性；从而可为后续的研究节约大量的实验时间及成本。该项目在对结构粘接剂的疲劳失效特性和环境影响特性进行研究的基础上，提出了结构粘接剂实用可靠性评价方法；发现了一种能有效控制粘接层厚度的粘接方法，对控制轻金属板材粘接接头粘接层厚度的离散并提高粘接强度有明显效果，该方法已获国家发明专利。该项目对轻金属板材进行粘接机理及自冲铆接机理研究；进而对轻金属板材进行自冲铆接-结构粘接复合连接研究，系统研究了多种参数对接头性能的影响；研发试制的一种镁合金板材激光局部加热自冲铆接装置获国家实用新型专利。该项目公开发表中、英、日文研究论文 64 篇，已被国内外同行广泛引用，8 篇代表性论文 SCI 他引 68 次；EI 他引 48 次。

完成单位：昆明理工大学

完成人：何晓聪

编 号: 0430YJ

省 份: 吉林 年 份: 2014

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 一等奖

项目名称: 氩氧精炼铁合金工艺及其测控技术

关 键 词:

简 介:

完成单位: 长春工业大学、中钢集团吉林铁合金股份有限公司、鞍钢集团矿业公司

完 成 人: 尤文、张德江、曹志强、邵安林、林晓梅、郭军、韩顺杰、  
马海涛、谢慕君、吴化、王淮、卢秀和、张袅娜、候云海、王盛慧

编 号: 0431YJ

省 份: 吉林 年 份: 2014

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 二等奖

项目名称: 镁合金表面处理环保新技术的开发与应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 吉林师范大学

完 成 人: 常立民、段小月、刘丹、刘伟、史凯、孙小、徐佳琦、时  
杰丽

编 号: 0432YJ

省 份: 吉林 年 份: 2017

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 一等奖

项目名称: 新型超塑性高强镁合金及制备关键技术

关 键 词:

简 介:

完成单位: 吉林大学

完 成 人: 王慧远、姜启川、王理、王金国、刘国军、赵宇光、于宏辰、夏楠

编 号: 0433YJ

省 份: 山东 年 份: 2016

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 一等奖

项目名称: 纳米晶种合金系列产品与耐热高强轻金属材料的创制及应用

关 键 词: 发动机零部件; 铝合金材料; 制备工艺;

简 介: 该项目是在国家杰出青年科学基金和科技部中小企业创新基金资助下完成的。属于有色金属及其合金学科领域, 适用于铝合金和镁合金材料的组织微细化与耐热高强化。轻量化是交通运输等行业发展的大趋势, 采用轻金属制造的发动机零部件可以减轻制动损耗、降低油耗、减少废气排放, 因而比强度高的铝基和镁基合金成为发动机动力传递件的首选材料。全球对气体排放限制愈来愈严, 国家环保部和工信部联合发布 2016 年 4 号公告, 要求自 2017 年 1 月 1 日起, 所有轻型汽油机动车和重型柴油车须符合国五排放标准。但面临的难题是: ①现采用的发动机零部件铝合金材料的耐热性能不能满足发动机国五排放标准的要求, 轻金属材料的升级换代迫在眉睫; ②轻合金制品熔铸过程中高污染、高能耗、高损耗、低附加值问题突出。为此, 该项目提出通过纳米晶种细晶强化和构筑三维网状骨架结构强化等方式提高轻合金耐热性能的新思路, 并以晶种合金的高效稳定性和绿色可循环利用优势提出轻合金熔体处理新工艺, 以解决面临的行业难题。主要技术发明点如下: ①Al-P 系晶种合金及其双联炉制备

工艺。提出 A16P 团簇溶磷与纳米粒子固磷的合成原理，通过高低温双联炉“液-固-气”多相反应系统首次制备出 A1-P、A1-Mg-P、A1-Si-P、A1-Zr-P 等系列晶种合金，分别应用于铝合金和镁合金中硅相（初生 Si 和 Mg<, 2>Si）的凝固组织微细化与组织控制。②B/N 掺杂型 A1-Ti-C-B-N 和 A1-B-C-N 系晶种合金及其制备工艺。TiCx 中碳空位导致其结构失稳，利用 B/N 对其掺杂改性，提高了其在铝熔体中的结构稳定性和对  $\alpha$ -Al 的形核能力；N/B 掺杂也改善了 A1<, 3>BC 及 A1Np 等纳米晶种的活性，提高其对 Mg-Al 合金细晶强化效果。③新型耐热高强轻合金材料及其原位合成复合强化新技术。包括：构筑网状纳米 A1Np 粒子三维骨架结构强化铝基耐热高强复合材料、弥散纳米 A1<, 3>BC 晶种强化铝合金高强耐热复合材料和多尺度 SiCp 粒子强化 A1-Si 合金基体高温耐磨复合材料三大系列。发明的 A1-P 系晶种合金可使 A1-Si 系活塞合金的组织稳定在 1-3 级 (JB/T6289-92)，使 A390 合金初生硅平均尺寸由 150 微米以上细化至 40 微米以下，力学性能提高 32% 以上。纺织企业借助 A1-Ti-C-B-N 系合金将晶种形核与弥散强化相结合，使纺织机织轴和铝盘头韧性提高 80% 以上，实现以铸代锻。发明的网状纳米 A1Np 粒子三维骨架结构强化铝基复合材料，经国家有色金属及电子材料分析测试中心检测，其 350℃ 瞬时抗拉强度平均值达到 165MPa，是活塞铝合金材料 (75MPa 左右) 的 2 倍以上，为现代发动机零部件材料更新换代打下了基础。该发明产品的制备和应用过程环境友好，避免了熔炼过程中有害气体的排放，推广后的社会效益十分显著。该发明拥有自主知识产权，获授权发明专利

20 项，在全国二十几个省的铝合金加工企业应用，出口意大利、德国、法国、土耳其、韩国、日本、印度和东南亚等 15 个国家，累计直接经济效益 7.39 亿元。

完成单位：山东大学、山东吕美熔体技术有限公司、日照金港活塞有限公司

完成人：刘相法、武玉英、聂金凤、边秀房、孙谦谦、姚涛

编 号: 0434YJ

省 份: 山西 年 份: 2014

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 三等奖

项目名称: 泡沫铝、镁合金的制备工艺优化及孔结构控制

关 键 词: 泡沫铝; 渗流法; 消音器;

简 介: 任务来源: 太原市科学技术委员会 计划名称: 消音环保型泡沫金属及其应用的研究 编号: 1998 年启明星计划 本课题为太原市启明星计划项目。泡沫金属是一种新型的轻质、多孔功能材料, 利用其多孔结构、大比面积和金属特性, 兼具消音、降噪、吸能、过滤、散热、轻质、高比强等多种性能, 应用前景非常广阔。因而对泡沫金属的研究在国内外均受到了高度重视, 欧、美、日本均在这一方面投入了大量的人力物力, 我国在原有支持的基础上今年又将其列为国家自然科学基金重点资助项目。经过多年的努力, 在基本成形工艺、性能、机理方面已取得了重要进展, 可以用各种方法制取不同规格、不同材质、一定孔径和孔隙率范围的泡沫铝, 并在应用方面也迈出了一定的步伐。基础研究表明, 泡沫铝的各种性能对孔结构有很强的敏感性, 要获得良好的应用, 必须对其孔结构进行有效控制, 以获得孔隙均匀可控的高质量的泡沫铝。这已成为目前泡沫铝研究中的核心和热点之一; 另一方面要使泡沫铝尽快获得应用, 必须选择一定的产品进行应用和开发。消音、降噪、轻质、环保是泡沫铝的主要用途之一, 而噪声污染是一种非常常见又急需解决的有害现象。基于这种情况,

本课题以适合于消音的通孔型泡沫铝为对象，对渗流法制备工艺作了进一步的研究和完善，获得了孔结构的控制原理和方法，实现了对孔结构的有效控制；对泡沫铝的消音性能、压缩—吸能性能、过滤性能进行了研究和测试，获得了相应的数据；在此基础上，选择泡沫铝吸音板和气动元件消音器，进行了开发研究。所获结果可直接用于进一步的中试和批量生产，也为更大规格的泡沫铝板型材及其他产品的开发，为其他高熔点泡沫金属的研究奠定了基础。具体技术特点如下：

1) 对泡沫铝渗流法制备工艺作了进一步的研究和完善，能够单独使用真空渗流或者复合成型工艺，稳定地制取孔径为 0.1~数毫米，孔隙率为 50%~70% 的不同形状、规格的泡沫铝试样。 2) 提出了孔结构控制的基本原理和方法，对影响孔结构的几个关键工艺环节进行了深入的研究和分析，获得了一种有效的填料颗粒处理工艺，可以获得形状圆整、均匀并具有一定强度的盐粒；对压实造型过程中填料的受力和运动情况作了分析并在此基础上提出了分层低压压实工艺；对挤压渗流过程进行了分析并提出了有效的控制方法。采用这些工艺可以获得孔隙圆整、孔径和孔隙率均匀的泡沫铝试样。 3) 测试研究了泡沫铝的孔隙结构，泡沫铝的孔隙结构由主孔隙、连通孔隙及金属骨架组成其孔隙有通孔、半通孔和闭孔三种形式。其孔径形状大小和孔隙率大小均由填料颗粒、造型和渗流工艺确定。孔径范围：0.1mm~数毫米，孔隙率范围：50%~75%，密度范围：0.68~1.35g/cm<sup>3</sup>，通孔度：10%~35%（经形状处理后其通孔度大大增加，约为 35%）。 4) 研究了泡沫铝的压缩性能和吸能能力。泡沫铝的应力—应变曲线有一很长的平台

区,表明它有良好的吸能特性。一般以材料进入致密化区前的形变所吸收的能量作为该材料的吸能能力。孔结构不同,其应力一应变曲线也不同,吸能能力不同。孔径越大,孔隙率越高其屈服应力变小但变形量增大,反之亦然。对于确定的实用条件,吸能能力和孔结构的变化曲线有一最大值。5)研究了泡沫铝的声学性能,分别对泡沫铝对气流噪声的降噪性能,对机械声波的隔声、吸能性能进行了测试研究。结果表明,泡沫铝对气流噪声和机械声波都有很好的消音作用。在实验条件下,取最佳结构值时,消声率均大于20%。泡沫铝的吸声系数约为0.4~0.7,泡沫铝的消音效果对泡沫铝的孔结构、消音器的宏观结构以及噪音的频率都有很强的敏感性,最佳参数应由具体条件确定。在此基础上,研制成功了泡沫铝消音器产品,其性能达到并超过了现有产品。6)研究了泡沫铝的流体透过性能,其渗透系数在10~10数量级范围内,渗透系数随孔径和孔隙率的增大而增大。7)首次用渗流法成功地研制了外形尺寸 $\geq 300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的泡沫铝板型材,设计制作了用渗流法制作泡沫铝板材的专用工装模具。该模具采用垂直分型对开式结构和电加热方式,加热元件和模具一体化,结构简单,操作方便;一套模具可同时进行挤压、气压和真空吸铸。通过对加热元件的合理设计与布置,可以对模具和填料的温度分布实现控制,以保证渗流的顺利进行和充型完整,获得高质量的泡沫铝件。

完成单位:太原科技大学

完成人:王录才、王芳、游晓红、武建国、任建富

编 号: 0435YJ

省 份: 山西 年 份: 2016

奖励类型: 自然科学奖 级 别: 二等奖

项目名称: 镁合金构件特殊环境下的腐蚀行为及耐腐蚀镁合金创新研究

关 键 词:

简 介:

完成单位: 太原理工大学、山西工程技术学院、

完 成 人: 卫英慧、侯利锋、刘宝胜、李永刚、杜华云、杨丽景

编 号: 0436YJ

省 份: 江西 年 份: 2014

奖励类型: 自然科学奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高阻尼高强镁合金研究

关 键 词: 镁合金; 结构材料; 力学性能;

简 介: 该项目属于高性能镁合金基础研究领域。镁合金是常用金属中最轻的高性能结构材料, 其高的比强度和比刚度, 良好的导热导电性、磁屏蔽性、阻尼减震性及切削加工性能, 使其在汽车、电子和航空航天领域中得到了日益广泛的应用, 因此镁基高阻尼结构材料很早就引起人们极大的关注。但由于镁基高阻尼结构材料研究中存在的合金强度与阻尼不能兼顾等科学难题, 致使镁基高阻尼材料的研究十分缓慢, 无论是在基础理论, 还是在制备技术方面都没有取得重大突破。然而具有低密度, 高强度, 大内耗的高阻尼结构材料正是中国军工及民用高技术领域的迫切需求。因此, 研制新型低密度、高强度的高阻尼结构材料, 无论是对民用还是军工高技术领域均有重要的战略意义。该项目团队瞄准该领域的研究现状, 在这一领域进行了长达 7 年的基础研究, 研究先后得到国家自然科学基金, 江西省自然科学基金项目, 江西省教育厅科技项目资助, 取得了一定的研究成果。该项目的主要研究内容包括: 高阻尼高强镁合金合金化; 高阻尼高强镁合金内耗机制及表征方法; 镁高阻尼高强镁合金内耗模型; 新型镁基高阻尼材料的制备及成形工艺。研究成果主要创新有: 提出了高强度高

阻尼镁合金合金化选择原则,该原则可以指导阻尼镁合金合金化设计工作。研制出了一种新型的综合性能较好的 Mg-Zn-Y-Zr 合金并获批国家发明专利。与 AZ91D 合金相比, Mg-0.85%Zn-0.15%Y-0.6%Zr 合金其阻尼性能是它的 6 倍,抗拉强度、屈服强度及延伸率分别提高了 7%、10% 和 24%,而稳定腐蚀速率降低了三分之一。研究新发现 Mn 的添加明显改善了 Mg-3%Ni 阻尼合金的力学性能和耐蚀性能,但对其高阻尼性能影响不大。Mg-3%Ni-1%Mn 合金的抗拉强度和延伸率分别较原合金提高了 20% 和 100%,其稳定腐蚀速率仅为它的十分之一。建立了阻尼镁合金微塑性内耗模型,拓展了传统的 G-L 理论。研究发现阻尼镁合金的阻尼与应变振幅谱线具有特殊性。该项目建立了阻尼镁合金微塑性内耗数学物理模型,这在一定意义上拓展了传统的 G-L 理论。该项目作者在阻尼材料及其相关问题上在国内外核心以上期刊共发表学术论文 50 余篇,其中在国际材料界的顶尖期刊《Material Letter》,《Material Science and Engineering A》,《J. Phys.: Condens. Matter》,等期刊发表论文多篇。在 2006 - 2013 年发表的相关的论文被本国内外同行他引 100 余次,其中 SCI 他引 50 余次。授权发明专利 3 项,受理发明专利 2 项。

完成单位:华东交通大学

完成人:万迪庆

编 号: 0437YJ

省 份: 河北 年 份: 2015

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 二等奖

项目名称: 新型镁基储氢合金及其复合材料的制备技术与性能

关 键 词: 镁基储氢合金; 复合材料; 制备方法;

简 介: 该项目的研究内容属于材料科学与技术领域, 具体涉及金属材料科学领域。主要研究内容是在国家 863 项目和国家自然科学基金项目研究过程中取得的成果。成果内容包括新型高容量镁基储氢合金及其复合材料的制备与后处理新技术和优良性能, 获得新型镁基储氢合金及其复合材料应用于高容量 Ni/MH 电池负极材料和作为燃料电池储氢材料。主要内容如下: 采用稀土-镁或过渡金属-镁中间合金作为原料, 通过二次加料的方式感应熔炼制备多相镁基储氢合金。该方法可以有效控制金属镁挥发损失, 获得的合金成分稳定。制备的多相镁基储氢合金吸放氢条件温和、储氢容量大于 3 wt.%, 且易于活化。可应用于燃料电池氢源的储氢材料。制备的稀土-镁-镍基贮氢合金作为镍氢电池负极材料, 具有放电容量高、高倍率性能好和循环稳定好的特点。该制备技术工艺简单、成本低和易于大规模工业化生产。制备和发现了稀土氢化物、过渡金属氢化物、金属硫化物和轻金属配位氢化物等多个新型高效添加剂, 采用氢化-球磨的方式制备了一系列新型镁基储氢合金复合材料, 其储氢量比传统的 AB<sub>5</sub> 型储氢合金高出 2 倍以上, 在 100℃下能快速吸放氢, 可逆性能良好。采用金属复

合镀覆和高分子表面修饰等方法对稀土-镁-镍储氢合金进行了表面处理，显著提高了储氢材料的吸放氢速率和高倍率放电性能，使其作为 Ni/MH 电池负极材料使用时的动力性能大幅度提高。研究成果已经获得国家发明专利 8 项，另有 8 项发明专利已经公开审查。前三名主要完成人是核心专利的发明人，其他主要完成人也持有知识产权。

2013 年 1 月 1 日以前发表 SCI 收录论文 50 余篇，其中代表性论文 SCI 被引次数 265 次，其中他引 190 次，均为正面引用。技术成果已经于 2013 年 1 月 1 日以前在内蒙古稀奥科镍氢动力电池有限公司及中山市天骄稀土材料有限公司获得了应用，并取得了显著的社会经济效益。

完成单位：燕山大学、河南理工大学

完成人：韩树民、李媛、刘宝忠、张伟、杨淑琴

编 号: 0438YJ

省 份: 河北 年 份: 2017

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 一等奖

项目名称: 高性能镁/铝合金熔炼及深加工关键技术

关 键 词: 合金结构材料; 变温处理工艺; 制备方法

简 介: 该成果属于材料科学技术领域。当今社会, 能源枯竭与环境恶化逐渐凸现出来, 已经成为关系中国社会能否持续发展的最关键问题。尤其日益加剧的雾霾敲响了节能减排的警钟, 轻量化成为了国人的一项治本之策。如何采用轻质的镁/铝合金结构材料替代传统的钢铁器件, 成为了材料界和产业界所共同面临的迫切课题。加强新材料应用基础攻关研究、产业化推广已在“十二五”、“十三五”国家规划新材料项中连续地、明确地提及。如何制备出新型高强轻质新材料成为了中国航空、航天、交通, 电子通讯等领域亟待解决的难题。该项目主要是在国家自然基金、新世纪等人才项目支持下取得的, 主要解决了镁/铝合金高纯溶体制备、特种型材加工难的基础问题。项目组历时7年, 取得如下技术发明成果。 技术发明点: 1)发明了一种区域凝固提纯新方法和设备, 解决了镁/铝合金偏析、容易导致氧化物夹杂、性能不稳定、成品率低等问题。该制备方法简单, 成本低, 易于大规模工业化生产。采用新工艺制备的合金耐腐蚀性能显著改善, 成品率提高, 成为了镁/铝合金后续开发应用的基础。2)针对含镁合金蒸气压高, 易燃, 含铁量高的缺点, 发明了一种新的保护熔剂

和一种新的变温处理工艺。和硫磺、六氟化硫、熔盐等传统的保护方法相比，该保护熔剂具有环境友好、节约能源、对设备损伤低的特点；和传统加 Mn 除 Fe 不同，该法利用 Fe 的溶解度在高温剧变的机理，通过迅速改变高温条件，析出 Fe 杂质，降低溶体 Fe 含量 (150ppm 以下)，不会造成二次污染，制备的铸造车轮耐腐蚀性能提高 5 倍以上。

3) 针对镁合金室温塑性低，低温加工困难这一应用瓶颈，通过稀土微合金化 (1wt. %) 新途径，改善了镁低温变形塑性，开发出了一类新型高塑性耐腐单相镁稀土基合金；发展了镁、铝合金新型加工工艺 (反挤压，甩丝和高压铸造)，在此基础上制备了自行车/电动车车架、康复轮椅/军用简易担架、0.05 mm 的音响薄膜、xxx 直升机铸件和卫星动力齿轮等。该相关技术分别在军口企业 (中国航发哈尔滨东安发动机有限公司)，军民企业 (河南平原光电科技有限公司)，大型国企 (中信戴卡股份有限公司) 和中小企业 (洛阳鑫友镁业有限公司、太原华银泰合金有限公司和焦作市益瑞合金材料有限公司) 得到广泛应用，近三年该成果新增销售额 12.58 亿，新增加利润 1.79 亿元。该项目获中国授权发明专利 22 项，国际发明专利 2 项 (公开)，发表相关 SCI 论文 56 篇，8 篇代表作 SCI 被引次数 137 次，其中他引 104 次；单篇最高引用 77 次，其中他引 51 次。参与编写著作 2 部 (《可降解金属》郑玉峰等主编；《稀土金属材料》唐定骧等主编)。培养国家优青 1 人，研究生 30 多人。

完成单位：燕山大学、河南理工大学

完成人：彭秋明，李慧，付辉，刘宝忠，邹国栋，马宁

编 号: 0439YJ

省 份: 河北 年 份: 2017

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 二等奖

项目名称: 高性能轻质闭孔泡沫铝镁合金生产关键技术与应用

关 键 词: 泡沫铝镁合金; 功能材料; 热处理工艺;

简 介: “高性能轻质闭孔泡沫铝镁合金生产关键技术与应用”项目主要由河北工业大学承担,项目的实施曾得到科技部国际科技合作项目的立项支持。项目属于材料科学技术领域,核心技术成果于2014年4月通过了科技部组织的专家验收,相关技术获得与会专家的高度认可。泡沫铝镁合金作为21世纪最具发展潜力的十大新型多功能材料之一,广泛应用在汽车、军事、轨道交通和航空航天等领域。长期以来,作为新兴高新技术产业,中国在理论研究方面与世界先进国家差距不大,但在生产控制技术方面缺乏创新,导致国内高强度、小孔径闭孔泡沫铝镁合金产品的市场化发展缓慢,产品高度依赖进口。面对这种形势,以复合细化-变质新技术调控基体材料力学性能,以成型过程控制与性能评价新方法和高效益、低能耗工业化成套新装备来实现高强度、孔结构可控、低成本闭孔泡沫铝镁合金材料的连续化生产,是中国泡沫金属行业生存发展的必经之路。项目研究历时7年,创建了基体材料复合细化-变质新技术、产品结构和性能调控新方法和产业化过程控制关键技术。主要成果:1)发明了基于快速凝固理论的复合细化-变质新技术,开发了适用于闭孔泡沫铝镁合金的高强

度基体材料；建立了激冷态复合细化-变质剂扩散和作用机理模型，发现了孕育时间、孕育温度、加入量、浇注温度、凝固速度和热处理工艺与基体材料组织和性能之间的规律；2) 发明了闭孔泡沫铝镁合金成型过程与性能调控新方法：提出了通过调控增粘剂初始形貌、含量和演变规律的方法来控制泡沫金属孔结构的控制理论；发明了复合增粘新技术，实现了微米孔径闭孔泡沫铝镁合金生产技术的突破；构建了闭孔泡沫金属表面几何模型和表面积计算公式，攻克了长期以来限制闭孔泡沫金属耐蚀性能评价与控制的技术难题；3) 发明了高效益、低能耗闭孔泡沫金属工业化成套装备与工艺：基于云计算和大数据连续型制造业数据调度、优化及需求预测技术，集成了数据采集、数据处理、现场故障预测与分析等模块，实现了生产过程的高效节能、操作安全简单、工艺流程紧凑和连续化生产等原则，开发了立体化、连续化生产高性能轻质闭孔泡沫金属的成套装备与成型工艺；发明了闭孔泡沫铝镁合金专用切割设备，保证了割缝质量及产品的高质量连接。该项目技术成果已在河北、江苏、山西、天津等多家单位进行了推广和应用。据 2 家企业财务统计，该项目近三年来实现新增销售额 28887.1 万元，新增利润 1367.4 万元，产生了重大的经济效益和社会效益。发表 SCI 与 EI 高水平科研论文 20 余篇，授权国家发明专利 7 项，实用新型专利 2 项，为学校和企业培养了大批科研、技术骨干。该项目的实施实现了用新材料技术提升泡沫金属产业技术水平的目的，提升了产品的稳定性和附加值，引导着泡沫金属行业向高品质方向发展，推动了泡沫金属产业的快速发展。

完成单位: 河北工业大学

完成人: 夏兴川, 宋开红, 丁俭, 赵维民, 陈学广

编 号: 0440YJ

省 份: 辽宁 年 份: 2016

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 一等奖

项目名称: 镁合金的腐蚀防护及提高使役性能的关键技术

关 键 词:

简 介:

完成单位: 中国科学院金属研究所

完 成 人: 韩恩厚、单大勇、宋影伟、许道奎、王俭秋、柯伟

编 号: 0441YJ

省 份: 辽宁 年 份: 2014

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 二等奖

项目名称: 高质量镁合金锭坯低频电磁半连铸技术

关 键 词:

简 介:

完成单位: 东北大学

完 成 人: 崔建忠、乐启炽、张志强

编 号: 0442YJ

省 份: 重庆 年 份: 2013

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 三等奖

项目名称: 铝、镁、钛、铁合金功能性表面处理新技术的开发及产业化应用

关 键 词:

简 介:

完成单位: 中国人民解放军后勤工程学院、重庆大学、四川理工学院

完 成 人: 欧忠文、方亮、林修洲、刘朝辉、胡国辉、莫金川

编 号: 0443YJ

省 份: 重庆 年 份: 2016

奖励类型: 技术发明奖 级 别: 三等奖

项目名称: 镁合金组织控制成型技术

关 键 词: 镁合金; 组织控制成型理论; 轧制技术;

简 介: 镁合金质量轻, 比强度高, 易回收, 被称为 21 世纪的绿色工程材料。镁合金具有广阔的市场前景, 被用在汽车等各种交通工具和电脑等移动设备上, 以达到节能减排和便携的目的。镁合金的变形一般较困难, 组织对其变形能力影响大。无基面组织时轧制道次压下量可达 63%, 强基面组织时道次压下量 15%。因此, 研发控制镁合金组织的成型技术非常重要。该项目研究了变形量、温度梯度、变形速率、变形方式等对镁合金组织的影响规律, 以及初始组织对镁合金轧制成型的影响、镁合金的 TD-ND-TD-ND 轧制技术、轧制速率对镁合金组织的影响规律、异温轧制新技术、镁合金挤压-剪切复合变形、多道次弯曲轧制技术等方法调控镁合金组织的机理。研究成果申请国家专利 14 项, 其中授权发明专利 8 项、实用新型专利 3 项; 发表学术论文 17 篇, 其中 SCI 收录 14 篇。该项目形成了一系列镁合金组织控制成型的理论和技术: 研究发现了变形量、温度梯度、变形速率、变形方式等对镁合金组织的影响规律, 为非对称成型方法控制组织提供了理论依据。初始组织对镁合金轧制成型影响显著。强基面组织时, 组织粗大, 压下量 20%左右即开裂; 无基面组织时, 组织细密

均匀，压下量大于 60%，无裂纹，成型性大幅提高。当轧制速率  $> 30\text{r}/\text{min}$ ，因孪生的发生，可避免基面织构发生。发明了异温轧制、挤压剪切、高速轧制、多道次弯曲轧制、TD-ND-TD-ND 轧制等非对称成型控制织构方法，使 AZ31 镁合金变形率从 20% 提高到 60%，Mg-6Zn-1Mn 高强镁合金板的强度达到 276MPa，延伸率达到 22%。提出了 TD-ND-TD-ND 轧制方法，契合现代钢铁生产设备和流程，可快速批量轧制高质量镁合金板材。高速轧制调控织构，方法简单易实现，无需附加设备。发明了减弱基面织构的异温轧制新方法，可显著减弱镁合金基面织构。挤压-剪切特种变形挤压新技术，能够显著细化晶粒，弱化镁合金基面织构。非对称剪切挤压技术，使镁合金板材冲压变形性能显著提高。发明了多道次弯曲轧制方法，使镁合金基面织构显著减弱。镁合金的成型效率显著提高。镁合金板轧制效率由单道次变形量 15-20%，提高到 60% 以上，轧制效率提高近 3 倍。项目技术成果已在鹤壁万德芙镁科技有限公司等企业实现产业化应用，实现直接经济效益 1.2 亿元，间接经济效益 5.6 亿元，潜在经济效益 152 亿元，社会效益显著。

**完成单位：**重庆科技学院、重庆理工大学、鹤壁万德芙镁科技有限公司

**完成人：**戴庆伟、胡红军、郝杰、喻祖建、杨青山、柴森森

编 号: 0444YJ

省 份: 重庆 年 份: 2013

奖励类型: 自然科学奖 级 别: 三等奖

项目名称: 镁合金焊接接头微观组织控制及性能强化机理研究

关 键 词:

简 介:

完成单位: 重庆大学

完 成 人: 沈骏、许楠、王林志、王丹、陈洁

编 号: 0445YJ

省 份: 重庆 年 份: 2014

奖励类型: 自然科学奖 级 别: 三等奖

项目名称: 高性能镁合金组织性能调控机制研究

关 键 词: 镁合金; 组织性能;

简 介: 主要研究内容: 针对镁合金加工成形困难、强韧性差等科学问题, 对镁合金进行微观组织细化和强韧化, 综合考虑晶粒细化、析出强化、第二相强化等交互强化的作用效果, 研究不同合金元素对镁合金中合金相的组成、形态及对性能的影响, 获得不同的合金体系和强化相体系; 研究不同塑性变形方式(如挤压-剪切、轴向压缩、等通道挤压等)对组织细化和织构、性能的影响。科学发现点 Y 元素的含量的对 Mg-Sn-2Ca 中第二相的尺寸及镁合金的性能有极大的影响; Sb, Sn 和 Sr 元素对 AZ61 合金中汉字状 Mg<sub>2</sub>Si 相变质和细化效果的差别很大; 含 6%Zn 的 Mg-Zn-Mn 合金具有最佳的性能; 挤压剪切、等通道挤压能有效的促使基面织构弱化并细化晶粒, 促使镁合金发生双级动态再结晶; 镁合金的单轴压缩的变形机制为孪生。科学价值研究 Y、Sb、Sn、Sr、Zn、Ce 等元素在镁合金中的作用机理、揭示合金元素对强韧性的影响规律, 采用第二相、细晶强化等开发高强度高韧性变形镁合金; 挤压剪切、压缩、等通道挤压等可以促进镁合金动态再结晶, 促进晶粒细化, 并调控织构的强度。同行引用及评价: 根据教育部科技查新工作站《科技检索报告》, 该成果在《SCI》数据库中

被检索 53 篇, 被引用 115 次, 在《EI》数据库中被检索 100 篇, 被引用 202 次。国内镁合金领域著名专家张奎博导认为课题组的研究成果表明 Mg-Zn 合金中加 Mn 可有效细化晶粒, 提高耐热和耐蚀、塑性等; 澳大利亚学者 Yuncang Li 等、韩国釜山国立大学 Byeong Ho Kim 等认为课题组的研究表明 Ce 和 Y 元素可有效细化镁合金晶粒和第二相; 韩国材料研究院的 Sung Hyuk Park 认为 Ce 元素可以加快镁合金的挤压速度; 国务院政府特殊津贴获得者郝远认为该成果采用稀土元素来提高镁合金的高温性能具有鲜明的特色。长江学者、杰青谢建新认为课题组的成果表明高温下孪生是镁合金重要的塑性变形机制; 杰青潘复生教授、法国鲁昂大学教授 Evarice Yama Nzoma 等认为挤压剪切技术具备制备超细晶镁合金的潜力; 上海交通大学博导曾小勤、哈尔滨工业大学的博士生导师姜巨福、罗守靖等认为挤压剪切可制备细化均匀的镁合金材料。法国米兰理工大学的 MaurizioVedani 等认为挤压剪切中镁合金发生动态再结晶是产生晶粒细化的主要原因; 米兰理工大学 Q. Ge 等认为该成果采用数值模拟对镁合金成形进行优化具有很强的理论和实践价值。

完成单位: 重庆理工大学、重庆大学

完成人: 胡红军、杨明波、张丁非

编 号: 0446YJ

省 份: 重庆 年 份: 2017

奖励类型: 自然科学奖 级 别: 二等奖

项目名称: 变形镁合金屈强比及其影响机制

关 键 词: 变形镁合金; 合金成分设计; 力学性能;

简 介: 镁合金与铝合金和钢铁材料相比, 因具有独特的密排六方晶体结构和相变特征, 因而其强度、塑性和屈强比的影响因素和变化规律显示了不同的特点。屈强比是一个重要的力学性能指标, 它表征材料均匀变形的能力, 以及加工硬化的能力。屈强比的大小与显微组织密切相关, 但是镁合金显微组织各参量对屈服和抗拉强度的影响规律和内在机理, 尚无规律性结论。对现有合金性能调控和新型合金设计开发仅是基于经验基础之上, 而缺乏必要的组织控制和工艺控制的理论依据。项目从影响镁合金屈强比的显微组织参量入手, 揭示了镁合金中若干独特现象和科学规律, 在镁合金中固溶软化、亚结构细化、动态析出等现象和规律的发现, 热稳定第二相粒子的独特作用和内在机制, 以及新型特色变形镁合金成分设计和结构原型构筑等方面取得了一系列创新性成果。研究成果丰富和完善了镁合金变形理论和强化机制等基础研究, 为设计开发新型合金及其组织和工艺优化控制提供了全新思路和重要启示。研究内容、科学发现点和科学价值等如下: 发现了稀土元素固溶于镁基体中引起固溶软化, 有利于合金塑性成形性能的改善。这与传统的固溶理论相反。研究表明固溶软化

是由于稀土溶质原子促进位错滑移、降低了不同滑移系以及滑移与孪生之间 CRSS 的差异而造成的。发现稀土可以促进时效强化型 Mg-Zn 系合金中的动态析出，获得了动态析出相和传统静态析出相的形貌特征差异及对合金力学性能的影响。利用动态析出可以同时提高合金的屈强比和塑性延伸率；而静态析出相虽提高屈强比，但降低塑性延伸率。发现了热稳定第二相粒子在改善镁合金成形性能和优化微结构、提高力学性能方面的作用。一定数量的微米级尺寸粒子的存在，不但促进了动态软化，而且显示出了对均匀形变、再结晶和动态析出过程的贡献。发现了亚结构细化可以提高镁合金屈强比，同时提高塑性。利用动态再结晶获得了细晶组织，发现了条纹状微细组织形貌。提出了低合金化中强高塑、高合金化高强高塑和耐热变形镁合金成分设计和组织结构原型，自主研发了多种新型镁合金、发展了相应的热机械处理制备技术。项目 8 篇代表性论文被 SCI 他引 174 次，他引总次数 379 次。20 篇主要论文被 SCI 他引 289 次，他引总次数 633 次。这些研究论文被国际权威期刊 *Acta Mater.*、*Scientific Report* 等正面多次引用。获权国家发明专利 6 项，自主研发的三种新型合金已注册为国家牌号，主导制定国家标准 1 项。

完成单位：重庆大学

完成人：张静、刘天模、豆雨辰、方超

编 号: 0447YJ

省 份: 黑龙江 年 份: 2014

奖励类型: 自然科学奖 级 别: 三等奖

项目名称: 镁合金固相再生与固相合成

关 键 词:

简 介:

完成单位: 哈尔滨理工大学

完 成 人: 吉泽升、胡茂良、文丽华、武淑艳、许红雨