附件：

“复杂钛铁矿资源高效综合利用关键技术及

产业化应用”成果简介

一、成果名称：复杂钛铁矿资源高效综合利用关键技术及产业化应用

完成人：李建军、雷霆、李永佳、周林、[黄海广](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)、[裴广林](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)、[杨春旺](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)、[张汉平](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)、[刘捷](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)、[杨倩](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)、[杨志鸿](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)

完成单位：云南国钛金属股份有限公司，昆明冶金高等专科学校，昆明冶金研究院有限公司

提名单位：楚雄彝族自治州科学技术局

申报类型及等级：2024年度科学技术进步奖（应用技术项目类）二等奖

二、项目简介：

作为钛工业链最重要的原料，钛渣的生产方法采用的是钛铁矿电炉熔炼法。与铁合金及其它有色金属冶炼工艺相比，大型密闭电弧炉的钛渣冶炼原料控制、冶炼工艺控制、尾气处理及渣铁分离等更加困难与危险，一直成为制约我国钛工业发展的瓶颈问题。

该成果针对国内外，特别是云南省钛矿资源品质差异较大，Ca、Mg、Si、等杂质含量高且矿物嵌布关系复杂，很难得到优质精矿的难题，云南国钛金属股份有限公司在完成对原云南新立有色金属有限公司钛产业链全面收购的基础上，项目一期，借助瑞典、德国等国著名研究机构的试验平台，与南非贝特曼公司联合成功研发了国内唯一的大型密闭直流电弧炉钛渣冶炼工艺、钛铁矿预热工艺、钛渣冶炼烟气处理等关键工艺技术装备。在此基础上，联合昆明冶金高等专科学校、昆明冶金研究院有限公司走产、学、研的发展道路，进一步研发出了：1.国内外复杂钛铁矿选矿工艺；2.中空单电极多点加料、炉型结构、电极导电材料优化的的直流电弧炉钛渣冶炼新工艺；3.钛渣冶炼烟气绿色高效综合处理新工艺；4.钛渣冶炼过程中副产铁水的LKF调质精炼增效新工艺。研究成果实现工艺装备集成创新及全国产化，已全面应用于240kt/a钛渣冶炼建设项目（一期80kt/a投资7.78亿；二期16080kt/a，仅投资7.76亿），最终建成北半球产能第一的直流密闭电弧炉钛渣冶炼集群。

成果研发及生产线建设过程中，形成了大量具有自主知识产权的工艺技术，实现了工艺装备的国产化集成创新，培养了大批钛铁矿采、选、冶方面的专业技术人才，引领我国钛渣冶炼发展趋势。

三、主要完成单位及完成人情况

（一）主要完成单位

云南国钛金属股份有限公司，昆明冶金高等专科学校，昆明冶金研究院有限公司

（二）主要完成人

第一完成人：李建军，高级工程师，云南国钛金属股份有限公司；

第二完成人：雷霆，教授，昆明冶金高等专科学校；

第三完成人：李永佳，教授，昆明冶金高等专科学校；

第四完成人：周林，教授级高级工程师，昆明冶金研究院有限公司；

第五完成人：[黄海广](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)，教授级高级工程师，云南国钛金属股份有限公司；

第六完成人：[裴广林](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)，工程师，云南国钛金属股份有限公司；

第七完成人：[杨春旺](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)，教授级高级工程师，云南国钛金属股份有限公司；

第八完成人：[张汉平](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)，教授级高级工程师，昆明冶金高等专科学校；

第九完成人：[刘捷](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)，副教授，昆明冶金高等专科学校；

第十完成人：[杨倩](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)，工程师，云南国钛金属股份有限公司；

第十一完成人：[杨志鸿](https://kjgl.kjt.yn.gov.cn/egrantweb/proposal/view-prp?posCodeStr=VmQYvLyiVojD3p6OcKGOoAs69sOYOrVK73KefUGaoP8=&grantCodeStr=DUPiA1MrLxdfdhw5b8NxAg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&subGrantCodeStr=DgCAC0VOgktH%2BzRuIBBfTg8TeR0WaWCZKmrMsp8Huzw=&)，副教授，昆明冶金高等专科学校。

代表性论文目录：

（一）专利、软件著作权等授权情况

| **序号** | **知识产权（标准）类别** | **知识产权（标准）具体名称** | **国家（地区）** | **授权号（标准编号）** | **授权（标准发布）日期** | **证书编号（标准批准发布部门）** | **权利人（标准起草单位）** | **发明人（标准起草人）** | **发明专利（标准）有效状态** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 实用新型 | 一种直流密闭电炉冶炼钛渣加料装置 | 中国 | CN 214095480U | 2021-08-30 | 第1639107号 | 武定新立钛业有限公司 | 黄栓保、和奔流、李建军、　朱辉、 杨春旺、刘峰、娄宗文、王倩、 卢伟伟 | 有效 |
| 2 | 发明专利 | 低品位红土型风化钛砂矿联合选矿工艺 | 中国 | CN102861664B | 2014-10-22 | 第3210894号 | 昆明冶金研究院 | 张汉平;刘玫华;陈献梅;乔吉波;汤优优;宋涛;朱从杰;简胜;周士春;李星海;袁浩;刘飞 | 有效 |
| 3 | 实用新型 | 一种绝缘防护的钛渣冶炼直流电弧炉 | 中国 | CN 214095479U | 2021-08-31 | 第5352949号 | 武定新立钛业有限公司 | 普天昱、李建军、和奔流、刘清华、 卢伟伟、曹语倩、武宏平、罗建发、 普毓富、杨天能、杨春旺 | 有效 |
| 4 | 实用新型 | 一种大型钛渣冶炼电弧炉炉顶喷渣安全引流装置 | 中国 | CN216144145U | 2021-08-12 | 第5294219号 | 武定新立钛业有限公司 | 王倩、和奔流、李建军、刘峰、 娄宗文、姚建武、黄栓保、杨春旺、 邹捷 | 有效 |
| 5 | 发明专利 | 一种钛粗精矿精选方法 | 中国 | CN113680521B | 2023-11-03 | 第6455091号 | 武定国钛金属有限公司 | 杨春旺；和奔流；刘峰；李建军；刘红星；吕维秋；张杰；黄栓保；卢伟伟 | 有效 |
| 6 | 发明专利 | 一种直流密闭电弧炉连续冶炼钛渣精确给料的方法及装置 | 中国 | CN102393137B | 2013-07-03 | 第1227284号 | 云南新立有色金属有限公司 | 杨春旺；邹捷；许品生；马翔；文建华；刘平；黄栓保；李波；王倩；徐福昌 | 有效 |
| 7 | 实用新型 | 一种电弧炉炉顶电极密封保护装置 | 中国 | CN214095558U | 2020-11-13 | 第6438094号 | 武定新立钛业有限公司 | 王倩、杨春旺、卢伟伟、和奔流、李建军、黄栓保、姚建武、娄宗文、王联建、岳亮、张利彬、刘峰 | 有效 |
| 8 | 实用新型 | 一种密闭直流电弧炉炉壁温度监测装置 | 中国 | CN216746480U | 2022-06-14 | 第3210974号 | 龙佰武定钛业有限公司 | 文建华；邹捷；张加俊；常强；饶建；刘清华；熊剑昆；尹正雄；张云松；杨斌 | 有效 |
| 9 | 实用新型 | 一种直流密闭电弧炉冶炼钛渣排放溜槽 | 中国 | CN214582516U | 2021-11-02 | 第3210984号 | 武定新立钛业有限公司 | 黄栓保、李建军、和奔流、刘峰、姚建武、王联建、卢伟伟、钟亮、杨春旺、邹捷、杨天能 | 有效 |
| 10 | 发明专利 | 电弧炉外排烟气的点火装置 | 中国 | CN106322982B | 2018-12-04 | 第3169290号 | 武定国钛金属有限公司 | 杨春旺；黄栓保；江书安；饶建；熊剑昆；马宪斌；刘建良 | 有效 |

（二 ）论文、专著发表情况

| **序号** | **论文专著名称** | **刊名** | **作者** | **年卷页码（xx年xx卷xx页）** | **发表时间（年月日）** | **通讯作者（含共同）** | **第一作者（含共同）** | **他引总次数** | **论文署名单位是否包含国外单位** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 钛铁矿成分对直流电弧炉冶炼钛渣中元素分配的影响 | 稀有金属材料与工程 | 黄世弘，雷霆，韩丰霞，周林 | 2014年第12期2921-2926 | 2014-12-15 | 雷霆 | 黄世弘 | 4 | 否 |
| 2 | 直流电弧炉冶炼钛渣中元素分配的研究 | 有色矿冶 | 黄世弘，雷霆，韩丰霞，周林 | 2014年第2期33-34 | 2014-03-15 | 雷霆 | 黄世弘 | 5 | 否 |
| 3 | 密闭电炉钛渣冶炼尾气综合利用分析 | 有色冶矿 | 张绍波，黄世弘，雷霆 | 2014年第2期33-34 | 2014-04-15 | 张绍波 | 张绍波 | 3 | 否 |
| 4 | 钛铁矿熔炼过程中DC炉内挂渣层厚度控制的研究 | 昆明理工大学学报(自然科学版) | 黄世弘，雷霆，韩丰霞，周林 | 2013年第6期1-5 | 2013-12-15 | 黄世弘 | 雷霆 | 0 | 否 |
| 5 | 密闭直流电弧炉钛渣生产还原剂碳因素分析 | 昆明理工大学学报(自然科学版) | 马翔,韩丰霞,雷霆 | 2013年第5期6-10 | 2013-10-15 | 马翔 | 雷霆 | 4 | 否 |
| 6 | 30MVA直流电弧炉冶炼钛渣配碳比研究 | 稀有金属 | 韩丰霞,雷霆,周林 黄世弘,吕改改 | 2012年第2期297-303 | 2012-03-15 | 韩丰霞 | 雷霆 | 12 | 否 |
| 7 | 密闭直流电弧炉冶炼钛渣热量平衡研究 | 轻金属 | 韩丰霞、雷霆、周林、黄世弘、吕改改 | 2011年第12期47-51 | 2011-12-20 | 韩丰霞 | 雷霆 | 5 | 否 |
| 8 | 大功率密闭直流电弧炉冶炼钛渣烟气净化工艺研究 | 轻金属 | 韩丰霞,雷霆 黄世弘,周林,邹捷 | 2011年第1期48-53 | 2011-01-20 | 韩丰霞 | 雷霆 | 9 | 否 |
| 9 | 焙烧条件对高钙镁钛渣生产UGS渣的影响 | 云南冶金 | 李永佳,雷霆,余宇楠,董志中 | 2017年第1期41-45 | 2017-02-25 | 李永佳 | 李永佳 | 2 | 否 |
| 10 | 钛及钛合金 | 冶金工业出版社 | 雷霆 | 2018年4月 | 2018-04-01 | 雷霆 | 雷霆 | 9 | 否 |