

2019 年度辽宁省科学技术奖技术发明奖公示

项目名称：大规模低成本消纳拜耳法赤泥的关键技术

提名者及提名意见：

1. 该项目提名材料齐全完整，符合辽宁省科技进步奖的提名条件。

2. 该项目针对我国年排放 1 亿吨拜耳法赤泥缺乏大规模、低成本消纳技术，堆存处理存在严重环境和安全隐患的问题，基于改变氧化铝生产平衡固相的思路，开发了“钙化-碳化法”拜耳法赤泥消纳新技术。该技术突破了氧化铝生产尾渣中钠、铝、硅的结合方式，提高了铝土矿中氧化铝收率 15% 以上，增加了我国适用于氧化铝生产的铝土矿储量 2 倍以上，并实现了氧化铝清洁生产过程；提出了“钙化-碳化-还原提铁”技术，解决了高铁赤泥中多种组分高效回收的技术难题；提出了搅拌管式钙化转型系统以及文丘里式碳化反应器等新型反应设备，实现了高效转型过程。

该项目获国家发明专利 10 余项、国际发明专利 4 项，发表学术论文 50 余篇。获第 45 届日内瓦国际发明博览会最高奖-特别金奖、中国国际交流中心与美国保尔森基金会奖在内的多项国内外科技奖励。于 2018 年以技术入股的方式（作价 1 亿元）实现转让，成立了“东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司”，用于推动该技术的工程转化。

对照辽宁省科学技术进步奖授奖条件，提名该项目为 2019 年度辽宁省科学技术奖技术发明 1 等奖。

项目简介：

截止 2018 年，我国氧化铝产能达到了 7000 万吨以上，占世界 50% 以上，铝工业已成为我国冶金行业的支柱产业之一。使用拜耳法每生产 1 吨氧化铝会产生 1.5~2.5 吨的高碱赤泥，年排放量高达 1 亿吨以上，因缺乏有效的处理方法而采用堆存的方式处理，环境、安全隐患严重。

本项目基于改变氧化铝生产平衡固相的思路，开发了“钙化-碳化法”拜耳法赤泥消纳新技术。该技术将氧化铝生产的赤泥结构转化为硅酸钙和碳酸钙，突破

了氧化铝生产尾渣中钠、铝、硅的结合方式，实现了拜耳法赤泥理论上不含碱也不含铝的技术目标，解决了每年 1 亿吨以上拜耳法赤泥大规模、低成本消纳的世界性难题。主要创新点如下：

一、针对拜耳法赤泥的平衡固相为水合硅铝酸钠，不改变钠、铝、硅结合方法无法实现大规模消纳的技术难题，提出通过钙化转型将赤泥的结构首先转化为水化石榴石，再通过碳化分解将新型结构赤泥转化为硅酸钙和碳酸钙，可用作水泥工业原料或土壤化处理。该技术实现了拜耳法赤泥的大规模、低成本消纳，提高了铝土矿中氧化铝收率 15% 以上，增加了我国适用于氧化铝生产的铝土矿储量 2 倍以上。

二、针对我国部分地区采用进口高铁铝土矿资源生产氧化铝，年排放数千万吨高铁高碱赤泥的现状，利用钙化、碳化转型过程可实现矿物中铁和含硅相高效单体解离这一特性，提出了“钙化-碳化-还原提铁”新方法，实现了赤泥中钠、铝、铁的综合回收，其中铁的回收率较拜耳法赤泥直接还原过程提升近 10%。

三、为提高钙化、碳化过程多相反应效果，提出了搅拌管式钙化转型系统以及文丘里式碳化反应器。搅拌式管道化溶出系统可提高反应过程多相均混效率 3 倍以上，从而促进了钙化转型效果；采用文丘里式碳化反应装置可使碳化时间缩短 20% 以上。

获国家发明专利 10 余项、国际发明专利 4 项，发表学术论文 50 余篇。该技术形成的“大规模低成本无害化处理拜耳法赤泥技术”于 2015 年 9 月通过中国有色金属工业协会鉴定，整体技术达到国际领先水平。获第 45 届日内瓦国际发明博览会最高奖-特别金奖、中国国际交流中心与美国保尔森基金会奖在内的多项国内外科技奖励。获“TMS Light Metals Division Energy Best Paper Award-Professional”、“2017 TMS Light Metals Subject Award- Alumina&Bauxite”等国内外论文奖 4 项。

该技术的实现可解决拜耳法赤泥（中国年排放量 1 亿吨以上）处理的世界难题，提高我国适用于拜耳法生产的铝土矿储量 2-3 倍以上。该技术于 2018 年以技术入股的方式（作价 1 亿元）实现转让，成立了“东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司”，并与沈阳铝镁设计研究院有限公司及魏桥铝电集团公司就该技术的工业化实施达成协议。

客观评价:

1. 查新结论

经教育部科技查新工作站（L03）进行查新，最终结论为“采用钙化-碳化法处理拜耳法赤泥生产氧化铝”技术国内外公开发表的文献中所见相关报道均为委托查新项目组成员所发表的文献，除此之外，未见其它与该项目查新点相同的文献报道。

2. 所获奖项

（1）项目获 2017 年度第 45 届日内瓦国际发明博览会最高奖-特别金奖；

（2）项目获中国国际交流中心与美国保尔森基金会联合颁发的“2015 可持续发展规划项目奖”（中国仅 3 项）；

（3）项目成果“Recent Advances in Carbon Dioxide Mineralization to Nano-Size Calcium Carbonate Utilizing Waste water”获“TMS Light Metals Division Energy Best Paper Award-Professional”；

（4）项目成果“Application of Tricalcium Aluminate Instead of Lime for the recovery of aluminum in Middle-low Grade Bauxite in Calcification-Carbonization Process”获“2017 TMS Light Metals Subject Award- Alumina&Bauxite”。

3. 鉴定意见

2015 年，由中国有色金属工业协会贾明星副会长、中铝国际工程股份有限公司首席科学家廖新勤高级工程师、中国铝业股份有限公司河南分公司副总经理吕子剑高级工程师、北京有色金属研究总院黄小卫高级工程师、云南冶金集团谢刚总工程师等 8 位行业专家的鉴定意见：“该项目，具有工艺先进、操作简单、生产成本低、易于工业化等优点。为赤泥的无害化处理和综合利用提供了技术支撑，预期该项目具有显著的社会和经济效益。项目工艺技术达到国际领先水平。”

4. 媒体报道

国内多家知名媒体对该技术进行相关报道 30 余次，主要包括：

2016 年 1 月 5 日，搜狐网报道 2015 年铝行业十大事件中，对本技术相关工艺进行了描述；

2017 年 4 月 12 日，央广网对本技术获得日内瓦发明博览会特别金奖进行了报道；

2015 年 11 月 4 日，中国教育新闻网对本技术进行了详细阐述；

2017 年 4 月 12 日，中国社会科学网对东北大学获日内瓦发明特别金奖进行了报道。

推广应用情况：

该技术于 2018 年以技术入股的方式（技术作价 1 亿元）实现转让，成立了“东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司”，旨在推动该技术的产业化应用。

2019 年，与沈阳铝镁设计研究院有限公司就该技术的设计和 implement 签订战略合作协议，并于山东魏桥铝电集团公司就该利用技术年处理 12 万吨拜耳法赤泥过程签订合作协议。

主要知识产权和标准规范等目录（不超过 10 件）

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（标准实施）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
发明专利	Method for recovering alkali and aluminum in course of treatment of Bayer red mud by using calcification-carbonation method	美国	US9,963,353 B2	2018.05.08	DDFP66052US	东北大学	Tingan Zhang; Guozhi Lv; Yan Liu; Zimu Zhang; Xiaofeng Zhu; Zhihe Dou	有效专利
发明专利	一种消纳拜耳法赤泥的方法	中国	ZL201110275030.X	2013.11.06	1298098	东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司	张延安；吕国志；刘燕；豆志河；赵秋月；牛丽萍；赫冀成	有效专利
发明专利	钙化-碳化法处理拜耳法赤泥过程中碱与铝的回收方法	中国	ZL201410182568.X	2016.04.06	2018857	东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司	张延安；吕国志；刘燕；张子木；朱小峰；豆志河	有效专利
发明专利	基于钙化-碳化转型溶出中低品位铝土矿中氧化铝的方法	中国	ZL201110275013.6	2014.06.18	1423137	东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司	张延安；吕国志；刘燕；豆志河；赵秋月；牛丽萍；赫冀成	有效专利
发明专利	一种钙化-碳化法处理中低品位含铝原料及铝循环方法	中国	ZL201410181684.X	2015.11.04	1835998	东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司	张延安；吕国志；张子木；刘燕；豆志河；赵秋月	有效专利

发明专利	一种基于钙化-碳化法的无蒸发生产氧化铝的方法	中国	ZL201410182601.9	2016.01.20	1890730	东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司	张延安；吕国志；张子木；刘燕；豆志河	有效专利
发明专利	一种铁铝共生矿中有价金属元素的综合利用方法	中国	ZL201410179437.6	2016.06.15	2112862	东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司	张延安；吕国志；刘燕；王艳秀；豆志河；赵秋月	有效专利
发明专利	一种通过多级碳化降低赤泥铝硅比的方法	中国	ZL201410179294.9	2014.04.06	2018588	东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司	张延安；吕国志；刘燕；朱小峰；豆志河	有效专利
发明专利	一种氧化铝生产过程中后加矿钙化转型的方法	中国	ZL201410183034.9	2015.11.25	1849456	东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司	张延安；吕国志；刘燕；豆志河；张子木；赵秋月；牛丽萍	有效专利
发明专利	一种钙化-碳化一步法处理拜耳法赤泥的方法	中国	CN201610333963.2	2016.10.12		东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司	张延安；吕国志；刘燕；豆志河；解立群；王艳秀；张子木；赵秋月；张伟光	再审

承诺：上述知识产权和标准规范等用于提名辽宁省技术发明奖的情况，已征得未列入项目主要完成人的权利人（发明专利指发明人）的同意。

主要完成人情况:

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
张延安	1	无	教授	东北大学	东北大学	项目负责人 创新点 1: 提出钙化-碳化法拜耳法赤泥处理新方法; 创新点 2: 提出高铁赤泥涡流还原新技术; 创新点 3: 提出搅拌管式钙化转型系统以及文丘里式碳化反应器等新装置。
刘燕	2	无	教授	东北大学	东北大学	新型转型反应器开发 创新点 1: 转型过程多相反应特性研究; 创新点 3: 文丘里式碳化反应器开发。
吕国志	3	无	副教授	东北大学	东北大学	转型过程技术方案设计 创新点 1: 对转型过程研究方案进行详细设计; 创新点 2: 铁、铝转型过程解离特性研究; 创新点 3: 新型反应器转型过程动力学特性研究。
豆志河	4	无	教授	东北大学	东北大学	转型过程多相反应特性及高铁赤泥还原特性研究 创新点 1: 转型过程多相反应特性; 创新点 2: 高铁转型赤泥还原过程详细方案制定。
张子木	5	无	讲师	东北大学	东北大学	新型转型反应器开发 创新点 1: 转型过程强化过程研究; 创新点 3: 搅拌管式钙化转型反应器开发
赵秋月	6	无	副教授	东北大学	东北大学	钙化转型过程搅拌管式反应器开发 创新点 1: 钙化转型过程动力学研究; 创新点 2: 搅拌管式钙化转型反应器开发。

完成人合作关系说明

东北大学作为本项目的第 1 完成单位，负责项目总体管理。提出了“钙化-碳化法”拜耳法赤泥大规模、低成本消纳技术，在技术设计、改进及新型反应装备开发方面实现突破。累计申报并获批国家发明专利 10 余项，国际专利 4 项，发表相关学术论文 50 余篇。该项目自 2011 年首次申报专利以来，获第 45 届日内瓦国际发明博览会最高奖-特别金奖、中国国际交流中心与美国保尔森基金会奖在内的多项国内外科技奖励。获“TMS Light Metals Division Energy Best Paper Award-Professional”、“2017 TMS Light Metals Subject Award- Alumina&Bauxite”等国内外论文奖 4 项。

东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司作为本项目的第 2 完成单位，负责项目工程化实施。该公司于 2018 年成立，由东北大学（“一种消纳拜耳法赤泥的方法”等专利技术共同作价 1 亿元）与北京增鑫资产管理中心（出资 5684 万元）、壹力（天津）环保工程有限公司（出资 3920 万元）共同组成。旨在完成该技术的工程化转化。目前，已与沈阳铝镁设计研究院有限公司就该技术的设计和 implement 签订战略合作协议，并于山东魏桥铝电集团公司就该利用技术年处理 12 万吨拜耳法赤泥过程签订合作协议。

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。