

广西壮族自治区科学技术进步奖申报材料

(2025 年度)

一、项目基本情况

提名者	北海市人民政府
项目名称	高岭土伴生石英高值化加工关键技术与应用
主要完成人	任子杰、高惠民、谢俊、熊德华、何宇豪、宋昱晗、邓祺、沈彦旭、印航、郝文华、易乔木、武林雨、王本语、刘志、张乾坤
主要完成单位	合浦硅材料产业技术研究中心、武汉理工大学、广西中硅高纯新材料有限公司、合浦沪天高岭土有限责任公司、晶驰科技（武汉）有限公司、北海长利新材料科技有限公司、广西南玻新能源材料科技有限公司、广西新福兴硅科技有限公司

二、提名意见

该项目立足于高岭土伴生石英高值化加工与应用难题，开发了成套具有完全自主知识产权的核心工业技术，建设了年产 60 万吨高岭土伴生石英砂制备光伏超白砂产线及 10 万吨/年高岭土伴生石英砂高值化利用生产线，相关技术的应用使我国各地的高岭土伴生石英砂资源得以高值应用。开发的分质分级分选处理高岭土伴生石英砂技术、高浓度擦洗-选择性磨矿-分级去除表面杂质技术、“三步物理法”协同去除白云母技术、磺酸盐结构调控及阴阳离子联配浮选去除长石技术、石英砂浮选去除气液包裹体-碱酸协同蚀刻去除固体包裹体杂质的技术、剥片分级-絮凝浮选提纯石英粉技术、低介电石英@ α -氧化铝新型电子封装填料制备技术、高钛石英砂组分薄型光伏玻璃高效强化技术、基于提纯尾料固废的复合结构微晶玻璃制备工艺技术，实现了高岭土伴生石英砂从“原料-提纯-制品”的全链条技术覆盖。该项目取得发明专利授权 13 项，实用新型专利授权 128 项。

同意申报 2025 年广西壮族自治区科学技术进步奖。

三、项目简介

1、主要内容及指标

项目名称：高岭土伴生石英高值化加工关键技术与应用

项目组针对高岭土伴生石英砂产业化开发利用中的关键科技需求，在合浦硅材料产业技术研发中心、武汉理工大学、关键非金属矿产绿色开发利用教育部重点实验室等创新平台的支持下，首次系统开展高岭土伴生石英砂资源综合利用研究，突破了梯级分选、深度提纯与高值转化关键技术瓶颈，开辟了石英砂资源高效综合利用的技术路径。基于“资源特性适配”的指向性理念，通过建设石英砂示范生产线、研发核心工业技术、设计多尺度复合材料体系等系统性工作，形成了覆盖“原料分选-深度提纯-高值应用”全链条的产业化技术体系，为高岭土伴生石英砂资源开发提供了关键技术创新支撑。

创新成果见下：

（1）探明了不同粒级高岭土伴生石英砂可选性特征规律，发明了分质分级分选处理高岭土伴生石英砂技术，首次建立开发了石英砂浮选去除气液包裹体-碱酸协同蚀刻去除固体包裹体杂质的技术。

（2）发明了高浓度擦洗-选择性磨矿-分级去除表面杂质技术，开发了“三步物理法”协同去除白云母技术，研发了磺酸盐结构调控及阴阳离子联配浮选去除长石技术。

（3）研发了剥片分级-絮凝浮选提纯石英粉技术，创新了低介电石英@ α -氧化铝新型电子封装填料制备技术。

（4）率先创新了高钛石英砂组分薄型光伏玻璃高效强化技术和对称式梯形玻璃液分流装备，开发了利用提纯尾料固废的复合结构微晶玻璃制备工艺。

2、授权专利情况

该项目获得授权发明专利 13 项：

该项目获得授权实用新型专利 128 项：

3、应用推广及效益情况：

该项目开发的高岭土伴生石英砂高值化加工技术已在合浦沪天高岭土有限责任公司、江西省硕晶非金属材料有限公司等企业成功应用。

该项目基于“资源特性适配”的指向性理念，通过建设石英砂示范生产线、研发核心工业技术、设计多尺度复合材料体系等系统性工作，形成了覆盖“原料分选-深度提纯-高值应用”全链条的产业化技术体系，为高岭土伴生石英砂资源开发提供了关键技术创新支撑。

四、客观评价

六、查新结论

根据项目的技术要点和查新点,参照用户提供的检索词,利用上述检索策略,对国内外相关数据库及互联网信息进行了检索,筛选出密切相关文献69篇。分析、对比及结论如下:

文献1~文献28涉及高岭土尾砂加工利用技术,均未涉及高岭土伴生石英砂 $-0.60+0.10\text{ mm}$ 、 $-0.10+0.038\text{ mm}$ 、 $+0.60\text{ mm}$ (或 $+0.70\text{ mm}$)、 $-0.60+0.10\text{ mm}$ 、 $-0.10+0.038\text{ mm}$ 、 -0.038 mm 等分级梯级加工技术;其中文献1为高岭土矿分级尾砂经磨矿-磁选-旋流器分级工艺,可获得 SiO_2 含量97.11%、 Fe_2O_3 含量0.058%的石英砂精矿,石英砂精矿达到玻璃工业用低档石英砂质量标准;文献2为高岭土尾矿控制粒度在 0.6 mm 以下,获得锂云母产品、电气石产品、云母产品、长石产品、超白玻璃用硅质原料及电子硅微粉原料;文献3为高岭土尾矿制备 $+0.1\text{ mm}$ 高纯石英砂的方法;文献4为高岭土尾矿 $+5\text{ mm}$ 的废石用作砂石料, -5 mm 分级为 $2-5\text{ mm}$ 、 $0.1-2\text{ mm}$ 和 0.1 mm ; $2-5\text{ mm}$ 粒级磨矿分级, $+0.6\text{ mm}$ 返回再磨;文献5为高岭土尾矿分质分粒级利用的短流程提纯方法,制备出 $+0.71\text{ mm}$ 、 $0.71-0.125\text{ mm}$ 、 -0.125 mm 三个粒级产品;文献6为高岭土尾砂作混凝土掺合料;文献7为高岭土尾砂用于胶凝材料;文献8为高岭土尾砂提纯用于中高端日用陶瓷;文献9为高岭土尾砂用作工艺玻璃制品;文献10为高岭土尾砂用作瓷质砖坯体;文献11为高岭土尾砂在日用细瓷坯料与釉料中的应用;文献12为高岭土尾砂获得的产品—云母精矿、长石精矿、石英精矿、瓷泥在电焊条敷料、日用细瓷、薄胎高白釉瓷、熔融石英玻璃及其匣钵、尾砂彩釉砖、玻璃马赛克等应用;文献13为高岭土脱泥尾砂制备人造石英石;文献14为高岭土尾砂研制出微晶玻璃;文献15为高岭土尾砂熔融石英;文献16为砂质高岭土用作陶瓷原料,用作建筑用砂,回收白云母,工程填料;文献17为高岭土用作陶瓷原料,高岭土尾矿作为长石原料应用于陶瓷工业;文献18为高岭土、瓷石矿尾砂得到的各级石英、长石、云母、精泥系列产品研制高档薄胎工艺瓷、普通与特种钢系列电焊条、熔融石英质匣钵等制品;文献19为用高岭土尾矿制备玻璃生产用石英砂;文献20为用含有高岭土的石英尾砂提纯高纯石英砂粉;文献21为铁矿尾矿梯级资源化利用,粗粒级(0.25 mm 以上)部分即为商品砂;文献22为高岭土尾矿制备光伏玻璃用低铁石英砂;文献23为高岭土尾矿制备光伏玻璃用硅砂。文献24为一种利用尾矿制备具有漂亮外观的烧结粘土;文献25研究了原生高岭土废料选矿所得偏高岭土对预制构件用干法混凝土力学性能和耐久性的影响;文献26是由石英砂和高岭土精制后产生的废料制备而成的微晶玻璃;文献27是以高岭土工业废渣为原料,制备莫来石陶瓷坯体;文献28涉及高岭土加工废料作为沥青混凝土骨料部分替代物的掺入情况。

本项目开发梯级加工处理高岭土伴生石英砂技术。对于尾砂直接分级后的 $-0.60+0.10\text{ mm}$ 粒级石英砂用于生产普通平板玻璃砂, $-0.10+0.038\text{ mm}$ 粒级石英砂用于生产普通硅微粉; $+0.60\text{ mm}$ (或 $+0.70\text{ mm}$)粒级产物再磨后分级, $-0.60+0.10\text{ mm}$ 粒级用于生产超白光伏玻璃砂, $-0.10+0.038\text{ mm}$ 粒级用于生产 TFT-LCD 玻璃基板石英砂、 -0.038 mm 用于生产优质硅微粉。故文献1~文献28与本项目不同。

文献3~文献5、文献22~文献23、文献29~文献39涉及矿石擦洗技术,均未涉及高浓度擦洗—选择性磨矿技术;文献3高岭土尾矿作为原矿,经搅拌擦洗后筛分;文献4为高岭土尾矿进行擦洗,擦洗后的高岭土浆料过 5 mm 直线筛,强磁精矿后进行加温加药擦洗,擦洗后进行脱药脱泥洗涤, $0.1-0.6\text{ mm}$ 粒级加温加药擦洗后进行脱药脱泥洗涤;文献5采用“球磨—受阻—分级—磁选组合—特种擦洗—清洗”工艺提纯,特种擦洗,省去了浮选、超声波擦洗等提纯方法;文献22为高岭土尾矿磨矿—水力分级、沉砂重选、重选精矿2阶段磁选,非磁性产品经擦洗—浮选—低铁石英砂;文献23为高

岭土尾矿用擦洗机擦洗,磁选精砂进行擦洗、浮选,制备浮选精砂即为光伏玻璃用硅砂;文献 29 为石英矿擦洗提纯试验得到高纯石英产品;文献 30 为矿原砂强力擦洗浮选分离长石与石英;文献 31 为天然石英砂除杂方法,磁选,浮选,擦洗,草酸液酸洗;文献 32 为宝石加工废弃石英石固废制备成人造石英石板用石英砂和石英粉,包括擦洗工艺;文献 33 为石英矿尾矿进行筛选后经水洗脱泥、烘干擦洗、初级磁分离、浮选组件和次级磁分离;文献 34 为超声波剥离与重力擦洗技术,分别优化高纯砂制备中关键的浮选和酸洗过程,以最大限度地去除脉石英砂表面的杂质;文献 35 为石英砂擦洗装置及其方法,可先对石英砂颗粒进行静电除尘,去除石英砂内的尘粒,再输送进擦洗筒内进行擦洗;文献 36 为从石英和长石颗粒中擦洗去除污染物;文献 37 探讨以最少的 Al_2O_3 损失从铝土矿中去除石英的可能性;文献 38 为回收塔克省阿塔尼国际有限公司长石浮选厂的矿泥废弃物,被送到洗泥、分级、磨擦、分离含铁杂质矿物等工序,并通过滚筒、滚筒、磨擦洗器、锥形分级机、永磁滚筒磁选机、湿式强磁选机和水力旋流器准备浮选,包括对细粒长石浮选除石英;文献 39 为尾矿经过磨擦洗和脱泥,尾矿中的石英硅经过浮选;。

本项目开发高浓度擦洗-选择性磨矿技术。基于高岭土伴生石英砂中含有较多的高岭石等粘土矿物和氧化铁薄膜等致色矿物,项目使用高浓度擦洗技术,擦洗浓度可达 65-70%,既有效的将表面粘土矿物及氧化铁薄膜有效去除。同时针对细砂裂隙中的杂质采用选择性磨矿的方式进行解离,即将部分已满足玻璃砂产品粒度要求 ($-0.6+0.3mm$) 的产物低强度磨矿,使裂隙杂质充分解离,提高高品质产品比例。故文献 3~文献 5、文献 22~文献 23、文献 29~文献 39 与本项目不同。

文献 40~文献 56 涉及去除云母技术,均未设计采用水力分级机-螺旋溜槽-水力旋流器“三步法”;文献 40 为石墨尾矿中回收绢云母的选矿试验,涉及水力旋流器;文献 41 为铁尾矿中微细粒云母絮凝-浮选获得云母精矿、铁精矿和石英精矿;文献 42 为高岭土与云母分选,筛分、超导高梯度磁选、洗涤等方法;文献 43 为云母分选技术现状及其在砂石行业中的应用,破碎筛分分选、摇床重选、磁选和风选等物理分选方法有较好的应用前景;文献 44 为干法选别云母矿物的分选设备;文献 45 为云母的分选装置;文献 46 为利用旋流器去除霞石中的云母;文献 47 为石英砂中云母的去装置;文献 48 为去除机制砂中云母的分选系统包括风选机构、物料掺拌机构和筛分机构;文献 49 为石英反浮选去除云母的方法,弱酸性条件下通过新型捕收剂实现石英与云母的不同吸附,再采用特定的反浮选方法去除云母;文献 50 为中性条件下浮选从云母石英矿石中去除云母提纯石英的方法,中性条件下采用具有双胺和聚醚结构的阳离子浮选药剂聚醚胺 D230、聚醚胺 D400 和聚醚胺 D2000 为捕收剂,进行多次浮选富集石英相,去除云母等杂质相,获得提纯石英;文献 51 为阿拉巴马石墨云母片岩矿中白云母的浮选研究;文献 52 为云母晶体分层装置,配有沿带孔输送带厚度方向的云母晶体分选适配装置;文献 53 为破碎筛分装置,主要用于机械富集含有扁平晶体的矿物,尤其是云母矿;文献 54 为滚筒式破碎筛,涉及选矿工艺的机械化,可用于云母;文献 55 为分离放射性含铯云母的方法和装置;文献 56 为 3-(2-氟乙基)高氯酸氧钒浮选白云母页岩中云母的研究。

本项目开发“三步物理法”去除高径厚比云母技术。对于高岭土尾砂采用高浓度擦洗与高浓度磨矿技术提高云母矿物径厚比,采用水力分级机-螺旋溜槽-水力旋流器“三步法”高效去除云母。故文献 40~文献 56 与本项目不同。

文献 57~文献 66 涉及高岭石剥片技术,均未涉及高岭石剥片分级-絮凝浮选技术;文献 57 为硬质高岭石(岩)的功率超声剥片;文献 58 为高岭石化学插层-超声-微波协同剥片;文献 59 为插层-磨剥法制备不同径厚比的高岭石;文献 60 为高岭石插层复合结构稳定性对剥片的影响;文献 61 为高岭石插层-热处理剥片;文献 62 为高岭石功率超声剥片;文献 63 采用二甲基亚砜(DMSO)插层-球磨剥片-超声分散-微波干燥工艺,成功制备出晶形完整、片层薄、比表面积大的高岭石纳米片;文献

64 为加压插层剥片制备超大尺寸超薄高岭石纳米片；文献 65 为通过加压、插层和剥离制备超大超薄高岭土纳米片的方法；文献 66 为通过酸性物质和超声波处理辅助插层的方法剥离高岭石纳米片。

本项目开发剥片分级-絮凝浮选技术。高岭土加工中 $\phi 75$ 旋流器和 $\phi 50$ 旋流器的溢流为高岭土产品，底流产物主要为微细石英粉、半风化的叠片状高岭石以及微细云母，高纯度微细石英粉的回收利用必须解决粒度相似的半风化叠片状高岭石及云母的去难问题。项目开发出底流剥片技术，将叠片状高岭石剥片为细粒高岭石，然后经过二次分级去除；微细云母采用聚甲基氢硅氧烷（PMHS）化学强吸附-疏水絮凝-椰油胺反浮选的技术去除。故文献 57~文献 66 与本项目不同。

文献 67~文献 69 为本项目组成员发表的相关文献。其中题目文献 67 福建某高岭土伴生石英提纯试验研究；文献 68 广东某高岭土矿中石英选矿提纯试验研究；文献 69 为合浦某高岭土尾砂的提纯与利用。

综上所述，在所列国内外检索范围内，除本查新课题组成员发表的部分相关文献外，未见有与本课题“高岭土伴生石英砂高值化加工关键技术与应用及产业化”查新点所述技术特征完全相同的国内外公开文献报道。

查新员（签章）：李奕腾



查新员职称：工程师

审核员（签章）：梁梁



审核员职称：正高级工程师



七、查新员、审核员声明

- (1) 报告中陈述的事实是真实准确的。
- (2) 我们按照科技查新规范进行查新、文献分析和审核，并做出上述查新结论。
- (3) 我们获取的报酬与本报告中的分析、意见和结论无关，也与本报告的使用无关。

查新员（签章）：李奕腾

2025年08月13日



审核员（签章）：梁广

2025年08月13日



八、附件清单

(略)

九、备注

- 1、本查新报告无“查新专用章”、签字和骑缝章无效。
- 2、本查新报告涂改、部分复合无效。
- 3、检索结果及查新报告结论仅供参考。

五、知识产权

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
发明专利	一种大掺量煤矸石高铝微晶玻璃及其制备方法	中国	CN202210072520.8	2023-10-24		合浦县硅材料产业技术研究中心	熊德华; 湛玲丽; 程金树	有效发明专利
发明专利	一种从石英中分离长石的浮选药剂及浮选方法	中国	CN202111284821.9	2024-05-24		武汉理工大学	任子杰、沈彦旭、高惠民、李明阳、李佩悦、刘志、刘洋、唐腾望、何宇豪、刘孟浩、杨云平	有效发明专利
发明专利	一种石英粉或长石粉的制备方法及其制备装置	中国	CN200410061393.3	2007-05-23		武汉理工大学	高惠民; 袁继祖; 张凌燕; 王国志	有效发明专利
发明专利	一种高岭土除铁钛选矿工艺	中国	CN201711137840.2	2019-11-26		武汉理工大学	任子杰; 江哲伊; 高惠民; 刘顺兵; 高钦	有效发明专利
发明专利	一种高纯度石英砂的制备方法	中国	CN202110938039.8	2024-11-15		武汉理工大学	任子杰, 刘志, 高惠民, 吴飞达, 沈彦	有效发明专利

							旭, 郭争争	
发明专利	从粗选旋流器底流中回收高岭土的方法	中国	CN201110215683.9	2013-04-17		合浦沪天高岭土有限责任公司	高惠民; 沈明豪; 王国海	有效发明专利
发明专利	一种一窑多线玻璃液分流熔窑	中国	CN202010151961.8	2021-03-16		武汉长利新材料科技有限公司	鲁鹏; 易乔木; 王桂荣; 王文田; 关岭	有效发明专利
发明专利	一种石英砂图像采集装置	中国	CN202420885865.X	2025-02-25		武汉理工大学; 晶驰科技(武汉)有限公司	任子杰; 吴晨旭; 谭岩; 梁宗武; 张乾坤; 宋昱晗; 樊婷; 何宇豪; 刘志; 梁威	有效发明专利
实用新型专利	一种太阳能光伏玻璃镀膜液混合均质头结构	中国	CN202120011754.2	2021-10-22		新福兴玻璃工业集团有限公司	田永刚; 陈玉平; 陈齐平; 雷永红	有效实用新型专利
实用新型专利	一种大吨位一窑六线光伏玻璃熔窑结构	中国	CN202121528738.7	2022-04-26		北海长利新材料科技有限公司	易乔木; 刘怀艺; 王桂荣; 陈德成; 王文田	有效实用新型专利
实用新型专利	一种薄板光伏玻璃一窑八线	中国	CN202021654444.4	2021-03-16		武汉长利新材料科技	易乔木; 王桂荣; 鲁	有效实用新型专利

	大吨位熔窑					有限公司	鹏; 王文田	
实用新型专利	一种高效节能的石英砂筛选分离设备	中国	CN202020093109.5	2020-11-17		合浦沪天高岭土有限责任公司	沈明豪	有效实用新型专利

承诺：本项目所列知识产权符合提名要求且无争议。上述知识产权和标准规范等用于提名安徽省科学技术进步奖的情况，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，有关知情证明材料均存档备查。