附件：

2021年度陕西省科学技术进步奖申报项目公示内容

**项目一：高端显示及光伏用高纯大尺寸钼及钼合金靶材**

**关键制备技术与应用**

**一、项目名称**

高端显示及光伏用高纯大尺寸钼及钼合金靶材关键制备技术与应用

**二、提名单位及意见**

**提名单位：**陕西有色金属控股集团有限责任公司

**提名意见：**

该项目是金堆城钼业集团有限公司在“十二五”国家科技支撑计划及中央投资重点产业振兴和技术改造专项项目的支持下完成的《高端显示及光伏用高纯大尺寸钼及钼合金靶材关键制备技术与应用》项目针对钼行业对钼合金制品大尺寸高纯度的技术及市场需求，以TFT-LCD/AMOLED高端显示屏和光伏太阳能电池等领域用高纯大尺寸钼及钼合金靶材为切入点，突破了高纯钼合金粉制备技术、大尺寸高纯钼合金板/管坯的烧结制备工艺技术以及大尺寸高纯钼合金板/管状靶材制备关键技术。在此基础上，建成一条大尺寸高纯钼合金靶材生产线。项目取得专利18项，发表论文25篇，出版专著1部，制定国家标准1项，企业标准1项，科技成果显著。该项目部分研究成果曾获得中国有色金属工业科学技术一等奖和陕西有色控股集团有限责任公司科学技术一等奖。在陕西有色金属控股集团有限责任公司组织的科技成果评价会上，评价委员会评价该项目研究成果整体达到了国际先进水平。该项目近三年累计实现新增销售额68511万元，新增利润20212.36万元，取得了显著的经济效益。项目打破了国外对于大尺寸高纯钼合金制品的生产技术和工装设备垄断，实现了进口产品的替代，具有广泛深远的社会效益。

综上，该项目顺应国家产业政策导向，科技成果显著，经济和社会效益良好。特推荐为陕西省科学技术二等及以上奖项。

**三、项目简介**

钼是一种稀有难熔金属。钼及钼合金靶材用于溅射制备TFT-LCD/AMOLED高端显示屏及光伏电池的电极和布线材料。4K以上高清大尺寸显示屏的快速发展及光伏电池光电转换效率的不断提高使得其对钼及钼合金靶材的纯度和尺寸提出更高要求。显示屏用钼靶材的纯度要求达到99.99%以上、最大宽幅和长度分别超过1400mm和3000mm。而国内从钼粉到各种钼合金制品的纯度普遍为99.95%，成品靶材更是由于专业轧机辊宽（≤800mm）及配套工装限制最大宽幅在1000mm以下。此外高致密度、合金元素分布均匀、晶粒细小且均匀也是决定大尺寸钼合金靶材性能的关键指标。高纯大尺寸钼合金靶材产品及核心制备技术主要由国外公司垄断，中国虽是全球主要的平面显示器和光伏电池生产国以及全球最大的钼资源国，但高纯大尺寸钼合金靶材仍主要依赖于进口。 因此，高纯大尺寸钼合金靶材关键制备技术及相对应的大型工装设备成为了制约国内钼材料工业向高精尖产品发展的主要障碍之一。

针对国内高端显示屏及光伏电池用高纯大尺寸纯钼、钼铌、钼钽、钼钛及钼钠合金靶材的技术、产品和专业工装产线空白以及国外技术产品的垄断，金堆城钼业集团有限公司与西安交通大学通过产学研用合作，在国家科技支撑计划项目“钨、钼的增值化利用产业化技术开发-大尺寸高纯度钼金属靶材的研究开发与产业化”及中央投资重点产业振兴和技术改造专项“大尺寸高品质钼板材产品生产线建设”2个国家项目的支持下，从高纯大尺寸钼合金靶材关键制备工艺及性能控制方面进行技术攻关，重点解决钼粉高纯化、大规格坯锭的均质化烧结与晶粒控制以及大尺寸钼合金板/管状靶压力加工、热处理和微观组织均匀性的控制技术难题，在此基础上，有针对性的进行大尺寸钼板材加工关键工装及设备设计配置及示范产业线建设。

项目突破的关键技术 ：1）4N以上高纯度钼粉的纯化及Nb、Ta、Ti、Na等合金元素的均匀化分布技术：采用自主知识产权的钼及钼合金粉末制备工艺，实现了达到国际先进指标的纯度≥99.99%（4N）高纯钼粉制备以及Nb/Ta/Ti含量偏差在±5%、Na含量偏差在±10%以内的合金元素均匀化分布的钼合金粉末制备；2）大单重高纯度钼坯锭的均质化烧结技术：通过多段组合式烧结工艺及温压调控技术，并构建工艺、组织结构与密度之间的关系模型，实现最大单重可达1000kg、相对密度大于98%、密度均匀性±1%以内且晶粒大小均匀、最高纯度可达到99.992%的大单重高纯度钼坯锭的均质化烧结；3）大尺寸钼靶材的高致密高均匀形变加工技术：通过建立轧制力控制模型及变形温度、变形速率和变形程度三大影响系数数据库，结合压力加工方式、加工总变形量以及热处理温度的协同控制，实现了最大宽幅超过1500mm、最大长度超过4000mm的大尺寸靶材高致密度、高均匀组织的有效控制，各项指标达到国际水平； 4）大尺寸钼板材生产线装备集成及规模化生产关键技术：通过理论计算和试验工艺参数优化及工装集成，自主设计了一套“快速进出料+过程定位与温度可控+气体防护”系统，建设了一条以钼靶材生产为主宽幅超过1500mm、最大进料规格为1000kg且实现全自动规模化生产的大尺寸钼板材示范生产线，打破了国内钼板材轧机宽幅及进料单重小、上下料主要以人工为主、无法满足大单重板材生产以及国外对此加工技术及装备封锁的现状。

项目技术创新点：1）开发出具有完全自主知识产权的高纯钼粉以及钼钛、钼钽、钼钠等高纯均匀钼合金粉末的制备工艺，发明了大单重钼制品的制备方法，解决了大规格钼及钼合金坯锭的高纯度及均质化烧结技术难题， 打破了国外高纯大规格钼制品技术壁垒和产品垄断；2）通过压力加工模型与工艺数据库的建立以及协同控制，形成了具有完全自主知识产权的大尺寸细晶均质钼、钼铌、钼钽、钼钛及钼钠合金板状和管状靶材制备技术，板状靶材的最大宽度超过1500mm、长度可达4000mm，最大管状靶材规格超过Ø175×1800mm，靶材平均晶粒范围尺寸为44.9~75.5μm，织构（110）占优，性能指标达到国际先进水平；3）以技术研究为基础，通过自主设计及装备集成，建成了一条最大宽幅超过1500mm、最大进料单重1000kg、产能为400吨/年的国内最大规格的专业大尺寸钼靶/板材生产线，打破了国外工装产线垄断；4）利用项目开发的技术生产的高纯大尺寸度钼及钼合金靶材满足了高端显示屏及光伏电池领域的应用需求，实现了部分进口产品的替代。

本项目共取得钼粉及钼靶材相关授权发明专利18件，出版专著1部，制订国家标准1项，企业标准1项，发表相关专业论文25篇，其中SCI、EI收录6篇。

本项目研究开发出的大尺寸高纯钼合金靶材产品制备技术成功推广应用于金堆城钼业股份有限公司进行TFT-LCD/AMOLED高端显示屏以及光伏太阳能电池等领域高纯大尺寸钼合金合金靶/板材、高纯钼合金粉及高纯钼合金坯锭的生产及销售。截止2020年 12 月，通过本项目技术的应用，金堆城钼业股份有限公司近三年已累计实现销售额68511万元，实现利润20212.36万元。

中国有色金属工业协会的鉴定意见：项目技术创新程度高，技术指标先进，整体技术达到国际先进水平，经济及社会效益显著。

**四、客观评价**

2020年9月3日，按照GB/T32003-2015《科技查新技术规范》对本项目涉及的《平面显示及光伏电池用高性能钼合金靶材关键制备技术与产品开发》在陕西省科学技术情报研究院进行科技查新，作出如下查新结论：“国内外未见明确述及与本项目所述的钼铌靶材、钼钽靶材、钼钛靶材和钼钠靶材技术及性能特点相同的钼合金靶材技术研究报道”。

2018年4月4日，由陕西有色金属控股集团有限责任公司组织，在西安对本项目涉及的以钼靶材为主的“大尺寸超纯度钼金属制品制备关键技术及应用”进行了科技成果评价，主要评价意见如下：该项目突破了大尺寸高纯钼制品制备过程中的提纯及压力加工关键工艺，并在此技术基础上建设了一条大尺寸钼板材生产线；项目创新点如为：开发出具有自主知识产权的高纯钼粉制备方法，通过多段组合式烧结工艺及建立工艺、组织结构与纯度之间的关系模型，制备出了化学纯度≥99.99%的高纯钼粉和 高纯板坯，突破了钼制品高纯化制备的技术壁垒；2）发明了大单重钼制品的制备方法，通过钼粉形貌、压力加工方式、加工总变形量以及退火温度的协同控制研究，形成了专有的大尺寸细晶均质板状和管状靶材制备技术。板状靶材的宽度超过600mm、长度可达2700mm，管状靶材规格超过Ø175×1800mm，产品性能指标达到国际先进水平；以技术研究为基础，通过工艺参数优化及装备集成，建成了一条最大宽幅1500mm、最大进料单重1吨、产能为400吨/年的专业大尺寸钼靶/板材生产线；4）该项目生产的大尺寸高纯度钼靶/板材满足了平面显示器、太阳能电池、LED蓝宝石等领域的应用需求，部分替代了进口产品；该项目近三年累计实现新增销售额34954万元，新增利润8187.34万元，取得了显著的经济效益和社会效益。根据以上结论，评价委员会评价本项目研究成果整体达到了国际先进水平。

2020年10月23日，由中国有色金属工业协会组织专家完成了本项目涉及的“平面显示及光伏电池用高性能钼合金靶材关键制备技术与产品开发”科学技术成果鉴定。主要鉴定意见为：开发了具有自主知识产权的钼铌、钼钽、钼钛及钼钠靶材制备技术，制备出了满足平面显示及光伏电池用合格钼合金靶材产品，填补了国内钼铌、钼钽、钼钛以及钼钠等钼合金靶材的产品空白。获得授权发明专利10件，实用新型专利3件，技术创新程度高；制备的钼合金粉末纯度≥99.95%，合金元素Nb、Ta、Ti含量偏差在±5%、Na含量偏差在±10%以内。钼合金靶坯相对密度大于98%，密度均匀性±1%以内，钼靶材晶粒大小均匀。制备的钼合金靶材的性能指标及应用效果达到国际同类靶材产品水平，技术指标先进；解决了钼合金粉末的纯化、钼合金靶坯的高致密及密度均匀化烧结、钼合金靶材的压力加工及热处理技术难题，实现了钼铌、钼钽及钼钛靶材晶粒大小及组织均匀性等关键性能指标的控制。技术难度大，复杂程度高；该成果加快了钼金属制品的升级换代，提升了钼制品的附加值和技术含量，增强了企业的市场竞争力。项目成果稳定运行超过2年。技术重现性好，成熟度高；累计销售产品230吨以上，实现销售收入22722万元、利润6237.33万元，促进了国内钼制品的高质量化和高附加值化，经济及社会效益显著。综合评价该项目成果整体技术达到国际先进水平。

**五、推广应用情况**

《高端显示及光伏用高纯大尺寸钼及钼合金靶材关键制备技术与应用》项目突破的高纯度钼及钼合金粉纯化技术、大单重钼坯锭制备技术以及高纯大尺寸钼及钼合金靶材成形及热处理技术自2016年起主要推广应用于金堆城钼业股份有限公司进行TFT-LCD/AMOLED高端显示屏以及光伏太阳能电池等领域高纯大尺寸钼及钼合金靶材、高纯钼及钼合金粉和坯锭的生产销售。截止2020年12月， 2018年、2019年以及2020年近三年已累计实现销售额68511万元，实现利润20212.36万元，产生了良好的经济效益。

《高端显示及光伏用高纯大尺寸钼合金靶材关键制备技术与应用》项目遵循国家产业政策导向，符合有色行业对钼深加工技术开发的政策要求。项目对于钼合金靶材高纯化制备技术壁垒的突破以及大尺寸钼靶材生产线的建设，打破了国外对于大尺寸高纯钼制品的生产技术和工装设备垄断。项目掌握的大尺寸细晶均质板状和管状靶材制备技术，一方面填补了国内无专业生产大尺寸钼合金靶材的技术及产品空白，打破了大尺寸高纯钼靶材产品长期依赖国外进口的局面，实现了进口产品的替代，进一步巩固了应用单位金堆城钼业股份有限公司中国钼行业的龙头地位以及中国钼行业在世界钼产业领域的先进科技水平；另一方面，通过替代进口钼靶材产品，大幅降低了国内LCD面板生产企业的原材料成本以及未来国内太阳能电池企业的生产成本，提高这些产品在国际市场上的竞争力，一定程度上改变这些行业目前“高级加工厂”的地位。与此同时，项目建设完成的大尺寸钼板材生产线是国内乃至亚洲规格和规模最大的专业钼板材生产线，在整个钼行业有着及其重要的示范作用和意义。随着大尺寸高纯度钼合金制品制备关键技术的突破，钼金属的应用领域进一步拓宽，有力促进了中国钼企业逐步由初级原料型向高附加值深加工型转变，进一步推动了中国钼深加工产业的快速发展。

1. **主要知识产权**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权发明人具体名称 | 国家（地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号 | 权利人 | 完成人 |
| 1 | 发明专利 | 一种MoTa/MoTi合金粉末的制备方法 | 中国 | ZL201510  512290.2 | 2017年  03月15日 | 2415407 | 金堆城钼业股份有限公司 | 赵虎，付静波，安耿，杨秦莉，席莎 |
| 2 | 发明专利 | 一种钼钛合金溅射靶材板的制备方法 | 中国 | ZL201410  837219.7 | 2017年  03月15日 | 2415532 | 金堆城钼业股份有限公司 | 席莎，安耿，李晶，赵虎 |
| 3 | 发明专利 | 一种钼铌合金溅射靶材的制备方法 | 中国 | ZL201510  938945.2 | 2017年  12月26日 | 2752138 | 金堆城钼业股份有限公司 | 党晓明，安耿，李晶，席莎，赵虎，刘仁智 |
| 4 | 发明专利 | 一种钼粉的制  备方法 | 中国 | ZL200910  087582.0 | 2012年  07月04日 | 992459 | 金堆城钼业股份有限公司 | 安耿，刘仁智，李晶，付静波，卜春阳 |
| 5 | 发明专利 | 一种管状钼靶  材的制备方法 | 中国 | ZL201410  210033.9 | 2016年  11月16日 | 2294223 | 金堆城钼业股份有限公司 | 朱琦，王林，王娜，杨秦莉 |
| 6 | 发明专利 | 一种大单重钼  制品的制备方  法 | 中国 | ZL200910  087584.X | 2011年  01月05日 | 725165 | 金堆城钼业股份有限公司 | 武洲，卜春阳，李晶，张常乐，刘仁智 |
| 7 | 发明专利 | 一种制备钼靶  的方法 | 中国 | ZL201310  098029.3 | 2013年  03月16日 | 1984362 | 金堆城钼业股份有限公司 | 王林，朱琦，杨秦莉，王娜 |
| 8 | 发明专利 | 一种钼铌合金  靶材板的制备  方法 | 中国 | ZL201410  840759.0 | 2016年  12月07日 | 2309396 | 金堆城钼业股份有限公司 | 李晶，安耿，党晓明，刘仁智，席莎，赵虎 |
| 9 | 发明专利 | 一种Mo-Ta合  金靶材的制备  方法 | 中国 | ZL201510  504162.3 | 2017年  09月12日 | 2618872 | 金堆城钼业股份有限公司 | 张晓，付静波，赵虎，杨秦莉 |
| 10 | 发明专利 | 一种钠掺杂钼  平面靶材的制  备方法 | 中国 | ZL201510  594613.7 | 2018年  03月30日 | 2861968 | 金堆城钼业股份有限公司 | 朱琦，王娜，王林，陈强 |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 安耿 | 排名 | 1 |
| 行政职务 | 技术中心副主任 | 技术职称 | 教授级高工 |
| 工作单位 | 金堆城钼业集团有限公司 | 完成单位 | 金堆城钼业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 全面负责项目整体方案制定及实施，参与钼粉提纯、钼合金靶材制备、板材生产线建设、产品认证过程中相关试验、性能检测、数据分析和总结，主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的一、二、三、四。 | | |
| 姓名 | 孙院军 | 排名 | 2 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 教授级高工 |
| 工作单位 | 西安交通大学 | 完成单位 | 西安交通大学 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 协助项目方案的制定，负责实验工艺的制定及优化，参与项目钼粉提纯、靶材制备、生产线建设相关工作以及相关专利、论文专著的撰写及标准的制定，主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的一、二、三。 | | |
| 姓名 | 刘东新 | 排名 | 3 |
| 行政职务 | 技术中心副主任 | 技术职称 | 高级工程师 |
| 工作单位 | 金堆城钼业集团有限公司 | 完成单位 | 金堆城钼业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 进行项目的相关试验的检测及数据分析，参与项目生产线建设的实施及工艺优化，跟踪项目的推广应用结果及反馈，进行项目知识产权的撰写及申报。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的一、三、四。 | | |
| 姓名 | 席莎 | 排名 | 4 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 高级工程师 |
| 工作单位 | 金堆城钼业集团有限公司 | 完成单位 | 金堆城钼业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 负责高纯钼板坯的致密化烧结、晶粒度控制技术研究试验及数据分析和钼钛合金靶材的制备等，进行 项目知识产权的撰写及申报主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的一、二、三。 | | |
| 姓名 | 刘仁智 | 排名 | 5 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 教授级高工 |
| 工作单位 | 金堆城钼业集团有限公司 | 完成单位 | 金堆城钼业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 负责板状大尺寸高纯钼靶材的形变加工技术研究，参与钼铌靶材相关研究制备技术的研究，参与钼薄膜的制备及性能表征试验实施，参与项目相关专利及论文的撰写。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的一、二。 | | |
| 姓名 | 付静波 | 排名 | 6 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 教授级高工 |
| 工作单位 | 金堆城钼业集团有限公司 | 完成单位 | 金堆城钼业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 负责钼钽靶材烧结技术研究试验，进行项目相关专利的撰写及申报。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的一、二、三。 | | |
| 姓名 | 朱琦 | 排名 | 7 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 高级工程师 |
| 工作单位 | 金堆城钼业集团有限公司 | 完成单位 | 金堆城钼业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 负责管状大尺寸高纯钼合金靶材的形变加工技术及热处理技术研究试验，负责钼钠靶材的相关制备研究，进行项目专利和论文的撰写及申报发表。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的二。 | | |
| 姓名 | 张晓 | 排名 | 8 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 高级工程师 |
| 工作单位 | 金堆城钼业集团有限公司 | 完成单位 | 金堆城钼业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 参与钼钽靶材轧制及溅射工艺研究试验，进行项目相关专利的撰写及申报。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的一、二、三。 | | |
| 姓名 | 李晶 | 排名 | 9 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 高级工程师 |
| 工作单位 | 金堆城钼业集团有限公司 | 完成单位 | 金堆城钼业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 负责高纯钼粉的制备及高纯钼板坯的烧结技术研究，钼铌靶材的热处理技术控制，进行项目专利及论文的撰写和申报。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的一、二、四。 | | |

**八、主要完成单位排序及贡献**

| **排名** | **单位名称** | **主要贡献** |
| --- | --- | --- |
| 1 | 金堆城钼业集团有限公司 | 作为项目牵头承担单位，对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：  1、完成高纯钼及钼合金粉、高纯钼合金板坯及大尺寸高纯钼合金靶材的工业化试验及工艺确定，保障项目技术工业化应用实施的可靠性；  2、完成大尺寸钼合金板材生产线的建设实施并运行，验证项目相关技术的可行性；  3、按照项目目标要求全面制定项目实施方案及任务分工，按期完成所有试验内容及考核指标；  4、在项目配套资金、原料、试验设备、检测、人员调配等方面给予有力支持，保证项目顺利实施；  5、对项目研究过程中的各类科技成果进行及时申报及精细管理；6、推动项目技术的推广应用并进行跟踪反馈，促进项目技术研究成果的落地。 |
| 2 | 西安交通大学 | 作为第二实施单位，对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：  1、完成钼制品烧结工艺各项探索性试验，为大规格钼制品坯料的制备提供基础数据；  2、建立了工艺、组织结构与纯度之间的关系模型，为工业试验和应用提供理论支撑；  3、利用学校试验及检测设备优势，为项目相关试验及产品性能检测提供及时的支持，保障项目各项进度 顺利实施；  4、配合金堆城钼业集团有限公司按照国家项目要求进行科研项目的各项管理。 |

**九、完成人合作关系说明**

项目主要完成人员有安耿、孙院军、刘东新、席莎、刘仁智、付静波、朱琦、张晓、李晶等9人，这些人员以多种方式参与了项目实施，包括共同立项、设计、实施、合著专著、合著论文及报告撰写等，集体成果为高端显示及光伏用高纯大尺寸钼及钼合金靶材关键制备技术提供了科学依据。

**十、完成单位合作关系说明**

本项目由金堆城钼业集团有限公司牵头负责，西安交通大学参与完成。项目实施过程由牵头单位金堆城钼业集团有限公司负责总体设计和整体研究方案的提出、项目组织实施和成果总结、资料提交等方面主要工作；西安交通大学负责完成钼制品烧结工艺各项探索性试验，为大规格钼制品坯料的制备提供基础数据；建立了工艺、组织结构与纯度之间的关系模型，为工业试验和应用提供理论支撑；利用学校试验及检测设备优势，为项目相关试验及产品性能检测提供及时的支持，保障项目各项进度 顺利实施；配合金堆城钼业集团有限公司按照国家项目要求进行科研项目的各项管理。负责及参与单位分工明确、责任清晰。

**项目二：柔性、高清显示用大宽幅、高品质钼溅射靶材**

**成套制备工艺技术及应用**

**一、项目名称**

柔性、高清显示用大宽幅、高品质钼溅射靶材成套制备工艺技术及应用

**二、提名单位及意见**

**提名单位：**陕西有色金属控股集团有限责任公司

**提名意见：**

该项目在高清显示技术领域，我国就正在受到OLED面板Mo基层生产用高成膜均匀性、大宽幅（≥1800mm）细晶均质高精度钼溅射靶材产品完全依赖进口、技术垄断突出、自主生产能力空白的严重制约，这可能危害我国抓住全球面板行业由LCD向超大尺寸、高清柔性化OLED技术换代的赶超机遇，影响我国《超高清视频产业发展行动计划（2019-2022年）推动的产业链高端化迭代，迟滞我国在5G、智能可穿戴设备、VR/AR/AI等高新领域的发展创新。为满足柔性、高清显示用OLED超大尺寸面板生产的迫切需求，实现大宽幅高质量钼溅射靶材系列产品自主技术制造，突破国外厂商垄断态势，急需开展以大宽幅尺寸规格、细晶高均匀性、高机加工精度为研究重点，面向OLED柔性高清显示用钼溅射靶材产品的自主制备技术与产业化集成技术的攻关。基于上述迫切需求，以金堆城钼业股份有限公司在中央投资“大尺寸高品质钼板材产品生产线建设”重点产业振兴和技术改造专项支持下建成的大规格钼板生产专用大型轧机等设备、工装及技术生产能力为基础，以近年来专项建设积累的大尺寸钼金属制品粉末冶金坯料制备、压延加工、机加工等工艺技术积累及人才队伍为支撑，通过开展超大规格钼粉坯粉末冶金高均匀性制坯、高扁平比超大尺寸钼板坯均质烧结、大宽幅钼板材快速压延及细晶热处理、大尺寸钼板材少无变形高精度机加工等关键技术难点的攻关实现了技术突破，在此基础上研制改造及集成整合了全流程靶材生产所需装备、工装及检测设备，实现了对大宽幅高性能钼靶国外技术垄断的单一性技术及产品替代，填补了我国高附加值钼靶制备技术空白并显著提升了企业技术领先程度及经济效益。

该成果报告已在国家一级查新单位进行了科技查新，并经中国有色金属工业协会2019年9月27日组织专家进行评价。该项目实现了产业化，解决了我国高清柔性显示用大规格钼溅射靶材的卡脖子问题；产品完全满足了高清柔性显示制备的需求，使用效果达到国外先进水平，实现单一性替代，该项目整体技术达到国际领先水平。

综上，该项目顺应国家产业政策导向，科技成果显著，经济和社会效益良好。特推荐为陕西省科学技术二等及以上奖项。

**三、项目简介**

本项目根据国家《超高清视频产业发展行动计划（2019-2022年）》产业政策指引，顺应全球IT显示面板行业超大尺寸化、高清柔性化发展趋势，立足中央投资“大尺寸高品质钼板材产品生产线建设”重点产业振兴和技术改造专项，针对高清柔性显示用超大规格钼溅射靶材的重大需求与国内技术空白，以大尺寸柔性OLED面板换代所需高精度大宽幅（＞1800mm）均质细晶钼靶材系列产品国产化替代急需解决的成套制备工艺、技术、装备为目标，自主研发解决了高扁平比大宽幅钼粉坯填装密封及均匀制坯、大单重钼板坯均质烧结、大宽幅钼板高平整度快速压延及细晶热处理、大尺寸钼板高精度机加工成靶等一系列技术难题，并通过集成研制配套产业化设备工装，形成了批量化推广全技术体系，实现了对大宽幅高性能钼靶国外技术垄断的单一性技术及产品替代，填补了我国高附加值钼靶制备技术空白并显著提升了企业技术领先程度及经济效益。主要创新及发明如下：

1.发明了自动装粉、平装立压技术及“全方位自由收缩式”胶模系统，解决了高扁平比大单重粉坯装粉密封、均匀压坯系列技术难题，实现了全球最大单重高均匀性生坯批量自动化生产。

2.自主开发了慢升温、短保温“电极捆绑式”烧结工艺，彻底解决≥1000kg级大单重钼板坯烧结均匀性难题，实现<0.1g/cm3均匀性控制水平。

3.基于“超高温补热+剧烈塑性变形”的设计思路，发明了“超高温中频加热+全自动轧制+在线补热+在线校直+一火多道次”成套轧制技术，在解决大宽幅钼板坯轧制火次多、晶粒粗大不均等技术难题基础上实现了高平整度靶材成品高效轧制，结合在线细晶热处理技术及装备研制，实现全球最大单重（1200kg）及最大宽幅（≥2000mm）细晶均质（平均晶粒尺寸<25μm，纯度＞99.97%）钼板材批量自动化生产，解决了钼靶材产品大宽幅与细晶化之间的技术瓶颈。

4.自主开发了大宽幅钼板材“振动时效+冷校平+磨铣加工”超低变形加工技术及成套设备，实现<0.1mm不平度控制水平2000×2300×16mm超大单幅成品钼靶量产，彻底解决大宽幅钼靶高精机加工变形难题。

**四、客观评价**

2019年9月27日中国有色金属工业协会组织专家对本项目成果进行了评价，经讨论，一致认为：该项目实现单一性替代，技术重现性好、成熟度高，打破了国际高端钼溅射靶材产品长期被国外垄断的局面，整体技术达到国际领先水平。

**五、推广应用情况**

本项目开发出了的G3.5～G10.5全世代高清柔性用钼溅射靶材产品，多项产品打破国外独家垄断，弥补国内空白。截止目前，本项目所开发及量产的各世代钼溅射靶材已经分别通过共计十三条生产线的系统认证，并稳定供货，其中的四条产线已经成为客户的第一供应商，被广泛应用于国内外4K高清、OLED柔性等屏幕的生产，客户反馈使用效果良好。

本项目所开发的全球最大规格G6代钼整靶材，因其良好的技术指标，成功通过全球最先进的OLED柔性屏生产线的使用认证（该产线生产的OLED柔性屏幕占2018年全球柔性屏幕市场份额的90%以上），并形成批量化供货，被广泛应用于苹果、三星、华为、小米等高端旗舰手机用OLED柔性屏幕的生产，使用效果良好。

**六、主要知识产权**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 授权项目名称 | 知识产权类别 | 国（区）别 | 授权号 |
| 具有高表面活性钼粉的制备方法 | 发明专利 | 中国 | ZL201310618960.X |
| 一种钼制品的烧结方法 | 发明专利 | 中国 | ZL201110197483.5 |
| 一种可自由收缩的等静压用平装立压式模具及压制方法 | 发明专利 | 中国 | ZL201610455046.1 |
| 一种水切割废砂的循环再利用方法 | 发明专利 | 中国 | ZL201610339002.2 |
| 一种超大规格板坯的胶膜密封装置 | 实用新型 | 中国 | ZL201620453827.2 |
| 一种超大规格钼板坯的自动装粉机构 | 实用新型 | 中国 | ZL201620888446.7 |
| 一种金属板材的校平装置 | 实用新型 | 中国 | ZL201721863820.9 |
| 一种冷等静压用制备钼板坯的模具 | 实用新型 | 中国 | ZL201320186312.7 |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 姓　名 | 性别 | 技术职称 | 文化程度 | 工　作　单　位 | 对成果创造性贡献 |
| 1 | 付小俊 | 男 | 正高级工程师 | 硕士 | 金堆城钼业集团有限公司 | 负责全过程控制 |
| 2 | 曾 毅 | 男 | 高级工程师 | 硕士 | 金堆城钼业集团有限公司 | 对烧结、轧制、热校平控制 |
| 3 | 刘宏亮 | 男 | 高级工程师 | 本科 | 金堆城钼业集团有限公司 | 对钼板机加工变形进  行防控 |
| 4 | 仙彬华 | 男 | 高级工程师 | 本科 | 金堆城钼业集团有限公司 | 板材轧制控制 |
| 5 | 武 涛 | 男 | 副教授 | 博士 | 西安理工大学 | 对粉末压型烧结轧制进行工艺优化 |
| 6 | 任宝江 | 男 | 正高级工程师 | 硕士 | 金堆城钼业集团有限公司 | 对板材开坯及设备进行设计控制 |
| 7 | 王 涛 | 男 | 讲师 | 博士 | 西安理工大学 | 钼靶镀膜实验及钼薄膜性能检测 |
| 8 | 张菊平 | 女 | 高级工程师 | 本科 | 金堆城钼业集团有限公司 | 对钼粉质量进行控制 |
| 9 | 任 茹 | 女 | 高级工程师 | 硕士 | 金堆城钼业集团有限公司 | 对靶材钼粉生产工艺进行控制 |
|  |  |  |  |  |  |  |

**八、主要完成单位排序及贡献**

| **排名** | **单位名称** | **主要贡献** |
| --- | --- | --- |
| 1 | 金堆城钼业股份有限公司 | 作为项目牵头承担单位，进行项目的总体设计和整体研究方案，组织实施和成果提交等方面担负了主要工作，充分发挥实施单位的技术和人才优势，生产工艺设计和装备选型调试等进行综合研究，满足了高端靶材的应用推广。 |
| 2 | 西安理工大学 | 作为第二实施单位，在该项目检测分析和理论支撑给予坚实的保障。 |

**九、完成人合作关系说明**

项目主要完成人员有付小俊、曾毅、刘宏亮、仙彬华、任宝江、张菊平、任茹等人均为金堆城钼业集团有限公司的人员；武涛、王涛等两人为西安理工大学老师。这些人员以多种方式参与了项目试验实施、工艺研发、试验数据分析、知识产权申报等方面进行合作及报告撰写。

**十、完成单位合作关系说明**

本项目由金堆城钼业集团有限公司牵头负责，西安理工大学参与完成。项目实施过程由牵头单位金堆城钼业集团有限公司负责总体设计和整体研究方案的提出、项目组织实施和成果总结、资料提交等方面主要工作；西安理工大学负责理论分析及检测分析工作。负责及参与单位分工明确、责任清晰。

**项目三：陕西省柞水-山阳矿集区成矿作用研究与找矿突破**

**一、项目名称**

陕西省柞水-山阳矿集区成矿作用研究与找矿突破

**二、提名单位及意见**

**提名单位：**陕西有色金属控股集团有限责任公司

**提名意见：**

该项目是西北有色地质矿业集团有限公司及其下属单位在国家科技支撑计划、国土资源部公益性行业专项、中国地质调查局矿产调查、省地勘基金等财政专项资金的支持下，结合自主投入，持续十年来在柞水-山阳矿集区开展成矿作用研究、找矿预测与找矿勘查工作，通过深入系统的研究和找矿验证，总结了柞水-山阳矿集区金、铜矿床成矿规律和找矿标志，创新性地建立了重点矿床成矿模式、找矿模型和综合找矿方法技术组合，发现和评价了十多个中型金、铜矿床，工程验证新增Au资源/储量54.91吨，Cu资源量11.05万吨，V2O5矿石量1500万吨，实现了重大找矿突破，是对该地区所获地质成果的总结提炼与集中反映，为秦岭地区矿产勘查工作提供了示范和指导作用。项目在实施过程中始终坚持产学研用紧密结合，通过研究极大提高了西北有色地矿集团有限公司技术人员的理论水平和工作能力。

该成果报告已在国家一级查新单位进行了科技查新，并经中国有色金属工业协会2019年5月7日组织专家进行评价，认为项目取得了成矿理论新进展和找矿勘查突破，在隐伏矿综合找矿技术和方法方面达到国际先进水平，特推荐该项目参评陕西省科学技术进步二等以上奖励。

**三、项目简介**

“陕西省柞水-山阳矿集区成矿作用研究与找矿突破”是西北有色地质矿业集团有限公司设立的地质研究与找矿项目，工作周期：2007年1月-2018年1月。任务是开展柞水-山阳矿集区典型金、铜矿床成矿作用研究，总结找矿标志，指明找矿方向；建立矿集区金、铜矿床成矿模式和有效的找矿方法技术组合；开展矿集区深部找矿预测，优选找矿靶区和靶位，进行工程验证，实现找矿突破，提交矿产开发基地和后备基地。西北有色地质矿业集团有限公司、商洛西北有色七一三总队有限公司、西安西北有色地质研究院有限公司密切合作，先后在国家科技支撑计划、原国土部公益性行业专项、中国地质调查局矿产地质调查、省地勘基金等专项资金支持下，结合自主项目投入，持续十年来在柞水-山阳矿集区开展找矿研究与勘查工作，总结了矿集区金、铜矿床成矿规律和找矿标志，创新性建立了重点矿床成矿模式与综合找矿模型、找矿方法技术有效组合，发现和评价了十多个中型金、铜矿床，实现了重大找矿突破，在矿集区内新增资源/储量Au 54.91吨、Cu 11.05万吨，V2O5资源量13.98万吨，2018年1月编制了总体找矿研究报告，2月完成了评审验收。项目成果对中国地质调查局西安地质调查中心、陕西省地质调查院及省内外地勘单位在秦岭地区的地质调查研究和勘查工作起到了理论与技术指导作用。部分找矿成果于2020年2月22日获得央视“朝闻天下”、“新闻直播间”等节目报道，引起了社会热烈反响和广泛好评。

**四、客观评价**

2019年5月7日中国有色金属工业协会组织专家对本项目成果进行了评价，经讨论，一致认为：该项目研究总结了柞水-山阳矿集区重要金、铜矿床成矿规律，建立了重点矿床综合找矿模型和金、铜矿有效找矿方法技术组合，圈定了4处成矿远景区和9处找矿靶区，取得成矿理论新进展和找矿勘查突破，在隐伏矿综合找矿技术和方法方面达到国际先进水平。

**五、推广应用情况**

《陕西省柞水-山阳矿集区成矿作用研究与找矿突破》项目研究总结的寒武系黑色岩系、泥盆系碎屑岩、碳酸盐为金的赋矿岩层，EW向断裂或EW向韧-脆性剪切带与NE向张扭性叠加构造为金的控矿构造，晚侏罗世-早白垩世花岗斑岩体为铜钼的主要成矿岩体，柞水-山阳矿集区金、铜矿床综合成矿模式及构造蚀变岩型、微细浸染型金矿和斑岩-矽卡岩型铜钼矿床找矿方法技术组合与找矿模型为秦岭地区矿产勘查工作提供了示范和指导作用。自2015年起先后对中国地质科学院矿产资源研究所、中国地质调查局西安地质调查中心、陕西省地质调查院、中陕核工业地质调查院在秦岭地区开展成矿区带综合研究、地质矿产调查项目部署，特别是在柞水-山阳矿集区开展有关金、铜矿找矿勘查及工作部署提供了切实的理论与技术指导作用。

项目总结的成矿规律、找矿标志、成矿模式、找矿模型和综合找矿方法技术组合已应用于山阳秦鼎矿业有限责任公司、山阳秦金矿业有限公司、山阳纵横矿业有限公司的勘查项目中，实现了重大找矿突破。找矿验证提交的资源量正在被相关矿山开发利用，解决当地就业人员近400人。

**六、主要知识产权**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权发明人具体名称 | 国家（地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 出版社、期刊 | 权利人 | 完成人 |
| 1 | 其他 | 陕西秦岭地区与小岩体有关的铜钼多金属矿成矿背景与找矿预测研究 | 中国 | ISBN 978-7-116-09976-0 | 2016年09月15日 | 地质出版社 | 王瑞廷、代军治、张西社，等 | 王瑞廷、代军治、张西社，等 |
| 2 | 其他 | 秦岭造山带陕西段主要矿集区铅锌银铜金矿综合勘查技术研究 | 中国 | ISBN：9787116080522 | 2012年11月1日 | 地质出版社 | 王瑞廷，王东生，代军治，等 | 王瑞廷，王东生，代军治，等 |
| 3 | 论文 | 山阳-柞水矿集区斑岩-矽卡岩型多金属矿床找矿方法组合研究 | 中国 | 2015，31（1）：245-260 | 2015年01月15日 | 岩石学报 | 王瑞廷，王向阳，任涛，等 | 王瑞廷，王向阳，任涛，等 |
|  | 论文 | 陕西龙头沟金矿床的地质地球化学特征及成因探讨 | 中国 | 2010,18（2）：1-5 | 2010-04-15 | 黄金科学技术 | 胡西顺，原莲肖，朱红周，等 | 胡西顺，原莲肖，朱红周，等 |
|  | 论文 | 陕西省山阳县夏家店金(钒)矿床成矿地质特征及找矿前景分析 | 中国 | 2011,25(1):41-46 | 2011-02-15 | 矿产与地质 | 樊忠平,任涛,王瑞廷,，等 | 樊忠平,任涛,王瑞廷，等 |
|  | 论文 | 陕西省山阳县龙头沟金矿地质特征及控矿因素 | 中国 | 2011，40（S2）,97-101 | 2011-07-31 | 云南冶金 | 刘新伟，薛杉，汪超，等 | 刘新伟，薛杉，汪超，等 |
|  | 论文 | 陕西秦岭东部地区中生代钼、铜矿床时空分布规律、控矿因素及找矿潜力分析 | 中国 | 2016，35(4):809-828 | 2016-08-15 | 矿床地质 | 代军治, 张西社, 鱼康平，等 | 代军治, 张西社, 鱼康平，等 |
|  | 论文 | 柞水-山阳多金属矿集区成矿条件及找矿潜力分析 | 中国 | 2008，35（6）：1291-1298 | 2008-12-15 | 中国地质 | 王瑞廷，李剑斌，任涛，等 | 王瑞廷，李剑斌，任涛，等 |
|  | 论文 | 陕西池沟斑岩型铜矿地质特征与找矿前景分析 | 中国 | 2013，4(1):26-32 | 2013-01-28 | 矿产勘查 | 刘凯,李剑斌,任涛，等 | 刘凯,李剑斌,任涛,等 |
|  | 论文 | 秦岭造山带柞水-山阳沉积盆地铜矿勘查思路与方法 | 中国 | 2009，83（11）：1730-1738 | 2009-11-15 | 地质学报 | 任涛，王瑞廷，王向阳，等. | 任涛，王瑞廷，王向阳，等. |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 王瑞廷 | 排名 | 1 |
| 行政职务 | 主任 | 技术职称 | 教授级高工 |
| 工作单位 | 西北有色地质矿业集团有限公司 | 完成单位 | 西北有色地质矿业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 负责项目的整体技术思路、组织实施、找矿方法总结、找矿模型建立。对区域成矿背景、矿集区内重要金、铜矿床成矿模式与找矿模型进行了研究，优选评价了找矿技术方法，并建立了找矿技术方法组合，提出了找矿建议和部分找矿远景区，成果报告主编。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的一、二、三、四及七。 | | |
| 姓名 | 高菊生 | 排名 | 2 |
| 行政职务 | 总经理 | 技术职称 | 教授级高工 |
| 工作单位 | 西北有色地质矿业集团有限公司 | 完成单位 | 西北有色地质矿业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 负责项目的总体规划与找矿勘查部署。对夏家店、龙头沟、王家坪等金矿和冷水沟、池沟铜钼找矿靶区优选和找矿验证提出了指导意见，开展项目有关工作讨论，参与报告编写。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的二、四、七。 | | |
| 姓名 | 代军治 | 排名 | 3 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 教授级高工 |
| 工作单位 | 西北有色地质矿业集团有限公司 | 完成单位 | 西北有色地质矿业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 全程参加项目，负责典型矿床研究、找矿方法有效性评价、找矿远景区预测、报告编写。对矿集区内重要金、铜矿床成矿规律和控矿因素进行了研究、总结，厘定了金、铜矿床成矿时代，建立了金铜矿床成矿与找矿模型；对物化探方法进行了有效性评价；提出了部分找矿远景区。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的一、二、三、四、五、七。 | | |
| 姓名 | 王民良 | 排名 | 4 |
| 行政职务 | 总经理助理 | 技术职称 | 教授级高工 |
| 工作单位 | 西北有色地质矿业集团有限公司 | 完成单位 | 西北有色地质矿业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 全程参加项目，负责部分矿床找矿勘查工作部署与实施。对矿集区内重要金、铜矿床成矿规律进行了研究，成矿远景区和找矿靶区优选人之一，并提出了找矿勘查部署意见，进行项目野外指导，参与报告编写。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的四、五、六。 | | |
| 姓名 | 黄长青 | 排名 | 5 |
| 行政职务 | 副调研员 | 技术职称 | 教授级高工 |
| 工作单位 | 西北有色地质矿业集团有限公司 | 完成单位 | 西北有色地质矿业集团有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 参与矿集区成矿规律研究与总结、成矿预测，分管部分勘查项目与验证，技术指导山阳县夏家店、龙头沟-王家坪地区金矿找矿突破，参加报告编写。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的四、五、六。 | | |
| 姓名 | 李剑斌 | 排名 | 6 |
| 行政职务 | 总工 | 技术职称 | 高工 |
| 工作单位 | 商洛西北有色地质勘查局七一三总队有限公司 | 完成单位 | 商洛西北有色地质勘查局七一三总队有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 参与矿集区内池沟、冷水沟铜钼矿床、夏家店地区金矿成矿规律研究与找矿勘查项目实施，提出了部分找矿勘查部署意见，进行项目野外指导，参与报告编写。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的四、五、六。 | | |
| 姓名 | 胡西顺 | 排名 | 7 |
| 行政职务 | 副总工 | 技术职称 | 教授级高工 |
| 工作单位 | 西安西北有色地质研究院有限公司 | 完成单位 | 西安西北有色地质研究院有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 参与龙头沟地区、三官庙地区金矿床研究与勘查，总结了龙头沟、三官庙地区金矿成矿规律，是龙头沟地区金矿找矿勘查成果贡献人之一，参与报告编写。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的一、四、五、七。 | | |
| 姓名 | 樊忠平 | 排名 | 8 |
| 行政职务 | 副院长 | 技术职称 | 高工 |
| 工作单位 | 商洛西北有色地质勘查局七一三总队有限公司 | 完成单位 | 商洛西北有色地质勘查局七一三总队有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 参与柞-山地区金矿床成矿规律研究与找矿预测，主要负责矿集区金矿床成矿规律总结，是夏家店地区金矿找矿勘查成果贡献人之一。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的四、五、六、七。 | | |
| 姓名 | 刘新伟 | 排名 | 9 |
| 行政职务 | 副所长 | 技术职称 | 高工 |
| 工作单位 | 西安西北有色地质研究院有限公司 | 完成单位 | 西安西北有色地质研究院有限公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 参与龙头沟、王家坪金矿床研究及找矿预测，总结了龙头沟地区金矿成矿规律，为龙头沟金矿勘查成果贡献人之一。主要贡献对应申报书“主要科技创新”中的四、五、六。 | | |

**八、主要完成单位排序及贡献**

| **排名** | **单位名称** | **主要贡献** |
| --- | --- | --- |
| 1 | 西北有色地质矿业集团有限公司 | 作为项目牵头承担单位，在项目的总体设计和整体研究方案、项目组织实施和成果提交等方面担负了主要工作，充分发挥实施单位的技术和人才优势，在区域地质背景、典型矿床成矿模式综合研究和找矿方法有效性评价等方面全力给予人员、设备和技术支持。在项目的组织、管理和协调及找矿验证经费等方面提供了坚实的保障。 |
| 2 | 商洛西北有色七一三总队有限公司 | 作为第二实施单位，在该项目的立项申请论证、设计编写、研究和成果总结过程中始终提供技术支撑，在配合承担国家科研项目的基础上，还积极组织实施了10项地质矿产调查与勘查项目，在矿集区典型金、铜矿床研究、找矿方法试验与验证等方面给予人员、设备、费用的支持和配合，为找矿突破提供了保障。 |
| 3 | 西安西北有色地质研究院有限公司 | 作为第三实施单位，始终坚持科学技术研究和实际生产相结合的原则，发挥了科研优势。在项目的立项申请论证、设计编写、研究和成果总结过程中始终提供技术支撑。组织实施了9项找矿勘查项目，特别是在矿区找矿预测、遥感信息提取与识别、选矿试验等方面给予人员、设备、资料的支持，为找矿突破提供了保障。 |

**九、完成人合作关系说明**

项目主要完成人员有王瑞廷、高菊生、代军治、王民良、黄长青、李剑斌、胡西顺、樊忠平、刘新伟等9人，胡远平、刘凯、徐振平、任涛、王向阳、汪超等其他人员6人，均属于西北有色地质矿业集团有限公司及下属单位人员。这些人员以多种方式参与了项目实施，包括共同立项、设计、实施、规律总结、方法组合、靶区优选、合著专著、合著论文及报告撰写，集体成果为矿集区成矿规律总结与找矿预测、找矿工程验证提供了科学依据。

**十、完成单位合作关系说明**

本项目由西北有色地质矿业集团有限公司（原西北有色地质勘查局）牵头负责，商洛西北有色地质勘查局七一三总队有限公司、西安西北有色地质研究院有限公司参与完成。项目实施过程由牵头单位西北有色地质矿业集团有限公司负责总体设计和整体研究方案的提出、项目组织实施和成果总结、资料提交等方面主要工作；商洛西北有色地质勘查局七一三总队有限公司负责夏家店地区、冷水沟-池沟地区金、铜矿床等研究、找矿勘查与找矿预测工作；西安西北有色地质研究院有限公司负责龙头沟、王家坪、三官庙金矿床等研究、找矿勘查与找矿预测工作。负责及参与单位分工明确、责任清晰。

**项目四：电子级硅烷气产业化实施的关键技术与工艺**

**一、项目名称**

电子级硅烷气产业化实施的关键技术与工艺

**二、提名单位及意见**

**提名单位：**陕西有色金属控股集团有限责任公司

**提名意见：**

该项目是陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司在集团公司的支持下，在引进国外技术的基础上，消化、吸收再创新，针对硅烷气生产中存在的低纯、原料利用率和转化率低、高能耗、低产能、成本高以及进口依赖度高等问题，以低成本高产能稳定生产高纯电子级国产替代硅烷气产品为主要目标，从根本上改进国产硅烷气生产的设备和装置，本项目整体设计呈闭路循环模式，以四氯化硅为初始氯源进行氢化反应制备高纯三氯氢硅；随后，通过内部主要构件的重建和改良提高硅烷二次生产源三氯氢硅的回收，在闭路塔式反应器中经过循环式歧化反应制备超纯硅烷，实现接近100%的原料转化率，极大地降低了三氯氢硅的损耗和废气处理量；最后通过认证检测中心对硅烷气产品进行纯度检测，与国标指教参数进行对比，并优化整个硅烷气的生产工艺流程，获得低能耗、无污染、高产能的高纯硅烷气国产替代产品。项目在实施的过程中始终坚持产学研用紧密结合，通过研究极大提高了陕西有色天宏瑞科有责责任公司技术人员的理论水平和工作能力。

该成果报告已在国家一级查新单位中国有色技术经济研究院进行了科技查新，并经陕西省技术转移中心2021年4月22日组织何季麟院士为首的国内外知名专家进行评价，认为：该项目具有创新性，具有自主知识产权，整体技术达到国际先进水平，特推荐该项目参评陕西省科学技术进步二等以上奖励。

**三、项目简介**

“电子级硅烷气产业化实施的关键技术与工艺”是陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司设立的电子级硅烷气产业化项目，工作周期：2014年5月-2018年7月。任务是开展电子级硅烷气产业化的工艺技术路线、设备装置研究，学习吸收国外公司先进技术路线，突破关键技术和工艺壁垒，实现超大规模集成电路标准（VLSI）硅烷气的产业化实现。设计并建造了一种节能环保制备硅烷气的三氯氢硅歧化法的工艺及装置，该装置具有生产效率高，易于操作控制，能耗低，排出物少等优势；开发了使用氢气、四氯化硅和硅之间反应高效制造氯硅烷的方法和装置，大大提高了产品转化率；对于氯硅烷在氢气氛围中和铁反应形成铁硅化合物和铁磷化合物的机理进行研究，来保证工艺使用的氢化反应器和换热器等四氯化硅和氢气氛围设备的安全；开发了氯硅烷回收系统，硅烷回收率达到93%；超纯电子级硅烷气的提纯优化等工艺手段。项目最终实现年产30000吨，纯度达到99.9999%的规模化电子级硅烷气生产线的平稳运行。

**四、客观评价**

2021年4月22日陕西省技术转移中心组织专家对本项目成果进行了评价，经讨论，一致认为：该项目具有创新性，具有自主知识产权，整体技术达到国际先进水平，实现了高纯硅烷气生产的国产化，具有显著的经济和社会效益。建议进一步扩大产能规模。

**五、推广应用情况**

《电子级硅烷气产业化实施的关键技术与工艺》项目现已取得十余项专利成果，拥有硅烷气生产自主知识产权发明和实用专利8项，并对其完成了实际成果技术转化。本项目生产的硅烷气于2019年11月经化学工业气体质量监督检验中心/大连光明化学工业气体质量检测中心有限公司分析检测，检测指数表明本产品符合国标GB/T15909-2017《电子工业用气体 硅烷》要求，并于2020年6月16日在榆林市组织召开了“超纯电子级硅烷气”产品鉴定会，经与会专家鉴定证明本项目所生产的硅烷气纯度高达99.9999%以上，且参数表明本产品已经达到超大规模集成电路（VLSI）级产品规格，说明本项目的电子级硅烷气生产技术成熟度高。而且，本公司拥有独立的硅烷气生产设备和装置，目前已对高纯电子级硅烷气进行投产运营，产能达到30000吨/年，满足自给自足条件的同时还供应于隆基乐叶，通威集团，BOE（京东方）等多家硅烷气终端客户，市场反映良好，已形成稳定的供应能力，在大规模集成电路领域的市场导入正在稳步推进，目前正在集成电路行业的进行进口替代的验证工作。直接生产系统解决就业150余人。

**六、主要知识产权**

| 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 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 专利 | 一种流体逆流状态检测组件和渣料吸收装置 | 中国 | ZL202021725656.7 | 20210105 | 12279418 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 徐岩  张遵等 | 有效 |
| 专利 | 一种制冷剂除水装置 | 中国 | ZL202021765109.1 | 20210105 | 12278485 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 艾洲  李维等 | 有效 |
| 专利 | 制备氢氯硅烷的方法 | 中国 | ZL200580049746.0 | 2012.06.13 | 970294 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 威廉·C·布勒内曼 | 有效 |
| 专利 | 氢氯硅烷生产中结垢的降低 | 中国 | ZL201280051603.3 | 2015.12.23 | 1884870 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 施泰因·朱尔斯鲁德  安娅·奥拉夫森·斯耶斯塔德 | 有效 |
| 专利 | 制造硅烷和氢卤硅烷的系统和方法 | 中国 | ZL201280056572.0 | 2017.02.08 | 2372251 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 威廉·C·布勒内曼 | 有效 |
| 专利 | 用于制备硅烷和氢卤硅烷的方法和装置 | 中国 | ZL201480000474.4 | 2017.08.29 | 2588218 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 威廉·C·布勒内曼 | 有效 |
| 专利 | 减少氢氯硅烷生产中的腐蚀和结垢 | 中国 | ZL201480000480.X | 2017.06.06 | 2506450 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 施泰因·朱尔斯鲁德  安雅·O·肖斯塔 | 有效 |
| 专利 | 从反应残余物回收氢卤硅烷 | 中国 | ZL201480000672.0 | 2019.04.05 | 3323226 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 许倍荣  安东尼·D·汤普森 | 有效 |
| 专利 | 一种流体逆流状态检测组件和渣料吸收装置 | 中国 | ZL202021725656.7 | 2021.1.05 | 12279418 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 徐岩  张遵  周宏涛 | 有效 |
| 专利 | 一种制冷剂除水装置 | 中国 | ZL202021765109.1 | 2021.1.05 | 12278485 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 艾洲  张遵  周宏涛 | 有效 |
| 国家标准 | 取水定额第47部分：多晶硅生产 | 中国 | BG/T 18916.47-2020 | 2020.3.31 | 国家市场监督管理总局  国家标准化管理委员会 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 徐岩 | 有效 |
| 国家标准 | 节水型企业 多晶硅行业 | 中国 | GB/T38907-2020 | 2020.12.1 | 国家市场监督管理总局  国家标准化管理委员会 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 徐岩 | 有效 |
| 行业标准 | 光伏材料 硅烷 | 中国 |  |  | 国家市场监督管理总局  国家标准化管理委员会 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 徐岩 | 进行中 |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 徐岩 | | 排名 | 1 | |
| 行政职务 | 副总经理 | | 技术职称 | 高级工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 该同志是本项目的主持人与具体执行人，提出了本项目的研究方法，工艺路线，实施方案的确定。在三氯氢硅歧化法工艺装置的设计建造过程中起主导作用。在氢气、四氯化硅和硅粉高效制造氯硅烷的方法和装置项目中，提供了了主要的工艺思路和生产经验，为最终成果的完成做出了决定性贡献。对于氯硅烷在氢气氛围中和铁反应形成铁硅化合物和铁磷化合物的机理研究中提出了主要的解决思路。对于氯硅烷回收系统的开发和超纯电子级硅烷气的提纯优化，提出了主要的解决思路，并具体协调内外部资源予以实施完成。  近年来，该同志获得多项国家专利，制定国家标准两项，其中《节水型企业 多晶硅》对行业的发展产生了效果极好的引导作用。参与编制的《光伏产业发展路线图2020-2030》更是成为国家制定新能源发展政策的重要依据文件。 | | | | |
| 姓名 | 陈晓冬 | | 排名 | 2 | |
| 行政职务 | 硅烷部经理 | | 技术职称 | 化工工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 本项目的主要管理人员，负责具体生产工作的安排、推进和实施。 | | | | |
| 姓名 | 王朝 | | 排名 | 3 | |
| 行政职务 | 硅烷部副经理 | | 技术职称 | 中级工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 本项目的主要负责人，负责硅烷气生产现场设备安装与调试和开车运行等工作。 | | | | |
| 姓名 | 尚明达 | | 排名 | 4 | |
| 行政职务 | 硅烷部副经理 | | 技术职称 | 中级工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 负责冷氢化单元氢化反应器转化率提升研究；  负责精馏单元硅烷气质量提升研究。 | | | | |
| 姓名 | 周宏涛 | | 排名 | 5 | |
| 行政职务 | 硅烷部副主任 | | 技术职称 | 助理工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 主要负责现场具体生产和设备维护、设备安装调试等工作。 | | | | |
| 姓名 | 陈文革 | | 排名 | 6 | |
| 行政职务 | 无 | | 技术职称 | 教授级高级工程师 | |
| 工作单位 | 西安理工大学 | | 完成单位 | 西安理工大学 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 该同志作为本项目报告的主要完成人，在电子级硅烷气产业化、粒状多晶硅和区熔电子级多晶硅等项目的实施过程中，主要进行了市场调研和报告的顶层设计，对项目中创新点、关键点以及存在的局限性问题等进行凝炼和总结，提出了报告整体框架结构、构思和研究方法，为项目报告的完成做出了重要贡献。 | | | | |
| 姓名 | 邢阳阳 | | 排名 | 7 | |
| 行政职务 | 无 | | 技术职称 | 中级工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 该同志作为技术部门员工，对电子级硅烷气的国内外研究现状及存在的问题进行检索和调研；总结产品总体的研究思路和技术方案，归纳整理本项目的创新点及关键技术发明；对执行过程中的技术变更进行管理，为本项目的成功实施做出了重要贡献。 | | | | |
| 姓名 | 常璟春 | | 排名 | 8 | |
| 行政职务 | 生产主管 | | 技术职称 | 助理工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 研究氢化系统硅粉、四氯化硅的质量评价工作 | | | | |
| 姓名 | 刘思远 | | 排名 | 9 | |
| 行政职务 | 工程师 | | 技术职称 | 助理工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 主要负责硅烷气生产调试过程中的技术部分，以及部分设备维护、设备安装调试等工作。 | | | | |
| 姓名 | 强兴庆 | 排名 | | | 10 |
| 行政职务 | 技术质量部工程师 | 技术职称 | | | 助理工程师 |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 完成单位 | | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 主要负责硅烷气生产运行过程中的数据分析，改善方向的意见等，对于项目的创新点均有贡献。 | | | | |
| 姓名 | 张辉 | 排名 | | | 11 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | | | 博士后 |
| 工作单位 | 西安理工大学 | 完成单位 | | | 西安理工大学 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 该同志主要参与和完成“电子级硅烷气产品及其产业化”项目的研究报告，对硅烷气的国内外研究现状进行调研和总结，分析当前国内外在高纯硅烷气制备上存在的问题和亟待突破的难点；在国际硅烷气技术封锁的条件下，与国内外相关企业技术性能指标和关键参数进行比较，分析市场竞争优劣，完善本项目研究内容和技术方案，归纳整理本项目突出的创新点及关键技术要点；对本项目报告的圆满完成做出了重要贡献。 | | | | |

**八、主要完成单位排序及贡献**

| **排名** | **单位名称** | **主要贡献** |
| --- | --- | --- |
| 1 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 作为项目牵头承担单位，在项目的总体设计和整体研究方案、项目组织实施和成果提交等方面担负了主要工作，充分发挥实施单位的技术和人才优势，在工艺方法有效性评价，设备选型，项目推进等方面全力给予人员、设备和技术支持。在项目的组织、管理和协调及找矿验证经费等方面提供了坚实的保障。 |
| 2 | 西安理工大学 | 作为第二实施单位，作为智力提供方，在该项目的立项申请论证、设计编写、研究和成果总结过程中始终提供技术支撑，在工艺吸收再创新、国内外研究的方向等方面做出了坚实的技术保障。 |

**九、完成人合作关系说明**

项目主要完成人员有徐岩、陈晓冬、王朝、尚明达、周宏涛、陈文革、邢阳阳、常璟春、刘思远、强兴庆、张辉等11人，王相君、张遵、云森、石小林、左赛虎、李鹏飞等其他人员6人，均属于陕西有色天宏瑞科有限责任公司人员。这些人员以多种方式参与了项目实施，包括共同立项、设计、实施、规律总结、方法组合、专利申报、实施进度管理等，为项目的顺利实施提供科学依据和科学管理。

**十、完成单位合作关系说明**

本项目由陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司牵头负责，西安理工大学参与完成。项目实施过程由牵头单位陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司负责总体设计和整体研究方案的提出、项目组织实施和成果总结、资料提交等方面主要工作；西安理工大学负责技术方案的完善，技术指标的测评，国内外同类技术的查新与评述，技术创新的梳理，基本技术原理的确定和其它相关的技术处理 。负责及参与单位分工明确、责任清晰。

**项目五：粒状多晶硅产业化工程控制理论与实践**

**一、项目名称**

粒状多晶硅产业化工程控制理论与实践

**二、提名单位及意见**

**提名单位：**陕西有色金属控股集团有限责任公司

**提名意见：**

该项目是陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司在集团公司的支持下，在引进国外技术的基础上，消化、吸收再创新，针对改良西门子法工艺流程复杂，产率低,能耗高,成本高,易燃,易爆且资金投入大,资金回收慢等特点，以突破改良西门子法的电耗技术瓶颈反应温度低，能耗低，产品纯度高的硅烷流化床法来作为新一代技术路线研发，首先进行了工艺创新，借助流化床反应器生产粒状多晶硅，从而解决改良西门子法无法连续生产的问题；然后进行设备创新，主要包括设计籽晶分散装置，设计并优化反应热场，设计多层级喷嘴和优化设计取样装置等设备创新手段来连续生产产品质量优异的粒状多晶硅产品，达到将近100%的反应转化率和超低的电耗，并避免设备对于粒状多晶硅的污染；最后材料创不仅仅意味着制造出了优秀的，在光伏太阳能中具备广泛应用潜力的粒状硅材料，也意味着碳化硅内衬等新型耐磨材料在反应设备中的成功应用。最终获得产能和性能指标均达到世界领先的粒状多晶硅产品。项目在实施的过程中始终坚持产学研用紧密结合，通过研究极大提高了陕西有色天宏瑞科有责责任公司技术人员的理论水平和工作能力。

该成果报告已在国家一级查新单位中国有色技术经济研究院进行了科技查新，并经陕西省技术转移中心2021年4月22日组织何季麟院士为首的国内外知名专家进行评价，认为：该项目具有创新性，具有自主知识产权，整体技术达到国际领先水平，实现了高纯粒状硅生产的国产化，具有显著的经济和社会效益，特推荐该项目参评陕西省科学技术进步二等以上奖励。

**三、项目简介**

“粒状多晶硅产业化工程控制理论与实践”项目是陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司设立的硅烷流化床法生产粒状多晶硅项目，工作周期：2014年5月-2018年7月。任务是突破使用硅烷流化床法生产粒状多晶硅，产出成本低廉的多晶硅产品，为实现光伏平价上网的目标贡献产业力量。本项目产品于2018年已经成果产出，经历了国家宏观政策的调整，以及下游主流技术市场由多晶向单晶转变的重大变更，积极配合市场发展趋势、需求，顶住压力，迎难而上最终成功实现项目目标并对产品结构进行升级转型，适应市场需求。首先进行了工艺创新，借助流化床反应器生产粒状多晶硅，从而解决改良西门子法无法连续生产的问题；然后进行设备创新，主要包括设计籽晶分散装置，设计并优化反应热场，设计多层级喷嘴和优化设计取样装置等设备创新手段来连续生产产品质量优异的粒状多晶硅产品，达到将近100%的反应转化率和超低的电耗，并避免设备对于粒状多晶硅的污染；最后材料创不仅仅意味着制造出了优秀的，在光伏太阳能中具备广泛应用潜力的粒状硅材料，也意味着碳化硅内衬等新型耐磨材料在反应设备中的成功应用。项目产线目前可连续运行超过3000小时，极大降低单位产出固定成本的同时，也在下游产业的龙头企业隆基绿能，阿特斯等获得成功应用，且应用比例还在不断加大。

**四、客观评价**

2021年4月22日陕西省技术转移中心组织专家对本项目成果进行了评价，经讨论，一致认为：该项目具有创新性，具有自主知识产权，整体技术达到国际领先水平，实现了高纯粒状硅生产的国产化，具有显著的经济和社会效益。

**五、推广应用情况**

《粒状多晶硅产业化工程控制理论与实践》项目已具有成熟的工艺和完善的生产设备，目前已取得20余项知识产权成果，拥有硅烷流化床法生产装置，自主知识产权发明和实用专利16项，并对其完成了实际成果技术转化。本项目编制三项国家标准《流化床法颗粒硅》《颗粒硅总金属杂质含量的测定 电感耦合等离子体质谱法》和《颗粒硅表面粉尘含量的测定浊度法》均已通过专家论证，正在国家标准委员会进行立项审批。本项目产品2020年6月16日通过专家鉴定了陕西省新产品，并与2021年1月份通过陕西省工信厅认证为“陕西省重点新产品”。

目前颗粒硅生产线已经投产运营，产业化产能达到19000吨/年，供应给下游西安隆基、阿特斯等高端单晶客户，已经持续稳定供应，同时正在配合下一代连续直拉单晶的技术研发工作。

**六、主要知识产权**

| 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 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 专利 | 用于生产粒状硅的方法和设备 | 中国 | ZL201080004317.2 | 2015.11.25 | 1861462 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 迈克尔·V·斯潘格勒  格伦·斯图基 | 有效 |
| 专利 | 流化床反应器 | 中国 | ZL201080052371.4 | 2014.3.25 | 1355098 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | E·维恩·奥斯本  迈克尔·V·斯潘格勒等 | 有效 |
| 专利 | 硅喷动流化床 | 中国 | ZL200680026513.3 | 2011.3.2 | 744441 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 保尔·爱德华·埃格  杰弗里·A·汉森等 | 有效 |
| 专利 | 流化床反应器设备用的高温级钢 | 中国 | ZL201380003721.1 | 2017.3.29 | 2426605 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 迈克尔·V·斯潘格勒  马修·J·米勒等 | 有效 |
| 专利 | 反应器系统及用其生产多晶硅的方法 | 中国 | ZL201380003725.X | 2018.12.04 | 3171299 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 罗伯特·J·格尔特森 | 有效 |
| 专利 | 减轻多晶硅的金属接触污染的容器和方法 | 中国 | ZL 2013 8 0003726.4 | 2019.02.01 | 3241993 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 罗伯特·J·格尔特森  罗伯特·M·戴维森 | 有效 |
| 专利 | 用于流化床反应器的探头组件 | 中国 | ZL 2013 8 0003729.8 | 2017.06.27 | 2534108 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 马修·米勒  迈克尔·V·斯潘格勒等 | 有效 |
| 专利 | 流化床反应器内分段碳化硅衬的接合部设计 | 中国 | ZL 201410460564.3 | 2019.05.03 | 3360029 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 马修·J·米勒  迈克尔·V·斯潘格勒等 | 有效 |
| 专利 | 用于流化床反应器的阻挡元件 | 中国 | ZL 2014 1 0460636.4 | 2019.05.17 | 3377892 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 迈克尔·V·斯潘格勒  马修·J·米勒等 | 有效 |
| 专利 | 用于流化床反应器中的分段碳化硅衬的无污染粘合材料 | 中国 | ZL201410460891.9 | 2019.0705 | 3443333 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 塞法·耶尔马兹  马修·J·米勒等 | 有效 |
| 专利 | 用于形成用在流化床反应器中的碳化硅的高纯度硅 | 中国 | ZL 2014 1 0461379.6 | 2020.0804 | 3922041 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 迈克尔·V·斯潘格勒  马修·J·米勒等 | 有效 |
| 专利 | 分段碳化硅衬 | 中国 | ZL 2014 1 0461386.6 | 2019.0503 | 3360430 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | E·维恩·奥斯本  马修·J·米勒等 | 有效 |
| 专利 | 在流化床反应器中使用的分段衬和过渡支撑环 | 中国 | ZL 2014 1 0601759.5 | 2019.10.08 | 3549270 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 迈克尔·V·斯潘格勒 | 有效 |
| 专利 | 用于硅粉末管理的设备和方法 | 中国 | ZL 2014 1 0853045.3 | 2020.08.11 | 3930546 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 罗伯特·J·格尔特森 | 有效 |
| 专利 | 用于固结粒状硅并测量非金属含量的方法和装置 | 中国 | ZL 2014 8 0000479.7 | 2018.08.21 | 3043435 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 塞法·耶尔马兹  西奥多·F·齐赛克等 | 有效 |
| 专利 | 一种床层取样装置 | 中国 | ZL 2020 2 2079237.7 | 2021.1.22 | 12369768 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 马文君  王相君等 | 有效 |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 王相君 | | 排名 | 1 | |
| 行政职务 | 技术质量部经理 | | 技术职称 | 工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 该同志作为项目的主持人，主要负责本项目的落地、运行与实施，负责项目实施方案的设计与工艺审核，直接负责从项目设计、工程实施、试车调试等所有工作，在项目产业化进展遇到中试所不能体现的瓶颈问题的时候，率先提出了主要解决方案的思路，推动项目成功实施，最终产能与性能指标均达到世界领先。  今年来，该同志共申报国家专利1项，获得专利授权1项，其专利《一种床层 装置》该技术提供一种流化床床层取样装置，该取样装置不仅能够获取反应器内床层的实时粒径样品，而且能够减少或避免内部取样装置对正常产品以及样品的污染，解决了行业内梦寐以求的建立流化床反应器内相关工艺参数之间的关联性的诉求，使得提高反应效率的各种微创新成为可能。  该同志还在质量体系，检验检测等诸多领域取得了非凡的业绩。 | | | | |
| 姓名 | 张虎 | | 排名 | 2 | |
| 行政职务 | 粒状硅生产部副经理 | | 技术职称 | 中级工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 自主开发了用于生产粒状硅的流化床反应器中使用的分段非金属陶瓷内衬以及各分段内衬之间的粘合材料。形成了超大内径和超大拼接高度的非金属陶瓷内衬组件系统，整体大幅度降低产品的污染程度，实现了流化床法生产电子级多晶硅。解决了流化床法生产多晶硅纯度有限只能生产光伏级多晶硅的行业问题。  研发了全新的反应器喷嘴优化设计和顶部的进料管的设计减少喷嘴开口和反应器壁的结垢，降低了腾涌发生的频率，大幅度提高了反应器运行的稳定性和运行时长。同时在提升收率和质量方面体现出明显的优势。 | | | | |
| 姓名 | 韦武杰 | | 排名 | 3 | |
| 行政职务 | 粒状硅硅生产部副经理 | | 技术职称 | 助理工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 对流化床反应器内部结构和内插件的创造性改造，大大优化了传统流化床在制备粒状多晶硅过程中出现的腾涌、粒径偏析、底部温度过高和自产种晶的工艺问题。确保了工艺的稳定性，延长了反应器的运行周期。对于支撑型运输和辅助基础结构的优化，提升了产品质量。  开发了全新的碳化硅内衬组件，结合新一代流化床反应器的结构特征以及工艺条件，通过粘合材料和结合部设计，彻底解决了粒状硅产品与反应器内壁接触导致产品质量等级无法提升，只能停留在光伏多晶硅的问题，成功制备出光伏特级颗粒状多晶硅，并有望达到电子级产品。 | | | | |
| 姓名 | 马文军 | | 排名 | 4 | |
| 行政职务 | 粒状硅生产部副经理 | | 技术职称 | 助理工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 研发了流化床床层取样装置。该取样装置不仅能够获取反应器内床层的实时粒径样品，而且能够减少或避免内部取样装置对正常产品以及样品的污染。成功解决先前在流化床反应器下游取样无法准确地反映反应器内部实时的粒径分布情况以及二次取样带来更多杂质污染的不足。  研发了全新的反应器喷嘴优化设计和顶部的进料管的设计减少喷嘴开口和反应器壁的结垢，降低了腾涌发生的频率，大幅度提高了反应器运行的稳定性和运行时长。同时在提升收率和质量方面体现出明显的优势。 | | | | |
| 姓名 | 陈文革 | | 排名 | 5 | |
| 行政职务 | 无 | | 技术职称 | 教授级高级工程师 | |
| 工作单位 | 西安理工大学 | | 完成单位 | 西安理工大学 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 申请国家专利30余项，获批国家授权的发明专利28项；出版“十二五”规划教材《粉末冶金工艺及材料》，获陕西省高等学校优秀教材一等奖；出版“十三五”规划教材《无损检测原理及技术》；是《中国有色金属学报》、《功能材料》、《粉末冶金技术》、《表面技术》、《Ceramics International》、《Journal of Alloys and Compounds》等期刊以及国家自然科学基金项目的评审专家；在国内外重点期刊上发表学术论文150余篇，其中60余篇被SCI、EI收录；主持或参与国家、省、市、企业各类项目几十项，作为主要参与人曾获国家科技进步二等奖、作为主持人获得西安市科技进步三等奖。 | | | | |
| 姓名 | 邢阳阳 | | 排名 | 6 | |
| 行政职务 | 无 | | 技术职称 | 中级工程师 | |
| 工作单位 | 西安理工大学 | | 完成单位 | 西安理工大学 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 该同志作为技术部门员工，对多晶硅的国内外研究现状及存在的问题进行检索和调研；总结产品总体的研究思路和技术方案，归纳整理本项目的创新点及关键技术发明；对执行过程中的技术变更进行管理，为本项目的成功实施做出了重要贡献。 | | | | |
| 姓名 | 李朋飞 | | 排名 | 7 | |
| 行政职务 | 技术质量部工程师 | | 技术职称 | 中级工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 研发和优化了一种粒状硅粉尘检测技术；并参与研发了粒状多晶硅表面金属检测，体金属，碳含量，氢含量，施主与受主含量的检测方法，以及颗粒硅包装用才的污染检测技术；分析颗粒硅金属含量与少子寿命的关系，为颗粒硅的生产工艺提供各项重要参数，使工艺上实现新突破，头尾寿命、尾碳、成晶率、单产、转换效率均领先行业水准。 | | | | |
| 姓名 | 苏志勇 | | 排名 | 8 | |
| 行政职务 | 粒状硅生产部工程师 | | 技术职称 | 助理工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 研发和优化了一种粒状硅除尘技术。解决了粒状多晶硅产出后颗粒硅尺寸不均匀、粉尘含量较大、表面污染较严重等问题。经过抛光除尘后粒状硅颗粒表面粉尘含量明显下降、表面污染得到良好的改善，颗粒硅各项指标再获新突破，头尾寿命、尾碳、成晶率、单产、转换效率均领先行业水准。 | | | | |
| 姓名 | 冯玉波 | | 排名 | 9 | |
| 行政职务 | 粒状硅生产部主管 | | 技术职称 | 助理工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 1. 参与完成粒状硅流化床反应器首次机械组装以及产线调试开车； 2. 参与完成流化床反应器非金属内衬组配及波纹管技术改造并成功安装； 3. 参与试验非金属内衬粘接条件，总结寻找内衬固化最佳固化曲线；   进行内衬固化炉平台调试及改造。 | | | | |
| 姓名 | 李治锋 | 排名 | | | 10 |
| 行政职务 | 粒状硅生产部主管 | 技术职称 | | | 无 |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 完成单位 | | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 研发和优化了一种粒状硅除尘技术。解决了粒状多晶硅产出后颗粒硅尺寸不均匀、粉尘含量较大、表面污染较严重等问题。经过抛光除尘后粒状硅颗粒表面粉尘含量明显下降、表面污染得到良好的改善，颗粒硅各项指标再获新突破，头尾寿命、尾碳、成晶率、单产、转换效率均领先行业水准。 | | | | |
| 姓名 | 赖光清 | 排名 | | | 11 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | | | 无 |
| 工作单位 | 西安理工大学 | 完成单位 | | | 西安理工大学 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 该同志作为“粒状多晶硅产业化工程控制理论与实践”这一项目报告的主要完成人，对粒状多晶硅的国内外研究现状及存在的问题进行间所和调研；总结产品总体的研究思路和技术方案，归纳整理本项目的创新点及关键技术发明；简要叙述本项目的成果状况和市场应用前景以及取得的经济效益，对本项目的研究报告做出了重要贡献。 | | | | |

**八、主要完成单位排序及贡献**

| **排名** | **单位名称** | **主要贡献** |
| --- | --- | --- |
| 1 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 作为项目牵头承担单位，在项目的总体设计和整体研究方案、项目组织实施和成果提交等方面担负了主要工作，充分发挥实施单位的技术和人才优势，在工艺方法有效性评价，设备选型，项目推进等方面全力给予人员、设备和技术支持。在项目的组织、管理和协调及找矿验证经费等方面提供了坚实的保障。 |
| 2 | 西安理工大学 | 作为第二实施单位，作为智力提供方，在该项目的立项申请论证、设计编写、研究和成果总结过程中始终提供技术支撑，在工艺吸收再创新、国内外研究的方向等方面做出了坚实的技术保障。 |

**九、完成人合作关系说明**

项目主要完成人员有王相君、张虎、韦武杰、马文军、陈文革、邢阳阳、李朋飞、苏志勇、冯玉波、李治锋、赖光清等11人，左赛虎、石小林、强兴庆等其他人员3人，均属于陕西有色天宏瑞科有限责任公司人员。这些人员以多种方式参与了项目实施，包括共同立项、设计、实施、规律总结、方法组合、专利申报、实施进度管理等，为项目的顺利实施提供科学依据和科学管理。

**十、完成单位合作关系说明**

本项目由陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司牵头负责，西安理工大学参与完成。项目实施过程由牵头单位陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司负责总体设计和整体研究方案的提出、项目组织实施和成果总结、资料提交等方面主要工作；西安理工大学负责技术方案的完善，技术指标的测评，国内外同类技术的查新与评述，技术创新的梳理，基本技术原理的确定和其它相关的技术处理 。负责及参与单位分工明确、责任清晰。

**项目六：粒状多晶硅产业化工程控制理论与实践**

**一、项目名称**

区熔用多晶硅产业化的关键技术及装备一体化

**二、提名单位及意见**

**提名单位：**陕西有色金属控股集团有限责任公司

**提名意见：**

该项目是陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司在集团公司的支持下，在引进国外技术的基础上，消化、吸收再创新，针对多晶硅生产过程中存在的表面形态难以控制、硅烷转化率低、产品取样收获困难以及进口依赖度高等问题，以低成本稳定性生产高纯、高阻且大尺寸电子级国产多晶硅替代进口产品为主要目标，首先对于多晶硅反应炉相关装备进行设计与优化，解决现有装备存在的各类缺陷。其次对生产出的多晶硅产品的结构与性能进行调控，拟合大量数据，建立影响因素与产品结构间的关系方程，满足对多晶硅产品结构的控制。最后在对产品的性能进行分析，通过调节参数达到对于多晶硅产品关键技术指标的精确调控。最终建立一套区熔用多晶硅产业化的工艺路线及体系。项目在实施的过程中始终坚持产学研用紧密结合，通过研究极大提高了陕西有色天宏瑞科有责责任公司技术人员的理论水平和工作能力。

该成果报告已在国家一级查新单位中国有色技术经济研究院进行了科技查新，并经陕西省技术转移中心2021年4月22日组织何季麟院士为首的国内外知名专家进行评价，认为：该项目具有创新性，具有自主知识产权，整体技术达到国际先进水平，实现了区熔用多晶硅国内产业化的实现，具有显著的经济和社会效益，特推荐该项目参评陕西省科学技术进步二等以上奖励。

**三、项目简介**

“区熔用多晶硅产业化关键技术及设备一体化”项目是陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司设立的区熔用多晶硅国产化项目，工作周期：2014年5月-2018年7月。任务是突破区熔用多晶硅产业化关键技术，并开发一体化设备，首先对于多晶硅反应炉相关装备进行设计与优化，解决现有装备存在的各类缺陷。其次对生产出的多晶硅产品的结构与性能进行调控，拟合大量数据，建立影响因素与产品结构间的关系方程，满足对多晶硅产品结构的控制。最后在对产品的性能进行分析，通过调节参数达到对于多晶硅产品关键技术指标的精确调控。目前生产的区熔用多晶硅，已在国内两家头部单晶制备企业开始认证，并成功制备出4-6寸区熔单晶，制备出的区熔单晶在下游器件厂家制备出器件，经检测器件各项性能良好。2021年2月3号《人民日报》第18版刊发题为《做强材料“口粮”端稳工业“饭碗”》的报道，聚焦我国在关键基础材料领域取得的进展，重点介绍了区熔用多晶硅领域取得的关键技术突破。

**四、客观评价**

2021年4月22日陕西省技术转移中心组织专家对本项目成果进行了评价，经讨论，一致认为：该项目具有创新性，具有自主知识产权，整体技术达到国际先进水平，实现了区熔用多晶硅国内产业化的实现，具有显著的经济和社会效益。

**五、推广应用情况**

《区熔用多晶硅产业化的关键技术及装备一体化》项目已经成功生产并建立了一套产业化多晶硅的工艺路线及体系，实现批量供应能力。目前天瑞公司产品正在下游两家企业开展大批量商业化工作，生产直径为165 mm，长度为2300 mm，单根重达110公斤的区熔用多晶硅，晶粒细小均匀（晶粒尺寸约500 nm），表面光滑、无杂质、无缺陷，且纯度和电阻率均很高。本项目产品成功打破国内大尺寸区熔用多晶硅记录，标志着中国具备生产大直径区熔用多晶硅的能力，经检测产品各项质量指标优于国家标准，与美国REC区熔用多晶硅产品质量相同，已经成功应用于下游客户，拉制出本征硅片。

本项目生产的区熔用多晶硅产品质量稳定可控，经天瑞多晶实验室与REC实验室对标测试，以及美国密苏里大学原子能实验室体金属测试各项质量指标与国际尖端企业处于同一水平。天瑞公司作为第一起草单位，目前正在主持编制国家标准《区熔多晶硅棒》，目前全国半导体材料标准化分技术委员会已经审议通过，立项材料已经上传国家标准化委员会审批系统，目前正在等待国家标准化委员会立项批复。目前生产系统直接解决就业100余人。

**六、主要知识产权**

| 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 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 国家标准 | 节水型企业 多晶硅行业 | 中国 | GB/T 38907-2020 | 2020-06-02 | 国家市场监督管理总局  国家标准化管理委员会 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 刘建中 | 有效 |
| 国家标准 | 取水定额 第47部分：多晶硅生产 | 中国 | GB/T 18916.47-2020 | 2020-03-31 | 国家市场监督管理总局  国家标准化管理委员会 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 刘建中 | 有效 |
| 发明专利 | 多晶硅体系 | 中国 | ZL 2012 8 0003244.4 | 2016-1-20 | 国家知识产权局 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 大卫·P·威廉姆斯  南希·卡诺夫 | 有效 |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 刘建中 | | 排名 | 1 | |
| 行政职务 | 副总经理 | | 技术职称 | 高级工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 该同志系本项目的主持人，确认了本项目的技术路线，原理方案，负责项目的总体建设、测试、下游的试用，尤其是在最核心的电源系统方面，从实际需要出发，既考虑满足质量要求，又考虑成本因素，与国内知名厂家合作开发替代进口系统，坚持自主创新，最终设计成功使用的国产电源系统在生产中获得成功应用，不仅提高运行稳定性，区熔开炉成功率也大幅提升。  同时为了生产出合格的适合于4-8英寸区熔用多晶硅产品，在三氯氢硅西门子法生产经验的基础上，主要从热场和气场两个方向进行了创新，解决了多晶硅棒残余应力过大的难题，获得超细化晶粒，成功生产出大直径区熔用多晶硅棒。 （1）硅烷西门子法反应器的热场改进。，根据现场运行经验，在反应器内部巧妙设计特殊换热器，使每根硅棒获得均匀热场。 （2）硅烷西门子法反应器的进气系统改进。改进进气系统气源管线分布，使得硅烷在整个反应器内部浓度更均匀，优化反应器内部硅烷气流动方式，避免了底盘对于产品的污染。反应器的气场分布均匀，从初始到生长结束时多晶硅的生长速率保持一致。 | | | | |
| 姓名 | 曹得财 | | 排名 | 2 | |
| 行政职务 | 超纯硅生产部副经理 | | 技术职称 | 中级工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 该同志主要针对项目的理论框架的搭建，内部热场的计算等方面起了主导作用，是主要项目工作的执行者。 | | | | |
| 姓名 | 陈文凯 | | 排名 | 3 | |
| 行政职务 | 超纯硅生产部副经理 | | 技术职称 | 助理工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 本项目的主要执行人，主要负责设备的管理，系统的安装、调试。 | | | | |
| 姓名 | 邢阳阳 | | 排名 | 4 | |
| 行政职务 | 无 | | 技术职称 | 中级工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 负责冷氢化单元氢化反应器转化率提升研究；  负责精馏单元硅烷气质量提升研究。 | | | | |
| 姓名 | 王相君 | | 排名 | 5 | |
| 行政职务 | 技术质量部经理 | | 技术职称 | 中级工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 该同志作为技术质量部经理，主要负责本项目的落地、运行与实施，负责项目实施方案的设计与工艺审核，直接负责从项目设计、工程实施、试车调试等所有工作，在项目产业化进展遇到中试所不能体现的瓶颈问题的时候，率先提出了主要解决方案的思路，推动项目成功实施。 | | | | |
| 姓名 | 陈文革 | | 排名 | 6 | |
| 行政职务 | 无 | | 技术职称 | 教授级高级工程师 | |
| 工作单位 | 西安理工大学 | | 完成单位 | 西安理工大学 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 该同志作为本项目报告的主要完成人，在电子级硅烷气产业化、粒状多晶硅和区熔电子级多晶硅等项目的实施过程中，主要进行了市场调研和报告的顶层设计，对项目中创新点、关键点以及存在的局限性问题等进行凝炼和总结，提出了报告整体框架结构、构思和研究方法，为项目报告的完成做出了重要贡献。 | | | | |
| 姓名 | 郭荣 | | 排名 | 7 | |
| 行政职务 | 硅烷生产部工程师 | | 技术职称 | 中级工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 主要负责生产现场设备安装与调试和开车运行，以及生产调试过程中的技术部分，包含设计对接、技术改造、运行问题处理、产能测试、产品认证。 | | | | |
| 姓名 | 石小林 | | 排名 | 8 | |
| 行政职务 | 无 | | 技术职称 | 助理工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 研究分析项目信息，根据数据分析结果提供专业意见，整理文件资料，归档项目资料等。 | | | | |
| 姓名 | 马维庆 | | 排名 | 9 | |
| 行政职务 | 无 | | 技术职称 | 助理工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 任职期间参与了本项目建设、安装、调试，提出多条合理化建议并进行技改，为成功产出区熔多晶硅奠定了良好得基础。 | | | | |
| 姓名 | 王杰 | 排名 | | | 10 |
| 行政职务 | 设备主管 | 技术职称 | | | 助理工程师 |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 完成单位 | | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 在公司项目建设时期，扎根于一线，负责现场的基建、设备安装与调试等各项复杂工作，保证了项目建设工作顺利进行。  担任设备主管期间，在设备管理方面实行了“月检制”、“周检制”和“日检制”三种设备检查方式，对现场出现的设备问题及时督促整改，保证了现场设备的平稳安全运行。为提高基层员工设备管理水平，每月进行设备基础知识培训，大大提高了部门员工的整体技能素质。推行的5S管理制度、TPM制度及全流程审计制度，使得部门在设备管理、产品质量等方面的工作都有了较大提升。 | | | | |
| 姓名 | 孙博 | 排名 | | | 11 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | | | 无 |
| 工作单位 | 西安理工大学 | 完成单位 | | | 西安理工大学 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 完善多晶硅产品的成果研究背景，简明扼要地概述多晶硅产品研究时的科学技术状况、市场情况和尚待解决问题；总结产品总体的研究思路和技术方案，即解决问题的整体构思和采取的相关措施；归纳整理本项目的创新点及关键技术发明；简要叙述本项目多晶硅产品的成果成熟度、经济效益和推广应用前景；并对比国内外相关企业技术，包括总体技术性能指标和关键参数比较以及市场竞争分析对比。该同志对本项目报告的圆满完成做出了重要贡献。 | | | | |

**八、主要完成单位排序及贡献**

| **排名** | **单位名称** | **主要贡献** |
| --- | --- | --- |
| 1 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 作为项目牵头承担单位，在项目的总体设计和整体研究方案、项目组织实施和成果提交等方面担负了主要工作，充分发挥实施单位的技术和人才优势，在工艺方法有效性评价，设备选型，项目推进等方面全力给予人员、设备和技术支持。在项目的组织、管理和协调及找矿验证经费等方面提供了坚实的保障。 |
| 2 | 西安理工大学 | 作为第二实施单位，作为智力提供方，在该项目的立项申请论证、设计编写、研究和成果总结过程中始终提供技术支撑，在工艺吸收再创新、国内外研究的方向等方面做出了坚实的技术保障。 |

**九、完成人合作关系说明**

项目主要完成人员有刘建中、曹得财、陈文凯、邢阳阳、王相君、陈文革、郭荣、石小林、马维庆、王杰、孙博等11人，左赛虎、李鹏飞等其他人员2人，均属于陕西有色天宏瑞科有限责任公司人员。这些人员以多种方式参与了项目实施，包括共同立项、设计、实施、规律总结、方法组合、专利申报、实施进度管理等，为项目的顺利实施提供科学依据和科学管理。

**十、完成单位合作关系说明**

本项目由陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司牵头负责，西安理工大学参与完成。项目实施过程由牵头单位陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司负责总体设计和整体研究方案的提出、项目组织实施和成果总结、资料提交等方面主要工作；西安理工大学负责技术方案的完善，技术指标的测评，国内外同类技术的查新与评述，技术创新的梳理，基本技术原理的确定和其它相关的技术处理 。负责及参与单位分工明确、责任清晰。