

陕西省技术发明奖公示信息

(2025年度)

一、项目基本情况

项目名称	低成本规模化制备高纯净原镁关键技术及其应用
主要完成人	单智伟，杨博，刘博宇，郑芮，王鹏飞，王悦存
主要完成单位	西安交通大学，陕西国科镁业科技有限公司

二、提名意见（适用于部门、机构提名）

提 名 者	陕西省教育厅	提名等级	<input checked="" type="checkbox"/> 一等奖 <input type="checkbox"/> 二等奖及以上
<p>提名意见：</p> <p>现有原镁纯净化技术成本高、规模化制备难，制约了高品质镁材料制备与应用。针对这一难题，该项目提出了“气态原子选择性分离”的镁纯净化新原理，发明了“梯度冷凝”、“吸附过滤”和“净密结晶”等关键技术，实现了高纯净原镁的低成本、规模化制备，相关产品应用于高端结构材料、生物医用等领域，技术创新显著。</p> <p>该项目获授权国家发明专利 23 件（转让 7 件），发表论文 35 篇，技术落地新增总产值超 23 亿元；培养国家级青年人才 3 名，研究生 39 名。第一完成人获评国际镁学会年度人物奖（2021），相关成果获国际镁协变形产品奖（2025）、中国材料研究学会技术发明一等奖（2023）、国际镁学会创新工艺奖（2022）等多项荣誉，经济效益与社会效益显著。</p> <p>成果材料齐全、规范，无知识产权争议，完成人排序无异议，符合陕西省技术发明奖提名条件。提名该项目为陕西省技术发明奖一等奖。</p> <p>说明：省科学技术奖一、二等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“仅提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖。提名项目正式提交后，提名等级建议本年度不得变更。</p>			

二、提名意见（适用于专家提名）

姓 名			
专家类型	<input type="checkbox"/> 国家最高科学技术奖获得者 <input type="checkbox"/> 中国科学院院士 <input type="checkbox"/> 中国工程院院士 <input type="checkbox"/> 国家科学技术奖获奖项目第一完成人（需注明获奖等次） <input type="checkbox"/> 省最高科学技术奖获奖人（或 xxxx 年省科学技术最高成就奖、xxxx 年基础研究重大贡献奖获奖人） <input type="checkbox"/> Xxxx 年省科学技术奖第一完成人（需注明获奖等次）	提名等级	<input type="checkbox"/> 一等奖 <input type="checkbox"/> 二等奖及以上
责任专家	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
提名意见：			
说明：省科学技术奖一、二等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“仅提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖。提名项目正式提交后，提名等级建议本年度不得变更。			

三、项目简介

金属镁在航空航天、交通运输、生物医用、战略金属还原等领域具有重要应用价值。原镁是镁产业链的源头，但现有工艺制备的原镁普遍存在杂质种类多、含量高且波动大的痼疾，这些杂质会从原镁遗传传递至合金再到产品，导致现有镁产品常表现出力学性能差、易腐蚀、性能指标波动范围大等问题，严重制约其规模化应用。因此，原镁的高纯净化已成为行业的迫切需求，但现有纯净化工艺或效果有限，或成本高昂，难以实现高纯净原镁的低成本规模化制备和应用。针对这一重大需求和难题，该项目在国家自然科学基金重点项目、联合基金重点项目、重大横向课题等科研项目的持续支持下，历经 10 余年，提出了基于气态原子选择性分离的金属镁纯化新原理，发明了气态条件下高效率去除镁中杂质的梯度冷凝和吸附过滤技术以及净密结晶技术，并开发了相应的纯净化装置系统，突破了高纯净原镁的低成本规模化制备的难题，为我国镁产业整体提质升级奠定了原材料基础。主要发明内容如下：

(1) 提出了基于气态原子选择性分离的金属镁纯化新原理，发明了梯度冷凝除杂技术，颠覆了硅热法不能直接生产高纯镁的传统认知，实现了 3N5A 级高纯净原镁的低成本规模化生产。（主要知识产权 1~4）

当前工业纯镁生产中主要采用在液态镁熔体中添加精炼剂的方法去除杂质，但其纯化效果有限，一般只能制备 Mg9990 级（即 3N 级）纯镁，难以制备出高性能镁合金所需的 3N5B 级及以上纯度的镁。根据气体原子间作用力远小于固/液态的物理本质，提出了基于气态原子选择性分离的金属镁纯化新原理——即在镁蒸气中直接捕获杂质。基于这一原理，发明了梯度冷凝除杂技术及其装置系统，筛选出了既能促进杂质冷凝，又不引入新杂质的冷凝材质。应用该技术，使镁中的 Fe、Si、Al、Mn 等主要杂质含量降低了 1~2 个数量级，最低降至~10 ppm 量级，满足国标 3N5A 级要求，进而建成了全国首条年产千吨 3N5A 级高纯净原镁生产示范线，在不显著增加成本、不降低产量、不增加操作难度的基础上，使产品的国标 3N5A 达标率由技改前的不足 1%提升至 90%以上。经进一步推广，现已实现了万吨级年产量。

(2) 在梯度冷凝技术的基础上，发明了吸附过滤强化除杂技术，两者联用实现了 5N5 级超高纯镁的稳定制备，目前最高已达 5N7（检测了 73 种元素）。（主要知识产权 5~7）

在梯度冷凝技术制备 3N5A 级高纯净原镁的基础上，面向高纯钛/锆还原、生物医用、半导体等领域对 4N、5N 乃至更高纯度镁的重大需求，发明了吸附过滤强化除杂技术，其与梯度冷凝技术联用，实现了 5N5 级超高纯镁的稳定制备。此前，4N 及以上纯度的镁主要依赖真空蒸馏法，但该方法为了避免杂质的蒸出而一般只在 650°C-700°C 左右慢速蒸发，因此提纯速度慢、镁收得率低，且 5N 级镁常需多次蒸馏才能实现，导致能耗和成本大幅升高。该项目在梯度冷凝装置上，集成复合式吸附过滤结构，并在 900°C 左右气化原料以大幅提升蒸发速率，使镁蒸气中的杂质在单次纯净化处理中即可被高效去除，大部分杂质降低至 0.1~1 ppm，部分杂质如 Fe、Ni、Cu、Al、Ca 等降低至辉光放电质谱法（常用的高精度全元素检测方法）的检出限以下。同时，基于纯镁与杂质之间的电偶腐蚀原理，发明了一种快速、低成本的镁纯度对比检

测方法，以满足高纯净镁生产的品控需求。该项目技术打破了传统真空蒸馏法纯化效果与生产效率/成本互斥的难题，在高纯镁直接收得率达 90%的基础上，通过单次提纯即可制备出 5N5 级超高纯镁，目前最高已达 5N7 级（检测了 73 种元素）。

（3）发明了高纯镁的净密结晶技术及生产系统，解决了传统结晶方法外壁污染、结晶疏松、易二次氧化等问题，进一步开发并应用了高纯镁表面防护技术，获得了洁净致密且抗氧化的高纯镁。（主要知识产权 8~10）

传统镁结晶器壁面会与镁结晶粘连，导致脱模困难和壁面二次污染；所制得的结晶镁结构疏松，易氧化、氮化。针对这一难题，基于镁蒸气凝华过程中气固界面的传质传热规律，设计了热壁冷盘控温结晶系统，使镁蒸气在结晶系统内定向传输，避免被壁面粘连和污染，最终在冷盘上可控致密沉积，形成高纯净且致密结晶镁。进一步发明了镁熔体过滤和逐层铺设方法，实现了由结晶镁到净密铸锭的可控制备。利用高纯净镁不易发生局部点蚀的特点，将其表面均匀腐蚀层在等离子体中原位转变为致密防护膜，进一步提升所制备高纯镁抗氧化能力。基于上述技术，所制备净密结晶镁在 450 °C 大气下暴露 7 小时，氧（氮）化增重仅为传统结晶的 4.5%；所制备净密铸锭经 CT 检测，氧化夹杂体积分数和孔隙率大幅下降。

该项目授权国家发明专利 23 件，10 件代表性专利全部实现应用，其中转让 7 件（700 万元），发表学术论文 35 篇。基于该项目成果，建成了全国首条年产千吨 3N5A 级高纯净原镁示范线，现已实现万吨级年产量，产品获评 2023 年度陕西省“新材料首批次应用产品”。相关技术落地两家镁龙头企业，新增总产值超 23 亿元。所制备的 4N 级高纯净镁应用于国标（北京）检验认证有限公司（国家有色标准样品的定点研制单位），支撑其开发了国内首款痕量杂质定量检测的纯镁标准样品（编号：GSB 04-4105-2023）。所制备的 5N 级超高纯净镁用于赛诺医疗（上市公司）和德国 Meotec GmbH 公司等的生物医用材料与器件研制。基于高纯净原镁，研制出了力学和耐蚀性能指标优良、稳定性好的高品质镁合金，并将其应用在全球首辆镁合金氢能驱动重载卡车上，单车镁合金用量超 800 公斤，成果进展两次被央视报道，目前安全营运里程超过 4 万公里。

依托该项目培养国家级青年人才 3 名，博士研究生 5 名、硕士研究生 34 名。上述成果获国际镁协会变形镁合金产品奖（2025），中国材料研究学会技术发明一等奖（2023），国家标准样品技术委员会有色金属分会标准样品三等奖（2022），国际镁学会创新工艺奖（2022）；第一完成人获国际镁学会年度人物奖（2021），第三完成人入选全国有色金属优秀青年科技计划（2023），第六完成人入选中国青年女科学家奖未来女科学家计划（2024）。

四、客观评价

（限 2 页。围绕创新性、应用效益和经济社会价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价意见要有客观依据，主要包括与国内外相关技术的比较，国家相关部门正式做出的技术检测报告、验收意见、鉴定结论，国内外重要科技奖励，国内外同行在重要学术刊物、学术专著和重要国际学术会议公开发表的学术性评价意见等，可在附件中提供证明材料。非公开资料（如私人信函等）不能作为评价依据。）

（一）与国内外相关技术的比较

目前，镁提纯方法主要有熔剂精炼法和真空蒸馏法。熔剂精炼法是国内外原镁企业普遍采用的方法，其成本较低，但除杂效果有限，一般只能生产 3N 级普通纯度原镁；在制备 4N 级及以上纯度的高纯镁时，国内外普遍采用真空蒸馏法，但其成本高，效率低，生产规模小。

1) 与传统熔剂精炼法的对比

当前硅热法工艺生产的粗镁纯度约为 99%，含大量 Ca、Al、Si、Mn 等杂质以及大量非金属夹杂，需经熔剂精炼后才能作为商品原镁出售。熔剂精炼法的精炼剂主要为碱金属卤化物（ $MgCl_2$ 等），其主要通过①润湿和吸附氧化物夹杂（ MgO 、 Al_2O_3 等）然后静置共沉淀实现除杂，②与 K、Na 等活泼金属发生置换反应实现除杂。但是，精炼剂对活泼性低于 Mg 的金属，如 Mn、Ni、Cu、Sn、Pb、Fe 等的去除效果十分有限。因此，通过熔剂精炼法制备的原镁纯度主要为国标 3N 级，极少能达到 3N5A 级及以上。该项目基于发明点一的梯度冷凝技术，在粗镁生产环节中即可高效提前除去传统熔剂精炼法难以去除的杂质，然后通过熔剂精炼实现 3N5A 级以上高纯镁的稳产量产。相比于现有方法，该新方法不显著增加成本，而产出的 3N5A 级产品的经济效益远高于原产品。

该项目成果显著提升了原镁品质，并提高了生产效率。以在我国原镁生产龙头企业的应用为例，京府公司应用该项目技术后，实现了主流产品从 3N 级到 3N5B 级的提升；泰达公司应用项目技术后，实现了主流产品从 3N5B 级到 3N5A 级的提升。

2) 与真空蒸馏法的对比

真空蒸馏法利用镁和杂质元素的饱和蒸气压差异来实现提纯，可制备 4N 级及以上纯度的原镁，但存在以下 3 个局限性：1) 提纯速率慢。为避免杂质同镁一起蒸出，通常将蒸发温度设置为 $650^{\circ}C$ – $700^{\circ}C$ 左右，而镁的蒸发速率，随温度的降低呈指数下降，这导致真空蒸馏法效率。2) 镁收得率低。真空蒸馏法通常沿温度梯度设置多级冷凝塔盘，高温端和低温端塔盘均富集杂质，仅有中间少数塔盘能收集到高纯镁，导致收得率低，一般低于 50%。3) 部分杂质难去除，常需多次蒸馏。蒸气压和凝华温度与镁相近的杂质元素会随镁一起蒸发且一起冷凝，常需反复蒸馏，才能达到提纯效果，导致能耗和成本大幅升高。该项目发明的相关技术能在高速蒸发的含杂镁蒸气中，直接捕获杂质，通过单次提纯稳定制备出 5N5 级超高纯镁，收得率达 90% 以上。

（二）技术检测报告

该项目实现了 3N5A 级高纯镁的低成本规模化生产，建成全国首条年产千吨级 3N5A 级高品质镁生产示范线，现已实现万吨级年产量，镁纯度及产量报告见附件。该项目制备了 99.9997%纯度的公斤级超高纯镁（检测 73 种元素），检测报告详见附件。

（三）验收意见、鉴定结论等

年产千吨级 3N5A 级高品质镁生产示范线建设项目通过专家委员会验收，认为该项目“研发了‘含杂气化、梯度冷凝、吸附过滤、净密结晶’等关键技术，建设了国内首条 1000 吨/年 3N5A 级高品质镁示范线，成功实现了 3N5A 级高品质镁的工业化连续、稳定生产，技术水平达到国际领先；支撑了所在镁企业工程技术队伍的培养和能力提升，技术人才培养成效明显，经济效益和社会效益显著”。

相关成果进展获央视报道“在不显著增加成本、影响产量、改变工艺前提下，攻克了高品质镁低成本规模化制备难题，高品质镁达标率由之前的不到 1%提高到超过 90%”。

该项目关于镁纯净化的相关工作和成果获得了 *Nature Materials* 期刊的关注，该期刊以《警惕痕量杂质》(*Caution on trace impurities*)为题，专访了第一完成人，主要内容围绕期刊着重关注的“杂质的来源”、“杂质对材料性能的影响”、“杂质对工业应用的影响”、“在解决杂质问题时所面临的主要困难”及“学术界和工业界应该采取的措施”等问题 (*Nature Materials* 22, 402–403, 2023)。

（四）国内外重要科技奖励

上述成果获国际镁协会变形镁合金产品奖（2025），中国材料研究学会技术发明一等奖（2023），国家标准样品技术委员会有色金属分会标准样品三等奖（2022），国际镁学会创新工艺奖（2022）；第一完成人获国际镁学会年度人物奖（2021），第三完成人入选全国有色金属优秀青年科技计划（2023），第六完成人入选中国青年女科学家奖未来女科学家计划（2024）。

五、应用情况和效益

1. 应用情况（限 3 页）

（1）项目技术在 3N5B、3N5A 级高纯净原镁的低成本规模化制备方面的应用。

自 2015 年，项目团队与京府公司在原镁纯化方面展开合作，利用该项目发明技术，在不明显增加成本的基础上，实现了工业化原镁中 Mn、Si、Al 等主要杂质的有效控制，使公司主流产品由原来的 3N 级提升至 3N5B 级。2019 年 8 月，该公司 3 万吨/年的产能全部完成升级改造。截至 2025 年 4 月，该公司 3N5B 及以上等级原镁总产量共计约 8.2 万吨，为高品质海绵钛等国家战略金属领域提供支撑。

2021 年至今，项目团队与泰达公司在原镁纯化方面展开合作，建成了国内首条 1000 吨/年 3N5A 级高纯净镁生产示范线，在不显著增加成本、影响产量和生产工艺的情况下，实现了 3N5A 级产品占比由原来的不足 1%提升至 90%以上。2022 年，项目团队协助该公司完成了全厂 2 万吨/年的技术推广。截至 2025 年 4 月，该公司共生产 3N5A 级原镁 2.63 万吨，为高品质海绵锆、高品质镁合金等下游领域提供支撑。

（2）4N 级及以上高纯净镁在纯镁标样研制上的应用

项目技术制备的高纯净原镁应用于国标（北京）检验认证有限公司（国家有色标准样品的定点研制单位），支撑其开发了国内首款痕量杂质定量检测的纯镁标准样品（编号：GSB 04-4105-2023）。

（3）5N 级及以上超高纯净镁在生物医用材料领域的应用。

应用项目技术，制备了 5N 级超高纯镁净密铸锭，为赛诺医疗（上市公司）、德国 Meotec GmbH、佰鸿生物等国内外知名的生物医用材料器件公司供货，支撑其可降解新材料与新器件的核心研发。以佰鸿生物公司的应用为例，该项目向其提供多批次的超高纯镁原材料及变形加工技术，成功研发出超薄高纯镁口腔屏障膜片，其析氢降解速率、抗拉强度、延伸率、硬度等性能均达到或超过了德国已上市的同类产品，有望实现可降解金属镁口腔屏障膜的国产化替代。

（4）基于高纯净原镁研制的高品质镁合金在氢能驱动重载卡车上的应用。

项目团队以高纯净原镁为基础，制备了多款性能优异且稳定的高品质镁合金，与同类商业镁合金相比，其杂质和夹杂物含量、微孔体积分数大幅降低，平均抗拉强度、屈服强度、延伸率及其稳定性大幅提升。所研制的高品质镁合金在全球首量氢能驱动镁合金重载卡车上获得应用，单车用镁量超 800 公斤，综合减重近 1 吨，于 2025 年获得全国首个镁合金挂车上路许可证，至今安全营运里程已超过 4 万公里。

2. 经济效益和社会效益（限 3 页）

（1）经济效益

本项目技术近年新增产值超 23 亿元。其中，府谷京府煤化有限责任公司累计生产 Mg9995B 级原镁总产量约 8.2 万吨，新增总产值约 19.44 亿元；府谷泰达煤化有限责任公司累计生产销售 Mg9995A 级原镁约 2.34 万吨，新增产值 4.49 亿元。

（2）社会效益

1) 面向人民生命健康，满足新型可降解生物医用材料材料的研制需求

本项目技术应用多家生物医用材料与器件公司的可降解口腔屏障膜、骨科、心血管植入器械等创新产品的研发，降低植入器件的生理毒性，提高器械服役稳定性能，避免患者承受二次手术取出的痛苦。

2) 助力高品质镁合金在轻量化重型挂车领域的应用，节能减碳

本项目技术成果应用于与智子汽车科技有限公司的全球首款氢动力镁合金重型半挂车合作研发。开创了镁合金汽车的集成式设计理念，涵盖整车镁合金框架的结构设计、高质量镁合金材料的开发、镁合金部件的制造以及全尺寸运营的验证。每辆挂车的镁使用量超过 800 公斤，与原有钢结构相比总重量减轻超过 1 吨。预期实现二氧化碳减排 7~10 吨/辆/年，通过多拉货增收 5~7 万元/辆/年。

3) 服务国家新一代纯镁标准体系的完善与升级

本项目技术成果应用于国标（北京）检验认证有限公司的国内首款痕量杂质定量检测的纯镁标准样品研发。推动原镁领域的标准化进程，提升对高纯净镁产品的检测准确性，带动纯镁标准体系的完善与升级。

六、主要知识产权证明目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种基于镍基滤材的气相镁纯化的方法与装置	中国	ZL 201911178342.1	2021 年 11 月 23 日	4811704	国科镁业科技(河南)有限公司	单智伟;杨博;刘博宇;王安;毛路遥;李姣;刘飞;畅治民
2	发明专利	镍基滤材在气相镁纯化中的应用及包含其的生产系统	中国	ZL 201911178562.4	2021 年 11 月 05 日	4778127	国科镁业科技(河南)有限公司	单智伟;杨博;王鹏飞;刘博宇;李姣
3	发明专利	纯铁滤材在气相镁纯化中的应用及包含其的生产系统	中国	ZL 201911178322.4	2021 年 11 月 05 日	4777034	国科镁业科技(河南)有限公司	单智伟;杨博;王鹏飞;刘博宇;毛路遥;王安
4	发明专利	一种基于纯铁滤材的气相镁纯化的方法与装置	中国	ZL 201911178561.X	2021 年 05 月 04 日	4397130	国科镁业科技(河南)有限公司	单智伟;杨博;刘博宇;毛路遥;王安
5	发明专利	一种基于单质硅滤材的气相镁纯化的方法与装置	中国	ZL 201911178331.3	2021 年 09 月 17 日	4685322	国科镁业科技(河南)有限公司	单智伟;侯岳显;杨博;刘博宇;张朋诚;王安;毛路遥
6	发明专利	单质硅滤材在气相镁纯化中的应用及包含其的	中国	ZL 201911178325.8	2021 年 09 月 17 日	4685458	国科镁业科技(河南)有限公司	单智伟;杨博;王鹏飞;刘博

		生产系统						宇;侯岳显
7	发明专利	一种高纯镁纯度对比检测方法	中国	ZL 202010587765.5	2021 年 08 月 13 日	4611967	西安交通大学	单智伟;任颖;康珍玮;周根树
8	发明专利	一种免熔炼致密金属镁锭制备装置及方法	中国	ZL 202111616141.2	2023 年 02 月 28 日	5753234	西安交通大学	单智伟;杨灏;毛路遥
9	发明专利	一种基于熔体控速滴铸的镁及镁合金熔铸装置和方法	中国	ZL 202111674500.X	2022 年 09 月 30 日	5492521	西安交通大学	单智伟;郑芮;杨博;毛路遥;李伟超
10	发明专利	一种镁及其合金的防腐蚀方法及 MgCO ₃ 层作为抗腐蚀层的应用	中国	ZL 201610807830.4	2018 年 09 月 04 日	3060140	西安交通大学	单智伟;王悦存;苗育聪;杨楠;刘博宇

七、主要完成人情况表

姓 名	单智伟	排 名	1
行政职务	西安交通大学副校长		
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献： 项目总负责人，负责整个项目的设计，是主要知识产权专利 1-10 的第一发明人，提出了高纯净金属镁制备的理论基础与关键技术路径，并指导了原理验证与工业化放大及应用，对三个发明点均作出重要贡献。是 2022 年度国际镁学会创新工艺奖、2023 年度材料研究学会技术发明奖一等奖的第一完成人。基于该项目成立了陕西省镁基新材料工程研究中心并担任主任，指导培养了一批优秀研究生和青年教师。			

姓 名	杨博	排 名	2
行政职务			
技术职称	助理教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献： 对发明点一、二、三做出重要贡献，是主要知识产权专利 1-4 和专利 6 的第二发明人，专利 9 的第三发明人。作为团队骨干参与提出并验证了发明点一、二的金属镁纯化新思路，并通过实验完成其原理验证。与第一、四、五完成人共同推动发明点一相关技术在产业上的发展与应用；与第一完成人共同参与研制了纯镁标准样品。是 2022 年度国际镁学会创新工艺奖的第二完成人，2023 年度材料研究学会技术发明奖一等奖的第二完成人。			

姓 名	刘博宇	排 名	3
行政职务			
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对发明点一、二、三做出重要贡献，是主要知识产权专利 1、4 的第三发明人，专利 2、3、5、6 的第四发明人，专利 10 的第五发明人。作为团队骨干参与凝练了发明点一、二的金属镁纯化新思路，并共同开展了原理验证工作。是 2022 年度国际镁学会创新工艺奖的第五完成人，2023 年度材料研究学会技术发明奖一等奖的第三完成人。</p>			

姓 名	郑芮	排 名	4
行政职务			
技术职称			
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对发明点一、三做出重要贡献，是主要知识产权专利 9 的第二发明人。与第一、二、五完成人共同推动发明点一相关技术在产业上的发展与应用，负责产业化相关技术方案的设计与实施；与第一完成人共同提出致密熔铸新原理新方法。是 2022 年度国际镁学会创新工艺奖的第三完成人，2023 年度材料研究学会技术发明奖一等奖的第四完成人。</p>			

姓 名	王鹏飞	排 名	5
行政职务			
技术职称	高级工程师		
工作单位	陕西国科镁业科技有限公司		
完成单位	陕西国科镁业科技有限公司		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对发明点一、二做出重要贡献，是主要知识产权专利 2、3、6 的第三发明人，与第一、二、四完成人共同推动发明点一的相关技术在产业上的发展与应用，负责产业化相关技术方案落实，是 2023 年度材料研究学会技术发明奖一等奖的第五完成人。</p>			

姓 名	王悦存	排 名	6
行政职务			
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对发明点三做出重要贡献，是该发明点主要知识产权专利 10 的第二发明人，与第一完成人、第三完成人共同提出并实现了利用高纯净金属镁抗局部点蚀的特性，将其表面均匀腐蚀层在等离子体中原位转变为致密非晶碳酸镁防护膜。</p>			

八、主要完成单位情况表

单位名称	西安交通大学
<p>对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：</p> <p>西安交通大学是项目负责单位，提出该项目的总体研究思路，制定了所有的实施方案，为本项目三个发明点的研究工作提供了所必需的实验设备、软硬件设施和研究平台，推动了该项目主要知识产权专利的转化落地。项目第一、二、三、六完成人现为西安交通大学教师，二、三、四、六完成人均为第一完成人在西安交通大学培养的博士研究生。</p>	

单位名称	陕西国科镁业科技有限公司
<p>对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：</p> <p>陕西国科镁业科技有限公司作为专门从事高纯镁及其装备研发的高科技企业与西安交通大学在该项目上开展了多年的深入合作研究。该公司具备镁纯净化相关的专业工程师团队、完备的原镁冶炼装备及丰富的产业化工艺研发经验，推动了该项目技术的中试放大验证与工艺优化，并在后续成果落地及产业化推广方面做出重要贡献。</p>	

完成人合作关系说明

该项目完成单位为西安交通大学和陕西国科镁业科技有限公司。第一完成人单智伟教授是该项目的学术带头人，第二完成人杨博、第三完成人刘博宇、第四完成人郑芮、第六完成人王悦存均是单智伟教授指导和培养的博士研究生。

第一完成人单智伟主持的国家自然科学基金重点项目（基于气态原子选择性分离的新型金属镁纯化机理研究，2021.1-2025.12），刘博宇、王悦存、杨博是主要参与人；第一完成人单智伟主持的重大横向课题（1000吨/年3N5A级高品质镁示范线建设，2021.9-2022.9），刘博宇、王悦存、杨博、郑芮、王鹏飞是主要参与人。这些为本项目的开展提供了重要支撑。

单智伟、杨博、刘博宇、王鹏飞共同完成了发明点一、二的相关研究与工业化推广工作，其中单智伟、杨博、刘博宇授权主要知识产权专利1-6，单智伟、杨博、刘博宇、王鹏飞授权主要知识产权专利2、3、6；单智伟、郑芮、杨博共同完成了发明点三中净密结晶的相关工作，授权主要知识产权专利9；单智伟、王悦存、刘博宇共同完成了发明点三中高纯净金属镁表面防护的相关工作，授权主要知识产权专利10。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/ 项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同知识产权专利	单智伟(1), 杨博(2), 刘博宇(3)	2018 年	2021 年	一种基于镍基滤材的气相镁纯化的方法与装置	专利 1
2	共同知识产权专利	单智伟(1), 杨博(2), 刘博宇(3), 王鹏飞(5)	2018 年	2021 年	镍基滤材在气相镁纯化中的应用及包含其的生产系统	专利 2
3	共同知识产权专利	单智伟(1), 杨博(2), 刘博宇(3), 王鹏飞(5)	2018 年	2021 年	纯铁滤材在气相镁纯化中的应用及包含其的生产系统	专利 3
4	共同知识产权专利	单智伟(1), 杨博(2), 刘博宇(3)	2018 年	2021 年	一种基于纯铁滤材的气相镁纯化的方法与装置	专利 4
5	共同知识产权专利	单智伟(1), 杨博(2), 刘博宇(3)	2018 年	2021 年	一种基于单质硅滤材的气相镁纯化的方法与装置	专利 5
6	共同知识产权专利	单智伟(1), 杨博(2), 刘博宇(3), 王鹏飞(5)	2018 年	2021 年	单质硅滤材在气相镁纯化中的应用及包含其的生产系统	专利 6
7	共同知识产权专利	单智伟(1), 杨博(2), 郑芮(4)	2020 年	2023 年	一种基于熔体控速滴铸的镁及镁合金熔铸装置和方法	专利 9
8	共同	单智伟	2015 年	2019 年	一种镁及其	专利 10

	知识产权专利	(1), 刘博宇(3), 王悦存(6)			合金的防腐方法 & MgCO_3 层作为抗腐蚀层的应用	
9	共同立项	单智伟(1)、杨博(2)、刘博宇(3)王悦存(6)	2020 年	2025 年	国家自然科学基金重点项目: 基于气态原子选择性分离的新型金属镁纯化机理研究	见附件
10	共同立项	单智伟(1), 杨博(2)刘博宇(3)、郑芮(4)、王鹏飞(5)王悦存(6)	2021 年	2022 年	地方政府横向课题: 1000 吨/年 3N5A 级高品质镁示范线建设	见附件