

项目名称	新型高性能含稀土镁合金及其制备加工关键技术
提名奖种	2025 年福建省科学技术进步奖
提名单位	龙岩市科学技术局
项目简介	<p>面向国家重大工程、高端装备和新能源汽车对高性能镁合金产品的重大需求，针对镁合金产品成本高、质量差、成品率和性能不足等瓶颈问题，历时 20 余年，在系统展开组织与性能定量调控研究的基础上，突破了从合金设计-熔体处理-充型与凝固控制-变形加工-表面处理等一系列关键技术，包括：（1）新型高性能含稀土镁合金及其设计方法；（2）含稀土镁合金高效熔配与高纯净精炼技术；（3）含稀土镁合金高质量充型与凝固控制技术；（4）含稀土镁合金高性能变形加工技术；（5）含稀土镁合金表面防护新方法。研发形成的关键技术极大推进了含稀土镁合金在航天航空、国防军工、交通运输、电子信息与能源材料等领域的产业化应用。主要的创新点有：</p> <p>1、建立了高性能含稀土镁合金的多组元溶质近等原子比和轻/重稀土组合合金化等设计方法，开发了具备低合金高强韧、可溶、高塑性高吸能、高强韧阻燃、高导热高性能压铸、轧制用高强高耐蚀、高性能压铸、高强高导热等特点的系列新型含稀土镁合金。</p> <p>2、开发了含稀土镁合金原位热还原制备技术、高纯净均质多元稀土中间合金制备与添加技术、含稀土镁合金新型专用熔剂开发与组合精炼技术，大大缩短了熔体制备流程，制备成本降低 15%~40%；实现了稀土元素的精准引入与高效利用，Y、Gd 等稀土元素收得率提高 5%~10%；熔体稳定性与纯净度显著提升。</p> <p>3、开发了含稀土镁合金复杂构件高质量压铸成形技术、大规格含稀土镁合金新型电磁半连铸技术与装备，研制出满足新能源车使役性能要求的系列含稀土镁合金压铸零部件；研制出新型组合电磁半连铸成套技术与装备，实现了系列高强韧含稀土镁合金大尺寸锭坯的高质量制备，并在全行业产业化推广应用。</p> <p>4、开发了近恒温高速挤压技术、新型高强镁合金挤压型材制备技术、大高径比差温差速挤锻技术、侧向预锻-大压下轧制组合变形技术，解决了镁合金变形材成形难题，改善了各向异性和组织与性能均匀性，获得了高铁型材、自行车管件、锻造轮毂、3C 产品壳体、新能源汽车显示屏背板等系列产品。</p> <p>5、研究了含稀土镁合金成分及其在复杂环境介质下的</p>

	<p>腐蚀行为与机理，开发了低稀土改性镁合金高温氧化-矿化协同和高强韧含稀土铸造镁合金低成本热镀等防护技术原型，实现耐蚀性的显著提高，具有较高的推广应用价值。</p>
<p>主要完成单位及其贡献</p>	<p>1、龙岩学院，负责创新点 1-5 的技术支撑； 2、东北大学，负责创新点 1、2、3、5 的技术支撑； 3、福建省金龙稀土股份有限公司，负责创新点 2、3 的技术应用与成果推广； 4、宝钢金属有限公司，负责创新点 3、4 的技术应用与成果推广； 5、山西八达镁业有限公司，负责创新点 3、4 的技术应用与成果推广； 6、山西瑞格金属新材料有限公司，负责创新点 3 的技术应用与成果推广； 7、福建镁孚科技有限公司，负责创新点 1、3 的技术应用与成果推广； 8、包头稀土研究院，负责创新点 2 的技术应用与成果推广</p>
<p>主要完成人及其贡献</p>	<p>1、乐启焱，项目负责人，负责创新点 1-5 的技术研发与产业化推广； 2、胡成路，负责创新点 1、3、5 的技术研发； 3、廖启宇，负责创新点 1、3、4 的技术研发； 4、张永健，负责创新点 2、3 的技术应用与成果推广； 5、唐伟能，负责创新点 3、4 的技术应用与成果推广； 6、胡文义，负责创新点 1、3 的技术研发； 7、谢秀珍，负责创新点 5 的技术研发； 8、刘泽学，负责创新点 3 的技术应用与成果推广； 9、王卓，负责创新点 3 的技术应用与成果推广； 10、林毛古，负责创新点 3 的技术应用与成果推广</p>
<p>主要知识产权及代表性论文</p>	<p>1、发明专利，一种有色金属及其合金电磁半连铸装置，ZL201910454988.1，2021-02-26，乐启焱，王航，贾永辉，胡成路，宁少晨，李小强。 2、发明专利，冷却过程可精准匹配调节的电磁半连续铸造装置及方法，ZL201910801689.0，2019-08-28，乐启焱，贾永辉，侯建，王航，宝磊。 3、发明专利，一种以稀土氧化物为增强体的轻金属复合材料，ZL201910807582.7，2021-05-18，乐启焱，任良，李小强，宝磊，程春龙，周伟阳。 4、发明专利，一种镁合金轮毂的高成形性锻造方法与装置，ZL202010602631.6，2021-06-22，乐启焱，廖启宇，蒋燕超，赵大志，王彤，宝磊。 5、发明专利，一种热镀锌低温镀液及其制法和应用，ZL202110854266.2，2021-07-28，乐启焱，胡成路，张新悦，周雄，程春龙，郭瑞臻。 6、发明专利，一种复杂组元协同作用的轻合金设计方法，ZL202210204322.2，2022-03-02，乐启焱，周雄，王彤，宝</p>

<p>磊, 廖启宇, 毛翰, 胡成路.</p> <p>7、发明专利, 一种高强高塑高导热的镁合金挤压材及其制备方法, ZL202311476307.4, 2024-01-03, 廖启宇; 乐启焱; 陈汝明; 蒋燕超; 赵大志.</p> <p>8、发明专利, 一种高强高耐蚀镁合金及其制备方法, ZL201910271959.1, 2021-05-18, 乐启焱, 廖启宇, 程春龙, 蒋燕超, 胡成路, 陈星瑞.</p> <p>9、发明专利, 一种抑制镁合金锭坯开裂的半连续铸造装置及方法, ZL 201810076447.5, 2022-03-18, 胡文义, 朱茂兰, 刘少存, 吴鹏, 童长青.</p> <p>10、发明专利, 一种高强韧高导热镁合金及其加工方法, ZL202111457656.2, 2025-01-21, 唐伟能, 王卓, 郑亚, 徐玉棱, 王科, 祁卫东, 王强民.</p> <p>11、代表性论文, Q. Y. Liao, Y. C. Jiang, Q. C. Le*, et al. Hot deformation behavior and processing map development of AZ110 alloy with and without addition of La-rich Mish Metal, <i>Journal of Material Science and Technology</i>, 2021, 61: 1-15.</p> <p>12 代表性论文, J. H. Jia, H. Wang, Q. C. Le*. Transient coupling simulation of multi-physical field during pulse electromagnetic direct-chill casting of AZ80 magnesium alloy, <i>International Journal of Heat and Mass Transfer</i>, 2019, 143: 118524.</p> <p>13、代表性论文, W. Y. Hu*, Y. B. Lin, C. L. Hu, et al., Study on the influence of extrusion speed on the microstructure, mechanical properties and corrosion resistance of high-plasticity Mg-Y-Zn-Ca-Zr alloy, <i>Journal of Materials Research and Technology</i>, 2025, 39: 7065-7081.</p>
