

离子型稀土信息简报

Ionic Rare Earth Information Bulletin

2019年 第07期 总第69期

本期要闻

- ◎ 绿色卫士：稀土基催化剂的强力去“污”之路
- ◎ 来路脚踏实地 未来任重道远
- ◎ 制定强制性国家标准倒逼稀土业升级
- ◎ 国家发展改革委、商务部发布《外商投资准入特别管理措施（负面清单）（2019年版）》

国家离子型稀土资源高效开发利用工程技术研究中心
江西离子型稀土工程技术研究有限公司

◆地址：江西省赣州市经济技术开发区黄金大道36号

◆电话：0797-8160602

◆E-mail: jxlzxt_2016@163.com

◆邮编：341000

◆传真：0797-8160033

◆网址：<http://www.jxlzxt.com/>

目 次

◇ 行业动态	1-19
◎ 绿色卫士：稀土基催化剂的强力去“污”之路	
◎ 来路脚踏实地 未来任重道远	
◎ 制定强制性国家标准倒逼稀土业升级	
◎ 江西省：进一步整合优化全省稀土领域技术力量	
◎ “虹轨”问世！以稀土技术打造永磁磁浮轨道交通系统	
◎ 埃尔多安：希望日本多向土耳其的稀土投资	
◎ 印度考虑解禁私企开采海滨砂矿	
◎ 中国有色签约非洲稀土框架协议	
◇ 科技前沿	20-23
◎ 中国计量大学在稀土材料研制温度传感器中获进展	
◎ 福建物构所基于稀土纳米探针实现全血中循环肿瘤细胞直接检测	
◇ 政策法规	24-24
◎ 国家发展改革委、商务部发布《外商投资准入特别管理措施（负面清单）（2019年版）》	
◇ 市场行情	25-39
◎ 2019年上半年稀土市场分析	
◎ 稀土价格走势	
◇ 稀土知识	30-44
◎ 一张图了解粉末冶金	

绿色卫士：稀土基催化剂的强力去“污”之路

“我们的 SCR 烟气脱硝装置采用高尘型工艺，反应器布置在省煤器与空气预热器之间。每台锅炉设 2 台 SCR 反应器，关于锅炉中心线对称布置，SCR 反应器内布置 4 层催化剂，第 1 层和第 4 层的催化剂为 18 孔，第 2 层和第 3 层的催化剂为 15 孔，每层排布 5×9 个模块，每个模块内 72 条产品。经过测试，脱硝效率与氨逃逸、SO₂/SO₃ 转化率、反应器整体烟气阻力、氨耗量等指标都考核合格。”内蒙古希捷环保科技有限责任公司（以下简称希捷环保）总经理王志民向笔者讲解道。

据悉，从 2014 年 7 月投运以来，该工程的脱硝催化剂已经运行超过 24000 小时，但依然运行良好，目前仍在使用中。

脱硝催化剂的未来走向

SO₂ 和 NO_x 作为大气的主要污染物引起了人们的广泛关注。据预测，到 2030 年，在基准国情下中国 NO_x 排放量将达到 35.4Mt。“其中固定源（火电厂，水泥厂，锅炉等）排放量占 50% 左右，是减排的关键所在。而对火电厂等企业排出的污染物进行脱硝的关键在于催化剂，其催化性能的高低直接影响到脱硝系统的整体脱硝效率。”王志民说道。

传统的脱硝催化剂主要以钒基脱硝催化剂为主，其投放市场较早且技术成熟、应用较广。钒钛系脱硝催化剂核心技术掌握在少数发达国家手中，还有很多

性能待优化。经过多年的努力，钒钛系催化剂技术也日趋成熟，国产化率很高。

“但没有自主的知识产权，且钒钛系脱硝催化剂具有毒性对环境造成污染，所以研究具有自主知识产权、高效低成本的 SCR 脱硝催化剂具有非常重要的现实意义。”南京工业大学教授祝社民告诉笔者。

2014年，环境保护部出台《关于加强废烟气脱硝催化剂监管工作的通知》，明确规定废烟气脱硝催化剂（钒钛系）具有浸出毒性等危险特性，将其归类为《国家危险废物名录》中“HW49 其他废物”，对脱硝催化剂的使用管理提出了更加严格的要求。同时由工业和信息化部、科学技术部和环境保护部于2016年12月14日共同发布的《国家鼓励的有毒有害原料（产品）替代品目录（2016年版）》中明确将稀土基脱硝催化剂列为钒基脱硝催化剂的替代品。

“其实，钒钛系脱硝催化剂使用的主要活性成分是五氧化二钒（ V_2O_5 ），它是一种高毒物质，按照职业性接触毒物危害程度分级（GBZ 230-2010）属于高度危害，对人体的呼吸系统和皮肤会产生严重损害。”祝社民介绍道，替代它势在必行。

稀土基 SCR 烟气脱硝催化剂的技术特点

近年来，如何在催化剂中充分利用好稀土材料独特的4f轨道结构和优异的氧化还原性质，成为研究的重点。

稀土基脱硝催化剂的活性成分是由镧、铈、钇等稀土元素氧化物和其他过渡金属氧化物组成，其以钛基陶瓷为第一载体、钛锆复合金属氧化物为第二载体，

利用稀土元素具有未充满电子的 4f 轨道作为催化剂活性成分使用时表现出电子“存储器”的性质，有效地储存伴氧空位形成所产生的自由电子，进而很好的促进分子氧的吸附和活化，有效地解决了氧化铈作为活性物质时酸性较弱的问题。产品彻底摆脱了五氧化二钒成分，还针对钒基脱硝催化剂的各项性能进行了优化。

“比如发电厂等在排烟的过程中，烟气在催化剂内从湍流转变为层流，灰分颗粒（不规则形状）并不遵从层流模式，灰分颗粒倾向于翻转并在整个通道长度内冲击催化剂内壁，所以 磨损从上至下是均匀的。体积密度小的薄壁催化剂是使用不了多长时间地。”王志民继续给笔者讲解着，希捷环保在脱硝催化剂的高强度、高比表面、可控孔制备技术方面，成孔剂 γ - Al_2O_3 和离子掺杂实现了晶型，晶粒，孔数量、结构、分布的调控，增加比表面和催化活性，解决了高活性与高强度、高耐磨性能间的矛盾，从而有效地延长了催化剂的使用寿命。

“目前钒钛系催化剂有一个致命的问题，即当烟气温度的在 300℃以下时，催化性能下降，活性降低。”希捷环保总工程师周广贺讲解着，我们突破了两项核心技术，将稀土基 SCR 烟气脱硝催化剂的性能进一步优化。

通过 Zr^{4+} 等助催化离子掺杂，进行了结构与缺陷调控，首次发现材料结构缺陷会引发催化剂表面酸性位变化，提出了多元氧化物同时存在 B、L 酸性位的新假说。拓宽了活性温度窗口。提出了结构助催化理论提高氧化还原性能，增强催化剂稳定性。突破了传统支撑体仅限于骨架功能的概念，发明了助催化脱硝功能

的 $\text{Al}_2\text{TiO}_5\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$ 多相蜂窝陶瓷支撑体。利用国产 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 为原料通过化学修饰、纳米改性和引入非化学计量，使得支撑体的表面结构缺陷氧空位增加、表面酸性提高、比表面积加大、脱硝活性增强，支撑体的强度增加、热膨胀系数大大降低。

“现有技术条件下催化剂的使用寿命一般为三年(24000h)，据测算，自2015年起，我国每年产生替换下来的钒钛系有毒脱硝催化剂将高达30--40万立方米，大量废弃有毒催化剂如保管或处理不当，极易污染土壤及地下水，给我国环境造成二次污染的巨大隐患。”王志民急在心上。

稀土基 SCR 烟气脱硝催化剂使用地必然性

替换下来的钒钛系有毒脱硝催化剂，以目前技术水平，钒钛系脱硝催化剂的危废处理费用达6000--7000元/ m^3 ，额外增加了使用企业的负担。

“而且环境保护税法规定，对废钒钛系脱硝催化剂等类似危险废物每吨征收1000元的环境保护税，是稀土脱硝催化剂等普通固体废物的40倍。”王志民说道。

希捷环保依托南京工业大学材料化学工程国家重点实验室技术，在国家自然科学基金、国家“863计划”专项、国家科技支撑计划及中央专项投资资金的支持下成功研制、生产具有我国自主知识产权、符合国家标准(GB/T34700-2017)的稀土型选择性催化还原(SCR)脱硝催化剂，填补了国内外烟气脱硝催化剂技术的空白，技术性能达到了国际领先水平。

利用专利技术年产5万立方米稀土基SCR烟气脱硝催化剂，产品适用于燃煤电厂、工业燃煤锅（窑）炉、水泥厂、焦化厂、生物电厂、石油焦燃烧企业、玻璃厂等行业排放的氮氧化物污染物治理。项目一期于2018年正式建成投产，生产过程采用先进的蜂窝体挤出工艺和烧成方案，自动化程度高，技术水平先进，运行可靠。

“我公司产品自2012年投放市场以来，已成功应用于100余项脱硝工程，涵盖了燃煤发电、玻璃、焦化、冶炼、水泥、陶瓷和化工等行业。各项工程均达到了国家环保排放标准，取得了良好使用效果。有一些脱硝催化剂已经运行超过24000小时，但依然运行良好，目前仍在使用中。”王志民对未来信心百倍。

据王志民测算，十三五期间国内约有85万 m^3 左右的催化剂在运行，预计从2018年开始每年替换下来的废钒钛系脱硝催化剂将高达30万 m^3 。若全部替换为稀土脱硝催化剂，每年减少危险废物30万 m^3 。稀土脱硝催化剂还能平衡利用北方稀土丰富的镧铈轻稀土资源，促进稀土产业健康发展。

（来源：人民网）



来路脚踏实地 未来任重道远

目前，我国稀土行业距离“产业结构合理、科技水平先进、资源有效保护和生产运行有序的稀土行业发展格局”和“稀土产业的高质量发展”有多远？在哪些方面已经做出了成绩？在哪些方面还有不足？稀土资源的战略地位、生产量和

出口量之间，应坚持怎样的平衡原则？我国稀土行业正在发生哪些变化？带着这些问题，《中国冶金报》记者采访了中国稀土学会副秘书长张安文和中国稀土学会科普部主任石杰。

张安文指出：“未来稀土行业发展任重道远。稀土是我国重要的战略资源，也是中国资源的一大优势，站在战略高度，我们要更多地考虑把这些战略资源保护好、利用好，做成高端产品。我们要看到稀土独特的战略地位，但同时，与稀土同样重要的金属还有很多，钨、锆、镓、铟、铋、铊、铋、贵金属等都在以电子工业、信息产业为代表的高科技产业中发挥着举足轻重的作用。全面地看，做好稀土应用、做高附加值产品、打高科技的牌，才是最靠得住、最有效益、最具有影响力和话语权的。”

独立、完整的稀土工业体系已经建立

新中国成立 70 年来，我国稀土行业已经建立了独立、完整的稀土工业体系，涵盖选矿、冶炼分离、氧化物和金属生产、稀土材料等各个环节。这一体系有四大标志：一是生产规模大，已居世界第一；二是品种全，从矿产品到氧化物、金属，再延伸到各种材料，从一般产品到高纯产品，从冶炼分离产品到功能材料，我国稀土产业的产品可称得上“全谱系”——400 多个品种、1000 多种规格；三是性价比高，目前世界上其他国家的稀土产品与中国稀土产品竞争的难度很大；四是具有世界领先的技术水平。在冶炼分离方面，我国稀土产业基本处于“领跑状态”；重要的功能材料中，也有很多达到国际先进水平，还有一些是“齐头并进”，少量的是“跟跑状态”。

张安文表示，总体来看，我国稀土产业在前端（采、选、冶）的优势很大，形成这个优势“不是一天两天能学得来的”。六大稀土集团的基本格局已经形成，在集约化生产、核心竞争力不断提高、环保和社会责任不断增强、为下游做好服务、遏制非法开采等方面效果很好。

同时，如今的稀土产业已经井然有序。“我们放眼轻稀土三大产区，当地环境都被保护得很好。”张安文郑重介绍，包钢白云鄂博矿检查措施完备，矿区探头众多，尾矿坝不能随便进入，巡逻队伍不断；江铜集团在冕宁投入超过50亿元，把过去千疮百孔的私挖乱采的牦牛坪稀土矿山整治得焕然一新，形成了现代化、规范化、绿色化的矿山管理机制；山东微山稀土矿的保护性开采工作也做得不错。同时，南方中重稀土矿在国家和各级政府的重视下，乱采乱挖的现象已经基本得到遏制。

靠“举国之力”发展壮大

“这些成绩，与我国稀土行业多年来多方面的努力分不开，更与政府层面的重视分不开。”张安文说，“1961年，时任副总理兼国家科委主任聂荣臻批准冶金部包头冶金研究所，即现在的包头稀土研究院。”据介绍，上世纪六七十年代，我国开展稀土大攻关、大会战。由于稀土产业涉及的专业领域非常多，众多单位毫无保留，纷纷派出精兵强将参加，有细密的分工，有默契的合作，产生了相当好的效果。“从那时起，稀土产业就是靠‘举国之力’发展起来的。后来，时任国务院副总理方毅七下包头，亲自抓稀土工作。”张安文表示。

“北京大学及各高校，中科院的长春应用化学研究所、上海有机研究所、上

海冶金所、化工冶金研究所，钢研院、有色院、稀土院、广州有色院，上海跃龙化工厂（最早分离稀土的企业）、包钢、广东珠江冶炼厂、甘肃稀土公司……”张安文对当时主要的科研单位如数家珍，那些高校、院所、企业都为我国稀土产业做出了巨大贡献，大批科技人员投身稀土产业，其中最突出的范例就是获得过国家最高科学技术奖的中国科学院院士徐光宪。改革开放以后，投资开始多元化，民营企业开始积极参与，进一步巩固了产业优势。

石杰表示，多年来，稀土行业已经取得了巨大的进步，这背后是稀土工作者的辛勤付出和不懈的努力。“我们已经取得了许多原创性的成果。”石杰进一步表示，“完全依靠自主创新，研发性能优良的选矿药剂，开发出适合的稀土冶炼分离工艺，是相当困难的。这往往需要经过十几年甚至几十年的持续探索。”

“我们曾经花了‘大价钱’，我们有义务保护好我们的知识产权，防止我们的技术外泄。这一点很重要！”石杰补充道。

稀土产业仍有提高空间

“当然，如今的稀土行业仍有一些问题需要改善。”张安文指出，例如少量的违规生产还要继续打击，环保历史欠账要一步步地还，高端产品不足的问题也存在。

在有些情况下，环保治理的资金要远多于多年来获得的利润。上文中提到的牯牛坪矿山就是一个很好的案例。“将来，中央政府和地方政府还会花大力气来解决这个问题。”张安文指出，这个成本不能完全由国家买单，毕竟地方、企业和一些个人都曾经受益，因此，环保历史欠账后续的投入应该是多方的。

“曾经，一些国家恨不得我们敞开口给他供应稀土，他们不曾想，这对我国的环境破坏有多严重！”张安文指出。

同时，稀土行业目前仍有痛点。例如，目前，我国应用的高端传感器中有80%仍需进口，这将大大延缓我国物联网和人工智能的发展进程。每个手机都要用到的微型电容（含微量的镧），日本某公司的产品可以垄断全球产量的60%~70%。用稀土原材料生产的重要元器件、零部件乃至整机，都是高附加值产品，此类高端产品很多尚依赖进口。发达国家以较低价格进口原材料，以较高价格向我出口并实行反制，对于我国来说是十分尴尬的。从稀土产业链的视角就可看出，我国要真正成为制造和智造大国，而不是装配大国，还要做艰苦的努力。

“再如机动车尾气排放达标所需的三元尾气催化剂/器（稀土元素在其中作助催化剂），对于原装进口车，这一领域的产品全部都由国外企业提供，甚至合资企业也较少使用国产产品。”石杰透露，在个别领域的产品和技术上，我国确实还存在不小的差距。

“近年来，稀土行业发展的纲领性文件，应该追溯到2011年国务院的国发〔2011〕12号文，即《关于促进稀土行业持续健康发展的若干意见》。”石杰补充道，“现在，国家更加重视稀土行业，这有利于稀土行业的健康可持续发展，也会对今后稀土行业发展提出更高的要求。更令人欣喜的是，在包括之前提到的很多高科技领域中，国内企业已经有了与国外企业正面竞争的意识，并且已经开始有所行动。”

张安文指出，尽管国际上确实存在产业分工，但是在主要的、应用大的产品

上，我国应该考虑国产化和减少对外依赖。“我们在高科技领域很早就有布局和投入，但我们走，别人也在走。今后，我们一定要走得更快一点。”张安文表示，“稀土领域几大功能材料最基本的初创技术和基本专利，如今还都在国外。最典型的就是钕铁硼永磁体，我国主要生产永磁体的企业还在支付专利费。不做高端，就会被‘卡脖子’。这需要各类稀土企业，特别是小型企业付出努力。”对小型稀土企业，张安文指出几个发展方向：发展配套原辅材料、设备、仪器、仪表、细分市场的特色产品等。

另外，目前个别高端材料的制造水平和均匀一致性有待提高，一些具有用户需要的化学性能的稀土氧化物和特定物理性能产品还有提升空间，稀土金属产品的性价比还应继续提高，稀土相关装备的自动化与国外还有差距。对此，张安文表示，国家现在高度重视稀土产业，支持更加持续，对失败更加宽容。“总之，把土壤和环境搞好，植物有了芽儿会自然地生长。”张安文形象地说。

不做“可以无限供应稀土的奶牛”

关于如何看待稀土产品价格，张安文提出了以下几方面意见：

一是全球稀土行业有其本身的运行规律，过高或者过低的价格都有悖稀土价格本身的合理性。除合理利润外，价格应该涵盖基本成本、税费，特别是要合理计入环保治理和生态恢复费用。过低价格是竭泽而渔，不可持续。但价格过高，也会使下游亏损生产，最终导致需求锐减，从根本上危及上游厂家生存与发展。

二是全球的供应消费动态体系已经形成，分工、配合、互补和互相侧重的关系一定存在。产业链的互利共赢也是稀土产品定价的考虑因素之一。

三是我国已经是工业大国，也是稀土应用大国，国内已经有相当大的需求量，我国战略新兴产业中，新能源、新能源汽车、新一代信息技术、新材料、节能环保、生物工程、先进制造业都需要稀土。因此，我国生产的稀土也要对国内需求和国际市场统筹考虑。

四是要考虑中国生产稀土本身也有环保、生产能力、地区生态承受能力等制约，中国不是“可以无限供应稀土的奶牛”，亦不能被无限度地索取。

(来源：冶金报)



制定强制性国家标准倒逼稀土业升级

近日，工信部网站信息显示，工信部已组织完成《稀土产品的包装、标志、运输和贮存》强制性国家标准制定工作，并对标准报批稿及编制说明予以公示。

工信部要求，在稀土产品的包装、标志、运输和贮存标准中，稀土矿产品、单一稀土化合物、混合稀土化合物、单一稀土金属、混合稀土金属的标准化内注明原料矿产品生产企业名称，以便直观地确认相关稀土产品的矿产品来源的合法性。

客观的说，在我国稀土行业的标准体系中，目前存在标准缺失、标准老化等问题。同时，稀土标准还存在更新速度慢，“标龄”高等问题，有的标准已经不适应生产和需求的发展，急需修订完善。

自建国以来，我国就已经开始稀土的规模化生产，并于上个世纪70年代末期建立了首个国家部颁标准之后，虽然制定了一系列稀土业标准，但是，一直未

曾建立针对国内稀土产品的包装、标志、运输和贮存的国家强制性标准。

目前在稀土企业、行业或者地方产品标准中，均有对稀土产品的标志、包装、运输和贮存及质量证明书的规定，但对于任一同一类产品，如稀土矿产品、分离与冶炼产品及下游产品，却没有统一的技术要求，尤其是一些稀土产品具有特殊性。

例如，由于北方的稀土矿内钍、铀的含量较高，在选矿过程中，难以完全清除干净，北方的氟碳铈镧独居石混合精矿、氟碳铈镧矿等有一定的放射性稀土金属不稳定，需要采取防氧化措施等等，对于包装、标示、需要建立统一的技术规范。

考虑到部分稀土精矿，如独居石精矿，由于钍的含量较高，具有放射性危害；大多数稀土金属不稳定，需要采取防氧化措施密封包装；稀土氧化物为粉末状，存在粉尘影响，标准用于规范稀土精矿、稀土氧化物、稀土金属、稀土合金等初级稀土产品的包装、运输等技术要求，对于减少环境危害、保证运输安全、保护工作人员的健康与安全具有重要意义。

根据新的《中华人民共和国标准化法》(2018年修订)第十四条规定，国家强制性标准必须执行，不符合强制性标准的产品，禁止生产、销售和进口。同时，强制性国家标准要优先立项，及时完成，强制实施。

为了增加标准的有效使用，工信部此次组织制定《稀土产品的包装、标志、运输和贮存》强制性国家标准，就是要将现行强制性行业标准和地方标准整合为强制性国家标准，并将强制性国家标准范围严格限定为保障人身健康和生命财产

安全、国家安全、生态环境安全以及满足社会经济管理基本需要的技术要求，取消强制性行业标准、地方标准。

其实，制定《稀土产品的包装、标志、运输和贮存》强制性标准的目的在于实施，否则，再好的标准也是一纸空文。当然，这一强制性标准一旦实施，将倒逼稀土行业转型升级。相信工信部将加快推动新标准的全面普及，指导稀土企业、检测机构等加快生产环节升级改造和使用环节应用实施，为稀土企业转型升级提供政策支撑。

（来源：百度新闻）

江西省：进一步整合优化全省稀土领域技术力量

7月2日至3日，江西省政府副省长吴晓军一行在赣州市调研稀土产业发展情况。市委书记李炳军出席相关活动，省政府副秘书长陈敏等参加调研，市领导李明生、胡聚文陪同调研或出席相关活动。

吴晓军一行先后来到江西金力永磁科技股份有限公司、国家离子型稀土资源高效开发利用工程技术研究中心、睿宁高新技术材料有限公司、赣州富尔特电子股份有限公司及中国稀金谷、稀金科创城、中科拓又达智能装备科技公司、粤磁稀土新材料科技有限公司、国家钨与稀土质量监督检验检测中心等调研。调研中，吴晓军指出，习近平总书记在江西和赣州视察时强调，稀土是重要的战略资源，也是不可再生资源，要紧紧扭住技术创新这个战略基点，掌握更多关键核心技术，抢占行业发展制高点。为贯彻落实习近平总书记视察江西和赣州时的重要讲话精

神，我省正在争创稀土国家实验室。本次调研，吴晓军一行通过实地察看，深入了解稀土科技创新的现状，稀土产业高质量发展对科技的需求。吴晓军指出，要进一步整合优化全省稀土领域的技术力量，在稀土产业全链条布局创新资源，强化科技对稀土产业发展的支撑作用，力争将我省稀土创新资源融入国家实验室。

(来源：稀土在线)



“虹轨”问世！以稀土技术打造永磁磁浮轨道交通系统

近日，江西理工大学官网发布一条《汇聚院士专家智慧 共谋稀土产业高质量发展--我校举办稀土创新体系与国家平台建设专题论坛》的消息，从该新闻中透露出一重磅信息：江西理工大学依托稀土技术打造了高效智能永磁磁浮轨道交通系统——“虹轨”，是一种新型轨道交通模式，意喻是城市上空灵动的一抹七彩彩虹。

根据江西理工官方说明，虹轨由江西理工大学于2014年首次提出，2015年获国家工信部稀土专项立项支持建设，2016年联合西南交通大学等单位共同制造完成。

虹轨相对于地铁轻轨等列车具有以下优势：

特点1：生态

虹轨具有不占地、少拆迁，对地面交通影响小，“零功率”悬浮、节能，易维护，永磁直线电机驱动，无废气排放，悬浮运行和噪音小等生态优势。

特点 2：智能

虹轨具有无人驾驶，智能化运输组织，人脸识别+指静脉识别，触摸屏+语音交互，物联网+大数据+协同优化和一体化智能应用平台等智能化特点。

特点 3：安全

除此之外，虹轨具有半封闭天梁+防脱轨设计，无磁污染+多级防护，精确定位+状态监测和优化设计+应急设施等特点。

特点 4：经济

虹轨造价是地铁造价的十分之一，轻轨的五分之一，具有干扰少，不占地，施工周期短，运量灵活，制式灵活，选线灵活等经济优势。

抱轨式设计，非接触式牵引，性能上具有爬坡能力强、转弯半径小、适应范围广的显著优势：

优势一：爬坡能力强。感应驱动，爬坡能力 100%。

优势二：转弯半径小。最小转弯半径 25 米。

优势三：适应范围广。不仅适用于城市、景区、机场接驳、商务中心、特色小镇等常规环境，对于沿江、环湖、海边、高寒、荒漠等困难条件也能很好地适用。

江西理工大学虹轨的建成，使其成为国内首家校内自主研发并运行的高校，成为别人眼里的大学。

此类磁悬浮虽在校园内首秀，但是在国内并非首例，根据科技日报 2016 年报道，2016 年 11 月 21 日，采用悬挂式空中轨道、锂电池包牵引动力的世界首

条新能源空铁试验线，在成都试验成功并投入试运行。新能源空铁线，由轨道运输研发强校—西南交通大学设计和研发，试验线路位于成都双流空港经济技术开发区的中唐空铁产业基地，其全长 1.41 公里，呈 U 字型环绕，设车站一座、岔道一处、静调库一座，其中试验线轨道梁和桥墩均采用钢结构，包括“L”形单线桥墩，“Y”形双线桥墩两种。最小曲线半径 30 米，最大坡度 60%，最高运行速度为每小时 60 公里。“熊猫空铁”当时的试运行成功，标志着我国成为继德国、日本之后第三个掌握悬挂式单轨交通技术的国家。

(来源：百度新闻)

埃尔多安：希望日本多向土耳其的稀土投资

据报道，土耳其总统埃尔多安借参加 G20 大阪峰会对日本进行访问。

7 月 1 日，埃尔多安在东京与日本最大经济团体“经团连”进行会谈时呼吁，“希望日本向（土耳其的）稀土和基本金属领域进行更多投资”。

关于土耳其正与日本推进磋商的经济合作协定（EPA）谈判，埃尔多安表示：“希望能在 2019 年签署”。他说，土耳其与日本的贸易“在农产品领域面临关税和非关税壁垒”。

埃尔多安指出，贸易保护主义的增加和自由市场的混乱令人担忧，在此一时期，土耳其和日本之间的合作更为重要。他表示，应加强两国之间的贸易和投资关系。

埃尔多安说：“我们希望土日经济合作协定能够同时考虑到我们自由贸易的

共同目标和我们在经济发展方面的差异，使其达到平衡。换句话说，我们希望在—一个双方都认为合理的框架内实现全面自由化。土日相互免除关税是有益的。”

埃尔多安强调，土耳其是地区的主要生产和物流基地，并指出土耳其一直支持国际投资者。他还说：“在我们国家，没有任何一个企业家投资后感到不满意或遇到问题未获得解决。”

埃尔多安表示，我坚信不仅在政治和经济领域，在文化和科学领域两国间也有着巨大潜力，我们与日本之间最重要的项目之一，是计划在伊斯坦布尔创立的土耳其-日本科学和技术大学。我们努力工作已使这所大学在短时间内得到启用。

日本首相安倍晋三回应表示，我们努力将土耳其与日本之间的战略伙伴关系提高至更高水平。

据“土耳其之声”报道，土耳其贸易部长佩克江（Ruhsar Pekcan）1日表示，虽然日本人与土耳其人生活的地区相距遥远，但两国深厚的友谊已远远超越了地理距离。

佩克江说道，近年来日本和土耳其之间出现的贸易额增长趋势是两国贸易关系迈出积极步伐的体现。她指出，坚信土耳其在日本贸易和经济领域合作方面占据重要地位。

根据土耳其统计局(TUIK)发布的资料，2018年土耳其与日本双边贸易总额为46亿美元，日本为土耳其第13大进口国及第58大出口国。

此前媒体曾报道，日本长期以来希望土耳其能降低对汽车课征关税，土耳其则希望日本对西红柿、意大利面、地毯等产品降低关税。

（来源：观察者网）

印度考虑解禁私企开采海滨砂矿

据 MiningWeekly 报道，由于国际稀土市场供应紧张，印度政府担心国营企业无法满足国内需求，因此正在考虑是否取消今年初实施的禁止私企海滨采砂令。

目前，印度只有国营的 REIL（印度稀土有限公司，RareEarthsIndiaLimited）开发生产稀土。如果稀土市场继续供应紧张，印度需要尽快建立国内产能。所以，印度政府也在考虑向私企开放稀土加工市场。

印度矿业联合会（FIMI）已经向政府请愿，要求解除对私企开采海滨砂矿的禁令。该会称，此禁令是针对非法开采滨海砂矿而设立的，是环境管理不善的结果，需要加强管理而不是一刀切地禁止。

2016年，为了增加国内稀土供应，印度允许私营企业开采砂矿。

为此，印度矿业联合会认为，政府不是去改进管理制度，而是去惩罚私营企业，这不但导致成千上万人失业，也带来了政府收入的减少。封杀产业不是解决之道。

消息人士称，向私企开放海滨砂矿的条件是要么限制私企出口，要么完全禁止此类矿产出口。

印度政府在禁止出口海滨砂矿的同时，还授权砂矿唯一出口企业，即印度稀土有限公司。而私企不允许出口海滨砂矿，比如，石榴石、白钛矿、矽线石、钛铁矿、锆石。

（来源：中华人民共和国自然资源部）

中国有色签约非洲稀土框架协议

日前，中国有色金属建设股份有限公司发布公告，已与新加坡 ISR Capital 公司签署了框架协议，双方就马达加斯加 Tantalus 稀土项目的合作事项制定了初步原则，这拓宽和加速了中国开展海外稀土项目的视野和脚步。

根据本次签署的《谅解备忘录》，公司与 ISR Capital 就稀土项目合作事项谈判的主题包括：

在稀土项目成功投产后三年内，公司有采购 3000 吨稀土项目出产产品的选择权（产品质量应符合中国市场标准并由双方共同委任的独立检测机构确认）；公司有优先权作为承包商为项目提供 EPC 服务；公司未来拥有对该稀土项目进行股权投资的机会。

根据 2017 年 ISR Capital 向新加坡交易所提交的资料显示，Tantalus 钽项目位于非洲岛国首都塔那那利佛（Antananarivo）以北约 500 公里，该矿含稀土的红土粘土矿与中国的离子型稀土矿类似，稀土氧化物含量约 562000 吨。

（来源：中国稀土行业协会）

中国计量大学在稀土材料研制温度传感器中获进展

在浙江省自然科学基金的资助下，中国计量大学赵士龙团队围绕温度传感器用稀土掺杂氧氟微晶玻璃光纤做了深入研究。据悉，该课题于今年4月正式结题，并获得了一系列创新成果。

赵士龙介绍，目前人们已经发明的各种各样的温度传感器，如传统的热电偶、热电阻及辐射温度计等，但这些温度传感器大多只能在传统的场合应用。由于温度测量的应用范围不断拓展，对温度检测的创新、研究和发展一直在进行，常规的温度传感器已不能满足许多领域的要求，尤其是在高科技领域。

“相比传统的温度传感器，光纤温度传感器具有可靠性高、绝缘性好、抗电磁干扰、重复性好、响应速度快、价格低廉等特点，成为新型温度传感器研究开发的重要方向之一。”赵士龙说，其特别适合于恶劣环境，如大电流、高磁场、易燃易爆、易腐蚀等中进行温度测量，具有很高的研究价值和广阔的应用前景。

在赵士龙团队的项目中，科研团队基于荧光光纤温度传感器利用某些金属离子，特别是稀土离子在不同基质中的发光，通过建立金属离子在基质中的荧光参数与温度的关系，从而得到待测物质的温度的特点开展研究。

“通过对氧氟微晶玻璃组分、工艺的设计和优化，得到了高度透明稀土掺杂氧氟微晶玻璃，并系统地分析了玻璃的组分对玻璃网络结构、物化性能等温度传感灵敏度的影响规律。”赵士龙说，本项目研制的稀土掺杂氧氟微晶玻璃光纤基质材料，可为研制具有自主知识产权的特种光纤，开发高精度的光纤温度传感器提供科学依据和技术储备。该项目研究已发表SCI论文13篇，其中TOP期刊论文5篇，授权国家专利3项，培养研究生5名。在项目执行期间，赵士龙入

选浙江省高等学校中青年学科带头人并荣获 2018 年度浙江省优秀教师称号。

(来源：浙江省科技厅)

福建物构所基于稀土纳米探针实现全血中循环肿瘤细胞直接检测

循环肿瘤细胞 (circulating tumor cell, CTC) 是从肿瘤原发灶或转移灶脱落并游离到外周血中的一类肿瘤细胞, 其容易引发肿瘤复发或转移并显著增加肿瘤患者的治疗难度和死亡风险。因此, CTC 的有效检测对肿瘤的早期诊断、预后判断以及疗效监控等具有重要意义。然而, 由于 CTC 在血液中含有量极低, 传统的基于“富集-检测”的两步分析法存在操作繁琐、灵敏度低、易产生假阴性等不足。如何实现全血中 CTC 的高灵敏直接检测是肿瘤诊疗领域的一个重大挑战。

中国科学院福建物质结构研究所结构化学国家重点实验室陈卓团队和中科院功能纳米结构设计与组装重点实验室陈学元团队合作, 在国家自然科学基金、中科院战略性先导科技专项、中科院创新国际团队以及福建省引进高层次创新创业人才项目等资助下, 支持“率先行动”联合资助优秀博士后项目获得者宋晓荣和郭晗晗等利用时间分辨稀土纳米荧光探针首次实现了全血中 CTC 的高灵敏直接检测。该稀土纳米荧光探针通过靶向上皮肿瘤细胞表面高度表达的表皮细胞粘附分子 (EpCAM) 实现对 CTC 的特异性高效识别。借助稀土纳米粒子 (NaEuF_4) 的溶解增强荧光放大技术和长寿命的铕离子配合物红光荧光信号, 该稀土纳米探针可有效克服复杂血液样品中短寿命背景荧光信号的干扰, 极大地提高了 CTC 检测的灵敏度, 其检测限低至 1 CTC/well。同时, 该检测策略具有优异的检测特

异性和实用性。基于该检测策略，研究团队对不同临床分期的乳腺癌患者进行血液 CTC 水平分析，可实现 93.9% 的癌症阳性检出率（14/15），并且发现 CTC 检出水平与乳腺癌患者临床分期密切相关。该工作为全血中 CTC 直接检测研究提供了一个崭新思路，对实现肿瘤患者的早期诊断和预后监测具有重要意义。相关成果 7 月 25 日在线发表于《德国应用化学》（*Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, DOI: 10.1002/anie.201907605），福建物构所/福建农林大学联培生郭晗晗是该论文的第一作者，陈卓、陈学元和宋晓荣为通讯作者。该工作与福建省肿瘤医院乳腺肿瘤外科医生雷雯团队及病理科医生何诚在患者样本采集、CTC 商用肿瘤细胞尺寸分离法（ISET）检测上进行合作。

此前，陈卓团队和陈学元团队合作，在基于稀土上转换发光纳米材料的生物医学应用研究方面取得一系列进展，例如，开发了基于上转换发光纳米探针的肿瘤标志物体外检测平台（*Nanoscale* 2015, 7, 4274-4290；封面文章）和开展了深部抗菌抗真菌等光动力学治疗应用研究（*Nanoscale* 2018, 33, 15485-15495；内封面文章）。

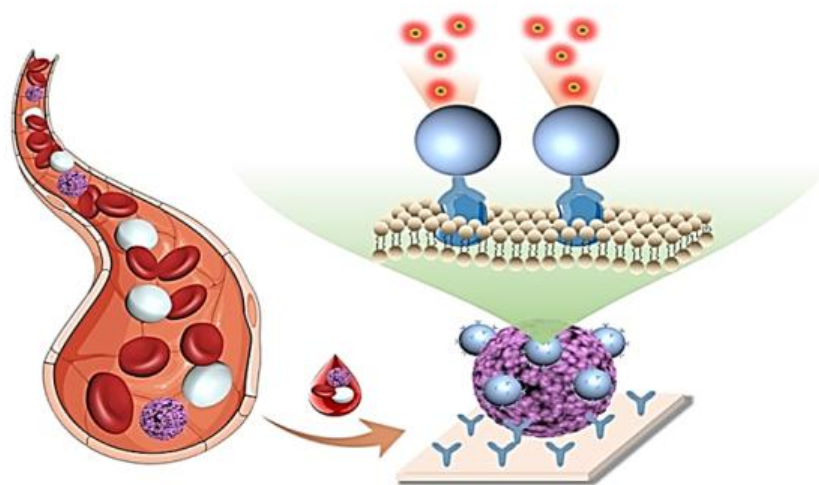


图 1、基于时间分辨稀土纳米荧光探针实现全血中 CTC 高灵敏时间检测示意图

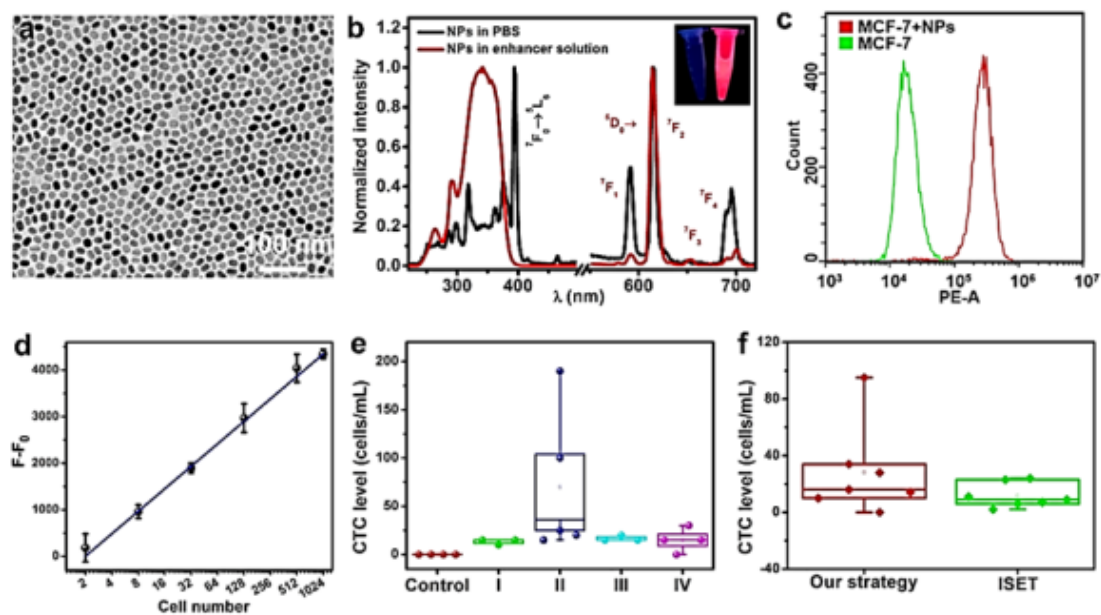


图 2、a) NaEuF_4 纳米粒子电镜表征图；b) 纳米粒子在磷酸盐缓冲液与增强液中的发射光谱与紫外灯照射下的发光照片；c) MCF-7 乳腺癌细胞与纳米探针结合前后的流式细胞分析；d) 时间分辨荧光信号与 CTC 浓度的线性关系；e) 不同分期乳腺癌患者的血液 CTC 箱式统计分析图；f) 基于稀土纳米探针与商用 ISET 检出的 CTC 水平比较。

(来源：福建物质结构研究所)

国家发展改革委、商务部发布《外商投资准入特别管理措施（负面清单）（2019年版）》

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会、中华人民共和国商务部第 25 号令，《外商投资准入特别管理措施（负面清单）（2019 年版）》已经党中央、国务院同意，现予以发布，自 2019 年 7 月 30 日起施行。2018 年 6 月 28 日国家发展和改革委员会、商务部发布的《外商投资准入特别管理措施（负面清单）（2018 年版）》同时废止。

外资准入负面清单从 2013 年上海自贸区的的第一张负面清单 190 条，一直到 2015 年的 93 条，2017 年的 63 条，再到 2018 年精简为 48 条，2019 年进一步精简为 40 条。

其中，在稀土相关领域，稀土矿勘察、开采、选矿（同样包括放射性矿产和钨）仍为外商禁止投资进入领域，在大范围精简负面清单的背景下，国家对稀土矿上游资源的掌控意愿进一步凸显了其战略地位。

（来源：国家发改委）

2019年上半年稀土市场分析

2019年1月，稀土市场随着春节的临近，行业供需均稳中有降，市场价格在谷底徘徊。1月9日，受北方稀土挂牌价的影响，国内轻稀土产品价格全线下调。同时由于受农历年末和终端市场需求减弱的影响，除个别产品外，上游和下游对市场呈保守态度，市场成交量一般。整个稀土市场无利好消息，大部分商家也持观望态度，市场成交格外谨慎。

进入2月，春节期间，国内稀土市场表现平稳，市场人士多以观望为主，市场交投乏力：稀土市场整体表现冷清，价格以平稳为主。北方稀土氧化镨钕、氧化钕、金属镨钕、金属钕和金属镧产品的挂牌指导价保持不变。南方稀土在月中调高了氧化铽和氧化镱的价格，幅度较大。北方稀土和南方稀土价格显示，轻稀土市场需求平淡，而重稀土氧化镱和氧化铽需求相对旺盛。

3月份，受缅甸矿进口消息影响，中重稀土产品镱铽价格继续上行，厂商看好后市，氧化镱市场询单积极活跃，热度只增不减，持货商家看涨情绪浓厚、报价上涨明显。3月11日、18日、25日，南方稀土集团三次公布中重稀土价格挂牌价，镱铽价格逐步上行。3月13日，北方稀土更新轻稀土3月份挂牌指导价：与2月份挂牌价相比，所有挂牌产品全线下调。从需求方面看，以稀土永磁为首的下游应用需求表现平平，根据宁波地区磁材企业反馈的信息，年后订单并未增长。下游需求动力不足，供大于求严重，导致镨钕市场报价持续滑落。

4月以来，稀土市场行情继续保持轻重走势分歧。轻稀土行情依旧弱势，氧化镨钕市场价格的整体下调的同时也带动镧铈报价相应下调，市场整体氛围较差。2019年4月轻稀土挂牌价格与2017年4月挂牌价格相近，已经接近两年来

的最低水平。镨钕系产品则在经历了月初的轻微下调后，旋即恢复企稳，在下游普遍接受价格之后成交有所回暖，而成交量的回升又突显镨系产品的涨势合理。供应降低的预期依旧是支撑中重稀土稳健上扬的主要原因。

5月中旬，缅甸稀土正式封关及贸易战因素影响，稀土市场热度开始提升，各系产品价格整体上浮。重稀土上涨趋势加速，镨钕产品大幅上调。轻稀土的供给同期也出现收缩预期，镧铈系产品流通量明显增加，后市开始预热。5月20日，习近平总书记在江西赣州考察时实地调研相关稀土企业，并就推动稀土产业绿色可持续发展做出重要指示。总书记的重要讲话引发了社会各界对中国稀土行业发展的热议，也点燃了所有稀土从业人员的热情

与信心，加之各方面对稀土短期快速上涨行情大力宣传，综合促使市场报价一路飙升，轻、重稀土走势全面沸腾。

6月4~5日，国家发展改革委连续举办了三场稀土行业座谈会，分别听取了行业专家、重点企业以及相关地方的意见和建议。稀土话题依然占据了一定的热度，但价格涨势已经明显见缓。这段时间稀土价格预期并非完全由需求推动，其中的不确定性也使得部分企业严格按需采购，使得实际需求自下而上调控价格上涨，市场运行整体稳中偏强，相对理性活跃。

6月下旬，稀土价格开始出现回调行情，主要有以下原因：一方面政策支撑作用逐步减小，对稀土行业整体的基本面关注度开始增加；另一方面，下游磁材对应淡季采购量有所减少，询盘活跃度降低，根据当前行情及库存情况、不考虑做多还有一个重要因素，6月中旬中美贸易战稍见缓和，宏观环境有所转变，在一定程度上影响了稀土价格走势。

（来源：中国稀土行业协会）

稀土价格走势

一、稀土价格指数

稀土价格指数在 1-2 月期间保持平稳，在 130 点附近徘徊，进入 3 月以来，稀土价格指数震荡下行至 4 月底最低的 122.9 点。进入 5 月以来，稀土价格指数在上旬保持稳定，在 124.5 点至 124.7 点之间波动。随后价格指数逐步拉升，并在 5 月 23 日由前一日的 132.1 点直接跳跃至当日的 149.7 点，单日涨幅达 13.23%。6 月的稀土价格指数继续稳步上行，于 6 月 19 日达到最高的 165.8 点，随后价格指数也随着稀土价格出现回调行情。



二、中钷富铈矿

6 月份中钷富铈矿挂牌均价 16.05 万元/吨，相比 1 月上涨 2.35%。

三、轻稀土氧化物

6 月份氧化镨铈挂牌均价为 35.76 万元/吨，相比 1 月上涨 13.53%；金属镨铈挂牌均价为 46.13 万元/吨，相比 1 月上涨 14.91%。

6 月份氧化镨市场挂牌均价为 40.63 万元/吨，相比 1 月上涨 0.32%。99.9% 氧化镧市场挂牌均价为 1.26 万元/吨，相比 1 月上涨 0.63%。99.99% 氧化铈市场挂牌均价为 25.00 万元/吨，相比 1 月下跌 6.54%。



四、重稀土氧化物

6月份市场氧化镝主流均价为199.16万元/吨，相比1月上涨64.38%；镝铁主流均价为201.16万元/吨，环比上涨64.88%。



6月份99.99%氧化铽市场主流均价为401.50万元/吨，相比1月上涨35.91%。99.999%氧化铽市场挂牌均价为1.97万元/吨，相比1月下跌26.27%。氧化铽市场挂牌均价为18.43万元/吨，相比1月上涨20.47%。

表1：2019年6月我国主要稀土氧化物平均价格对比（单位：公斤）

产品名	纯度	1月平均价	6月平均价	
氧化镧	≥99%	12.50	12.58	0.64%
氧化铈	≥99%	12.20	12.00	-1.64%
氧化镨	≥99%	405.00	406.32	0.33%
氧化钕	≥99%	312.82	359.21	14.83%
氧化钐	≥99.9%	11.00	12.47	13.36%
氧化铕	≥99.99%	267.50	250.00	-6.54%
氧化钆	≥99%	131.00	200.00	52.67%
钆铁	≥99%Gd 75%±2%	143.00	213.21	49.10%

市场行情

氧化铽	≥99.9%	2954.09	4015.00	35.91%
氧化镝	≥99%	1211.59	1991.58	64.38%
镝铁	≥99%Dy80%	1220.00	2011.58	64.88%
氧化钬	≥99.5%	332.05	402.58	21.24%
钬铁	≥99%Ho80%	361.59	422.58	16.87%
氧化铒	≥99%	153.00	184.32	20.47%
氧化镱	≥99.99%	190.00	130.00	-31.58%
氧化镱	≥99.9%	4300.00	4200.00	-2.33%
氧化钇	≥99.999%	21.00	19.68	-6.29%
氧化镨钕	≥99% Nd ₂ O ₃ 75%	314.95	357.58	13.54%
镨钕金属	≥99%Nd75%	401.41	461.26	14.91%

(来源：中国稀土行业协会)

一张图了解粉末冶金



中国粉体网 版权所有

一、粉末冶金概述

@中国粉体网



粉末冶金是制取金属或用金属粉末（或金属粉末与非金属粉末的混合物）作为原料，经过成形和烧结，制造金属材料、复合材料以及各种类型制品的工艺技术。

广义的粉末冶金制品业涵括了铁石刀具、硬质合金、磁性材料以及粉末冶金制品等。



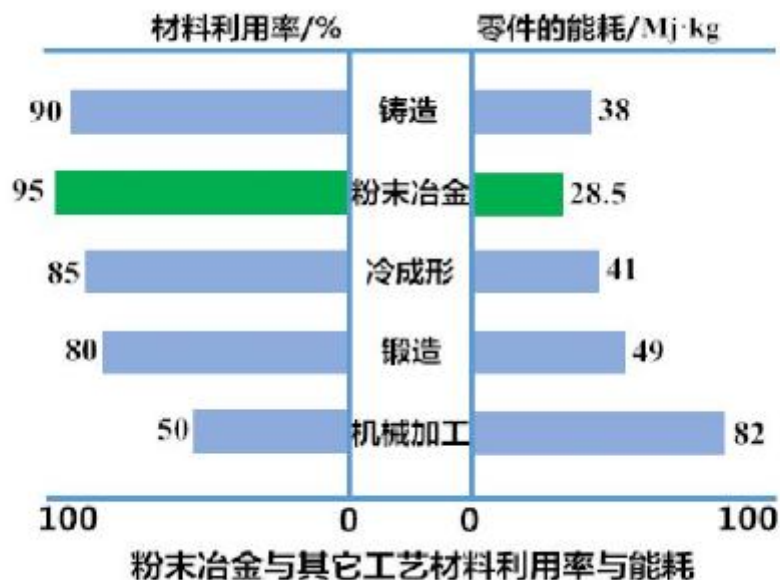
狭义的粉末冶金制品业仅指粉末冶金制品，包括粉末冶金零件(占绝大部分)、含油轴承和金属射出成型制品等。



二、粉末冶金工艺特点

@中国粉体网

与其它工艺相比，
粉末冶金的材料利用率最高，
达到95%，
且零件能耗最低！





特点

- 制品的致密度可控，如多孔材料、高密度材料等
- 显微组织均匀、无成分偏析
- 近型成形，原材料利用率 > 95%
- 少无切削，切削加工仅40~50%
- 材料组元可控，利于制备复合材料
- 制备难溶金属、陶瓷材料与核材料

三、粉末冶金基本流程

@ 中国粉体网





粉末冶金基本流程图

1 制粉

制粉是将原料制成粉末的过程，常用的制粉方法有机械法和物理化学方法。

机械法 不改变原材料的化学成分，通过切削/研磨金属使材料分裂产生新界面来制备粉末。



轧制



锤捣



研磨



冲击

机械法制备优劣

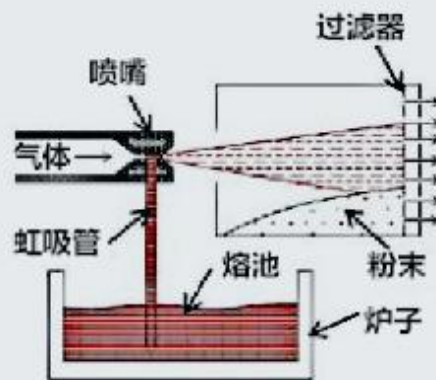
- 可减小或增大粉末粒度
- 研磨后金属粉末会加工硬化
- 粉末形状不规则
- 粉末流动性变差

物理化学方法

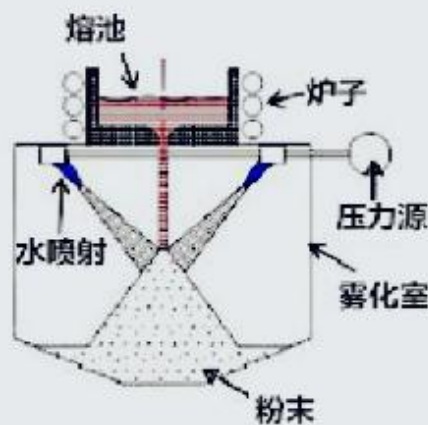
物理
化学方法

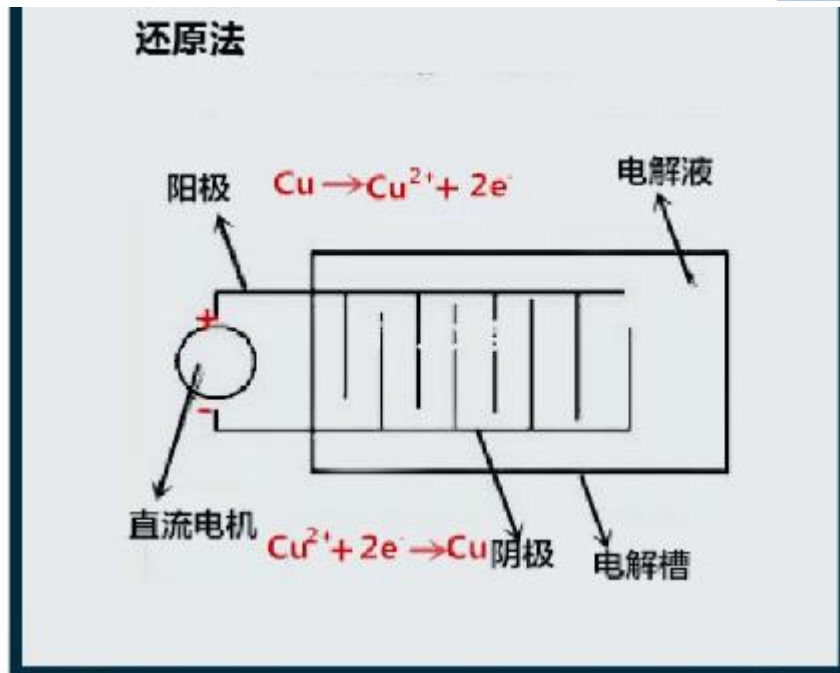
液态金属通过冷却、雾化等物理方式制备粉末；另外还可以还原离解等化学反应为基础，用还原剂还原金属氧化物及盐类来制取。

气雾法



水雾法





雾化制粉技术可以有效的减少合金成分的偏析，所以得到的合金粉末成分比较均匀。
水雾化法由于采用了密度较高的水做雾化介质，所以制得的粉末形状一般为不规则形。

尺寸大于**0.001mm**，且小于**1mm**的固体颗粒称为粉末，通常粉末颗粒形状有以下几种：

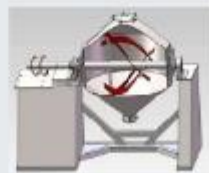


2 混料

混料是将各种所需的粉末按一定的比例混合，并使其均匀化制成坯粉的过程。



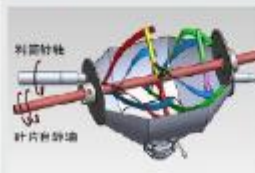
分别用于不同要求。



双锥混合机



V型混合机



双运动混合机

混料的重要性：

- 混粉不均匀，成形过程易分层、断裂
- 混粉不均匀，烧结过程易爆裂、变形
- 混粉不均匀，产品硬度、密度等机械性能不达要求

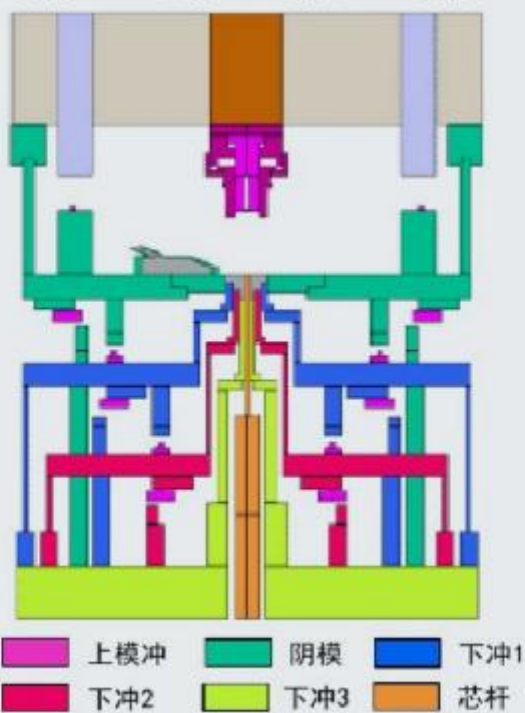
3 成形

成形是将混合均匀的混料，装入压模后在15-600MPa压力下压制成具有一定形状、尺寸和密度的型坯的过程。

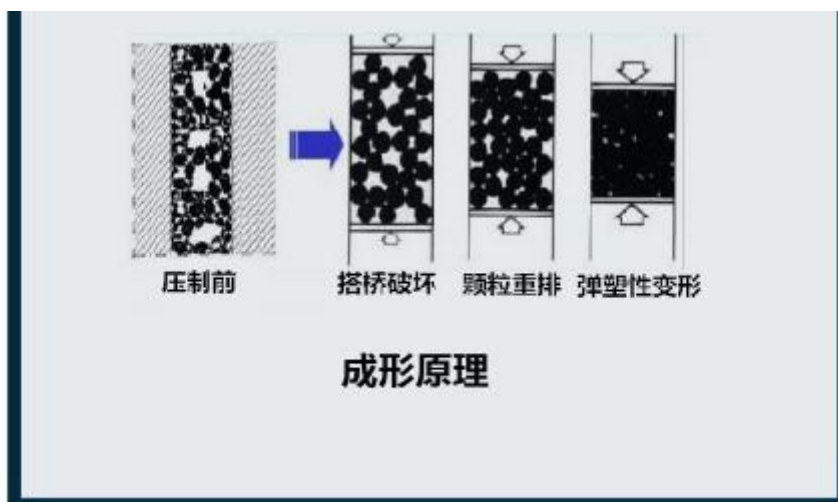


加压成型中应用最多的是模压成型。

装粉 → 压制 → 保压 → 脱模



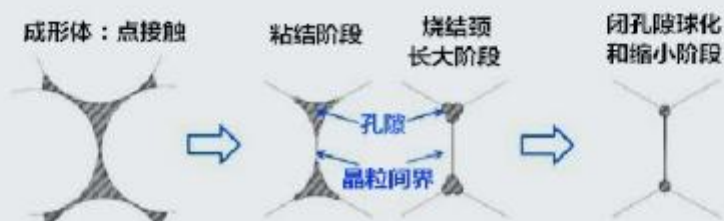
成形模具结构图



4 烧结

烧结是粉末冶金工艺中的关键性工序，
成型后的压坯通过烧结使其
得到所要求的最终物理机械性能。

烧结又分为**单元系烧结**和**多元系烧结**，
除普通烧结外



成形体烧结三步曲

烧结不同于金属熔化，
烧结时至少有一种元素仍处于固态。
烧结过程中粉末颗粒间
通过扩散、再结晶、熔焊、化合、溶解
等一系列的物理化学过程，
成为具有一定孔隙率的冶金产品。

5 后处理

烧结后的处理，可以根据产品要求的不同，
采取多种方式。如精整、浸油、机加工、
热处理及电镀、水蒸气处理等。

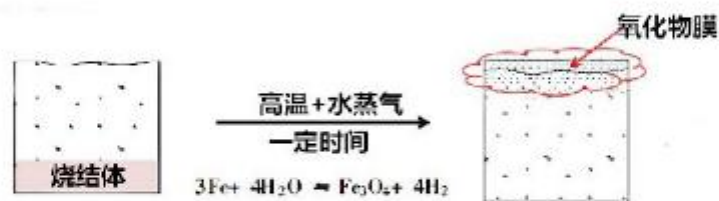
此外，近年来一些新工艺如轧制、
锻造也应用于粉末冶金材料烧结后的加工，
取得较理想的效果。

(1) 浸渍

- 利用烧结件多孔性的毛细现象浸入各种液体。
- 为了润滑目的，可浸润滑油；
- 为了提高强度和防腐能力，可浸铜溶液；
- 为了表面保护，可浸树脂或清漆等。

(2) 水蒸气处理

- 粉末冶金制品由于存在孔隙，这给表面防护带来困难。
- 蒸汽发蓝处理对于仪表、军工及有防腐要求的粉末冶金制品很重要。



作用：提高粉末冶金件防锈能力
密闭空隙



处理前：亮银色



处理后：蓝黑色

(3) 表面冷挤压

- 提高零件的尺寸精度和减小表面粗糙度，可采用整形；
- 提高零件的密度，可采用复压；
- 改变零件的形状，可采用精压。

(4) 热处理

- 由于孔隙的存在，对于孔隙度大于10%的制品，不得采用液体渗碳或盐浴炉加热，以防盐液浸入孔隙中，造成内腐蚀；
- 对于孔隙度小于10%的制品，可用与一般钢一样的热处理方法，如整体淬火、渗碳淬火、碳氮共渗淬火等；
- 热处理可提高铁基制品的强度和硬度。

四、粉末冶金的应用

@ 中国粉体网

粉末冶金产品的应用范围十分广泛，
从普通机械制造到精密仪器；
从五金工具到大型机械；
从电子工业到电机制造；
从民用工业到军事工业；
从一般技术到尖端高技术，
均能见到粉末冶金工艺的身影。

粉末冶金材料分类：

- 粉末冶金多孔材料
- 粉末冶金减摩材料
- 粉末冶金摩擦材料
- 粉末冶金结构零件
- 粉末冶金工模具材料
- 粉末冶金电磁材料
- 粉末冶金高温材料等

典型应用：汽车行业

粉末冶金的气门座、气门导向、VCT和链轮等，能够具备高强度、高耐磨损性和优良的耐热性。



进、排气门座

齿轮

典型应用：航空航天工业

特殊功能材料，主要用于飞机和发动机的辅机、仪表和机载设备。

高温高强结构材料，主要用于飞机发动机主机上的重要结构件。



发动机用高压涡轮粉末盘 航空刹车副-BY2-1587

典型应用：消费电子



2011-2016年粉末冶金零件市场概况



五、粉末冶金发展方向

@中国粉体网



粉末冶金技术正向着高致密化、高性能化、集成化和低成本等方向发展，具体如下

有代表性的铁基合金，将向大体积的精密制品，高质量的结构零部件发展。

制造具有均匀显微组织结构的、加工困难而完全致密的高性能合金。

用增强致密化过程来制造一般含有混合相组成的特殊合金。

制造非均匀材料、非晶态、微晶或者亚稳合金。

加工独特的和非一般形态或成分的复合零部件。

(来源：中国粉体网)