矿山重型装备国家重点实验室

矿山装备前沿技术 引领中国工业转型升级

文·本报记者 乔 地

中原大地，九朝古都。每年四月牡丹花盛开，簇拥着我国工业重镇洛阳。坐落在这里的中信重工，是共和国“一五”时期156个重大工程建设项目之一，今天已成长为国家重矿装备的龙头老大。

尤其是近3年来，重矿行业普遍下滑，中信重工新产品、工程成套和国外市场订单却逐年上升。到2013年，总销售额已占国际市场50%左右，成套产品和工程总包约占60%，新产品销售约占70%。实现了“从制造型企业向高新技术企业转型；从主机供应商向成套服务商转型；从本土化企业向国际化企业转型”三大转型，形成了大型化、智能化、成套化、低碳化的绿色产品新格局。

这样的历史巨变，正是依托矿山重型装备国家重点实验室的科研成果而实现的！

矿山重型装备国家重点实验室是科技部2011年1月批准建设、2013年8月通过验收的。

它以矿山重型装备性能、可靠性与寿命、制造关键技术和节约减排为自己的四大研究方向，切中重矿装备技术在我国经济转型要害技术。目前拥有实验研究人员149人，409台套仪器设备构成28个实验系统，涵盖重矿装备研发所需的从物料实验、仿真分析、制造，到最终产品测试整个过程，形成了完整的实验研究平台链条。

四年来，除承担依托单位100多项科研课题外，还承担省部级以上科研课题13项。这些课题中，国家973计划3项，支撑计划3项，863计划1项。获授权专利135项，其中发明专利54项。获省部级以上科技成果奖励24项，其中“国家科技进步二等奖”2项。课题和成果涵盖了应用基础理论和技术研发、材料和工艺以及实验技术等，突破或正在突破一批制约我国矿山重型装备研发的重大技术瓶颈。

低速、重载、大功率工业专用变频控制技术：工业专用高压变频器正式发布。

大型矿磨：迫使国外设备在国内降价四成

大型、智能、高效磨机是利用日益贫化的矿山资源的重大关键技术装备，矿山重型装备国家重点实验室建立了粉磨装备实验系统和强大的选型数据库，研发出了具有完全自主知识产权的“大型矿用磨机”系列产品，一举打破国外技术封锁，填补了多项国内空白，使中信重工成为全世界能够制造直径7米以上球磨机、12米以上自磨/半自磨机的三大厂商之一。目前，已装备到国内外20多座矿山企业，国内市场占有率达85%。近三年销售达47.6亿元，为相关矿山企业创造100亿元以上的新增利税，迫使国外设备在国内售价降低40%。

该成果首创了纯静压多油腔摇杆式斜面自压紧轴承及多滑履轴承支承技术，承载能力高达3000吨以上，解决了超大负荷支承难题；开发的大型磨机双电机自纠偏同步传动技术及多元状态远程监控诊断系统，解决了特大功率多机驱动的技术难题，驱动功率达20000千瓦；发明的大型磨机多段筒体、分片端盖、多瓣齿圈组合体制造工艺，解决了大型磨机超大零件极限制造难题，实现了超大、超重复杂构件制造和装配成套技术集成；建立的粉磨装备实验系统和选型数据库，首创了基于矿石特性的磨矿工艺参数计算模型，解决了磨矿工艺流程的准确选型难题，实现了资源节约和高效利用。

高压辊磨机：解决低品位矿三大难题

“多碎少磨”、“层压破碎”，一直是我国选矿界几十年的梦想，也是装备制造业沉重的责任。中信重工完全拥有自主知识产权的高压辊磨机使这一梦想变为现实。该技术改变了矿山、冶金、建材等领域传统的粉磨技术路线和方法，解决了传统工艺高能耗、低效率的重大技术难题，使进口装备在国内售价降低50%以上。近三年在国内外市场销售52.2亿元，为用户年增加效益280亿元。

该项成果根据不同矿物特性和粉碎要求，采用料层等厚辊压方式，实现了入磨粒度首次从10mm减到3mm，使矿物加工的项目投资、系统能耗、金属磨耗等工艺指标比传统工艺均下降20%以上。国内首创的超高压辊磨机型，压力达到4.5MPa。开发的GM系列高压辊磨机，在金属矿山中可以实现40%的提前抛尾，解决了低品位矿的高耗低效难回收问题，系统能耗降低30%以上，作业效率提高15%。

活性石灰煅烧：在国内首次实现智能测控

活性石灰和稀土并称为“工业味精”，能够显著降低能耗和料耗，减少污染物排放，提高工业产品质量，越来越广泛地应用到炼钢、电解铝、电石冶炼、造纸等领域。

大型高效节能活性石灰生产线关键技术与成套设备的研究，以热工基础理论研究、模拟煅烧试验、生产数据分析为基础，通过系统仿真模拟温度场开发出低压损、高换热效率的活性石灰煅烧系统；通过活性石灰模拟煅烧试验以及理化分析，掌握活性石灰回转窑系统煅烧最佳工艺参数数据库，得到关键设备设计和计算方法。开发的OCS控制系统的数学模型，独创了石灰系统智能在线检测控制软件，实现完全自动化的中控室。最终研发出产品活性度高，系统热耗和投资低，资源综合利用最大化的活性石灰生产线关键技术与成套设备，结束了国内石灰煅烧依赖人工摸索的历史。

褐煤提质：解决国际设备选型理论难题

褐煤是煤化程度最低的煤种，约占全球煤炭总储量的50%，仅我国已探明的褐煤总储量就达1300亿吨，是未来主要的化石能源和煤化工原料。褐煤提质技术首次探索出静动压试验数据转换规律，总结出数学模型，解决了国际上提质设备选型的理论基础难题，开发的新型CCDJ物料对辊挤压成型选型设计技术，可以计算出满足不同物料成型系统工艺要求的对辊成型机规格、线速度、配套装机功率、工作比压强、设备产能等主要参数。

首创成型钝化工艺技术，解决了热压型煤易粉碎、易自燃的难题。开发出国内首台辊径1400mm、辊宽1000mm、最高线压力达到25t/cm无粘结剂高压成型机，使煤粉在高压、无添加剂情况下连续成型。高效成型智能自动控制系统，使成球率提高10%—30%。褐煤提质成型后，其吨产品利润可达50元以上，若项目建在坑口，则吨产品利润高于100元，且水分降低30%—60%。

高端高压变频器：打破垄断替代进口

高压变频升级传统产业。空调变频调速已普及，大家日常已熟知其节能性。但用在耗能巨大的大型重载设备上，需要一系列的关键技术突破。变频调速技术具有调速范围广、调速精度高、动态响应好等优点，使电机在最节能的转速下运行，在很多需要精确速度控制的应用中，变频器正在发挥着提升工艺质量和生产效率、节约能源的明显作用，也是替换进口、节约投资的最大领域之一。国内高压变频调速市场需求也急剧升温，在矿山、冶金、建材等领域高压变频器具有巨大的市场空间。目前我国自行开发生产的变频调速产品只相当于国际上世纪90年代水平，关键技术严重依赖国外公司。

目前国内大型矿井提升装备、大型磨机、大型热冷轧机、风电变流器、石油天然气管道架设等专用领域的高端高压变频器市场仍被国外品牌垄断。各种高压变频器虽不断出现，但到目前为止还没有像低压变频器那样近乎统一的拓扑结构。国外厂商虽有成熟的控制技术，但所用产品拓扑结构导致其无法适应我国电网电压等级，国内用户在无替代产品的情况下被迫通过变压器调节电网电压的方式来适应国外产品。

实验室成功开发出CHIC1000、CHIC2000、CHIC3000、CHIC5000、CHIC6000等系列变频器，可满足工业企业各类主导产品配套及市场需求。电压等级包括10kV、6kV、4.16kV、3.3kV、1140V及660V等多种。广泛应用于煤炭、矿山、冶金、有色、建材、电力和节能环保等众多领域。

中信重工对该项目的核心突破，涉及到高压大功率变频器产品功率单元、主控制器、整流变压器、功率单元控制软件、通用控制软件、矢量控制算法的系统研发，核心技术以高性能矢量控制、产品的稳定性、高精度和多功能等为主。该技术大部分用于节能领域，实现产业化以后，每年生产的产品（按照达产年产量500台，节电率30%计算）可为用户节约用电量4亿—6亿千瓦时，节约燃煤15—20万吨，减少CO_2排放4—5万吨。

■读数·读图

年产2000万吨级特大型选矿设备制造技术：中信重工自主研发、制造并负责安装调试的澳大利亚SINO铁矿6组ϕ12.2×11米自磨机和ϕ7.9×13.6米溢流型球磨机建设现场。

日产800—1200吨低能耗智能化活性石灰成套装备设计及制造技术：活性石灰工程总包。

年产600万吨级高压辊磨设计及制造技术：新型原矿高压辊磨系统。

年产2000万吨级褐煤提质成型工艺及装备设计制造技术：年产50万吨褐煤提质示范工程。

■一线对话

文·本报记者 乔 地

拥有应用基础性成果，企业才拥有核心技术

走进矿山重型装备国家重点实验室主任王继生的办公室，简洁明亮的空间，不大。当他说起近几年实验室的核心成果时，神情飞扬，思绪已不是这个空间可以容纳……

记者：请介绍一下矿重实验室运行情况。

王继生：首先，我们认为能出科研成果、多出成果、能出对行业经济发展影响大的好成果，并能就近与利益最相关的依托单位尽快转化为生产力，推向市场，带动行业技术进步，才是硬道理，才是建立国家重点实验室的最终目的。

依托单位中信重工在实验手段、团队、经费、场地、激励措施等方面给予实验室以大力支持。在四年的建设与运行中，逐渐形成了“学委会学术指导，依托单位人财物支持，管理运行主任负责，课题来源市场引领，课题选择引领市场，科研管理合同约束，研究团队梯次搭配，研究动力名利结合，产学研协同企业主导，行业辐射成套化带动”的运行管理模式。

记者：显然，企业国家重点实验室离不开依托单位的支持。

王继生：企业国家重点实验室服务于依托企业，无论从双方利益还是道义方面讲，都是理所当然的事情，同时与国家设立国家重点实验室和科技发展的目标及意义相一致。实验室通过依托单位，科研活动直接衔接市场，成果转化直接高效。

一方面，企业国家重点实验室由依托单位投资建设并具体管理运行，企业是以追求市场经济效益为首要任务的经济组织，这决定了企业国家重点实验室必须服务依托单位的科研需求。

另一方面，按企业国家重点实验室设立的条件，其依托企业科研经验、成果和手段、人才、工装、市场衔接等都有一定的基础，具备一定的知名度和影响力，能够代表国家在该领域的科研和产业化能力，它根据市场需求要求实验室所开展的科研项目，具有在该领域的代表性、补缺性和领先性。

记者：参观了实验室的部分实验研究平台，很震撼。能否谈谈这些实验平台建设的情况？

王继生：我们主要是采取“项目带动、联合共建、国际兼并”的方式建立的。

矿山重型装备国家重点实验室主任 王继生

近年来，中信重工的长期研发投入比超过7%。依据科研项目需要和前瞻性，陆续投资7500余万元，建成了28个实验检测系统和实验室，并根据课题需要每年都在增加。我们拥有全套的CAE仿真模拟平台——从机械性能和强度模拟仿真分析、工艺流程设备选型模拟仿真分析，到制造方面的铸—锻—冶—热处理—焊接模拟仿真分析和数控加工编程实验分析。这些实验研究平台涵盖了重矿装备研发所需的从物料实验、仿真分析、制造，到最终产品测试的整个过程，形成了重矿装备设计与制造两大方面课题所需的“设计——实验——仿真一体化”完整、有机的研究平台体系。

记者：科研人才呢？

王继生：主要是靠现有人才培养和高素质人才与智力的引进，组成了140余人相对稳定的研究团队。

对现有人才采取科研项目合同管理、目标考核、绩效工资、人才梯队建设、职务津贴、科研津贴、重奖等多项激励措施。研究人员实行“基础工资+绩效+科研项目津贴”的工资制度。每年评定学术带头人和技术专家一次，额外按月给予专家津贴。2013年开始实行首席技术专家制度，在选矿技术、低温余热利用、固废处理、热加工等多领域聘任首席技术专家15名，每人每月1万元津贴。每年召开“科技大会”，对做出突出贡献的课题组重奖。

同时重视对高校博士、硕士等高学历人才的引入，给予较高工资、住房待遇和职位，近四年来已引入这类人才43人。2013年聘任了13位院士、专家，成立了“院士专家顾问委员会”，担当实验室顾问。同时也重视从社会引进有经验有成果的高端人才。2012年底实验室高薪引进由5名博士组成的高压变频器研发团队，开发国内先进的高压大功率变频器技术，成为在电力电子行业与国际巨头同台竞技的新军，为中信重工由机械制造向电力电子跨界发展奠定了坚实基础。

记者：听到您讲项目合同管理，目标考核，具体做法是什么？

王继生：第一，每年下达科研计划。每年12月，下达下一年科研计划，详细标明研究内容、目标，完成时间，负责人和主要完成人，项目经费。到期项目随时验收，未到期项目每季度检查一次，半年总结一次，年底按目标考核进度。

第二，项目合同制管理、重奖。每年初依托单位举办一次科技大会，与各大课题组组长签订科研合同，注明达到研究目标后的奖励金额。同时，对上一年度科研工作进行总结，完成较好的课题，评出依托单位内的科技进步奖。重奖，对课题组奖金最高额一次性100万元。

记者：请谈谈课题设立的经验。

王继生：第一，科研课题的设立紧盯国家产业政策，并有重点方向。矿重实验室不但将节约环保型技术研究贯穿于设备性能和制造技术两方面，而且不断开辟节约型技术的新领域。第二，科研课题立项以市场驱动与引领市场相结合；技术提升与纵横拓展相结合。在紧盯国家产业政策的前提下，课题的设立战略上主要遵从依托单位的“高端企业、高端市场”“以高端产品办国内高端、国际知名企业，有所为有所不为”的战略定位。策略上从依托单位传统产品一步步展开，以有利于逐步拓宽技术和市场，最后形成工程成套能力。第三，国家重点实验室必须在主导专业领域进行应用基础性研究并不断更新，高端企业也必须以高端产品支撑，高端产品必须有应用基础性研究成果为支撑。应用基础性研究是进行产品工程开发设计的基础。拥有应用基础性研究成果，企业才拥有核心技术。

记者：这些成果的取得，尤其基础性课题，是不是有产学研结合的背景？

王继生：建立资源引入和共享机制，是融合企业、院所的人才、成果、装备等资源，提高大型科研仪器设备和实验平台的利用效率，加强制造业服务平台建设，推动自主创新平台建设，提高研发效率的有效途径。实验室通过与企业、高校紧密合作，经过实践探索，已形成双赢的产学研动态联盟。已与众多高校、研究所联合开展基础研究课题，取得很好的效果。在这种合作过程中经历了选择、磨合、了解、协同的过程，已经初步形成相对稳定的产学研联盟雏形。

记者：能否谈谈实验室面临的问题以及建议？

王继生：世界正面临信息化、智能化、个性化批量定制、绿色环保循环、虚拟制造、虚拟企业等第三次工业革命。目前实验室面临的问题主要有两个。一是复合型应用基础研究人才奇缺。我国应用基础研究底子薄，我理解的“应用基础研究”应当就是通用基础理论的专业化。这就需要既深刻理解通用基础理论，又对所在专业机械性能、现场工况和问题目标十分熟悉的人才。这样的人才，如果没有专门化的培养计划，没有10年是不能成的，所以必须通过专门招聘专门培养。二是机械方面的共性基础研究，同样离不开对机械工程工况的深刻理解，应以依托于大企业的国家重点实验室具体组织牵头，建立产学研的动态联盟，这也是欧美等国家的做法。

■实验室动态

先进成形技术与装备国家重点实验室 玉柴快速制造基地揭牌

日前，先进成形技术与装备国家重点实验室玉柴快速制造基地揭牌，玉柴股份与先进成形技术与装备国家重点实验室依托单位机械科学研究总院，同时签订战略合作协议，根据协议规定，双方将在科技研发、基地建设、人才培养、国际交流、成果推广等方面展开广泛合作。

先进成形技术与装备国家重点实验室玉柴快速制造基地由玉柴股份和机械科学研究总院双方共同建设，为南方首家。以基地建设为依托，玉柴将借助机械科学研究总院在人才、技术上的优势，加深在装备制造的新技术、新工艺、新方法上的合作交流，进而提升并扩大玉柴在数字化成形技术、先进成形工艺、先进成形装备上的优势，扩大玉柴快速制造的产业化，进一步夯实玉柴在行业的竞争力。

玉柴股份董事长晏平认为，机械科学研究总院有很好的研发人才、研发体系，创新能力强。希望借外部合作，打破玉柴一些领导干部保守的思想观念，以体系、战略上的创新来推动玉柴的发展。而机械科学研究总院院长李新亚表示，希望签订战略合作协议后，双方在基础工艺、非标装备、工厂设计等方面展开全面合作，从国家层面去攻关，共同解决企业的问题，推动区域经济发展。

光伏材料与技术国家重点实验室 召开学术委员会

近日，光伏材料与技术国家重点实验室第一届第四次学术委员会在英利北京公司召开。

会议听取了实验室主任宋登元博士就上一年度实验室验收、研究工作进展、承担的科研项目、知识产权与成果、队伍建设与人才培养、实验室硬件设施改善、对外交流与影响及实验室中长期工作规划等方面的工作汇报；技术中心副总经理史金超就高效电池技术研究、铸锭切片技术研究、抗PID技术研究等方面项目进展的汇报，与会专家和领导针对实验室2014年工作取得的研究进展进行了认真讨论。

委员们对实验室的下一步工作提出了意见和建议，强调要进一步凝炼研究方向，突出企业重点实验室自身的特色，不仅要让实验室服务于企业更要让实验室服务于行业，并要在研究成果共享、行业内部交流、大型仪器设备运转与维护、实验室信息化建设方面进一步拓展相关工作。与会委员们还指出了光伏技术重点发展方向，对实验室今后的发展、管理以及科研组织等方面的工作提出了相关建议。

学术委员会主任委员王占国院士在总结中指出在2014年度实验室工作不论是从基础研究还是重大项目和成果转化，都重点突出，出现了一些研究亮点，尤其是在学术成果开发和应用方面。希望实验室在以后不断凝炼聚焦重大科学问题和关键核心技术问题，实现创新驱动发展。