

六年何以摘得十二项国家大奖

——中科院大连化物所的创新之路

□ 本报记者 李大庆



1月10日,在2013年度国家科技奖励大会上,国家主席习近平将国家最高科技奖授予了中国科学院院士张存浩。这位已在中科院大连化学物理研究所(下称大连化物所)工作60余年的老科学家,由于在化学激光和分子反应动力学等研究领域的杰出贡献而获此殊荣。

在近6年内,大连化物所总共获得省部级一等奖及以上奖项24项,如果加上刚刚获得的这项大奖,大连化物所总共获得了12项国家大奖,其中包括获得国家最高科技奖1项,国家科技进步一等奖1项(第二完成单位),获得国家自然科学二等奖3项(第一完成单位,下同),获得国家技术发明二等奖1项,获得国家科技进步二等奖4项(1个第一单位,3个第二单位),获得国家专利金奖2项。

如果一个研究所在6年中取得一两项国家大奖就应该说不错了,但大连化物所二连三地取得了12项国家大奖,这不能不说是个奇迹。

奇迹的产生必然有其缘由。大连化物所在建所60多年的基础上,坚持科技创新,注重人才培养,倡导创新文化,从而激发了全所科研人员的创新热情,创新成果不断涌现。

研究所定位:在洁净能源领域,提供重大创新性理论和技术成果,满足国家战略需求

2013年12月17日。北京。

中国石化工业联合会组织了一场鉴定会,由中国科学院大连化物所李灿院士所领导团队开发的“汽油固定床超深度催化吸附脱硫组合技术”通过鉴定。李灿团队与陕西延长石油集团合作,在延长炼化公司永坪炼油厂120万吨/年催化裂化装置上进行了万吨级固定床汽油超深度催化吸附脱硫工业中试。中国石化工业联合会组织专家组于12月8日至11日对中试研究装置进行了现场72小时连续运行考核。结果表明,中试装置运行平稳,各项指标全面达到或超过合同要求。

李灿团队开发的技术对于解决机动车尾气排放和我国在2017年底在全国范围内强制实施燃油国V标准具有重要意义。因为除了中国石化引进国外S-Zorb流化床吸附脱硫技术外,目前我国大部分炼油企业还没有针对国V汽油的生产技术。这项具有自主知识产权的技术,被鉴定专家认为是:流程简单,工艺先进,投资成本降低,装置设备可以全部国产化,特别适合我国加氢汽油的超深度脱硫,具有广阔的应用前景,整体技术处于国际同类技术的领先水平。

可能大多数人都不曾想到,李灿原本是做基础研究的。2008年,他所率领的团队因为“催化材料的紫外拉曼光谱研究”而获得国家自然科学二等奖。靠着坚实的基础研究,李灿团队进一步加强应用研究。经过多年的拼搏,在实验室取得技术突破的基础上,团队又打开了应用之门。能依据基础研究理论进而解决我国经济社会发展中的重大问题,这完全得益于大连化物所自身的准确定位及不断追求。

大连化物所创建于1949年。在60多年的发展中,大连化物所紧密结合国家经济建设的需要,开展多方面的科学研究和技术开发,逐渐在催化化学、化学工程、化学激光和分子反应动力学、以色谱为主的分析化学和生物技术等学科领域形成了自己的特色,取得了一系列重大成果,为科学技术发展和国家经济建设做出了重要贡献。

进入“创新2020”以来,大连化物所进一步明确了研究所的定位:以洁净能源国家实验室为平台,坚持基础研究与应用研究并重,在化石资源优化利用、化学能高效转化、可再生能源等洁净能源领域,持续提供重大创新性理论和技术成果,满足国家战略需求,发挥不可替代的作用,建设世界一流研究所。

突破煤代油关键技术,把煤制丙烯、乙醇、高碳醇以及天然气等推向产业化

煤代油,在大连化物所许多老同志的心中那是一种信仰,是勇于坐冷板凳的见证。

故事要从煤制烯烃说起。

烯烃是石油化工的一种基本原料,其下游产品是聚烯烃塑料制品,用途十分广泛。世界各地的烯烃主要是通过石油来生产的。然而,天有不测风云。“石油—烯烃—聚烯烃塑料”这一生产路径在上世纪的70年代产生了风险。受石油危机的影响,上世纪70年代末国际上开始研究利用非石油资源生产烯烃的技术。大连化物所的科研人员在上世纪80年代也开始了“煤—甲醇—烯烃”的技术研发之路。

那时,由于中国石油的消耗量和进口量有限,石油危机对中国经济的影响并不严重。但大连化物所人认为石油早晚会成为中国经济的血液,用煤替代石油生产烯烃具有重要的战略意义。可在有些人看来,煤制烯烃的研究并不重要,他们不能理解大连化物所这批研究人员的“怪异”举动。特别是当石油价格不足10美元一桶时,风言风语和质疑声更是不断。

做科研有时就像买股票,需要有深邃的目光和远大战略,更需要有坐冷板凳的精神。虽然缺少资金,但大连化物所的科研人员始终没有中断对煤制烯烃的研究。大连化物所集中力量协力攻关,成立了甲醇制取低碳烯烃研究所,并从研究计划、人力设备、工作安排和学术讨论方面都进行了统一协调部署。经过多年艰苦努力,科研人员克服了种种困难,取得了可喜的成果。他们研制的ZSM-5沸石催化剂的主要性能,包括乙烯选择性和耐热稳定性等,均达到国外

同类工作的先进水平。这项成果1985年获得中国科学院自然科学二等奖,1986年获中国科学院科技进步三等奖。大连化物所为我国实现“以煤代油”的战略目标迈出了可喜的一步。

20世纪90年代,新一代学术带头人刘中民研究员带领研究组积极开展更加深入的基础研究和应用研究。与此同时,甲醇制烯烃过程中的基础理论研究也被列为国家973研究课题,并就甲醇制烯烃过程中碳—碳键的生成及反应机理、沸石分子筛的形状选择性、甲烷的形成、积碳过程等与国家催化基础重点实验室进行了合作研究。在此过程中,大连化物所形成了具有自主知识产权的一整套专利和技术。1995年,他们完成了流化床甲醇制取低碳烯烃过程的中试运转,并通过了专家鉴定,适合两段反应的催化剂及流化反应工艺达到国际先进水平。1996年,这一成果获得中科院科技进步奖特等奖和国家计委、科委与财政部联合颁发的“八五”重大科技成果奖。这项技术为工业放大奠定了基础。

从2004年起,刘中民团队与合作单位联合开发甲醇制烯烃,先后完成了1.5万吨/年甲醇加工能力的工业示范装置的设计、安装、工艺技术放大,以及催化剂工业化生产等各环节的基础理论和实践的研究,并在陕西陕化集团公司化肥厂建成了世界上首套万吨级甲醇制烯烃规模的甲醇制低碳烯烃装置。2005年底完成了试验设备的调整工作,并正式进入工业示范运转。在整个工业试验期间,研究组先后有20多名科技人员在陕西西华县试验现场奋战了8个多月,其中十个人长期坚守在那里,每天都到现场和操作人员、技术人员一起观察试验运行情况,发现问题及时解决。2006年,甲醇制取低碳烯烃工业试验项目技术成果通过了国家级鉴定。

2010年8月8日,世界首套甲醇制烯烃工业装置在包头投料试车一次成功,这标志着我国煤制烯烃新兴产业取得了里程碑式的进展,奠定了我国在世界煤基烯烃工业化产业中的领先地位。

有年的基础研究,也有技术转化的不懈努力,甲醇制烯烃为我国能源战略发展开辟了一条新路。大连化物所审时度势,从战略角度出发,确定了以甲醇制烯烃技术为龙头,转化一代、开发一代、前瞻一代;突破一批煤代油关键技术,完成煤制丙烯、乙醇、高碳醇以及天然气等一批工业性试验,推向产业化,力争初步形成以甲醇制烯烃为龙头的煤代油新兴产业。

在能源相关基元及催化反应中重大科学问题、液流储能关键材料与新技术领域力争重大突破

在进一步凝练目标的过程中,大连化物所还确立了在能源相关基元及催化反应中重大科学问题、液流储能关键材料与新技术领域力争重大突破。

在科学界,认识能源化学反应过程,开展相关的催化基础和化学动力学的研究是能源高效清洁利用的科学基础。催化是石油、煤、天然气等化石能源高效利用的核心技术,也是太阳能、生物质等可再生能源利用的学科基础。催化作用的本质就是降低反应活化能,提高反应速率。其基础科学问题是催化剂微观结构和反应性能的关系。随着人类社会发展和对环境问题的关注,对催化研究也提出了新的要求:在保持高活性的基础上,附加了催化反应的高选择性。即调变反应途径降低或消除副产物的生成,即使有不可避免的副产物和污染物生成,也需要通过催化技术实现无毒化和清洁处理。

基于此,大连化物所积极发展和利用国际先进的动力学实验和理论方法,深入研究能源化学过程相关的基元及催化反应动力学、表面化学以及光化学过程;推动以极紫外光源和表面动力学研究装置为中心的科学研究平台的建设,发展一批新的实验方法

和仪器,特别是发展先进的原子分子探测技术,以及实时双光子光电子能谱技术和实时和频光谱技术,对与能源相关的一些重要基元反应和表面光催化过程进行深入、全面的研究。目前大连化物所已取得部分优秀科研成果,其中,F+H₂反应共振研究被评为2006年国内十大科技进展之一;F+D₂、Cl+H₂反应的非绝热动力学研究被评为2007年中国十大科技进展之一;四原子体系分子反应动力学研究、H+HD/D₂反应动力学研究、甲醇在TiO₂表面的光化学动力学研究、复杂分子体系激发态氢键动力学、单原子催化等方面也有重要进展,分别刊登在国际重要学术期刊上。此外,利用深紫外激光(177纳米)的高能量和高强度,研制了国际上首套深紫外拉曼光谱仪和光发射电子显微镜(PEEM)。在均相反应多相化实现了高效手性催化;建立了手性拉曼光谱技术,组装了高灵敏度手性拉曼光谱仪;首次实现了原位手性催化反应条件下手性分子的构型、构象定性、定量检测,为手性反应机理的研究提供了新手段。

大连化物所能源相关基元及催化反应中重大科学问题上确立的目标为:发展原创性的理论和方法,解决与洁净能源相关的基元及催化反应中的重大科学问题,实现从分子、原子、量子态水平上理解催化表面化学反应关键过程,促进能源基础科学领域重大突破,为发展高效洁净能源提供理论和实验基础。

可再生能源的利用是世界各国在能源领域的竞争热点之一。风能、太阳能等可再生能源发电具有明显的不连续、不稳定和不可控的非稳态特征,大量的可再生能源直接并网会对电网造成冲击,因而研制大容量储能装置成为当务之急。液流电池储能技术由于具有安全性高、稳定性好、效率高、寿命长、成本低等优点,成为大规模高效储能装置的首选之一。

大连化物所自2000年起从事储能技术的研究开发,针对液流电池产业化过程中存在的科学问题与技术问题展开研究。经过十余年的积累与创新,在液流电池储能技术的关键材料制备、电池电堆及系统结构设计、密封技术、电池模块和储能系统集成技术、测试方法及应用示范等方面取得了一系列重大成果。共申报发明专利108件,其中国际专利6件,并进入欧洲、美国、日本等多个国家专利保护,已授权26件,技术转让29件,形成了完整的自主知识产权体系;发表液流电池相关学术论文60余篇;得到了液流电池领域国内外同行的高度认可,具有重要的影响力,并领军国内外液流电池标准的制定。

在发明电解质溶液制备技术、开发电解质溶液稳定化技术、发明电解质溶液在线容量恢复技术的基础上,大连化物所与有关企业合作,建成了年产150MWh(兆瓦时)的电解质溶液生产线,并实现规模化生产,所开发的电解质溶液已经应用于各项示范工程,经日本和欧洲客户试用得到了高度评价,已开始规模出口。

大连化物所从分子设计出发,研究液流电池隔膜材料的构效关系、离子传输机理,成功开发出高选择性、高耐久性、低成本的非氟离子交换膜,所开发隔膜经过了10000余次充放电循环的耐久性实验,表现出良好的稳定性。他们以此为基础,掌握了非氟离子交换膜的规模放大技术,成功组建了液流电池用非氟离子交换膜的生产线,实现规模生产,所生产的隔膜材料组装出目前国内最大功率22千瓦级液流电池电堆,性能达到国内领先、国际先进水平。

在液流储能关键材料与新技术领域,大连化物所的建设目标是:突破一批关键技术,实现关键材料完全国产化,发展成套设备,完成世界最大规模工业化示范,推动产业化推进可再生能源普及应用,目前正在与大连融科储能技术发展有限公司合作,投资20多亿元,建设液流电池关键材料产业化基地和液流电池储能装备产业化基地,满足我国节能减排的重大需求。

人才是研究所立足的根本

2003年,曾经在美国留学、工作过的杨学明全职受聘大连化物所工作。一年以后,他所率领的团队就成功研制出我国第一台“里德堡态飞渡时间谱仪”,在国际上拥有了该领域最先进的实验手段。其研究成果“在量子水平上观察到化学反应共振态”被评为2006年中国十大科技进展,并获得2008年度国家自然科学二等奖。杨学明本人不仅担任了国家973项目的首席科学家,而且在2011年当选为中科院院士。

杨学明回国首选大连化物所,这完全得益于大连化物所的科研环境和人才政策。所领导放手让他根据自己的设想组建结构合理、优势互补的科研团队,这成为杨学明取得重大科研进展的保证。

有人说,杨学明的团队里有三种人:“指兔子的”、“打兔子的”和“拣兔子的”。杨学明是“指兔子的”,能够捕捉到研究领域的前沿课题,为团队指明科研方向,确定目标。而“打兔子的”和“拣兔子的”人,就是在科研方向、目标确定之后,能够实现目标的相关科技人员和保障人员。在杨学明的团队,不乏“打兔子”和“拣兔子”的高手。

人才是一个研究所立足的根本。多年来,大连化物所一直极其重视人才工作和人才发展,吸引并凝聚了一大批优秀的科技专家,形成了有利于科技持续创新、人才辈出的文化环境。在大连化物所,人才工作是骨干人员暨职工代表大会的主要议题。所长报告中都将人才工作作为最主要内容之一,专题报告人才工作,分析人才工作形势,部署人才培养和引进工作。

在大连化物所,所有岗位都实施“公开招聘”制度,竞争上岗,选拔人才,做到岗位设置公开,招聘过程公开,招聘结果公开,确保招聘工作的公正、公平,营造有利于人才发展的制度环境。在引进海外人才上,也是倾全所的智慧,保证吸纳最优秀者。每次引进海外人才,均由研究所学术委员会集体评审,全所2/3以上学术委员参会,2/3以上委员同意才可向所领导班子推荐。

除了引进人才,大连化物所还特别重视人才的培养。大连化物所所长张涛曾面临着研究所发展过程中出现的新问题:

科技人员接受了竞争上岗、签合同的规则,大连化物所也因此而聚集了一批优秀科学家,出了不少的优秀成果。可你能让他们永远都三年一聘,永远背负着竞争的包袱吗?这种体制是否能让那些已经考察证明是非常优秀的科学家,静下心来做一些挑战性的课题呢?

现代科研需要多学科交叉、集成、渗透。而大连化物所是一个以基础研究与应用研究并重、应用研究和转化相结合为主要特色的综合性研究所,它具备进行学科交叉、集成的条件。但是每一个研究人员

都是“落户”在研究组中的。如何打破研究组的制约,从而建立一套有助于交叉创新的机制或制度?

以前,所里只聘各处室的一把手,由他聘副职。这样能使工作减少摩擦,提高效率。但一些部门的领导只考虑眼前的工作需要,而忽视了培养年轻人。这种现象在一些研究组也存在。如何保证科研管理和科学研究的可持续发展?

张涛认为,这些改革初期实行的办法在当时是必要的。但随着时间的推移,它们可能不适应新的形势了,要进一步推动科技创新。

大连化物所开始了新的探索。

参照国外的做法,大连化物所出台了研究员长期聘任管理办法。那些在创新岗位工作10年以上且考核优秀,或者得过国家奖、得过国家杰出青年基金资助等的研究人员,经所长办公会研究决定,可以长期聘用,以保证他们在研究组长、团队负责人的岗位上退下来后,依然能够潜心科研,继续培养年轻人,依然能得到相应的待遇。

大连化物所对二级研究员或其他做出突出贡献的研究员,与其签订长期聘用合同,聘用至法定退休年龄,保障工作和生活条件,使部分研究员愿意从研究组组长岗位上退下来,有利于青年学术带头人的发展,也有利于不同年龄段研究员作用的有效发挥。

所长张涛说:“尽管有些做法还不成熟,但我们愿为中科院研究所的改革探路。”

在为优秀研究员创新铺设道路的同时,大连化物所也通过多种渠道为青年科技骨干成长搭建平台,不断拓宽青年科技人才发展通道,培养青年学术技术带头人。采取优秀学术骨干组、组建研究组集群,聘任研究组组长、项目骨干等多种形式,遴选青年科技骨干。目前研究所已聘任了130名青年科技骨干,壮大了青年学术技术带头人的规模。此外,研究所还制定政策,严格选拔品学兼优的毕业生入选研究所“百人计划”。

重视创新人才,必有创新成果。两组数据也许能说明大连化物所创新的水平。

论文:从1998年进入知识创新工程试点以来,大连化物所发表SCI论文近9000篇。而近5年来,高水平论文的发表数量(影响因子大于5)迅速增长,近150篇论文发表在《科学》、《自然》、《德国应用化学》、《美国化学会志》等相关科学顶级刊物上。

专利:2007年以来,大连化物所累计申请专利约3200多件,获得专利授权1000多件;其中申请国外专利300多件(含PCT申请),国外专利授权70多件。大连化物所的发明专利申请和授权量一直稳居中科院研究所的前列。

水涨船高。正是由于大连化物所的创新群体庞大,创新水平较高,因而其代表人物包信和、杨学明、张涛分别在2009年、2011年和2013年被选为中国科学院院士,目前大连化物所在所的院士总数已达14人。

或许,一件最近发生的“新闻”能让人更好地理解为什么众多优秀科研成果会产自大连化物所。

2013年12月20日,大连化物所有3名新入站的博士后申请得到了首批“大连化物所优秀博士后奖励基金”,他们在站期间的工资将达到18—20万元,这已与国际知名院所的博士后年薪水平相当。

这项优秀博士后奖励基金来自于大连化物所“甲醇转化与煤代油新技术基础研究专项基金”。这是大连化物所为保持甲醇制烯烃技术在国际的领先地位,促进煤代油新技术创新,以及研究所相关优势学科基础研究与应用研究的紧密结合,而于2013年出资1亿元人民币设立的,它将分为5年,以每年2000万元支持相关学科发展和人才培养。三名在博士期间都以第一作者身份在高水平杂志发表多篇文章的博士后,将以工资18—20万元的优厚待遇在大连化物所“创新”。

2013年11月,在中科院的组织下,多位来自国外的专家对大连化物所的创新工作进行了评估。国外专家认为,在科学研究方面,大连化物所取得了举世瞩目的进展:气相及表面反应动力学研究,催化剂新概念、光解水研究,生物分析以及痕量环境污染物质检测技术等;在技术推广方面,大连化物所具有非常强的从科学发现到技术发展、直至将该技术商业化的能力,打造了甲醇制烯烃、全钒液流电池等具有世界先进水平的工业化技术。

已经走过60多个春秋的大连化物所,如今正走在一条“创新无止境”的大道上。科学研究上他们鼓励创新,技术推广上他们力促创新,管理制度上他们探索创新。创新已融入了大连化物所人的生活,他们“创新并快乐着”。

