

## 学科发展

# 关于我院高技术研究 发展战略的思考\*

桂文庄

(中国科学院高技术研究与发展局 北京 100864)

**摘要** 分析了中国科学院高技术研究面临的形势和国家的战略需求,讨论了中国科学院高技术研究工作的定位、总体战略、评价标准、体制和机制创新等问题,对信息、先进制造、新材料、能源、化工以及空间等科学技术领域的发展趋势和中国科学院高技术研究工作关注的战略重点问题进行了探讨。

**关键词** 中国科学院,高技术研究,发展战略

中国科学院是国家自然科学和高技术研究中心。按照院新时期办院方针,我院的高技术研究工作,应当以满足国家战略需求为重点,把国家战略需求与科技发展前沿结合起来,既要大力加强关键技术的创新,又要高度重视系统集成创新,为国家不断做出“基础性、战略性、前瞻性”的重大贡献。

## 1 国家需求与高技术发展的形势

当今,我们面对的高技术发展形势是:随着加入WTO和经济全球化,我国企业面对着更加激烈的国际竞争;市场经济体制和机制逐步完善,企业提高自主创新能力的的需求日益增强;科学与技术关系日益密切,基础研究到产业化发展周期大大缩短,知识生产和经济活动日益紧密结合,高技术创新与产业化能力成为国家的核心竞争力;我国高技



术研发工作不仅在科学技术上面临着全球性的竞争,更面临着人才的竞争。

我国社会发展不平衡,贫困人口、就业和社会保障压力等问题尚待解决,生态环境、自然资源与经济社会发展之间的矛盾等问题日益突出,在核心关键技术创新和产业

化能力方面与先进国家有较大差距,面临着严峻的挑战。为国家解决这些问题,是我院高技术研究工作现阶段的基本使命。党的“十六大”提出了全面建设小康社会的奋斗目标,到2020年,我国的GDP将在当前的基础上再翻两番,达到4万亿美元以上。我国的经济总量将位于世界的前三位,可能仅次于美、日。我国的经济、军事、科技、社会将有全面的巨大发展。在这样一个历史时期,我院能为实现这个伟大的目标做出什么样的贡献,将是重大考验。我院高技术研究将直接为实现建设小康社会的目标

服务,面临着重大的机遇和挑战。

## 2 我院高技术研究工作的定位和总体战略

我院高技术口的任务是:从事关系到国家经济发展、国防建设与社会进步的基础性、战略性、前瞻性高新技术创新研究;承担国家重大项目中的关键技术与开发工作,解决国家急需的重大科技问题;培养相关领域的高级人才;提高我国高技术自主创新能力,不断促进高技术产业发展。

我院是国家的科研机构,由中央财政直接支持,满足国家战略需求是我们的职责。我们应当做对国家长远发展与安全需要的战略高技术和当前国家安全及重要产业急需而企业难以承担的关键高技术研究发展工作。

帮助和促进高技术企业发展,是我院主要功能之一。我院高技术研究面临着企业 R&D 力量(包括国外企业)和大学两个方面的竞争。和大学相比,我院有科研组织力量强、科研目标集中、工程能力较强、易于集中力量做大事的优势,但是大学具有学科全面、易于交叉、比较宽松的环境以及较为充足的人力资源的优势。因此大学更有开展自由探索性基础研究的优势,而我院则更适合于重点开展定向基础研究,完成国家的重大科技任务。

和企业 R&D 相比,我们缺乏与市场的紧密联系,工程工艺开发能力较弱,从研究成果到产品的转化不如企业有优势;但是我院有较强的基础研究力量,能够做更前瞻的工作和解决更困难的问题。我院高技术研究应把解决在全面建设小康社会的伟大历史进程中,国家和企业发展的重大关键技术作为重点。

现在,一个更加高效、符合市场经济规律的国家创新体系正在形成。社会对我院的工作会有越来越高的要求。作为社会需求的供应方,如何才能有效地满足社会的需求,真正起到不可代替的作用,这是我们定位的根本,也是在发展战略研究中要着重解决的问题。

我们的总体战略是:瞄准国家的战略需求和世界科技发展前沿,加强基础研究和高技术前沿探索研究,注重原始性创新,提高科技持续创新能力,实现技术跨越式发展。必须集中力量开展具有战略意

义的高技术研究,在一些关系到国家经济命脉和安全的重要关键领域取得突破,加强突破性(disruptive)创新和集成创新,加快开发能够推动产业结构升级的共性技术、关键技术和配套技术,推进传统产业技术升级。要不断促进高技术研究成果的应用和产业化,促进高技术产业发展,这是高技术研究的终极归宿。必须使我们的工作融入国家创新价值链,不断把人才和成果输送给社会,促进我国高技术产业发展,衍生和发展出有竞争实力的高技术企业,并不断从企业已经可以承担的领域退出,去开创新的领域。国防科研是推动高技术前沿发展的重要动力,进一步加强国防科研,军民结合,为国防需求服务,不仅是我院的崇高义务,也是发展前沿高技术的重要方面。

衡量我们工作的标准是:真正对提高我国高技术的国际竞争力、促进我国高技术产业发展、解决我国经济发展、国防建设和社会可持续发展的重大科学技术问题起到不可替代的作用,对科学技术的发展做出经得起历史考验的成绩。

在体制和机制创新方面,对前瞻性和探索性的研究工作,要严格选择人才与团队,设置适当的比例,稳定支持,创造宽松环境,鼓励创新,宽容失败。集成创新和工程性的研究工作,要面向国家战略需求和产业发展需求,强调合作与团队精神,加强工程化管理,建立质量保证体系,注重投入产出和技术经济分析。面向市场的应用开发型的工作,要大力推进体制转变,鼓励团队加成果进入企业或与社会资源相结合组建企业。研究所办的企业,要按照现代企业制度进行规范,实现社会化。研究所各个层次的工作,要在总体发展战略的指导下,统筹安排、互相支持,形成从基础研究到产业化的整个价值链上转移和可持续发展的机制。建立研究工作的“推(退)出机制”,大力推进成果加人才与社会资源结合,积极适时地推向应用和产业化。努力促进高技术产业化,是我院高技术口研究所的长期任务。加强与企业界的紧密合作,与企业形成互相补充、互相支持的关系,是一项重要的战略措施。

## 3 各领域的发展重点

根据我院管理上的分工,这里的高技术研究领

域主要指信息、先进制造、新材料、能源、化工以及空间等科学技术领域。

### 3.1 信息领域

信息科学技术具有空前的影响力和渗透力,正在改变人类经济、生活方式和社会结构,改变科学研究方法及其发展轨迹。高速化、智能化、微型化、精确性、安全性、可靠性、海量的处理能力、高效的开发手段、友好的人机交互方式等等,是信息技术不断追求的目标。信息科学技术与数学、物质科学、生命科学、天文学、地学及社会科学交叉融合,产生新的学科,衍生新的科学方法和重大科技创新,促进新兴产业的形成。信息科技的主要发展趋势是:个人计算机继续向小型、移动、多功能、智能化方向发展,将为人类生活方式带来革命性的变化。高性能计算机仍将向高端发展,影响国家安全和重大科技创新的尖端科技对计算能力的要求仍然是高性能计算机发展的动力。宽带 IP 网技术的进一步发展将使人们享用到价格更低廉、带宽几乎无限的网络服务,无线移动宽带因特网,将是未来网络发展的一个重要方向。网格(grid)技术可把分布于各处的计算机、数据、设备、用户、软件、信息、知识等组织成逻辑上的整体,将形成未来信息服务产业新模式。国产软件的发展是一个重大的战略性问题,发展新一代的基础软件、大力发展中间件、提高大型复杂应用系统的开发能力和效率,是我国软件业发展的关键。智能信息处理是计算机科学和软件技术发展极其重要的方向,让机器更聪明,更善解人意,使用更方便,始终是人们追求的目标。计算机学习与知识发现,海量数据的理解与管理,对自然语言及图像的理解,对用户需求的适应,人机交互等是今后发展的重点。随着计算机网络的发展和广泛应用,信息安全的问题越来越尖锐,成为社会信息化和国家安全的重大问题,主要关注的焦点是:密码理论与技术、安全协议理论、安全体系结构研究、信息对抗理论与技术和网络安全产品。微电子技术是信息技术的基石,据估计,集成电路技术按每 18 个月集成度翻一番的速度发展(摩尔定律)还将持续, SOC(system on a chip)是重要发展趋势。由于微电子技术已经接近其物理极限,基于量子效应的量子

结构和量子器件正在迅速发展。存储与显示技术仍将继续发展并是信息产业的重要部分。信息获取与处理是关系到国家经济与国防安全的重要技术,超高频率、高分辨率、高灵敏度、高精度、高速处理与控制,是对高性能的器件和系统研制的挑战。在信息科技的前沿,新计算模型、软件工程基础理论、认知与智能、量子计算与量子通信等是十分重要的方向。

信息技术是振兴我国经济的有效倍增器,以信息化带动工业化、国防现代化,是国家的重大战略需求。信息化的迅速发展使我国已经成为最大的信息技术产品的市场之一。但是,我国在信息产业的核心技术方面十分薄弱,对外国技术依赖严重。特别是计算机核心元器件、基础软件和大型软件系统、微电子工艺设备等全部依赖国外,这对我国的经济发展和国家安全构成了威胁。因此,大力发展信息科学技术,增强自主创新能力,是我国科技界的重要任务。

### 3.2 先进制造领域

先进制造与自动化技术是制造业发展的重要推动力,是提升传统产业技术进步的关键,对推动现代工业技术发展起着基础作用。在市场竞争日趋激烈、技术变革日新月异的今天,制造业不仅面临经济全球化、企业巨型化和社会信息化的形势,还面对技术上的智能化、集成化、数字化和绿色化的挑战。21 世纪的制造业将进入一个新阶段。制造业正在从以机器为特征的传统技术时代,向着以信息为特征的系统技术时代迈进,进入了全球化敏捷制造阶段。当前,先进制造与自动化技术发展的主要特点是产品设计制造和企业管理的信息化、生产过程控制的智能化、生产装备的数字化和机器人与环境及人的和谐化。信息技术在制造业中的广泛应用,改变了现代制造企业的产品设计、产品制造和管理模式。以并行工程、虚拟制造为代表的信息技术的应用提高了创新产品的设计制造水平,以敏捷制造、动态联盟、企业电子商务为代表的企业管理技术的应用促进了新型制造企业的迅速发展,形成了新型的跨国企业和基于供应链的战略企业联盟。生产过程的控制是典型的复杂大系统问题,提高生

产过程的控制水平和生产效率是工业界亟待解决的具有挑战性的问题,采用智能化方法进行生产过程控制是一个重要发展方向。发展高度数字化的生产装备是制造企业赢得市场竞争的主要手段之一。采用信息技术,提高生产装备的数字化程度,不仅增强了产品的功能和集成能力、提高了产品的市场竞争力和经济效益,还显著提高了产品的可操作性、可维护性,降低了产品的运行和维护成本。机器人集当代众多高技术于一身,人机和谐共存是机器人技术的发展方向。目前重点研究的特种机器人有仿人形机器人、水下机器人、医用机器人、服务机器人、网络机器人、军用机器人、农林与农副产品加工机器人等等,在航空航天、能源、交通、海洋、生物、医疗、服务、农业、军事和娱乐等领域具有非常广阔的应用前景。

制造业是一个国家的基石和国力的体现。在今后相当长的时间里,制造业仍然是我国经济的支柱。但是,由于我国工业化进程起步较晚,与国际先进水平相比,制造业和制造技术还存在着较大差距。主要问题是:产品创新能力较差、开发周期较长,制造工艺装备落后,成套能力不强,生产自动化和优化水平不高,资源综合利用率低,企业管理粗放,协作能力较差,国际市场开拓能力弱,战略必争装备和竞争前核心技术的开发相对薄弱。因此,大力发展先进制造技术,用信息化带动工业化,用高新技术改造我国的传统产业和发展新型现代制造业,是我国现阶段重要的任务。

### 3.3 材料领域

材料科学技术是人类物质文明的基础之一,新材料的发现将对未来应用产生重大而深刻的影响,各种高性能材料、功能材料将不断发现和应用,按照需求设计和制备新材料的理论和工艺将得到迅速发展。材料的重要作用渗透到从基础工业到尖端技术的各个方面,并对其它学科的发展起到支撑作用。材料科学与生物、信息、能源技术等领域的广泛交叉将能满足诸多方面的需求,并成为新材料发展的重要方向。近年来,下述材料领域的研究十分活跃:纳米材料与纳米器件是近年来新兴的交叉领域,而纳米器件的基础是纳米材料的突破,同时纳

米技术所带来的新型功能及结构材料将对传统支柱产业产品的更新换代和技术的跨越式发展起重要作用;信息功能材料是当代信息技术发展的重要基础,支撑高频、大功率、高可靠性和稳定性的信息功能材料仍然是发展的重要方向,以有机材料为代表的新一代信息材料成为近年来的研究热点之一,其中尤为引人注目的是有机信息功能分子材料与分子电路方面的研究进展;随着社会进步和经济的发展,人类对生命与健康的关注日益增强,在生物医用材料中具有良好生物相容性和可降解性的组织工程材料成为研究的一个热点;随着化石能源终将枯竭的问题日益紧迫,以低成本高效能量转换为目的的能源相关材料成为新材料领域的一个重要研究方向;金属材料一方面仍然是主要的结构材料,国防安全体系和重大工程建设对其在强韧化理论、使役性能、低成本等有着强烈的需求,另一方面能源和信息等产业的发展需要性能更加多样的金属功能材料;先进陶瓷材料的发展,更加趋向于结构功能的一体化,应深入进行其制备方法与工艺的研究,以实现其产品大规模生产和应用时性能的重复性和可靠性;高分子材料的发展更加重视功能复合材料的优质化、高性能化及其智能化。

从整体上看,正是由于材料的基础和支撑作用,材料的高性能、低成本化,材料特性研究与最终制品性能的紧密结合,材料的多功能化、智能化,环境友好的材料、材料与器件设计和制备一体化,推进了新材料制备技术(如纳米材料)的不断发展,并成为材料科学技术的发展方向。

### 3.4 能源领域

能源科学与技术关系到人类社会发展的基本需求,能源的安全供应与可持续发展影响到社会的发展和安。我国能源资源总量虽然较丰富,但人均占有量相对匮乏,还不到世界平均水平的一半,石油仅为 1/10。已探明的煤炭储量占世界储量的 11%、原油占 2.4%、天然气仅占 1.2%。我国能源结构不合理,缺油少气,煤占了能源的 80%以上,与世界能源结构中煤的比例小于 30%形成鲜明对照。据预测,未来 20 年我国石油需求有 2/3 要靠进口。同时,我国能源利用效率低,污染严重,给环境带来巨

大的压力。因此,高效洁净的能源动力系统,新能源和可再生能源的开发,尤其是煤的清洁利用,是这一领域的主要研究方向。未来 20 年内,支持我国经济增长的能源仍将以煤为主。基于我国能源的基本特点,能源领域研究发展的方向为:第一,在以化石燃料为主的现实前提下,高效洁净并综合利用煤炭是核心,为了使能源与环境协调发展,要从“末端治理”为主的现状,转变为“源头控制”为主。第二,我国现有人口已超过 12 亿,在未来二三十年内还会缓慢增长,与这一人口规模相应的现代工业、农业及现代生活需求决定了能源规模应有较大的增长。为了保证国家的能源安全,克服化石能源资源短缺的根本制约,大力发展后续能源,提高新能源与可再生能源、天然气、水电在能源结构中的比重,是调整我国能源结构的重要途径,针对农村能源问题,特别应注重新能源和可再生能源的利用和发展;第三,提高能源使用效率,节能降耗,优化终端能源结构,大力发展多联供等先进技术。

围绕我国能源领域的现状和问题,我院应该重点加强在煤基合成液体燃料,煤炭深加工、多联产清洁利用,天然气、煤层气的转化利用,新型、高效电力系统技术,天然气水合物,新能源、可再生能源新技术,氢能和燃料电池,分布式发电系统,节能降耗技术等方面加强研究。同时,持续支持和加强战略能源、特别是核聚变技术研究,为我国能源的长远发展奠定基础。

### 3.5 化学化工领域

化学化工与人类生活息息相关,对提高人类生活质量和改善环境起着及其重要的作用。化学工业是国民经济的支柱产业之一,在国民经济发展中具有举足轻重的作用。化学与材料、生命、能源、资源、环境等领域的结合,不断开辟出重要的发展方向,新发明层出不穷。化工技术将向高效、节能、环保的方向发展,并为提高人类生活质量和环境改善提供无限可能的途径。化学化工技术在材料领域的主要研究方向是创制高性能化、智能化、多功能化的材料。在生物领域的主要研究方向是运用化学方法研究生命问题,借助生物手段解决化学问题。在资源、能源、环境方面,一是资源的有效利用和高值化,一

是发展与环境和谐的清洁工艺、绿色过程,改造和提升传统产业。在化工过程研究方面,过程定量化和系统集成化得到重视,非线性过程和复杂系统逐步成为研究焦点,计算机模拟和仿真将在过程放大中发挥重要作用,微观结构及其效应日益得到重视。在研究方法上,由简单的平均逐步转向多尺度分析和离散化模拟。在化学基础研究中,新的热点不断出现,为未来化工领域开辟了日益广阔的前景。当前在化学化工方面引人注目的领域包括:基于认识化学反应过程的化学动力学,具有生物活性或具有光、电、磁等性能的功能化合物,高选择性合成化学,化学催化、生命过程中的化学问题,极端条件下的化学行为以及与人类生存相关的分析和环境化学等。合成制备化学是化学学科的核心,而且也总是处于发展的前沿,原子经济性合成方法及温和与极端条件下的合成化学尤为得到重视。生命中的化学问题将是化学学科研究的前沿,化学生物学将成为未来 20 年或更长时间内的一个重要学科前沿。在 21 世纪,绿色化学将得到普遍关注,其主体思想是采用无毒、无害的原料和溶剂,通过化学反应的高选择性,生产环境友好的产品,可从源头上消除污染且经济合理。

当前,国民经济和社会发展不断对化学化工提出重大需求,如资源有效开发利用、环境保护与治理、人口与健康、各种不同性能材料的开发等一系列挑战性难题,迫切需要化学化工在更深层次上进行研究,发现和建立新的理论、方法和手段。我国化学工业的产业集中度较低,一些产品的原料技术路线落后,相当一部分化工产品的生产仍采用高能耗、高消费、高污染的原料路线,缺乏自主开发的核心技术,大部分产品的生产和装备技术落后于发达国家。因此,大力开展清洁、高效的化工技术研究,带动传统化学产业的技术提升和资源、能源的充分利用,并使化学化工过程成为环境友好的绿色过程,是化学化工领域研究的重要任务。

### 3.6 空间领域

空间科学技术是人类征服和利用太空的基础,是当代高技术集成的集中体现,对现代科技进步有重大影响,也是涉及国家战略和安全的重要领域。

自 1957 年人类发射第一颗人造卫星以来, 空间科学与技术就成为推动社会进步和发展的重要力量。空间科学与技术是各种基础学科和技术领域的重要交叉。其研究领域涉及空间天文、空间物理、空间化学、空间生命以及微重力科学等。其采用的高技术手段包括运载技术、卫星技术、通信与导航技术、光学与电子手段的对地观测技术等。此外, 空间平台的应用由于其特殊的环境条件, 还涉及到材料和器件方面的特殊技术等。在未来 20 年内, 人类将把探测卫星发送到太阳系的各个角落, 揭开地球空间和宇宙中许多重大科学问题的面纱, 并进一步利用微重力的空间条件在材料、生物和药物方面为人类

服务。对地观测的技术水平将进入亚米级, 使得地球上的任何目标在空间观测下暴露无疑。空间平台也将向国际联合的大型平台(如国际空间站)和以高度集成化的微小平台为单元的网络方向发展。

“十五”期间, 我国将进一步加大对空间科学与技术发展的投入, 并将空间科学、空间技术和空间应用并列为空间科技发展的三大支柱。因此, 我们将迎来一个我国空间科学与技术高速发展的年代。我院将加强空间遥感、空间环境探测和预报、微重力科学、微小卫星等方面的高技术研究, 积极参加国家重要空间计划, 为空间科学技术做出应有的贡献。

## Development Strategy of the Chinese Academy of High-tech Research and Development

Gui Wenzhuang

(Bureau of High-tech Research and Development, CAS, 100864 Beijing)

In this article, the situation faced with high-tech research in CAS and the national strategic demands are analyzed, the position, overall development strategy, evaluation criterion, innovation for the institutional framework and the mechanism of CAS high-tech research work, and the trends and focuses of CAS in the areas of information technology, advanced manufacturing, new materials, chemical engineering, and space science and technology are discussed.

**Keywords** CAS, high-tech research, development strategy

**桂文庄** 中国科学院高技术研究与发展局局长, 研究员。1968年毕业于西安交通大学计算数学专业, 1985年在美国马里兰大学获理学博士学位, 同年回国在中国科学院计算中心从事计算数学研究。1992年任中国科学院应用研究与发展局(后更名为高技术研究与发展局)副局长, 1997年后任局长。此外还担任中国科学院信息化工作领导小组副组长、中国计算机学会常务理事、中国互联网协会副理事长。