

# 分析仪器发展趋势展望

金钦汉

(吉林大学化学系, 长春分析仪器研究和技术开发中心, 长春 130023)

**[摘要]** 科学仪器的创新是知识创新和技术创新的重要内容。发展科学仪器应当视为国家战略。分析仪器是科学仪器的重要组成部分。分析仪器工业是高技术信息产业。分析仪器的发展是现代科学、经济和社会发展的基础 and 推动力之一。分析仪器的主要应用领域正向生物医学领域转移。分析仪器本身将不断微型化、智能化。但人类向时间和空间的两个极限挑战所需的高级精密仪器也不容忽视。生命过程、生产、科研和社会活动大量需要的将是在线、非侵入、非损坏、原位、实时、多维分析仪器。我国分析仪器与国外的差距在扩大的趋势值得高度重视。改变这种局面的要素之一是领导者、企业家和科技工作者都必须改变对科学仪器的旧观念。

**[关键词]** 分析仪器; 科学仪器; 仪器创新; 科技创新; 发展趋势

科学仪器是人们感觉器官的延伸, 是人们认识世界获取信息的重要工具, 在当今人类向宏观宇宙和微观分子原子甚至“亚基本粒子”世界进军的过程中, 科学仪器更是不可缺少的工具, 它是许多重要而宝贵的信息的源头。

分析仪器是科学仪器的重要组成部分, 它所测量或所获取的主要是物质的质和量的信息。以一切可能的(化学的、物理的、生物医学的、数学的等等)方法和技术, 利用一切可以利用的物质属性, 对一切需要加以表征、鉴别或测定的物质组分(包括无机和有机组分)及其形态、状态(以及能态)、结构、分布(时、空)等进行表征、鉴别和测定, 以求对样品所代表的问题有一个基本的了解。这是当今分析科学也是分析仪器发展所面临的任务。

钱学森院士曾深刻地指出:“新技术革命的关键技术是信息技术。信息技术由测量技术、计算机技术、通讯技术三部分组成。测量技术是关键和基础。”分析仪器作为最重要的测量技术自然是信息技术的重要组成部分。分析仪器工业因此也是实实在在的高技术信息产业。和其它信息产业一样, 在新的世纪里, 分析仪器也将迎来一个欣欣向荣的新局面。

## 1 分析仪器的发展是现代科学、经济和社会发展的基础 and 推动力之一

### 1.1 科学仪器是现代科学发展的基础, 科学仪器的创新是知识创新和技术创新的重要内容

早在一百多年前, 著名的化学家门捷列夫就说过:“科学是从测量开始的。”没有准确的测量就谈不上科学, 而准确的测量离不开仪器。如果翻开科学发展史看一看就不难发现, 许多重要的科学分支实际上是从某项重要的科学仪器装置(instrumentation)的研制成功开始建立和发展的。例如, 极谱仪的发明产生了极谱学; 色谱仪的发明产生了色谱学; 光谱仪的发明产生了光谱学; 质谱仪的发明产生了质谱学。正因为这样, 所以英国著名科学家 H. Pavy 才得出结论说:“Nothing begets good science like development of a good instrument.”。当然, 这些科学的发展壮大也离不开相应仪器的不断改进和提高。没有高分辨率的光谱仪, 我们就不能研究各种元素及其同位素光谱的超精细结构, 也就难以得到相应的知识, 建立起完整的相应的理论体系。因此, 仪器的发展是现代科学发展的基础。

**[收稿日期]** 2000-08-28

**[作者简介]** 金钦汉(1937-), 男, 浙江东阳市人, 吉林大学教授

正如 1992 年诺贝尔奖获得者 R. R. Ernst 所说：“现代科学的进步越来越依靠仪器的发展。”但是，知识创新和技术创新也不能完全依赖于购置和使用新式的仪器。实际上，真正原创性的重大知识创新是不可能通过购置高级新式仪器取得的。李远哲先生是因为建立了世界上第一套分子束实验装置，观察到了前人从未观测到的实验现象才获得诺贝尔奖的。任何人再用他的装置或第二套类似的装置做出类似的工作，显然其贡献已不可能与他相比。正因为如此，在诺贝尔物理和化学奖中约有三分之一是奖给那些在分析测试仪器方面作出重大原创性贡献的科学家的。由此可见，科学仪器的创新是知识创新和技术创新的重要组成部分，正如王大珩院士所说：“能不能创造高水平的科学仪器和设备体现了一个民族、一个国家的创新能力。发展科学仪器设备应当视为国家战略。”<sup>[1]</sup>

### 1.2 分析仪器的發展是现代社会和经济发展的 重要推动力之一

当今社会已进入知识经济社会。经济的全球化导致了各国间激烈的经济竞争，而这一竞争的核心是科技竞争，谁在科技上高出一头谁就能在竞争中占据上风或后来居上，否则就会受欺侮。而要发展高科技，就必须要有强大的科学仪器工业作基础。许多关键仪器是有钱也买不到的，尤其是当这种仪器既可民用又可军用时，往往就更是这样。

科学仪器特别是分析测试仪器是现代工业生产中不可缺少的一部分，并且起着“指导者”和“把关者”的作用。为保证质量和生产安全，各种工业生产，特别是连续自动化生产都离不开关键环节的质量监控，这是众所周知的事实。根据美国国家标准化技术研究所（NIST）的统计，美国在 20 世纪 90 年代初每年用于质量控制分析的费用已达  $500 \times 10^8$  美元，每天要进行  $2.5 \times 10^8$  次分析。严格的分析检测使美国大多数产品的质量都稳定在国际一流水平上，为美国在国际经济竞争中占据优势地位，奠定了牢固的基础。美国商业部的评估报告也指出，占工业总产值 4% 的仪器工业，实际上影响着美国至少 66% 的国民生产总值。

分析仪器在环境质量监测、打击假冒伪劣产品、打击违法犯罪、毒品走私和恐怖主义等经济和社会活动中是人们手中的强大技术武器。

分析仪器在保障人类健康生活、监控病人病情、预防灾害发生等方面也都起着重大的作用。

综上所述不难看出，分析仪器的發展已成为现代社会经济发展的重要推动力之一。

## 2 分析仪器的主要应用领域正向着 生物医学领域转移<sup>[2,3]</sup>

几十年来，分析仪器先是在地质勘探和冶金化工部门，继而在原子能工业和半导体、材料工业，再后来在环境保护领域不断地发挥着重大的推动作用。近十多年来，随着生命科学的不断发展，人们在探讨生命现象的时候已不再停留在生物体整体或某个器官、组织或细胞的水平上，而是深入到了细胞内部，在分子水平上研究生命的发生、发展和变化。人类基因组计划的提前完成和各种生物基因组的遗传和物理图谱的建立，克隆羊多莉的诞生等为生命科学的发展开辟了无限广阔的前景。基因工程已进入了蓬勃发展的新时期，新基因产品已摆上了人们的餐桌。疾病的 DNA 诊断和基因治疗，甚至基因作为药物的时代已经到来。所有这一切，都离不开分析仪器的创新和发展。没有快速、高效、准确的自动化 DNA 测序仪，人类基因组计划就不可能提前完成；没有新型 DNA 分析仪的进一步发展，人类也很难在防病、治病特别是在防治癌症和各种遗传病方面对现有基因图谱加以利用，因为只有每个医院甚至每个医生的办公桌上都有了可以快速、准确地鉴别疾病基因或病毒的仪器（例如微型质谱仪和 DNA 分析仪）的时候，人们才能够广泛地利用它，用以发现遗传疾病、鉴定致癌基因，甚至预测可能发生的癌症或其它疾病，研制 DNA 药物，实现基因治疗。在法医学上，DNA 鉴定更是一种强有力的武器，既可用于亲子鉴定，又可用于罪犯的确认。基因鉴定还可用于考古学甚至人种学及人类起源的研究。最近研制成功的生物微腔激光诊断技术甚至可用于现场实时判断癌切除手术中哪部分组织必须切除，哪部分组织可以保留，从而防止手术后癌的复发。因此，分析仪器的创新和开发将主要转向生物医学这一领域。实际上这一趋势近年来已变得越来越明显。例如在著名的美国匹兹堡会议上，最近已连续两年有约 1/4 的分会直接与生命医学领域有关。今年会上的 9 名得奖者全都与他们所发展的分析方法在生命科学领域的成功应用有关。可以预料，如果说生命科学是 21 世纪的一门基础科学，那么它的发展将离不开作为 21 世纪技术科学的分析科学和分析仪器的帮助。当然，在关

系到人类生存和发展的环境、国防、材料、航天等领域，分析仪器仍将发挥其十分重要的作用。

### 3 分析仪器的微型化和智能化<sup>[4,5]</sup>

随着计算机技术、微制造技术、纳米技术和新功能材料等高新技术的发展，分析仪器不但会越来越强大的“智能”，而且正沿着大型落地式→台式→移动式→便携式→手持式→芯片实验室的方向发展，越来越小型化、微型化、智能化，以至出现可穿戴式（wearable）或甚至不需外界供电的植入式（implanted）或埋入式（embedded）智能仪器。这是因为计算机技术正经历着翻天覆地的变化。随着分子计算机、DNA计算机、光子计算机、量子计算机等的不断推出，计算机也将越来越微型化。计算机（电脑）与人脑的结合将不再是一个梦。带有植入式电脑的人的智能将大大超过不带电脑的“自然人”<sup>[4]</sup>。而分析仪器和专用计算机的界限也将变得模糊，许多分析仪器实际上就是具有某种分析检测功能的计算机，就象现今电子词典一样，你说它是“词典”还是“计算机”？将来有一天，带有植入式DNA分析仪或其它分析仪的人将随时随地有可能诊断自己可能出现的病变，并可通过无线互联网向全球最著名的专科医院求助，防患于未然，从而大大延长人的寿命。同样道理，分析仪器在生产和社会活动的各个环节也将可以发挥类似的作用，从而造福于整个人类。

当然，这并不意味着大型和复杂的仪器设备都会消失，对于一些重大的前沿科学研究领域，特别是人们向时、空两个极限（极快和极慢过程，无限宇宙和亚“基本粒子”）发起挑战的时候，某些大型分析测试系统将是必不可少的，例如大型天文望远镜、高能粒子加速器、高能同步辐射源、遥感遥测系统，等等。

### 4 分析仪器的普及化、个性化和日用品化，贵重仪器的网络化<sup>[5,6]</sup>

分析仪器微型化与智能化的必然结果是分析仪器的价格将大幅度降低，不仅普通实验室有能力购买甚至个人也有能力承担。同时，分析仪器的操作也将变得越来越容易，过去需要研究生才能操作的仪器，今后也许普通老百姓稍加培训即可使用，“傻瓜式”的仪器将成为主流。因此仪器（包括过去认为是高级精密仪器的质谱仪、核磁共振谱仪

等）将会走入寻常百姓家，甚至变成家庭和个人的“日用品”。实际上，现在已有重不到一公斤的质谱仪，一种只需一滴血就可以在几秒钟内测出许多组分的手持式验血仪也已研制成功。

与上述趋势相关联，大型的政府实验室的作用将逐渐减弱，小型的“合同实验室”的作用将增强。随着经济全球化和全球网络化，大型实验室的数量将减少，但其资源（特别是其精密贵重仪器）将得到更充分的发挥。因为它可以面向全世界为所有“网民”服务，实际上，现在就已有有人在建立利用全球主要实验室资源的“网络实验室”了。

### 5 大量发展在线、非侵入、非破坏、原位、实时、多维分析仪器<sup>[2,7]</sup>

生命过程、生产、科研和一切社会活动都是一种在时、空中进行的连续过程，因此，一切为了保证质量和安全的检测和监控手段最好都不要打断这些过程的自然进行，并能实时反映系统中正在发生的变化。为此，那种离线的、破坏性的或侵入式的分析测试方法将逐步被淘汰，而在线的、非破坏的、非侵入式的、可以进行原位、实时测量的方法将受到欢迎，如果还能提供多维特别是三维以上化学信息的话（例如各种成像技术，特别是化学成像技术）那就更好了。因为这样我们就不仅可以测试对象在整体上发生了什么变化，而且可以观测到这种变化发生的具体部位、具体化学成分及其随时间的改变。这不仅对于生命过程的研究极其重要，就是对于生产（例如机翼材料的早期损伤探测，化工管道内组分变化的监控，种子质量的鉴别等）和生活（例如室内空气质量变化的监测）也具有重要意义。可以预期，这方面最具有潜力的将是各种光谱方法，例如近红外光谱法、超光谱成像、正电子成像，等等。

### 6 我国分析仪器发展的隐忧和前景

我国分析仪器经过半个世纪的努力，取得了不少成绩，两弹一星的成功，就是我国科学家在仪器研制方面具有很高水平的最好说明。中国科学家聪明、勤奋、爱祖国、爱科学，数十年如一日默默奉献者大有人在。但是，另一方面我们又不能不遗憾地看到，直到最近，国产仪器所占市场的份额仍只有1/5左右，出口创汇甚微，具有完全自主知识产权的分析仪器很少。高档仪器则几乎完全被外国垄

断。那么问题到底出在什么地方了呢？是政府不重视？政府早在“一五”期间的著名156项目工程中就列入了建立分析仪器生产基地的重要工程，而且后来又相继建立了多家大型分析仪器厂，还通过各种途径组织过各种各样的仪器攻关。但为什么迄今我国分析仪器与国外的差距还是那么大，而且还有扩大的趋势呢？对此，王大珩先生等曾作过精辟的分析<sup>[1]</sup>，笔者完全赞同他们的观点。在此只想强调一点：观念的转变最重要，一是领导者（特别是高级领导者）的观念要转变，一定要树立科学仪器（包括分析仪器）的创新是知识创新的前提和基础的牢固思想，把发展国产仪器作为国家战略。二是企业家观念要转变，不要老认为企业是搞生产的，企业应是科技创新的主体，要敢于和肯于给研究和开发工作投资。在美国最有名的前十个研究机构中有5个是企业办的，为什么中国却一个由企业创办的著名实验室也没有呢？三是科学家本身的观念也要转变，不要一谈到知识创新就只想到原理、规则，等等，一拿到经费就开单子向国外订购“先进仪器”，而应想想可不可以自己动手创制一种全新的仪器来证明自己的新理论，修正自己的新观点，

从而真正做到既创新知识，又创新仪器，而且全是原创性的。倘真能这样，则不仅诺贝尔奖有望，中国仪器称雄世界也有望了。

#### 参考文献

- [1] 王大珩, 胡柏顺. 加速发展我国现代仪器事业 [J]. 现代科学仪器, 2000, (3): 3~6
- [2] 金钦汉. 从2000年匹兹堡会议看分析化学和分析仪器发展的一些新动向 [J]. 现代科学仪器, 2000, (3): 14~16
- [3] 汪尔康主编. 21世纪的分析化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1999, 6~13
- [4] 金国藩, 周兆英. 仪器仪表的微型化、集成化和智能化 [J]. 现代科学仪器, 2000, (3): 7~8
- [5] Kurzweil R. Spiritual Machine [J]. R&D Magazine, 1999, 41 (7): 14~21
- [6] Schmid L S, Nibley A. Looking ahead toward the next half century of the analytical instrument industry [J]. Made to Measure, Special Issue of "Today's Chemist at Work" and "Analytical Chemistry", March 1999: 148~154
- [7] 范世福. 现代分析仪器发展的前沿技术和新思想 [J]. 现代科学仪器, 2000, (3): 10~13

## Forseeing Trends of Development of Analytical Instruments

Jin Qinhan

(Changchun R & D Center for Analytical Instruments, Department of Chemistry, Jilin University, Changchun 130023, China)

**[Abstract]** Analytical instruments form an important part of scientific instruments section. Analytical instrument industry belongs to the information industry with high technology. The development of analytical instrument industry is one of the main promotion forces and basis for the development of modern science and technology, economy and society. The innovation in scientific instrumentation is by all means an innovation of science and technology. It should be considered as a strategy of the whole nation to speed up the development of scientific instruments. The main application area of analytical instruments has been moving towards the biomedical fields and analytical instrumentation itself is going towards miniaturization and with more intelligence. However, the precise instrumentation of high quality needed when the human challenges the two extremes of either time or space is definitely not negligible. Life, production, scientific research and social activities all need large quantities of such analytical instruments as on-line, noninvasive, nondestructive, in-situ, in-real-time and multi-dimensional instruments. The trend of widening the gap between the instrument industry at home and abroad must be taken into serious consideration. One of the main factors which influences the changing of such a situation most would be the change of the old idea on scientific instruments of all ranks including leaders, enterprisers as well as scientists and engineers.

**[Key words]** analytical instruments; scientific instruments; instrumental innovation; trends