

物理学史中的四月



1946年4月：最早飞行时间式质谱仪概念的提出

(译自 *APS News*, 2001年4月)

萧如珀 杨信男 译

质谱分析^①自从大约 100 年前使用简陋的仪器开始，现在几乎已成为随处都用得到的研究工具了，这中间促成了多次的科学突破，其中包括同位素的发现，原子量的精确测定，元素和分子结构特性的确立。事实上，几乎整个 20 世纪中，它可说是科学与工业的许多领域所需要的、最重要的复杂仪器种类之一，但此科技却不为一般受过教育的民众所知。

质谱仪在我们太阳系的天文研究里是不可或缺的，更是非侵入性国际核能设施监测的主要工具，在表面现象的研究方面也越显重要。在商业方面来说，质谱分析长久以来在石油、化学与药学工业的物质分析与制程监测中都扮演着重要的角色，它同时也被用在食物的处理过程与电子工业方面。至于毒理学、毒品分析与污染监控，以及生物和生物医学方面所使用到的质谱分析更是与日俱增（图 1）。

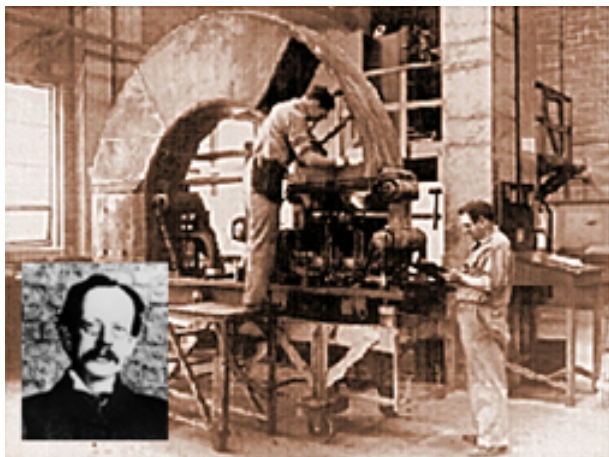


图 1 曼哈顿计划提炼铀原料所使用的质谱仪（Calutron）建造中所摄；左下小图是汤姆孙

质谱仪通常被定义为在操作过程中会产生某种质谱的任一装置，此种仪器的设计种类越来越多，

其中的一种设计被称为飞行时间式质谱仪（TOFMS），它是借着将离子朝探测器加速以测定物质中分子量的技术：测量离子源至探测器所需的时间，然后精确地转换成质量。质量和电荷的比率越大的话，离子被加速至探测器的速度会越慢。

第一个质谱仪起初名为抛物线摄谱仪，是 1897 年发现电子而闻名的汤姆孙（J. J. Thomson, 1906 年获得诺贝尔奖）于 1912 年所建造的。他利用质谱仪发现了第一个非放射性同位素存在的证据。汤姆孙测定离子质荷比的装置是源于 19 世纪末与 20 世纪初，研究阴极射线管内由残余气体所形成的正离子束之极隧射线（canal rays, 阳极射线），这种射线最先是 从阴极板上割出的沟槽发射出来而被发现的。局部的磁场与静电场会依正电射线的质量将其偏折，而在感光底片上留下分隔的痕迹。

汤姆孙的门生阿斯顿^②（Francis Aston）设计出一种质谱仪，先将离子依质量分开，再依速度聚焦，分辨率较汤姆孙的装置高出一个数量级（约 10 倍）。之后还有其他有用的新方法，但创新出飞行时间式质谱仪作为分析的工具却是多花了好几十年。TOFMS 的概念最早是 1946 年美国宾州大学的史蒂芬斯（William Stephens）在麻省剑桥所举行的美国物理学会 4 月会议中所提出的。

第一个飞行时间式仪器是在 20 世纪 40 年代末期设计建造完成，美国密执安州底特律市的班迪克斯企业（Bendix Corporation）最先将此仪器商业化。该公司的威利（William Wiley）和麦拉伦（I. H. McLaren）是设计此时间差聚焦方法有功的两位科学家，它经由同时修正了离子最初的空间和动能的分布，来改进质谱的分辨率。质谱的分辨率更于 1974 年一位俄国科学家马密林（Boris Mamyrin）发明了名为反射仪（reflectron）的仪器后，可以修正

她用物理的情趣，引我们科苑揽胜； 她用知识的力量，助我们奋起攀登！

欢迎投稿，欢迎订阅

《现代物理知识》杂志隶属于中国物理学会，由中国科学院高能物理研究所主办，是我国物理学领域的中、高级科普性期刊。其前身是创刊于1976年的《高能物理》杂志。该刊以生动活泼的语言介绍现代物理知识、传递科技前沿动态，以深入浅出的形式做到科学性和趣味性并重。适合广大的科学工作者、教育工作者、科学管理干部、大学生、中学生以及其他物理学爱好者阅读。

为进一步提高《现代物理知识》刊物的学术水平，欢迎物理学界的各位专家、学者以及研究生为本刊撰写更多优秀的科普文章。投稿时请将稿件的Word文档发送至本刊电子邮箱mp@mail.ihep.ac.cn。投稿时请将联系人姓名、详细地址、邮政编码，以及电话、电子信箱等联系方式附于文章末尾。

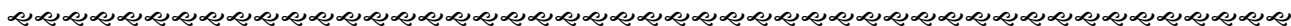
《现代物理知识》设有物理知识、物理前沿、科技经纬、教学参考、中学园地、科学源流、科学

随笔和科苑快讯等栏目，并于2009年增加了彩色中心插页。2011年《现代物理知识》，每期定价8元，全年6期48元，欢迎新老读者订阅。

邮局订阅 邮发代号：2-824。

汇款到编辑部 地址：北京市玉泉路19号乙高能物理所《现代物理知识》编辑部；邮编：100049。

需要过去杂志的读者，请按下列价格汇款到编辑部。1992年合订本，18元；1993年合订本，18元；1994年合订本，22元；1994年增刊，8元；1994年附加增刊合订本，36元；1995年合订本，22元；1996年合订本，26元；1996年增刊，15元；1997年合订本，30元；2000年附加增刊合订本，38元；2000年增刊，10元；2001年合订本，48元；2002年合订本，48元；2003年合订本，48元；2004年合订本，48元；2006年仅剩4、5、6期，每期7元；2007~2010年单行本每期8元；2007~2010年合订本每本50元。



离子动能分布的效应而进一步得到了改良。

科学家一直寻求更好的分辨率，最近发展出的两个新科技为：电喷洒游离法（electrospray ionization，ESI）和基质辅助激光释出离子化（matrix-assisted laser desorption/ionization，MALDI）。ESI最早在20世纪60年代被提出来，它让电荷的微液滴在电场引导下，于飞行过程中不断挥发而转化成气相离子，然后将因此得到的离子导进质量分光镜的入口中。MALDI是一个德国科学家团队于1985年所发展出的一种激光释出方式，以激光将含于容易吸收紫外线的固态或液态基体中的样品分子释出。

这些创新的技术让TOFMS以及其他低成本装置的质谱仪对于高度发展的生物医学分析越发有用，此科技因此能广为普及，足以为众多不易使用到精密磁机器的研究员所用。目前它还应用于缩氨

酸和蛋白质的排序与分析、DNA排序以及诸如未受损病毒的分析，让高敏感性、具体又快速的分析成本降低不少。

（本文转载自2011年4月《物理双月刊》，网址：<http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>；萧如珀，自由业；杨信男，台湾大学物理系，Email: snyang@phys.ntu.edu.tw）

①质谱分析是一种测量离子质荷比（质量-电荷比）的分析方法，用来测量质谱的仪器则称为质谱仪，它可以分成三个部分：离子化器、质量分析器与探测器。质谱分析的基本原理是先使样品电离，生成不同质荷比的带正电荷离子，再经加速形成离子束，进入质量分析器。在质量分析器中，电场与磁场使不同质荷比的离子在空间或时间上分离，再将它们分别聚焦到探测器而得到质谱图，可用以分析同位素成分、元素的特性、分子的结构等。

②阿斯顿（Francis Aston），英国物理学家、化学家，1919年制造出高解析度的质谱仪，鉴别出212种天然同位素，于1922年获得诺贝尔化学奖。