

# 基于 1997 - 2016 年专利分析 全球质谱仪技术创新现状和趋势

沈湘<sup>\*1</sup>, 吴鸣<sup>1,2</sup>, 欧阳峥峥<sup>1</sup>, 薛兆弘<sup>3</sup>

(1. 中国科学院文献情报中心, 北京 100190; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;  
3. 中国科学院化学研究所, 北京 100190)

**摘要:** 本文基于 1997 - 2016 年质谱仪技术专利, 从全球专利申请趋势、技术来源国及其专利申请趋势、技术应用国、专利权人及其专利申请趋势、技术研究热点、核心专利和中国专利等角度, 全面揭示全球质谱仪技术创新的研究现状和竞争态势。研究表明, 中国的质谱仪技术在最近二十年间持续发展, 专利申请总量已继美国和日本之后, 位居全球第三, 并成为全球关注的第三大质谱仪市场, 但存在核心专利不多、企业竞争力不强等发展瓶颈。最后, 对我国质谱仪制造产业的发展提出建议。

**关键词:** 质谱仪; 专利分析; 研究现状; 创新趋势;

中图分类号: G306; G353.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-0720(2017)12-1477-06

## Analysis of development and innovation trend of mass spectrometer based on patents from 1997 to 2016

SHEN Xiang<sup>\*1</sup>, WU Ming<sup>1,2</sup>, OUYANG Zheng-zheng<sup>1</sup> and XUE Zhao-hong<sup>3</sup> (1. National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. Institute of Chemistry, Chinese Academy of Science, Beijing 100190)

**Abstract:** The patent information and the development trend on novel technologies of mass spectrometer from 1997 to 2016 were studied, to improve the mass spectrometer's independent innovation ability and industrial international competitiveness of China. High-level patent analysis was carried out in many aspects in this paper, such as main national distribution, main institutions, focal research points and key patents of mass spectrometer technology. Based on the information analysis, the mass spectrometer's technology in China has made great achievements in the last twenty years, and China has become the world's third-largest patent application country and mass spectrometer market besides United States and Japan. However, the development bottlenecks such as few core patent and weak enterprise competitiveness also existed. Finally, a reasonable development strategy for domestic mass spectrometer industry to reach further achievement was proposed.

**Keywords:** Mass spectrometer (MS); Patent analysis; Development situation; Innovation trend

自 1910 年英国剑桥卡文迪许实验室研制出第一台现实意义的质谱仪器以来, 在经历了超过一个世纪的突飞猛进发展, 质谱仪已发展成非常重要且应用广泛的分析科学仪器, 在材料科学、生命科学、尖端蛋白组学、环境监测、食品安全、医疗卫生、地学考古、载人航天、国家安全以及国际反恐等领域

具有不可替代的作用和举足轻重的地位<sup>[1-8]</sup>。随着质谱仪核心技术的不断更新并与其他技术不断融合, 质谱仪的应用水平在一定程度上体现了一个国家的仪器分析技术水平, 而质谱仪的产业状况也在一定程度上反映了一个国家分析仪器的产业发展状况和创新能力。在“中国制造 2025”行动纲领

收稿日期: 2017-04-23

E-mail: shenx@mail.las.ac.cn

中,包括分析仪器在内的科学仪器是中国制造业的关键发展产业。同时,全球质谱仪技术一直在突飞猛进中发展,而且我国质谱仪技术虽然发展迅速但起步晚。

因此,对最近二十年(1997-2016年)全球质谱仪技术进行研究具有重要意义,可以了解质谱仪技术创新现状和发展趋势以及客观评价我国质谱仪技术研究现状。

### 1 数据来源和分析方法

最新的科技发明、创造和设计通常最先反映在专利文献里,通过对专利信息进行加工剖析以及可视化解读,可以揭示蕴含在专利数据中的丰富多样和错综复杂的信息。

本文根据 Derwent Innovations Index(DII)数据库对专利的标题和摘要进行了英文改写的特点,利用主题关键词 mass spectrometer, mass analyzer, ion detector, ion trap analyzer, MALDI, matrix assisted laser desorption/ionization, orbitrap, Q Exactive, 结合德温特手工代码 J04-B01A1, J04-B01A, J04-B01C6, S03-E10A, V05-J01, V05-J01A1, V05-F04, 并在大量文献判读的基础上筛选和去除利用质谱仪作为分析检测工具的标题关键词如 method, solution, analysis, analyzing, detection, perating method, operating parameter, optimal, optimization, 制

定出质谱仪技术的检索式。截止至 2016 年 12 月 8 日,共检索到 5264 项专利,并将 DII 专利数据导入 TDA,选取最近二十年(1997-2016年)申请的专利共 4262 项(可同族扩展为 12584 件专利,其中 11893 件成功导入 Innography 平台)作为分析数据。

基于 DII 专利数据,本文利用 TDA,Microsoft Excel 和 Innography 专利分析平台的气泡图、专利强度、文本聚类等功能对数据进行多角度、深层次的挖掘和分析。由于专利从申请到公开通常有 18 个月的滞后期,而且专利数据被 DII 收录常滞后于专利的公开时间八个月左右,所以 2015 年和 2016 年数据仅供参考。

### 2 基于专利的质谱仪技术研究现状和发展趋势分析

#### 2.1 专利申请趋势分析

按照专利申请年统计,1997-2016 年全球质谱仪技术的专利申请情况如图 1 所示。质谱仪技术的专利申请数量从 1997 年平稳增加至 2006 年达到一个申请高峰,该年共申请专利 396 项,之后可能遭遇了技术瓶颈而稍有回落。专利申请数量从 2009 年开始逐步回升,在 2014 年达到近二十年内的最高值,该年共申请专利 468 项。目前全球质谱仪技术创新发展稳定,趋于成熟。

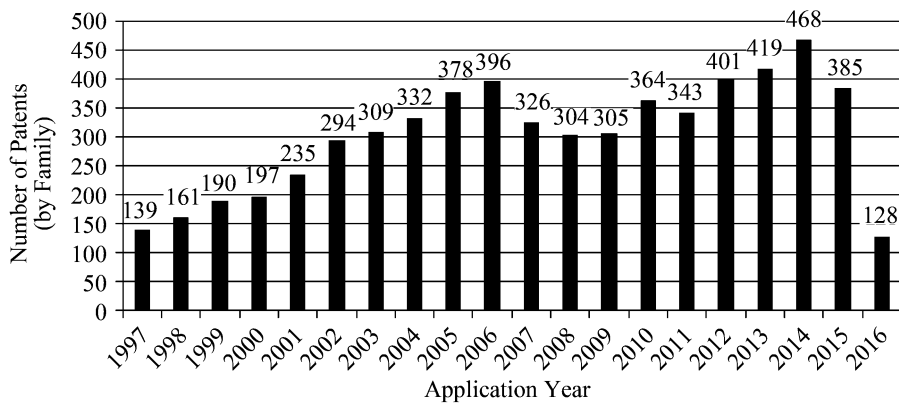


图 1 1997-2016 年全球质谱仪技术专利申请趋势

Fig. 1 The global patent application trend of MS technology from 1997 to 2016

### 2.2 技术来源国及其专利申请趋势分析

2.2.1 技术来源国分析 分析质谱仪技术专利申请最早优先权国可知,美国以 1511 项专利排名第一,占最近二十年总量的 35.45%;日本以 1156 项专利排名第二,占比 27.12%;中国以 638 项专利排名第三,占比 14.97%;英国以 318 项专利、德国以 170 项专利分别排名第四和第五。由此可见,美

国和日本是质谱仪新技术的主要来源国,在技术创新领域居于主导地位,实力雄厚;中国、英国和德国也在积极地进行着质谱仪新技术的研究和布局,处于质谱仪技术创新领域的第二等级,具有较强的技术实力;韩国(81 件)、俄罗斯(59 件)、法国(38 件)和澳大利亚(27 件)等国的专利均不足百件,属于第三等级国家,在质谱仪技术研发上投入

不多,技术实力薄弱。

### 2.2.2 全球 Top5 技术来源国专利申请趋势分析

对处于质谱仪技术创新领域第一和第二等级国家的美国、日本、中国、英国和德国的专利申请趋势分析(图 2)可知,美国和德国的专利申请数量在 2006 年达到最高,日本的专利申请数量在 1999 年达到最高,之后这三个国家的年度专利申请数量明显下降。英国的专利申请数量在 2010 年达到峰值后在波动中变化。中国的专利申请数量在最近二十年里一直保持着持续增长的趋势。

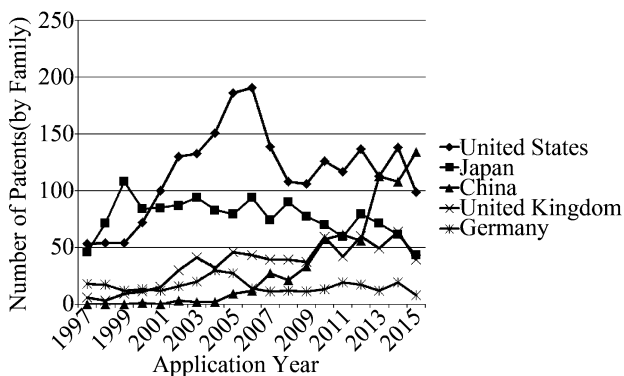


图 2 专利申请数量 Top5 国家质谱仪新技术专利申请趋势

Fig. 2 Top5 country patent application trend of mass spectrometer technology

### 2.3 技术应用国分析

利用 Innography 平台分析专利申请地区 (source jurisdiction) 可以发现,美国以 4095 件专利排名第一,占最近二十年总量的 34.43%;日本以 2543 件专利排名第二,占比 21.38%;中国以 1073 件专利排名第三,占比 9.02%。这说明质谱仪新技术主要集中在美国和日本,美国和日本占有全球一半以上的市场;中国已经成为当前全球第三大备受关注的质谱仪市场。为了满足中国质谱市场的需求,2015 年 10 月 26 日日本岛津公司更是在中国成立首个海外专门从事质谱技术研究开发的机构—岛津中国质谱中心。此外,全球质谱仪重点关注的市场、专利布局数逾百的国家还有英国 (440 件)、加拿大 (418 件)、德国 (407 件) 和澳大利亚 (192 件)。

综合质谱仪技术来源国和应用国的分析结果可知,美国、日本、中国、英国和德国不仅是世界上主要研究质谱仪技术的国家,也是主要应用质谱仪技术的国家;加拿大虽是质谱仪技术专利的重要布局地,然而却并非主要的技术来源地,可见加拿大的质谱仪市场基本为国外所垄断,其在质谱仪技术

研发与专利申请方面存在着巨大挑战。

### 2.4 专利权人及其专利申请趋势分析

2.4.1 专利权人分析 利用 Innography 分析得到全球质谱仪新技术专利权人 Top10 的气泡分布图(图 3)。图中气泡大小代表专利多少;横坐标为技术综合指标,与专利比重、专利类别、专利被引情况等相关,横坐标越大,专利权人的技术创新实力越强;纵坐标为综合经济实力指标,与专利权人的收入、专利的国家分布、专利涉案情况等相关,纵坐标越大,表明专利权人的综合经济实力越强;图中虚线将气泡图划分为 A、B、C、D 4 个象限<sup>[9]</sup>。

分析可知,处于 A 象限的专利权人为零,表明经济实力与技术创新能力均强的专利权人并不存在。日本日立公司 (Hitachi Ltd) 位于 B 象限,气泡位置最高,有一定气泡大小 (422 件) 且位置偏右,是全球经济实力最强的质谱仪技术研究机构,同时也具有一定的质谱仪技术创新实力。位于 C 象限的美国沃特世公司 (Waters Corporation) 的气泡最大 (1268 件)、位置最靠右,拥有较强的技术创新实力。同样位于 C 象限、拥有较强技术创新实力的还有日本岛津公司 (Shimadzu Corporation) (1138 件)、美国赛默飞世尔科技公司 (Thermo Fisher Scientific Inc) (917 件) 和美国安捷伦科技公司 (Agilent Technologies Inc) (700 件)。其余专利权人如德国布鲁克公司 (Bruker Corporation)、美国 DH 技术发展公司 (DH Technologies Development Pte Ltd)、日本电子株式会社公司 (JEOL Ltd.)、美国珀金埃尔默公司 (PerkinElmer Inc) 和美迪希公司 (MDS SCIEX Inc) 均位于 D 象限,技术创新实力相对不强。位于 C 象限和 D 象限的专利权人除美国赛默飞世尔科技公司的气泡位置稍高、具有稍强的经济实力外,其余专利权人的经济实力水平相当。与其他专利权人明显不同的美国 DH 技术发展公司,是一家提供平台系统集成、数据存储管理、桌面虚拟化等解决方案的公司。由此可见,在质谱仪硬件技术不断获得新突破的同时,软件技术和解决方案也变得越发重要。

### 2.4.2 全球 Top5 专利权人专利申请趋势分析

分析位于 B 和 C 象限的沃特世、岛津、赛默飞世尔、安捷伦和日立五大专利权人的专利申请趋势(图 4)可知,沃特世和岛津的专利申请数量在经历了 2006 年的低潮后持续增加,特别是沃特世 2011 年后专利申请数量迅速增加,质谱仪技术得到了新突破;赛默飞世尔和日立的专利申请数量在 2008 年达到一个高峰后稍有回落,在 2014 年又呈现增

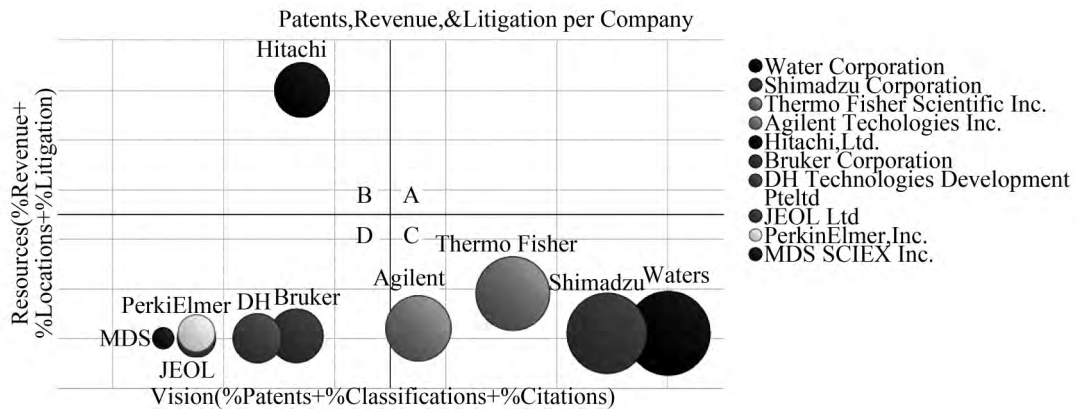


图 3 全球质谱仪新技术专利权人气泡图分析

Fig. 3 The bubble chart analysis of global MS technology organizations

长的趋势;安捷伦的专利申请数量在 2007 年达到高峰后急剧下降,虽然在 2011 年稍有恢复,但总体下降趋势明显,发展遭遇了技术瓶颈。

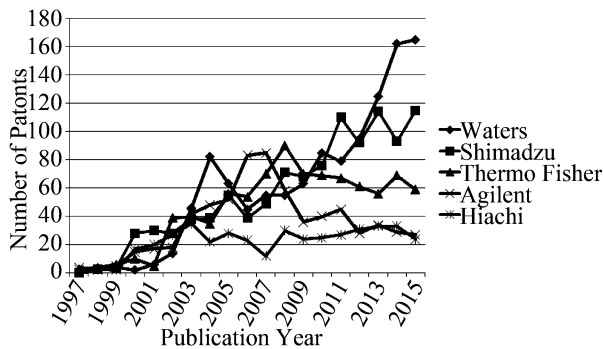


图 4 专利申请数量 Top5 专利权人技术专利申请趋势

Fig. 4 The patent application trend of Top5 MS technology organizations

### 2.5 技术热点分析

利用 Innography 专利地图(Patent Scape)功能挖掘质谱仪技术的研究热点。分析可知,当前质谱仪的技术热点有离子源(Ion Source)、离子阱(Ion Trap)、样品或离子导入装置(Ion Guides、Sample Introduction、Sample Holder)、真空泵(Vacuum Pump)、宽动态范围(Dynamic Range)、以微通道板(Microchannel Plate)为主的电子倍增器(Electron Multiplier)、液相色谱质谱联用技术、气相色谱质谱联用技术、多重四级杆质谱技术、流体样品分析和生物样品分析。

### 2.6 核心专利分析

Innography 按专利强度的大小,将专利分为核心专利、重要专利和一般专利三种类型。11893 件专利中,核心专利有 708 件(占比 5.95%),重要专利有 4568 件(占比 38.41%)以及一般专利 6617

件(占比 55.64%)。

2.6.1 核心技术来源国分析 按照发明人所属国家/地区(Location)对 708 件核心专利进行统计分析,发现质谱仪技术的核心专利主要来源于美国(362 件),占核心专利总量的 51.13%,远远领先于其他国家,可见美国在质谱仪领域雄厚的技术创新实力;其次为英国,拥有核心专利 180 件,占比 25.42%。德国以拥有 50 件核心专利排在第三位,加拿大和日本分别以 46 件、36 件核心专利排名第四和第五。中国虽然总的专利申请量排名第三,但核心专利只有 5 件。

2.6.2 核心技术专利权人分析 将核心专利按所属专利权人进行气泡图分析(图 5)可知,拥有 10 件及以上核心专利的专利权人有 12 个,处于 A 象限的专利权人为零。日本日立公司位于 B 象限,气泡位置最高,但气泡在图中最小(10 件)且位置明显偏左,经济实力较强但技术创新能力较弱。位于 C 象限的美国沃特世公司的气泡最大(131 件)、位置最靠右,拥有较强的技术创新实力。同样位于 C 象限的美国赛默飞世尔科技公司,拥有 88 件核心专利、气泡高度高于除日立公司以外的专利权人,技术综合实力相对较强。美国安捷伦科技公司(67 件)位于 C 象限和 D 象限的交界处,其余专利权人如德国布鲁克公司、日本岛津公司、美国 DH 技术发展公司、美国珀金埃尔默公司、美国密歇根州立大学(Michigan State University)、美国迈思肯系统公司(Microsaic Systems Plc)、美国普渡大学(Purdue University)和美国力可公司(LECO Corporation)均位于 D 象限,拥有一定核心专利和技术创新实力。

对比图 3 可知,日本电子株式会社公司和美国美迪希公司虽然专利总量在全球占一定优势,但核

心专利不多;而美国密歇根州立大学、英国迈思肯系统公司、美国普渡大学和美国力可公司虽然专利总量在全球不占优势 却拥有较多核心专利。

2.7 中国专利分析

2.7.1 专利权人分析 分析 668 件技术来源于中国的专利 得到中国质谱仪专利权人 Top10 的气泡分布图。从图 6 可知 ,处于 A 象限的专利权人为零。日本岛津公司位于 B 象限 ,气泡位置最高且

拥有一定气泡大小( 19 件) ,经济实力较强。中国科学院位于 C 象限 ,位置最偏右且气泡最大 ( 69 件) 拥有较强的技术创新实力。此外 江苏天瑞仪器公司、复旦大学、东华理工大学、北京普析通用仪器公司、厦门大学、清华大学、杭州聚光科技公司和广州禾信分析仪器公司均位于 D 象限 ,表明中国专利权人在质谱仪技术研发领域的整体实力还有待提高。

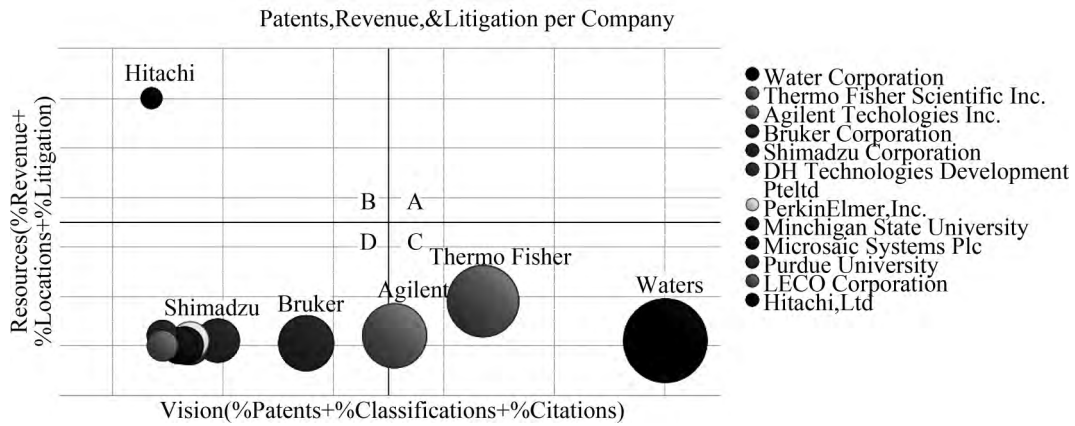


图 5 核心专利专利权人气泡图分析

Fig. 5 The bubble chart analysis of global core patent organizations

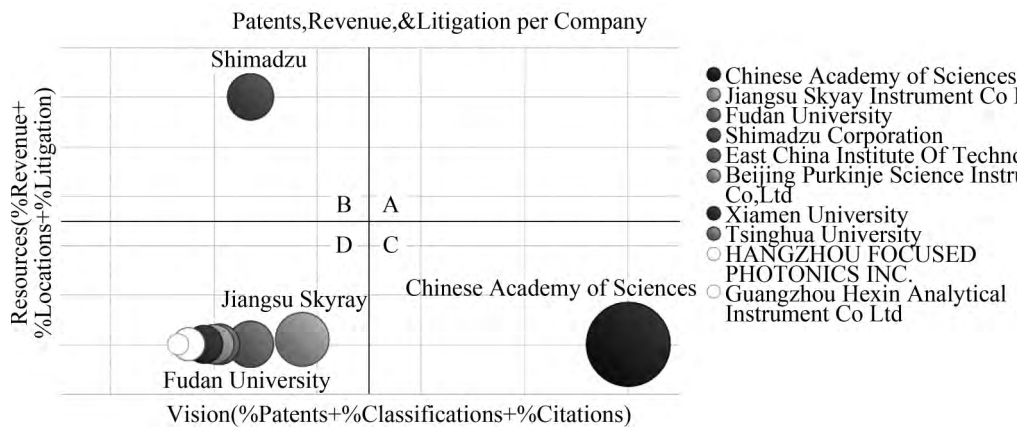


图 6 中国专利专利权人气泡图分析

Fig. 6 The bubble chart analysis of MS technology organizations in China

日本岛津公司位于图 3 中的 C 象限 ,但位于图 6 中的 B 象限。中国的专利权人中 ,只有中国科学院位于图 6 中的 C 象限 ,其他专利权人皆位于 D 象限。由此可见 ,中国质谱仪研发和生产机构不管是技术创新实力还是经济实力 和全球知名企业相比存在较大差距。

2.7.2 技术热点分析 通过 Innography 对中国质谱仪技术专利进行文本聚类分析可知 ,中国质谱仪技术热点有离子源、离子阱、样品导入装置、质量过滤器、质量分析器、真空泵、气相色谱质谱联用技术

和液相色谱质谱联用技术 ,在离子阱质谱、飞行时间质谱、四级杆质谱、大气压质谱、电喷雾质谱和离子迁移质谱技术方面皆有一定研究。

3 结论与建议

3.1 结论

本文通过 DII 和 Innography 专利分析平台 ,从全球专利申请趋势、技术来源国及其专利申请趋势、技术应用国、专利权人及其专利申请趋势、技术研究热点等方面对全球质谱仪技术创新的研究现状和发展态势进行了数据挖掘和信息分析 ,并在此基础上进一

步分析了核心专利的来源国、专利权人和核心技术热点以及中国的专利权人和核心技术热点状况。研究表明:

(1) 美国质谱仪技术创新实力已超过日本。由于美国一直非常重视质谱仪技术的开发,最近二十年的专利申请总量已超过日本、位居全球第一。同时美国还掌握全球半数以上的质谱仪技术核心专利,拥有绝对技术创新优势。

(2) 全球竞争态势在悄然发生变化。虽然质谱仪专利技术仍然主要掌握在沃特世、岛津、赛默飞世尔、安捷伦和日立等少数美日大型仪器公司手中,但是美国沃特世、赛默飞世尔、安捷伦等公司的技术创新能力比日本的日立和岛津等公司要强、发展趋势更好,掌握更多的质谱新技术和核心技术。与其他质谱研发和生产公司相比,美国沃特世公司的发展态势尤为强劲,美国安捷伦公司和日本日立公司的技术发展有些后劲不足。

(3) 当前质谱仪的研究技术热点有离子源、离子阱、离子导入装置、真空泵、宽动态范围以及微通道板为主的电子倍增器,这些也是现阶段的核心技术内容。目前全球重点关注离子阱质谱、多极杆质谱、飞行时间质谱、大气压质谱、基质辅助激光解析质谱、离子迁移质谱以及色谱质谱联用仪的技术研究,以及利用质谱技术分析流体和生物复杂样品。

(4) 中国质谱仪技术发展迅速。经过近二十年突飞猛进地发展,中国的专利申请总量已继美国和日本之后、位居全球第三。同时中国现阶段也是除美国和日本外、全球关注的第三大质谱仪市场,中国质谱仪技术研究热点与全球态势基本相同。

但是,中国掌握的核心专利不多,研发机构以科研院所和高校为主,经济和技术创新实力相对都比较薄弱,跟美日大型仪器公司差距仍然较大。

### 3.2 建议

为全面贯彻“中国制造 2025”,坚持创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展,加速我国质谱仪新技术的突破和质谱仪产业发展,加快我国从制造大国转向制造强国,可以从以下几方面进行努力:

(1) 国家在市场、税收优惠、国家采购、国家补贴等方面出台相关的政策,支持国产质谱仪的购买和使用。

(2) 质谱仪研发机构应针对核心关键技术展开深入研究,不断提高自身的技术创新能力,提高产品的先进性、可靠性和稳定性。同时根据中国现阶段的国情,比如对环境和食品安全检测的重视,拓展质谱仪的分析检测内容,进行 GC-MS、LC-MS 联用质谱仪等新技术的自主研发。

(3) 质谱仪研发机构在不断追求技术创新的同时,还应提高专利质量,重视核心技术专利的申请,积极进行知识产权的国内外布局。

(4) 充分发挥中国的质谱仪科研单位和企业各自的优势,加强科技合作,建立“产、学、研、用”联合的技术创新体系,促进科技成果转化。

(5) 在互联网时代,质谱仪生产企业应该加大产品宣传和推广力度。根据用户的需求定制产品,努力拓展国内外市场,争取更多的销售份额和生存空间,并用更多的销售收入支撑研发,形成企业良性循环的运营局面。

### 参考文献

- [1] Wang G Y, Zang B, Gu Z. Mod. Sci. Instrum., 2009, (6): 124  
王桂友 臧斌 顾昭. 现代科学仪器 2009 (6): 124
- [2] Zu G Q, Zhao Q, Tan C, et al. Chin J Anal Lab, 2017, 36(3): 292  
祖广权 赵琦 谭策等. 分析试验室 2017 36(3): 292
- [3] Cheng X Y, Zhang Y. Chin J Anal Lab, 2016, 35(10): 1195  
程小艳 张渝. 分析试验室 2016 35(10): 1195
- [4] Huang H N, Meng W N, Weng L N, et al. J Xiamen Univ Nat Sci, 2008, 47(1): 83  
黄河宁 蒙伟能 翁鹭娜等. 厦门大学学报(自然科学版) 2008 47(1): 83
- [5] Wang X, Lin S H, Cai Z W. Sci Sinica Chim, 2014, 44(5): 724  
王献 林树海 蔡宗箬. 中国科学: 化学 2014 44(5): 724
- [6] Zhang Y, Zhang W F, Zhang W, et al. Chin J Anal Lab, 2017, 36(4): 493  
张瑛 张文芳 张炜等. 分析试验室 2017 36(4): 493
- [7] Kanda T, Fukusato T, Matsuda M et al. Radiology, 2015, 276(1): 228
- [8] Headley J V, Peru K M, Barrow M P. Mass Spectrom Rev, 2016, 35(2): 311
- [9] Liu X P, Li X Y. J Mod Inf, 2016, 36(2): 157  
刘小平 李向阳. 现代情报 2016 36(2): 157