

文章编号: 0254-5357(2014)02-0155-13

国际标准物质数据库 COMAR 及有证标准物质

王巧云^{1,2}

1. 广州计量检测技术研究院, 广东 广州 510663;
2. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

摘要: 有证标准物质(CRMs)是具有准确量值的测量标准,在分析方法研究和评价、定性和定量分析、矿产勘查、仲裁检验、质量监督检验等领域发挥着重要的作用。20世纪80年代成立的国际标准物质数据库(COMAR)是目前国际上最大的CRMs数据库,收录来自25个成员国274个生产机构提供的CRMs数量超过10200种。本文从CRMs的数量、分类、发展变化等角度全面评述了国际数据库COMAR,阐述了欧盟组织、美国、中国、日本、澳大利亚等成员国的标准物质研究情况。英、美、法、德等国家的标准物质研究开展较早,研究水平高,处于世界领先地位;中国、日本等亚洲国家标准物质的发展虽起步晚,但发展迅速,已成为向COMAR提供CRMs最多的两个国家,分别为1194种和1456种(截至2013年8月)。COMAR建立以来,工业、有色金属和物理特性三大传统应用领域的CRMs占COMAR数据库总CRMs的份额一直较大,比例始终保持50%以上,其中工业领域的CRMs数量最多,占19%;有机、生物与临床类CRMs所占份额最少,仅为7%和3%。随着社会需求的增加,生物与临床、生活质量领域标准物质成为未来标准物质发展的热点方向。本文指出,未来标准物质的发展将由过去的钢铁、有色金属、物理特性等传统领域逐渐转向食品安全、环境保护、气候变化、临床医学、制药产业、生物能源等新兴领域,标准物质的研究制备、定值及不确定度将面临新的技术挑战。

关键词: 有证标准物质; COMAR 数据库

中图分类号: TQ421.31 **文献标识码:** A

根据“国际标准化组织 ISO 指南 30”^[1]和“国际通用计量学基本术语”^[2]的定义,标准物质是具有一种或多种足够均匀和很好确定了特性值,用以校准仪器设备,评价测量方法,或给材料赋值的材料或物质;有证标准物质(CRMs)是附有证书的标准物质,其一种或多种特性值用建立了溯源性的程序确定,使之可溯源到准确复现的用于表示该特性值的计量单位,每个标准值都附有给定置信水平的不确定度^[3]。标准物质的特性量值具有均匀性、稳定性、准确性和复现性的特点。因此,标准物质是具有准确量值的测量标准,是物性测试、分析检测的“标杆”。标准物质不仅在定性和定量检测分析、仲裁检验、质量监督检验等领域广泛应用,也可用作检验方法评价、检测仪器评价、待测样品测试、检测环境评价、实验人员与检测实验室能力的评价标准,在改

进检测工作质量、提高检测精确度、保证检测结果的有效性等方面具有重要意义^[4-5]。标准物质的应用是实验室质量管理和质量控制的需要^[6],应用范围覆盖地质、环境、石油、化工、医学检验、冶金、煤炭、农业、能源等各个领域。

标准物质是国家或国际的测量标准和量值传递的载体,是建立测量量值溯源体系最有效的工具。标准物质数据库是标准物质研究、应用和技术交流的平台。欧美国家标准物质发展较早,英法美等发达国家的标准物质研究在国际上享有盛誉,研制的标准物质的品质具有国际权威性。美国国家技术与信息研究院(NIST)的标准物质数据库^[7],欧盟标准物质与测量学会的标准物质网(Institute for Reference Materials and Measurements, IRMM)^[8],英国政府化学家实验室(Laboratory of the Government

收稿日期: 2013-10-12; 接受日期: 2013-11-03

基金项目: 中国科学院广州地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室基金(OGL-201109);广州市质量技术监督局科技项目(2010QK211, 2010QK216)

作者简介: 王巧云,博士,高级工程师,研究方向为检测技术与标准物质研究。E-mail: qiaoyun9702@163.com。

Chemist, LGC) 标准物质网^[9]等都是具有国际影响力的标准物质信息平台。亚洲国家标准物质研究虽起步较晚,但中国和日本近十年来发展较快,标准物质研究也已具有相当的规模,并建立了数据库,如中国的国家标准物质信息服务平台^[10]、日本的标准物质数据库(Reference Materials Total Information Service of Japan, RMinfo)^[11]。除了国家层面的标准物质数据库,还存在专业性较强的标准物质数据库,如地学方面的 GeoReM 数据库,国际原子能机构(IAEA)建立的基体标准物质数据库等。德国马普研究所(Max Planck Institute)建立的 GeoReM 是地球化学与环境分析领域的标准物质数据库,主要包括岩石粉末、天然及合成玻璃和矿物、同位素、生物、河水及海水标准物质等^[11-13]。截至2013年3月,GeoReM 数据库可为地学研究者提供标准物质超过2700种,涉及分析组分30300个^[14-15]。IAEA建立的基体标准物质数据网(Nature Matrix Reference Materials, NMRM)是具有全球影响力的标准物质数据库,收录了来自22个国家超过60个研制机构的约2200种标准物质,大部分为基体标准物质,包括四大类:放射性核素、无机化合物、有机污染物和有机金属化合物,以及稳定同位素标准物质。IAEA是全球最大的提供放射性核素基体标准物质的机构;大部分IAEA同位素标准物质都被作为国际标准,具有最高的计量学特性^[16]。上述这些标准物质数据库的建立,旨在满足国家层面,或一定专业领域范围标准物质的需要。

随着全球经济一体化的发展,为了降低跨国溯源风险及成本,减少国际贸易中的技术壁垒,建立全球等效一致的测量体系,逐步建立各国在测量能力上的相互信任机制是国际间经济、贸易和科技活动共同发展的基础。而标准物质是其中非常重要的一环,是国际间量值溯源的关键。因此,标准物质研究与应用迫切需要一个整合各国资源的信息平台。国际标准物质数据库(COMAR)便是在此前提下应运而生。目前COMAR已经发展成全球最大最全面的标准物质数据库,向全球用户免费提供标准物质信息。本文拟从标准物质的数量、分类、空间分布、发展趋势,以及COMAR的成员国、标准物质提供机构等方面评述COMAR数据库的建立和发展情况,旨在帮助分析测试领域的科技工作者重视并充分利用COMAR数据库的标准物质信息资源。

1 国际标准物质数据库 COMAR 的建立

为统一全国的量值标准,各个国家均设有专门的管理量值传递和溯源的机构,包括研究和发布标准物质的部门。在标准物质研究和管理领域,美国及欧盟组织的一些国家发展较早,标准物质的研究能力和水平均走在国际前列。美国NIST、美国环保署(EPA)、欧盟IRMM、英国LGC等都是国际上权威的标准物质发布机构。

为使全球科技工作者能快速、准确地了解和查询到全球最新、最全的标准物质信息,促进标准物质在世界范围内的广泛应用与推广,实现高质量的信息服务和国际合作与交流,20世纪80年代中期,法国国家测试所(Laboratoire National d'Essais, LNE),德国国家材料研究所(Federal Institute for Material Research and Testing, BAM),英国政府化学家实验室(LGC)共同建立了国际标准物质数据库(Code d'Indexation des Matériaux de Référence, COMAR)。该数据库成立之初,仅有CRMs约3000种。COMAR的数据升级和维护由下设的编码中心通过DOS系统录入CRMs的信息,仅每年发行一次标准物质更新盘,用户无法免费获取CRMs信息,也无法得到及时更新的国际CRMs信息。1990年5月,LNE、LGC、BAM、NIST、中国国家标准物质研究中心(NRCCRM)、前苏联全苏标准物质研究所(Ural Scientific Research Institute for Metrology, Soviet, UNIMSO),日本国际贸易和工业检验所(International Trade and Industry Inspection Institute, ITIH)这七个国家实验室签署谅解备忘录,共同建立和维护COMAR数据库^[17-18]。2003年COMAR操作系统升级为Windows,经过不断的软件更新和搜索工具的拓展,用户可随时通过网络免费查询最新、最齐全的国际权威CRMs信息,包括CRMs的编号、生产年份、包装规格、保持状态、量值、不确定度、生产商的联系方式等详细信息,真正实现了COMAR数据信息全球共享^[19-21]。

经过二十多年的建设和发展,COMAR的成员国已由原来的3个发展到如今的25个,分别为中国、比利时、捷克、德国、日本、韩国、墨西哥、荷兰、英国、美国、加拿大、瑞典、澳大利亚、奥地利、法国、波兰、斯洛伐克、南非、俄罗斯、印度、巴西、保加利亚、蒙古、哥伦比亚和白俄罗斯。目前COMAR共收录了全球274家研制单位的CRMs超过10200种^[21]。

2 COMAR 数据库中有证标准物质的分类及其特点

2.1 有证标准物质的分类及特点

国际标准物质数据库 COMAR 中有证标准物质 (CRMs) 按应用领域被划分为 8 大类, 分别是钢铁、有色金属、工业材料、有机、无机、物理特性、生活质量及生物与临床。截至 2013 年 8 月, 各应用领域包含的 CRMs 数量及其占 COMAR 数据库总量的比例分别如图 1 和图 2 所示。

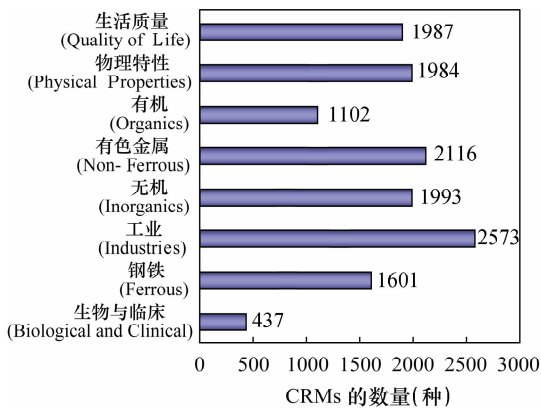


图 1 COMAR 数据库八大应用领域中的 CRMs 数量

Fig. 1 CRMs amounts of 8 main application fields in COMAR database

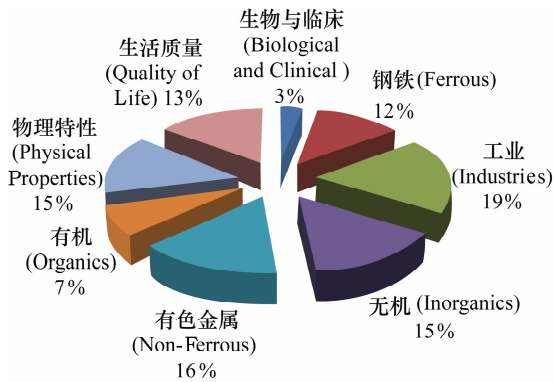


图 2 COMAR 数据库中 CRMs 的分布

Fig. 2 The distribution of CRMs in COMAR database

COMAR 数据库的八大应用领域中, 每个领域均包含若干小类。由每个应用领域包含的 CRMs 数量可知(见表 1), 临床化学类的 CRMs 在生物与临床领域中占主导; 在钢铁、工业和物理特性传统领域中, 低、高合金钢, 钢铁厂常用的冶金标准物质, 仪器计量和检测用材料标准物质, 以及物理特性、放射性和同位素标准物质占主导; 常见的铝、镁、铜、锌、铅、

表 1 COMAR 数据库中 CRMs 的分类和数量(截至 2013 年 8 月)

Table 1 Classification and quantity of CRMs in COMAR database by August 2013

| 主应用领域 (Main-field of application) | 子应用领域 (Sub-fields of application) | 标准物质数量 (Amount) | 相关文献 (Reference) | |
|--|--|--|------------------|--|
| 生物与临床 (Biological and Clinical) | 临床化学 (Clinical Chemistry) | 249 | [22-24] | |
| | 一般内科 (General Medicine) | 12 | | |
| | 血液学及细胞学 (Haematology and Cytology) | 16 | | |
| | 免疫血液学, 输血, 移植 (Immunohaematology, Transfusion, Transplant) | 2 | - | |
| | 免疫学 (Immunology) | 5 | | |
| | 生物与临床领域其他标准物质 (Other Biological and Clinical RM) | 138 | [25-30] | |
| 钢铁 (Ferrous) | 副产物 (By-Products) | 60 | | |
| | 铸铁 (Cast Iron) | 222 | | |
| | 高合金钢 (High Alloy Steels) | 223 | | |
| | 低合金钢 (Low Alloy Steels) | 410 | | |
| | 钢铁工业其他冶金标准物质 (Other Metallurgical RM for Steel Industry) | 331 | | |
| | 钢铁工业分析用纯金属标准物质 (Pure Metal RM for Steel Industry Analyses) | 23 | | |
| | 原材料 (Raw Materials) | 67 | | |
| | 特种合金 (Special Alloys) | 53 | | |
| | 非合金钢 (Unalloyed Steels) | 207 | | |
| | 工业 (Industries) | 建筑, 公共建设 (Building, Public Works) | 17 | |
| 电力, 电子, 计算机行业 (Electricity, Electronics, Computer Industry) | | 83 | | |
| 燃料 (Fuels) | | 71 | | |
| 测量和测试技术, 仪器仪表 (Measurement and Test Techniques, Instrumentation) | | 1745 | | |
| 矿石, 矿物原料 (Ores, Mineral Raw Materials) | | 542 | | |
| 工业用其他标准物质 (Other RM for Industry) | | 55 | | |
| 原料及半成品 (Raw Materials and Semi-Finished Products) | | 14 | | |
| 无机 (Inorganics) | | 建筑材料: 水泥, 灰泥 (Building Materials: Cements, Plasters) | 55 | |
| | | 肥料 (Fertilizers) | 16 | |
| | | 常用产品和试剂 (纯品) [General Interest Products and Reagents (Pure)] | 213 | |
| | 玻璃, 耐火材料, 陶瓷, 矿物纤维 (Glasses, Refractories, Ceramics, Mineral Fibres) | 191 | | |

续表 1

| | | | |
|---------------------------|--|-----|---------------|
| 无机 (Inorganics) | 无机气体及混合气体 (Inorganic Gases and Gas Mixtures) | 425 | |
| | 其他无机标准物质 (Other Inorganic RM) | 481 | [31 - 34] |
| | 氧化物, 盐类 (Oxides, Salts) | 212 | |
| | 岩石, 土壤 (Rocks, Soils) | 351 | [35 - 36] |
| 有色金属 (Non-Ferrous) | 铝, 镁, 硅及合金 (Al, Mg, Si and Alloys) | 503 | |
| | 铜, 锌, 铅, 锡, 铋及合金 (Cu, Zn, Pb, Sn, Bi and Alloys) | 956 | |
| | 轻金属 (锂, 铍), 碱金属及碱土金属 Light (Li, Be), Alkali and Alkaline-Earth Metals | 8 | |
| | 镍, 钴, 铬及难熔金属 (Ni, Co, Cr and Refractory Metals) | 89 | |
| | 有色金属分析用其他标准物质 (Other RM for Non-Ferrous Analyses) | 76 | |
| | 贵金属及合金 (Precious Metals and Alloys) | 109 | |
| | 有色冶金分析用纯金属标准物质 (Pure Metal RM for Non-Ferrous Metallurgy Analyses) | 153 | |
| | 稀土, 钍, 铀及超铀元素 (Rare Earths, Th, U and Transuranic Elements) | 164 | |
| | 原材料及副产物 (Raw Materials and By-Products) | 22 | |
| | 钛, 钒及合金 (Ti, V and Alloys) | 33 | |
| 有机 (Organics) | 常见有机物: 溶剂, 气体, 混合气体 (Common Organics: Solvents, Gases, Gas Mixtures) | 245 | |
| | 化妆品, 表面活性剂 (Cosmetics, Surfactants) | 4 | |
| | 其他分析用有机标准物质 (Other Analytical Organic RM) | 290 | [37] |
| | 色漆和清漆, 染料 (Paints and Varnishes, Dyes) | 3 | |
| | 杀虫剂与除草剂 (Pesticides and Phytocides) | 44 | [35, 38 - 42] |
| | 石油产品及碳衍生物 (Petroleum Products and Carbon Derivatives) | 103 | |
| | 塑料与橡胶, 有机纤维 (Plastics and Rubbers, Organic Fibres) | 104 | |
| | 常用纯有机分析标准物质 (Pure Organic Analytical RM of General Interest) | 177 | [35] |
| | 合成系列产品及大型中间体 (Synthetic Base Products and Large Intermediates) | 6 | |
| | 其他物理和工艺性能标准物质 (Other Physical and Technological Properties) | 115 | |
| 频率标准物质 (RM for Frequency) | 1 | | |

续表 1

| | | | |
|--|--|------|------------------------|
| 物理化学特性标准物质 (RM for Physico-Chemical Properties) | 物理化学特性标准物质 (RM for Physico-Chemical Properties) | 482 | |
| | 放射性, 同位素标准物质 (RM for Radioactivity, Isotopic) | 1004 | |
| | 热力学标准物质 (RM for Thermodynamics) | 72 | |
| | 物理特性 (Physical Properties) | | |
| 电与磁性标准物质 (RM with Electrical and Magnetic Properties) | 电与磁性标准物质 (RM with Electrical and Magnetic Properties) | 63 | |
| | 力学特性标准物质 (RM with Mechanical Properties) | 104 | |
| | 光学特性标准物质 (RM with Optical Properties) | 128 | |
| | 农业 (土壤, 植物) Agriculture (Soils, Plants) | 123 | [38] |
| 消费类产品 (Consumer Products) | 消费类产品 (Consumer Products) | 28 | [43] |
| | 环境 (Environment) | 957 | [31, 38, 43] |
| | 生活质量 (Quality of Life) | | |
| | 食品 (Foodstuffs) | 397 | [38, 41 - 12, 44 - 45] |
| 法律控制, 犯罪学 (Legal Controls, Criminology) | 法律控制, 犯罪学 (Legal Controls, Criminology) | 288 | |
| | 其他生活质量标准物质 (Other RM for Quality of Life) | 74 | |

锡等是主要的有色金属标准物质; 单气体、混合气体及分析检测用的标准物质在无机和有机标准物质领域占的比重较大; 而在生活质量领域, 标准物质的研究侧重环境安全和食品监测方面。

2.2 各应用领域中 CRM 的特点及发展趋势

COMAR 数据库建立以来, 不同应用领域内标准物质的情况存在较大差异。在标准物质的发展历史中, 金属、无机和工业材料等是较早开展标准物质研究的领域。这些传统领域经过较长时间的发展和积累, 标准物质的数量较多, 种类相对齐全。而无机、生物与临床、生活质量等应用领域, 在 COMAR 建立之初标准物质较少。随着社会和经济的发展, 食品、医药、环境等新兴领域对标准物质的需求越来越多, 这些应用领域的标准物质的研究越来越被重视, 标准物质数量一直保持稳定增长。1988—2013 年 COMAR 数据库八大应用领域标准物质的情况见图 3。

在传统领域标准物质方面, 工业 (19%)、有色金属 (16%) 和物理特性 (15%) 三大传统应用领域的 CRM 数量较多, 占 COMAR 数据库的比重较大, 总数占到 COMAR 中 CRM 总量的 50% (见图 1 和图 2); 其中工业领域的 CRM 数量最多, 比例达到 19%。从 1988—2013 年 COMAR 数据库八大应用领域标准物质的发展趋势可以看出, 钢铁、有色金属

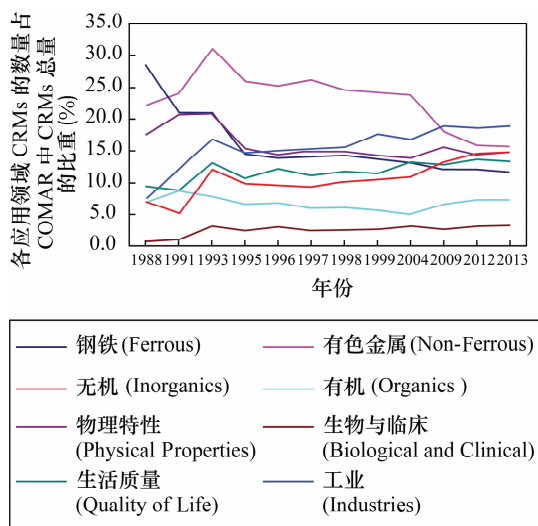


图 3 1988—2013 年 COMAR 数据库八大应用领域标准物质的发展趋势

Fig. 3 The development of CRMs in 8 application fields in COMAR database during 1988 - 2013

和物理特性类 CRMs 数量在 1993 年以前一直领先于其他领域, 比重均在 17% 以上, 有色金属行业比重最高时甚至超过 30%。但 1993 年之后, 随着其他领域 CRMs 的快速发展, 三大传统领域的 CRMs 比重稍有下降, 目前均保持在 15% 以上(见图 3)。

相对而言, 生物与临床类 CRMs 占 COMAR 中 CRMs 总量的份额最少, 仅 3%; 无机领域的比重稍高, 为 7%。过去二十年 CRMs 数量始终处于缓慢上升趋势的应用领域有工业、生活质量、无机及生物与临床(见图 3)。一些应用领域的 CRMs 虽然目前仍少, 如生物与临床类 CRMs 只有 400 多种, 占 COMAR 中 CRMs 总量的比重从最初的不足 1% 小幅上升至目前的 3%; 生活质量领域的 CRMs 不到 2000 种, 但这些领域正在成为全球标准物质研究的热点, 可望获得较快发展。这是由于目前社会环境污染、食品安全问题日益突出, 而相关领域标准物质的发展严重滞后; 此外, 与人类健康直接相关的营养保健品、转基因产品, 临床医药等方面标准物质的覆盖率相当低, 存在大量标准物质的空白, 难以满足社会需要。

2.3 COMAR 成员国提供 CRMs 的情况

COMAR 的国际影响力不断加大。由 COMAR 数据库中不同国家的 CRMs 和研制机构数量(见表 2 和图 4)可知, 截至 2013 年 8 月, 日本是 COMAR 数据库中提供 CRMs 最多的国家, 共计 1456 种; 其次为中国、法国和德国, 分别为 1194 种、1023 种和

924 种。相对而言, 12 个成员国向 COMAR 提供的标准物质较少, 均少于 100 种, 它们分别是墨西哥、荷兰、瑞典、奥地利、斯洛伐克、南非、印度、蒙古、哥伦比亚、保加利亚, 白俄罗斯以及巴西。

各个国家都有自主研究、发布和管理标准物质的相关机构。每一个 COMAR 成员国都设有专门负责更新维护本国 CRMs 信息的国家编码中心。各成员国的标准物质研制机构通过编码中心向 COMAR 提交标准物质信息。截至 2013 年 8 月, COMAR 的 CRMs 提供机构达到 274 家。近十年来中国的标准物质发展非常迅速, 全国共拥有约 300 家 CRMs 研制机构, 其中为 COMAR 提供标准物质的有 92 家, 是 COMAR 数据库中 CRMs 提供机构最多的国家, 中国计量科学研究院国家标准物质研究中心、中国测试技术研究院、国家环保总局标准样品研究所、中国地质科学院地球化学地球物理勘探研究所、国家地质实验测试中心等是中国较为权威的标准物质研制机构; 其次是日本(36 家)、俄罗斯(24 家)、法国(22 家)、德国(19 家)、波兰(16 家)和英国(13 家), 其余国家的 CRMs 提供机构均少于 10 家(图 4)。

3 COMAR 数据库中主要成员国标准物质的研制情况

标准物质领域在近二十年里经历了较快发展, 但总体而言, 最早签订备忘录建立 COMAR 的 7 个成员国在标准物质研究实力方面仍占有绝对优势(见表 2), 其提供的 CRMs 数量之和超过 COMAR 中 CRMs 总量的 65%。英、美、法、德等国的标准物质研究水平处于世界领先地位, 中国、日本等亚洲国家标准物质的发展也非常快。

3.1 COMAR 数据库侧面反映成员国标准物质的研究情况

各成员国提供给 COMAR 数据库的 CRMs 均具有高质量保证, 同时, 国际技术组织严格按照 ISO 导则对各国提供的数据进行全球范围内的同级评议和国际比对分析, 因此 COMAR 中的标准物质信息具有国际权威性。由此可知, 成员国在 COMAR 数据库中的 CRMs 的数量实际上远低于其实际拥有的 CRMs 数量。因此, COMAR 数据库中各国的 CRMs 情况不能完全代表一个国家 CRMs 发展的实际情况, 更不能代表该国的 CRMs 研究水平和能力。从 COMAR 提供的信息来看, 日本向 COMAR 数据库提供的 CRMs 尤其以有机(329 种)、无机(434 种)和

表2 COMAR 数据库中 25 个成员国的标准物质情况(截至 2013 年 8 月)

Table 2 The amount of CRMs from 25 member countries in COMAR database by August 2013

| 国家 (Country) | 有机 (Organics) | 无机 (Inorganics) | 工业 (Industries) | 钢铁 (Ferrous) | 有色金属 (Non-Ferrous) | 生活质量 (Quality of Life) | 生物与临床 (Biological and Clinical) | 物理特性 (Physical Properties) |
|-----------------|------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 中国 | 89 | 309 | 602 | 254 | 230 | 192 | 33 | 177 |
| 比利时 | 130 | 13 | 32 | 0 | 46 | 430 | 145 | 245 |
| 捷克共和国 | 18 | 249 | 1 | 54 | 0 | 2 | 3 | 0 |
| 德国 | 67 | 301 | 361 | 161 | 172 | 60 | 28 | 227 |
| 日本 | 329 | 434 | 231 | 294 | 52 | 109 | 44 | 267 |
| 韩国 | 81 | 159 | 321 | 69 | 12 | 258 | 15 | 211 |
| 墨西哥 | 13 | 8 | 28 | 1 | 3 | 19 | 0 | 5 |
| 荷兰 | 22 | 32 | 30 | 0 | 0 | 61 | 5 | 2 |
| 英国 | 53 | 93 | 54 | 203 | 213 | 144 | 18 | 249 |
| 美国 | 54 | 79 | 318 | 116 | 94 | 24 | 16 | 48 |
| 加拿大 | 0 | 16 | 129 | 4 | 23 | 24 | 0 | 11 |
| 瑞典 | 0 | 6 | 8 | 30 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 澳大利亚 | 46 | 1 | 0 | 0 | 0 | 319 | 85 | 0 |
| 奥地利 | 3 | 5 | 19 | 0 | 0 | 36 | 1 | 21 |
| 法国 | 40 | 9 | 112 | 171 | 451 | 15 | 13 | 333 |
| 波兰 | 26 | 89 | 0 | 148 | 398 | 29 | 6 | 106 |
| 斯洛伐克 | 5 | 28 | 32 | 3 | 0 | 4 | 0 | 28 |
| 南非 | 0 | 29 | 82 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 俄罗斯联邦 | 13 | 34 | 121 | 61 | 415 | 147 | 1 | 27 |
| 印度 | 5 | 29 | 3 | 13 | 3 | 0 | 0 | 2 |
| 巴西 | 9 | 14 | 18 | 17 | 2 | 10 | 24 | 16 |
| 保加利亚 | 0 | 1 | 17 | 0 | 0 | 4 | 0 | 10 |
| 蒙古 | 0 | 44 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 哥伦比亚 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 |
| 白俄罗斯 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

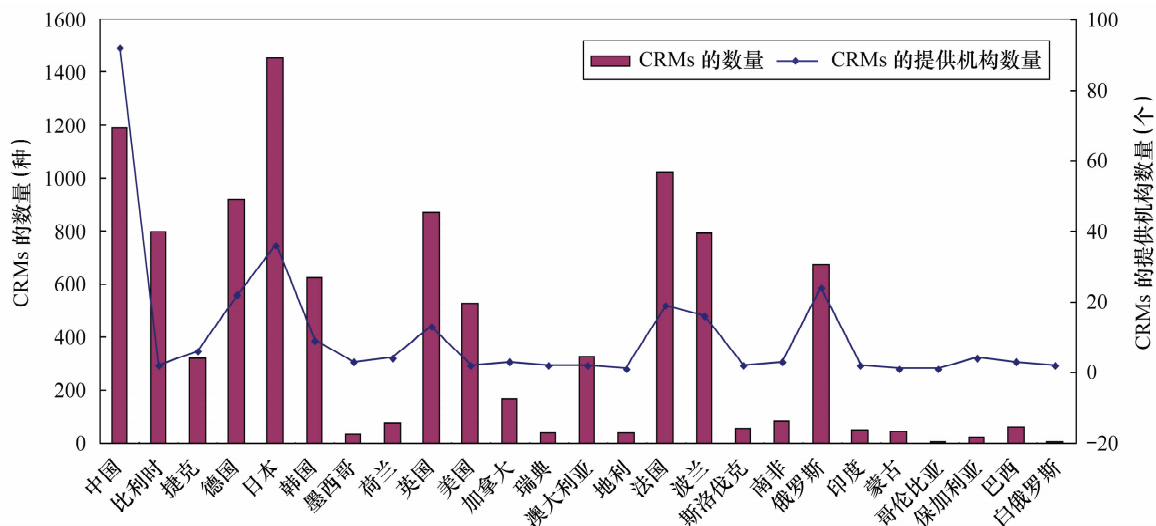


图4 COMAR 数据库 25 个成员国的 CRMs 数量及 CRMs 提供机构的数量(截至 2013 年 8 月)

Fig. 4 Quantity of CRMs and CRM producers in 25 members of COMAR database by August 2013

钢铁(294 种)三个应用领域的 CRMs 居多。中国和法国分别在工业(602 种)和有色金属(451 种)领域提供的 CRMs 较多(见表 2)。在生活质量、生物与临床领域,比利时提供的 CRMs 最多,分别为 430 种

和 145 种。哥伦比亚仅有 9 种生活质量领域的 CRMs,而白俄罗斯是 COMAR 成员国中提供 CRMs 少的国家,仅 3 种(见表 2)。

由 1995—2013 年 COMAR 数据库中各国提供的

CRMs 占 COMAR 总量的比重变化(见图 5)可知, 2000 年以前, 英、美、法等国在 COMAR 数据库中的 CRMs 数量一直领先于其他国家。进入 21 世纪, 随着其他国家标准物质的发展, 这些国家的 CRMs 占 COMAR 中 CRMs 总量的比重不断下降, 近几年这种现象尤为明显^[46-49]。COMAR 中, 美国和斯洛伐克的 CRMs 比重也大体呈现逐年下降趋势。而中国、日本、南非、和荷兰等国的 CRMs 比重显著增长, 尤其是中国^[10]和日本的标准物质在 2000 年以后发展非常迅速, 数量和比重均呈现明显上升趋势(见图 5)。

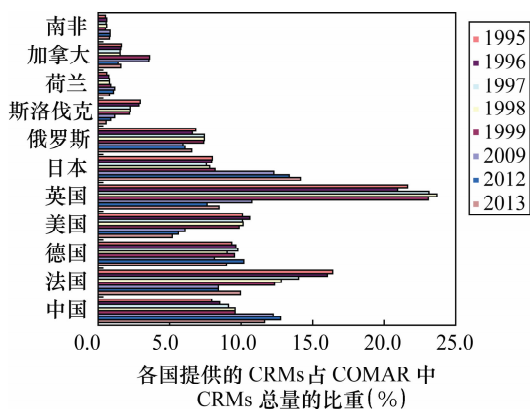


图 5 1995—2013 年主要成员国 CRMs 占 COMAR 数据库比重的变化

Fig. 5 Variation of the percentage of CRMs in some member countries in COMAR database from 1995 - 2013

3.2 欧盟材料标准物质处于国际领先

德国、法国等欧盟国家在材料研究方面一直处于世界领先地位, 相关领域的 CRMs 较多, 质量高, 产品具有国际权威性。如德国国家材料研究所 (Physikalisch - Technische Bundesanstalt, PTB) 发布的超过 400 种 CRMs 中, 大部分都是钢材、有色金属、聚合物材料、特殊材料、光学材料等领域的物理特性及成分分析用标准物质^[50]。IRMM 是比利时唯一为 COMAR 提供 CRMs 的研究机构, 也是欧盟首个 CRMs 研制机构, 截至 2013 年 8 月, 为 COMAR 提供的 CRMs 达到 801 种。欧盟标准物质主要指以欧盟委员会联合研究中心及 IRMM、德国 BAM、英国 LGC 等为主研制的 CRMs, 以 BCR、ERM 或 IRMM 开头进行编号, 总量约 790 种(截至 2013 年 8 月), 分六大类, 包括纯度 CRMs、食品和农业、环境、健康领域成分分析用基体 CRMs、工业和工程领域成分分析 CRMs、物理特性 CRMs^[21, 31, 35, 38, 51]。目前共有 BCR 标准物质 370 种, ERM 标准物质 213 种, IRMM

标准物质 207 种^[8]。

英国 LGC 旗下的标准品公司 (LGC Standards) 不仅是欧洲最全面的标准物质平台, 更为世界各地的实验机构购买标准物质提供了便捷的通道, 是全球最大的标准物质供应商, 可提供包括各种纯试剂、基体标准物质和标准物质在内的超过 10 万种标准品, 其中通过网站可以购买的标准物质超过 26000 种, 包括临床医学、食品、环境、刑侦、医药、工业、天然产物等领域^[9]。包括 LGC 在内的 13 家英国标准物质研究机构为 COMAR 数据库提供的 CRMs 共有 873 种。

3.3 美国标准物质最具国际权威

美国 NIST 成立于 1901 年, 隶属美国商务部, 负责国家层面的计量基础研究, 是国际上最权威的标准物质研究机构之一。美国为 COMAR 数据库提供 CRMs 的研究机构共两家, 分别是美国 NIST 标准物质部及美国地质调查局 (United States Geological Survey, USGS), 为 COMAR 提供 CRMs 共计 532 种。

NIST 是世界上开展标准物质研究最早的机构, 1906 年发布了美国第一批冶金标准物质 (4 种铁, 1 种钢)^[52]。目前, NIST 已经为全球提供高质量的 CRMs 超过 1300 种(见表 3)^[7], 主要分三大类: 工程材料、物理特性及化学组成。近来的标准物质发展重点有所调整, 研究方向逐渐转向食品^[44, 53]、临床与健康标志物^[23]、蛋白与金属组学^[24]、环境^[25, 37]、纳米技术等领域^[54-55]。除 NIST 之外, 美国尚有其他多家国际知名的研究机构并向全球提供高质量的标准物质, 包括美国 USGS 研究岩矿标准物质, 美国 EPA 研究环境质量控制样品, 美国原子能委员会 (United States Atomic Energy Commission, USAEC) 研究发布核材料和放射性标准物质。

3.4 中国标准物质发展迅速, 后来者居上

中国的标准物质发展始于 20 世纪 50 年代。自 1951 年我国发布了“弹簧钢”标准物质以来, 标准物质研究拉开序幕。随着经济的发展和需求的增加, 我国越来越重视标准物质的研究。尤其是自“十一五”以来, 国家对标准物质研究给予了高度重视和大力支持。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》中明确指出要研究制定高精度和高稳定性的计量标准和标准物质体系。政策的支持推动了中国标准物质的快速发展, 标准物质的研究水平和管理能力也得到了很大提高。2001 年, 我国的 CRMs 总量不足 3000 种^[56], 2010 年增加至约 6000 种^[57], 该数字截至 2013 年 8 月已经超过 7600

表3 截至2013年8月美国NIST研制的标准物质
Table 3 Standard reference materials in NIST of the United States by August 2013

| 主应用领域 (Main-field of application) | 数量 (Amount) | 子应用领域 (Sub-fields of application) | 数量 (Amount) | 相关文献 (Reference) |
|---|----------------|--|----------------|----------------------|
| 工程材料 (Engineering Materials) | 109 | 尺寸(Sizing) | 38 | |
| | | 表面光洁度(Surface Finish) | 29 | |
| | | 无损测定 (Nondestructive Evaluation) | 1 | |
| | | 发光研究(Fire Research) | 8 | |
| | | 纳米材料(Nanomaterials) | 7 | [55] |
| | | 其他性能工程材料 (Miscellaneous Performance Engineering Materials) | 22 | |
| 物理特性 (Physical Properties) | 253 | 离子活度(Ion Activity) | 25 | |
| | | 聚合物特性 (Polymeric Properties) | 27 | |
| | | 热力学特性 (Thermodynamic Properties) | 39 | |
| | | 光学特性 (Optical Properties) | 24 | |
| | | 放射性(Radioactivity) | 70 | |
| | | 电学特性 (Electrical Properties) | 4 | |
| | | 计量学(Metrology) | 31 | |
| | | 流体与玻璃 (Liquids and Glasses) | 14 | |
| | | X射线衍射 (X-ray Diffraction) | 14 | |
| | | | | 黑色金属(Ferrous Metals) |
| 化学组成 (Chemical Composition) | 1126 | 有色金属 (Non-Ferrous Metal) | 133 | |
| | | 微量分析(Microanalysis) | 13 | |
| | | 高纯材料 (High Purity Materials) | 150 | |
| | | 健康与工业卫生 (Health and Industrial Hygiene) | 148 | [23-24] |
| | | 无机(Inorganics) | 45 | |
| | | 基准混合气体 (Primary Gas Mixtures) | 72 | |
| | | 化石及替代燃料 (Fossil and Alternative Fuels) | 78 | |
| | | 有机(Organics) | 95 | [25,37] |
| | | 食品与农业 (Food and Agriculture) | 84 | [44,53] |
| | | 地质材料与矿石 (Geological Materials and Ores) | 62 | |
| | | 陶瓷与玻璃 (Ceramics and Glasses) | 25 | |
| | | 水泥(Cement) | 16 | |
| | | 机械磨损材料 (Engine Wear Materials) | 17 | |
| 法医鉴定(Forensics) | 40 | | | |

种,其中一级 CRMs 达到 1769 种。2013 年 3 月国务院颁布了《计量发展规划(2013—2020)》,发展目标是到 2020 年国家 CRMs 数量增加一倍。可见,未来中国标准物质的发展仍将保持快速增长。

中国的 CRMs 被划分为 13 大类,分别是钢铁、有色金属、建筑材料、核材料与放射性、高分子材料、化工产品、地质、环境、临床化学与医药、食品、煤炭与石油、工程、物理特性。其中,环境(2301 种)和化工(1741 种)领域的 CRMs 数量具有明显优势,而建材(44 种)、高分子材料(1 种)领域 CRMs 的数量相对较少;一级 CRMs 数量位列前三的应用领域分别为地质矿产成分、钢铁成分和环境化学分析,占国家一级 CRMs 总数的 50% 以上(见图 6,数据截至 2013 年 8 月)。中国提供给 COMAR 数据库的 CRMs 数量共计 1194 种,均为国家一级 CRMs。

中国计量科学研究院是我国唯一的国家级标准物质专业研究机构,隶属国家质量监督检验检疫总局,是我国最高计量学研究和法制计量中心,也是 COMAR 数据库的中国编码中心。中国计量科学研究院在标准物质研究领域的研究实力较强,近几年的发展尤其快速,几乎保持了每年研制上百种标准物质的增长速度,其中兴奋剂、农药、兽药、新材料等标准物质的研究填补了我国在食品、环境、临床、能源等领域的多项标准物质空白^[26-28,32,39-40];并搭建了国家标准物质资源共享平台^[10],它是国内目前最权威的标准物质网络服务平台。除中国计量科学研究院外,中国知名的标准物质研究机构还包括中国测试技术研究院、国家环境保护总局标准样品研究所、钢铁研究总院、中国食品药品检定研究院、中国地质科学院地球化学地球物理勘查研究所、国家地质实验测试中心、煤炭科学研究总院煤炭检测研究所等。

尽管近年来,我国标准物质获得了快速发展,但仍然存在品种不全、门类欠缺、结构不合理的问题^[58-60]。国家对资源需求的增加、矿产勘查力度的增强,及生态农业环境地球化学的重视,推动了地质类标准物质快速发展^[33,61],地质的一级 CRMs 数量已达到 434 种,地学与环境是目前我国国家一级 CRMs 数量最多的两个应用领域;而生物与临床、食品、有机污染物、新材料、新能源等领域的标准物质相对缺乏,尚不能满足社会需要,未来标准物质发展需要在这些领域投入更多的关注。

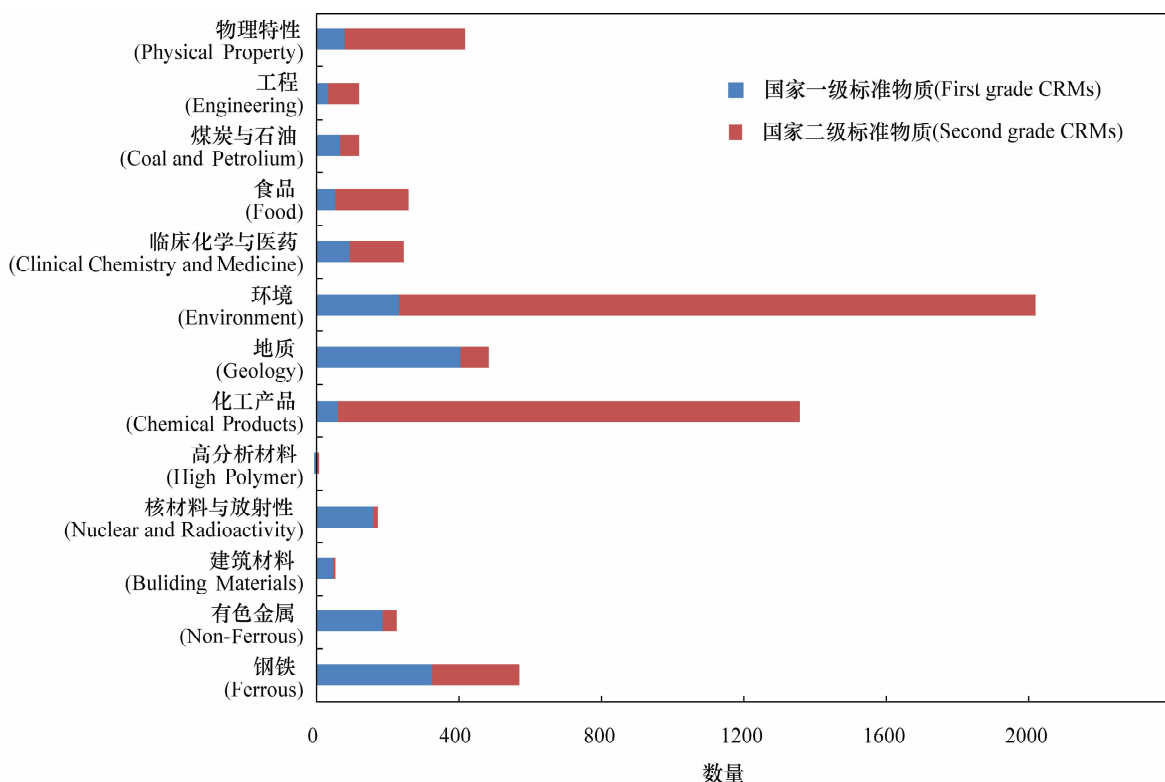


图 6 中国研制的标准物质 (截至 2013 年 8 月)

Fig. 6 The CRMs in China by August 2013

3.5 日本标准物质发展侧重生活质量领域

日本的标准物质发展起步也较早,是首次签订 COMAR 谅解备忘录的国家之一^[62]。进入 21 世纪,日本侧重食品和农产品等生活质量领域的安全监督检查,2006 年发布并实施食品中农业化学品(农药、兽药及饲料添加剂等)残留“肯定列表制度”,这是日本较为全面的新残留限量标准,也是全球最为严格的食品检测检验制度。相应地,日本也侧重发展食品监督检查领域的标准物质^[34,41,43,45]。日本的国家计量院从属于日本产业技术综合研究所(Advanced Industrial Science and Technology, AIST),负责日本国内的测量标准。截至 2013 年 8 月,日本国内发布标准物质总量已超过 8000 种,其中近一半为生活质量领域,超过 3400 种(见表 4)^[11],如前所述,同时日本也是 COMAR 中提供 CRMs 最多的国家(共计 1456 种)。目前,日本的标准物质发展主要关注环境、临床、生物、食品中有害物质残留等领域^[54]。

3.6 澳大利亚标准物质以生化领域为主

澳大利亚国家测试研究院是该国的最高计量机构,标准物质研究主要侧重农药、兽药、生物毒素分析用基体或纯品标准物质^[29-30,36,42,63],截至 2013 年 8 月,CRMs 数量达到 470 种^[64]。澳大利亚为

COMAR 提供 CRMs 的研究机构有两家,共 326 种,其中 325 种来自澳大利亚国家测试研究院。

除此之外,韩国、波兰和俄罗斯提供给 COMAR 的 CRMs 也较多,分别为 623 种、796 种和 674 种。

表 4 日本的标准物质情况 (截至 2013 年 8 月)

Table 4 The reference materials in Japan by August 2013

| 应用领域 (Main-fields of application) | 标准物质的数量 (Amount of RMs) |
|--|----------------------------|
| 钢铁标准物质 (Ferrous reference materials) | 315 |
| 有色金属标准物质 (Non-Ferrous reference materials) | 54 |
| 无机标准物质 (Inorganic reference materials) | 1036 |
| 有机标准物质 (Organic reference materials) | 2695 |
| 物理特性标准物质 (Reference materials for physical properties) | 424 |
| 生物与临床标准物质 (Biological and clinical reference materials) | 156 |
| 生活质量标准物质 (Reference materials for the quality of life) | 3409 |
| 工业标准物质 (Reference materials for industry) | 327 |
| 总计 (Total) | 8061 |

4 标准物质的整体发展趋势

随着社会和经济的发展,应用需求不断增加,标准物质的应用领域不断拓展,新型的标准物质不断出现。标准物质的发展由最初的钢铁、地质、物理特性等传统领域,逐渐向生物(基因测试、微生物标准物质),临床(法医鉴定、医学诊断标准物质),新材料(表面分析、纳米尺寸标准物质),大众健康(食品、环境标准物质)等新兴领域发展。在2010年北京标准物质国际研讨会上,国际计量委员会秘书长 Robert Kaarls 指出,目前食品安全、环境保护、气候变化、临床医学、制药产业、生物能源等已经成为计量和标准物质研究的热点领域^[57]。这些领域的标准物质应用需求较多,品种却相对缺乏。以反兴奋剂为例,随着国际上对反兴奋剂工作的重视,国际反兴奋剂组织划定的违禁药物范围不断扩大,从最初的6种发展到现在超过100种。同时,对违禁药物检测的要求也在不断提高。2000年,澳大利亚为保障悉尼奥运会的成功举办紧急研制了10种用于违禁药物检测的标准物质,成为当时国际上少数几个拥有较为完善的兴奋剂检测标准物质体系的国家。同样地,中国在2008年北京奥运会前夕,加紧研制了违禁药物中美雄酮、克伦特罗、泼尼松等检测急需的标准物质34种,其中26种填补了兴奋剂标准物质领域的国际空白,完善了我国化学测量急需的溯源体系,提高了我国违禁药物的检测能力和水平。然而,这些领域的标准物质仍然存在较大的缺口,尚难以满足社会需要。

另一方面,为满足多种应用需求,标准物质也逐渐由单一特性量值向多种特性量值,由单一类别向混合种类,由无机特性量值向有机、生物特性量值,由常量、微量水平向痕量、超痕量水平,甚至向同位素基准物质和生物、环境复杂基体标准物质发展。标准物质的研究对象涉及更多不稳定的有机、生物,或更复杂的混合介质,标准物质的研究制备、定值和不确定度评定技术也在不断发展并面临新的挑战。因此,标准物质的国际合作日益广泛,不同的技术机构在联合研制标准物质,实现资源共享的同时,优势互补,互相促进,共同发展,不仅可以提高标准物质的质量,也对未来全球标准物质的发展、国际等效一致的量传溯源体系的推进意义重大。

5 结语

COMAR 是一个十分有用的国际标准物质信息和 技术交流平台,经过逾 20 年的发展,COMAR 数据库

的成员国、CRMs 数量及 CRMs 的全球提供机构的数量增长非常快速,目前拥有来自 25 个成员国共 274 个生产机构的 CRMs 超过 10200 种,拥有全球约 17500 个注册用户,每月平均登录用户超过 500 个^[21]。目前 COMAR 库的用户多为各个国家的高级计量部门、质量监督检验部门以及标准物质的提供机构。随着标准物质领域国际合作的增强,国家校准测量能力全球互认趋势的发展,COMAR 数据库的应用覆盖范围和领域在未来将更为广泛。食品安全、环境保护、气候变化、临床医学、制药产业、生物能源是标准物质研究的热点领域和新的发展方向,但越来越多的标准物质的研究对象涉及不稳定的有机、生物,或更复杂的混合介质,这也为标准物质物质的研究制备及定值与不确定度带来了新的挑战。

6 参考文献

- [1] ISO Guide 30—1992, Terms and Definitions Used in Connection with Reference Materials [S]. Geneva: International Organization for Standardization for Standardization.
- [2] JCGM 200—2012, International Vocabulary of Metrology—Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM). 3rd edition [S].
- [3] Emons H, Fajgelj A, van der Veen A M H, Watters R. New definitions on reference materials [J]. *Accreditation and Quality Assurance*, 2006, 10(10):576–578.
- [4] Emons H. The ‘RM family’—Identification of all of its members [J]. *Accreditation and Quality Assurance*, 2006, 10(12):690–691.
- [5] Wenclawiak B W, Koch M, Hadjicosts E. Quality Assurance in Analytical Chemistry [M]. Verlag Berlin Heidelberg, 2010:289–302.
- [6] Venelinov T, Sahuquillo A. Optimizing the uses and the costs of reference materials in analytical laboratories [J]. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2006, 25(5):528–533.
- [7] NIST. National Institute of Standards and Technology of the United States. Standard reference materials [DB/OL]. <https://www-s.nist.gov/srmors/>.
- [8] Joint Research Centre, Institute for Reference Materials and Measurements (JRC-IRMM). IRMM reference materials [DB/OL]. <http://irmm.jrc.ec.europa.eu/Pages/rmcatalogue.aspx>.
- [9] LGC. Laboratory of the Government Chemist of the United Kingdom. Analytical reference materials, standards and high purity solvents [DB/OL]. http://www.lgcstandards.com/epages/LGC.sf/en_GB/?ObjectPath=/Shops/

LGC/Categories/AboutLGCStandards.

- [10] 国家标准物质资源共享平台. 国家质量监督检验检疫总局/中国计量科学研究院 [DB/OL]. <http://www.nrcm.org.cn/>.
- [11] RMinfo. Reference materials total information service of Japan [DB/OL]. <http://www.rminfo.nite.go.jp/>.
- [12] Jochum K P, Nohl U, Herwig K, Lammel E, Stoll, B, Hofmann A W. GeoReM: A new geochemical database for reference materials and isotopic standards [J]. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 2005, 29(3):333–338.
- [13] Jochum K P, Nohl U. Reference materials in geochemistry and environmental research and the GeoReM database [J]. *Chemical Geology*, 2008, 253(1–2):50–53.
- [14] GeoReM, geological and environmental reference materials [DB/OL]. <http://georem.mpch-mainz.gwdg.de/>.
- [15] Jochum K P, 王晓红. 地球化学与环境样品分析标准物质和 GeoReM 数据库[J]. *岩矿测试*, 2009, 28(4):311–315.
- [16] IAEA reference materials [DB/OL]. <http://nucleus.iaea.org/rpst/ReferenceProducts/About/index.htm>.
- [17] Klich H, Pradel R. Overview about biological and environmental certified reference materials in the database COMAR [J]. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 1995, 352(1–2):23–27.
- [18] Pradel R, Steiger T, Klich H. Availability of reference materials: COMAR the database for certified reference materials [J]. *Accreditation and Quality Assurance*, 2003, 8(7–8):317–318.
- [19] Steiger T, Pradel R. COMAR2—The international database for certified reference materials [J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2004, 378(5):1145–1146.
- [20] Steiger T, Pradel R. Update on COMAR: The international database for certified reference materials [J]. *Accreditation and Quality Assurance*, 2007, 12(5):265–268.
- [21] COMAR. International database for certified reference materials [DB/OL]. <http://www.comar.bam.de/en/>.
- [22] Van R R, Chapman M D, Ferreira F, Vieths S, Bryan D, Cromwell O, Villalba M, Durham S R, Becker W M, Aalbers M, André C, Barber D, Bahima A C, Custovic A, Didierlaurent A, Dolman C, Dorpema J W, Felice G D, Eberhardt F, Caldas E F, Rivas M F, Fiebig H, Focke M, Fötisch K, Gadermaier G, Das R G, Mancebo E G, Himly M, Kinaciyan T, Knulst A C, Kroon A M, Lepp U, Marco F M, Mari A, Moingeon P, Monsalve R, Neubauer A, Notten S, Ooievaar-de Heer P, Pauli G, Pini C, Purohit A, Quiralte J, Rak S, Raulf-Heimsoth M, Moncin M M S M, Simpson B, Tsay A, Vailes L, Wallner M, Weber B. EU Forum: The CREATE Project: Development of certified reference materials for allergenic products and validation of methods for their quantification [J]. *Allergy*, 2008, 63:310–326.
- [23] Sander L C, Sharpless K E, Satterfield M B, Ihara T, Phinney K W, Yen J H, Wise S A, Gay M L, Lam J W, McCooye M, Gardner G, Fraser C, Sturgeon R, Roman M. Determination of ephedrine alkaloids in dietary supplement standard reference materials [J]. *Analytical Chemistry*, 2005, 77(10):3101–3112.
- [24] Barker P E, Wagner P D, Stein S E, Bunk D M, Srivastava S, Omenn G S. Standards for plasma and serum proteomics in early cancer detection: A needs assessment report from the national institute of standards and technology-national cancer institute standards, methods, assays, reagents and technologies workshop, august 18–19, 2005 [J]. *Clinical Chemistry*, 2006, 52(9):1669–1674.
- [25] Kunioka M, Ninomiya F, Funabashi M. Biodegradation of poly (lactic acid) powders proposed as the reference test materials for the international standard of biodegradation evaluation methods [J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2006, 91(9):1919–1928.
- [26] Quan C, Su F H, Wang H F, Li H M. Development of anabolic-androgenic steroids purity certified reference materials for anti-doping [J]. *Steroids*, 2011, 76(14):1527–1534.
- [27] 苏福海,全灿,王海峰,李红梅. 美雄酮甲醇溶液标准物质的定值及不确定度评定[J]. *化学通报*, 2011, 74(1):67–71.
- [28] 苏福海,全灿,王海峰,李红梅. 睾酮甲醇溶液标准物质的定值及不确定度评定[J]. *分析测试学报*, 2010, 29(11):1211–1215.
- [29] Millar R G. Matrix reference materials-provision in Australia [J]. *Accreditation and Quality Assurance*, 1999, 4(8):371–374.
- [30] Munton E, Liu F H, Murby E J, Hibbert D B. Certification of steroid carbon isotope ratios in a freeze-dried human urine reference material [J]. *Drug Testing and Analysis*, 2012, 4(12):928–933.
- [31] Sloth J J, Larsen E H, Julshamn K. Survey of inorganic arsenic in marine animals and marine certified reference materials by anion exchange high-performance liquid chromatography inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. *Journal of Agricultural and Food*

- Chemistry, 2005, 53(15):6011-6018.
- [32] Zhang L, Liu F L, Jia Y K, Zhang X Y. New Chinese national reference materials for hydrogen and oxygen isotopes in water [J]. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 2013, 37(2):189-195.
- [33] 王毅民, 王晓红, 高玉淑, 樊兴涛. 中国与世界铂族元素地球化学标准物质评介[J]. *地质论评*, 2010, 56(2):261-268.
- [34] Zhu Y B, Narukawa T, Inagaki K, Kuroiwa T, Chiba K. Development of a Certified Reference Material (NMIJ CRM 7505-a) for the determination of trace elements in tea leaves [J]. *Analytical Sciences*, 2011, 27(11):1149-1155.
- [35] Ulberth F. Certified reference materials for inorganic and organic contaminants in environmental matrices [J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2006, 386(4):1121-1136.
- [36] Yoshinaga J, Nakama A, Morita M, Edmonds J S. Fish otolith reference material for quality assurance of chemical analyses [J]. *Marine Chemistry*, 2000, 69(1-2):91-97.
- [37] Bamford H A, Bezabeh D Z, Schantz M M, Wise S A, Baker J E. Determination and comparison of nitrated-polycyclic aromatic hydrocarbons measured in air and diesel particulate reference materials [J]. *Chemosphere*, 2003, 50(5):575-587.
- [38] van Leeuwen S P J. New certified and candidate certified reference materials for the analysis of PCBs, PCDD/Fs, OCPs and BFRs in the environment and food [J]. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2006, 25(4):397-409.
- [39] 卢宪波, 陈吉平, 王淑秋, 邹黎黎, 田玉增, 倪余文, 苏凡. 贻贝中有机氯农药和多氯联苯标准物质的研制及同位素稀释高分辨质谱法定值[J]. *色谱*, 2012, 30(9):915-921.
- [40] 杨方, 余孔捷, 李耀平, 储晓刚, 张峰, 陈国南. 用于农、兽药残留分析的基体标准物质研究进展[J]. *化学分析计量*, 2009, 18(3):82-85.
- [41] Otake T, Yarita T, Aoyagi Y, Kuroda Y, Numata M, Iwata H, Watai M, Mitsuda H, Fujikawa T, Ota H. Development of apple certified reference material for quantification of organophosphorus and pyrethroid pesticides [J]. *Food Chemistry*, 2013, 138(2-3):1243-1249.
- [42] Armishaw P, Millar R. A natural matrix (pureed tomato) candidate reference material containing residue concentrations of pesticide chemicals [J]. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 2001, 370(2-3):291-296.
- [43] Hanari N, Itoh N, Ishikawa K, Iwasawa R, Aoyagi Y, Yarita T, Numata M. Certified calibration solution reference material for the determination of perfluorooctane sulfonate from the National Metrology Institute of Japan (NMIJ) [J]. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 2013, 93(6):692-705.
- [44] Sharpless K E, Thomas J B, Christopher S J, Greenberg R R, Sander L C, Schantz M M, Welch M J, Wise S A. Standard reference materials for foods and dietary supplements [J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2007, 389(1):171-178.
- [45] Narukawa T, Inagaki K, Zhu Y B, Kuroiwa T, Narushima I, Chiba K, Hioki A. Preparation and certification of Hijiki reference material, NMIJ CRM 7405-a, from the edible marine algae hijiki (*Hizikia fusiforme*) [J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2012, 402(4):1713-1722.
- [46] 洪涛, 刘媛. 新版国际标准物质数据库 (COMAR) 的进展及应用[J]. *中国计量*, 2004, 109(12):65-66.
- [47] 汪斌, 卢晓华, 孟凡敏. 2001年以来我国标准物质发展状况概述[J]. *中国计量*, 2009, 166(9):71-72.
- [48] 王浩堃. 建立国家标准物质信息系统及其与COMAR的国际多边合作[J]. *现代计量测试*, 1994(5):37-42.
- [49] 万志平. 从国际标准物质信息库看中国的标准物质及其发展[J]. *中国计量*, 2001, 68(7):49-50.
- [50] BAM. The federal institute for materials research and testing of Germany reference materials [DB/OL]. <http://www.bam.de/en/fachthemen/referenzmaterialien/>.
- [51] Vogl J. Characterisation of reference materials by isotope dilution mass spectrometry [J]. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 2007, 22(5):475-492.
- [52] 韩卓珍. 基于标准物质数据库探讨我国标准物质的发展现状及趋势[J]. *化学分析计量*, 2009, 18(4):4-8.
- [53] Wolf W R, Goldschmidt R J. Selenomethionine contents of NIST wheat reference materials [J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2004, 378(5):1175-1181.
- [54] 卢晓华, 李红梅, 郭敬. 标准物质领域总体发展趋势[J]. *中国计量*, 2010, 176(7):75-76.
- [55] Orji N G, Dixon R G, Martinez A, Bunday B D, Allgair J A, Vorburger H V. Progress on implementation of a reference measurement system based on a critical-dimension atomic force microscope [J]. *Journal of Micro/Nanolithography, MEMS, and MOEMS*, 2007, 6(2):023002-1~023002-10. doi:10.1117/1.

- 2728742.
- [56] 全国化工标准物质委员会. 分析测试质量保证[M]. 沈阳:辽宁大学出版社, 2004.
- [57] 王亚平,袁建,许春雪. 2010年北京标准物质国际研讨会综述[J]. 岩矿测试, 2011, 30(4):514-520.
- [58] 张庆合,卢晓华,阚莹,李红梅. 化学测量相关领域标准物质现状与趋势[J]. 化学试剂, 2013, 35(10):865-870.
- [59] 任玲玲,卢晓华,李红梅,王海. 纳米计量领域中标准物质调查分析[J]. 中国计量, 2007, (7):71-73.
- [60] 金秉慧. 地质标准物质十年回顾[J]. 岩矿测试, 2003, 22(3):188-200.
- [61] 王毅民,王晓红,高玉淑,樊兴涛. 中国地质标准物质文献(1980~2010)综述[J]. 地质通报,2011,30(9):1450-1461.
- [62] Imai H, Tago S, Yamauchi Y. The present situation of Japanese certified reference materials registered in the COMAR database [J]. *Accreditation and Quality Assurance*, 1997, 2(3):115-119.
- [63] Mackay L G, Kazlauskas R. The importance of reference materials in doping-control analysis [J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2011, 401(2):483-492.
- [64] NMI. National Measurement Institute of Australian government. Chemical reference materials [DB/OL]. <http://www.measurement.gov.au/Services/Pages/ChemicalReferenceMaterials.aspx>.

The International Database for Certified Reference Materials (COMAR)

WANG Qiao-yun^{1,2}

(1. Guangzhou Institute of Measurement and Testing Technology, Guangzhou 510663, China;

2. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Certified reference materials (CRMs) are standard materials with certified quantity values, playing important roles in development and assessment of analytical methods, qualitative and quantitative analysis, mineral exploration, arbitration inspection, quality supervision and inspection. The Code d'Indexation des Matériaux de Référence (COMAR), founded in the 1980s, is now the largest international database for CRMs. It contains over 10200 CRMs provided by 274 institutions from 25 member countries so as to integrate superior resources. The CRMs' quantity, classification and development variation, as well as the current research situation of CRMs in member countries such as the European Union, America, China, Japan and Australia are presented in detail. Countries like the United Kingdom, the United States, France, and Germany developed the CRMs research early, and kept ranking international top with high research level. Asian countries like China and Japan started CRMs research late, but developed fast, and now become the top two CRMs providers in COMAR with the respective amount of CRMs up to 1194 and 1456 by August 2013. Since the establishment of COMAR, CRMs in three traditional application fields including industries, non-ferrous, and physical properties have been a large proportion of the total quantity of CRMs in COMAR, which is up to 50%. Among them, the field of industries had the largest quantity of CRMs, accounting for 19%. While the fields of organics-biology and clinic had the least share of CRMs, accounting for only 7% and 3%, respectively. Along with increasing social demand, the fields of biology and medicine, together with quality of life have become the hotspots of current CRMs' development. This article also highlights that, instead of the traditional fields of ferrous, non-ferrous and physical properties, the development focus of CRMs research will turn to the fields of food safety, environmental protection, climate change, clinical medicine, pharmaceutical industry, and bio-energy in the future. Accordingly, the preparation, characterization, and uncertainty assessment of CRMs will face new technical challenges.

Key words: certified reference materials (CRMs); COMAR database