

文章编号: 0254 - 5357(2012)02 - 0201 - 09

我国十年地质调查实验测试研究主要成果

屈文俊, 吴晓军
(国家地质实验测试中心, 北京 100037)

摘要: 我国地质调查实验测试研究项目主要来源于中国地质调查局科技外事部。中国地质调查局成立十年来,在地质“野战军”装备计划的大力支持下,在地质行业强大需求的推动下,我国的地质实验测试技术得到发展,分析测试仪器装备得到加强,实验测试人才队伍逐渐壮大,分析测试水平及能力明显提升。基本建立了从主量、微量到痕量元素分析,从无机组分到有机组分分析,从固体、液体到油气样品分析,能全方位覆盖地质调查样品类型、满足地质调查需求的实验测试技术方法体系及相应的样品分析能力。文章介绍了十年来由中国地质调查局科技外事部支持的地质调查实验测试研究项目情况,从无机测试分析技术方法、有机测试分析技术方法、同位素测试技术方法及应用、地球化学系列标准物质研制、地质实验仪器研发及升级改造、实验室信息管理系统应用推广等六方面总结了我国十年地质调查实验测试研究项目取得的主要成果。

关键词: 地质调查; 实验分析测试; 十年主要成果

中图分类号: P62; O65 **文献标识码:** A

Major Achievements in Geoanalysis in the last 10 years

QU Wen-jun, WU Xiao-jun
(National Research Center for Geoanalysis, Beijing 100037, China)

Abstract: Geoanalysis research projects have been mainly assigned by the Department of Science and Technology & International Cooperation of China Geological Survey. Due to the great demand for geological research and the intensive support from China Geological Survey, geoanalysis techniques have been developed, analytical instruments have improved, the number of analytical technicians has increased and the analytical level and ability in general has greatly improved. Experimental methodology and the corresponding sample analysis capabilities have been basically set up to meet geological survey requirements. The geoeanalytical system not only covers all geological survey samples including solid, liquid, oil and gas but also has the ability to analyze major, minor and trace elements, as well as inorganic and organic components. A brief description of geoanalysis research projects is presented in this paper. Major achievements in this field within the last 10 years supported by China Geological Survey are summarized from 6 aspects, including new methods of inorganic and organic analysis, isotope analysis and application, preparation of reference materials for geoanalysis, research and upgrade of geoanalysis instrumentation and the application and dissemination for the laboratory information management system (LIMS).

Key words: geological survey; geoanalysis; major achievements for 10 years

收稿日期: 2011 - 06 - 01; 接受日期: 2011 - 07 - 12
基金项目: 中国地质大调查项目(1212010916056)
作者简介: 屈文俊, 研究员, 从事同位素地球化学及岩矿分析方法研究。E-mail: quwenjun03@163.com。

地质调查实验测试研究项目主要来源于中国地质调查局科技外事部。1999~2007年,共安排工作项目31项,其中无机分析测试技术方法研究13项;有机分析测试技术方法研究1项,同位素测定新技术新方法研究5项,标准物质研制6项,地质实验仪器研发及升级改造5项,实验室LIMS系统研发推广1项,共包含94个相对独立的工作内容。2008~2010年,共安排实验测试类工作项目9项,其中无机分析测试新技术方法研究3项,有机分析测试技术方法研究1项,同位素年代学技术方法研究1项,无机实验测试标准体系研究1项,重点同位素标准物质研制1项,实验室LIMS系统研发推广1项,现代地质调查分析测试技术综合研究1项;共包含38个相对独立的工作内容。

中国地质调查局成立十年来,开展了全国勘查地球化学填图、全国农业地质调查(多目标地球化学调查)、全国地下水污染调查、全国矿产资源潜力评价等多个重大项目,在基础地质、矿产资源调查开发及综合利用、水文地质环境地质等领域取得了丰硕成果,为国民经济的发展作出了贡献。这些成果的取得,均离不开实验测试研究成果的技术支撑。

通过地质调查科研项目的支持,实验测试领域获国土资源部科技成果二等奖3项;省科技进步奖一等奖1项,二等奖2项,三等奖2项;省地质矿产勘查局《地质找矿与促进地质科技进步奖》一等奖1项;中国地质科学院十大科技进展2项;中国分析测试协会科学技术奖(CAIA)二等奖1项;中国实用新型专利1项。共研制了141个标准物质及监控样,其中经国家质量监督检验检疫总局批准的国家一级标准物质53个,待申报标准物质88个。据不完全统计,在国内外期刊上发表分析测试方法、地质应用、仪器研发等方面的学术论文143篇,培养了一批地质行业分析测试硕(博)士研究生。已初步研究建立了一批应用于生态环境地质调查和评价,地下水、土壤和海洋带沉积物有机污染物调查,海洋区域地质调查,油气资源调查和矿产资源调查开发及综合利用,涵盖无机分析、有机分析、同位素分析、微束(区)分析、形态分析、野外现场分析等现代分析测试技术的、具有创新性的实验测试新技术、新方法。初步建立国土资源部系统首个公益性油气地球化学实验室,为日益增长油气地球化学调查需求提供实验测试技术支撑。

十年来地质调查实验测试项目所取得的主要成果简述如下。

1 无机测试分析技术方法^[1-15]

1.1 勘查地球化学样品中76个元素测试技术方法和质量监控系统的研究

我国自1978年开展区域化探全国扫面计划以来,地球化学填图水平在世界上处于无可争辩的领先地位,取得了令世界瞩目的成果,目前已完成50%以上国土面积的采样分析与成图工作,产生了海量数据,据此发现了百余个工业矿床,特别是金矿,并找到了大批新的矿产地。其中实验测试技术的进步与发展、实验方法与质量监控系统的研究与应用发挥了举足轻重的作用,具体体现在以下两方面。

(1) 技术突破,效率提高

实验分析技术实现了从分析39个元素,到54个元素,至76个元素的突破,实现了从手工经典方法向现代化仪器分析的突破。

20世纪70年代末开始的全国区域化探扫面,由于当时实验技术方法的限制,只分析了39个元素,并只要求分析检出限低于地壳丰度;实验方法以重量法、容量法、光度法等经典方法为主,主要使用原子吸收光谱、分光光度计等单元素分析仪器,实验流程冗长,数据精度较低,实验过程中使用大量的酸碱等化学试剂,对环境影响也较大。中国地质调查局成立以来,开展的全国1:25万多目标地球化学填图提出了54个元素的要求,进而在川滇黔桂西南4省区进行了76个元素地球化学填图试点研究工作,这是有史以来第一次在地质大调查中要求分析元素周期表上除惰性气体元素和人工元素以外的所有元素,包括贵金属元素、卤族元素、分散元素、与生命密切相关的元素等,成图面积约130万km²。目前业已完成我国东南11省155万km²的成图。可以预料未来76个元素的全国地球化学编图的进行和完成,将极大地增强地球化学方法识别弱信息的能力和寻找隐伏矿的能力,同时将为稀有稀散元素矿床的发现提供重要的找矿线索。

为满足地质科学发展需求,实验分析研究人员以现代大型分析仪器电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)、X射线荧光光谱(XRF)、电感耦合等离子体发射质谱(ICP-AES)为主体,配合其他先进的专用分析设备原子吸收光谱(AAS)、原子荧光光谱(AFS)、发射光谱等,通过研究、开发、优化和筛选,制定了勘查地球化学样品中76个元素的配套分析方法和质量监控系统,提出了16种适合我国国情的配套分析方法,取得了18个专项研究成果。分析

实验流程大为简化,实验周期大大缩短,提高了样品分析效率,分析元素数量、分析精度、分析检出限等技术指标均优于欧洲地质调查使用的方法。其中半熔 ICP-MS 法测定地质样品中溴碘砷硒、氨水封闭溶样 ICP-MS 法测定地质样品中碘、封闭溶样乙醇增强 ICP-MS 法测定地质样品中砷的方法,实现了非金属元素和阴离子测试方法在技术上的突破。部分研究成果已形成国家标准方法《硅酸盐岩石化学分析方法 第 29 部分:稀土等 22 个元素量测定》(GB/T 14506.29—2010)、《硅酸盐岩石化学分析方法 第 30 部分:44 个元素量测定》(GB/T 14506.30—2010)、《地球化学样品中贵金属分析方法 第 7 部分:铂族元素量的测定 镍钨试金-电感耦合等离子体质谱法》(GB/T 17418.7—2010)。

尤其在铂族元素超痕量分析方法研究方面,研究建立了一套使用普通实验室仪器可满足新一轮填图计划要求的铂族元素六元素分析方法。元素的检出限 Pt 达到 0.2 ng/g, Pd 达到 0.1 ng/g, Ir 达到 0.02 ng/g, Rh 达到 0.01 ng/g, Os、Ru 均达到 0.02 ng/g。

研究制定的铂族元素分析方法,已经用于不同比例尺的铂族元素地球化学填图实验,地球化学家用这些数据,编制了中国低密度 Pt、Pd 地球化学图和西南五省区 Pt、Pd、Os、Ir、Rh、Ru 地球化学图,效果良好,该图是世界性首创,受到地学界的普遍重视。Pt、Pd 分析方法应用于南非的化探工作,发现了具有全球意义的第二条 Pt、Pd 异常带,震动了西方矿业界;应用于西藏、新疆、四川等地的 1:20 万化探填图,绘制了 5 个以上的完整图幅,满足了地质需求,质量优秀。

(2) 节约成本,环境友好

研究的 76 个元素的配套分析方法,主要以现代大型分析仪器为主体,在分析元素增加、技术指标提高的前提下,较原有方法大大地缩短了分析流程,减少了化学试剂用量,体现了环境友好、绿色分析的理念。节约了研究成本,如西南 4 省区 130 万 km² 的 76 个元素成图,国家批准投入 1600 万元,而由于分析技术方法等基础性研究的完成,为后续项目节约了大量资金,在东南 11 省 155 万 km² 的 76 个元素地球化学填图中,其实际总投入不超过 1000 万元。

正因为有分析测试技术的支撑,使我国具有其他国家目前尚不具备的全面、快速、高质量完成大批量地质样品中数十种元素的分析测试能力,从而使得我国的地球化学填图水平在世界上处于领先地位。

1.2 多目标地球化学调查中元素测试方法研究与应用

随着国家地质工作的转变,中国地质调查局与多个省市自治区合作开展了全国范围内的农业地质调查工作(多目标地球化学调查),开辟了地质调查服务于农业和环境的先河。通过开展农业地质环境调查,可以帮助查明农业生产土壤中各种化学元素的自然背景和人为污染的程度,查明干旱地区地下水灌溉农作物的可能性,为科学规划现代化农业和农业结构调整、发展绿色农业提供依据。在全国率先完成农业地质环境调查项目的浙江省,共完成调查面积 43613 km²,覆盖全省 86.5% 农用地。而在全中国目前已经完成 260 万 km² 农业区的土壤地球化学调查工作。样品分析数量达千万件以上,产生了海量的分析数据。

多目标地球化学调查要求分析指标体系复杂,包括表层和深层土壤中 54 项元素和指标、有机氯农药残留以及重金属形态、价态等。为满足需求,实验分析研究人员同样以现代大型分析仪器主体,配合其他先进的专用分析设备,研究出配套的分析方法和质量监控系统。

1.3 多目标地球化学调查元素顺序提取形态分析方法研究

提出和确立采用振荡提取和超声提取两种方式,顺序提取包括水溶态、离子交换态、碳酸盐结合态、腐植酸结合态、铁锰氧化物结合态、有机结合态、残渣态的七态分析方法,并将 ICP-AES、ICP-MS 等高精度的现代多元素同时分析技术及氢化物发生-原子荧光光谱(HG-AFS)技术用于方法研究,极大地提高了分析效率,具有较强的实用性,在国内具有创新性,被广泛应用于多目标地球化学评价样品分析中。全国地质系统已有 21 家实验室采用该方法完成了数以万计的样品分析,在生态地球化学调查与评价中发挥了极为重要的作用。

该方法已列入中国地质调查局《生态地球化学调查评价样品分析技术要求》(DD 2005-03)中,同时被批准为国家标准分析方法《土壤和沉积物 13 个微量元素形态顺序提取程序》(GB/T 25282—2010)。此外,由国家地质实验测试中心和原国家标准物质研究中心共同完成的《土壤及沉积物中重金属顺序提取标准物质研制》项目,其中七步提取(包括水溶态)即是采用本方法进行定值的,该标准物质定为国家一级标准物质,这项研究成果获得 2008 年度国土资源科学技术二等奖。

1.4 地球化学调查样品中元素有效态及价态和有机有毒物质分析测试方法研究

建立了不同性质土壤中有效钴、有效镍、有效铬、有效硒、有效硫、可溶性氟、交换性锂的分析方法,建立了土壤中砷、汞、铬、锡、硒、铅、锑等对环境和人类健康影响较大的无机元素价态分析方法。项目成果为我国区域性多目标地球化学调查中农业地质和环境地质调查提供了技术支持,为评价农业土壤中营养状况及评价环境污染的有毒组分研究提供准确、快速、实用的分析检测方法,在全国范围厚覆盖区多目标地球化学调查工作中发挥了积极作用。课题提交的研究报告及附件23篇分项研究报告,21篇《土壤环境地球化学调查分析方法》规程文本,作为该课题研究成果应用于地球化学调查土壤样品测试实际工作,使这些分析方法便于分析测试人员掌握,其规程文本可推荐给地质实验室选用。

1.5 电子探针超微量和痕量分析新方法的研究与应用

在国内首次研究开发了岩石成分的微区快速全分析方法,通过研究含U、Th、Pb和稀土元素的副矿物(如独居石、锆石等)主元素成分和痕量元素成分分析方法,开展了独居石等矿物的电子探针U-Th-Pb直接测年的研究。初步建立了国内首家研究锆石阴极发光的实验室,开展了电子探针下阴极发光的综合研究,结合锆石、独居石的测年作了大量的分析研究工作,可为全面揭示地质历史、结晶或重结晶过程中的温度改变、冷却速率、流体或熔融物析出的细节,以及溶解和重熔等现象,为了解和研究锆石的发生、发展史及其母岩的形成演化历史乃至大地构造单元岩浆活动、变质作用和构造演化等地质问题提供极为有益的丰富的信息。

2 有机测试分析技术方法^[16-18]

2.1 全国地下水污染调查及多目标地质调查中主要有机物分析方法

地下水污染调查评价工作的总体目标是系统查明我国地下水水质和污染状况,为地下水资源保护和污染防治提供科学依据,为保障国家供水安全和生态安全提供基础数据,为水文地质科学研究和普及地下水污染防治科学知识提供基础资料。目前已完成或正开展珠江三角洲、长江三角洲、黄淮海平原、松辽平原等地区及31个省会城市的地下水污染调查评价工作。仅在珠江三角洲地区,1:25万地下水污染调查面积达62000 km²,1:5万地下水污

染调查面积为4300 km²,国家投入1200万元。

为满足地下水污染调查评价工作和多目标地质调查中有机物分析的需求,实验分析研究人员以国内外优先控制的挥发性卤代烃、苯系物、有机氯农药、有机磷农药、酚类化合物、多环芳烃等有机污染物为目标化合物,参照国际、国内有关标准和最新研究成果,研究上述化合物的实验室分析方法和各种样品前处理措施,建立了土壤样品中有机污染物的系列分析方法,建立了全国地下水污染调查必测37项有机组分的测试方法及质量控制方法,并在行业内推广应用。同时在短短的2~3年时间内培养出一支地质行业有机分析测试技术骨干队伍,实现了地质行业有机分析新突破。

2.2 能源有机地球化学实验测试技术方法研究

针对近年来地质部门油气项目逐年迅猛增加,在地质调查项目的支持下,开展了油气地球化学实验测试技术方法研究,已基本形成了常规油气地球化学的分析测试能力,包括烃源岩总有机碳(TOC)分析、Rock-Eval分析、氯仿沥青“A”分析以及烃源岩抽提物和原油的石油族组分分析、饱和烃气相色谱分析、饱和烃气相色谱-质谱分析、芳烃气相色谱分析、芳烃气相色谱-质谱分析、单分子饱和烃的碳同位素比值分析等。在新技术方法的应用与开发方面,通过引进加速溶剂萃取(ASE)技术,改进了氯仿沥青“A”的抽提与定量分析技术;通过对石油族组分分析的棒薄层色谱技术(TLC-FID)的系统研究,修正并充实了该技术的层析条件和定量依据;通过对中压液相色谱技术(MPLC)在石油族组分分离制备上的应用研究,实现了对饱和烃、芳烃馏分制备的仪器化。初步建立了国土资源部系统首个公益性油气地球化学实验室,将为油气地球化学勘查提供实验测试技术支撑。

3 同位素测试技术方法及应用^[19-27]

3.1 二次离子探针原位微区铀-钍-铅年龄测定

二次离子探针质谱(SHRIMP)引进几年来,促进我国微区同位素测年领域直指世界水平,极大地提高了为地质科研和地质调查服务的能力;建立了鞍山、黄陵、胶东、太行山、辽北等地早期寒武纪构造年代格架;获得了澳大利亚西部Jack Hill地区世界上第三粒最老锆石年龄(43.3 Ga),发现在该锆石边部存在3.7 Ga增生边,揭示西澳(43.3 Ga)与3.7 Ga陆壳物质之间存在联系等一系列重要的成果。

完成了曲晶石 SHRIMP 原位微区年龄测定方法研究,建立了褐帘石的 SHRIMP 微区原位 U-Th-Pb 年龄测定方法,对褐帘石的 SHRIMP 微区原位 U-Th-Pb 年龄测定方法的特点进行深入探讨,利用这一方法获得了一批褐帘石年龄结果。初步证明,Fe、Mg 等元素含量对褐帘石 U、Th、Pb 电离率的影响不明显。

3.2 稳定同位素地球化学在地质调查中的应用研究

通过实验方法的改进,进行了硅同位素原子量的测定,提高了硅同位素测定的可靠性与准确性。其结果对修订硅同位素测量的基准和尺度,以及重新评估“阿伏伽德罗常数”将起到重要作用。

成功地建立了一套激光探针微区氧、硅同位素分析系统,其中包括激光熔样装置的研制和纯化系统的改进,所建立的氧、硅同位素分析方法的精度均达到了国际同类研究的先进水平。研制了石英玻璃和锰铝石榴子石两个激光氧、硅同位素分析室内标准物质。该项工作填补了国内有关领域的空白,为激光同位素分析在国内地质领域的应用和推广奠定了基础。

通过对长江流域采集的水样及其悬浮物中氢、氧、硅、硫、锆同位素分析和主量元素、微量元素与稀土元素综合研究,获得一系列有关长江水化学、侵蚀沉积作用和环境的新资料。这是国际上首次对长江进行系统的硅同位素研究,其研究成果为了解长江流域的气候与水文变化、三峡工程对河水化学与同位素组成变化的影响,以及表圈层的硅循环的研究提供了重要的资料。

3.3 非传统稳定同位素技术方法及应用研究

自国土资源部同位素地质重点实验室 2006 年引进多接收电感耦合等离子体质谱仪(MC-ICP-MS)以来,在非传统稳定同位素研究方面取得了一些重要进展,突出表现在以下方面。

(1)在国内率先建立了 Fe、Cu、Zn、Mg 等同位素的高精度测定方法和与之配套的样品纯化技术,并初步研制了这些同位素体系的标准物质,从而为我国科技工作者在该国际前沿领域开展高水平研究奠定了必要的基础。

(2)开展了 Fe、Cu、Zn、Mg 等同位素的质量分馏研究,丰富和发展了非传统稳定同位素质量分馏理论,为这些新同位素体系在地学中的应用奠定了必要的理论基础。

(3)开展了前寒武纪条带状铁建造的铁同位素地球化学研究,为运用过渡族元素同位素对金属矿

床成矿作用的直接示踪提供了范例,从而开辟了我国金属矿床成矿作用研究的新途径。

(4)开展了湖泊、海洋沉积物和悬浮物的过渡族元素同位素研究,为环境与全球变化研究提供新手段。

3.4 金属矿床精确定年技术

(Re-Os 和 Pt-Os 同位素系统)

建立了地质样品铂(Pt)、钨(W)、铼(Re)同时进行分离的化学流程,改进了 Pt、Re 的同位素稀释等离子体质谱测定方法和 pg 级 Os 同位素比值的负离子热表面电离质谱准确测定方法,从而可对同一样品同时进行 Re-Os 和 Pt-Os 同位素定年。

利用研究建立的分析方法,承担了国家重点基础研究发展计划(973 计划)《冈底斯—藏东斑岩铜钼金成矿作用》和《大规模成矿作用与大型矿集区预测》、国土资源部地质大调查和国家自然科学基金等多项国家级科学研究项目的 Re-Os 年龄测定和同位素示踪研究,提供了大量科学准确的分析数据,研究结果得到地质学家的肯定。解决了我国多个长期无法解决的金属矿床成矿年龄准确测定问题,为探讨大规模成矿作用发生的特点、成矿的地球动力学背景、成矿规律研究和成矿模型建立提供了一定的理论依据,为扩大和保证国家矿产资源战略储备提供了技术支撑。这些成果发表在国内权威学术刊物和国际 SCI 期刊上,得到国际同仁的高度评价,提升了我国在成矿学界的国际地位。利用这项研究成果同时为德国、罗马尼亚、保加利亚、塞尔维亚、澳大利亚和瑞典等国进行了多个金属矿床的 Re-Os 年龄测定。

3.5 全新同位素系统的开发及应用

(1)激光 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法定年技术研究

以激光 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年技术为主要手段,寻找高压-超高压变质岩内白云母中过剩氩的来源、扩散迁移和赋存规律,获得了一批宝贵的资料,取得了一批新认识。发现大多数榴辉岩中高压白云母和多种其他矿物中都含有过剩氩。首次发现围岩岩性对榴辉岩中过剩氩的赋存有控制作用,如碧溪岭等地榴辉岩的围岩(高压变质成因的正片麻岩)中的多硅白云母、柴北缘鱼卡地区围岩为大理岩的榴辉岩中的多硅白云母不含过剩氩。发现了榴辉岩中高压白云母的过剩氩含量与 $\text{Na}/(\text{Na} + \text{K})$ 比值之间存在正相关关系,进一步证明了副片麻岩中高压白云母的过剩氩含量和 $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$ 比值之间存在正相关关系。

成果已用于苏鲁超高压变质带东海青龙山高压正片麻岩中白云母、青藏高原东南缘晚新生代幕式抬升作用的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究,新疆东天山红山金矿成矿时代研究,新疆东天山秋格明塔什—黄山韧性剪切带、青海玉树哈秀岩体成因及 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究。

(2) 磷灰石(U-Th)/He 年龄测定方法研究

建立了稀释剂法和非稀释剂法 ICP-MS 准确测量磷灰石样品中 ^{238}U 、 ^{232}Th 含量的实验流程;确定了磷灰石中 He 释放峰在 530°C ,确定了 1000°C 的加热温度为最佳选择;标定了 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比值标样——锂辉石标样的 ^4He 含量,并对其 ^4He 含量进行了均匀性研究,为将其研制成为 ^4He 含量标准物质奠定了基础。同时,在现有的 GV Helix MC 多接收器稀有气体质谱仪上成功开发了准确测量磷灰石样品中 ^4He 含量的测试技术,并建立了可靠的实验流程,获得了一批实际地质样品的磷灰石(U-Th)/He 同位素年龄。该定年技术的完成,填补了我国在这一研究领域的空白,为我国的矿产资源勘查和地质科研工作提供了新的研究手段和技术支撑。

(3) $^{176}\text{Lu}-^{176}\text{Hf}$ 同位素定年技术方法

建立了以二(2-乙基己基)磷酸(HDEHP)技术纯化 Hf(和 Lu)为标志的现代先进水平的 Lu-Hf 定年法;建立了实验室的 Lu-Hf 法管理标样;取得了代表古陆碰撞时代和代表成矿时代的两组 Lu-Hf 法定年资料,为地质调查和地质科研增添了可供选用的早期成岩成矿、古陆碰撞定年新方法。

(4) 年轻沉积物同位素定年和同位素示踪

通过对“驱除 SO_4^{2-} ”和“防止非宇宙成因 ^{36}Cl 干扰”两项技术开展了质量检验方法的研究,取得良好的检测成果。提出不同纬度地区沉积地层宇宙成因 ^{36}Cl 早期放射性比度的定值计算办法。建立了样品泡浸新技术,对于实现地层沉积年龄的测定、了解“沉积环境”与“沉积母质”的地球化学信息起着重要作用。初步开展了多种沉积物的定年研究,取得一批有关冰碛层、黄土、湖积物、海底沉积物及地下水的 ^{36}Cl 年龄资料,具有可供参考使用的积极意义。

4 地球化学系列标准物质研制^[28]

4.1 铝土矿及高铝矾土成分分析国家标准物质

研制了系列性好、定值成分多的4个铝土矿和2个高铝矾土国家一级标准物质。经国际标准物质信息库(COMAR)检索表明,该系列标准物质填补了国际和国内岩石矿物标准物质中系列铝土矿标准物

质的空白。

4.2 碳酸盐岩石多种痕量元素标准物质

成功研制了10个不同岩石类型的碳酸盐岩石标准物质,主、次、痕量元素(组分)含量分布范围较宽,且成系列,这在国内地质标准物质研制中为首次。其中一个超细白云岩标准物质,其样品制备工艺及定值元素(组分)数,在国内外亦为首例。

研制的碳酸盐岩石系列标准物质,作为监控样品,已应用于全国30多个图幅1:20万、1:50万区域化探勘查工作,取得好的效果,所测图幅样品分析测试质量经专家评审验收均为优秀。该成果先后应用于江汉平原、上海厚覆盖区、长江中游段洪泛区数万平方公里区域多目标地球化学调查,为江汉平原土壤农业规划,武汉、上海城市环境地质调查和长江中游洪泛区变迁特征研究提供了决策依据。

4.3 西藏特殊景观地区沉积物标准物质

研制了14种西藏特殊景观地区水系沉积物标准物质,主、次、痕量元素(组分)含量分布范围较宽,每个标准物质有72个元素(组分)定值,且成系列。这在国内地质标准物质研制中为首次,填补了我国高原地区沉积物标准物质的空白,在我国开展的西部地区国土资源地质大调查中发挥了重要的作用,为西藏自治区矿产资源地质勘查提供了大量的地球化学找矿信息,并取得了明显的找矿效果。同时应用于西藏和伊朗化探样品的分析,创造了良好的社会效益。

4.4 厚覆盖区土壤系列地球化学标准物质

以我国主要覆盖区为候选地,包括松嫩平原、辽河平原、华北平原、新疆农垦区、四川盆地、长江中下游平原和珠江三角洲等7个重要农业经济区带,研制了我国覆盖区土壤系列标准物质,定值了72个元素和成分。同时对早期研制的土壤和水系沉积物标准物质及铂族元素标准物质进行了补充定值,使地球化学标准物质的整体水平有了新提高,更适合多目标地球化学调查的需要。这些土壤和水系沉积物标准物质及用以组合制备的标准监控样,是全国1:25万多目标地球化学调查、1:25万区域化探及1:5万矿产调查样品分析统一进行密码监控的标准,成为其测试质量评估的主要依据,对提高全国地球化学调查的水平发挥了关键作用。

4.5 地质调查标准物质研制及相关标准分析方法系列研究

共研制完成了49个地质调查标准物质。其中包括:5个系列铂族矿石标准物质,6个稀有稀土矿

石和 8 个特殊景观区标准物质,3 个河口地球化学标准物质,4 个 XRF 人工标准物质,5 个痕量级铂族元素地球化学成分分析标准物质(包括土壤、沉积物和黑色页岩),5 个长江中下游底泥、洪湖底泥、江西红壤和富硒土壤标准物质,10 个生物地球化学系列标准物质(包括大米粉、小麦粉、玉米粉、黄豆粉、圆白菜、菠菜、鸡肉、茶叶、奶粉、苹果等),3 个 La - Ce 法岩石标准物质。这些标准物质基本涵盖农业生态环境地球化学评价和地质调查要求测试的元素,能够满足生态环境地球化学异常评价和地质调查的需要,具有通用性和推广价值。

4.6 铁矿石和铬铁矿石标准物质

研制了 9 个铁矿石系列和 4 个铬铁矿石系列标准物质。研制完成的系列标准物质品位齐全配套,定值元素包括矿石主成分、伴生元素和有害元素,能满足矿产勘查评价与选冶样品分析 10 ~ 15 年的工作需要。

4.7 金地球化学系列标准物质

研制完成 5 个痕量金系列标准物质,含量范围适于地球化学勘查的要求,包括背景含量和常见异常含量;4 个金矿石标准物质系列,以常见金矿石含量为主,兼顾选矿样品(属空缺品种),能满足化探矿产勘查评价 10 ~ 15 年的工作需要。

4.8 重晶石矿石成分分析标准物质研制

研制了 1 个铁 - 重晶石矿石,2 个石英 - 重晶石矿石,2 个萤石 - 重晶石矿石,1 个硫化物 - 重晶石矿石,1 个黏土 - 重晶石矿石标准物质,填补了我国重晶石矿石成分分析国家标准物质的空白。

4.9 地下水污染调查中无机元素测定监控样

共制备 3 组具有不同浓度梯度的地下水无机元素测定监控样品,基本覆盖 1 : 5 万 ~ 1 : 25 万地下水污染调查评价工作中对重点区调查水样要求的必测和选测元素指标,已实际应用于地下水无机元素测定及其他微量元素测定质量监控工作。

5 地质实验仪器研发及升级改造

先进、适用的专业化地质分析仪器及相关辅助设备研发,是地质分析研究的重要领域。十年来地质实验仪器研发和相关升级改造主要取得以下成果^[29]。

(1)研制了用于元素形态分析用的样品溶液前处理分离装置,为逐步开展地球化学样品中有益有害元素的形态分析研究方法研究提供了一个方便、快捷、低成本的应用手段,并在一些科研项目中发挥

了重要作用。

(2)对电子探针仪数字控制系统、激光拉曼光谱仪数字控制系统、两米光栅摄谱仪进行了升级改造,使仪器的综合性能得到了较大的提高。

(3)研制的便携式近红外矿物分析仪,为硅酸盐单矿物、含羟基硅酸盐矿物、硫酸盐矿物和碳酸盐矿物的野外现场分析提供了准确、简便、适用的手段,并已得到推广应用,取得了较好的经济效益和社会效益。

(4)成功研制了具有自主知识产权的 IED - 2000T 型手提式 X 射线荧光光谱仪、X 射线荧光测井仪及相配套的方法技术软件。为我国勘查地球物理又提供了一种新的地质装备,并已在我国地矿行业生产单位推广应用,取得了较显著的找矿效果。

6 实验室信息管理系统应用推广

根据各地质分析单位的实际情况及不同的管理要求,完成了实验室信息管理系统(LIMS)大量用户本地化编程工作。包括二级和三级组织结构的转换、不同形式的原始记录和分析报告格式、不同要求的收费计算和工作量统计模式等;在已连通有大量仪器设备的基础上,根据各单位不同的设备配置情况,通过对仪器输出文件的格式解析,新完成了一批仪器联机编程工作。具体有:梅特勒品牌电子天平,PerkinElmer 公司的 ICP 全谱直读光谱仪(Optima DV 2000),Thermo 公司的 ICP 全谱直读光谱仪(iPAV),Thermo 公司的原子吸收光谱仪(M6),日立公司的原子吸收光谱仪(Z - 5000),吉天公司的原子荧光光谱仪(930 型),天美公司的可见 - 紫外分光光度计(UV - 8500)。完成了水分析专业的有关编程工作(如阴、阳离子平衡的计算及报告格式);完善了化探样品分析的生产质量管理编程工作,采用可视化编程技术,对于原始数据的跟踪、检索及结果异常的查证更加方便;掌握了 LIMS 的远程维护及指导培训技术。通过互联网,可随时随地与用户保持沟通,及时解决用户使用中的问题,极大地方便了用户,也在很大程度上解决了系统后续技术支持问题。

已完成西安地质调查中心、天津地质调查中心、成都地质调查中心、成都矿产综合利用研究所、青岛海洋研究所等多家单位实验室 LIMS 的安装、联机调试及人员培训工作。通过 LIMS 系统的推广应用,极大地提高了中国地质调查局所属实验室的科学管理水平,提升了工作效率以及分析测试能力。

7 结语

在地质“野战军”装备计划的大力支持下,在地质行业强大需求的推动下,经过十年的努力,我国的地质实验测试从技术、装备到实验测试人才队伍得到了极大的发展,分析测试水平及能力得到明显的提升。基本建立了从主量、微量元素到痕量元素分析,从无机组分到有机组分分析,从固体、液体到油气样品分析,能全方位覆盖地质调查样品类型、满足地质调查需求的实验测试技术方法体系及相应的样品分析能力。尤其在勘查地球化学 76 个元素分析方法水平及样品测试能力方面,支撑着我国在此领域处于国际领先的地位。不仅如此,由我国提出申请,并得到国际地质分析家协会(IAG)批准,于2006年9月,在北京召开的由中国地质调查局和 IAG 联合主办、国家地质实验测试中心承办的主题为“资源与环境材料的现代分析技术”的第六届国际地质和环境材料分析大会(GEOANALYSIS 2006),同样可以说明我国的分析测试水平得到了国际认可。

在取得巨大成就的同时,应该清醒地认识到,在地质实验分析理论研究,新技术新方法的研究(例如新的同位素体系分析、激光原位分析、复杂基体的多元素同时分析、野外勘查现场快速分析、元素形态分析),地质实验分析仪器研发等方面,我国的整体水平与国际先进还有一定的距离,这正是需要努力的方向。我国的地质实验测试分析工作任重而道远。

致谢:我国地质实验测试领域的发展及所取得的成果,离不开中国地质调查局的大力支持以及奋战在科研、分析测试一线的广大科研、分析测试人员的辛勤工作。国家地质实验测试中心,中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所、中国地质科学院地质研究所、中国地质科学院矿产资源研究所,天津地质调查中心、南京地质调查中心、西安地质调查中心、沈阳地质调查中心、成都地质调查中心、武汉地质调查中心,安徽省地质调查院、湖北省地质调查院、江苏省地质调查院、四川省地质调查院、广东省地质调查院、河南省地质调查院、辽宁省地质调查院、新疆地质调查院、陕西地质调查院,成都理工大学、吉林大学等相关单位为本文提供了研究成果资料,在此表示衷心的感谢!

8 参考文献

[1] 何红蓼,吕彩芬,周肇茹,史世云,李冰. 铈镍试金 -

等离子体质谱法测定地球化学勘探样品中的铂族元素和金 I. 分析流程的简化[J]. 岩矿测试,2001,20(3):191-194.

[2] 吕彩芬,何红蓼,周肇茹,支辛辛,李冰,张勤. 铈镍试金 - 等离子体质谱法测定地球化学勘探样品中的铂族元素和金 II. 分析流程空白的降低[J]. 岩矿测试,2002,21(1):7-11.

[3] 何红蓼,李冰,韩丽荣,孙德忠,王淑贤,李松. 封闭压力酸溶-ICP-MS法测定地质样品中47个元素的评价[J]. 分析试验室,2002,21(5):8-12.

[4] Li B, He H L, Shi S Y, Ma X R, Wen H L, Lü C F. Simultaneous determination of iodine, bromine, selenium and arsenic in geological samples by ICP-MS [J]. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*,2002,17(4):371-376.

[5] 孙晓玲,于兆水,张勤. 泡沫塑料吸附富集-石墨炉原子吸收光谱法测定勘查地球化学样品中超痕量金[J]. 岩矿测试,2002,21(4):266-270.

[6] 叶家瑜. 区域地球化学调查样品分析质量监控与质量管理[J]. 物探与化探,2002,26(1):6-11.

[7] 谢学锦,叶家瑜,鄢明才,周国华. 川滇黔桂76种元素地球化学图编制中分析方法与分析质量研究(三)考核不同实验室分析质量的新方法[J]. 地质通报,2003,22(1):1-11.

[8] 詹秀春,罗立强. 偏振激发-能量色散X射线荧光光谱法快速分析地质样品中34种元素[J]. 光谱学与光谱分析,2003,23(4):804-807.

[9] 张勤,樊守忠,潘宴山,李国会. X射线荧光光谱法测定多目标地球化学调查样品中主次痕量组分[J]. 岩矿测试,2004,23(1):19-24.

[10] 刘文长,马玲,刘洪青,潘同应,徐厚玲. 生态地球化学土壤样品元素形态分析方法研究[J]. 岩矿测试,2005,24(3):181-188.

[11] 张雪梅,张勤. 发射光谱法测定勘查地球化学样品中银硼锡钨铅[J]. 岩矿测试,2006,25(4):323-326.

[12] 叶家瑜. 多目标地球化学勘查样品分析方法配套方案[J]. 地质通报,2006,25(6):91-94.

[13] 周剑雄,陈振宇. 电子探针下锆石等矿物的阴极发光研究[J]. 中国地质,2001,28(12):37-38.

[14] 周剑雄,陈振宇,芮宗瑶. 独居石的电子探针钍-铈-铅化学测年[J]. 岩矿测试,2002,21(4):241-246.

[15] 周剑雄,陈振宇. 锆石等测年矿物的电子探针及阴极发光综合研究新方法[J]. 地质论评,2002,48(Z1):31-35.

[16] 饶竹,李松,何森,苏劲. 高效液相色谱-荧光-紫外串联测定土壤中16种特定多环芳烃[J]. 分析化学,2007,35(7):954-958.

[17] 李松,饶竹,宋淑玲. 全国地下水调查中12种半挥发

性必检组分的测定[J]. 岩矿测试, 2008, 27(2): 91-94.

[18] 何森,饶竹. 圆盘固相萃取富集-气相色谱法测定地表水中有机氯和有机磷农药[J]. 岩矿测试, 2008, 27(1):12-16.

[19] Ding T, Wan D, Wang C, Zhang F. Silicon isotope compositions of dissolved silicon and suspended matter in the Yangtze River, China [J]. *Geochim et Cosmochim Acta*, 2004, 68(2): 205-216.

[20] 屈文俊,杜安道. 铜镍硫化物的 Re-Os 同位素定年方法及应用实例[J]. 地球学报, 2005, 26(Z1): 140-142.

[21] 陈文,张彦,张岳桥,金贵善,王清利. 青藏高原东南缘晚新生代幕式抬升作用的 Ar-Ar 热年代学证据[J]. 岩石学报, 2006, 22(4): 867-872.

[22] 宋彪,乔秀夫. 辽北辉绿岩墙(床)群及二道沟组玄武岩锆石年龄及其构造意义[J]. 地学前缘, 2008, 15(3): 250-262.

[23] 周红英,刘敦一,万渝生,董春艳. 辽宁鞍山地区东山杂岩带 3.3~3.1Ga 期间的岩浆作用——锆石 SHRIMP U-Pb 定年[J]. 地质通报, 2008, 27(12): 2122-2126.

[24] 万渝生,刘敦一,董春艳, Nutman A, Wilde S A, 王伟, 颀颀强, 殷小艳, 周红英. 中国最老岩石和锆石[J]. 岩石学报, 2009, 25(8): 1793-1807.

[25] 王伟,王世进,刘敦一,李培远,董春艳, 颀颀强, 马铭株, 万渝生. 鲁西新太古代济宁群含铁岩系形成时代——SHRIMP U-Pb 锆石定年[J]. 岩石学报, 2010, 26(4): 1175-1181.

[26] 闫斌,朱祥坤,唐索寒,朱茂炎. 广西新元古代 BIF 的铁同位素特征及其地质意义[J]. 地质学报, 2010, 84(7): 1080-1086.

[27] 陈文,万渝生,李华芹,张宗清,戴檀谟,施泽恩,孙敬博. 同位素地质年龄测定技术及应用[J]. 地质学报, 2011, 85(11): 1917-1947.

[28] Gu T, Bu W, Yan W, Shi C, Yan M. New series of soil geochemical reference materials (GSS 10-16) from the Main Overburden Region in China [J]. *Geostandards Newsletter*, 2003, 27(2): 197-202.

[29] 程锋,葛良全,赖万昌,胡克亮,郭伟. 新一代便携式 X 射线荧光仪及其在铀分析中的初步应用[J]. 铀矿地质, 2008, 24(6): 375-379.



第八届全国地质与地球化学分析学术报告会 征文通知

2012 年是中国地质学会成立 90 周年。为推动全国地质与地球化学分析技术的发展,促进国内与国际学术交流,中国地质学会岩矿测试技术专业委员会定于 2012 年 8~9 月举办第八届全国地质与地球化学分析学术报告会。会议期间将举办“第二届全国地质与地球分析青年论坛”和“实验室总工高级研讨班”。会议地点:福建(暂定)。

本届大会的主题为“地球、生命与分析”,学术报告会涵盖地质、资源、环境与地球化学分析技术各领域,主要包括以下议题。

(1) 岩石与矿物分析技术与方法;(2) 生态与环境地球化学分析技术与方法;(3) 生物地球化学分析技术与方法;(4) 有机地球化学分析技术与方法;(5) 微区、形态、物相分析技术与方法;(6) 标准物质研制及相关技术与方法;(7) 分析仪器研制及软件研发应用;(8) 材料、建材、核工业、煤等相关应用分析技术。

大会将邀请国内外著名学者作特邀报告。热忱欢迎广大地质与地球化学分析及相关领域的人员踊跃投稿并积极参会,欢迎国内外厂商到会报告并展示新产品、新技术。会议除出版会议论文集外,《岩矿测试》将择优发表。

投稿者(含青年论坛)请将论文摘要(1500 字以内)于 2012 年 6 月 31 日前将电子版发送给联系人。

联系人:吴晓军,沈亚婷 电话:010-68999770,传真:010-68998605

电子邮件: xrs_chn2007@sina.com

通讯地址:北京市西城区百万庄大街 26 号,国家地质实验测试中心(邮政编码 100037)

中国地质学会岩矿测试技术专业委员会
2012 年 2 月 20 日