

收集电极的那部分射线所包括的空气体积就是测量体积。通常仅能测量出该体积中的电离电荷并由此计算出该体积中的平均照射量,无法测量到电离室入射光阑处的照射量,而该点的照射量对实验非常重要。为此,先需从理论上计算出电离室测量体积中心点照射量和测量体积平均照射量间的比例。然后乘上测量体积平均照射量的测量值,这就得到测量体积中心点的照射量测量值。最后再根据电离室光阑到测量体积中心点的距离及软X射线指数衰变公式,反推出电离室光阑点的照射量值。该电离室经过美国国家基准仪器刻度,测量和计算出的照射量数据能满足我国同步辐射实验室工作需要。

随着同步辐射光源技术和探测技术进一步

发展,X射线吸收边辐照技术将不断地完善。不久的将来,人们可以随心所欲地对需要研究的元素原子进行选择和控制辐照。还可以分解或合成化合物各组分元素的辐照效应,为X射线辐照效应的研究应用开辟出新的天地。

参 考 文 献

- [1] T. Jin et al., *Appl. Radiat Isot*, **45**(1994), 767.
- [2] K. Kobayashi et al., *Int. J. Radiat. Biol.*, **59**(1991), 643.
- [3] H. Maezawa et al, *Int. J. Radiat. Biol.*, **53**(1988), 301.
- [4] 洗鼎昌,神奇的光——同步辐射,湖南教育出版社,(1994),71.
- [5] 谢行恕,物理学进展,**12**(1992),333.
- [6] 杨传铮等,物理学进展,**12**(1992),139.
- [7] 李士骏,电离辐射剂量学(第二版),原子能出版社,(1986),75.

同步辐射在地球科学中的应用¹⁾

安 庆 骧

(地质矿产部岩矿测试技术研究所,北京 100037)

沈其韩 尚如湘 李兆乃

(地质矿产部地质研究所,北京 100037)

当今,人类面临着“人口”、“资源”、“环境”这三大严重课题的考验。

现代地球科学研究的重点是:(1)地球动力学和岩石圈的研究;(2)矿产资源及成矿理论的研究;(3)天然矿物材料的开发与应用;(4)环境地质学的研究(包括灾害地质——火山、地震、泥石流,地方病等),而“资源”与“环境”更是重点中的重点,它们与人类的生存发展密切相关。

近10年来,我国地球科学研究已进入一崭新的发展阶段,在现代物理学、现代化学等高科技应用的基础上,其一些重要研究方向已由宏观转向微观观测,为地球科学中有关问题的解决提供科学依据,从广度和深度上加快了地质科学的研究进程。

同步辐射为微观观测研究提供了理想的光源条件。在矿物岩石学、地球化学、地球深部的地球动力学等研究中,同步辐射与现有其他光源相比显示了无与伦比的优越性。

1 矿物颗粒成分和分布特征的研究

采用传统方法对天然微小单晶矿物颗粒进行研究,其样品量大,信息量小。而采用同步辐射X荧光光谱(微探针)法,实现了原位、原状、不破坏、简单、灵敏、快速分析,信息量大。对微量级颗粒的研究要求光源尺寸在5 μm 左右,

1) 国家自然科学基金资助项目。

1995年6月30日收到初稿,8月17日收得修改稿。

这在第一代同步辐射装置(光斑尺寸 $\geq 50\mu\text{m}$ 量级)上是难以实现的,而在第三代同步辐射装置上,光源亮度将比现在提高 10^3-10^4 倍,届时,束斑减小 30—100 倍,达到了微米量级。

2 地质包裹体的研究

地质包裹体分气、液(包括气液包裹体)、固态包裹体三大类。流体包裹体是研究水岩相互作用的重要方面,是当前的学科前沿。

地质包裹体记录了其形成时的物理化学环境、介质、温度和压力等参量,为地质变迁、地质体形成的研究提供重要信息。已有不少利用包裹体来研究并进而追索和发现大型矿床的例子。

包裹体的尺寸大都在 $10\mu\text{m}$ 量级,以前的常规方法取样量大,劳动量大,准确度低。第三代同步辐射装置的建成,使用同步辐射 X 荧光光谱(微探针)法研究包裹体,将与现行的拉曼光谱法媲美。

3 稀土元素地球化学研究

稀土元素的特性使得它们在地球化学研究中成为一独立的分支学科——稀土元素地球化学。利用天外物质(月岩、陨石、宇宙尘)中的稀土元素配分模式与地球上的样品中的稀土元素配分相比较,可以为地质变迁、岩石矿床成因以及成矿理论的研究提供重要信息。

关于稀土元素的测量,当前多用的是电感耦合等离子体(ICP)直读光谱法和中子活化法,它们或是要求样品进行前处理(分离、预富集),或是要求进行反应堆照射,结果是带来核废物,手续繁杂,周期长。第三代同步辐射装置的建成,将从超导磁铁中引出特征能量为 20keV 、可用能量达 60keV 左右的同步辐射光,实现稀土元素 K 系线的激发、测量,使准确度提高,分析程序简化,实现原位原状不破坏分析。

4 同步辐射穆斯堡尔谱学在矿物学中的应用

应用穆斯堡尔谱可以研究矿物中元素的化学价态、配位、阳离子排列、有序无序的热力学等,进而为矿物形成条件(如氧化、还原、温度、压力等)提供信息。常规穆斯堡尔谱的激发源很有限,只有 Fe, Sn 等少数几种元素的放射性同位素,且其强度低,因此是实验对象受限,实验周期长达 1—2 天。

第三代同步辐射光源完全克服了常规穆斯堡尔谱的激发源的弊端,它的高强度连续谱结构,使同步辐射穆斯堡尔谱的研究对象大为拓宽,测量时间减少百倍。

5 地球动力学研究

地球科学研究的目的是为了解决与人类生存息息相关的资源利用、生态环境保护以及自然灾害减免的问题,而这些都受地球内部的动力学过程的控制。开展地球动力学研究是当代地球科学研究的前沿课题。

模拟地球深部的物理条件,测定高温高压下物质的组成、状态、物理化学性质及其变化规律,对认识地球内部结构和物质组成,地质作用的发生、发展的动力学过程和成矿作用过程都有重要意义。

目前,对地球内部探测的主要手段是地球物理方法,而各种物理探测结果都存在多解性,为进行准确的地质解释,必须建立各种物质的物性(波速、密度、导电率……)与成分之间的对应关系。高温高压实验为建立地质-地球物理模型提供了实验依据和约束条件。

常规 X 射线源做粉末晶体衍射测量需数周的时间,而在同步辐射装置上只要几十分钟。为进行超高温超高压实验,则要求在微区内得到高通量高能量的束流,这就非第三代同步辐射光源不可。

6 岩石熔融体结构分析

火山爆发是地下深部硅酸盐熔融体——岩浆沿地壳的构造裂隙上升，在地表喷发的一种地质现象。这是直接的地质灾害造成的环境恶性变化。深入研究岩浆生成、演化、运移、喷发的动力学过程，不论对地球科学理论或是矿产

开发利用和自然灾害的减免，都有重要意义。

通过高温高压下岩石熔融体实验，确定硅酸盐熔融体结构和物理性质与岩浆上升速度和爆发强度之间的关系，是研究火山作用的某些物理化学过程的重要方法。岩石熔融体结构的测定要求第三代同步辐射光源具有高亮度、高分辨率和在熔融过程中能进行实时的动态测量。

同步辐射 X 射线荧光分析技术在石油勘探中的应用¹⁾

李葵发 方孝林

(江汉石油学院,湖北荆沙 434102)

牛玉华 吴应荣

(中国科学院高能物理研究所,北京 100039)

摘要 简述同步辐射 X 射线荧光分析 (SRXRFA) 技术在石油勘探领域中的应用前景。利用北京正负电子对撞机国家实验室同步辐射装置 (BSRF) 提供的实验条件,研制配套装置,测试了我国油气勘探区一批石油地质样品(包括原油、生油岩和油田水)中微量元素的含量和分布特征,并将结果应用于石油勘探。

关键词 X 射线, 荧光分析, 石油勘探, 同步辐射

1 同步辐射 X 射线荧光分析技术在石油勘探中的应用前景

石油勘探所面对的是石油-岩石-水这样一个相互联系的复杂系统,其中生油岩是石油的母体,油田水是石油运移和聚集的动力和载体,储集岩为石油的聚集提供空间,它们经历了几百万年至几十亿年的相互作用和变化。这些石油地质样品含有多种微量金属元素,它们往往比一些常量元素能更灵敏地反映石油的生成、运移、聚集和演化,因而吸引着多种学科的研究者对它们进行研究^[1]。这种研究首先在测试分析技术上提出很高的要求,不但要测定它们在样品中很低的浓度,而且要了解被测元素在样品中的分布、关联和化学状态,这就必然要求

具有高灵敏度和微区分析能力的分析技术。同步辐射 X 射线荧光分析技术对这些要求表现出相当大的适应性。由于同步辐射光源具有高强度、谱分布广且连续可调、偏振性和准直性等优良特性,因此,SRXRFA 用于石油地质样品的分析有很突出的优点,主要表现在灵敏度高,能同时测定一个样品中的多种微量元素,测量分析速度快,可以保持样品在其原始固、液相状态下进行测量,能对样品的元素分布作微区分析和价态测定,这就使 SRXRFA 成为样品微量元素分析的有力工具和极有发展潜力的应用技术^[2-4],既可作整个成油区石油地质样品微量元

1) 北京正负电子对撞机国家实验室重点课题;中国石油天然气总公司资助课题。

1995年7月3日收到初稿,1995年8月21日收到修改稿。