

流体地质学——21 世纪的新兴地质学科

Fluid Geology

徐学纯

(地矿部变质动力学开放研究实验室,教授

长春 130061)

流体是地质作用过程中不可缺少的重要因素,一直受到地质学家们的关注。但是,由于其复杂性和研究难度较大,而未象固体地球科学的岩石学、矿床学等那样受重视和被人们所了解。随着现代科学技术的发展和对流体矿产资源(石油、天然气、地下水等)的大量需求以及解决基础地质理论问题和人类赖以生存的环境问题的需要,而使流体的研究成为当前地球科学研究的前沿课题,并将逐渐形成地球科学新的分支学科——流体地质学。

一、历史回顾

从地球科学诞生开始,流体问题就受到地球科学家们极大的关注。在 18 世纪开始的地质学大论战——水火之争中,作为流体的水就成为争论的焦点问题。但是,由于当时认识肤浅和时代的局限性,仅将其作为岩石形成的一种方式,而没有深刻认识它的意义和作用。随着显微镜技术在地质研究中的应用,地质学家们注意到了岩石和矿石中存在的流体包裹体,并将其作为研究岩石和矿床成因的一种方法。特别是在矿床学的研究中,流体包裹体发挥了重要作用,但其应用和研究的范围都很局限,仅仅是研究其成分和性质。自 70 年代开始,流体研究出现了热潮,图雷特(J. Touret)1971 年首次在挪威南部的麻粒岩中发现了富 CO_2 流体包裹体,从而使人们改变了对麻粒岩成因的认识。从此关于流体的研究工作不断扩大,对其作用和意义的认识不断提高。法伊夫(Fyfe)1978 年出版了《地壳中的流体》一书,系统阐述了流体在地壳中的作用,特别是从板块构造运动的机理方面讨论了流体的作用问题,将流体作用与地壳运动联系起来。这是一部最早全面论述流体作用的著作。与此同时,关于水—岩相互作用的研究在国际上掀起,定量地研究了流体与岩石相互作用及其转变机理,并提出了一些新的认识和看法,推动了流体研究的进展。

80 年代以来,是流体研究的高潮,并具有突破

性的进展,已不再是简单的流体成分、性质和流体包裹体的研究,开始进入更高的层次,重点研究流体—岩石相互作用、流体运动和元素迁移以及流体作用与地壳演化等问题。主要解决流体来源、成因机制及对岩石成因、元素迁移和地壳演化的作用和流体性质、演化及其动力学等问题,特别是关于流体大规模迁移的机制及地球各层圈中的流体地质作用与地壳演化等的研究具有重大进展。一些科学研究也有重要的发现,科拉半岛超深钻在地壳 6 000 米深处发现了含矿流体。海洋钻探也已发现含甲烷流体的存在,并且发生大规模的迁移。在洋中脊发现的高温富硫物质流体的“黑烟囱”表明年轻的洋壳扩张受到大规模流动的流体和地热循环的作用和影响。这些研究和发现都对固体地球科学的一些基本理论问题,如岩浆起源、岩石成因、变质相转变、成矿作用、变形与流变、油气藏聚集机制等提出了质疑(徐学纯,1993 年;贾跃明,1993 年),并有新的认识,使传统的固体地球科学理论受到革命性的挑战,内容需要更新和完善,研究方法需要改进和提高。

二、研究现状

近年来,在国际上掀起了流体研究高潮,一些发达国家如美国、日本、英国等均将流体的研究列入 90 年代地学研究计划,并作为优先研究课题,开拓研究领域。美国国家的《大陆动力学研究计划》和《固体地球科学研究的机会》都将地球内部和地球上面的流体作为重要研究内容之一。国际大地测量和地球物理联合会(IUGG)、国际地质科学联合会(IUGS)和国际岩石圈委员会(IGL)三大国际地学组织近年来也先后设立多项与流体有关的国际合作研究项目。《国际地质对比计划》第 291 项:变质流体与矿床,就是与流体有关的国际合作项目。美国科学基金会地球科学部的战略观点和长期计划也将地球科学中的流体力学列为开拓性研究领域。这

些表明流体研究的重要意义已被世界各国地质学家们所重视,并且被置于越来越重要的地位。

由于地质学家们的广泛重视和研究工作的不断深入,一些国家和地学组织近年来组织了多次流体研究的学术讨论会。仅1990年就分别在美国和英国,由美国地球物理联合会和英国皇家学会组织了“地表规模的流体搬运:量级与机理”和“俯冲带流体的行为和影响”两次关于流体的学术会议。讨论了流体在地壳中的运移和板块构造作用过程中的流体作用和影响这一主题,推动了流体研究的进展。美国和欧洲均有两年和四年一度的全美和欧洲的流体研究学术会议。另外,在近年来的一些大型国际性地质会议上,也都有关于流体问题的专题,讨论流体的作用及其意义。1992年在日本召开的第29届国际地质大会上,就设立了水—岩相互作用专题,讨论流体—岩石的相互作用。而且有关流体研究的论文在国际会议上呈不断增加的趋势。这些均说明,地质学家们对流体研究越来越重视,并不断取得新的研究成果,推动了地质科学的发展。近年来,有关流体的研究成果大量地发表在各种国际地质杂志中,同时也有大量流体研究的理论专著和方法学教程出版,推动了流体研究的进展。目前流体研究已经渗入到地球科学各个领域,并且越来越显示出重要性,对于解决地质学中的一些基本理论和资源、环境等问题是不可缺少的,已成为地球科学新理论和新方法的突破口,是当代地球科学研究的前沿领域。

三、地质流体研究的未来 发展及其科学意义

近年来,随着地质新技术的发展和大陆科学深

钻、地球物理探测及放射性同位素的研究,对地球内部流体的存在形式和深度、运动方式和作用过程等有许多重要的发现和新认识,并且已经证明从地壳至地幔深处都有不同性质和状态的流体存在,过去被认为的地壳高导层和低速带以及中部和下部地壳的界限都可能是由于富含流体或流体强烈作用而造成的。科拉半岛科学深钻在地壳6000米之下发现了流体样品。北美大陆内部的流体在深部沉积岩中发生上千公里的大规模运移,并控制着油气藏和金属矿床的形成和分布。大气降水可在深达10余公里的深度发生循环和运移。这些流体的作用必将造成地壳乃至地幔的物质和能量的转换与迁移,因此也就直接导致地球内部的化学元素的活动和地质作用的发生,必然造成成岩、成矿、变质作用,岩浆活动和油气藏的聚集,以及地球内部的相转变和地壳运动。在地球上,由于流体的运动,也必然带来巨大的环境污染与治理,水资源的合理配置,以及诱发的地震、滑坡等灾害的监测与防护等重大国计民生问题。同时也对一些传统的地质理论和观点提出严重的挑战。因此,需要地质学家们从地球动力学的高层次上来研究地球内部及地球上面的流体性质、作用过程及其演化等一系列问题,更需要建立一套新的知识体系和理论框架及研究方法,来重新认识各种地质作用的发生、发展和演化机理及其动力学过程。而已有的从固体地球科学研究得出的理论和方法已不能适应这一要求,这一新的知识体系目前正在孕育发展,必将在未来的新世纪形成一套完整的学科体系、理论框架和研究思路,来完善地球科学的知识宝库,推动地球科学的新进展。这一新的学科体系即为流体地质学。

(责任编辑 王宏章)

科技动态

用基因枪射杀癌细胞

据英国《新科学家》周刊1995年3月25日报道,今年初,美国麦迪更威斯康星大学的医生们研制了一种治疗癌症的基因枪,第一次在老鼠身上进行试验,成功地抑制了老鼠体内癌的生长,在有些情况下还彻底地杀死了癌细胞。

这种基因枪射出的是许多细小的金弹丸,弹丸的直径仅1微米左右,在这些极细小的金珠子表面包有用传统无性系技术制备的基因DNA。

带基因的金弹丸用高压(35个大气压)氮气在很近的距离内射进目标组织(有癌的组织)的最深处。如果减小氮气压力和增加弹丸的数量,又可以发射较分散且分布面积更广、进入深度较浅的带基因弹丸。

用这种基因枪射击老鼠的皮下癌时,弹丸一旦进入癌细胞,弹丸上的基因就刺激细胞产生一种称为细胞分裂素的分子,这些分子能提醒体内的免疫系统产生白细胞进攻癌细胞。细胞分裂素包括白细胞介素-2, α -干扰素和 γ -干扰素,它们有明显的抗癌作用。

在老鼠身上的试验表明,有些有癌的老鼠用基因枪治疗后肿瘤消失。基因枪在用于人体临床试验之前,还需进行严格的安全试验。但研究人员预计,因为金是一种很不活泼的金属,直径仅1微米的金弹丸对人体不会有什么危害。但基因治疗专家们说,现在的问题是怎樣使带基因的金弹丸准确地射到有癌的部位。(刘先曙)

监测太空垃圾的水银望远镜

据英国《新科学家》周刊1995年7月15日报道,在美国新墨西哥州克劳德罗夫小镇5公里外有一台特殊的监测太空垃圾的水银望远镜,其中心是旋转的水银盘,在离心力作用下,水银形成一个曲面,起望远镜中的凹面反射镜的作用,这个水银反射镜的直径有3米。是专用于观测太空中留下的陈旧卫星和火箭及其它碎片等太空垃圾的。

水银反射镜的最大优点是成本低,一个传统的三米直径的望远镜成本约1000万美元,而水银望远镜只要

(下转第24页)