

天然气水合物地球化学勘查技术研究进展

王英秀, 杨志斌, 孙忠军

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北廊坊 065000

天然气水合物是由水和小客体气体分子(主要是 CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} 、 CO_2 、 H_2S 等), 在低温、高压条件下形成的一种白色固态结晶物质, 俗称“可燃冰”, 是一种潜在的新能源, 广泛分布于大陆架边缘的深海沉积物和陆域永久冻土区。本文详细介绍了天然气水合物地球化学勘查技术在国内外的研究进展。随着资源日益紧缺, 天然气水合物的研究, 越来越受到业内的关注。

1 概述

从 20 世纪 80 年代开始, 随着深海钻探计划和大洋钻探计划(ODP)的实施, 海洋水合物研究进入新的发展阶段, 地球化学勘查技术作为天然气水合物勘探的重要手段之一, 开始运用于水合物的形成标志、赋存特征、成矿气体来源等方面的研究, 天然气水合物进入了多学科、多方法的综合研究阶段。2007 年 5 月我国首次在南海北部钻获天然气水合物实物样品, 2008 年又在青海木里永久冻土带钻获天然气水合物, 至此, 陆域冻土区天然气水合物的研究得到极大的重视。

在天然气水合物形成和演化过程中, 分解的烃类气体垂直运移至近地表, 致使水合物富集区上方的烃类气体异常, 对这些烃类气体异常进行测试, 是天然气水合物调查中一种最直接的地球化学探测方法。酸解烃和顶空气分别是化学吸附轻烃和物理吸附轻烃的代表, 是油气化探方法的两项重要指标, 在勘探天然气水合物方面, 酸解烃和顶空气方法是最常用的测量土壤、沉积物中烃类气体含量的方法。这些方法常用于大批量实际样品分析, 精密度好, 结果稳定可靠, 并在天然气水合物勘查中取得了较好的应用效果。

近年来我所在青海天然气水合物发现区开展浅表地球化学方法试验, 采用顶空间轻烃法、酸解

烃法、碳酸盐法、微生物法、热释汞法、微量元素法等, 研究该发现区的地表地球化学特征, 综合分析筛选出以顶空气甲烷、酸解烃、碳酸盐为主的地球化学勘查指标体系, 建立了永久冻土区天然气水合物地球化学勘查模式。为永久冻土区天然气水合物勘查提供了有效的地表地球化学信息。通过甲烷稳定碳同位素和烃类气体组成, 判定该区具有煤型气、凝析油伴生气和原油伴生气的气源条件。

2 国外研究进展

20 世纪 70 年代末, DSDP 首次在中美洲海槽 9 个海底钻孔中发现水合物, 海洋水合物在科技界引起了日益增长的兴趣, 一直保持着一种方兴未艾的势头。1995 年 11~12 月, ODP 在大西洋西部的布莱克海台组织了专门的 164 航次水合物调查, 在 994、996、997 钻孔均采集到水合物样品, 地球化学家对布莱克海台水合物进行了广泛深入的详细研究。

水合物的地球化学研究内容包括以下方面: 水合物的产状、结构以及气体组成; 沉积物中气体含量及气体成因; 孔隙水 $\delta^{18}\text{O}$ 同位素组成及气体水合物资源量估计; 甲烷、二氧化碳和沉积物有机质的同位素组成及气体来源研究; 孔隙水硫酸盐含量变化及甲烷氧化作用; 孔隙水氯、氧、氢稳定同位素研究; 保压取样与普通柱状取样的同位素组成对比; 沉积物主量元素、微量元素地球化学研究。研究范围涉及水合物组成, 沉积物气体及孔隙水化学成分和同位素组成、气体成因、物质来源、成矿机制探讨、资源量计算以及环境变化等各个方面。通过这些研究, 目前地球化学家基本上已经对于海洋水合物的结构、形成和稳定分布的地球化学边界条件、水合物的成分来源、烃类物质的成因以及水合物存在的地球化学识别标志等有了比较深刻的认识。

全世界共发现 116 处地区有天然气水合物存在

的标志, 其中陆地 9 处, 海底及湖底沉积物中 123 处。目前在美国阿拉斯加北坡、加拿大马更些三角洲和俄罗斯麦索雅哈陆域冻土区获得了大量极宝贵的数据和资料, 为多年冻土区天然气水合物研究打下了良好的基础。

3 国内研究进展

目前水合物的地球化学研究在我国还基本处于前期摸索阶段, 尤其陆域冻土区水合物地球化学研究刚刚起步。

3.1 海底天然气水合物地球化学研究

卢振权等选择西沙海槽水合物潜在富集区作为已知区, 利用陆上油气地球化学勘查方法(酸解烃、热释烃、蚀变碳酸盐方法)开展了试验性研究。通过对海底浅表层沉积物各项测试指标的分析, 认为酸解烃方法适合于海底水合物的勘查, 值得进一步推广。祝有海等对南海北部海域 70 个浅层沉积物开展了酸解烃分析研究。牛滨华等研究表明, 水合物能形成高浓度甲烷的地球化学异常, 通过地球化学气态烃测量能够发现这种烃类异常。刘海生等认为天然气水合物在形成和分解后, 伴随产生的标形矿物, 成为很好的找矿标志。

3.2 陆域天然气水合物地球化学研究

中国地质调查局先后设立了 4 个调查研究项目, 国家自然科学基金委员会也于设立了“青藏高原多年冻土区天然气水合物的形成条件探讨”的面上科研项目。中国地质科学院矿产资源研究所等单位对中国冻土区特别是青藏高原冻土区开展了地质、地球物理、地球化学和遥感等方面的探索性调

查和评价工作, 初步调查研究结果显示, 青藏高原特别是羌塘盆地具备良好的天然气水合物成矿条件和找矿前景, 其次是祁连山木里地区、东北漠河盆地和青藏高原的风火山地区等。

根据原有地质和冻土资料, 中国科学院兰州冰川冻土研究所等单位的有关人员对青藏高原天然气水合物的形成条件进行了初步研究和预测。吴自成等对青藏高原的多年冻土区进行烃类有机地球化学剖面测量, 指出烃类“负异常”是地下赋存天然气水合物的重要标志。卢振权等通过对青藏铁路沿线多年冻土区重点地段野外的观测及地球化学分析, 发现部分冻土区存在着明显的地质地球化学异常, 认为这些异常可能与天然气水合物有关。

祝有海等采集木里煤田钻孔的冻土层内连续逸出的高含量烃类气体, 分析结果表明甲烷含量很高, 认为这里基本具备形成天然气水合物的条件, 中国地质调查局在木里煤田施工“祁连山冻土区天然气水合物科学钻探工程”, 共完成钻探试验井 4 口, 钻获天然气水合物实物样品, 取得了找矿工作的重大突破。

4 结语

综上所述, 随着资源日益紧缺, 天然气水合物研究已备受关注, 研究天然气水合物的地球化学识别标志, 发展海洋和陆域冻土区天然气水合物地球化学勘探技术, 不仅在理论上具有积极的意义, 而且是我国大规模开展天然气水合物区域调查的迫切需要。