



海底气体水合物的成矿标志和找矿方法

马开义 吴必豪 薛光琦

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

1 成矿地质条件

海底气体水合物是一种冰状固体物质, 由甲烷(或乙烷、二氧化碳等)和水分子在低温高压下形成。其温度变化范围为 $0 \sim 10^{\circ}\text{C}$, 其压力为 10 MPa。这基本上相当于现代海洋水深 300 m 处的温压条件。据统计, 最近 20 年来(自 1982 年开始), 世界各大洋中发现的 50 余处气体水合物矿区, 绝大多数赋存于 300~5500 m 水深的海底沉积物之中, 而且其下延深可由海床表面至其下 650 m 左右。单个矿体厚度可为数十厘米、数米至上百米, 矿化分布面积则可为数万至十余万平方公里。

海底气体水合物主要产在大洋板块与大陆板块毗邻的聚合边缘大陆坡、被动边缘大陆坡、水下高原、边缘海和内陆海, 尤其是那些与泥火山、泥(盐)底辟, 热流活动, 大型断裂构造有关的深海盆地之中。其产出地层以新生界为主, 且以上新统为主。始新统, 渐新统、中新统中亦有分布。含气体水合物的岩石类型则以粉砂质泥岩和泥质粉砂岩为多, 其次则为砂岩、粉砂岩, 砾岩及坡积岩。气体水合物分布在岩石的孔隙、裂隙中。

气体水合物与其沉积围岩结合, 常形成特殊的构造类型。如层状构造、透镜状构造、块状构造、脉状构造, 还可形成浸染状构造或角砾状构造等。

2 矿床成因概述

由于世界各国对海底气体水合物矿床的研究勘查还处于探索阶段, 关于其成因的假说更属初步。但是其成矿标志和找矿方法已有一些积累和总结。这里, 先概略地介绍一下其成因假说, 然后, 再讨论其成矿标志和找矿方法。

论及气体水合物的成因, 必定要涉及其物质来源和地质环境的温压条件二大问题。1994 年, Christensen 和 Sloan 曾借鉴溶液结晶的理论来实验合成气体水合物。该实验在适宜的温压条件下往水中注入甲烷气体, 逐渐形成亚稳定型的含气体分子的水分子集合体, 继而形成晶核, 不断加积生长, 最终成为气体水合物。在海底地质环境, 其气体(甲烷, 二氧化碳等)可能为沉积物中有机质分解而来, 也可能由其下伏石油天然气田热解释放而来, 此即为自生成(矿)岩模式和渗滤成(矿)岩模式。或者二者兼而有之。自然, 各种含碳氢气体的流体必须汇聚到水合物形成稳定带(HFZ), 在相当的低温高压条件下才能形成气体水合物

(Ginsburg, et al., 1995)。

3 成矿标志和找矿方法

气体水合物的成矿标志有如下一些。

(1) 气体水合物在构造变动, 局部热作用影响下易产生脱气和扩散逸出, 常造成海底沉积物 CH_4 含量增高, 海水和海面 CH_4 含量增高并出现油膜。

(2) 同样, 由于气体水合物在海底温度、压力条件突然或缓慢改变情况下持续大量扩散逸出, 含矿层及其周围岩石强度变弱, 往往导致大陆坡、坡麓等区域的坍塌和海底滑坡。

(3) 当取到海底岩心, 在常温常压下气体水合物热释分解, 析出大量的水, 遂使岩心盐度降低岩心湿度增大。同样, 在钻孔测井中, 亦会出现海水淡化异常。

(4) 岩心温度降低。因为气体水合物分解是一种吸热化学反应, 如果岩心中含气体水合物, 当其处在空气中时, 岩心因气体水合物分解而温度明显下降。一般来说, 含矿与无矿岩心温度差可达几度或 10°C 以上。因而测温是衡量水合物存在与否的一个可靠标志。

(5) 岩心流态化。岩石中气体水合物分解可造成岩石的流态化, 这在已被确定的气体水合物矿区普遍发育。

(6) 海底气体水合物矿层可能赋存在几十至几百米的沉积层中, 由于结晶状态其波速增高, 它在地震测量结果中往往出现对应于平行海底的反射层 (Seismic bottom simulating reflectors——BSR)。这是极其普遍的气体水合物成矿的间接标志。

关于气体水合物找矿方法, 目前可简略归纳如下:

(1) 卫星热红外扫描方法, 在大陆架、陆坡或海槽区普查碳氢流体活动的异常带 (区)。

(2) 单道或多道地震测量, 识别 BSR 的方法和速度振幅特征的“亮点”异常 (Velocity-Amplitude features)。

(3) 据深海钻孔电测井资料, 含气体水合物的井段电阻率升高, 声波速度增大; 自然极化曲线一般无明显差异; 钻孔孔径测定值增大; 密度测井则幅值降低。

(4) 勘查取样研究海水、底积物或柱状样的地球化学方法, 同位素地球化学方法。

(5) 矿物学方法及其他综合勘查方法。

(6) 电测井、声波测井、密度测井、孔径测量等多种测井方法。

(7) 星载雷达测高模拟海底地形的技术, 为区域成矿背景研究服务。

(8) 深海钻探保压取心。缆式可提升的保压取心筒 (PCB) 是深海钻探的重要先进设备, 它能在保持原始压力条件下采取沉积物岩心, 适于进行海底气体水合物勘查取样。由其取出的样品, 在受控状态下分解, 析出气体样品。据样品测试的气压变化与化学组成, 即可查实水合物的存在及其成因 (Larson, et al., 1980)。