

### C 题 天然气水合物资源量评价

天然气水合物 (Natural Gas Hydrate/Gas Hydrate) 即可燃冰, 是天然气与水在高压低温条件下形成的类冰状结晶物质, 因其外观像冰, 遇火即燃, 因此被称为“可燃冰”。天然气水合物分布于深海或陆域永久冻土中, 其燃烧后仅生成少量的二氧化碳和水, 污染远小于煤、石油等, 且储量巨大, 因此被国际公认为石油等的接替能源。

作为一种高效的清洁后备能源, 天然气水合物受到发达国家和能源缺乏国家的高度重视, 然而要实现产业化仍存在水合物的资源勘探、空间分布定位、资源量的评价、产量的经济评估和对气候变化影响评价等一系列技术问题。目前, 天然气水合物资源的勘探和评价体系仍不完善, 对天然气水合物资源量的评价方法研究是天然气水合物理论研究的重要组成部分, 是有效指导天然气水合物勘探开发活动的关键所在。

目前天然气水合物资源量的常用评价方法可归为两大类, 其中第一类为成藏思路类方法; 第二类为生烃思路方法。成藏思路的水合物资源储量评价方法是以天然气赋存状态为研究对象, 确定天然气水合物的聚集区域, 评价出天然气水合物聚集区域的规模和数量分布, 然后计算出资源量。生烃思路的评价方法是从有机质的沉积、演化过程出发, 依据物质守恒原理, 模拟水合物的生成和运聚过程, 确定天然气水合物的聚集量。目前使用较多的资源储量评价方法是第一类方法。

天然气水合物的储层参数主要包括水合物的饱和度、分布深度、分布面积、孔隙度、渗透率等，而资源量的评估更是受到了水合物饱和度、分布深度、分布面积和孔隙度的影响。基于成藏思路的方法从本质上来讲是体积法，体积法能反映资源的实际状态，便于指导实际开发选址，因此是体积法最常用的水合物资源量估计方法。体积法的基本原理是用体积大小来计算资源的数量，根据天然气水合物静态赋存特征，建立资源量与储层参数的线性关系，其数学公式可归纳为：

$$Q = A \times Z \times \phi \times S \times E$$

式中， $Q$ 为天然气水合物资源量( $\text{m}^3$ )， $A$ 是有效面积 $\text{m}^2$ ， $Z$ 为有效厚度( $\text{m}$ )， $\phi$ 为孔隙度， $S$ 为水合物饱和度， $E$ 是产气量因子(取值为 155)。

为了研究某海域天然气水合物分布情况，地质资源勘探部门在该地区选择了 14 个位置进行钻孔勘探，在每个钻孔有深度信息和在对应深度的测量的孔隙度和天然气水合物饱和度信息。试根据所给勘探数据研究以下问题：

- 1) 根据附件勘探井位信息确定天然气水合物资源分布范围；
- 2) 确定研究区域内天然气水合物资源参数有效厚度、地层孔隙度和饱和度的概率分布及其在勘探区域内的变化规律；
- 3) 请给出天然气水合物资源的概率分布，以及估计天然气水合物资源量。
- 4) 为了对本区域储量有个更精细勘查结果，拟在本区域再增加 5 口井，问如何安排井位？

### 名词解释：

1) **有效厚度**是指储油层中具有工业产油能力的那部分油层的厚度，即工业油井内具可动油的储集层的厚度。有非 0 饱和度的点存在天然气水合物。

2) **水合物饱和度**是指单位体积大矿物质中水合物所占的体积分数。

3) **产气量因子**是指 1 立方米天然气水合物能量相当于多少立方米的天然气的热值。

赛题声明：赛题仅用于 2024 年第九届数维杯数学建模挑战赛参赛选手使用，未经数维杯竞赛组委会授权，严禁任何形式的篡改、编辑及其他用途，一经发现，应承担相关责任。