

天然气水合物勘探方法 BSR 的探讨和研究

赵丽娅
(中国地质大学 北京)

摘要:文章对广泛用于分析和识别天然气水合物稳定带的 BSR 特征,即似海底反射特征进行了阐述,并讨论判识天然气水合物稳定带的优越性,指出了 BSR 能够预测天然气水合物稳定带的局限性,并探讨了如何应用 BSR 技术与地质、测井、地球化学、地球物理等综合研究判识天然气水合物存在范围及其资源量评价。

关键词:天然气水合物 BSR 局限性 海底沉积物

中图分类号: TE19

文献标识码: A

文章编号: 1674-098X(2008)01(c)-0077-01

1 引言

20 世纪 60 年代,人们首次在地震剖面处理过程中观察到了似海底反射层(BSR),这个 BSR 是下部的游离气与上部水合物带的地震反射界面,因此,人们认为 BSR 与气体水合物密切相关。Georgy 在 1976 年用地震声纳探测技术研究了佐治亚州海海上大型沉积物隆起,他在地震声纳探测记录中发现了该沉积物隆起中反映局部海底地形的地震反射层,Bryan 把这种反射层称为 BSR,它代表含气水合物的沉积物与下覆不含气水合物层之间的声波反射界面。实践证明 BSR 是目前探测海底沉积物中的水合物的主要方法之一。

2 天然气水合物及 BSR 定义

天然气水合物是由天然气和水在低温高压下形成的似冰状的白色固体物质,广泛分布于海洋大陆坡沉积物和陆地永久冻土地带。因其天然气组分多以甲烷为主,有极强的燃烧力,可作为上等能源,故又称甲烷水合物。

在海洋天然气水合物的地震识别技术中,地震记录上的强似海底反射即 BSR(Bottom Simulating Reflector)现象被称作海底气水合物的重要识别依据之一。BSR 是由于水合物层和下覆沉积层的地震波速存在差异的结果,是海底地震反射剖面中存在的一种异常地震反射层,在地震剖面中,BSR 一般呈现出高振幅、负极性的特征。随着反射极性的倒转及地层速度的异常增加,它能够将在沉积物存在气水合物产生的影响与其它因素引起的异常区别开来。它与水合物稳定带的基底有关,其位于海底之下几百米处的海洋沉积物中且与海底地形近于平行,是人们判断海洋中存在天然气水合物的证据。一般情况下,气体水合物的基底(BSR)深度随水深的增加而增加,随地热梯度的变化而变化。现已证实 BSR 代表海洋环境沉积物中天然气水合物稳定带基底,BSR 以上天然气以固态气体水合物的形式存在,以下天然气以游离气形式存在。由此可见,BSR 不是一个岩性边界,而是一个相边界。

3 BSR 主要特征

目前通过地震方法和其他地球物理资料研究的 BSR 特征如下。

(1)与海底反射相比,BSR 通常为负极性,(2)BSR 反射系数较大,(3)未发现可以代表 BSR 上方天然气水合物沉积物层顶界面的反射,也未发现可以代表 BSR 下方的含游离气地层底界的反射,(4)地下岩层的地震反射常常被 BSR 反射穿过,(5)BSR 非常接近理论计算的水合物稳定带的底界面。

4 BSR 影响因素

当从水合物层过渡到 BSR 之下的沉积物的过程中,引起 BSR 的原因有三种可能性:

第一种情况:水合物层的泊松比小于 BSR 之下沉积层的泊松比。如果水合物层的横波速度高于周围沉积物,则振幅将随着倾角的增加而减小。

第二种情况:水合物层的泊松比大致等于 BSR 之下沉积物层的泊松比。如果水合物层对泊松比影响不大,而且下覆的卤水饱和和沉积层具有和水合物层同样的泊松比,则振幅将不随倾角的增加而改变。

第三种情况:水合物层的泊松比大于 BSR 之下沉积物层的泊松比。Domenico 认为气饱和层相对于卤水饱和层将减少泊松比。泊松比的减少表明具有一个增加的负的振幅偏移。

由上可知,引起 BSR 的因素主要是下覆的游离气、卤水饱和的沉积物以及水合物沉积层的弹性模量等。

5 BSR 识别水合物的范围

虽说水合物存在于永久冻土带和海洋沉积物中,但由于冰胶结冻层的地震波传播速度与水合物层的相当,因此,BSR 技术不适合用于永久冻土区的气体水合物勘探。然而,各种测井(自然电位测井、电阻率测井、自然伽玛测井、地球物理测井)等可用于永久冻土带天然气水合物的勘探,而且在近 20 年的水合物研究开发中,人们发现这些测井与 BSR 分析方法和综合地质研究相结合在海域进行水合物稳定带的勘探已经取得良好效果,尤其 BSR 可作为大陆架、大陆斜坡、大陆倾覆带、海底等海域寻找水合物的重要标志之一。

6 BSR 识别气体水合物存在的局限性

(1)仅适用于海洋沉积物中。

(2)当气体水合物带之下有游离气存在时,BSR 往往可准确揭示气体水合物带的存在,反之若气体水合物带之下没有游离气,一般 BSR 或有或无。

(3)含有不同的气体组分和高盐度的孔隙水造成 BSR 缺失。

(4)BSR 只能反映水合物层和下覆沉积层(游离气或含卤水沉积层)的厚度范围,而不能准确评价水合物资源量。

7 水合物层判识的相关技术

随着天然气水合物研究的不断深入,天然气水合物相关技术的研究和开发也得到快速的发展。

7.1 地质、测井技术

在天然气水合物勘探中除了地震之外,测井方法是一个有效手段。气体水合物的测井技术包括井径、伽马射线、自然电位、电阻率、声波和中子孔隙度测井方法。Collet 提出了利用测井方法在鉴定一个特殊层含气水合物的四个条件:(1)具有高的电阻率,(2)短的声波传播时间,(3)在钻探过程中有明显的气体排放,(4)必须有两口或多口钻井区。

7.2 地球化学勘查技术

由于天然气水合物极易受温度压力的变化影响,海底浅部沉积物中常常引起天然气地球化学异常。通过异常不仅可指示天然气水合物存在的可能位置,而且可利用烃类组分比值及同位素成分判断其天然气成因。水合物的形成过程也是析出盐离子的过程。由于离子太大以至于不能进入天然气水合物的笼型结构。因此,水合物的形成将使周围的海水盐度增高,反之其分解将会得到纯净淡水。这两种情况都可形成水化学异常,而盐度的增高可使水合物稳定温度降低,对正确估计水合物的含量十分重要。因此,在沉积物岩心中,Cl 的减少是识别水合物的一个主要的化学标志。另一个水合物化学指示剂是氦同位素的分馏。最新研究发现水中氦的富集,天然气中 He 的增高可以作为新的地球化学、勘探中判别水合物层的重要标志。

总之,地震、测井、地球化学方法综合起来可成为勘查天然气水合物的一种重要而又非常有效的手段。由于水合物的不稳定性,现场地球化学探测方法的开发将起着重要作用。

8 结语

随着常规油气资源的日益减少,人类除了开发利用现有的油气资源之外,寻求一种新的洁净高效的能源已成为人类追求的目标。天然气水合物藏是巨大的有机碳库,是 21 世纪的重要能源之一。天然气水合物勘探识别技术就成为当务之急。就 BSR 技术本身而言,目前很难用单一方法确定或识别气体水合物藏,需要在不断提高 BSR 地震数据采集、处理技术,精化多道反射地震模型的同时,还需要将 BSR 与各种电测井、地球化学分析、地质综合研究结合起来,这对综合判识水合物藏具有重要的现实意义,也是今后进行水合物勘探和资源评价的重要和关键的研究内容。