

文章编号: 1000-0550(1999)03-0482-04

碳酸盐烃源岩有机质分布与排烃特征

柳广弟 高岗 王晖

(石油大学 北京 100083)

摘要 通过碳酸盐岩地层中的纯碳酸盐岩、缝合线缝隙物和泥质条带有机质含量和残留烃量分析表明, 碳酸盐岩地层中不同的组成部分之间有机质的分布是不均匀的, 其中缝合线缝隙物和泥质条带具有高的 TOC 值和较低的 S_1/TOC 值, 而纯碳酸盐岩 TOC 值则很低, 但其 S_1/TOC 却很高。这说明缝合线缝隙物和泥质条带发生了明显的排烃作用, 而纯碳酸盐岩排烃作用不明显。因此可以认为高有机质丰度的缝合线缝隙物和泥质条带是碳酸盐岩地层烃源的主要贡献者。压溶作用对碳酸盐岩的排烃起重要作用。

关键词 碳酸盐岩 烃源岩 排烃 初次运移 缝合线 压溶作用

第一作者简介 柳广弟 男 1961 年出生 教授(博士) 石油地质

中图分类号 P618.130.1 **文献标识码** A

1 前言

大量的地质、地球化学证据和实验室的模拟实验已证实碳酸盐岩中的有机质与泥质岩中的有机质一样可以成生油气^[1~4]。但碳酸盐岩的成岩作用与泥质岩有明显不同, 主要表现在机械压实作用相对微弱, 胶结作用和重结晶作用是碳酸盐沉积物石化的主要作用^[1]。陆表海和大陆边缘的沉积物在埋藏几米到 30 m 时, 孔隙度就可以减小到 1%~2%。因此, 一般认为压实作用不是碳酸盐烃源岩排烃的主要机理, 而由干酪根及其生成的油气的热膨胀引起的增压作用在碳酸盐烃源岩排烃中起主要作用^[1]。但与世界含油丰富的碳酸盐岩地层相比, 我国大部分地区碳酸盐岩中的有机碳含量较低, 平均低于 1%^[1]。由于有机质含量低, 有机质及其生成的烃类所引起的增压作用必然有限, 所以直到目前为止, 对低有机质含量的碳酸盐岩的排烃问题仍没有得到很好的解决。本文通过对塔里木盆地某井奥陶系碳酸盐岩烃源岩中的泥质条带、缝合线缝隙物和纯碳酸盐基质中的有机质分布特征的实验研究, 对碳酸盐烃源岩的排烃特征和排烃模式进行了初步的探讨。

2 碳酸盐烃源岩有机质分布特征

对塔里木盆地某井奥陶系碳酸盐烃源岩中的泥质条带、缝合线缝隙物和较纯的碳酸盐岩基质分别

取样, 进行了总有机碳、泥质含量和热解分析。分析结果表明, 相同埋藏深度的三种不同类型碳酸盐岩组成部分的有机质分布特征明显不同。

2.1 总有机碳分布特征

埋深在 4 669~5 230 m 碳酸盐岩地层的三种不同组成部分共 50 个样品的有机碳分析结果表明, 泥质条带、缝合线缝隙物和纯碳酸盐岩基质中的总有机碳含量有显著差别。纯碳酸盐岩的有机碳含量在 0.01%~0.1%之间, 平均值为 0.098%, 缝合线缝隙物的总有机碳含量在 0.5%~2.5%之间, 平均为 1.92%, 泥质条带的总有机碳含量在 0.3%~2.5%之间, 平均为 1.14%。同一深度的三类样品的有机质含量的比较更能说明在纯碳酸盐岩、缝合线缝隙物和泥质条带三种不同的碳酸盐岩样品中有有机碳含量的这种差别(图 1)。

2.2 岩石热解特征

岩石热解的 S_1 峰代表排烃之后岩石中残留的已生成的烃类, S_2 峰代表热解过程中由干酪根生成的烃类。塔里木盆地某井奥陶系碳酸盐岩地层中同一深度的三种不同类型样品的热解分析表明, 纯碳酸盐岩基质中的 S_1/TOC 值最高, 泥质条带的 S_1/TOC 值次之, 而缝合线缝隙物的 S_1/TOC 值最低(图 2)。而相同深度三种类型组成部分的 S_2/TOC 值却几乎没有差别(图 3), 相同深度碳酸盐岩基质和缝合线缝隙物的热解最高峰温 T_{max} 也基本相同(图 4), 说明三类样品中的有机质具有基本相同的

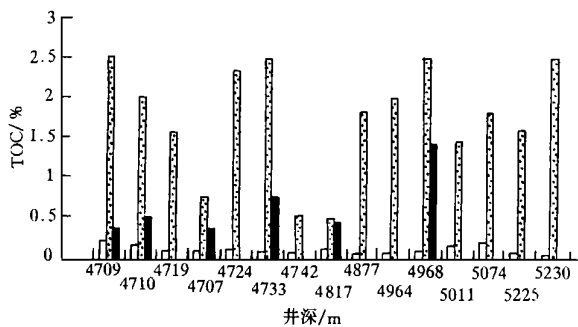


图 1 塔里木盆地某井奥陶系烃源岩中纯碳酸盐岩、缝合线缝隙物和泥质条带中的有机碳含量对比

Fig. 1 Organic carbon contents in pure carbonate stylolite and argillaceous band in Ordovician carbonate source rock of a well in Tarim Basin

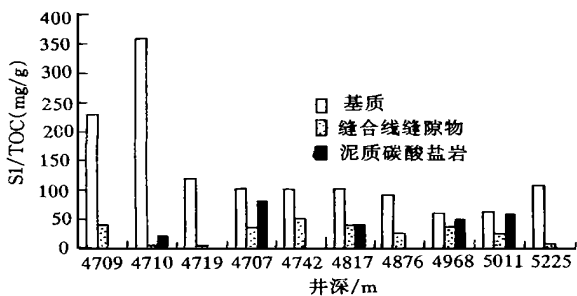


图 2 塔里木盆地某井奥陶系碳酸盐烃源岩中纯碳酸盐岩基质、缝合线缝隙物和泥质条带的 S_1/TOC 值对比

Fig. 2 S_1/TOC values in pure carbonate stylolite and argillaceous band in Ordovician carbonate source rock of a well in Tarim Basin

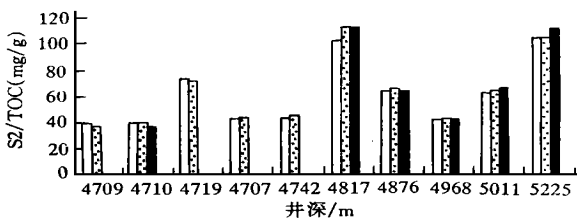


图 3 塔里木盆地某井奥陶系碳酸盐烃源岩中纯碳酸盐岩基质、缝合线缝隙物和泥质条带的 S_2/TOC 值对比

Fig. 3 S_2/TOC values in pure carbonate stylolite and argillaceous band in Ordovician carbonate source rock of a well in Tarim Basin

热演化程度和生烃能力。

研究表明, 该井奥陶系碳酸盐岩基质、缝合线缝隙物和泥质条带中的有机质均属 I 型干酪根, 相同

深度样品具有相同的 S_2/TOC 值也说明其具有相同的有机质类型和相同的生烃能力。而同一深度不同类型样品 S_1/TOC 值的差别应主要是由三种不同类型样品的排烃效率不同造成的。

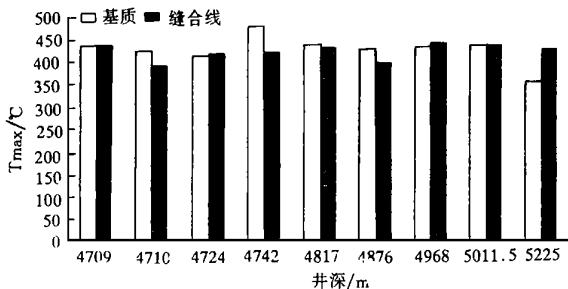


图 4 塔里木盆地某井奥陶系碳酸盐烃源岩中纯碳酸盐岩基质、缝合线缝隙物和泥质条带中的 T_{max} 值对比

Fig. 4 T_{max} values of pure carbonate, stylolite and argillaceous band in Ordovician carbonate source rock of a well in Tarim Basin

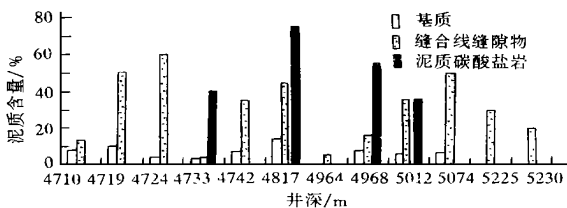


图 5 三种不同碳酸盐岩样品的泥质含量比较

Fig. 5 Mud contents in pure carbonate stylolite and argillaceous band in Ordovician carbonate source rock of a well in Tarim Basin

3 碳酸盐烃源岩的排烃特征与排烃模式

3.1 排烃特征

相同深度的碳酸盐岩基质、缝合线缝隙物和泥质条带样品中的 S_1/TOC 值的差别是这三种不同类型样品具有不同排烃特征的表现。

纯碳酸盐岩中泥质含量很少, 一般低于 10% (图 5), 其经历的压实作用微弱, 可以认为压实作用对纯碳酸盐岩的排烃贡献很小。由于纯碳酸盐岩中有机质丰度很低, 单位体积岩石中生成的烃类很少, 干酪根本身和其所生成的烃类的热膨胀和热增压作用有限, 很难形成足够的内部压力使岩石形成微裂缝而排烃。因此, 由于纯碳酸盐岩中排烃动力不足, 故其排烃效率很低, 干酪根生成的大部油气都残留在岩石中, 造成了与缝合线缝隙物和泥质条带相比

在 S_2/TOC 和 T_{max} 相同的情况下, 唯独其 S_1/TOC 值最高。

缝合线缝隙物是碳酸盐岩经压溶作用溶解后在缝合线处残留的不溶矿物质和有机质。压溶作用的进行和缝合线缝隙物的形成使得本来丰度很低的碳酸盐岩中的有机质在缝合线中相对集中, 形成了高有机质丰度的缝合线缝隙物。由于缝合线缝隙物中泥质含量和有机质含量明显高于纯碳酸盐岩(图 1 和图 5), 缝合线缝隙物所经历的机械压实作用和有机质生烃形成的增压作用也明显地强于纯碳酸盐岩, 使得缝合线缝隙物比纯碳酸盐岩具更强的排烃动力, 生成的烃类的大部分得以排出, 造成了残留烃较少, 故其 S_1/TOC 较低。由此可见, 缝合线缝隙物的排烃效率明显高于纯碳酸盐岩。通过塔里木盆地某井奥陶系缝合线的统计, 在 650 m 厚的地层中, 缝合线缝隙物的总厚度约为 20 m, 若按有机碳平均含量折算, 大约相当于近 400 m 纯碳酸盐岩地层, 可见缝合线缝隙物在碳酸盐岩地层的排烃中起重要作用。同时也可以说明压溶作用在碳酸盐岩地层排烃中的重要作用, 它不仅形成了排烃的通道, 更重要的是它可以使原来分散的有机质得以相对集中, 有利于提高排烃效率。

碳酸盐岩中泥质条带的排烃作用特征与缝合线缝隙物相似, 它们同样具有高的泥质含量和较高的有机质丰度, 所以排烃效率较高。统计表明在塔里木盆地某井 650 m 厚的奥陶系碳酸盐岩地层中, 泥质条带的累积厚度约占 130 m。

可以认为, 高有机质丰度的缝合线缝隙物和泥质条带在碳酸盐岩地层的排烃过程中起重要作用, 它们是碳酸盐岩地层烃源的主要贡献者。

3.2 排烃模式

通过上述分析可以总结出碳酸盐地层的排烃地质模式如下:

- ①初始沉积的低有机质丰度的纯碳酸盐沉积物中分布着高有机质丰度、高泥质含量的泥质条带;
- ②碳酸盐岩的压溶作用使碳酸盐矿物溶解迁移, 残余的不溶物和有机质沉淀在缝合线处形成高

有机质丰度和高泥质含量的缝合线缝隙物。这一过程可能在碳酸盐地层最初埋藏到几百米深度的范围内即完成。

- ③当碳酸盐岩地层埋藏达到生烃门限后, 开始生烃过程。由于纯碳酸盐岩压实作用弱, 生烃强度低, 排烃动力弱, 而排烃效率很低。而缝合线缝隙物和泥质条带因其较强的压实作用和较高的生烃强度形成的强的排烃动力导致了高的排烃效率, 成为碳酸盐岩地层烃源的主要贡献者。

4 结论

- (1)碳酸盐岩地层中的有机分布极不均匀, 纯碳酸盐岩中的有机碳含量很低, 而碳酸盐岩地层中的缝合线缝隙物和泥质条带中往往具有较高的有机碳含量。

- (2)与有机碳含量的分布不同, 纯碳酸盐岩中的残留烃最多, 而缝合线缝隙物和泥质条带中的残留烃量相对较少。

- (3)低有机质丰度的纯碳酸盐排烃效率很低, 而缝合线缝隙物和泥质条带因其泥质含量和有机质丰度较高则具有较高的排烃效率。缝合线缝隙物和泥质条带是碳酸盐岩地层烃源的主要贡献者。

- (4)碳酸盐岩的压溶作用在碳酸盐岩有机质的再分配和烃类的初次运移过程中起重要作用。

参 考 文 献

- 1 郝石生, 贾振远. 碳酸盐岩油气形成与分布 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1989
- 2 帕拉卡斯 J G, 安德斯 D E, 金 J D. 1984. 南佛里达盆地—碳酸盐生油岩的一个典型实例 [A]. 见: 帕拉卡斯主编, 周望等译, 碳酸盐岩石油地球化学和生油潜力 [C]. 北京: 科学出版社, 1990
- 3 加纳德 W C, 和布雷 E E. 1984. 密抵它盆地尼亚加拉礁体(志留系)中的石油和生油岩 [A]. 见: 帕拉卡斯主编, 周望等译, 碳酸盐岩石油地球化学和生烃潜力 [C]. 北京: 科学出版社, 1990. 41~50
- 4 鲍威尔 T G. 1984. 加拿大西部泥盆统堡礁复合体烃类地球化学的某些特征 [A]. 见: 帕拉卡斯主编, 周望等译, 碳酸盐岩石油地球化学和生烃潜力 [C]. 北京: 科学出版社, 1990. 51~72

Characteristics of Organic Matter Distribution and Hydrocarbon Expulsion in Carbonate Source Rocks

LIU Guang-di GAO Gang WANG Hui

(University of Petroleum, Beijing 100083)

Abstract

Core analysis of Ordovician carbonate rocks from a well in Tarim basin in Northwest China showed that the carbonate source rock consisted of three main components, namely pure carbonate matrix, argillaceous carbonate band and stylolite seam. From organic carbon analysis, it can be seen that the organic carbon contents in argillaceous carbonate band and stylolite seam were very high, with the average of 1.14% and 1.92% respectively and that in pure carbonate matrix was very low, with the mean value of 0.098%. Whereas, the distribution of S_1/TOC value from Rock Eval analysis was completely different, with highest value in pure carbonate samples and much lower values in argillaceous carbonate band and stylolite seam samples. But the three kinds of samples from the same depth in the well did not show much differences in S_2/TOC and T_{max} values, indicating that the kerogen contained in these three kind samples from the same depth had the same thermal maturity and the same hydrocarbon potential. The significant differences in S_1/TOC values among the three kinds samples were resulted from different efficiency of hydrocarbon expulsion in different kinds of carbonate components.

The lack of mechanical compaction and the low hydrocarbon generation amount due to the low organic carbon content resulted in the lack of expulsion force in pure carbonate source rock, so the expulsion efficiency was very low and most generated hydrocarbons still remained in the source rock, which accounted for the high S_1/TOC value in pure carbonate samples. Whereas, the powerful driving force for hydrocarbon expulsion in argillaceous carbonate band and stylolite seam, resulted from the intensive mechanical compaction owing to their high mud content and the high hydrocarbon generation amount due to the high organic carbon content, made the most generated hydrocarbons migrate out of argillaceous band and stylolite seam and caused the low values of S_1/TOC .

Stylolite seam and argillaceous band were the components of high organic carbon content in carbonate source rocks. The high organic carbon content in stylolite seam was the result of the accumulation of organic matter in the seam by pressure solution, and the high organic carbon content in argillaceous band was mostly from original sedimentation. In the thickness of 650m Ordovician carbonate rocks in the above well in Tarim basin, the total thickness of stylolite was 20m and that of argillaceous carbonate band was 130m. They were the most important contributors to the Ordovician carbonate source rock in Tarim basin.

Key words carbonate rock source rock expulsion primary migration stylolite seam pressure solution