

印度专属经济区天然气水合物的主控因素

孟明^{1,2,3}, 尹维翰⁴, 龚建明^{2,3*}, 何拥军^{2,3}, 廖晶^{2,3}

(1 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071;

3 自然资源部天然气水合物重点实验室, 青岛 266071; 4 国家海洋局北海环境监测中心, 青岛 266033)

摘要:印度国家天然气水合物计划(NGHP-01)于 2006 年在克里希纳—戈达瓦里河(KG)盆地、曼哈纳迪盆地、安德曼海盆地、喀拉拉—康坎(KK)盆地实施,除 KK 盆地外均获得了水合物样品。为了探讨上述 4 个盆地天然气水合物的主控因素,较全面地收集、整理、比较了各个盆地的沉积背景、沉积速率、沉积物厚度、总有机碳(TOC)含量以及水合物钻探情况,发现 KG 盆地沉积物厚度最大,有机质含量最高,同时水合物饱和度较大,而 KK 盆地沉积物厚度最小、有机质含量最低,未钻获水合物样品,曼哈纳迪盆地和安德曼海盆地的沉积物厚度、有机质含量及水合物饱和度介于中间。结合我国南海水合物的钻探实际,可以认为沉积物厚度和有机质含量对印度专属经济区天然气水合物具有重要的控制作用。

关键词:沉积物厚度;有机质含量;天然气水合物;控制因素;印度专属经济区

中图分类号:P736.21;TE12

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2018.06006

1 引言

天然气水合物资源量巨大,全球储量达 $2.1 \times 10^{16} \text{ m}^3$, 大约是煤炭油气资源总储量的两倍^[1]。作为一种清洁高效的替代能源,人们越来越重视天然气水合物的调查与研究。

印度近海天然气水合物的调查始于 1984 年,当年印度石油天然气股份有限公司(ONGC)在安德曼岛近海地区的地震剖面上发现了 BSR^[2],而

BSR 的出现通常归因于天然气水合物的存在,之后许多组织开展了有关天然气水合物的多道地震调查,编制了印度天然气水合物资源分布图。1997 年,印度国家天然气水合物项目(NGHP)成立,其最终目标是希望利用这种非常规能源来实现碳氢化合物的最大自给自足。2002—2003 年,印度东岸和西岸开展了各种地质和地球物理调查,获得了包括测深数据、深部数字侧扫声呐成像、重磁、岩心地球化学和微生物等资料。综合研究显示,KG 盆地为一个 NE—SW 走向的海底高地,水深变化在 900~1 400 m 之间。岩心样品分析结果揭示,海底高地的顶部富集甲烷,表明 KG 盆地的地质条件非常有利于天然气水合物的赋存,因而 KG 盆地成为印度国家天然气水合物项目第一期(NGHP-01)钻井站位选择的重点区域之一。基于孔隙水 Cl^- 含量和岩心红外成像分析,KG 盆地天然气水合物的赋存类型可细分为 4

收稿日期:2018-03-20

基金项目:国家自然科学基金(41273066);国家青年自然科学基金(41406080);国家专项(DD20160155,GZH201100304)

作者简介:孟明(1995—),女,在读硕士,主要从事天然气水合物研究工作。E-mail:mengming0809@163.com

* 通讯作者:龚建明(1964—),男,博士,研究员,主要从事海洋油气与水合物研究工作。E-mail:gongjianm@aliyun.com

个亚类:①较低浓度的天然气水合物以孔隙充填或者裂缝充填的形式分散在沉积物中(NGHP-01-03、07、14、16、20);②中等浓度的天然气水合物以孔隙充填或者裂缝充填的形式分散在较厚的沉积物中(NGHP-01-05);③高饱和度的天然气水合物以孔隙充填的形式分散在粗粒沉积物中(NGHP-01-15);④在以黏土为主的沉积物中,存在和高角度断裂有关的大量天然气水合物(NGHP-01-10、12、21)^[3]。调查研究显示,水合物存在于印度近岸砂岩储层系统中,KG 盆地 NGHP-01-15 站位发现了发育最好,相对较薄的含水合物的砂岩储层^[4]。曼哈纳迪盆地部分站位存在少量分散状的水合物。安德曼海的 NGHP-01-17 站位在多孔的火山灰层中也发现了高浓度的水合物。KK 盆地为一条 NW—SE 走向的山脊,虽然也是 NGHP-01 计划重要的钻井站位选择区,但是,钻探结果显示,K-K 盆地并没有天然气水合物存在的证据。

为了探讨印度专属经济区天然气水合物的主控因素,笔者收集整理了上述 4 个盆地与水合物赋存有关的资料,对比分析认为,沉积厚度和有机质丰度是印度专属经济区天然气水合物的主要控制因素。

2 沉积物厚度对印度水合物的控制

综合研究认为,印度专属经济区的水深、海底温度、地形地貌、BSR、沉积厚度、TOC 含量、沉积速率及地温梯度表明水合物在孟加拉湾和阿拉伯海 2 个地区都拥有极好的前景^[5-6]。其中,KG、安德曼海、曼哈纳迪及 KK 盆地的沉积物厚度分别为 4 000~7 000 m、4 000 m、3 000 m 和 2 000~3 000 m(图 1,表 1)^[7]。

研究结果认为^[8,9],沉积速率 > 30 m/Ma 并且总有机碳(TOC) > 0.5% 是盆地中生物甲烷形成的必要条件,由此可见,沉积速率、沉积厚度及有机质含量对水合物的形成有一定的控制作用。

2.1 KG、曼哈纳迪、安德曼海、KK 盆地沉积背景及天然气水合物勘探情况

KG 盆地位于印度东岸,是一个典型的被动边缘型盆地,侧向延伸 500 km,从岸边至 1 000 m

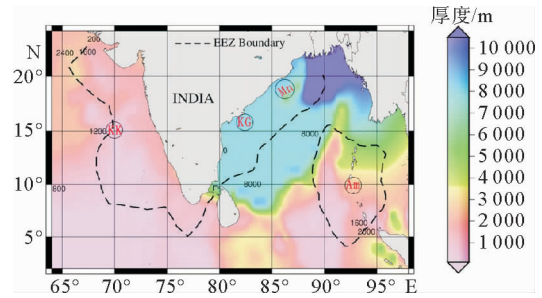


图 1 印度专属经济区沉积物厚度
(EEZ Boundary: 印度专属经济区边界;据文献[7])

Fig. 1 Sediment thickness map along the continental margins of India with EEZ boundary (from reference [7])

表 1 KG 盆地、曼哈纳迪盆地、安德曼海、KK 盆地沉积速率和厚度对比表(据文献[7,11,15,18,20])

Table 1 Comparison of sedimentation rate and sediment thickness among KG, Mahanadi, Andaman Sea and KK Basin (from references [7,11,15,18,20])

盆地	盆地性质	沉积速率/(m/Ma)	沉积厚度/km
KG 盆地	被动陆缘	125~480	4~7
曼哈纳迪盆地	被动陆缘	10~130	4
安德曼海	弧后盆地	80	3
KK 盆地	被动陆缘	4~25	2~3

等深线的宽度超过 200 km^[10]。陆上面积约 15 000 km²,海域面积至少 25 000 km²。KG 盆地沉积速率达 125~480 m/Ma^[11],沉积物厚度达 4~7 km,沉积地层的年代从晚石炭世至更新世,克里希那和戈达瓦里河从印度次大陆输送大量沉积物入海,自晚白垩世以来,克里希那和戈达瓦里河三角洲往海域方向不断堆积^[12],这些沉积物是重要的油气和水合物的勘探目标。NGHP-01 期间在 KG 盆地选择的站位位于两条河流入海方向上。

NGHP-01 期间,KG 盆地布设了 15 个站位(31 个钻孔),通过测井和岩心数据获得了水合物存在的证据。10 号站位在海底之下约 27~160 m 井段采集到水合物岩心,保压岩心分析结果显示,块状水合物分布在以黏土为主的沉积物中,饱和度在 2%~31%之间,与高角度断裂有关^[13]。另外,5 号和 15 号站位也采集到了水合物样品,5 号站位水合物饱和度较高,充填于裂缝或者厚层沉积物的孔隙中。15 号站位水合物饱和度高,充填

于粗粒沉积物的孔隙中。通过测井和岩心样品分析推测存在水合物的站位还有3、4、6、7、13、14、16站位。另外,研究显示^[14],KG盆地三角洲下部沉积体系是最有利于水合物存在的地区之一,以厚层沉积为特征。

曼哈纳迪盆地的地质演化史与KG盆地相类似,为印度东岸的克拉通边缘型盆地。盆地中断层构造以地垒和地堑为特征。曼哈纳迪盆地的沉积速率在10~130 m/Ma之间^[11],从白垩纪到现在,沉积厚度达到4 km^[15]。到目前为此,印度东部边缘的整个沉积演化史都与曼哈纳迪和戈达瓦里河的搬运沉积有关,因为这两条河流均有很高的沉积物搬运速率^[16-17]。NGHP-01期间,钻探站位的沉积作用表现为典型的深水沉积物特征,包括大面积的沉积扇、切割-充填河道和大量的生长断层。

NGHP-01期间,曼哈纳迪盆地布设了4个站位,虽然8号和9号站位未被选做取心站位,但根据地震反射特征及运用阿尔奇公式计算水合物饱和度推测这2个站位可能存在水合物。18号和19号站位为钻探取心站位,18号站位沉积物岩心出现大量较小的远红外热异常,说明分散状水合物存在于海底之下55~65 m层段以及115~180 m层段的富黏土沉积物内。孔隙水地球化学数据也表明115~180 m深度段有轻微的孔隙水淡化现象,与远红外热异常相一致,进一步证实了这个深度段存在有少量的分散状水合物。19号站位的BSR深度、远红外热异常、孔隙水淡化现象、阿尔奇公式计算结果以及来自128.0~195.3 m深度段的2个压力岩心分析表明,BSR深度(海底之下170~205 m)之上岩心以及125~130 m层段内均有水合物存在的迹象^[13]。

安德曼海位于孟加拉湾东部边缘,是一个复杂的弧后盆地,北部以缅甸为界,东部以泰国、马来西亚为界,西部以安德曼和尼科巴群岛为界。安德曼盆地北部的沉积以硅质碎屑沉积为主,这些沉积物包括中新世到现在的沉积物,主要来自伊洛瓦底江的沉积物搬运。安德曼海沉积速率平均可达80 m/Ma^[18],平均沉积厚度约3 km^[7],其中,安德曼增生楔的沉积速率较高,可达50~130 m/Ma^[11],伊洛瓦底江贡献了安德曼盆地中央海槽沉积物的86%,中央海槽沉积厚度约

1.5 km^[19]。

17号站位是NGHP-01期间唯一一个在安达曼群岛岸外地区钻探的站位,取心和电缆测井分析显示,水合物充填于沉积物孔隙中。地震剖面显示,BSR位于海底之下608 m左右。在取自海底之下586.3 m深度(位于BSR深度之上)的一个压力岩心中采集到了大量的甲烷,另一个来自672.3 m深度的压力岩心(位于BSR之下)也含有大量的甲烷,被认为是游离气存在的标志。该站位BSR的分布深度较大,位于海底之下600 m左右,在多孔的火山灰层中发现了饱和度较高的水合物^[13]。

KK盆地是印度西部海域东端的被动边缘型沉积盆地,以复杂的山脊地堑为特征,沉积速率较低,仅有4~25 m/Ma^[11],沉积物平均厚度2~3 km^[20],KK盆地的沉积物主要来自西高止山脉(Western Ghats)^[21]。

1号站位(计划书中的KKGH01站位)是NGHP-01期间在印度西部陆缘阿拉伯海(KK盆地)中钻探的唯一一个站位。其显著特征是,该站位的深海沉积物碳酸盐含量高而有机质含量低。KK盆地位于阿拉伯海的最东端,沉积速率低,沉积厚度薄,目前,该站位没有观察到水合物存在的迹象或指标^[13]。

通过对比印度专属经济区4个盆地的沉积速率、沉积厚度与水合物的钻探结果可以看出,沉积速率或沉积厚度大,发现水合物的可能性就大。

3 有机质丰度对印度水合物的控制

前已述及,沉积速率对印度专属经济区4个盆地的水合物成藏具有控制作用。不仅如此,快速沉积还有利于有机质的保存,大量有机质的迅速埋藏为后期甲烷的生成提供了物质基础,因此,有机质丰度的高低同样控制了水合物的形成和聚集。印度专属经济区4个盆地平均TOC含量和水合物饱和度见表2。

NGHP-01期间,钻井岩心中平均TOC含量最大的是KG盆地,平均达1.58%,其次分别是曼哈纳迪盆地和安德曼海盆地,最低的是KK盆地,仅有0.27%。有机质丰度的大小与相应站位所获得的水合物饱和度相一致,例如KG盆地的10

表 2 KG、曼哈纳迪、安德曼海、KK 盆地平均 TOC 含量和水合物饱和度(据文献[13,22])

Table 2 Average TOC content and hydrate saturation among KG, Mahanadi, Andaman Sea and KK Basin (from references [13,22])

盆地	TOC 均值/%	水合物饱和度/%
KG 盆地	1.58	31
曼哈纳迪盆地	1.12	15
安德曼海	0.73	20
KK 盆地	0.27	0

号站位岩心水合物的饱和度接近 2% 至超过 31%;曼哈纳迪盆地 19 号站位 19A 孔,BSR 之上 25 m 处水合物饱和度较低,为 15%;安德曼海 17 号站位,利用电阻率测井数据计算的结果表明,BSR 之上整个测井段薄层水合物的饱和度约为 20%,最高的饱和度值与 IR 推测的饱和度相近,约为 50%^[13]。由于 17 号站位位于安德曼增生楔,沉积速率较高,所以水合物的饱和度也比较大。在 KK 盆地 1 号站位没有观察到水合物的迹象或指标。由此可见,有机质含量的高低与水合物的饱和度具有一定的正相关性,即:有机质含量高通常对应较高的水合物饱和度。

4 讨论

我国海域天然气水合物勘探主要集中在南海北部陆坡,中国地质调查局组织实施了多个航次的钻探^[23],均成功钻获了天然气水合物样品。南海北部陆坡区地形复杂,许多大中型新生代沉积盆地(台西南盆地、珠江口盆地、琼东南盆地和莺歌海盆地等)跨越了陆坡区,最大沉积厚度超过 10 km,展示出了良好的天然气水合物勘探前景^[24]。并且根据南海北部陆坡地质特点沿着陆坡划分出台西南盆地、东沙海域、神狐海域、西沙海槽、琼东南盆地等水合物远景区^[25]。

2007 年,中国地质调查局在南海神狐海域首次实施天然气水合物钻探工程,神狐海域位于西沙海槽与东沙群岛之间。晚中新世以来沉积速率较高,更新世平均沉积速率为 40~80 m/Ma,上新世平均沉积速率为 20~60 m/Ma。神狐海域沉积物有机碳含量与东沙海域相近,平均值为

0.7%^[26]。神狐海域在 SH2、SH3、SH7 站位钻获水合物样品^[27],SH2、SH3、SH7 的水合物饱和度分别为 25%~48%、20%~25%、20%~42%。

东沙海域 0.12 Ma 以来,沉积速率介于 469~730 m/Ma,说明钻探区沉积速率相当高,主要是由于陆源物质的大量输入造成,丰富的陆源物质输入使有机碳含量升高,钻探区有机碳含量介于 0.5%~1.49%,平均值为 0.81%^[28]。2013 年 M/V REM Etive 钻探船在紧邻珠江口盆地东部的台西南盆地中部隆起附近地区水深 664~1 420 m 范围内钻探 13 个站位,钻探取心结果表明,5 个站位的钻井(GMGS2-16、GMGS2-05、GMGS2-07、GMGS2-08、GMGS2-09)均不同程度地发现了块状、层状、团块状、脉状及分散状等赋存于粉砂质黏土及生物碎屑灰岩中的水合物。另外,还有 3 个站位钻井(GMGS2-02、GMGS2-12、GMGS2-01)的测井资料显示声波速度和电阻率存在异常,据此推断存在分散状水合物^[23]。据孔隙水 Cl^- 浓度含量推算,水合物饱和度介于 45%~100%^[29]之间。

对比分析神狐和东沙海域沉积物沉积速率、有机碳含量与水合物饱和度之间的关系同样可以看出(表 3),沉积速率和有机质含量对水合物的饱和度具有控制作用,其表现为,当沉积速率高或有机质丰度高时,水合物饱和度则高。

表 3 神狐海域和东沙海域沉积物沉积速率、有机碳含量及水合物饱和度对比表(据文献[26-29])

Table 3 Comparison of sedimentation rate, organic carbon content and hydrate saturation among KG, Mahanadi, Andaman Sea and KK Basin (from references [26-29])

海域	沉积速率/ (m/Ma)	平均有机 碳含量/%	水合物饱 和度/%
神狐海域	更新世:40~80	0.7	SH2:25~48
	上新世:20~60		SH3:20~25 SH7:20~42
东沙海域	469~730	0.81	45~100

5 结论

(1)印度专属经济区 4 个盆地分属不同的沉积环境,从沉积速率、沉积厚度、有机质含量与水合物钻探结果来看,其之间具有一定的正相关关

系。特别是当 KG 盆地沉积厚度达到最大、有机质丰度最高时,水合物饱和度最大可达 30%以上。

(2)结合南海神狐和东沙水合物调查研究成果,可以认为沉积物厚度和有机质含量对印度专属经济区天然气水合物具有重要的控制作用。

参考文献:

- [1] Makogon Y F, Holditch S A, Makogon T Y. Natural gas hydrate—A potential energy source for the 21st century [J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2007, 56: 14-31.
- [2] Chopra N N. Gas hydrate—an unconventional trap in forearc regions of the Andaman offshore[J]. *Bull. Oil Nat. Gas Corp.*, 1985, 22 (1): 41-54.
- [3] Collett T S, Boswell R, Cochran J R, et al. Geologic implications of gas hydrates in the offshore of India; Results of the National Gas Hydrate Program Expedition 01[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2014, 58: 3-28.
- [4] Collett T, Riedel M, Cochran J, et al. The NGHP expedition 01 scientific party, Indian national gas hydrate program expedition 01 initial reports[R]. Prepared by the U. S. geological survey and published by the directional general of hydrocarbons ministry of Petroleum & Natural Gas, India, 1 DVD, 2008.
- [5] Sain K, Gupta H K. Gas hydrates: Indian scenario [J]. *Journal of Geological Society of India*, 2008, 72: 299-311.
- [6] Sain K, Ojha M. Identification and quantification of gas hydrates: a viable source of energy in the 21st century[M]. *Memoir, Geological Society of India*, 2008, 68: 273-288.
- [7] Saina K, Rajesh V, Satyavani N, et al. Gas-hydrate stability thickness map along the Indian continental margin [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2011, 28(10): 1779-1786.
- [8] Milkov A V, Sassen R, Defreitas D. Gas Hydrate in the Gulf of Mexico[R]. *Applied Gas Hydrate Research Program, Year III, Final Report*, 2002: 2-5.
- [9] Davie M K, Buffet B A. A numerical model for the formation of gas hydrates below the seafloor [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2001, 106: 497-514.
- [10] Bastia R. An overview of Indian sedimentary basins with special focus on emerging east coast deepwater frontiers [J]. *The Leading Edge*, 2006, 25 (7): 818-829.
- [11] Flores J A, Johnson J E, Mejia-Molina A E, et al. Sedimentation rates from calcareous nannofossil and planktonic foraminifera biostratigraphy in the Andaman Sea, northern Bay of Bengal, and Eastern Arabian Sea[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2014, 58: 425-437.
- [12] Bastia R, Nayak P K. Tectonostratigraphy and depositional patterns in Krishna offshore basin, Bay of Bengal [J]. *The Leading Edge*, 2006, 25 (7): 839-845.
- [13] Kumar P, Collett T S, Boswell R, et al. Geologic implications of gas hydrates in the offshore of India; Krishna Godavari Basin, Mahanadi Basin, Andaman Sea, Kerala Konkan Basin [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2014, 58: 29-98.
- [14] Max M D. Gas hydrate potential of the Indian sector of the NE Arabian Sea and Northern Indian Ocean[M]// Max M D. *Natural Gas Hydrate in Oceanic and Permafrost Environments*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000: 213-224.
- [15] Nyak G K, Rao Ch R. Structural configuration of Mahanadi Offshore Basin, India: an Aeromagnetic study [J]. *Marine Geophysical Researches*, 2002, 23: 471-479.
- [16] Sastri V V, Venkatachala B S, Narayanan V. The evolution of the east coast of India[J]. *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.*, 1981, 36: 23-54.
- [17] Biksham G, Subrahmanyam V. Sediment transport of the Godavari River Basin and its controlling factors [J]. *Hydrol*, 1988, 101: 275-290.
- [18] Sethi A K, Sathe A V, Ramana M V. Potential natural gas hydrate resources in Indian offshore areas[C]// Am. Assoc. Pet. Geol., Hedberg conference 'Gas hydrate: Energy resource potential and associated geologic hazards', Vancouver, BC, Canada, Proc. Aapg, 2004, 1-6.
- [19] Kelvin S, Rodolfo. Sediments of the Andaman Basin, northeastern Indian Ocean [J]. *Marine Geology*, 1969, 7 (5): 371-402.
- [20] Biswas S K, Singh N K. Western continental margin of India and hydrocarbon potential of deep sea basins[C]// 7th Offshore South Asia Conference, Singapore, 1988, 170-181.
- [21] Clift P D, Shimizu N, Layne G, et al. Development of the Indus Fan and its significance for the erosional history of the western Himalaya and Karakoram[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 2001, 113(8): 1039-1051.
- [22] Joel E J, Stephen C P, Marta E T, et al. Influence of total organic carbon deposition on the inventory of gas hydrate in the Indian continental margins [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2014, 58: 406-424.
- [23] Zhang G X, Yang S X, Zhang M, et al. GMGS2 expedition investigates rich and complex gas hydrate environment in the South China Sea [J]. *Fire in the Ice*, 2014, 14(1): 1-5.
- [24] 王宏斌, 张光学, 杨木壮, 等. 南海陆坡天然气水合物成藏的构造环境 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2003, 23 (1): 81-86.
- [25] 杨涛, 蒋少涌, 葛璐, 等. 南海北部神狐海域浅表层沉积物中孔隙水的地球化学特征及其对天然气水合物的指示意义 [J]. *科学通报*, 2009, 54(20): 3231-3240.

- [26] 陈 芳, 苏 新, 周 洋. 南海神狐海域天然气水合物钻探区钙质超微化石生物地层与沉积速率[J]. 地球科学, 2013, 38(1): 1-9.
- [27] 付少英, 陆敬安. 神狐海域天然气水合物特征及其气源[J]. 海洋地质动态, 2010, 26(9): 6-10.
- [28] 陈 芳, 庄 畅, 周 洋, 等. 南海东北部陆坡天然气水合物钻探区生物地层与沉积速率[J]. 地球科学, 2016, 41(3): 416-424.
- [29] 张光学, 梁金强, 陆敬安, 等. 南海东北部陆坡天然气水合物藏特征[J]. 天然气工业, 2014, 34(11):1-10.

DISCUSSION ON MAIN CONTROL FACTORS OF GAS HYDRATE IN INDIAN EXCLUSIVE ECONOMIC ZONES

MENG Ming^{1,2,3}, YIN Weihai⁴, GONG Jianming^{2,3*}, HE Yongjun^{2,3}, LIAO Jing^{2,3}

(1 China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China;

2 Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China;

3 Key Laboratory of Gas Hydrate, Ministry of Natural Resources, Qingdao 266071, China;

4 North China Sea Environmental Monitoring Center, SOA, Qingdao 266003, China)

Abstract: The Indian National Gas Hydrate Program Expedition 01 (NGHP-01) was executed in 2006 in the Krishna-Godavari(KG) Basin, Mahanadi Basin, Andaman Sea and Kerala-Konkan (KK) Basin. Hydrate samples were obtained from all these basins except for the KK Basin. In order to study the main controlling factors on gas hydrate in the four basins mentioned above, data of sedimentary background, including sedimentation rate, sediment thickness, total organic carbon (TOC) content in addition to the information on hydrate drilling are collected and compared. The KG Basin is the basin with largest sediment thickness and highest organic matter, and the hydrate saturation is relatively high; while the KK Basin is the basin with smallest sediment thickness and lowest organic matter, and no hydrate samples have been collected so far. Comparing with what we learnt from the South China Sea, it is concluded that sediment thickness and organic matter content have important control over gas hydrates occurrence in the Indian Exclusive Economic Zones.

Key words: sediment thickness; organic matter content; gas hydrate; controlling factors; Indian Exclusive Economic Zones (EEZ)