

塔东地区下古生界原油裂解气资源评价

程宏岗¹, 冉启贵¹, 王宗礼¹, 刘卫红¹, 叶信林¹, 伍大茂², 肖中尧³, 桑 洪³

(1. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院, 河北 廊坊 065007; 2. 中国地质大学能源学院, 北京 100083;

3. 中国石油塔里木油田分公司, 新疆 库尔勒 841000)

摘要:通过系统测定塔东地区下古生界烃源层和储层中的固体沥青含量,进而估算了原油裂解气资源量。整体来看,塔东地区下古生界原始烃源岩曾具有巨大的生烃潜力,并且曾生成过大量原油。在区块上,单位面积固体沥青含量由西向东依次增高;在层位上,中寒武统(烃源层)含固体沥青最多;在期次上,以较早期生成的固体沥青为主,较晚期生成的固体沥青为次;在赋存空间(储集层与烃源层)上,绝大部分(87%)固体沥青均停留在烃源层中,储集层中固体沥青仅占固体沥青总量的13%。裂解生气量、裂解气资源量和固体沥青含量是密切相关的,它们的分布特征也与固体沥青相同,考虑固体沥青的形成期次,遴选适宜的聚集系数,最终计算塔东地区下古生界裂解气资源量为 $(2.18 \sim 4.37) \times 10^{12} \text{ m}^3$,表明塔东地区下古生界具有较好的天然气勘探潜力。

关键词:塔东地区;下古生界;固体沥青;原油裂解气;烃源层;储集层

中图分类号:TE122.2

文献标识码:A

文章编号:1672-1926(2009)05-0707-05

0 引言

原油经高温作用发生裂解,形成原油裂解气^[1-5],同时遗留下固体沥青^[5-15],研究认为原油裂解气和原油沥青(现今的固体沥青)是一对孪生兄弟。裂解气可以运移成藏或扩散殆尽,但固体沥青则留守原地,为人们认识油气成藏过程提供一些重要信息,裂解气量(生气量)就是其中的一个重要方面。一定类型油藏的原油中轻质组分和重质组分往往有比较固定的比例,根据定比定律的基本原则,如果查明了固体沥青的性质和数量,那么就可估算原油裂解气的生气规模^[16-17]。

1 原油裂解气资源评价方法

塔东地区(图1)下古生界地层中的固体沥青是原油裂解生气后的固体残留物^[15],无论是储层沥青或是同层沥青,它们在显微镜下都是可以识别的,可以与无机矿物及其他有机显微组分区别开来,并且通过定量统计确定其含量(丰度)。对于某个地区或某个层位,可以采用类似于油气资源量计算方法或

固体矿产储量计算方法进行固体沥青总量测算。

固体沥青总量对于评估一个地区的油气生成与演化历史是有益的,可为原油裂解气资源量评价提供重要依据。固体沥青总量计算过程如下:

(1)岩石体积(km^3)=区块面积(km^2) \times 地层厚度(km);

(2)固体沥青体积(km^3)=岩石体积(km^3) \times 固体沥青含量(%);

(3)固体沥青量(质量)=固体沥青体积(km^3) \times 比重($14 \times 10^8 \text{ t/km}^3$)。

根据现今固体沥青的蕴藏量可以推算生成这些固体沥青的原油的大致数量,这些曾经存在的原油,不管是聚集成藏的,或者是分散在疏导层或烃源层中的,早已全部裂解成低分子量的天然气和固体沥青。根据地史中可能存在的原油数量推测其裂解生气量,无疑这是符合逻辑的。据已经发现的油藏以及烃源岩抽提物的地球化学资料显示,原油(或氯仿沥青“A”)中沥青质及非烃含量多数都在20%~30%之间,这2类物质中的主要部分在原油裂解基本完成后即转变为软性沥青,进而转变为硬沥青、炭

2.7 烃源层与储层认定

实际工作表明,研究区下古生界地层中的烃源层与储集层很难准确区分和定量表述,往往是同一计算单元中二者均有且相互叠加。粗略地说,中下奥陶统和上寒武统的中部区块以储层为主,确认它们为储集层;中寒武统和下寒武统以烃源层为主,中下奥陶统和上寒武统的东西区块也以烃源层为主,确认它们均属烃源层。总之,研究区储层不发育,烃源岩为主要计算单元。

2.8 聚集系数取值

叠合盆地由于其生烃时间跨度大,经历构造运动多,故在不同时期所生成的油气应该具有不同的聚集系数。系统确定油气聚集系数,需要考虑烃源岩的年龄、成熟度、有机碳含量、烃源岩上覆地层中区域不整合个数、盖层厚度和储层年龄等参数^[19-20],难度颇大,可信度不是很高。研究区目前还未见到针对天然气聚集系数的专门统计,故在具体研究过程中,运聚系数取经验值,其范围在0.1%~1%^[21]之间,有学者采用过0.01%^[22-23]。在经验值范围内,为力求接近客观实际,又根据固体沥青形成期次^[15],设定不同期次裂解气聚集系数的区间值,分别予以计算,具体为:早期形成固体沥青的裂解气距今时间相对较远,聚集系数取值在0.1%~0.2%之

间;晚期形成固体沥青的裂解气距今时间相对较近,裂解气损失相对较少,聚集系数取值在0.5%~1.0%之间。

3 评价结果

塔东地区中下奥陶统及寒武系地层中固体沥青蕴藏量计算结果列于表1。计算结果表明,研究区内固体沥青蕴藏量多达 $3\,931.84\times10^8\text{ t}$,这反映研究区原始烃源岩曾具有巨大的生烃潜力,并且曾生成过大量原油。在此基础上计算该区的裂解气量为 $917.43\times10^{12}\text{ m}^3$,最后运用所取聚集系数计算全区裂解气资源量为 $(2.18\sim4.37)\times10^{12}\text{ m}^3$ 。固体沥青量、裂解生气量和裂解气资源量是密切相关的,它们的分布特征近于相同。

(1)中下奥陶统及上寒武统地层按区块分(表1),西部区块的固体沥青量、裂解生气量、裂解气资源量(裂解气资源量分别取2个不同的聚集系数计算)分别占各自总量的13%、5%、8%和8%,中部区块的这个比例为69.3%、30%、22%和21%,东部区块为18%、7%、11%和11%。由此可见在这2个层位中,整体上固体沥青主要蕴藏在中部区块,西部区块和东部区块所占比例甚小,原油裂解也主要发生在中部区块。但若以单位面积计算(以固体沥青

表1 塔东地区原油裂解气计算

序号	层位	区块	期次	类型	面积 (km ²)	厚度 (km)	岩石体 积(km ³)	固体沥 青含量	固体沥青 体积(km ³)	固体沥 青比重	固体沥青重 量(×10 ⁸ t)	原油 (×10 ⁸ t)	裂解气 (×10 ¹² m ³)	资源量1 (×10 ¹² m ³)	资源量2 (×10 ¹² m ³)
1	O ₁₋₂	1	1	1	19 200	0.1	1 920	0.000 5	0.96	1.4	13.44	44.8	3.14	0	0.01
2	O ₁₋₂	1	2	1	19 200	0.1	1 920	0.001	1.92	1.4	26.88	89.6	6.27	0.03	0.06
3	O ₁₋₂	2	1	2	86 400	0.12	10 368	0.004 3	44.58	1.4	624.15	2 080.51	145.64	0.15	0.29
4	O ₁₋₂	2	2	2	86 400	0.12	10 368	0.000 7	7.26	1.4	101.61	338.69	23.71	0.12	0.24
5	O ₁₋₂	3	1	1	9 200	0.28	2 576	0.0017	4.38	1.4	61.31	204.36	14.31	0.01	0.03
6	Є ₃	1	1	1	19 200	0.26	4 992	0.000 8	3.99	1.4	55.91	186.37	13.05	0.01	0.03
7	Є ₃	1	2	1	19 200	0.26	4 992	0.001 6	7.99	1.4	111.82	372.74	26.09	0.13	0.26
8	Є ₃	2	1	2	84 000	0.17	14 280	0.001 7	24.28	1.4	339.86	1 132.88	79.3	0.08	0.16
9	Є ₃	2	2	2	84 000	0.17	14 280	0.000 5	7.14	1.4	99.96	333.2	23.32	0.12	0.23
10	Є ₃	3	1	1	11 600	0.22	2 552	0.001 5	3.83	1.4	53.59	178.64	12.5	0.01	0.03
11	Є ₃	3	2	1	11 600	0.22	2 552	0.005 3	13.53	1.4	189.36	631.19	44.18	0.22	0.44
12	Є ₃	4	1	1	100	0.02	2	0.048 3	0.1	1.4	1.35	4.51	0.32	0	0
13	Є ₃	4	2	1	100	0.02	2	0.089 7	0.18	1.4	2.51	8.37	0.59	0	0.01
14	Є ₂	0	1	2	100 000	0.19	21 812	0.003 2	69.8	1.4	977.18	3 257.26	228.01	0.23	0.46
15	Є ₂	0	2	2	100 000	0.19	21 812	0.001 8	39.26	1.4	549.66	1 832.21	128.25	0.64	1.28
16	Є ₁	0	1	2	100 000	0.09	10 332	0.003 1	32.03	1.4	448.41	1 494.7	104.63	0.1	0.21
17	Є ₁	0	2	2	100 000	0.09	10 332	0.001 9	19.63	1.4	274.83	916.1	64.13	0.32	0.64
合计											3 931.84	13 106.1	917.43	2.18	4.37

区块:0为全区,1为西部区块,2为中部区块,3为东部区块,4为古油藏;期次:1为早期,2为晚期;类型:1为储层,2为烃源岩层为例),西部区块每平方公里含固体沥青 $110.4\times10^4\text{ t}$,中部区块每平方公里含固体沥青 $134.9\times10^4\text{ t}$,东部区块每平方公里含固体沥青 $330.7\times10^4\text{ t}$,由西向东,单位面积内固体沥青含量是依次增高的;相同的裂解生气量和裂解气资源量也具有这种趋势。

(2)按层位分,中寒武统(烃源层)含固体沥青、裂解生气量和裂解气资源量最多,分别占全区总量的39%、39%、40%;其他3个层位不相上下,各占约20%左右(图2)。以固体沥青为例,若以岩石单位体积计算,中下奥陶统每平方公里岩石含固体沥

青为 607×10^4 t,上寒武统为 369×10^4 t,中寒武统和下寒武统均为 700×10^4 t。统计表明,固体沥青平均丰度除上寒武统较低以外,其他3个层位比较接近,总体上说固体沥青分布比较均匀,与裂解生气量和裂解气资源量的分布规律相同。

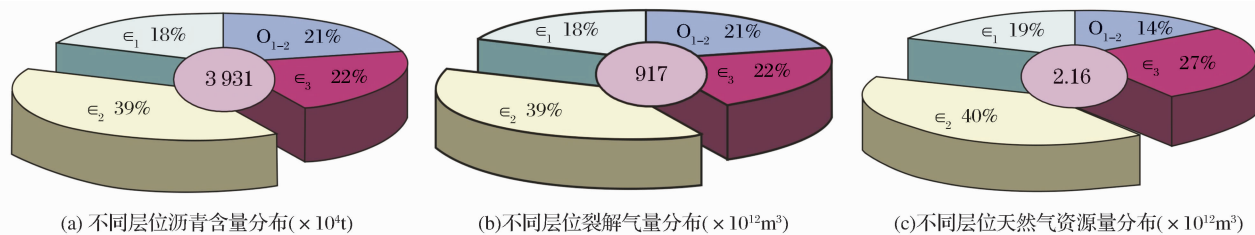


图2 不同层位沥青含量、裂解气量、天然气资源量分布

(3)按期次分,较早期形成的固体沥青和裂解生气量分别占各自总量的65%、65%,较晚期形成的固体沥青、裂解生气量只占各自总量的35%、35%(图3),这表明研究区以较早期生成的固体沥青和裂解气为主,较晚期生成的固体沥青和裂解气为次,数量上约为2:1的关系;而早期的裂解气资源量仅占总量的28%,晚期的裂解气资源量占总量的72%,说明晚期的聚集对裂解气的资源量贡献大。

青均停留在烃源层中,属于同层沥青(图4),而相应的裂解生气量和裂解气资源量也是烃源岩中所占的比重较大。研究区储层不发育,仅见于中下奥陶统和上寒武统的西部区块和东部区块,最大分布面积仅占全区面积的25%左右。一般认为,原油裂解气来自于古油藏,而在塔东地区的下古生界,分散在源岩中的原油裂解所占比重较大。

(4)按储集层与烃源层分,储集层中含固体沥青仅占固体沥青总量的13%,其余87%以上的固体沥

青均停留在烃源层中,属于同层沥青(图4),而相应的裂解生气量和裂解气资源量也是烃源岩中所占的比重较大。研究区储层不发育,仅见于中下奥陶统和上寒武统的西部区块和东部区块,最大分布面积仅占全区面积的25%左右。一般认为,原油裂解气来自于古油藏,而在塔东地区的下古生界,分散在源岩中的原油裂解所占比重较大。

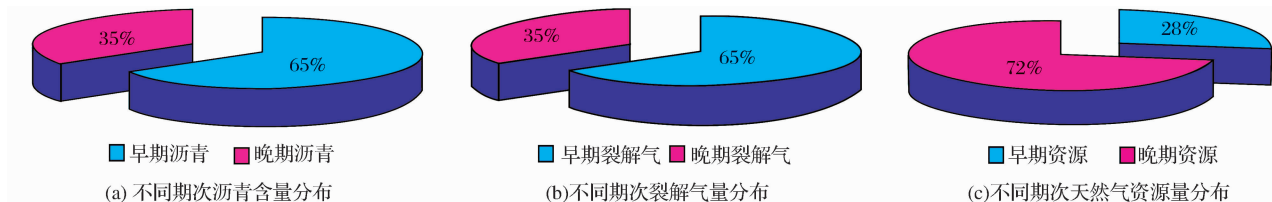


图3 不同期次沥青含量、裂解气量、天然气资源量分布

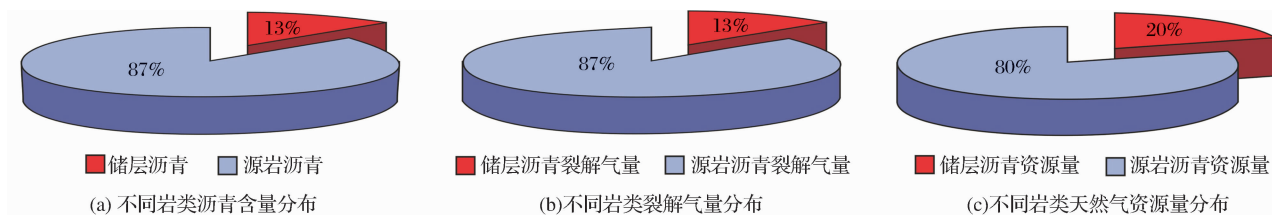


图4 不同岩类沥青含量、裂解气量、天然气资源量分布

算,固体沥青、裂解生气量和裂解气资源量分别占全区总量的0.11%、0.09%和0.23%。进一步开展工作,塔东地区可能会有更多古油藏发现。

4 结论

(1)塔东地区下古生界整体上还是中部区块的裂解气资源量最大,但单位面积裂解气资源量东部区块最高。

(2)中寒武统无论裂解气资源总量,还是单位面积裂解气资源量都最多。

(3)固体沥青和裂解气虽然以较早期生成的为主,但晚期的聚集对裂解气的资源量贡献较大,这是天然气后期成藏的关键因素。

(4)相对古油藏而言,分散在源岩中的原油裂解气对原油裂解气量的贡献较大。

(5)来自古油藏的原油裂解气同样不可忽视。

参考文献:

- [1] 赵孟军,卢双舫.原油二次裂解气——天然气重要的生成途径[J].地质论评,2000,46(6):645-650.
- [2] 赵孟军,曾凡刚,秦胜飞,等.塔里木发现和证实两种裂解气[J].天然气工业,2001,21(1):35-38.
- [3] 王振平,付晓泰,卢双舫,等.原油裂解气模拟实验——产物特征及其意义[J].天然气工业,2001,21(3):12-14.
- [4] 陈世加,付晓文,马力宁,等.干酪根裂解气和原油裂解气的成因判识方法[J].石油实验地质,2002,24(4):364-366.
- [5] 张水昌,赵文智,王飞宇,等.塔里木盆地东部地区古生界原油裂解气成藏历史分析——以英南2气藏为例[J].天然气地球科学,2004,15(5):441-451.
- [6] Rogers M A, Mcalary J D, Bailey J L. Significance of reservoir bitumens to thermal-maturation studies, western Canada Basin[J]. AAPG Bulletin, 1974, 58(9):1806-1824.
- [7] Jacob H. Classification, structure, genesis and practical importance of natural solid bitumen (“migrabitu men”) [J]. International Journal of Coal Geology,1989,11:65-79.
- [8] 赵汉青,林峰.天然固体沥青的结构、成因及在油气勘探中的意义[C]//中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放研究实验室年报.北京:科学出版社,1987:269-276.
- [9] Birger R. Fluorescent growth band in irradiated-bitumen nodules: Evidence of episodic hydrocarbon migration [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81(1):17-25.
- [12] 刘洛夫,赵建章,张水昌,等.塔里木盆地志留系沥青砂岩的成因类型及特征[J].石油学报,2000,21(6):12-17.
- [13] 孙玉善,金英爱,顾乔元,等.塔东2井古油藏成藏期分析[J].石油勘探与开发,2003,30(5):31-33.
- [14] 杨永才,张枝焕,常象春,等.塔里木盆地 YN2 井储层沥青的地球化学特征及成因分析[J].矿物岩石,2006,26(2):92-96.
- [15] 程宏岗,冉启贵,叶信林,等.塔东地区下古生界固体沥青特征研究[J].石油勘探与开发,2009,待刊.
- [16] 付小东,秦建中,腾格尔,等.固体沥青——反演油气成藏及改造过程的重要标志[J].天然气地球科学,2009,20(2):167-173.
- [17] 贺训云,王招明,贺晓苏,等.塔里木盆地原油裂解气资源估算[J].新疆石油地质,2008,29(2):182-186.
- [18] 冉启贵,程宏岗,肖中尧,等.塔东地区构造热事件及其对原油裂解的影响[J].现代地质,2008,22(4):541-547.
- [19] 柳广第,赵文智,胡素云,等.油气运聚单元石油运聚系数的预测模型[J].石油勘探与开发,2003,30(5):53-55.
- [20] 刘成林,刘人和,罗霞,等.天然气资源评价重点参数研究[J].沉积学报,2004,22(增刊):79-83.
- [21] 庞雄奇,金之钧,姜振学,等.叠合盆地油气资源评价问题及其研究意义[J].石油勘探与开发,2002,29(1):9-13.
- [22] 赵孟军,周兴熙,卢双舫,等.塔里木盆地——富含天然气的盆地[J].天然气工业,1999,19(2):13-18.
- [23] 卢双舫,王振平,赵孟军,等.从成油成气期论塔里木盆地的油气勘探[J].石油学报,2000,21(4):7-12.

Resources Assessment of the Lower Paleozoic Oil Cracked Gas in Eastern Tarim Basin

CHENG Hong-gang¹, RAN Qi-gui¹, WANG Zong-li¹, LIU Wei-hong¹,
YE Xin-lin¹, WU Da-mao², XIAO Zhong-yao³, SANG Hong³

- (1. Research Institute of Petroleum Exploration & Development -Langfang, Langfang 065007, China;
2. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
3. PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla 841000, China)

Abstract: According to the systematically testing solid bitumen content of the Lower Paleozoic source rock and reservoir in Tadong, the eastern Tarim basin, we have estimated the cracked gas resources in the paper. On the whole, the Lower Paleozoic source rock has a tremendous hydrocarbon generating potential and generates a great deal of crude oil at one time in Tadong. At the blocks, the solid bitumen content per unit area increases from west to east. In horizons, the solid bitumen is much more in the Middle Cambrian source rock than that in any others. With respect to the stages, the early solid bitumen is more than that in late one. In accumulating position (in reservoir or in source rock), most of solid bitumen, 87%, rests on the source rock, only 13% of them in the reservoir. The amount of solid bitumen content, cracked gas and cracking gas resource are closely interrelated, and their distributing characters are the same with that of solid bitumen. Choosing a sound accumulation coefficient, the Lower Paleozoic cracking gas resource in Tadong is about $(2.18 \sim 4.37) \times 10^{12} \text{ m}^3$. That is to say, the exploration potential for natural gas is great in the Lower Paleozoic rocks in Tadong.

Key words: Eastern Tarim basin (Tadong); Lower Paleozoic; Solid bitumen; Oil-cracked gas; Source rock; Reservoir.