

文章编号: 1000-0550(2009) 03-0551-07

我国不同储量丰度大中型气田形成的聚散气速率特征¹

付 广 庚 琪

(大庆石油学院 地球科学学院 黑龙江大庆 163318)

摘 要 通过我国 41 个大中型气田天然气扩散散失量计算和地质储量、含气面积及形成时期统计, 对其扩散散失气速率、聚气速率和聚散气速率比值进行了研究, 得到我国 41 个大中型气田天然气扩散散失气速率为 $0.2 \times 10^6 \sim 49.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2\text{Ma}$ 平均为 $7.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2\text{Ma}$ 聚气速率为 $2.1 \times 10^6 \sim 528.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2\text{Ma}$ 平均为 $79.4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2\text{Ma}$ 聚散气速率比值为 $1.5 \sim 94.2$, 平均为 14.5 。通过我国 41 个大中型气田储量丰度与聚散气速率比值关系研究得到, 二者为正比关系, 聚散气速率比值越大, 大中型气田储量丰度越高; 反之则越低。我国要形成高储量丰度大中型气田的聚散气速率比值最小应大于 4.1, 中等储量丰度大中型气田形成的聚散气速率比值在 4.1~2.3 之间, 低储量丰度大中型气田形成的聚散气速率比值应小于 2.3。

关键词 储量丰度 大中型气田 散失速率 聚气速率

第一作者简介 付广 男 1962 年出生 教授 博士生导师 油气藏形成与保存 E-mail: fuguang2008@126.com

中图分类号 TE122.1 **文献标识码** A

天然气与石油相比在形成环境和散失性上存在着明显的差异性, 天然气除了像石油具有有机成因外, 还存在无机成因。即使是有机成因的天然气形成环境也较石油广泛, 它不像石油仅形成于液态窗范围内, 而是贯穿于整个有机质成烃过程的始终。由于天然气较石油分子小, 重量轻, 流动性强, 在地下较石油有更强的散失性。正是由于天然气与石油这两方面的差异, 造成天然气在地下的运聚成藏具有动平衡特征。目前气藏地质储量大小应是源岩中天然气不断聚集和进入气藏中天然气不断散失的最终平衡结果。气藏储量丰度的高低明显受到气藏聚集气量和散失量相对大小的制约, 气藏聚集量越大, 散失量越小, 形成的气藏储量丰度越高, 反之则越低。由于气藏聚集量和散失量的计算, 尤其是散失量计算中的诸多因素难以准确计算, 为此本文这里用气藏聚气速率和散失气速率代替聚集量和散失量研究气藏的聚散特征。关于气藏聚气速率和散失气速率作者虽也做过一些研究和探讨^[1-3], 但由于认识水平及研究手段的限制, 考虑的地质因素尚不全面, 只考虑了目前气藏的地质储量, 而没有考虑气藏形成过程中及形成后天然气的散失量, 使得气藏聚气速率研究还不能准确地反映气藏形成过程中的聚散特征。因此, 开展我国不同储量丰度大中型气田形成的聚散气速率比值研究, 对于研究我国不同储量丰度的大中型气田形成条件, 寻

找不同储量丰度的大中型气田均具有重要意义。

1 气藏散失气速率及我国大中型气田特征

大量研究结果表明, 目前能够被保存下来的气藏, 表明在其形成过程中和形成之后很少或没有遭到强烈的构造改造。亦即是说其通过断裂发生的天然气渗滤散失作用并不是主要的, 而主要的应是其在浓度差作用下通过孔隙的扩散散失。

1.1 气藏天然气扩散散失速率计算的数学模型

由于气藏与上覆地层之间存在着含气浓度差, 气藏中的天然气将在此浓度差的作用下通过上覆地层岩石孔隙向地表发生扩散散失, 其地质模型如图 1 所示。按照图 1 中天然气扩散散失模型, 由费克定律可以得到天然气扩散散失气速率 (单位时间内通过单位面积气藏天然气扩散散失量大小) 大小可由式 1 计算求得。

$$v_{\text{失}} = \frac{Q_{\text{失}}}{st} = \frac{\int_0^l D \frac{dc}{dt} s dt}{st} \approx \frac{D(C-C_0)st}{st} = \frac{D(C-C_0)}{Z} \quad (1)$$

式中: $v_{\text{失}}$ —气藏天然气扩散散失速率, $10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2\text{Ma}$; $Q_{\text{失}}$ —气藏天然气扩散散失量, m^3 ; $\frac{dc}{dt}$ —天然气浓度梯度, $\text{m}^3/\text{m}^3/\text{m}$; C —气藏中含气浓度, m^3/m^3 ;

¹ 国家重点基础研究规划项目 (编号: 2001CB209104) 资助。

收稿日期: 2008-06-10 收修修改稿日期: 2008-08-14

C_0 —地表含气浓度, m^3/m^3 ; s —天然气扩散面积, m^2 ;
 D —上覆地层岩石天然气扩散系数; t —天然气扩散时
 间, s ; Z —天然气扩散散失距离, m 。

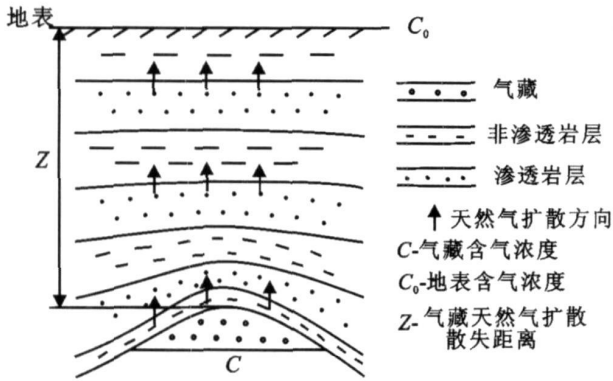


图 1 气藏天然气扩散散失地质模型

Fig 1 Geogical model of gas diffusion and loss in gas reservoir

1.2 主要参数的确定方法

1.2.1 天然气扩散系数 (D)

天然气扩散系数是描述天然气通过岩石扩散速度
 快慢的重要评价参数,其值越大,天然气扩散速度
 越大;反之则越小。其大小要受到天然气扩散组分、
 扩散介质、扩散介质深度和岩石物性等多种因素的控
 制。对地下确定的气藏而言,其天然气扩散组分、扩
 散介质和扩散介质深度也就是一个定值,天然气扩散
 系数大小主要受到岩石孔隙大小的制约。由图 2 中

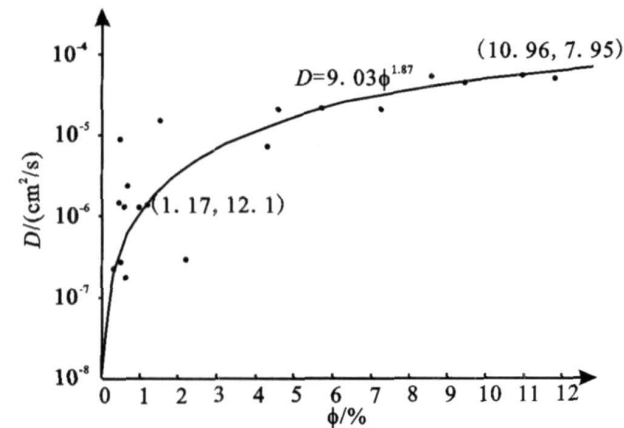


图 2 天然气扩散系数与岩石孔隙度之间关系

Fig 2 Relation between gas diffusion coefficient and porosity of rock

可以看出,无论地层岩石岩性如何,均有随着岩石孔
 隙度增大,天然气扩散系数逐渐增大的规律。据此由

数学回归可以得到二者之间数学关系为:

$$D = 9.03 \times 10^{-7} \phi^{1.87} \quad (2)$$

式中: D —天然气扩散系数, cm^2/s ; ϕ —岩石孔隙
 度, %。

根据表 1 中统计得到的我国大中型气田气藏上
 覆地层岩石孔隙度值,由式 2 便可以确定出其天然气
 扩散系数值,其结果如表 1 所示。

1.2.2 气藏含气浓度 (C)

气藏中含气浓度是其天然气向外扩散的动力,其
 大小主要受其所处深度和压力条件的控制。随着深
 度、压力的增大,天然气在水中的溶气浓度逐渐增大;
 反之则逐渐减小。可由付晓泰等^[4]提出天然气在地
 层水中的溶解度公式(式 3),利用表 1 中统计得到的
 我国大中型气田温度和压力资料^[5-14],由式 3 对其
 含气浓度进行了计算,结果如表 1 所示。

$$C = 0.0224 \left[\left(K_p + \frac{\phi_i}{RT + b_m P} \right) P - \frac{b_m P^2 K_p}{RT + b_m P} \right] \quad (3)$$

其中 $\phi_i = 0.35\phi_m$; $\phi_m = 9.696829 \times 10^{-3} +$
 $3.1639178 \times 10^{-5} t - 1.257929 \times 10^{-6} t^2 + 2.12963$
 $\times 10^{-8} t^3$; $K_p = e^{-18.56 + 2133.68/T}$

式中: C —水中甲烷浓度, m^3/m^3 ; K_p —甲烷的水
 合平衡常数; ϕ_i —孔隙水的有效孔隙度, %; R —气体
 常数, $8.315 J/mol \cdot K$; T , t —温度, K , $^{\circ}C$; P —压力, Pa
 b_m —气体的范德华体积, $4.28 \times 10^{-5} m^3/mol$; ϕ_m —孔
 隙水的最大有效孔隙度。

1.2.3 地表含气浓度 (C_0)

将地表处压力 ($0.1 MPa$) 和温度 ($15^{\circ}C$) 代入式
 3 便可以计算得到地表处的含气浓度值。

1.2.4 天然气扩散散失距离 (Z)

由于天然气是从气藏一直扩散至地表,故可以将
 气藏埋深作为天然气扩散散失距离。此数据可由气
 藏埋深资料^[5-14]统计得到,其结果详见表 1 所示。

1.3 气藏天然气扩散散失速率计算及结果分析

按照上述计算公式和参数的确定方法对我国 41
 个大中型气田天然气扩散散失速率进行了计算,结果
 如表 1 所示,由表 1 中可以看出,我国 41 个大中型气
 田天然气扩散散失速率为 $0.2 \times 10^6 \sim 49.5 \times 10^6 m^3 /$
 $km^2 Ma$ 平均为 $7.2 \times 10^6 m^3 / km^2 Ma$ 。天然气扩散散
 失速率相对较高的气田主要分布在柴达木盆地和莺
 琼盆地中,四川盆地、塔里木盆地和松辽盆地气田天
 然气扩散散失速率相对较低。

表 1 我国大中型气田天然气扩散失速率

Table 1 Gas diffusion rate of large and medium gas fields in China

气藏	埋深 /m	温度 /℃	压力 /MPa	孔隙度 /%	含气浓度差		天然气扩散量 /($\times 10^8 \text{m}^3$)	扩散失速率 /($\times 10^6 \text{m}^3 \text{Ma}$)
					$/(\text{m}^3 / \text{m}^3)$	$/(\times 10^{-10} \text{m}^2 / \text{s})$		
中坝	2450	88.3	26.2	3.8	2.17	0.11	2.0	0.3
平湖	2864	100.2	45.3	20.1	3.31	2.47	25.4	9.0
文中	2857	85.7	37.1	12.4	2.76	0.99	9.3	3.0
锦州 20-2	2408	72.2	38.5	17.6	2.88	1.92	24.2	7.2
南八仙	1820	60.1	29.7	13.2	2.59	1.12	1.9	5.0
羊塔克	5300	110.5	58.8	17.5	4.19	1.91	53.4	4.7
春晓	2956	125.5	29.6	16.5	3.08	1.71	25.2	5.6
宝云亭	3792	132.7	59.9	16.5	5.34	1.71	36.4	7.6
双家坝	4932	148	65.6	5.9	6.81	0.25	16.8	1.1
兴隆台	2065	62	19.4	18.6	1.86	2.14	34.5	6.1
柯克亚	3160	79	32.9	14	2.54	1.26	57.0	3.2
雅克拉	5280	131.3	58.1	6.1	5.16	0.26	14.7	0.8
卧龙河	2594	77.8	31.6	8.3	2.48	0.47	26.9	1.4
渡口河	4312	129.4	46.1	9.2	4.38	0.57	38.0	1.8
台南	1291	41.3	14.7	26.6	1.87	4.17	16.1	19.1
高峰场	5104	153.1	69.9	9.7	7.55	0.63	66.9	3.0
乐东 15-1	1390	52.4	20.3	26.7	2.1	4.2	170.5	20.0
涩北一	1030	42.1	12.3	30.6	1.58	5.42	25.6	26.3
福成寨	2975	89.3	37.5	3	2.8	0.07	5.1	0.2
涩北二	900	33.4	11	31.7	1.65	5.79	33.3	33.4
英买 7	4685	105.6	51.1	17.5	3.7	1.91	124.7	4.8
崖 13-1	3851	174.4	40.4	14.8	7.07	1.39	84.9	8.1
苏桥	4075	122.3	53	10.7	4.41	0.75	27.8	2.6
克拉 2	3723	102.1	83.8	14	4.72	1.26	55.1	5.0
吉拉克	4968	119.2	54.2	12.5	4.33	1.02	95.3	2.8
汪家屯	1840	81	18	14	1.61	1.25	252.5	3.4
板桥	3264	97.9	42.4	19.4	3.14	2.31	91.2	7.0
平落坝	3560	85.4	40.9	4.3	2.95	0.14	13.0	0.4
牙哈	5210	130.3	71.9	15.8	5.74	1.57	204.5	5.4
台吉乃尔	488	12.2	5.3	32.3	1.28	6	75.5	49.5
依南 2	4500	134	78.8	5.3	6.3	0.2	40.9	0.9
昌德	3000	127.3	32.1	6	3.34	0.26	90.0	0.9
大池干井	2800	84	38.4	6.4	2.82	0.29	46.4	0.9
和田河	1909	43	20.6	7.6	2.39	0.4	145.6	1.6
五百梯	4581	137.4	68.3	6.4	6.09	0.29	119.8	1.2
乐东 22-1	926	36.7	15.1	25.1	2.05	3.73	107.7	26.0
磨溪	2506	60.1	31.3	7.8	2.69	0.42	172.2	1.4
威远	1900	57	19.6	3.8	1.95	0.11	50.5	0.4
东方 1-1	1962	93.4	21.2	25.7	1.87	3.91	785.9	11.7
徐深 1	3608	54.1	35.4	4.1	3.08	0.13	6.0	0.3
升平	2898	43.5	28.4	7.6	3.01	0.4	30.8	1.3

2 气藏聚集气速率及我国大中型气田特征

所谓气藏聚气速率是指单位时间内单位面积气藏天然气的聚集量大小,可用式 4 来表示。

$$v_{\text{聚}} = \frac{Q_{\text{聚}}}{st} \quad (4)$$

式中: $v_{\text{聚}}$ —气藏天然气聚集速率, $10^6 \text{m}^3 / \text{km}^2 \text{Ma}$; $Q_{\text{聚}}$ —气藏天然气聚集量, 10^8m^3 , 应为目前地质储量与其散失量之和, 即 $Q_{\text{聚}} = Q_{\text{储}} + Q_{\text{失}}$; s —气藏含气面积, km^2 ; t —气藏形成时间, Ma 。

由式 4 中可以看出, 气藏天然气聚集量越大, 含气面积越小, 聚气时间越短, 气藏天然其聚气速率越高; 反之则越低。

表 2 我国大中型气田储量丰度与聚散气速率比值之间关系

Table 2 Relation between reserves abundance and ratio of gas accumulation and diffusion rate of large and medium gas fields in China

气藏	地质储量 / ($\times 10^8 \text{m}^3$)	含气面积 / km^2	形成时间 / Ma	聚气速率 / ($\times 10^6 \text{m}^3 / \text{Ma}$)	聚散气速率比值	储量丰度 / ($\times 10^8 \text{m}^3 / \text{km}^2$)
中坝	186.3	10	65.0	29.0	94.2	18.6
平湖	170.5	12.1	23.3	69.5	7.7	14.1
文中	152.3	13.2	23.3	52.6	17.3	11.5
锦州 20-2	135.4	14.4	23.3	47.6	6.6	9.4
南八仙	124.4	15.1	2.5	334.6	66.7	8.2
羊塔克	249.1	17.3	65.0	26.9	5.7	14.4
春晓	330.4	19.3	23.3	79.1	14.1	17.1
宝云亭	112.1	20.6	23.3	30.9	4.1	5.4
双家坝	101.7	23.7	65.0	7.7	7.0	4.3
兴隆台	119.5	24.4	23.3	27.1	4.5	4.9
柯克亚	292.9	27.5	65.0	19.6	6.1	10.7
雅克拉	196.3	28	65.0	11.6	14.4	7
卧龙河	380.5	29.3	65.0	21.4	15.2	13
渡口河	271.7	31.9	65.0	14.9	8.1	8.5
台南	425.3	33.8	2.5	522.4	27.4	12.6
高峰场	115.7	34.8	65.0	8.1	2.7	3.3
乐东 15-1	178.8	36.5	23.3	41.1	2.0	4.9
涩北一	422.9	38.9	2.5	461.1	17.5	10.9
福成寨	101.7	39	65.0	4.2	20.8	2.7
涩北二	492.2	39.8	2.5	528.1	15.8	12.4
英买 7	295.7	40.4	65.0	16.0	3.4	7.3
崖 13-1	885	45.2	23.3	92.1	11.4	19.6
苏桥	178.2	46.5	23.3	19.0	7.4	3.8
克拉 2	2506.1	47.1	23.3	233.4	46.5	53.2
吉拉克	127.1	52.5	65.0	6.5	2.3	2.4
汪家屯	123.2	54.3	135.0	5.1	1.5	2.3
板桥	179.3	55.8	23.3	20.8	3.0	3.2
平落坝	165.4	55.9	65.0	4.9	13.8	3
牙哈	376.5	57.8	65.0	15.5	2.8	6.5
台吉乃尔	310.7	61	2.5	253.3	5.1	5.1
依南 2	1635.2	71	65.0	36.3	41.0	23
昌德	117.1	73.8	135.0	2.1	2.3	1.6
大池干井	257.3	78.5	65.0	6.0	6.5	3.3
和田河	616.9	143.4	65.0	8.2	5.2	4.3
五百梯	587.1	151.5	65.0	7.2	5.9	3.9
乐东 22-1	431	165.8	2.5	130.0	5.0	2.6
磨溪	375.7	188.3	65.0	4.5	3.2	2
威远	408.6	216	65.0	3.3	9.1	9
东方 1-1	996.8	287.7	23.3	26.6	2.3	3.5
徐深 1	315	13.1	135.0	18.2	53.3	7.3
升平	165	17.6	135.0	8.2	6.3	9.4

由表 2 中统计得到的我国 41 个大中型气田地质储量、含气面积^[5~14]、聚集时间^[15~20]和表 1 中天然气散失量, 利用式 4 对其聚气速率进行了计算, 结果如表 2 所示。由表 2 中可以看出, 我国 41 个大中型气田聚集速率为 $2.1 \times 10^6 \sim 528.1 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{ Ma}$ 平均为 $79.4 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{ Ma}$ 。聚气速率相对较高的大中型气田主要分布在塔里木盆地、柴达木盆地和莺琼盆地。聚气速率相对较低的大中型气田主要分布

在四川盆地、松辽盆地和塔里木盆地。

3 储量丰度及我国大中型气田特征

一个气藏天然气富集程度的高低主要受到其地质储量大小和含气面积大小的影响, 可用气藏天然气储量丰度来描述。所谓气藏的储量丰度是指单位含气面积内的地质储量大小, 可由式 5 计算求得。

$$q = \frac{Q_{\text{储}}}{s} \quad (5)$$

式中: q —气藏天然气储量丰度, $\times 10^8 \text{ m}^3 / \text{km}^2$; $Q_{\text{储}}$ —气藏天然气地质储量, $\times 10^8 \text{ m}^3$; s —气藏含气面积, km^2 。

由表 2 中统计得到的我国 41 个大中型气田地质储量和含气面积值^[5-14], 由式 5 对其天然气储量丰度进行了计算, 结果如表 2 所示。

由表 2 中可以看出, 我国 41 个大中型气田天然气储量丰度分布在 $1.6 \times 10^8 \sim 53.2 \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{km}^2$, 平均为 $9.1 \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{km}^2$, 按照表 3 中的等级划分标准, 从低天然气储量丰度至高天然气储量丰度均有分布, 但不同等级天然气储量丰度的大中型气田分布是不同的, 我国 41 个大中型气田有 13 个为高天然气储量丰度的大中型气田, 约占 41 个大中型气田的 31.7%, 它们主要分布在塔里木盆地、四川盆地、渤海湾盆地、东海盆地、柴达木盆地、莺琼盆地。中等天然气储量丰度的大中型气田有 11 个, 约占 41 个大中型气田的 26.8%, 它们主要分布在塔里木盆地、渤海湾盆地、四川盆地、东海盆地、柴达木盆地、松辽盆地和鄂尔多斯盆地。低天然气储量丰度的大中型气田有 17 个, 约占 41 个大中型气田的 41.5%, 它们主要分布在塔里木盆地、渤海湾盆地、莺琼盆地、四川盆地、松辽盆地和鄂尔多斯盆地, 如图 3 所示。

表 3 气藏天然气储量丰度等级划分表

Table 3 Grade division of gas reserves abundance

等级	气藏天然气地质储量丰度 / ($\times 10^8 \text{ m}^3 / \text{km}^2$)
高	≥ 10
中	5~10
低	1~5
特低	< 1

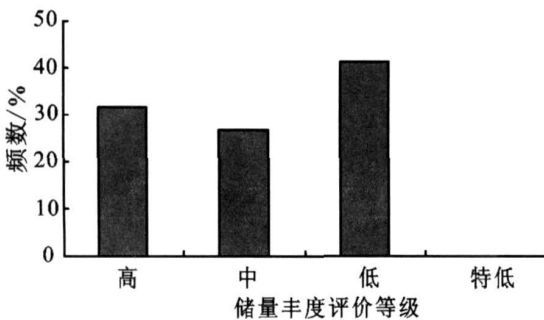


图 3 我国 41 个大中型气田天然气储量丰度等级分布图

Fig 3 Distribution of gas reserves abundance grades of

41 large and medium gas fields in China

4 我国大中型气田聚散气速率比值特征

由表 2 中我国 41 个大中型气田聚气速率和表 1 中扩散散失速率值, 可以得到其聚散气速率比值大小如表 2 所示。由表 2 中可以看出, 我国 41 个大中型气田聚散气速率比值大小为 1.5~94.2, 平均为 14.5。聚散气速率比值较高的大中型气田主要分布在塔里木盆地、柴达木盆地、四川盆地和松辽盆地, 聚散气速率比值相对较低的主要分布在塔里木盆地、莺琼盆地和松辽盆地中。

5 我国不同储量丰度大中型气田形成的聚散气速率比值

将我国 41 个大中型气田储量丰度与其聚散气速率比值作图 (图 4) 可以看出, 我国 41 个大中型气田储量丰度与其聚散气速率比值之间为成正比关系, 即聚散气速率比值越大, 气田储量丰度越高; 反之则越低。由图 4 可以得到我国高储量丰度大中型气田形成的聚散气速率比值最小应大于 4.1, 中等储量丰度大中型气田形成的聚散气速率比值应介于 4.1~2.3 之间, 低储量丰度大中型气田形成的聚散气速率比值应小于 2.3。

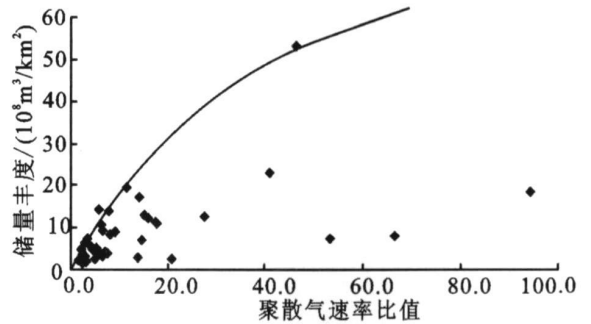


图 4 我国大中型气田聚散气速率比值与储量丰度之间关系

Fig 4 Relation between ratio of gas accumulation and diffusion rate and reserves abundance of large and medium gas fields in China

6 结论

(1) 我国 41 个大中型气田天然气扩散散失率为 $0.2 \times 10^6 \sim 49.5 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{ Ma}$ 平均为 $7.2 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{ Ma}$ 聚气速率为 $2.1 \times 10^6 \sim 528.1 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{ Ma}$ 平均为 $79.4 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{ Ma}$ 聚散气速率比值为 1.5~94.2, 平均为 14.5。

(2) 我国高储量丰度大中型气田形成的聚散气速率比值最小应大于 4, 中等储量丰度大中型气田形成的聚散气速率比值应介于 4~2.3 之间, 低储量丰度大中型气田形成的聚散气速率比值应小于 2.3

参考文献 (References)

- 付广, 孙永河, 吕延防. 输导通道类型对天然气聚集效率的影响 [J]. 地质评论, 2006, 52(2): 236-243 [Fu Guang, Sun Yonghe, Lv Yanfang. Influence of transporting pathway on gas accumulation efficiency [J]. Geological Review, 2006, 52(2): 236-243]
- 付广, 吕延防, 于丹. 我国不同类型盆地高效大中型气田形成的主控因素 [J]. 地球科学, 2007, 32(1): 82-88 [Fu Guang, Lv Yanfang, Yu Dan. Major factors controlling formation of large and intermediate gas fields with high gas accumulation efficiency in different types of basins in China [J]. Editorial Committee of Earth Science Journal of China University of Geosciences, 2007, 32(1): 82-88]
- 付广, 吕延防, 于丹, 等. 气藏天然气输导效率研究 [J]. 石油学报, 2006, 27(3): 32-36 [Fu Guang, Lv Yanfang, Yu Dan, et al. Gas transporting efficiency analysis of gas reservoirs [J]. Acta Petroleologica, 2006, 27(3): 32-36]
- 付晓泰, 王振平, 卢双舫, 等. 天然气在盐溶液中的溶解机理及溶解度方程 [J]. 石油学报, 2000, 21(3): 89-94 [Fu Xiaotai, Wang Zhenping, Lu Shuangfang, et al. Mechanism of natural gas dissolving in brines and the dissolving equation [J]. Acta Petroleologica, 2000, 21(3): 89-94]
- 康竹林, 傅诚德, 崔淑芬, 等. 中国大中型气田概论 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2000 [Kang Zhulin, Fu Chengde, Cui Shufen, et al. Generality of Chinese Large and Medium Gas Fields [M]. Beijing Petroleum Industry Press, 2000]
- 柳广弟, 李剑, 李景明, 等. 天然气成藏过程有效性的主控因素与评价方法 [J]. 天然气地球科学, 2005, 16(1): 1-7 [Liu Guangdi, Li Jian, Li Jingming, et al. The controls and the assessment method for the effectiveness of natural gas migration and accumulation process [J]. Natural Gas Geoscience, 2005, 16(1): 1-7]
- 戴金星, 陈践发, 钟宁宁, 等. 中国大气田及其气源 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003 [Dai Jinxing, Chen Jianfa, Zhong Ningning, et al. Characteristics of Large and Medium Gas Fields and Correlation with Their Source Rocks in China [M]. Beijing Petroleum Industry Press, 2003]
- 戴金星, 王庭斌, 宋岩, 等. 中国大中型天然气田形成条件与分布规律 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 184-197 [Dai Jinxing, Wang Tingbin, Song Yan, et al. Formation Conditions and Distribution Laws of Large and Medium Gas Fields in China [M]. Beijing Petroleum Industry Press, 1997: 184-197]
- 李剑. 中国重点含油气盆地气源岩特征与资源丰度 [M]. 江苏徐州: 中国矿业大学出版社, 2000 [Li Jian. Gas Source Rocks Characteristics and Resource Abundance of Mainly Petroleumiferous Basin in China [M]. Xuzhou Jiangsu Press of China University of Mining, 2000]
- 王庭斌. 中国天然气地质理论进展与勘探战略 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 1-7 [Wang Tingbin. Theory progress of natural gas geology and strategy of gas exploration [J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(1): 1-7]
- 冯福闯, 王庭斌, 张光亚, 等. 中国天然气地质 [M]. 北京: 地质出版社, 1997 [Feng Fukai, Wang Tingbin, Zhang Guangya, et al. Natural Gas Geology in China [M]. Beijing Geological Publishing House, 1997: 255-290]
- 钱凯, 王明明, 魏伟. 中国陆相天然气成因类型及富集规律 [J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 171-175 [Qian Kai, Wang Mingming, Wei Wei. Genetic type and enrichment law of terrestrial natural gas in China [J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(3): 171-175]
- 戴金星, 夏新宇, 卫延召. 中国天然气资源及前景分析 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 1-8 [Dai Jinxing, Xia Xinyu, Wei Yanzhao. Estimation of natural gas resources and reserves in China [J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(1): 1-8]
- 王庭斌. 中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 126-132 [Wang Tingbin. Gas pools in China have mainly been formed and finalized during tectonic movements since Neogene [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 126-132]
- 门相勇. 油气藏形成时期研究方法及其应用 [J]. 天然气勘探与开发, 2002, 23(4): 10-17 [Men Xiangyong. Research method of reservoir formation period and its application [J]. Natural Gas Exploration & Development, 2002, 23(4): 10-17]
- 王飞宇, 郝石生, 雷加锦. 砂岩储层中自生伊利石定年分析油气藏形成期 [J]. 石油学报, 1998, 19(2): 40-43 [Wang Feiyu, Hao Shisheng, Lei Jiabin. The isopic dating of authigenic illite and timing of hydrocarbon fluid emplacement in sandstone reservoir [J]. Acta Petroleologica, 1998, 19(2): 40-43]
- 王龙樟, 戴植谟, 彭平安. 自生伊利石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法定年技术及气藏成藏期的确定 [J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2005, 30(1): 78-82 [Wang Longzhang, Dai Zhimou, Peng Ping'an. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of diagenetic illites and its application in timing gas emplacement in gas reservoirs [J]. Earth Science Journal of China University of Geosciences, 2005, 30(1): 78-82]
- 辛仁臣, 田春志, 窦同君. 油藏成藏年代学分析 [J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 48-53 [Xin Renchen, Tian Chunzhi, Dou Tongjun. Study of oil-pool-forming chronology: a case study on Daqing oil field [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(3): 48-53]
- 杨万芹, 蒋有录. 惠民凹陷西部油气成藏期分析 [J]. 油气地质与采收率, 2004, 11(1): 20-23 [Yang Wanqin, Jiang Youlu. Analysis of hydrocarbon reservoir forming stages in the west of Huimin sag [J]. Oil & Gas Recovery Technology, 2004, 11(1): 20-23]
- 赵靖舟. 油气包裹体在成藏年代学研究中的应用实例分析 [J]. 地质地球化学, 2002, 30(2): 83-87 [Zhao Jingzhou. Hydrocarbon inclusion analysis application in geochronological study of hydrocarbon accumulation [J]. Geology Geochemistry, 2002, 30(2): 83-87]

Accumulation and Diffusion Gas Rate Characteristics for the Formation of Large and Medium Gas Fields with Different Reserves Abundance in China

FU Guang GENG Qi

(College of Geoscience Daqing Petroleum Institute Daqing Heilongjiang 163318)

Abstract By the calculation of gas diffusion amount of 41 large and medium gas fields in China and statistics of their geological reserves, gas-bearing area and formation period, gas diffusion rate, gas accumulation rate and the ratio of gas accumulation and diffusion rate were studied. It was considered that gas diffusion rate of 41 large and medium gas fields in China is $0.2 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{M a}$ to $49.5 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{M a}$, average $7.2 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{M a}$. Gas accumulation rate is $2.1 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{M a}$ to $528.1 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{M a}$, average $79.4 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{M a}$. The ratio of gas accumulation and diffusion rate is 1.5 to 94.2, average 14.5. By the study of the relation between reserves abundance and ratio of gas accumulation and diffusion rate of 41 large and medium gas fields in China, it was considered that they have proportional relation. The greater the ratio of gas accumulation and diffusion rate is, the greater the reserves abundance of large and medium gas fields is, conversely the lower. The ratio of gas accumulation and diffusion rate for the formation of large and medium gas fields with high reserves abundance should be at least greater than 4.1. The ratio of gas accumulation and diffusion rate for the formation of large and medium gas fields with medium reserves abundance should be at least between 4.1 and 2.3. The ratio of gas accumulation and diffusion rate for the formation of large and medium gas fields with low reserves abundance should be at least lower than 2.3.

Key words reserves abundance, large and medium gas fields, gas diffusion rate, gas accumulation rate, ratio