

气 藏 分 类*

田信义 王国苑 陆笑心 韩永新

(石油勘探开发科学研究院廊坊分院, 河北廊坊 102801)

结合我国气藏特点, 在论证圈闭、储层、驱动、相态、组分、压力和经济7个单因素的分类方法和指标的基础上, 提出三元结构组合方式和9种命名原则, 划分出常规、凝析、酸性、高压、特殊效益5大类气藏及25个气藏亚类。

关键词 气藏 分类 三元结构 组合方式

第一作者简介 田信义 男 56岁 高级工程师 油田地质

油气藏分类从指标性质上可分为勘探、开发和经济3个系列, 常用的有圈闭(油储形态、构造形态、圈闭形态和其他)、储层(岩石类型、储渗空间、储层物性、均质程度和孔隙结构)、天然气成因(物质来源、生成母质、热演化程度)、气体组分(组分比例、气体湿度、特殊气体)、相态特征(物理状态、组合比例、赋存方式)、驱动方式(驱动力源、水体类型、水体能量)、地层压力(压力系统、压力高低)、物质基础(储量大小、气井产能)和工程条件(埋藏深度、集输条件)9种因素27项指标。不同因素、指标的组合, 可从不同角度反映油气藏基本地质特征, 在各种组合形式中, 以三元结构较合理, 根据需要确定组合中的主要因素及辅助因素内容。

我国在单因素分类上进行过许多研究, 但在组合分类上, 尤其是适合气藏开发使用的分类尚无系统研究。已提出过的单因素分类意见也多是定性的或根据不足, 也无统一标准, 本研究试图弥补这一空白和不足。

1 单因素分类及指标

影响气藏开发布局和效果的地质因素很多, 从生产实践和理论分析主要有6种, 即圈闭、储层、驱动、压力、相态、组分。其中储层和驱动是主因素, 在各类气藏开发中起重要作用, 其它因素则决定了气藏某一方面的特性, 可视为特征因素。

1.1 圈闭因素

按圈闭类型划分气藏通常有构造、岩性、地层、水动力4种基本类型, 其中除水动力圈闭外, 其它在我国均存在。我国碳酸盐岩气藏中有一定数量的裂缝性气藏, 这种气藏以裂缝系统为储集空间, 其封闭作用取决于裂缝的延展范围。无论在储渗特点、生产动态或气水分布上均有其特殊性, 因此可以做为一种基本类型列入。

本着简单实用原则, 在开发中可按圈闭条件将气藏分为4大类10个亚类, 即构造气藏:

* 中国石油天然气总公司“八五”科技攻关项目

收稿日期: 1996-02-01 改回日期: 1996-07-03

背斜气藏、断块气藏；岩性气藏：透镜体气藏、岩性气藏、生物礁气藏；地层气藏：不整合气藏、古潜山气藏、风化壳气藏；裂缝气藏：多裂缝系统组成气藏、单裂缝系统整装气藏。

1.2 储层因素

1.2.1 按储层岩类划分

从我国目前已探明气藏储层岩性看，区分为砂岩和碳酸盐岩 2 类即可，二者在储渗特征、驱替方式、开采原则等方面均有较明显的差异（表 1）。在分类中将储层形态考虑在内可分为 2 类 4 个亚类，即：

砂岩气藏：块状砂岩气藏、层状砂岩气藏；碳酸盐岩气藏：块状碳酸盐岩气藏、层状碳酸盐岩气藏。

表 1 不同岩类储层气藏特征对比表

储层类型	储 渗 特 征			气藏边界	水体类型	水侵状况	布井方式	压力	增产措施
	空间	通道	形态						
砂岩	孔隙	喉道	层状	清晰	边水为主	均匀推进	均匀	常压	压裂
碳酸盐岩	孔隙洞缝	裂缝	块状	模糊	边水或底水	常有突进	非均	超压	酸化

储层层状的划分以气储厚度 10 m 为界，>10 m 者称为块状，≤10 m 者称层状。

1.2.2 按储层物性划分

气体分子直径小，粘度低，在形成产层时对储层物性的要求也较原油要低的多。从室内渗吸实验、模拟、理论分析、经验法则和气藏实际资料分析，结合盖层研究结果，可将气藏储层物性下限定为孔隙度<2.5%、渗透率<0.001×10⁻³μm²。

根据储层物性与产量、流体粘度的关系，以及孔、渗的相关性研究，将储层按物性划分为 5 类（表 2），除非渗层为非产层外，其余均可成为气藏储层，而致密层则为气藏所独占，相当于国外称之为的致密非常规气层。

表 2 储层物性分类及指标

类 型	高 渗 层		中渗层	低 渗 层		致密层	非渗层
	特 高	中 高		较 低	中 低		
孔隙度 (%)	>25	20~25	20~25	15~20	8~15	2~8	<2
渗透率/10 ⁻³ μm ²	>1 000	300~1 000	50~300	10~50	0.1~10	0.001~0.1	<0.001
产出物	稠油气	重油气	常规油气	常规油气	轻质油气	气	束缚水
采气条件	常规	常规	常规	常规、解堵	酸化、压裂	裂缝发育 酸化压裂	—
采油条件	热采、常规	常规	常规	酸化、压裂	裂缝发育 酸化压裂	—	—

按储层物性划分气藏类型一般适用于砂岩气藏。如果对碳酸盐岩气藏按物性分类，那么其物性值尤其是渗透率值，应以试井或其它用生产资料确定的为依据。

1.2.3 按储层储渗类型划分

储集层的储集空间及渗滤通道有孔隙、洞穴、裂缝 3 种基本类型，各种组合所形成的网

络可多达 10 余种。在碳酸盐岩及致密砂岩储层中往往由 2 类储、渗空间组成复合结构，即通常所称为的双重介质储层，不同的组合在气藏地质特征、储集能力、渗滤能力、开采特征等方面反映出不同的特点。根据这些特点，结合我国已探明气藏特点，可将天然气藏按储渗类型划分为 5 类（表 3）。这种划分主要适用于碳酸盐岩气藏。

表 3 不同储渗类型气藏特征一览表

类 型	均质性	气藏 边界	气水 界面	Φ (%)	$K/10^{-3}\mu\text{m}^2$	储集 能力	水侵方式	气层压力	压力曲线	
									平直段	形态
孔隙型	均匀	清晰	整齐	>12	<1	大	均匀	常压	宽	凸型
裂缝-孔隙型	匀至不匀	较清晰	较整齐	12~6	>1	较大	较均匀 至突进	常压至高压	较窄	厂型或 S 型
裂缝-孔洞型	不匀	欠清晰	欠整齐	12~6	10~100	大~小	不均匀	常压至高压	较窄	厂型或 S 型
孔隙-裂缝型	不匀	不清晰	不整齐	6~2	10~100	小	不均匀 至突进	常压至高压	窄	凹型或 S 型
裂缝型	不匀	无边界	不整齐	<2	>1 000	小	突进	常压至 超高压	无	快速上 翘型

1.3 驱动因素

天然气藏基本上靠自然能量开采，驱动方式有气驱和水驱 2 种，按驱动因素分类主要是对水驱气藏的分类。由于我国尚未发现刚性水驱气藏，有水气藏基本上都是有限封闭式的，故重点在于弹性水驱的分类。

根据水驱气藏物质平衡方程可计算出水驱驱动指数 $WEDI$ ，即： $WEDI = \frac{W_e}{G_p B_g + W_p B_w}$ ，据此可判断水驱强度而对水驱气藏进行分类。通过我国 27 个已开发水驱气藏的计算，结合开采状况确定了分类及指标（表 4）。

表 4 按驱动因素气藏分类及指标

类 型	水驱驱动指数 ($WEDI$)	无 水 期		稳 产		采收率 (%)	压降曲线夹角 (°)
		年数	采出程度(%)	年数	采出程度(%)		
气驱气藏	0	—	—	—	—	>85	45
弱弹性水驱	<0.1	7±	35±	>7	>40	80	45
中弹性水驱	0.1~0.3	3±	30	4±	>35	70	45~50
强弹性水驱	>0.3	2±	15	4±	<35	60	>50
刚性水驱	>0.5	—	—	—	—	—	90

1.4 相态因素

按相态对气藏分类主要涉及到油气共存和凝析气藏的问题，即气顶多大才可称为气藏、凝析气藏的定量指标。

1.4.1 双相系统的油气藏分类

当油、气共存时，一般应以哪种相态的烃类占的比例大而命名。当气相为主时可称为具油

环的气藏,油相为主时可称为带气顶的油藏。衡量大小的指标可用天然气储量系数、含气面积系数。

按天然气储量每 1000 m³ 为 1t 计,则:
天然气储量系数=气储量/油气总储量
含气面积系数=含气面积/含油面积
据国内近 30 个双相油气藏资料得出分类标准如表 5 所示。

1.4.2 凝析气藏分类

在开发研究中可将含油量大于 50 g/m³ 者称为凝析气藏。凝析气藏气体组分中的重烃含量与凝析油含量之间有着较好的相关性,一些判断凝析气藏的方法也是以此为理论根据的。根据我国凝析气藏气体组分特征与凝析油含量的关系,将含凝析油的气藏分为 4 类(表 6)。

表 5 双相系统油、气藏类型

类 型	亚 类	天然气储量系数	含气面积系数
气顶油藏	小气顶油藏	<0.2	<0.5
	大气顶油藏	0.2~≤0.5	0.5~≤1.0
油环气藏	大油环气藏	>0.5~≤0.7	>1.0~≤1.5
	小油环气藏	>0.7	>1.5

1.5 组分因素

天然气藏按气体组分通常可分为干气藏、湿气藏,或者分为烃类气藏及非烃类气藏,还可按甲烷、重烃、二氧化碳、氮气等主要成分比例进行命名分类。对开发来说按组分对气藏进行分类,其目的是要根据气体性质特点,采取不同措施以保证开发工作进行和对有价值的气体回收利用,其中当以酸性气体含量及稀有气体含量为最重要,主要是硫化氢、二氧化碳、氮气、氦气。

1.5.1 按酸性气体含量分类

考虑到酸性气体对钢材的腐蚀,对气体粘度、压缩因子的影响,回收价值等因素,参考有关标准,将气藏酸性气体含量分为 6 类,并且分别确定了 H₂S、CO₂、N₂ 含量指标(表 7)。

表 6 凝析气藏分类表

类 别	类 型	凝析油含量/g·m ⁻³	气 体 性 质				开采方式
			相对密度	C ₁ (%)	C ₂ ⁺ (%)	C ₂ ⁺ /C ₁	
Ⅳ	微含凝析油气藏	<50	<0.62	>90	<7	<0.08	衰竭式
Ⅲ	低含凝析油气藏	50~200	0.62~0.68	84~90	7~14	0.08~0.18	衰竭式
Ⅱ	中含凝析油气藏	200~400	>0.68	>84	>14	>0.18	需论证
Ⅰ	高含凝析油气藏	>400	>0.68	<84	>14	>0.18	保持压力

类 型	H ₂ S		CO ₂ (v%)	N ₂ (v%)	备 注
	g·m ⁻³	(v%)			
微 含	<0.02	<0.001	<0.01	<2	净化气
低 含	0.02~50	0.001~0.3	0.01~2	2~5	简易脱硫,防腐
中 含	5~30	0.3~2.0	2~10	5~10	专门处理,校核参数
高 含	30~150	2~10	10~50	10~50	回收产品,校核参数
特高含	150~750	10~50	50~70	50~70	回收产品,校核参数
非烃气藏	>750	>50	>70	>70	回收产品,校核参数

1.5.2 对含氦气藏的分类

氦气是一种经济价值很高的稀有气体,我国90%的氦气提取自天然气中。气藏含氦的工业标准随资源需求量与加工技术的提高而制定。考虑到我国已知天然气藏中含氦量一般较低,故仅将天然气组分中氦气含量大于0.1%者称为具有工业价值的含氦气藏,目前无须再细分。

1.6 压力因素

按压力进行分类一般使用压力系数为指标。我国气藏压力系数变化范围较大,可由0.65~2.14 MPa/100 m。分析近百个气藏资料可以看出气藏压力系数与单位弹性产量(单位弹性产量系指每 10^8 m^3 储量在地层压力下降0.1 MPa时的产气量)间有一定相关性,压力系数越高其弹性产量越小,同时以裂缝为主的储层弹性产量低于以孔隙为主的储层。按其规律,可将气藏按压力系数分为4类(表8)。

表8 按气藏压力系数分类对照表

分类方案	气田开发条例	张子枢	张高信 (川东)	王鸣华 (四川)	本 文	
					压力系数	单位弹性产量/ 10^8 m^3
低压气藏	<0.7	<1.0	<1.0	<0.7	<0.9	$>40 \times 10^4$
常压气藏	0.7~1.2	1~1.2	1~1.5	0.7~1.2	0.9~1.3	$<80 \times 10^4$
高压气藏	>1.2	>1.2	>1.5	1.2~1.8	1.3~1.8	$<40 \times 10^4$
超高压气藏	—	—	—	>1.8	>1.8	$<30 \times 10^4$

1.7 经济因素

气藏按经济因素分类目的是从投入产出角度衡量其经济价值,一般多用储量、埋深、产能进行分类。

1.7.1 按储量大小划分

储量大小标志着资源丰富程度,其划分是以一个国家已知气藏储量状况为基础的,通常储量大的气藏数量上并不多,但在储量比例上占有一定优势。我国已知气田从数量看以小者为多,从储量比例上看以中等规模为主,够得上世界级的(储量 $>1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$)极少。从这一基本情况出发,可将我国气田按储量大小分为5类:(1)极小气田:地质储量 $<10 \times 10^8 \text{ m}^3$;(2)小气田: $10 \times 10^8 \sim 50 \times 10^8 \text{ m}^3$;(3)中等气田: $50 \times 10^8 \sim 300 \times 10^8 \text{ m}^3$;(4)大气田: $300 \times 10^8 \sim 1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$;(5)特大气田: $>1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

1.7.2 按埋藏深度划分

气藏埋藏深浅预示着工程难度与投资大小,受当前钻井机械和工艺技术水平所制约。因此多以钻机负荷能力来划分,可分为4类:(1)浅层气藏:埋藏深度小于2 000 m;(2)中等深度气藏:埋深2 000~3 200 m;(3)深气藏:埋深3 200~4 000 m;(4)超深气藏:埋深大于4 000 m。我国一般属于中、深气藏。

1.7.3 按气井产能划分

由于气井产能高低受许多人为因素影响,在对比产能经济性时,必须考虑生产压差、气层埋藏深度和产能的稳定性,为此提出3种不同划分形式,同级别的指标大体是等值的(表9)。

表9 按气井产能分类表

类 别	无阻流量	稳定产量	千米井稳定产量
	$10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$		
特低产	<5	<1	<0.3
低 产	5~50	1~10	0.3~3
中 产	50~100	10~30	3~10
高 产	100~500	30~100	10~30
特高产	>500	>100	>30

2 组合分类及系列

2.1 组合方式

选择三元结构方式,即按不同需要选3种因素的适当指标进行组合。除驱动、圈闭因素组合中可以用亚类外,一般情况下各种指标仅用到“类”即可。有的指标在简称时可以省略,如岩性、水体类型、相态组合等。

2.2 命名原则

依据上述组合方式,命名应遵循以下9种原则:

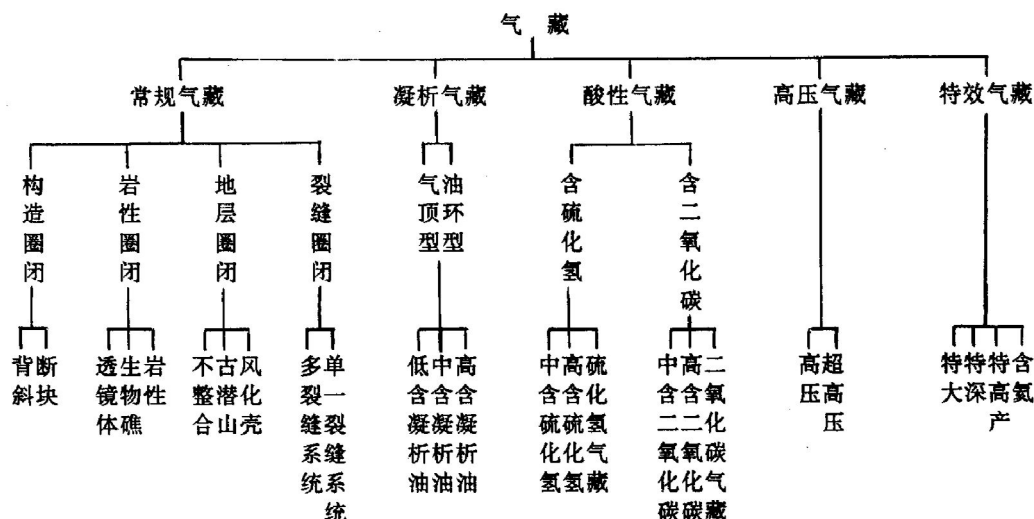
(1)储层、驱动因素在任何类型气藏命名中均需使用;(2)一般干气或微含凝析油的湿气藏加用圈闭因素;(3)含凝析油 50 g/m^3 以上者加用相态因素;(4) H_2S 、 CO_2 含量达中等以上及含 He 气藏加用组分因素;(5)压力系数在 1.3 以上者加用压力因素;(6)具有特殊意义的特大、超深、特高产气田加用经济因素;(7)依储层→驱动→特征因素次序组合命名气藏全称;(8)可用物性(或储渗类型)→驱动能量→特征类型组合成气藏简称;(9)凡气藏具有多项特征时,仅依据对开发有重大影响的因素命名。

2.3 分类系列

共划分5大类:(1)常规气藏:指气藏组分以烃类为主的干气,凝析油含量小于 50 g/m^3 的常压气藏。(2)凝析气藏:含凝析油 50 g/m^3 以上者。(3)酸性气藏:指气体组分中酸性气体含量达到中等以上者。(4)高压气藏:当气藏压力系数在 1.3 以上时划入此类。(5)特殊效益(简称“特效”)气藏:指地质储量大于 $1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$,或埋藏深度超过 4 000 m,或气井稳定日产量大于 $100 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,或含 He 在 0.1% 以上之气藏(田)。

各类气藏按特征因素又可划分出 25 个气藏亚类(表 10)。如果再考虑储层驱动因素亚类指标,气藏名称可多达上千种,但分类过细则繁,繁则乱,乱则无所适从,故不可取。

表 10 按气藏特征因素分类表



该分类系列可概括我国已探明之所有气藏,至于页岩气藏、水溶气藏、火成岩气藏及煤层甲烷气等,今后若有发现具工业价值者可补充完善。

THE CLASSIFICATION OF GAS POOLS

Tian Xinyi Wang Guoyuan Lu Xiaoxin Han Yongxin

(Langfang Branch, Research Institute of Petroleum Exploration &

Development, CNPC, Langfang, Hebei)

Abstract

According to the properties of China's natural gas pools, single-factor classification and indices including trap, reservoir, expulsion, phase state, component, pressure and economy were studied. Based on the study, ternary structural combination and 9 naming principles were proposed in this paper. The gas pools could be classified into 5 types such as normal, condensate, acidic, high-pressure, special benefit pools and 25 sub-types.