

含煤地层形成大、中型气田的 主要条件初探

吴跃兴

(地矿部石油地质中心实验室, 无锡 214151)

本文以国内外典型煤成气田的大量资料为基础, 从动态平衡的角度, 对含煤地层形成大中型气田的源岩、聚集和保存三大主要条件进行了初步探讨。

关键词 含煤地层 大中型气田 动态平衡 形成条件

作者简介 吴跃兴 男 32岁 工程师 石油地质

世界上的大气田和天然气储量的70~80%来自含煤地层(傅家谟等, 1990), 26个最大气田(储量大于10万亿ft³)中, 有16个即61.5%为煤成气田, 它们的储量占26个大气田总储量的72.2%。按储量大小排列, 世界上最大气田的前五名均是煤成气田^①。在我国已知16个大、中型气田中, 有7个为煤成气田, 其中崖13-1煤成气田是目前我国发现的最大天然气田^②。由此可见, 探讨含煤地层形成大中型气田的主要条件对于寻找大中型煤成气田具有重要的意义。

本文通过对国内外典型煤成气田的解剖, 把含煤地层形成大中型煤成气田的主要条件初步归为源岩、聚集和保存三大条件。

从动态平衡的角度探讨含煤地层形成大中型煤成气田的主要条件, 不仅要看其是否具备源岩、储层、盖层和圈闭, 而且要考虑源岩生气的时间与储、盖、圈闭形成时间的匹配关系以及后期保存条件。

1 源岩条件

1.1 生聚系数

源岩在地史过程中至少需生成 $5 \times 10^{12} \text{m}^3$ 或 10^{12}m^3 天然气, 才有可能形成一个大型气田或中型气田。

含煤地层要形成大中型气田首要条件是源岩在地质历史过程中必须生成足量的天然气, 而这个量的大小主要取决于烃类的生聚系数。目前选用的生聚系数一般都小于1%, 大致在0.4~0.5%左右(傅家谟等, 1990)。为此, 我们选取生聚系数为1来估算形成大中型气田源岩在地史过程中所需生成的天然气最低量。从中得出, 形成一个大型气田, 以其最低储量 $5 \times 10^{10} \text{m}^3$ 计算, 源岩至少需生成 $5 \times 10^{12} \text{m}^3$ 天然气; 形成一个中型气田, 以其最低储量 10^{10}m^3 计算, 源岩生成的天然气量不得低于 10^{12}m^3 。

1.2 生气强度

气源岩生成天然气的量取决于它的有机质丰度、类型、成熟度及源岩的体积。而气源岩生气强度即单位面积的生气量, 则是上述诸因素的综合表现, 它是衡量气源岩优劣程度的一个指标。由于只有当生气量大于水溶气量、岩石吸附气量和散失气量三者之和时, 才可能形成天然气的聚集。因此, 一个地区的生气强度越大, 越能提供足量的天然气以形成工业性的天然气聚集。含煤地层要形成大中型气田不仅要求源岩生

① 戴金星, 国外煤成气和主要的聚煤盆地, 石油地质译文集, 1983

② 地矿部石油地质研究所等, 天然气(含煤成气)资源评价与勘探测试技术研究, 1990

成足量的天然气,而且对源岩的生气强度也有一定的要求。国内外勘探实践表明,大中型煤成气田总是分布在生气强度大于 $2 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 范围内,即源岩的生气强度至少要在 $2 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{km}^2$,才有可能形成大中型煤成气田。如我国屋13-1气田气源岩的生气强度达 $4 \times 10^9 \sim 6 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{km}^2$,文留气田源岩的生气强度为 $5.5 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{km}^2$,俄罗斯西西伯利亚盆地气田分布于强度大于 $2 \times 10^9 \sim 2.5 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 范围内,而特大气田绝大部分集中在强度大于 $5 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 区域内。

1.3 源岩生气高峰出现的时代

从地质历史发展过程看,现存的天然气藏实际上是生、聚、散动态平衡的产物,即源岩不断生气补给新气源,盖层和圈闭中不断聚集与散失之间的动态平衡。如圈闭封盖条件不变,源岩生气补给量大于圈闭的散失量,气藏储量就逐渐增大,才可能聚集成藏。从这一意义上讲,气源岩生气高峰出现的时代显得尤为重要,一般说来,源岩生气高峰出现的时代越早,越能造成天然气的散失,或气藏遭受破坏。因此,从动态平衡的角度来考虑,源岩在地史过程中不仅要生成足量的天然气,而且要求其生气高峰(生气强度达到最大值的阶段)出现的时代较晚为好。据张义纲(1990,1991)的研究,含煤地层源岩,由于碳链短,在热解过程中碳链的脱离大多数直接生成短链气态烃。因此生气高峰出现条件,大致为 $R^0=1.0 \sim 1.2\%$, $H/C=0.62 \sim 0.68$ 。源岩什么时代演化至 $R^0 1.0 \sim 1.2\%$,则取决于源岩所在盆地的地热及自身的沉积埋藏史。

1.4 地热场

一般来说,地热流高,地温梯度也高,反之,亦然。在其它条件相同的条件下,高地热场,有利于气源岩生气高峰较早出现,反之低地热场,则能推迟气源岩生气高峰的出现。如松辽盆地(热盆、高地热场)在1200~4100m之间为油窗阶段,而塔里木盆地(冷盆、低地热场)油窗对应深度则为2500~6200m。鉴此,对于较老的气源岩,低地热场较有利,可以推迟生气高峰出现的时代,而对于年轻的气源岩,高地热场则可以补偿其受热时间短的不足促使气源岩尽早进入生气高峰。

1.5 气源岩的沉积埋藏史

1.5.1 连续沉降型

主要指含煤地层形成后,连续沉降和接受沉积,其有机质热演化史基本上是连续的。

对于较老的源岩则要求早期沉积慢、后期沉积快,地温场低,这样有利于有机质的保存,推迟其生气高峰出现的时代。如塔里木盆地,地温梯度为 $18^\circ\text{C}/\text{km}$,远低于平均地温梯度($30^\circ\text{C}/\text{km}$),属于冷盆。同时在古生代—中生代长达数亿年时间里,沉降速度很慢(仅几米至20米/百万年),使得油气源岩(奥陶、石炭、三叠、侏罗)的温度增加缓慢,到中新世—上新世沉积之前,源岩为不成熟或成熟。中新世以后,特别是上新世到第四纪,沉降幅度达3000~5000m,沉降速率急剧增到数百米至上千米/百万年。这一快速沉降,促使气源岩快速增温,加快烃类的演化速度,使其进入生气高峰期。

与此相反,对于年轻的气源岩,快速沉降和较高的地温场则有利于其尽快进入生气高峰。如琼东南盆地屋13-1气田的崖城组气源岩,自沉积之后,从晚渐新世—中新世末,沉降缓慢,从上新世到第四纪,快速沉降,沉积速率达 $620 \sim 830 \text{ m}/\text{Ma}$,加之该盆地处于大陆边缘,具较高的热流值($>80 \text{ mW}/\text{m}^2$)和较高的地温梯度(平均 $46^\circ\text{C}/\text{km}$),从而使崖城组含煤地层源岩在第四纪进入了生气高峰期。

1.5.2 沉降-抬升剥蚀-再沉降型

该类型源岩在抬升剥蚀之前应为沉降慢、埋藏浅,抬升之后再沉降,而且必须快速沉降和沉积,源岩埋深超过第一次埋深,使源岩二次生气并进入生气高峰。也就是说源岩的生气高峰出现在抬升剥蚀阶段之后,才有利于天然气聚集成藏。如渤海湾盆地的文留和苏桥两个中型煤成气田,其气源岩石炭—二叠含煤地层,自沉积后一直到三叠纪末,持续沉降,埋深超过3000余米, $R^0 > 0.75\%$,进入了第一次生气期。三叠纪末期的印支运动,华北广大地区抬升,普遍受到剥蚀,致使C—P煤系气源岩热演化作用中断,第一次生气期生成的天然气大量散失。从早第三纪盆地断陷到晚第三纪喜山运动区域性的整体快速下降,使气田范围内的C—P煤系源岩埋深达4000~7000m,远超过第一次埋深,进入二次生气,出现生气高峰。

2 聚集条件

2.1 运移通道

具备良好的运移通道是聚集条件之一。而且该通道形成时代应早于源岩生气高峰出现的时代或同期形成。

具备了这一条件,就能把生气高峰期生成的大量天然气输送到附近的储层(如崖13-1气田,平湖油气田原生气藏)或较远的储层(如文留、苏桥气田)中去。

2.2 储层容量

储层的容量至少要大于 $5 \times 10^{10} \text{m}^3$ (大型)或 10^{10}m^3 (中型),且储层形成的时代必须早于源岩生成的天然气发生大规模运移的时代。

众所周知,储层的容量取决于它的孔隙度、渗透率、分布面积和厚度。所以储层的容量要达到大中型气田的规模必定涉及诸多的因素。国内外大中型煤成气田的统计资料表明,储层的孔隙度均大于10%、渗透率普遍大于 $3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、储层厚度至少大于10m。如荷兰格罗宁根气田,其储层的孔隙度为15~20%、渗透率为 $98.7 \times 10^{-3} \sim 987 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、厚度为90~210m(包茨,1988;张义纲等,1990)。我国崖13-1气田,储层的孔隙度14.9%、渗透率 $215 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、厚度130~290m。平湖油气田储层孔隙度较高为10~25%,渗透率为 $(10 \sim 2000) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,但储层厚度很薄,只有13.4~18.3m。

从动态平衡的角度考虑,只有当储层形成时代早于天然气大规模运移的时代,才有可能把经运移通道(断层,不整合面、裂缝)输送来的大量天然气储集起来。

2.3 圈闭条件

圈闭是天然气聚集不可缺少的条件之一,没有圈闭就没有天然气聚集。在气源充足储盖条件相同的情况下,圈闭面积越大,形成的气田越大,反之则小。

圈闭能否有准备地起到富集油的作用,取决于圈闭的分布位置、形成时间与油气生成运移时间的匹配关系。一般来说,在油气运移之前形成的圈闭,才是最有利于油气富集的圈闭。如平湖油气田的构造圈闭与油气生成运移时代相比,大部分属早期或同期。崖13-1气田,圈闭为继承性生长背斜,三亚期末构造定型,梅山组末构造幅度已达今构造幅度的90%左右,圈闭形成时间明显早于主要生气期,其捕获新气源的量远大于其散失量,这是该气田构造充满度达100%的主要原因。

天然气的二次运移,其指向总是相对高部位。因此,邻近气源岩的隆起上的圈闭总是优先捕气成藏。如崖13-1气田的圈闭,在地质历史发展的各个时期一直处于相对隆起的地位。在侧向运移条件不好时,处于生气强度高的区域内的圈闭,最有利于油气富集,形成原生气藏,如平湖油气田的八角亭构造等。

3 保存条件

具备良好的封盖条件,包括立体成岩封闭体系、封存箱等,这是大中型气田必备的保存条件。

天然气不仅能通过大的裂缝和连通孔隙以渗滤形式发生运移和散失,且能以扩散方式运移和散失。因此要形成一个大中型煤成气田,必须具备与油气生成运移早期或同期的直接盖层、区域盖层或封存箱。如松辽盆地汪家屯气田,其直接盖层为白垩纪泥岩,厚60~70m,区域盖层为白垩纪的泥质岩,厚度大于600m。平湖油气田中的高压油气藏均位于中封存箱内(R° 约0.6~1.0%)^①。总之,封盖条件越好,天然气损失越小,越有利于聚集成藏。

① 1993年度东海地质工作会议论文汇编

另外,油气聚集到圈闭后不要发生大规模的构造运动。

4 结 论

本文以国内外典型煤成气田的资料为基础,从动态平衡的角度,对含煤地层形成大中型煤成气田的主要条件进行了探讨,得到了以下几点认识。

(1)源岩条件:不仅要求源岩在地史过程中至少要生成 $5 \times 10^{12} \text{m}^3$ (大型)或 10^{12}m^3 (中型)天然气,生气强度应大于 $2 \times 10^9 \text{m}^3/\text{km}^2$,而且要求源岩的生气高峰出现的时代越晚越好。

(2)聚集条件:要具备与油气生成运移早期或同期形成的良好的运移通道,优良的储层,容量至少大于 10^{10}m^3 (中型)或 $5 \times 10^{10} \text{m}^3$ (大型)的圈闭;

(3)保存条件:不仅要求有与油气生成运移早期或同期形成的良好封盖条件,包括立体成岩封闭体系、封存箱等,而且要求油气进入圈闭后没有大规模构造运动发生;

(4)含煤地层源岩形成大中型气田是上述诸项条件在时空上互相匹配综合作用的结果,缺其中任一条件,都不可能形成大中型气田。在撰写本文过程中,得到了地矿部石油地质中心实验室胡惕麟、戈葆雄两位高工的热情指导和帮助,在此致以深切的谢意!

(收稿日期:1993年1月20日)

参 考 文 献

- 1 傅家谟等.煤成烃地球化学.北京,科学出版社,1990
- 2 包 茂.天然气地质学.北京,科学出版社,1988
- 3 张义纲等.从全球大型气田生气高峰分布规律分析我国天然气有利聚集保存区带.石油实验地质,1990,12(3)
- 4 张义纲.天然气动态平衡面藏的四个基本条件.石油实验地质,1991,13(3)

A PRELIMINARY APPROACH TO THE MAIN FORMATIVE CONDITIONS OF LARGE AND MIDDLE SIZE OF GAS FIELDS IN COAL-BEARING SYSTEMS

Wu Yaoping

(Central Lab of Petroleum Geology, MGMR)

Abstract

With a viewpoint of dynamic equilibrium, a preliminary approach has been made to the key factors which control over the formation of large and middle size of gas fields in coal-bearing systems on the basis of the studies on the typical coal-derived gas fields at home and abroad. It is proposed that source rocks, accumulation and preservation of natural gas should be essential conditions.