中国含煤-含气(油)盆地的地质条件*

王庭斌

(中国石油化工集团公司石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要 中国有 5 类含煤盆地, 含煤盆地的形成、发展与历次构造事件密切相关, 其中印支运动对中国含煤盆地构造格局、古地理景观的变革尤为重要. 中国含煤盆地的演化可划分为两大发展阶段、3 种结构型式和两类沉积环境. 总结中国含煤-含气(油)盆地的地质条件表明: 只有曾长期深埋地腹的煤系地层才有可能成为含煤-含气(油)盆地, 成为中国天然气的主要勘探对象. 在各类含煤-含气(油)盆地中, 以类前陆型煤成气前景最好: 裂(断)陷型煤成气聚集的丰度最高, 最有利于生成煤成油; 克拉通型煤成气丰度偏低, 演化程度偏高. 由以上 3 种类型含煤盆地为主在中国形成了 3 个煤成气主要聚集区: 西部区、中部区、近海海域区. 未来勘探煤成气田的重点盆地: 塔里木、鄂尔多斯、四川、东海及莺琼盆地.

关键词 含煤盆地 转化 含气(油)盆地 地质条件

煤是世界上资源最丰富的化石燃料, 在成煤作用演化的过程中形成的副产物是以甲烷(CH_4)为主的气体[1,2], 统称之为煤系气. 根据赋存条件, 煤系气可进一步划分为煤成气与煤层气. 煤成气是指从煤系源岩(煤及煤系暗色泥质岩)中生成并能够被排出运移到各类储集层中聚集成藏的煤系气, 煤层气是生自煤层储于煤层, 被煤层表面颗粒所吸附的气体.

中国是煤炭资源大国, 煤系地层分布面积占陆上沉积岩覆盖面积的 40.7%, 面积超过 $5\times10^4km^2$ 的含煤盆地有 10 个, 含煤岩系时代包括石炭纪、二叠纪、晚三叠世、侏罗纪、白垩纪、第三纪及第四纪[3]. 由于一些含煤岩系曾长期深埋地腹, 具有成为含煤-含气(油)盆地的地质条件, 为煤成气藏的形成提供丰富的气源. 在中国, 从 1978~1998 年的 20 年中, 储量>$100\times10^8m^3$ 的煤成气田从 2 个上升为 25 个[4]. 最近发现的克拉 2 号、苏里格等大型煤成气田, 使煤成气在中国天然气探明储量中的比例更高. 至 2001 年底, 煤成气占 57%.

1 含煤岩系的生烃特点

1.1 煤系地层的总生气量较高

煤系是泥质烃源岩的一种特殊类型, 与其他类型源岩相比有以下特征: (i) 煤系地层的沉积环境多为海陆沼泽或湖泊沼泽相, 以弱还原-弱氧化环境为主; (ii) 有机质以高等植物木质纤维为主, 有机质以III型干酪根为主, 是相对贫氢的[5]; (iii) 中国主要含煤层的平均有机碳含量为 62%~70%, 煤系中的暗

2003-05-20 收稿, 2003-09-10 收修改稿
* 国家"九五"重点科技攻关项目(编号. 99-110)资助

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

色泥质岩平均有机碳含量为 2%~3%, 普遍高于中、新生代的湖相泥质岩[6,7]. 因此, 虽然煤系地层III型干酪根的产烃能力比 I、II型干酪根低, 但是煤的有机碳是中、新生代湖相泥质岩的 40~50 倍, 煤系中的泥质岩的有机碳含量是其 1.5~2.5 倍, 丰富的有机质在一定程度上弥补了生烃潜力相对较低的不足; (iv) 有机质进入成熟阶段以后, 以腐泥型为主的各类有机质以产油为主, 但是煤系地层此时已进入生气高峰阶段, 并一直延续到高-过成熟演化阶段, 虽然所产的液态烃量总体较少, 但总生气量较高[8]; (v) 据热解模拟实验, 煤系地层的生烃可以分为 4 个阶段(图 1); 生物气阶段、贫气阶段、主要生气阶段、次要生气阶段. 在贫气阶段至主要生气阶段的早期有一个生油(煤成油)窗及重烃气生成期. 在气煤至焦瘦煤阶段(R° >0.7~1.5, 煤系的中-高演化阶段)是煤成气最主要的生气阶段. (vi) 煤系烃源岩的排烃期较晚, 以成熟-高成熟阶段(R° >0.8~1.8%)为主要的排烃期, 排烃量也小于湖相及海相泥质岩[7,8].

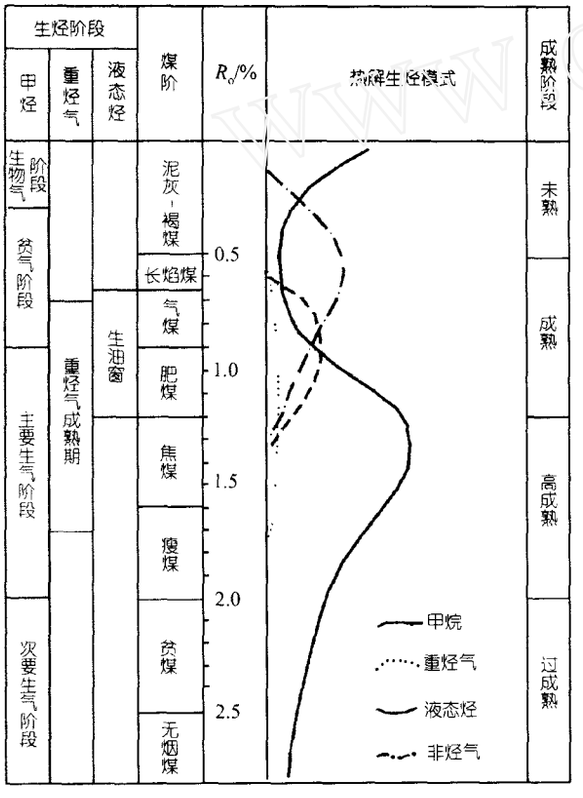


图 1 煤系地层生气阶段

上述特点致使煤成气藏的形成较其他成因类型的天然气有一定的差异[9,10].

1.2 部分煤系地层具有形成工业价值煤成油的地质条件

煤及煤系地层的热演化过程中也有液态烃产出, 在特定的条件下可以形成工业油田[10]. 但是在什么特定的地质条件下, 以及能否生成比较大量的煤成油?

煤的成因可概略地划分为3个基本类型: 腐殖煤、腐泥煤和残殖煤[11]. 以腐泥煤的生烃潜力最好, 可以生成煤成油, 但是腐泥煤在世界煤的总量中所占的比例很小. 世界上绝大部分的煤是腐殖煤, 主要由高等植物的遗体组成, 主要的煤岩组分是镜质组. 由于高等植物的组成和演化受制于古气候、古沉积环境等多种因素, 腐殖煤和煤系作为一种源岩常呈现出巨大的变化和复杂多样性[11]. 因此, 虽然腐殖煤的主要组分是镜质组, 但镜质组可细分为不同亚显微组分, 它们的沥青 A 含量及富氢程度不同[12, 13]. Thompson[14]; Shanmugam[15]; Hunt[16]曾综合一些已知煤成油田资料后提出了以类脂组、H/C 及氢指数为主作为煤成油有效源岩的标准. 中国学者也于 20 世纪 80 年代以来开展了许多研究工作[4,17~20]. 傅家谟、王飞宇等认为当超微类脂体的含量>8%时就可以具有较好的生成煤成烃的能力[12,19]; 黄第藩等[20]总结了形成具有主要经济价值的煤成油需具备的地化条件; 戴金星等[4]对煤系的倾油/倾气性论述中认为煤的富氢指数 250~300 mg/g 和 H/C 值 0.9~1.0 是显微组分倾气倾油性的重要界线.

上述研究成果都表明了煤系地层能够生油, 但是煤系地层的有机质以III型干酪根为主, 总体上以生气为主. 煤岩组分生烃潜力的差异不仅取决于煤岩组分中壳质组分的含量, 更主要的取决于镜质组的具体成分. 在镜质组中, 以基质镜质组(或称萤光镜质组、富氢镜质组、包括富氢超微类脂组的镜质组 I 和镜质组 II)生油、生气的潜力最好, 正常镜质组和贫氢镜质组主要生成气, 并且以干气为主.

2 中国含煤盆地烃源岩特征

我国含煤盆地主要有: 克拉通型、大陆周边型、

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

类前陆型、裂(断)陷型及陆内坳陷型.

2.1　克拉通型含煤盆地

克拉通型含煤盆地保存较好的是克拉通内部煤系、以华北地台石炭-二叠纪煤系为主，其次为扬子地台的晚二叠世煤系及华南地区石炭-二叠纪煤系[21]. 克拉通型含煤沉积以海陆交互相的滨海沼泽为主，属稳定型薄煤系和富煤贫泥沉积. 鄂尔多斯盆地发现的气田均以石炭-二叠纪煤系为主要气源[22,23]，四川盆地储存在碳酸盐岩中的一些气田也以上二叠统煤系为气源[24]. 由于时代偏老，有机质的演化程度普遍较高，以产干气为主. 鄂尔多斯盆地晚古生代烃源岩在吴旗、庆阳、延安、黄陵一带，R° >2.5%[25]，天然气中甲烷含量一般均>90%，重烃含量<5%，平均干燥系数>0.95[25]. 四川盆地上二叠统龙潭煤系 R° >1.35%~2.8%，天然气成分更干，甲烷>97%，重烃<1%，干燥系数>0.98[25].

2.2　大陆周边型含煤盆地

大陆周边型含煤盆地是环绕未封闭前的晚三叠世边缘海(古特提斯海的一部分)分布的四川盆地西部、楚雄盆地、滇西-昌都盆地和青藏的吐门格拉-丁青盆地以及松潘-甘孜印支褶皱系[21]，属晚三叠世近海型含煤沉积，常夹有火山喷发岩和磨拉石沉积. 含煤岩系厚度比较巨大，但含煤系数较小. 由于所处的大地构造位置，后期的改造作用比较强烈，只在四川盆地西部"须下盆"(T_3 下部)的下部以及楚雄盆地(T_3 下部)煤系保存较好. 四川盆地西部"须下盆"是由大陆周边型向类前陆型转变的含煤盆地(图 2). 在早期，马鞍塘期-小塘子期的含煤组合沉积具陆棚沉积特征，其上的须二、三期逐渐过渡为龙门山印支褶皱带的类前陆含煤盆地，以陆相含煤沉积为主，厚达 2000 m 以上. 新场地区新 851 井高产气层气源来自马鞍塘组-小塘子组，表明了大陆周边型含煤沉积在具有良好保存的地区有较好的煤成气前景.

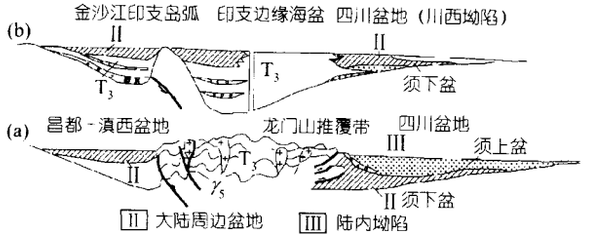


图 2　大陆周边型含煤盆地发展示意图

2.3　类前陆型含煤盆地

受特提斯域的影响，晚三叠世-早、中侏罗世，中国中、西部在古生代褶皱带的前缘普遍发育了具有前陆特征的含煤盆地，我们称之为类前陆型含煤盆地. 其中最著名的有：四川盆地西部在龙门山前缘的"须下盆"(T_3 下部)和"须上盆"(T_3 上部)、位于天山南北两侧的库车坳陷及准噶尔盆地南缘坳陷的侏罗纪含煤岩系、位于昆仑山前的塔西南坳陷侏罗纪含煤岩系. 这些含煤岩系受相邻造山带的制约，与相邻造山带的发展、演化息息相关，煤系沉积环境及厚度变化很大. 如川西地区的须下盆(T_3 下部)和"须上盆"(T_3 上部)煤系厚达 3000~4000 m，沉积速率高达 260 m/Ma(图 3)，煤层多达数十至百余层，但单层厚度很小，少有可采煤层，聚煤密度<2×10^4t/km^2[26]. 在淮南地区煤层最厚可达百米，局部聚煤密度可高达 355×10^4t/km^2[26].

类前陆型含煤盆地是中国找寻大中型煤成气田的重要领域. 目前在库车、川西、准南、塔西南发现了一批大中型煤成气田，库车坳陷克拉 2 号气田的储量丰度高达 54×10^8m^3/km^2. 此外，在西部的侏罗纪煤系，显微组分中惰性组较少，壳质组+腐泥组及镜质组的含量较高，有利于形成一定数量的煤成油，是我国煤成油的主要产区之一. 例如准噶尔盆地南缘侏罗纪煤系，煤的显微组分组成的平均值为：镜质组 78.4%、惰性组 9.2%、壳质组+腐泥组 12.4%；泥质岩的显微组分组成的平均值为：镜质组 59.4%、惰性组 8.6%、壳质组+腐泥组 32.1%，但变化的范围很大[4]，表明了在这些含煤沉积中形成煤成气、油条件有较大的变化.

2.4　裂(断)陷型含煤盆地

裂(断)陷型含煤盆地主要发育在中国东部及邻近海域，形成了东北-华北裂谷系和近海裂陷系含煤盆地[21].

东北-华北裂谷系包括松辽盆地深部掩覆的数十个 J_3-K_1 含煤断陷群、大兴安岭 J_3-K_1 含煤断陷群、东北北部 J_3-K_1，E-N 含煤断陷群、下辽河-华北 J_3-K_1，E

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

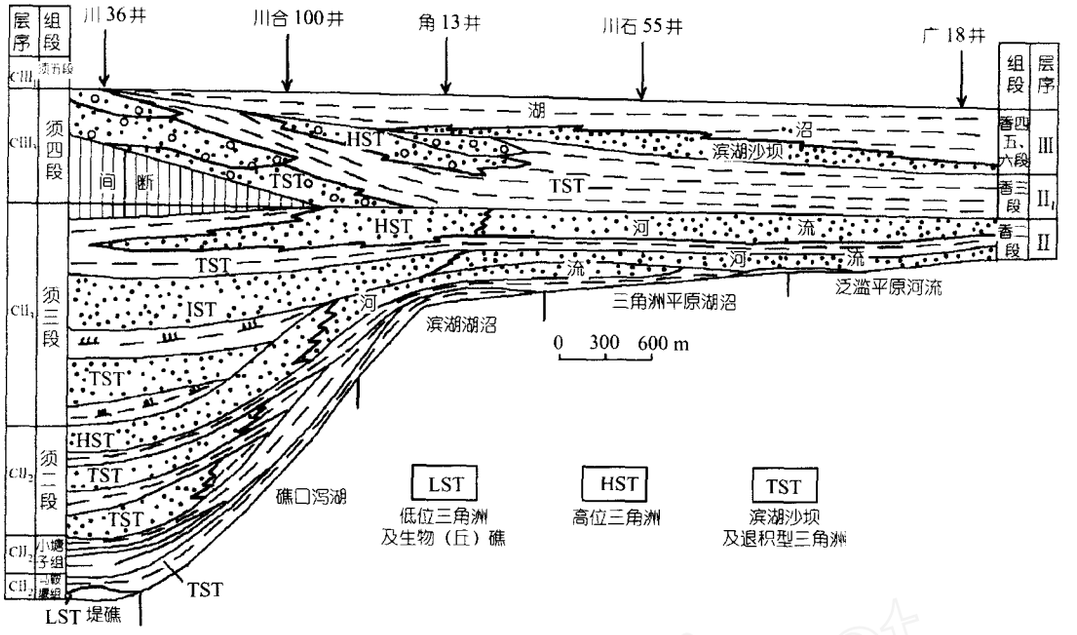


图 3 川西坳陷上三叠统(龙门山前陆含煤盆地)充填形式及岩相剖面图

含煤断陷群[21]. 这些含煤盆地以小而多、结构复杂、普遍有火山活动, 均以陆相含煤沉积为主. 沉积环境及厚度变化很大、煤层的厚度分布不均, 从数米至上百米, 以及分割性强、自成沉积体系和群体型为特点. 部分断陷(如渤海湾地区)以深湖为主体, 含煤断陷对区内油气前景的作用小; 北淮阳、沂沭等少数断陷以火山岩为主, 所生成的煤成烃量少, 保存条件较差, 不具备向含气(油)盆地转化的必要条件; 在东北北部晚侏罗-早白垩世及其老第三纪-新第三纪煤系, 聚煤密度较高(鸡西-鹤岗第三纪煤系为 38.5×10^4t/km^2)[26], 是中国重要煤产区之一, 但缺少保存条件, 煤成气的前景较差; 在松辽盆地的深部, 有一系列晚侏罗世-早白垩世含煤断陷, 每个断陷的面积有数百至数千平方公里, 煤系地层的厚度变化很大, 从数百至数千米, 煤层的厚度较薄, 但暗色泥质岩的厚度较大, 其上又沉积了巨厚的晚白垩世湖相沉积体系, 成为松辽盆地找寻煤成气的重要勘探目标. 由于煤系地层显微组分的组成中惰性组较多 (平均为 14.1%), 壳质组+腐泥组较少 (平均为 6.2%)[4], 加之松辽盆地又是一个高热流、高地温场的盆地, 煤系地层中的有机质多已进入高演化阶段, 以形成煤成气为主,不具有形成煤成油的地质条件.

近海裂(断)陷含煤盆地, 包括东海、珠江口、莺琼、北部湾、台西、台西南等第三系含煤盆地. 东海陆架盆地是最大的含煤-含气(油)盆地, 从古新世至中新世均以煤系沉积为主体. 下部为含海相地层的滨海-海湾含煤沼泽, 向上逐渐过渡为陆相含煤沉积. 古新统煤系主要分布在台北坳陷, 煤系地层厚约 600~1000 m, 煤层的累计厚度仅 5~20 m. 始新统平湖组煤系是西湖凹陷的主要烃源岩, 煤系地层最厚可达 1500 m, 煤岩的平均累计厚度 25 m, 煤岩的有机碳为 61.84%, 氯仿沥青"A"高达 19276×10^{-6}, 总烃高达 8566×10^{-6}; 煤系泥质岩的有机碳为 1.31%, 氯仿沥青"A"为 530×10^{-6}, 总烃为 253×10^{-6}. 据西湖凹陷泥岩与煤有机质显微组分资料(表 1), 虽然有机质类型属腐殖型(III型干酪根), 但都以脂镜组和镜质组为主要组分, 惰质组极低(<1%), 还有较高的类脂组和少量腐泥组. 西湖凹陷又是近期热事件活跃地区, 始新世古地温梯度可能高达 5~6℃/100 m[23], 煤层沉积后很快进入中-高演化阶段, 形成了丰富的煤成气和一定数量的煤成油, 发现了平湖、春晓等一批煤成油气田.

近海各类裂(断)陷型含煤盆地与我国东部的陆内

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　西湖凹陷泥岩与煤有机质显微组分含量表

地层	腐泥组/%		类脂组/%		脂镜组/%		镜质组/%		惰质组/%	
	泥岩	煤	泥岩	煤	泥岩	煤	泥岩	煤	泥岩	煤
柳浪组			1.12	16.17	6.58	22.19	91.60	60.4	0.70	0.42
玉泉组	0.35	0.83	9 02	10.47	26.51	16.60	63.24	71 84	0.88	0.23
龙井组	0.50		7.73	20.64	43.95	12.03	47.36	67 15	0.82	0.17
花港组	0.57	0.33	3 38	11 91	42.50	39.78	52.21	47 94	0.80	0.05
平湖组	0.05	0.40	3 19	10.43	60.80	31 92	35.40	57 10	0.66	0.15
凹陷平均值	0.02	0.28	5.02	11 71	46.77	28 80	46.77	59 11	0.80	0.20

裂陷型含煤盆地有较大差异. 即近海含煤盆地的面积相对较大, 以近海含煤沉积环境为主, 厚度较大, 但煤层的累计厚度较小, 沉积环境的变化相对较小, 火山活动的强度明显减弱, 地温梯度高于东部的裂陷型含煤盆地, 煤系地层保存较好, 煤系的显微组分组成平均值为: 镜质组 80.8%、惰性组 4.7%、壳质组+腐泥组 14.5%; 泥质岩的显微组分组成的平均值为:镜质组 58.3%、惰性组 16.6%、壳质组+腐泥组 25.1%[4], 与其他类型含煤盆地相比较更具有形成煤成油的物质基础.

2.5　陆内坳陷型含煤盆地

陆内坳陷型含煤盆地位于相对稳定的克拉通基底之上, 盆底坡度小, 煤系沉积厚度相对较薄, 通常只有数十至数百米, 以河流-湖相砂泥岩含煤组合为特色. 如鄂尔多斯盆地上三叠统(延长统)-中侏罗统(延安统)、四川盆地川中-川东地区(香溪群)以及塔里木盆地的上三叠统-侏罗系的含煤沉积. 由于煤系地层厚度较小, 煤及泥质岩的发育程度不高, 目前尚未发现形成比较大的煤成气藏.

5 类含煤盆地烃源发育特点表明了中国含煤盆地的形成、发展与历次构造事件密切相关, 与中国大陆整体结构及发展历史密切相关. 其中印支运动对中国含煤盆地构造格局、古地理景观的变革尤为重要. 因此, 中国含煤盆地的演化可划分为两大发展阶段、3 种结构型式和两类沉积环境.

(1) 两大发展阶段: 印支期前为稳定克拉通型含煤沉积, 印支期后转变为大小不等的、分隔的裂(断)陷型、前陆型及陆内坳陷型含煤盆地.

(2) 3 种结构型式: 单层、双层与多层结构. (ⅰ) 单层结构, 含煤岩系构成盆地的主体, 煤盆的发展历史短, 面积较小, 主要发育在我国的东部. 如大兴安岭 J_3-K_1 含煤断陷群、东北北部 J_3-K_1, E-N 含煤断陷群; (ⅱ) 双层结构, 以一套含煤层系为主与其他类型沉积层系构成盆地的主体, 这类盆地的发展历史相对较长, 具有断、坳两层结构的特点. 如松辽盆地深部掩覆的数十个 J_3-K_1 含煤断陷群之上, 发育了巨厚的晚白垩世坳陷型沉积, 煤系被深埋地腹, 成为深部含气组合的主力气源; (iii) 多层次结构, 由不同时代、不同沉积类型的含煤岩系与不同类型沉积层系叠加. 如四川盆地有 3 套含煤岩系: 上二叠统龙潭煤系属扬子地台克拉通型沉积的一部分, 上三叠世的"须下盆"(T_3 下部)属于大陆周边型 类前陆型含煤盆地, "须上盆"(T_3 上部)属于甘孜印支造山带(包括龙门山)的类前陆型-陆内坳陷型含煤盆地, 其上被秦岭-大巴山造山带的前陆盆地(晚侏罗-早白垩世)巨厚红色地层覆盖.

很显然, 单层结构的含煤盆地转化为含气(油)盆地的可能性最小; 双层结构的含煤盆地, 煤成气前景较好; 多层叠合的含煤盆地是在不同构造环境、不同沉降方式的背景下形成的, 分别反映了盆地的不同的演化序列, 不同类型煤系的煤成气前景有较大的差异.

(3) 两大类沉积环境: 陆上潮湿环境与水下沉积环境. (ⅰ) 陆上潮湿环境, 以无覆水-浅覆水的弱还原-弱氧化环境为主, 有利于泥炭沼泽的形成, 往往形成富煤带, 属富煤贫泥沉积, 煤是主要的烃源岩. 此类沉积环境主要发育在克拉通型含煤盆地及陆内坳陷型含煤盆地, 有机质相对比较集中, 以高等植物为主, 有机质的显微组分中镜质组、惰性组含量较高. 由于经常处于无覆水或水体流动的氧化条件下, 以丝炭化作用为主, 使木质素、纤维素及早期形成的凝胶化组分形成丝炭化组分, 成岩后即为惰性组. 例如广泛分布于华北地区的石炭-二叠纪含煤沉积, 川中-川东地区的晚三叠世含煤沉积; (ⅱ) 水下沉积环境,

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

煤系沉积的水体相对较深，以中覆水-深覆水为主多与湖泊、泻湖、浅海环境相连，基本上是弱还原-还原环境，往往形成贫煤富泥带，甚至还包括一部分碳酸盐岩，有机质相对比较分散，煤系泥质岩是主要烃源岩，由于水生生物繁茂，以及沉积于覆水环境，有机质易于保存，有机质的演化以凝胶化作用为主，使木质素、纤维素形成凝胶化组分，成岩后即为镜质组．此类含煤沉积在各类含煤盆地中分布较广，如东海西湖凹陷平湖组煤系及琼东南盆地崖城组煤系．

两类沉积对于有机质的组成、演化及保存条件有差异，但不是决定成烃潜力的最基本因素．因为在一个含煤盆地中，两类沉积环境常常并存，例如在华北地区石炭-二叠纪含煤沉积有 4 个相带，其中的咸水森林沼泽相和半咸水低位森林沼泽相都属于水下沉积环境．泥炭沼泽的演化序列表明，在多数情况下是由低位沼泽(湖边漂浮沼泽、排水不良地区的低位沼泽、繁茂植物群广阔的低位沼泽)逐渐演化为高位沼泽(受限制植物群微高位沼泽、极受限制植物群高位沼泽)(McCabe,1984)．有机质向煤成烃的转化程度不仅取决于原始沉积环境，还取决于陆源有机质的供给来源及丰度，以及煤系沉积后的持续埋藏程度、地温场特征和演化时间等多种地质因素．这些因素统称之为煤系有机相[27]．

3 中国主要煤成气田形成地质条件

中国有储量>$100\times10^8m^3$煤成气田 29 个，分布于塔里木、鄂尔多斯、四川、莺-琼、东海、柴达木、吐-哈、准噶尔、渤海湾、松辽等十个含煤盆地，储集于从奥陶系至第四系，研究这些煤成气田的分布表明：与其他成因类型天然气一样，煤成气田的形成也受着多种地质因素的制约，但其特点是首先受制于煤系地层的发育情况及煤成气的聚集与保存条件．

(1) 在各类气源岩中，煤系地层的气源岩分布时代最长，地域最广(表 2)[28]，从石炭纪至第四纪，包含了不同时代的煤系．但煤成气田主要分布在煤成气生气强度大于 $20\times10^{12}m^3/km^2$ 的富煤成气凹陷区，并且与主要的含煤岩系关系密切．

(2) 由于富煤成气凹陷区煤系源岩分属克拉通型(鄂尔多斯、四川、渤海湾)、类前陆型(塔里木、准噶尔、吐-哈、川西、柴达木)、裂 (断) 陷型(松辽、东海、莺-琼)及大陆周边型(川西)，表明了不同类型的含煤盆地都有可能形成大中型煤成气田．

(3) 不同时代的煤系只在保存条件最好的主要沉积区才有可能成为主力气源．例如，晚古生代煤系源岩主要是鄂尔多斯盆地及四川盆地川中及川东煤成气田的源岩；晚三叠世煤系主要是川西煤成气田的源岩；侏罗纪煤系主要发育在西部地区，为塔里木、准噶尔、吐-哈等盆地煤成气田的形成起了重要作用．

(4) 中国煤成气田以自储式和近储式为主，并普遍有跨储式的煤成气藏(如川西侏罗系大型次生煤成气藏)．

(5) 与其他成因类型天然气一样，煤成气田的形成，可归结为：以晚第三纪末期至第四纪为主的超晚生聚型(柴达木盆地的煤成生物气田、莺-琼盆地)、以第三纪为主的晚生晚聚型(塔里木、吐-哈、准噶尔、东海、渤海湾)、以中生代生烃聚集第三纪-第四纪定型的早生晚定型(四川、松辽)、中生代生烃聚集成藏型(鄂尔多斯)(图 4)．

(6) 煤化作用所形成的天然气较油型气的成分更简单，天然气的分子量更小，其密度、粘度和吸附性都较小，更易于扩散、挥发和溶解．因此，对煤成

表 2 中国气田气源类型统计简表

	四川	鄂尔多斯	塔里木	准噶尔	柴达木	吐-哈	渤海湾	松辽	东海	莺-琼	总百分比/%
Q-N 生物气-未熟气					100%						5
E-K_2 湖相泥岩气							100%				5
E-K_1 煤成气								5%	35%	60%	23
J-T_3 煤成气	15%		70%	10%		5%					14
T_2-P 碳酸盐岩气	100%										7
C-P 煤成气	15%	80%					5%				21
S 海相泥页岩气	100%										15
O 海相碳酸盐岩气		30%	70%								6
Cm-Z 海相碳酸盐岩气	100%										4

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

气的成藏与保存，希望成藏的时间越晚越好. 在中国主要煤成气田，有三分之二以上都属于晚期、超晚期成藏、定型. 塔里木盆地的克拉 2 号大型煤成气田的形成时间仅 6×10^4 a[29].

4　各类含煤盆地的煤成气前景

中国煤成气资源量超过 $13\times10^{12}m^3$[6, 30]，约占全国天然气资源量的 30%~50%，其中类前陆型含煤盆地约占煤成气资源总量的 40%，煤成气的前景最好；裂(断)陷型含煤盆地约占煤成气资源总量的 30%，演化程度比较适中，煤成气聚集的丰度最高，并普遍有一定数量的煤成油；克拉通型含煤盆地约占煤成气资源总量的 25%，主要分布在鄂尔多斯盆地及部分四川盆地，但丰度偏低，演化程度偏高；陆内坳陷型比较难以聚集形成较大的煤成气田；大陆周边型含煤盆地只在少数保存条件较好的地带煤成气的前景较好.

在中国由类前陆型、裂(断)陷型以及克拉通型含煤盆地为主，形成了 3 个煤成气主要聚集区：中国西部、中部及近海海域，它们富集了 90%以上的煤成气资源.

(1) 中国西部煤成气聚集区[25]：以侏罗纪煤系为主，主要分布在塔里木盆地的库车坳陷、西南坳陷，准噶尔盆地南缘、吐-哈盆地台北坳陷以及伊犁盆地的察布查尔坳陷，多属类前陆型含煤盆地. 目前已在塔里木、准噶尔、吐-哈盆地发现了一批大中型煤成气(油)田.

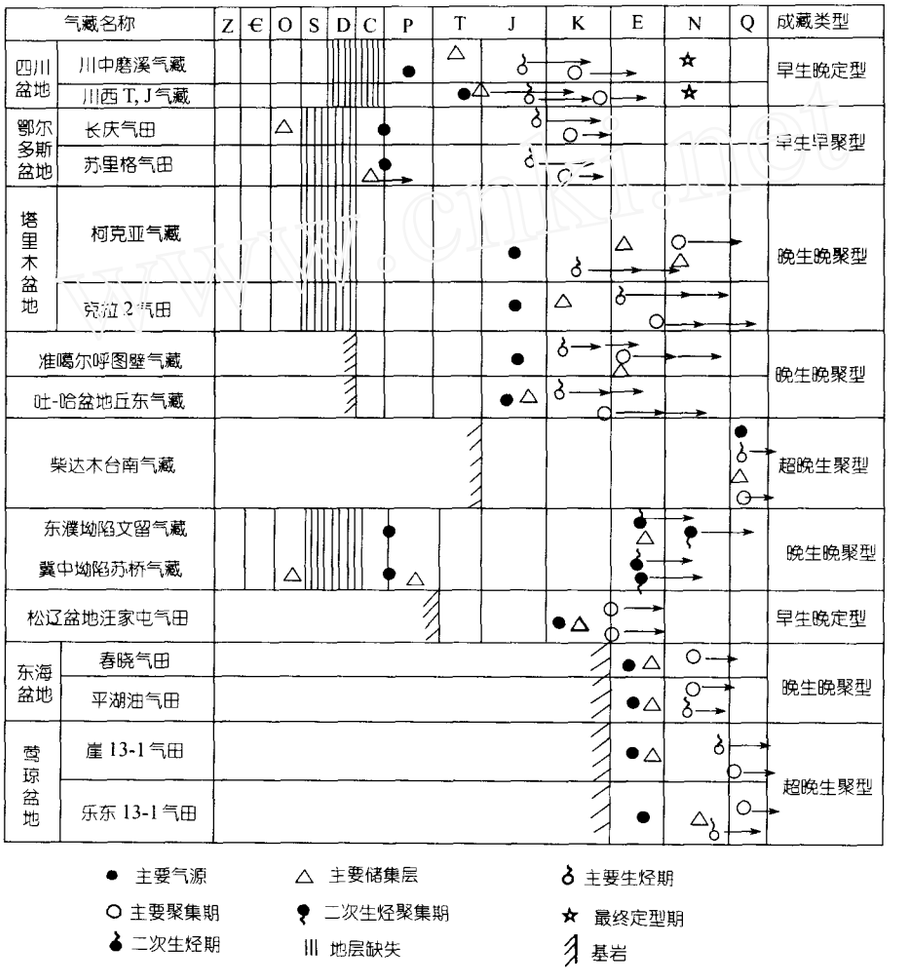


图 4　中国主要煤成气田成藏类型

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(2) 近海海域煤成气聚集区[25]: 包括我国近海海域一系列第三纪含煤盆地. 由于地处多个板块共同作用的活动带, 新生代以来持续快速沉降及高地温场特征, 为这些含煤盆地转化为含煤-含气(油)盆地提供了有利的地质条件. 在莺-琼盆地、东海盆地西湖凹陷、台湾西盆地发现了一批煤成气田, 是晚期、超晚期快速生气、快速成藏的典型地区.

(3) 中部煤成气聚集区: 包括广泛分布于大华北及扬子区的晚古生代巨型的克拉通型含煤盆地以及从川西至滇中的晚三叠世陆缘-前陆及陆内坳陷型含煤盆地.

在各类成因的天然气中, 煤成气勘探形势最好, 煤成气将是未来中国天然气的主要勘探对象, 其中特别值得重视的是塔里木、鄂尔多斯、四川、东海及莺琼盆地的煤成气. 塔里木盆地有两个大型类前陆含煤盆地, 现已探明的煤成气仅为其资源量的 10%~15%, 最近在库车凹陷发现的克拉 2 号、迪南 2 号, 在西南凹陷柯克亚气田的深部钻获高产煤成气; 鄂尔多斯盆地近年来在石炭-二叠纪煤系发现了储集条件比较优异的大型的河流相砂体, 发现了一批大型煤成气田, 受制于盆地结构及煤系地层生烃潜力特征, 区内煤成气仍将以大面积贫矿为主; 四川盆地川西区的深部(须家河组)是煤成气资源的主要富集区; 东海陆架盆地煤成气勘探除了继续扩大西湖凹陷的勘探成果外, 应重新研究台北坳陷的煤成气前景. 台北坳陷在古新世有一定厚度的滨海-海湾相煤系, 煤层厚约 10~20 m, 煤系中的暗色泥质岩的有机碳为 0.85%~2.75%, 在丽水 36-1 构造上的丽水 36-1-1 井发现了高产气流, 灵峰 1 井在基底片麻岩中钻遇的原油源于古新统含煤岩系, 表明了区内具有形成煤成气田的地质条件; 莺琼盆地是比较典型的超晚期形成煤成气田的盆地, 有利于形成较大的煤成气聚集, 在莺歌海盆地应继续以中央凹陷区为重点开展研究与勘探工作. 在琼东南地区应进一步向主凹陷区开拓.

参 考 文 献

1 Karweil J. Der Metamerphose der Kohlen von standpunkit der physikalischen chemie. Dresh Geol Gesell, 1956, 107(2): 132~139
2 Patijn R J H. Die Entstehung von Endgas inolfge der Nachinkoblung in Nordosten der Niederlande. Erdol und Kohle, Endgas, Petrochemie 1964, 17: 2~9
3 毛节华, 许惠龙, 主编. 中国煤炭资源预测与评价. 北京: 科学出版社, 1999. 1~49
4 戴金星, 钟宁宁, 刘德汉, 等著. 中国煤成大中型气田地质基础和主控因素. 北京: 石油工业出版社, 2000. 1~10, 66~105
5 张义纲. 天然气的生成聚集与保存. 南京: 河海大学出版社, 1991. 149~157
6 冯福凯, 王庭斌, 张士亚, 等著. 中国天然气地质. 北京: 地质出版社, 1995. 51~108, 137~164
7 付少英, 彭平安, 张文正, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界煤的生烃动力学研究. 中国科学, D 辑, 2002, 32(10): 812~818
8 王庭斌. 天然气运移理论对我国天然气地质学建立的重要贡献. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(4): 4~11
9 郝 芳, 邹华耀, 黄保泉. 莺歌海盆地天然气生成模式及其成藏流体响应. 中国科学, D 辑, 2002, 32(11): 889~895
10 Tissot B P, Welte D H. Petroleum formation and occurrence. London: Springer-verlag, 1978. 67~94
11 韩德馨, 杨 起. 中国煤田地质学. 北京: 煤炭工业出版社, 1980. 1~25, 40~50
12 傅家谟, 秦匡宗, 主编. 干酪根地球化学. 广州: 广东科技出版社, 1995. 592~605
13 韩德馨, 任德贻, 王延斌, 等著. 中国煤岩学. 北京: 中国矿业大学出版社, 1995. 21~22, 26~46, 62~67
14 Thompson S, Cooper B S, Morley R J, et al. P C, Oil generating coals., In, Petroleum Geochemistry in Thomas. B, et al., Exploration of the Norwegian Shelf. London: Grahamge Trotman, 1985. 57~73
15 Shanmugam G. Significance of coniferous rain forests and related organic matter in generating commercial quantities of oil, Gippsland Basin, Australia. AAPG Bull, 1985, 69: 1241~1254
16 Hunt J M. Generation of gas and oil from coal and other terrestrial organic matter. Org Geochem, 1991, 17(6): 673~680
17 戴金星. 成煤作用中形成的天然气和石油. 石油勘探与开发, 1979, (4): 10~17
18 傅家谟, 盛国英, 刘德汉. 煤成油母质的某些地球化学特征. 有机地球化学论文集. 北京: 地质出版社, 1987. 15~26
19 傅家谟, 刘德汉, 盛国英, 主编. 煤成烃地球化学. 北京: 科学出版社, 1990. 7~25
20 黄第藩, 华阿新, 王铁冠, 等著. 煤成油地球化学进展. 北京: 石油工业出版社, 1992. 450~480
21 冯福凯, 吴乃苓. 中国含煤-含气(油)盆地分析. 石油与天然气地质文集(第 1 集). 北京: 地质出版社, 1988. 1~16
22 张士亚. 鄂尔多斯盆地天然气气源及勘探方向. 天然气工业, 1994, 14(3): 1~4.
23 戴金星, 王庭斌, 宋 岩, 等著. 中国大中型天然气田形成条件与分布规律. 北京: 地质出版社, 1997. 34~39, 58~106
24 戴金星. 四川盆地阳新统气藏的气源主要是煤成气. 石油勘探与开发, 1983, (4): 69~75
25 戴金星, 宋 岩, 张厚福, 等著. 中国天然气的聚集区带. 北京: 科学出版社, 1997. 59~67, 110~128, 144~160
26 莽东鸿. 中国煤盆地构造. 北京: 地质出版社, 1994. 1~26
27 Dissel C F K. An appraisal of Coal facies based on maceral characteristics. Australian Coal Geol, 1982, 4(2): 474~484
28 王庭斌. 中国大中型气田的勘探方向. 石油与天然气地质文集(第 7 集). 北京: 地质出版社, 1998. 1~33
29 赵靖舟, 戴金星. 库车前陆逆冲带天然气成藏期与成藏. 石油学报, 2002, 23(2): 6~10
30 戴金星, 戚厚发, 王少昌, 等著. 我国煤系的气油地球化学特征、煤成气藏形成条件及资源评价. 北京: 石油工业出版社, 2001. 4~36

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net