

文章编号: 0253-9985(2005)02-0141-06

中国煤层气盆地地质特征与资源前景

孙万禄, 陈召佑, 陈霞, 王树华, 付晓云

(中国石化华北分公司, 河南郑州 450006)

摘要: 中国大陆含煤盆地集中分布在塔里木-华北板块、华南板块及准噶尔-兴安活动带的构造活动相对稳定的陆块或地块上, 形成时代主要为石炭-二叠纪、晚三叠世-早白垩世和第三纪。依据所处大地构造域的位置及沉积构造特征, 大体分为板内克拉通型与陆内断陷、拗陷型。含煤盆地中形成煤层气藏受下列条件控制: (1) 古气候、古植物、古地理、古构造以及沉积环境控制了煤的形成、分布及品质; (2) 构造变形直接控制了盆地的整体封存条件, 影响了盆地中煤的埋深及煤储层的渗透性; (3) 煤岩变质程度一是影响生气量, 二是影响煤岩的渗透性; (4) 封盖层和水动力条件决定煤层气藏的保存状态。经测算, 中国大陆煤层气资源丰富, 有 $20 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 的远景资源量。

关键词: 煤层气盆地; 地质特征; 资源前景

中图分类号: TE122.2 **文献标识码:** A

Geological features and resource potentials of coalbed methane basins in China

Sun Wanlu, Chen Zhaoyou, Chen Xia, Wang Shuhua, Fu Xiaoyun

(North China Branch Company of SINOPEC, Zhengzhou, Henan)

Abstract: Coal basins in Chinese mainland are mainly distributed in Tarim-North China plate, South China plate and the relatively stable landmasses and land blocks in Junggar-Xing'an active belt, and have mainly been formed in Permian-Carboniferous, Late Triassic-Early Cretaceous and Tertiary. They can be divided into intraplate cratonic basins and intracontinental rift-depression basins according to their locations in tectonic domain and sedimentary structural features. Reservoiring of coalbed methane in coal basins have been controlled by the following factors: (1) formation, distribution and quality of coals have been controlled by palaeoclimate, fossil plant, palaeogeography, palaeostructure and depositional environment; (2) tectonic deformation has controlled directly the entire sealing conditions of the basins and influenced the burial depth of coal beds and filtration properties of coal reservoirs; (3) degree of metamorphism has influenced both the amount of coalbed methane generated from coal and the filtration properties of coal beds; (4) sealing and hydrodynamic conditions would have determined the preservation of coalbed methane reservoirs. The prospective coalbed methane resources in China have been estimated to be 20 TCM (trillion cubic meters).

Key words: coalbed methane basin, geologic features, resource potential

盆地是煤层气、煤及石油、天然气(常规)赋存的主要场所, 各种有机沉积矿藏的成生、演化均受制于沉积构造盆地。赋存石油、天然气(常规)的沉积构造盆地称其为含油气盆地, 赋存煤炭的沉积构造盆地称为含煤盆地^[1,2]。煤层气与煤同生、共存, 没有煤就没有煤层气。煤层气盆地必是含煤盆地, 含煤盆地却不一定是煤层气盆地。现今保存的含

煤盆地并不一定都赋存有可供开采的煤层气, 只有能够形成煤层气藏的含煤盆地才能称其为煤层气盆地。

1 含煤盆地分布

中国大陆含煤盆地发育时代与全球具有同时性, 含煤盆地的发育受制于中国大陆板块构造活动。中国大陆含煤盆地残留面积 $405 \times 10^4 \text{ km}^2$,

其分布特征具有时段性及区带性^[3~5]。

早古生代及以前为低等植物成煤期,即腐泥煤(石煤)时代,主要分布在晚震旦世、早寒武世、志留纪,并以早寒武世为主,仅分布在华南板块范围。晚古生代后为高等植物成煤期,即腐殖煤时代,主要分布在晚泥盆世至新生代,除早中三叠世和晚白垩世外,集中分布在石炭一二叠纪,晚三叠一早白垩世和第三纪。含煤盆地分布遍及中国大陆各板块,但以塔里木-华北板块、华南板块和准噶尔-兴安活动带为主,且主要分布在较稳定的陆块或地块上。

石炭纪含煤盆地残留面积 $115.9 \times 10^4 \text{ km}^2$, 主要分布在塔里木-华北板块和华南板块。塔里木-华北板块的含煤地层为上石炭统,华南板块的含煤地层为下石炭统。其次,在准噶尔-兴安活动带仅有零星小型残留含煤盆地的分布。

二叠纪含煤盆地残留面积 $156.1 \times 10^4 \text{ km}^2$, 总体分布格局与石炭纪极其相似,具继承性。华北陆块上的二叠纪含煤盆地含煤地层时代,北部以早二叠世为主,向南渐变为晚二叠世。华南板块含煤地层时代以晚二叠世为主,含煤盆地遍布扬子陆块,分布范围比石炭纪广阔得多。藏滇板块羌中南-唐古拉-保山陆块仅有零星小型残留含煤盆地的分布,准噶尔-兴安活动带二叠纪含煤盆地并不发育。

三叠纪含煤盆地残留面积 $145.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。由于印支期是古板块构造发展阶段(或陆缘发展阶段)向现代板块构造发展阶段(或陆内发展阶段)的过渡时期,三叠纪含煤盆地的分布具有承前启后之势。三叠纪含煤盆地含煤地层主要发育在晚三叠世,分布地域集中在华北陆块和扬子陆块,其中,鄂尔多斯、四川等大型盆地继承性明显,柴达木陆块周缘也有含煤盆地(片)分布,但华北陆块东部三叠纪含煤盆地并不发育。扬子陆块与南华活动带三叠纪残留盆地更加零星破碎。扬子陆块西缘以及羌中南-唐古拉-保山陆块,都有广布的三叠纪残留含煤盆地。

侏罗纪含煤盆地残留面积 $142.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。燕山期后,中国大陆进入现代板块构造发展阶段,侏罗纪含煤盆地的分布已经完全改观。在华北陆块和扬子陆块上除鄂尔多斯盆地仍继承性发育外,其他大型含煤盆地均已不复存在,但在塔里木陆块周缘及准噶尔地块却发育了以早中侏罗世含

煤地层为主、规模较大的含煤盆地。

白垩纪含煤盆地残留面积 $31.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。含煤地层时代集中在晚白垩世,含煤盆地分布面积普遍较小。除藏滇板块有含煤盆地零星分布外,主要分布在塔里木-华北板块以北、巴丹吉林盆地以东的地域。天山-赤峰活动带以南仅有零星含煤盆地分布。

第三纪含煤盆地残留面积 $16.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。总体分布面积与单个盆地规模均很狭小。含煤盆地集中在中国的东部与西南(滇桂)部,东部含煤盆地以早第三纪为主,西南部含煤盆地以晚第三纪为主。

纵观中国含煤盆地的构造发展演化历史,华力西中晚期中国古大陆形成之前,在以南北挤压应力为主的古亚洲构造域背景下形成的含煤盆地大体有3种型式,即在稳定的大型陆块基底上形成的陆表海或陆表海湾型盆地,属板内克拉通盆地;在较稳定的微陆块基础上形成的陆缘海盆地;在活动性较强的陆块与褶皱带间形成的前陆盆地。

印支期含煤盆地主要发育在晚三叠世。印支期中国大陆应力场出现交织过渡格局,古亚洲构造域、古华夏构造域渐趋减弱,滨太平洋构造域、特提斯构造域逐渐增强。印支期沉积盆地分布格局承袭了晚古生代特征,以坳陷型为主,主要分布在几个陆块上,但在陆块边缘与活动带交接部位,由于逆冲断裂带的推覆,形成了鄂尔多斯、四川(川黔滇)大型前陆坳陷盆地,以及库车、柴北前陆盆地。在藏滇板块与华南板块相接处,由于具转换断层性质的断裂带影响,形成具走滑性质的青南藏北盆地。

燕山运动是具有陆内造山性质的剧烈构造运动。中国大陆东部受滨太平洋构造域的影响,形成北东、北北东向隆、坳相间的巨型构造带;大陆西部受特提斯构造域的影响,形成北西西、近东西向巨型构造带。位于中国大陆东北部的侏罗-白垩纪含煤盆地,除鄂尔多斯盆地继承性发育了坳陷盆地外,大多为中小型断陷盆地。在左旋压扭应力作用下断陷盆地具压扭性质,多有火山岩夹层。位于中国大陆西北部的侏罗、白垩纪含煤盆地,受天山、西昆仑、祁连褶皱带逆冲推覆,延续三叠纪发育了前陆坳陷盆地。位于天山褶皱带上的盆地类为潘农式盆地;位于阿尔金断裂带上的盆

地属走滑盆地;位于大陆西南缘冈底斯-腾冲活动带上的含煤盆地为主大陆边缘盆地。

第三纪含煤盆地主要分布在中国大陆东部,集中分布在大陆东北部和西南滇桂一带。大陆东北部受郯庐断裂右行张扭应力作用在断裂带形成地堑型含煤盆地,大陆西南部断陷盆地受三江断裂带影响,小型断陷盆地沿断裂带分布。分布在陆域的第三纪含煤盆地均以小型断陷盆地为主,分布在东部海域的盆地则以规模较大的弧后盆地为主。

2 煤层气藏形成条件

煤层气与煤、石油、天然气(常规)同属有机矿藏共存于沉积盆地之中,煤层气与煤更是同体共生、共存的伴生矿藏,仅是赋存状态不同。煤层气与常规天然气的成分基本相同,均以甲烷为主。煤层气藏与常规油气藏最明显的区别在于,煤层气是以吸附状态储存在煤岩层中,煤岩层即是生气源岩,又是煤层气储集层。

一般而言,只要煤层具有较高的含气量、较好的渗滤性能和完善的封盖条件,就能形煤层气藏。

2.1 煤的形成

含煤盆地以煤岩富集成藏而区别于一般沉积盆地。煤是煤层气盆地的物质基础。煤的形成主要受控于古气候、古植物、古地理、古构造以及沉积环境。

2.1.1 古气候与古植物

古气候是含煤盆地聚煤的重要影响因素,在一定条件下可成为决定性的因素。古气候造就了全球性成煤期的两个世代:早古生代及以前为腐泥煤成煤期,晚古生代及以后为腐殖煤成煤期。

晚古生代中晚期中国古大陆拼合前,华北陆块与扬子陆块位于赤道潮湿气候带,成煤古植物繁生,形成了较好的含煤盆地。中生代早期,中国古大陆形成,除藏滇板块南部和海南为半潮湿气候外,南北大陆均为干旱气候带,至晚三叠世南方大陆转为炎热潮湿气候带,才形成了较好的含煤盆地。早中侏罗世北方大陆为温暖潮湿气候带,南方大陆转为干旱气候带,在北方大陆西部形成含煤盆地。中晚侏罗世在北方大陆东部形成含煤盆地,但早白垩世仅在北方大陆东部温湿气候带发育了较好的含煤断陷盆地。第三纪早期温热潮湿气候带分布在中国大陆东北和西部,晚期主要分布在东部,第三纪含煤盆地均发育在潮湿气候带。总体而

言,自晚三叠世以来,中国大陆温湿聚煤带由南向北推移,其间白垩纪至渐新世位移不大且有回返。

古植物是含煤盆地成煤、成烃原始有机物质的物质来源,是构成含煤盆地物源的先决条件。古植物的生长分布既受古气候、古地理因素的制约,又有其自身发展的规律。在地质历史中,植物是由低级向高级发展的,含煤盆地的聚煤作用亦是随其而不断变化。晚元古代晚期至早志留世海生低等生物菌藻形成腐泥煤。志留纪末至早中泥盆世的煤是在滨海沼泽环境由裸蕨植物形成。晚泥盆世至晚二叠世早期的煤是在滨海潮湿气候环境由躯体高大的孢子蕨类和种子蕨类形成。中生代的煤由适应干旱气候的裸子植物形成。新生代又被适应性更强的被子植物所替代。

2.1.2 古地理与古构造

沉积古地理环境,是含煤盆地形成的必备条件。聚煤古地理环境不是一成不变的,而是随着古构造条件及古植物的演化而不断变化。晚古生代前以菌藻为成煤有机物源的腐泥煤,形成于南方大陆陆架海局限盆地、边缘海斜坡和边缘海盆地。晚古生代以孢子蕨类为成煤有机物源的腐殖煤,主要形成于陆表海沉积环境。中生代裸子植物繁盛时期,除少数盆地是在残余海湾过渡相环境中形成外,多半是陆内河湖相沉积环境。第三纪时期被子植物适应性更强,海域弧后盆地为海相成煤环境,陆内多为小型山间盆地河湖相沉积环境。

沉积古地理因素在成煤物源充足时往往是聚煤优劣的决定性因素。华北地区石炭一二叠纪含煤盆地是一个周缘围限与基底夷平的陆表海盆地,形成了含煤性较好的盆地。华南盆地古气候、古植物等条件并不亚于华北盆地,但其围限陆表海盆的古陆活动性较强,海盆中的古陆时起时伏,含煤盆地沉降中心、沉积中心亦随之变迁,直至早二叠世最大海侵后,才形成规模较大的含煤盆地。

古构造控制含煤盆地是显而易见的,含煤盆地所处地域的构造活动性质是聚煤优劣的决定性因素。聚煤条件好的大型含煤盆地多发育在构造稳定区,强烈造山带难以形成更难保有含煤盆地,即使存有含煤盆地也多是些残片。发育在稳定陆块上的华北、华南两个大型盆地(原型)虽然有很大差异,但总体而言均属于较稳定的板内克拉通型盆地,盆地规模大,含煤性好,与华力西期活动带的含煤盆地形成鲜明对照,也与中生代形成

的陆内含煤盆地有很大差异。

2.1.3 沉积环境

沉积环境是煤层发育优劣的主要影响因素。古气候、古植物、古构造、古地理等多种因素的相互作用集中反映在沉积环境的变化,印记在沉积岩相与聚煤相带(序)上。沉积岩相古地理环境直接影响煤层的分布位置、几何形态、煤岩煤质以及含煤岩系封盖层的发育状况。

晚古生代(陆缘发展中期阶段)与中、新生代(特提斯和滨太平洋构造发展阶段)两个地质历史发展时期,形成了两种类型的含煤盆地,即板内克拉通型含煤盆地与陆内断陷、拗陷型含煤盆地,发育了两种类型的沉积体系,即陆表海型盆地海相-过渡相-陆相含煤沉积体系和陆表湖型盆地湖泊相-过渡相-河流相含煤沉积体系。

发育在同一沉积环境的沉积相样式多种多样,在近陆源区径流活动带或深海、湖泊等深水环境,不利于成煤有机物质的堆积与保存,只有过渡相或相近相带,特别是径流与水体交汇的环境形成的沉积相带或组合,才有利于成煤有机物质的堆积与保存。

泥炭沼泽可作为独立的沉积体系,与聚煤期和期后沉积环境共同对煤层、煤质产生影响。富煤带多位于滨岸相带(海岸或湖岸),滨岸带为泥炭沼泽的形成提供了古地理条件,滨岸带坡度在一定程度上控制了煤层的分布范围。

物源区的隆升与沉降和区域性海水的进退是控制陆表海或近海盆地富煤带形成与迁移的主要因素。碎屑滨岸带的滨海三角洲或三角洲-碎屑海岸体系,是重要的聚煤环境,富煤中心部位常与其相吻合。晚古生代陆表海型盆地,聚煤的有利时期出现在海退阶段或最大海侵前的阶段性海退时期。物源区隆升为煤层形成提供了充沛的碎屑物与成煤有机物质,在区域性海退和海侵间歇期出现有利聚煤的泥炭沼泽环境。近海型盆地海退阶段的聚煤强度明显高于海侵阶段,经过大规模海侵或最大海侵后的海退阶段出现的低海平面体系域可形成富煤带,富煤中心部位常与滨海潮坪、障壁岛湖-三角洲或潟湖海湾沉积体相吻合。

陆内断陷、拗陷型含煤盆地湖泊充填演化阶段占有重要地位。湖盆大规模扩张期前后,盆缘地带的滨浅湖-湖泊三角洲体系和冲积扇-扇三角体系域是重要的聚煤环境,富煤带常与其相吻合。

与陆表海或近海盆地不同的是,物源区的构造活动变化复杂,区域性水进、水退受制于盆地基底的整体升降。基底为稳定升降的陆内盆地一般经历5个充填演化过程,即初始充填期、明显扩展期、最大扩展期、淤浅收缩期、充填结束期。大规模聚煤出现在淤浅收缩期的水退阶段。

2.2 构造变形

构造变形是含煤(煤层气)盆地形成、演化的主要型式。盆地形成后的构造变形对含煤(煤层气)盆地影响最大,改造最为明显。盆地形成后的变形改造主要有3种型式:一是沉积盆地整体隆升与沉降;二是沉积岩层褶皱变形;三是沉积岩层断裂变形。

沉积盆地整体沉降,后期沉积岩层叠加,使早期沉积物成岩、成煤。有机质成煤、成烃,是含煤(煤层气)盆地形成煤层气藏的必经之路,是一种建设性的改造作用。但是,沉降叠加过度或不足,煤层埋深过大或过浅都不利于煤层气成藏,相当于中阶煤的埋深较为有利。区域性隆升,使含煤岩系暴露风化,对煤层气成藏有破坏作用。但当含煤岩层有后期沉积岩层覆盖,盆地隆升后构型仍然完好,隆升后煤层变浅,降低勘探成本,对煤层气勘探又是有利的因素。

沉积岩层褶皱变形是一种普遍的模式。原型含煤盆地在构造应力作用下形成规模不同的低级的正向或负向构造,变形改造后的沉积构造盆地构型依旧完好,水动力条件虽有改变,煤层气藏并未遭到破坏,这种构造变形往往改善渗滤条件,对煤层气成藏具有建设性作用。但在地应力较强的构造活动区,形成的区域性推覆构造,煤岩层成为滑脱层,形成变质程度不同的构造煤,煤体结构遭到破坏,煤层中的吸附气体被脱附,气体渗滤通道被堵塞,这种区域性破坏作用又不利于煤层气成藏。

断裂是含煤盆地构造变形的另一种普遍型式。断裂的发育分不同时期、不同级别、不同性质,其发育与分布有着一定的规律性,对含煤盆地以及煤层气藏亦具有建设和破坏的双重性。大型沉积盆地和中小型断陷盆地的形成,往往与边界断裂活动有关,断裂对含煤盆地起着建设性作用,而盆地内同沉积期或期后断裂一般不利于煤层气的保存。

含煤盆地的构造变形不单表现在区域性隆升与沉降及含煤岩层的褶皱与断裂等宏观构型的变

化,还包括微观形变。煤岩内生裂隙为割理,其发育不仅与煤质有关,亦与含煤盆地形成过程中的地应力有关。面割理和端割理形成的网络是煤岩层气态烃的储集空间和运移通道。割理发育的好坏是决定煤层气成藏的重要条件之一。由岩层褶皱或断裂派生的外生裂隙,也是煤层中气态烃类重要的储集空间和运移通道,外生裂隙发育适度会改善煤层储集性能,但构造应力过强会造成煤体结构破坏,或因裂缝穿层会造成煤层气体的逸散,不利于煤层气藏的形成与保存。

构造变形对含煤盆地与煤层气成藏的影响还表现在水动力、水化学条件的改变。由于盆地变形,供水压头随之改变,整个盆地势能重新调整,煤储层压力及水化学成分也相应改变,含煤盆地变形改造定型后煤层气的分布也相应进行了重新调整。

2.3 煤岩变质

含煤(煤层气)盆地形成、演化过程中,在遭受变形改造的同时还经受热动力变质,煤岩变质是煤层气成藏的重要条件之一,只有变质适度的煤岩层才能形成煤层气藏。煤岩变质分为3种类型,一是深成变质,二是岩浆热变质,三是构造应力变质。

深成变质是含煤盆地形成过程中由于上覆岩层叠酌使含煤地层深埋,在地层压力和温度作用下煤岩发生变质,煤层变质程度随着埋藏深度增大而增高。对含煤盆地煤层气成藏来说,当煤层埋深在褐煤阶段时,煤层渗透性虽好,但煤层含气量却低,一般不利于成藏;当煤层埋深达到贫煤或无烟煤阶段时,煤层含气量虽然增高但煤层渗滤条件变差,对煤层气藏亦是不利;只有当煤层埋深在中阶烟煤时,煤岩生气量、渗透率等条件匹配适宜,才有利于煤层气藏的形成^[6]。然而低煤阶褐煤生气量变好与高煤阶无烟煤渗透性能变好也都有实例存在,因此在对煤层气藏评价时不应简单化、绝对化。

影响煤岩变质程度的第二个因素是岩浆热变质。煤层受到同沉积期或期后岩浆岩或火山岩的热源影响,地温比正常温度增高,煤岩变质程度也由此而增高。如果原型含煤盆地煤岩变质程度较低,由于岩浆热源的影响煤岩变质程度增高,对煤层气成藏是有利的;但若受岩浆热源影响变质程度过高,对煤层气成藏又反而不利,甚至是破坏性

的。岩浆热源的影响范围有大有小,局部性的岩浆岩体影响范围较小,深层侵入型岩浆岩体则可能形成区域性的地温异常,其影响范围广泛,可能影响整个含煤盆地,甚至是多个含煤盆地。

构造应力变质亦有局部与区域性之分,压性或压扭性断裂可以形成构造应力变质,被断裂卷入的煤层在断裂带可能变质为构造煤。区域性构造应力变质在褶皱带较为普遍。构造较稳定的陆块或地块中的构造相对活动区,在构造剧动期间亦会产生构造应力变质。区域性的推覆作用形成煤岩滑脱层也会产生构造应力变质。由于构造煤的产生和煤系地层剧烈变形,含煤盆地会遭到严重的破坏。煤岩构造应力变质实际上是动能转换为热能作用于煤岩层的结果。一般来说,这种变质作用破坏性常是主要的。

2.4 封盖条件

封盖条件是煤层气藏不可缺少的因素^[7]。在原始有机物质成煤过程中,与煤岩层同时沉积的泥页岩层,往往成为煤层气藏良好的区域盖层或局部盖层。区域性的盖层也是良好的隔水层,能将不同的煤系地层分隔成各自独立的水动力系统,使煤岩层处于封闭的状态,致使吸附在煤岩中的烃类气体不会溶于水中或逸散。以吸附状态储集在煤岩层中的煤层气,并不遵循常规天然气藏的重力分异原理,无须受势区和圈闭的控制。只要有较好的封盖条件,能够形成相当的地层压力和温度,煤岩能够生成足量的甲烷等烃类气体,煤岩层发育有较好的孔隙、裂隙渗滤通道,煤岩孔隙、裂隙中的水溶解气或孔隙、裂隙空间游离气的浓度能使煤岩中的吸附烃不被解吸而扩散,就可能形成较好的煤层气藏。煤层气藏可以完好的较大面积的储集在含煤盆地的复式向斜之中。

保存条件不单是煤岩层的封盖层,水动力条件亦是煤层气重要的聚集、封盖条件。经过构造变形的含煤盆地水动力系统依然完好,含煤岩层处于封闭状态,煤层甲烷在煤层中吸附、溶解和游离状态的平衡未遭到破坏,含煤盆地就能形成较好的煤层气藏^[8,9]。

3 煤层气资源勘探开发前景

自20世纪80年代末期开始,不少学者和研究机构对中国煤层气资源做过多次测算,评估中

国煤层气资源量为 $10 \times 10^{12} \sim 50 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 一般值为 $30 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。1998 年, 中国煤田地质总局^[10]在全国煤炭资源量第三次普查基础上测算中国煤层气资源量为 $14.34 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。2002 年, 张新民^[11]在《中国煤层气地质与资源评价》一书中, 测算中国煤层气资源量为 $31.46 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

据统计, 现今中国大陆含煤盆地残留面积 $250 \times 10^4 \text{ km}^2$, 参算煤层气资源量的含煤区面积约 $26.4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占含煤盆地残留面积的 10.6%。煤岩类型包括气煤至无烟煤(个别地区含褐煤)等多个煤阶。煤层厚度下限取值为 1m, 多数均在 2m 以上。煤层含气量值除少数低于 $5 \text{ m}^3/\text{t}$ (个别地区为 $3 \text{ m}^3/\text{t}$), 一般均高于 $5 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

经测算, 中国大陆煤层气资源总量为 $20.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。其中, 煤层埋深小于 1500m 的资源量为 $16.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占总资源量的 82.1%; 煤层埋深 1500~2000m 的资源量为 $3.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占总资源量 17.9%。埋深 2000m 以下的煤层气资源量未予计算。

煤层气资源量的分布, 主要在塔里木-华北板块的华北陆块, 华南板块的扬子陆块, 西伯利亚板块的准噶尔-兴安活动带。其中华北陆块资源量为 $15.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占总资源量的 76.4%(鄂尔多斯和沁水盆地资源量分别是 $6.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 和 $2.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 约占华北陆块资源总量的 63%)。扬子陆块资源量为 $4.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占总资源量的 20.5%。准噶尔-兴安活动带与天山-赤峰活动带资源量为 $0.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占总资源量的 3.1%。

按含煤层位分布, 煤层气资源主要分布在石炭-二叠系、上三叠统、侏罗系、下白垩统和第三系。其中石炭-二叠系资源量为 $15.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占总资源量的 77.8%; 侏罗系资源量为 $4.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占总资源量的 20.4%; 下白垩统资源量为 $0.35 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占总资源量的 1.74%; 上三叠统资源量为 $71.6 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占总资源量的 0.03%; 第三系资源量为 $74.2 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占总资源量的 0.03%。

按煤阶分布, 长焰煤、气煤资源量为 $3.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占总资源量的 19.0%; 肥、焦、瘦煤资源量为 $16.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占总资源量的 80.0%; 贫煤、无烟煤资源量为 $0.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占总资源量的 1.0%。

据已有资料统计, 中国常规天然气远景资源量为 $38 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 可采资源量为 $10.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$,

若以 $20.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 煤层气资源量与其相比, 煤层气资源量是常规天然气远景资源量的一半。中国浅于 2000m 煤层气资源量介于世界主要产煤国煤层气资源量之间(加拿大 $5.6 \times 10^{12} \sim 76 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、俄罗斯 $17 \times 10^{12} \sim 113 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、美国 $11.32 \times 10^{12} \sim 24 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、澳大利亚 $8.5 \times 10^{12} \sim 14 \times 10^{12} \text{ m}^3$)。由此可以说明, 中国煤层气资源具有优厚的潜力和良好的前景^[12]。

本文是在地质出版社即将出版由孙万禄主编的“中国煤层气盆地”、“中国煤层气盆地图”(1/500万)、“中国煤层气盆地图集”基础上撰写的。

参 考 文 献

- 程裕祺. 中国区域地质概论[M]. 北京: 地质出版社, 1994
Cheng Yuqi. An introduction to regional geology in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994
- 朱夏. 中国中生代盆地构造和演化[M]. 北京: 科学出版社, 1983
Zhu Xia. Structures and evolution of Mesozoic basins in China[M]. Beijing: Science Press, 1983
- 关士聪. 中国海陆变迁、海域沉积相与油气[M]. 北京: 科学出版社, 1984
Guan Shicong. Changes of sea and land, sedimentary facies in sea area, and oil and gas in China[M]. Beijing: Science Press, 1984
- 关士聪. 中国中生代陆相沉积盆地与油气[M]. 北京: 科学出版社, 1985
Guan Shicong. Mesozoic terrestrial sedimentary basins and petroleum in China[M]. Beijing: Science Press, 1985
- 关士聪. 关士聪地质文选[M]. 北京: 地质出版社, 1987
Guan Shicong. Geological selections from Guan Shicong[C]. Beijing: Geological Publishing House, 1987
- 宁正伟, 陈霞. 华北石炭、二叠系煤化变质程度与煤层气储集性的关系[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(2): 156~160
Ning Zhengwei, Chen Xia. Relations between metamorphism and coalbed gas reservoiring of Carboniferous-Permian in North China[J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(2): 156~160
- 桑树勋, 唐书恒, 秦勇, 等. 煤层气的封存与富集条件[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 104~107
Sang Shuxun, Tang Shuheng, Qin Yong, et al. Conditions of sealing and accumulation in coalbed gas[J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(2): 104~107
- 中国煤田地质总局. 中国煤层气资源[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1998
Chinese General Bureau of Coalfield. Coalbed methane resources in China[M]. Xuzhou: China Mining University Press, 1998
- 张新民. 中国煤层气地质与资源评价[M]. 北京: 科学出版社, 2002

(下转第 154 页)

- western Qinghai[J]. Geological Review, 1989, 35(6): 529-536
- 7 杨遵仪, 阴家润. 青海省南部侏罗纪地层问题讨论[J]. 现代地质, 1988, 2(3): 278-292
Yang Zunyi, Yin Jiarun. Discussion on the Jurassic strata in south Qinghai[J]. Geosciences, 1988, 2(3): 278-292
 - 8 青海省地质矿产局. 青海省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 249-250, 274-287
Qinghai Bureau of Geology and Mineral Resources. Petrostratigraphy in Qinghai[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 249-250, 274-287
 - 9 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 等(黄汲清指导). 中国大地构造及其演化(1:400万中国大地构造图简要说明)[M]. 北京: 科学出版社, 1981. 56
Ren Jishun, Jiang Chunfa, Zhang Zhengkun, et al. (Directed by Huang Jiqing). Tectonics in China and their evolution(Summary of 1:4000000 Geotectonic Map in China)[M]. Beijing: Science Press, 1981. 56
 - 10 文世宣, 章炳高, 王义刚, 等. 西藏地层[M]. 北京: 科学出版社, 1984. 217-230, 397-398
Wen Shixuan, Zhang Binggao, Wang Yigang, et al. Stratigraphy in Tibet[M]. Beijing, Science Press. 1984, 217-230, 397-398
 - 11 阴家润. 唐古拉山侏罗系沉积的若干特征及沉积盆地背景条件的探讨[J]. 现代地质, 1989, 3(2): 155-164
Yin Jiarun. Discussion on several features of Jurassic deposit of Tanggulasan Mountain and ground conditions of sedimentary basin[J]. Geosciences, 1989, 3(2): 155-164
 - 12 刘池洋. 含油气盆地沉积-沉降中心迁移的形成机制探讨[A]. 见: 王宜林. 第五届全国沉积学及岩相古地理学学术会议论文集[C]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1997. 275-278
Liu Chiyang. Discussion on forming mechanism of the moving of deposit and subsidence centre in gas and oil bearing basins[A]. In: Wang Yilin. Collected treatises of the fifth conference of national sedimentology and paleolithofacies and paleogeography academic theses[C]. Wulumuqi: Xinjiang Science Technology and Hygiene Press, 1997. 275-278
 - 13 蒋忠惕. 羌塘地区侏罗纪地层的若干问题. [A]. 见: 地质矿产部青藏高原地质文集编委会. 青藏高原地质文集(3) [C]. 北京: 地质出版社, 1983. 87-112
Jiang Zhongti. Several problems of Jurassic strata in Qiangtang area [A]. In: Editing Committee of Ministry of Geology and Mineral Resources of Geological Collected Works on Qinghai-Tibet Plateau. Collected works on Qinghai-Tibet plateau (3) [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1983. 87-112
 - 14 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 59-62
Bureau of Geology and Mineral Resources of Tibet Autonomous Region. Petrostratigraphy in Tibet Autonomous Region [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 59-62
 - 15 李永铁, 罗建宁, 卢辉楠, 等. 青藏高原地层[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 125-139, 498
 - 16 Komuro H. Experiments on Cauldron formation: a polygonal Cauldron and ring fractures[J]. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1987, 31: 139-149
 - 17 刘池洋, 杨兴科, 任战利, 等. 藏北羌塘盆地查桑地区构造格局与演化[J]. 中国科学(D辑), 2001, 31(增刊): 14-19
Liu Chiyang, Yang Xingke, Ren Zhanli, et al. Structural framework and its evolution in Chasang area of Qiangtang basin in northern Tibet [J]. Science in China(Series D), 2001, 31(Sup): 14-19
 - 18 熊盛青, 周伏洪, 姚正煦, 等. 青藏高原中西部航磁概查取得重要成果[J]. 中国地质, 2001, 28(2): 21-24
Xiong Shengqing, Zhou Fuhong, Yao Zhengxu, et al. Aeromagnetic general reconnaissance survey in middle and western Qinghai-Tibet plateau acquired important achievements[J]. Geology in China, 2001, 28(2): 21-24
 - 19 单业华, 李志安. 区域变质作用对北京房山侵入体冷却影响的数值模拟[J]. 现代地质, 1998, 12(1): 68-74
Shan Yehua, Li Zhi'an. Impact of regional metamorphism on the cooling of the Fangshan intrusive body, western Beijing: numerical simulation[J]. Geosciences, 1998, 12(1): 68-74
 - 20 刘池洋. 后期改造强烈——中国沉积盆地的重要特点之一[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 255-261
Liu Chiyang. Strong late reformation: one of the important characteristics of sedimentary basins in China[J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(4): 255-261
 - 21 刘池洋, 赵重远, 杨兴科. 活动性强, 深部作用活跃——中国沉积盆地的两个重要特点[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 1-6
Liu Chiyang, Zhao Chongyuan, Yang Xingke. Strong activity and active deep action: two important features of Chinese sedimentary basin [J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(1): 1-6

(上接第146页)

- Zhang Xinmin. Coalbed methane geology and resource evaluation in China[M]. Beijing: Science Press, 2002
- 10 孙万禄, 应文敏, 王树华, 等. 煤层气地质学基本问题的探讨[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(3): 189-194
Sun Wanlu, Ying Wenmin, Wang Shuhua, et al. An approach to essential issues of coalbed gas geology[J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(3): 189-194
 - 11 孙万禄, 应文敏, 樊明珠, 等. 我国煤层气储量、资源量级别分类[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(4): 305-308
Sun Wanlu, Ying Wenmin, Fan Mingzhu, et al. Gradation of reserves and resources extents of coalbed gas in China[J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(4): 305-308
 - 12 孙万禄. 我国煤层气资源勘探开发前景与对策[J]. 天然气工业, 1999, 19(5): 1-5
Sun Wanlu. Prospect of Exploration and Production of Coalbed Methane in China and Solutions[J]. Natural Gas Industry, 1999, 19(5): 1-5