

石油地质论文集

煤成气译文专辑

中国石油学会石油地质学会 编
中国地质学会石油专业委员会
石油工业部石油勘探开发科学研究院

一九八三·三

前言



世界上不少国家在石油地质勘探中陆续发现了一些大、中型煤成气田，有的已经建成为重要的天然气工业生产基地。据有关人士估计世界上煤成气储量约占天然气总储量的百分之七十左右。因此对煤成气的勘探与研究，逐渐引起了国内外的广泛重视。

我国煤炭资源十分丰富，大型聚煤盆地分布广泛。煤成气的潜在储量很大。近年来我国十分重视煤成气的勘探工作，并已在四川、陕甘宁和华北地区的勘探中取得了初步成果。为了借鉴国外有用经验，加快我国煤成气勘探的速度，我们组织有关人员，选译了苏联、美国、荷兰和澳大利亚等国专家在煤成气科研和勘探实践方面的论著，汇编成《煤成气译文专辑》，列入中国石油学会石油地质学会的《石油地质论文集》系列中出版。《煤成气译文专辑》的主要内容包括：国外煤成气田和聚煤气盆地的基本概况；聚煤气盆地形成的地质条件及其控制因素；含煤盆地和煤田中天然气的成因及成份分析；煤成气分带、运移及聚集规律；煤层瓦斯气的开采及利用；煤气发生率及煤成气的储量计算方法；煤成气的地球化学指标以及煤成气的实验室分析方法等。本文集适用于石油地质、煤田地质勘探、科研及管理人员，也可用作石油地质院校的教学参考资料。



《煤成气译文专辑》编辑组

一九八三年二月

93/49/03

目 录

国外的煤成气和主要的聚煤气盆地·····	(1)
煤盆地和煤田里天然气的成份和成因·····	(23)
煤层及围岩含气形式·····	(33)
天然气的运移和天然气的分带·····	(41)
地质因素对煤层及围岩中天然气分布的影响·····	(56)
煤岩成分对煤吸附甲烷容量及其天然含甲烷量的影响·····	(73)
煤田天然气的几个值得研究的地质及地球化学问题·····	(89)
煤层 甲 烷·····	(101)
美国煤层甲烷的勘探与 开 发·····	(112)
含煤层系在天然气生成过程中的 作 用·····	(120)
天然气成因可作为寻找气田和凝析气田的科学预测 基 础·····	(126)
沉积岩中天然气生成的规模 (以顿涅茨盆地 为 例) ·····	(136)
深成作用带含煤地层中成气作用的动力和 强 度·····	(148)
中欧盆地控制赤底统天然气聚集的地质 因 素·····	(151)
德国西北部的煤化作用和天然气——上石炭统顶部的煤化作用 图·····	(162)
成气作用与太平洋褶皱带西北部盆地中建造组成的 关 系·····	(171)
库珀盆地弗莱湖-布鲁格地区烃类的产生·····	(177)
澳大利亚吉普斯兰盆地烃类的生成作用——与库珀盆地的 对 比·····	(188)
绿河盆地东部从深部上白垩统超高压砂岩中开拓了巨量天然 气 源·····	(196)
鉴别煤成气的地球化学 指 标·····	(202)
论烟煤的超显微 构 造·····	(217)
显微镜下所见煤层中似石油物质的 生 成·····	(219)
应用于生油岩的有机荧光分 类 法·····	(242)
编后·····	(245)

国外的煤成气和主要的聚煤气盆地

戴金星编写

一、煤成气及其划分

煤系地层（腐植型，下同）有大量集中式和分散式的腐植型有机物。腐植型有机物高度集中经成煤作用就形成了煤层、煤线和透镜体煤（鸡窝煤）等；在煤系地层的炭质页岩和泥、页岩中，则有众多分散式的腐植型有机物。所谓煤成气（generation of natural gas from coal and carbonaceous shales; methane from coal measures; gas-bearing coal seams; gas generation from coals, coal gas, газ угленосных толщ; угольный газ, рудничный газ）系指腐植型有机物（包括分散式和集中式）在成煤作用过程中形成的全部天然气。煤成气的主要组分是烃气（以甲烷为主，还有不等量的甲烷同系物），此外，还有 CO_2 、 N_2 等。

腐植型煤的有机物由镜质体、丝质体和角质体组成。煤成气中组分比例及其形成量多少，取决于煤岩成分和成煤作用的阶段。就褐煤和烟煤而言，角质体（花粉质、芽孢质、角质等）的挥发物含量（包括水）最多；其次为镜质体，而丝质体的最少。角质体也是形成烃气的主要物质，在成煤作用所有阶段中，角质体都伴随着形成烃气。镜质体仅从气煤—肥煤阶段开始才产生烃气。丝质体则从半无烟煤阶段产生烃气⁽¹⁾，而且仅生成甲烷。

煤成气形成后，经过地质演变，大部分是没有工业价值的，仅小部分才具有工业意义。根据煤成气储存体（地层）的性质、运移特征和聚散性，把煤成气可划分为（图1）：

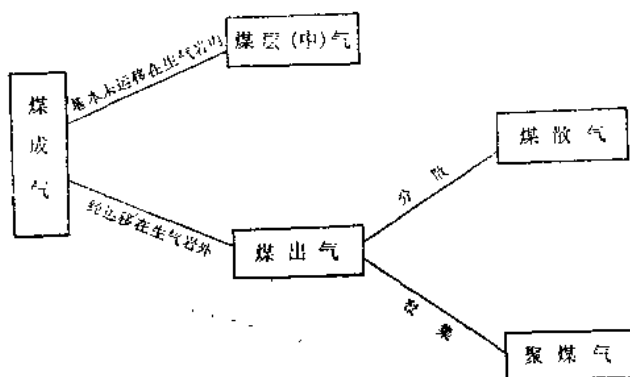


图1 煤成气的划分

煤层(中)气 (Natural gas from coal, coalbed methane, methane content of coalbeds, coal gas, gas generation from coals, газ угольного пласта, газ из угольных пластов, угольный газ); 留存在生气母质煤层(包括炭质页岩、泥岩等)中那部分煤成气。它大部分是呈吸附状态(约70~95%),小部分为游离状态。其绝大部分基本未经运移而分散在煤层(页、泥岩)中,只有极少情况下聚集成为“瓦斯包”成为采煤中发生瓦斯突出的极源。煤层气只占煤成气中的小部分,即为3~24%左右,一般随成煤作用加深,其所含百分比值减小。德涅伯—顿涅茨盆地1800米深度以上石炭系煤层的煤层气,占煤成气的22.6%(2)。由于煤层气主要呈分散状态,并以吸附气为主,在目前技术条件下,利用较困难,经济效益低,故迄今世界未大量开采应用,一般利用抽放瓦斯方式等加以应用。但比利时已利用大部分采煤瓦斯。由此可见,煤层气具有一定的工业价值。

煤出气: 由生气母质煤层(炭质页岩、泥岩)运移出来的那部分煤成气。根据聚散性,煤出气又可分为煤散气和聚煤气。

煤散气: 系指呈分散状态逸散在(古)空气中、溶解在地下水里和分散在生气母质之外的围岩中的那部分煤出气,它占煤出气的大部分,没有工业意义。

聚煤气: 是指聚集成为气藏的那部分煤出气,它仅占煤出气的小部分,然而具有重要的工业价值,油气勘探、研究目的就是寻找聚煤气。聚煤气占煤成气的百分率称为天然气聚集系数或聚煤气系数,它是含煤盆地含气性远景评价中一个重要参数。该系数受多函数的地质因素控制,即受含煤盆地大地构造位置、圈闭类型及其发育程度、储集层的特征(物性、厚度和类型)、保存条件(盖层性质和厚度、水动力状态、含煤地层埋藏和侵蚀程度)等等因素的影响。在不同的含煤盆地,聚煤气系数是不同的,如在构造较稳定,储盖条件良好的西西伯利亚盆地,与构造较活动储盖条件尚好的北高加索盆地,聚煤气系数分别为10~15%和1~2%(3)。聚煤气只占煤成气的极少部分,它只有在一定的地质条件下才得以形成和保存。在构造和储盖条件等差的含煤盆地(地区),聚煤气系数可能为零。由此可见,含煤盆地都是煤层气盆地,但含煤盆地中只有一部分才是聚煤气盆地。

二、煤成气在天然气中的重要性

世界煤成气到底有多少?这取决于煤的储量(更确切地说应包括分散腐植型有机物),目前世界探明煤的地质储量为16~20万亿吨(4),若以成煤作用处于中等的肥煤每吨能生气199~230米³计算,全世界可生成煤成气3184~4600万亿米³,姆·卡林科(1964)估计煤的储量(远景)为50万亿吨(1),若亦以肥煤每吨生气量计算,那么全世界煤成气可达9950~11500万亿米³。实际上远比此为大,因为一方面有许多煤未探明,此外,大量煤系地层中分散有机物生的煤成气未计在内。克·伊·巴格林谢娃(1968)指出苏联1800米深度以上煤层形成的煤成气就达4900~5000万亿米³(5)。姆·卡林科(1964)指出:世界的煤层气为1500万亿米³(1),美国的煤层气达8.778万亿米³(6)。

目前,国外已把研究与勘探煤成气(聚煤气)作为能源方面的一个重要课题。经过二十余年对聚煤气研究和勘探,在理论上与实践上取得了进展和效果。对不同盆地天然

气成因研究表明,大部分天然气来自煤系地层。煤成气,更确切地是聚煤气是世界探明气储量的主要组成部分,世界上的大气田和天然气储量70~80%来自含煤地层,世界最大的气田乌连戈伊气田和特大气田荷兰的格罗宁根气田,分别与白垩系和石灰系煤系地层生成的聚煤气有关。至七十年代末,西西伯利亚盆地与北海南部及其沿岸荷兰和西德一带,共发现聚煤气气田储量达22万亿米³多,占世界探明天然气总储量1/3弱。就地层系统而言,天然气可采储量和探明储量的第1位是在白垩系中,占47.9%,第2位在二叠系中,占23.8%⁽⁷⁾,阿·阿·迈耶霍夫(1979)认为此两个系地层之所以天然气储量名列前茅,是因为白垩系和二叠系地层中发育有大量的煤层⁽⁸⁾(白垩系和二叠系分别占世界煤储量的21%和27%),有丰富良好的生气岩。

据姆·特·哈尔布特等(1970)的资料,在世界发现的26个最大气田(天然气储量大于10万亿呎³)中⁽⁹⁾,有16个是聚煤气气田,即占最大气田总数的61.5%,而16个聚煤气最大气田探明最终储量和,占26个最大气田总探明最终储量的72.2%。按储量大小排列,世界上最大气田的前五名都是聚煤气气田,它们为乌连戈伊气田、尤比列伊气田、格罗宁根气田、北极气田和扎波里昂气田。同时在苏联中亚的卡拉库姆盆地乌尔达布拉克气田1号井,初期产气量高达约1300万米³/日(相当日产油13000吨左右),这也是聚煤气。

由上可见,聚煤气气田,在世界气总储量上、大气田比例中都占有非常重要地位,有的气井井能达到很高的产量。正因为如此,国外一些国家对它的研究与勘探较重视,特别是苏联与西欧某些国家,如西德、荷兰等,相对地说美国在这方面研究作的不多。一些国家由于发现与开发了聚煤气盆地,使能源结构得到改善、调整,天然气产量不断上升,如苏联、荷兰、英国等。

苏联有大约65%探明的天然气资源与含煤地层有关⁽¹⁰⁾。

苏联由于发现了西西伯利亚盆地、卡拉库姆盆地、德涅伯盆地、维柳伊盆地、北高加索盆地等七个主要聚煤气盆地,使苏联近20年来天然气产量得到持续地增高,储量逐渐增加,从1960—1980年天然气年产量从453亿米³增长到4350亿米³,增长了近9倍,年增长率7~30%,年增量120—320亿米³,而探明总剩余储量1960年仅为1.91万亿米³,1980年则达到25.8万亿米³,增长了12.5倍。苏联天然气大部分产自聚煤气气田中,以1978年为例,当时有六个大产气区:西西伯利亚区、中亚区、北高加索区、德涅伯区、伯朝拉区、奥伦堡—伏尔加—乌拉尔区,除最后一区的气不产自聚煤气,伯朝拉区相当大部分气产自聚煤气,前四个区所产气绝大部分属于聚煤气,当年聚煤气产量占全苏气总产量的约70%。自本世纪六十年代以来,由于苏联发现了与开发了象西西伯利亚聚煤气盆地等,使苏联能源生产结构得以改善,气在能源生产结构中比例不断增长,如1969年石油、天然气、煤的比重分别为百分之32.1、8.9、58;1976年则是45.9、22.8、30.2。

北海南部及其沿岸聚煤气气田的发现与开发,使西欧的能源供应情况有了很大的改善,使一些本来能源贫乏国家成为基本能自给,甚至出口了大量天然气,使能源使用结构发生根本变化,例如荷兰,在发现格罗宁根气田之前的1958年年产气量仅2亿米³,而1976年产气973亿米³,增长了485.5倍,在此段时间内,荷兰从能源进口国,一跃成为能源输出国,而且能源使用结构发生了根本变化,即从1958年消耗能源以煤为主,油为付,而至1976年几乎全使用天然气,如1958年使用煤、石油、气分别百分比为81.9、16.3、1.8,而1976年为0、2.0、97.6(还有0.4%为水力和原子能发电)。

三、世界聚煤气盆地概况

在亚洲、欧洲、大洋洲和南、北美洲的一些含煤盆地中，先后发现了聚煤气气田，但在各洲发现数量和规模是不一的，这除受地质条件的影响外，还存在研究认识问题。

国外发现的聚煤气盆地有：北海南部—中欧盆地、德涅伯盆地、北高加索盆地、伯朝拉盆地、卡拉库姆盆地、西西伯利亚盆地、维柳伊盆地、萨哈林盆地、库珀盆地、佩思盆地、博恩-苏拉特盆地、吉普斯兰盆地、阿科马盆地、圣胡安盆地、库克湾盆地、东委内瑞拉盆地等等。一些聚煤气盆地可见图2。有些聚煤气盆地与含油盆地是叠合的，如西西伯利亚盆地和库克湾盆地等。

下面介绍几个聚煤气盆地：

（一）北海南部—中欧盆地

横亘于欧洲中部，西起英国东至波兰，长约1500公里，北西而为加里东褶皱带，南界为华力西褶皱带所限，东北为波罗的海地盾。盆地西宽东窄，是晚石炭世和二叠纪开始形成的沉积盆地。晚石炭世沉积了一套厚度一般为2000—2500米维士法阶煤系，煤层占剖面的3%⁽¹¹⁾，其经阿斯突里运动和萨尔运动，褶皱上升，部分受剥蚀。早二叠世的赤底统，主要是一套碎屑岩（砂岩为主，局部有砾岩），厚度60—280米，但在北海中部高地之南的沉积中心带出现了膏盐沉积，在局部地区本统底部有火山活动（图3）而形成火山岩及火山碎屑岩（图4），在北海的南部与其沿岸荷兰、西德一带出现风成及冲积砂岩，孔渗性良好。晚二叠世的蔡希斯坦统，主要是套膏盐沉积，一般厚度600—1500米，但在盆地边缘与北海中部高地上则沉积了碳酸盐岩（图3）。现今所以能在北海南部与其南沿岸荷兰、西德北部赤底统中发现大批气田，就是这三套地层在纵向上生储盖组合，在这些地区配合得当。而在没有这种组合配置的比利时、鲁尔、法国北部和不列颠依斯利斯，虽有丰富的维士法阶煤藏，但由于在这些地方，上二叠统相变为砂岩或者缺失，盖层不好或没有，所以没有形成工业性气藏^(12,13)。在西德虽然一部分地区亦具有三套地层生储盖组合，但只在赤底统中发现储量较小气田，这可能与这些地区赤底统早期火山活动较强使维士法煤系煤的变质速率快，在作为盖层的蔡希斯坦统膏盐层沉积之前，煤种已处于较高成煤阶段，致使煤成气以煤散气为主散失了。实际上，本盆地东部一些地区二叠纪初发生大量火山喷发，是造成这里聚煤气不能大规模聚集的主要原因之一。

赤底统中大量的天然气生气岩是维士法煤系，已为碳同位素研究所证实⁽¹⁾。在赤底统砂岩中能发现大量天然气，其原因有三：（1）有厚度大的维士法阶煤系作丰富的生气岩，在成煤作用中生成大量煤成气；（2）上石炭统煤系经阿斯突里运动和萨尔运动有大量断层，而且经差异剥蚀过这套地层表面直接复盖着有赤底统储集层（图5），生成的天然气有天然的运移途径；（3）赤底统储集层有良好的区域膏盐盖层。

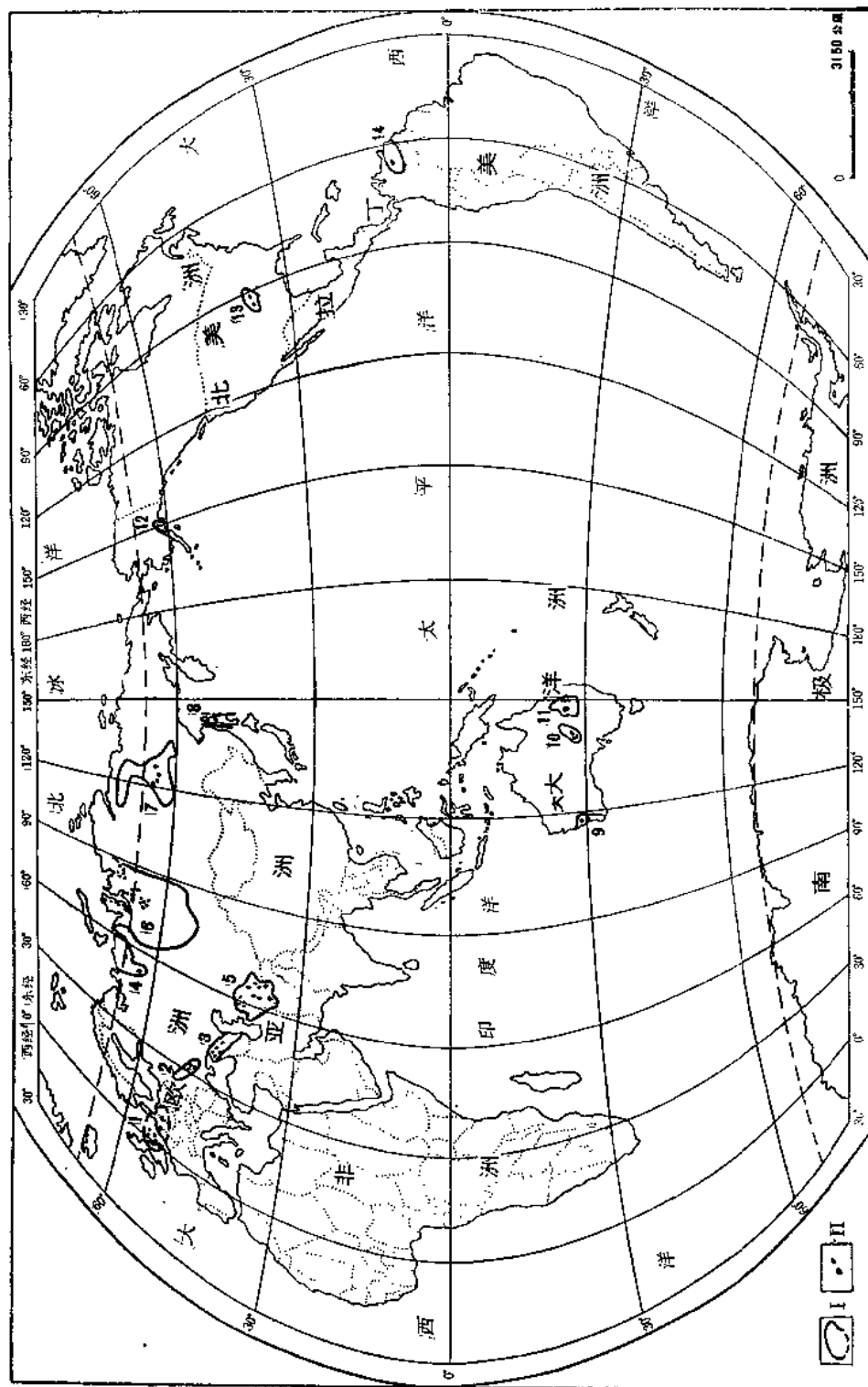


图2 国外一些聚煤气盆地分布图

I—聚煤(盆地) II—聚煤(气(田) 1—北海南部—中欧盆地 2—德涅伯盆地
3—北高加索盆地 4—伯朝拉盆地 5—卡拉库姆盆地 6—西西伯利亚盆地 7—
维柳伊盆地 8—萨哈林盆地 9—佩思盆地 10—库珀盆地 11—博恩—苏拉特盆地
12—库克湾盆地 13—阿科马盆地 14—东委内瑞拉盆地

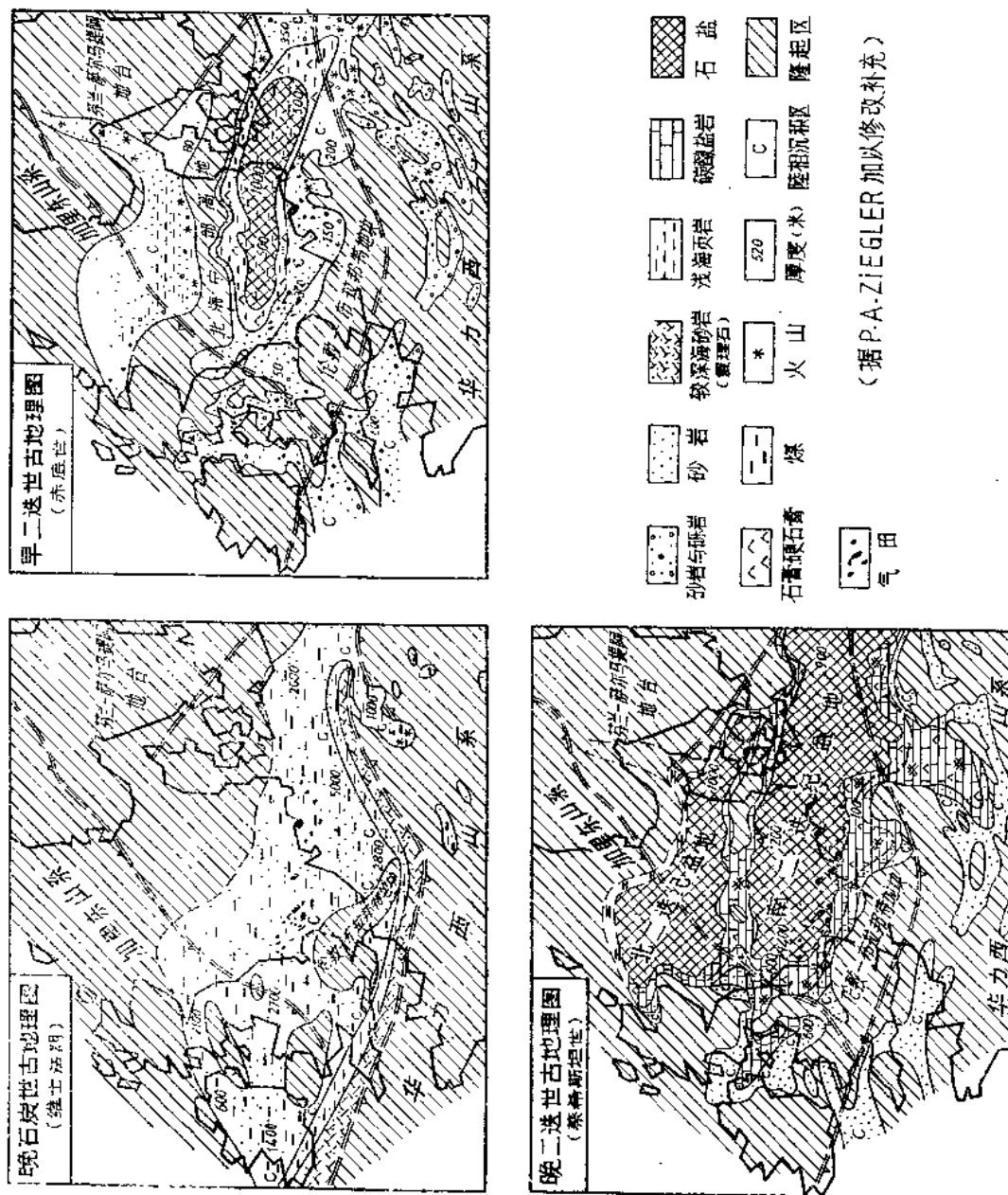


图3 北海南部—中欧盆地煤成气生储盖层岩性分布及其组合关系

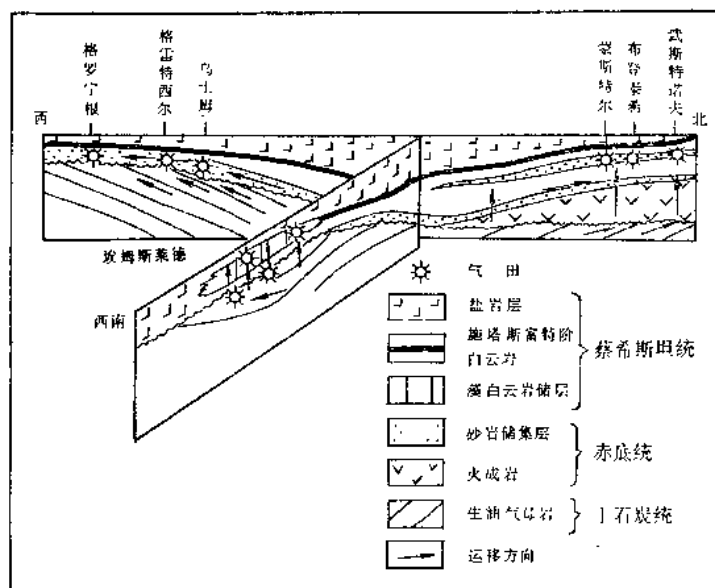


图4 煤成气运移模式示意图

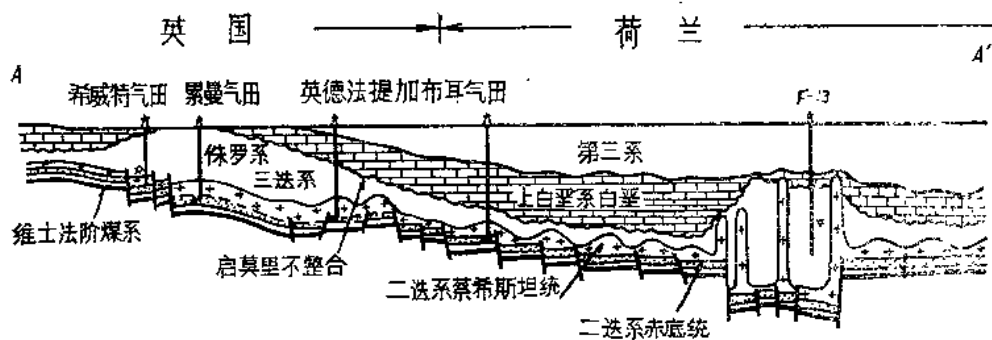


图5 北海盆地南部综合横剖面示意图

上石炭统维士法阶煤系的煤成气向赤底统砂岩运移有两种形式：(1)煤成气纵向运移距离短，而侧向沿不整合面断面运移距离较长，如格罗宁根气田等聚煤气主要是从威廉港凹陷运移来的（图4、6），气体运移结果造成碳轻同位素富集和氮重同位素（ ^{15}N ）富集，而其它碳氢化合物在运移过程中出现消耗，从凹陷向格罗宁根气田 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值逐渐由 -29.5% 减少为 -36.6% ，而 $\delta^{15}\text{N}$ 值由 1.1% 增至 18% ；(2)煤成气以火成岩裂缝、风化剥蚀面为通道，纵向穿层运移至赤底统砂岩中（图4），如在德国北部盆地东、西德接壤处一带。这些气在运移过程中氮含量增高，而甲烷碳同位素值变化不明显。

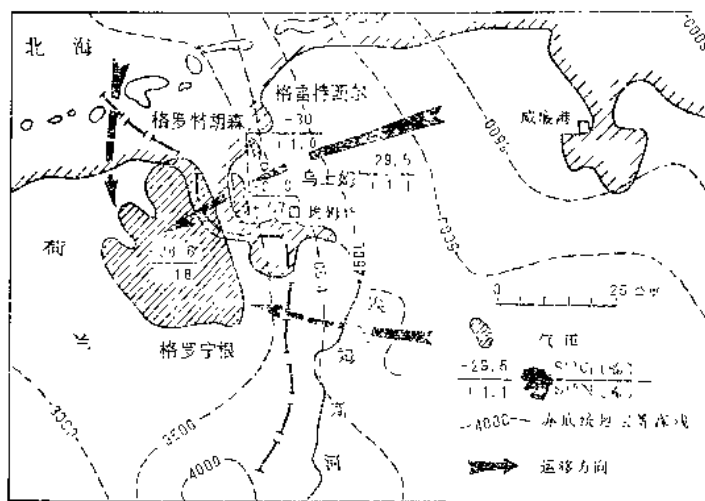


图6 格罗宁根一带碳、氮同位素与运移方向关系图

维士法阶煤系在成煤作用中生成的煤成气，主要聚集在赤底统中，但赫威特气田三叠系班特砂岩中天然气也是维士法阶的聚煤气⁽⁹⁾。三叠系中聚煤气气藏仅发育在蔡希斯贝统变薄并被断层切穿的特定地区（图5）；此外，在西德还在上石炭统中发现了一些聚煤气气藏⁽¹⁰⁾，但这些气田储量小、产量小。在英国陆上在石炭系煤系中发现了一些小油田。

至今，在盆地里至少发现80个气田（英国15个、荷兰26个、西德29个），其中海上气田28个。据初步统计共发现天然气原始探明储量约为4.1881万亿米³（荷兰3.1381万亿米³、英国0.9200万亿米³、西德约0.13万亿米³），其中海上气田原始探明储量1.6340万亿米³。在此，由于在1959年于荷兰陆上发现格罗宁根特大气田后，开展勘探而发现大批气田。格罗宁根气田面积800平方公里，气原始储量2.2万亿米³，1979年该气田共产气700亿米³，至1980年元月1日累积共采气7500亿米³。

（二）德涅伯—顿尼茨（顿巴斯）盆地

俄罗斯地台西南部的地堑盆地，呈北西西走向，南陡北缓，由纵横区域断裂分割为四个次级构造单元：自西至东为普里皮亚特凹陷（石油主要储藏区与生产区）、车尔尼果夫隆起、德涅伯凹陷及顿尼茨凹陷。隆起区与凹陷区基底埋深分别为1—3公里和6—15公里，根据深地震测深资料，在露天顿巴斯（Открытый Донбасс）中部结晶基底深达20—25公里⁽¹⁴⁾。沉积岩以上古生界为主。上泥盆统和下二迭统有三套盐岩层，最

大总厚达2000米。上泥盆统的两套盐层及其基底断裂对沉积盖层的构造影响较大,许多短轴背斜同盐丘有关。Н.И.Иванец认为中—早石炭世地层是主要生油气岩。多内肯组(C₁¹)和下维宪组(C₂¹)沉积主要含腐泥型有机质(但盆地东部早石炭世地层主要含腐植型有机质),而上维宪组和中石炭世地层则主要是含腐植型有机质的煤系沉积⁽¹⁵⁾,其中中石炭统是主要含煤建造,由滨岸—海相、泻湖相、三角洲相和冲积相组成。在含煤地层与煤层中发育一些原生与次生裂隙系统。中石炭统含煤建造,在顿尼茨凹陷厚1.5—2公里,在该凹陷中部与东部达5—7公里。中石炭统占煤总储量89%,煤主要集中在C₂²⁻⁷,在顿尼茨之北可采煤总厚达40—50米,主要是腐植煤。在顿尼茨凹陷的南顿巴斯和露天顿巴斯于下一中石炭统含煤地层中,有海西期和基米里期(上新世)层状和脉状侵入岩⁽¹⁴⁾。

В.П.Козлов (1961)指出:在顿尼茨凹陷深度1800米以上石炭系中各煤种(从长焰煤至无烟煤共300层,而计算仅利用厚0.3米以及以上164层)能生成甲烷35.8万亿米³,从煤层形成的甲烷中,有27.7万亿米³运移出来⁽⁵⁾,即运移出来的甲烷占生成的约3/4。根据广泛的研究结果,气田与气田邻区具有开采价值煤层中天然气,是非常相似。这里整个煤层完全是被气体饱和的。某些地区煤层中的天然气压力等于或大于静水压力⁽¹⁶⁾,而围岩中的气是不饱和的,故有利于煤成气向外运移,在有利储盖和构造条件下聚集起来成为气藏。该盆地石炭纪沉积中所含的腐植型有机质自西向东大大增加,即这套岩系的含煤性向顿尼茨方向有很大的增高;同时有机质的热演化或成煤程度也朝此方向增大;并且二迭纪盐岩盖层也东部优于西部,由于上述三个原因,故形成盆地内自西向东,由油田占优势变为以气田为主的配置规律⁽¹⁵⁾,即以通过索洛希城南北线为界,在其东南主要是气田分布带,北西为油气聚集带(图7)。盆地中有泥盆系、石炭系、下二迭统、三迭统及侏罗系五个含气层系。90%以上天然气储量在石炭系和下二迭统中,而上石炭统一下二迭统是主要产层系,它占有该盆地油气原始探明储量65%,而其中气占全盆地原始探明储量的76%⁽¹⁷⁾。泥盆系碳酸盐岩、碎屑岩占石油储量的近一半。三迭系与侏罗系碎屑岩仅占整个油气储量1%。本盆地目前发现油、气田106个,其中气田占一半多,油气田占约1/5。多数油、气田属于与盐活动关联,并受断裂切割的短轴背斜(盐背斜)有关,此外还有断层遮挡型、岩性型和地层型。

(三) 卡拉库姆(阿姆河)盆地

由科彼特山山前拗陷与土兰台坪一部分组成,即基本与阿姆河台向斜范围一致,是个含气盆地。盆地不对称,靠科彼特山的西南翼陡而窄,东北翼(坡)缓而宽,为纵断裂切割形成宽缓的台阶(如:布哈拉台阶、查尔朱台阶),台阶上往往发育有与断裂有关的长垣或隆起。盆地中、新生界最厚可达14—15公里(北卡拉库姆凹陷),面积27万平方公里。盆地中发现几乎都是气田,产层主要是侏罗系(J₃碳酸盐岩、J₂₋₁为碎屑岩)和白垩系(碎屑岩为主,K₁为砂质岩,K₂有碳酸盐岩)。在有较高研究程度的阿姆河台向斜中,1—1.5公里深度主要是气藏,而下部,到最大的勘探深度4公里则为凝析气藏。根据И.П.Сokolov的资料,气中大量的凝析物是在台向斜边缘带的气藏中(有机质深成作用处于长焰煤到肥煤阶段),高于此或低于此深度则凝析物含量减少。大部分调查者认为中—早侏罗世的陆相煤系地层是盆地的主要气源岩⁽¹⁵⁾。在此,含煤地层的腐植质有机物大于80%,含煤沉积中集中了有机物,其值比克拉克值高1.5—4倍,这

造成与含煤建造有关的含水组合中沉积水和再生水高的气饱和, 对分解出游离烃气、天然气的运移与向圈闭聚集创造有利条件⁽³⁾。在卡拉库姆中部煤种有褐煤、长焰煤、气煤和肥煤⁽¹⁵⁾。

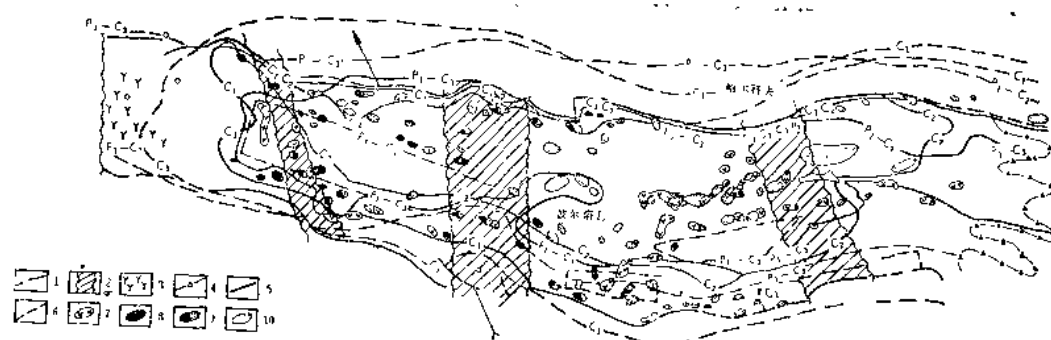


图7 德涅伯—顿尼茨盆地油、气田分布图

(据Г.Н.Доленко等, 1980)

- 1—盆地边缘断裂 2—横向古隆起 3—泥盆系火山建造 4—褶皱顿巴斯边界 5—有远景与有良好远景区的边界 6—低远景区
7—盐珠 8—油田 9—油气田 10—气田

В. В. Печерников和С. Н. Титкова等指出: 白垩系中气、油藏通常出现在晚侏罗世盐岩层尖灭的地方, 或者是盐岩层不均匀的, 对于气缺乏足够密封的地方, 侏罗系地层水具有高的气饱和度, 且溶解气是碳氢化合物成分, 而侏罗系盐层之上白垩纪岩层里的水远未被气饱和, 在其成分中碳氢化合物很少; 被增重了的甲烷碳同位素成分(从-2.64‰到-3.81‰)是所有气藏皆具特征(无论是剖面最上部还是下部)。上述这些特征说明烃类来自阿姆河台向斜深部的同一源岩层, 说明了白垩纪地层中大多数气、油藏的次生性⁽¹⁵⁾, 即说明了它的生气母岩是中—早侏罗世陆相含煤沉积。

在卡拉库姆盆地已查明70多个油、气田, 其中气田占60多个(图8), 并有12个储量从5000亿米³至15000亿米的大气田和特大气田⁽¹⁾, 例如著名的加兹里气田和沙特利克气田。

(四) 西西伯利亚盆地

上叠于海西褶皱基底上的台坪盆地, 东和东南分别与东西伯利亚地台及西萨彦岭加里东褶皱带相邻, 北、西、南被新地岛、乌拉尔、阿尔泰海西褶皱带包绕, 面积约为350万平方公里。盆地中部基底一般埋深为3公里, 最深可达5公里左右(图9), 北部则一般为8公里, 最深可达12公里左右(图10), 台坪沉积层有两种类型: (1)裂谷(地堑)型: 主要由上古生界和下三叠统地层组成, 充填于地堑中, 分布局限。中部有一条从北冰洋伸入沿普尔河延伸直至新瓦修甘, 南北贯穿大裂谷(地堑)^(18,19); (2)拗陷型: 主

要由中上三叠统至第三系地层组成，大面积分布于盆地内，受断裂影响小，为组成盆地的主体，是油、气勘探的主要对象。它既有海相的，又有陆相的。两种沉积相生油气岩的有机物类型、纵横向的变化，明显控制着油区与气区的分布。

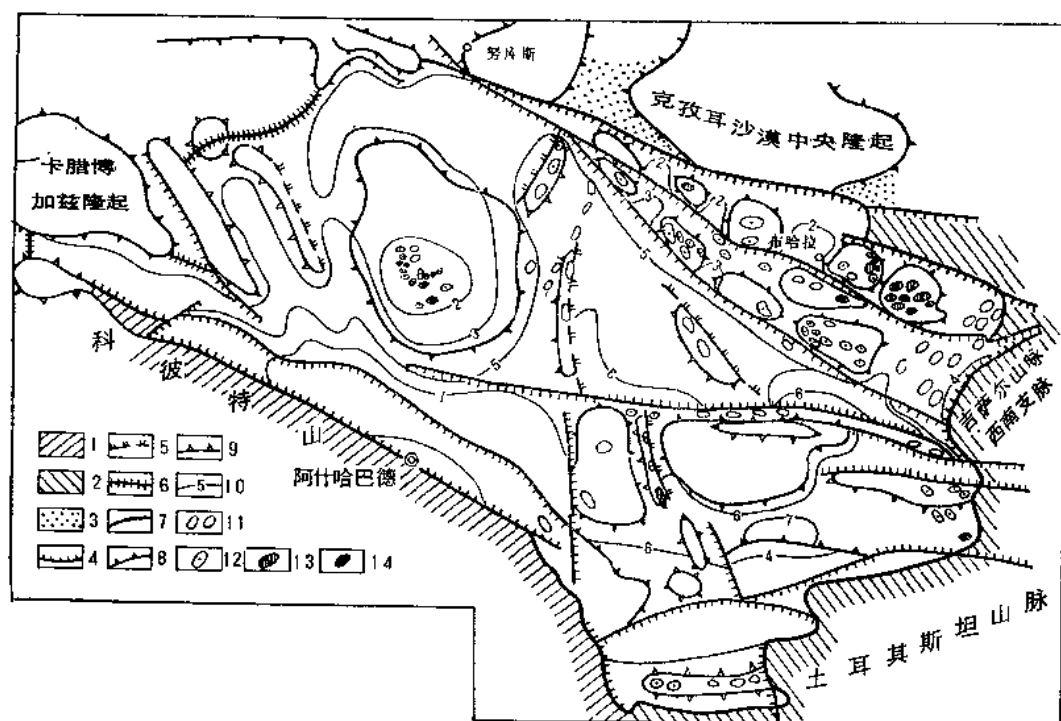


图8 卡拉库姆盆地气田分布图

(据И. В. Высоцкий, 1979)

- 1—后地槽山系 2—后地台山系 3—非储存带 4—大断裂 5—断层
6—盆地间隆起 7—盆地边界 8—隆起 9—长垣 10—基底等深线埋深(公里)
11—局部隆起 12—气田 13—气油田 14—油田

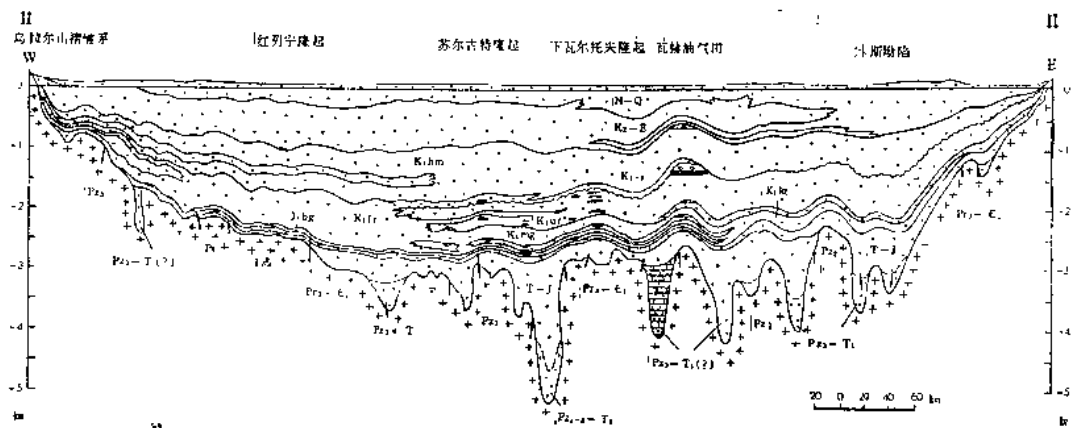


图9 西西伯利亚盆地中部Ⅱ—Ⅱ东西向地质横剖西图 (剖西位置见图11)
(据Г. Х. Дикенштейн等, 1977)

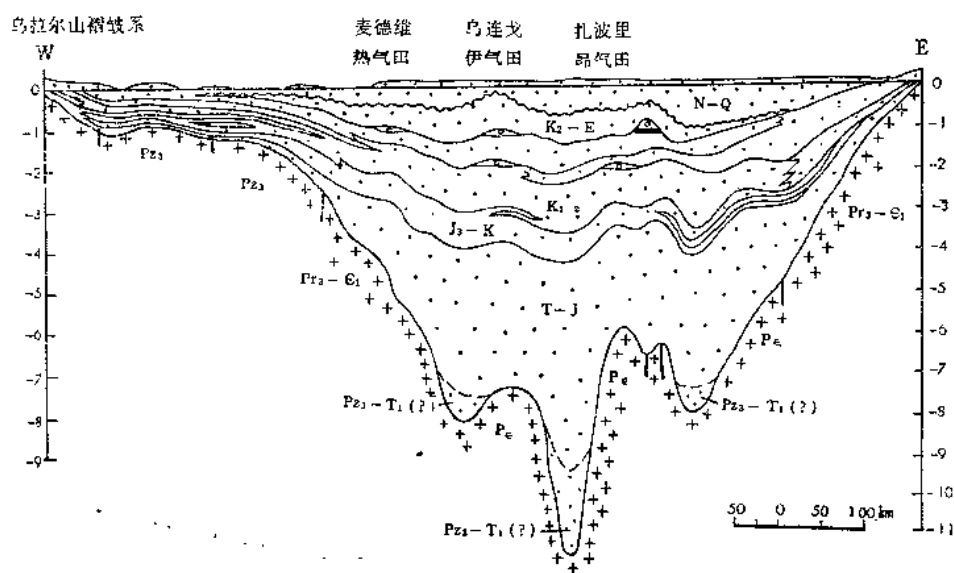


图10 西西伯利亚盆地北部Ⅰ—Ⅰ东西向地质横剖西图 (剖西位置见图11)
(据Г. Х. Дикенштейн等, 1977)

拗陷型沉积层中主要有4套含煤地层；(1)切利亚宾组($T_{2-3}-J_1$)；(2)秋明组(J_{1-2})；(3)波库尔组(K)；(4)涅克拉索夫组(E_3)⁽²⁰⁾。由于涅克拉索夫组含煤地层埋藏很浅，保存和构造条件差，油气勘探未予注意。其余三套含煤地层中都发现了油气显示，切利亚宾组目前了解情况尚少，在波库尔组和秋明组都获得了油气藏。

秋明组是盆地近年向深部勘探主要目的层之一，其全貌有待进一步揭露，它是陆相含煤和亚含煤层系，厚度变化大，从几十米、几百米到1500—2000米（在北部）。在北部存在厚0.1—0.3米薄煤层和透镜状煤。而在地台边缘区钻井见到较厚煤层，分散有机物属于腐泥—腐植型，腐泥部分都不超过20—40%。秋明组泥质岩和砂质岩有机碳含量分别为2.81%和1.34%⁽²¹⁾。从煤层存在与分散有机物类型分析，秋明组是可大量生气的，并已在其中发现一批气藏、凝析气藏和油藏。

西西伯利亚盆地主力油层与主力气层均在白垩系中，而油藏绝大部分集中在下白垩统，气藏则绝大部分集中在上白垩统中（在叶尼塞河河口含气区，气藏主要集中在下白垩统中）。这种纵向上分异特征在图9和图10中明显可见。白垩系主力油藏与气藏在横向上也有十分明显分异性，油藏主要分布在盆地中、南部，特别集中在苏尔古特地区东西流向鄂毕河流域南、北一带，而气藏主要分布于盆地北部的亚马尔—塔佐夫地区、普尔河和塔兹河流域一带（图11）。这种油藏与气藏在纵、横向上分布特征，主要与分散有机物类型、含煤地层发育与否和程度，或海相、陆相地层平面分布与其纵向上数量配置关系（同时还与古构造发育及盖层密封程度）息息相关。如盆地中凡兰吟阶、戈特里夫阶和巴列姆阶地层主要是海相的，有机物主要是腐泥型的⁽¹⁹⁾，所以主要形成了油藏，但这段地层在平面上也有相变的，如在叶尼塞河河口一带，戈特里夫期和巴列姆期地层为陆相沉积了。发现褐煤夹层与碳化木⁽¹⁹⁾，以腐植型有机物为主。在这里该时期内沉积层中有机炭是盆地北部最高的（1—2%），所以叶尼塞河河口一带下白垩统中含气，是个含气区，而盆地中亚普第阶、阿尔必阶和赛诺曼阶地层中，除在汉特—曼西斯克大型拗陷的汉特—曼西斯克组分布地区既有腐泥型，也有腐植型有机物外，其它地区以腐植型有机物占优势。该三个阶地层中含有48.4万吨以腐植型占优势有机物，比盆地中任何其它沉积地层中都大。在泥岩中有机炭平均含量为1.31%⁽¹⁹⁾，高的可达6%⁽¹⁶⁾。但盆地泥岩中有机物丰度在平面上分布是不一的，在东南边缘为0.3—0.5%，盆地其余边缘部分为0.5—1.0%，而在盆地中部和北部为1.5—2.0%⁽¹⁹⁾，并从南向北有增大趋势。实际上，亚普第阶、阿尔必阶和赛诺曼阶地层在层位上，基本相当波库尔组（仅亚普第阶下部层位不包括在波库尔组内）。波库尔组分布于盆地的北部与中央大部分地区和南部局部地区，该组下部为含煤地层⁽¹⁹⁾。西西伯利亚盆地储量巨大的天然气形成，主要是这套含煤地层成煤作用的产物^(10, 16)。地层中的甲烷生成浓度从南向北增大，从盆地边缘向中央升高，是与波库尔组中含煤程度与腐植型为主有机度变化规律相吻合，并且气田分布于甲烷生成浓度大于20—25亿米³/公里²地区，特大气田绝大部分集中于甲烷生成浓度大于50亿米³/公里²区域内（图11）。

波库尔组含煤性及其有机物以腐植型占优势，并有机物总量十分巨大，又比盆地中任何其它沉积地层中都大，这就决定了这套地层能生成巨量的天然气。在波库尔组含煤地层以及泥欧克姆统陆相与滨海相地层中，生成甲烷估计为4000万亿米³，平均生气浓度为24亿米³/公里²。И. П. Жабрен认为：含煤地层中气体生成作用乃是沉积盆地气体生成作用最强之处⁽¹⁰⁾。值得指出的是：盆地中不仅有波库尔组含煤地层（主要在北部）作为良好生气岩，并在波库尔组沉积之后，全盆地出现了大海浸，从而沉积了一套以泥质岩为主的土仑阶地层，它区域性大面积分布，成为下伏生气岩的良好盖层，其厚度为40—600米。波库尔组上部的赛诺曼阶地层（上白垩统）有许多砂岩，所以又不

乏储集层。这种生储盖的恰当配置，使得西西伯利亚盆地上白垩统中能发现大批气田，成为世界上特大产气区之一。气藏主要是背斜型，如乌连戈伊气田（图12）；部分有岩性—背斜复合型，如麦得维热气田（图13）。由图12可见，乌连戈伊气田绝大部分气的储量是在赛诺曼阶气藏中。

上白垩统（赛诺曼阶）的气藏中的气组分以甲烷为主，甲烷同系物很少，一般不超过1%，属于干气型。如乌连戈伊气田1117—1325米（上白垩统）中天然气成分，甲烷为98.60%，乙烷0.32%，氮为0.80%，氦0.015%。目前波尔库组底部（亚尊第阶）煤种分别有褐煤、长焰煤和气煤（图14）^[16, 19]，但在渐新世末波库尔组中成煤物质大部分还处于褐煤阶段。仅部分开始向长焰煤演变。

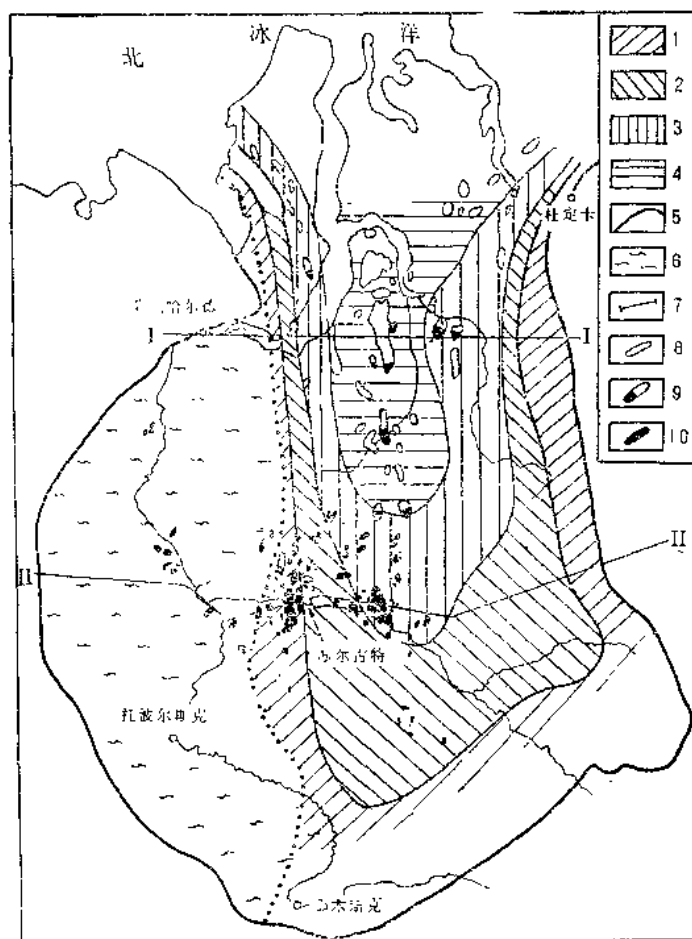


图11 西西伯利亚盆地白垩系的油气田分布特征与泥欧克姆—赛诺曼阶甲烷生成浓度关系图（据И. П. Жабров, 1974; А. Э. Конторович, 1975; Г.Х. Дикенштейн, 1977, 有关图件、资料综合编制）

甲烷的不同浓度带：1—10亿米³/公里²以下 2—10—30亿米³/公里²

3—30—60亿米³/公里² 4—60亿米³/公里²以上 5—盆地边界

6—泥欧克姆—赛诺曼阶海相层发育区 7—剖面线 8—气田 9—油气田 10—油田