

中国煤地质学五十年的回顾与进展

杨 超

(中国地质大学)

煤地质学是地质科学中形成较早的分支学科。由于煤既是能源又是多种工业的原料,在国民经济中占有举足轻重的地位。1913年第12届国际地质大会第一次计算矿产的储量就是煤的储量。作为“国际石炭二叠纪地层与地质大会”前身的“国际石炭纪地层与地质大会”于1927年成立,也主要是因为石炭系赋存丰富的煤资源,而“国际煤岩学委员会”则因对煤质研究的需要于1953年成立。作为一门系统研究煤资源的煤地质学,其诞生可上溯于人类发现煤和使用煤之后一段时间。中国不仅1450多个县赋存着煤资源,而且是用煤最早的国家。早于文字记载的有辽宁新乐古文化遗址中出土的煤制品,用料与抚顺煤田的“煤精”相同,其时代距今约6400余年,属新石器时代。见于文字记载的有公元前5~3世纪战国时代的《山海经》,其中称煤为石涅并载有几处产煤地点。

20世纪30年代以来,由于对煤需求的急剧增加和地质科学的长足发展,促使煤地质学的各个领域都取得了比较快的进展。仅出版“煤地质学”或“煤”专著的学者就有O斯图泽、A瑞斯特里克与CE马歇尔、ES莫尔、W富兰西斯、范克里富兰等,后期又多以主编专著形式出版,如DC莫契森与TS戴斯特主编的《煤与含煤地层》(1968),AC斯柯特主编的《煤与含煤地层近期进展》(1987)。中国在抗战期间到新中国成立之前这一时期,在山西、山东、河北、河南、四川、广东、广西、江西、新疆、贵州、安徽、宁夏等省区都进行了煤田调查,如高平、夏湘蓉等的《江西煤田概论》(1939)将江西省煤田划分为几个条带;黄汲清的《新疆省地质略述:煤、油、油页岩》(1944),将新疆煤田划归为准噶尔盆地、天山等大煤田区;刘国昌、王作宾、赵宗溥等的《开滦国营煤矿区说明》,详述了开滦煤田的地质构造型式,做出新煤田预测等。有关煤质的论文有翁文灏、金开英提出的“加水燃率”为指标的煤分类;谢家荣的《煤岩学的几个新方法》(1930),并命名了我国特有煤种“乐平煤”,1933年王竹泉的《磁县烟煤的镜下结构及其与焦性的关系》等。抗战期间,西南联大地质地理气象学系、西南矿产勘测处和云南经济委员会地质调查组等合作调查了昭通、宣威、小龙潭、一平浪、永仁等地的煤资源。这一时期虽然对不少煤田进行了调查,但大多由于手段单一,多为煤田的地表研究。

新中国成立不久,1950年燃料工业部煤矿管理局下设地质勘探室,是1991年成立的中国煤田地质总局的前身;1952年北京地质学院建立了煤田地质勘探专业,一年以后北京矿业学院等高校也相继成立了煤田专业或系;前苏联ИВ多洛辛、НП格列契什尼科夫于50年代中期在北京高校讲授“煤田地质学”和“煤岩学”并出版了相应教材;这些为我国大规模开展煤田地质工作和进行煤地质学研究培育人才创造了条件。1959年和1980年两次为进行全国煤田预测开展了全国范围的煤地质研究,关于山西、陕西、辽宁、黑龙江等省的煤田地质专著也相继问世;高等院校、生产部门和科研单位于1961年合作编写的三册《中国煤田地质学》与

1962年北京地质学院编著的《煤田地质学》和第二次由高等院校、生产部门与科研单位合作,1979年出版上册,1980年出版下册的《中国煤田地质学》与武汉地质学院1979年与1981年份出上、下册的《煤田地质学》以及煤地质学的各个领域都有著作发表,特别是为迎接1996年在北京召开的第30届国际地质大会,涌现出不少具有创新观点的专著和论文。1997年第三次全国煤田预测的研究报告《全国煤炭资源预测评价》问世,全面总结了我国煤田地质特征、聚煤规律,并做出新的煤资源预测。

煤地质学各研究领域的近期主要进展如下。

一、煤岩学

1935年M 斯托普丝提出术语“煤的有机显微组分”(maceral),标志着在改进煤岩研究方面前进了一步。煤相研究近期受到重视,20世纪50年代前苏联Л П 涅非季耶娃(1956)把埃基巴斯图丝的中石炭煤划分出6种煤相;M 泰希缪勒(1962)分析了影响煤相的4种因素;C F K 狄塞尔提出代表泥炭沼泽覆水程度的凝胶化指数(GI)和代表沼泽中植物组织保存程度的结构保存指数(TPI)用以表示煤相的结构。1953年国际煤岩学委员会(ICCP)的成立标志着煤岩学发展史上的一个里程碑。委员会于1957年和1963年分别出版了《国际煤岩学手册》第一版和第二版,1971年和1975年又做了两次补充,使煤岩学术语与工作方法趋于标准化。1975年斯塔赫与M Th 玛科夫斯基、M 泰希缪勒等煤岩学家合写的第二版《斯塔赫煤岩学教程》,1982年又增补为第三版,是煤岩学的经典著作。由于煤岩学在炼焦配煤和油气勘查评价方面的作用,国际煤岩学委员会又在下属分会中设立了“煤岩学在炼焦工业中的应用分会”和“煤岩学在油气地质中的应用分会”,又对镜质组提出新的划分方案。近期运用煤岩学方法研究沉积岩中分散有机质的“有机岩石学”成为新的分支学科,煤岩学委员会也改称“煤岩学与有机岩石学委员会”,名称缩写仍用ICCP。M 泰希缪勒发表了两篇重要论文,一篇是1987年的《煤化作用研究新进展及其在地质上的应用》阐述显微镜下研究煤化作用的方法,煤化作用原因、煤化作用过程等新进展;提出煤化作用应用于成岩与变质程度的确定,古地理与构造演化史、古地温和烃类的勘探,以及地壳厚度、板块构造等的研究。另一篇《从煤岩学角度谈煤的成因》刊于赖昂斯(Lyons)与阿尔派(Alpern)主编的《泥炭·相与沉积模式》。文中讨论了腐植组/镜质组、壳质组和惰质组中形成各个显微组分的植物材料、生物化学、煤化、沥青化等作用;分析了环境、气候、植物和覆水等对煤相成因的影响;讨论了欧美石炭纪硬煤,冈瓦纳石炭二叠纪,德国和澳大利亚第三纪褐煤以及褐煤中“浅色层”的成因。国内50年以来有不少煤岩方面的论文,其中汤达祯等于1994年在国内外首次将扫描隧道显微镜(STM)和原子力显微镜(AFM)用于煤的研究,获得了煤表面极高分辨率的结构图像,为揭示煤化过程的结构演化提供了新的依据,在原子分布的层次上对煤的石墨化机制做了初步解释。陈佩元、孙达三、丁丕训等的《中国煤岩图鉴》和杨永宽主编的《中国煤岩学图鉴》于1996年先后出版,着重讨论了我国主要聚煤期煤的形成与分布,宏观与微观特征,时空变化及其与沉积环境和各种成煤因素之间的关系,还在国际分类的基础上补充新的显微组分种。两册图鉴各有彩色与黑白图版一百多幅,较全面系统地反映了我国煤资源的特色。韩德馨主编的《中国煤岩学》论述了中国地史中聚煤模式的演变与煤岩形成的历史背景和煤岩特征,阐述了煤的地球化学研究。金奎励主编的《有机岩石学研究——以塔里木为例》(1997),应用显微超微、微束、地球化学、顺磁共振和裂变径迹等技术手段对塔里木盆地源岩进行了较系统研究,运用激光

诱导荧光光谱特征,认为形成沥青砂的原油源自下古生界,并提出碳酸盐岩新成烃下限和原始有机质丰度恢复方法。

近年来我国煤炭、地矿、冶金和石油部门的煤岩工作者做了许多卓有成效的工作,包括应用煤岩学方法预测焦炭的性质、炼焦配煤以及煤的可选性、煤化作用、煤成烃资源评价等方面都取得了重要成果。由于燃烧用煤污染环境严重,因此对S、As、Hg、Pb、Cd等污染源在煤中的聚集、赋存状态、分布特点以及在燃烧利用过程中的行为和去向进行研究已成为主要内容。煤岩学的研究领域正在扩大,并向定量化和自动化方向发展。

二、煤化学

煤的成因类型和煤种多种多样,它们的化学组成、物理性质、工艺性质以及所含矿物质的质与量的差异导致了用途的不同。一般是通过工业分析和元素分析辅以其他物理化学性能,结合粘结性指标划分煤的工业分类。近期又结合煤岩特点使煤的工业分类前进了一步。煤地质学中采用化学方法研究煤质的内容已发展成为煤化学这一独立学科。煤化学主要以煤层混合煤样为研究对象,不考虑煤岩组分特点和煤的不均一性所引起的煤质差别,因此煤化学与煤岩学互相渗透相配合更能做到全面了解煤质,能更有效地进行炼焦配煤、气化、液化、油煤混用、煤油水混用,制作水煤浆、成型煤和煤系伴生有益元素的研究,以及对煤中有害物质如S、As、Hg、P、Pb、Cd、Cr、F、Cl等的研究,为选煤和治理用煤造成的环境污染。

三、泥炭化作用

运用比较沉积学的思路、方法,通过对现代泥炭沼泽和泥炭化作用的研究模拟古代成煤作用,以期对古代成煤沼泽、煤相、煤岩组分类型、煤质以及厚煤层等的形成机理和沉积环境进行更深入的研究。莫尔(1987)提出泥炭的形成取决于植物光合作用所固定的总能量超过植物被氧化,被微生物和动物消耗的总能量;斯托布和埃斯特等通过对几个不同类型现代泥炭沼泽的沉积作用,模拟美国东部晚石炭世煤层的形成环境,认为每一个煤层的形成代表了一个沼泽演化的过程,并指出美国东部斯纳格迪和马来西亚东部沙捞越低地的沼泽,均属凸起的高位沼泽,泥炭中的灰份由凸起的中部向边部增高;克莱默认为马来西亚西部海岸多雨富养森林沼泽可与石炭纪热带煤的形成环境相对比(1987)。我国1994年11月召开了“厚层泥炭的形成与现代成煤作用研讨会”,宣读的论文涉及到泥炭沼泽水文聚炭模式、泥炭类型,厚层泥炭的水介质、水动力学、聚集特征和分布规律等的研究。

四、煤化作用

镜质组反射率是当前最有效的煤化作用参数,但也还存在缺点。煤化作用的研究者一方面采用稳定组荧光性和各向异性比、各向异性指数分别弥补镜质组反射率在低煤级和高煤级阶段的不足;另一方面还在寻求新的煤级指数,如伊利石结晶度,热变指数(TAI)、色变指数(CAI)以及煤化的笔石、疑源类、几丁虫类、沟鞭藻等的反射率。除已公认的煤深成变质作用、接触变质作用外,国外还提出的有造山期前、造山期和造山期后煤变质作用,煤的回返变质作用、古变质作用、新变质作用、二次变质作用、静力变质作用、陨石碰撞变质作用等。以上

除最后一种外,多是涉及深成变质作用提出的类型。中国煤变质作用有其特点,这些特点是由地质条件决定的。通过热源及其作用方式总结了我国煤变质的地史——热史动态模拟,表明煤盆地的地热状态是以非均一地热影响着煤的深成变质作用格局。如鄂尔多斯盆地不仅其大地热流值向盆地中心增高,而且三叠系的地温明显高于三叠系的上下。针对我国煤的地质特点和所谓“变质程度偏高”问题,杨起等在《中国煤变质作用》(1996)进一步阐述80年代末的“中国煤的多阶段演化与多热源叠加变质”观点和区域岩浆热变质作用类型,指出我国很大一部分煤是因为中、新生代岩浆活动(主要是岩浆侵入)和其他热异常导致在深成变质煤基础上叠加了以区域岩浆热变质为主的作用,并据以阐明我国很大一部分煤经历了3个地质演化阶段:以煤的深成变质为主的第一演化阶段,以多热源叠加变质的特征的第二演化阶段和以奠定中国煤变质格局为主的第三演化阶段。以深成变质为基础,根据再经受变质作用类型的不同提出中国煤的5种叠加变质作用。以抚顺和东南沿海为例分别建立了正常地温场和叠加异常热场模式及其导致的煤演化,并进行了多阶段多热源叠加变质二维模拟。秦勇对变质煤的研究表明高变质煤是按变壳质组、变镜质组和变惰质组依次进行的,提出在镜质组最大反射率为8%处出现一个新的煤化作用跃变,建立中国煤按 $R_{o,max}$ 2%、4%和8%划分的煤化作用阶段方案。国内陆续提出的煤变质作用类型有热液变质作用、热水变质作用、对流型古地热变质作用、热流体变质作用、接触交代变质作用等,提出新的变质作用类型的学者,也同意叠加变质作用的观点,反映了我国煤变质热源的多样性。盖伊尔提出南威尔斯煤田南部煤级偏离希尔特规律,是由于华力西地震活动引起逆断层带来的热流进入煤层所致,为动力变质作用提供证据。

煤化作用机理研究中,在煤结构模型探索上改变了过去只研究结构较简单、易于溶解的烟煤,而深入到难度更大的泥炭和无烟煤结构的探讨。运用新的测试手段,包括将隧道显微镜和原子力显微镜用于高变质煤的结构研究,能够直接观察煤中芳香层的大小、形态、排列及煤中的微孔等,对煤的工艺性质、加工利用以及对煤的生烃潜力、储存、运移等的深入研究起到了促进作用。成煤温度的计算也是重要课题之一,这项研究还会使煤级作为古地热温度计更加精确。

煤化作用研究应用于其他地质问题探讨日益受到重视,如用于解决地层顺序和构造问题及油气勘查评价,根据剖面上煤级增高的重复出现来识别构造问题(如比利时与法国亚华力西前渊坳陷中的推覆构造),用于重建盆地轮廓、构造史与热演化史以及应用于板块构造研究等。

五、煤沉积学

煤系地层划分与煤岩层对比是煤地质工作必须首先解决的问题。石炭—二叠纪煤系的时代和地层划分、煤层对比存在一些有争议的问题,因此在这方面讨论的文章较多;中生代煤系在东北和内蒙古东部的侏罗—白垩系界线和下白垩统的划分讨论的论文也不少。早在20世纪初就在美国宾夕法尼亚的近海煤系中辨认出旋回结构。60年代以来随着美国密西西比河三角洲沉积作用研究的进展,费姆和威廉姆斯(1963)以三角洲的沉积过程解释煤系的旋回结构。霍恩和弗姆(1978)通过密西西比河现代沉积作用和海岸沼泽的分布与美国东部石炭纪煤系的沉积环境模拟对比,发现了多项煤层参数,如厚度、稳定性、顶底板岩性、S、微量元素含量以及灰份组成、含量等,并总结出从障壁岛—三角洲平原—上三角洲平原—冲积平原的聚煤沉积环境模式。怀森傅鲁(1989)对煤系沉积向上变粗,康纳森(1974)对三角洲废弃

朵体平台上有利于成煤分别做了分析。其他系沉积环境如三角洲碎屑海岸、碳酸盐海岸、河流、冲积扇、扇三角洲、湖泊—湖三角洲及聚煤作用研究都有较大进展。《河南禹县晚古生代煤系沉积环境与聚煤特点》(杨起、李宝芳等, 1987) 和《太原西山含煤地层沉积环境》(煤炭科学研究院地质勘探分院、山西省煤田地质勘探公司, 1987), 这些研究成果在我国煤系与煤层的研究方面起到了一定的先导作用。之后, 相继出现了对华北、鄂尔多斯盆地、平朔矿区、新疆等地晚古生代煤系沉积环境与聚煤规律的研究, 取得了较高水平的成果。王双明主编的《鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价》(1996) 对鄂尔多斯盆地的形成、演化过程和聚煤规律进行了系统分析和全面论述, 统一了盆地内含煤地层的划分和煤层对比。尚冠雄主编的《华北地台晚古生代煤地质学研究》(1997) 将华北地台作为一个盆地整体加以观察对比、分析、研究, 把地层学、古生物学、沉积学、岩相古地理学、构造学、煤质学, 以及含煤盆地大地构造等学科的研究思路和研究成果有机地交叉渗透。专著对露头 and 钻孔层序地层特征做了详细的描述与研究, 建立的层序地层框架与原有沉积学研究资料的二次开发相结合, 可能是在煤地质工作中开展层序地层学研究的一个有效途径。在第30届国际地质大会论文第18卷B中有几篇在煤盆地中应用层序地层学的论文。如层序地层学已在我国煤系研究中得到应用, 《高分辨层序地层学在近海和陆相煤盆地中的应用》(李宝芳等, 1996) 以河东煤田和吐哈煤田为例, 分别对石炭、二叠纪的近海煤系和侏罗纪陆相煤系进行了层序地层划分, 得出在海侵体系域(TST) 和高位体系域(HST) 聚煤规律不同的结论。在相对海平面缓慢上升过程中形成的煤灰分低, 近岸地区低等水生、半水生植物沼泽中形成的煤富氢, 生烃潜力高等。过去发表的河流三角洲、障壁后等成煤模式主要适用于HST, 而TST中煤聚积特征还是刚被认识的。又如应用于鄂尔多斯侏罗纪陆相煤系研究中取得了进展。另外还有涉及德国、华南、华北的层序地层, 证明层序地层分析不仅可用于石油地质, 在煤地质领域中应用也是有理论和实际意义的。

六、推覆、滑脱构造研究

王文杰、王信主编的《中国东部煤田推覆滑脱构造与找煤研究》(1992) 剖析了我国东部煤田的推覆滑脱构造的基本特征及其分布规律; 识别出在板块内发育着一种滑、褶、推多次复杂叠加的巨型滑动构造, 并且指出正是这种多期次, 多成因, 多层次的滑脱作用, 造成了华南煤田与华北煤田在工业价值上的巨大差异。推覆滑脱构造研究总结出了在滑脱构造下找煤的一些基本方法, 如在淮南煤田缓倾斜滑脱构造下探明了20多亿吨煤储量, 在东部地区预测出90多亿吨新的煤资源, 扩大了找煤远景区。

七、煤盆地分析

波特和裴蒂庄在《古流和盆地分析》(1963, 1977) 中指出, 把盆地作为一个整体进行研究, 为沉积物研究提供了一种真正统一的方法。以演化发展的观点全面地分析整个盆地的古构造、古地理、沉降史、热演化史以及对煤的聚集进行分析, 得出煤在整个盆地中的分布特点, 富煤带和优质煤赋存地区的盆地分析在国外60年代就受到重视。前苏联60年代开展主要煤盆地的聚煤历史研究; 美国70年代开始对其东部阿帕拉契亚和伊利诺斯石炭纪煤盆地进行了整体分析, 并从总的是高硫高灰煤的盆地中找出低硫低灰煤的分布区。我国在70年代开始这方面的工作, 《断陷盆地分析与煤聚集规律》(李思田等, 1988) 系统分析了东北地区晚中生代断

陷型聚煤盆地的沉积作用、形成机理和构造演化,为煤资源潜力分析和预测提供了依据。含煤盆地分析还取得以下进展:沉积体系域的演化和聚煤模式的探讨对推动我国含煤盆地的研究起到积极作用,如经用盆地分析方法扩大了辽源平岗盆地和营城盆地的可采范围;将沉积体系、体系域和过程沉积学相结合,并将相和沉积体系的研究放在等时地层格架中进行,建立起全盆地的沉积断面网络,以及研究沉积盆地三维空间构成和沉积演化史。

八、煤层气与煤矿瓦斯

煤层气又称煤层甲烷、煤矿瓦斯、煤层瓦斯,是赋存于煤层自生自储的天然气,有时也存在于煤层邻近的岩层中。采煤之前先开发煤层气能够减少甚至消除煤矿瓦斯带来的灾害,使煤层气和煤矿瓦斯的研究工作联系起来。20世纪50年代末荷兰发现了与石炭纪煤系有关的格罗宁根特大型气田,前苏联60年代对年轻地台中生代煤系的成气潜力、生气强度进行了研究,随后大洋洲、亚洲和美洲相继都在含煤盆地中发现了大型气田。煤层气开发利用最成功的是美国。1996年伊尔和哈瑞斯主编的《煤层甲烷与煤地质学》中有17篇关于美、英、俄、乌克兰等国的煤层气资源,10篇论及煤作为煤层气储层的裂隙、孔隙和渗透率等,也讨论了构造引起的裂隙增强了南威尔斯无烟煤的解吸性等;另7篇有关煤层气的煤地质学研究,如应用图像分析研究煤显微类型等。我国煤层气开发研究工作起步较晚,但自从在“七五”国家科技攻关项目54-01中列项对煤层气资源开展专题研究以来,陆续发现了一批煤层气田和含气构造,在煤层气判识及其形成机理的研究上也取得了重要成果。戴金星、裴锡古、戚厚发主编的《中国天然气地质学》(1992)系统地总结了我国历年来,特别是80年代以来的天然气包括煤层气的勘探和研究成果。张新民、张遂安、钟玲文等的《中国的煤层甲烷》(1991)阐述了煤层气形成的主要条件,对中国的煤层气赋存特征做了规律性概括,探讨了中国煤层气的发展前景;叶建平、秦勇、林大扬主编的《煤层气资源》(1998)阐述了中国煤层气资源的分布,论述了中国煤储层的物理性质,探讨了中国煤层气控气的地质因素,还建立煤层气有利地区优选方法体系。近几年发表了很多有关煤层气资源评估、高产富集因素、资源量计算方法,储集层物理性质以及煤层气井压裂技术方法等的文章。为了开发达一高效洁净能源,于1996年5月成立了“中国煤层气有限责任公司”,加速了中国煤层气的勘探开发。张祖银、张子敏(1990)的《1:200万中国煤层瓦斯地质图》及说明书《关于我国煤层瓦斯地质的若干问题》以及张子敏的有关专著系统地反映了我国各类瓦斯等级矿井和矿区的基本情况,总结了我国煤层瓦斯形成分布及煤与瓦斯突出分布的地质机理和我国煤层瓦斯赋存高低的原因和基本规律。瓦斯地质研究有利于煤层气的预测勘探和评价。

自从澳大利亚吉普斯兰盆地、加拿大马更些盆地和印度尼西亚马卡哈姆三角洲等地发现了与中生代煤系有关的重要油气田,以事实打破了煤系有机质不能生成有工业规模石油的观点,煤成油的研究形成热点。秦希缪勒提出“油源岩”的概念(1974),使煤成油的研究在80年代进入了一个新的发展阶段,有不少探讨油母质的性质和生物标志物组成特征的文章发表。如B. H. 汤姆斯论文的题目就是“澳大利亚盆地陆生植物油源岩及其意义”(1982),美国化学学会地球化学分会于1990年召开了“煤和陆源有机质成油专题讨论会”。

我国50~60年代在鄂尔多斯盆地鸳鸯湖石炭、二叠纪煤系和吐鲁番七克台、胜金口侏罗纪煤系中找到过油,但规模都很小。直到1989年才在吐哈盆地鄯善弧形构造上找到了一批与侏罗纪煤系有关的油气田,展现了一个大油田的良好前景,也推动了煤成油的形成环境、成烃

机制以及特种煤和富氢煤显微组分的热模拟产物特征与生物标志物组成的研究。这方面具代表性的专著有傅家谟、刘德汉、盛国英主编的《煤成烃地球化学》(1990)和黄第藩、华阿新、王铁冠等编译的《煤成油地球化学新进展》(1992)。张鹏飞等主编的《吐哈盆地含煤沉积与煤成油》(1997),金奎励、王宜林主编的《新疆准噶尔侏罗系煤成油》(1997),黄第藩、秦匡宗、王铁冠等的《煤成油形成和成烃机理》(1995)以及一些论文表明,与一般烃源岩相比,煤作为烃源岩的成烃演化,油气排驱运移聚集和成藏过程以及油气的物理化学性质都自有其特点,使我们对煤成油的认识提高到一个新的水平。看来,应加强对塔里木盆地、准噶尔盆地、柴达木盆地、鄂尔多斯盆地、四川盆地等大型盆地的煤油气成因联系的研究。

九、煤中有害物质与环保

煤中有害物质及其对环境影响的研究是工业发展大量用煤引起的,国外的研究可概括为两个方面,一是对煤中有害物质的成因研究,包括有害物质分布规律,赋存状态、影响迁移和富集的地质因素等;二是对煤燃烧产物中微量元素的分布赋存规律及其在利用和处理过程中的环境等。较近期的著作有《煤中硫的成因》(克费里西切,1975),《化石燃料中硫地球化学》(奥尔与怀特,1990),《高硫煤的加工和利用》(1993)等。施万诤和古达资主编的《煤中微量元素的环境影响》(1995)讨论了煤中微量元素地质学,煤加工过程中微量元素的淋滤、微量元素的水文地球化学,煤开采与使用过程中的微生物影响以及矿区复垦、干旱区与半干旱区微量元素的去向。周诚林的《影响煤中硫的丰度分布与成因的地质因素》认为我国贵州贵定的二叠纪煤中以有机硫为主的超高硫煤主要来源于滨海碳酸盐台地海水的影响和铁的缺乏,有机硫的噻吩含量随煤中合硫量和煤级增高而增高。国内近年来由于环保意识的提高,有不少关于煤中硫和其他有害微量元素如As、Hg、Ni、Cr、Se等的赋存特征与成因,燃烧电厂飞灰的矿物学与工艺性质,燃煤过程中有害元素的转化机理以及关于洁净煤技术等论文。表明在中国煤中有害物质的成因赋存状态分布规律等的研究为保护环境将得到迅速发展。

十、区域聚煤规律

区域聚煤规律研究是指导寻找与预测煤资源的理论基础。斯捷潘诺夫的《聚煤带与聚煤中心学说》(1949)从植物演化、气候条件、古地理环境、古构造条件等对全球的聚煤规律进行分析,提出地史上有3个较大的聚煤期,每个聚煤期的主要煤田均呈带状分布,称为聚煤带,而聚煤带中含煤特别丰富的地区称为聚煤中心。他首次明确指出,地史上聚煤作用进程是不断发展,是有规律可循的。耶戈洛夫的《地球的聚煤带和含油气区》(1960)进一步揭示了聚煤作用的历史特点及其控制因素。他认为每个聚煤期都存在过类似现代的气候分带,即两个干旱带和被其隔离的3个潮湿带,而气候带的迁移是聚煤带的位置不断发生变化的最主要原因。聚煤中心在地表的分布受古地理和古构造条件的控制。书中附有按时代顺序,从晚泥盆世到古新世共13幅全球聚煤作用与油气聚集区图。当然从活动论观点,还应考虑板块构造的因素。我国已进行了三次全国煤田预测,并按大区和省区范围进行煤盆地研究,中国煤田地质总局组织了第三次全国煤田预测,由毛节华主编的研究报告《全国煤炭资源预测与评价》(1997)对已发现的煤资源的可靠程度和开发远量进行评价,全面总结中国煤田地质特征和聚煤规律,并提出可能发现的煤资源新地区,对我国煤资源建立了三个层次划分的新分类方案:基础性地

质工作阶段的资源量、开发性地质工作阶段的储量和矿山生产阶段的可采储量, 对全国煤资源进行了初步整理, 得出比较切合实际的统计数字。另外完成了以勘探区(井田)为点的数据整理和录入工作。还编制了1:200万《中国煤田地质图》、《中国大地构造与煤田分布图》等一整套图件, 文图配合系统地反映了我国煤田地质条件和煤资源状况。地质矿产部组织完成了全国性煤资源远景调查, 其成果《中国煤炭资源丛书》(1996—1997) 由岳希新任总主编。《丛书》包括《中国煤炭资源总论》、《中国的含煤地层》、《中国煤盆地构造》、《中国主要聚煤期沉积环境与聚煤规律》、《中国煤的煤岩、煤质特征及变质规律》、《中国煤炭远景预测》和《中国煤炭资源形势分析及合理开发利用》共七册, 并编制了1:250万的《中国煤田地质图》和《中国煤田预测图》, 形成了一套文图相辅的成果系统。这一系统成果起到了从数量上和质量上进一步了解全国煤资源远景, 从资源整体上研究煤田分布和聚煤规律, 从应用发展上探讨各类煤的合理开发利用途径的作用。通过远景调查发现了一批新的煤田和煤盆地, 对于在新地区寻找隐伏煤田和优质煤具有指导意义。中国的区域聚煤规律研究将对全球性聚煤规律的补充和修正做出贡献。

十一、运用新技术新方法

近期由于数字地震仪、槽波地震勘探技术以及煤田地震资料处理系统的引进使用和研究, 特别是高分辨率地震勘探技术的应用, 对有些落差小于10m的断层也能做出解释; 引进计算机技术建立了煤田地质勘探资料数据库和煤质数据库, 一些地质图件, 资料处理已计算机化; 在遥感地质方面建立了数字图像处理与制图系统。新的仪器设备不断出现, 为研究工作的深入和开创新的途径提供物质基础, 如汤达祯等首先应用扫描隧道显微镜和原子力显微镜直接进行煤的原始结构研究, 获得了煤表面极高分辨率的图像(1994); X奎尔勒利用激光烧蚀微探针—电感耦合等离子体质谱仪测定煤中微量元素的视和力等。

中国人口众多, 也是世界上最大的产煤国和用煤国, 煤在我国能源的生产结构和消费结构中约占75%, 年产煤13亿多吨, 它提供了我国工业燃料与动力的75%, 化工原料的65%, 城市民用能源的83%以及农村商品能源的55%, 而这是我国能源资源所决定的。我国从1993年, 已是石油净进口国, 常规天然气在我国能源消费结构中只约占2%, 煤层气工业还处在起步阶段, 核能资源又不丰富, 而煤占到我国化石能源资源量的94.3%, 储量的90%, 因此在今后相当长的一段时期内我国以煤为主的一次能源结构不会有多大变化, 从世界范围来看, 公认煤是通向未来持久能源体系的桥梁, 世界对煤的需求也在继续增加, 1973—1993年世界能源总产量增长38%, 其中天然气增长60%, 石油增长12%, 煤的增长超过石油, 为28%, 因此有人估计, 到2020年前后由于洁净煤技术研究和用煤制取气体、液体燃料研究的发展, 同时采油将过了高峰期和开采成本增高, 煤将具有与天然油气竞争实力, 以其储量丰富和价格低廉将在今后能源市场上起主要作用, 可能重新成为第一能源。我国近年来一定程度上放松了煤地质研究和缩减地质勘探工作量, 其原因是由于地质工作处于低谷和乡镇煤矿的煤产量占了我国煤总产量的很大比例, 如1995年占到总产量的46.17%, 这些小煤窑不经地质勘探就开采, 严重地破坏了煤资源而且事故多, 因此国务院已决定到2000年将乡镇煤矿的产量压缩到1980年的水平。由于现在供建井的储量有限和容易寻找的煤所剩不多, 为了满足我国经济迅速发展对能源需要的日益增长, 要培养高层次煤地质研究和勘探人才。煤地质学的发展与地质科学的发展息息相关。从世界范围看, 传统地质科学正处在向现代地质科学发展的转变过程。煤

地质学科与地质科学一样,同样存在基础性研究、学科交叉不够,创造性和研究手段、测试方法较差等问题。作为最大的产煤和用煤国,在较长一段时间内我国的能源结构仍需以煤为主,因此,煤地质学研究应予以加强和拓宽研究范围,进一步结合生产实际而不应削弱,并应与化学、用煤洁净煤技术等学科交叉进行研究。

主要参考文献

- 陈佩元、孙达三、丁丕训等,中国煤岩图鉴。北京:煤炭工业出版社,1996
- 韩德馨主编,中国煤岩学。北京:中国矿业大学出版社,1996
- 黄第藩、华阿新、王铁冠等,煤成油地球化学新进展。北京:石油工业出版社,1992
- 黄第藩、秦匡宗、王铁冠等,煤成油的形成和成烃机理。北京:石油工业出版社,1995
- 汤达祯,煤变质演化与煤成气生成条件。北京:地质出版社,1998
- 杨起、韩德馨主编,中国煤田地质学(上册)。北京:煤炭工业出版社,1979
- 杨起主编,煤地质学进展。北京:科学出版社,1987
- 杨起、潘治贵、翁成敏等,华北石炭二叠纪煤变质特征与地质因素探讨。北京:地质出版社,1988
- 杨起主编,中国煤变质作用。北京:煤炭工业出版社,1996
- 杨起、潘治贵、汤达祯等,煤结构的STM和AFM研究。科学通报,1994,39(7)
- 杨主宽主编,中国煤岩学图鉴。北京:中国矿业大学出版社,1996
- 叶敦和、尹善春,21世纪中国煤地质与勘探展望(煤地质学与煤成烃专辑)。地学前缘,1999,增刊
- 叶建平、秦勇、林大扬主编,中国煤层气资源。北京:中国矿业大学出版社,1998
- 张新民、张遂安、钟玲久等,中国的煤层甲烷。西安:陕西科学出版社,1991
- 赵峰华、任德貽,燃煤产物中有害元素淋滤试验的研究现状。煤田地质与勘探,1998,26(4)
- Andrew, C. edited, Coal and Coal-bearing Strata: Recent Advances, Black Scientific publications, 1987
- Gayer, R. and Harris, I., Coalbed Methane and Coal Geology, Published by the Geological Society, 1996
- Stach, E. Mackowsky M-TH, Teichmueller, M., *et al.*, Stach's Textbook of Coal Petrology. Gebrueder Bontraeger, Berlin, Stuttgart, 1982
- Swain, D. C. and Goodazi, F. edited, Environmental Aspects of Trace Elements in Coal, Kluwer Academic Publication, 1995
- Yang Qi edited, Geology of Fossil Fuels-Coal, Proceedings of the 30th International Geological Congress Vol. 18 part B, VSP, Utrecht, The Netherlands, 1997

中国石油地质学五十年

石宝珩

张抗

姜衍文

(中国石油天然气集团公司)

(中国新星石油公司)

(江汉石油学院)

石油地质学是现代地质学体系中的一门子学科。它以地质学的相关理论为基础,研究地球上赋存的自然资源——石油和天然气的生成、运移、聚集过程,以及油气藏的形成和分布规律。

一、石油地质学的形成和发展

作为现代地质学中的一门应用分支学科,石油地质学的产生、发展和不断完善,始终与它的母科学——地质学本身的发展直接相关,并同油气资源勘探实践活动紧密相伴。1859年,在美国宾夕法尼亚州首次钻探出石油之后的最初年代,石油钻探只是选择在天然油苗或先期成功井的附近(G D Hobson, E N Ticatson, 1981),几乎谈不上什么石油地质学理论的指导。上个世纪中叶,加拿大的亨特(T Hunt, 1861)、俄国的ГВ阿比赫(1863)、美国的怀特(I C White, 1885)、奥地利的豪菲尔(Höfer, 1888)等先后提出了石油储集的“背斜说”,使油气探井井位的选择开始有了地质理论的指导。可以讲,这是近代石油地质学的萌芽。这一理论至今对油气勘探仍然有着指导意义。20世纪20年代,世界上第一部石油地质学专著《实用石油地质》(D Hager, 1916)在美国出版。在随后的几十年间,几部有重要影响的石油地质学论著相继问世,包括苏联ИМ古勃金院士的《石油论》(1937)和ИО布罗德的《石油与天然气地质原理》,加拿大地质学家格索(W C Gussow 1954)和苏联学者ВХ拉宾(1959)对“差异聚集”原理做了论述。1959年美国学者莱复生(A I Levorson)的《石油地质学》问世。这是一部总结性的、集石油地质学各领域之大成的著作,标志着现代石油地质学理论走上系统化。1972年,美国石油地质学家哈尔布特(M T Halbouty)提出了“隐蔽油藏”的概念,把找油领域进一步拓展到包括地层圈闭、岩性圈闭以及诸多类型的复合型油藏。然而,从本质上讲,这些进步仍然未能超出它借以脱胎的经典地质学的理论范畴。

自20世纪60年代以来,地球科学进入了一个被人们称作“地学革命”的空前活跃的历史时期。随着相继实施的“国际地球物理年”、“上地幔计划”、“地球动力学计划”、“国际岩石圈计划”、“深海钻探计划”以及后续的“大洋钻探计划”等一系列大型多边国际合作地学项目,地球科学视野和研究思路进入了一个全新的历史时期。跨学科、跨洋陆、多圈层的综合研究和对比研究,成为新地学理论的强力支撑和新地学分支的生长点。以强调“全球观”为特色,以研究“全球事件”、“全球变化”为内容的系统论的新地学思想给各个地学分支注入了新的活力,从而使地球科学从传统的、地域性的定性描述,提高到系统的成因动力学分析,开创了地球系统科学(Global Geology)的新纪元。

率先将全球地质学的思想运用于石油地质理论,当推地震地层学和层序地层学的创立。70