

大同晚古生代含煤盆地 地质学研究

■ 周安朝 著

大同晚古生代含煤盆地 地质学研究

周安朝 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

大同晚古生代含煤盆地地质学研究/周安朝著. --北京: 煤炭工业出版社, 2010

ISBN 978-7-5020-3735-2

I. ①大… II. ①周… III. ①古生代-聚煤区-构造盆地-地质学-研究-大同市 IV. ①P618.110.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 194144 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 14¹/₄ 插页 1
字数 302 千字 印数 1—800
2010 年 11 月第 1 版 2010 年 11 月第 1 次印刷
社内编号 6545 定价 39.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书介绍了大同晚古生代含煤盆地的地层、含煤盆地沉积环境、聚煤特征和盆地的沉积演化史,研究了含煤盆地上古生界石炭—二叠含煤岩系中作为主采煤层的山₄号、2号、3号、5号及8号煤层的煤质、煤岩特征、煤地球化学和煤相特征,阐述了含煤盆地石炭—二叠煤系中高岭岩的赋存与分布、矿物与岩石学特征,说明了塔山井田石炭—二叠煤系中煌斑岩的赋存规律及其对主采煤层的破坏和对煤质的影响。

本书可供地质学、资源勘查工程专业的高年级本科生、研究生和教师阅读,也可作为相关专业研究人员和工程技术人员的参考书。

前 言

大同煤田位于山西省北部，大同市西南方，地跨大同、左云、右玉、怀仁、山阴等5个市、县。煤田总体走向为NE—SW向，长约85 km，宽约30 km，面积为1827 km²。大同煤田是赋存晚古生代石炭—二叠和中生代侏罗纪含煤地层的双纪煤田。其中石炭—二叠纪煤田面积为1739 km²，侏罗纪煤田面积为772 km²，两者重合面积为684 km²。

大同煤田地质调查历史悠久。1917—1939年，王竹泉、白家锦、翁文灏、门仓三郎、森田日子次等先后对大同侏罗纪煤田进行过地质调查。1939—1949年，日本人为进行掠夺性开采，进行了地层、煤层等方面的调查和勘探工作。新中国成立后，国家有计划地对大同煤田进行了大规模的地质调查和勘探工作。在此过程中，中国科学院地质研究所、山西省区域地质调查队、山西省115煤田地质队、原山西矿业学院、大同矿务局地测处、原河北地质学院等单位和陈庸勋、戴东林、斯行健、李星学、徐仁、胡希廉等学者先后对大同煤田的地层、古生物、沉积相及聚煤特征、地质构造等进行了不同程度的研究，提出了许多重要见解。其主要成果收录在大同矿务局（后更名为大同煤矿集团公司）1996年编著的《大同矿区侏罗纪煤田地质总论》、大同矿务局地测处1996年汇编的《大同煤田地质论文集》、原山西矿业学院和原大同矿地测处于1991年合著的《大同侏罗纪含煤地层沉积环境与聚煤特征》等专著之中，这些成果集中反映了大同侏罗纪煤田地质构造、地层、岩矿、古生物、古气候、煤层、煤质、地球化学等方面的特征。近年来，山西省215煤田地质队、原山西矿业学院、大同煤矿集团公司地测处等单位和胡希廉、杨含禄、李太任、李国栋、杨美霞、赵省民、刘长龄、郝临山等对大同煤田石炭—二叠含煤地层的沉积环境、聚煤规律和特征、构造、共生矿产等进行过部分研究，也取得了一些成果，但对大同晚古生代含煤盆地仍然没有一个整体认识，也从未有人对大同晚古生代含煤盆地进行过系统的综合地质研究。

多年来大规模的现代矿井开采，已使大同煤矿集团公司所辖井田范围内

的侏罗纪煤炭资源趋于枯竭，口泉沟一带开采侏罗纪煤炭资源的生产矿井已相继关闭和报废。大同煤矿集团公司对石炭—二叠纪煤炭资源的规划、设计、开采已经开始。为此，受大同煤矿集团公司委托，我们在 2004—2008 年先后承担了“塔山井田火成岩的侵入机制、分布规律及其对煤层开采的影响”和“大同晚古生代含煤盆地地质综合研究”研究任务。旨在查明煌斑岩的侵入机制、产状、规模及分布规律，为煤矿生产盘区布置提供依据；查明煌斑岩对煤层、煤质的破坏，以实现有效地指导矿山企业合理开采和配采；探讨大同晚古生代含煤盆地的沉积环境与聚煤特征，以指导大同石炭—二叠纪煤炭资源的预测和进一步勘探；查明石炭—二叠系主采煤层的煤质、煤岩特征、煤地球化学特征，为煤炭资源综合利用提供依据。

研究过程中，在充分收集原有资料和研究成果的基础上，先后在井下和野外从事地质工作约 9 个月。实测石炭—二叠系地层剖面 2 条，主采煤层柱状 4 个。系统采集岩石标本 517 块，块煤标本 319 个。获得煌斑岩节理产状数据 160 个，古流向数据 153 个。收集以往钻孔柱状图 1972 个，煤质数据 5202 个。鉴定岩石薄片 319 个，粒度分析 42 个，岩石全化学分析 36 个，X 射线衍射分析 59 个。煤的工业分析、全硫和形态硫分析、显微煤岩组成分析、扫描电镜结合能谱分析、等离子质谱分析各 54 个，煌斑岩 Ar—Ar 法同位素年龄分析 2 个。拍摄了数百张沉积构造、煤层和煌斑岩野外露头照片和室内显微照片。编制了 150 余幅各种类型的图件。通过分析研究，对大同晚古生代含煤盆地地层、含煤盆地沉积环境、聚煤特征和盆地的沉积演化史，以及将作为主采煤层的山₄号、2 号、3 号、5 号及 8 号煤层的煤质、煤岩特征、煤地球化学和煤相特征及煤系高岭岩的特征、分布等有了一个较系统的认识。现将研究成果进行总结、出版，希望能够对大同地区石炭—二叠纪煤炭资源的进一步勘探和资源预测、煤炭资源的开发和综合利用、煤系高岭岩的开发与利用有一定的指导作用，同时也希望能对丰富板块边缘海陆交互—陆相含煤建造的研究有一定的启发和借鉴作用。

中国矿业大学赵峰华教授在煤质、煤岩特征、煤地球化学和煤相研究方面做了大量的工作。大同大学郝临山教授为本书第五章提供了许多素材，并撰写了第五章的部分内容。太原理工大学王监奇讲师、徐平讲师、赵红旗讲师及大同大学崔晓立讲师、陈继福讲师参加了部分野外工作。硕士研究生刘

东娜、郝宝华、龚杰立、胡建勇参加了野外和室内的资料收集、统计、样品加工和分析、岩矿鉴定、图表编制等工作。大同煤矿集团公司技术中心白希军教授级高工、杨彦峰高级工程师、赵军教授级高工、张爱国高级工程师等为野外、井下和室内资料收集等工作提供了极大的便利。大同煤矿集团公司地测处闫志义教授级高工、刘胜高级工程师，同煤大唐塔山煤矿有限公司侯吉祥教授级高工、刘杰教授级高工以及山西煤炭地质局 115 勘查院王刚高级工程师等自始至终都关心着研究工作的进展，并为研究工作提供了大量的资料和指导。毫无疑问，本书的完成凝聚着以上人员的心血和劳动，对他们所作出的贡献表示深深的谢意！本书引用了许多学者的观点和图表，在此表示衷心的感谢！

作者水平有限，全书成稿仓促，不妥之处敬请批评指正。

著 者

2010 年 9 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 沉积盆地分析概述	1
第二节 煤岩学和煤地球化学研究简介	2
第三节 大同煤田的研究历史及现状	5
第二章 大同晚古生代含煤盆地地层	8
第一节 盆地基底地层及地层特征	9
一、太古界集宁群 (Arjn)	9
二、下古生界寒武—奥陶系	10
第二节 上古生界地层及地层特征	15
一、石炭系 (C)	15
二、二叠系 (P)	16
第三节 中生界地层及地层特征	18
一、侏罗系 (J)	19
二、白垩系 (K)	20
第三章 大同晚古生代含煤盆地沉积环境及盆地演化史	22
第一节 沉积环境与聚煤特征	22
一、碎屑—碳酸盐混合滨岸带体系	22
二、三角洲沉积体系	25
三、河流沉积体系	27
四、聚煤特征	28
第二节 砂体特征	29
一、砂岩基本类型及物源区位置	29
二、砂岩碎屑组成及物源区构造背景	32
第三节 砂体与煤灰分的关系	40
一、8号煤层灰分与下伏砂体的关系	41
二、5号煤层灰分与下伏砂体的关系	42
三、3号煤层灰分与下伏砂体的关系	43

四、2号煤层灰分与下伏砂体的关系	44
五、山 ₄ 号煤层灰分与下伏砂体的关系	45
第四节 沉积演化史	46
一、石炭纪沉积演化史	46
二、二叠纪沉积演化史	59
第五节 大同晚古生代含煤盆地的后期变化	66
一、印支运动对大同晚古生代含煤盆地的影响	66
二、燕山运动对大同晚古生代含煤盆地的影响	66

第四章 大同晚古生代含煤盆地石炭二叠纪煤的煤质和地球化学特征

第一节 区域煤质特征	69
一、2号煤层的煤质特征	69
二、3—5号煤层的煤质特征	71
三、3号煤层的煤质特征	73
四、5号煤层的煤质特征	75
五、8号煤层的煤质特征	76
第二节 2号煤的煤岩学、煤质和地球化学特征	80
一、2号煤的煤质和煤岩特征	81
二、2号煤的地球化学特征	88
三、2号煤层的地球化学演化	101
四、2号煤层的煤相	103
第三节 3号煤的煤岩学、煤质和地球化学特征	104
一、3号煤的煤质和煤岩特征	105
二、3号煤的地球化学特征	110
三、3号煤层的地球化学演化	123
四、3号煤层的煤相	124
第四节 5号煤的煤岩学、煤质和地球化学特征	126
一、5号煤的煤质和煤岩特征	126
二、5号煤的地球化学特征	132
三、5号煤层的地球化学演化	143
四、5号煤层的煤相	144
第五节 8号煤的煤岩学、煤质和地球化学特征	145
一、8号煤的煤质和煤岩特征	145
二、8号煤的地球化学特征	150
三、8号煤层的地球化学演化	162
四、8号煤层的煤相	163

第五章 大同晚古生代含煤盆地上古生界煤系地层中的高岭岩	165
第一节 大同煤系高岭岩资源分布及特征	165
一、资源分布概况	165
二、主要层位分布特征	167
第二节 大同煤系高岭岩的岩矿特征	169
一、大同高岭岩岩石学特征	169
二、高岭岩层中的构造类型	174
三、大同煤系高岭岩矿物学特征	174
四、大同高岭岩地球化学特征	180
五、大同煤系高岭岩成矿机理	182
第六章 大同塔山井田煌斑岩侵入规律、赋存特征及其对煤层的影响	184
第一节 煌斑岩的地表露头特征	184
一、煌斑岩的产出状态与赋存层位	184
二、煌斑岩的节理	186
第二节 煌斑岩的物质成分	188
一、煌斑岩的化学成分	188
二、煌斑岩的岩石学特征	189
三、煌斑岩的侵入时代	191
第三节 煌斑岩的空间展布及赋存规律	192
一、煌斑岩的空间展布及赋存特征	192
二、煌斑岩的侵入机理	204
第四节 煌斑岩侵入对煤层煤质的影响	207
一、接触变质煤的厚度及分布规律	207
二、煌斑岩对煤质的影响	208
参考文献	214

第一章 绪 论

第一节 沉积盆地分析概述

沉积盆地是地球表面长期接受沉积的沉降区，它与造山带构成了大陆结构中两个最基本的构造单元，是当前进行岩石圈研究不可缺少的重要部分，两者共同记录了地壳岩石圈形成演化的过程，一直是人类了解和认识固体地球和岩石圈的重要窗口。造山带是人类寻找和开发矿产资源的基地，是研究岩石圈地质作用过程最重要的天然实验室，对造山带的研究一直是地质科学研究的前沿课题之一；沉积盆地则是地球演化的档案库，蕴藏着丰富的石油、天然气、煤炭等与人类生活息息相关的能源矿产。造山带既是古盆地的充填区，由盆地发展转化而成，又是新盆地的物源区，对沉积盆地的形成与演化、沉积建造类型以及煤层和油气藏的形成与改造都具有重大控制作用，两者在空间上相互依存，在时间上相互转化，在物质上相互转移和补充（周安朝，2002）。沉积盆地的形成、演化与周边造山带存在着密切的耦合关系，因为造山带与盆地的形成演化在深部是统一动力学过程的不同时空表现，有着紧密的动力学成生关系，盆地中的沉积记录能够反映造山作用的性质、特征、强度和过程，以及隆升时代、速度及其变化。

盆地演化实质是构造过程与充填过程的辩证统一，盆地演化分析是对沉积盆地进行整体研究的理论与方法体系，其内容涉及地学领域的许多学科。进行盆地研究对于寻找石油、天然气、煤和许多重要的沉积及层控矿产都有着重要的意义。沉积盆地作为地球上最基本的构造单元，在它的演化过程中，其沉积充填记录了海陆变迁、构造格架演化及与周围环境相互作用的具体历史，特别是沉积盆地与造山带结成的“盆山耦合”关系，反映了地球局部乃至全球的地球动力学过程。因此，沉积盆地演化分析已经成为当代大陆动力地质学的研究热点之一。现代沉积盆地分析的理论是建立在板块构造框架基础上，强调将沉积盆地作为一个整体进行研究，盆地演化史分析则特别强调盆地形成时的背景分析，注重时空之间相互配置的关系以及盆地后期改造的恢复，即动态研究（王成善等，2003）。盆地的形成、发展演化、沉积相转变、沉积充填均受构造背景控制。在控制沉积作用的诸多因素中，构造活动的影响最为重要，构造活动一方面开辟了碎屑物质的来源，另一方面又为沉积物提供沉积场所。同时盆地沉积特征及其时空变化，在一定程度上又可以反映出区域活动的性质、强度、延续或转变时间等。沉积盆地的物质组成、古地理和古气候面貌、沉积环境、沉积构造演化趋势等往往决定着盆地演化的性质和方向。

正是由于沉积盆地对于研究地球发展历史的重要性，使得沉积盆地演化分析成为地质

学科中发展最快的领域之一。20 世纪 60 年代以前,对沉积盆地的认识、分类与研究都是以地槽学说为基础的,当时,盆地分析也只是作为沉积学的一个分支而产生和发展的。直到 20 世纪 60 年代,随着多学科的相互渗透,特别是板块构造学说的问世,使得这一领域研究无论在深度上还是广度上都取得了长足的进步。Potter (1964) 和 Pettijohn (1968) 首先提出了盆地分析的概念,即将盆地作为统一的整体进行系统研究的方法。Potter (1964) 在《古流与盆地分析》中指出:“把盆地作为一个整体考虑为沉积学研究提供了一个真正统一的办法”。整体分析包括从整个原型沉积盆地范围和整个盆地充填序列进行分析,整个盆地充填过程中,盆地的范围、沉积体系和沉积环境单元配置会发生时间的演变和空间的迁移,相应的与一定的沉积相带、沉积体系相共生的各种沉积矿产则集中分布于盆地充填的一定层位和部位,或在整个盆地范围发生迁移或运移。20 世纪 70 年代后,国外学者 Miall (1973)、Davies (1975)、Asquith. G (1979) 才真正提出盆地充填的研究思想,并作为盆地综合研究方法,构成目前盆地研究分析的最新发展方向,特别是环境分析与相模式、沉积体系、成岩作用等方面的发展,使盆地充填实体的研究又有了新的思路和方法。Miall (1973) 在其《盆地分析原理》一书中对此做了系统的介绍,确定了盆地分析在地质学中一门独立学科的地位,尽管介绍的方法多为定性或半定量的描述与分析,但是为以后盆地分析的发展提供了宝贵的思想。与此同时,物源区分析成为盆地分析中发展最快的一个分支,Dickinson (1979, 1980, 1988, 1997) 对大地构造性质业已清楚的世界近上百个地区砂岩的碎屑组分定量统计及其物源区构造背景做了详细的研究,构建了碎屑岩物源区与板块构造之间的关系,编绘出三角图解作为判断物源区及其构造背景的模式图,通过砂岩的骨架颗粒组分定量统计,可以探知物源区的构造背景。

20 世纪 90 年代以来,沉积学家强调要加强三维沉积形态体系研究 (Bromey R G., et al, 1991; Burchette T F., 1992; Leeder M., 1999), 这与 20 世纪 80 年代以来侧重于垂向研究的相模式研究相比有了很大的进步。当今,盆地的量化分析、盆地的地层序列分布及其与构造演化的关系、盆地充填过程等的研究,特别是山盆耦合关系的研究,成为盆地演化分析的发展潮流,尤其是高新技术如地震发射剖面、高分辨率事件地层学、层序地层学、测井技术等在地层研究中得到了广泛的应用,为盆地地层层序和构造分析的准确测定提供了强有力的保证。

第二节 煤岩学和煤地球化学研究简介

煤是蕴藏在沉积盆地中的最重要的不可再生能源矿产之一,在人们生活水平日益提高的过程中和在国民经济建设中发挥着巨大的作用。几十年来,煤炭在我国能源消费构成中一直占 70% 以上。有关专家预测,即使到 2050 年,煤炭在我国能源构成中的比重仍将占 50% 以上。煤炭作为我国第一能源矿产在我国国民经济建设和能源安全中所起的作用在今后相当长的时间内不会动摇和改变 (李增学等, 2005)。因而,煤地质学、煤盆地分析、煤岩学和煤地球化学研究、煤炭资源预测以及深部煤炭资源勘探与开发等领域研究仍肩负

着光荣而重大的使命。

煤岩学和煤地球化学研究是揭示煤物质组成的基础学科。煤岩学是从岩石学的角度研究煤的物质组成,通过对煤的岩石学组成及其组合特征的研究,确定煤的形成环境及其所经历的煤化作用(成岩作用和变质作用),从而为含煤盆地演化研究、煤质评价和预测、煤的可选性评价等提供科学依据。煤地球化学是从化学的角度研究煤的物质组成,通过对煤的化学组成的研究,揭示煤形成过程中所经历的化学作用,为含煤盆地演化研究、煤质评价和预测、煤的利用等提供基础资料。

煤岩学是煤地质学的一个分支,是一门把煤作为有机岩石,以物理方法为主研究煤的物质成分、结构、性质、成因及合理利用的学科。早在19世纪中叶,煤地质学家就开始进行了煤的显微镜下研究。直到20世纪初期,煤岩学才逐渐发展成为一门独立的学科。1919年,M. C. 斯托普丝在《条带状烟煤中的四种可见组分》一文中首次提出烟煤中镜煤、亮煤、暗煤和丝煤4种煤岩组分。1953年国际煤岩学委员会(ICCP)的成立是煤岩学发展史上的一个里程碑。该委员会于1957年和1963年分别出版了《国际煤岩学手册》的第一版和第二版,1971和1975年又作了补充,使煤岩术语与工作方法趋于标准化,推动了煤岩学的交流和发展。

煤岩学是研究煤质的重要方法。镜质体反射率、壳质组荧光性的研究的开展和有关仪器设备的日益完善,以及对沉积岩中分散有机质的成功的煤岩研究,扩大了煤岩学的研究领域,并向量化、自动化发展。煤岩学在地质学领域和工业中的应用日益广泛,已进入了煤岩学快速发展的阶段。

煤岩学研究内容包括煤形成的影响因素、成煤作用、煤(有机组成)的岩石成分及类型、成因及特征。煤岩学的理论与方法在过去几十年中发展迅速,其研究范围从以往的煤岩成因分析、煤层对比、工业加工利用等方面已扩展到了成岩作用分析、成煤植物重塑、油气勘探开发、盆地热演化历史分析、大地构造研究以及环境保护等方面。煤岩学的研究对象也从煤层本身扩展到了黑色页岩和其他沉积物中分散的有机碎屑(刘光华,1999)。

目前,煤岩学的应用研究跨越多个领域,包括煤层对比、煤相、构造、热史、石油地质勘探、选煤工业、炼焦工业等,而且与多种学科联系紧密,如在成因方面联系紧密的学科:有机化学、古植物学、地球化学、地质学等。突出表现在如下6个方面:

(1) 煤相分析。通过对有机显微组分、无机显微组分、煤岩类型结合煤层及围岩沉积相的研究,可以反推形成泥炭的成煤植物种类及其构成,泥炭堆积环境的Eh值、pH值、盐度和水文特征,泥炭聚积时期的古气候、古构造运动及古地理环境等诸多因素,恢复成煤沼泽的古地理、古气候、古环境、古植物及古构造运动特征,确定含煤岩系的沉积环境和煤相。Haquebard等(1969)根据Teichmuller(1950,1952,1958)的煤相研究成果和加拿大煤田石炭纪煤层的显微煤岩类型研究结果,将不同的显微煤岩类型归入Teichmuller所划分的4种煤相类型中,并建立了一个四端元的煤相类型图解。Marchioni(1980)根据澳大利亚悉尼盆地二叠纪煤层的显微煤岩类型组合特征,用Haquebard等的

四端元煤相图解方法表示出 4 种煤相类型,并对四个端元的显微煤岩类型的内涵作了修改。张宏等(1995)把这一方法引入我国的煤相类型的研究中。

(2) 根据显微组分及其组合特征以及煤层的其他特征,进行煤层对比、剥蚀厚度估算以及构造重演。对 Dow 在 1977 年提出的利用上下构造层镜质体反射率(R_o)差值来估算不整合面地层剥蚀厚度的方法的不合理性,佟彦明等(2005)提出了一种利用 R_o 数据恢复剥蚀厚度的新方法。李荣西等(2001)以渤海湾盆地为例,通过定量研究镜质体反射率剖面资料重建了沉积盆地构造演化特征。

(3) 煤岩配煤。通过显微定量和对煤级的测定,预测煤的结焦性,选择炼焦配煤,并为综合利用提供依据。利用煤岩学方法研究配煤问题起源于 20 世纪 30 年代。在 20 世纪 70 年代,美国和日本已经将此方法应用于炼焦生产。胡红玲等(2004)总结了应用煤岩学的配煤原理、煤岩参数的概念和在煤焦生产中的应用情况。

(4) 通过研究煤中矿物成分的种类与赋存特征,预测煤的可选性与预防环境污染。李宝春等(2001)通过对内蒙古乌达矿区潮控三角洲平原成煤的 9、10 号煤层和河控三角洲平原成煤的 12、13 号煤层中黄铁矿和黏土矿物的赋存与煤层成因关系的研究,发现河控下三角洲平原形成的煤层中黄铁矿含量低,虽然黏土矿物含量高,但其可选性较好,潮控下三角洲平原形成的煤层其硫分含量高,黏土矿物含量较低,其可选性较差。

(5) 通过测定镜质体反射率,结合煤的分子结构、化学组成,探讨煤化作用阶段的古地温、热史及其物理化学变化实质。利用镜质体反射率进行古地温与古热流恢复是目前最为广泛而实用的方法。冉启贵等(1998)改进了热史分析的 Lerche 模型,提出了利用镜质体反射率进行分阶段热史反演模拟方法;蒋国豪等(2001)讨论了应用镜质体反射率(R_o)推算古地温的研究进展。

(6) 确定有机质的成熟度,进行油气评价预测。在孢粉学和煤岩学基础上发展起来的有机岩石学方法以其快速、经济、直观、精确等特点,成为目前烃源岩成熟度评价的最主要方法。程顶胜(1998)从有机岩石学的学科发展历史及当前研究趋势出发,阐述了有机岩石学评价的三大光学手段——透射光、反射光和荧光在评价烃源岩成熟度方面的应用效果。

国外的煤地球化学研究起步较早,研究也比较深入。自 1848 年 Richardson 在苏格兰的烟煤烟灰中发现了 2% 的 Zn 和 1.2% 的 Cd 以后,至 20 世纪 30 年代,国外学者在煤中先后发现了 80 多种微量元素。国内的煤地球化学研究起步较晚,但近年来随着先进的分析仪器和分析方法的大量引入,我国的煤地球化学研究也迅速发展起来。

近年来,国内外许多学者(许德伟等,1998,1999;张军营等,1999;任德贻等,1999;唐跃刚等,2001;赵峰华等,2003;王文峰等,2003;卢新卫,2004;代世峰等,2005;Steven J. Schatzel,2003)对煤中微量元素的地球化学行为、分布、赋存形式、富集机理、迁移规律等进行了系统的研究,提出了十分有意义的见解,为煤炭资源的综合利用、深加工奠定了重要基础。煤中微量有害元素对环境影响和危害,是近年来煤地球化学研究的焦点,不少学者(Gayer,1999;Robert,1999;王文峰,2003)探讨了煤中某些

有害元素和放射性元素的存在状态及其对环境的影响,分析了煤对人类健康和环境产生可能影响的参数。同时,对煤中的微量元素研究还表现在,根据微量元素共生组合特点和某些层位的富集状态,进行大面积的地层和煤层的对比(庄新国等,1998,1999;黄文辉,2000)。总之,对煤中微量元素的研究取得的新认识主要包括以下5方面:

(1) 煤中 Na、Mg、Al、Si、K、Ca、Ti、P 和 Fe 等元素在煤中以不同的形式存在,硅酸盐、氧化物、氢氧化物、硫化物、碳酸盐、硫酸盐、磷酸盐等矿物是它们在煤中的主要载体,Mg 和 Ca 在低煤阶煤中可以有机态形式存在。N 有时在高煤阶的含煤地层夹矸中以铵伊利石形式存在(代世峰等,2005)。

(2) 大多数煤中有害微量元素如 B、Be、Br 等主要与有机质有关。其他有害微量元素一般与矿物有关,其中与黏土矿物有关的是 Cr、F、V、Mo、Ni、Sn、Tl、Th、Zn 等;与碳酸盐矿物有关的是 Mn、Zn、Co、Ba 等;与硫化物矿物有关的是 Cu、Pb、Zn、Co、Ni、As、Sb、Se、Mo、Hg、Ag、Sn、Tl、Mn 等;与硫酸盐矿物有关的是 Ba、Cr、Cu 等;与磷酸盐矿物有关的是 P、F、Cl、Cu、Sr、Ba 等;与氧化物矿物有关的是 Mn、Cr、V、Pb、Zn、Sn 等。

(3) 煤中有害微量元素富集有5种成因类型,包括陆源富集型、沉积—生物作用富集型、岩浆—热液作用富集型、深大断裂—热液作用富集型和地下水作用富集型(任德贻等,1999)。

(4) 煤中有机质结合的微量元素含量与煤级具有密切关系。与有机态结合的微量元素,在褐煤中含量比较高,在烟煤中含量降低,到无烟煤阶段,有机态微量元素含量进一步降低。证明了随煤化程度增加,煤中有机态的微量元素含量降低(张军营等,2000)。

(5) 一般而言,煤中的稀土元素总量(REE)要大于上覆页岩中的REE总量。若风化母岩中的矿物质与上覆页岩中的矿物质相同,那么REE一定富集在煤中沉积的矿物质中(Steven,2003)。

第三节 大同煤田的研究历史及现状

大同煤田是赋存晚古生代石炭—二叠纪和中生代侏罗纪含煤地层的双纪煤田,其中侏罗纪煤系地层中的优质动力煤已经过多年开采,产量居全国之首。但随着大规模的现代化矿井开采,在大同煤矿集团公司所辖的井田范围内,侏罗纪煤炭资源已逐渐趋于枯竭,口泉沟一带的侏罗纪井田的生产矿井也将相继报废和关闭。作为大同煤矿集团公司继侏罗纪煤田开采接续的后备资源——晚古生代石炭纪煤田的煤炭资源的开采、规划、设计已提到议事日程。

大同煤田地质调查和研究历史久远。早在1917年,著名地质学家王竹泉首次对大同侏罗纪煤炭进行了地质调查,并著有《山西大同、左云、怀仁、右玉地质报告》,经调查煤炭储量为96亿t。1918年宝晋公司矿师白象锦对矿区进行过勘查,并划定了12个井田;1922年,日本人门仓三郎在局部调查后,也编写过地质报告;1924年,大同军人煤

厂在口泉一带钻探 11 处，选定永定庄为开采区。1929 年地质学家翁文灏与胡博澜又对煤田进行过调查。1939 年，日本人森田次子对大同矿区进行了地质测量和钻探工作，并对部分地区做了初步评价。真正大规模的调查和勘探工作，是在新中国成立之后，1952 年组建了大同矿务局钻探公司，国家地质调查所、115 煤田勘探队、原大同矿务局地测处、原山西矿业学院、原河北地质学院等主要对侏罗纪煤盆地进行了大量深入细致的煤田地质研究工作。其主要成果汇集于 1996 原大同矿务局编著的《大同矿区侏罗纪煤田地质总论》和大同矿务局地测处同年汇编的《大同煤田地质论文集》之中。特别值得一提的是，原山西矿业学院和原大同矿务局地测处合作，对大同侏罗纪煤田地质进行了系统的综合研究，并著有《大同侏罗纪含煤地层沉积环境与聚煤特征》一书，由科学出版社出版。这本专著系统地研究了大同侏罗纪含煤地层的沉积环境、聚煤特征和聚煤规律，对大同侏罗纪煤田地质构造、地层、岩矿、古生物、古气候、煤层、煤质、地球化学等方面进行了深入的研究和分析。

20 世纪 70 年代至 80 年代末，随着科学技术的不断进步和人们认识水平的不断提高，先后有不少学者从沉积环境和聚煤规律角度出发，对大同煤田石炭—二叠纪含煤地层沉积环境和聚煤规律进行过部分研究，也取得了不少有见解的成果。在大同晚古生代含煤盆地动力学方面，杨美霞（1987）认为，晚古生代时欧亚板块做缓慢的顺时针转动，地处欧亚板块的我国东部的华北大型聚煤盆地，亦随之做顺时针转动。在转动力的作用下，煤盆地北侧的阴山古陆与秦岭古陆相比有所抬升，便将华北石炭—二叠纪时北低南高的面貌，改变成为南低北高的局面。因此，南部灰岩比例增大，北部陆相碎屑物增多。大同晚古生代含煤盆地由于当时受控于华北大地块的影响呈现南低北高的局面，往北陆相地层逐渐增多。尚冠雄（1997）认为华北地块由于受加里东运动的影响，西部的寒武、奥陶、志留系的冒地槽沉积在志留纪末褶皱成山，即祁连山，它的褶起导致了华北地台西端的抬升，使华北地块出现了西隆东倾的古地理格局，这是华北晚古生代聚煤盆地形成的一个定型格局，一直占据主导位置，同样大同晚古生代含煤盆地也是如此。因此南低北高、西隆东倾成为当时大同含煤盆地的主要构造格局。在盆地类型上，任文忠（1992）把我国华北石炭—二叠纪含煤沉积盆地确定为克拉通内拗陷盆地，大同晚古生代含煤盆地位于华北克拉通聚煤拗陷盆地的北部，受控于华北大地块与其具有相似的构造演化史。在聚煤规律和沉积相方面，杨含禄（1987）和赵省民（1997）认为大同晚古生代煤田位于华北巨型克拉通聚煤盆地北缘，含煤岩系是一组大陆环境十分显著、陆相地层占很大比例的含煤沉积，由碎屑—碳酸盐混合滨岸带体系、三角洲体系及河流体系三大沉积类型组成。其中，本溪组全为混合滨岸沉积；太原组中下部为三角洲沉积，中上部为河流沉积；山西组是一套纯河流相的沉积，物源区为其北侧的阴山隆起构造带。

前人的研究成果无疑为后人的研究奠定了坚实的基础，为后人研究提供了丰富的资料。迄今为止，对大同晚古生代石炭—二叠纪聚煤盆地仍然没有一个整体认识，也从未有人对大同晚古生代聚煤盆地进行过系统的综合地质研究。特别是随着大规模的现代化矿井开采，在大同煤矿集团公司所辖的井田范围内，侏罗纪煤炭资源已逐渐趋于枯竭，口泉沟

一带的侏罗纪井田的生产矿井也将相继报废和关闭。作为大同煤矿集团公司继侏罗纪煤田之后开采接续的后备资源——晚古生代石炭—二叠纪煤田的煤炭资源的开采、规划、设计已经开始。对大同晚古生代含煤盆地的认识，仍有诸多问题尚未得到解决，主要有以下6个方面。

(1) 大同晚古生代含煤盆地大地构造位于华北板块北部、“阴山古陆”南侧，那么大同晚古生代含煤盆地是在什么地质构造背景下形成，盆地的物源区在哪里？

(2) 盆地形成之后的聚煤规律是什么？盆地的沉积充填、发展演化与消亡历史问题。

(3) 盆地中煤层厚度、灰分与砂体有什么关系？

(4) 大同晚古生代含煤层系的主采煤层为山₄号、2号、3号、3—5号、5号、8号煤，那么这些煤层的煤岩学和煤地球化学情况究竟如何，其煤岩学特性又反映了怎样的成煤古环境？区内煤层都赋存了哪些有害微量元素，富集程度如何，对综合利用或开采有无威胁？其含煤层系的煤质特征如何？可以做哪些方面的利用？其煤层的微相特征如何？煤层是在什么样的泥炭沼泽环境下形成的？

(5) 大同石炭—二叠纪煤系地层中含有高品质的高岭石黏土岩，那么高岭岩分布及特征、岩石学与矿物组成特点、地球化学特征与成矿机理究竟如何，作为煤的伴生矿产如何开发利用，前景如何？

(6) 大同煤田晚古生代煤系地层中，尤其是3—5号主采煤层中赋存大面积印支期顺层侵入的煌斑岩岩床和一定规模的斜交煤层侵入的煌斑岩岩墙，这些脉体的侵入不仅导致局部煤层受热接触变质作用而严重硅化、混岩焦和天然焦化，而且致使煤层结构复杂化和可利用储量减少，更为严重的是将严重制约和影响同煤集团现代化矿井的生产。那么，石炭纪煤系中煌斑岩的产状如何、规模究竟有多大、如何赋存，以及分布规律又是什么？煌斑岩对煤层和煤质有哪些影响，侵入机理是什么？等等。

显然，要回答上述诸多问题，需要进行系统的野外地质调查，广泛采集和分析各种样品，同时收集并研究分析前人已有的科研成果，收集已有钻孔资料，进行科学合理的室内分析研究、编制图件和总结。对大同石炭—二叠纪煤田地质有一个系统的整体的综合认识，对指导大同石炭—二叠纪煤田的进一步勘查和资源预测及煤炭开发和研究有重要的指导作用。同时，对丰富板块边缘海陆交互相—陆相含煤建造研究，具有十分重要的理论和现实意义。