

中国西北地区煤与煤层气资源 勘查开发研究

王 佟 等 著



科学出版社

中国西北地区煤与煤层气资源勘查 开发研究

王 佟 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书建立了西北地区陆相含煤盆地典型的赋煤构造样式,进一步揭示了不同构造样式对煤炭、煤系气资源的控制作用,形成了煤炭与煤层气及煤系页岩气等煤系能源资源协同勘查技术与评价技术体系,评价了绿色煤炭资源与煤系气资源潜力,并列举了典型的煤炭和煤层气协同勘查应用的实例,建立了复杂条件下煤炭与煤层气资源的开发模式。

本书可供从事煤炭地质勘查开发的科技人员和科研院所师生参考。

审图号: GS (2018) 2678 号

图书在版编目 (CIP) 数据

中国西北地区煤与煤层气资源勘查开发研究 / 王佟等著. —北京: 科学出版社, 2018.10

ISBN 978-7-03-055896-1

I. ①中… II. ①王… III. ①煤矿-地质勘探-研究-西北地区 ②煤矿-资源开发-研究-西北地区 ③煤层-地下气化煤气-地质勘探-研究-西北地区 ④煤层-地下气化煤气-资源开发-研究-西北地区 IV. ①P618.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 306419 号

责任编辑: 周 丹 沈 旭 冯 钊 / 责任校对: 杨聪敏 王 瑞

责任印制: 张克忠 / 封面设计: 许 瑞

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

河北鹏润印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 10 月第一次印刷 印张: 30 1/2

字数: 721 000

定价: 198.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

我国富煤贫油少气的能源资源禀赋特点决定了在未来相当长的时间内煤炭作为我国主体能源的地位不会改变,“煤为基础,多元发展”的能源方针不会改变。习近平总书记在阐述推动能源消费、能源供给、能源技术和能源体制四方面的“革命”,全方位加强国际合作的同时,强调指出,我们正在压缩煤炭比例,但国情还是以煤为主,在相当长一段时间内,甚至从长远来讲,还是以煤为主的格局,只不过比例会下降,我们对煤的注意力不要分散。我国煤炭资源丰富,在发展新能源、可再生能源的同时,还要做好煤炭这篇文章。美国能源发展重点是页岩气,我们则要重视资源丰富的煤炭。加大我国煤炭和与煤伴生能源资源勘查力度,提高勘查精度,科学规划开发利用煤炭及共伴生能源资源,保障国家能源安全稳定供应具有重要意义。

随着我国煤炭资源开发规模的扩大和开发强度的提高,东部矿区资源逐渐枯竭,深部资源受经济、安全、环境等因素的制约,已经不适宜大规模开采。中部地区开发强度大,生态环境约束不断强化。因此,《煤炭工业发展“十三五”规划》在“十二五”规划提出“控制东部、稳定中部、发展西部”的基础上,进一步提出了“限制东部、控制东部和东北、优化西部”的规划指导思想。我国西北地区煤炭资源丰富,占我国煤炭资源总量的40%左右,而且煤层气等煤系气(煤层气、页岩气、天然气水合物)资源潜力巨大,加快西部地区煤炭与煤系气资源勘查与评价,深入开展地质构造发育及其演化规律、构造控煤模式、煤层气赋存规律等基础性研究,是当前科学规划与开发利用我国西北地区能源资源,优化能源生产结构,提高煤炭和煤共伴生资源安全高效绿色智能化开发与清洁高效低碳集约化利用水平的重要任务,也是我国煤炭资源开发向西部战略转移的必然选择。

中国煤炭地质总局王佟等同志在我国西北地区赋煤区煤田构造特征和构造控煤系统研究方面取得了许多创新性成果,并撰写了《中国西北地区煤与煤层气资源勘查开发研究》,从区域构造格架研究入手,论述了不同构造样式和层序地层格架相互作用下的控煤、控气作用,建立了不同含煤区的构造控煤模式,厘定了煤系气与煤炭资源的成藏共生关系,建立了“多位一体”的成藏模式,并对西北各省区的绿色煤炭资源及煤系气资源进行了系统评价。相信该书的出版对促进我国煤炭地质科学发展,对我国西北地区煤炭与煤层气资源勘查开发与清洁高效利用起到积极的推动和指导作用!

王显政

2017年8月31日于北京

前言

西北地区作为我国的能源战略接替区,煤炭煤层气资源丰富,煤炭占我国资源总量的40%左右,煤层气占我国资源总量的30%左右,但西北地区煤炭煤层气资源勘探与开发利用程度较低,特别是资源勘探力度不够,煤炭地质与资源特征的研究程度偏低,查明程度低,对地质构造发育及其演化规律、地质构造对煤炭煤层气资源形成与赋存的控制作用、构造控煤控气模式等的研究还比较薄弱,其研究程度尚难以满足煤矿高效、安全生产的需要。因此,亟待加大西北赋煤区勘探力度,开展构造发育规律和构造控煤控气研究,查明煤系后期的变形特征,剖析控煤构造样式,加强煤层气资源评价研究。同时,我国煤炭工业的快速发展,引发了环境改变和大气质量变差的问题,应对气候变化的压力不断增大,清洁发展水平亟待提高,煤炭资源的清洁利用正在成为社会广泛关注的问题。《煤炭工业发展“十三五”规划》明确提出了坚持绿色开发与清洁利用相结合的原则,要做到煤炭的清洁利用,资源质量是基础,开展绿色煤炭资源的相关研究,对于实现“生态文明”战略意义重大。总之,开展煤炭、煤层气协同勘查评价开发技术研究对于指导下一步西北地区煤炭煤层气资源勘查开发、服务我国能源战略西移意义重大。

本书通过多年对西北地区赋煤区煤田构造特征和构造控煤作用的系统研究,建立了不同含煤区的构造控煤模式,丰富了西北地区煤田地质构造的研究内容,并对西北地区的煤系气(煤层气、页岩气、天然气水合物)成藏条件进行了研究,计算了相关资源量,在此基础上总结了西北地区典型煤田煤炭与煤层气资源的勘查与开发实践成果,研究了绿色煤炭资源评价技术,建立了绿色煤炭资源评价指标,并对西北各省区的绿色煤炭资源进行了总体评价。

本书主要依托国家重点基础研究发展计划(973计划)项目“西部煤炭高强度开采下地质灾害防治与环境保护基础研究”课题一“侏罗-白垩系富煤区域地层结构与水沙动力学特征”(2013CB227901)、中国煤炭工业协会科技指导计划“中国主要煤盆地非常规煤层气资源评价与勘查技术研究”与“中国主要煤盆地煤系共伴生矿产资源赋存区划研究”,以及新疆维吾尔自治区煤田地质局、中国煤炭地质总局青海煤炭地质局、中国煤炭地质总局第一勘探局、中国煤炭地质总局航测遥感局等单位开展的有关资源勘查工程实践。

本书总体思路和基本架构由王佟提出,全书由王佟审定。本书各章节执笔和参加人员为:第一章,王佟、夏玉成、谢志清;第二章,王佟、刘天绩;第三章,王佟、李瑞明、林中月;第四章,王佟、林中月、夏玉成、韦波;第五章,王佟、韦波、江涛、尹淮新;第六章,王佟;第七章,江涛、刘占勇、王佟;第八章,傅雪海、杨曙光;第九章,王庆伟、冯帆、林中月;第十章,王庆伟、文怀军、刘天绩、李永红;第十一章,王佟、谢志清、韦波、芦俊、左明星、文怀军;第十二章,王庆伟、韦波、潘军、王遂正、谢祥军、王佟;第十三章,来兴平、王宁波、李辉。

本书的研究与出版得到了中国煤炭工业协会王显政会长的精心指导,并在百忙之中亲自作序,在此特别表示感谢!在研究过程中得到了彭苏萍院士、蔡美峰院士、武强院士、王双明院士、曹代勇教授、邵龙义教授等的关心与指导,在此表示由衷的感谢!本书的研究与书稿撰写过程中也得到了中国煤炭地质总局、新疆维吾尔自治区煤田地质局有关专家和同事的支持与帮助,在此一并致谢!

由于著者水平所限及写作时间仓促,书中难免存在疏漏,恳切希望广大同行专家与读者批评指正。

王 佟

2017年9月1日

目 录

序	
前言	
第一章 煤与煤系气综述	1
第一节 区域资源概况	1
第二节 区域构造背景	3
第三节 区域构造演化	12
第四节 区域构造特征	15
第五节 聚煤作用与赋煤单元	23
第二章 柴达木含煤区聚煤作用与构造特征	39
第一节 区域构造格局	39
第二节 煤田构造	41
第三节 构造单元	45
第四节 聚煤规律	49
第五节 控煤构造特征	55
第三章 天山含煤区聚煤作用与构造特征	61
第一节 含煤区煤田构造特征	61
第二节 吐哈盆地	61
第三节 伊犁盆地	75
第四节 焉耆盆地	80
第五节 其他煤田的构造基本特征	83
第四章 准噶尔含煤区聚煤作用与构造特征	84
第一节 准噶尔盆地煤田构造格局	84
第二节 含煤地层与煤层	89
第三节 煤田构造与分区	95
第四节 赋煤规律	101
第五节 构造演化	104
第五章 塔里木含煤区聚煤作用与构造特征	107
第一节 含煤地层与煤层	107
第二节 煤田构造格局	110
第三节 聚煤规律	115
第四节 构造分区特征	116
第五节 构造演化	120

第六节 盆地及周缘构造变形特征	121
第六章 西北赋煤区控煤构造样式	132
第一节 煤系的后期变形特点	132
第二节 控煤构造样式	140
第三节 主要构造样式分述	145
第七章 西北地区煤炭资源及特点	155
第一节 资源分布及资源量	155
第二节 煤类及煤质	161
第三节 西北地区侏罗纪绿色煤炭资源	199
第八章 西北地区煤层气资源及特点	204
第一节 煤层气储层地质技术新进展	204
第二节 煤层气评价体系	211
第三节 煤层气资源量及其分布特征	213
第四节 西北煤层气资源特点	223
第五节 新疆低煤阶储层三相态含气量模拟	224
第九章 西北含煤盆地页岩气地质条件与资源评价	249
第一节 西北主要煤盆地页岩气资源潜力	249
第二节 页岩气烃源岩特征和有机地球化学特征	250
第三节 煤系页岩气储层特征	264
第四节 西北地区页岩气资源量	269
第十章 西北地区天然气水合物研究与资源潜力评价	272
第一节 祁连山冻土带天然气水合物成矿条件概述	272
第二节 木里地区天然气水合物资源潜力	279
第三节 天然气水合物的地球物理勘查方法	284
第十一章 西北地区煤炭资源勘查实践	299
第一节 遥感技术	299
第二节 煤炭资源勘查实践	314
第十二章 西北地区煤层气勘查与开发实践	358
第一节 中国低阶煤储层煤层气资源	358
第二节 西北地区低煤阶煤盆地煤层气勘查实践	361
第三节 煤层气开发技术	379
第四节 西北地区低煤阶煤盆地煤层气开发实践	394
第五节 煤层气井下钻孔抽采技术	430
第十三章 西北地区煤炭资源的开发模式	432
第一节 西北地区煤炭资源生产基地划分	432
第二节 典型煤层特征的资源开发方式	433
第三节 侏罗系特厚煤层开采方法综述	445
参考文献	471

第一章 煤与煤系气综述

第一节 区域资源概况

本书对西北地区煤与煤系气资源的研究范围包括贺兰山—六盘山一线以西、昆仑山—秦岭以北的广大地区，涵盖新疆的全部，甘肃的大部，青海北部，宁夏和内蒙古西部，面积约 270 万 km²（图 1.1）。该区域发育不同规模的沉积盆地 60 余个，蕴藏着丰富的煤炭和煤系气资源。成煤时代以早、中侏罗世为主，同时发育石炭纪煤炭资源，早—中侏罗世的聚煤作用在西北赋煤区广泛而强烈，所形成的煤炭资源在该区占绝对优势，尤其是在新疆境内，含煤性最好。西北地区全区在大规模发育的煤炭资源的基础上，煤层气、煤系页岩气、天然气水合物等与煤炭资源共存的煤系气（王佟等，2014）亦在各盆地中广泛发育。

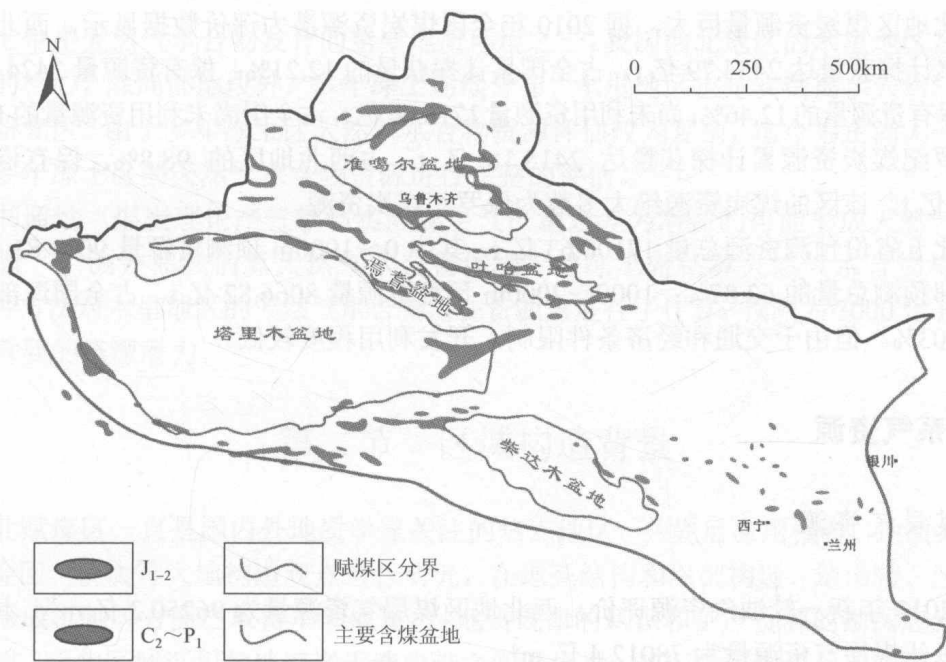


图 1.1 西北地区煤炭资源分布图（据中国煤炭地质总局，2017）

多年来，地质工作者在西北地区开展了大量基础性地质工作，尤其是对造山带的形成演化及其与区域成矿作用的关系、煤系地层分布及其沉积环境研究等方面取得了许多很有价值的研究成果。然而，该区煤炭总资源量虽然很大，但煤田地质研究程度低，资源勘探力度不够，查明程度低，以新疆为例，能够进入煤矿建设准备阶段（详查与勘探）的资源量不足全区资源量的 1%。西北赋煤区地质条件复杂，构造变形强烈，倾角大于 35°的倾斜和急倾斜煤层占 60%左右，逆冲推覆构造广泛发育，但对地质构造发育及其演化规律、

地质构造对煤炭资源形成与赋存的控制作用、构造控煤模式等的研究还比较薄弱,其研究程度尚难以满足煤矿高效、安全生产的需要。

随着西部大开发的深入和新疆大型能源基地建设的全面推进,西北地区将成为我国未来矿产资源开发的重要承接地。由于煤矿区地质构造是控制煤层和煤系矿产资源形成、形变和赋存的首要地质因素,在煤炭资源和煤系矿产资源勘探和开发工作中,地质构造研究是一项贯穿始终的重要地质任务。在煤与煤系及煤盆地多种与煤共伴生矿产勘查方面要树立“探煤为主、同步探气、协同勘查、综合评价”的多能源及共伴生矿产协同勘查理念。将煤系作为一个系统进行整体研究、立体勘探、合理开发,做好煤、煤系气、地下水、砂岩型铀矿及煤系“三稀”金属矿产、黏土矿产、铝土矿产等其他共伴生矿产资源能源的协同勘查,这不仅可以节约勘探时间,提高开发效率和效益,更重要的是改变了单纯勘查煤炭资源的传统模式,实现煤系多目标多功能矿产综合勘查。因此,加大西北地区勘探力度,开展构造发育规律和构造控煤研究,查明煤系后期的变形特征,是进行煤炭资源和煤系矿产资源高效开发利用的必要手段。

一、煤炭资源

西北地区煤炭资源量巨大,据 2010 年全国煤炭资源潜力评价数据显示,西北地区煤炭资源累计探获量达 2454.79 亿 t,占全国累计探获量的 12.21%;保有资源量 2424.86 亿 t,占全国保有资源量的 12.46%;尚未利用资源量 1716.06 亿 t,占全国尚未利用资源量的 11.13%。其中侏罗纪煤炭资源累计探获量达 2415.18 亿 t,占西北地区的 98.8%,保有资源量达 2386.68 亿 t,该区的煤炭资源绝大多数为侏罗纪煤炭资源。

西北五省份预测资源总量 17108.63 亿 t,其中 0~1000m 预测资源量 9041.81 亿 t,占全国浅部预测总量的 62.87%;1000~2000m 预测资源量 8066.82 亿 t,占全国深部预测总量的 33.03%。但由于交通和经济条件限制,开发利用程度较低。

二、煤系气资源

(一) 煤层气资源

据 2010 年新一轮油气资源评价,西北地区煤层气资源量为 96250.2 亿 m^3 ,本书估算 2000m 以浅煤层气资源量为 78012.4 亿 m^3 。

按省份分布统计,煤层气资源主要分布在新疆、青海、甘肃等地,其中新疆地区为 76829.4 亿 m^3 ,占西北地区的 98.5%。

按时代划分,以早、中侏罗世的新疆低级变质煤区,柴北低级变质煤带,祁连山中、高级变质煤带,昆仑山—积石山变质带(其中昆仑山为中高级变质煤、积石山为中低级变质煤)四个煤化作用区的煤层气资源为主;同时发育石炭纪、二叠纪中级变质烟煤和晚三叠世中高级变质区的煤层气资源。大部分煤层气资源赋存在低煤阶的长焰煤与褐煤中,占全国低煤阶煤层气资源总量的 53.1%。

按含煤盆地划分,煤层主要分布在准噶尔盆地(38169.2 亿 m^3)、吐哈盆地(24541.9 亿 m^3)、

天山系列盆地地区 (11147.6 亿 m^3)、塔里木盆地 (2970.9 亿 m^3)、柴达木盆地地区 (818.5 亿 m^3)、河西走廊地区 (364.5 亿 m^3)。

按资源埋藏深度划分, 0~600m 以浅占 4.9%, 600~1000m 以浅占 22.99%, 1000~1500m 以浅占 34.68%, 1500~2000m 以浅占 37.43%。

(二) 页岩气资源

准噶尔盆地、塔里木盆地、吐哈盆地和柴达木盆地四大聚煤盆地煤系地层 (石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系) 广泛发育陆相页岩气烃源岩, 且具备良好的储集条件。准噶尔盆地、吐哈盆地、塔里木盆地与美国中西部落基山前陆盆地地质条件类似, 柴达木盆地与美国密执安盆地地质条件相类似。通过类比分析法统计可得, 我国西北地区主要含煤盆地煤系地层页岩气资源量约为 10.19 万亿 m^3 , 占我国页岩气总资源量的 33%。其中准噶尔盆地 58310.0 亿 m^3 、塔里木盆地 3258.7 亿 m^3 、吐哈盆地 39386.7 亿 m^3 、柴达木盆地 960.0 亿 m^3 。

(三) 陆域天然气水合物

冻土带是天然气水合物发育的重要地质环境之一, 我国西北地区的木里地区是祁连山冻土区的核心, 除局部地段外, 多年冻土连续分布, 木里地区也是实钻揭示天然气水合物存在的研究区。由于多年冻土区天然气水合物资源评估较为复杂, 迄今为止尚无一个国家对本国多年冻土区的天然气水合物资源进行完整的评估。

本书通过“煤炭理论产气量与实际煤层气产量之差为潜在的可能形成天然气水合物的资源量”“测井曲线估算天然气水合物体积”“冻土带估算天然气水合物稳定带体积”三种方法对木里地区的天然气水合物潜在资源量进行了计算, 预测为 3000 亿 m^3 左右, 显示了重要的资源潜力。

第二节 区域构造背景

西北赋煤区一直是国内外地质学家关注的热点地区, 并先后应用槽台、地质力学、地洼、多旋回、板块等大地构造观点进行研究, 在地壳结构和深部构造、造山带、区域构造格局及形成机制等方面已取得丰硕成果, 对地质规律的认识和矿产资源的勘探起到了重要指导作用。西北区域沉积盆地镶嵌于造山带之间或内部, 其形成演化和后期变形受造山带活动制约, 使得不同构造区具有独特的构造演化特征和变形形式。

一、大地构造位置

西北赋煤区地处欧亚大陆腹地, 在现代全球板块构造格局中位于欧亚板块中南部, 南侧与青藏高原及印度板块-欧亚板块碰撞缝合带毗邻。但在中生代早期, 这里曾经是三大古板块的汇聚地带——以塔里木古板块为主体, 北部包括哈萨克斯坦古板块的东南角和西伯利亚古板块的西南缘。新疆是显生宙洋盆聚散, 大陆岩石圈板块俯冲、碰撞及褶断成山

的典型地带,地质构造非常复杂。整个地区表现为相对稳定的盆地镶嵌在不同地质历史时期的古大陆边缘褶皱带(含古俯冲带和古板块缝合带)之间,构成现代沿北西、北西西向绵延起伏的高山(褶皱带)与长轴近东西的大型菱形盆地相间排列的特殊构造地貌,是研究亚洲大陆地质构造和各类矿产资源的关键地域。

二、古板块构造

在西北赋煤区内发现三条重要的晚古生代板块缝合带(图 1.2):一为达拉布特(西准噶尔)一卡拉麦里(东准噶尔)缝合带,二为南天山缝合带,向东与卡拉麦里缝合带交汇(肖序常等,1992),三为昆仑山一秦岭晚古生代缝合带(姜春发等,1992)。以前两条缝合带为界,西北地区境内在晚古生代主要存在的古板块为:达拉布特一卡拉麦里缝合带以北的西伯利亚古板块;达拉布特一卡拉麦里缝合带与南天山缝合带之间的哈萨克斯坦古板块;南天山缝合带以南的塔里木古板块;秦岭晚古生代缝合带则是塔里木古板块与中、新生代青藏地体群的分界。塔里木古板块、哈萨克斯坦古板块、西伯利亚古板块的大地构造演化及主要地质特征各有不同,并且对中生代以来的大地构造格局及各区域的地质特征产生了深远影响(夏玉成和侯恩科,1996)。

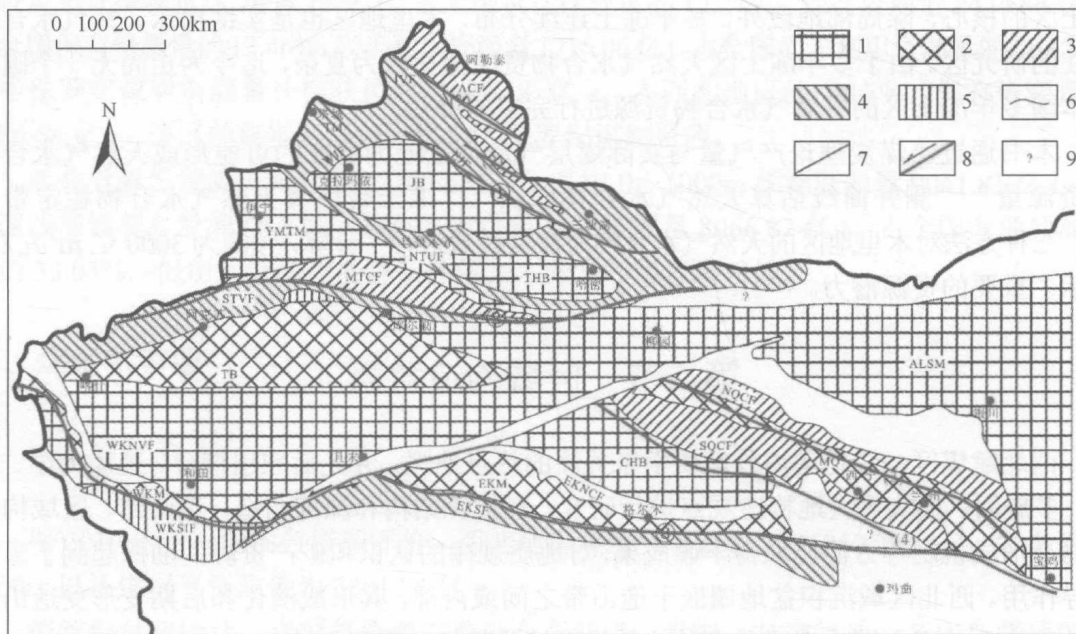


图 1.2 西北地区古板块构造(据王鸿祯和莫宣学,1996 修改)

1-前长城纪基底;2-前寒武纪基底;3-加里东褶皱带;4-海西褶皱带;5-印支褶皱带;6-构造分区边界;7-断层;8-走滑断层;9-构造性质不明地带或有争议地区。第一带:ACF-阿尔泰加里东褶皱带。第二带:IVF-额尔齐斯华力西褶皱带、WJF-西准噶尔加里东—海西褶皱带;EJF-东准噶尔加里东—海西褶皱带、NTUF-北天山海西褶皱带。第三带:NQCF-北祁连加里东褶皱带、SQCF-南祁连加里东褶皱带、EKNCF-东昆仑北带(加里东褶皱带);MTCF-东天山加里东褶皱带。第四带:EKSF-东昆仑南带(海—印支褶皱带)。第五带:WKSIF-西昆仑南带(印支褶皱带)。第Ⅰ块体:JB-准噶尔稳定块体(盆地)、THB-吐哈微型块体(盆地)、YMTM-伊犁—中天山微型块体;第Ⅱ块体:TB-塔里木稳定块体(盆地);第Ⅲ块体:CHB-柴达木稳定块体(盆地)。①-达拉布特—卡拉麦里晚古生代缝合带;②-南天山晚古生代缝合带;③-昆仑山—秦岭晚古生代缝合带。

(1)-额尔齐斯早古生代俯冲带;(2)-阿尔曼泰晚古生代俯冲带;(3)-北祁连早古生代俯冲带;

(4)-南祁连晚古生代俯冲带

（一）西伯利亚古板块

西伯利亚古板块是亚洲最大的一个古大陆板块，其大部分在俄罗斯和蒙古境内，延入西北地区的只是其西南缘的一小部分，包括阿尔泰、北塔山及准噶尔盆地东缘。西伯利亚古板块的核心部位（即古陆核）出露于俄罗斯境内的阿尔丹地区和阿纳巴尔地区，由前文德纪（相当于我国的前震旦纪）结晶杂岩组成。自元古宙晚期至古生代早期，在西伯利亚古板块南侧，曾中亚—蒙古洋盆发育。由于洋壳多次向北俯冲，古陆核一次又一次向南增生，面积扩大，自北向南形成贝加尔—叶尼塞晚元古代陆缘褶皱带、萨彦—蒙古早古生代陆缘褶皱带，我国境内的阿尔泰山区位于这条早古生代陆缘褶皱带的西南侧。洋盆在石炭纪最后消减闭合，西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块沿达拉布特—卡拉麦里一线碰撞在一起。

（二）哈萨克斯坦古板块

哈萨克斯坦古板块东北以卡拉麦里—斋桑缝合带为界与西伯利亚古板块相接，其南部和西部以南天山—东乌拉尔缝合带为界，分别与塔里木和东欧两个古板块相邻，其主体在哈萨克斯坦和俄罗斯境内。天山、西准噶尔界山及准噶尔盆地等构成哈萨克斯坦板块的东南角。和其他古板块不同，哈萨克斯坦古板块没有统一的古陆核，而是由一些大小不等的微板块拼合而成。早古生代末完成了微板块之间的拼合，晚古生代早期成为准噶尔洋和南天山洋之间一个以早古生代褶皱基底为核心的独立板块。到中泥盆世末及晚泥盆世末，准噶尔洋和南天山洋先后关闭，到石炭纪末，区内海域完全消失，哈萨克斯坦古板块与西伯利亚古板块和塔里木板块分别沿达拉布特—卡拉麦里缝合带及南天山缝合带发生陆-陆碰撞，自此以后新疆境内三大古板块连成一体，成为欧亚板块的一部分。

（三）塔里木古板块

塔里木古板块是于晚元古代形成的古大陆板块，其陆核由前长城纪结晶基底构成，北以南天山缝合带与哈萨克斯坦古板块相接，南以昆仑山—西秦岭缝合带与我国西南地区的青藏地体群毗邻。石炭纪末，塔里木古板块与哈萨克斯坦古板块碰撞拼合而成为古欧亚大陆板块的南缘；二叠纪—三叠纪，随着其南侧的古特提斯洋向北俯冲消减，羌塘微板块与塔里木古板块南缘碰撞，古欧亚大陆板块继续向南扩展。

上述三大古板块的划分及其演化状况是西北赋煤区晚古生代时的古板块构造格局。随着三大古板块间的陆-陆碰撞，到石炭纪末，西北地区北部海域完全消失，西北赋煤区成为古欧亚大陆板块的一部分，并从二叠纪开始全面进入碰撞期后陆内造山阶段，主要表现为山脉的隆升和盆地的沉陷，“五带三块”的构造格局逐步形成。

三、地壳及上地幔结构

从新疆独山子—泉水沟地学断面的资料可见，准噶尔盆地、天山、塔里木盆地和昆仑山等西北赋煤区不同地区的地壳及上地幔存在明显的不均一性，包括结构构造的不均一性以及物质成分的不均一性（刘训，2005）。

刘训（2005）认为，中国西北不同地区岩石圈结构的不均一性在纵向上表现为从地壳表层向下到岩石圈底具有不同的分层；横向上表现为不同地区岩石圈的结构构造有着明显的差异。从图 1.3 和图 1.4 可以看出天山、昆仑山地壳结构的这种不均一性。除了地壳厚度等方面的不同外，其物质组成等方面也有所不同（图 1.5）。正是地壳和上地幔这种不均一性导致形成了目前地表的盆山结构面貌。

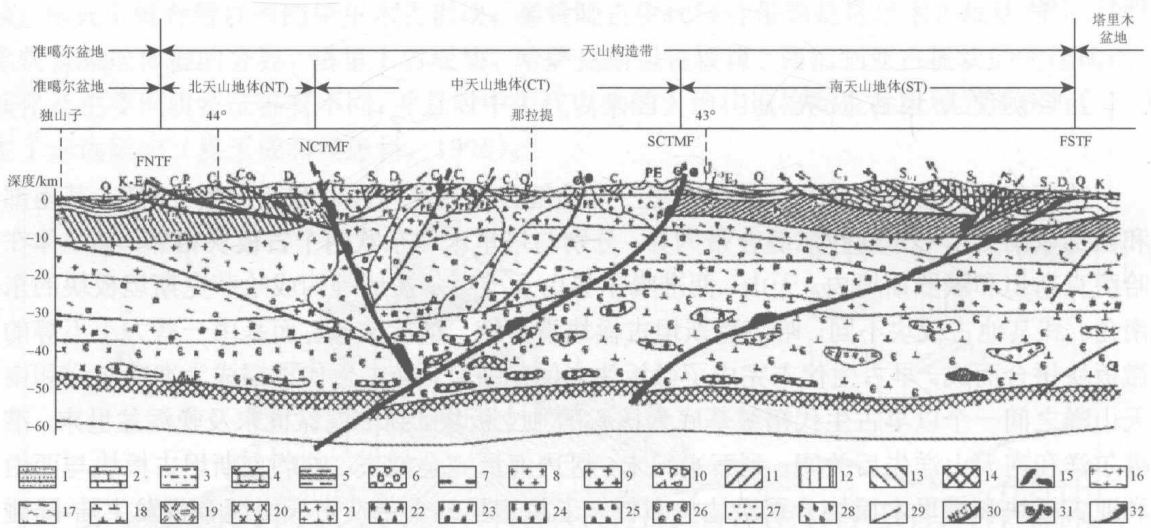


图 1.3 天山地区的地壳结构型式（据刘训，2005）

NT-北天山地块；CT-中天山地块；ST-南天山地块；FNTF-北天山山前断裂；NCTMF-中天山北缘断裂；SCTMF-中天山南缘断裂；FSTF-南天山山前断裂；1-浅水陆棚碎屑沉积；2-陆棚-台地碳酸盐沉积；3-陆坡-陆隆碎屑沉积；4-弧后盆地沉积；5-深水洋盆硅泥质沉积；6-前陆盆地磨拉石沉积；7-内陆河湖盆地碎屑沉积；8-与岩浆弧有关的酸性侵入岩；9-后造山（不协调）花岗岩；10-中基性火山岩；11-早元古代未固结的陆壳基底（>1800Ma）；12-晚元古代未固结的陆壳基底（>800Ma）；13-古生代固结的陆壳基底（>230Ma）；14-地幔岩（橄榄岩类岩石）；15-超镁铁质岩；16-花岗片麻岩；17-中基性片麻岩；18-闪长岩；19-粒变岩；20-辉长岩；21-花岗闪长岩；22-榴辉岩；23~28 为叠加花纹：23-糜棱岩化及破碎建造；24-绿片岩相变质作用；25-角闪岩相变质作用；26-粒变岩相变质作用；27-榴辉岩相变质作用；28-蓝片岩相变质作用；29-断裂；30-地体边界断裂及名称；31-左旋走滑断裂；32-逆断层及逆掩断裂

四、区域地球物理场

由于地块（板块）的稳定基底埋藏较深，钻井较少，地震资料虽然有反映但多借助地表露头资料进行推测，因此，重力、航磁、大地电磁法（MT）等物探手段是研究基底与深部构造特征的有效途径，既能分析区域构造格局又能结合地质和钻井资料进行地质、构造属性研究。

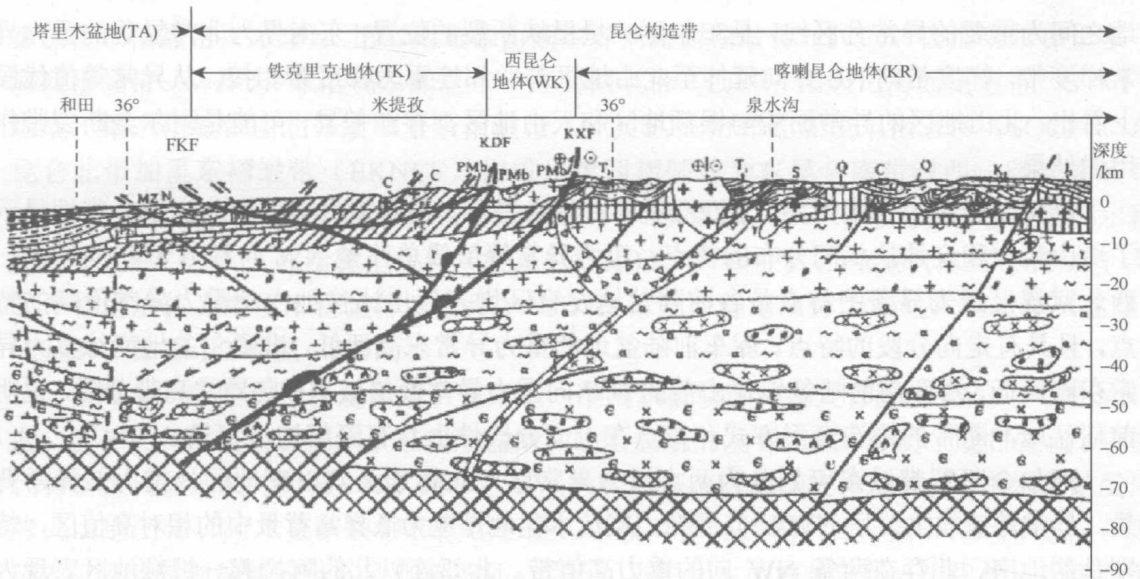


图 1.4 西昆仑地区的地壳结构型式 (据刘训, 2005, 图例同图 1.3)

FKF-昆仑山前断裂; KDF-库地断裂; KXF-康西瓦断裂

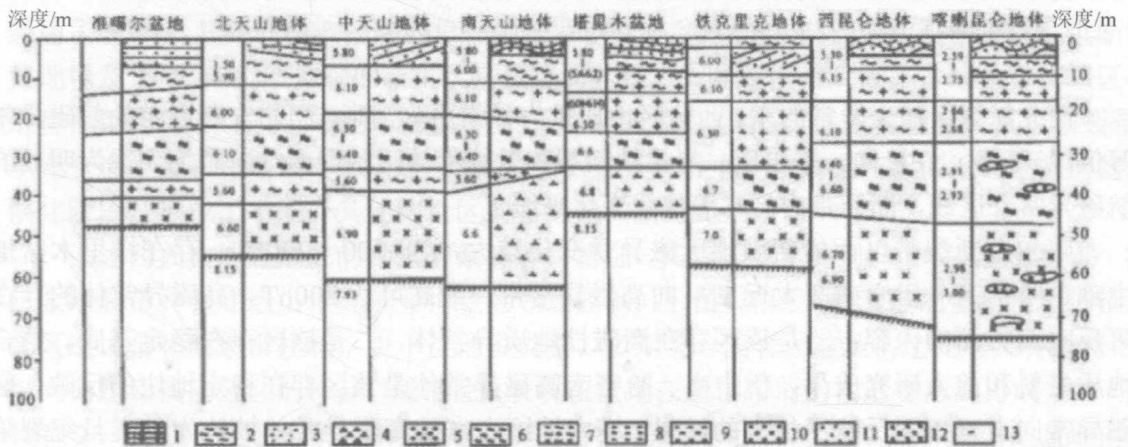


图 1.5 独山子—泉水沟地学断面不同地体的地壳结构和组成 (据刘训, 2005)

1-沉积岩; 2-变质基底; 3-酸性火山岩; 4-中基性火山岩; 5-花岗质岩石; 6-中基性片麻岩; 7-花岗片麻岩; 8-花岗闪长岩; 9-闪长岩; 10-辉长岩; 11-粒变岩; 12-榴辉岩; 13-橄榄岩

(一) 重力场特征

西北赋煤区以阿尔金断裂带为界, 划分为东、西两大布格重力异常区, 西部塔里木盆地 $-125 \sim -200 \text{mGal}$ ^①, 东部柴达木盆地 $-250 \sim -450 \text{mGal}$ 。阿尔金断裂带为中国西部非常清晰的串珠状重力高异常带, 其 NE 向重力异常走向与塔里木盆地 NW 向重力异常走向存在明显的差异。该带自昆仑山到北山延伸长达 1500km, 宽 150~200km; 北界与塔里木盆

① $1 \text{mGal} = 1 \times 10^{-3} \text{cm/s}^2$ 。

地之间为重要的异常分区线,是车尔臣—星星峡断裂的位置;东南界为非常显著的重力异常梯度带,梯度带向 NE 方向延伸至北山地区与北祁连重力梯度带相接。从异常等值线图上看,北山地区的异常面貌与银额地区和天山地区都存在差异,可能是阿尔金断裂带作用的结果。

以阿尔金重力异常为界,东西面貌存在很大差异。西部重力异常南北高低分带性显示了造山带与稳定地块相间分布的特点,重力异常等值线总体呈 NW 向和 NWW 向展布。西北赋煤区最为显著的特点是各前陆盆地发育区均表现出比盆地内部重力异常值高的特点,且具有走向分段的特点。库车前陆盆地的重力异常东高西低,准噶尔盆地南缘重力异常东高西低,塔西南前陆盆地在山前的 NW 向重力异常低值被 NE 向异常高带分隔,说明前陆盆地冲断带的构造变形方式和特点在走向分段性上具有深部构造背景。

阿尔金断裂带以东可划分为两大重力异常区,北祁连及其以南地区为重力低异常背景,异常等值线主要呈 NWW 向展布,柴达木盆地是重力低异常背景中的相对高值区,特别是盆地南、北存在两条 NW 向的重力高值带。北祁连以北的阿拉善—银额地区表现为 NE 向串珠状的变化剧烈的异常等值线,这与该区发育火山岩有关。需要特别提出的是,该区还存在近 EW 向的异常特征,反映该区不同方向盆地叠合后的现今表现。

(二) 航磁特征

西北赋煤区航磁异常的东、西分区性比重力异常更为清晰,阿尔金断裂带的航磁异常等值线表现为 NEE 向,车尔臣—星星峡断裂和敦煌南的阿尔金南缘断裂均表现为明显的航磁异常分区线,断裂带内异常等值线变化平缓。

阿尔金断裂带以西的新疆地区磁异常变化较大,为 $-200\sim 200\text{nT}$,存在塔里木盆地中部、哈密南—伊宁南两大近 EW 向高磁异常带,最高可达 200nT 。高磁异常体的存在可反映两方面的内容:一是该区存在高磁性地质异常体,二是该区存在稳定基底。结合地质资料和前人研究成果,伊宁南、哈密南高磁异常体是该区存在稳定地块的反映,航磁异常向上延拓图反映了相同的结果。塔中地区存在的高磁异常体被认为是震旦纪裂陷的反映。因此,塔里木盆地的基底南、北存在较大差异,塔中以南较塔中以北基底具有更强稳定性。最为引人注目的是,塔西南地区的高磁异常带呈 NE 向展布,存在四大 NE 向高磁异常带。

阿尔金断裂带以东的阿拉善-柴达木地区与西部相比整体表现为相对平缓的异常区,可划分为两个次级异常区,龙首山以南的祁连—柴达木地区整体表现为 NW 向宽缓磁异常,以北为变化较剧烈的 NE 向磁异常,银额地区以负异常背景为主要特征,阿拉善地区为 NE 向正磁异常区,显示两地区基底的差异性。地质资料说明阿拉善地区北部为海西期末的造山带,南部为较稳定的地块。

五、主要构造分区与能源盆地

西北聚煤区的主体由 5 条褶皱带及其间所夹的 3 个稳定块体组成。第一褶皱带为阿尔

泰加里东褶皱带 (ACF); 第二褶皱带由额尔齐斯海西褶皱带 (IVF)、西准噶尔加里东—海西褶皱带 (WJF)、东准噶尔加里东—海西褶皱带 (EJF)、南天山海西褶皱带 (STVF) 组成; 第三褶皱带由北祁连加里东褶皱带 (NQCF)、南祁连加里东褶皱带 (SQCF)、东昆仑北带加里东褶皱带 (EKNCF) 构成; 第四褶皱带为东昆仑南带海西—印支褶皱带 (EKSF); 第五褶皱带为西昆仑南带印支褶皱带 (WKSIF)。第一个稳定块体包括准噶尔稳定体 (盆地) (JB)、吐哈微型块体 (盆地) (THB)、伊犁-中天山微型块体 (YMTM); 第二个稳定块体为塔里木稳定体 (盆地) (TB); 第三个稳定块体为柴达木稳定体 (盆地) (CHB), 如图 1.2 和图 1.6 所示。

准噶尔—吐哈构造区属于哈萨克斯坦—准噶尔板块群构造发育区, NW 向、NE-NNE 向、近 EW 向三组构造控制了准噶尔盆地和吐哈盆地的发育演化, 经历了晚古生代、中生代和新生代盆地演化阶段, NW 向和近 EW 向构造是该区的特征构造线。塔里木盆地受周缘天山造山带、阿尔金断裂带和西昆仑造山带发育演化控制, NW 向、NE-NNE 向、近 EW 向构造控制盆地的结构和构造特征, 经历了古生代大型海相盆地、中生代以山前带为沉积中心的陆内或海陆交互相盆地以及新生代挤压挠曲盆地三大演化阶段。构造变形的纵向分层和横向分区特征体现了盆地多旋回演化与受多个动力学环境控制的特点。北山—阿拉善—祁连构造区的显著特征是在古造山带和地块基础上发育了中、新生代中小盆地群, 经历了 NW-近 EW 向构造控制的早—中侏罗世断陷盆地、NE 向构造控制的早白垩世断陷盆地以及 NW 向构造控制的新生代挤压挠曲盆地三大盆地演化阶段, 盆地叠合使该区构造特征复杂化, 形成了不同于其他地区的下白垩统烃源岩系。柴达木盆地受阿尔金断裂带、东昆仑造山带和祁连造山带构造活动控制, 经历了中生代、古近纪和新近纪等不同的盆地演化阶段, 形成了不同于其他构造区的古近纪和新近纪地层。

上述四大构造区形成的含煤岩系等各具特征, 其特征差异受到天山—兴蒙造山带、阿尔金断裂带和祁连造山带等重要构造区划线控制。西北区域四大构造区的盆地构造特征受邻区造山带和断裂带控制, 由于盆地多类型、多期叠合发育, 盆地构造变形具有成带性、纵向分层和横向分区的特征。成带性, 表现在盆地在造山带前的构造变形成排成带, 一般具有 2~3 排断裂-褶皱带。纵向分层的变形特征可归纳为两种类型: 一种类型是盆地内存在塑性层, 对盆地的构造变形具有调节作用, 如塔里木盆地库车地区、塔西南地区的古近系膏岩层的存在对其上、下岩层的构造变形具有重要调节作用; 另一种类型是构造旋回使得上下构造变形具有差异性。准噶尔盆地二叠纪—三叠纪以 NE 向构造为特征, 中生代—新生代盆地以 NW 向和近 EW 向构造为特征; 塔里木盆地早古生代形成的盆内构造和、新生代盆地山前构造在纵向上形成对比; 柴达木古近纪盆地近 EW 向构造和新近纪盆地的 NW 向为主的构造形成鲜明对比; 酒泉早白垩世盆地 NE 向构造和新生代盆地 NW 向构造在纵向上形成差异。

天山—兴蒙造山带以北的准噶尔盆地周缘受北天山造山带、西准噶尔造山带、克拉美丽造山带、博格达造山带围限。盆地主要发育 NE-NNE 向、NW 向和近 EW 向构造, NE-NNE 向构造主要控制二叠纪—三叠纪盆地的形成演化, 二叠纪盆地的结构主要表现为自西向东排列呈 NE 向展布的隆、拗格局。准噶尔盆地西北缘冲断带和盆地内的 NE-NNE 向冲断带被侏罗纪—白垩纪盆地叠合覆盖。侏罗纪沉积除主要受 NW 向和近 EW 向构造