



全国页岩气资源潜力调查评价
及有利区优选系列丛书

西北区页岩气(油) 资源调查评价与选区

国土资源部油气资源战略研究中心等/编著



科学出版社

西北区页岩气(油) 资源调查评价与选区

国土资源部油气资源战略研究中心等/编著

科学出版社

内 容 简 介

本书是我国西北区页岩气(油)资源调查评价与选区研究的第一部专著,系统介绍了西北区主要盆地页岩气(油)发育的层位,页岩气(油)形成的地化、储层和含气(油)性条件,资源潜力和有利区分布等方面的研究成果。

本书共五章。第一章重点介绍西北区塔里木、准噶尔、柴达木、吐哈及酒泉、三塘湖、花海等14个盆地页岩气(油)发育的地质背景;第二章介绍西北区主要泥页岩层段有机地球化学、储层和含气性特征等页岩气富集条件;第三章介绍西北区石炭系、二叠系和白垩系泥页岩有机地球化学、储层和含油性特征等页岩油富集条件;第四章介绍页岩气(油)有利区优选参数确定的方法和优选结果;第五章介绍页岩气(油)资源评价参数的选取和确定、资源潜力评价结果和分布特征。

本书可供从事非常规油气研究的科技人员、石油院校油气专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

西北区页岩气(油)资源调查评价与选区 / 国土资源部油气资源战略研究中心等编著. —北京:科学出版社,2016.3

(全国页岩气资源潜力调查评价及有利区优选系列丛书)

ISBN 978-7-03-047632-6

I. ①西… II. ①国… III. ①油页岩资源-资源调查-西北地区
IV. ①TE155

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 047225 号

责任编辑:吴凡洁 刘翠娜 / 责任校对:郭瑞芝
责任印制:张 倩 / 封面设计:黄华斌

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016年3月第一次印刷 印张:17

字数:384 000

定价:168.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

参加编写单位

国土资源部油气资源战略研究中心
中国石油大学（北京）
中石化无锡石油地质研究所

指导委员会

赵先良 张大伟 吴裕根

编著者

姜振学	饶 丹	柳广弟	刘洛夫
腾格尔	黄志龙	钟宁宁	姜福杰
高 岗	申宝剑	付小东	于福生
李生杰	仰云峰	高小跃	

前言

一、世界及中国页岩气勘探开发现状

美国页岩气勘探开发的巨大成功,引起了世界各国政府和能源公司的高度重视,在世界范围内掀起了页岩气研究、勘探的高潮。据预测,全球页岩气资源量为 $456 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 主要分布在北美、中亚和中国、中东和北非、拉丁美洲、苏联等地区(张大伟, 2010)。2011年4月,美国能源信息署(Electronic Industries Association, EIA)发布了“世界页岩气资源初步评价报告”,根据 Advanced Resource 国际有限公司负责完成的美国以外32个国家的页岩气资源评价及美国页岩气资源评价结果,全球页岩气技术可采资源总量为 $187.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (周庆凡, 2011)。这次评价没有包括俄罗斯、中亚、中东、东南亚和中非等地区,因为这些地区或有非常丰富的常规资源,或缺乏基础的评价资料。美国是世界上最早发现和生产页岩气的国家,已经实现了页岩气的大规模商业开采,页岩气已成为继致密砂岩气和煤层气之后的第三种重要的非常规天然气资源(David and Tracy, 2004; Kent and John, 2007)。加拿大、中国和欧洲国家也正积极开展页岩气方面的研究、勘探和开发试验工作。

(一) 北美地区

美国目前已在多个盆地中发现并开采出了页岩气,页岩气主要发现于中生界—古生界(D—K)中(李新景等, 2009)。勘探开发的主要有阿巴拉契亚盆地的 Ohio 页岩、密执根盆地的 Antrim 页岩、伊利诺斯盆地的 New Albany 页岩(Martini et al., 2003, 2008; Dariusz et al., 2010)、威利斯頓盆地的 Bakken 页岩(Shirley, 2002; Matt, 2003; Bowker, 2007; Loucks and Ruppel, 2007; Hickey and Henk., 2007; Jarvie et al., 2007; Kinley et al., 2009; Norelis and Paul, 2010)、圣胡安盆地的 Lewis 页岩、福特沃斯盆地的 Barnett 页岩及阿纳达科盆地的 Woodford 页岩等(Dawson, 2009; Nicholas, 2011)。自页岩气勘探开发快速发展阶段(1999年)以来,逐步形成了页岩油气成藏理论和相应的勘探开发技术,如页岩油气的赋存机理、泥页岩含油气性预测及评价、水平井+分段水力压裂技术、微地震监测技术等(Nicholas, 2011),

有力促进了页岩气产量的大幅度提高,页岩气的产量由1999年的 $112 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右快速增加到2012年的 $2653 \times 10^8 \text{ m}^3$,13年间年产量增加近24倍。2012年,美国八大页岩气主力产层中,产量超过 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的为Haynesville页岩、Marcellus页岩和Barnett页岩,其中Marcellus页岩增幅最快,2012年比2011年增加 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$,增幅达84.97%。

加拿大的页岩气资源同样很丰富,主要分布在5个盆地:不列颠哥伦比亚省(British Columbia, BC)东北部中泥盆统的Horn River页岩和三叠系Montney页岩(Lu et al., 1995; Ross and Bustin, 2007, 2008)、阿尔伯达省与萨斯喀彻温省的白垩系Colorado群、魁北克省的奥陶系Utica页岩、新布伦斯威克省和新斯科舍省的石炭系Horton Bluff页岩(赵靖舟等, 2011)。加拿大2009年页岩气的产量达到 $72 \times 10^8 \text{ m}^3$,根据加拿大非常规天然气协会资源评价结果,加拿大页岩气的原地资源量大于 $42.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (Dawson, 2009)。

(二) 欧洲

国际能源署(International Energy Agency, IEA)2009年预测欧洲的非常规天然气储量为 $3500 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中将近一半蕴藏在泥页岩中(Chalmers and Bustin, 2008),这个数字远低于美国或者俄罗斯。国际能源署提醒,从全球来看,除了撒哈拉以南的非洲地区,欧洲的页岩气储量可能是最少的(江怀友等, 2008)。欧洲自2007年启动了由行业资助、德国国家地质实验室协助的为期6年的欧洲页岩气项目以来,已经在5个盆地发现了富含有机质的黑色页岩,初步估算页岩气资源量至少在 $30 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (Vello and Scott, 2009)。

(三) 中国

2012年,国土资源部对我国陆域5大区、41个盆地和地区、87个评价单元、57个含气页岩层段的页岩气资源潜力,按照地质单元、地层层系、沉积环境、埋深、地表环境和省份进行评价,优选了有利区(任纪舜等, 1980)。评价和优选出的页岩气有利区180个,累计面积为 $111.49 \times 10^4 \text{ km}^2$,评价表明全国页岩气地质资源潜力为 $134.42 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (不含青藏区),可采资源潜力为 $25.08 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (不含青藏区) (张大伟, 2012),表明我国页岩气资源潜力大、分布面积广、发育层系多(董大忠等, 2012)。作为页岩气资源评价的重点区域之一,在国土资源部的部署下,由中国石油大学(北京)牵头完成了西北区页岩气资源调查评价与选区工作,评价结果为西北区优选出有利区38个,占全国总量的21%;资源潜力为 $19.90 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国总量的15%;页岩气可采资源潜力为 $3.81 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国总量的15.19%。研究表明西北区富有机质泥页岩自

下古生界寒武系至新生界新近系均有分布,但是在中生界三叠系、侏罗系分布稳定、连续性好、资源潜力大(张抗和谭云冬,2009)。

另据美国能源信息署(EIA)2013年公布数据,我国页岩油、页岩气可采资源量分别为 $43.5 \times 10^8 \text{ t}$ 和 $31.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$,居世界首位。实际上早在20世纪60年代,我国就已经在松辽、渤海湾、柴达木及四川等盆地的烃源岩层系中发现了油气。1966年四川W5井在寒武系筇竹寺组页岩中获日产气 $2.46 \times 10^4 \text{ m}^3$,为中国最早的页岩产气井(李建忠等,2009);2008年中石油勘探开发研究院在四川长宁地区钻探的CX1井,为中国第1口页岩气地质井(王社教等,2009);2009年中石油在四川威远—长宁、富顺—永川等地区启动了首批页岩气工业化试验区建设;2010年中石油在四川盆地钻探的W201井在寒武系、志留系页岩中获工业气流,实现了中国页岩气首次工业化突破。2012年11月JY1井在四川盆地龙马溪组获高产工业气流,发现了焦石坝页岩气田,目前气田总日产已达 $220 \times 10^4 \text{ m}^3$,其中,JY8-2HF井日产天然气达 $54.72 \times 10^4 \text{ m}^3$ (陈尚斌等,2010)。

二、西北区页岩气研究的意义

研究成果对于加快我国页岩气的勘探开发、推动能源经济结构的调整、提高页岩气资源量计算的准确性具有重要的地质意义,对于促进清洁能源的利用、改善环境具有十分现实的意义(关德师等,1995;牛嘉玉和洪峰,2002;张金川等,2008)。

(一) 我国油气需求增长势头迅猛,非常规油气资源亟需开发利用

天然气资源在我国能源、经济、政治、国家安全等方面处于十分重要的战略地位。预计2020年我国石油消费量将达到 $5.63 \times 10^8 \text{ t}$,石油的对外依存度可能达到57.37%,与目前美国的水平相当(美国的石油对外依存度为58%),国家能源安全形势日趋严峻(闫存章等,2009;胡文瑞等,2010)。加大天然气资源的利用、以气代油将是缓解石油紧张、保障能源安全的重要途径之一。

(二) 加快天然气资源开发对发展低碳经济、改善我们赖以生存的自然环境具有重要意义

全球页岩气勘探进入高速发展阶段,2009年美国页岩气产量已接近 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$ (张大伟,2010),成为美国重要的天然气供给来源,占美国天然气总产量的12%。我国页岩气领域的研究工作相对落后,加强页岩气等非常规天然气的勘探开发,快速提升天然气在国家一次能源消费结构中的比例,可以有效降低 CO_2 排放量,是我国改善和保护生态环境的重要途径。

(三) 西北区油气资源丰富, 系统开展非常规领域的资源评价和战略选区工作, 对拓展油气勘探领域有重要现实意义

中国西北区分布着塔里木、准噶尔两个大型含油气盆地和吐哈、酒泉、三塘湖、花海等近 30 个中小型含油气盆地。常规油气勘探已取得重要进展, 形成了以塔里木油田、新疆油田、青海油田、吐哈油田等为主的石油和天然气生产基地。西北区沉积地层丰富, 古生界寒武系至新生界新近系普遍发育, 但在不同盆地存在较大差异。本书中, 对塔里木、准噶尔两个大型盆地和吐哈、柴达木、酒泉、三塘湖盆地等 14 个主要的中小型盆地开展了页岩气(油)调查与评价(李玉喜等, 2009)。

三、主要认识总结

(一) 划分了西北区有效泥页岩层段, 并厘定了其分布特征

西北区有效泥页岩广泛存在, 古—新生界均有不同程度的发育, 上古生界石炭系、二叠系及中生界三叠系、侏罗系分布稳定, 连续性好。其形成环境存在较大差异, 下古生界泥页岩以海相沉积为主, 上古生界和中生界泥页岩主要为湖泊相沉积, 个别盆地泥页岩亦发育潟湖相、沼泽相、泛滥平原相等。从埋藏深度来看, 不同层系泥页岩埋藏深度变化较大, 从几十米到近万米均有, 塔里木盆地和柴达木盆地的古生界地层埋深普遍在 5000m 以下, 仅盆地边缘埋藏深度小于 3000m, 中生界普遍埋深在 200~8000m, 各盆地略有差别, 其中, 塔里木盆地和柴达木盆地泥页岩埋藏相对较深(康玉柱, 1996)。

有效泥页岩层段厚度差别较大, 单层厚度在 20~50m, 累计厚度 30m 至数百米, 岩性组合可分为纯泥岩型、夹层型和互层型等 3 种类型, 主要以夹层型为主, 在塔里木盆地、准噶尔盆地和柴达木盆地均较常见。有效泥页岩层段厚度呈现拗陷中心相对较厚, 向四周减薄的趋势, 总体上海相泥页岩厚度较薄, 但稳定性较好, 陆相泥页岩累计厚度较大, 但稳定性相对较差(张林晔等, 2009; 王步清等, 2009)。

(二) 明确了西北区有效泥页岩层段的地化特征

西北区有效泥页岩层段 TOC(%) 总体较高, 平均在 2%~6%, 中生界明显高于古生界, 侏罗系普遍高于其他层系, 但各盆地存在较大差异。 R_o (%) 变化范围较大, 古生界泥页岩演化程度普遍较高, 最大可达 2.5%, 多处于高—过成熟演化阶段, 中生界多在 1% 左右, 即成熟—高成熟阶段, 新生界泥页岩一般在低成熟—成熟阶段。泥页岩有机质类型多样, I~III 型均有发育, 但总体以 II、III 型为主, 在塔里木盆地侏罗系、准噶尔盆地的二叠系、吐哈和三塘湖盆地的石炭系、二叠系及中小盆地的白垩系以 I、II₁ 型为主, 是页岩油发育的主力层段(金之钧和张金川, 1999; 赵文智等, 2003)。

(三) 查明了西北区有效泥页岩层段的储集特征

西北区有效泥页岩层段孔渗低,孔隙度在 $0.5\%\sim 8\%$,孔隙半径以中孔为主,渗透率普遍小于 $0.5\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。从层位来看,古生界露头样品孔隙度偏高,平均在 6% 以上,中生界—新生界泥页岩钻井岩心孔隙度一般在 5% 以内,渗透率与孔隙度不具明显的相关性,各盆地泥页岩普遍发育裂缝。岩石矿物组成中脆性矿物总体含量较高,黏土矿物含量在 $30\%\sim 70\%$,以伊蒙混层为主。但页岩气与页岩油层段具有明显差异,其中页岩气层段的脆性矿物以石英、长石为主,储集空间主要为晶间孔、解理缝、微裂隙、泥岩收缩缝等;页岩油层段碳酸盐矿物含量明显增加,相对而言,溶蚀孔发育。

(四) 分析了西北区有效泥页岩层段的含气(油)性特征

西北区有效泥页岩层段普遍含气,塔里木、准噶尔、柴达木、吐哈等盆地中,除塔里木盆地古生界由于钻井较少而未见到气测显示外,其他层位均有录井气测异常。等温吸附实验结果表明,西北区富有机质泥页岩最大吸附气量为 $1.09\sim 15.69\text{m}^3/\text{t}$,平均分布在 $1.85\sim 4.25\text{m}^3/\text{t}$,表明吸附能力较强;现场解析气量普遍较低,一般小于 $0.5\text{m}^3/\text{t}$,为 $0.048\sim 0.42\text{m}^3/\text{t}$,恢复后的原地含气量普遍在 $0.23\sim 2.48\text{m}^3/\text{t}$ 。

准噶尔盆地中、下二叠统和三塘湖盆地芦草沟组泥页岩钻井含油显示活跃,油斑、油迹较多,岩心观察可见裂缝处含油,镜下观察可见明显的荧光显示,三塘湖盆地有效泥页岩层段氯仿沥青“A”含量为 $0.002\%\sim 5.694\%$,平均为 0.641% , S_1 在 $0.01\sim 18.25\text{mg/g}$,平均为 1.68mg/g 。

(五) 优选了西北区页岩气(油)有利区,并评价了页岩气(油)的资源潜力

共优选出西北区页岩气有利区55个,其中塔里木盆地12个、准噶尔盆地3个、柴达木盆地12个、吐哈盆地7个、酒泉盆地10个、中小盆地11个;页岩油有利区16个,其中准噶尔盆地3个,三塘湖盆地5个,柴达木盆地4个,塔里木、吐哈及酒泉盆地各1个,花海盆地2个(张金川等,2004)。

西北区页岩气资源量总计 $17.18\times 10^{12}\text{m}^3$ 。其中,塔里木盆地页岩气资源量最大,近 $8.3\times 10^{12}\text{m}^3$,占西北区总资源量的 48.3% ;其次是柴达木盆地,为 $4.0\times 10^{12}\text{m}^3$,占总资源量的 23.3% 。从层系上看,主要分布在侏罗系,为 $8.3\times 10^{12}\text{m}^3$;从省份来看,主要在新疆自治区,地表条件以戈壁为主;埋藏深度在 $3000\sim 4500\text{m}$ 范围内的资源量为 $9.16\times 10^{12}\text{m}^3$,埋藏深度小于 1500m 的资源量为 $2.0\times 10^{12}\text{m}^3$ (张金川等,2009)。

初步评价西北区页岩油资源量为 $99.2\times 10^8\text{t}$,在准噶尔盆地、吐哈盆地、三塘湖盆地和酒泉盆地分别为 $77.37\times 10^8\text{t}$ 、 $3.4\times 10^8\text{t}$ 、 $3.82\times 10^8\text{t}$ 和 $1.17\times 10^8\text{t}$;层系上主要

分布在二叠系和侏罗系，分别为 $80.42 \times 10^8 \text{t}$ 和 $13.64 \times 10^8 \text{t}$ ；省份仍然以新疆为主。

四、致谢

“西北区页岩气（油）资源潜力调查评价与有利区优选”子项目的完成和成果的取得是在国土资源部油气资源与战略研究中心领导和专家的指导下完成的，也是项目组全体成员辛勤劳动的结晶，工作中也得到了相关油田领导和专家的大力支持和帮助，作为承担单位的中国石油大学（北京）为项目的实施也提供了多方面的支持，在此我们一并表示衷心的感谢！

感谢项目办公室及各位研究生两年来的辛勤劳动和对课题组的帮助！

目录

前言

第一章 页岩气(油)发育的地质背景	1
第一节 西北区页岩气(油)发育的盆地	1
第二节 富有机质页岩的发育层系	25
第三节 富有机质页岩的形成环境	29
第二章 页岩气富集地质条件	32
第一节 页岩气层段划分与分布	32
第二节 泥页岩有机地球化学特征	66
第三节 页岩气层储集特征	101
第四节 含气性特征	126
第三章 页岩油富集地质条件	138
第一节 页岩油层段划分与分布	138
第二节 泥页岩有机地球化学特征	162
第三节 页岩油层储集特征	185
第四节 含油性特征	201
第四章 页岩气(油)有利区优选	211
第一节 页岩气有利区优选	211
第二节 页岩油有利区优选	226
第五章 页岩气(油)资源潜力评价	234
第一节 页岩气资源潜力评价	234
第二节 页岩油资源潜力评价	244
参考文献	249

页岩气（油）发育的地质背景

第一节 西北区页岩气（油）发育的盆地

中国西北区分布着塔里木、准噶尔、柴达木 3 个大型含油气盆地和吐哈、酒泉、三塘湖、花海等 30 多个中小型含油气盆地，富有机质泥页岩层段发育的层位多、沉积环境类型多样。本书重点对塔里木、准噶尔、柴达木、吐哈及酒泉、三塘湖、花海等 14 个盆地进行研究。

一、塔里木盆地

（一）区域构造特征

塔里木盆地位于中朝—塔里木地台的西端，北与天山褶皱带为邻，西南以昆仑褶皱带为界，东南以阿尔金断隆与柴达木盆地相隔，基底为太古界与元古界。通常以下古生界“三隆四拗”的构造格局将盆地划分为 7 个一级构造单元：库车拗陷、塔北隆起、北部拗陷、中央隆起、西南拗陷、塔南隆起和东南拗陷（贾承造，1997；杨明慧等，2004）（图 1-1）。

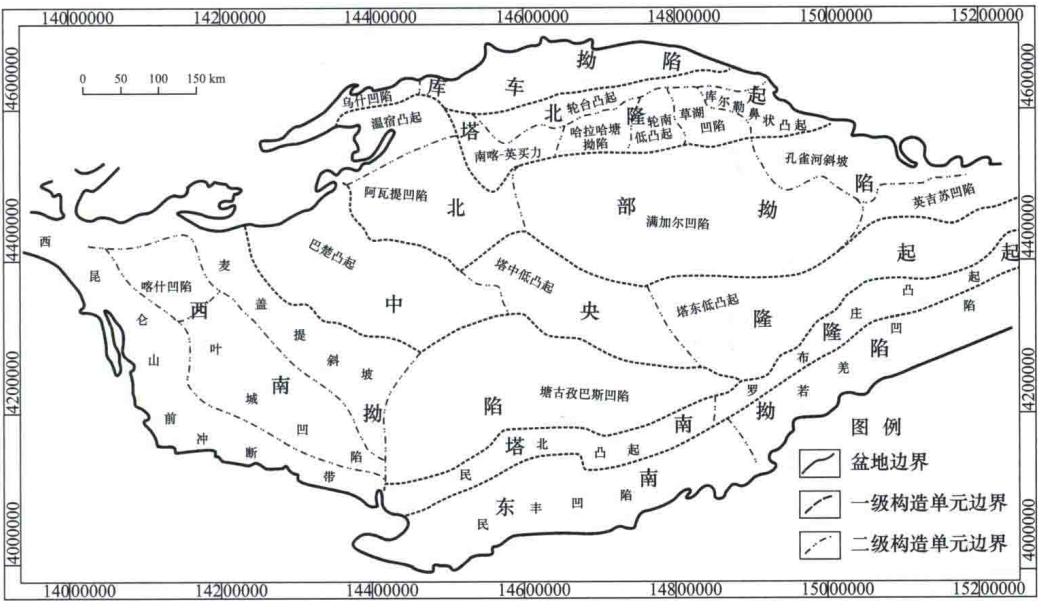


图 1-1 塔里木盆地构造单元划分图

(二) 地层发育特征

塔里木盆地经历了 4 个构造演化阶段（旋回），即加里东构造旋回、海西构造旋回、印支-早燕山旋回和晚燕山-喜马拉雅旋回。

自震旦纪到第四纪以来，塔里木盆地发育的岩性组合为碳酸盐岩到碳酸盐岩与碎屑岩互层再到碎屑岩。早古生代、晚古生代、中生代、新生代又各自经历了次一级旋回（徐旭辉等，1998；何登发等，2005）。主要烃源岩层系分布在寒武系—奥陶系、石炭系—二叠系和三叠系—侏罗系（王中良和顾忆，1994；颜仰基等，1999）（图 1-2）。



图 1-2 塔里木盆地地层柱状图

二、准噶尔盆地

(一) 区域构造特征

准噶尔盆地在区域大地构造上位于准噶尔地块的核心稳定区，处在哈萨克斯坦板块、西伯利亚板块和塔里木板块的交汇部位，隶属哈萨克斯坦古板块；是一个典型的三面被古生代缝合线所包围的晚石炭世到第四纪发展起来的大陆板内沉积盆地。准噶尔盆地包括西部隆起、东部隆起、陆梁隆起、北天山山前冲断带、中央拗陷和乌伦古拗陷，共 6 个一级构造单元（张义杰和柳广弟，2002）（图 1-3）。

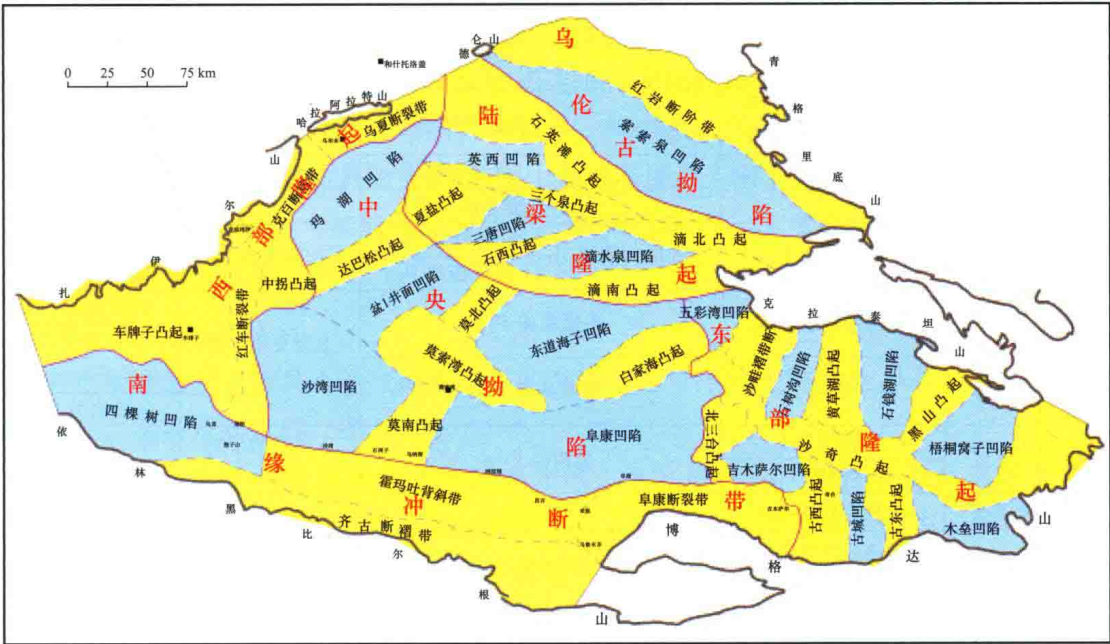


图 1-3 准噶尔盆地构造单元划分图

(二) 地层发育特征

准噶尔盆地从老至新沉积了石炭系、二叠系、中生代、新生代（表 1-1）。

表 1-1 准噶尔盆地沉积充填地层表

系	统	西北部	东北部	南部
第四系	更新统			西域组 Q _{1x}
新近系	上新统	独山子组 N _{2d}	独山子组 N _{2d}	独山子组 N _{2d}
	中新统	塔西河组 N _{1t}	塔西河组 N _{1t}	塔西河组 N _{1t}
		沙湾组 N _{1s}	沙湾组 N _{1s}	沙湾组 N _{1s}
古近系	渐新统—古新统			安集海河组 E _{2-3a}
				紫泥泉子组 E _{1-2z}

续表

系	统	西北部	东北部		南部	
白垩系	上统	艾里克湖组 K ₂ a	红沙泉组 K ₁ h		东沟组 K ₂ d	
	下统	吐谷鲁群 K ₁ tg	吐谷鲁群 K ₁ tg		吐谷鲁群 K ₁ tg	连木沁组 K ₁ l
						胜金口组 K ₁ s
						呼图壁河组 K ₁ h
					清水河组 K ₁ q	
侏罗系	上统	齐古组 J ₃ q	石树构群 J ₂₋₃ s	齐古组 J ₃ q	喀拉扎组 J ₃ k	
					齐古组 J ₃ q	
	中统	头屯河组 J ₂ t		头屯河组 J ₂ t	头屯河组 J ₂ t	
		西山窑组 J ₂ x	西山窑组 J ₂ x	西山窑组 J ₂ x	西山窑组 J ₂ x	
	下统	三工河组 J ₁ s	三工河组 J ₁ s	三工河组 J ₁ s	三工河组 J ₁ s	
八道湾组 J ₁ b		八道湾组 J ₁ b	八道湾组 J ₁ b	八道湾组 J ₁ b		
三叠系	上统	白碱滩组 T ₃ b	小泉沟群 T ₂₋₃ xq	黄山街组 T ₃ h	小泉沟群 T ₂₋₃ xq	郝家沟组 T ₃ hj
						黄山街组 T ₃ h
	中统	上克拉玛依组 T ₂ k ₂		克拉玛依组 T ₂ k		克拉玛依组 T ₂ k
		下克拉玛依组 T ₂ k ₁				
	下统	百口泉组 T ₁ b	上仓房沟群 T ₁ ch	烧房沟组 T ₁ s	上仓房沟群 T ₁ ch	烧房沟组 T ₁ s
			韭菜园子组 T ₁ j		韭菜园子组 T ₁ j	
二叠系	上统	上乌尔禾组 P ₃ w	下仓房沟群 P ₃ ch	梧桐沟组 P ₃ wt	下仓房沟群 P ₃ ch	梧桐沟组 P ₃ wt
				泉子街组 P ₃ q		泉子街组 P ₃ q
	中统	下乌尔禾组 P ₂ w	平地泉组 P ₂ p		上炭发槽子群 P ₂ jjc	红雁池组 P ₂ h
						芦草沟组 P ₂ l
		夏子街组 P ₂ x	将军庙组 P ₂ j			井井子沟组 P ₂ jj
	下统				下炭发槽子群 P ₁ jjc	乌拉泊组 P ₂ wl
		风城组 P ₁ f	金沟组 P ₁ jg			塔什库拉组 P ₁ t
佳木河组 P ₁ j		石人子沟组 P ₁ s				
石炭系	上统	太勒古拉组 C ₃ t			祁家沟组 C ₃ q	
	中统	阿蜡德依克赛组 C ₂ a	石钱滩组 C ₂ s		柳树沟组 C ₂ l	
		哈拉阿拉特组 C ₂ h				
	下统	包谷图组 C ₁ b	巴塔玛依内山组 C ₂			
希贝库拉斯组 C ₁ x		滴水泉组 C ₁ d				

石炭系下石炭统滴水泉组的沉积范围主要分布于五彩湾凹陷内，上石炭统石钱滩组的沉积范围主要分布于石钱滩凹陷内。

下二叠统佳木河组沉积主要分布于西北缘和中央拗陷大部分（中拐凸起除外）。风城组沉积范围主要分布于玛湖凹陷、P1井西凹陷和昌吉凹陷之内（冯有良等，2011）。夏子街组沉积范围比风城组大，与佳木河组相近。主要分布于西北缘、中央拗陷（中拐凸起除外）和东部隆起内的各凹陷。中二叠统下乌尔禾组（东部为平地泉组）沉积范围与夏子街组沉积范围相当。上乌尔禾组沉积范围超过下乌尔禾组沉积范围，扩大到陆梁隆起及乌伦古拗陷的广大地区。但在石英滩凸起和英西凹陷的局部地区、三个泉凸起和陆南凸起的东部地区缺失此地层。

三叠系的沉积中心主要位于昌吉凹陷内，根据区域大剖面的解释，三叠系内部能够划分出两套地层，即小泉沟群（T₂₋₃xq）和上仓房沟群（T₁ch）。

侏罗系沉积时,盆地处于泛盆阶段,盆地范围进一步扩大,其沉积中心主要位于昌吉凹陷,其次是乌伦古拗陷和四棵树凹陷(鲍志东等,2002)。

白垩系吐谷鲁群的沉积范围进一步扩大,仅车排子凸起和东部隆起区的部分地层缺失,与下伏吐谷鲁群地层在局部地区呈角度不整合接触。

中新统一上新统沙湾组—第四系的沉积范围扩大到整个盆地,与下伏渐新统在局部地区呈角度不整合接触。

三、柴达木盆地

(一) 区域构造特征

柴达木盆地位于青藏高原北部,沉积岩总面积约 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$,其平均海拔为 2500~3000m。地貌上,柴达木盆地周缘分别被祁连山、东昆仑山和阿尔金山所限,具有特殊的盆山构造格局和岩石圈板块地球动力学背景。构造上,柴达木盆地的西北边界是左行走滑的阿尔金断裂,东北边界为祁连山-南山逆冲断层带,南界为东昆仑山及其西部的祁漫塔格逆冲断层带。柴达木盆地可分为 3 个一级构造单元,17 个二级构造单元(汤良杰等,2000)(图 1-4)。

(二) 地层发育特征

柴达木盆地发育的具有油气勘探意义的沉积地层自下而上有古生界石炭系、中生界侏罗系、白垩系及新生界(图 1-5)。

柴达木盆地南缘石炭系与柴达木盆地北缘、东北缘的地层岩性特征具有较大的差异。特别是上石炭统,在柴达木盆地南缘以灰色灰岩、生物碎屑灰岩为主。而在柴达木盆地东北缘和北缘为暗色泥页岩、碳质页岩和石英砂岩、灰岩的不等厚互层,主要以碎屑岩为主并与灰岩组成不等厚互层(汤良杰和刘池阳,2000)。

侏罗系中下统为河湖相含煤建造,在冷湖和鱼卡、南八仙地区,成为具有工业价值的生油岩系。上侏罗统为红色碎屑岩建造,见于阿尔金山(王明儒和胡文义,1997;马锋等,2007)。

柴达木盆地古近系—新近系极为发育,主要表现为分布范围广、厚度大、层位全。最大沉积厚度可达 15000m 以上。古近系、新近系是盆地内最为发育的地层,自下而上分为路乐河组、下干柴沟组、上干柴沟组、下油砂山组和上油砂山组。

四、吐哈盆地

(一) 区域构造特征

吐哈盆地位于哈萨克斯坦板块的东南部,地处哈萨克斯坦板块、西伯利亚板块及塔里木板块结合的三角地带,属准噶尔-吐鲁番地块的一部分。盆地四周环山,西起喀拉乌成山,东至梧桐窝子泉附近,北依博格达山、巴里坤山和哈尔里克山,南抵觉罗塔格山。盆地东西长 660km,南北宽 60~100km,总面积约 $5.35 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

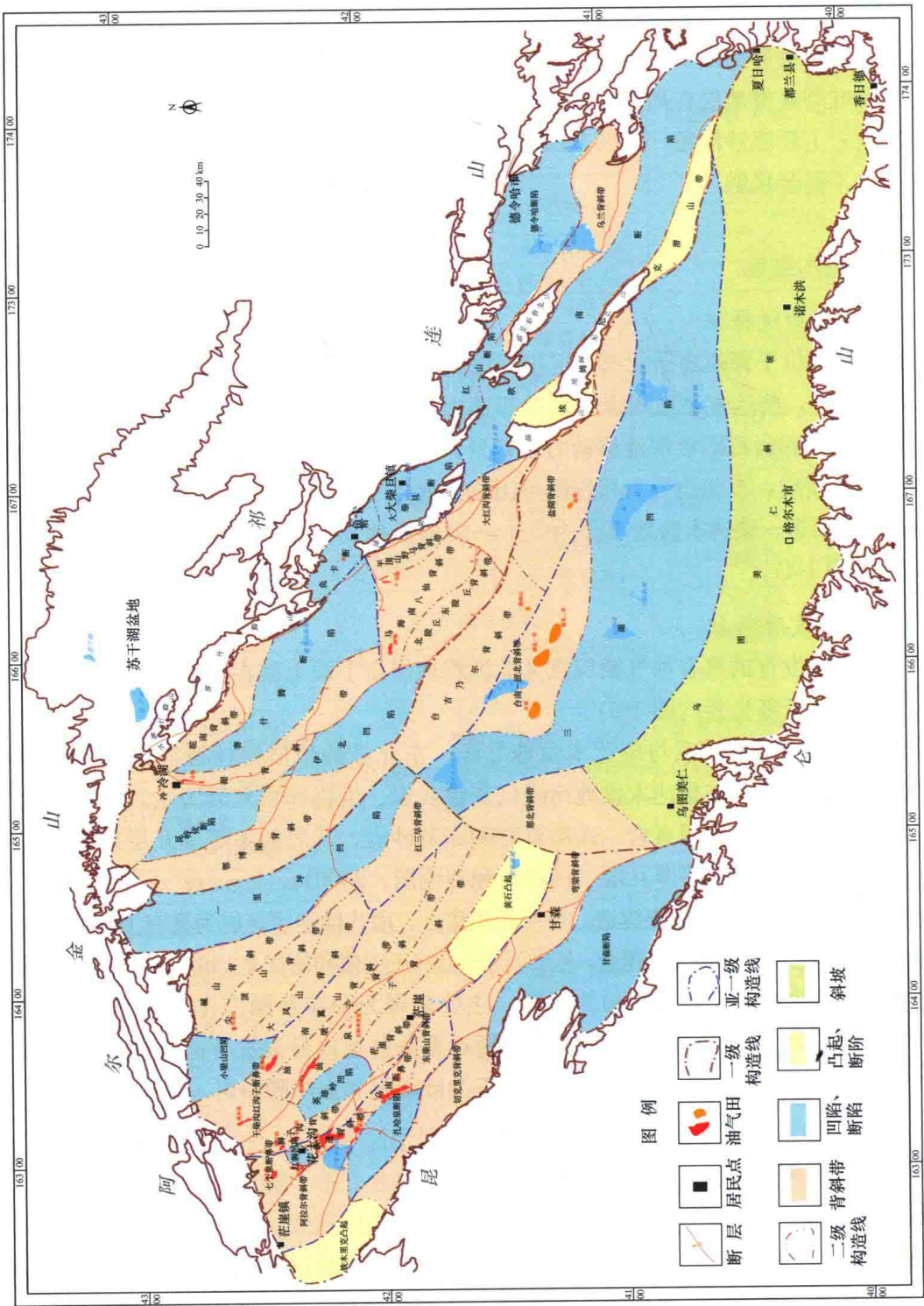


图 1-4 柴达木盆地构造单元划分图 (据中国石油青海油田分公司, 2009)