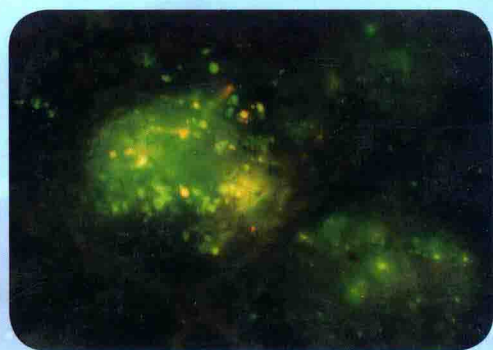


柴达木盆地 石炭系油气资源潜力评价

—— 马寅生 尹成明 刘成林 等 著 ——



地 质 出 版 社

柴达木盆地 石炭系油气资源潜力评价

马寅生	尹成明	刘成林	杜建军	范桃园	王连庆
袁嘉音	王治顺	李中坚	王宝瑜	张梓歆	李会军
郭辉	李国歧	田晓娟	施炜	龚明权	程海艳 著
刘云田	张敏	彭德华	公王斌	李潍莲	周刚
葛岩	范柏江	王少清	赵伟	李明	徐丽丽

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

柴达木盆地是我国大型含油气盆地之一,以往油气勘探开发的目的层为中、新生界。本书作者在地质大调查项目的支持下,近年来通过对该盆地石炭系油气资源的调查研究,证实该盆地内石炭系分布广泛(达10万平方千米)、厚度大,厚度大于1000米的区域达5.71万平方千米。该盆地石炭系发育良好的烃源岩,普遍发育厚层油砂,显示石炭系具有良好的生烃能力和油气运移过程。石炭系构造变形主要发生在新近纪末,之前的构造变形较弱,有利于油气保存。初步评价了该盆地石炭系油气资源量,提出了石炭系油气勘探有利区带。认为该盆地石炭系油气资源潜力很大,是油气资源战略突破的新领域。

本书可供从事油气地质工作的相关人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

柴达木盆地石炭系油气资源潜力评价 / 马寅生等著. —北京:地质出版社, 2014.5

ISBN 978-7-116-08803-0

I. ①柴… II. ①马… III. ①柴达木盆地—石炭纪—油气资源—评价 IV. ①P618.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第104689号

Qaidam Pendi Shitanxi Youqi Ziyuan Qianli Pingjia

责任编辑:刘亚军 陈磊

责任校对:黄苏晔

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

咨询电话:(010)82324508(邮购部);(010)82324578(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:889mm×1194mm $\frac{1}{16}$

印 张:18.5

字 数:600千字

版 次:2014年5月北京第1版

印 次:2014年5月北京第1次印刷

定 价:180.00元

书 号:ISBN 978-7-116-08803-0

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

柴达木盆地是我国西北三大含油气盆地之一，已有近 60 年的油气勘探历史，但以往油气勘探与开发的目的是中新生界。近年来，随着周边盆地古生界海相地层油气勘探的突破，柴达木盆地石炭系烃源岩及其油气成藏条件研究越来越受到人们的重视（于会娟等，2001，马寅生等，2012）。本书根据作者承担的“柴达木盆地油气资源潜力评价”地质大调查项目的研究成果，重点介绍柴达木盆地石炭系的油气资源潜力及初步评价结果，为开拓柴达木盆地油气勘探新层系和新领域，挖掘柴达木盆地油气资源潜力提供依据。

“柴达木盆地油气资源潜力评价”项目起止年限 2008 ~ 2010 年。项目的总体目标任务是通过柴达木盆地重、磁、电、震资料二次开发，遥感图像资料解译，结合野外地质构造和石油地质调查等成果，查明柴达木盆地石炭纪地层分布，揭示盆地基底构造格局，建立石炭纪—二叠纪地层序列与岩相古地理格局，评价石炭系—二叠系烃源岩分布、发育特征、演化史与生烃潜力，研究石炭系—二叠系油气资源的后期保存条件，确定石炭系—二叠系油气远景区和有利勘探区带，提出柴达木盆地石炭系—二叠系新层系找油突破的勘查方向。

一、主要研究工作

本研究的主要工作包括以下几个方面。

1. 野外调查与岩心观察

研究团队 3 年间调查了柴达木盆地周边的所有石炭系露头，多次对柴北缘地区牦牛山煤矿、旺尕秀、扎布萨尕秀、巴音山北部、大煤沟、红山、大头羊煤矿、绿梁山、小赛什腾山等，乌兰县北部老虎口、德令哈柏树沟、怀头他拉、城墙沟、石灰沟、新生煤矿等地，都兰县穿山沟以及县城南部和北部山区。柴西南地区双石峡剖面、巴音郭勒河剖面、肯德可克剖面、野马泉剖面、牛苦头沟剖面、大干沟剖面等。柴东地区关角牙河剖面、白石崖剖面、阿勒格尔泰山剖面等。茫崖尕斯乡祁漫塔格山北坡石拐子沟、死人沟、双石沟等地，乌图美仁以南，格尔木大干沟、诺木洪等地，大柴旦热水沟、绿梁山、锡铁山、滩间山等地石炭纪地层、烃源岩和构造变形进行了调查观测，调查线路 1700km，实测地层剖面 17.5km。同时对霍参 1 井、尕丘 1 井石炭系岩心进行了详细观察、取样。在柴西、柴北缘多口油井采集油气样品 78 个（油样 65 个、气样 13 个）。

先后在旺尕秀、城墙沟、石灰沟、阿拉格尔泰山、绿梁山、赛什腾山等石炭系出露区均发现了油砂。油砂主要分布在石炭系怀头他拉组灰岩地层中，沿厚层生物灰岩层间和裂缝发育，沿生物礁和化石带尤为突出。油砂带厚度从三十多米到五六米不等，带内由多层油砂组成，单层油砂厚度 30 ~ 40cm，最长达 12 层。

2. 地球物理资料处理与解释

1) 对柴达木盆地的电、磁、密度等物性特征进行统计分析和规律总结。对柴达木盆地及周缘的物性资料进行了系统的收集、整理，对柴达木盆地 200 口钻井的电阻率测井资料进行了统计分析，利用电测井、井旁测深曲线、首支电阻率统计等资料对柴达木盆地地层电阻率特征进行了归纳总结；对红山地区 520 块、狮子沟地区 570 块、德令哈地区 570 块标本的实测密度、电阻率和磁化率资料进行了统计分析；分析了柴西地区 30 口钻井（涉及 20 个局部构造）2286 块钻井岩心的磁化率及密

度资料；整理了 50 口探井的声波时差测井资料，利用声波时差测井计算了测区的地层密度。对柴达木盆地石炭系、前石炭系的电性特征进行了分析研究。

2) 对柴北缘 CEMP 资料进行了重新处理与解释。对柴北缘 8 条 CEMP 剖面进行了重新处理，对红山—德令哈地区所有电法剖面进行了重新解释，通过钻井标定，根据 CEMP 资料，编制了柴北缘东段石炭系顶、底构造图和残留厚度图。

3) 通过柴达木盆地重、磁资料重新处理与解释，揭示了盆地内部石炭系分布。对柴达木盆地 2000 年以来的重磁资料进行了连片处理，对全盆地高精度重力资料 127977 个物理点进行统一拼图，盆地东部地区采用全区 1 : 50 万重力资料进行补充。对柴达木盆地中生界、新生界路乐河组、下干柴沟组下段、下干柴沟组上段、上干柴沟组、下油砂山组、上油砂山组、狮子沟组和第四系的厚度图进行了数字化、对相应层位的层速度进行了数字化和密度换算，计算了各层的重力异常效应。提取了剥层剩余重力异常。在此基础上，对柴达木盆地 $12 \times 10^4 \text{km}^2$ 航磁、重力资料进行了重新解释，揭示了盆地内部石炭系分布。

4) 通过二维地震资料处理与解释，研究了柴达木盆地东部地区石炭系分布特征。对柴北缘德令哈地区 16 条 678km 二维地震剖面进行了重新处理，提高了石炭纪地层的资料品质，结合新老资料对柴达木盆地东部地区石炭系进行了地层和构造重新解释。

5) 通过 MT 大剖面和区域地震大剖面对盆地石炭系和基底构造进行了标定、解释。选择 5 处露头及 5 口单井，追索及标定石炭系层位；选择 10 条区域地震剖面，进行地层及构造解释，并绘制地质解释成果图。对柴达木盆地主要 MT 大剖面 1000km 进行了重新处理，对石炭系进行了推断解释。编制了柴达木盆地基底岩性分布图、断裂系统划分图。通过 MT 大剖面、区域地震大剖面对重力解释的石炭系厚度图进行约束、标定。

3. 地层和岩相古地理研究

1) 收集汇总了柴达木盆地及其周边地区石炭纪珊瑚、腕足类、筳类及植物等多门类化石资料，编制了各门类化石属、种产出层位及分布位置图。

2) 编制了柴达木盆地及其周边地区石炭纪各门类生物地层对比表，包括珊瑚、腕足类、筳类、牙形类、头足类、双壳类、苔藓虫及植物化石等，作为生物地层划分和岩相古地理恢复的基础。

3) 在充分收集前人资料、进行综合分析研究的基础上，绘制了研究区（东经 $89^\circ 30' \sim 100^\circ$ ；北纬 $36^\circ \sim 39^\circ 20'$ ）石炭系分布图，标注了石炭纪地层剖面具体位置。

4) 重新厘定了各岩组的时限、上下接触关系，绘制石炭纪地层分区划分沿革及各地层区地层划分对比表。

5) 对收集到的 116 个实测地层剖面，进行了沉积相特征和岩相古地理分析，对部分剖面的沉积相特征进行了野外调查，对所有剖面绘制了岩性、岩相柱状剖面。进行了石炭系划分、对比，编制 4 张石炭系综合柱状图（南祁连山、阿木尼克山、阿尔金山前和昆仑山前）。

6) 根据野外调查、实测剖面，结合盆地内部石炭纪地层分布，编制了晚泥盆世、早石炭世早期、早石炭世晚期、晚石炭世早期和晚石炭世晚期的岩相古地理图，对盆地岩相古地理特征有新的认识。

4. 烃源岩分析

1) 系统收集了柴达木盆地石炭系烃源岩的研究资料，对前人的烃源岩研究成果进行了分析整理。

2) 分多次对柴达木盆地石炭系露头进行野外地质调查和样品采集。调查了柴东地区、柴北缘地区、柴西地区及柴西南地区石炭系烃源岩类型、厚度及变化特征，采集了不同地区的石炭系烃源岩样品、油砂样品，采集了煤田勘探的石炭系岩心和油田勘探的石炭系岩心，采集了柴西、柴北缘地区的原油和天然气样品。

3) 3 年完成分析测试 3995 个。主要为有机地球化学、岩石物性、含油气性分析，包括有机包裹

体及古生物化石鉴定、各种年代学分析等。

4) 开展了烃源岩评价标准的研究, 有机质特征的分析及相关图件的编绘。

5) 根据地球物理资料处理与解释结果, 绘制了柴达木盆地石炭纪地层分布图、厚度图, 烃源岩分布图等图件。

5. 柴达木盆地石炭系后期改造过程与保存条件分析

1) 利用重磁电震等地球物理资料、钻井和测井资料对柴达木盆地基底构造格局进行分析, 编制了柴达木盆地基底岩性分布图;

2) 利用盆地已有的各种勘探、开发与研究资料, 对中生代盆地构造格架、构造演化进行分析, 划分了盆地中生代构造样式、构造阶段;

3) 对盆地不同时期的构造变形特征、变形标志进行了野外调查和野外测量;

4) 利用盆地区域性不整合界面, 结合沉积建造特征、变形、变质特征、岩浆活动特征, 划分了盆地构造层与构造演化阶段。

二、主要成果及进展

通过重磁电震资料重新处理与解释、野外调查、分析测试和综合研究, 取得的主要进展包括:

1) 通过野外地质调查, 首次发现柴达木盆地石炭系普遍发育厚层油砂, 油源对比研究显示油砂来源于石炭系烃源岩, 显示石炭系曾经有过油气运移, 且油气运移目前仍在进行。油砂的分布状态有两种。一类分布在基岩和基岩裂缝中, 另一类分布在基岩上覆的第四纪残坡积中。基岩中的油砂主要分布在下石炭统怀头他拉组灰岩地层中, 沿厚层生物灰岩层间和裂缝发育, 沿生物礁和化石带尤为突出。油砂带厚度从三十多米到五六米不等, 带内由多层油砂组成, 单层油砂厚度 30 ~ 40cm, 最长达 12 层。第四纪残坡积中的油砂仅发育在绿梁山地区, 油砂出露带长度超过 100m, 宽约 50m。经探槽揭露, 在 50m 的探槽中, 发育 5 层油砂, 最厚一层油砂宽度达 9m, 油砂已从基岩到达地表坡积物中, 表明油气运移目前仍在进行。此外, 柴北、柴西等地 12 口井的原油分析发现有来自石炭系的混源。

2) 野外调查、岩心观察和烃源岩地球化学分析, 证实柴达木盆地石炭系发育良好的烃源岩, 具有很好的生油能力。柴达木盆地石炭系烃源岩厚度较大, 分布范围广。石炭系烃源岩有两种类型, 下石炭统广阔台地相的深灰色碳酸盐岩和上石炭统滨海相、海陆交互相、沼泽相的黑色泥页岩、碳质页岩和煤层。烃源岩的有机质丰度显示, 上石炭统泥岩为好-很好烃源岩; 上石炭统碳质泥岩、灰岩, 下石炭统泥岩为中等-好烃源岩。烃源岩有机质类型以 II_2 、 III 型干酪根为主。 R_o 主要分布于 1.0 ~ 1.5 之间, 多处于成熟到高成熟阶段。

3) 通过柴达木盆地重磁电震资料重新处理与解释, 首次明确了柴达木盆地石炭系分布范围和残留厚度, 发现柴达木盆地中生界之下普遍发育石炭纪地层, 极大地提高了柴达木盆地石炭系的资源潜力。在对盆地物性资料系统分析的基础上, 通过柴北缘德令哈地区 16 条 678km 二维地震剖面的重新处理、柴北缘地区 CEMP 电法剖面重新处理、盆地重磁资料处理、重力异常剥离和 MT 大剖面重新处理, 编制了石炭系厚度图、顶底界面等深度图, 首次明确了柴达木盆地石炭系分布范围和残留厚度, 发现石炭系分布总体呈北西向展布, 除昆仑山前西段缺失外, 石炭系分布范围达 $10 \times 10^4 \text{km}^2$ 。厚度大于 1000m 的范围达 $5.71 \times 10^4 \text{km}^2$ 。一里坪、昆仑山前带东段、祁连山前和阿尔金山前厚度较大, 达 2500m。德令哈地区厚度为 600 ~ 2600m。红山-怀头他拉地区石炭系厚度较大, 厚度变化在 1600 ~ 3000m 之间。红山-怀头他拉地区石炭系厚度分布有 3 个带厚度较大, 一个在红山向斜部位, 厚度等值线呈近东西走向, 厚度变化 2000 ~ 3000m; 一个在南部的欧龙布鲁克山

前,呈北西向展布,厚度 1600 ~ 2200m;另一个在北部的宗务隆山前,呈北西向展布,厚度 1600 ~ 2000m。

4) 通过野外调查、地球物理资料处理与解释,划分了柴达木盆地构造演化阶段、构造层,明确了不同阶段构造变形特征,提出了石炭系构造变形主要发生在新近纪末,之前的构造变形较弱,更有利于石炭系成藏的新认识。野外调查显示石炭系构造变形与中新生界构造变形基本相似,均表现为北西西向的褶皱和逆冲断裂。剖面上,石炭系与中新生界的变形基本协调一致,石炭系的褶皱为宽缓开阔褶皱,与中新生界褶皱基本一致。野外露头除在柴西南双石峡一个地方见到石炭系发育两期变形以外,其他地方未见多期构造叠加的迹象。通过野外调查,明确了柴达木盆地变质的石炭系为动力变质,根据柴达木盆地区域性不整合界面将盆地构造演化划分为结晶基底、震旦纪—早古生代、晚古生代、侏罗纪—白垩纪、古近纪—新近纪和第四纪 6 个演化阶段,相应的将盆地构造划分为前震旦纪结晶基底、震旦系—下古生界、上古生界、侏罗系—白垩系、古近系—新近系和第四系 6 个构造层。通过重力资料的剥离处理,结合航磁资料、地震剖面的重新解释、野外构造变形调查,进一步明确了柴达木盆地基底构造格局。

5) 对柴达木盆地石炭纪地层进行了划分对比,编制了盆地上泥盆统一石炭系不同阶段岩相古地理图,在盆地地层和岩相古地理研究方面取得新进展,提出了新认识。系统收集了柴达木盆地及其周边地区石炭系各岩组(含上泥盆统)实测地层剖面,根据收集到的资料和野外调查结果,编制了柴达木盆地及其周边地区腕足类、珊瑚、筴类、头足类、腹足类、苔藓虫、介形类、牙形类及植物、孢粉等门类化石属种产地层位分布表。厘定了相应的生物化石组合,编制了生物地层划分对比表。根据已有构造、地层、古生物资料,重新厘定各岩组的时限、上下接触关系、岩组之间层位对比关系,进行了石炭纪地层分区、划分与对比。绘制 116 份地层、岩相柱状剖面图,划分了柴达木盆地不同剖面泥盆纪—二叠纪沉积相特征,分析了盆地不同地区的岩相变化,新认识与前人得出的石炭纪柴达木盆地内存在两个古陆的结论有很大区别。

6) 初步划分了柴达木盆地石炭系含油气系统、评价了石炭系油气资源潜力、对石炭系有利区进行了预测。根据烃源岩分析、油源对比结果及区域构造格局等,划分了盆地石炭系含油气系统。以含油气系统为评价单元,采用成因法与类比法对柴达木盆地石炭系油气资源前景进行了评价。柴达木盆地石炭系油气总地质资源量为 $(6.14 \sim 7.23) \times 10^8 \text{t}$ 。通过含油气系统分析及资源量预测,柴东北、柴东南、柴西南与柴西北石炭系均具有油气勘探前景。欧龙布鲁克山凸起东段、阿木尼克山南侧山前、绿梁山南侧为下一步最有利的勘探区;霍布逊坳陷为较有利的勘探区;柴西南与柴西北可在坳陷斜坡区中新生代储层中寻找石炭系油气充注形成的油气藏。

总之,通过本项目的调查研究,查明了柴达木盆地石炭纪地层分布,证实柴达木盆地石炭系发育良好的烃源岩,盆地内石炭纪地层、烃源岩分布广泛,厚度很大。发现石炭纪地层普遍发育厚层油砂,显示石炭系具有很好生烃能力和油气运移过程。初步评价柴达木盆地石炭系油气总地质资源量为 $(6.14 \sim 7.23) \times 10^8 \text{t}$ 。说明柴达木盆地石炭系油气资源潜力很大,是油气资源战略突破的新领域。

三、主要研究人员与分工

本专著共分 11 章,具体分工如下:前言由马寅生执笔,第一章由马寅生执笔,第二章由尹成明执笔,第三章由王宝瑜执笔,第四章、第五章尹成明执笔,第六章由王宝瑜执笔,第七章、第八章由刘成林执笔,第九章由马寅生执笔,第十章由刘成林执笔,第十一章由马寅生、尹成明、刘成林执笔。图件编制由王治顺、李中坚、马寅生、王连庆、王宝瑜、田晓娟、郭辉等完成。全书统稿由马寅生完成。

参加本专著的研究单位和研究人员：地质力学研究所马寅生、尹成明、杜建军、范桃园、李会军、王连庆、袁嘉音、田晓娟、李中坚、王治顺、李国歧、施炜、龚明权、程海艳，中石油青海油田公司勘探开发研究院刘云田、张敏、彭德华、甘贵元、张红欣、孟丽，中国石油大学（北京）地球科学学院刘成林、公王斌、李潍莲、周刚、葛岩、王少清、赵伟、徐丽丽，新疆地矿所王宝瑜、张梓歆、郭辉。地质力学研究所张岳桥、陈宣化、王小凤、安美建、冯梅等参加了项目的立项论证和第一年的项目设计。

本专著的研究工作，得到中国地质调查局资源评价部陈仁义主任、王全明主任、谢建民处长、张大全博士、刘葵博士、付正博士等领导的关心和帮助，得到计划项目负责人西安地调中心卢进才研究员的大力支持；项目野外工作，得到青海省地质调查院刘永安高级工程师的热情帮助。在项目执行过程中，中石化勘探开发研究院康玉柱院士、张抗教授，中石油集团咨询中心查全衡教授，国土资源部油气中心乔德武研究员，中国地质调查局发展研究中心刘士毅教授，地质力学研究所李贵书研究员、王宗秀研究员等，为项目取得高质量成果多次提出宝贵意见。项目工作也得到中国地质科学院地质力学研究所、中石油青海油田公司勘探开发研究院、石油大学（北京）各级领导的大力支持和帮助。在此表示衷心感谢！

目 录

第一章 柴达木盆地地质概况	1
第一节 柴达木盆地地层	1
一、元古宇	3
二、古生界	6
三、中生界	7
四、新生界	10
第二节 柴达木盆地构造特征与构造运动	11
一、中、新生代构造特征	11
二、主要构造运动	14
第三节 柴达木盆地构造演化与构造层划分	15
一、盆地构造演化	15
二、构造运动序列	18
三、盆地构造层划分	19
第二章 柴达木盆地基底结构特征	20
第一节 深部结构特征	20
一、区域重力异常特征	21
二、盆地布格重力异常特征	22
三、盆地航磁异常特征	23
四、盆地地壳结构	24
第二节 基底结构特征	26
一、基底结构解释依据	26
二、基底岩性特征	30
三、基底顶面起伏形态	31
第三节 基底断裂特征	32
一、断裂识别标志	32
二、盆地的基底断裂	33
三、断裂系统划分	40
四、主要断裂特征	41
第三章 柴达木盆地及周边石炭系划分与对比	45
第一节 地层分区	45
一、祁连山地层区	45
二、柴达木地层区	48
三、秦岭地层区	49
四、巴颜喀拉地层区	49
五、唐古拉地层区	50
第二节 岩石地层总体特征	50
一、祁连山地层区 (I)	50

二、柴达木地层区 (Ⅱ)	51
三、秦岭地层区 (Ⅲ)	59
四、巴颜喀拉地层区 (Ⅳ)	59
五、唐古拉地层区 (Ⅴ)	60
第三节 生物地层特征	61
一、珊瑚	61
二、腕足类	63
三、瓣类	65
四、牙形类	66
五、双壳类	66
六、有孔虫	67
七、菊石	67
八、苔藓虫	67
九、放射虫	67
十、植物	68
十一、孢粉	68
第四节 地层对比	69
一、与盆地周边地区对比	69
二、与国内其他地区对比	69
第五节 地层问题讨论	77
一、关于阿木尼克组的时代	77
二、关于穿山沟组使用问题	78
三、关于大冰沟组和党河南山组重新使用问题	78
四、关于扎布萨尕秀组和四角羊沟组时限	79
五、关于果可山组时代	79
六、关于石拐子组和五龙沟组的取舍	79
七、关于东昆仑山南坡地层分区和阿尼玛卿地层分区的归属	79
第四章 柴达木盆地地层物性特征	81
第一节 岩石的电性特征	81
一、中、新生代地层电性特征	81
二、前中生代地层电阻率变化特征	87
三、井旁测深反演电阻率分析	89
四、地层电性标定	90
第二节 岩石的密度、磁性特征	91
一、岩石的密度特征	91
二、磁性特征	97
第五章 柴达木盆地石炭系分布特征	99
第一节 石炭系地球物理处理技术优选	99
一、MT 资料主要处理技术	99
二、重力资料主要处理技术	102
三、磁力资料处理解释方法技术	105
第二节 石炭系非地震资料解释	107
一、解释依据	107

二、分布特征	112
第三节 石炭系地震资料处理与解释	112
一、地震资料重新处理	112
二、地震资料构造解释	115
第四节 柴达木盆地石炭系分布特征	124
一、石炭系顶底埋深与展布特征	124
二、石炭系残余厚度分布特征	128
第六章 晚泥盆世—石炭纪原型盆地沉积特征	129
第一节 晚泥盆世原型盆地沉积特征	129
一、隆起区	129
二、沉积充填特征	129
第二节 石炭纪原型盆地沉积特征	130
一、隆起区	130
二、沉积充填特征	130
三、关于牛达古陆问题讨论	132
四、石炭纪珊瑚礁与现代珊瑚礁分布特点对比	133
第三节 沉积相分析及主要沉积相类型	134
一、沉积相含义及其研究历史	134
二、沉积相标志及鉴别方法	137
三、沉积相类型及其沉积特征	144
四、主要代表性沉积相类型	147
五、岩相古地理特征	153
第七章 柴达木盆地石炭系烃源岩特征	157
第一节 烃源岩分布特征	157
一、烃源岩形成环境特征	157
二、烃源岩分布	157
第二节 烃源岩地球化学特征	160
一、有机质丰度	160
二、有机质类型	163
三、有机质成熟度	173
第三节 烃源岩有机相	179
一、沉积有机相划分依据	179
二、沉积有机相特征	179
三、沉积有机相变化规律	182
第四节 烃源岩评价标准的建立及烃源岩评价	186
一、烃源岩评价标准	186
二、烃源岩评价	192
第八章 柴达木盆地石炭系油源对比	196
第一节 烃源岩生物标志化合物特征	196
一、古近系—新近系烃源岩	196
二、侏罗系烃源岩	199
三、石炭系烃源岩	200
第二节 石炭系油气显示特征及分布	206

一、油砂点特征	206
二、石炭系油砂地球化学特征	208
第三节 油源分析	213
一、石炭系油砂油源分析	213
二、混源油类型及其油源分析	217
第九章 柴达木盆地石炭系后期改造与变形特征	222
第一节 柴达木盆地石炭系构造变形	222
一、地表露头区石炭系构造特征	222
二、中、新生界覆盖区石炭系构造特征	226
第二节 岩浆活动对石炭系的热改造作用	231
一、柴达木盆地岩浆活动	231
二、岩浆活动对石炭系的改造作用	233
第三节 石炭系隆升剥蚀与热演化过程	234
一、盆地西缘阿尔金山地区的隆升与冷却历史	234
二、盆地南缘东昆仑山的隆升与冷却历史	237
三、柴达木盆地东部区域冷却历史	239
四、柴达木盆地石炭系埋藏与热演化历史	240
第十章 柴达木盆地石炭系油气资源评价	242
第一节 油气资源评价方法选择与参数确定	242
一、成因法	242
二、类比法	244
第二节 油气资源量计算	252
一、成因法计算结果	252
二、类比法计算结果	254
三、盆地油气资源分布	254
四、评价结果合理性分析	255
第十一章 柴达木盆地石炭系油气有利区预测	258
第一节 石炭系成藏条件综合评价	258
一、生油岩（烃源岩）特征	258
二、石炭系储层特征	259
三、石炭系盖层特征	260
四、石炭系圈闭特征	261
五、石炭系生储盖组合特征	261
第二节 有利区带预测	262
一、石炭系油气有利区预测	262
二、石炭系勘探有利区带或目标区预测	262
参考文献	269

第一章 柴达木盆地地质概况

柴达木盆地位于青藏高原北部(图 1-1),盆地周缘分别被祁连山、昆仑山和阿尔金山所限,是青藏高原北部的大型新生代山间盆地(图 1-2)。盆地南界为东昆仑中央断裂(简称昆中断裂),北界为宗务隆山断裂,西界为阿尔金断裂,具有特殊的盆山构造格局和岩石圈动力学背景。盆地东西长 850km,南北宽 150 ~ 300km,面积 $12.1 \times 10^4 \text{km}^2$;其中沉积岩面积 $9.6 \times 10^4 \text{km}^2$ 。盆地内发育了南华系—古生界、中生界和新生界 3 套沉积地层,经历了多期复杂的构造演化过程。中、新生界沉积岩最大连续厚度为 17200m。盆地行政区划隶属青海省,地理坐标东经 $90^\circ \sim 98^\circ$ 、北纬 $36^\circ \sim 39^\circ$ 。盆地内绝大部分为荒漠,缺水干旱;盆地周边为 3000 ~ 5000m 的高寒山区,自然条件恶劣。

柴达木盆地油气资源丰富,是我国西部三大含油气盆地之一。已发现的油田大部分分布于盆地西部的尕斯断陷及其周缘,主要产油层为古近系—新近系。盆地北缘已发现的油田是以侏罗系为烃源岩的原生油藏和古近系—新近系次生油藏。盆地气田除马海气田分布于盆地北缘外,其他均分布于盆地东部的三湖地区,为第四系自生自储生物气藏。上述油气田的分布状况显示,盆地西部茫崖坳陷为古近系—新近系油田分布区,北缘块断带是以侏罗系为油源的油田分布区,盆地东部三湖地区为第四系气田分布区。综合分析认为,石油远景资源量为 $21.5 \times 10^8 \text{t}$,剩余地质资源量为 $12.16 \times 10^8 \text{t}$;天然气远景资源量为 $2.5 \times 10^{12} \text{m}^3$,剩余地质资源量为 $1.86 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。石油和天然气探明率分别为 17.3% 和 12.3%,可见柴达木盆地石油天然气的探明程度很低,勘探潜力很大,是我国未来重要的油气资源战略接替区之一。

柴达木盆地由于面积大,海拔高,含油层系多,新生代地层沉积厚度大,长期以来一直是油气勘探的难点之一,也是青藏高原发育历史中的一个重大问题(Bally et al., 1986)。孙殿卿等(1958, 1956)利用地质力学观点深入研究和探讨了柴达木盆地的地质构造问题,对柴达木盆地内新生代地层的背斜所显示的雁行排列和反“S”形构造进行了详细深入的经典研究。区域构造研究结果显示,柴达木盆地在新世代以前很可能与西北侧的塔里木地块为一体,而周缘山系是在新生代才逐渐抬升的(党玉琪等, 2003)。近年来,由于柴北缘高压超高压变质带(许志琴等, 2003, 2001a, b, 1999; 杨经绥等, 2003, 2001, 2000, 1998; 杨建军等, 1994; 李怀坤等, 1999; 王惠初等, 2001)和盆山耦合构造体系研究的兴起,使得柴达木盆地及其北缘地区成为国际地学研究的热点之一。

第一节 柴达木盆地地层

柴达木盆地及周缘,地层发育较为齐全,但时有间断或缺失。根据现有资料,区内出现的最老地层仅见于柴达木盆地西北的邻近地区。如在阿尔金山北坡米兰群中测得麻粒岩、片麻状混合岩系的 U-Pb 年龄为 2426Ma,敦煌群的二云石英片岩、斜长角闪片岩中测得 Sm-Nd 年龄达 3487 ~ 3936Ma,它们应属太古宙,是盆地外围地区最古老的结晶岩系,分布局限。盆地边缘的元古宇和古生界出露则较为广泛,主要见于盆地北缘残山、盆地南缘祁漫塔格—布尔汉布达山、盆地西侧阿尔金山及盆地东侧鄂拉山等地区,它们断续成带或成片分布。据物探和部分钻探揭示,柴达木盆地中,古生界和元古宇亦有较广泛分布,

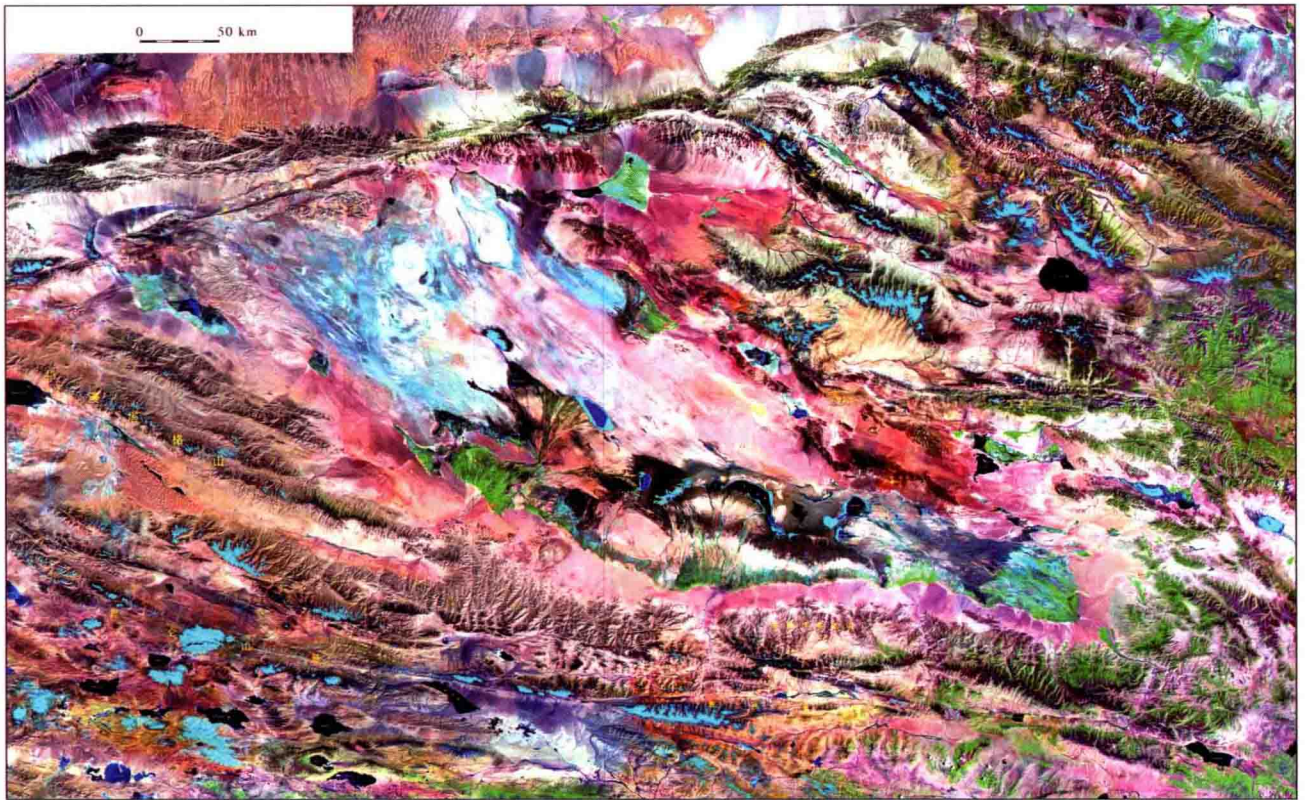


图 1-2 柴达木盆地 TM 遥感影像图

但它们埋藏深浅不一，是构成柴达木盆地前中生代地块的主体（图 1-3）。

中、新生代地层主要分布在柴达木盆地内及边缘残山地区，侏罗纪以来为内陆河湖盆地，是目前盆地内已知的主要烃源岩和油气储集的主要岩系，因而，对中、新生代地层研究较详。下面仅就柴达木盆地及周缘的地层概况由老而新做一概略介绍。

一、元古宇

在柴达木盆地周缘的元古宇存在沉积类型、岩浆活动及变质作用有显著差别的 3 套岩系：即古元古界活动型沉积，下部砂泥质岩-中基性火山岩-镁质碳酸盐岩系，上部为砂泥质岩系，经区域变质作用，具有以角闪岩相为主的多相变质，构成柴达木地块的结晶基底；中、新元古界长城系-青白口系为过渡型（次稳定型）沉积，长城系为石英岩-砂泥质岩系，蓟县系是碳酸盐岩系为主体，青白口系为砂泥质岩系，经受区域变质作用形成绿片岩相变质岩系，它们组成柴达木盆地第一个褶皱基底，即前震旦纪褶皱基底；南华系-震旦系为粗碎屑岩-碳酸盐岩间夹火山岩系，组成区内第一个稳定盖层沉积，并有冰成岩系展现。这 3 套岩系在柴达木盆地南、北缘的分布是有较大差异的，未能见到它们连续完整的剖面。

1. 古元古界

在柴达木盆地北缘地区古元古界称达肯大坂群（ Pt_1Dk ），由各种片麻岩、片岩、大理岩、角闪岩及混合岩组成，属角闪岩相。原岩为砂泥质岩-基性火山岩-富镁碳酸盐岩层系。未见顶底，出露厚度达 5669m。分布于阿尔金山南坡青新界山、俄博梁北山、赛什腾山、达肯大坂、绿梁山、锡铁山、全吉山、欧龙布鲁克及布赫特山一带，总体呈 NWW 向带状断续展布。

在柴达木盆地南缘古元古界称金水口群（ Pt_1Jn ）由片麻岩、片岩、麻粒岩、辉石岩、角闪岩、镁质大理岩及部分混合岩组成，属角闪岩相，局部属麻粒岩相。下岩组分布于东昆仑山北坡凯木都、天台山、

地层系统				厚度/m		地 层 柱	岩性综述	代表剖面	
界	系	统	组	组厚	累厚				
新 生 界	第四系								
	古近系—新近系	上新统	狮子沟组	702.5	3888.5		棕红色泥岩与灰色砾岩 互层夹棕灰色砂质泥岩、 泥质粉砂岩、泥灰岩	德参1井	
			上油砂山组	1127					
			下油砂山组	440					
		中新统	上干柴沟组	741.5					
			渐新统	下干柴沟组		827.5			
中 生 界	白垩系	下统	犬牙沟组	307	307		褐色泥岩、粉砂岩与灰白色中、细砂岩互层	大煤沟剖面	
			红水沟组	315.2					
	侏罗系	上统	采石岭组	119	1550.9		棕红色砂质泥岩、粉砂岩与砂岩		
			中统	大煤沟组		1029	紫红色、灰绿色砂岩（粉砂岩）—砂质泥岩—泥岩韵律层		
		下统	小煤沟组	87.7			灰黑、黑色泥页岩、碳质泥岩粉砂岩、砂岩，产可采煤层，中部夹砾岩		
							灰黄色细砾岩、粉细砂岩、深灰色黑色炭质页岩、煤层		
古 生 界	石炭系	上统	扎萨秀组	419.5	1966.8		灰、灰黑色砂质页岩与灰岩，局部夹煤线或煤层	石灰沟	
			克鲁克组	408			下段为黑色、灰色粉砂岩、碳质页岩、煤层、煤线、灰岩组成的韵律；上段为灰白色砂岩、页岩灰岩组成的韵律		
		下统	怀头他拉组	616.5			下段为灰绿色砂岩、页岩夹灰岩含煤线，上部为燧石灰岩，生物碎屑灰岩	城墙沟	
			城墙沟组	193			灰色中厚层状砂质灰岩及灰岩		
			穿山沟组	329.8			中厚层、厚层生物灰岩及鲕状灰岩	穿山沟	
			泥盆系	上统		阿本尼克组	392.2		392.2
	奥陶系	下统	石灰沟组	502.4	1368.7		黄绿色薄层砂、页岩、灰黑色薄层粘板岩	石灰沟地区	
			多泉山组	866.3			中上部灰色厚层燧石条带灰岩、薄层灰岩夹板岩、砾状灰岩；下部为厚层灰白色白云岩		
		寒武系	上统	上欧龙布鲁克组	200	944.3			上部厚层白云质灰岩、假鲕状灰岩、下部中厚层灰岩、白云质灰岩夹竹叶状灰岩
				中统	中欧龙布鲁克组		498		上部灰岩中厚层灰岩、竹叶状灰岩、下部灰-灰黄绿色薄-中厚层粉砂质灰岩
			下统	下欧龙布鲁克组	246.3				上部为碎屑岩段、以砂、页岩为主；下部为碳酸盐岩段，以白云岩为主

图 1-3 柴达木盆地地层岩性柱状图

金水口及清泉山一带,厚度在 2238 ~ 5675m。总的来看,自下而上原岩有碎屑岩和火山岩向碳酸盐岩演变的序列,在横向上由西往东上部碎屑岩和火山岩减少、碳酸盐岩增多、厚度减小;上岩组在东昆仑北坡分布最广,在金水口东山及小庙地区出露最完整,以片麻岩为主,厚度在 2754 ~ 4847m。在金水口群测得的最大年龄值为 $1846\text{Ma} \pm 109\text{Ma}$ 。

2. 中元古界

柴达木盆地中元古界包括长城系和蓟县系。长城系在柴北缘主要分布在布赫特山,在柴南缘断续分布于乌图美仁以东的开木棋、诺木洪南山及清水河、洪水河地区,以石英片岩、白云大理岩、黑云斜长云英片岩、石英岩、黑云斜长片岩、混合岩化黑云斜长片麻岩、变粒岩等为特征,厚约 700 ~ 2700m,未见底。

蓟县系,在柴北缘零星分布于赛什腾山和布赫特山等地,主要为绢云母石英片岩、千枚岩夹大理岩、白云岩,条带结晶灰岩夹含铁石英岩、硅质白云岩夹千枚岩及石英岩,含叠层石等,与长城系平行不整合,冰沟地区厚度大于 5000m,布赫特地区厚度大于 3000m。

3. 新元古界

柴达木盆地新元古界包括青白口系和震旦系。青白口系仅在柴南缘冰沟的沟脑一带见及,称丘吉东沟群 ($QnQj$),为一套以细碎屑岩为主的岩系,厚逾 1500m,以硅质、泥质白云岩、砂岩、石英砂岩、粘板岩、硅质板岩、碳硅质板岩夹一层胶磷矿粉晶白云岩,含微古植物,与下伏蓟县系冰沟群上岩组平行不整合接触。

震旦系全吉群 (ZQn): 分布于柴北缘的欧龙布鲁克、石灰沟、全吉山和大头羊沟一带,呈 NW—SE 向展布,由基本上未变质的砂砾岩、石英岩、砂页岩、白云岩富含叠层石,中部夹中基性火山岩、凝灰质砂砾岩、凝灰岩等组成。厚 1073 ~ 1314m。下与下元古界达肯大坂群角度不整合接触,上与下寒武统为整合过渡。自上而下分为 4 个岩组: ①红藻山组以泥、粉晶藻白云岩、叠层藻硅白云岩为特征,底部有约 70m 的凝灰质砂砾岩、砂岩、豆状凝灰岩,向上为具干裂交错层、波痕构造的含岩盐假晶的白云岩; ②石英梁组以石英岩夹含海绿石粉砂岩、含铁石英岩夹鲕状赤铁矿和安山岩、粗面岩含铁凝灰粉砂岩,底部为玄武岩、集块岩、具底砾岩。含铁粉砂岩 Rb—Sr 等时年龄为 731Ma,与下伏枯柏木组为平行不整合接触; ③枯柏木组以肉红色、紫灰色巨厚层—厚层具斜层理及波痕的石英岩、石英砂岩含粗—巨砾岩石英粉砂岩为特征; ④麻黄沟组长石砂岩、硬砂岩、巨层粗—巨砾粉砂岩,具底砾岩,发育斜层理及交错层,同位素年龄值为 Rb—Sr 等时年龄 834Ma,锆石 U—Pb 年龄为 871Ma。

区内全吉群从岩石组合和同位素年龄资料对比,红藻山组与扬子区的灯影灰岩相似,石英梁组与观音岩组和震旦系冰碛层相似,时代属震旦纪,而其下两个岩组与澄江砂岩或乌斯大桥群相当,属南华纪产物。石英梁组与枯柏木组间的平行不整合面应相当于澄江运动的产物。区内未见青白口系与全吉群的相互关系。

至于青海境内唯一被划归下寒武统的岩性,以冰碛岩系为特征,从岩相建造与同位素年龄资料看,它们应属震旦系冰碛层,《青海省区域地质志》将其分为上部皱节山组,下部黑土坡组,全吉山剖面所见皱节山组粉砂岩、细砂岩和白云岩、底部含砾白云岩,粉砂岩 Rb—Sr 年龄为 568Ma,与上覆中寒武统平行不整合,与下伏红铁沟组冰成岩系为过渡关系;中部红铁沟组为黄绿、紫红色冰碛砾岩,中部与顶部夹灰紫色含砾白云质冰川纹泥层,厚 17.5m,冰碛砾岩胶结物 Rb—Sr 等时年龄为 575Ma;下部黑土坡组泥质粉砂岩、砂质页岩含铁质结构 (33.2m)、含铁结核炭质页岩、砂板岩、细砂岩,含虫牙化石、微古植物 (78.5m),碳质页岩中 Rb—Sr 等时年龄为 590Ma 和 594Ma;底部为白云岩、灰色薄层粘板岩 (11.9m)。

从建造特点看,红铁沟组为典型冰碛层,其上下均为稳定环境下的碳酸盐岩、细碎屑岩沉积,而且 3 个组的 Rb—Sr 同位素等时年龄均在南方震旦纪范围之内,均大于寒武纪底界年龄,青海省境内只此一处且与震旦系连续沉积,从区域对比看,该区下寒武统应归属晚震旦世较为合适,至于区内的微体古生物等生物群有一个演化进程,通常跨越时限,不能作为划分时代的唯一依据。