

塔里木多旋回盆地 与复式油气系统

何治亮 罗传容 龚 铭 等著
肖玉茹 徐宏节 龙胜祥

中国地质大学出版社

塔里木多旋回盆地与复式油气系统

何治亮 罗传容 龚 铭 肖玉茹
徐宏节 龙胜祥 吴亚军 曾 涛 著
周凌方 段铁军 肖朝晖 周江羽

中国地质大学出版社

内 容 简 介

在多旋回叠加盆地演化历史及地球动力学背景研究的基础上,针对塔里木盆地多种原型盆地类型、多变形期、多变形方式及复杂变形过程等具体特点,研究了盆地构造变形的分层性和分区性,总结了复合变形作用和复合构造样式,分析了圈闭的成因、封闭样式及叠加、组合型式。在已知油气藏解剖的基础上,总结了四种成藏模式。根据塔里木盆地多烃源、多储盖组合、多运移通道、多圈闭类型和多生、排、运、聚、保、散等过程的成藏特点,提出并阐述了复式油气系统,建立了适合于多旋回盆地的包括坳陷、区带和圈闭的多级定量综合评价系统,评价了不同勘探目标的含油气性和勘探前景。

本书可供从事盆地分析、油气地质与勘探的科技人员和地质、石油院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

塔里木多旋回盆地与复式油气系统/何治亮、罗传容等著. —武汉:中国地质大学出版社, 2001.9

ISBN 7-5625-1659-6

I. 塔…

II. ①何… ②罗…

III. ①多旋回-盆地-塔里木②油气系统-复式

IV. P618

塔里木多旋回盆地与复式油气系统

何治亮 罗传容 等著

责任编辑:张晓红

责任校对:熊华珍

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路31号)

邮编:430074

电话:(027)87483101

传真:87481537

E-mail: cbo @ cug.edu.cn

开本:787毫米×1092毫米 1/16

字数:310千字 印张:12

版次:2001年9月第1版

印次:2001年9月第1次印刷

印刷:湖北省荆州市新华印刷厂

印数:1—300册

ISBN 7-5625-1659-6/P·564

定价:19.80元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

自 1952 年以来,塔里木盆地经历了曲折的勘探历程。1958 年的依奇克里克油田、1977 年的柯克亚油气田、1984 年的雅克拉油气田的发现曾使塔里木出现多个勘探高潮。“六五”以来,国家相继投入了大规模的勘探和攻关研究工作,取得了可喜的勘探研究成果。但应该看到该盆地油气勘探还存在着油气资源量与已发现的储量不匹配,油气勘探投入与油气储产量的增长不匹配,现有的勘探理论及技术方法与所面对的勘探对象不匹配等问题。塔里木盆地一直是一个有争议的盆地。某个领域的重大突破,常会使人产生“大油大气”的幻想,一旦勘探受阻,种种“不足”论调便会此起彼伏。但越来越多的人在认识其复杂性的同时,也看到其良好的勘探前景。

塔里木是一个小板块,显生宙经历了长距离的漂移,结晶基底条块分割具极强的不均一性,这种特点是塔里木板块具有很强活动性的深层原因。在相邻板块的复杂作用下,塔里木板块经历了古亚洲洋、古特提斯洋、特提斯洋和新特提斯洋四大演化阶段。在多旋回的演化过程中,形成了多种原型盆地,经历了多期叠加和改造过程,构成了早期统一、中期分割、晚期统一的格局,同时,具有多变的热体制。

塔里木盆地纵向上岩石力学性质的差异性和多期复合变形作用,形成了多种复合构造样式,控制了油气的形成与分布,形成了多种成因类型的圈闭,横向上构成了多种圈闭组合型式,纵向上构成了多种圈闭叠加型式。塔里木盆地油气资源总量大,但资源丰度偏低,油气总体上较分散,但局部可形成大规模富集,油气受古隆起古斜坡控制,沿断层成带分布,沿不整合面成片分布。

多旋回盆地演化形成了复式油气系统。多套烃源岩、多个生烃坳陷和多期生烃构成了复式烃源;原生、次生孔隙型储层与“改造型”储层构成了复式储集空间;多套区域性、局部性盖层与异常压力带构成了复式圈闭系统;大量发育的不整合、断裂、输导层及汇烃脊构成了复杂的输导网络;联合复合变形作用与多种沉积、成岩作用一起形成了复式圈闭系统;油气汇聚后的改造、重建封闭和保存,导致了塔里木盆地复杂的成藏史,形成一些复式油气聚集带。

经过深入勘探,盆地中已形成了阿克库勒凸起、雅-轮断凸、沙西凸起、牙哈背斜带、克拉苏盐下背斜带、塔中隆起、巴楚南缘断裂构造带、柯克亚背斜带等近 10 个油气区。已探明了一批大中型规模的油气田群,并已具有可观的产能。特别是塔河大油田和克拉 2 大气田的发现展示了塔里木盆地油气勘探的美好前景。但塔里木盆地的油气勘探在地区、层位、深度、类型上均极不平衡,还有不少勘探的空白地区,回旋余地大,可选择的领域和目标多。回顾和总结过去的经验教训,理清勘探思路,将勘探效果与经济效益结合起来,将近中期储产量的增长与中长期的战略储备结合起来,使塔里木油气勘探步入良性发展的轨道。

塔里木是一个“博大精深”的盆地,上述认识和观点同盆地多彩的现象和丰富的内涵相比,无疑显得苍白和肤浅。事实上,塔里木盆地的油气勘探工作还仅仅是开始,而我们所面临的领域还很广阔。我们期待着塔里木盆地勘探的深入,也期待着油气勘探开发更大场面的到来。

本书第一章由何治亮编写,第二章由龚铭、罗传容编写,第三章由徐宏节、段铁军、周凌方

等编写,第四章由罗传容、肖朝晖等编写,第五章由龙胜祥、肖玉茹等编写,第六章由吴亚军、徐宏节、何治亮编写,第七章由曾涛、周江羽编写,第八章由何治亮编写,全书由何治亮、罗传容、周凌方统稿、定稿。孙宝珊、康志江、余小宇、陈子元、江平等参与了部分章节的编写。王燮培、吴冲龙教授悉心指导了研究工作。中国石化集团新星石油公司和西北石油局在经费、资料等方面给予了大力协助和支持。周玉琦、蒋炳南、郭仁炳、康玉柱、张文献、翟晓先、高长林、郑显华、陈凯、孟庆梅、刘鹏生、陈正辅、周永昌、黄有源、叶留生、张希明、何发岐、罗宏、石彦、唐一丹、陈惠超、王根长、康志宏、林忠民、黄太柱、王士民、沈林克、江圣邦、刘继顺等专家对研究工作给予了精心指导和热情帮助,伍泓、韩萍等承担了大量管理性工作,在此一并表示诚挚的谢意。

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 多旋回盆地演化	(5)
第一节 板块构造背景	(5)
第二节 深部结构与基底	(6)
第三节 多旋回盆地演化	(8)
第四节 构造运动	(14)
第五节 热体制	(18)
第三章 构造变形与构造样式	(21)
第一节 岩石力学性质分析	(21)
第二节 构造变形层划分及变形史分析	(26)
第三节 板内形变特征	(32)
第四节 构造样式分析	(52)
第四章 圈闭类型与组合	(63)
第一节 圈闭展布规律	(63)
第二节 圈闭成因类型及封闭样式	(75)
第三节 圈闭叠加组合型式	(79)
第四节 圈闭层特征	(86)
第五节 非构造圈闭发育的有利地带	(98)
第五章 油气藏类型与成藏模式	(107)
第一节 油气藏产出状况	(107)
第二节 主要油气成藏模式	(111)
第六章 复式油气系统	(146)
第一节 复式成藏要素分析	(146)
第二节 复式成藏过程分析	(151)
第三节 阿克库勒复式油气系统	(157)
第七章 勘探目标分级评价模型	(166)
第一节 勘探目标分级评价思路及方法	(166)
第二节 圈闭综合评价地质模型与数学模型	(167)
第三节 圈闭评价流程框图及软件简图	(171)
第四节 含油气性综合评价结果分析	(171)
第八章 结论与勘探开发工作建议	(175)
第一节 关于塔里木盆地油气勘探评价的几个问题	(175)
第二节 塔里木盆地油气勘探的基本思路	(177)
主要参考文献	(179)

绪 论

在勘探技术突飞猛进的今天，如何为油气勘探注入更多的理性色彩，最大限度地减少勘探成本，提高勘探效益，是国内外各勘探和研究部门最为关心的问题。近年来，一些结合最新基础地质理论、油气地质理论和现代勘探成果的综合性和新思路已由国内外学者提出并得到了广泛地应用，如盆地分析、层序地层学、油气系统、石油构造分析、圈闭评价与油藏描述等。这些理论和方法在盆地资源评价、区带评价、圈闭优选和油藏开发等工作中起到了积极的作用。世界各大石油公司及研究机构均将这几个方面作为主要研究内容。在盆地油气富集与成藏规律的认识、提高圈闭钻探命中率、同时获得更理想的油气采收率和显著的经济效益等方面均有成功的范例和技术经济基础。

板块构造学说被喻为“地质学上的一场革命”，深刻地影响了近 40 年来沉积盆地的研究工作，导致了許多与之配套的盆地成因理论的提出，同时也使盆地研究从朴素的归纳逐渐迈向了理性的分析，产生了一批各具特色的盆地分析思路。在大西洋两岸被动大陆边缘研究中产生了裂谷盆地分析理论，在北美地台、波斯湾、俄罗斯地台等地区研究中产生了前陆盆地分析理论，在美国西部盆岭地区研究中产生了走滑拉分盆地分析理论。层序地层学、成因地层学为盆地充填研究提供了新的思路和方法。这些理论在世界范围的推广和发展使盆地分析理论日趋完善。中国学者在引进国外盆地理论研究中国盆地或外国学者研究中国盆地时都为中国盆地的固有特点所困惑，并被深深地吸引。Bally A.W. 所谓“中国型”盆地足以说明中国盆地的特殊性与复杂性。中国大陆“饱经沧桑”，形成了“个性很强”的盆地群（邱中健，1999），这也是中国产生众多大地构造流派和盆地理论，对一个地区和盆地的认识也众说纷纭的内在原因。

现代石油勘探自诞生之日起，就与构造分析结下了不解之缘。从最早的“背斜理论”（Logan W.E., 1884）到“构造学说”（McCoy A.W., Keyte W.R., 1934），都说明了构造与油气藏之间的内在联系。从 Russell W.L. 聚油构造分析和研究方法的系统阐述到 Lowell J.D. 油气勘探中构造样式的深入总结，石油构造分析深刻地影响了勘探目标的分析和总结。中国许多学者在研究中国盆地的石油构造时，应用并发展了这些理论，形成了一批具有特色的成果（王燮培等，1990）。其中在断块构造、古潜山、底辟构造、前陆褶皱构造等方面的研究尤为突出。在研究过程中，国内学者分别注意到了联合变形作用和复合变形作用所产生的特殊构造形迹（李四光，1954；丘元禧，1998）。以李四光为代表的地质学家更是提出了为世人瞩目的构造变形理论体系——地质力学（李四光，1979）。

石油勘探的中心内容是圈闭。McCollough E.H. 首次提出了“圈闭”一词。1934 年 Hubbert M.K. (1953) 从封闭机理上阐述了圈闭的概念：“储集层中被高势面非渗透性遮挡（或屏蔽）单独或联合封闭形成的低势区”。从 Clapp F.G. (1929) 开始，数十位学者分别提出不同的分类方案，包括 Levorsen A.I. (1967) 所提出的著名分类。1992 年 Milton N.J. 和

Bertram G.T. 提出了封闭样式的概念。圈闭理论已日趋完善。

同中国的盆地一样,中国的油气藏也具有很强的“个性”。在中国油气勘探过程中曾产生了“陆相生油”理论与“复式油气聚集带”等思想。60年代以来,中外学者先后提出了油气系统的概念(胡朝元等,1996;Dow W.G.,1972),随后 Perrodon (1980), Demaison (1984), Meissner (1984), Ulmishek (1986), Magoon (1987) 先后又提出了类似的概念,并分别赋予了不同的内在含义。吴冲龙等(1997)将其总结为结构图解法、模型类比法和成因分析法,认为将其改进后,可以分别用于3个层次级别“油气系统”的资源预测与评价,同时提出“建议拓广油气系统,使之适用于整个油气地质单元序列,成为石油地质学家从系统科学角度所看到的,研究对象与抽象模型相符合的,具有层次结构的新型地质实体”。采用定性定量相结合的系统方法,开展油气系统和成藏动力学模拟已成为一种新的研究方向(费琪等,1997)。Magoon 和 Dow (1994)定义油气系统为“一个自然的体系,其中包括有活跃的生油洼陷,所有与其有关的油气,以及形成油气聚集所必需的地质要素及作用”,应该说这种定义所描述的是一种单旋回、单生油洼陷的油气系统,对于多旋回多生油洼陷的中国许多盆地而言,需要一种新的油气系统。

70年代以来,在油气生成、运移、聚集理论方面取得了巨大的进展,同时也产生了多种综合评价的理论体系和方法。实行分层次、分阶段的勘探是世界上各大石油公司通用的方法。针对不同勘探对象形成了多种评价理论和技术方法,如盆地模拟与油气远景资源量评价,成藏动力学模拟与区带资源量评价、勘探层定量评价,圈闭定量描述、圈闭资源量计算与圈闭定量评价,油藏描述与油藏早期评价等,在系统化、规范化的前提下,实现评价过程的整体、关联、定时、定量是每个石油公司努力的方向。

但应该指出的是,这些形成于国外相对简单的盆地或勘探领域的理论和技术思路直接应用于相对复杂的中国含油气盆地,特别是中国中西部的大型多旋回盆地,表现出明显的局限性,影响了这些盆地油气资源的评价和勘探目标的选择。如盆地分析多以单旋回盆地的分析为主,对多旋回盆地演化历史和叠加方式的分析有待深入;盆地构造变形和构造样式研究主要侧重于单一变形期和单一应力条件下的变形作用和方式的总结,对多期和叠加应力场的复合变形作用尽管已为许多学者所重视,但需要进一步的总结和提升;油气圈闭的分类体系已日臻完善,但对纵、横向具内在联系的圈闭组合和叠加样式的总结有待加强;油气系统研究多局限于从单一烃源到圈闭的分析,对多烃源、多储盖组合、多通道、多圈闭和多生、排、运、聚、成藏、保存过程的复式油气系统的研究刚刚起步(王经军,1998;张厚福等,1999;何治亮等,1999);过去的勘探目标评价系统因过于简单,急需建立与复杂的多旋回叠加盆地相对应的勘探目标评价系统。

塔里木盆地是一个经历了四大演化阶段的典型多旋回叠加盆地,油气资源总量大(近200亿t),但盆内资源丰度差异很大。自50年代以来,该盆地经历了曲折的勘探历程,已发现了数十个油气田,积累了丰富的勘探及研究成果。尤其是最近塔河、克拉2两个超亿吨级油气田的发现展示了优越的油气勘探前景。经过原石油部、原地矿部及中国科学院、教育部等部门“七五”、“八五”以来的联合攻关,对塔里木盆地构造背景、构造演化、构造变形、圈闭及油气藏等方面的认识均取得了重要的进展。

受勘探程度和研究深度等因素的制约,同时,由于塔里木地质条件与演化历史的特殊性与复杂性,在构造变形、圈闭与油气藏研究方面尚存在许多亟待解决和探索的问题。

在分析国内外众多学者大量研究成果的基础上,针对“八五”及前期塔里木构造变形、

圈闭及油气藏研究存在的主要问题，结合“九五”期间塔里木盆地油气勘探开发所取得的各项成果，明确研究的主攻方向及技术路线为：在多旋回叠加盆地演化历史及地球动力学背景研究的基础上，立足于勘探开发实践过程，针对塔里木盆地多原型盆地类型、多变形期、多变形方式及复杂变形过程等具体情况，研究塔里木盆地构造变形分层性和分区性，总结复合变形作用和复合构造样式，分析圈闭的成因、封闭样式的叠加组合型式。在已知油气藏解剖的基础上，总结各种成藏模式。根据塔里木多烃源、多储盖组合、多运移通道、多圈闭类型和多生、排、运、聚、保、散等过程的成藏特点，总结复式油气系统，建立适合于塔里木盆地的包括坳陷、区带和圈闭的多级定量综合评价系统，评价不同勘探目标的含油气性和勘探前景，技术路线见框图（图 1-1）。

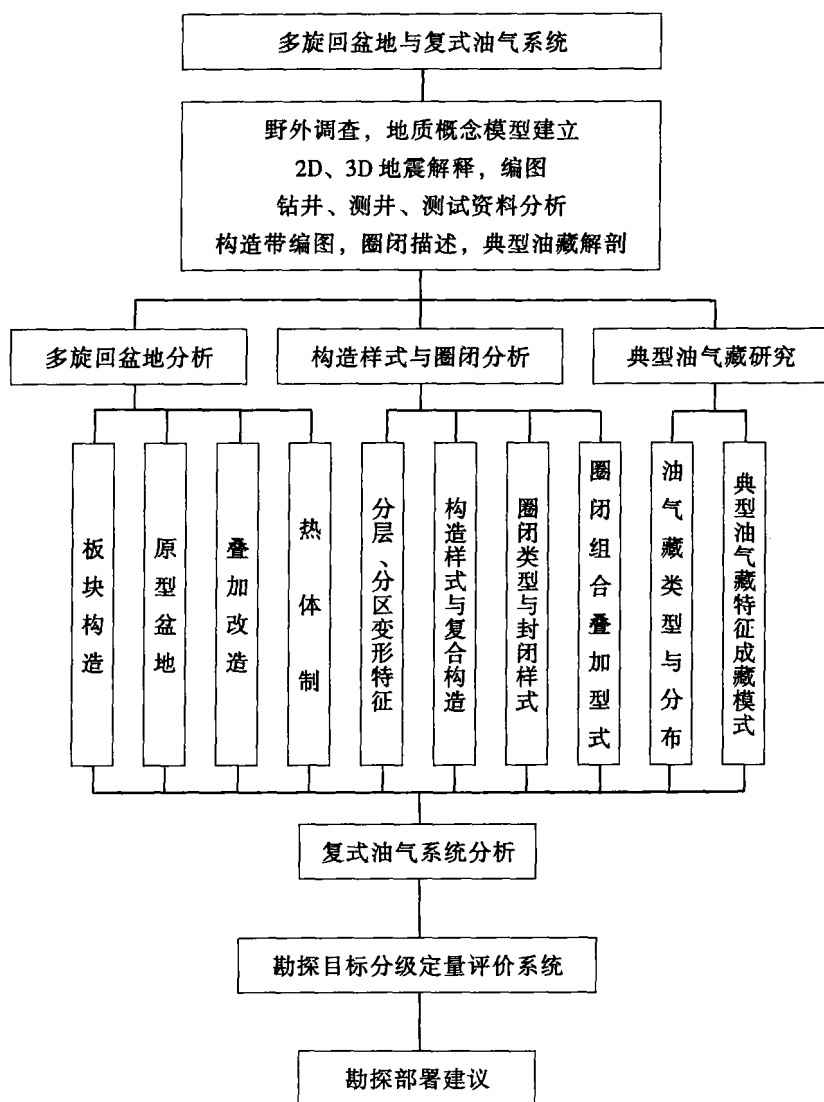


图 1-1 技术路线框图

Fig.1-1 The block scheme of technical thinking for the study

1996年以来,在完成大量野外调查、地震解释、油藏解剖和关键技术研发的基础上,采用板块构造、盆地分析、油气系统、圈闭评价等基本理论和方法,针对塔里木盆地复杂的地质特点,较系统地提出了以多旋回盆地叠加改造—复合构造样式—复式油气系统—勘探目标分级定量评价的基本思路,主要成果包括:

(1) 深入总结了塔里木盆地构造变形的地球动力学背景,将塔里木盆地划分为古亚洲、古特提斯、特提斯、新特提斯四大演化阶段,分析了各阶段盆地原型和构造变形的动力学背景与盆地的改造。根据岩石力学性质,指出盆地内存在4个主要滑脱层系和9个次要滑脱层系。将盆地划分为4个变形域,19个变形区。总结了各变形区的变形特征,划分出压缩、伸展、走滑、重力类构造样式。通过较系统地研究盆地的复合变形作用,首次划分了塔里木盆地的复合构造样式。

(2) 在全面收集、分析全盆圈闭资料的基础上,从圈闭形成的地质背景入手,对圈闭的分层、分区性发育展布特征进行了论述。结合大量实例分析了圈闭成因和封闭方式,总结了塔里木盆地圈闭叠加型式、组合型式。

(3) 对全盆地42个探明或基本探明的油气田和69个油气藏产出状况、地质特征进行了统计和分析,并进行了分类。对西达里亚 T_{II} 、塔河3号、雅克拉、塔中4号等典型油气田进行了解剖,用动态发展和相互联系的观点,对全盆地油气藏形成机制和发展演化进行了概括,提出了早期成藏长期保存式、早期成藏后期改造式、中晚期多期成藏式、晚期一次成藏式等4种成藏模式,总结了油气分布规律。

(4) 在典型油气藏解剖基础上,根据塔里木盆地油气聚集层位多、油气混源明显和多期成藏等特点,首次提出了“复式油气系统”的研究思路。多套烃源岩、多生烃坳陷和多次生烃构成了复式烃源;原生和次生孔隙与溶蚀及裂缝作用产生的“改造型”储层构成了复式储集空间;各类盖层及异常压力带构成了复式封闭系统;大量发育的不整合、断裂系统、输导层及汇烃脊构成了复杂的输导网络;联合变形作用、复合变形作用与多种沉积、成岩作用一起形成了各种圈闭的组合、叠加型式,构成复式圈闭系统;油气聚集后的改造、重建封闭和保存导致了塔里木盆地复杂的成藏史。

(5) 建立了塔里木盆地勘探目标分级定量综合评价系统。本系统抓住“资源丰度、供烃强度、聚集能力”3个关键环节,确定了分级评价的地质模型,分别选取了25个地质参数,建立了三级评价的数学模型,来分别求取背景系数、环境系数,并最终对各勘探目标赋值,依此作为勘探目标选择的依据。最后提出了油气勘探思路、勘探目标选择和勘探工作建议。

在研究过程中,本书作者们有幸参与了塔河油田发现与建设过程中部分关键问题的攻关,及时提交了近十份勘探部署建议,实现了研究成果向油气勘探生产的快速转化。

多旋回盆地演化

地质历史大多是由一系列的大洋演化旋回所组成的，而每一个旋回都不可避免地以造山运动为终结。塔里木盆地是一个典型的多旋回盆地。“七五”、“八五”以来的科技攻关，明确了塔里木盆地主体为陆壳克拉通盆地，盆地演化先后受古亚洲及特提斯两大构造域的影响，形成了上下两个盆地演化阶段和二世代盆地的叠加复合。采用成熟的盆地分析理论，结合中国盆地的具体特点，一些学者对不同地区不同阶段的盆地原形进行了系统地阐述，较深入总结了不同期次（层系）、不同部位变形特征，奠定了我们进一步研究的基础。

第一节 板块构造背景

塔里木板块北邻哈萨克斯坦板块和西伯利亚板块，南接特提斯羌塘板块和柴达木板块，处于几个板块的交汇处，是构造最活跃和地貌最壮观的地带（图 2-1）。

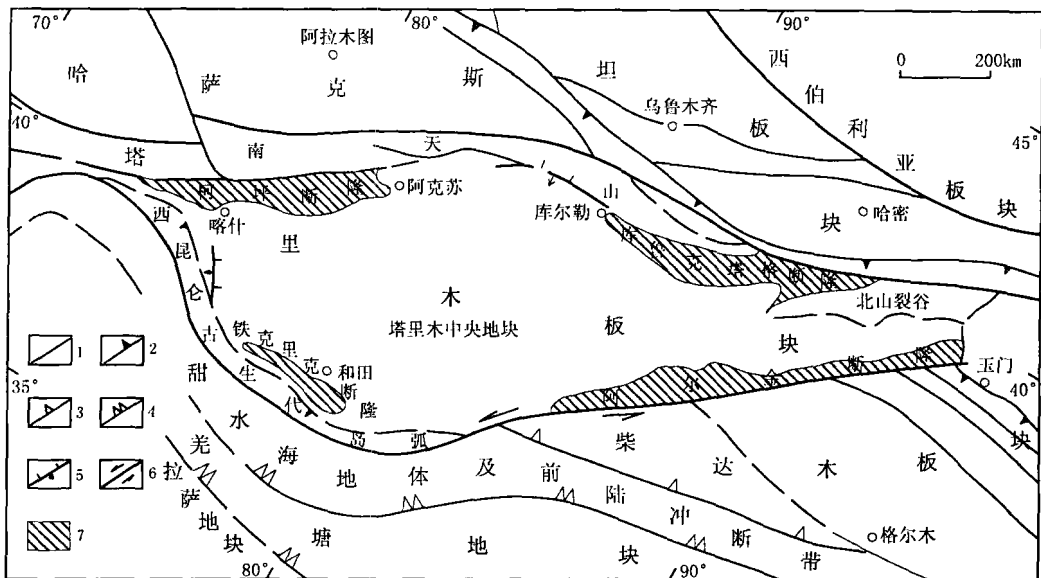


图 2-1 塔里木板块及邻区板块构造区划图（据张光亚等，1994）

Fig.2-1 Schematic map showing the division of Tarim Plate and the adjacent plates

1. 板块边界；2. 早古生代俯冲-缝合带；3. 晚古生代俯冲-缝合带；4. 中生代俯冲-缝合带；
5. 逆冲断层；6. 走滑断层；7. 前震旦系出露区

一、长距离漂移的小板块

塔里木板块自新元古代解体后经历了长距离的漂移。这个仅相当于北美、非洲板块1/20左右的小板块自显生宙以来,经历了从南纬30°到北纬40°长距离的漂移并发生了近90°的旋转(方大钧等,1996)。在与其他板块如哈萨克斯坦、西伯利亚、中朝、羌塘-冈底斯、印度等大大小小的板块以及更小尺度的地体间的分离、敛合、拼贴、碰撞过程中,形成了多变的地球动力学背景。也正是在这种多变的背景下,板块的内部和边缘形成了多种成因机制盆地的联合和复合,产生了复杂的沉降、沉积、抬升、剥蚀、岩浆活动、变质作用等丰富多彩的内外地质作用(图2-2)。

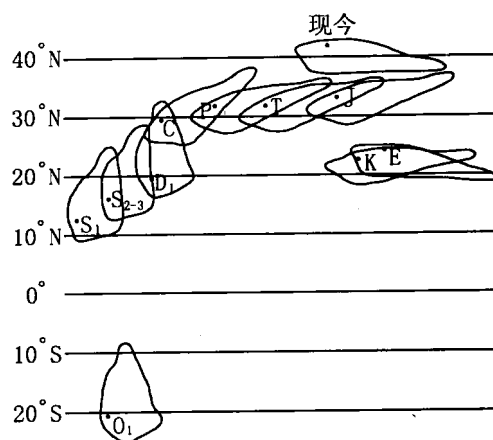


图2-2 塔里木板块显生宙运动模式图(据方大钧等,1996)

Fig.2-2 Schematic depiction on the movement model of Tarim Plate in Phanerozoic

二、板块边界

塔里木盆地自显生宙以来发育数条板块边界,其中古生代—三叠纪存在4条主要板块边界,即:北部的汗腾格里峰—库米什—星星峡缝合线,西南部库地缝合线和康西瓦缝合线以及东南部的阿尔金转换缝合线。

第二节 深部结构与基底

一、深部结构

1992—1994年,原中国石油天然气总公司在塔里木盆地测制了三条纵贯盆地天然地震转换波测深剖面(邵学钟等,1994)。这三条剖面分别穿越了库车坳陷、沙雅隆起、满加尔坳陷、卡塔克及巴楚隆起和西南坳陷。

从图2-3可看出,塔里木盆地可分出9~13个转换界面。其中基底及其以下可分出5个界面,分别为结晶基底顶面(相当于盆地基底B面)、上部地壳底面(G面)、中部地壳底面(C面)、下地壳内部界面(C_1 面)和地壳底面(M面);上地幔顶部还分出2个界面, M_1 面和 M_2 面(贾承造等,1996)。

据天然地震转换测深剖面分析可知,塔里木盆地深部断裂较为发育,向下,多数都断入了上地幔,向上,盆缘断裂多断开了盆地盖层。盆地深部主要发育了3组断裂构造。

第一组:盆地北缘断裂系,主要发育于盆地北部及其周缘,为超壳断裂。

第二组:盆地南缘断裂系,主要发育于盆地南部及其周缘,为超壳断裂。

第三组:盆地内部隆起反冲断裂系,主要发育于卡塔克隆起南北两侧。亦为超壳断裂,但向上部分切穿盖层。

塔里木盆地深部结构具有以下特征:

(1) 结晶地壳内发育五个界面,分别属于地壳内上、中、下及其内部的分界面。这些分

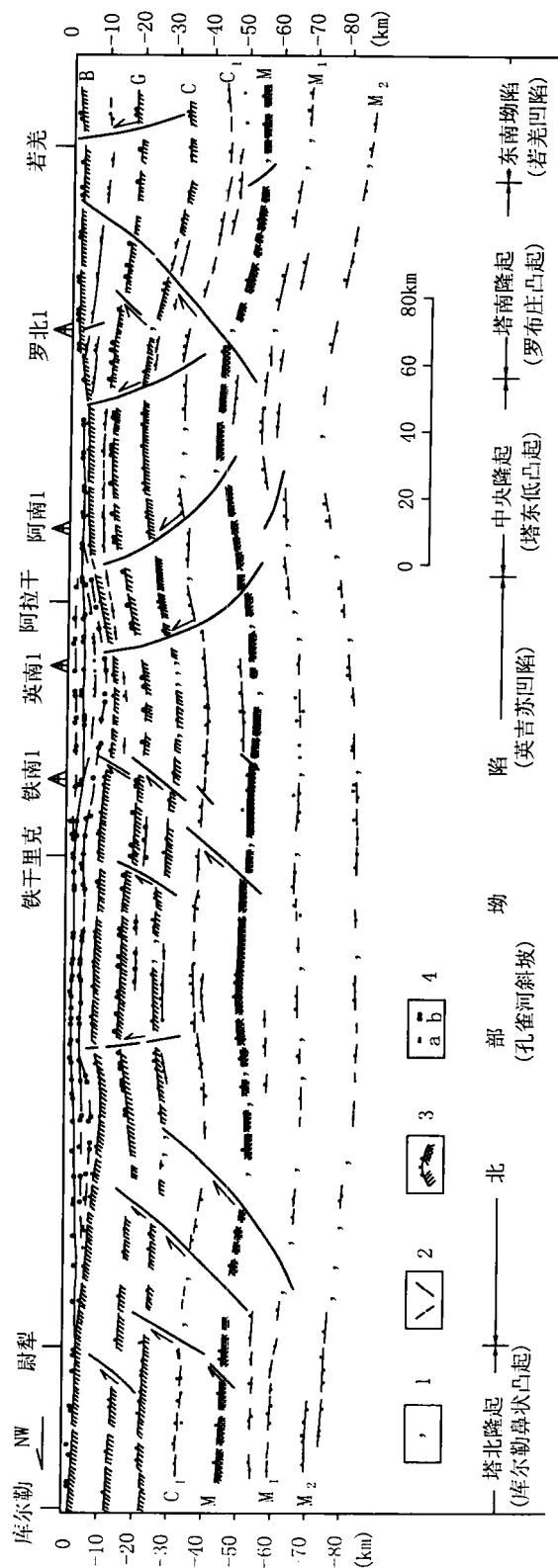


图 2-3 库尔勒—若羌天然地震转换波测深剖面 (据邵学钟等, 1994)

Fig. 2-3 The depth sounding profile of natural seismic converted wave across Kuerle - Ruqiang

1. 转换界面模糊或缺失地段; 2. 推测断裂或韧性剪切带; 3. 转换界面; 4. a、b 分别为正、负相转换点

界面上追踪对比性良好,下部较差,整体揭示了塔里木盆地地壳的分层性,层圈结构明显。

(2) 地壳内各界面形态明晰,并近平行展布,起伏较小,横向变化不大。

(3) 地壳内超壳断裂发育,性质为逆冲,按其形成和组合方式,分为盆地北缘断裂系,盆地南缘断裂系和盆地内部隆起反冲断裂系。

(4) 塔西南拗陷内所有地壳界面一致强烈下沉,且各层厚度也急剧增大,界面由于弯曲而强烈破碎。而在巴楚隆起之下,以断裂为界,两侧岩石圈结构有明显差异,两侧中、下地壳及壳下岩石圈界面不连续。推测前者为岩石圈内大型犁式推覆系统所致,后者为超壳断裂逆冲所致。

(5) 自中、新生代以来在南北向挤压应力场作用下,塔里木盆地岩石圈各层和界面都以发生强烈的准同步的挠曲变形为其特征,这可能是引起沉积盖层的相应变形和大量断裂产生的深部原因,而上地壳的升降则是对区域挤压应力场作用的被动响应(贾承造,1997)。

二、基底结构及主要岩性

塔里木盆地具有统一的前震旦系古老陆壳基底,最老地层为太古宇。基底起伏与莫霍面隆拗一致。基底结构具有不同磁性的岩块相间排列,并为后期增生的元古宇变质岩系所包裹,同时发育呈网状的基底断裂,表现具有条块分割,非均一性强的基底面貌(滕吉文,1991)。重要基底岩性简述如下:

(1) 太古宇托格拉克布拉克群(简称托格群):岩性主要由片麻岩、变质岩、混合岩及少量斜长角闪岩组成,主要分布于库鲁克塔格。此外,铁克里克出露的喀拉什群也可与之对比。平均磁化率为 $(800 \sim 1\,000) \times 10^{-5} \text{SI}$ 。

(2) 古元古界兴地塔格群,由十字石、石榴石、蓝晶石、矽线石、黑云母和石英组成的石英岩、大理石、石英片岩和云母片岩组成。阿克苏群可与之对比,平均磁化率为 $(50 \sim 100) \times 10^{-5} \text{SI}$ 。

(3) 中元古界长城系波瓦姆群(库鲁克塔格地区)和巴什库尔干群(阿尔金山地区)岩性以石英岩、大理岩和片岩为主,基本上无磁性。蓟县系爱尔基干群(库鲁克塔格地区)和塔什达坂群(昆仑山、阿尔金山)岩性为含镁质较高的碳酸盐岩和一套绿片岩组成。

(4) 新元古界青白口系的帕尔岗塔格群为一套浅海相碎屑岩和富含叠层石的浅海相碳酸盐岩。肖尔库里群可与之对比,该套地层基本无磁性。

第三节 多旋回盆地演化

塔里木盆地的性质因所处大地构造位置及演化阶段不同而发生变化。也就是说,不同的演化阶段形成了不同的盆地原型(图2-4,表2-1)。

一、塔里木盆地基底形成阶段

塔里木盆地基底固结于中一新元古代末,基底具有三层结构,下层为中—深变质基底,由具磁性和较高密度的太古宙角闪岩相—麻粒岩相变质岩组成,一般埋深10~20 km;中层为中—浅变质基底,由古一新元古代低角闪岩相—绿片岩相变质岩组成,厚达6 km;上层由前震旦纪末变质—低绿片岩相变质的台地沉积物组成。在经历太古宙—元古宙漫长的地史演化后,最终以塔里木运动(Z/AnZ)为标志,塔里木基底固结定型,并形成稳定的克拉通。

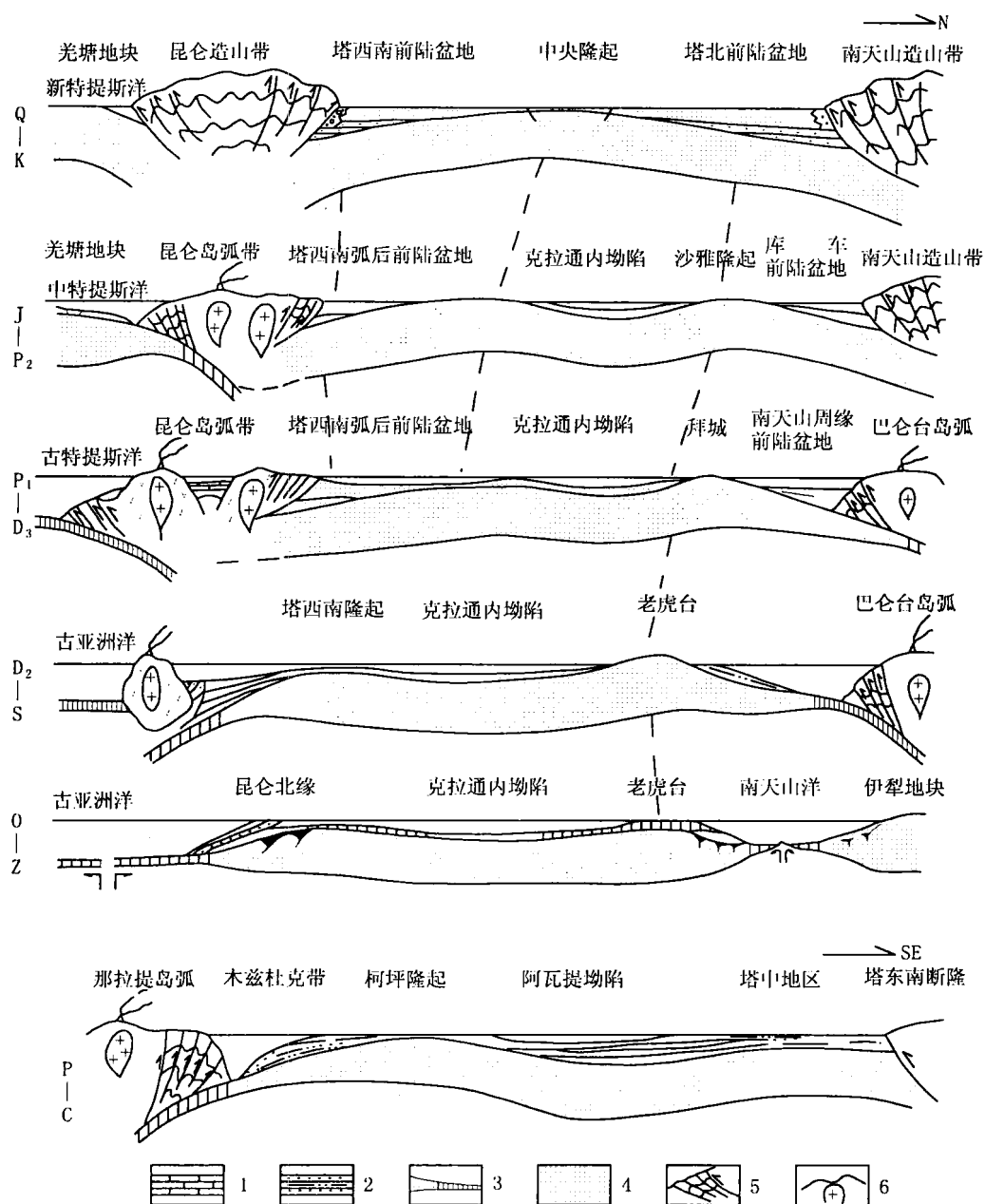


图 2-4 塔里木盆地构造演化示意图

Fig.2-4 Schematic depiction on the tectonic evolution of Tarim Basin

1. 碳酸盐岩; 2. 碎屑岩; 3. 洋壳; 4. 陆壳; 5. 冲断带; 6. 岛弧带

表 2-1 塔里木盆地构造演化阶段、盆地类型及主要板块运动事件

Table 2-1 Table of tectonic evolution stages, basin types and the major plate movement events in Tarim Basin

地质年代		地震波组	演化阶段	主要构造运动	盆地类型			主要板块运动事件
					南部及周缘	中部	北部及周缘	
第四纪 Q		T ₃ ⁰	新特提斯碰撞挤压阶段	喜马拉雅晚期运动	碰撞前陆盆地			印度大陆与欧亚大陆碰撞,并持续向北推挤
新近纪 N				喜马拉雅早期运动				
古近纪 E								
白垩纪 K								
侏罗纪 J		T ₄ ⁰	中特提斯挤压体制下局部走滑阶段	燕山早期运动	走滑盆地	陆内坳陷盆地	库车前陆盆地	古特提斯洋关闭,康西瓦缝合线形成
三叠纪 T		T ₄ ¹		印支运动				
二叠纪 P	晚二叠世	T ₅ ⁰	古特提斯聚敛体制下局部伸展阶段	海西晚期运动	弧后前陆盆地	克拉通(内)局部伸展坳陷盆地	周缘前陆盆地	南天山洋关闭,汗腾格里缝合线形成
	早二叠世	T ₅ ¹						
石炭纪 C		T ₆ ⁰	古亚洲洋开合阶段	海西早期运动	周缘前陆盆地	克拉通(内)坳陷盆地	被动大陆边缘盆地	西昆仑早古生代岛弧与塔里木大陆碰撞,库地缝合线形成
泥盆纪 D	晚泥盆世			加里东晚期运动				
志留纪 S	早—中泥盆世			加里东中期运动				
奥陶纪 O	中、晚志留世							
	早奥陶世	T ₇ ⁰	拉开亚阶段		被动大陆边缘盆地	克拉通(内)坳陷盆地	库鲁克塔格拗拉槽盆地	伊宁地块从塔北缘分裂,塔北缘被动大陆边缘形成
	中、晚奥陶世	T ₇ ¹						
寒武纪 C		T ₈ ⁰						
震旦纪 Z	晚震旦世	T ₉ ⁰						
	早震旦世							
青白口纪 Qn		T ₁₀ ⁰	基底形成阶段	塔里木运动	塔里木克拉通形成			西昆仑地块从塔西南缘分裂,西南缘被动大陆边缘形成
蓟县纪 Jx								
长城纪 Ch								
古元古代 Pt ₁				兴地塔格运动				

二、震旦纪—中泥盆世古亚洲洋开合演化阶段

(一) 震旦纪—奥陶纪拉开亚阶段演化及原型盆地

震旦纪是早期塔里木盆地形成演化的重要时期,经塔里木运动而形成的塔里木克拉通周边出现了扩张和分裂。在北缘,准噶尔地块沿艾比湖—星星峡断裂从塔里木板块分离出来,中亚洲洋开始形成。

与这一离散作用相对应南天山洋初具雏形,因而塔里木北缘形成一个北深南浅的被动大陆边缘。在库鲁克塔格地区震旦系发育一套厚度巨大富含火山岩的活动型裂谷建造,而寒武系—奥陶系则发育一套碳酸盐岩夹碎屑岩建造。

在盆地内部东西有别,地震结构和钻井揭示,西部寒武系—奥陶系为台地相碳酸盐岩,沉积和沉降中心位于塔里木中央地区,沉积厚度最大,向南向北逐渐减薄,反映塔里木为一

宽缓克拉通内部拗陷，而东部构造性质较复杂。根据地震剖面分析：①满加尔拗陷及草湖凹陷的西缘在寒武纪—奥陶纪时期存在明显的斜坡相带，并以斜交地震反射结构为特征。斜坡相沿阿克库勒凸起东缘，往南经满参1井附近延伸至且末与若羌之间，消失于且末断裂以北。该斜坡相平面上展布呈向西凸出的宽缓弧形，并不明显收敛于库鲁克塔格地区；②满加尔地区震旦系在地震剖面上也具不明显断陷特征。基于此，可以认为库鲁克塔格拗拉槽并未延至满加尔地区，而满加尔可能为库鲁克塔格拗拉槽西南端的端部效应所致，拗陷区即为拗拉槽西南端的辐射区。

在盆地南缘，由于伸展作用，沿西昆仑库地断裂产生地壳扩张，早震旦世昆仑洋（亦称库地洋）初具雏形，晚震旦世—寒武纪扩张定型，奥陶纪开始由北向南俯冲消减，这一推论从西昆仑北带南震旦系主要为—套大理石与绿片岩互层建造，而绿片岩代表早期的大洋拉斑玄武岩（潘裕生，1990）的事实得到了证明。由上述分析可知，这一阶段，塔里木盆地及周邻主要发育3种原型盆地：

（1）库鲁克塔格震旦纪拗拉槽：该拗拉槽位于库鲁克塔格地区，早震旦世初开始形成，晚震旦世末萎缩，其上为寒武纪拗陷沉积层所覆，其沉积特征序列和岩石组合特征反映了塔里木克拉通北缘初始拉张的过程。

（2）北缘被动大陆边缘盆地：位于现今塔里木盆地北缘及南天山一带，北深南浅，呈向北开阔状。这一格局从寒武纪开始，持续到奥陶纪末。其岩性组合在库鲁克塔格地区，主要以半深海盆地相的黑灰色硅质泥岩、泥晶灰岩组合为特征，古生物既有底栖三叶虫，又有浮游型三叶虫，而柯坪地区，则发育一套含石膏层和石盐假晶的碳酸盐岩组合的浅海台地相，而主要以底栖三叶虫为主。

（3）南缘被动大陆边缘盆地：位于现今塔里木西南南缘及昆仑北一带，南深北浅，呈向南开阔状，其沉积特征和岩石组合以被动大陆边缘环境碳酸盐岩夹碎屑岩建造为主。

（4）克拉通拗陷盆地：盆地主体位于塔里木中央，主要发育一套台地相、斜坡相的碳酸盐岩夹碎屑岩建造。

（二）志留纪—中泥盆世致密亚阶段演化及原型盆地

在塔里木板块南缘，志留纪开始，昆仑洋沿库地—奥依塔格断裂向南俯冲、逐渐消减于西昆仑古生代火山弧之下，洋盆逐渐萎缩。至早、中泥盆世，塔里木陆块与西昆仑岛弧已开始不均匀碰撞，早期较宽广的洋盆已接近消亡。中泥盆世末，昆仑洋最终闭合，库地缝合带形成。与这一阶段相对应的盆地原型是塔西南周缘前陆盆地。

在塔里木板块北缘，南天山洋洋壳开始向巴伦台岛弧之下缓慢消减，标志着南天山洋开始萎缩，但这种消减和萎缩并未改变南天山洋的性质，在靠近塔里木板块一侧，仍存在一明显的被动大陆边缘。

这一阶段的原型盆地有3种类型，即北缘的被动大陆边缘盆地，塔西南周缘前陆盆地和塔里木板块内部克拉通拗陷盆地。

（1）塔西南周缘前陆盆地：位于塔西南缘及西昆仑北带一侧。由于后期的改造作用，盆地沉积实体保存不全。志留系仅在公格尔西侧有分布，为一套具浅变质的碎屑岩夹碳酸盐岩，含海百合茎化石，出露厚度大于1 000 m。据地震波组对比，和田一带向昆仑山前厚度逐渐增大，中、下泥盆统则主要为—套潮间—潮上环境的红色碎屑岩沉积，主要岩性有石英砂岩、粉砂岩、钙质泥岩夹灰岩等。

（2）被动大陆边缘盆地：基本继承奥陶纪盆地格局。志留纪西段托云附近为陆棚—滨海