

国家自然科学基金资助项目

塔里木北缘库车陆内挠曲盆地 构造演化与油气远景评价

杨 庚 钱祥麟 郭 华 著

地质出版社

TARIM BEIYUAN KUCHE LUNEI NAQU PENDING GOUZAO YANHUA YU YOUQI YUANJING PINGJIA

国家自然科学基金资助项目

塔里木北缘库车陆内挠曲盆地 构造演化与油气远景评价

杨 庚 钱祥麟 郭 华 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

以造山带隆升和盆地形成耦合分析为主线,通过对构造变形、盆地沉积、盆地沉降、造山带隆升过程和盆地构造演化的研究,重塑了古生代天山造山带在中新生代构造活动、剥蚀隆升的历史。认为塔里木北缘库车陆内挠曲盆地与天山造山带造山作用和前陆冲断构造发育密切相关,其沉积和变形特征不仅记录了天山造山带演化过程,同时也成为塔里木盆地油气聚集的重要场所。

图书在版编目(CIP)数据

塔里木北缘库车陆内挠曲盆地构造演化与油气远景评价/杨庚,钱祥麟,郭华著.

-北京:地质出版社,2003.3

ISBN 7-116-03748-9

I. 塔… II. ①杨…②钱…③郭… III. 塔里木盆地-石油天然气地质-研究 IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 000940 号

责任编辑:刘亚军 杨绥华 张寿庭

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

电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324578(编辑部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787mm×1092mm¹/₁₆

印 张:8

字 数:195千字

印 数:1—800册

版 次:2003年3月北京第一版·第一次印刷

定 价:20.00元

ISBN 7-116-03748-9/P·2339

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

造山带和盆地分析,是当今地质科学研究的两大主流。研究造山带可为我们提供地球演化历史的最基本信息 (Sengor, 1990)。造山作用一般发生在板块汇聚边缘,板块作用不仅可形成造山带,而且由于大陆岩石圈的相互作用可产生一系列与造山带相关的盆地。没有盆地就没有石油,因而沉积盆地成为石油地质学家的主要研究对象,盆地分析是随着油气勘探的需要而发展起来的一门综合性很强的学科。岩石圈板块大地构造控制了沉积盆地的形成和发展,而盆地的形成和发展又控制了油气的生成、运移和聚集,因此,岩石圈板块构造理论成为盆地分析的理论基础,盆地的形成是板块作用不同阶段的结果。

从板块作用控制盆地动力学系统来讲,可将盆地分为三类:①裂陷盆地;②压陷盆地;③走滑盆地(刘和甫,1986)。裂陷盆地是通过岩石圈伸展形成的盆地,压陷盆地是通过岩石圈板块弯曲产生的盆地。在汇聚造山作用体制下,汇聚作用可形成造山带及与造山带相邻的前陆盆地。据统计,世界上发现的超级大油田有四分之一储存在这类盆地中,如世界上著名的西伯利亚盆地,伏尔加盆地,北美的阿科马盆地,阿尔伯达盆地,美国落基山前陆盆地,喜马拉雅山前陆盆地都属于这一类型。Oliver (1990, 1986) 又揭示了造山带和前陆盆地成油的构造关系,为前陆盆地找油提供了理论基础。由于板块碰撞作用,在造山带的前陆区发育有一系列冲断推覆构造,这些冲断推覆构造对油气藏的生、储、盖具有极为重要的作用,有可能造成良好的油气藏形成条件,所以逆冲带也成为重要的含油气构造研究领域。因此,应用现代板块构造理论为指导,对推覆构造带的油气研究无疑是挤压构造盆地油气勘探突破上最重要的思路,美国落基山推覆构造带的油气勘探史就是一个成功的范例。

20 世纪 60 年代中期发展起来的板块构造学,重新解释了地球表面大尺度地质演化史。但是板块构造的基本原则:岩石圈大板块刚体运动在应用到大陆内部还有一些新的问题,而在全球尺度上板块构造学的成功促使地球科学家,根据一段过程去分析中亚地区这么大变形特征现象,从而获得大陆如何发生变形的定性分析 (Molnar, 1988)。中亚是最大的陆内变形区,受特提斯区构造演化,尤其是印度板块与欧亚板块之间持续的陆-陆碰撞作用影响,出现范围广阔的陆内变形区。印度次大陆与到亚洲大陆碰撞形成世界上最高的山——喜马拉雅山和最大、最高的高原——青藏高原;而在 3000 km 宽的活动区内,像塔里木盆地与周边天山和青藏高原相比,似乎并未经受过任何强烈变形。在地球表面上看到的变形似乎是不均匀的,而且不能用精确小刚性块体相对运动来描述。板内造山作用形成的中生代天山造山带已超出经典的板缘构造解释范围,并成为大陆地质研究最重要的课题之一,对板内造山作用的研究可充实和发展大陆地质学中的板块构造学理论,因此,对中亚天山造山带的研究显得日益重要,探索其造山带的演化为解决上述问题可提供丰富的地质论据。天山造山带位于塔里木盆地北缘,虽然最早的研究始于 20 世纪初,但主要研究工作集中在古生代造山带演化和造山作用方面(王作勋等,

1990; Colman, 1989; Windley 等, 1990; Allen 等, 1991, 1993), 而对中生代天山板内造山作用研究相对较少。

库车盆地位于塔里木盆地北缘和天山板内造山带的南侧, 是两个不同构造单元的接合部位, 盆地和天山造山带成因紧密相联。库车盆地的发育主要是由于天山板内造山带构造负荷下引起的岩石圈挠曲响应, 山脉上升、盆地下沉的结果, 从而与典型的前陆盆地构造属性完全不同。很明显, 库车盆地沉积充填物主要是由天山造山带因隆升被侵蚀的碎屑物质所组成。由于天山造山带与塔北地区是一个封闭的沉积系统, 因此, 在造山带剥蚀与盆地沉积平衡体系中, 研究该挤压盆地沉积、沉降历史可以了解古生代碰撞形成的天山造山带, 以及在中新生代的构造演化史。同样在造山带隆升与山前扩展平衡构造体系中, 研究库车盆地发育的冲断构造, 可以探讨印度板块与欧亚板块碰撞对天山造山带影响的对比性。

中生代形成的库车盆地, 基本上由近 10000 m 厚的中生界地层组成, 北侧为中生界沉降中心, 南侧为新生界沉降中心, 现在盆内发育有一系列冲断构造。地表的褶皱和逆冲断层十分发育, 构造形迹成排成带, 局部背斜构造北翼缓、南翼陡。但由于油气勘探目的层埋深较大, 深层构造和浅层构造高点不符, 因而除了 1958 年发现依奇克里克油田外, 油气勘探进展不大。库车盆地地表油苗丰富, 油气主要赋存在盆地的冲断层以及与断层相关的褶皱构造带中, 因此, 应用盆地构造样式与成因分析方法有助于剖析库车盆地构造与油气关系。虽然库车盆地油气勘探工作已进行了 30 多年, 并已取得很大成绩, 但若能将地面地质调查、地震反射剖面解释结合起来, 并应用平衡构造剖面方法就可合理地推测盆内深层构造样式, 从而提高预测和外推盆地的构造圈闭类型; 结合沉积特征, 盆地形成与演化多方面研究, 使库车盆地的油气勘探取得明显进展。本书的主要研究思路就在于此。

为了进一步探讨上述地质理论和研究方法, 作者承担了国家“85—101”重点科技攻关项目——“塔里木板块北部边缘东段及塔北隆起东部构造特征”, 并得到了国家博士后科学基金“新生代天山隆升扩展与库车盆地构造演化研究”、国家自然科学基金项目“中生代库车盆地演化与天山板内造山作用”(编号为 49502037) 和国家自然科学基金重点资助项目(编号为 49833040) 的资助, 本书即为作者从 1990 年至今 10 余年研究成果的总结。随着油气勘探的不断进展, 全国最大的气田——克拉 2 号气田和吐兹洛克气田的发现, 更加推动了天山和库车盆地中生代构造研究工作的深入。

本项研究工作期间, 作者研读数百篇国内外有关文献、专著、区域地质调查报告和有关石油内部资料、研究报告, 解释、研究了数万公里的地震地质剖面、数十口钻井资料及钻探成果。曾先后 7 次在天山地区、库车地区、库鲁克塔克地区进行野外地质考察和填图工作, 取得了大量的第一手资料。

研究工作中, 得到了中国石油股份公司总地质师贾承造博士, 中国石油科技局石宝衡局长, 石油勘探院姚慧君高工、魏国齐所长大力帮助。野外工作得到北京大学李茂松教授、史谓副教授、郭召杰博士、张志诚副教授、张明山博士等人的大力协助, 在考察中与作者同甘共苦, 鼎力相助, 完成野外考察工作。与美国加州大学洛杉矶分校尹安博士教授、聂上游博士、Crag 博士共同完成 1:5 万区域地质专题构造填图。南京大学孙岩教授, 新疆工学院赵剑峰教授, 轮台县煤矿技术员许长海工程师也给予笔者很多帮助。塔里木石油指挥部许多同行对地震剖面解释, 参阅资料方面给予热情支持帮助。

在工作过程中，还与北京大学何国琦教授、郑亚东教授、李江海教授、吴泰然教授、郭召杰教授，中国地质大学吴正文教授、陈发景教授、刘和甫教授、柴育成副教授就有关问题进行了讨论。中科院高能物理所王世成教授，康铁笙教授协助作者进行裂变径迹年龄分析，并与作者对结果进行了有益的探讨。同时得到了宋新民博士、雷振宇博士、范亮星和李世吉高工帮助。北京大学地质系资料室、磨片室、碎样室及计算机室的老师们为本文工作提供了诸多方便。在此，向上述专家、同行及有关单位致以深切的谢意。

作者
2002 年 12 月

目 录

前 言

第一章 库车盆地地质特征及盆地类型	(1)
第一节 研究简况	(2)
第二节 区域地质特征	(3)
第三节 库车盆地基底构造特征	(5)
第四节 库车盆地类型	(7)
第二章 库车挠曲盆地沉积与天山造山带剥蚀	(12)
第一节 中生代库车盆地沉积特征	(12)
一、库车盆地北缘上二叠统沉积特征	(12)
二、库车挠曲盆地中生代沉积相特征	(13)
三、库车挠曲盆地中生代沉积物迁移方向——古流向分析	(13)
第二节 盆地演化阶段划分	(15)
一、早三叠世—早侏罗世同构造沉积阶段	(16)
二、中侏罗世—早白垩世早期同构造沉积阶段	(17)
三、早白垩世早期—渐新世同构造沉积阶段	(20)
四、渐新世—第四纪同沉积构造变形阶段和冲断构造发育时期	(20)
第三节 库车陆内挠曲盆地岩石学特征及源区天山造山带剥蚀历史	(22)
一、砾石成分及源区特征	(23)
二、砂岩成分及源区特征	(24)
第三章 库车陆内挠曲盆地沉降史分析	(29)
第一节 挤压盆地沉降史分析基本原理	(29)
第二节 库车盆地沉降史分析	(30)
第三节 库车陆内挠曲盆地沉降与沉积关系	(35)
第四节 库车陆内挠曲盆地沉降与区域构造关系	(37)
第四章 库车盆地边缘花岗岩体剥蚀出露史——裂变径迹证据	(40)
第一节 造山带隆升概述	(40)
第二节 裂变径迹分析方法简介	(42)
一、基本理论	(42)
二、实验方法简介	(43)
第三节 花岗岩体剥蚀出露史	(43)
第五章 库车盆地冲断带构造样式	(48)
第一节 盆缘构造特征	(48)
第二节 盆地冲断构造变形样式	(50)
一、南天山前缘楔状构造带	(52)

二、库姆格列木—依奇克里克断层相关褶皱带	(56)
三、拜城背驮盆地	(62)
四、秋立塔克冲断前峰带	(63)
五、南部断层弯曲褶皱带	(67)
第六章 库车盆地冲断构造平衡地质剖面	(69)
第一节 平衡剖面地质原理	(69)
第二节 冲断构造运移方向的确定	(70)
第三节 冲断构造带基底拆离构造	(70)
第四节 冲断带形成时代分析	(74)
第五节 库车冲断构造平衡剖面及天山造山带缩短量	(75)
第六节 冲断带深、浅构造层发育规律认识	(81)
第七章 库车陆内挠曲盆地构造演化模式	(83)
第一节 造山带隆升与前陆盆地构造演化	(83)
第二节 天山造山带隆升与塔里木板块顺时针旋转	(85)
第三节 库车陆内挠曲盆地构造演化模式	(87)
第八章 库车陆内挠曲盆地油气远景评估	(90)
第一节 油气形成区域地质背景	(90)
第二节 生油层与油源	(91)
第三节 油气储集构造	(92)
一、背斜圈闭	(93)
二、双重构造圈闭	(94)
三、重叠的断坡背斜圈闭	(95)
四、三角带和被动顶板双重构造圈闭	(95)
五、断层圈闭	(95)
六、膏盐岩刺穿圈闭	(95)
第四节 油气储层和盖层分析	(96)
第五节 油气分布规律	(98)
参考文献	(100)
英文摘要	(108)

CONTENTS

Foreword

Chapter 1 Geological features of the Kuche Basin and basin-classification	(1)
1.1 Review on the research	(2)
1.2 Regional geological features	(3)
1.3 Tectonic features of the basement of the Kuche Basin	(5)
1.4 Basin-classification of the Kuche Basin	(7)
Chapter 2 Relationship between sedimentation of the Kuche Flexural Basin and erosion of the intraplate Tianshan orogenic belt	(12)
2.1 Mesozoic-Cenozoic Sedimentary features of the Kuche Basin	(12)
1 Upper Permian sedimentary features, north margin of the Kuche Basin	(12)
2 Characters of Mesozoic-Cenozoic Sedimentary facies of the Kuche Basin	(13)
3 Paleocurrent-direction analysis—transported directions of sedimentary materials of the Mesozoic-Cenozoic Sedimentations in the Kuche Basin	(13)
2.2 Subdivision of the tectonic evolution of the Kuche Basin	(15)
1 Early Triassic epoch—Early Jurassic epoch syntectonic phase	(16)
2 Middle Jurassic epoch—Early Cretaceous epoch syntectonic phase	(17)
3 Early Cretaceous epoch—Oligocene epoch syntectonic phase	(20)
4 Late Oligocene epoch—Quaternary synsedimentary tectonic deformational phase	(20)
2.3 Petrological Compositions of sedimentation in the Kuche Intracontinental Flexural Basin and unroofing of the source area of the intraplate Tianshan orogenic belt	(22)
1 Gravel compositions and characters of the source area	(23)
2 Sandstone compositions and characters of the source area	(24)
Chapter 3 Analysis of subsidence history of the Kuche intracontinental flexural basin	(29)
3.1 Fundamental principles of analysis of the subsidence history of the compressive basin	(29)
3.2 Analysis of subsidence history of the Kuche Basin	(30)
3.3 Relationship between the subsidence and sedimentation of the Kuche Intracontinental Flexural Basin	(35)
3.4 Relationship between the subsidence of the Kuche Intracontinental Flexural Basin and the regional tectonic activities	(37)
Chapter 4 Unroofing history of the marginal granite of the Kuche Basin: evidence from fission track dating	(40)
4.1 Outline of the uplift of the orogenic belt	(40)
4.2 Summarize of the methods of the fission track dating analysis	(42)

1	Fundamental principles	(42)
2	Summarize of testing methods	(43)
4.3	Unroofing history of the marginal granite	(43)
Chapter 5	Structural styles of the Kuche Fold-Thrust Belt (KFTB) in the Kuche Basin	(48)
5.1	Marginal structural styles of the Kuche Basin	(48)
5.2	Structural deformation styles of the Kuche Fold-Thrust Belt (KFTB)	(50)
1	Southern Tian Shan Frontal Tectonic Wedge Zone (TWZ)	(52)
2	Kumugelamu-Yiqikelike Fault-Related Folds Zone (FRF)	(56)
3	Bachen Piggyback Basin (BPB)	(62)
4	QiuliTake Front Thrust Zone (FTZ)	(63)
5	South Fault-Bending Folds' Zone (FBF)	(67)
Chapter 6	Balanced geological cross sections of KFTB in the Kuche Basin	(69)
6.1	Geological principles of the Balanced cross sections	(69)
6.2	Determination of transported direction of the Kuche Fold-Thrust Belt (KFTB)	(70)
6.3	Basal detachment of the Kuche Fold-Thrust Belt (KFTB)	(70)
6.4	Determination of Deformational time of the Kuche Fold-Thrust Belt (KFTB)	(74)
6.5	Balanced geological cross sections of KFTB and shortening of the intraplate Tian Shan orogenic belt	(75)
6.6	Developed rules of the deeper and shallow level of the Kuche Fold-Thrust Belt (KFTB)	(81)
Chapter 7	Tectonic evolutionary model for the Kuche intracontinental flexural basin	(83)
7.1	Uplift of the orogenic belt and Tectonic evolution of the foreland basin	(83)
7.2	uplift of the intraplate Tian Shan orogenic belt and clockwise rotation of the Tarim plate	(85)
7.3	Tectonic evolutionary model for the Kuche intracontinental flexural basin	(87)
Chapter 8	Hydrocarbon potential evaluations of the Kuche intracontinental flexural Basin	(90)
8.1	Regional tectonic setting for oil-forming	(90)
8.2	Analysis of the oil-forming strata and oil-source	(91)
8.3	oilgas-accumulated structures	(92)
1	Anticlines traps	(93)
2	Duplexes traps	(94)
3	Imbricated fault-bend folds traps	(95)
4	Triangle zone traps and passive-roofed duplexes traps	(95)
5	Faults traps	(95)
6	Gypsum-piercing structures	(95)
8.4	Analysis of oil-reservoir and caprock seal formation	(96)
8.5	Oilgas distributional rules	(98)
References		(100)
Abstract (in English)		(108)

第一章 库车盆地地质特征及盆地类型

中生代以来，塔里木板块南缘青藏高原地体增生，尤其是印度板块与欧亚板块之间持续的陆陆碰撞作用，导致中亚地区由南向北 2500 m 以内地区发生强烈的陆内变形（图 1-1）。最为明显的是天山南侧库车盆地为中新生代发育的盆地。库车盆地沉积记录了古生代天山造山带在中新生代重新活动历史，研究库车盆地沉积沉降和变形史对天山造山带重

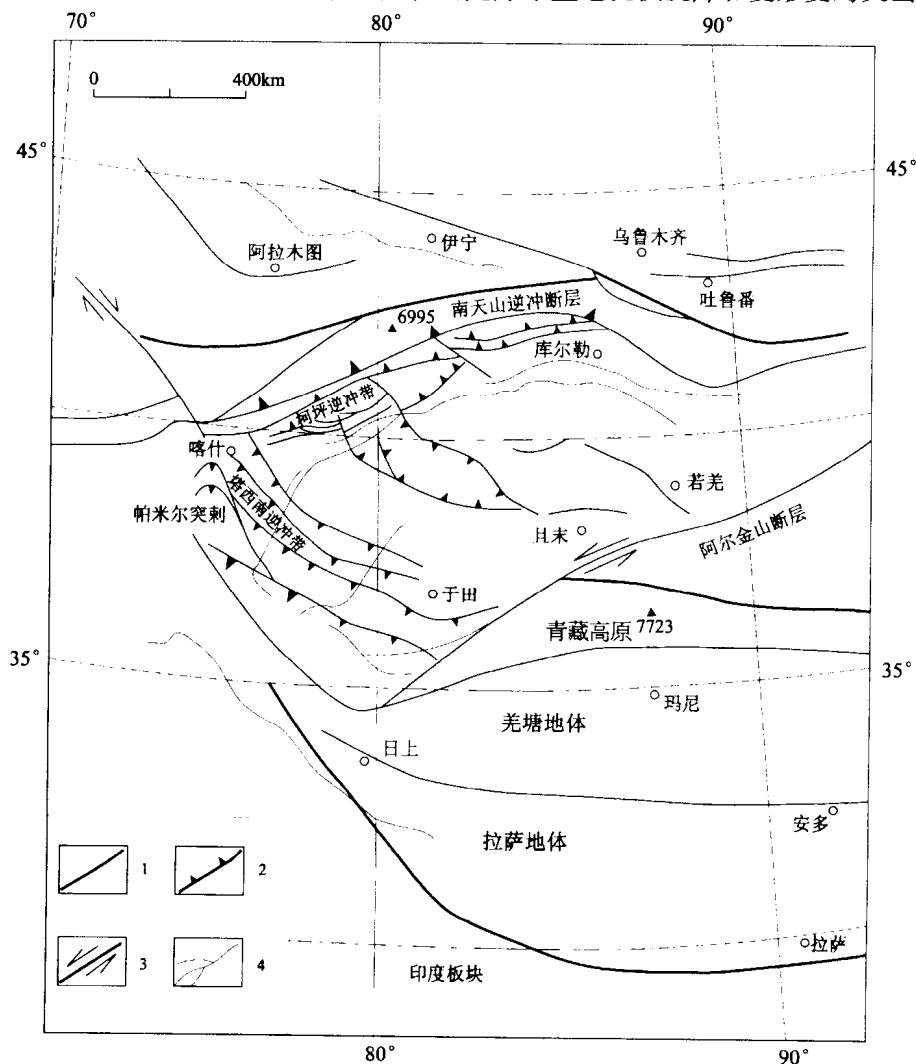


图 1-1 塔里木板块区域构造图

1—板块边界；2—逆冲断层；3—走滑断层；4—河流

Figure 1-1 Regional tectonic map of the Tarim plate

1—boundaries of the plates; 2—Thrust fault; 3—Strike-slip fault; 4—river

新活动, 盆山耦合关系的了解有着重要意义。

中国西部盆地是中亚最有含油气远景的地区之一, 经历了长期的构造发展演化, 并受青藏高原地体增生、印度板块与欧亚板块碰撞影响, 形成了复杂的造山带与盆地相嵌的构造格局, 所发育的盆地均与造山带相邻, 具有独自的特殊性。塔里木盆地作为中国西部最大的含油气盆地, 已经历了半个多世纪的勘探历程。在“稳定东部, 开发西部”的石油工业战略方针指导下, 塔里木盆地已经作为中国西部石油工业开发的重点, 是我国西部最有希望的含油气盆地之一, 虽然历经半个多世纪的勘探历程, 现在乃至将来仍是我国的石油工业生产基地。

库车盆地位于天山山脉和塔里木盆地之间, 行政上隶属新疆维吾尔自治区管辖; 东起库尔楚, 西至温宿, 南界在轮台、库车、阿克苏一线, 北邻天山造山带; 长约 470 km, 宽约 20~25 km, 面积达 30000 km²。盆地内总的地势北高南低, 地形条件复杂, 交通不便, 人烟稀少。整个盆地形态东窄西宽, 呈近东西向展布, 中新世地层最厚可达万米, 构造性质上该盆地属于中新世沉积盆地。库车盆地地形高差较大, 地形复杂, 给该区地质研究带来许多困难。塔里木北缘库车盆地作为天山造山带相邻的盆地, 一直作为前陆盆地来进行研究, 它与典型前陆盆地有相似之处, 但也有不同之处, 是否可以作为前陆盆地来认识, 还有待进一步研究。

第一节 研究简况

库车盆地大地构造位置位于天山板内造山带和塔里木板块之间, 为中新世发育的盆地。前人一直把库车盆地作为山前拗陷盆地来进行研究(张连壁等, 1984; 周朝济等, 1985)。前已叙及, 对库车盆地及塔里木盆地北缘的地质考察和调查, 早在一百多年前就已开始, 但真正对库车盆地地质研究开始于 20 世纪 40 年代, 黄汲清(1947)对库车盆地进行了石油地质调查, 划分出库车盆地下三叠统俄霍布拉克群。到 20 世纪 50 年代, 新中国建立不久, 组建的新疆石油公司(1956)(后改名为新疆石油管理局)在苏联航测大队帮助下对库车盆地进行了 1:20 万区调地质调查, 当时的勘探思想认为库车盆地可和苏联费尔干纳、塔吉克盆地类比; 工作的主要成果是建立起库车盆地中新世地层层序和划分对比方案, 提出库车盆地最有希望的构造控制区, 对比分析认为三叠系塔里奇克组和中下侏罗统克孜勒努尔组为生油岩。随后, 新疆煤田公司(1986)对库车盆地北缘进行了煤田地质勘探工作; 新疆地矿局(1987)对该区进行了 1:20 万地质填图工作, 以及库车盆地钾盐找矿工作(张义民等, 1986)。新疆石油管理局通过多年地震勘探和钻探得出库车盆地地面构造和深部构造不符的认识(张连壁等, 1984; 周朝济等, 1985)。为此, 不少学者从不同方面对库车盆地进行了研究(李宇昌, 1984; 高兴辰, 1985; 何向阳, 1986; 康玉柱, 1989); 有的认为库车盆地地表构造为挤压不对称构造, 地下深部为受断裂控制的复杂断块区, 受张应力控制, 据此得出库车盆地是断陷型盆地的结论(周朝济, 1985; 谭试典, 1986); 而现在多数人认为库车盆地为前陆盆地(田在艺等, 1985; 贾承造等, 1992)。出现认识不同的根本原因在于, 对深部构造细节研究不清楚所引起的。关于库车盆地形成机制和盆地范围各家认识不一致。盆地范围的分歧点是关于库车盆地南界的位置: 张义民等(1986)认为库车盆地的南界在塔里木河附近, 但塔里木石油指挥部地质研

究大队则以秋里塔格山作为盆地南界；多数研究者把库车盆地南界以库尔勒—库车—新一阿克苏公路作为盆地南界。作者认为上述界线是库车盆地冲断构造带变形南界，所谓库车盆地南界应指塔里木板块北缘塔北前隆以北至天山的广大范围（中生代界线）；新生代，由于前隆迁移，盆地南界的位置亦应有所改变，这个界线就是盆地沉积物边界（塔里木工业联队，1986）。

杨福忠和张恺（1991）提出，库车盆地构造高点深浅层不一致是由于从上到下构造高点迁移的原因；汤良杰（1992）用多层次滑脱构造观点分析库车盆地冲断构造，认为由于天山侧向挤压，使深部古生代地层和中生代地层组成双重构造，并造成中生界底面隆起形成库车盆地冲断构造的结论，但未讨论深、浅层构造差异原因；王作勋等（1990）、杨克宁等（1990）根据却尔塔格（阳霞地区）之南存在有反向冲断层、向东延伸到库尔勒附近的地质事实，提出塔里木北缘向天山方向逆冲的认识；杨庚等（1995）认为库车盆地冲断构造由一系列向南逆冲的叠瓦状断裂组成。为此，作者运用现代逆冲推覆构造理论，结合平衡剖面技术，深入地研究了库车盆地前陆冲断构造带深层构造和浅层构造特征，对冲断构造进行几何学、运动学及动力学分析，确定了油气勘探目的层位置。

由于库车盆地内有着丰富的矿产资源，如煤、石油、钾盐矿床等，尤其是地表广泛存在丰富的油苗及依奇克里克油田的发现和开采，促进了对库车盆地的地质研究。石油部门对库车盆地进行了长期的地质研究和石油勘探，但至今尚未发现新的工业性油流，因此在以往的工作基础上，应用新理论和新概念认真总结经验教训，重新研究库车盆地地表地质构造和深部构造，以及油气生、储盖条件，特别是油气运移规律，以便为下一步石油勘探确定有利勘探部位，尽快提出油气富集区，是当务之急。揭示出库车盆地油气聚集规律，为塔里木盆地石油勘探确定新的油气开发区，意义十分重大，这也是本书讨论的主要问题。

第二节 区域地质特征

库车盆地位于天山板内造山带和塔里木板块之间，为中新生代发育的盆地，古生代为盆地基底发育时期。作者根据多年来对天山西段进行的野外地质调查，综合前人资料，把天山造山带划分为北天山古生代褶皱带、中天山深成-变质岩带、南天山古生代褶皱带、库车前陆冲断构造带（图 1-2），这几个构造单元的划分界线与王作勋等（1990）、赵中岩（1990）的划分方案基本相同。作者的主要工作区域在库车盆地，因此只简述除北天山古生代褶皱带之外的其单元构造性质，以及南北缝合带的构造性质。

中天山深成-变质岩带：即过去所谓的中天山隆起带，以前被认为是加里东褶皱带（黄汲清，1984）、加里东岛弧（张良臣和吴乃元，1985；成守德等，1986）和中天山地体（郭召杰，1992），现在普遍认为中天山具有陆壳基底（肖序常等，1992），前寒武系变质岩的同位素年龄也证明了这一点，如艾肯达坂锆石 U-Pb 等时线年龄为 (1306 ± 193) Ma，Rb-Sr 等时年龄 (1397 ± 118) Ma。中天山除了基底岩系，还发育有前寒武纪花岗岩、古生代花岗岩。中天山巴仑台片麻状闪长岩侵入到元古界星星峡群，全岩 Rb-Sr 等时线为 818 Ma。库米什附近花岗岩锆石 U-Pb 年龄为 365 Ma 和 334 Ma。中天山变质深成岩带之上，也有石炭纪地层和部分早、中三叠世陆相粗碎屑沉积物。

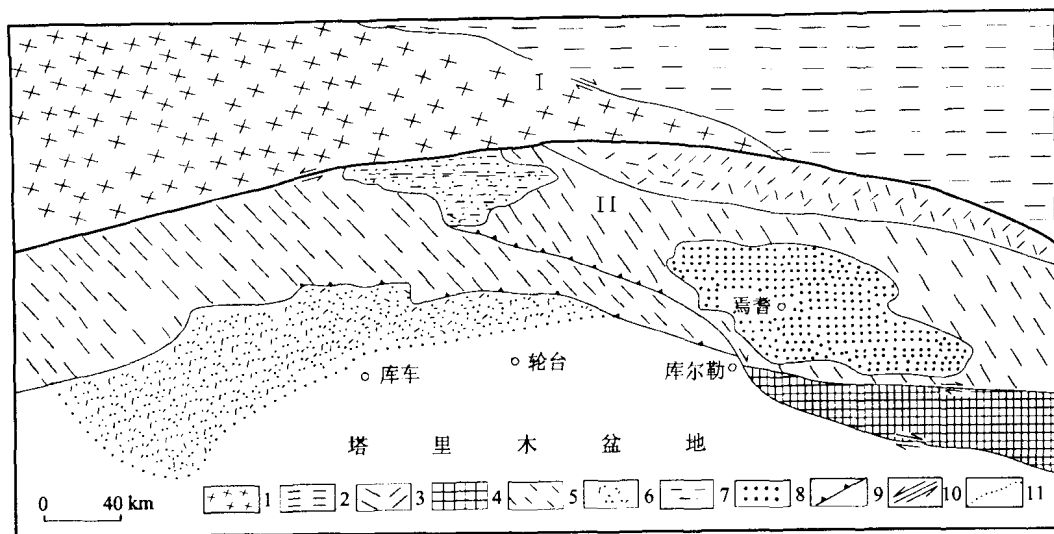


图 1-2 库车盆地构造位置图

1—哈萨克斯坦板块；1—伊犁地块；2—北天山古生代褶皱带；II—塔里木板块；3—中天山深成-变质岩带；4—库鲁克塔格隆起；5—南天山古生代褶皱带；6—库车盆地；7—巴音布鲁克盆地；8—焉耆盆地；9—逆冲断层；10—走滑断层；11—库车盆地南界

Figure 1-2 Regional tectonic map located in the Kuche Basin

I—Kazakhstan plate; 1—Yili Block; 2—Paleozoic fold belt of the North Tianshan; II—Tarim plate; 3—Pluton and metamorphic belt of the Middle Tianshan; 4—Kuluketake Uplift; 5—Paleozoic fold belt of the South Tianshan; 6—Kuche Basin; 7—Bayin Buluke basin; 8—Yeqi Basin; 9—Thrust fault; 10—Strike-slip fault; 11—South boundary of the Kuche Basin

南天山古生代褶皱带：主要由古生代地层组成，古生代沉积基本上属于稳定大陆边缘浅海碳酸盐岩和陆源碎屑岩建造（成守德等，1986）。除晚志留世沉积有中—基性火山岩外，泥盆—石炭纪沉积了一套浅海陆源碎屑岩和碳酸盐岩，火山碎屑岩很少，沉积厚度相对比北天山小，反映了塔里木板块北缘是一个稳定的被动大陆边缘（肖世录等，1985；陈哲夫等，1985）。根据对天山中段进行的野外地质调查和大量的文献资料，作者把天山造山带和塔里木盆地北缘划分为北天山古生代褶皱带和伊犁地块，北天山古生代褶皱带属于哈萨克斯坦板块，其余均属于塔里木板块。这两大板块在古生代末期碰撞拼贴，形成了古生代碰撞造山带——天山造山带，中生代末期为板内构造活动阶段，古生代天山碰撞造山带发生了重新活动。

古生代时期，塔里木板块内部构造活动一直是稳定的，主要表现为块体稳定升降，如库鲁克塔格隆起是一个长期处于隆升状态的构造单元。塔里木板块北缘，在早古生代一直保持着被动大陆边缘的特征，沉积物主要为大陆源碎屑岩和碳酸盐岩，很少有火山岩或火山碎屑岩。二叠纪南天山磨拉石建造的广泛发育，表明哈萨克斯坦板块和塔里木板块已碰撞拼合在一起；与这次碰撞作用相关，在南天山地区发育有大量与古板块运动有关的花岗岩（时代为晚泥盆纪—早石炭纪），如额尔宾山、独库公路上库车盆地北侧边界的欧西达坂花岗岩，以及包尔图、库米什等地的花岗岩体。塔里木板块古地磁研究也表明（李永安，1992），在晚泥盆世至晚石炭世之间，塔里木板块大幅度向北漂移约 13° ，自二叠纪之

后位移则不明显,表明二叠纪时塔里木板块已与西伯利亚板块缝合在一起。

中新生代,塔里木板块北缘及天山地带进入了新的构造演化阶段。由于受北侧西伯利亚板块向南运动和塔里木板块南缘特提斯域构造演化的影响,塔里木板块北缘天山地区持续发生了强烈的构造运动。据此可把该区构造演化分为两大阶段:前中生代构造演化期和中新生代构造演化期。这两大构造演化阶段分属于不同构造体制:前中生代天山造山带形成属板块汇聚造山的造山作用体制;中新生代天山造山带形成属板内构造作用体制,并出现挤压剪切环境下的板内调整和天山中新生代造山作用的形成。天山两侧塔里木板块北缘和准噶尔板块南缘受天山构造带的影响,发生挠曲下凹形成挤压挠曲盆地,充填着天山造山带剥蚀下来的陆源碎屑物质,天山造山带一方面沿原有断裂复活向盆地内逆掩,另一方面造山带本身发生大规模走滑运动,形成焉耆拉分盆地。天山中新生代构造演化的信息,大部分都保存在两侧的沉积盆地中,因此研究天山两侧的沉积盆地记录有助于揭示这一问题,从而最终阐明大陆变形的特征。

第三节 库车盆地基底构造特征

塔里木板块基底是双层结构,下构造层是高度固结的克拉通基底,由强烈褶皱变形的变质岩系(包括结晶变质岩系)组成的前震旦纪结晶基底及变质岩系基底,上构造层是震旦纪到古生代末稳定的台型沉积盖层。研究表明,塔里木北缘有在 30 亿~32 亿年前形成的太古宙岩石。长城纪前 1800 Ma,即中元古宙长城纪兴地塔格群与其下伏元古宙达格拉布拉克群之间角度不整合,证明此时塔里木地区形成颇具规模的陆块,中晚元古宙板块俯冲作用产生典型的高压变质岩组合(肖序常等,1992)。塔里木地盾主要形成时间大约在 700 Ma,造成震旦纪冰碛岩同下伏元古宙变质岩系之间的角度不整合。自震旦纪开始,除库鲁克塔格地区发生局部裂陷作用、形成含中基性火山岩的巨厚浊积岩外,绝大部分地区接受陆棚浅海相沉积,这一沉积环境一直持续到早二叠世末期。震旦纪一早二叠世末的稳定台型沉积,实质上为塔里木克拉通的盖层。

库车盆地主要沉积有中生代陆相地层,地层发育齐全,从二叠纪一直到第四纪均有沉积,但厚度变化较大。盆地的基底主要由中生代地层之下的古生代和元古宙地层所组成,基底埋藏深度较深,因而对库车盆地中新生代以下的基底性质认识不清。根据库车盆地吐格尔明背斜核部出露的元古宙浅变质石英片岩、花岗岩,认为这套元古宙浅变质岩系代表库车盆地的基底;但是根据航磁测量资料,在背斜核部之下 3~5 km 深部存在磁性基底,表层出露的元古宙可能是推覆而来的断片,构造样式上应属前陆卷入基底褶皱,作者将在后面章节详细论述这一特征。由此看来,库车盆地基底性质只能靠地球物理方法和区域地质演化分析来认识。根据重力资料,库车盆地古生界基底埋深 7~10 km,相邻的塔北地区古生界基底埋深为 5~7 km,这与航磁资料和地震反射剖面资料求得的基底埋深是一致的(基底埋深 7~10 km),并且推测库车盆地基底主要是晚古生代浅海相碎屑岩及火山岩建造。丁道桂等(1990)根据地震反射剖面资料认为,库车盆地确实存在东西向展布,与塔北隆起同期沉积,厚度相当的古生代沉积地层。地震剖面显示,库车盆地亚肯以南存在早古生代地层。

根据已完成的航磁资料(朱英,1989),塔里木盆地北缘地区乌什、库车、库尔勒等

地及南天山分布着一片面积广大的负磁场背景区, 磁场强度为 $-100 \sim -200$ nT, 即南天山-北塔里木负异常区。由于这一带出露的基底变质岩主要是弱磁性绿片岩, 因此将这片负磁场区解释为绿片岩系组成的早元古宙基底构造区, 而且该负异常区的北界, 大致沿中、南天山构造界线分布。负异常区的南界比较平直, 包括塔北地区、南天山、库车盆地广大范围内磁场变化不明显, 这反映了这些地区存在共同的基底。位于乌鲁木齐—库尔勒以西大面积负磁场区的库车块体明显与此线以东地区不同, 西部磁异常变化小, 分带性不明显, 磁性结构较均匀; 东部变化大, 并且具有明显的条带状。由于南天山古生代冲断构造带和塔里木北部克拉通具有相似的深部(磁性)结构特征, 故推测南天山造山带可属上叠性质的构造(朱英, 1989)。

众所周知, 区域重力异常是地表以下物质密度不均匀性的综合反应。根据重力资料, 天山地区东西两段有明显的差异, 其界线仍在乌鲁木齐—库尔勒一线。西天山布格重力异常一般在 -250 mgal, 局部高达 -300 mgal, 而东天山一般为 -150 mgal 左右, 东西相差 100 mgal 以上。在卫星磁异常图上, 西天山为正 2.0 nT, 而东天山为 $2.0 \sim 4.0$ nT。根据卫星磁异常图换算的上地幔莫霍面等深度图, 西天山地壳厚度可达 50 km 以上, 最深可达 60 km, 而东天山地壳厚度为 45 km, 东西天山地壳厚度由 45 km 递变到 50 km, 两者相差达 5 km 以上。根据天然地震资料, 在依奇克里克地震台下求得的地壳厚度可达 60 km, 拜城、库尔勒等地的地壳厚度已接近 60 km。根据最新资料, 塔里木盆地沿温宿—库尔勒一线向北, 重力异常值向东北方向从 -200 mgal 减少至 -300 mgal 左右, 梯度值最窄达到 -1.2 mgal/km, 最宽处达到 1 mgal/km。库车盆地已发现的依奇克里克油田正处于天山与塔里木盆地之间的布格重力梯度带上, 梯度值为 1.2 mgal/km; 梯度带北部重力低, 重力值为 -270 mgal, 而梯度带南部(库车)以南达 -200 mgal。区域布格资料表明, 库车盆地深部构造为塔里木地幔隆起区向天山地幔拗陷区的过渡带, 利用布格重力资料初步计算莫霍面埋深可达 50 km 以上, 向天山方向莫霍面埋藏深度增大, 向南侧则减小。布格重力异常图反映了塔里木盆地北缘库车盆地深部构造形态为塔里木板块向天山方向变深的弯曲形态, 因此布格重力异常也被广泛用来研究大陆碰撞作用产生的岩石圈挠曲, 揭示造山带和挠曲前陆盆地的深部构造(Karner、Watts, 1983; Lyon、Molnar, 1985)。横穿造山带和挤压盆地的重力异常, 显示出在挤压盆地上方重力异常明显比造山带和前陆重力异常要低(Steckler, 1978)。喜马拉雅山、安第斯山和比利牛斯山、阿尔卑斯山等造山带与相邻前陆盆地局部重力达到均衡。如在喜马拉雅山前陆盆地为负 100 mgal 均衡异常, 表明该区存在质量亏损; 相反, 在造山带为负的均衡异常, 常常超过 -100 mgal, 表明造山带存在质量过剩(Angevine, 1983)。Burov 等(1990)发现天山造山带出现明显重力亏损, 而与均衡模式有一定的差距, 说明了库车盆地具有挤压挠曲性质。

首次完成的穿越天山连接塔里木、准噶尔盆地的大地电磁测深区域剖面表明, 在塔里木盆地与南天山之间存在宽达 30 km 的挤压破碎带。电性反映岩石破碎带由多条断裂组成, 在 30 km 深度范围内, 电阻有时高达 $5000 \sim 10000$ Ω , 这种现象被解释为深变质岩与岩体的综合反映(贾润胥, 1992)。电磁测深表明, 南天山有 10 km 厚沉积体存在, 中天山 30 km 深度范围由古老变质岩和岩体组成的高阻体; 库车盆地为一不对称的挠曲盆地, 靠近南天山厚度大, 向塔北隆起方向厚度明显减薄。

构造演化分析表明, 库车盆地在古生代位于塔里木板内北缘, 与塔里木盆地具有共同

的古生界、震旦系盖层及前寒武纪结晶基底，而且与南天山造山带演化是一致的。古生代，塔里木北缘——南天山是一个稳定被动大陆边缘沉积环境，包括库车盆地在内当时属于被动陆缘的一个组成部分，该被动陆缘南部靠稳定区面向（北部）洋盆。在被动大陆边缘上沉积了一套北厚南薄的沉积楔形体，如塔里木柯坪地区志留系为稳定陆源碎屑沉积，沉积厚度小，厚几百米，而南天山地区志留系为类复理石建造组成的碎屑岩和碳酸盐岩、火山岩，沉积厚度达千米，虽然后来的造山事件掩盖了这一特征，但是原始沉积体系未被破坏，因此作者认为库车盆地中生界之下应该残留有古生界，无须质疑，库车盆地古生界之下也存在有前寒武纪基底，该基底和塔北隆起出露的前寒武纪基底是相同的，这与丁道桂等（1990）根据地震资料解释是一致的。作者认为，库车盆地基底泛指三叠系之下由古生界、元古宇、太古宇组成的统一基底，库车盆地是在此基础上发育的中新生代地质构造单元。盆地沉积物为一套陆相碎屑沉积，这些沉积物由天山造山带因隆升而被剥蚀下来的碎屑物组成，它记录了天山造山带岩石出露和剥蚀历史。

前陆挤压盆地主要是力学性质的盆地，由造山带前缘的岩石圈拗陷和造山带载荷作用控制。盆地形状直接反映岩石圈刚度，即前陆盆地宽度和深度是岩石圈刚度和岩石圈热力学状态的函数。宽、浅前陆盆地发育在厚、冷岩石圈之上，而深、窄前陆盆地发育在更薄、更热岩石圈之上，也就是说挠曲的波长取决于岩石圈的热年龄。喜马拉雅山恒河前渊位于印度板块太古界岩石圈之上，出现的长波长弯曲；而瑞士平原前渊则在海西岩石圈上，出现的是短波长弯曲。Watson（1987）认为天山北部的准噶尔盆地是一个短波长、深沉积中心，而天山南部的塔里木盆地是长波长的沉积中心。近年来 McNutt 等（1988）研究表明：俯冲板块的倾角、造山带前缘的弯曲度、造山带长度都取决于岩石圈的挠曲刚度；弹性板的厚度和造山带冲断平面上地表弯曲度之间存在明显的关系，即造山带弯曲度越大、弹性厚度越低，剖面上挠曲板弯曲度越高、倾角越大，刚度就弱，产生较短的冲断席体，并且对较长冲断层缺少整体上的连续性（Fleming、Jordan，1989）。研究表明，板块年龄与刚度关系不大，主要与基底性质有关（McNutt 等，1988；Allen、Allen，1990）。由此可以认为，塔里木板块北缘的基底性质控制了南天山冲断带长度和库车板内挠曲盆地的形态，从而最终控制盆地的沉积、造山带剥蚀和隆升及其演化。

第四节 库车盆地类型

对大多数沉积盆地，现在我们能够用以下三个准则进行分类：①盆地所处的地壳类型；②盆地相对于板块边缘的位置；③在盆地位于板块边缘附近的情况下，沉积作用进行过程中所发生的板块相互作用类型。板块构造理论已经证明，所有这三类参数都能够随时间而发生变化；因此，Miall（1990）认为除非能够把整个大地构造历史阐明清楚，并把一个盆地都安放在准确无误的板块演化格局位置上，否则没有一种盆地分类与解释是有意义的。由于库车盆地所处的构造位置，许多研究者认为库车盆地为前陆盆地，因此我们认为有必要把前陆盆地的概念及其特征和库车盆地的地质特点进行对比分析。

国际上前陆盆地或前渊是指由于板块碰撞产生的冲断推覆构造加载于大陆边缘，并使大陆前缘隆升或前隆（forebulge），在冲断推覆体与发育前缘隆起（forebulge）的大陆克拉通之间的一种不对称盆地（Beaumont，1981）。概念上，前陆盆地与外支副地槽、边缘盆地