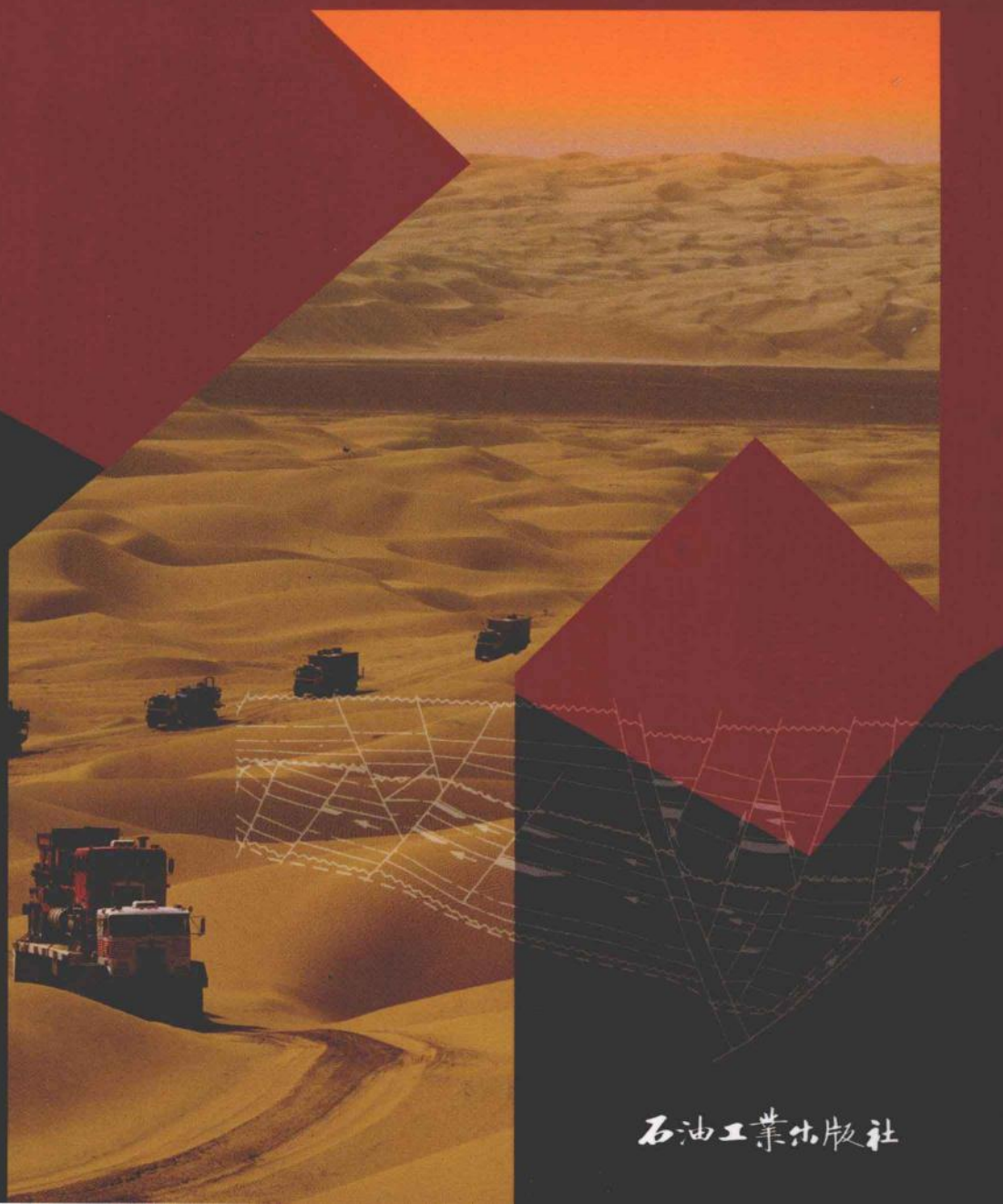




塔里木盆地西部构造 演化特征及油气勘探方向

何文渊 邬光辉 刘 胜 何 印 著

TARIM



石油工业出版社

塔里木盆地西部构造演化特征 及油气勘探方向

何文渊 邬光辉 刘 胜 何 印 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是对塔里木盆地西部构造演化和构造变形特征的系统总结, 主要包括六个方面: 一是论述了塔里木盆地西部的大地构造格局; 二是探讨了塔里木盆地西部的构造演化历程, 主要是中生代和新生代塔里木盆地西部由以伸展为主转向以挤压为主的演化历程; 三是系统分析了西昆仑前陆盆地系统、南天山山前统一变形域和帕米尔快速楔入效应三者之间的关系; 四是开展了构造变形特征和构造样式解析; 五是阐述了塔里木盆地西部的构造变形机制和耦合关系; 六是结合构造的分析, 探讨了塔里木盆地西部油气勘探的潜力与有利方向。

本书可供科研与石油地质工作者、相关院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

塔里木盆地西部构造演化特征及油气勘探方向/何文渊, 邬光辉, 刘胜, 何印著. —北京: 石油工业出版社, 2011. 6

ISBN 978—7—5021—5869—9

I. 塔…

II. ①何…②邬…③刘…④何…

III. ①塔里木盆地—地质构造

②塔里木盆地—油气勘探

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 151011 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.cn

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 11.5

字数: 290 千字

定价: 60.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

序

在国家经济高速增长对能源需求不断扩大的情况下,油气资源短缺已成为制约我国国民经济平稳健康发展的瓶颈,国内以中西部大型叠合盆地为主寻找大型的油气勘探接替领域已成为当务之急。塔里木盆地经过 20 年的勘探开发,已成为我国第四个年产超过 2000 万吨的大油气田,成为西气东输的主要气源地,是国家油气能源发展的重要基地。勘探实践与研究表明,塔里木盆地油气资源丰富,勘探程度仍很低,广大的新区新领域具有广阔的勘探潜力,但勘探难度越来越大,根本原因在于多类型盆地格局与多旋回构造变革造成油气成藏的复杂性与差异性。在此背景下,何文渊等青年学者选取昆仑山、天山结合部位的塔里木盆地西部作为研究对象,以板内盆地耦合学说为指导、以构造演化为主线,开展制约塔里木盆地西部油气勘探的构造研究,不仅可以丰富我国西部板内造山构造理论的认识,而且对油气勘探具有指导意义。

在研究思路,作者认为构造复杂的塔里木盆地西部不仅含有昆仑山、天山造山带丰富的动力学与运动学信息,同时是盆地统一地球动力学系统中差异变形机制的具体体现,因此以系统论的思想开展研究工作。在研究方法上,运用大陆动力学理论与技术,对板内变形机制、盆地耦合方式、印—藏碰撞的远程效应进行综合分析,探讨塔里木盆地西部构造演化形迹与变形机理。在资料利用上,以消化吸收国内外已有的地质学、地球物理成果为基础,通过大量的详实野外资料与地震资料,再现了塔里木盆地西部构造演化特征。纵观全书,颇有新意,其亮点主要体现在以下 5 方面:(1) 综合分析塔里木盆地在天山、西昆仑山与帕米尔的统一动力系统,在盆地耦合机制下提出了塔里木盆地西部的变形机制与演化;(2) 小构造的野外精细描述、地震建模与区域构造研究结合的工作方法与思路为研究类似复杂构造提供了有效借鉴;(3) 构造精细解析与平衡剖面、地震正演系统论述了塔里木盆地西部构造模式,总结归纳了统一构造背景下构造的分段性与差异性;(4) 研究工作紧密结合勘探领域与目标分析,提出了诸多新的见解;(5) 在构造控油的基础上提出了塔里木盆地西部地区油气勘探的方向,具有一定的实用价值。本书涉及面广、内容丰富、实践性强,代表了塔里木盆地勘探现状与发展水平,颇具学术价值与应用作用,对今后塔里木盆地及其他类似盆地的油气勘探具有指导与借鉴意义。

本书是青年作者在恶劣环境下艰辛工作的成果,体现了勤于思考、开拓创新的精神,我为他们的成长与进步感到由衷的高兴。基于塔里木盆地及其周边构造的复杂性,目前的成果只是初步的,当下的认识还不尽完善,许多地质难题还需进一步研究解决。希望他们在塔里木盆地大陆动力学机理、构造控油作用等方面不断有新的成果与建树。

何文渊
二〇一一年元月

前 言

20 世纪 60 年代以来, 板块构造学说的兴起给沉积盆地以及造山带的研究带来了巨大的变革。第 28 届世界地质大会 (1989) 明确了板块构造基本模式在显生宙的适用性, Kusky 和李江海博士 (2001) 在中国华北地区发现了世界上最古老的完整大洋地壳残片 (2500Ma), 为板块构造在地壳演化早期的适用性提供了有力证据。但是经典板块构造学说是以板块之间的相互作用为出发点, 把沉积盆地和造山带放在板块的统一背景框架中, 近 20 年来, 大陆构造的研究突破了板块边界相互作用这一传统概念, 认为板块内部并非铁板一块, 也存在着板内变形, 使得板块构造学说及大陆动力学进入了一个崭新阶段。板内造山带和板内前陆盆地及其耦合关系, 成为板块学说“登陆”的关键科学命题。

天山现今构造地貌及新构造活动属于复活型的新构造, 是其在古老造山带 (特别是晚古生代) 形成并稳定之后, 经过中生代伸展—夷平、新生代受远程碰撞造山效应而产生的强烈陆内构造变形的结果 (Yin 等, 1998), 昆仑山也有类似的特征。这两个造山带具有区别于世界其他地区的特有的古老构造带复活、深层次构造作用, 及后期碰撞板内造山和成盆的构造特点。尽管天山及其邻区围绕金属矿产、油气勘查开展了许多地质研究, 但是由于受到研究目标的制约, 缺少围绕中生代与新生代区域构造演化、区域主要构造边界及其构造系统在新生代构造活动机制、板内变形特征、盆山耦合关系、不同时期构造继承及叠加改造等方面的综合研究。

塔里木盆地面积达 $56 \times 10^4 \text{ km}^2$, 是一个多期的复合叠合盆地 (古生代和中生代、新生代复合盆地, 南北前陆叠合盆地), 在新生代与天山和昆仑山均存在着耦合关系。由于构造位置属于板内构造环境, 许多构造至今仍在活动, 对研究板内变形具有以小见大的意义。有关塔里木盆地、天山造山带和昆仑造山带的研究, 成为近年来国际地学界的研究热点, 其中板内变形机制、盆山耦合方式、印—藏板块碰撞的远程效应, 以及塔里木盆地、天山与西昆仑山的中生代、新生代构造演化史是广大学者最为关注的问题。受诸多条件的限制, 对塔里木盆地、天山造山带和昆仑造山带 (帕米尔) 三者相结合的研究较少, 但是从这三个地区的构造位置和构造特征上看, 它们之间存在着一定的关系, 所以本项选题具有丰富的理论意义, 也具有相当的难度。此外, 本区具有至今仍在活动的地质构造、丰富的野外断层和褶皱构造样式、丰富的地质和地球物理资料, 为研究工作提供了基本的地质条件。

塔里木盆地是我国重要的石油工业基地。多少年来, 它一直是中外石油地质学家、油气勘探家们研究的目标之一。诺林 (1938)、翟光明 (1987、1999)、黄汲清 (1990)、许靖华 (1990、1992)、Howell (1993)、贾承造 (1995、1996) 和邱中建 (1999) 等中外著名学者都曾对之寄以厚望, 他们从盆地成因、构造背景、石油地质等不同角度探讨了该盆地的油气聚集条件与分布规律。塔里木盆地西部主要指库车坳陷西部地区、柯坪断隆、巴楚断隆、麦盖提斜坡及塔西南坳陷。中亚地区的许多沉积盆地如卡拉库姆盆地、阿富汗—塔吉克盆地等都发现了大量油气, 由于它们在构造和沉积方面与塔里木盆地西部存在着类似或渐变的特征, 因此, 本书将从另一个侧面论述塔里木盆地西部油气资源的赋存特征。

本书从区域构造、板内变形特征、新生代盆山耦合、帕米尔不规则碰撞楔入、印—藏板

块碰撞远程效应及油气成藏等各个角度，对塔里木盆地西部进行分析。以理论探讨和区域构造解析为基础，从原型盆地恢复、板内变形特征及盆地内构造样式和盆山耦合机制等四个角度着手，辅以大量的野外工作，通过资料归纳、数据分析和平衡剖面的制作，对塔里木盆地西部的变形机制进行探讨，最后指出塔里木盆地西部油气勘探方向。

由于本书涉及的研究面广、研究问题多，加之作者水平及工作条件所限，难免会有许多不妥或疏漏之处，敬请读者指正。

作者

2007.12

目 录

第一章 塔里木盆地西部大地构造格局	(1)
第一节 特提斯构造域构造演化探讨	(1)
第二节 中亚与中国大地构造格局概述	(6)
第三节 天山造山带及邻区研究概述	(9)
第二章 塔里木盆地西部构造演化	(12)
第一节 塔里木板块演化特征	(12)
第二节 前寒武纪构造演化史	(13)
第三节 古生代构造演化史	(15)
第四节 塔里木盆地西部中生代—古近纪构造演化	(21)
第五节 塔里木盆地西部新生代构造演化	(32)
第三章 塔里木盆地西部构造单元关系及变形特征	(46)
第一节 西南天山山前新生代统一构造系	(46)
第二节 西南天山山前统一变形域主要变形特征	(56)
第三节 平衡剖面及板内变形缩短量的计算	(73)
第四节 塔西南构造单元的再认识	(81)
第五节 柯坪断隆和巴楚断隆的关系	(86)
第四章 塔里木盆地西部构造变形特征分析	(90)
第一节 断裂构造分析	(90)
第二节 塔里木盆地西部的构造样式	(101)
第三节 部分重点构造带分析	(114)
第五章 塔里木盆地西部构造变形机制	(135)
第一节 塔里木盆地西部板内变形机制探讨	(135)
第二节 盆山关系探讨	(141)
第六章 塔里木盆地西部油气成藏特征与勘探方向	(148)
第一节 塔里木盆地西部具有形成大中型油气田的石油地质条件	(148)
第二节 晚期成藏、以气为主	(155)
第三节 前陆盆地油气分布的有序性	(157)
第四节 勘探主攻方向和战略接替领域	(160)
参考文献	(164)

第一章 塔里木盆地西部大地构造格局

塔里木盆地的构造演化与特提斯域和中亚大陆的构造演化息息相关。中生代以来古特提斯洋的关闭和新特提斯洋的消减及关闭是塔里木板块板内变形的主动动力。印—藏碰撞和青藏高原的隆升是塔里木盆地西部强烈变形的主要原因。西伯利亚构造域对塔里木盆地古生代的构造演化有很大影响,新生代仍有向南的挤压应力。研究塔里木盆地首先要从其区域构造背景出发。

第一节 特提斯构造域构造演化探讨

一、特提斯域构造演化背景

1. 古特提斯洋的关闭

晚三叠世,北西伊朗地块—中伊朗地块—阿富汗地块—中帕米尔地块—羌塘地块与欧亚大陆碰撞,古特提斯洋封闭,西段土耳其地块等并没有与欧亚大陆完全碰撞,仍然存在有狭长的黑海—里海古特提斯残余洋盆,该洋盆与新特提斯洋和地中海的海水是连通的(图1-1)。

晚三叠世这一次碰撞事件在塔里木盆地的南缘表现得特别清楚。沿着塔什库尔干—康西瓦构造带上,除了在东部彬木孜塔格北坡出露有类似于蛇绿岩组合的橄榄岩、辉长岩、火山岩和硅质岩及深水浊积岩组合外,在其他地区也发现了四处超镁铁质岩,如库浪那古河上游、新藏公路452km东沟和再依勒克河谷,以及塔什库尔干南东15km的基性、超基性岩透镜体。东沟岩石组合以斜辉橄榄岩为主,夹纯橄榄岩,见有铬铁矿化,岩体已发生蛇纹岩化、碳酸盐化蚀变;上覆地层为早二叠世赛力亚克组火山岩,该火山岩属于钙碱系列的高铝玄武岩。塔什库尔干岩石组合发育在片岩、千枚岩中,长度约20~200m,宽度15~50m,辉橄岩、辉长岩呈小透镜体。这一蛇绿岩套往东可与东昆仑南蛇绿岩带相连接。这些蛇绿岩套代表了古特提斯洋洋壳的残留。

2. 新特提斯洋的消减

在古特提斯洋关闭以后,羌塘地块成了欧亚大陆的一部分。侏罗纪末期,羌塘盆地和塔里木盆地几乎同时出现红色碎屑岩建造。这类建造类型应该是伸展构造背景的产物。笔者认为,可能受新特提斯洋以南岛弧向南俯冲,最终导致了羌塘与拉萨之间洋盆的关闭。

白垩纪时期新特提斯洋的大洋岩石圈快速向冈底斯之下俯冲消减,形成了冈底斯岛弧的大规模岩浆火山活动(孙鸿烈等,1998)。在羌塘盆地和拉萨地块上的沉积以上白垩统红色磨拉石建造为特征,它们覆盖在变形的侏罗系之上,形成明显的角度不整合关系(贾东等,1997;夏邦栋等,1998),在拉萨地块上局部地区存在浅海相上白垩统(Zhang,1998)。此时,塔里木盆地早白垩世沉积分布基本上继承了侏罗纪时期的特点,但是由于气候环境的变化,沉积以红色碎屑岩建造为主,上白垩统却普遍缺失。这种缺失可能与Graham等(1993)和Hendrix等(1992)所强调的晚白垩纪时期Kohistan—Dras岛弧与拉萨地体发生碰撞(80~70Ma)有关。Murphy等(1997)提出晚白垩纪时期(99Ma)在青藏高原南部

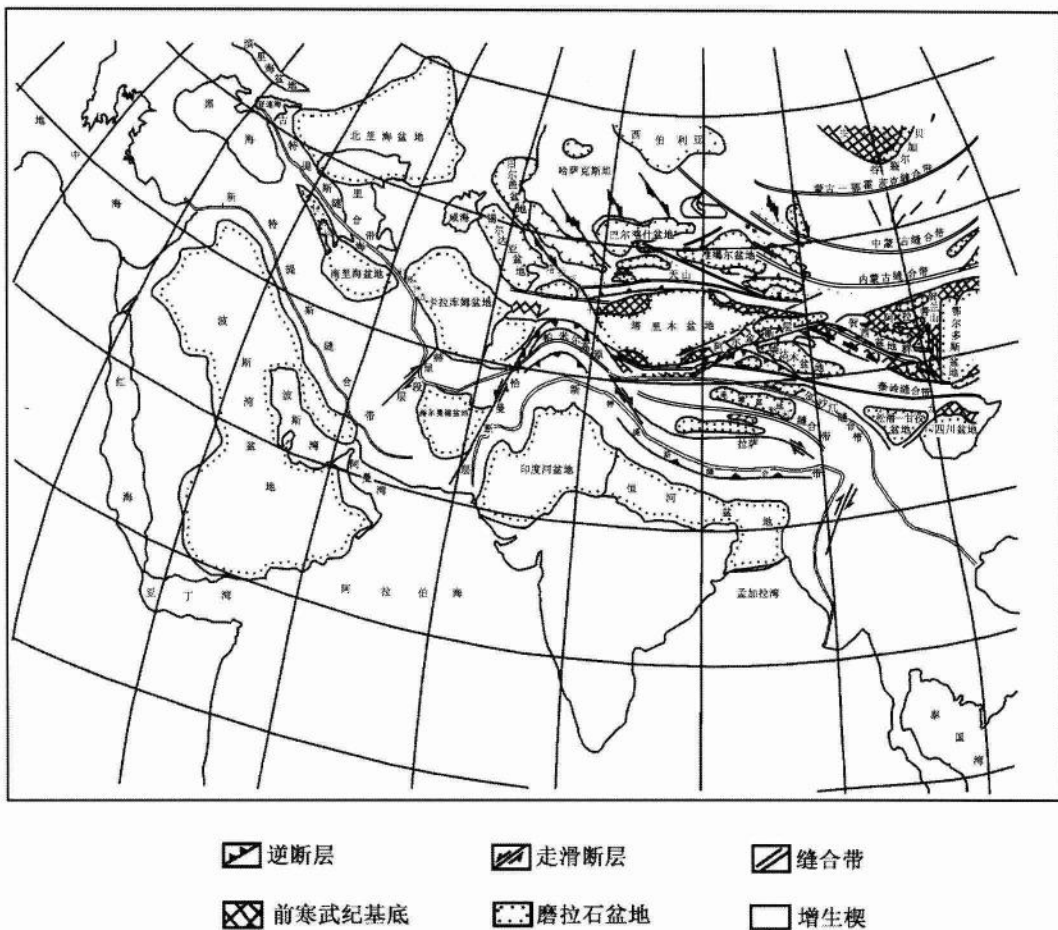


图 1-1 中亚大地构造简图

可能曾经存在过一个海拔 3~4km 的高原。自晚白垩世到古近纪时期，中亚大陆南部的大陆边缘已向南移至雅鲁藏布江一线，新特提斯洋向北俯冲于拉萨地体之下。

新特提斯洋的俯冲作用，对其影响是不一致的。在东部，由于班公湖—怒江洋盆至侏罗纪末—白垩纪初才闭合，因而同期新特提斯洋的俯冲对北侧大陆影响较小。但在帕米尔高原至地中海段，新特提斯洋的向北俯冲，弧后扩张作用使得原黑海—里海残余洋盆扩大（弧后洋盆），因而滨里海地区海侵范围进一步扩大，以致在西起卡拉库姆盆地、塔吉克盆地、费尔干纳盆地，东至塔里木盆地的塔西南、库车地区等广泛区域，白垩系至古近系依次发育有不同类型的海相层序。

3. 新特提斯洋的关闭

目前多数学者认为 45Ma 以来，印度板块和欧亚板块的碰撞已经开始了。45Ma 时，帕米尔突刺还未发育，因此塔里木盆地—塔吉克盆地—卡拉库姆盆地还是连在一起的。阿拉伯板块与欧亚大陆间仍为残留特提斯洋盆分隔，黑海—里海残余洋盆与特提斯残余洋盆（地中海）仍然有海水相通。

约在 20Ma 左右，阿拉伯板块沿扎格罗斯与欧亚大陆碰撞，使特提斯洋盆除地中海和黑海、里海等局部地区外整体关闭（图 1-1）。扎格罗斯碰撞造山带的形成，隔断了黑海—里

海残余洋盆与外部大洋的联系,使其成为封闭内陆残留洋盆,中亚盆地群除南里海盆地、黑海盆地外,逐渐结束了海相地层沉积。这时旋转了的伊朗地块、阿富汗地块等又与北侧欧亚大陆焊接在一起,形成统一的西起大西洋菲尼斯特雷角,经阿尔卑斯山、扎格罗斯—科佩特山、喜马拉雅山至印支地区雄伟的特提斯造山带。这时印藏连续的陆—陆俯冲和碰撞作用,引起欧亚大陆强烈变形,使得已经被剥蚀夷平的古天山、祁连山、昆仑山等造山带重新活动,形成板内造山带,这些板内造山带向盆地的冲断,使中亚及中国西北地区的盆地进入“板内前陆盆地”阶段。20Ma以后,印藏持续碰撞使得帕米尔地区向北突刺,进而分隔了塔里木盆地和卡拉库姆盆地。强烈的前陆构造变形,逐渐使塔吉克盆地成为一个残留盆地构造。20Ma以来的特提斯域造山作用,对中亚及至中国西北盆地群的影响巨大。

4. 青藏高原的隆升

青藏高原的形成与隆升是一个十分复杂、备受地球科学家关注的问题。它被认为是冈瓦纳大陆与欧亚大陆长期相互作用的结果。青藏高原是由六个地体相继增生到亚洲大陆上的一个组合,这些地体之间的边界被五条缝合带所限定。造山作用时限自北向南相继变年轻。青藏高原是特提斯域的主要范畴,它可以分成三个区域,分别代表了三个阶段主洋盆位置。特提斯北区位于昆仑山和祁连山,它的遗迹是第五缝合带,在大陆基底上于震旦纪形成裂谷,中志留世完全闭合。特提斯中区位于可可西里—巴颜喀喇,古生代晚期以来在弧后盆地基础上继续破裂、扩张,典型的洋壳形成于石炭纪—二叠纪,这个时期的洋为古特提斯洋,它的遗迹为第三和第四缝合带。特提斯南区位于青藏高原南部,雅鲁藏布江缝合带代表了它的主洋盆遗迹,班公—怒江缝合带代表了它的弧后盆地。青藏高原的隆升以多阶段、非均匀、不等速为特征(潘裕生,1999),对山脉的快速隆升时间分歧相当大,分别为40~35Ma (Chung等,1998)、20~14Ma (Turner等,1993)、大于14Ma (Coleman等,1995)、8Ma (Harrison等,1992)、3.4Ma (李吉均等,1979)、4.5Ma (青藏高原北部) (Zheng等,2000)。到目前为止,已经提出了多种模式来解释高原的形成与隆升,具有代表性的主要有:印度俯冲模型(Argand,1924)、大陆贯入模型(Zhao,1985,1987)、分布缩短模型(Harrison,1992)、大陆挤出模型(Tapponnier,1986)、岩石圈不均匀变形模型(Hirn,1992)和双层“楔板”模型(滕吉文等,1999)等六种模式。

5. 印—藏板块碰撞与中亚大陆形变

印度板块和欧亚板块碰撞以来,两板块间的相对运动从100mm/a减小至50mm/a (Molnar等,1993),青藏高原平均地壳厚度为50~70km之间,而高原地壳在过去的约45Ma期间缩短了1000~1500km (Molnar等,1993;李廷栋,1995;钟大赉等,1996),碰撞引起青藏高原隆升,但是隆升并不是唯一的能量消耗途径,它还导致了大规模的走滑断层的发育。走滑断层系起到了位移量调节和构造变换作用,Pichon等(1992)认为,自45Ma印度板块与欧亚板块碰撞以来,走滑挤出和通过下地壳榴辉岩岩化进入地幔,调节了最少三分之一、最多二分之一的地壳缩短量。

大规模走滑断层系发育主要与滑移线场和剪切作用有关(Molnar,1975),在亚洲大陆常构成共轭现象,形成嵌入(indent)构造和逃逸(escape)构造。当印度板块呈三角形楔入我国及邻区地壳时,帕米尔弧向北呈半环状凸出,在印度板块西侧的北北东向断裂呈左旋平移,而东侧北北西向断裂呈右旋平移,恰曼断层与喀喇昆仑断层构成向北嵌入亚洲大陆的边界。这些断裂及位移方向有规律地展布,与滑移线场理论推测相一致(图1-1)。从现有资料来看,秦岭断裂的左旋平移和红河断裂的右旋平移,使板内地体之间构成的巨型剪切挤

出势态,就像钳子似的迫使扬子板块向东偏南方向滑移,这就是中国大陆向东滑逸的边界条件。同样,华北板块在阿尔金断裂与青铜峡断裂之间产生向东滑移。Molnar 和 Tapponnier (1975) 通过卫星影像,估计阿尔金断层左旋走滑量为 300~500km。

二、中亚地区新特提斯海水海侵、海退时间分析

1. 构造岩石组合对比法研究

20 世纪,关于盆地内部的研究日新月异,研究者们从大地构造沉积学、古生物等各个角度,对盆地的形成、演化进行了研究,尤其是对新特提斯洋的开合过程及其对周边诸盆地的影响,产生了一大批论著,但是对于新特提斯洋形成、演化及其对周边盆地的影响,特别是海水最后的去向却无定论。

以沉积演化为基础,绘制了中亚地区诸盆地(卡拉库姆、阿富汗—塔吉克、费尔干纳、喀什凹陷)的构造岩石组合对比图(图 1-2),并对其构造演化阶段进行了粗略对比。发现构造岩石组合对比法,对于区域构造大事件研究具有重要意义,并且能够解决新特提斯海水在中亚地区的侵入和退出之谜。

(1) 构造岩石组合对比图制作方法。

前人在对本区进行研究时,也曾经画过岩性柱状剖面图。但是由于研究区的四个盆地沉积巨厚,在绘制时限于篇幅,省略了其中的部分内容。在绘制研究区的盆地柱状剖面图时,对于指示大地构造相和具有大地构造意义的岩性符号不可省略,其具体岩石类型包括如潟湖成因的膏盐岩,以及复理石、磨拉石等。

(2) 构造划分对比。

在构造岩石组合对比图绘制完成之后,划分出各盆地的一级大地构造演化进程,进行连线对比。沉积学家一直采用岩性及层、组、段、群的连线对比,对于统一各盆地原本不均的地层和时限的确定,具有重要的参考价值和使用价值。但是,笔者认为,今后对成因相关盆地,不妨也可以考虑采用构造阶段、构造相、海侵阶段的对比,采用这种对比方案能够帮助确定海侵顺序、海水流向、盆地周边大洋闭合的先后顺序,并且对各盆地自身大地构造阶段的划分提供帮助,能统一研究区内各构造阶段的构造属性及其成因。由于卡拉库姆盆地和塔里木盆地具有震旦纪以来相同的演化历史,因此其中新生代构造演化也可进行对比。

2. 特提斯洋周边盆地岩性构造阶段对比研究

(1) 海侵时限及顺序对比研究。

图 1-2 四条构造岩石组合对比图的排列顺序为自西向东。经过第一次海侵的构造对比连线上证实,海侵方向自西向东,卡拉库姆盆地的第一次海侵时间最早,时间为早侏罗世初期,阿富汗—塔吉克盆地次之,海侵时间为下侏罗砾石沉积之后。由于黑海—里海古特提斯残余洋盆的存在,导致卡拉库姆盆地中下侏罗统沉积了滨海相暗色泥灰岩和煤系地层互层的层序。塔吉克盆地有早侏罗世中晚期的陆相—滨海相含煤碎屑岩建造,并夹有碳酸盐岩,最初海相地层分布区集中在塔吉克盆地最西部的吉萨尔山脉和达尔瓦兹山的斜坡上。

喀什凹陷自晚白垩世开始海侵,图 1-2 反映费尔干纳盆地海侵开始的时间为早白垩世中期,早于喀什凹陷。这一顺序与通过岩相分布特征得出的顺序是相反的。费尔干纳盆地海相地层首先出现在南部,逐渐向中、北部超覆。假如前人的岩相分布分析是对的,那么喀什凹陷地层划分和费尔干纳盆地地层划分方法存在着不一致性,两者地层时代划分定年存在不准确性。但如果时代划分定年是准确的,那么喀什凹陷的海水来自费尔干纳盆地和卡拉库姆—塔吉克盆地;费尔干纳海水自西部入侵。笔者倾向于两国地层年代确定存在误差,需要统

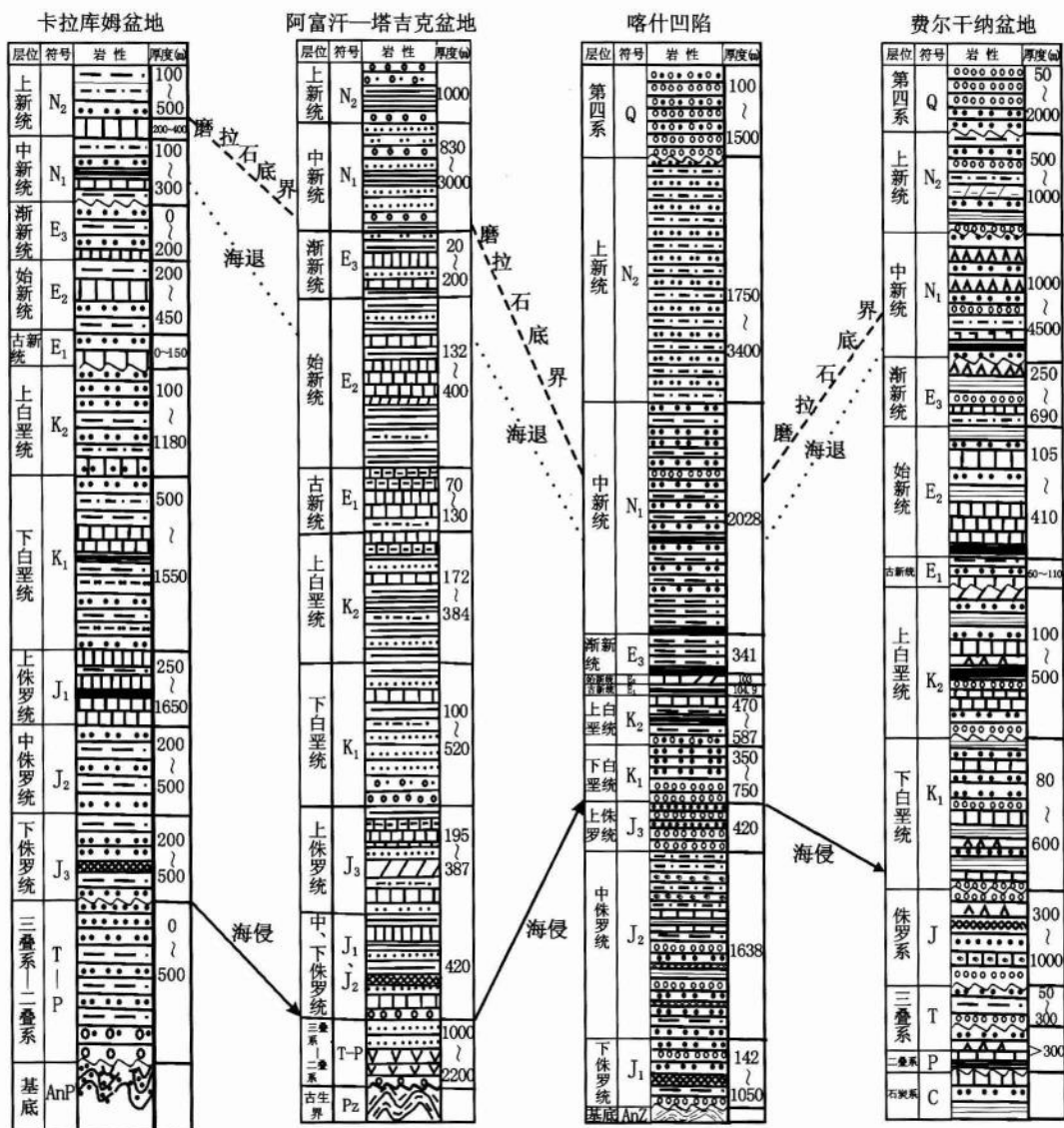


图 1-2 卡拉库姆—阿富汗—喀什—费尔干纳盆地构造岩石组合对比图

一。海侵顺序应该是喀什凹陷早于费尔干纳盆地，海水可能从托云一带入侵费尔干纳盆地。但是也不排除费尔干纳海水自西入侵的可能。

(2) 海退顺序对比研究。

以下关于海退的分析建立在已有的地层资料和地层划分年代一致性的基础上。海退顺序的确定同时考虑第一次陆相沉积和磨拉石发育的顺序，从图 1-2 上看，海退顺序应该是塔吉克盆地最早，喀什凹陷次之，费尔干纳与喀什凹陷差不多一致，卡拉库姆盆地的海退时间最晚，一直持续到上新世，可能是西部残留洋盆和东部海水退回所至。海退方向应该是先南后北，自东向西。

(3) 板内前陆盆地沉积序列的建立。

典型的前陆盆地发育历史一般要历经裂谷型被动边缘阶段，早期深水复理石

(Flysch facies) 阶段以及晚期陆源磨拉石 (Molasse facies) 阶段。其中盆地动力机制的转变应在早期深水复理石阶段开始, 即盆地由伸展环境向挤压环境转变时期。由于中亚地区诸盆地新生代处于板内环境, 新生代沉积前后, 都没有发现相对应的被动边缘阶段和深水复理石阶段。被动大陆边缘阶段对应的是早、中侏罗世的断陷盆地和白垩纪—始新世的裂谷盆地(何登发等, 1996), 沉积类型表现为陆相断陷盆地沉积和海湾相沉积同时, 在新生代盆地造山运动强烈的阶段, 也未出现深水阶段, 但是有陆相的磨拉石沉积, 并且沉积物向上变粗的趋势非常明显。

磨拉石沉积代表的是推覆构造形成后的沉积 (Terence 等, 1988)。那么构造剧烈期在本区的代表是什么呢? 认为是泻湖沉积的最后一层石膏, 代表了最后一次区域性抬升。粉砂岩、泥岩—砂质泥岩、泥质砂岩—砂岩, 代表了由于强烈的构造作用导致山前拗陷强烈挠曲沉降作用, 沉积了欠补偿的细粒沉积物。磨拉石沉积是推覆构造形成之后快速剥蚀的产物。

根据沉积序列: 石膏—粉砂岩、泥岩—砂质泥岩、泥质砂岩—砂岩、磨拉石, 可以建立起山前变形序列, 即区域抬升—挠曲作用—欠补偿沉积—快速剥蚀沉积。

(4) 海退时限的最终确定。

根据以上板内前陆盆地沉积序列, 最后一次膏盐沉积时限应该是海退时间的距今最近值。所以, 根据膏盐的分布可以确定海退的具体时间。

首先, 始新世末, 南部塔吉克盆地的海水由于最先受到新特提斯洋消减的应力作用, 海水分别向西北的卡拉库姆盆地和东北的塔里木盆地退出。费尔干纳盆地东部海水于中新世早期开始逐渐向西退出。中新世中期, 喀什凹陷的海水向西退出。费尔干纳盆地海水退出时间稍早于喀什凹陷, 表明天山整体抬升要早于刚性基底的塔里木盆地。至上新世初, 海水才逐渐从卡拉库姆盆地退出。

这一分析与地质事实吻合得很好。中新世初期, 西南吉萨尔隆起和中央克孜尔库姆隆起的出现, 使阿富汗—塔吉克盆地与卡拉库姆盆地分隔开来。此后, 喀什凹陷、费尔干纳盆地与阿富汗—塔吉克盆地的新近系—第四系地层厚度达 3000~10000m, 主要为粗碎屑沉积, 是山体隆升后剥蚀的产物。卡拉库姆盆地受构造运动较弱, 沉积厚度较小。

第二节 中亚与中国大地构造格局概述

一、西伯利亚板块对中亚的影响

西伯利亚板块自北向南楔入中国及邻区, 其时代比印—藏板块碰撞早, 在中亚地区依次发育弧形褶皱带, 在构造图上表现相当明显, 如伊尔库次克弧、蒙古弧、祁吕弧、华南弧等, 东侧以北东向、西侧以北西走向的构造形式出现, 西伯利亚板块分别向太平洋和印度洋地区挤压, 由此造成的构造走向基本上对称于贺兰山—龙门山—横断山脉一线, 呈羽状展布。在西伯利亚地块东侧的北东—北东向断裂呈左旋平移, 西南侧的北北西向断裂呈现右旋平移 (Sherman, 1978) (图 1-3), 郯庐断裂与塔拉斯—费尔干纳断层构成塔里木—华北克拉通相对南滑的边界。

西伯利亚古陆西南部走滑断裂系统的几何特征, 与西伯利亚的西南边缘近平行。何国琦教授 (1995) 认为, 这种固定的几何关系不是偶然的, 有其深刻的运动学意义。中亚地区大规模的构造活动发生于晚古生代末, 中新世受南部应力的挤压重新活动迹象明显。

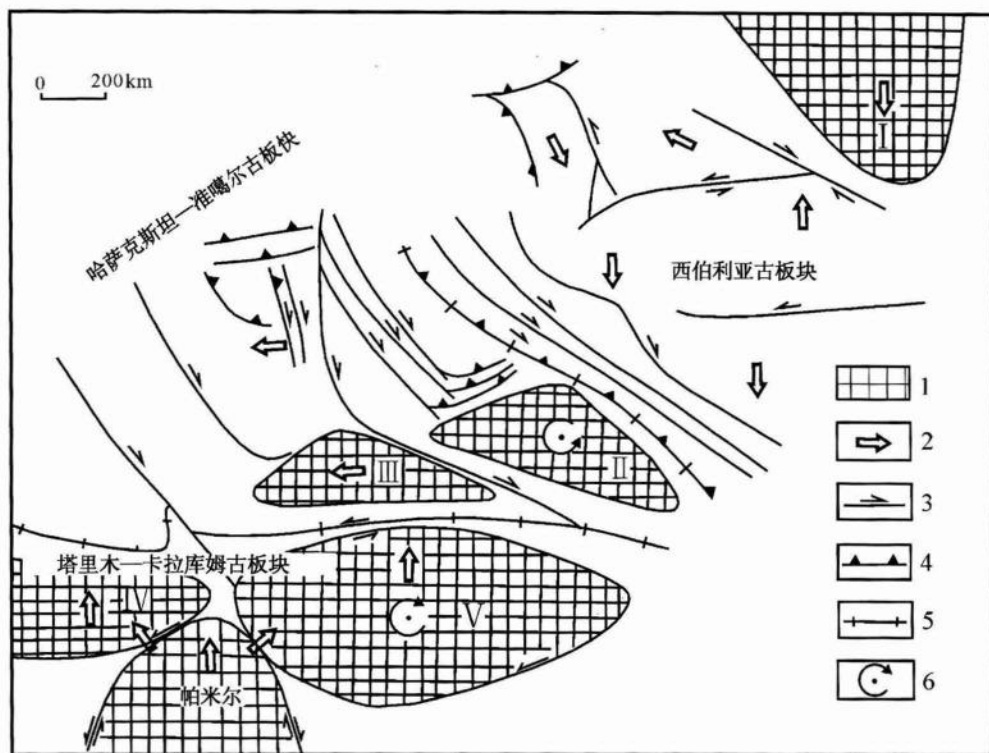


图 1-3 中亚断裂系统及陆块运动示意图

(据何国琦等, 1995, 有修改)

1—古陆块; 2—地块运动方向; 3—走滑断裂; 4—逆冲断裂; 5—古板块缝合线断裂; 6—古陆块旋转方向;

I—西伯利亚古陆块; II—准噶尔古陆块; III—伊犁—伊塞克湖古陆块; IV—卡拉库姆古陆块; V—塔里木古陆块

二、塔里木盆地和卡拉库姆盆地的关系

塔里木盆地中部有一条极为醒目、横亘盆地的东西向高值正磁异常带。东起阿拉干, 异常轴向沿北纬 $39^{\circ}40'$ 附近呈东西向展布, 向西到东经 $80^{\circ}30'$ 附近发生间断, 这一段是由 6 个磁力高组成的异常带, 向西进入巴楚剧变磁场区被干扰得分辨不清, 出巴楚地区再向西, 出现有岳普湖和喀什两个东西向磁力高, 但异常轴向南移到北纬 $39^{\circ}15'$ 附近, 并且还一直延伸到阿富汗—塔吉克盆地—卡拉库姆盆地 (图 1-4)。各磁力高具有规模大、强度高的特点。强度一般为 $200\sim 350\text{nT}$, 最大达 500nT , 本异常经 ΔT_a 化极向上延拓 20km 和 40km 计算, 仍显示为宽缓高值正异常。

徐炳如 (1997) 采用选择法定量计算, 得出异常体为近于直立的板状体, 顶面埋深 $17\sim 24\text{km}$, 底面达到居里消磁面 (本区居里面平均深 40km), 磁化强度约 $2400\times 10^{-3}\text{A/m}$ 。结合地震勘探资料, 该异常体在前震旦基底内部, 但其磁性超过强磁性的托格群杂岩两倍以上, 与镁铁、超镁铁岩相当。因此, 该磁异常在塔里木盆地和卡拉库姆盆地的同时存在, 有力地证明了它们之间至少从震旦纪以来就存在一定的亲缘关系, 沉积历史和构造演化历史应有某些共性, 两者的渐变性特征能为塔里木盆地的油气勘探提供一定的借鉴意义。

三、中国大陆中生代盆山格局概述

西伯利亚板块向南挤压、印度板块向北运动以及太平洋域的构造作用, 形成了中国陆内

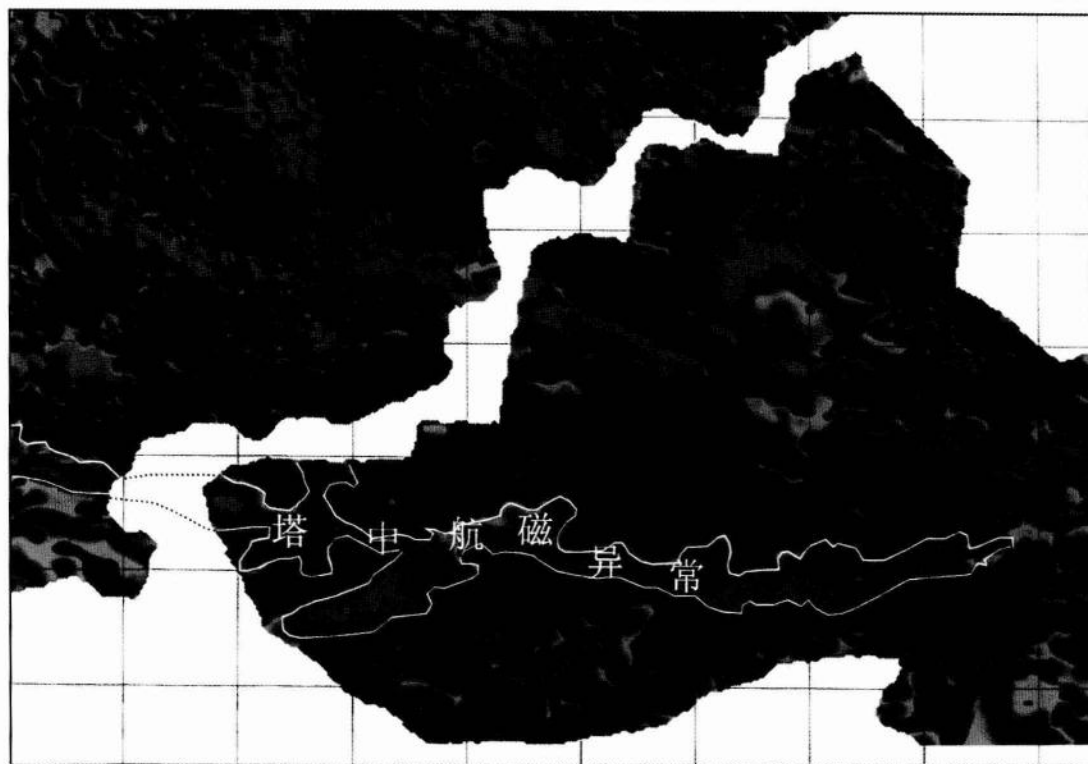


图 1—4 中亚地区航磁异常分布图

(白线包围地区为塔中航磁异常分布区)

一系列走滑造山带和走滑盆地，在整体上构成协调一致的统一应变场。中国大陆盆山体系主要受控于三向动力体系：北部主要受古亚洲动力系所作用，受控于古亚洲域；中西部主要受特提斯动力系所作用，受控于特提斯域；东部主要受太平洋动力系所作用，受控于太平洋域。三者汇合，使中国大陆中生代盆山体系形成叠加与复合的构造格局。中国大陆的中新生代盆地大致可以分为两类：东部的伸展成因盆地和西部的挤压成因盆地，两者以贺兰山—六盘山—龙门山—红河为界（Chen 等，1986）。

许志琴等（1999）认为，中国大陆造山带的折返与周缘大陆岩石圈向内的俯冲作用有关，而不仅仅是印度板块的推挤作用。她们发现印度板块岩石圈向北俯冲至雅鲁藏布江缝合带下约 200km，西伯利亚板块往南低角度插入祁连山 40km 以下，塔里木地块沿阿尔金北缘逆冲断层呈铲式往南俯冲于阿尔金山下 100km，扬子地块呈楔形体插入青藏高原东部中地壳下面。这种现象可能是陆—陆碰撞的一个特征：存在双向倾斜的莫霍面（曾融生等，1998）。

总结前人观点，大致可以得出以下认识：

（1）中生代以来，特提斯域由于陆—弧碰撞和陆—陆碰撞，使古特提斯洋和新特提斯洋相继消亡，在中国中西部地区出现压缩盆山体系，造成造山带和前陆盆地的耦合。

（2）太平洋域中生代晚期以来，由于大洋板块俯冲，在中国东部地区出现大陆边缘岩浆弧及深部软流圈上涌，相继发育伸展盆山体系，形成造山带与弧内盆地和弧后盆地的耦合、变质核杂岩热隆升与伸展盆地的耦合等。

(3) 由于印度板块的楔入及西伯利亚板块的阻滞, 在亚洲大陆引起的滑移线场可以使中国东部及中西部广大地区发育走滑造山带与走滑盆地的耦合, 同时调节中国大陆西部的压缩与中国大陆东部的滑逸或伸展, 因此在中西部以发育走滑挠曲和挤压盆地为主, 而在东部则以发育走滑拉分盆地及伸展盆地为主。

第三节 天山造山带及邻区研究概述

一、天山造山带研究概述

天山地区在大地构造上处于几大古板块(西伯利亚、塔里木—卡拉库姆、哈萨克斯坦—伊犁板块)交汇部位, 并且处于新生代以来印度板块与欧亚大陆碰撞部位的北部陆内构造区, 该区新构造活动实质上为古生代构造带在新构造动力条件下复活及新构造叠加的产物(Allen 等, 1991; Hendrix 等, 1994), 始新世开始发生大规模的构造活动, 主要同印度板块与欧亚大陆碰撞所产生的南北向构造应力场及可能的深部物质活动有关, 具有软碰撞、多旋回和叠覆造山作用的特征(任纪舜等, 1999)。活动构造类型主要包括逆掩断层、褶皱、走滑断层及其过渡类型(Nishidai, 1990; Huchon 等, Searle, 1996; 1994)。

天山造山带由古生代造山带和新生代造山带叠合产生, 具有多种造山带模式:(1) 南天山自早古生代开始张裂、伸展为被动大陆边缘和洋盆, 在晚志留世到早泥盆世开始向北俯冲, 延续至石炭纪发生碰撞, 相应地形成周缘前陆盆地, 应属威尔逊旋回造山模式。(2) 北天山应自泥盆纪开始发生弧后张裂, 形成泥盆纪—石炭纪弧后洋盆及残余地块, 至晚石炭世闭合, 相应地形成弧后前陆盆地, 应属弧后(多岛洋)造山模式。(3) 新生代天山由于喜马拉雅碰撞造山的远程效应, 南、北、中天山复活, 并强烈上升, 同时形成天山两侧推覆和滑覆变形构造, 以及发育巨厚冲积扇的磨拉石盆地, 应属板内造山模式。

根据造山带的分布时限, 天山及其邻区的构造演化至少可以划分为三大阶段, 各阶段具有明显不同的构造特征, 并涉及构造属性的巨大变化, 包括晚古生代(石炭纪—二叠纪)古板块的构造拼合, 中生代伸展夷平及新生代碰撞造山的板内构造响应的盆山耦合关系。

二、天山构造演化史简述

1. 前新生代(晚古生代—中生代)构造演化

天山地区发育多条古生代古缝合线(蛇绿岩混杂带及高压带)及构造带(王作勋等, 1990; 高长林等, 1995), 如北天山构造带、中天山北缘构造带、中天山南缘构造带、南天山推覆构造带等。天山造山带主要形成于晚古生代(海西期)(施央申等, 1997), 在大地构造上, 天山造山带的形成涉及哈萨克斯坦板块(中天山—伊犁—依塞克地块)、塔里木板块之间复杂的岛弧增生及碰撞拼合, 晚古生代涉及微陆块或岛弧(伊犁)拼合及不同时期构造属性的变化和叠加。哈萨克斯坦板块与塔里木板块的拼合过程, 可能涉及由东向西的发展过程(蔡东升等, 1996; 贾承造, 1997), 东部闭合较早而西部较晚。古地磁研究也证明塔里木陆块在古生代末期碰撞前后发生 40° 以上的旋转, 南天山造山带的最后拼合还涉及了斜向碰撞产生的走滑作用(魏国齐等, 1998)。

天山造山带广泛发育古生代推覆构造带, 并逆掩于南北两侧盆地之上, 如西南天山

逆冲推覆—走滑构造系统,向塔里木北缘的逆冲推覆,并受大规模拆离断层控制(刘本培等,1996;高俊等,1997)。他们形成于古生代末期(P_2-T_1),并在新生代再次复活发生推覆和走滑,奠定了天山的扇形结构。而东天山推覆构造至少涉及早、晚古生代末期变形,以及新生代全区的构造变形(马瑞士等,1997)。这些推覆构造在新生代的构造活动及其与前期构造带的关系有待深入研究。

中生代开始(三叠纪前后)天山及其邻区进入板内演化,至三叠纪—古近纪天山及整个西北地区经历了多次的剥蚀夷平作用(李忠权等,1996),主要表现为侏罗纪含煤地层的广泛发育(吴世敏等,1997;陈建平等,1998),并见于现今天山的山顶上,表明天山地区在侏罗纪沉积前基本处于夷平状态。侏罗纪天山以至整个中亚地区主要涉及伸展构造变形(车自成等,1988),并控制了大量陆相盆地的演化,在西天山、塔西北、伊犁地块、塔北均发现了二叠纪末期—三叠纪伸展构造及基性岩墙群侵位的证据(廖世南,1992;高长林等,1995;张志诚等,1998)。这一时期的问题在于伸展构造变形的构造格局及其构造属性尚不清楚(特提斯弧后伸展背景还是古生代造山后伸展背景),即羌塘陆块及其后冈底斯陆块拼合的影响有待研究,因为中生代伸展构造在新生代印度板块碰撞之后,普遍发生构造反转。

2. 新生代构造演化

新生代—现今天山地区构造活动强烈,第四纪以来的构造发展主要是已剥蚀夷平的古生代造山带通过块断式运动复活上隆(彭希龄,1998)、磨拉石建造的发育及层间滑脱逆冲构造变形(逆冲推覆构造及多排褶皱形成)、平行造山带的走滑构造作用(雁列褶皱及走滑断裂)。古天山多级夷平面的存在证明新构造复活的存在。中生代伸展盆地的构造反转,山脉边界断裂复活向盆缘逆掩及横向扩展,并叠加形成天山南北的前陆盆地(刘和甫,1994),如库车前陆盆地、乌鲁木齐前陆盆地等。从天山山前向北部的准噶尔盆地腹地及南部的塔里木盆地腹地,褶皱—推覆构造强度减弱,表现为逆冲—走滑剪切脆性变形(贾承造等,1997),褶皱及逆冲断层的几何形态均显示构造动力来源于天山山脉隆升相关的水平挤压,在区域上归结为喜马拉雅碰撞造山带的形成及其远程碰撞效应。区域构造研究还表明,中亚地区的断裂系统最初形成于古板块在古生代碰撞过程中,并受古板块边缘控制(普遍以蛇绿岩带为标志)(何国琦等,1995),它们是古构造复活的产物。

天山北缘新生代构造主要为乌鲁木齐坳陷及其4排斜列的逆断层—褶皱带,主要形成于上新世—更新世(赵白,1992)。4排构造带出露地层向北东变新,它们的构造活动受深部向南倾斜的低角度逆断层控制(伍致中等,1992;周晓吉,1994;刘和甫等,1994;杨晓平等,1998),如北天山推覆构造带、齐古楔冲构造带、霍尔果斯双重构造带、博格达山前阜康推覆构造带等。该区的雁列褶皱反映了右旋走滑构造的活动,背斜不对称指示动力来源于天山,并且西段的构造变形强于东段,其中的活动逆断层及其背斜构造成为潜在的震源。此外,吐哈盆地的北缘也受到博格达山南缘的逆冲推覆作用的影响。博格达山北缘的推覆构造呈向北突出的弧形构造,断面呈半扇形向南倾斜,具有多期构造活动,但主要形成于新生代(更新统)(伍致中等,1990)。天山北缘推覆构造带与古生代蛇绿岩相伴出现(李向东,1993),并且逆掩于中新世代地层之上,明显具有多期构造活动特点,应为古生代造山带及其边界构造复活的产物。

天山南缘逆冲推覆构造系(辛格尔断裂)西起乌恰,东至博斯腾湖,长度达