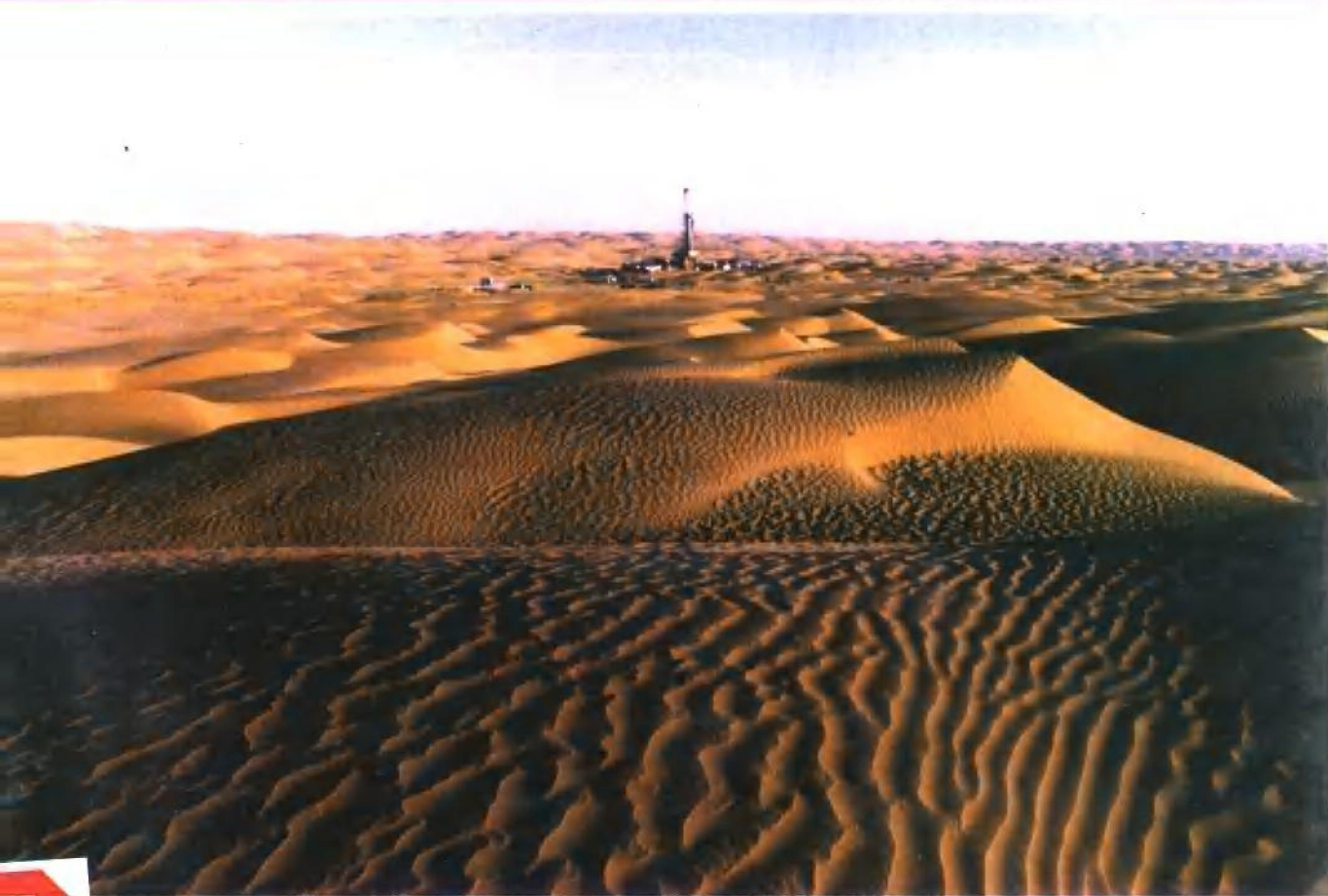


塔里木盆地 构造演化与油气聚集

何登发 李德生 著



地质出版社



128216
P618.130.2
136

塔里木盆地构造演化与油气聚集

何登发 李德生著

5294/28



石油0122817

地质出版社
· 北 京 ·

内 容 提 要

本书在构造演化论与阶段论的原则指导下,应用原型盆地分析方法,从盆地与造山带的关系出发,论述了塔里木盆地的构造发展阶段;首次提出震旦纪—早二叠世为克拉通盆地阶段、晚二叠世—第四纪为前陆盆地阶段,阐述了两大阶段的盆地构造特征。根据构造物理模拟实验和构造沉降分析结果剖析了塔里木盆地演化的动力学机制。在分析盆地构造演化与油气系统的关系基础上,论述了塔里木盆地的油气聚集规律。

本书可供从事煤田、油气地质与勘探的科研人员参考使用,也可作为有关大专院校师生的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

塔里木盆地构造演化与油气聚集/何登发、李德生著.-北京:地质出版社,1996.8

ISBN 7-116-02238-4

I. 塔… I. 何… III. ①塔里木盆地-地质构造②油气聚集-中国-塔里木盆地 N. P618.130.206.245

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 13418 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:王 俊 白 铁

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 11.375 插页: 2 字数: 280000

1996 年 8 月北京第一版·1996 年 8 月北京第一次印刷

印数: 1—700 册 定价: 25.00 元

ISBN 7-116-02238-4

P·1683

前言

塔里木盆地位于新疆维吾尔自治区南部，介于天山、昆仑山与阿尔金山之间，面积达560000km²。盆地腹部为塔克拉玛干大沙漠，人称“死亡之海”，面积达330000km²。多少年来，它一直是中外石油地质学家、油气勘探家热衷研究的目标之一。

塔里木盆地的油气勘探经历了艰苦曲折的历程，今天所取得的辉煌成就无不隐藏着过去的艰辛与困惑。1951—1958年人们挟“山前勘探，初闯地台”的锐气发现了依奇克里克油田；1959—1977年“转战南北，回师西南”，在漫长的旅程之后发现了柯克亚凝析油气田；1978—1984年“重点攻关，雅克拉告捷”，终于挺进沙漠腹地，并发现了雅克拉凝析气田；1985—1988年“突破轮南，战略展开”，发现了轮南油田；1989年至今，成立塔指，对盆地开展全面勘探，发现了9个整装油气田、25个工业性含油气构造、16个工业性出油气井点，探明油气当量储量3.78亿吨，已建成了年产250万吨原油的生产能力。每一突破都在油气勘探的曲折困苦中闪现着灵光，起到了里程碑式的作用。

地质研究与油气勘探相辅相成。地质思维的突破是油气勘探成功的前夜，而油气勘探不但给石油地质学家积累素材，也不断提出新问题，促使地质家去积极思考，为之困惑不解。“石油最先发现于人们的头脑中”，油气发现的哲学就是一部勘探徘徊与思维突破交织的辩证史。塔里木盆地前四个阶段的勘探突破，不但赋予勘探家以热情，也赋予他们进一步思考和勘探的领域，当冲破一思维定势，勘探的领域也随之柳暗花明。

诱人的勘探前景与复杂的地质问题多年来为中外众多的地质学家所瞩目。诺林(1938)、许靖华(1990、1992)、Howell(1993)、黄汲清(1990)、李德生(1992、1994)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该盆地的油气聚集条件与分布规律。但这些年来，对盆地油气蕴藏量大小褒贬不一，由于勘探程度与认识水准的差异，还未能对盆地作出恰当的评价。

塔指成立以来，组织了大规模石油会战，成绩斐然。作者之一自1990年9月起一直长期在塔里木参加石油会战，有幸能目睹这一伟大壮观的油气勘探场面，去感受那紧迫的氛围，去分享那成功的喜悦。隆隆的钻机轰鸣声间夹沉寂无言的思考，热烈的讨论间夹着思辩与钻探的证实，构成了塔里木盆地油气勘探的新篇章。

在对盆地周边露头地质剖面进行观测与丈量、井场岩心观察与描述、地震剖面标定与解释的工作基础上，作者完成了本书的构思与写作。

本书共分九章，分为盆地构造演化、形成机制与油气聚集三个部分，主要有以下认识：

(1) 应用构造发展的阶段论原则，将塔里木块体分为基底与盆地两大形成阶段。从陆核形成与增生的角度将漫长的基底形成阶段建立了发展序列，提出了盆地中央高磁异常带为南北塔里木古陆核古元古代的拼合带的认识。

(2) 盆地在显生宙经历了震旦纪—早二叠世和晚二叠世—第四纪两大构造巨旋回。震旦—奥陶纪经历了震旦纪—早奥陶世的伸展和中晚奥陶世聚敛的演化，为克拉通盆地阶段的早期旋回；志留纪—中泥盆世为一过渡拗陷阶段，晚泥盆世—早二叠世经历了晚泥盆世

—石炭纪的伸展和早二叠世的挤压历程，为克拉通盆地阶段的晚期旋回。晚二叠世—三叠纪为早期前陆盆地阶段；侏罗—白垩纪则为过渡断拗阶段；新生代为晚期前陆盆地阶段。作者首次应用原型盆地分析方法，剖析了每一阶段原型盆地的性质、成因与构造类型。

(3) 从构造沉降分析的角度出发，探讨了盆地主沉降中心逆时针迁移与沉降沉积中心变迁的特点，通过构造沉降量的具体计算，分析了每一盆地阶段的沉降特点，盆地在显生宙表现出早、晚快速与急剧沉降、中间低幅度差异性沉降的特点。从应力、重力、热三个方面讨论了盆地沉降机制。

(4) 首次完成了塔里木盆地构造演化的三维模拟实验。据相似原理，以石蜡、橡皮泥等为材料，测定相应的岩石力学参数。对不同盆地阶段，模拟其相应的边界条件，实现了其构造变形特点，尤以志留纪—泥盆纪、石炭纪—早二叠世和晚二叠世—三叠纪的模拟实验结果较为理想。

(5) 从盆地构造演化影响油气系统的角度出发，论述了油气系统的基本要素、基本作用及成藏演化的构造控制原理。在此基础上，从盆地地质结构的角度提出了克拉通拗陷、前陆拗陷、被动陆缘及叠加型油气系统的新概念，这种油气系统的成因分类更能满足油气勘探的实际需要。

(6) 详细论述了塔里木盆地断裂构造样式、特征、圈闭组合与圈闭分布规律，指出断层相关褶皱背斜油气藏是盆地内目前所发现的油气藏的主要类型。

(7) 从盆地地质结构制约油气聚集的关系出发，剖析了盆地北部、南部前陆拗陷的结构与控油特点；从克拉通内古隆起的类比分析出发，进行塔里木盆地古隆起的时代分类，从而分析了其油气聚集特点。

(8) 在塔里木盆地油气勘探现状与资源序列分析的基础上，认为塔里木盆地虽有勘探的不利因素，但勘探效果、勘探前景十分理想。指出前陆盆地、斜坡构造、断裂与不整合面等领域是今后勘探的主要方向，并提出了相应的勘探目标，有些目标从现今勘探来看，效果较好。

在本书完成过程中得到了国际合作局童晓光教授、石油勘探开发科学研究院宋建国、李晋超、赵文智、陈永武、顾家裕等教授的帮助，塔指副指挥梁狄刚总地质师及贾承造副总地质师对克拉通盆地与前陆盆地特点及油气聚集规律的认识也对我们有一定影响，衷心感谢这些领导与同事的关心、帮助与鼓励。

由于时间紧，文中不妥之处，敬请各位同仁批评指正。

目 录

第一章 塔里木盆地构造演化阶段	(1)
第一节 盆地基底形成阶段	(2)
一、太古宙陆核形成阶段	(2)
二、古元古代陆核增生与发展阶段	(3)
三、中新元古代稳定基底(克拉通)形成阶段	(6)
第二节 盆地构造演化阶段	(7)
一、盆地构造演化阶段分析的基本思路与方法	(8)
二、塔里木盆地构造演化阶段概述	(9)
第二章 震旦纪—早二叠世克拉通盆地构造演化	(15)
第一节 震旦—奥陶纪早期旋回阶段 (I)	(15)
一、震旦纪裂谷盆地阶段 (I ₁)	(15)
二、寒武纪—早奥陶世坳陷盆地阶段 (I ₂)	(19)
三、中、晚奥陶世压陷盆地阶段 (I ₃)	(25)
第二节 志留纪—中泥盆世过渡坳陷阶段 (I)	(29)
第三节 晚泥盆世—早二叠世晚期旋回阶段 (II)	(33)
一、晚泥盆世—石炭纪转化(或反转)坳陷阶段 (II ₁)	(33)
二、早二叠世横张沉陷阶段 (II ₂)	(37)
第三章 晚二叠世—第四纪前陆盆地演化阶段	(44)
第一节 晚二叠世—三叠纪早期前陆盆地阶段 (IV)	(44)
一、晚二叠世前陆盆地	(44)
二、三叠纪前陆盆地	(47)
第二节 侏罗—白垩纪过渡断坳阶段 (V)	(50)
第三节 新生代晚期前陆盆地阶段 (VI)	(56)
一、构造沉积演化	(56)
二、盆地构造类型	(64)
第四章 塔里木盆地构造沉降分析	(68)
第一节 沉降中心的迁移特点	(68)
一、沉降中心的迁移现象	(68)
二、沉降沉积中心迁移的基本特点	(71)
第二节 盆地形态的动力学演化	(71)
第三节 塔里木盆地构造沉降分析	(73)
一、构造沉降计算的基本原理	(73)
二、构造沉降计算结果	(77)
三、构造沉降的动力学分析	(83)
第五章 塔里木盆地构造演化的三维模拟实验	(86)

第一节 构造物理模拟实验原理与方法	(86)
一、构造物理模拟实验简介	(86)
二、地质模型的建立	(87)
第二节 实验方案与主要岩石力学参数	(87)
一、实验材料的选定	(87)
二、实验模型的制作	(88)
三、实验过程	(88)
第三节 模拟实验结果及讨论	(89)
一、震旦—奥陶纪阶段的实验结果及讨论	(89)
二、志留—泥盆纪实验结果及讨论	(89)
三、石炭纪—早二叠世实验结果及讨论	(90)
四、晚二叠世—三叠纪实验结果及讨论	(90)
第六章 塔里木盆地构造演化对油气系统的控制	(92)
第一节 盆地构造对油气系统基本要素的控制	(93)
一、盆地构造对生油区的控制	(93)
二、盆地构造对储集岩发育的控制	(95)
第二节 盆地构造对油气系统基本作用的控制	(97)
一、盆地构造演化制约烃源岩的热演化	(97)
二、盆地构造是影响油气运移的主要因素	(99)
三、构造运动对封盖作用的影响	(100)
第三节 构造演化与油气系统成藏演化	(101)
一、主要成藏作用与成藏期	(101)
二、油气系统演化	(105)
第七章 塔里木盆地断裂构造特征与圈闭分布规律	(108)
第一节 塔里木盆地的断裂系统	(108)
一、盆地周缘断裂系统	(108)
二、盆地基底断裂系统	(109)
三、盆地盖层断裂系统	(113)
第二节 塔里木盆地断裂构造样式与圈闭组合	(115)
一、断裂构造样式	(115)
二、断裂叠加与圈闭组合	(117)
三、断裂系统与圈闭分布	(119)
第三节 塔里木盆地圈闭分布规律	(121)
一、塔里木盆地圈闭的基本特点	(121)
二、塔里木盆地圈闭分布规律	(128)
第八章 塔里木盆地地质结构与油气聚集	(131)
第一节 前陆盆地的地质结构与油气聚集	(131)
一、典型前陆盆地的基本特点	(131)
二、塔里木北部前陆盆地的地质结构	(135)

三、塔里木南部前陆盆地的地质结构·····	(148)
第二节 克拉通内古隆起地质结构与油气聚集·····	(154)
一、克拉通内中央古隆起的地质结构与油气聚集·····	(155)
二、塔里木克拉通古隆起的时代分类·····	(159)
三、塔里木克拉通古隆起的地质结构与油气聚集·····	(160)
第三节 盆地叠加地质结构与油气聚集·····	(163)
一、盆地演化阶段与主要叠合界面·····	(163)
二、主要叠合界面及可能成藏组合·····	(163)
第九章 塔里木盆地油气勘探方向·····	(164)
第一节 前陆盆地与油气勘探·····	(165)
第二节 斜坡构造与油气勘探·····	(165)
第三节 断裂、不整合面与油气勘探·····	(166)
第四节 战略西移与东部勘探·····	(167)
主要参考文献·····	(168)
英文摘要·····	(172)
图版及说明·····	(174)

第一章 塔里木盆地构造演化阶段

塔里木盆地经历了长期的构造发展历程，前震旦纪漫长的基底形成与发展和震旦纪延续至今盆地盖层的发育与改造历史极其复杂。从太古宙南北古陆核形成、古元古代陆核拼合与统一古陆的发展到中新元古代稳定克拉通陆块的形成，塔里木陆壳由小到大、由薄到厚、由塑-韧性向刚性岩石圈发展，地壳结构发生了根本的变化，从而奠定了盆地发育的基础。同时，这种基底在结构层次、空间组成上又具有不均一性，对显生宙盆地的发育具有较大的制约。盆地在显生宙的发育演化具有明显的阶段性与旋回性，构造运动体制的变革是造成盆地形成与盆地发育阶段的主要原因。塔里木盆地发育震旦纪一早二叠世和晚二叠世—第四纪两个构造巨旋回，相应地决定了盆地两个大的发展阶段；从盆地构造层序与构造沉降及动力学历史分析出发，盆地在显生宙发育六个演化阶段，即震旦—奥陶纪裂谷-坳陷阶段、志留纪—中泥盆世过渡坳陷阶段、晚泥盆世—早二叠世转化（或反转）坳陷-横张沉陷阶段、晚二叠世—三叠纪早期前陆盆地阶段、侏罗—白垩纪过渡断坳阶段和新生代晚期前陆盆地阶段。

沉积盆地是岩石圈的一个基本构造单位，它发育在克拉通或造山带基础之上。M. Halbouty (1979) 认为“沉积盆地是在一定的地质历史时间、在独立的地理区，于相对统一的构造环境中，由一处或多处沉积物源组成的沉积岩体地区”。据此，“相对统一的构造环境”是决定沉积发育与盆地形成的根本因素，它的变化是导致盆地类型、性质改变的基本原因；这种构造环境稳定于“一定的地质历史时期”，也即是在该时期存在一种构造环境，相应地发育某种类型的盆地；若在不同地质历史时期，构造环境有异，则盆地类型必然不同。因此，在一漫长的地质历史时期（可看作由一系列的时期（或时间段）组成），随时间演化构造环境逐渐变迁，这种变迁是单向的与不可逆的，可就必然造成盆地类型发生变化。解析这种构造环境及其变革和与之相应的时期，是划分盆地阶段（Basin Phase）的任务；一个盆地阶段有其独特的构造环境、构造沉降机制、沉积组合及盆地类型，可以将这一阶段的盆地总体称为盆地原型。对于简单盆地而言，它仅经历一个盆地阶段；对复杂的多期历史的盆地来讲，它经历了多个盆地阶段，也就表现为不同期原型盆地的叠加。对某一盆地阶段的盆地原型，它可以发育“一个或多个沉积物堆积区”，即原型盆地可以由若干亚盆地（Subbasin）复合而成。由此可见，具长期演化史的盆地（Polyhistory Basin）是由不同期复合的原型盆地叠加而成的，称之为叠合复合盆地。叠合盆地是盆地的一种共性，除非它是第四纪的盆地；后者也存在它发生的基础。

本章从盆地阶段与原型（始）盆地的概念出发，论述盆地的基底形成、盆地发育的阶段及其基本特点。

第一节 盆地基底形成阶段

万物皆有源，盆地的发展有其基础。从天文时期（46—35 亿年）进入地质时期，因不断地发生壳幔分异与岩石圈分异，从上地幔发生汲取而形成初始地壳。这一作用在地质时期（如太古宙仍广泛发生，地壳的汲取作用与地幔的亏损作用互为补充。塔里木盆地的基底是在太古宙南北古陆核形成、古元古代南北古陆核拼合与发展、中新元古代稳定陆壳形成的基础上固结形成的，表现出陆壳由活动到稳定，由小到大、由塑韧性到刚性增强的发展过程。震旦系底部不整合所代表的塔里木运动或阿克苏运动是塔里木盆地基底（塔里木克拉通）形成的标志。

一、太古宙陆核形成阶段

1. 古中太古代北部古陆核形成

在塔里木盆地东北缘的库鲁克塔格地区辛格村南（图 1—1），发育一套主要由片麻岩、变粒岩及少量斜长角闪岩和片岩组成的变质岩系，前人称之为托格拉克布拉克群，高振家等（1993）简称为“托格杂岩”。其片麻岩以钠长片麻岩为主，原岩相当于酸性、中酸性火山岩及其凝灰岩；变粒岩的原岩为陆源碎屑杂岩。胡霁琴等（1990）在托格杂岩中获三组 Sm-Nd 全岩等时线年龄：斜长角闪岩为 3262 ± 129 (2σ) Ma, $\epsilon(\text{Nd})_{\text{T}} = +3.2$ ；灰色片麻岩 3040Ma, $\epsilon(\text{Nd})_{\text{T}} = +8.4$ （算术平均 TDM 值）；片麻状花岗岩为 3046Ma, $\epsilon(\text{Nd})_{\text{T}} = +1.9$ （算术平均 TDM 值），据此，托格杂岩发育时代为古中太古代。同时，从 $\epsilon(\text{Nd})_{\text{T}}$ 值（+3.2 和 +8.4）来看，它们的原岩来自强烈亏损的地幔（地幔的亏损反过来又表示地壳体积的增加），而片麻状花岗岩（ $\epsilon(\text{Nd})_{\text{T}} = +1.9$ ）的形成可能与灰色片麻岩类岩石的变质或重熔过程有关。胡霁琴所确定的新太古代地层见于且干布拉克一带，以角闪岩、斜长角闪岩、科马提岩的产出为特征，年龄大于 2500Ma，最大可到 3200Ma, $\epsilon(\text{Nd})_{\text{T}} = 0.2$ ，远低于该区太古宙亏损地幔演化值，表明该类岩石为混合岩化的产物，其中混入了更老的

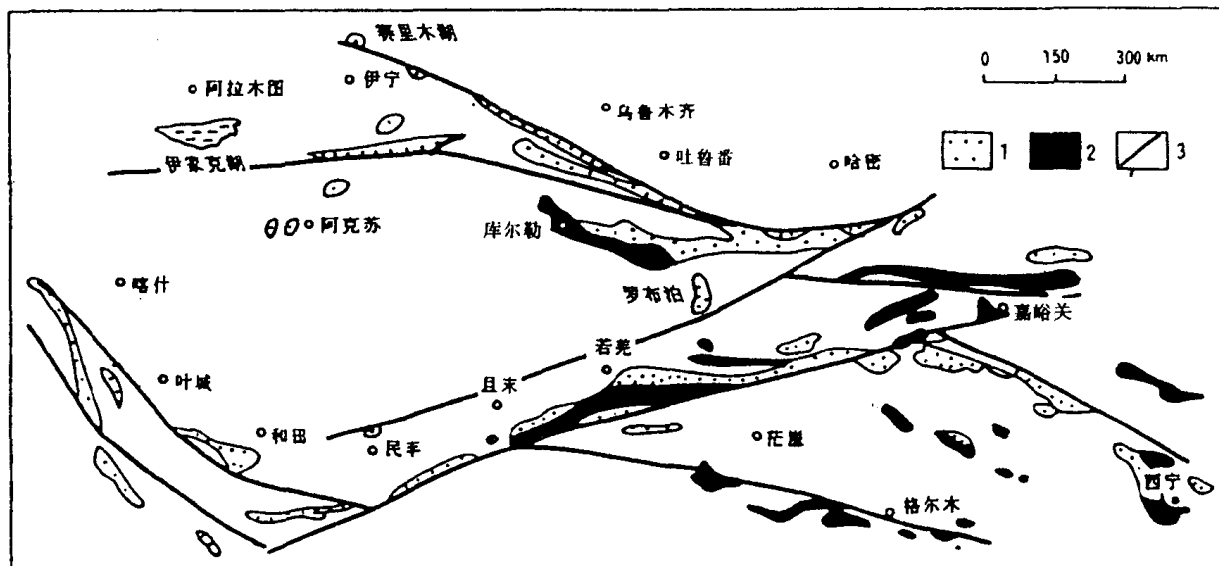


图 1—1 塔里木及邻区前震旦系分布图

1. 中晚元古界；2. 太古宇—下元古界；3. 区域断裂

陆壳物质。所谓的“更老的陆壳”，即为古中太古代于塔里木北部形成的古陆核。

2. 新太古代南部古陆核形成

塔东南地区沿阿尔金山北缘自拉配泉北的阿克塔什塔格至贝克滩北的因格布拉克一带出露一套高度变形、变质达麻粒岩相的一套杂岩，车自成等（1994）称之为“阿尔金杂岩”^①。它们主要为长英质麻粒岩、基性麻粒岩和斜长角闪岩，原岩恢复表明它们主要来自深成侵入岩，形成温度介于 835—923℃，压力在 $(11.4-11.7) \times 10^8 \text{Pa}$ 之间，相当于 40km 埋藏深度，即麻粒岩形成于下地壳环境。车自成等（1994）对中酸性片麻岩和基性麻粒岩、斜长角闪岩求得全岩等时线年龄为 $2787 \pm 151 \text{Ma}$ ， $\epsilon(\text{Nd})_T = -3.77 \pm 2.59$ ；基性岩类全岩等时线年龄为 $2792 \pm 208 \text{Ma}$ ， $\epsilon(\text{Nd})_T = -3.75 \pm 3.83$ ，这组年龄代表了岩浆岩初始结晶作用的年龄，和锆石 U-Pb 年龄比较（平均值为 2589.37Ma，王云山，陈基娘，1987），麻粒岩即“阿尔金杂岩”形成于新太古代。从其 $\epsilon(\text{Nd})_T$ 值及改正值（表现为低值）分析，与库鲁克塔格区且干布拉克一带新太古代岩石类似，其形成可能有大陆地壳物质（基性部分）混入或与混合岩化有关（长英质片麻岩）。新太古代阿尔金麻粒岩相杂岩应该代表了塔里木南部陆核的形成。塔西南区北东向正负相间的磁异常带（蔡振京等，1990）的正异常带与塔东南主导构造线方向（北东向）一致，与阿尔金隆起带走向相同，它们应代表新太古代“阿尔金型杂岩”的产状，共同形成塔里木南部古陆核。

二、古元古代陆核增生与发展阶段

1. 南、北古陆核的拼合与“中央磁异常带”

古元古代塔里木区主要的构造事件是南北古陆核的拼合与一系列构造活动带插入太古宙陆核之中，这主要基于以下推理：

（1）南北古陆核的差异是存在的，它们的拼合发生在一定的时限内；古元古代是全球范围的地幔亏损时期，中国东部、美国、加拿大和北欧等区在古元古代都受影响，地幔亏损表现为基性、超基性岩浆的喷发与侵入，初始壳发生分异（图 1—2）；南北塔里木古陆核的拼合推测发生在古元古代，拼合的方式则是镁铁、超镁铁质岩浆的“焊合”。

（2）“中央磁异常带”是古元古代南北古陆核的拼合带

“中央磁异常带”东起阿拉干，异常轴向沿北纬 $39^{\circ}40'$ 附近呈 EW 向展布，向西到东经 $80^{\circ}30'$ 附近发生间断，过巴楚地区之后在岳普湖与喀什两地又出现近 EW 向高磁异常带（图 1—3），异常带每个磁力高具有规模大和强度高的特点，异常强度一般为 200—350nT，最大达 500nT。这一横亘盆地的纬向高值异常带的成因一直

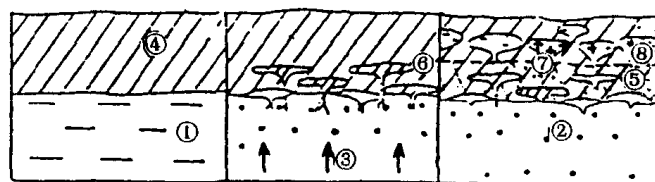


图 1—2 20 亿年时岩石圈形成模式

（据 B. И. 柯瓦连科，1989）

①原始地幔；②亏损地幔；③来自下地幔的物质与热流；④初始壳；⑤基性岩化壳；⑥基性岩浆房；⑦花岗岩化与深熔带；⑧移动的花岗岩带。发展阶段：左：岩石圈形成前；中：亏损的原始地幔和在初始壳中移动的玄武岩熔融体；右：初始壳分异为“玄武岩”和“花岗岩”壳

① 车自成等，1994 年，塔里木板块东南边缘与塔东南地区构造特征，85—101—01—01—07 专题报告，西北大学。

是争议的焦点，或认为是三叉裂谷系的废弃支——“坳拉槽”（贾承造等，1992），或认为是前寒武纪的“塔克拉玛干中央裂谷”（王宜昌，1994）^①，或认为是一强磁性杂岩带（朱英，1989），本文认为它是南北陆核“焊合”产物的反映，理由如下：

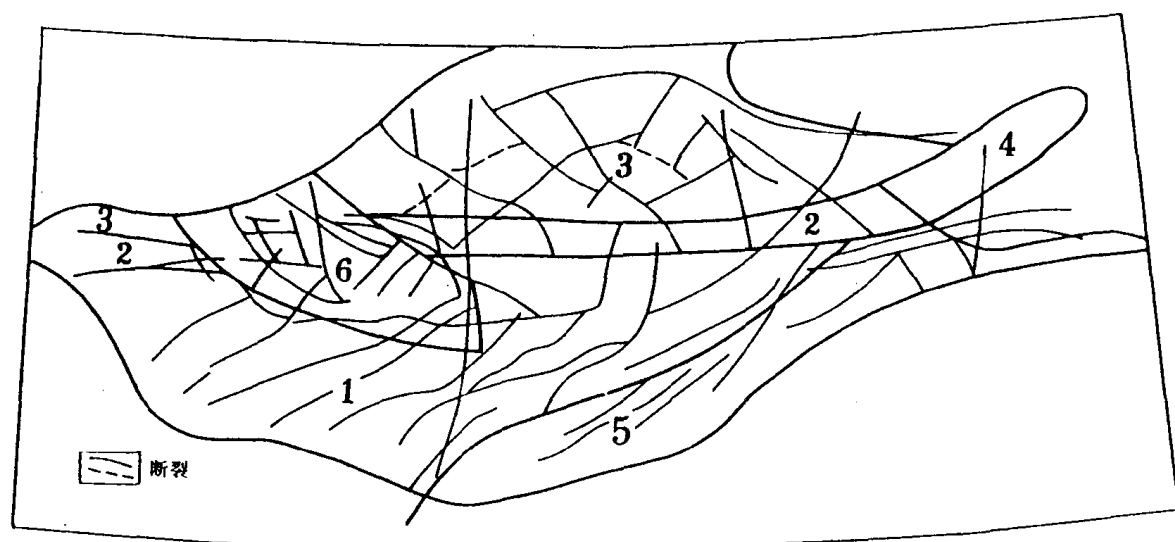


图 1—3 塔里木盆地磁异常分区

（据许炳如，1994）

1. 塔西南宽缓高值正负相间磁异常带；2. 塔里木中央纬向高值正异常带；3. 塔里木北部广阔平缓负磁场区；
4. 塔里木东缘磁场区；5. 塔东南正负变化磁异常带；6. 巴楚变化剧烈磁异常区

①在重力异常图上，如盖层重力效应图上并未见这种近东西向异常带，表明它们并不存在于盆地盖层之内；从剩余重力异常图来看，在尉犁与铁克里克之间发育一系列串珠状重力异常，这反映出基底组成的密度差异或基底隆起，结合康氏面（C）与莫霍面（M）深度图分析，串珠状剩余重力异常是基底密度差异的反映；在库尔勒-若羌与库车-塔中-塔南天然地震转换波剖面在上地壳中存在一些高速薄层，也可推测是高密度体的反映；

②在 ΔT 化极上延 40km 图中，仍表现为宽缓高值正异常，这一区域莫霍面埋深 40km 左右，表明这一磁异常带切穿了莫霍面；定量计算表明，异常体为近于直立的板状体，顶面埋深 17—24km，表明这一异常带根源于上地幔延至中上地壳；

③该异常体磁化强度约为 $2400 \times 10^{-3} \text{ A/m}$ ，约为“托格杂岩”或“阿尔金杂岩”的两倍以上，是镁铁超镁铁磁性体的反映，是地幔强烈亏损的产物，古元古代的全球格局满足这一地幔亏损条件；

④该异常体不可能是显生宙的产物，显生宙沉积岩大多为弱磁性或无磁性；火成岩（如柯坪巴楚地区二叠纪辉长岩墙群、玄武岩等）的磁化强度也不太大，在 ΔT 化极上延 20km 磁场图上消失，异常体埋深一般 2—3km；如果说二叠纪地壳裂解、稳定性差，岩浆侵入易发生；那么在寒武—奥陶纪若有这类大规模岩浆活动，一般地也应该在地壳浅层见到，所以从另一方面来看，该异常带作为寒武—奥陶纪坳拉槽早期产物也是难以成

① 王宜昌，1994，利用重磁资料研究塔里木盆地构造及火成岩分布（85—101—05—06—03），物探局物探地质研究院。

立的。

(3) 上述重磁异常特征都与“镁铁超镁铁岩体”特征一致，从时间序列分析，它们是古元古代地幔亏损的产物，正是它们的侵入与“焊合”作用将南北古陆核联结成统一的塔里木古陆，该“焊合带”也就从此保留下来，而引起很多学者的争议或误解。

2. 古元古代古陆（核）的发展

伴随南北古陆核在古元古代的拼合，也发生了一系列沉积作用。库鲁克塔格地区下元古界兴地塔格群（表 1—1）以巨厚的陆源碎屑岩和碳酸盐岩沉积为主^①，火山及火山碎屑岩仅发育在局部地区，变质程度多为低绿片岩相至低角闪岩相，局部强烈混合岩化，其白云母片岩全岩 Pb-Pb 等时线年龄为 2399Ma；铁克里克地区下元古界下部和上部分别称之为喀拉喀什群与埃连卡特群，前者由二云石英片岩和斜长片麻岩组成夹蚀变流纹岩，后者为绢云绿泥石英片岩夹石英岩、含铁石英岩、大理岩、千枚岩等；阿尔金地区下元古界下段为混合片麻岩、混合花岗岩、条痕及条带状混合岩、斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩和黑云角闪片麻岩，上段为石英岩、白云大理岩和橄榄透辉大理岩，其源岩以副变质岩为主，混

表 1—1 塔里木盆地周缘前寒武纪地层

界	系	柯坪地区	铁克里克地区	阿尔金地区	库鲁克塔格地区
古生界		寒武系	泥盆系 (D _{3q})	奥陶系	寒武系
元古宇	震旦系	奇格布拉克组 苏盖特布拉克组 尤尔美那克组	克孜苏胡木组 (Z _{2kz}) 库尔卡克组 (Z _{2kr}) 恰克马克力克组 (Z _q)		震旦系
	青白口系 (Pt ₃)	巧恩布拉克组 阿克苏群	萝库洛克群	索尔库里群	帕尔岗塔格群
	蓟县系 (Pt ₂)		苏玛兰群 博查特塔格群	塔昔达坂群	爱尔基干群
	长城系 (Pt ₂)		塞拉加兹塔格群	巴什考供群	波瓦姆群
	Pt ₁		埃连卡特群 喀拉喀什群	阿克塔什塔克群	兴地塔格群
太古宇	Ar ₃			阿尔金杂岩	Ar ₃
	Ar ₁₋₂				托格拉克布拉克群 (托格杂岩)

合岩化程度高。上述陆源碎屑沉积标志着古元古代古陆已发展到一定规模。这与世界上其

① 新疆石油管理局新疆石油勘探公司、滇黔桂石油勘探局地质科学研究所塔北一队，1988. 11，塔里木盆地东北缘库鲁克塔格地区震旦至奥陶纪地层沉积相及含油性。

它地区的研究相符 (Hurley 和 Rand, 1969)。从原岩恢复来看, 塔里木北缘地区基底固结硬化程度较高, 以沉积岩组合为主, 而塔里木南缘含有较多的火山岩, 代表较为活动的构造环境。

古元古代除南北古陆核的逐渐拼合与稳定沉积之外, 另一重要事件是构造活动带的广泛发育。塔西南区发育九条 NE 向正负相间的宽缓磁异常, 正异常的宽度范围大于负异常的宽度范围, 前文已推测正异常带代表新太古代形成的陆核成分, 在此作者将负异常带归因于古元古代剧烈的构造活动带, 负异常带异常强度在 $-110 \sim -60 \text{ nT}$ 之间, 与下元古界 (如喀拉喀什群、埃连卡特群) 岩石的弱磁性特征相等。如若这样, NE 向构造活动带与中央近 EW 向构造活动带遥相斜交, 类似“三叉裂谷系”, 但活动性质有天壤之别, 中央带以镁铁超镁铁岩的侵入为主, 塔西南北东向带仅表现为陆内伸展活动带。在阿尔金山西段苏吾什杰一带出现“双峰式火山岩”, Rb-Sr 等时线年龄值为 $1882.9 \pm 110 \text{ Ma}$, 表明该区古元古代末发生大陆裂谷活动。

由上所述, 古元古代在太古宙形成的两个古陆核上沉积了一套稳定的陆缘碎屑沉积, 广泛的裂解作用一方面使古陆核遭受不同程度的分裂, 形成构造活动带, 另一方面沿中央磁异常带部位基性超基性岩墙侵入使南北古陆核得以拼合成统一的古陆, 这是古元古代裂解活动的双重特征。上述模式目前还难以明确的是北部古陆核的实际范围, 从 ΔT 平面图来看, 塔北以广阔平缓负磁异常为特征, 向北延至南天山, 表现出二者统一的基底结构; 一般认为该负磁异常是 (下) 元古界的反映, 那么北部陆核 (Ar) 在磁场特征上有何反映? 在重力场异常图上存在一系列正负相间异常带, 正异常是否代表太古宙陆核成分? 这仍是需要进一步研究的问题。

三、中新元古代稳定基底 (克拉通) 形成阶段

1. 沉积特征

库鲁克塔格地区中元古界下部波瓦姆群 (高振家等, 1993) 为百余米厚的石英岩、片岩和大理岩, 上部爱尔基干群为石英岩、粘土岩、厚层碳酸盐岩和粗碎屑沉积; 上元古界帕尔岗塔格群下部为绿泥石英片岩、厚层石英岩, 上部是富含叠层石、核形石的硅质碳酸盐岩。表明该区在中新元古代为稳定边缘沉积。

铁克里克地区中元古界塞拉加兹塔格群下部为变质安山岩、流纹斑岩夹中性凝灰岩, 上部为英安斑岩、钠长斑岩夹白云岩及砂岩, 在其中上部钾质角斑岩中获 1764 Ma Rb-Sr 等时线年龄。博查特塔格群与苏玛兰群以海相碳酸盐岩沉积为主, 前者底部为含砾粗砂岩、泥质炭质粉砂岩, 中上部为数千米厚的白云岩、白云质灰岩与灰岩; 后者主要为叠层石灰岩、泥岩、砂岩组成。上元古界苏库洛克群为数百米厚的粉砂岩、泥岩、硅质岩、夹叠层石灰岩, 上部夹安山岩。表明该区中新元古代早期处于活动环境, 晚期渐趋稳定。

阿尔金地区中元古界巴什考供群下部为酸性凝灰岩夹片理化砂岩与炭质粉砂岩 (含玄武岩和集块岩), 中上部为绿片岩、灰岩与粉砂岩的互层; 塔昔达坂群下部为砂岩、粉砂岩夹硅质岩、灰岩与安山玄武岩, 中部为砂岩、绢云片岩、千枚岩夹凝灰熔岩和灰岩, 上部为中厚层灰岩、白云质灰岩、白云岩夹绿片岩。索尔库里群为浅海相砾岩、石英砂岩、鲕状及竹叶状灰岩, 发育底砾岩。沉积组合也表示出该区中新元古代构造环境由活动趋于稳定的过程。

2. 构造环境

可以认为, 古元古代末形成了统一的塔里木古陆, 该古陆北部稳定、南部较活动。进入中新元古代, 古陆东北缘(就现今坐标系而言)处于稳定边缘, 而南部边缘则经历了一个由活动向稳定边缘转化的历程。

首先, 上述沉积组合已表现出这种特点;

其次, 火山岩组合也体现出这种趋势:

阿尔金地区中元古界下部层位(如巴什考供群底部)含大量基性火山岩, 主要为玄武岩、粗玄岩、英安岩与流纹岩, 为典型的基性-酸性双峰式火山岩组合, 基性火山岩出现碱性、钙碱性、拉斑玄武岩整个系列, 表明出现这套火山岩的古裂谷环境经历了较为彻底的演化, 其稀土配分型式呈平坦型, $\epsilon(\text{Nd})$ 值较高($+6.4 \pm 1.4$)表明该套火山岩未受陆壳混染, 该裂谷伸展已达一定程度(出现初始洋壳?)。以上说明中元古代早期处于活动陆缘环境, 而中元古代末才出现叠层石灰岩为主的稳定沉积。铁克里克地区塞拉加兹塔格群钙质碱性系列火山岩表明中元古代早期该区处于活动环境, 博查特塔格群开始才出现滨浅海碳酸盐岩、碎屑岩为主的稳定环境沉积。由上所述, 南部边缘由活动转为稳定的时期具有西早东晚的特点。

与之相反, 塔里木西北缘在中新元古代处于一活动带部位, 以阿克苏群为代表, 由基性熔岩-硅质岩-复理石沉积组合为主, 代表洋壳环境, 阿克苏西南高压低温岩石蓝片岩的发现(蓝片岩中多硅白云母 K-Ar 同位素年龄为 720Ma)表明该洋壳闭合于元古宙晚期。据此, 肖序常等(1991)认为该期形成了统一的“新疆克拉通”, 对此尚有争议。然而较为明确的是, 西北缘洋壳俯冲闭合事件相当于我国南方一次普遍而重要的运动——澄江运动, 在塔里木区, 也有人称之为阿克苏运动或塔里木运动, 这次构造运动之后, 塔里木西北缘也成为稳定边缘。因此, 以此次构造事件为标志(以震旦系底部的区域不整合为标志), 盆地基底演化至新元古代末, 已形成一统一的稳定克拉通, 岩石圈厚度也逐渐加厚, 呈现出刚性岩石圈的特征。据推测, 这时地壳厚度已在 40km 以上(车自成, 1994)。盆地构造演化由此进入刚性块体内部或边缘作用的阶段。

第二节 盆地构造演化阶段

进入显生宙以后, 塔里木盆地开始形成并逐渐发展。长期的演化历史铸就了盆地的现今构造格局, 解析这一悠久复杂的盆地发展史也就成为盆地分析的首要任务。

首先, 盆地在不断地发展演变。盆地的沉积充填、沉降隆升、变形与改造、油气的成藏与破坏等地质作用过程随时间的推进而发展, 因此, 要求运用“历史的”观点来分析; 同时, 盆地赋存的构造环境与地质作用过程无时不处于运动之中, 也就要求“历史观”必需以活动论为基础。“历史观与活动论”是作者进行盆地构造分析的首要原则。

其次, 盆地的发展具有阶段性。一定地质历史时期的盆地在沉积充填、沉降机制、构造环境、构造样式与构造体制等方面有别于另一时期的盆地, 即不同盆地阶段(Basin Phase)具有明显的差异性。朱夏曾指出“前 10 亿年左右以来的地质历史中, 地球的热体制和构造体制是随时间而作既连续又有阶段性演化的”, 运动体制(包括热体制和构造体制)在不同阶段的转化是造成盆地阶段的根本原因。盆地的演化是单向的、连续的与不可逆的,

同时也是有阶段性的。因此，盆地发展的“阶段性”原则是本文进行塔里木盆地构造分析的另一准则。

一、盆地构造演化阶段分析的基本思路与方法

1. 沉积演化分析

沉积盆地是某一地质时期在一沉降区内（封闭亦或半封闭）沉积物堆积而成的地质实体。不同时期或阶段的沉积物在沉积类型、沉积特征、相组合及体系等方面有别，所反映的古气候与古生态、古地理环境也不尽一致，这种沉积演化特点及沉积演化阶段是运动体制转化另一侧面的反映，其根本上仍受控于构造演化。因此，沉积演化史分析是盆地阶段分析的基础。

2. 构造变形分析

沉降与隆升、褶皱与断裂等构造变形受介质条件、构造应力场、边界条件、应力作用方式与热体制等的直接控制，也是构造演化最直观的体现；热体制与应力和重力等构造体制的转化直接制约着构造序次、构造置换与构造叠加等现象。解析构造的序次与期次、交截、置换与叠加、沉降与隆升以及变形的发展等可以剖析影响它们的内在因素。这是盆地构造演化分析与划分盆地阶段的关键环节。

3. 构造作用与沉积过程的关系分析

虽然盆地沉积体系及其内部的沉积过程与诸多因素（如气候、古地貌、物源、沉积基准面、构造等）有关，但较为直接的控制因素是相应时期的构造作用。构造沉降提供沉积物可容空间，盆缘构造活动强度影响沉积物供给，盆内构造活动影响地形和沉积体系的发育等；相反，沉积物是构造活动的反映，沉积厚度、沉积物组成（如砂岩骨架组分、碳酸盐岩骨架矿物等）、堆积区域与样式等无不是构造作用的反映。因此，解析一定时期（如一个盆地阶段）盆地沉积与构造的关系及这种“关系”的变化，是剖析盆地演化阶段及其特征的一个主要方面。

4. 成盆作用分析

包括区域构造格局与深部构造背景分析两方面。盆地形成于一定的构造环境（如板块构造背景、板块作用方式等），这种环境以某种运动体制（包括构造体制与热体制）为基础，运动体制的变化是盆地形成的首要条件（朱夏，1982），也是划分盆地阶段的准绳。深部构造背景（如岩石圈的流变学分层特性、下地壳与软流圈的流变学特点、相转换、深部物质运动的运动学与动力学特点等）是盆地形成的另一重要方面，深部构造背景的变化是造成不同盆地形成与盆地演化阶段的主要因素。研究塔里木盆地的成盆作用与成盆阶段进行上述两方面的分析是必需的。

5. 原型盆地分析

将上述几方面进行综合研究，将引出“原型盆地分析”的概念，这是近年来盆地分析较有吸引力的一个发展方向。朱夏（1981）早就认为：不同时期相继出现过不同类型的盆地，而且常常受到后来的构造活动改造，从而产生出新的构造型式；其中一种主要型式就是油气盆地及其多种原型，一个结构单元是一种构造型式，也是一个沉积实体，是某一特定地史时期内形成的原始状态意义上的沉积盆地，称之为盆地原型。在这个意义上，本书作者将原型盆地理解为“某一地质时期盆地在气候、岩相古地理、古生态、沉积体系、水动力、热动力、构造环境、深部背景与盆地类型等方面的原始状态”。这种原始状态的盆地

可以具有多个沉积或沉降中心,或分割或联系,也就是讲“一个原型盆地横向上可以由几个盆地复合而成,它们在成因上具有相似性,而构成复式(合)盆地”。而所谓“某一地质时期”在此限定为盆地运动体制相对稳定的一段时间,相当于一个盆地阶段。因此,本文对塔里木盆地演化的分析是解析不同盆地阶段的原型盆地以及原型盆地叠加的实质。原型盆地受后期构造运动的改造常变得面目全非,后一阶段的盆地叠加在前一阶段盆地之上,这种叠加关系也因后期改造常常变得模糊不清。在分析过程中,坚持整体的、动态的与综合的观点(赵重远,1990、1993)进行前述几个方面的分析,可以剖析盆地阶段与原型盆地、盆地叠加与后期改造直至整个历史时期盆地演化的全过程。

二、塔里木盆地构造演化阶段概述

1. 盆地地层发育与主要不整合面

图1—4表示了盆地及周缘的地层发育。盆内与盆缘地层差异巨大,盆内各构造单元的地层发育也存在明显差异,图1—4表示了这些地层界面的性质。塔里木盆地至少有22个层序界面,这些界面大多为不整合面,多数为I型不整合,少数为II型不整合,代表盆地每一演化阶段末期,板块作用造成的隆升剥蚀或沉积环境的剧变;盆地主要发育六个区域地层不整合面,它们在地震剖面、井下地层和野外露头上都有反映。

(1) 震旦系与前震旦系的不整合,为盆地基底与沉积盖层的分界面。

(2) 志留系与奥陶—寒武系的不整合,在库鲁克塔格地区、阿尔金地区、中央隆起、北部坳陷、塔北隆起为角度不整合,在柯坪地区表现为相应的整合面,该不整合面之上的地层主要为碎屑岩,其下主要为碳酸盐岩。

(3) (上泥盆统一)石炭系与中泥盆统及下伏地层的不整合,在塔北、中央隆起、柯坪地区、库鲁克塔格地区、阿尔金地区表现为角度不整合,在北部坳陷表现为整合或角度不整合,该界面上下构造变形存在显著差异。

(4) 上二叠统与下二叠统及下伏地层的不整合,在整个盆地表现明显,为角度不整合或平行不整合,构造单元之间不整合面代表的时限略有差别,这是显生宙盆地构造两个巨旋回的分界面,该界面上下盆地性质明显有别。

(5) 侏罗系与三叠系及下伏地层的不整合,除在库车坳陷表现为整合外,在其它构造单元都表现为角度不整合或平行不整合,这是一个区域性的削蚀面,界面上下沉积体系、盆地类型有显著差异。

(6) 新生界与白垩系及下伏地层的不整合,在全盆地都表现为明显的角度不整合。

这些不整合面将盆地划分成一系列构造层序(Tectonic Sequence),即与某个构造期相当的建造单元,代表该期盆地原型的沉积充填。从这些不整合面的成因来看(何登发,1995),它们与大地构造背景和运动体制的改变有关,亦或与全球海平面相对变化有关。因此,据上述不整合面划分的构造层序实际上代表一个盆地阶段的沉积产物;反之,据这些不整合面又可以划分盆地阶段(图1—4)。塔里木盆地在显生宙具有六个盆地阶段,这与构造沉降分析结论(何登发,1994)也相一致。

2. 塔里木盆地原型盆地基本类型

关于沉积盆地类型自本世纪70年代以来,Klemme(1980)、Porta和McCrossan(1973、1975)、Dickinson(1974、1976)、Bally(1980)、Selly(1975、1985)、Poulet(1981)、Stoneley(1981)、Bois(1982)、Kingston(1983)、Miall(1984、1990)、Helwig(1985)、Klein