

塔里木盆地 油气系统与油气分布规律

李小地 张光亚 等著
田作基 柳少波

地质出版社



塔里木盆地 油气系统与油气分布规律

李小地 张光亚 田作基 柳少波 等著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书主要叙述了塔里木盆地油气系统形成、演化的地质条件,油气系统的划分,古生界、中生界油气系统特征,油气藏特征与油气分布规律,对塔里木盆地从油气系统、区块和圈闭三个层次进行了评价,并提出了进一步勘探的部署建议。

本书可供从事石油、地质类科研、教学、生产的有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

塔里木盆地油气系统与油气分布/李小地等著. -北京:地质出版社,2000. 10
ISBN 7-116-03217-7

I. 塔… II. 李… III. 油气藏-研究-塔里木盆地 IV. P618. 130. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 45477 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:赵俊磊 叶丹 白铁

*

北京印刷学院印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:8.875 字数:200,000

2000 年 10 月北京第一版·2000 年 10 月北京第一次印刷

印数:1—600 册 定价:20.00 元

ISBN 7-116-03217-7
P·2138

(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

塔里木盆地是一个具有丰富油气资源和良好勘探远景的大型含油气盆地。盆地面积 56 万 km², 沉积岩体积 400 万 km³, 油气资源量达 191.5 亿 t, 约占全国油气资源的五分之一。因此, 塔里木盆地的油气勘探在我国石油工业中占有重要地位, 也是我国油气储量和产量持续增长的重要后备基地。

塔里木盆地的油气勘探经历了艰难曲折的过程。20 世纪 50 年代限于勘探技术水平, 油气勘探工作仅局限在库车坳陷和喀什凹陷, 于 1958 年发现了库车坳陷的依奇克里克侏罗系油田, 其后勘探力量调往大庆, 塔里木盆地的勘探基本停止。1964 年开始重新组织塔里木盆地的油气勘探工作, 由勘探技术和地质认识的进步导致油气勘探在山前和台地区同时展开, 1977 年在塔西南发现柯克亚中新统油田, 其后虽组织了从库车坳陷经柯坪到塔西南的“马蹄形大会战”没有发现新油田。其间完成的沙漠地震大剖面对盆地地质结构有了暂新的认识。1984 年在塔北隆起上发现了奥陶系储层的雅克拉油田, 证实其油源来自古生界, 成为塔里木盆地油气勘探史上的重要转折。其后因沙漠地震技术的应用, 塔里木盆地开始了大规模的油气勘探。截止 1997 年, 全盆地累计探明 19 个油气田, 探明石油地质储量 2.89 亿 t, 天然气地质储量 1808.87 亿 m³, 成为我国产油区之一。

塔里木盆地油气勘探的曲折经历一方面是受技术发展水平的限制, 另一方面是受盆地复杂的地质条件约束。塔里木盆地是一个长期多旋回发育、多种类型盆地复合叠加的含油气盆地。长期的构造演化、多期的构造运动改造和复杂的生排烃历史使塔里木盆地油气分布异常复杂, 准确客观的认识油气分布规律是推动油气勘探进步、提高勘探效益的重要途径。

本书的作者们参加了“八五”“塔里木盆地油气资源”和“九五”“塔里木盆地石油天然气勘探”国家重点科技攻关项目的研究工作。从“八五”期间起作者引进了“油气系统(the petroleum system)”的概念分析塔里木盆地油气藏形成条件和油气分布规律。油气系统是介于盆地和区带(play)之间的一个地质单元, “包含成熟烃源岩和与此相关的所有的石油和天然气, 并包括油气形成时所必不可少的地质要素(essential elements)和作用(processes)”。“系统(system)是描述相互依存的各地质要素和作用, 这些要素和作用组成了能形成油气藏的功能单元。要素包括油气源岩、储层、盖层及上覆岩层; 地质作用包括圈闭形成、烃类生成、运移和聚集。这些基本要素和作用必须有适当的时空配置, 才能使原岩中的有机质转化为油气, 进而运移、聚集形成油气藏, 并保存至今。由此可见, 油气系统是描述烃源岩和已聚集油气之间的成因关系, 并强调地质要素和作用的时空配置, 适合应用于塔里木盆地复杂的油气地质条件分析, 化复合叠加为单一, 使复杂的问题简单化。

本书是在“九五”国家重点科技攻关项目《塔里木盆地石油天然气勘探》中“塔里木盆地油气系统与油气分布规律”研究的基础上编写而成的。前言李小地执笔, 第一章由张光亚、李洪辉执笔, 第二章由柳少波执笔, 第三章由李小地、窦立荣、柳少波执笔, 第四章由田作基、张光亚、邹华耀执笔, 第五章由李小地、杨文静执笔, 第六章由李小地、周东延执笔, 李小地做了

最后统稿。

在“九五”国家重点科技攻关的研究和本书的编写中得到了贾承造教授、顾家裕教授、李良辰副教授、姚惠君高级工程师的指导和帮助。书中引用了张保民副教授、赵孟军高级工程师、张水昌高级工程师和塔里木石油勘探开发指挥部部分尚未发表的研究成果，并注明了出处。最后感谢所有为本书提供指导、帮助、建议和编辑的人们，愿他们生活得更美好。

目 录

前 言	
第一章 塔里木盆地油气系统形成演化的地质条件	(1)
第一节 原型盆地类型	(1)
第二节 盆地叠加与改造	(9)
第二章 油气系统的划分	(17)
第一节 烃源岩类型	(17)
第二节 原油成因类型	(32)
第三节 天然气成因类型	(43)
第四节 油气系统的划分	(46)
第三章 古生界油气系统	(48)
第一节 古生界油气系统的基本要素	(48)
第二节 古生界油气系统的基本作用	(54)
第三节 古生界油气系统描述	(62)
第四章 中生界油气系统	(70)
第一节 库车三叠、侏罗系油气系统	(70)
第二节 塔西南侏罗系油气系统	(86)
第三节 阿瓦堤—满加尔三叠、侏罗系油气系统	(92)
第四节 塔东南侏罗系油气系统	(93)
第五章 油气藏特征与油气分布规律	(97)
第一节 油气藏类型与特征	(97)
第二节 典型油气藏解剖	(99)
第三节 失利井分析	(126)
第四节 油气分布规律	(127)
第六章 区带评价与勘探方向	(131)
第一节 油气系统评价	(131)
第二节 区块评价	(132)
第三节 勘探方向	(135)

第一章 塔里木盆地油气系统形成演化的地质条件

塔里木复合叠加盆地油气系统形成演化以原型盆地中烃源岩发育为基础,以盆地埋藏隆升、褶皱-冲断等作用为条件,以油气多期生成、多期运移聚集和多期调整、破坏为特点。

第一节 原型盆地类型

在塔里木盆地演化历史中,主要发育了寒武系一下奥陶统、中上奥陶统、石炭系一下二叠统和三叠—侏罗系四套烃源岩,其中前三套为海相或海陆交互相,第四套为湖相和湖沼相。

一、寒武系一下奥陶统烃源岩分别形成于克拉通边缘坳陷和克拉通内坳陷

震旦纪—早奥陶世,塔里木盆地处在伸展盆地发育阶段,在塔里木克拉通周边发育裂陷槽盆地、大洋盆地,克拉通内部分别在东、西部发育克拉通边缘坳陷盆地和克拉通内坳陷盆地(图 1—1—1)。

在震旦纪拗拉槽基础上,满加尔克拉通边缘坳陷盆地发育,其中的盆地相和边缘陆棚相,发育了寒武系一下奥陶统优质烃源岩。其沉积环境类似于澳大利亚西南陆架边缘坳陷烃源岩的发育模式(图 1—1—2)。该模式中洋涌(upwelling)造成表层海水含氧量丰富,有利于生物大量繁殖,而较深处的贫氧层有利于有机质保存,造成有机质丰度高。这种环境下发育的海相烃源岩是形成大油气田的重要基础。

在塔里木西部克拉通内坳陷盆地中,沉积-沉降中心在阿瓦提凹陷,那里沉积盖层之下地壳厚度最薄(27 km)。由该凹陷中心向四周以宽缓斜坡过渡到坳陷边缘低隆起,如北部的塔北隆起、塔西南的被动陆缘肩隆,东南部的塔中隆起为台地边缘相带。随寒武纪早期(玉尔吐斯期或梅树村期)全球海平面上升(图 1—1—3),塔里木西部克拉通内坳陷被淹没,并在海进晚期形成富含有机质的凝缩层段,构成优质烃源岩,如柯坪隆起上所见到的早寒武世早期玉尔吐斯组凝缩层段。玉尔吐斯组在柯坪肖尔布拉克剖面上总厚 32 m,其具有缺氧环境的重要标志重晶石结核,其中富含有机质的黑色页岩其厚可达 22.3 m,有机碳含量高达 7%~14.1%。至早寒武世晚期—中寒武世,随海平面下降,克拉通内坳陷演化为蒸发潟湖相环境,并发育相应的高有机质丰度烃源岩,如和 4、方 1 井所见的烃源岩,这套烃源岩分布广泛。地震资料解释这套中下寒武统以膏泥岩为主的地层段在塔西南—巴楚大部分地区都有分布,最大厚度可达 600 m 以上;英买力、塔北等地区构造变形特点反映了这套可做为滑脱层的膏泥岩的存在。

塔里木西部克拉通坳陷盆地中寒武统蒸发潟湖相烃源岩形成类似于黑海烃源岩发育模

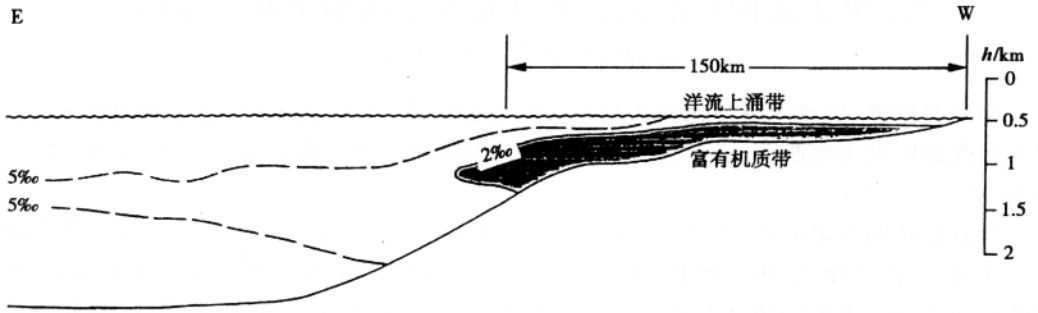


图 1—1—2 被动大陆边缘烃源岩发育模式
图中等值线为含氧量

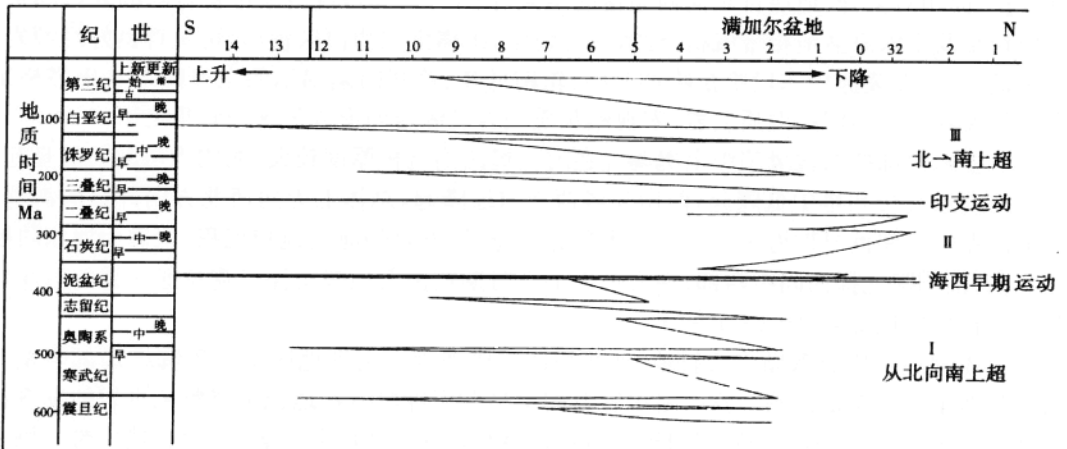


图 1—1—3 塔里木盆地 SN520 测线海(湖)平面相对变化示意图

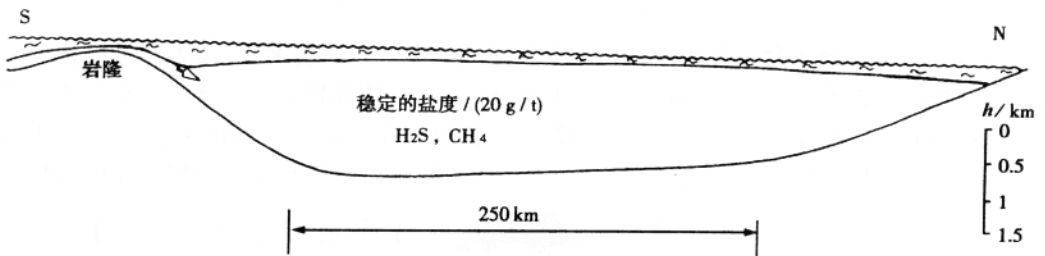


图 1—1—4 烃源岩发育的黑海模式
(据 Demaison 和 Moore, 1980)

式(图 1—1—4), 水体盐度分层使浅层低盐度水体中生物大量繁殖, 死亡后保存于深部缺氧环境下。

二、中上奥陶统烃源岩主要发育于满加尔挠曲深拗陷 盆地稳定翼(西斜坡)

中晚奥陶世,塔里木克拉通周边处于聚敛构造环境,满加尔地区演化为挠曲深拗陷,塔里木西部地区则为挠曲浅拗陷,它们的周边发育前缘隆起或陆缘隆起,塔中出现陆内挠曲低隆起(图 1—1—5)。

满加尔挠曲深拗陷南、北两侧的阿尔金、库鲁克塔格前缘隆起,火山弧发育,在挤压挠曲作用下隆升、提供物源,使盆地中充填巨厚的复理石沉积,岩石骨架成分以火山凝灰岩、火山岩岩屑为主,中、上奥陶统最大厚度分别可达 5000 m 和 2000 m,沉积速率极高。在此活动构造环境下,火山喷发和浊流沉积频繁,不利于有机质的发育和富集,从而导致有机质丰度普遍不高,例如塔东 1 井中上奥陶统 88 个暗色泥岩样品有机碳含量为 0.03%~0.37%。但在该拗陷西斜坡,中上奥陶统地层表现为向西、西北、西南减薄的楔形沉积体,是台地不断沉降、海平面相对上升、地层自东向西超覆的结果(图 1—1—6),该斜坡带发育陆棚外部相带、斜坡相带及半深海盆地相带沉积,构造环境稳定,距离沉积物源区较远,可发育良好烃源岩,塔中低隆、塔北隆起中东段哈拉哈塘凹陷、轮南低隆、草湖凹陷揭示的上奥陶统良里塔格组台缘斜坡灰泥丘相泥晶泥质灰岩、宏观藻灰质泥岩烃源岩即形成于这一背景之下。

塔里木西部挠曲浅拗陷中上奥陶统在阿瓦提凹陷沉积厚度较大,北侧为塔北前缘隆起,东为阿满过渡带和塔中低隆起,西南为塔西南前缘隆起,总体上为向西北方向开口的海湾。该地区在中奥陶世早期海平面上升后大部分被淹没,发育静海盆地相沉积,之后为混积陆棚相沉积。推测阿瓦提凹陷中西部,在海平面上升时期在南天山残留洋近克拉通一翼的边缘拗陷内发育良好烃源岩(图 1—1—5)。

上述满加尔挠曲深拗陷西斜坡、阿瓦提凹陷中西部—柯坪地区中上奥陶统烃源岩发育情况类似于北美东部纽约—安大略中晚奥陶世早期周缘前陆盆地稳定翼黑色页岩的发育情况(图 1—1—7)。即黑色页岩沉积于前陆盆地靠克拉通一侧的稳定翼上,而近造山带一侧和深拗陷部位则相变为水下扇浊积粉砂岩、砂岩等。

三、石炭系—下二叠统烃源岩发育于邻近古特提斯洋的 克拉通内拗陷盆地边缘

石炭纪(或从晚泥盆世开始),塔里木克拉通周边发育古特提斯洋、南天山裂陷槽等伸展盆地,克拉通内部发育克拉通内拗陷盆地并被隆起环绕,烃源岩主要发育在近克拉通边缘一侧的塔西南地区(图 1—1—8)。石炭系烃源岩主要分布在卡拉沙依组砂泥岩段(相当于塔西南露头区的和什拉甫组、卡拉乌依组)。卡拉沙依组属滨海沼泽相和近海河流-沼泽相。

四、三叠—侏罗系烃源岩主要发育于前陆盆地和陆内 挠曲拗陷盆地

海西运动晚期以后,塔里木克拉通周边天山、昆仑山、阿尔金山等造山带形成并发生向盆地方向的逆冲推挤,在山前形成了库车、塔西南、塔东南等前陆盆地,克拉通内部因挤压挠曲形成陆内拗陷盆地(图 1—1—9),与此同时,中晚三叠世—早中侏罗世塔里木盆地处在我国北方潮湿温暖气候带中,发育了湖相泥岩、煤系烃源岩。

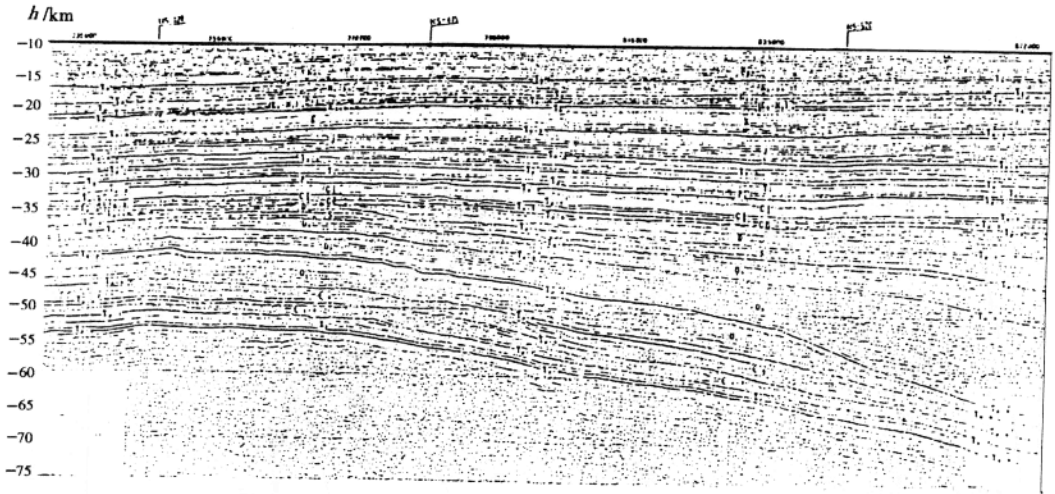


图 1-1-6 EW500 测线地震剖面
示中上奥陶统自东向西超覆

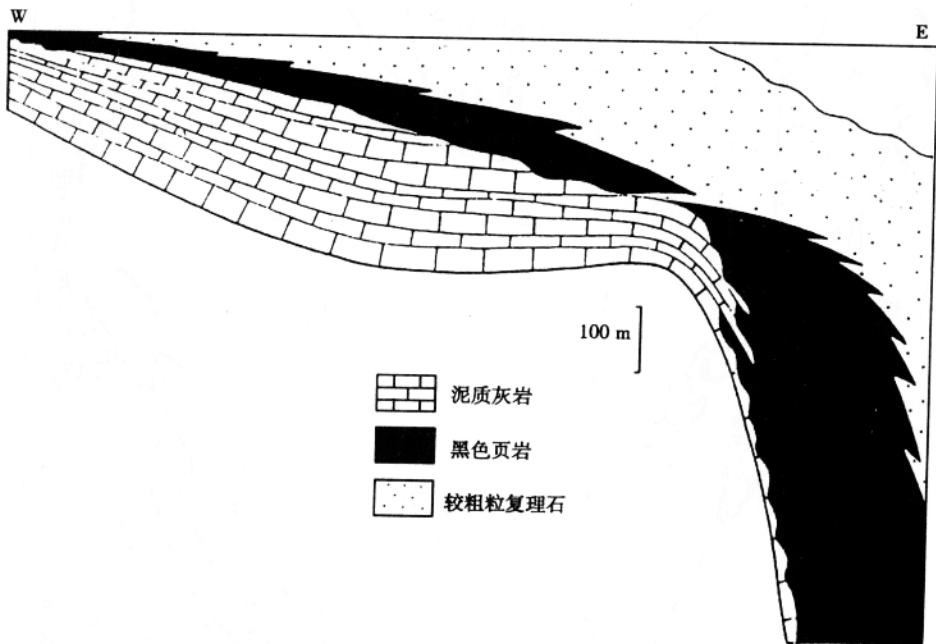


图 1-1-7 北美东部纽约—安大略中上奥陶统黑色页岩及其相当沉积物剖面图
(据 Lehmann, 1995)

库车中生代前陆盆地经历了深陷—充填—泛滥平原演化阶段,相应发育了中上三叠统湖相泥岩烃源岩、上三叠统一中下侏罗统煤系烃源岩以及上侏罗统一白垩系河湖相红层沉积。

塔西南侏罗纪前陆盆地中下侏罗统河流-沼泽相炭质泥岩、湖相泥岩烃源岩沿昆仑山山前的喀什、叶城凹陷分布,范围较为局限,其中一部分已卷入到山前褶皱冲断带之中。

在塔东南前陆盆地,主要发育了中下侏罗统湖相泥岩烃源岩,它们分布在3个凹陷中。

阿-满陆内拗陷盆地在三叠—侏罗纪发育了一套湖泊相和煤系烃源岩,其中湖相泥岩和炭质泥岩厚度较大。

第二节 盆地叠加与改造

塔里木盆地以古生代海相克拉通盆地与中生代陆相前陆盆地、陆内挠曲拗陷盆地的叠置、复合为特征。克拉通盆地区经历多期构造运动,造成大隆大坳构造格局,具有复杂的沉降-隆升历史,并叠置有断裂和褶皱变形;前陆盆地沉积充填形成生、储、盖等地质要素,促使油气生成和排出,前陆盆地的褶皱-逆冲回返作用控制油气的运聚、保存和破坏。

一、克拉通盆地区历经多次构造运动改造,造成大隆大坳构造格局,隆起高部位由于抬升剥蚀不利于油气藏的保存,隆起斜坡区和低凸起为油气有利富集区

1. 加里东期

寒武纪—奥陶纪塔里木盆地持续沉降,满加尔凹陷大部分地区寒武系—下奥陶统烃源岩进入生油高峰,凹陷中央达到生气阶段。在这一阶段塔北英买力—轮南及其以北地区、塔中低凸起、古城鼻隆已开始发育,轮南59—满参1井至且末一线发育台地边缘相带,这些地区均是油气聚集的有利地带。

奥陶纪末由于原特提斯洋封闭,发生加里东晚期运动,巴楚—塔中及其以南地区遭受抬升剥蚀改造,塔中凸起、塔西南莎车隆起核部剥蚀出露下奥陶统(图1—2—1)。塔北英买力—轮南一带遭受部分剥蚀改造,向北改造程度可能加强。此次构造运动可能使加里东晚期的油气聚集大部分遭到破坏,尤其是塔中地区。塔中凸起中央断垒带南侧塔参1井寒武系和下奥陶统油斑、塔中3井、7井下奥陶统油斑以及塔中52井下奥陶统低产油流应是加里东晚期油气聚集受到加里东晚期运动破坏的产物(图1—2—2),中央断垒带及其北翼油气显示因受多期油气充注和破坏的叠加已难以识别加里东晚期油气聚集的产物。塔中地区志留系沥青砂、泥盆系—石炭系油气藏及各类油气显示局限于中央断垒带及其北斜坡,表明后期油气聚集局限在中央断垒带以北。塔中地区地层埋藏史、热演化史(图1—2—3)表明寒武—奥陶系在奥陶纪末经受最高古地温生烃后,后期强烈抬升剥蚀和随时代地温梯度降低不可能发生二次生烃,进一步证明塔中中央断垒带以南地区寒武—奥陶系油气显示是加里东晚期油气充注的产物。

2. 海西早期

加里东晚期运动后,志留—泥盆纪塔中隆起、古城鼻隆发育,塔北地区为低隆起,其南坡哈拉哈塘—轮南一带为低凸起(图1—2—4)。此时满加尔凹陷寒武系—下奥陶统烃源岩成熟区向西扩展,生成的油气分别向塔中、塔北隆起、古城鼻隆运移、聚集,中上志留统与下伏地层间的不整合面为油气运移通道,区域盖层为志留系泥岩。泥盆纪末(东河砂岩沉积前),海西早期运动使塔东地区、古城—塔中至和田北一带、塔北哈拉哈塘—轮南及其以北地区抬

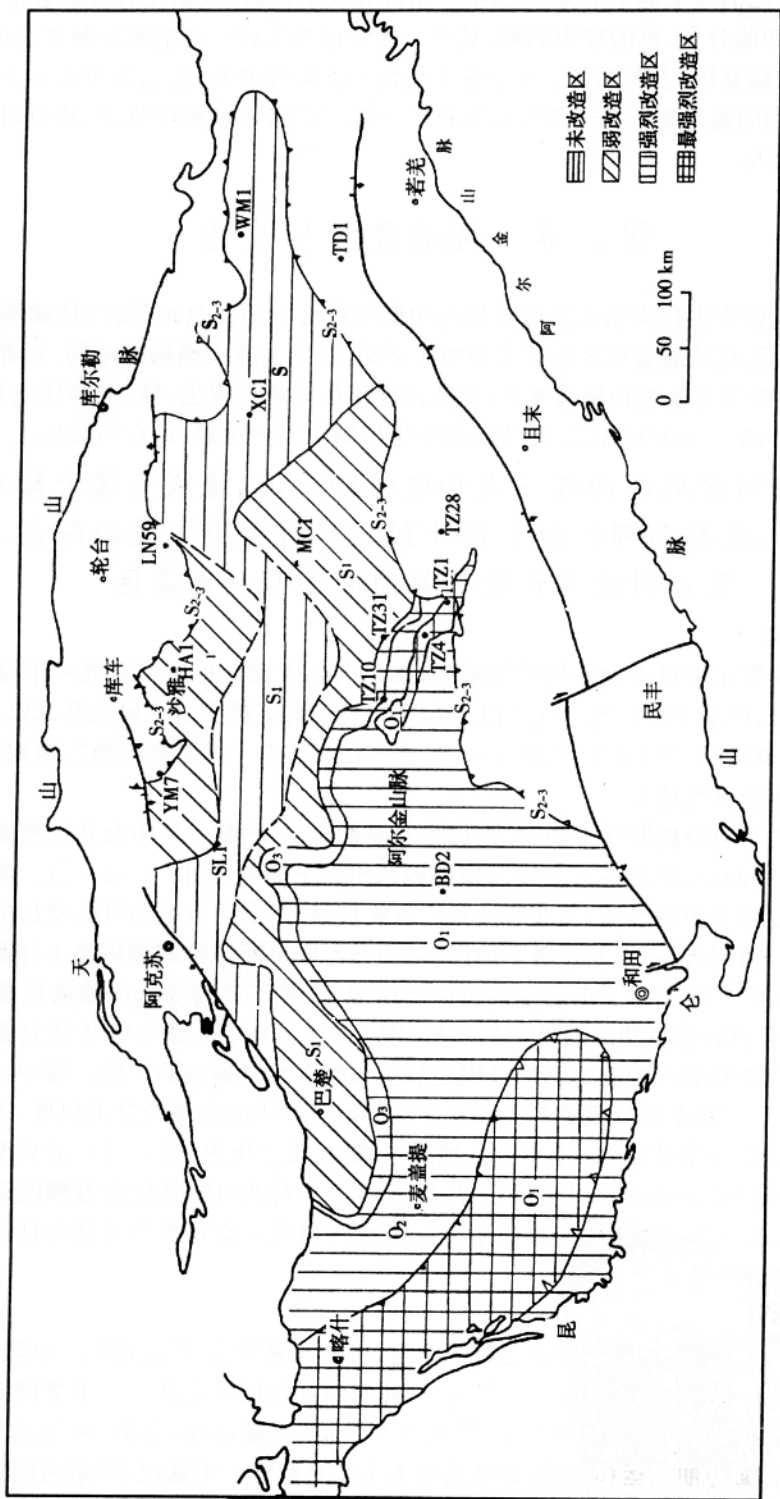


图 1-2-1 塔里木盆地加里东晚期运动对盆地的改造

