

塔里木盆地北部 油气成因与保存

顾 忆 罗 宏 邵志兵 著
高国强 马慧明 陈正辅

地质出版社



塔里木盆地北部油气成因与保存

顾 忆 罗 宏 邵志兵 著
高国强 马慧明 陈正辅

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书应用当代有机地球化学新理论和新方法,总结了十多年来新疆塔里木盆地北部油气生成与演化、成因特点、保存条件等方面的研究成果,是一部理论与实践紧密结合的有机地球化学专著。书中重点论述了塔北生油岩规模、油气生成演化特征、油气成因特点、油气封盖条件及油气资源结构,对塔里木盆地北部的油气勘探开发有重要指导作用。

本书可供从事油气勘探开发、石油地质研究的广大地质工作者及地质院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

塔里木盆地北部油气成因与保存/顾忆等著. -北京:地质出版社,1998.6

ISBN 7-116-02535-9

I. 塔… II. 顾… III. 含油气盆地-矿床成因论-塔里木盆地 N. P618.130.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 02396 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:叶德燎

责任校对:黄苏晔

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:8.25 字数:184 千

1998 年 6 月北京第一版·1998 年 6 月北京第一次印刷

印数:1~500 册 定价:20.00 元

ISBN 7-116-02535-9

P·1876

(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

塔里木盆地地处新疆维吾尔自治区南部,南邻昆仑山脉、阿尔金山脉,北接天山山脉,面积为 $56 \times 10^4 \text{km}^2$,是国内最大的内陆沉积盆地。从 1952 年开始至今,塔里木盆地经历了 40 多年的石油普查勘探工作。1958 年石油工业部门首次在盆地北部库车坳陷发现了依奇克里克油田,1977 年又在盆地西南部叶城坳陷发现了柯克亚油气田。特别重要的是,地质矿产部门经过区域地质和油气地质研究,优选勘区,于 1984 年 9 月在盆地东北部沙雅隆起雅克拉构造的沙参 2 井井深 5391.18m 处的下古生界海相碳酸盐岩中喜获高产油气流,成为我国古生代海相油气田的首次重大发现,揭开了塔里木盆地寻找大油气田的序幕,成为我国油气勘探史上的重要里程碑。随后,由地质矿产部和中国石油天然气总公司组织了大规模会战,相继在不同构造部位、不同层位内取得了重大的油气突破,几个大型油气聚集区的轮廓已展现出来。

随着油气勘探的不断深入,人们对塔里木盆地的油气地质条件有了进一步的认识,特别是国家“七五”、“八五”攻关项目的实施,对塔里木盆地的成油气地质条件的研究,诸如油气的生成、演化、聚集、保存及分布规律的研究,取得了丰硕的成果。本书是在“八五”国家科技攻关项目“塔里木盆地北部油气成因类型及分布规律研究”和“塔里木盆地北部油气资源分布预测”两个报告的基础上编写而成的。执笔人员:前言、第五章为陈正辅;第一章为罗宏、马慧明;第二章为顾忆、陈正辅、罗宏;第三章为邵志兵、陈正辅;第四章为高国强、陈正辅。全文由陈正辅修改、审定。

与本书内容有关的研究工作,前后长达 10 年之久。科研工作得到了地质矿产部西北石油地质局、地质矿产部石油地质中心实验室的领导和专家的支持和帮助。在此特别感谢刘鹏生、翟晓先、李庚元、李执、邱蕴玉、朱美茜、王忠良、钱志浩等专家的指导和帮助。

由于作者水平有限,难免有许多谬误之处,敬请读者批评指正。

作 者

1997 年 8 月于无锡

目 录

第一章 区域石油地质特征	(1)
第一节 区域构造演化.....	(1)
第二节 沉积发育特征.....	(3)
第三节 区域油气地质特征.....	(5)
第二章 油气的生成、演化与源区分布	(6)
第一节 生油岩基本特征.....	(6)
第二节 油气的生成、演化与分布.....	(19)
第三节 油气源区分布特征	(38)
第三章 油气成因类型	(48)
第一节 原油、天然气有机地球化学特征.....	(48)
第二节 原油、天然气成因类型.....	(76)
第三节 油(气)-岩对比	(80)
第四章 油气的保存条件	(87)
第一节 盖层特征与油气保存	(87)
第二节 储层沥青性质与油气保存	(95)
第三节 地层水的开启度与油气保存	(98)
第五章 成藏模式及油气分布规律	(110)
第一节 油气聚集成藏时期.....	(110)
第二节 成藏模式系统.....	(115)
第三节 油气分布规律.....	(119)
英文摘要	(124)
参考文献	(125)

CONTENTS

1	Characteristics of the regional petroleum geology	(1)
1.1	Evolution of regional tectonics	(1)
1.2	Characteristics of sedimentary development	(3)
1.3	Characteristics of regional petroleum geology	(5)
2	Generation and evolution of oil and gas and distribution of source areas	(6)
2.1	Primary features of source rocks	(6)
2.2	Generation, evolution and distribution of oil and gas	(19)
2.3	Distribution of hydrocarbon source areas	(38)
3	The origin types of hydrocarbon generation	(48)
3.1	Organic geochemical features of oil and gas	(48)
3.2	Genetic types of oil and gas	(76)
3.3	Correlation of oil(gas) versus rock	(80)
4	Preservation of hydrocarbon	(87)
4.1	Characteristics of cap rocks and preservation of hydrocarbon	(87)
4.2	Properties of reservoir asphalt and preservation of hydrocarbon	(95)
4.3	Open intensity of stratigraphic water and preservation of hydrocarbon	(98)
5	Pool-generating models and petroleum distribution	(110)
5.1	Hydrocarbon accumulation and pool-generating period	(110)
5.2	Pool-generating model systems	(115)
5.3	Distribution of hydrocarbon	(119)
	Abstract in English	(124)
	References	(125)

第一章 区域石油地质特征

第一节 区域构造演化

塔里木盆地是一个长期发育、在不同板块构造运动体制下形成的、从震旦纪到新生代经历了不同发展阶段并由不同类型的盆地原型叠加与联合而形成的大型叠加复合型盆地。根据塔里木盆地的地壳-上地幔结构、基底性质、地史中所处的板块构造位置和地球动力学环境、岩浆活动、盆地充填序列和沉降速率,我们认为塔里木盆地演化经历了3大构造旋回、9个演化阶段(表1-1)。

盆地的发展演化具明显的阶段性,可划分为震旦纪—二叠纪和三叠纪—第四纪两大阶段。前者受控于古全球板块构造运动体制;后者受控于新全球板块构造运动体制。根据板块及周缘构造背景和盆地体制,可划分为四个发展阶段。

1. 震旦纪—奥陶纪裂陷和克拉通陷发展阶段

震旦纪形成的塔里木板块经过不同时期分裂、聚合、俯冲、碰撞及褶皱造山,导致塔里木板块大陆边缘大地构造格局是以微陆块和不同时期的褶皱带镶嵌为特点。形成多岛有限洋盆、微陆块、弧后盆地、陆间与陆缘裂谷相交替及其此张彼合的“手风琴式运动”的演化特征。

2. 志留纪—泥盆纪弧后扩张和克拉通挠曲盆地发展阶段

塔里木板块北部大陆边缘的俯冲碰撞作用使南天山弧后盆地扩张,塔里木盆地总体由拉张环境转为挤压环境,形成克拉通内挤压盆地,即克拉通内挠曲盆地。

3. 石炭纪—二叠纪克拉通内及周边拗陷盆地发展阶段

石炭纪—二叠纪是塔里木板块由古全球构造运动体制向新全球构造运动体制转化的过渡时期。由于西特提斯洋的扩张,塔里木板块向北移动,与准噶尔微板块及西伯利亚古板块南部拼贴在一起,构成了欧亚板块南部,成为影响西南天山陆内造山带和前陆盆地构造演化的主要动力学机制。发育石炭纪—早二叠世克拉通内凹陷盆地、南天山周边拗陷盆地和西南克拉通周边盆地,晚二叠世晚期后塔里木盆地进入板内变形阶段。

4. 中生代前陆盆地——统一陆内盆地发展阶段

晚海西运动之后,塔里木板块北部和南部边缘,天山与西昆仑弧-陆碰撞造山带基本形成,并开始抬升且向塔里木盆地内逆冲。在天山山前形成库车-拜城前陆盆地;在西昆仑山前形成叶城-和田前陆盆地。

总之,塔里木盆地经历了多次拉张-伸展和挤压-褶皱构造运动的变动和改造,铸造成了今天的构造景观。

根据塔里木盆地的基底性质、盖层发育情况,可将其分为4个一级构造单元、15个二级构造单元及若干三级构造单元(图1-1)。

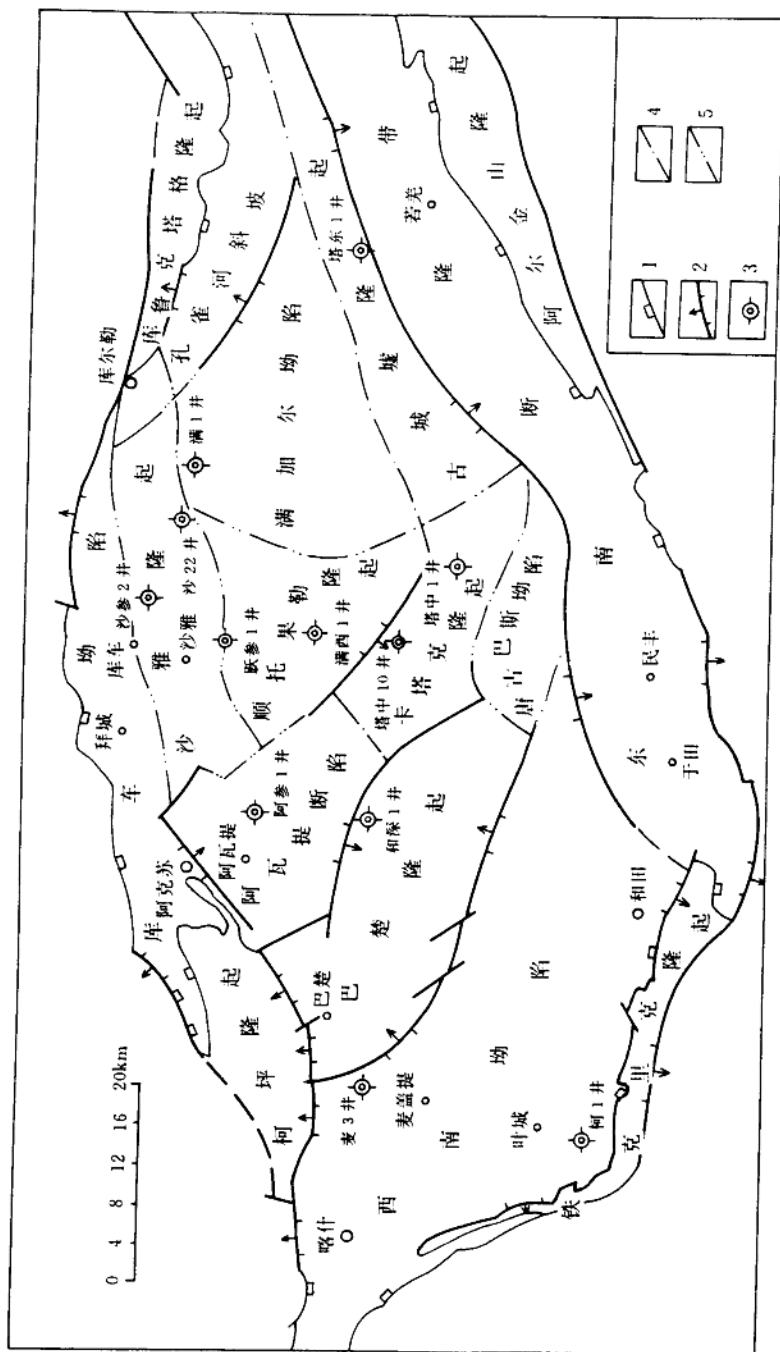


图 1-1 新疆塔里木盆地构造区划图

Fig. 1-1 Classification of structures in Tarim Basin

1—盆地边界;2—断层;3—井号;4——一级单元界线;5——二级单元界线

表 1-1 塔里木盆地构造演化阶段及构造运动简表

Table 1-1 Tectonic evolutionary stages and tectonic movements in Tarim Basin

地质时代				年龄 <i>t</i> /Ma	构造运动	盆地演化进程		主要地质事件			
宙(代)	纪	世	代号			构造阶段	构造旋回				
新生代	第四纪		Q	1.64	喜马拉雅晚期运动	陆内统一盆地形成阶段	中—新生代构造旋回	欧亚大陆南缘特提斯洋周期性伸展张裂、俯冲消减和碰撞闭合以及印度板块与欧亚板块碰撞和楔入的远程效应,导致塔里木多期碰撞复活前陆盆地、碰撞后继盆地和强烈差异升降运动			
	新第三纪	上新世	N ₂	5.2	喜马拉雅中期运动						
		中新世	N ₁	23.3	喜马拉雅早期运动						
	老第三纪		E	65	燕山末期运动						
中生代	白垩纪	晚白垩世	K ₂	97	燕山晚期运动	晚期前陆盆地形成阶段			中—新生代构造旋回		
		早白垩世	K ₁	135	燕山中期运动						
	侏罗纪		J	208	印支运动	早期前陆盆地发展阶段					
	三叠纪		T	250	海西末期运动						
古生代	二叠纪	晚二叠世	P ₂	260	海西晚期运动	克拉通内坳陷盆地发展阶段	震旦—古生代构造旋回	塔里木北缘历经弧后拉张—弧后造山事件,南缘历经布伦口—康西瓦洋的拉张与闭合过程			
		早二叠世	P ₁	290	海西中期运动						
	石炭纪		C	362	海西早期运动	克拉通内挠曲盆地形成阶段					古塔里木板块自震旦纪开始裂解,寒武—奥陶纪在塔里木南、北缘伸展拉开为张裂大陆边缘和大洋,志留—泥盆纪俯冲消减,泥盆纪晚期发生碰撞闭合,构成一个完整的开合旋回
	泥盆纪		D	409	加里东末期运动						
	志留纪		S	439	加里东晚期运动	克拉通坳陷盆地形成阶段					
	奥陶纪	中—晚奥陶世	O ₂₋₃	473	加里东中期运动(2)						
		早奥陶世	O ₁	510	加里东中期运动(1)						
	寒武纪		Є	570	加里东早期运动						
元古宙	新	晚震旦世	Z ₂	700	塔里木运动	古塔里木板块形成阶段	前震旦纪构造旋回	历经太古宙陆核形成、元古古代稳定陆壳增生发展和中—新元古代构造演化,形成古塔里木板块			
		早震旦世	Z ₁	800							
		青白口纪	Qn	1000							
	中	蓟县纪	Jx	1400	古塔里木板块形成阶段	古陆形成阶段					
		长城纪	Ch	1800							
	古	溱沱纪	Ht	2500	陆核形成阶段						
	太古宙	五台纪	Wt	3100							
		迁西纪	Qx								

第二节 沉积发育特征

一、沉积地层概况

塔里木盆地北部地区的沉积层系包括了自震旦系至第四系的所有地层。不同的地层具有不同的沉积类型、不同的岩相和岩性特征。

1. 震旦系

震旦系是古克拉通在伸展作用阶段所形成的克拉通内坳陷(或海盆)的第一个沉积盖层。在塔北地区主要为局限台地相-潮坪相碳酸盐岩及碎屑岩,分布比较稳定,厚度一般在900~2600m,仅沙4井钻遇揭示了58m厚的奇格布拉克组(Z_2q ,未见底),岩性主要为砾屑粉晶白云岩、葡萄状球粒白云岩及白云质泥岩等。

2. 寒武—奥陶系

寒武、奥陶纪继承并加强了震旦纪的伸展作用,使克拉通内坳陷(海盆)接受了巨厚的台地相-斜坡相-盆地相沉积,厚度1500~3800m。寒武系底部为黑色泥页岩、含磷硅质岩,向上为灰色白云岩、藻白云岩夹白云质泥岩、紫红色泥岩夹白云岩,上部为浅灰色白云岩;奥陶系下部为浅灰色白云岩,中、上部为灰色灰岩及暗色泥页岩,在满加尔坳陷,奥陶系下统以盆地相暗色泥页岩为主,中—上奥陶统则为一套“类复理石沉积”。在塔北地区有多口井揭示了奥陶系,在雅克拉断凸上还钻遇了中—上寒武统。

3. 志留—泥盆系

志留、泥盆纪是古克拉通的挤压作用时期,接受了海退阶段的沉积。志留系为海岸-浅海相陆源碎屑岩,以灰绿色砂岩为主体;泥盆系基本为海岸潮坪(或浅滩)-干旱平原相,以棕红色砂岩夹泥岩为主体,泥盆纪末海水完全退出塔北地区。志留—泥盆系总厚一般在1800~3800m,据地震解释满加尔坳陷最厚可达5000m,钻井揭示厚度为383~1020m。

4. 石炭—二叠系

石炭、二叠纪是古克拉通最后一次短暂的伸展-挤压阶段,早石炭世早期发生海侵,沉积中心在沙雅县以西广大地区,以东至满加尔坳陷水体较浅,接受了海湾-潮坪-陆缘浅海相沉积,岩性主要为灰色灰岩及碎屑岩;晚石炭世末海水完全退出,在沙雅以西地区接受了早二叠世陆相沉积间夹火山岩,塔北地区普遍缺失上二叠统。石炭、二叠系厚度在沙雅以西可达3000m,沙雅隆起0~780m,满加尔坳陷约有1000m。

5. 中生界

中生代是陆相盆地发展的早期阶段,盆地内虽水域基本连通但水体深浅不一,形成了库车、塔西南等沉积坳陷,白垩纪才成统一盆地。

三叠系:分布比较广泛,属河流-三角洲相及半深水湖相沉积,厚度33~902m;岩性主要为灰褐、深灰色泥岩及以灰色为主的砂岩、砂砾岩,夹煤层。

侏罗系:塔北地区内缺失中、上统,仅见下侏罗统,分布也较广泛,属河流-沼泽相,孔雀河斜坡—罗布泊一带为沉积中心,可能属湖泊相。岩性为灰绿、深灰色泥岩及灰色砂岩、砂砾岩,普遍夹煤层。厚度50~60m,孔雀河一带大于300m。

白垩系:白垩纪是塔里木盆地前陆盆地的发展阶段,成为北深南浅的统一陆相盆地。下白垩统组成了粗—细—粗的完整沉积旋回,属于扇三角洲及河流、浅湖相。岩性为棕红、棕褐色为主的泥质岩及灰、棕色砂岩、砂砾岩。地层厚度自南向北加厚,一般在350~430m。

6. 新生界

新生代在白垩纪向北下倾的地貌基础上继续强烈下沉,沉积了巨厚的新生界,成南薄北厚的楔状体,一般厚3500~4500m,最厚的库车坳陷可达5200m。沉积环境主要为咸化湖泊相-洪泛平原相,局部可能有河流-冲积扇相。岩性主要为以土黄色、棕色为主的大套泥岩夹砂岩及石膏、含膏泥岩。第四纪为干旱沙漠环境。

二、沉积地层与油气形成的关系

沉积地层不仅能为形成油气藏提供物质基础(油源岩),还可提供储集空间(储层)和封闭条件(盖层)。塔里木盆地是大型海相与陆相沉积盆地,发育有3大套生油岩和多套储集岩系及盖层。

1. 生油岩

寒武—奥陶系发育有较厚的海相暗色泥、页岩和灰色灰岩,已证实它们是塔北主要的生油岩系;石炭—二叠系是塔里木盆地第二次海侵的产物,在沙雅以西地区发育有暗色灰岩和泥页岩,在满加尔坳陷也可能发育有生油岩,它们可能是塔北西部地区的生油岩系之一;三叠—侏罗系主要为湖相或三角洲相沉积,发育有暗色泥岩,已证实它们是塔北的次要油源岩系。

2. 储集岩

塔里木盆地在由克拉通内坳陷(海盆)→前陆盆地→陆相盆地的漫长演化进程中造就了多套储集岩系,目前在塔北地区从上震旦统一新第三系苏维依组共10个层位发现油气流,有9个层位具油气藏,它们是中—上寒武统、下奥陶统、下石炭统、下三叠统、中三叠统、下侏罗统、下白垩统、上白垩统一老第三系、新第三系苏维依组。

3. 盖层

各地质时代的泥质岩、膏盐岩、致密灰岩均可作为盖层,在塔北已形成区域盖层、地区性盖层和局部盖层三种类型。尤以下白垩统中部的大套泥岩及新第三系吉迪克组大套泥岩、膏泥岩(区域盖层)质量最佳,中、上三叠统顶部的泥岩(地区性盖层)质量也很好。沙雅隆起南部及斜坡区的下石炭统也可能是很重要的盖层。

第三节 区域油气地质特征

一、油气产出概貌

从油气产能来说,塔北油气田(藏)的合理稳定原油产量多在50~100t/d上下,应属中—高产;凝析气田(藏)的气产量(稳定) $16\times 10^4\sim 81\times 10^4\text{m}^3$,亦属中—高产。

从资源结构来说,在塔北地区(不含塔中)已找到控制储量级别以上的原油(含凝析油)储量与天然气储量之比约为2.4:1,可以说是油、气并重,以油为主。

二、油气田(藏)分布

塔北已发现的油气田(藏)主要分布在沙雅隆起上,包括雅克拉断凸及亚南断裂的下盘、阿克库勒凸起、哈拉哈塘凹陷、东河塘,它们一般沿断裂带成排成带分布,分布的地质时代很广,目前已在9个层位发现了油气田(藏),陆相以新生界、海相以中生界和石炭系的储量最多、产量最高。

第二章 油气的生成、演化与源区分布

第一节 生油岩基本特征

塔北有“三套两类”生油层,即寒武-奥陶系、石炭系、三叠-侏罗系 3 套 5 个层系,有碳酸盐岩和泥质岩两种岩石类型。其中,古生界海相生油岩有碳酸盐岩和泥质岩生油岩;中生界陆相生油岩则全为泥质岩生油岩。

一、生油岩有机质丰度

生油岩评价标准沿用“七五”国家科技攻关项目“塔里木盆地东北地区生油层评价及油气源研究”专题的标准(表 2-1)。

表 2-1 塔北生油岩有机质丰度评价标准
Table 2-1 Criteria for evaluating the abundance of organic matter
in source rocks in Northern Tarim Basin

岩性	地 层	指 标	非生油岩	较差生油岩	较好生油岩	好生油岩
泥质岩生油岩	中生界	有机碳/%	<0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	>1.5
		氯仿沥青“A”/10 ⁻⁶	<300	300~500	500~1000	>1000
		烃含量/10 ⁻⁶	<100	100~200	200~500	>500
	古生界	有机碳/%	<0.4	0.4~0.8	0.8~1.2	>1.2
		氯仿沥青“A”/10 ⁻⁶	<100	100~300	300~500	>500
		烃含量/10 ⁻⁶	<50	50~100	100~300	>300
碳酸盐岩生油岩	寒武系 奥陶系	有机碳/%	<0.1	0.1~0.15	0.15~0.2	>0.2
		氯仿沥青“A”/10 ⁻⁶	<50	50~100	100~300	>300
		烃含量/10 ⁻⁶	<20	20~50	50~100	>100
	石炭系	有机碳/%	<0.12	0.12~0.20	0.20~0.30	>0.30
		氯仿沥青“A”/10 ⁻⁶	<50	50~100	100~300	>300
		烃含量/10 ⁻⁶	<20	20~50	50~100	>100

(据陈正辅等,1990)

地表样品采用有机碳恢复系数(K)予以恢复,取值为:

当有机碳含量 $C \leq 1\%$ 时,恢复系数 $K=1.5$; $1\% < C < 2\%$ 时, $K=1.3$; $C \geq 2\%$ 时, $K=1.1$;碳酸盐岩样品 $K=2$ 。

1. 寒武系生油岩有机质丰度

寒武系生油岩在塔北分布广泛,其有机质丰度如表 2-2。

表 2-2 寒武系生油岩有机质丰度

Table 2-2 Organic matter abundance for Cambrian source rocks

地 区	岩 性	有机碳 %	氯仿沥青“A” 10^{-6}	烃含量 10^{-6}
柯坪隆起	碳酸盐岩	$\frac{0.10 \sim 1.38^*}{0.23(50)}$	$\frac{61 \sim 1859}{1061(4)}$	—
	泥质岩	$\frac{0.84 \sim 2.86}{1.84(3)}$	$\frac{127 \sim 3414}{1228(7)}$	$\frac{513 \sim 1971}{1202(4)}$
库鲁克塔格隆起	碳酸盐岩	$\frac{0.10 \sim 3.56}{0.72(96)}$	$\frac{63 \sim 1620}{271(20)}$	$\frac{42 \sim 556}{160(7)}$
	泥质岩	$\frac{0.69 \sim 2.40}{1.31(14)}$	$\frac{77}{77(1)}$	(不达标)
沙雅隆起	碳酸盐岩	$\frac{0.1 \sim 1.65}{0.49(17)}$	$\frac{64 \sim 1152}{316(9)}$	$\frac{22 \sim 300}{115(5)}$
	泥质岩	$\frac{0.87 \sim 2.13}{1.38(8)}$	$\frac{150 \sim 162}{155(3)}$	—
卡塔克隆起	碳酸盐岩	$\frac{0.10 \sim 0.47}{0.18(49)}$	—	—

* $\frac{\text{最低含量} - \text{最高含量}}{\text{平均含量} \times (\text{样品数})}$, 以下各表同。

柯坪隆起区:碳酸盐岩生油岩主要为局限台地相的暗灰—灰色白云岩。84 个有机碳样品范围值为 0.03%~1.38%,达标样品占 60%,生油岩有机碳平均含量 0.23%。氯仿沥青“A”27 个样品中大于 50×10^{-6} 仅占 14.8%,属较差生油岩。泥质岩生油岩主要分布于下统玉尔吐斯组,12 个样品有机碳大于 0.4%者 9 个,占 75%,剔除沥青影响,生油岩有机碳平均含量 1.84%,氯仿沥青“A”平均 1228×10^{-6} ,烃含量平均 1202×10^{-6} ,属好的生油岩。需说明的是因样品中含原生沥青,有机碳及可溶有机质含量大大增加,对数据统计结果有影响。

库鲁克塔格隆起区:碳酸盐岩生油岩主要分布于上统突尔沙克塔格群和中统莫合尔山群,岩性主要为灰色—暗灰色灰岩、白云岩。98 个样品有机碳分布范围为 0.06%~3.56%,大于 0.1%者 96 个,生油岩有机碳平均含量 0.72%。氯仿沥青“A”的 47 个样品中大于 50×10^{-6} 者占 43%,达标的 20 个样品平均含量 271×10^{-6} 。7 个烃含量达标样品平均含量 160×10^{-6} 。属较好—好生油岩。泥质岩生油岩 22 个有机碳样品其范围值为 0.25%~2.4%,达标者占 54.5%,达标样品平均含量 1.31%。氯仿沥青“A”、烃含量分析样品少,多不达标。属较差生油岩。

沙雅隆起区:所采样品位于隆起区中部东部。碳酸盐岩 47 个有机碳样品其范围值为 0.01%~1.65%,17 个达标样品平均含量 0.49%,13 个氯仿沥青“A”样品,达标者占 69.2%,8 个烃含量样品,5 个达标者平均含量 115×10^{-6} 。泥质岩 9 个有机碳样品,分布于 0.04%~2.13%,8 个达标的平均含量 1.38%;8 个氯仿沥青“A”样品,3 个达标者平均含量 155×10^{-6} 。烃含量均不达标。总的看来,沙雅隆起区寒武系生油岩属较差—较好生油岩。

因此,寒武系除柯坪盆地相泥质岩具有较高有机质丰度外,广泛分布于全区的台地-陆

棚相碳酸盐岩也是一套良好的生油岩系,从其有机质丰度的分布看,大致由柯坪隆起—沙雅隆起—库鲁克塔格隆起有机碳含量呈增加趋势,推测坳陷区的寒武系生油岩优于沙雅隆起区。

2. 奥陶系生油岩有机质丰度

奥陶系是塔北最主要的生油岩系,奥陶系沉积有机质丰度见表 2-3。

表 2-3 奥陶系有机质丰度
Table 2-3 Organic matter abundance for Ordovician source rocks

地 区	层位	岩 性	有 机 碳 %	氯仿沥青“A” 10^{-6}	烃含量 10^{-6}
柯坪隆起	O	碳酸盐岩	$\frac{0.1 \sim 1.52}{0.34(28)}$	$\frac{117 \sim 1300}{721(5)}$	$\frac{243 \sim 751}{568(3)}$
		泥质岩	$\frac{0.56 \sim 2.87}{1.56(17)}$	$\frac{470 \sim 2090}{1188(14)}$	$\frac{323 \sim 1332}{806(14)}$
库鲁克塔格隆起	O	碳酸盐岩	$\frac{0.10 \sim 0.80}{0.30(55)}$	$\frac{52 \sim 438}{193(10)}$	$\frac{42 \sim 556}{160(7)}$
		泥质岩	$\frac{0.40 \sim 2.73}{0.89(57)}$	320(1)	—
沙雅隆起	O ₁	碳酸盐岩	$\frac{0.01 \sim 0.49}{0.10(299)}$	$\frac{53 \sim 972}{127(46)}$	$\frac{25 \sim 722}{185(31)}$
		泥质岩	$\frac{0.04 \sim 0.24}{0.16(9)}$		
	O ₂₋₃	碳酸盐岩	$\frac{0.01 \sim 0.28}{0.10(23)}$		
		泥质岩	$\frac{0.01 \sim 0.47}{0.16(52)}$		
卡塔克隆起	O ₁	碳酸盐岩	$\frac{0.004 \sim 0.70}{0.18(237)}$	—	—
孔雀河斜坡	O ₂₋₃	泥质岩	$\frac{0.01 \sim 1.34}{0.22(91)}$	—	—
古城壠隆起	O ₂₋₃	泥质岩	$\frac{0.01 \sim 2.67}{0.24(75)}$	—	—

柯坪隆起区:奥陶系生油岩为盆地相暗色泥质岩、局限台地相和开阔台地相之暗色泥晶灰岩、泥灰岩。地表多见沥青及油苗显示,阿克苏水泥厂采石场灰岩中见原生产状液体原油。碳酸盐岩生油岩:有机碳 74 个样品范围值为 0.06%~1.52%,达标率为 62%。29 个氯仿沥青“A”样品中含量大于 50×10^{-6} 者占 14%;13 个烃含量样品含量均大于 300×10^{-6} 。达标样品有机碳平均含量 0.34%,氯仿沥青“A”平均 721×10^{-6} ,烃含量平均 568×10^{-6} 。上述特征表明奥陶系碳酸盐岩生油岩属较好生油岩。泥质岩生油岩:20 个有机碳样品范围值 0.37%~2.87%,大于 0.4%者占 85%,17 个氯仿沥青“A”样品中大于 100×10^{-6} 者占 82%,大于 300×10^{-6} 者占 76%。达标样品平均含量:有机碳 1.56%,氯仿沥青“A” 1188×10^{-6} 、烃含量 806×10^{-6} 。属较好—好生油岩。总体上,泥质岩有机质丰度优于碳酸盐岩。

库鲁克塔格隆起区:碳酸盐岩生油岩中,55 个有机碳样品含量全部大于 0.1%,达标率 100%,其范围值 0.1%~0.8%,大于 0.3%者占 22%,平均含量 0.3%;48 个氯仿沥青“A”小于 50×10^{-6} 者占 71%,大于 300×10^{-6} 者仅 6%,这种高有机碳、低氯仿沥青“A”现象与样

品长期暴露氯仿沥青“A”损失较多有关。达标氯仿沥青“A”平均含量 193×10^{-6} 。泥质岩生油岩 160 个样品有机碳范围值 0.14%~2.73%，含量小于 0.4% 者占 55%，达标率 45%，达标样品平均含量 0.89%；54 个氯仿沥青“A”小于 50×10^{-6} 者达 98%。可以看出，库鲁克塔格隆起区碳酸盐岩生油岩有机质丰度高，属好生油岩，泥质岩生油岩则为较差生油岩。

沙雅隆起区：由于钻井揭露的奥陶系多为地层上部，因此样品代表性有一定局限性。碳酸盐岩生油岩主要分布于沙雅隆起及卡塔克隆起，下统有机碳平均含量在沙雅隆起区为 0.10%，达标率 47%，生油岩有机碳平均 0.18%，氯仿沥青“A”平均含量 185×10^{-6} ，属较好—较差生油岩；卡塔克隆起有机碳平均 0.18%，样品达标率 68%，生油岩有机碳含量平均 0.24%，有机质丰度优于沙雅隆起。中上奥陶统见于阿克库勒—沙西地区，有机碳平均 0.10%，样品达标率 48%，生油岩有机碳平均 0.16%，有机质丰度与下奥陶统相当，属较好—较差生油岩。泥质岩生油岩主要分布于古城墟隆起一带的中上奥陶统，沙雅隆起区的奥陶系泥质生油岩有机碳分布显示出其有机质丰度很低，有机碳平均 0.17%，样品达标率仅 6%，达标样品有机碳平均为 0.49%，无论是下统或中上统均有此特点，从有机质丰度看，生油条件较差。位于孔雀河斜坡的群克 1 井和古城墟隆起的塔东 1 井是目前揭露中上奥陶统泥质岩最多的钻井，其中，群克 1 井有机碳平均 0.22%，样品达标率 6.6%，达标样品有机碳含量 0.62%，塔东 1 井则分别为 0.24%、5.3%、1.94%，也显示出整体有机质丰度低的特点。因此，从现有钻井揭露的奥陶系来看，碳酸盐岩生油条件优于泥质岩类，属较好—较差生油岩。

需说明的是，塔北寒武—奥陶系生油岩总体有机质含量低有两方面的原因：一是原始有机质丰度，二是受热演化影响（表 2-4）。塔北寒武—奥陶系生油岩现成熟度一般 1.0%~2.0%，据此恢复的有机碳含量是现实测值的 2 倍，相应的达标率亦有很大的提高。中上奥陶统泥岩以群克 1 井为例，恢复后原始有机碳含量平均 0.44%，达标率达 51%，生油岩原始有机碳平均含量可达 1.24%，从区域分布上中上奥陶统在塔北分布广、厚度大，其生油潜力仍很大，就塔东 1 井而言，虽然达标率低，但生油岩有机碳平均高达 1.94%，因此，仍是塔北主要生油层系之一。

3. 志留系生油岩有机质丰度

表 2-4 有机碳恢复系数与有机质类型及演化程度关系

Table 2-4 Relationship between the restitution coefficient for organic carbon and the type of organic matter as well as the evolution level

类 型 $R^o/\%$	0.64	0.75	0.78	0.95	1.15	1.47	1.86
I	1.33		1.43	2.04	2.65		2.12
	(25)		(30)	(50)	(62)		(53)
II	1.1		1.13	1.32	1.44		1.37
	(10)		(12)	(24)	(30)		(27)
III		1.1				1.13	1.14
		(10)				(12)	(12)

注：括号内的数字为有机碳降解率/%，据《塔东地区生油与演化热模拟研究》，李执等，1989。

塔北志留系为一套浅海—深海相以碎屑岩为主的灰绿色、紫红色砂岩、页岩、泥岩。除地表见于柯坪塔格(下统厚 400 余米)、库鲁克塔格(下统厚 2200 余米)外,沙雅隆起的沙西凸起沙 11 井、21 井,阿克库勒凸起轮南 32、53、59、46 等井、草湖凹陷草 1 井、哈拉哈塘凹陷哈 1 井钻遇的为一套滨海相-浅海相碎屑岩沉积组合。

志留系虽见有灰绿色泥岩、少量薄层暗色泥岩,但其有机质丰度甚低(表 2-5),92 个样品有机碳含量仅 4 个达标,达标率 4.3%,沙 21 井 8 个生油势样品,烃总产率 S_1+S_2 极低,近似为 0。表明塔北现钻井揭示的滨海相-浅海相志留系缺乏生油条件。坳陷区志留系地层变厚,沉积相变好,有可能在局部地区存在一定厚度的生油岩。

表 2-5 塔北地区志留系(钻井)有机碳含量

Table 2-5 The organic carbon of Silurian (well) in Northern Tarim

地 区	井 号	井 深/m	样品数	有机碳含量/%	有机碳平均值/%	达标样数
沙 西	沙 11	5170~5330	16	0.13~0.36	0.17	0
	沙 21	5248.57~5534	25	0.02~1.34	0.17	2
阿 克 库 勒	沙 32	5390~5737	18	0.02~0.16	0.10	0
	轮南 32	5412.54~5417.25	3	0.09~0.30	0.19	0
	轮南 46	5440~5535.25	10	0.05~0.53	0.15	1
	轮南 53	5393.6~5394	2	0.02~0.05	0.04	0
	轮南 59	5409.4~5414.3	2	0.15~0.26	0.21	0
草 湖	草 1 井	5202.4~5230.4	4	0.01~0.07	0.03	0
哈拉哈塘	哈 1 井	6304.7~6352.5	3	0.09~0.21	0.17	0
柯 坪	地表		9	0.05~1.5	0.24	1

4. 石炭系生油岩有机质丰度

塔北石炭系除出露于地表的柯坪、库鲁克塔格外,还分布于阿瓦提断陷,沙雅隆起南部,顺托果勒隆起及满加尔坳陷。其有机质丰度见表 2-6。

表 2-6 石炭系生油岩有机质丰度

Table 2-6 Organic matter abundance for Carboniferous source rocks

地 区	岩 性	有机碳 %	氯仿沥青“A” 10 ⁻⁶	烃含量 10 ⁻⁶
柯坪巴楚地区	碳酸盐岩	$\frac{0.12\sim1.8}{0.46(65)}$	$\frac{66\sim779}{358(9)}$	$\frac{87\sim335}{196(4)}$
	泥质岩	$\frac{0.40\sim2.9}{0.67(58)}$	$\frac{100\sim3650}{734(36)}$	$\frac{56\sim616}{208(9)}$
沙雅隆起	碳酸盐岩	$\frac{0.15\sim0.44}{0.25(22)}$	$\frac{200\sim300}{233(3)}$	$\frac{102\sim201}{161(3)}$
	泥质岩	$\frac{0.4\sim5.23}{0.87(71)}$	$\frac{100\sim4900}{756(9)}$	$\frac{64\sim3233}{536(8)}$
顺托果勒隆起	碳酸盐岩	$\frac{0.12\sim1.43}{0.32(14)}$	$\frac{70\sim148}{108(5)}$	—
	泥质岩	$\frac{0.53\sim1.2}{0.77(5)}$	—	—

柯坪巴楚地区:碳酸盐岩 122 个有机碳含量分布于 0.04%~1.8%,大于 0.12%者占 58%,其中达到较好生油岩者占 44%。氯仿沥青“A”25 个样品达标者 9 个,占 36.5%。生油岩平均含量有机碳 0.46%、氯仿沥青“A” 358×10^{-6} 、烃含量 196×10^{-6} ,属较好生油岩;泥质岩 66 个有机碳样品含量 0.12%~2.9%,达标者占 86%,氯仿沥青“A”63 个样品达标者占 57%,烃含量 14 个样品达标者占 93%,生油岩平均含量有机碳 0.67%、氯仿沥青“A” 734×10^{-6} 、烃含量 208×10^{-6} ,属较好生油岩。

沙雅隆起区:石炭系以泥质岩为主,碳酸盐岩分布较局限。碳酸盐岩 31 个有机碳样品其范围值为 0.04%~0.44%,达标率 71%,达到好生油岩标准者占 23%。生油岩有机碳平均含量 0.25%;氯仿沥青“A”3 个样品平均含量 233×10^{-6} 、烃含量 3 个样品平均含量 161×10^{-6} ,属较好生油岩;泥质岩 166 个有机碳样品其范围值 0.01%~5.23%,达标率 44%,其中 0.4%~0.8%者占 31%,达到较好级以上者仅占 13%。氯仿沥青“A”9 个样品全部达标,9 个烃含量样品达标者占 89%。生油岩平均含量有机碳为 0.87%、氯仿沥青“A”为 756×10^{-6} 、烃含量为 536×10^{-6} ,也属较好生油岩。

顺托果勒隆起:碳酸盐岩 15 个有机碳样品范围值 0.10%~1.43%,有 14 个达标,占 93%,生油岩平均含量 0.32%;6 个氯仿沥青“A”样品 5 个达标,占 83%,平均含量 108×10^{-6} ;泥质岩 18 个有机碳样品含量 0.09%~1.2%,达标者 28%,平均含量 0.77%。因此,顺托果勒隆起区碳酸盐岩生油岩为较好生油岩,而泥质岩生油岩则为较差生油岩。

从有机质丰度的分布看塔北石炭系生油岩有两大特点,一是西部柯坪巴楚地区石炭系生油条件优于沙雅隆起区,表明石炭系生油岩发育地区偏于塔北西部;二是碳酸盐岩生油岩生油条件优于泥质岩生油岩。

5. 三叠系生油岩有机质丰度

三叠系生油岩均为陆相泥质岩。库车坳陷、沙雅隆起、阿瓦提断陷、顺托果勒隆起、满加尔坳陷各构造区块有机质丰度略有不同(表 2-7)。

表 2-7 三叠系生油岩有机质丰度
Table 2-7 Organic matter abundance for Triassic source rocks

地 区	岩 性	有机碳 %	氯仿沥青“A” 10^{-6}	烃含量 10^{-6}
库车坳陷	泥质岩	$\frac{0.51 \sim 5.75}{1.37(174)}$	$\frac{310 \sim 6110}{1639(15)}$	$\frac{111 \sim 1870}{368(14)}$
沙雅隆起	泥质岩	$\frac{0.50 \sim 4.92}{1.12(439)}$	$\frac{300 \sim 11900}{734(36)}$	$\frac{103 \sim 314}{159(42)}$
阿瓦提断陷	泥质岩	$\frac{0.50 \sim 1.50}{0.71(16)}$	$\frac{351 \sim 556}{429(9)}$	$\frac{101 \sim 282}{185(8)}$
顺托果勒隆起	泥质岩	$\frac{0.52 \sim 3.02}{0.75(58)}$	$\frac{486 \sim 1740}{906(42)}$	$\frac{105 \sim 447}{204(24)}$
满加尔坳陷	泥质岩	$\frac{0.72 \sim 2.83}{1.50(17)}$	$\frac{309 \sim 364}{336(4)}$	—

库车坳陷:196 个有机碳样品范围值 0.15%~5.75%,达标者占 85%,达到较好生油岩者占 54%,达到好生油岩者占 35.8%,生油岩有机碳平均含量 1.37%;59 个氯仿沥青“A”样品达标者 23%,达标样品平均含量 1639×10^{-6} ;47 个烃含量样品达标者 30.3%,达标样