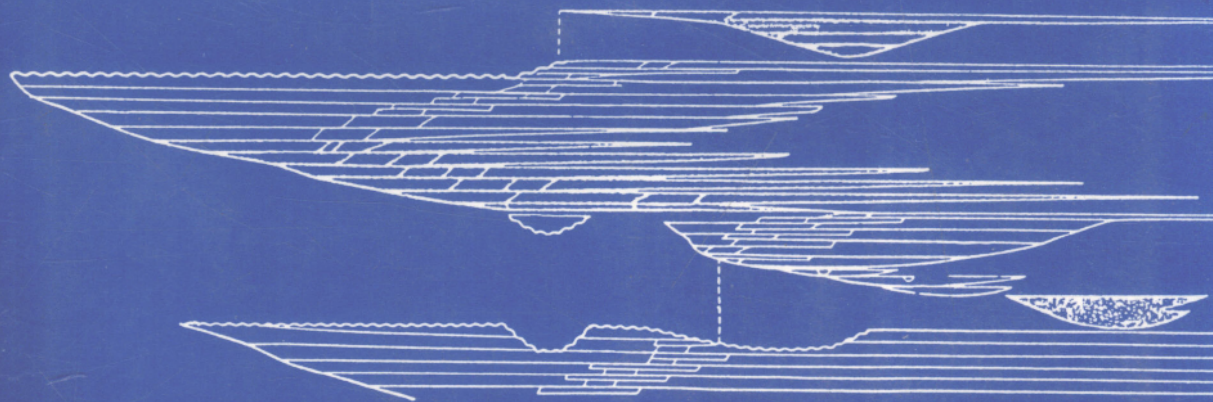


“八五” 期间国家科技
攻关项目 85—101 成果

新疆塔里木盆地北部 层序地层及其沉积学研究

乐昌硕 于炳松 田成 王荣前 著



地质出版社

“八五”期间国家科技
攻关项目 85—101 成果

新疆塔里木盆地北部 层序地层及其沉积学研究

乐昌硕 于炳松 田 成 王荣前 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书系新疆塔里木盆地北部层序地层及其沉积学研究的重要成果。书中在研究露头剖面、钻井和地震剖面的基础上,对塔北地区寒武系—侏罗系进行了详细的层序划分,首次建立了该区寒武系—侏罗系的层序地层系统,标定了系列重要的层序地层界面的年龄,论述了不同时期发育的层序的特征,建立了三个典型的沉积层序模式;进行了层序地层的横向对比,并建立了该区的层序地层格架;还详细研究了塔北地区寒武纪—侏罗纪的相对水深变化、上超点变化及其与全球海平面变化的关系。本书还对碳酸盐岩层序的形成机理进行了电子计算机模拟,提出了许多新的极有意义的认识。最后,书中从层序前缘学和沉积学的角度出发,探讨了塔北寒武系—侏罗系层序与油气的生、储、盖层的关系,提出了有利的油气成藏层位和地区。全书资料新颖,全面系统,内容充实,图文并茂,论证有据,有较高的学术水平,是我国迄今为止研究层序地层时间跨度最长、范围最广的一部专著。

本书可供从事层序地层学、沉积学、构造地质和石油地质研究的科学家、地质工作者和大专院校师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

新疆塔里木盆地北部层序地层及其沉积学研究/刘昌铨等著. —北京:地质出版社, 1996.6

ISBN 7-116-02106-X

I. 新… II. 刘… III. ①地层层序—研究 ②新疆—塔里木盆地—沉积学 ③新疆—塔里木盆地—IV. ①P535.245②P588.2

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第02922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:董国测 赵俊磊

中国地质大学轻印刷厂印刷

开本:787×1092 1/32 印张:7.125 插页:0 图版:5页 字数:160千字

1996年6月北京第一版·1996年8月北京第一次印刷

印数:1—499册 定价:17.00元

ISBN 7-116-02106-X

P·1375

前言

塔里木盆地位于我国西北边陲，面积达 56 万 km^2 ，是我国最大的内陆盆地。西北石油地质局 1984 年 9 月 22 日在塔里木盆地北部沙参 2 井井深 5391m 的海相奥陶系碳酸盐岩中发现了优质高产油气流，从而拉开了塔里木盆地大规模石油勘探的序幕。

塔里木盆地边缘，从 50 年代起就开始了油气的普查勘探工作，找到了柯克亚和依奇克里克两个中小型油气田；但盆地三分之二为沙漠覆盖，勘探程度低，对盆地整体地质结构、主要石油地质特征等的认识还不够全面和深入。沙参 2 井实现重大突破之后，“七五”期间，通过开展石油大会战和联合科研攻关，对塔里木盆地北部许多石油地质问题和油气成藏规律有了崭新的认识，如：应用板块构造理论探讨了塔里木盆地的大地构造背景及其沉积盆地的演化历史；建立了地层系统；论证了各地质时期的沉积特征、相带展布和古地理变迁；指出了各层系有利的生储油相带；发现并圈定了大型生油坳陷和油气富集区，以及许多大、中、小油气田。展示了塔里木盆地巨大的找油气前景。

为了满足国民经济发展对油气资源与日俱增的需要，开发大西北，使塔里木盆地成为我国石油工业的重要基地，“八五”期间，国家又组织了大量的人力物力，进一步对塔里木盆地的油气地质进行了攻关研究。本专著就是“八五”国家科技攻关项目“新疆塔里木盆地油气资源”(85—101)下属课题“新疆塔里木盆地北部大油田形成条件及评价研究”(85—101—04)中的一个二级专题的研究成果。

层序地层学是一门新兴的地质学科，它是在地震地层学的基础上发展起来的。层序地层学的概念最早是 P. R. Vail 于 1977 年通过对地震地层学的讨论提出来的，至今虽然才十多年的时间，但由于它已在油气勘探和预测中作出了卓越的贡献，因此得到了世界范围的广泛重视和应用。但在塔里木盆地的地质工作中，层序地层的研究工作，过去尚无人进行过。我们专题提出的研究内容和目的，就是在研究、利用前人的地质研究和勘探成果的基础上，运用层序地层学和现代沉积学的理论和方法，研究塔北地区的露头剖面、钻井和地震资料，以建立该区高分辨率的层序地层系统和层序地层格架；查明各级层序的特征、形成条件和时空分布规律；建立典型的沉积层序模式。在此基础上，对油气的生、储、盖条件及有利层位和地区作出宏观的评价。

我们研究区的工作范围，西起巴楚、阿合奇一线，东至库鲁克塔格、孔雀河一带，北界库车、轮台、库尔勒一线，南至塔里木河以南约北纬 40° 一带附近（图 0—1）。为完成专题的研究任务，我们从 1991 年开始进行野外露头剖面实测、钻井岩心和岩屑的观察取样，测井和地震资料的收集研究和室内的各种分析测试和报告编写工作，历时 4 年，1994 年完成了全部研究任务。取得的主要研究成果有以下几个方面。

1. 对塔北地区寒武纪至侏罗纪的地层进行了详细的层序划分，共分出一级巨层序 6 个，二级超层序组 13 个，超层序 42 个，三级层序 129 个。首次建立了塔北寒武纪—侏罗

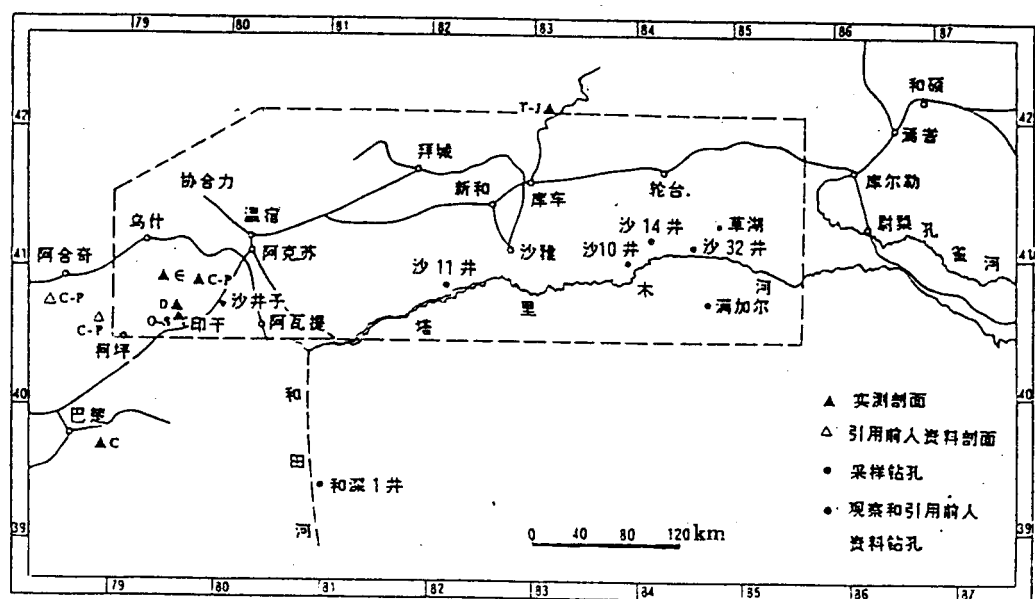


图 0-1 研究区范围及剖面位置图

纪的层序地层系统，并将其与国际及国内的传统地层系统作了对比。

2. 详细地论述了各级层序的组成、主要层序界面的性质、层序的岩性和沉积相特点、层序中体系域的组成和变化规律及其形成的构造背景和沉积条件等。并通过层序地层和生物地层相结合的方法标定了各级层序界面的年龄，以及许多重要的地层界面的年龄，如寒武系玉尔吐斯组的底界面，中、下奥陶统的分界面，上奥陶统印干组的顶界面，志留系柯坪塔格组的底界面，上泥盆统克孜尔塔格组的顶面，下石炭统巴楚组的底界面的年龄等。

3. 对从露头剖面中精选出来的三个典型的层序剖面，即奥陶系中一个以碳酸盐岩为主组成的剖面、石炭系—二叠系中一个以碎屑岩和碳酸盐岩混合组成的剖面以及三叠系中一个由陆相碎屑岩组成的剖面进行了特别详细的岩石学、古生物学和地球化学研究，分析了层序的界面、体系域组成和特征及其形成的环境条件等。在此基础上，建立了三个沉积层序模式：从潮坪至盆地环境的碳酸盐岩沉积层序模式；从陆源碎屑滨岸至碳酸盐陆棚环境的碎屑岩和碳酸盐岩混合的沉积层序模式；河流、湖泊环境碎屑岩的沉积层序模式。

4. 建立了塔北寒武纪—侏罗纪的相对水深变化曲线和上超点变化曲线，并将其与全球海平面变化曲线作了对比和分析，结果证明了塔北地区的海平面变化与全球海平面变化是一致的，为层序地层学全球海平面变化的理论提供了又一佐证。

5. 以露头剖面 and 钻井资料为主要依据，以地震层序格架为指导，对塔北寒武纪—侏罗纪的层序地层在东西方向上进行了横向对比，并在此基础上建立了寒武纪—侏罗纪的层序地层格架，展示了塔北地区层序地层的时空展布规律、盆地的构造—沉积的演化历史和充填方式；并根据层序地层格架显示的特点，指出了塔北油气产生和富集的有利地区，认为满加尔地区为寒武纪至泥盆纪以及三叠纪和侏罗纪的沉降中心，阿瓦提及柯坪、乌什以西地区为石炭纪、二叠纪和三叠纪的沉降中心。在这些沉降的中心地区，沉积作用连续、层序发育完全、有大型的复合密集段，是生油的有利地区。而中部的沙雅、阿克库勒和顺托果

勒等地为隆起区,经常受到暴露和侵蚀,沉积作用不连续,但因水浅,易形成砂岩、颗粒灰岩、生物礁等储集性能好的岩层,并有易于富集油气的大的沉积间断面,故是油气富集的有利地区。

6. 对碳酸盐岩层序形成的机制进行了电子计算机模拟,模拟结果说明:在基底沉降速率一定的条件下,碳酸盐岩层序的形成和级次主要受控于海平面的变化;碳酸盐岩层序形成对海平面变化响应的敏感性则随水深的增加而降低;基底沉降速率的变化对碳酸盐岩层序的形成也有影响,如形成近对称的三级层序的基底沉降速率必须很低($<0.03\text{m/ka}$)。这些认识丰富了层序地层学的理论内容。

7. 从层序地层学的角度出发,探讨了塔北寒武纪—侏罗纪地层层序与油气生、储、盖层的关系,指出了有利的生、储、盖的层位和地区。认为满加尔坳陷、柯坪及其以西地区寒武系、奥陶系和志留系层序中的大型密集段、阿瓦提坳陷及乌什以西地区石炭系、二叠系和三叠系及层序中的大型密集段、满加尔坳陷三叠系层序中的大型密集段等是本区最重要的生油层。同时,在这些坳陷中出现的低水位体系域则可能成为储层。在沙雅隆起、阿克库勒凸起、顺托果勒低隆等隆起区上,各时代地层层序中的海进体系域和高水位体系域的颗粒碳酸盐岩、生物礁灰岩和砂岩以及大的沉积间断面和古风化壳则是良好的油气富集场所。而各地区、各时代地层层序中密集段和高水位体系域下部及海进体系域上部的泥岩、硅质岩、灰质泥岩、泥质灰岩以及石炭纪低水位期或高水位期形成的蒸发岩则可成为良好的盖层;并建立了油气的生、储、盖层的发育与层序中体系域之间关系的综合模式。

8. 通过详细的沉积学和古生物学研究,我们得出了柯坪大冲沟剖面中上泥盆统克孜尔塔格组属滨海环境沉积的结论,修正了前人“七五”工作中认为该组地层属风成相和辫状河流相的观点。对库车河地区三叠系克拉玛依组中下部、黄山街组底部、塔里奇克组底部以及侏罗系阿合组的砂岩和含砾砂岩段的地层的沉积环境也提出了与前人不同的新看法,认为这些层段地层的沉积环境主要是属于滨浅湖而不是河流环境。

9. 首次在塔北肖尔布拉克地区寒武系的玉尔吐斯组中发现了放射虫化石(泡沫虫)。

上述的专题研究成果,已于1994年11月由85—101—04课题办公室聘请郝诒纯、叶连俊、杨遵仪三位院士和其他13位有关专家组成的评审委员会进行了评审验收。评审委员会认为,本专题的研究成果“所用的研究方法先进,思路明确,工作扎实深入,获得的结果确切,专题报告总体上达到了国际先进水平”。

本专题的研究工作是在地质矿产部、西北石油地质局、85—101—04课题和一级专题负责人的领导下进行的,研究工作和专著的编写工作由乐昌硕、于炳松、田成、王荣前共同完成;在野外和室内工作中还得到了中国地质大学(北京)徐怀大教授、曾学鲁教授、徐钰麟教授、樊太亮副教授、余杰副教授、刘金辉博士和吴裕根、聂伟、李庆谋硕士,西北石油地质局魏真鑫高级工作师、杨国栋工程师、王根长工程师和武涛、赵义勇、王易农等同志的帮助和密切合作;在样品分析测试过程中还得到了中国科学院地质研究所同位素室,石油勘探开发研究院,中国地质科学院测试所,北京大学化学分析室,中国地质大学(北京)X光室、图像分析室、电子探针室、岩石教研室、ICP分析室等单位帮助分析了各种样品。中国地质大学(北京)绘图室王凤英同志帮助清绘了主要图件。在此谨向上述单位和个人表示衷心的感谢。望广大读者惠予指教。

目 录

前言

1 区域地质概况	(1)
1.1 塔里木盆地的大地构造背景	(1)
1.1.1 塔里木盆地的大地构造位置	(1)
1.1.2 塔里木盆地的大地构造演化	(2)
1.2 塔北地层概述	(2)
1.2.1 震旦—奥陶系	(2)
1.2.2 志留—泥盆系	(4)
1.2.3 石炭系—下二叠统	(5)
1.2.4 上二叠统—下第三系	(5)
1.2.5 上第三系—更新统	(6)
2 层序地层学基本理论及研究方法	(7)
2.1 层序地层学基本理论概述	(7)
2.2 层序地层研究方法	(10)
2.2.1 岩相及其成因解释	(11)
2.2.2 岩相组合及其沉积环境	(11)
2.2.3 层序分析	(12)
2.2.4 层序地层格架的建立	(12)
3 塔北层序地层	(13)
3.1 塔北地层层序划分	(14)
3.1.1 层序划分原则	(14)
3.1.2 层序划分结果	(16)
3.1.3 层序边界年代的标定	(16)
3.1.4 层序级次的讨论	(18)
3.2 塔北寒武纪—侏罗纪层序地层系统	(19)
3.3 塔北寒武纪—侏罗纪主要层序界面	(20)
3.3.1 Sauk 的底界面	(20)
3.3.2 Tippecanoe 与 Sauk 之间的界面	(22)
3.3.3 Tippecanoe A 与 Tippecanoe B 之间的界面	(25)
3.3.4 Tippecanoe 与 Kaskaskia 之间的界面	(27)
3.3.5 Kaskaskia A 与 Kaskaskia B 之间的界面	(27)
3.3.6 Kaskaskia 与 Lower Absaroka 之间的界面	(29)
3.3.7 Lower Absaroka 与 Upper Absaroka 之间的界面	(29)
3.3.8 Upper Absaroka A 与 Upper Absaroka B 之间的界面	(30)
3.3.9 Upper Absaroka 与 Lower Zuni 之间的界面	(30)

3.3.10	Lower Zuni A 与 Lower Zuni B 之间的界面	(30)
4	塔北地层层序特征	(32)
4.1	Sauk 巨层序	(32)
4.1.1	SA 超层序组	(32)
4.1.2	SB 超层序组	(35)
4.1.3	SC 超层序组	(36)
4.2	Tippecanoe 巨层序	(36)
4.2.1	TPA 超层序组	(37)
4.2.2	TPB 超层序组	(37)
4.3	Kaskaskia 巨层序	(39)
4.3.1	KA 超层序组	(39)
4.3.2	KB 超层序组	(41)
4.4	Lower Abasaroka 巨层序	(43)
4.4.1	LAA 超层序组	(43)
4.4.2	LAB 超层序组	(43)
4.5	Upper Absaroka 巨层序	(45)
4.5.1	UAA 超层序组	(45)
4.5.2	UAB 超层序组	(47)
4.6	LZA 超层序组	(48)
5	塔北地层典型层序模式	(49)
5.1	奥陶系典型层序	(49)
5.1.1	剖面介绍	(49)
5.1.2	SC3.1 层序分析	(49)
5.1.3	TPA1.1 层序分析	(51)
5.1.4	TPA1.2 层序分析	(52)
5.1.5	碳酸盐岩典型层序模式讨论	(53)
5.2	石炭—二叠系典型层序	(54)
5.2.1	剖面介绍	(54)
5.2.2	下部碎屑岩层序分析	(54)
5.2.3	上部碳酸盐岩层序分析	(56)
5.2.4	典型层序剖面中石炭—二叠系界线的标定	(57)
5.2.5	石炭—二叠系典型层序模式讨论	(58)
5.3	三叠系典型层序	(58)
5.3.1	剖面介绍	(58)
5.3.2	UAA3.2 层序分析	(59)
6	塔北层序地层横向对比	(61)
6.1	寒武纪层序地层横向对比及展布特点	(61)
6.2	奥陶纪层序地层横向对比及展布特点	(62)
6.3	志留纪层序地层横向对比及展布特点	(63)
6.4	泥盆纪层序地层横向对比及展布特点	(64)
6.5	石炭纪层序地层横向对比及展布特点	(65)

6.5.1 早石炭世层序地层横向对比及展布特点	(65)
6.5.2 晚石炭世层序地层横向对比及展布特点	(66)
6.6 早二叠世层序地层横向对比及展布特点	(67)
6.7 三叠纪层序地层横向对比及展布特点	(68)
7 塔北寒武纪—侏罗纪海平面变化曲线及层序地层格架	(70)
7.1 海平面变化曲线	(70)
7.1.1 上超点变化曲线与全球海平面变化曲线的对比	(70)
7.1.2 相对水深变化曲线与全球海平面变化曲线的对比	(71)
7.2 塔北寒武纪—侏罗纪层序地层格架	(74)
8 碳酸盐岩层序形成的计算机模拟	(76)
8.1 碳酸盐岩层序形成的模拟模式	(76)
8.2 初始参数及其确定	(78)
8.3 模拟结果及其地质意义	(80)
9 塔北寒武纪—侏罗纪层序与油气	(85)
9.1 塔北寒武纪—侏罗纪层序与生油岩	(85)
9.1.1 层序密集段及其在油气勘探中的意义	(85)
9.1.2 塔北寒武纪—侏罗纪主要生油密集段及特征	(85)
9.2 塔北寒武纪—侏罗纪层序与储集层	(91)
9.3 塔北寒武纪—侏罗纪层序与盖层	(93)
9.4 塔北寒武系—侏罗系主要生储盖组合	(93)
10 几点主要的认识	(96)
主要参考文献	(98)
英文摘要	(101)
图版说明及图版	(104)

1 区域地质概况

1.1 塔里木盆地的大地构造背景

1.1.1 塔里木盆地的大地构造位置

塔里木盆地是塔里木板块的重要组成部分。塔里木板块包括现今的塔里木盆地、柴达木盆地、阿尔金山和天山的一部分，南界为康西瓦—木孜塔格北坡—东昆仑中央主脊大断裂；北部以哈里克套南坡—巴仑台—库米什—卡瓦布拉克—星星峡一线作为塔里木板块的北界。其大地构造位置及塔里木板块内次级构造单元的划分见图 1—1。工作区的大地构造

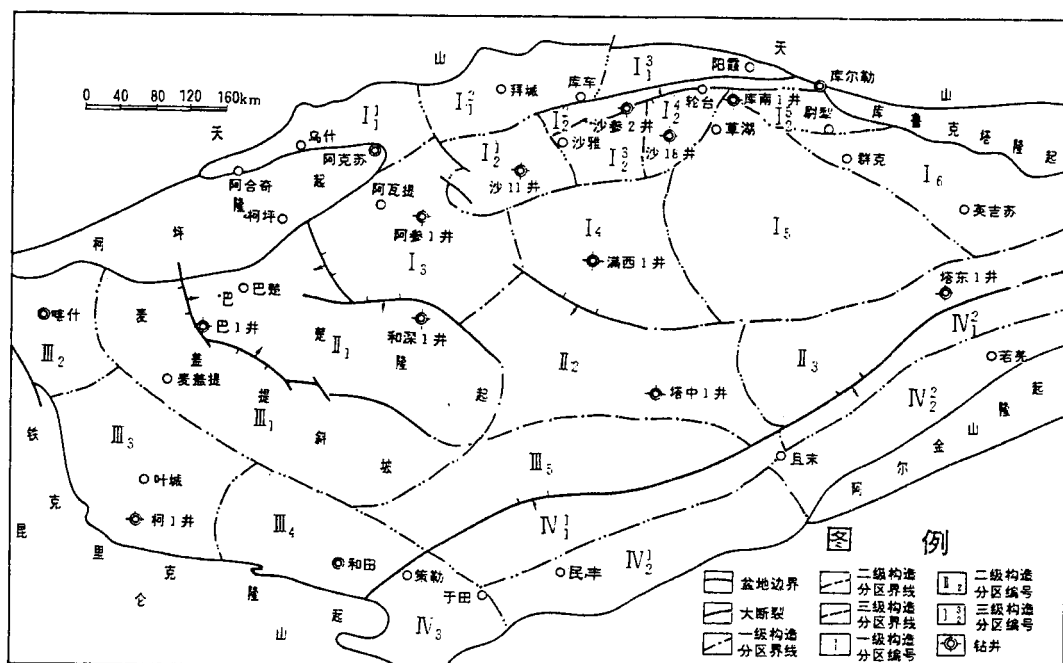


图 1—1 塔里木盆地构造分区图

I—东北拗陷区：I₁—库车拗陷；I₂—沙雅隆起；I₃—阿瓦提断陷；I₄—顺托果勒低隆起；I₅—满加尔拗陷；I₆—孔雀河斜坡。I₁¹—乌什凹陷；I₁²—拜城凹陷；I₁³—阳霞凹陷；I₂¹—沙西凸起；I₂²—雅克拉断凸；I₂³—哈拉哈塘凹陷；I₄¹—阿克库勒凸起；I₅¹—草湖凹陷；I₆¹—库车勒鼻凸。II—中央隆起区：II₁—巴楚隆起；II₂—卡塔克隆起；II₃—唐古巴斯拗陷；II₄—古城墟隆起。III—西南拗陷区：III₁—麦盖提斜坡；III₂—喀什拗陷；III₃—叶城—和田拗陷。IV—东南断隆区：IV₁—北民丰—罗布庄断隆；IV₂—民丰—若羌断陷；IV₁¹—北民丰断凸；IV₁²：罗布庄断凸；IV₂¹：于田凹陷；IV₂²—民丰凹陷；IV₃¹—若羌凹陷

(地矿部“八五”国家科技攻关项目 85—101—04 办公室，1994 年印发图件)

位置,位于塔里木板块中的东北拗陷区和中央隆起区内。

1.1.2 塔里木盆地的大地构造演化

塔里木盆地的大地构造演化,据西北石油地质局地质大队研究成果^①,可归纳成以下几个阶段:

1. 古元古代末(约8亿年前),塔里木地区基底岩系褶皱、固结,成为“超级大陆”的一部分。

2. 震旦纪—早奥陶世早期,这一“超级大陆”发生断陷与分裂,分离出来的塔里木地块(包括柴达木地块),与扬子、羌塘等地块,可能同处于早古生代古亚洲洋南侧。塔里木地块北部边缘形成濒临古亚洲洋一部分之古南天山洋和古北疆洋的震旦纪拉张裂陷带,至寒武—奥陶纪逐步演变成为被动大陆边缘。

3. 早奥陶世晚期—泥盆纪,古南天山洋向南往塔里木地块下俯冲且逐步加强,形成巴仑台、那拉提、库米什等地一系列大陆岛弧带及相应的弧后盆地。奥陶纪末,出现塔北弧后隆起带,向地块内部方向,形成志留—泥盆纪塔里木后退弧前陆盆地。

4. 早石炭世早期,“塔里木板块迅速向北漂移,与哈萨克斯坦板块处于可及范围”^②。古南天山洋逐渐走向封闭,早石炭世晚期—早二叠世,古南天山洋缩减为向西开口的残余盆地。塔里木地块内部形成叠置于志留—泥盆纪后退弧前陆盆地之上的石炭—早二叠世克拉通内断拗盆地。

5. 早二叠世末,古南天山洋以及北疆洋完全封闭,塔里木板块与哈萨克斯坦板块以陆—陆碰撞方式拼合,天山碰撞造山带形成,可分为北部中天山混杂岩带(超叠壳楔)、南部南天山褶皱冲断带(俯冲壳楔)以及南侧的库车周缘前陆盆地、塔北前陆冲断带、孔雀河周缘前陆盆地。在石炭—早二叠世克拉通内断拗盆地上,叠加继承性的陆内浅拗盆地(P_2 —J)。

6. 侏罗纪以后,已拼合的塔里木、哈萨克斯坦、西伯利亚等板块整体向北漂移,各板块间仅有扭动、走滑,天山造山带继续受压、扭上升,塔北前陆冲断带居于水下,不起分割作用,形成统一的塔里木陆内盆地。

1.2 塔北地层概述

层序地层学以全新的思路 and 观点来解释沉积地层的成因。本文将主要以层序地层学的思路 and 观点来研究塔北的沉积地层。为了便于将层序地层与传统的年代地层和岩石地层进行对比,特将塔北地层作一简略介绍。

塔里木盆地北部地层发育齐全,塔北地区的构造演化和构造旋回见表1—1。从表1—1中可以看出,塔北地层由五个大的沉积旋回组成。现将其特征按五个大的沉积旋回为单位概述于下。

1.2.1 震旦—奥陶系

下震旦统大部分地区缺失,仅在柯坪地区见零星分布的红色砂砾岩厚80—100m。在库

① 西北石油地质局地质大队,1990,新疆塔里木盆地东北地区沉积特征及其与生储油条件的关系的研究。

② 西北石油地质局第一物探大队,1989,新疆塔里木盆地东北地区地震地层学应用研究。

鲁克塔格发育厚达 3000m 以上的砂砾岩、泥岩、板岩、泥晶灰岩夹硅质岩和三期火山岩。上震旦统在全区分布稳定，盆地内厚约 700—1000m，下部为一套砂泥岩互层，中上部为一套叠层藻、藻纹层、藻屑白云岩、球粒白云岩和砾砂屑灰岩，向北至南天山一带加厚，向东至库鲁克塔格相变为砾岩，厚约 5000m 以上。

表 1—1 塔北地区构造运动及成盆演化简表
(据贾润胥等, 1991)

地 质 系 统					代 号	接触关系	构造运动	主要地质事件	构造沉积		地质结构与演化				
界	系	统	群	组					旋回		构造层	演化阶段			
									降—升	海 陆					
新 生 界	第四系				Q			喜山晚期运动	印度板块向北推移,盆地四周褶皱山系复活,基底整体挠曲下陷,成为统一的前陆盆地		第四系—上第三系构造层	前陆盆地统一成盆阶段			
	新第三系	上新统	库车组	N _{2k}	整合—上超	局部前截	喜山中期运动								
			康村组	N _{1k}											
		中新统	吉迪克组	N _{1j}	整合—上超	微角度前截	喜山早期运动								
			苏维依组	N _{1s}											
	老第三系		库姆格列木群	(K ₂ —E)km	整合—上超	局部前截	燕山晚期运动								
		白垩系	上统	卡普沙良群				K _{1kp}					整合—上超	局部前截	燕山中期运动
		侏罗系	上统					J ₃							
			中统					J ₂							
			下统					J ₁							
三叠系		上统	清加列群	哈拉哈塘组				T _{3ha}	整合—上超	局部前截	印支运动				
	中统		阿克库木组	T _{2a}											
	下统		柯吐尔组	T _{1k}											
古 生 界	二叠系	上统		P ₂	整合—上超	局部前截	海西晚期运动	南天山海槽封闭回返褶皱成山,西伯利亚板块、伊宁—中天山板块、塔里木板块拼合,成为统一大陆。塔里木地块三隆两坳构造格局定型		下二叠统—石炭系构造层	中期类前陆盆地发展阶段				
		下统	开派兹雷克组 库普库兹满组	P _{1kp} P _{1kk}											
	石炭系	上统		C ₂	整合—上超	局部前截	海西早期运动								
		下统		C ₁											
	泥盆系	上统		克孜尔塔格组	D _{3k}	整合—上超	前截					加里东中期运动			
		中下统		依木干他乌组	D _{1-2j}										
	志留系	中上统		塔塔喀尔塔格组	S _{2-3t}	整合—上超	微角度前截								
		下统		柯坪塔格组	S _{1k}										
	奥陶系	上统			O ₃	整合—上超	前截								
		中统			O ₂										
下统		正丘里塔格群		O _{1ql}											
寒武系		上统	下丘里塔格群		Є _{2-3p}										
震旦系	中统			Є ₂											
	下统			Є ₁											
	震旦系	上统			Z ₂										
元古界	前震旦系	下统			Z ₁	整合—上超	前截	塔里木运动	古陆核扩大基底拼合统一,塔里木古板块形成		基底构造层	塔里木板块形成阶段			
	前震旦系				AnZ										

寒武系主要出露于柯坪地区，巴楚地区仅见中、上寒武统。奥陶系在柯坪、巴楚地区均有出露，区内变化较大。

寒武系在本区轮台—草湖一线以西，底部为富有机质的黑色页岩夹重晶石结核和含磷硅质岩与磷矿层。其上为一套以白云岩为主的沉积，厚度 1400—2000m，自北向南逐渐加厚。轮台—草湖一线以东，则为一套砾砂屑灰岩、薄层暗色微晶灰岩、泥质微晶灰岩、页岩夹硅质岩，厚度变化剧烈，由西向东由 2000m 锐减至 300—500m。库鲁克塔格和南天山一带为一套硅质岩、微晶灰岩、白云岩夹火山岩，厚约 1000m，向南至孔雀河，相变为页岩、硅质岩为主夹泥质微晶灰岩，厚度只有 300m。

河参 2 井和沙 7 井证实， $T_2^{\frac{1}{2}}$ — $T_2^{\frac{2}{2}}$ 波之间的波组相当于寒武系的反射，其反射特征为：底部有两个强振幅、高连续的相位，剖面上呈清晰的双相位特征，顶部的双相位特征相对底部来说振幅较弱，连续性也较差，内部为弱振幅但连续性较好的反射。在阿克库勒的东部及南部，存在由西向东、由北向南的前积反射特征。向满加尔拗陷，厚度也变薄，如 TBB—88—E78 线上仅为 528m，满加尔拗陷内，其反射也变为密集带反射特征，因而在满加尔存在着欠补偿的盆地相沉积。寒武系与下伏震旦系之间为平行不整合接触。

奥陶系在巴楚—沙 11 井和轮台—草湖西一带发育了一套亮晶粒屑灰岩、鲕粒灰岩、砂屑灰岩和生物灰岩间夹粉、细砂岩；“塔河”两岸的塔中广大地区，则为厚达 2000m 以上的灰岩。乌什—柯坪地区和塔东地区以泥质灰岩及黑色页岩为主，前者残厚约 200m，后者厚约 2000—4000m。库鲁克塔格北部为厚达 2000m 的以颗粒灰岩为主的碳酸盐岩，向南相变为砂岩、粉砂岩和泥岩韵律层。

沙 11 井和沙参 2 井证实，地震 $T_2^{\frac{1}{2}}$ — $T_2^{\frac{2}{2}}$ 波之间为奥陶系，按其地震反射结构不同又可分为上部的上中奥陶统及下部的下奥陶统。

下奥陶统在沙雅斜坡为弱振幅、弱连续反射特征。钻井证实其为以碳酸盐岩为主的沉积，从地震剖面所反映的厚度看，其变化也较大。如沙雅斜坡及卡塔克隆起为 700—800m，而沙雅断裂附近为 300m 左右，在塔里木河一带厚度为 1100—1200m。下奥陶统与寒武系一样，在阿克库勒凸起的东部及南部也存在着前积反射特征，满加尔拗陷也为欠补偿盆地相沉积，厚度为 600m 左右。

中上奥陶统的地震反射特征为强振幅，连续性好，反射丰度高，由塔东北拗陷区向塔北隆起区呈逐步上超沉积，满加尔拗陷厚度最大达 3500m，向沙雅斜坡超覆厚为 300m 左右。受后期构造运动的影响，阿克库勒凸起和卡塔克隆起上大部分地区被剥蚀而缺失。

奥陶系与下伏寒武系为整合接触。

1.2.2 志留—泥盆系

志留—泥盆系在柯坪地区、巴楚小海子一带有出露，以平行不整合或微角度不整合与下伏奥陶系接触。

志留—泥盆系在塔北隆起区和库鲁克塔格北部普遍缺失，南天山一带为一套以碳酸盐岩为主的沉积夹泥质岩和火山岩，局部见生物礁。塔东北拗陷区，志留系—下泥盆统东西分带，西部为一套含沥青的岩屑砂岩、长石石英砂岩和泥岩、粉砂岩互层，厚逾 2000m，向东逐渐变为暗色泥岩为主，厚度增至 4000m。上泥盆统在全区均为一套红色砂泥岩沉积，局部发育砂砾岩。

沙 11 井钻井证实，志留系—泥盆系相当于 $T_2^{\frac{1}{2}}$ — $T_2^{\frac{2}{2}}$ 之间的地震波组，志留—泥盆系自

塔东北坳陷区至塔北隆起区逐步上超沉积, 满加尔坳陷区沉积巨厚, 为 4500—4700m, 往阿瓦提减薄至 1000—1200m。

1.2.3 石炭系—下二叠统

石炭系—下二叠统主要出露于柯坪、巴楚等地, 与下伏地层之间为角度不整合和假整合接触。

该旋回变化复杂。下石炭统分布范围相对较大, 在阿克库勒北部为一套杂色泥岩、粉砂质泥岩与砂岩互层夹泥质灰岩、微晶灰岩。巴楚至兰尕地区为膏质粉—细砂岩、膏泥岩、石膏、岩盐夹杂色泥岩和微晶灰岩, 厚 100—450m。乌什地区下部为砾岩, 中上部为黑色泥岩夹颗粒灰岩、砾屑灰岩、砾岩及微晶灰岩, 厚达 2000m 以上。塔北隆起区、柯坪隆起区和库鲁克塔格隆起区的绝大部分地区缺失。

上石炭统分布范围较下石炭统明显减小, 且主要分布于跃参 1 井至满西 1 井以西地区。乌什地区为一套砾屑灰岩, 向南至柯坪相变为砂屑灰岩、鲕粒灰岩和生物屑灰岩。向东至和田河一带相变为炭质泥岩夹煤线和薄煤层。全区厚度变化于 300—1500m 之间, 以乌什地区为最厚。

下二叠统分布范围进一步向西萎缩, 以阿克苏—阿恰—麦盖提一线为界, 东部为一套杂色泥岩、粉砂质泥岩和砂砾岩互层夹安山岩、玄武岩和英安岩等。西部地区下部为一套颗粒灰岩和黑色砂泥岩互层, 中上部为杂色砂泥岩、凝灰岩夹二套玄武岩。全区厚度变化于 1000—1600m 之间, 向西明显加厚。

沙参 1 井及沙 10 井证实, 石炭—二叠系相当于 T_2-T_3 之间的地震波组, 以阿瓦提断陷沉积最厚, 为 3500m, 往满加尔坳陷方向减为 1100m 左右, 沙雅斜坡区为 500—700m, 局部地区因后期构造运动剥蚀而缺失。

根据地震反射特征可分为上、中、下三套波组, 下部的波组为弱反射, 弱连续性, 底部有一到二个强相位, 连续性较好, 在沙雅斜坡, 有的地段可变为杂乱反射, 顶部为弧形绕射。该波组在东部的草湖一带与下伏地层呈明显的角度不整合, 往西逐渐过渡为假整合, 其总体上是由坳陷往沙雅斜坡上超不整合, 顶部由南往北, 由西往东, 被后期剥蚀的层位越来越多。沙 10 井、沙 14 井揭示, 其为下石炭统, 为陆缘盐坪及潮坪相沉积。

中部为振幅较强, 连续性好, 反射丰度较高的密集反射特征。由阿瓦提断陷向满加尔坳陷抬升剥蚀尖灭, 分布于沙 11 井和满西 1 井以西, 沙参 1 井揭示该波组为下二叠统潮坪相到陆相沉积, 中间夹玄武岩。

上部为弱振幅, 弱连续性反射特征, 仅在阿瓦提断陷有分布。在断陷边缘与下伏地层为超覆不整合接触, 未有钻井揭示, 可能相当于地表剖面下二叠统的上玄武岩段上部陆相碎屑岩段。

1.2.4 上二叠统—下第三系

上二叠统在塔北地区普遍缺失。开派兹雷克剖面中, 仅见下二叠统。在大冲沟剖面中补测到的沙井子组, 虽置于下二叠统—上二叠统之间, 但也没有可靠的古生物证据。在天山区比尤勒包谷孜干沟剖面中, 可见上二叠统, 为一套紫红色泥岩夹灰色、灰绿色细砾石、砂岩和黑色炭质泥岩。与下伏地层呈角度不整合接触。厚 286.2m。

三叠系和侏罗系分布于库车坳陷北部和塔东北坳陷区, 在库车坳陷, 三叠系下部为一套砂砾岩, 中上部为暗色泥岩与砂岩互层夹煤层, 最大厚度 2000m。塔东北坳陷区三叠系

呈东西分带,跃参1井—沙雅以西,缺失上三叠统,中下统以杂色砂岩为主,厚300—1100m。向东三叠系发育齐全,以暗色泥岩夹砂岩或暗色泥岩与砂岩不等厚互层夹煤线为主,厚度与西部相差不大。

侏罗系在库车坳陷的特征与三叠系基本一致,唯沉积范围向南扩大。在塔东北坳陷区,侏罗系分布于新和—沙雅—跃参1井以东,以轮台草湖为界,西部为沙泥岩互层夹煤层,厚度一般在200m以内,只有下统,缺失中上统。东部库鲁克塔格山前为一套以黑色泥岩为主的沉积,厚度大于500m。

白垩系除柯坪、巴楚和库鲁克塔格隆起外,呈区域性分布,下部为厚约40—60m的块状砂岩和砾岩,向上为一套棕红色夹绿色条带的含膏砂泥岩互层夹膏岩层,厚140—1200m。

下第三系较白垩系的分布范围向南扩大,为一套棕红色含膏细—中砂岩、含砾砂岩夹红色泥岩薄层及膏质泥岩。在拜城地区下部为厚层石膏夹薄层白云岩和灰岩,上部为杂色和棕红色膏质砂泥岩夹膏岩,最大沉积厚度约800m。

1.2.5 上第三系—更新统

广泛分布于塔东地区,中新统为一套以红色为主夹蓝灰色条带的膏质砂泥岩。上新统为一套棕黄色粉砂岩、泥岩互层夹细砂岩,局部含石膏,更新统为一套砾岩。一般厚度大于2000m。

2 层序地层学基本理论及研究方法

2.1 层序地层学基本理论概述

层序地层学是一门新兴的学科，它是 P. R. Vail 等人于 1977 年在地震地层学的基础上提出的。据 P. R. Vail 和 J. B. Sangree (1988) 的定义，层序地层学是“根据地震、钻井和露头资料，结合伴生的沉积环境和岩相特征，对地层分布模式作出的综合解释。层序地层学的解释过程推出一个旋回式的、在成因上有联系的年代地层格架 (Chronostratigraphic framework)，这些地层以侵蚀作用或者无沉积作用造成的不连续地层界面为界，或者以与这些不连续面可以对比的整合面为界。在这个年代地层格架中，在解释过程中得出沉积环境及与之相伴的岩相分布。这些岩相单元可以是以层面为界的同时代的地层间段，也可以以斜穿地层表面的穿时地层间段方式产生”。

层序地层学中有以下四个基本的变量，它们控制了地层单元的几何形态、沉积作用和岩性。

表 2—1

基 本 变 量	主要控制作用
构造沉降	可供沉积的空间
全球海平面升降	地层和岩相分布模式
沉积物供应	沉积充填和古水深
气候	沉积物类型

一个地区的构造沉降速度、沉积物供应速度和全球海平面升降速度三者之间相互影响，最终导致该地区海平面相对于其陆棚边缘的变化速度，即相对海平面的升降变化。

层序地层学认为，显生宙以来全球同步地发生了一系列周期性海平面相对变化，并由此产生了一系列旋回性沉积层序，同时在每个层序内部产生按一定规律分布的几个特定的体系域。

层序是层序地层学研究的基本单元，据 P. R. Vail 等 (1977) 的定义，层序是一套相对整一的、成因上有联系的、其顶和底面以不整合面或者与这些不整合面可以对比的整合面为界的地层。一个层序被认为是在一个完整的海平面变化周期中沉积形成的。一个完整的海平面变化周期包括两次海平面的相对下降，即从海平面下降最大速率的拐点处到后续的海平面上升，接着又到下一次海平面下降最大速率的拐点，一个层序由一套体系域组成 (图 2—1)。

大陆边缘的沉积分布模式受沉积物供应、构造沉降速率以及海平面变化的控制。区域构造运动和海平面升降的综合效应决定了沉积物的潜在的可容纳空间和成因上有联系的沉

积组合内部相的分布 (H. W. Posamentier 和 P. R. Vail 以及 J. C. Van Wagoner 等, 1988)。海平面下降的相对速率决定了使层序终止的层序边界类型。在陆棚坡折处, 当海平面下降的速率超过了构造沉降速率时, 整个陆棚会出露水面, 侵蚀范围延续到陆棚边缘以下, 从而产生 I 型层序边界。I 型边界通常以陆坡上的峡谷下切和陆棚上的河流下切作用为特征 (图 2—1)。在陆棚坡折处, 当海平面的下降速率小于构造沉降速率时, 陆棚坡折向海一侧的陆棚不被暴露, 侵蚀范围局限于陆棚以上, 没有延续到陆棚边缘以下, 因此产生 II 型层序边界 (图 2—1)。图 2—1 中的 SB1 为 I 型层序界面, SB2 为 II 型层序界面。

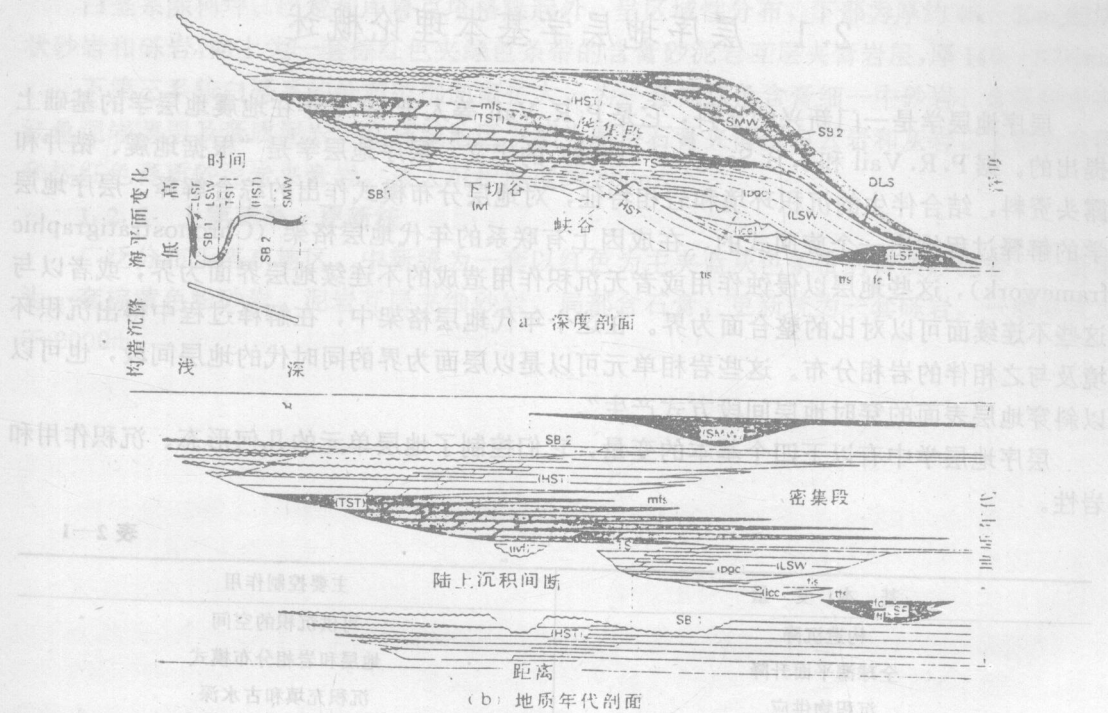


图 2—1 显示出沉积体系域及其界面的地层层序的沉积模型
(据 Bilal U. Haq 等, 1988)

模型显示了与 I 型边界有关的体系域 (即低水位扇、低水位楔、海进体系域和高水位体系域)。陆棚边缘体系域发育在 II 型层序边界之上。(a) 体系域在深度上的几何形态; (b) (a) 中的特征同地质年代的关系。界面: SB—层序边界, SB1—1 型, SB2—2 型; DLS—下超面, mfs—最大洪泛面, tfs—扇顶面, tls—具堤的水道顶面; TS—海进面 (最大海退之上的第一个洪泛面); 体系域: HST—高水位体系域; TST—海进体系域; LSW—低水位体系域, ivf—下切谷充填, pgc—前积复合体, lcc—具堤的水道复合体; LSF—低水位扇体系域, fc—扇水道, fl—扇朵叶; SMW—陆棚边缘楔体系域

一个层序的形成过程及其造成的体系域的特点和时空展布如图 2—1 所示。

在 I 型层序中, 当海平面急剧下降, (下降速率最大的转折处) 层序开始形成, 此时海平面下降超过了陆棚坡折, 陆棚上开始了河流的下切作用, 下切的河流体系可为在外海沉积的低水位体系域中的低水位扇提供沉积物 (图 2—1)。

当区域沉降速度开始大于海平面下降速度时, 相对海平面开始上升, 此时, 以陆棚坡折向海方向的叠覆楔的方式, 沉积了低水位体系域中的低水位楔部分 (图 2—1)。该低水位