



塔里木盆地西部 层序地层与 沉积、成岩演化

史基安 陈国俊 王琪 薛莲花 等著

科学出版社



塔里木盆地西部 层序地层与沉积、成岩演化

史基安 陈国俊 王 琪 薛莲花 等著

国家自然科学基金资助项目

科学出版社

2001

内 容 简 介

本书以层序地层学理论为框架,利用高频旋回层序的分析对比方法,融入近年来最新的研究成果,首次对塔里木盆地西部地区的层序地层、沉积及成岩演化进行了深入、系统的研究。本书通过对塔里木盆地西部地区寒武系—第三系层序划分对比的修正和完善,建立了该区层序地层格架,深入研究了各种沉积序列和沉积相在层序地层中的时空分布,总结、归纳了它们的沉积模式,分析了构造运动、古地理、古气候和海水进退与沉积旋回的关系,从而重塑了盆地演化史和沉积充填史。在此基础上,将沉积环境与成岩环境有机地结合起来,并统一于层序地层格架之中,对储集层系的成岩演变及其效应进行了解析,系统地总结了孔隙演化规律和成岩演化序列;对油气形成的有利层位和地区作出了客观的评价。

本书对从事沉积学、层序地层学、储层地球化学、石油地质学的科研、教学和生产人员具有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

塔里木盆地西部层序地层与沉积、成岩演化/史基安等著.-北京:科学出版社,2001

ISBN 7-03-008600-7

I. 塔… II. 史… III. 地层学-研究-新疆-塔里木盆地 IV. P535.245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 63423 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

西保印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001 年 2 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2001 年 2 月第一次印刷 印张:16 3/4 插页:4

印数:1—800 字数:375 000

定价:42.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

序

塔里木盆地是一个石油地质条件非常独特、研究程度很低的大型含油气盆地。从震旦纪到第四纪,盆地多次抬升、沉降,海水频繁进退,形成了众多的不整合面和巨厚的沉积层序,沉积作用和成岩演化相当复杂,从而决定了烃源岩和储集岩系的多样性和复杂性,因此在盆地层序地层、沉积储层等基础理论研究方面存在许多学科研究前沿问题,而针对这些问题开展的高水平综合研究,必将极大地推动塔里木盆地石油天然气勘探的发展,有力地促进我国沉积学和石油地质学等基础学科的发展。

《塔里木盆地西部层序地层与沉积、成岩演化》使用层序地层学及旋回地层学的研究方法,对塔里木盆地西部寒武纪—第三纪地层进行了高频旋回层序分析,建立了研究区的层序地层格架。在此基础上,深入分析了盆地演化史和沉积充填史,建立了相应的沉积相模式,并使用各种先进的分析方法,对储集岩成岩演化进行了深入研究。本书将沉积、成岩研究与层序地层学研究有机地结合起来,从更高层次上认识了盆地充填史、演化史与油气形成和成藏之间的关系。

本书是对国家“八五”、“九五”重点科技攻关项目和国家自然科学基金项目所取得的研究成果的高度综合和全面总结。书中内容丰富、资料翔实、论述系统、结构严谨。我相信,随着我国西部大开发战略的实施,本书的出版不仅会对塔里木盆地油气勘探产生积极影响,而且也将丰富我国的沉积学及石油地质学理论。

张彭熹

1999年12月16日

前 言

塔里木盆地是我国最大的内陆沉积盆地,也是世界上著名的沙漠覆盖盆地。随着研究工作的不断深入和勘探、开发技术的不断提高,相继发现了一系列的工业油气流。近15年来,国家不断加大了对塔里木盆地研究的各项投入,旨在进一步探索盆地的形成机制和演化历史,认识油气形成、运移和成藏规律,为调整、改善我国油气能源结构和布局、实现西北大开发的战略目标提供科学依据。

塔里木西部是指和田河以西的盆地范围,面积约 $20 \times 10^4 \text{km}^2$,是塔里木盆地的重要组成部分,也是盆地油气勘探的主要领域。塔里木盆地在其漫长的地质演化历史中,由于多期构造运动的叠加,沉积体系具有多个构造层序复合叠置的多元结构特征,其内部发育有许多不同级别的不整合面和沉积间断面。盆地的沉积环境总体上经历了海洋环境→海陆过渡环境→大陆环境的演变,沉积中心和沉降中心经历过多次转移,与此同时形成了不同规模和级别的旋回层序。在沉积和成岩过程中其介质条件、物理化学环境等发生了很大变化,造成了一系列的沉积、成岩效应,因此,岩性、岩相、沉积序列和成岩演变相当复杂。对该盆地层序地层学、以及层序地层格架控制下的沉积成岩演变至今还未有系统的著作专门论述。本书旨在介绍层序地层学和旋回层序的概念和研究现状,系统分析塔里木西部地区寒武系—第三系层序地层特征,全面总结沉积相演化规律及其沉积模式,深入研究成岩演化机理及其储层效应,并结合层序地层学的研究成果和区域地质背景,指出塔里木盆地西部有利的沉积、成岩相带和远景分布区。具体如:

1. 层序地层学研究

以层序地层学理论为框架,结合成因地层学和旋回地层学原理,对塔里木西部地区的寒武系—奥陶系、石炭系和上白垩统—下第三系进行了高频旋回层序分析,建立起了研究区的层序地层框架。全面总结了各个层位不同地区地层古生物化石带的分布情况,确定了地层的地质时代,为层序地层研究提供了较为可靠的年代坐标值。比较深入地研究了高频旋回层序的类型及其在垂向上的叠置方式和横向上的展布状况,对沉积体系域及沉积相在层序地层中的时空分布进行了详细的阐述,在寒武纪—第三纪地层中首次系统地划分出一级旋回层序4个,二级旋回层序12个和若干个三、四级旋回层序。进而研究了塔里木西部地区古生代及晚白垩世—早第三纪的海平面变化特征,并与全球海平面变化进行了对比。

2. 沉积演化研究

塔里木盆地是一个多旋回叠合盆地,其沉积发展具有旋回性、阶段性和继承性,各种沉积物特征受构造、古气候和海平面升降等因素的控制,沉积类型复杂,沉积相、沉积序列和沉积模式多样,经历了与其他含油气盆地截然不同的沉积演化历程。

通过对地面和钻井剖面的详细观测,结合多种先进的测试分析手段,并在层序地层格

架下结合地球物理资料,深入研究了塔里木西部地区寒武系-第三系的沉积相类型、特征和展布,建立了沉积相的鉴别标志,分析了海平面升降与沉积旋回之间的相互关系,总结出7个典型的沉积序列和6种沉积模式,在此基础上对塔里木盆地西部寒武纪-第三纪的沉积演化历史进行了高度概括和总结。

3. 成岩演化研究

沉积盆地在其漫长的地质演化过程中,岩石与周围介质自始至终进行着复杂的能量和化学组分等物质交换,从而引起和造成了一系列的物理、化学反应及其产物。影响和控制成岩演化机理的因素很多,诸如盆地构造背景、岩石类型、成岩环境、流体性质和运动状况等。通过对典型剖面 and 主要钻井岩心样品的研究对比,分析了地质背景、沉积环境和成岩环境等因素对各时代成岩演化的控制过程,并以成岩环境分析为主导思想,详细划分和总结了不同类型储集岩在其演化过程中建设性和破坏性成岩作用类型、特征及其成岩演化序列,分析了储集岩中不同成岩作用对其原生孔隙消亡和次生孔隙产生的影响。

使用多种先进手段对研究区碳酸盐岩的岩性特征和成岩作用类型进行了详细的研究,深入分析了其成岩环境特征,并根据对碳酸盐岩储层的宏观、微观成岩组构、成分和成岩现象的研究,划分出13个基本成岩段和8个有利复合成岩段,并深入探讨了不同成岩段与储层储集性的关系及其受控因素,为碳酸盐岩储层评价提供了理论依据。

在对碎屑岩成岩演化和储层特征研究过程中,提出了以孔隙产状为主的划分方案,该分类方案在孔隙鉴定和统计中不但易于准确辨别和统计,而且能较好地说明各类孔隙在成岩过程中的演化趋势,以及不同类型孔隙对砂岩孔渗条件产生的影响。首次使用接触强度参数和溶蚀潜力系数定量评价研究区不同沉积序列碎屑岩的压实作用强度和溶蚀潜力状况,为定量评价碎屑岩储层奠定了基础;第一次提出了使用砂岩的粒度参数与砂岩孔隙度的相关性来定量评价沉积环境对碎屑岩储层物性的影响程度这一定量评价方法。在此基础上系统总结出影响塔里木盆地西部碎屑岩储集层物性的4种建设性、8种破坏性成岩作用,划分出7个沉积-成岩相带,并对其特征和展布状况进行了详细阐述。

与此同时,对沉积、成岩过程中流体-岩石之间的相互作用、流体在有机质热演化过程中的生成机理、运移方向等进行了研究;利用成岩矿物(如伊利石、白云石等)中元素的继承性,将矿物-流体-有机质有机地联系起来,特别是对石油侵位期的成岩地球化学环境进行了深入分析,对侵位前的水-岩两相反应系统与侵位后的水-油-岩三相介质进行了对比研究,从而解析了烃源岩-储集岩系统成岩演变和物质交换(如 Ca^{2+} 与 Mg^{2+} 、 Mg^{2+} 与 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 与 Si^{4+} 、 K^{+} 与 NH_4^{+} 等)过程,阐明了石油侵位对储层地球化学环境的影响,进而重塑了储层的成岩地球化学环境和流体运移演变过程。

4. 综合研究

在系统分析塔里木西部地区层序地层格架中沉积体系、沉积相展布规律的基础上,深入研究了海侵体系域中发育的各类烃源岩以及海侵体系域和高水位体系域中发育的碳酸盐岩及碎屑岩有利储层的成岩作用类型、成岩序列和沉积-成岩段,以动态的观点指出了有利储层的分布区域,并对其演化特征和储集性能进行了评价。

在对沉积相和成岩作用与油气关系的研究过程中,通过揭示各个地质时代含油气岩

系的油气生成条件、运移规律、聚集时间及匹配状况等认为,海进式台地环境有利于烃源岩的形成;在台地抬升过程中可使储集层系的物性得到较大幅度的改善;潮湿气候条件下的陆盆沉积在一定条件下可形成自生自储式的油气藏。对油气形成时期和有利聚集带作出了客观的分析和评价。

总之,本书以层序地层学理论为指导思想,系统、深入研究了塔里木盆地西部地区沉积、成岩演化,将传统的沉积、成岩与层序地层学有机地结合起来,建立了层序地层格架,对塔里木盆地这种具有构造上多期叠合、层序上多旋回复合叠置、沉积上环境演化和充填堆积样式多变、成岩演化上类型多样、序列和环境复杂的大型含油气盆地的油气地质研究取得了可喜的成果,这不仅为塔里木盆地西部油气勘探提供了坚实的理论基础,而且也丰富了我国的石油地质理论。

本书是在国家“八五”、“九五”重点科技攻关课题研究基础上编纂、撰写的,同时得到国家自然科学基金(49772127和49872049项目)的资助。各章节编写人员为:

前言:史基安、陈国俊;第一章:吉利明、史基安;第二章:薛莲花;第三章:薛莲花、陈国俊;第四章:陈国俊;第五章:史基安、肖立新、陈国俊;第六章:史基安、陈国俊;第七章:王琪、史基安;第八章:王琪、史基安;第九章:陈国俊、史基安、肖立新、王琪、薛莲花。

各章节初稿完成后主要由史基安、陈国俊负责全面、系统的审阅、修改和最终定稿。张中宁、贾玉萍清绘了全部图件。

参加本书研究工作的人员有(按姓氏笔画为序):马宝林、王琪、史基安、吉利明、师育新、张中宁、肖立新、陈国俊、房玄、杨军、赵兴东、赵克斌、赵欣、温常庆、薛莲花。

本书有关研究工作得到中国石油天然气集团公司新疆石油管理局及下属有关部门的大力协助;中国科学院兰州分院分析测试中心、原地质矿产部西北石油地质中心实验室、电子科技大学材料分析中心等单位承担了测试分析工作;中国科学院院士张彭熹在百忙之中抽暇为本书作序,在此一并表示衷心的感谢!

目 录

序

前言

第一章 寒武纪—第三纪地层划分对比及地层时代	1
第一节 早古生代.....	2
第二节 晚古生代.....	10
第三节 中—新生代.....	21
第二章 层序地层格架	37
第一节 旋回层序级次的划分.....	37
第二节 层序界面的识别.....	39
第三节 塔里木盆地西部层序地层格架特征.....	40
第三章 典型层位的层序地层学研究	48
第一节 寒武系—奥陶系.....	48
第二节 石炭系.....	53
第三节 上白垩统—下第三系.....	65
第四章 岩相特征及其沉积背景	74
第一节 沉积特征与沉积环境.....	74
第二节 元素与沉积环境的关系.....	80
第三节 测井信息与其地质响应.....	90
第五章 沉积相类型及沉积模式	101
第一节 沉积相类型.....	101
第二节 沉积序列.....	106
第三节 沉积模式.....	111
第六章 沉积相展布及演化	119
第一节 早古生代.....	119
第二节 晚古生代.....	129
第三节 中生代.....	140
第四节 新生代.....	147
第五节 沉积演化史概述.....	154
第七章 碳酸盐岩储集层特征及成岩演化	157
第一节 岩性特征.....	157
第二节 储集空间特征.....	160
第三节 成岩作用类型与成岩环境特征.....	165
第四节 储层分类及评价.....	176
第八章 碎屑岩储集层特征及成岩演化	186

第一节	碎屑储集岩特征·····	186
第二节	成岩环境特征及成岩作用类型·····	189
第三节	成岩阶段划分与成岩演化序列特征·····	198
第四节	影响储集层物性的主要因素·····	207
第五节	储集岩评价及有利沉积-成岩相带分布·····	214
第九章	层序地层、沉积相与油气的关系·····	220
第一节	层序地层与生、储、盖层的展布·····	220
第二节	沉积相演化与油气形成的关系·····	228
第三节	油气有利地区和远景预测·····	238
参考文献	·····	243
英文摘要	·····	248
图版说明	·····	252

SEQUENCE STRATIGRAPHY , SEDIMENTARY AND DIAGENETIC EVOLUTION IN THE WESTERN TARIM BASIN

CONTENTS

Foreword

Preface

Chapter 1	Classification and correlation of Cambrian – Tertiary strata and their geochronology	1
1.1	Early Paleozoic Era	2
1.2	Late Paleozoic Era	10
1.3	Meso-Cenozoic Era	21
Chapter 2	Establishment of sequence stratigraphic framework	37
2.1	Hierarchy of cyclic sequences	37
2.2	Features of sequence boundary	39
2.3	Characteristics of sequence stratigraphy in the western Tarim Basin	40
Chapter 3	Sequence stratigraphy of typical strata	48
3.1	Cambrian – Ordovician System	48
3.2	Carboniferous System	53
3.3	Upper Cretaceous – Lower Tertiary System	65
Chapter 4	Lithology and sedimentary setting	74
4.1	Sedimentary features and depositional environments	74
4.2	Relationship between elements and depositional environments	80
4.3	Well loggings and their geologic responses	90
Chapter 5	Types of sedimentary facies and depositional models	101
5.1	Types of sedimentary facies	101
5.2	Sedimentary sequences	106
5.3	Depositional models	111
Chapter 6	Distribution of sedimentary facies and their evolution	119
6.1	Early Paleozoic Era	119
6.2	Late Paleozoic Era	129
6.3	Mesozoic Era	140
6.4	Cenozoic Era	147
6.5	Description of sedimentary evolution	154
Chapter 7	Characteristics of carbonate reservoir and diagenetic evolution	157

7.1	Lithology	157
7.2	Features of reservoir spaces	160
7.3	Diageneses and diagenetic environment	165
7.4	Reservoir classification and evaluation	176
Chapter 8	Characteristics of clastic reservoir and diagenetic evolution	186
8.1	Features of clastic reservoir	186
8.2	Diagenetic environment and diageneses	189
8.3	Classification of diagenetic stages and diagenetic evolution sequence	198
8.4	Main controls on reservoir's properties	207
8.5	Evaluation on clastic reservoir and favorable sedimentary-diagenetic facies zone	214
Chapter 9	Relationship between sequence stratigraphy, sedimentary facies and hydrocarbon	220
9.1	Sequence stratigraphy and distribution of source, reservoir and cap rocks	220
9.2	Relationship between evolution of sedimentary facies and hydrocarbon formation	228
9.3	Favorable areas for exploration and prediction to the hydrocarbon potential	238
References	243
Brief introduction(in English)	248
Explanation of plates	252

第一章 寒武纪—第三纪地层划分对比及地层时代

塔里木盆地西部是指和田河以西的盆地范围,包括北部的柯坪隆起区,南部的铁克里克隆起区及其之间的西南拗陷。其中西南拗陷又可划分出7个次一级的构造单元,即喀什凹陷、叶城凹陷、和田凹陷、麦盖提斜坡、柯坪隆起、巴楚隆起和阿瓦提凹陷(图 1-1)。

柯坪隆起和铁克里克隆起分别位于构成盆地西北、西南边界的南天山和昆仑山山前,主要由前寒武纪和古生代地层组成。元古界是盆地基底的一部分,下部为混合岩化的变质岩系,中上部为浅变质的碎屑岩、硅镁质碳酸盐岩,盆地南缘夹火山岩。震旦系为碎屑岩夹冰碛岩和火山岩。下古生界为稳定盖层沉积,寒武系至下奥陶统底部为硅质含磷沉积,中部以碳酸盐岩沉积为主,上部夹碎屑岩。中奥陶统至志留系是以火山碎屑为主的复理石沉积。上古生界以碎屑岩为主,泥盆系为海陆交互相红层,石炭系以浅海相碳酸盐岩为主夹碎屑岩及薄煤层。二叠系主要为陆相红色、杂色碎屑岩,局部夹海相沉积岩层。

古生代地层在中部巴楚地区也有出露。中、新生代地层则主要出露于与两个隆起区相邻的天山南麓和昆仑山北麓,盆地腹部大部分地区为第四系所覆盖。

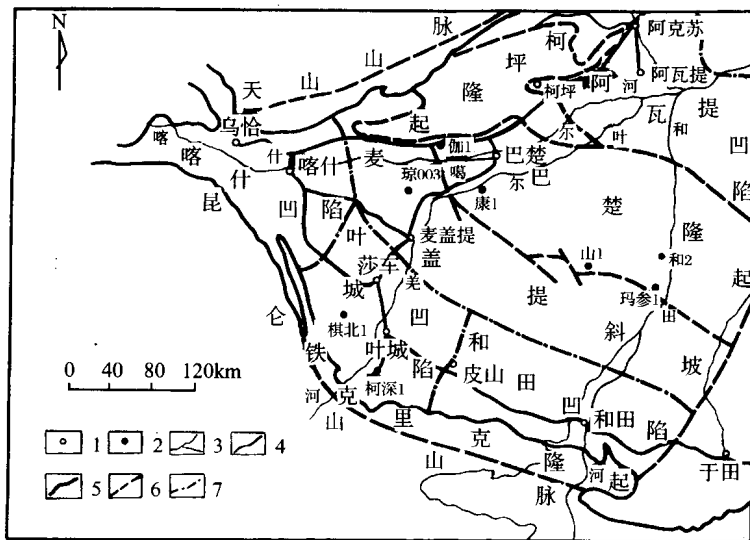


图 1-1 塔里木盆地西部地理位置及构造单元划分图

1. 地名; 2. 井位; 3. 河流; 4. 公路; 5. 盆地边界; 6. 断裂; 7. 构造单元界线

中生界以陆相沉积为主。三叠系在本区多为缺失,近年来在塔中至皮山县杜瓦地区有发现,岩性为泥岩、粉砂岩,多发育在相对低洼的山间盆地中,中、下统为含煤建造,上统为红层。以陆相碎屑沉积为主的中、下三叠统在皮山县杜瓦一带亦有发现,分布更为局限。侏罗系主要分布在盆地西南缘的乌恰—叶城一带。白垩系分布较广,为碎屑红层或

杂色层,上统夹海相、潟湖相碎屑岩、灰岩和膏盐岩沉积。下第三系为海相碳酸盐岩、碎屑岩、膏泥岩沉积。上第三系主要为山麓相红色碎屑岩,区内最西端的底部仍有少量海相膏盐层。第四系为广泛分布的山麓相→洪积相→风积相的沉积序列,见有冰碛层。

依据大地构造和地层分布格局可将塔里木盆地西部地区由北向南划分为三个区域,北部区域即通常所称的柯坪分区,南部区域即铁克里克分区,之间为盆地内部的中部区域,范围较广。各区域在不同地史时期,地层发育上可表现出不同程度的分异,通常又被划分为若干地层小区,特别是中部地区在晚古生代以后表现更为明显。对于地层区域的划分,不同学者其观点和着重点不一。为了论述方便,本书以该地区各个时代最典型的、研究程度较深、资料较丰富的剖面为标准,与本项研究所涉及的重点地区、重点剖面来进行对比,同时尽可能反映出南、北、中三个不同区域的地层分布特征。在地层划分对比的基础上,全面总结各个层段不同地区地层古生物化石带的分布情况,通过与国内外标准化石带的对比分析,确定其地史分布位置,进而尽可能地确定出地层的地质时代,为层序地层研究提供较为可靠的年代坐标值。

第一节 早古生代

一、寒武纪

1. 地层划分对比研究现状

塔里木盆地西部寒武纪地层主要分布于柯坪、乌什、阿克苏及巴楚一带,以乌什-阿克苏一带出露较全、研究程度较高。王正元等^①对该地区寒武系的划分结果与林焕令等(1995)的划分结果比较一致(表 1-1),依据也较充分,可视为本地区这一时代地层划分对比的标准。

2. 古生物化石带及地质时代对比

柯坪-巴楚地区的寒武系为稳定的地台型沉积,生物地理分区属华北区系,古生物化石组合面貌与同区华北、扬子等地区极为相似。林焕令等(1990)对该区寒武纪生物分类及时代对比进行了较详细的研究,自下而上划分出两个小壳化石带、五个三叶虫化石带,并与鲁西、冀东及滇东地区典型剖面 and 我国寒武纪标准化石带进行了对比(表 1-2),为确定地层时代提供了可靠依据。

(1) 玉尔吐斯组

该组底部的 *Anabarites-Protohertzina* 组合带中的带化石均为扬子区早寒武世最早期梅树村阶底部小壳化石组合带的特征分子,也是世界性分布的寒武纪最早期标准化石,该组合出现说明玉尔吐斯组沉积时期已进入早寒武世的梅树村期。中上部 *Paragloborilus-Lapworthella* 组合中发现的许多小壳化石,如 *Zhijinites*, *Conotheca*, *Tik-sitheca*, *Chancelloria*, *Polycladium*, *Paragloborilus*, *Halkieria*, *Aurisella* 等都是扬子区梅

^① 王正元、李国雄、张师本等,1988,塔里木盆地柯坪地区晚震旦世-早二叠世地层沉积相及含油性研究报告,江汉石油管理局勘探开发研究院。

树村阶第二组合带中的常见分子,但也出现了梅树村阶第三组合带内的标准化石,如 *Lapworthella*, *Paragloborilus*, *Allonia*, *Archiasterella* 等。因而表明玉尔吐斯组中上部为梅树村期中晚期的沉积。

此外据肖兵(1990)等报道,在柯坪地区玉尔吐斯组发现的、滇东晋宁梅树村阶曾出现的重要小壳化石还有 *Siphogonuchites*, *Lopochites*, *Circotheca*, *Hyolithellus*, *Orolithec*, *Sachites* 等。玉尔吐斯组产出了西伯利亚地区托莫特阶中部 *Dokidocyathus regularis* 化石带、*Lapworthella bella* 亚带的带化石 *L. bellamiss* 及重要分子 *Conotheca*, *Igorella*, *Hypolithellus*, *Aldanella* 等,还见有托莫特阶下部 *Aldanocyathus sunniginicus*-*Tiksithealicia* 带中的常见分子 *Aldanella*, 故玉尔吐斯组可与托莫特阶中下部对比。

表 1-1 塔里木盆地西部寒武纪地层层序

系	统	阶		乌什-阿克苏综合剖面
		国内	国外	
上覆地层				丘里塔格群上亚群(O ₁)
寒武系	上统	凤山阶	多尔格尔阶	丘里塔格群下亚群
		长山阶		
		崮山阶	梅特罗吉阶	
	中统	张夏阶	梅内夫阶	阿瓦塔格组
		徐庄阶		
		毛庄阶	索尔瓦阶	
	下统	龙王庙阶	勒拿阶	吾松格尔组
		沧浪铺阶	阿特达班阶	
		筇竹寺阶	托莫特阶	肖尔布拉克组
		梅树村阶		玉尔吐斯组
下伏地层				奇格布拉克组(Z ₂)

(2) 肖尔布拉克组

该组以三叶虫化石的出现为特征,还见有金臂虫、腕足类及古杯类化石。产于本组最底部的三叶虫化石带是 *Shizhudiscus*, 该属在上扬子区筇竹寺期中晚期的地层中分布极为广泛,经常出现在 *Eoredlichia-Wutingaspis* 带中。在陕南东部同期的地层中 *Shizhudiscus* 和该组合中出现的 *Jingyangia* 亦为共生,其下发育上述筇竹寺期中期的化石带(周志毅等,1980),因此,肖尔布拉克组的下部地层与扬子区筇竹寺阶,特别是筇竹寺阶中上部的地层大致相当。

肖尔布拉克组中部 *Metaredlichioides* 带的带化石在中扬子区的地史地理分布都比较广。带化石在筇竹寺期晚期出现、繁盛于沧浪铺期中期,是西南地区 *Metaredlichioides-Chengkouia* 带的重要分子,因此两个化石带可以直接进行对比。

该组最上部的 *Kepingaspis-Tianshanocephalus* 带中出现的三叶虫化石具有强烈的地方色彩,考虑到其上吾松格尔组底部发育 *Paokannia* 带,其层位应相当于滇东沧浪铺阶中部 *Paokannia-Sichuanolenus* 带与 *Metaredlichioides-Chengkouia* 带之间的层位。*Kepingaspis-Tianshanocephalus* 带中发现的 *Meitanella* 在我国西南地区也见于后一带中,表明

肖尔布拉克组上部应低于沧浪铺阶中部。综上所述肖尔布拉克组应为筇竹寺期至沧浪铺期中期的沉积产物。

表 1-2 柯坪-巴楚地区寒武系与华北区层型剖面对比

世	时 代		绝对年龄 (Ma)	层 型 剖 面		柯 坪 - 巴 楚		
	国 际	国 内		地 层	化 石 组 合 带	地 层	化 石 组 合 带	
晚 寒 武 世	多 尔 格 尔 期	凤 山 期	510.0	凤 山 阶	<i>Missisquoia perpetis</i> <i>Mictosaukia orientalis</i> <i>Sinoeremoceras</i> <i>Quadraticephalus</i> <i>Ptychapis-Tsinania</i>	丘 里 塔 格 群	下 亚 群	<i>Monocostodus severiensis</i>
		长 山 期	514.1	长 山 阶	<i>Kaolishania</i> <i>Maladioidella</i> <i>Changshania</i> <i>Chuangia</i>			
	梅 特 罗 吉 期	崮 山 期		<i>Drepanura</i> <i>Blackwelderia</i>				
中 寒 武 世	梅 内 夫 期	张 夏 期	517.2	张 夏 阶	<i>Damesella-Yabeia</i> <i>Liopeshania</i> <i>Taitzuia-Poshania</i> <i>Amphoton</i> <i>Crepicephalina</i>	阿 瓦 塔 格 组		
		徐 庄 期	530.2	徐 庄 阶	<i>Bailiella-Lioparia</i> <i>Poriagraulos</i> <i>Inouyops</i> <i>Metagraulos</i> <i>Sunaspis-Sunaspidella</i> <i>Pagetiainnanensis</i> <i>Ruichengaspis</i> <i>Hsuchuangia</i>			
	索 尔 瓦 期	毛 庄 期		536.0	毛 庄 阶	<i>Shantungaspis</i> <i>Yaojiayuella</i>	沙 克 依 里 组	
早 寒 武 世	勒 拿 期	龙 王 庙 期	536.0	龙 王 庙 阶	<i>Redlichia nobilis</i> <i>Redlichia murakamii-Hoffetella</i>	吾 松 格 尔 组		<i>Paokannia</i>
		阿 特 达 班 期	554.0	沧 浪 铺 阶	<i>Megapalaeolenus</i> <i>Palaeolenus</i> <i>Paokannia-Sichuanolenus</i> <i>Metaredlichioides-Chengkouia</i> <i>Drepanuroides</i> <i>Yunnanaspis-Riliangella</i>			
	托 莫 特 期	筇 竹 寺 期	560.0	筇 竹 寺 阶	<i>Yunanocephalus-Malungia</i> <i>Eoredlichia-Wutingaspis</i> <i>Parabadiella-Mianxiandiscus</i>		<i>Shizhudiscus</i>	
		梅 树 村 期	570.0	梅 树 村 阶	<i>Lapworthella-Tannuolina</i> <i>Sinosachites</i> <i>Siphogonuchites-Paragloborilus</i> <i>Anabarites-Protohertzina</i> <i>Arthrochites</i>	玉 尔 吐 斯 组	<i>Paragloborilus-Lapworthella</i> <i>Anabarites-Protohertzina</i>	

(3) 吾松格尔组

Paokannia 化石带位于该组的底部。*Paokannia* 属常见于扬子区沧浪铺阶上部,与 *Paokannia-Sichuanolenus* 带可直接对比,同产的 *Redlichia* 又是扬子区沧浪铺期至龙王庙期常见的重要化石,加之吾松格尔组顶部的上覆地层中产出扬子区中寒武世最早期的化石带 *Kunmingaspis-Chittidilla*,因此吾松格尔组代表了沧浪铺期晚期至龙王庙期的产物。

(4) 沙依里克组

本组的底部含丰富的三叶虫化石,被建立 *Kunmingaspis-Chittidilla* 带。这一化石带也产出于扬子区西部中寒武统下部毛庄阶的底部,在组合中未发现下寒武统的标准化石 *Redlichia*,见到的 *Bathynotus* 属的地史分布是早寒武世晚期至中寒武世早期。此外,柯坪地区沙依里克组在不同的剖面上,底部还见有始于毛庄阶的 *Paragraulos*,上部出现与下部相似的三叶虫动物群。因此沙依里克组的沉积时代可能为整个毛庄期。

(5) 阿瓦塔格组

阿瓦塔格组未发现化石,其岩性类似于扬子区中、晚寒武世娄山关群,考虑其与上、下地层的接触关系,将其暂定为中寒武统中上部,不排除包含上寒武统的可能性。

(6) 丘里塔格群下亚群

含化石极少,岩性与扬子区娄山关群相似。在该亚群的顶部及与之整合的上覆地层丘里塔格群上亚群的底部,均发现奥陶纪早期的牙形石 *Monocostodus sevierensis* 带(林焕令等,1995),该带是特马道克期最早期的牙形石带,在贵州娄山关群顶部、华北冶里组底部广泛发育,加之该亚群与下伏的阿瓦塔格组亦为连续沉积,因此,将其置于上寒武统是合理的,但也不排除包含中寒武统上部层位的可能性。

我国寒武纪地层发育非常完整,是标准地层典型剖面的所在地,前文将塔里木盆地西部寒武系与标准剖面进行了生物地层对比,为了进一步确定绝对年龄,我们又参照地质年代表(Harland, 1987)与国际常用的分期(阶)进行了对比(表 1-2),绝对地质年龄值依据《国际地层时代对比表》(王鸿祯等,1990)确定。

二、奥陶纪

1. 地层划分对比研究现状

塔里木盆地西部地区的奥陶系主要分布在柯坪分区的柯坪、乌什、阿克苏及巴楚一带,在盆地西南缘铁克里克分区的玛列兹肯山及乌鲁克河上游一带也有分布。其中以柯坪附近的奥陶系研究最为详细,这里以柯坪印干村剖面为标准与巴楚及玛列兹肯山地区进行对比,地层划分对比方案采用周志毅等(1995)的研究成果(表 1-3)。

2. 古生物化石带及地质时代对比

塔里木盆地西部地区的奥陶系是以碳酸盐岩为主的台地-斜坡相沉积,柯坪地区以相对较深的斜坡相为主,可发育有混合相生物组合;巴楚地区以相对较浅的台地相为主,发育壳相生物组合。各门类动物群与华南地块极为相似,这种南方冷水型动物群与北大西洋地区、澳大利亚、波罗的海沿岸地区较为一致。在此就巴楚地区的牙形石动物化石的分带及与国内外标准化石带间的对比进行一些讨论,以确定各化石带和地层单元的地质时代。

表 1-3 塔里木盆地西部奥陶纪地层对比

系	统	阶		柯坪印干村	巴 楚	玛列兹肯	
		国 内	国 外				
上 覆 地 层				柯坪塔格组(S ₁)	第四系(Q)	买热孜干组(S ₁)	
奥陶系	上统	五峰阶	阿什极尔阶				
		临湘阶					
	中统	宝塔阶	卡拉道克阶	印干组		良里塔格组	库维希组
		庙坡阶		其浪组			
		牯牛潭阶		坎岭组	吐木休克组		
		大湾阶	兰代洛阶	萨尔干组			
	红花园阶	兰维恩阶	丘里塔格群 上亚群		一间房组	博塔干组	
	两河口阶	阿伦尼格阶		丘里塔格群 上亚群	丘里塔格群 上亚群	坎地里克组	
		特马道克阶				恰特组	
下 伏 地 层				丘里塔格群 下亚群(€ ₃)	丘里塔格群 下亚群(€ ₃)	青白口系拉斯 克姆群(Pt ₃)	

表 1-4 列出的巴楚地区奥陶系牙形石化石分带是在综合他人研究成果(王正元等^①;周志毅等,1990)的基础上确立的。

(1) 良里塔格组

该组中上部产牙形石 *Belodina confluens* 带, *Belodina confluens* 也是北美中大陆区暖水型牙形石 *Belodina confluens* 带的标准带化石。该组与北大西洋区 *Amorphognathus superbis* 牙形带的下部相当,其时代大致相当卡拉道克期中期。

(2) 吐木休克组

本组牙形石自下而上可分为四个带:① *Eoplacognathus* 带,② *Pygodus serrus* 带,③ *Pygodus anserinus* 带,和④ *Baltoniodus variabilis-Prioniodus variabilis* 带。其特征如下:

Eoplacognathus 带 该带为王正元等^①划出,原产于巴楚地区丘里塔格群顶部至勒牙依里塔格组下段,大致相当吐木休克组下部,出现的种有 *E. suecicus*, *E. foliaceus*, 它们都是北大西洋区兰维恩阶中上部的带化石,也是我国南方区牯牛潭阶中部的标准带化石,因此巴楚地区吐木休克组下部沉积时期已进入兰维恩期。

Pygodus serrus 带 该带分布极为广泛,在我国南方各地大致相当牯牛潭阶上部的地层中都有出现,在瑞典、爱沙尼亚、波兰、澳大利亚及美国出现在兰维恩期晚期至兰代洛期早中期的地层中,巴楚地区本带所处的层位也应与上述各地相同。

Pygodus anserinus 带 该带的分布也很广,在我国及西欧各地均建有同名的带,我国南方其层位处于庙坡阶的下部,北大西洋区本带又可分为 *Amorphognathus inaequalis* 和 *A. kierconsis* 上、下两个带,大致相当于兰代洛阶上部。

① 王正元、李国雄、张师本等,1988,塔里木盆地柯坪地区晚震旦世—早二叠世地层沉积相及含油性研究报告,江汉石油管理局勘探开发研究院。