



# 塔里木盆地

国家“十五”科技攻关勘探开发丛书（卷五）

孙龙德 主编

## 塔里木盆地塔中地区奥陶系 礁滩体储层地质特征

王招明 杨海军 王振宇 张丽娟 韩剑发 孙崇浩 著



石油工业出版社

塔里木盆地国家“十五”科技攻关勘探开发丛书（卷五）  
孙龙德主编

# 塔里木盆地塔中地区奥陶系 礁滩体储层地质特征

王招明 杨海军 王振宇 张丽娟 韩剑发 孙崇浩 著

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书系统总结了中国石油塔里木油田分公司近年来有关塔里木盆地塔中奥陶系礁滩体沉积储层和油气勘探成果,可作为相关专业技术管理人员及相关院校专业师生学习参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

塔里木盆地塔中地区奥陶系礁滩体储层地质特征/王招明等著.  
北京:石油工业出版社,2010.6  
(塔里木盆地国家“十五”科技攻关勘探开发丛书/孙龙德主编;5)  
ISBN 978-7-5021-7679-2

I. 塔…

II. 王…

III. 塔里木盆地-奥陶纪-油气藏-储集层-研究

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 035882 号

---

出版发行:石油工业出版社  
(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)  
网 址: [www.petropub.com.cn](http://www.petropub.com.cn)  
发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店  
印 刷:保定彩虹印刷有限公司

---

2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷  
787×1092 毫米 开本:1/16 印张:13.25  
字数:333 千字 印数:1—800 册

---

定价:40.00 元  
(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)  
版权所有,翻印必究

# 《塔里木盆地国家“十五”科技攻关勘探开发丛书》

## 编 委 会

主 任：孙龙德

副主任：周新源 宋文杰 安文华

委 员：（以姓氏笔画为序）

王招明 王清华 田 军 江同文 朱卫红

买光荣 杨举勇 杨海军 杨文静 杨金华

肖又军 肖承文 相建民 唐继平 张福祥

梁红军 张定卫

## 前 言

塔里木盆地是我国最大的含油气盆地，拥有巨大的油气资源潜力，现在已经发现多套含油层系和多个油气田，成为我国重要的能源战略接替基地。塔中地区位于塔里木盆地中央隆起区上，是塔里木盆地勘探程度较高、勘探潜力最大的地区之一。中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司（以下简称中国石油塔里木油田分公司）通过“十五”科技攻关针对性的科研攻关、多学科的团结协作，重新认识与评价塔中的勘探潜力，重新优选主攻方向，重新优化勘探技术与措施，2003年以来不断突破碳酸盐岩勘探难关，发现塔中Ⅰ号断裂坡折带奥陶系礁滩复合体大油气田，展示出塔中地区良好的资源潜力和勘探前景。

奥陶纪是地质历史中造礁生物发育的重要转折时期，该时期的礁在世界范围内的发现相对较少，规模也比较小。我国以往仅有在陕西渭河以北地区、浙赣交界地区和湖北地区发现奥陶系生物礁的报道。塔里木盆地中一晚奥陶世塔中Ⅰ号坡折带大型生物礁群和大型礁型油气藏的发现，在塔里木盆地的地质研究和油气勘探中属于首次重大发现，这一里程碑的重大发现结束了塔里木盆地奥陶纪无大型生物礁的认识历史，开创了在塔里木盆地奥陶系台地边缘寻找大型礁型油气藏的新领域。创造和建立的符合塔里木特殊条件的礁体沉积模式和成岩演化理论，丰富了以现代生物礁研究为基础的礁沉积学和储层地质学理论，填补了我国奥陶系生物礁油气藏勘探理论和实践的空白，也可以为其他同类型盆地礁滩体研究借鉴。塔里木盆地生物礁的发现已得到地质界、油气勘探界的高度重视，系统总结前期的研究成果，完成一部高水平的专著，展示近年来塔里木盆地塔中奥陶系礁滩体沉积储层和油气勘探成果，为今后塔里木全盆地奥陶系礁滩体的油气勘探奠定良好的基础，对塔里木盆地碳酸盐岩的进一步深入勘探开发具有重要意义。

本书以碳酸盐岩沉积学、储层地质学、构造地质学、成岩作用等地质理论为指导，充分利用工区内钻井、测井、岩心、地震等资料，应用宏观和微观研究相结合的手段，系统总结了塔中地区奥陶系良里塔格组礁滩复合体类型、造礁生物组成及其古生态学特征；分析各类沉积微相的发育分布环境，建立不同类型礁滩体组合的沉积演化模式，评价预测有利的礁滩体储集微相的区域分布；深入分析描述单剖面中礁滩体储层的储集参数变化及厚度发育规模，并进行井间对比，研究礁滩体储层的纵横向发育规律，分析礁滩体储层发育分布的主控地质因素，建立礁滩体储层发育演化模式；结合以上研究成果，综合现场勘探和地震处理成果，综合评价预测了礁滩体有利储层发育区。

本书共分八章，由中国石油塔里木油田分公司王招明、杨海军、张丽娟、朝剑发、孙崇浩和西南石油大学王振宇负责编写，南京古生物地质研究所李越研究员、塔里木油田分公司勘探开发研究院于红枫、李新生、吉云刚、张正红、申银民、刘永福、李猛，西南石油大学张云峰、熊益学等同志参与了本书部分内容的编写并做了大量的工作，西南石油大学陈景山仔细审定了书稿并提出了中肯的意见，在此深表感谢。

由于本书涉及学科较多，加之作者水平有限，书中观点、资料难免有不妥之处，敬请读者指正。

编 者

2009. 10. 10

# 目 录

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 第一章 区域地质背景 .....            | (1)   |
| 第一节 构造特征及演化 .....           | (1)   |
| 第二节 地层沉积特征 .....            | (8)   |
| 第二章 礁滩体沉积岩石学特征 .....        | (21)  |
| 第一节 颗粒支撑灰岩类 .....           | (21)  |
| 第二节 生物灰岩类 .....             | (24)  |
| 第三节 灰泥支撑灰岩类 .....           | (27)  |
| 第三章 礁滩体生物类型和古生态特征 .....     | (28)  |
| 第一节 礁的定义和类型划分 .....         | (28)  |
| 第二节 礁滩相古生物学和古生态学 .....      | (32)  |
| 第三节 塔里木奥陶纪的事件及其与全球的对比 ..... | (44)  |
| 第四章 礁滩体沉积相类型及典型剖面描述 .....   | (53)  |
| 第一节 礁滩体沉积相类型与特征 .....       | (53)  |
| 第二节 礁滩体典型剖面描述 .....         | (65)  |
| 第五章 礁滩体分布及沉积演化 .....        | (76)  |
| 第一节 礁滩体横向展布特征 .....         | (76)  |
| 第二节 台缘礁滩体的分布及演化 .....       | (82)  |
| 第三节 大型生物礁群和礁型油气藏 .....      | (88)  |
| 第六章 成岩作用与孔隙演化 .....         | (95)  |
| 第一节 成岩环境与成岩阶段的划分 .....      | (95)  |
| 第二节 主要成岩事件特征 .....          | (97)  |
| 第三节 同生期大气淡水溶蚀作用 .....       | (116) |
| 第四节 表生期不整合岩溶作用 .....        | (124) |
| 第五节 埋藏溶蚀作用 .....            | (127) |
| 第六节 成岩演化序列 .....            | (141) |
| 第七节 礁滩体孔隙演化 .....           | (143) |
| 第七章 礁滩储集体储层特征 .....         | (148) |
| 第一节 储集空间类型 .....            | (148) |
| 第二节 储层物性及孔隙结构特征 .....       | (159) |
| 第三节 不同微相和岩性的储集性能分析 .....    | (167) |
| 第四节 储层分类及评价 .....           | (171) |
| 第八章 礁滩储集体主控因素和分布 .....      | (185) |
| 第一节 礁滩储集体主控因素 .....         | (185) |
| 第二节 礁滩储集体分布规律 .....         | (192) |
| 结束语 .....                   | (198) |
| 参考文献 .....                  | (199) |





750~1900m, 泥盆系东部缺失, 西部直接与奥陶系接触, 石炭系则不整合在泥盆系或奥陶系之上。中生界厚度为 500~1300m, 白垩系全区大部分缺失, 仅北翼局部分布; 新生界厚度为 1490~1590m, 与下伏地层呈不整合接触。

塔中低凸起之上发育塔中 I 号背斜构造。塔中 I 号构造为一下古生界背斜构造, 基底顶面和寒武系—奥陶系内幕具有统一的构造背景, 其中下奥陶统顶面圈闭面积达 8200km<sup>2</sup>, 构造幅度为 1750m。在巨型背斜之上又发育海西早期发展定型的雁列式断裂构造。此外, 塔中低凸起北西西向倾没端和多套储集层配合, 形成塔中低凸起大型复式油气聚集区带。

塔中低凸起前震旦纪就有隆起显示, 加里东晚期具雏形, 发展和定型于海西早期。后期构造活动对其影响不大, 仅以整体升降为主。

## 二、塔中低凸起构造演化特征

研究表明, 塔中低凸起是一个塔里木古生代克拉通盆地内长期发育的前石炭系继承性古隆起。加里东末期形成, 海西期定型, 燕山—喜马拉雅期微弱改造, 表现出早期构造活动强烈, 多伴生断裂、褶皱构造; 晚期构造活动稳定, 以升降运动为主的演化特点。盆地南缘构造活动对其构造形成与发展起了重要的控制作用。根据地层发育、构造变形、重要不整合界面, 结合区域地质资料, 塔中古隆起演化历史(除基底形成阶段外)可划分为以下几个发展阶段。

### 1. 寒武纪—早奥陶世稳定台地演化阶段(构造雏形期)

前寒武纪地层沉积主要分布于北部的满加尔—阿瓦提凹陷, 和田附近局部分布, 当时塔中、塘古孜巴斯、巴楚及麦盖提大部分地区皆为隆起区, 中央隆起呈东西向展布, 这种格局控制了后期某些地层的发育。寒武纪沉积前塔中仍为隆起剥蚀区。寒武纪—早奥陶世沉积期间, 塔中为浅海盆区的一部分。早奥陶世末(早加里东运动)区域应力场由拉张变为挤压, 塔中 I 号断裂开始形成, 塔中低凸起出现雏形(图 1-2)。

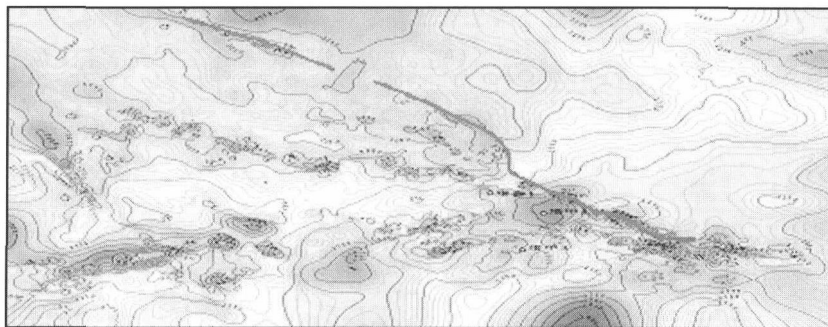


图 1-2 早奥陶世末期塔中低凸起寒武系顶面古构造图

### 2. 中—晚奥陶世孤立台地发育阶段(构造形成期)

中奥陶世, 塔中低凸起上仍为碳酸盐岩台地沉积, 而 I 号断裂下盘相变为陆棚斜坡—盆地相, 以砂泥岩沉积为主; 晚奥陶世台地被淹没, 形成混合台地相沉积。盆地内部及周缘强烈的火山活动, 提供了大量的物源供应, 快速沉积了一套深灰色凝灰质泥岩夹浊积砂岩的碎屑岩。奥陶纪末, 挤压作用使塔中强烈隆起, 中—上奥陶统碎屑岩遭受强烈剥蚀, 部分下奥陶统石灰岩也遭受到剥蚀, 为早期潜山圈闭的形成期。奥陶纪末, I 号断裂再次活动并导致大部分控制二级构造带断裂生成, 塔中低凸起被解体并进一步隆升和发展, 形成了塔中—塘北构造带的雏形, 使塔中具有前陆隆起的结构特征(图 1-3)。





图 1-3 奥陶纪末期塔中低凸起下奥陶统顶面古构造图

### 3. 志留纪—泥盆纪塔中隆起形成阶段（构造破坏期）

晚加里东—早海西运动，使塔中低凸起进一步发展，成为一个巨型复式背斜带。志留纪—泥盆纪塔里木盆地进入坳陷型盆地发育阶段，塔中南部的大部分地区为隆升剥蚀区，志留系向南超覆沉积。泥盆纪末的运动对塔中隆起的演化影响很大，早期的断裂重新复活，塔中中东部及中央断垒带整体抬升，形成西高东低地势，其上的志留系—泥盆系、奥陶系遭到严重剥蚀，使下奥陶统出露地表遭受长期风化、淋滤、剥蚀，形成较好的潜山储层（图 1-4）。

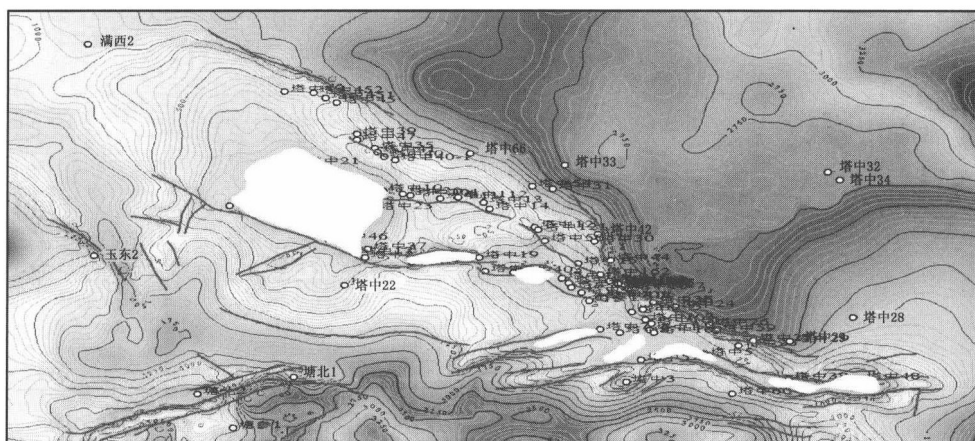


图 1-4 志留纪末期塔中低凸起奥陶系顶面古构造图

### 4. 石炭纪—二叠纪鼻状隆起形成阶段（构造调整、定型期）

泥盆纪末的早海西运动对塔中低凸起构造演化起到重要作用，不仅对下部构造层进行了重新调整，同时对上部构造层也有重要影响。该期运动造成基底北东向隐伏断裂发生翘跷活动，使塔中低凸起地势由西高东低转为东高西低，造成下部构造层构造高点发生了迁移（图 1-5）。同时构造运动造成的广泛剥蚀为上构造层石炭系的东河砂岩广泛沉积打下了基础。



图 1-5 石炭纪末期塔中低凸起奥陶系顶面古构造图

由于早海西运动造成石炭系沉积前起伏不平的低山丘陵地貌，地势相对高差在 100 ~ 500m 之间，石炭纪初期沉积的东河砂岩以“填平补齐”方式沉积，在地貌较高地方沉积减薄或超覆消失，为地层超覆圈闭的形成创造了条件。石炭纪，海水从西向东侵入，塔中低凸起大面积接受了石炭系的沉积（图 1-6）。

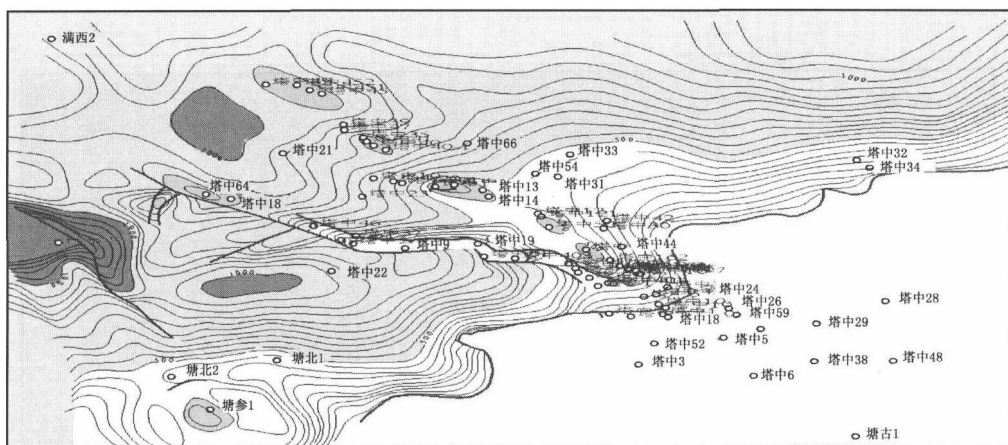


图 1-6 石炭纪末期塔中低凸起志留系顶面古构造图

二叠纪,塔中地区构造应力以弱拉张伸展作用为主,在低凸起西部形成中基性火山岩喷发及辉绿岩侵入,同时地幔上拱也造成石炭系向上拱曲及下二叠统在构造高部位的“顶薄翼厚”现象,形成大量的披覆背斜构造。此时塔中低凸起的隆起特征已不明显(图1-7)。

### 5. 中—新生代稳定演化阶段 (构造改造期)

进入中—新生代,塔中就进入了稳定的演化阶段,表现为整体的沉降或降升,对石炭系之下隆起的形态影响不大。但由于受喜马拉雅运动导致西部巴楚隆起快速隆升的影响,塔中低凸起在海西及以前历次构造运动形成的圈闭受到了部分改造(图1-8、图1-9)。

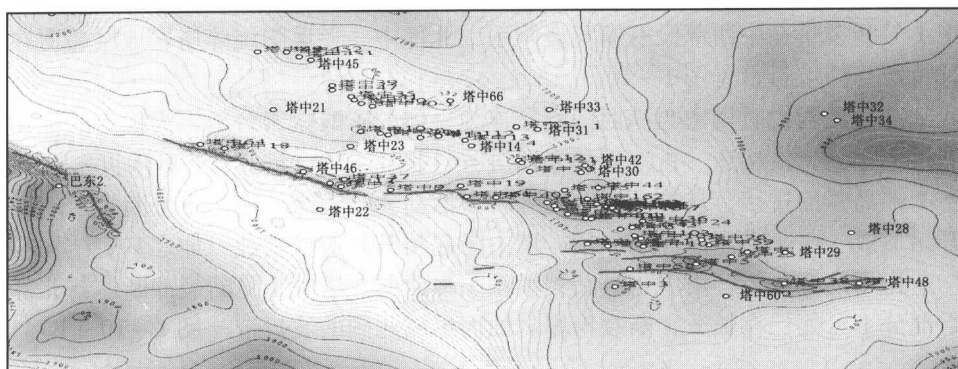


图 1-7 二叠纪末期塔中低凸起石炭系顶面古构造图



图 1-8 白垩纪末期塔中低凸起石炭系顶面古构造图



图 1-9 现今塔中低凸起石炭系顶面古构造图

### 三、塔中 I 号坡折带奥陶系构造特征及演化

塔中 I 号断裂坡折带东西长约 200km，是早奥陶世末至晚奥陶世早期形成的大型逆冲断裂带，在上奥陶统沉积前遭受长期侵蚀形成复杂的断裂坡折带，是塔中北斜坡上奥陶统台地边缘礁滩相沉积的坡折带。塔中坡折带为整体向西倾伏的斜坡，东西高差达 1800m，仅有很

小的局部构造。

塔中 I 号断裂带在中西部没有断穿奥陶系，北部中—上奥陶统碎屑岩地层超覆在坡折带上，这种特殊高陡坡折带见图 1-10。

寒武纪—早奥陶世时塔中与满西凹陷是连为一体的碳酸盐岩台地，为稳定的被动大陆边缘弱伸展构造背景，古构造、古地理呈东西分异 [图 1-10 (a)]。早奥陶世末期，塔里木板块由于南部岛弧的拼接，从被动大陆边缘转为活动大陆边缘，塔中 I 号断裂活动剧烈，塔中隆起开始形成。由于强烈的冲断作用，塔中隆起抬升并遭受剥蚀，加之基底结构与盖层的差异、构造作用的变化等，塔中 I 号断裂活动东强西弱。塔中 I 号断裂冲断体与北部下盘相邻的悬空部分不可能保存长久，断裂垮塌剥蚀而形成北倾的坡折带 [图 1-10 (b)]。

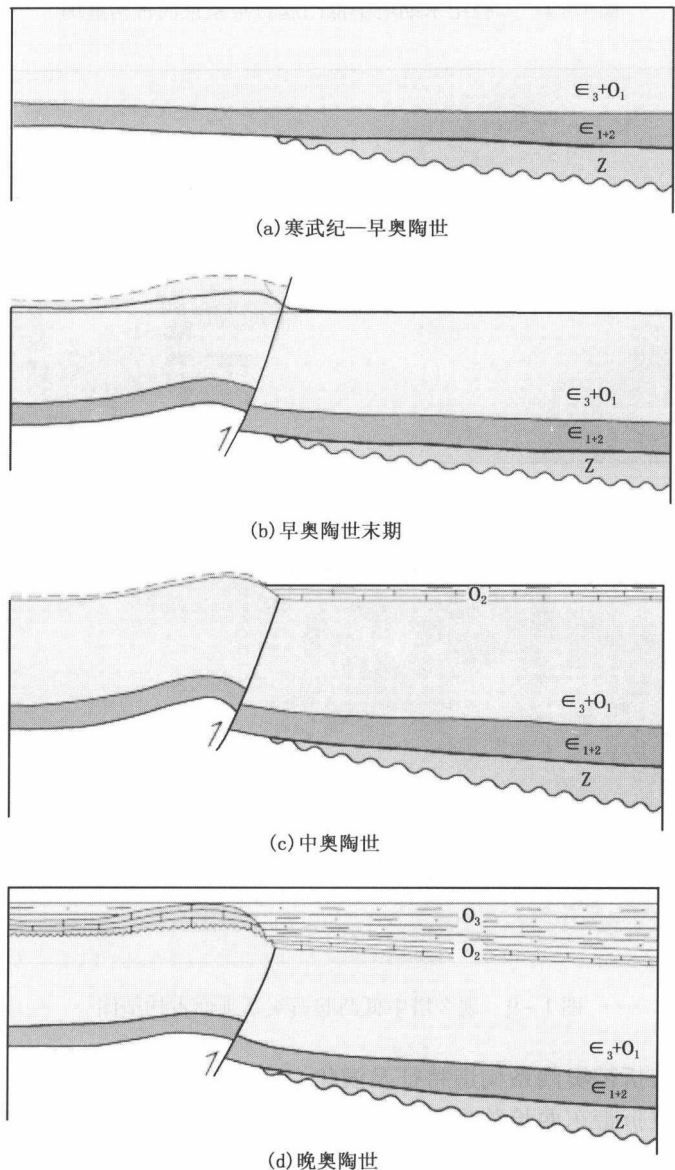


图 1-10 塔中 I 号断裂坡折带演化模式图

中奥陶世北部断裂下盘发生沉积的时候，塔中隆起遭受剥蚀，缺失中奥陶统 [图 1-10 (c)]。

随着海平面的持续上升，上奥陶统良里塔格组沉积时塔中沉入浅水下接受沉积，在塔中 I 号断裂处形成高陡的断裂坡折带。塔中沿着断裂坡折带发育浅水台地边缘礁滩复合体，下盘沿坡折带相变为满加尔凹陷的深水砂泥岩 [图 1-10 (d)]。由于碎屑岩超覆在塔中 I 号断裂坡折带上，因此地震剖面上形成很强的波阻抗界面。随着桑塔木组砂泥岩的广泛沉积，塔中与满加尔凹陷又连为一体。此后 I 号断裂西部没有断裂活动，只是随着塔中隆起发生整体升降运动。由于断裂形成早、定型早，而且发生在寒武系—奥陶系碳酸盐岩内，断裂上部被夷平，地震剖面反映不清楚，因此呈现现今的坡折带。

塔中 I 号构造带是中奥陶世控制塔中隆起形成的复杂断裂构造带，沿走向上其构造样式、演化模式、成因机制不尽相同，具有分段性与多期性发育的特点。平面上可以划分为不同的五段 (图 1-11)，其间发育四段构造变换带调节不同区段的构造变形。

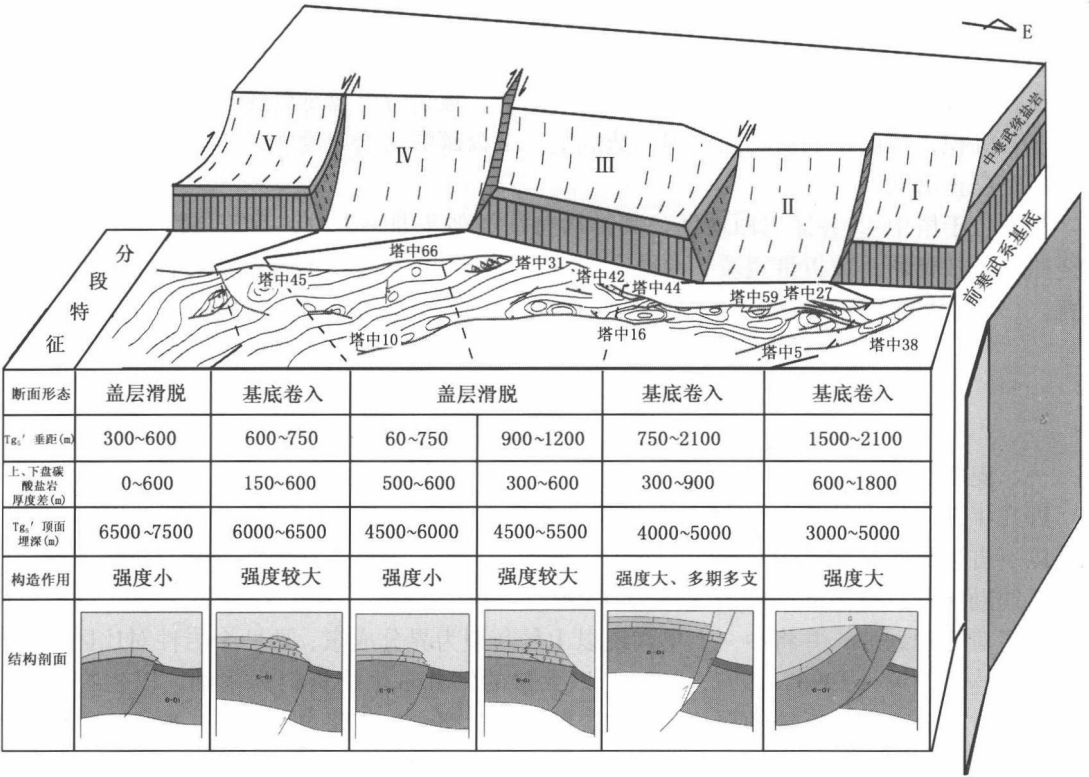


图 1-11 塔中 I 号断裂坡折带分段特征图

I 段位于塔中 38 井东，长约 50km，为大型逆冲推覆形成的狭长断层传播褶皱。本段断裂发育，构造活动剧烈，地层变形强烈，发育断背斜和潜山圈闭，构造窄而陡。I 段发育于奥陶纪末，历经加里东、早海西期多期构造作用，晚海西—印支期本区仅发生整体翘倾运动。

II 段位于塔中 44-38 井间，长约 70km，塔中 I 号断裂带表现为多支基底卷入断层组合的破碎带，断裂活动强烈，断距较大，发育断块和潜山圈闭。向上断至石炭系底，断层倾角



较陡, 达  $40^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ; 中部奥陶系碳酸盐岩顶面的垂直断距可达 1000 ~ 2000m, 断层破碎带宽达数千米, 向东西两端断距很快减小到 500m 以下。本段发育于早奥陶世末, 历经加里东—早海西期多期强烈构造的作用。

Ⅲ段位于塔中 45 井东—塔中 44 井西, 长约 100km, 断裂为盖层滑脱型, 基底未断开, 呈宽缓的挠折带。塔中 I 号断裂仅断到中一下寒武统塑性层中, 向上未断开奥陶系碳酸盐岩。本段发育于早奥陶世末, 其后没有大的断裂活动, 仅随塔中发生整体升降。根据结构差异可分为两个亚段: 东亚段 (Ⅲ-1 段) 基底挠曲形成高陡的增生镶边陆架边缘, 断裂垂直断距为 500 ~ 1000m, 断裂带的宽度也明显变窄, 上盘碳酸盐岩明显加厚, 比下盘多出 1000 ~ 1500m, 表现出明显的镶边台地相特征; 西亚段 (Ⅲ-2 段) 基底平直, 没有明显的挠曲, 构造活动较弱, 构造平缓, 形成缓坡陆架边缘, 奥陶系石灰岩顶面构造形态平缓, 礁滩欠发育。

Ⅳ段位于塔中 45 井区, 长约 20km, 塔中 I 号断裂断开基底, 而且向西断裂活动加强, 垂直断距可达 1000m。塔中 I 号断裂表现出右旋扭压的特征, 在东、西两端存在两个构造变换带, 发育具有走滑特点的变换断层, 西部为左旋扭压, 东部则呈右旋扭压, 呈现向西斜向逆冲的特点。盖层的强烈冲断使得塔中 45 井区碳酸盐岩整体抬升, 构造较平缓。本段塔中 I 号断裂发育于早奥陶世末, 抬升较高, 剥蚀量大, 坡折带上盘尽管比下盘多一套上奥陶统碳酸盐岩沉积, 但由于上盘剥蚀作用, 造成上、下盘碳酸盐岩厚度相差不大, 奥陶纪后本段 I 号断裂停止活动。

V 段位于塔中 45 井区以西地区, 其结构特征类似于 Ⅲ-2 段, 为盖层滑脱型, 基底平缓挠曲, 未被错断, 坡折带宽缓、向西高差逐渐减小以致消失, 奥陶系石灰岩顶部礁滩体欠发育。

## 第二节 地层沉积特征

### 一、奥陶系地层划分

近几年来, 特别是随着 1997 年在奥陶系碳酸盐岩中获得一系列含油气探井以来, 塔中地区以下古生界碳酸盐岩为对象的研究工作得到了长足的进展。在地层划分与对比方面, 塔里木石油勘探开发指挥部勘探研究中心 (1997) 以钻井岩性、电性特征对塔中北坡的奥陶系进行了对比和划分, 并将中—上奥陶统以 I 号断裂为界分成东、西两个岩性对比区和若干岩性段。赵治信等 (1996, 1997, 1999) 以大量的钻井古生物资料为基础, 以生物地层学角度对下古生界进行了系统的划分和对比, 赋以时代概念, 并将奥陶系东、西两个不同岩性变化区之间的地层时代进行了统一的对比, 奠定了塔中地区中—上奥陶统地层研究的基础。赵秀歧等 (1997, 1999) 利用层序地层学的方法将中上奥陶统碳酸盐岩划归为中—上奥陶统下层序, 并继续细分出 4 个亚层序。陈景山等 (1999) 对前人有关塔中北坡的奥陶系钻井岩性分层、生物地层学分层进行了系统的归纳总结和对比。李洪革等 (1999) 对整个塔里木盆地的地层在前人钻井划分对比的基础上, 利用地震、钻井、测井、古生物资料进行了系统的研究总结, 建立全盆地层的统一骨架大剖面, 并使钻井地层分层与地震剖面完全统一起来。根据古生物化石和岩性特征并结合前人研究成果, 塔中地区奥陶系从下到上可分为下奥陶统蓬莱坝组、中一下奥陶统鹰山组、中奥陶统一间房组以及上奥陶统吐木休克组、良里塔格组、桑塔木组 (图 1-12、表 1-1)。其中下奥陶统和上奥陶统中上部在区域上广泛分

| 地层系统 |      |      |                      | 厚度<br>(m)    | 岩性简述                                            | 主要古生物                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------|------|------|----------------------|--------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 系    | 统    | 组    | 段<br>颗粒含量 0 25 50 75 |              |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 奥陶系  | 陶统   | 桑塔木组 |                      | 0~1093       | 灰色、深灰色泥岩，灰质泥岩，夹泥灰岩、灰岩、粉砂岩、细砂岩以及沉凝灰岩和凝灰质砂泥岩      | 胞石： <i>Belonechitina uter</i> , <i>Conochitina baculata</i> , <i>C. minusotensis</i> , <i>C. usitata</i> , <i>Eisena Chitina obsoleta</i> , <i>Plectochitina</i> sp., <i>Rhabdochitina turgida</i> , <i>lanuchitina</i> sp.<br>牙形石： <i>Belodina compressa</i> , <i>B. confuens</i> , <i>Phragmodus undatus</i> .                                                                                                 |
|      |      |      |                      | 0~277        | 灰色含砂屑泥晶灰岩、生屑砂屑灰岩、隐藻凝块石灰岩，夹生屑灰岩。含核形石，多夹泥质条纹和泥质条带 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|      |      | 良里组  | 良一段                  | 0~210        | 灰色亮晶砂屑灰岩、隐藻泥晶灰岩、隐藻粘结岩夹生屑灰岩、砂屑粘结岩。含核形石和生屑，具藻粘结结构 | 牙形刺： <i>Aphelognathus pyramidalis</i> , <i>Belodina compressa</i> , <i>B. confuens</i> , <i>Phragmodus intatus</i> , <i>Plectodina bidentata</i> , <i>Pseudobelodina dispania</i> , <i>Taoxianognathus yaoxianensis</i> .                                                                                                                                                                                        |
|      |      |      | 良二段                  | 0~290        | 灰色亮晶砂屑灰岩、隐藻粘结岩、隐藻凝块石灰岩、泥质灰岩夹生屑灰岩。见泥质条纹、泥质条带     | 隐藻类，钙藻类，钙质海绵，托盘类，床板珊瑚和四射珊瑚，层孔虫，变口目和泡孔目苔鲜虫，海百合，双壳类，腕足类，腹足类，介形虫等。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|      |      | 塔格组  | 塔三段                  | 0~111        | 灰色、深灰色隐藻粘结岩、砂屑粘结岩、泥—亮晶砂屑灰岩。见泥质条纹、泥质条带           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|      |      |      | 塔四段                  | 0~277        | 灰色、深灰色隐藻粘结岩、泥—亮晶砂屑灰岩。见泥质条纹、泥质条带                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|      |      | 吐木克组 | 良五段                  | 0~83         | 深灰色泥晶灰岩。见泥质条纹、泥质条带                              | 牙形石： <i>Periodon aculeatus</i> , <i>Gornuodus longibasis</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|      |      |      |                      | 0~94         | 浅灰、褐灰色泥晶灰岩、云质灰岩、亮晶砂屑灰岩。见泥质条纹、泥质条带               | 牙形石： <i>Protopanderodus rectus</i> , <i>Fygodus serra</i> , <i>Perrinodus aculeatus</i> , <i>Scolopodus cuspidus</i> , <i>Dapsilodus mutatus</i> , <i>Panderodus gracilis</i> , <i>Protopanderodus vari-costatus</i>                                                                                                                                                                                             |
|      | 中奥陶统 | 一间房组 |                      | 0~191        | 褐灰、灰褐色巨厚层泥—粉晶灰岩灰岩为主，夹含泥灰岩、灰质云岩                  | 牙形石： <i>Drepanodus</i> sp., <i>Paraoistodus</i> sp., <i>Scolopodus cf. tarimensis</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|      |      |      | 鹰一段                  | 0~112        | 褐灰、灰褐色巨厚层泥—粉晶灰岩为主，夹含泥灰岩、灰质云岩、砂屑灰岩               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|      |      | 山鹰组  | 鹰二段                  | 0~175        | 灰色结晶云岩、灰色灰质云岩、泥晶灰岩、泥晶颗粒灰岩、亮晶颗粒灰岩不等厚互层           | 牙形石： <i>Bergstroemognathus extensus</i> , <i>Drepanodus suberectus</i> , <i>Drepanodus</i> sp., <i>Drepanoistodus concavus</i> , <i>Glyptoconus</i> sp., <i>Glyptoconus quadrariplicatus</i> , <i>Paraoistodus</i> sp., <i>Paraoistodus cf. numarcuatus</i> , <i>Scolopodus</i> sp., <i>Scolopodus tarimensis</i> , <i>Scolopodus cf. tarimensis</i> , <i>Serr-atognathus diversus</i> , <i>Tripodus proteus</i> |
|      |      |      | 鹰四段                  | 0~616        | 褐灰、灰色厚层状云岩、泥—粉晶灰岩及云质灰岩，夹燧石结核云岩、灰岩               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|      | 下奥陶统 | 蓬莱坝组 |                      | 1031<br>2050 | 灰色、褐灰色云质砂屑灰岩、灰质砂屑云岩夹薄—中层中—细晶云岩。                 | 牙形石： <i>Drepanodus</i> sp., <i>Drepanoistodus concavus</i> , <i>Glyptoconus</i> sp., <i>Teridontus</i> sp., <i>Tripodus proteus</i> , <i>Glyptoconus quadrariplicatus</i> , <i>Rossodus manitouensis</i>                                                                                                                                                                                                         |
|      |      |      |                      |              |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 寒武系  |      |      |                      |              |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

图 1-12 塔中地区奥陶系地层综合柱状图



布，中奥陶统以及上奥陶统吐木休克组大部分遭受剥蚀，只在局部地区残留。

表 1-1 塔中地区奥陶系地层划分表

| 地 层              |       |    | 厚度<br>(m)  | 岩性及电性特征                                                                                                                                               |
|------------------|-------|----|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 统                | 组     | 段  |            |                                                                                                                                                       |
| 上<br>奥<br>陶<br>统 | 桑塔木组  |    | 0 ~ 1093   | 岩性以灰色、深灰色厚层泥岩和灰质泥岩为主，并夹有多种不同岩性的其他岩层，包括泥灰岩、灰岩、粉砂岩、细砂岩等。在电性特征上：GR 曲线表现为稳定的平直，其值在 105 ~ 120API；AC 曲线起伏不大，60 ~ 70 $\mu$ s/ft；电阻率曲线多呈平直形，幅度不大。受后期差异抬升剥蚀的影响 |
|                  | 良里塔格组 | 一段 | 0 ~ 277    | 岩性以中—厚层生屑泥晶灰岩、生屑砂屑灰岩，夹泥质灰岩、生物格架岩的发育为特征。含泥质条纹，局部具藻结结构，生物可见珊瑚、苔藓虫、棘皮类等。岩石常呈假角砾状或疙瘩状构造。电性上自然伽马（GR）值较高，20 ~ 100API，曲线呈倒漏斗型；RT 值较低，向下呈波状增高；曲线呈箱型           |
|                  |       | 二段 | 0 ~ 306    | 岩性主要为中厚层亮晶砂屑灰岩、微生物粘结岩，夹薄—中层藻粘结的砂屑灰岩、薄层的生物格架岩。可见藻粘结结构、藻灰结构。电性上 GR 值总体较低，可见薄层的高伽马段，8 ~ 30API；RT 值较低。岩性厚度变化较大                                            |
|                  |       | 三段 | 0 ~ 608    | 岩性以薄—中层泥质灰岩、亮晶粒屑灰岩及微生物粘结岩，夹薄—中层的生物格架岩的发育为特征。电性上 GR 值变化幅度较大，GR 值为 10 ~ 50API；RT 值较低。岩性厚度变化大                                                            |
|                  |       | 四段 | 0 ~ 206    | 岩性主要为灰色、深灰色厚层状隐藻粘结岩、泥晶灰岩，夹薄层—中层状泥—亮晶粒屑灰岩、藻屑或藻砂屑泥晶灰岩。常含泥质条纹。电性上 GR 值一般为 10 ~ 60API。因超覆沉积厚度变化较大                                                         |
|                  |       | 五段 | 0 ~ 314.5  | 岩性以大套厚层的隐藻粘结岩、泥—亮晶砂屑灰岩为主的发育特征                                                                                                                         |
|                  | 吐木休克组 |    | 0 ~ 83     | 岩性为泥质条带及泥质团块灰岩、生屑灰岩、砂屑灰岩、泥质灰岩夹泥岩、瘤状灰岩，常含有泥质条带                                                                                                         |
| 中<br>奥<br>陶<br>统 | 一间房组  |    | 0 ~ 94     | 岩性为浅灰、褐灰色泥晶灰岩、云质灰岩、亮晶砂屑灰岩，见泥质条纹、泥质条带                                                                                                                  |
|                  | 鹰山组   | 一段 | 0 ~ 191    | 岩性以巨厚层状泥晶灰岩、砂屑灰岩、中—细晶白云岩，本层段电性特征不明显，自然伽马曲线呈低值平直状态，但在与其上覆良里塔格组交界处自然伽马往往出现一个高峰值，可能与隆起暴露缺失有关                                                             |
|                  |       | 二段 | 0 ~ 272.5  | 岩性以褐灰、灰褐色巨厚层泥—粉晶灰岩为主，夹含泥灰岩、灰质云岩、砂屑灰岩。自然伽马曲线较为平直，电阻率曲线无明显特点                                                                                            |
|                  | 下奥陶统  | 三段 | 26 ~ 222.7 | 深灰、灰色结晶云岩，灰色灰质云岩、泥晶灰岩、泥晶颗粒灰岩、亮晶颗粒灰岩不等厚互层。自然伽马曲线由上覆鹰山组二段的低值平直状态突变为低值跳跃状，电阻率曲线呈高值跳跃状                                                                    |
|                  |       | 四段 | 15 ~ 255   | 褐灰、灰色厚层状云岩、泥—粉晶灰岩及云质灰岩，夹燧石结核云岩、灰岩。自然伽马曲线跳跃，整体比鹰三段要高，但特征不稳定                                                                                            |
| 奥陶统              | 蓬莱坝组  |    | 45 ~ 770   | 灰褐、灰、浅灰色粉—细晶云岩、粉—中晶灰岩夹细晶藻云岩及燧石结核云岩、砂屑云岩。自然伽马曲线无明显特征，电阻率曲线呈较大幅度锯齿状，在与鹰山组的交界处电阻率常突然增大，然后持续不稳定的高电阻率                                                      |

### 1. 蓬莱坝组

下奥陶统蓬莱坝组岩性为灰白、浅灰、灰色中—厚层状细—粗晶白云岩夹粉晶砂屑、砾屑灰岩、藻纹层灰岩，含硅质条带和团块。其底以一套灰白色块状灰岩为界，与下伏灰色白云岩的下丘里塔格组区别。产牙形石：*Drepanodus* sp.，*Drepanoistodus concavus*，*Glyptoconus* sp.，*Teridontus* sp.，*Tripodus proteus*，*Glyptoconus quadraplicatus*，*Rossodus manitouensis* 和个别三叶虫、角石化石。自然伽马曲线无明显特征，电阻率曲线呈较大幅度锯齿状，在与鹰山组的交界处电阻率常突然增大，然后持续不稳定的高电阻率。本段厚度变化一般为 1031 ~ 2050m，厚度变化大。本组与下伏下丘里塔格组连续沉积，与上覆鹰山组整合或假整合接触。

### 2. 鹰山组

中—下奥陶统鹰山组岩性以浅灰、灰、深灰色薄—厚层状泥晶灰岩、藻粘结泥晶灰岩、细粉晶灰岩、泥粉晶砂屑灰岩、亮晶粒屑灰岩为主，夹薄层粉晶白云岩、砂屑白云岩。牙形石自下而上分为 *Serratognathus diversus* - *Paroistodus proteus* 带和 *Serratognathoides chuxianensis* - *Scolopodus euspinus* - *Tangshanodus* sp. 带，*Scolopodus tarimensis*。不同地区厚度变化很大，全组保存全时厚度可达七八百米，根据自然伽马曲线特征的差异，可进一步将鹰山组划分四段（鹰一段—鹰四段），其中鹰一段、鹰二段在地层属中奥陶统地层，鹰三段、鹰四段属下奥陶统地层。

鹰四段岩性为褐灰、灰色厚层状云岩、泥—粉晶灰岩及云质灰岩，夹燧石结核云岩、灰岩。自然伽马曲线跳跃，整体比鹰三段要高，但特征不稳定。本段厚度变化一般为 0 ~ 616m。

鹰三段岩性以灰色结晶云岩、灰色灰质云岩、泥晶灰岩、泥晶颗粒灰岩、亮晶颗粒灰岩不等厚互层为特征。自然伽马曲线由上覆鹰山组二段的低值平直状态突变为低值跳跃状，电阻率曲线呈高值跳跃状。

鹰二段岩性以褐灰、灰褐色巨厚层泥—粉晶灰岩为主，夹含泥灰岩、灰质云岩、砂屑灰岩。自然伽马曲线较为平直，电阻率曲线无明显特点。

鹰一段岩性以褐灰、灰褐色巨厚层泥—粉晶灰岩为主，夹含泥灰岩、灰质云岩。本层段电性特征不明显，自然伽马曲线呈低值平直状态，但在与其上覆良里塔格组交界处自然伽马往往出现一个高峰值，可能与隆起暴露缺失有关。鹰一段在塔中地区广泛缺失，只在局部有分布。

### 3. 一间房组

中奥陶统一间房组厚度为 0 ~ 94m，岩性为浅灰、褐灰色泥晶灰岩、云质灰岩、亮晶砂屑灰岩，见泥质条纹、泥质条带。牙形石自下而上分为：*Microzarkodina parva* 带，*Lenodus variabilis* 带，*Eoplacognathus crassus* 带。自然伽马从上覆吐木休克组高值震荡状突变为低值较大锯齿状，电阻率特征和上覆吐木休克组区别不明显。从早奥陶世末期开始，塔中地区开始隆起抬升并遭受剥蚀，这一状态一直持续到中奥陶世早—中期，塔中地区普遍缺失一间房组。

### 4. 吐木休克组

上奥陶统吐木休克组厚度为 0 ~ 83m，岩性为泥质条带及泥质团块灰岩、生屑灰岩、砂屑灰岩、泥质灰岩夹泥岩、瘤状灰岩，常含有泥质条带。牙形石带自下而上包括 *Pygodus anserinus* 带、*Baltoniodus variabilis* 带和 *Baltoniodus alobatus* 带。自然伽马曲线呈现高值大幅