

塔里木盆地北部

地震地层解释与

油气检测

陈开远
沈林克
编著

国家地质行业科学技术发展基金资助项目

中国地质大学出版社

序

塔里木盆地是我国最大的内陆盆地，面积达 56 万 km^2 。它的油气普查工作始于 30 年代。解放后才开始较为系统的勘探工作。七十年代前先后在依奇克里克和柯克亚发现油气田。而 1984 年 9 月 22 日沙参 2 井的出油，才是塔里木盆地油气勘探的重要里程碑和转折点。

由于塔里木盆地地质构造复杂、面积广阔，勘探程度仍很低，长期以来的油气勘探是以寻找构造圈闭为主，所以，石油地质学家和地球物理学家们希望在石油勘探中能直接预测储集层和含油气聚集带，以提高勘探经济效益。由此先后发展了诸如亮点、暗点、HCI 技术和复数道分析、虚速度测井以及 AVO 技术。这些技术的应用都是充分利用了先进计算机技术在处理上加以逐步改善。新理论的提出与新方法的涌现，无疑是充实和发展了石油地质理论。

该书是由陈开远和沈林克等人在承担国家地质行业科学技术发展基金“应用层间速度差分析在塔里木盆地北部直接检测油气藏的试验研究”项目后，所完成的一本科学专著。

作者首先从地震地层与层序地层学研究入手，提供了塔里木盆地北部相应的地层层序和地质属性，并对几个重要的勘探目的层寒武—奥陶系、下石炭统以及三叠—侏罗系进行了详细对比研究。该书在地震相分析方面不是照搬教科书本上的条条框框而是充分利用本区的地震资料所反映的信息，所以在地震相划分、转相上有独到之处，读者可以从书中领略到他们的精华之处。经过沉积相的转换基本可以了解覆盖区内主要目的层沉积相带的展布规律，特别是对各目的层高、低水位体系域的分析、指出了有利的生、储油相带，这对塔里木盆地的油气勘查布署起着重要的指导作用。

在油气检测方面，该书对比分析了各种方法的优劣势，指出了这些方法的适用性和使用条件。然后，作者吸收和引进了八十年代中期由美国地球物理学家 N. S. Neidell 博士提出的孔隙度预测新方法，首次将这种国外仅用于孔隙度预测的方法，发展成为一种新的地震油气检测方法，并在塔里木盆地北部地区进行试验研究，取得了重要进展。

他们经过几年来潜心研究，结合塔里木盆地的实际地质情况，对该方法进行一些重要改进，使得该方法不仅适用于浅层，也可用于深层，不仅限于海相碳酸盐岩，也能适用于陆相碎屑岩。作者以塔里木盆地北部的雅克拉、阿克库木、阿克库勒、沙雅西和艾丁构造为典型实例，采用地震地层学和层序地层学分析、计算机数据处理技术，对“DIVA”方法、编图及最终解释进行了重点研究，在研究过程中，他们研制开发了自己独特新颖的一套处理解释软件包。

该书理论联系实际，运用了国内外近年来新的理论和方法、结合本区实际地质情况进行研究工作，并成功的预测了几口井的含油气情况，为油气的测试和钻井布置提供了科学依据和一个新的定性参数。当前塔里木盆地油气勘探正在迈向新的阶段，党中央提出“稳定东部，开发西部”的方针政策，这对我们每一位石油地质工作者和地球物理工作者，提出了更高的要求，为加快塔里木盆地的油气勘探步伐，我们都要不断地学习和引进国际上先进的理论和

方法，更新思维、开拓视野，着重于吸收、消化、创新和应用，不要生搬硬套，在这方面本书的作者无疑是领先一步。

该书共七章约 20 万字，全部由青年人参加研究编写，它对塔里木盆地的油气勘探有重要的价值，我有机会为本书作序，从中学习到不少新的东西，并对他们的辛勤劳动成果表示祝贺和钦佩。这里我向热心于塔里木盆地油气勘探的生产及科研人员，推荐这本书。

科技增强国力、青年开创未来！

新疆地质学会副秘书长

教授级高级工程师

康玉乾

一九九二年十二月二十日

目 录

前言.....	1
第一章 地质概况.....	3
1. 1 区域构造特征.....	3
1. 1. 1 前震旦纪—古生代构造演化	3
1. 1. 2 中、新生代构造演化	5
1. 2 地层发育与展布.....	7
1. 2. 1 震旦纪地层	7
1. 2. 2 寒武纪—奥陶纪地层	8
1. 2. 3 志留纪—泥盆纪地层.....	10
1. 2. 4 石炭纪—二叠纪地层.....	11
1. 2. 5 三叠纪—侏罗纪地层.....	13
1. 2. 6 白垩纪—第三纪地层.....	14
第二章 地球物理特征概述	16
2. 1 密度与重力场特征	16
2. 1. 1 地层和岩石密度.....	16
2. 1. 2 重力场特征.....	20
2. 2 区域速度变化特征	21
2. 2. 1 工区速度弥散与钻井速度资料研究.....	22
2. 2. 2 区域速度变化规律.....	22
2. 2. 3 横向速度展布特征.....	23
2. 3 主要反射界面的平均速度特征	24
2. 3. 1 主要变化特征.....	24
2. 3. 2 影响平均速度的主要因素分析.....	25
第三章 区域地震地层学解释	28
3. 1 地震层序划分及其地质属性	28
3. 1. 1 地震层序划分依据.....	28
3. 1. 2 地震层序及地质属性.....	29
3. 2 地震相划分及转相依据	36
3. 2. 1 地震相划分标志.....	36
3. 2. 2 地震相单元的命名原则.....	40
3. 2. 3 地震相转换沉积相的依据.....	40
3. 3 主要目的层地震相特征	41
3. 3. 1 三叠系—侏罗系 (Ⅰ ₂ 层序)	41
3. 3. 2 下石炭统 (Ⅱ ₂ 层序)	44

3. 3. 3 寒武系—奥陶系 (N_2 层序)	50
3. 4 沉积旋回发育	53
第四章 地震油气检测方法简述	56
4. 1 “常规的”地震油气检测技术	56
4. 1. 1 亮点、平点与暗点技术	56
4. 1. 2 “狭义的”油气检测技术 (HCI)	58
4. 1. 3 振幅-炮检距变化分析	58
4. 1. 4 常见油气检测方法综述	60
4. 1. 5 塔北油气检测方法应用效果	61
4. 2 层间速度差分析方法简介	62
4. 2. 1 层间速度差分析方法的提出	62
4. 2. 2 层间速度差分析方法的早期应用实例	63
4. 2. 3 DIVA 方法的引伸与推广	65
4. 3 层间速度差分析方法的初步试验	67
4. 3. 1 试验区地质条件研究	67
4. 3. 2 地震层序与油层划分	67
4. 3. 3 绥中地区 DIVA 油气检测试验	68
4. 4 DIVA 方法优点综述	70
第五章 DIVA 资料的处理与编图方法	72
5. 1 速度资料的处理	72
5. 1. 1 速度谱处理原理	72
5. 1. 2 速度谱处理方法的改进	72
5. 2 速度资料解释与 DIVA 编图方法	81
5. 2. 1 速度谱的解释方法	81
5. 2. 2 DIVA 编图方法	82
5. 3 DIVA 微机辅助解释软件包	88
5. 3. 1 CAID 的总体思路与结构	88
5. 3. 2 数据输入与预处理	88
5. 3. 3 DIVA 处理与绘图软件	89
5. 3. 4 “常规”速度分析模块	91
5. 3. 5 CAID 应用成效	91
5. 4 DIVA 编图方法综述	91
第六章 DIVA 方法的应用成效	93
6. 1 雅克拉构造 DIVA 应用成效	93
6. 1. 1 地质概况	93
6. 1. 2 地震测线的选择	93
6. 1. 3 地震反射层位的解释与对比	95
6. 1. 4 DIVA 异常与油气分布	97
6. 2 阿克库木—阿克库勒构造 DIVA 应用成效	108

6. 2. 1 地质概况	108
6. 2. 2 地震层位解释	108
6. 2. 3 DIVA 异常与油气分布	110
6. 3 其他地区的油气检测应用	115
6. 3. 1 沙雅西构造的 DIVA 应用试验	115
6. 3. 2 艾丁构造的 DIVA 应用成效	116
6. 3. 3 DIVA 应用试验小结	120
第七章 认识与展望	124
7. 1 DIVA 研究的几点认识与成果	124
7. 2 DIVA 研究中存在的问题	125
7. 3 展望与建议	126
主要参考文献	128
英文目录	130
英文摘要	131

前 言

塔里木盆地是中国最大的内陆沉积盆地,面积达56万平方公里,也是目前勘探程度最低、勘探难度最大的沉积盆地之一,同时它又是中国最有希望找到大型和特大型油气田的沉积盆地之一。

早在19世纪中叶就有不少外国地质学家对塔里木盆地进行了不同程度的地质调查。然而直到新中国成立之后才开始系统的油气勘查。

50年代末至60年代初,在柯吐尔、库尔勒—轮台、尉犁—若羌等地区开展了不同比例尺的大地电流和垂向电测深面积或剖面测量。

60年代末,地质部石油地质综合大队塔里木队和西北分队,在盆地边缘进行路线和剖面地质调查,并沿和田河横穿沙漠,对玛扎塔克剖面进行仔细观察,研究地质构造特征,进一步划分构造单元,并结合油气苗和局部构造进行研究。

70年代末,在区域调查和评价的基础上,全面开展喀什坳陷的油气普查工作,进行地震概查和地面构造检查,完成和田河以西1:20万航空磁测和1:10万重力普查,在木什构造和曲苦恰克鼻状构造上部部署喀参1井和麦参1井,麦参1井于晚石炭世灰岩中首次取得含油岩芯。

在这期间,石油部于1958年、1977年先后发现了依奇克里克小型油田和柯克亚中型凝析气田。

80年代,塔里木盆地的油气勘探也开始掀起一个新高潮。首先是1984年9月22日,雅克拉构造上的沙参2井在奥陶纪碳酸盐岩里钻获高产油气流,成为塔里木油气勘查的转折点和里程碑。

大面积的地震勘探发现了诸如:轮台、沙西一号、二号、二八台、拱踏克、阿克库木、阿克库勒、英西、英买力和达力亚、桑塔木、普惠等构造,并分别在震旦系、寒武系、奥陶系、石炭系、三叠系、侏罗系、白垩系和下第三系等不同的地质层位,钻获工业油气流。将塔里木的油气勘查推向一个新的阶段。

然而,由于塔里木盆地面积广阔,特别是沙漠覆盖达32万平方公里,给普查勘探带来一定的难度,又因为它地质构造复杂,所以勘探程度很低。“七五”期间国家投资,由地质矿产部主持,在塔里木盆地集中25个勘探、科研、教学单位,500余名专家、教授和科技工作者,对塔里木盆地油气普查勘探进行不同学科、多种类型的综合研究和科技攻关,发现了一批新

的含油气构造和油气聚集带，取得了一些新的认识和成果，本专著就属于其中的一部分。

该项目在实施过程中，得到过地质矿产部西北石油地质局、第一物探大队及 161 队有关领导和一些同行们的关心和支持。在编写过程中，得到了康玉柱、陆青、张文献、赵衍环、赵奎德、邱绳德、刘鹏生、徐惠林、石彦、张健生等专家、教授的帮助，并提供了大量的资料，此外，中国地质大学（武汉）石油系的张二华同志、西北石油地质局一物 161 队的闫相宾同志和华东石油地质局的宋国良同志也参加了部分实际资料的处理、整理与解释等工作；西北石油地质局一物 161 队的康艳芳、汪慧芳同志参加了部分工作。中国地质大学出版社张晓红同志为本书编辑付出辛勤劳动，在此致以衷心的感谢。

本书由陈开远、沈林克编著，另有杜宁平、韩革华参加部分编写工作。全文编写的具体分工如下：前言由沈林克、陈开远编写，第一章和第三章由沈林克编写，第二章由沈林克、韩革华编写，第四章、第六章由陈开远编写，第五章由陈开远、杜宁平编写，第七章由陈开远、沈林克编写。全文由陈开远统稿，沈林克负责文稿整理、校对。

第一章

地质概况

1.1 区域构造特征

1.1.1 前震旦纪—古生代构造演化

1. 前震旦纪

据资料推测,在太古代存在一个古老陆核,经过复杂漫长的演化,一方面古陆核逐渐扩大,另一方面古陆核上继续接受沉积。在晚元古代末期形成了“古中国大陆”(黄汲清等,1982)。这个大陆区包括塔里木板块、中朝板块及哈萨克斯坦板块的大部分古老块体,形成了一个范围广阔的拼合大陆。大陆的各地块前震旦纪地层层序、结构、变质程度有很大不同。如塔里木地块北部主要由变质不太深的弱磁性的元古界组成。其中上元古界多具有地台—地槽过渡型或坳拉谷型的构造特征。

2. 震旦纪

近年来,在大地构造研究中,对地壳的拉张分裂—拼合挤压及陆洋地壳的互相转化的认识有了很大发展。威尔逊曾对地壳的分合过程及其构造意义作了开拓性的研究,后人把这一过程称为威尔逊旋回,它更深刻地反映了大陆地壳构造发育旋回的本质。从塔里木地区看,震旦纪—二叠纪经历了一个完整的威尔逊旋回。

“古中国大陆”形成后经历了相对稳定的时期,这时大部分地区为隆起或具地台型沉积,仅少数地区有所谓的坳拉谷(aulacogen)。

坳拉谷是一种处于发育初期阶段的大陆裂谷,往往成楔形伸向大陆块体内部。塔里木东北的库鲁克塔格是一个较典型的例子。在震旦纪它呈NE向的楔形断陷槽,沉积厚达5km余。大陆坡的各种重力流和滑塌堆积发育,并有“双峰式”火山岩。向北至卡瓦布拉克很快变为缺失沉积的隆起,向南在孔雀河一带迅速减为2km余,在阿瓦提—满加尔坳陷厚度相当稳定,一般为2—5.6km,沉积速率为21.7m/Ma,主要为碳酸盐岩台地相沉积,这种厚度不大的大面积坳陷有人称为“克拉通内碟形坳陷”。至少在早震旦世,该坳拉谷可能沿塔里木北缘通往

乌什一带,盆地北部也可能存在着尚未被认识的坳拉谷。总之,少数狭窄坳拉谷及相对沉降的边缘与大面积稳定的碟形坳陷间明显的差异性,成为震旦纪古构造的突出特点。它反映了拉张初级阶段拉张活动强度不大的面貌。

3. 寒武纪—奥陶纪

区域性拉张在寒武纪明显加强并逐渐达到高潮,它表现为:①塔里木南北两侧出现了活动逐渐加强的裂谷系,形成克拉通边缘盆地和具过渡型地壳的边缘海盆地。如东南侧东昆仑的祁漫塔格,奥陶系为快速堆积的碎屑岩、火成岩夹碳酸盐岩,属浅—深海相,厚数千米,中—深变质。②库鲁克塔格坳拉谷更强烈的拉张断陷,沉降中心南移至孔雀河一带并使相邻的满加尔坳陷寒武系和下奥陶统出现半深海相饥饿型沉积,厚仅600—700m。中晚奥陶世开始向补偿型沉积转变,向盆地中部沉积明显加厚,并为半深海—浅海相。寒武系—奥陶系总厚约7km,沉积速率为39.5m/Ma。③改变了震旦纪盆地内部的均一状态,岩相和厚度趋势分析表明,已出现了近EW走向的相间隆坳(二隆二坳),在这种南北分异的背景上,东西分异也开始产生,这就奠定了古生代古构造格局。④寒武纪,特别是奥陶纪是海侵的鼎盛时期,即使是隆起区(如塔北、中央)均被淹没。

4. 志留纪—泥盆纪

塔里木周围地区的拉张活动明显比前期加强,活动带更邻近塔里木地区。因此,在外围强烈拉张的制约下,盆地内部出现了相对挤压状态,它表现在:①在志留纪初为区域性抬升剥蚀,在盆地外侧可出现与下伏层的角度不整合,在盆地内为平行不整合(地震剖面上则出现微角度),并多见对下伏地层的剥蚀。②盆地东北缘,库鲁克塔格已隆起并向西延至轮台,使塔里木北侧的沙雅隆起更加成熟并成为满加尔坳陷的物源区,其西部变成补偿—超补偿的前陆盆地,厚达4—6km,沉积速率为13—58m/Ma。③与南天山西段强烈拉张沉降并发育优地槽建造相应,阿满坳陷内的沉积中心也西移,阿瓦提地区明显加厚。④塔北的沙雅隆起、中央隆起区进一步成熟,志留系及泥盆系向隆起顶部尖灭。

泥盆纪末,天山的一些活动带处于相对收缩状态,并产生压性构造形变,推测发生了库鲁克塔格地区下古生界的变形及向盆地的逆冲,盆地内部也形成了一系列的EW向断层。与相对挤压相应,在盆地内出现侵蚀间断面,在隆起区附近有较明显的削截、上超等现象(图1-1)。

综上所述,震旦纪至泥盆纪盆地内部以EW向构造线为主,形成大型隆起和坳陷,而在边缘(特别是北东或北西边缘)以NE向构造为主,形成比上述隆起低一级别的鼻状隆起^①。

5. 石炭纪—二叠纪

它是本区第二个次级旋回,塔里木周围区域的拉张活动在石炭纪达到空前的规模。天山和昆仑发育了一系列陆内—陆间裂谷,发育以优地槽型为主的建造组合,它们在石炭纪末或

① 康玉柱、黄有元、黎邦荣等,塔里木盆地北部地区油气普查勘探及主要油气田评价,1990年12月。

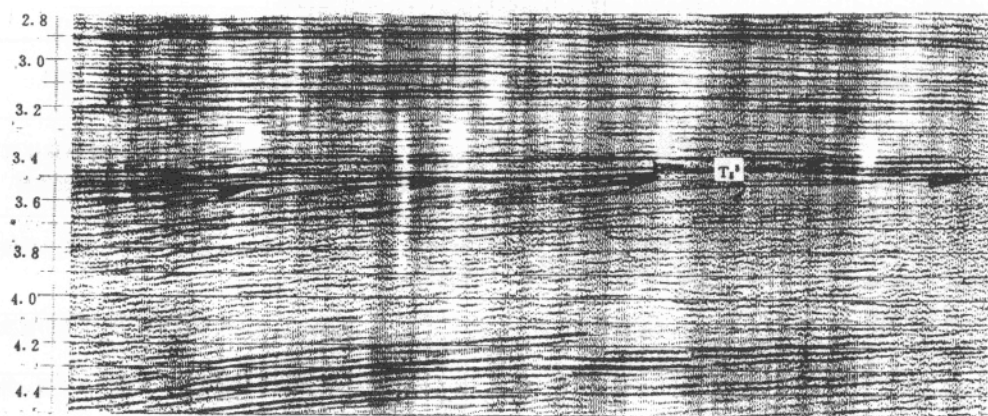


图 1-1 TBB-N85 线 T_1 削截、上超, 反映泥盆纪末期盆地内出现相对挤压而形成侵蚀间断面

早二叠世末闭合, 二叠世晚期完成了大陆的再拼合, 最终导致强烈的挤压变形。显然, 这种拼合与挤压是震旦纪以来最重要的构造事件, 与之相应, 在拼合的地缝合线及两侧位置出现了古天山和古昆仑等山系。

盆地内部构造发育特征主要表现为挤压。塔北台缘隆起发育更为良好, 由早古生代晚期水下隆起变为水上隆起, 隆起带南缘出现了克拉通内部的滨海平原, 在隆起带的北缘地带, 可能有陆坡盆地及再生坳拉槽, 且沉积中心迁至阿瓦提断陷。边缘地区可有陆坡盆地。早二叠世, 盆地内较大范围内 (特别是在隆起上) 出现了玄武岩喷发和伴生的基性岩脉, 这是一套在拉张环境下大陆裂谷玄武岩, 它们是深源 (100—160km) 岩浆活动的产物。

晚二叠世本区处于强烈挤压环境中, 在盆地周围形成造山带, 地层变形、变质并伴以酸性为主的岩浆侵入活动, 在盆地内则以隆起为主, 有明显的海西末期形变, 产生断裂带及褶皱, 形成盖层内最明显的不整合, 在地震剖面上以 T_1 界面为代表。不整合面上下构造有明显区别, 其下的古生界可成单斜, 在隆起上明显以不同地层与上覆层接触, 在坳陷区可见下伏层的削截现象, 下伏层的构造形变强度高于上覆层, 在基底断裂带上表现更为明显。但是, 与盆地外侧相比, 海西末期形变的强度明显较低, 这也从另一个侧面说明了盆地内的稳定性和被动性。海西末期构造运动的具体时间尚有争议。考虑到盆地内的沙井子组 (P_{1-2}), 而边缘有上二叠统比尤勒包谷孜群存在, 后者与上覆层呈平行不整合, 因而该期运动在晚二叠世与三叠纪之间 (表 1-1)。

1.1.2 中、新生代构造演化

由于塔里木经过了一个完整的威尔逊旋回。由坳拉槽—大陆和大洋裂谷—碰撞造山的这一完整过程组成。塔里木是一个与周围构造活动带关系密切的相对稳定地块, 它的北部地区受天山构造活动带的深刻影响。海西晚期, 随盆地周围地槽带的关闭, 塔里木盆地成为板内

克拉通盆地。所以，中生代以来，其构造环境和动力学系统发生了巨大的转变。

表 1-1 塔北及相邻地区构造旋回及演化^①

地壳发育旋回		时代	构造动力学背景		塔北地区主要构造事件
			区 域	塔里木	
I 特提斯洋演化至消亡，印度板块向欧亚大陆漂移、拼接、碰撞，喜马拉雅造山带形成	I ₂	K—Q ₁	新特提斯洋向欧亚大陆“潜没”，印度板块向北漂移、拼接、碰撞，喜马拉雅造山带形成	缓慢挤压— 强烈挤压	塔北前陆盆地扩展—塔里木盆地整体沉降—天山快速抬升、褶皱，并向塔北推覆
		T ₂ —J ₂	古特提斯洋向欧亚大陆“潜没”，基墨里大陆向北漂移、拼接、碰撞，基墨里造山带形成	缓慢挤压— 强烈挤压	阿满克拉通坳陷萎缩—消亡，库车早期前陆盆地发育
	I ₁	T ₁ —z	联合古大陆相对稳定，古特提斯洋形成	早期拉张	阿满克拉通内坳陷稳定沉降，库车山前发育断陷—坳陷盆地
I 古中国大陆形成破碎与再拼合	I ₂	P ₂	强烈拉张，最终转入挤压	挤 压	区域隆起，仅有少量碎屑岩断裂发育，并有相应褶皱形成
		C ₂ —P ₁		拉 张	坳陷继续西移，并缩小，基性火山岩及脉岩发育
		C ₁		相对拉张	再次海侵，东西分异加强，沉降中心西移
	I ₁	S—D	初步拉张至相对挤压	相对挤压	海退，坳陷区缩小，碎屑岩发育
		←—O		拉张高潮	满加尔坳陷东部发育饥饿—补偿型沉积，盆地强烈沉降
		Z		不均匀拉张	库鲁克塔格坳陷谷形成，盆地全面沉降

1. 三叠纪

早—中三叠世，塔里木处在联合古大陆裂离前夕的过渡阶段，为相对稳定的时期。塔北的构造演化经历了一个由断陷—坳陷的构造发展阶段。

雅克拉断凸南北发育两种类型盆地，南部为残留克拉通内凹陷，发育环带状沉积相，由外往里分别为河流相—浅湖相—半深湖相碎屑岩，总体呈 EW 向展布，满加尔坳陷阿瓦提断陷分别形成两个沉积中心。

北部库车坳陷，早期为断陷槽地，呈狭窄的 EW 向带状分布于坳陷北缘的山前地带，发育冲积扇—河流相—滨浅湖相碎屑岩，相带不对称，物源来自南天山剥蚀区，沉积中心位于北缘山前地带，中期可能转化为坳陷，沉积范围扩大，发育河流相—三角洲相—滨浅湖相。

2. 晚三叠世—晚侏罗世

联合古大陆经过了三叠纪一个比较短暂的稳定时期以后，从晚三叠世开始又走向了分裂的道路。此间，劳亚古陆与冈瓦纳古陆首先在西部，即今之加勒比海的地方沿着一条 EW 向裂谷开裂，同时促使两古陆分别作顺时针和反时针旋转，转动的结果促使其东侧的古特提斯洋合拢（陈发景，1988），在这种构造背景中，地处古特提斯洋北岸的中国克拉通南缘其构造环境主要是经受逐渐加强的古特提斯洋向北“潜没”的挤压作用，这种挤压作用是逐渐加强，直

^① 见第 4 页注

到侏罗纪晚期,塔北地区受到明显的影响,雅克拉断凸南侧克拉通内凹陷萎缩,沉积中心东移至满加尔坳陷,发育河流相—浅湖相—半深湖相含煤碎屑岩,相带以坳陷为中心呈环状展布,凹陷呈NW向展布,中侏罗世以后抬升,结束了残留克拉通内坳陷的历史。晚侏罗世盆地明显抬升,发育反旋回红色磨拉石沉积,早期燕山运动在区内表现明显。

3. 白垩纪—第三纪

白垩纪由于新特提斯洋向欧亚大陆的“潜没”作用,印度板块的向北漂移,特提斯构造域进入新的演化阶段。此间,由于天山的抬升及其反冲作用,塔北前陆盆地进入新的发展阶段。三叠纪—侏罗纪盆地的分隔状态被统一,长期发展的雅克拉断凸终于被淹没,广泛发育冲积扇连扇砂岩相—水下叠置扇砂岩相—辫状河冲积平原相红色碎屑岩,沉积相带呈EW向展布,沉积中心靠山前,反映物源主要来自天山剥蚀区,其次来自中央隆起削蚀区。

进入第三纪,由于印度板块与欧亚大陆的对接与碰撞作用,迫使青藏高原快速抬升,上新世—早更新世,阿尔卑斯—喜马拉雅造山带形成,在这种构造机制作用下,使昆仑山、天山进一步抬升,塔里木盆地被迫整体沉降。塔北地区沉积冲积扇相—辫状河相—洪泛湖相碎屑岩,物源主要来自天山山地及中央隆起区,沉积中心为天山山前地带,沉积相带总体呈EW向展布,晚白垩世—早第三纪盆地西北部受中亚海影响,发育海相泻湖—干旱半咸化浅湖相,上白垩统一第三系(含下更新统)厚度巨大,西域组(Q_1)为巨厚反旋回磨拉石建造,说明天山、昆仑山等山系急剧抬升,这是喜马拉雅运动的反映(表1-2)。此间,塔北的挤压冲断活动剧烈壮观,铸成现今的构造特征。

1.2 地层发育与展布

塔北地区北缘地层出露齐全,经钻井揭示盆地覆盖区内也较齐全。前震旦系为浅变质的结晶基底,震旦系—古生界可划分为两个大的海进海退沉积旋回。下旋回为震旦系—泥盆系,以海相碳酸盐岩为主,往上过渡为碎屑岩和泥质岩;上旋回为石炭系—二叠系,石炭系以碎屑岩、碳酸盐岩和膏泥岩为主,二叠系为陆相红层夹火山岩。中生界亦划分为两大构造沉积旋回,三叠系—下第三系为下旋回,以断陷—坳陷型陆相含煤碎屑岩和红色碎屑岩为主;上旋回为第三系—第四系,它是一套全盆地大面积铺盖的红色和黄灰色碎屑岩。在四大旋回之间以角度不整合和超覆不整合为界,地层层序、时代、厚度、岩性、接触关系简介如下。

1.2.1 震旦纪地层

塔里木盆地北部震旦系为不整合于结晶基底之上的第一个沉积旋回层(表1-3),具有分布稳定,顶底界线清楚的特点,其厚度一般为900—1100m(局部受剥蚀),其地震反射特征有强振幅连续平行反射、无反射以及叠瓦状斜交反射和弱振幅连续平行反射等四种类型,并组成两个地震层序(表1-4)。在轮台—草湖以东至尉犁一带,震旦系均埋藏于5000—15000m之下。震旦纪地层据沙4井揭示和地表阿克苏肖尔布拉克剖面出露表明,为含大量葡萄状藻

球粒白云岩、碳酸盐岩和泥质碳酸盐岩为主。在库鲁克塔格主要由深至浅海相砂岩、泥岩和碳酸盐岩、深海相页岩、砂岩及与基底断陷等构造活动有关的深海滑塌砾岩、火山岩组成。其地层厚度大于 4700m,底界与帕尔岗塔格群不整合接触,顶界与早寒武世含磷硅质岩假整合接触。

表 1-2 塔里木盆地北部地区构造运动特征表^①

构造旋回	构造层	地层系统 与接触关系	地质年龄 (Ma)	地震波组属性			构造运动名称	构造运动特征
				地矿部	石油部	属性		
阿尔卑斯	喜马拉雅山构造层	上更新统一全新统 (Q ₁ -Q ₂)	2.0		T ₁		晚期喜马拉雅运动	造山运动、广泛褶皱、冲断,天山进一步抬升,盆地定型
		上新统 (N ₂)	12.0	T ₁	T ₂	整合	中期喜马拉雅运动	
		中新统 (N ₁)	24.6	T ₁	T ₃	上超	早期喜马拉雅运动	天山快速上升,前陆盆地快速沉降、沙雅隆起经受改造
		下第三系—上白垩统 (K ₂ -E ₁)	65.0	T ₁	T ₄	微角削截		
		下白垩统 (K ₁)	144.0	T ₁		上超	早期燕山运动	塔北沉降、前陆盆地形成
		侏罗系 (J)	195.0	T ₁		微角削截	晚期印支运动	区域性抬升、剥蚀、沉积中心迁移
		上三叠统 (T ₃)				微角削截		
		中三叠统 (T ₂)						
		下三叠统 (T ₁)						
		上二叠统 (P ₂)	248.0	T ₁	T ₄ ¹	削截、上超	晚期海西运动	广泛褶皱、断裂、岩浆侵位,随之隆起、剥蚀
海西	地台	下二叠统 (P ₁)	280.0		T ₄ ²			
		上石炭统 (C ₂)					巴楚运动	海浸、沉积中心迁移
		下石炭统 (C ₁)	360.0	T ₁	T ₄ ³	削截、上超	早期海西运动	区域性隆起、剥蚀、伴有褶皱、断裂
		泥盆系 (D)	408.0		T ₄ ⁴			
		中上志留统 (S ₂₋₃)						
加里东	构造层	下志留统 (S ₁)	438.0	T ₁ (T ₁)		微角削截	中期加里东运动	区域性隆起、海退、沉积间断
		奥陶系 (O)	505.0	T ₁ (T ₁)			早期加里东运动	
		寒武系 (C)	600.0	T ₁ (T ₁)		整合	柯坪运动	区域性抬升、剥蚀
		上震旦统 (Z ₂)					库鲁克塔格运动	
		下震旦统 (Z ₁)	850.0	T _D	T ₄ ⁵	削截、上超	塔里木运动	广泛褶皱、断裂、变质及岩浆侵位
扬子	基底构造层	前震旦系 (Z ₀ -g, Pt, Ar, T ₂)					吕梁运动	

综上所述,震旦系是在前震旦系古老结晶基底之上沉积的,相对稳定的台地相和相对活动的断陷盆地相地层与下伏前震旦系为角度不整合接触。与上覆下寒武统呈假整合接触。

1.2.2 寒武纪—奥陶纪地层

塔北地区寒武系—奥陶系是一套以碳酸盐岩为主的地层体系,但以轮台为界东西有别。轮

^①见第 4 页脚注

台以西,寒武系—奥陶系与震旦系呈假整合接触,寒武系底界以广泛发育的含磷硅质岩及其富含小壳化石为标志,顶界以志留纪绿色砂泥岩不整合于晚奥陶世含笔石页岩之不整合面为界。

表 1-3 塔里木盆地北部覆盖区震旦系与古生界层序划分简表

t_0 (s)	波界面	层序	地 层	构造运动	沉积旋回
3.37	$T_2^{\frac{1}{2}}$	J	下二叠统开派兹雷克组	晚期海西运动	IV
			下二叠统库普库兹清组	巴楚运动	
3.32	$T_2^{\frac{1}{2}}$	I	下石炭统卡拉沙依组		
3.84	$T_2^{\frac{1}{2}}$	H	下石炭统巴楚组	早期海西运动	
3.61	$T_2^{\frac{1}{2}}$	G	泥盆系	中期加里东运动	I
			志留系		
3.92	$T_2^{\frac{1}{2}}$	F	中上奥陶统	柯坪运动	I
		E	下奥陶统上部		
		D	下奥陶统下部		
4.38	$T_2^{\frac{1}{2}}$	C	寒武系		
		B	上震旦统奇格布拉克组	塔里木运动	I
5.07	$T_2^{\frac{1}{2}}$	A	上震旦统苏盖特布拉克组		
			下震旦统		
5.30	T_D				

* t_0 值在 TBA-86-NW363 剖面 182000 桩号处读数

表 1-4 塔里木盆地北部震旦系地震反射特征分区

t_0 *	反射界面	地 震 地 层 学 特 征		层 序	地 层
5.07	$T_2^{\frac{1}{2}}$	塔中地层小区	塔东地层小区	B	Z_{2a}
		无反射	叠瓦状斜交反射		
5.30	T_D	强振幅连续平行反射		A	$Z_{2a} + Z_{1p}$

* t_0 值 TBA-86-NW363 剖面 182000 桩号处读数,单位:s。

奥陶系与寒武系界线因地层连续、生物化石稀少而较难识别。在阿克苏肖尔布拉克露头剖面上,界线定于局限台地相白云岩(下丘里塔格群)与开阔台地相灰岩(上丘里塔格群)岩相界线附近(表 1-5)。覆盖区寒武系—奥陶系内部地震反射界面 $T_2^{\frac{1}{2}}$ 波反映了海平面升降变化的转折过程,可与全球性海平面变化周期进行对比(图 1-2)。

表 1-5 塔里木盆地北部地区柯坪—巴楚露头区寒武系—奥陶系生物地层界线划分表

地 层			岩 性 及 化 石	沉 积 相
奥 陶 系	下 统	上丘里塔格群	浅灰色灰岩夹少量白云岩。含牙形刺 <i>Scolopodus quadruplicatus</i> “ <i>Acoelus</i> ” <i>oneotensis</i> - <i>Chosonodina her furthi</i>	开阔台地相
		下丘里塔格群	灰色白云岩。含三叶虫 <i>Saukiidae</i>	
寒 武 系	上中统	下丘里塔格群	灰色白云岩。含三叶虫 <i>Saukiidae</i>	局限台地相

轮台以东,在库鲁克塔格地区寒武系—奥陶系以碳酸盐岩为特征,总体为北高南低的台缘

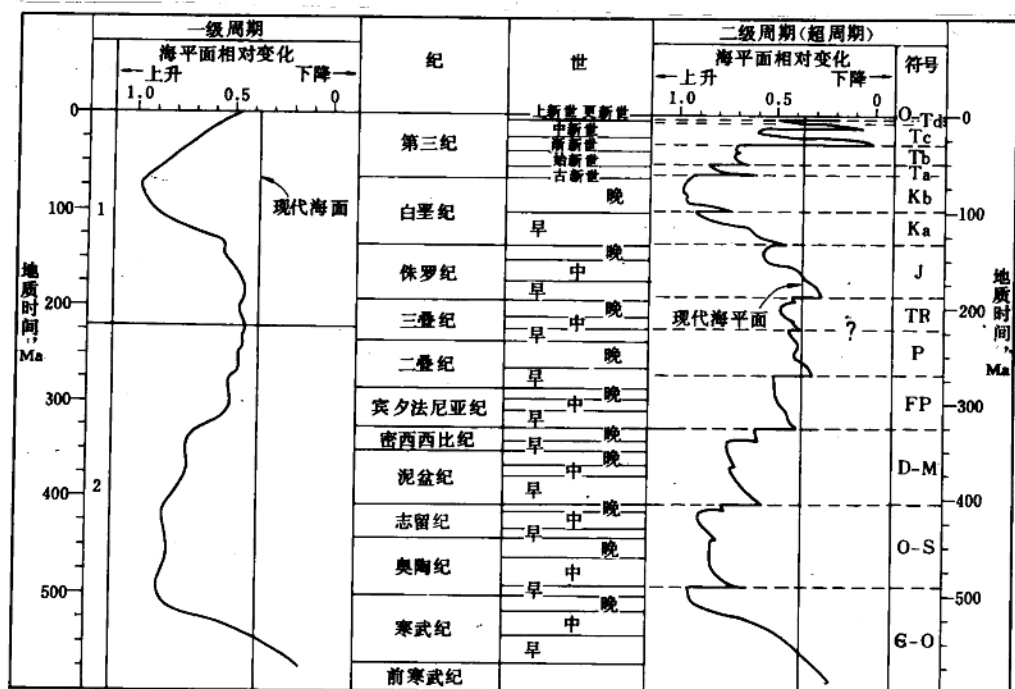


图 1-2 全球海面变化周期图

(据 Vail 等, 1977)

碳酸盐岩—边缘斜坡,为一套向上环境变浅的碳酸盐台隆边缘体系,其底界为三叶虫 *Metaredlichoides*, *Chengkouia* 及海绵骨针等化石之下的含磷硅质岩,与下伏震旦纪砂砾岩呈假整合接触,其顶以与中、新生界的区域不整合面为界。奥陶系与寒武系界线由于两者岩性相似,古生物稀少,仅以三叶虫 *Hysteroleues* 出现作为奥陶系底界(图 1-3)。

在满加尔一带,据钻井和地震剖面解释奥陶系—寒武系为一套密集层反射,具下超特征,为欠补偿盆地沉积,库南 1 井揭露的是一套泥晶灰岩和泥灰岩组成的地层。

上述塔北寒武纪—奥陶纪地层组成特征,基本代表了塔北地区的宏观特征。

1.2.3 志留纪—泥盆纪地层

塔北地区志留系—泥盆系为一套陆源碎屑沉积体系。从总体上看,属深水凹槽海盆环境和滨岸环境中形成的陆源碎屑沉积。沙 11 井、沙 21 井所揭示的志留系—泥盆系均为一套向上变粗的陆源碎屑海退沉积序列,与震旦及寒武纪—奥陶纪迥然不同,志留纪—泥盆纪整个塔北处在不断抬升、海域范围不断退缩的状态中。沙 21 井、沙 26 井钻遇到志留系—泥盆系,其岩性主要为泥质岩、粉砂岩和砂岩,其底与奥陶系呈不整合—假整合接触,顶与石炭系呈假整合—整合接触。在沙雅隆起之上和阿克库木、阿克库勒等隆起上缺失志留系—泥盆系。据地震解释在塔里木盆地腹地志留系—泥盆系分布广泛。

地层	柱状图	厚度 (m)	岩 性 特 征	化 石	沉积相
志留系		0	灰色砂岩		浅海相
奥陶系	上统	200	上部浅黄、灰色钙质泥页岩夹灰岩	<i>Oncoceras</i> <i>Palaeofavosites</i>	台缘礁滩相
		400	下部深灰色灰岩夹白云岩	<i>Prionodina lijapoensis</i> <i>Spidropnathodus dolboricus</i> <i>Xorkoloceras</i>	
	中统	600	灰黑色瘤状灰岩、泥岩、凝灰岩	<i>Pygodus anserinus</i> <i>Trocholiticeras</i>	浅水陆棚相
	下统	800	深灰、黑灰色灰岩、泥灰岩夹白云质灰岩、泥岩	<i>Coronoceras</i> <i>Inkonia</i> <i>Eulama</i> <i>Szechuanella</i> <i>Apalokephalus</i>	浅水陆棚相
寒武系	上统	1000			深水陆棚相
		1200			
	中统	1400			陆棚边缘斜坡相
	下统	1600			
震旦系	上统	1800	灰、深灰色泥质微晶灰岩夹钙质泥岩	<i>Proceratopyge</i> <i>Macropyge</i> <i>Phalacroma</i>	深水陆棚相
	中统	2000	灰、深灰色微晶灰岩夹亮晶砂屑灰岩	<i>Hypagnostus Lejopyge</i> <i>Dorypyge Ptychagnostus</i>	
	下统	2200	灰、深灰色泥质白云岩及灰黑色泥岩	<i>Arturicocephalus Redlichio</i>	
	西山布拉克组		辉绿岩、硅质岩夹白云岩、磷质岩		盆地相

图 1-3 塔里木盆地北部地区库鲁克塔格寒武系—奥陶系柱状简图

1.2.4 石炭纪—二叠纪地层

除沙雅隆起缺失外,均有广泛分布(图 1-4)。从地层岩性对比角度分析,在宏观上可划分为一个海进—海退的完整沉积旋回。但东西沉积环境和地层岩性差异较大。“七五”期间国家重点勘查项目——“塔里木盆地北部地区油气普查勘探及主要油气田评价”研究表明,根据石炭系—二叠系沉积特征、生物岩性组合及展布,划分为柯坪和塔北两个地层分区及若干地层小区,各区地层划分及对比见表 1-6。

塔北分区,早石炭世早期(岩关期)沉积厚度较大,主要为海湾泻湖—潮坪相沉积。之后,受巴楚运动影响,早石炭世中、晚期及晚石炭世早期(大塘—滑石坂期)地层缺失。晚石炭世中、晚期再次接受海相沉积,但主要局限于沙雅以西地区,二叠系则以陆相地层为主,间夹火山岩,普遍缺失上二叠统。该分区可进一步划分为巴楚、塔东和库鲁克塔格三个地层小区。其中塔东小区,由于石炭系—二叠系上部自西向东逐渐尖灭(T_3^1 、 T_2^1 逐渐被 T_2^2 截接合并),地层厚度明显减薄,钻井资料表明,塔东小区仅存有早石炭世早期地层。沙 10 井、沙 14 井及沙 5 井等揭示其