

塔中地区石炭系 层序地层学与非构造圈闭

郭建华 翟永红 刘生国 著

地质出版社



登录号	99907
分类号	P535.245
种次号	003

塔中地区石炭系 层序地层学与非构造圈闭

SY22/15

郭建华 翟永红 刘生国 著



200854352



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书应用层序地层学最新理论,对石油勘探新区塔里木盆地中部地区进行了综合性石油地质研究。主要包括塔里木盆地石炭纪构造背景及原型盆地属性、层序地层、储层及非构造圈闭。本书实际资料丰富,尤其是研究方法上,强调了地震资料、测井资料、钻井(岩心)资料及室内分析化验资料的综合解释,对主要勘探目的层“东河砂岩”的沉积层序、沉积相、分布特点及与海平面的变化关系进行了详细的研究;首次建立了有别于被动大陆边缘型盆地的克拉通内坳盆地层序地层框架模式;阐述了其内部构成的特点,以及这种框架中的非构造圈闭类型。

本书学术思想新颖,技术路线和研究方法先进,不仅具有重要的学术理论意义,而且有指导勘探部署的重要实用价值,可供石油地质工作者、科研人员及高等院校有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

塔中地区石炭系层序地层学与非构造圈闭/郭建华等著. —北京:地质出版社,1996.11
ISBN 7-116-02318-6

I. 塔… I. 郭… III. ①地层层序-研究-石炭纪-中国-塔里木盆地 ②圈闭-非构造油气田-研究-中国-塔里木盆地 IV. P618.130.206.245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 23657 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:蔡卫东

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:8.375 图版:3 页 字数:190 000

1996 年 12 月北京第一版·1996 年 12 月北京第一次印刷

印数:1—600 册 定价:19.50 元

ISBN 7-116-02318-6

P·1737

序

层序地层学是当代地层学研究中的最热门课题之一。自从 70 年代末期层序地层学问世之后,它已对地层学、沉积学、资源矿产的勘探与开发,以及相关学科的发展起到了重要的推动作用。层序地层学研究的典范实例是被动大陆边缘型盆地,但随后已有不少学者将其原理应用于其它不同类型的沉积盆地以及陆相地层中。

由郭建华副教授等完成的《塔中地区石炭系层序地层学与非构造圈闭》科研项目,采用了地震、钻井岩心、测井资料相结合,宏观与微观相结合,现场调查与室内测试分析相结合,以层序地层学的理论和方法为指导,以沉积学、地层学、储层地质学、大地构造学、有机地球化学、地震地层学、测井地质学及石油地质学等多学科交叉,系统地研究了塔中地区石炭系的层序地层、沉积相、构造背景与沉积盆地、物源与气候、储层及成藏条件等;明确指出塔中地区石炭系沉积盆地为一受挤压条件下的克拉通内坳陷、碟状盆地;综合应用地震、钻井、古生物及测井资料,首次建立了研究区石炭系的沉积层序、层序格架及层序模型;识别出 6 个层序界面,合理地划分出 5 个层序及 13 个沉积体系域,并和地区及全球石炭系层序进行了对比,明确指出沉积层序受全球海平面变化控制,而区域性构造运动对三级层序起主要控制作用;说明了这种克拉通内坳陷盆地类型的层序格架及内部构成均具有特殊性。通过层序地层学的研究,明确指出区内主要油气产层“东河砂岩”与其顶部的“含砾砂岩”间存在一个明显的 I 型层序界面,它们分属于两个不同的沉积层序;还进一步划分出了在这种层序格架中的非构造圈闭类型,提出了下步勘探的有利区块。

综上所述,该项成果不仅学术思想新颖,而且技术路线和研究方法先进,是将层序地层学原理应用于其它类型盆地中所取得的突破性进展成果,具有重要的学术理论意义,而且还有指导勘探部署的重要实用价值。该项成果已受到不少专家的重视和高度评价。将此成果著书出版是非常有意义的,它不仅丰富了层序地层学原理在不同类型盆地中的应用实例,而且对今后进一步推动层序地层学在我国的发展和在生产实际中的应用将起到积极的作用。

借此专著出版之际,谨作序表示衷心地祝贺!

中国科学院院士、教授

刘金君

1996 年 3 月

前言

塔里木盆地是我国最大的含油气盆地,面积达 56 万 km^2 。早在 60 年代初,我国石油地质工作者就开始对塔里木盆地进行了石油地质调查。党的十一届三中全会之后,党中央、国务院提出了关于石油工业“稳定东部、发展西部”的战略方针。石油天然气总公司及地质矿产部又先后投入了大量的人力物力对塔里木盆地进行了大规模的石油普查与勘探。尤其是从石油天然气总公司成立了塔里木石油勘探开发指挥部以来,勘探工作取得了一系列的重大突破和实质性的进展,肯定了塔里木盆地是一个油气资源十分丰富的叠复合型含油气盆地。它具有含油层系多、储层类型齐全、储层物性好、多成因圈闭与油气生成及运移配套等特点。因此,塔里木盆地必将成为我国石油工业的战略接替基地。目前,已在塔北隆起带及中央隆起带的三叠系、石炭系及寒武—奥陶系中找到了高产油气田。尤其是在石炭系底部的东河砂岩中相继发现了东河塘大油田及塔中四号构造带大油田。有鉴于此,石炭系已成为塔里木盆地近几年中的主要勘探目的层系,并已全方位地做了许多研究工作(童晓光、梁狄刚,1991;顾家裕,1992;贾承造、周东延等,1992),特别是石油大学田海芹、熊继辉等(1994)首次应用层序地层学理论对塔里木盆地的石炭系进行了较为系统的研究,并取得了一定的认识和进展。但是,位于塔里木盆地腹部、面积达 2.8 万 km^2 、已发现了大油田的塔中低凸起带仍然处于勘探初期阶段,研究程度低,对石炭系的层序地层、沉积相、储层、成藏条件等石油地质特征缺乏系统研究,许多方面尚属空白。经与有关方面协商,由库尔勒物探局研究中心资助,设立了《塔中地区石炭系层序地层学与非构造圈闭》这个研究项目。

层序地层学是基于地震地层学而迅速发展起来的一门新学科,已在沉积学、地层学等领域,特别是在石油与天然气勘探领域内得到了广泛的应用,并且取得了长足的进步与重大的经济效益。层序地层学研究的典范来自于被动大陆边缘型盆地(P. R. Vail 等,1977)。但是,已有不少学者将其应用于其它类型的盆地,诸如活动边缘型盆地、伸展型盆地及挠曲盆地。尤其值得注意的是,近几年已在陆相冲积平原(A. D. Miall, 1991)及内陆湖盆的研究中(C. A. Scholz 等,1990、1993)已开始广泛地应用层序地层学的原理。但是,类似于塔中地区石炭纪这种克拉通内坳陷盆地的层序地层学研究的实例,目前国内外还未见报道。作者试图将层序地层学原理应用于这种克拉通内坳陷盆地的研究中。具体研究的技术路线是:充分吸收、消化已有资料和前人的工作成果,采取地震、钻井、测井资料相结合,宏观与微观相结合,现场工作与室内实验室分析相结合的三结合原则及多学科综合研究的技术路线。以钻井、测井资料作为点,地震剖面作为线,由多个点、多条线的纵横交叉从三维空间上控制整个研究区块。这次研究所涉及的学科包括地层学、沉积学、储层地质学、构造学、有机地球化学、地震地层学、测井学以及石油地质学等,还采用新的分析测试方法及手段所获得的资料。

研究思路及研究途径如图 0-1 所示。

在完成这项研究的一年多时间里,作者深入现场工作达 9 个月之久,完成了大量的工作,包括地震剖面的解释、对比共 86 条,测井资料解释共 60 份,观察描述岩心 27 口,岩心总

长约 1320m, 观察各类显微薄片 300 余块, 分析、整理并应用了大量的有关资料, 补充取样扫描电镜 60 块、X 衍射 47 块、包裹体 15 块、微量元素分析 49 块、同位素 30 块、裂变径迹 5 块, 编制出各类图件共 156 张。

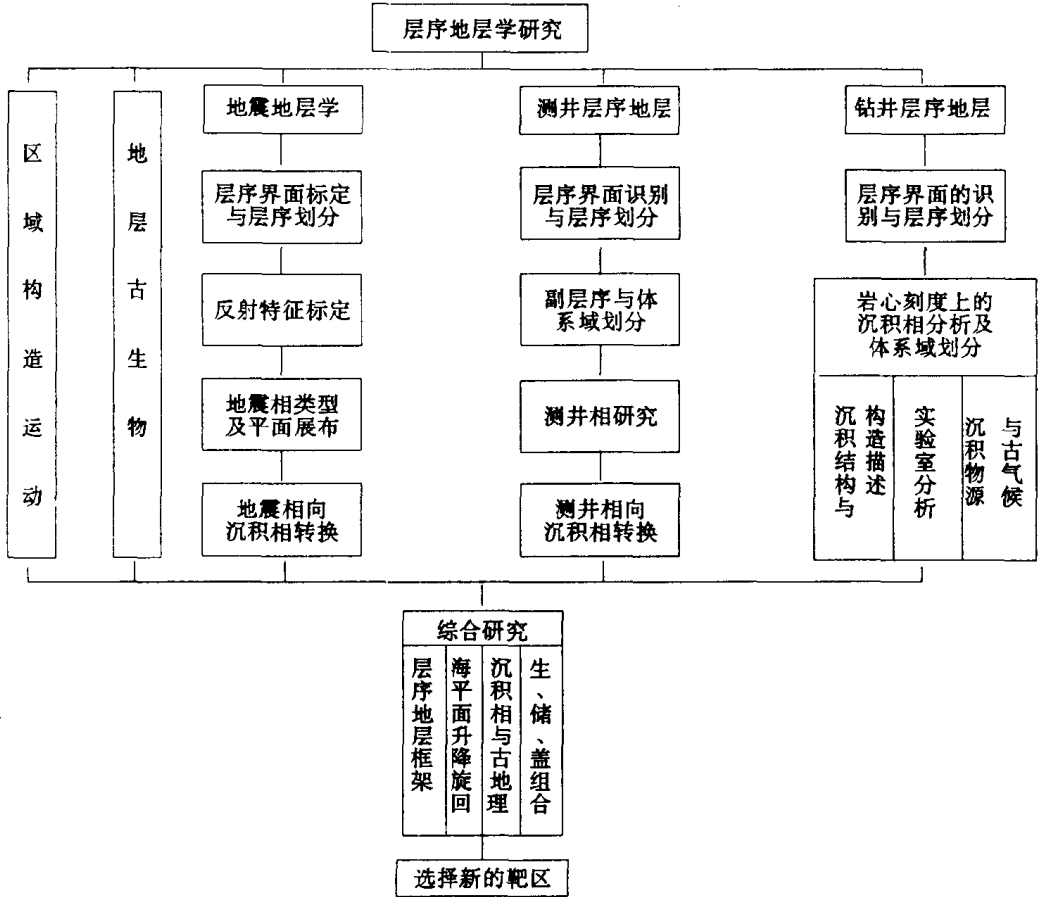


图 0-1 塔中地区石炭系层序地层学研究流程简图

通过上述工作, 作者在石炭纪构造背景及原型盆地属性、地层、层序地层学、储层及非构造圈闭等 5 个方面进行了深入研究。尤其是详细地研究了组成层序框架的沉积体系类型、岩相类型及其特征, 分析了生储盖及其空间组合, 探讨了在这种层序框架中的非构造成藏圈闭类型及成因特征, 指出了下步勘探的有利区块。研究结果还表明, 层序地层学原理完全适合于这种盆地的研究。但其层序格架、生储盖岩相类型、沉积体系类型及其空间三维组合与配置关系等均有别于其它类型的盆地。通过这项研究, 作者首次建立了区内这种底平坡缓的克拉通内拗陷盆地的层序地层学框架模式, 揭示出了海平面变化、构造背景、古气候条件对这种层序形成和发育的控制作用。

本书是基于这项专题研究报告基础上, 通过提炼、深化和加工完成的。编写分工如下: 前言、摘要由郭建华编写, 第一、二、三、四部分由郭建华编写, 第五部分由翟永红、刘生国编写, 第六部分由翟永红编写, 第七部分及结论由郭建华编写。全书由郭建华统稿、审定、校对。肖传桃副教授、罗传容高级工程师参与了该项目的“区域构造与地层系统”的研究工作。

该项课题的研究得到了库尔勒物探局研究中心张伟主任、郭钟灿副主任, 万里皋总工程师、王泽良总工程师、段书府副总工程师, 以及塔中组全体同仁在生活、工作中的大力支持和

协助,在撰写成书过程中,得到了成都理工学院曾允孚教授的悉心指导,中国科学院院士刘宝珩教授提出了宝贵的修改意见,并欣然命笔为本书作序。著者在此借本书付梓之际,向他们深表谢意!

由于受资料及研究深度所限,加之著者水平及认识程度所限,书中有不妥之处,敬请读者给予批评指正。

著 者

1996年5月

目 录

序

前 言

1 区域构造与地层系统	1
1.1 区域构造运动与盆地演化	1
1.1.1 构造格局与盆地演化的阶段性	2
1.1.2 石炭纪构造演化与盆地性质	7
1.2 石炭纪地层系统	9
1.2.1 岩性段划分及其特征	9
1.2.2 岩石地层	11
1.2.3 生物化石组合与地层时代讨论	12
1.2.4 东河砂岩的时代归属及石炭系底界讨论	15
1.2.5 石炭系统间界线讨论	15
2 塔中地区石炭系沉积层序与层序地层框架模式	17
2.1 层序地层学中几个最基本的概念	17
2.2 层序边界的识别与沉积层序的划分和对比	18
2.2.1 地震反射界面与地震层序	18
2.2.2 根据测井、岩心资料划分出的层序边界与沉积层序	25
2.3 层序年限与级别的厘定	32
2.4 层序形成与发育的控制因素	32
2.5 一个克拉通内拗陷盆地中的层序地层沉积模式及框架模式	33
2.6 塔中地区石炭纪海平面变化及其对比	34
3 各层序及其体系域沉积相分析	36
3.1 沉积体系的概念及类型的划分	36
3.2 C I 层序——东河砂岩的沉积体系与沉积相	36
3.2.1 低水位体系域沉积特征	37
3.2.2 海侵体系域沉积特征	37
3.2.3 高水位体系域沉积特征	43
3.2.4 不同沉积体系的粒度分析特征	45
3.2.5 古地貌格局与沉积演化	50
3.3 C II 层序的沉积体系与沉积相	53
3.3.1 低水位体系域	53
3.3.2 海侵体系域	56
3.3.3 高水位体系域	56
3.4 C III 层序的沉积体系与沉积相	61

3.5	CV 层序的沉积体系与沉积相	61
3.5.1	陆架边缘体系域	62
3.5.2	海侵体系域	62
3.5.3	高水位体系域	62
3.6	CV 层序的沉积体系与沉积相	66
3.6.1	陆架边缘体系域	66
3.6.2	海侵体系域	66
3.6.3	卡拉沙依组与小海子组的分界	67
4	石炭纪物源与古气候分析	68
4.1	物源分析	68
4.1.1	母岩性质	68
4.1.2	物源方向分析	72
4.1.3	再旋回造山带的构造背景讨论	73
4.2	古气候及其演化	76
4.2.1	沉积物颜色所反映的古气候	76
4.2.2	岩石类型所反映的古气候	76
5	塔中石炭系碎屑岩成岩作用与储层评价	78
5.1	成岩作用类型及其特征	78
5.1.1	压实作用	78
5.1.2	压溶作用	78
5.1.3	次生加大胶结作用	78
5.1.4	粘土矿物转化和自生沉淀作用	79
5.1.5	溶蚀作用	81
5.1.6	碳酸盐岩矿物的交代充填作用	81
5.1.7	硫酸盐、盐岩胶结作用	82
5.1.8	其它成岩作用	82
5.2	成岩阶段的划分	82
5.2.1	成岩阶段的划分及主要标志	82
5.2.2	塔中地区石炭系现所处成岩阶段划分	83
5.3	深埋优质碎屑岩储层成因讨论	85
5.3.1	有利沉积相带奠定了深埋优质储层的物质基础	85
5.3.2	埋藏热演化史	87
5.3.3	有机质热演化史	89
5.3.4	油气藏形成史	91
5.3.5	孔隙流体的性质	92
5.4	成岩作用演化与孔隙演化模式	96
5.5	储层评价	98
5.5.1	储集空间类型及组合特征	98
5.5.2	孔隙结构类型	98

5.5.3	储层类型及特征	100
5.5.4	储层的综合评价与展布	100
6	塔中地区石炭系碳酸盐岩成岩作用与储层评价	102
6.1	成岩作用类型及特征	102
6.1.1	胶结作用	102
6.1.2	准同生白云化作用	102
6.1.3	溶解作用	102
6.1.4	压实压溶作用	103
6.1.5	膏盐化	103
6.1.6	重晶石化	104
6.2	成岩作用序列与孔隙演化	104
6.3	碳酸盐岩储集空间类型及组合特征	105
6.4	孔喉结构特征及储层分类	106
6.4.1	大孔粗-中喉型	106
6.4.2	中孔细喉型	106
6.4.3	小孔极细喉型	106
6.5	储层评价	107
6.5.1	TZ4、TZ6 井区	107
6.5.2	TZ10 井区	107
7	非构造圈闭	108
7.1	非构造圈闭类型	108
7.2	非构造圈闭成因特征与成藏组合	109
7.2.1	不整合面地层超覆尖灭圈闭	109
7.2.2	古城鼻隆区 I 型层序界面上的侵蚀沟谷	111
7.2.3	卡拉沙依组中的扇三角洲岩性圈闭	115
7.2.4	生屑灰岩段溶蚀孔洞岩性圈闭	115
7.3	新的靶区与下步勘探建议	116
8	结论	118
	参考文献	120
	英文摘要	123
	图版及图版说明	125

1 区域构造与地层系统

研究区位于塔里木盆地腹部一级构造单元中央隆起带中段,西以吐木休克断裂与巴楚断隆相隔,东与塔东低凸起鞍部相接,北、南分别为另两个一级构造单元中的满加尔凹陷及唐古孜巴斯凹陷所限。区域走向 NW—SE,东西长 230km,南北宽 120km,面积约 2.8 万 km^2 (图 1-1)。它仅是塔里木盆地的一小部分,其构造发展、盆地演化及属性以及地层系统无不与整个塔里木盆地密切相关。

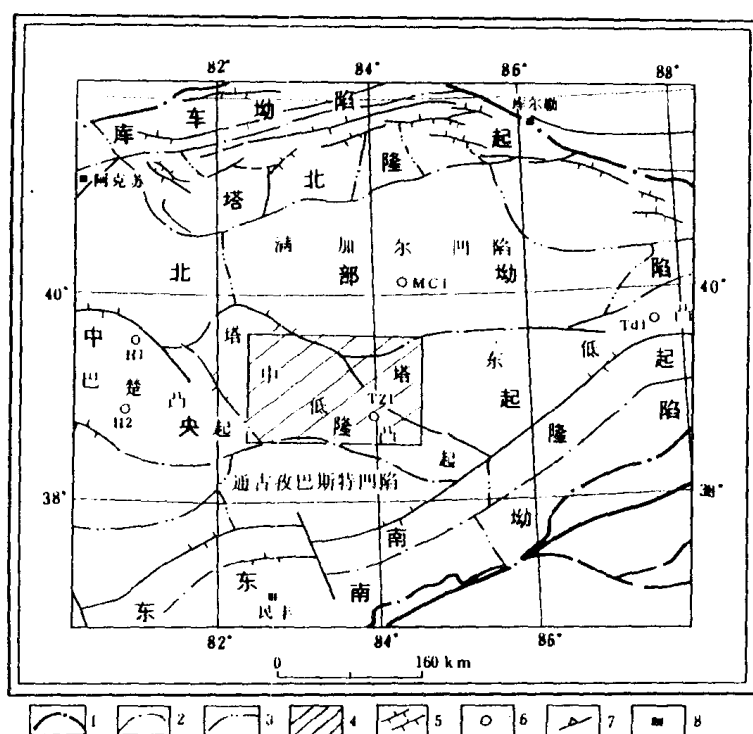


图 1-1 塔中地区区域构造格局与构造单元划分

1—盆地边界;2—一级构造界线;3—二级构造界线;4—研究工区;5—断层;6—井位;7—板块边界;8—地名

1.1 区域构造运动与盆地演化

塔里木盆地处在一个复杂的大地构造背景之中。它最初是极为广阔的陆块在长期的构造演化过程中,周缘多次遭受褶皱—冲断等构造破坏后残余下来的相对稳定区。就其原型而言,比现在的塔里木盆地的范围要大得多。塔里木陆块北邻南天山褶皱带与中天山地块相隔;南邻昆仑造山带与羌塘地块相望;东南部与阿尔金褶皱带相连,与柴达木地块相隔。这些周缘的造山带曾经历了早期的拉张、地壳变薄、后期的俯冲、碰撞以及进一步板内造山等构造活动(李春昱,1982;黄汲清等,1990),从而使得塔里木盆地表现为多阶段、多类型的复杂特点(贾承造等,1992)。

不同学者从不同角度对天山造山带进行了深入研究。李春昱等(1982)从板块构造观点出发,提出中国西北地区存在两大古板块,即塔里木板块和哈萨克斯坦板块。哈萨克斯坦板块的北界位于甘肃的北山至准噶尔北缘的克拉美丽及阿尔泰一线,与北部的西伯利亚板块相邻;该板块的南界位于南天山,并指出该带存在 S_2-S_3 、 D_2 及 C_2 三个时代的蛇绿岩带及混杂堆积,且与山脉走向大致平行分布,并进一步认为它是古洋壳不断向北消减的产物。该构造线相当于原苏联地质学家所谓的“尼古拉耶夫线”。该带以北为活动型建造,含大量火山岩;以南为稳定型建造,火山岩不发育。槽台论者将北部称为优地槽,南部称为冒地槽。著名学者黄汲清对天山构造带的研究始终给予了高度重视,他早期认为天山属华力西旋回的地槽褶皱,后来认为天山地槽是由古中国地台解体转化而来,地台解体后的残块构成了天山中间隆起带的一部分,北天山为优地槽褶皱带,南天山为冒地槽褶皱带,西伯利亚地台与塔里木盆地之间的地槽区最后封闭于北天山;80年代他又进一步提出天山以华力西褶皱为主,但有一个狭窄的加里东楔出现于中天山,认为天山地区有两条缝合带。最近对北天山更深的研究表明,在艾比湖—伊林哈比尔尕深大断裂带发现了典型的蛇绿岩带,如著名的巴音沟石炭系蛇绿岩套,其中放射虫硅质岩、枕状玄武岩及辉绿岩发育齐全。

综上所述,笔者认为天山地区存在北天山及南天山两条板块缝合带,北带是准噶尔板块与中天山伊犁板块碰撞的产物;南带是南天山“有限洋”向北俯冲、关闭的结果。塔里木板块南界为昆仑南缘的康西瓦断裂;东南界为北东向的阿尔金深大断裂,沿这些断裂带有蛇绿岩分布。李春昱(1982)根据蛇绿岩带和钙碱性岩浆岩带的分布,认为晚古生代沿昆仑山南侧至阿尼玛卿山一线曾发生洋壳板块向北的俯冲,消减于塔里木和柴达木板块南缘之下。该带还发育三叠系混杂堆积,三叠系板岩和砂岩中常有二叠系灰岩的巨大岩块。该带往南为阿克赛钦地层分区,侏罗系及白垩系超覆不整合于寒武—奥陶纪、志留—泥盆纪及石炭纪等不同时代的地层之上。标志着羌塘板块与塔里木及柴达木板块最后碰合于印支末。

在上述复杂的大地构造背景的控制下,塔里木盆地内部构造格局也呈现出相当程度的复杂性。在经历了长期不同性质的构造演化之后,塔里木盆地的区域构造总体上表现为三隆四拗的构造格局(图 1-1),即塔里木北缘的库车坳陷带、南部相邻的塔北隆起带,再往南是北部坳陷带、中央隆起带、西南坳陷带,东南部为与阿尔金构造带平行的东南隆起和东南坳陷。上述隆拗相间的构造格局是长期构造演化的综合效应,从演化的动态观点出发,这些隆起和坳陷在不同时期表现为不同的性质。

1.1.1 构造格局与盆地演化的阶段性

(1) 前震旦纪(盆地基底固结阶段)

塔里木盆地基底固结于中新元古代末,基底岩系由太古宇深变质岩、古元古界中、深度变质岩和长城—青白口系中浅变质岩组成。基底岩系主要出露于盆地周缘的铁克里克、北明丰、库鲁克塔格及阿克苏等地。盆地覆盖区的明参 1 井、罗北 1 井、沙 3 井、牙哈 2 井、牙哈 6 井等均钻遇前震旦系变质岩系。长城—青白口系广泛分布于中天山、阿尔金和昆仑等地区。由于中天山与塔里木基底岩系在建造类型方面具有很好的可比性,因此,中天山地块被认为是由塔里木陆块解体而来。周缘露头资料表明,震旦系与基底岩系之间存在区域性的角度不整合,它是晋宁运动的反映,在新疆地区被称为塔里木运动,它标志着包括中天山、塔里木在内的古新疆陆块的形成。

(2) 震旦—奥陶纪(克拉通坳陷、拗拉槽、被动大陆边缘发育阶段)

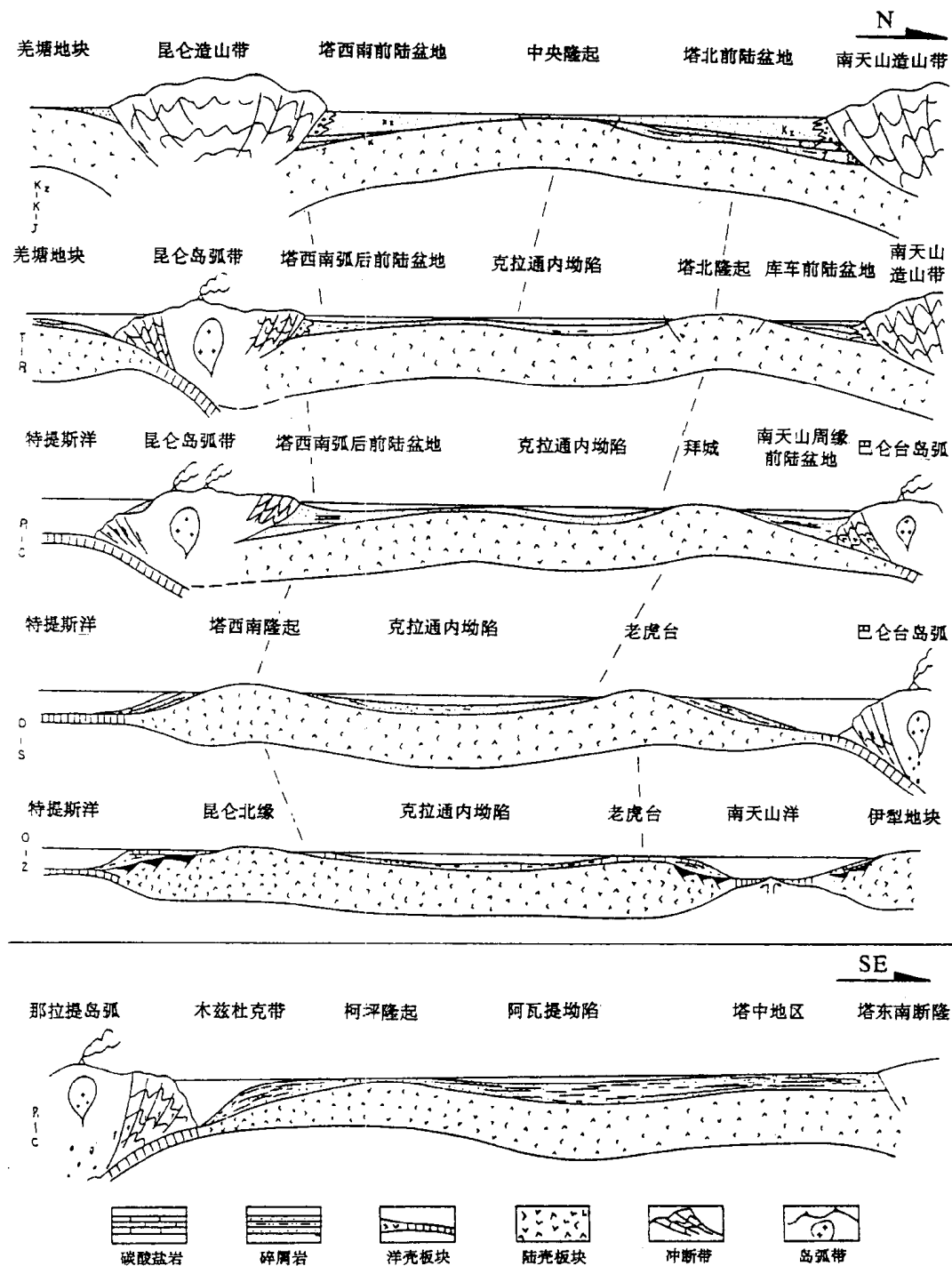


图 1-2 塔里木盆地构造演化模式图

震旦纪以后,伴随泛大陆的裂解和全球性地裂运动的发生,古新疆陆壳板块进一步解体,进而形成塔里木陆壳板块和中天山的伊犁地块。整个塔里木陆块及其周缘地区处于区域伸展环境,塔里木陆块南、北两侧的南天山和昆仑地区逐渐从早期的裂谷演化为被动大陆边缘。在塔里木周缘的库鲁克塔格和昆仑等地区的震旦系发育一套厚度变化大,富含火山岩的活动型裂谷建造。南天山硫磺山出露的奥陶系为放射虫硅质岩,反映出南天山在这一张性演化阶段已发展为成熟的被动大陆边缘,其北部地区已有洋壳存在(图 1-2)。

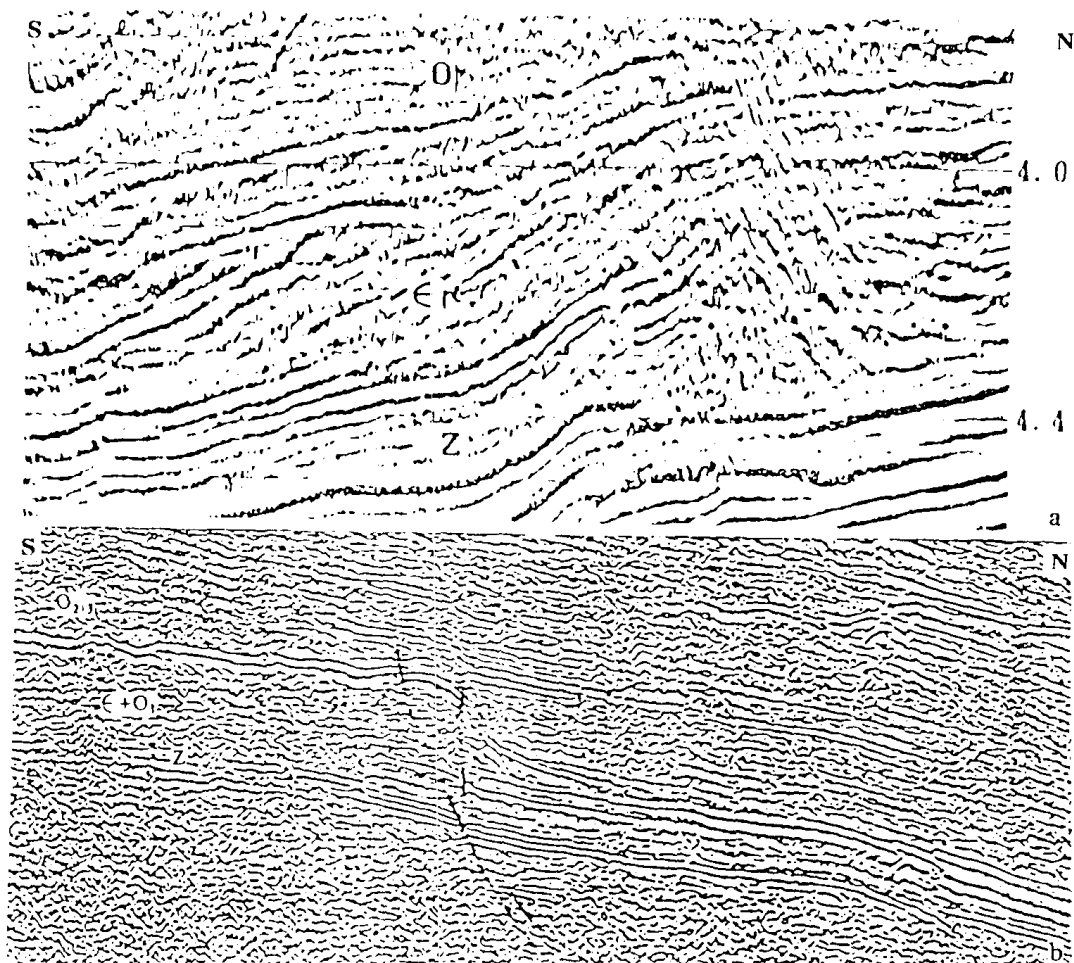


图 1-3 寒武—奥陶系斜坡相带地震反射特征

a. L88--288 剖面; b. NS-643 剖面

从塔里木南缘的铁克里克地区缺失下古生界,泥盆系自西往东呈超覆趋势和塔东南的阿尔金地区缺失震旦系—中寒武统,上寒武统一奥陶系自东而西也呈超覆之势来看,说明此阶段早期为隆起状态与铁克里克遥相呼应。二隆起很可能连成一体,构成塔里木南侧的边缘隆起带。阿尔金上寒武统一奥陶系在北区为类复理石深水沉积,与塔东 1 井相呼应,而南区为台地相碳酸盐岩,反映阿尔金在该阶段晚期隆起状态消失。

盆地覆盖区东西有别,根据地震反射结构和钻井揭示,西部寒武—奥陶系为台地相碳酸盐岩,沉积和沉降中心位于塔里木中央地区,沉积厚度最大,向两侧的麦盖提和塔北地区逐渐减薄,反映整个塔里木呈一宽缓的克拉通内部拗陷(图 1-2)。而东部的构造性质较复杂,贾承造(1992)在满加尔—库鲁克塔格地区识别出库—满拗拉槽,其主要观点是将库鲁克塔格裂谷与满加尔拗陷作为一个整体,区域走向为北东向,并且认为拗拉槽自北方大洋(指北天山以北)伸入塔里木陆块内。从地震剖面上可以清楚地辨认出满加尔及草湖次拗的西缘在寒武—奥陶纪时期存在明显的斜坡相带,斜坡相以斜交地震反射结构为特征(图 1-3),斜坡相带沿轮南隆起东缘(郭建华等,1995),往南经满参 1 井附近,延伸至且末与若羌之间,消失于且末断裂以北(图 1-4)。该斜坡相带呈向西凸出的宽缓弧形,并不明显收敛于库鲁克塔格地区,而且满加尔地区的震旦系在地震剖面上也不显示断陷特征。笔者认为,库鲁克塔格拗

拉槽并未延伸到满加尔地区,而满加尔坳陷可能为库鲁克塔格坳拉槽西南端的端部效应所致,坳陷区即为裂谷西端点的辐射区。

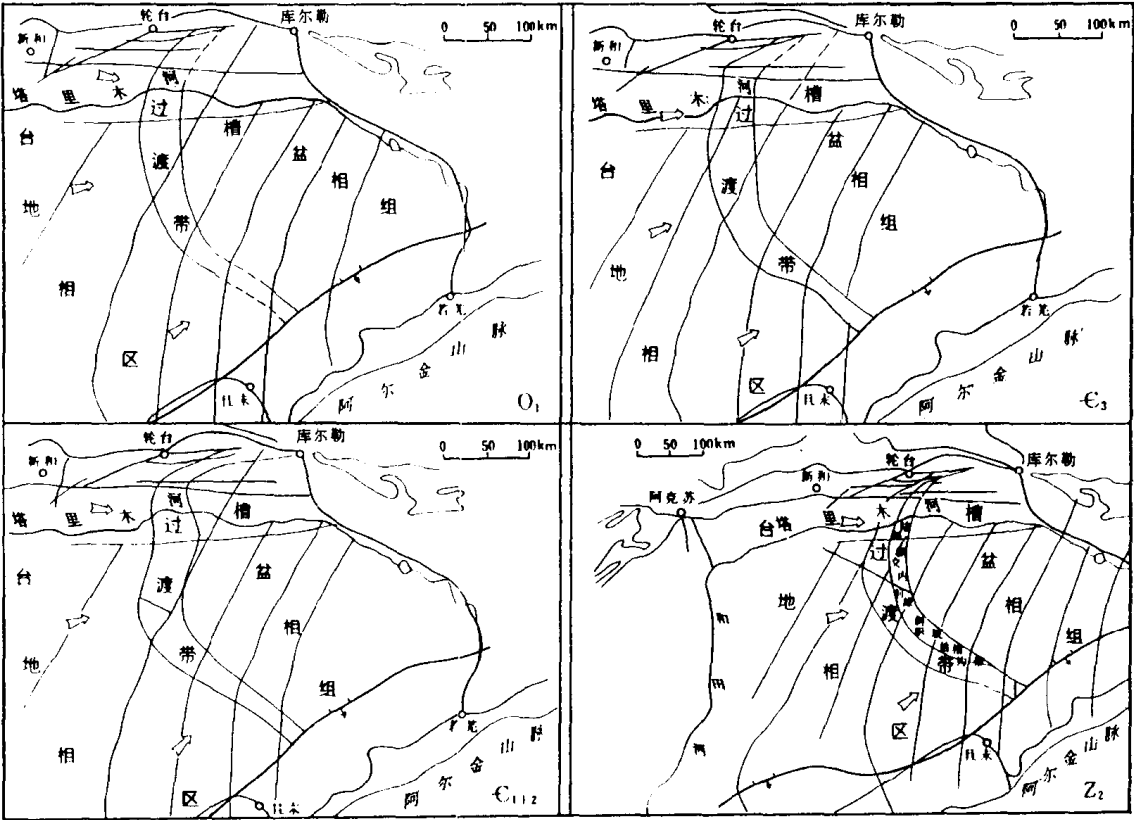


图 1-4 塔里木盆地东部地区 Z₂—O₁ 槽台边界过渡带位置
(据周东延,1992;略有修改)

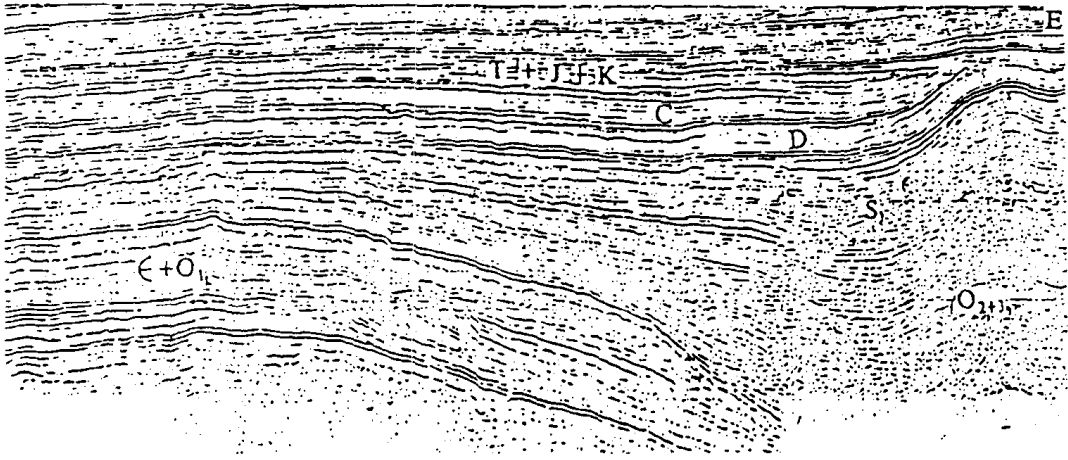


图 1-5 EW—500 剖面寒武—奥陶系不同相带的地震反射特征

斜坡相带以西以台地相碳酸盐岩沉积为主,以东的满加尔坳陷则以盆地相深水泥岩、泥灰岩沉积为主,塔东 1 井位于该相区。585 线、500 线等高质量沙漠剖面反映寒武系主要为一系 I 型地层层序,不发育低水位体系域,水进体系域及高水位体系域发育(图 1-5),陆架边缘体系域与水进体系域在地震剖面上难以分辨开。奥陶系则相反,主要为一套 I 型地层层

序,低水位体系域发育,盆底扇清晰可辨。寒武—奥陶系地层层序的变化不是偶然的,一定程度上反映了区域构造的演化;反之,也说明构造演化对地层层序的发育及演化具有控制作用。盆地模拟表明(陈发景,1992),裂谷型盆地的构造沉降史一般表现为减速特征,即早期沉降速度快,后期逐渐减慢,最后趋于一条水平渐近线。这种减速的构造沉降史与绝对海平面升降曲线叠加,便是产生早期Ⅱ型层序和晚期Ⅰ型层序的根本原因。而这种减速的构造沉降则是由于上升的地幔隆起后来表现的热冷却所致,热冷却造成区域性沉降,即所谓坳拉槽在裂谷期后的区域坳陷期。

(3) 志留—泥盆纪(克拉通边缘隆升与内部坳陷阶段)

塔里木南缘的昆仑山地区仍然为被动大陆边缘环境(图1-2),沉积了一套稳定的碎屑岩夹碳酸盐岩建造。但大部分受到不同程度的变质,可能与该区后来转变为活动大陆边缘而成为岛弧带有关。昆仑北缘的铁克里克地区缺失志留系,泥盆系具有东薄西厚的特征。根据地震解释,盆地覆盖区玛参1井及其以南地区缺失志留—泥盆系,石炭系直接与奥陶系不整合接触。这种地层展布特征明显反映出塔里木南侧的边缘隆起向北发生了迁移(图1-2)。塔东南的阿尔金地区普遍缺失志留—泥盆系,上石炭统与奥陶系及更老的地层呈角度不整合接触,反映阿尔金地区在志留—泥盆纪演化阶段再一次上升为陆。作者认为它与祁连山向北俯冲乃至柴达木陆块与阿拉善地块在加里东期的碰撞事件有关,这种板块运动必然引起阿尔金地区产生左旋压扭环境,致使阿尔金再次隆升为陆。

与此同时,南天山洋由离散环境转化为聚敛环境,南天山洋壳向北俯冲于中天山伊犁板块之下,从而形成那拉提—巴仑台岛弧带。岛弧带发育大套凝灰岩、安山岩及火山角砾夹灰岩、碎屑岩等活动型岛弧建造。南天山主要为碎屑岩夹碳酸盐岩的稳定型建造,火山岩不发育,槽台论者称之为冒地槽。此阶段在塔里木北缘的老虎台、霍拉山至铁门关一带存在一个边缘隆起带,沿隆起带石炭系与寒武—奥陶系或前震旦基底岩系呈不整合接触。如在霍拉山南侧的野云沟地区,野云沟组($C_{1,yg}$)可超覆在下古生界片麻岩之上,在拜城县的老虎台地区,则表现为康克林组(C_3k)超覆在元古宇或太古宇之上。再往东至库鲁克塔格隆起核部缺失志留—泥盆系,该套地层分布于库鲁克塔格隆起的北、东、南等周缘地带,说明库鲁克塔格地区在该阶段已处于隆起状态。

根据地震剖面解释及钻井资料,塔里木中央隆起带的巴楚隆起段志留—泥盆系较全,塔中低隆东段西厚东薄,而东部的塔东隆起则缺失,塔东1井便位于该区。隆起北缘志留—泥盆系往南减薄,尖灭的方式有两种,一是往南超覆,沉积减薄;二是该套地层受到严重剥蚀,说明中央隆起带的东段在该阶段已经具有一定的隆起雏形,有东强西弱的特点,并且在此阶段未得到了空前的发展。板块内的阿瓦提—满加尔地区则继续沉降,满加尔坳陷继续表现为沉降及沉积中心。地震反射结构为平行状,在坳陷两侧显著变薄,并发育宽缓楔状结构,与寒武—奥陶系反射结构具有明显差异。这种差异也反映了两阶段盆地沉降机理的不同,志留—泥盆纪时期,受南天山洋俯冲和柴达木陆块碰撞的影响,塔里木板块东部在这种南北受挤压的应力场作用下,在南北两侧的边缘地带出现大型宽缓的边缘隆起带,塔里木内部则为挤压背景下的克拉通内沉降区(图1-2),隆起带东高西低,坳陷带则相反,具有东深西浅的格局。叶连俊等将这种与水平挤压有关的克拉通内坳陷称为褶陷盆地。陈发景等(1992)称之为类前陆盆地。这种大隆大坳的格局是盆地发育浊水陆源碎屑岩,区别于寒武—奥陶系清水自源碳酸盐岩沉积的主要原因。

1.1.2 石炭纪构造演化与盆地性质

(1) 石炭纪构造演化(前陆盆地、前陆隆起带的形成与克拉通内坳陷)

石炭纪沉积之前或泥盆纪末,塔里木盆地及其周缘地区构造环境发生了巨大变化。一方面,南天山洋壳基本上俯冲消减完毕,并在东段发生了过渡壳板块与中天山陆块的初级碰撞。与此同时,南天山西段的俯冲速度加快。石炭纪时期,南天山实质上已演变为残余海盆,并以过渡型地壳为基底,发育一套碳酸盐岩、碎屑岩及蒸发岩的混合型岩石组合。这种残余海盆类似于印度恒河盆地及中东的波斯湾盆地,盆地以俯冲板块为基底,属于典型的周缘前陆盆地(图1-2)。盆地沉降机理为俯冲造山乃至碰撞造山作用形成的褶皱冲断带作为构造负载作用于前陆岩石圈板块之上,导致板块挠曲下沉,这种构造沉降的幅度和范围得到沉积负荷作用的进一步加强。盆地靠近造山带一侧沉降量大,向克拉通方向逐渐减弱,整体上表现为不对称的箕状几何形态。前陆盆地在克拉通一侧往往出现前缘隆起带,随着褶皱冲断带向克拉通方向的迁移,前陆盆地和前缘隆起常常随之发生迁移。塔里木盆地北缘的老虎台—霍拉山隆起带在石炭纪时期向南迁移到拜城—吐格尔明一带,库鲁克塔格隆起也相应地发展到孔雀河一带。

另一方面,昆仑南部至此结束了被动大陆边缘环境,石炭纪转化为活动大陆边缘环境,古特提斯洋开始向北俯冲,在昆仑南部发育一套碎屑岩,碳酸盐岩互层夹多套安山岩、凝灰岩等活动型岛弧建造。昆仑地区首次出现科迪勒拉型俯冲造山带,致使泥盆系及其更老的地层发生区域变质。塔里木盆地南缘的铁克里克地区石炭系发育一套滨海—浅海相碳酸盐岩及泥质岩,主要分布在该区西部,厚达2100m,东部缺失下石炭统,上石炭统直接超覆于泥盆系或中、新元古界之上,厚度减小至400m左右。据地震资料解释,塔西南覆盖区石炭系厚达2000m左右,向北逐渐变薄。根据其大地构造背景,塔西南地区石炭纪时期属于科迪勒拉型弧后前陆盆地(图1-2)。弧后前陆盆地属于挤压型盆地,有别于日本海、中国东海等西太平洋型的弧后张性盆地;另外,它与周缘前陆盆地的区别主要在于弧后前陆盆地与造山带位于同一陆壳岩石圈板块,即仰冲板块基底上,挤压环境下的弧后褶皱冲断带是前陆盆地岩石圈挠曲沉降的构造负载。

由于石炭纪阶段塔里木陆块仍然处于挤压环境,因此,塔里木腹地的阿瓦提—满加尔坳陷保持了志留—泥盆纪时期褶皱盆地的性质,属于挤压型克拉通内部坳陷的次级构造单元。

另外,由于泥盆纪与石炭纪大地构造环境的巨变,使得塔里木板块经历了一次大的应力调整,发生了规模巨大的海西早期运动,结果形成了区域角度不整合。塔里木盆地周缘的铁克里克、阿尔金、老虎台—野云沟、柯坪等地区,盆地腹地的麦盖提斜坡、塔中、轮南等地区均普遍存在石炭系与下伏不同时代的老地层直接接触。构造运动的强度还表现出东强西弱的特征,中央隆起带西部的巴楚断隆志留—泥盆系保存较好,中部塔中隆起的该套地层西厚东薄,TZ1井以东及整个塔东隆起志留—泥盆系被剥蚀殆尽;塔北隆起带与中央隆起带结构相似,柯坪隆起志留—泥盆系保存完好,塔北隆起西部的英买力地区石炭系与泥盆系接触,而东部的轮南地区石炭系与下奥陶统直接接触,志留—泥盆系及中—上奥陶统被剥蚀,再往东的库鲁克塔格隆起核部则缺失志留系以上的地层。海西早期运动不仅使区域构造格局发生了变化,而且还是局部构造的形成期,形成一系列下伏层的背斜、断块及潜山型圈闭。

(2) 石炭纪构造迁移现象

构造迁移现象是该阶段构造演化的另一重要特征,表现为隆起和坳陷带在南北方向上