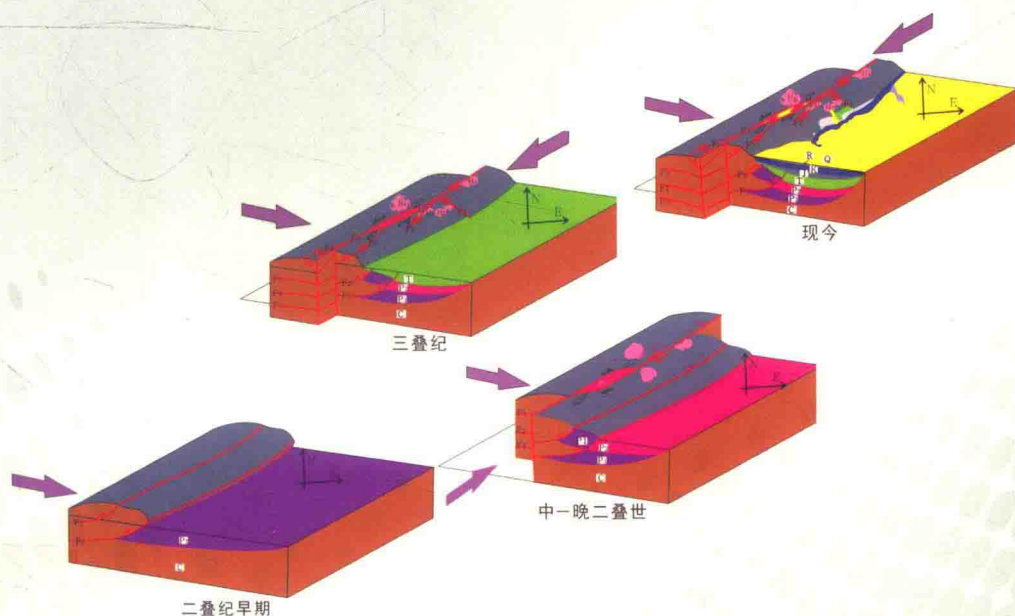


玛湖凹陷西斜坡 断裂结构及其对油气成藏的控制作用

THE FAULT ZONE ARCHITECTURE AND ITS CONTROLLING EFFECTS ON HYDROCARBON IN THE WESTERN SLOPE OF MAHU DEPRESSION

支东明 吴孔友 阿布力米提·依明 秦志军 等著



石油工业出版社

玛湖凹陷西斜坡断裂结构及其 对油气成藏的控制作用

支东明 吴孔友 阿布力米提·依明 秦志军 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书对准噶尔盆地玛湖凹陷达尔布特断裂带断裂特征做了详细介绍,对断裂带结构划分及成岩封闭作用进行了论述,进一步分析了断裂控藏作用机理。

本书可供从事油气勘探工作的科研人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

玛湖凹陷西斜坡断裂结构及其对油气成藏的控制作用/支东明等著.
北京:石油工业出版社,2017.3

(准噶尔盆地油气勘探开发系列丛书)

ISBN978-7-5183-1812-4

I. 玛…

II. 支…

III. 准噶尔盆地-断裂带-油气藏形成-研究

IV. P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据字(2017)第041593号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号楼 100011)

网 址:www.petropub.com

编辑部:(010)64523543 图中营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2017年3月第1版 2017年3月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:10.5

字数:251千字

定价:80.00元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

序

准噶尔盆地位于中国西部,行政区划属新疆维吾尔自治区。盆地西北为准噶尔界山,东北为阿尔泰山,南部为北天山,是一个略呈三角形的封闭式内陆盆地,东西长 700 千米,南北宽 370 千米,面积 13 万平方千米。盆地腹部为古尔班通古特沙漠,面积占盆地总面积的 36.9%。

1955 年 10 月 29 日,克拉玛依黑油山 1 号井喷出高产油气流,宣告了克拉玛依油田的诞生,从此揭开了新疆石油工业发展的序幕。1958 年 7 月 25 日,世界上唯一一座以石油命名的城市——克拉玛依市诞生。1960 年,克拉玛依油田原油产量达到 166 万吨,占当年全国原油产量的 40%,成为新中国成立后发现的第一个大油田。2002 年原油年产量突破 1000 万吨,成为中国西部第一个千万吨级大油田。

准噶尔盆地蕴藏着丰富的油气资源。油气总资源量 107 亿吨,是我国陆上油气资源当量超过 100 亿吨的四大含油气盆地之一。虽然经过半个多世纪的勘探开发,但截至 2012 年底石油探明程度仅为 26.26%,天然气探明程度仅为 8.51%,均处于含油气盆地油气勘探阶段的早中期,预示着巨大的油气资源和勘探开发潜力。

准噶尔盆地是一个具有复合叠加特征的大型含油气盆地。盆地自晚古生代至第四纪经历了海西、印支、燕山、喜马拉雅等构造运动。其中,晚海西期是盆地坳陷构造格局形成、演化的时期,印支—燕山运动进一步叠加和改造,喜马拉雅运动重点作用于盆地南缘。多旋回的构造发展在盆地中造成多期活动、类型多样的构造组合。

准噶尔盆地沉积总厚度可达 15000 米。石炭系—二叠系被认为是由海相到陆相的过渡地层,中、新生界则属于纯陆相沉积。盆地发育了石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系六套烃源岩,分布于盆地不同的凹陷,它们为准噶尔盆地奠定了丰富的油气源物质基础。

纵观准噶尔盆地整个勘探历程,储量增长的高峰大致可分为西北缘深化勘探阶段(20 世纪 70—80 年代)、准东快速发现阶段(20 世纪 80—90 年代)、腹部高效勘探阶段(20 世纪 90 年代—21 世纪初期)、西北缘滚动勘探阶段(21 世纪初期至今)。不难看出,勘探方向 and 目标的转移反映了地质认识的不断深化和勘探技术的日臻成熟。

正是由于几代石油地质工作者的不懈努力和执着追求,使准噶尔盆地在经历了半个多世纪的勘探开发后,仍显示出勃勃生机,油气储量和产量连续 29 年稳中有升,为我国石油工业发展做出了积极贡献。

在充分肯定和乐观评价准噶尔盆地油气资源和勘探开发前景的同时,必须清醒地看到,由

于准噶尔盆地石油地质条件的复杂性和特殊性,随着勘探程度的不断提高,勘探目标多呈“低、深、隐、难”特点,勘探难度不断加大,勘探效益逐年下降。巨大的剩余油气资源分布和赋存于何处,是目前盆地油气勘探研究的热点和焦点。

由新疆油田公司组织编写的《准噶尔盆地油气勘探开发系列丛书》在历经近两年时间的努力,今天终于面世了。这是第一部由油田自己的科技人员编写出版的专著丛书,这充分表明我们不仅在半个多世纪的勘探开发实践中取得了一系列重大的成果、积累了丰富的经验,而且在准噶尔盆地油气勘探开发理论和技术总结方面有了长足的进步,理论和实践的结合必将更好地推动准噶尔盆地勘探开发事业的进步。

系列专著的出版汇集了几代石油勘探开发科技工作者的成果和智慧,也彰显了当代年轻地质工作者的厚积薄发和聪明才智。希望今后能有更多高水平的、反映准噶尔盆地特色地质理论的专著出版。

“路漫漫其修远兮,吾将上下而求索”。希望从事准噶尔盆地油气勘探开发的科技工作者勤于耕耘,勇于创新,精于钻研,甘于奉献,为“十二五”新疆油田的加快发展和“新疆大庆”的战略实施做出新的更大的贡献。

新疆油田公司总经理

2012.11.8



前言

断裂是含油气盆地中最重要的构造类型之一,在油气运聚成藏方面起关键控制作用。通常情况下,断裂并非为一个简单的“面”,而是具有复杂内部结构的三维“体”,可以划分为滑动破碎带和诱导裂缝带两大结构单元。不同结构单元的岩石破碎程度不同,导致油气在其中的运移规律也有明显的差异,因此,深入了解断裂带内部结构的发育特征对于探讨断层封闭性及油气分布规律具有重要的理论和现实意义。玛湖凹陷西斜坡属于准噶尔盆地西北缘的一部分,是准噶尔盆地油气最为富集的地区。由于该区地处扎伊尔山山前,受达尔布特断裂走滑作用、克拉玛依一百口泉断裂逆冲作用的影响,断裂极为发育,断块型圈闭为最主要的含油气圈闭类型,这也使得分析断裂在油气运移、成藏中的作用显得尤为重要。然而,受到研究资料和方法的限制,在该区关于断裂带内部结构特征及油气成藏的研究较少。

针对断裂带结构在油气成藏中的重要作用和目前的研究现状,本书对玛湖凹陷西斜坡主要断裂的构造特征、内部结构、形成机理、封闭性等方面进行了深入剖析,并详细地分析了断裂对油气成藏的控制作用,主要内容分为六章。第一章为构造特征及演化背景。在分析准噶尔盆地结构及玛湖凹陷西斜坡构造背景的基础上,分别探讨了超剥带、断褶带、单斜带内部的构造发育特征,并利用构造物理模拟实验,分析了玛湖凹陷西斜坡的构造演化。第二章为达尔布特断裂走滑特征及活动期次。西斜坡内发育的达尔布特断裂是玛湖凹陷西斜坡重要的断裂,其走滑作用在一定程度上控制了西斜坡构造的发育及演化,本书中综合利用野外地质调查、地球物理、物理模拟实验等方法,分析了达尔布特断裂的发育特征、演化活动历史及形成机理。第三章高角度断裂特征及形成机理。主要分析在达尔布特断裂走滑作用影响下,西斜坡发育的高角度断裂构造特征及形成机理。第四章为断裂结构划分及成岩封闭作用。在断裂构造发育特征研究基础上,利用野外、地震、测井、岩心等多方面资料,对断裂带内部结构进行了详细的研究。在此基础上,分压实、充填、胶结作用等方面对断层封闭性进行了评价。第五章断裂控藏作用则分别对高角度断裂、低角度断裂的控藏作用进行了探讨。最后,第六章为得到的主要认识和结论。

从构造特征看,玛湖凹陷西斜坡可划分为超剥带、断褶带和单斜带三个构造单元,不同构造单元构造特征差异明显。受达尔布特断裂走滑作用的影响,在西斜坡发育大量的高角度断层,剖面上构成了明显的“花状构造”,平面上形成典型的扭动断裂体系,构成了复杂的平、剖面组合样式。断裂结构研究结果表明,不同规模的断裂其内部结构发育程度有所差异,级别越

高、活动时期越长的断裂,内部结构越完整,断裂带的宽度也越大,且断裂带的厚度与垂直断距呈指数关系。成岩胶结作用对断裂带的封闭性影响巨大,不同结构单元封闭能力和封闭历史也有所不同。西斜坡断裂带内胶结作用强、胶结物类型多,胶结物的来源与原岩密切相关。在断裂控藏作用上,低角度断层控制了西斜坡主力烃源岩的分布、储层及各类圈闭的发育,而高角度断裂的形成期与油气生成期匹配合理,构成了垂向良好的油气运移通道。静止期,在断面应力、泥质充填和泥岩涂抹作用下封闭性较好,高角度断裂能够形成有效的油气圈闭,空间上构成“墙角式”和“花状”两种成藏模式。经过综合研究,提出了高角度断裂围限的断块、断鼻是西斜坡下一步油气勘探的重点目标。

本书是在系统总结新疆油田玛湖凹陷西斜坡多年勘探成果的基础上而成,成书过程中参阅了大量中、英文资料,七易其稿,精心编著。在压性断裂带结构划分、差异性评价技术及其控藏作用研究方面形成创新性成果。该书不仅可以为在压性盆地工作的石油地质工作者提供参考,也可为高校研究生学习提供一定的指导。然而,由于篇幅与时间关系,书中错误与纰漏在所难免,欠妥之处敬请读者不吝赐教,以作改进之动力。在书稿写作的过程中得到中国石油天然气集团公司新疆油田分公司各级领导、专家的悉心帮助和大力支持,为本书的顺利出版提供了强有力的支持,再次表示衷心感谢。在本书的修改过程中,得到了中国石油勘探开发研究院吴晓智高级工程师的宝贵建议,在此深表谢忱。

CONTENTS 目录

第一章 构造特征及演化背景	(1)
第一节 构造背景	(1)
第二节 构造特征	(5)
第三节 构造演化	(18)
第二章 达尔布特断裂走滑特征与活动期次	(28)
第一节 达尔布特断裂特征	(28)
第二节 达尔布特断裂活动历史	(39)
第三节 达尔布特断裂带形成机理	(44)
第三章 高角度断裂特征及形成机理	(48)
第一节 走滑构造的基本概念	(48)
第二节 高角度断裂特征	(52)
第三节 高角度断裂形成机理	(55)
第四章 断裂带结构划分及成岩封闭作用	(58)
第一节 断裂带结构特征	(58)
第二节 压实作用与充填作用对断层封闭性的影响	(70)
第三节 胶结作用对断层封闭性的影响	(96)
第五章 断裂控藏作用分析	(134)
第一节 低角度断裂控藏作用	(134)
第二节 高角度断裂控藏作用	(147)
第六章 结论与认识	(150)
参考文献	(152)

第一章 构造特征及演化背景

准噶尔盆地是中国西部重要的含油气盆地,勘探面积近 $13 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该盆地位于新疆北部,属于欧亚板块的一部分。受古生代的古亚洲体系域、中—新生代的特提斯构造体系域和环西太平洋构造体系域 3 大构造体系域的共同作用(朱夏,1983),形成了极为复杂的构造特征。

玛湖凹陷西斜坡属于准噶尔盆地西北缘的一部分,具体是指扎伊尔山至玛湖凹陷之间的区域。准噶尔盆地西北缘的构造变形主要受准噶尔盆地及周边地区古生代以来区域构造应力场控制,特别是受西准噶尔板内造山带(扎伊尔山—哈拉阿拉特山)对准噶尔盆地的挤压作用以及西准噶尔板内造山带与准噶尔盆地西部之间的剪切作用影响。在复杂的区域应变场中,西北缘主要表现为逆冲收缩构造变形,同时也有走滑构造变形的表现。这种山前复杂断裂带的构造特征对油藏的分布有着重要的控制作用。早在 20 世纪 80 年代初就已开始系统总结准噶尔盆地西北缘的构造变形特征及其控油规律(尤绮妹,1983;张国俊等,1983;林隆栋,1984;谢宏等,1984),建立起了西北缘逆掩断裂带模式,总结出了四大找油领域,即推覆体下盘掩伏带及前沿、推覆体前沿断块带、推覆体上地层超覆尖灭带和推覆体主体,同时还认识到近东西向的构造调节带(变换带)是富油气聚集带(尤绮妹,1983;张国俊等,1983)。20 世纪 90 年代,开展了西北缘油区第二次油气资源评价,利用当时的二维地震勘探资料进行了系统的连片成图,使西北缘断裂带及部分斜坡区的构造轮廓整体展现出来。何登发等(2004)利用西北缘冲断带中发育的北西向横断层将该逆冲推覆带划分为红山嘴—车排子(红—车段)、克拉玛依—百口泉(克—百段)及乌尔禾—夏子街(乌—夏段)三段,并分别阐述了冲断带内构造发育特征及对西北缘构造演化的重要作用。近年来,随着石油勘探的进行,在准噶尔盆地西北缘构造(何登发等,2004)、构造与沉积的关系(雷振宇等,2005)、构造与油气成藏的关系(陶国亮等,2006;蔚远江等,2007;匡立春等,2007)等方面又都取得了重大进展,所得的成果及认识有效地指导了西北缘的油气勘探。目前已在同处于西北缘造山带的哈拉阿拉特山山前掩覆带发现了油气资源(2013 年钻探掩覆带的哈深 2 井和哈深斜 1 井先后获得工业油流),显示着西北缘掩覆带的良好勘探前景。近年来,实施了跨山的二维地震测线及时频电法测线,为开展扎伊尔山山前掩覆带地质结构研究补充了重要的资料。

本章通过结合多年研究成果及前人认识,力图系统地展现玛湖凹陷西斜坡构造特征及演化模式。

第一节 构造背景

一、准噶尔盆地构造背景

在大地构造上,准噶尔盆地夹持在塔里木板块、西伯利亚板块和哈萨克斯坦板块之间(图 1-1)(王鸿祯等,1990)。该盆地周缘为褶皱山系所环绕,形似三角形,西北缘为扎伊尔山和哈拉阿拉特山,东北缘为阿尔泰山、青格里底山和克拉美丽山,南缘为天山山脉的博格达山和

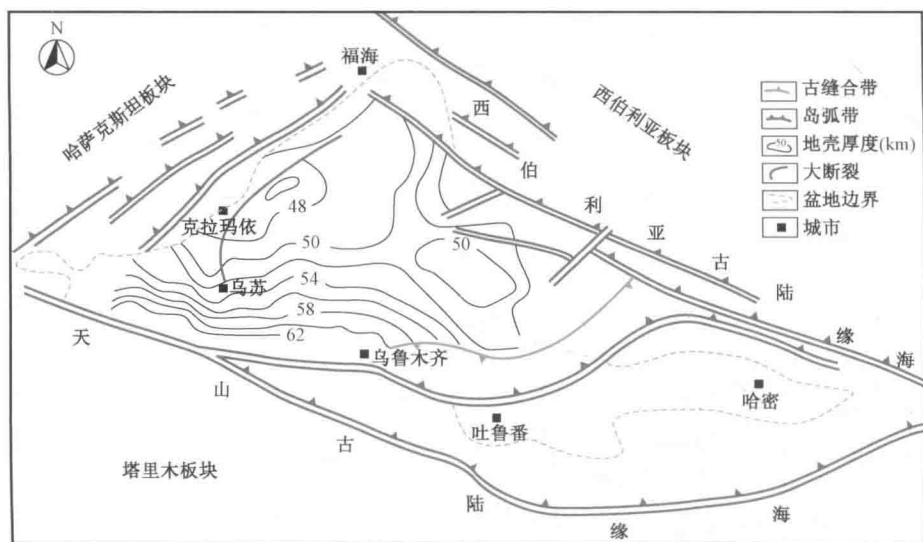


图 1-1 准噶尔盆地大地构造位置(据中国科学院地学部,1989)

依林黑比尔根山。关于准噶尔盆地(地块)与哈萨克斯坦板块的关系存在两种观点,一是认为准噶尔板块最初为哈萨克斯坦板块的一部分,后期板块演化过程中逐渐分离再会合(张耀荣,1988;肖序常,1992;康玉柱,2003;陈业全等,2004;陈发景等,2005;张朝军等,2006);二是认为准噶尔地块本来就是独立的,是漂移于古亚洲洋中的一个古老中间地块(杨宗仁等,1987;吴庆福,1987;涂光帜,1993)。

根据准噶尔盆地现今大地构造位置及构造形态,结合盆地重、磁、电勘探结果,准噶尔盆地更应该属于哈萨克斯坦板块的东延部分,即古生代及其以前时期,盆地基底介于古西伯利亚板块与古塔里木板块之间,其北侧与西伯利亚板块之间、南侧与塔里木板块之间存在一个广阔的大洋(吴孔友等,2010)。

二、准噶尔盆地结构及基底组成

准噶尔盆地是晚古生代至中—新生代持续发育的多旋回大型叠合盆地,由基底、盖层构成双层结构。基底部分由石炭系组成,盖层部分包括二叠系—第四系。目前的研究中关于准噶尔盆地盖层的内容较为丰富,地震勘探资料良好,完整地揭示了盖层的结构,但是关于基底的研究尚处于起步阶段,由于在准噶尔周缘尚未发现有古老基底岩石的出露,因此,关于该盆地的基底性质仍存在较大争议。总结来看,目前关于该盆地基底性质主要有四种观点。

第一,有研究者认为,准噶尔盆地具有前寒武纪变质结晶基底(吴庆福,1987;Jun 等,1998;Huang 等,2014),费鼎和张新生(1987)通过对准噶尔地区航磁异常进行解释认为,在该盆地内有一个范围比盆地略小的以前寒武系为基底的稳定地块。张前锋等(1996)利用 Sm-Nd 同位素测得东准噶尔小石头泉出露的变质岩年龄为 $(670 \pm 81) \text{ Ma}$,认为存在有晚震旦世早期的变质岩残块。李亚萍等(2007)在准噶尔盆地东北缘卡拉麦里组砂岩中发现了前寒武纪碎屑锆石信息,推断其物源区可能为前寒武纪基底。Long 等(2012)对准噶尔盆地东缘黄草坡组和库布苏组硬砂岩碎屑锆石年龄测试表明,其内部由 950—740Ma、2.0—1.7Ga 和约 2.7Ga

三组前寒武纪年龄峰,显示了其可能具有前寒武纪基底来源。Xu 等(2015)通过对准噶尔盆地东北缘 Taheir、Dazigou、Shuangchagou 地区进行年代学研究认为,准噶尔地体存在有三个前寒武纪基底单元,包括 2.7—2.1Ga 的 Taheir—Kalamaili—Dazigou 改造型太古宙地壳、2.5—1.8Ga shuangchagou—Luliang 地壳以及 1.86—1.7 Ga Tianshan 地壳。

第二种观点认为,准噶尔盆地基底为大陆地壳,但是并非为前寒武纪基底,例如,He 等(2013)对准噶尔盆地莫索湾凸起莫深 1 井石炭系安山质凝灰岩进行了年代学研究,获得锆石结晶年龄为 (331.7 ± 3.8) Ma,而地球化学研究结果表明这些安山质凝灰岩产出岛弧环境,据此认为准噶尔盆地的基底可能为新生地壳。此外,在研究中还获得了一颗前寒武纪锆石,年龄为 1243.2Ma,但分析认为其可能为捕获围岩中的锆石。Chen 和 Jahn(2004)对准噶尔盆地周缘碰撞后花岗岩进行了地球化学研究认为,该盆地的基底也为一个新生的大陆地壳,并且与早古生代洋壳和岛弧在晚古生代的俯冲增生有关。

第三种观点认为,准噶尔盆地的基底为洋壳。例如,Carroll 等(1990)认为在准噶尔盆地前寒武纪基底从未出露,盆地的基底应为洋壳组成。江远达(1984)对准噶尔盆地内五个大岩体中的 2910 个捕虏体进行了统计,在这些捕虏体中未发现一个属于前寒武系—前震旦系及古老变质岩系的捕虏体,而超过 99.9% 为洋壳性质的捕虏体。其中,大约 45.1% 的捕虏体为大洋中脊岩石的捕虏体如橄长岩类、辉长岩类、闪长岩类及其蚀变产物;29.2% 的捕虏体为标准洋壳岩石的捕虏体,如玄武岩类、安山岩类、凝灰岩类及其蚀变产物;25.6% 的捕虏体属于典型的深海硅质、泥沙质建造及其蚀变产物。Chen 如 Arakawa(2005)通过对庙沟和克拉玛依岩体的地球化学研究认为西准噶尔褶皱带下部基底为古生代岛弧和洋壳。

此外,还有一种观点认为,准噶尔盆地的基底为多个小型的岛弧或地体增生而成。郑建平等(2000)根据 Sr—Nd 同位素及锆石年龄分析认为准噶尔盆地的基底是由环绕哈萨克斯坦板块、塔里木板块和西伯利亚边缘的岛弧系统组成。王方正等(2002)也支持这种观点认为准噶尔盆地基底火山岩主要为玄武岩和安山岩,并且该基底由分属于周边的哈萨克斯坦、塔里木和西伯利亚板块的年轻岛弧增生地体拼合而成。曾广策等(2002)也认为准噶尔盆地的基底是由三部分拼合而成,分别为哈萨克斯坦板块东南部边缘、西伯利亚板块西南部边缘和塔里木板块的北部边缘。

通过总结前人的研究认为,虽然目前尚无确切的证据表明准噶尔盆地深部存在有前寒武纪基底,但是随着近年来研究手段和研究资料的日益丰富,不能完全排除前寒武纪基底的存在。此外,关于该盆地基底为洋壳还是陆壳争议仍较大,彭希龄(1994)从火山岩的化学成分和年龄、放射虫硅质岩的沉积环境、深部地球物理资料响应、火山岛弧区域洋盆地壳区别、盆地沉积充填演化、蛇绿岩套的分布和规模等方面,结合野外资料,认为该盆地的基底很可能为陆壳。大地电磁测深资料显示,在准噶尔盆地深部电性层具有阻值低、横向稳定、水平延伸范围广等特点,显示了该盆地基底应该有稳定古老基地的存在。因此,综合研究,本书倾向于认为该盆地基底应属于陆壳性质。

三、准噶尔盆地玛湖凹陷西斜坡构造背景

准噶尔盆地西北缘是指位于扎伊尔山—哈拉阿拉特山东南侧的盆山过渡区,是盆地内油气最为富集的构造带。其东邻玛湖凹陷,西部为扎伊尔山和哈拉阿拉特山,南部为中拐凸起,

北至夏子街,长约 250km,宽 20~30km,总面积约 5000km²,总体呈北东向展布(图 1-2)。玛湖凹陷西斜坡为准噶尔盆地西北缘的一部分,是指扎伊尔山至玛湖凹陷之间的部分。西斜坡的南部为中拐凸起,北临夏子街,整体呈狭长形沿北东—南西向展布,长约 100km,宽 45km。

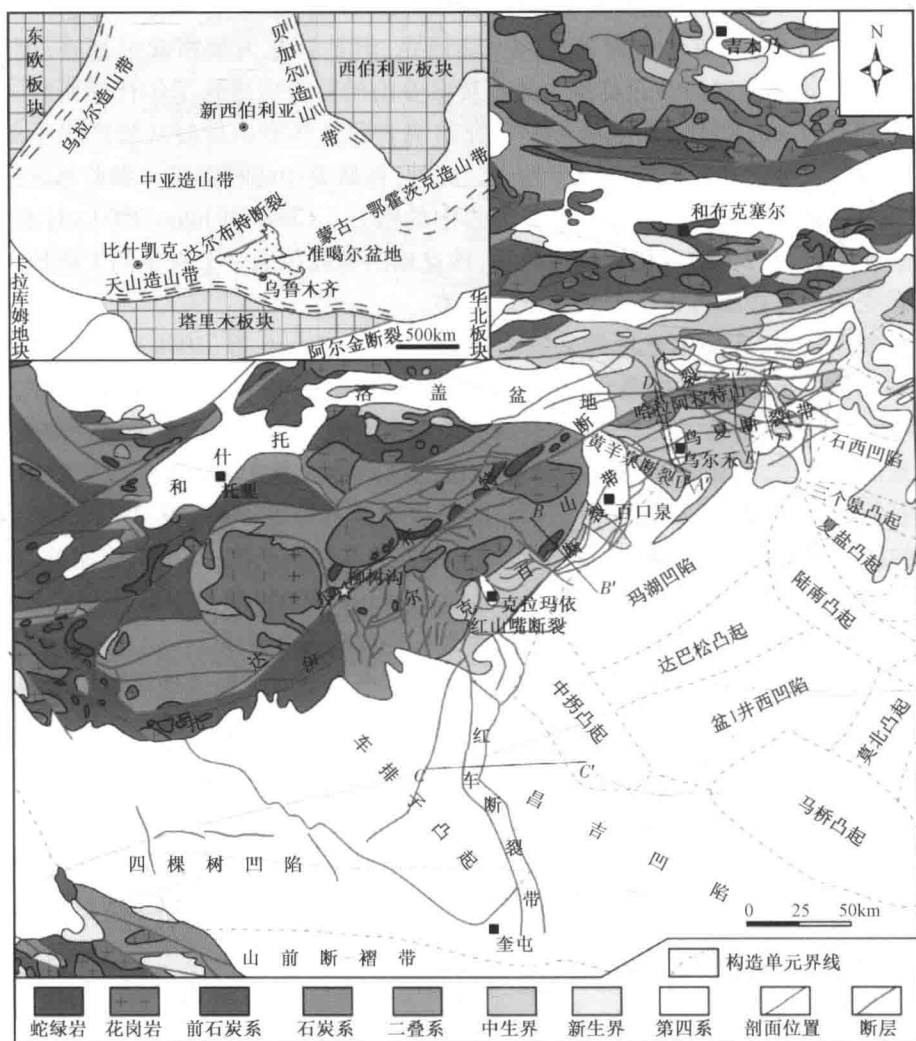


图 1-2 准噶尔盆地西北缘及邻区地质简图(据隋风贵,2015)

在大地构造分区上,准噶尔盆地西北缘属于哈萨克斯坦—准噶尔板块准噶尔微板块之唐巴勒—卡拉麦里古复合沟弧带和东南角准噶尔中央地块(肖序常,1992)。整个西北缘不仅受哈萨克斯坦板块内部的地块间相向运动的影响,还受西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块、塔里木板块之间相互作用的影响,构造背景极为复杂。

在构造位置上,准噶尔盆地西北缘处于西准噶尔造山带与准噶尔地块之间(Wu 等, 2013),构造位置属前陆冲断带,是古生代晚期—中生代早期发展起来的大型冲断推覆系统(张国俊等,1983)。根据最为明显的北西向横断层(红山嘴东侧断裂和黄羊泉断裂),可将西北缘冲断带由西南向东北分割为南北向的红—车断裂带、北东向的克—百断裂带与北东东—

东西向的乌—夏断裂带三段(何登发等,2004)。在构造演化上,由于西北缘紧邻准噶尔界山,其形成与演化受造山带的控制。西准噶尔界山(扎伊尔山和哈拉阿拉特山)是准噶尔地块与哈萨克斯坦板块相互碰撞拼接的缝合线(陈业全等,2004;吴孔友等,2005;张朝军等,2006)。扎伊尔山原属巴尔喀什地块陆缘古生代沉积区,后经逆冲推覆于准噶尔地块西北边缘,现今以异地推覆体的形式存在,其间发育巴尔勒克、托里、哈图及达尔布特等岩石圈深大断裂,以东部的达尔布特断裂与准噶尔盆地分界(马宗晋等,2008;曲国胜等,2009)。沿达尔布特断裂分布着西准噶尔典型的蛇绿岩套(侵位时间为早石炭世末期)(冯益民,1986;张弛等,1992;徐新等,2006;陈石等,2010),盆地西北缘克拉玛依—乌尔禾断裂带(克—乌断裂带)属达尔布特断裂带的一个分支断裂(中国科学院地学部,1989),是A型俯冲带上的薄皮构造(吴庆福,1985;张恺,1989)。界山上最新的地层为下石炭统较典型的蛇绿岩建造。泥盆系以中酸性火山岩、火山碎屑岩及海相碎屑岩建造为特征。

第二节 构造特征

关于玛湖凹陷西斜坡的构造特征前人进行了一定的工作,提出了不同的构造解释方案,如逆冲推覆模式(张传绩,1983;林隆栋,1984;何登发等,2004;冯建伟等,2007;管树巍等,2008;况军等,2008;孟家峰等,2009)、走滑或压扭模式等(徐怀民等,2008;邵雨等,2011;张越迁等,2011;汪仁富,2012)。这些工作都为解释该区构造特征做出了有益的尝试,随着近年来勘探的不断深入,走滑兼具挤压的压扭模式逐渐引起了人们的重视,取得了丰硕的成果。

从剖面上看,在玛湖凹陷西斜坡多构造层叠加现象明显。根据准噶尔盆地西北缘2013年最新部署的切穿扎伊尔山中段和北段的两条二维电磁测线KX2013TFEM-02(图1-3a)和KX2013TFEM-05(图1-3b)的解释结果来看,玛湖凹陷西斜坡由三部分叠加而成,包括扎伊尔山上构造层、扎伊尔山下构造层及盆地沉积区。其中,盆地沉积区构造样式较为简单,并未发生强烈的断层活动,不同时期沉积地层仅在扎伊尔山上、下构造层断层活动的影响下发生侧向加厚或减薄的现象,在时频电磁剖面中呈现明显的低阻特征(蓝绿色);扎伊尔山上构造层发育多个纵向叠置的大型逆冲推覆体,断层产状相对较缓,推覆距离远,断层发育位置表现为次高阻特征(黄、橙色),而推覆体内部为具高阻特征(红色)的石炭系,在上构造层前缘表现为次高阻(推测存在少量二叠系残留);扎伊尔山下构造层的断层样式与上构造层具有明显区别,整体表现为深部高阻(红色,石炭系)浅部低阻(黄、橙色,二叠系佳木河组)的特征,且高低阻界面呈现向盆地方向倾斜的波浪状,解译为一系列向盆地方向逆冲的逆断层,产状相对上构造层地层较陡,但断距较小,呈现横向叠置的构造形态,为叠瓦状逆冲断层。

从平面上看,玛湖凹陷西斜坡在西北方向以达尔布特断裂为界,根据构造发育特征,由山前向盆地内,该区域又可以进一步划分为超剥带、断褶带和单斜带(图1-4)(马宗晋等,2008)。超剥带位于山前冲断层上盘,地层剥蚀严重。断褶带为山前冲断层集中发育区,地层变形强烈。单斜带位于冲断层下盘,变形弱,整体呈斜坡状,因其紧邻玛湖凹陷,又称为玛湖斜坡区。超剥带和断褶带距造山带近,构造复杂,断裂发育,油气富集,勘探程度与研究程度均较高,而单斜带因构造简单、埋藏深,勘探程度低。

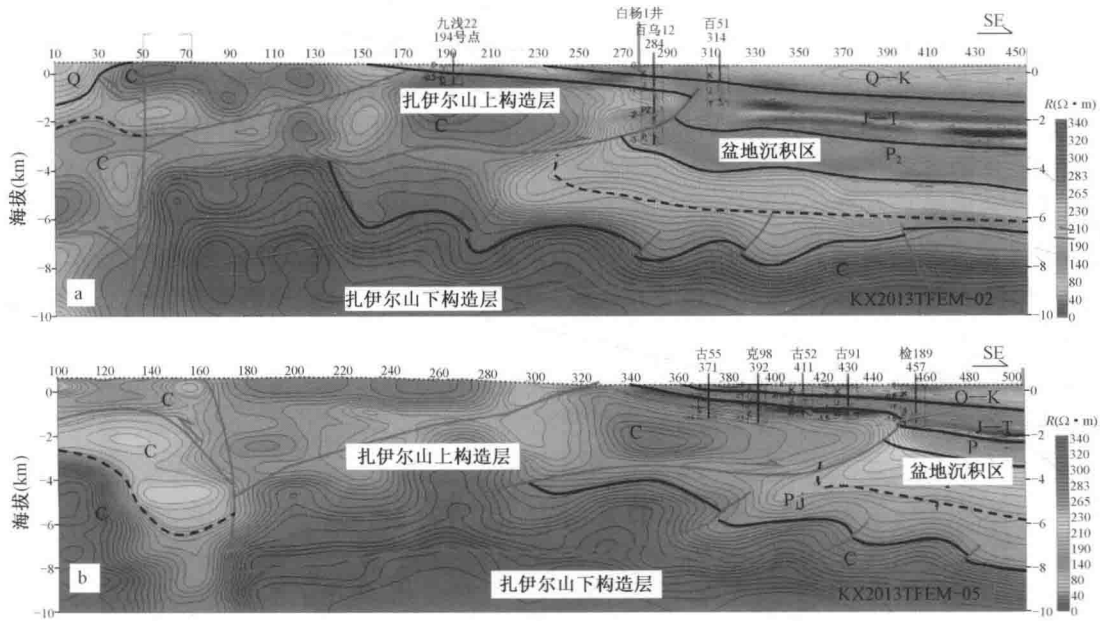


图 1-3 玛湖凹陷西斜坡二维时频电磁剖面解释方案

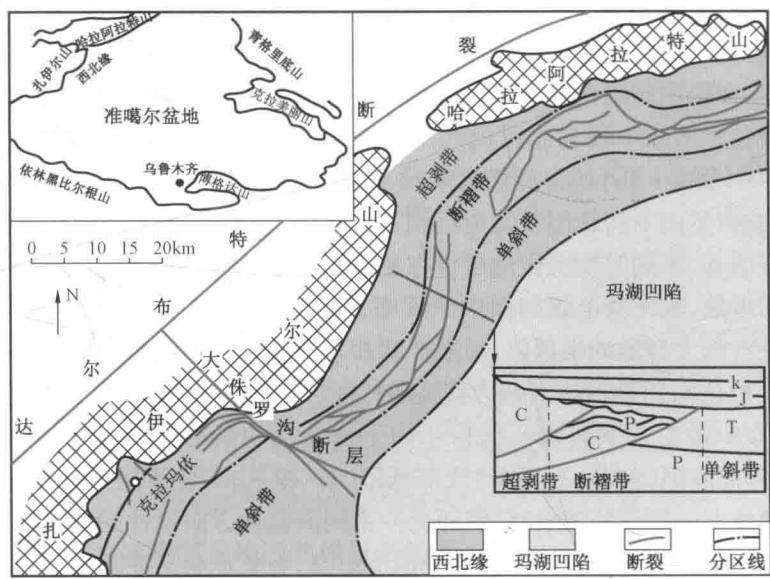


图 1-4 玛湖凹陷西斜坡构造背景及断裂分布图(据吴孔友等,2014)

一、超剥带构造特征

超剥带是一种以地层多次剥蚀和超覆为特点的区带结构类型(沈扬等,2015),属于山前冲断层的上盘。由于超剥带受不整合及断裂双重因素的控制,常常是油气的有利聚集区。整体来看,超剥带比较宽缓,地层、岩性变换比较慢,延伸范围较长。在发育位置上,超剥带一般

在沉积斜坡边缘和古隆起周围比较发育,并且呈现出由凹陷向斜坡依次超覆及顶部剥蚀的特征。在构造特征上,超剥带由于靠近冲断带,受到明显的挤压作用。在剖面上,超剥带具有上下两层结构,上部层系以典型的超覆为特征,三叠系、侏罗系、白垩系沉积范围逐渐扩大,超覆于下部古生代地层之上(图1-5)。在超覆带的顶端,由于受到构造挤压导致隆升进而持续遭受剥蚀。超剥带下部由一系列逆冲断层组成,逆冲方向由北西向南东,断层延伸范围广、长度大,形成了现今多个推覆体纵向叠置的构造形态。这些推覆体均为石炭系断块,其推覆距离约为15~20km,最长达30km。有研究表明(王鹤华等,2015),超剥带下部的一系列逆冲断层继续向造山带方向延伸可直接交于达尔布特走滑断裂之上,从而与达尔布特断裂组合形成特殊的“花状构造”,而这些逆冲断裂均为“花状构造”的派生断层。准噶尔西北缘二叠纪—三叠纪区域性剪切应力场的存在也为走滑构造的解释提供了可靠的区域应力背景(杨庚等,2011;隋风贵,2015;王鹤华等,2015)。

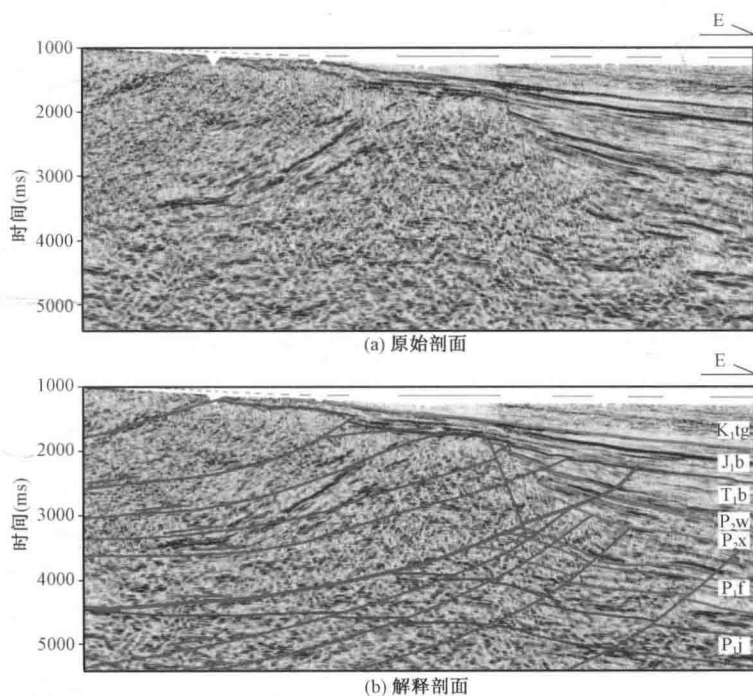


图1-5 玛湖凹陷西斜坡超剥带地震剖面

KB201308 测线,测线位置如图1-6所示;K₁tg—吐谷鲁群;J₁b—八道湾组;T₁b—百口泉组;
P₂w—下乌尔禾组;P₂x—夏子街组;P₁f—风城组;P₁j—佳木河组

在平面上,玛湖凹陷西斜坡超剥带紧邻扎伊尔山,大致分布在克一百断裂带的范围内,根据2013年新获取的玛湖凹陷西斜坡高精度二维地震测线的解释结果发现,几套主要地层的剥蚀线与扎伊尔山走向大致相同(图1-6)。各组地层剥蚀线之间大致相互平行。按照地层由老到新的顺序来看,自二叠系下乌尔禾组至侏罗系八道湾组,地层剥蚀的范围向山前逐渐变小,而由八道湾组至白垩系吐谷鲁群,地层剥蚀范围则有所扩大。这是由于超剥带顶部地层遭受剥蚀而引起地层尖灭线后撤所致,显示了超剥带顶部的剥蚀作用对地层的改造。

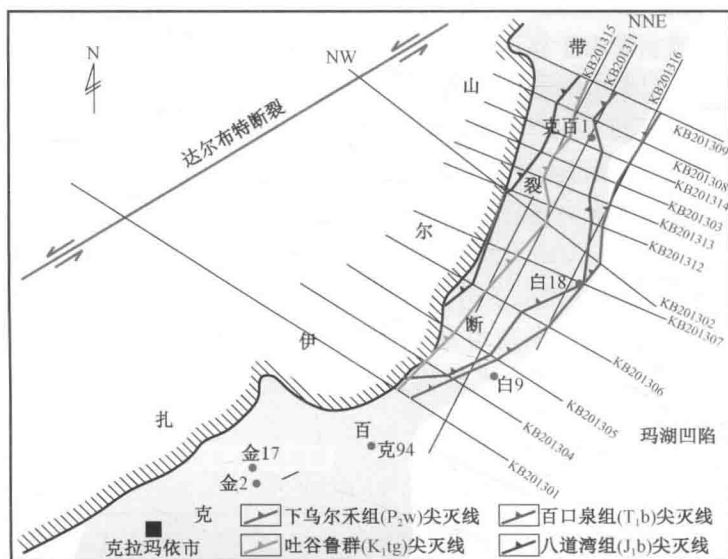


图 1-6 玛湖凹陷西斜坡主要层系超剥线平面叠置图

二、断褶带构造特征

断褶带是玛湖凹陷西环带中山前冲断裂集中发育的地区,在构造位置上紧靠超剥带(图 1-4),一般由大规模逆冲断层及与逆冲作用相关的褶皱组成。强烈的逆冲作用会使该带内部地层伴随着构造的发育出现强烈的变形,形成了复杂的构造特征。

1. 主要断裂发育特征

多级逆冲断裂的发育是玛湖凹陷西斜坡断褶带重要的构造特征之一。根据断层规模、断层对沉积的控制作用等,可将这些逆冲断裂划分为三个级别(图 1-7 和表 1-1)。

(1)一级断裂:断裂延伸长,断距达数千米至十数千米,上下盘的地层分布、成岩变质程度,特别是构造面貌有较明显的差异,难以对比。它们经常是划分隆起区与凹陷或斜坡区的界限,这种断裂两盘的含油层位一般是不同的。克拉玛依断裂、南白碱滩断裂、百口泉断裂皆为一级断裂,断裂上盘无二叠系,是二叠系分布的控制断裂。断裂上下盘构造特点明显不同。

(2)二级断裂:受一级断裂的控制,在断裂的上盘发育有一系列二级断裂。相对于一级断裂而言,二级断裂延伸较长,断距达数千米,上下盘的岩石特征、成岩程度、构造面貌都有一些差别,但两盘的地层是可以对比的。上下盘含油情况的优劣、油藏类型等有差异,含油层位往往不同。区内红 3 井东侧断裂、红山嘴东侧断裂、克拉玛依西断裂、大侏罗沟断裂都是重要的二级断裂。

(3)三级断裂:三级断裂的发育与一级、二级断裂密切相关,在玛湖凹陷西斜坡发育多条三级断裂。断层延伸的长短不一,断距一般数十米或数百米。两盘的地层分布、岩石特征基本相同。有的是含油块段与非含油块段的界限,有的只是起分割油藏作用,各有不同的油水界面,压力自成系统。

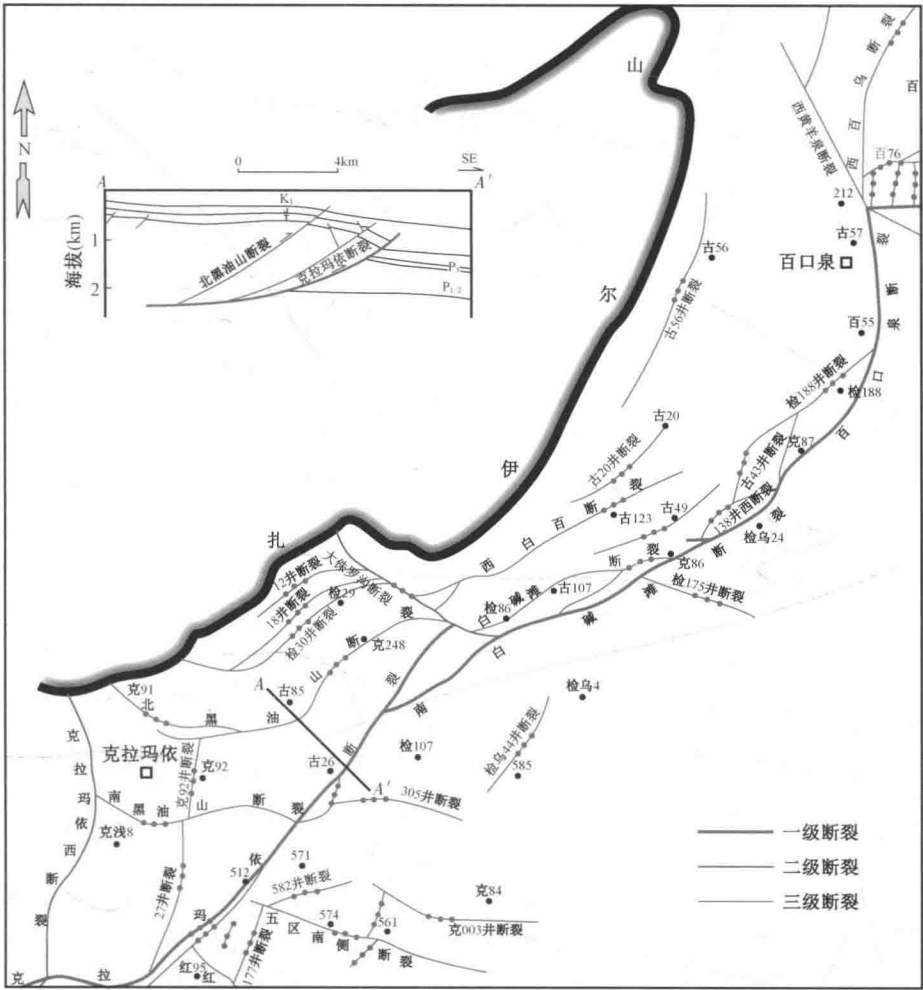


图 1-7 玛湖凹陷西斜坡断褶带主要断裂平面展布图

表 1-1 克一百地区主要断层断层要素统计表

序号	断层名称	断层性质	走向	倾向	倾角(°)	延伸长度(km)	垂直断距(m)						断开层位	断裂级别
							J	T	P _{2w}	P _{2x}	P _{1f}	P _{1j}		
1	克拉玛依断裂	逆	NW	NE	30~40	48	200	250					J、T、P、C	一级
2	克拉玛依西断裂	逆	SN	W	20~40	23	80	210					J、T、C	二级
3	南黑油山断裂	逆	EW	N	40	15	50	180					K、J、T、C	三级
4	北黑油山断裂	逆	NEE	NNW	30~40	27	50	300					K、J、T、C	三级