

吐哈盆地油气地质与勘探实践

袁明生 梁世君 燕列灿
闫玉魁 汤良杰 庞雄奇 等编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书对吐哈盆地在构造地质学、石油地质学、沉积学和有机地球化学等方面的进展进行了总结,并对吐哈盆地下一步勘探目标的选择提出了有益的建议。全书分上、下两篇,共十一章。

本书适合于从事石油地质科学研究的科研人员、生产人员以及高等院校有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

吐哈盆地油气地质与勘探实践/袁明生等编著.
北京:石油工业出版社,2002.9

ISBN 7-5021-3845-5

I.吐...

II.袁...

III.①含油气盆地—石油天然气地质—中国

②含油气盆地—油气勘探—中国

IV.P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第054799号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京乘设伟业科技排版中心排版

北京密云华都印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 38.75印张 989千字 印1—1000

2002年9月北京第1版 2002年9月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-3845-5/TE·2794

定价 86.00元

序

吐哈盆地为我国西部主要含油气盆地之一,也是近些年来迅速崛起的一个重要油气接替区,其油气发现速度和良好的勘探效益,名列全国同行业前茅。

《吐哈盆地油气地质与勘探实践》是一部理论与实践相结合的力作,是几代吐哈石油人几十年来油气勘探和潜心研究成果的结晶。我热烈祝贺它的出版,它不仅为世人提供了认识该区油气资源的良好窗口,同时将对本区乃至其它类似油区今后油气勘探工作起一定的指导作用。

吐哈盆地油气勘探始于20世纪50年代,历经了艰难的勘探过程,近十几年来有了一系列重大突破,取得了显著的勘探和研究成果。吐哈盆地油气勘探截止到2000年底,先后发现39个正向构造带,440个圈闭,总面积2898.81km²,已钻探150个圈闭,共钻探井268口,发现前侏罗系和侏罗系两大含油气系统,7个含油气区带和23个油气田,建成350×10⁴t的原油生产能力,创造了良好的勘探效益和社会效益。

我敬佩吐哈石油人“头顶天山鹅毛雪、面对戈壁大风沙”的艰苦创业精神和无私奉献的情怀。专著记载着他们创造性的工作成就,回放着他们科学实践的踪迹,再现了他们实现重大突破和发现一批油气田的勘探实践过程,献上了运筹帷幄中勘探决策的技术思路和科学预想,具体陈述了勘探工作中引进、应用、创研的石油地质理论和勘探技术方法,详论了本区石油地质条件,介绍了盆地中油气聚集带和主要油气田特征,精辟地分析了理论指导油气勘探的成功典例,系统总结了坚持科学的勘探程序、进行综合勘探的宝贵经验,和盘托出并深刻反思了油气勘探失利的主、客观因素,警示自我和同行在油气勘探工作中必须尊重自然规律和科学规律,方能有所发现,有所创造。

在工作中他们以出色的创造力,不断开拓油气勘探工作的新领域、新层系、新类型,不断进行理论和技术方法创新。在运用先进的勘探理论和技术指导油气勘探的同时,抓住机遇,针对煤岩在吐哈盆地的油气聚集中起重要作用的地质特点,不仅初步总结了具吐哈特色的煤成烃地质理论,而且发展了低孔、低渗轻质油气层勘探的技术系列,丰富了中国陆相油气勘探的理论和实践,这对我国其它油气田的煤成烃勘探颇具示范意义。

吐哈盆地已找到大量的油气藏,证明它是一个油气十分丰富的含油气盆地。从资源预测看,其找油气潜力是巨大的,油气勘探前景是广阔的,有待去继续发现。祝愿吐哈石油勘探工作在西部大开发战略实施中像火焰山一样红红火火,勘探成果像吐鲁番葡萄一样硕果累累,获得的工业油气流像新疆坎儿井水一样源远流长,为发展西北地区石油工业,创新我国石油地质理论和勘探技术方法再创辉煌,为取得高水平的研究成果努力攀登。



2001年12月

前 言

吐哈盆地是我国 20 世纪 90 年代发现的具有一定资源规模的含油气盆地,以其率先在侏罗系高速、高效地发现了大中型煤成油气田而闻名国内外。

吐哈盆地油气勘探早在 20 世纪 50 年代就已开始,由于各方面的原因,直到 20 世纪 80 年代后期才取得了突破。1989 年,在盆地第一口科学探井——台参 1 井侏罗系中获得了工业油气流,从此翻开了吐哈盆地油气勘探的新篇章,也揭开了煤成烃勘探的序幕。在“主攻台北,准备托克逊、哈密”和“深化台北,扩展台南,甩开钻探托克逊、哈密”等正确勘探部署指导下,于 1996 年开钻玉东 1 井,并获得工业稠油流,又开辟了前侏罗系油气勘探新领域。截止 2000 年底,吐哈盆地共钻探井 268 口,总进尺 85.86km。在三叠系、侏罗系、白垩系和第三系等 4 套层系中获得了工业油气流,发现了 6 个含油气区带,探明了 20 个油气田,建成产能 $350 \times 10^4 \text{t}$,创造了良好的勘探效益。

吐哈盆地油气勘探所取得的突破和进展,得益于先进石油地质等理论的指导和先进勘探技术的应用。同时,吐哈盆地的油气勘探实践也极大地丰富了中国陆相盆地油气地质理论和勘探技术,形成了具有“吐哈特色”的煤成烃石油地质理论和低孔、低渗轻质油层等的勘探技术系列。因此,对吐哈盆地石油地质勘探实践和理论业已取得的成绩和进展加以总结,必将极大地推动我国石油天然气勘探事业的发展和促进我国石油地质等理论学科的发展。

本书对吐哈盆地在构造地质学、石油地质学、沉积学和有机地球化学等方面的进展进行了总结,并对吐哈盆地的下一步勘探目标选择提出了有益的建议。全书分上、下两篇,共 11 章,得出的相关认识主要包括:

(1) 吐哈盆地形成于晚古生代西伯利亚板块、塔里木板块和哈萨克斯坦板块碰撞缝合的大地构造背景之下,其演化与周缘山系的演化息息相关。盆地先后经历了晚二叠世—三叠纪周缘前陆盆地阶段、侏罗纪—早第三纪早期再生前陆盆地演化阶段和晚第三纪—第四纪晚期再生前陆盆地演化阶段。盆地基底具有结晶基底和古生界褶皱基底双层结构。基底断裂和基底断块构造控制盆地的沉积充填和盖层构造的基本格架。

(2) 吐哈盆地沉积充填为二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、第三系和第四系,以陆源碎屑岩为主,沉积环境为冲积扇、扇三角洲、河流、三角洲、沼泽、湖泊及浊流沉积等。从层序地层学角度出发,可将盆地沉积充填分为 8 大层序,即上二叠统一下三叠统、中上三叠统、侏罗系、白垩系下统一白垩系上统库木塔克组、白垩系上统一下第三系渐—始新统鄯善群、下第三系渐新统一上第三系、第四系等。盆地中的二叠系、三叠系和侏罗系烃源岩、储集层发育,为吐哈盆地油气勘探与开发的主要目的层。

(3) 吐哈盆地的发展历经 4 个构造旋回,即海西、印支、燕山和喜马拉雅旋回。各旋回构造运动表现不同,早二叠世末海西运动 III 幕表现为逆冲抬升,揭开了盆地发展的序幕;二叠纪末海西运动 IV 幕以隆升为主,局部发生逆冲褶皱;早三叠世末印支运动 I 幕,以盆地整体抬升剥蚀为主;三叠纪末印支运动 II 幕表现为褶皱隆升剥蚀,基底断裂逆冲;侏罗纪末燕山运动 II 幕以逆冲褶皱作用为主;白垩纪末燕山运动 III 幕构造变形定型;喜马拉雅运动主要表现为盆缘构造带向盆地逆掩冲断、盖层褶皱。各旋回的构造应力场是海西晚期旋回(晚二叠世)的南北向

挤压应力场,印支期的北东—南西向挤压应力场,燕山期的北西—南东向挤压应力场和喜马拉雅期的北北东—南南西向强烈挤压应力场。盖层断裂可划分为基底卷入型和盖层滑脱型,属于东西向、北北向、北东向和近南北向等4个断裂体系;平面组合有交叉、分支、雁行和错断等样式,剖面组合有叠瓦状、背冲和对冲等样式。局部构造类型有背斜、断鼻和断块构造等,与断裂伴生并受断裂控制。

(4)吐哈盆地烃源岩发育在石炭系、上二叠统、中上三叠统和中下侏罗统。其中煤系烃源岩发育在侏罗系。侏罗系烃源岩母质类型主要为Ⅲ₁型和Ⅲ₂型。台北凹陷煤系烃源岩属中等偏差生油岩,七克台组湖相烃源岩属中等偏好生油岩,而三工河组及八道湾组湖相烃源岩属中等生油岩,三间房组及西山窑组湖相烃源岩则为差生油岩。托克逊凹陷八道湾组和三工河组湖相烃源岩可达中等生油岩标准,但成熟度较低,尚未进入生油门限。哈密凹陷西山窑组湖相烃源岩达中等生油岩标准。总体上,吐哈盆地以台北凹陷中下侏罗系生烃条件最好,托克逊凹陷次之,哈密凹陷最差。二叠系、三叠系湖相烃源岩主要为Ⅲ₁型,Ⅱ型次之。海相烃源岩只有石炭系,有机相属浅海腐泥—腐殖还原相。托克逊凹陷石炭系进入高成熟期,哈密凹陷则处于高成熟或过成熟期。显微组分总生气量由大到小顺序为:孢子体→基质镜质体→角质体→木栓质体→丝质体。进入最大生气高峰时间先后顺序为基质镜质体→角质体→木栓质体→孢子体。总气油比由大到小顺序为基质镜质体→丝质体→孢子体→木栓质体→角质体。显微组分总生油量由大到小顺序为:孢子体→角质体→基质镜质体→木栓质体→丝质体。进入生油高峰的顺序为:基质镜质体→角质体→木栓质体→孢子体。生油高峰时各显微组分生油量占总生油量百分比由大到小顺序为:角质体→孢子体→木栓质体→基质镜质体。碳质泥岩排烃门限最早($R_o=0.65\%$),湖相泥岩次之($R_o=0.88\%$),煤的排烃门限一般在 $R_o=1\%$ 时。排烃效率是湖相泥岩>碳质泥岩>煤。

(5)前侏罗系砂岩储集层广泛分布于台北凹陷、台南凹陷、托克逊凹陷和哈密凹陷。主要储集层有辫状分流河道砂体、扇三角洲前缘席状砂、滨湖砂砾岩及浊积岩等。侏罗系碎屑岩储集层主要包括冲积扇、辫状河与曲流河道砂坝、扇三角洲、辫状河与曲流河三角洲前缘水下分流河道滨浅湖滩砂及砂砾滩。岩性多为岩屑砂岩或长石质岩屑砂岩。储集层的矿物成熟度和结构成熟度普遍偏低,储集层物性普遍较差,以低孔、低渗为主要特点。侏罗系北部凹陷带中侏罗统物性较好,三叠系以南部凹陷带较好,二叠系物性普遍较差。吐哈盆地泥岩、粉砂质泥岩、砂质泥岩及煤层广布,区域性盖层和局部性盖层均发育。5套区域性盖层分别为上二叠统梧桐沟组、锅底坑组和下三叠统韭菜园组、烧房沟组湖相泥岩;中上三叠统小泉沟群的浅湖相泥岩;下盖层八道湾组和三工河组;中盖层三间房组和上盖层七克台组和齐古组。吐哈盆地发育二套完整的生储盖组合:海西—印支期生储盖组合,以塔尔朗组为生油层,泉子街组和梧桐沟组砂岩和克拉玛依组砂岩为储集层,黄山街组和郝家沟组泥岩为盖层的组合;燕山期生储盖组合,以水西沟群煤系地层为生油岩,三间房组和七克台组砂岩为储集层,七克台组上部泥岩和齐古组棕红色泥岩为区域盖层的组合。

(6)吐哈盆地流体动力学特征。吐哈盆地大部分原油为煤系成因的轻质油和凝析油,天然气属典型的煤系气。油田水具陆相沉积地层水特征,矿化度在纵向上以西山窑组为界,其下三工河组—上二叠统地层中水的矿化度以由上而下的正向变化为主,其上的三间房组—白垩系则以正、反向共存为特征,在平面上表现为北低南高、东低西高。台北凹陷油气运移以垂向为主,侧向运移为辅。油气运聚和平面展布受构造应力场、水动力场、流体势场及地温场等因素的控制,尤其是异常地层压力对油气分布的影响最为明显和直接。平面上,盆地中部弧形带地区油气最为富集,纵向上,以三间房组原油最富集,西山窑组天然气最富集。另外,地温场控制

东气西油、南油北气、南稠北稀的分布格局。

(7) 吐哈盆地吐鲁番坳陷发育 7 个含油气系统, 其中侏罗系含油气系统为托克逊凹陷 $J_{1-2}sh-J_2$ 、北部凹陷带 $J_{1-2}sh-J_2$ 和胜北洼陷 $J_{2q}-J_{3k}$, 前侏罗系含油气系统为台南—台北凹陷 $P-T$ 、 J_2 、台北凹陷带 $T-J_{2+3}$; 复合含油气系统为托克逊凹陷 P 、 T_3-T_{2+3k} 及中央低隆起西段等。哈密坳陷有三堡凹陷侏罗系以及推测的二叠、三叠系含油气系统等。吐哈盆地油气藏按照圈闭类型及控制油气分布的主要因素分为构造、岩性及复合油气藏 3 大类, 主要以构造型为主, 其中构造型中又以背斜型占主导, 细分为 10 个亚类: 完整背斜、背冲式背斜、冲断背斜、逆冲背斜、断块、断鼻、岩性构造、地层—构造岩性、构造岩性及岩性油气藏, 如鄯善、丘陵、巴喀、温吉桑、未登、胜金口、七克台、吐鲁番、吐玉克油、丘东、鄯勒、疙瘩台、红台 1 号、红台 2 号、萨克桑、胜南等主要油气田(藏)或含油构造。含油气层位主要是侏罗系, 现已扩展到三叠系和白垩系。侏罗系主要产油气层、组为: 七克台组、三间房组上油组、三间房组下油组、西山窑组第 4 段上油组及下油组。侏罗系的油气分布规律是: ①生油凹陷的古地理格局控制着生储油层的平面展布, 油气田多围绕生油中心呈环带状展布; ②南部和西北的沉积砂体储集层物性较好, 而北部沉积体储集层普遍较差; ③继承性发育的构造控制着油气聚集, 良好的封盖条件和油源断裂的输运作用匹配, 促使断裂带富集油气程度高; ④台北凹陷油气多集中发育在中侏罗统; ⑤主力油层北深南浅, 油气比西高东低; ⑥东西分块、南北分带的构造格局与中侏罗统以南北向为主的沉积砂体结合, 构成多个构造带和条块体系, 控制了油气的分布。前侏罗系的油气分布规律是: ①台北凹陷是二叠、三叠纪沉积凹陷的主体, 烃源岩有机质丰度较高, 演化程度高, 生排烃早; ②中央背斜带处于前侏罗系油气聚集的最佳部位; ③托克逊凹陷中乌克构造带是最有利油气聚集的地区; ④哈密坳陷成熟烃源岩二叠系较好, 三叠系为差生油岩, 侏罗系多数未成熟。

(8) 吐哈盆地油气资源量预测采用了盆地模拟法、热压模拟法、数字化积分法及专家特尔非评估法。综合 4 种方法求取盆地油气资源量为 5%~95% 的概率总石油资源量为 14.23%~17.28%, 天然气总资源量为 $(3366\sim3937)\times 10^8\text{m}^3$ 。期望值石油为 $15.75\%\times 10^8\text{t}$, 天然气 $3650\times 10^8\text{m}^3$ 。盆地绝大部分的油气资源量分布在台北凹陷, 占总油气资源量的 80%, 侏罗系烃源岩提供石油总资源量的 72%, 天然气总资源量的 56%, 余者由三叠系、二叠系烃源岩提供。煤岩对吐哈盆地的油气资源有重要贡献。

(9) 台北凹陷侏罗系剩余资源丰富, 是进一步寻找轻质油和天然气的主要地区。从二次油气资源评价结果看, 吐哈盆地侏罗系的油气资源量约为 $9.7\times 10^8\text{t}$, 主要分布在台北凹陷。凹陷西部古弧形带, 凹陷东部萨克桑—红台地区, 小草湖构造带和凹陷南部连木沁—园艺场地区以及凹陷中央胜北、丘东地区均是寻找不同类型油气的有利地区。前侏罗系含油气前景广阔, 台北凹陷是前侏罗系最主要的生烃凹陷, 其中中央复背斜带是前侏罗系油气聚集的最佳部位, 地处台北—台南前侏罗系生油凹陷的南斜坡, 邻近生烃中心, 是油气运移的指向所在。

本书的编写是在吐哈盆地勘探开发过程中集体劳动成果的基础上完成的, 其中凝聚着无数前人劳动的心血和智慧。参加编写的人员主要有袁明生、金之钧、梁世君、燕列灿、闫玉魁、汤良杰、庞雄奇、张代生、黄卫东、陈煦、王玉山、方祖康、孙宝珊、张世焕、李华明、李巧梅、高成全、王志勇、付国斌、涂小仙、李成明、苏传国、石家雄、杨俊年、赖必智、姜桂周、陈书平、王雅春、刘金侠、王玉玺、李振宏等。最后由袁明生统稿。陆晓燕、刘红英、陈昌云、杨红苏等输入文稿, 甘曼君、王婷、刘玲等清绘大部分图件。本书在编写过程中引用的前人资料, 因数量大、涉及范围广, 可能挂一漏万, 特在此说明并表示谢意。

目 录

上篇 吐哈盆地油气地质特征

第一章 盆地形成与演化.....	(3)
第一节 构造背景.....	(3)
第二节 深部地质结构与基底构造.....	(8)
第三节 盆地类型与演化	(14)
第四节 构造单元划分	(17)
第五节 小结	(22)
第二章 盆地沉积充填	(23)
第一节 岩石及古生物地层	(24)
第二节 地震地层	(50)
第三节 沉积环境与沉积相	(54)
第四节 小结	(76)
第三章 盆地构造变形	(78)
第一节 构造运动期次及其特征	(78)
第二节 断裂、局部构造和二级构造带.....	(83)
第三节 构造样式	(99)
第四节 逆冲—褶皱系统.....	(101)
第五节 构造应力场演化.....	(106)
第六节 小结.....	(106)
第四章 烃源岩特征及油气成因.....	(108)
第一节 烃源岩分布特征.....	(108)
第二节 烃源岩地化特征.....	(110)
第三节 成烃模式.....	(154)
第四节 油气源对比.....	(172)
第五节 小结.....	(198)
第五章 储集层、盖层特征及生储盖组合	(200)
第一节 储集层特征.....	(200)
第二节 盖层特征.....	(234)
第三节 生储盖组合.....	(250)
第四节 小结.....	(253)
第六章 流体动力特征与含油气系统.....	(256)
第一节 流体性质及动力学特征.....	(256)

第二节	油气藏类型及其分布规律.....	(273)
第三节	含油气系统及其特征.....	(295)
第四节	小结.....	(319)
第七章	油气资源评价.....	(322)
第一节	油气资源评价方法.....	(322)
第二节	历次油气资源评价应用的方法参数和结果.....	(341)
第三节	油气资源评价结果综述.....	(392)
第四节	小结.....	(399)

下篇 吐哈盆地油气勘探实践

第八章	油气勘探历程.....	(403)
第一节	勘探初期阶段.....	(405)
第二节	勘探停滞阶段.....	(406)
第三节	勘探突破阶段.....	(406)
第九章	勘探实例解剖.....	(413)
第一节	丘陵—温吉桑油气富集带.....	(413)
第二节	葡北—雁木西油气聚集带.....	(456)
第三节	红南—连木沁油气聚集带.....	(483)
第四节	红台—疙瘩台油气聚集带.....	(493)
第五节	鄯勒—恰勒坎油气聚集带.....	(504)
第六节	鲁克沁三叠系稠油富集带.....	(520)
第七节	小结.....	(530)
第十章	勘探理论、技术方法与勘探成效.....	(532)
第一节	煤成烃理论与勘探实践.....	(532)
第二节	含油气系统理论与勘探实践.....	(547)
第三节	吐哈盆地油气勘探方法与技术.....	(566)
第四节	吐哈盆地油气勘探效益.....	(587)
第十一章	吐哈盆地油气勘探前景展望.....	(593)
第一节	勘探潜力分析.....	(593)
第二节	勘探领域和方向.....	(594)
第三节	勘探难点和技术对策.....	(598)
第四节	勘探策略分析.....	(601)
参考文献	(608)

上 篇

吐哈盆地油气地质特征

第一章 盆地形成与演化

吐哈盆地系吐鲁番—哈密盆地之简称,位于我国新疆维吾尔自治区的东疆域内。地理坐标为东经 $87^{\circ}37' \sim 94^{\circ}30'$ 、北纬 $42^{\circ}12' \sim 43^{\circ}27'$ 。盆地东西长约 660km,南北宽介于 60~130km 之间,面积近 52800km^2 ,是天山山脉中的一个含煤、含油气盆地。

盆地被群山环绕,呈长条状近东西向展布。西起喀拉乌成山,东抵梧桐窝子泉附近,北依博格达山、巴里坤山和哈尔里克山,南邻觉罗塔格山。盆地地势总体呈北高南低、东高西低,形成向中南部倾斜的地貌景观。盆地地面高程在海拔 $-150 \sim 1600\text{m}$ 之间,其中地势最低地区位于火焰山南侧的艾丁湖,海拔高程为 -154.43m (黄海海平面),是我国最低、世界第二低的洼地。

第一节 构造背景

一、大地构造位置

在大地构造格架中,吐哈盆地位于哈萨克斯坦板块东南端,其东北侧为西伯利亚板块,南侧为塔里木—中朝板块。吐哈盆地处于上述三大板块交汇部位(图 1—1),其发展演化无疑与上述板块间复杂的相互作用有关。

(一)西伯利亚板块

由安加拉、阿尔丹太古代陆核及其南侧宽广的古生代增生褶皱带组成,其间夹持着一系列可能由西伯利亚母体大陆裂解出来的碎块,如库兹涅兹克、萨彦—乌布苏和巴彦—洪格尔地块等,其南界缝合线在中国西北地区的额尔齐斯—克拉美丽—北山对接带(王鸿祯等,1990),是西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块和塔里木—中朝板块的分界线。

(二)塔里木—中朝板块

该板块横亘于亚洲大陆中东部,具有太古代陆核和元古代基底,古生界为地台型海相沉积建造。综合地质和古地磁资料表明,塔里木地块晚石炭世已从低纬度区往北漂移到古中亚的南缘(方大钧等,1996),并先后与西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块和扬子板块碰撞拼合(刘训等,1997)。

(三)哈萨克斯坦板块

该板块夹持在东欧、西伯利亚和塔里木—中朝三大板块之间,呈三角形展布(李春昱等,1982)。该板块构造复杂,前寒武纪古老地块零散分布,面积较小,大部分地区为加里东期和海西期褶皱带。该板块与塔里木—中朝板块的缝合线在西段位于中亚西南天山之间,往东经中国南天山北缘(哈尔克山北坡—巴仑台—库米什—喀瓦布拉克)和吐哈地块南缘,与居延海对接带相连(王鸿祯,1990),主要有准噶尔、吐哈、伊犁、巴尔喀什、乌鲁套—木尤恩和科克契塔夫等地块。

吐哈盆地发育在准(噶尔)—吐(鲁番)微板块之上,其构造地理位置处于哈萨克斯坦板块与西伯利亚板块和塔里木板块的交接部位。从准噶尔盆地、吐哈盆地与博格达山脉的地质、地球物理和航磁资料看,在早古生代以前它们具有统一的陆壳基底,即前寒武系结晶基底(吴涛,

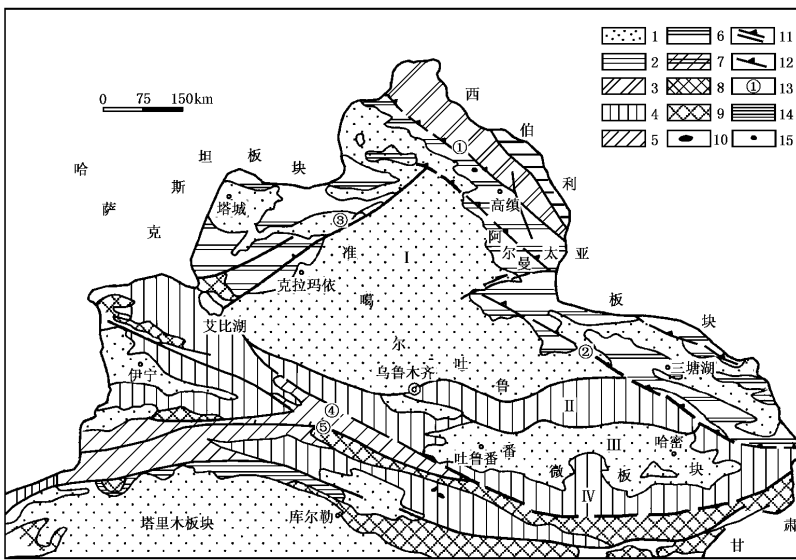


图 1—1 吐哈盆地板块构造位置图

1—盆地区；2—D₁—C₁ 浅海相；3—O—S 冒地槽相；4—冒地槽建造及岛弧沉积；5—冒地槽含部分岛弧沉积；6—陆源建造；7—O—S 大洋沉积；8—O—S 碎屑建造；9—AnZ 结晶岩；10—超基性岩；11—缝合线(箭头指示俯冲方向)；12—俯冲断裂带(箭头指示俯冲方向)；13—断层编号；14—大洋沉积组合；15—混杂堆积

①额尔齐斯断裂 ②克拉美丽—麦钦乌拉缝合线 ③达尔布特断裂带；

④艾比湖—星星峡缝合线 ⑤汗腾格里—库米什断裂带

I—准噶尔盆地；II—博格达陆间裂谷褶皱带；III—吐哈盆地；IV—觉罗塔格构造带

赵文智,1997)因此常将准噶尔和吐哈地块称为准(噶尔)—吐(鲁番)微板块。尽管对准—吐微板块的构造归属还存在着疑问(李春昱,1980;王鸿祯,1987;姬金生等,1994;马瑞士等,1997),但普遍认为准—吐微板块应属于哈萨克斯坦板块的一部分(如新疆地区石油地质志编写组,1995)。我们也认为准—吐微板块的特征“亲”哈萨克斯坦板块,而“疏”西伯利亚板块和塔里木板块,应该属于哈萨克斯坦板块的一部分。

早古生代初期,在现今准噶尔盆地西界山的地方产生古大洋,使哈萨克斯坦板块发生分离,从而形成准—吐微板块。此时,准—吐微板块表现为四周皆为大洋所围限(张恺,1991;涂光炽,1993)。晚古生代,准—吐微板块开始向西伯利亚板块、塔里木板块以及哈萨克斯坦板块主体俯冲消减,在石炭纪前后(胡霭琴等,1997),各板块间发生陆陆碰撞拼贴,洋壳消失。北侧形成与西伯利亚板块缝合的克拉美丽—麦钦乌拉缝合线构造带,南侧形成与塔里木板块缝合的艾丁湖—星星峡构造带,西侧与哈萨克斯坦板块之间的碰撞则形成达尔布特断裂构造带。同时,因板块俯冲、碰撞作用的影响,导致博格达陆间裂谷的发育和随后的“反转”关闭,形成博格达构造带,从而将准—吐微板块又分割成准噶尔地块和吐鲁番地块两个部分,从而使这两个地块上的盆地发育进入新的、独立的演化阶段。

吐哈盆地正是在这样的大地构造背景下,在吐鲁番地块上形成和发展的。它受晚古生代至早中生代期间所发生的准—吐微板块向塔里木板块、西伯利亚板块俯冲消减、陆陆碰撞以及博格达陆间裂谷形成与构造回返等事件的控制。

二、盆缘构造

盆缘构造与盆地形成演化密不可分,吐哈盆地盆缘构造有博格达、觉罗塔格、克拉美丽—麦钦乌拉和喀拉乌成等构造带。

(一) 博格达构造带

博格达构造带位于吐哈盆地北侧,西起乌鲁木齐市,东接克拉美丽—麦钦乌拉构造带,北抵阜康、吉木萨尔、木垒一线以南,南至吐哈盆地北缘,呈近东西向展布。该构造带的形成演化过程可划分为两个阶段:晚泥盆世—早二叠世陆间裂谷发育阶段和晚二叠世—中新世裂谷回返阶段(图 1—2)。

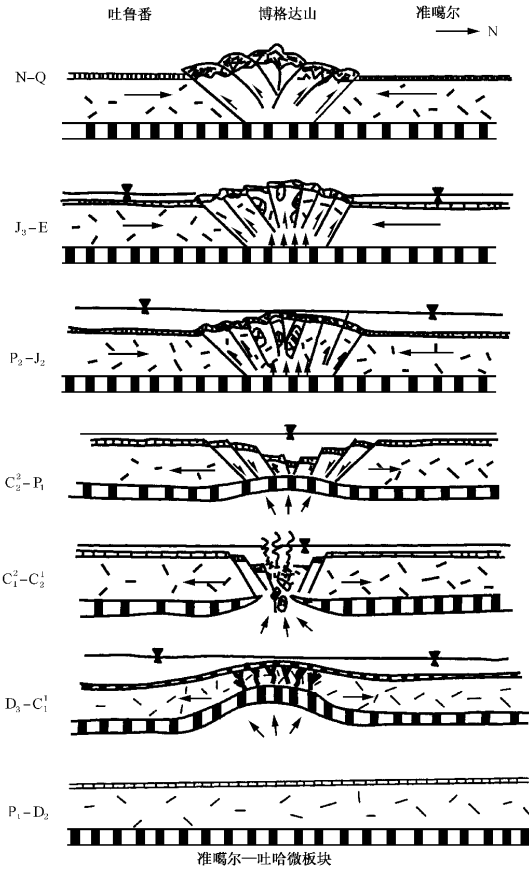


图 1—2 博格达陆间裂谷构造演化示意图

晚泥盆世至早二叠世期间,由于准—吐微板块向南北两侧俯冲引发地幔对流作用。微板块两侧向下弯曲,导致微板块内部岩石圈沿博格达一线发生拱曲、减薄、顶部伸展,使得准—吐微板块解体,形成了近东西走向的博格达陆间裂谷带。裂谷的早期充填是下石炭统海相细碎屑岩和泥灰岩、石灰岩以及上泥盆统灰绿色硬砂岩(厚度不详),上部发育一套滨、浅海相的火

山碎屑岩、中基性火山岩、碎屑岩、凝灰质砾岩和凝灰岩,总厚达 3000m 左右。晚石炭世早期裂谷持续扩张,断陷作用增强,充填物下部为灰绿色碎屑岩,中部为海相灰绿色中酸性火山碎屑岩、火山岩夹少量正常碎屑岩,岩相、厚度变化较大,上部为浅海相石灰岩、碎屑岩和火山碎屑岩,该期沉积岩相较稳定,平均厚度约 4000m。晚石炭世晚期断陷活动减弱,沉积了浅海相凝灰岩、碎屑岩夹石灰岩。早二叠世裂谷活动复又增强,沉积厚度巨大,但火山活动减弱。在裂谷西部发育一套灰绿色细碎屑岩,而东部不整合于石炭系之上的则为一套绿色粗碎屑岩与火山岩,厚度 2000~5000m。

晚二叠世至中新世为博格达陆间裂谷回返褶皱阶段。晚二叠世初,由于塔里木板块向北推挤,博格达裂谷开始封闭,渐呈隆起状态。燕山中、晚期运动对博格达地区影响深远,形成统一的博格达山脉,致使该地区缺失白垩系。古新世至中新世,博格达地区继续隆起,在山系的低凹处,如巴里坤断陷沉积了夹石膏层的红色碎屑岩。上新世,博格达山区因受印度板块与欧亚板块碰撞远程效应的影响而发生强烈挤压上升。

博格达褶皱带对吐哈盆地形成与演化具有重要的影响,主要表现在三个方面:①博格达陆间裂谷褶皱带的作用使吐哈盆地北部基底遭受了离散和挤压构造变动的影 响,使之成为构造薄弱带,并控制着吐哈盆地北部基底结构与构造,如基底的正断层;②吐哈盆地是伴随博格达陆间裂谷的回返关闭隆升成山而形成和发育的,盆地的形成和发育与褶皱—冲断带的构造负荷有关,盆地沉积相带的分布与博格达山的隆升有密切关系;③博格达山是吐哈盆地周围几大山系中升起最晚的一条山脉,因而在盆地北部沉降带就集中发育了盆地内沉积层序最全、厚度最大的沉积组合。

(二) 克拉美丽—麦钦乌拉缝合线构造带

该缝合线构造位于吐哈盆地的东北缘,是准噶尔—吐鲁番微板块与西伯利亚板块间的分界线。

古生代初,西伯利亚板块与准噶尔—吐鲁番微板块间存在着蒙古大洋(图 1—3),此时准噶尔—吐鲁番微板块的东北缘属被动性大陆边缘,沉积了浅海陆缘碎屑岩。

晚泥盆世,准噶尔—吐鲁番微板块东北缘洋壳开始向西伯利亚板块俯冲消减,到早石炭世末或晚石炭世初,两板块全面碰撞隆起并最终缝合,进入了板块内部构造演化(特别是碰撞带及其边缘的构造调整变动)阶段。对克拉美丽—麦钦乌拉缝合线构造带的研究证明,两板块有从北西向南东逐渐缝合的趋势。

晚石炭世至早二叠世时期,准噶尔—吐鲁番微板块和西伯利亚板块的碰撞缝合汇聚作用使西伯利亚板块边缘的沟、弧系和残留海沉积建造仰冲到准噶尔—吐鲁番微板块之上,所产生的构造负荷促使前陆盆地形成。早二叠世以后,准噶尔—吐鲁番微板块的东北缘进入了前陆构造发展时期。

克拉美丽—麦钦乌拉缝合带构造的形成与发展过程,控制着吐哈盆地东北部的哈密拗陷的形成与演化,主要体现在:①该缝合带构造在晚古生代大部分时间里为向北俯冲消减的碰撞缝合带,说明哈密拗陷的基底在早期为被动性的大陆边缘,随着陆陆碰撞,逐渐成为前陆区,其上发育的盆地应为周缘前陆盆地;②缝合带山体向准噶尔—吐鲁番微板块上的仰冲引起的构造负荷是哈密拗陷形成和发展的原因,因此,哈密拗陷属于前陆拗陷;③缝合带关闭后,续行的挤压一直使哈密拗陷处于抬升背景,因此哈密拗陷的主发育期偏早,随后走向消亡。这种构造环境制约着哈密拗陷的充填序列、相带分布与盖层结构与构造。

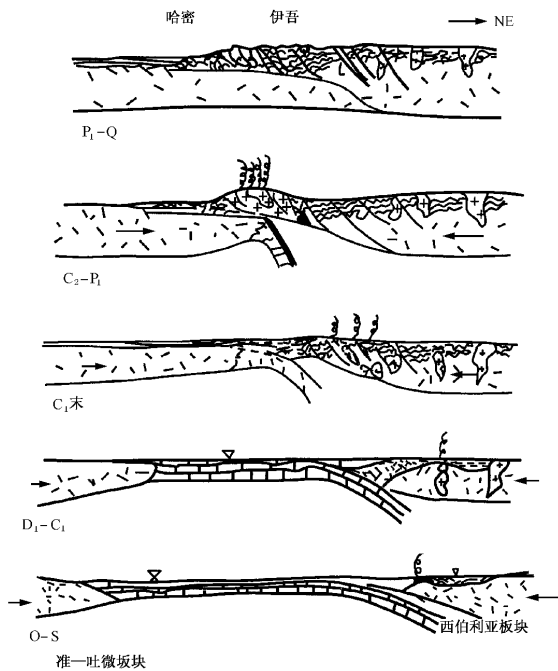


图 1—3 吐哈盆地东北缘板块构造演化示意图(据姚惠君,1988)

(三) 觉罗塔格构造带

觉罗塔格构造带分布于吐哈盆地的南缘,是准噶尔—吐鲁番微板块与塔里木板块碰撞缝合的产物(图 1—4)。

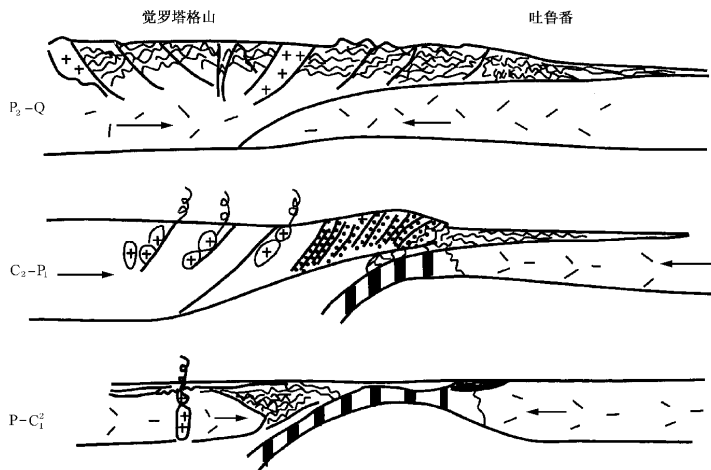


图 1—4 觉罗塔格构造带形成示意图

盆地南邻的觉罗塔格山是北天山大洋岛弧褶皱带的一部分。广泛出露泥盆纪—石炭纪的浅海相中性、中酸性和酸性岛弧型钙碱系列(CA型),夹少部分大洋拉斑玄武岩系列(TH型)火山岩组合,并呈带状穿插分布的大量酸性花岗岩侵入体,是一种与岛弧相关的壳型花岗岩。山带南侧,沿艾比湖—星星峡深大断裂分布着蛇绿岩套混杂堆积和高温变质带,是一条公认的板块构造缝合线。由此可见,觉罗塔格山晚古生代是一个大洋弧沟体系。从南缘地层变质变形情况看,吐哈板块与中天山岛弧大致于中石炭世前后发生碰撞,觉罗塔格山作为弧前增生冲断体,部分地仰冲至准—吐微板块之上,后经剥蚀夷平,成为吐哈盆地南部基底的一部分,也成为盆地中新生界的主要物源。这种特定的历史背景决定了南部构造活动较早,结束也相对偏早,地貌相对低缓,沉积相带较宽。

(四)喀拉乌成构造带

吐哈盆地西北缘的喀拉乌成山是天山主要山系依连哈比尔根山的东延倾没端,为中天山与北天山的连接山脉,走向北东东向,出露地层以石炭纪火山岩为主,局部夹变质花岗岩侵入岩。

喀拉乌成构造带形成于中侏罗世的早燕山运动,几乎与博格达构造带同时隆起,构成吐哈盆地的西北边界,使柴窝堡盆地与吐哈盆地分成两个独立的盆地。由于早燕山期及后期的构造变动,吐鲁番拗陷西部构造面貌发生了较大的变化,形成布尔加凸起与伊拉湖—肯德克高台阶带,使原有的二叠系、三叠系、中下侏罗统等遭受大幅度剥蚀,产生了一系列北东向构造带,控制着西部上侏罗统的分布。

在吐哈盆地周边的山脉中,喀拉乌成山的规模最小,形成偏晚,其形成对整个盆地的形成和演化影响较小。

综上所述,吐哈盆地边界山脉隶属不同构造单元,构造属性、发育历史与产生的构造组合都有差异,这直接控制了盆地的类型、沉积体系与石油地质条件的优劣。

第二节 深部地质结构与基底构造

一、深部地质结构

(一)重力场特征与地壳—上地幔结构

吐哈盆地布格重力异常等值线总体呈近东西向展布(图1—5),哈密—鄯善—托克逊一线以南为近东西向重力异常梯度带,重力异常值由南边的 -130mGal 往北降低至 -190mGal ,反映盆地南部基底为向北倾斜的斜坡,北部为近东西向展布的宽缓块状或长条状重力低,反映盆地北部基底呈现拗陷形态。

在布格重力异常图上,博格达褶皱带未显示出明显的负异常,而表现出山体质量盈余,反映出“无根”山系的特征,说明博格达山形成很晚,目前尚未达到重力均衡。

吐哈盆地地壳厚度为 $40\sim 46\text{km}$ (图1—6)。莫霍面埋深反映了区域上地幔形态,以托克逊至哈密一线为界,南为一近东西向展布的椭圆状幔隆构造,以北为幔拗带。吐哈盆地位于幔拗带与南侧幔隆的斜坡上,幔隆与盆地的深拗陷区不具镜像关系。盆地中部地壳厚度相对较薄,东西两侧地壳厚度相对增厚。从大区域重力场图和用地形相关法作出的重力图像上看,吐

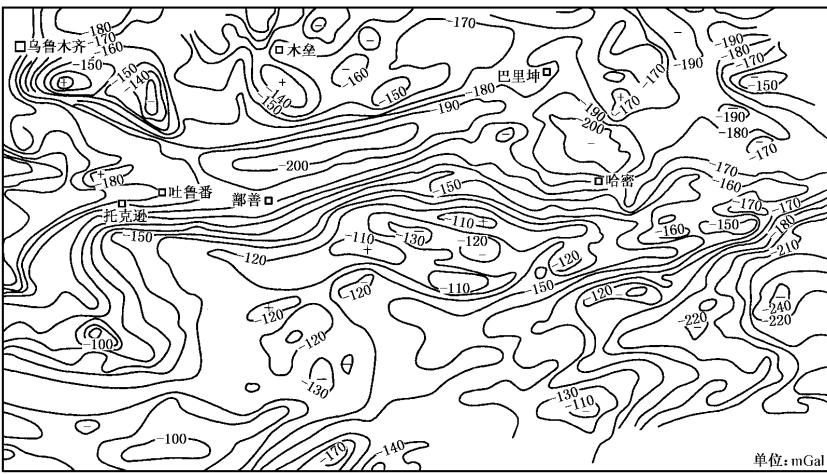


图 1—5 东疆地区布格重力异常等值线图(转引自吴涛等,1977)

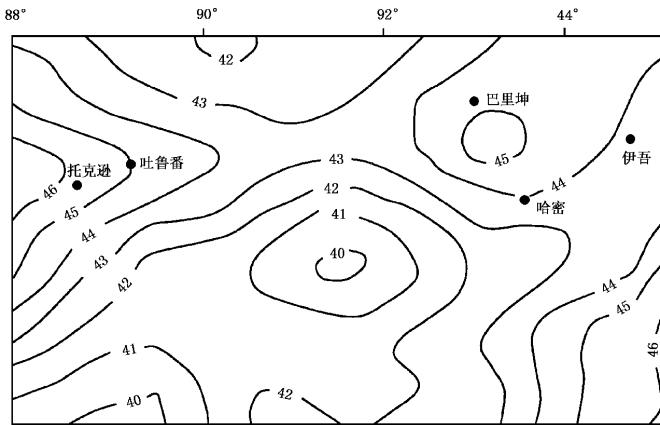


图 1—6 吐鲁番—哈密地区莫霍面埋深等值线图(单位:km)

哈盆地和准噶尔盆地均处于地幔上隆部位,与塔里木盆地一起,形成于马蹄型的布格重力异常区(图 1—7)。

(二) 磁场特征与地壳结构

吐哈盆地航磁(T)异常以近等轴状异常为特征,反映盆地磁性变质基底具有断块构造格局的特点。盆地北部航磁异常较平静,异常值在 $-100 \sim +50 \text{ nT}$ 之间,变化不大,表明该区磁性基底埋藏深,沉积盖层厚度大。盆地南部出现高磁异常区,异常值大(在 $+300 \text{ nT}$ 以上),反映磁性基底埋藏浅,深部可能有强磁性体存在(张鹏飞等,1997)。

在航磁化极上延 60 km 磁场图上(图 1—8)吐哈盆地与塔里木、准噶尔和伊犁盆地一样,表现出强高异常的特征,反映了稳定陆块基底强磁性体的存在。经航磁资料计算,准噶尔盆地

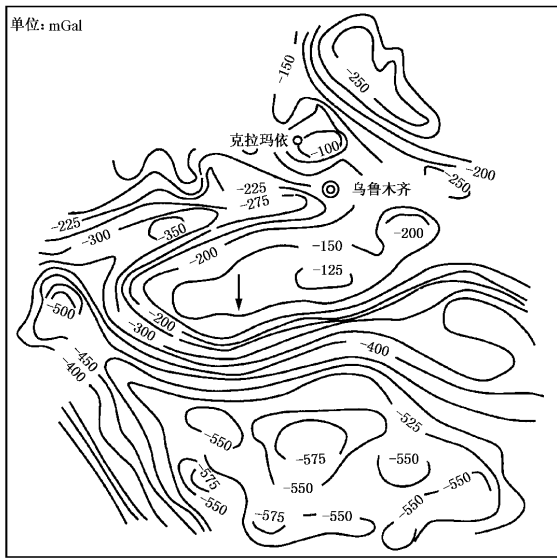


图 1—7 新疆地区大区域重力场图(据美国 1976 年航图资料)

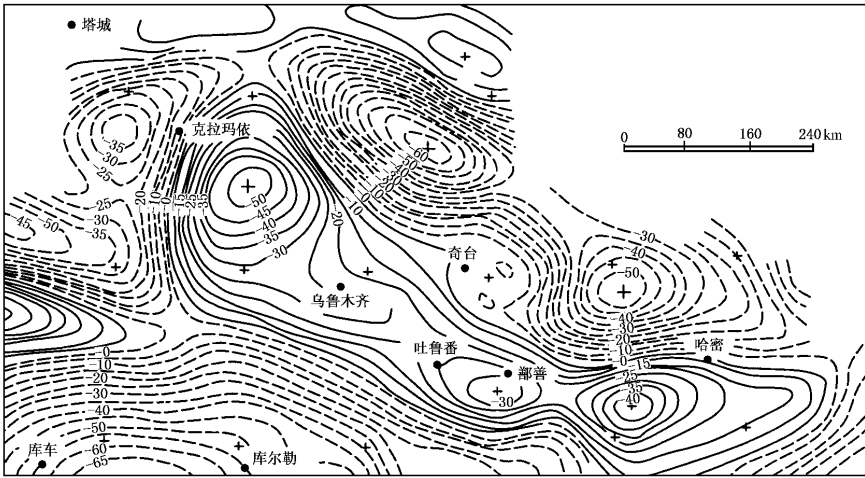


图 1—8 准噶尔—吐哈地区航磁化极上延 60km 磁场图(单位 nT)

具有两个磁性界面,上界面对应上古生界磁性地层顶面,下界面对应盆地结晶基底顶面,埋深为 15~18km。吐哈盆地的航磁资料同样反映出盆地内存在着两个磁性界面,上界面对应晚古生代(主要为石炭纪)中基性火山岩、火山碎屑岩及中酸性侵入岩等磁性体(层)的顶面(图 1—9),下界面是结晶岩顶面。准噶尔和吐哈两盆地及其周边下古生界和上元古界磁性较弱,难以形成磁性界面,所以两盆地深部强磁性体都是古老结晶基底的反映。吐哈盆地地缘出露的古生界厚度大于 10000m,据此可以推测吐哈盆地结晶基底的最浅埋深应该超过 10000m,与准噶