

塔里木盆地 库车油气系统的成藏作用

周兴熙 张光亚 李洪辉 王红军 贾进华 / 著

TARIM BASIN

石油工业出版社

塔里木盆地库车油气系统 的成藏作用

周兴熙 张光亚 李洪辉 王红军 贾进华 著

石油工业出版社

内 容 提 要

这是一本系统研讨库车油气系统成藏作用的专著,同时也是深入讨论油气成藏作用理论基础和研究方法的文献。

本书从确立库车油气系统入手,扼要地叙述了该油气系统的基本油气资源条件之后,阐释了库车油气系统的超强充注特性、烃体系流体相态特征及其控制因素;之后在着重分析油气系统的区域盖层特性及其在构造分带、封存体系构成的作用和中、新生界孔隙流体压力结构及其分布状况的基础上,运用近代油气成藏研究成果,论述了油气系统的成藏期次、成藏机制、成藏模式、油气分异等成藏过程的基本问题;提出了盐-膏质优质区域盖层之下封存箱内水载气对流成藏、多期侧向充注成藏和封存箱外涌流-残余成藏三种机制,指出前两类成藏机制所形成的克拉苏成藏模式和牙哈成藏模式是形成大、中型油气藏的主要型式,是勘探工作首选的油气藏类型目标。

本书作为油气成藏作用的理论基础和研究方法的科研成果,不仅有助于指导库车这类前陆盆地基础上形成的油气系统的勘探实践,而且对发展油气藏地质理论和完善石油地质学是一范例。是从事油气地质勘探、科学研究和教学人员的良好参考书。

图书在版编目(CIP)数据

塔里木盆地库车油气系统的成藏作用/周兴熙等著.

北京:石油工业出版社,2002.12

ISBN 7-5021-4052-2

I. 塔…

II. 周…

III. 塔里木盆地-油气藏-形成-研究

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 094607 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)

北京华正印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 6.75 印张 170 千字 印 1—1000

2002 年 11 月北京第 1 版 2002 年 11 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-4052-2/TE·2893

定价: 30.00 元

序

近年来塔里木盆地库车含油气系统的油气勘探取得很大的成功,研究资料与成果丰富。这不仅为库车地区的油气成藏作用的研究奠定了良好的基础,而且可以作为一个典型,发展、完善成藏作用的理论,特别是在克拉通边缘坳陷(或准前陆盆地)中发育的油气系统具有重要的理论意义和指导油气勘探的作用。以20世纪后半期起发展起来的“差异聚集”、“分离-运移”、“源控论”“油气系统”、“流体封存箱”、“源-盖联控论”等概念和思路,为研究油气成藏作用提供了有利的工具和科学的借鉴。

库车含油气系统是在库车中生代坳陷中发育起来的一个“证实了的油气系统”。包括中生代前渊坳陷和新生代前隆带及楔顶带,占据着塔里木盆地次级构造单元的库车坳陷和塔北隆起的轮台凸起。

从“烃灶”和“油气藏”作为两个最基本的因素出发,分析了已发现的18个油气田中油气的地球化学基本特征,讨论了烃类来源均为陆相的三叠系和侏罗系腐殖型和偏腐殖型有机质,从而确立了该油气系统。进而分析了优质而活跃的烃灶、卓越的封盖条件两个油气系统基本因素,描述了含油气系统的形成与演化;以烃源岩有机质类型和已发现的烃类流体类型,论述了库车含油气系统属于富气的地质单元。指出高、过成熟的天然气潜力很大,主要分布在北带;各种凝析油、气分布广泛,为南带的主要流体类型,前景很为可观。

库车含油气系统最重要的区域盖层是由古近系和中新统的中、下部主要为盐膏层和泥质岩构成的。首先成为了油气系统的区域盖层,同时构成了本区构造变形的分隔带,还形成了流体压力屏障。对圈闭的样式,油气运移、聚集的动力,油气充注、保存的程度都有重要的控制作用。

库车含油气系统北带气田超压是喜山晚期极高速率的充填和天山向南的强烈挤压作用造成的。高压流体注入是主要储层形成异常高压的具体物理机理,高压流体的形成是上述两种作用诱发的结果。气源岩生烃过程产生的膨胀压力可能对注入气藏的流体高压的形成有一定的影响。近期短时间段急速的构造抬升而滞留高压的影响在某种程度上增强了超压的效应,这一分析虽有继续深入研究的必要,但无疑本成果是有一定深度的。

本书讨论了成藏机制和成藏模式,并讨论了南北两带(两个亚油气系统)成藏条件的差异。在此基础上建立了晚期封存箱内水载气对流成藏机制——克拉苏模式;早期封存箱内多期侧向充注成藏机制——牙哈模式;封存箱外涌流

—残余成藏机制——大宛齐模式。

本书是周兴熙教授等科技群体十余年的深入研究，理论联系实际，以大量地质、地球物理为基础，扎实工作得出的成果，对含油气系统研究有借鉴意义，对库车含油气系统研究与勘探有进一步的指导作用。希望这一著作对石油地质理论和含油气系统研究与应用有推动作用。

周兴熙

2002年9月

序

本人有幸在本书出版之前先读了《塔里木盆地库车油气系统的成藏作用》的手稿，受益匪浅、颇有感想。二十一世纪是知识的世纪，随着科学技术的发展，油气勘探也不断地深入，油气勘探的理论有了长足的进展。本书以油气系统为基本着眼点和主线，以大量地质、分析化验资料为基础，创造性地应用成熟的理论和敏感、开阔的思维方法，把纷繁复杂的库车坳陷油气地质中控制油气藏分布的构造、储层、油气生成、烃流体相态、压力系统、充注期次、油气分异和盐盖层的作用等通过流畅的语言和严密的结构得到充分的展示，特别是创造性地应用和发展了油气封存箱理论，对气藏的高压成因和油气成藏模式进行了既符合实际又富有想象力的设想，充分反映编著者博览群书和功底之深，这是近年来在油气藏成因分析方面的一本好书。

全书分七章，第一章实际是个引子，从库车坳陷的地质背景、油气系统的划分原则、依据进行论述，从盆地结构、构造和沉积的演化探讨油气系统的形成过程，并以大量的勘探实践资料和成藏基本特征的分析为依据，确认库车坳陷是一个强充注类型的油气系统，这一认识对库车坳陷的油气勘探具有重要的推动作用，增强了对库车坳陷油气勘探的信心。

第二章至第六章是本书的精髓，所占篇幅较大，通过对已经探明的储量、烃源岩、埋藏深度、热流和构造演化史的研究，分析油气的相态，并探讨决定相态的主要因素，从而认识了客观实际，结论是库车油气系统既富油又富气，整体富气；原油性质多样，有正常黑油、挥发油和凝析油；天然气以高温裂解的干气和湿气为主，它们是大型气田重要的流体类型。

通过对库车油气系统富气又富油的成因分析，认为大范围优质膏盐岩盖层的分布是油气得以保存的主要控制因素之一，膏盐岩象被子一样覆于优质烃源岩三叠系和侏罗系之上，使其所形成的烃类能较好地保存下来，难以严重的外泄和散失，并指出“盐下”是寻找大油气田最有利的地区。

通过对库车油气系统中各井压力分布和实测资料的分析研究以及吸收前人研究的精华，作者认为库车油气系统中盐下异常高压的成因主要是喜山期极快速的沉积物充填和构造作用使天山山脉向南强烈挤压的结果，同时，认为烃灶的不断供烃和优质的盖层封堵和局部构造的抬升或许在某种程度上加强了超压的效应。在成藏期的研究中作者以宏观和微观的油气成藏特征为依据，以大量前人研究的成果为引论，以讨论的形式逐渐引人入胜，展现明确的主题，其成

藏期南北不同，北部亚系统成藏期为 5Ma 以来一直在进行的一个过程，南部成藏期为大约 30Ma 以来的一个较漫长的过程，它们是一个过程而不是一个瞬间。这些认识使人感到比较符合客观实际又亲切民主，以讨论的形式展开，没有丝毫的强加于人，其结果是人们会自觉和不自觉地同意和采纳了他们的观点。

在成藏模式和成藏机制的一章中作者以勘探事实为依据，大胆地利用大脑的功能，展开充分的空间思维和想象，建立了三种油气成藏模式和以克拉 2 为代表的晚期封存箱内水载气对流成藏、以牙哈凝析气田为代表的早期封存箱内多期侧向充注的成藏和大宛齐油田封存箱外涌流—残余成藏的三种机制。

第七章对有一定争议的成藏分异作用进行了讨论，首先对分异作用的定义给予以明确，并以牙哈油气田为例阐明自己的观点，具启发和引路的作用。

其实，人类对油气勘探的整个过程，就是寻找和发现油气藏的过程，在这个过程中最关键和核心的部分就是了解油气的成藏过程和作用，当然油气的成藏过程好比是种瓜秧和结瓜的过程，其作用相当于泥、水、肥和阳光等对秧苗成长的作用，使其生长和结瓜；而我们的勘探是通过土、水、肥、阳光等共同作用结果的可能产物去预测瓜可能结的地方，一旦找到一个瓜，我们就可以顺瓜摸藤，再顺藤摸瓜，反复多次，最终发现尽可能多的瓜，同时，要研究为什么这个藤结瓜，而那个藤不结瓜或这个藤结大瓜而那个藤结小瓜？从而总结其规律性，更高效快捷地找到更多更大的“瓜”，这就充分显示研究成藏过程和作用的重要性。

本书的作者主要是研究成藏作用的，但同时他们也研究成藏作用的各个要素，如构造、沉积储层、盖层、地震解释和处理及油气生成和油气运移等，充分反映油气成藏过程和作用的研究是一个系统的工程，需要多学科的融合，而不是一堆优质但组装不起来的散落的零件。

总之，本书不仅是一本从事油气藏研究工作者的良师，也是一切从事油气勘探工作人员的益友，读之必有教益。

顾家裕

2002 年 9 月于北京

前 言

塔里木盆地库车油气系统的油气勘探取得了令人瞩目的成功,在6年的时间内已发现了18个油气田,探明了大规模的天然气和石油储量,成为了我国重要的能源基地。尤其是克拉2等一批大、中型气田的发现,为国家“十五”期间重大工程项目“西气东输”提供了资源保证。与此同时,在“八五”“九五”“十五”期间全国重点科技攻关都安排了相关的科研项目,研究成果非常丰富。这就不仅为库车地区的油气成藏作用的研究奠定了良好的基础,而且可以作为一个典型,发展、完善成藏作用的理论,特别是对在前陆盆地中发育的油气系统(前陆型油气系统)具有重要的理论意义和指导油气勘探的作用。

早在“八五”期间,国家级重点科技攻关就设立了“塔里木盆地天然气形成条件及分布规律”等课题,“九五”更加强了研究力度,在“塔里木盆地石油和天然气勘探”国家级重点科技攻关项目中,把库车地区油气地质研究作为重点之一,安排了很多研究课题。此外,自1999年以来,我们曾进行了“库车前陆盆地演化与油气资源评价”、“库车油气系统成藏条件及区带评价”两个专题的研究。在获得了大量的科学资料和丰硕的研究成果的基础上,以20世纪后半期起发展起来的“差异聚集”、“分离-运移”、“源控论”“油气系统”、“异常流体压力封存箱”、“源-盖共控论”等概念和思路,在这些研究成果的基础上,择其中有关成藏作用提炼成册。鉴于2~3年来,有关库车地区的油气地质方面的文、著甚多,撰写过程中力求简练,突出特色,不详之处恳请读者查阅相关著述;谬误之处,恳望读者不吝赐教。

本书分7个专题阐述库车油气系统的成藏作用。

(1) 库车油气系统是在库车中、新生代前陆盆地中发育起来的一个“证实了的油气系统”。包括中生代前陆的前渊带和前隆带,新生代再生前陆的楔顶带和前渊带的北段,占据着塔里木盆地次级构造单元的库车坳陷和塔北隆起的轮台凸起。

从“烃灶”和“油气藏”作为两个最基本的因素出发,分析了已发现的油气田中油气的地球化学基本特征的一致性,证实了烃类来源均为陆相的三叠系和侏罗系腐殖型和偏腐殖型有机质,从而确立了该油气系统。进而分析了优质而活跃的烃灶、卓越的封盖条件两个油气系统基本因素,描述了油气系统的形成与演化,把库车油气系统归为超强充注、高阻尼类型。

(2) 以烃源岩有机质类型和已发现的烃类流体类型论述了库车油气系统属于富气的地质单元,并有相当规模的原油聚集。并讨论了烃流体分布特征,划分出4大类8种烃流体类型。认为烃源岩成熟程度是油气类型的基本控制因素,相态分异、不同期次油气混合的加强了烃流体的多样性。指出高、过成熟的天然气潜力巨大,主要分布在北带;各种凝析油、气分布广泛,为南带的主要流体类型,前景也很可观。

(3) 库车油气系统最重要的区域盖层是由古近系和中新统的中、下部主要为盐膏层和泥质岩构成的,它在油气成藏过程中具有三方面的功能:首先形成了油气系统的区域盖层,其次构成了本区构造变形的分隔带,第三还形成了流体压力屏障(封存箱的顶板)。这三者对圈闭的样式,油气运移、聚集的动力,油气充注、保存的程度都有重要的控制作用,因而也

就在很大程度上决定着油气系统的成藏机制和成藏模式。

(4) 油气系统中大部地区的中、新生界流体压力呈现三带式结构。油气系统的北部带的剩余压力为逐层升高的三层台阶式压力结构,南带的大部分地区压力结构具有中层压力高,深浅两层低的中层凸出式特点,南带的边缘很小的局部地带,中层的压力也降低到接近正常压力的程度,使这类地区的压力曲线基本与静水压力线平行,呈均斜式压力结构。

着重讨论了北带主要储层孔隙流体超高压的根本原因。库车油气系统北带气田超压的根本成因是喜山晚期极高速率的充填和天山向南的强烈挤压作用造成的。高压流体注入是主要储层形成异常高压的具体物理机理,高压流体的形成是前述两种根本作用诱发的表现和结果。气源岩生烃过程产生的膨胀压可能对注入气藏的流体高压的形成有一定的贡献。近期短时间段急速的构造抬升而滞留高压的影响或许在某种程度上增强了超压的效应,但构造抬升归根结底乃是构造挤压这种根本作用派生的现象。

(5) 概述了油藏年代学宏观和微观的 10 种概念和方法及某些方法在库车油气系统中应用的结果。

运用宏观和微观资料,论述了系统的北带的烃类聚集是以气藏为主,形成时代主要为库车期以来,直到现今还在充注,地质年代大致为 5 Ma 以来。由于此时烃源岩热演化高,而且成藏时段短,没有强烈的同位素累积效应,造成产出气体的碳同位素较重—很重,反映气体的成熟度高,为高成熟到过成熟的产物,烃流体类型以干气和湿气为主。北带中的残余油藏是区域盖层之上常压体系的烃类聚集,大宛齐油田的成藏期聚集在库车组上部 and 第四系中,成藏作用明显的是很晚、更短的期间发生的。依奇克里克油田聚集在中侏罗统中,其定型期是在近期该地带抬升以后很晚的阶段,但不能排除其中的原油有较早期的成分。

系统的南带的油气田的烃流体类型以凝析气和凝析油为主,少量正常油和挥发油,其表面成熟度为中、低等程度。各种资料显示其成藏期较长,成藏作用发生的较早,大致在 30 Ma 以来,同时似乎存在两个或三个充注高峰期。通过对牙哈油气田成藏史的分析,认为以古近纪末至吉迪克期为早成藏期,以康村期至库车中、晚期为晚成藏期较为合理。

(6) 首先说明了成藏机制和成藏模式的概念:成藏机制主要是成藏作用动态因素的概括,主要研究内容为油气充注、聚集的动力、方式、期次、物理化学过程、各种因素的功能等;成藏模式主要是成藏作用静态因素的概括,主要内容为油气聚集和保存的地质条件,包括储盖组合、圈闭类型、运移方式和通道等因素。而后讨论了南北两带(两个亚油气系统)成藏条件的差异,进而讨论了油气系统封存箱的形成与演变,提出了三种封存箱的特征。在此基础上建立了晚期封存箱内水载气对流成藏机制——克拉苏模式;早期封存箱内多期侧向充注成藏机制——牙哈模式;封存箱外涌流—残余成藏机制——大宛齐模式。并以库车油气系统成藏作用的实例讨论了流体封存箱的几个重要基本特征,作为对前人理论概念的补充和修正。

(7) 油气在聚集成藏过程中发生分异是一种普遍的作用,其主要动力是重力(主要是浮力和流体动力)的作用;如在地下水活跃地带,水动力也会影响油气的分布,但水动力的起源仍然是重力。与重力无关的有浓度差引起的扩散力,不过在一般情况下,其影响较小。

牙哈油气田是“重力分异”和正向分异的“差异聚集”的典型实例。油气田的烃源区—拜城凹陷在其的西北。油气经过源岩系中的砂岩输导层向东南侧向运移至南缘隆起的断裂背斜带,沿断裂注入其上的储层。油气田中油和气的分布在平面上主要受油气注入方向的控制,平面和纵向分布特点——“西油东气”、“上气下油”和“上轻下重”主要受断裂的断距

和重力的控制，主要是重力分异的结果。

通过库车油气系统的油气成藏作用研究证明：它的资源条件不仅可以保证“西气东输”的第一期和第二期供气的需要，而且还有更大的潜力，还可建成更大规模、更长时期的天然气外输能力，完全可以担当“发展西部”、“西气东输”主力资源区的使命。

在完成专题的工作中得到塔里木石油分公司各级领导和同行的热情帮助，参加研究工作的还有柳少波、张庆春、周东延、丛祝安、方辉、高阳、于芳等同志。成书过程中参考了苗继军硕士和赵靖舟博士的毕业论文、范士芝博士后出站报告。特别是得到胡见义院士、顾家裕教授的支持与指导，并在百忙之中，为拙著作序。在此一并谨深表衷心的感谢。

目 录

绪言	(1)
第一章 库车油气系统基本石油地质特征	(2)
第一节 库车油气系统的轮廓	(2)
第二节 库车油气系统的确立	(2)
第三节 库车前陆盆地中、新生代构造演化与油气系统形成	(8)
一、中、新生代构造及沉积演化述要	(8)
二、前陆盆地新生代的演化与库车油气系统形成	(11)
第四节 库车油气系统油气成藏的基本特征	(12)
一、库车油气系统属于超强充注类型	(12)
二、库车超强充注油气系统基本成藏条件	(13)
第二章 库车油气系统烃类流体相态特征	(17)
第一节 库车油气系统烃类主体	(18)
第二节 库车油气系统烃流体的相态及其成因	(21)
一、烃流体相态类型	(21)
二、纯气相的成因	(23)
三、正常黑油、伴生油、残余油与分异作用	(24)
四、各种类型油气藏的分布及主控因素	(28)
第三节 库车油气系统油气分布与流体特点小结	(28)
第三章 库车油气系统第三系盐膏质区域盖层特征及其对油气成藏的控制作用	(30)
第一节 第三系盐膏质区域盖层的构成	(30)
一、区域盖层的沉积特点	(31)
二、区域盖层分布特征	(32)
第二节 盐膏质区域盖层的封盖性能	(32)
第三节 盐膏质区域盖层—地质分隔带	(35)
一、构造形变分隔带	(36)
二、压力屏障	(37)
第四节 盐膏质区域盖层对油气的控制作用小结	(38)
第四章 库车油气系统中、新生界的流体压力与压力结构及其起因	(39)
第一节 库车油气系统压力结构	(39)
一、浅层正常压力带	(40)
二、中层压力过渡带	(40)
三、深部压力带	(41)
四、压力结构	(42)
第二节 库车油气系统北带储层的异常高压成因	(44)
一、库车油气系统异常压力分布特征	(44)

二、北带主要储层孔隙流体超高压的根本原因·····	(46)
三、主要储层超压生成的物理机理·····	(48)
四、其它观点的讨论·····	(49)
五、库车油气系统北带储层的异常高压成因小结·····	(51)
第五章 库车油气系统成藏期次 ·····	(52)
第一节 油气藏年代学述要·····	(52)
一、宏观方法·····	(52)
二、微观方法·····	(57)
第二节 库车油气系统成藏期次·····	(59)
一、晚近期成藏的地质特征·····	(59)
二、晚近期成藏微观证据·····	(61)
第三节 库车油气系统成藏期的讨论·····	(68)
第六章 库车油气系统的油气成藏作用 ·····	(70)
第一节 两个亚油气系统的成藏条件及三种成藏机制与成藏模式·····	(70)
一、北部亚油气系统(北带)·····	(70)
二、南部亚油气系统(南带)·····	(71)
三、三种成藏模式·····	(72)
第二节 库车油气系统流体封存箱的形成及三种成藏机制·····	(74)
一、油气系统构造格局演变与封存箱的形成·····	(74)
二、库车油气系统的三种油气成藏机制·····	(75)
三、关于封存箱的讨论·····	(79)
第七章 成藏过程中的分异作用 ·····	(81)
第一节 分异作用概述·····	(81)
第二节 牙哈油气田的分异作用·····	(82)
一、牙哈油气田油气分布特点·····	(82)
二、牙哈油气田成藏作用和成藏过程·····	(83)
三、油气分布的主要控制因素·····	(85)
第三节 成藏过程中分异作用小结·····	(85)
结语 ·····	(87)
参考文献 ·····	(89)
图件索引 ·····	(92)
表索引 ·····	(95)

绪 言

塔里木盆地库车油气系统的油气勘探取得巨大的成功，在 6 年的时间内已发现了 18 个油气田，探明了大规模的天然气储量和石油储量，成为了中国重要的能源基地。尤其是克拉 2 等一批大、中型气田的发现，为国家“十五”期间重大工程项目“西气东输”提供了资源保证。与此同时，在“八五”“九五”“十五”期间全国重点科技攻关都安排了相关的科研项目，研究成果非常丰富。这就不仅为库车地区的油气成藏作用的研究奠定了良好的基础，而且可以作为一典型，发展、完善成藏作用的理论，特别是对在前陆盆地中发育的油气系统（前陆型的油气系统）具有重要的理论意义和指导油气勘探的作用。

石油地质学的中心内容可归结为成盆、成烃、成藏三个基本理论范畴，在这三个范畴之中，油气藏始终是最重要的研究对象。纵观石油地质学发展历史中任何新理论、新概念的提出和发展，无不得益于对油气藏深入的剖析和精细的研究。无论是 19 世纪到 20 世纪初“油苗找油”“背斜储油”“地层型圈闭”等为主体的现象论阶段，还是 20 世纪中叶以来，以生烃机制和生烃演化史为中心盆地模拟的发展论阶段，都证明着油气藏地质研究在石油地质学中的非常重要的地位。这是由于油气藏在石油地质科学发展过程中起着三个方面的作用：其一，油气藏所提供的信息是一切石油地质理论、概念最主要的源泉；其二，油气藏的属性和特征是检验一切石油地质理论、概念最权威的标准；其三，油气藏的发现、勘探与开发又是

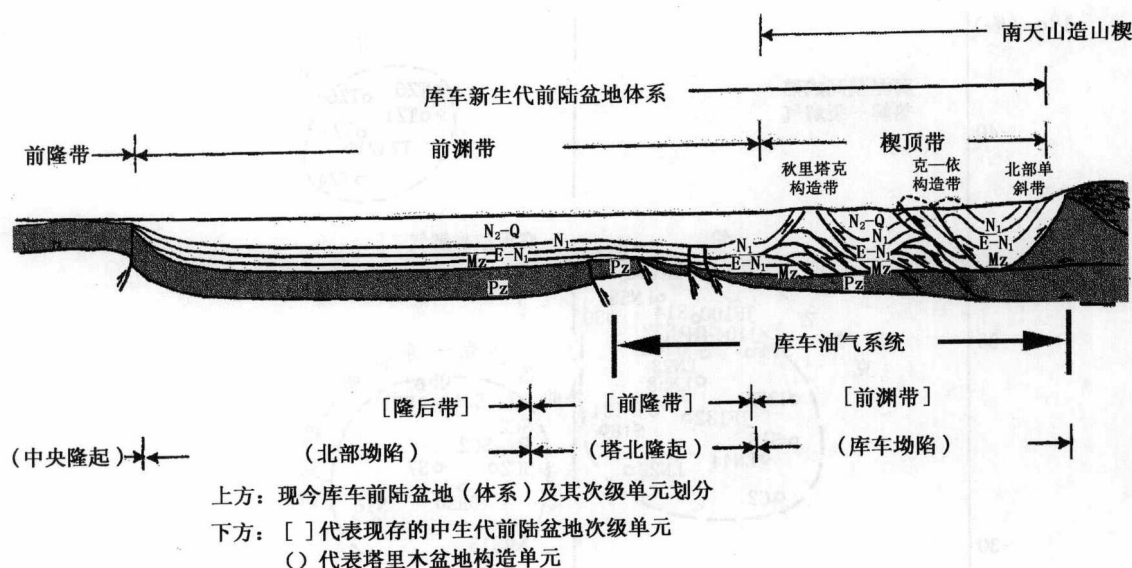


图 1-2 库车油气系统构造位置剖面图

和区域封盖层组合为基础，油气藏形成的相对独立系统。系统内石油地质基本要素包括静态的（如生储盖层）和动态的（如排烃运移与聚集、构造与成岩演化、圈闭的形成与破坏等）要素”的定义。这是首次把区域盖层的重要性提高到形成油气系统基础条件之一的地位。赵文智等最近（2002）把油气系统概括为“由有效生烃灶及其所生油气的运移和聚集过程涉及的三维地质单元构成，包括生烃灶及其所生一切油气和油气藏所需的地质要素与地质作用过程。”在这个概括中用“烃灶”（hydrocarbon kitchen）代替了“成熟烃源岩”，使叙述更为准确、简洁；强调把成藏要素、作用、过程三者作为油气系统统一的综合研究内容。

综上所述，仅就确立为、或者说划分出一个独立的油气系统就是要厘定一套有效烃灶及以其为源的若干油气藏和油气显示，也即把握“烃灶”和“油气藏”作为两个最基本的因素。在库车油气系统内已发现的 18 个油气田，有 11 个在库车坳陷之中，7 个位于塔北隆起的轮台凸起之上。这些油气田虽然分布在两个不同的构造单元，但是所有这些油气田的油、气所反映生源的地球化学基本特征都具有很强的一致性，反映了其烃类来源均为陆相的三叠系和侏罗系腐殖型和偏腐殖型有机质，属于一个统一的油气系统。

确立库车油气系统有一个认识过程。1994 年在分析塔里木盆地天然气碳同位素特征时，发现轮台凸起上几个油气藏的甲、乙烷碳同位素分布集中在同一点群区，与柯克亚相近，乙烷碳同位素 $\delta^{13}\text{C}_2$ 重于 -25‰ ，甲烷碳同位素 $\delta^{13}\text{C}_1$ 分布在 $-38.5\text{‰} \sim -30.0\text{‰}$ 之间，为典型的陆相腐殖型热解气，与轮南、塔中、东河塘等台盆区（克拉通区）所产的天然气有明显的区别（图 1-3），初步显示了该区的天然气来自库车坳陷的特性，据此划分出库车天然气区，即图 1-4 所示的 A 区。A 区基本上就是库车油气系统的范围。

1997 年梁狄刚等通过对塔北隆起所产原油的地球化学性质的研究，特别是通过原油碳同位素（ $\delta^{13}\text{C}$ ）和正构烷烃的姥植比（Pr/Ph）的对比，论证了“塔北隆起被轮台断隆顶部‘一分为二’，形成南、北两个海、陆相油气系统”，陆相原油碳同位素（ $\delta^{13}\text{C}$ ）分布在 $-27\text{‰} \sim -29\text{‰}$ 之间，重于 -30.0‰ ，姥植比（Pr/Ph）分布在 1.43~2.4 之间，富姥烷；海相原油碳同位素（ $\delta^{13}\text{C}$ ）轻，分布在 $-31\text{‰} \sim -33\text{‰}$ 之间，轻于 -30.0‰ ，富植烷，

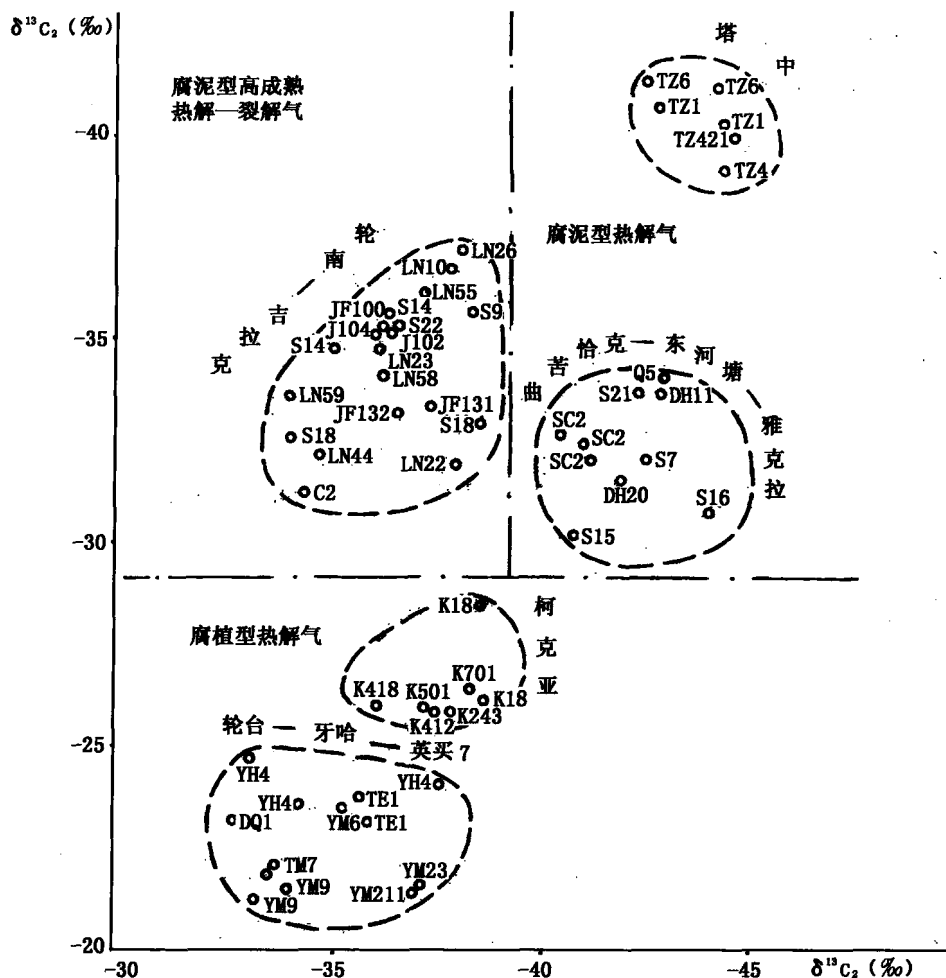


图 1-3 塔里木盆地天然气类型图

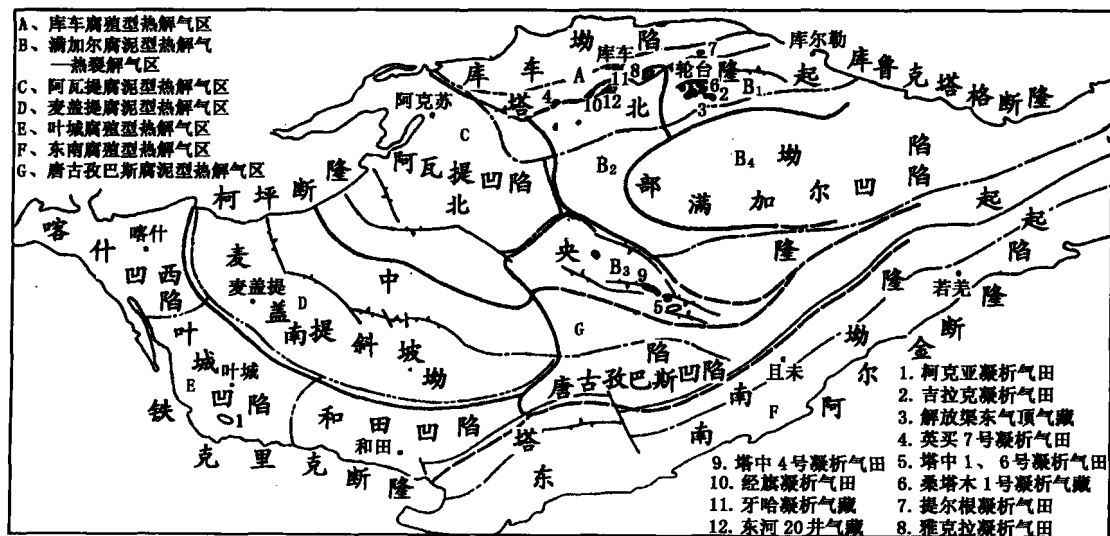


图 1-4 塔里木盆地天然气区分布图

姥植比 (Pr/Ph) 分布在 0.7~1.2 之间, 绝大多数的油小于 1 (图 1-5)。

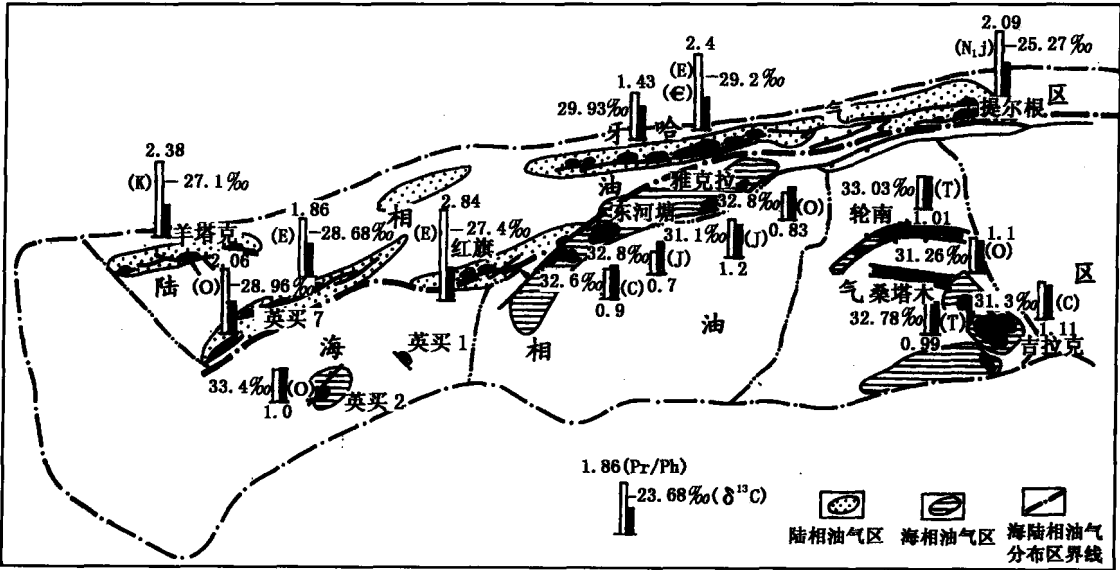


图 1-5 塔北隆起海、陆成因油气藏分布图 (据梁狄刚等, 1997, 略改)

1998 年以来在库车油气系统的北带, 即库车前陆的冲断带 (也即前述的楔顶带) 发现了克拉 2 等 9 个大、中型气田。于是, 进一步对系统内的油气性质进行了全面的分析, 就更清晰的表现出全系统油气的同源性以及与台盆区所产油气的差异性。图 1-6 中的煤成气实

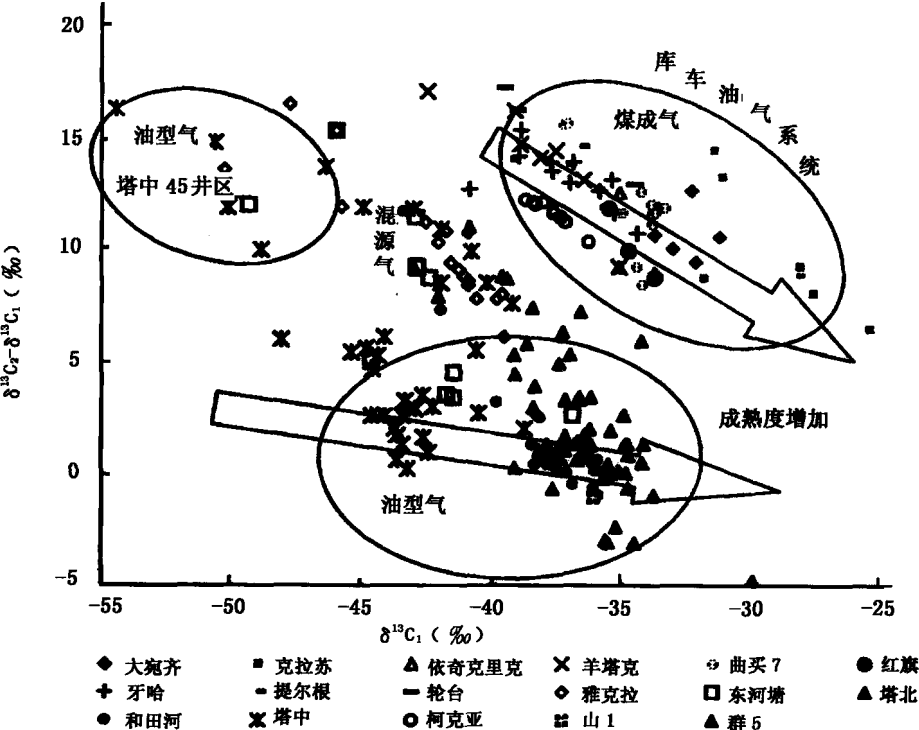


图 1-6 塔里木盆地 $\delta^{13}C_1 - (\delta^{13}C_2 - \delta^{13}C_1)$ 图解 (据柳少波, 2000, 略改)