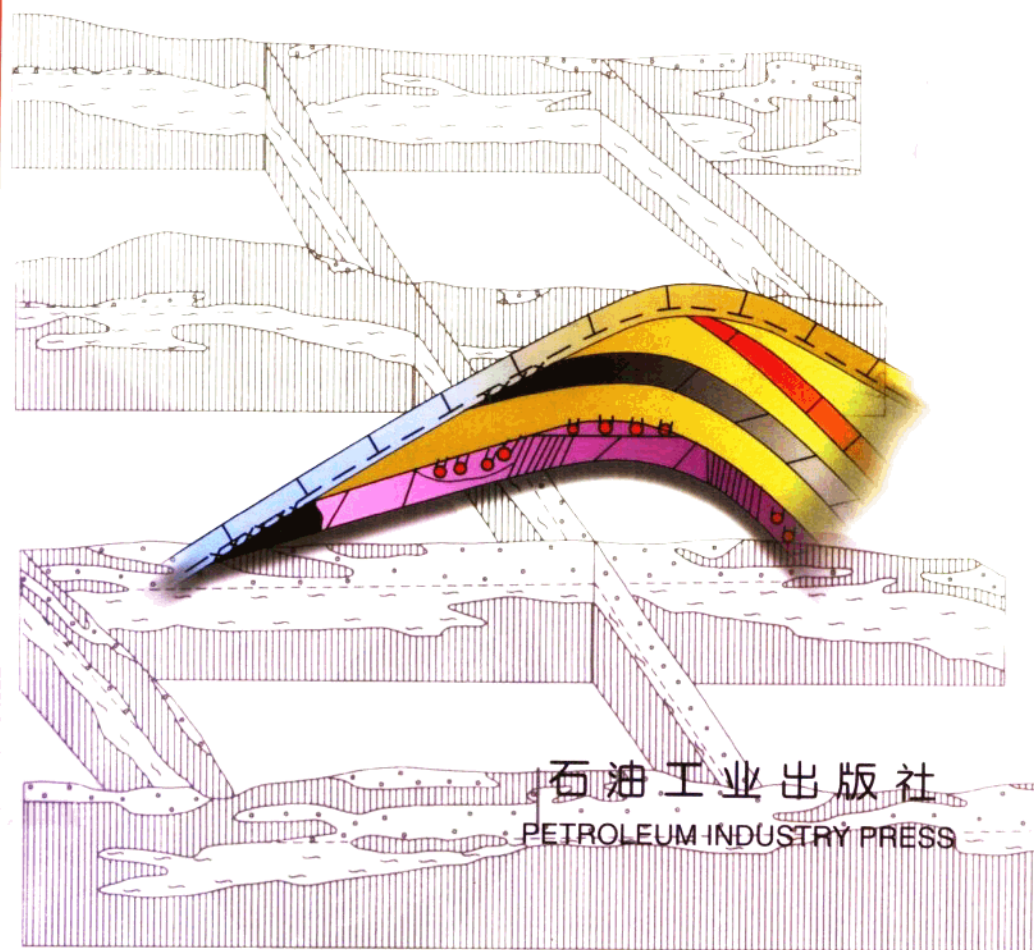


刘仲宣 史习杰 唐泽尧 程绪彬 著
杨 彤 夏绍文 应丹琳 杜本强

古背斜气藏勘探



石油工业出版社
PETROLEUM INDUSTRY PRESS

学(北京)

130.8

57

155166	
P618.130.8	
057	

古背斜气藏勘探

刘仲宣 史习杰 唐泽尧 程绪彬 著
 杨 彤 夏绍文 应丹琳 杜本强

石油工业出版社

内 容 提 要

古背斜气藏是一种新的气藏类型和新的油气勘探领域。本书通过对在四川盆地资阳地区首次发现的古背斜气藏的描述与解剖,对古气藏形成的石油地质条件、水文地质条件以及相关的勘探技术和勘探程序作了阐述,为这一新领域的油气勘探提供了理论依据和实例。

本书可供从事油气勘探、石油地质研究等方面的技术人员和有关院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

古背斜气藏勘探/刘仲宣等著.
北京:石油工业出版社,2000.5
ISBN 7-5021-3051-9

I. 古…

II. 刘…

III. 背斜油气藏-油气勘探

IV. P618.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 65805 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)

河北省徐水县印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 8 印张 200 千字 印 0—1000

2000 年 5 月北京第 1 版 2000 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3051-9/TE·2346

定价:16.00 元

序

1964年9月在四川盆地最大的威远构造上,在威基井的加深钻探中,发现了上震旦统灯影组气藏,只用了两年的时间就探明了储量400亿立方米,是当时我国最大的气田。在元古界震旦系发现气藏在地质上是缺乏预见的,在我国是首次发现,是勘探思路上的重大突破。威远构造灯影组气藏是一个典型的背斜圈闭的块状气藏,构造闭合面积1600平方千米,灯影组构造面积800平方千米,但含气面积只有200平方千米。自此以后的30年间以震旦系为目的层先后在盆地周边及其内部钻探了一批背斜构造,除川中龙女寺构造基准井测试产气1.5亿立方米每天之外,多数产水,没有好的发现。在威远构造上,地质家也希望能继续扩大成果,提出“威远之外找威远,威远之下找威远”,有的探井钻穿震旦系进入花岗岩基岩,无新的发现。在威远构造宽缓的北斜坡,曾在气水界面之外甩开钻探威15、58井(处于威远和资阳灯影组气藏之间的位置),也产水,没有发现。地质家一直在思索和探索新气藏在哪里。

在1991年中国石油天然气总公司大中型气田招标研究项目中,康义昌的研究成果提出:在印支—燕山期,资阳—资中地区存在受古隆起高点圈闭的古气藏,四川运动使古圈闭消失变为威远构造北部斜坡,但古气藏受致密岩隔挡而成为单斜悬挂气藏,是一个重要的勘探目标。他的思路是一种创新的思路,他的建议受到了四川石油管理局和中国石油天然气总公司的采纳,主要是根据他的观点进行钻探在资1井发现了震旦系气藏,这个新领域的发现,康义昌有重要的贡献。

经过三年来的勘探实践和综合研究,证实了高点上的古背斜气藏,提高了他的观点。以这些成果为基础,完成的本书其主要内容就是论证和描述了资阳地区上震旦统灯影组气藏属于受古背斜控制的岩性圈闭气藏。并且对古背斜气藏的控制因素,古背斜气藏的形成与演化,作了较全面的分析研究。作者对古背斜及古背斜控制的气藏定义为“古背斜是指在地质历史中曾经发生和存在过的背斜,但在其后的构造运动中消亡,现今已不复存在。”“与古背斜成藏有关的气藏称为古背斜控制气藏,在古背斜圈闭消亡后气藏可能解体,可能散失消亡,保存下来的气藏现今圈闭已变为其它类型,如岩性圈闭、断层圈闭、裂缝圈闭等。”资阳地区的震旦系气藏是属于受古背斜控制的与灯影组古岩溶孔隙型储层相关的岩性气藏。古背斜控制气藏,在国内外尚无先例,属于首次发现的一种新的气藏类型,这种气藏的发现和本书对这类气藏的理论阐述,对于拓宽勘探领域和丰富油气地质理论都有重要意义。

这类气藏是一种隐蔽的复杂气藏,勘探难度大,对此在资1井发现之后即有所预计。因此,在勘探中采取积极、谨慎科学的部署,做了大量工作。采用多种先进技术方法综合勘探,以降低风险提高成效。在勘探全过程中十分重视综合研究,三年来为认识其成藏机理、分布规律和描述方法进行了三轮研究,共完成40多个课题。本书概要介绍了勘探这类气藏

的研究思路和技术方法。作者提出的“研究构造发展史和成藏演化史不但是认识成藏地质规律的需要，更是发现勘探目标的需要。”“通过构造史的研究可将属隐蔽圈闭的古背斜变为近似显形的圈闭”的基本思路和方法，对这类气藏的勘探具有指导意义。

由于古背斜气藏是一种新类型、新领域，随着古背斜消亡，原来聚集的天然气散失与再运聚会出现多种情况，现今圈闭又较复杂隐蔽。而我们的勘探认识程度还很低，技术也不成熟，勘探过程中会遇到波折。但是古背斜气藏在构造较简单的非现今背斜地区都可能存在，勘探领域广阔。希望本书的出版，能对勘探家有所启示和帮助。

胡光灿

1998年5月于成都

前 言

本书是以四川盆地资阳地区天然气勘探的地质研究成果为基础,经过综合提高编写而成,是该勘探研究成果理论上升的概述。

资阳地区位于四川盆地西南部,横跨资阳、资中、威远、仁寿、简阳、乐至等县市,圈定的勘探面积 5000 平方千米。大地构造属于川中平缓褶皱区威远—龙女寺构造带的西北部。地表出露地层为中、下侏罗统,其下为三叠系、二叠系、中下寒武统及震旦系,沉积岩厚度约 4000~5000 米。主要勘探目的层是上震旦统灯影组。

资阳地区的现今构造是一平缓大单斜,地层倾角只有 2~3 度,油气勘探的对象是地史中曾经存在过的古背斜。把现今已不复存在的古背斜作为勘探目标可说是“尝蟹式”的实践。该目标的钻探始于 1993 年 1 月 1 日,到 1996 年底共完钻 7 口,在上震旦统灯影组获工业气井 3 口,小气井 2 口,干井 1 口,水井 1 口,从而发现了受古背斜控制的气藏。地震详探面积 4800 平方千米,共发现古背斜 7 个,其中控油古背斜 4 个,预示着这类气藏好的前景。

古背斜气藏是一种新的类型,新的勘探领域,为认识其成藏机理、分布规律和描述方法,在基础地质、成藏条件、气田地质、勘探方法等方面进行了三轮研究,共完成 40 多个课题,取得了丰富的资料和成果,也是编写本书的资料基础。曾经担任资阳项目课题研究的有四川石油管理局研究院、地调处、测井公司、川西南矿区、中国石油天然气总公司研究院地球物理所,以及西南石油学院和成都理工学院沉积地质所等单位。

本书是以构造发展史为主线,结合有机质演化史、油气运移史和空隙演化史对古今油气藏的形成、保存与油气散失的关系进行阐述。第一章对古背斜气藏的发现、成藏机理及勘探概况作了概述,是全书的导论;第二章对晚隐生宙的晚震旦统灯影期在本区的沉积、成岩特征作了较系统论述,着重分析了有利的储集岩相;第三章对资阳地区古背斜群逐个进行描述,并分析了它们的形成与演化;第四章对古老地层中油气生成与演化的论述为寻找老地层原生气藏提供了重要依据;大面积分布的岩溶孔洞型储层历经五六亿年沧桑后尚能保存,其发育与分布的规律综述于第五章之中;第六章论述了资阳地区震旦系较长时期处于低势能的水文地质环境及地层水中有开采价值的微量元素;第七章是本书核心内容,以翔实的资料论证了古背斜气藏的存在及其形成机理与分布规律;古背斜气藏的勘探方法与常规气藏的勘探有所不同,在最后一章中进行了探讨。

本书第一章由唐泽尧编写;第二章由程绪彬、夏绍文编写;第三章由杨彤编写;第四、七章由程绪彬编写;第五章由史习杰编写;第六章由应丹琳编写;第八章由刘仲宣和杜本强编写,全书由唐泽尧统纂修改定稿。

本书在编写过程中得到四川石油管理局原总地质师、教授级高工胡光灿、局勘探公司经理、高级工程师杜尚明的指导与支持,得到局勘探处、研究院、地调处、测井公司、川西

南矿区，总公司研究院地球物理所、西南石油学院及成都理工学院沉积地质所的有关领导和同志帮助与支持，在此一并致谢！

由于作者学识水平有限，书中不妥之处敬请读者指正。

目 录

序

前言

第一章 绪 论.....	1
第一节 古背斜及古背斜气藏的概念.....	1
第二节 古背斜气藏的发现及勘探现状.....	2
第三节 古背斜气藏的证据.....	5
第四节 古背斜气藏的成藏模式.....	7
第五节 古背斜气藏勘探前景.....	8
参考文献	9
第二章 地层与岩相.....	10
第一节 灯影组小层划分与对比.....	10
第二节 沉积相分析.....	11
第三节 成岩作用.....	17
参考文献	23
第三章 古背斜圈闭.....	24
第一节 古背斜可作为一种勘探目标.....	24
第二节 资阳地区震旦顶古背斜圈闭特征.....	24
第三节 古背斜成因探讨.....	29
第四节 控油古背斜圈闭评价.....	30
参考文献	35
第四章 油气生成与演化.....	36
第一节 烃源岩.....	36
第二节 烃源岩的成烃演化史.....	42
参考文献	46
第五章 储 集 体.....	47
第一节 储层有效空隙的类型及其结构特征.....	47
第二节 储层地质参数.....	56
第三节 储层的分布与预测.....	59
第四节 储层发育的地质因素.....	65
第五节 震旦系储层地质模式.....	69
参考文献	70
第六章 水文地质.....	71
第一节 水文地质条件概况.....	71
第二节 水动力条件与油气运聚.....	73

第三节	今水化学条件对油气运聚控制探讨.....	80
第四节	水中非烃矿产资源初步评价.....	86
	参考文献	87
第七章	气藏的形成与保存.....	88
第一节	成藏地质条件.....	88
第二节	古背斜气藏的形成.....	89
第三节	古背斜气藏的保存与评价.....	98
	参考文献	101
第八章	古背斜气藏的勘探程序与技术.....	103
第一节	勘探程序.....	103
第二节	地质录井技术.....	104
第三节	成像测井技术.....	107
第四节	地球物理勘探技术.....	111
第五节	气水分布的预测技术.....	118
	参考文献	119
跋		120

第一章 绪 论

以往的油气勘探都陆续发现过许多油气藏类型，使勘探领域不断扩大。本世纪 90 年代初期在四川资阳地区首次发现的古背斜气藏，是一种新的气藏类型，新的勘探领域。

第一节 古背斜及古背斜气藏的概念

古背斜是古构造的一个组成部分。关于古构造的概念，不同学者所下定义往往并不一致。冯石等（1982）^[1]将古构造分为广义与狭义两种：广义的古构造是指一定地史前的地质构造，包括各级构造单元和各类构造变动，例如古潜山构造带，逆牵引构造带，以至坳陷带、盆地等都在广义的古构造范畴之内；狭义的古构造主要指的是同沉积背斜，石油地质文献中所指的古构造，往往是狭义的古构造。黄继钧等（1996）^[2]认为，古构造泛指发生于现今既成构造形成以前的构造，其时段具有相对性：“古构造”的“古”字只有指出所研究的特定时期才具有准确的时间概念。

笔者对古构造的定义是：古构造是指地质历史中某一阶段曾经发生和存在过的地质构造。古背斜是指地质历史中曾经发生和存在过的背斜，并在其后的构造运动中消亡，现今已不复存在。这里所指的古背斜是已“故去”的背斜，即“故背斜”，总之，现今已不是背斜，是特指某一时期的古背斜，如印支—燕山期资阳古背斜。因此，古背斜与由于不同的成因而形成于古代但却一直延续至现今的各种背斜不同，二者对比于图 1-1 中。图中列举的同沉积背斜、继承性背斜、叠背斜、潜伏（古）背斜和反叠构造等，都是形成于古代，是某一特定时期的古背斜，但它们又都是延续至今的现今背斜构造，即形成于古代的现今背斜，而不是我们定义的古背斜。“故背斜”这个词更符合我们对古背斜的定义，但是如果加上历史阶段

	I 古背斜	II ₁ 同沉积背斜	II ₂ 继承性背斜	II ₃ 叠背斜	II ₄ 潜伏(古)背斜	II ₅ 反叠构造
今背斜						
古构造						
未变形层						

图 1-1 古背斜与其他背斜的区别

就会造成误会,如印支—燕山期的古背斜将“古”字改为“故”字,就会被理解为亡故于印支—燕山期的背斜,含义颠倒,故未采用。同时也没有采用“古隆起”或“古隆起圈闭”这些词,因为古隆起涉及的范围大,是与二级构造带相当的古构造单元,而古背斜则是三级古构造单元。

与古背斜成藏有关的气藏称为受古背斜控制的气藏,简称古背斜气藏。并非所有古背斜都能成藏,具有形成油气藏条件的古背斜称为控油古背斜,它同时具有三个条件:一是闭合的古背斜;二是位于具有成藏基本条件的区域内;三是古背斜形成和存在的时期与石油运移期一致。

古背斜气藏在成藏时为背斜圈闭油藏,其后原油热裂解为气藏,古背斜圈闭消亡后气藏可能解体,可能散失消亡,保存下来的气藏的现今圈闭已变为其他类型,如岩性圈闭、断层圈闭、裂缝圈闭等,它们的分类与命名采用古今双因素原则,即古控因+今圈闭,如古背斜控制的岩性圈闭气藏、古背斜控制的断层圈闭气藏等。

第二节 古背斜气藏的发现及勘探现状

康义昌等在 1990 年对中国石油天然气总公司招标项目“四川盆地加里东古隆起含气性评价研究”中,提出了在印支—燕山期形成的资阳—资中古隆起高点圈闭气藏是一个重要勘探目标,应加速钻探的建议。认为灯影组(Z_2dn)底面制图的该圈闭,印支期的闭合面积约 10000km^2 ,闭合度 700m ;燕山期的闭合面积 2600km^2 ,闭合度 400m (图 1-2)^[3],一直持续到四川运动之前。由于该圈闭的形成时期与生成的天然气及油裂解气运移的时期相匹配,故形成了古隆起高点圈闭气藏;早第三纪末或第四纪初的四川运动使原来长期存在的资阳—资中古隆起圈闭消失,变为威远背斜北部缓坡,原来的古隆起高点气藏变为受致密岩封闭的单斜悬挂气藏(图 1-3)^[3]。这项建议在 1991 年 4 月的成果鉴定时受到重视,并被中国石油天然气总公司采纳。同年四川石油管理局在资阳地区作了 4 条地震剖面,测线长 427km ,发现资阳古背斜, T_3 前震旦顶的“古圈闭”闭合面积 340km^2 ,闭合度 150m ,命名为“资阳古圈闭”。1993 年 1 月 1 日在其顶部钻探资 1 井,同年 7 月钻至上震旦统灯影组获得工业气流,是这个新勘探领域的发现井,康义昌有重要的贡献。

资 1 井发现工业气流后,资阳地区被列入新区勘探项目,其范围包括资阳、资中、威远、简阳、仁寿、乐至等县市的一部分,圈划的勘探面积 5000km^2 。至 1996 年止,共作二维地震测线 91 条,测线长 3623km ,覆盖面积 4800km^2 ,地震解释除进一步证实资阳古背斜存在外,还发现了另外 6 个古背斜,组成上震旦统灯影组古背斜群(带)。

对资阳古背斜及其外围地区进行解剖性钻探:该古背斜圈闭内钻井 4 口,获工业气井 3 口,干井 1 口;古背斜外钻井 3 口,获水井 1 口,另两口井以产水为主,产少量气。勘探的成果说明,乐山—龙女寺古隆起在印支—燕山期的高点不是控油的统一圈闭,控油者是古隆起上的次级正向构造单元,即古背斜。

为了能借鉴国内外古背斜气藏的成藏理论和勘探经验,建立了“国外古圈闭油气藏调研”子课题,课题组利用美国石油文摘库、中国石油文摘库、国内外期刊文摘库及石油与天然气文摘库等四个信息库进行追踪调查。发现“古圈闭”一词首见于斯科尔顿

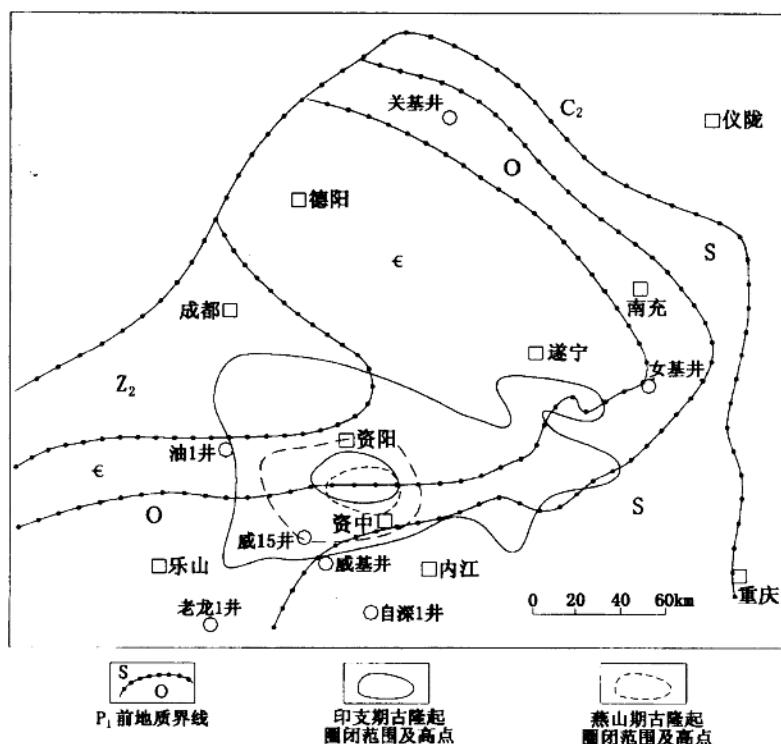


图 1-2 四川盆地加里东古隆起印支、燕山期圈闭分布图

(据康义昌, 1995, 简化)

(A. P. Scholten, 1959) 的论文中, 原意是与成岩作用有关的隐蔽圈闭。其后许多文献中使用的古圈闭则是指非现今构造控制的圈闭。张子枢等 (1995) [4] 一共调查了 113 个古圈闭油气田, 认为与资阳古背斜气田相似的是美国二叠盆地的奥卓拉气田。该气田的下奥陶统直接覆盖在前寒武系基底的一个隆起上, 形成奥卓拉隆起的雏形; 中奥陶世末的造陆运动使该隆起进一步抬升; 密西西比纪 (早石炭世) 有广泛的海侵沉积, 到了宾夕法尼亚纪 (晚石炭世) 早期发生的褶皱运动使奥卓拉隆起上的沉积层形成许多背斜构造, 之后被厚度可达 2000m 以上的二叠系覆盖, 形成隐蔽型的背斜圈闭气田。由于其隐蔽性, 勘探工作几上几下, 历时 25 年。到了本世纪 60 年代初期依靠地震技术的进步才找到了气藏。

笔者认为, 奥卓拉背斜群位于古隆起上, 并形成于古代 (晚石炭世), 与资阳古背斜群有相似的一面。但前者是形成于古代并一直保持至今的隐蔽型现今背斜 (如图 1-1 中的 II₄), 而不是已消亡的古背斜, 因而其控油气机理与资阳古背斜不同。Anne Reeckmann 及 G. M. Friedman (1981) [7] 把早期油运移形成的成岩圈闭列入他们的第 13 个碳酸盐岩油藏实例 (图 1-4)。夹于泥岩中的鲕粒颗粒岩上倾尖灭形成了成岩圈闭的油藏, 在油水接触面之下产生的方解石胶结带起封隔作用, 褶皱作用或翘曲作用使地层变形和圈闭倒置, 而油藏仍能保存 (悬挂式)。但文中未举出具体的实例和图件, 表达的内容与古背斜气藏的含义也不符, 所示图例不是古背斜油藏。因此, 据现有资料在国外尚未发现古背斜气藏。资阳古背斜气藏

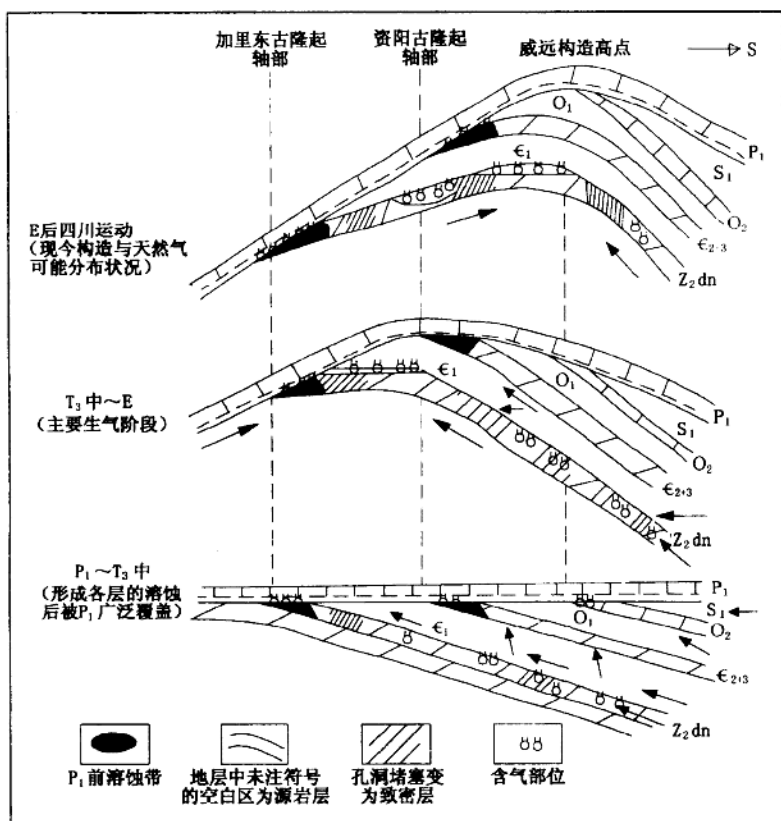
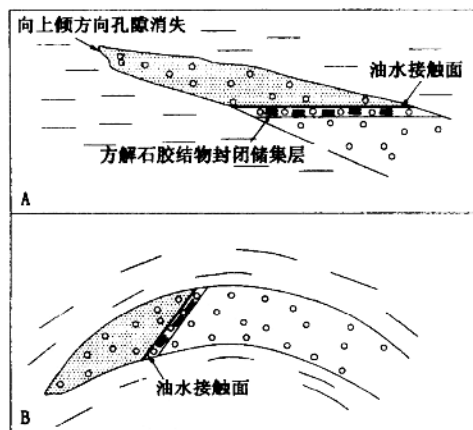


图 1-3 威远背斜灯影组气藏与资阳古隆起高点圈闭气藏的成藏模式图
(据康义昌, 1990)



1-4 早期油运移形成的成岩圈闭
(据 Anne Reekman 等, 1981)

应是第一例。

国内早有“古油藏”的报导,据王守德等(1997)^[5]的统计,我国南方自1979年首次发现贵州麻江古油藏以来,到1996年止共发现了8个古油藏,其圈闭类型有5个属于背斜型,有3个属于背斜—岩性复合型;古油藏形成时期,有4个是加里东期,3个是印支—燕山期,1个是喜山期。他们对古油藏下的定义是:在地质历史时期中曾经形成的油藏,后经地质作用破坏已不再是油藏,但都留下种种迹象,并可藉以恢复、重塑当时油藏面貌。所谓古油藏,实指已亡故的油藏。

如果圈闭古油藏的背斜随着古油藏一并亡故,它符合我们定义的古背斜;若只是圈闭亡故,背斜形态尚存,即为有学者所称的“背形”,那么还不是完全意义的古背斜。至于古油藏和古背斜油气藏则是两个不同的概念,前者是已亡故的油藏;而后者则是古背斜已亡故,油气藏依然存在或者基本仍然被保存。我们还调查了国内气藏的成因类型,未发现古背斜气藏,因此,在国内资阳古背斜气藏亦是首例。

第三节 古背斜气藏的证据

资阳地区印支—燕山期震旦系背斜是控油气古背斜,该古背斜区发现的气藏属于受古背斜控制的气藏,有以下依据。

一、有形成古背斜气藏的地质条件

笔者曾把资阳古背斜成藏的主要条件概括为“三古一今”,即古岩溶孔洞型储层发育良好,古隆起高部位有利于烃类运移,古背斜圈闭形成及存在时期与石油从运聚到热裂解时期匹配,今构造平缓有利于古气藏的保存。现分别略加论述。

1. 古岩溶孔洞型储层,是上震旦统灯影组成藏的一个重要因素

震旦纪末的桐湾运动使地壳抬升,地层受风化剥蚀,形成岩溶孔洞型储层。因其非均质性强,只有岩溶作用强的地区,才具备工业性气层的条件。自威远气田发现之后到钻探资1井之前,曾对四川地区的11个背斜钻了12口震旦系探井,都未获工业气流。究其原因,位于盆地边缘的背斜,保存条件较差,探井多产淡水;位于盆地内的背斜,储层都较致密,溶蚀孔洞的发育程度不及威远。资阳地区虽不是现今背斜,但其储层岩溶孔洞发育程度却超过了威远。资阳地区7口井岩心平均溶洞密度为25个/m,溶洞层厚度系数(溶洞层厚度与岩心长度之比值)为0.21,平均基质孔隙度为1.70%;威远地区11口取心井统计资料,上述三项指标分别为1.3个/m,0.014和1.85%。说明资阳地区溶洞发育程度超过威远,基质孔隙则稍逊。

2. 古隆起高部位有利于油气聚集

资阳地区从志留纪末到喜山运动之前都一直位于乐山—龙女寺加里东古隆起的近轴部南斜坡上,是烃类运聚的有利地区。

3. 古背斜群存在时期长,有利于烃类的聚集和演化

从图1-5看,印支期是古背斜形成的主要时期,并持续到喜山期之前仍然存在。古背斜从形成到消亡的时期长达1.7亿多年,正是资阳地区烃源层(C_1 及 Z_2dn)从开始生烃到过

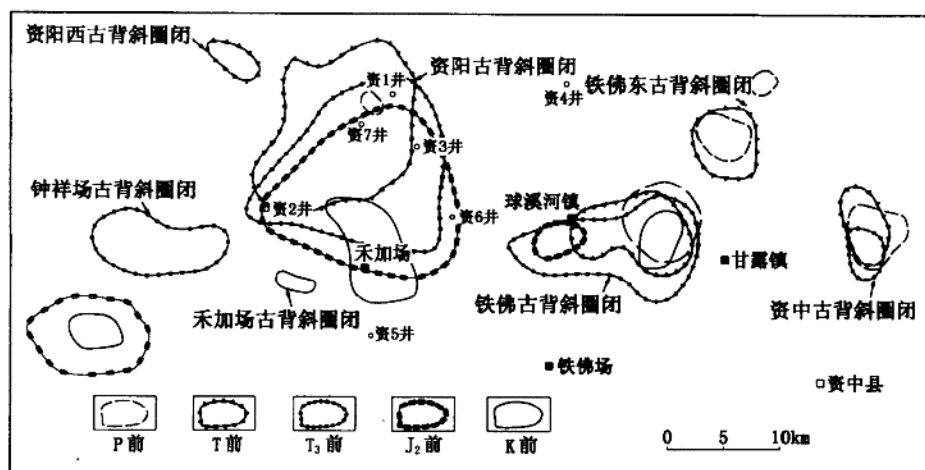


图 1-5 资阳地区古背斜群演化示意图

说明: 1. 此图只叠合了有代表性的 5 个时期的古圈闭; 2. 由于禾加场古圈闭仅存在于须五前, 为了保持古圈闭的完整, 故叠于图上

成熟的时期,有利于烃类的聚集。除本区生烃量之外,自坳陷区及古隆起下斜坡运移来的油气也可聚集于古背斜之中。高成熟期液态烃热裂解产生的沥青形成沥青席是古背斜消亡后封闭气藏的重要隔挡体。另外,从古背斜消亡的喜山期到现今只有三千多万年,时段短,油气散失程度相对较轻。

4. 今构造平缓, 断层少, 对古气藏破坏程度较小

资阳地区震旦系的地层倾向在喜山褶皱运动之前是向南倾斜而褶皱运动之后则是向北倾斜。喜山期褶皱运动所造成的地层倾向的反转无疑对古气藏的保存不利。但反转后的构造为威远背斜北翼的单斜, 倾角 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$, 构造平缓, 断层少且规模小, 对古气藏的破坏程度相对较小。

二、古背斜內的沥青含量高

沥青是液态烃热裂解的残留物, 储层中富集沥青是古油藏存在的证据。岩心观察和薄片鉴定的资料统计, 资阳古背斜圈闭的储层沥青含量要比圈闭之外的高得多(图 1-6), 且其等值线形态与古背斜圈闭相似, 说明明确曾有古背斜油藏存在。笔者在对威远气田震旦系储层演化研究时, 计算过燕山期威远震旦系的埋深为 6500m (唐泽尧, 1984) [6]。当时资阳地区震旦系的埋深比威远的稍浅, 以当时古隆起斜坡倾角为 1.5° 计算, 其埋深也在 5600~5800m 左右, 地温高, 液态完全可以热裂解变为天然气和沥青。后者堵塞空隙使岩层致密化, 变为封隔岩体。

三、天然气碳同位素偏轻

资阳地区震旦系的天然气甲烷碳同位素 ($\delta^{13}\text{C}_1$)，在古背斜内的资 1、3 井为 $-37.1\% \sim -38\%$ ，古圈闭边缘的资 6 井为 -35.51% ，威远气田同层位的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 为 $-31.96\% \sim -32.78\%$ ， $\delta^{13}\text{C}_2$ 为 $-31.19\% \sim -33.98\%$ 。造成这种轻重不同的差别，应是两类气藏成因和烃源类型不同所致。威远背斜震旦系气藏是喜山褶皱运动形成威远背斜的同时及其之后形成的，天然气

主要是晚期干酪根裂解生成, 富含 ^{13}C , 故 $\delta^{13}\text{C}$ 偏重(王庭栋, 1997)。资阳震旦系气藏是早熟早聚类型, 早期聚集的油, 晚期热裂解变成天然气, 由于早期的油是干酪根中富 ^{12}C 的部分, 故 $\delta^{13}\text{C}$ 偏轻。此外, 资阳和威远两地区震旦系的天然气组分也有明显区别: 资阳地区具有高 CH_4 (91%~95%)、低 H_2S (0.4%~0.9%)、低 N_2 (1.1%~4.1%) 和低 He (0.01%~0.04%) 的特点; 威远地区则为低 CH_4 (84%~87%)、高 H_2S (1.0%~1.4%)、高 N_2 (6%~7%)、高 He (0.2%~0.36%) 的特点。看来, 成藏时期不同、气源类型不同是造成两地气体性质有差别的原因。

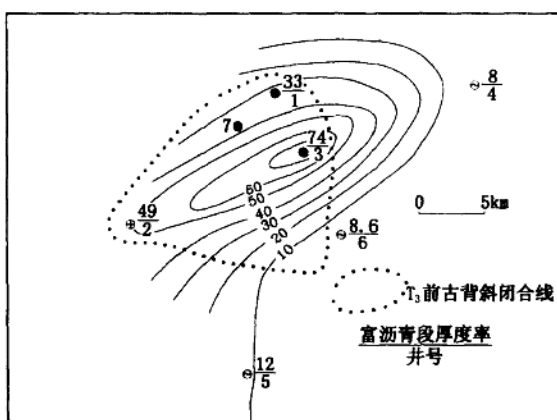


图 1-6 资阳地区灯影组富沥青段厚度率等值线图

注: 1. 富沥青段厚度率为富沥青段厚度与岩心长度比值的百分比;

2. 位于资 5 井以南 19km 处的富沥青段厚度率为 2.7%

四、古背斜的圈闭内产气, 圈闭外以产水为主

从图 1-6 可以征证。

第四节 古背斜气藏的成藏模式

综上所述, 古背斜成藏可分为五个演化期, 其地质演化模式可用图 1-7 表示。

一、古岩溶期(桐湾期)

震旦纪末的桐湾运动使震旦系遭受风化剥蚀, 形成岩溶孔隙型储集层, 与其上的寒武系厚达 300~400m 的泥质岩层组成储盖组合。不整合面之下的风化淋溶孔隙带也是烃类区域运移的重要通道。

二、古隆起期(加里东—海西期)

志留纪末的加里东运动形成乐山—龙女寺古隆起, 直到海西期及早、中三叠世, 资阳地区均位于该古隆起轴部的南侧。此时, 古隆起下斜坡及坳陷区的烃类已生成, 资阳地区是油气由南往北运移的过路站, 捕集部分油气。

三、古背斜期(印支期)

中三叠世末的印支运动在四川盆地是抬升挤压的构造运动, 形成泸州古隆起和开江古隆起, 并形成背斜构造。资阳地区古背斜群形成之后, 捕集本区生成的烃类及来自南、北古斜坡运移的烃类, 形成背斜圈闭油藏。

四、液态烃热裂解期(燕山期)

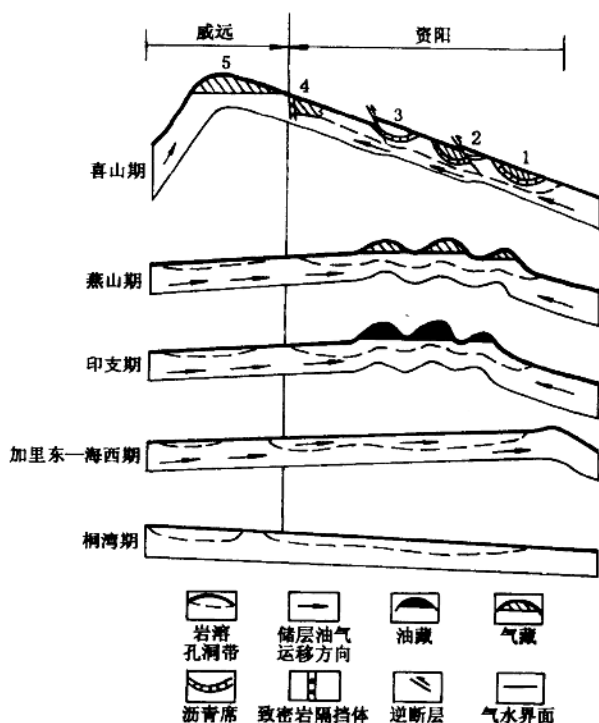


图 1-7 资阳地区震旦系古背斜气藏成藏演化模式图

1-古背斜控制的自封型气藏；2-古背斜控制的残余气藏；3-古油气藏（全破坏）；4-岩性阻挡气藏；5-背斜气藏

新运来的天然气补充，又可能使原来聚集的天然气散失，运聚与散失的关系会出现三种情况：①背斜消亡，气藏保存——古背斜控制的自封型（沥青席圈闭或岩性圈闭），气藏未受破坏，或运聚与散失平衡；②背斜消亡，气藏部分保存——成为古背斜控制的残余气藏，资 1、3、7 井气藏属于这种类型；③背斜与气藏皆消亡——成为一般概念的古油气藏，发生在断层多、自封条件差以及散失多运聚少的地区。此外，在古背斜气藏区的现今构造上倾向部位，有希望发现岩性、地层和构造圈闭的气藏。

第五节 古背斜气藏勘探前景

古背斜气藏的特征可概括为：背斜聚烃，非背斜封闭（现今的封闭）；成藏显形（背斜形态），现今隐蔽（隐蔽型气藏）；古油藏，今气藏；古、今的圈闭和流体性态不一。按勘探的一般观念，应是以现今圈闭为对象（勘探目标），至于成藏的历史过程则只是气藏地质研究的一个内容。而对待古背斜气藏则需要转变这种观念，即它不但是地质研究的一个内容，更为重要的是一个油气勘探目标。具备油气成藏与保存条件的古背斜可称为控油气古背斜。由控油气古背斜形成并保存的气藏称为受古背斜控制的气藏，简称古背斜气藏。虽然古背斜

深埋的原油裂解形成沥青席封闭的气藏。

五、古背斜消亡及新气藏形成期（喜山期）

第三纪的喜马拉雅褶皱运动，在资阳地区使地层倾向反转，古背斜消亡，其南边 40km 处形成威远背斜。本区为一平缓单斜，震旦顶海拔（以资 3 井为 -3427m 计）比威远背斜高点同层的海拔（以威 100 井为 -2193m 计）低 1234m。地层倾向反转、古背斜消亡及威远背斜的形成，引起天然气重新运移和聚集：褶皱运动形成的断层及区域裂缝系统，为天然气的区域运移提供了通道；天然气运移的主要方向是由北边的川中、川西北广大地区向南往威远背斜运移；资阳地区为过路站，一方面可以捕集北边运移来的天然气，另一方面本区的天然气也会向南边威远背斜运移。原来的古背斜气藏既可以有