

美国石油地质学家协会进修丛书

(三十二)

M.W.朗曼

碳酸盐岩成岩 作用控制的地层圈闭

(以威利斯顿盆地为例)

石油工业出版社

北京)

2

5

TE 12/095

070574

美国石油地质学家协会进修丛书 (二十一)

碳酸盐岩成岩作用控制的地层圈闭

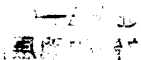
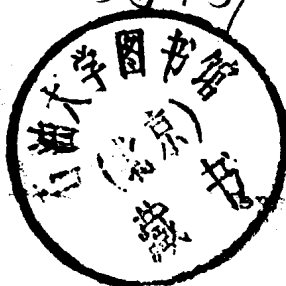
(以威利斯顿盆地为例)

M.W.朗曼

李祐佑 赵幼航 译 李汉瑜 校



200429802



00683630

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是作者对大量有关碳酸盐岩及其成岩作用以及与油气聚集形成圈闭关系的研究资料之高度概括,内容广泛,引用的实际资料较多。但它不是专题论文,对各方面的问题未作深入探讨。如果作为当代碳酸盐岩研究的最新成果,指导开辟油气勘探的新领域,则它就是一个比较好的、系统而又全面的进修教材,对从事碳酸盐岩、油气地质研究的人员以及有关大专院校的师生有一定的参考价值。

Mark W. Longman

Carbonate Diagenesis as a Control on Stratigraphic Traps

(with examples from the Williston Basin)

Education Course Note Series*21

Presented at the 1981 AAPG Fall Education Conference in Calgary, Canada.

美国石油地质学家协会进修丛书(二十一)

碳酸盐岩成岩作用控制的地层圈闭

(以威利斯顿盆地为例)

M. W. 朗曼

李祐佑 赵幼航 译 李汉瑜 校

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京地质出版社印刷厂排版

北京顺义燕华营印刷厂印刷

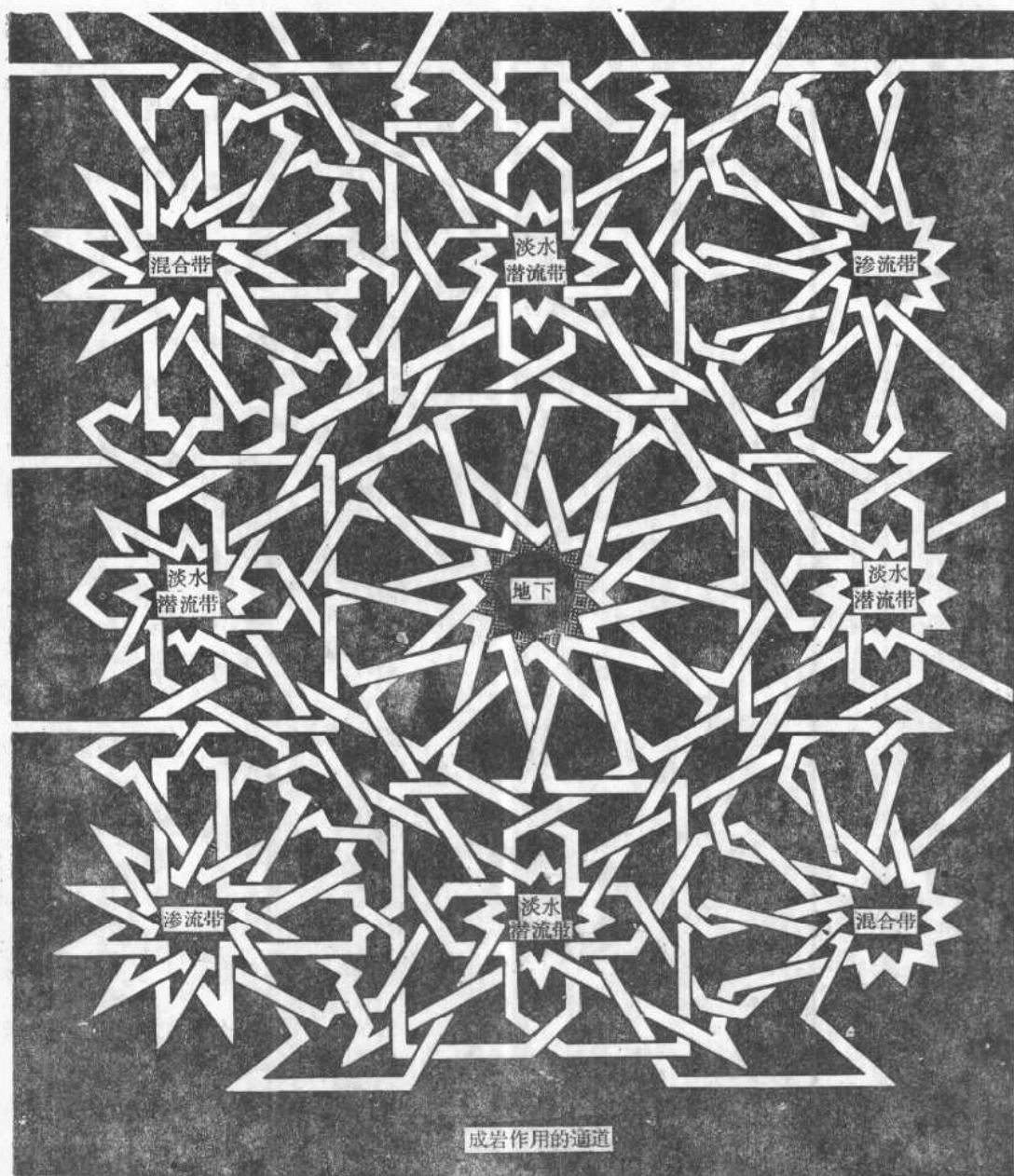
新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 6³/₄印张 1插页 153千字 印1—1,500

1990年1月北京第1版 1990年1月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0344-9/TE·334

定价: 1.75元



(卷首插图)

成岩作用的通道

取自Alhambra的瓷砖镶嵌图形，仿 9 世纪西班牙Granada附近建立的Moorish式要塞

目 录

第一章 引言	1
方法	3
地层圈闭的史实	4
可能的解释	6
结论	14
威利斯顿盆地中的地层圈闭	14
Red River地层圈闭	15
Duperow地层圈闭	19
Nisku储集层——一种不同类型的地层圈闭	20
密西西比纪的地层圈闭	20
陨石冲击储集层	25
Viewfield——一种常规的冲击储集层	27
其它地层圈闭	27
第二章 用测井资料解释碳酸盐岩的岩性	28
“老的”测井方法	30
声波和地层密度测井	30
补偿中子-密度测井	33
第三章 基本知识	39
碳酸盐岩的成分	39
胶结物的结构	41
碳酸盐岩的孔隙类型	43
粒内孔	46
粒间孔	46
扩大的原生孔隙	46
晶间孔隙	47
铸模孔隙	49
裂缝	49
晶洞	51
针尖孔隙	52
缝合线孔隙	52
对孔隙的形成和胶结作用的控制	53
矿物学性质	53
颗粒大小	53
水体运动的量和速度	53

流体化学性质	54
pH (酸度)	54
p_{CO_2} (二氧化碳分压)	54
溶液中的盐分	54
温度	54
压力	54
碳酸盐岩孔隙类型的成因	57
孔隙的形成与深度的关系	59
第四章 主要的近地表成岩作用环境	61
海水潜流带	62
混合带环境	64
淡水潜流带	64
不饱和带	66
活跃的饱和带	67
渗流带	67
成岩作用序列	69
成岩交代作用的速度	71
应用及有关问题	72
第五章 地下成岩作用	73
压实作用和流体的排出	74
热力成熟作用	74
缝合线化作用	75
大规模白云岩化作用	75
方解石胶结作用	76
裂缝作用	76
沿缝合线的白云岩化作用	77
次生孔隙的形成	77
石油运移作用	78
成岩圈闭	78
第六章 白云岩和白云岩化作用	79
术语	79
对白云岩化作用的控制	79
镁离子的来源	80
Mg/Ca比值	80
硫酸盐和氧化硅的成岩作用	81
白云岩化作用模式	81
原生沉淀作用	81
渗透回流作用	81
毛细管浓缩作用	82

溶解-自白云岩化作用	84
混合带白云岩	84
深埋藏的白云岩化作用	85
其它模式	86
实例研究	87
成岩作用模式在勘探上的应用	89
第七章 地层圈闭的主要模式	92
生物礁-潮湿气候-次生孔隙模式	93
生物礁-干燥气候-白云岩化或原生孔隙模式	93
礁麓堆积-原生孔隙模式	93
潮坪白云岩-干燥气候-晶间孔隙模式	94
盆地(重力渗流)白云岩-干燥气候-晶间孔隙模式	94
台地碳酸盐岩-出露大气中-潮湿气候模式	94
裂缝性储集层	94
鲕粒滩-干燥气候-原生孔隙模式	95
白垩-原生孔隙模式	95
其它模式	95
结论	95
附录一	97
附录二	98

第一章 引言

威利斯顿盆地（图1和图2）几乎是勘探地质家的一个梦境。20个不同的油气产层的存在（其中有若干个是由复合带形成的）意味着在勘探上可以发挥巨大的作用，并有助于使探井获得高的成功率，但过去几年里的成功率一直徘徊在30%左右。铁路沿线的已知反射层、很薄的地层，几乎是无限多的测井对比标准层、盆地中许多储量上亿桶的油田已经生产了16亿桶以上的石油，加之在经济上（也即政治上）的有利地位，使得威利斯顿盆地（至少在美国部分）对油气勘探特别有吸引力。仅有几十英尺高且隆起的隐蔽构造即可具有良好的储集层，从其上的单井中可产出几十万桶的原油。最后，也许是最重要的，井控通常很好，这使得勘探工作能以地质和地球物理的理论为依据。

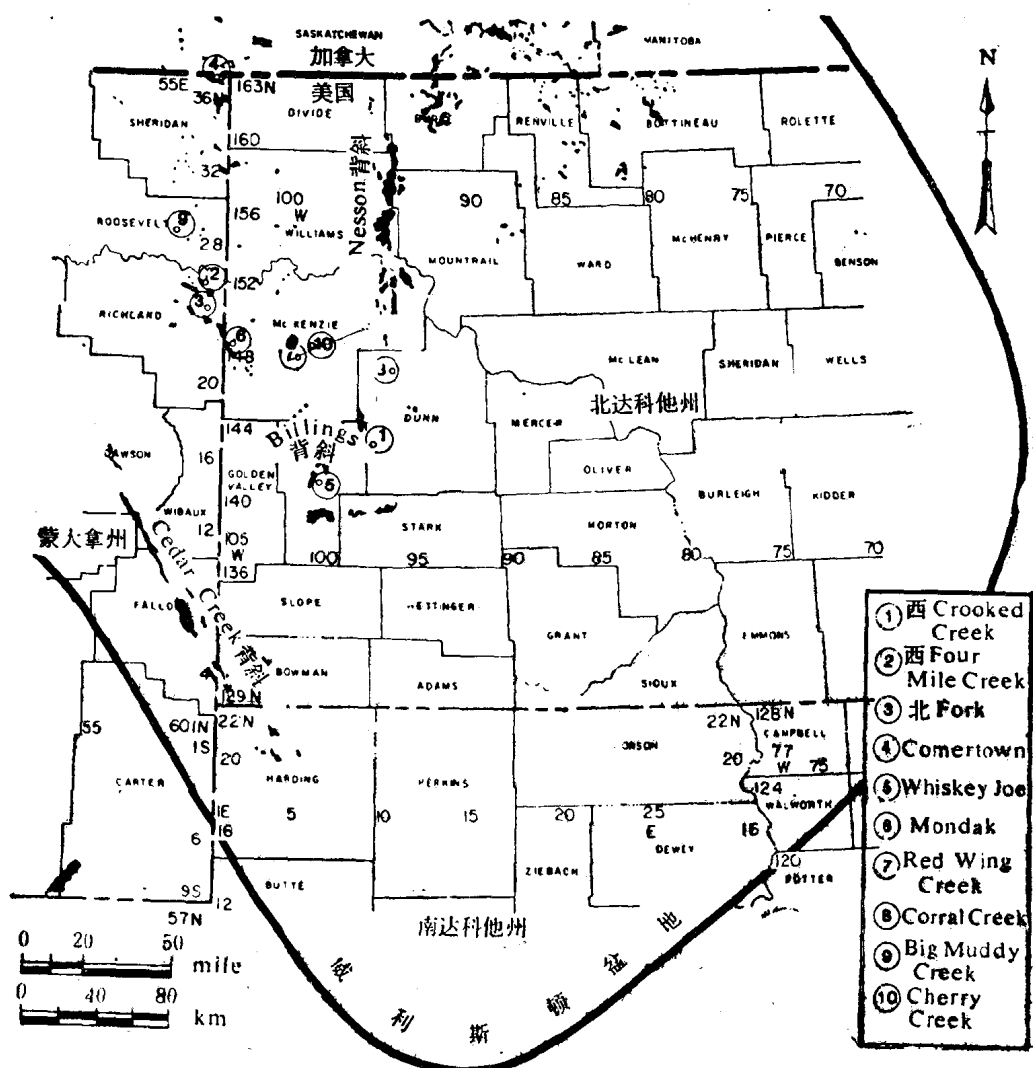


图1 威利斯顿盆地总的轮廓和已知油气田分布
图中标明了文中所提到的一些油气田的位置

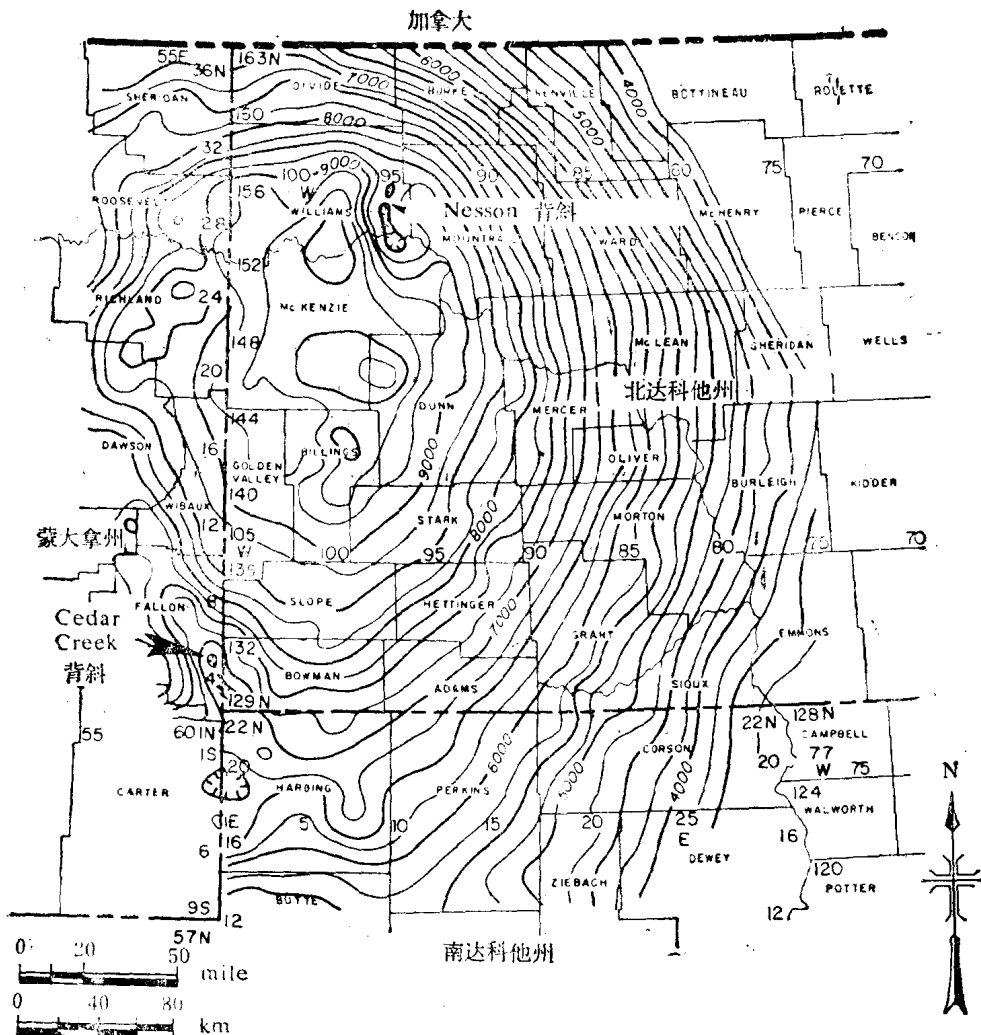


图 2 表现盆地简单构造的密西西比系Mission Canyon组至地面的等厚图
等厚距约为250英尺，厚度变薄的地区（如覆盖于Nesson背斜的）表示出古地形高

遗憾的是还有一些问题，一些具有最佳储集层的隐蔽构造在地震测线上只有几毫秒的闭合度，而且只有用高质量的资料才能解释得出来。再者，在以往的测线上，视构造（部分是由深部风化作用所产生的）是没有什么规律性的，而且许多如今看来是决不会钻的井，曾一度被认为是希望的（事实上曾导致了许多迄今仍不了解的地层圈闭的发现）。地震勘探的费用上涨很快、土地价格猛涨，致使那些在70年代的早期和中期，在对盆地的钻探衰退时，错误地建立了勘探基地的许多公司都放弃了活动。勘探地区的“恶劣地形”有时会迫使井场被移出有利的地点；厚盐层和坏天气都会使钻井出现问题；最后，许多产层的孔隙反复地遭到迅速破坏。

在此所谈的最后一个问题，就是对传统的勘探家们来说，圈定孔隙范围的因素是值得探讨的，因为在构造的高部位钻遇的具低孔隙度岩石的井可能大多数都是干井。但对其它一些地质学家们至为重要的是这种孔隙度的急剧变化给非构造圈闭创造了极大的潜力。在盆地中，许多这种类型的圈闭被偶然地发现过，并且深入了解这些圈闭将给未来几十年内成功地进行勘探工作提供重要的线索。对勘探程度很高的地区确是如此，如象威利斯顿盆

地有许多主要的构造异常都已被钻探过。

这些论述,反映了作者作为一个勘探地质学家在威利斯顿盆地工作的岁月里已经熟悉了地层圈闭的成因、分布及其特征。遗憾的是已知的许多地层圈闭的最佳实例只是由于误解了地震资料、或是由于钻探某些较深的层位时遇到了良好的储集层,靠走运而发现的。根据这种带有偏见的钻探而发展起来的地层圈闭分布模式是有问题的。然而,某些地层圈闭的勘探模式可以采取将已知的碳酸盐沉积作用和成岩作用原理与已发现的地层圈闭资料相结合的方法加以发展。

重要的应强调,在本书之外,甚至油田专家中还没有人(能完全回答并解释碳酸盐岩沉积作用、胶结作用、溶解作用和白云岩化作用的复杂多变的问题。)虽然自50年代把重点放在碳酸盐岩沉积作用上以来,碳酸盐岩研究已有了惊人的进展,但现今还有下述问题尚待解决:

(1) 解释很多我们在全新世碳酸盐岩中所见到的、特别是与沉积环境和成岩作用有关的一般模式;

(2) 提供将来改进一般模式的、特别复杂的成岩作用事件的详尽论文;

(3) 一些关于深埋藏时,碳酸盐岩会发生什么变化的推测,许多碳酸盐岩岩石学家通过采用岩芯研究、薄片的岩石学研究、水分析以及其它技术(包括尖端的地球化学技术)开始证实了它们。

现有的碳酸盐岩模式是否可用于烃类的研究,在很大程度上要取决于两种因素:

(1) 如果模式主要是从对近代碳酸盐岩地区的研究发展起来的(由于它们具有与第四纪海平面急剧变化有关的独特特征)就能用于古代岩石;

(2) 或许模式作为方法,提供给勘探地质学家们,使他们能理解并将其作为勘探手段。

如果模式不能应用于实际工作,那就只有希望有人具有足够的智慧来发展经过转化的概念,并能通过技术出版物使大家广泛地分享其成果。

方 法

本书所讨论的是对碳酸盐岩油气藏开发研究有用的碳酸盐岩成岩作用的一般模式。过去20年来,通过对佛罗里达、巴巴多斯、伯利兹、巴哈马、波斯湾和以色列等地区的第四纪碳酸盐岩进行广泛地工作,对碳酸盐岩成岩作用的了解已大为增加,但是这些资料分散到勘探地质家的队伍中已经是零星的了。有些概念,如暴露于地表面以下(不整合)的碳酸盐岩其溶解作用的重要性以及向下渗透的超盐度卤水的概念在某些公司或某些地区已长期作为勘探程序的基础。另外的一些概念,如海水胶结作用在破坏生物礁孔隙中的重要性、深埋藏期间次生孔隙的产生以及混合带白云岩化作用都只是开始被接受并用于工业部门。还有一些其它概念,如象用悬挂胶结物或稳定同位素资料来探查不整合面(Allan和Matthews, 1977)以及对于淡水成岩环境局部胶结带的认识(Longman, 1980)都很可能是有用的,但其中大多数还没有作为勘探手段。

不妨说,大多数科学(包括油气勘探)都是经过了对特征作简单观察和描述的时代、进行分类研究的时期而达到实质上的解释。(当对所存问题的有关课题有着高度预见性时,

科学就达到了它的高峰。进步中的每一级台阶都建立在最新的成果之上，如果科学家认识到了他们所处的发展水平，并正确行事，则诸事皆顺。因而，他们应一丝不苟地记录下所观察的结果并收集资料，在收入全部事实之前经常着手解释，并且要使预测常常提前很多——当然这并非都不好；如果科学家在他们相信所作的解释都是正确的以前，仍针对某些现存的假设去积累资料，则科学家（或勘探）就能前进；如果人们由于面对现代教条的挑战而不愿冒被同事嘲讽的风险，则科学就成为了“一孔之见”。

为了科学的进步接受这个简单的模式，沿相同的途径建立起这一课题是合乎逻辑的。对地层圈闭的研究明显的还处于描述阶段，所以对威利斯顿盆地内若干这种圈闭的讨论可作作为这一课题的基础。因为这些圈闭通常是用电测井来认识和解释的，根据测井的优点所作的岩性解释有它本身的价值。由测井资料所解释的碳酸盐岩岩性和孔隙度，很明显地变得容易和精确，这多亏了岩性密度测井和补偿中子-密度测井（或某些人更喜欢讲的补偿中子和地层密度“测井”，因为“它”是由两种测井方法所组成并记录在同一个道上）。

讨论测井之后，本书又回到对孔隙类型和胶结物结构的定义与描述的基础上来。由于碳酸盐岩岩石学大部分是基于薄片——薄片的显微照片可以显示这些结构的大部分。有关的研究方面，如稳定同位素和痕量元素的地球化学性质都没有强调，虽然它们的重要性对碳酸盐岩石学家来说是不应当低估的。

在对孔隙类型的讨论之后，简单叙述了与各种成岩作用组构直接有关的地球化学和物理作用（流体化学、矿物学等）。了解这些作用可以定义和描述成岩作用环境。在古代岩石中，对这些成岩作用环境的正确解释能有助于勘探地质家对孔隙度分布趋向作出较好的预测。

有的人建立起了一个有广泛参考资料的科学领域；而另外一种观点也值得重视，那就是象这本书一样写一篇回顾性论文，其中包含着一些风险，因为它含有如此多的“基础”资料。这里提出的许多概念乃是由别人建立的，引证偏向于总结性的文字以及那些对笔者印象特别深的文字。碳酸盐岩成岩作用方面广泛的资料，包括许多另外的文献，都能从一些有关这一课题的书——如象Bathurst (1975)、Milliman (1974)和Asquith (1979)的著作，以及关于成岩作用某些方面的总结性文章——如Zenger (1972)、Folk (1973, 1974)、Moore (1979)、Longman (1980)以及Chilingar等人 (1979)的著作中得到。

地层圈闭的史实

在北达科他州Dunn县的西 Crooked Creek 地区有一个地层圈闭的实例，在圈闭中沿下倾方向的1口井，多孔的含油白云岩逐渐向上倾方向和侧向上变为同层的含水白云岩（图3）。该油田仍然是一个单井油田，即发现井BN1-17号井流出很少量的原油，但经济上却很重要——从密西西比系的Mission Canyon组（威利斯顿盆地的地层柱状剖面图见附录1）的Fryburg孔隙带日产石油在100桶以上。另外，地震资料表明推测的构造顶部在发现井以南2400英尺，钻在那里的1口证实井情况相当乐观。由于想加快这一有利进程，在收集到所有资料之前以BN3-17的井号定下了这口证实井的井位，而且在BN2-17井开钻之前即行钻探。正如所预测的，BN3-17井钻在了产层顶部，虽然厚9英尺的孔隙性白云岩也正如预计的那样出现了，但该层段经钻杆测试产出的泥浆和盐水中仅见有油迹。钻杆测

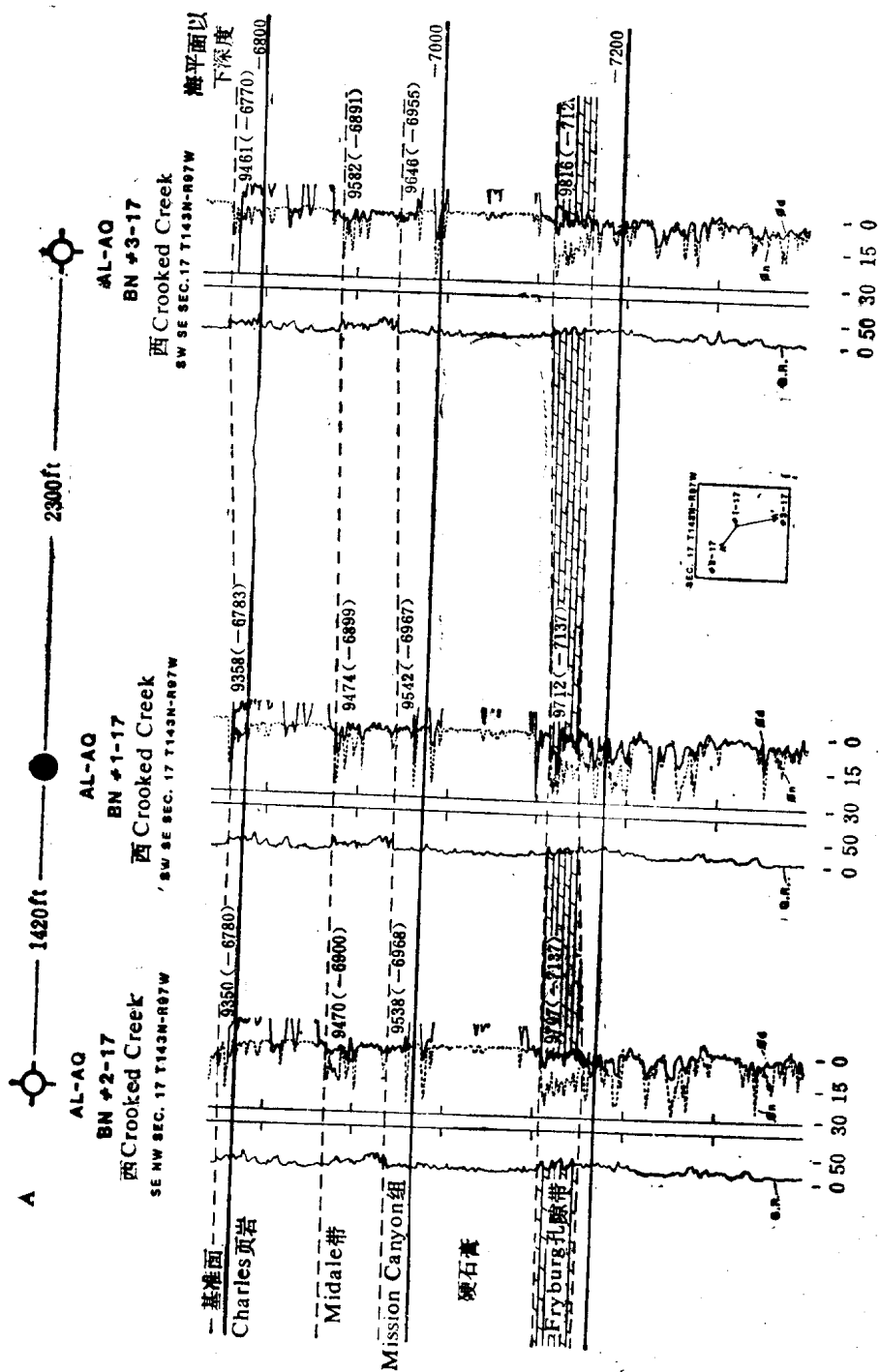


图 3 西Crooked Creek地层圈所探井的构造横剖面 (以海平面为准) 以及伽马测井和

补偿中子密度测井曲线 (测量石灰岩基质)

储集层带由Fryburg带的孔隙性白云岩组成

试 (DST) 和测井特征表明在多孔储集层带白云岩中所含的油并无工业价值, 甚至在BN 1-17井上倾方向的井也如此, 这口井实际上已按水井处理了。

后来地质学家们提出: 围绕构造可能存在着一圈孔隙性含油白云岩, 而BN2-17井恰好钻在发现井以西1400英尺。正如所预测的, 这口井是与发现井处于产层带的同一个面上, 但再次测试只产泥浆和水, 这口井实际上已堵塞报废了。

可能的解释 这个小的地层圈闭是特意选择的第一个实例, 因为它可以清楚地解释这种储集层中存在的问题。当测井表明或多或少的白云岩存在于上倾方向或侧向上时, 孔隙性白云岩中的石油为什么被圈闭在局部地方? 下面的讨论是针对这个问题的一些可能的答案, 答案包括对于单个构造的孔隙度和渗透率遮挡以及对储集层深度错误测量的各种情况。读者可以挑选你认为最合理的解释。遗憾的是并不知道真正“正确”的答案, 而且也可能决不会知道, 因为几种解释都没有被现有的资料所证实。此外, 即使实际上已经核实, 也很难将答案用作预测勘探的手段, 因为它们的范围小于合法的井网单位或者由于对控制它们的因素仍不了解。不管这些问题如何, 这种讨论的意义是在解释其它地层圈闭时给可能出现的解释提供一项依据。

孔隙性遮挡: 对西Crooked Creek构造上倾方向的井含水的最初适当解释是两口井之间存在有一些孔隙度遮挡。从 Wisttstrom 和 Chimney (1980) 发展的模式就可以了解在两口井之间有一个局部的小规模古高地。在高地上, 白云岩的硬石膏堵塞可以在古高地周缘形成的孔隙性白云岩之间建立起一个遮挡 (图4)。这种或多或少的表面解释的妙处就是: 从这些有用的测井资料上既不能证明它是错的, 又不能证明它是对的。然而, 如果真是这样的话, 这就意味着对于解决储集层质量来讲, 其变化远非太小。甚至以规定的最密井网 (威利斯顿盆地密西西比系的井为 160 英亩) 钻的井也不能预测是否曾钻遇一个有硬石膏

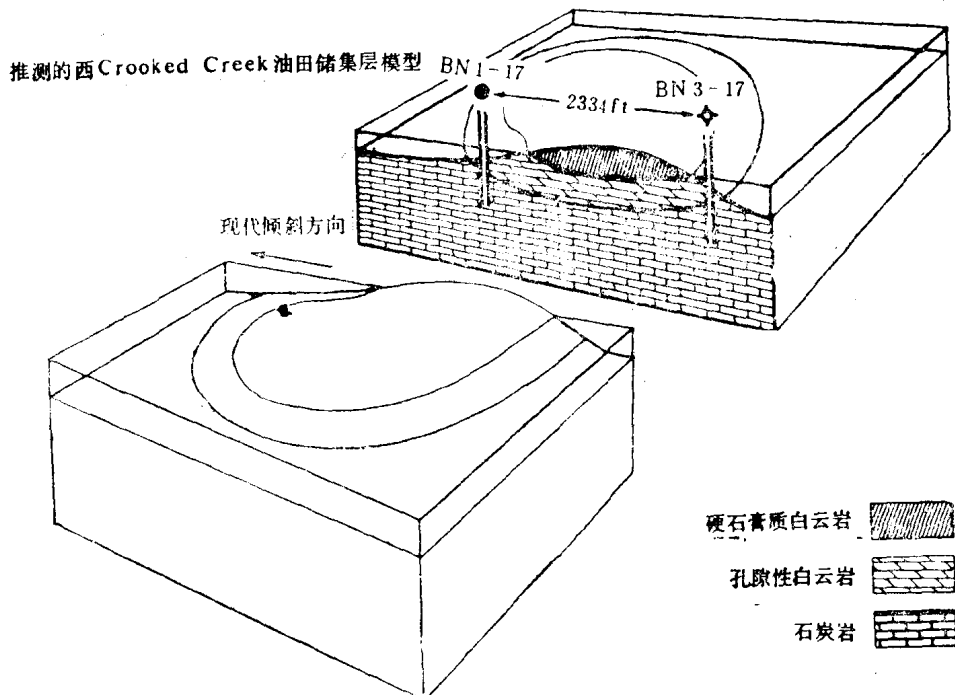


图 4 对西Crooked Creek地层圈闭 (包含在古高地上由硬石膏塞封隔的白云岩建立的孔隙性遮挡) 的可能解释

封隔的古构造或是非构造的孔隙性白云岩。再者，如果这种模式在这一地区有作用的话（除非这个古构造上偶然有一个海湾局部地圈闭了石油，如图4所示），则石油就可以在上倾方向的井所遇到的孔隙性白云岩以外，围绕着硬石膏封隔的古构造运移。

形成被孔隙性遮挡所分隔的孔隙性白云岩的另一变化途径，是应有两个或更多的白云岩化作用中心（图5）。在潮坪（或许在如1980年Gebelein等描述的“圆丘”之上），如果白云岩是晚于成岩作用而形成的，沿断层（Hewett, 1931）或节理（Chilingar等, 1979）等地方白云岩化作用容易有很大的局部性。只有详细地研究白云岩样品才能确实证明这种局部白云岩化作用。迄今对西Crooked Creek的钻井岩屑尚未作过这种研究。

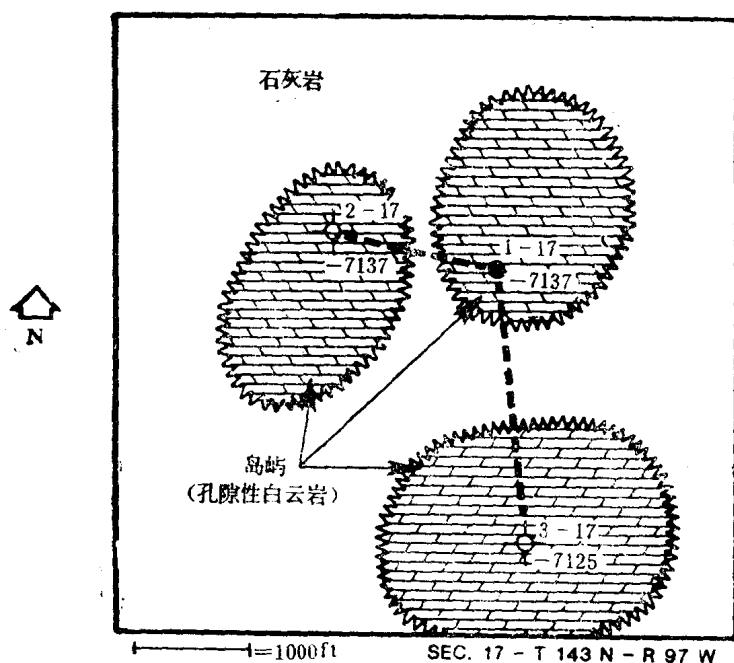


图5 对西Crooked Creek地层圈闭包含由分隔的白云岩化中心所建立的孔隙性遮挡的可能解释

渗透性遮挡：现在已广泛地认识到在无裂缝的均质孔隙性岩石中，渗透率受颗粒大小和孔隙喉道大小分布的影响很大。如果颗粒很小，岩石可以有好的孔隙度，但实质上却没有多少渗透性。白垩是一个很好的实例（除非由天然或人工的裂缝使渗透率增加），白垩的孔隙度最高可达40%以上，但通常是不可能产出有工业价值的油气的。

其它多种因素也影响了流体在岩石中的运移。其中特别重要的是毛细管力、流体性质（如粘度、密度）、地静压力和排驱流体的压力以及岩石的润湿性。这里所涉及的“渗透性”圈闭可以由这些因素中任何一种的变化以及岩石的骨架渗透率而形成。

西Crooked Creek储集层带的岩石主要由细到极细的结晶质白云石组成。如果孔隙性白云岩的颗粒大小如所预测的穿过油田而发生侧向变化（取决于白云岩的成因），石油运移可以被封闭在由渗透率减小的某些点上，从而形成非构造油藏（图6）。遗憾的是没有进行对（钻井）岩屑的研究以便证实这些推测，但对这个带的钻杆测试表明，在所有的3口井中都有较高的渗透率。从岩芯分析中可确定不同白云岩的渗透率差异和毛细管压力曲线，但在这3口井中并没有取芯。

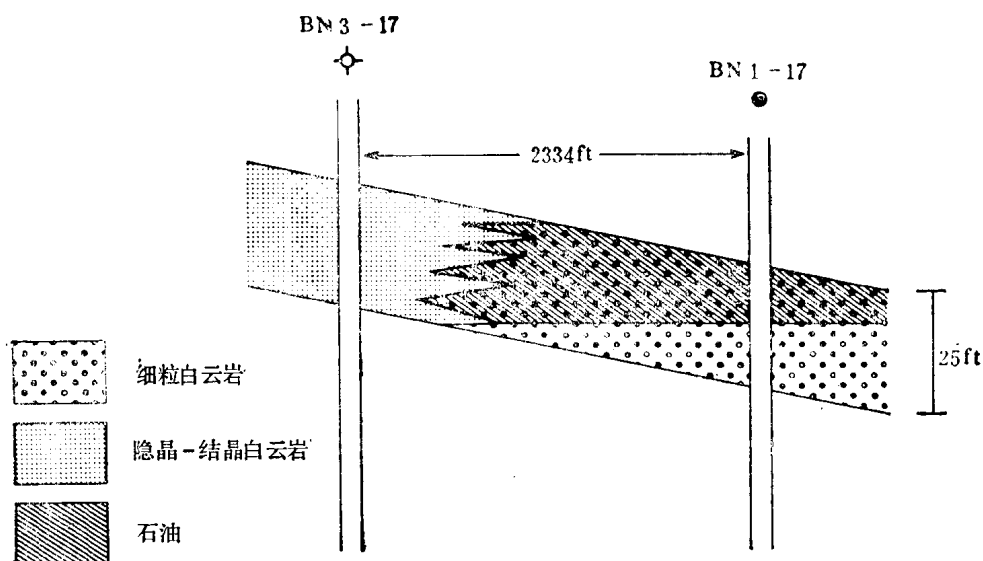


图 6 对西Crooked Creek 油田（包含由颗粒大小的差异而在白云岩中造成的渗透性遮挡）的可能解释

在建立的圈闭中，流体压力局部变化的潜在重要性是难于估量的，但钻杆测试 3 口井的压力都相当一致。再者，每口井钻过储集层的深度也大致相同，并且岩石也经历了相同的埋藏史与温度史。也许恰好从油来的排驱压力不足以使油通过某些白云岩的孔隙喉道，或者也许是提供局部运移通道的裂缝控制了油的分布。其它的变化还有这两口出水井储集层带中的裂缝，在钻杆测试时产出大量的水而没有产油。

总之，在没有岩石（岩芯样品）、不懂得埋藏温度和压力条件下流体如何相互作用知识的情况下，渗透性是最难以评价的储集层特征。只有把从岩芯中求得的渗透率与毛细管压力数据同精确的压力分析资料相综合，才能证实西 Crooked Creek 是由渗透性所控制的。

对储油层另外可能的解释是井间存在的某些类型的渗透性遮挡是由于颗粒大小的差异、断层作用等形成的。那种包含残余油或“死”油的储集层，甚至可以欺骗有经验的测井分析专家而误认为它是一种渗透性遮挡类型。图 7 为蒙大拿州 Richland 县 1 口井的 Red River 组测井曲线。根据测井资料所计算的含水饱和度 (S_w) 为 11% 到 20%（此带经钻杆测试由返出的盐水确定 R_w 为 0.015），并结合钻杆测试资料（对所指定的钻穿层段测试返出的 20 标准桶水和 4 桶油）提供了最初下钻杆进行测试的层带。在生产试验期出现了第一个严重问题的预兆，甚至只射开含油层带 ($S_w < 30\%$)，生产试验期间日产水约 100 桶，油只有 2 到 4 桶。按这种比例，原油产量不具商业价值，并且这口井是二次完成的井口。

幸好对这个带钻取了岩芯，所以有可能说明为什么这个带不产商业性的石油。岩芯分析的孔隙度与测井孔隙度一致，在 2% 左右，但表明渗透率很少超过 0.5 毫达西。低渗透率的部分原因是由于白云岩中的晶间孔隙很小（白云石菱形晶平均大小为 20~30 微米），大量残余油几乎堵塞了所有的孔隙。在薄片死油能清晰可见，而且可以看到它充填了岩石孔隙的 70%。

从这一事实情况中可以得到一个教训，即具有极低含水饱和度的白云岩储集层是值得

怀疑的。虽然这种储集层可以形成，但由于建立油润湿储集层中石油的特殊性质，这样低的含水饱和度可以由如象细菌降解作用、轻质烃类的选择性漏失、或淡水冲刷储集层使油发生变化而产生。无论什么作用，低比重的“死”油严重地降低了储集层的质量，也许西Crooked Creek地层圈闭就是由这样的“死”油所组成。

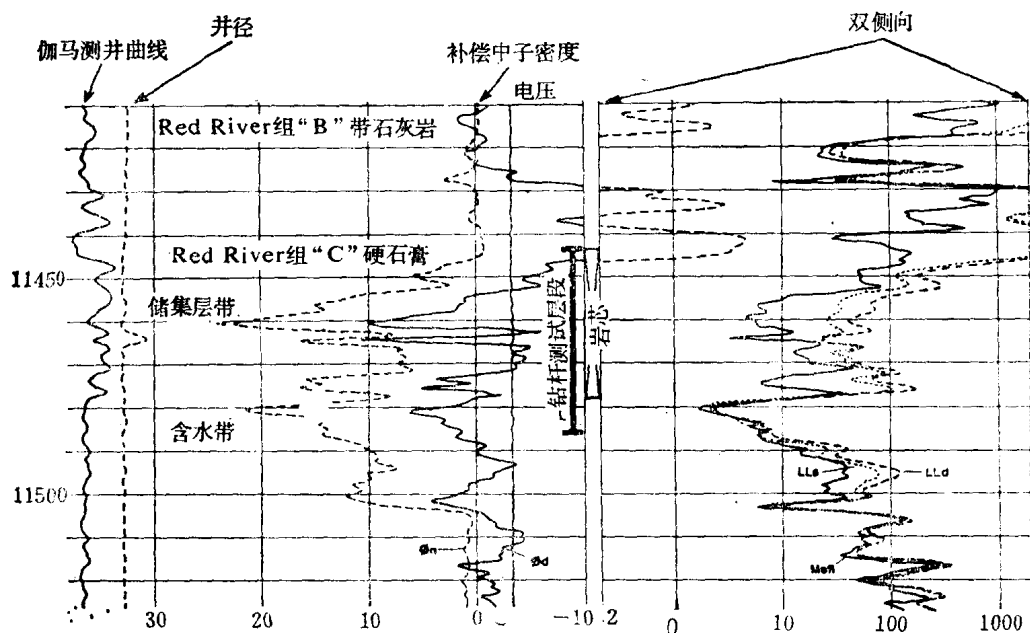


图 7 在孔隙性白云岩中由“死”油造成的渗透性遮挡

这种死油在测井曲线上会被误认为是很有希望的含油饱和度值，钻井位于蒙大拿州Richland县33，T24N，R54E剖面

水动力圈闭作用：对石油运移的渗透性遮挡，也可以由水流或流体的势压而形成，从而建立一种水动力圈闭。甚至在单斜构造下倾方向的渗透性岩层中，也可以形成水动力圈闭，其中向上运移的石油（由于它的浮力而运移）遇到向下运移的流体（由于地表的补给，流体运动到流体势压低的地区）以形成平衡条件，这些石油至少在短期内被保留在原地（参考Levorsen, 1967, p557资料）。这样的圈闭通常被发现在有地表水补给的浅处。西Crooked Creek的储集层系在地下9700英尺处，可能太深而不能由地表水补给形成，但其它的因素也可以影响流体压力（页岩脱水、盐水密度差等）。西Crooked Creek的油可能是被水动力圈闭方面某些不寻常的变化因素所圈闭的。

单独的构造：对西Crooked Creek这一明显的地层圈闭的另一种可能的解释就是这些井钻穿了单独的构造（图 8），而且油藏根本不属于地层圈闭型的。显然这样的构造应是相当小的，但它们是有可能存在的，特别是如果构造是由差异压实作用或下伏盐层的溶解作用所形成的。根据Swenson (1967)、Kearns 及 Traut (1979) 的资料，在西Crooked Creek地区下伏的泥盆系Prairie蒸发岩层，通过溶解作用而在盆地的其它部分对形成储集层的形态起了重要的作用。然而，地震资料表明，该区只有一个构造，而且从油柱的厚度上否定了单独构造的存在。上述看法虽然很荒唐，但人们也可反对威利斯顿盆地大多数“已知”构造的直径都超过0.25英里，并且使得相距2400英尺的井钻遇不同的构造是不可能

的这一观点。

断层圈闭：在威利斯顿盆地内出现有几条断层，断层的作用使得在西Crooked Creek

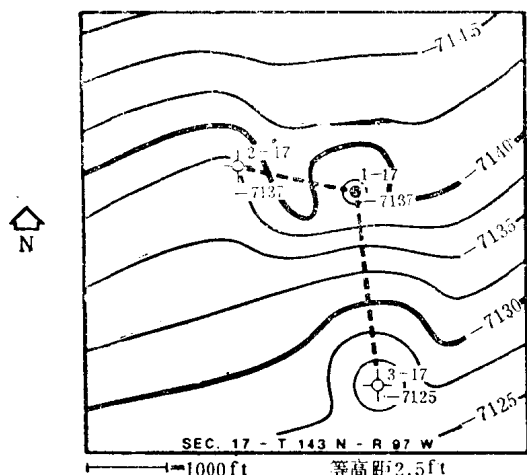


图 8 这个看起来不合理的构造被假设为是西Crooked Creek 储集层可能的单独构造，但这样小的构造小于油柱高度 根据威利斯顿盆地的标准，要分开油柱需要有强烈的构造倾斜

下倾方向钻的井有遇到圈闭石油的机会（图 9）。甚至在稳定的盆地内，基底构造也可发生断裂作用。与此相对立的是孔隙性白云岩的厚度；小断裂产生井之间的垂向起伏可能还不足以分开白云岩层。这种模式也可能与有效的地震数据和盆地在构造上的稳定性不符合。

不正确的地面测量：生产带的海拔高差只有10英尺左右，人们可以认为，如果地面海拔（或KB）测量不准确可能会带来一些问题。测量公司虽不这样认为，而笔者则趋向于同意上述观点，在测量（或排印）中就已经

知道发生了误差，而且必须把它作为对这种视地层圈闭的一种可能的解释来考虑。当然，支持这种看法的理由是在地震数据中观察深度的差异是确实存在的。

测井深度的测量：在同一范围内，测井深度的测量是有误差的。在约 10000 英尺的深

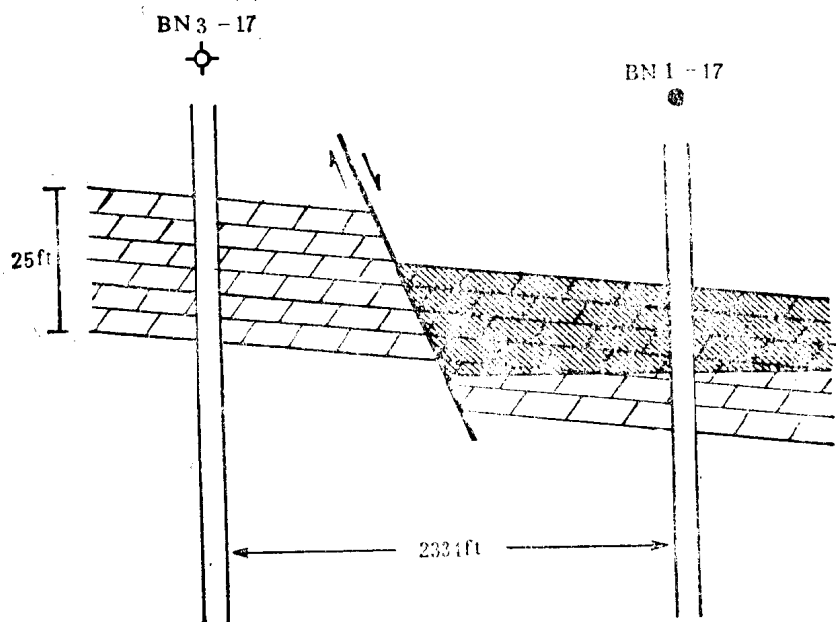


图 9 西Crooked Creek储集层可能具有的断层控制 这条断层还未证实。孔隙性白云岩应穿过断层而接触，这个事实大大地削弱了这种推测