



石油勘探技术研讨

岩性油气田勘探

——河道砂储集层的研究方法

李庆忠 张 进 编著



中国海洋大学出版社

岩性油气田勘探

——河道砂储集层的研究方法

李庆忠 张 进 编著

中国海洋大学出版社

· 青 岛 ·

图书在版编目(CIP)数据

岩性油气田勘探:河道砂储集层的研究方法/李庆忠,张进编著. —青岛:中国海洋大学出版社,2006.12

ISBN 7-81067-662-8

I. 岩… II. ①李… ②张… III. 岩性油气藏—油气勘探 IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 140684 号

出版发行 中国海洋大学出版社

社 址 青岛市香港东路 23 号

邮政编码 266071

网 址 <http://www2.ouc.edu.cn/cbs>

电子信箱 hdcbs@ouc.edu.cn

订购电话 0532—82032573(传真)

责任编辑 冯广明

电 话 0532—86784418

印 制 日照报业印刷有限公司

版 次 2006 年 12 月第 1 版

印 次 2006 年 12 月第 1 次印刷

成品尺寸 170 mm×228 mm

印 张 8.75

字 数 100 千字

定 价 58.00 元

内容提要

我国已经进入了石油勘探开发的阶段，本书阐述了石油勘探开发中相应的问题。本书讨论了石油勘探中相应的问题，包括石油勘探的地质学、地球物理学、地震学、测井学、油藏工程等。本书还介绍了石油勘探的新技术、新方法、新设备。本书可作为石油地质学、石油工程、石油勘探等专业师生的参考书，也是石油系统各单位的重要参考书。

本书在第一章中，首先介绍了石油勘探的地质学基础。石油勘探的地质学基础包括地质学、地球物理学、地震学、测井学、油藏工程等。本书在第二章中，介绍了石油勘探的地球物理学基础。石油勘探的地球物理学基础包括地球物理学、地震学、测井学、油藏工程等。本书在第三章中，介绍了石油勘探的地震学基础。石油勘探的地震学基础包括地震学、测井学、油藏工程等。本书在第四章中，介绍了石油勘探的测井学基础。石油勘探的测井学基础包括测井学、油藏工程等。本书在第五章中，介绍了石油勘探的油藏工程基础。石油勘探的油藏工程基础包括油藏工程、测井学、地震学等。本书在第六章中，介绍了石油勘探的新技术、新方法、新设备。石油勘探的新技术、新方法、新设备包括地震成像、测井成像、油藏模拟等。本书在第七章中，介绍了石油勘探的新技术、新方法、新设备。石油勘探的新技术、新方法、新设备包括地震成像、测井成像、油藏模拟等。本书在第八章中，介绍了石油勘探的新技术、新方法、新设备。石油勘探的新技术、新方法、新设备包括地震成像、测井成像、油藏模拟等。本书在第九章中，介绍了石油勘探的新技术、新方法、新设备。石油勘探的新技术、新方法、新设备包括地震成像、测井成像、油藏模拟等。本书在第十章中，介绍了石油勘探的新技术、新方法、新设备。石油勘探的新技术、新方法、新设备包括地震成像、测井成像、油藏模拟等。

作者简介

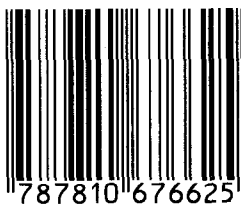
李庆忠 江苏省昆山市人,石油地球物理勘探专家。1966年首次提出了三维地震勘探的方法和原理。1972年发表了波动地震学的专著《地震波的基本性质》,系统阐明了反射波、异常波及干扰波的物理特征,并从成像理论出发,提出了“积分法绕射波扫描叠加偏移”技术。1987年及1994年发表的《关于陆相沉积地震地层学的若干问题》及《近代河流沉积与地震地层学》是对地震地层学的重要补充。1993年发表了专著《走向精确勘探的道路》,全面评述了高分辨率地震勘探的理论及发展方向。李庆忠在五十余年的勘探实践中,为我国寻找新的后备油气资源作出了重要贡献。1995年当选为中国工程院院士。现任中国石油天然气集团公司东方地球物理勘探公司副总工程师,中国海洋大学地球科学学院名誉院长,博士生导师。

E-mail: lqz@ouc.edu.cn
lqz@bgp.com.cn

张进 1978年生,山东省诸城市人。中国海洋大学应用地球物理专业2004级博士研究生。2003年发表《黄河口现代海洋沉积高分辨率地震地层学研究》,对现代黄河口地区的浅地层地震资料进行了分析解释,构筑了黄河口地区晚第四纪以来地层的沉积模式。另外发表《中国近海和滩浅海油气资源勘探开发初步研究》、《地震资料曲流河辫状河油(储)层识别与预测》、《东营城区高精度三维地震采集方法研究》等文章多篇。目前主要从事地震资料数据解释及处理方法研究。

E-mail: zhjmeteor@163.com
zhjmeteor@yahoo.com.cn

ISBN 7-81067-662-8



9 787810 676625 >

定价: 58.00元

序 言

岩性油气藏的储量在油气的总储量当中占有很大的比重,目前我国也已进入岩性油气田勘探开发的阶段,岩性油气田的勘探与开发已经成为当前石油工业持续发展的热门话题。与常规构造油气藏相比,岩性地层油气藏具有更大的隐蔽性,成藏规律更复杂,勘探难度更大,因而对勘探技术的要求也更高。

然而,目前我们在岩性油气勘探的过程中,遇到了很多难题,同时也陷入了一些误区,其中一个主要原因就是对我国的陆相沉积的特点没有很好地认识,而直接照搬国外寻找水下河道砂的经验。本书将就这方面的认识问题作一些讨论。

地震勘探在寻找油气资源中起着十分重要的作用。在勘探岩性油气藏方面目前物探方法还存在不少课题需要解决,肯定需要比过去更为全面的技术更新、装备更新和知识更新。本书想在一些关键的技术问题上加以探讨。

回想起来,地震勘探在寻找简单的背斜大构造方面的确是十分有效的方法,而且不需要太多的高新技术。1955年发现了新疆克拉玛依油田,1959年发现了大庆油田,这里面都是物探尖兵起到了关键作用。当时我们使用的是51型光点地震仪和笨重的马蹄型检波器,然而却找到了大油田。

但是从60年代开始,我国石油勘探领域进入渤海湾盆地,面临着

复杂的断块油田,物探工作产生了新的难题。为了攻克断块油田物探的难题,我们整整花了近20年。技术装备上,从磁带地震仪过渡到了数字地震仪;施工方法上,出现了多次覆盖技术及三维地震技术;处理上,开始使用大型计算机做资料数字处理。成套的处理软件以及各种压噪和反褶积等方法的出现,尤其是三维偏移归位技术的成熟应用,才使得复杂断块地下结构的成像问题得以正确地解决,引发了我国一大批断块油气田勘探的成功,推动了我国石油勘探开发的大好形势。

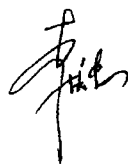
从90年代开始,我国石油勘探的领域进一步向岩性油气田方向发展,过去得心应手的一整套对付断块油田的技术方法虽然仍旧有效,但是我们研究的对象已经不单是地下结构的产状、形态,还要进而搞清地下砂体内部的不均质性,这就太难了。时代赋予了我们新的使命,我们又应该如何去应对?

这个问题我考虑了很久。首先我感到国外石油公司近年来勘探水下浊积砂体的成功经验是我们借鉴的。但是我们国家的沉积岩中大都是陆相沉积,它和海相沉积有着很大的不同。在胜利油田地质指挥所十几年工作的经历使我对石油地质的不少领域发生了浓厚的兴趣,也使我对陆相沉积尤其对河道砂的特点有了进一步的理解,曾多次在技术座谈会上与大家交流,但深度不够。到中国海洋大学海洋地球科学学院以来,得到研究生及老师们的帮助,其中,张进同志花了很大的努力帮助我完成文字编写及图幅清绘,并提出不少宝贵的意见,使我能把这方面的认识系统地写出来,了却了我多年来的一个心愿。

岩性油气田的勘探开发是今后较长一个时期的研究内容。它需要人们把地质知识和地球物理技术高度的集成,需要综合使用钻井

资料及测井资料,需要从物探方面不断改进三维成像精度及使用三维可视化解释技术,这的确是一项高度集成且综合性极强的系统工程。而且不光是需要有先进的技术,还需要培养一批高素质的综合型人才。

本书所讨论的范围肯定是十分局限的。希望通过本书的出版,与同事同行们继续交流、切磋。写作内容如有不当之处,希望读者予以指正。

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely the author's name.

2005年12月

目 录

第一章	近年来我国各油区转入岩性勘探阶段	(1)
第二章	陆上河道与水下河道的差别很大	(6)
第三章	国外研究水下河道典型的例子	(14)
第四章	近代沉积学与历史沉积学	(22)
§ 4.1	河流沉积与水流速度的关系	(22)
§ 4.2	河床切割深度有多深	(27)
§ 4.3	长江及黄河的变迁历史	(29)
§ 4.4	近代沉积的沉积速率	(39)
§ 4.5	陆相沉积的历史改造结果	(44)
§ 4.6	泰国暹罗湾上的河道切片	(45)
§ 4.7	三角洲沉积的变化	(47)
§ 4.8	华北地区古湖泊的历史变迁	(49)
第五章	国外河道解释中的误区	(51)
§ 5.1	加拿大 Terra Nova 油田的例子	(51)
§ 5.2	美国得克萨斯海岸的例子	(55)
第六章	岩性油田勘探开发中存在的偏向与改进方向	(58)
§ 6.1	关于视同相轴的基本概念	(58)

§ 6.2	搞岩性油田勘探需要十分重视做波阻抗反演	(71)
§ 6.3	储集砂层波阻抗解释中的一个重要问题 ——钙质致密砂岩	(76)
§ 6.4	目前地震解释河道的方法中存在的一些偏向	(79)
6.4.1	单纯热衷于寻找一条条细而长的河道是一个偏向	(79)
6.4.2	在一块小面积三维的地震切片上判断河道及砂岩 物源方向是不容易正确的	(81)
6.4.3	用 2~4 ms 间隔的地震切片研究测区的沉积发育 历史也要慎重	(83)
6.4.4	准确选定沉积等时面的重要性	(85)
6.4.5	关于垂向分辨率的基本概念	(88)
第七章	改进三维地震成像精度及采用可视化技术是岩性油田 开发的根本出路	(97)
§ 7.1	勘探开发好岩性油田的首要手段是做好高精度三维 地震	(97)
§ 7.2	三维地震资料处理中应尽量改进成像精度	(99)
§ 7.3	三维可视化技术在岩性油田勘探开发中有着重要的 作用	(117)
结论		(122)
结束语		(124)
参考文献		(125)
Abstract		(127)

第一章 近年来我国各油区 转入岩性勘探阶段

近年来我国各油区转入岩性勘探阶段,大庆油田除了萨尔图、葡萄花、高台子主力油层之外,长垣下面,扶余油层、杨大城子油层普遍含油,它们都是岩性油田,尤其杨大城子油层是一个非常典型的岩性油田。而松辽东部拗陷的深层侏罗系富含天然气并获高产,可能是一个大气区(如图 1.1 所示)。

吉林油田在松辽盆地南部,盆地的向斜里全部含油,打井只是产量有高低。通过高精度的三维地震勘探已经取得了岩性油田勘探、开发的新进展,形势喜人。

鄂尔多斯盆地出现了满盆子油、半盆子气的局面(如图 1.2 所示)。长庆油田累计探明石油地质储量为 10.8 亿吨,天然气探明储量已经达到 1.18 万亿立方米。盆地北面,靖边、榆林奥陶系探明天然气储量为 4 400 亿立方米,苏里格、乌审旗、神木气田储量也不小。盆地南面,近几年来,西峰油田三叠系延长统大面积含油,储量 1.7 亿吨。中部安寨、绥靖、吴旗油田不断扩大,储量为 3.3 亿吨。它们都是非常典型的岩性油气田。

准噶尔盆地的石油地质储量增长很快,探明石油地质储量达 17.8 亿吨,年产量已超过 1 000 万吨。近几年来在盆地腹部出现很多含油地区,新的油田范围主要是侏罗系和白垩系的岩性油田。

图 1.3 是为了解释准噶尔盆地中侏罗系岩性油气田的沉积环境所作的一张示意图。这张图就总趋势来说是基本正确的,有几条河向盆地里面流。可是真正的陆上河道,用平面图是表达不出来的,平面图只能表达它的整个趋势,而表达不出确切的砂子分布情况。

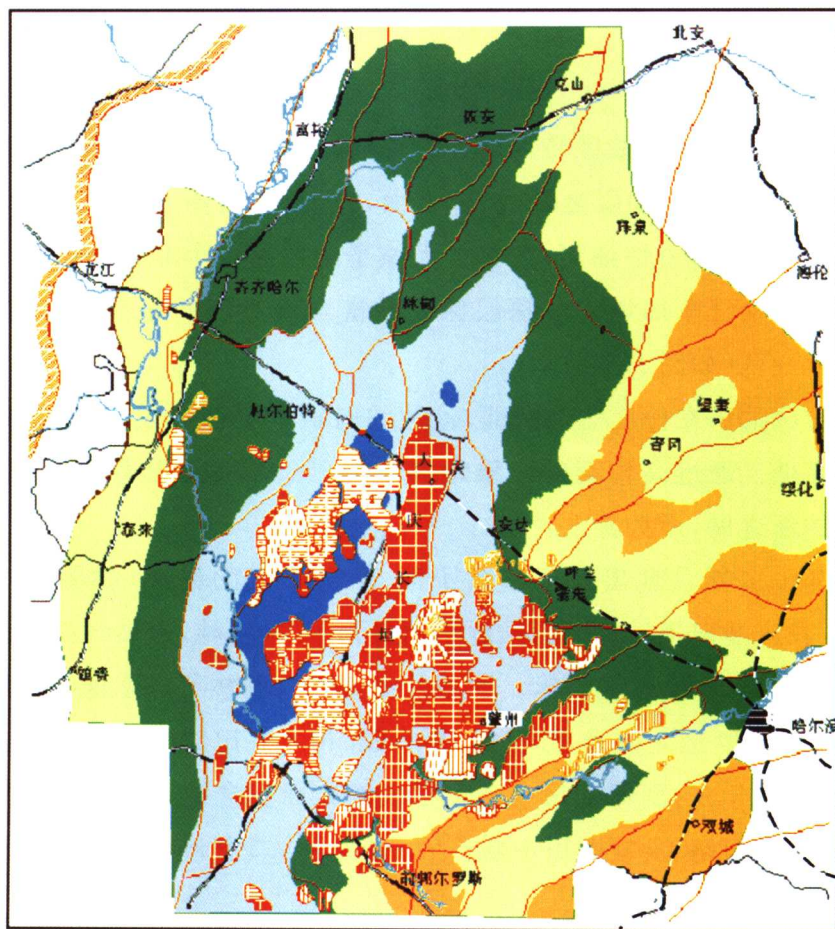


图 1.1 松辽盆地岩性油藏分布图

Figure 1.1 Lithologic reservoir distribution in Songliao Basin

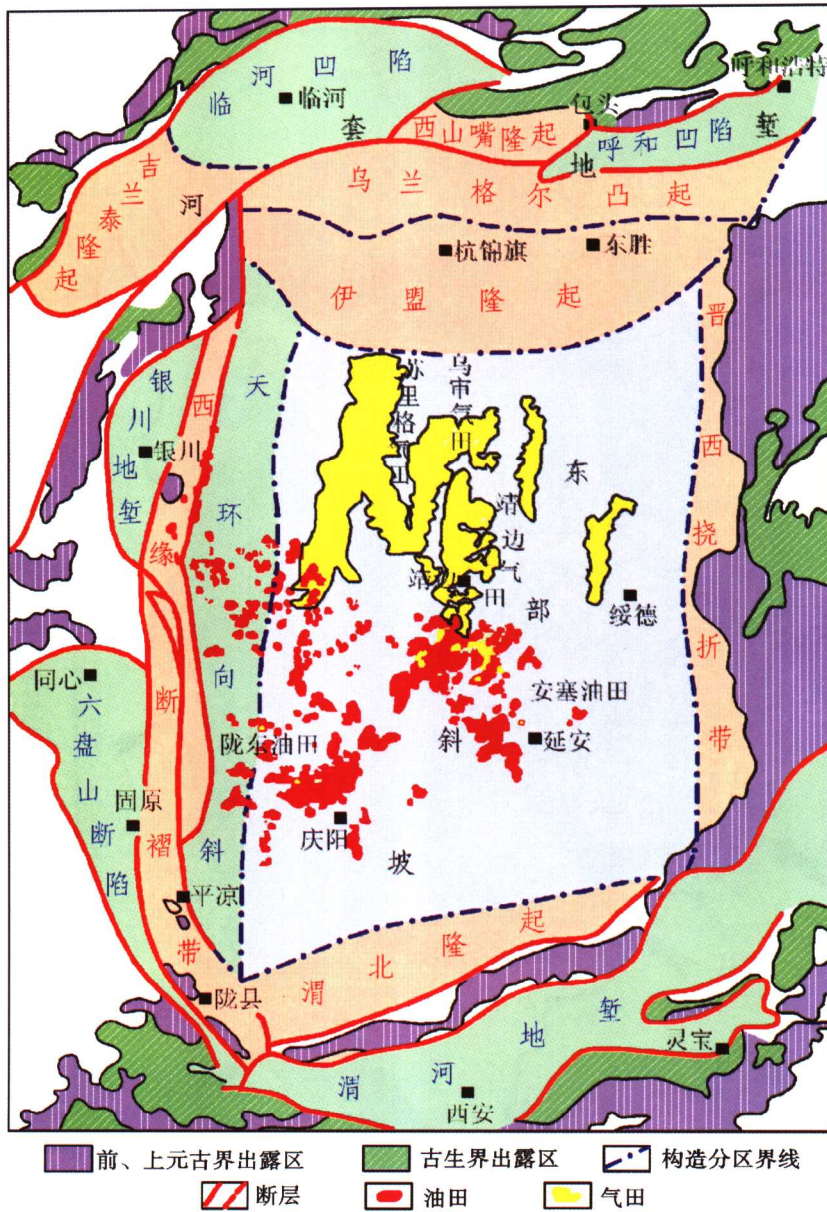


图 1.2 鄂尔多斯盆地油气分布图

Figure 1.2 Oil and gas distribution in Ordos basin

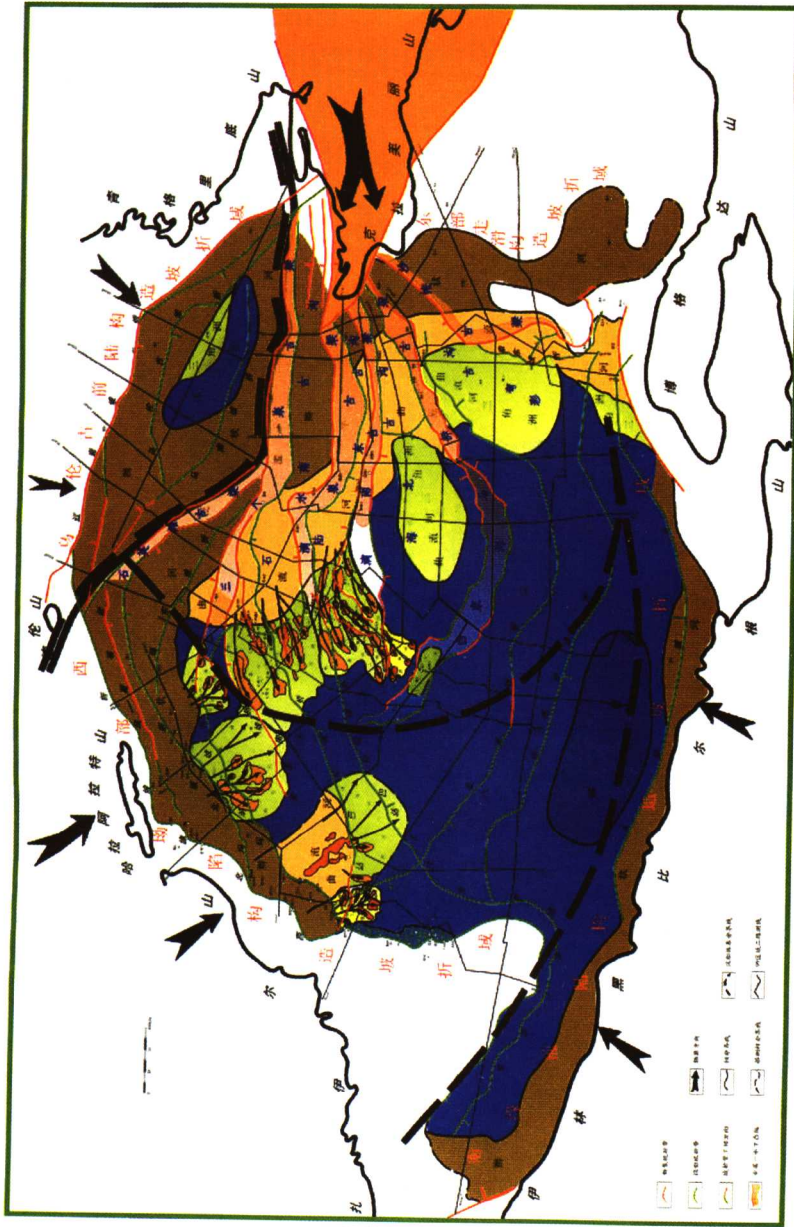


图1.3 准噶尔盆地侏罗系构造波折和沉积体系示意图

Figure 1.3 Jurassic structure and sediment system of Junggar basin

这些实例说明目前我国岩性油气田勘探开发的潜力还很大,可我们在开发油气田的过程中,遇到了不少困难,同时也陷入了一些误区,其中一个主要原因就是对我国的陆相沉积的特点没有很好地研究,而直接照搬了国外寻找水下河道砂的经验。

第二章 陆上河道与水下河道的差别很大

从国外地震勘探的实例中,我们可以看到一些很漂亮的河道(请注意它们绝大多数是水下河道)。然而在中国,我们的地震资料中,往往看不到这样漂亮的河,原因在哪里?

笔者认为主要原因是我国不少储集层属于陆相“陆上河道”的沉积,它们在地质历史的变迁中不断变动和改造,使我们不容易识别和研究。如果不改变思路,便不能很好地认识问题和解决问题。

首先,陆上河道与水下河道是有着原则上的区别的:

1. 水下河道前方是广阔的水体自由空间,流动的东西受浮力的作用容易往前搬运(就像我们洗澡时在浴缸中的感觉),河道中的砂子在运动中不断地被淘洗干净,并且随即被泥巴快速掩埋,从而形成物性良好的储集层。

2. 陆上的辫状河沉积在坡度较陡处,主要靠重力冲开前进的道路。而曲流河在坡度较小的平原区沉积,它的前进主要靠“侧蚀作用”向前摆动。

3. 陆上的河流都力求把盆地填平,所以它不断地决口、改道,从而也把自己的形态弄得十分复杂,难以研究。

而目前,陆相地层的河道解释中存在以下四种误解:

1. 把大型的侵蚀谷当成河道。

2. 把地震剖面上的下切部分简单地解释为河道或者把弱相位的某些局部拱起当成河道砂。

3. 把根据少数钻井数据得出的砂岩厚度分布形态当成河道。

4. 在地震的切片中把像线条状的结构笼统地解释为河道。

下面对这四种误解分别加以阐述：

1. 把大型的侵蚀谷当成河道。

河道肯定也是存在于侵蚀谷里面的，可是河道仅占侵蚀谷的一部分，而且随着历史的变迁，还有进一步的改造和变迁。我国岩性油气田的鼻祖——鄂尔多斯盆地油气的勘探开发过程，就是一个极为典型的例子。

鄂尔多斯盆地在西汉及北宋就发现三叠系延长统有油苗，清朝（1907年）开始请外国钻井队来打工业油井，但直到20世纪50年代还是“井井见油、井井不流”。

20世纪70年代在侏罗系底部发现河道砂，进而发现马岭等油田，此后利用许多井的资料勾画出了古河道。同时也利用地震勘探努力寻找河道。

如图2.1所示：这是当时研究的一条古河道（图中淡蓝色部分），叫做三叠纪末的陕甘古河道。它是根据几千口井找出来的古河道形态。这个古河道实际上是一个侵蚀谷，叫它古河道也可以，因为它肯定是河冲出来的。可是，对于我们找岩性油气藏而言，真正有用的是河道砂。比如说马岭油田（图2.1中），粉红的颜色是三叠系油田，朱红的颜色是侏罗系油田。侏罗系油田就在三叠纪末的侵蚀谷里面，可是，侵蚀谷这么宽，河到底从哪里走？河道砂到底在哪里沉积？这些都是很难判断的，所以在侵蚀谷里打井有的井并不出油。

因此，找到大型的侵蚀谷不等于找到河道。同时，即使是找到河