

文章编号: 0253-9985(2007)05-0605-05

# 泌阳凹陷南部陡坡带油气勘探实例分析

邱荣华, 付代国, 万 力

(中国石化 河南油田分公司, 河南 南阳 473132)

**摘要:** 深化地质研究认识到泌阳凹陷南部陡坡带成藏条件好, 勘探潜力大。针对该区地表起伏大, 边界大断裂地震资料处理归位不准确, 圈闭落实程度低等问题, 在三维地震重新采集的基础上, 开展地震叠前深度偏移处理和隐蔽圈闭识别技术攻关, 在南部陡坡带栗园地区钻探发现一批含油圈闭, 已控制石油地质储量  $1.740 \times 10^4$  t。

**关键词:** 成藏条件; 勘探实践; 三维地震; 隐蔽圈闭; 南部陡坡带; 泌阳凹陷

**中图分类号:** TE122.1

**文献标识码:** A

## A case study of hydrocarbon exploration in the southern steep slope zone of the Biyang Depression

Qiu Ronghua, Fu Daigu, Wan Li

(Henan Oilfield Company, SINOPEC, Nanyang, Henan 473132, China)

**Abstract** Further study of the geology in the steep slope zone of Biyang depression reveals favorable reservoiring conditions and great exploration potential. In view of the large surface relief, inaccurate positioning of the major boundary faults through seismic processing and low ascertainment degree of traps, prestack depth migration processing and subtle trap identification are carried out by using the re-acquired 3D seismic data, leading to the discovery of several oil-bearing traps with controlled geological reserves of 17.4 millions of tons in Liyuan area of southern steep slope zone.

**Key words** hydrocarbon accumulation condition; exploration practice; 3D seismic survey; subtle trap; southern steep slope zone; Biyang Depression

泌阳凹陷是在东秦岭褶皱上形成的一个中、新生代箕状扇形断陷盆地<sup>[1]</sup>, 面积 1 000 km<sup>2</sup>。凹陷的形成和发展受控于南部北西向和北东向两组边界断裂, 沉积最厚处位于两组断裂的交合处。沉积地层主要为新生界, 最大厚度达 8 000 m, 自下而上划分为古近系玉皇顶组-大仓房组、核桃园组、廖庄组、新近系凤凰镇组、平原组。其中, 核桃园组是凹陷油气勘探的主要目的层系, 以较深湖相的泥岩、砂岩及白云岩沉积为主。根据凹陷的古构造特征和现今构造格局, 自南向北可划分为 3 个带, 即南部陡坡带、中部深凹带和北部斜坡带 (图 1)。泌阳凹陷油气成藏条件优越, 是我国东部一个典型的“小而肥”富油凹陷。据最新资源评价成果, 油气资源

量为  $3.61 \times 10^8$  t。在泌阳凹陷开展勘探 30 多年来, 已发现双河、下二门、井楼等 9 个油田, 累计探明油气地质储量  $2.3 \times 10^8$  t, 处于高成熟勘探阶段。



图 1 泌阳凹陷构造单元划分

Fig. 1 Structural units of the Biyang Depression

收稿日期: 2007-08-09

第一作者简介: 邱荣华 (1949—), 教授级高级工程师, 石油地质

## 1 油气成藏条件及勘探历程

泌阳凹陷南部陡坡带紧邻生油中心, 油源丰富。靠近边界大断裂下降盘一侧发育多个小型鼻状(或背斜)构造, 是捕捉油气的有利圈闭。南部物源砂砾岩体在陡坡带复合连片呈裙边状展布, 为油气藏的形成提供良好储层条件。该区位于油气运移的主要指向区, 在陡坡带边缘带发现了下二门油田和井楼油田(南部的井楼含油构造), 靠近深凹区一侧发现了双河、赵凹等油田。深化该区的油气成藏条件研究认为, 进一步寻找岩性油藏、小型构造油藏、浅层次生油藏以及基岩等类型油藏是该带的主要勘探目标<sup>[2-3]</sup>。

### 1.1 成藏条件

#### 1.1.1 油源

以靠近南部边界断裂的深凹区为中心, 沉积了巨厚的生油岩, 北西、北东两条边界断裂交汇处既是凹陷的沉降中心, 也是沉积中心, 同时又是生油中心。生油岩主要发育在核桃园组, 垂向分布厚度大, 暗色泥岩累计厚度最大可达 2 200 m, 平面分布面积广(720 km<sup>2</sup>)。生油岩有机碳平均 1.77%, 氯仿沥青“A”平均 0.2167%, 母质类型以 iv 型和 ⑤<sub>1</sub> 型为主。地温梯度高(每百米 4.1℃), 成熟门限深度浅(1 700 m), 形成丰富的油源基础。南部陡坡带紧邻生油中心, 油源条件优越<sup>[4]</sup>。

#### 1.1.2 储层

南部陡坡带自西向东主要发育长桥、平氏、栗园、梨树凹、下二门等规模大小不等的扇三角洲砂体(图 2)。其中, 平氏三角洲规模较大(面积 120 km<sup>2</sup>), 油气聚集量也最大, 是双河、赵凹油田的主要储层<sup>[5]</sup>。孔隙度一般为 15%~25%, 渗透率一般为  $100 \times 10^{-3} \sim 1\,000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。其他砂体规模较小, 构成近邻油田或含油区块的储层。如栗园砂体是赵凹油田安棚含油区块及栗园含油构造的储层, 孔隙度一般为 7%~20%, 渗透率一般为  $20 \times 10^{-3} \sim 500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。砂体主体部位的砂层埋深不大的情况下(2 600 m 以上)储集物性较好, 但砂体根部、末梢及埋深较大的砂层则多具低孔低渗特征。这些砂体在凹陷南部呈裙边状

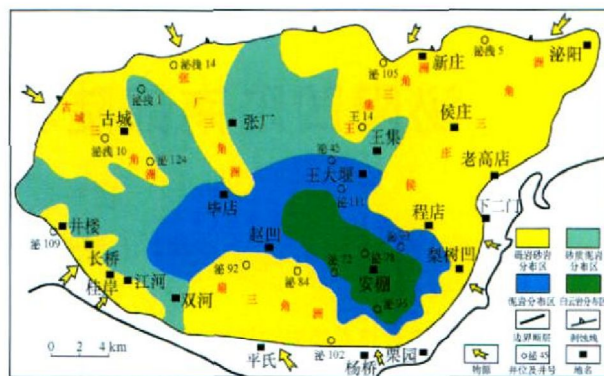


图 2 泌阳凹陷核桃园组三段砂体展布

Fig. 2 Sandstone distribution of the third member of the Hetaoyuan Formation in the Biyang Depression

展布, 前缘伸展到生油区, 纵向上与生油层交错叠置, 形成良好的生储盖组合。

#### 1.1.3 局部构造

南部陡坡带是基岩断面倾斜带, 边界断裂面倾角较大, 下降盘构造明显受边界断裂的控制。核(桃园组)二段及以下地层中次级断裂较为发育, 而核二段以上地层中则次级断裂不太发育。局部构造主要为断鼻和滚动背斜两种类型<sup>[6]</sup>。目前已发现的局部构造自东向西为老高店、下二门、梨树凹、栗园、江河南和井楼共 6 个。其中老高店、梨树凹、江河南 3 个为断鼻构造, 下二门、栗园、井楼 3 个为滚动背斜, 但滚动背斜也主要发育在核二段以上浅层, 到核三段地层中则也为断鼻构造。

#### 1.1.4 圈闭及油气藏类型

受构造、砂岩等地质条件控制, 南部陡坡带发育有砂岩上倾尖灭、砂岩透镜体、地层(悬挂扇)物性封堵、滚动(断)背斜、断鼻、断块及基岩等 6 种类型圈闭, 而以砂岩上倾尖灭圈闭和滚动(断)背

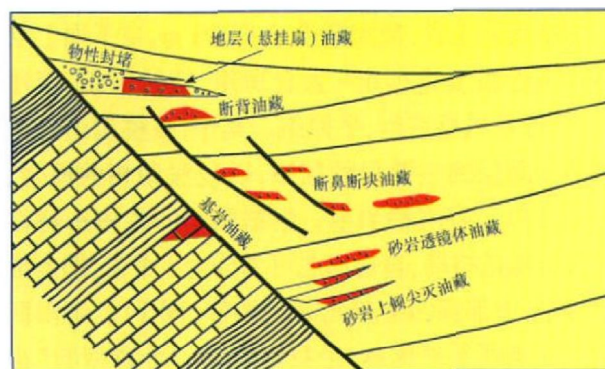


图 3 泌阳凹陷南部陡坡带油藏类型示意图

Fig. 3 Sketch map showing types of oil reservoirs in the southern steep slope zone of the Biyang Depression

斜圈闭为主。多种类型的圈闭为油气聚集提供有利场所, 并形成相应的成因类型油气藏<sup>[7-8]</sup> (图 3)。

## 1.2 勘探历程

1) 1974—1984年, 泌阳凹陷油气勘探工作全面展开, 这一时期在南部陡坡带靠近深凹陷一侧发现以砂岩上倾尖灭油藏为主要类型的双河油田、赵凹油田, 在陡坡带边缘发现以滚动背斜油藏为主要类型的下二门油田。

2) 1985—1990年, 在重点勘探泌阳凹陷北部斜坡内带发现古城、新庄等稠油油田的同时, 在南部陡坡带西段发现井楼稠油油田。

3) 1991—2000年, 随着泌阳凹陷资源探明程度的提高, 勘探难度逐渐增大。1994年河南油田在新疆焉耆盆地的勘探取得突破, 勘探重点向西部转移, 泌阳凹陷勘探投入的工作量较少。这一期间虽然在南部陡坡带发现泌 102、泌 193 等出油点, 但由于发现的油藏规模较小, 油层产能低, 因此勘探未取得实质性进展。

4) 2001年以来, 由于焉耆盆地的勘探工作进入发现困难时期, 油田的勘探重点又转移到东部<sup>[9]</sup>, 加大力度开展泌阳富油凹陷的深化勘探<sup>[10-12]</sup>。这一时期, 在发现北部斜坡外带多个含油区块探明  $6\,000 \times 10^4$  t 以上浅层稠油规模储量的同时, 加大南部陡坡带勘探力度。首先在陡坡带中段栗园地区勘探取得突破, 目前已控制石油地质储量  $1\,740 \times 10^4$  t 使南部陡坡带成为泌阳凹陷下步稀油储量增长的主要地区。

## 2 实例分析

针对泌阳凹陷南部陡坡带表层地震条件复杂 (有老山、河流、岗地、农田), 地形高差大, 边界断裂倾角大, 圈闭落实困难的问题, 在重新进行三维地震野外采集的基础上, 开展叠前深度偏移处理技术攻关和复杂圈闭识别技术攻关。相继在南部陡坡带中段的栗园构造及安棚含油区块南部的岩性圈闭的勘探中取得突破, 多口井钻遇油层, 控制了一定规模的石油地质储量。

栗园构造是南部陡坡带中段大断裂下降盘边缘的一个小型滚动背斜 (深层为断鼻)。在勘探早期的 1978年, 利用少量二维地震资料, 编制了栗园地区地震构造图, 由于此前泌阳凹陷已经发现

油田的油层主要分布在核三段, 因此编制的主要目的构造图是地层  $T_4$  反射层 (相当核三段顶面) 的构造图, 发现了栗园断鼻构造, 就在构造的高点部署钻探了泌 66 井。钻探结果见到 3 层 10.8 m 的荧光、油迹砂岩油气显示, 但电测解释均为水层, 试油结果也均为水层。1979年, 又根据新增加的二维地震资料编制了该区  $T_4$  反射构造图 (图 4), 发现泌 66 井断块西部还有一个断块, 与泌 66 断块处于同一鼻状构造背景之上, 中间有一小断层将其切割成东西两块, 而西块比东块高 100 m。因此认为西块更为有利, 随即部署钻探了泌 67 井。钻探结果见到 16 层 180.3 m 油迹、油斑级别的油气显示。电测解释只解释了一层可疑油层, 其余均为水层。试油两层也主要产水, 只见油花或少量油流 (日产 32 L), 结论为含油水层。由于连续两年部署两口井钻探均未发现工业油气层, 因此栗园地区的勘探暂告一段落。

现在回过头来分析泌 66、泌 67 井钻探落空的原因: 一是当时二维地震资料品质差, 局部构造圈闭不落实, 从现在据新一轮三维地震资料编制的构造图分析 (图 5), 这两口井均位于栗园构造的较低部位, 处在油水边界以下, 虽有油气显示, 但不是油层。二是当时对勘探目的层的判断也有偏差, 当时类比其他油田钻探目的层以核三段为主, 而从现在勘探成果看, 栗园地区目的层主要为核一段和核二段上部浅层次生油藏, 而浅层构造 (为滚动背斜) 与中深层构造 (为断鼻) 形态有较大差异, 且砂岩储层所处相带也不一样, 浅层可发现油气层, 中深层则未能形成有效圈闭。1991年利用早期三维地震资料编制了栗园地区构造图, 在该

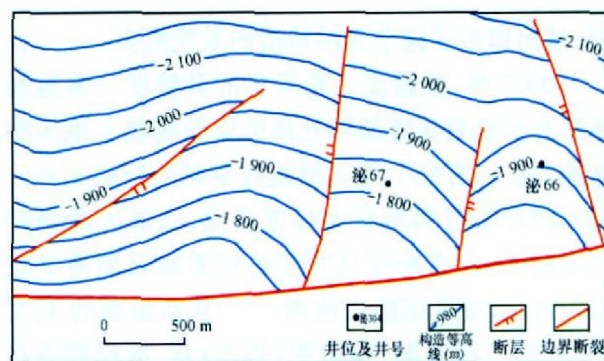


图 4 栗园地区二维地震  $T_4$  反射层 ( $Eh^3$  顶) 构造图 (1979年)

Fig. 4 Structural map showing the 2D seismic reflecting horizon of  $T_4$  (the top of  $Eh^3$ ) in Liyuan area (1979)

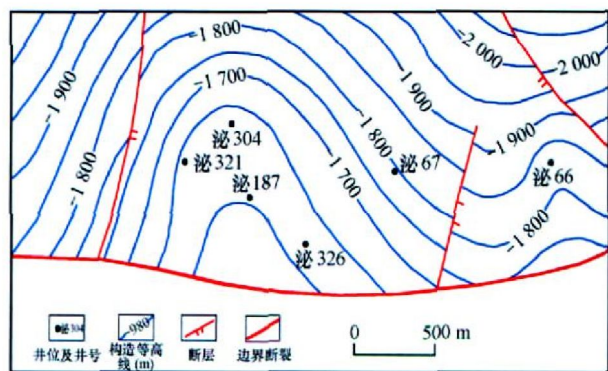


图 5 栗园地区二维地震  $T_4$  反射层 ( $Eh^3$  顶) 构造图 (2005 年)

Fig. 5 Structural map showing the 2D seismic reflecting horizon of  $T_4$  (the top of  $Eh^3$ ) in Liyuan area (2005)

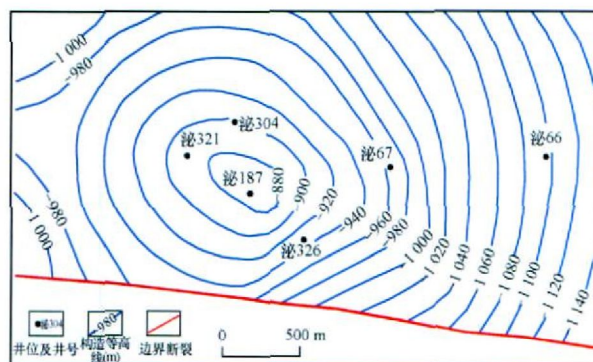


图 6 栗园地区三维地震  $T_3$  反射层 ( $Eh^2$  顶) 构造图 (2005 年)

Fig. 6 Structural map showing the 3D seismic reflecting horizon of  $T_3$  (the top of  $Eh^2$ ) in Liyuan area (2005)

区核三段顶面构造图上发现了一个断鼻圈闭,高点位于泌 67 井西 1 000 m,因此又在此高点部署钻探了泌 187 井。钻探见到 17 层 122.7 m 油气显示,但因显示级别低(主要为荧光、油迹级别),电测解释无油气层而裸眼完钻。现在分析是当时对这种显示级别低的油层不能识别,因邻近的赵凹、双河油田一般油斑显示级别以上才可能为油层。而实质上本井已钻遇油层,其油气显示级别低的原因主要是栗园构造邻近凹陷边缘砂砾岩体的主体部位,近物源储层粒度粗,多为砾岩,原油附着在砾石表面,钻井过程中砾石破碎后又经过泥浆冲洗,大部分脱离岩屑,因此录井显示级别较低,为荧光或油迹级别。而不像双河、赵凹油田油层多位于扇三角洲前缘,储层粒度相对细一些,多为不同粒级的砂岩,破碎后的岩屑仍能较好地保留储层的颗粒及孔隙中的原油,因此油气显示多在油斑级以上。这样如果用泌阳凹陷其他油田的油层录井显示标准判断栗园地区的储层则不是油层,从而错过了这个含油构造的发现机会。

2005 年,根据新一轮采集的高精度三维地震采集并经叠前深度偏移处理的资料编制了该区构造图(图 5 图 6)。新三维地震资料的信噪比和分辨率较原来资料均有大幅度提高,边界大断裂归位准确,古近系勘探目的层地层界面反射易于追踪对比,次级断层断点清晰<sup>[13]</sup>。从新编制的  $T_3$  反射层(核二段顶面)构造图(图 6)看,栗园构造是一个宝墩背斜。而  $T_4$  反射层(核三段顶面)构造

面构造图为主要依据结合储层分析,在泌 187 井西北 700 m 部署钻探了泌 304 井。钻探结果,在核一段、核二段地层中见到 29 层 164.5 m 的油气显示,电测解释油层 5 层 24.1 m,油水同层 2 层 13.2 m,试油 2 层均获工业油流。随后在构造不同部位钻探的泌 321、泌 326 井均钻遇厚度较大油层并试获工业油流,从而重新认识并经钻探证实栗园构造是南部陡坡带的一个富集含油构造。

### 3 勘探成果与前景展望

在利用新三维地震资料查明断层及构造的同时<sup>[14]</sup>,开展高分辨率层序地层学研究<sup>[15]</sup>,建立陡坡带砂砾岩体的成因模式,分析砂砾岩体的分布规律和发育期次。钻井和地震等多种资料结合开展地震反演、属性分析等工作,预测砂岩储层展布,预测岩性圈闭<sup>[16-17]</sup>。部署多口深、浅探井钻探不同层位多种类型的圈闭,在南部陡坡带中段栗园地区浅、中、深层及基岩中均发现油层,取得了该区油气勘探的新突破,新增控制储量  $1\,740 \times 10^4$  t(图 7)。

南部陡坡带下一步的勘探将按两个层次开展工作。

一是展开陡坡带中段的栗园地区,新增探明储量  $1\,000 \times 10^4$  t。目前该区已有一定规模的控制储量,下步加强滚动勘探和油藏精细描述工作,在储量升级及时探明的同时,实施勘探开发一体化,加快储层动用步伐,确保老油田稳产上产。

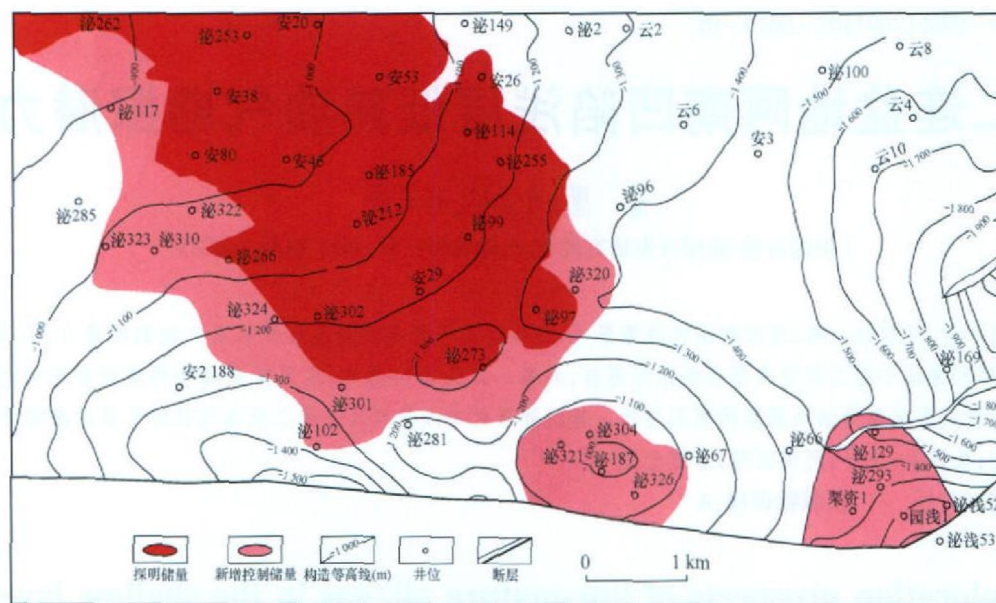


图 7 泌阳凹陷南部陡坡带中段油气勘探成果

Fig. 7 Exploration results in the central part of the southern steep slope zone in the Biyang Depression

型砂砾岩体岩性油藏是下步重点勘探目标。西段具有与安棚含油区块南部相似的成藏条件, 该区发育江河南小型断鼻构造和长桥、桂岸等砂砾岩体, 可形成砂岩上倾尖灭和断鼻、断块油藏。2007 年已部署三维地震采集  $120 \text{ km}^2$ , 目的是查明边界大断层下降盘下第三系目的层的次级断层展布, 局部构造形态, 砂砾岩体分布, 进而预测和落实不同类型的复杂隐蔽圈闭。然后部署探井钻探, 以取得油气勘探新的发现。

## 4 启示

近年来, 通过对泌阳凹陷南部陡坡带的深化勘探, 取得了新的突破和进展。从勘探实践中得到如下几点启示: 1) 坚定信心, 锲而不舍地开展工作是老区油气勘探取得新突破的根本保证; 2) 深化研究, 地质认识取得飞跃是取得油气勘探新发现的重要基础; 3) 依靠科技, 攻克制约勘探的“瓶颈”技术是实现勘探目标的关键措施。进一步在泌阳凹陷南部陡坡带开展深化勘探工作, 必将不断扩大勘探成果, 增加油气储量, 为老油区的稳产开拓新的资源领域。

### 参 考 文 献

- 王定一, 车自成, 张树田, 等. 南襄盆地构造发育特征及形成机制 [J]. 石油与天然气地质, 1987, 8(4): 28~37
- 邱荣华, 林社卿, 涂阳发. 泌阳凹陷油气成藏特征及勘探潜力分析 [J]. 石油天然气学报, 2005, 27(2): 32~35
- 秦伟军, 林社卿, 程哲, 等. 南襄盆地泌阳凹陷油气成藏作用及成藏模式 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 136~141
- 汪本善, 程克明, 马万怡. 油气运移研究——泌阳盆地剖析 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1994
- 邱荣华, 李纯菊, 郭双亭. 泌阳凹陷三类三角洲沉积特征及储集性能 [J]. 石油勘探与开发, 1994, 21(1): 99~105
- 漆家福, 夏义平, 杨桥, 等. 油区构造解析 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2006
- 胡见义, 黄第藩, 徐树宝, 等. 中国陆相石油地质理论基础 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1991
- 张厚福, 方朝量, 高先志, 等. 石油地质学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004
- 邱荣华. 河南油田各探区勘探潜力与“十五”油气资源发展战略 [J]. 河南石油, 2001, 15(1): 1~6
- 钱基. 关于中国油气资源潜力的几个问题 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(4): 13~19
- 周庆凡. 关于油气资源探明程度的探讨 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 9~13
- 关德范, 王国力, 张金功, 等. 成盆成烃成藏理论思维——从盆地到油气藏 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004
- 邱荣华, 田小敏, 付代国, 等. 泌阳富油凹陷油气深化勘探实践与认识 [J]. 石油天然气学报, 2007, 29(2): 42~44
- 王燮培, 费琪, 张家骅. 石油勘探构造分析 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990
- 蔡希源, 李思田, 郑和荣, 等. 陆相盆地高精度层序地层学——隐蔽油气藏勘探基础、方法与实践 [M]. 北京: 地质出版社, 2003
- 牟永光. 储层地球物理学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996
- 刘震. 储层地震地层学 [M]. 北京: 地质出版社, 1997

(编辑 高 岩)