

# 柴达木盆地近 SN 向 构造形成机制与油气成藏意义

操成杰, 王小凤

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

**摘要:** 近 SN 向构造在中国中西部各盆地都有发现, 其规模不大, 但对油气成藏却具有显著的控制作用。在相关课题研究成果的基础上, 依据大量钻探、物探、实验分析和测试等资料, 以及构造形迹分析、构造运动的沉积响应、古地温场的响应和磁组构分析资料, 较为系统地阐述了柴达木盆地新生代构造应力场特征, 探讨了柴达木盆地内近 SN 向构造形成的力学机制及其在油气成藏中的突出地位和作用。

**关键词:** 构造变形; 磁组构; 古地温; 构造应力场; 油气成藏; 柴达木盆地

中图分类号: P618.130.2

文献标识码: A

## 0 前言

近 SN 向构造在中国中西部盆地多有发现, 如柴达木盆地<sup>[1-2]</sup>、四川盆地<sup>[3]</sup>和鄂尔多斯盆地等。这些近 SN 向构造规模不大, 但对油气成藏却具有显著的控制作用。柴达木盆地内已探明的石油储量中 50% 以上与近 SN 向构造相关, 如著名的尕斯库勒油田为亿吨级大油田。柴达木盆地内, 沉积盖层的主要变形形迹以 NW—NWW 向构造为主 (图 1), 近 SN 向构造在以 NW—NWW 向构造为主的构造体系中难得一见, 但近 SN 向构造却成为油气成藏的重要圈闭。因此, 研究近 SN 向构造的形成机制和控油作用是必要的。

盆地内近 SN 向构造包括褶皱、断层和隐伏的裂缝圈闭构造。目前发现油气储量较多的是断层复杂化的背斜圈闭, 如尕斯库勒油田、冷湖三号油田和冷湖四号油田; 其次是单井产量较高的裂隙型隐蔽油气藏, 如南翼山油田 ( $E_2^3$ ) 和狮子沟油田 ( $E_3^1-E_3^2$ ) 裂缝性油气藏。

## 1 近 SN 向构造形成的力学机制

中国中西部盆地均处在特提斯-喜马拉雅构造域的强烈影响之下, 盆山体系相对运动和不均衡挤压<sup>[4-5]</sup>, 在盆地内可形成局部扭动应力场。因此, 在 NW—NWW 或 NNE—NE 向构造体系中出现局部的近 SN 向构造, 应该是扭动应力场在两种边界条件约束下形成的局部调

收稿日期: 2005-01-05

基金项目: 中国地质调查局项目《陆上油气新区资源战略调查与评价》(编号 200110110002) 和青海油田科技项目《柴西地区构造应力场流体势场对油气运聚的控制作用》(编号 ZLJL7.2-07)

作者简介: 操成杰 (1967-), 男, 高级工程师, 构造地质学专业博士研究生, 从事石油地质、构造地质及构造应力场研究。地址: 北京市海淀区民族大学南路 11 号地质力学研究所, 邮编: 100081; E-mail: caocj@sina.com



界条件限制,在喜马拉雅-特提斯构造域各块体向北挤压过程中,柴达木地块有向北嵌入和向东逃逸的双重作用,因而在盆地内形成右旋扭动应力场是可以肯定的。而扭压构造应力场的作用正是近SN向构造形成的主要动力。从尕斯油田古近纪断裂体系(图2)中可以看出,以2条NWW向断裂为边界,左旋扭动可形成近SN向张裂系,而右旋扭动近SN向张裂系则改造为挤压逆断。若成藏期张裂,则有利于油气运移和聚集,后期逆断则有利于油气成藏和保存。因此,近SN向构造形成的时期和构造演化是控制油气成藏的重要因素。

## 2 近SN向构造形成的关键时期与油气成藏意义

综合研究认为,柴达木盆地新生代构造演化可划分为4个阶段,即古新世—始新世弱挤压拗陷阶段;渐新世—中新世早期走滑拉分阶段;上新世挤压拗陷阶段;更新世晚期走滑拉分阶段。

为研究盆地内构造运动的沉积响应,我们在盆地南缘和西侧(紧临阿尔金山)选取了12口钻井地质剖面,分层系对砂岩和砾岩进行统计,结果见表1。从统计结果可以看出,新生代以来,盆山体系发生了2个相对沉降和隆升旋回。其中下油砂山组沉积时期周边山系隆升,说明该期构造挤压应力作用显著,而之前盆地经受着引张应力作用。到上油砂山组和狮子沟组沉积时,盆地挤压应力场渐松弛,至第四纪早期再次强烈挤压,盆地西部地区隆升,沉积沉降中心东移。

另外,我们利用4种图版<sup>[9,40]</sup>和方法对盆地西部的古地温场进行研究,结果见图3。从图3中可以看出,新生代早期古地温中心有向东向南滚动的趋势,在下油砂山组沉积时期发生大的调整后,古今地温中心再次聚集于英雄岭地区,说明狮子沟组沉积之后,盆地西部地区发生了强烈褶皱和隆升。

为研究古构造应力场,我们在盆地西部钻井岩心中钻取了32组84个样品进行磁组构测量,并利用粘滞剩磁法进行定向<sup>[11]</sup>。根据磁组构研究构造应变原理—磁化率椭球可作为应力作用的显示器<sup>[12,43]</sup>,恢复古构造应力场最大主压应力方向如图4。古近纪早期,区内应力场为NW向挤压、NE—SW向伸展。到下干柴沟组下段沉积时期,区内应力场表现为NE向挤压。该期在区域应力场作用下,南部昆仑和北部祁连逐渐隆升,盆地西部相对拗陷。阿尔金山表现为左行走滑,南端相对北部抬升。下干柴沟组上段沉积时期,区内应力场表现为来自NNE方向的挤压,区内应力场呈扇状分布,最大磁化率主轴优势方向为近SN向,表明区内主体呈近SN向伸展。南部昆仑块体开始向北运动,由于受祁连地体阻挡而区内应力场发生

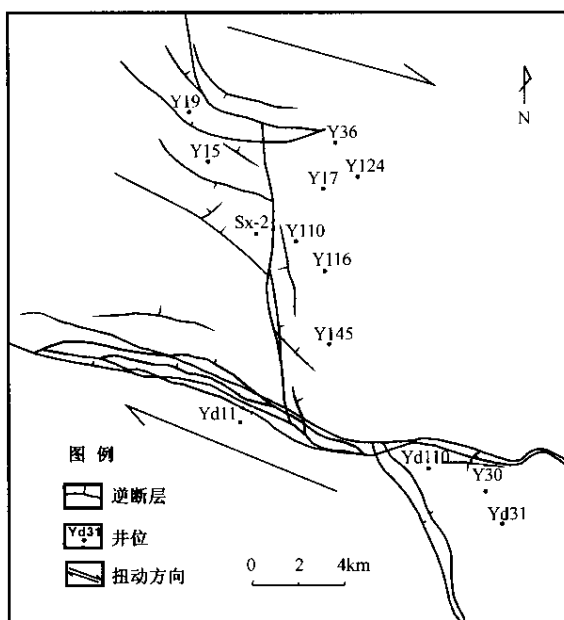


图2 尕斯油田古近纪断裂体系分布图  
(资料来源于青海油田)

Fig.2 Distribution of the Paleogene fault system in the Gas oilfield (data source: Qinghai oilfield)

表 1 柴达木盆地西部地区山前钻井砾岩百分比统计表

Table 1 Statistics of the percentages of sandy conglomerates in sections of drill wells in the western Qaidam basin

层位及岩性	风 2	跃 74	东 3	绿参 1	墩 5	新阿地 5	开 2	咸 7	东 7	阿 3	狮 27	月 1
E <sub>1+2</sub> 砾岩	/	/	2	0	/	/	/	5	8	27	/	/
E <sub>1+2</sub> 砂岩	35	27	25	22	31	34	28	12	23	40	12	22
E <sub>3</sub> 砾岩	0	10	0	0	/	/	0	10	6	2	9	/
E <sub>3</sub> 砂岩	58	29	52	28	54	35	47	24	40	38	30	26
E <sub>3</sub> 砾岩	0	0	0	0	/	/	0	0	/	0	3	/
E <sub>3</sub> 砂岩	29	15	31	18	24	44	23	10	26	43	19	15
N <sub>1</sub> 砾岩	0	1	0	0	/	/	0	0	/	0	1	/
N <sub>1</sub> 砂岩	33	30	26	22	26	74	25	40	27	58	20	45
N <sub>2</sub> 砾岩	0	17	0	0	0	45	0	/	/	24	46	30
N <sub>2</sub> 砂岩	10	30	17	27	20	53	8	44	26	52	43	41
N <sub>2</sub> 砾岩	0	0	/	5	0	15	0	/	/	25	/	0
N <sub>2</sub> 砂岩	12	26	7	22	11	70	2	45	14	52	53	37
N <sub>2</sub> 砾岩	0	/	/	1	0	16	/	/	/	13	/	0

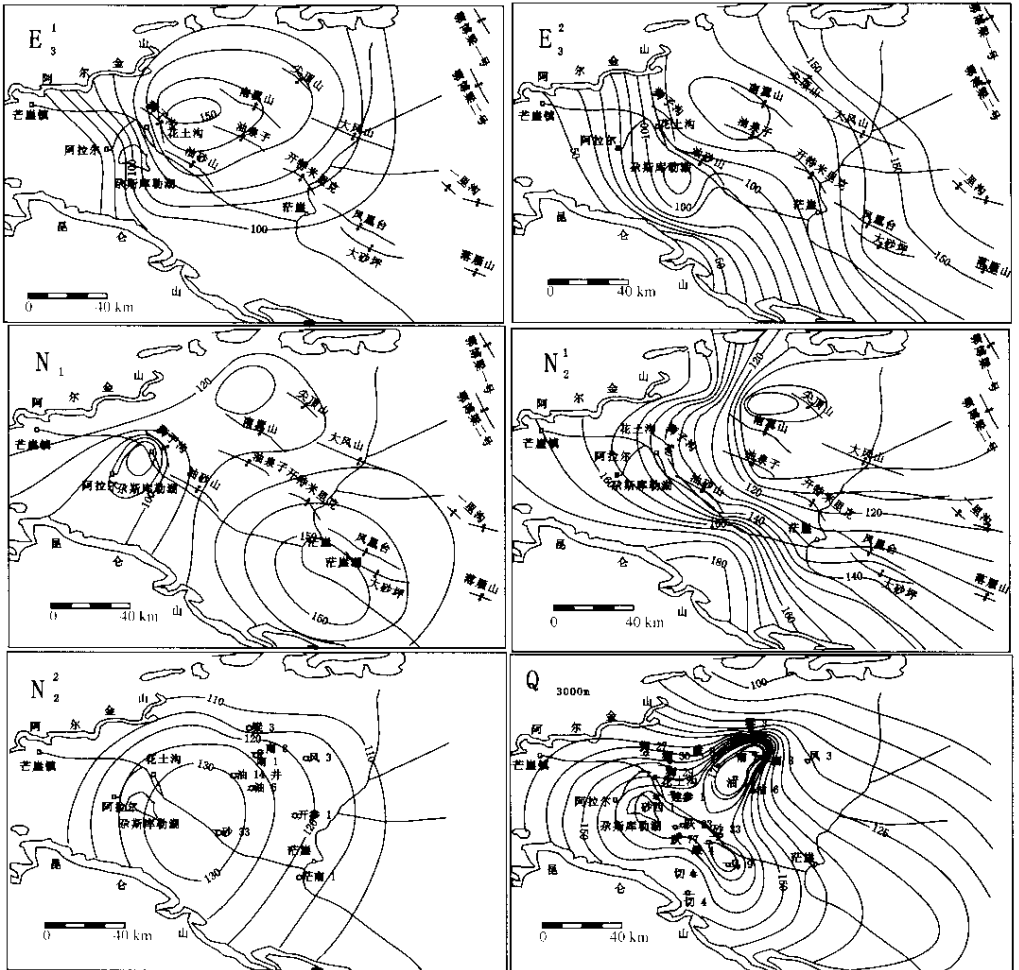


图 3 柴达木盆地西部部分层位最大古地温等值线图

Fig.3 Maximum geoisotherms in the western Qaidam basin

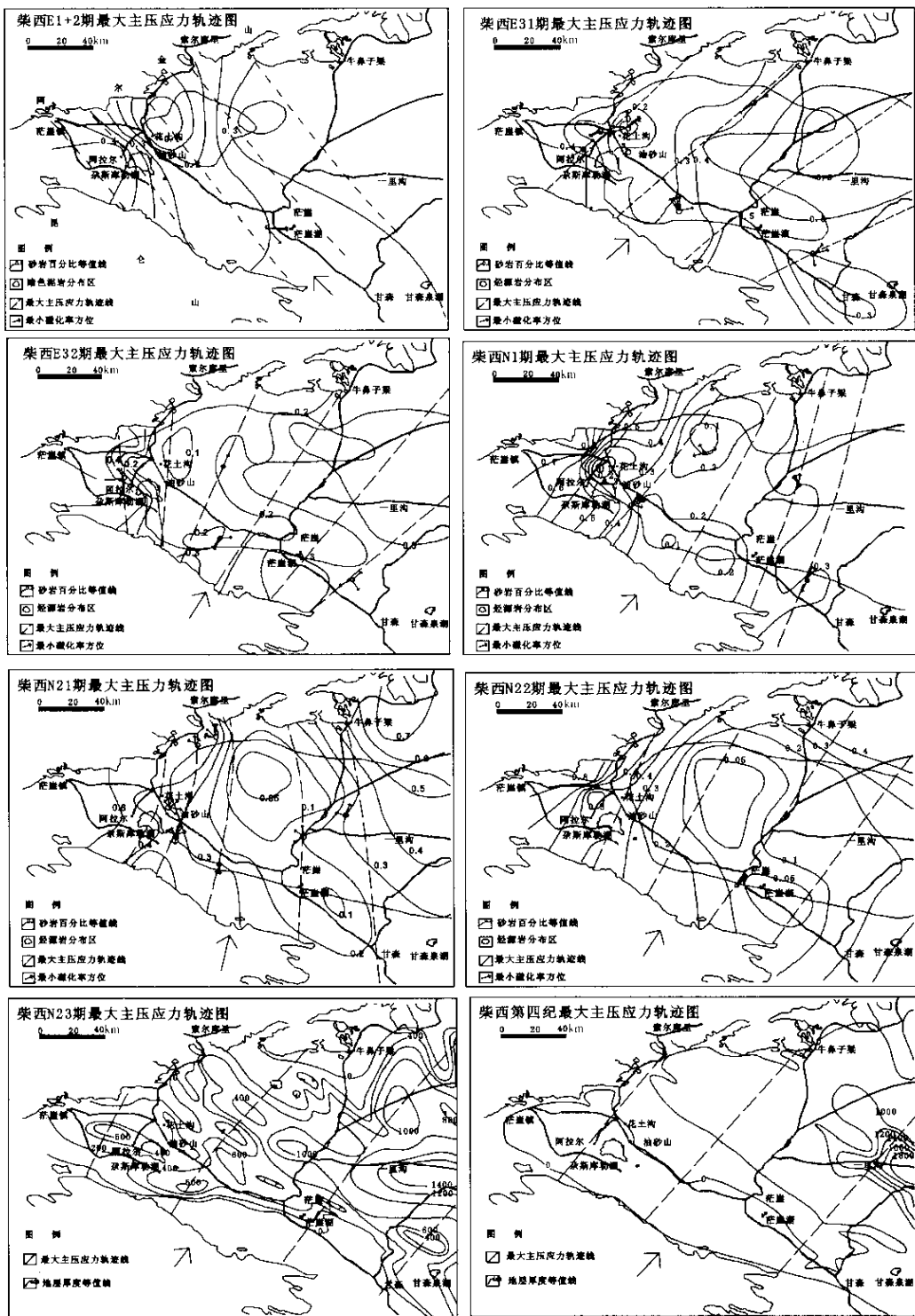


图4 柴达木盆地西部地区新生代分阶段最大主压应力轨迹图

Fig.4 Trajectory of the maximum principal compressive stress in the Cenozoic in the western Qaidam basin

分散作用，西端表现为 NW 向挤压，而东端则表现为 NE 向挤压，在区内产生一个宽缓的扇状挤压应力场。上干柴沟组沉积时期，区内区域应力场表现为 NNE 向扭压。南部东侧受西昆仑块体向 NE 方向运动影响，西部阿尔金右行走滑并渐渐隆升，在区内形成弱扭动应力场。下油砂山组沉积时期，区内应力场表现为近 SN 向挤压，并伴随 NE 向伸展作用为主。该期东昆仑块体向北挤压，西面阿尔金褶皱成山并向 SE 方向逆冲。上油砂山组沉积时期，区内应力场表现为 NE 向挤压。至狮子沟组沉积后期，西部地区挤压隆升。狮子沟组沉积时期，西部地区渐次抬升并强烈褶皱。由于构造变形晚、强度大、后期改造弱，因此根据构造轴迹方向，我们可以确定该期应力场最大主压应力作用方向，区内应力场表现为 NNE 向挤压。第四纪以来，柴达木盆地西部地区发生强烈挤压<sup>[14]</sup>，根据构造轴迹方向，我们可以确定区内现今应力场最大主压应力作用方向为 NNE 向挤压。

纵观柴达木盆地西部地区渐新世—上新世沉积时期应力场特征，主压应力轴线表现为近 SN、NNE、NE 和 NW 向 4 种样式，主要应力来自南侧板块向北俯冲挤压，同时受北侧板块阻挡和西侧板块相对运动影响，造成区内应力场多变，但 NE、NNE 向挤压力一直占居主导地位。主压应力线的变迁和不均衡变化，以 NW—NW 向断裂为盆地内部构造边界，势必形成局部扭动应力场。上油砂山组沉积以前，以左旋扭动为主，在盆地内可形成局部近 SN 向的张裂隙或断裂，由于其断裂属开启性质，该时期大量成熟的烃类流体沿 SN 向构造运移和聚集到背斜和裂缝圈闭中。下油砂山组沉积后，在左旋扭动应力场作用下，早期形成的近 SN 向构造演变为逆断层，同时形成局部近 SN 向复杂断背斜构造，如尕斯构造。晚喜马拉雅运动以来，NNE—NE 向的强烈挤压，再次将近 SN 向裂隙开启，形成近 SN 向裂缝储层，近 SN 向逆断层也呈剪张状态，利于油气的窜动而成藏。因此，较弱的扭动应力场造就了不甚发育的局部近 SN 向构造，多期叠加改造，使它成为油气运移和聚集的重要通道和空间，同时也在一定程度上改善了砂岩的储集物性和烃源岩的排烃能力。它不像主断裂一通向上，甚至直达地表，从而破坏油气藏；也不像纯压性断裂无所作为，它成于张性，扩展于压性，作用于张剪性，造就了油气成藏不可多得的力学环境和聚集空间。因此，局部的近 SN 向构造在中西部含油气盆地的勘探中不可忽视！

### 3 结论与建议

近 SN 向构造的显著控油控气作用，在油气勘探中不可忽视，尤其在中国中西部压扭性盆地中更要引起重视。近 SN 向构造是多期构造应力场叠加作用的结果，是局部构造，也是调节构造。研究其形成机制和控油作用，离不开古今构造应力场的分析和研究，相关的测试实验和分析是必备的手段。大量钻探和物探资料为古今构造应力场的研究提供了较好的原始资料。因此，我们可以利用构造应力场的研究方法来进行进一步研究近 SN 向构造控制油气成藏的机理，更好地为中西部油气勘探和开发服务。

### 4 致谢

对课题研究过程中给予帮助和指导的老师和专家，以及在课题协作过程中提供大量资料和帮助的青海油田领导和专家，致以诚挚谢意！文中不妥之处，诚请指导和批评。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 丘元禧. 中国及其西南邻区新生代 NW 向扭动构造体系的成生发展和形成机制 [ J ]. 地质力学学报, 2001, 7 ( 4 ): 335 ~ 345.
- [ 2 ] 中国石油地质志, 卷 14. 青藏油气区 [ M ]. 北京: 石油工业出版社, 1990.
- [ 3 ] 赵剑畏. 中国经向构造带的竖移运动提要 [ J ]. 地质力学学报, 1999, 5 ( 2 ): 39 ~ 44.
- [ 4 ] 周永胜, 李国建, 王绳祖. 用物理模拟实验研究走滑断裂和拉分盆地 [ J ]. 地质力学学报, 2003, 9 ( 1 ): 1 ~ 13.
- [ 5 ] 李秋生. 祁连造山带深部构造特征与双向挤压隆升模式 [ J ]. 地质力学学报, 1996, 2 ( 3 ): 32 ~ 33.
- [ 6 ] 潘浴生, 孔祥儒. 青藏高原研究丛书, 青藏高原岩石圈结构演化和动力学 [ M ]. 广州: 广东科技出版社, 1998. 381 ~ 400.
- [ 7 ] 赵重远, 刘池阳, 姚 远. 含油气盆地地质学研究进展 [ M ]. 西安: 西北大学出版社, 1993. 26 ~ 31.
- [ 8 ] 王根厚, 冉书明, 李 明. 柴达木盆地北缘赛什腾-锡铁山左行逆冲断裂及地质意义 [ J ]. 地质力学学报, 2001, 7 ( 3 ): 224 ~ 230.
- [ 9 ] 周中毅, 潘长春. 沉积盆地古地温测定方法及其应用 [ M ]. 广州: 广东科技出版社, 1992.
- [ 10 ] 张业成, 胡景江, 刘春风, 等. 柴达木盆地地温基本特征及其与油气关系 [ M ]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989.
- [ 11 ] 侯守信, 田国荣. 古地磁岩心定向及其在地应力测量上的应用 [ J ]. 地质力学学报, 1999, 5 ( 1 ): 90 ~ 96.
- [ 12 ] 郭武林. 岩石磁化率各向异性及其地质应用 [ M ]. 国外地质勘探, 1984, 53 ( 3 ): 9 ~ 17.
- [ 13 ] 余钦范, 郑 敏. 岩石磁组构分析及其在地质学中的应用 [ M ]. 北京: 地质出版社, 1992.
- [ 14 ] Z. Chen, B. C. Burchfiel, Y. Liu, et al. Global Positioning System measurements from eastern Tibet and their implications for India/Eurasia intercontinental deformation [ J ]. Journal of Geophysical Research, 2000, 105 ( B7 ): 16, 215 ~ 216, 227.

## GENETIC MECHANISM OF NEARLY N-S-TRENDING STRUCTURE IN THE QAIMAN BASIN AND THEIR SIGNIFICANCE FOR FORMATION OF HYDROCARBON ACCUMULATIONS

CAO Chen-jie, WANG Xiao-feng

( Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China )

**Abstract:** Nearly N-S-trending structures are found in all basins of west-central China. They are not large in scale but have a marked controlling effect on the formation of hydrocarbon accumulations. On the basis of the research results of relevant subjects, combined with a wealth of drilling, geophysical, experimental and analytical data, and through studies of structural features, sedimentary response to tectonic movement and response to the subsurface paleotemperature field and magnetic fabric analysis, the paper systematically elucidates the features of the Cenozoic tectonic stress field in the Qaidam basin and discusses the dynamic mechanism of the formation of nearly N-S-trending structures and their prominent position and role in the formation of hydrocarbon accumulations in the Qaidam basin.

**Key words:** tectonic deformation; magnetic fabric; subsurface paleotemperature; tectonic stress field; formation of hydrocarbon accumulations; Qaidam basin