

文章编号: 0253-9985(2006)04-0522-06

酒泉盆地晚白垩世—古新世构造特征

程晓敢, 郑德文, 杨树锋, 肖安成, 陈汉林

(浙江大学 地球科学系, 浙江 杭州 310027)

摘要: 酒泉盆地普遍发育了始新统与下白垩统之间的不整合。通过对地震剖面和下白垩统中沟组残余厚度的分析, 提出了酒泉盆地晚白垩世—古新世发生了强烈的构造变形, 构造线总体方向为北西向。晚白垩世—古新世的变形导致了早白垩世连通的酒泉盆地和民乐盆地、酒泉盆地的花海凹陷和石大凹陷开始分割。该期变形还对盆地的油气聚集和后期的沉积起到了控制作用。

关键词: 晚白垩世—古新世; 构造变形; 不整合; 酒泉盆地

中图分类号: TE111.2 **文献标识码:** A

A study on characteristics of the Late Cretaceous-Paleocene structures in Jiuquan Basin

Cheng Xiaogan, Zheng Dewen, Yang Shufeng, Chen Hanlin

(Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027)

Abstract The unconformity between the Eocene and the Lower Cretaceous is common in Jiuquan basin. Based on analyses of the seismic profiles and remnant thickness of the Lower Cretaceous Zhonggou Formation, it is suggested that a strong structural deformation had happened during the Late Cretaceous-Paleocene, resulting in generally NW-trending structural lines in the basin. The deformation resulted in the separation of Jiuquan Basin from Minle Basin that were previous connected in the Early Cretaceous and Huahai depression from Shida depression in Jiuquan basin. It also controlled the hydrocarbon accumulation and the later sedimentation in the basin.

Key words Late Cretaceous-Paleocene; structural deformation; unconformity; Jiuquan Basin

酒泉盆地位于甘肃省河西走廊西部, 是一中、新生代陆相含油气盆地。位于盆地中部的嘉峪关隆起将盆地分隔成东、西两部分, 分别称为酒东坳陷、酒西坳陷。酒泉盆地自下而上发育的中新生代地层主要有: 中—下侏罗统 (J_{1+2})、下白垩统赤金堡组 (K_{1c})、下沟组 (K_{1g}) 和中沟组 (K_{1z})、古近系柳沟庄组 (E_2l)、火烧沟组 (E_3h)、白杨河组 (E_3b)、新近系—第四系 ($N-Q$), 缺失上白垩统和古新统。柳沟庄组和火烧沟组仅分布在局部地区, 柳沟庄组主要分布在青西凹陷, 火烧沟组主要分布在石大凹陷北部和宽台山—黑山南侧, 白杨河

组开始全盆地连续沉积。下白垩统是酒泉盆地主要的生油层和储层。从侏罗纪以来, 盆地经历了侏罗纪—早白垩世的伸展断陷、晚白垩世—古新世的挤压隆升、始新世—中新世的弱伸展断陷和中新世至今的前陆盆地 4 个演化阶段。其中对第一和第四个演化阶段研究程度最高。侏罗纪—早白垩世主要受北东向、北北东向拉张断层控制, 发育了一系列北东向延伸的断陷盆地^[1~5] (图 1)。中新世以来受北祁连山向北强烈冲断的影响, 酒泉盆地进入前陆盆地发育阶段, 祁连山北缘和盆地内部发育了一系列北西西向逆冲断层^[1~3, 5, 6]。

收稿日期: 2006-04-27

第一作者简介: 程晓敢 (1974—), 男, 讲师, 盆地构造分析、复杂构造解释

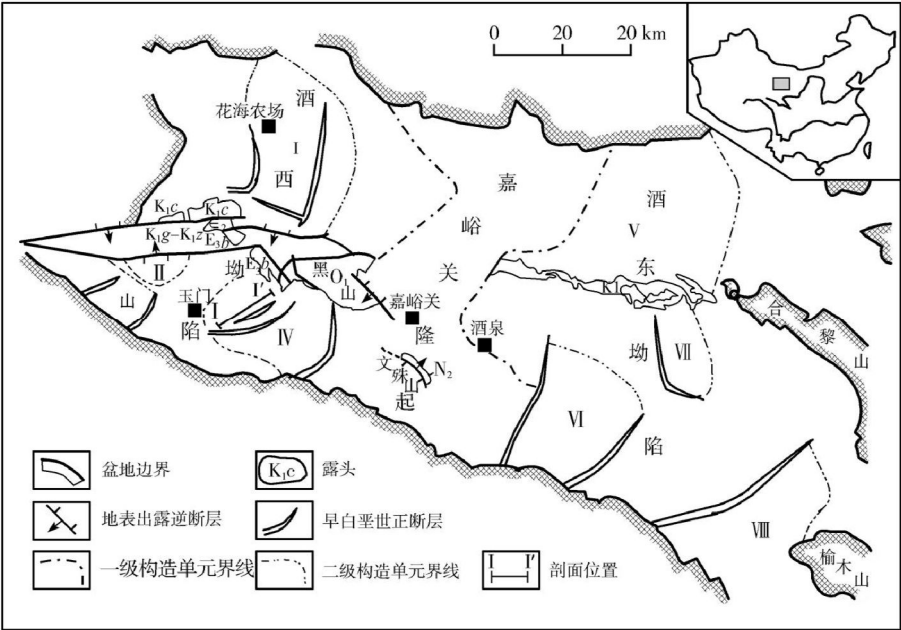


图 1 酒泉盆地早白垩世构造单元划分图

Fig. 1 Map showing division of the Early Cretaceous structural units in Jiuquan basin

I—花海凹陷; II—赤金凹陷; III—青西凹陷; IV—石大凹陷

V—金塔凹陷; VI—营尔凹陷; VII—盐池凹陷; VIII—马营凹陷

1 构造变形

酒泉盆地整体缺失上白垩统一古新统,受分布范围的影响,不同区域表现为始新统柳沟庄组或渐新统火烧沟组或白杨河组直接覆盖在下白垩统甚至更老地层之上,两者之间存在明显的角度不整合,说明该时期有着一次强烈的构造事件。对于这次构造事件大家都有所认识,并认为它对酒泉盆地早白垩世的构造格局进行了改造^[1~2,7~9],但研究仅限于粗略的描述。一直以来,对于这次构造事件所形成的构造线方向、具体对酒泉盆地的早白垩世的改造程度,前人都未有涉及。

图 2 是位于黑山西南侧石大凹陷的地震测线,从中可以看出,从白南 3 井往黑山方向,下白垩统下沟组和中沟组厚度基本不变,说明黑山在早白垩世还未隆起。在地震测线上可清楚的看到 F₁ 断层冲断形成的断层传播褶皱顶部被削蚀,整个下白垩统的产状和上覆地层不一致。T₅ 反射层上下地层变形不协调, T₅ 之下整体表现为一个由 F₁ 断层冲断形成的断层传播褶皱, T₅ 之上整体表现为未受 F₁ 断层的影响。这种现象说明 F₁ 断层是在下白垩统沉积之后,白杨河组(包括部分火烧沟组)沉积之前的晚白垩世—古新世时期发生冲断

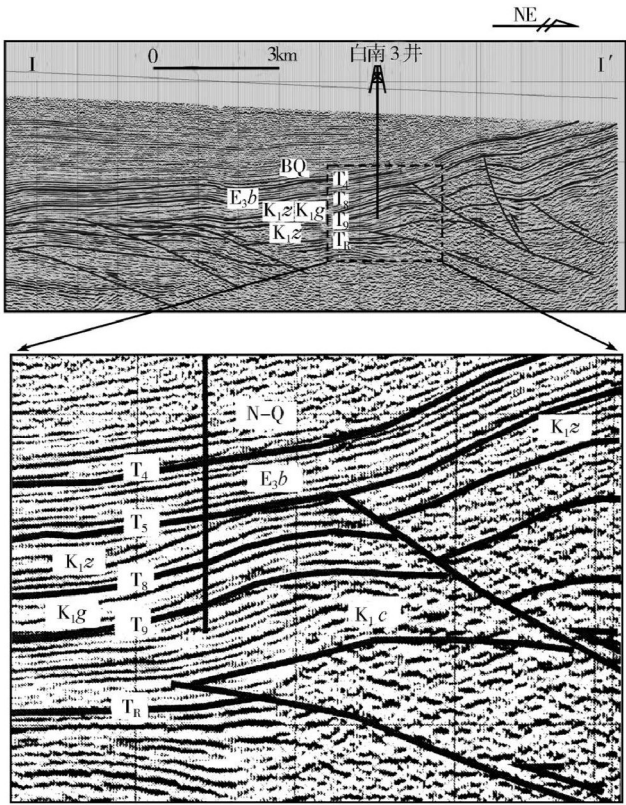


图 2 大凹陷 NE 向地震时间剖面 (剖面位置见图 1)

Fig. 2 The NE-trending time section in Shida depression

在图 2 中其他断层也能见到这种由于它们在晚白垩世—古新世的冲断而造成的下白垩统的削蚀,下白垩统与新生代变形的不协调性。所不同的是其他断层新生代也发生了冲断,致使其上

的新近系-第四系也发生了变形。

由上面的分析可知,这些断层是在晚白垩世-古新世就已经开始形成,是由于早白垩世-古新世期间的挤压冲断,造成了中沟组的剥蚀。在平面上勾绘这些断层之后发现,它们的走向为北西向。

花海凹陷晚白垩世-古新世北西向构造十分发育。花海地区北东向的地震剖面清楚的反映了该地区晚白垩世-古新世构造变形的特征(图 3a)。剖面北东段白杨河组近水平展布,厚度基本

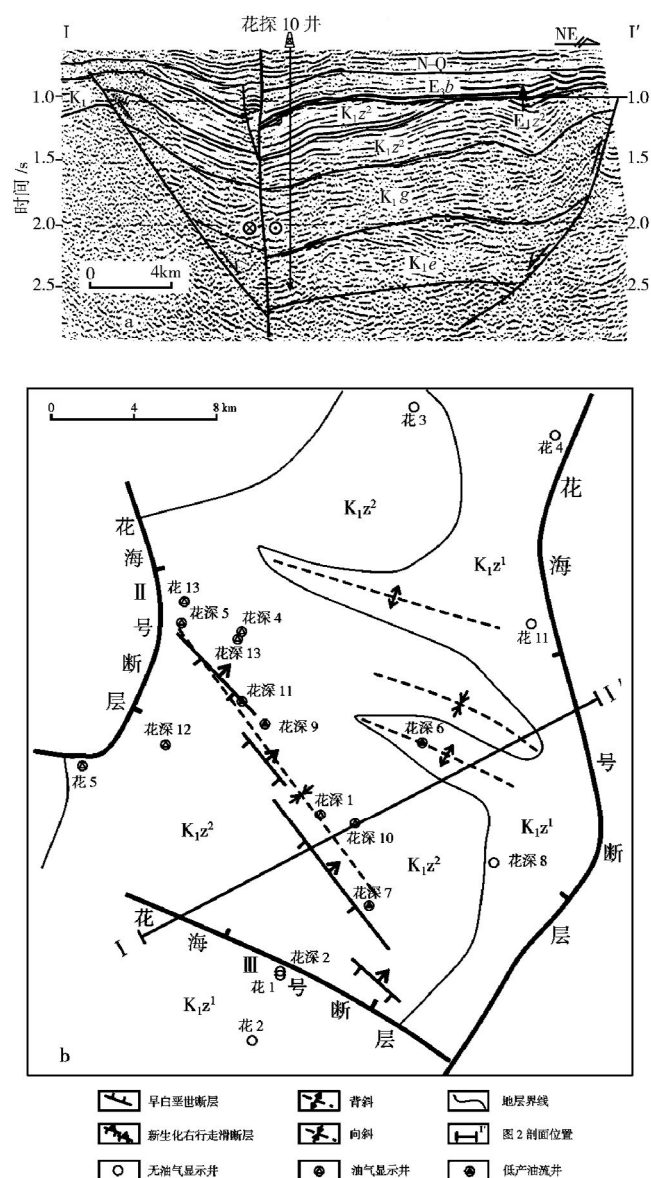


图 3 花海凹陷晚白垩世-古新世 NW 向构造

Fig. 3 The NW-trending Late Cretaceous-Paleocene structures in Huahai depression

a—花海凹陷北东向地震剖面;

b—花海凹陷剥第三系古地质简图

一致,与下伏下白垩统有一明显的角度不整合。这一不整合和下伏地层的变形都是由于晚白垩世-古新世构造变动的结果。下伏的下白垩统地层发生了褶皱变形,形成了多个向斜和背斜,其中花探 10 井附近的向斜被新生代右行走滑断层轻微改造。在背斜顶部中沟组上段(K_1z^2)被全部剥蚀,白杨河组直接不整合在中沟组下段(K_1z^1)之上。由于晚白垩世-古新世的构造挤压,早白垩世形成的正断层在该时期发生了构造正反转。

通过对地震剖面反映的晚白垩世-古新世的褶皱轴面的分析,发现花海地区晚白垩世-古新世构造形迹为北西向展布(图 3b),不同于早白垩世断陷期的北东-北北东向。花海地区该期变形总体上自西向东表现为两个背斜和两个向斜,在背斜顶部中沟组上段被全部剥蚀,向斜部位保留有厚度不等的中沟组上段。靠近花海凹陷东侧早白垩世主要控凹断层-花海 I 号断层附近,由于花海 I 号断层晚白垩世-古新世的强烈构造反转,中沟组上段也被全部剥蚀。

从黑山及邻区中沟组残余厚度图(图 4)中可以看出,中沟组自嘉峪关、黑山、下沟、宽台山至下天津卫全都缺失,并呈北西向展布。而在下沟-宽台山一带,下沟组和赤金堡组大量发育并出露地表(图 1)。中沟组沉积时期裂陷伸展作用减弱,发生裂后热沉降,进入拗陷演化阶段,控制断陷沉积的北东-北北东向断层逐渐停止活动,对中沟组沉积失去控制作用,中沟组总体呈现比较平缓的碟形拗陷^[3],沉积范围远大于受断层控制的下沟

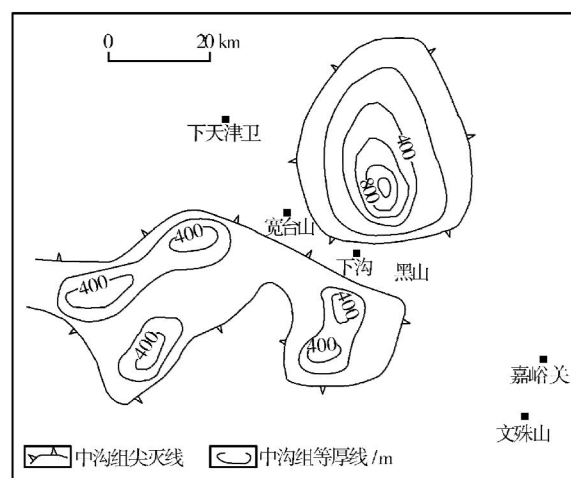


图 4 黑山及邻区中沟组残余厚度图

Fig. 4 The Zhonggou Formation residual thickness in Heishan and nearby regions

组和赤金堡组, 因此早白垩世花海凹陷和石大凹陷是连通的。由此推测原始地貌上该缺失带是应有中沟组沉积的。另外, 在这北西向中沟组缺失带的部分地段, 火烧沟组、白杨河组直接覆盖在下沟组或更老的地层之上。这说明中沟组的缺失是晚白垩世—古新世的构造活动造成的。这一中沟组缺失带也反映了晚白垩世—古新世时期的构造线的方向为北西向。

种种证据表明, 酒泉盆地晚白垩世—古新世经历了强烈的构造变形, 该时期的构造线总体方向为北西向, 不同于早白垩世的北东—北北东向和中新世以来的北西西向。

2 构造变形对酒泉盆地的影响

2.1 对盆地格局的影响

晚白垩世—古新世的构造变形对酒泉盆地的构造格局起到了至关重要的影响。由于该时期黑山—宽台山的隆起, 使原本连通的花海凹陷和石大凹陷开始分割开来(图 4)。新生代以来祁连山向北冲断、阿尔金断裂活动等因素的作用, 只是使这种分割局面更加明显。

酒泉盆地往东是民乐盆地, 两者间以榆木山相隔。榆木山总体走向北西向, 不同于中新世以来的北西西向构造线方向。对它的形成时代一直存在争论, 主要有两种观点: 一种认为榆木山是在燕山运动晚期形成的断隆^[4, 10~12]; 另一种认为是中新世以来的强烈冲断造成的^[13~15]。榆木山上大量出露侏罗系和下白垩统, 山体北侧和西侧新近系不整合在志留系—下白垩统之上, 缺失上白垩统和古近系。根据这种地层发育情况和接触关系, 并结合榆木山的北西走向, 笔者认为榆木山的形成时间和黑山—宽台山类似, 也是在晚白垩世—古新世开始形成。中新世以来的强烈冲断加剧了榆木山的隆起, 并促使榆木山北东缘向民乐盆地逆冲推覆。榆木山晚白垩世—古新世的隆升造成了早白垩世连通的酒泉盆地和民乐盆地开始分割开来。

2.2 剥蚀作用对油气聚集的影响

盆地模拟表明, 酒泉盆地下白垩统烃源岩主

要生、排烃期在早白垩世晚期^①。晚白垩世—古新世的强烈剥蚀对早白垩世晚期形成的油气圈闭起到了破坏作用。另外, 花海凹陷由于剥蚀厚度较大, 第三系厚度较薄, 制约了新生代油气的形成。根据泥岩声波时差法、镜质体反射率法计算得到了花海凹陷晚白垩世—古新世的剥蚀厚度(表 1), 剥蚀厚度全部大于第三系的沉积厚度。由于上覆地层厚度未能得到补偿, 下白垩统烃源岩生烃处于停滞状态, 新生代形成的构造圈闭未能得到油气供给, 制约了花海凹陷的油气成藏。

表 1 花海地区部分井晚白垩世—古新世剥蚀厚度^[16]
Table 1 The thickness eroded during the Late Cretaceous-Paleocene in some wells in Huahai depression

井号	新生界厚度 /m	剥蚀厚度 /m
花深 1	1 211	1 314
花探 7	1 027	1 309
花探 8	1 218	1 766
花探 10	1 107	1 203
花探 12	837	1 044
花探 13	624	1 495

而青西凹陷和石大凹陷受中新世以来北祁连山冲断的影响, 沉积了巨厚的第三系和第四系, 并且剥蚀厚度相对较小, 因而晚白垩世—古新世的构造剥蚀对油气的影响较小。

2.3 对后期沉积的控制

晚白垩世—古新世北西向构造对后期的沉积起到了一定的控制作用, 最明显的是火烧沟组。酒泉盆地火烧沟组(E_3h)分布很局限, 主要分布在石大凹陷的北部, 总体分布在黑山—宽台山西南侧(图 5), 且厚度较小, 白探 4 井揭示的厚度为 99 m^①, 地震剖面上较难识别出来。除阿尔金断裂附近外, 沉积相带主体平行于黑山—宽台山一线, 自黑山—宽台山向西南方向分别为洪积扇根—洪积扇中—洪积扇缘(图 5), 厚度逐渐减薄并尖灭, 岩性变细, 大致从砾石、砂岩向泥岩过渡, 其中斜层理和砂体排列方向指示古流向为向南或西南, 该时期已隆起的黑山—宽台山为火烧沟组提供物源。

① 玉门油田分公司勘探开发研究院. 区域盆地目标评价及勘探部署研究. 2001

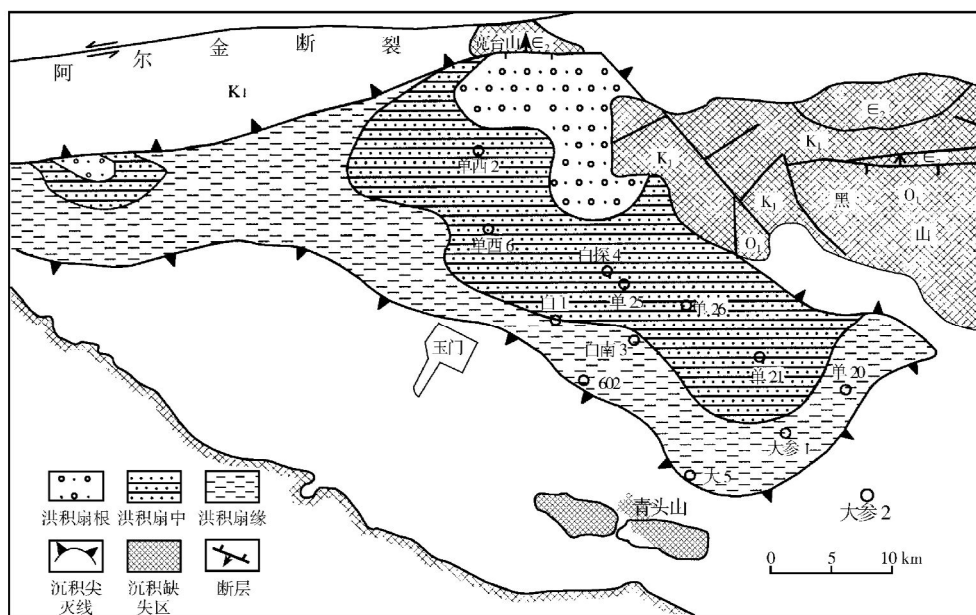


图 5 酒泉盆地火烧沟组沉积相图

Fig. 5 Map showing sedimentary facies of the Huoshaogou Formation in Jiuquan basin

3 动力学机制探讨

上白垩统缺失这种现象不仅仅只存在酒泉盆地,塔里木盆地东部、柴达木盆地、北山盆地群、鄂尔多斯盆地和中亚的卡拉库姆地区均缺失上白垩统^[16-17],而且柴达木盆地晚白垩世的构造线方向也为北西向^[15]。这些地区晚白垩世的大范围抬升有其一定的区域构造背景,晚白垩世时期,由于Kohistan-Daras岛弧与拉萨地块发生碰撞(80~70 Ma)^[18-19],使得中国西部地区受到强烈的影响,导致了绝大部分地区上白垩统的缺失,同时也造成了侏罗系-下白垩统的变形。

参考文献

- 1 中国石油地质志编辑委员会. 中国石油地质志(13)——玉门油田[M]. 北京:石油工业出版社, 1987
Editorial Committee of "Petroleum Geology of China". Petroleum geology of China(13): Yumen Oilfield[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1987
- 2 霍永录, 谭试典. 酒泉盆地陆相石油地质特征及勘探实践[M]. 北京:石油工业出版社, 1995
Huo Yonglu, Tan Shidian. Exploration and characteristics of non-marine petroleum geology in the Jiuquan basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995
- 3 王崇孝, 马国福, 周在华. 酒泉盆地中、新生代构造演化及沉积充填特征[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(1): 33~36
Wang Chongxiao, Ma Guofu, Zhou Zaihua. Structure evolution and sedimentary filling of Jiuquan basin in Mesozoic-Cenozoic period NW China[J]. Petroleum Exploration & Development, 2005, 32(1): 33~36
- 4 李奋其. 中国西北部南北向伸展构造存在的新证据——酒泉早白垩世半地堑断陷成因初探[J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(2): 35~42
Li Fenqi. New evidences for the presence of the NS-trending extensional structures in northwestern China: an example from the Early Cretaceous half-graben fault depressions in Jiuquan, Gansu[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2003, 23(2): 35~42
- 5 潘良云, 谢结来, 李明杰, 等. 酒泉盆地白垩纪——新生代区域构造演化与油气勘探[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(1): 62~69
Pan Liangyun, Xie Jielai, Li Mingjie, et al. Cretaceous-Cenozoic regional tectonic evolution in Jiuquan basin and petroleum exploration[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(1): 62~69
- 6 黄华芳, 郑国东, 方国庆, 等. 酒西盆地南缘推覆构造及其含油领域[J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(3): 181~190
Huang Huafang, Zheng Guodong, Fang Guoqing, et al. Nappe structures in south margin of Jiuqi basin and its oil-bearing areas[J]. Oil & Gas Geology, 1993, 14(3): 181~190
- 7 高瑞祺, 赵政璋. 中国油气新区勘探(第四卷)——中国西北地区侏罗系油气分布[M]. 北京:石油工业出版社, 2001
Gao Ruiqi, Zhao Zhengzhang. The frontier petroleum exploration in China (Vol.4): Jurassic oil and gas distribution in northwest China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001
- 8 甘肃省区域地质表编写组. 西北地区区域地质表(甘肃省分册)[M]. 北京:地质出版社, 1980
Bureau of Geology and Mineral Resources of Gansu Province. Regional stratum table of Northwest China (Gansu Province Branch)[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1980
- 9 甘肃省地矿局甘肃省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1989
Bureau of Geology and Mineral Resources of Gansu Province. Regional geology of Gansu Province[M]. Beijing: Geological Press

1989

10 国家地震局地质研究所, 国家地震局兰州地震研究所. 祁连山—河西走廊活动断裂系 [M]. 北京: 地震出版, 1993

Institute of Geology, China earthquake administration, Earthquake Research Institute of Lanzhou, China earth-quake adm inistration. Active fault system of Qilian Mountain-Hexi corridor[M]. Beijing: Earthquake Press, 1993

11 王多杰, 徐山卫. 民乐盆地的新构造与地震 [J]. 甘肃地质学报, 1990 (11): 24~ 25

Wang Duo jie, Xu Shanwei. Neotectonic movement and earthquake of Minle basin[J]. Acta Geologica Gansu, 1990 (11): 24~ 25

12 高锐, 成湘洲, 丁谦. 格尔木——额济纳旗地学断面地球动力学模型初探 [J]. 地球物理学报, 1995, 38(增刊): 3~ 14

Gao Rui, Cheng Xiangzhou, Ding Qian. Preliminary geodynamic model of Golmud—Ejinaqi geoscience transect[J]. Acta Geophysica Sinica, 38(S0): 3~ 14

13 潘宏勋, 葛肖虹, 刘俊来. 对祁连山北缘榆木山隆起的质疑 [J]. 长春科技大学学报, 2000, 30(1): 9~ 13

Pan Hongxun, Ge Xiaohong, Liu Junkai. Query to the Yumushan uplift on the north margin of Qilian mountain[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2000, 30(1): 9~ 13

14 侯康明, 石亚缪, 张忻. 青藏高原北部 NNW 向构造活动方式及形成年代 [J]. 地震地质, 1999, 21(2): 127~ 136

Hou Kangming, Shi Yamiao, Zhang Xing. Activity ways and formation age of the NNW tectonics in the northern Tibet plateau [J]. Seismology and Geology, 1999, 21(2): 127~ 136

15 李有利, 杨景春, 李保俊, 等. 河西走廊榆木山边缘断层构造地貌研究 [J]. 地质力学学报, 1997, 3(4): 20~ 26

Li Youli, Yang Jingchun, Li Baojun, et al. On the tectonic landscape of the Yumushan-Hexi corridor, Gansu province[J]. Journal of Geomechanics, 1997, 3(4): 20~ 26

16 肖安成, 陈志勇, 杨树锋, 等. 柴达木盆地北缘晚白垩世古构造活动的特征研究 [J]. 地学前缘, 2005, 12(4): 451~ 457

Xiao Ancheng, Chen Zhiyong, Yang Shufeng, et al. The study of late Cretaceous paleostructural characteristics in northern Qaidam basin[J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(4): 451~ 457

17 贾承造, 陈汉林, 杨树锋, 等. 库车坳陷晚白垩世隆升过程及其地质响应 [J]. 石油学报, 2003, 24(3): 1~ 5, 15

Jia Chengzao, Chen Hanlin, Yang Shufeng, et al. Late Cretaceous uplifting process and its geological response in Kuqa depression[J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24(3): 1~ 5, 15

18 Hendrix M, Graham S, Carroll A, et al. Sedimentary record and climatic implication of recurrent deformation in the Tianshan-Evidence from Mesozoic strata of the north Tarim, south Junggar and Turpan basins, northwest China[J]. Geological Society of America Bulletin, 1992, 104(1): 53~ 79

19 Graham S, Hendrix M, Wang Z, et al. Collisional successor basins of western China: impact of tectonic inheritance on sand composition[J]. Geological Society of America Bulletin, 1993, 105(3): 323~ 344

(编辑 高 岩)

截至 2005 年底全国各类油气矿产剩余可采储量汇总表

矿产名称	亚矿产名称	油气田个数	单位	剩余可采储量	2005 年	
					剩余可采储量增 (+) 减 (-) 情况	
					储量增减数	百分率 %
石油	合计	662	10 ⁴ t	248 972.11	- 125.79	- 0.05
			10 ⁴ m ³	283 435.82	- 222.97	- 0.08
	原油	634	10 ⁴ t	243 908.61	- 651.59	- 0.27
			10 ⁴ m ³	277 113.25	- 875.25	- 0.31
	凝析油	110	10 ⁴ t	5 063.50	525.80	11.59
			10 ⁴ m ³	6 332.58	652.28	11.50
天然气	合计	775	10 ⁸ m ³	28 185.39	2 892.84	11.44
	气层气	414	10 ⁸ m ³	26 629.11	2 873.33	12.10
	溶角气	554	10 ⁸ m ³	1 556.28	19.51	1.27
煤层气		14	10 ⁸ m ³	466.65	—	—
二氧化碳气		9	10 ⁸ m ³	283.10	100.53	55.06

注: 全国石油天然气田总数为 850 个, 其中油田为 75 个, 油气田为 559 个, 气田为 216 个。煤层气田为 14 个。二氧化碳气为 9 个 (其中 5 个与石油天然气共生)

(高 岩 供稿)