# 塔里木盆地塔中隆起盐相关断裂发育特征

余一欣<sup>1,2)</sup>,黄太柱<sup>3)</sup>,汤良杰<sup>1,2)</sup>,陈绪云<sup>3)</sup>

1) 中国石油大学油气资源与探测国家重点实验室,北京,102249;

2) 中国石油大学盆地与油藏研究中心,北京,102249;

3) 中国石油化工股份有限公司西北分公司,乌鲁木齐,830011

内容提要:根据地震资料解释成果,结合中、下寒武统含盐层系展布特征,分析塔里木盆地塔中隆起主要断裂带变形特征及其形成机理。塔中隆起主要断裂带表现为上陡下缓,往深部在中、下寒武统含盐层系顶面或内部发生滑脱,滑脱距离在不同地区有所差异,具有典型的"盐相关断裂"特征。塔中地区断裂带的形成演化主要受区域构造应力场、基底先存断裂和中、下寒武统含盐层系联合控制,其中区域构造应力场为断裂形成提供了动力来源,中、下寒武统含盐层系的厚度影响了断裂带的发育方式,而基底先存断裂则决定了断裂带的发育位置。

关键词:盐相关断裂;滑脱作用;含盐层系;基底先存断裂;塔中隆起

塔中隆起位于塔里木盆地腹部地区,是中央隆 起上的一个次级构造单元。自 1989 年 TZ1 井拉开 奥陶系古潜山勘探的序幕以来,塔中隆起已成为塔 里木盆地重要的油气勘探领域。塔中地区断裂发 育,对油气聚集成藏具有重要控制作用。目前已针 对塔中隆起主要断裂带的几何特征、分段差异性、演 化过程、形成机制及控油气作用等都进行了深入研 究(康南昌,2002;张振生等,2002;李启明<sup>●</sup>;李曰 俊<sup>●</sup>;邬光辉等,2005;邬光辉<sup>●</sup>;张洪安<sup>●</sup>;李曰俊 等,2008;李本亮等,2009;周新源等,2009;李传新 等,2009)。但需要指出的是,前人在分析塔中隆起 主要断裂带的变形和演化过程时都较少涉及到中、 下寒武统含盐层系,大多数人都认为塔中地区主要 发育基底卷入型逆冲断裂,还未充分认识到含盐层 系在断裂发育过程中所起的重要作用。本文主要根 据地震资料解释成果,从属于盖层滑脱型的"盐相关 断裂"角度出发,探讨塔中隆起主要断裂带的变形特 征及其形成机理,拟为该地区的地质构造建模和油 气勘探提供新的思路。

1 地质背景

塔中隆起位于塔里木盆地中央隆起中段,东、西 分别以塔中1号断裂和巴东断裂与塔东隆起和巴楚 隆起相接,北靠满加尔凹陷,南邻塘古孜巴斯凹陷,面 积约2.8×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>(图1)。目前已证实,塔中隆起区 具有多个产层,发生了多期油气充注,多种类型的油 气藏在垂向上复合叠置,横向上连片成带,共同构成 了一个典型的复式油气聚集区(孙龙德等,2007)。

塔中隆起主要发育 NW 和近 EW 向断裂,包括 塔中1号断裂带、塔中10号断裂带、塔中2号断裂 带、塔中南缘断裂带、塔中8号断裂带、中3井断裂 带和塔中5井断裂带等,整体组成向 NW 发散、SE 收敛的扫帚状断裂体系(图1)。此外,塔中地区还 发育一组具有一定走滑性质的 NE 向断裂体系,主 要形成于志留纪一泥盆纪,并切割了 NW 向断裂 (图1)(李明杰等,2006;邬光辉<sup>9</sup>;张承泽等,2008)。 由于受加里东中、晚期和海西晚期构造运动影响,塔 中隆起部分地层遭受强烈剥蚀,形成多个不整合。 钻井资料揭示,塔中地区中、下寒武统含有一定厚度 的膏盐岩,并在局部地区发生增厚,对构造形成和演 化以及油气聚集产生了重要影响。

### 2 主要断裂带变形特征

塔中1号断裂带整体走向NW,断面南倾,上陡 下缓,断裂坡折带特征明显,深部发育数条断面北倾 的基底正断层(图2)。从地震剖面解释结果来看,

注:本文为国家自然科学基金项目(编号 40802030、40972090)资助的成果。

收稿日期:2009-12-02;改回日期:2010-10-21;责任编辑:周健。

作者简介:余一欣,男,1977年生。现为中国石油大学(北京)讲师,主要从事盆地分析和构造地质研究。通讯地址:102249,北京昌平,中国石油大学盆地与油藏研究中心;Email: yuxin0707@163.com。



图 1 塔里木盆地塔中隆起构造纲要图

Fig. 1 Simplified map showing major structural features in the Tazhong uplift, Tarim basin

1-断裂;2-地震测线及编号

1-Fault; 2 seismic line with number

塔中1号断裂带表现出明显的分段差异变形特征, 有些部位是在中、下寒武统膏盐层顶面发生滑脱,基 底未卷入变形,而有些部位则表现出基底卷入变形 特征(图 2)。两者之间主要通过 NW 向断裂变换带 进行调节。

塔中10号断裂带呈NW向延伸,向东收敛与

塔中 I 号断裂带斜交。主断裂倾向 NE,断面上陡 下缓,主体往深部在中、下寒武统含盐层系顶部或内 部发生滑脱,属盖层滑脱型断裂(图 3)。与塔中 1 号断裂带相似,塔中 10 号断裂带深部可能也发育基 底先存断裂,影响了塔中 10 号断裂带的形成演化 (图 3)。



图 2 塔中1号断裂带变形特征(剖面位置见图 1) Fig. 2 TZ-1 faults in the Tazhong uplift (see Fig. 1 for the lines location)



图 3 塔中 10 号断裂带变形特征(剖面位置见图 1) Fig. 3 TZ-10 faults in the Tazhong uplift (see Fig. 1 for the lines location)



图 4 塔中 2 号断裂带变形特征(剖面位置见图 1) Fig. 4 TZ-2 faults in the Tazhong uplift (see Fig. 1 for the lines location)

塔中2号断裂带主逆冲断裂北倾,上盘发育反 冲断层,主逆冲断裂往深部在中、下寒武统膏盐层内 发生滑脱,深部发育基底先存断裂(图4)。塔中2 号断裂带变形特征具有明显的东西分段差异性,断 裂带逆冲推覆距离往东逐渐增大,中、下寒武统膏盐 层局部增厚现象也更加明显,主逆冲断裂及其上盘 反冲断层形成的背冲断块隆起幅度更高,奥陶系遭 受的剥蚀程度也更强,形成古潜山圈闭(图4)。至 TZ4 井附近,塔中2号断裂带主逆冲断裂的倾向已 从北倾转换为南倾<sup>●</sup>。

塔中5井断裂带位于塔中东部地区,走向近 EW,属于塔中扫帚状断裂体系的尾部(图1)。塔中 5井断裂带主逆冲断裂向南倾斜,上盘发育多条北 倾反冲断层,深部主要表现为受基底逆冲断裂控制 的古隆起形态,塔中5井主断裂沿古隆起顶部的中、 下寒武统膏盐层顶面发生滑脱(图5)。



Fig. 5 TZ-5 well faults in the Tazhong uplift (see Fig. 1 for the line location)

位于塔中隆起和塘古孜巴斯凹陷相接部位的塘 北断裂带主逆冲断裂也是在中、下寒武统膏盐层内 发生滑脱,断裂带自北向南发生长距离逆冲推覆,最





大可达几十千米(图 6)。随着断裂带规模及逆冲推 覆距离自西向东逐渐变大,地层遭受的剥蚀作用也 越来越强(图 6)。

综上所述,塔中隆起主要断裂带除在局部地区 表现出基底卷入变形特征外,在大部分地区均与中、 下寒武统含盐层系密切相关,或在膏盐层顶面,或在 膏盐层内部发生滑脱,而且断裂倾向及其滑脱距离 沿其走向会发生一定变化。在逆冲断裂开始进入膏 盐层内部发生滑脱的部位,膏盐层一般都会发生微 弱的增厚,形成隆起幅度较低的盐核背斜。

## 3 断裂带形成机理

分析表明,塔中地区主要断裂带的形成演化是 与区域构造应力场、基底先存断裂以及膏盐层的发 育紧密联系在一起的,而且不同时期断裂发育的主 控因素也有所不同(图 7)。

时代	断裂发育阶段	断裂剖面特征	主控因素
志留纪一 三叠纪	NE向走滑断裂 浅部断裂		岩浆活动 构造调整
奥陶纪	主逆冲断裂		膏盐层破裂 挤压应力
中一晩 寒武世	膏盐岩 局部增厚		基底断裂 拉张应力
前寒武纪	基底断裂	יוואקרות	基底结构 拉张应力

图 7 塔中隆起断裂发育阶段划分及其主控因素

Fig. 7 Division of evolution stages and major controlling factors of the faults in the Tazhong uplift

地震剖面揭示,塔中地区主要断裂带的深部都 发育一些基底先存断裂,有些表现为正断层(图 2), 有些表现为逆断层(图 3)。这些深部断层的发育是 与早期区域构造背景紧密联系在一起的。早一中寒 武世,Rodinia 超大陆处于裂解过程,塔里木地块在 此过程中逐渐漂移出来,成为一个独立的陆块,塔里 木盆地整体处于伸展背景,塔中地区普遍发育了一 些早期的正断层。从早奥陶世晚期开始,西昆仑地 块与塔里木地块发生碰撞(姜耀辉等,1999),使塔里 木盆地从区域伸展进入区域挤压状态,早期断裂发 生反转。塔中地区主要逆冲断裂带都是在早期基底 断裂控制的地质背景下发育起来的。而且由于受到 的是斜向碰撞所导致的斜向挤压作用,故大多数断 裂都具有一定的右行挤压走滑性质<sup>9</sup>。

在塔中地区主要断裂带的形成演化过程中,中、 下寒武统含盐层系起到了重要控制作用。研究证 实,含盐层系的厚度对滑脱褶皱和滑脱断裂的发育 具有重要影响(Harrison, 1995; Erickson, 1996; Stewart, 1996)。当盐层厚度较薄时,挤压作用形 成的褶皱隆起幅度不会太大,并容易导致盐层和上 覆层产生破裂,从而形成逆冲断裂。但当盐层厚度 较大时,就会形成规模较大的滑脱(盐核)背斜,上覆 地层也不容易发育逆冲断裂(图 8)。

钻井和地震资料证实,塔中隆起中、下寒武统含 盐层系厚度较薄,局部地区聚集增厚后的最大厚度 也仅为500 m左右。因此,在存在较薄含盐层系的 地质背景下,塔中地区的挤压作用易形成滑脱断裂 (图3、4、6)。而膏盐层发生局部聚集增厚和破裂的 部位则主要受基底先存断裂控制,这与世界其他地 区的盐构造发育特征也非常相似(Koyi et al., 1993;Stewart et al., 1996;Larsen et al., 2002)。 与塔中地区形成鲜明对比的则是塔里木盆地北部库 车坳陷发育的大型滑脱背斜。库车坳陷秋里塔格构



图 8 不同厚度盐层对滑脱断裂和滑脱褶皱发育的影响 (据 Stewart, 1996 修改)

Fig. 8 Schematic map showing the influence of salt layer with various thickness on the detachment fault and anticline (modified from Stewart, 1996) (a)—薄盐层;(b)—厚盐层 (a)—Thin salt layer; (b)—thick salt layer

造带古近系库姆格列木组膏盐层厚度较大,最大可 超过4000m,在挤压作用下主要发育大型滑脱背 斜,而与塔中地区相似的滑脱断裂较少发育(余一欣 等,2006,2007)。

因此,塔中隆起主要逆冲断裂带的发育与较薄的中、下寒武统含盐层系密切相关,具有典型的"盐 相关断裂"特征。从另一角度看,也是小型滑脱褶皱 发育到一定程度后顶部发生破裂形成的滑脱断裂, 其断裂与褶皱的相互作用关系和"断层相关褶皱"具 有本质区别,称之为"褶皱相关断裂"较为合适。

4 结论

塔里木盆地塔中隆起主要逆冲断裂带的变形特 征以盖层滑脱变形为主,断面上陡下缓,往深部在 中、下寒武统含盐层系顶面或内部发生滑脱,具有典 型的"盐相关断裂"特征。断裂变形特征表现出明显 的分段差异性,其倾向、滑脱距离、基底卷入程度及 其导致的地层剥蚀程度在不同地区发生了变化。塔 中地区主要断裂带的形成演化主要受区域构造应力 场、基底先存断裂和中、下寒武统含盐层系控制,其 中区域构造应力场为断裂形成提供了动力来源,中、 下寒武统含盐层系的厚度决定了断裂带的发育方 式,导致小型盐核褶皱发生破裂形成滑脱断裂,而基 底先存断裂则决定了断裂带的发育位置。

**致谢:**研究过程中得到了钱一雄、竺知新、李慧 莉、宁飞、何春波和王鹏昊等人的指导和帮助,审稿 专家和编辑提出了宝贵的修改意见,在此一并表示感谢!

#### 注 释

● 李启明. 2004. 塔中低凸起构造演化与古构造恢复. 内部资料.

- ❷ 李曰俊. 2005. 塔中一巴楚地区断裂系统、火成岩及其对油气的控制作用. 内部资料.
- ❸ 邬光辉. 2007. 塔里木盆地塔中古隆起构造特征及其控油作用.内 部资料.
- 张洪安.2008. 塔中奧陶系油气成藏主控因素与富集规律. 内部资料.

参考文献

- 姜耀辉,芮行健,贺菊瑞,郭坤一,杨万志.1999.西昆仑山加里东期花 岗岩类构造的类型及其大地构造意义.岩石学报,15(1):105~ 115.
- 康南昌.2002. 阿尔金断裂系与塔中构造带的形成与演化. 石油地球 物理勘探,37 (1):48~52.
- 李本亮,管树巍,李传新,邬光辉,杨海军,韩剑发,罗春树,苗继军. 2009. 塔里木盆地塔中低凸起古构造演化与变形特征.地质论 评,55(4):521~530.

李传新, 贾承造, 李本亮, 杨庚, 杨海军, 罗春树, 韩剑发, 王晓峰. 2009. 塔里木盆地塔中低凸起北斜坡古生代断裂展布与构造演 化. 地质学报, 83(8): 1065~1073.

- 李明杰,胡少华,王庆果,李秀珍,陈冀.2006.塔中地区走滑断裂体系的发现及其地质意义.石油地球物理勘探,41(1):116~121.
- 李曰俊,吴根耀,孟庆龙,杨海军,韩剑发,李新生,董立胜.2008. 塔里 木盆地中央地区的断裂系统:几何学、运动学和动力学背景.地 质科学,43(1):82~118.
- 孙龙德,李曰俊,江同文,杨海军.2007.塔里木盆地塔中低凸起:一 个典型的复式油气聚集区.地质科学,42(3):602~620.
- 邬光辉,李启明,张宝收.2005.塔中Ⅰ号断裂坡折带构造特征及勘探 领域.石油学报,26(1):27~30.
- 余一欣,汤良杰,李京昌,杨文静,金文正,彭更新,雷刚林,万桂梅. 2006. 库车前陆褶皱-冲断带基底断裂对盐构造形成的影响.地 质学报,80(3):330~336.
- 余一欣,汤良杰,杨文静,彭更新,雷刚林,金文正,万桂梅,马玉杰. 2007. 库车前陆褶皱-冲断带前缘盐构造分段差异变形特征.地 质学报,81(2):166~173.
- 张承泽,于红枫,张海祖,张艳秋,陈莉.2008.塔中地区走滑断裂特征、成因及地质意义.西南石油大学学报(自然科学版),30(5): 22~26.
- 张振生,李明杰,刘社平.2002. 塔中低凸起的形成和演化. 石油勘探 与开发,29(1):28~31.
- 周新源,杨海军,邬光辉,韩剑发.2009.塔中大油气田的勘探实践与勘探方向.新疆石油地质,30(2):149~152.
- Erickson S G. 1996. Influence of mechanical stratigraphy on folding vs faulting. Journal of Structural Geology, 18(4): 443~450.
- Harrison J C. 1995. Tectonics and kinematics of a foreland folded belt influenced by salt, Arctic Canada. In: Jackson M P A, Roberts D G, Snelson S, eds. Salt Tectonics: A Global

Perspective. AAPG Memoir 65, 379~412.

- Koyi H, Petersen K. 1993. Influence of basement faults on the development of salt structures in the Danish basin. Marine and Petroleum Geology, 10(4): 82~93.
- Larsen B D, Avraham Z B, Shulman H. 2002. Fault and salt tectonics in the southern Dead Sea basin. Tectonophysics, 346  $(1\sim 2): 71\sim 90.$
- Stewart S A. 1996. Influence of detachment layer thickness on style of thin-skinned shortening. Journal of Structural Geology, 18 (10): 1271~1274.
- Stewart S A, Harvey M J, Otto S C, Weston P J. 1996. Influence of salt on fault geometry: examples from the UK salt basins.
  In: Alsop G I, Blundell D G, Davison I, eds. Salt Tectonics.
  Geological Society Special Publication No. 100, 175~202.

# Salt-Related Faults in the Tazhong Uplift, Tarim Basin

YU Yixin<sup>1,2)</sup>, HUANG Taizhu<sup>3)</sup>, TANG Liangjie<sup>1,2)</sup>, CHEN Xuyun<sup>3)</sup>

1) State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing, 102249;

2) Basin & Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing, 102249;

3) Northwest Oil field Company, SINOPEC, Urumqi, 830011

#### Abstract

On the basis of the seismic interpretation and the distribution of the Middle and Lower Cambrian halite layer, this paper mainly addresses the deformation features and mechanism of the faulting in the Tazhong uplift, central Tarim basin. Faulting zones in the Tazhong uplift are steep in the upper section and flat in the lower section, with detachment occurring on the top of or within the Middle and Lower Cambrian halite layer although detaching distances vary in different areas, and this is typical of salt-related faulting. In general, development of faulting zones in the Tazhong uplift were jointly influenced by regional tectonic stresses, pre-existing basement faults, and the halite layer of the Middle and Lower Cambrian. The regional stresses with varying orientations and sizes provided driving forces for the fault development; the thickness of the halite layer affected the break behaviors of the halite and suprasalt strata; and the pre-existing basement faulting decided the primary positions of the faulting.

Key words: salt-related faults; detachment; halite layer; pre-existing basement faults; Tazhong uplift

