前陆区盐层对盐上盐下层构造高点的控制及石油地质意义

陈书平[1,2],汤良杰[1,2],贾承造[3]

(1. 石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室,北京昌平 102249;2. 石油大学盆地与油藏研究中心,北京昌平 102249;3. 中国石油天然气股份有限公司,北京 100011)

摘要:盐构造区经常有盐上、盐下层构造高点不对应的现象. 根据边界受力条件的不同和盐岩与其他岩类的流变学性质的差异,建立了在盐参入变形条件下,前陆充填变形的盐上、盐下层构造高点关系的 2 种情况,即当造山楔向前陆充填盐下层楔入时,盐上向斜槽部对应盐下背斜顶部;当造山楔向前陆充填仰冲时,盐上背斜后翼对应盐下背斜顶部,盐上背斜顶部对应盐下背斜前翼. 结合库车前陆区的石油勘探实践,讨论了 2 种情况的石油地质意义.

关键词:前陆变形;盐构造;构造高点;石油地质.
中图分类号:P618.130.2;P542 文献标识码:A
文章编号:1000-2383(2003)03-0297-04

作者简介:陈书平(1965-),男,副教授,2002 年于石油大学(北京)获工学博士学位,现主要从事盆地分析和构造地质学等方面的研究工作.

0 引言

含盐盆地具有丰富的油气资源,盐构造与油气藏有密切联系. 在全球 115 个具有工业性油气田的盆地中,有 66 个具层状或透镜状蒸发岩沉积,约占 58%,这些含油气盆地控制着已探明石油储量的 89%和天然气储量的 80%[1]. 另一方面,对盐构造的研究也大大推动了构造地质学的发展,正如 McBride 等[2]在 1998 年指出的,近 20 年对墨西哥湾盐构造的研究是构造地质学最重大的进展.

盐层和碎屑岩具有不同的流变学性质. 盐具有较高的塑性,在变形过程中表现为粘性流动;碎屑岩的流变学性质为粘弹性或弹塑性,变形行为符合库仑-摩尔准则[3]. 在变形过程中,哪种岩性对构造样式起控制作用还取决于它们的受力条件和相对厚度. 在伸展区或构造活动相对平静区,盐厚度较大时,如墨西哥湾、北海等盆地,盐层流动的触发因素是盐层与盐上层的密度差和盐上层的厚度变化. 反过来,盐层的流动又控制着盐上层的构造发育和沉积[3~5]. 在挤压区,如前陆盆地,盐厚度较小时,在变形过程中,盐层主要起滑脱面的作用,是被动地从高压区(向斜下方)拉向低压区(背斜虚脱区),盐层与盐上层相对厚度控制着盐上层的构造样式[6]. 虽然盐上盐下层都发生不协调变形,但在挤压区,盐上盐下层变形具有更紧密的联系,构造高点对应关系具有规律性,这种规律性对石油勘探有重要意义,因为相对来说,盐上层地震资料的品质往往较好,构造相对较清楚,而盐下层往往不清楚. 如果能够确定盐上盐下层构造之间的某些关系,将对盐下层的勘探起指导作用.

1 前陆区盐上盐下层构造高点关系的 2 种端元模式

前陆充填的大地构造背景决定了前陆充填一直处于挤压应力作用之下,并在变形过程中逐渐卷入造山带而成其一部分. 前陆充填与造山楔的接触关系有 2 种情况:第 1 种为造山楔向前陆充填之下俯冲或楔入(图 $1a_1$);第 2 种为造山楔向前陆充填之上仰冲(图 $1b_1$). 这 2 种受力条件造成盐上盐下层构造高点不同的对应情况.

收稿日期:2002-11-15
基金项目:国家自然科学基金项目(No. 40172076);国家重点基础研究发展规划项目(G19990433).

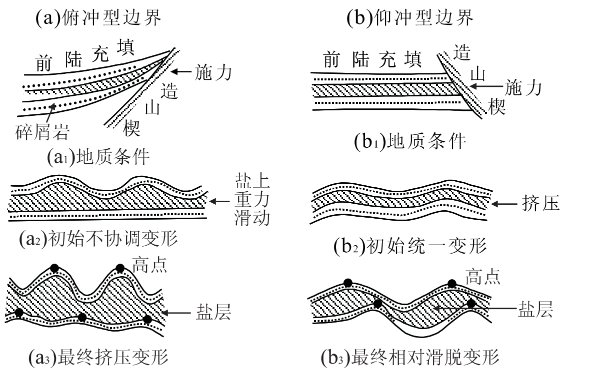

图 1 前陆区盐上盐下构造高点配置关系

Fig. 1 Relations of structural heights in overburden to those in substrate in forelands

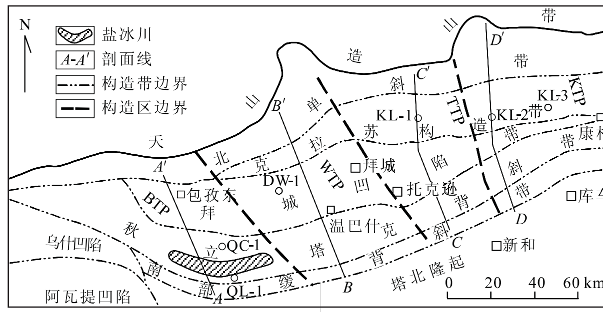

图 2 库车前陆区西段构造带及盐构造区

Fig. 2 Kuqa foreland structures and salt tectonics

BTP. 包孜东构造区；WTP. 温巴什构造区；TTP. 托克逊构造区；KTP. 康村构造区

第 1 种情况：在变形初期，前陆充填的后翼，前陆充填表现出一定的掀斜，而不会发生显著的变形，如形成褶皱和断裂. 当掀斜到一定程度时，重力势能使盐上层沿盐层发生一定程度的滑动，形成宽缓背斜（图 $1a_2$）. 盐层从向斜下部向背斜核部流动，形成盐枕或盐隆. 造山楔继续向前陆推进，前陆充填与造山楔耦合在一起，盐上盐下处于统一的顺层作用之下，盐上和盐下都将发生变形. 这时，盐下层变形将受到盐上层已有褶皱的影响，在盐上背斜下面，由于盈余质量的作用（相当于预加了一个负荷），盐下层将形成向斜（图 $1a_3$）；而在盐上向斜的下方，盐下层受压力小，易于形成背斜. 因此，在这种条件下，盐上盐下层高点的关系为：盐上构造高点对应盐下构造低点，盐上构造低点对应盐下构造高点.

第 2 种情况：在变形初期，盐上盐下表现为协调变形，盐上盐下构造高点对应（图 $1b_2$）. 随着变形的继续，在顺层剪切作用下，褶皱逐渐由直立变为斜歪，深浅构造开始不对应. 由于盐层的高塑性，使得沿此面发生最大剪切位移，表现为盐下层高点逐渐向盐上层翼部接近，直至将盐层挤出，使盐上盐下层相接在一起. 此时盐上盐下层构造高点的关系为：盐上构造高点对应盐下背斜翼部，盐上背斜翼部对应盐下构造高点（图 $1b_3$）.

2 实例及石油地质意义

前陆盆地后翼的石油勘探仍以寻找构造高点为主要目标. 盐层是好的盖层，对盐下的油气有很好的保存作用，在一些含盐前陆盆地中，可以说，找到一个盐下构造就意味着找到了一个油气圈闭，正像库车前陆盆地的情况.

库车前陆盆地是塔里木盆地的一个重要构造单元，其丰富的构造现象和大量的油气资源吸引着国内外的地质学家. 盆地充填有中、新生界的碎屑岩和蒸发岩. 下第三系库姆格列木群发育巨厚的盐膏层，厚 200～3 000 m，其下的三叠—侏罗系煤系地层是库车坳陷的主力烃源岩. 构造分析证明[7～9]，库车前陆盆地中新生代主要构造变革期为上新世末的喜马拉雅晚期运动，构造具有南北分带、东西分段（图 2）和上下分层的特点（图 3）.

勘探实践证明，在库车前陆逆冲褶皱带变形后翼的克拉苏构造带和北单斜带存在着盐上、盐下构造高点不对应的现象，这种现象在托克逊和康村构造区尤为明显，前者为盐上向斜对应盐下背斜，后者为盐上背斜后翼对应盐下背斜顶部. 从与天山造山楔的关系看，托克逊构造区属于第 1 种情况，即天山造山楔向库车前陆盆地充填之下楔入，包孜东构造区也主要表现为这种情况；温巴什和康村构造区属于第 2 种情况，即天山造山楔仰冲于库车前陆盆地充填之上. 因此可以说，所建立的盐上盐下构造高点对应关系的 2 种端元模式能够很好地解释库车前陆区的构造变形.

从现今发现的油气田的分布看，主要集中在克拉苏构造带的温巴什和康村构造区，前者有大宛齐油田和大北 1 气田，后者有克拉 2 气田和克拉 3 气田. 因此，可以说，前陆充填与造山楔的第 2 种接触关系，即仰冲型，对油气的富集是有利的，这样的地区是有利的油气勘探区带；而第 1 种接触关系，即俯冲型，则不利于油气的富集. 主要原因在于：在第 1 种情况下，由于后缘抬升较高，油气沿输导层向地面散失，不利于油气的保存；第2种情况则不同，由于

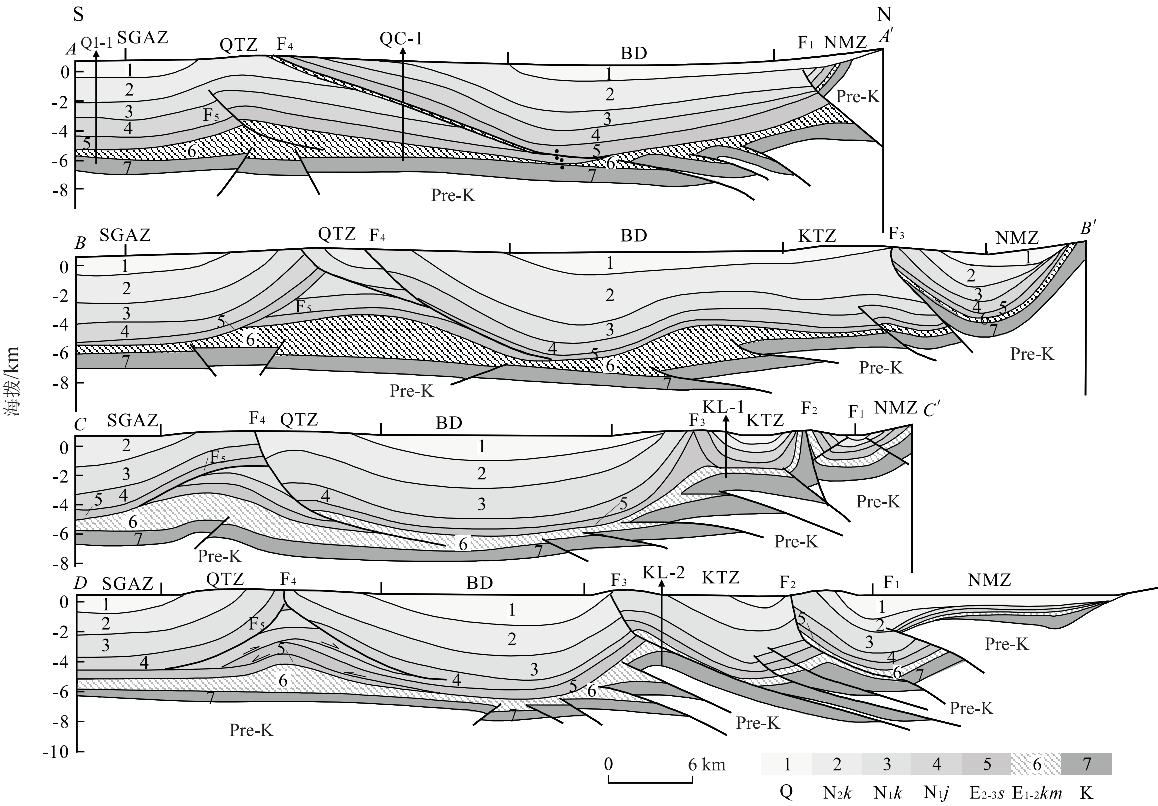

图 3　库车前陆区西段构造横剖面

Fig. 3　Structural cross section in Kuqa foreland

剖面位置见图 2. F_1. **北布古鲁断层**;F_2. **库姆格列木断层**;F_3. **喀桑托开断层**;F_4. **秋立塔克断层**;F_5. **南秋立塔克断层**;SGAZ. **南部缓背斜带**;QTZ. **秋立塔克构造带**;BD. **拜城凹陷**;KTZ. **克拉苏构造带**;NMZ. **北单斜带**;÷. **盐焊接和断层焊接**

造山楔的压覆,油气得以保存,并向圈闭运移,形成油气藏.

参考文献:

[1] **唐祥华. 世界含盐盆地中的油气资源**[J]. **中国地质**, 1990, 24(7): 27—28.
TANG X H. Petroleum resources of the world salt-bearing basins [J]. China Geology, 1990, 24(7): 27—28.

[2] McBride B C, Rowan M G, Weimer P. The evolution of allochthonous salt systems, western Green Canyon and Ewing Bank (offshore Louisiana), northern Gulf of Mexico [J]. AAPG Bulletin, 1998, 82(5B): 1013—1036.

[3] Withjack M O, Gallaway S. Active normal faulting beneath a salt layer: an experimental study of deformation patterns in the cover sequence [J]. AAPG Bulletin, 2000, 84(5): 627—651.

[4] Ge H, Jackson M P A, Vendeville B C. Kinematics and dynamics of salt tectonics driven by progradation [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81(3): 398—423.

[5] Rowan M G, Jackson M P A, Trudgill B D. Salt-related fault families and fault welds in the northern Gulf of Mexico [J]. AAPG Bulletin, 1999, 83(9): 1454—1484.

[6] Stewart S A. Influence of detachment layer thickness on style of thin-skinned shortening [J]. Journal of Structural Geology, 1996, 18(10): 1271—1274.

[7] **卢华复,陈楚铭,刘志宏,等. 库车再生前陆盆地的构造特征与成因**[J]. **石油学报**, 2000, 21(3): 18—24.
LU H F, CHEN C M, LIU Z H, et al. The structural features and origin of the Kuqa rejuvenation foreland thrust belt [J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(3): 18—24.

[8] **卢华复,贾东,陈楚铭,等. 库车新生代构造性质和变形时间**[J]. **地学前缘**, 1999, 6(4): 215—221.
LU H F, JIA D, CHEN C M, et al. Nature and timing of the Kuqa Cenozoic structures [J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6(4): 215—221.

[9] **陈书平. 库车前陆区西段新生代盐构造形成和演化**[D]. **北京:石油大学**, 2002. 33—57.

CHEN S P. Formation and evolution of Kuqa foreland Cenozoic salt tectonics [D]. Beijing: University of Petrolumn, 2002. 33—57.

Control of Structural Heights in Overburden and Substrate Evaporite Layers in Forelands and Its Petroleum Implication

CHEN Shu-ping[1,2], TANG Liang-jie[1,2], JIA Cheng-zao[3]

(1. *Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation, Ministry of Education, University of Petroleum, Beijing* 102249, *China*; 2. *Basin and Reservoir Research Center, University of Petroleum, Beijing* 102249, *China*; 3. *PetroChina Company Ltd, Beijing* 100011, *China*)

Abstract: It is a common phenomenon that the structural heights in the overburden and substrate evaporite layers are not in agreement with each other in the salt tectonic areas. Two kinds of relationships between structural heights in the overburden evaporite and those in the substrate evaporite in the forelands, where evaporite experienced the deformation, were established in line with the differences both in the boundary stress states and in the rock rheology. When an orogenic wedge underthrusts the evaporite-bearing foreland basin fill, the troughs of overburden synclines will directly match the peaks of substrate anticlines. When an orogenic wedge overrides the evaporite-bearing foreland basin fill, the back-limbs of overburden anticlines will match the peaks of substrate anticlines, and the peaks of overburden anticlines will match the front-limbs of substrate anticlines. Finally, the discussion of the petroleum implication for the two relationships was based on the petroleum exploration in Kuqa foreland.

Key words: foreland deformation; salt tectonic; structural height; petroleum geology.