

文章编号:0253-9985(2011)05-0768-09

塔里木盆地库车坳陷中段盐上层构造特征

谢会文¹,李勇¹,郭卫星^{2,3},吴超¹,徐振平¹,漆家福²

(1. 中国石油 塔里木油田公司 勘探开发研究院,新疆 库尔勒 841000; 2. 中国石油大学 地球科学学院,北京 102249; 3. 中国石化 西南油气分公司,四川 成都 610086)

摘要:库车坳陷中段新生界底部发育较厚的库姆格列木群($E_{1-2}km$)膏盐岩层,导致盐上层形成复杂的构造变形。依据地震资料解释成果,分析了库车坳陷中段盐上层的构造变形特征,认为盐上层构造变形可以分为收缩构造与盐岩底辟构造两种类型。收缩构造包括薄皮褶皱与逆冲断层两类,盐岩层构成薄皮收缩构造的滑脱层;盐岩底辟构造包括隐刺穿底辟和刺穿底辟,系盐岩层顺层流动造成局部加厚和刺穿现象。盐岩底辟构造在吉迪克组(N_{1j})沉积时期即开始发育,并经历了中新世以上覆地层差异压力作用为主导的盐岩底辟以及上新世—第四纪以水平挤压作用为主导的盐岩底辟两个阶段。收缩构造主要是在库车组(N_{2k})与西域组(Q_{1x})沉积期开始发育的,形成滑脱褶皱变形,并在褶皱翼部发育破冲断层。

关键词:盐构造;盐上层;收缩构造;构造样式;构造演化;库车坳陷;塔里木盆地

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Structural features of post-salt layers in the middle sedimentary cover of Kuqa Depression, the Tarim Basin

Xie Huiwen¹, Li Yong¹, Guo Weixing^{2,3}, Wu Chao¹, Xu Zhenping¹ and Qi Jiafu²

(1. Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla, Xinjiang 841000, China;

2. College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

3. SINOPEC Southwest Oilfield Company, Chengdu, Sichuan 610086, China)

Abstract: The thick salt layer of Kumgeliem Group ($E_{1-2}km$) at the bottom of Cenozoic led to the complicated deformation of post-salt layers in Kuqa Depression. Structural deformation in the study area is studied based on interpretation of seismic data. The types of structural deformation were identified, i. e. contractional structure and salt diapir-related structure. The contractional structures can be divided into thin-skinned folds and thrusts, with salt layer as the detachment. The salt diapir-related structures can be divided into blind piercing diapir structure and piercing diapir structure, which were caused by local thickening and piercing due to salt along-bed flow. The salt diapire-related structures started to develop during the deposition of Jidik Formation (N_{1j}) and experienced two evolution stages. The first stage was the Miocene when salt diapir-related was mainly caused by the differential pressure of the overlying strata, while the second stage was the Pliocene and Quaternary when salt diapir-related diapir was mainly caused by horizontal depression. The contractional structures were mainly formed during the deposition of Kuqa Formation (N_{2k}) and Xiyu Formation (Q_{1x}), with deformation of decollement folds and development of thrusts on the limbs of folds.

Key words: salt structure, post-salt layer, contractional structure, structural style, structural evolution, Kuqa Depression, Tarim Basin

库车坳陷位于塔里木盆地北部,北邻南天山造山带、南接塔北隆起,沿构造轴向可以分为西、

收稿日期:2011-07-03。

第一作者简介:谢会文(1967—),男,高级工程师,油气勘探。

基金项目:国家重点基础研究发展计划(“973”计划)项目(2006CB202301)。

中、东三段。其中,由拜城凹陷及环绕拜城凹陷的克拉苏、却勒、西秋里塔格等构造带构成的中段相继发现大宛齐、克拉 2、吐北等大型油气田,是塔里木盆地油气勘探的重点区域之一^[1]。库车坳陷中段新生界底部发育较厚的库姆格列木群($E_{1-2}km$)膏盐岩层,盐上层是指库姆格列木群之上的新生代地层,分为苏维依组($E_{2-3}s$)、吉迪克组(N_j)、康村组(N_k)、库车组(N_k)与西域组(Q_x)等地层单位。地面地质资料和地震剖面显示盐上层发生了强烈的收缩构造变形,库姆格列木群膏盐岩是上覆岩层构造变形的滑脱层。克拉苏、西秋里塔格构造带在地表出露了由盐上层构成的线性褶皱和逆冲断层^[2],地层厚度和层序结构特征表明盐上层的构造变形主要是上新世以来在近南北向区域挤压作用下发生收缩构造变形的结果^[3-5]。但是,从地层层序结构和厚度变形看,盐岩层的底辟活动似乎早于上新世以来的区域挤压作用时期,而且受区域构造位置、盐岩层原始厚度、盐下层构造活动等多种因素影响。从构造形成机制上看,盐岩层本身的变形可能包括底辟作用和挤压作用两种。目前,库车坳陷中段的油气勘探以盐下层的天然气为主要目标。受地表条件、构造变形、岩性变化等多种因素影响,库车坳陷深层地震资料品质不佳,盐下层可靠的地震反射信息相对

较少,盐下层构造一直存在多种不确定的解释模型。依据地面露头资料和相对较好的盐上层地震资料分析盐上层的变形特征,对于库车坳陷的构造建模和盐下层构造圈闭的识别具有重要的意义。

1 盐上层褶皱

收缩构造是库车坳陷地表露头^[6]和地震剖面上显示的最主要的构造类型,可分为褶皱与逆冲断层两大类(图 1;表 1)。对于断层和褶皱两者之间的相互关系主要存在两种认识,其一,断层为主导诱发了相关褶皱变形,在岩层性质相对均一、应变相对集中的情况下通常发育此类构造变形;其二,褶皱为主导诱发了相关断裂,当相对能干岩层之下存在厚层塑性地层时应变相对分散,通常以褶皱变形为主,而断裂主要起调节岩层不同部位应变的作用(图 2)。库车坳陷存在厚层的古近系膏盐岩层,盐上层总体以滑脱褶皱变形为主导。

克拉苏构造带分南北两个 EW 走向的背斜带,背斜带之间为宽缓的向斜^[7]。北侧的背斜带为库姆格列木-巴什基奇克背斜带,南侧的背斜带为吐孜玛扎-喀桑托开-吉迪克背斜带,背斜的轴

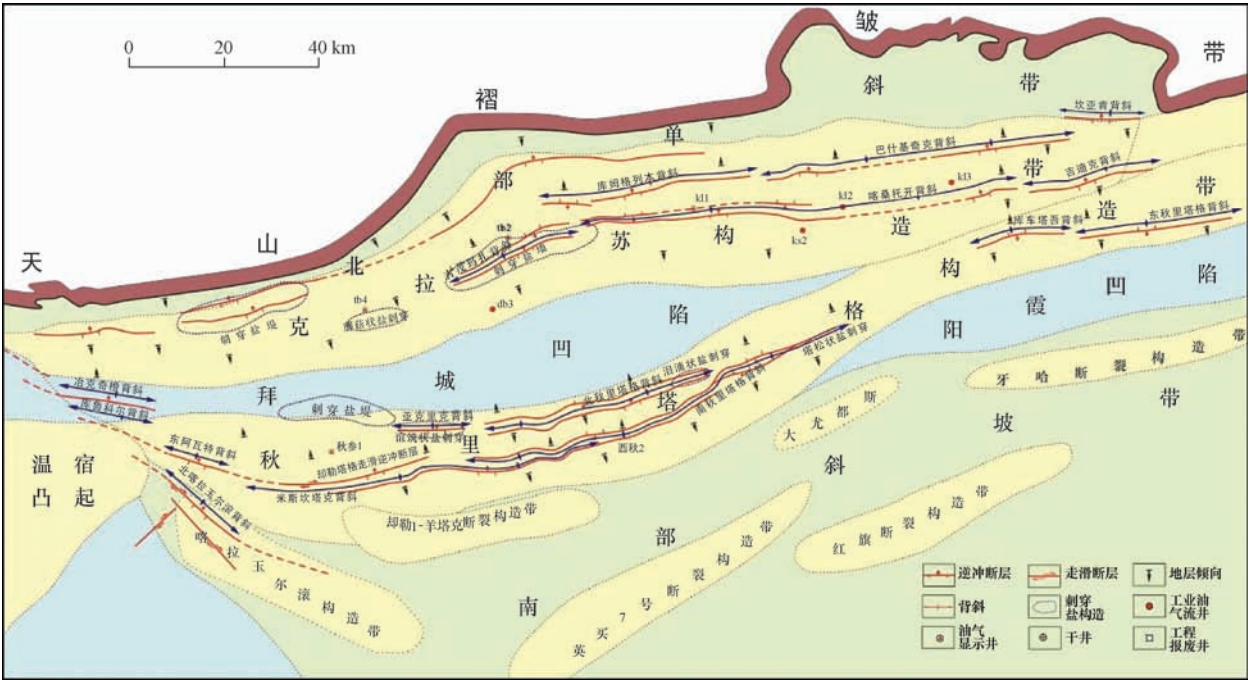


图 1 塔里木盆地库车坳陷盐上层构造纲要
Fig. 1 Structure outline of post-salt layer in Kuqa Depression

表 1 塔里木盆地库车坳陷盐上层底辟构造与收缩构造变形样式

Table 1 Deformation styles of diapir structures and contractional structures of post-salt layer in Kuqa Depression

盐上层变形类型	构造样式名称	基本特征
底辟构造	同生褶皱	背斜顶部减薄、斜向槽部加厚,盐枕周边同生向斜也可称为原始边缘凹陷
	同生断层(小型地堑、半地堑)	隐刺穿底辟核顶部或侧翼盐上层中发育的同生正断层,可构成地堑、半地堑构成
	刺穿核边缘凹陷	刺穿底辟核周边发育的凹陷,也称为次级边缘凹陷,较原始边缘凹陷窄而深
	龟背构造	两刺穿底辟核之间或单个刺穿底辟核侧面的盐上层形成的上凸下凹(平)的透镜状构造
	刺穿核相关断层	刺穿盐底辟核顶部和周边发育的断层,可以是正断层或逆冲断层,向底辟核中收敛尖灭
	潜盐火山顶部不整合	潜盐火山顶部盐上层不整合覆盖在盐岩层上形成的不整合构造
收缩构造	褶皱	包括挤压背斜和挤压向斜,为盐上层的主要构造样式,克拉苏构造带背斜不对称,却勒-西秋构造带基本对称,但在其东、西两端有变化
	逆冲断层相关褶皱	由于逆冲断层产状、位移的变化而诱导的褶皱变形,包括断弯、断展和断滑褶皱三类,分布较少,主要位于南部斜坡带,且褶皱幅度小
	披覆褶皱	高角度基底断层引起的宽缓褶皱,后期常被逆冲断层破坏,库姆格列木背斜具有一定的披覆背斜性质
	褶皱相关逆冲断层	褶皱过程中调节岩层不同部位应变的的断层,类型较多,分布广泛,以背斜前翼剪切逆冲断层和反冲断层最具规模
	盐刺穿上发育的逆冲断层	发育在软弱的盐刺穿部位,向上冲至地表,并可将盐岩带至地表,断层上盘地层沿断层面位移,形成推覆构造,分布于却勒-西秋构造带
	共轭逆冲断层	由岩层共轭剪切形成的逆冲断层,常成对出现,分布于却勒-西秋构造带和南部斜坡带
	铲式逆冲断层	产状上陡下缓,向下终止于软弱面。主要分布于南部斜坡带,多条断层可组合成叠瓦扇构造

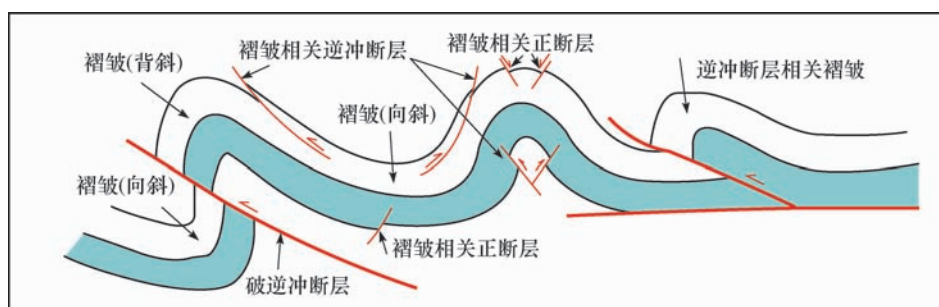


图 2 水平挤压作用形成的褶皱和断层关系示意图

Fig. 2 Sketch map showing relationship between folds and faults resulted from horizontal compression

面近直立略北倾,背斜的前翼均发育逆冲断层。受断层破坏与剥蚀作用影响,褶皱形态保存不完整。根据生长地层厚度分析,克拉苏构造带的背斜是在上新世以来受挤压而形成的纵弯背斜,是以膏盐岩层为核的滑脱背斜,不受断层控制。第四纪以来构造挤压作用增强,褶皱紧闭,在其前翼由于剪切作用发育前翼剪切逆冲断层,在其后翼也常有反向断层出现;另外在克拉苏构造带中部由于背斜下基底抬升强烈,背斜应具有一定披覆

背斜的性质。

却勒-西秋构造带在地表表现为南北两个背斜带,背斜由西段的 EW 走向向东过渡为 NEE 走向,呈一向南突出的弧形。北侧的背斜带为亚克里克背斜、北秋里塔格背斜,南侧的背斜带为米斯坎塔克背斜、南秋里塔格背斜,并在东部合并为南秋里塔格背斜。背斜的轴面近直立,在构造带西部轴面略北倾、东部则南倾,背斜的两翼均发育逆冲断层。背斜受剥蚀作用较轻,形态保存相对完

整。根据生长地层厚度分析,却勒-西秋构造带的发育要略晚于克拉苏构造带,为上新世中晚期开始发育的纵弯褶皱。背斜带是受共轭膝折带引导而形成的滑脱褶皱,并在新近纪以来由于构造挤压作用增强、褶皱紧闭,在背斜两翼均发育逆冲断层。背斜带走向的变化反映了膏盐岩层的分布,构造物理模拟实验^[8-9]研究表明,当存在盐岩滑脱层时,构造变形传递的较远,而且逆冲楔的坡度相对小。

2 盐上层逆冲断层

盐上层发育的逆冲断层在形态上以铲式逆冲断层为主,向下延伸多在古近系库姆格列木群盐岩层或侏罗系含煤岩层中滑脱,少数断层可能直接或间接基底卷入逆冲断层连接在一起。在成因上至少包括两种类型,其一是区域挤压作用直接产生的逆冲断层,其二是盐上层褶皱作用引起的褶皱相关逆冲断层。

Mitra 认为纵弯褶皱作用下能引发不同形式的逆冲断层,并将褶皱相关断层分为 8 种类型^[10](图 3)。库车坳陷盐上层总体以滑脱褶皱变形为主,所以次级的褶皱相关断层分布广泛,在地震剖面上以背斜前翼前翼剪切逆冲断层和反向断层最具规模而易识别。克拉苏构造带盐上层背斜前翼剪切逆冲断层规模较大,反向断层规模相对小;却勒-西秋构造带盐上层在对称滑脱褶皱变形的基础上,背斜前翼、后翼均发育共轭剪切引起的逆冲断层。

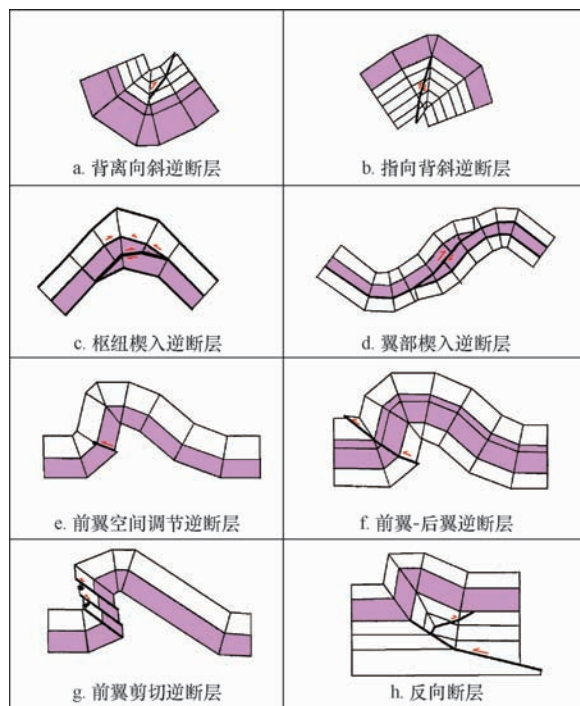


图 3 褶皱相关断裂常见类型^[10]

Fig. 3 Common types of fold-related faults^[10]

盐刺穿上发育的逆冲断层是利用了早期盐刺穿的薄弱带而发育的,通常断至地表,具有较大的位移量,可形成推覆构造。克拉苏构造带西段和却勒-西秋构造带均有此类断层,并以却勒-西秋构造带西部的却勒塔格逆冲推覆断层最为典型(图 4)。米斯坎塔克背斜北侧,在苏维依组、吉迪克组和康村组沉积期间发育盐刺穿构造,上新世以来挤压作用下,在盐刺穿部位发生应变集中形

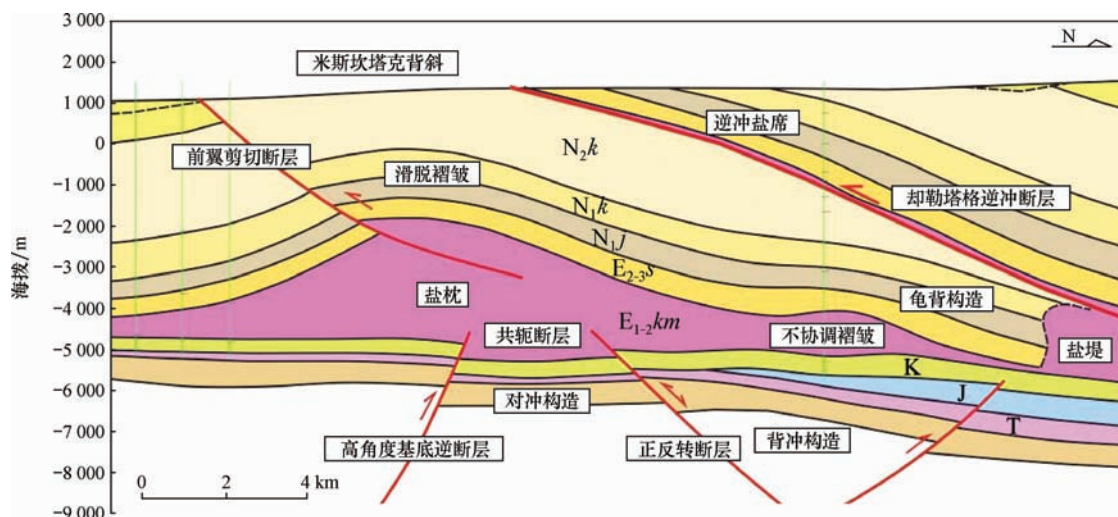


图 4 却勒构造带典型构造地震-地质剖面

Fig. 4 Typical structures on seismic-geologic profile of Quele structural belt

成却勒塔格逆冲推覆断层。一些学者研究认为,推覆体的推覆距离长达 30 km 以上^[11-12],根据前文的计算结果,即使是整个库车坳陷中段(包括克拉苏构造带与却勒-西秋构造带)的收缩变形量也只有 10 km 左右、不超过 15 km,如此大的位移量必然造成库车坳陷中段西部和中部之间大规模的走滑调节带,然而地表并未显示出这种特征。我们分析认为,却勒构造带西邻喀拉玉尔滚大型走滑断裂带,表现出明显的走滑特征,却勒塔格断层应为逆冲走滑断层,此外由于地震测线并不垂直构造走向,剖面上显示的收缩变形量可能不反映逆冲推覆距离。

共轭逆冲断层主要形成于岩层力学性质均一的条件下,在却勒-西秋构造带及南部斜坡带岩层相对均一,发育有此类逆冲断层。共轭断层组合形态有对冲构造、背冲构造。却勒-西秋构造带盐上层上新世受共轭剪切作用形成共轭膝折带,但并未造成大规模的断裂,第四纪以来由于构造挤压增强、褶皱紧闭,在膝折部位易发育断层。南部斜坡带也发育共轭断裂,但规模不大,通常向上终止于岩层中,向下终止于软弱面。

3 盐底辟构造样式

从盐上层层序结构上看,古近系库姆格列木群的盐岩层从苏维依组沉积时就开始有轻微底辟作用形成隐底辟的构造变形,一直延续西域组沉积时,甚至直到现今盐岩层的底辟构造变形可能一直在渐进发展^[13]。盐岩底辟未刺穿盐上地层形成隐刺穿构造,盐岩底辟刺穿盐上地层形成刺穿构造(表 1;图 5)。

3.1 隐刺穿相关构造样式

盐岩层底辟作用是一种缓慢持续的地质过程,盐岩层顺层流动形成隐刺穿底辟构造的同时,使盐上层发生同生褶皱和同生断层(一般以正断层为主)。同生褶皱表现为背斜顶部减薄、向斜槽部加厚特征。底辟作用是垂直差异负荷产生的垂直方向的挤压应力,水平方向的主应力为张应力或最小挤压应力,所以盐上层的褶皱构造变形属于横弯褶皱作用,相应地可以发育一些正断层为主断裂构造。正断层可以呈共轭状发育在隐刺穿核顶部及两翼,构成地堑或半地堑构造。盐岩层

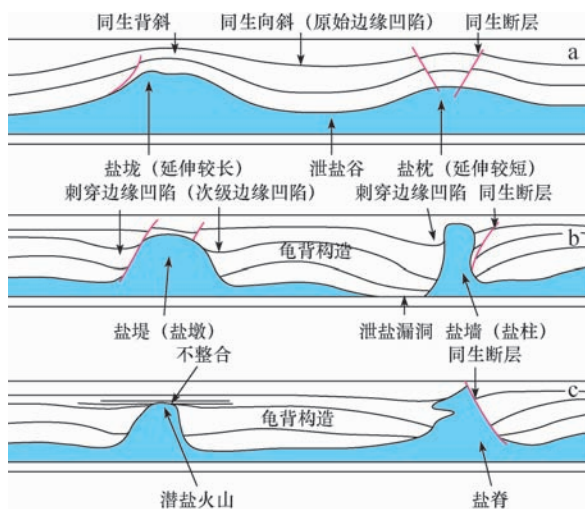


图5 底辟构造示意图

Fig. 5 Sketch map of salt diaper-related structures

隐刺穿的波长与原始厚度及盐岩层的流变性有一定的关系,一般同生背斜相对紧闭、向斜相对宽缓。相对隐刺穿的盐枕、盐丘而言,位于其侧翼的同生向斜也称为原始周边凹陷(primary rim syncline),接受更厚的沉积层(图 5)。

库车坳陷盐岩层发育的隐刺穿构造幅度较小,盐上层与盐岩层隐刺穿相关的构造变形也主要为低幅度、宽缓的同生褶皱构造,局部可能发育有小位移的正断层(亚地震分辨尺度为主)。从地震剖面上看,库姆格列木群上覆的苏维依组的厚度变化不大,而吉迪克组、康村组则有明显的变化。因此同生褶皱主要是由吉迪克组、康村组厚度的横向变化显示出来的宽缓褶皱变形(图 4,图 6)。

3.2 刺穿相关构造样式

当盐岩层所受的差异应力足以突破上覆地层的强度时,盐岩便刺穿上覆地层,形成盐刺穿构造。盐岩层的刺穿底辟作用可以导致盐上层发育多种样式的构造变形,包括刺穿核边缘凹陷、龟背构造、刺穿核相关断层和潜盐火山顶部不整合构造等。盐岩层的刺穿底辟作用抽吸盐岩层向上流动,使刺穿底辟核周边的盐上层下陷,成为边缘凹陷(向斜)。与隐刺穿底辟核周边的原始边缘凹陷不同,刺穿核边缘凹陷相对窄而深,紧邻刺穿的底辟核,因其发育相对晚于原始边缘凹陷,因而也称为次级边缘凹陷(secondary rim syncline)。一般地,刺穿底辟核是在隐刺穿的底辟核基础上渐进发展的,因此次级边缘凹陷一般位于原始边缘凹

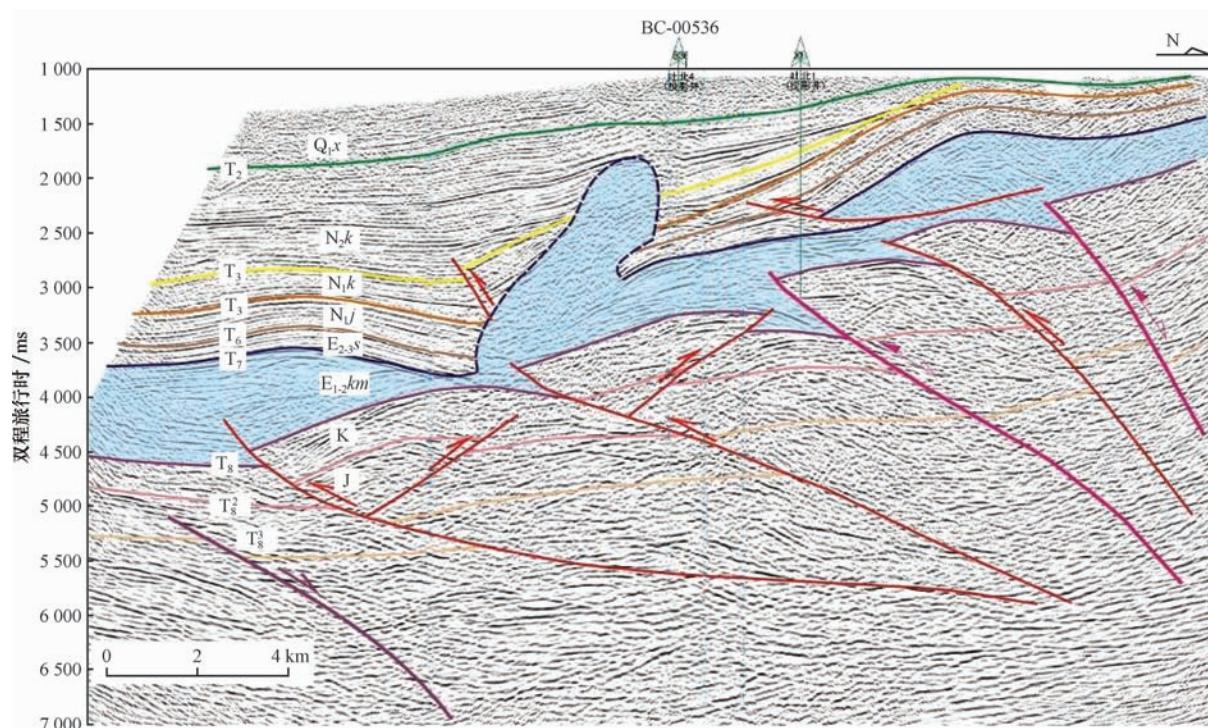


图6 穿过克拉苏构造带吐北区段地震剖面解释

Fig. 6 Seismic profile across Tubei segment of Kelasu structure belt

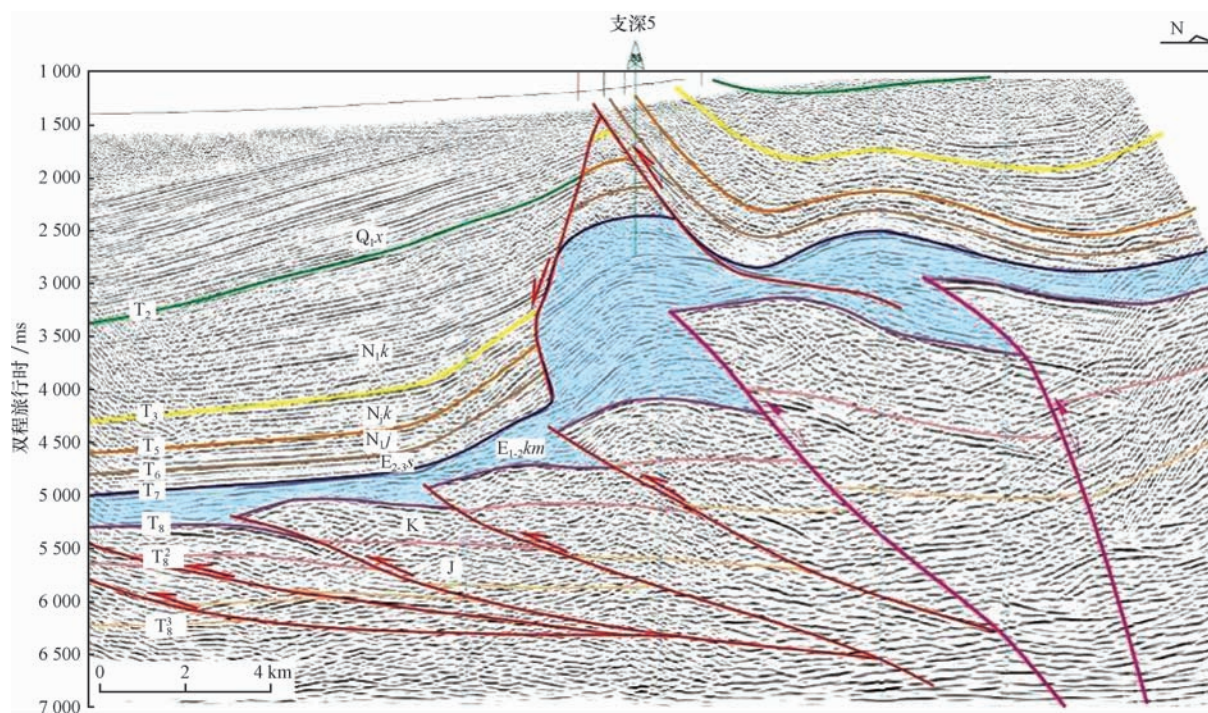


图7 穿过克拉苏构造带克深区段盐刺穿构造地震解释剖面

Fig. 7 Salt piercing structure on seismic-geologic profile across Keshen segment of Kelasu structural belt

陷的翼部,使刺穿底辟核之间或侧翼的盐上层构形成似龟背、上凸下凹的构造形态,称为龟背构造。潜盐火山顶部不整合构造是盐火山经过剥

蚀、溶蚀后又被后续的沉积层覆盖而形成的局部不整合构造,因而潜盐火山顶部一般比较平坦甚至下陷,而上覆地层可以识别出超覆、填充的沉积

现象(图5)。

龟背构造在克拉苏构造带的西段和却勒-西秋构造带的西段均有发育,地震剖面上可识别(图4,图6,图7)。在盐刺穿底辟核的顶部和周围往往发育有正断层或逆冲断层,这些断层向下延伸多中止或滑脱在盐岩层中。通常由上覆地层差异负荷引起的盐刺穿或伸展环境下形成的盐刺穿,其底辟核周围发育正断层,而挤压环境下形成的盐刺穿,底辟核周围发育逆断层。在苏维依组和吉迪克组沉积期间,在弱伸展环境及上覆地层差异负荷作用下,底辟核周边应发育有正断层,可能受后期挤压破坏等因素影响,地震剖面上未能识别。上新世以来挤压作用下形成的盐刺穿,在克拉苏构造带西段地震剖面上,盐底辟核顶部两侧可识别出盐刺穿相关的逆断层(图5)。

4 构造样式的演化

地质构造的几何学特征包含有运动学信息。地震剖面上的层序结构和生长地层揭示出盐上层的变形过程大致可以分为3个阶段(图8):第一阶段发生在中新世(吉迪克组、康村组沉积时期,至库车组沉积前),主要是盐岩层底辟作用控制的构造变形;第二阶段发生在上新世(库车组沉积时期,至西域组沉积前),主要是区域挤压形成褶皱构造变形;第三阶段发生在第四纪(西域组沉积以来),褶皱变形进一步加强并发育逆冲断层导致早期的褶皱破坏。

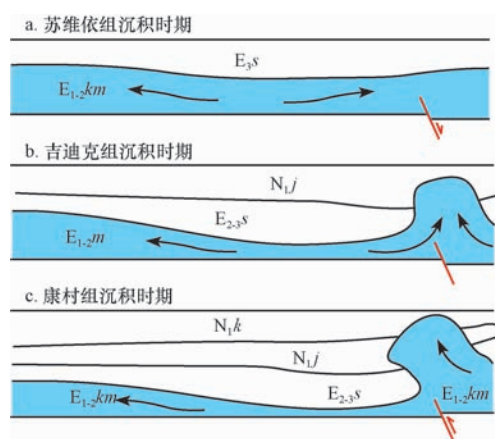


图8 克拉苏构造带博孜-吐北段盐岩层底辟构造变形过程示意图

Fig. 8 Sketch map showing deformation of salt diaper-related structures in Bozi-Tubei segment of Kelasu structure belt

综合克拉苏构造带地震剖面解释结果(图6,图7),局部的侏罗系—白垩系隐约可能解释出同沉积期正断层,而且库姆格列木群是在SN向弱伸展环境中沉积的^[14]。而且受古地形起伏及先存正断层影响,原始沉积厚度可能有一定的变化,总体上看,在有盐底辟存在的区段膏盐岩层的原始厚度相对较大。苏维依组、吉迪克组沉积厚度有局部增厚现象,可能是受盐岩层底辟活动影响造成的^[15]。图9以图7剖面为例表示了克拉苏构造带的构造演化过程。盐上层苏维依组发育有一些正断层,应该是下伏的库姆格列木群膏盐岩层底辟活动诱导产生的。苏维依组沉积时期可能开始发育隐刺穿,而在吉迪克组沉积时在北部开始发育刺穿底辟,康村组沉积时期区域挤压导致基底正断层发生轻微反转,盐岩层刺穿底辟活动进一步加强,并导致盐上层形成宽缓的龟背构造(图9)。发育刺穿底辟的原因可能有两方面,一是库姆格列木群沉积时期,受基底正断层活动或白垩系顶面不整合面起伏影响盐岩层的原始厚度在剖面北部和南部相对较厚;二是吉迪克组沉积时期,基底正断层的活动导致盐岩层局部底辟作用加强刺穿至地表,新近纪以来受克拉苏构造带收缩构造变形影响刺穿的底辟体进一步活动。库车坳陷盐上层与底辟作用相关的构造变形常常被后期区域挤压作用形成的构造变形改造和破坏。在收缩构造变形过程中,盐上层早期应该是以褶皱变形、或者以盐岩层为滑脱层的滑脱褶皱变形为主,而进一步的递进变形则出现逆冲断层。在区域挤压作用下,盐岩层在收缩构造变形中起重要的分层滑脱作用,但是盐上层构造变形样式也一定会受盐下层、盐岩层收缩构造变形的影响^[16]。

5 结论

1) 库车坳陷盐上层构造变形复杂、构造样式丰富,发育收缩构造、底辟相关构造、走滑构造和伸展构造。

2) 库车坳陷盐上层收缩构造分为褶皱与断层两类,总体上以褶皱变形为特征。前者包括滑脱褶皱、逆冲断层相关褶皱和披覆褶皱,后者包括褶皱相关逆冲断层、盐刺穿上发育的逆冲断层、共轭逆冲断层和铲式逆冲断层。

3) 库车坳陷盐上层底辟相关构造分为隐刺

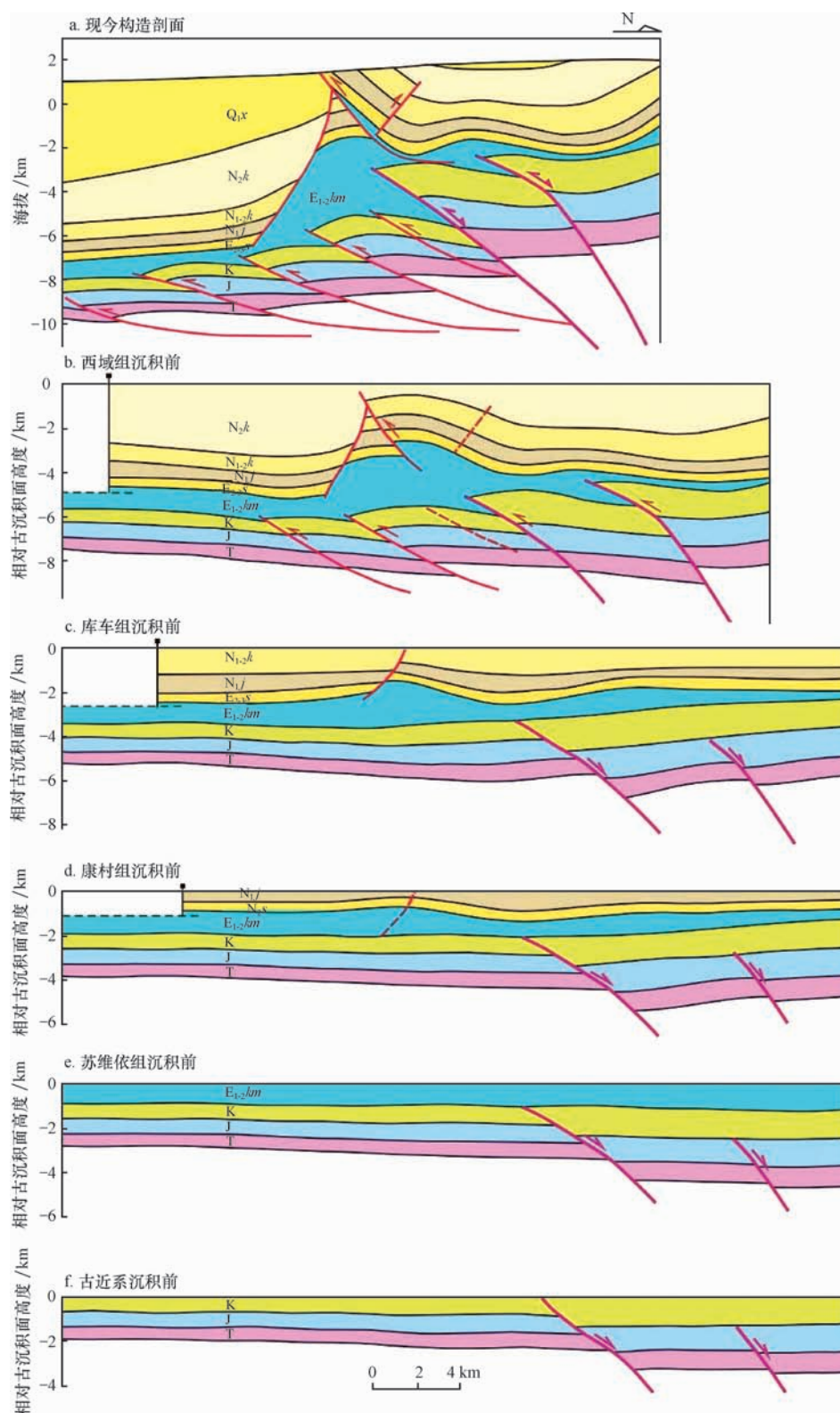


图9 穿过克拉苏构造带克深区段构造演化剖面

Fig. 9 Structural evolution sections across Bozi-Tubei segment of Kelasu structure belt

穿底辟和刺穿底辟相关构造,前者包括同生褶皱和同生断层,后者包括刺穿核边缘凹陷、龟背构

造、刺穿核相关断层和潜盐火山顶部不整合。

4) 库车坳陷盐上层中新世发育盐岩层底辟

控制的构造变形,上新世区域挤压作用形成褶皱构造变形,第四纪褶皱变形进一步加强并发育逆冲断层,导致早期褶皱的破坏。

参 考 文 献

- [1] 雷刚林, 谢会文, 张敬洲, 等. 库车坳陷克拉苏构造带构造特征及天然气勘探[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(6): 816-820.
Lei Ganglin, Xie Huiwen, Zhang Jingzhou, et al. Structural features and natural gas exploration in the Kelaasu structural belt, Kuqa Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(6): 816-820.
- [2] 刘志宏, 卢华复, 贾承造, 等. 库车再生前陆盆地的构造与油气[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 297-302.
Liu Zhihong, Lu Huaifu, Jia Chengzao, et al. Structures and hydrocarbon accumulation in Kuqa rejuvenated foreland basin[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(4): 297-302.
- [3] 田作基, 宋建国. 塔里木库车新生代前陆盆地构造特征及形成演化[J]. 石油学报, 1999, 20(4): 7-13.
Tian Zuoj, Song Jianguo. Tertiary structure characteristics and evolution of Kuche foreland basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 1999, 20(4): 7-13.
- [4] 何登发, 李德生. 塔里木盆地构造演化与油气聚集[M]. 北京:地质出版社, 1996: 1-171.
He Dengfa, Li Desheng. Tectonic evolution and hydrocarbon accumulation in Tarim Basin [M] Beijing: Geological Publishing Hous, 1996: 1-171.
- [5] 贾承造. 塔里木盆地中生代构造特征与油气[M]. 北京:石油工业出版社, 2004: 1-229.
Jia Chengzao. Characteristics of tectonics and petroleum of Mesozoic in the Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 1-229.
- [6] 沈军, 吴传勇, 李军, 等. 库车坳陷活动构造的基本特征[J]. 地震地质, 2006, 28(2): 269-278.
Shen Jun, Wu Chuanyong, Lijun, et al. The basic features of the active tectonics in the Kuqa Depression of the southern Tianshan[J]. Seismology and Geology, 2006, 28(2): 269-278.
- [7] 漆家福, 雷刚林, 李明刚, 等. 库车坳陷克拉苏构造带的结构模型及其形成机制[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33(1): 57-64.
Qi Jiafu, Lei Ganglin, Li Minggang, et al. Analysis of structure model and formation mechanism of Kelaasu structure zone, Kuqa Depression[J]. Geotectonica Et Metallogenia, 2009, 33(1): 57-64.
- [8] Bahroudi A, Koyi H A. The effect of spatial distribution of Hormuz salt on deformation style in the Zagros fold and thrust belt: an analogue modeling approach[J]. Journal of the Geological Society, 2003, 160(5): 719-733.
- [9] Costa E, Vendeville B B. Experimental insights on the geometry and kinematics of fold-and-thrust belt above weak, viscous evaporitic decollement[J]. Journal of Structural Geology, 2002, 24(11): 1729-1739.
- [10] Mitra, S. Fold-accommodation faults[J]. AAPG. Bulletin, 2002, 86(4): 671-693.
- [11] 汤良杰, 金之钧, 贾承造, 等. 库车前陆褶皱—冲断带前缘大型盐推覆构造[J]. 地质学报, 2004, 78(1): 17-25.
Tang Liangjie, Jin Zhijun, Jia Chengzao, et al. A large-scale salt nappe complex in the Leading edge of the Kuqa foreland fold-thrust belt, Tarim Basin, Northwest China [J]. Acta Geologica Sinica. 2004, 78(1): 17-25.
- [12] 金文正, 汤良杰, 王清华, 等. 库车坳陷西段的逆冲推覆距离研究[J]. 地质学报, 2007, 81(2): 181-186.
Jin Wenzheng, Tang Liangjie, Wang Qinghua, et al. Displacement of a thrust in the western Kuqa Depression[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(2): 181-186.
- [13] 汪新, 唐鹏程, 谢会文, 等. 库车坳陷西段新生代盐构造特征及演化[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33(1): 120-127.
Wang Xin, Tang Pengcheng, Xie Huiwen, et al. Cenozoic salt structures and evolution in the western Kuqa Depression, Tarim Basin, China [J]. Geotectonica Et Metallogenia, 2009, 33(1): 120-127.
- [14] 王清晨, 张仲培, 林伟. 库车盆地—天山边界的晚第三纪断层活动性质与应力状态[J]. 科学通报, 2003, 48(24): 2553-2559.
Wang Qingchen, Zhang Zhongpei, Lin Wei. Feature and stress field of Late Cenozoic faults activity in the Kuche Basin [J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48(24): 2553-2559.
- [15] 黄少英, 王月然, 魏红兴. 塔里木盆地库车坳陷盐构造特征及形成演化[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 22(1): 117-123.
Huang Shaoying, Wang Yueran, Wei Hongxing. Characteristics of salt structures and its evolution in Kuqa Depression, Tarim Basin [J]. Geotectonica Et Metallogenia, 2009, 22(1): 117-123.
- [16] 漆家福, 雷刚林, 李明刚, 等. 库车坳陷—南天山山过渡带的收缩构造变形模式[J]. 地学前缘, 2009, 16(3): 120-128.
Qi Jiafu, Lei Ganglin, Li Minggang, et al. A model of contractional structure for transition belt between Kuche Depression and Southern Tianshan Uplift [J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(3): 120-128.

(编辑 董立)