

塔北隆起-库车坳陷西段差异构造变形特征及其控制因素

张宁宁¹, 侯连华¹, 何登发², 王青¹, 李浩武¹, 周超¹

ZHANG Ningning¹, HOU Lianhua¹, HE Dengfa², WANG Qing¹, LI Haowu¹, ZHOU Chao¹

1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;

2. 中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100083

1. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China;*

2. *School of Energy Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China*

摘要:塔北隆起-库车坳陷是塔里木盆地重要的油气富集区,探讨区域构造特征及主要控制因素对油气勘探具有重要意义。利用地球物理资料,应用生长地层及应力学分析方法对研究区地震剖面进行解释与复原,并对区域内主要新生界生长构造发育的时序进行界定。研究表明,区内东西段构造挤压时间及变形特征存在明显差异。新生界挤压构造发育时间自东向西由早到晚,沿古近系滑脱面,新生界构造变形自北部向盆内传播的距离差别显著:西段传播距离较远,东段较近;西部滑脱构造发育,冲断构造较少,中、东部相反,新生界构造变形局限于库车坳陷内。通过综合对比分析,造山带挤压背景下区域内古应力场在古近纪后发生明显的逆时针压扭,古近系膏泥岩层为构造变形向盆内传播提供了重要条件,大型冲断构造的发育及坳陷转换带基底的挠曲有效地释放分解了来自北部的挤压作用,这是区内构造特征东西差异的主要原因。

关键词:生长地层;构造变形特征;控制因素;塔北隆起-库车坳陷

中图分类号:P618.130.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2017)04-0616-08

Zhang N N, Hou L H, He D F, Wang Q, Li H W, Zhou C. Structural characteristics and controlling factors in western Tabei uplift-Kuqa depression area, Tarim Basin. *Geological Bulletin of China*, 2017, 36(4):616-623

Abstract: The Tabei uplift-Kuqa depression area is an important area of petroleum accumulation. The research results obtained by the authors contribute to oil and gas exploration by studying the structural characteristics and controlling factors in this area. Based on the seismic profiles, the authors interpreted the seismic activity and reconstructed the section, and then analyzed the structural features and characteristics of growing strata. The results show that the time of the growing structure development is earlier in the east than in the west, and the spread distance of the tectonic deformation from north to south varies significantly. Detachment structures are well developed in the west where the spread distance is longer than that of the east section. In contrast, the spread distance in the east section is limited in Kuqa depression area. Based on a comprehensive analysis, the compression-shearing in this area was characterized by right-handed rotation after the Paleogene; in the Paleogene gypsum and mudstone layers, well-developed thrust structures and the basement flexure constituted the principal factors which impacted the tectonic deformation structure styles from east to west in this area.

Key words: growing strata; tectonic deformation structure; controlling factors; Tabei uplift-Kuqa depression

塔北隆起-库车坳陷位于塔里木盆地北部,是南天山前重要的坳-隆构造单元。现今构造形态主要定型于库车再生前陆盆地演化阶段,塔北隆起成

为库车再生前陆盆地的前隆。两大构造单元在几何学、运动学与动力学成因上具有一致性,目前围绕塔北隆起与库车坳陷开展了较多研究,基本揭示

收稿日期:2016-10-18;修订日期:2017-03-16

资助项目:国家科技重大专项《全球油气资源评价与选区选带研究》(编号:2016ZX05029)

作者简介:张宁宁(1987-),男,硕士,工程师,从事新项目勘探评价相关工作。E-mail: zhangningning@petrochina.com.cn

了区域盆地耦合特点^[1-3]、坳陷内部差异构造变形及库车坳陷-塔北隆起盖层的变形特征^[4-8],塔北隆起的构造变形特征与库车坳陷密切相关。目前对于塔北隆起的叠加构造特征、构造样式及成因机制有较深入的研究,塔北隆起西部经历多期构造演化,以三叠系为界形成上、下 2 套主要构造层;垂向上叠加深、浅层 2 组断裂系统,深层断裂系统为基底逆冲断裂,发育冲断构造、背冲构造组合,浅层发育正断层断裂系统,膏盐层的分隔导致了上下构造样式的不协调及其分层性特征^[9-13]。前人的研究未将塔北隆起与库车坳陷这两大构造单元作为一个整体考虑,对于盆内坳-隆单元构造变形差异性及其控制因素探讨也较少。本文以库车坳陷-塔北隆起西段为研究对象,选取区域典型地震剖面进行解释对比,以探讨研究区的构造特征差异性及其主要控制因素。

库车坳陷内发育了巨厚新生代地层,生长地层广泛发育,地层特征明显。利用生长地层分析方法可以有效地界定相关构造的活动时间及期次,在库车坳陷、塔北隆起及天山北缘前陆冲断带得到了很好应用^[14-19]。本文以区域地震资料为基础,选取研

究区东、中、西 3 条垂直构造走向的剖面进行解释,对比分析区域内坳-隆构造特征及差异性。通过层位标定,追踪新生界生长地层发育特征,分析界定新生界生长构造发育的时间序列,最后综合区域构造特征,结合力学分析方法等,探讨区内差异构造变形特征及其主要控制因素。

1 区域构造地质背景

研究区位于塔北隆起-库车坳陷区西部,北邻南天山,西侧为温宿凸起,南部被阿瓦提凹陷及满加尔凹陷环绕(图 1),大致沿 NEE 向展布。该地区在塔里木叠合盆地演化进程中经历了多期次构造变革,现今构造特征是在经历了库车再生前陆盆地阶段后定型的,塔北地区主体已经成为库车再生前陆盆地的斜坡。区域从上至下发育中、新生界陆源碎屑岩及古生界海相地层,自上而下依次发育第四系、新近系、古近系、白垩系、侏罗系、三叠系、二叠系及古生界,地层厚度达 10000 多米。区域发育古近系库姆格列木群膏岩层,岩性主要为膏岩盐、膏泥岩及泥岩,库车坳陷内厚度大分布广,部分地区达 3000m,在区域挤压作用下,膏岩层发生塑性流

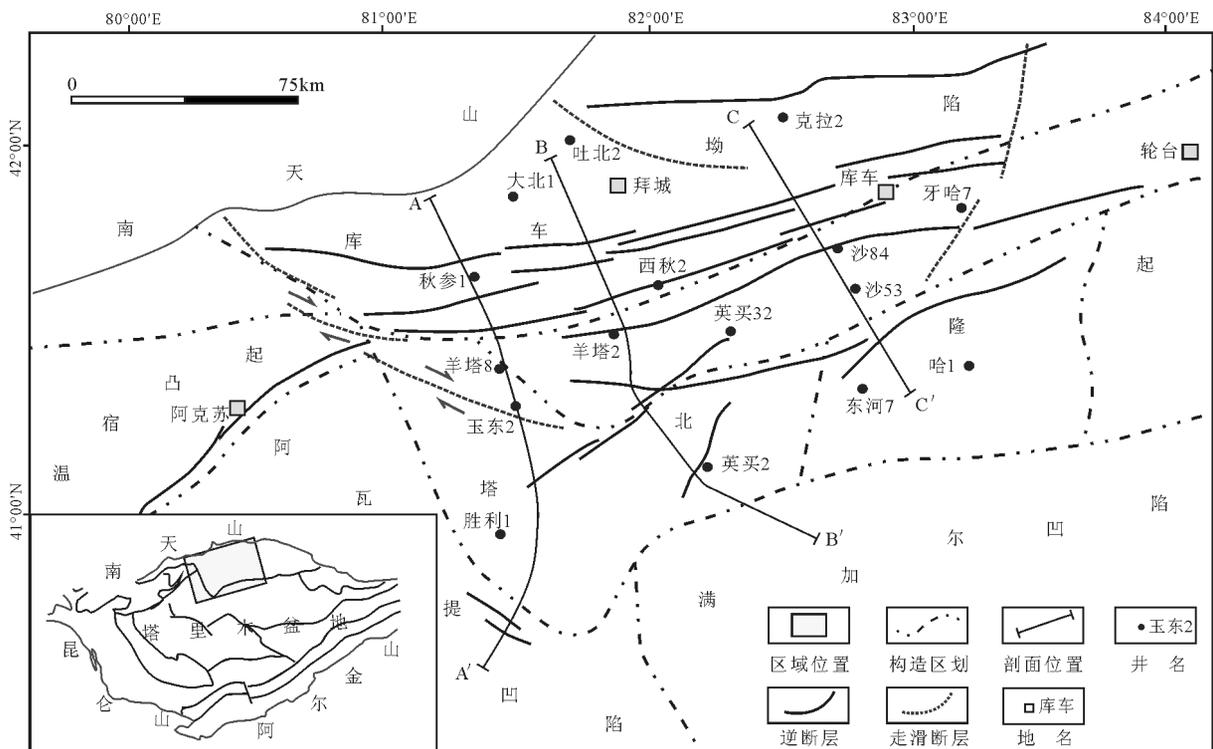


图 1 研究区位置及构造纲要图

Fig. 1 Location and tectonic units of the study area

动,盐相关构造十分发育。

区域中、新生界构造变形在平面上具有连续性,从库车坳陷“五带三凹”格局到塔北隆起纵弯背斜的出现^[20-22],体现了作为一个有机整体在构造变形上的一致性。库车坳陷演化过程经历了晚二叠世—三叠纪的前陆盆地、侏罗纪—古近纪的伸展坳陷盆地和新近纪—第四纪陆内前陆盆地演化阶段^[23-25]。塔北隆起是紧邻库车坳陷的隐伏古隆起,在库车再生前陆盆地演化阶段以前经历了克拉通古隆起与早期前陆隆起阶段,进入库车前陆盆地演化阶段之后,区域进入稳定沉积阶段,晚期受印度板块与欧亚板块碰撞的远程构造影响,塔北隆起区域成为再生前陆盆地北倾斜坡带的一部分^[26-28](图2)。

2 构造特征

研究区以收缩构造变形为主(图3),西段地震剖面(A-A')经过库车坳陷西部和塔北玉东地区向南进入阿瓦提凹陷。剖面特征显示,库车坳陷内挤压作用强烈,古生界、中生界沿新生界底面膏泥岩软弱层发育楔入冲断构造,库姆格列木群以上地层沿膏泥岩层向上高角度突破,发育冲断盐席,断层上盘发育新生界生长构造;西段南部塔北地区沿古近系膏岩层发育羊塔8井区、玉东2井区滑脱背斜。

中段剖面(B-B')库车坳陷内也表现为大型冲断层的发育,断层下盘膏泥岩层增厚明显,且加厚现象较东段明显北移。剖面上部中新生界轻微北倾,北部坳陷及塔北隆起大部分角度平缓,靠近山前中新生界开始急剧变陡,大型滑脱背斜构造发育。东段剖面(C-C')构造变形主要体现在库车凹陷一侧,构造复杂,古近系以上地层由于盐相关滑脱构造急剧隆升,冲出地表,区域冲断构造大量发育,相反在塔北一侧变形较弱。

研究区古生界逆冲断层发育,塔北地区主要表现为大型的Y型断裂样式,库车坳陷内则表现为逆冲叠瓦构造,变形强烈,区域古生界主体南倾,塔北地区北部基底在库车坳陷一侧挠曲下沉,有效分解了来自北部造山带的挤压影响。区域中寒武统也发育膏泥岩,在早期挤压作用下英买2井区也发育多个古生界滑脱褶皱(图3 B-B'剖面)。

3 生长构造特征

新生代以来库车坳陷内沉积了数千米厚的地

层,生长地层十分发育,有效地记录了构造隆升变形过程,为研究区域挤压构造发生时间与活动期次提供了重要依据。

喜马拉雅期以来区域挤压作用控制了新生界生长构造的发育,以古近系库姆格列木群(E_{1-2km})膏岩层为界,上部依次为苏维依组(E_{2-3S})、吉迪克组(N_j)、康村组(N_{ik})、库车组(N_k)与西域组(Q_{ix})。通过地震反射特征及构造变形分析,地震剖面上新生界发育a、b、c、d、e、f六个主要生长构造区,受限于剥蚀程度及地震剖面反射精度,本文选取a、c、d、f四个生长构造区进行分析,利用区域多口井的层位标定,追踪生长地层界面,分析区内东—西段主要构造活动的发育时间及期次(图4)。

A-A'剖面选取a、c两个生长构造,a位于塔北隆起区,c生长构造靠近山前。通过生长地层上倾方向的厚度变化特征可以发现,a生长背斜在第四纪晚期才开始发育,发育较晚;c区域生长地层在第四纪中期开始发育,第四纪加速发育,体现了晚期南天山的快速隆升过程(图4)。在喜马拉雅期挤压背景下,研究区西段在山前快速隆升,冲断构造发育,随着挤压作用的持续,应力向盆内传递,塔北隆起中新生界沿古近系软弱层滑脱扩展,第四纪中晚期,新生界构造变形传递至玉东2井区域(图3),山前带应力作用急剧变强,生长构造快速发育,同时也在山前也识别出地层上超的特征,表明这一时期的隆升速率明显大于沉积速率。

通过对中段剖面d生长层面的追踪分析,其在中新世中晚期开始发育,构造开始发育时间较西段早,快速发育时间则在康村组沉积后,其生长构造发育与下伏膏泥岩加厚同期。d生长构造发育时间明显早于西段生长构造,表明来自北部的挤压起始时间早于西段(图3)。

东段剖面F生长构造主要发育在库车拜城凹陷内,地震剖面特征揭示,其在中新世早期就开始发育,向上倾方向生长地层减薄趋势明显,体现了研究区东部的构造挤压发生的更早、更剧烈,库车山前的多级冲断复杂结构也体现了这一特点(图3剖面C-C')。

4 区域差异构造特征控制因素讨论

通过对研究区东、中、西段3条区域剖面对比可以看出,其地质结构既有相似性又有明显的差异。

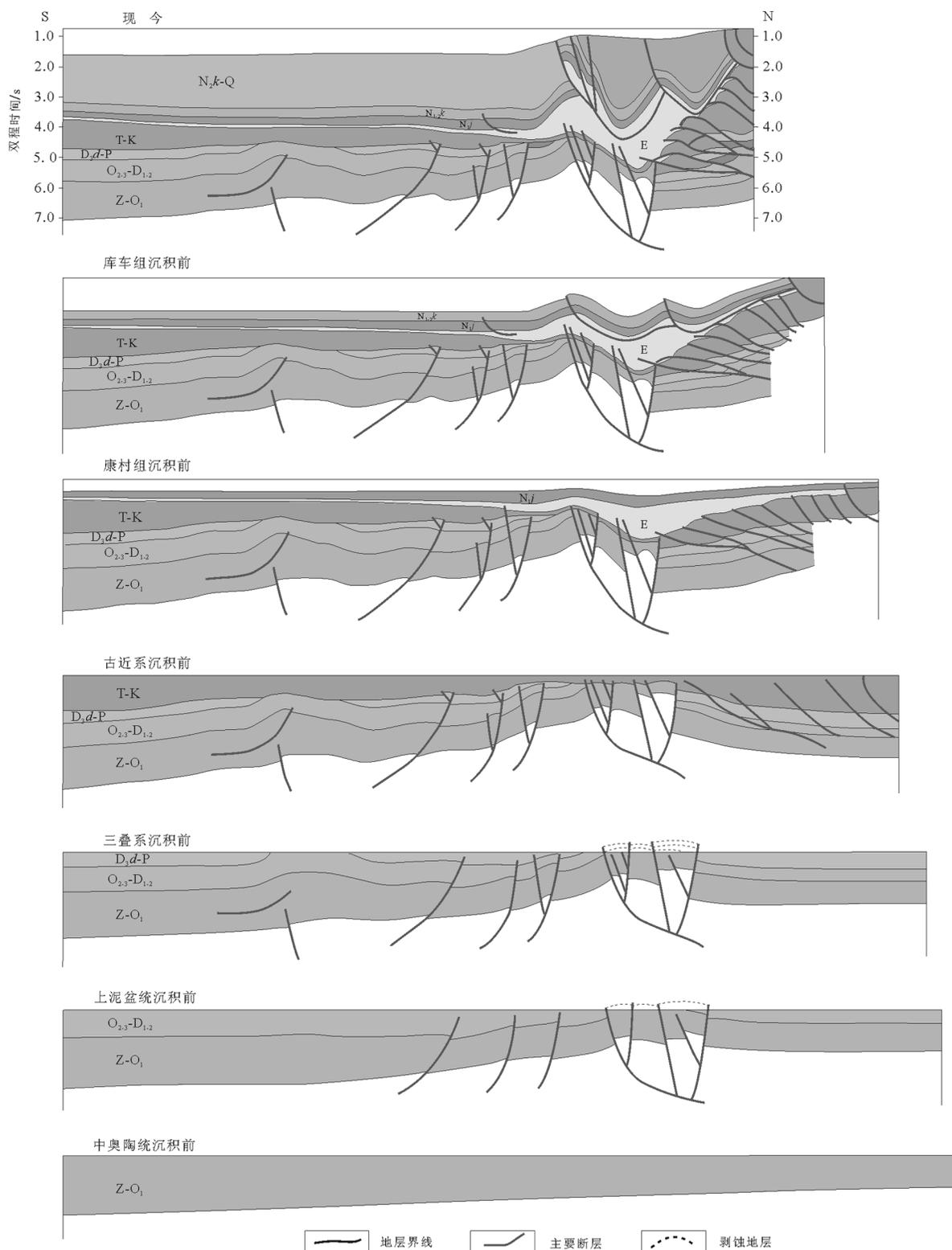


图 2 B-B'剖面构造复原(剖面位置见图 1)

Fig. 2 Tectonic restoration of B-B' section in western Tabei uplift-Kuqa depression
 Z-O₁-震旦系-下奥陶统; O_{2,3}-D_{1,2}-中奥陶统-中泥盆统; D₃-P-上泥盆统-二叠系; T-K-三叠系-白垩系; E-古近系; N_j-吉迪克组; N_{1,k}-康村组; N_k-Q-库车组-第四系

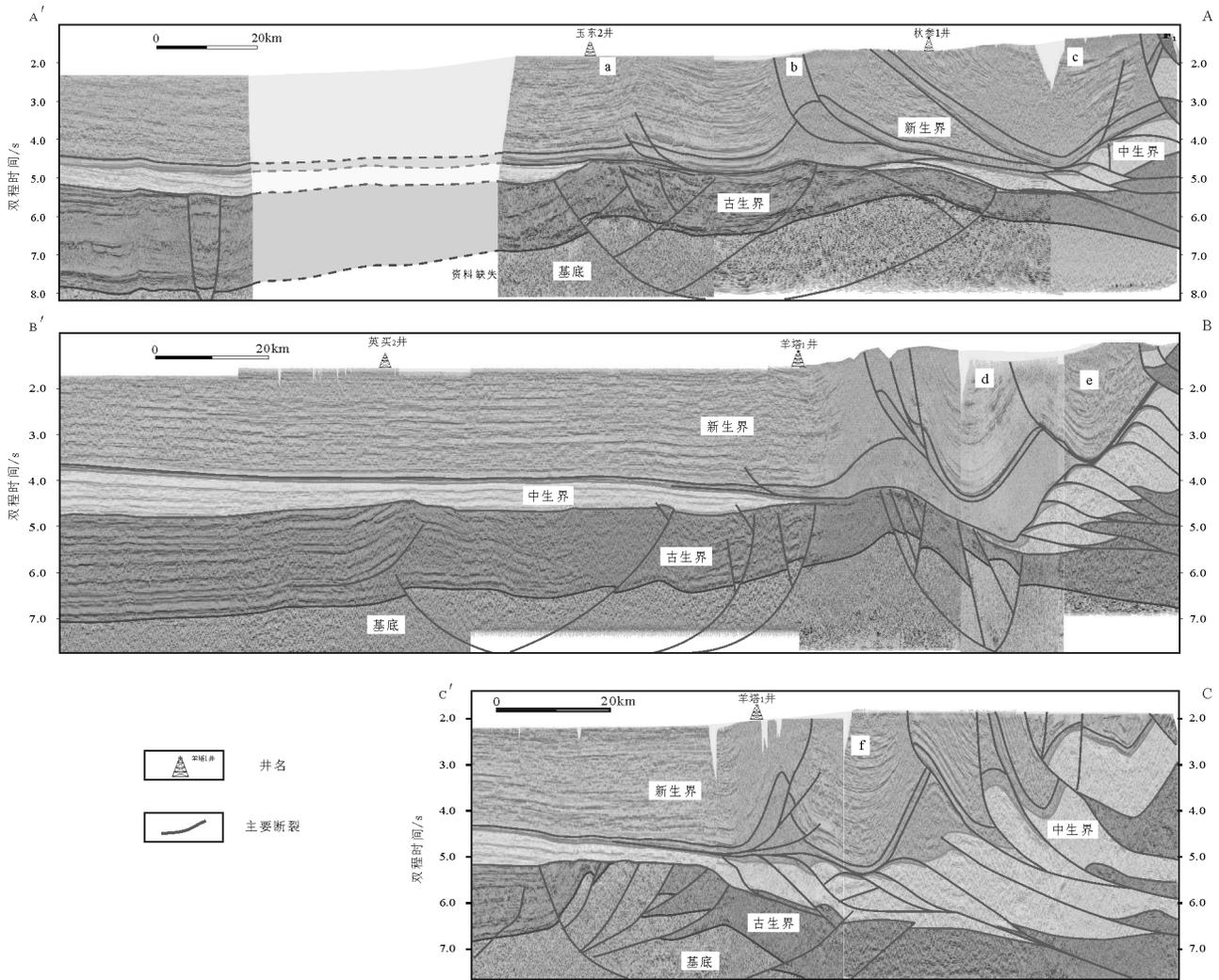


图3 塔北隆起-库车坳陷西段地震剖面特征(剖面位置见图1, a~f为生长构造区)

Fig. 3 Seismic section features in the study area

3条剖面在垂向上都叠加了深、浅2套构造层,以三叠系不整合为界,上部中、新生界表现为轻微北倾形态,靠近山前冲断体系发育。但是,研究区沿古近系滑脱面构造变形向盆内传播的距离差别显著,主要表现在西段传播较远,发育多个滑脱构造,而中、东段相反,构造变形局限于坳陷内,区域挤压作用下坳陷转换带基底北翼挠曲北倾,中段剖面表现强烈,东段、西段则体现为叠瓦构造。

造成这种差异的主要原因在于,东段在山前与坳陷内大型冲断层十分发育,靠近山前由于挤压剧烈,断层向上高角度突破,部分应力在山前和坳陷内释放,中段也发育大型冲断层,基底北翼挠曲下

沉也分解了部分挤压应力。研究区西段则相反,冲断层与基底挠曲发育程度偏低,构造变形得以向盆内继续传播(图5、图6)。

在研究区叠加构造特征中,古近系膏泥岩软弱层具有重要作用,其作为滑脱面为上部地层结构变形并向盆内传播提供了重要的条件。通常,古生界的碳酸盐岩地层相对于中新生界岩层,其刚性较强,上覆岩性尤其是古近系普遍发育的膏泥岩岩性较弱,层间存在不均质性,挤压作用导致古近系滑脱,膏泥岩增厚,滑脱层上部的吉迪克组、康村组、库车组等同步褶皱变形,生长构造发育。

生长地层可以有效地指示构造的活动时间期

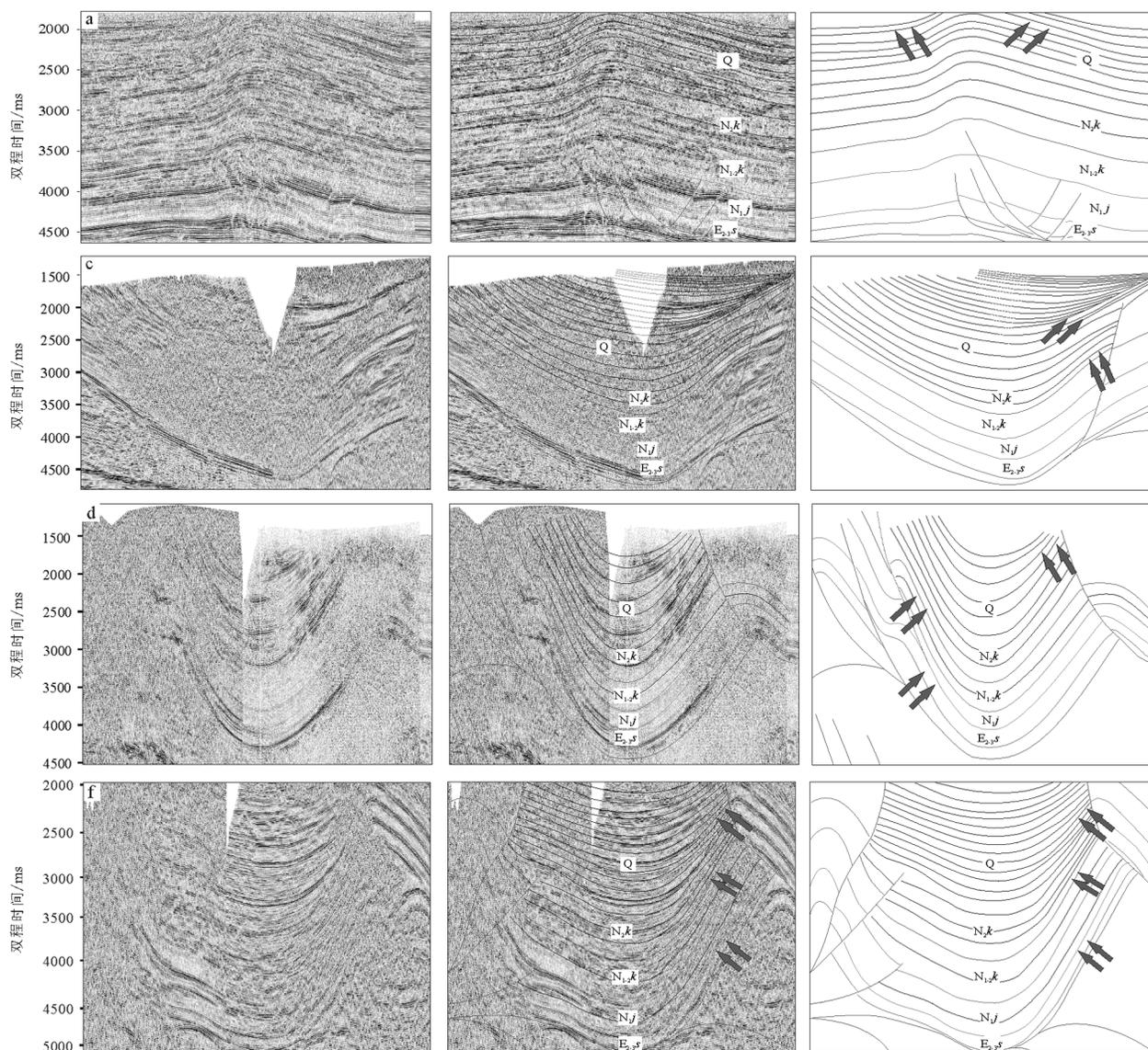


图 4 研究区新生界主要生长构造特征
(a、c、d、f为选取的生长构造地震反射特征(具体位置见图3);
图中箭头为生长构造开始发育时间)

Fig. 4 Growing strata features in western Tabei uplift-Kuqa depression
E_{2-3s}—苏维依组;其他地层代号注释同图2

次,研究区东段靠近山前区域,生长构造发育较早,西段较晚,体现了区域挤压作用东段早于西段;西段剖面靠近山前生长构造发育时间较早,向盆地方向的南部发育较晚,体现了构造变形由造山带向盆内传播的过程,对研究区主要生长构造发育时间序列的厘定表明,库车再生前陆盆地阶段,来自北部的挤压应力存在左旋压扭作用。库车盆地内部的挤压逆冲既有NNW—SSE向,又有

NW—SE向,且后者晚于前者,这也是构造变形的具体体现。

5 结论与认识

(1)库车坳陷-塔北隆起是塔里木盆地北部重要的坳陷单元,其构造变形特征与南天山的隆升密切相关,新生代以来,在挤压背景下,塔北隆起-库车坳陷区域在山前快速隆升。生长构造显示,研究

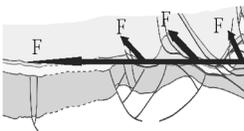
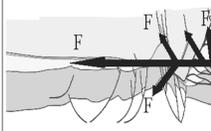
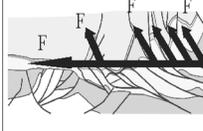
生长构造特征	剖面A-A'		剖面B-B'	剖面C-C'
	a	c	d	f
生长构造发育时间	第四纪晚期		第四纪中期	中新世中晚期
应力分解				
变形传播距离	较长		较短	较短
构造特征	沿滑脱面传播较远, 大型冲断层发育少		大型冲断层发育, 基底北翼挠曲下沉	冲断层较多, 挤压应力在坳陷内释放

图5 研究区东、中、西段主要构造特点对比
(地层代号同图2和图4)

Fig. 5 The main different characteristics in the east, middle and western sections of the study area

区东段在中新世早期就开始挤压隆升, 中段山前生长构造开始发育时间为中新世中晚期, 西段则为第四纪中期, 区域内新生界生长构造开始发育时间自东向西由早到晚。

(2)沿古近系滑脱面, 新生界构造变形自北部向盆内传播的距离差别显著: 西段传播距离较远, 东段较近, 其新生界构造变形仅局限于库车坳陷内, 研究区西部滑脱构造较为发育, 冲断构造较少,

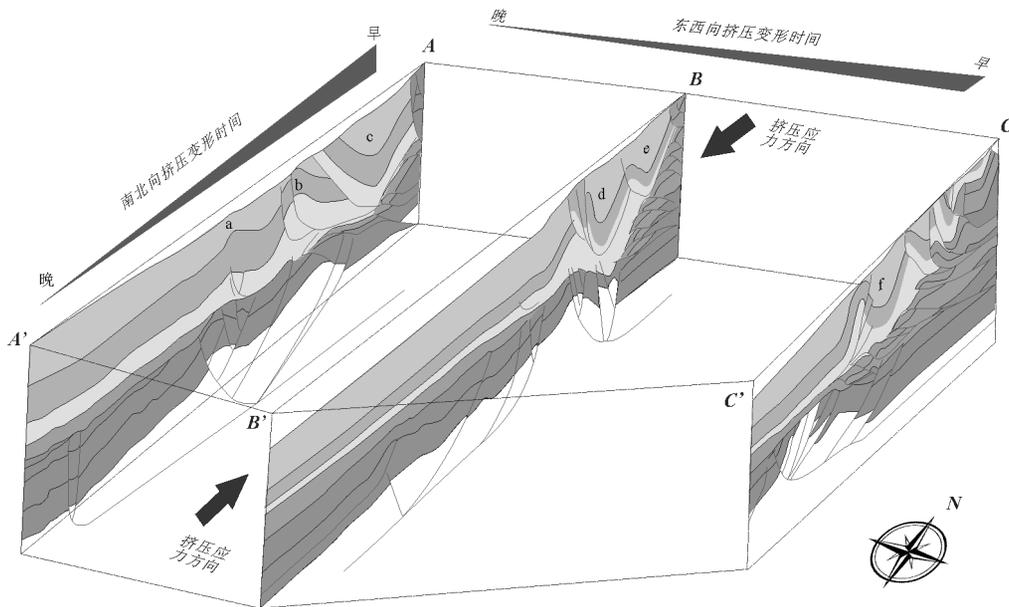


图6 塔北隆起-库车坳陷西段地质结构空间示意图

Fig. 6 Structure characteristics in western Tabei uplift- Kuqa depression

中、东部地区则相反。

(3)区域大型冲断层的发育及基底的挠曲可以有效地释放及分解来自造山带的挤压应力,古近系膏泥岩等软弱层的存在为区域结构分层滑脱变形提供了重要条件,这些因素是导致区内构造差异的重要控制因素,同时在造山带挤压背景下区域内古应力场在古近纪后发生明显的逆时针压扭作用。

致谢:在地震构造建模方面得到中国地质大学(北京)孙方源老师的大力支持与帮助,并进行了多次有益的讨论,获益匪浅,在此表示衷心感谢。

参考文献

- [1]王清晨,李忠.库车-天山盆山系统与油气[M].北京:科学出版社,2007.
- [2]王清晨,王道轩,晚新生代天山隆升与库车坳陷构造转换的沉积约束[J].科学通报,2003,1:38-45.
- [3]曲国胜,张宁,刘洁,等.塔北隆起-库车坳陷区中新世代基底-盖层构造变形机理[J].地质通报,2004,23(2):113-119.
- [4]何文渊,李江海,钱祥麟,等.塔里木盆地北部隆起负反转构造成因机制探讨[J].地质科学,2001,36(2):234-240.
- [5]汤良杰,金之钧,张一伟,等.塔里木盆地北部隆起负反转构造及其地质意义[J].现代地质,1999,13(1):93-99.
- [6]何登发,周新源,张朝军,等.塔里木多旋回叠合盆地地质结构特征[J].中国石油勘探,2006,1:31-41.
- [7]谢会文,李勇,郭卫星,等.塔里木盆地库车坳陷中段盐上层构造特征[J].石油与天然气地质,2011,32(54):768-776.
- [8]徐振平,李勇,马杰玉,等.库车坳陷中部新生代构造变形机制与演化[J].新疆地质,2011,29(1):37-42.
- [9]陈楚铭,卢华复,王国强,等.塔里木盆地塔北隆起叠加构造分析[J].高校地质学报,1998,(3):294-302.
- [10]魏国齐,贾承造,施央申,等.塔北隆起北部中新界张扭性断裂系统特征[J].石油学报,2001,22(1):20-24.
- [11]崔泽宏,王志欣,汤良杰.塔北隆起北部叠加断裂构造特征与成因背景分析[J].中国地质,2005,32(3):378-385.
- [12]宋岩,洪峰,夏新宇,等.异常压力与油气藏的同生关系——以库车坳陷为例[J].石油勘探与开发,2006,33(3):303-308.
- [13]程海艳,李江海,赵星.塔北隆起古生代构造样式和构造反演[J].中国地质,2009,36(2):314-321.
- [14]卢华复,贾东,陈楚铭,等.库车新生代构造性质和变形时间[J].地质前缘,1999,6(4):215-221.
- [15]方世虎,郭召杰,张志诚,等.天山北缘前陆冲断带形成时间的地层学证据[J].新疆地质,2004,22(1):24-29.
- [16]方世虎,郭召杰,张志诚,吴朝东.中新世代天山及其两侧盆地性质与演化[J].北京大学学报(自然科学版),2004,6:886-897.
- [17]郭召杰,方世虎,张锐,等.生长地层及其在判断天山北缘前陆冲断褶皱带形成时间上的应用[J].石油与天然气地质,2006,4:475-481.
- [18]万桂梅,汤良杰,金文正.库车坳陷西里塔格构造带新生代沉降史分析[J].吉林大学学报(地球科学版),2006,36(增刊1):19-23.
- [19]张宁宇,何登发,孙方源,等.塔里木盆地塔北隆起英买2号背斜的成因机制与构造模型[J].地质科学,2013,1:133-148.
- [20]汪新,王招明,谢会文等.塔里木库车坳陷新生代盐构造解析及其变形模拟[J].中国科学:地球科学,2011,12:1655-1668.
- [21]孙龙德,李曰俊,宋文杰,等.塔里木盆地北部构造与油气分布规律[J].地质科学,2002,增刊:1-13.
- [22]卓勤功,赵孟军,李勇,等.膏盐岩盖层封闭性动态演化特征与油气成藏——以库车前陆盆地冲断带为例[J].石油学报,2014,5:847-856.
- [23]何登发,贾承造,李德生,等.塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化[J].石油与天然气地质,2005,26(1):64-77.
- [24]张光亚,陈发景,汪新文.塔北地区变形样式及其分布规律[J].地球科学,1994,19(6):755-768.
- [25]李曰俊,杨海军,赵岩,等.南天山区域大地构造与演化[J].大地构造与成矿学,2009,33(1):94-104.
- [26]贾承造.中国塔里木盆地构造特征与油气[M].北京:石油工业出版社,1997:238-370.
- [27]田作基,宋建国.塔里木库车新生代前陆盆地构造特征及其形成演化[J].石油学报,1999,20(4):7-13.
- [28]徐国强,刘树根,李国蓉,等.塔中、塔北古隆起形成演化及油气地质条件对比[J].石油与天然气地质,2005,26(1):114-121.