

文章编号:1000-0550(2001)03-0433-07

青藏高原东北部旋卷(扭)构造变形遥感探测 及其地球动力学与油气地质意义

李相博¹ 王新民¹ 袁剑英¹ 马龙¹ 靳久强² 于均民¹ 晁吉俊¹

1 (中国石油勘探开发科学研究院西北分院 兰州 730020)

2 (中国石油勘探开发科学研究院地质研究所 北京 100083)

摘要 利用遥感技术,在青藏高原东北部发现了祁连山西段旋卷构造、柴北缘赛什腾山旋卷构造、柴达木西南祁漫塔格山弧形扭动构造及祁连东部大型旋卷构造等四个旋卷(扭)构造。分析了这些旋卷(扭)构造产生的地球动力学机制及其与油气运移和聚集之间的关系,并指出这些发现对青藏高原大陆动力学研究具有重要的科学意义,也对这一地区今后的油气勘探工作具有重要的现实意义。还指出 Tapponnier 的“走向滑移线场和构造逃逸理论”存在两点明显不足,补充和完善了该理论。

关键词 青藏高原 遥感 旋卷(扭)构造 地球动力学 油气

第一作者简介 李相博 男 1965年出生 硕士 遥感技术应用与大地构造

中图分类号 P541 **文献标识码** A

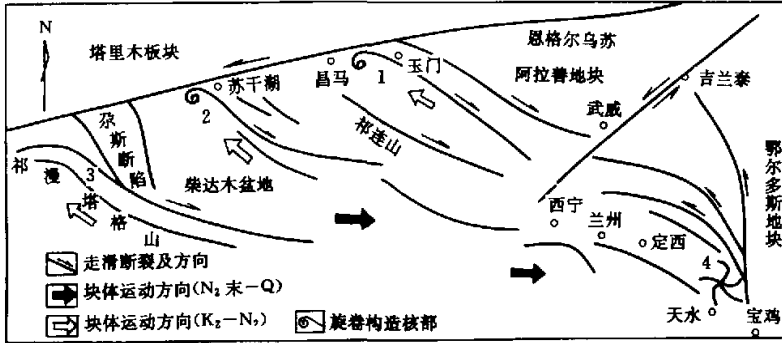
青藏高原的形成是晚近时期地球历史上最重大的地质事件之一,它不仅对中国乃至亚洲产生了广泛而深刻的影响,与资源和环境问题密切相关,而且还是目前全球唯一正在进行的陆陆碰撞造山带,被誉为“研究大陆动力学问题的最佳野外实验室”和“打开地球动力学大门的金钥匙”^[1],因而自八十年代以来一直是中外科学家广泛关注的热点之一。对其形成机制目前已提出了许多理论和模式^[1-10],但由于受研究技术手段和方法的限制,这些理论和模式来源的依据主要集中在某些重点剖面 and 个别重点地区,缺乏宏观研究的支持,因而至今还没有一个为人们公认的满意解释。有鉴于此,本文主要利用卫星遥感图象,分析研究青藏高原东北部的构造变形样式和运动学方式等特征,并探讨其形成的地球动力学过程及与油气运移、聚集之间的关系。

1 研究区概况及遥感技术优势

青藏高原东北部地域辽阔,包括了阿拉善地块以南、鄂尔多斯地块以西、中昆仑断裂以北和阿尔金断裂以东的广大地区。在地理地貌上,不是荒漠与黄土覆盖区,就是人迹难至的高海拔缺氧严寒地区,利用常规的科研手段很难发挥作用,而卫星遥感技术视域宽广,可全面而连续的反映地面景观,不受恶劣自然条件的影响,有利于进行大范围内的宏观观察与分析对比。

区内旋扭构造十分发育,前人利用常规手段对其做过一些研究,如陇西旋卷构造、柴达木盆地反“S”形旋卷构造等。前者是李四光教授提出的,但他认为陇西旋卷构造的核心位于兰州—民和一带,对其收敛与撒开方向也没有定论^[11]。甘肃省地质矿产局后来对此做了大量工作,但它们认为向北西方向收敛、向南东方向撒开,各旋回面为顺时针扭动^[12]。后来兰州地震研究所李龙海经过大量考察,提出过相反意见^[13],但他未指出该旋卷构造的核心,也未对其形成机制做深入探讨。柴达木盆地反“S”旋卷构造及盆地西南缘祁漫塔格山反“S”扭动构造均是孙殿卿教授于1956年首先提出的^[14],后来他又做了进一步的论述^[15],但由于受当时技术手段及勘探程度的限制,对这些构造的完整性认识不够,致使后来(特别是近二十年以来)很少有人承认这些反“S”形构造属于旋卷构造,多数人都认为它们是阿尔金断裂左旋活动而产生的一般扭动构造。

作者利用新一代遥感图象分析认为,陇西旋卷构造(由于对其认识与前人不同,下文称祁连东部旋卷构造,以示区别)各旋回层向北西方向撒开、向南东方向收敛,各旋回面为逆时针扭动,其核心位于天水莲花镇一带;柴达木盆地的旋卷构造是存在的,冷湖反“S”构造是柴北缘赛什腾山旋卷构造外围尾部部分,其头部或核部在小赛什腾山及昆特依凹陷一带;柴达木盆地



1. 西祁连旋卷构造; 2. 柴达木北缘旋卷构造; 3. 祁漫塔格旋卷构造; 4. 东祁连旋卷构造

图 1 青藏高原东北部旋卷(扭动)构造变形示意图(据遥感图像解译)

Fig. 1 Sketch map of vortex (shear) structure of the northeast of Qinghai-Tibet plateau
(According to interpretation of remote sensing image)

祁连山为祁漫塔格山顺时针扭动时在其外围形成的一个近南北向的拉分断裂,而油砂山构造带则相当于该旋扭构造的尾部。此外作者还发现了祁连山西段旋卷构造,并对上述四个旋卷(扭动)构造(位置见图 1)的形成机制以及它们与油气分布的关系进行了初步分析。

2 旋卷(扭)构造的卫星影像与空间特征

旋卷构造是扭动构造体系的一种形式,一般由核部和外围两部分组成,外围通常由弧形断裂、斜列褶皱组成;核部在造山带中表现为一个圆形或椭圆形的穹窿,在盆地中表现为一个圆形或椭圆的凹地,李四光将前者称为砥柱,后者称为旋涡,但对两者的关系他没有明确论述,作者研究认为二者可形成于同一构造作用下,常常相伴而生。

2.1 祁连山西段旋卷构造

该旋卷构造展布于阿尔金断裂东侧祁连山西端一带。其核部即砥柱部分位于北祁连西端照壁山一带,遥感图像上呈一醒目深色调团块状异常,内旋层明显呈逆时针旋转(旋回面为顺时针扭动)的环带状结构(图 2a, b),地层向左旋转约 270° ,主要由下、中奥陶统和志留系组成,局部残留有侏罗系及白垩系,变形强烈。1/20 万区测地质图上为一组弧形或半圆形的逆冲断裂。其外围尾部以反“S”形沿北祁连褶皱带向东南延伸。围绕砥柱的外围呈辐射状排列着三个残余拗陷和隆起:即昌马盆地、大坝拗陷、酒西盆地及阿尔金隆起、碱泉子—赤金堡隆起、北祁连西端隆起。酒西盆地青西拗陷紧靠砥柱的东北侧,仅新生界沉积就达 7 000 m。从古应力场分析,青西拗陷应是与该旋卷构

造同期同一构造作用形成的构造旋涡;老君庙、石油沟等斜列背斜则是同期形成的尾部扭动构造带。从残余白垩系分布、古构造背景及今构造格架来看,该旋卷构造形成于晚白垩世—第三纪。早白垩世时酒西、昌马、大坝应是连片沉积的统一盆地,只是后来受该旋卷构造的肢解才成为现今三个独立的盆地。

2.2 柴达木盆地西北缘赛什腾山旋卷构造

该旋卷构造位于苏干湖南小赛什腾山、大赛什腾山一带,其砥柱部分在遥感图像上表现为由一系列旋回面呈顺时针扭动,向北西方向弧形收敛、向南东方向撒开的压扭性断裂组成的一个精美图案(图 2c, d),卷入的地层主要有志留系和石炭系。其尾部为一组断裂及褶皱沿大赛什腾山呈反“S”形延伸,卷入的最新地层为新第三系。该旋卷构造的北侧为苏干湖盆地,南侧为柴北缘断陷带,包括昆特依凹陷及冷湖—南八仙构造带等。其中位于砥柱南侧的昆特依凹陷仅新生界就达 12 000 m,为旋卷扭动作用发生时与砥柱同时形成的一个负向旋涡构造;冷湖—南八仙构造带则为该旋卷构造尾部的反“S”形扭动部分。从残余地层分布及古构造背景分析,其形成时期与第一个旋卷构造大致相同。

2.3 柴达木盆地西南缘祁漫塔格山旋卷构造

该旋卷构造位于柴达木盆地西南缘祁漫塔格山一带,在平面上呈弧顶向北突出的弧形,由一系列相互平行、总体向南倾斜的次级断裂组成,其主断裂沿祁漫塔格山前分布,线性影象清晰,延续性好。西为阿尔金断裂所截,向东经乌图美仁—格尔木—偌木洪至香日德以南,呈北西—近东西向延伸 750 km 以上。从沉积和构造特征分析,该断裂为压扭性,具有多期活动的特点。由中上奥陶统和上三叠统及花岗岩体组成的逆

山、炭山—烟筒山、罗山—牛首山及青龙山等六个旋回褶皱带组成,在其内侧依次发育了六个中生代沉降带,它们是:民和—兰州—定西沉降带、海原—水泉—景泰沉降带、清水河—中卫沉降带、预旺—红寺堡沉降带、韦州—苦水河沉降带及惠安堡沉降带(图 2f)。每个褶皱隆起带的北东侧与沉降带之间有断面朝南倾的逆冲大断裂将它们分开,主要有:拉脊山北缘断裂、六盘山东麓—南西华山北麓大断裂;香山北麓大断裂、炭山—烟筒山东麓大断裂、罗山—牛首山东麓大断裂和青龙山东麓大断裂,它们均呈逆时针方向扭动^[13]。根据旋卷构造对白垩系以后的沉积地层及水系有明显的控制作用,表明是在燕山运动和喜山运动期间成生和发展起来的,至今仍有明显活动。

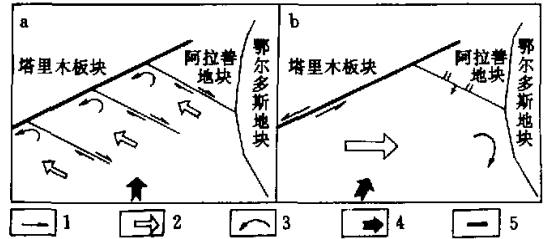
3 旋卷(扭)构造形成的地球动力学分析

旋卷(扭)构造的成因问题,过去曾有过一些讨论,李四光教授从地球自转速率的变化出发研究了其形成机制,认为是地球径向运动和纬向运动发展不平衡的产物^[11]。作者利用板块构造理论,分析认为其形成是由于板块边缘构造活动应力的远程效应作用于板内的结果。由于板内各构造单元以断裂形成分割,当外部应力作用时,形成通过断裂的扭动运动形式进行应力消减。

从研究区以往研究成果和 1:250 万《中国卫星影像图》分析看,现今青藏高原东北部构造格局的形成主要源于三种动力,一是白垩纪末期以来,印度板块向北俯冲、与欧亚板块碰撞,并呈一巨大的“M”型挤入欧亚板块南缘;二是新生代以来西伯利亚板块的强烈南移及与之有关的蒙古弧对印度板块的挤压形成阻挡作用;三是鄂尔多斯地块对青藏高原向东挤出的阻挡作用。这三种动力以前者为主,三者的共同作用使得青藏高原东北部处于巨大的压扭性应力场中并造成该区形成北西与北东东方向的两组配套的剪切断裂(或使老断裂复活):北东东向的阿尔金断裂以左行走滑为主;北西向或北北西向的龙首山南缘断裂、北祁连山断裂、中祁连山断裂及昆北断裂以右行走滑为主。但是,上述两组断裂并不是同时期同等程度的发育。由于动力边界条件的变化,在某一地质时期只能以某一组发育为主。进一步的研究表明^①,晚白垩世—第三纪主应力为近南北向,造成青藏高原北部一系列北西向右行走滑断裂十分发育,其结果是:一方面形成拉分盆地(如河西走廊第三纪的右旋右列式拉分盆地),另一方面,两条北西走向右行走滑断裂夹持下的块体在应力作用下向西运动时,必然存在左旋的趋势,当遇到塔里

木地块的阻挡时,更要向左旋转(图 3a),于是形成了祁连山西段、柴北缘赛什腾山、柴达木西南祁漫塔格山等一系列旋回面为右旋性质的旋卷构造(图 1)。而此时(第三纪),据地震剖面(剖面编号为 E198122)反映阿尔金断裂活动并不明显。

上新世以来主应力转为北北东—北东向,受区域应力场的这种变化和深部地质作用的双重影响^[10],原北西向的右行走滑断裂均转变为向北或向南的逆冲,从而形成现今西北地区“造山带背冲、盆地对冲”的构造奇观,也形成了著名的玉门砾岩和西域砾岩。阿尔金断裂此时(上新世以来)表现出强烈的左旋运动,并导致整个青藏高原北部向东逃逸,其结果是:一方面形成拉分盆地(如索尔库里第四纪的左旋左列式拉分盆



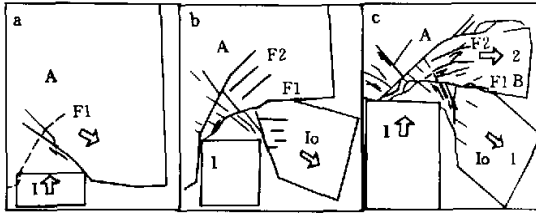
1. 断层走滑方向; 2. 块体运动方向;
3. 块体转动方向; 4. 区域应力场; 5. 阿尔金断裂
图 3 青藏高原东北部旋卷构造变形动力学分析图解
Fig. 3 Diagram of dynamic analysis of vortex structure in the northeast of Qinghai-Tibet plateau

木地);另一方面,当青藏高原向东逃逸遇到阿拉善和鄂尔多斯地块的阻挡时,必然产生旋回面为逆时针的旋转作用(图 3b),祁连东部至今仍在强烈活动的大型旋卷构造就是这一运动学过程的证据。

需要说明的是,法国地质学家 Tapponnier 和 Molnar^[3,4]将板块碰撞与滑移线场理论结合起来研究青藏高原的新构造变形现象和隆升机制,提出了走向滑移线场和逃逸构造理论。认为印度板块自南向北楔入引起的大陆形变类似于刚性体平面挤入塑性体所观测到和计算出的剪切滑移线的几何图形。图 5 是他根据遥感图象分析所做的一边为自由边界的模拟实验结果,从中可以看出,随着刚性体的挤入,剪切断裂开始形成,先形成右旋再出现左旋,然后左旋占了优势(图 4a、b、c)。这种左旋断层一直向自由边界延伸,随着刚性体的不断挤入,原先的 F1 左旋断层便改变了方向(图 4b、c),挤出的块体 1 发生顺时针旋转。在 F1 断层的上面依次会出现 F2 左旋断层及相应的右行滑移

① 王新民,李相博等. 蒙甘青地区中生代板块构造演化与含油气盆地综合研究报告. 2000

块体(图4b,c)。F2和F1分别相当于阿尔金和红河断裂,滑移块体相当于东南亚和中国南部地区。



I 印度; A. 亚洲; I. 东南亚; B. 华南;

F₁ 红河断裂; F₂ 阿尔金断裂; 大箭头表示挤压或挤出块体

图4 青藏高原构造变形模拟实验

(据 Tapponnier, 1982)

Fig. 4 Model experiment of structure deformation of Qinghai-Tibet plateau (after Tapponnier, 1982)

应该看到,走向滑移线场和构造逃逸理论比较好地解释了中国西部主要的构造格局和变形现象,正因为如此,该理论一提出便受到中外科学家的普遍接受。但也存在明显的不足之处,一是印度板块北缘并不是实验中的理想几何形态,而是为向北突出的“M”型;其向北挤入的主应力方向也不是恒定不变,而是脉动的,这一点在其它文献中也得到了证实^[8],因而该理论无法解释位于阿尔金断裂带附近由北西向右行走滑断裂活动引起的一系列旋回面具有旋性质的旋卷构造变形;二是认为青藏高原东部为完全自由边界,忽视了阿拉善和鄂尔多斯稳定地块与青藏高原北缘的地质差异性,因而该理论也无法解释祁连山东部旋卷扭动构造的出现。

综上所述,我们的发现及研究是对 Tapponnier 走向滑移线场和构造逃逸理论的补充和完善,相信会对中国西部大陆构造变形及动力学研究具有重要的科学意义。

4 旋卷(扭)构造的油气地质意义

在油气地质研究中,目前已经发现几乎所有的石油和天然气的聚集均与旋扭构造有关^[16],如辽河盆地兴隆台旋卷构造,渤海湾盆地冀鲁大型帚状构造体系,大庆油田反“S”型构造等,就连最稳定地块上的鄂尔多斯盆地,甚至有人认为那里连构造裂隙都不会发育,但其西缘含油气的马家滩褶皱带也具有明显的扭动构造特征^[17]。

旋扭作用产生的扭应力对油气运移和聚集的影响主要表现在两个方面:一是扭应力导致的岩石变形,改善了岩石的渗透性能,形成的微裂隙、裂缝及断层等提

供了油气初次和二次运移的通道,形成的各种圈闭为油气的聚集提供了场所;二是扭应力是油气运移和聚集的驱动力之一,油气的运移和聚集主要受流体势能的控制,它总是从高流体势区向低流体势区运移,并在低流体势区聚集成藏^[18],构造扭应力正是通过改变流体势场的分布来影响油气的运移和聚集的。

通常情况是,在扭动旋卷构造尾部形成扭动背斜带,油气藏类型以背斜油气藏为主;在旋卷构造头部扭应力作用最强,其中在头部的外侧表现为强烈的张扭性应力区,而在其内侧则表现为强烈的压扭性应力区,前者导致张扭性断块及与断层有关的张裂缝产生,从而形成断块或构造裂缝性油气藏;后者导致压扭性断块产生,形成复杂的断块型油气藏。研究区酒西盆地青西凹陷和柴达木盆地柴西地区分别处于祁连山西段旋卷构造和柴达木西南祁漫塔格山弧形扭动构造头部外侧的张扭性应力区,二者都具有丰富的油源,故有可能在脆性地层中形成裂缝型油气藏。目前发现的柴达木南翼山油藏、酒西柳沟庄油田均证实了这一油藏类型的存在。

从油气的运聚条件看,一般在应力集中或较强的部位,如旋卷构造的砥柱或帚状构造的收敛部位附近,有利于形成深的生油旋涡构造,但不利于油气的聚集,而在应力相对较弱的部位,如旋卷构造的尾部或帚状构造的撒开端,有利于形成斜列的扭动背斜构造,也是油气运移和聚集的指向位置。从研究区玉门和柴达木两个已知油气田的分布看,似乎都遵从上述规律。如玉门老君庙、鸭儿峡及石油沟等油田均位于祁连山西端旋卷构造的尾部,而其80%以上的油源来自于新生代的构造旋涡—青西凹陷^[19]。据最新研究资料^[20],青西凹陷曾有过两次生油排油历史,第一次发生在早白垩世后,距今约97.5Ma,第二次发生在白杨河组(E₃b)沉积以后至第三纪末,距今31.6~1.8Ma。第一次生油量多但排出率低,而第二次生油量虽然少但排出率却很高,因而整个运移出来的原油中后者占主要地位。造成这种差异的原因可能主要与新第三纪旋扭作用产生的扭应力对油气运移的明显驱动作用有关。冷湖—南八仙及油砂山油气聚集带也分别位于赛什腾山旋卷构造及祁漫塔格山扭动构造的尾部,而其油源分别来自于昆特依旋涡凹陷及孜斯拉分断陷;虎头崖油藏为民和盆地一小型油藏,也位于祁连山东部旋卷构造尾部的撒开端。

5 结语

在青藏高原这样自然条件十分恶劣的荒漠和黄土覆盖区,利用遥感技术进行区域构造变形研究具有得

天独厚的优势。遥感图像上发现的这些旋卷(扭)构造不但对青藏高原大陆动力学研究具有重要的科学意义,而且也将对这一地区今后的油气勘探产生深远影响。

致谢 参加本项研究工作的还有中科院兰州地质研究所刘子贵研究员、甘肃省地矿局左国朝教授、西北地质研究所周炎如高级工程师等;中国科学院资深院士、九十高龄的孙殿卿先生及中国科学院院士任纪舜先生都审阅了该文,并提供了宝贵的修改意见,给予了作者极大的鼓励,在此一并表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 潘裕生. 青藏高原的形成与隆升[J]. 地学前缘, 1999, 6(3): 153~161
- England P, Houseman G A. Finite strain calculations of continental deformation, II application to the India-Asia plate collision[J]. J Geophys Res, 1986, 91: 3664~3 676
- Tapponnier P, Peltzer G, Le Dain A Y, et al. Propagating extrusion tectonics in Asia: new insights from simple experiments with plasticene[J]. Geology, 1982, 10: 611~616
- Tapponnier P, Molnar P. Slip-line field theory and large scale continental tectonics[J]. Nature, 1976, 264: 319~324
- 李廷栋. 青藏高原隆升的过程与机制[J]. 地球学报, 1995(1): 1~9
- 肖序常, 李廷栋. 青藏高原岩石圈结构、隆升机制及对大陆变形的影响[J]. 地质论评, 1998, 44(1): 112~116
- 钟大赉, 丁林. 青藏高原的隆升过程及其机制探讨[J]. 中国科学(D辑), 1996, 26: 289~295
- 王成善, 丁学林. 青藏高原隆升研究新进展综述[J]. 地球科学进展, 1998, 13(6): 526~531
- 许志琴, 杨经绥, 姜枚等. 大陆俯冲作用及青藏高原周缘造山带的崛起[J]. 地学前缘, 1999, 6(3): 139~151
- 蔡学林, 曹家敏, 刘援朝等. 青藏高原多向碰撞—楔入隆升地球动力学模式[J]. 地学前缘, 1999, 6(3): 181~189
- 李四光. 地质力学概论[M]. 北京: 科学出版社, 1973
- 甘肃省地质矿产局. 甘肃省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989, 592~597
- 李龙海. 陇西旋卷构造及其与地震的关系[J]. 西北地震学报, 1983, 5(1): 79~84
- 孙殿卿, 段万阔, 邓乃公等. 从柴达木盆地旋卷构造现象来探讨这个区域的地质构造[J]. 地质学报, 1956, 36(4): 417~442
- 孙殿卿, 孙泰玉. 从构造形式的观点讨论柴达木盆地石油勘探远景[J]. 地质力学丛刊, 1959, 第一号: 46~57
- 张之一, 李旭. 石油构造分析理论基础[M]. 北京: 地质出版社, 1994
- 张伯荣. 喀喇玛空褶皱断裂带的扭动特征[J]. 石油学报, 1982. (2): 31~34
- 葛云龙, 逯径铁, 等. 构造应力场与油气运移关系的研究[J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(1): 84~87
- 彭作林, 惠荣耀. 中国西部准噶尔柴达木、酒西盆地天然气赋存条件及预测[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1991
- 安作相. 反转构造与老君庙油田形成[J]. 西安石油学院学报, 1999, 14(2): 5~9

Remote Sensing Findings of Vortex Structure Deformation in the Northwest of Qinghai-Tibet Plateau and Its Significance of Geodynamics and Oil and Gas Geology

LI Xiang-bo WANG Xin-min¹ YUAN Jian-ying¹ MA Long¹
JING Jiu-qiang² YU Jun-min¹ CHAO Ji-jun¹

1 (Northwest Branch of Research Institute of Petroleum Exploration and Development CNPC Lanzhou 730020)

2 (Research Institute of Petroleum Exploration and Development CNPC Beijing 100083)

Abstract

By remote sensing technique, we found four vortex structures, including the vortex structure of the west Qilian mountain, Saishenteng mountain vortex structure of the north margin of Qaidam, Qimantage mountain arcuate shear structure of the southwest of Qaidam and big-scale vortex structure of the east of Qilian mountain.

We analyzed geodynamic mechanism of these vortex structure formation. As for the genesis of the vortex structure, many people have discussed it before. Li Siguang studied its forming mechanism from the change of earth spinning velocity. We believe that it was the result of the long-range effect of structure active stress of plate margin affected intraplate. From the early research achievements in the region and map of China satellite image (1:2,500,000), forming present tectonic framework of the northeast of Qinghai-Tibet plateau stems from three forces. The first is that Indian plate underthrusts to the north, and collides Eurasian plate, and pushes the south of

Eurasian plate by big M-shape since the late Cretaceous; the second is that obstruction of Siberian plate intensely shifting to the south, and relative Monglian arc pushing Indian plate since Cenozoic; the third is that obstruction of Erduosi block when Qinghai-Tibet plateau pushing to the east. The first is the main among three forces. The three together caused the northeast of Qinghai-Tibet plateau into the large compresso-stress field.

By further research, late Cretaceous-Tertiary principal stress is about SN, which caused a series of NW right-lateral strike-slip faults in the north of Qinghai-Tibet plateau. When mass between two NW right-lateral strike-slip faults moved to the west, it existed left-lateral tendency; when encountering obstruction of Tarim block, it further rotated to the left, that is the reason that forming a series of vortex structures of cyclic plane rotating to the right, such as the vortex structure of the west Qilian mountain, Saishenteng mountain vortex structure of the north margin of Qaidam and Qimantage mountain arcuate shear structure of the southwest of Qaidam.

Since Pliocene, main stress turned to NNE-NE. Affected by change of regional stress field, Arjin fault was intensely left-lateral and lead to the north of the whole Qinghai-Tibet plateau escaping to the east, whose results were that forming rotation of cyclic plane anti-clockwise, when Qinghai-Tibet plateau escaping to the east and Erduosi block obstructing it. Present intensely active big-scale vortex structure is the evidence of the kinetic process in the east of Qilian.

We also analyzed the relation of these vortex structure with oil and gas distribution. Generally speaking, twisted anticline belts emerge at the end of the twisted vortex structures, whose types of oil and gas reservoir are main anticline reservoir. In the head of vortex structure, there exists the most intense shear stress, which appears intense tenso-shear stress area in the outer of head and intense compresso-shear stress area in the inner. The former leads to tenso-shear stress fault and relative tension crack which formed fault block or structural fracture reservoirs, and the latter leads to compresso-shear fault block, which formed complicated fault-block reservoirs. For the condition of oil and gas migration and congregation, the positions of stress concentration or strength, such as the nuclear column of vortex structure or convergent position of broom-shape structure, are advantageous for forming deep oil-generating whirl structures, and disadvantageous for congregation of oil and gas. But the positions of the end of vortex structures or scattering part of broom-shape structure, are advantageous for forming diagonal shear anticline and the pointing position of oil and gas migration and congregation.

This paper pointed out that the theories that Tapponnier put forward "strike-slip line field" and structure escaping" had two distinct insufficiency and at the same time, our findings and studies are supplement to these theories. We also pointed out that these findings had scientific significance in researching the continental dynamics of Qinghai-Tibet plateau and practical significance in exploring oil-gas of this area.

Key words Qinghai-Tibet plateau remote sensing vortex structure geodynamics oil and gas