

论柴达木盆地压（扭）性垂向交叉断裂

孙 兆 元

（青海石油管理局勘探开发研究院）

本文对青藏高原北部和柴达木盆地内的表层与深层（十几公里）断裂构造的发生，发展及应力场进行研究分析后，总结出本区几组不同方向断裂的性质、分布规律及成因模式。进而认识到这些不同方向，不同性质及不同级次的压（扭）性垂向交叉断裂构成了高原北部的构造格局¹⁾。而盆地内的不同级次的深浅断裂构造的形成是与高原北部构造处于同一构造环境中并控制着油气的形成与聚集。

一、青藏高原北部的断裂展布及应力场分析

昆仑山以北地区的构造格局表现为隆起与断陷的相间排列，根据地质力学性质将该区的断裂分为四组（图1）。

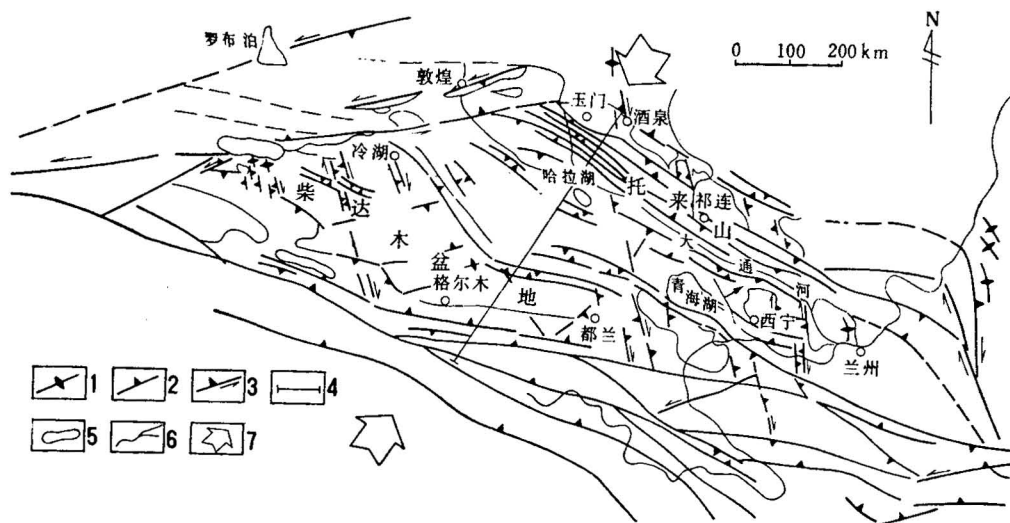


图1 青藏高原北部断裂及应力场分析图

以北西西（北西）向断隆与断陷以及逆断层为主，北北西向右行斜列的平移逆断层于高原东北部及柴达木盆地内均有分布，与高原西北部东向左行平移逆断层形成共轭剪切。应力场方向为南南西（剖面线为图2的位置）。1—背斜；2—逆断层；3—平移逆断层；4—剖面线；5—盆地；6—河流；7—压应力方向

（一）北西西（北西）向压（扭）性断裂组合

这种断裂构成本区的主要构造线方向。自祁连山北部的走廊南山向南至埃姆尼克山，大山两

本文1983年11月收到，1985年2月改回，王毅编辑。

1) 垂向交叉断裂系指压扭性断裂在剖面上的展布形式，压（扭）性系指断裂（与其配套的张（扭）性断裂）在平面上的受力反映，压（扭）性垂向交叉断裂为断裂在三度空间展布的总称。

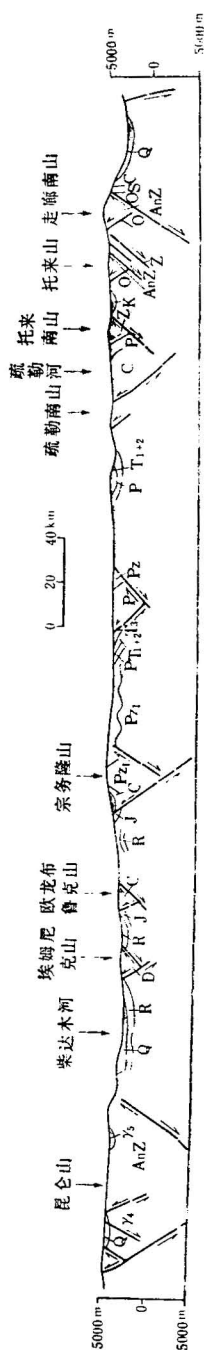


图 2 昆仑山—祁连山横剖面图

(据青海省地质图及构造体系图简化)

ANZ—前震旦系；Z—震旦系；O—奥陶系；D—泥盆系；C—石炭系；T—三叠系；J—侏罗系；K—白垩系；S—志留系；Q—第四系； γ_1 —海西期花岗岩； γ_2 —印支—燕山期花岗岩

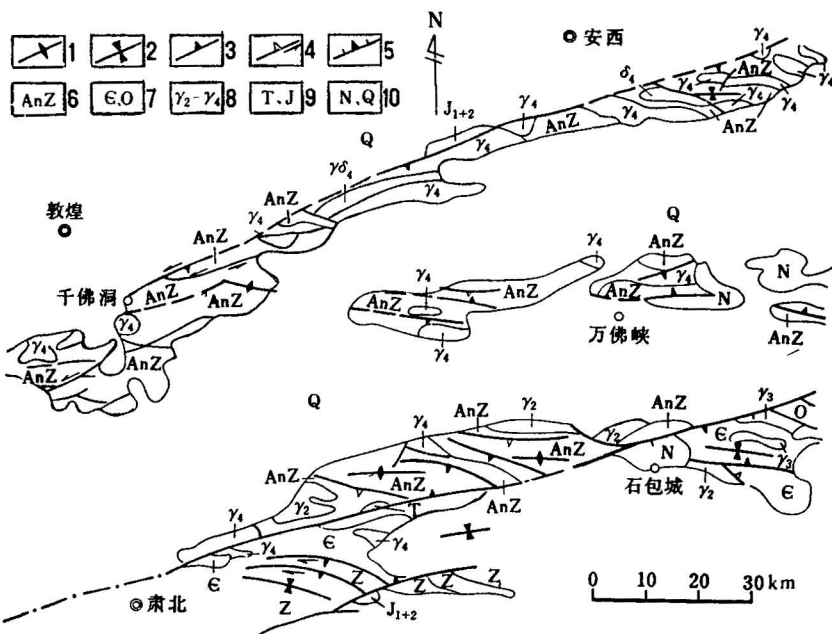


图 3 阿尔金山系的千佛洞—肃北断裂组合图

(据甘肃省地质图简化)

1—背斜；2—向斜；3—逆断层；4—平移逆断层；5—正断层；6—前震旦系各类麻岩；7—寒武、奥陶系；8—五合、加里东、海西期花岗岩；9—三叠、侏罗系；10—第三、第四系

侧断裂断面多为相向而倾的逆冲断裂组合，并形成断隆。如宗务隆山元古界逆冲于石炭系、石炭系又逆冲于三叠、侏罗系之上(图2)。托莱山南坡的断裂影响到元古界直至第三系。从加里东期超基性、基性岩的侵入以及温泉的分布¹⁾来看，说明其规模深达岩石圈，并且近期仍在活动。昆仑山南大断裂与山北潜伏断裂为断面相向而倾的断裂组合。向东的阿尼玛卿山就是断面相向而倾的断裂受挤压而隆升的，并使黄河发生挠曲。而祁连山、昆仑山系内断裂及构造方向主要为北西西向压性结构面，有的具扭性，越近北北西向越显扭性。有的还近东西向。与其垂直的南南西向为主压应力方向。

(二) 北东东向左行压扭性断裂组合

这组断裂主要显扭性，兼具压性，断裂活动时间较长，如塔里木地台东缘敦煌地区的千佛洞—肃北压扭性断裂组合(图3)，为阿尔金山断裂的东延部分并形成断隆带，断裂带上各类前震旦系花岗岩片麻岩向南逆冲于古生界地层之上。在万佛峡—长山子次级断隆带的两侧，形成断陷。而断裂则控制了海西期花岗岩体，三叠系、侏罗系及第三系沉积。而万佛峡与以西的库什哈、索尔库里隆起三者形成左行斜列断隆带。盆地内马海，东陵丘一带形成了该组的左行斜列压扭性断隆、断陷带。远离阿尔金山则显得微弱，而盆地与阿尔金山接触处，自侏罗纪以来左行压扭性断裂组合展布明显。

1) 李玉荣，1981，青海省地震图说明。

(三) 北北西向右行压扭性断裂组合

于青藏高原东北部较发育,与祁连山、昆仑山系斜切,大致呈四条相间排列的隆拗带。^[12]大山两侧的断裂,断面多为相向而倾的断裂组合。鄂拉山-温泉断裂与德令哈以东的重力基岩断裂大致形成北北西向右行斜列组合,鄂拉山断裂长达180公里,倾角30—60°,东盘南移。晚三叠纪火山岩及燕山期花岗岩沿断带分布并受切割。沿北北西向经哈拉湖以东、疏勒南山到文殊山构造,断面向相而倾的右行断隆带,虽被覆盖但仍断续可见。

往东还有日月山-合黎山、拉脊东山-龙首山两条隆起带、再往东皋兰一带仍有迹可寻。拉脊东山两侧断裂的断面向相而倾,古生代地层逆冲于老第三系之上,西盘北移3—5公里。这里明显可见右行相同而倾的断裂组合挤压成山。在上述不太规则的断隆带间,大致呈现右行斜列盆地带。

在盆地内有多条与区域上北北西向一致的断隆断陷带,呈右行斜列断续可见,北东东向与此带形成左、右行两组共轭剪切带。夹角在90°左右^[1]。但两者表现形式很不一致(表1)。北东东

表1 青藏高原北部应力场北东东与北北西向两组共轭剪切带比较表

方 向	性质	代表山系	分布规律	能量释放	分 布 范 围	平面组合 形 式	垂向组 合形式	顺层压 扭滑动 断裂	发 展 史				
									加里东	华力西	印支期	燕山期	喜山期
NEF (NE)	左行压扭	阿尔金山	以阿尔金山为主	集中	高原西北部为主	干沸洞-肃北左行压扭性组合	相向型	不发育	有反映	明显	明显	明显	明显
NNW	右行压扭	鄂拉山、拉脊山、日月山、拉脊东山	呈多条带分布	分散	高原东北部为主	东坪-碱山右行压扭性组合	相向型垂列型	发育	不明显	不明显	有反映	明显	明显

向一组释放能量集中,应变显得激烈。而北北西带由于多条释放能量,应力分散,反应明显微弱。此差别长期以来使地质作用有明显差异变化。两组共轭剪切压应力方向亦为南南西。

(四) 北北东向张(扭)性断裂

从垂深方向看,这些断裂规模小不甚发育。表层断裂比基岩断裂发育,如涅源断裂,可能与垂直断距小,地震深层难以测得有关。以张(扭)性断裂为主,主压应力方向为南南西。

从昆北高原、盆地内部及尕斯等区应力场分析、除局部古构造线、基岩边界条件等因素影响外,结果完全一致。

二、柴达木盆地断裂展布

盆地内部的断裂是在区域断裂发生发展的背景下形成的,两者明显一致。现结合基岩与地表断裂阐述于下:

(一) 北西西向压(扭)性断裂

该组断裂在盆地内最发育,较大者有百余条。在盆地西部尤为发育(图4)。祁连山、昆仑山前与盆地接触处的边缘断裂,如结绿素-园顶山北倾逆断层,断距达千米以上,延长百余公里。常呈叠瓦状,老地层逆于新地层之上,多具继承性。昆仑山以北的茫南、乌东等断裂呈阶梯状下降,断面南倾,断距可达3200米。阿拉尔、昆仑山北部、库拉木拉克、塔尔丁及乌图美仁等断裂

1) 鄂树学,1980,青海省构造体系说明书。

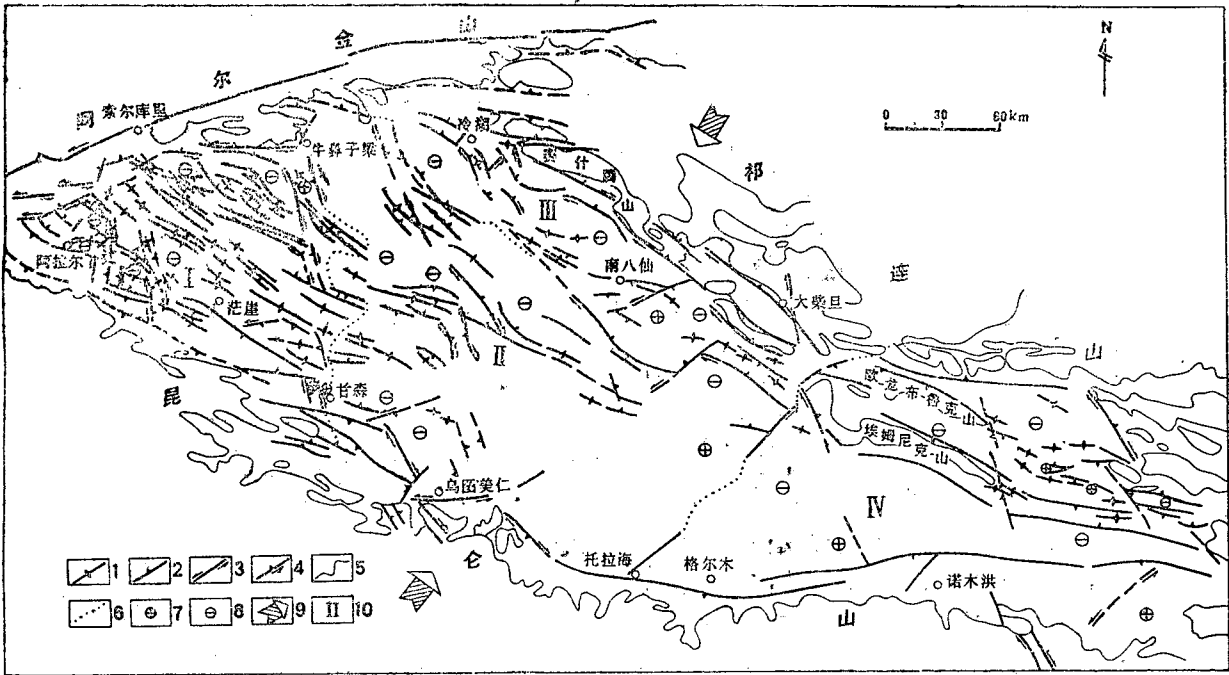


图 4 柴达木盆地断裂分布及应力场分析图

1—构造轴线；2—逆断层；3—平移逆断层；4—正断层；5—性质不明地层；6—分区界线；7—隆起；8—断（凹）陷；9—主压应力方向；10—构造的四个区为：I—茫崖构造区；II—中央复合沉降区；III—北缘构造区；IV—东部块断区

均呈右行斜列展布。

盆地内断裂，在西部构成断面向相而倾的断隆与断面相背而倾的断陷，二者相间排列（图 5）。断隆控制着表层背斜构造的发育，形成右行斜列为主的背斜构造带。断裂长十几到几十公里，倾角 50°—70°。断隆带内可形成次级组合，如大风山构造，这与千佛洞断裂组合十分相似。

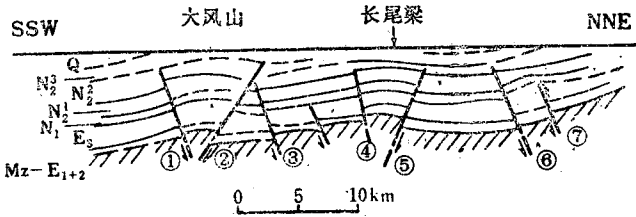


图 5 地震 80 测线横剖面

1—风南断裂；2—风北断裂；3—黑南断裂；4—长南断裂；5—长北断裂；6—长东断裂；7—坪西断裂；图内一些断裂呈相向、相背、斜列及半交叉的形式

另有不同级次压扭性垂向交叉断裂的反映（图 6）。与基岩断裂断距相反，由表层褶皱产生的走向逆断层断距上大下小，如狮子沟构造表层断裂。沿褶皱轴向由重力而产生的地堑式挤压正断层亦有存在^[2]。如那北构造等。

（二）左行北东东（北东）向压扭性断裂

阿尔金山与盆地主要为断裂接触，地震 1050 剖面中可以看出向盆地逆冲、尖顶山以西②号断裂亦向盆地逆冲，断距千米。而格斯河上游断裂为左行斜列，其断面与阿卡腾能、月牙山断裂均

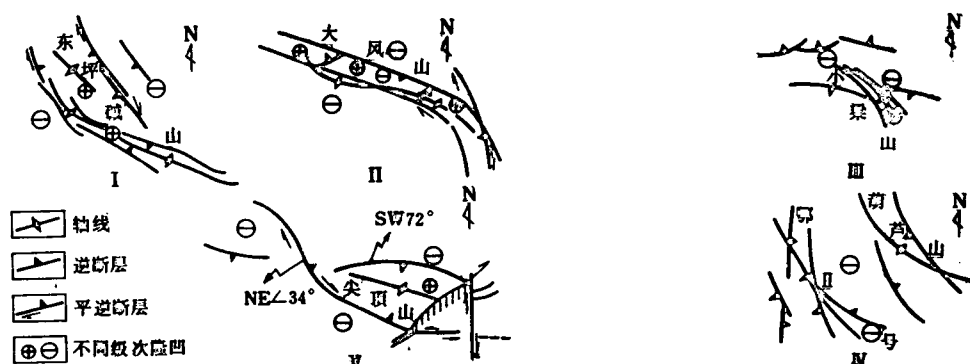


图6 不同级次与双交叉断裂组合

(据袁永绍、信成明所编T₀基岩等深图)

I—隆中隆，为在东坪构造的基岩断陷上，形成的次线融山断隆，两构造呈右行斜列；II—隆中凹，在大风山构造的基岩断陷上形成的次级断隆与断陷；III—凹中隆，在小梁山断陷内形成的次级小梁山构造的基岩断陷；IV—凹中凹，葫芦山与鄂II号断陷内形成的次级断陷；V—双交叉断裂组合，平面与剖面均为交叉的夹顶山基岩断裂组合

倾向阿尔金山。由此推断牛鼻子梁西北与冷湖以北地区也应以左行斜列压扭性断裂为主。牛鼻子梁北北东向断裂可能为张(扭)性。阿卡腾能断裂又以阿尔金山的隆起中的次级断陷与盆地相连。东端香日德一带有北东东向同组基岩断裂。

盆地内断裂将盆地构成次一级断隆及断陷带。东苦基岩断裂在重力上表现出与表层断裂一致，断面向北西倾，倾角较陡。上述断裂东面的哑西断裂与西面的马仙断裂构成断陷、断隆带。往盆地南缘与那北、契盖苏与托拉嘿断裂间可能构成左行斜列带或隆拗左行斜列带。而察西、驼南构造线也是这种反映。

(三) 北北西向右行压扭性断裂

笔者认为盆地西部存在着五条北北西向构造带。随着勘探的深入，逐步证实该带的存在并与区域性北北西向构造带一致(图4)。

在尕斯区，阿拉尔-IV号与狮子沟、油矿山等北西西向断裂形成断隆、断陷带，被右行压扭性断裂斜切为断块。在其隆起部位形成两条北北西向右行斜列断隆带。第一带北起干柴沟西端向南南东经向斜鞍部、花土沟、游园沟到尕斯1、2号构造，呈右行斜列带与区域构造带及应力场均一致。断裂发生于白垩纪前，至第三纪末仍继续活动形成同生构造。

第二带为南乌斯、乌南构造带，它受绿东、乌南相向而倾的基岩断裂控制。从柴南1号重力高向北北西方向至咸水泉，为右行斜列的断隆带(图4)。其间除大乌斯、大红沟高点外，在油泉子及油砂山间向斜与此带交汇部位，预测其深部可能存在有北北西向的潜伏构造。

第三条为东坪、甘森北北西向右行斜列断隆带，在甘森以西最近测得的北北西向弯西潜伏构造及断裂，进一步证实了右行斜列构造的存在(图4)。

第四条是鄂I号至乌图美仁断鼻北北西向的右行斜列带(图4)，如对红三旱四号东端断隆带的发现，从而加深了对该带的认识。

冷湖北北西向断隆带的形成，明显是受北北西向压扭作用的结果。此带向南由于盆地中部三组断裂相互作用，使其面貌不清。

盆地东部，欧龙布鲁克-埃姆尼克山-诺木洪北北西向隆起带，就是北西西与北北西向两组断隆复合的结果。而断隆两侧的东西端推断有相向而倾呈北北西右行斜列的断裂存在。德令哈-哈拉湖断陷带，同样由于该两组断陷的复合，与区域上形成了德令哈、长山南等右行斜列断陷带。

综上所述，区域性北北西向构造带可形成隆拗带或断隆、断陷带。无疑在地下深处亦可形成北北西向的潜伏构造。对于寻找这种方向的深部油藏具有一定意义。

（四）北北东向张（扭）性断裂

这类断裂一般在表层较发育，如鄂博梁Ⅱ号及北陵互等构造。在盆地边缘乌图美仁北北东向基岩断裂亦有反映。

从上述，盆地内断裂构造及应力场除受古构造线、基岩等因素的影响差别外与区域构造展布一致。

关于应力场时间问题，燕山末期以来至喜山期十分明显，印支期亦清楚，而华力西期亦有反应。但其间是否有反向或松弛阶段，是否与新生代完全一致，尚有不同认识，有待进一步证实。

三、压（扭）性垂向交叉断裂

在柴达木盆地内发育的断裂在平面上多具压、压扭性，而垂向上多以交叉断裂为特征。现对这些断裂的组合类型，断裂特性、力学成因以及发育模式进行探讨。

（一）断裂组合类型 盆地内表层与深部断裂在垂向上展布的交叉断裂，共九种类型（表2）。

表 2 垂向交叉断裂类型表

类型名称	分 布 特 征
垂向交叉型	地震02,55测线，红沟子构造两翼断裂（图7），包括平面，垂向均交叉的双交叉型，如尖顶山（图6），马海平滩等
半交叉型	上部或下部交叉，如尖北潜伏构造，地震048，80测线，分布广
相向（断隆）型	东坪构造的长东，坪西与坪东断裂组合（图6），分布较广，多于两断陷之间
相背（断陷）型	阿拉尔与Ⅰ号断裂组合，多于两断隆之间，分布较广
垂（向斜）列型	或称叠瓦型，狮子沟构造南翼表层与基岩断裂，赛南，驼南（四南）断裂，红柳泉，Ⅰ号断裂等，多分布盆地边缘
膝 型	为表层与基岩断裂组合，如冷湖与油砂山构造，多分布于轴部有走向逆断层的构造上
推 覆 型	或称逆掩型，如盆地北缘近老山部位。如狮子沟南翼逆掩断层
不同级次组合等型	有隆中隆、隆中凹、凹中隆、凹中凹等型（图6）
挤压张（扭）性等型	包括各种张（扭）性断裂，如与花土沟高点东轴线平行的断裂，及各构造与受力方向一致的断裂，在表层发育

（二）断裂特性 以压或压扭性逆冲断层为主，呈左行或右行排列。断面指向上升盘，老地层逆于新地层之上，压应力方向地壳缩短，垂向地层加厚，可形成复式或不同级次的挤压断隆与断陷带、阶梯状带及挤压张（扭）性等断裂组合。

（三）垂向交叉断裂标准模式 垂向交叉断裂是以应变椭球体在垂向上受力后变形为其理论依据^[3]（图7a）。结合上述各类型，建立了标准模式（图7b）。

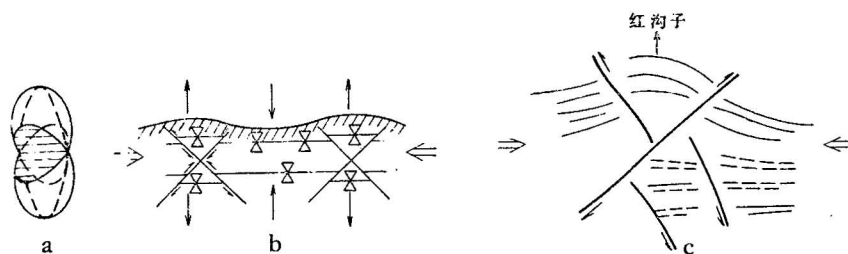


图 7 垂向交叉断裂标准模式

a—垂向应变椭球体是垂向交叉断裂的理论基础；b—为垂向交叉断裂的标准模式；c—为红沟子构造地震02测线时间剖面主要反映断裂切割情况

地质体受压应力后，在剖面中受到剪压（图7）。使上升部分形成隆起¹⁾，下降部分则形成拗陷，并可产生不同级次的断隆与断陷。

（四）断裂的力学成因分类 在统一应力作用下，断裂按其力学成因分为四类：（1）北西西向压（扭）性垂向交叉断裂组合，（2），北北西向右行压扭性垂向交叉断裂组合，（3），北东东向左行压扭性垂向交叉断裂组合，（4）北北东向张（扭）性断裂。

断裂的形成是复杂的，有的具继承性，有的沿不整合面或层面错动，有的在褶皱翼部产生张节理或在张裂的基础上及在压扭性的垂向扭压背景下发展起来的断裂组合等。而后者在本区断裂的形成上显得更为重要。

通过对上述昆仑山以北与盆地内表层及深部断裂应力场分析认为：（1）青藏高原北部以北西西向（祁、昆山系）压（扭）性垂向交叉断裂为主，与北东东（阿尔金山）和北北西（河西系）向两组左、右行共轭压扭性垂向交叉断裂斜切，并与北北东向张（扭）性断裂配套，它们是在南南西统一应力场下形成的断裂组合。（2）本区压（扭）性垂向交叉断裂在类型、特性及力学性质等方面具有一定规律性，并建立其模式。（3）在统一应力场作用下，高原北部及盆地内各级构造单元主要受上述三组构造线控制^[4]，与过去对盆地是受两组构造线控制呈菱形构造格局的认识有所不同。同时确认北北西向右行斜列带即河西系在盆地的存在。（4）北西西向断隆、断陷带与左、右行两组扭压带斜切，形成高原东北部四条右行斜列盆地，与高原西北部左行斜列盆地，而柴达木为夹峙于两扭压带之间的大型压扭性中、新生代盆地。（5）北西西向断隆、断陷带（盆地内形成祁、昆山前断阶及中央断陷带）与左、右行扭压带结合，暂综合为四个区（图4）。（6）断裂控制了断（凹）陷的发生及发展，这里褶断（凹）陷分为交汇、隆间、隆端、半箕及复合等五种类型。而复合，交汇型断（凹）陷有利于生油。（7）北西西向断隆、断陷带受北北西、北东东断隆、断陷带所截，形成的复合带有利于生油，凹中隆有利于聚油，两者结合于主力生油岩区两扭压带深部应予注意。由于压（扭）性断裂发育对形成的断裂遮挡圈闭亦应予以注意。

有关压（扭）性垂向交叉断裂在我国西部压性区的分布范围以及可能影响到的深度尚有待进一步探讨。

1) Molnar, P. and Tapponnier, P., 1981, 西藏的活动构造。

参 考 文 献

- 〔1〕 李四光, 1979, 地质力学概论。科学出版社。
〔2〕 张文佑、李荫槐、马福臣、钟嘉猷, 1981, 地堑形成的力学机制。地质科学, 第1期。
〔3〕 武汉地质学院等四院校, 1979, 构造地质学。地质出版社。
〔4〕 刘和甫, 1982, 扭动构造分析与油气聚集。第二届全国构造地质学术会议论文选集（第三卷），科学出版社。

RECOGNITION ON COMPRESSIVE(-SHEAR), VERTICAL INTERSECTING FAULTS IN THE QIDAM BASIN

Sun Zhaoyuan

(Institute of Geology, Petroleum Administration of Qinghai)

Abstract

Analysis of the stress field in the northern part of the Qinghai-Tibetan Plateau indicates that the compressive fault uplifts and fault depressions that are alternatively arranged in a NWW direction are obliquely cut by two sets of conjugate shear zones, the northeast sinistral set and the north-northwest dextral set. This situation controls the structural framework of the northern part of the plateau. This paper summarizes the types, regularities, patterns and dynamic classification of the compressive (-shear), vertical, intersecting faults. It is proposed that the Qaidam basin is a large compressive-shear basin sandwiched between two sets of conjugated shear zones. The three above-mentioned sets of fractures exert a controlling effect on the structures of various orders within the basin. The paper also points out that there should exist a north-northwest dextral en-echelon compressive-shear fault zone and that the fault depressions within the basin should fall into five types, of which the composite fault depressions are the most favourable to oil generation and the loci where the fault depressions are obliquely cut by two sets of faults are favourable to oil-gas accumulation. Finally the author raises some problems concerning faults that merit discussion.