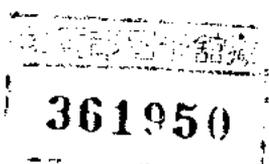


# 旋 扭 构 造

李 四 光



科 学 出 版 社

1 9 7 4

# 旋 扭 构 造

李 四 光

\*

科 学 出 版 社 出 版

北 京 朝 阳 门 内 大 街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行 各 地 新 华 书 店 经 售

\*

1974 年 9 月 第 一 版 开 本 : 787 × 1092 1/16

1974 年 9 月 第 一 次 印 刷 印 张 : 5 1/8

精 0001—6,070 插 页 : 精 17 平 15

印 数 : 平 0001—5,880 字 数 : 120,000

统 一 书 号 : 15031 · 215

本 社 书 号 : 365 · 13—14

定 价 : 布 面 精 装 2.40 元  
平 装 1.10 元

## 出版说明

旋扭构造是一种最普遍的构造型式，但在地质构造的研究中却很少引起人们的注意。李四光同志早在一九二九年即已进行了研究，五十年代作过专文讨论，后来又有过系统的阐述。实践证明：旋扭构造的研究，不仅对探讨地壳运动的规律有重要的理论意义；而且对矿产资源的寻找，水文地质、工程地质的勘察和地震地质的研究亦有重要的实际意义。为了便于广大的地质工作者学习地质力学，研究地壳运动的规律，更好地指导普查找矿工作，现将李四光同志生前已发表过有关讨论旋扭构造方面的三篇文章汇编成册，以供参考。

## 目 录

旋卷构造及其他有关中国西北部大地构造体系复合问题 .....	( 1 )
关于《旋卷构造及其他有关中国西北部大地构造体系复合问题》 一文的讨论 .....	( 61 )
莲花状构造 .....	( 72 )

# 旋卷构造及其他有关 中国西北部大地构造体系复合问题\*

## 目 次

一、引 言	2
二、概 说	2
三、旋卷构造的一般特征	9
(一) 小型旋卷构造	10
(二) 中型旋卷构造	13
宋梁山旋卷构造	15
(三) 巨型旋卷构造	16
陇西系旋卷构造	16
康藏歹字型体系及其发育基地——青康滇缅大地槽	18
关于地块水平旋动的补充资料	21
四、山西陆台	22
五、祁吕贺兰山字型构造体系(?)	27
(一) 祁吕弧形褶皱带	27
(二) 贺兰褶皱带	30
(三) 关于鉴定山字型构造体系的几点经验	34
(四) 祁吕贺兰山字型构造体系的鉴定问题	40
六、河西构造体系	42
七、中国西北部活动性构造体系与地震带的分布关系	45
八、从弹塑性物质实验结果推论中国西北各构造体系所显示的运动方式	49
附：燕山运动以来中国西北部大地构造型相发展的综合简图一幅	
图版 I—XVI 及其说明	

\* 本文最初发表于1954年《地质学报》第34卷,第4期,第339—410页。1955年科学出版社曾单行出版。1958年被编入《旋卷和一般扭动构造及地质构造体系复合问题》第一辑。——编者

## 一、引 言

为了响应中央加强学术活动的号召,我愿意提出有关我国西北部大地构造轮廓的若干问题,希望能够成为在这一方面展开学术讨论的一个开端。

如果说有什么事情帮助了我,让我不要在这些极端复杂的问题面前退缩,而要勇敢地向大家率直地把问题提出来,那不是由于我自己对这些问题掌握了充分的资料,进行了彻底的研究,获得了圆满的解决;而是由于我们大家都清楚地看到,在贯彻我们的总路线的过程中,我们必定遇到这些问题,大家也会体会到,它们的解决,对祖国某些将要举办的大规模建设事业的具体计划,是具有指导性的意义的。因此,对这些问题,我们早一点从事研究,多有些人从事研究,从已经发觉的问题中发现更多的问题,依靠集体的努力来求得解决,对于新中国建设事业的进展,将是有利的;对于发展地质科学,从而提高我们在建设工作中的工作效能,也将是有利的。

在开始提出具体问题以前,对地质学家一般还不太熟悉的大地构造体系和构造体系复合现象这两个概念,作简短的介绍,或许不是不必要的。

## 二、概 说

任何一个岩块,都在组成它的矿物材料的组织形态和构成它的岩石的结构形态中写下了它自己的历史;任何一个地块,也都同样地在构成它的岩层、岩体的构造形态中记载着它自己形成与变形的经过。既然地块是由岩块构成的,我们为了要了解一个地块的构造形态,就必须了解构成它的岩层、岩体的结构形态和矿物材料的组织。后一项工作,是属于岩石结构学和岩组学的领域,在此无需多说;而前一项工作,乃是站在地质构造学、特别是地质力学的立场去寻找解决地质构造问题、从而解决地壳运动问题的重要途径之一。

结构要素是表征岩层、岩体结构形态的重要因素。什么是结构要素?在另文中曾经作过初步的分析<sup>(1)</sup>,当然还需要结合岩相大大地加以补充,不过从初步分析,已经获得了若干具有指标性的结构要素——各种结构面。当我们从地质力学的观点来分析构造问题的时候,结构面结合着构成它的岩石的性质,便成了我们的主要研究对象。

岩块、地块的机械性质不同,因之,它们对同样应力作用的反应也不同。大家都知道,在同一地区,有些岩层比其他岩层容易发生褶皱,不过这种现象在区域地质构造上不是重要的。重要的事实是:在一般所谓活动地区,如大地槽区域、准地槽区等,不管哪一类岩石,都容易发生强烈褶皱;而在所谓稳定地区,如地盾区或地台区等,不管哪一类岩层,对应力作用,都偏向于产生各种裂面。但在地台区中也有比较活动的区域,因而发生与褶皱相当的特殊构造形体,例如,与复背斜相当的陆隆带——包括陆梁、台拱或台坝,与背斜相当的台垣,与复向斜相当的陆沉带——包括陆槽、台谷或台峡,与向斜相当的台坑、台堍

等。

这些构造形体的轴面,以及和它联系在一起的一系列的破裂面,在地质力学上,和褶轴面以及与褶轴有关的一系列的破裂面具有同等的意义。无论在稳定区域或活动区域,褶轴面以及与褶轴面相当的由于挤压作用而产生的结构面,正断层面以及其他由于引张作用而产生的结构面,和扭断层以及其他由于扭错作用而产生的结构面,一般可以被认为相当于主要压应力、主要张应力和最大扭应力(或称切应力)的作用面。因此,当我们从地质力学观点考虑地质构造问题时,这三类结构面应该加以严格分别,而且应该结合着岩石性质,作为主导成分来处理。

广泛的野外经验和一定的实验结果证实了,某些类型的结构面与另外一些类型的结构面,经常保有一定的成生关系;它们的出现,也大都有一定的程序。通过它们彼此之间的联系,并且通过被它们所卷入的或穿插的岩层、岩体各自展布的关系,来确定所有互相关联的部分组合的规律、构成的形式以及扩展的范围——综合起来说,构造体系——是符合于逻辑的要求的。

在上述的基础上建立起来的构造体系这个概念,显然涉及空间的范畴,同时也涉及时间的范畴。

一个构造体系可以限制在一个小小的岩体或岩块中,恰恰反映那个岩体或岩块的结构形态,它也可以贯串在一个较大的、有比较长期发展历史的地块或地带中,自成一个体系,更可以和其他自立的体系联合起来而形成一个大构造体系。

在前两种情况下,岩块或地块的结构形态和构造形态,可能以特殊形态的地块的存在为它们发生和发展的条件;而在后一种情况下,大规模的构造体系的存在,可能是形成稳定地块和活动地带的条件。例如由地槽转变过来的褶带的排列,在大多数场合,毫无疑问,是大部受到地槽原形的控制的;可是地槽的存在,不能说明它为什么恰好存在于它所在的地方和它所占据的方位;也不能排除它代表一个巨型构造体系的一部分的可能。

由于每一个构造体系都涉及三度空间和时间的范畴,而不是一举成就的,我们分析一个构造体系,必须确定它发生的时期,明确它发展的阶段,然后在这个基础上去了解它在哪个阶段中形成了怎样的组合形态。这样才能够从发生、发展、稳定、复活(主要表现在既成的褶带进一步被挤压而发生更多的裂面和整体垂直运动)、乃至僵化等等一系列的变化来处理问题,才能够充分地考虑到在它发展的各个阶段中,由于它的各个组成部分发生了变化而引起的整个组合形态的变化,才能够同时考虑到因为整体形态的发展和范围的扩大而引起的各个组成部分的形体或甚至形质的变化。

不用说,地质构造体系是与地壳中所发生过的相对运动的方式分不开的。因此,我们不应该把一个大地构造区域仅仅当做具有一定构造形态或构造形质的一个地块、或具有不同构造形质的若干地块的集合体看待,而应该把它当做代表形成它的统一构造形态以及形成它的各个组成单位的各自构造形态的运动方式的总和。

从这一观点出发,我们就不难了解,整体运动是局部运动的决定因素,同时,局部运动

的发展,又转过来影响整体运动;基层构造是上层构造的控制因素,但上层构造的新发展又转过来影响基层构造。这样有着相互联系的地壳运动,以及取决于这些运动方式的构造形态,是经常以不同的强度、速度和方向,通过悠久的地质时代,而时断时续地进行着和发展着。

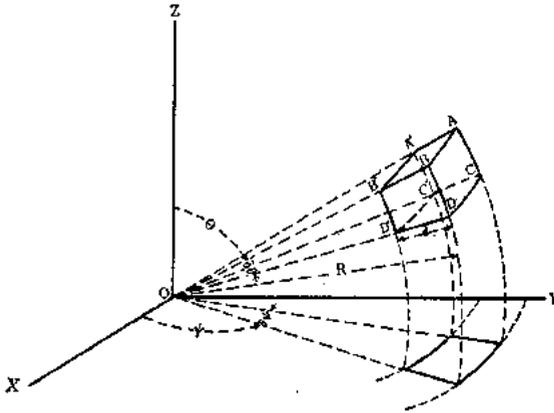


图1 在对应力作用保持稳定的条件下地壳上层的一小块

$\delta_\theta$ , 以地球中心O为顶点,地球轴OZ为共同轴,通过纬度BA及纬度DC的两个圆锥面之间的夹角; $\delta_\phi$ , 通过经度BD及经度AC的两个垂直平面之间的夹角

等等所要求的水平位移,以及为了容纳把一切褶皱拉平之后所需要的水平方面的空间,是否能够全部作为垂直运动的“副产”看待,颇可怀疑;而就非褶皱地块,特别是某些类型的直立扭性裂面,例如棋盘格式裂面广泛发育的地块来说,这种裂面的排列方位和往往刻在这种裂面上的粗糙而深刻的大量水平擦痕,也不允许我们无视水平相对运动的普遍性。

在后一种情况下,假定能够就应力的水平方面各项分力在垂直方向无变化,而它的垂直方向的扭性分力在水平方面无变化或等于零的限制范围内(这个假定是否如某些地球物理专家所主张的那样,在地层无弯曲的区域,一般可以成立,当然还需要结合实际情况,加以检查),用通过地面上一点附近的两经度和两纬度的四个垂直面和在地下一定深度的水平面划出一个小地块(如图1中ABDCC'D'B'A'),那么,从考虑这一地块保持稳定的一个必要条件,我们就可以得出下列的关系:

$$\frac{\sigma_z}{\sigma_\theta + \sigma_\phi} = \frac{d}{R},$$

上式中 $\sigma_\theta$ 表示沿着纬度方向作用的水平主应力, $\sigma_\phi$ 经度方向作用的水平主应力, $\sigma_z$ 垂直方向作用的主应力, $R$ 地球半径, $d$ 在此所考虑的地块的厚度。如果象从某些夹在山字型脊柱和前面弧之间的盾地(外形或为台地或为盆地)所获得的地震探测和其他观测资料所示,它们的厚度只有1—3公里左右的话,那末,在那些区域,垂直主应力的强度,不过占水平主应力的六千分之一到二千分之一左右。在这种区域,垂直与水平哪一方面的相对运动比较重要,就不难想见了。

局部运动,在一定的方式之下,发展到了一定的阶段,以致作为整个大地构造区域的

成员的若干重要局部地块，在它们的构造形态乃至岩石质地方面，发生了重大变化的时候，例如大规模变质岩区的形成，或大小地块分裂等等，那些重新组成的或分裂出来的地块，各个作为一个整体的质量中心(重心)，必然与原来的地块的质量中心不相符合，而沿着它或它们的边缘所创造的新的“边缘条件”，必然要求在按照那个边缘所划定的地块中重新建立应力分配体系，才能保持稳定；即使当地地壳运动的方向不变，这种变化，仍然是不可避免的。新建立的应力分配体系，在岩体中必然导致新型形变——即新型结构——的产生。

从此我们可以了解，在一定范围内，尽管运动方式不变，然而反映应力作用逐步变化的各项结构面的性质和排列的方位必然有所不同。因此，为了明确它们发生的过程，我们必须把反映不同应力作用的每一套结构的序幕(以前称为世序<sup>[2]</sup>)划清。在此建议用初次、或原始结构和二次、三次乃至多次或笼统地辅协结构等等称呼来表示一个岩块或地块或其一部分在继续进行某种形式的运动中所产生的不同性质的或不同排列的各项结构的相对次序。这个次序，可以由它们出现的先后来直接决定，但也可以因为它们出现的时期相差很少，只能根据当地构造条件和地质力学原则来加以判别。

例如在某一地块或岩块的范围内，由于发生了东西向的挤压而产生的走向东西的张裂性断层和地堑被认为在那一个范围内属于初次构造成分的时候，那么，陷入地堑中的一些岩层，由于陷落以致它们靠近断层的部分受了挤压而产生的局部褶皱，以及与这种褶皱的轴面直交的横断层等等，就应该被列入二次；假如在二次发生的横断层(即与初次发生的正断层成直角的断层)发生的阶段，由于陷入地堑的岩层的某些毗连部分遭受了不均匀的侧面挤压，以致产生了斜列平行断层或羽状节理带的话，那么，这一系列的构造形迹就应该被列入三次，以下类推。

又如在岩石性质比较坚硬的一个地块或岩块的范围内，由于它遭受了挤压而出现的形变，一般首先是与主压应力作用面斜交的扭断层和扭节理等，其次是与主压应力作用面直交的张性横断层和横节理等，再其次是走向与主压应力作用面平行的翘起或褶皱或冲断；但在岩层性质比较柔软的地块中，褶皱可能在一开始受挤压的时候就开始出现。如果这一系列的构造形迹被认为是属于某一构造体系的某一部分中初次的构造成分，那么，由于挤压作用继续进展，以致在岩层遭受弯曲最大部分(背斜顶或向斜底)所产生的张性断层和节理等等就应该列入二次。这种断层和节理的走向是与主压应力作用面平行的，也就是与褶轴平行的，假如有褶皱出现的话；但它们产生的原因，都是由于张应力的作用，而不是由于原来的压应力的直接作用。这就是说，这种张性裂缝是在同一地块中，同一方式的地壳运动继续进行的条件下，由于形变达到了一个新的阶段，以致不得不适应重新建立起来的应力分配体系而产生的(图版 I, XIII 和图 19)。

在此必须注意，属于初次扭断层、扭节理和张断层、张节理，在排列方位上，经常两类各不相同。稍晚出现的张性断层，往往与先一步出现的扭节理和扭断层部分地、局部地一致，而造成“断层追踪”现象；但是后来的张性断层，虽然局部弯弯曲曲地成“之”字状，借以

利用岩层中既成的弱点，而它的总的排列方位，仍然是与主压应力作用面成直角的，就是说，它的出现并不要求新的应力分配条件，因此，这些张断层和张节理等，仍然是应该被列入初次的(图2,3)。

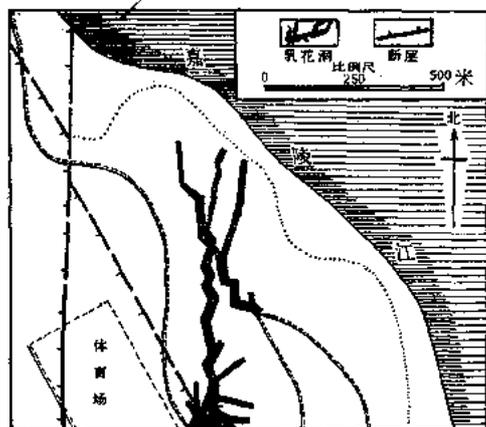


图2 四川北碚附近北泉公园中乳花洞——小型追踪裂隙的一个例子

现在我们进一步考虑构造体系复合问题，实际上主要就是不同体系的构造成分复合问题。前述追踪断层就是一种构造复合现象，不过这种构造复合现象只代表一种复合方式中的一个特殊类型；因为它只涉及构成同一构造体系的两项极其接近的构造成分，也只表现其中一项对另一项简单地加以局部的利用，或作局部的迁就。构造复合现象一般的概念，当然不仅仅适用于同一构造体系中两种极其接近的成分彼此符合、结合、联合或合并的关系，而是广泛地包括着在同一地域中属于不同构造体系的各种构造成分依各种方式互相干扰和联合的一切现象。那些复合的构造体系可以是同时期的，或者部分地同时期的；也可以是完全不同时代的。它们所涉及的范围，可以是大致相同的；但在绝大多数的场合，范围是不一致的，规模也大都是不相等的。

扼要的说，有四种复合方式，值得特别注意：

(1) 归并 一个构造体系的某些成分，或者某一部分的所有一切成分，有时经过轻微的改变，卷入另外一个构造体系，或成为同一体系的不同序幕的成分：这种现象，都可称为归并。在大多数场合，被归并的成分或部分，是属于较老的体系，或同一体系中较早出现的成分，但有时也很难绝对地判别。所谓改变，仅仅指明与正常的形态和方位稍有不同，不一定都意味着在归并以前，它们老早已经出现。

前述追踪断层，虽然不能表明一切归并现象的特征，但在一定的意义上，归并者利用被归并者和迁就被归并者这一点来说，它确实有一般的代表性。当一个古老体系残余部分被归并到一个新建立的构造体系中的时候，经常一方面可以发现大量的新构造成分插

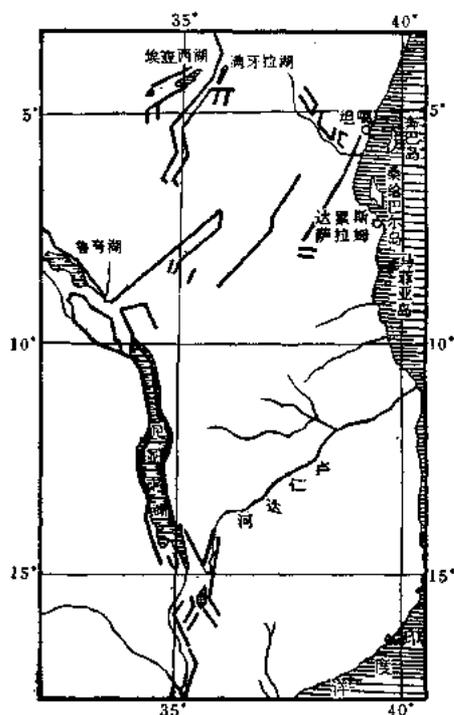


图3 东非洲大陷裂带的一部分——巨型追踪裂隙的一个例子

人由旧体系组成的地块或岩块中,从而改变了它的面貌,而另一方面也可以发现大量的事实,显示旧体系的存在,或多或少提供了新构造体系构成的条件。

一个巨型构造体系的某一部分和另一构造体系,在长期同时发展过程中,也可能发生归并现象。在这种场合,就无所谓归并者与被归并者的分别,也没有互相干扰的影响,其结果必然让由双方的协作铸成的那一部分构造,突出地得到强大的发展。

(2) **交接** 两个构造体系的构成成分出现于同一地区的时候,有时互相穿插,自己保持本来的面貌,很少改变,彼此既不加强,也不削弱。两个不同时期的复合构造体系之间,可以发生这种现象;同时发展的两个构造体系的复合部分之间也可以发生这种现象。根据两方面主导构造成分——褶皱和冲断——互相穿插、互相结合的情况,两个构造体系交接的方式可以概分为四类:

(甲)**重接** 复合的褶轴或冲断面的走向完全一致,即一种小规模归并现象,但在重接的情况下,一个体系的成分对于另一个构造体系的成分不发生任何改变走向的影响。

(乙)**斜接** 复合的褶轴或冲断面的走向彼此稍微不同,只有实地通过长距离的追索,才能发现它们之间的分歧。

(丙)**反接** 复合的褶皱或冲断面彼此显著地交叉,一组隔断另外一组或形成交叉褶皱。

(丁)**截接** 复合的褶皱或冲断面互相切断,并互相干扰,以致每一被切断的段落,改变它正常的形态及排列方位。

(3) **包容** 在一个一定类型的构造体系中,有时包含着岩块或地块,在那种岩块或地块中,有时出现一些构造形体,自成一个系统,与包含它的构造系统不同,也不受它的影响而发生不正常的现象,但这个较小的、受包容的构造体系所标志的运动方式,一般是与包容它的较大的构造体系所标志的运动方式大致符合或协调的。这种构造复合现象称为包容现象。

它与(1)、(2)不同之点,在于它的构成成分与包容它的那个体系构成成分不发生任何干涉或穿插或结合的现象。

(4) **重叠** 这种复合现象,大都发生在大规模的上升或下降地区。已经为一个一定的构造体系所贯串的地块,在那个体系发展到了成熟阶段以后,有时有一部分隆起或翘起,而另一部分沉降或陷落。因此高升的部分显得加强,但实际上原来的构造体系并未加强;而沉降的部分,显得削弱,但实际上原来的构造并没有削弱。在沉降的地区往往有新沉积物掩盖,这就更容易给观测者以错误的印象。在这种场合,必须把后来由于上升或下降重迭在原有构造体系上的影响除去,才能见到它本来的面貌。

这四种方式,或者单独地出现于具有比较复杂构造的区域,或者部分地联合起来,特别是(1)、(2)的(甲)和(乙)、(4)等项部分地或甚至全部地联合起来,造成复合现象。

以上是构造体系以及它们的复合现象主要联系到空间范畴的一些基本概念。为了系统地了解每一个构造体系全面的发展,我们不独需要首先明确地划清每一个体系在它成

长的每一阶段——即每一时期——发展的形势,而且还需要把这些发展的“剖面”,有条不紊地插进时间的范畴,这样才能希望看到在时空间的大地构造史的一幅生动图画。

由于地层上的和其他鉴定地质时代所需要的条件往往不够,事实上对于每一个构造体系发展到某一阶段的地质年代的确定,往往是有困难的。在这种实际困难还没有完全克服以前,我们不妨暂用晚近、近古、中古、上古、太古等等仅仅具有概括性的名称来指示各个构造体系发展到成熟阶段所属的时代。所谓成熟阶段,只是指轮廓具备,而不包括一个构造体系达到稳定或固定程度的意义,更不管它是否已经僵化。

地震学上大量的资料证明:有一些长久以来已经成熟了的构造体系,到今天还具有显著的活动性;反过来看,地震烈度的分布,对某些构造体系的存在,可以认为是提供了有力的证据。

从历史的观点来说,我们当然宁愿从最古老的阶段,譬如说前震旦纪地盘构造的情况,推求到最新阶段的发展。但是,我们工作的程序,却不得不反其道而行。因为愈古老的构造体系,一般原封保存的或出露的部分愈少,鉴定就愈加困难;较新的构造体系,一般被破坏的程度较浅,被掩盖的部分也较少,因之鉴定工作的困难也较小。先易而后难,先肯定既知,再进一步去追求未知,就工作程序来说,是较为合理的。

我国西北地区,包括山西高原,显然包含着几个不同时代、不同类型的古老构造体系。例如山西南部中条山一带,由前震旦纪岩层构成的强烈褶皱,显然是一个太古构造体系的一部分;但这个体系究竟属于什么类型,它展布的范围多大等等,现在还无从解决。又如山西北部的五台一方山变质岩地块及其以北地区,究竟是否与华夏系褶皱有关;它们在那里所显现的大致走向东北—西南的复背斜和向斜,是否往东北伸入华北平原的北部、西南伸入陕西盆地的东部;它们究竟是不是一个包含着太古构造的上古构造体系,或者几个复合的太古和上古体系的残余部分,也都是问题。在祁连山及其周围地区穿插在南山变质岩块中的、走向西北或西北西的褶皱以及其他有关的构造形体,是不是都属于一个古构造体系?它们占据的范围如何?所谓南山地槽是否就是这些褶皱的前身?它的界限在那里?

贺兰山北部由侏罗纪含煤陆相岩层及古生代陆相和海相岩层构成的褶带,是否可以 根据它们走向东北或北北东这样一个简单的关系,就把它们分别列入属于上古构造的华夏系和中古构造的中华系?这个褶带的前身——一个陆槽或准地槽——往东北伸入河套地区究竟有多远?往西南伸入阿拉善沙漠地区中,在阿宁台地成为一个盾性地块以前乃至以后,是否形成一个弧形槽地通到河西走廊附近?在这个可能存在的准地槽西北,是否还存在若干更古的第一级隆起褶带,包括北大山、亚布拉大山、尖山等?所有这些都是现在无法解决,但都是极其重要的问题。不管解决这些问题的正确途径如何,有一个步骤是无可避免的,那就是:首先必须从太古和上古构造体系中除去造成中古、近古和晚近构造体系的运动的影响;那样,才能看出它们本来的面目。

因此,在本文中,我们只限于处理有关在中国西北地区范围内晚近、近古以及晚期中

古时代出现的各个构造体系的问题。到现在为止,在这个范围内,我们所认识的巨型构造体系,只有下列几个:

- (i) 陇西旋卷构造体系;
- (ii) 康藏歹字型构造体系及其前身——青康滇缅大地槽;
- (iii) 祁吕贺兰山字型构造体系(?):
  - 贺兰褶皱,
  - 伊陕盾地,包括陕西盆地、河套凹地,
  - 阿宁盾地,包括阿拉善台地(即少许抬高的盾地),
  - 祁吕弧形褶皱,包括吕梁—恒山褶皱;
- (iv) 山西陆台:
  - 太行陆梁,
  - 晋东台地,
  - 漳沱—汾河陆槽,包括汾渭地堑;
- (v) 新华夏及中华夏构造体系;
- (vi) 河西构造体系。

### 三、旋卷构造的一般特征

当一个物体作为一个整体发生机械运动的时候,它的运动,分析起来说,一般包括前进的和旋转的两个部分。这样一般的分析,对于地块或岩块中每一部分,在作为一个整块对它的毗连部分发生运动的基本前提下,也应该是可以适用的。不过在弥漫岩石的空间中,任何一个岩块或地块发生旋转的时候,那就不是简单的旋转运动,而是旋转扭动。

旋转扭动的程度当然可以极其轻微,也可以相当显著。在旋动轻微的情况下,旋转扭动的痕迹,不一定依靠普通地质勘查所达到的精确程度就可察觉。但如果一个地块或岩块,对它的周围或它的内部,发动过相当显著的旋转扭动,无论从弹性或塑性材料力学的观点来看,我们都不可能想象在经过那种相对运动的岩块或地块中,不会不留下依一定款式配合起来的弯曲结构面,象在均匀的或不均匀的平面应力作用条件下所引起的“应力网络”那样。

旋扭运动当然可以在地壳中任何方位发生,参加旋扭运动的岩块或地块,当然可小可大;不过根据实际经验,除了极小的旋卷结构无一定排列方位外,其他无论小型、中型或巨型旋卷构造的旋扭轴,大都不是近于水平就是近于垂直。

旋轴水平的旋卷构造,就现在我们所掌握的资料来说,都是一些小型结构,其中主要部分,就是由以前称为帚状节理的弯曲裂面构成<sup>[3]</sup>。旋轴垂直的旋卷构造,虽然不因它规模大小不同而在结构形态的特征上有任何显著的差别,可是实际上就小型旋卷构造来说,由于它的整体形态可以一目了然,它便极其容易认识;到了中型的规模,鉴定就有困难了。

困难之点,不仅仅在确定它各部分的关系,而且处处还要对真正的旋扭现象与似是而非的旋扭现象——例如火口陷落、环状火成岩体侵入等类现象——作缜密的鉴别。固然火成岩侵入体的存在,如环状岩墙等,不一定证明侵入现象不是由于旋动发生,但火山口或火山颈的存在却给我们确定火口陷落现象以有力的帮助。

到了巨型和超级巨型的旋卷构造,不但确定它各个构成部分的关系困难更多,连火成岩侵入体的存在与否,对于这一类型构造的鉴定也并不具有任何意义。除此以外,如若巨大地块,果真由于旋转扭动而发生了巨大的环形断层,沿着那些裂面,就必然发生相对的垂直运动,这种垂直运动的影响,又必然增加我们对于旋扭运动的认识的困难。尽管有了这样一些导致混乱的原因,大小旋卷状构造共通的特征,一般还是很突出的。

自从1929年地壳局部旋转性扭动的论据被提出以后<sup>[4]</sup>,除了被用来支援它所不以为然大陆在某些方面漂流的假定外<sup>[5]</sup>,它没有引起相应的注意,也没有获得更切实、更具体的发展。近十年来,在这一方面的情况,有所改变。我们已经掌握了一系列的构造现象,那些现象无可争辩地证明了,不同性质、不同大小的岩块或地块,在不同的地质时代中和不同的规模下,确实发动过旋转性扭动。下面举出几个典型的例子,分为小型、中型、巨型、超级巨型处理,这当然只是便宜从事,并非有绝对标准。

### (一) 小型旋卷构造——旋卷结构

1946年春天,谷德振和作者在四川北碚北泉公园附近,包括嘉陵江东岸江边部分,遇见质地均匀、颗粒大小中等的侏罗纪坚实砂岩的大片良好露头。其中不少天然和人工的剖面,揭露一种特殊形状的结构。它的特点之一是曲度相当显著的一批弯曲裂面,依相似的关系而排列和伸展,因而把它们所穿过的岩石分成弯曲的薄片,一层套一层地重迭起来,好象百合瓣或葱瓣一样。从剖面看来,每一弯曲薄层或薄片,都呈弓状,向弓的一端,曲层逐渐尖灭;而向它另一端经常有稍稍加厚的趋向。就是说,形成这种结构的弯曲裂面向一方面一齐收敛,最后构成尖端(从剖面看来);而向另一方面——即与尖端反对的方面——一齐撒开,并且在这一方面各个面的延展大都参差不齐,逐渐消失。它们被称为帚状节理,就是根据这种特殊形态;但是它们的展布往往超过普通节理展布的范围,因此,把它们统称为节理,并不是完全适当的。

另外一个特点:在发育良好的所谓帚状节理体系向内弯曲的那一面,即它的凹面,特别是离它的尖端不远的处所,往往有一个圆柱状的构造形体出现。这个圆柱状的岩体,有时沿着圆周的全面,有时沿着圆周的1/2或2/3的部分,被一个单一而很圆滑的裂面很明显地划分出来。圆柱的轴线,经常是与它有关的那些构成所谓节理的弯曲裂面的轴线平行的,但很少是一致的。在北泉公园附近发现的圆筒形体不少,其中个别从山崖中剥落出来的典型例子,很清楚地显示:绕着它的周围,刻划着许多成槽成脊的平行线条,它的整个形状与汽油桶很相类似(图版II上图)。那些互相平行的、由刨削而成的线条,无可争

辩地证明：圆柱对于其周围的岩石，曾经在与圆柱轴线垂直的平面内发生过相对的旋扭运动。在北京公园附近，大多数圆柱体的轴线是水平的，少数是垂直的，只发现一个圆柱体的轴线稍微斜立(图版 II 下图)，但也离垂直不远。

表现这两种特点的构造形体，就是构成旋卷构造的两个主要部分。为了便于系统地记述这两部分在旋卷构造体系中的地位，我们姑且试用下列新名词：弯曲裂面最发育的部分可称为旋迴层或旋环，划分旋迴层或旋环的弯转面可称为旋迴面；圆柱部分可称为砥柱或旋涡(在凹下的情况下)。

在地层剖面所见到的旋迴层——即旋轴水平的旋迴层——一般延长一、两米到二、三十米不等，砥柱的直径大都不出 1—3 米的范围，但规模甚小的帚状节理，很少有砥柱伴随。

从北京公园附近及其他地区含有旋卷构造的岩层剖面中，还可以发现更多的证据来证明这种构造确实是岩层局部经过旋转运动的结果。这些证据包括：

(1) 每一旋迴层与其毗连的旋迴层之间，往往含有一薄层经过研磨的岩石粉末，它具有片状组织，其中夹滑石、绿泥石、云母等类矿物小片，这些矿物小片和砸细了的石英片粒的长短各轴，大都依片状组织的方向排列，片状组织的排列方向并不与夹着它的旋迴面平行，而与后者成不大的但有一定的角度。其关系如图 4 所示。由于片状组织及滑石、云母等类示压性矿物的存在，我们可以断定  $aa'$ ， $bb'$ ，…等面是受压的方面，从此也可以断定 A 与 B 两旋迴层必须紧凑地沿着半箭头所示的方向相互滑动，才能产生这样的压力。

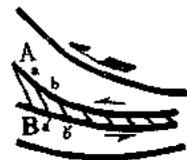


图 4 两个旋迴层相对扭动方向与其间所夹的砸细薄层中片理排列的关系(剖面图)

(2) 旋迴面上有时发现带着阶步的擦痕，它们所表示的相对滑动方向，也是与前述片状组织所表示的方向一致。

(3) 平行的旋卷构造经常出现于逆掩断层、背斜的陡立或倒转的一翼(图版 III、IV)，或侧面冲断层——即换断层——的附近。这些与旋卷构造有关的构造所表示的运动方向，也是与旋卷构造本身所表示的方向一致的。

孙殿卿和谷德振在浙江桐庐同春庙、紫坊坞等地附近，沿公路所看到的平行旋卷构造，都出现在属于泥盆纪的千里岗砂岩中<sup>[6]</sup>。它们的规模大小和其他主要特点，与在四川北泉公园附近的侏罗纪砂岩中所发现的完全相同。在旋迴面上所刻划的大批擦痕，象在北京公园所见的那样，一致地与直立在旋卷构造近旁的、显然与旋扭运动有关的换断层面平行，并且显示旋迴层之间相对滑动的方向。就毗连的两个旋迴层来说，站在旋迴面凸出方面的那一层——即外旋层，亦即曲径较大的那一层——总是向旋迴面群收敛的方面滑动，而站在旋迴面凹入方面的那一层——即内旋层，亦即曲径较小的那一层——总是向旋迴面群散开的方面滑动。

另外还值得注意的是出现在同春庙西约 80 米公路旁的一个例子：这个旋卷构造的砥柱，不在旋迴层的收敛尖端出现，而穿插在旋迴层最发育的部分，它并且切断了旋迴层，

表示它产生的时期稍晚(图 5)。这个砥柱究竟是与那些被它切断的旋迴层组成一个体系,或者属于另外一个体系,还需要就地加以考察,才能确定。

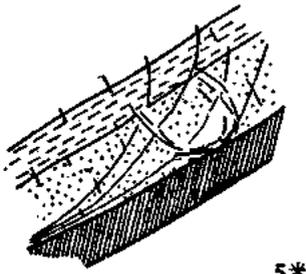


图 5 浙江桐庐同春庙千里冈砂岩中出现的旋卷构造的剖面

上面所举出的都是平列的,即旋迴层的走向和砥柱轴大致排列在水平方位的实例。现在再举出几个直立的旋卷构造的例子。

若干典型的直立旋卷构造,曾被发现在北戴河海滨花岗片麻岩区中。其中有几个例子,发育颇为完备:它们的旋迴层部分的长度,在能被察觉的范围内,由三、五米到三、五十米不等;它们的砥柱,小的直径仅三、四十厘米,大的直径也不超过两米。砥柱周围的岩石,大都破碎甚烈,但也略呈旋迴层理。砥柱一般是直立的,有时较其他部分稍为低落,也有时凸出(图版 IV、V);它的侧面显得极为光滑,显然经过强烈的研磨;它本身也具有一些裂缝,但远不如它周围的岩石那样厉害。

水平滑动现象,在有些旋迴层与旋迴层之间表现得很清楚。滑动有一定的规律,环绕在外围的旋迴层——即外旋层,亦即曲径较大的旋迴层——经常向旋迴层的尖端方面滑动,而被包围在里边的旋迴层——即内旋层,亦即曲径较小的旋迴层——经常向旋迴层散开的方向滑动。这种关系,不仅表现在互相毗连的旋迴层间偶尔发育的羽状节理的排列方位(图版 V 下图),而且从旋迴层与旋迴层间原来连续贯串的痕迹,例如扭节理等的移动情况,得到明确的证明。

应该注意,在前述旋卷构造的例子中,内旋层与外旋层相对扭动的方向与旋迴面群撒开及收敛的方向的关系,虽然一致,但出现于毗连旋迴层之间的羽状节理和其他小型斜列平行结构面的排列方式却不一致。在北泉公园,由于夹在两个毗连旋迴层间的低一级的小型平行斜列裂面和纹理是因为受了压应力的作用而产生的结构,同时这种压应力的作用,显然是两个毗连旋迴层相互扭动的表现,所以,如果为方便起见,以这些低级小型结构面与夹着它们的两个旋迴面所成的锐角、钝角以及这两个角在旋迴面上的共通顶点作为标志来确定有关的两个旋迴层相互扭动的方向的话,那么,无论就两个旋迴层中哪一层来说,都是从那些小型斜列平行面与它成锐角的一方面朝着与它成钝角的一方面推动的,如图 4 半箭头所示。

在北戴河海滨的旋卷构造中,由于夹在两个毗连旋迴层间的低一级的小型羽状节理是因为受了张应力作用而产生的结构,所以恰好造成与北泉公园所见的情形相反的关系,即毗连旋迴层相对扭动的方向和它们所夹的羽状节理的关系,符合于一般规律,无论就两个旋迴层中的哪一层来说,总是从羽状节理与旋迴面成钝角的一方面向成锐角的一方面推动的,如图 6 半箭头所示。

这两项性质相反,因而排列方式也相反的小型结构面,正好证明了,和它们同一次产生的、但在构造等级上比它们高一级的旋迴面毕竟都是同样扭动的产物。可以想见,

这种扭动的发动和进展的方式,在不同条件下不一定相同。但无论扭动方式是怎样决定的,控制那种方式的主要因素,必然和由于扭动而引起的应力分配情况不可分离,也必须提供理由来说明为什么旋迴面群向一方面收敛而向另一方面撒开。后面(看 52—56 页)将要提出的几种简便实验,对于解决有关这两方面的一些问题的途径,似乎是具有参考价值的。



图 6 两个旋迴层相对扭动方向与其间所夹薄片中的羽状节理排列的关系(剖面图)

在北戴河海滨金山嘴南天门以东出现的一个旋卷构造,总长约三、四百米,它的砥柱的直径约十几米,突出海面,形成一个小岛屿。

1948 年第十八次国际地质学会在英国开会的时候,作者曾在英伦西部希罗普郡<sup>1)</sup>的司脱列墩教堂镇<sup>2)</sup>附近卡丁米尔山沟<sup>3)</sup>出口的西南侧遇见一个极容易引起注意的旋卷构造,它的规模与前述北戴河金山嘴的例子不相上下。它发育在前寒武纪的龙门德<sup>4)</sup>系劈面不良的硬泥板岩中(图版 VI)。

它最突出的一部分,位置在沿着卡丁米尔山沟伸展的一个大擦断层的西南侧。那个突出的部分,除了它的西南面有一窄小的山岗在地形上和构造上与山沟的西南侧较高的山地相连外,其余各方面,都为沟底平面所环绕,构成一座几乎孤立的螺形小山,顶角朝上,周围岩坡相当陡峻,自上而下分为三、四级小型台阶,每一级台阶上面,坡度都比较平缓,在那里露出的岩石,大部砸成了小条小块,局部颇呈纷乱现象,其中由于被扭曲而搅乱了劈面走向,一般无一定的规律,只有在最高一级台阶的顶上,即小山的核心部分,构成它的岩石的劈面走向与附近岩石劈面正常的走向——北 47° 东——是一致的。这一部分形成圆柱状,它的直径大约不到 10 米。

从地形上判断,绕着这一座小山的周围,可能有几个小型的环形梯状断层存在,但无法证实;至于那座小山的整体,在水平面上遭受过扭动,不但从构成它的岩石的劈面遭受歪曲的情况可以证明,而且从附近溪水冲洗的地方所露出的许多帚状节理也可以得到无可怀疑的佐证。这一扭动显然是与卡丁米尔平错断层的作用分不开的。

## (二) 中型旋卷构造

规模不等的晚近和近古旋卷构造体系,在中国西北部的构造轮廓中占有重要地位。其中一个典型的中型旋卷构造出现在南山变质岩地块西北方面、酒泉以西约 21 公里文殊山中。它的规模,就已经确定了的范围来说,东西不超过 5 公里,西北到东南大约 15 公里。当地发育的甘肃系和玉门砾岩层全部都卷入这个构造体系中。

已经确定的部分,位置在文殊沟的两旁,尤其清楚的是在沟北后山、前山、红土沟一带。那里的下部甘肃层,即浅红色粘土与砾状粗粒砂岩的互层,以半面包围的形势,逆掩着在它西面的玉门砾岩。它上面的中部甘肃层,即砂质粘土与疏松砂砾的互层,上部甘肃层,即细粒砂砾与浅红色粘土互层,以及玉门砾岩,都按正常层序,由西南往东北展布。在

山沟中,甘肃层露出的地点,有大量掀断层的存在。其中重要的,如图7所示,显现一定的

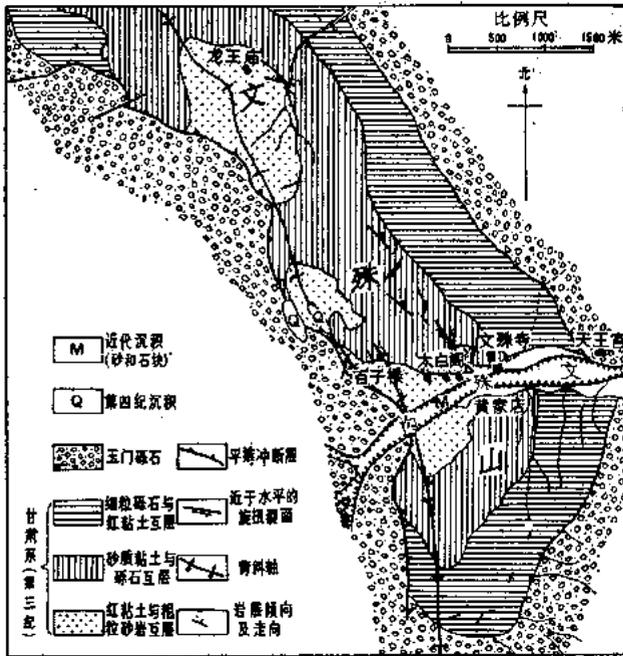


图7 文殊山旋卷构造

排列规律,即一般向北又向西北撇开,向南又向西南收敛。虽然由于甘肃层质地疏松,所有岩层移动的痕迹,在地面上未能全部保存,但在比较显著的扭断层面上(往往与层面几乎一致),经常可以发现大量近于水平的擦痕,在后山附近老乡们新近开掘的山洞中所露出的一些擦痕和线条(图版VII),是其中倾斜较大的典型例子。

以前有两种不同的见解,用来解释甘肃层逆掩玉门层的关系:一种见解认为玉门砾岩向东偏北俯冲,而另一种见解却认为甘肃层向西偏南仰冲。根据大量

水平擦痕的分布,以及它们对产生它们的那些平错断层的关系,我们不可能接受这两种意见的任何一种。那些擦痕和平错断层不需要任何间接的解释,它们自身就直截了当地指明岩层中发生旋扭运动的方向,从断层面上保存的阶步和光滑的方向,以及断层两旁适当标志的挪动等等,我们知道一般规律是断层的东北面或东面往东南或南面挪动。这完全符合于顺时针方向旋迥的规律。但在红土沟中所发现的平推断层,却显示与此相反的方向,理由何在,现在还不明了。

上面叙述的只是作为一个典型的局部情况。实际上,整个文殊山是一个带有弯曲构造的地块。它西南面的大逆掩断层的走向,从北面说起,由西北西逐渐转到西北、北北西,最后到文殊沟以南转变为南南西,它的总长约18公里左右。环绕着它的东北面、东面、东南面的甘肃层和玉门层也形成相似的半环状露头,具有同样的环形轻微褶皱,同时显现朝着西南方面收敛的倾向。

文殊山本身无疑地是一个大断层的露头,这个大断层在旋卷构造体系中具有什么意义,现在还不明了。

地震勘测的结果,显示震波反射所受到的重要的干扰只在从地表起往下1400米的范围内;超过了这个深度,震波反射便有了规则。这一事实意味着这种旋扭运动,可能在表层中更加剧烈,也就意味着“脱顶现象”在旋扭运动中的重要性。

## 宋梁山旋卷构造

南山变质岩地块东南方面,皋兰县北部,宋梁山和青石山地区,出现另一个规模比文殊山旋卷构造大得多的水平旋卷构造体系。经过最近几年以宋叔和队长为首的地质勘探队普查的结果,我们现在可以了解这一旋卷构造体系的范围和特征。它东西宽二十多公里,南北长约15—16公里。主要由南山变质岩系构成,其中包括千枚岩、砂岩、石英岩、安山岩流、凝灰岩、大理岩等等变质程度不等的各种岩石,并且夹有稍微变质的花岗岩、闪长岩和较小的辉绿岩及安山斑岩侵入体。这些岩层和岩体都倾斜很大,环绕着位于西南方面的一个主要由火成岩构成的区域而形成半环状排列。这个主要由火山岩构成的区域,或者在它东面的白垩纪砾岩所占据的区域,可能代表这一旋卷构造的旋涡或砥柱部分。但据现有的资料判断,当地的白垩纪和属于侏罗纪的阿干镇煤系,并没有卷入这一构造体系。因此我们可以假定,这一体系不属于晚近或近古构造。可是同时从其中夹杂的火成岩侵入体变质轻微的情况考虑,也很难把它列入上古构造——象加里东循环那样古老的产物。

在这里年代不是主要的问题,主要的事实是这一构造的特征和其他晚近或近古旋卷构造没有什么差别。图8很清楚地表示出旋迴层往东南方面收敛,也就是往西北和北面

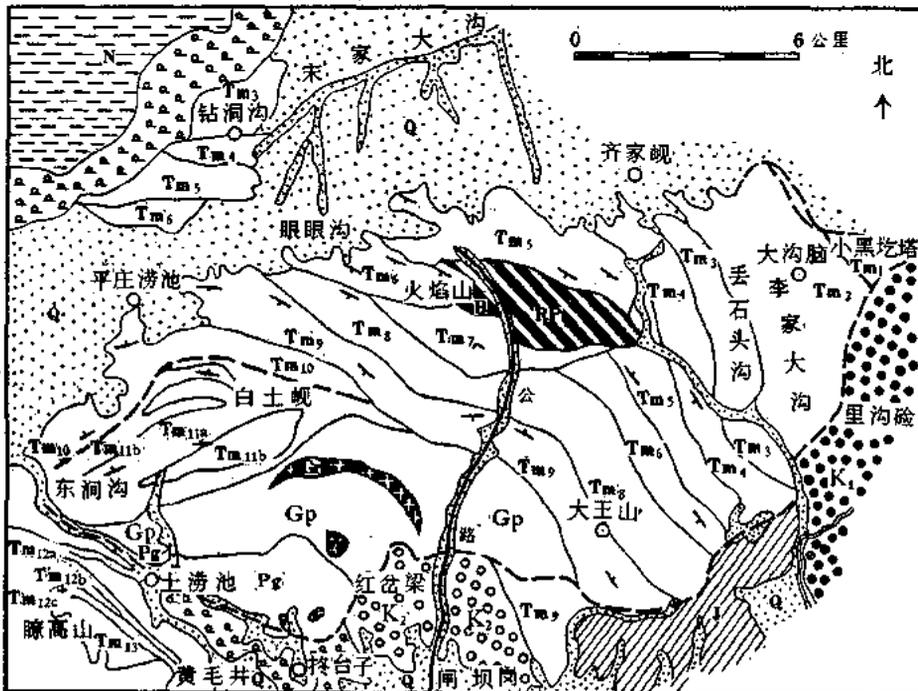


图8 宋梁山旋卷构造

Q, 冲积层及黄土; N及E, 第三纪红色砂岩、砾岩等(甘肃系); K<sub>1</sub>及K<sub>2</sub>, 白垩纪砂岩、砾岩等; J, 侏罗纪含煤层(阿干镇系); Gp、Pg、Tm<sub>1</sub>—Tm<sub>13</sub>, 泥盆纪(?)千枚岩、石英岩、硬砂岩等夹安山岩、流纹岩、安山凝灰岩有时夹不纯大理石(Tm<sub>3</sub>和Tm<sub>11</sub>), 层面和片理倾斜甚陡, 走向一般与岩层界线一致; Gr, 轻微变质花岗岩闪长岩; B, 变质辉绿岩及安山斑岩; RP, 变质流纹英安岩、流纹英安凝灰岩、英安斑岩等。

撒开。如果我们将来能够获得更多的证据来证明各个旋迴层之间,确实经过扭裂或挤压而发生平错,以致愈近外围的旋迴层有愈往东南挪动的倾向的话,我们就可以确定,在南山变质岩地块的东南部,在近古以前已经发生了顺时针方向的旋转运动,这对于某些矿床展布规律的理解,是具有决定性的意义的。

就规模的大小来说,这一构造体系,与十四年前作者就广西东北部百寿地区所指出的一个旋卷构造大致相等<sup>[7]</sup>。不过在那里构成旋迴体系的岩层,除了小山砂岩(中泥盆纪)以外,都是泥盆纪的海相地层;旋迴层与旋迴层的关系,似乎不是扭裂旋错,而是挤压弯转,因此,在百寿的场合,应该是收敛的方向表示内旋的方向,而撒开的方向表示外旋的方向。

和宋梁山旋卷构造的形态大致相似、而规模较大、旋扭形态更加突出、核心部分下降状况更加明显的构造类型,恐怕要算俄罗斯台地的萨拉托夫<sup>[8]</sup>移错。关于这个世界闻名的奇特构造类型由来的问题,苏联著名地质学家,如沙次基院士、可惹夫尼可夫、华西里耶夫、维索奇基、费多若夫、库土可夫以及其他许多人,作了很多出色的工作<sup>[8,12]</sup>。从有关的文献中,我们完全可以了解萨拉托夫环状构造的主要特征和中心部分沉降的状况,在那里不存在火成岩活动乃至火口陷落问题,也是很清楚的。与本文有关的问题不是在这些方面,而是围绕着那些一道一道的环状构造<sup>[9]</sup>,除了表示升降运动而外,还有无痕迹表示某种程度的旋扭运动。(参看图版 XVI 下右图)

### (三) 巨型旋卷构造

#### 陇西系旋卷构造

这一巨大构造体系,在六盘山和贺兰山南段以西的广大区域中,包括祁连山东南部外围地区,占有极重要的地位。由于从南山变质岩系到第三纪甘肃层,全部都卷入了这一构造体系,又由于它复合在其他构造体系之上而发生了强烈的干扰作用,它对广义的陇西地区,以及河西走廊东南部的综合构造形态,起了极其重要的控制作用。

组成这个体系的最明显的、最突出的旋迴褶带,就是整个六盘山山脉,包括它向西北方向延长到景泰以及古浪以南乌鞘岭部分和向南插入秦岭的部分。

在西北方面,它的范围并不限于乌鞘岭、毛毛岭。武威西南,祁连山北脚走向东西的花岗岩体以及和它平行的古生代岩层褶带,永昌东北窖水盆地和潮水盆地的甘肃系中出现的走向近于东西的巨型平推陡立断层,永昌与山丹之间具有同样走向的褶皱和侵入岩体,张掖以南祁连山脚下玉带口等处走向北 $70^{\circ}$ — $80^{\circ}$ 西的断层和破裂带,都表示这一体系在这一方面的巨大影响。

往东北方面,这一旋卷构造的外围,显然达到了贺兰山的南段。这个山脉的南段,在黄河以西,一直显现强烈的走向南北的褶皱。然而到了中卫—中宁地区以北,它的形态轴向、连同构成它的古老岩层的褶轴,都忽然转变为走向近于东西的系列。这种轴向的排

列,恰好在中卫西南的地区中逐渐过渡到由海原到景泰那一段旋迴褶带开展的方位。在黄河东岸,金积、灵武、同心等地区走向近南北的褶皱,也都显现愈到西南,就是说,愈接近六盘山,就愈加显著地偏向西北:由此可见,它们受到了六盘山的影响。

往南面,陇西系的一些成员,怎样插进祁吕褶带以及秦岭东西褶带,现在虽然不太清楚,但它们强迫地插进了这两个方向完全不同的强烈褶带,是无可争辩的事实。插进的地方,在水天、两当、徽县、成县、西和、礼县、武山区域。在这一地段,无论是祁吕褶带或秦岭东西褶带,都发生了局部的、但是极其巨大的变化。这种构造异常的变动,至少一部分的原因,就是由于受到了陇西系南部——即收敛部分\*——的侵扰,其中还可能包容着其他构造体系。华家岭以及通渭附近的花岗岩侵入体也显然与陇西系向南伸展的收敛部分有关,不过它们的地位不是和六盘山在一条线上,而是代表位置在更西一些的另一旋迴褶带。这一褶带可能与秦岭附近葫芦河下游由上古生代岩层构成的褶皱,以及华家岭以西定西附近、三迭纪岩层中出现的波动状褶皱是同位的。

陇西旋卷体系往西面发展的范围,达到拉脊山大背斜以北的西宁槽地。出现于拉脊山东头走向北北西的巨型逆掩断层,在宏善寺附近,很清楚地被走向近于东西的平推陡立断层切断。这种走向东西的平推断层,无疑地反映了陇西旋迴体系对拉脊山背斜的影响。实际上作为构成祁吕褶皱西翼的这一部分,和陇西系是复合在一起的。

这一内旋褶带,大致沿着湟水两岸,往东偏南的方向伸展。在河口附近与黄河南面露出的由南山系岩层构成的古构造复合;再往东南,它同样与由古老岩层构成的复式褶皱复合,形成兰州东南的兴隆山、马衔山等等一般走向西北—东南的褶带。在兰州以北也有类似的发展。例如在前述宋梁山构造的西南棺材沟附近地区,变质比较厉害的南山系岩层,连带其中包含的角闪片岩体,构成一个走向西北—东南的变质岩带,从红色盆地中暴露出来,显得非常的突出。这并不是说,红层——包括第三纪甘肃系,白垩纪乃至侏罗纪岩层——在这一中心区域不受旋迴褶皱的影响,相反的,在永登以南,河口以北某些地点,红层被卷入陇西系构造的显著程度,并不在六盘山区域之下。

陇西系发展的全景到现在虽然还不大清楚,但有两点是可以肯定的:(i) 它的各个组成部分不一定是同一时期发展的,一般地看来,它的外围部分似乎发展较晚;(ii) 由于卷入到陇西系而复活的若干古构造岩块,包括若干火成岩侵入体,主要只有它们的边缘部分发生变化,借以符合于新构造体系的要求,它们的内部结构,多半仍然维持它们的原来面貌。

有些迹象暗示陇西系的旋涡,可能在兰州西北,或者在民和盆地。但关于这一点还没有获得充分的证据。

另一个规模大致和陇西系相等的旋卷体系,出现于山东的西部,即潍县—沂河一线以西的那一区域。由于这一地区的地质构造体系比较单纯,同时岩层一般露头比较普遍,我

\* 由文中对现象的描述和对整个应力状态的分析看,陇西系是向西北收敛的。此处有笔误,“即收敛部分”应为“即撒开部分”。——编者

们从一百万分之一和三百万分之一地质图上,已经可以正确地看出鲁西旋卷构造的特征,肯定这个体系的存在。按照张裂的规律推断,鲁西系外旋方向是反时针的,而它的内旋方向,即位于西南部的内旋层的旋转方向,是顺时针的,这恰好和陇西系的旋转方向相反,因为陇西系构成的旋迴层是由于挤压而不是由于张裂。

### 康藏歹字型体系及其发育基地——青康滇缅大地槽

在肯定地认识了前述各个晚近旋卷构造体系,或者最早也不过从近古时代才开始发展的巨型旋卷构造体系的基础上,我们可以进一步对更大规模的、发展历史更悠久的旋卷构造体系,作试探性的探讨。由于西北广大地区的大地构造轮廓,很可能受到这样一种极其广大的旋卷体系的控制,它的主要特征,至少它存在的可能性,在此需要加以初步的考虑。

从地层学和古生物学方面提供的若干资料,证明在中国西北部和西部的一大块高山地区以及西南边区,存在着一个已经发展成为一个强烈褶皱地带的广大地槽。这个地槽在古生代的初期早已出现。其中时断时续地沉积了海相地层,直到三迭纪的时候,它的某些部分还沉没在海中。三迭纪以后,在西藏方面,海水有愈往西愈深的模样<sup>[10]</sup>。在地槽的东部,也还有大量的陆相浅水沉积,特别是泥砂类的沉积,填塞其中低洼地带。西北方面的南山地槽和这一南北方向的地槽,在它们发展的某些阶段,无疑的是连成一气的。如果把通过缅甸、安达曼<sup>6)</sup>、尼科巴<sup>7)</sup>群岛而到达印度尼西亚这一整个地槽区域连接起来,我们可以约略地看出,它大致成之字或反“S”形状,东面包围着东亚大陆块,四面面临着印度洋和帖梯斯<sup>8)</sup>——即古地中海——的极东海面。但是在每一发展的阶段,它的界线究竟在哪里,它和南山地槽的连接究竟是怎样,现在还极不明确。

根据西藏工作队地质组报告,在昌都以东和以北,由古生代和中生代岩层构成的复褶皱带,确实象三江——即金沙江、澜沧江、怒江——上游流程所显示的那样,在西藏东北部,逐渐向东向南弯转,形成一道又一道歹字型的半环状褶皱带。这些褶皱带的东部一直往南伸展,而它们的西部,却明显地朝着波密地区的东北角(即雅鲁藏布江转折处)收敛,表示典型的顺时针旋转形态。根据西藏工作队地质组初步报告,在雅鲁藏布江下游以北,太阳、嘉黎地区,很奇怪地出现了一大块变质岩区。这个变质岩区,是否代表一个旋卷构造的砥柱,是值得加以考虑的。

如果在这一方面确实存在着这样一个近代的、规模宏伟的旋卷构造,在它以北出现和它协调的、规模更大的旋迴状褶皱带,是完全可以理解的。这样,可可西里、巴颜喀喇乃至柴达木盆地以北的阿尔金山脉,连同祁连山的西北部,都不是不可能被卷入这一超级旋卷构造体系,而与祁吕弧形褶皱带西翼的西北部,陇西系的西北外围相复合。很可以想象到,这样大规模的旋扭运动,如果真发生了的话,必然是极其缓慢的,可能与地槽的发展,至少与成捆的褶皱在这个地槽中形成歹字型构造型式的发展,是相辅而行的。

虽然可以预料到,向这一方面的探寻不是徒劳无益的,但绝不能因此而无视西北方

面,连康藏高原在内,直到现在还在继续的一般上升运动。所谓一般上升运动者,是指这一广大地块,作为一个复式陆台,一般的上升倾向而言。其中当然包括局部彼此相对的下降,如柴达木盆地;也包括同一局部地块,对于它邻近地块,时而上升,时而下降的波动性和摆动性的运动。祁连山地块,恰好处在这个“世界屋脊”的边缘。

因为取决于这种邻近发生的垂直运动的地块形态,重迭在西北方面其他较早出现的构造体系之上,它对前述陇西构造体系以及后面即将叙述的祁吕弧形褶带的正常形态,提供了一个新的决定因素,从而或多或少地歪曲了它们本来的面目,是完全可以理解的。我们分析西北大地构造体系复合现象的困难之点,不在于肯定祁连山地块的上升运动对前述两个体系发生了怎样的影响,而在于鉴定这种垂直运动,与推测中的绕着西藏东部所发动的旋扭运动究竟有无关系;它们是不是同一运动的两个方面的表现?

沿着祁连山北麓的若干地带,如玉带口附近,有规模相当宏大的正断层,走向北 $70^{\circ}$ — $80^{\circ}$ 西。假如这种断层确是邻近的产物,奇怪的事是断层的南面,即高山方面,是下落方面,而断层的北面,即山脚低地方面,是上升方面。陈庆宣在龙首山北麓若干地点,也发现了同样的现象。这种现象,一方面很清楚地证明了,低地与高山的形成,不是直接起源于低地的陷落;而另一方面却意味着,那些山麓断层之所以发生,首先是由于某种原因的作用,使祁连山长得过高,失掉了重力均衡,然后由于适应重力均衡调节作用的要求,才有正断层产生。所谓某种原因是什么?如果使祁连山过度上升所要的侧面压力的方向,与由于前述大规模旋扭运动所引起的压应力的方向一致的话,上面冒险提出的问题——在西北方面旋扭运动与垂直运动可能的统一性——就不能完全看做是无稽的揣测。

假如把北美科迪列拉<sup>9)</sup>大地槽、库尔德斯—伊朗<sup>10)</sup>大地槽,和东阿尔普士—迪纳里<sup>11)</sup>—赫伦<sup>12)</sup>弧形褶带,乃至加里东循环以前卡宁—梯曼—乌拉尔<sup>13)</sup>一带的构造特征,和我们现在所考虑的这一大地槽以及它的后身的特征作一比较(图9),我们不难看出,虽然它们的规模不等,构造细节和发展的时期也各不相同,但在形态和排列方位方面相似之点,不能认为完全是偶然的。它们中段所表现的大致南北的走向,是否意味着在它们发展过程中,都同样遭受过东西方面的压力?它们两头所表现的弯曲形状,又是否意味着与它们进行大规模沉降和局部升降运动的同时,还发动了缓慢的旋转扭动?

当然,仅仅根据这些超级巨型褶带和它们的前身——之字形或反“S”形大地槽——自身的形态,孤立地提出这样重大的问题,是不够慎重的。但事实上这些问题不是孤立的。和这些问题纠缠在一起的,还有不少使我们感到棘手的问题。举几个突出的例子:前面已经提到,为什么俄罗斯台地上存在着象“萨拉托夫环”以及和它联系在一起的那样一些奇特的构造?为什么这个一般认为是安定的广大台地上,具有象顺着阿索夫—巴多利斯基<sup>14)</sup>地块向西北延展的隆起带(有时称为东栖宁斯基台坝),还有顺着沃罗涅什<sup>15)</sup>地块向库尔斯克<sup>16)</sup>方面,而且还要更向北北西方向延展的隆起带(有时称为西栖宁斯基台坝<sup>17)</sup>),以及阿克苏可—栖宁斯基<sup>18)</sup>,阿拉特尔<sup>19)</sup>等等半环状的陆梁和台坝,形成几乎是同心的排列<sup>[22]</sup>?又为什么夹在中间的莫斯科台坝,有三道由翘曲和断裂构成的弧形台阶环绕在它

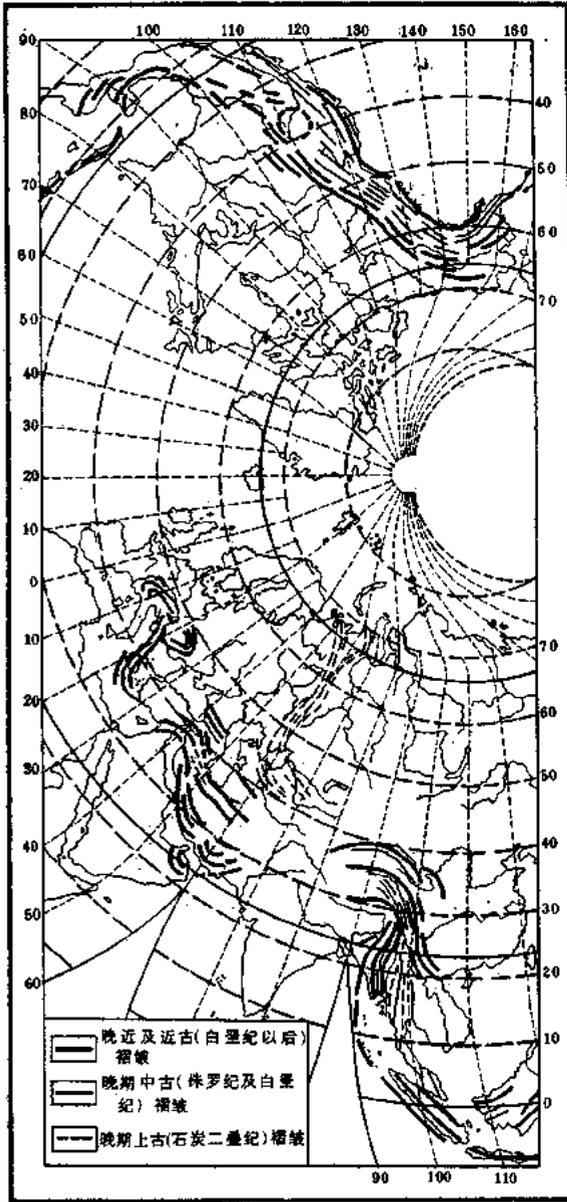


图9 在之字型(反S型)大地槽区中发生的歹字型褶皱体系  
(和它们复合的其他构造体系成分都未列入图中)

地质条件下,开始被发觉了的某些有关旋扭运动方式表现在旋卷构造型式的特征,在俄罗斯台地上是否也可能结合垂直运动,留下踪迹。(关于垂直运动与水平旋扭运动相结合的可能性参看图版 XVI 上图和下左图)

位置在俄罗斯台地西南的卡尔巴特<sup>28)</sup>半环状山群的构造,也是很奇特的。这一巨大的肾状地块,大致是由三部分构成。它的核心部分,由比哈尔<sup>29)</sup>、马罗斯<sup>30)</sup>、巴拉特<sup>31)</sup>三个地槽转变的一些山脉构成,这一核心部分的东南部褶皱特别强烈,有环状的冲断,也有巨

的西面,而那些爪状台阶都向莫斯科东南方面收敛,在里亚赞<sup>20)</sup>地区合成一体,向莫斯科西北方面一齐撒开<sup>13)</sup>? 这些弧形台拱、台坳和台阶加上地台东部出现的许多“鼓包”,排成若干相似的曲线序列,不可能是一些偶合的现象<sup>14)</sup>。

更有一系列的重大构造现象,要求从统一发展的观点加以说明。例如,巴基洛夫和波得巴士可娃所指出的那样<sup>15)</sup>,在早古生代时期,大致以喀山<sup>21)</sup>为中心,基洛夫<sup>22)</sup>以南、古比雪夫<sup>23)</sup>以北、宋达尔<sup>24)</sup>以东、格留蓄尔玛<sup>25)</sup>以西这一略呈圆形的、比较稳定而主要下沉的地块,大致是以一块稳定的前寒武纪变质岩层为基础的地块——就是说,用本文中所用的名词来说,可能是一个砥柱似的、或造成一个旋涡构造的基底似的地块——但由晚泥盆纪到早石炭纪的期间,环绕着莫斯科盆地的环状活动地带尽管照样存在,而稳定下沉地块却往西迁移到高尔基<sup>26)</sup>—奔萨<sup>27)</sup>一线以西,到晚石炭纪和早二迭纪的时代,原来比较稳定的地区却变成了沉积最大的区域。

当我们把这些构造现象联系起来考虑它们的生成关系的时候,我们怀疑,对于在若干地区,已经在不同的

型构造窗子。卡尔巴特构造体系的中间部分,由潘罗尼<sup>32)</sup>和特兰西瓦尼亚<sup>33)</sup>两个盆地构成。它的外围部分的西北段由许多极其强烈的褶带——至少包括四个平冲掩覆带——构成:它们逐渐向外围圈的东部收敛,其中有一部分尖灭<sup>[46]</sup>。这样,它就揭露了一个旋卷构造体系的特色,也标明了旋动的方向,就卡尔巴特外围部分而言,是顺时针的。这正是匈牙利山字型构造东翼遭受了歪曲的原因。

看来,这一从古生代已经开始、到第三纪才达到最高峰的复杂构造体系的奇特构造形态,不只单纯地起源于中央沉降、或周围挤压\*,而还可能归根于旋扭运动。这样,它的核心部分,就可能代表这一极其强烈的旋卷构造的旋涡。

另外,我们还应该注意到,在伊朗大地槽西面的阿拉比亚<sup>34)</sup>地台上也存在一大块圆形露头的前寒武纪变质岩块,从内志<sup>35)</sup>一直伸展到努比亚<sup>36)</sup>;而围绕着这一块类似砥柱的硬块的北面、东面、东南面却有大片古生代以及中生代地层,越往外走越强烈地形成半环状褶带来包围它。

如果将来得到更多的事实来证明这一构造体系确实起源于旋扭运动的话,这个旋动的方向也是顺时针的。当我们把亚丁<sup>37)</sup>湾海底地形的特征<sup>[47]</sup>结合着索科特拉岛<sup>38)</sup>上始新统石灰岩走向西北的极其有规则的褶皱,当做同一运动的结果看待的时候,我们所得到的结论,不是象阿拉比亚和北非洲两个陆块的海岸线所暗示的那样:阿拉比亚往东,北非往西,发生过相对的错动;而是相反的,阿拉比亚往西错动。这正是与前述顺时针的旋动相符合的。

对俄罗斯地台来说,许多苏联卓越的地质学家已经获得了大量有关地台发展的事实,并且不容置疑地证明了地台上各部分发生过大量升降运动。关于这一点,没有问题。问题在于我们可否提出:与升降运动同时,或在升降运动之间,还有无水平扭动的痕迹?如果不是为了搜寻某种贵重的地下资源迫使我们对于有关青康滇缅大地槽的历史发展,从一切可能的角度来作比较研究的话,这样一个问题的提出,似乎是没有必要的。恩格斯的名言告诉我们说:“拥有无条件的真理权的那种认识是在一系列相对的谬误中实现的”<sup>[48]\*\*</sup>,只要在可能是谬误的警觉下提出这个问题,危险总不会太大。

### 关于地块水平旋动的补充资料

本文正在草写的时候,张文佑副所长给笔者指出一份参考资料,题名是“地上旋涡,斜列平行断层及有关现象”<sup>[49]</sup>。这篇论文的作者藤原、辻村诸氏根据1884—1899年和1924—1925年两次陆地测量的结果,确定了以相模海湾为中心的反气旋式水平旋动(即顺时针旋动),在前述两次测量期间的水平旋卷率,  $\zeta = \frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y}$ , 为  $7.7 \times 10^{-5}$ , 即平均与  $3.9^{-5}$  弧(弧度)相当(式中  $\zeta$  代表绕着垂直坐标轴的旋卷率分量,  $v_y$ 、 $v_x$  各代表两

\* 帕夫林诺夫教授给作者指出这两种观点,对旋扭运动的全面认识都具有重要意义。

\*\* 作者原译引1953年德文版,现按1970年人民出版社出版中译本校改。——编者

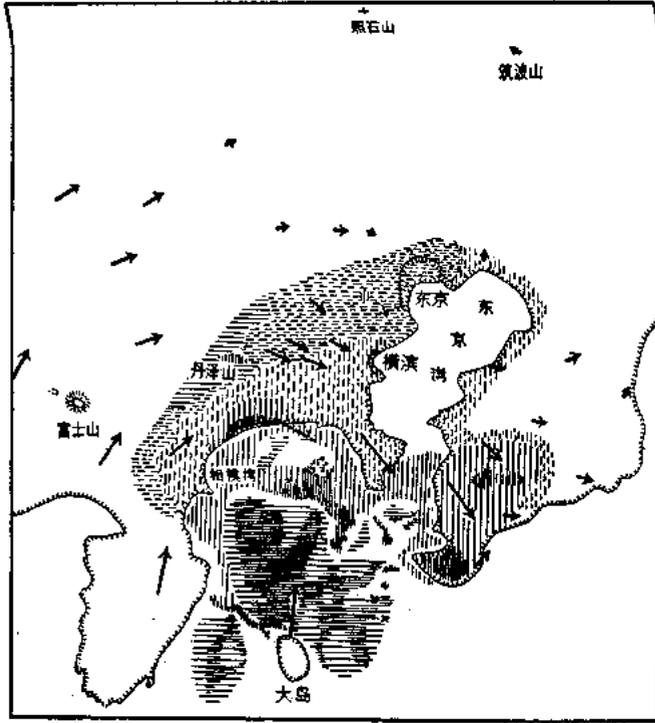


图 10 横断日本中部大断裂带的南头以相模湾为中心的近代旋动

箭头的方位和长短按一定比例尺表示 1899 年到 1924 年间 绕着 相模湾各地点的水平位移；填画直线区域，上升区域；填画横线区域，下降区域；× 标示海底电线被拉斯的地点（据藤原、辻村诸氏）

个水平坐标轴向的速度)。文中没有提到前后两次三角测量的观测误差可能影响各地点所测定的位移到什么程度，也没有讨论到在两次测量期间旋动速度分配是否均匀（但据另一记录<sup>[20]</sup>，单就 1923 年 9 月一次地震来说，沿着扭动线路上许多地点的水平错距，由 5 呎到 9 呎不等，在大岛一处，水平错距达到 12 呎 5 吋）。他们关于俄罗斯台地、阿尔普斯、西藏高原以及南洋群岛地区发动过水平旋动的意见，与本文提出的问题，有“不期而同”之点，但并不是在完全相同的基础上提出的。正因为是这样，这些意见和问题更值得予以深切的注意。

#### 四、山西陆台

为了对伊陕盾地——包括陕西盆地——主要构造的了解作全面的努力，我们一方面需要分析站在它西面的贺兰褶带的构造成分，而同时也需要了解站在它东面的山西陆台是如何构成的。

这一辽阔的隆起地块，并非象往日苏士主要根据李希脱霍芬的观察<sup>[21]</sup>所宣称的那样简单，只是一个棒子式的地块<sup>[22]</sup>；它的各部分的形成有着不同的历史，经过不同方式的运动，它们与邻近地块也有着不同的联系。在山西陆台范围内，控制它本身的构造形态的主要因素，应该从下列各方面加以分析：

- (1) 在总的方面，全部山西地区形成一个大致走向南北的穹窿地块，由西向东，逐渐昂起，附带局部陷落；
- (2) 在山西陆台的中部，局部地稍微下降，因之形成晋东台地，包括寿阳—太原以南、霍山以东、太行以西的广大区域；
- (3) 太行陆梁，形成山西陆台东面隆起的边缘；

- (4) 漳沱—汾河陆槽,包括汾渭地堑;
- (5) 吕梁—恒山褶皱带,即祁吕弧形褶皱带东翼。

按山西陆台的比例尺度来说,除上述各项可被认为是属于超级巨型构造成分以外,还有依重迭的方式和它们复合的若干第一级和第二级构造成分,对陆台的一般构造面貌,也具有决定性的影响。其中以下列几项为最重要:

- (i) 新华夏系和中华夏系褶皱、冲断、横断层以及和它们有关的构造形体和构造形迹;
- (ii) 泰山式挨断层;
- (iii) 大义山式挨断层。

本文的篇幅有限,只允许我们概略地考虑这些高级构造各别的形态和它们与中国西北方面某些巨大构造形体可能保持的联系。

(1) 山西陆台走向南北的全面翘起与局部陷落的形势,在黄河东岸吕梁山西坡表现得非常显著。黄河在托克托左近忽然改向南流,是与这一翘起分不开的。从清水河起一直到离石附近,寒武、奥陶纪石灰岩和石炭二迭纪煤系及其以上岩层,一般都是规规矩矩地顺着走向由北而南伸展,向西缓缓倾斜,钻进陕西盆地底下。由离石往南,直到蒲县附近,虽然局部构造有时稍显复杂,但寒武、奥陶纪及其以上岩层,向西或西偏北倾斜,仍然是一般的规律。

在黄河以西,陕西盆地东部,从宜君以北到横山以西一线(约经度  $109^{\circ}$ ),岩层向西或稍偏北缓缓倾斜的一般趋势,由白垩纪的洛河系砂岩、砾岩层同样显著地表现出来。在横山附近,无定河上游一带,白垩纪和侏罗纪岩层的一般走向虽然转向东北稍微更多一点,但一到榆林以东,白垩纪的砂砾岩又很快地恢复它几乎正南北的走向,它的东面稍稍昂起的边缘,一直沿着这个走向往北伸展。

这样广泛的、但局部并不显著的一种构造现象,当然是由于一个大规模的隆起运动而产生的。隆起的原因,可能是直接由于山西陆台上升,或陕西盆地下降,也可能是陕西盆地东部和山西陆台首先受了东西向的侧面压力,到了一定的程度,然后向上弯曲而致翘起。单就黄河西岸轻微倾斜地带的构造来说,这两种可能孰是孰非,无关轻重,但为了要进行华北平原“摸底”的工作,侧面压力是否起过作用,便成了一个重大问题。在陕西东部那样岩层倾斜极其轻微的区域,从广泛的小型断层和节理等类裂缝观测着手,对于解决侧面压力曾否起过作用这一问题,是有帮助的。

马杏垣教授在铜川西北后郝家房村附近,看见过早三迭纪延长系砂岩中一大片发育得极其美丽的节理两组:一组走向北  $34^{\circ}$  西,向东北倾斜  $84^{\circ}$ ;另一组走向北  $55^{\circ}$  东,向东南倾斜  $82^{\circ}$  (图版 VIII)。这两组近于垂直的扭节理,无可争辩地证明,当地的岩层曾经受过西稍微偏北、东稍微偏南由北  $80^{\circ}$  西方面或南  $80^{\circ}$  东方面传来的压力。在那样平铺的地层中,发生那样大片的、那样有规则的节理,决不可能是由于地层局部变动而发生的——即属于辅协性的——结构面。事实上,造成这些扭节理的压力作用面,即走向北

偏东  $10^{\circ}30'$  的垂直面,恰好就是与前述山西陆台翘起的一般走向相符。

由于这种翘起而导致走向正断层的发生,在山西陆台中南部,汾河中游东岸,沿霍山西麓一带就有很好的例子。从地震记录看来,这个霍山大断层现今还是活动地带,它自南向北延展的范围,显然超过霍山本身,但现在还没有足够的资料来断定它已被近代沉积掩盖了多少。在汾河流域,即山西陆台中部,必然不仅仅只有一条走向南北的断层,其他如沁河流域的两旁、沁县以西、太原西山的东麓等等地带,都有发现这一类断层、其中甚至有显现逆掩趋向的断层的可能(例如太原西山东麓)。

这一走向南北的翘起,愈到山西陆台的东部,有来得愈加剧烈的趋势。在太行山脉中段和南段,即自平山由北而南延展到辉县的一段,震旦、寒武、奥陶纪岩层广大的露头,从陆台中间的汾河陆槽和沁县盆地抬起头来,往正东俯瞰华北平原,形成了太行山东麓的主要部分。构造地质家们有时称它为单斜,但实际上局部有不少复杂构造现象,假如把那些局部构造一概当做单斜中的低级构造或多次构造看待,那就未免把问题太简单化了。

在某些区域,特别由平山(滹沱河中游)以南到汤阴(安阳河)以北、甚至更南些这一段,显然存在着若干大型挨断层,它们走向大致东西,把一般走向近于南北的震旦、寒武、奥陶纪岩层,划分为东西横列的地块,并且把每一块向东或向西相对地推进或推出。这些地块东坡的构成,并不完全相同:在北部的某些横列地块,东坡倾斜较急,骤然插进东面平原,坡上没有石炭二迭纪的岩层出露;但在南部的那些横列地块的东坡,大都带着含煤的石炭二迭纪岩层,经过几次反复褶皱,才最后钻进东部平原的底下。这些局部变化和这条巨大的走向南北的构造线的一般特征,对于山西陆台和华北平原底部构造的发展,是同样具有重要意义的。但是山西陆台东部的构造问题,和华北平原底部的构造问题,是不可能孤立地仅仅从考虑这条南北构造线的特征来得到解决的。至少必须把这些类型的构造和新华夏系以及中华夏系构造结合起来处理,才能说得上接近于看到问题的全面。

(2) 晋东台地:这一三角盆地之所以成为三角形,在前述各项构成山西陆台的因素合合作用的条件下,是可以部分理解的。它的西面的构成,显然是受了造成霍山山脉,也就是使山西陆台整体对陕西盆地来说,向东翘起的同一动力作用。它的东面也显然是受了太行陆梁,作为一个复式大背斜,和它的内部结构的限制。它的北面,为什么在一条东西向分界线上与寒武、奥陶纪岩层接触,现在还找不出构造上的原因。根据百万分之一地质图,它的南面,有了一些值得注意的表面现象,那些表面现象,究竟揭露着什么样的构造事实,现在还不清楚;但在这一方面进一步的研究,对解决山西台地内部的构造问题和太行陆梁究竟是否向西南弯曲而构成一道边缘弧的内弧的问题,可能有所帮助。

这两个问题的解决,对于解决山西东南部煤田展布问题是具有指导性意义的。如果绛县、阳城、晋城、陵川一线以南,垣曲、济源、沁阳、博爱、辉县以北形成新月形的震旦、寒武、奥陶、石炭二迭纪岩层露头,确实与一个弧形褶皱带符合,而且如果在垣曲和辉县两个盆地以北,那个弧形褶皱带确实各形成一个反射弧,那么,我们几乎可以肯定地认为这个弧形褶皱带就是一个山字型构造体系的前弧,它的顶点应该在晋城以南,它的脊柱轴线应该在高

平、长子、屯留一线以西，大致与一百万分之一地质图上所绘的二迭纪地层和三迭纪地层向东钻进黄土平原底下的那一线一致；如果是这样的话，沿着这一线的二迭纪和三迭纪岩层，不仅应该显现受过东西挤压的痕迹，而且还不免有些走向东西的正断层或走向东北西南或西北东南的扭断层把它切断。但是，最近的调查只证实了在高平—晋城一线以西有比较强烈的新华夏式褶皱插入；前面弧形褶皱，究竟是否存在，直到现在还是悬而未决的问题。

关于边缘弧的问题，在下面与太行陆梁合并考虑。

(3) 太行陆梁与(4)汾河—漳沱陆槽：这两个复式巨型构造，在形态上虽然有一起一落的分别，但在它们的构造关系上，这一起一落恰好是它们相辅而行的表现。

在中国东部，最近发展的大地构造轮廓中，太行陆梁以及与其相辅而行的华北陆槽的平均走向，显然是北偏东—南偏西；往东北超越了阴山东西褶皱以后，就有大兴安岭以及在它东面的松辽陆槽恰恰和它们对照；往西南超过了秦岭东西褶皱以后，又有荆山、雪峰以及它东面的云梦——洞庭和它们遥相呼应。但是太行陆梁，也和兴安岭一样，局部的走向与它整体作为一个复式大背斜的走向，在许多地方是不一致的。同样，汾河—漳沱陆槽局部构造的走向，与它作为一个复式大向斜或地堑的一般走向不完全一致，也是很清楚的。

这种局部构造，对太行陆梁和汾河—漳沱陆槽两个第一级构造的一般形态所起的作用，可以分为三段来考虑。在最北一段，由于大块古老岩体，包括五台区变质岩系，由东北而西南横亘起来，以致太行陆梁西面的界限不甚明了。汾河—漳沱陆槽虽然最初由南偏西的方向闯进古老岩块，不管后者内部结构的抵抗，一贯地继续按照它自己的走向向北偏东的方向伸展，但还没有达到雁门关，在崞县、代县交界区域，这个北偏东的走向遭到了阻挠而转向东北。太行陆梁的东面，在它最北一段，也同样显现愈往北去、一般走向愈有转向东北的趋势。

这个趋势，可能是受到古老构造的影响，但下面要讨论的吕梁—恒山褶皱对它也必然发生了控制的作用。

在中间一段，除了前面已经说过的山西陆台整体从西往东翘起和伏下的影响以外，中华夏系(北 $30^{\circ}$ — $35^{\circ}$ 东)和新华夏系(北 $18^{\circ}$ — $25^{\circ}$ 东)褶皱和冲断层以及与它们直交的正断层(张断层)和与它们斜交的扭断层的影响，也是很大的。例如在赞皇背斜的东西两侧，这两种因素表现得特别显著：在这一个轴心部分露出了太古岩层、轴线近于新华夏方向的背斜的东边，震旦、寒武、奥陶纪以及在某些地点石炭二迭纪的岩层，一般是沿着南北走向伸展，向东急遽地倾斜，突然转入地下；而在它的西北边，却反复地出现了走向北北东的强烈褶皱和冲断面，以及和它们有关的断层。这些中华夏系和新华夏系的构造成分，一直到平顺以南，是构成太行陆梁这一段的内部结构的主要成分，同时，它们的存在也被陆梁这一段的外表形态完全反映出来了。

在汾河—漳沱陆槽范围内，由崞县到三交镇的一段，和由介休到赵城的一段，也都显

示着受到了新华夏系褶皱的影响。

其次是泰山式断层与节理(走向北 $65^{\circ}$ — $75^{\circ}$ 东)以及大义山式断层与节理(走向北 $10^{\circ}$ — $25^{\circ}$ 西)的作用<sup>[23]</sup>。属于这两个类型的断层、节理、劈面、甚至片理等等,在山西陆台的东部,尤其是太行陆梁的东坡,非常普遍。除了第四纪沉积以外,其他所有岩层几乎都受到了它们的影响。它们一般都是很陡的或近于垂直的断面;在很多断面上,经常带着极显著的、近于水平的擦痕。汾河—潞沱陆槽,不是按照一定的走向发展,而是夹杂在、可以说是穿插在一些长方形陷落地块之中。那些长方形陷落地块的边缘,当然不全是、但也必然有一部分是由于正断层造成的;而那些正断层之所以发生,显然是与泰山式和大义山式两个类型裂面的存在分不开的。

值得注意的是:这两个类型的断层和裂面(有时发展成为很陡的冲断面)的分布并不限于陆台的中部,它们在山西的西北部,如平鲁、朔县等区域的古生代和更古的岩层中,同时又在山西东南部,如襄垣附近的震旦、寒武、奥陶、石炭二迭纪等岩层中,以及济源、沁阳、博爱以北古老岩层的新月形露头区域中,都占有重要的地位。甚至前面已经提到的屯留、长子、高平以西,三迭纪与它东面黄土平原的分界线,也可能是由于一条大义山式断层的存在而决定的。

至于在太行陆梁东坡某些煤田中,这两个类型构造的重要性,最近由于煤田地质勘探工作的发展,已经获得了相当明确的认识。在最南一段,汾河—潞沱陆槽和太行陆梁,都很明显地往西南弯曲。在汾河下游,陆槽穿过一个古老变质岩块而没有为后者所阻挠。相反地,这个古老岩块倒仿佛受到了陆槽形成的影响,而构成一道中条山脉。但据最近勘探的结果,这条山脉内部的结构,例如复杂的、甚至可能是倒转的走向北北东的紧密褶皱,主要是震旦纪以前的,即太古构造的残留部分。其中是否穿插着新华夏系构造成分,如果新华夏式成分在那里确实存在的话,它们是否向西南逐渐弯转,现在都是未决的问题。

太行陆梁的南部,在陵川以东,就开始向西南弯曲,由博爱到济源以北一段,几乎转向正西,这样就清楚形成一段向东南方面凸出的弧形,和黄河南岸的嵩山遥遥相对。假如我们承认嵩山—熊耳,连同崤山,代表山西陆台的边缘,由东面走向近于南北过渡到南面走向东西的秦岭构造带,那末,上面所说的太行陆梁南部弧形的构造主轴,从济源附近开始,就不应该往西北弯曲,而应该通过垣曲盆地以南往西偏南延展,最后与中条山的西南尖会合。这就是作为一个边缘弧的内弧所需要满足的构造条件。这些条件能否成立,还有待于事实的证明。

决定太行陆梁南部弯曲的主要因素,现在虽然还不太清楚,但它和汾河—潞沱陆槽一样,受到吕梁—恒山褶皱带的影响,是无可怀疑的。

(5) 吕梁—恒山褶皱带在山西陆台的西部和北部构成一条时起时伏、时宽时窄的山脉,其中包括吕梁和恒山的主峰。它由西南到东北,几乎对角地斜着穿过山西陆台。由寒武、奥陶、石炭、二迭纪岩层构成的、相当强烈的褶皱和冲断层,沿着陕西盆地的东南边缘,在

龙门以北渡过黄河以后，它们主要轴线仍然保持着东北的走向，一直到蒲县附近，骤然开始往北转折，这显然是受了山西陆台向东翘起的影响。但到离石东北，这一褶带又恢复了它北北东的走向，同时，褶带的宽度也加大，其中包含着属于太古构造的成分。

由此再往东北的一段，本褶带便不是一条单纯的褶带，而是以斜列平行的形式，分为一系列的大背斜和大向斜，复合在一个大约属于华夏系（即褶轴走向东北—西南）的上古构造体系之上，同时也穿插在这个上古构造所包容的太古构造之中，例如在五台区所表现的那样。就实际的情况来说，吕梁—恒山褶带这样一个名称，不能充分代表这一段构造的特征，因为这一段构造的主要成分的排列方式，是和一个多字型构造体系相符合的。构成这一多字型体系的成员，从南头数起，有五台山大背斜、滹沱河槽地、代县—繁峙—平型关槽地、雁门关—恒山大背斜、浑源—广灵—蔚县槽地、桑乾河南岸大背斜、桑乾河槽地、桑乾河北岸大背斜。这些复式背斜和槽地的主轴，彼此大致平行，走向西南—东北，但愈往东北都有愈向东弯转的趋向：例如灵邱和涞源两个盆地，大致和它两边的岩层走向一致，一直往东和涿鹿—怀来两盆地会合。

桑乾河北边的一支背斜，在大同盆地以东构成一个比较复杂的褶带，继续往东北东方向伸展。在宣化龙关等地区，走向东北东的冲断面，愈见频繁。那些冲断面，也和在前述灵邱、涞源、斋堂乃至北京附近西山各地如门头沟等处的侏罗纪煤系中一样，都影响了当地的侏罗纪岩层，它们中间靠北的主要成分，有时走向接近东西，可能与阴山东西褶带的南缘相衔接或甚至一部分复合，而造成重接和斜接等现象。由此再往东北，进入热河境内，在承德南北及其以东地区，属于这一系统的褶皱和冲断，便显得更清楚地与阴山东西褶带复合，同时又大部为大兴安岭复褶带中的华夏系和新华夏系构造线所扰乱。但在那里除掉它们彼此反接与截接的影响以外，仍然可以追寻它们转向东南，经过平泉东南一带，而达到山海关区域。这样，由山西陆台的东北角到榆关这一段，恰好环绕蓟北山区和北京平原形成一个向北凸出的、受了多方干扰的弧形复式褶带。它的成熟时期，也和与它相连接的吕梁—恒山褶带一样，大致在侏罗纪以后或白垩纪的初期。

从蓟县盘山以北到迁西三屯营一带由震旦纪岩层及太古片麻岩系构成的、向南凸出的弧形构造，显然另成一个体系，与上述褶皱体系无关。

## 五、祁吕贺兰山字型构造体系(?)

### (一) 祁吕弧形褶带

吕梁—恒山褶带往西南方面的发展，也有点类似往东北方面的发展，形成一个弧形。但往西南的这一段，弧形不是向北面、而是向南面凸出，严格讲起来，向东南面凸出的，也就是与山西陆台的边缘弧大致是平行的。

在韩城及其西南地区，寒武、奥陶、石炭二迭纪岩层倾斜陡急，反复冲挤等类现象，都

提供有力的证据来证明这一褶皱带自龙门以北入陕以后,沿着陕西盆地东南边缘,始而向西南,继而转向西西南方向延展。顺着这一走向,在蒲城高阳镇附近,奥陶纪岩层的狭长隆起带,固然无疑地与正断层的存在有关,但没有任何理由来否定那些正断层之所以发生,不是由于那些古老地层受了侧面挤压以致翘起而发生陷落。就实际情况看来,那些正断层就是与构成汾渭地堑的断层属于同一类型;而这一新月形的地堑,从它所在的地位和它的特殊形态来看,很难想象它的成生与和它密切相联的祁吕弧形褶皱带的隆起绝无关系。更直接地表示这一段弧形构造的本质,还有下列各项事实:在高阳镇东北 10 公里、白水县城西北 6—7 公里、白水河的支流杜康沟,在又杜康沟以南、刘家河以西白水河谷一个地点,以及高阳镇西北 10 公里左右林皋河口以北、高阳镇西北约 4 公里银钱沟与柳沟之间等处的石盒子、石千峰层中——即石炭二迭纪乃至三迭纪的岩层中——和在黄陵以下、洛河河谷中露出的三迭纪延长层中,都存在着走向西南的逆掩断层。这些逆掩断层,很明显地反映着陕西盆地东南部遭受过西北—东南方向的侧面压力。

祁吕弧形顶点,毫无疑问,是位置在六盘山南头以南、宝鸡以西。因为汾渭地堑的西头,恰好就在那里尖灭,而同时由此往西向天水方面,除了第四纪沉积以外,其他由当地分布较广的岩层——包括侏罗纪乃至白垩纪岩层在内——构成的主要褶皱,一般都开始向西北方面弯转,只有在水天以西的一段地区,被陇西旋卷构造体系的外围成分插入而致造成局部混乱现象。到了武山,弧形褶皱带的发展又转入正常状态,一直正规地向西北伸展,达到黄河上游南岸的同仁。

根据以上情况,我们可以看见,祁吕弧形褶皱带,经过一度在宝鸡附近和秦岭东西褶皱带发生了接触以后,再往西北去就越来越清楚地与秦岭褶皱带分离。就现有的地质资料结合着地形情形来判断,我们可以相信,一百万分之一和三百万分之一地质图上所标示的主要构造现象大致是正确的。

由同仁、循化等地区往北、往西,祁吕弧形褶皱带不是成群摺在一起的平行褶皱,而是由一系列的单独褶皱,以斜列平行的相互关系,组成多字型构造体系。这种情况和它在东翼的发展有些类似:在东翼的多字型部分,是祁吕褶皱带碰到了五台变质岩地块的场合下发生的。

西翼最南头的一个斜列褶皱带就是拉脊山大背斜。根据谢家荣总工程师口头叙述:这条山脉的东段分为南北互相平行的两支,中间有槽地隔断,北支主要由较新于南山系的火山岩类构成,南支由片麻岩构成。这个无疑地保持着古老构造成分残余部分的复式背斜,站在黄河与湟水之间,自成一个褶皱带。它的主轴,往西北方面,经过西宁以南和以西,达到湟源西北;往东南方面,便插进了和它平行的大型逆掩断层。在民和西南,至少存在着两条这样的逆掩断层:一条由汤尔源寺、经过宏善寺、达到药水泉以南,半包围着拉脊山的东头,让南山系变质岩往东北逆掩到第三纪甘肃系砂岩上去;另外一条,在甘肃系中,横断松树庄沟、经过安家庄、下马庄而达到阴山台,也是照样地往东南弯转、向东北逆掩。拉脊山在这一方面骤然平伏下去。这个事实,可以被看做是褶皱带在民和西南地区已经到达

了它东面的边缘的表征。

从南头数起,属于祁吕褶带西翼多字型构造体系部分的第二条斜列褶带,就是站在湟水河谷——即西宁槽地——和大通河谷中间的哈拉古山大背斜,这又是一个主要由南山变质岩系构成的复式背斜。它的东南头,在民和东北享堂峡(大通河下游)以东,向布满第三纪甘肃系砂岩层地区倾没;同时,有不少走向东北东的大断层把它切断。窑街一带的侏罗纪煤系显然受到这种走向北北西的褶皱和走向东北东的断层的影响很深。重要的事实是:哈拉古山大背斜向这一方面急速地平伏下去,而为褶皱比较缓和的甘肃层乃至白垩纪岩层所掩盖,这就显示了西翼多字型构造体系部分到此达到了它的东面边缘。往西北方面,哈拉古山大背斜一直延长到门源以南的青石岭。

门源槽地和大通河的一个支流——伏牛河流域以北,还有第三条属于多字型体系的隆起斜列褶带,仍然主要是由南山系岩层构成。它的轴向,在接近门源槽地的部分,即西北部,大致与门源槽地平行,而在马牙雪山、天马山一带,即东南部,却有稍微更偏南的趋势。同时,复背斜轴,逐渐向永登方面倾没,石炭、二迭、侏罗、白垩以及第三纪岩层都被卷入褶皱,因此得以部分地保存。

夹在这一系列斜列平行的复背斜之间,存在着一系列斜列平行排列的山间槽地。最南的一个山间槽地,就是贵德—循化槽地,往北是在拉脊山大背斜和哈拉古山大背斜之间的西宁槽地,更往北是在哈拉古山大背斜和马牙雪山大背斜之间的门源槽地,最北是在祁连山与龙首山之间的民乐—张掖槽地。最北的这个槽地就是河西走廊的一部分,它与位置在它西北面的酒泉槽地,虽然被高台—临泽地区的隆起隔断,而形成两个独立的、象似斜列平行排列的槽地,但实际上它们的轴线是一致的。

必须指出,前述多字型构造体系很可能是南山地块中古老结构的残余部分,由于祁吕弧形褶带西翼恰好穿过这一部分而得以复活。按全区一般构造情况推测,这种复活现象大约在祁吕褶带成长的早期比较显著,因为沉积在山间槽地的侏罗纪煤系的分布,很明显地受到了这几条斜列大地槽的控制。

还有一点,在此也必须指出,那就是从青石岭经过门源、沿着大通河谷上游通过俄博到祁连山北脚张掖这一条线所具有的特殊构造意义。毫无疑问,沿着这一条线,一切岩层所遭受的破坏现象,是较晚于祁连山主脉褶皱的时期,因为概略的说,它斜着切断了祁连山的主轴。它的走向平均是西北,或者局部北北西;而祁连山的主轴,一般是西北西。这条线把祁连山划分为两段,这条线以东,山势比较低,同时,走向西北的褶皱和冲断面等项遭受过挤压的痕迹,广泛地穿插在走向北北西的构造体系中,也就是与新的河西构造体系,以斜接的关系复合。

究竟在前述门源—民乐—张掖一线以东出现的走向西北和北北西的褶皱以及和它们有紧密联系的各种构造形迹,包括在永昌以北、龙首山和北大山之间,潮水盆地那样远离祁连山北脚地区出现的某些走向北北西的背斜和冲断面,是否有一部分属于晚期发展的祁吕褶带西翼,就是说,是否和门源—张掖一带在同一时期受同样的挤压所造成,现在还

是悬而未决的问题。

这一问题,不独对前述门源—张掖—一线以东地区构造体系的分析具有重要意义,而且是与祁吕褶带由张掖地区往西北地区伸展的方向问题分不开的。祁吕褶带的这一段,可能完全归并到祁连山的西北段,和古老的南北地块构造复合,它的北面边缘,和祁连山山脚一致,从张掖以西向西北西方向伸展,一直到达酒泉、玉门、塔什等地区的南边;或者,它也可能从张掖以西,向北北西方向伸展,穿过合黎山,并且归并到合黎山的西北部,然后沿着“走廊”的北面,绕过酒泉,到玉门附近,跟着祁连山西北脚逐渐转向正西,再西,达到安西和敦煌以南,又跟着阿尔金山脚向西偏南弯转。

无论祁吕褶带这一段实际是沿着南路或北路伸展,它的极西北部分总是和它的极东北部分一样,形成一个反射弧,它的整个西翼,从宝鸡到敦煌西南,也和它的东翼相对称,约略成反“S”形状。

自从奥勒鲁切夫院士的名著“中亚华北及南山”<sup>[24]</sup>问世以后,我们对祁连山主脉构造的了解虽陆续有所增进,但为了解决实际问题所需要进行的构造型式的分析,还有待于从大规模的、有系统的勘探工作中来摄取必要的资料。上述各项分析方法,只能当做初步尝试看待。

## (二) 贺兰褶带

就现今存在的构造轮廓来看西北广大地区,最容易引起我们注意的是贺兰褶带。由于这一褶带大致向南北伸展,它便把整个西北地区划分为两个地块:东边一个地块便是伊陕盾地,也有时被称为鄂尔多斯(河套)—陕西盆地,西边一个地块便是阿宁盾地(台地)。为了要了解这个褶带是如何发展的,同时也为了要了解它两旁的两个地块可能在什么样的基础上形成了盾地,在工作步骤上,我们首先有必要把组成这一褶带的各个主要部分分析清楚。

这一巨大的复式褶带,就它的规模来说,无疑地是属于第一级构造。它的整体形态也和它的内部结构形态一样,显然分为几段。它最北一段,不是象在已经出版的三百万分之一的中国地质图上所表示的那样,盘踞在黄河东岸的一个三角地区,而是形成了南北延长将近 100 公里的狭长地带;它的主要褶轴,也不象三百万分之一地质图所表示的那样,走向西北—东南,而是走向几乎正南北,并且往南还有在地下继续伸展的模样。

这一狭长地带包括三个平行褶带:东面的是棹子山大背斜,一般东翼较陡、西翼较平,轴心部分有太古麻岩、震旦纪石英砂岩、寒武纪灰岩夹页岩层露出;奥陶纪灰岩夹页岩,特别是灰岩部分,构成背斜的西翼。有许多走向东西的、或近乎东西的横断层把这条褶带切断。其中两个大断层——一个在察汗德苏(千里庙)以北,走向东偏北;又一个在棹子山主峰以南,走向西北—东南——把它分成三节。由于这两个、可能还有其他类似断层的影响,局部产生的小构造(即低级构造)与主要褶轴不符,而每一节背斜的主轴也许受了

歪曲。另外,还有许多冲断面,其中走向北微偏东的较多,但也有走向北微偏西的例子;它们有的向东仰冲,有的向西仰冲。

中间的是一带槽地,充满了褶皱一般走向南北的石炭二迭纪和大约是属于中生代的陆相岩层。

西面的又是一个背斜——岗德尔背斜。但构成这个背斜轴心部分的太古麻岩及震旦纪岩层在岗德尔山的东坡露出,寒武纪和奥陶纪岩层构成了这一条山脉的主体和主峰。褶皱和冲断面一般走向南北,局部或北微偏东或北微偏西。

往北去,在黄河的两岸看不见这一强烈褶皱的露头。但根据关士聪工程师初步的观察,狼山的西南部,并非象三百万分之一地质图上所表示的那样,由东西走向而逐渐弯成弧形,而是由于许多“横断层”把褶皱走向东西的狼山愈往西愈向南推动的结果。那些“断层”究竟是什么样的裂面,是值得注意的。

再往北去,德日进曾经提出这样一个问题:在乌尼乌苏以西和阿玛图以西所发现的异常剧烈的两个破裂带,包括破碎的片岩、石灰岩和安山岩(?)混杂在一起等等极端混乱的现象,是否由于南北褶皱和东西褶皱在此交叉而产生的?<sup>[25]</sup>

从这方面着想,我们对于前述南北向褶皱继续在地下往北伸展的可能性,似乎不应该加以否定。

贺兰山褶皱的中间部分,就是贺兰山本身。

接着边兆祥教授的贺兰山的地质图的完成,前宁夏工业厅、石油管理局、西北地质局以及中央地质部直属各调查队,近年来关于贺兰山北部的一般地质情况,提供了不少重要资料。但就某些构造现象,甚至某些重要构造现象而言,它们提出的资料并不一致。

例如构成贺兰山最北一段的花岗变质岩体,和它以南的震旦纪及古生代岩层的断层接触线,特别是葫芦斯台以东的一大段,在某些地质图上,平均由西稍偏南而向东稍偏北伸展,而在另外一些地质图上,却表示正东西的走向。另外,在有些地质图上,通过石炭并(地点在大磙西北)西北画着一条相当大的走向正南北、往东逆掩的冲断层,这条冲断层为前述花岗变质岩体南边的走向东西的断层所切断,但在更东的地方,它在花岗变质岩体中又重新出现,仍然是走向南北,从地形看来,它显然是一直往北沿着音胡沟伸展,横穿过花岗变质岩体全部;而这种情况,在其他一些地质图上,毫无痕迹。在关士聪的地质图上,大磙口、王全口以北全部地区,有许多走向东稍偏北—西稍偏南的断层,占据着显著的地位;而在另外一些地质图上,这些断层也都毫无踪迹。

但是从各项不同的资料中,我们也可以获得某些大致相符的记载,主要表现在两方面:

(1) 在贺兰山北段的东部,确实存在着一些走向近于南北的巨大逆掩断层,有的往东、有的往西逆掩,这些冲断面是贺兰山北段东部最突出的现象,也是构成贺兰褶皱的主干成分。其中最东的一条,在河拐子以西乌达煤矿以北出现,往南经过五虎山、道台山、正义关、白虎洞以西一直到达王全口以北,如果没有中断的话,它的全长超过 50 公里。从这

歪曲。另外,还有许多冲断面,其中走向北微偏东的较多,但也有走向北微偏西的例子;它们有的向东仰冲,有的向西仰冲。

中间的是一带槽地,填满了褶皱一般走向南北的石炭二迭纪和大约是属于中生代的陆相岩层。

西面的又是一个背斜——岗德尔背斜。但构成这个背斜轴心部分的太古麻岩及震旦纪岩层在岗德尔山的东坡露出,寒武纪和奥陶纪岩层构成了这一条山脉的主体和主峰。褶皱和冲断面一般走向南北,局部或北微偏东或北微偏西。

往北去,在黄河的两岸看不见这一强烈褶皱的露头。但根据关士聪工程师初步的观察,狼山的西南部,并非象三百万分之一地质图上所表示的那样,由东西走向而逐渐弯曲成一弧形,而是由于许多“横断层”把褶皱走向东西的狼山愈往西愈向南推动的结果。那些“断层”究竟是什么样的裂面,是值得注意的。

再往北去,德日进曾经提出这样一个问题:在乌尼乌苏以西和阿玛图以西所发现的异常剧烈的两个破裂带,包括破碎的片岩、石灰岩和安山岩(?)混杂在一起等等极端混乱的现象,是否由于南北褶皱和东西褶皱在此交叉而产生的?<sup>(25)</sup>

从这方面着想,我们对于前述南北向褶皱继续在地下往北伸展的可能性,似乎不应该加以否定。

贺兰山褶皱的中间部分,就是贺兰山本身。

接着边兆祥教授的贺兰山的地质图的完成,前宁夏工业厅、石油管理局、西北地质局以及中央地质部直属各调查队,近年来关于贺兰山北部的一般地质情况,提供了不少重要资料。但就某些构造现象,甚至某些重要构造现象而言,它们提出的资料并不一致。

例如构成贺兰山最北一段的花岗变质岩体,和它以南的震旦纪及古生代岩层的断层接触线,特别是葫芦斯台以东的一大段,在某些地质图上,平均由西稍偏南而向东稍偏北伸展,而在另外一些地质图上,却表示正东西的走向。另外,在有些地质图上,通过石炭井(地点在大碛西北)西北画着一条相当大的走向正南北、往东逆掩的冲断层,这条冲断层为前述花岗变质岩体南边的走向东西的断层所切断,但在更东的地方,它在花岗变质岩体中又重新出现,仍然是走向南北,从地形看来,它显然是一直往北沿着音胡沟伸展,横穿过花岗变质岩体全部;而这种情况,在其他一些地质图上,毫无痕迹。在关士聪的地质图上,大碛口、王全口以北全部地区,有许多走向东稍偏北—西稍偏南的断层,占据着显著的地位;而在另外一些地质图上,这些断层也都毫无踪迹。

但是从各项不同的资料中,我们也可以获得某些大致相符的记载,主要表现在两方面:

(1) 在贺兰山北段的东部,确实存在着一些走向近于南北的巨大逆掩断层,有的往东、有的往西逆掩,这些冲断面是贺兰山北段东部最突出的现象,也是构成贺兰褶皱的主干成分。其中最东的一条,在河拐子以西乌达煤矿以北出现,往南经过五虎山、道台山、正义关、白虎洞以西一直到达王全口以北,如果没有中断的话,它的全长超过 50 公里。从这

条大逆掩断层往西,一直到葫芦斯台附近,还存在着不少近于南北的逆掩断层;往南,在苏裕口以西,也有相当大的逆掩断层,由北寺口以北一直向北延展,至少在4公里以上,逆掩方向,由西往东,太古变质岩系,因之直接掩覆在震旦纪和三迭纪岩层之上。根据关士聪的地质图,分布在正义关以西的那些逆掩断层的一般走向,显得北稍偏东,但因为有许多沿着东西横沟例如乌鲁胡同沟、柳条沟、榆树沟、延德尔图卡(石炭井南)等处伸展的横断层,把它们每一段都截成若干节,而每往北一节,又被往东推移了相当距离,这就不免形成了象似北稍偏东的一般走向。某些地质图的编制者似乎没有考虑到这些东西断层对于北偏东—南偏西或近乎南北走向的主干构造的重大影响,例如把大苍布胡同滩南边、沿着柳条沟的断层画成正义关以西的南北大逆掩断层向东北弯曲的延伸部分,显然是不切合实际的。从地形上来看,大苍布胡同滩和达里布额滩(黑沙土以北)两个南北延长的凹地,都很可能是由南而向北伸展的大逆掩层越过了东西大横断层,向东或向西挪动了一定的距离以后再继续向北伸展的表现。

另外,在东西大断层以南,现有的一部分地质资料,也都约略示意南北延长、规模相当宏大的背斜和向斜的存在。根据关士聪的地质图,那里有两个平行的背斜和两个向斜,它们的轴线向正南倾没,从太古变质岩到属于二迭三迭纪的红顶山杂色岩系,全部卷入到这些褶皱之中。靠近东面山脚露出的太古变质岩系,在清沟山、正义关、白虎洞一带,构成东边背斜的轴部,王全口、红顶山以北一线,大致代表正义关以西的一个遭到破坏的向斜的轴线。紧跟着这个受过东西挤压的向斜,在西面又来一个规模更大的背斜,它隐约地形成贺兰山北段东南部的构造骨干,它的轴向由北往南,向平罗方面倾伏。再往西去,还有一个向斜和前述背斜平行。

复合在这些正南北的向斜和背斜之上,又有一些北稍偏东的褶皱和冲断面。这些北稍偏东的褶皱和冲断面是否有一部分属于贺兰褶皱带的主干成分,现在还不清楚;但前述那些走向南北的向斜和背斜,起源于东西压力的作用,是不容怀疑的。

(2) 在贺兰山北段的西南部,即由大磴口到葫芦斯台滩西南头一线以西以及以南的一部分,确实存在着一系列的褶皱和冲断层,震旦纪石英砂岩和砂质灰岩、寒武纪及奥陶纪灰岩和页岩、石炭二迭纪含煤砂岩和页岩、晚二迭纪厚层砾层(石千峰)、晚三迭纪砂岩和页岩(延长层)以及侏罗纪煤系全部地层,都参与这些褶皱。它们的平均走向从北 $20^{\circ}$ 东、北 $30^{\circ}$ 东到北 $40^{\circ}$ 东以上不等。它们的成生,显然不属于一个时期。这些一般走向东北的褶皱和逆掩断层,可能在某些地点,因遭受弯曲而改变它们原来的走向,但一定也有些原本系统不同的成分,按照斜接的关系而造成的复合现象。对于后一种情况,李捷工程师所提出的“南水逆错断层”(苏裕口南35里)的例子,特别值得注意<sup>[26]</sup>。他说:“在轴向北北东的背斜层顶部,因褶皱紧迫而破裂,致发生逆错断层,断层走向近于南北,断层线以西的震旦纪砂质石灰岩为……上冲部分,断层线以东的寒武、奥陶纪石灰岩为……下降部分。”这虽然不等于指明各项走向东北的构造成分如何互相穿插,但这些话很明确地说明了,所谓斜接的关系是怎样;也肯定地证实了,走向北北东的背斜发生以后,又遭受过

东西方向的挤压。

从苏裕口到巴音浩特一线以南,主要褶皱和冲断面的走向又是近于南北、或北微偏西。在这一区域中,有太古片麻岩露出,同时也有大批的震旦纪石英岩含硅质灰岩、寒武纪灰岩、泥盆纪灰岩、南山变质岩系(绿色板岩、片岩等)等项岩层的露头出现。根据边兆祥的地质图,在这一南北延长一百多公里地带中,存在着不少走向东西的正断层,它们伴随着走向南北的大冲断层而同时又把它切断。这些构造现象都显示着贺兰褶皱中部的南段曾经受过东西向的强烈挤压。由于在某些地点,例如在吉罗山以北,延长层也受了这种东西挤压的影响,这种运动发生的时期,是可以和贺兰褶皱中部的北段偏东部分、贺兰褶皱北部的岗德尔山的棹子山褶皱以及和它们有关的横断层发生的时期比拟的。

贺兰褶皱的南部,在地形上远不象它的北部和中部那样显著,但在灵武、金积、同心等地区,从大量零星岩层露头中,近年来发现了许多重要的事实,从而证明了轴向南北的褶皱的存在。例如在青铜峡(金积西南)东南露出的震旦纪灰岩和砂岩、泥岩以及和它们相接触的泥盆纪红砂岩、石炭二迭纪的薄层灰岩等项岩层,虽然大体构成一个轴向北北西的背斜,但在那个背斜中,有些地点岩层显现高度倾斜,它们的走向与背斜轴并不符合,而近于南北。其他如青铜峡东南约五、六十公里的罗山、再东二十多公里的青童山和它附近一连串的小山,都是由走向南北的震旦纪灰岩、砂岩、泥岩和寒武纪、奥陶纪灰岩层构成。这些山脉的形态轴和它们的构造轴是完全一致的。由此往北又有一些南北延长的小山,排列在太阳山到石沟驿的路旁。在这些小山中只有属于三迭纪的灰绿色页岩及紫色砂岩岩层出露,表示它们所代表的是一个被埋没了的、比它们更大的隆起带的顶部。再往北去,在金积东三、四十公里的地方,有两个较广大的、由白垩纪暗紫色砾岩构成的向斜露出;向斜中岩层一般虽然倾斜不大,但走向多半是南北,向斜轴可能是北稍偏东或正南北。灵武县东二十五、六公里的地方,出现由侏罗纪含煤杂色砂页岩层构成的向斜和背斜,轴向北稍偏东。

这些露头和其他许多孤立的小山的存在,白垩纪砾岩中含有巨块片麻岩(直径有大到1.6米的),以及第三纪红色砂土层及砾层中含石膏等等事实,都暗示着黄河东岸,也就是贺兰山以东地区,经过了白垩纪时代剧烈的造山运动以后,到第三纪就开始成为一个沉降区域。因此,更往北去,上面所指出的那一类走向近于南北的褶皱,在河床底下或黄河东岸,不是更加削弱以致于消失,而很可能是逐渐加强,埋在地下,一直到它们接上贺兰山东北段受过走向南北褶皱部分以及岗德尔—棹子山褶皱的南缘。

贺兰褶皱的最南部是不是象过去所假定的那样,与六盘山复合,现在还是一个悬而未决的问题。但反过来看,在前述贺兰褶皱南段地区中,特别是在那一地区的南部,夹杂在走向南北的小岭之间,还出现若干走向北北西的褶皱;更东北在石沟驿附近出现由侏罗纪岩层构成的一个向斜,它的轴线,也显现类似的走向,并且有愈往南南东伸展愈转向正南的趋势,连青童山和它以北的小岭的走向也都很明显地表现同样的情形。所有这些小褶皱,如果不是代表六盘山的余波,就必然是受了陇西旋卷构造外围的影响而产生的。但这也

不一定意味着陇西系旋卷构造外围的影响,在这一地区,比贺兰褶带来得更加厉害。

### (三) 关于鉴定山字型构造体系的几点经验

过去的经验一次又一次地告诉我们,在长期沿袭的、但并无确实可靠的依据的一些大地构造分析和组合方法的影响下,人们对于—一个构造体系全面的认识,特别是一个山字型构造脊柱部分的认识,是感到困难的。

构成这一部分的褶皱带或扭裂带的走向,经常与和它有成生关系的前面弧以及反射弧的主要褶轴走向不同,同时,在两个构造带中的各种断层的走向也大都不相同,脊柱与前面弧两翼之间,往往有比较稳定的地块(盾地)把它们隔开;在这些复杂构造条件之上,再加以它有时与一个古地槽部分地或全部地复合,或者——在扭裂的场合——与一个已经稳定化了的地槽的一部分复合,就是说,它复合在已经有了不同排列方位的古老构造体系的褶皱地带之上,而构成它的结构面又夹杂在古老构造体系结构面之中,甚至在成生以后,它的一部分为新构造所破坏,或者为新地层所掩盖,这一切就使我们对它的认识的困难更大大地增加了。

因此,山字型构造体系这一部分的鉴定,在鉴定整个山字型体系的工作中,发生问题最多。在某些场合,可以说问题完全解决了,而在另外一些场合,仅仅是部分地得到解决。我们为了“温故知新”,就几个典型例子回顾一下怎样解决问题的几点经验,对有关中国西北部一个基本的晚近和近古大地构造体系问题——贺兰褶带与祁吕弧形褶带联系问题——的处理,或许有些帮助。

当1929年,广西山字型体系的前面弧初次被发现的时候,当时参加工作的同事们,满以为在柳州附近应该可以见到它的脊柱的南端,但事实上经过半年以后,才在广西北部发现了古老变质岩层构成南北延长的强烈褶带。其中走向南北的褶轴与冲断面愈往北愈见密集,往南逐渐稀疏,到融县以南便大部消失了。再过两年才发现了只有那些几乎正南北的褶皱和冲断以及与它们直交的断层和节理,才是构成广西山字型体系脊柱的成分,而那些和它们混在一起的具有北北东走向的褶皱、冲断以及与这些有关的断层和节理,乃是属于另一个构造体系——新华夏系<sup>[27]</sup>。

当淮阳弧最初被认为是一个山字型体系的前面弧的时候,远远掉在由烈山到萧县以北的淮阴山脉,被认为是代表这个山字型构造的脊柱,这当然是很牵强的。首先,这条山脉的主要褶轴不是走向正南北,而是北北东(实际上属于新华夏体系),其次,它离淮阳弧太远。

1946年孙殿卿和徐煜坚在河南的固始和安徽的霍邱之间,发现了由寒武奥陶纪岩层构成的、走向南北的强烈褶皱和冲断以及侵入岩墙,形成若干条南北延长的低山,包括四十里长山,和走向东西的冲断以截接的关系相交接。孙、徐认为这几条南北延长的低山脉,真正代表淮阳山字型构造的脊柱,但同时又认为它们与强大淮阳弧不称。他们猜想,

这是由于该山区下沉所致<sup>[28]</sup>。

如果淮阳弧果真是一个山字型构造的前面弧的话,孙、徐把四十里长山以及它附近一带的低山看做这个山字型构造脊柱的一部分的意见,看来是正确的,他们认为这些山岭由于所在地盘沉降而致部分地埋没,也应该是正确的。现在的问题是:这一可能被埋没了的脊柱,是否从四十里长山一带开始,在淮河平原地下往北伸展;或者它更往南伸展,在大别山区和其他构造体系成分相复合。

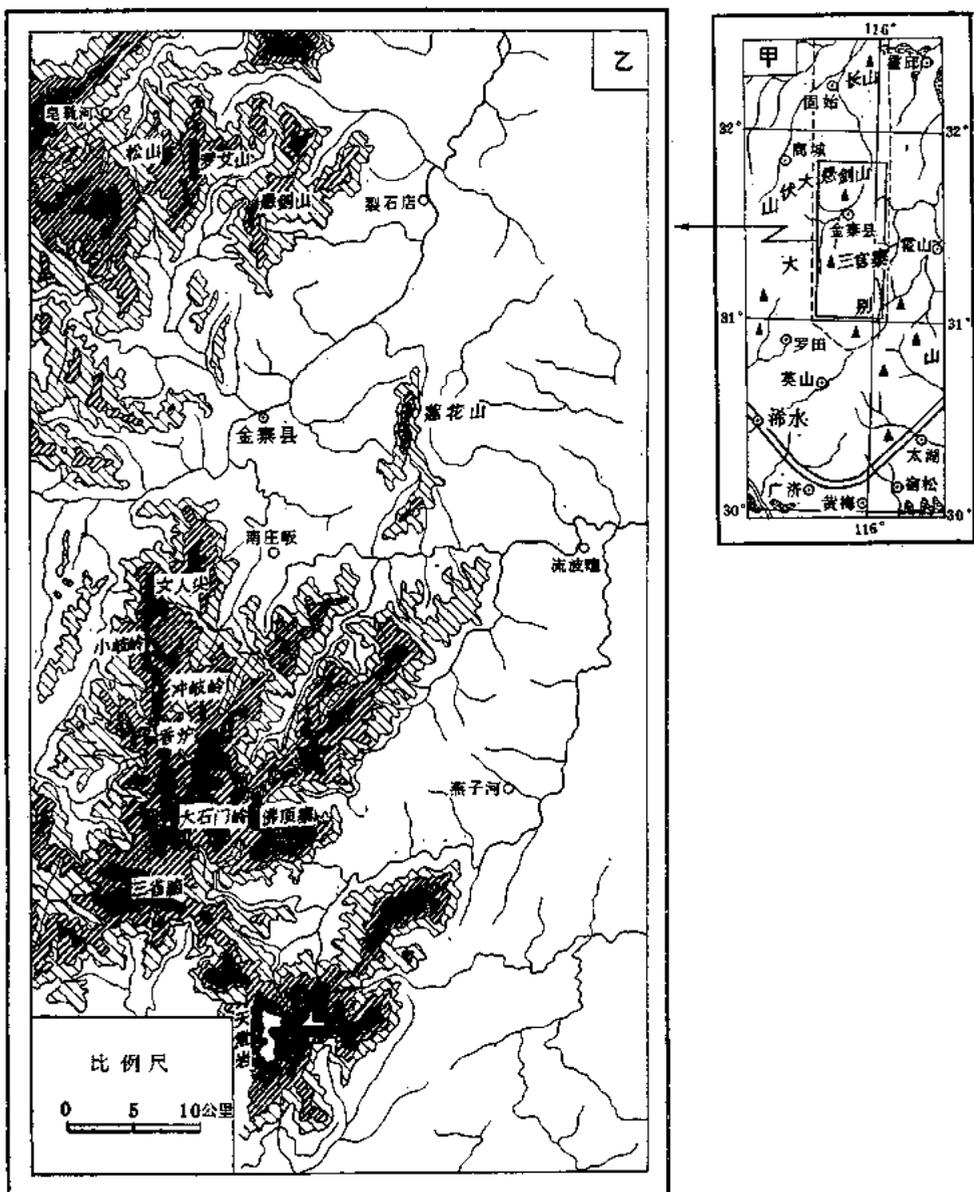


图 11 淮阳弧南面顶部(淮阳弧北面的界线还不明瞭)及其以北地区的地形上和某些构造上的特征

(甲) 淮阳弧顶(粗线)以北可能遭受过东西向挤压地带的范围(虚线) (乙) 填入图中的等高线及水道暗示由于东西向挤压而形成的构造形迹与属于其他体系的构造成分的复合现象

在金寨以东,孙、徐曾经遇到一条南北延长十余里的高山,名叫莲花山,由侵入花岗岩体构成。但在大别山东北地区,萧枋森副教授和南大同学张曾清、李庆媛、李梅玲、赵隆业,只见到(i)走向北 $70^{\circ}$ — $80^{\circ}$ 西的褶皱和逆掩断层,使白垩纪火山岩系逆掩到“第三纪红色岩”之上;(ii)走向北 $50^{\circ}$ — $60^{\circ}$ 东的褶皱、冲断和岩墙、岩脉影响了白垩纪火山岩系,而不见发生在“第三纪红层”中;(iii)走向北 $60^{\circ}$ 西的褶皱和冲断使古老的变质岩系逆掩到白垩纪火山岩系之上,同时又有与这一走向一致的岩墙、岩脉和它们伴随。在流波碛—南庄畷一线以南,这些现象颇为显著。

上述走向东北—西南和走向西北—东南的各项冲断中,是否存在着水平扭动的成分,也就是说,它们中间是否有由于东西向挤压而产生的成分,是值得考虑的。另外在金寨盆地以北、史河以西,有一条南北延长的高山——悬剑山,而在金寨盆地以西及其以南,又有一系列的、向南伸展的山脊,如冲岐岭、大岐岭、三官殿、三省脑、和尚脑、锯儿齿、天堂岩等,一直由北而南,绵延不断地伸到罗田境内。这一条山岭的主轴,和更北的四十里长山比较,偏西并不太多。

从上述各项地形的特征以及各项断层、岩墙、岩脉分布的情况判断,在金寨南北存在着一个受了东西挤压、向南北延长的地带的可能性,是不应该忽视的。至少我们有理由提出这样一个问题:为什么在这样强烈的一个东西褶皱地带中,还会出现南北延长的高山和深谷,还会有那么多的走向东北—西南和走向西北—东南的岩墙、岩脉和断层。孙、徐二位的意见,对这一问题的解答是有帮助的。但在那些南北延长的地形的构造特征还没有完全明瞭以前,我们只好把淮阳山字型构造的脊柱问题看做一个悬而未决的问题,因而对淮阳弧形构造是否可以作为一个山字型构造体系的前面弧看待,还不应该草率地作出决定\*。

临安山字型构造体系的鉴定,也是脊柱部分落到最后。参加工作的同事们根据它的前面弧展布的范围和它的顶点所在——凌家桥,就预先断定了它的脊柱必然分布在长久以来为地质家所公认的、遭受过华夏式褶皱\*\*影响的湖西山区。在这个思想指导下,吴磊伯和李铭德作了详尽的搜查,结果发现了代表脊柱的、南北延长的挤压带五条穿插在走向东北—西南的千里岗砂岩褶皱带中<sup>[29]</sup>。由于脊柱的确定,这一山字型体系对称轴的所在才得以确定。这就导致我们考虑到,临安山字型体系的東西两翼大小不对称的现象是否由于它的东翼重叠在一个沉降区域而致显得削弱,而它的西翼重叠在一个隆起区域而显得加强。这一个假定的提出,是可以从浙江东北部近代地文和沉积方面的发展得到支持的。

一个极其完美的山字型构造体系,出现在安纳托利亚<sup>39)</sup>。关于这个山字型体系的鉴定,主要的困难也是在它的具有复合性的脊柱部分。在有关土耳其的大地构造文献中,欧洲和土耳其的地质家们都不免受了“阿尔普士地质学家”的影响,把这一土耳其中部隆起

\* 淮阳山字型构造的脊柱在大别山区的分布,已由地质力学研究所1955—1956年和1958年先后的野外调查工作所证实。——编者

\*\* 此处所用“华夏式褶皱”系指轴向近于北 $45^{\circ}$ 东的褶皱而言。——编者

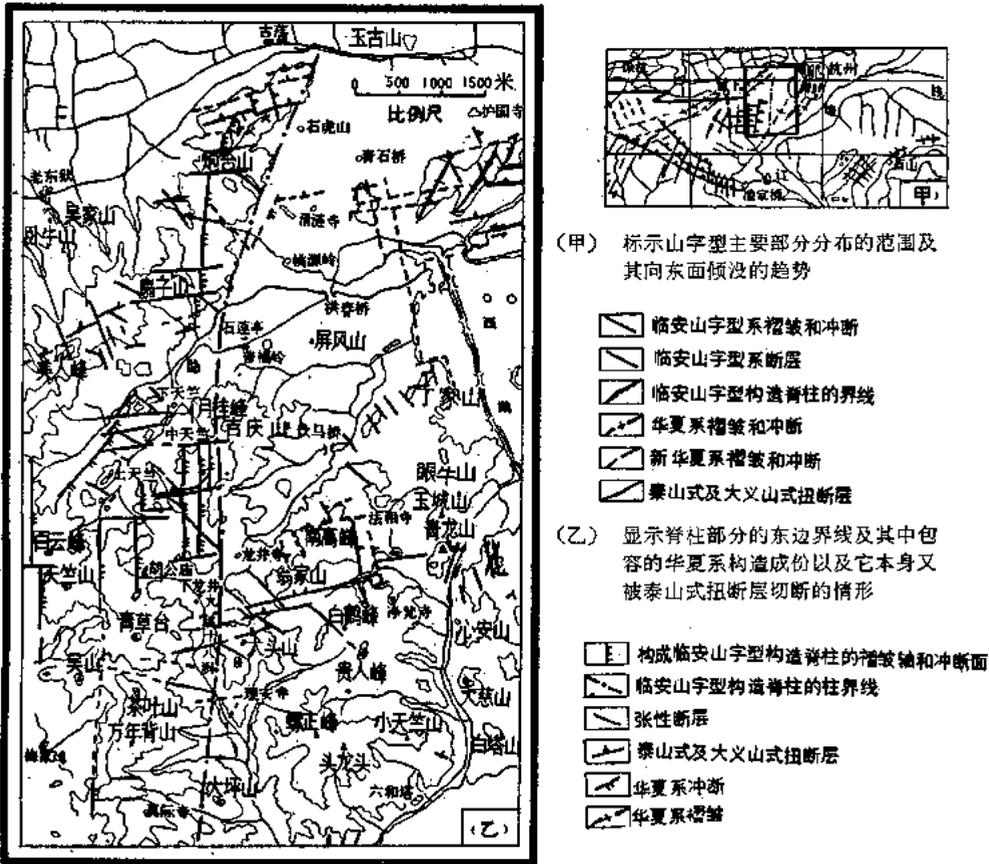


图 12 临安山字型构造(参阅吴磊伯李铭德的浙江北部地质图及杭州附近地质图)

褶皱地带,看作是阿尔普士式东西褶皱向东的延长,而认为它是所谓安纳托利亚带的一部分<sup>[30]</sup>。但摆在我们面前很清楚的事实是:这一隆起褶皱地带,不是和在它北面的安纳托利亚带一样,走向东西,而是向南北伸展。它内部的结构也确实有一些特殊的情况,容易引起认识的混乱。

这一隆起褶皱的西北部的地层,除了属于第三纪后半期的建造以外,都卷入了走向从东北到北北东的“一搠安卡拉褶皱”中。可是这一搠褶皱,在安卡拉<sup>[41]</sup>以南,便为走向南北的穆甘哥露<sup>[42]</sup>槽地所替换。这个槽地基底的构造,虽然现在还不大清楚,但在它东面的中生代及第三纪岩层都卷入了走向南北的褶皱是很明显的;同样轴向南北的褶皱,在奈维<sup>[43]</sup>以南的古生代变质岩(包括一部分石炭纪岩层)区域中还向南伸展很远。东西向的强烈挤压作用,沿着散基里<sup>[43]</sup>以西,克泽尔河<sup>[44]</sup>(即红河)中游一直往南到图兹湖<sup>[45]</sup>地区,更显著地表现出来。例如在红河东面的克斯坑<sup>[46]</sup>以北,一个狭长带的绿泥石化页岩和凝灰岩、大约属于中生代的大理石化的石灰岩等等和砸碎了的花岗岩挤在一起,走向南北,形成所谓“十公里断层”<sup>[31]</sup>。

至于图兹湖以及它附近若干咸湖的生成,显然主要是走向西北—东南和走向东北—西南两组扭断层的活动结合着局部陷落的结果,而这两组断层的一组对角等分线,恰好是

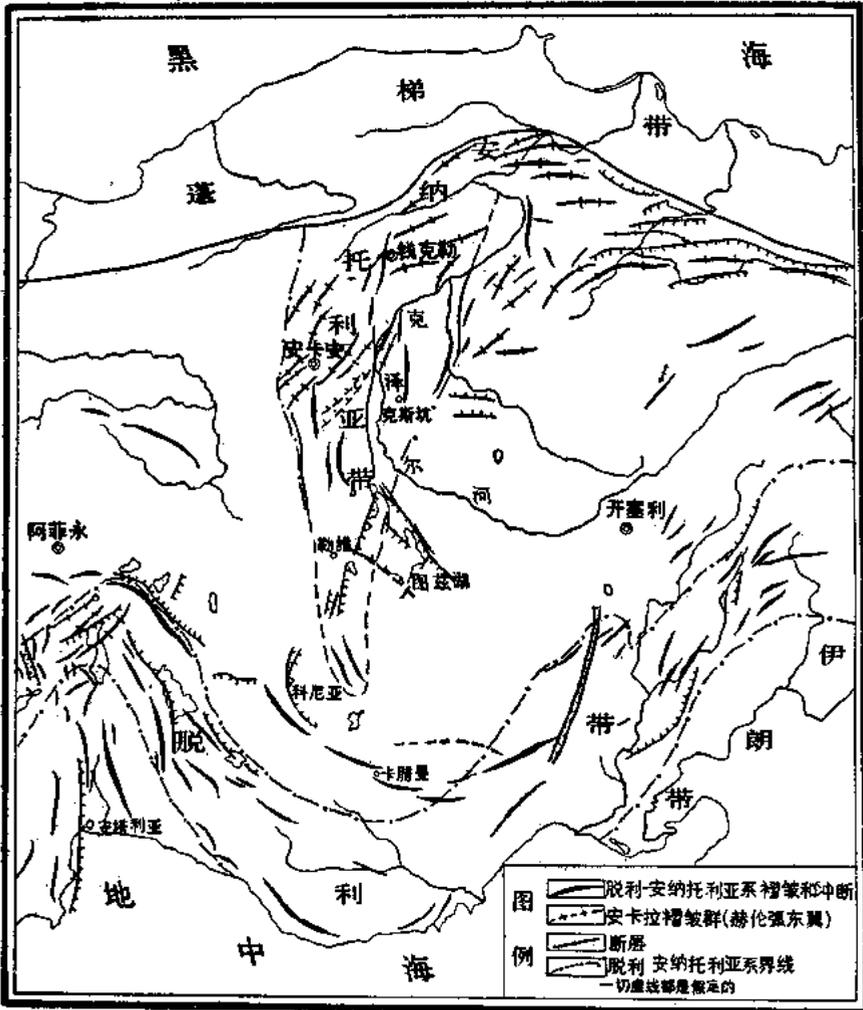


图 13 脱利—安纳托利亚山字型构造

(根据土耳其地质矿产查勘研究所刊行的八十万分之一的土耳其地质构造图编制的,本图比例尺约为 1:5,500,000)

与前述走向南北的挤压面的方位相符合的。

另外,从围绕着安纳托利亚盾地的东、南、西三面的脱利弧形褶皱<sup>[32]</sup>和在安纳托利亚盾地中间隆起的这一褶皱同时产生——即白垩纪到下始新统并且都较早于土耳其的其他各个构造带的关系;从这两个褶皱都同样地表现出矿产贫乏性<sup>[33]</sup>;尤其重要的是,从强烈地震在这两带中普遍分布<sup>[34]</sup>的现象等等,我们可以肯定地作出结论:即安纳托利亚中部的隆起褶皱,确实代表脱利—安纳托利亚<sup>47)</sup>山字型体系的脊柱;而这个脊柱的结构是复合在另外一个构造体系的一部分——实际上就是赫伦弧东翼的东北部分——之上的。

诸如此类,从鉴定山字型构造体系实践中,还获得了不少的有用经验,在此无需一一记录;但在回顾前述一些例子之后,而不把最近出现的一个最重要的例子提出,那就未免显得轻重倒置了。

这个最重要的例子出现在西伯利亚地台南部,即自从苏士<sup>[35]</sup>的时代以来,世界地质学家们所熟知的伊尔库次克<sup>[40]</sup>围场。苏士以来,苏联科学家对于这一区域所作的重要贡献,特别是奥勃鲁契夫院士<sup>[36]</sup>、沙次基院士<sup>[37]</sup>、以及西特尼柯夫博士<sup>[38]</sup>所提供的极其重要的文献,在苏联以外并没有广为流传;而在我国几乎可以说完全无知。一般对这个围场的概念大都不外乎是:一块古老台地(即稍微抬高的盾地)的东、南、西三面都有强烈的褶皱地带环绕,南尖北宽,类似平置的漏斗,而对台地中部的构造特征,一般的印象是模糊的。

这种情况很清楚地说明了,为什么我们对于通过米罗诺夫院士提出的莫尔多夫斯基最近的卓越成就,表示特别欢迎<sup>[39]</sup>。这一文献,除了在许多方面大大地丰富了我们亚洲区域地质的知识以外,在此应该强调的是,它对山字型构造体系的认识所提供的重要资料;

尤其应该强调的是:莫尔多夫斯基只是把它自己长期仔细勘察得来的事实,正确地、扼要地描写出来,他是不管什么山字型不山字型的。正因为是这样,在考虑引用他的材料所得到的“成效”的时候,它不会带来任何顾虑,把我们实践的标准降低到“我所需要的一切”那个水平<sup>[40]</sup>。下面是前述文献中有关山字型构造的几点:

(1) 莫氏的文献中明白指出:“在第六地带(即台地中央区)中,在几乎是平伏的寒武纪和志留纪地层的共同基底上,出现许多有着巨大的褶幅(达800米)与范围(沿长轴达200公里)的轴状隆起(日加洛沃<sup>[41]</sup>、里特芬切瓦<sup>[42]</sup>、乌斯季库特<sup>[43]</sup>及其他地区),翼部陡峻度达 $50^{\circ}$ — $60^{\circ}$ ,有时为倒转褶皱。”

(2) 这个褶带或陆梁主要是由走向南北的褶皱构成,就是说,由于东西向压力作用的结果。这样作用的压应力,一般不仅仅造成走向南北的褶皱,而且很可能也要造成一些走向东西的张性断层和节理以及走向东北与走向西北的扭性断层和节理。文章中指出:在里特芬切瓦,卡伊莫诺瓦<sup>[44]</sup>等地区内,“在隆起的近顶部地区有一些冲断线,断面有时向西北倾斜,有时则向东北。”如果它们的倾斜甚陡的话,它们属于那种预料中的扭断层是可能的。至于走向东西的张断层和节理是否存在,还尚有待于证实。

(3) 第四带和第五带,就它们的构造特征来说,都是属于短轴背斜褶皱类型。前者显然代表第一带(即贝加尔<sup>[45]</sup>湖沿岸区域的强烈褶皱)和第六带(即中央台地)的过渡地带,而后者也显然代表第二带(即东萨彦岭<sup>[46]</sup>强烈褶皱地带)和中央台地的过渡地带。文章中指出:“第六地带的成因与西北方向的切应力,以及与台地基底的断块位移有关。后者在沿贝加尔边区地带褶皱的形成上也有其本身的反映(有断面向地台方向倾斜的冲断层出现)。”这样,从加里东到燕山一大段时期中所发生的多次运动之中,至少有几次同时影响

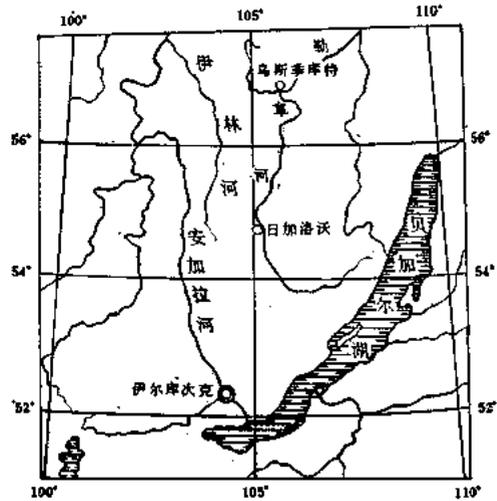


图 14 伊尔库次克围场中部

了台地边缘的褶皱带和构成台地中枢的构造成分。换句话说,台地各部分,包括边缘弧形褶皱带和中央脊柱部分的构造本质,已经反映了它们之间成生的联系。

值得附带地声明:当这一脊柱存在的可能性、乃至它展布的方位和范围,以虚线被绘入夹于中国地质学中一幅构造型式简图<sup>[43]</sup>上的时候,不待说,那只是根据山字型构造体系一般的特点而作出的一个冒险的假定。然而我们现在看见,新发见的事实——除了原来假定的脊柱地位稍稍过于偏西这一点以外——几乎可以说给予了这一假定以全面的支持。

这一不平凡的经验,加上以前多次有关鉴定山字型构造体系脊柱部分的经验,给我们对山字型构造体系各部分的统一性的认识,是大大地有所启发的。

以上列举的实例和其他已经确定了的的山字型构造体系都一致地显示:在一般认为属于地台区,这一类型的构造体系,发育特别良好。中国西北部除开南山地槽以外,无疑是属于地台区的。

在总结了这些经验的基础上,我们现在就可以更有信心些来讨论祁吕贺兰山字型构造体系问题。

#### (四) 祁吕贺兰山字型构造体系的鉴定问题

前述经验明确地告诉我们,一个山字型,尤其是一个巨型山字型构造体系的脊柱部分,往往是复合在其他构造体系之上的。但无论复合现象如何复杂,在脊柱穿过的地带,必然保持着曾经受过东西向挤压的痕迹。那种迹象可以由走向南北的单纯窄狭曲挠地带以陆梁和陆槽的形态显现出来,也可以由走向南北的复背斜,以斜接或截接的关系,穿插在其他褶皱带中显现出来。而那些走向南北的构造形体,又可以被后来发生的断层切断而致部分陷落,或由于其他原因而遭到埋没。

回顾以前所列举的关于贺兰褶皱带以及通过由它两旁的盾地——伊陕盆地或凹地与阿宁台地——和它联系起来的祁吕弧形褶皱带的特征,特别是在贺兰褶皱带中已经发现的、走向大致南北的构造成分,对于贺兰褶皱带曾经受过大致东西向挤压的这一事实,是无可争辩的。

这个拟议的贺兰祁吕山字型体系,也和其他构造体系一样,当然不是一举造成的。在祁吕弧形构造的两翼中所包容的多字型体系,显然在侏罗纪时代,或甚至在侏罗纪以前已经有了轮廓;但在贺兰山北部,脊柱形态的开始出现,显然在侏罗纪以后;大约到白垩纪时期,整个体系才发展到成熟阶段。理由是这样:一个山字型构造脊柱的发展,经常可以作为整个体系发展的指标,而脊柱发展的规律,一般是由远前弧顶点方面,逐渐向近前弧顶点方面伸展的。这不仅是由泥浆试验获得的结果,而且从山字型体系既知的发展程序,也可以提供一些根据。

在贺兰褶皱带的范围内,延安系(中侏罗纪)岩层的厚度和岩相,南北大致相同,但安定层(大约属于晚侏罗纪)的发育情况,在陕北与六盘山以东的地区,便显著地不同了。陕北













的情况：(1) 裂隙分布的面积显然很广；主要裂隙的方向至少在由别菠莉到保得河那一地段中 绝大部分走向西北-东南；(2) 主要裂隙的东南段(保得河到滴水圈一段)几乎转向正南；(3) 大峡河区(图版 K 上图)和茨麻子水区 确有不受地形影响的羽状裂隙，大峡河区羽状裂隙的排列方向，表明裂带的东北方面曾经向东南错动。这些事实都暗示：1954年山丹地震不论震源何在、起因为何，就平面上看来，它是带有一种扭动的迹象的。

地震前和地震后在山丹县城附近举行的两次陆地测量，也提供了有关这一问题的资料。据两次测量工作的负责人左焕祖和谢树基的报告在 1953年 4月 11日他们测了一条基线，共长 1188.931米，在 1954年 4月 5日，用同样方法重测时，发现这条基线为 1188.854米，即缩短了 7.7厘米；同时，又发现了基线对正北的角度有所改变：在 1953年所测定的角度为  $14103^{\circ}23.1'$ ，而 1954年则变为  $14104^{\circ}47.2'$ ，就是说，基线可能依顺时针方向扭转了  $1^{\circ}24.1'$ （1953年 4月 21日 1954年 4月 5日相距变率不在内）。测量负责同志认为这样的数差，不可能全属观测误差。现在没有更多的资料支持这种意见，但也不应完全漠视它。

1927年古浪地区大地震的震中，现已判明在武威与古浪间的黄羊河附近。地震后，由黄羊河峡谷左岸沈家窝铺到冬青顶发生走向北  $40^{\circ}$ 西的断层及裂隙，和走向北  $60^{\circ}$ — $70^{\circ}$ 西的弯曲形大裂隙连在一起，共长 14公里，东北方面陷落。根据周光、刘秉俊提供的资料，其中有一部分似作羽状排列。另外，在当地第三纪红砂岩中出现了大量斜列平行的裂隙，一齐走向北  $40^{\circ}$ 西。据周光口头报告，裂隙条条平列，好象新犁出的田地一样。在四台村附近出现了走向北  $25^{\circ}$ 西的地堑和走向北  $10^{\circ}$ 西的大裂隙，宽 5米。由四台村到冬青顶，地震时所发生的大断层一般走向是北  $60^{\circ}$ — $70^{\circ}$ 西，如图 18所示。这又可能是旋扭运动的例证。

黄羊河谷附近，变质花岗岩中有很多走向北  $10^{\circ}$ 东的冲断层，同时也有不少走向北  $10^{\circ}$ 西左右的冲断层；另外还有走向北  $70^{\circ}$ 西的直立平错断层，在河床以上相当普遍地发育。如果把这些断层合着 1927年所发生的地震裂隙考虑，走向北  $70^{\circ}$ 西的平错断层就应该是和四台村到冬青顶因地震而发生的断层属于同一个系统。如果后者也是因为先发生平错而后跟着发生向下滑动，那么，这一裂隙的产生，就很可能由于陇西系的活动。这样推测恰好符合于海原、固源等地 1920年发生了强烈地震的事实。另外还有一种看法：假如北  $10^{\circ}$ 西的冲断面和某些北  $70^{\circ}$ 西的平错断层代表同一系统的两组扭断面的

别  
发  
莉

禡  
河  
  
滴  
水  
圈

图 17 1954年山丹地震后发生的主要裂隙(一部分)示意图  
(比例尺约 1:20000)

茨麻子水西又一山咀有七条弯斜行裂隙，长 33米，深 24厘米，宽 8厘米，方向北巧。西。(据朱允明、李曼唐)

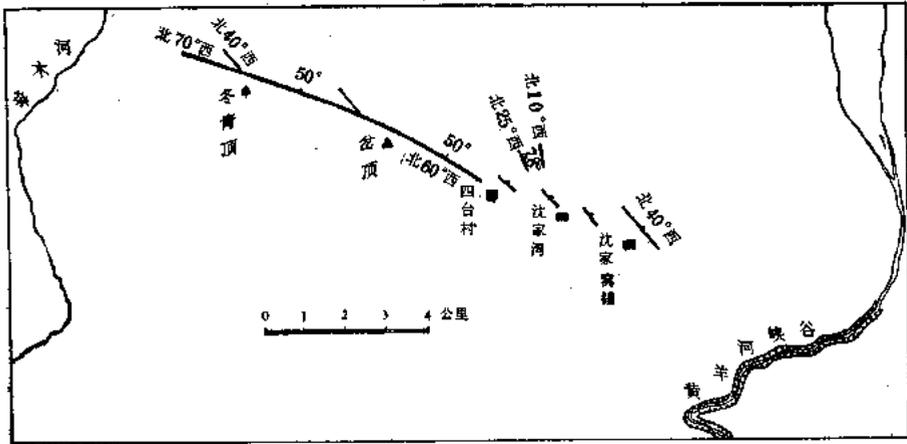


图 18 1927 年古浪地震后发生的裂隙示意图(据周光、刘秉俊)

话，它们之间的锐角等分线就恰好和地震时所发生的大批走向北  $40^\circ$  西的平行裂隙是一致的。无论这样组合的分析对与不对，走向北  $40^\circ$  西的平行裂隙的出现总是事实。这些裂隙并非不可能是东北—西南方向挤压的结果。这个方向的压力，恰恰与造成祁吕弧形褶皱带西翼所使用的压力是一致的。

上述 1927 年大地震，震动了西北区广大的地面，祁吕弧形褶皱带的西翼和顶部及其邻近地带，都属烈震带的范围。到了河南新安以东，烈度一般不超过六度。但在若干区域发现了一些现象，显然与地震有关。

在洛阳西郊涧河西、唐屯、唐村、浅水头、于家庄等处第三纪红色泥砂岩层区域中，地面发现不少裂隙，它们都按一定的规律排列。总起来可以分为两组：一组走向北  $10^\circ$  东，裂隙较小较短；另一组走向北  $70^\circ$  西，裂隙较长较大。在这些地点以北约 20 公里的柿凹地区，1927 年 8 月（即 1927 年大地震以后）大雨以后，在离黄河南岸 15 公里靠近山坡的地方，忽然出现了一条走向北  $70^\circ$  西的裂隙，长约 1 公里。据周光调查结果，所有这些裂隙，不是起源于地表崩塌或简单的流水冲洗，而是影响了当地岩层结构的一些新近发生的现象(图版 IX 下图)。

周光的论断，不独从掘出的裂隙剖面得到直接的证明，而且从当地古老而坚实的岩层结构中获得佐证。在洛阳南 15 公里伊河穿过伏牛山的峡谷两面，出现大批走向北  $10^\circ$  东的直立断层，切断寒武、奥陶纪石灰岩和石炭二迭纪岩层。沿着峡谷以西，龙门山的南麓，又有走向北  $80^\circ$  西的断层出现，致使石炭二迭纪岩层和它们北面的第三纪红层发生断层接触。据周光的意见，涧河上段河谷方向北  $70^\circ$  西，而下段转变为北  $10^\circ$  东，又洛阳西南前五龙沟走向北  $10^\circ$  东，而后五龙沟走向北  $70^\circ$ — $80^\circ$  西等等现象，也很可能是河流受了河床下断层的控制。

在某些开掘的裂隙剖面中还见到平错的证据。把那些证据和它们的高度规律性结合起来加以考虑，我们所得到的结论是，至少在它们初次发生的过程中，它们很可能是属于扭性裂面。因此，我们有理由作如下的假定：即这两组裂隙的产生不是由于震动，而很可

能是由于来自北 $30^{\circ}$ 西方面的强大而稳定的侧面压力。这样的压力正是和造成洛阳西北那一段祁吕弧形褶皱带所需要的压力的方向是一致的。

1952年10月8日,山西北部崞县地区发生了强烈的破坏性地震。震动以后,在县城东北四、五里处,白家湾东面滹沱河边出现了大量走向近乎南北的裂隙,其中偏东最大的不到北 $10^{\circ}$ 东。裂隙西边多呈挤压昂起的形象。往南有类似羽状的裂隙出现,但实际并非羽状裂隙,而是一部分由发育较好、走向北 $60^{\circ}$ — $66^{\circ}$ 东和发育不好走向约北 $15^{\circ}$ — $20^{\circ}$ 西的两组裂隙组成(图版X上图下左图)。另一部分由走向北 $40^{\circ}$ 东与走向西北的两组组成。由于这一类型裂隙的数量不多,很难确定它们之间的夹角等分线究竟是北偏东多少度,但无论如何,不会大于北 $15^{\circ}$ 东。因此,这些裂隙和前述近于南北的大量裂隙,很可能是起源于山西陆台翘起的活动;但在某些干地出现了走向北 $50^{\circ}$ — $70^{\circ}$ 西的张性裂隙(图版X下右图),这又意味着有中华夏系活动的可能。

以上所列举的只是几个典型的例子。应该了解,仅仅依靠少数几个地区发见的地震裂隙,当然不能够解决构造体系的问题。不过从这些例子可以看出研究构造问题的一条辅助路线。如果我们按照前述体例,更广泛地收集有关地震裂隙的资料,经过必要的鉴定和分析,并结合等震带分布情况加以综合的研究,对复杂的复合构造体系中具有活动性的部分的认识,是可以得到一些启示的。

就上面所涉及的范围来说,极不完全的地震资料只能帮助我们作出下列的初步结论:

- (1) 现有的地震资料,支持祁吕贺兰山字型构造体系的建立,并证明它还没有达到稳定的阶段;
- (2) 和陇西系联系在一起的若干旋卷体系,有的正在继续活动,有的可能才开始出现;
- (3) 根据现有的历史资料以及地裂记录,我们可以推测山西北部的地震,是与祁吕弧形褶皱带、新华夏构造体系和山西陆台翘起运动有关的,但不够证明哪项运动影响最大。

## 八、从弹塑性物质实验结果推论中国西北 各构造体系所显示的运动方式

本文中所论到的各种型式的构造体系,都是地壳中局部发生相对运动的结果。每一种型式的构造体系,在非大规模的半粘性流动或软性流动(有时称为可塑性流动)和弹塑性变形的限制条件下,作为某一种方式的地壳局部相对运动的间接反映以及取决于那种运动的应力分配情况的直接反映看待,是可以接受的;但在应变发生以后、塑性形变还继续发展的场合,就必须由最后稳定化了的应变形态的式样中纠正由于这种塑性变形而产生的歪曲,才能见到应变形态的本来面貌。

很多种类的物质,无论是天然的或人为的,都具有弹性,同时也具有塑性(即可塑性)。

这两种性质的表现往往与时间因素有极其重要的关系。就我们日常经验中所遇到的弹塑性物质来说,最显著的是:煤胶、若干种由煤胶中提炼出来的物质、麦芽糖、面团、经过适当处理的纤维质和由纤维织成的物质、泥和纸浆的混合物等等。我们现在还不大了解弹塑性的实质是什么,但我们很熟悉它表现的现象,那就是,一定形状的物质在受着一定应力作用时的流动性和应力撤销后某种程度的复原性。用弹性力学的语言来说,一般认为这种特性只有在物体中发生的应力超过了它的弹性限度的阶段,或超过了“屈服点”以后,才表现出来;或者从另一个方面说,只有物体的勃松比接近于 $\frac{1}{2}$ 这个临界值的时候,才具有这种特性。

无需说明,上面所举各种物质的特性,只是综合地表现在它们的机械性行为或多或少地和这些约束条件的要求相接近或近似,它们并不一定实际具备了决定这些条件的同样内部因素。泥的性质,更加复杂,它所具有的触变特性尤其使它对应力的反应不易控制。虽然如此,在前述各种物质中,泥还是最接近于岩石的、而且是最便宜的实验材料。更重要的事实是:从各种不同形体的泥团——如泥饼、泥层、泥块、泥柱等等——按照不同的方式加力处理时所得到的各种形变型式,我们发现了大量的例子,和岩块或地块中天然存在的结构形式极其类似,而且就实验室中所能够控制的范围来说,在泥饼、泥块中所掀起的每一种结构类型,只决定于应力作用的方式,不决定于泥团的大小。因此,把有关弹塑性的实质的理论问题丢开,我们利用泥质配合其他适当的物质来充当地质构造的实验材料是有可取的。\*

用这种方法来从事地质构造的实验研究,我们已经有了—些经验,并且已经获得了一定的成果。例如棋盘格式节理和断层排列的方位与主压应力或主张应力作用面的关系,归并断层(以前称为同位断层)的生成,羽状节理、断层和岩脉以及斜行排列褶带与扭应力活动方向的联系等等,都已成为教科书中的材料<sup>[45,46]</sup>。可是如果要把这一方面已经获得的实验结果用来阐明本文中所涉及的新华夏系、中华夏系、河西系等构造体系起源于何种运动方式的话,首先需要解决下面举出的问题。

这些不同体系的平行褶皱和冲断以及伴随它们的各种张性与扭性节理和断层,必然是由于与褶轴垂直的方面(侧面)受过挤压而产生的。关于这一点没有问题。问题在于挤压从何而来。它可能因为局部地区陷落——即垂直方向的运动而产生;它也可能因为在水平方面发动了与褶轴走向直交的运动——即水平推动而产生;它更可能因为在水平方面发动了与褶轴走向斜交的运动——即水平扭动而产生。

第一种可能性,对前述三个平行褶皱体系是不适用的;因为有很多受到这三个体系的褶皱的地区,不是陷落的区域而是隆起的区域,并且那些隆起地带的边缘,不是与褶轴平行而是与它斜交,例如在太行山东部及祁连山东南头等处。第二种可能性也不切实际;因为新华夏系与中华夏系两个体系的褶轴走向,并不是严格固定的,它们之间也还经常有一

---

\* 本篇侧重扭动实验,关于穹起等项实验,参考格作夫基斯的重要著作<sup>[47]</sup>。

些中间类型,或过渡类型的褶皱和它们伴随。一般我们认为褶轴走向在北  $18^{\circ}$ — $25^{\circ}$  东之间的褶皱属于新华夏系,褶轴走向在北  $30^{\circ}$ — $35^{\circ}$  东之间的褶皱属于中华夏系。实际上这两类褶皱盛行的地区,由渤海西岸直到华南海边,几乎没有例外地还存在着若干类似的褶皱,走向在北  $25^{\circ}$ — $30^{\circ}$  之间(图版 XI 和图 19)。如果说这些褶皱是由于在水平方面垂直于褶轴的方向发生了原始性的运动以致发动了侧面压力而产生的话,那么,我们就不能不假定发动那些侧面压力的方式,或侧面推动的方向,在近古或晚近地质时代中一直在改变,也就是说,在毫无规律地进行着,这在自然现象中是很难想象的。

从地壳运动的观点来说,只有第三种方式,即有关的地块,在西面一贯地向南,而在东面一贯向北扭动,才最切合实际,那样,也就可以排除上述的困难。根据泥饼实验(图版 XII、XIII 2 图),当我们继续按照一定的方向对泥饼施加平面扭力的时候,我们经常发现在泥饼表面最初出现的褶皱,与扭力作用的方向大致成  $45^{\circ}$  的角度。扭动愈大,因扭动发生的褶皱的走向与扭力作用的一个方向所成的角度就愈变得比  $45^{\circ}$  更小,与它作用的另一个方向(即反方向)就愈变得比  $45^{\circ}$  更大;同时,早期出现的两组裂纹排列方向也有所改变,即它们之间的夹角的等分线,虽然仍然保持互相垂直的关系,但它们的方位随着褶轴的方位发生变化而转变,两对夹角大小的差别也越来越大。一般的规律是:扭动愈大,等分线与压应力作用面——例如背斜轴面在中和面以下的部分,向斜轴面在中和面以上的部分——垂直的一对扭裂缝间的对角愈形张开,即变得比  $90^{\circ}$  大得更多,而等分线与压应力作用面平行的一对扭裂缝间的对角愈形合拢,即变得比  $90^{\circ}$  小得更多;对张应力作用面来说,两组扭裂缝间的两对对角大小变化的关系恰好相反。后来出现的扭裂缝不在此列。很清楚,这些现象都是由于具有塑性的泥饼在一定的方向继续不断地遭受扭动,以致已经出现的结构形迹被牵扯而不得不改变它们原来的方位(参考图版 XII)。

如果引用这些实验的事实,来推求新华夏与中华夏以及它们的中间类型构造体系和河西系及其有关的褶皱体系产生的原因,我们就不需要假定在晚近和近古时期间,有关的地区发生了许多不同方向的地壳运动,而只要简单地承认在那些地区一贯地进行南北向的扭动就够了。

不待说,这样错动的方向与包容在祁吕弧形褶带西翼的多字型构造和包容在它的东翼的多字型构造所要求的运动方式,是完全一致的;同时与拟议中的祁吕贺兰山字型构造体系所要求的运动方式也是一致的。关于造成山字型构造所要求的运动方式,以前已经

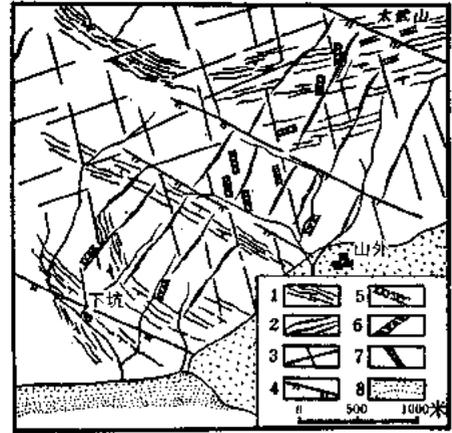


图 19 福建金门岛太武山附近新华夏体系主要裂面及岩脉穿插情形简图(据吴磊伯)

1. 花岗岩片麻岩片理及其走向和倾斜;
2. 二次张性裂面或压性裂面;
3. 初次扭性裂面;
4. 从初次到二次继续发展的张性裂面;
5. 伟晶岩脉;
6. 煌斑岩脉;
7. 石英脉;
8. 近代沉积

作了无数次实验,并且在理论方面也试作过初步讨论<sup>[46]</sup>,在此无需重述。但有一重要事实在过去实验记录中没有指出,即反射弧所在的部分经常发生旋转扭动现象。从构成反射弧的褶皱系列收敛的方向看来,西翼反射弧所指示的旋转方向常常是顺时针的,而东翼反射弧所指示的旋转方向常常是反时针的。根据泥饼上面左右两角移动的痕迹,也可以完全证明这样来鉴定旋转扭动的方向是正确的,同时也可以确定造成一个山字型的褶皱型式并不需要大量的扭动。

由于旋转扭动造成的其他构造形迹、特别是旋卷构造中某些特点的地质力学含义,也可以通过适当的实验来加以解释。

如图版 XIII 1, 2, 3 图所示,泥饼的左右两部分所遭受的相对运动越过了一定限度的时候,经常沿着扭应力最大的一个平面或一带发生显著的错动。在这一错动的破裂带中,常常夹着圆柱状或半圆柱状的裂块和碎片,它们都因为受了在它们两边错动的泥块的牵动而致或多或少地发生了转动。有时在那些转动了的圆柱状或半圆柱状的破块中,出现弯曲的褶皱,顺着旋动的方向收敛。从这一实验,我们可以理解为什么在大换断层的近旁,或大换断层带的中间,往往出现小型旋卷构造。

根据用泥巴和面团等类物质实验的结果,在同样旋扭运动之下,旋迴层的发生和发展主要有两种不同的方式,而这两种不同的方式是取决于构成旋迴层的物质本身的性质的。

(1) 比较脆弱而少弹性和粘性的物质对旋扭的反应: 较干的泥巴尤其是含砂质较多的泥巴、稍稍提高温度的煤胶以及由煤胶中提炼出来的若干种物质,适宜于做这一类实验的材料。属于这一类实验的方法,曾经被使用过的有两种值得提出。

(甲) 取平板两块,从其中的一块中间挖出一部分,作成圆形的窟窿;另外作一个圆盘,它的大小和厚薄恰恰与窟窿相当,把这个圆盘固定在其他一块平板上,再把带窟窿的平板套在圆盘上,这样组合成为一个活动平面,使它的外部可以绕着它的内部——即圆盘所占的部分——随便旋转。在这个平面上,敷一层含砂质较多或较干的泥巴,经过揉匀、压紧、铲平、刮光以后,转动平板外部,让平板内外两部分慢慢地发生相对转动。这时候,在泥饼中受到旋扭作用部分的上面,首先出现的有两组扭裂缝: 其中一组,在理想的条件下,就旋扭面在泥饼上的投影(一个圆周)来说,应该和其上的每一点的曲径方向一致;另一组应该与每一点的曲径垂直——亦即和对固定圆盘圆周上一点的切线的投影一致(图 20)。但实际上因旋扭而引起的主要压应力和主要张应力的作用面,并不是与固定圆盘圆周上一点的切线方向成  $45^\circ$  角度,

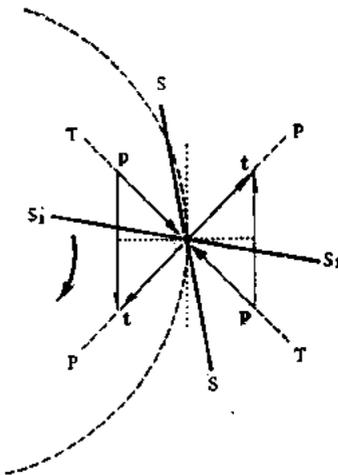


图 20 泥饼旋扭带中对于每一半径方向扭裂缝发生的情形与圆周上一点的切线平行的半箭头表示扭动、亦即扭应力作用的方向(同时作用的抗扭偶力的标志被省略);直箭头各表示主压应力及主张应力作用的方向;PP, 压应力( $p$ )作用面;TT, 张应力( $t$ )作用面;SS 及  $S_1S_1$ , 两组扭理,  $S_1S_1$  一般发育不良, SS 发育良好

同时两组扭裂缝也不是互成直角，——一般对主要压应力作用的方向来说，每一组扭裂缝与这个方向所成的角度小于  $45^\circ$  ——因此，因旋扭作用而产生的两组扭裂缝中之一，经常不是与固定圆盘圆周上一点的切线方向一致，而只是与它接近；另一组也不是与曲径（即半径）方向一致，而只是与它接近。当旋扭运动继续进行时，与扭动近于垂直的一组，当然不容易发展，而与切线接近的那一组便不断地被利用而成为扭动进展的轨道（图 21）。其结果便是使得这样继续发生和连续发展的一系列的裂隙显得向一方面收敛，而向另一方面撒开（图 23 及图版 XIV）。

（乙）在一个梯形或方形框子的一面，钉上一张薄橡皮布或其他具有弹性的织物，然后用适当的形状和适当的大小的小薄板一两块，把橡皮的一部分固定在一块较大于框子的托板上。用较干的泥巴填满框子，再用玻璃板或金属工具把泥面刮得极其光滑，这样就完成了实验的准备。慢慢地把框子转动，泥面逐渐显出高低不平的现象，同时又显出裂缝，成半环状排列。这样造成的裂缝显然是追踪较早发生的扭裂缝而成的张性裂缝，它们发生和发展的方式以及它们排列的方向与旋扭作用的关系，如图 22 所示，不难理解（图版 XIV 3 图）。

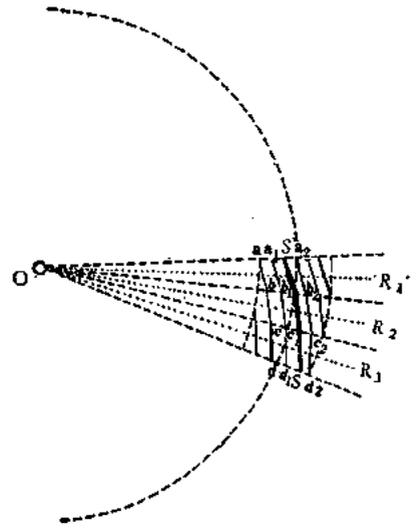


图 21 SS 组扭裂缝连续发展而形成弯曲裂隙的示意图

ab、a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>、a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>...为对于 OR<sub>1</sub> 半径向所可能发生的扭裂缝，bc、b<sub>1</sub>c<sub>1</sub>、b<sub>2</sub>c<sub>2</sub>...为对于 OR<sub>2</sub> 半径向所可能发生的扭裂缝，其余仿此；SS 为因连续发展而形成的弯曲裂隙

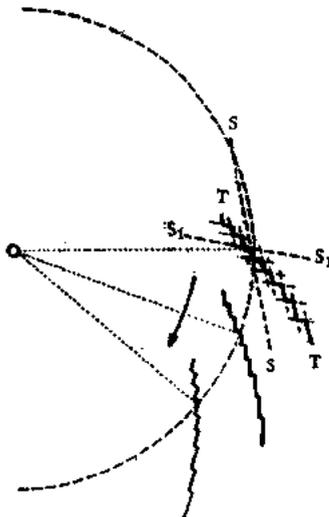


图 22 追踪扭裂缝而产生的张性旋卷裂隙

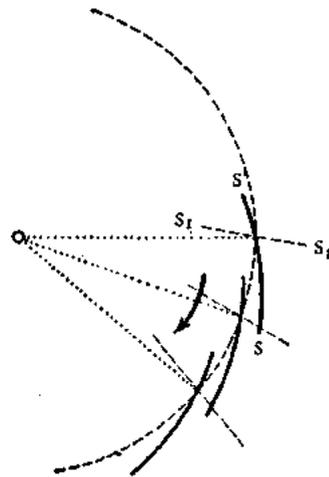


图 23 旋卷扭裂面的排列方式与扭动的关系

（2）比较柔软而带弹性和粘性的物质对旋扭的反应：含水分较多的、尤其是掺加了适当成分的纤维质——如纸浆等类——的泥巴和面团是便于做这一类实验的适当材料。

从下面几种实验方法所获得的结果,可以得到一些启示。

(甲) 按照前述第一类甲项方法配置一组合平面作为基底面,在这个基底面上铺开一层具有高度弹塑性物质如面团之类。当组合平面的内外两部分慢慢地相对转动时,在这一层弹塑性物质表面首先出现的不是裂缝而是一些皱纹——就是褶皱。这些褶皱排列的方位,是与由扭动而引起的主压应力的作用面一致的。当旋扭运动继续进行,这些褶皱,一旦发生,便立刻被不断地利用而成为发泄应力作用的线路,它们不独逐渐加强、加密、加多,而且还局部地发生与褶轴走向平行的冲断面和与褶轴直交的张性裂隙(图 24 及

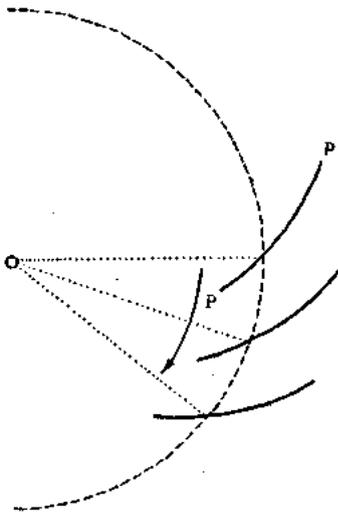


图 24 旋卷褶皱或挤压面的排列方式与扭动的关系

图版 XV)。这样发生和发展起来的一系列的褶皱,都密集地分布在受扭动作用最厉害的部分,即以旋扭轴为中心(或顶点)的一个弧形褶带。它们排列的方位,对基底面中扭动圆周上每一点来说,虽然都是保持同样的规律,但由于那个排列规律又不能不受到基底面的弧形扭动路线的控制,所以从整体看来,它们就显得向一方面收敛而向另一方面撒开。再加上那些既成的褶皱系列又受到塑性变形的影响,这种收敛和撒开的现象便更加显著化了。关于这一点,下一实验显示得尤其清楚。

(乙) 把两块可以在同一平面上互相错动的平板,在适当的装架上平摆起来,在其中一块的旁边、靠近它和另一块相接触的处所,装置一个小圆片,让这个圆片可以绕着它自己的中心、同时又沿着两块底板的接触线旋转。在这样组成的基底平面上,铺开一层面团,通过适当的装置,使粘在两块底板上的面团互相扭动时,粘在小圆片上的那一部分也跟着作局部旋转的扭动。这样,粘在小圆片上及其周围的面团就不仅仅是绕着一定的中心作局部的旋扭运动,而且同时它的旋扭中心还要沿着一定的轨迹向前推进。换句话说,这样发动的局部运动就不是简单的旋扭运动,而是一种滚动兼扭动。在最简单的场合,我们可以假定滚动的路线为直线。图版 XIII4 图所表示的褶皱形象,就是根据这种假定所作的实验的结果。在这种条件下,粘在小圆片的圆周上各质点自由运动的轨迹,显然是一种圆周摆线,而在小圆片范围以内和以外被带动的各质点,假如能够自由运动的话,就应该是属于不同类型的伴圆周摆线。另外,假如小圆片不动,在它附近,如有比较坚硬的块片,每一块都作为一个整体沿着固定的圆块滑动的话,那些滑动的块片上每一质点的轨迹,也很显然应该是属于切展线类型的曲线。如果滚动部分的各点,都按照他们各自的轨迹而进行运动的话,那就不会发生任何变形。在一整块弹塑性物质中发生局部滚动兼扭动的限制条件下,这显然是不可能的。从此可以理解,在这种形式的运动下所产生的褶皱和裂隙,必然构成许多不同类型的曲线群。从图版 XIII4 图所表示的简单例子中,我们已经可以见到这种曲线群的复杂性。不待言,在岩层中所发生的局部滚动,不一定按照一条直线进行;当滚动进行时,每一时刻在各方面所遭

到的阻力不一定相等,而在不同时刻,由于旋扭中心位置移动的缘故,在同一方面所遭到的阻力,也不一定相等,这就使最后形成的构造型式更加复杂化了。

尽管具体情况极端复杂,从各种实验结果看来,褶皱群收敛的方向是可以一般地作为鉴定滚动方向的标准。

(丙)按照第一类乙项实验方法配置框子和橡皮,用软泥填满框子,泥面铲平刮光以后,最好盖上一张质地均匀的薄纸,使泥饼表面容易发生褶皱\*,同时,使已经发生的褶皱容易保持。把框子转动,在泥饼表面就立刻出现镰状凸起与凹下部分,呈旋卷状排列,同时也出现许多旋卷状褶皱。它们排列的规律是:它们收敛的方向与内旋的方向,即反时针方向一致。如图版 XVI 下右图。

当然,我们没有理由假定,决定岩层和岩体在自然界发生变形的因素和以上提出的各项实验中所布置的条件相符合;同时我们也不应该忘记,泥巴面团等类物质不是岩石。在岩石长期受着应力作用所表现的塑性程度还不明了的情况下,把上面提出的模型实验结果,也可以说比喻性的实验结果,直接用来作为解决大地构造问题的根据,在理论方面确实存在着不少的问题。然而当我们在不同的地区、不同性质和不同时代的岩层中,发觉了虽然规模大小不同、却具有一定的共同形态特征的许多构造体系和用上述的实验方法或类似的实验方法作成的弹塑性变形型式极相近似的时候,我们似乎可以相信利用泥巴之类的物质来进行地质力学实验所收到的效果,至少在定性的研究工作范围内,不会比人造纤维质(假象牙)在光测弹性学实验工作中所收到的效果差得太多。

从这些极小比例尺的实验,我们还可以看出另外一种重要现象,那就是:当水平旋动发生的时候,必然有垂直运动伴随。可以想象到在大规模的旋动长时期进行的区域——如青康滇缅大地槽,垂直运动的规模也可能很大。固然在有大量沉积层存在的地槽或准地槽区域,很可能有其他各种不同的原因,致使那种地区发生沉降运动,但从追索那些原因的拟议中,至少就青康滇缅大地槽来说,我们不应该排除长期的、大规模的水平旋动的可能。至于这一旋转扭动是否由围绕着西藏南部的某一地块开始,逐渐扩展到围绕着西藏全部,因而使它今天成为“世界屋顶”这一点,还待证明。

暂时丢开构成青康滇缅大地槽的运动方式问题,现在我们利用泥饼实验的结果,把本文中涉及的各个构造体系所表现的运动方式综合起来作一比较,看一看它们之间是否存在矛盾。

按照褶皱旋卷收敛方向表示旋转扭动内旋方向的规律,康藏歹字型体系、陇西旋卷体系,以及包容在、或牵涉在这两个体系中的宋梁山旋卷体系,文殊山旋卷体系,都一致地表示:在它们展布的范围,整个地块发动过顺时针的旋动。最近在山丹地区,由于地裂而发觉的旋动的方向,也是和这个方向符合的。包容在祁吕弧形褶皱带西翼中的多字型构造体系和河西体系:都一致地表示,在它们分布地区的东面相对地向南扭动,而在西面相对

\* 李四光同志在另一著作中曾提到过,这里的“容易发生褶皱”应改为“刚刚开始发生的褶皱,不致因触变性的关系而立即消失”。——编者

地向北扭动。包容在祁吕弧形褶皱东翼的多字型构造体系、中华夏体系、新华夏体系，都一致地表示：在它们分布地区的东面相对地向北扭动，而西面相对地向南扭动。就是说，这两个构造体系一致地表示，伊陕盾地的西部和阿宁盾地的东部——即贺兰褶皱带分布的区域以及它东面和西面的地带——对祁连山方面和吕梁山以及太行山方面，有向南扭动的趋向。这种相对运动，正是与构成拟议中的祁吕贺兰山字型构造所要求的运动方式相符合的。

这样，我们可以说，以上列举的各个构造体系所表示的运动方式之间，不存在任何矛盾；相反地，倒是彼此互相呼应。但它们所一致要求的运动方式，不能认为与造成山西陆台和太行陆梁所需要的东西方面的压力有任何直接联系，尽管后者对祁吕贺兰山字型体系的双边对称性起了不小的歪曲作用。

如果我们再进一步来综合这些运动方式的话，只要结合两种运动趋向，就可以解决本文中所论到的各个构造体系所引起的地壳运动方式问题：一种趋向是西北地区各部分不均匀地对南面发生了推挤的作用。在这一方面推动和挤压不均匀的主要原因之一，显然是由于青海西藏地块的存在，以致这一地块以东的地区，在它的西面受到阻碍，因之就不能不发生顺时针的旋扭运动，同时构成现今华北平原及其以东地区的地块也发生了阻碍这种运动的作用。另一种趋向是阴山东西构造带以南，贺兰—六盘地带以东的华北地块对着西稍偏北方面推挤；在秦岭东西构造带以南的广大地区中也留下了类似的踪迹。

不待说，这种水平推挤运动并不要求长距离的陆块转移，它也不排除大规模的垂直运动。至于由什么样的构造形式表现出来的垂直运动，才的确是本文中所论到的各种类型水平运动无直接关系而是单纯的垂直运动，在什么样的基本前提之下，那样的垂直运动才有大规模发动的可能等等，都是应该加以慎重考虑的重大的大地构造问题。那些问题的处理属于另一专题研究的范围。

## 参 考 文 献

- [1] 李四光, 1954. 关于地质构造的三重基本概念, 地质知识, 第1期, 3—5.
- [2] ——, 同上, 6.
- [3] 谷德振, 1948. 从节理发育之状况讨论重庆北温泉附近之地质构造, 前中央研究院地质研究所丛刊, 第7号, 26—27.
- [4] Lee, J. S., 1929. Some Characteristic Structural Types in Eastern Asia and Their Bearing upon the Problems of Continental Movements, *Geol. Mag.*, LXVI, 422—430.
- [5] Du Toit, A. L., 1937. Our Wandering Continents, 315—316.
- [6] Sun, T. C. and Ku, T. C., 1948. Brush Structure and Related Minor Structures in Vicinity of Tunghu, Chekiang, 前中央研究院地质研究所丛刊, 第8号, 185—194.
- [7] 李四光, 1941. 广西台地构造的轮廓, 中国地质学会志, 第21卷 第1期, 20.
- [8] Кожевников, И., 1947. Структуры Саратовского района, ННТ (геол.) № 4.  
Васильев, В. Т., и Высоцкий, И. В., 1948. Перспективы поисков газа в районах трассы газопровода Саратов-Москва, Гостоптехнадат.  
Федоров, С. Ф., и Кутаков, А. Н., 1950. Геологическое строение и нефтеносность Саратовского Доволяя, изв. АН СССР, сер. геол. 3.  
Bubnoff, v. S., 1952. Fennosarmatia geologische Analyse des europäischen Kerngebietes,

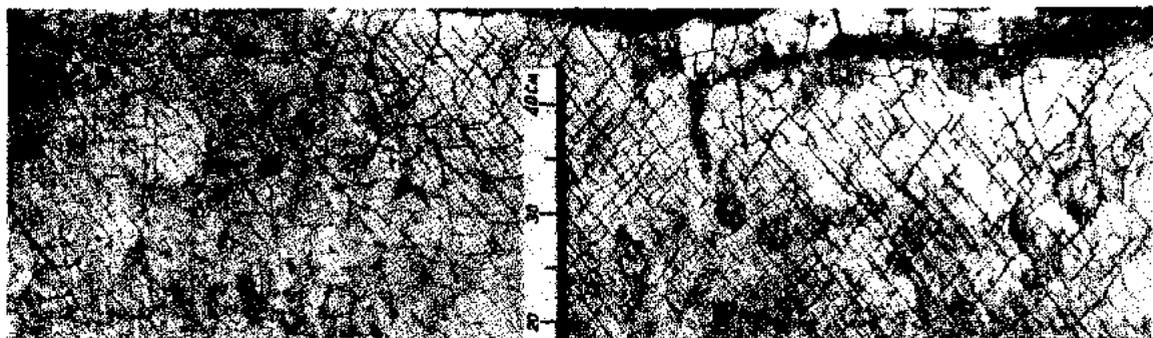
- [9] Семухатов, А., 1926. Тектоника Саратовского уезда, ВМОИП, № 1—2 (转录自 Архангельский А. Д., Геол. строе. и геол. история СССР, т. I, фиг. 41).
- [10] 李瑛, 1954. 康藏高原自然情况和资源的介绍, 科学通报, 第2期, 51.
- [11] Benz, v. C., und Reichel, M., 1945. Beiträge zur Stratigraphie und Paläontologie des ost-mediterranen Jungpaläozoikums und dessen Einordnung im griechischen Gebirgssystem, *Ecol. Geol. Helvetiae*, Vol. 38, Nr. 270—303.
- Sonder, v. R. A., 1938. Die Lineamenttektonik und ihre Probleme, *Ecol. Geol. Helvetiae*, Vol. 31, Nr. 1, 218—219, fig. 9.
- [12] Архангельский, А. Д., 1941. Геологическое строение и геологическая история СССР, Гостоптехиздат, т. I. 19—29, 51—108; т. II. 15—22, 49—51, 82—87, 127—140, 196—207, 241—259, 272—304.
- Шатский, Н. С., 1946. Основные черты строения и развития Восточноевропейской платформы, Сравнительная тектоника древних платформ, *изв. АН СССР сер. геол. I*.
- , 1948. О глубоких дислокациях охватывающих и платформ в складчатые области (Поволжье и Кавказ), *изв. АН СССР сер. геол. 5*.
- , 1946. Структура Восточно-европейской платформы, *изв. АН СССР, сер. геол. I*.
- Косыгин, Ю. А., 1952. Основы тектоники нефтеносных областей. Гостоптехиздат, 289—337.
- [13] Жуков, В. А., 1945. Тектоники структуры Московской палеозойской котловины, *Бюлл. МОИП н-с, Отд. геол.*, т. XX, № 5—6.
- , 1940. Некоторые структурные особенности югозападной части Московской палеозойской котловины, *изв. АН СССР, сер. геол. 6*.
- Уткин, Д. Н., 1944. О тектонике в районе г. Калуги, *Советская Геология*, № 3.
- Косыгин, Ю. А., 1952. Основы тектоники нефтеносных областей, Гостоптехиздат. 332—333.
- [14] Фотиади, Э. Э., 1847. К вопросу строения докембрийского складчатого основания Русской платформы, *Д. АН СССР*, т. УП. № 3.
- [15] Базиров, А. А., 1951. К геологии центральных областей Русской платформы, 3—45.
- , 1948. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности палеозойских отложений Среднерусской синеклизы, Гостоптехиздат.
- , 1948. Проблема нефтегазоносности центральных областей Русской платформы в свете, *учения акад. И. М. Губкина. Сборник МФ ВНИГРИ и МНИ.*, Гостертехиздат.
- , 1948. Стратиграфия и палеогеография пермских отложений центральных областей Русской платформы, *Тр. МФ ВНИГРИ*, вып. I.
- [16] Stille, v. H., 1953. Der Geotektonische Werdegang der Karpaten.
- [17] Stocks, T., 1942. Tiefenverhältnisse des Golfes von Aden, *Geol. Rundschau*, 33, (4—6), 355.
- [18] 恩格斯, 反杜林论, 人民出版社, 1970年12月, 83—84.
- [19] Fujiwhara, S., Tsujimura, T. and Kusamitsu, S., 1938. On the Earth-vortex, Echelon Faults and allied Phenomena, *Gerlands Beiträge zur Geophysik, zweite Supplementband*, 303—360.
- [20] Davison, C., 1931. The Japanese Earthquake of 1923. Thomas Murby & Co., London, 99.
- [21] Richthofen, v. F., China, II, 356—472.
- [22] Sness, E., The Face of the Earth, II, 191; III, 199.
- [23] 吴森伯, 1948. 湖南大义山系构造并略述中国南部走向北偏西十度至二十度之构造山系, 前中央研究院地质研究所丛刊, 第8号, 210—215.
- [24] Обручев, В. А., Центральная Азия северный Китай и Нань-шань.
- [25] Teilhard de Chardin, 1932. Observations géol. à travers les déserts d'Asie centrale, *Revue de géogr. phy. et de géol. dynamiques*, Vol. V, fac. 4, 376.
- [26] 李捷, 1954. 贺兰山地地质构造, 地质知识, 第2期, 34—35.
- [27] 李四光, 1941. 广西台地构造之轮廓, 中国地质学会志, 第21卷 第1期, 11—16.
- [28] 孙殿卿、徐煜坚, 1948. 皖西长山一带淮阳弧形的脊柱与东西向构造带之反接现象, 前中央研究院地质研究所丛刊, 第8号, 151—160.

- [29] 吴磊伯、李铭德, 1941. 浙江北部地质构造的轮廓, 中国科学, 第21卷第2期, 11—16.
- [30] Arni, P., 1939. Tektonische Grundzüge Ostanatoliens, *M. T. A.* 4, Ankara.  
 ————, 1939. Relation entre la structure régionale et les gisements minéraux et pétrolières de l'anatalie, *M. T. A.* No. 2.  
 Egeran, N., 1945. Contribution apportée aux conn. sur la tectonique alpine par les études géologiques et tectoniques effectuées récemment en Turquie, *M. T. A.* 2/34.
- [31] Kovenko, V., 1947. Quelques mines de plomb etc., *M. T. A.* 1/37, 81.
- [32] Blumenthal, M., 1941. Un aperçu de la géol. du Taurus les Vilayets de Nigdet et d'Adana, *Mém.* 6, *M. T. A.*  
 ————, 1945. Der Karanfil Dag. Ein Markantes Bauglied des cilicischen Taurus *M. T. A.* 11, 2/36, 273—284.  
 ————, 1947. Geol. der Taurus Ketten ins Hinterland von Seydischir und Beyschir, *M. T. A. Ser. D.* No. 2.  
 ————, 1944. Schichtfolge u. Bau der Taurus-Ketten im Hinterland von Bozkir, *Revue de la Faculté des Sci. de l'université d'Istanbul. Ser. B. T.* IX, Fasc. 2.
- [33] Egeran, N., 1946. Relations entre les unités tectoniques et les gites métallifères de Turquie, *M. T. A.* 11, 1/35, 44—49.
- [34] Egeran, N. et Lahn, E., 1944. Note sur la carte seismique de la Turquie, *M. T. A.* 9, 2/32, 279—289.
- [35] Suess, E., *The Face of the Earth*, III, 39—82.
- [36] Obrutschew, W. A., 1926. Geologie von Siberien, *Forst. d. Geol. u. pal.* H 15.
- [37] Шатский, Н. С., 1932. Вул. Моск. об-ва исп. природы научн. сер., отд. геол. 10, в. 3—4.
- [38] Сятников, С. П., 1943. *Изв. АН СССР, сер. геол.* № 6. 82.
- [39] Мордовский, В. Т., 1952. Тектоническое строение южной части Сибирской платформы. *Доклады АН СССР*, № 5, 1021—1024.
- [40] Ленин, В. И., 1951. Материализм и Эмпириокритицизм, Госд изд. полит. литературы, 123.
- [41] Ли Сы-гуан, 1952. Геология Китая, изд. иностранной литературы, 196, фиг. 66.
- [42] 王竹泉, 1947. 河北滦县地震, 地质论评, 第12卷1—2期第3图.
- [43] 秦可大, 1556(?) 地震记, 见康熙7年(1668)黄家鼎修咸宁县志, 卷8艺文, 53页.
- [44] Cloos, H., *Einführung in die Geologie.*
- [45] 别洛乌索夫, В. В. 构造断裂及其类型与形成构式, 科学出版社, 1953.
- [46] 张寿常, 1954. 构造地质学.
- [47] 李四光, 1944. Experimental and Theoretical Study on the Structure, *Science Record, Acad. Sinica*, II (1), 461—470.
- [48] Саваренский, Е. Ф., и Кярнос, Д. П. 1949. Элементы сейсмологии и Сейсмометрий, схема сейсмического районирования СССР, составил Г. П. Горшков при участии И. Е. Губяна, А. Я. Левицкой, Н. А. Линден, С. В. Мадведева и др. Под Редакцией Проф. В. Ф. Бончковского.
- [49] Гаусский, М. В., 1954. Моделирование тектонических полей напряжений и разрывов. *Изв. АН СССР. Сер. Геол.* № 6.  
 ————, 1954. Основные вопросы классификации тектонических разрывов. *Советская Геол., сборник*, № 41, 131—193.

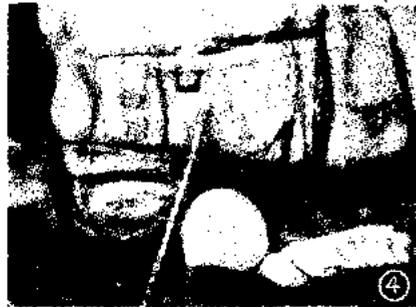
## 外国地名索引

- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| 1) 希罗普郡          | Shropshire          |
| 2) 司脱列敏教堂镇       | Church Stretton     |
| 3) 卡丁米尔沟         | Carding Mill Valley |
| 4) 龙门德           | Longmynd            |
| 5) 萨拉托夫          | Саратов             |
| 6) 安达曼(梭罗查)      | Andaman             |
| 7) 尼科巴(翠蓝岛一名翠蓝岛) | Nicobar             |

8) 枯梯斯	Gethys
9) 科迪勒拉	Cordillera
10) 库尔德斯—伊朗	Kurdish-Iran
11) 迪纳里带	Dinarid
12) 赫伦	Hellen
13) 卡宁—梯曼—乌拉尔	Канин-Тиман-Урал
14) 阿索夫—巴多利斯基	Азово-Подольский
15) 沃罗涅什	Воронеж
16) 库尔斯克	Курск
17) 栖宁斯基台坝	Цнинский Вал
18) 阿克苏可—栖宁斯基台坝	Окско-Цнинский Вал
19) 阿拉特尔台坝	Алатырский Вал
20) 里亚赞	Рязань
21) 喀山	Казань
22) 基洛夫	Киров
23) 古比雪夫	Куйбышев
24) 宋达尔	Сундырь
25) 格留霍尔玛	Голощурма
26) 高尔基	Горький
27) 奔萨	Пенза
28) 卡尔巴特	Карпатен
29) 比哈尔	Bihar
30) 马罗斯	Maros
31) 巴拉特	Banat
32) 潘罗尼盆地	Pannonisches Becken
33) 特兰西瓦尼亚	Transsylvania
34) 阿拉比亚	Arabia
35) 内志	Nejd
36) 努比亚	Nubia
37) 亚丁	Aden
38) 索科特拉	Socotra (Sokotra)
39) 安纳托利亚	Anatolia
40) 安卡拉	Ankara
41) 穆甘哥露	Mugan Golu
42) 奈维	Nevi
43) 散基里	Sankiri
44) 克泽尔河	Kizil Irmak
45) 图兹湖	Tuz Golu
46) 克斯坑	Keskin
47) 脱利—安纳托利亚	Toro-Anatolia (Tauro-Anatolia)
48) 伊尔库次克	Иркуск
49) 日加洛沃	Жигалово
50) 里特芬切瓦	Литвинцево
51) 乌斯季—库特	Усть-Кут
52) 卡伊莫诺瓦	Каймоново
53) 贝加尔	Бангал
54) 东萨彦岭	Восточный Саян







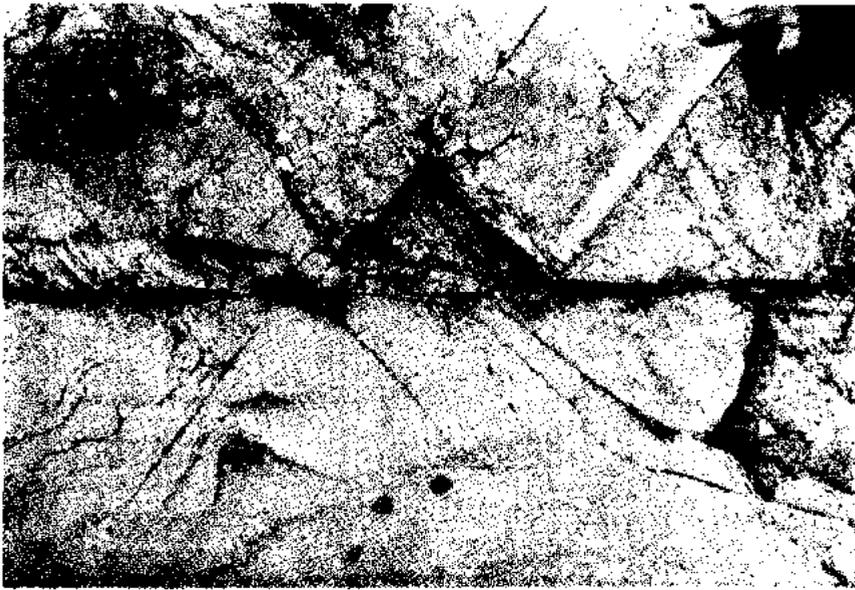
北碚北京公园沿山公路旁,侏罗纪硬砂岩中几个旋卷构造及香港花岗岩中帚状节理。

- 1 图 显示一个砾柱的垂直剖面,注意它周围有一层破碎岩石包围。
- 2 图 显示与上图所示砾柱有关的旋迴层。
- 3 图 一个倒转的旋卷构造的垂直切面。
- 4 图 香港石澳附近香港花岗岩中帚状节理。



上图 渤海西岸北戴河老虎崖下变质岩中的一个小型旋卷构造，箭头所指的部分是砥柱。下左角插图表示砥柱周围破裂情况。

下图 河北遵化茅山南脚沟中向南俯冲的花岗岩中的一个旋卷构造。箭头所指的部分是砥柱。冲断面在图的右边。



北戴河老虎崖下变质岩中又一个旋卷构造。

上图 一个旋卷构造的全景，顶上一小白块的扁圆筒形的石柱（即插图中顶上有一铁链的石柱）就是砥柱；图中半箭头的方向标示围绕着重柱的岩石对石柱扭转的方向；手杖标示一薄旋迴面中的一个旋迴面伸展的方向。

下图 上图中两个毗连旋迴层相对扭动的痕迹，上图箭头所指的处所就是下图铁链柄所指的处所。图中穿插到旋迴面两边的交叉扭节理的错动和夹在两个毗连旋迴层之间的羽状节理的排列，都显示内旋层（即铁链柄所在的方面）向右、外旋层（即铁链柄所指的对面）向左移动。



一个中小型水平旋卷构造的一部分,英国西罗普郡司脱列墩教堂镇卡丁米尔沟出口附近,由前寒武纪的龙门德系坚实碎片泥板岩构成。山坡上构成小型阶地并附有白点标志的地点都是比较突出的旋迴面露出的处所。注意游泳池附近龙门德系岩层很正常的向东南倾斜,但是环绕右边山坡靠近山脚有两处岩层露头比较清楚的地方(箭头所示方向表示与走向直交的方向)同系的岩层走向彼此不同,同时与正常的走向也不符合。镜头对着卡丁米尔沟的出口,向东偏南,与卡丁米尔横冲断层这一段的走向大致一致。



上图 甘肃酒泉文殊沟北边红砂岩中一个断层面上近于水平的擦痕。断层面走向西北—东南，稍微向西南倾斜。这个断层出现在红砂岩与玉门砾石层相接触的大逆掩断层以东约 200 米的地带，凌驾在大逆掩断层以上。镜头向西北，并略向下倾斜。

下图 文殊山红土沟北段红砂岩中的横冲断层由站在前面的人的头顶上通过。断层不规则地向东北倾斜约  $30^\circ$ ，有时与地层层面一致，有时切断地层层面。断层面上有大量近于水平的擦痕，擦痕的走向大都是南  $20^\circ$  东，断层上面的岩层往南错动。镜头向东南。  
(周光摄影)



上图 陕西铜川县西北后郝家房村附近延长系砂岩中两组节理、一组走向北 $34^{\circ}$ 西向东倾斜 $84^{\circ}$ ，另一组走向北 $55^{\circ}$ 东向东滑倾斜 $82^{\circ}$ 。

下图 上图一部分的远景。

(马杏垣摄影)



上图 1954年2月甘肃山丹地震时发生的地裂现象。这是分布在大峡河区的一段弓形排列的羽状裂隙群。裂隙群一般的走向与图中下右角的两条裂隙大体一致,即北 $50^{\circ}$ 西,其他个别裂隙的走向平均北 $20^{\circ}$ 西。(谢毓寿摄影)

下图 1927年大地震以后,洛阳西约10公里唐村西百余米处近代冲积砂质粘土中出现的裂隙之一。裂隙近于垂直,深入地下,走向北 $70^{\circ}$ 西。图中坑底和坑壁的一条白线显示裂隙的剖面形状。



1952年10月8日山西崞县地震时发生的地裂现象。

上图 崞县白家湾和庄头村以东滹沱河右岸在东西宽150米、南北长500米地带冲积砂土中发生的锯齿状裂隙。裂隙一般的走向为北 $20^{\circ}$ 东，宽度平均4厘米。注意锯齿状裂隙组成的成分不完全相同。其中大多数由走向北 $60^{\circ}$ — $66^{\circ}$ 东的一组 and 走向大致北 $20^{\circ}$ 西的另一组组成，前一组发育较好，图中左边的几条单纯裂隙就是属于这一组；也有少数锯齿状裂隙由走向北 $40^{\circ}$ 东和走向大致北 $20^{\circ}$ 西的两组裂隙组成。走向北 $40^{\circ}$ 东的一组有时与走向北 $66^{\circ}$ 东的一组结合构成曲折裂隙。

下左图 庄头村以东某一点发育较好的典型锯齿状裂隙的近景。这一锯齿状裂隙由走向北 $66^{\circ}$ 东的一组 and 走向西北的另一组裂隙组成；前一组互相平行，极有规则，后一组彼此平行性不大显著，一切迹象都显示裂开的地面曾经沿着走向东北的裂隙局部发生了不同程度的水平错动，同时走向西北的裂隙也因此遭受了不同程度的歪曲，走向北 $20^{\circ}$ 西的部分表示歪曲最小。

下右图 白家湾与庄头村之间靠近黄土阶地碱土层中出现的裂隙。沿裂口都有水和砂冒出；裂口宽度最大的达15厘米，往下迅速变窄，很快就变到宽1厘米左右，隙中仍然是填满砂子。靠近左上角的一条裂口走向北 $70^{\circ}$ 西，其他两条走向北 $20^{\circ}$ 东，可能都属于张性裂隙。

(岳希新等摄影)



中国东部及东南沿海地区广泛发育的新华夏系和中华华夏系及其有关的扭节理,自从它们成生以来,由于遭受过塑性变形而致歪曲的典型例子。

上图 渤海西岸北戴河附近变质岩中普遍发育的两组扭节理: 一组走向北  $85^{\circ}$  东, 与泰山式扭断层和扭节理的一般走向相近; 另一组走向北  $30^{\circ}$  西, 与大兴山式扭断层和扭节理的一般走向相近。铁锤柄指北  $27^{\circ}30'$  东, 相当于新华夏系与中华华夏系之间的一种过渡类型褶皱的走向。注意两组扭裂面都极其平直, 各个裂面的形状, 不象在它们成生以后经过变形; 但它们之间的两对夹角的角差颇大, 这可能是原来夹角角差较小的两组扭裂面在与锤柄直交的方向受过水平张应力作用以致发生了歪曲的结果, 也可能是由于在同一方向水平压应力作用而产生的原始性扭裂面, 与后来遭受歪曲的现象无关。

下图 香港石澳花岗岩中一个中华华夏系挤压破裂带附近发育良好的两组扭节理: 一组走向北  $18-25^{\circ}$  西, 另一组走向北  $80^{\circ}$  东到正东西。注意这两组扭裂面间的两对夹角相差颇大, 每一节理面都稍呈弯曲形象, 显然在它们产生以后, 全盘受过歪曲。另外还有一组比较平直的节理, 走向约北  $10^{\circ}$  东, 切断前两组交叉的扭节理, 但有时也被走向近于东西的一组扭节理切断。这一组节理的形态特征显示它们是扭节理, 在图中上右角出现的羽状节理更证明这一块花岗岩的东面部分, 在交叉节理发生以后又发生了向南偏东的扭动。这可能就是使这块花岗岩全盘遭受了歪曲的原因之一。手杖指南北, 罗盘中线指两组交叉扭节理的一对对角等分线的方位, 即北  $32^{\circ}$  东, 与中华华夏系褶皱的方位一致。

## 图版 XII 说明

关于中华夏、新华夏和河西系类型褶皱及其有关的节理和断层的发育的可能方式以及遭受歪曲的可能过程的实验。

一个长方形的泥饼填满在四角可以自由转动的框子里,经过框子的两边相对扭动后所发生的变形。泥饼的底面敷着一层与框子的四边相连接的、由适当的纤维质编成的网子,借以对泥饼整体传达框子两边的扭力。半箭头表示对框子和其中的泥巴在有偶力按着顺时针方向作用的条件下扭动的方向。

当扭动开始的时候,差不多互成直角的两组裂缝(即一对对线)首先出现,一组与扭力作用方向大致平行,另一组与扭力作用方向大致直交,它们的对角等分线大致与扭力的作用方向成 $45^\circ$ 的夹角,扭动的程度越大,它们之间的两对对角也相差越大,同时在泥面出现的褶皱也加强而且加密;褶皱的方向与扭动方向之间的夹角也越来越小。

- 1 图 表示左右两边扭动,如南北向扭动,同时有顺时针方向作用的偶力制止旋转的时候,泥饼面上所发生的褶皱的排列方位,靠近左右两边的、也就是遭受了塑性形变的歪曲影响较大的部分,就与新华夏系褶皱相似,而在中间的、也就是遭受了塑性形变的歪曲影响较小的部分,就与中华夏系褶皱相似。
- 2 图 是左图中用点线圈出一部分的放大,它特别明显地显示扭性节理遭受歪曲的情形:在凹下的部分,两组扭性节理对着受挤压的方面——即相当于与向斜轴成直角的方面——的一对夹角,很显著地加大;而在凸起的部分,两组扭性节理对着受引张的方面——即相当于与背斜轴成直角的方面——的一对夹角却显著地变小。在凸起比较突出的部分,由泥饼深处出现若干追踪节理的横断张性裂隙,表明扭动进展到最后阶段,压应力对凸起部分轴面上作用的面积扩大(即中和面抬高),它作用的方向也随着轴面的走向转变。

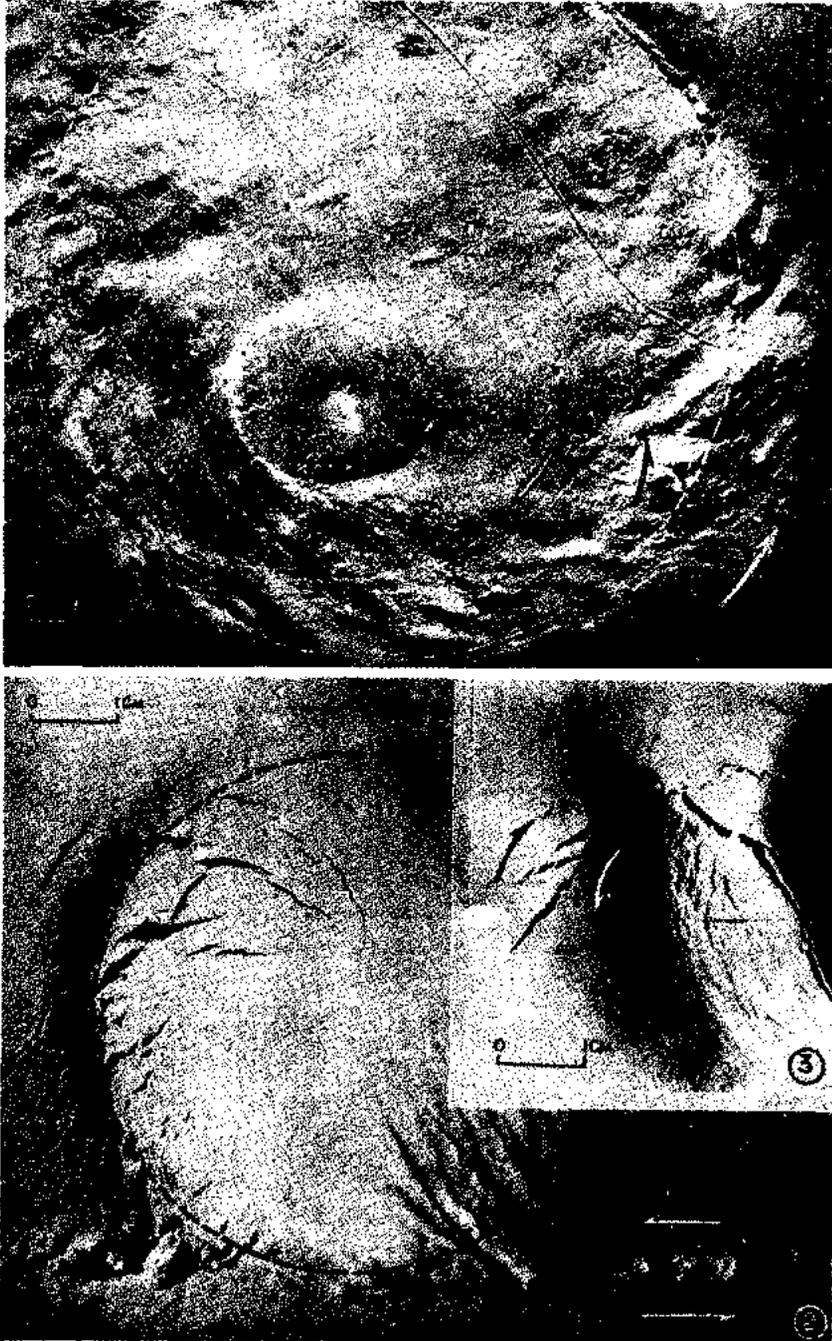


## 图 版 XIII 说 明

关于因直线扭动和滚动而产生的塑性平面形变以及小型旋卷体发生方式的实验。

- 1 图 泥饼左右两部分按照半箭头所示方向整体扭动时,在它的扭裂带中首先发生局部扭裂缝,其排列方向如  $SS$  及  $S_1S_1$ , 与  $SS$  平行的一组,由于接近于泥饼整体扭动的方向,其中某些裂缝就成为扭裂带中裂口发展的轨道;跟着扭裂缝的发展,又有张裂隙的发生,如出现于图中上部的大裂口和下部偏左的两头尖灭的裂口都属于这一类型。扭裂带中出现的略呈圆形的破块和瘤状鼓包,都是一些小型旋卷体。当扭动继续进展的时候,除了小旋卷体(即小鼓包)沿着扭裂带出现以外,还可以看见与  $S_1S_1$  平行的一组扭裂缝逐渐改变方向(如  $S_2S_2$ ),同时,与  $SS$  平行的一组变弯、加宽,表示塑性形变对丁由  $SS$  和  $S_1S_1$  两组扭裂缝构成的原始结构所给予的歪曲影响;扭动再进一步,更可以看见原来属于  $S_1S_1$  一组的初次扭裂面,由于变得接近压应力作用面,在性质上根本起了变化,这时候由于泥层的底面被拖动而致对它的表面在垂直面上发生扭动,它们就变成了挤压性的冲断面,由于这种冲断作用的方向斜着超越  $SS$  组扭裂面,它便有时使后者变为仰冲面或俯冲面(杭州附近有很多这种实例),这些都属于二次结构。在这种二次小冲断面和前述小旋卷体的近旁,有时出现一些局部的、属于二次以上的辅助性小褶皱和裂缝,1 图中扭裂带的上部和 3 图中扭裂带的下部都呈现这些多次结构现象。  
直半箭头标明泥饼整体扭动的方向;弯箭头标示围绕着小鼓包和圆形破块局部旋转的方向;弯半箭头标示由于更靠近小鼓包中心的部分旋转受到更多的阻碍而致发生局部旋迴层的相对扭动方向; $\omega_1$ 、 $\omega_2$  代表两个不同旋迴层的旋转角速度, $\omega_1 > \omega_2$ 。
- 2 图 显示泥饼整体扭动方向与因扭动而发生的褶皱彼此在排列方位上的相互关系以及出现于裂口两旁的一些圆形和椭圆形旋卷体的雏形;由于泥饼的上层夹着一张薄纸,经过扭动后,泥饼面上的褶皱特别显著,这些褶皱的方位与华夏系褶皱大致相当,但在扭裂带发生的裂口仍然是与一组原始扭裂缝一致。
- 3 图 显示附着在泥饼的裂口两旁的锥形旋卷体中或其近旁有属于二次或更多次的旋迴面的痕迹开始出现。大小约实物三分之一。
- 4 图 钉在适当装架上的两块联合平板,上面平列、侧面紧接,可以作相对滑动;当它们滑动时,嵌在一个平板中的小旋盘可以局部滚动。本图显示含少量泥质的面团在联合平板上经过水平扭动和局部转动所引起的一般结构形态。面团面上的褶皱和切断褶皱、并且与每一被切断部分成直角的张裂缝群的联合图形,反映当扭动和滚动发生时,“应力网络”在面团面上展布的模样。翘起的圆圈表示小旋盘的周围所在,中间凹下的部分与旋洞相当。





关于旋卷体系中扭性裂缝与张性裂隙发生和发展方式的实验:

- 1 图 将不太软的泥巴,铺于旋扭盘上,经过一定程度的扭动后所发生的扭裂现象。  
 在内盘(固定的)上靠近外盘(活动的)部分的泥饼上,嵌入了一块硬泥,作为一个砥柱,经过旋扭后,它的周围发生了局部的小褶皱及扭性裂缝,在它右下方所发生的一群扭裂缝,显然受到它的影响,向右上方——即顺着外旋的方向——收敛,向左下方——即顺着内旋的方向——撤开。  
 虚线表示旋扭盘的外圈与内盘接触面在泥饼上的投影;弯箭头表示外圈转动方向;弯半箭头表示构成扭裂缝的扭动方向。
- 2 图 泥巴铺在图版 XIII 4 图所示的联合平板上,经过扭动和滚动时,滚动的泥块局部发生裂隙的情况:虚线表示滚动小圆板的地位,弯曲半箭头标示构成张裂隙的局部旋扭的方向,直线半箭头标示联合平板直线滑动的方向。
- 3 图 泥巴填在梯形框子中被扭动时所发生的追踪性张裂隙。注意裂隙收敛的方向与外旋方向相符,撤开的方向与内旋方向相符。



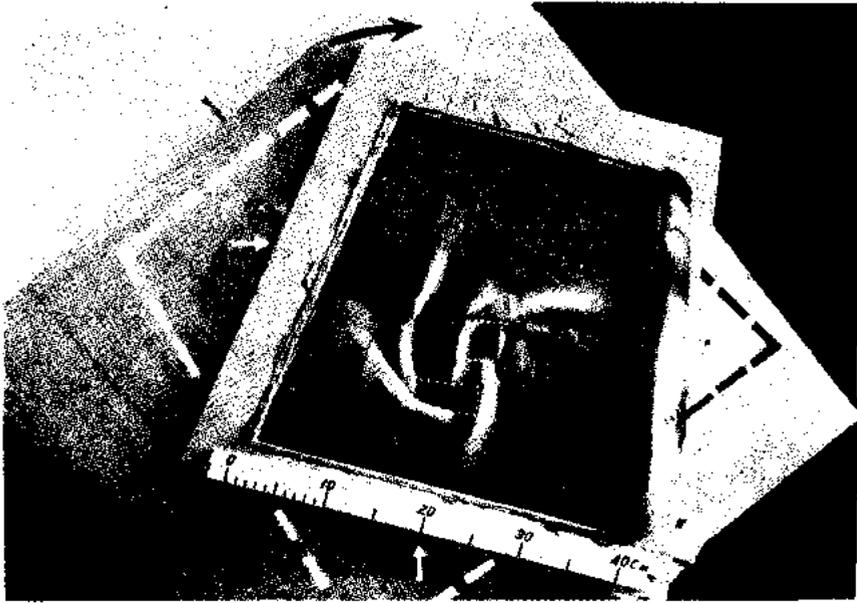
关于旋卷体系中弧形褶皱群及砥柱和旋涡发生方式的实验。

比较软的泥巴铺在旋扭盘上,经过一定程度的扭动所发生的形变。注意形变主要以褶皱的形式出现。

1图 图中除了许多向一方面收敛而向另一方面撒开的褶皱以外,还出现不少的圆形小包和圆形小洼。这些小包就是砥柱,小洼就是旋涡。他们的自身和周围都明显地显现了局部遭受旋扭的痕迹。

2图 是1图一部分的放大。箭头所指的部分就是一个比较大的砥柱,周围显著翘起,中央凹下。注意图中一条S形的细线,在旋扭发生以前,它是画在泥面上的一条直线。

弯曲箭头标示旋扭盘外圈旋转的方向;半箭头标示由于这种旋转运动而在泥饼上局部引起的扭动的方向。



整块泥饼环绕着它中部两小部分扭动同时又受到侧面推挤时所发生的旋卷现象：

上 图 填在梯形框子中，同时涂在胶皮（或网状织物）上不太软的泥巴，在胶皮四周固定在框子上，同时其中两小块固定在托板上的条件下，经扭动而产生的塑性形变的一般情况，白点标明把胶皮固定在托板上的两小块薄板的地位和它们的形状；虚线标明框子和其中的泥饼原来的地位；弧形箭头，扭动的方向；直箭头，使用挤压力的方向。泥饼厚度平均 0.9 厘米，它的宽度与厚度的比，在梯形下底方面约 100:2.4，在梯形腰边方面约 100:2.5。

下左图 一般布置和扭动方式与上图大致相同但比例尺更小的实验结果。

下右图 在与左图同样装置框子中，填满泥浆，泥浆上敷盖一层纤维质较强的薄纸，这是框子被扭动到一定程度时泥面所发生的起伏与褶皱现象，注意短箭头所指部分，与“萨拉托夫环”及其西南延伸的构造特征有几分相似。

# 关于《旋卷构造及其他有关中国西北部大地构造体系复合问题》一文的讨论\*

由于作者所采取的观点和方法,在本文中说明过于简略,以致结合到处理实际问题时,不免有使读者难于了解之处。现在假设站在一般读者的立场,提出普通最容易出现的疑问,择要简释如下:

## 一、本文概说中提到“地质力学”,这里所谓地质力学,有什么特点?

答:地质力学这个名词,是仿照土壤力学的前例提出的。至于它的内容,要用简单几句话来说明确实是困难的。不过从地质方面说,下列几个特点似乎值得一提。

(1) 它认为任何一个由于形变而产生的地质构造形象(有时称为结构要素或单元)都不是孤立的,当它成生时,必然有和它联系在一起的伙伴,综合起来构成一个构造体系。(2) 从许多构造体系中经常可以发现这一种或那一种相似的类型,称为构造型式。(3) 每一类型的构造型式都具有一定的共同形态特征。(4) 如果某一构造体系的所有各个主要部分尚未全部查明,但根据其已查明的某些主要部分,已经可以推定它属于某一类型,那末,就可以按照那种构造类型组成形态的规律,预见在某些相应的地区必然有某些构造现象存在,虽然这些构造现象有时被掩盖了或是被后来的原因所破坏了。这一点在我们布置地下资源勘探工作时,是具有相当重要意义的。(5) 在一个地区互相复合的构造形迹,必须按照它们各自所属的构造体系分别处理。(6) 尽可能用能够察觉出来的边界条件分析有关构造形迹产生的序次。总之,这里所列举的几点只能作为初步工作中点点滴滴的发现看待,还需要地质工作者长期的、艰巨的努力,才能在这一方面获得应有的发展。

从另一方面说,地质力学还要求对岩石的弹性、范(塑)性、弹范性、滞弹性、弛松现象、蠕变现象等等作详尽的研究,才能取得解决造成构造型式的地壳运动问题的数据。

其次,我们是把每一类型的构造体系当做一幅应变图相看待的。这里所引起的一系列的复杂的力学问题,需要结合实际作详细而彻底的研究。我们现在能作到的只是根据每一构造体系组成部分的形态特征及其彼此之间相对移动的方向,来推测全部应变图相的主要形态,也就是当应变初发生时的应力分配情况,再从而推测有关地块的运动程式。反过来再按这样推测出来的运动程式的要求,在不超过制约条件的一定范围内,对泥块之类的物质所作的各种模型上的预定部分或全部,施以压力、张力或扭力。如果由此获得的

\* 本文原发表于1958年科学出版社出版的《旋卷和一般扭动构造及地质构造体系复合问题》第一辑,副刊,第90—102页。——编者

一些形变,其形态特征与许许多多野外所见的构造现象特征有高度的相似性(例如在方形泥块的四边,加两对相反的偶力,或在它的两对角上一方施用压力,另一方施用张力时,泥块各部分就发生相对扭动,泥块表面所出现的褶皱和沿对尔线的特征以及它们的相互关系和在野外常见的网状裂缝、X节理或菱形节理、X型断裂等等相关的褶皱和冲断面的关系,不管规模大小,就一般类型来说,几乎完全一致),那就可以多少增加我们对推测的运动方向的信心。但必须指出,对绝对反对泥巴实验的地质学家们来说,再多的上述那样的例证,也并不具有任何说服的力量。

当然,岩石的机械性质和泥巴之类的物质的机械性质,一般看来,是相隔很远的。在自然界中地应力长期作用的条件下,岩石可能发生的蠕变,和在实验室中人为的条件下泥巴之类的物质的反应,无论在任何场合,也不可能是完全等同的。但是要知道,我们的模型实验并不牵涉到有关的事物的本质所有各个方面的一致性或等同性。我们只是就物质对应力作用的表象着重两点:(1)根据岩石范性或弹范性形变的事实,我们有理由假定,泥巴等类物质所表现的范性或弹范性,与岩石在自然界中长期的应力作用下所表现的范性或弹范性,在一定程度上,具有相似性,不管构成那种范性或弹范性的内在因素是什么;(2)比前面提出的还有更多的例子指明,泥块中经过一定方式的应力作用而发生的形变形态的特征,与岩层中存在的某些构造现象,在许许多多场合,具有一定的相似性。自从多布列<sup>1)</sup>的时代(1879)直到现在,一切所谓实验地质学的方法,都是以这样的相似性为依据的。

在确定了上述两点的基础上,我们就可以进行比较在模型实验材料中和在岩层中的应力活动方式以及引起那种应力活动方式的运动方向。在作这种比较的时候,我们还是着重在岩层的各个部分寻找一切相对错动的踪迹来确定它们运动的方式和方向。从此可以看出,模型实验的结果,在地质力学的工作中,为推断地壳运动的方式和方向是具有一定的效用的。但是,我们并不单纯地依靠模型实验的结果来对构造运动的方式和方向作最后的结论。如果认为我们有权利用马克思威尔<sup>2)</sup>模型、伏伊格特<sup>3)</sup>模型或克尔文<sup>4)</sup>模型等等处理弹范性的理论问题,那末,我们更有理由在模型实验中所造成的构造型式经常与自然界中岩石构造型式相符合的限制条件下,用泥巴和其他适当的物质配合起来的材料作地质构造的模型实验。

地质力学的领域,是不是限定在这里呢?当然不是。在分析了构造体系、确定了各种构造型式在全世界各地各地质时代的分布和排列情况,以及它们所显示的构造运动方向和方式的基础上,就不可避免地要进一步更广泛地研究更基本的问题。如果那些问题或其中某一部分前人已经作过若干研究工作,我们也应该站在地质力学工作者的立场,把那些研究成果加以检查和吸收,从而组成一门统一的有系统的学科。

按照上述原则,地质力学作了一些什么、可以作些什么具体工作?这里迫使我们不得不面对地质学家们还未获得共同认识的许多实际问题。例如在中国有若干地质学家认为在各种构造型式之中,有不少的例子符合于山字型构造型式。他们并且认为从组成每一

一个山字型构造体系的褶皱和断裂所显示的应力网的特征以及控制它所占地区的边界条件的主要因素——例如离那块地区的东西两边不远，离它的南北两边距离大约相等有与它的基底联结比较坚牢的部分，同时还有指向纬度较低方面的“体力”作用等等——可以推断那块地区的形变特征，类似一平置梁，当它承受均匀水平负荷而遭到中间向纬度较低方面发生了弯曲的时候所显现出来的形变图相。也就是那块地区的各部分，有向纬度较低方面分异推挤的倾向。这就要假定这个地块的下面，有些地方和它的基底结得较紧，而另外有些地方结得较松。为什么会这样？在这里又发生一系列的问题——显然进入了岩石学、地球化学、构造物理学或地球物理学的领域。这是一方面的想法，另一方面，还有许多地质学家根本就不知道或不同意山字型或任何型式的构造体系的存在。还有若干谨慎的地质学家，尽管在理论上不反对构造体系的存在，但一到处理实际问题时，就碰到了构造体系组成部分，尤其是象山字型的脊柱那样独特的部分出现的时期问题，以致停顿在无穷无尽的争论之中。对这些地质学家来说，上述跟着山字型的鉴定而引起的一系列的问题，便更不用提了。我们面对着广大的山陵原野，为地质力学摸索不离实际的进展方向的工作，还在萌芽时期。究竟从构造型式来推断有关地区的构造运动方式这一条道路是否正确，只有从广泛展开的工作实践中才能得到解决。

另外一个例子：我们认为在全球范围内，在某些纬度上，在横亘东西的大构造带存在。这些东西构造带有的因为受了其它构造的干扰而被破坏或混淆不清。但在很多地带，甚至在北太平洋底和北大西洋底也显得相当突出。苏联杰出的前辈地质学家维尔纳德斯基<sup>6</sup>曾经指出，杜库恰耶夫<sup>6</sup>在他晚年正确地强调了地球表面按纬度分带现象的重要性。这个分带现象的研究，近年来在李奇科夫<sup>7</sup>教授的掌握之下，得到了更进一步的发展。在理论方面，多年前，以研究潮汐著名的力学家达尔文<sup>8</sup>曾提出了“协调山脉”（即走向东西的平行山脉）存在的可能性。最近司脱瓦司<sup>9</sup>又从不同观点就东西构造带的分布作了新的论证。我们根据地质力学的分析而获得认识的东西构造带（尤其值得注意的是其中含有重要的矿产），和从前述不同观点所提出的水平分带现象虽不完全一致，但也有不谋而合之处，这是值得注意的。当然还有许多地质学家根本不承认这种东西构造带的存在。我们地质力学工作者却获得了越来越多的事实来证明它们在地球表面构造上的重要性。为什么这些象似具有行星性的构造带，并非当每一次地壳大运动的时期，也并非在它们经常应该出现的纬度附近每一地区，都有它们一样的活动的踪迹？这又引起了一系列的大地构造问题。

地质力学是一门具有多边联系的边缘科学。现在还不能清楚地看出它的领域一定会朝着哪些方向扩展。关于这一方面的任何探讨，可能牵涉到多方面的问题：例如地球的体积和扁度可能发生的变更、海面对于海底和陆地发生的广泛的相对升降运动以及地球自转速度变更的问题；放射元素发热量对于岩石强度的影响问题；在温度增高、压力加强的条件下，岩石的组成形态和强度变化的问题；格利格斯<sup>10</sup>所称的岩石“基本强度”究竟是否存在的问题；地球内部和构成地壳的物质可能发生的升降运动以及地球体积可能发生

的变化对地球自转速度的影响问题；如费森柯夫<sup>10</sup>以及其他天文学家所指出的地球自转角速度的变更是否在地质时代有远远超过历史时代记录的可能性问题；又如是否还值得考虑达尔文所指出的，地球作为地月系的成员，由于潮汐的影响，两者之间距离发生变化、旋转速率发生变化的问题等等。关于解决这一类问题的总方向，恩格斯所曾提示的基本原则——吸引与排斥对立的统一——不幸很少得到地质学家们的认真考虑。所有这些，大半是久已出现的问题，并非地质力学所特有。可是地质力学应该为它们的解决作出贡献；而它们的解决也将有助于地质构造问题的解决，这是不难预见的。

近几十年来，关于所谓造山运动问题的理论和假说，作者虽未作过统计，大致说来，是成百上千的。这些理论和假说大部分是地质学家提出的，也有一小部分是地球物理学家提出的。从地质学家方面提出的理论和假说，可以说大都是从某些特殊的、片面的地质构造现象出发，一跃而作出地壳运动的结论。同样，地球物理学家也大都根据某些片面的地球物理现象出发，一跃而作出地壳运动的结论。既然岩石远不是理想的刚体，在它发生运动的过程中，就必然在地块或岩块中留下它们运动的踪迹。地质力学的目的就是要详细地、有系统地根据那些踪迹来追索运动的方式和方向。这样就可以避免一下子跃到结论的危险。为此，在构造地质学和动力地质学之间，就应该存在一个研究的步骤。这个必要的步骤就是地质力学所建议担任的工作。

如果对于我们的老母亲——地球——若干万万年来面貌的改变感到兴趣的力学家们，多留心些地质构造现象，如果把岩层、岩体的构成形式当做地壳表层形成和形变现象看待的地质学家们多留心些力学方法，我们是一定能够走上地质力学发展的正确道路的。不待言，为了保证这门科学健全的发展，我们的工作程序，一定要先确定地质构造现象的规律，然后再寻找厘定那些规律的力学原因。这样才不会脱离实际，才能把理论和实际联系起来。

由此可见，地质构造型式在全国以至全世界范围的鉴定，是地质学家长期的、艰巨而细致的工作，也是开展地质力学研究的基础。

## 二、什么是构造体系？

答：一个构造体系是怎样组成的和怎样在工作实践中被认识的，在有关文献中，已经从不同的角度或详或略地迭次分别有所叙述。总括起来可以这样说：一个构造体系是在一个经过比较单纯的发展过程而形成的一般构造形态均一的地区，或在经过不同的发展过程而形成的一般构造形态各有不同特点的若干邻近地区，由于一次构造运动或前后数次方式相同的构造运动而发生和发展的不同性质、不同形态、不同等级、不同序次但具有生成联系的各项构造成分组成的构造系统。

上述构造成分不仅包括大、小型拗褶、单式或复式褶皱、各种断裂、节理、劈面、片理等等结构要素，而且还可能包括陆梁、槽地、盾地、穹顶、连串鼓包等等构造形体。前一部分的结构成分往往聚集在一起而组成所谓活动地带；后一部分的构造成分往往出现于所谓稳定地块。但活动地带可能伸展或扩大到以前存在的稳定地块的范围，它也可能在发生

以后经久僵化,而成为稳定地块的一部分。反之,长久存在的稳定地块以及经久僵化了的  
活动地块的全部或其一部分,也可能再活动化,虽然它的活动方式一般不是以出现于年轻  
地层构成的活动地区那样的褶皱形式表现出来。

**三、祁连山和乌鞘岭的褶皱主要是在古生代并且是在南山地槽区发生的,前者怎能  
和应该是在古生代以后并且是在山西地台区发生的褶皱搞到一起,成为一个祁吕弧形褶  
带;后者怎样和中生代(?)发生的六盘山褶皱搞在一起,成为一个陇西构造体系呢?总之,  
由于作者没有从地槽、地台或者过渡地带的沉积史来研究大地构造的发展,这就使得时间  
观念不够明确,空间观念不够具体。**

答:“弧形褶皱”是沿袭构造地质学上传统的名词而试行提出的一个名称。如果用地  
质力学的语言,直称这一弧形构造带为弧形挤压带,可能更确切些,也包罗得更多些。

本文中所叙述的祁吕弧形褶皱的西翼和祁连山区中生代以前的一切构造无关,正和  
它的东翼组成部分与中条山区和五台地区的古老构造无关一样,也和作为祁吕贺兰山字  
型脊柱的走向南北的褶皱与贺兰山中轴向东北—西南的较古的褶皱无关一样。根据我们  
现在所掌握的资料,组成它们的构造成分是在侏罗纪时代才开始发展的。关于这一点,本  
文中已分别有所叙述。

一般地说,用人们一向惯用的地层学的方法来研究地质构造,在地层记录缺乏的条  
件下,就很难断定一个构造复杂的古老岩层出露的地区曾经遭受过多少次构造运动,更无法  
确定那些构造运动属于什么时代。在这种情况下,试问直到现在为止,我们有什么方法肯  
定在乌鞘岭和景泰一带所发生的褶皱和断裂全部属于古生代呢?试问有没有方法否定那  
里有中生代及其以后所发生的劈面(甚至褶皱)和冲断,否定它们是古老构造复活的现象  
和与古老构造复合的现象呢?我们能不能完全否定,接受六盘山一带沉积物的槽地和其  
中的褶皱(或挤压性断裂)与冲断跟形成景泰一带的褶皱(或挤压性断裂)有成生上联系  
的可能呢?所有这些问题都大有研究的余地,似乎不应当一概抹煞;当然,也不可能一口  
气解决。

关于时间观念问题,将在下面第六条中一并答复,在此无须重复。

关于空间观念问题,作者认为不能依靠地槽、地台或过渡地带等等区域的划分来断  
定,因为构造体系展布的范围没有必要跟从另一观点划分的区域一致。即使就地槽、地台  
的认识来说,近年来在苏联也有许多不同的发展。例如在尼古拉也夫<sup>12)</sup>“地壳构造及其表  
面形态与新构造运动”一文中(原载苏联地质学报 1955 年 48 号),就提到了地台如何分级、  
扩展、活动化以及地槽区如何逐步转变。我们现在还没有充分的资料肯定一个构造体系  
只能在什么样的岩层基底上才会发展。即使我们假定它在所谓地台区上容易发展的话,  
那末,祁吕弧形挤压带的西翼,是发生在一——也就是复合在一——已经地台化了的南山地槽  
之上;陇西系旋卷构造在乌鞘岭景泰地区的部分,也同样是复合在较古老的构造之上的。

同时必须指出,南山地槽伸展的范围也是应该加以研究的重要问题,但这个问题和  
我们现在所要讨论的问题完全是两回事。

关于从沉积观点研究大地构造的发展,已经有许多人作过研究。虽然他们所作的结论往往彼此距离很大,表示在这方面还需要作许多工作,并需要对他们所根据的资料作严格的检查,才能获得趋于一致的可靠的结果;虽然这方面的研究,首先在我国范围内,还需要进一步明确事实的根据和建立理论的基础,但作者从来没有表示反对。相反地,在“中国地质学”中,也曾作了一些尝试性的工作。当然,那里所作的工作也是很不够的,甚至比别人所作的更加粗糙。在这里应该强调的是:作者在本文摘要中(原载科学通报 1955 年第七期,中国科学 IV 卷 4 期),一开始就指出了大地构造的总合内容必须包括“建造”与“改造”两个方面,亦即“形成”与“形变”两个方面。在本文第 3 页 19—21 行中,也已经明确地指出了这两个方面彼此之间的联系问题。但作者很难同意光是从建造方面——即沉积方面的研究,就可以解决大地构造全部的问题;也很难同意这一方面的研究可以不跟古地理的研究划分清楚。作者也总觉得各样的地槽和各样的地台不是什么天生的神秘的东西。我们有权利追问:为什么某一地槽,在它作为一个地槽而存在的期间,恰好存在于它所存在的地方,恰好按某一定的方位伸展,恰好形成它某一定的形状?我们还可以问:供给地槽的陆源沉积,特别是粗沉积物,是否和地槽相辅而行的隆起地带遭受了侵蚀乃至完全毁灭而来的?大家知道,地槽这个名词的原名是地向斜。很显然,地向斜的观念是相对的,是对地背斜来说的。从达纳<sup>13)</sup>的时代起直到现在,这个相对观念虽然受了奥格<sup>14)</sup>、休克尔特<sup>15)</sup>以及某些向开发古地理园地的冒进者的影响,变得有些模糊,但是我们没有理由否认地向斜是地壳上极大规模的拗褶体系的组成部分。正如舒尔茨<sup>16)</sup>所说的那样:“只有当我们将其(指天山地区的褶皱变形——引者注)看成在地形上表现为巨大的褶皱分枝的时候,中亚的山系、山脉和盆地的分布才是可以理解的。”(C. C. 舒尔茨,现代天山构造的发育,原载苏联第四纪资料文摘第二号,转引自“论新大地构造与地貌学的一些问题”,科学出版社 1957 年 2 月出版)

至于谈到研究大地构造的历史观点这一点,固然,沉积史的方法可以从沉积一方面说明大地构造的沿革,尤其对于说明古地理的变迁有它一定的效用;而在地质力学这一方面,从构造型式的发生和型相的演变,乃至它发展到某一阶段蜕变而成为新的构造型式,以致发生构造复合现象等等来研究大地构造,难道就不是从历史观点来进行研究吗?何况它对于阐明岩层、岩体的组合规律和结构形态还具有更基本的意义!

#### 四、对小规模构造的认识是否可以扩大到巨型构造?

答:我们对这个问题应该分别来考虑。有些巨型构造在规模上似乎不能小到一定的程度,但也有很多小型构造和巨型构造在形态特征(即类型)和使它们得以发生的动力作用方式上几乎是完全相同的。例如 X 节理中的某些裂隙带常发展为较大的断层,某些所谓棋盘格式的区域构造(即由一组互相平行与另一组互相平行的断裂彼此互相直交或斜交而组成的断裂体系)在性质上与 X 节理并没有很大区别。其他例如我们常常在一个小剖面、甚至一块小岩石上所见到的小逆掩断层、瓦迭式构造、等斜褶皱、“入”字型断裂等等现象,也就和我们所常见的展布在广大地区的类似的现象属于同一类型。

在此顺便提一句,请看科学发展史中,该有多少重大自然现象的发现,是从渺小事物的粗略认识开始的。

本条意见所提出的问题,似乎一部分是指从小型旋卷构造该不该一跃而用于长达数百公里的陇西系巨型旋卷构造,这是关系到旋扭现象的存在,在地质构造范畴内的实用性究竟大到什么程度的问题。这个问题是应该考虑的。本文中10—14页提出了从小到大、规模不等的各种由旋扭运动而造成的不同的构造型式,正是从这个考虑出发的。“莲花状构造”一文中所提出的一个新型的旋卷构造的较详细的鉴定,对阐明这个问题可能有所帮助。

### 五、“台地”、“盾地”和常用的“地台”、“地盾”有什么不同?

答:“台地”这个名词是1941年在讨论广西山字型构造体系时提出的。当时没有预料到后来还有“地台”这个名词出现。如果这两个名词的意义完全一样,那就不必拘守优先的成规,而采用虽然出现较晚但已经被广泛应用的名词。但“台地”和“地台”的意义实际上并不是处处完全相同。现在一般习惯似乎是把“地台”的涵义扩充得很大,并且倾向于把它分成不同的等级,甚至将来也可能把它分为不同的类型,但不问它是如何产生的。而“台地”这个名词的涵义就比较严格些。它是构成一个构造体系的必要部分。在地表的形态上是与盆地相对的。也就是说,在考虑了它成生的原因之后,才能使用这个名词。这样,我们就可以看出,“台地”“地台”这两个名词,对于某些地块同样可以使用;而在另外一些场合,这两个名词,至少在构造问题最后解决之前,都有保留的必要。

“地盾”这个名词,应用不象地台那样广泛。它是英文 shield 或俄文 щит 的译名。Shield 和 щит 的涵义有相同之处,也有不同之处。相同之处是都表示类似盾牌的古老地块,自从它很古的时代形成以来,只经过不甚大的升降运动,而没有遭受过强烈的侧面挤压。不同之处在于 shield 经常只用于大陆块,如西伯利亚 shield、加拿大 shield 等等;而 щит 一词,如果作者的了解没有错误的话,却可用于较小的地块,其意义与 массив 相似,如沃罗涅什<sup>17)</sup> массив 有时也被称为沃罗涅什 щит。在中国一向被认为地盾的典型例子——淮阳地盾,近两年来,经过调查研究的结果,却证明了它的中部在古生代以后,曾经经历了几次强烈的侧面挤压而发生反复褶皱和冲断。在这些事实面前,我们对“地盾”这个名词在中国如何使用,似应重新估计。

至于“盾地”这个名词,是用来表示在一个构造体系中沒有或稍有褶皱和断裂的,并且具有特定形状的地块(例如山字型体系中前弧与脊柱间的马蹄形地块)。它可能自很古以来没有经过剧烈运动;也可能在它所属的体系产生以前,经过一次或多次强烈褶皱运动。它可能整体上升而形成台地,也可能整体下降而形成盆地。它不是 shield 或 щит 的译名。如果要用现有的西文名词勉强译出的话,在某些场合下,或可译为 Zwischengebirge 或 betwixtland,但不尽然。

六、作者用“概近”、“近古”、“中古”等名词,何以不用简单一些的地质上已经确定的名词,如新生代、中生代等?

答：在地质记录不完全的地区，要确定构造运动发生的时期及其持续的时间，往往有很大的困难。任意作主观的断定，难免不铸成错误，引起混乱。因此，概括地標示时期的名词，是有一定效用的。晚近一词，和苏联学者所倡导的新构造运动，在时间的含义上，大致相等；近古一词，和某些地质学家所称的 Eoid 部分地相当；中古 (Mesoid) 一词，用来在某些地区，如太平洋区，概括地標示从中生代到旧第三纪时期的运动，看来是方便的，因为在那些地区中某些地点所发现的运动，有时甚至不能确定是属于中生代还是新生代。其他仿此。

七、物质的变形是和它的边界条件有关的。文中所说的实验，泥巴是固定在垫板上的，这种情况是否可以和地层实际存在的情况相比拟？

答：一块物质的形变，受着它的边界条件所控制，这一点的重要性，在本文第 4—5 页中已提及。但本文用的是“边缘条件”，应更正为现今通用的“边界条件”。当然同时还得考虑到配称的情形。

需要指出，实验时泥巴并不是全部固定在垫板上的，而是部分地以不同程度的粘着度铺在垫板上的。

从地质学和岩石学的大量事实中，似乎找不出理由来否定，地壳的上层，在各个地区是以不同的固结程度粘在基底上的。因为重力的随处永恒存在，无论从那个观点来作实验，都需要一个垫板作泥巴的基底；同时也要让垫板的这一部分和那一部分可以作相对的移动。例如让垫板部分地下降时，就可以使其上的泥巴相应地陷落(克罗斯<sup>18)</sup>)；让垫板部分地上升时，就可以使其上的泥巴相对地隆起(格佐夫斯基<sup>19)</sup>)；或者如本文所记录的某几项实验那样：让垫板的外部对内部转动时，就可以使泥巴在水平面上承受一定的旋扭负荷。至于泥巴的各部分与这个基底粘着松紧的程度，很容易用适当的方法加以调剂，在我们的实验中，事实上也就是这样做的。

从地质工作的观点来说，我们很难说根据哪些地质上的理由来事先断定一个特定地块在地应力场中的边界条件一定是什么。我们所能直接观察到的只是地面上所发生的形变，即褶皱、破裂、节理等等构造形迹所组成的综合形态。而我们所要追究的正是它的边界条件。

因此，在做地质模型实验时，我们只能抓住一个地质构造体系的某些主要形态特征作为根据，然后再采取种种措施，改变被实验的介质的形变因素，从而改变他的边界条件，直到在实验用的介质中发生的构造型式和我们所要研究的实际地质构造型式在类型上达到相似的程度时，这种试验才具有地质模型实验的意义。从此也可以看出，在地质模型实验中，我们不是先掌握了已经确定了边界条件(这是不可能的)，再去用人为的方法作出某些构造型式(如果真是这样，我们的实验就大可不必做了)，而是先根据地质构造型式的事实，然后再用一些人为的方法去探索那样的边界条件以及控制那些边界条件的哪些主要因素的存在和作用。只要这些推测得来的因素，对出现于许多地区每一种构造型式发生的原因提供了基本上一致的说明的话，那末，就很难说那些推测出来的运动方式是完全虚

构的。

八、文中说：“就实验室中所能控制的范围来说，在泥饼、泥块中所掀起的每一种结构类型，只决定于应力作用的方式，不决定于泥饼的大小”（50页）。这句话牵涉到模型比例尺的问题，应该加以重新考虑。

答：本文所说的完全是事实。这里所要注意的是类型与细节完全是两回事。一个类型的构造型式，从实际地质工作和模型实验的观点来说，它只要求构成它的各种构造成分具有一定的综合形态：主要是若干项不同性质的构造成分的存在和各项构造成分的配置方式以及它们彼此之间相对的排列在方向和方位上的变化不超过一定的限度；而对于组成它的构造成分的长短、大小、多寡、弯曲度等等，则不作严格的要求。例如我们曾经用大块、小块和不同厚薄的泥块，使它们分别沿着为两个平行垂直面所局限的狭带发生两边相对的扭动，其结果是在泥块上除了出现同一类型的偪对尔线以外，还有同一类型的羽状裂隙出现。如果详细地计算起来，每一次实验中出现的偪对尔线的数目、宽窄、大小、彼此相交的角度，和羽状裂隙的多少、大小、长短等等肯定地都不一致。但是那些在细节上不同的构造类型，都能一望而知是偪对尔线和羽状裂隙。

如果能够把这种实验推进到在量的基础上来作适当的安排，当然更好些。果真要那样作，就应该全面地考虑到控制我们所要研究的天然对象的各项因素和控制模型实验的各项相应因素的比例尺问题。不过，这里存在着目前还无法解决的一些困难，其中最重要的一点是岩石强度问题。在长时期（起码几万年到几百万年）受到应力作用的条件下，岩石的强度究竟怎样，还是一个离解决很远很远的问题。在这一方面虽然已经有若干人作了一些初步的实验，发现岩石在长期受到应力的场合，它的强度比普通材料试验室中所得的强度有显著的降低。格利格斯只根据三几个月的实验的有限资料而提出的岩石“基本强度”的概念，也难认为就已经确定。另外也有些人认为在长时期中，那怕是极其微弱的应力作用，也可以使岩石发生“流动”现象（当然一般是指半粘性流动，而不是所谓牛顿式流动），也就是说，在长期地应力作用的条件下，尤其是在温度增高压力加大的情况下，岩石是具有高度范性的。在这个问题未得到解决之前，来严格地考虑模型比例尺问题，就很难说有什么实际意义。

九、当今许多著名的地质学家大都认为垂直运动是大地构造的决定因素，本文作者为什么要强调水平运动？

答：作者从来不反对讲垂直运动，但他认为有必要搞清楚垂直运动是怎样发生的。事实上，如果答复第一条中关于地质力学领域扩展远景所提出的某些问题确有根据的话，那末，它不独不排除大规模的垂直运动，而且还可以说，地球的质量全部或部分地向它的中心收敛，或地球表面和内部轻重不等的大量物质的分异升降运动，必然会发动造成某些构造型式的水平运动。反过来说，水平运动也不可避免地要引起垂直运动。

是的，重力的作用是垂直的，是普遍存在的，也是足够强烈的。这是显而易见的事实。可是，光靠重力作用不能说明各个不同型式的构造体系作为一个整体在水平面上排列的

方向性,也不能说明构成它们的结构面(例如褶轴面、各种破裂面和片理等)在水平面上的分布方位和它们对水平面或地层面的相交关系的规律性,更不能说明组成它们的不同方位而且相隔较远的主要褶带彼此之间的联系和绝大部分构造复合现象的起源。(岩石的远程构造位移姑且不提。)从地质力学的观点看来,这也是显而易见的事实。正是这些以及其它有关事实,历年来迫使作者在摸索前进中,不得不寻找这样一种动力:就是,它和重力以及潮汐力结合起来的作用,能够给上述种种事实以充分的说明。地球自转变快达到一定程度时所引起的离心力,可能就是这样一种力量。不待言,这只是一种并非毫无根据的推想,虽然在地质力学现阶段的工作中不足重视,但下述基于这一论点所引伸出来的各种关系,作为进一步寻找工作假设的线索提出,似乎是可以允许的。

不难设想,由于重力的作用,当地球的质量集中(这可能,但不一定和地球整体的体积收缩,或广大地区如太平洋区相对的下降是一回事)到一定程度的时候,它的角速度必然加快,以致由此而引起的离心力的水平分力胜过潮汐的影响;这时候,如果地球内部的扁度来不及变更到适应角速度改变的程度,那末,考虑到岩石的非弹性的表象,地壳上各个部分就有可能向纬度较低的方面挤压,走向东西的构造带可能因此产生,也可能由其他的原因产生以后而又因此加强;另外,在不同的边界条件下,也会发动产生不同类型的构造型式的运动。同时,又有种种可能的原因致使地壳表层相毗连的两个部分不会处处以同一步调跟着地球的旋转前进,于是这两个部分之间,有可能发生指向东西的挤压、张裂和指向东北—西南和西北—东南的扭裂运动;因为在东面的部分,如果不象在西面的部分那样,跟着地球的旋转变快,它们之间,就会沿着南北伸展的地带在水平面上发生挤压和扭裂运动,如果在西面的部分,不象在东面的部分那样,跟着地球的旋转变快,它们之间,就会沿着南北伸展的地带在水平面上发生张裂和扭裂运动。这两个范畴的运动和前述向纬度较低的方面挤压运动以及某些地带大规模的升降运动联合起来,更有可能发生其他不同方式、在三度空间中不同方向的运动,而形成一部分大规模的构造体系复合现象。当我们考虑到地壳表层的地热增温率和传热率,同时,又假定它的表层以下有足够的放射性元素按区域和深度,依一定的规律分布的时候,前述地球内部物质的分异升降运动和在它表层中显露出来的各种方式的构造运动就更容易理解。

这些运动的后果,由于能量的损失,较重的熔岩(特别是大量的玄武岩流)上升和潮汐有效的作用,地球自转的速度也就不可避免地要发生变慢的倾向,旋转速度这样反复变更,终而复始,成为一种带周期性的运动,当然,每一周期的长短和运动的程式,不一定是完全相同的。这样,广大区域性的,但不容易直接察觉的大陆运动,便成为控制地球自转速度的自动机制。就是说,地球自转加快就包含着使它变慢的作用,这是和许多自然现象所显示的规律——对立的统一——相符合的。

如果说讲水平运动不合时代潮流的话,这是无可如何的事实。在这种气氛中,作者有时是不免感到空气有些沉闷的。好在哥白尼的时代老早已经过去了,何况在“争鸣”鼓励之下,即使是井底之声,也无妨让它试试看吧。

## 外国人名、地名索引

- |           |                  |           |                |
|-----------|------------------|-----------|----------------|
| 1) 多布列    | A. Daubrée       | 11) 费森柯夫  | В. Г. Фесенков |
| 2) 马克思威尔  | Maxwell          | 12) 尼古拉也夫 | Н. И. Николаев |
| 3) 伏伊格特   | Voigt            | 13) 达纳    | J. Dana        |
| 4) 克尔文    | Kelvin           | 14) 奥格    | É. Haug        |
| 5) 维尔纳德斯基 | В. И. Вернадский | 15) 林克尔特  | Ch. Schuchert  |
| 6) 杜库恰耶夫  | В. В. Докучаев   | 16) 舒尔茨   | С. С. Шульц    |
| 7) 李奇科夫   | Б. Я. Личков     | 17) 沃罗涅什  | Воронеж        |
| 8) 达尔文    | G. H. Darwin     | 18) 克罗司   | H. Cloos       |
| 9) 司脱瓦司   | M. B. Stovacek   | 19) 格佐夫斯基 | М. В. Гзовский |
| 10) 葛利格斯  | D. T. Griggs     |           |                |

# 莲花状构造\*

## 一、引言

岩块或地块中由于旋扭运动而发生的旋卷构造的特征，作者之一在另一文中曾初步地作了一般叙述和探讨。但在该文中对旋扭构造的各种类型，并未作有系统的分析。其中有些类型，例如英国西罗普郡司脱列墩教堂镇附近出现的那个构造型式，由于资料不够充实，缺少详细的描述。

一年多以来，我们在中国从若干类似前述的构造体系中，发现了两个突出的例子。它们的规模大多了。组成它们的旋迴面群揭露极其清楚，它们的发育也极其完美。在这一类型的旋卷构造中，这两个例子可以认为是典型的。

这一类型旋卷构造的形态特征是组成它的旋迴面群的弧形断裂面重重叠叠、参差不齐地围绕着它的核心——亦即砥柱。它的砥柱，经常不在旋迴面的中心，但也不象其他旋卷构造，站在旋迴面群的旁边。因此，为了把这一类型的旋卷构造从其它类型划分出来，根据形态特征，称它们为莲花状旋卷构造——简称为莲花状构造，似乎是恰当的。

莲花状构造还具有以下的特征：时断时续的弧形断裂面群形成一圈一圈的断裂带。这些大致是同心的断裂带，把它们经过的地区切成破裂了的环形地带。各环形地带在靠近某一半径的方向，往往出现一段未经各环形断裂面切断的地带，形成一条埂子，横贯各环，直达砥柱。弧形断裂面的两旁往往有显著的帚状节理和拖曳现象，也往往有斜交的分支断层和弧形断裂合并形成“人”字状断裂体系（详后）。在规模较大的莲花状构造中，每一个环有时由一边极陡和一边平缓的背斜形成，在它极陡的那一面往往有近于直立的断裂面发生。如若单从构造的形式观点来看，伏尔加河西岸的萨拉托夫构造，可能令人联想到莲花状构造，虽然从有关文件中还未发现任何证据，来证明“萨拉托夫环”的周围有曾经扭动的踪迹；威尔士北部兰各伦地区的弧形断层群<sup>[1]</sup>，几乎肯定地属于莲花状构造。在某一场合，环状构造，有时甚至可能由于地下水沿着“环”上升而引起的土壤碱化现象反映出来<sup>[2]</sup>。

本文只描述到现在为止在中国所发现的莲花状构造的两个典型例子之一（另一个在河北房山县南大寨）。它出现于大连市附近白云山庄。白云山庄（又名马车会社）在大连市西郊马兰桥东南约 1.5 公里。附近岩石全为胶结紧密的硬质石英岩。与此类似的石英

\* 本文系与黄孝葵同志合作，完成于 1956 年，发表于 1957 年《地质学报》第 37 卷，第 4 期，第 361—372 页。英文摘要发表于 1958 年《中国科学》第 7 卷，第 4 期，第 448—452 页。——编者

岩,在大连西北金县三十里堡附近,下部直接与富含 *Collenia* 藻类化石的大理石化灰岩接触。根据这一关系,此石英岩的时代暂定为震旦纪。

此石英岩系在白云山庄地区的北部一般走向为北  $50^{\circ}$ — $65^{\circ}$  东,向西北倾斜,层理明显。但在白云山庄入口及其附近沟中,岩层中破裂面却极为错综复杂,岩石也极其凌乱破碎(图版 I 下图),甚至层面也难以辨别。经过对破裂作系统的鉴定,分析其相互间的关系,最后才得以看出破裂面的绝大部分实属于两个旋扭体系:其一旋扭轴大致水平,范围较小;另一范围较大的旋卷构造,旋扭轴近于直立。前者不是莲花状构造的必要组成部分;它和包含着它的莲花状构造体系在发生上有何联系,现在还不能确定,姑且记录下来,以供进一步的研究。

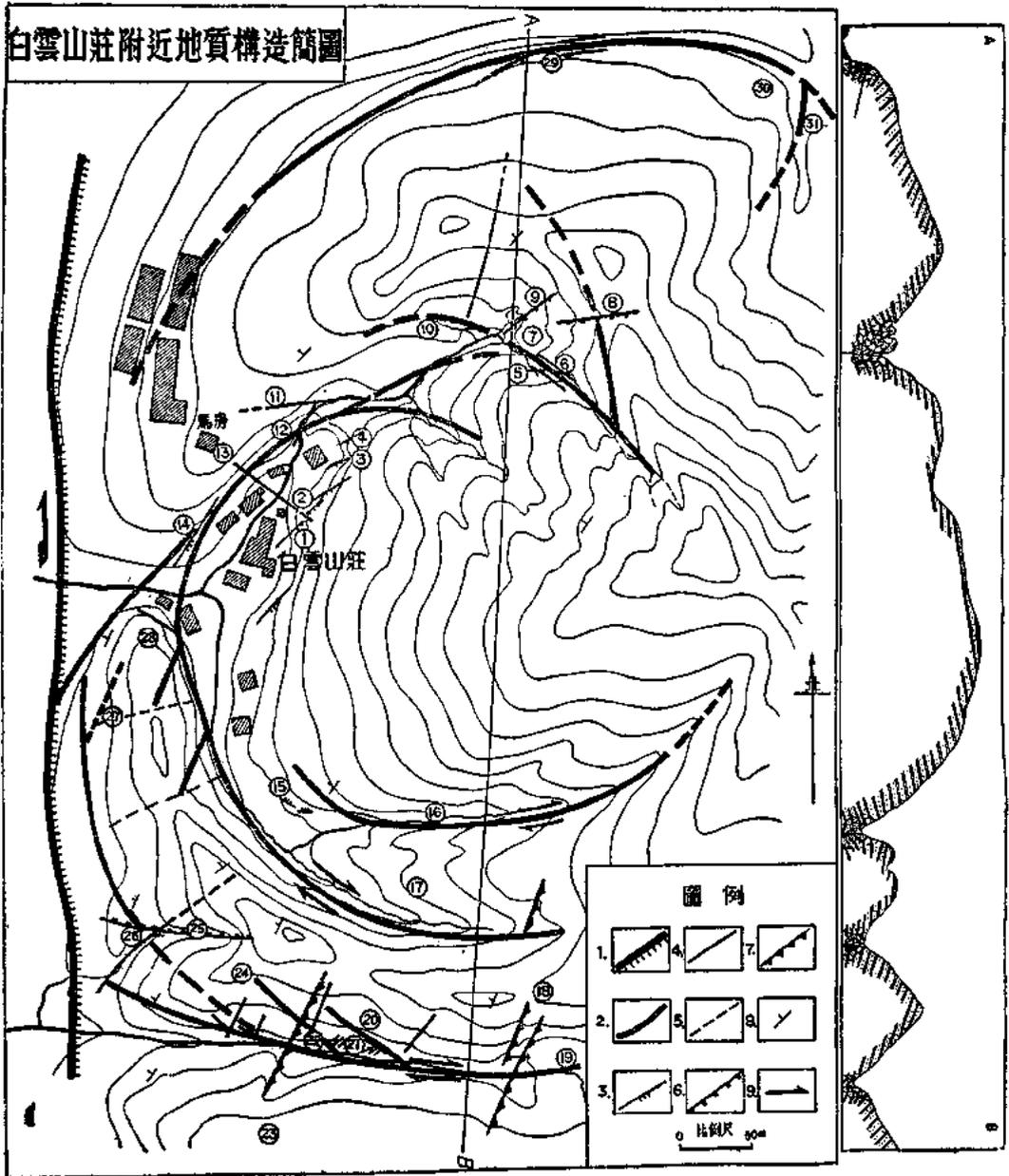
## 二、旋扭轴大致水平的旋扭现象

这里所指的旋扭现象,主要是由近于直立的、走向不变的弯曲断裂面群显现出来,在白云山庄东崖上露出甚为明显。其中四个结构面露出部分较整齐(参看附图中①、②、③、④),略呈圆筒的一部分的形状,向西北凸出,它们的轴位和走向彼此之间都相差不大。断裂面露出部分的平均走向为北  $45^{\circ}$  东,向西北倾斜  $60^{\circ}$ — $85^{\circ}$ ,有的下部极陡。此四个结构面之间,尚夹有若干同一类型的断裂面,其走向和倾斜都与上述各面类似(图版 I 上图)。一般的趋向是:愈往东北去,这些结构面露出部分的倾斜愈见增大,直到近于直立;愈往西南去,它们的倾斜愈接近于当地石英岩岩面的倾斜,即约在  $45^{\circ}$ — $50^{\circ}$  之间。这可能表示这些弯曲断裂面的轴线向东北昂起,而向西南倾没。

为了确定此一系列断裂面的性质,我们曾在附近进行检查。首先,发现有些面上带有较汽油桶周围的波状面更为粗糙的条带和槽子,彼此互相平行,显系由于自上而下或自下而上碾磨而成。其次,紧贴在②、③、④面(参看附图)上,尚有残存的糜楞岩质和岩石碎片,前者一般粒度很细,呈粉末状,条痕白色,易于风化脱落,风化表面显黄色。再其次,在③面上,石英质很纯的岩面上,保存着良好的断层擦痕,其中阶步所表示的方向是西北边相对地向上,东南边相对地向下。这个滑动方向和紧贴在破裂面上的破碎石英岩中发生的羽状节理(图版 II 右图)所显示的扭动方向完全一致。

此外,在②面的南端,我们可以清楚地看到有一束帚状扭节理(图版 II 右图)。它们向左上收敛,向左下撒开(由西南向东北看)。根据旋扭运动的规律,我们可以推断:产生这一帚状节理的旋扭方向,内旋方向应该是反时针方向。外旋方向应该是顺时针方向。这和上述擦痕和羽状节理所表示的扭动方向也是一致的。在这一束帚状节理的右上方出现一块比较完整的鼓状磐石,它可能就是帚状结构的砥柱。就是说它们自己构成一个小型旋扭构造。这个小型旋扭构造的成生次序,显然要比包容它的大扭裂面——②面——更多(低)一次,因为它是沿着它旁边的大扭裂面发生了扭动才发生的。

根据以上事实,我们可以肯定沿着前述一系列的弯曲断裂面,并且在与它们垂直的平



附 图

1. 正断层兼平移断层 2. 弧形扭断层及入字型断裂面 3. 轴近水平的旋扭断面 4. 正断层  
5. 推测断层 6. 仰冲断层 7. 新华夏系冲断面 8. 岩层走向及倾向 9. 岩层相对扭动的方向

面上,发生了内部反时针、外部顺时针方向(从西南向东北看)的扭动,但在山崖以内是否也存在着同样的弯曲断裂面,还不得而知。因此,我们还不能确定这里有一个完整的旋轴水平的旋扭构造体系存在。

关于这一问题,还有下列事实值得注意:由白云山庄入口往东南的弯沟中段左手小采石场中(附图⑩地点),也露出弯曲形状互相协调、但彼此不相衔接的两、三个大型扭裂面。虽然它们合并起来微呈穹窿形状,一面稍向西南倾斜,另一面有向东南倾斜的趋势,

但就整体说,是向南偏西倾没的。乍看起来,它们可能是前述山崖内部存在的弯曲断裂面在东南端的露头。奇怪的是,这两个面上大批擦痕的方向大致是南偏西,而不是和北边的几个大断裂面上的擦痕一致。造成这种向南偏西的擦痕的原因,可能是由于一个轴近水平的旋扭构造体系的靠近轴线的部位和方向,局部受了不均匀的挤压而发生了近于水平的错动所致;也可能是由于小采石场以上比较陡峻的岩块压下来而发生崩塌所致。在前一情况下,它们就可能是属于下面记述的莲花状构造的多(低)次产物;在下一情况下,它们就完全与旋扭构造无关。就我们现在所掌握的资料,还不够作出结论。

### 三、旋扭轴大致垂直的旋卷构造

此一旋卷构造远比前述旋扭现象展布的范围为大,并包容前者。它就是我们在此建议称为莲花状构造的、一个由于在水平面上发生了旋扭运动而成生的构造类型。

从远距离观察,观察者就不免为白云山庄周围奇异的地形所吸引(图1)。它附近大致



图1 自马兰桥向东南望白云山庄附近地形素描图

呈半环状的山沟和山冈,围绕着中央高地,彼此“犬牙交错”地一个套一个囊列起来,俨然象莲花花瓣环绕着莲蓬一样。进入沟中观察,从每一道沟两旁的山坡或峭崖上岩石极端凌乱破碎的情形看来,同时又从它们所环绕的中央高地的岩层远不象沟中那样混乱,而且离沟谷稍远的地方,地层几乎一致地向西北倾斜,倾角并不太大等等事实看来,不可能想象有什么强烈的环形小褶皱围绕中央高地发生,随后又因受侵蚀而造成环形山沟。设想其它褶皱类型被侵蚀的理由来说明这种奇特地形的形成,也都是不能接受的。可以断定:那些半环形的山沟都是由弯曲断裂所造成的。

问题是:这些环形断裂究竟是什么性质的断裂?它们是不是使环绕着中央高地的一些环形山脊下落的正断层?是不是使中央高地向下,周围山冈向上的环形仰冲断层?或是其它性质的断层?

为了解决这一问题,我们在每一道沟中和它的两旁,搜索了岩层移动的踪迹。由于当地石英岩中未发现足以惹人注意的特殊岩层,也没有侵入岩体、岩脉或其它任何可靠的标志存在,我们只有依靠分析断裂面两旁发展的局部小型构造或比断裂面更多(低)一次的结构面的性质的方法来鉴定破裂面两边相对运动的方向。只要确定了我们为上述目的而找到的小型构造或单独的结构面——例如“人”字形断裂体系中的支断裂——在成生序次上比和它们有密切联系的断裂面只多(低)一次的话,换句话说,它们的确是

断裂面两边相对运动所直接带动而产生的话，它们就具有作为鉴定局部相对运动标志的绝对价值。局部擦痕所表示的错动方向的适用性，还远不及这种小型构造和某些结构面那样大，因为前者的成生序次，往往在野外不容易搞清楚。

所谓“人”字型断裂就是主干断裂和在它的一旁的、与它同时发生的一条或几条断裂组合而成的断裂体系。分支断裂经常与主干断裂斜交，绝对不穿过主干断裂。其间所夹的锐角经常指向分支断裂所在的一边向前错动的方向，这种断裂体系规模有大有小，大的可以达到数十里的范围，小的甚至可以见于一块小岩石上。徐煜坚在南京北极阁下发现的被扭断而又胶结起来的卵石，就是一个极小型的美丽的例子(图2)。这种断裂体系，是

表示主干断裂两旁相对错动方向的可靠标志之一。

根据上述方针，我们在环绕中央高地的沟中及环状山冈和它们的脚下若干地点，发现了下列事实：

(甲) 首先就环绕中央高地最近的第一道弧形山沟的西部——即白云山庄所在的地方——来说，那里虽然由轴位水平的旋扭面群的存在，以致情形甚为复杂，但也有几处揭露着若干比较突出的构造现象；从检验相对移动方向的观点来看，是值得注意的。

(1) 在第12地点(参看附图②，下同)，即前述旋轴水平的旋扭面群的北头，北沟的东南壁上，有一系列的裂面。其中较显著的三个极陡的裂面，从西南说起，它们的走向各为北 $40^{\circ}$ 东、北 $47^{\circ}$ 东、北 $55^{\circ}$ 东，即愈往东北有愈偏东的趋势。这一系列的裂面的性质，从它们的形态、排列以及与沿沟伸展的弧形断裂面的关系来看，应当属于张性兼扭性裂面；

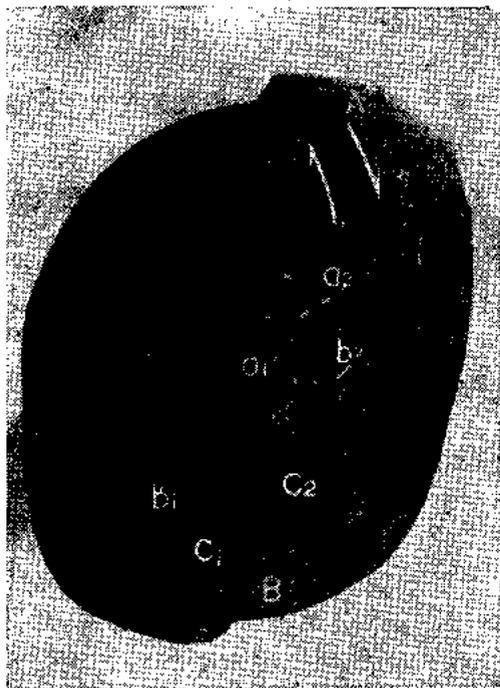


图2 一度经过小型人字型断裂破坏而又胶结起来的砾石

徐煜坚发现于南京北极阁下扭断面甚为发育的砾岩中(图的大小大致与实物相等) AB, 主干断裂;  $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2$ , 分枝断裂; 半箭头表示扭动的方向。

它们的综合形态也类似帚状结构。按照弯曲扭裂面群或张裂面群收敛或撒开方向与使它们得以发生的相对扭动方向的规律来判断，在沿沟断裂面西北边的岩块的运动方向是顺时针的。水沟在此处的方向和环状大裂面的走向大体为北 $25^{\circ}$ 东。在沟的西北壁上也有一系列的走向与上述裂面相当的近于垂直的裂面。它们一部分与地层面相交叉，同时又与前述轴近水平的旋扭面群相混杂(图3)。因此，它们的性质颇难确定，但属于张裂的可能性最大。它们一律由西南向北北东方向弯转，并且向东北撒开，就是说，它们的外旋层是向西南扭动的、内旋层向东北扭动的。这正证明中央高地方面作了反时针的运动。

(2) 在第28地点，白云山庄入口南边小山冈东面，曾经开掘的崖面上，从极其紊乱的

断面中,我们发见了一群近于直立的、稍为弯曲的张性兼扭性断面,凸出的方面向东北,它们显然是向东南收敛(图4)。按张性旋扭裂面排列的规律,构成这一旋扭裂面体系的外

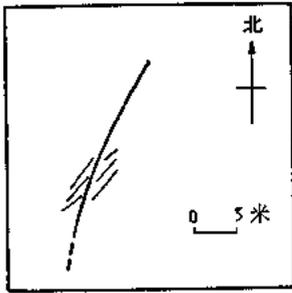


图3 白云山庄北头沟旁带状裂面的排列

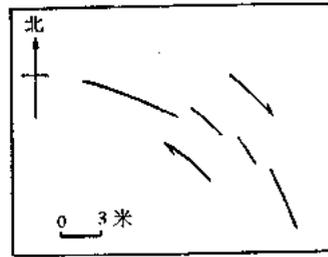


图4 白云山庄东南角山崖上扭张裂面的排列

旋层——即东北方面——扭动的方向,应该是向东南。这一小山冈东面的石英岩层虽然极为凌乱,但它西面的地层比较整齐,走向北 $43^{\circ}$ 东,倾向西北 $70^{\circ}$ 。在小山冈中部石英岩层也比较整齐,走向北 $30^{\circ}$ 东,倾向西北。从此可以推测主干断层的环形断裂面在此处经过的地方,不会离小山冈东面脚下很远。因此,在大断裂东边对它西边扭动的方向,应该是朝东南的。

(3) 从白云山庄西口沿水沟往东南走,水沟的方向愈来愈向东弯转。在水沟方向近于东西的一段沟底,有三个与岩层走向相差不远的冲断层出露(17地点)。它们之中,最西的一个走向北 $40^{\circ}$ 东,稍东的一个走向北 $32^{\circ}$ 东,更东的一个走向北 $25^{\circ}$ 东,都向西北倾斜约 $60^{\circ}$ 。这些挤压面和其间所夹的更多的挤压面(有时呈片理状),都表示南面山冈往西扭动而发生拖曳现象。它们本身可能形成一个挤压面的帚状结构,往东北收敛,往西南撒开。这也说明产生它们的断裂面平移的方向和拖曳现象所表示的方向是一致的。

(4) 在第一道沟东北段靠北部分第6地点,沟谷东北坡上,有走向约北 $55^{\circ}$ 东的陡崖壁露出。在靠近沟谷处,崖壁转向北 $70^{\circ}$ 东。从崖壁的一部分横断面和附近岩石的露头,可以确定,沟北边的岩石全部被压粉碎;并在粉碎的岩石中,发生了很多由于受了挤压而形成的帚状劈面,劈面之间夹有与劈面平行的片理状纹理,这更证明了压力的作用。这个直立的崖壁和其中向东北方向愈来愈密的(即逐渐收敛的)直立劈面,逐渐向偏东更多的方向弯转,显示组成这些压性裂面的岩石局部发生了在水平面上顺时针方向的扭动(图版IV左图)。

水沟在此处的伸展方向约为北 $55^{\circ}$ 西,这也就是大断裂面在此处的走向。

稍下一点,第5地点,在沟的西南坡上,也有一个压性帚状局部构造,远看极为明显。它很清楚地表示在中央高地方面,即沟西南局部的水平扭动方向是反时针的。

(乙) 其次,值得注意的是紧接在第一道沟周围的一圈山冈上所显示的比较重要的破裂现象。它们主要与“入”字型断层体系中分支断层有关。

(1) 已经发现的这一类断层,大都在第一道环形断裂面的西边,其中最突出的有两

条：一条在第 11 地点，即白云山庄马房以北，形成一道大致东西向的山沟。它的西段是否一直往西延伸切断第一道环形沟外的山脊，尚难确定；它的东段很明显地和环形断裂面合并，没有穿过中央高地的迹象。它和环形断裂面北面之间所夹的锐角，角顶向东北。这就显示第一道环形沟外山冈的这一部分，对中央高地来说，是向东北相对移动的，亦即在环形断裂面的东南边高地的这一部分是向西南相对移动的，这恰好与中央高地反时针方向的扭动相符合。另一条在第 14 地点，通过白云山庄入口处向北北东方向伸展，直到和环绕在中央高地的环形断裂面会合，并无穿过后者的任何痕迹。两者之间所夹的锐角顶向东北，证明中央高地靠近这个断层的部分是作反时针向扭动的。

(2) 在白云山庄入口以南的一段环形山冈上有四个小山头，它们之间有断层隔断，几乎是肯定的。但我们所掌握的资料不够确定那些断层的方向。在这一部分山冈接近北头的西坡上，有大批如刀切一般的节理出露，它们的走向是北  $74^{\circ}$  东 (27 地点附近)。从这些节理的形态特征看来，它们很象是夹在两个断层中间的岩石受过两旁水平错动而发生的、较多(低)一次的张性兼扭性的平行节理。那两个推测的扭断层(参看附图)应该与它们成  $45^{\circ}$  左右或更小的角度。这就是说，在白云山庄西南面南段山冈中，可能存在的扭断层，和第一道环形断裂面在山冈的东面会合，其间所夹的锐角，顶向正北，显示西面山冈的这一部分对中央高地的扭动方向是向北的，也就是顺时针的；而中央高地在此处对它西面山冈的扭动方向是向南的，也就是反时针的。

(3) 在第 10 地点，北沟中段偏东的地方，有一条水沟从西北方面来会合，主沟在这里的方向是北  $70^{\circ}$  东，从西北来会合的沟的方向是北  $82^{\circ}$  西。前者显示主干断层在此处的走向，后者显示一个分支断层在此处的走向。它们之间的夹角为  $28^{\circ}$ ，顶向东偏北。现在还没有充分的岩层方面的证据来证明这条沟是由一个张裂面构成的，但当地一般的地形情况却指明这个可能性很大。从此推测，北面的山冈应该是相对地往北偏东错动，而南面的山坡应该是相对地往南偏西错动。

应该指出，还有少数因破裂而形成的小山沟，不符合上述关系。在前述北沟中第 9 地点，即距离向北  $82^{\circ}$  西伸展的支沟以东不远的地点，就有一条向北  $45^{\circ}$  东伸展的支沟，可是构成它的裂面不是张性而是压性，这从它两旁露出的岩石完全可以证明。西冈南段西坡接近第二道沟西口处，第 25、26 地点，也出现一个特殊的山沟。它上部和下部的方向近于东西，中部的方向北  $45^{\circ}$ — $50^{\circ}$  东。当地岩层的走向在沟西北为北  $30^{\circ}$  东，在沟的东南为北  $45^{\circ}$  东。山的西坡向北北西弯转甚急，显然是受了西面环形断裂面的影响。从沟的西北面发育良好的交叉节理排列方向和其它许多事实可以完全证明这条沟是由于一个走向东西(局部走向东北)的仰冲断层造成的。因此，它对主干断层(在它以西，西冈脚下)的关系，是不适合于“入”字型断裂体系的关系的。

(丙) 在第二道弧形山沟中，即第一条弧形山冈中的南冈南坡脚下，有不少小型帚状构造，露头良好。它们都是比沿第二道沟伸展的大断裂面多(低)一次的构造，因为它们都是由于直立的压性结构面构成的，而且很清楚也是由于沿沟的大断裂面南边的岩石的拖

曳作用,使局部岩块发生了旋扭运动而产生的。另外,还有若干与“入”字型断裂体系的分支断裂面相当的断面,在沿沟一带发育极好。现列举以下几个典型例子。

(1) 在 21、22 地点,水沟北面的石英岩,因受巨大压力而发生了直立的劈面和片理。我们也可以清楚地看见,那些压性劈面和片理,集合在一起而形成帚状结构,它们向东北收敛,向西南撒开(图版 II 左图)。这证明构成这几个帚状结构的各部分岩石和它们的周围,曾经过轴线大致垂直的局部旋扭运动。那些劈面和片理愈接近沟底愈向西弯转,这很清楚地指明沟底有巨大的平移断层,发生了向西拖曳的作用。根据旋扭运动规律,它们的外旋层部分是指向西南、内旋层部分指向东北。这正和前述拖曳现象所显示的主干断裂面两边相对扭动方向是一致的。

(2) 在 20、24 等地点,即上述帚状结构附近以及它们以西的沟旁和山坡上,露出若干极为平展但并不光滑的直立断面。它们稍微弯曲,把片段的露头联系起来,略呈向西南凸出的趋向。接近沟底的部分,走向北  $55^{\circ}$  西到北  $65^{\circ}$  西不等(参看附图),大都在半山坡消失,只有一个断面可能达到南冈山脊。这些断面很清楚是由于受了沿沟底伸展的主干断层面的平移而发生的。因此,无疑地,它们代表“入”字型断裂体系的分支断裂。从它们与主干断裂面之间所夹的锐角顶所指的方向来看,沟北方面应该是向东作相对错动,而沟南面应该是向西作相对错动。这完全与帚状构造所表示的相对扭动方向相符合。

(3) 在 19 地点,南面第二道沟东头沟北路旁,露出一套极美丽的小型构造。受过强烈挤压的一长条向北偏东方向伸展的石英岩带中,出现近于直立的由压性劈面和微呈波状的片理组成的挤压面群。它们的一般走向约北  $72^{\circ}$  东;同时又有和它们交叉的直立张性节理,彼此互相平行,走向平均约北  $80^{\circ}$  西。这个小型构造体系,毫无疑问地证明了在它以北的地块局部地向东偏北扭动,而在它以南的地块局部地向西偏南扭动。这个小型构造体系以北,有两组显明的扭节理:一组约为北  $40^{\circ}$  西;另一组约为北  $50^{\circ}$  东。愈近前述小型构造的北缘,两组扭节理向西、向东的偏度愈大:前者渐变为约北  $80^{\circ}$ — $85^{\circ}$  西;后者渐变为约北  $70^{\circ}$ — $80^{\circ}$  东,构成前述小型构造的北缘的形状也大致依两组扭节理方向成不规则的锯齿形。从边缘部分还可以看到:前一组显示由扭节理转化为张性裂面,呈羽状排列;后一组则转化为压性面(图版 III)。此种复合现象说明了在第二道沟的这一段,除了曾受到北边相对地向东,南边相对地向西的扭动而外,还受到了近于南北向挤压的影响。压力的方向,起初约北  $5^{\circ}$  东,到后来变为约北  $5^{\circ}$  西。水沟在此处伸展的方向,亦即第二道环形断裂面在此处的走向为东稍偏北。

第二道沟以外,即南面第二道沟以南,还有一条弧形山冈。它可能属于白云山庄莲花状构造体系的最外一瓣。是否属实,还待证明。

(丁) 与构成南面第二道沟相当的大断裂面,在这个地区的北面 and 东北面也有明显的痕迹可寻。在东北面及东面,仍然以山沟的形式出现,但在北面并无山沟可寻,只在一处发见了一个类似团城墙面的削壁矗立,向北俯瞰大连市。

(1) 在东北面沟中,第 30 地点,大路西侧石英岩中有一组垂直的压性裂面,由压性劈

面及片理构成。向山坡上部——即向西——收敛、向山坡脚下——即向东——撒开，向北偏东方面凸出。其中有一个组成面在山坡脚下走向北  $85^{\circ}$  东，向山坡上伸展不远，它的走向就逐渐变为北  $62^{\circ}$  东。由此可见这个帚状结构的弯曲度是如何的显著(图版 IV 右图)。山沟在此处的方向是北  $28^{\circ}$  西。这就是第二道环形大断裂面经过此处的走向。按构成压性帚状结构的运动规律，这个旋扭构造的外旋层应该是顺时针的，亦即大断裂面以东的相对扭动方向应该是向东南的。

(2) 在 29 地点一带，白云山庄北冈北坡，露出长约 100 米向北微微凸出的直立断面，显然是一个大环形断裂面的一部分露头。断面走向，东部约北  $85^{\circ}$  东，往西逐渐转向北  $60^{\circ}$ — $50^{\circ}$  东。在它的中段偏西部分，露出一个极为出色的小型旋卷构造。它的三个扭性旋迴面一致地向西北凸出，并有向东北收敛、向西南撒开的趋势(图 5，图版 V 右图)。在它

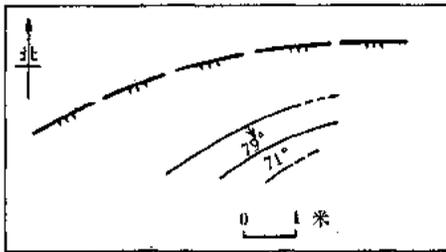


图 5 白云山庄北冈北坡崖壁下一个小型旋卷构造中旋迴面的排列

中间的一个旋迴层的近于水平面的断面上，可以看到两组扭节理，它们较小的一对夹角的等分线指向北  $39^{\circ}$  西，正与此断面的走向近于垂直。两组扭节理中，偏西较大的一组常显得较另一组为发育，在旋迴层的边缘部分更为显著，可见已有转化为张性羽状节理的模样。在这个旋迴层北边紧接着的另一个旋迴层的南缘，也出现了一系列的羽状张性裂隙。裂面与旋迴

面的交角在  $5^{\circ}$ — $10^{\circ}$  之间(图 6，图版 V 左图)。这些都可以证明此一小型旋卷结构的外旋层相对地向东(同时向下)，内旋层相对地向西(同时向上)发生过扭动和一定角度的旋转。

由上述各项事实，我们可以作出以下结论：

(一) 由于跟着环形断裂面的运动而发生的一些小型旋卷结构面和“入”字型断裂体系的分支断面都是直立与近于直立，环形断裂面自身也必然是直立或近于直立的。

(二) 在大环形断裂面的近旁，上述各个帚状构造及“入”字型断裂体系中的分支断裂的存在，证明环形大断裂面自身也是近于直立的扭性断层。

(三) 按照压性和张性帚状结构的收敛方向或撒开方向和弯曲方向与旋扭方向的关系的规律、拖曳现象的表示、“入”字型断层体系中分支断层排列的方位来看，上述各地岩层扭动的方向是完全一致的：即就每一个旋迴面来说，靠近中央高地方面——即内旋层扭动方向——是反时针的；相反地，离开中央高地较远的方面——即外旋层扭动的方向——是顺时针的。

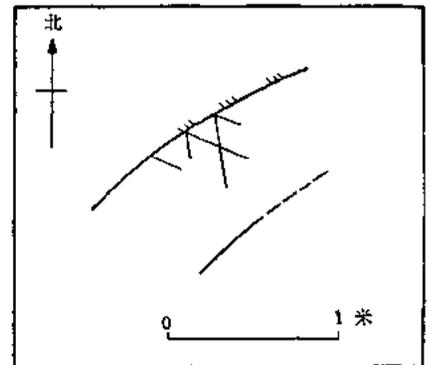


图 6 图 5 中旋迴层近于水平的剖面上出现的扭节理及旋迴面旁的羽状节理

应该指出，前述各项事实虽然说明了在白云山庄莲花状构造产生的过程中，沿着各个

环形断裂面发生了水平方面的旋扭运动的重要性，但这并不排斥在垂直方向同时发生运动的可能性。如 29 地点羽状裂面群集体所显示的较大的倾角(图版 V 左图)，又如白云山庄入口南面山冈东壁上的大批斜列擦痕(图版 I 下图)等等，虽然关于它们所属的构造体系和成生序次，还存在问题，但也没有充分的理由来肯定它们与莲花状构造无关。这样一种可能性是存在的，也是容易理解的：即当莲花状构造运动发生的时候，如果除了水平旋扭运动以外，同时还证明有垂直运动的话，那末，这两个方面运动结合起来，就很可能形成一种螺旋运动。这一方面进一步的研究，可以从孙殿卿工程师等最近在柴达木冷湖地区雁行排列构造中“斜冲”现象的发现，得到鼓励。

莲花状构造各个组成部分及其配合与排列方式的力学含义，是研究这一类型构造体系如何发生的重要对象。普通力学的参考著作，例如“弹性柱体的扭转理论”<sup>[3]</sup>，“质料的抵抗”<sup>[4]</sup>，“工作质料的非弹性表象”<sup>[5]</sup>等等，对弹性或弹塑性物质发生扭动现象的力学含义，在一般原理上，大都有所论列。至于如何结合实际来处理我们在此提出的问题，那就只好等待地质力学工作今后在这方面的的发展。

#### 四、白云山庄区水平旋扭运动发动的原因

大连市以南石英岩山区中，有许多走向东西、有时北 65° 东的向北仰冲断层，形成瓦叠式构造(图 7)，它们又常被走向南北、有时北 30° 西的横断层所切断。这证明在这一带，曾经发生过相当大的南北向以至北北西-南南东向的挤压运动。从白云山庄附近普遍出现的东北-西南、西北-东南两组扭节理的事实，也可以看出这一运动的影响。

白云山庄丘陵地以西，有宽约 1 公里为冲积物所覆盖的地带，部分被作为盐田使用。再往西至台子山，石英岩又重新出现。台子山北有显著的向北的仰冲断层，其走向与台子山东头的岩层走向大体一致，即北 70° 东。但再往西去，到台子山中部南坡，岩层的走向变为北 58° 东。这一事实证明台子山石英岩的正常走向与白云山庄一带无大差别。但它的东头岩层的走向

稍向东转，很可能是由于经过它东头的走向南北断层东边的地区(即盐田地区)向南拖曳所致。因为我们假如把白云山庄北冈北坡作为标准，按台子山石英岩层一般的走向向西南延长，就可以明显地看见，假如不是中间有两个走向南北的大断层隔断的话，台子山的位置应该远在它现在的位置以南，这就是说，构成台子山的岩层因为向北仰冲，对盐田地

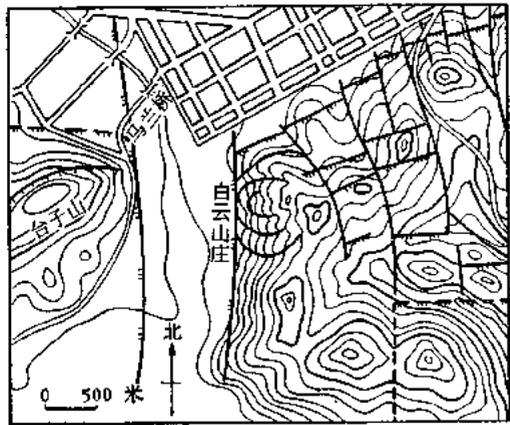


图 7 大连马兰桥地区地质构造简图

1. 正断层兼平移断层
2. 显著挤压面的露头
3. 仰冲断层
4. 横断层及旋卷断裂面

区来说,它是向北移了。按照邻近岩块的相对错动方向相似的一般关系,可以推测盐田区除了下降以外,对它东边的白云山庄地区来说,也应该沿着它东边的大断层向北移动。这样的水平移动,就不可避免地象齿条带动齿轮一样,导致白云山庄地区发动了顺时针的扭转运动。它的内旋层自然发生抵抗,对外旋层来说,也必然显示反时针扭动的倾向。就成生的序次来说,构成白云山庄莲花状构造的环形扭断面,比在它们西面的横冲大断层多(低)一次。

## 五、关于本区内其它若干重要结构面隶属系统的讨论

和本区内旋扭构造体系复合,但成生关系尚不明确的构造成分有下列几项:

(1) 走向东北、面向西北的仰冲断层: 这一项结构面的典型例子出现于北冈北坡团城城墙似的石英岩削壁上(第 29 地点, 图版 V 右图)。就它的倾向和仰冲方向说,乍看起来,有可能认为它代表西北-东南向挤压的结果。但实际情况不然。在野外可以清楚地看到,这个冲断面是和北冈北坡以东、许多山头北坡上露出的同一类型的冲断面群(图 7)有密切联系的。那些同一类型的冲断面的倾向大都离正南不远,而这个冲断面却倾向东南。这种差别可以从山头与山头之间存在的走向近于南北的横断层的影响来加以说明: 在上述冲断层露出的崖面东头不远的地方(第 31 地点),就有一条横断层经过。只要在这个横断层以西的地块,在邻近横断层的部分下坠较多,就必然发生向东倾侧的现象。这个向东倾侧的影响和它原来向南的倾斜结合起来,就可以使它的走向变为东北-西南。在这个冲断面下发育良好的小旋扭构造(图 5、6),无论它是发生在冲断面以前、或是和后者同时发生,它也免不了向东倾侧的影响。从这一观点来分析当地小型构造的排列方位,我们不应该无视北崖上小型旋扭构造轴线原来的位置更近于垂直的可能性。

(2) 走向东西的冲断层: 北沟西段有一个走向近于东西的冲断层(第 11 地点),和走向相同的另一分支断层相复合。这个分支断层与和它有关的主干断层(即第一道旋扭断裂面)会合的情况,前已提到。它们发生的时期谁先谁后、或者同时,根据现有的资料,很难确定。

沿着第一道沟发展的环形扭裂面的南段东头,似乎也有一个走向近于东西、以高角度向北仰冲的断层(第 17 地点)和它复合。我们在这一带所作的观察,不够肯定这个冲断层的存在。

在第一道北沟的东角东边(第 8 地点),出现一个冲断层,向北仰冲,走向  $85^{\circ}$  东,它的倾斜颇大,冲断面上下的岩层显然受过强烈的南北向挤压,走向东西的片理局部发育甚好。它的西头骤然被沿着前述第一道北沟的大扭断面所截断,东头被掩盖,大约达到山脊,甚至横断了山脊。

(3) 在第一道北沟的东段中离上述走向北  $85^{\circ}$  东的冲断面不远(第 7 地点),从沟底开始出现一个正断层,一直向北  $58^{\circ}$  东伸展,东南方面下落。当地大沟的方向亦即环形扭

裂面的走向是北  $65^{\circ}$  西,因此,它们之间不可能有“人”字型断裂体系的关系。还有类似的正断层在环状山冈中其它地点出现,其中有一些很明显地切断了山冈,但不穿进中央高地,也找不到伸展到环状山冈以外的迹象。

(4) 有若干裂隙横穿过白云山庄东侧轴近水平的旋扭面群。它们近于直立,走向西北(如 13 地点)。

(5) 在白云山庄莲花状构造展布的地区中,和大连市南面广泛的山区中一样,走向北北东的冲断面在决定局部地形上,有时显得极为重要。在第二道南沟的东段(如第 18、23 等地点),沟南和沟北两面都有属于这一类型的高角度冲断层的显明露头。第二道环形扭裂面在此处显然为它们所切断。

以上(1)、(2)两项结构面应该与白云山庄以东、大连市以南丘陵地带中广泛发育的一般走向近于东西的瓦叠式冲断层有密切联系。但其中最后的一个类型,即第一道北沟东北角东边出现的北  $85^{\circ}$  的冲断层(第 8 地点),也有可能不属于走向东西的瓦叠式冲断层,而与第(3)项正断层同属一类。理由如下:我们可以想象,当环形山冈发生扭动时,它各部分所遇到的阻力必然不会均匀。如果在前面的一段的扭动比它后面的一段来得轻易些,它们之间就会发生张性正断层;如果在前面的一段的扭动比它后面的一段遇到更多的滞碍,它们之间就免不了发生拥挤,因此发生仰冲断层,或者先发生交叉裂缝,然后顺着交叉裂缝的一组或两组发生仰冲。这种裂面的特征是它们不超出夹在两个环状扭裂面间环状地带的范围。

走向东北东的高角度冲断层,无疑地属于新华夏系。它们产生的时期,显然在莲花状构造成生以后。

## 参 考 文 献

- [1] Smith, B., George, T. N., 1948. British Regional Geology North Wales, Department of Scientific and Industrial Research *Geological Survey and Museum*, 67—70, Fig. 28.
- [2] 柯夫达,斯拉文, 1951. 地下含油土壤地球化学标志,地质出版社,1955。
- [3] 钱伟长、林鸿荪、胡海昌、叶开沅合著, 1956. 弹性柱体的扭转理论,第一、二、十、十一章,科学出版社。
- [4] Работнов, Ю. Н., 1950. Сопротивление Материалов, 150—165, 252—257.
- [5] Freundenthal, A. M., 1955. Inelastisches Verhalten von Werkstoffen, 170—192, 311—313.

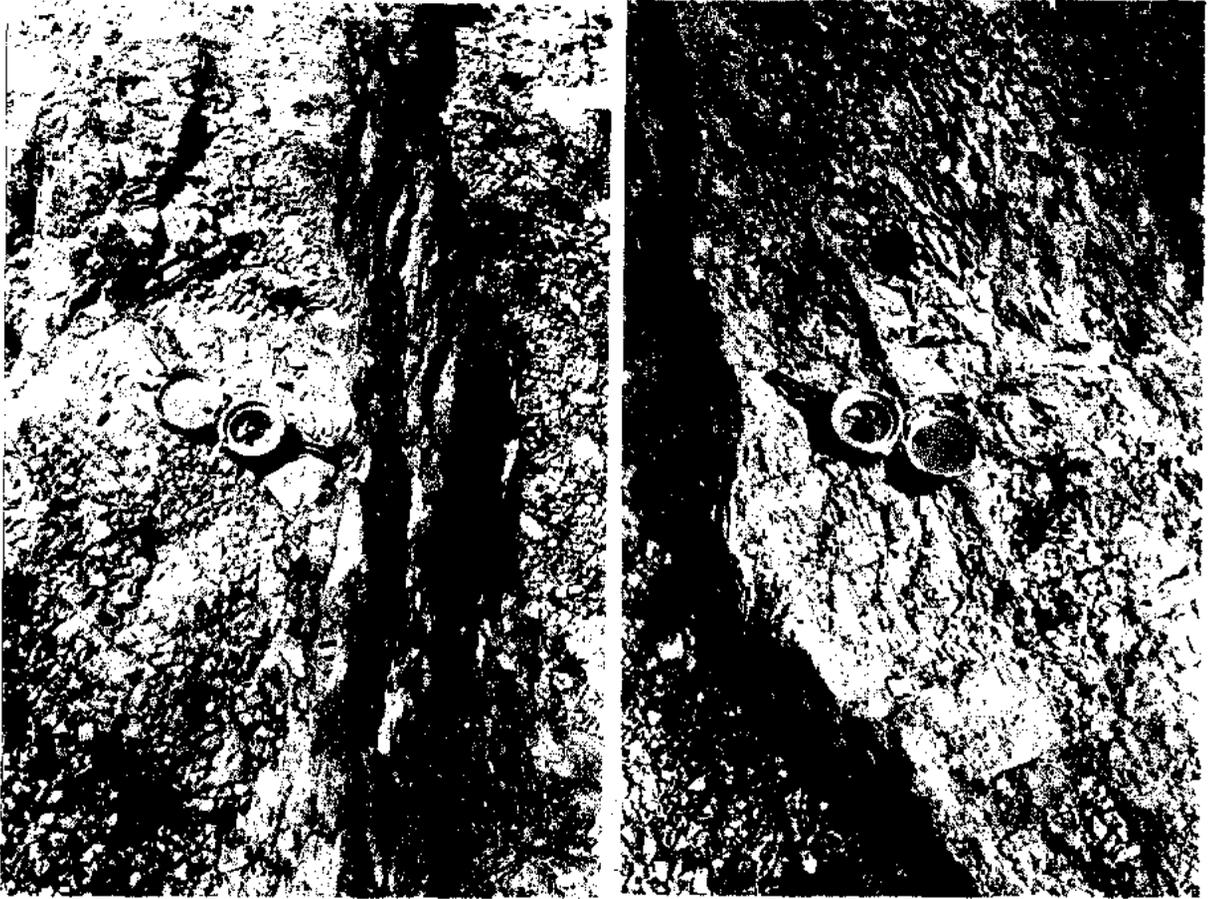


上图 由西南向东北望白云山庄东崖上露出的轴近水平的各层筒形扭断面。  
下图 白云山庄西南角崖壁上石英岩被扭裂挤碎而显现杂乱的情形。



右图 即图版 I 上图右边两人所站部分的近景。注意图中左边大扭断面上的条带互相平行，近于直立；一个小型扭张性帚状构造的旋扭面向右下边弯转并撒开。

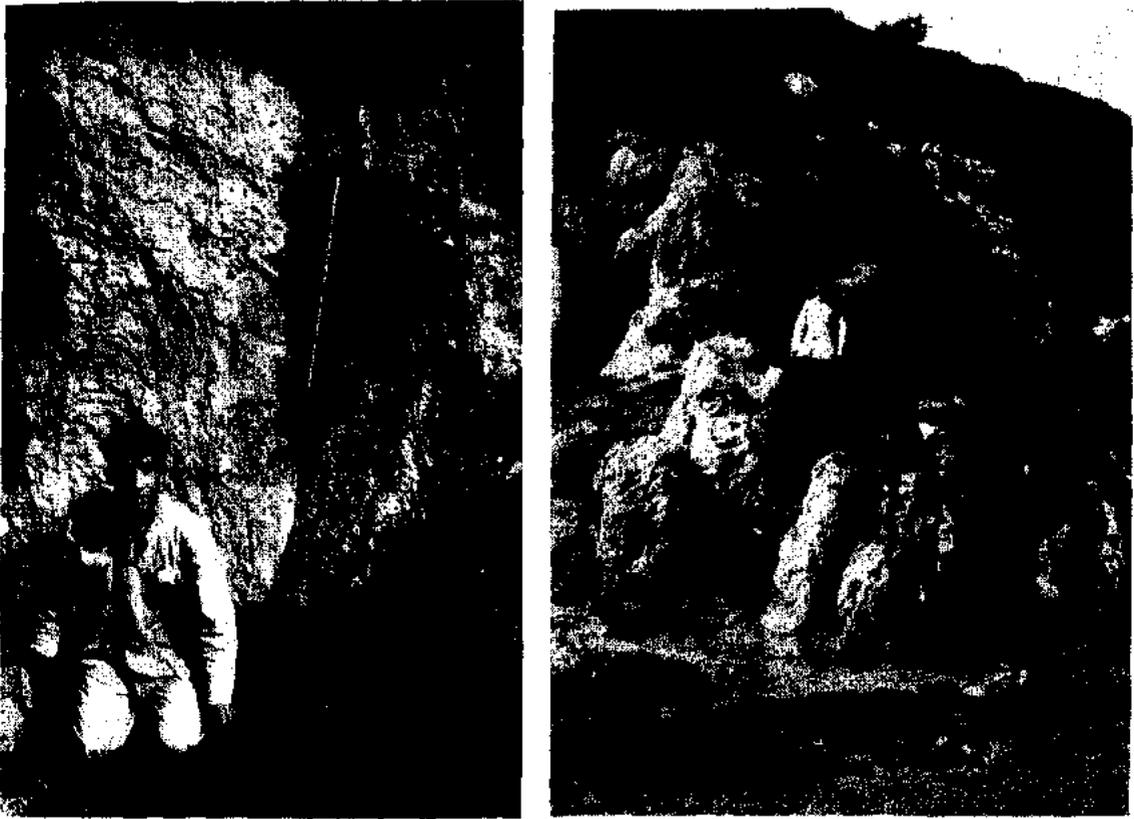
左图 南沟中 21 地点附近的帚状构造。注意略带片理、近于直立的劈面（压性结构面）愈到左边（即西面）愈向左弯转和撒开，并有若干走向西北—东南的近乎直立的张裂面（图上有大片阴影处）把它们切断。前面平地即沟底主干扭断层面经过的地方。



白云山庄南沟东头 19 地点附近因水平扭动而产生的挤压带和张性节理排列的情形。

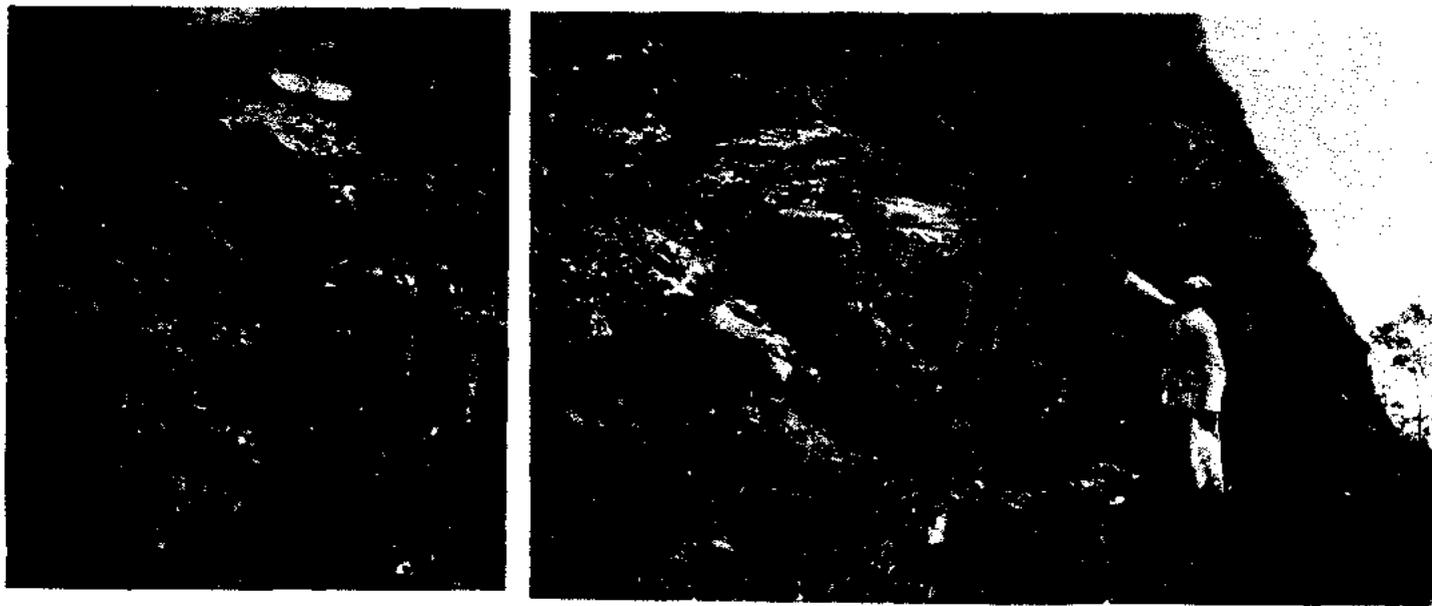
右图 镜头向东俯摄,罗盘指向正北。

左图 镜头向西俯摄,罗盘仍指向正北。地点在右图以南并在它的西边约 1 米。



左图 北沟东北段第 6 地点附近, 主下扭断层的东北边, 由石英岩粉末构成的扭压性带状构造往西北方向(即人所在的方面)撒开的情形。

右图 第 30 地点附近的带状构造。注意带有片理的弯曲劈面(压性扭裂面)全部直立, 向山坡上(即向西)收敛、向北凸出。岩层的倾向和走向与劈面的倾向和走向显然不同, 在左边洞口附近可以看出。



右图 白云山庄地区北面北坡 29 地点的小型直立旋卷构造及冲断面(手杖所指处)。

左图 同上小型旋卷构造中一个旋迴层的水平剖面上出现的两组交叉节理, 其中一组因摄影时光线投射方向的关系, 看不太清楚, 实际上它们比在图片上可以看出的这一组发育更为良好。

