

中国科学院地质研究所

构造地质问题



科学出版社

地质出版社

地质研究所 地质研究所

构造地质问题



地质出版社

中国科学院地质研究所

构造地质问题

科学出版社

1965

內 容 簡 介

本文集是中国科学院地质研究所构造地质研究室近年来的研究成果。全书分三部分。共有論文九篇。

第一部分是构造地质学基础部分——地质构造問題，主要探討形成锯齿状断裂的力学机制、节理力学性质的判別、分期及配套，以及闡述几种横弯曲及纵弯曲变形的光弹性模拟实验的結果。第二部分是区域构造問題，乃研討长江三峡东段的新构造現象及其分区、以及川西东昆侖地槽构造特征和青藏高原的区域构造发展。第三部分是深部构造、古地温、古地磁問題，前两文的作者收集了大量的有关資料，闡述了地震波在地壳內传播特征和古地温測量方法，最后一文乃湖北宜昌和湖南衡阳紅层的古地磁研究工作的情况及其結果的报导。

本文集可供地质、构造、地质力学、地球物理等研究人員及有关院校师生参考。

构造地质問題

中国科学院地质研究所
构造地质研究室著

科学出版社出版

北京朝阳門內大街 117 号
北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

1965 年 2 月第 一 版 开本：787×1092 1/16
1965 年 2 月第一次印刷 印张：10 1/2 插页：15
印数：0001—5,800 字数：217,000

统一书号：13031·2021

本社书号：3103·13—14

定价：[科七] 2.40 元

前 言

本文集是我室近两年来研究工作結果的彙集,内容包括三部分。

第一部分計有論文三篇,討論有关构造地质学基础部分——地质构造——問題的:第一篇“锯齿状断裂的力学形成机制”是根据作者多年野外观察和最近室内模拟实验結果并綜合他人經驗而提出的一些新看法,还初步提到构造裂隙配套方法,并进一步试图解释区域断裂构造和大地断裂构造以及月球表面断裂构造。第二篇“节理力学性质的判別及其分期、配套的初步研究”,主要是作者在鄂西黄陵背斜区进行节理研究的总结。从野外观察到室内模拟实验两方面来探討节理的力学性质及其形成順序,再結合节理的末端发育情况,提出作者自己对于“节理配套”的看法。在这方面虽与第一篇論文所附带談到的“构造裂隙配套”的看法有所不同,但两者却有互相验证的作用,对于研究构造裂隙还是有益的。第三篇“几种构造变形体的光弹性模拟实验”,用光弹性方法对不同比数的明胶、甘油和水的合成材料进行简单形变的实验研究,提出横弯曲、纵弯曲和剪切等作用下的应变曲线特征。这一研究方法已引起构造地质学家们的重视。

第二部分內容也包括三篇論文,主要是討論有关我国区域构造問題的:第一篇“对长江三峡东段新构造現象的几点新認識”是綜合論述峡东地区新构造現象的文章。三峡地区的地质早为我国地质学家們所注意,在地层、构造和地貌方面都有过專門性的論文,但对于該区新构造現象的系統观察和研究,則尚不多見,并且作者所提出的块断运动、掀斜运动,以及对于地震与新构造运动的关系和夷平面的形成时期等方面的看法,都值得引起新构造現象的研究者們的重视。第二篇“川西地区东昆仑地槽的区域构造基本特征”論文,是近几年来参加中国科学院南水北調綜合考察队地质矿产調查工作的同志們,在完成任务的基础上,对于东昆仑山区域构造所提出的綜合性論述。該区在地质图上絕大部分是一个空白区,文中所提供的实际資料和一些观点都有参考价值。第三篇“西藏高原大地构造发展輪廓”是在完成中国科学院西藏綜合考察队地质矿产考察任务的基础上对該区区域构造做了輪廓性总结。这个地区的区域构造性质对于研究世界大地构造是非常重要的,但由于实际資料較少,一直存在着爭論。作者以实际观察为基础,綜合前人的工作,提出了自己的看法。

第三部分內容包括涉及有关构造地质学新发展的深部构造、古地溫和古地磁等方面問題的三篇論文:第一篇“地震波在地壳內的传播特征及其在地质学上的意义”,在总结前人对地壳研究成果的基础上,提出了自己对地壳結構及其发展的初步看法,对于开展深部构造的研究是有好处的。第二篇論文是“古地溫測量的某些方法”,作者搜集了目前古地

溫資料,系統地介紹了古地溫測量的主要方法,對於今後在我國開展和進行這方面的研究工作是有助益的。第三篇論文是“湖北宜昌與湖南衡陽紅層的古地磁研究”,利用古地磁方法對湖北宜昌和湖南衡陽的紅層初步進行了對比。目前雖在某些方面和利用古生物對地層劃分尚有不一致的地方,但仍很有參考價值;因為陸相沉積盆地局部環境差異較大,每個盆地中的生物群不完全相同,而地球磁場的变化則影響面積極為廣闊,在同時期沉積物中所保存下的剩餘磁化強度方向如未受後來的其他因素影響,則必然是相同的。在國外不僅大力開展了利用古地磁方法對比地層和研究地殼運動的工作,而且最近還有人用這種方法對比成礦帶。作者在幾年來的野外和室內工作中,對湖南衡陽盆地紅層進行反復測量和試驗後,証實了有反磁化帶的存在,這一現象的發現不僅對紅層的對比工作有幫助,而且可為地磁場的迴返理論提供一些數據。

總之,本文集的出版,對今後構造地質學的研究將會有助益,但因水平所限,錯誤之處在所難免,尚希讀者多多指正。

中國科學院地質研究所構造地質研究室

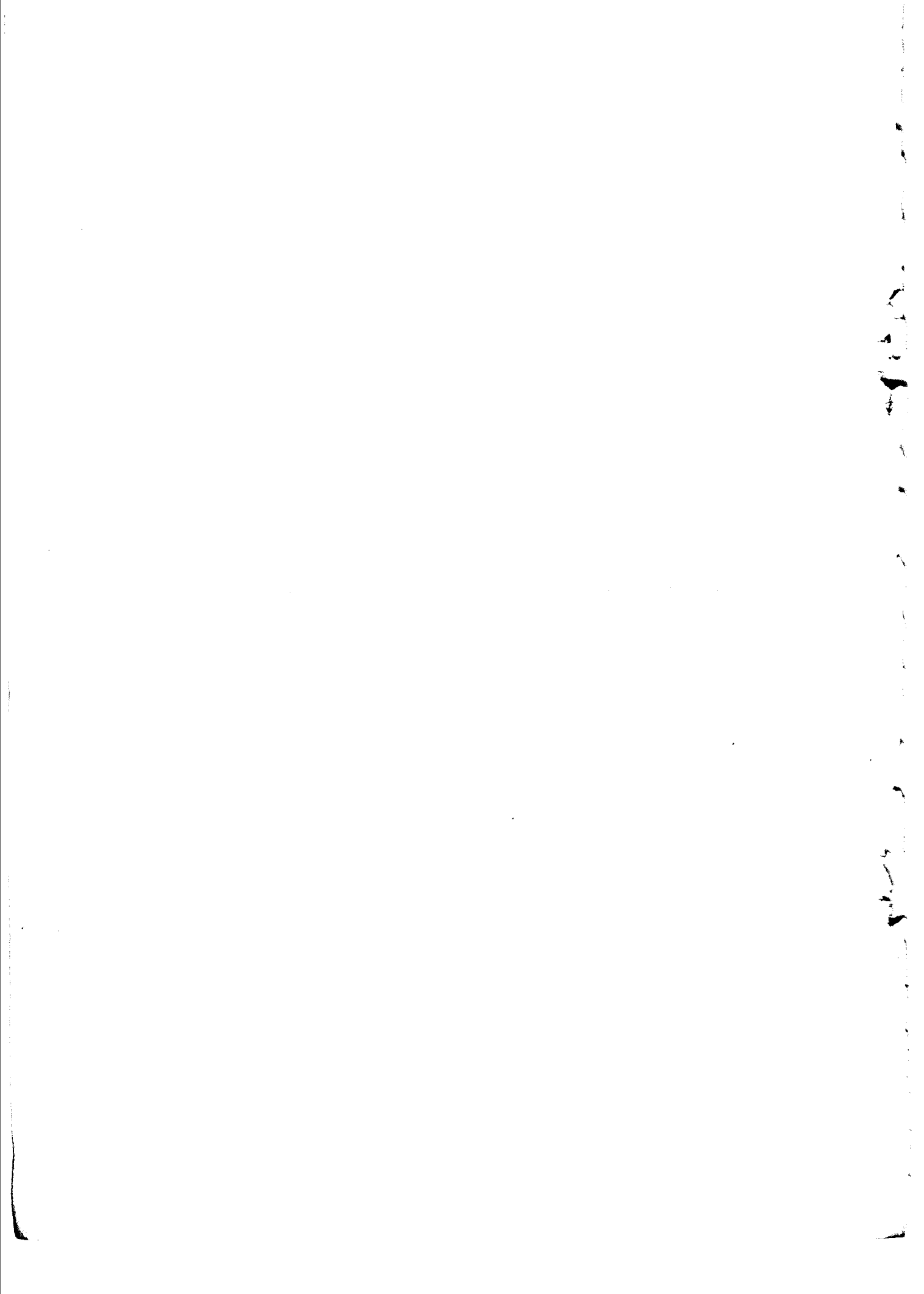
1963年11月

目 录

前言	中国科学院地质研究所构造地质研究室(III)
第一部分 构造地质学基础部分——地质构造問題	(1)
锯齿状断裂的力学形成机制	张文佑、鍾嘉猷(3)
节理力学性质的判別及其分期、配套的初步研究	馬宗晋 邓起东(15)
几种构造变形体的光弹性模拟实验研究	馬 瑾 鍾嘉猷(31)
第二部分 区域构造問題	(47)
对长江三峡东段新构造的几点新認識	
.....李 珩、张世良、刘行松、謝梅阳、唐汉軍	(49)
川西地区东昆仑地槽的地质构造基本特征	应紹奋、张振春(65)
青藏高原大地构造发展輪廓	常承法(82)
第三部分 深部构造、古地温、古地磁問題	(101)
地震波在地壳內的传播特征及其在地质学上的意义	孙广忠(103)
古地温測量的某些方法	易善鋒(122)
湖北宜昌与湖南衡阳紅层的古地磁研究	李华梅、叶素娟(150)

第 一 部 分

构造地质学基础部分——地质构造問題



锯齿状断裂的力学形成机制*

張文佑 鍾嘉猷

锯齿状断裂是断裂构造中最常见的一种类型。如果不遭受后来的破坏,几乎所有的张性构造断裂都多少具有锯齿形态。已知的中大西洋海脊断裂(图1)、东非和紅海大断裂谷(图2)、西欧的来因地塹(图3)都是巨型锯齿状断裂。苏联的貝加尔湖和我国的汾河河谷也都是由锯齿状断裂带构成的。划分我国为东西两大构造区的、总走向大致呈南北方向

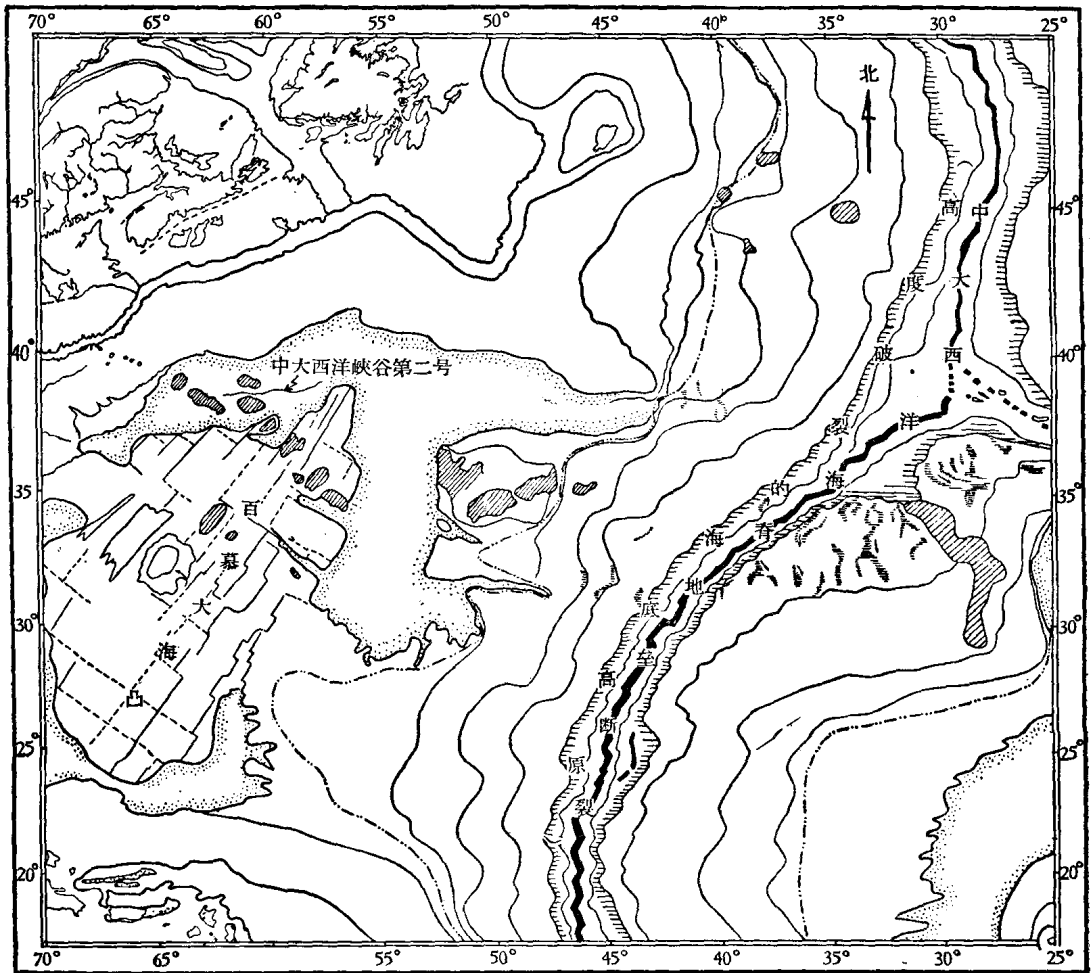


图1 中大西洋海脊断裂带的一段(黑粗线呈明显的锯齿状态)
(据 B. G. Heezen 等人^[9])

* 本文曾于1962年12月在中国地质学会第三十二届年会宣读。

的贺兰山(走向北北东)、六盘山(走向北北西)、龙門山(走向北东)和横断山(走向北北西至北北东)巨型构造带^[8,4],及其向南延伸到国外部分——緬甸的湯蓬山(走向北东)和蓬隆山(走

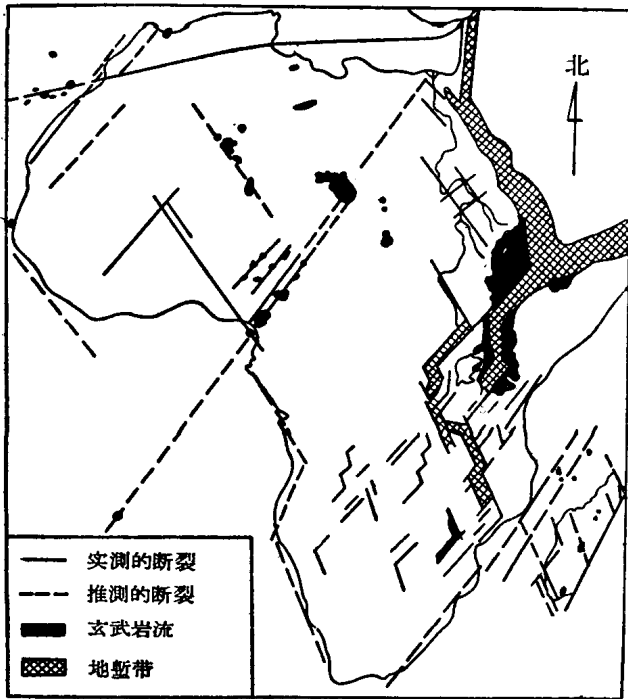


图 2 非洲断裂系統示意图(据 R. Furon^[8], 略加修改) 图 3 来因地塹內断裂分布示意图(据 Cloos, 1936; H. Illies^[11], 1963; 略加修改)

向北北西),緬泰交界处的他念他翁山(走向北北西)和比劳克东山(走向北北西)、馬來半

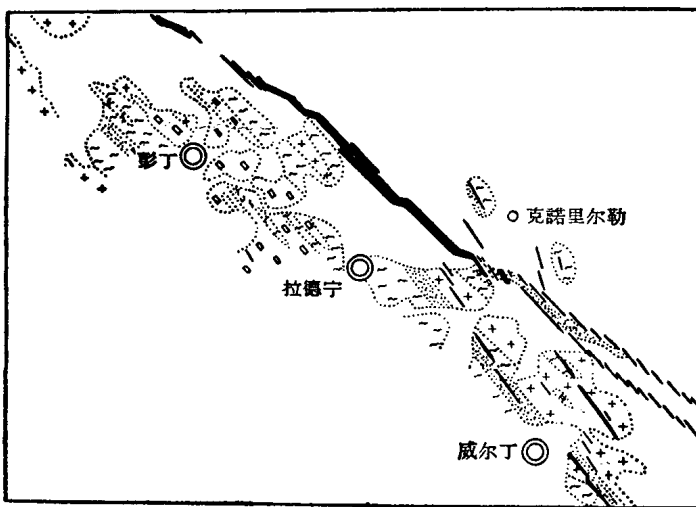


图 4 在德国彭丁地区的章-威希平移断层中的石英脉的分布(图中黑色条带表示石英脉的锯齿状构造)(据 R. Hofmann^[10], 1963)

島北部的普吉山(走向北东)和鑾丘陵(走向北北西)以及該半島南部的辛果拉山(走向北北东)和吉保山(走向北北东至北北西),从形态看来也可能是由锯齿状断裂带造成的。这条断裂带向北延伸还可能通过蒙古人民共和国与西伯利亚地台的东、西两侧锯齿状断裂带相連。划分欧亚两大洲的、总走向大致呈南北向的烏拉尔山脉的内部构造走向,常作北北东向

至北北西向折轉,它的形成也可能为深处的锯齿状断裂带所控制。太平洋西部的島弧和深海沟走向的折轉以及南北美洲西緣的科迪勒拉山系走向的折轉,也表示在深处可能有锯齿状断裂存在。

除以上巨型构造以外,锯齿状断裂更常見于中(照片1)、小(照片2,3)型构造中,在矿田构造中的锯齿状断裂則更常見,并且对于矿脉的分布常有重要影响(图4、5、6)。

此外,月球表面的长条状月谷和山脉,有許多呈現锯齿状形态和X型排列,清晰地表現在A. B. 哈巴科夫(Хабаров) [6]所編月球表面起伏和断裂图上(图7)。他还把月球表面起伏按它們的相对保存的完整性和形成年代的次序划分为古、老、新三类,而这些起伏也有許多是受锯齿状断裂控制的 [6]。

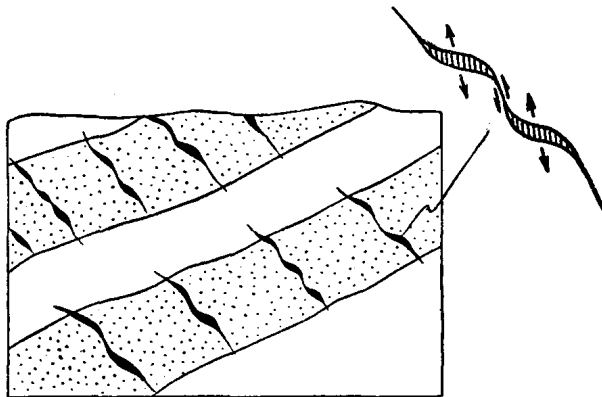


图5 表示哈薩克斯坦、塞瑪泊-阿德拉可、泊托-宋克-沙雷塔什地区裂隙型汞矿床,多层矿化分布的理想剖面(据B. П. Федорчук [14])。矿化的寬窄显然受簡單剪切錯動的锯齿状断裂控制

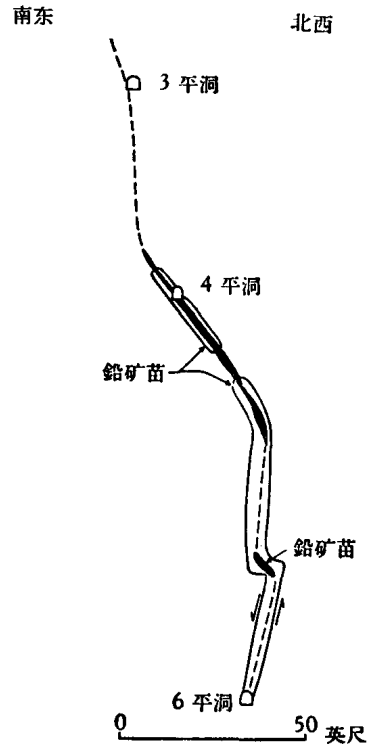


图6 在 Bell. Mine. Montezuma 矿区沿锯齿状断裂的矿脉的交替形成关系(据W. H. Newhouse [13], 1942年)

因此,我們对锯齿状断裂的形成和发展进行研究,無論在理論方面和在实用方面,都具有重要的意义。

锯齿状断裂的形成过程及其发育的主要控制因素

(1) 锯齿状断裂一般皆属于张性断裂,它是迁就X型剪性裂紋而形成的 [1,2],無論在野外实际观察和室内模型試驗中,都証明了这一看法。

X型剪性裂紋(照片4,5)的形成可以和金属塑性形变初始时的呂德綫相比,常成网紋出現,各綫相交以銳角对挤压方向。当岩层开始发生弯曲时,在背斜表面沿原挤压方向导出张应力,即引起了頂部的张应力集中,因而引起一套新的X型裂紋,这套裂紋相交的

钝角与张力作用方向(即岩层面未弯曲前的挤压方向)一致(图8)。当背斜继续隆起时,便迁就这些X型剪性裂纹面而产生锯齿状张性断裂,这种锯齿状断裂在背斜顶部多顺轴向延伸,而在背斜翼部超出中和带范围外的区域,则多沿岩层倾向发展,并迁就未褶曲前所产生的一套X型裂纹(图9)。值得特别指出,向斜中的锯齿状断裂发育情况与背斜顶部不同,主要是因向斜的槽部向下弯曲产生垂直轴的挤压力和水平轴的张力。

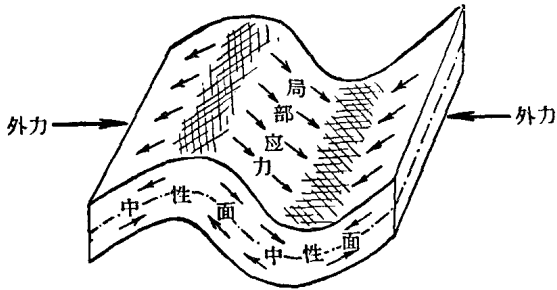


图8 X型剪性裂纹在褶皱开始时的发育情况示意图

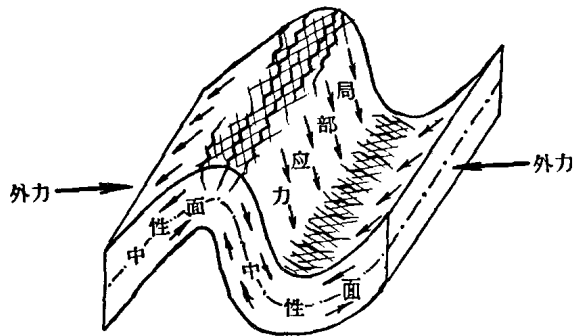


图9 X型剪性裂纹在褶皱加剧后引起锯齿状张性裂隙的发育情况示意图

的(2)锯齿状断裂的长短、宽窄、疏密和褶曲的强弱程度有关。从上述的断裂发育过程,我们可以清楚地看出,随着背斜和向斜褶曲的发展不同,所产生的锯齿状张性断裂延伸方向及发育情况也是有差异的。它们一般多在褶曲较强地方表现较长、较宽、较密。这显然是受早期形成的X型剪性裂纹的分布情况所控制。另外,根据野外观察和室内模拟实验,当岩层一般较平缓时,锯齿状断裂延长较远、较密、也较均匀。纵向锯齿状断裂平行于背斜轴,并且多集中在轴部;横向锯齿状断裂垂直向斜轴,也多集中在轴部。往往由于岩石对于褶皱作用所反映的不均一性,背斜和向斜中常包含许多次一级的微褶曲(在模型试验中所出现的小鼓包),它们的轴向与原背斜轴或向斜轴的总走向一致,因而在决定锯齿状断裂的长短、宽窄和疏密程度上也起着控制的作用。在野外观察或室内实验时,可发现在岩层或实验模型的表面,由于面部的凹凸不平而呈现不同密度、宽度和长度的裂隙,往往在凸起的小鼓包部分裂隙较密集,而且在那些小鼓包的顶部最为密集,该处锯齿状裂隙表现的最为明显。在实验模型表面凸起的小鼓包上,它们常由中间向两边变窄,变短,变浅(图10和照片6,7)。当试验模型表面出现小鼓包或微褶曲以后,如果再继续挤压,则鼓包上的横向裂隙便逐渐切过鼓包而伸到凹下部分,或者甚至与其它相邻的鼓包

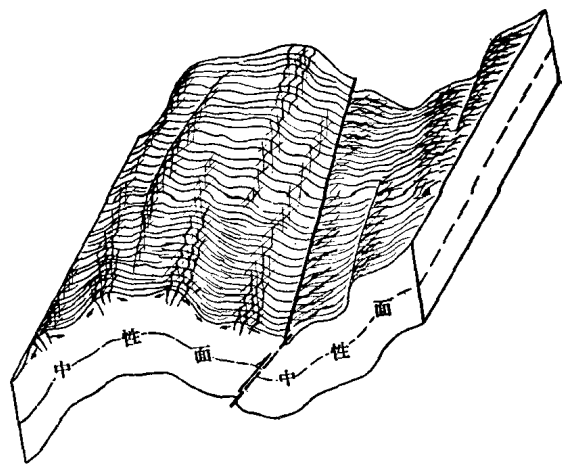


图10 受水平压力后所产生的背斜与向斜顶部和槽部锯齿状裂隙的分布,受背斜和向斜中的次一级的微褶曲(小鼓包)的控制情况示意图

中的裂隙连接。这种现象大都出现在向斜或紧密的褶曲内。在背斜中虽有这种类似的小鼓包出现,但锯齿状断裂则不如在向斜内的小鼓包上的发达;这些断裂的走向多与向斜内的锯齿状断裂走向垂直,并沿背斜轴呈纵向延伸。还应当指出,这些小鼓包的产生与岩性有关,一般多出现于较软岩层或岩层的塑性形变阶段。

(3) 锯齿状断裂的具体表现,也常随岩层的软硬、薄厚和韧脆、原X型剪性裂纹网的疏密、形变的快慢以及分布在褶曲的部位而有不同。一般说来,在脆硬而较薄的岩层中,锯齿状结构往往较小;较快的形变作用所产生的锯齿状结构也常不显著;在岩层较韧、较软、较薄或X型剪性裂纹网过密的条件下,所产生的锯齿状断裂也常微细。钟嘉猷最近在北京西山三家店龙泉务村附近曾看到,在一个由奥陶纪灰岩组成的背斜上,有发育很好的锯齿状张性裂隙(照片8,9,10)。照片8表示背斜轴的倾伏方向向外,锯齿状裂隙由背斜顶部逐渐向背斜倾伏端变窄、变短、变浅。靠近背斜顶部(即照片8的上部)的锯齿状裂隙,显然比倾伏端的张开较大、齿也较大,齿边长度一般在一米以上,下切也较深。从填充物和齿面光滑看来,显然是沿早期两组X型剪切面而形成的。在背斜的转弯地方,锯齿状裂隙的延长方向常随岩层走向而转变,如照片8,9,11所示。裂隙的宽度往往从背斜顶部到两翼由宽变窄。此外,还可在背斜的层面上看到类似在模型试验中所出现的小鼓包,但不如模型中的那样明显(照片11)。根据马宗晋报导,湖北下红溪附近,黄陵背斜南翼,在一个由寒武纪薄层灰岩所形成的窄背斜顶部也有后期锯齿状张性裂隙迁就前期X型剪性裂纹的现象,该裂隙充填有1—2厘米宽的方解石脉(图11)。

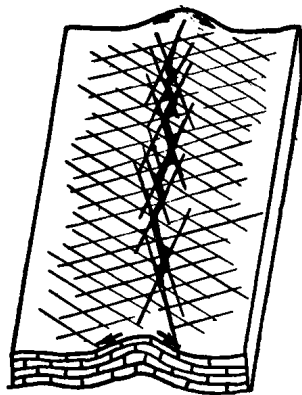


图 11 湖北下红溪附近黄陵背斜南翼寒武纪薄层灰岩所构成的背斜顶部锯齿状裂隙迁就X型剪性裂纹而发育的情况(据马宗晋)

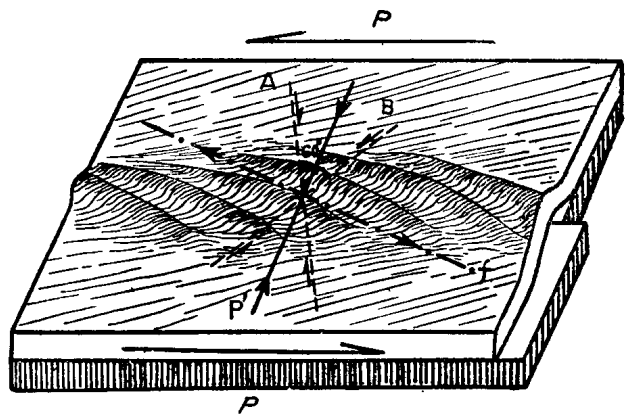


图 12 简单剪切作用所引起的应力方向示意图
P——剪切力; P'——次生挤压力; f——次生张应力; A、B——两组X型剪切面

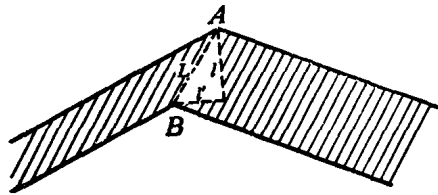
(4) 雁列式断裂也可认为是锯齿状断裂的初期表现形式。它们也是迁就早期X型剪性裂纹而形成的,其长度、宽度和密度也受岩层在剪切力作用下塑性形变阶段所形成的小鼓包(微褶曲)的控制。通过室内试验,在简单剪切力继续作用下的模型中,首先出现一组由剪力作用所诱导出挤压应力而形成的微褶曲(图12),然后出现一组X型裂纹,所夹锐

角与微褶曲(小鼓包)的延伸方向垂直,最后迁就X型裂隙,出现数条锯齿状张性裂隙,其走向大致平行于挤压应力的作用方向,并垂直小鼓包的长轴。这些小鼓包也控制着锯齿状裂隙的发育和先后次序。在一般情况下,锯齿状裂隙多在微褶曲的顶部最先出现(照片12),并由微褶曲的最顶部分别向两侧变短,变窄,变浅。当作用力继续加大时,则微褶曲中的锯齿状裂隙就继续发展,并穿过微褶曲与相邻微褶曲中的锯齿状裂隙连接,而形成一条锯齿状断裂带(照片13)。这种锯齿状断裂的发展过程如照片12,照片13所示。

锯齿状断裂两盘相对运动的方式

(1) 水平的相对位移

a. 单纯拉伸(张力)所产生的简单张开(图14-a)——精确地测量锯齿状裂隙两壁间的垂直距离,若一侧的齿凸与齿凹对另一侧的齿凸与齿凹间的张开距离相等,则该裂隙是在大致垂直裂隙总走向的水平均匀拉伸作用下而形成的,两壁作相反方向运动。如果我们能够准确地测定出左右两盘的对对应点,它们的移动距离就可根据锯齿的齿凸与齿凹和相对的齿凸与齿凹间的拉开程度测量出来(图13,图14)。



b. 简单剪切作用所产生的雁列状张开(图14-c)——断裂的锯齿间距离成交替的均匀张开与闭合,并有相互的错动。在这种情况下,断块锯齿凸边的一侧常沿相对锯齿凹边的另一侧作剪切移动,于是在裂隙的每一锯齿的一边出现张开段与闭合段或大张开段与小张开段(图14-b)。一般在垂直张开面的方向出现张力作用,沿闭合面的方向表现为剪力作用。可根据这两种力作用方向和张开的距离求出断块在纵向和横向或在垂直与水平方向的移动距离。

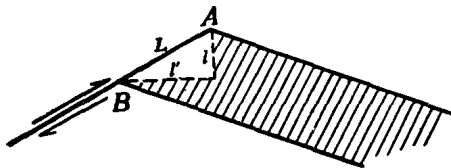


图13 测量锯齿状裂隙(断裂)的简单方法示意图

A——齿凹; B——齿凸; L——总位移方向及距离; l——张开位移分量; l'——错动位移分量

c. 旋转剪应力作用下的移动——锯齿状断裂表现不均匀的张开与闭合(图14-b, c),并且齿端有角砾岩化及磨圆现象。但常由于两壁相对移动较强,引起了相互摩擦,以致破坏齿的棱角,而形成一种似波状的断裂(图14-d)。如果将这些波状断裂的每一个波顶和相邻的波底与锯齿状断裂的齿凸与齿凹相比较时,就可看出波顶和波底的外接边仍是迁就X型剪性裂纹而形成的。因此,这种受旋转剪力而形成的波状断裂,可当作锯齿状断裂的一个变种看待,或者可以说是锯齿状裂隙的进一步发展的表现之一,同样,可以根据它们的产状变化来推求断块的移动方向和距离。

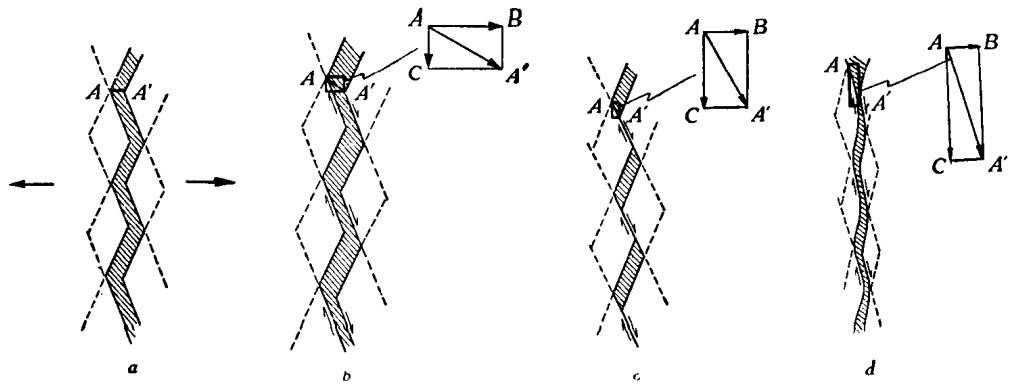


图 14 锯齿状断裂在不同运动方式下所产生的四种结果

- a. 单纯的拉伸作用, $A.A'$ ——两壁位移距离;
- b. 以拉伸为主但有轻微的剪切位移,
 $A.A'$ ——两壁的位移距离,
 $A.B$ ——张开位移分量,
 $A.C$ ——错动位移分量;
- c. 以剪切为主但有轻微的拉伸位移,
 $A.A'$ ——两壁的位移距离,
 $A.B$ ——张开位移分量,
 $A.C$ ——错动位移分量;
- d. 大多为剪切作用,
 $A.A'$ ——两壁的位移距离,
 $A.B$ ——张开位移分量,
 $A.C$ ——错动位移分量。

(2) 垂直的上下移动

- a. 均匀升降, 使原已生成的锯齿状断裂变窄或更紧闭, 齿端有角砾岩化及磨圆现象或略呈波状。
- b. 非均匀升降, 使锯齿状断裂部分变窄而部分变宽, 并在齿端有角砾岩化和磨圆现象。

锯齿状断裂现象在地质构造分析等方面的应用

1. 锯齿状断裂既然是迁就剪性裂纹而成, 那么就可从一条锯齿状断裂的各锯齿边的延伸情况来推测原剪性裂纹的分布, 还可帮助我们进一步解决 X 型节理的“配套”问题, 得出当地的应力网络——应力场。

另一方面, 节理或断裂的形成必定有张力作用参加, 因而我们在野外肉眼观察下的剪性节理或断裂, 在显微镜下常显示锯齿状态。李祥真最近在野外(北京西山三家店一带)和室内的观察就可证明此点。这样的显微锯齿状裂隙也可帮助我们解决大型 X 型剪性断裂或节理的配套问题, 并且还可以把两组形成 X 型的剪性节理或断裂同时放大, 检验它们的相应锯齿边缘是否彼此平行, 形成一套 X 型剪力网络, 甚至随着放大倍数的提高, 还有可能追踪出不同的 X 型剪力网络; 比较这些不同剪力网络的发育程度, 或者还可帮助我们

們区分出一个地区的不同应力場,并进一步推求它們的发展历史。

2. 可利用锯齿状断裂的走向、长度、寬度和密度,大致推测背斜(隆起)和向斜(凹陷)的褶曲程度与范围。一般說来,锯齿状断裂的走向多平行于背斜軸或垂直于向斜軸,在背斜的頂部和向斜的底部,锯齿状断裂的长度、寬度和密度較大。以上这些情况在褶曲較强的地区表現更为显著。

3. 从锯齿状断裂的张开和閉合情况可大致估量断裂兩側的相对錯动方向 和 距离(图13,图14)。

4. 可利用锯齿状断裂的鈍角齿和銳角齿(以后簡称为鈍齿和銳齿)大致推测主应力的作用方向。根据锯齿状断裂迁就X型剪性裂紋而形成的力学机制,它們的鈍齿一般对张应力方向,銳齿对压应力方向。具有鈍齿的锯齿状断裂比較多見,形成它們的应力場一般与形成原构造(如:X型剪性裂紋,背斜和向斜中的断裂的分布)的应力場是一致的;而具有銳齿的锯齿状断裂則比較少見,形成它們的应力場一般与形成原构造的应力場是不一致的(兩应力場內的主应力作用方向常相互垂直)。因此,可认为前者是继承的,后者是新生的。

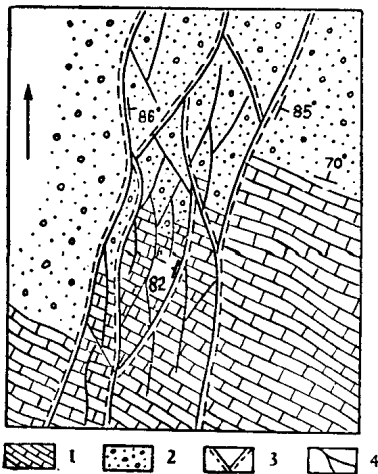


图 15 交切别雷赛南克背斜的横向正断层构造。多呈波状的锯齿形状(据 E. M. Некрасов^[15])

1. 石灰岩 2. 砾岩
3. 带断层泥的构造断裂 4. 小裂隙

5. 可利用锯齿状断裂錯动所形成的寬窄交替状态,大致推测矿脉的分布情况,对研究矿田构造有着重要意义(图15,16)。

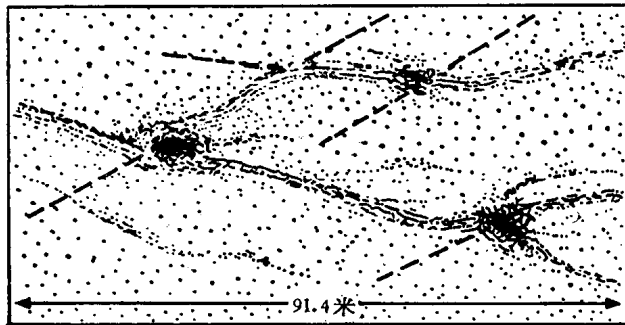


图 16 鉛矿随波状锯齿状裂隙而富集(据 W.H.Newhouse^[18]略加补充)

6. 可用以探索主要断裂构造系統的方位,求得区域性的构造应力場,帮助解决大型断裂带的性质、动向和錯距等問題。从上述锯齿状断裂的发育理論看来,东非大断裂带、紅海大断裂带、西欧下来因河断裂带、中大西洋海脊断裂,以及我国中部賀兰山至橫断山断裂带各段张开寬度大致均匀,可初步认为它們是在近南北向挤压(近东西向拉伸)作用下形成的;而太平洋边缘的与島弧和南、北美洲大陆边缘的断裂带,則可能与东西向挤压有关。

7. 锯齿状断裂的活动方式,可用以研究現代构造运动。例如:在第四紀沉积物中研究锯齿状断裂的动向,就显得很有意义,因在其中的断裂或节理有的是由于受地震或重力