第45卷 第1期 地 质 学 报 Vol. 45, No. 1
1965年2月 ACTA GEOLOGICA SINICA Feb., 1965

北京西山野溪一带不协調箱状褶曲的研究

馬宗晋 馬 瑾 吳学益 李祥貞 鍾嘉猷

箱状褶曲是地壳上較普遍的一种褶曲形态，闡明其形成机制在理論上和实践上都有一定的意义。箱状褶曲有不同的成因类型。从形成箱状褶曲的力的作用方式考虑，可把它們分为由基底断块垂直运动造成的（横弯曲型的）和側向挤压造成的（纵弯曲型的）两类。前一类型在文献中已有过較多的討論[4,7,9,10]。它們以受垂直力作用为主导，在剖面中上下岩层褶曲形态协调（即使有不协調現象也仅出現于肩部），所以可把它們叫做协調型的箱状褶曲。纵弯曲型箱状褶曲过去討論較少，它們以受側压力作用为主导，而褶曲在剖面上下表現为不协調关系，所以又可以把它們叫做不协調型箱状褶曲。我們在京西野溪一带采石厂的工作面上，看到了发育很典型的不协調型箱状褶曲。本文即是有关它們的初步研究結果。

一、褶曲所在区域构造部位及形态特点

京西城子鎮以北野溪一带，在南边的九龙山向斜与北边的大牛道山背斜之間6公里左右的过渡翼上，发育着一系列次一級的不协調箱状褶曲。它們主要发育在奥陶紀的碳酸岩中，在向斜軸部往往捲入一部分石炭系下部的砂頁岩。此外，箱状褶曲的形状向上向下均逐漸平緩以至消失。对比区測資料可以确定，它們是中生代中后期強烈的燕山运动所造成的結果（图1）。

这組褶曲由相間排列的五个背斜与四个向斜組成（見图2中大剖面），其間未見有大型断层。研究了每个构造的几何形态、岩层的厚度变化、层間滑动、节理、劈理等方面的表現，发現箱状褶曲的不同部位变形情况有很明显的差别。对于一个典型的箱状褶曲来說应分出六种不同的构造部位：頂部、底部、翼部、肩部、肘部、核心（图3）。在寬闊的頂部和底部岩层产状并不是平直的，多有一个平緩的反向弯曲，所以箱状褶曲的剖面形态并不是严格的U型，而略具W型。在整个剖面中除箱状褶曲而外，尙有一些更次一級的波状褶曲，发育在箱状褶曲的核心、寬闊的頂部和底部，以及平緩的翼部。

上述箱状褶曲在該区內自南向北表現如下一些变化：在南側从麦子峪沟至野溪一带，褶曲具有很典型的箱状，卽有平的頂和底，两翼很陡，傾角在60度以上甚至倒轉，褶曲幅度小而紧密，受褶曲岩层的厚度較小；向北褶曲卽变得开闊而寬緩了，特别是最北边的灰峪向斜（图2），除底部尙較平直外，几乎不显箱状特征，褶曲幅度变大，受褶曲岩层的厚度也就加大了。此外，从南而北所有的箱状褶曲几乎都是歪斜的，并且主要是向南傾斜，与区域性构造的傾斜相当。看来上述的一些变化可能都与所在区域构造的部位有关。

二、褶曲的內部构造

白云質灰岩与純灰岩的互层构成褶曲的主体。一般层厚2—0.5米。褶曲中白云質灰

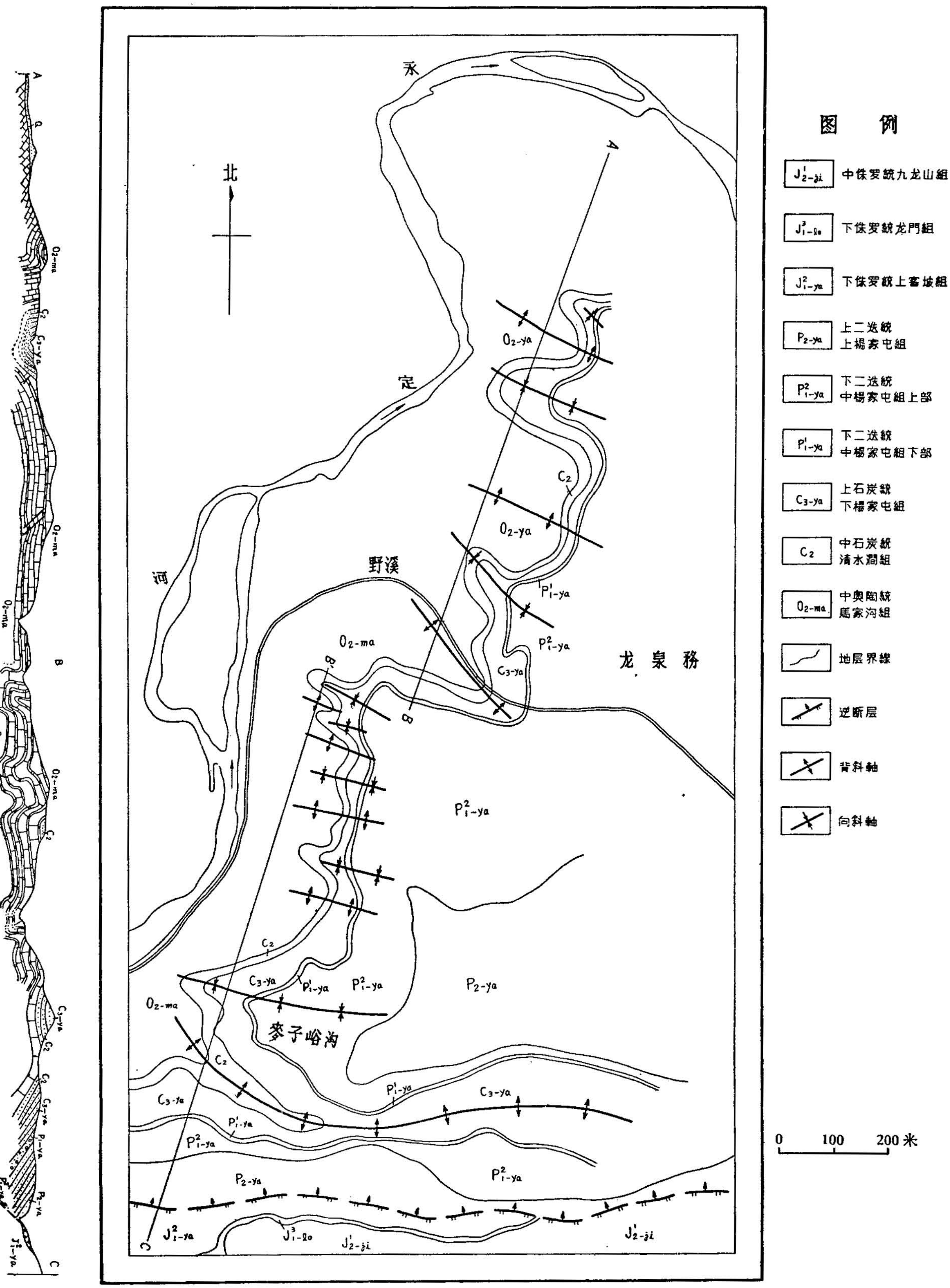
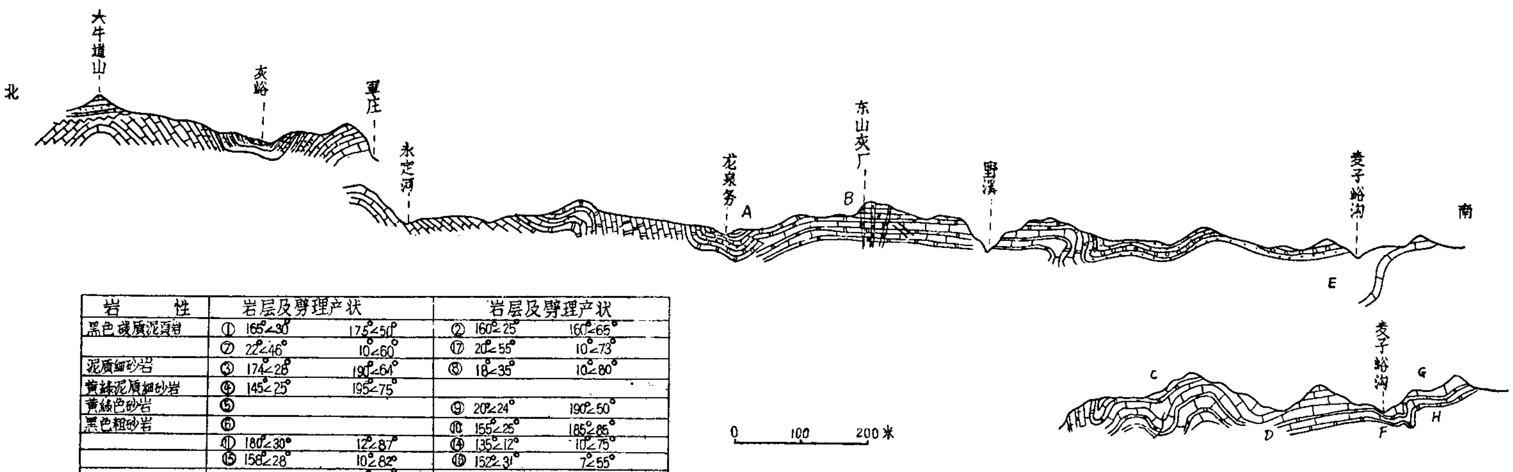


图 1　京西野溪一带地质图



岩性	岩层及劈理产状		岩层及劈理产状	
黑色碳质泥页岩	① 165°∠30°	175°∠50°	② 160°∠25°	160°∠65°
	⑦ 22°∠46°	10°∠60°	⑰ 20°∠55°	10°∠73°
泥质细砂岩	③ 174°∠28°	190°∠64°	⑧ 18°∠35°	10°∠80°
黄绿泥质细砂岩	④ 145°∠25°	195°∠75°		
黄绿色砂岩	⑤		⑨ 20°∠24°	190°∠50°
黑色粗砂岩	⑥		⑩ 155°∠25°	185°∠85°
	⑪ 180°∠30°	12°∠87°	⑭ 135°∠12°	10°∠75°
	⑮ 158°∠28°	10°∠82°	⑯ 152°∠31°	7°∠55°
	⑫	198°∠80°		
	⑬ 183°∠23°	185°∠75°		

野溪龙泉务向斜岩层产状及劈理产状表

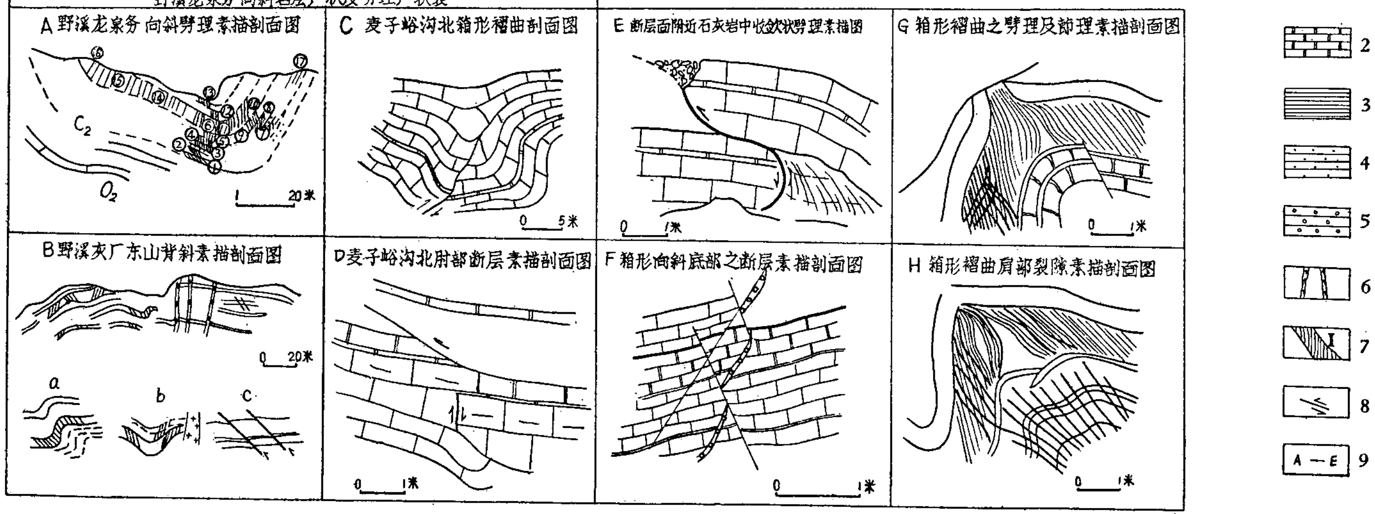


图 2　京西野溪一带箱状褶曲剖面素描

1.石灰岩；2.白云岩及白云质灰岩；3.页岩；4.砂岩；5.砾岩；6.中基性岩墙(脉)；7.劈理及其显现程度；8.断层；9.分段素描位置。

岩与純灰岩的变形方式有很大不同：白云质灰岩一般沒有明显的厚度变化，而常常表現为断裂和弯曲变形；純灰岩則常常发生很大的厚度变化，有时在几米的距离內厚度可增加一倍，并常伴随有強烈的劈理化現象。这两种不同岩性的互层結构在形成不协調型箱状褶曲上起着很重要的作用。

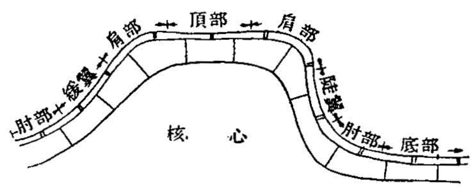


图 3　箱状褶曲构造部位划分示意图

（一）岩层厚度的变化

不协調箱状褶曲中厚度变化最大的地方是核心、肩部和肘部。在麦子峪沟向斜（图版 I-1）及麦子峪沟背斜（图 2 G、H）中均可見到純灰岩在很短的距离內厚度增加一倍以上的情况。褶曲核心岩层加厚的现象正是不协調褶曲最重要的一个特征。增厚現象主要是以两种方式进行的，一种是压扁（膨胀），一种是揉皺（褶迭），它們主要出現在純灰岩岩层中。弯曲的頂部和底部岩层厚度相对变薄，白云质灰岩在純灰岩变薄的段落表現出极明显的被拉断的現象，被拉开的裂縫普遍为白色方解石脉充填（图版 I-2），寬者可达 4—5 厘米。

（二）层 間 滑 动

在不协調箱状褶曲的翼部有明显的层間滑动現象。那里厚岩层之間如夹有薄层，则往往形成一些层間的微小拖褶曲，褶曲的脫空部分为方解石脉充填（图版 I-3）。它們一般反映了上层相对向上滑动的关系。在采石厂工作面上看到的大量的层面擦痕，以及在褶曲肘部发生的順层（部分穿层的）断层，也反映了类似的运动关系（图 2 D、E）。頂部和底部层間滑动現象不明显。

（三）节　　理

就所見节理与岩层面交角之不同可把它們分为垂直层面的和斜交层面的两类。

1. 垂直层面的节理　这种节理不論岩层的产状如何变化，始終与层面保持垂直关系。在南部它們主要发育在白云质灰岩中，而在純灰岩中已不甚明显；在北部，它們发育較普遍。根据在龙泉务背斜[1)]及麦子峪沟向斜較詳細的节理观察与統計，看到它們时常为斜切层面节理切錯的現象。它們共有四組，都是剪切节理。有时其中两組之銳角等分綫与岩层傾向一致，而另外两組之銳角等分綫与岩层走向一致；有时則見其中两組之銳角等分綫与岩层傾向一致，其余两組中一組与岩层走向一致，另一組与岩层傾向一致。看来这四組节理都是褶曲发育之前或发育初期的产物。

2. 斜交层面的节理及小断层　它們在波状和箱状褶曲中都可見到，其与岩层面的交角随所处构造部位而变，說明它們是在褶曲的形成过程中发育的。在波状褶曲中它們比垂直层面的节理少見，而主要发育在背斜轉折端。这种斜交层面的 X 节理往往在外側

1）吳学益等：京西龙泉务傾伏背斜节理的初步观察。（1962 年中国地质学会年会论文摘要）

发育，呈放射状分布，其銳角等分綫与弯曲岩层的法綫方向一致，它們是正断层型的节理。在向斜轉折端这种斜交层面的X节理往往在弯曲岩层的內側发育，其銳角等分綫与弯曲岩层面的切綫方向一致，它們是逆断层型的节理。褶曲幅度較大时，在翼部也可見到小的逆断层。

斜交层面的节理及小断层在南部发育較完整的箱状褶曲的不同部位变化很明显：

在箱状褶曲底部发育銳角指向上下的X节理。它們往往是穿层的，有时延伸很长，往往发展成正断层；但因全区受压很強，或因后期活动，也有表現为逆断层的情况，这在麦子峪沟向斜和龙泉务向斜底部均可見到（图 2 C、F）。

在箱状褶曲肘部时常見到插入式断层（图 2 D、E）。它們是发育在純灰岩层中斜交层面的断层借助于白云质灰岩层中原有的节理而穿过时造成的一种复杂現象。在这里純灰岩发生了明显的加厚，并表現出劈理化現象。

在箱状褶曲的翼部，白云质灰岩往往仅有垂直层面节理，而在純灰岩层中則有很发育的斜切层面的节理，有时还发展成为穿层的逆断层（图 2 H）。它們通过白云质灰岩层时，也迁就該层中原有的垂直层面的节理，而使断层面在那里发生轉折。

在箱状褶曲的肩部，白云质灰岩层往往发生急剧的弯轉，甚而折断，而純灰岩层則明显的加厚。白云质灰岩中还是只发育垂直层面的节理，純灰岩中有时发育一对弯曲的剪切面，彼此包围成杏仁状（图 2 H）。

箱状褶曲的頂部，在东山灰厂大箱状背斜的頂部，由于次級小褶曲較发育，眞正反映該部位节理特征的現象被干扰了。在麦子峪沟背斜所出露的一小段頂部的露头上，見到一組斜切层面但傾角很陡的剪切面，就其产状看，可能是属于銳角指向上下的X节理中的一組，但另一組沒有見到。

总之，該区斜交层面的节理主要发育在純灰岩中（有时也穿层）。看来它們是晚于垂直层面的节理。由于純灰岩岩性軟，原来垂直层面的节理在強烈受压下易于愈合，所以在南部較紧密的箱状褶曲中純灰岩层仅显露斜交层面的节理或断层，表現了物质順层的強烈流动。

（四）劈 理

劈理主要发育在純灰岩中，在白云质灰岩中則发育很差。在南部較紧密的褶皺区劈理发育明显，在北部則不很发育。現分別把劈理与波状褶曲及箱状褶曲的关系叙述如下：

在波状褶曲中灰岩的劈理一般发育在翼部，而在頂部交会。反映出上层相对向上滑动的相对运动关系。在野溪灰厂东山背斜的頂部，劈理的产状与发育程度随次一級小褶曲而变化（图 2 B）。在野溪肉眼所見的明显劈理，在偏光显微鏡下一般可以看到方解石重結晶現象，其中矿物晶体长边方向与野外所見劈理方向相同。劈理的平均間距在 0.01—0.014 毫米。沿劈理方向微层往往发生褶曲，表明沿劈理面曾发生过錯动；野外所見不明显的劈理在偏光显微鏡下看得出是一些有細脉充塡的碎块状灰岩。結晶方解石仅在細脉中可見。

在褶曲軸面附近，即劈理交会处，劈理現象有时比翼部弱，有时則比翼部強。在后一种情况下，褶曲軸面附近劈理在偏光显微鏡下也表現为重結晶的方解石。劈理中方解石

矿物有压力裙現象，而且方解石顆粒中两組裂隙的銳角等分綫垂直于劈理方向。所有这些情况都說明劈理是在垂直劈理方向的挤压下造成的（图版 II-2）。

张文佑曾指出[2,3]褶曲翼部劈理是“单剪”作用造成的；而褶曲軸面附近的劈理和穿层的流劈理是由“純剪”作用造成的。我們在軸面附近所見的劈理現象正說明那里存在着純剪作用。

劈理在箱状褶曲中的分布有两种情况：一种是仅在翼部发育，而在底部則沒有或表現极不明显，如麦子峪沟宽闊向斜的两翼发育着明显的劈理，而向向斜底部劈理很快地消失。我們曾在灰岩加厚的部位，采了一些小箱状褶曲的标本，其中的劈理分布情况也属这种类型（图 4）。在这小褶曲的翼部薄层灰岩中有很明显的劈理，到底部則明显地消失了。以上所述都是宽緩的箱状褶曲中的情况。第二种情况則是除褶曲的翼部而外，在其它部位也普遍发育劈理，只是发育程度不同。如靠南边的几个构造，左右两翼劈理的产状一般是对称的，但是由于箱状褶曲有两个明显的轉折部位，即两个肩部与两个肘部，而两翼的劈理往往仅在一个肘部或一个肩部交会，所以又呈現出不对称分布的情况。如麦子峪沟背斜的肩部（图 2 G、H）、麦子峪沟向斜和龙泉务向斜的肘部（图 2 C、A）。呈現上述情况的褶曲都是歪斜而褶曲較紧密的。

綜合上述各节野外观察結果，我們对不协調箱状褶曲得到下列一些認識：

1. 形成不协調箱状褶曲的力作用方式　如上所述，不协調箱状褶曲是由于上下岩层（特别是对于“軟”、“硬”相間排列的层系来說）发生显著的差异变形和物质在順层方向发生显著的移动而实現的，从而我們可以認为在形成这种不协調箱状褶曲时必然存在側向挤压。这也就是形成纵弯曲的力作用方式。劈理、层間滑动和斜交层面的节理情况也

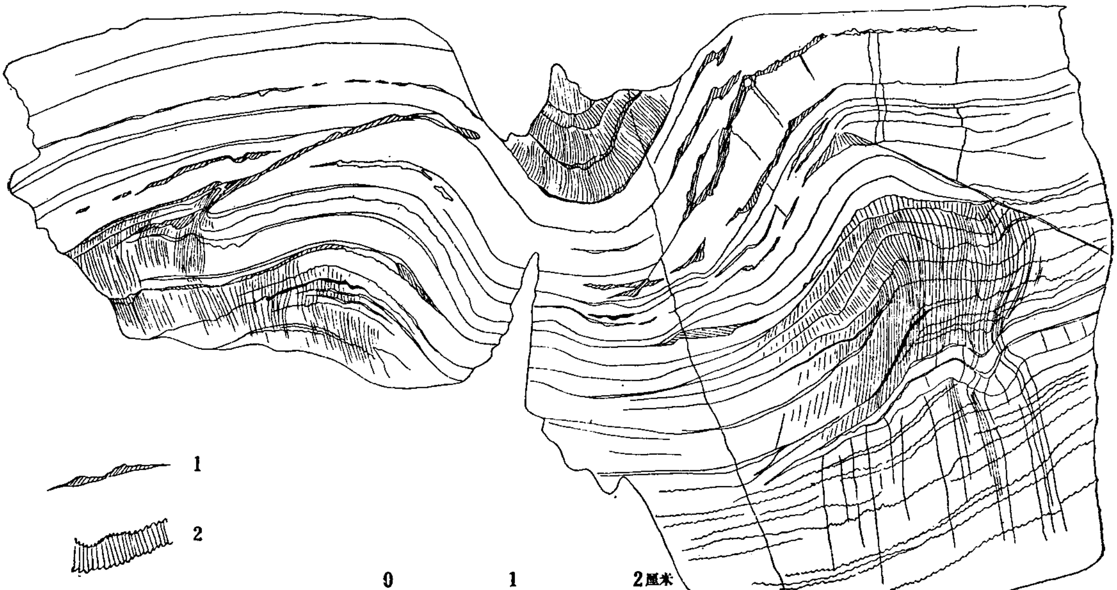


图 4　微型不协调箱状褶曲的放大素描

1 结晶的方解石脉(斜线代表劈理)；2.流劈理。

表現了同样的受力方式。

2. 不协调箱状褶曲的形成过程 根据不协调箱状褶曲发育的典型程度由南向北的变化以及多期节理的交切关系，劈理的产状变化等，推想形成不协調箱状褶曲可能要經历如下的过程：在側向挤压下首先产生垂直层面的节理，进而开始波状褶曲，在波状褶曲发育的同时也开始了斜交层面节理的发育。当波状褶曲受到某种限制而不能自由发展时，卽开始了箱状褶曲的发育阶段。原来波状褶曲的波峯或波谷可能卽轉化为箱状褶曲的一个肘部或一个肩部。此外也可能由一个波峯向左右两側分化为两个肩部。上述三个阶段是一个連續的过程。劈理可能是波状褶曲发育到一定程度时开始发育的，而在箱状褶曲发育阶段于不同部位得到突出的发育。与此同时順着先期发育的节理发展了各种性质的断层。

3. 箱状褶曲中各部位的应力分布 箱状褶曲中不同部位的变形各有特色，这些特点反映了箱状褶曲发育阶段的应力分布情况。从斜交层面的 X 节理的产状可以知道，底部是以压应力在垂直方向为特征，陡立的翼部则以压应力处于水平方向为特征。

三、实驗研究

为了检驗在野外研究中所得关于不协调箱状褶曲的形成条件、发展过程及应力分布情况等的認識，我們进行了一系列的模拟实驗。

（一）实 驗 条 件

选择实驗材料和試件尺寸时我們大致考虑了相似条件。

野外捲入褶曲的岩层的厚度为 300—600 米，而褶曲的寬度为 200—700 米，挠度为 150—400 米。如实驗試件縮小一万倍，则长度相似常数 $C_l = 1 \cdot 10^{-4}$。設密度相似常数 $C_\rho = 0.5$，重力加速度相似常数 $C_g = 1$，时間相似常数 $C_t = 2 \cdot 10^{-10}$。因为岩石的楊氏模量 E 与切变模量 G 約为 10^{11}—10^{12} 厘米^2/克，粘滞系数 η 約为 10^{18}—10^{21} 泊，根据已知的相似条件[8]，实驗材料的楊氏模量与切应模量应为 10^6—10^8 厘米^2/克，粘滞系数应为 10^4—10^6 泊。明胶、乙基纖維和凡士林的力学性质与所要求的大致相当，所以我們选用它們作实驗材料。

我們以明胶层代表厚层的白云質灰岩层，以凡士林层代表純灰岩层，做成互层的不透明試件，用来观察褶曲形态和裂隙的发育情况。由明胶层与乙基纖維的互层体做透明試件，在光測弹性仪上研究褶曲內部的应力分布情况。整个試件总厚 6 厘米，长35厘米。

根据野外观察，不协調箱状褶曲是由側向挤压造成的。所以，所有的实驗都是在側向挤压实驗架內进行的。

（二）不协調箱状褶曲的形成条件

对比20多次实驗結果，发現試件仅仅遭受側向挤压是可以形成不协調褶曲的，但却不能形成不协調的箱状褶曲。要形成不协調箱状褶曲，必須在試件的上下加以一定的限制，否则形成的是向上自由发展的圓頂或尖頂褶曲。因此，上下限制是形成不协調箱状褶曲必要的边界条件，而側向挤压則是必要的力学条件。这种上下限制在实驗中是用很重的

一些厚层(摻鉄砂的厚明胶层)迭加在試件上来实現的。对这种限制条件的地质解释可以是多种的：它可能是上覆岩层的压力，或岩层本身的自重；可能是上覆岩层弯曲的曲率較小；也可能是上下岩层不同的变形方式所造成的。由于尙未进行詳細的区域性的研究，在本区这种边界限制条件究竟是怎样造成的，尙难确定。目前已知的是，奧陶紀的白云质灰岩与純灰岩，上覆石炭紀的砂岩与頁岩，以至更上面的二迭紀的厚层砂岩等等，彼此变形表現的差別是极其明显的，褶曲的幅度差別也大，这可能是促成箱状褶曲的部分条件。

（三）不协調箱状褶曲的形成过程

通过实驗研究，发現形成不协調箱状褶曲經历了如下的共同过程（图版 II-1）：首先是压縮阶段，試件中所有的层在一个方向受挤压时，在其垂直方向就发生了伸张。在側压継續作用下，試件中的某一层或某几层在某处出現不稳定，而开始弯曲，出現一个或几个波状褶曲，这就开始了褶曲阶段。在出現波状褶曲处，上下各层由于压力条件的改变也就随着褶皺起来。在进一步的挤压中，一旦出現发展不均匀时，卽上下岩层曲率小于褶曲发育层的曲率时，褶曲的进一步发展卽受到限制，原来的波状形态頂部停止向上发展，而两翼却向側方迅速发展，这样就在剖面中出現了不协調的箱状褶曲。有时原来波状褶曲的波峯停止不动，仅一翼向側方发展，这可能就是野外所見一些箱状褶曲的形成过程。看来在纵弯曲的各类褶曲形态中，箱状褶曲可能是一个比較稳定的构造形态，这种褶曲在进一步挤压中不易再改变其基本形态，而只是使其某些构造部位的构造得到更強烈的发展与复杂化，或使附近尙未形成箱状褶曲的岩层进一步褶皺。实驗中所得箱状褶曲的寬度为4—6 厘米，挠度为 3—4 厘米。与野外情况相比差一万倍左右。与原来的长度相似常数是一致的。

（四）褶曲的两个阶段的內部应力分析

波状褶曲阶段　从利用等色綫作出的剪应力値分布图中可知最大剪应力分布于波峯的外側和波谷的內側(图版 II-3)。那里剪应力値超过該岩石的抗剪強度时就可以首先在那里发生剪切裂隙。根据庫仑定律，物体剪切破裂与其最大剪切应力作用方向夹一內磨擦角 α，所以最大压应力与一对剪切破裂的銳角等分綫一致。利用这一原理，可在剪切应力綫(卽最大剪切应力作用方向)图上做出剪节理图（图 5)。这样我們看到在弯曲外側剪切节理的銳角等分綫与弯曲层的法綫方向一致。 它与我們野外观察所見是符合的。 最大张应力区位于最大弯曲的外側。当这里的张应力超过岩石的抗张強度时卽可发生张裂隙。从主应力綫图上可以看到它們一般沿弯曲的法綫方向分布[图 5 (1)]。

箱状褶曲阶段　从等色綫图(图版 II-4)上可以看出最大剪应力发育在箱状褶曲肩部的內側和肘部的外側。而在核心部位軟层厚度变化很大，它們是通过物质的塑性流动来补償应力的。

从主应力綫图[图6(1)]上我們可以看到，在箱状褶曲的頂部和底部，最大压应力方向是垂直的，而在褶曲的翼部最大压应力的方向是水平的。从最大剪应力綫图[图 6 (2)]上我們可以看到箱状褶曲的頂部和底部恰好应該是一个正断层发育区，而翼部則应是逆断层发育区。肩部和肘部是两組弯曲的剪力綫相交的区域。对各单层来說，那里正处在一

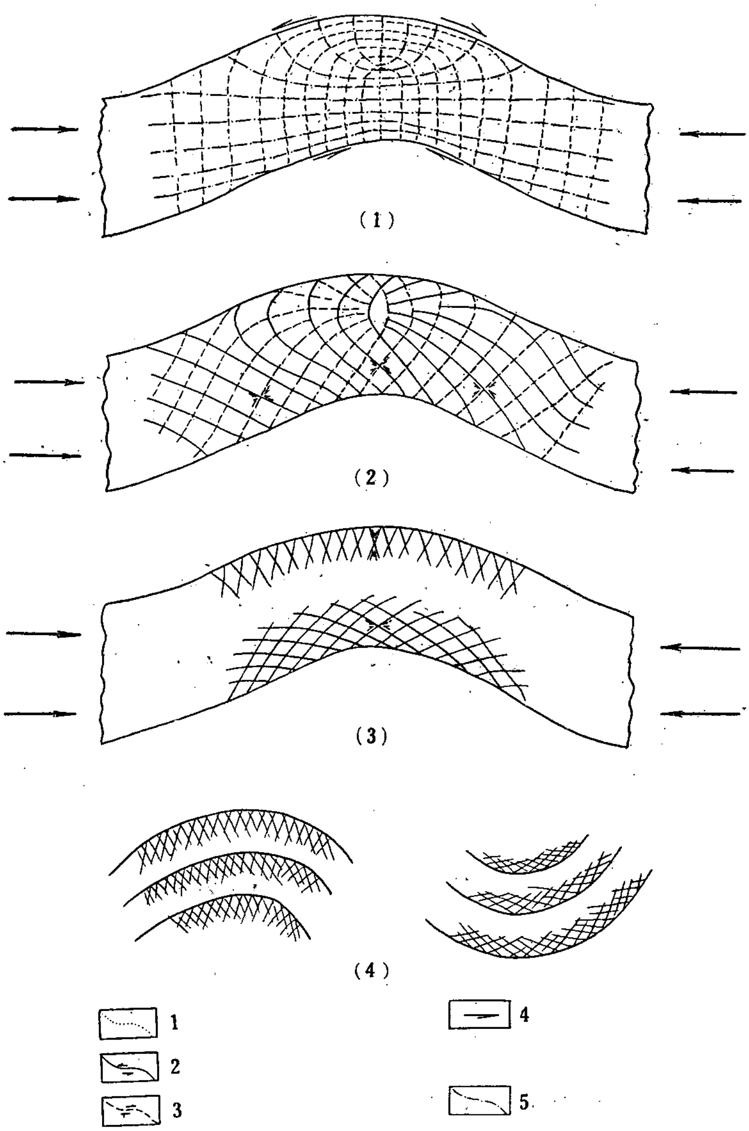


图 5 波状褶曲的光弹性实验结果和野外裂隙素描(原大)
1.最小主应力； 2.左型剪应力线； 3.右型剪应力线； 4.水平作用力； 5.最大主应力。
(1)波状褶曲中的主应力线 (2)波状褶曲中的剪应力线 (3)波状褶曲实验中可能出现的剪切破裂面 (4)野外波状褶曲中的裂隙素描

个各向同性点(剪应力值为零的点)附近，因此，两組弯曲的剪切裂隙恰好应包成一个杏仁状的区域。这些特点都与野外所見到的現象相似。

綜上所述，野外观察所获結論与实驗結果是可以互相印証的。野外观察和模拟实驗都証明了确实存在着由側向挤压造成的縱弯曲型的不协調箱状褶曲，尽管在外形上，它們与横弯曲型协調的箱状褶曲很相似。看来同一种褶曲形态可以是由不同的力作用方式所造成，所以，仅仅从褶曲的外形出发，还不能判断其形成的机制。很显然，系統地比較横弯

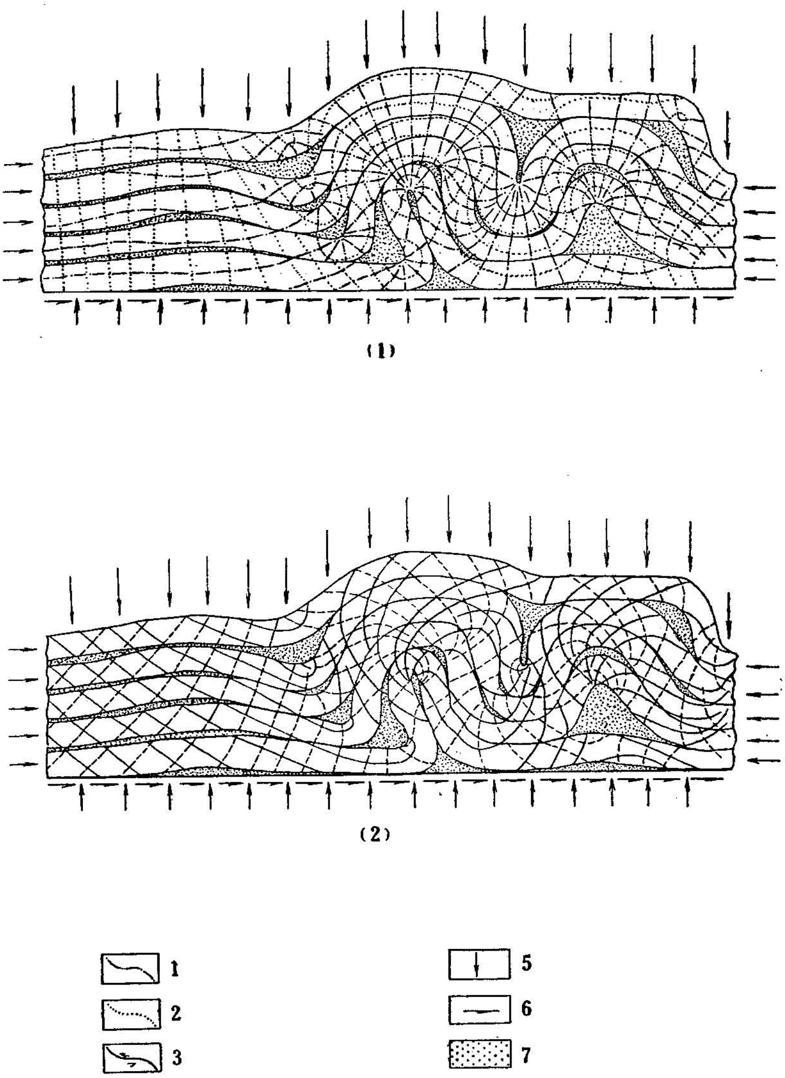


图 6　不协调箱状褶曲的主应力线及剪应力线(×1/3)

1.最大主应力；2.最小主应力；3.左型剪应力线；4.右型剪应力线；5.垂直作用力；6.水平作用力；7.乙基纤维；8.明胶。

曲型与纵弯曲型的箱状褶曲是完全必要的，这是今后工作所要完成的。

参　考　文　献

[1]　吉沙普，H. T.　1957　光测弹性力学的原理和方法。周承倜等译，科学技术出版社。

[2]　张文佑　1950　劈理节理发育之初步探讨。南京区年会论文节要。地质论评，15 卷 1—3 期。

[3]　张文佑　1951　从岩石软流与破裂的方式上看岩组学的几个问题。南京区年会论文节要。地质论评，16 卷 1 期。

[4]　张文佑　1960　中国主要断裂构造系统的应力分析。科学通报，19 期。

[5]　徐宏文　1962　应力分析。科学出版社。

[6] Белоусов, В. В. 1958 О типах и происхождении складчатости. Сов. геол. № 1.
[7] Бронгулеев, В. В. 1959 К проблеме происхождения и классификации складок. Бюлл. МОИП. т. XXXIV, № 4.
[8] Гзовский, М. В. 1960 Моделирование тектонических прочессов. Сб. «Проблемы тектонофизики» Госгеолтехиздат.
[9] Гзовский, М. В. 1963 Основные вопросы тектонофизики и тектоника Байджансайского антиклинория Изд. АН СССР. части I, II——1959, части III, IV——1963.
[10] Казимиров, Д. А. 1958 История развития и механизм образования складок юго-западной Ферганы. геол. Бюлл. Львовского геол. ова. № 5—6.

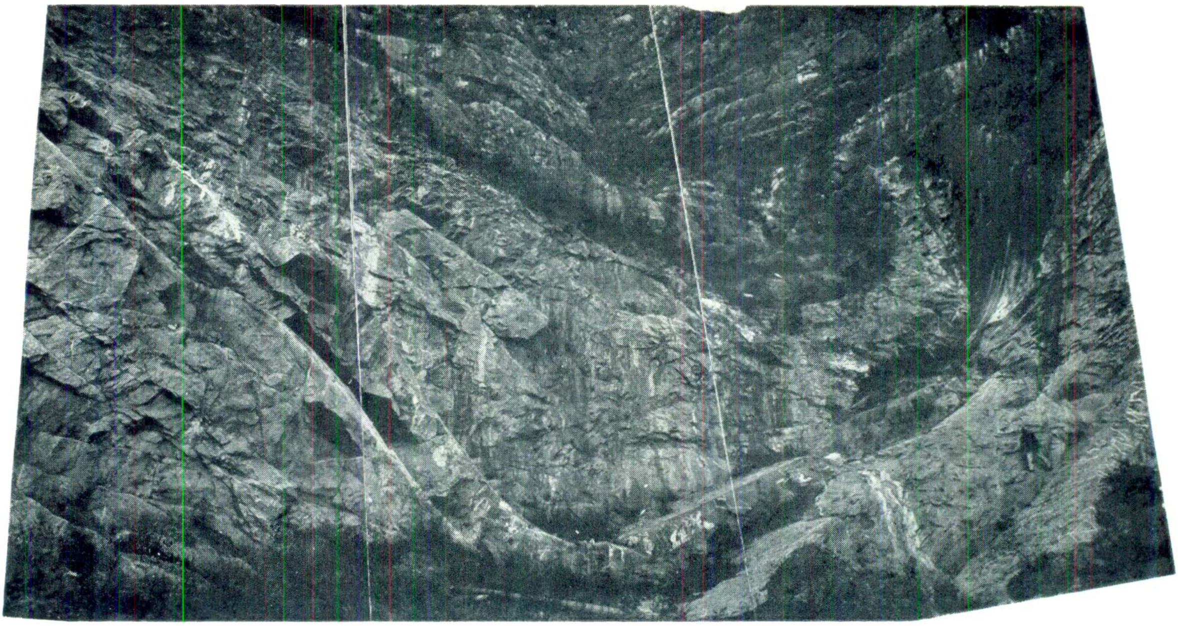
A STUDY ON THE DISHARMONIC BOX-SHAPED FOLDS AT YEHSI IN THE WESTERN HILLS OF PEKING

Ma Chong-ching Ma Chin Wu Hsueh-ee Le Shang-then
Chung Chia-you

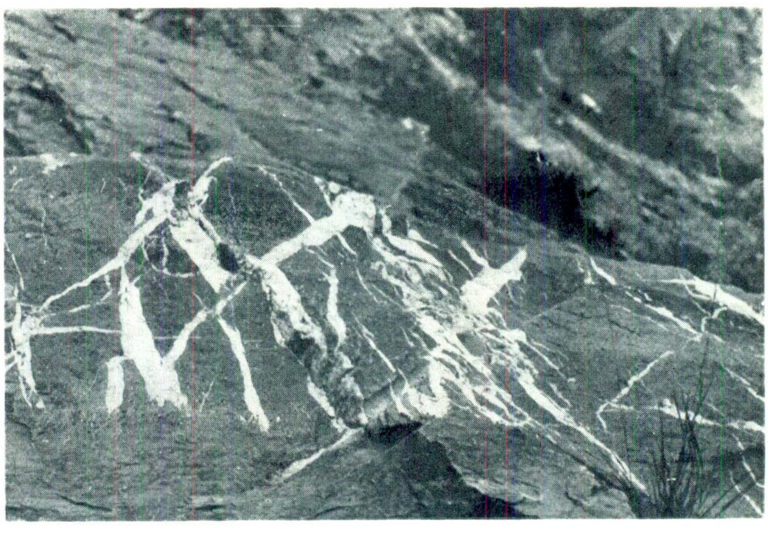
Abstract

Box-shaped folds may be classified into two types: the "harmonic" and the "disharmonic". Although the former, formed under the influence of uplifting of the basement-blocks, has often been discussed by orther writers; the latter, due to sliding of overlying layer under lateral compression, has not yet received much attention. A series of disharmonic box-shaped folds were developed mainly in the Ordovican rocks at Yehsi in the Western Hills of Peking. These rocks consist of alternating layers of dolomitic limestone and pure limestone. The differential deformation of these layers played an important role in the formation of the disharmonic box-shaped folds. According to the morphology of a fold, the change of thickness of strata, the interbedding sliding, as well as the joints and the cleavages, a box-shaped fold can be subdivided into six parts: the top, the bottom, the limbs, the shoulders, the elbows, and the core. On the limbs, the shoulder and the elbows are shown much stronger deformation and the change of thickness of strata. High angle thrusts and eleavages are well developed. On the top and in the bottom, the deformation is rather weak, and only thinning of strata and normal faults are observed.

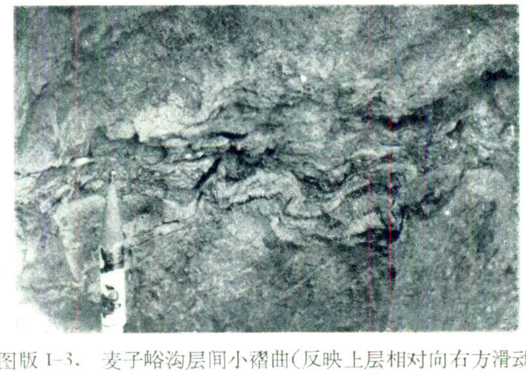
In order to study the mechanism of folding, the course of their development, and the interior stress-pattern of the disharmonic box-shaped folds, sub-transparent and transparent models of jelly and vaseline as well as jelly and ethylcellulose were used. Under the lateral compression, the folds form first. In the course of further development with stress evolved from above and below, gradually the box-shaped folds come into shape. The orientations of the principal stresses deduced from the maps distributions of isochromatic lines and isocline lines obtained from the model-experiment, are consistent with those on the six parts of the box-shaped folds observed in the field. The principal axes of compressive stresses on the top and in the bottom of the folds are vertical, while those on the limbs are horizontal, and the isotropic point of the stress field appears on the shoulders and elbows.



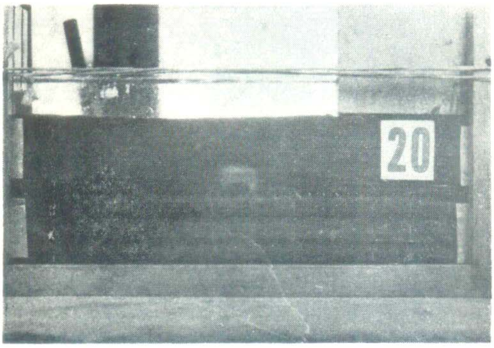
图版 I-1.　麦子峪沟北箱状向斜



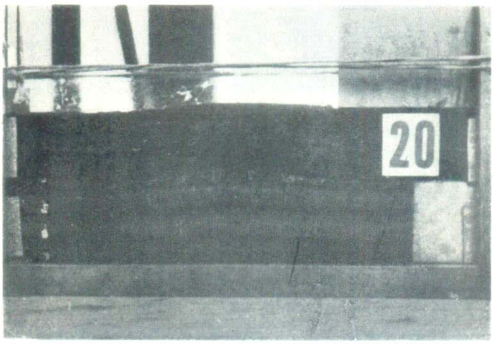
图版 I-2.　白云质灰岩层之拉张裂隙（麦子峪沟北箱状向斜，×1/15）



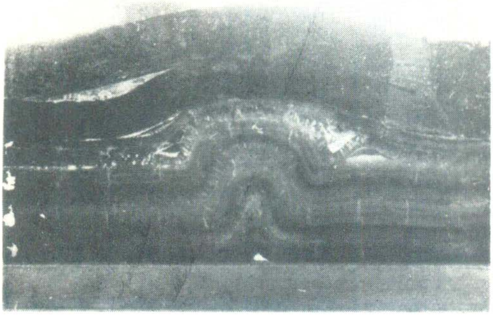
图版 I-3.　麦子峪沟层间小褶曲（反映上层相对向右方滑动）



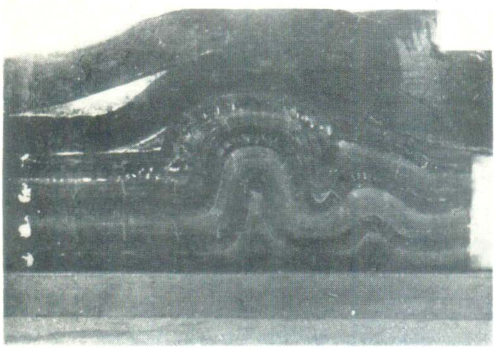
①



②

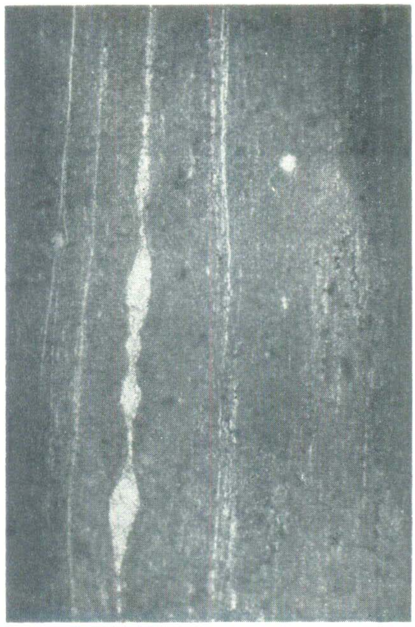


③

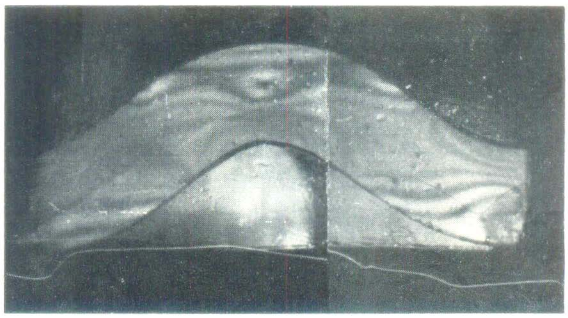


④

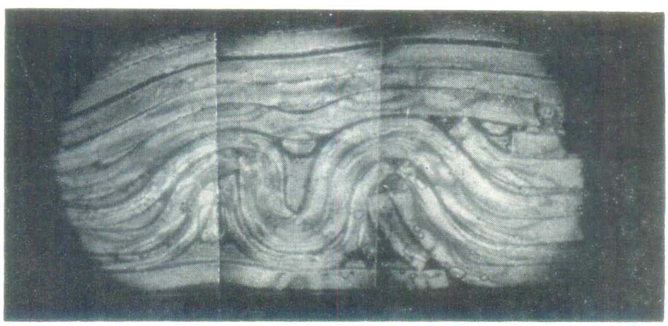
图版II-1. 不协调箱状褶曲形成过程(×1/5)



图版 II-2. 灰岩中劈理及顺劈理面发育的方解石脉(×20)



图版 II-3. 波状褶曲等色线(正交偏光镜下)(材料由明胶、甘油、水组成，×1/5)



图版 II-4. 箱状褶曲等色线(正交偏光镜下)(硬层由明胶、甘油、水组成，软层由乙基纤维和苯甲醇组成，×1/5)