

国外地质资料选编(十一)

变质岩层构造特征

(内部参考)

地质科学研究所情报所编译

一九七三年十二月

前 言

变质岩层构造的研究，是近年来国外地质工作中一个值得重视的方面。从目前我们阅读到的资料来看，当前有关变质岩层构造研究的文章日益增多，但多限于地区性的构造形态描述或成因探讨，或偏重于显微构造分析研究，而B·B艾兹的这篇文章比较系统地总结和介绍了变质岩层发育地区的构造特征及其工作方法，另方面作者对以往流行的许多传统观点进行了分析批判，并提出了作者自己与传统论点不同的新认识。作者对由褶皱作用产生的面状构造和线状构造，等斜褶皱，叠加褶皱等作了较详尽的描述。在变质岩层构造成因问题一章中，对以往使用紊乱的构造术语进行了探讨，对我们认识变质岩层构造有一定的帮助。当然，这篇文章中的一些观点是有争论的，同志们会根据我国具体地质条件批判地阅读。

在选题过程中曾得到马杏垣同志的指导，译校后，马杏垣同志在病中又细心复审了原稿，提出了许多宝贵的修改意见；在印刷过程中，得到保定市印刷一厂的大力支持，在此，我们表示衷心感谢。

由于我们水平有限，译校中可能存在不少缺点、错误，望同志们批评指正。

地质科学研究所

一九七三年十二月

内 容

关于变质岩构造的现代概念.....	(1)
变质岩层的褶皱.....	(5)
由褶皱作用产生的面状构造和线状构造.....	(14)
等斜褶皱.....	(17)
迭加褶皱.....	(23)
断裂构造.....	(34)
侵入体的构造特点.....	(38)
花岗—片麻岩穹窿.....	(39)
不同变质相条件下的构造特征.....	(41)
变质岩层构造的成因问题.....	(42)
一些方法问题.....	(49)

变质岩层构造特征

B·B·艾兹

变质杂岩的构造是复杂和困难的研究对象。众所周知,其困难是因为变质作用改变了岩石原来的面貌,结果在某些情况下,使一些不同的原岩实际上变得没有什么差别了,在另外一些情况下则相反,使原来相同的一些岩石变成了成份和面貌十分不同的岩石了。但是,在很大程度上,这些困难是由于构造作用引起的,构造作用使得变质岩层形成了通常为未变质岩层所不具有的构造。与构造作用同时可能产生的岩石再结晶作用助长了大规模形变的发育,并形成了十分复杂和强烈的褶皱,而且常常引起岩石内部构造的完全重建。此外,大部分变质岩层是经过长期而复杂地质发展史的古老岩层,而且它们所形成的构造常常具有几个不同构造作用阶段的痕迹。

缺乏确定地层时代的生物化石通常十分强烈地影响了变质杂岩的研究方法。在变质岩地区实际上不可能根据地层资料去控制构造。相反,查明变质杂岩之间的空间构造相互关系已成为确定变质岩层原来层序的主要方法,而且它常常是唯一的方法。

由于上述原因,人们对大多数变质杂岩的构造研究得很不够,而且也绝不能认为其研究方法是很完善的。在各地不同地层内所观察到的不同构造特性不可能作为适用于任何情况下的普遍规律。然而各地质学家在研究变质杂岩构造方面都积累了很多经验,本文试图综合这些经验并作一些总结。

关于变质岩层构造的现代概念

关于变质岩层的构造现在存在两种完全相反的意见。一种意见认为,变质岩层的构造比未变质岩层的构造要复杂得多。另一种意见则相反,认为,变质杂岩,特别是古老深变质杂岩的变动比褶皱区的沉积岩及火山岩层简单得多。在研究变质杂岩的早期,即以纯粹的岩石学方法研究为主时,关于构造的概念只限于说明,在许多露头上观察到的褶皱是相当复杂的。以后,随着中小比例尺的地质测量的进行,就产生了相反的意见,认为,变质岩层的错动比早先认为的要简单得多,而且认为只是那些使简单的大型构造复杂化的小褶皱才是复杂的和紧闭挤压的。

这个结论是根据广为流传的关于变质岩层的结晶片理和次生条带通常是平行于它的原生层理的概念而来的。有些人在许多地区测量时发现,无论是片理还是不同变质岩的界线(片理在很长距离内实际上是平行这些地质界线的),形成了形状相当简单的和平缓的大型褶皱,其强度远远不如未变质岩层的褶皱构造。

在认为变质岩层构造简单的概念中同时存在着矛盾的地方。姑且不谈是否可以把大型构造形态称做简单的构造(如果这种简单的大型构造被许多复杂的小褶皱复杂化了),那末,为什么在平缓的大褶皱两翼会形成最强烈的小褶皱,甚至等斜褶皱,在这些变质岩

层中广泛发育的岩层透镜体化和香肠化现象是怎样产生的。根据褶皱是简单平缓的概念绘制的地质图,其分出的组的成分特征一般是十分不固定的。剖面沿走向的迅速变化常常表现得如此强烈,以致根据我们已经知道的沉积岩和火山岩层堆积作用的过程是很难解释这种变化的。不足为奇的是,不同研究者在同一地区所分出的组是完全不一样的,在不同研究者的描述中或在地质图上表现出来的“简单构造”本身也表现得如此不同,甚至令人不解;如果构造确实是简单的,怎么可能会出现这种情况。

图1列举了不同研究者在同一个科拉半岛西南地区根据中比例尺或大比例尺测量所编制的一些地质图。一种意见认为,这是一个被横褶皱复杂化的向北倾斜的单斜构造(见图1、e)另一种画法中则表示是一个向南倒转的向斜(见图1、d),而在第三种画法中又变成了被一个背斜分隔的两个向斜,而这个背斜却分布在第二种画法中的向斜轴部位置上(见图1、a)。很显然,这绝不是偶然的,而是由于某种十分重大的原因而造成不同研究者对同一地区的构造有如此不同的解释。

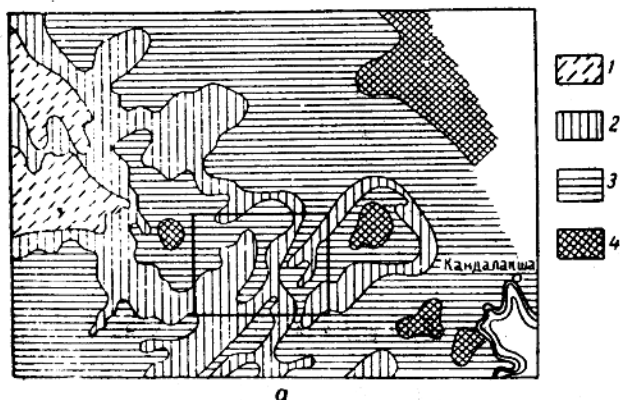


图1 科拉半岛坎达拉克沙山地区的示意地质图

a—Д.Т.米沙列夫等人编制的图(1960年)。

1—白海杂岩的未划分的片麻岩; 2—爱赫斯层; 3—赫托拉恩宾层; 4—克列特斯层;

近年来又开始出现了对古老变质岩层构造作完全不同描述的文章。他们经常发现,在以前认为是大型平缓褶皱或大型单斜构造的地区,实际上广泛发育着从几厘米到几公里不同规模的紧闭挤压褶皱,而且常常是等斜褶皱。对于这类褶皱无论如何再也不能叫做“不大复杂化了”,而且在地质填图时也绝不能忽视它了。例如,我们可以把图1和图2(后者是根据同一地区的详细地质测量编制的)对比一下,从对比中可以清楚看出,为什么图1中几幅图彼此会不同,因为他们在填图时没有现在图2中很明显看到的狭窄的紧闭挤压褶皱。因此就把该区的构造看成了比实际情况简单得多了,尽管每人对其简单性的认识有所差别。

研究程度愈详细就愈会发现,大型褶皱并不是简单的,而是十分复杂的紧闭挤压褶

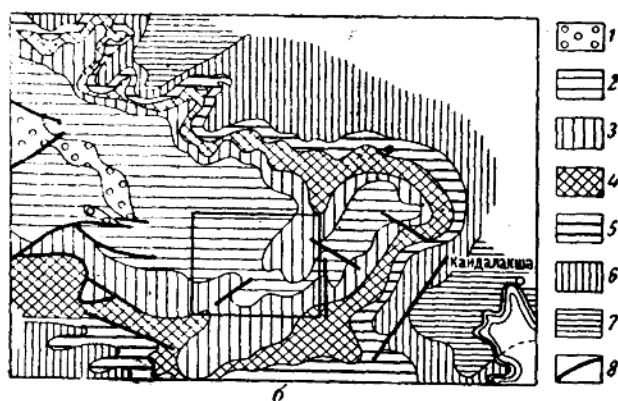


图 1 Г—В. Л. 杜克等人编制的图, (舒尔金等人, 1962):

1—延斯克组; 2—坎德斯组; 3—卡伊塔遇德罗夫组; 4—克尼亚古布斯组; 5—丘宾斯克组; 6—晏赫斯克组; 7—赫托拉恩宾组; 8—断裂。

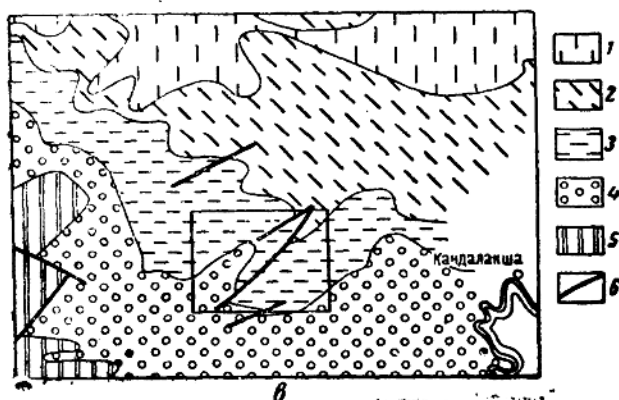


图 1 В—Н. В. 戈尔洛夫编制的图 (1967)

1—谢伊廷斯克组; 2—列戈拉特温斯克组; 3—卡斯辛斯克组; 4—延斯克组; 5—克鲁托戈尔斯克组; 6—断裂。

以四方框表示图 2 的范围

皱。以变质岩层发育的下列不同地区为例, 如北美、斯堪的纳维亚地区、澳大利亚、新西兰、格陵兰的前寒武纪的或者苏格兰和挪威的加里东构造带还是比利牛斯山和阿尔卑斯山的海西构造带的变质岩层, 都存在这种情况即最初认为这些变质岩层发育地区的构造很简单, 以后经过进一步研究和资料的积累否定了原来的看法, 确实认为这些岩层构造是特别复杂的。

许多变质岩层不是经受一次, 而是多次褶皱作用在许多地区已经得到证实。同时应指出, 比较早期形成的构造, 在后来的构造作用下, 常常被掩盖到无法认识的程度。

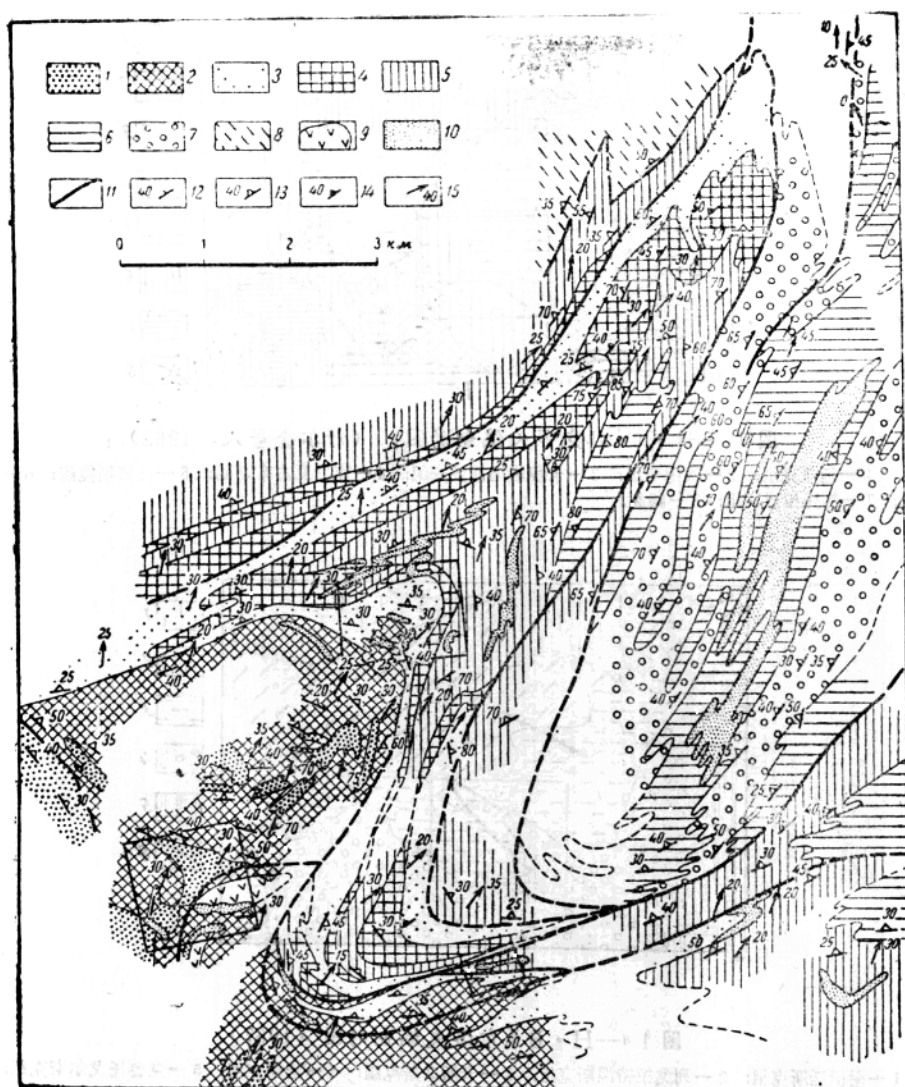


图2 坎德河(科拉半岛)盆地构造示意图

Л.Е.加费特, В.В.艾兹1967年利用Т.М.格普特涅尔等人的资料编制。

1——“赤褐色”黑云母片麻岩, 常含有石榴石及蓝晶石; 2——黑云母及角闪——黑云母条带状片麻岩; 3——“赤褐色”蓝晶石——石榴石——黑云母片麻岩; 4——黑云母——角闪石无条带片麻岩; 5——“赤褐色”蓝晶石——石榴石——黑云母, 石榴石——黑云母及黑云母片麻岩; 6——具角闪岩及角闪——黑云母片麻岩 夹层的黑云母片麻岩; 7——“赤褐色”具角闪岩夹层的石榴石——黑云母片麻岩; 8——黑云母片麻岩; 9——辉长岩; 10——角闪岩; 11——断裂; 12——角闪岩中的条带; 13——片理及倒数第二阶段的小褶皱的轴面; 14——最后阶段的小褶皱轴面; 15——褶皱的脊线。

四方框的范围已画在比较大的图7及图23上。

已经查明结晶片理不是沿层理发育，而是平行褶皱轴面发育，如果在大多数露头上发现片理和层理平行，即表明，它与紧闭挤压褶皱有关。因此，目前已经明确，变质杂岩的地质特点不仅表现在岩石的成分和结构上有很大的改变，而且在构造上也表现出特殊的型式。

总结近年来的工作，变质岩层具有下列的基本构造特点：1），褶皱的形态和空间位置极其多样；2），褶皱极其不和谐；3），褶皱的多级组合；4），紧闭挤压，等斜褶皱的发育；5），存在有倒卧褶皱或脊线陡倾的褶皱；6），不同阶段、不同型式的褶皱叠加，有时，比较早期的褶皱构造完全模糊不清；7），由于岩石的构造变动形成了平行褶皱轴面的新的面状构造（片理和变质条带）；8），有大量的断裂构造；9），存在有规模不等的构造透镜体。

变质岩层的褶皱

褶皱的主要几何要素。在开始描述变质岩层褶皱构造特性之前，首先应该确定一些术语的含义，因为有些术语在构造地质学指南中不是没有谈到，就是具有不同的理解。

褶皱是指由于构造形变所形成的任何地质面的弯曲。不仅岩层面可弯曲，而且断裂面，劈理面，岩脉以及侵入体的接触面等也可弯曲成褶皱。从这一定义可以得出，不是所有的弯曲面都可以叫做褶皱，因此应当查明，弯曲面的形状是否确实是形变的结果。要回答这个问题不是经常都很容易的，因为，例如侵入体或岩脉的弯曲边界可能其形成时就是弯曲的。也可能是由于受后来的构造作用而造成了弯曲。

当不是一个面，而是许多面以同样形态弯曲时，那么这种弯曲无疑地应属构造形变性质的弯曲，而且有理由推测，这些面原先或多或少是平的而且是相互平行的。在大多数情况下确实存在这种情况，因为层面、劈理面以及片理面经常弯曲或褶皱。

褶皱的脊线是指褶皱面最大弯曲的点所连结成的直线。对于转折端宽阔的褶皱，其脊线位置可假定，它是通过褶皱转折端的中部来确定。不过，后者不是那么重要的，因为对小褶皱来说，重要的实际上不是脊线位置，而是脊线方向。因为在一定距离内，每一个褶皱可以看作是圆柱状的，那么，它的脊线经常平行于所形成的这一圆柱面。如果原先的一系列平行面被弯曲成褶皱（这是经常存在的），那末，在其中每个面上所划出的褶皱脊线则应是相互平行的。

褶皱的脊线常常也叫做褶皱轴。但是不应使用褶皱轴这一术语，因为这个术语既适用于平行脊线的任何一条线，也适用于轴面与水平面相交的直线。

褶皱脊线的空间位置是由倾伏方位（脊线向水平面投影的方位）及倾伏角所决定的，脊线的位置是褶皱的重要特征，因为脊线的位置在大面积范围内是一致的（如果没有遭到叠加褶皱的破坏），而且根据小褶皱脊线位置的测量就可以判断在地质图范围内占据一定位置的比小褶皱大得多的大型褶皱脊线的位置。

如果弯曲的半径不大，而且在褶皱转折端的弯曲面保存完好时，那末，测量小褶皱脊线的倾伏方向和倾伏角是不太困难的。为了更准确地测量脊线倾伏方位，可用一个平板（例如野外笔记本）垂直放在脊线上，罗盘的长边靠着平板进行测量（图3，a）。脊

线倾伏角采用通常使用的方法测量。

如果转折端的面保存不完整时，那末，开褶皱的脊线位置可以根据岩层和某一平面的相交线在褶皱两翼所构成的平行线来确定，因为这些平行线和脊线的方向是一致的（图3，б）。根据褶皱两翼产状要素测量的结果也可以查清脊线的位置，因为对圆柱状褶皱而言，脊线平行于两翼延长的相交线（图3，e）。在极射赤平投影网中，脊线的位置由代表褶皱两翼位置的大圆的相交点所决定。不应当在厚大致密岩层内似乎认为有脊线的分布就去估计脊线的大约位置，这样可能会犯很大的错误。

通过所有褶皱岩层的脊线的面叫做轴面。在局部情况下，它可能是平面，这时就叫轴平面，有时候，轴面位置等于褶皱两翼之间的夹角的平分面。但这个定义只适用于只有一个层面弯曲成褶皱的那样的褶皱，也适用于褶皱两翼岩层厚度相同的对称褶皱。但是，这个定义完全不适用于非对称褶皱，因为在这种情况下，弯曲成褶皱的每一个岩层都具有自己的轴面，对整个褶皱来说，不可能划出它的轴面（见图3，ж）。

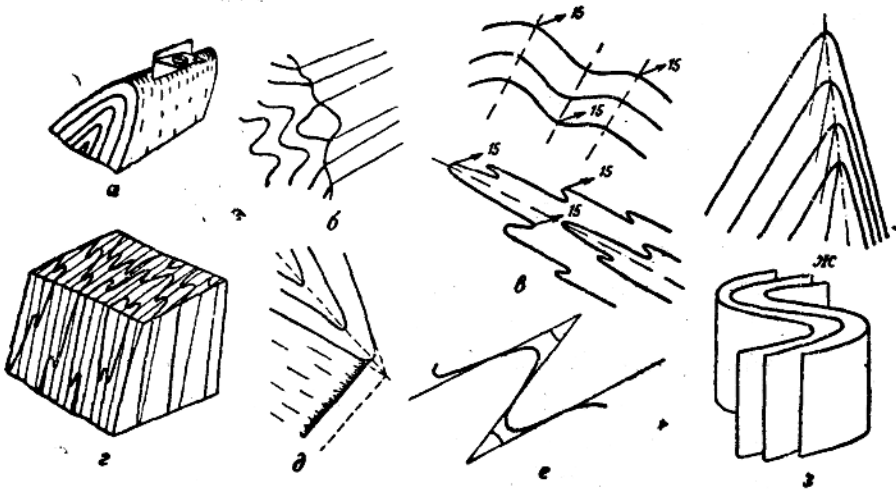


图3 褶皱的基本要素

а——测量脊线的倾伏方向；б——根据褶皱不同翼岩层的平行出露间接确定脊线的位置；в——脊线方向相同，但轴面方位不同和挤压程度不同的褶皱；г——平行褶皱轴面的劈理；д——根据任意断面上的轴面痕迹以及根据脊线确定轴面的位置；е——根据两翼之间的夹角估计褶皱的挤压程度；ж——不对称褶皱两翼之间的夹角的等分面与其轴面不一致的情况；з——具垂直脊线的褶皱。

知道褶皱轴面的位置（倾向和倾角）对于正确认识构造特征是十分重要的。正象图3，e所看到的那样，脊线空间位置一致的褶皱可以具有不同的意义，而且在构造中的位置取决于褶皱的轴面是如何分布的。如果褶皱是由原来水平层理所构成，其轴面大致处于近似垂直的位置，如果一个褶皱其比较早期的劈理面也被弯曲时，这个褶皱的轴面将具有完全不同的空间位置，因为劈理本身形成在接近垂直的位置上。当垂直面弯曲时，也可以产生轴面垂直的褶皱，但是，这个褶皱的脊线将不是水平的，而是直立的（见图3，з）。

如果劈理或片理平行轴面发育时,利用直接测量方法就很容易确定小褶皱轴面位置。应当通过两个断面的观察,即横切褶皱脊线(不一定严格垂直脊线)及顺脊线(但是要切割轴面)的断面证实它们的平行性(图3, 1)。这时的任务就是测量常常由于风化作用而出露完好的劈理面,片理面的位置。

如果直接测量不可能,轴面的位置就可以在极射赤平投影网上根据测量脊线的位置及不平行脊线的任何一个断面上轴面痕迹来确定(图3, 2)。测量轴面形迹的空间方位的方法和测量脊线位置的方法一样。当轴面形迹呈水平,而脊线倾伏方向垂直它的走向时,轴面的位置就可以直接测量确定,不需要其它辅助方法。

如果褶皱的两翼大致呈直线,而褶皱又是对称的话,那末轴面位置可以根据测量两翼的产状要素来确定,因为对这种褶皱来说,轴面是褶皱两翼夹角的等分面。

由于确定脊线和轴面的位置很重要以及由于测量的技术设备不完备可能出现错误,在进一步使用这些资料以前,先在极射赤平投影网上以不复杂的图形验证一下它们是否重合是很有益的,因为,褶皱脊线总是处在轴面上。如果资料出入很大,就应该放弃它,如果需要,应重新进行测量。

还有一个褶皱的数量特征可用于判断褶皱的挤压程度,挤压程度是用褶皱两翼间的夹角平均值来确定(见图3, e)。当然,这一特征不可能解决所有各种各样的褶皱形态,但可以使褶皱绘在图上时能有一个统一的数量概念。为了查明所测量的脊线和轴面属于哪种褶皱,即属于平缓开褶皱还是等斜褶皱,所以,测量两翼之间的夹角是必要的。

两翼之间的夹角无需准确测量,因为对不和谐褶皱来说,两翼之间的夹角,从这一层到另一层,从这个褶皱到另一个褶皱一般是有变化的。用肉眼大致确定它的平均值就够了。应该尽可能在垂直脊线的断面上估计它的大小。

在变质杂岩构造地质学中常使用褶皱镜面这一概念,褶皱镜面是指环绕能观察到的褶皱的综合面。测量褶皱镜面使我们有可能判断该露头上的面状构造揉曲成褶皱的总的平均位置,为此目的,只是测量每一个小褶皱两翼产状要素的资料是不适宜的。

为进行这种测量,露头范围内的褶皱镜面首先应该是大致近于平面的(否则这种测量和在单个褶皱的一个翼上进行测量一样,对该露头也不一定有代表性的),其次是测量镜面的那些小褶皱不应当如此支离破碎,因为在这些褶皱范围内不可能可靠地追索出揉曲成褶皱的面。对紧闭挤压褶皱来说,其转折端常常表现得不十分明显,而两翼又被许多断裂所破坏,在这种情况下,测量褶皱镜面位置的问题,一般说来是不好解决的。此外,褶皱镜面位置的确定可以表示出比其大一级的褶皱翼的产状。例如,在二到三米大小的露头上测得的褶皱镜面的位置可以表明10—20米大小的褶皱翼的方位,在偶然情况下也可以说明大小达上百米的更大褶皱的大体分界位置。因此,只有平缓褶皱适宜于测量镜面的位置,因为在这种情况下,有理由认为,褶皱镜面的方位在一定距离内是具有一定稳定性的。

为了可靠地测量褶皱镜面的位置,最好是弯曲成褶皱的面被风化后出露完整,或者是具有可以测量镜面走向的水平断面以及测量倾角的垂直走向的垂直断面。如果这些断面不存在,也可以利用根据两个随意剖面测定面状构造的产状要素的方法。

褶皱的形态类型。变质岩层常常具有这样的特点,即在不大地地区范围内可以看到各

种各样的褶皱形态。这些形态在未变质岩层发育地区是很少遇到的。虽然在变质岩层中遇到的所有的褶皱类型在其它的地质条件下也可能发现，但是，其中有些褶皱却是变质杂岩特别典型的褶皱。

现有的任何一种对变质岩层褶皱形态的分类目前还不能认为是完全令人满意的，但是，应该说还是存在有描述褶皱形态时多少是通用的一些术语。

我们将不叙述由单个岩层面所形成的那些褶皱的特征：褶皱规模，横断面的形态，挤压程度，转折端的形状，轴面位置，脊线倾伏方向，褶皱的延伸程度，褶皱在平面上的相互位置。描述这些特征的方法以及所使用的术语与所有构造地质学教程所叙述的没有差别。在这里我们只是比较详尽地描述褶皱横断面的形状特点，这些特点是与大部分由多层岩层所构成的褶皱构造有关。

只有对于在露头上能直接看到的那样大小的褶皱才易于测定它的横断面形状，我们下面将谈到的一些术语也正是适合于这类褶皱，但当资料充足时，在一定程度上这个术语也适用于地质图上所绘出的较大褶皱。横断面的形状是指褶皱在垂直脊线的剖面中的形态（当然这种剖面远非总是垂直于脊线的）。

在变质岩层褶皱中，只有少部分岩层（一般是较坚硬的岩层）在褶皱的两翼以及转折端保存着相同的厚度。因此，严格说来，任何一个褶皱都不是完全同心的。完全相似的褶皱所涉及的厚度也不是很大的，在相似褶皱里，由一个岩层形成的面，平行移动相等距离后，可以和另一个岩层所形成的面重叠。

在变质岩层中也可以遇到规模不大的箱状褶皱，在箱状这个词的一般含义上，这些箱状褶皱是没有脊线的。更准确地说，箱状褶皱具有两个脊线，因为在每一个褶皱里，它具有二个比较急剧弯曲的地方。可以把通过褶皱的中部平行两个脊线的面作为这种箱状褶皱的轴面。一些研究者把每一个箱状褶皱看作是轴面向相倾斜的一对共轭褶皱。

两翼平坦而转折端急剧骤变的一些小型褶皱叫做人字形褶皱。这种褶皱通常由具薄片构造的岩层所形成。在属于同一岩层的两个香肠之间的相邻岩层中形成的局部弯曲可以叫做香肠间褶皱。

上述术语一般适用于开褶皱。在变质岩层中广泛分布的强烈挤压褶皱具有一个很显眼的主要特征，这就是它们的褶皱两翼的位置近于平行。在没有详细研究它们的形态特点以前，一般应限于把这种褶皱叫做等斜褶皱。

任何一种类型的褶皱，如果在很大厚度范围内追索它，都可以是不和谐褶皱。褶皱的不和谐是所有褶皱构造的重大特征，但是，在变质岩层内，由于岩层的形变强度很大以及形变的不均一性，褶皱不和谐性表现得尤为明显。褶皱的不和谐性经常表现在不同成份的岩层或分层（相应地其性质亦不同的）在同一个褶皱中具有不同的形变（例如，在角闪岩中可形成复杂揉曲的片麻岩褶皱核，参见图4，a）。但是，有不少情况，褶皱的不和谐性却是成份单一的岩层所固有的，因为在这类岩层里，当岩层从一层向另一层变化时（或者从一个层状体向另一个层状体变化时），由于岩层的相互滑动以及在褶皱形成时岩层厚度的变化，所以褶皱的形态也常常改变（见图4，b）。经常也有这种情况，即同一岩层的形变如此多样，以致它的底板和顶板形成了完全不同的毫无联系的

褶皱（见图4，a）。

不和谐性不但广泛出现在一个露头上可以观察到的小褶皱里，而且也广泛出现在可以描绘在地质图上的大褶皱里。在后一种情况下，这种不和谐性可造成测区不同地段的构造形式极其不同。例如，在图2所描绘的地区西南部，很明显的有一个大型的轴面走向为

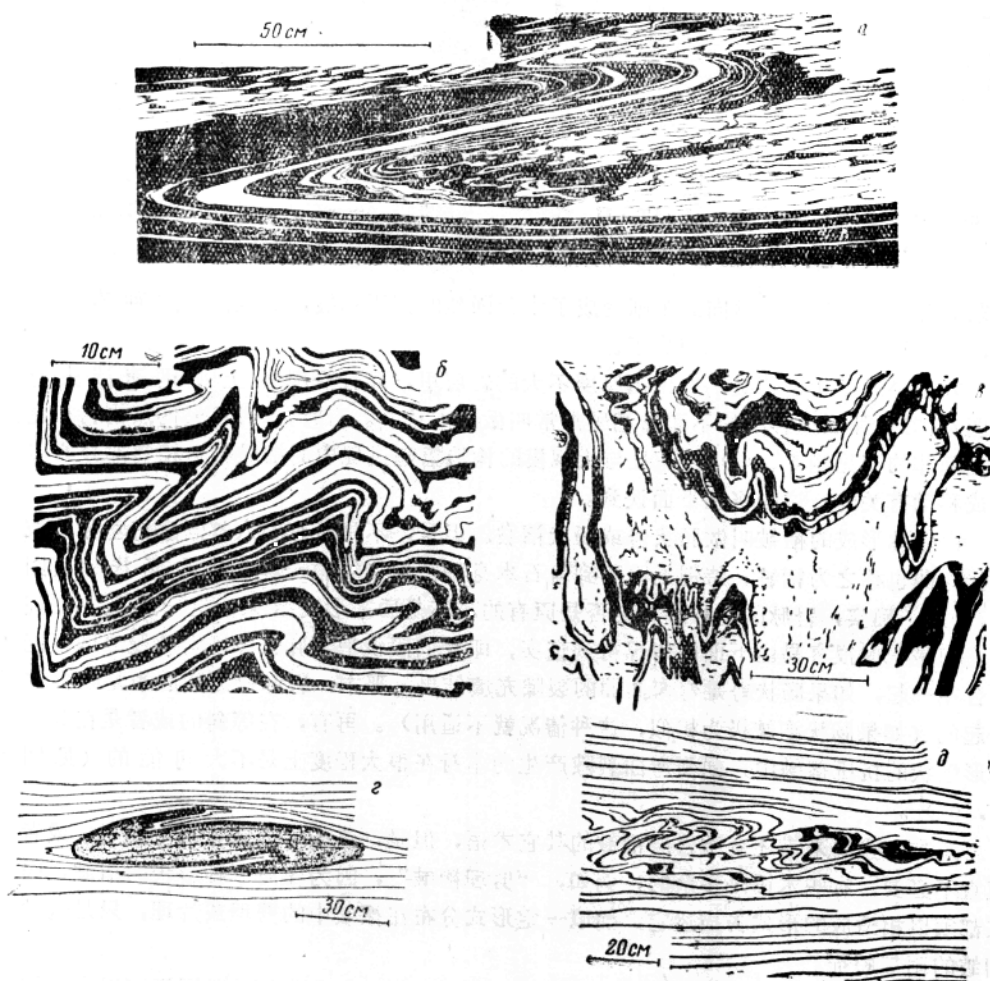


图4 不和谐褶皱

a——在角闪岩与片麻岩的交互层中（白海区北部），根据Б. И. 库兹涅佐夫摄影素描；b——在含铁石英岩中（挪威北部），根据赫尔辛基地质研究所的标本摄影；c——在混合岩化角闪岩中（芬兰南部），根据摄影素描；d——似是而非的“层内”褶皱（H. J. 特纳 L. W. 韦斯，1963）；e——层内褶皱（白海区北部），根据Б. И. 库兹涅佐夫摄影素描。

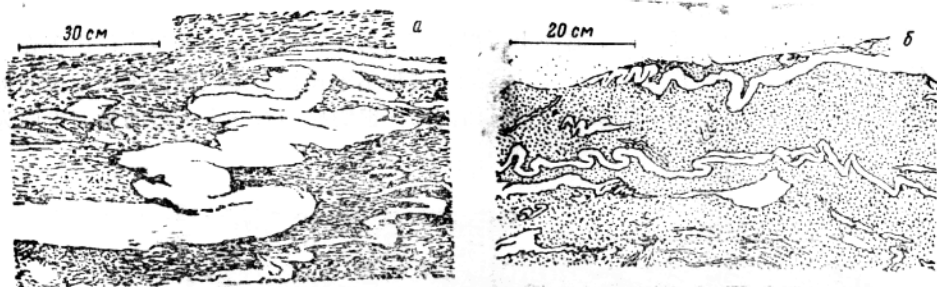


图5 由伟晶岩脉形成的肠状岩

a——在混合岩中（科拉半岛），根据T·M·格普特涅尔摄影素描；b——在细粒状片麻岩中（芬兰南部），根据摄影素描。

北东的开褶皱。这个褶皱向北东则变成了十分强烈的挤压褶皱，而且由于这种不和谐性，开褶皱在很大程度上已消失了。

如果小的不和谐褶皱，发生在厚度不大的岩层里，而且沿剖面上下迅速消失时（图4、a），那么这种小的不和谐褶皱常常叫做层内褶皱。有时，这种褶皱的层内特征是似是而非的（见图4、b），而且与大规模的构造重建过程中的褶皱构造相邻部分的切割或移动有关的，这些将在下面谈到。

由岩脉形成的褶皱叫做肠状岩或肠状褶皱。但是，不是所有的人都同意把岩脉的波浪状弯曲也称之为褶皱。特别是看不到岩石本身褶皱构造的均一岩石中的肠状岩（图5，a）。确实，岩脉的这种形状是否是原有的，还是后来形变结果，这一点还需要证实。但是一般很容易由下面的情况得到证实，即我们假设把岩脉去掉，岩脉壁之间不能吻合在一起，如果肠状岩是弯弯曲曲的裂隙充填结果，那末，岩脉壁之间应当是吻合在一起的（如果肠状褶皱极为相似，这种情况就不适用）。再有，在等斜的或者是在其它奇形怪状的挤压褶皱中，强烈弯曲裂隙产生的本身在很大程度上是不大可能的（见图5，b）。

还有一些用来描述变质岩层褶皱的其它术语，但是，这些术语或者很少使用，或者简直不必要。有些术语是多余的，例如，“劈理褶皱”，因为任何一种形状的褶皱，向来都须以相适应的形式去描述它，而以一定形式分布在褶皱中的劈理或片理，只是这种褶皱的附加特征。

我们所描述的形态术语只着重表明褶皱的不同特点。同一类褶皱甚至还可以有几种叫法（例如，有的还可以叫做同心箱状褶皱）。因此，上述所列举的术语不能看作是某种分类，因为变质岩层的褶皱形态分类（甚至不仅是变质岩层的）还有待进一步研究。

应当避免利用那些指示褶皱形成一定方式的术语去描述褶皱的形态，因为这样只会引起误会。将褶皱划为这种或那种成因类型的标准常常是不清楚的，模糊的，而且不同的人有不同的用法，有时用这些术语规定的褶皱形成作用一般来说都是值得怀疑的。因

此，在描述构造时，不允许使用如“压褶皱”、“弯曲褶皱”、“剪切褶皱”、“滑动褶皱”、“流褶皱”、“拖褶皱”、“压入褶皱”等诸如此类的术语。因为在使用这些术语以前，还必须查明所见到的褶皱的真正成因，而这一点远不是容易办到的。

在描述褶皱时使用形态描述术语比上述成因术语更准确、更完全而且具有同一意义。例如，较大褶皱两翼的小型不对称褶皱即相当于所谓的拖褶皱，具有明显劈理的类似褶皱即相当于“剪切褶皱”，岩层厚度变化很大及轴面方位不同和不固定的明显不和谐褶皱即相当于所谓的“流褶皱”。

在褶皱斜切断面上的观察错误。为了正确地判断褶皱的横断面形状，必须在垂直脊线的断面上观察它（甚至作素描图和照相）。如果断面是斜切的，那末观察者应当设法站在沿脊线方向观察露头的位置上，但是，这时得到的印象可能还会有些偏差。

在斜切脊线的断面中来观察褶皱时，如果不考虑到斜切位置，就会引起一系列的错误。在斜切断面中褶皱作用看来似乎比实际的要强烈，转折端的厚度也比实际的大。在弯曲的断面上可以看到似是而非的褶皱（但它实际上是不存在的），以及把褶皱构造误认为是类似角砾混合岩的构造等。在平行脊线的断面上，一般是看不到褶皱的，或者把产状看作是未曾破坏的（图3，6），或者是得出完全错误的概念。

如果为了正确评价褶皱的形状，在露头上，不能确定脊线的位置，为了解决从哪里能观察到脊线的问题时，则应该应用相邻露头上有关脊线方位的资料，因为这样可以帮助我们避免在任意断面上观察时所易产生的错误。

考虑到上述情况，根据地质图上所描绘的褶皱形态轮廓来评价其形态时应该特别小心，因为在地质图上，很少遇到垂直褶皱脊线的断面（只有当褶皱具有直立脊线时才会有这种断面）。此外，甚至在地质图上连褶皱轴面形迹的位置也不是那么简单能确定的，因为最大弯曲度的点在垂直褶皱脊线的断面中，和在图上通常能遇到的斜切断面中是不相符的，因此，根据图上地质界线的弯曲所绘出的轴面形迹方向与轴面真正走向的方向是不同的。

不同规模的褶皱组合。在非变质岩层中大褶皱被小褶皱复杂化的现象虽经常遇到，但是，其分布一般没有那么广泛，研究其构造也不那么困难。在变质岩层中同时发育有好几级褶皱，而且这是具有原则意义的现象。当观察每一个露头时，都可以遇到这种现象，在露头上常常可以见到2—3级的褶皱，其大小从几厘米到几米（图6）。经过详细地质填图后还可以查明大小从数十米至几公里的几级更大型的褶皱（图7、图20）。

由于存在着几级的褶皱组合，常常在大型褶皱的转折端处看不到岩层明显的转折。由于大褶皱被小的及最小的褶皱复杂化，褶皱转折端的地质界线十分弯曲，有时呈锯齿状，这些特征在研究地区采用比例尺愈大，就愈看得比较清楚（图2、图7）。当褶皱是紧闭挤压时，在转折端实际上不可能碰到横切褶皱轴面形迹的产状，但是，这与褶皱本身存在是不矛盾的。

当小褶皱广泛发育时，大褶皱可以看成是环绕这些小褶皱的面。在这种情况下，大褶皱的形状及其要素的空间位置可以说在一定程度上是假定的，因为，这种褶皱严格说来是由想象的平面构成的，这个想象的平面与真正的地质面（层理，片理等）不一致。然而，这些想象的平面具有完全确切的构造含义，也正是这些想象平面在地质图上



图6 混合片麻岩中几级小褶皱的组合(科拉半岛)。根据T·M·格普特涅尔摄影素描。

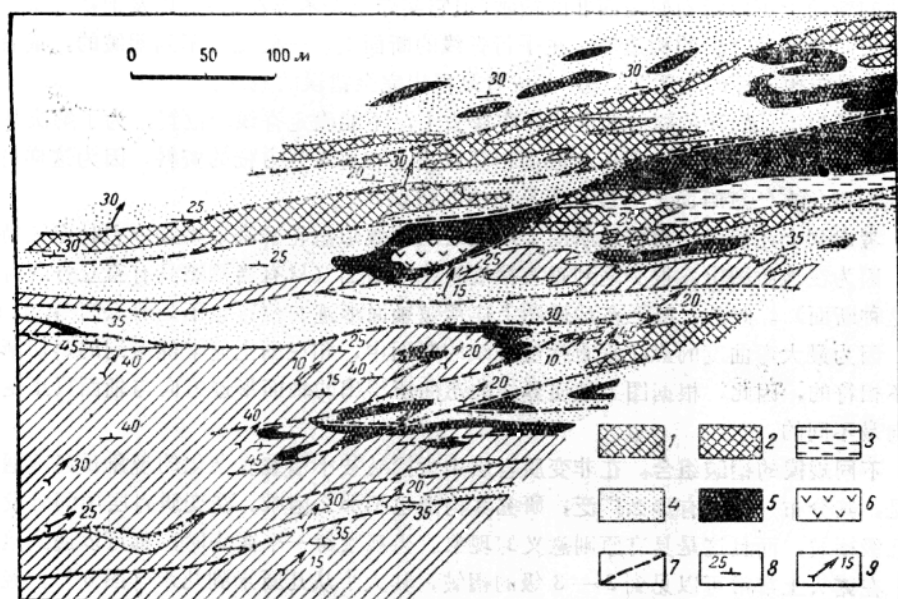


图7 大型的迭加向形褶皱南翼地段的地质构造示意图(见图2)。B·B·艾兹编制(1964年)

1——灰色含石榴石黑云母片麻岩；2——灰色黑云母片麻岩；3——淡色含少量黑云母及白云母片麻岩；4——“褐色”黑云母片麻岩，常含石榴石及蓝晶石；5——角闪岩；6——辉长岩；7——断裂；8——条带和片理的倾向及倾角；9——褶皱脊线的倾伏方向及倾角。

具有一定的表现，地质图的比例尺一般只允许描绘综合的，比实际简单的地质界线位置。

详细研究有可能查明同一时代的小褶皱和大褶皱相互间的一些规律(虽然象我们看

到的那样，大褶皱常常是概括或综合的）。首先，大褶皱和小褶皱横断面形状在一定程度上的相似是十分普遍的。如果大褶皱强烈挤压，那末，大部分使大褶皱复杂化的小褶皱也是强烈挤压的。相反，大的开褶皱一般也被小的开褶皱复杂化。在大的构造形态中褶皱和断裂的组合，一般在小的构造形态中也同样具有。照L·W欣克斯曼的说法就是“一个地区的总的构造情况常常完全反映在几平方英尺的露头上”。

当然，不能说大褶皱形态和小褶皱形态在所有方面都是丝毫不差的相似。很尖的挤压褶皱在转折端可以被小的、十分开阔的褶皱复杂化；在直立对称褶皱的两翼常常发育着细小的不对称倾斜褶皱；在可塑性较大的一些岩层内的小褶皱可以和相邻较坚硬的岩层中形成的大褶皱不同。但是，大褶皱和小褶皱形态相似的这一总趋势无疑是存在的，而且，它对地质人员在野外工作时有很大帮助。

同时形成的大褶皱和小褶皱不仅其形状相似，而且更重要的是其空间位置也相似。大褶皱和将其复杂化的小褶皱轴面大致呈平行分布。当褶皱被挤压的愈紧密，两者的轴面愈接近于平行分布。对于两翼夹角很大的十分开阔的褶皱，两者轴面位置不是完全相互平行的，而是偏离很大。在这种情况下，小褶皱的轴面从褶皱的核部呈扇状散开，只是有时，个别小褶皱的轴面向另一个方向偏斜，即向褶皱的顶部偏倒。

同时形成的大褶皱和小褶皱的脊线自然也是互相平行的，因为大褶皱是小褶皱的环包面。

有时候因下述一些情况可造成这个定律发生偏差，如由于褶皱构造的不和谐以及褶皱形状沿其走向有变化，有时可造成一些小褶皱脊线本身相互之间不是严格平行的。但是，总的说来，这个定律是完全正确的，根据这个定律，就可以通过对小褶皱的观察去判断大褶皱的脊线以及轴面位置。

但是，也存在着不同的意见，认为，在变质岩层中大褶皱通常不完全相似于小褶皱，因为它比小褶皱简单得多。然而，绝大多数的研究者，对不同级别的褶皱的相互关系进行十分详细的研究之后均得出了这样的结论，即在同一个褶皱构造中，同一时代的不同规模的褶皱，其形态，空间方位以及和不同类型断裂的相互关系是十分相似的。观察证明，这个观点是完全正确的，至少这对从最小褶皱到幅度达上公里的褶皱来说是正确的。在这个范围内，比较小的褶皱型式和空间位置总是和比较大的褶皱相一致。

显然，不能将这种相似扩大到任何规模的褶皱，因为不能预料，整个地壳以及上地幔都和地壳内的个别岩层一样都形成褶皱。我们现在不涉及这种规模的构造。

对大褶皱和小褶皱这种相互关系的认识具有很大的实际意义，因为每一个野外地质人员，在他取得描绘在地质图上的大构造概念之前，必须和每个露头打交道，但在这些露头范围内所能见到的只是相当小的构造形态。因此，研究小构造形态就具有好几个目的。首先，只有当我们知道了大构造和小构造的相互关系时，才可以论述大构造的特征。对不同规模的褶皱和断裂组合在一起的复杂形态的研究方法是对未被小褶皱复杂化的简单形态的研究方法有很大区别。如果对复杂的大褶皱构造确实了解清楚了，那么这就说明已掌握了大褶皱由小褶皱构成的规律。其次，由于成因上有关的大构造和小构造的形态在成因上是相似的，所以根据对小构造和断裂的研究就可以推测较大构造的形态特征和空间位置。再有，对小褶皱形态的观察可以对描绘在地质图上的大构造形态补充一

些新资料以说明大构造是如何向深部延伸的以及它们与较小构造是如何组合的，因为这些小构造规模很小不可能描绘在地质图上。

在研究小褶皱时，应该十分仔细地处理由岩脉形成的那些褶皱要素的测量结果。岩脉常常褶皱成这样的褶皱即其方位与由围岩面状构造组成的褶皱是一样的（例如混合岩化片麻岩中的伟晶岩脉和片理）。但是，岩脉也可以以一定角度切割面状构造，因此，由岩脉形成的褶皱要素可能和围岩的褶皱要素不平行。

由褶皱作用产生的面状构造和线状构造

变形岩石的构造变动可引起岩石形成新的早先不存在的一些构造，如劈理，片理，次生条带以及各种线状构造。

面状构造。劈理在很大程度上也是非变质岩层所特有的。关于劈理的描述在 M·A·岗恰罗夫所著“劈理”一文中已有详细论述。在这里只提示一下，各种类型的劈理归根到底是密集的岩石的分割面，这些分割面总的来看或者与褶皱轴面大致平行，或者相对于褶皱轴面大致对称地分布，向褶皱的核部聚敛或散开。

关于片理（或者针对结晶片岩和片麻岩人们常说的“结晶化片理”，“片麻理”，“似片麻理”，“页理”）的实质和构造位置的意见很不一致。一部分人认为，“劈理”和“片理”这两个术语所表明的概念完全相似，没有必要把它们单独分出。另一部分人则相反，他们认为，片理与劈理是具有原则差别的现象，并认为，片理基本上是平行层理发育的。

在标准情况下，片理和劈理各具有明显的特征：片理是岩石中的片状矿物颗粒的平行分布，在具典型劈理的岩石中（通常是变质微弱得多的岩石），片状矿物颗粒的平行分布或者不明显（在任何情况下用肉眼观察），或者完全不存在。此外，片理，特别是片状矿物不多以及变质很深的岩石中的片理，不是任何时候都同时出现有易于劈开的平行面。根据最近对变质岩层的研究认为，不管是片理（指的是次生的，结晶化的片理）还是劈理总是直接与褶皱作用有关的，片理也和劈理一样，大致平行于褶皱轴面分布，而完全不是平行层理的（图 8，a、e、i）。多半沿片理面发育的不同类型的变质条带（在这里不是指继承原生层理的条带）通常也具有这样的分布规律（图 8，6）。

鉴于劈理，片理以及变质条带的构造位置有一个共性，因而在有关变质岩层构造地质学的现代文献中通常把这些概念合并统称为“面状构造”。

为什么会产生片理与层理平行的概念现在已经清楚了。变质岩层的特点是广泛发育有紧闭挤压褶皱，该褶皱两翼几乎相互平行，相应地也大致平行于褶皱的轴面。因此，平行轴面所产生的新的面状构造实际上与褶皱两翼的方位是一致的。由于这样，在大多数露头上片理和层理是平行的，只有在褶皱转折端可以看到它们相互切割的情况。由于在褶皱转折端，片理不是经常都切割岩层，而是当转折端弯曲时常常和岩层一起形成褶

※原文载于：Очерки структурной геологии сложно дислоцированных толщ