

说 明

为了适应我国变质岩地区构造研究工作的需要，我们选编了部分国外有关变质岩层构造方面的资料，分二部分出版，第一部分为“变质岩层构造特征”（国外地质资料选编十一，已出版）。

本选编为第二部分，着重介绍国外一些变质岩发育地区的构造地质资料及某些工作方法。由于我们水平有限，选编中一定有不少缺点、错误，望同志们批评指正。

本选编由河北省香河县印刷厂印刷，在此表示谢意。

地质科学院情报所

一九七四年十一月

目 录

1. 用构造序列对比苏格兰外赫布里底群岛前寒武纪片麻岩
.....A·M·霍普古德 D·R·鲍斯(1)
2. 前寒武纪的两种构造类型: 片麻岩褶皱卵形隆起及片麻岩穹隆
..... Л·И·萨洛普(22)
3. 混合岩区大型迭加褶皱的分析..... K·纳哈 P·马克吉(41)
4. 美国怀俄明州温德河山脉特里沃特斯地区的同造山层状混合岩
..... R·G·沃尔(81)
5. 区域变质杂岩构造演化的某些共同规律..... Ю·B·米耳列尔(79)
6. 外赫布里底群岛哈里斯岛西部晚拉克斯福德花岗岩-混合岩杂岩体
.....J·S·迈尔斯(86)

用构造序列对比苏格兰外赫布 里底群岛前寒武纪片麻岩

A.M. 霍普古德

D.R. 鲍斯

节 要

苏格兰外赫布里底群岛的明古莱、巴腊、南维斯特、本贝库拉、北维斯特、哈里斯和刘伊斯等岛前寒武纪片麻岩的构造序列已经确定并进行了比较，而且将这种序列作为对比的依据。在宽达200公里的造山带里，在所研究的每一个地方，已确定一个至少有六个褶皱幕（ F_1 — F_6 ）的序列。识别出的最早褶皱（ F_1 ）为层内的且与主要片理同时形成的等斜褶皱。 F_2 为紧密到等斜褶皱， F_1 和 F_2 褶皱的方向非常多变，这在经受强烈的多幕变形的岩石中是可以预料到的。 F_3 是闭合的不对称褶皱，具有同构造期的矿物生长和与平卧轴面平行的石英长石脉。轴面和轴的方向多变。 F_4 为南东向、呈阶梯状的闭合或开阔褶皱，在倾斜较陡的轴面方向有平行的破劈理发育。 F_5 为东西闭合或开阔的直立褶皱，其垂直轴面控制了花岗岩和伟晶岩脉的上升。 F_6 乃是发育微弱的且轴面为北北东的开阔弯曲。在一些地方以垂直的走向北东东的破劈理为代表的第七组构造可能是造山作用很晚的一个微弱幕的表现。

每个变形幕形成的构造，一般来说，按形状，定向和发育程度几乎都是一样的。由此发现，可以相当有把握地将一个地区的序列与相邻地区的序列联系起来，这就证明用片麻岩中的构造序列进行对比的原则是行之有效的。

引 言

尽管不同年代和不同活动带的片麻岩之间多么明显相似，然而对非洲、印度、美国和苏格兰前寒武系地区片麻岩的研究均表明，这些片麻岩的构造序列具有各个地区的特征，並标志着片麻岩发育的造山带所具有的独特构造史。倘若有合适的露头，足以进行综合全部或大部分岩石构造和变质作用历史所必需的那种详细研究的话，这些序列彼此就可以区别。采用这一方法，能够相当可靠地将一个活动带不同部位片麻岩的相邻地段彼此进行对比，特别是如果除了能够确定构造-变质作用序列中一系列事件的相对次序並加以对比之外，还有地质年代证据使得这个序列中的特定事变之间可进行绝对年龄对比的话。

复合构造的方向是能提供片麻岩区所具有的那些构造-变质作用历史特性中的一个特征。这方向在很大程度上是由产生这些特征的外应力场的方向所控制。造山带越长，一个特定变形幕期间应力场的方向变化看来也就越大。烙印在这个格局上的另一些变化，是由控制构造发育的应力方向内部的局部差异造成的。因此，与产生于相距很远地区的构造相比，一个造山带同一部分形成的紧靠在一起的构造，其定向和形状似乎更显得相同。虽然单独应用形状对比并不是一种可靠的方法，因为它在很大程度上取决于早先存在的构造，但是某一对构造的形状与定向要是一起能精确对照起来的话，就能认为这一对构造具有共同的成因。构造要素组之间可以实行对照的地方，共同成因的可能性就大为增加。

用来建立这种序列的标准就是确定地质事件任一序列的那些基本标准，即：（1）被变形的构造比那些导致其变形的构造老；（2）横切构造比它们所切割的构造晚。因此，所观察到的像褶皱的岩性层理、褶皱的再褶皱、褶皱的叶理-片理以及褶皱的线理这样一些特征之间的关系是重要的（图1）。同切割早期构造的矿物生长一样，横切的小型侵入体的面状边缘以及它们与早期和（或）晚期形成的构造之间的关系是考虑中的其它特征。在单个露头上，鉴别存在着多至五个这样的连续幕的构造要素；在这种露头上，可直接确定它们的相互关系。同时褶皱干扰格局的发育是常见的（图1）。但是，情况往往是，当可看出一个特定幕的一些构造被另一幕的一些构造所变形时，有关的幕不一定是在完整构造序列中彼此直接相连的幕。因此，对所含有的特定构造要素的鉴别取决于对它们与附近露头上其它已鉴别的构造之间的关系的认识。

有如此多可利用的参数意味着，任意对比的可能性是极小的。因此，构造复杂性，即过去认为有碍片麻岩对比的这一突出特征实际上为对比提供了基础。片麻岩的构造、变质和岩浆活动历史越复杂，能被考虑的独立的和相关联的因素就越多，因此为进行可靠对比所提供的基础也就更牢靠。即使序列中一个特定事件的构造要素没有被识别出来，或者由于缺乏证据而不能明确断定它在该序列中的位置，这也不会明显降低对比的效果，而且其余所对比的事件通常是足以能够建立起一种毋庸置疑的对比关系。因此，在一个特定地区里，岩浆、变质或者构造事件缺乏显示，从本质上来说，对全面解释整个区域的地质历史可能并不重要。

在研究苏格兰外赫布里底群岛刘伊斯岛的构造史过程中采用了上述方法（图2）。这群岛屿如此分布以至提供了一系列分离却又相距不远的前寒武纪片麻岩露头，这些露头横越造山带而近于南北延伸200公里。大多数露头位于海边，沿着犬牙交错的海岸线，由于风沙和波浪作用，使岩石冲刷得很干净，这在大西洋西岸特别明显。根据这些露头，确定这个岛链整个范围内的构造序列是可能的，同时还可以发现各种不同构造表现方面的逐渐变化和定向方面的微小变化。该构造序列中的主要变化是：（1）那些由于一些构造特征加强而另一些削弱所引起的变化，这种变化被看成是总的应力场内小的局部变化引起的，（2）那些与认为是由造山带弯曲所造成的应力场定向的变更有关的变化，（3）认为是由于岩性、构造环境以及在特定变形时获得的构造几何学方面的局部变化所引起的褶皱形状的变化。基性火成岩的活动在时间、空间分布上都有相当大的变化——时间上，如火成岩体与该序列中构造要素之间的关系所表明的那样；空间上，

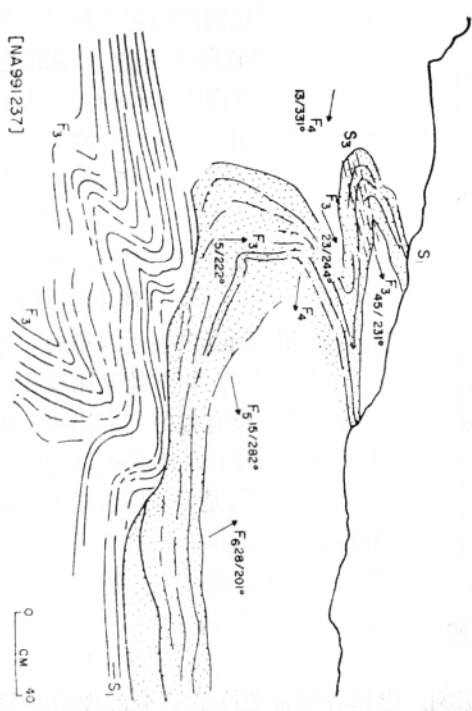
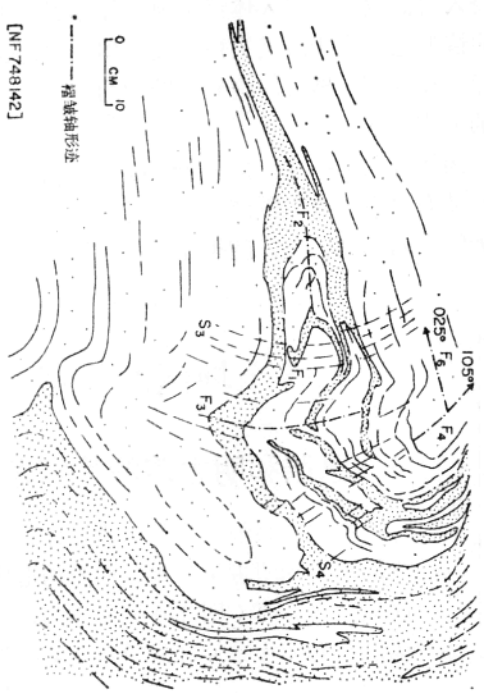


图 1。(a) 多幕变形片麻岩中的复杂褶皱格局，南维斯特 ([NF748142] 是代表国家座标网的符号—参看图 2)。
 (b) $F_3/F_4/F_5/F_6$ 褶皱干扰构造，刘伊斯西南部。

倾向于分散状，呈被片麻岩区分隔开的侵入岩群或小型侵入体群出现，片麻岩区中没有或很少有明显不整合侵入体存在。同样的情形也适应于酸性火成岩侵入体；比如像哈里斯岛和刘伊斯岛西南部贯入杂岩就是这样。在这两个地方，绝对年龄约为17.5亿年的花岗岩物质是在构造序列发展的晚期侵入的（表2）。

当确立以构造序列作为对比方法时，为了排除另一些可能因素，本文所陈述的全部观察和解释都是在赫布里底逆断层之下（赫布里底逆断层以西）构造部位的片麻岩里取得的，赫布里底逆断层包含上冲盘相当大的向西运动。这样就排除了由于逆断层引起的变形和旋转的任何影响。

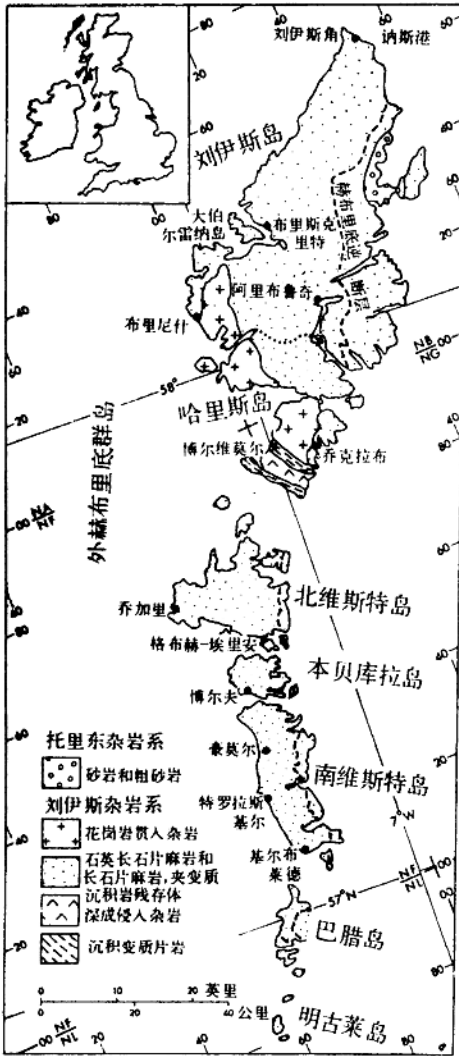


图2. 苏格兰外赫布里底群岛概略地质图。

整个产状又很少受到主要褶皱 F_1 和 F_2 的影响。巴腊和明古莱 F_3 构造分散度的差异是由于

各个地区的构造

巴腊和明古莱的片麻岩

本文的系统研究是以通过详细制图确定的巴腊和明古莱各种各样的构造序列的区域分布方面（图2）的知识为基础的。为巴腊和明古莱片麻岩所建立的构造序列的完全相似，反映在两个岛上褶皱起伏和线理综合图解（图3的g、h）方面极为一致。由于晚期褶皱引起重新定向，意味着相当于所识别出的两个最早褶皱幕（ F_1 和 F_2 ）的褶皱高峰在这个图解上没有显示出来。在定向和相对分散度方面，三个最大的集中相当于第3、第4、第5褶皱幕（ F_3 、 F_4 、 F_5 ），而最强的集中与走向近于东西的 F_5 相当。因为它们的形状很开阔，并且发育比较差，所以在野外对第6幕的褶皱（ F_6 ）难以观察出来，其构造要素的精确测定也是困难的。这说明对 F_6 褶皱取得的测定数据比较少，因此在定向图解上没有很好表现出来。但是，对明古莱岛主要片理和岩性层理产状的构造分析表明， F_6 是明古莱岛上表现最为突出的褶皱。这样一种极其开阔的构造表现得如此突出，是由于一种偶然的几何形态造成的。明古莱片麻岩大部分位于主要褶皱 F_3 的一个长而缓倾翼上，而 F_6 的整个产状又很少受到主要褶皱 F_1 和 F_2 的影响。巴腊和明古莱 F_3 构造分散度的差异是由于

F_4 和 F_5 在表现和强度方面的差异引起的，而将这两个岛 F_5 方向最大值之间相差 15° 看成是 F_4 构造与造山带应力场定向改变相结合而造成的干扰结果。

在巴腊和明古莱岛上，该序列中相继出现的褶皱幕（表1）是与愈益复杂的干扰格

巴腊—明古莱

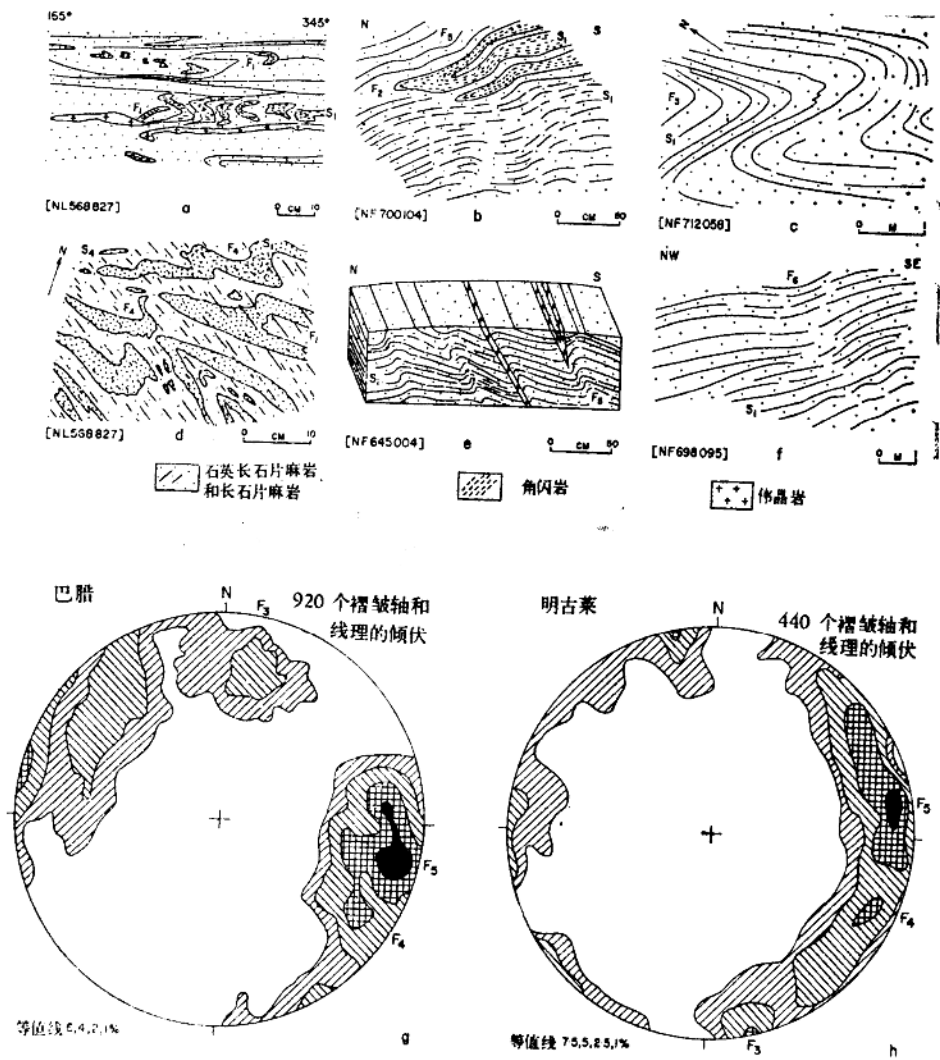


图3. 巴腊和明古莱岛的构造及其图解。

(a) 层内等斜褶皱 F_1 与轴面 S_1 ，明古莱；(b) 使 S_1 变形并受 F_2 褶皱影响的等斜褶皱 F_2 ，巴腊；(c) 使 S_1 变形的不对称褶皱 F_3 ，巴腊；(d) 影响 F_1 和 S_1 的开阔到封闭褶皱 F_4 ，具轴面构造 S_4 ，明古莱；(e) 直立、开阔的褶皱 F_5 ，其中在脊线带有石英长石脉侵入，巴腊；(f) 开阔对称褶皱 F_6 ，巴腊；(g) 920个褶皱轴和线理的倾伏，巴腊；(h) 440个褶皱轴和线理的倾伏，明古莱；

局共生的。褶皱本身在几何形态方面的复杂性逐渐减低，最后形成的褶皱在形态和定向上最规则（图3）。这些关系，即岩石中正常出现的多幕变形，在整个赫布里底群岛到处可见，要是每个变形幕的强度可供对比，那么晚期形成的褶皱总是比早期形成的褶皱更容易辨别，无论是在野外还是在轴向的组构图解上都是如此（参照图9）。同样，晚期形成的褶皱是直立的，而较早形成的褶皱是趋向于倾斜的、倒转的或平卧的，其中最早形成的褶皱通常十分紧密或等斜。主要变质矿物的生长是明显穿插的，是沿 F_1 轴面生长的，出现的相应特征是产生清楚的片麻状条带和原地花岗岩脉，这种花岗岩脉就使得某些片麻岩具有混合岩的面貌。 F_1 褶皱是层内的，普遍无根，一般为紧密到等斜状。 F_2 褶皱一般也是紧密到等斜的，但它们使主要变质矿物的生长发生变形，其脊线发生弯曲而不是变尖。大多数 F_3 褶皱是不对称的，许多褶皱具有较大的规模，而且发育着沿轴面生长的矿物（ S_3 ），这在脊线带里特别突出。在 F_3 褶皱的脊线带里，伟晶岩脉也很普遍，这些脉显示出具有准原地的和侵入的花岗岩特征。在切割这些伟晶岩脉的脉中，假玄武玻璃受到 F_4 褶皱轴面矿物生长（ S_4 ）的影响。 F_4 和 F_5 一般都是开阔的、对称到不对称和直立的褶皱。与 F_5 褶皱共生的任何轴面构造（ S_5 ）都发育不好，但是平行 S_5 的明显不整合的侵入伟晶岩和花岗岩脉则是普遍的。 F_6 褶皱是直立的，很开阔的和对称的。它们只有很微弱的表现，而且在较早期形成的褶皱脊线带范围里极难看到。

表1. 巴腊-明古莱岛的构造序列

-
- S_0 . 岩性层理，部分为沉积层理，具有整合的火成岩体。
 - F_1 . 紧密、等斜、紧压的层内褶皱，普遍无根（图3a），不容易判别成单个的褶皱；定向取决于在晚期形成的构造上所处的位置，伴有穿插的面状和线状矿物的生长（ S_1 、 L_1 ）和原地（混合）花岗岩建造。
 - F_2 . 紧密褶皱，局部为等斜褶皱（图3b），具走向为北北东的轴，在晚期形成的褶皱脊线带中则除外。
 - F_3 . 不对称到对称褶皱（图3c），许多褶皱规模大，其轴呈低角向北或向南倾伏，轴面则朝北东倾斜，伴有矿物生长（ S_3 ），特别是在脊线带里出现伟晶岩脉；晚期发育假玄武玻璃。
 - F_4 . 对称到不对称褶皱，直立，一般为开阔（图3d）的，轴的倾伏方向为南东；轴面倾向南西，倾角 $50^\circ-80^\circ$ ；沿轴面有矿物生长（ S_4 ）。
 - F_5 . 直立、开阔、对称到不对称褶皱（图3e），轴慢慢向东倾伏，近垂直的轴面控制着花岗岩脉和伟晶岩脉的上升。
 - F_6 . 直立、很开阔的对称褶皱（图3f），轴向北东，轴面近垂直。与赫布里底逆断层有关的构造结果。
-

南维斯特的片麻岩

基尔布莱德、特罗拉斯基尔和豪莫尔附近的观察(图2),为南维斯特片麻岩的构造序列和各种构造要素的定向与表现形式提供了证据(图4)。这种证据表明这些片麻岩是同一构造体制的一部分。

所识别出来的最早变形幕的褶皱(F_1)不很普遍。它们是紧密和等斜褶皱(图2a),并具有共生的发育很好的轴面矿物生长(S_1)。在那种片麻岩不是特别坚实的地方,则出现线状矿物的生长(L_1)。这种线状矿物的生长和 F_1 褶皱轴普遍呈小于 40° 的角向北西倾伏(图5i)。这些构造要素由于受到在表现形式上变化很大(例如等斜、闭合、开阔和对称)的 F_2 褶皱的影响而发生变形。一般来说,褶皱脊线是圆形的,没有出现新的矿物生长。但是,有些褶皱脊线为尖形、具有新的沿轴面生长的矿物(S_2)。这样一些 F_1 褶皱一般所具有的特征以及许多 F_1 和 F_2 褶皱接近共轴产状(图5i)表明,要到处分开 F_1 和 F_2 褶皱是困难的。在不同幕褶皱轴的产状有这种一致的地方,岩石一般都强烈地变成柱形了。在开阔的 F_2 和 F_3 褶皱接近共轴以及紧密的 F_1 和 F_2 褶皱轴的产状相吻合的地方,情况就是如此。

F_3 褶皱一般是不对称的,但沿轴迹在形状方面的变化是普遍的,出现一些开阔的和对称的褶皱。由于晚期变形的影响,褶皱轴方向变化不定。但是,倾伏角一般小于 40° (图5i)。轴面和零散发育的 S_3 一般是弯曲的(图2a),通常是平卧的。在特罗拉斯基尔的 F_3 褶皱脊线中有假玄武玻璃(图2),它被走向为 100° 、与 S_3 产状一致的破裂所切割。 F_4 褶皱一般开阔,并且到处都只是在远离先期褶皱脊线带的地方才出现。有的褶皱在较大构造翼部上存在特殊的阶梯状寄生褶皱,而 F_4 一般都表现微弱。 F_4 褶皱轴呈低到中等角度向北西或南东倾伏(图5i)。

F_5 褶皱一般比 F_4 褶皱更加明显,为开阔到闭合的直立和对称褶皱。其轴向东西,倾伏角变化取决于先期构造(图5i)。在一些岩石中,特别是在出现伟晶岩脉的褶皱脊线里,发育轴面构造 S_5 。 F_5 褶皱为很开阔的直立和对称褶皱,其轴向为北北东,有些部位微弱发育轴面构造 S_6 。此外,还出现走向稳定(为北东东)的明显劈理。未观察到相关联的褶皱,这种劈理可与 S_6 共轭,或者是更晚期发育起来的。

本贝库拉 - 北维斯特的片麻岩

本贝库拉岛博尔夫附近和北维斯特岛乔加里的海边露头以及本贝库拉与北维斯特岛之间格布赫-埃里安新开路面和采石场工作面(图2)都表明,外赫布里底群岛的这个部分的片麻岩至少经历了6个(有可能为7个)变形幕(图5)。许多露头显示出非常强烈的柱状化, F_1 与 F_2 褶皱轴、 F_1 与 F_3 褶皱轴以及 F_1 、 F_2 、 F_3 (甚至 F_4)褶皱轴相互平行或近于平行。

南维斯特

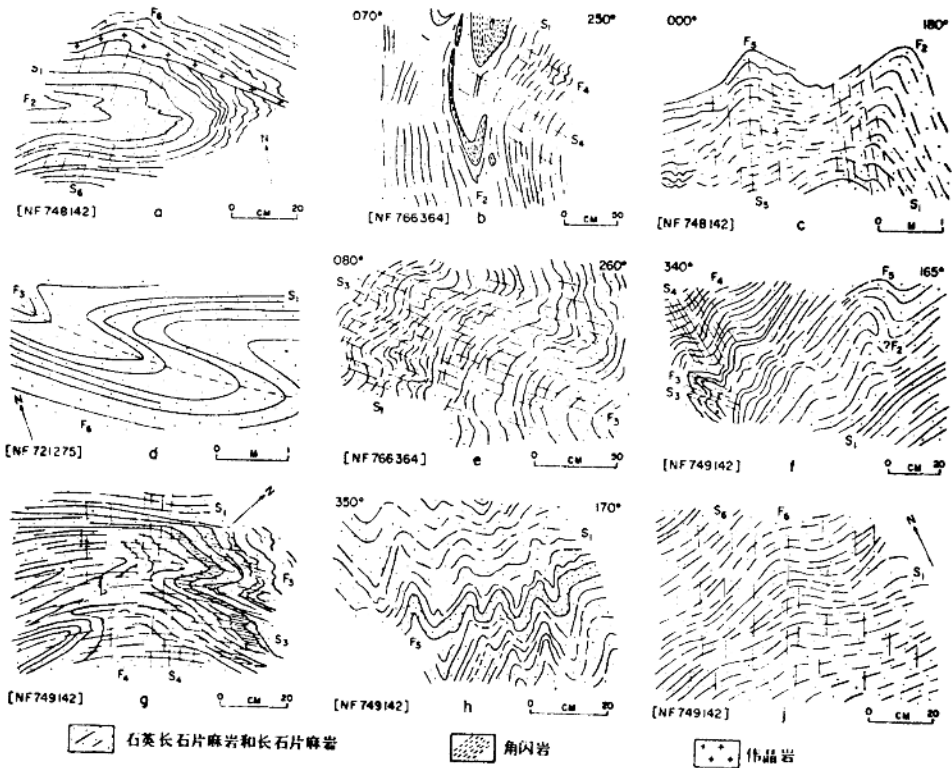


图4. 南维斯特的构造。

(a) F_2 等斜褶皱使 S_1 变形, 并受到很开闊的 F_0 褶皱和微弱发育的 S_0 的影响。(b) F_2 紧密褶皱使 S_1 变形, 并受到 F_4 褶皱和 S_4 的影响。(c) 接近共轴的 F_2 和 F_3 褶皱。 S_3 发育微弱。(d) F_3 不对称褶皱, 由于 F_0 的影响而使其轴面弯曲。(e) F_3 开闊对称褶皱, 零散发育着微微倾斜的轴面构造 S_3 。(f) F_2 (或 F_1)为闭合、并列的等斜褶皱, F_3 褶皱具微微倾斜的轴面构造 S_3 , F_4 褶皱开闊并具轴面构造 S_4 , F_0 开闊褶皱。(g) 由于具微弱的 S_0 的开闊的 F_0 褶皱的影响, F_3 褶皱和轴面构造 S_0 发生变形。(h) 开闊到闭合的直立对称的 F_3 褶皱。(i) F_0 开闊直立褶皱, 轴面构造 S_0 发育微弱。

本贝库拉—北维斯特

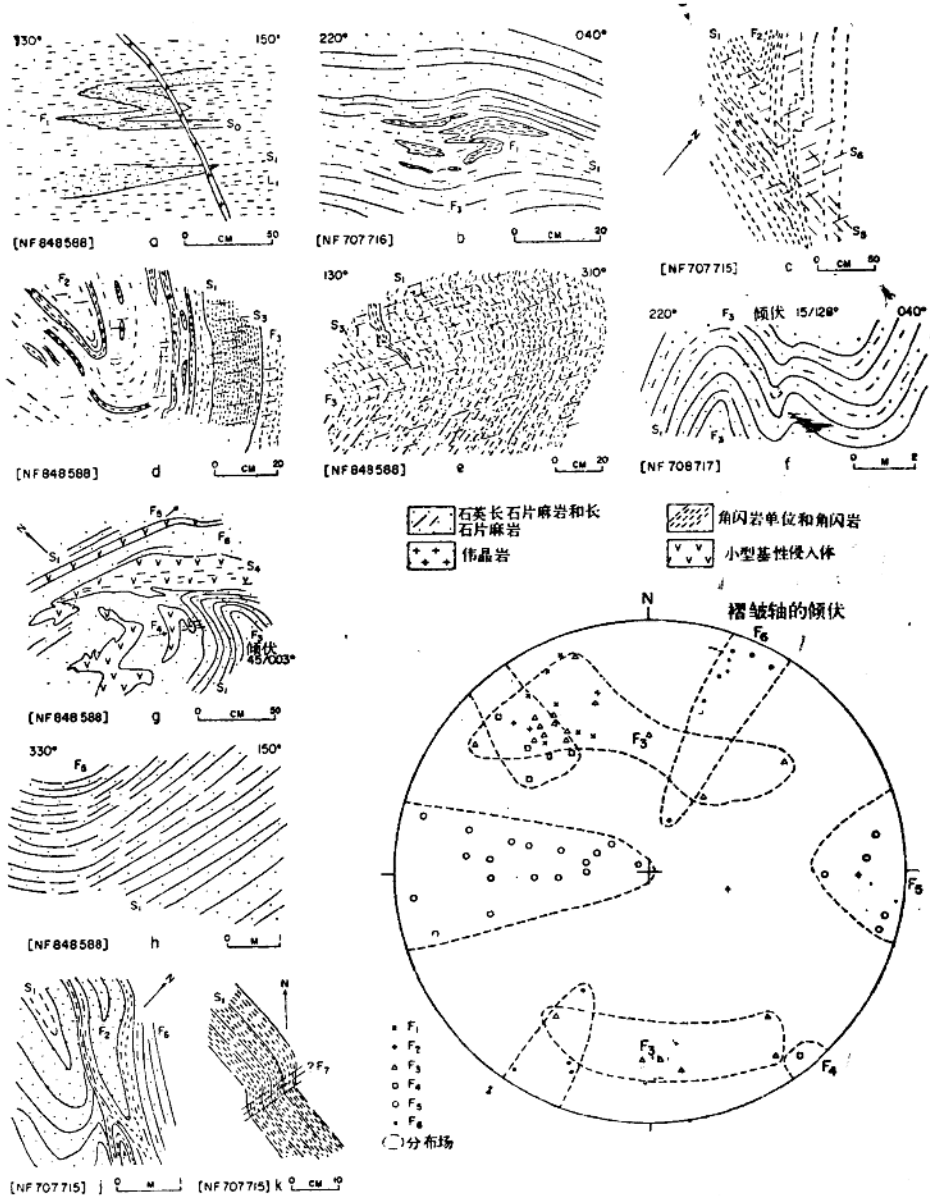


图5. 本贝库拉和北维斯特岛的构造(a-k)以及南维斯特、北维斯特和本贝库拉岛的构造图解(i)。

(a) F_1 等斜褶皱，其明显的面状和线状矿物生长。(b) F_1 层内等斜褶皱，具轴面构造 S_1 ，且受到 F_3 开闢褶皱的影响。(c) 使 S_1 变形的 F_2 闭合褶皱受到 S_3 和 S_6 的影响。(d) 使 S_1 变形的 F_2 褶皱受到开闢的 F_3 褶皱（具平卧的轴面构造 S_3 ）的影响。(e) F_3 细褶皱，其轴面构造 S_3 倾斜平缓。(f) F_3 直立褶皱。(g) F_3 褶皱被小型基性侵入体横切并因 F_2 、 F_5 和 F_6 的影响而连续变形。(h) F_3 直立开闢褶皱。(i) F_3 开闢对称褶皱使 F_2 褶皱和 S_1 受到影响。(k) 影响 S_1 的小褶皱（? F_7 ）和劈理。(i) 南维斯特、本贝库拉和北维斯特岛褶皱轴的倾伏和分布场。

F_1 褶皱一般是明显紧压的和等斜尖顶的褶皱(图11a)。强烈发育的面状(S_1)和线状(L_1)矿物的生长与褶皱的形成是同时的,在一些颗粒较粗的片麻岩里 L_1 表现出几乎排斥 S_1 。使明显定向的矿物生长发生变形的 F_2 褶皱为等斜、紧闭或对称褶皱,其脊线一般是弓形的。与 F_1 褶皱和 L_1 一样,大多数 F_2 褶皱呈低于 40° 的角向北西倾伏。许多 F_3 褶皱是不对称的,其轴面平卧而又弯曲。其它 F_3 褶皱则为直立、开阔或紧密、对称或不对称褶皱(图11a)。在不对称褶皱的急剧倾斜的短翼上,普遍表现出明显的细褶皱,还表现出新的轴面的矿物生长(S_3)。由于晚期变形使得倾伏方向分散,轴向和 S_3 的产状也发生相应变化。一些小型基性侵入体表明与 F_3 褶皱为不整合关系,但受到沿 F_4 褶皱的轴面构造(S_4)的影响。这些 F_4 褶皱一般为开阔和对称的,向北西倾伏,其倾伏角取决于先期构造。 F_4 褶皱轴面倾角 $40^\circ-80^\circ$,在一些情况下倾向北东,在另一些情况下则倾向南西,这种情况提示有可能存在一个共轭系。 F_5 褶皱是直立的、开阔的和对称的。其中的一些为小型;另一些则具大的幅度,而且它们是以 S_1 的大型弯曲形式出现的。 F_5 的轴向东西,由于同样是直立、开阔和对称的但轴向为北北东的 F_6 褶皱的影响而显示出一些分散。在一些岩石中局部可见到 S_5 和 S_6 。走向北东东的劈理也到处存在。在乔加里,这种劈理与一些小型的、在形状上近似膝状弯折的褶皱共生。这些近似膝状弯折的褶皱可能与 F_6 褶皱共轭,或者有可能代表第七个褶皱幕。

哈里斯至刘伊斯西南的变质沉积岩和片麻岩

在下列地区的岩石中确定了构造序列、各种构造要素的定向和表现形式:(1)哈里斯岛西侧的博尔维莫尔以北的海边露头的沉积变质片岩,(2)在哈里斯岛上,乔克拉布附近新开路面以及向北北东方向2英里的道路交叉点附近新开路面的花岗岩贯入杂岩以东的片岩,(3)刘伊斯岛西南的布里尼什以南约2英里海边露头中的花岗岩贯入杂岩体(图2)。有关资料概括于图6和表2;这些资料表明,在三种明显不同的岩石类型中构造序列完全吻合,也表明不同构造要素在表现形式和定向方面的变化。在博尔维莫尔附近,沉积变质岩中的 L_1 和 L_2 的发育几乎相等,这与别的地方 L_1 主要为线状构造形成鲜明对照。 F_3 褶皱到处都强烈发育,但在布里尼什以南, F_4 甚至显得更突出。 F_4 轴面一般倾向南西,但在博尔维莫尔以北却向北倾。这可能代表一个 F_4 共轭构造系的发育,向南西倾斜的轴面就出现在 F_3 褶皱向南西倾斜的翼上的 S_1 位置上。

刘伊斯西部片麻岩

从布里斯克里特(图2)和大伯尔雷纳岛上博斯塔〔NA138403〕与托布逊〔NA136383〕的海边露头以及大伯尔雷纳岛新开道路两侧的露头〔NA165343〕上,确定了刘伊斯西部片麻岩中存在六个褶皱幕,并查明了各种构造要素的定向和表现形式(图7)。层内褶皱(F_1)使岩性层理变形,并伴随主要为面状矿物组构 S_1 (实际上它与层理平行)的轴面构造的发育。同样形成了被晚期所有构造事件所变形的明显的矿物线理(L_1)。许多褶皱是紧压的和等斜的(图10c)。其它褶皱比较开阔,其中一些是不对称的。在许多露头上,与 S_1 共生的原地花岗岩得到显著的发育。

表2. 哈里斯和刘伊斯西南部的构造序列

沉积变质片岩-哈里斯岛博尔维莫尔以北(位于F ₁ 大型褶皱向南西急倾斜的翼)	片麻岩-哈里斯岛乔克拉布以北(位于F ₃ 大型褶皱向北东急倾斜的翼)	贯入杂岩-布里尼什以南
F ₁ 很紧密的等斜褶皱, 因F ₂ 等斜褶皱而重新褶皱(图6a);面状和线状矿物生长(S ₁ , L ₁); F ₁ 和L ₁ 急剧向南东或北西倾伏。	层内褶皱(图6f), 许多为紧压褶皱和等斜褶皱(图10a), 受F ₂ 等斜褶皱影响而再褶皱; 具原地花岗岩的明显的面状矿物生长(S ₁), 线状矿物生长(L ₁); F ₁ 与L ₁ 向南东或北西西倾伏, 其倾伏角为0°—20°。	紧密等斜褶皱(图6b), 因等斜到闭合的F ₂ 褶皱的影响而再一次褶皱; 具有原地花岗岩的明显面状矿物生长(S ₁); F ₁ 的倾伏因强烈的F ₃ 、F ₄ 和F ₅ 褶皱影响而变化不定。
F ₂ 紧密的等斜褶皱到比较开阔的不对称褶皱(图6a); 面状和线状矿物生长(S ₂ , L ₂), 在F ₁ 和F ₂ 接近共轴处, L ₂ 的柱体化明显; F ₂ 一般向南东倾伏, 倾伏角为低到中等。	具园形脊线的等斜到闭合褶皱(图6e, f, 图10d); 在石英长石片麻岩中, 有些轴面矿物生长; F ₂ 的倾伏接近垂直, 或急剧向北东东—南东东倾伏(图6k)。	具园形脊线的等斜到闭合褶皱(图6b), 到处呈奶头状; 相关的矿物生长未见到; F ₂ 因晚期变形倾伏方向可变。
F ₃ 开阔的对称到不对称褶皱(图6c); 在局部地方微弱发育着S ₃ ; F ₃ 褶皱向南东倾伏, 倾伏角10°—25°(图6k), 其轴面倾向南, 倾角10°—25°; 为主要的区域性褶皱。	开阔的对称到不对称褶皱(图6f, 图10d); 在褶皱脊线带里局部地发育S ₃ ; F ₃ 褶皱向北西倾伏, 倾伏角低, 轴面倾向南西, 倾角5°—25°; 为主要的区域性褶皱, 可能由于F ₄ 褶皱而得到加强(参照图6e, f)。	不对称褶皱(图2b, 图6d, g), 一些为大型, 在其陡翼上存在开阔的对称褶皱(图12d); S ₃ 的发育局限; F ₃ 褶皱向南西倾伏, 其倾伏角低到中等; 轴面倾向南南西—南西, 倾角10°—40°; 在褶皱脊线里存在大量伟晶岩和花岗岩脉(图6d)。
F ₄ 开阔且一般为对称褶皱; 轴向南东倾伏, 倾伏角主要为低角度(图6k); 轴面倾向东, 倾角中等。	开阔且一般为对称褶皱(图6e, f, 图11d), 有些为尖顶状褶皱, 含黑云母的片麻岩中有S ₄ ; F ₄ 向南东倾伏, 其倾伏角为	开阔的对称到不对称褶皱(图6h, 图11c); F ₃ /F ₄ 的干扰格局(图6g); 有一些S ₄ ; F ₄ 褶皱向南东或北西倾伏, 倾伏角取决

5°—25°；轴面倾向南西，
倾角中等。

F₅直立开阔的对称褶皱，
向西或向东倾伏，倾伏
角低（图6k）。

F₆直立、很开阔的褶皱，
向南南西倾伏，倾伏角
中等（图6k）。

直立、开阔的对称到不对
称褶皱（图6f），沿其轴
面在形状上发生变化并且
很快消失，向东倾伏，倾
伏角低。

直立、很开阔的褶皱，轴
向北北东。

.....? ?

直立、很开阔的褶皱，轴
面走向北东东；走向北
东东的劈理发育很微弱。

走向北东东的劈理。

于在F₃褶皱上的位置（图
6g）；轴面倾向南西，倾角
45°—55°；在局部地方F₄
褶皱发育最显著；F₁和F₃
的花岗岩物质变形；脊线
带控制其它花岗岩/伟晶
岩物质的上升。

直立、开阔的对称到不对
称褶皱（图6j、图12a）；
F₃/F₄/F₅干扰格局（图6
f）；存在一些S₅和L₅；
褶皱向东倾伏，倾伏角低；
轴面急剧向南倾斜；F₅
脊线带控制了贯入杂岩的
大多数花岗岩物质的上升
（图1,图6h）。

直立、很开阔的褶皱（图
6b、12d）；具F₃、F₄、F₅的
复杂干扰格局（图1b）；
轴向北北东—南南西；总
的来说，倾伏方向取决于
先期形成的构造；轴面倾
向西北西，倾角陡；在F₆
脊线带里存在少量花岗质
贯入杂岩脉。

F₂褶皱使F₁褶皱（图10c）、S₁和L₁变形。它们在形状上变化很大（等斜、闭合、不对称），但总有圆形脊线，而轴面片理只在局部地方发育。在托布逊，F₂和S₂都被小型基性侵入体横切，其中火成岩体和早期形成的构造受到F₃的影响，并被S₃切割。F₃褶皱一般不对称，但在不对称褶皱的陡翼上存在相关的开阔对称褶皱。F₃轴面弯曲，但一般平卧。轴面构造S₃在有些部分表现微弱或者缺乏，但处处都是集中在褶皱脊线带里或其附近。它不像S₁那样强烈发育，结果明显发育柱状构造（L₃）。在一些褶皱的脊线带里出现伟晶岩和花岗岩物质。有些是呈不整合的脉出现，有些则表现为从位于S₁叶理中的原地花岗岩逐渐过渡到位于脊线带里的准原地的和侵入的花岗岩。F₃褶皱及其轴面因开阔的从对称到不对称的F₄褶皱而变形。一些F₄褶皱具有阶梯状的

西刘伊斯

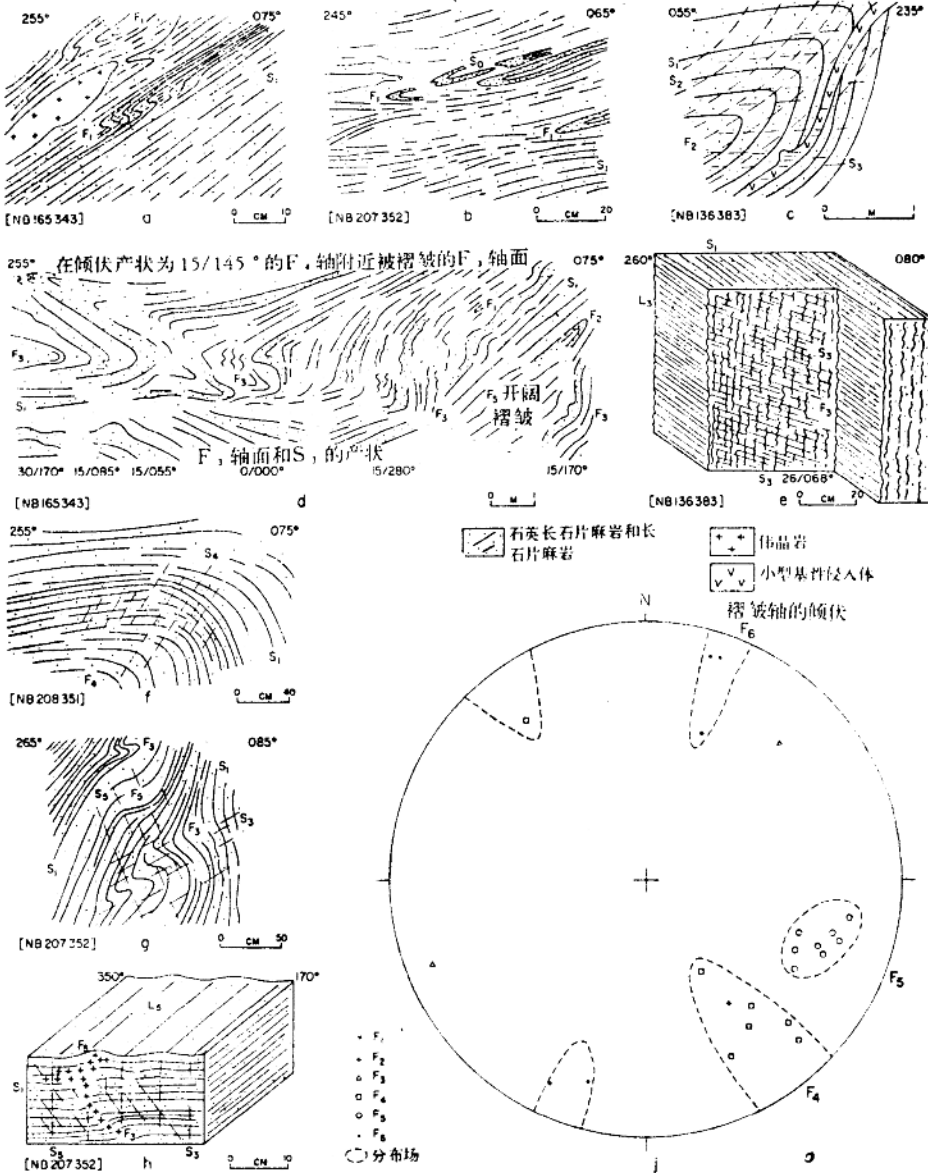


图7. 刘伊斯西部的构造及其图解。

(a) F₁层内褶皱和轴面构造S₁。(b) F₁紧压等斜褶皱。(c) 具轴面构造S₂的F₂褶皱, 被小型基性侵入体斜切, 并受到具有平卧轴面构造S₃的F₃开阔褶皱的影响。(d) 在F₃不对称褶皱翼部上的F₁和F₂褶皱, F₃褶皱被开阔的F₄和F₅褶皱变形。(e) S₃和L₃柱状化的强烈发育与F₃开阔褶皱共生。(f) F₄开阔褶皱, 局部有S₄发育。(g) 具S₅的不对称的F₄褶皱, 受开阔的F₃褶皱和微弱的S₅的影响。(h) F₄直立的开阔褶皱, 具有形成栅状(L₃)的小脊和槽, F₃影响F₄褶皱及其沿轴面生长的石英长石物质。(i) 褶皱轴的倾伏和分布场。

特性，这与它是寄生在更大的宏观构造的翼部上相吻合。其轴向为南东-北西，倾伏角低到中等；轴面倾向南西，倾角陡到中等，且与零散分布的 S_4 平行。

F_5 褶皱为直立、很开阔的对称到不对称褶皱，它使 F_4 和 S_4 变形；向 100° 到 125° 倾伏，倾伏角低。在一些部分微弱发育着近垂直的 S_5 ，小型褶皱的脊和槽成栅状（ L_5 ）。小幅度的褶皱有时在宽大的背斜形态上显示奶头状的脊，并且通常沿着它们的轴面尖灭；这种情况在轴迹横切一个 F_5 褶皱脊线的地方特别突出。在 F_5 褶皱的脊线带里和大伯尔雷纳岛与布里尼什附近花岗岩贯入杂岩之间（图2），出现伟晶岩和花岗岩，例如在瓦尔托斯以西及以南（NA082365, 086377），出现许多大的东西向的不整合伟晶岩脉。在瓦尔托斯和博斯塔，产状与 F_5 褶皱轴面相当的愈合裂隙横切这些伟晶岩。

F_6 褶皱很开阔，一般是对称的（图12C），其轴向北北东。 F_6 褶皱轴面和仅在风砂磨蚀的海边露头上才直接显示的 S_6 都是垂直或近似垂直的。一些较紧密的褶皱似乎是 F_3 - F_6 迭加的结果，晚期形成的构造使得一些早期形成的构造变得更加直立和紧密。

北刘伊斯片麻岩

在刘伊斯角、讷斯港以及介于二者之间的海边露头上（图2）的观察表明存在一个由六个褶皱幕组成的构造序列，并提供了关于不同构造要素的定向和表现形式方面的证据（图8）。识别出的最早褶皱系列（ F_1 ）为层内褶皱，它使至少部分认为是属沉积成因的层理发生变形。这些褶皱通常是紧压等斜的，并具有尖顶（图10b）。共生的穿插轴面的矿物生长（ S_1 ）发育强烈，这是区内的主要矿物生长，同时各处都有矿物的明显线理存在，它有时是由眼球状长石和柱状化（ L_1 ）显示出来的。这些构造的方向取决于它们在晚期形成的构造上所处的位置，但是其褶皱和线状构造主要是向北西和南东倾伏，倾伏角低。

F_1 褶皱与相关的构造要素因另一组闭合和等斜的褶皱（ F_2 ）变形， F_2 褶皱的顶部弯曲，有些顶部呈奶头状（图10b）。没有明显相关的面状或线状组构要素，它们的轴面的排列取决于其在晚期形成的构造上所处的位置。但是，已测得的褶皱轴主要是向北东倾伏。

本区主要构造是 F_3 褶皱（图11b）。它们一般不对称，显示出紧压程度强弱不一；但有些是开阔对称的褶皱，如像位于较大的不对称构造陡翼上的小褶皱那样（图8e）。 F_1 和 F_2 褶皱以及相关的构造要素都发生了变形，有限地发育了轴面矿物的生长（ S_3 ）和皱纹状线理（ L_3 ），这在褶皱脊线带里特别明显。褶皱轴一般以低到中等角度倾伏，但由于后期重新定向，倾伏方向有相当大的分散。轴面走向可变，倾角一般低于 45° 。

F_4 直立开阔褶皱主要影响 F_3 褶皱的长翼。它们的轴向南东或北西倾伏，倾伏角低，轴向的整个分散性为 30° 。在少数地方显示出与早期构造的关系，在那里， F_3 褶皱的脊线带被变形。轴面矿物生长（ S_4 ）和皱纹状线理（ L_4 ）发育局限，特别影响到一些 F_3 褶皱以及较早形成的构造的陡翼。在海边露头上，这些 F_4 褶皱表现并不明显，但

北刘伊斯

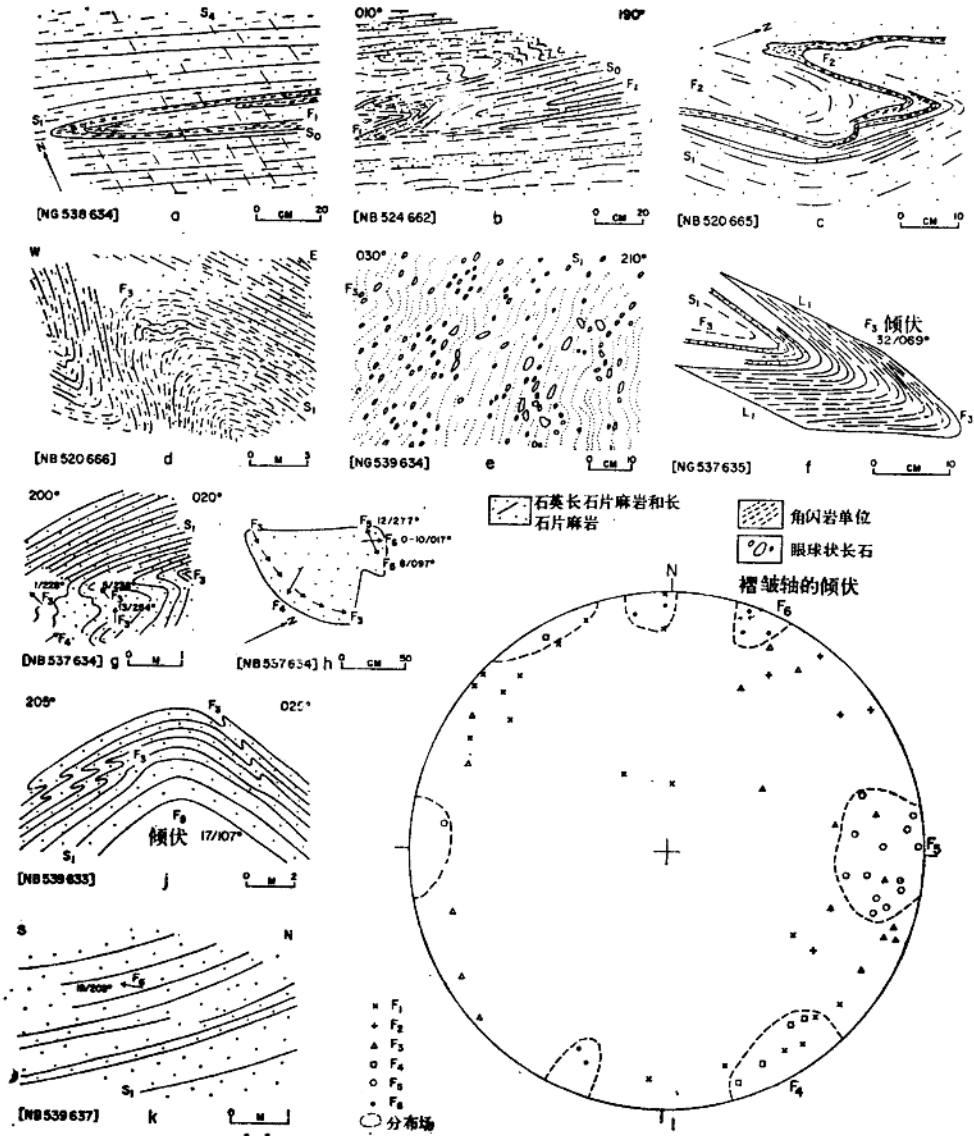


图8. 北刘伊斯构造及其图解。

(a) F_1 等斜褶皱及轴面构造 S_1 , 受 S_2 影响。(b) F_1 层内褶皱。(c) 使 S_1 变形的 F_2 褶皱。(d) F_3 不对称褶皱。(e) F_3 开闢的对称褶皱, 位于 F_3 不对称褶皱的陡翼上, 且影响含长石斑状变晶的 S_1 。(f) 使 S_1 和 L_1 发生变形的 F_3 褶皱。(g) F_3 褶皱的倾伏产状因 F_4 褶皱的影响而发生变化。(h) F_3 、 F_4 、 F_5 和 F_6 褶皱的相继发育。(j) 使 F_3 不对称褶皱发生变形的 F_6 开闢褶皱。(k) 使 S_1 变形的 F_6 开闢褶皱。(i) 褶皱轴的倾伏和分布场。