第44卷 第1期　　地 質 学 报　　Vol. 44, No. 1
1964 年 2 月　　ACTA GEOLOGICA SINICA　　Feb., 1964

椭圓状多重旋卷构造

彭 阜 南

旋卷构造首先是李四光教授等发現并加以論述的[1,2,4]，多属于軸近水平的一組箒状节理的綜合，因其展布范围非一般节理的概念所能概括，故被称作旋卷构造，它們是属于一种小型旋卷构造的范疇。这种构造和其他类型旋卷构造的出現，表明了地壳中岩块曾发生过旋扭运动，但由于岩体四周布满岩石，所以岩体的旋扭程度往往是比較輕微，常生成箒状节理或其他类似的不完整的构造形态。以后，由于蓮花状旋卷构造的发現[2]，除标明地壳中岩体能够作較显著的旋扭运动以外，还因其属于旋卷构造中的一种新类型，形态比較完整，附生构造尚发育，能进一步用以闡明岩体在旋扭时的特点，但还不可能在地壳中找到完全象自由体旋轉时所遺留的那样的軌迹。至于岩体在旋扭时究竟在哪些方面与自由体不同呢？在这方面，虽然李四光教授曾經很成功地作过模拟实驗[1]，但实驗的結果毕竟还是不能与实际情况完全相同。

最近我們在大連等地发現了椭圓状小型多重旋卷构造实例，其形态发育极为完整，附生构造明显，可用以闡明岩体在旋扭中所处的物理力学状况和构造发生过程，从而使我們能进一步了解地壳中岩体作旋扭运动时的特点。

本文列举了椭圓状多重旋卷构造五例，其中前三例都发生在早震旦世厚层石英岩中，后二例的組成岩石为燧石及火山岩。

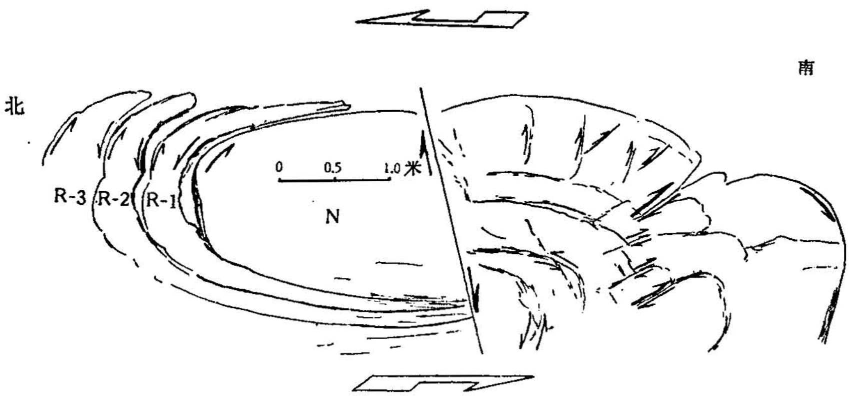


图 1　第一例椭圓状旋卷构造的全貌

图中半箭头指高傾角正断层，(走向南东 110°) 与此相对应的另一剪切高傾角断层不甚发育，其走向微有偏斜(南西 197°)。断层面以北的砥柱 N 长径半长为 2.5 米，向南傾斜 7°，短半径长 1 米多，基本垂直。旋軸水平，作东西向。

椭圓体北半部 3 个旋环的寬度：由內向外，第一个旋环 R-1：长径端寬 40 厘米，短径端寬 10 厘米；第 2 个旋环 R-2，则分别为 55 厘米与 12 厘米，第三个旋环 R-3，已不甚完整，其寬度分别超过 55 厘米与 25 厘米。各旋环間裂口的最大寬度：砥柱与第一旋环間为 15 厘米，第一与第二旋环間则为 20 厘米。

第一个椭圆状旋卷构造产于大連近郊凌水人民公社的李家沟上游，位于走向南东 168° 的垂直断崖面上(图版 I-1)。在大致沿椭圆状旋卷构造的短軸方向，見有一高傾角断层将該处的石英岩切成薄片(图版 I-3,4)，此断层面以北的半个构造体由 3 个旋环和一个砥柱組成，旋环的寬度以外环最大，同一旋环則又以长径頂端最大。各旋环靠近短径端比較密合，在长径端則逐漸脫开而出現裂口。外环与內环間的裂口寬度較內环与砥柱間的裂口寬度大，其裂口两侧岩石并未破碎，亦无断层鏡面及擦痕，只有拖褶皺。褶皺軸的軸向和旋环面上的条紋一致，各軸大致平行，有向砥柱中軸集中之势(图 1-A)。拖褶皺层

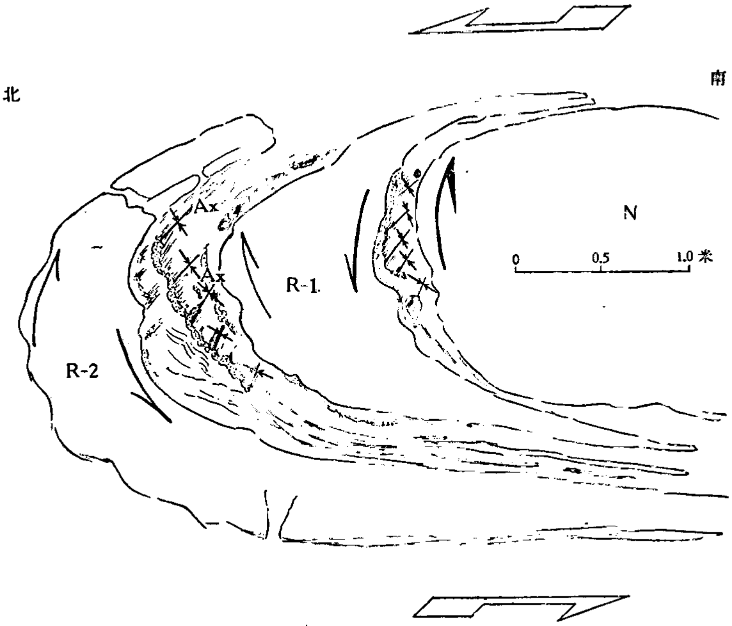


图 1-A　第一例椭圆状旋卷构造的北半部

N 示砥柱体，R-1，R-2 分别示第一、第二旋环，第三个旋环因发育不完整，图中未繪出。从內向外，R-1 与 R-2 間裂口中的两个拖褶皺层，不完全平行，层厚平均为1—2厘米，居于长径頂端的最寬，向短径两端漸薄，由次生石英构成。N 与 R-1，R-2 与 R-3 間裂口中的情况类似，但后者的次生石英层較厚(10厘米)，向短径端，逐漸不見。图中半箭头示砥柱和旋环間的相对运动方向，带点的部分为次生石英拖褶皺层，黑线部分示拖褶皺軸，即 Ax. 所示，小双箭头示受压方向。

的組成物是次生石英，在开闊裂口之內較多，并分离成两“层”，且褶曲較多；在砥柱与內环間的裂口中則較少，只有一个层次，且大部分作結节状，甚少褶曲，这些都标明了外旋环的运动量較內旋环为大。至于砥柱面上，尙有較闊的凹陷与突起(寬約 5 厘米)，似繩索勒过之泥土，其脫落在山坡上的砥柱表面，尙显出平行旋軸(即砥柱的延长軸)的縱向沟紋。

在椭圆体短径下端的岩石被切得很薄，呈叶片状，其厚度仅以毫米計。該处岩石已重行結晶，局部絹云母化，并已褶皺，叶片的两面，均有彼此平行的滑綫。沿椭圆体順时針向长径端則諸叶片漸漸聚合而成单旋环。单旋环在此长径頂端具有最大寬度(35 厘米左右)，至短径上端又叶片化，但不如下端的发育。

这个构造体南半部的外形比較完整，但內部只有一个比北半部来得小些的砥柱和发育程度不完全同于北部的旋环。在椭圆体短径上端紧接砥柱之处，才开始出現不完整的

旋环，該段也有叶片层，其叶片化程度和叶片层层数虽不及北半部，但短径上端的叶片化则較北半部短径上端的发育；順时針向至长径端则其中一段不很发育。南半部构造体的最外旋环与北半部的第三旋环，大小相似，亦有分成两个之势。整个南半部构造体已經从整层岩石中“脱胚”出来，露出完整平滑的表面（图版 I-2），并生一层薄壳（厚 1 厘米），壳面上有垂直旋軸的擦痕以及平行旋軸的縱长沟紋和綫状小蝕洞，壳內側有絹云母。在砥柱剖面上还有一束向上撒开而向下收斂的帚状节理，恰好可以和北半部的叶片化带相对应。所有这些节理标明了整个旋卷构造中小构造的一致性。

第二例产于第一例的东南方約 1 公里处的石家沟沟口。已經从石英岩层中“脱胚”出来，宛如石柱（图 2 及图版 II-2）。其长軸向也和第 1 例相同，呈南北向，短軸垂直地面，旋軸微有傾斜，因其已从岩层中脱落，故原位置是否傾斜，尙难肯定。这个椭圓状旋卷构造只有一个旋环而无叶片层，旋环与砥柱脫开，长軸頂端亦有較大裂口，但其中沒有次生石英的拖褶皺“层”，裂口面上起伏不平，并无断层特征。沿砥柱的短径有一接近垂直的断裂，縱剖砥柱为二。按方向似是早期的切力节理，但从断面曲折、粗糙、凹凸相对等特征看来，显然是受到后期张力作用的影响。此外尙有一系列横向节理，分布相当規則，分割构造体成数段。构造体的最外部不很光滑，其上有平闊的横向凹槽（寬約 6 厘米），然其方向性并不太強，微微偏离横向，它是內外环相对滑动时的产物，同时还受到砥柱沿旋軸向塑性延长的影响。值得注意的是表面上还有平行旋軸的細长沟紋，其紋深凹径直，似雕刀压划泥土而成。这是岩体沿旋軸作塑性滑动的标志（图 2 及图版 II-1，2，4）。

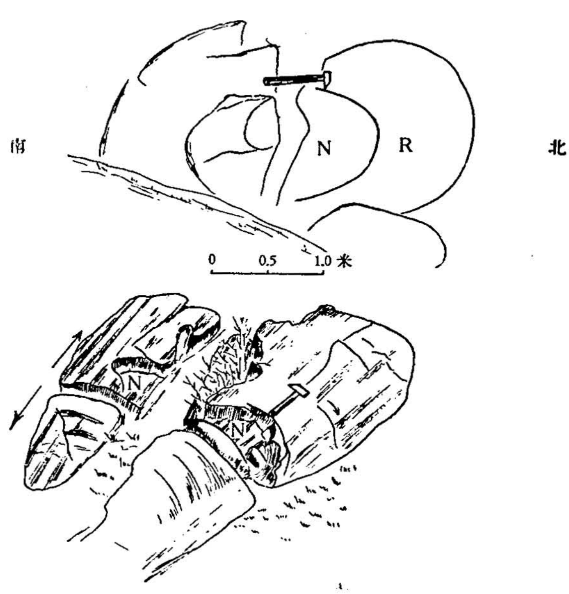


图 2　第二例椭圓状多重旋卷构造

上图．横断面素描：手錘指处为砥柱 N 与旋环 R 間的分界。
下图．外貌素描：平行手錘的綫条代表条紋，垂直手錘的为张裂隙，裂隙拉开后显出了砥柱 N。图版 II-2 为其照片。成对双箭头表砥柱作塑性延伸方向。

附近的山崗上还出現类似的构造（图版 II-3），但只有軸向水平的砥柱，尙未完全脫离原岩层，恰似一条平鋪在地上的石柱。其附近还有几个“石柱”并列在一起，彼此联結，并不分离，它标明各点岩体曾經相互牵动而作联动似的旋扭运动。在这些砥柱体的表面，同样也有两种槽紋，一种是垂直旋軸的刻紋，另一种是平行旋軸的槽紋；前者标明砥柱与旋层間的相对运动，后者标明砥柱沿旋軸的塑性延长。

第三例距第二例产地不远，亦发生在厚层石英岩中（层理走向近东西，向南傾斜平緩）。这个构造体与基岩之間被傾斜平緩的断层面所切（图 3），断层面上部的岩层部分被侵蝕，故断层面上可以見到指向北东 40° 的滑綫，它和旋卷构造体的旋軸相垂直。此外，和前述滑綫近垂直方向，即南东 135°，尙有断裂裂隙，且被石英脉填充，該脉并分断层

面为两段，脉的西北段較高，东南段較低，脉本身显得突出，且与断層面一起被磨光，但該处幷无断层薄壳。这是构造体連滚带拖亦即旋扭运动后遺留的痕迹，而非普通断层。

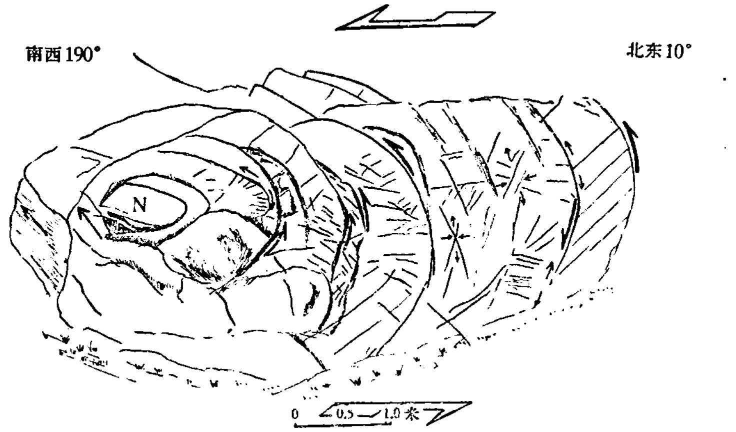


图 3　第三例椭圓状多重旋卷构造

砥柱軸向作北西 280°，旋环走向漸次偏离，由北西 288° 变得更小，各旋环中发育的节理种类与密度亦不相同，其分布如图中粗黑綫条所示。密集短綫部分示构造体陷入面。构造体与岩层間有一大断层，粗大半箭头示作用于整个构造体的一对力偶，黑半箭头示各旋环相对旋动的方向，双箭头示构造体作塑性伸长的方向。

这个旋卷构造体最少有 4 个发育得很好的旋环（图版 II-5 及图 3），最外环剖面上的羽状节理指明外旋环順时針向、而內旋环則逆时針向作相对运动，配合上述构造体下面断层的性質、滑綫、以及石英脉等，可以看出該岩体曾受着一組力偶的作用，如是各个旋环作相应的相对旋扭运动。

在椭圓状旋卷构造体的外壁，除被横向槽紋刻划之外，还有被“压划”出来的縱向槽紋（图版 II-6），它不同于断层擦痕，其特征表現在：寬度很大而沒有变細迹象，长度也很大且幷不很快地消失，槽紋表面旣无断层刻伤的痕迹，也不同于固体的刨削，却似泥土被繩索勒过之状态。与此縱向槽紋垂直的方向，出現許多連續不长的具张节理的一切特点的横断层，这些横断层只割裂构造体的外部幷未割断其整体。这种特征，如果只从物体受力作旋轉运动来看，正如用搓条法搓揉粘土条时，搓条愈細、条的四周漸次发生横向的断續裂隙之理相似。

在近砥柱的內旋环上，羽状节理漸不发育，而代之以交叉节理，它是一种示压性的节理，但其交角却逐漸偏离了 90°，这說明构造体在旋扭过程中其內部岩石处于压縮状況，遂在旋軸方向作塑性伸长。又在垂直旋环切綫方向，还有放射状张节理，它标明构造体作旋扭运动时，处在圓拱的凸出部分产生张应力，因而生成若干垂直“圓拱”的张节理。

这种旋卷构造中的次級张节理和交叉节理是很有意义的，但这幷不是仅有的例子。图 4 所示是一个由燧石質組成的小型三軸椭圓状（卵状）旋卷构造体（图 4A，4B）。此标本是朱璋从錦县小凌河上游、金宝岭附近的河床砾石层中拾得。从該区地質調查的結果，断定組成該构造体的燧石是古生代的灰岩遭受中生代噴出岩有关的硅化作用而成，且該标本尚有硅化时殘留的石髓洞晶为証。从該区溯源至上游一带，局部地方的中震旦世岩层

中虽有燧石灰岩，但其中的燧石产状作条带状而非結核状，至于分布最广泛的中生代岩层則全系火山岩，故不可能具有蛋化石，而且椭圆体包括 6 层和一个核心体，此結构也不会是蛋化石所具有的。

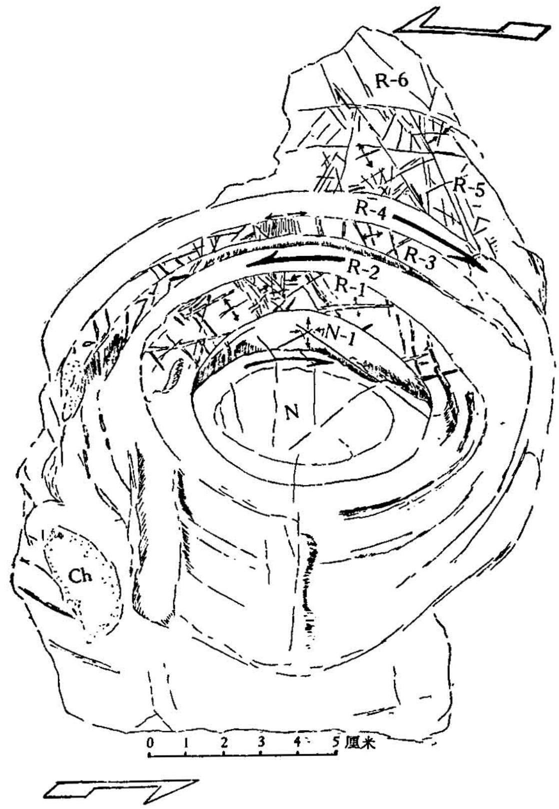


图 4 卵状旋卷构造（第四例椭圆状多重旋卷构造）

卵状旋卷构造体正視图

N，核心体（即砥柱）的切面，其上的黑綫表节理；N-1，核心体的卵状表面，表面光滑，其上的黑綫系交叉状节理。R-1，第一旋环，其切面上的双綫条表前一期裂隙，已被燧石塡充，单綫表后期裂隙，无塡充物。相向与相背的成組双箭头分别表压应力与张应力作用方向（下同）。R-2，第二旋环，其切面上无显著的节理，好似“間层”，但其表面亦有交叉节理（R-2 与 R-3 之間的部分）。R-3，第三旋环，黑綫密集处为张裂隙。R-4，第四旋环，其中裂隙不明显。R-5，第五旋环，其中除张裂隙及交叉裂隙之外，尚有扭裂隙（成組小半箭头指处），部分延长切过第六旋环，系因外环旋扭运动量最大而引起的。R-6，第六旋环，其中的裂隙显著减少。粗黑半箭头表各旋环相对旋扭运动的方向。粗虚半箭头表一組力偶施加方向。图左下角虚点部分 ch 为石髓洞晶。密集綫条表分层或低陷之处。

該椭圆体中各层分界明显，如果从其中次級节理的分布規律来看，似乎有“层”与“間层”之分，可能是由于各层相对运动所致。各“間层”的厚度不等。其中的次生张节理和交叉节理极为显著，各个“层”次中虽有节理和裂隙，但是少些，其中一部分是垂直“圓拱”的张裂隙，一部分是与間层中次生交叉节理相連接的；前者是岩石在比較脆性条件下发生的

张节理，后者是間层中交叉节理的延續。最外的两层中，且有羽状节理，个别的节理被错位。

从外形看，各层表面光滑渾圓、状似蛋壳，壳面上尚有許多突出的交叉状燧石条紋，系

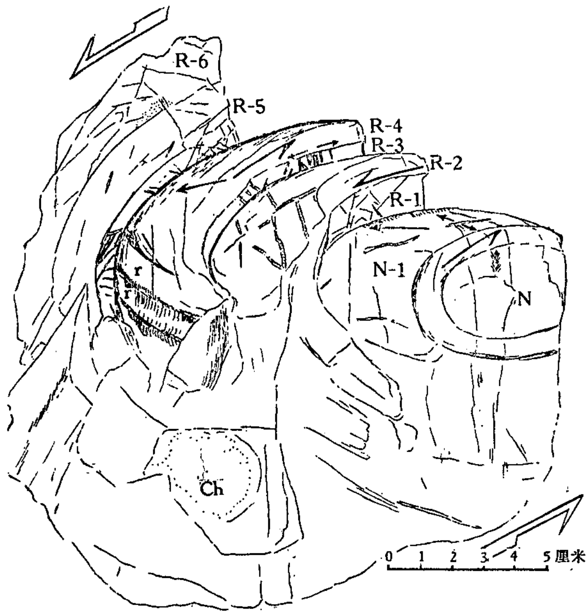


图 4-A 卵状构造体側視图

注意各旋环表面的节理裂隙。R-2，R-4 各旋环表面亦有交叉节理。图中較大的双箭头表沿椭圓体中軸滑动的方向。γ，岩体旋扭时压划出来的环状凹紋。

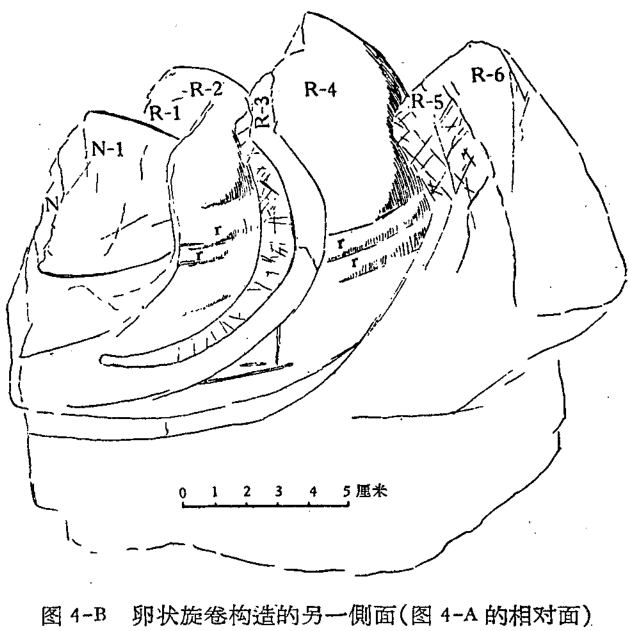


图 4-B 卵状旋卷构造的另一側面(图 4-A 的相对面)

后来的硅質沿交叉节理充填成的，但它和壳的分界并不清楚，这些都説明燧石質的圓壳和条紋都是次生硅質交代生成物。在椭圓体的下半部“层”与“間层”并未分离，亦无明显差别。其組成物、顏色和硬度完全一致，微微显出各圈的界綫。在下半部，也有交叉节理和垂直旋环的张节理，其一部分被燧石填充、一部分仍然保存为密集的裂隙。这説明硅化前与硅化后两个阶段中都有裂隙生成。导致前一期节理的生成是否因硅化前岩体中早已存有同心的“层”与“間层”是无法証明的。而且硅化后生成的节理，显然已不受岩体原有构造的影响，因为硅化作用能消灭这种层圈构造，至少后一期节理的生成，肯定是由于旋扭运动而造成。所以説次生张节理、交叉节理和羽状节理的出現，証明曾經发生过旋扭运动。

还可以举出一个实例来説明这种同心状多层旋卷构造的成因。在辽宁錦县金宝岭附近的粗面安山岩中，椭圓状多重旋卷构造体发育得类似一巨大的球状风化体（图 5 及图版

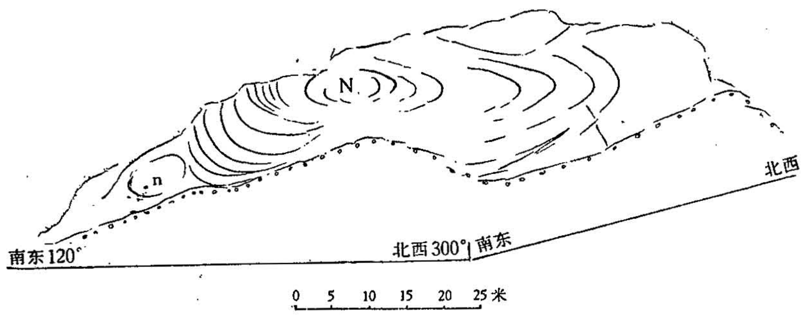


图 5　粗面安山岩中的椭圓状旋卷构造

图中小圓圈表火山集块岩及火山角砾岩，表面起伏不平，上部为粗面安山岩，其中发生的椭圓状旋卷构造的各旋环，有如洋葱瓣似地排列，右下部有一先成裂隙，因旋环作旋扭运动而錯位。N 为大型主构造的砥柱（图版I-5），n 为小旋卷构造的砥柱。（亦即图版 I-6 所示）

I-5,6)，然而其中的附生小构造以及扁平、拉得很长的椭圓形都説明它并不是风化产物。該岩石各部分的新鮮程度亦无差别，其規模之大（长径达 100 米，短径 15 米以上），亦非一般风化作用所能形成，且发現該岩体中有先成裂隙被旋环錯动的痕迹（图版 I-5）。借助該岩石的产状，可以帮助我們了解旋卷构造体发生时，該岩石所处的物理力学状况。該地区侏罗-白堊紀以后則是湖相沉积区，粗面安山岩噴出以前，地面敷上了一层表面不平的火山角砾岩，当岩流継續流动，給刚凝結的粗面安山岩体以継續向前的推力，但岩体却受到本身重量以及岩体与底层岩石間的阻力，遂至形成一組力偶，加于刚冷凝但尚未变得很坚脆的岩体。这种岩体系由均匀而細致的潛晶状岩石組成，故在噴出以后相当长的一段时間能保持塑性状况，岩体被力偶带动而作旋扭运动，从而产生拉得很长的、巨大的、扁平状椭圓多重旋卷构造。不仅如此，这个大的旋卷构造体在其旋扭运动中还起了一个“大齿輪”的作用，带动附近的岩体作“小齿輪”似地旋轉，故在大旋卷构造体的附近又出現了一个小旋卷构造体，其大小只及前者的 1/7 左右（图 5 及图版 I-6）。該小型旋卷构造体砥柱的表面极其光滑，并无风化痕迹，內外层新鮮程度相近，且沿椭圓体的旋軸观察，并无急剧縮小迹象，証明它不是球状风化体。可惜其附近的小构造和旋环都不清楚，可能是旋卷构造生成之际，岩体相当“柔軟”，尚未发生破裂性的小构造。

从图版 I–5 的左上部可以看出，在此构造均匀、結构細致的岩体上，可以出现如此均匀而光滑的許多同心层，足見前述燧石卵状多层旋卷构造体的生成也是可能的。至于旋卷构造成对出現的可能性，也可举图 6 所示成对圓弧状节理作为間接証明，同时在李四光教授的实驗中也曾指出过[1]。

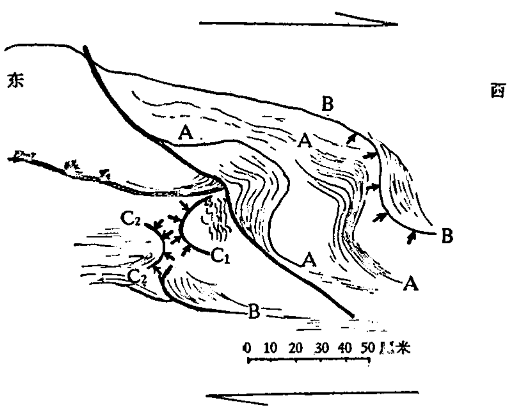


图 6　片麻岩中的旋卷构造节理剖面素描

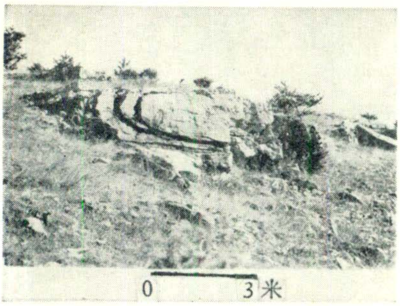
AA 表片麻岩的片理，BB 表大致平行片理的裂隙，C_1C_1 及 C_2C_2 为与片理不調和的旋卷构造节理，C_1C_1 与 C_2C_2 成对地出現，BB，C_1C_1，C_2C_2 节理的表面光滑，綠泥石等示压性矿物极为发育。辽宁金县石棉矿附近。

以上我們列举了一系列椭圓状多重旋卷构造的实例。各例的完整程度虽然有些差别，却都一致显示椭圓状多重旋卷构造的各种特征：它們都具有同种类型的附生小构造，虽然小构造发育的完整程度并不一样，甚至在形态上也不完全一致，但从力学条件分析，其生成时的力学系統却是完全一致的。

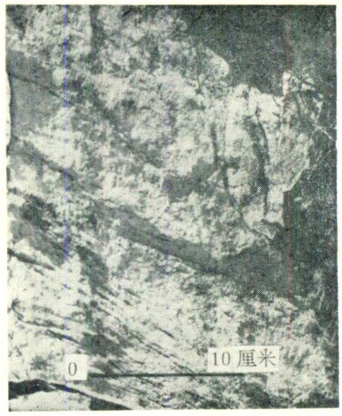
正因为地壳中岩体的旋扭运动发生在布滿岩石的空間，而不是在一孤立的岩块上，所以被作用的岩体，其內外相邻的部分将要发生一系列的相对运动。此时岩体的內在特性及其外力之間的关系决定这种相对旋扭的显著程度，所以生成的旋切裂隙其完整程度也不同。通常旋扭运动輕微的，表現为帚状节理或类似的不完整旋卷构造；較显著的旋扭运动所生成的旋卷构造，其形态比較完整，例如蓮花状构造；这些在李四光教授等的論著中已有报导。至于更显著的旋扭运动，則能生成形态更完整的椭圓状多重旋卷构造，正如本文所述。

这种椭圓状多重旋卷构造乃由一个砥柱和一些数量不等的同心状旋环所构成，其正体形态一般表現为椭圓状，个别的作卵状或次圓形。虽然帚状节理展布的規律已經初步指出，旋环之間彼此由平行而至相切，但在更完整的形态中，各个旋环彼此之間的关系如何，这在蓮花状构造中还未能很好地說明。正因本文所示各例的构造极其完整、各旋环成圈地发展，有別于蓮花状构造的层层抱合，这就完全說明了地壳中岩体旋扭时的特点。各旋环的旋扭运动量是不等的，較外环的运动量較大，由外向內旋环的旋扭量依次递減，这是因为旋扭运动量消耗在克服岩体的內摩擦之故。各旋环面上横向刻紋的一致，标明各环的相对旋扭运动的統一性，至于各个单旋环分裂成叶片层的程度却不尽同，且各叶片层本身的褶曲程度、組成岩石的再結晶程度、示压性矿物的发展程度等也不一致，这就标明了各个旋环旋扭量的差异性。文中所列各例均一致說明：凡属旋扭規模大、旋环发育、旋环数目多的，則上述的各种現象明显；反之，則不一定发育。至于旋环的完整程度，則决定于旋扭的显著程度而不决定于外力的絕对大小；換句話說，即决定于岩体在受力时的內在特性及其与外力之間的关系。所以旋环最完整，这些附生現象不一定明显；而就同一旋卷构造范围来說，則又以最外各环最显著，向內則依次递減。

当旋扭运动发生时，由于岩体各部分在各个阶段所处的物理力学状况不尽相同，因而形成不同的次級构造。根据本文各例所述次級节理和裂隙的分布規律，可以得到这样一

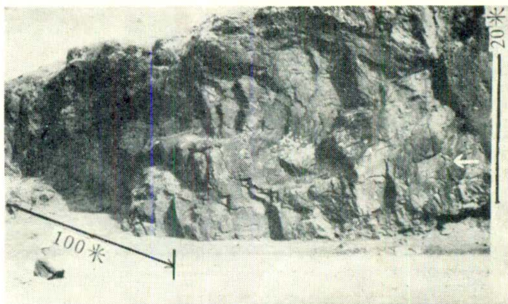


1．第一例椭圆状旋卷构造的全貌。



4．第一例中的叶片化层，即图版 I-3 中矢号指处的近照。矢号指处为旋环与叶片化层的漸变段。

2．第一例南半部最外旋环面上的情形。 錘指方向有旋动时的条紋与手錘垂直方向的裂隙被次生石英充填。

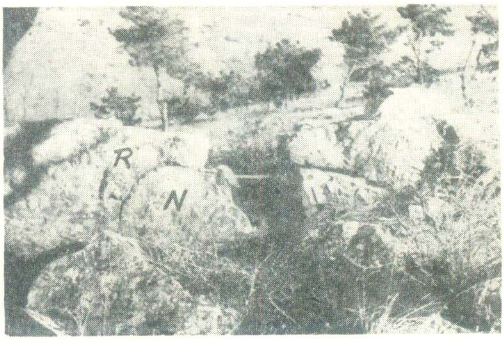


5．第五例椭圆状多重旋卷构造。砥柱位于图左較暗之处，軸向北西 338°，各旋环部分地被剥蝕，形如洋葱瓣，矢号指处的先成裂隙，因旋环扭动而錯位，右下方及左下方与河滩接触处呈碎块状的为火山集块岩，构造体生成于粗面安山岩中，其中无柱状节理。

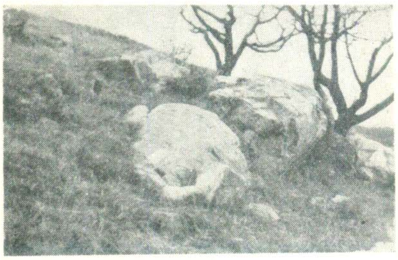
3．第一例南北两半部接触带的近照。南半部的旋环不如北半部发达，两半部間有断层。

6．第五例主构造体带动的附生小旋卷构造体。矢号指处为該构造体的砥柱，旋环不发育。

1．第二例椭圓狀旋卷构造的旋环 R 与砥柱 N 間的裂口近照。

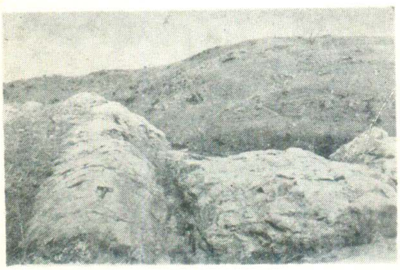


4．第二例椭圓狀旋卷构造横断面的近照（参看图5)。相片拍摄方向与 II.2. 方向相反。



2．第二例椭圓狀旋卷构造的外貌。

5．第三例椭圓狀多重旋卷构造(大小見 II.6. 手錘)。



3．椭圓狀旋卷构造砥柱的一例：注意和手錘垂直的横断裂隙。

6．第三例砥柱的近照(系 II.5. 左下方矢号指处)：与手錘平行方向有縱向"压"紋，垂直方向为横断砥柱的裂隙。

些概念：岩体在作旋扭运动时，最外旋环主要受到是一組旋扭力偶，局部地方則因外旋环在旋动中受到岩体本身的阻力，而产生张应力，結果在外旋环上的次級构造，以羽状节理为主，个別地出現张裂隙；漸及內环則旋扭量漸減，此时由于旋环的旋扭，其內在的岩体处于受压状况，因而相应地生成示压性的交叉节理，然而由于岩石的抗压強度高，通常这种节理不一定发育。

在岩石旋扭运动的較后阶段，构造体的較內各环及砥柱长期处于較大压力之下，正因岩石在某些条件下具有一定的塑性，于是在构造体的旋軸方向卽发生塑性伸长（此在岩体作旋动时卽已开始，直至旋扭停止以后一个阶段尚在进行），因而內旋环面上出現了略为偏斜的横向旋紋和未受旋动影响的径直細长槽紋，有的砥柱面上还有广闊的凹陷和突起以及横断旋軸的裂隙。至于岩体作塑性延长之量，則視旋扭时的規模以及岩体本身的物理力学状况而定。

参　考　文　献

[1] 李四光　1955　旋卷构造及其他有关中国西北部大地构造体系复合問題。科学出版社。第 11 頁。

[2] 李四光、黃考夔　1958　蓮花状构造。旋卷和一般扭动构造及地質构造体系复合問題第二輯。科学出版社。

[3] 谷德振　1948　从节理发育之状況討論重庆北溫泉附近之地質构造及溫泉成因。前中央研究院地質研究所丛刊第 7 号，26—27。

[4] T. C. Sun, T. C. Ku　1948　Brush structure and related minor structures in vicinity of Tunglu, Chekiang 前中央研究院地質研究所丛刊第 8 号，185—194。

THE ELLIPTICAL VORTEX STRUCTURE WITH MULTIPLE RINGS

PENG FU-NAN

(**Summary**)

The vortex structure was first found and defined by professor Li Szukuang (J. S. Lee). A series of forms of the vortex structure, from the brush joints to the lotus-form structure, were described previously by him and his assistants. But no adequate attention has yet been paid to such a completely developed structural type as being called here the elliptical vortex structure with multiple rings.

Several examples of this type of the vortex structure recorded in this paper occurred in various rocks of different geological time and the size of rock-mass which involved in torsional movement is different, but all the examples are characterized by their elliptical form with many concentrical rings so completely developed and with the same systematic accessory structures so distinctly marked. And from these essentials, we have accordingly analylized and denoted the main and secondary forces induced in rock-mass as well as the physical state of the rock during the torsional movement. For this reason, the conclusion of the papar will be of great advantage to the further study of the votex and the minor structures.