

卷曲层理及其地质意义

中国科学院长沙大地构造研究所 关尹文

卷曲层理较常见的是准同时变形的层理。在欧美地质文献中,常称为卷曲纹层、层内挠曲和柔皱构造;在苏联地质文献中,常称为同生变形小褶曲。由于卷曲层理是一种较常见的地质现象,并具有一定的地质意义,所以,我认为应该把它列入层理分类中的一种层理类型。

卷曲层理的特点是:在一组岩层的个别层位中,层理产生了明显的弯曲,状似“背斜”和“向斜”;有时伴生有原生小断裂,把弯曲错开;有时出现水成岩脉穿插;有时还伴生有角砾(图1)。这些现象只局限于某一单层中,而其直接的上、下层没有这些特点。据此识别卷曲层理时,须与构造运动形成的拖拉褶皱(不调和褶皱)相区别。

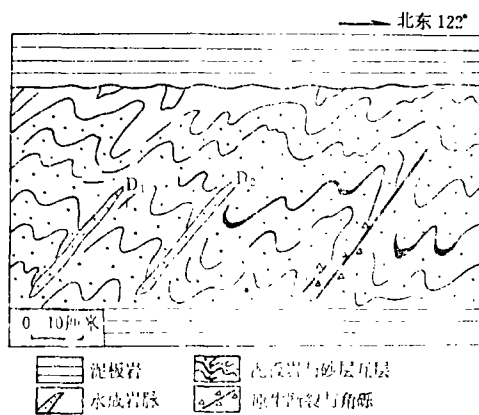


图1 广东河源县外坑岩层中卷曲层理

一 卷曲层理的生因类型

卷曲层理的生因,还存在很多不同的认识,这可能是由于不同作者所观测的地区不同所致。本文主要是根据广西、湖南、广东、浙江等地所见到的不同地质时代的卷曲

层理,提出如下的成因分类。

1. 滑坡型卷曲层理 这是最常见的一种卷曲层理。它可以出现于各种沉积岩中,但以薄层砂质泥板岩、粉砂岩和细砂岩中最常见,表现得也最为清晰。卷曲的复杂程度,主要决定于卷曲层本身的岩石物理性质和滑动的幅度。当卷曲层是由细粒和薄层岩石组成,而滑动的幅度又大时,便会产生强烈和复杂的卷曲;在块状岩层中,即使滑动的幅度很大,也没有卷曲或卷曲极不明显,往往只见有折断和各种不规则的团块。例如,海南岛石碌铁矿,在主矿体的下部和上部的透辉透闪石岩、千枚岩中,都发现了很强烈的滑坡型卷曲层理,而主矿体是块状不显层理的,便只见折断和各种不规则的团块。

滑坡型卷曲层理是卷曲层沉积以后,上部岩层沉积之前,由于沉积盆地有一定的坡度,特别是遇到地震时,更易于使半凝结状态的沉积物,沿着斜坡向盆地中心的方向或低洼地区滑动。在滑动过程中,使参加了滑动的层产生卷曲;有时还出现折断,或破碎成角砾,在断裂处还可见到水成岩脉。

滑坡型卷曲层理和拖拉褶皱的主要区别在于:①卷曲层的下部岩层常常是泥质的岩石,它起到了润滑剂的作用,使上部岩石易于沿着它的顶层面滑动。而拖拉褶皱则相反。形成拖拉褶皱的层,常常是细粒的、成层较薄的岩层;它的上部和下部的岩层,则是较粗粒的、成层较厚的岩层,正是这两部份岩层,在区域褶皱形成过程中,产生了层间滑动,而使其中间所夹的较细粒、较薄层、较软弱的岩层产生了拖拉褶皱。卷曲层的顶层面,常见有当时底流冲刷的痕迹;而拖拉褶皱是由于层间滑动所形成,因此层面常常平滑而具有擦痕。③拖拉褶皱仅发育于大一级褶皱的翼部,而且其形态也往往和大

一级褶皱相似，即褶皱类型、轴和枢纽的产状均与大一级褶皱相似。而滑坡型卷曲与褶皱构造之间，则无论其产出部位或形态特点上均无一定关系。

滑坡型卷曲层理在各个地层时代的海相和陆相地层中都有发现；它主要发生于水下滑坡，也有在大气中进行的。为了对滑坡型卷曲层理的特征进一步阐明，以下分海相类和陆相类举例叙述。

(1) 海相类 湖南马底驿组、五强溪组，浙西上奥陶统的砂质岩石中，广东海南岛石碌群第五、六层的千枚岩、透辉透闪石岩中，都发现有这一类型的卷曲层理。

湖南沅陵县、柳林叉河旁五强溪组的砂泥质互层中，卷曲层厚10~12厘米，其上部 and 下部都是正常产状的微层状砂质板岩。卷层中可见滑坡形成的角砾，顶层面有当时底流冲刷的痕迹，说明滑坡层沉积以后，产生了滑坡，其后它的顶层面又受到底流的冲刷，再沉积了上部的砂质沉积物。

海相石灰岩中也可见到滑坡型卷曲层理。图2是泥质石灰岩中的卷曲层理。卷曲

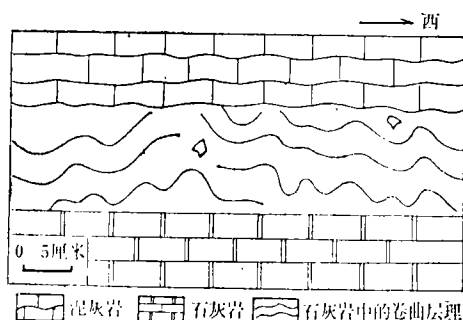


图2 广西崇左县城河旁下三迭统石灰岩中卷曲层理

层厚10厘米。沿卷曲层走向追索5米，发现卷曲层的厚度有明显变化，有的卷曲连续，有时不连续，偶见滑坡形成的角砾。卷曲层的顶部有底流轻微冲刷的痕迹。湖南桑植县余湖公社附近下三迭统石灰岩中，江永县铜山岭农场山鹰生产队附近、桥头铺至铜山岭公路旁棋子桥石灰岩中，都可以见到这一类型的卷曲层理。

(2) 陆相类 陆相地层同样普遍发育着滑坡型卷曲层理。图3是第三纪含砾砂岩和红色砂岩互层中的这种层理。卷曲较为强烈，

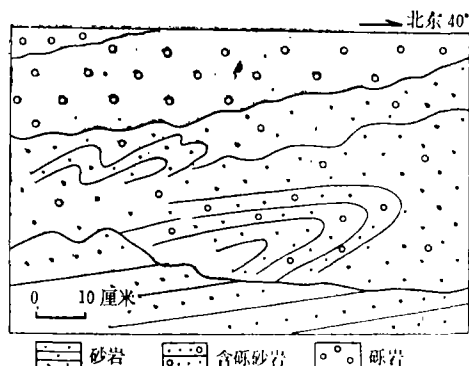


图3 广西隆安县城河旁第三系中滑坡型卷曲层理

有明显错开。卷曲层上覆层是红色砾岩，下伏层是红色砂岩。

湖南沅江、汉寿一带下第三系的红色砂岩中，也可见几十层滑坡型卷曲层理。

图4是第四纪沉积中的滑坡型卷曲层理，由图可见三个滑坡证据：①第四系不整合覆盖于第三系之上。由于第三系红色泥岩透水性很差，所以第四系底部砾石层中形成了一层厚5~6厘米铁质胶结的砾岩。这层砾岩在其他剖面上是连续的，而在这个剖面上，则成孤立的碎块。说明这层铁质砾岩形成以后，由于滑坡将其折断成碎块，滑动面和不整合面是一致的。②铁质砾岩之上是砾石层，砾石层的厚度在短距离内变化很大，

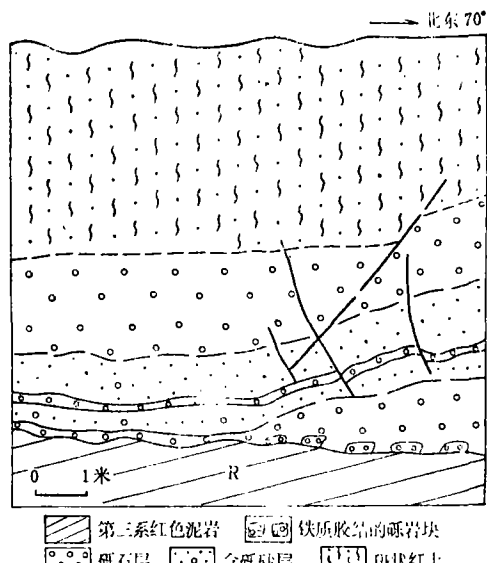


图4 长沙市树木岭玻璃厂门前第四系中的滑坡现象

是滑坡时推移的结果。③往上成层稍薄的砂砾层，产生了轻微的弯曲，并伴生节理和小断层，都是滑坡过程的产物。

2. 浊流型卷曲层理 由崩塌或浊流挖掘的大小碎块，经浊流搬运，这些半凝结状态的浅水沉积物在较深水的环境下堆积起来；如果这些半凝结状态的浅水沉积物具有较薄的层理时，在浊流搬运的过程中，沿盆地底部滚动，便会使薄层产生弯曲，形成各种团块。这种具有卷曲层的团块便和没有卷曲的沉积物堆积在一起。这类卷曲层理的特点是：①在一个层中，具有卷曲的部分是成团块状的，团块周围的沉积物没有卷曲。这和拖拉褶皱或滑坡型卷曲层理完全不同。②具有卷曲层理的团块之底部，常见明显受切割的痕迹。这说明具有卷曲层理的团块，在浊流搬运过程中，沿着盆地移动时不仅产生薄层弯曲，还产生切割（图5）。

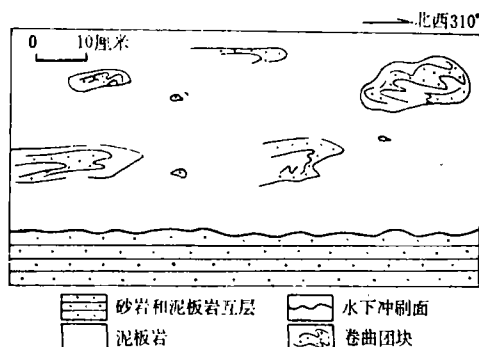


图5 广东河源县小坑兰群中浊流型卷曲层理

广东河源县桂山一带兰塘群上段浊流型卷曲层理发育广泛。图5中具有卷曲层理的团块夹于层理不清晰的砂质泥板岩中，下伏薄层粉砂岩和泥板岩互层。具有卷曲层理的团块来自下伏层。其中有些小于1厘米的粉砂岩和泥板岩的砾块，不显卷曲层理。

在兰塘群上段的厚层砂岩中，有时看到这些团块的卷曲并不明显，有时甚至完全不显卷曲（图6）。这是由于浊流所搬运的团块，原来层理就不明显，或者没有层理的缘故。这些团块大小不一，大的可长达10米，宽0.5米；在横剖面上多为椭圆形、圆形或其他形状（图6上部）；平面上，多成椭圆形或圆形突起。

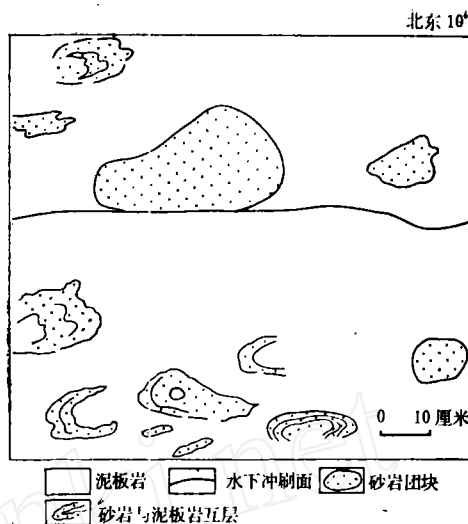


图6 广东河源县小坑兰群中浊流型卷曲层理

3. 塌陷型卷曲层理 仅见于较易溶解的岩层中，如石灰岩层、石膏层、岩盐层等。这些岩层在沉积初期或成岩过程中，由于局部被溶解使上部层产生不均匀塌陷，从而引起上部层层理的弯曲。这一类卷曲层理的特点是：①卷曲层的下部岩石一定是较易溶解的岩石。②卷曲层的下部，常有由崩塌形成的大量角砾。③卷曲层本身卷曲的强烈程度是有变化的，下部卷曲较为强烈，往上逐渐变为和缓。例如，广西凤山县城附近上石炭统的暗灰黑色石灰岩和具有微层理的浅灰色石灰岩互层中，就发现过这一类型的卷曲层

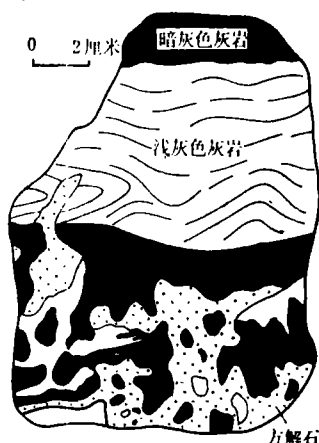


图7 广西凤山县城附近上石炭统石灰岩的卷曲层理

理。如图7下部是由崩塌所成的角砾岩组成,角砾具有明显的棱角,成份单纯,大小不一;卷曲层下部卷曲明显,往上逐渐消失。这些特点,可和拖拉褶皱区别开来。

二 卷曲层理的地质意义

研究各种类型的卷曲层理,不应仅满足于对这种地质现象的认识,还必须了解它所具有的地质意义;同时还要把它所阐明的地质意义和其他地质现象结合起来,综合分析,才能避免片面性的错误,作出可靠性的结论。

1. 确定岩层的顶层面和底层面 确定岩层的顶层面和底层面的地质标志很多,各种不同类型卷曲层理也是值得注意的一种地质标志。它可以和其他地质标志结合起来,进行综合分析。

在滑坡型卷曲层理中,识别顶层面和底层面时,应该注意:①卷曲层的顶层面是否存在起伏不平的剥蚀面,这个剥蚀面常常是水下冲刷面,表现为卷曲层的顶层面上出现各种侵蚀洼坑。它们是卷曲层形成以后,上覆层未沉积之前,受水下冲刷而形成的。②由于卷曲层的顶层面受到冲刷,因此有时可见卷曲层中弯曲向上的顶部,被剥蚀掉一部分的痕迹。③卷曲层中存在有原生断裂时,断裂常常有向卷曲层顶部逐渐变弱或消失的趋势。

在浊流型卷曲层理中,识别顶层面或底层面时,应该注意:①在有卷曲的团块中,团块底部的卷曲有时可见被切割去一部分的现象(图5、6)。②在无卷曲的团块中,有时可见底部平滑,顶部显著突起的规律(图6),利用这些规律时,并不是观察个别团块,需要作尽可能多的统计。

在塌陷型卷曲层理中,识别顶层面或底层面时,应该注意在塌陷角砾岩层之上,卷曲层本身是否存在有卷曲强度,往顶层面逐渐变为平缓的趋势(图7)。

2. 作为地层划分、对比的标志之一 当一个地区的地层厚度很大,古生物化石贫乏,而地层中又发育有卷曲层理时,可考虑根据它们的类型和发育的层位进行分层,并

可作小区域地层对比。不同类型的卷曲层理,常常仅发育于某一短暂时期所具有的地质环境中。因此我们在某一地区内,常常可以发现卷曲层理仅见于某一时代的地层内,有时还仅仅出现在某一时代地层的某一组、段内,所以在小区域内,可以作地层划分、对比标志之一。例如,广东紫金、河源、龙门一带的上三迭一下侏罗统的兰塘群中,卷曲层理仅发育于上段(老骊下段),而中段(五单坡段)和下段(青山段),目前还未发现这类层理。

海南岛石碌铁矿石碌群第五层(SL₅)和第六层(SL₆)常发育有滑坡型卷曲层理。因此在外围找寻石碌群时,也是重要标志之一。从石碌型铁矿是沉积变质为主的成因观点,提出找寻第二个石碌铁矿,应该注意层控或建(造)控是合理的。层控的观点是从地层出发,必须找寻沉积了铁矿的石碌群;陈国达教授提出的层位建(造)控的观点则是从石碌铁矿以及整个石碌群沉积时期的自然地理和构造条件出发,找寻同一类型的富铁矿。因为它可以是同时代的,也可以是同一成矿环境而时代不同。所以既要考虑层位,又要考虑建造类型。同样,卷曲层理应该是层控和建控都必须注意的地质现象。由于石碌群的厚度大,有一定程度的变质,化石稀少,构造复杂,因此地层的划分和对比都存在一定困难。当我们在石碌外围找寻石碌群时,除了充分注意找寻化石,对比岩性、岩相以外,必须十分注意石碌第五、六层中存在的卷曲层理现象。

3. 卷曲层理形成的大地构造背景 目前从滑坡型、浊流型卷曲层理所存在的沉积建造性质看来,主要是发育于地壳运动强烈时期所形成的沉积建造中。如上所述湖南马底驿组、五强溪组,浙西上奥陶统,海南岛的石碌群,都属于地槽沉积建造,广东河源一带的兰塘群,湖南、广西的第三系,都是属于地洼沉积建造。

当滑坡型卷曲层理发育时,可以提供我们考虑当时的地形反差强度较大,或地震比较频繁的参考依据。这些都和当时的地壳运动强度有关。因此,这些原生小构造结合其他有关的岩相、古地理分析,有助于大地构

造环境的判别。

4. 滑动方向的判别及其实际意义 根据滑坡型卷曲层理恢复古滑坡方向，主要是用卷曲轴面的测定和卷曲层厚度变化规律的观测。

当一个或几个层产生滑动时，原来的水平层理会产生非常复杂的卷曲。由于滑动时受到卷曲层底层面的阻力，形成卷曲轴面的主要倾斜方向是和滑动方向相反的。野外测量时应在同一测点上对不同方向剖面中的每个卷曲轴面进行测定，同时测量它所在岩层的产状要素，以便室内整理时校正其原始产状。观测点应尽可能比较均匀地布置在整个研究区内，这样才能完整地恢复当时沉积盆地的形态。如果我们只集中在一个小范围内测定，常常只反映了当时盆地局部的形态。

当一个或几个层产生滑动时，它的厚度总是向着下滑的终点不断增厚的。当沉积盆地的斜坡比较平直一致时，这个终点只有一个；当沉积盆地的斜坡起伏较复杂或斜坡较长时，则终点可以是多个的，出现了分段加厚的现象。因此，我们必须在野外沿着同一卷曲层进行追索，查明它的厚度变化规律，结合卷曲轴面的产状测量，以便恢复滑动的方向和沉积盆地中心位置的方向。因为滑动的方向，总是向着低洼的盆地中心而滑动的，滑动层（包括矿层）厚度增大的方向，正是下滑的方向。海南岛石碌铁矿北一矿体厚度明显增大，目前还存在着不同的解释。我个人的看法是，北一矿体增厚，是由于铁

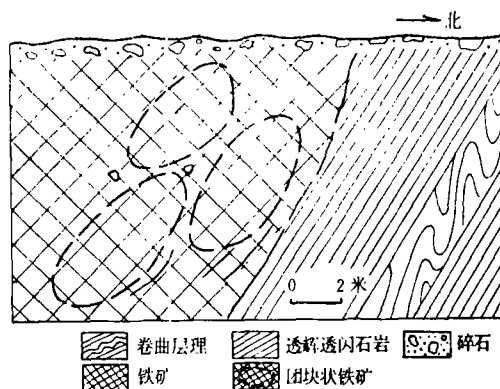


图8 海南岛石碌矿区344采场部分地质剖面图

矿沉积以后水下滑坡引起的。推论的依据是：在石碌矿区内，石碌群第五、六层普遍发育有滑坡型卷曲层理。特别是主矿体的顶底板中，也较常见。例如，在344采场中矿中的条带状透辉透闪石岩、有时在条带状铁矿中，也可以见到这种层理。原来是块状的铁矿体，由于不显层理，当滑动以后，成为团块状、砾状（图8），有的成蘑菇状，如南六矿体。有的成楔状，插入于透辉透闪石岩中，如344采场所见。这一系列的现象，说明这些块状的铁矿体也是经过滑动的。很可能目前北一矿体所在的位置便是当时沉积盆地的拗陷中心之一，铁矿层产生滑动时，这里是高度集中的终点之一。如果，当时石碌沉积盆地起伏较为复杂，可以形成分段集中成厚大的富矿包，有些地段变薄，并逐渐尖灭。

世界铁矿资源

据联合国资料，按照1970年的状况，世界铁矿资源估计为7800亿吨（其中储量为2510亿吨）。其中约有80%集中在苏联、美国和南美。组成上述资源的矿石类型有：赤铁矿矿石（占22%），磁铁矿矿石（10%），针铁矿矿石（15%），其余的属于混合矿石。1850~1974年的125年间，铁矿石的需要是210亿吨，而到2000年的25年间则为480亿吨（以钢产量每年增长5%计）。对铁矿石需要量的增长，促进了巴西、澳大利亚、非洲、加拿大和其他国

家以赤铁矿为主的富矿的开发。几乎全部开采出的矿石，都出口到欧洲有关国家、日本和美国。1976年世界上铁矿石的进口与出口量分别为3.73亿吨和3.85亿吨。1976年主要进口国是欧洲各国（1.3亿吨），日本（1.28亿），美国（0.45亿吨）；出口国是澳大利亚（0.83亿），巴西（0.71亿吨），加拿大（0.45亿吨），印度（0.22亿吨），瑞典（0.22亿吨），委内瑞拉（0.17），利比里亚（0.2亿吨）。

（据《Рефер·Жур·》，08ж，1978，№12，P.1~2）

