

有关土壤系统内部临界阈的几个例子

D.R. 马斯 (威斯康星大学地理系)

一、石灰性母质中的粘粒移动 碳酸盐淋溶是土壤粘粒以淋溶方式迁移的一个必要条件 (姆尔等, 1980)。像 Ca^{++} 和 Mg^{++} 等二价阳离子具有强烈的凝聚作用, 可抑制粘粒的淋溶。在湿润环境中, 碳酸盐最终要被淋洗掉, 当活性碳酸盐和交换性 Ca^{++} 淋洗到一定程度时, 粘粒就不再以凝聚状态存在而开始移动, 此时, 碳酸盐和 Ca^{++} 的含量即可看作一种临界阈值。因为外界可变因素没有改变, 所以这种临界阈是内部临界阈。当然, 有效降水量的增加将加速土壤系统向临界阈值逼近, 不过, 它属于外部临界阈值。

二、 Na^+ 影响下的粘粒移动 与 Ca^{++} 和 Mg^{++} 的凝聚作用相比, 一定量的 Na^+ 具有分散粘粒的作用, 这是由于 Na^+ 具有吸湿性并能增厚离子层的缘故。在海岸或干盐湖边缘, 土壤可以通过大气烟尘不断得到 Na^+ , 一旦 Na^+ 含量达到一定水平, 粘粒即呈分散状态, 从而引起粘粒的迅速迁移。亚力山大和内特尔顿 (1977)、彼得森 (1980) 和马斯 (1982) 业已证明在内华达和加利福尼亚州的土壤中, 以上述方式很快形成了富含粘粒的钠质层。然而, 在富含钠的环境中, 粘粒移动性随时间也可以减弱。其因有二: 一是粘粒的进一步分散可以使孔隙减少, 孔隙被堵塞后, 能抑制土粒的进一步移动。霍尔沃思 (1963) 发现20—40%的粘粒含量 (依粘粒矿物学性质而定) 是一个界限 (即临界阈), 超过这个界限, 通过孔隙的粘粒移动减弱或不发生。抑制粘粒移动的第二个原因是, 在 Na^+ 含量增加条件下, 土壤溶液电解质含量增高, 使离子层变薄, 从而发生凝聚作用。霍尔沃思 (1963) 用人工土柱法证明存在 Na^+ 浓度临界阈值, 超过该阈值, 粘粒 (指高岭石和蒙脱石) 移动骤然减弱。正象人们在海岸或干盐湖边缘所发现的那样, 随着 Na^+ 的稳定增加, Na^+ 达到最小临界阈值时, 最初有利于粘粒的迅速迁移, 一旦达到 Na^+ 数值较高的另一个阈值时, 粘粒迁移则减弱或不发生。因为此时外界环境可变因素没有发生变化, 故这是两个内部临界阈的例子。

三、石灰薄层 (K层) 的发育 在干旱和半干旱地区, 降水不足, 碳酸钙不能完全从土壤剖面中淋失而积累在土壤当中。碳酸钙的来源可以是土壤母质或大气中的碳酸钙液滴或尘埃。贾尔、彼得森和格罗斯曼 (1966) 提出了碳酸盐随时间积累的四阶段系列, 后来巴克曼和默克蒂 (1977) 发展了这个系列, 又提出了两个新的高级阶段。

在这里我们关心的是贾尔 (1966) 的第三和第四阶段的特征区别。在第三阶段, 碳酸盐积累和“K—结构”占主导地位。关于K—结构早已被研究和定义过 (贾尔、彼得森和格罗斯曼, 1965)。在它内部, “……原地形成的碳酸盐细粒是最基本的连续介质, 它包被于颗粒表面或存在于颗粒之间。它的一般作用是分散或粘结粗骨状砾石、砂粒和粉粒” (贾尔等, 1965, 71页) 在K层的第三阶段, 碳酸盐高度积累最终可完全堵塞土壤孔隙, 阻止含有碳酸盐的水分下渗, 土壤水分则在第三阶段的K层上面发生侧流。这样, 碳酸盐积累所形成的薄层带就会向上发展和增长: 至此土壤剖面发育已进入第四阶段。

碳酸盐积累方向的改变, 是由于超过土壤的一个内部临界阈所引起的。也就是说, 在该临界点处, 碳酸盐积累已足以将第三阶段K层的孔隙阻塞。在贾尔等人的资料中贾尔和格罗斯曼 (1979)、巴克曼和默克蒂 (1977) 指出, 对于含砾石多的母质来说, 第三阶段K层的碳酸盐含量范围是10—25%, 而对于含砾石少的母质来说是20—60%。可以认为该范围的较高数值是区分土壤碳酸盐

下行和上行积累的临界阈值。

令人感兴趣的是，孔隙被阻塞了的K层并不限制土壤水的侧向流动。据约翰逊和罗克韦尔(1982)报导，在加利福尼亚海岸发育的土壤中，粘化B层积累了大量粘粒。致使目前的水平淋洗作用(在B层之上)远远大于垂直淋洗作用。在土壤发育的某一阶段，B层粘粒含量到达临界阈值时，侧向淋洗作用则大于垂直淋洗作用。

四、灰土中Bhs层的形成 灰土(灰壤)通常是在全新世时间尺度上快速形成的一类土壤(弗兰梅尔和怀特赛德, 1963; 汤普森, 1981), 它对环境条件的改变反应敏感。正由于这一点, 可以发现许多有关灰土形成的外部临界阈的例子。例如, 霍尔(1975)发现在威斯康星州北部的一些灰土上, 要想维持灰化层的存在, 需要输入极少量的铁杉树有机质, 当铁杉林破坏后, 灰化层则开始消失。可以认为, 在该地区为了维持灰化层的存在所需要输入的极少量有机质是一个外部临界阈。

明显的灰土Bhs层(即灰化层)是说明内部临界阈的一个好例子。弗兰梅尔和怀特赛德(1963)以及费兰梅尔、怀特赛德和莫特兰(1963)在研究土壤年龄系列时, 深入探讨了在密执安州北部均衡抬升的湖滩沙地和冰渍物上发育的一系列全新世土壤, 提供了有关形态、物理和化学的详细资料。该年龄系列中较老的成员是灰土, 对其化学资料进行分析, 可以清楚地发现富含Fe、Al的Bs层形成于3000年以后, 而Bhs层则形成于大约8000年以后(图1)。A层上部有机碳含量达到最大值的时间只是在3000年以后, 而地表以下B层的有机碳积累所需时间较长。弗兰梅尔和怀特赛德(1963)推测Bs层一定数量的Fe、Al积累必须发生在腐殖质固定以前。这些早期的结论与研究苏格兰灰土所建立的灰化层形成的现代模型相符合(安德森[Anderson]等, 1982)。在后者的研究中, 提出了一种反映各种排水状况下灰土形成的模型。在他们的模型中, Fe和Al首先积累形成Bs层, 在这些成份发生一定数量的固结之后, 胶状和可溶性有机酸能够从A₂或E层(含有大量的非活性石英砂或粉砂)移动到Bs层, 在这里它与前期沉淀的三氧化物相遇。带负电荷的胶状有机质或者下渗或者沉淀到带正电荷的三氧化物颗粒表面上。德康宁克(De Coninck)(1980)发现Bh或Bhs层的有机膜状物在显微镜下观察具有凝胶状外观, 这就证明该层次的形成是由于胶状有机质沉淀所致。因此, 从Bs层变为Bhs层的必要条件是Bs层中具有极少量的Fe和Al。根据弗

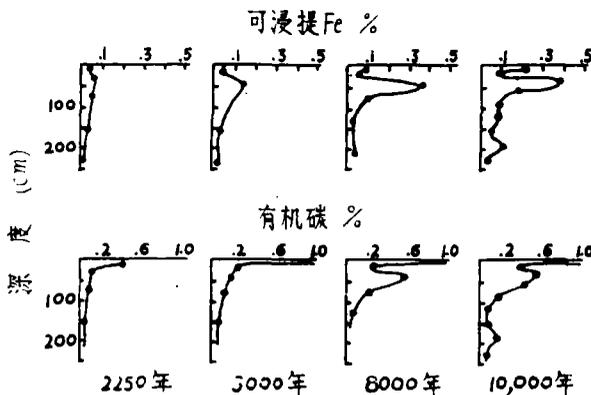


图1 密执安州北部的土壤年龄系列中可浸Fe和有机碳随深度变化图。可浸Al与图中的Fe平行, 资料引自弗兰梅尔和怀特赛德(1963)。

兰梅尔和怀特赛德(1963)的资料, Fe和Al的临界阈值似乎在0.2—0.4%之间(图1)。这又是一个内部临界阈的例子, 因为Bs层三氧化物的积累不需要土壤形成环境因素的变化, 土壤形态的改变是Fe、Al不断积累的结果。

五、土壤中铁的价态 土壤中的铁一般以亚铁和高价铁两种形式存在, Fe^{++} 或亚铁出现在排水不良和/或低PH值条件下(图2), 含有还原铁或亚铁的化合物使土壤呈现灰色甚至绿色特征。相反, 高价铁出现在排水良好和相当高的PH值条件下, 土壤中出现了针铁矿、赤铁矿或褐铁矿, 使土壤呈现出红色、棕色或黄色特征。Eh和PH值就构成Fe的两种价态之间的分界限, 故它们可以被看作是临界阈值。

地表景观的不断发展可以为土壤超过这些临界阈提供条件。例如, 地表景观分割的不断加强能减少河间地宽幅, 结果改善了土壤内部的排水状况。由于排水状况的改善, Eh值升高, 亚铁被氧化, 结果使土壤产生了红色色调。在这种情况下, 景观年龄所决定的地形或地貌学因素作为一种外界可变因素, 可以突破临界阈, 所以, 这是一种外部临界阈。

然而, 在外界可变因素不发生变化的时候, 土壤的不断发展也能引起土壤超过价态临界阈。尧伦(Yaolon)(1971)提出, 当B层由于风化和淀积使粘粒在土壤中富积时, 土壤内部排水状况恶化, 形成还原环境, 使高价铁变成亚铁。还原铁能够进入三八面体粘粒矿物如蒙脱石的晶架内部, 将导致土壤年龄系列的连二亚硫酸盐—可浸Fe(dithionite—extractable Fe)的减少。博克黑姆(Bockheim)(1980)研究了32个年龄系列资料, 其中有11个具有连二亚硫酸盐—可浸Fe; 有两个年龄系列当Fe达到最大值之后又开始减少。马斯(1982)在研究加里福尼亚土壤年龄系列时, 也得出了同样的结论。如果土壤B层粘粒含量的增加是由于原生矿物在原地不断风化和淀积, 那么, 铁价态分界限则是内部临界阈。

六、淀积与土壤扰动 土壤结构和矿物碎屑表面的粘土膜一般认为是粘粒淀积的最直接的证据。在许多干旱、半干旱和地中海型气候条件下的土壤中, 颗粒分析资料表明粘粒含量随深度增加而增加, 但是, 在粘粒积累最多的层次中却缺少粘土膜(例如博尔和耶西勒[Yesiloy, 1964])。微形态、颗粒分析和粘粒矿物资料证明, 这是由于土壤含量极少量可能膨胀蒙脱石粘粒而发生胀缩活动的缘故(内特尔顿、弗勒克[Flach]和布拉谢尔[Brasher, 1969]); 埃珀韦克[Alperovitch]和丹[Dan], 1972; 马斯[1982])。正如有人在加里福尼亚和以色列发现的那样, 粘土膜的破坏是由于在地中海型气候条件下, 湿润季节蒙脱石膨胀而干旱季节收缩所造成的。内特尔顿、弗勒克和布拉谢尔(1969)在研究美国西南部土壤时发现该处土壤粘粒含量大于40%, 线性延

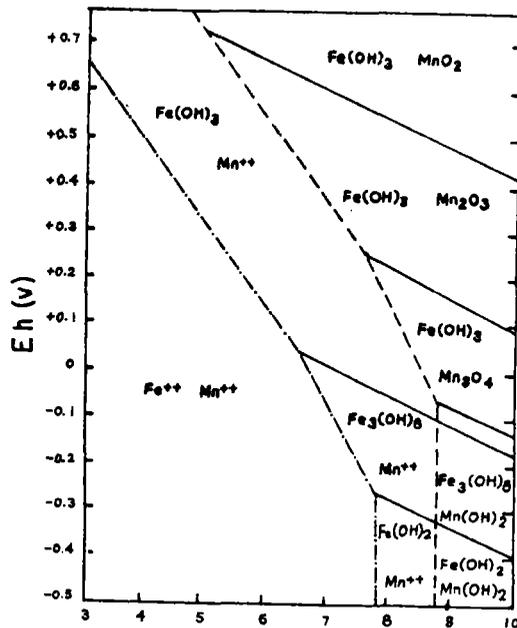


图2 在0.01N 氟化物溶液中Fe和Mn价态的稳定性与Eh和PH关系图。改编自柯林斯(Collins)和博尔(1970)。

展大于4%，但却缺乏粘土膜。马斯（1982）也发现粘粒含量为40%的土壤不具有粘土膜，他进一步发现当粘粒含量达到该水平时，则出现明显的滑动面（stickensides）或压力面，并指出该层出现在地面下一定深度。即使表层的粘粒含量超过40%，也不会形成滑动面，原因是影响滑动面形成的许多因素要求具有一定深度（尧伦和卡尔默 [kalmer, 1978]）。这样看来，至少在美国西南部，土壤中的粘粒主要由蒙脱石类粘粒构成，40%的粘粒含量可以被看作一个临界阈，超过它，粘土膜则不能形成或保存。

个别土层或结构体的粘土膜和滑动面现象，可以用来鉴别存在于以淀积为主与以土壤挠动（pedoturbation）和土壤均一化（homogenization）为主的土壤发生状况之间的临界阈。埃珀韦克和丹（1972）在研究约旦谷地的变性土（它通常以土壤挠动或土壤混合为主）时指出，有些证据表明即使在胀缩性粘粒含量较高的情况下，只要富含Na⁺，即可发生粘粒淀积。很明显，高含Na⁺能引起粘粒迅速活化，在土壤挠动发生之前使粘粒持续淀积。然而，在同一地区，粘粒含量至少有60%的变性土却没有显示出任何粘粒淀积的迹象。表明在这种环境条件下，对于以土壤挠动为主的土壤剖面来说存在着一个临界阈。

来自加利福尼亚的土壤资料证明，由于风化使土壤粘粒矿物学性质发生改变时，以淀积为主的土壤发生状况可以变成以土壤挠动为主的土壤发生状况。马斯（1982）研究了发育在加利福尼亚海岸阶地上的土壤，他发现土壤剖面平均蒙脱石/云母比率与海岸阶地的年龄有很好的相关性（图3）。当土壤剖面平均蒙脱石/云母比率在0.44—0.47之间时，土壤发生状况则由以淀积为主（淋溶土）转变为以土壤挠动为主（变性土或变性淋溶土 [Vertic Alfisols]）。云母不断风化形成蒙脱石可以促使土壤向临界阈逼近，由于它不是母质的不同或古气候与现代气候不同所致，因此，该临界阈是一个内部临界阈。

土壤发生状况也可以随时间从土壤挠动变为淀积。在湿润热带地区排水良好的土壤上，蒙脱石是相对不稳定的，它可以风化成高岭石。阿姆德（Ahmad）和琼斯（Jones）（1969）在巴巴多斯研究了发育在未被抬升的沿海珊瑚石灰岩阶地上的土壤，他发现随着阶地不断抬升（即阶地年龄增加），土壤从变性土变成了淋溶土。在年轻的变性土中，粘粒以蒙脱石为主，而在较老的淋溶土中则以高岭石为主，可以推知蒙脱石随时间的推移变成了高岭石（图4）。高岭石/蒙脱石的比

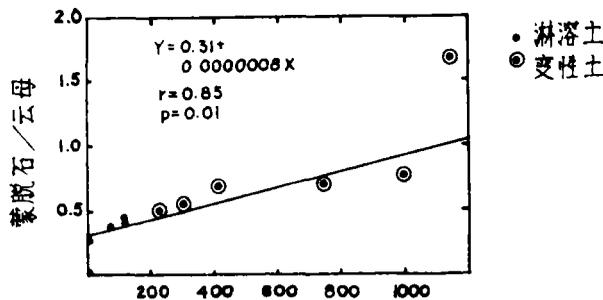


图3 加利福尼亚沿海土壤年龄系列的剖面平均蒙脱石/云母比率变化图。引自马斯（1982）。

率在1.0—1.5之间时，土壤发生状况可以由土壤挠动（变性土）变为淀积（淋溶土）。所以，巴巴多斯暖湿气候下的土壤，就其发展方向来说与马斯（1982）在干旱地中海型气候下所发现的土壤基本是相反的。然而，这两种情况，即从淀积变为土壤挠动或其逆过程都是由于超过粘粒矿物学临界阈值的缘故。

为了人类生存环境的复生

徙谷寿夫

当今地球上的自然环境，呈现一派荒废景象，其责任大半要归咎于人类的活动。荒废就意味着对人类生存环境的破坏。人类生存环境的复生关系到地球自然状态的恢复。然而，复生和恢复并不只是恢复以前的状态，而是要以新的发展来考虑问题。这里我借助生态学的观点，针对以上问题谈一点我的看法。

一、我居住的京都府乙训郡大崎町介于古城京都和大阪之间，该区的土地开发，直至最近才稍有收敛。十年前，我移居此地时，周围环境还完全保留着近郊农村的自然景色，可是由于后来的盲目开发，尤其是近三、四年的急速开发，最近连仅存的一点绿地和空地也被工程建设占据了。与该区相邻的长冈京市和向日市环境破坏的现状和大崎町完全一样。以上两市一町统称为乙训地区。现在该区的“围困、乱开发”现象非常严重，如同暴风骤雨一般席卷着该区。

以上的乙训地区，并非是一个特例。在我国，特别是在大城市周围，这样的破坏现象是很普遍的。城市的自然环境由于“围困、乱开发”遭到彻底地破坏，是我国不容否认的现实。

从全国范围来看，情况完全相同。美丽的濑户内海，由于沿岸的填海造田和工程建设，已经使之变成了脏水河。从大阪湾到东京湾，这样无休止地破坏下去，必将使其变成一座“海洋”墓地。

六十年代，我国经济高度发展，自然环境遭到强行破坏。七十年代，经济发展较慢，破坏有

所缓和。可是现在为了克服经济上的困境，“日本列岛改造论”又在垄断资本和其代理人—政府中间复活了。结果连仅存的一点自然景色也遭致破坏。志布志湾、六小川原、琵琶湖都未能幸免。位于北海道苫小牧市东北部的“ウトナイ湖”是我国指定的“野鸟圣地”，但却成了防洪泄水的流经地。因此说连湖的存亡也危在旦夕。就面积来说，这是一个地区的事；而就其影响而言，则波及全国。再加上大规模的“围困、乱开发”遍及全国，若对此麻木不仁，便是坐等待毙，这便是无情的现实。

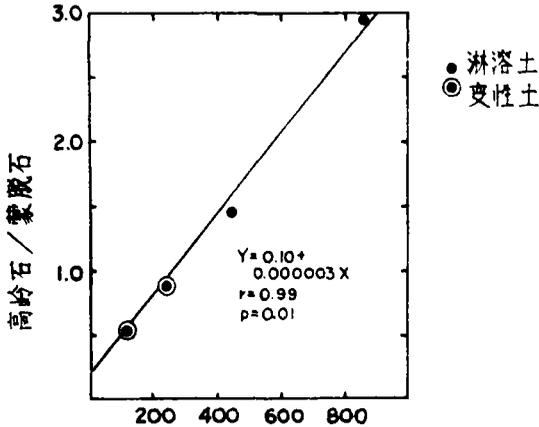


图4 巴巴多斯土壤年龄系列中高岭石/蒙脱石比率变化图。粘粒矿物资料引自阿姆德和琼斯（1969）；年龄估计引自阿姆德和琼斯（1969）的定位观测资料，阶地的地图、年代和抬升速率引自本德（Bender）等的资料（1979）。

马建华摘译自《Physical Geography》，1984，5，2，P99—110 王珏校

从全球范围来看，情况也一样。超越国境的酸雨危害，不但在欧洲，而且在北美也是一个相当严重的问题。为此，森林大面积枯死，湖泊、沼泽和河流成了一滩死水。这是世界性的灾害；大型工业地带所产生的大气污染已波及到沿海各个国家。