

# 中国几种主要岩石的風化作用及其 所形成之土壤的特性

刘 海 蓬

## 一、岩石性質与风化作用及其产物

土壤中的矿物质部分,是岩石的风化产物,岩石的性質不同,其风化产物必然也不相同,这就很自然的影响了它所形成的土壤的性状与肥力。这种情形,在地理环境相同的地区,表现得十分清楚。也正是因为这些,道庫恰耶夫(俄罗斯土壤学奠基人)才把岩石当作是影响土壤发生与发育的最重要因素之一。岩石性質最能影响土壤的是它的組織、化学成分(或矿物組成)与固結情形,今分別記述如下:

### 1. 岩石組織与土壤質地

結晶粗的岩石,风化以后,生成質地較粗的土壤;結晶細的岩石,风化以后,生成較細的土壤,是很自然的,因为一般岩石的物理崩解作用仅仅能使連結在一起的、不同种类的矿物,分散开来,不容易使单体的矿物发生进一步的破碎作用这种現象,在比較干旱的地区,岩石的化学分解微弱而物理崩解比較強烈的情况中,最是明显。例如,河北省北部、八达岭、青龙桥以及怀来北山的花崗岩(粗粒状組成),风化以后,生成砾质土壤。北京西山大觉寺一带的黑云母花崗岩以及周口店村北的花崗閃长岩,风化以后,生成粗砂土或砂土。而附近的石灰岩与頁岩,生成的土壤,就比較細粘。在我国南部,也有同样的現象,例如,福建省花崗岩上生成的土壤中,均含有粗砂(石英),有时数量还很多;而流紋岩上生成的土壤,則甚細粘(花崗岩和流紋岩的化学成分,十分近似,它們的主要区别是組織情况,花崗岩結晶粗大,流紋岩是不結晶或是含有很少数量的小的結晶体的岩石)。南京附近(蔣玉庙)閃长岩生成砂壤土,它的周围,玄武岩則生成粘壤土。

另外便是岩石的結晶粗細不同,还影响着它的风化速率,也就影响了所形成的风化层的厚度(土壤剖面的厚薄)。大体讲来,結晶粗大的岩石,受热以后,其中所含矿物体积张大亦多,挤压其周围矿物,使之松散离开原来之位置的能力亦強,因而容易活动、脱落。同时,冷却以后,各矿物之体积,縮小亦甚,又能产生較粗的裂隙,宜于水分之侵入,更促进了它的风化作用,因而能生成深厚的风化层。与此相反,結晶細或是不結晶的岩石,风化作用則較迟緩,仅能生成較薄的土层。

由于岩石的粗細不同,而形成不同厚度的土层,在地面上的实例是很多的。例如,我国福建省东北隅福鼎县太姥山上的花崗岩,生成的土壤剖面在1米以上,其下且为风化強烈的疏松岩石。而福安县的白云山(在福鼎县之西,两县相邻,白云山的高度和地形与太姥山相同)上的流紋岩,生成的土壤,厚度均不及1米,其下且为坚硬的岩石。

同一种岩石,甚至于在同一块岩体上,如果它的不同部分的組織不同,它的风化情形也还是可以有很大的差别的,这可以福建省沙县的花崗岩为例。

福建省中部,沙县水潮阳附近,是一个巨型花崗岩侵入体,水潮阳是岩体的中心部分,各种矿物結晶均粗大,正长石成长三、四寸和1寸粗柱状体,距水潮阳十数里周围地区,正长石結晶体仅1厘米大小。这种差异,造成了这一岩体各部的风化速率的不相同。

在这一岩体形成的初期,水潮阳所在的地方(岩体的中部)应当凸出地面很多(图1甲),自然是风化迅速和侵蚀强烈的地方,岩体顶部,结晶也不太粗,等到地表及岩体凸出部分被侵蚀夷平以后,内部较粗的结晶部分露于地表。因为风化与侵蚀强烈的关系,形成了目前的凹地(图1乙),周围岩石结晶较细,风化与侵蚀较为微弱,凸出形成高地和山岭。

由于上述情形,形成的小型凹地,在福建省花岗岩区域内是很多的。在永定县境内,许多这样的凹地还连成了深长的沟谷,成为后来的喷出岩流的处所。

岩石的颜色不同,它的吸热数量与涨缩作用也不相同,自然也能影响它的崩解速率,也就形成了不同厚度的土层。大体讲来,黑色的岩石,吸热量大,涨缩作用也较强烈,容易形成厚层的土壤;浅色的岩石,形成的土壤恒薄。这种情形,在福建省也有很多好的例子,如宁洋县城附近,在玄武岩上形成的土壤剖面厚度,常在1.5米以上,而邻区的流纹岩形成的土壤,则不及1米。

也正是由于岩石的物理风化的速率不同和侵蚀作用的发生,在不同的岩石上就生成了不同的地形。容易发生物理风化的岩石,如花岗岩、正长岩、页岩等,常常形成缓坡的丘陵。而不容易发生崩解作用的岩石,如石英岩、流纹岩等,则容易生成陡峻的山岳。这种实例,在我国很多,如四川中部的丘陵,是页岩生成的,广西南部的丘陵,是花岗岩生成的等等。

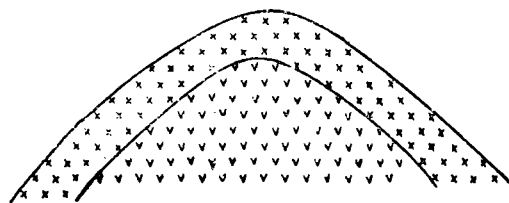
## 2. 岩石的矿物成分对于土壤的化学性状的影响

岩石中所含的矿物种类不同,风化以后生成的土壤性质,自然也不相同,对于土壤的肥力、性状以及发生与发育都有重要的意义。最重要的是岩石所含碳酸钙的多少和它在风化过程中可以形成的  $\text{CaCO}_3$  的数量,它们是影响土壤酸碱度的重要因素。富含石灰质和钙长石的岩石,容易生成碱性或是中性的土壤,不含石灰质和钙长石含量较少的岩石,容易生成酸性反应的土壤。这种情况,在我国各地都很清楚。例如,在我国南方,各种岩石上生成的土壤,都是酸性的,而石灰岩生成的黑色石灰土(腐殖质碳酸盐土)则是中性反应。

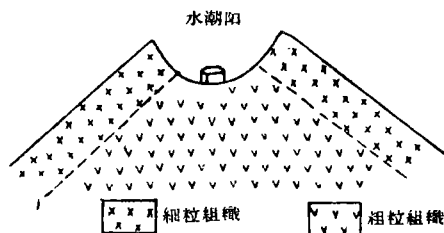
在我国北部,土壤的反应,和生成它的岩石的矿物组成(化学成分),也有着密切的关系。例如,北京西山灰沟附近的石灰岩,生成的土壤属石灰性反应,而附近的花岗岩生成的土壤,则为酸性或中性反应。

此外,便是磷、钾含量丰富的岩石,生成的土壤比较肥沃,在自然中,能够生长密茂的植物,垦辟为农地后,亦能生长良好的作物。例如我国四川的紫色页岩地区和河北省北部张家口附近的玄武岩地区的土壤,均较其邻近地区的肥沃,就是因为母岩中含有丰富的磷与钾的植物营养元素。

岩石的矿物组成不同,还在影响着它的化学风化速率,自然也能影响它所生成的土壤剖面的厚薄。根据试验结果,我们知道在含有二氧化碳的水中,斜长石比正长石容易发生分解,辉石比角闪石容易发生分解。橄榄石最容易发生分解,石英的分解能力很差,磁铁矿根本不发生什么变化;这也就是说,在硅酸盐矿物中,含硅与铝较多的,不容易发生分解,含铁与镁较多的,容易发生分解,这大概是由于矿物的原子结构的不同所造成的。福建宁洋的玄武岩与流纹岩上生成的土壤剖面厚薄不同,和组成它们的矿物成分有所差异,也有关系。



(甲) 花岗岩侵入初期的理想断面



(乙) 目前花岗岩体的断面(花岗岩经过侵蚀后)

图1 福建省沙县水潮阳凹地形成过程示意图

石英和磁铁矿不容易发生化学变化,在自然界中表现得很清楚。酸性岩浆岩生成的土壤中,它的粗粒部分多数是石英,其他的矿物均消失无遗,这就说明了石英抵抗化学风化的能力是很强的。在含有磁铁矿的花岗岩区域,地面上常是残积有磁铁矿矿砂,也证明了磁铁矿是极其不容易发生化学分解的。

矿物的结晶情形,也能影响它的化学分解作用,结晶良好的矿物,不容易发生化学分解,不结晶和结晶细小的矿物,化学分解作用比较迅速。在含有方解石矿脉的石灰岩风化面上,方解石矿脉,总是高凸出来,就是这个道理。粗粒的石灰岩较细粒的石灰岩不容易发生化学风化作用,也被我国的工程地质学家,在实验室内证明了。

玄武岩的结晶与否,也在影响着它的化学风化速率。德国地质学家许腊,从观察风化了的玄武岩薄片,证明了玄武岩的结晶部分,风化以后生成的粘土,数量较少,而不结晶部分,则生成了大量的粘土。

### 3. 岩石的固结情况与胶结体的性质

岩石的紧密情况与胶结物的种类,亦能影响岩石的风化速率。松散的岩石,由于孔隙大,水易于浸入,风化较快,容易生成厚层的土壤。紧密的岩石,生成的土壤较薄。由泥土与碳酸钙胶结成的岩石,风化较快;由氧化硅与氧化铁胶结成的岩石,风化较慢。

岩石的固结情形,还能影响它的物理崩解作用完善与否。一般讲来,比较坚硬而细密的页岩、砂岩、板岩、片岩以及石英岩等,它们的风化作用是以物理崩解作用为主的。但崩解作用并不完全,因此,在地表上,产生有大量的石块。

总的来讲,岩石风化产物,对于土壤性状的影响主要的有两个方面:风化层的厚度与风化产物的性质。风化层的厚度,决定于岩石风化的速率,和产生状态有关。岩石发生风化的最主要原因,是它暴露在地表以后,所处的环境和生成时有所不同。不同之处愈多,岩石的风化速率就愈是迅速,愈容易形成厚层的土壤,生成的物体,和岩石原来的性质相差愈大。反之,则岩石风化的速率较为迟缓,不容易生成厚层的土壤,而且它的性质,和岩石的性质比较近似。根据这些,我们就知道在高温高压下生成的岩浆岩,风化作用比较迅速,容易形成厚层的土壤。在地表部分形成的沉积岩,由于形成它的环境和它暴露在大气中以后的情况,比较近似,所以它们的风化作用是比较迟缓的。就风化产物的性状来讲,沉积岩的风化产物,和岩石的性质比较近似,岩浆岩的风化产物,与原来的岩石性质相差较远。这是由于沉积岩是岩浆岩的风化产物形成的,在岩浆岩风化形成沉积岩的过程中,容易在大气中发生化学分解的矿物,已经发生了化学变化,形成了比较稳定的物体或是随水流失。沉积岩中所含矿物,是比较不易发生化学风化,它的化学风化必然是比较迟缓的,风化以后生成的物体,和母质的性质有很多相似的地方,两者之间,常常有较厚的过渡层。岩浆岩中所含的矿物,容易发生化学变化,风化以后,生成的物体和岩石的性质,常是相差很远,而且它们之间的变化常是很明显的(自然也有例外,如花岗岩与石灰岩)。就粘粒物质与植物营养元素的含量而言,细粒的沉积岩,如页岩、泥页岩与砂质页岩等,生成的土壤,亦远较岩浆岩者为高。

## 二、几种普通岩石的风化作用与风化产物的特点

**1. 花岗岩** 花岗岩是粗粒的酸性岩浆岩,暴露地面以后,容易因为天气的冷热变化,发生物理崩解作用。崩解以后,产生裂隙,水分可以浸入,又促进了它的风化作用。因此,花岗岩风化生成的土层(土壤剖面),总是比较深厚的。由于裂隙多,能够积蓄水分,地面上就能够生长比较茂盛的植物,这种情形,就成了干旱与半干旱地区的农业生产上的有利条件。因此,在我国华北,有些农村中的居民,把花岗岩一类的岩石(包括所有的粗粒的岩浆岩),称之为活石类。把花岗岩生成的山,叫活山。由于花岗岩的组织较粗,风化以后,生成的土壤,粗砂含量就多,而且比较疏松。

組成花崗岩的主要礦物是正長石和石英，此外還有很少一部分是雲母、角閃石和輝石等。正長石和石英抵抗化學風化的能力甚強，因此，花崗岩風化以後，化學性狀的變化不太顯著，生成的土壤和岩石的性狀，有着密切的聯繫，在普通的情形中，土壤剖面下部的風化層（由岩石變化成土壤的過渡層，亦即僅是經過強烈風化的岩石）都是比較深厚而且明顯的。由於所含容易發生化學變化的礦物較少，不能生成大量的溶性鹽與碳酸鹽等，生成的土壤都是酸性或中性的。

今以河北省八達嶺（北京北 100 余里，京包鐵路線上）附近的紅棕色花崗岩（粗粒）生成之土壤為例，說明我國北部（半干旱地區）花崗岩風化及其產物的一般情況。

地表面厚 35 厘米為棕灰色，含石英粒甚多，亦有礫石，粘粒成分甚少，植物根極稠密，甚稀疏，酸性反應。

地表以下 35—65 厘米深處，淺棕色，亦顯灰色，含石英砂粒甚多。粘粒與粉砂含量均少，有植物根，仍稀疏，無石灰質，酸性反應。

地表下 65—100 厘米深處，為強烈風化之花崗岩，塊狀形態尚清晰可見，惟極稀疏，一觸即碎。黑色礦物，如角閃石、黑雲母等已分解無遺。正長石結晶體尚多完整，但晶體表面已暗無光彩，黑色斑點甚多，無石灰質，酸性反應。

地表以下 100—300 厘米深處為具有明顯的經過物理風化之花崗岩，塊狀結構尚完全無缺，但亦能用指力破碎。正長石尚無分解現象，晶體表面仍甚亮光，黑色斑點極多。

另外便是在地面植物盡遭斬伐、人類活動強烈、侵蝕作用嚴重之處所，地面亦為稀疏之石英與正長石砂粒與小型礫石所遮復，但極少有堅硬而成塊之岩石，此種情況，亦頗能說明粗粒岩石之物理崩解作用較為完善。

我國南部（濕潤區域）花崗岩之風化及其生成之土壤，與上述者有所不同。茲以湖南衡山（南岳）祝融峯之情況為例敘述如下：

地表 30 厘米，為深灰色，含石英細砂很多，亦有粗砂，粘土少，極為稀疏，酸性反應。

地表以下 30—80 厘米深處為灰黃色，含石英粗砂，較上層多，亦稀疏，酸性反應。亦有長石，但多風化成白色粉砂物體（高嶺土）。

自地表 80 厘米以下，為強烈風化之花崗岩，微顯黃色，而且向下逐漸變淺，厚度不詳，但至少在三米以內，未曾見到堅硬而未風化的母岩。

以上所述兩個不同地區的花崗岩形成的土壤，在性狀上顯然有很多區別，但它們也具備有共同的特點：即土層厚，粗砂多，酸性反應。而這些特點，也正是所有地區的花崗岩的風化產物具備的，也正是花崗岩風化產物的特點。

另外一點應當提起的是，花崗岩中含有大量的正長石，正長石是含鉀很高的礦物，風化後生成的土壤中，鉀肥含量豐富。例如，河北省密雲縣花崗岩生成的土壤中鉀肥的含量，每畝地有一百多斤，有些更高，可達 200 斤以上。土壤的這種性質，對於栽種果樹，十分適宜。富含鉀肥的土壤，生長出來的果品，味道甜濃，皮色鮮艷。更以花崗岩生成的土壤剖面深厚，排水良好，所以，我國北部的果園，有許多是分布在花崗岩地區。如河北懷來，北京密雲，遼寧錦州、興城等，都是這樣。

**2. 玄武岩** 玄武岩是細粒的岩漿岩，黑色或深灰色，吸熱量大，物理崩解迅速，常常形成比較深厚的風化層，同時所含礦物，主要的是輝石、角閃石與鈣長石等，容易發生化學分解。因此風化以後，常常形成細粘的物體，和母岩的性狀相差甚遠，由岩石變成土壤的過渡層，也不明顯，在比較溫濕的區域尤其是這樣。不過，玄武岩中亦含有磁鐵礦，不易分解，數量多時，生成的土壤，也含砂粒。另外便是玄武岩中含磷灰石較多，風化以後生成的土壤比較肥沃，很適宜於植物的生長。因此，在玄武岩的地面上，植物總是比較密茂的。今以張家口神威台（填上）之玄武岩生成的土壤為例，說明玄武岩在半干旱區域之風化情況及其產物。

地表 10 厘米为深灰色壤土, 疏松。

地表以下 10—80 厘米深处为浅黄棕色壤土。

地表 80 厘米以下, 为深灰或黑色玄武岩碎块, 和它上面的土层区分十分明显, 地表植物甚为密茂。

**3. 石灰岩** 石灰岩是在海洋中形成的沉积岩, 它的主要成分是碳酸钙 ( $\text{CaCO}_3$ ), 一般含量都在 90% 以上, 另外有不及 10% 的极其粘细的氧化铁、氧化铝和氧化硅等, 组织极为密致。

石灰岩的风化, 是以溶解作用为主的, 暴露在大气中以后, 它的主要成分碳酸钙溶解在含有二氧化碳的雨水中, 形成碳酸氢钙, 随水流失, 不溶于水的, 而且数量很少的氧化硅、氧化铁与氧化铝等细粒, 则残积于地表形成土壤。因此, 石灰岩形成的土壤, 就是有了下列的特性: (1) 土层薄; (2) 质地粘重; (3) 和母质的性状相差很远, 二者之间有一个清晰的界限, 显示不出它们的相互关系。

在干旱与半干旱地区, 石灰岩形成的土壤, 还有另一个性质, 就是石灰性反应, 这是由于溶解作用不完全和它下面或是附近的岩石继续不断地风化所供给的  $\text{CaCO}_3$  造成的。今以北京西山灰沟附近之土壤为例, 说明我国北部石灰岩之风化及其产物之一般情况。

地表 5 厘米为灰色粉砂粘土, 石灰性反应。

地表以下 5—20 厘米, 为灰黄色粉砂粘土, 较紧密, 石灰性反应。

地表 20 厘米以下, 为蓝灰色的坚硬而细密的奥陶纪石灰岩。

在雨水多的地区, 石灰岩总是生成黑色的, 具有团粒状结构的腐殖质碳酸盐土(黑色石灰土), 中性反应, 而其附近的其他种类岩石生成的土壤, 则是浅色的, 属酸性反应, 也不具团粒结构。这种情况, 在我国南部是极其普遍的。

由于石灰岩生成的土壤剖面较薄, 质地粘重紧密, 它的蓄水能力甚差, 而且石灰岩中节理发达, 溶洞甚多, 易于漏水, 故石灰岩区域之土壤, 水分较少, 不容易生长良好的植物。而且石灰岩均成巨大块状, 移动困难, 所以在我国北部农村中, 把石灰岩称之为死石类, 把石灰岩生成的山, 叫死山。

**4. 砂岩** 砂岩是一种沉积岩, 它的组成矿物, 主要的是抵抗化学风化能力极强的石英。容易发生化学分解的矿物, 在一般的砂岩中, 含量均低, 因此, 在风化的过程中, 它的化学分解作用是不太显明的, 风化产物和母体的性质, 也就十分近似, 由岩石到土壤是逐渐过渡的(硬砂岩除外)。砂岩的物理崩解作用, 也不十分迅速, 因此, 生成的土壤剖面较薄。

胶结物的性质与紧密情形, 常常是影响砂岩风化速率的主要因素。疏松和由泥质或碳酸钙胶结而成的岩石, 风化比较迅速, 能生成比较厚的土壤剖面, 各矿物颗粒间的散离作用, 也比较完全, 产生的石块甚少。紧密和由氧化硅或氧化铁胶结的砂岩, 风化作用比较缓慢, 而且它的物理崩解作用, 也不完全, 常常产生大量的石块。

一般的砂岩中, 植物营养元素的含量均少, 因此生成的土壤比较贫瘠, 而且由于化学风化作用微弱, 不能产生大量的溶性盐类, 生成的土壤多属酸性反应(由石灰质胶结的砂岩除外)。今以山西大同云岗砂岩生成的土壤为例, 说明砂岩风化及其产物的一般情况。

地表层厚 25 厘米, 浅黄灰色砂壤土, 含石块甚多, 地面作物生长情况甚差。

地表 25 厘米以下, 由比较松软的浅灰黄色砂岩, 逐渐过渡到比较坚硬的岩石。

**5. 頁岩** 頁岩是由细小颗粒的矿物组成的一种沉积岩, 其中常常含有大量的植物营养元素。由于组成頁岩的矿物, 是风化作用的产物, 所以, 它的化学分解作用不太明显, 生成的土壤和它的母岩的性状极为近似, 由岩石过渡到土壤是逐渐的, 但頁岩的紧密情况不同, 风化作用与风化产物的性状, 差别亦大。

比較松疏的頁岩(即泥頁岩),由于孔隙大,而且数量較多,宜于水分的浸透,能够生成厚层而且比較肥沃的土壤,土壤質地亦較粘細。由于頁岩中含有比較丰富的可溶盐类,生成的土壤多半是中性反应,含有碳酸鈣的則生成碱性反应的土壤。頁岩生成的土壤很少有属于酸性反应者。茲記述四川省重庆北丘陵地区的紫色泥頁岩生成的土壤剖面性状如下:

地表 20 厘米厚的土壤(0—20 厘米)是紫色粘壤土,疏松,多孔,无石灰質,中性反应。

地表以下 20—70 厘米深处的土层,是紫色粘壤土,亦疏松,多孔,无石灰質,中性反应。

地表以下 70—110 厘米深处的土层,是柔軟的紫色頁岩,无石灰質,中性反应。

110 厘米以下,是起始风化的紫色頁岩。

这一类的土壤,十分肥沃,地面生长作物,极为良好。四川省农产品之所以极端丰富,是和分布有广大面积的这一类土壤有着不可分割的关系的。

这里还应当提起的是,在四川省丘陵地区的雨水侵蝕作用是十分強烈的,降雨以后,重庆以下地区的长江流水极为混浊,就是由于丘陵地区的侵蝕作用所造成的。而紫色頁岩上生成的土壤依然十分深厚,就說明了紫色頁岩的崩解作用是十分迅速的。

分布在四川省盆地西部地区的紫色泥頁岩,含碳酸鈣比較丰富,生成的土壤,多属石灰性反应。

紧密的板状頁岩,风化作用較为迟緩,而且矿物間的散离情况(岩石的物理风化作用)也不完全均一,常常形成含有大量岩石碎块的土壤肥力較差。北京西山的板状頁岩(楊家屯煤系),风化以后,就形成这样性状的土壤。在多雨的地区,这种岩石常常形成酸性反应的土壤。

上面所叙述的是,岩石种类不同是如何地在影响着风化作用和它所形成的土壤的某些特殊性状。但这并不等于說,岩石的种类,可以完全決定土壤的性状。決定土壤性状及其肥力的,除去岩石(土壤母質)的性状以外,还有气候、植物、地形、陆地的年龄和更重要的人类生产活动。这也就是說,同一类的岩石,在不同的气候、植物、地形、陆地的年龄与人类生产活动的情况中,生成的土壤是可以不相同的。例如,在高温多雨的气候情况中,岩石的化学风化作用要迅速些,生成的土壤粘粒多,且常为酸性反应,在干旱而寒冷的地区,岩石的物理风化比較明显,生成的土壤,砂粒多,且常为石灰性或中性反应。此外,地形、植物、陆地的年龄等也都能影响土壤的肥力与性状等。