

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

第七章 土壤形成和发育

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

第七章 土壤形成和发育

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

主要内容

教学目标
与要求

教学方式
与手段

课时安排
与进度

了解土壤形成因素，举例分析成土过程的主要成土过程（重点）
3. 了解发育最常见的成土过程及其特点，分析不同土壤的发育程度。

了解土壤的发生学学说

了解土壤形成的五大成土因子及其在土壤形成过程的作用

了解主要的成土过程及其对土壤性质的影响

教学目标

一、土壤形成因素(soil forming factor)

土壤形成因素又称成土因素,是影响土壤形成和发育的基本因素,它是一种物质、力、条件或关系或它们的组合,其已经对土壤形成产生影响或将影响土壤的形成。

土壤发生学说(soil genesis theory)

认为土壤是在各种自然和人为因素的影响下由岩石风化成母质,再由母质演化成土壤的。

***五大成土因素：

19世纪末，俄国土壤学家B. B. 道库恰耶夫 (Dokuchaev, 1846-1903) 通过对俄罗斯大草原土壤的调查，提出土壤的五大成土因素，即

气候-climate

母质-parent material

生物-biology

地形-topography

时间-time

二. 母质在土壤形成中的作用

首先，直接影响着成土过程的速度、性质和方向。

其次，母质对土壤理化性质有很大的影响。

一般地说，成土过程进行得愈久，母质与土壤的性质差别就愈大。但母质的某些性质却仍会顽强地保留在土壤中。





三、气候与土壤发生的关系

(一) 湿度因子对土壤形成的影响

气候大区	年干燥度	自然景观
湿润	<1.0	森林
半湿润	$1.0 \sim 1.6$	森林草原
半干旱	$1.6 \sim 3.5$	草原
干旱	$3.5 \sim 16.0$	半荒漠
极干旱	>16.0	荒漠

湿度对土壤形成的作用主要表现在以下几个方面：

1、影响土壤中物质的迁移

根据土壤中水分收支情况对物质运移的影响，可分以下几种土壤水分类型：

(1) 淋溶型水分状况

(2) 非淋溶型水分状况

(3) 上升水型水分状况：其特点是蒸发、蒸腾总量大大超过降水量，其差额由地下水补充，如果地下水矿化度高，则会导致盐渍化；如果地下水达不到地表，而只能达到剖面中部，则称为“半上升水型”水分状况。

(4) 停滞型水分状况：其特点是地表经常积水，

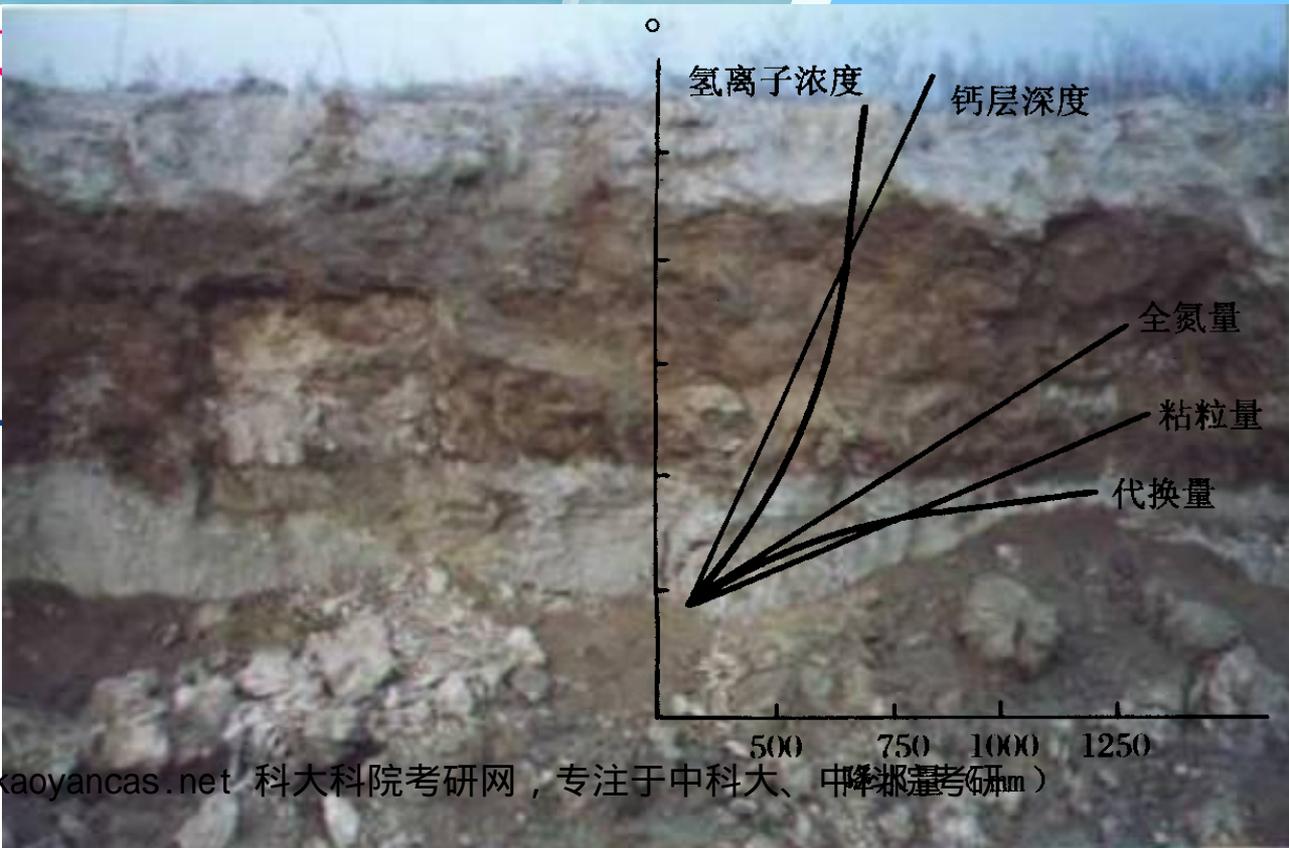
沼泽化土壤即属此类型。

湿度对土壤形成的作用主要表现在以下几个方面：

2、影响土壤中物质的

表土有机质含量增加而增加。

湿润地区的土壤在干旱地区则较弱
随着湿度增加，
转黄。



(二) 温度对土壤形成的影响

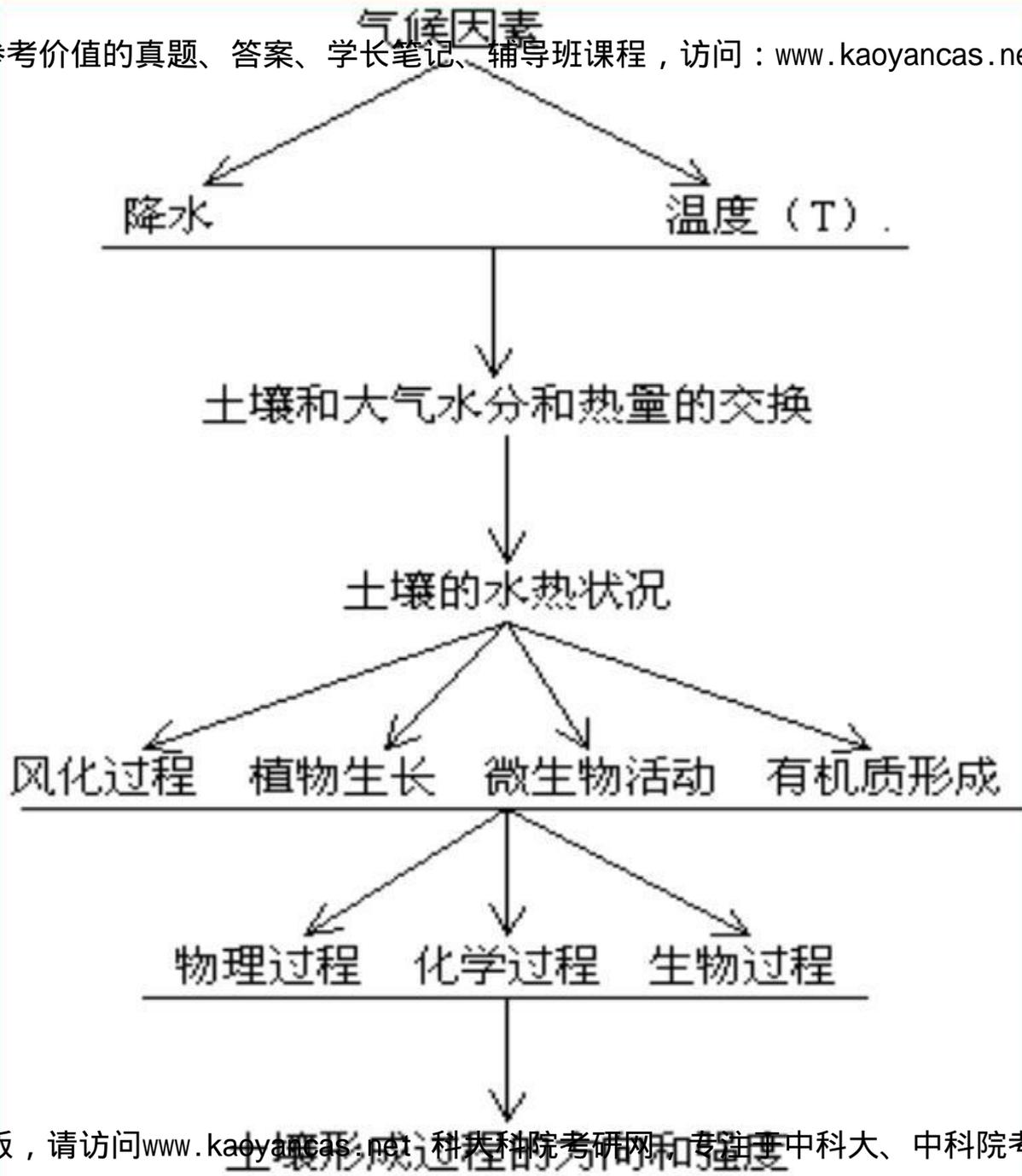
一般来说，每增加 10°C 温度，反应速率可成倍增加。

花岗岩风化壳在广东可厚达30~40米，浙江一般在5~6米，而青海高原常不足1米。

德国土壤学家拉曼（Ramann）曾提出了“风化因子”的概念：

风化因子=风化天数×水解离度

(三) 温度和湿度的共同影响



(四) 气候

由土壤之间存
土壤学家
形成中的
地带性的
在
大气湿度
棕漠土、

栗钙土、
东部湿润区，
土壤分布
土)、黄棕
砖红壤。

四、生物因素在土壤发生中的作用

土壤形成的生物因素包括植物、土壤动物和土壤微生物。

(一) 植物在成土过程中的作用

据科夫达估计，在陆地上植物每年形成的生物量约为 3.5×10^{10} 吨，相当于 2.13×10^{17} 千卡的能量。

(二) 动物在成土过程中的作用

非洲象牙海岸的白蚁可筑起直径15米，高2~6米的坚固竖立土墩！

肥沃土壤中蚯蚓的粪便可达30吨/公顷！

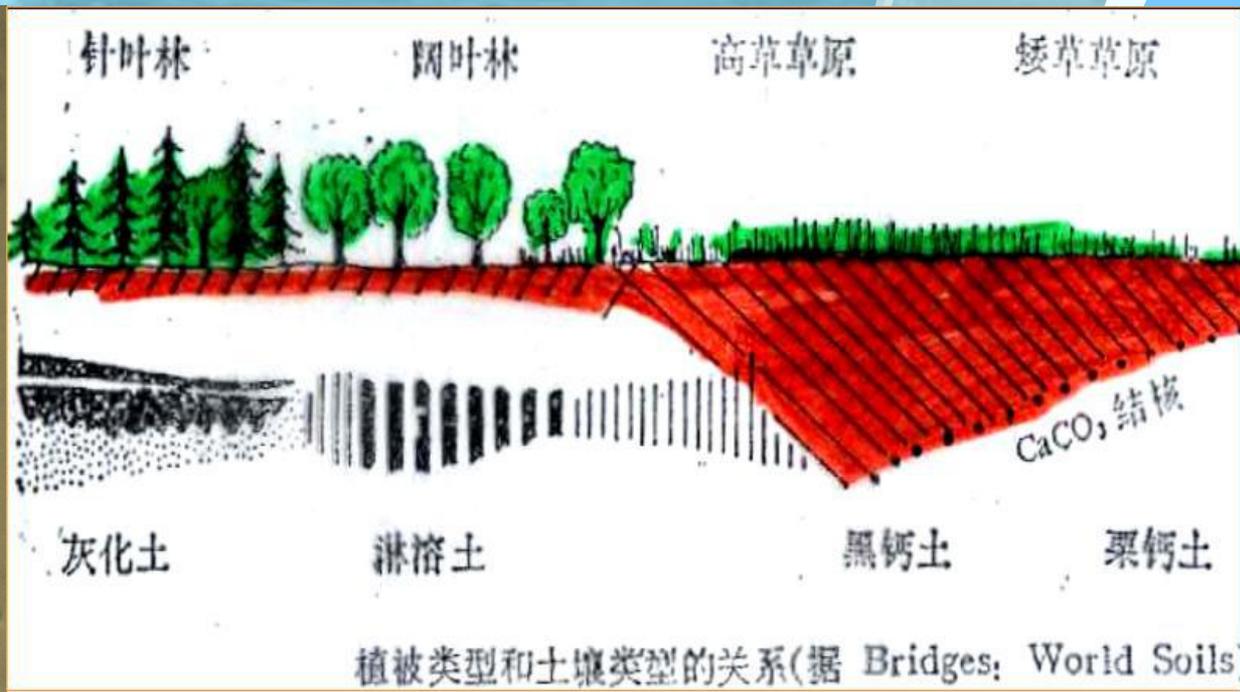
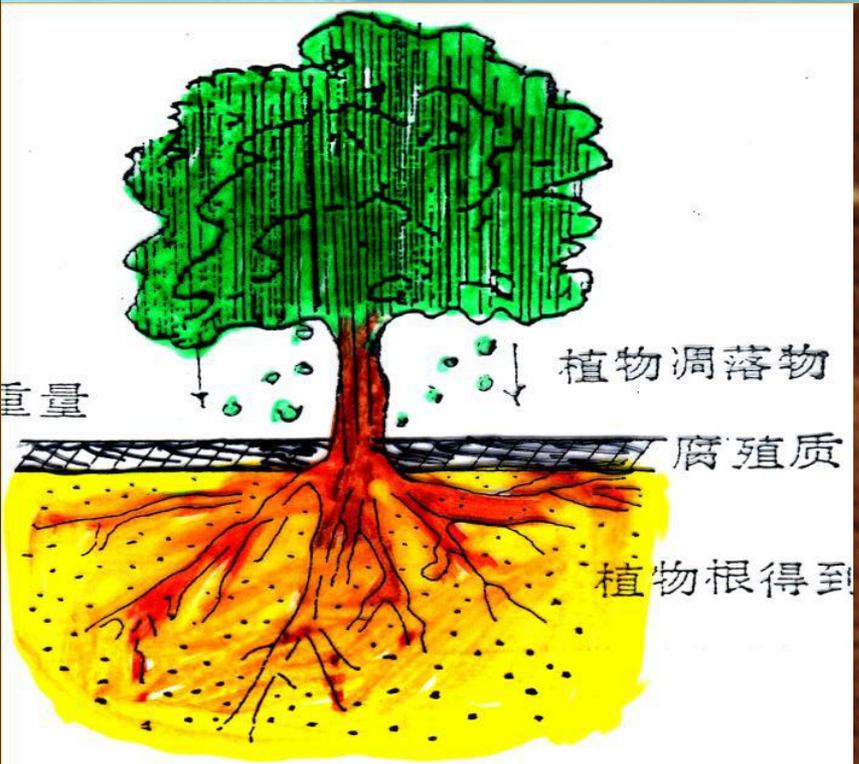


图 植被类型和土壤类型的关系

完整版, 请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网, 专注于中科大、中科院考研 (据Bridges: World Soils)



（三）微生物在成土过程中的作用

微生物作为地球上最古老的生物体，已存在达数十亿年，它是最古老的造土者。

微生物对土壤形成的作用可概括为：

（1）分解有机质，释放各种养料，为植物吸收利用；

（2）合成土壤腐殖质，发展土壤胶体性能；

（3）固定大气中的氮素，增加土壤含氮量；

（4）促进土壤物质的溶解和迁移，增加矿质养分的

有效度（如铁细菌能促进

土壤中铁溶解移动）

五、地形与土壤发生的关系

(一) 地形与母质的关系

冲积物

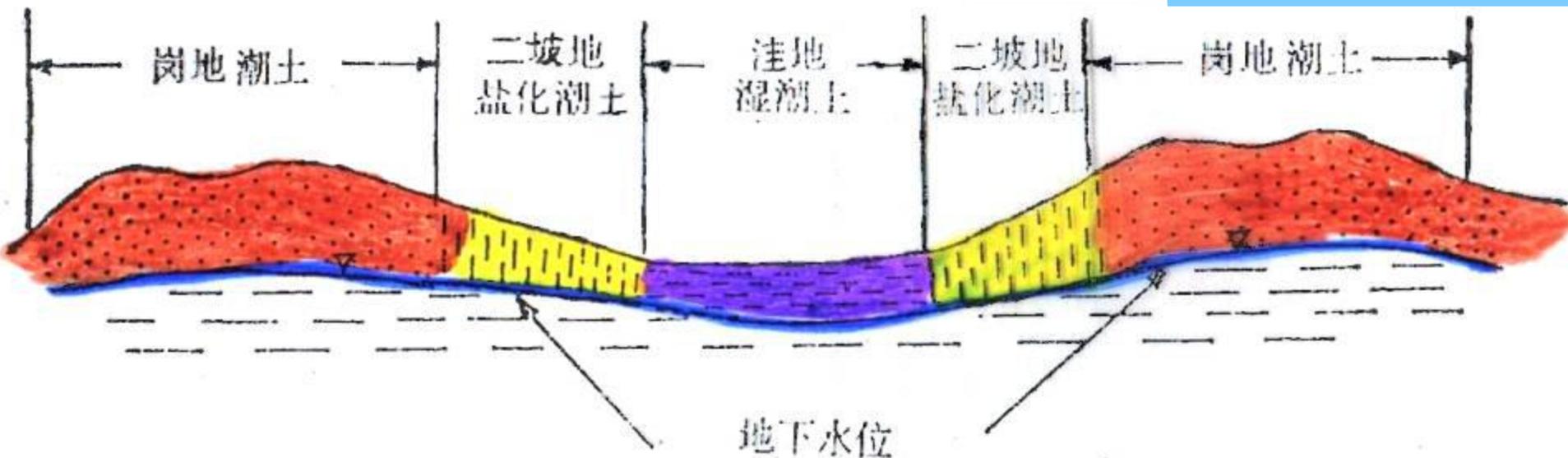
洪积物

坡积物

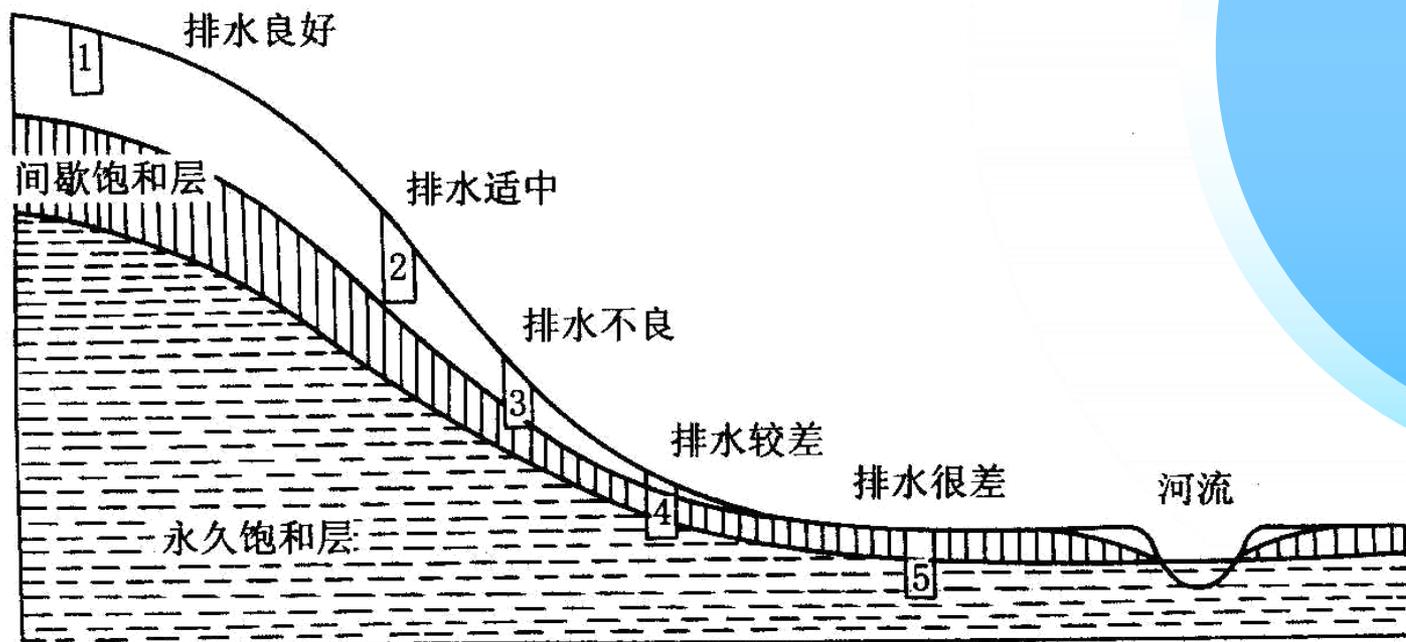
残积物

五、地形与土壤发生的关系

(一) 地形与母质的关系



(二) 地形与水热条件的关系



完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

图 7-4 地形对土壤水分状况的影响

(三) 地形与土壤发育的关系

例如，随着河谷地形的演化，在不同地形部位上，可构成水成土（河漫滩）→ 半水成土（低级阶地）→ 地带性土（高级阶地）的发生系列。

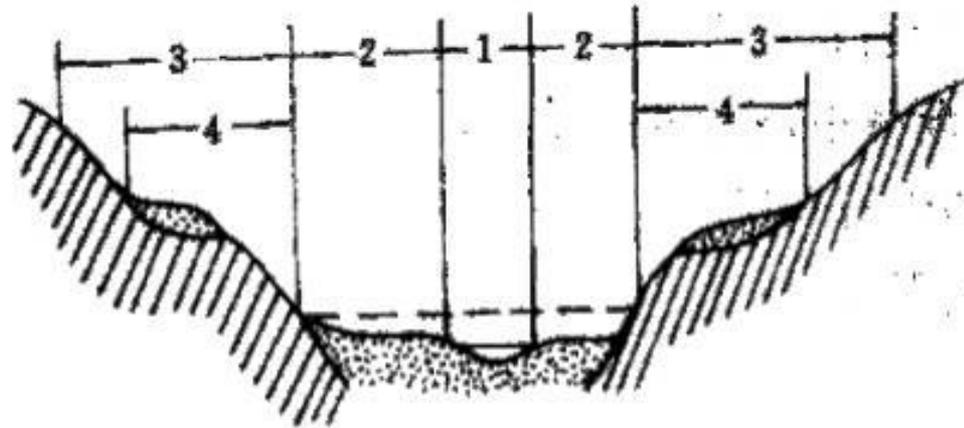


图 2-19 河谷地形组成断面图

—— 平水位 —— 洪水位

六、成土时间对土壤发育的影响

(一) 土壤年龄

土壤年龄是指土壤发生发育时间的长短，通常把土壤年龄分为绝对年龄和相对年龄。

绝对年龄是指该土壤在当地新鲜风化层或新母质上开始发育时算起迄今所经历的时间，通常用年表示；

相对年龄则是指土壤的发育阶段或土壤的发育程度。

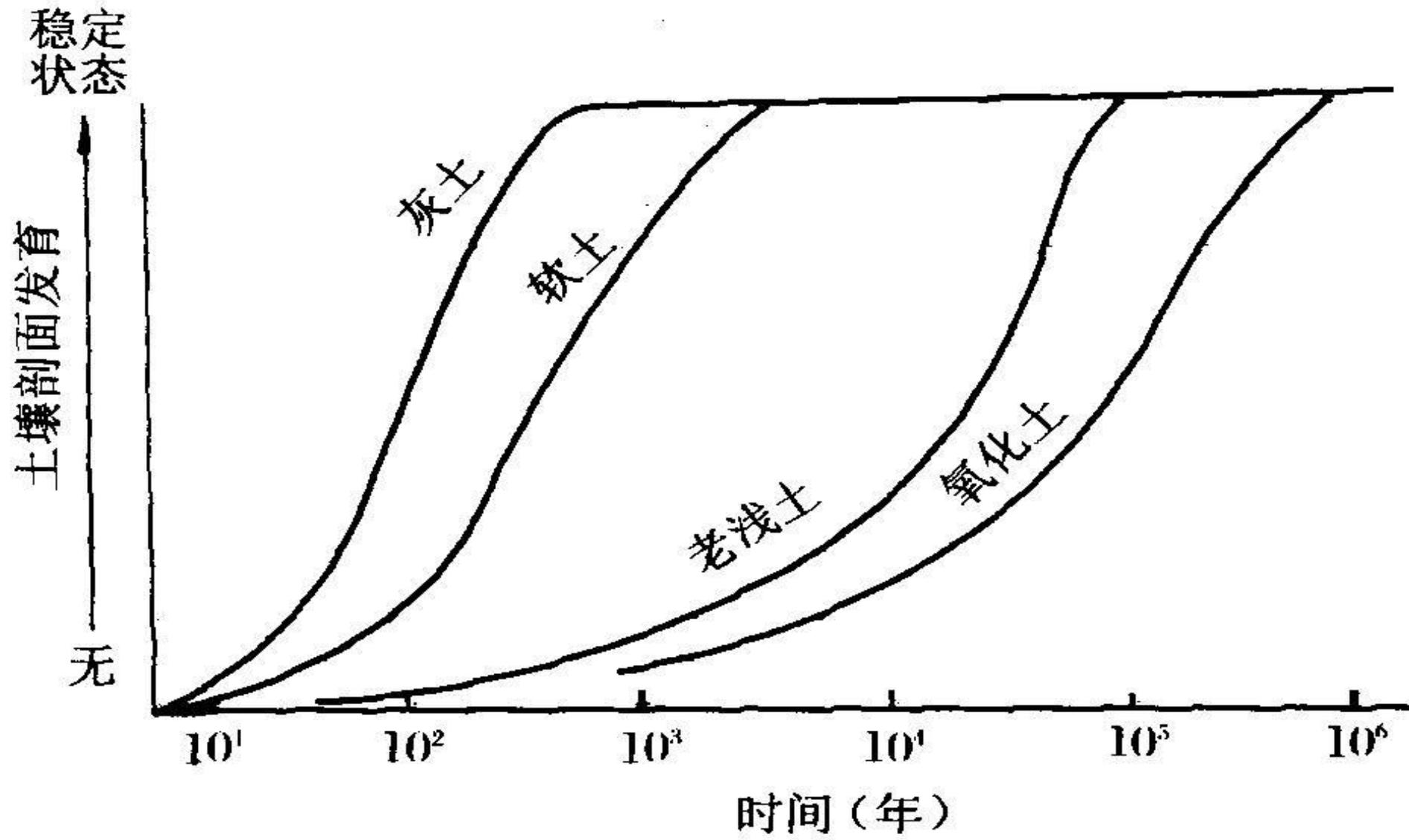
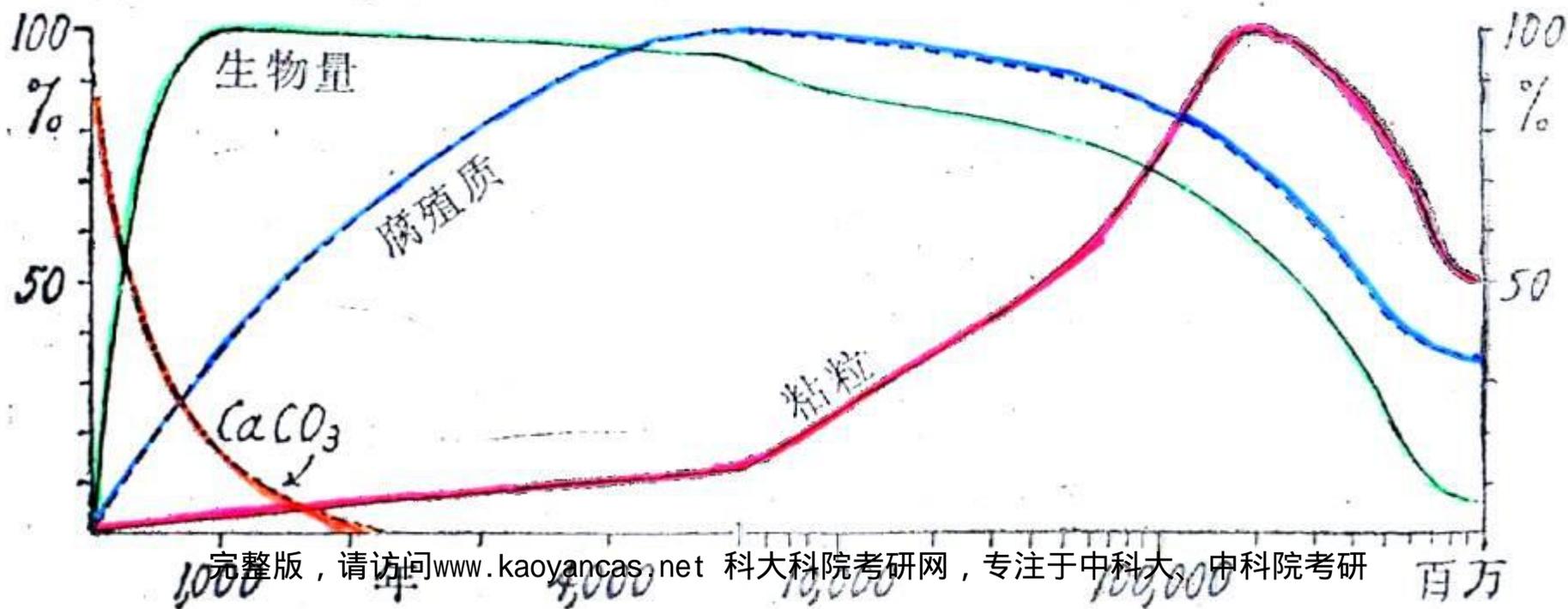


图 7-5 某些土壤达到稳定状态 (准平衡) 所需的时间

完整版，请访问 www.kaoyancas.net 科大科院考研网 专注于中科大、中科院考研

(二) 土壤形成速率和所需的时间



(三) 土壤形成的阶段性

Mohr和Van Baren曾把热带地区的土壤形成分为5个阶段：

1. **初期**：为未风化的母质；
2. **青少年期**：风化已经开始，但许多母质物质仍保留在土壤中；
3. **壮年期**：易风化的矿物大部分已分解，粘粒明显增加；
4. **老年期**：矿物分解已处于最后阶段，只有少数强抗风化的原生矿物被保存；
5. **最后阶段**：土壤发育已完成，原生矿物基本上彻底风化。

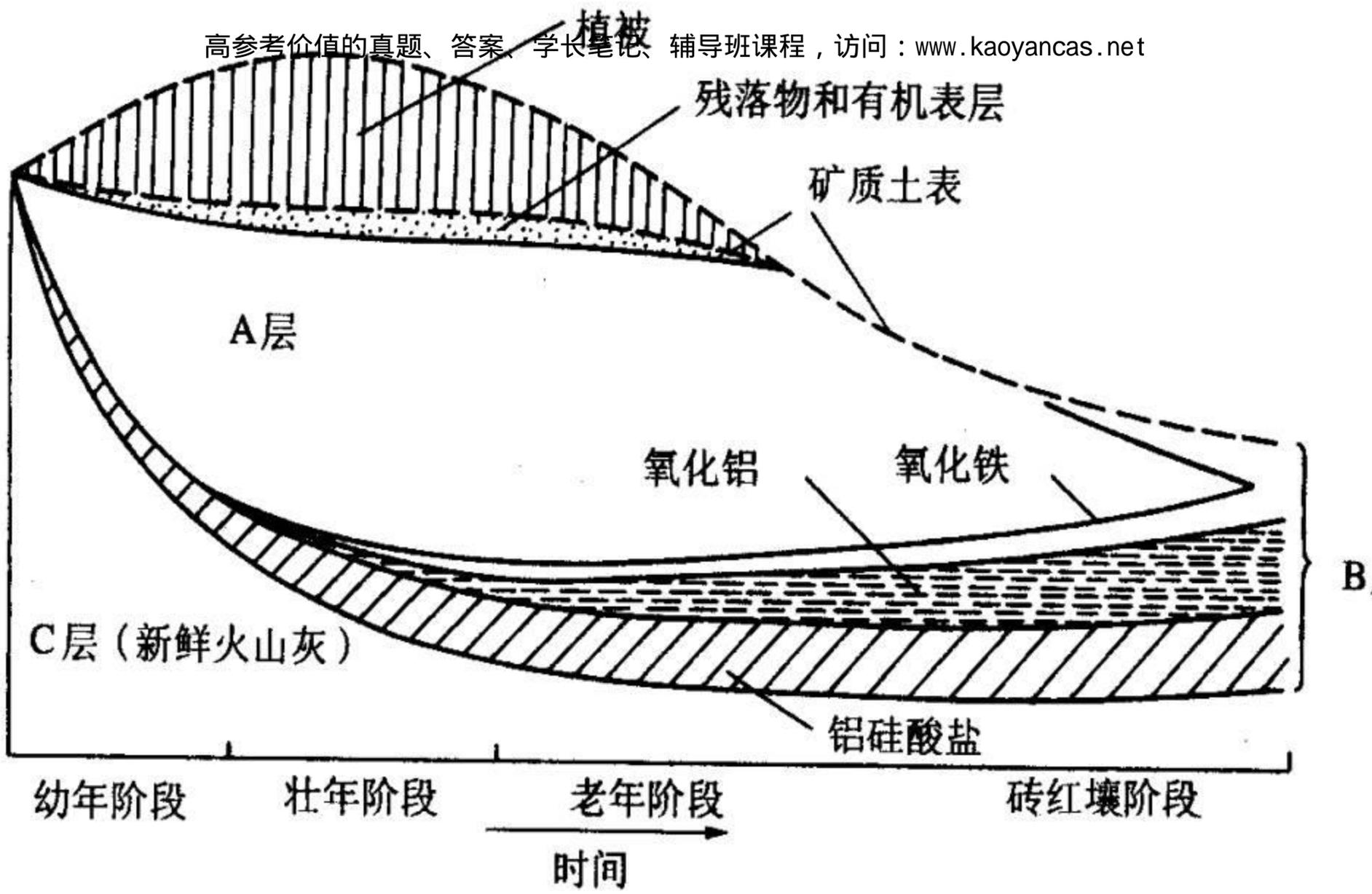


图 7-6 土壤发育的阶段性

七、人类活动对土壤发生演化的影响

1、人类活动对土壤的影响是有意识、有目的的、定向的。在农业生产实践中，在逐渐认识土壤发生发展客观规律的基础上，利用和改造土壤、培肥土壤，它的影响可以是较快的。

2、人类活动是社会性的，它受着社会制度和社会生产力的影响，在不同的社会制度和不同的生产力水平下，人类活动对土壤的影响及其效果有很大的差别。

3、人类活动的影响可通过改变各自然因素而起作用，并可分为有利和有害两个方面（表7.6）。

4、人类对土壤的影响也具有两重性，利用合理，有助于土壤肥力的提高；利用不当会破坏土壤，如我国不同地区的土壤退化主要是由于人类不合理地利用土壤引起的。

表7.6 人类影响成土因素的作用 (据E. M. Bridges, 1982)

	有利效果*	有害效果*
1.母质	a.增加矿质肥料, b.增积贝壳和骨骼, c.局部增积灰分, d.迁移过量物质如盐分, e.施用泥灰, f.施用淤积物	a.动植物养分通过收获取走多于回收, b.施用对动植物有毒的物质, c.改变土壤组成足以抑制植物生长
2.地形	a.通过增加表层粗糙度, 建造土地和创造结构以控制侵蚀, b.增积物质以提高土地高度, c.平整土地	a.湿地开沟和开矿促其下降, b.加速侵蚀, c.采掘
3.气候	a.因灌溉而增加水分, b.人工降雨, c.工业上经营者释放CO ₂ 到大气中并可能使气候转暖, d.近地面空气加热, e.用电气或用热气管使亚表层土壤增温, f.改变表层土壤的颜色, 以改变反射率, g.排水迁移水分, h.风的转向	a.土壤受到过分曝晒, 扩大冰冻, 迎风和紧实化等危害, b.土地形成中改变外观, c.制作烟雾, d.清除和烧毁有机覆被
4.有机体	a.引进和控制动植物的数量, b.运用有机体直接或间接增加土壤中的有机质, 包括人粪尿, c.通过翻犁疏松土壤以取得更多氧气, d.休闲, e.控制熏烧消灭致病有机体	a.移走动植物, b.通过燃烧、耕犁, 过度放牧、收获、加速氧化作用、淋溶作用减少有机质含量, c.增加或繁生致病有机体, d.增加放射性物质
5.时间	a.因增添新母质或因土壤侵蚀而局部母质裸露, 从而使土壤更新, b.排水开垦土地	a.养分从土壤和植被中加速迁移, 以致土壤退化, b.土壤居于固体填充物和水下

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

一、土壤形成过程中的大小循环***

地质大循环是指地面岩石的风化、风化产物的淋溶与搬运、堆积，进而产生成岩作用。

生物小循环是植物营养元素在生物体与土壤之间的循环：植物从土壤中吸收养分，形成植物体，后者供动物生长，而动植物残体回到土壤中，在微生物的作用下转化为植物需要的养分，促进土壤肥力的形成和发展。

二者关系：地质大循环和生物小循环的共同作用是土壤发生的基础，无地质大循环，生物小循环就不能进行；无生物小循环，仅地质大循环，土壤就难以形成。在土壤形成过程中，两种循环过程相互渗透和不可分割地同时同地进行着。它们之间通过**土壤相互连结在一起**。

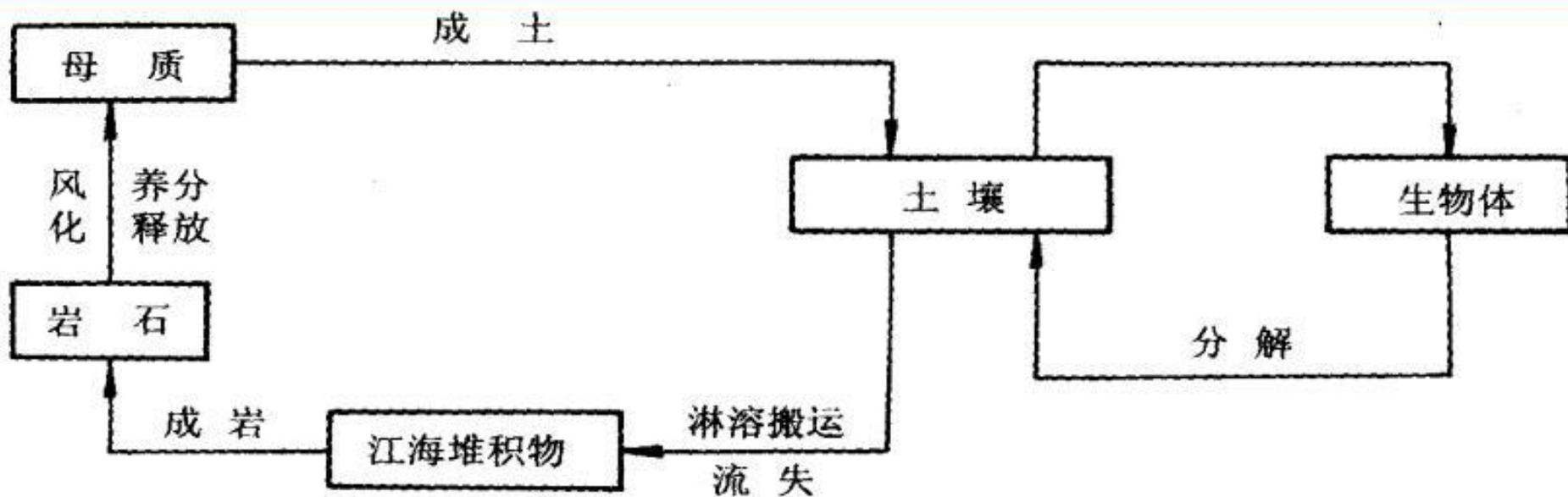


图 7-7 土壤形成过程中大小循环的关系简图

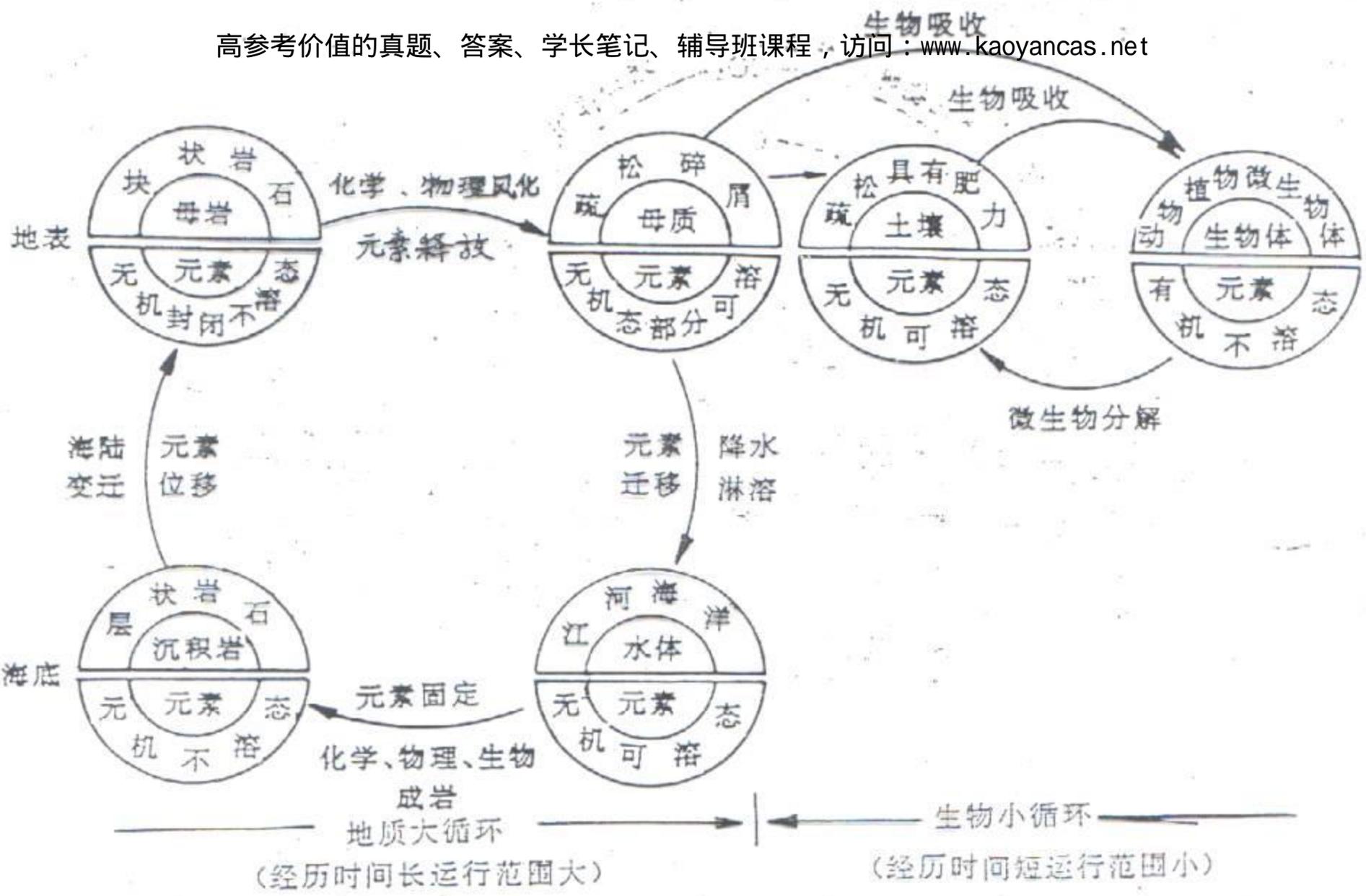
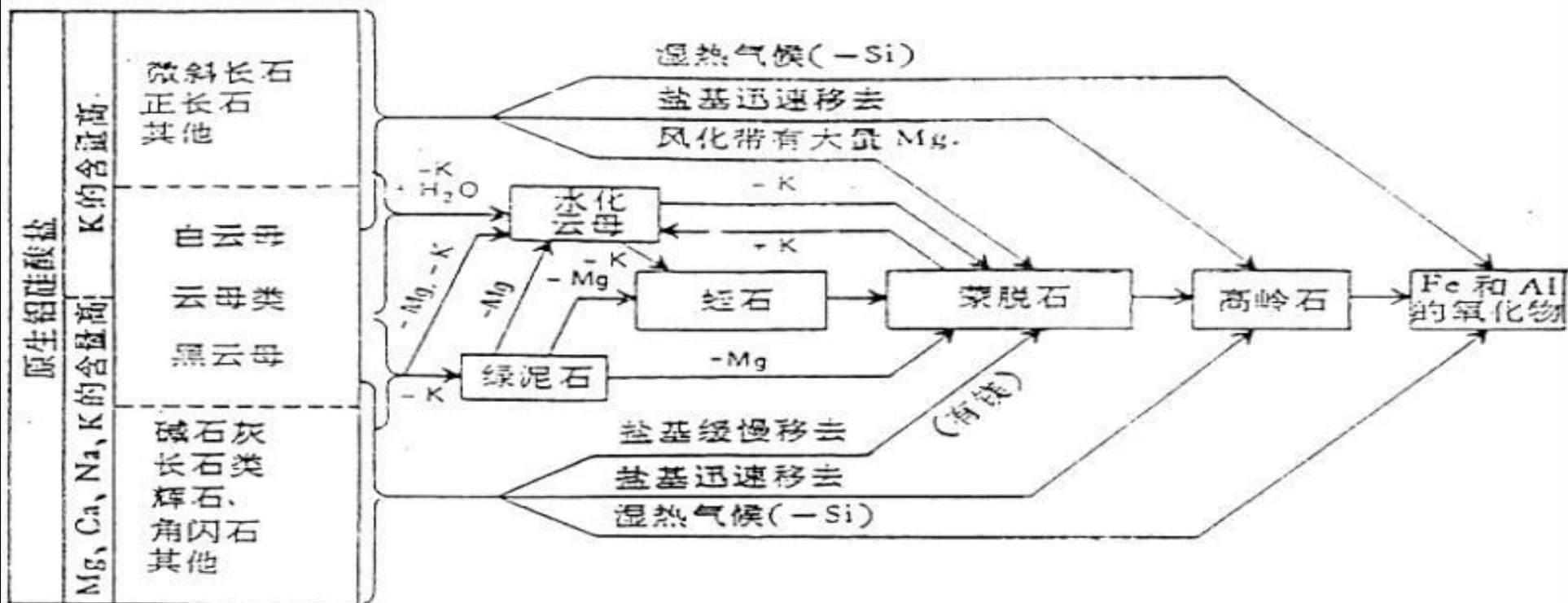


图7.7 土壤形成过程中大小循环的关系简图

二、土壤发生中的基本成土作用



二、土壤发生中的基本成土作用

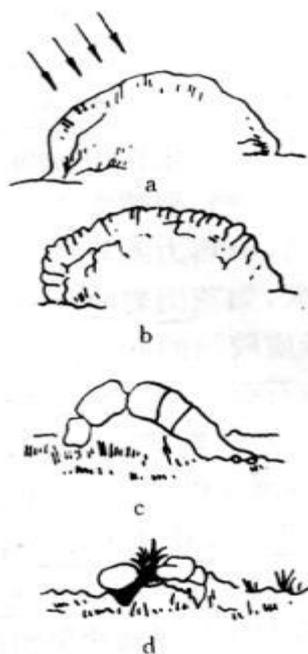


图 2-14 气温变化引起岩石胀缩不均而崩解过程
a、b、c、d 表示风化过程

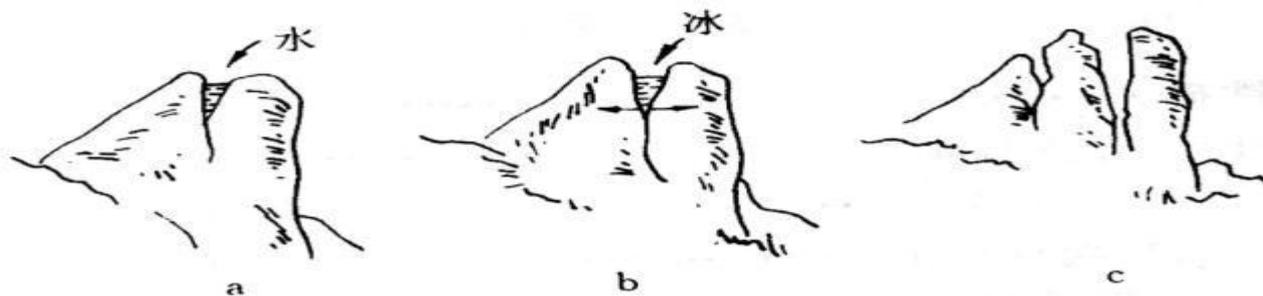


图 2-15 由于冰的冻结扩大了岩石的裂隙



图 2-16 风蚀柱示意图

二、土壤发生中的基本成土作用

3. 物质迁移***

两大方向：

(1) **向下**淋溶及其淀积以及被彻底淋出土体的物质移动；

(2) **向上**迁移的养分元素的生物富集作用，易溶性盐类、还原性铁锰等随毛管上升而在表土积聚的作用。物质移动的机理分：有**溶迁作用**，**还原迁移作用**、**螯迁作用**、**悬迁作用**和**生物迁移作用**。

溶迁作用

还原迁移作用

螯迁作用

悬迁作用

生物迁移作用

三、主要的成土过程

播放动画

- (一) 原始成土过程
- (二) 有机质积聚过程
- (三) 粘化过程
- (四) 钙积与脱钙过程
- (五) 盐化脱盐过程
- (六) 碱化与脱碱过程
- (七) 富铝化过程
- (八) 灰化、隐灰化和漂灰化过程
- (九) 潜育化和潴育化过程
- (十) 白浆化过程
- (十一) 熟化过程
- (十二) 退化过程



土壤主要成土过程

(一) 物理过程

1. 粘粒淋溶淀积过程

粘粒从土壤上部移至下部。该过程有粘粒的机械移动，也有凝胶和溶胶转化。在土壤中往往形成粘粒淀积层（粘化层Bt）。

2. 盐化—脱盐化过程

易溶性盐淋洗出土壤表层和在团块表层聚集的两种

土壤主要成土过程

相反过程。土壤盐分向上运动，在土壤表层聚集为盐化过程；土壤盐分向下移动移出土体，为脱盐过程。

3. 物理风化

大块岩石及粗大风化物经机械崩解变为细小颗粒的过程。

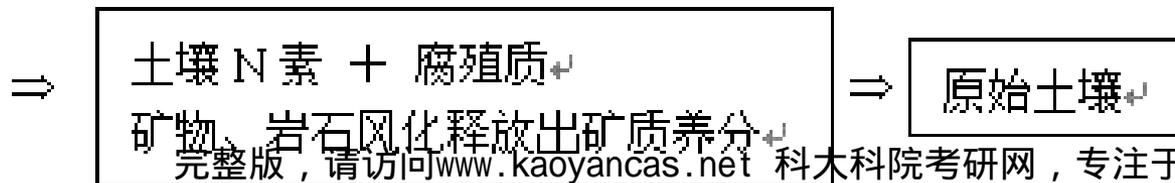
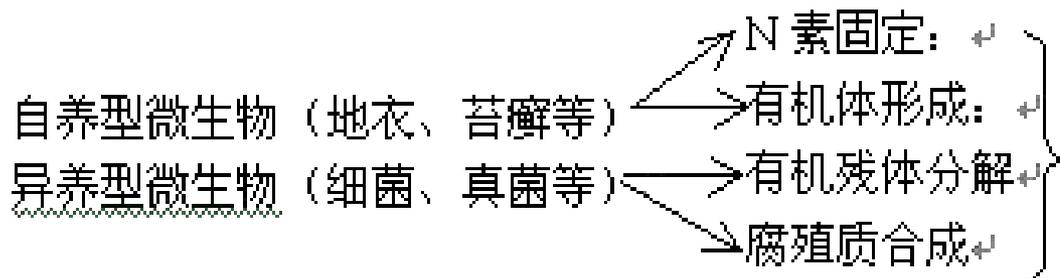
第二节 土壤形成过程



(二) 生物过程

包括氮的固定，有机质转化等过程。

(1) 原始成土过程



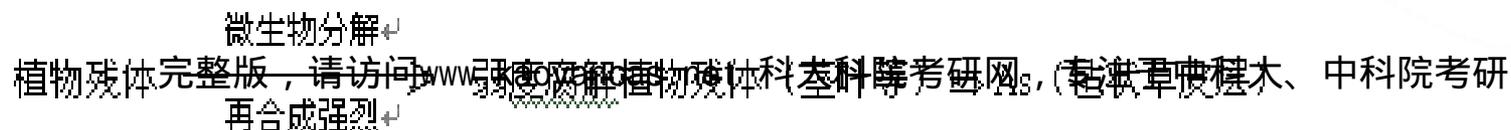
(2) 腐殖化过程（水、热适宜）



(3) 泥炭化过程（过湿、沼泽条件）



(4) 草毡化过程（干冷条件下）



高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

主要的成土过程

(三) 化学过程

该过程有两个特征：

- 一是土壤形成中某些元素的化合价发生变化；
- 二是有新的化学组分形成。属于化学变化的具体过程有四类九种：

1. [化学风化] 土壤矿物的持变过程

(1) 脱硅富铝化 原生矿物分解，

合成高岭石及 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 等次生物质 \Rightarrow 红黄色Fe、Al层

(2) 粘化 完整版，请访问www.kaoyancas.net，科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研 部分原生矿物分解，合成不同粘土矿物 \Rightarrow Bt层

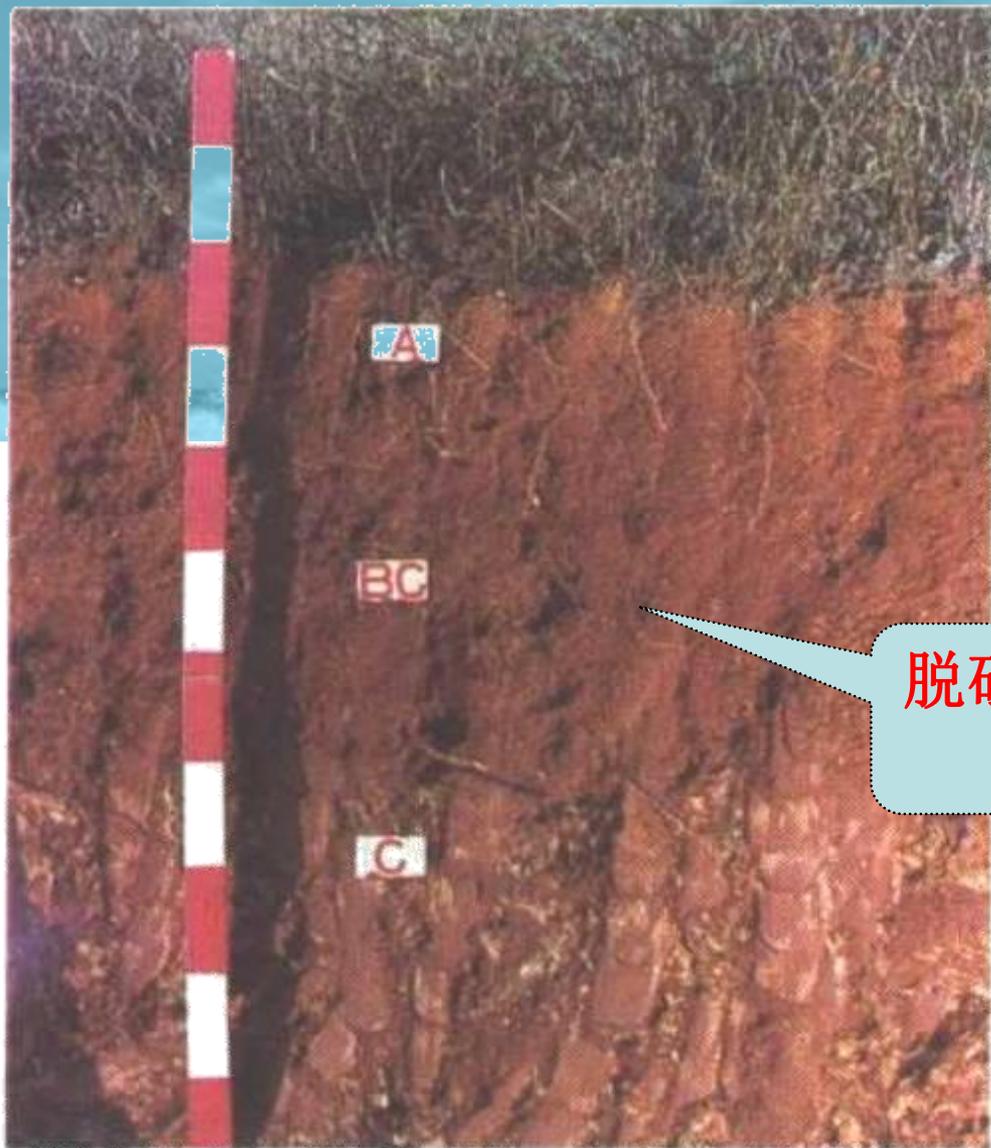
2. [化学淋溶] 由于新化学组分的产生 导致淋溶发生。

(1) 灰化

Fe、Mn有机络合、螯合物形成，

导致Fe、Mn淋溶，伴有原生 ⇒ 灰白色层

次生矿物的分解、合成；

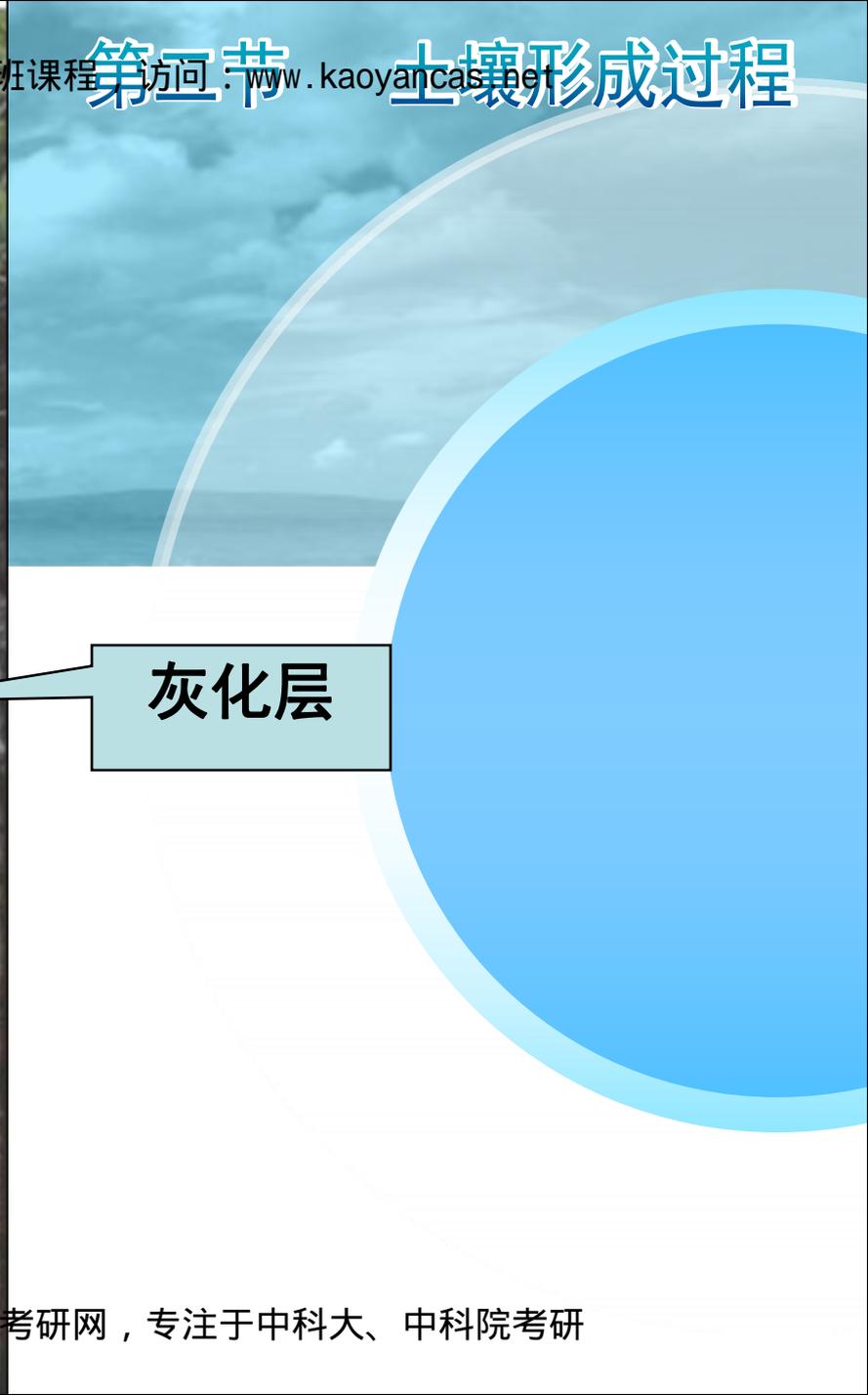
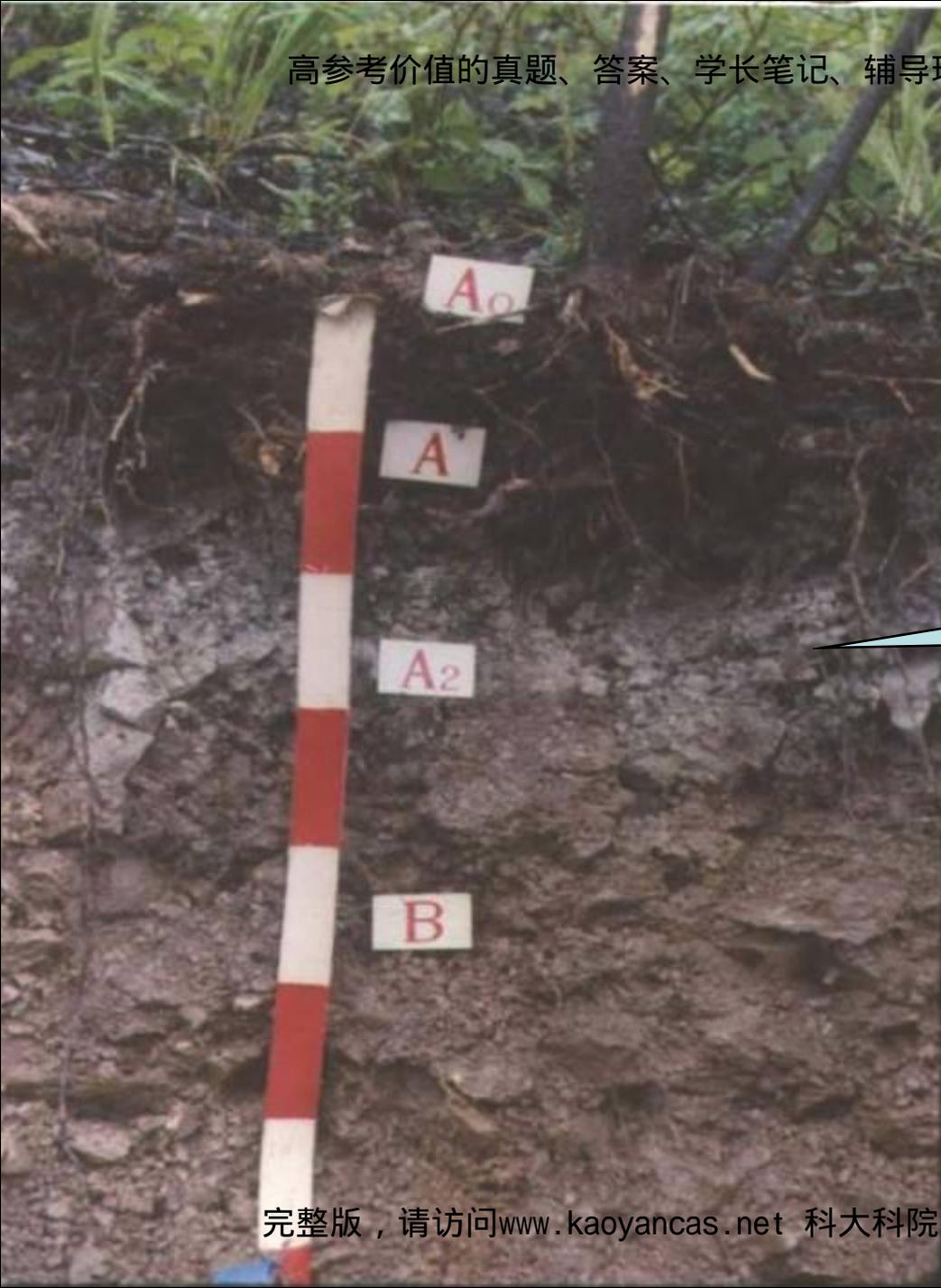


脱硅富铝化
过程

黄棕壤粘膜

粘化过程

第二节 土壤形成过程



灰化层



黑钙土钙积层

3. [化合价变化(氧化—还原)]

由于化合物变化引起物质形态、性质变化。

(1) 潜育化 静水浸泡 强还原

Fe^{+3} (红、棕色)

Fe^{+2} (兰灰色)

(2) 潜育化 水位上升：还原水位,下降：氧化

Fe^{+3} 、 Mn^{+4}

Fe^{+2} 、 Mn^{+2}

水位下降后出现“红棕色锈层” 水位上升后形成“兰灰色层”

(3) 白浆化 滞水还原

Fe^{+3} 、 $\text{Mn}^{+4} \Rightarrow \text{Fe}^{+2}$ 、 Mn^{+2} (淋失) \Rightarrow 白色脱Fe、Mn层

(高价不溶) (低价可溶)

(4) 漂灰化 有机酸、酚等 苔藓吸水饱和 还原

Fe^{+3} 、 $\text{Mn}^{+4} \Rightarrow \text{Fe}^{+2}$ 、 Mn^{+2}

(高价不溶) (低价可溶)



(氧化物,不溶) (络、螯化合物,可溶)

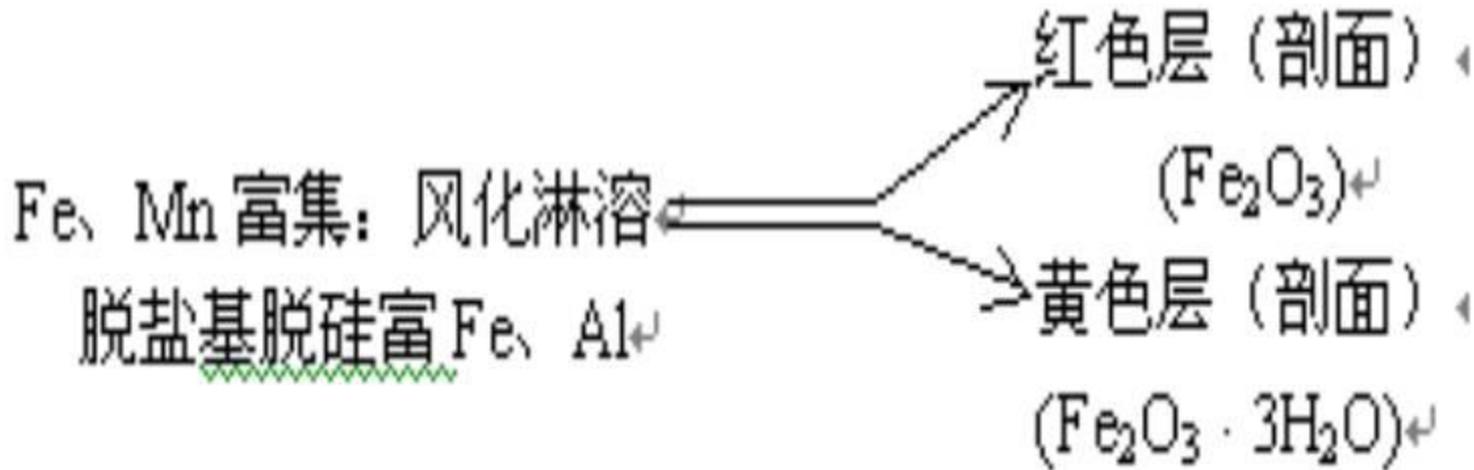
⇒ 灰白色脱FeMn层

Fe、Mn元素在土壤形成中表现十分活跃，对土壤剖面形态影响很大，其行为可概括为三种类型：

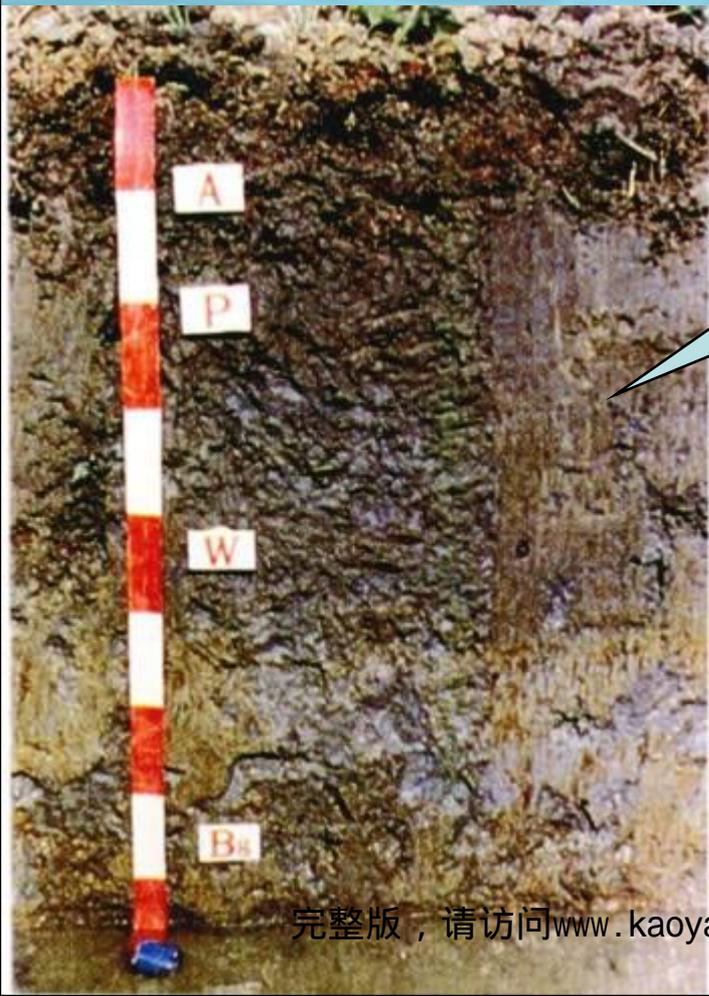
1. 酸性淋溶脱Fe、Mn \Rightarrow 灰白层
(灰化) Fe、Mn淋失

2. 滞水还原脱Fe、Mn \Rightarrow 灰白层
(白浆化)

3. 1 + 2 \Rightarrow 灰白层



- Fe、Mn 变价： ↓
1. 可逆变价 (潜育化：氧化-还原交替) ↓ ⇒ 红棕色锈层 (斑纹) ↓
 2. 不可逆变价 (潜育化：强还原) ↓ ⇒ 兰灰色层 (剖面) ↓



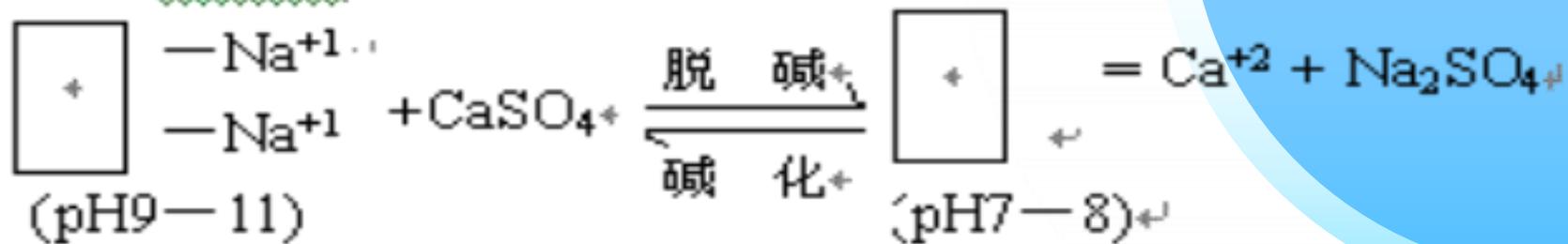
潴育化水稻土



潜育化

4. [物理化学过程]

(1) 碱化—脱碱



地壳表面的岩石风化体及其再积体，接受其所处的环境因素的作用，而形成具有一定剖面形态和肥力特性的土壤，称为**土壤发育** (soil development)。

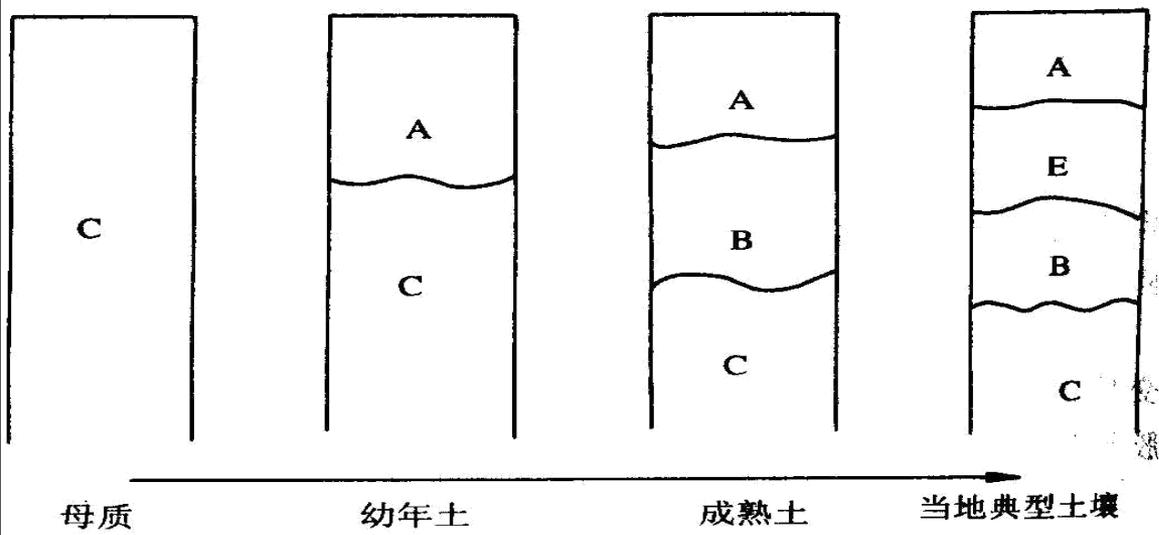


图 7-11 土壤个体发育的图式
(据 H.D.Foth, 1984)

图7.11 土壤个体发育的图式 (据H.D.Foth, 1984)
完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

土壤剖面、发生层和土体构型

土壤剖面(soil profile)

是一个具体土壤的垂直断面，其深度一般达到基岩或达到地表沉积体的相当深度为止。

土壤发生层(soil genetic horizon)

是指土壤形成过程中所形成的具有特定性质和组成的、大致与地面相平行的，并具有成土过程特性的层次。

土体构型(soil profile pattern)

是各土壤发生层在垂直方向有规律的组合和有序排列状况。

最基本的三个发生层组成

- 1、淋溶层（A层）eluvial horizon：处于土体最上部，故又称为表土层，它包括有机质的积聚层和物质的淋溶层。
- 2、淀积层（B层）illuvial horizon：它处于A层的下面，是物质淀积作用造成的。
- 3、母质层（C层）parent material horizon：处于土体最下部，没有产生明显的成土作用的土层，其组成物就是前面所述的母质。

I 用以表示发生层的层位和性状	
A	淋溶层
B	淀积层
C	母质层
O	堆积于表层的有机质层,水分不饱和,有机质含量 $\geq 35\%$
H	堆积于表层的有机质层,水分长期饱和,有机质含量 $\geq 35\%$
E	硅酸盐粘粒遭破坏,粘粒、铁、铝三者皆有损失
G	, 而砂粒与粉粒聚集
P	潜育层
W	人工熟化层 (水稻土中的渗育层)
D	潜育层
R	沉积的砾质的异元母质层 连续的坚硬岩层

四、反映土壤风化发育的指标

1、**S a值**（硅铝率）Sa值愈小，土壤的淋溶程度越高。

2、**Saf值**（硅铝铁率） $Saf = SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ 。

3、**b a值** (1) $ba = (Na_2O + K_2O + CaO) / Al_2O_3$ （据Harrasswitz）；

(2) $ba = (Na_2O + K_2O + CaO + MgO) / Al_2O_3$ （据H. Jenny）

ba值愈小，表示脱盐基多，淋溶作用强。

4、 **β 值** 土壤风化淋溶指数 β 值愈小，
说明它的淋溶强度愈强

5、 **μ 值** 土壤风化指数

$$\mu \text{值} = \text{淋溶层} \frac{K_2O}{Na_2O} / \text{母质层} \frac{K_2O}{Na_2O}$$

6、CEC、ECEC和BS

7、铁的游离度 铁的游离度越大，风化程度越强。

8、粘化率 粘化率是指粘化层中粘粒含量与淋溶层或下部母质层粘粒含量的比值。该比值愈大，说明粘化程度愈高。粘化层的粘化率要求大于1.2，粘化极强的土壤，粘化率可高达3~7。

快速测验

1. 没有地质大循环的基础，也就没有生物小循环的发展（ ）
2. 相同母质上所形成的土壤，其性质相同（ ）
3. 淋溶作用由大到小的排到顺序为湿润区 > 半湿润区 > 半干旱区 > 干旱区（ ）
4. 粘化过程是粘土矿物合成与粘粒富集综合作用的过程（ ）
5. 土壤的富铝化是Fe、Al的淋溶淀积过程的结果（ ）

快速测验

6. 土壤中营养元素的富集是生物选择性吸收的结果（ ）
7. 土壤的形成过程也就是土壤肥力的发生发展的过程（ ）
8. 自然界土壤类型的多样化，其根源是由于成土因素条件的差异造成的（ ）
9. 湿润气候区的化学风化强度大于干旱气候区（ ）
10. 灰化层是铁锰淋失而二氧化硅相对富集的灰白色层次（ ）

本章小结

一、名词解释

地质大循环

生物小循环

土层

成土因素

粘化层

钙积层

潜育层

富铝化

脱钙作用

潜育化

灰化

白浆化

发生层

淋溶

淀积

本章小结

二、问答题

1. 为什么说土壤形成过程的实质是地质大循环和生物小循环矛盾斗争的统一？
2. 试分析五大成土因素之间相互关系？
3. 母质因素会影响土壤的哪些性质？
4. 为什么说没有生物的发展，就没有土壤的形成？