

文章编号: 1000-0550(2000)01-0029-07

# 风化淋滤带地质新理论—CaCO<sub>3</sub> 淀积深度理论<sup>①</sup>

赵景波

1 (陕西师范大学地理系 西安 710062)

2 (中国科学院西安黄土与第四纪地质研究室 西安 710054)

**摘要** 根据黄土高原第四纪古土壤和风化带的广泛调查,发现了 CaCO<sub>3</sub> 等化学成分的不连续淀积、厚层及多层淀积等特殊地质现象,结合 CaCO<sub>3</sub> 含量分析与入渗实验资料,建立了风化淋滤带 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度新理论。该理论表明, CaCO<sub>3</sub> 迁移到淀积深度所需时间很短,可以忽略时间因素对它的影响,能够作为研究风化淋滤带的许多地质问题的较可靠依据。当 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度小于古土壤发育带厚度时,可确定土壤已向风化壳转变;当 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度大于古土壤层厚度时,可确定土壤为淋溶型、中酸性土壤;当同一风化剖面中或同一层古土壤下部出现两层、三层或厚度异常大的 CaCO<sub>3</sub> 淀积层时,指示当时出现了两个或两个以上成壤期和相应的气候变化。

**关键词** 风化淋滤带 CaCO<sub>3</sub> 迁移 淀积类型 淀积深度 地质新理论

**作者简介** 赵景波 男 1954 年出生 博士 教授 第四纪地质学

**中图分类号** P534.63 P512.1 文献标识码 A

在风化淋滤带的许多地质问题研究中,人们应用最广的理论是化学成分的含量理论<sup>[1~4]</sup>。虽然含量理论对解决许多地质问题是很重要的,但含量多少易受风化淋滤时间过程的影响,这是其明显的不足之处。为了弥补传统含量理论的不足和揭示地质、环境、岩溶等演变规律,作者根据发现的一些特殊淀积类型,建立了新的风化带地质理论。

## 1 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度类型

关于 CaCO<sub>3</sub> 迁移深度类型或淀积深度(因迁移深度是据淀积产物确定的,故称淀积深度)类型在国内外的专著、杂志中<sup>[1~8]</sup>都未见有论述和介绍。作者通过对黄土高原的调查发现,自然界存在不同的淀积类型,可作为建立淀积深度理论的基础。

### 1.1 CaCO<sub>3</sub> 的连续淀积和不连续淀积

由于过去尚未对淀积类型进行论述<sup>[5,9,10]</sup>,作者将连续淀积定义为可迁移成分紧接在古土壤粘化层底部的淀积(图 1A),对于不具粘化层的草原类土壤来说,连续淀积是可迁移成分紧接在有机质层下部的淀积(图 1B)。这种淀积层是土壤剖面的组成部分之一,它表征古土壤发育时降水量较少,没有达

到使 CaCO<sub>3</sub> 淋失的条件。连续的 CaCO<sub>3</sub> 淀积层是碱性土壤的重要特征,采样分析表明土壤剖面中或多或少地残留有 CaCO<sub>3</sub>(图 1A, B)。随着降水量由多到少的变化,连续淀积的 CaCO<sub>3</sub> 迁移深度加大。黄土中的多数古土壤淀积层属连续淀积。

不连续的淀积层是没有紧接在粘化层底部的淀积层,即在粘化层和 CaCO<sub>3</sub> 淀积层之间有一定厚度的风化母质相隔(图 1C, D),淀积层已进入深部的风化淋滤带。虽然不连续的淀积层也是古土壤发育时形成的,但它已不能划归土壤剖面的组成部分。这样的淀积层迁移深度大,通常大于 1.5 m,大者可达 7~8 m 或更大,淀积深度随降水量的增加而增加。西安地区第 1~5 层古土壤 CaCO<sub>3</sub> 淀积层为不连续淀积。

不连续的 CaCO<sub>3</sub> 淀积层表明当时风化淋滤作用较强,具备 CaCO<sub>3</sub> 从古土壤中淋失的中酸性条件。如果在 CaCO<sub>3</sub> 淀积层与土壤层顶部之间采样分析,可知这些土层中不含或很少含有 CaCO<sub>3</sub>(图 1C, D)。有时古土壤中含有少量 CaCO<sub>3</sub>,但这是后期复钙作用的结果。在风化淋滤作用超过了土壤带的厚度范围时,土壤就会向风化壳转变。因此,不连

<sup>①</sup> IGCP379 项目,国土资源部“五科技项目(9501104)国家自然科学基金重点项目(批准号:49632100)和岩深动力学开放研究实验室项目(9801 和 9901)的研究成果。

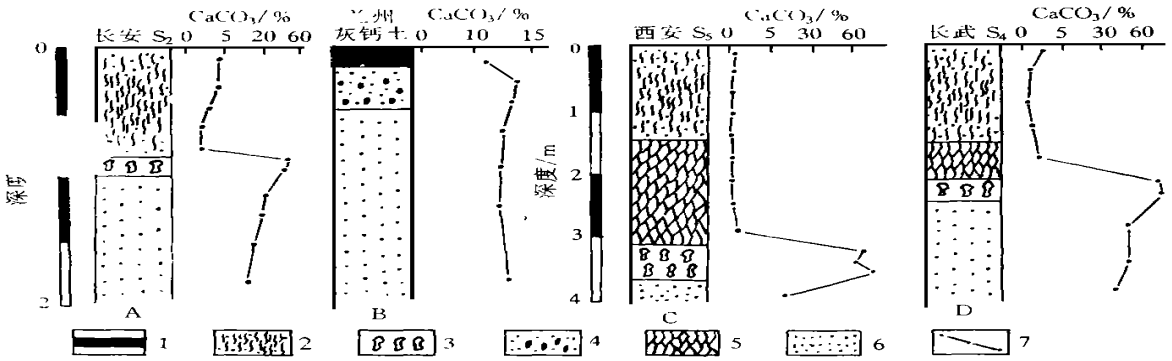


图1 黄土中古土壤  $\text{CaCO}_3$  的连续淀积与不连续淀积

1. 有机质层; 2. 古土壤粘化层; 3.  $\text{CaCO}_3$  结核淀积层; 4. 非结核形式的  $\text{CaCO}_3$  淀积层; 5. 风化淋滤黄土层; 6. 母质层; 7.  $\text{CaCO}_3$  含量曲线;

A. 长武县城东第二层古土壤( $S_2$ ); B. 兰州焦家湾灰钙土; C. 西安刘家坡第5层古土壤; D. 长武县城东第4层古土壤

Fig. 1 Successive illuviation and unsuccessive illuviation of  $\text{CaCO}_3$  in paleosols

续的  $\text{CaCO}_3$  淀积层是土壤向风化壳转变的标志之一,也是寻找和确定风化壳的重要标志之一。

## 1.2 $\text{CaCO}_3$ 的双层和多层淀积

双层和多层淀积是出现两层和两层以上的淀积现象,同种成分的这类淀积层是在现代的风化淋滤带中见不到的奇特淀积现象,对指示环境变化和古土壤多元发生特征有重要科学价值。观察表明,同种成分的双层和多层淀积有以下三种类型。

第一种类型是由明显的两层淀积层构成的,上层的  $\text{CaCO}_3$  淀积层为连续淀积,下层的  $\text{CaCO}_3$  结核层为不连续淀积,两层之间有明显的风化黄土相隔(图 2A)。在这样的双层淀积层中,上部的  $\text{CaCO}_3$  淀积层与粘化层之间往往存在矛盾。从上部的  $\text{CaCO}_3$  结核淀积深度较小来看,土壤发育时的淋滤作用较弱,粘化作用应该是不强的,而实际上粘化作用是相当强烈的。上部连续淀积的  $\text{CaCO}_3$  淀积层表明这种土壤是碱性的,但这又与深处的  $\text{CaCO}_3$  淀积层及  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的迁移存在矛盾(图 2C)。然而,下部不连续的  $\text{CaCO}_3$  淀积层显示土壤发育时的淋滤与粘化均较强烈,并具中酸性土壤的特点。如果考虑到下层不连续的  $\text{CaCO}_3$  淀积层所指示的淋滤条件,那么这种矛盾也就不存在了。由此得出,这样的  $\text{CaCO}_3$  的双层淀积指示土壤发育过程中出现了两个不同的成壤期,上层的  $\text{CaCO}_3$  淀积层代表碱性土壤发育期,下层的  $\text{CaCO}_3$  淀积层代表中酸性土壤发育期。

第二种多层淀积是  $\text{CaCO}_3$  淀积层之间不存在

明显间隔的特殊厚层淀积现象。这种  $\text{CaCO}_3$  淀积层在形式上表现为一层(图 3B),但厚度异常大,实际上是几个不同时期  $\text{CaCO}_3$  叠加的结果。 $\text{CaCO}_3$  的厚度可达 2.0m 左右,比正常 0.5m 厚的淀积层大 1.5m 左右。对这类厚度异常大的  $\text{CaCO}_3$  淀积层只能把其上部划归土壤的组成部分,中、下部已不属于土壤剖面的组成部分。这样的淀积层与土壤粘化层之间同样存在矛盾。观察得知,具这种淀积层的古土壤粘化相当强烈,铁、铝氧化物有一定迁移,显示所受淋滤作用较强。这显然与上部淀积浅的  $\text{CaCO}_3$  结核层之间是不协调的。如果考虑到代表淋滤作用较强的深部的  $\text{CaCO}_3$  淀积层,那么土壤的明显粘化和铁、铝氧化物的迁移就是正常现象了。这样的淀积层代表土壤发育过程中气候变化很大,在降水量较少的时期形成浅层的  $\text{CaCO}_3$  淀积层,在降水量多的时期形成深部的淀积层。这种淀积之所以没有出现明显的分层是存在偏干、偏湿及过渡性气候的结果。广泛的调查可知古土壤淀积层厚度通常小于 0.5m,因此当  $\text{CaCO}_3$  淀积层厚度为 1.0m 左右或更大时,可以判断当时气候发生过变化。

第三种多层淀积是由明显的 3 层或更多层  $\text{CaCO}_3$  结核淀积层构成的(图 2C),常是多层连续迭复的古土壤在降水量较丰富的条件下形成的。每一层古土壤发育时形成一层  $\text{CaCO}_3$  结核,而且每一层古土壤的  $\text{CaCO}_3$  淀积层都位于最下部一层古土壤底部之下的母质中(图 2C),形成厚度不断加大的风化淋滤带。一般说来,有多少层连续迭复的古土壤,就

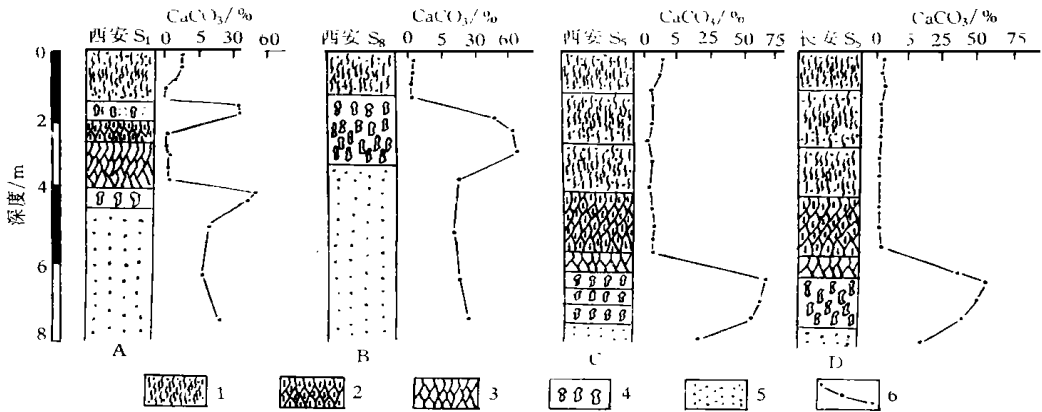


图 2 风化淋滤带中 CaCO<sub>3</sub> 的多层淀积

- 1. 古土壤粘化层; 2. 含铁质胶膜的风化母质; 3. 不含铁质胶膜的风化母质;
- 4. CaCO<sub>3</sub> 结核层; 5. 黄土母质; 6. CaCO<sub>3</sub> 含量曲线; A. 西安东郊仁家坡第 1 层古土壤下部的两层 CaCO<sub>3</sub> 结核层
- B. 西安东郊刘家坡第 8 层古土壤下部厚度大而分层不明显的多层 CaCO<sub>3</sub> 淀积层;
- C. 西安东郊仁家坡第 5 层古土壤之下的 3 层 CaCO<sub>3</sub> 淀积层; D. 长安县第 5 层古土壤下部的厚层淀积

Fig. 2 Multi-layer illuviation of CaCO<sub>3</sub> in weathered eluvial zone

会有多少层 CaCO<sub>3</sub> 结核淀积层, 有时 3 层或更多结核层连接成为厚度很大的淀积层(图 2D)。根据 CaCO<sub>3</sub> 结核层的分布能够确定下部的古土壤受到了中、上部古土壤发育时淋滤作用的影响, 淋滤粘化作用得到了加强, 常具有风化壳的剖面特征和多元发生性; 下部古土壤(图 2C)经历了 3 个风化淋滤阶段, 中部古土壤经历了两个淋滤阶段, 上部古土壤经历了一个阶段。

## 2 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度与降水量等因素的关系

根据黄土高原古土壤及风化淋滤带的大量观测资料、现代土壤资料及渗水实验资料可知, CaCO<sub>3</sub> 淀积深度主要受降水量制约, 降水量多, 雨水入渗的深度大, CaCO<sub>3</sub> 淀积深度也就大; 降水量少, 雨水入渗的深度小, CaCO<sub>3</sub> 淀积深度也就小。实际上一个地区的降水量主要降落在雨季, 那么一个地区雨季降雨持续时间就控制着雨水的入渗深度。持续时间短的降雨对 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度也会有影响, 可能会形成淀积深度小的 CaCO<sub>3</sub>, 但这样的 CaCO<sub>3</sub> 是不稳定的, 将受到持续时间长的降雨的影响而向下迁移。因为降水量多的地区降雨持续时间较长, 降水量少的地区降雨持续时间较短, 所以 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度随降水量的增加而加大的规律是普遍和明显的(图 3)。无论是不同类型的土壤还是相同类型的土壤, 只要发育区的降水量有明显差别, CaCO<sub>3</sub> 淀积深度

就存在明显不同。根据图 3 可求出年均降水量(y)与 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度(x)两者间的定量关系为  $y = 305x + 168.5$ ,  $r = 0.96$ 。根据这一公式和 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度, 我们可以求出年均降水量。淀积深度表明当时的降水量只能把淀积成分淋滤到淀积的深度, 是指示淋溶条件的重要标志。与定性反映降水条件的 CaCO<sub>3</sub> 含量<sup>[11~19]</sup>相比, CaCO<sub>3</sub> 淀积深度具有更多的优点。

除降水量对 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度有影响之外, 母质

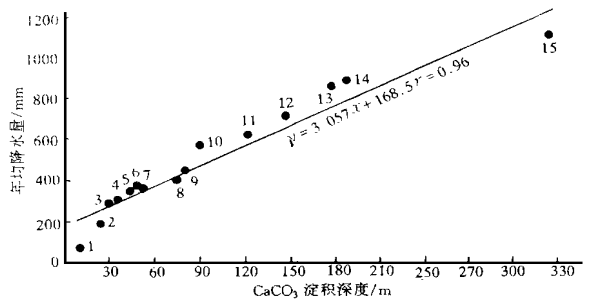


图 3 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度与降水量的关系

(据《甘肃土壤》<sup>[17]</sup>、《中国土壤》<sup>[18]</sup>资料绘制)

- 1. 甘肃敦煌棕漠土; 2. 中国东部棕钙土; 3. 内蒙栗钙土;
- 4. 东北黑钙土; 5. 辽宁碳酸盐褐土; 6. 大兴安岭黑钙土;
- 7. 甘肃天祝石灰黑钙土; 8. 甘肃天祝黑钙土; 9. 甘肃通渭黑麻土;
- 10. 山西沁原典型褐土; 11. 甘肃灵台粘化黑垆土;
- 12. 辽宁朝阳淋溶褐土; 13. 江苏泗洪黄棕壤;
- 14. 江苏六合黄棕壤; 15. 江苏句容黄棕壤

Fig. 3 Correlation between illuvial depth of CaCO<sub>3</sub> and mean annual precipitation

和地形对淀积深度也有影响。不过母质的影响和地形的影响是容易在野外观察出来的,不难消除它们对淀积深度的影响。图3中随着降水量的增加和淀积深度的加大,温度也是升高的,但这不能说明随着温度的升高淀积深度加大。一般说来,温度升高会使淀积深度减小,而上图3显示温度对淀积深度影响不明显,这可能是雨季各地温度差异小和温度较高的亚热带空气湿度大,减缓了蒸发的缘故。

### 3 $\text{CaCO}_3$ 淀积深度与时间的关系

许多自然现象的形成明显受时间因素影响,那么  $\text{CaCO}_3$  淀积深度是否受时间因素影响呢? 根据我们的分析可知,  $\text{CaCO}_3$  淀积深度几乎不受淋溶时间过程影响,这是淀积深度最为突出的优点。特别是淀积层一旦形成其淀积深度就与时间因素无关了。假如降水量丰富,即使淋溶时间很短,  $\text{CaCO}_3$  淀积深度也很大;假如降水量少,即使淋溶时间很长,  $\text{CaCO}_3$  淀积深度仍很小,这是一定的降水量产生的淋溶深度相同决定的。作者通过实验可知,水的入渗也有一个时间过程,但这一过程很短。实验及观测表明,马兰黄土上的水入渗到  $\text{CaCO}_3$  淀积的深度只需要几天的时间(表1),中、细砂层上的水入渗到  $\text{CaCO}_3$  淀积的深度只需要几小时的时间,与土壤发育所需几百年以上的时间相比是完全可以忽略不计的。而且淀积层一旦出现,就标志着淀积层到达淀积深度所需时间已完全满足,也标志着土壤发育过程至少已持续了数十年以上的时间,所以对古土壤而言,根本无需考虑淋溶时间对  $\text{CaCO}_3$  淀积深度的影响。

不受淋溶时间因素影响的标志或已消除了时间因素影响的标志能可靠地用于风化淋滤带有关地质问题的研究,这是由于这样的标志在当时生物、气候

少的,因而应当充分重视  $\text{CaCO}_3$  淀积深度理论的作用。而且在湿润和半湿润、半干旱区,  $\text{CaCO}_3$  淀积层主要以结核的形式出现,宏观上可以识别出来,淀积深度易于确定,是便于应用的较可靠标志。对宏观可以观察到的标志能较容易消除偶然因素的影响,能够避免片面性。

随着对风化带地质环境研究的不断深入,人们越来越重视不受时间因素影响的标志。虽然有人把植物称作地质时代的温度计,但近年来也提出了只有植被在当地气候条件下处于稳定时才能可靠用于恢复古环境<sup>[20]</sup>。如湿润区裸地上的植被演替过程为:杂草植被→松、杨、桦、先锋林→栎树阔叶林。在这一演替系列中,第一阶段的植被不能反映当时气候,第二阶段的植被不能准确反映当时气候,只有第三阶段的植被才能可靠反映当时气候。关于沉积物,除少数化学沉积和冰碛物之外,多数沉积物反映的气候是相对的。即使化学沉积,也有随时间延续而变化的系列,如在气候变得很干时,随着湖水盐类的浓缩,依次出现  $\text{CaCO}_3 \rightarrow (\text{Mg}, \text{Ca})\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4 \rightarrow \text{NaCl}$  的沉积<sup>[21]</sup>。在这个沉积序列中,最后阶段的  $\text{NaCl}$  能准确反映当时气候,越向前面的沉积代表的气候与当时差别越大。关于  $\text{CaCO}_3$  含量、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量,它们受淋溶、风化过程影响更明显,淋溶初期土层  $\text{CaCO}_3$  含量高,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  与  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量低,风化后期变得相反。粘土矿物的形成同样受时间影响。在亚热带条件下,长石变成高岭石的过程为:长石→水云母→蒙脱石→高岭石<sup>[1, 22]</sup>。在这个变化序列中,也只有最后阶段的高岭石能指示亚热带气候。虽然水云母与蒙脱石也可见于亚热带地区,但它们将在进一步的风化过程中转变成为高岭石。

由上述分析可见,植物、沉积物、矿物都不同程度地受时间因素影响,那么  $\text{CaCO}_3$  淀积深度为什么不受或很少受淋溶时间影响呢? 其原因有以下几个。第一是  $\text{CaCO}_3$  可在碱性条件下迁移。在风化成壤初期,介质呈碱性反应,  $\text{CaCO}_3$  在这样的条件下就可以发生迁移和淀积。因此,就整个成壤过程而言,  $\text{CaCO}_3$  迁移和淀积的时间是很早的。第二个原因是  $\text{CaCO}_3$  的来源决定的。淀积的  $\text{CaCO}_3$  与  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  以及粘土矿物的形成不同,土壤风化带淀积层中的  $\text{CaCO}_3$  有相当一部分来自大气降水<sup>[23]</sup>,而后几种成分则来自矿物的分解。矿物的分解需要相当长的时间,而  $\text{CaCO}_3$  则在风化成壤初期就会从大气降水中分离出来形成淀积层。风化带中

表1 下渗水在马兰黄土上不同时间内的渗入深度

Table 1 Penetrating depth of water on Malan loess at different time

入渗方式	12	24	36	48	72
时间 / h					
人工入渗深度 / m	1.2	1.8	2.3	2.6	3.3
中雨入渗深度 / m	0.8	1.2	1.6	1.9	2.2

条件下已处于稳定状态,不随时间的延续而变化。而不受时间影响或能消除时间因素影响的标志是很

矿物的分解也能为淀积层的形成提供一部分 CaCO<sub>3</sub><sup>[3, 23]</sup>, 但在这部分 CaCO<sub>3</sub> 淋滤之前, CaCO<sub>3</sub> 淀积层早就出现了。第三个原因是 CaCO<sub>3</sub> 自身在迁移过程中存在的形式决定的。CaCO<sub>3</sub> 在下渗的水中是以 Ca<sup>2+</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 离子形式存在的, 下渗的水到哪里, 它们就能迁移到哪里, 不象胶体物质那样迁移缓慢。第四个原因是溶解 CaCO<sub>3</sub> 渗入地下的水的存在形式决定的。使 CaCO<sub>3</sub> 发生迁移和淀积的水为重力水<sup>[23]</sup>, 这种水运动速度快, 在短时间内就可形成 CaCO<sub>3</sub> 淀积层。

## 4 结论

根据以上论述, 作者提出下面的 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度理论:

降水量较多, 即使淋溶时间很短, CaCO<sub>3</sub> 淀积深度也较大; 降低水量较少, 即使淋溶时间很长, CaCO<sub>3</sub> 淀积深度也较小; CaCO<sub>3</sub> 迁移到淀积深度所需时间很短, 可以忽略时间因素对它的影响, 能够作为研究古气候和古土壤等许多地质问题的较可靠依据。

CaCO<sub>3</sub> 属于可溶盐, 而比 CaCO<sub>3</sub> 更易溶的 CaSO<sub>4</sub> 等盐类淀积过程更短, 显然它们适于 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度理论。对于 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等胶体物质, 它们的迁移明显受时间因素影响, 但只要它们已形成淀积层, 就标志着迁移到淀积层位所需时间已经满足, 所以它们的淀积深度同样可作为研究古环境的较可靠依据。

CaCO<sub>3</sub> 淀积深度主要是受雨季降水量控制的, 它能够指示雨季降水量的特征。

根据年均降水量( $y$ )和 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度( $x$ )之间的关系( $y=305x+168.5$ ), 能够定量计算地质时期古土壤和风化壳发育时的年均降水量。

根据 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度理论和 CaCO<sub>3</sub> 淀积类型, 能够作出以下三项推论:

推论 1: 当 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度超过了土壤层的厚度时, 可确定土壤为淋溶型中酸性土壤。

推论 2: 当 CaCO<sub>3</sub> 淀积深度明显超过了土壤发育带的厚度(约 2m)时, 可确定土壤已向风化壳转变。

推论 3: 在同一层古土壤之下或同一风化剖面中出现两层、三层或厚度异常大的 CaCO<sub>3</sub> 淀积层时, 指示当时出现了两个或两个以上的成壤期和相

应的气候变化。

## 参 考 文 献

- 1 南京大学地质系. 地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1979. 316~327
- 2 张虎才. 元素表生地球化学特征及理论基础[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1997. 270~277
- 3 刘东生等. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 228~250
- 4 刘英俊等. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1984. 6~30
- 5 朱鹤健. 世界土壤地理[M]. 北京: 高等教育出版社, 1985. 40~80
- 6 戈尔德施密特 V M. 地球化学[M]. 中译本. 北京: 科学出版社, 1959. 60~90
- 7 Kukla G J. Loess stratigraphy in Central China[J]. Quaternary Science Review, 1987, 6: 191~219
- 8 Kukla G J. Loess stratigraphy of centra Europe[A]. In: Butaer K W, Issae G L, eds. After the Austroripithecines [C]. Mouton, the Hague, 1975. 99~188
- 9 柯夫达 B A. 土壤学原理[M]. 中译本. 北京: 科学出版社, 1983. 55~77
- 10 Fedoroff N, Country M A. Morphology and distribution of textural features in arid and semiarid region[A]. In: Fedoroff N Bresson L M, Courty M A, eds. Soil Microphology[C]. AFES, Plaisir, French, 1987. 213~220
- 11 朱显谟. 我国黄土性沉积中的古土壤[J]. 中国第四纪研究, 1965, (4): 9~19
- 12 李天杰, 郑应顺, 王云. 土壤地理学[M]. 北京: 人民教育出版社, 1979. 110~150
- 13 文启忠. 中国黄土地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1989. 50~80
- 14 卢演涛. 黄土地层 CaCO<sub>3</sub> 含量与更新世气候旋回[J]. 地质科学, 1981, (2): 122~131
- 15 田均良, 彭祥林. 黄土高原土壤地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1994. 110~147
- 16 雷祥义, 岳乐平. 陕西关中晚更新世黄土—古土壤序列特征及其记录的古环境变迁[J]. 地质论评, 1997, 43(5): 193~202
- 17 甘肃土壤普查办公室. 甘肃土壤[R]. 北京: 农业出版社, 1993. 215~239
- 18 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1980. 521~537
- 19 赵景波. 黄土地层中的 CaCO<sub>3</sub> 与环境[J]. 沉积学报, 1993, 11(1): 136~142
- 20 Tsukada M. Vegetation and climate during the last glacial maximum in Japan[J]. Quaternary Research, 1983, 19: 212~235
- 21 何起祥. 矿床学[M]. 北京: 地质出版社, 1978. 212~229
- 22 Marion G M, Schlsinger W H, Fonteyrn P J. A regional model for soil CaCO<sub>3</sub> deposition in Southwestern Desert[J]. Soil Science, 1985, 139: 468~481
- 23 赵景波. 黄土中古土壤 CaCO<sub>3</sub> 淀积层与大气降水入渗形式研究[J]. 地理科学, 1995, 15(4): 344~350

# A New Geological Theory about Eluvial Zone —Theory Illuvial on Depth of $\text{CaCO}_3$

ZHAO Jing-bo

1 (Shaanxi Normal University Xi'an 710062)

2 (Xi'an Institute of Loess and Quaternary Geology Chinese Academy of Sciences Xi'an 710054)

## Abstract

In the research of many geological problems about weathered eluvial zone, the content theory is widely adopted, which is based on content of chemical composition. Although the content is very important to resolve lots of geological problems, this theory is not perfect because the content of chemical composition is easily affected by the weathering process. In order to remedy the defect of traditional content theory and reveal the law of nature, it is necessary to establish a new theory.

During the investigation of paleosol and weathered eluvial zone in the Loess Plateau, the author found unsuccessful illuviation, thick layer or multi-layer illuviation of  $\text{CaCO}_3$  and other chemical composition—a special geological phenomenon. In the paper, the author established a new theory on depth of  $\text{CaCO}_3$  illuvial horizon of weathered zone combining with  $\text{CaCO}_3$  content analysis and penetrating experiment, this theory is very effective to study paleosol, weathering crust, paleoenvironment and many geological problems of weathered eluvial zone.

The theory reveals that the more precipitation is, the bigger the movement depth of  $\text{CaCO}_3$  illuvial horizon is, though the eluvial process is very short; the less the precipitation is, the shallower the movement depth of  $\text{CaCO}_3$  illuvial horizon is, though eluvial process is very long. Because the process in which  $\text{CaCO}_3$  moves to the illuvial horizon is very short, the influence of time could be neglected. So the moved depth of  $\text{CaCO}_3$  illuvial horizon is reliable basis for studying many geological problems about weathered eluvial zone.

Since  $\text{CaCO}_3$  belongs to insoluble salt, the illuviation process of the salts such as  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaSO}_4$ , which are more soluble than  $\text{CaCO}_3$ , is much shorter, and the illuvial theory on the depth of  $\text{CaCO}_3$  can be applied to them. The movement of colloid material such as  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  is influenced clearly by time factor, however, as long as their illuvial horizons form, that is to say, the process needed in which they move to the illuvial horizon have been met. So their illuvial depth can also be regarded as a reliable foundation for studying the geological problem of weathered eluvial zone.

There are three reasons why the movement time of  $\text{CaCO}_3$  to illuvial depth is very short. The first is that  $\text{CaCO}_3$  can move under the condition of basicity. Movement and illuviation can occur in the early period of soil-forming processes. The second is that a part of  $\text{CaCO}_3$  comes from precipitation and  $\text{CaCO}_3$  can illuviate at the bottom of soil as long as eluvial occurs. The third is that  $\text{CaCO}_3$  exists in the form of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{HCO}_3^-$  in the water. The two ions will follow the penetrating water wherever it goes.

According to the quantitative correlation ( $y=305x+168.5$ ) between mean annual precipitation ( $y$ ) and depth of  $\text{CaCO}_3$  illuvial horizon ( $x$ ), the mean annual precipitation in the developmental period of paleosol and weathering crust can be calculated quantitatively and provides a basis for determining the formula on precipitation of rainy season.

The author can draw three deductions in accordance with the illuvial theory on depth of  $\text{CaCO}_3$  and the types of  $\text{CaCO}_3$  illuvial horizon.

Deduction 1: when movement depth of CaCO<sub>3</sub> illuvial horizon exceeds the thickness of clay-grouting layer of soil, it can be seen that the soil is the neutral or acid soil of leaching type.

Deduction 2: When moved depth of CaCO<sub>3</sub> illuvial horizon exceeds the thickness of developing zone of soil (about 2 m), it can be determined that the soil is changing to weathering crust.

Deduction 3: when two, three layers or unusually thick CaCO<sub>3</sub> illuvial horizon exists under the same paleosol or weathering profile, it indicates that there are two or more soil-forming periods and corresponding climate change at that time.

**Key words** eluvial zone CaCO<sub>3</sub> movement illuvial types illuvial depth new geological theory

---

(Continued from page 6)

except above five in 12 possible transformations have not been observed so far. Furthermore, each one of the five models has different occurring frequency, the model of "Braided—Meandering" occurs generally in larger frequency. The 5 types of transformations are elucidated and interpreted in terms of various examples.

The driven factors that control the trend of transformation are also discussed in details. In general, the transformations determined by the integration of geotectonics, climate, vegetation, river valley slope, bank sediment composition and hydraulic factors, but their influence to each type of the models are different.

**Key words** channel patterns model of spatial variations controlling factors