

# 亚热带和热带土壤的磁化率\*

俞劲炎 詹硕仁\*\* 吴劳生 朱祖祥

(浙江农业大学)

## 摘 要

亚热带和热带土壤的磁化率  $\chi$  变化大, 高的达 2000—6000 单位 (昆明玄武岩红壤), 低的只几个单位 (沼泽土、强还原性水稻土、磷质石灰土)。大体上是: 自型土 > 潮土 > 水稻土 > 沼泽土。在自型土中, 砖红壤、红壤的  $\chi$  值大于石灰岩土和紫色土。

红壤的磁性受母岩和发育度的影响大。各地的玄武岩红壤的  $\chi$  值为  $3 \times 10^3$ — $6 \times 10^3$  单位, 其他红壤多为 100—40 单位 (中性和酸性岩浆岩, 多数沉积岩), 或 40—10 单位 (一部分石灰岩、凝灰岩)。

灼烧土壤而得到的  $\chi$ - $t$  曲线和“转化率” $E$ , 可粗略地反映磁赤铁矿生成的相对程度, 进而估计红壤化的程度, 似可在红壤的诊断、鉴定中试用。

关于亚热带和热带土壤磁性的研究不多, 早年有夏威夷砖红壤<sup>[7]</sup>, 近十年来有格鲁吉亚红壤<sup>[9]</sup>、西孟加拉砖红壤<sup>[8]</sup>以及印尼、非洲、拉美个别地区热带土壤和地中海土壤等<sup>[8]</sup>。在我国, 报道了南方几种红壤和水稻土的磁化率<sup>[3-6]</sup>。对于广大低纬度带各类土壤的磁性, 尚无系统的研究报告, 本文是这方面的初次尝试。

## 一、红壤磁化率及其影响因素

土壤磁性随母质、成土特点和发育度的不同而变化甚大。玄武岩红壤的磁化率 (以  $\chi$  表示, 单位为  $10^{-6}$  emu/g) 可 > 6000 单位, 而有的水成土和钙质土的  $\chi$  值只在 5 单位左右, 相差三个量级。各种红壤 (广义的, 包括红壤、赤红壤和砖红壤) 的磁化率变幅也很大。

### (一) 不同岩石上红壤的磁化率剖面

玄武岩、安山岩等强磁性岩石上的红壤,  $\chi$  值为 300—2000 单位以上 (图 1)。其他岩浆岩红壤的  $\chi$  为 100—40 单位左右, 沉积岩、凝灰岩发育的红壤  $\chi$  值只 40—10 单位 (图 2)。第四纪红土的  $\chi$  值多为 60—20 单位, 有的层段可达 100—120 单位 (图 3)。

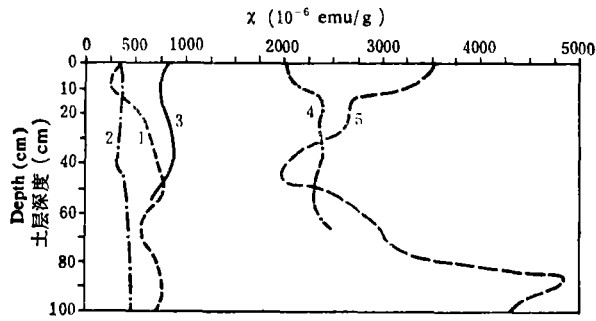
### (二) 红壤发育度对磁性的影响

红壤磁化率  $\chi$  值随着富铁铝化而有增大的趋势, 它的数值与全铁量呈极显著的正相关 (图 4), 而在紫色土、潮土和水稻土中则未发现此种关系。

从昆明、粤南 (海南岛、雷州半岛) 和浙东三地的玄武岩红壤来说, 昆明红壤发育度高, 粤南的次之<sup>[1-2]</sup>, 而浙东红壤发育度低 (其硅铁铝率为海南岛的 1/2), 磁化率也依次递减。

\* 南京土壤所、云南农科院和西南农学院等提供土样, 并承姚贤良、刘孝义同志提出修改意见, 深表感谢。

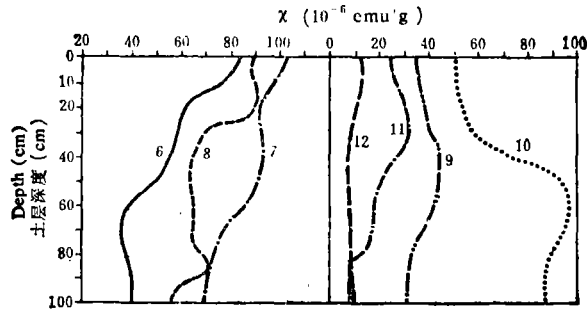
\*\* 现在宁夏农学院工作。



1. 奉化安山岩红壤；2. 奉化玄武岩红壤；3. 徐闻玄武岩红壤；  
4 和 5. 昆明玄武岩红壤。

图 1 玄武岩、安山岩红壤的磁化率剖面

Fig. 1 The magnetic susceptibility profile of red earths derived from basalt and andesite



6. 余姚花岗岩红壤；7. 广州花岗岩红壤；8. 海南岛花岗岩赤红壤；9. 余姚流纹凝灰岩红壤；10. 武昌砂页岩红壤；11. 衢州砂页岩红壤；12. 南宁石灰岩红壤。

图 2 酸性岩浆岩和沉积岩的磁化率剖面

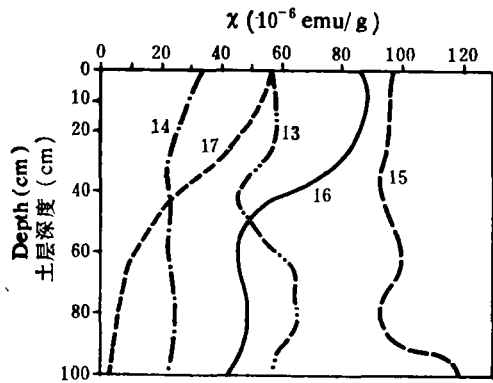
Fig. 2 The magnetic susceptibility profile of red earths on acid magmatic rocks and sedimentary rocks

昆明红壤  $\chi$  值  $>2000$  单位,极大值(该土层多点平均为 4770 单位)位于剖面下段,说明地质史上红壤化一度比现代更强烈,与化学分析得到的结论<sup>[2]</sup>相符。海南岛澄迈砖红壤的  $\chi$  值约 680 单位,徐闻砖红壤为 570—670 单位。浙东玄武岩红壤的  $\chi$  值在 300 单位左右。

玄武岩红壤的强磁性由磁性矿物(磁铁矿、磁赤铁矿及其含钛系列,  $\chi$  值为  $10^4$ — $10^5$  单位)生成和积聚所造成。从成土条件看,主要是磁赤铁矿,其在夏威夷砖红壤<sup>[7]</sup>和其它红壤中已证实此点。玄武岩等的强磁性是磁铁矿造成的,但这种原生磁铁矿在红壤化过程中往往已遭风化而损失掉。如海南岛玄武岩中有 4% 磁铁矿,而在所发育的砖红壤中已无残留<sup>[1]</sup>。

在其它岩石发育的红壤中,也可见到红壤发育度高而磁化率增大的趋势,但不如玄武岩红壤那样明显。

鉴于各种铁、锰、钛矿物的  $\chi$  值均很小 ( $<100$  单位),唯有次生磁赤铁矿的  $\chi$  值特别大(平均为  $7 \times 10^4$  单位),故而可以推想,红壤化过程中磁性的明显增强是生成了磁赤铁



13. 杭州; 14. 余姚; 15. 衢州; 16. 进贤; 17. 长沙。

图3 第四纪红土的磁化率剖面

Fig. 3 The magnetic susceptibility profile of Quaternary red clay

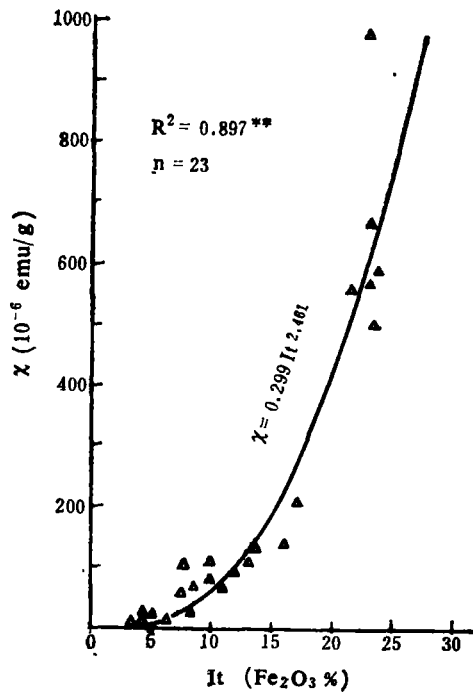


图4 红壤磁化率与全铁量的关系

Fig. 4 The correlation between magnetic susceptibility value and total iron content in red earths

矿之故,这说明富铁铝化与“磁赤铁矿化”是平行地发展的。

## 二、黄壤、钙成土和水成土的磁化率

### (一) 黄壤

黄壤磁化率也随母岩种类不同而变化,但其 $\chi$ 值往往比同种岩石发育的红壤为小,因黄壤的富铁铝化较浅而氧化铁水化度较高。

石灰岩黄壤、砂页岩黄壤的 $\chi$ 值仅15—10单位,多数岩浆岩黄壤的 $\chi$ 值在120—30单位左右,而强磁性岩石(玄武岩、安山岩、熔凝灰岩等)的黄壤 $\chi$ 值可 $>200$ 单位(图5)。

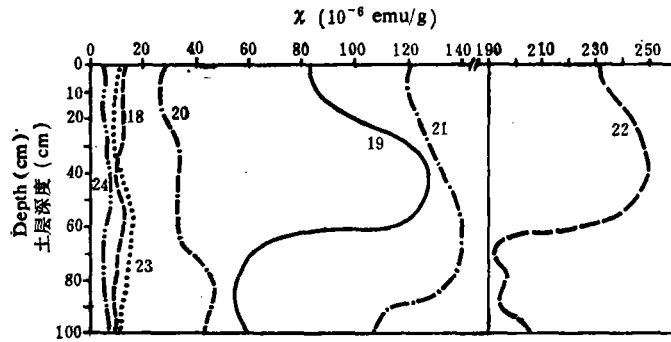
### (二) 钙质幼年土

它们的磁化率低,而且剖面中分异不明显。发生不同程度的红壤化后,土壤 $\chi$ 值随之增大。

1. 紫色土:  $\chi$ 值多在5—15单位左右。红紫泥(开始红壤化)的 $\chi$ 值增至20单位,而酸性紫红泥(幼红壤)的 $\chi$ 值达40—60单位(图6)。

2. 石灰岩土: 广西的红色石灰土、贵州的黑色石灰土的 $\chi$ 值分别为20—40和40—50单位。浙江各地零星分布的石灰土磁化率也大体相同。

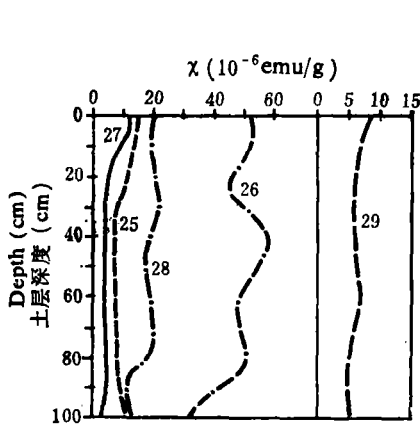
3. 滨海盐土和盐化潮土: 盐土的 $\chi$ 值与粘粒、有机质含量呈正相关<sup>[6]</sup>。砂壤、轻壤为20—30单位,粘壤、粘土为40—60单位。草甸化过程使 $\chi$ 剖面分化,腐殖化层和淀积层



18. 浙江西天目山砂页岩; 19. 浙江西天目山流纹岩; 20. 浙江西天目山凝灰岩; 21. 浙江西天目山粗面岩; 22. 浙江泰顺熔凝灰岩; 23. 四川嘉陵江石灰岩; 24. 四川雅安古冲积母质。

图 5 黄壤的磁化率剖面

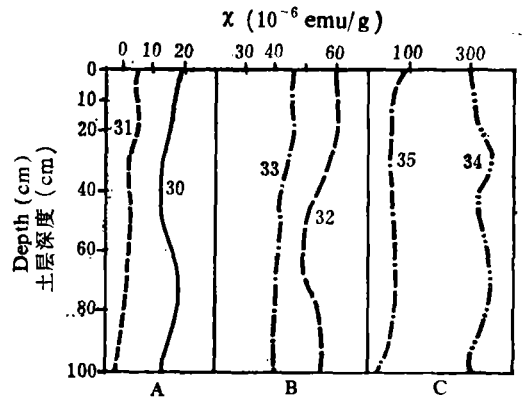
Fig. 5 The magnetic susceptibility profile of yellow earths



25. 砂页岩棕紫泥(浙江缙县); 26. 页岩紫红泥(浙江缙县); 27. 砂岩紫泥(重庆); 28. 砂岩红紫泥(四川乐山); 29. 磷质石灰土(西沙群岛)。

图 6 钙质幼年土的磁化率剖面

Fig. 6 The magnetic susceptibility profile of young calcareous soils



A. 潮土(30)和潮土性水稻土(31), 嘉兴; B. 紫色土(32)和紫色水稻土(33), 自贡; C. 玄武岩红壤和玄武岩红壤性水稻土(35), 奉化。

图 7 水稻土及其同源旱地土壤的磁化率剖面

Fig. 7 The magnetic susceptibility profile of paddy soils and their original upland soils derived from same parent materials

的  $\chi$  值增加。

4. 磷质石灰土：南海诸岛上的此种幼年土壤含铁极少 ( $<0.1\%$ )， $\chi$  值只 2—4 单位，是磁性最弱的土壤 (图 6，剖面 29)。

5. 水成土和水稻土：就母质相同的土壤磁化率进行比较，一般为：(1) 自型土  $>$  半水成土 (如潮土、滨海盐土)  $>$  水成土 (沼泽土、泥炭土)；(2) 旱地土壤  $>$  水稻土；(3) 爽水型水稻土  $>$  囊水型 (潜育性) 水稻土<sup>[4-5,9]</sup>。因为磁性矿物在渍水还原条件下遭到还原、水化而变为其他化合物，使土壤磁性降低。

旱地土壤的  $\chi$  值愈大 (如玄武岩红壤)，则开辟为水田后  $\chi$  值降低幅度也愈大 (图 7)。

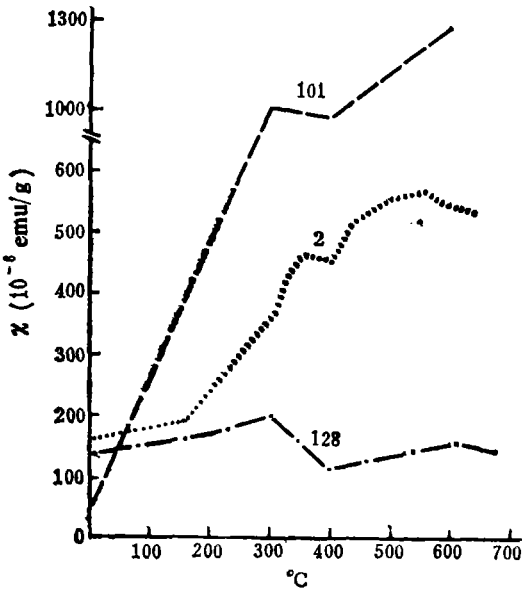
### 三、灼烧对土壤磁性的影响

在自然火灾或人工烧荒后土壤磁性往往急剧增强,因为灼烧过程中生成了磁性矿物。在通气良好而土壤缺少有机质的条件下,灼烧生成了赤铁矿(弱磁性)和磁赤铁矿(强磁性)。这种机制,与红壤化过程中含铁矿物的转化十分相似。

#### (一) 灼烧引起土壤磁化率的变化

将少量土样(200—300克)放在马福炉中灼烧,逐段升温,测定不同温度灼烧后的土壤磁化率数值,由此来粗略地估计磁赤铁矿生成量以及模拟的“红壤化程度”。

由图8(2号、101号)可见,大多数红壤在灼烧过程中得到的 $\chi-t$ 曲线,呈上升的双峰型。



2. 奉化玄武岩红壤; 101. 湛江砖红壤; 128. 杭州石灰岩幼红壤。

图8 红壤的 $\chi-t$ 曲线

Fig. 8 The  $\chi-t$  curve of red earths

第一个峰值在300—350°C左右显示,这是亚铁化合物氧化和纤铁矿脱水,生成少量磁赤铁矿<sup>[7,8]</sup>。对于第二个峰值尚缺少实验资料验证,但从极大的 $\chi$ 值来看,唯一可能的是磁赤铁矿的进一步生成(因为赤铁矿和其他氧化铁不可能造成如此的高 $\chi$ 值)。两峰间的小凹谷的出现,可能是残留磁铁矿及含铁硅酸盐矿物的崩解,它为随后的“磁赤铁矿化”准备了材料。

有的红壤的 $\chi-t$ 曲线较为平缓(如图8,128号),反映其全铁量低而在灼烧时氧化铁形态转化不明显。

#### (二) 红壤发育度与转化率

在红壤化中包含磁赤铁矿的生成,其数量可从土壤 $\chi$ 值的增长量 $\Delta\chi$ 来估算,即 $\Delta\chi/7 \times 10^4$ ,分母是土壤次生磁赤铁矿的 $\chi$ 值,因为其它组分的 $\chi$ 值小,故可忽略之。

我们试用“转化率” $E$ 表示“磁赤铁矿化”的程度,并采用灼烧试验得到的数据代表之: $E = \chi_a/\chi_m$ ,式中 $\chi_a$ 为风干土 $\chi$ 值(灼烧前); $\chi_m$ 为充分红壤化(磁赤铁矿化)土壤的 $\chi$ 值,采用灼烧过程中得到的最大 $\chi$ 值。

表1是几种代表性红壤转化率的例子。昆明5号土样的 $\chi$ 值是6180单位,它的 $E = 1.0$ ,即 $\chi_a = \chi_m$ ,说明土壤红壤化(磁赤铁矿化)程度最高。

前述各地的几种玄武岩红壤,按照其发育度,昆明红壤 $E$ 值最大(0.64—1.0),其次是粤南砖红壤(0.68—0.42),浙东黄壤的 $E$ 值小(0.24)。杭州郊区的几种粘质红壤中,以第四纪红土 $E$ 值最大(0.56),其次是页岩红壤(0.49)、燧石红壤(0.34)等,石灰岩幼红壤最小(0.15)。

红壤性水稻土的 $E$ 值很小,说明在渍水条件下,无磁性矿物生成。这种土壤灼烧后,

表 1 红壤的转化率

Table 1 The variation ratio of red earths

No.	土壤 Soil	地点 Location	$\chi_s$	$\chi_m$	$E = \chi_s/\chi_m$
5	玄武岩红壤	昆 明	6180	6180	1.00
107	玄武岩砖红壤	海 南 岛	683	1040	0.68
115	玄武岩黄红壤	余 姚	520	2170	0.24
137	第四纪红土	杭 州	70	124	0.56
128	石灰岩幼红壤	杭 州	150	1020	0.15
113	红砂岩红壤性 水稻土	衢 州	4	245	0.016

$\chi$  值比原来增大 60 倍, 约有 0.34% 磁赤铁矿生成。

## 参 考 文 献

- [1] 李庆逵、张效年, 1957: 中国红壤的化学性质。土壤学报, 第 5 卷 1 期, 78—93 页。
- [2] 赵其国, 1964: 昆明地区不同母质对红壤发育的影响。土壤学报, 第 12 卷 3 期, 253—265 页。
- [3] 俞劲炎、詹硕仁, 1981: 我国主要土类土壤磁化率的初步研究。土壤通报, 第 1 期, 35—38 页。
- [4] 俞劲炎、赵渭生、詹硕仁, 1981: 太湖流域水稻土的磁化剖面。土壤学报, 第 18 卷 4 期, 376—382 页。
- [5] 俞劲炎、詹硕仁, 1982: 浙江省土壤的磁化率及其在土壤分区和分类上的意义。浙江农业大学学报, 第 8 卷 2 期, 121—129 页。
- [6] 俞劲炎、吴玉卫、詹硕仁, 1982: 浙江省海涂盐土的磁化率及其在土壤分类上的意义。浙江农业科学, 第 3 期, 134—136 页及 151 页。
- [7] Matsusaka Y., Sherman G. D., 1961: Magnetism of iron oxide in Hawaiian soil. Soil Sci., 91: 239—245.
- [8] Prasad B., Ghildyal, B. P., 1975: Effect of climate on the magnetic susceptibility of soils. Nature, 256: 565—566.
- [9] Вадюнина А. Ф., Баганин В. Ф., 1972: Магнитная восприимчивость некоторых почв СССР. Почвоведение, №. 10, 55—66.

## THE MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF THE SOILS IN SUBTROPICAL AND TROPICAL CHINA

Yu Jinyan, Zhan Shouren, Wu Laoshang and Chu Tsusiang

(Zhejiang Agricultural University)

### Summary

In the present paper, the magnetic susceptibility (m. s.) of red earths, lateritic red earths, latosols, young calcareous soils and paddy soils in subtropic and tropic China is reported. The m. s. is greatly influenced by parent rocks. The m. s. values of red earths and latosols derived from basalt and andesite amount to 300—500 units and even up to 2000—6000 units ( $10^{-8}$  emu/g). Those of red earths and latosols on granite and other acid magmatic rocks amount to 40—100 units, and those of red earths and latosols on limestone, shale, sandstone and tuff amount only to 10—40 units mostly.

The general tendency of variation of soil m. s. value is as follows: latosols, red earths > yellow earths > meadow soils > paddy soils > phospho-calcic soils. The maximum m. s. value (about 6000 units) is found in red earth derived on basalt in Kunmin. The minimum m. s. value (2—4 units) is found in phospho-calcic soil on Xisha islands. In strongly reduced waterlogged paddy soils, the m. s. values amount only to 10—5 units or less.

The m. s. value of different soils is changed significantly after burning treatment. The m. s. value of paddy soils derived from red earth is increased up to sixty times after burning to 700°C, due to that the ferrimagnetic minerals (maghemite) are formed to certain extent by oxidation of ferrous hydroxides and other ferrous minerals under heating. It is suggested that the variation of m. s. of soils by burning (variation ratio) may be used for identification of developing degree of red earths.