

结合铁同位素和光谱学解析红壤剖面中铁的迁移

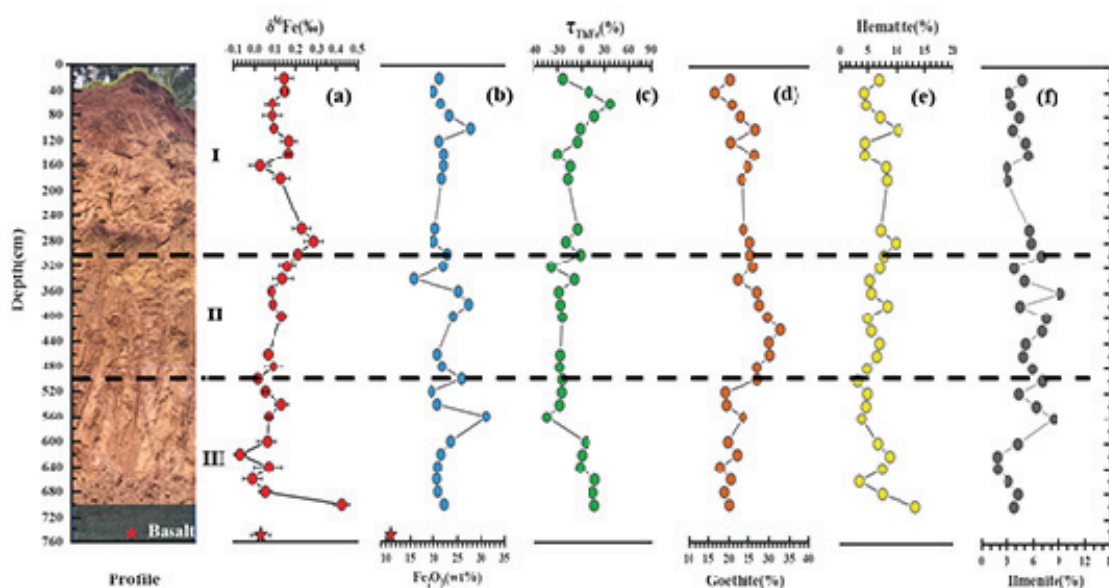
齐猛^{1,2} 高庭¹ 夏亚飞^{1,2} 刘宇晖^{1,2} 刘承帅^{1,3*}

1 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室 贵阳 550081; 2 中国科学院大学 北京 100049;

3 广东省生态环境技术研究所广东省农业环境综合治理重点实验室 广州 510650

红壤是土壤关键带的重要组成部分,覆盖在 30%的陆表,占据了土被体积的 80%,且有半数陆地河流流经,红壤剖面铁的迁移对全球铁的循环有着重要作用^[1]。本研究将 XRD 矿物定量分析、穆斯堡尔谱与铁同位素结合,对海南玄武岩风化形成的红壤剖面中铁的迁移过程进行研究(图 1)。根据土壤的颜色、粒度等物理性质和元素化学迁移指标 τ Th/Fe 将剖面由上至下划分为三个层位(I、II、III)。结果显示,铁主要存在于赤铁矿、针铁矿以及硅酸盐-Fe(III)中, $\delta^{56}\text{Fe}$ 的变化范围为 $-0.07\text{‰}\sim 0.43\text{‰}$,由底部到顶部(700cm-20cm)表现出偏重的特征,III层中铁同位素组成接近基岩,II层(500cm-300cm)表现出偏重的趋势,而I层(280cm-20cm)则表现出偏轻的趋势。I层上部(60-0cm)中,由于轻的铁同位素优先被植物吸收且淋滤作用优先淋失轻铁同位素,导致铁同位素在接近地表处偏重。而在I层下部(280-80cm),铁同位素表现出偏轻的特征,与铁元素(赤铁矿、针铁矿)在水溶液中的迁移累积以及铁原子在硅酸盐-Fe(III)中占比不断增加有关。II层(500-300cm)铁同位素组成呈现出偏重的特征。由于 $\text{pH} = 5\sim 8$ 条件下针铁矿易脱羟基转化为赤铁矿,而II层土壤中硅酸盐水解使得 pH 升高($\text{pH} = 5\sim 6$),部分针铁矿($10^3\ln\alpha_{\text{goethite-Fe(II)}}\approx 1.2$)转化为赤铁矿($10^3\ln\alpha_{\text{hematite-Fe(II)}}\approx 1.3$)从而导致向上铁同位素偏重^[2,3]。针铁矿和赤铁矿含量及铁原子在两种矿物相中的占比变化也同样反映了II层中铁矿物相的转变。III层(700-520cm)中,铁同位素组成与原岩相近,主要受到强氧化条件的限制。而在接近基岩的 700cm 处铁同位素偏重显著,可能与该处异常偏高的赤铁矿含量和硅酸盐-Fe(III)有关。

综合以上结果可以发现,受到淋滤累积和风化作用的影响,I层中铁矿含量以及铁原子硅酸盐-Fe(III)所占比例的增加是导致铁同位素偏重的主要原因;而在II层中,铁同位素偏重则与针铁矿-赤铁矿的矿物相转变有关;III层中,铁同位素组成与原岩相近变化有限,主要受到强氧化条件的控制。因此,铁同位素结合光谱学方法可有效解析红壤剖面中铁在不同储库中的迁移。



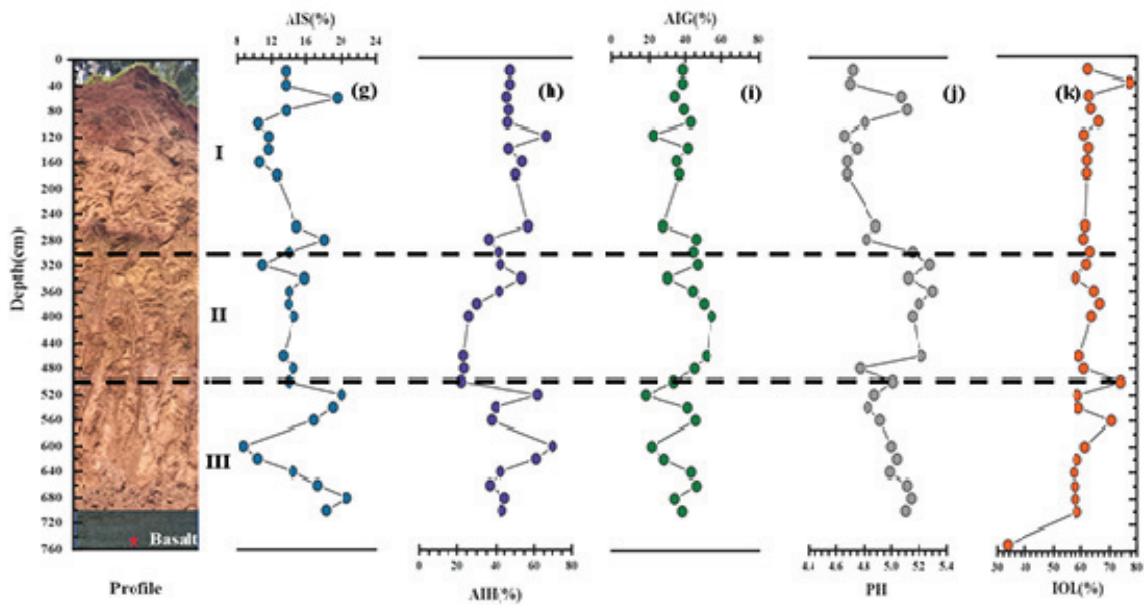


图 1 铁同位素组成 (a)、铁矿物含量 (d-f)、铁含量 (b)、铁原子在针铁矿、赤铁矿、硅酸盐-Fe (III) 中的占比、(g-i)、pH (j)、红壤风化指数 IOL (k) 在剖面中的变化

关键词：红壤； Fe 稳定同位素； 光谱学

资助项目：中国科学院前沿科学重点项目(QYZDB-SSW-DQC046)，国家自然科学基金(U1701241、41701266)

参考文献

- [1] Steven A. B., et al., Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 2019, 47, 333-59.
- [2] Icopini, G., et al. Geology, 2004, 32 (3), 205 - 208.
- [3] Beard, B.L., et al. Chemical Geology, 2003, 195 (1), 87-117.