

四川盆地紫色母岩中钛与母岩原始风化度关系的研究

杨剑虹 胡艳艳 卢扬 谢德体

(西南农业大学资源环境学院, 重庆 400716)

摘要 用 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -浓 H_2SO_4 -二胺替吡啉甲烷比色法和 NaOH 熔融-二胺替吡啉甲烷比色法, 分别提取和测定了四川盆地几种主要紫色母岩和土壤中无定型 TiO_2 和全钛。将“全 TiO_2 /无定型 TiO_2 ”定义为“钛值”, 并用钛值代替硅铝铁率衡量紫色母岩的风化程度。结果为: 四川盆地的六种紫色母岩中全钛含量变化于 $2.95 \sim 20.0 \text{ g kg}^{-1} (\text{TiO}_2)$ 之间, 属中等偏高水平; 不同岩性间趋势为泥页岩 > 泥岩 > 粉砂岩 > 砂岩; 全量 TiO_2 与岩石的总 SiO_2 含量呈显著的负相关 ($r = -0.7459^*$)。钛值的大小与风化度呈反相关, 按钛值的大小, 各紫色母岩原始风化度大小顺序如下: 三叠纪飞仙关 (T_1f) < 侏罗纪沙溪庙 (J_2s) < 侏罗纪自流井 (J_{1-2}z) < 侏罗纪蓬莱镇 (J_3p) < 侏罗纪遂宁组 (J_3s) < 白垩纪夹关组 (K_2j)。紫色土壤钛值所反映的风化度与硅铝铁率基本吻合, 二者的相关性达到极显著水平 ($r = 0.8615^{**}$)。而土壤胶体的钛值与硅铝铁率的相关系数 $r = 0.8757^{**}$, 达极显著相关。土壤钛值所反映的风化度水平与紫色母岩的风化度趋势一致。

关键词 紫色母岩; 钛; 无定型二氧化钛; 钛值; 风化度

中图分类号 S151

文献标识码 A

从平均水平看, 四川盆地的紫色土壤中钛含量属中~高范围。但在不同地质时期紫色母岩发育的土壤中, 全钛含量存在较大的差异^[1-3]。根据钛在地球化学中的表生-迁移-沉积旋回特性^[4], 这些差异主要源于成土母质本身。因此, 对紫色母岩来说, 含钛矿物的形态和含量不但决定了紫色土壤中钛的总量, 同时也影响到钛在土壤中的演化。在形成紫色母岩的沉积物中, 钛的矿物组成包含钛的原生矿物、钛与硅、铁、铝、钙或镁的伴生矿物、钛侵入的层状硅酸盐原生矿物, 以及由这些原生矿物风化形成的次生含钛矿物和层状硅酸盐次生矿物侵入体等^[4]; 其中, 含钛原生矿物与含钛次生矿物的比例, 取决于母岩的沉积环境, 而这一比例也反映了母岩中含钛矿物的原始风化度水平。作为岩性土类, 紫色土壤最大的特点是承袭了母岩的矿物属性; 其中, 含钛矿物的属性必将随母岩风化成土被带入土壤, 并伴随土壤的发育过程。因此, 研究紫色母岩中钛的含量水平、矿物组成和演化, 对于进一步了解紫色母质的矿物特性, 掌握紫色土壤的成土过程和风化

发育规律, 对准确地将紫色土壤进行分类、分区具有重要意义。在大多数情况下, 由于母岩和土壤中具有晶形构造的含钛矿物相对硅酸盐矿物来说含量水平要低得多, 即使经富集后, 用 X 衍射方法也很难对这些矿物做分类定量测定^[5,6], 所以, 本文在提取测定岩石或土壤中无定型 TiO_2 的基础上, 重点对四川盆地内主要几种紫色母岩及其所发育的土壤中含 Ti 和无定型 TiO_2 进行研究, 以期找出紫色母岩中含钛物质的组成特点和规律。

1 材料与方法

1.1 样品的采集

1.1.1 母岩样品 从四川盆地主要紫色母岩的新鲜断面上采集不同地质时期和不同岩性的样品。主要包括: 三叠纪飞仙关组 (T_1f); 侏罗纪自流井组 (J_{1-2}z , 仅采集马鞍山段); 侏罗纪沙溪庙组 (J_2s); 侏罗纪遂宁组 (J_2sn); 侏罗纪蓬莱镇组 (J_2p); 白垩纪夹关组 (K_2j)。样品敲碎后用瓷 (或玛瑙) 乳钵磨细过 0.25 mm 尼龙筛备用。各母岩基本情况见表 1。

作者简介: 杨剑虹 (1957~), 男, 博士, 教授。主要从事土壤化学、土壤肥力、土壤农化分析等教学和研究。电话: 023-68251327, E-mail: yjh@swau.edu.cn

收稿日期: 2005-05-19; 收到修改稿日期: 2005-10-14

表1 供试母岩基本情况

Table 1 Information of the parent rocks tested

地质时期 Geologic date	样品编号 Serial number	岩性 Rock type	岩层厚度 Ply of temme (m)	采样地点 Sampling location	pH(H ₂ O)	碳酸盐反应 Reaction of carbonate
三叠纪飞仙关组(T _{1f})	T _{1f} -1	暗紫色泥岩	≥50	重庆北碚	8.5	强
	T _{1f} -2	暗紫色泥页岩	10~15		8.5	强
侏罗纪自流井组(J _{1-2z})	J _{1-2z} -1	暗灰紫色泥页岩	≥50	重庆北碚	6.8	无
	J _{1-2z} -2	暗灰紫色粉砂岩	10~20		6.8	无
	J _{1-2z} -3	碳质泥岩	≤5		7.2	无
	J _{1-2z} -4	灰色砂岩	≤3		8.3	中等强度
	J _{1-2z} -5	灰黄色砂岩	10~30		4.3	无
侏罗纪沙溪庙组(J _{2s})	J _{2s} -1	灰紫色泥岩	≥50	重庆北碚	8.4	强
	J _{2s} -2	浊红色泥页岩	≥30		8.2	中等强度
	J _{2s} -3	灰紫色砂岩	30~50		8.5	强
	J _{2s} -4	杂色(深灰、灰、紫)泥岩	3~5		8.0	中等强度
	J _{2s} -5	浅灰紫色粉砂岩	≤3		8.2	中等强度
	J _{2s} -6	浅灰黄色粉砂岩	≤3		8.2	中等强度
侏罗纪遂宁组(J _{2sn})	J _{2sn} -1	红棕紫色泥岩	≥30	四川遂宁	8.8	强
	J _{2sn} -2	红棕紫色泥砂岩	10~20		8.6	强
	J _{2sn} -3	红棕紫色粉砂岩	≥30		8.4	强
侏罗纪蓬莱镇组(J _{3p})	J _{3p} -1	棕紫色泥岩	≥50	四川大英	8.3	中等强度
	J _{3p} -2	棕紫色砂岩	≥50		7.8	中等强度
白垩纪夹关组(K _{2j})	K _{2j} -1	红紫色泥岩	≥30	四川乐山	7.2	无
	K _{2j} -2	红紫色泥砂岩	20~30		7.0	无
	K _{2j} -3	红紫色砂岩	≥100		7.3	无

1.1.2 土壤样品 在采集紫色母岩样品的同时, 程度基本一致的土壤样品。各土样基本情况见表按母岩类型和主要岩性特点(泥质、砂质)采集发育 2。

表2 供试土壤基本情况

Table 2 Information of the soils tested

母质 Parent materials	土样编号 Serial number	采样地点 Sampling location	土种名称 ¹⁾ Soil type	pH (H ₂ O)	有机质 Organic matter(g kg ⁻¹)
飞仙关(T _{1f})泥页岩	T _{1f} -S1	重庆北碚	半砂泥土	8.3	7.24
飞仙关(T _{1f})泥岩	T _{1f} -S2		羊肝土	8.0	8.06
自流井(J _{1-2z})泥页岩	J _{1-2z} -S1	重庆北碚、璧山	夹砂泥	6.7	10.1
自流井(J _{1-2z})粉砂岩	J _{1-2z} -S2		大眼泥	5.6	17.4
沙溪庙组(J _{2s})砂岩	J _{2s} -S1	重庆北碚、江津	红砂土	7.7	10.6
沙溪庙组(J _{2s})泥页岩	J _{2s} -S2		大眼泥	6.4	20.1
遂宁层(J _{2sn})粉砂岩	J _{2sn} -S1	四川遂宁、重庆江津	紫红沙土	8.2	9.17
遂宁层(J _{2sn})泥岩	J _{2sn} -S2		红棕紫泥土	8.4	12.8
蓬莱镇组(J _{3p})砂岩	J _{3p} -S1	四川大英	油砂土	7.2	16.3
蓬莱镇组(J _{3p})泥岩	J _{3p} -S2		棕紫泥土	7.6	15.5
夹关组(K _{2j})砂岩	K _{2j} -S1	四川乐山	红砂土	6.8	11.4
夹关组(K _{2j})泥岩	K _{2j} -S2		红紫泥土	5.1	16.7

1) 土种名称按习惯命名, 以此区分岩层与岩性的差异 The soil types were named by traditional method, which was to distinguish the differences between terranes and rocky types

1.2 研究方法

1.2.1 全钛的测定 0.200 0 g 母岩(或土壤)样品用 NaOH 法熔融, 用热的(60~80 °C) 1 mol L⁻¹ HCl 溶解熔融物并转入 100 ml 量瓶, 用 1 mol L⁻¹ HCl 定容。准确吸取该溶液 5~10 ml(视钛含量)于 25 ml 量瓶中, 加 5% 抗坏血酸溶液 2 ml(消除 Fe、Mn 等离子干扰), 放置 5~10 min 后, 准确加入 1% 二胺替吡啶甲烷溶液 10 ml, 摇匀, 1~2 h 后在紫外及可见分光光度计上用 390 nm(或 420 nm)的波长比色测定。同时, 作钛浓度为 0.0、0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、8.0 mg L⁻¹ 标准系列测定和空白试验。将测定结果与标准系列相比较计算出样品全钛(用 TiO₂表示)含量^[7]。

1.2.2 无定型 TiO₂的提取和测定 称取过 0.25 mm 筛样品 0.500 0 g 于 150 ml 三角瓶中, 加浓 H₂SO₄ 5 ml、30% H₂O₂ 1 ml, 摇匀, 放置 5 min 后, 在瓶口加一小漏斗, 置于电炉上加热至微沸(微冒白烟), 若溶液仍有颜色, 可将三角瓶取下稍冷, 再滴加数滴 30% H₂O₂, 重新加热至溶液无色(去除有机质)。将三角瓶取下, 待溶液冷却后(注: 母岩样品不做去有机质处理), 加 2.5 g 固体(NH₄)₂SO₄, 重新置于电炉上加热至微沸(微冒白烟), 保持一段时间后, 取下冷却。用纯水将处理液无损地转入 50 ml 量瓶, 冷却后用水定容; 按全钛方法测钛。为了确定最佳煮沸时间, 分别对同一样品采用 5 min、10 min、15 min 煮沸, 比较三种时间的提取测定结果, 并在此基础上选

择本研究拟采用的煮沸时间。

1.2.3 土壤胶体样品的制备 按常规沉降法进行。

1.2.4 其他测定 母岩、土壤和土壤胶体中 SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、MnO、CaO、MgO 及硅铝铁率等, 按《土壤农化分析方法》常规方法完成。

2 结果与讨论

2.1 不同煮沸时间对钛提取的影响

在加热至沸的条件下, (NH₄)₂SO₄ 浓 H₂SO₄ 混合液对 TiO₂ 具有较强的溶解能力^[7], 因而可提取出样品中无定型 TiO₂。表 3 可见, 无论是母岩或土壤, 随着煮沸时间的延长, 钛的提取量明显增加。这表明混合液除溶解无定型 TiO₂ 以外, 也能分解其他含钛化合物。但分解显然是一种渐进的过程, 随着时间延长, 分解速度逐渐趋缓。比较表 3 中各样品测定结果, 煮沸 10 min 较 5 min 的提取量增加达 43%~60%; 而 15 min 和 10 min 相比, 提取量增加最多不足 10%。这说明, 在一定的提取时间内, 除无定型 TiO₂ 以外, (NH₄)₂SO₄ 浓 H₂SO₄ 混合液即使在加热至沸的条件下也只能分解母岩中一些简单的含钛化合物, 以及一些次生含钛硅酸盐矿物。这些化合物与无定型 TiO₂ 一样, 都是含钛原生矿物的风化产物, 因此, 为了区别于原生含钛矿物, 暂且将它们笼统与无定型 TiO₂ 归在一起, 统称无定型 TiO₂。

表 3 不同煮沸时间(NH₄)₂SO₄ 浓 H₂SO₄ 提取无定型 TiO₂

Table 3 (NH₄)₂SO₄H₂SO₄(conc.) extraction of amorphous TiO₂ different in duration (n=7)

样品 Sample	pH(H ₂ O)	煮沸 5 分钟 Boiling for 5 min		煮沸 10 分钟 Boiling for 10 min		煮沸 15 分钟 Boiling for 15 min	
		平均值	变异系数	平均值	变异系数	平均值	变异系数
		Mean (g kg ⁻¹)	CV (%)	Mean (g kg ⁻¹)	CV (%)	Mean (g kg ⁻¹)	CV (%)
T _{1f} -1	8.5	0.893	10.6	1.64	5.48	1.71	4.87
J _{1-2z} -1	6.8	0.523	9.74	0.804	7.11	0.825	3.30
K _{2j} -2	7.0	0.597	11.5	1.03	3.50	1.18	5.09
J _{2sn} -S2	8.4	0.850	8.44	1.42	6.41	1.46	3.84
J _{1-2z} -S1	6.7	0.515	10.1	1.08	7.05	1.20	2.63
K _{2j} -S2	5.1	0.779	12.7	1.79	11.2	1.99	6.12

由三种煮沸时间的测定结果比较, 各样品以 15 min 的提取量最大, 而多次测定的变异系数最小(CV=2.63%~6.12%), 因此, 本研究将煮沸提取时间暂定为 15 min。

2.2 各紫色母质中全钛含量水平

由表 4 可见, 各地质时期母岩中以三叠纪飞仙

关组(T_{1f})泥(页)岩中全钛含量最高, 供试样品全 TiO₂ 含量为 19.4~20.0 g kg⁻¹; 以下依次为: 侏罗纪沙溪庙(J_{2s}) 5.65~8.03 g kg⁻¹, 侏罗纪自流井组(J_{1-2z}) 4.79~7.92 g kg⁻¹, 蓬莱镇组(J_{3p}) 6.34~7.67 g kg⁻¹, 遂宁组(J_{2sn}) 6.88~7.00 g kg⁻¹, 白垩纪夹关组(K_{2j}) 2.95~7.16 g kg⁻¹。

表4 各母质中全钛(TiO₂)无定型TiO₂及主要氧化物含量Table 4 Contents of total TiO₂, amorphous TiO₂ and main oxides in different parent materials

样品编号 Serial number	pH (H ₂ O)	SiO ₂ (g kg ⁻¹)	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)	Fe ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)	MnO (g kg ⁻¹)	CaO (g kg ⁻¹)	MgO (g kg ⁻¹)	TiO ₂ (g kg ⁻¹)	无定型 TiO ₂ (g kg ⁻¹)	钛值 Titanium value
T _{1f} -1	8.5	549	162	47.2	2.28	62.2	19.4	19.4	1.71	11.3
T _{1f} -2	8.5	543	148	49.8	2.09	79.7	17.4	20.1	1.69	11.9
J _{1-2z} -1	6.8	594	157	31.9	1.01	3.12	6.88	7.04	0.825	8.53
J _{1-2z} -2	6.8	613	142	27.6	0.978	4.62	6.93	7.92	0.750	10.6
J _{1-2z} -3	7.2	520	193	33.0	1.90	3.57	7.16	7.02	0.858	8.18
J _{1-2z} -4	8.3	646	149	14.0	1.08	11.6	5.62	4.74	1.10	4.31
J _{1-2z} -5	4.3	704	133	4.90	0.090	—	2.55	6.83	2.97	2.29
J _{2s} -1	8.4	601	155	55.2	0.772	11.6	7.91	8.00	0.741	10.8
J _{2s} -2	8.2	594	171	54.8	0.891	18.9	8.46	8.03	0.898	8.94
J _{2s} -3	8.2	677	106	20.4	0.773	31.5	5.61	6.91	0.552	12.5
J _{2s} -4	8.5	578	164	54.6	2.09	108.6	15.0	6.62	0.515	12.8
J _{2s} -5	8.0	634	125	30.0	1.01	32.9	6.08	5.87	0.696	8.43
J _{2s} -6	8.2	658	116	21.7	0.684	21.1	5.52	5.65	1.39	4.06
J _{2sn} -1	8.8	584	161	21.6	1.74	40.3	7.01	7.00	1.08	6.48
J _{2sn} -2	8.6	654	142	19.3	1.28	41.6	5.59	6.92	1.00	6.92
J _{2sn} -3	8.4	686	139	19.6	0.785	32.8	4.80	6.88	0.858	8.02
J _{3p} -1	8.3	594	170	33.2	1.68	25.8	7.81	7.67	0.648	11.8
J _{3p} -2	7.8	711	115	11.2	1.78	29.7	4.66	6.34	1.29	4.93
K _{2j} -1	7.2	603	179	42.5	1.50	3.78	5.71	7.16	0.720	9.94
K _{2j} -2	7.0	705	146	12.1	0.689	1.97	3.52	4.68	1.18	3.97
K _{2j} -3	7.3	718	114	6.46	0.485	22.9	1.92	2.95	0.378	7.80

不同岩性紫色母岩中全钛含量具有明显的差异(表4)。除自流井组母岩(J_{1-2z})外,各组地层中,泥岩、泥页岩明显高于粉砂岩、砂岩,且TiO₂与SiO₂含量呈显著的负相关($r = -0.17459^*$)。这一结果与卢卡舍夫等对湖相沉积物的研究一致^[4]。

2.1.3 各紫色母岩中无定型TiO₂含量水平与/钛值0

表4可见,在煮沸15 min的条件下,各紫色母岩用(NH₄)₂SO₄浓H₂SO₄混合液所提取的TiO₂含量存在较大差异,其总体变化范围在0.1378~2.197 g kg⁻¹之间。

无定型TiO₂含量除与总钛水平有关外,还取决于母岩中次生含钛矿物的多少,因此,采用总钛与无定型TiO₂的比值能更准确地反映母岩中无定型TiO₂水平。如果将/总钛(TiO₂)/无定型TiO₂定义为/钛值0,则:供试紫色母岩的钛值变化于2.129~12.18之间。笔者认为,钛值除了能反映母岩中原生含钛矿物与次生含钛矿物的比例外,更重要的是能反映母岩中含钛矿物的风化程度。

2.1.4 紫色母岩的/钛值0与母岩原始风化度

紫色母岩的原始风化度关系到以物理风化为主

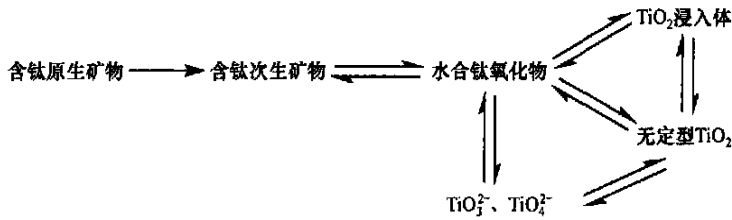
导的紫色土壤的基本特性和肥力性质。原始风化度低的母岩风化成土后,土壤中原生粘土矿物含量高,胶体电荷量大,元素组成丰富,土壤肥力高。反之,土壤的肥力水平则相对较低。在过去的研究中,紫色母岩的原始风化度水平还没有一个明确的指标作直接描述和划分。习惯上认为,可通过测定由母岩直接风化成土后的土壤胶体的硅铝铁率(SiO₂/R₂O₃)来进行综合衡量^[1]。

硅铝铁率是衡量土壤胶体矿物风化度的指标,若直接用于衡量母岩中胶体物质的原始风化度则存在以下困难:(1)因无法从母岩中分离出无机胶体,直接对母岩中胶体物质的硅铝铁率进行测定几乎不可能;(2)由于不同紫色母岩之间抗化学风化能力差异的存在,以及风化条件的改变,母岩风化物中无机胶体的硅铝铁率并不能准确反映母岩的原始风化度;(3)从母岩风化物中抽提无机胶体过程复杂、也难以掌握,测定结果也常存在较大的误差。因此,若要对母岩中矿物的原始风化度作较为可靠直接描述,目前仍只能采用如/电泳法0、/X衍射0法^[5,6]、/偏光显微镜法0等,但这些方法在时间性和测定的

复杂性上都很难满足一般条件下的测定。

在普通的风化条件下, 含钛矿物的化学风化过程相对较单一, 且风化过程必然与其他无机粘土矿物同步进行。与硅或铝相似, 原生矿物中的 Ti 经化

学风化后, 最终产物是 $TiO_2^{[5,8,9]}$, 即使浸入(Ti^{4+} 、 Ti^{3+} 同晶置换, 或含钛复合盐、金红石浸入体等) 或附着在其他矿物表面, 钛也很少能再形成复杂的矿物。含钛矿物的风化过程可表示为:



上述过程有些只是一种推测, 尚无明确的证据。但过程中各种形态的钛是肯定存在的^[9], 特别是无定型 TiO_2 , 作为含钛矿物的最终风化产物是肯定存在的。至于无定型 TiO_2 向晶格化发育的过程, 普遍认为较弱, 且一般不会形成颗粒较大、晶形好的晶体^[4, 9]。

测定结果表明, 母岩中无定型 TiO_2 含量的多少直接与含钛原生矿物的风化度相关; 也就是说, 在总钛水平不变的情况下, 无定型 TiO_2 水平越高, 母岩中矿物的原始风化度越深。据此, 可以采用将同一母岩中总钛与无定型 TiO_2 进行比较, 利用 / 钛值 0 来衡量紫色母岩的原始风化程度。根据 / 钛值 0 的定义, 钛值的大小与母岩的原始风化度呈反相关, 即: 钛值越大, 母岩的原始风化度越低, 反之, 风化度越高。

表 4 中, 钛值水平在各组地层或同组地层不同

层段间变化极大; 其中, 三叠纪飞仙关组(T_1f) 紫色泥岩和泥页岩, 钛值最大(1118~ 1119), 不同岩性间差异也小。侏罗纪沙溪庙组(J_2s) 钛值居第二位, 变化于 6196~ 1218, 各层段和之间有比较大的差异, 两段浅灰紫、灰黄色粉砂岩钛值最小, 表明母岩中胶体矿物的风化度最深; 而在紫色砂岩中, 钛值达 1215, 胶体矿物的原始风化度浅。侏罗纪自流井(J_1)_{2z}、马鞍山段) 钛值的变化最大, 变化于 2129~ 1016 之间, 这表明自流井组紫色岩各层段间岩石中胶体矿物的原始风化度差异最大。遂宁组(J_2sn) 各岩层间钛值变化不大, 但钛值偏低(6148~ 8102), 岩石中胶体矿物的风化度相对较深。蓬莱镇(J_3p) 和夹关组(K_2j) 钛值的变化趋势一致, 都是泥岩中钛值相对较大; 而砂岩则相反。图 1 为各供试母岩 / 钛值 0 大小的比较图。

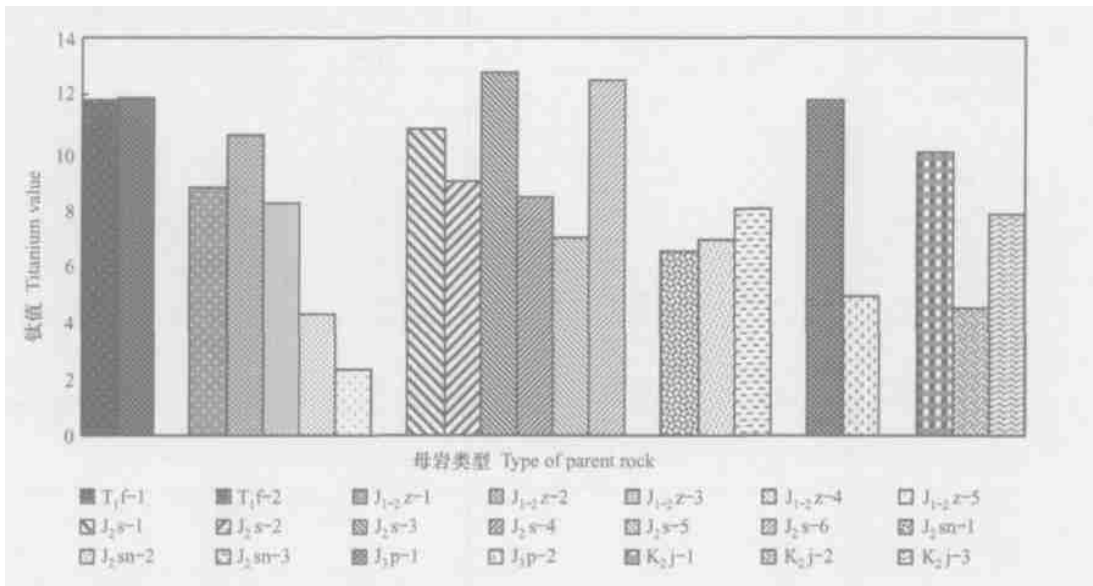


图 1 各组地层中不同层段的钛值

Fig 1 Titanium value in different layers of each group of strata

按上述钛值与母岩原始风化度的关系, 供试各组地层紫色母岩原始风化度的平均大小(结合岩层厚度)顺序如下: 三叠纪飞仙关(T_{1f}) < 侏罗纪沙溪庙(J_{2s}) < 侏罗纪自流井(J_{1,2z}) < 侏罗纪蓬莱镇(J_{3p}) < 侏罗纪遂宁组(J_{2sn}) < 白垩纪夹关组(K_{2j})。

笔者认为, 用/钛值₀衡量紫色母岩的原始风化度有以下优点:

(1) /钛值₀可直接通过测定母岩的总钛量和无定型TiO₂的量计算获得, 测定方法简单、快速、可靠, 不需要特殊的仪器设备, 在常规分析实验室中均可以完成。

(2) 用硅铝铁率来衡量无机胶体的发育程度, 是基于原生层状硅酸盐矿物在化学风化过程中存在脱硅富铝化过程。随风化程度的加深, 矿物胶体中

硅、铝、铁三种元素的比例发生变化, 硅铝铁率下降。但硅、铁、铝三种元素从原生粘土矿物风化成次生粘土矿物直至简单氧化物的过程中, 元素的化学反应过程和转化途径复杂, 不确定因素多。而钛值则以单一元素比较在原生矿物和次生矿物及终级风化产物中的比例^[7], 因而, 对胶体风化程度的反映更加准确。

(3) 与硅铝铁率相比, 钛值在数值变化上范围大, 因而, 对矿物胶体风化度的描述可能更细致、更方便。

2.1.5 供试紫色土壤的/钛值₀与硅铝铁率比较

表5为各地质时期主要紫色岩层所发育的土壤及土壤胶体钛值和硅铝铁率的测定结果, 该结果验证了/钛值₀与胶体风化度的关系。

表5 主要紫色土壤、土壤胶体钛值和硅铝铁率测定结果
Table 5 Titanium value and SiO₂/R₂O₃ value in main purple soils and soil colloid

土样编号 Serial number	SiO ₂ (g kg ⁻¹)	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)	Fe ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)	全TiO ₂ (g kg ⁻¹)	无定型 TiO ₂ (g kg ⁻¹)	钛值 Titanium value	SiO ₂ /R ₂ O ₃
T _{1f}) S1	土壤 Soil			1412	1139	101.2	
	胶体 Soil colloid	452	174	801.3	2012	111.5	3.41
T _{1f}) S2	土壤 Soil			1516	2144	61.39	
	胶体 Soil colloid	459	197	881.1	2211	2190	71.62
J _{1,2z}) S1	土壤 Soil			71.33	1108	61.79	
	胶体 Soil colloid	518	242	951.7	1110	1180	61.13
J _{1,2z}) S2	土壤 Soil			61.82	01.963	71.08	
	胶体 Soil colloid	502	228	541.3	91.94	1122	81.15
J _{2s}) S1	土壤 Soil			81.19	01.762	101.7	
	胶体 Soil colloid	485	178	841.8	1416	1133	111.0
J _{2s}) S2	土壤 Soil			71.04	01.790	81.91	
	胶体 Soil colloid	469	191	701.4	91.71	1115	81.47
J _{2sn}) S1	土壤 Soil			61.64	01.881	71.54	
	胶体 Soil colloid	514	216	112	71.42	1119	61.21
J _{2sn}) S2	土壤 Soil			61.47	1142	41.56	
	胶体 Soil colloid	511	237	144	81.01	1180	41.45
J _{3p}) S1	土壤 Soil			71.24	1133	51.44	
	胶体 Soil colloid	513	220	115	91.18	1186	41.94
J _{3p}) S2	土壤 Soil			61.00	01.985	61.09	
	胶体 Soil colloid	504	197	109	61.55	1103	61.34
K _{2j}) S1	土壤 Soil			61.00	01.985	61.09	
	胶体 Soil colloid	534	239	123	81.32	1108	71.70
K _{2j}) S2	土壤 Soil			51.04	1179	21.81	
	胶体 Soil colloid	525	293	144	61.29	2118	21.88

由表 5 中土壤全钛、无定型 TiO_2 的测定结果和 / 钛值 0 的计算结果看, 其水平和变化也很好地承袭了母质的规律特点。/ 钛值 0 最大值仍为飞仙关(Tif) 和沙溪庙(J_{2s}) 母质发育的土壤, 分别为 1012 和 1017; 以下依次为: 自流井(J₁ 2z)、遂宁组(J_{2sn})、蓬莱镇(J_{3p}) 和夹关组(K_{2j})。钛值所反应的土壤风化度水平与土壤硅铝铁率的测定结果基本吻合, 二者相关性达到极显著水平($r = 0.18615^{**}$)。

而从胶体的测定情况看, 虽然胶体中总钛量和无定型 TiO_2 土壤本身均有不同程度的提高, 但钛值的变化并不大, 其变化规律与土壤的测定结果一致, 而与胶体的硅铝铁率的相关程度稍有提高($r = 0.18757^{**}$), 达极显著水平。

3 结 论

1) 四川盆地内紫色母岩中全钛水平在 2195~2010 g kg^{-1} (TiO_2) 之间, 虽各地质层间变化较大, 但总体处于中等偏高水平。同一地质时期不同岩性岩石中全钛含量有明显差异, 总趋势为: 泥页岩 > 泥岩 > 粉砂岩 > 砂岩, 其中全量 TiO_2 与岩石的总 SiO_2 含量呈显著的负相关($r = -0.17459^*$)。

2) 紫色母岩中无定型 TiO_2 含量与母岩中胶体矿物的风化度有关, 用 / 钛值 0 (全 TiO_2 / 无定型 TiO_2) 可以代替硅铝铁率来衡量紫色母岩的原始风化度。钛值的大小与风化度呈反相关, 按这一关系, 供试各地质时期紫色母岩原始风化度存在明显的差别, 不同地质时期紫色岩的风化度差异还需要更多样本的比较研究。

3) 供试紫色土壤钛值所反应的风化度水平与土壤硅铝铁率的测定结果基本吻合, 二者的相关性达到极显著水平($r = 0.18615^{**}$)。土壤胶体的钛值与铝铁率的相关系数 $r = 0.18757^{**}$, 达极显著水平。用土壤钛值所衡量的风化度水平与用硅铝铁率所衡

量紫色母岩的风化度趋势一致。

参 考 文 献

- [1] 何毓蓉, 等. 中国紫色土(下). 北京: 科学出版社, 2003. 59~129. He Y R, *et al.* Purple Soils In China (Vol 2) (In Chinese). Beijing Science Press, 2003. 59~129
- [2] 刘铮. 土壤与植物中的钛. 土壤学进展, 1991, 19(1): 1~7. Liu Z. Titanium in soil and plants (In Chinese). Review of Soil Science, 1991, 19(1): 1~7
- [3] 徐新宇, 张玉梅. 钛的农用研究与应用进展. 农业环境与发展, 1994(1): 18~22. Xu X Y, Zhang Y M. Study on the application in agriculture and the review on the application of titanium (In Chinese). Agro environ. Develop., 1994(1): 18~22
- [4] 卢卡舍夫, 卢卡舍夫 著. 曾志远译. 表生带地球化学. 北京: 科学技术文献出版社, 1992. 43~250. Zeng Z Y. trans. Hypergegne Zone Geochemistry. Beijing: Science and Technology Literature Press, 1992. 43~250
- [5] 章明奎, 何振立. 土壤中氧化钛矿物的鉴定. 土壤, 1999, 31(1): 46~48. Zhang M K, He Z L. Identification on oxidation titanium in soil (In Chinese). Soils, 1999, 31(1): 46~48
- [6] 章明奎, Wilson M J, 何振立, 等. 浙江省三种红、紫色砂页岩发育土壤的矿物学研究. 土壤学报, 1999, 36(3): 308~316. Zhang M K, Wilson M J, He Z L, *et al.* Mineralogy of three soils derived from red and purple sandstones in Zhejiang Province, China (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1999, 36(3): 308~316
- [7] [日]无机应用比色分析编辑委员会. 宋恩烈, 等译. 实用无机光度分析. 沈阳: 辽宁人民出版社, 1983. 441~484. Editorial Committee of Abio-application Colorimetric Analysis. Song E L, *et al.* trans. Practical Abio-luminosity Analysis. Shenyang: Liaoning Peoples Press, 1983. 441~484
- [8] 陈渭南, 高尚玉, 孙忠, 等. 毛乌素地全新世地层化学元素特点及其古气候意义. 中国沙漠, 1994, 14(1): 23~30. Chen W N, Gao S Y, Sun Z, *et al.* On the Holocene geochemical landscape characteristics and its paleoclimatic meaning. Mu Us Sand Sea (In Chinese). Journal of Desert Research, 1994, 14(1): 23~30
- [9] Cynthia A, Claudia I. Pedogenic processes and domain boundaries in a Vertisol climosequence: evidence from titanium and zirconium distribution and morphology (USA). Geoderma, 2003, 116: 279~299

TITANIUM IN PURPLE PARENT ROCK AND WEATHERING DEGREE OF THE ROCK IN SICHUAN BASIN

Yang Jianhong Hu Yanyan Lu Yang Xie Deti

(College of Resources and Environment, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China)

Abstract The methods of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$ -diantipyryl methane colorimetry and NaOH melting-diantipyryl methane colorimetry were used separately to extract and determine the amorphous titanium and total titanium in some purple parent rocks and soils in the Sichuan Basin. The total / amorphous titanium was defined as / titanium value θ , which was used for estimating weathering degree of purple parent rocks instead of $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ value. The results show that of the contents of total titanium in six purple parent rocks in the Sichuan Basin varied in the range of 2195~ 2010 g kg^{-1} , which is a middle level on the high side, and the six parent rocks in terms of lithology were in a decreasing order of shale > mudstone > siltstone > sandstone. The total titanium was obviously in negative correlation ($r = -0.17459^*$) with SiO_2 in these rocks. Titanium value was reversibly correlated to weathering degree. According to the titanium value of the rocks, weathering degree of the six purple parent rocks were lined in an rising order of Trias $T_1f < \text{Jurassic } J_2s < \text{Jurassic } J_{4,2}z < \text{Jurassic } J_3p < \text{Jurassic } J_2sn < \text{Cretaceous } K_2j$. The order of weathering degree of the purple soils based on titanium values basically tallied with that based on $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ values, with correlation coefficient reaching an obvious level ($r = 0.18615^{**}$). The correlation coefficient between the titanium value of soil colloid and the $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ value also reached an obvious level ($r = 0.18757^{**}$). The weathering degree showed by the titanium value of the soil is in accord with that showed by purple parent rocks.

Key words Purple parent rock; Titanium; Amorphous TiO_2 ; Titanium value; Weathering degree