

福建九龙江下游地区土壤地球化学分类

林才浩^{1,2}

(1. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074; 2. 福建省地质调查研究院, 福建 福州 350003)

摘要: 本文以福建省九龙江下游的长泰、漳州、龙海三市县为实例, 利用多目标区域地球化学调查资料, 探讨了土壤地球化学分类的方法, 提出了分类命名方案和诊断标准, 将本区土壤划分为铁铝土、硅铝土、铝硅土、硅土 4 个大类, 其中硅铝土又分为一般硅铝土、铁质硅铝土、钾质硅铝土、硫铁质硅铝土 4 个亚类, 调查了各类(硅土除外)的 52 种元素平均含量和农业利用情况。

关键词: 地球化学; 分类; 土壤; 九龙江

中图分类号: P595 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2004)03-0332-05

土壤中元素含量水平直接影响农作物的生长, 对农业生产布局具有指导意义, 同时也是环境容量研究的重要基础资料^[1-2]。国内外现有的各种土壤分类方案^[3], 均不能很好地反映土壤的化学成分, 因此有必要研究能直接反映土壤化学成分的地球化学分类方法。

研究区位于福建省南部, 九龙江下游地区, 面积约 2 412 km²。九龙江为福建省第二大河流, 发源于戴云—博平岭山脉西坡, 分西溪、北溪两大支流, 于龙海附近汇合后流入台湾海峡, 流域面积 14 741 km²(图 1)。

研究区中部为漳州平原, 海拔 0~20 m, 沿九龙江两侧发育, 面积 567 km², 地质构造属第四纪盆地, 由河流冲积物、海积物组成; 平原两侧为岗台地, 海拔 20~80 m, 相对高差 10~30 m, 为略有起伏的较平坦地形; 台地外围为丘陵及山地, 总体上构成内低外高的盆状地形。本区气候为亚热带海洋性季风气候, 土壤类型按全国第二次土壤普查分类方案, 主要有: ①水稻土, 分布在河流两岸及河口平原; ②赤红壤, 分布在低丘、台地; ③红壤, 分布在丘陵地。

本区土壤肥沃、农业发达, 种植有天宝香蕉、荔枝、龙眼、水仙花、长泰芦柑等名优作物, 为海峡两岸农业经济合作示范区。

1 工作方法

为了取得未受人类活动严重干扰的自然土壤的元素背景含量, 在野外使用洛阳铲采取地面以下 1.5~2 m 的土柱, 取

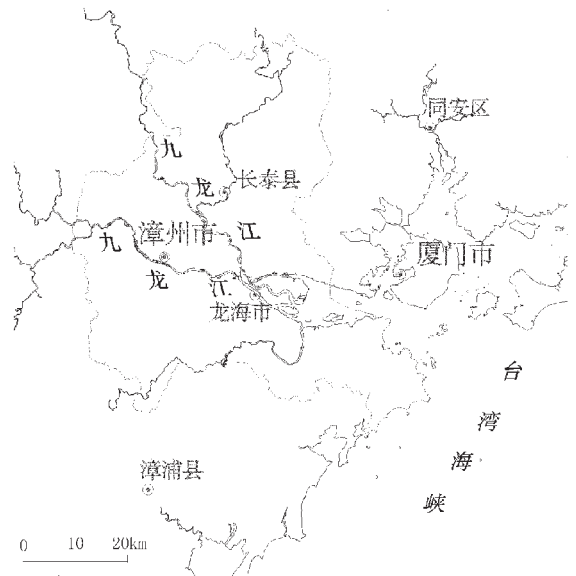


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location map of the study area

样密度为每 16 km² 一个样。点位布置在地形平坦、土层深厚的地点, 截取 <0.84 mm 粒级样品, 筛后重量 500g。

样品采用 X 射线荧光光谱、等离子光谱、石墨炉原子吸收光谱、氢化物原子荧光光谱、发射光谱等一整套大型精密仪器测试了 54 种元素含量。测试质量由中国地质调查局专家组进行监控, 采用了标准样、密码样、监控样等多种监控手段^[4], 保证了分析质量的可靠。

土壤地球化学分类系统应包括定量的诊断指标、分类

收稿日期: 2003-06-06; 改回日期: 2004-02-29

基金项目: 中国地质调查局国土资源地质大调查项目(20002010003086)资助。

作者简介: 林才浩, 男, 1957 年生, 硕士生, 高级工程师, 主要从事地球化学勘查工作; E-mail: ly8310@pub5.fz.fj.cn。

表 1 研究区土壤中主要化学成分含量
Table 1 Contents of major elements in soils
of the study area

主要成分	平均值	最小值	最大值	全国土壤丰度 ^[5]
SiO ₂	66.38	42.84	91.75	65.0
Al ₂ O ₃	17.02	3.18	27.12	12.6
Fe ₂ O ₃	3.77	0.81	20.58	4.6
Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃	0.25	0.07	1.15	
K ₂ O	2.42	0.35	7.14	2.5
K ₂ O/Al ₂ O ₃	0.17	0.01	0.51	
Na ₂ O	0.39	0.05	2.59	1.6
CaO	0.30	0.05	1.87	3.2
MgO	0.41	0.06	1.81	1.8
S	0.02	0.01	1.51	0.015

注: Fe 元素未分二价铁和三价铁, 均以 Fe₂O₃ 表示。

命名、边界的确定及平均含量, 需要进行空间分布的研究和统计计算, 因此资料整理在计算机地理信息系统 MAPGIS 上进行, 将样品元素含量作为点属性, 在计算机上进行空间分析和属性分析。

2 地质背景及地球化学特征

地质背景: 研究区位于著名的东南沿海浙闽粤火山活动带中段, 闽东燕山期岩浆活动带的西南端, 该带较大规模的岩浆活动始于早侏罗世, 至晚侏罗世、早白垩世尤为强烈, 新近纪岩浆活动范围及强度明显减弱。受此地质背景控制, 本区出露大面积的岩浆岩, 以侵入岩为主, 火山岩次之, 其岩性以酸性为主, 中酸性次之, 基性少量。此外, 有少量的沉积岩分布。在第四纪盆地(漳州平原)中, 覆盖了厚层松散堆积物。

沉积岩零星分布于西、北部, 主要有三叠系上统文宾山组含煤碎屑岩、侏罗系下统梨山组碎屑岩, 此外出露少量三叠系上统大坑村组碎屑岩、三叠系下统溪口组碎屑岩及灰岩。

火山岩以上侏罗统南园组酸性、中酸性火山岩为主, 分布于研究区南、北两侧, 构成海拔较高的山地。此外, 东南沿海发育有新近系佛县群玄武岩, 形成台地。

侵入岩占本区约 1/2 面积, 岩性以二长花岗岩、钾长(正长)花岗岩、花岗闪长岩为主, 少量辉长岩、石英闪长岩、晶洞碱长花岗岩、花岗斑岩等。

第四系覆盖于漳州平原及九龙江口, 漳州平原以冲洪积、冲积为主, 九龙江口(龙海平原)下部为海积层, 上部为海积或冲积及湖积层。

主要元素含量特征: Si、Al、Fe、K、Na、Ca、Mg 等元素为地壳中的大量元素, 它们的氧化物构成土壤的主要化学成分, 因此土壤地球化学分类以这些元素为主要指标。从本区土壤中大量元素的含量(表 1)可见, 土壤中 Si、Al、Fe、K 与全国土壤丰度相近, 其中铝含量较高。而 Na、Ca、Mg 等元素流失严重。

SiO₂、Al₂O₃: 土壤化学成分中硅、铝的氧化物占大多数, 且往往二者呈负相关关系, 硅多则铝少, 硅少则铝多。硅元素



图 2 土壤 K₂O / Al₂O₃ 与花岗岩的关系

Fig. 2 Relationship of K₂O / Al₂O₃ in soils and granite

以石英(二氧化硅)及硅酸盐形式存在, 其中石英为地壳岩石中的常见矿物, 在土壤中作为残留的原生矿物大量存在。而土壤中原生矿物的多少受各种因素的控制, 在样品中硅铝比具有随机波动的特征。但在某些特殊基岩(母质)条件下, 具有较稳定的数值。低硅土壤分布在本区南侧玄武岩出露区, SiO₂ 43%~56%, 平均 48.9%。从理论上, 次生矿物高岭石含 SiO₂ 46.5%, 白云母含 SiO₂ 45.2%, 可见玄武岩出露区土壤含石英很少。高硅土壤为河流冲积砂土、滨海风成砂土, 以石英颗粒为主, 本区南侧的漳浦县滨海地区有成片的风成砂分布, SiO₂ 含量为 85%~93%, 平均 90.4%。

K₂O / Al₂O₃: 由于铝在表生环境下性质稳定, 绝大多数以铝硅酸盐形式赋存在粘土矿物中, 因此为了消除原生矿物对土壤元素含量的影响, 采用某成分与 Al₂O₃ 的比值来表征该元素在表生环境中的迁移特点。本区 K₂O / Al₂O₃ 比值平均 0.17, 约以 0.2 为界, 大于 0.2 的样品具有成片分布特征, 大部分位于花岗岩类基岩分布区及下游位置(图 2)。花岗岩分布区土壤 K₂O 平均 3.58, 明显较全国土壤丰度高, 为富钾土壤。

Fe₂O₃/Al₂O₃: 本区 Fe₂O₃/Al₂O₃ 比值平均 0.25, 以 0.25 为界, 大于 0.25 的样品位于花岗闪长岩、辉石闪长岩等暗色矿物较多的基岩分布区。玄武岩分布区 Fe₂O₃/Al₂O₃ 大于 0.5。

Na₂O、CaO、MgO: 本区土壤中“盐基”大量流失, 其中 CaO 仅为全国丰度的 1/10, 反映其受表生条件的影响强烈, 因此难以作为分类指标。

S: 硫在土壤中一般作为微量元素(<0.1%)存在, 但在九龙江河口平原地区, S>0.1%, 已成为大量元素, 是一种特殊的富 S 土壤。

3 地球化学分类方法

分类方法:参照土壤学分类方法,土壤地球化学分类也采用多级分类,初步拟定有类、亚类、种三级。其命名应直接反映其化学成分含量特征,因此土类及亚类以主要元素平均含量多少加以命名。土类以 SiO_2 由少到多,划分为铝土、硅铝土、铝硅土、硅土,其中铁含量高的铝土,“铁”参加命名,称铁铝土。亚类则根据硅、铝以外的其他常量元素的含量特征进行划分,如硅铝土下,分铁质硅铝土、钾质硅铝土、硫质硅铝土等。若某土壤同时富含两种元素,可同时参加命名,如“硫铁质硅铝土”。地球化学土种可根据微量元素的含量特征,进一步划分,命名方法为在亚类名称前再加上“富 X”字样,如“富稀土钾质硅铝土”。

诊断标准:诊断标准主要参考全国土壤丰度(平均值)以及本区土壤常量元素含量范围,结合元素分布特征来确定。根据主要元素含量特征,本区土壤地球化学类、亚类的诊断标准见表 2。

$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、S 等指标作为地球化学亚类分类指标,达到表 2 的标准,则在类名前面加上“X 质”字样,以表示该亚类土壤富含某元素。在本区,仅硅铝土被分为 4 个

表 2 土壤地球化学分类诊断标准

Table 2 Criteria of diagnosis for the geochemical classification of soils

类	亚类	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	其他
铁铝土		<55%	>10%	>10%	
硅铝土	硅铝土				
	铁质硅铝土	55%~70%	>15%	<10%	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3 > 0.25$
	钾质硅铝土				$\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 0.2$
	硫质硅铝土				$\text{S} > 0.1\%$
铝硅土		70%~85%	10%~15%		
硅土		>85%	<10%		

亚类,如钙、钠等元素含量超过全国丰度值,也可命名为“钙质 XX 土”或“钠质 XX 土”。

土种根据微量元素含量特征确定,诊断标准有待于进一步研究。

边界圈定方法:土壤地球化学分类(图 3)在空间上的界线,可使用地质体(基岩、母质)的边界。从以上论述可见,在同一气候带中,土壤元素含量的多少基本上受基岩、母质的制约。同时,地质体边界具有客观、稳定的优点,受人为因素影响少,不存在逐渐过滤的情况。但地质图上的地质体种类繁多,划分太细,有必要加以简化。在简化过程中,必须严格参照各种地质体上土壤的元素含量特征,做出正确的判断。本区各类土壤的分布情况见图 3。

4 各类土壤的地球化学特征

钾质硅铝土:主要分布在丘陵、台地,基岩为花岗岩类岩石,包括二长花岗岩、钾长(正长)花岗岩、晶洞碱性花岗岩

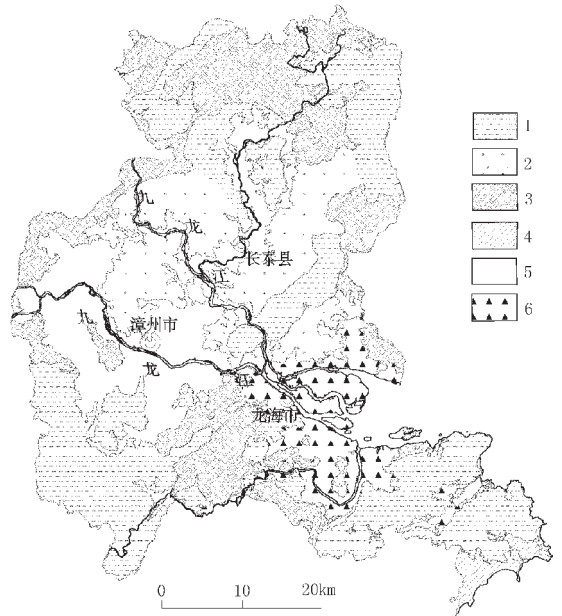


图 3 九龙江下游地区土壤地球化学分类图

1—钾质硅铝土;2—铁质硅铝土;3—铝硅土;4—铁铝土;
5—硅铝土;6—硫铁质硅铝土

Fig. 3 Geochemical classification of soils in the downstream area of the Jiulong River

1— Potassic Si-Al soil; 2— Ferruginous Si-Al soil; 3— Al-Si soil;
4— Fe-Al soil; 5— Si-Al soil; 6— Pyritic Si-Al soil

等,由于岩石中含不同比例的钾长石,因此其土壤中富钾(表 3)。 K_2O 含量 3.58% 为各类土壤之最,为全国土壤平均值(2.5%)的 1.43 倍。该类土壤微量元素中放射性元素 U、Th 含量较高,Ca、Mg、P、B、Cu、Zn 等植物所需元素缺乏,如 B 仅为 7.52×10^{-6} ,约为全国土壤平均值的 1/5;而各种有害重金属如 Cd、Hg、Pb 等元素,含量也较低。

铁质硅铝土:集中分布在九龙江以北的低丘、台地,基岩为花岗岩闪长岩、辉石闪长岩等, Fe_2O_3 较高,平均 4.76%,高于全国土壤平均值; K_2O 较低,平均 1.87%。其他元素含量特征与钾质硅铝土的地球化学特征大体相近。Mg、P、B、Mo、Mn、Co、Cl 等植物必需元素较钾质硅铝土略高,处于中等水平,其中 Mo、Cl 较全国丰度值高^[2],为较丰富的元素。

该类土壤分布区广泛种植甘蔗、香蕉。长泰县为华南甘蔗生产基地,甘蔗在本区长势良好,亩产 5 200 kg。香蕉多种植在水源相对丰富的浅坳谷处,亩产 1 300~1 400 kg,仅次于冲积物形成的硅铝土亚类上种植的香蕉。

铝硅土:主要分布在长泰县北部低山山地,基岩为火山岩、砂岩,土壤中 SiO_2 含量最高,平均值达 73.66%。相应 Al_2O_3 最低,为 14.38%;各种微量元素含量处于较低水平,Na、Ca、Sr、Mo、Cl 等元素含量为各类土壤最低。但 Mn、Se 含量较高,分别为 562×10^{-6} 、 0.23×10^{-6} ,与全国平均值相近。本类

土壤主要用作林地、茶园。特别是在海拔较高的山地,适合于种茶。长泰北侧的安溪县,生产国内外著名的茶叶品种“铁观音”,其种植区为上侏罗统南园组的分布区,尤其是海拔标高>700 m 的山区,品质优良。

铁铝土:分布于龙海市南东部滨海玄武岩分布区,范围较小。土壤呈暗赤色,与一般的赤红壤不同,有些土壤学者称之为变性土。该类土壤富含铁、镁,Fe₂O₃ 平均 15.57%, MgO 1.06%。与 Fe 有关的一系列元素如 Ti、Cr、Co、V、Mn 以及 Cu、Zn 等元素富集。而 SiO₂ 平均 48.93%, K₂O 0.73%, 为各类土壤最低。本类土壤适合种植红玫瑰,当地群众近年来广泛种植此花供出口,长势很好。

硅铝土:本亚类土壤分布在九龙江冲积平原(漳州平原),由河流 I、II 级阶地构成。母质为冲积物,以粉砂质为主,系外来物质。其 Si、Al 含量在硅铝土范围内,其他大量元素没有明显富集,称为硅铝土或一般硅铝土,以与铁质、钾质硅铝土相区别。各种微量元素含量也处于中等水平,但 Cd、Hg、Sn、Pb、Zn 等重金属元素含量较高,可能与九龙江上游较丰富的铅锌、煤等矿产有关。本亚类土壤主要用作菜地、香蕉园,著名的天宝香蕉、漳州园山水仙花产于此类土壤,香蕉平均亩产达 1 600 kg,是福建省香蕉主产区。

此类土壤部分样品稀土元素含量较高,龙海市九湖镇园山东麓的蔡坂—九湖一带为水仙花主产地,本次工作测得该土壤深层样品 Y 含量达 39×10⁻⁶,为全国土壤平均值的 1.5 倍。据农业试验结果表明,稀土元素对提高水仙花的产量和品质具有重要作用,因此,有可能划分一个地球化学土种—富稀土硅铝土,其稀土元素总量、富集的原因有待于进一步调查和研究,从而正确界定土种界线

硫铁质硅铝土:分布在九龙江河口平原(龙海平原),其母质为海积物和冲积物,以泥质为主,系外来物质。除 Fe 含量较高外,S 含量平均达 0.131%,较全国丰度值高一个数量级,因此命名为硫铁质硅铝土。该类土壤富含多种微量元素,大部分微量元素含量位于各类土壤之首,包括植物必需的 S、P、B、Mo、Cl 等,而重金属元素 Cd、Hg、Sn、Pb、Zn、Tl 等也得到富集。本类土壤主要用于种植水稻、蔬菜,近年龙海市在九龙江河口平原大量种植毛豆,用于出口。

5 问题讨论

(1)土壤地球化学分类对工农业区域规划具有较强的实用价值^[6-8],如在本研究区,一般硅铝土、硫铁质硅铝土中植物必需的各种元素丰富或一般,加上地形平坦,土壤物理性质好,是优良的农业生产资源,应加以严格的保护。且其中的重金属含量较高,不宜大量排放污染物。而钾质硅铝土各种微量元素含量低,包括重金属含量也很低,在花岗岩台地、低丘地,土层深厚,环境容量相对较大,可用来排放工业污染物,宜于作为工业开发区。

(2)本项研究暂未涉及元素的“有效态”含量^[9],但使用大

表 3 九龙江下游土壤地球化学分类元素含量
Table 3 Contents of elements in soils in the downstream area of the Julong River

	钾质 硅铝土	铁质 硅铝土	铝 硅土	铁 铝土	一般 硅铝土	硫铁质 硅铝土	全国土壤 丰度 ^[9]
样品数	34	33	13	3	69	24	
SiO ₂	68.57	63.80	73.66	48.93	67.00	64.02	65.0
Al ₂ O ₃	16.75	17.73	14.38	18.27	16.81	18.47	12.6
Fe ₂ O ₃	2.65	4.76	3.15	15.57	3.72	5.37	4.6
Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃	0.17	0.29	0.22	0.89	0.23	0.30	
K ₂ O	3.58	1.87	2.10	0.73	2.14	2.71	2.5
K ₂ O/Al ₂ O ₃	0.25	0.14	0.15	0.04	0.14	0.15	
Na ₂ O	0.61	0.28	0.16	0.23	0.33	0.63	1.6
CaO	0.32	0.31	0.23	0.65	0.29	0.33	3.2
MgO	0.28	0.40	0.33	1.06	0.42	0.99	1.8
Ag	0.07	0.09	0.11	0.08	0.10	0.12	0.08
As	1.28	2.98	3.29	2.25	4.04	7.20	10
Au	0.80	0.90	1.15	0.59	1.25	1.17	1.4
B	7.52	11.55	11.41	14.14	16.83	43.46	40
Ba	497	434	439	367	402	476	500
Be	2.44	1.94	1.78	2.24	2.50	3.39	1.8
Bi	0.38	0.47	0.57	0.19	0.84	0.99	0.3
Br	2.10	2.32	2.22	5.78	2.32	5.05	3.5
C	0.16	0.24	0.17	0.35	0.34	0.82	
Cd	0.05	0.06	0.06	0.06	0.12	0.12	0.09
Ce	84.57	76.76	76.31	86.43	80.89	101.25	72
Cl	60.41	83.82	47.03	76.66	69.99	165.26	68
Co	4.98	9.22	6.50	65.76	7.32	11.12	13
Cr	12.65	22.63	18.63	250.68	26.92	57.78	65
Cu	7.78	18.12	9.74	61.96	15.05	17.14	24
F	283.42	322.32	345.33	237.43	385.14	572.53	480
Ga	17.57	18.02	15.32	26.04	18.36	22.53	17
Ge	1.49	1.35	1.29	1.49	1.47	1.60	1.3
Hg	0.03	0.04	0.05	0.02	0.06	0.06	0.040
I	1.66	2.07	2.48	10.45	1.91	2.69	2.2
La	45.82	40.33	39.35	42.90	44.08	54.01	38
Li	14.38	15.57	16.74	17.51	22.92	49.37	30
Mn	396	493	562	1759	493	345	600
Mo	1.35	1.61	1.24	1.80	1.62	1.97	0.8
N	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.07	0.064
Nb	22	19	21	53	22	21	16
Ni	7.83	11.54	8.29	122.62	11.88	22.49	26
P	144.77	264.56	154.29	478.78	264.19	346.13	520
Pb	34.81	27.99	38.86	21.20	41.92	53.88	23
Rb	163.79	105.25	115.93	40.54	130.07	158.70	100
S	0.013	0.012	0.011	0.011	0.019	0.131	0.015
Sb	0.23	0.36	0.41	0.34	0.35	0.35	0.8
Sc	6.51	10.01	8.03	21.85	9.54	13.42	11
Se	0.15	0.20	0.23	0.11	0.22	0.25	0.2
Sn	3.65	3.70	4.00	4.49	5.47	5.22	2.5
Sr	64.56	66.58	42.48	58.72	54.17	76.35	170
Th	28.43	25.78	18.65	10.96	25.41	24.33	12.5
Ti	2714	4263	3306	18068	3974	4625	4300
Tl	0.94	0.66	0.81	0.19	0.88	0.90	0.6
U	6.56	5.86	4.17	2.51	6.45	4.89	2.6
V	44.20	81.14	52.51	185.60	66.32	98.93	82
W	2.00	3.06	2.90	1.51	4.00	3.23	1.8
Y	27	23	23	26	28	31	23
Zn	50.97	58.62	64.77	109.52	73.90	100.64	68
Zr	293	304	282	289	286	192	250

注:平均值为几何平均值;Fe 元素未分二价铁和三价铁,均以 Fe₂O₃ 表示;单位:氧化物、C、N、S 为%,Au 为×10⁻⁹,其余元素为×10⁻⁶。

型仪器测试元素总量具有快速、经济的优点,可进行系统的测试。而“有效态”测试较为复杂,标准不一,速度慢。因此笔者建议土壤地球化学分类以元素总量为主,反映土壤元素潜在的供给能力。在有条件时,可研究不同地球化学类型土壤元素总量与部分提取含量之间的关系,进一步完善地球化学分类方法。

(3)在基本的地球化学分类方案下,针对某些特殊问题,可命名一些特殊的土壤地球化学类型,如硒元素与人类健康关系密切,在研究土壤硒时,可划分富硒土。经过资料的不断积累,将不断完善土壤的地球化学分类体系。但分类体系中,基本的地球化学分类是最主要的,以往地球化学工作者对此重视不够,笔者在此作一初步尝试,希望能起到抛砖引玉的作用。

参考文献 (References):

- [1] 陈怀满,等.土壤中化学物质的行为与环境质量[M].北京:科学出版社,2002.18~45.
Chen Huaiman, et al. Behavior of Chemicals in Soils and its Relation to Environmental Quality[M]. Beijing: Science Press, 2002.18~45(in Chinese with English abstract).
- [2] 曾群望,杨双兰,高宏光.云南生物地质环境研究[M].昆明:云南科技出版社,2001.2~27.
Zeng Qunwang, Yang Shuanglan, Gao Hongguang. Research on biogeoenvironment in Yunnan [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2001.2~27(in Chinese with English abstract).
- [3] 朱鹤健,何宜庚主编.土壤地理学[M].北京:高等教育出版社,1992.94~122.
Zhu Hejian, He Yigeng(ed). Soils Geography[M]. Beijing: Higher Education Press, 1992.94~122 (in Chinese).
- [4] 叶家瑜.区域地球化学调查样品分析质量监控与质量管理[J].物探与化探,2002,26(1):6~11.
Ye Jiayu. Quality monitoring and quality control of sample analysis in regional geochemical survey[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2002, 26(1): 6~11(in Chinese with English abstract).
- [5] 鄢明才,顾铁新,迟清华,等.中国土壤化学元素丰度与表生地球化学特征[J].物探与化探,1997,(3):161~167.
Yan Mincai, Gu Tiexin, Chi Qinghua, et al. Abundance of chemical elements of soils in China and supergenesis geochemistry characteristics[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 1997,(3): 161~167(in Chinese with English abstract).
- [6] 谢学锦,周国华.多目标地球化学填图及多层次环境地球化学监控网络——基本概念与方法[J].地质通报,2002,21(12):809~816
XIE Xuejing, ZHOU Guohua. Multi-purpose regional geochemical mapping and multi-level environmental geochemical monitoring network: Its basic concept and methodology[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(12): 809~816 (in Chinese with English abstract).
- [7] Richard J. H, Iain T. Regional geochemical mapping and its application to environmental studies[A]. In: Iain Thornton (ed.). Applied Environmental Geochemistry [C]. London: Academic Press, 1983.41~73.
- [8] Joe K. Soils and plants and the geochemical environment[A]. In: Iain Thornton (ed.). Applied Environmental Geochemistry [C]. London: Academic Press, 1983.103~121.
- [9] 杨忠芳,朱立,陈岳龙.现代环境地球化学[M].北京:地质出版社,1999.378~420
Yang Zhongfang, Zhu Li, Chen Yuelong. Modern Environmental Geochemistry [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999.378~420(in Chinese).

Geochemical classification of soils in the downstream area of the Jiulong River, Fujian Province

LIN Cai-hao^{1,2}

(1. China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;
2. Fujian Institute of Geological Survey, Fuzhou 350003, Fujian, China)

Abstract: Take for example the geochemistry of Changtai, Zhangzhou and Longhai in the downstream area of the Jiulong River, Fujian, by using the data of multi-target regional geochemical investigation, this paper discusses the method of geochemical classification of soils and proposes a scheme of classification and nomenclature and diagnostic criteria. The soils in the area is divided into four major classes: Fe-Al soil, Si-Al soil, Al-Si soil and siliceous soil, of which Si-Al soil is further divided into four subclasses: ordinary Si-Al soil, ferruginous Si-Al soil, potassic Si-Al soil and pyritic Si-Al soil. The average contents of 52 elements of various soils (siliceous soil excluded) and their uses in agriculture are investigated.

Key words: geochemistry; classification; soil; Jiulong River