

584027

614
56277;4

中国科学院南京土壤研究所专刊

土壤专报

第 37 号

科学出版社

中国科学院南京土壤研究所专刊

土 壤 专 报

第 37 号

科 学 出 版 社

1 9 8 0

内 容 简 介

本期内容包括土壤发生分类、土壤地球化学、土壤分区和土壤资源,以及遥感技术和土壤微形态研究在土壤资源和发生分类上的应用。其中一部分涉及范围较广,另一部分涉及黑龙江、新疆、西藏、贵州、安徽、江苏等省区的地区性研究报告。可供土壤、地理、农业科学工作者和高等院校有关专业的师生参考。

中国科学院南京土壤研究所专刊

土 壤 专 报

第 37 号

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1980 年 2 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1980 年 2 月第一次印刷 印张: 15 3/8 插页: 3
印数: 0001—3,600 字数: 350,000

统一书号: 13031·1190

本社书号: 1660·13—12

定 价: 2.50 元

目 录

我国境内成土风化壳的地球化学类型	龚子同 (1)
土壤微形态在土壤发生、分类研究中的应用	曹升旗 (25)
土壤资源研究方法简介	何同康 (51)
黑龙江省黑河地区土壤资源评价	赵其国 王明珠 熊国炎 (81)
南疆库、尉、轮地区荒地土壤资源评价	
..... 新疆维吾尔自治区荒地资源综合考察队 中国科学院南京土壤研究所新疆队	(109)
南疆荒地资源综合考察中遥感资料的应用	戴昌达 卜兆宏 徐彬彬 曾志远 (129)
贵州省长顺县马路公社马路大队土壤资源评价及利用改良分区	
..... 中国科学院南京土壤研究所贵州队	(145)
西藏中南部地区土壤区划	陈鸿昭 高以信 吴志东 (161)
大别山北部地区之土壤	
..... 张俊民 张辛未 潘玉生 姚玉成 胡积琳 刘明朝	(187)
江苏淮北岗地的包浆土	张俊民 (199)
黄泛平原张集公社的土壤及其利用改良	
..... 李 锦 张俊民 徐 琪 邹国础 姚玉成 杨 云	(217)

我国境内成土风化壳的地球化学类型*

龚 子 同

我们所居住的地球是一个巨大的球体,中间为地核,外部为地壳。地壳由岩石圈和生物圈所组成,当然还有水圈。风化壳即位于岩石圈和生物圈之间。假如把岩石圈看作地球坚硬的外壳,那么风化壳就是这个坚硬外壳疏松的表层(图1)。

过去认为,风化过程先于土壤形成过程。第一阶段是物理风化和机械风化;第二阶段是化学风化;第三阶段是生物风化或土壤形成。但是越来越多的资料表明,即使在沙漠深处或在高山雪线以上,都有微生物的活动。在地球表面,实际上不存在无菌的非生物性的机械风化和化学风化的特殊阶段。这些过程都是在活有机体及其生命活动产物和分解产物积极参与下同时进行的。

有些研究者鉴于溶于土壤溶液中的碳酸、有机酸以及某些活性矿质化合物,由风化层上部淋溶下来而在风化层下部析出,所以,把未经移动的整个风化层都看作是土壤,而不问其风化层的厚度如何。

众所周知,土壤形成和发育是生物因素和非生物因素相互作用的结果,其实质乃是生物有机体和岩石之间物质和能量的交换。土壤的概念,从来是和生物积累的概念分不开的。基于这样的认识,可将土壤局限在这种物质和能量交换的范围内,而物质交换必须以生物有机体自土壤中吸收一系列元素为前提。因此,土壤的界限应取决于高等植物主要根系分布的深度,其下为风化壳。

从广义来说,风化壳也是大气-生物与岩石圈相互作用的产物,但风化壳是较少受现代生物作用(包括人类生产活动)影响的土状物或接近土状物的已解体了的基岩。

土壤是独立的自然体,又是风化壳的上层。风化壳上发育了土壤,土壤中的物质又反过来作用于风化壳。两者相互作用,相互影响。假如,风化壳的厚度小于或相当于土壤时,就没有必要将土壤剖面和风化壳严格区别开来;而当风化壳厚度大于土壤时,可将一定厚度没有积极参与成土过程的风化壳区别开来。

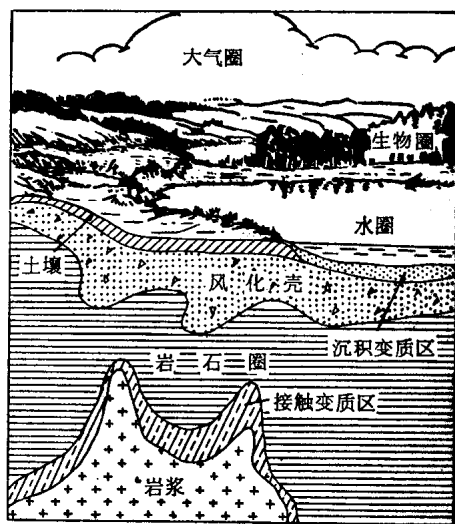


图1 风化壳在自然界中的位置

* 本文承熊毅、黄瑞采同志指正,周瑞荣同志共同作图和协助整理资料,在此一并致谢。

一、成土风化壳的一般特点

(一) 风化壳形成的特点

外因是条件,内因是根据,影响风化壳形成的内因主要是成壳岩石的矿物组成。矿物的晶格能越大,在地表条件下越稳定。玄武岩中的辉石、角闪石,晶格能小,易于风化,故其风化速度快且形成的风化壳也较深厚。花岗岩中的主要矿物正长石和石英的晶格能大,抗风化能力强,所以风化作用比较缓慢;但由于花岗岩的强烈崩解作用,水分可以广泛渗入,所以亦可形成深厚的风化壳。砂岩发育的风化壳中,残留大量极难风化的石英,所以在化学性质上很稳定,风化壳也较浅薄。页岩的组成矿物是风化作用的产物,所以风化过程中也较稳定,但由于某些页岩中含有一些氯化物、硫酸盐和碳酸盐,所以在风化过程中常常释放出不同数量的可溶盐和碳酸钙。石灰岩在风化过程中,因方解石极易风化,大量 CaCO_3 溶于含 CO_2 的水中而淋失,所以仅二三氧化物和二氧化硅残留于风化壳中。风化快而风化壳较薄。

影响风化壳形成的外在条件很多,首先是区域大地构造单元。在构造稳定的平坦地形条件下,风化壳形成速度大于侵蚀的速度,有利于深厚风化壳的形成。地台区、稳定地块区、低山丘陵和平原地区,风化壳形成时间长,风化壳一般都较深厚。在年轻的褶皱带地区,新构造运动剧烈的地区、中高山区,侵蚀过程大于风化壳形成的速度,所以风化壳形成时间短暂,其厚度一般都较浅薄。同一类岩石,特别是沉积岩,由于其产状不同,形成不同的地貌类型,也不可避免地影响着风化壳形成的速度和特点。

太阳辐射能是物理、化学、生物风化的基础。地理位置不同决定了气候特点和生物繁茂情况不同,从而影响风化壳形成的类型及其速度。在不同的生物气候条件下,同一种岩石或矿物的分解速度也不相同。在高寒气候条件下,化学风化作用弱,主要是物理风化作用,故风化壳中多碎屑,且碎屑保持着母岩的原有性质。在干旱的温带条件下,风化作用也很微弱,甚至象方解石、石膏、白云石这样的易风化的原生矿物也在风化壳中聚积起来,硅酸盐矿物基本上没有破坏或破坏甚少。在湿热条件下,风化作用强烈,花岗岩中百分之八十以上硅酸盐矿物被破坏,风化壳的厚度可达数十米。

太阳辐射能不仅在空间上,而且在时间上也影响着风化壳的形成。同一种岩石或矿物,在同样的生物气候条件下,由于风化作用持续时间不同,所形成的风化壳类型和特点也不同。如海南岛北部早期喷发的玄武岩所形成的风化壳,呈赭红色,粘土矿物组成以高岭石和三水铝矿为主,风化程度很深,质地粘重,风化壳十分深厚。而在同一海岛上,后期火山喷出物呈棕色,含有较多的蒙脱石,风化程度很浅,风化壳浅薄且多石砾。

目前我们所见的各种类型的风化壳,是上述诸因素综合作用的产物。

(二) 风化壳矿物组成特点

岩石发生风化的主要原因是它暴露地表以后,所处的环境发生变化。变化越大,岩石的风化作用愈剧烈,风化壳的性质与原来岩石的性质相差也愈大。若以常见的石灰岩、玄武岩、花岗岩和砂页岩作比较,由于他们在风化时所需的能量不同,其风化速度一般可排列成下列次序:石灰岩>玄武岩>花岗岩>砂页岩^[1]。

由于所处的地球化学环境不同,同一种岩石可以形成不同类型的风化壳;不同的岩石可以形成同一类型的风化壳。

在风化过程中,原生矿物逐渐破坏,次生矿物不断形成。在碳酸盐风化壳中有较多的方解石;硅铝风化壳中则有较多的原生矿物,如辉石、角闪石、黑云母等黑色矿物和其他原生矿物。在湿热条件下,风化作用进行得极为强烈。随着富铝化作用的加强,原生矿物大大减少,次生矿物迅速增多。第四纪红色粘土发育的红色风化壳中尚有少量钾长石、钠长石和角闪石;绝大部分红色风化壳中斜长石基本上已分解了,钠长石还多少存在,正长石还保持一定数量,留下黑色矿物已经极少;在玄武岩发育的高度富铝化的红色风化壳中,母岩中含大量斜长石(50%以上),而在尚保持岩体构造的半风化体内斜长石几乎全部消失,风化壳中基性原生矿物已经极少^[2,3]。

从岩石到风化壳的过程中,各种矿物不断地向着新的状态转变。原生矿物经过氧化、水化、水解和溶解等一系列的作用,形成在新环境下相对稳定的一些次生矿物。假如我们按一般习惯,将风化壳划分为含盐风化壳(这里主要指内陆地区)、碳酸盐风化壳、硅铝风化壳和富铝风化壳的话,那么随着气候条件的由干到湿、由冷到热,风化率由弱到强。各类型风化壳中粘土矿物也发生一系列变化^[4,5]。风化壳中粘粒含量,依上述次序不断增加。粘土矿物的类型由复杂变简单。矿物组成也由2:1型变为1:1型甚至为水化氧化物。如图2所示,含盐风化壳粘土矿物以2:1型占绝对优势;碳酸盐风化壳以2:1型为主;硅铝风化壳以2:1型为主,也有1:1型;富铝风化壳中以1:1型为主,水化氧化物大大增加。若以个别的粘土矿物而言,则我们可以看到:伊利石从荒漠盐壳至碳酸盐壳,硅铝壳至富铝壳逐渐减少。蒙脱石也有同样趋势,但蒙脱石在弱富铝风化壳以后实际上已很少了。高岭石则相反,由荒漠盐壳至富铝风化壳急剧上升。三水铝矿只有在富铝风化壳中有较多的存在,而在铝质富铝风化壳中含量特别高(图2)。

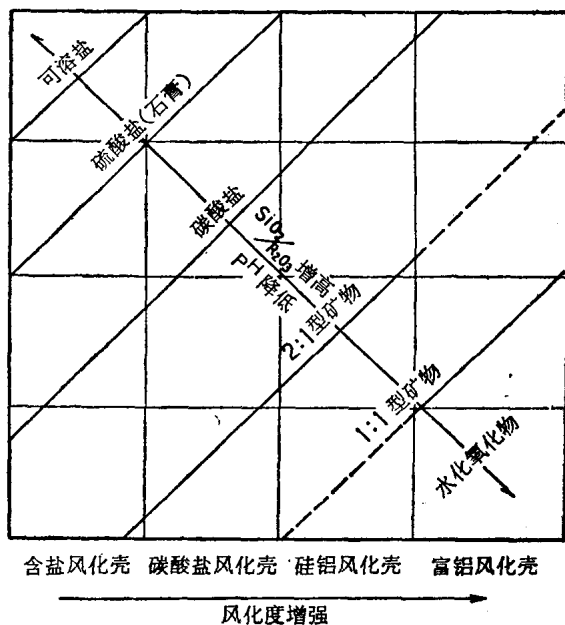


图2 不同类型风化壳的风化和淋溶状况

(三) 风化过程中元素迁移特点

元素的迁移是有一定规律的。

元素的迁移不仅取决于该元素的物理化学性质,而且与矿物组成有很大关系。众所周知,含钙的原生矿物(某些斜长石、闪石等)较含钾钠的原生矿物容易风化,所以钙的迁移度常大于钠、钾。为了比较各种类型风化壳的元素迁移特点,我们计算了不同类型风化壳的水迁移系数(表1)。结果表明,除含盐风化壳中 Cl^- 和 SO_4^{2-} 的迁移最为强烈外,其余各类型风化壳中,易移动元素的迁移次序均为: $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$, 以下为可移动的 SiO_2 ,

表 1 不同风化壳的水迁移系数 (K_x)

项 目 地 点	含量状况 与 K_x	化 学 组 成									迁 移 序 列
		SiO ₂	Fe	Al	Ca	Mg	K	Na	S	Cl	
江苏启东	土(%)	59.46	4.54	8.63	2.83	1.42	2.29	1.03	0.01	0.02	Cl>SO ₄ >Na>Mg >Ca>K>SiO ₂ >Fe>Al
	水(毫克/升)	44.0	0.15	0.004	88	99	48	73.5	73	1148	
	K_x	0.047	0.0021	0.00003	1.98	4.43	1.33	4.53	463.8	3647	
陕西麟游	林土 29 (%)	69.15	3.89	7.92	1.98	1.20	2.15	1.16	—	—	Ca>Na>Mg>K >SiO ₂ >Fe>Al
	林水 29 (毫克/升)	22.26	0.56	0.026	93.6	17.02	0.66	17.18	—	—	
	K_x	0.213	0.095	0.0022	31.24	9.7	0.203	9.788	—	—	
江苏句容	土(%)	65.55	3.61	8.47	0.76	0.79	0.85	0.76	—	—	Ca>Na>Mg>K >SiO ₂ >Fe>Al
	水(毫克/升)	5.03	0.11	0.016	8.0	4.00	2.0	7.0	—	—	
	K_x	0.29	0.12	0.007	40.24	19.35	8.99	35.21	—	—	
江西进贤	土(%)	72.34	3.75	7.25	0.13	0.33	0.57	0.17	—	—	Ca>Na>Mg>K >SiO ₂ >Fe
	水(毫克/升)	16.20	痕迹	—	4.53	1.18	0.58	5.12	—	—	
	K_x	0.81	—	—	126.18	12.95	3.68	109.2	—	—	

计算公式⁽⁶⁾: $K_x = \frac{m_x \cdot 100}{a \cdot n_x}$

式中 $K_x = x$ 元素的水迁移系数

$m_x = x$ 元素在水中的含量(毫克/升)

$a =$ 水中矿物质总量(毫克/升)

$n_x = x$ 元素在土壤中平均含量(%)

和惰性的 Fe、Al。以各个风化壳类型而言,含盐风化壳中以 Cl^- 和 SO_4^{2-} 迁移最为强烈;碳酸盐风化壳中 Ca 的迁移量最高,富铝风化壳中 SiO_2 的迁移高于硅铝风化壳。

根据矿物的演变和元素的迁移来看,不同类型风化壳处于一个地球化学过程中的不同阶段。一般来说,风化过程经历脱盐、脱钙(石灰)、脱盐基、脱硅,在潜育作用下,还有离铁过程。含盐风化壳处于积盐或脱盐阶段,碳酸盐风化壳处于钙积聚或脱钙阶段,硅铝风化壳处于脱盐基阶段,富铝风化壳处于脱硅阶段。还原系列的风化壳处于离铁阶段。

二、成土风化壳类型

风化壳类型复杂。Б. Б. Полюнов^[7,8] 按其发生来源分成正残积风化壳、副残积风化壳和新残积风化壳。最近又有一些新的分法^[38,39]。我们主要是从风化壳对成土作用的影响将风化壳划分为氧化系列和还原系列两大类型,然后再进一步细分^[9,40]。

(一) 氧化系列

这一系列的风化壳大多系正残积风化壳,也有一部分副残积和新残积风化壳。其共同的特点是地下水位比较深,水分的来源主要来自大气湿润,在有足够水分的情况下,有物质的垂直迁移和淋溶作用。在通常情况下,这一系列的风化壳均处于氧化状态。火成岩中铁、锰和硫基本上以二价形态(Fe^{++} , Mn^{++} , $\text{S}^{=}$)存在,而在这一系列的风化壳中,它们被氧化,形成了 Fe^{+++} 、 Mn^{+++} 、 S^{+6} 等的化合物。

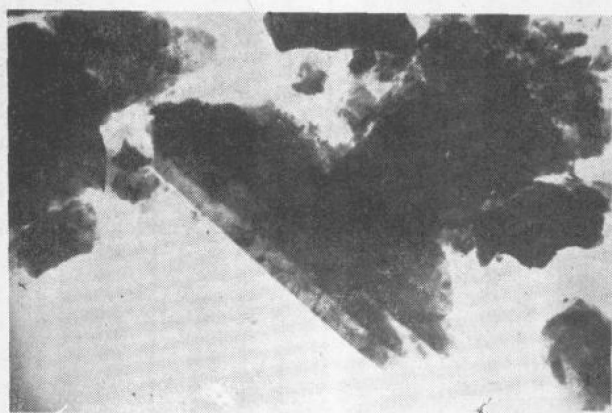
在这一风化系列中,根据风化壳的发生特点及所处的风化阶段,可进一步划分为碎屑状风化壳、含盐风化壳(其中包括石膏风化壳)、碳酸盐风化壳、硅铝风化壳和富铝风化壳等几个类型,兹分述如下。

1. 碎屑状风化壳。碎屑状风化壳是岩石风化最初阶段的形态。

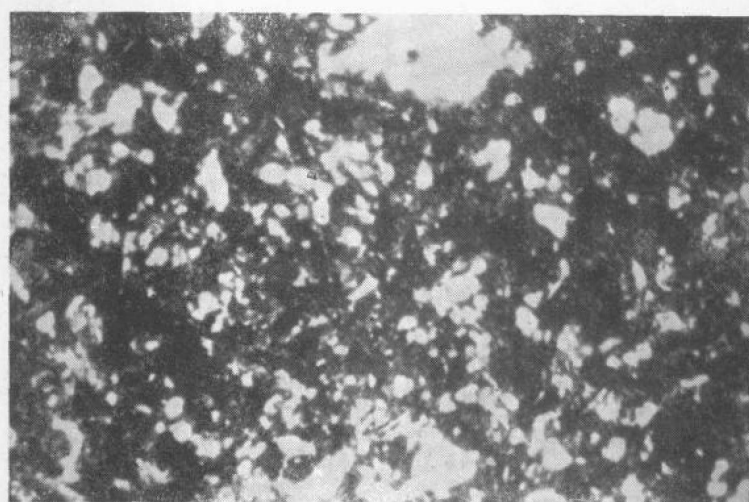
各种火成岩和水成岩的机械崩解碎块组成,是变化较少的岩石的碎屑状物理风化产物,这些碎屑保持着原始母岩的性质,大多分布于寒冷的高山地区。在西藏高原主要分布于 5000 米以上的高山上。在雪线以上,即使在珠峰顶部也不例外,有的为常年积雪所覆盖,有的在积雪被吹失后裸露地表。在西藏高原有时也可见于海拔较低的古冰蚀谷地中,这是经过古冰川搬运的堆积物。这类风化壳除大面积分布于青藏高原外,其他较高的山地也有零星分布。不过海拔较低,气候较为湿润。

其上发育着耐寒或耐旱的一些低等植物,通常为地衣所覆盖,高等植物大都成垫状或莲座状贴伏于地面,覆盖度很小,有些低等植物对矿物成分的变化有着深刻的影响,如红皮杉(*Caloplaca elegans*)生长的花岗岩表面形成了一层细土物质,其中包括石英和云母为主的细砂粒,少量黑云母和极少量分散的粘粒。

在寒冻风化的条件下,生物、化学风化作用是很微弱的。风化层甚为浅薄,质地很粗,石砾含量可多达 60% 以上,细粒含量低,粘粒更低。相应的,其微量元素含量一般都较低。在西藏高原此类风化物的矿物组成中,以抗化学风化稳定性较低的黑云母占优势,角闪石、辉石次之。粘土矿物为板条状水云母(照片 1)和厚度较大的绿泥石为主。 K_2O 可高达 6.7%,说明矿物风化度低,有机质积累少,细土部分胡敏酸/富啡酸只有 0.11,腐殖质组成很简单,碎屑物质几全为骨骼颗粒组成,而粘粒和有机质数量少,缺乏真正的基质^[12]



照片1 板条状的水云母 ($\times 10,000$) (顾新运鉴定)



照片2 碎屑风化壳的微切片^[12] (正交偏光 $\times 55$)

(照片2)。流经风化壳的水,矿化度很低,以重碳酸钙为主,虽然在冻融的交替作用下,有铁、锰的活动,但从全量分析结果(表2)来看,此类风化壳中物质的迁移是很微弱的。

表2 碎屑风化壳细土部分的某些特点^[17]

号码	深度 (厘米)	石砾% (>3 毫米)	<0.001 (毫米)%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	交换性阳离子(毫克当量/100克土)			
				占焙烧土%					总量	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
TN-16	0—5	47.1	4.4	73.36	5.74	14.50	0.75	0.93	5.14	4.62	0.33	0.19
	5—20	43.5	8.7	72.03	5.55	16.48	0.79	1.08	4.49	4.06	0.28	0.15
	20—35	60.9	10.1	72.40	5.55	16.49	0.69	1.08	7.29	6.84	0.30	0.15

在西藏高原,由于此种风化壳脱离冰川作用较晚,故除极地外,其上所形成的土壤,成土年龄最轻,如高山土壤系列。

2. 碳酸盐风化壳。这是前一种风化壳在干旱条件下的进一步发展。

碳酸盐风化壳分布甚广。主要发育于喷出岩、石灰岩、紫色泥页岩和石灰质砂岩、页岩上,其厚度一般仅仅数米,在黄土和黄土状沉积物上,其厚度可数十米至数百米。

在我国主要分布于华北、西北丘陵山区和山前平原，陕、甘、晋黄土高原和华北平原。南方紫色岩和石灰岩山区也有分布。

此类风化壳中易溶盐已淋失，风化壳中残留不少碳酸钙。一般含碳酸钙 7—15%，甚至更高。在干旱气候条件下，风化壳中还有一定量石膏。

碳酸盐风化壳中的水分和地下水矿化度一般在 5—15 毫克当量/升之间，而以 10 毫克当量/升左右较多。阴离子以重碳酸根为主，阳离子以 Ca 为主，属重碳酸钙水。重碳酸根含量最高，随矿化度增高而急剧上升，Ca 次之，其趋势与 HCO_3^- 大体相同。 K^+ 、 Na^+ 含量最低，变化不大，几与横坐标平行。 Cl^- 的含量不高，有随矿化度增高而微有增加的趋势。 Mg^{++} 、 SO_4^{--} 则介于 K^+ + Na^+ 与 Cl^- 和 HCO_3^- 、 Ca^{++} 之间（图 3）。因此，此种风化壳中水分和地下水的运行，主要引起其中碳酸钙和重碳酸钙以及部分重碳酸镁和碳酸镁的循环，以及这些物质在风化壳的积累。

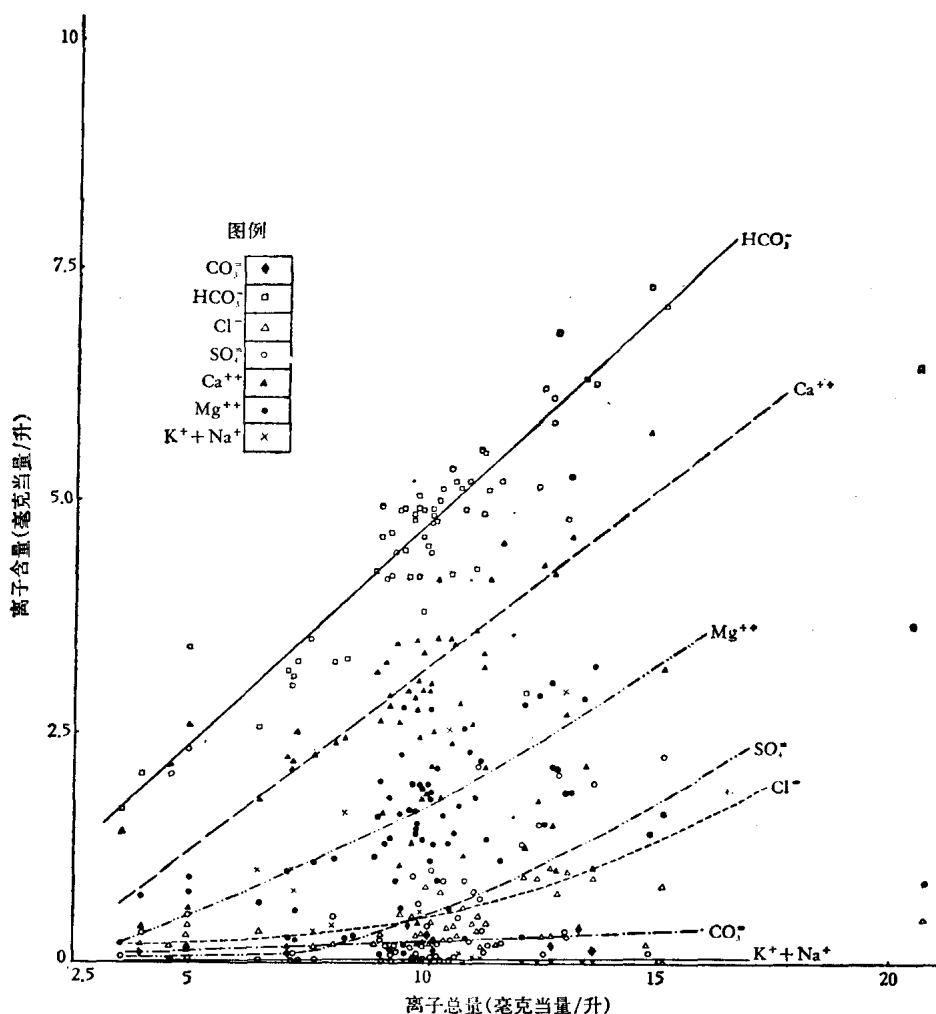


图 3 饮水矿化度与盐分组成之间的关系^[13]

由于碳酸盐的迁移，在风化壳的一定深度，出现各种形式的碳酸盐新生体（粉状，菌丝状，块状，管状，层状）。碳酸盐结核中主要是游离碳酸钙，达 70—80%。 MgCO_3 的含量

不足1%。以灼烧重计,结核中氧化物的含量 $\text{CaO} > \text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 MgO ; CaO 居于首位, MgO 的含量因母质而有很大变动,自 0.46 至 4.59% 不等,其中也含有一定的 SrO 和 BaO (表 3)。

表3 石灰结核的化学组成*

项 目 名 称	碳酸盐 (%)			SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SrO	烧失量
	CaCO_3	MgCO_3	SrCO_3	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
西安石灰结核	82.90	0.39	0.18	19.96	2.23	5.25	68.67	2.72	0.33	0.056	0.85	0.46	0.125	0.024	36.06
红土中石灰结核	—	—	—	14.54	2.02	3.49	73.63	4.59	0.24	0.040	0.68	0.24	0.049	—	38.14
淳化石灰结核	74.39	0.56	—	28.64	2.26	6.56	58.49	0.46	0.31	0.059	1.04	0.81	0.071	—	32.46
林土 32 结核	67.38	1.11	0.18	29.94	2.63	7.25	54.14	2.29	0.38	0.055	1.27	0.81	0.116	0.024	31.47
72 陕 2 号	—	—	—	37.09	3.27	15.83	39.88	1.44	0.45	0.045	1.44	0.88	0.072	—	26.86
72 陕 11 号	—	—	—	53.52	4.54	12.94	22.05	2.25	0.61	0.082	2.17	1.42	0.151	—	16.74

* 分析者: 过兴度

此类风化壳及其地下水 $\text{pH} 7.5-8.5$ 。风化壳中存在游离 CaCO_3 , 吸收性复合体中代换性钙含量高, 这一特性使土壤、地下水和有机体均富含钙, 并使底土水贫于胶体。这样的条件下, Al_2O_3 、 Fe_2O_3 的水化氧化物及其衍生物迁移很少。腐殖质也如此。锰、铜、锌、硼的活动性大大降低, 尤其是硼常被固定。风化壳的标志元素是钙、镁, 标志化合物是钙、镁的碳酸盐, 锶、钡化合物的迁移也较活跃。

此类风化壳的粘土矿物组成以伊利石和蒙脱石为主, 石灰的含量和强石灰反应的深度不一致, 其上生长的植物的 N、P、K、Ca 含量常较酸性风化壳上为高。

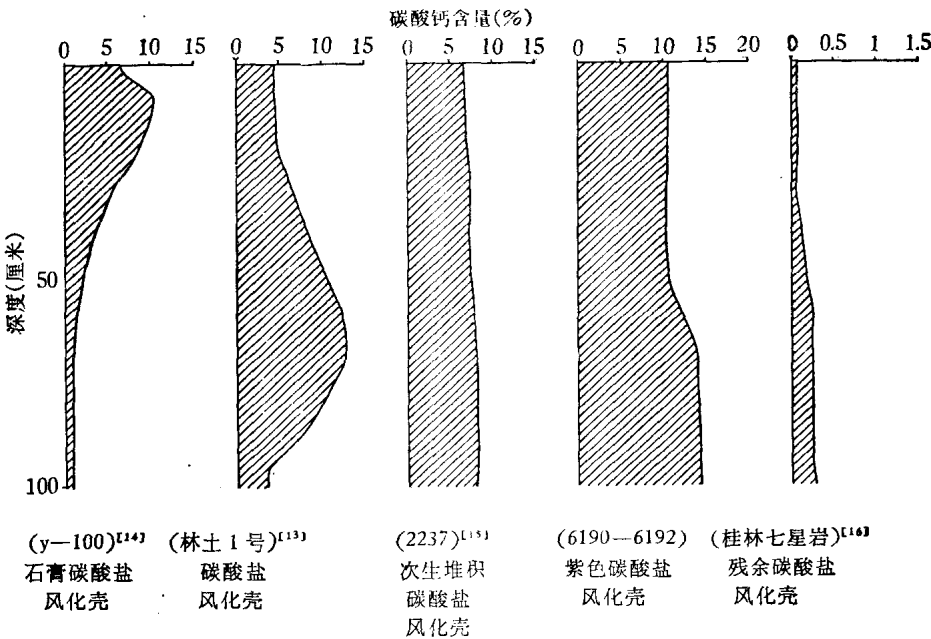


图 4 不同类型碳酸盐风化壳的碳酸盐状况

根据碳酸盐在风化壳中的淋溶和积聚情况,将碳酸盐风化壳进一步划分为石膏-碳酸盐风化壳、碳酸盐风化壳、次生堆积碳酸盐风化壳、紫色碳酸盐风化壳以及残余碳酸盐风化壳。如图4所示,石膏碳酸盐风化壳在十分干旱的条件下,碳酸钙向表面积聚,碳酸钙在风化壳中的分布自下而上逐渐增高;碳酸盐风化壳随当地生物气候条件不同而有不同程度的淋溶作用。次生堆积碳酸盐风化壳,碳酸盐剖面受沉积母质的影响,在母质质地比较一致的情况下,上下比较均匀。紫色碳酸盐风化壳发育于石灰性紫色页岩上,由于经受持续的侵蚀作用,使风化壳上层得以不断更新,所以碳酸盐在剖面中的分布也比较均一。潮湿地区石灰岩风化壳的形成常和喀斯特的发育相联系。地层因新构造运动而上升,使淋溶作用深入发展。沉陷使喀斯特作用停止。一般石灰岩风化物风化程度较深,但多少也残留些石灰,所以其石灰含量很低,并有上低下高的特点。

碳酸盐风化壳是干旱气候带所常见的,其上发育各种类型的钙层土,随着生物气候条件的不同,其上形成的土壤有黑钙土、栗钙土、棕钙土、灰钙土以及黑垆土、垆土和黄潮土等,在南方紫色碳酸盐风化壳上发育紫色土,残余碳酸盐风化壳上发育红色石灰土、黑色石灰土等。

3. 硅铝风化壳。分布于东北、华北的山区和山前地区,并一直延伸到西藏高原。东北的三江平原和长江三角洲地区有大面积堆积硅铝风化壳。

硅铝风化壳一般呈中性反应。可溶盐已淋失,碳酸盐也已基本淋失。从表4可见,这一类型的风化壳中硅的变化很小,铝的变化也不明显,同基岩相比, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 有些变

表4 硅铝风化壳中元素迁移特点

风化壳类型	地点	Al_2O_3			SiO_2		CaO		MgO		Na_2O		K_2O		资料来源
		风化系数	风化系数	淋溶系数	风化系数	淋溶系数	风化系数	淋溶系数	风化系数	淋溶系数	风化系数	淋溶系数	风化系数	淋溶系数	
硅铝风化壳	西藏	1.04	0.98	5.32	0.31	69.75	0.64	38.75	—	—	—	—	—	—	[17]
		$\text{CaO} > \text{MgO} > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{SiO}_2$													
	辽宁千山	1.18	0.97	17.82	0.49	58.64	0.95	18.75	—	—	—	—	—	—	[18]
		$\text{CaO} > \text{MgO} > \text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3$													
	安徽大别山	1.06	0.98	8.02	0.70	34.42	0.72	31.96	0.77	14.64	0.77	28.01	—	—	[19]
		$\text{CaO} > \text{MgO} > \text{Na}_2\text{O} \approx \text{K}_2\text{O} > \text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3$													
富铝风化壳	江西	1.23	0.91	25.56	0.18	84.62	0.68	44.30	1.58	76.33	0.67	45.10	—	—	[20]
		$\text{CaO} > \text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O} > \text{MgO} > \text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3$													
	广东	1.21	0.96	20.57	0.08	93.02	0.37	69.07	0.05	96.04	0.98	18.43	—	—	[21]
		$\text{Na}_2\text{O} > \text{CaO} > \text{MgO} > \text{SiO}_2 > \text{K}_2\text{O} > \text{Al}_2\text{O}_3$													

注: 风化系数系风化壳中氧化物含量和岩石中之比;

$$\text{淋溶系数}^{(1)} t = \frac{t_1 - t_2}{t_1} \times 100\%, \quad t_2 = t' \times \frac{\text{母岩中 } \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{风化壳中 } \text{Al}_2\text{O}_3} \times 100\%;$$

t 为氧化物从母岩风化过程中迁移的重量(%);

t_1 为母岩中氧化物重量(%);

t_2 为 Al 在不变情况下土壤中氧化物重量(%);

t' 为土壤中氧化物重量(%)

窄,随着硅酸盐的破坏,硅酸盐中钙与钠含量减少, K_2O 、 MgO 也有此趋势,但其程度显然比富铝风化壳要弱得多。由于岩性和淋溶强度不同,各地硅铝风化壳中 Ca 、 Mg 、 K 、 Na 的迁移强度也不一样。风化壳中盐基饱和或开始不饱和,代换性阳离子中以 Ca 为主。标志元素为 H 、 Al 、 Si 、 Fe 。标志化合物为 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 的水化物。粘土矿物处于脱钾阶段,以蒙脱石等 2:1 型为主。

此类风化壳在一定条件下,易出现灰白色层次,如西藏的漂灰土,东北的白浆土和华东的包浆土。如表 5 所示,这几种灰白色的层次, Fe_2O_3 、 MnO_2 、 P_2O_5 的含量都较低,白土层的铝特别是有效性铝的含量很低。而 SiO_2 的含量相对较高,如表 5 所示,这些层次的 Al_2O_3/Fe_2O_3 都比较高,粘粒含量低,粉砂含量高,粗粉砂与粘粒之比也高。这些白色层次之下,往往有一不透水的层次。据报道^[22-24],形成此种现象的原因不一,可能是脱沼过程、冻融过程或侧流所造成。但大多形成于硅铝风化壳上。

表 5 硅铝风化壳上白土层的某些特性

地点及 土号	深度 (厘米)	层次	pH	烧失量 (%)	SiO ₂ Fe ₂ O ₃ Al ₂ O ₃			SiO ₂ / Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	机械组成 (毫米,%)		(0.05— 0.01)%
					占灼烧土(%)					0.05— 0.01	<0.001	(<0.001) %
漂 灰 土												
西藏察拉 木县曲乡 德青塘珠 023	13—20	Abg	4.9	10.91	55.72	3.66	32.05	3.00	15.50	26.6	6.7	3.97
	20—28	b _I	4.8	10.55	33.29	39.79	20.77	2.75	0.74	23.9	9.0	2.66
	28—48	b ₂	5.3	12.73	39.62	19.92	30.89	2.20	2.31	27.50	4.8	5.73
白 浆 土												
黑龙江	2—11	表层 A ₁	6.7	7.53	52.36	10.97	24.17	3.63	3.43	34.0	16.0	2.13
佳木斯	11—21	白浆层 A ₂ W	5.8	6.73	51.77	10.63	24.25	3.58	3.43	28.5	21.0	1.36
(124号)	47—66	淀积层 B ₂	6.1	6.89	51.69	11.00	24.80	3.58	3.43	21.5	26.0	0.83
包 浆 土												
江苏省东 海县牛山 果园(徐 17号)	0—20	表土层	6.2	—	47.94	11.96	26.38	3.08	3.25	46.0	14.0	3.29
	20—26	白浆层	6.2	—	49.95	10.94	26.08	3.19	3.71	36.5	23.0	1.59
	36—45	紫泥层	6.0	—	47.78	11.63	26.65	3.08	3.71	29.0	46.0	0.63

从表 6 可知,碳酸盐风化壳中,一方面铁的含量少,游离铁占全铁的百分比较小;另一方面 pH 值较高,铁、锰的还原作用受到限止,故难形成白色层次。至于在富铝风化壳上,由于铁的含量高,游离铁占全铁的百分比大,同时其老化程度也高,因此,在一般情况下,较难形成白色层次^[25]。

根据硅铝风化壳的淋溶程度,我们将它划分为饱和硅铝风化壳、不饱和硅铝风化壳以及弱富铝硅铝风化壳。在西藏高原及其类似地区为多碎屑硅铝风化壳,其特点是含大量石砾,机械组成以粗砂为主。

此类风化壳分布极广,其上发育的土壤类型也极复杂。棕壤、暗棕色森林土发育于不饱和的硅铝风化壳上;褐土、灰色森林土以及黑土发育于饱和硅铝风化壳上。黄棕壤发育于弱富铝硅铝风化壳上,而高山草甸土和高山草原土则发育于多碎屑的硅铝风化壳上。此类风化壳上发育的土壤一般呈中性或微酸性,各种养分的有效性高,土壤肥力也较高。

表6 不同类型风化壳的胶体部分全铁及其活动性

地 点	母 质	深 度 (厘米)	粘粒(%) (<0.001 毫米)	全铁(%)	活性铁(%) ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 提)	活性铁 全铁 $\times 100$
碳酸盐风化壳 ^[26]						
内蒙古	花岗岩	67—80	7.66	10.49	3.85	36.7
内蒙古	玄武岩	32—58	—	11.92	5.29	44.4
内蒙古	黄土沉积物	87—124	20.50	9.93	5.12	51.6
硅铝风化壳 ^[27]						
江苏溧阳	下蜀黄土	40—70	30.5	12.10	7.40	61.2
江苏,南京	石灰岩	33—45	—	12.50	8.87	71.0
富铝风化壳*						
江西进贤	第四纪红土	33—70	45.1	11.98	10.76	89.8
广东阳江	花岗岩	70—120	40.27	8.96	8.09	90.3
广东徐闻	玄武岩	80—100	63.2	17.60	14.10	80.1

* 许冀泉资料

4. 富铝风化壳。富铝风化壳是硅铝风化壳的进一步发展。

富铝风化壳广泛分布于华南地区,由于新构造运动,此类风化壳可以分布到高达2000米的云贵高原上,西藏高原4000多米的地方也见有红色风化壳的踪迹。

此类风化壳发育于各种基岩上,通常为花岗岩、砂页岩、玄武岩、石灰岩和第四纪红色粘土等。岩石分解、淋溶作用十分强烈。风化壳中可溶盐、碱金属和碱土金属比较缺乏。基性岩上的风化壳中 Cu、Co、Ni、Cr、Mn、V 相对较高,酸性岩上的风化壳中这些元素的含量很低。由于硅酸盐的大量破坏, $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 均较低,一般在2左右或2以下,而相对地富于活性较小的元素,如铁、铝、钛等,这一类的风化壳粘土矿物以高岭石、三水铝矿为主,在南部三水铝矿与赤铁矿含量增加。

表7 网纹层的化学组成*

地点	风化物 类型	色泽	pH		SiO_2 (%)	R_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	FeO (%)	CaO (%)	MgO (%)	TiO_2 (%)	K_2O (%)	MnO (%)	代换量 (毫克当量 100克土)
			H ₂ O	KCl										
江西新建	第四纪 红色 粘土	红	—	—	39.69	47.94	19.49	0.25	—	—	0.90	—	—	18.1
		白	—	—	47.86	37.47	3.69	0.34	1.15		1.22	—	—	26.7
		黄	—	—	40.08	36.07	8.17	0.31	1.01		0.83	—	—	19.2
广东茂名	浅海 沉积物	红	4.49	3.96	45.23	41.37	8.91	0.74	0.25	0.79	0.79	—	—	15.8
		白	4.59	3.91	46.95	38.96	3.58	0.31	0.18	0.73	0.78	—	—	17.1
广东高州	变质 岩系	红	4.70	4.03	40.56	43.80	14.03	0.35	0.28	1.27	0.74	5.40	0.044	9.8
		白	4.61	3.89	46.77	37.02	4.35	0.38	—	1.98	0.81	6.22	0.016	13.0

* 张效年资料

富铝风化壳一般都较深厚,可达数十米,甚至更厚。由于氧化铁的含量以及水化程度不同而呈红、橙、黄等各种颜色。由于氧化铁的移动,风化壳中形成胶膜、铁子、铁盘等。这些新生体不仅在红色风化壳中形成,也见于硅铝风化壳中,但在富铝风化壳中易于形成,数量也比较多。其中一部分铁结核可直接由半风化母岩,也有由网纹层中铁的再分配而形成的。网纹层的形成是红色风化壳所特有的。有的网纹是地质时期的产物,又有的是近代形成的;有的是地表水作用的结果,也有的是地下水影响下形成的。植物根系的延伸、裂隙的发展常有利于网纹的形成。从表 7 可以看出,网纹层中红、黄、白部分铁的含量有明显的差异,其中以红色部分最高,黄色次之,白色最少。至于粘土矿物,从三个地方网纹层中红与白的部分进行对比来看,虽然由于母质不同,有的含高岭石较多,有的含伊利石较多,但所形成的网纹不同部分并无明显差别(图 5)。

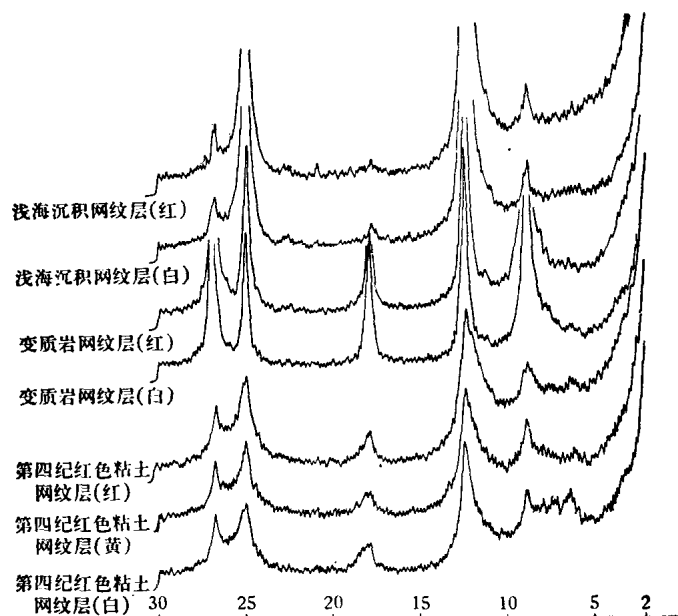


图 5 不同类型风化壳中网纹层各部分的 X-射线衍射图谱

总之,红色风化壳色泽变化,铁、锰结核,或是网纹层的形成都是铁锰在一定条件下活跃迁移的结果。该区风化壳的地下水、渗漏水属 HCO_3^- - Ca - SiO_2 水。在热带玄武岩(凝灰岩)风化壳中,由于含钙原生矿物分解比较彻底,含镁原生矿物残留稍多,水分类型变为 HCO_3^- - Mg - SiO_2 水。一些花岗岩风化壳中,由于钠长石的风化,水分类型变为 HCO_3^- - Na - SiO_2 水。如表 8 所示,地下水、渗漏水呈微碱性反应,组成中除 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 外,以 SiO_2 为主,其次为 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 K^+ 、 Na^+ , 再次为极少量的 Fe 、 Al 、 Mn 、 P 等。这表明,在弱碱性条件下,由于碱性水解作用,脱硅与脱盐基作用仍在不断进行。

这一风化壳的标志元素为 H 、 Al 及 SiO_2 、 Mn 、 Fe , 标志化合物为 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 的水化物。 pH 由北向南逐渐降低,代换性 Ca 、 Mg 也相应减少,代换性 H 、 Al 则相反。

此类风化壳发育的土壤上所生长的植物富含铝,有时还有较高的锰。而 Ca 、 Mg 、 K 、 Na 、 P 、 S 含量较低。

表8 不同风化壳中渗出水的水分类型*

地 点	风化壳类型	水分类型	采样日期	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	SiO ₂	Fe	Mn	Al	P				
					毫克当量/升												毫克/升			
					HCO ₃ -Mg-SiO ₂ 水															
广东湛江湖光岩	铁质富铝 风化壳 (凝灰岩)	沟水	1973.9	7.70	0.58	1.61	0.04	0.30	1.74	0.22	0.72	22.60	0.25	0.003	0.20	0.02				
		井水	1973.9	8.07	1.08	1.46	0.08	0.47	3.15	0.27	0.17	44.60	0.19	0.005	0.19	0.09				
		湖水	1973.9	7.28	0.26	0.36	0.06	0.17	0.43	0.23	0.31	4.20	0.25	0.004	0.15	0.01				
广东徐闻坑子	铁质富铝 风化壳 (玄武岩)	沟水	1973.9	7.50	0.36	0.46	0.09	0.39	0.57	0.44	0.22	14.80	0.19	0.005	0.19	0.03				
		塘水	1973.9	7.30	0.36	0.44	0.06	0.35	0.50	0.42	0.23	12.60	0.25	—	0.09	0.04				
		沟水	1973.9	7.10	0.14	0.32	0.04	0.24	0.23	0.33	0.26	9.0	0.40	0.006	0.01	0.07				
HCO ₃ -Na-SiO ₂ 水																				
广东高州 广东电白 广东那大	硅质富铝 风化壳 (花岗岩)	沟水	1973.9	7.10	0.17	0.14	0.05	0.18	0.24	0.24	0.15	14.40	0.25	0.006	0.21	0.01				
		井水	1973.9	6.70	0.19	0.14	0.04	0.59	0.21	0.62	0.24	5.20	0.19	0.011	0.21	0.04				
		井水	1973.9	7.70	0.45	0.39	0.22	0.54	0.36	0.60	0.27	29.40	0.35	0.063	0.18	0.04				
HCO ₃ -Ca-SiO ₂ 水																				
广东高州 广东雷虎(海南)	硅铝质富铝 风化壳(砂岩 火山喷出物)	沟水	1973.9	6.80	0.13	0.06	0.04	0.09	0.12	0.14	0.21	14.40	0.85	0.011	0.21	0.004				
		井水	1973.9	—	0.39	0.17	0.06	0.23	0.47	0.24	0.26	14.20	0.05	2.00	痕迹	—				

* 测定者: 范本兰