

广东省花岗岩区侵蚀土壤类型 及其防治对策

张运英

(广州地理研究所, 广东 广州 510070)

摘要: 广东省花岗岩出露区面积大, 不同侵蚀风化壳岩层为母质的土壤侵蚀过程和侵蚀类型区域差异明显, 因此依据不同侵蚀土壤类型的特点进行治理显得十分必要。该省德庆县花岗岩风化壳土壤侵蚀非常严重。在对该地区花岗岩风化壳特性与侵蚀过程关系调查基础上, 对花岗岩风化壳剖面分带特征及其物理化学垂直分异特点进行了分析, 探讨了花岗岩区侵蚀土壤的发生机理, 对花岗岩区主要侵蚀土壤类型、特点及其治理对策进行了讨论。

关键词: 花岗岩区; 风化壳; 侵蚀土壤

中图分类号: P931 S157

文献标识码: A

广东地处亚热带季风气候区, 降雨充沛, 多大风暴雨, 是土壤侵蚀易发区。由于自然和历史的原因, 广东成为我国水土流失比较严重的省(区)之一。经过近20 a的植树造林和水土流失治理, 森林植被覆盖度有了显著提高, 水土流失得到了不同程度的控制。但是, 该地区花岗岩地区分布较广, 全省花岗岩面积约 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全省总面积的50%以上^[1]。花岗岩区水土流失严重, 其中崩岗型和沟谷型水土流失最为突出。花岗岩区长期土壤侵蚀带来的土壤退化问题成为现今广东土壤侵蚀治理和生态环境改善的难点。前人对花岗岩地区土壤侵蚀特征、过程、机理及其防治对策做过大量的研究^[1-5]。在此基础上, 本文依据广东德庆县花岗岩区水土流失调查资料, 对花岗岩区侵蚀土壤类型、特性及其防治对策进行探讨。

1 风化壳剖面特征

广东花岗岩在形成的地质年代上, 以燕山期为主。花岗岩风化壳主要形成于上新世至晚更新世期间, 尤以中更新世的风化作用最为强烈。全新以来

红土化作用仍然强烈地进行着。广东地处亚热带, 气候热湿, 干湿季节明显, 在地势低平和坡度和缓的丘陵低山区, 形成了巨厚的花岗岩红色风化壳。根据有关研究资料^[1-6], 广东花岗岩风化壳可划分为如下5个带: 全风化带、强风化带、弱风化带、微风化带和新鲜基岩。各分带特征见表1。

表1风化壳分带是相对的, 实际情况表明, 各带之间是逐渐过渡的, 有些地区往往缺少弱风化带或难于划出微风化带。从矿物成分特征和岩体结构上看, 弱风化带和微风化带属于碎屑风化阶段。强风化带处于岩石碎屑化向粘土化转变的过渡阶段。全风化带处于岩石完全风化成残积土阶段。因此, 处于不同风化阶段的不同风化分带的物质结构和物理、化学特征有显著差异, 由此决定了不同风化带抗侵蚀能力的差异。

2 风化壳分带粒度与化学特征

通过广东西北部德庆县燕山期黑云母花岗岩风化壳剖面采样资料的分析, 获得该地区花岗岩风化壳分带粒度和化学成分特征(表2和表3)。

收稿日期(Received date): 2008-09-10; 改回日期(Accepted): 2008-11-28.

作者简介(Biography): 张运英(1957-), 广东五华人, 工程师, 主要从事环境化学分析。[Zhang Yunying (1957-), born in Wuhua Guangdong Engineer. Major in analysis of environment chemistry.]

表 1 花岗岩风化壳分带特征

Table 1 The weathering crust of granite divides the belt characteristics

分带名称	颜色	矿物成分的变化	岩体结构的变化	标志性特征
全风带	棕红色	除部分石英晶粒外, 其余矿物风化形成次生矿物, 铁铝富集, 氧化铁含量显著高于母岩, 多数矿物高岭土化	原岩体结构已全部破坏, 呈松散状, 雨后干裂	表面有铁质结核, 表层形成砖红壤土
强风化带	浅棕红色	该层厚度大, 风化强烈, 除石英外, 大部分造岩矿物发生显著变化, 形成次生矿物, 长石高岭土化, 黑云母等暗色矿物强烈风化, 氧化铁含量较高, 土质粘重	原矿结构清楚, 裂隙发育, 疏松易碎, 风化程度自上而下减弱, 粘土矿物及砂砾碎屑减少, 碎裂状岩块增多, 是残积砂砾土和碎裂岩体的混合体	有较厚的碎石层, 有些地区出现“石蛋地形”
弱风化带	浅灰黄色	位于高岭土残积带的下部; 长石多风化为高岭土, 云母类矿物变为粘土矿物	岩体裂隙发育, 呈网格状; 裂隙面风化作用较强烈, 岩石整体结构无明显变化	有铁质浸染, 整体上为块状岩体
微风化带	锈黄色	风化沿岩石裂隙面发育, 见锈黄色铁锰质风化物, 长石开始高岭土化	有少量风化裂隙, 岩石结构基本上无变化, 裂隙风化面可以剥落或破碎成小块	有少量风化裂隙, 岩体完整
新鲜基岩		基本无风化痕迹的完整岩体		

表 2 花岗岩风化壳分带粒度特征

Table 2 The weathering crust of granite divides the belt granularity characteristics

风化阶段	分带名称	层位	深度 (m)	不同粒径 (mm) 百分含量 (%)								
				> 2	2~ 1	1~ 0. 5	0. 5~ 0. 25	0. 25~ 0. 1	0. 1~ 0. 06	0. 06~ 0. 004	0. 004~ 0. 002	< 0. 002
				细砾	极粗砂	粗砂	中砂	细砂	粉砂	细粉砂	粘土	粘土
残积土形成阶段	全风化带	表土层	0~ 1. 30	3. 80	15. 84	9. 75	4. 17	2. 92	1. 01	31. 44	10. 46	19. 63
		红土层	1. 30~ 3. 08	31. 27	12. 96	5. 25	2. 68	1. 55	0. 67	36. 84	2. 78	6. 03
过渡阶段	强风化带	杂色红土层	3. 08~ 9. 68	14. 04	15. 38	10. 56	7. 07	5. 74	3. 46	40. 32	1. 47	1. 96
碎屑风化阶段	弱风化带	浅色红土层	9. 68~ 19. 65	31. 41	13. 06	7. 89	5. 35	3. 72	1. 98	31. 81	2. 45	2. 33
	微风化带	构造残积层	19. 65~ 30. 55	36. 79	21. 05	16. 11	9. 68	5. 85	2. 41	7. 61	0. 11	0. 29
未风化阶段	新鲜基岩	母岩层	> 30. 55	中粒或斑晶角闪黑云母二长花岗岩								

表 3 花岗岩风化壳分带化学成分特征

Table 3 The weathering crust of granite divides the belt chemical composition characteristics

风化阶段	分带名称	层位	深度 (m)	化学成分 (%)							
				SO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
残积土形成阶段	全风化带	表土层	0~ 1. 30	50. 35	3. 90	17. 81	0. 77	0. 69	0. 09	0. 37	0. 19
		红土层	1. 30~ 3. 08	53. 27	5. 61	27. 91	0. 71	0. 21	0. 07	0. 28	0. 77
过渡阶段	强风化带	杂色红土层	3. 08~ 9. 68	64. 37	3. 49	21. 77	0. 56	0. 25	0. 03	0. 25	0. 46
碎屑风化阶段	弱风化带	浅色红土层	9. 68~ 19. 65	64. 46	2. 94	20. 91	0. 60	0. 45	0. 48	3. 19	0. 80
	微风化带	构造残积层	19. 65~ 30. 55	70. 11	2. 19	15. 30	0. 40	0. 45	0. 64	3. 75	0. 98
未风化阶段	新鲜基岩	母岩层	> 30. 55	71. 73	1. 50	1. 50	0. 27	2. 52	0. 55	4. 35	1. 82

从表 2 可以看出, 细砾、极粗砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂的百分含量从表土层往构造残积层总体上表现为由小增大的趋势, 即表土层往下部粒径明显增大, 说明风化强度不断减弱。另外, 粘土和细粉砂百分含量则出现相反的结果, 表现为从表土层到构造残积层减少的趋势, 其中粘土含量从上往下减小

趋势尤为明显。不同风化阶段的不同风化带粘度特征对土壤侵蚀产砂有重要的影响。

从表 2 看出, 残积土形成阶段中的表土层和红土层 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 百分含量明显高于碎屑风化阶段的浅色红土层和构造残积层, 更显著高于未风化的新鲜花岗岩。这表明位于全风化带的残积土富含铁铝氧化物, 质地粘重且被铁氧化物胶结的残积土具有较高的抗侵蚀能力。

3 侵蚀土壤发生机理

侵蚀土壤是指土壤在各种因素, 特别是人为因素影响下所发生的和正在进行着的土壤侵蚀过程, 即土壤质量及其可持续性下降甚至丧失其物理的、化学的和生物学特性的过程。

3.1 红土层薄化过程

在花岗岩分布区, 通过亚热带湿润气候以及地形、水文等自然因素的长期综合作用下形成厚层的花岗岩风化壳。在未受到人类活动影响或人类干预较小的区域, 花岗岩风化壳上部的全风化带覆盖着一层厚实的红土层, 其厚度一般有 1~2 m, 红土层的化学成分以 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 和 SiO_2 为主, 其中 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 大量富集, 形成铁氧化物胶结层, 在结构上表现为团块状、絮凝状或凝块状, 质地坚硬, 排列紧密, 形似一个坚硬的盖帽覆盖在花岗岩风化壳的最土层, 具有较强的抗蚀抗冲刷性能, 对风化壳物质起着有效的防蚀防冲刷的保护作用。在人类活动影响下, 如植被破坏, 首先使红土层表层一的结构破坏, 或形成一定厚度的耕作层。在降雨和地表径流的冲击下, 松散的表土层易被冲蚀。在持续的水蚀作用下, 红土层厚度不断地变薄。随着红土层薄层化过程的发展, 红土层矿物的铁质化和黏化现象逐渐变弱, 长石和云母的蚀变过程降低, 而半风化的碎屑物质增多, 红土层土壤物理、化学和生物性质发生变化, 其结果出现红土层土壤质量的变差, 抗蚀性能降低。

3.2 土壤砂质化过程

地表红土层薄层化过程, 伴随出现土体粘粒含量的减少和砂粘含量的增多, 进而导致土壤质地的砂质化。前述表明, 花岗岩不同风化阶段风化层的物质组成、结构及物理、化学特性有显著的差异。风化壳上部红土层薄层化过程的持续进行, 必然导致红土层的消失, 而使红土层下部的风化壳地层出露。

该地层为质地较粗的砂土层或碎屑层, 其结构疏松, 抗蚀性差, 具有易被流水冲刷形成沟蚀的特点。实际情况表明, 广东花岗岩风化壳全风化带下部和强风化带上部风化层的砂土层或碎屑层较为发育, 该地层出露后, 土壤的成土过程慢, 表层土壤粒状团聚结构差, 微团体积 0.25~0.01 mm 粒级含量较少。据有关研究资料^[7], <0.01 mm 物理性粘粒含量一般仅有 11%~20%, <0.002 mm 粘粒含量通常在 550 g/kg 以下, 土壤抗蚀性能很差, 在水蚀作用下, 极易出现砂质化土壤, 砂质化过程导致石英砂粒在地表的积聚, 有些地方可厚达 3~5 cm, 形成白茫茫的“白砂岗群”。

3.3 土壤砾质化和石漠化过程

在自然和人为因素的长期综合作用下, 花岗岩风化壳侵蚀区的持续土层薄层化和砂质过程, 必将导致风化壳的消失。

花岗岩风化壳侵蚀区, 由于地形和人为作用强度与方式的差异, 出现不同的风化壳侵蚀情况。在陡坡地段, 地表径流冲刷力强, 风化壳易被冲刷, 以致在很短的时期, 可使全风化带和强风化带被剥蚀殆尽, 出现弱风化或微风化地层。该地层有少量的云母类矿物形成的粘土矿物和长石风化形成的高岭土。由于其铁氧化物胶结极差, 结构松散, 抗蚀性差, 极易被地表径流冲刷, 出现碎块砾石或基岩裸露的石漠化。

4 侵蚀土壤类型及其防治

在自然和人为因素的影响下, 花岗岩风化壳出现不同形式的侵蚀类型, 主要有面蚀、细沟侵蚀、切沟侵蚀和崩岗侵蚀等, 其中崩岗侵蚀强度大, 侵蚀模数高, 危害严重, 有些崩岗由于溯源侵蚀, 可从山麓一直发展山腰以上, 有的崩岗甚至越过分水岭仍在继续发生崩岗侵蚀。在坡度较陡的花岗岩区, 风化壳厚度较小, 在面蚀、细沟和切沟侵蚀的长期作用下, 风化壳风化层受到不同程度剥蚀破坏, 表现为花岗岩风化壳不同风化阶段地层的出露, 在此基础上, 视环境条件的差异, 有些地区形成了新的表土层, 而另外一些地区风化壳被剥蚀殆尽, 呈现基岩裸露的石漠化景观。总的说来, 缓坡地段风化壳侵蚀程度较轻, 只要具有铁铝氧化物胶结的红土层没有受到破坏, 崩岗侵蚀不易发生。红土层一旦消失, 风化带砂质或碎屑层则暴露于地表。该地层新的土壤发育

慢,而且易被侵蚀,以致快速发展为崩岗。可见,由于不同出露地层性质的差异,对其表土层的抗侵蚀性能有直接的影响。因此,根据花岗岩风化壳侵蚀区不同地层形成的表层土壤抗侵蚀性能的不同,可将花岗岩区侵蚀土壤分为三种类型:红土层侵蚀土壤,砂质碎屑层侵蚀土壤和砾质碎屑层侵蚀土壤。各类型特性及其防治对策分析如下。

4.1 红土层侵蚀土壤

该侵蚀土壤主要发生在花岗岩全风化带的红土层或网纹红土层。该红土层含有大量粘土矿物,土壤质地粘重,而且被铁铝氧化物胶结,结构紧密,透水性差,具有很强的抗水蚀能力。花岗岩区红土层厚度越大,红土层上部经生物化学风化作用形成的表土层土壤具有红壤的特性。在无人干扰影响下的缓坡或平地自然土壤的侵蚀强度很小,以致自然土壤下部的红土层还得以保留。在受到人类强烈干扰下的较陡坡自然土壤侵蚀强烈,以致影响到红土层的侵蚀,当红土层还没有受到完全的破坏,发生在红土层上的土壤侵蚀强度不大,其侵蚀模数最大只有 $8\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})^{[3]}$ 。因此,红土层侵蚀土壤的治理,首先应停止对植被的破坏,对已受到破坏的地区应实施封禁封育措施,或辅以人工的植树种草,局部辅以工程措施。通过这些措施,使表层土壤侵蚀速率降低,保护红土层不受到破坏。建议对广东尚保留红土层的侵蚀土壤区开展深入的调查,查明红土层保留情况及其区域分布,为红土层侵蚀土壤的有效防治提供依据。同时要采取科学而又经济的保护措施,严格控制红土层的破坏。

4.2 砂质碎屑层侵蚀土壤

该侵蚀土壤主要发生于花岗岩全风化带下部碎屑较多的杂色粘土层和强化带上部的砂质碎屑层。该风化层花岗岩风化强烈,除石英外,大部分造岩矿物已发生显著变化,铁铝氧化物含量少,碎屑状沙砾含量高,结构疏松,抗水蚀性能差。在无植被保护下的较陡坡或陡坡地段,侵蚀模数可达 $1 \sim 2 \times 10^4\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,并且很快转变成剧烈的崩岗侵蚀,其侵蚀模数高达 $20 \sim 30 \times 10^4\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。因此,在失去红土层保护的花岗岩风化地层的土壤侵蚀治理是花岗岩侵蚀区治理难度最大的地区。其治理措施需采取工程与生物相结合的综合治理措施,对已出现崩岗侵蚀的地区,应以工程措施为主,辅以生物及其他措施。近 20~30 年来,广东对花岗岩区砂质碎屑层侵蚀土壤进行了积极治理,植被覆盖度明显提高,

但是治理后的表层土壤尚处于发育的初级阶段,剖面形态简单,有机质含量不高,肥力较低,侵蚀敏感性高。为此,需要加大保护力度,加速植被的恢复与重建,快速形成良好的多层次植物群落结构。

4.3 砾质层侵蚀土壤

该侵蚀土壤主要发生于花岗岩风化壳强风化带下部与弱风化带上部之间的过渡风化层。该地层花岗岩风化强度较弱,粘土矿物及砂质碎屑物较少,多碎裂状岩块,碎裂状岩体中混有一定量的残积砂砾土,有少量长石、云母类矿物形成的粘土矿物,表现为粗碎屑结构,胶结物很少,结构较疏松,抗蚀性能较弱,由于粗碎屑石砾质多,因此,土壤侵蚀模数不高,但治理难度很大。一般应采取封禁下的自然修复,辅以适当的人工措施。

参考文献 (References)

- [1] The Group of Water and Soil Conservation of China and Canada Study of Water and Soil Conservation in Guangdong Province [M]. Beijing: Science Press, 1989: 1~211 [中国、加拿大水土保持协作组. 广东省水土保持研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1989: 1~211]
- [2] Zhang Taolin, Wang Xingang. Advances in research of soil degradation by erosion [J]. *Journal of Natural Resources*, 2000, 15(3): 280~284 [张桃林, 王兴祥. 土壤退化研究的进展与趋势 [J]. 自然资源学报, 2000, 15(3): 280~284]
- [3] Zeng Zhaoxuan. Soil erosion on the red soil regions in south China [J]. *Rem in Zhujing*, 1992(6): 15~20 [曾昭璇. 华南红土区水土流失问题 [J]. 人民珠江, 1992(6): 15~20]
- [4] Wan Yongshan. Study on soil conservation effect for different eroded soil in Granite region of south China [J]. *ACTA Pedologica Sinica*, 1992, 29(4): 420~426 [万勇善. 南方花岗岩区不同侵蚀土壤治理效果的研究 [J]. 土壤学报, 1992, 29(4): 420~426]
- [5] Xie Jinhong, Yang Yusheng, Xu Mengshu. Ecological restoration technology and degradation of eroded Granite Red Soil in Subtropical region in China [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2004, 11(3): 154~156 [谢锦升, 杨玉盛, 解明曙. 亚热带花岗岩侵蚀红壤的生态退化与恢复技术 [J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 154~156]
- [6] Wang Qing, Tang Dawei, Zhang Qingyun. A study on the structure and composition of Granite Residual Soil in east China [J]. *Journal of Changchun University of Earth Science*, 1991, 21(1): 73~81 [王清, 唐大维, 张庆云. 中国东部花岗岩残积土物质成分和结构特征的研究 [J]. 长春地质学院学报, 1991, 21(1): 73~81]
- [7] Cheng Dongbin, Cao Congfa, Zuo Changqing. Study of soil degradation by erosion [J]. *Research of Water and Soil Conservation*, 2006, 13(5): 252~258 [程冬兵, 蔡崇法, 左长青. 土壤侵蚀退化研究 [J]. 水土保持研究, 2006, 13(5): 252~258]

Eroding Soil Types and Their Management Countermeasures of Granite Regions in Guangdong Province, China

ZHANG Yunying

(Institute of Guangzhou Geography, Guangzhou 510070 China)

Abstract A area of granite region in Guangdong province is big and regional differences of erosion processes and eroding types and different eroding weathering crust are very obvious. It is necessary that eroding soil is controlled according with their features. Soil erosion of granite weathering crust in Deqing county of Guangdong Province is very serious. Based on investigation to characteristics of weathering crust and erosion processes of this region, profile features of weathering crust and physical and chemical changes of different zone of weathering crust were analyzed, occurrence mechanism of eroding soil were discussed, features and their control countermeasures of main eroding soil types were made.

Key words granite region; weathering crust; eroding soil; Guangdong

封面照片说明: 澜沧江上游河谷地貌

澜沧江是中国西南地区的一条大河,发源于青藏高原的唐古拉山北麓(青海境内),源头分为札曲和昂曲两条河。札曲、昂曲在西藏昌都汇合后称澜沧江。澜沧江也是一条国际河流,流经中国的青海、西藏和云南,在流出中国云南的西双版纳后称湄公河;它是亚洲流经国家最多的河流,除中国外,还流经缅甸、老挝、泰国、柬埔寨和越南等国,在越南胡志明市附近注入南海,全长 4 880 km,是世界第六大河,亚洲第二大河。澜沧江上游处于青藏高原东部的横断山区,主要在西藏昌都地区和云南迪庆藏族自治州境内,穿行于他念他翁山和宁静山之间,河谷地带海拔多在 2 000~ 3 000 m,而两岸山脊的海拔多在 4 000~ 6 000 m,山崖陡峭,河谷深切,高差悬殊,岭谷相对高度一般达 1 500~ 3 000 m,形成了起伏强烈的典型高山峡谷地貌。照片为滇藏交界处附近的澜沧江河谷地貌。

(山 水)