

小良花岗岩台地风化壳破坏特征及其整治利用研究

姚清尹 郑良文 黄少辉

(广州地理研究所)

摘 要

本文着重探讨花岗岩台地植被破坏后,侵蚀地貌的发育机理以及整治利用的措施。为此,建立了三个小流域逕流槽观测站,研究其侵蚀破坏特征。

一、地貌轮廓与微地貌类型。该站海拔23~50米,属粤西滨海第二级花岗岩台地,按其切割特征,可分为五种微地貌类型:1.台地面;2.轻切割台坡地;3.强切割台坡地;4.台间干凹地;5.台间湿凹地。

二、红色风化壳形成发育状况。风化壳厚20~36米,按其风化程度上至下进行了分层,它的最大特点是随着风化程度的加深, SiO_2 大量淋失,而 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 则相对富集。

三、风化壳的侵蚀类型与破坏原因:以地表侵蚀形态、切割程度和破坏规模为指标,分为面状侵蚀、细沟侵蚀、中沟侵蚀、大沟侵蚀和崩塌五种类型。

四、小流域试验对比的基本特征:雨季初期有一吸水阶段,随着雨季的推移,侵蚀量出现,因而提出侵蚀临界雨量的概念(指2~3小时内的降雨量),不同林型在雨季不同时期有不同的量值。光坡地年总侵蚀量最大,桉树林次之,混交林基本无侵蚀。

五、整治措施:混交林,是改良土壤保持水土最好的措施。但在现时间内,则必须结合工程整治,如修梯田、建等高沟等,以防止水土的进一步流失。

前 言

小良水土保持试验推广站(以下简称水保站),位于广东省电白县小良镇西南,东经 $110^{\circ}54'18''$,北纬 $21^{\circ}27'49''$ 。全站面积4.333平方公里,即6500亩。由于水保站范围较分散,编图时把边界截取完整,图幅内面积为3.851平方公里,即5776.5亩,作为本报告正式图件面积。该站建于1957年,进行人工植被改造自然方面的研究,1979年中国科学院选定该站为全国10个森林生态系统定位研究站之一,1980年我所参加协作,承担地貌、第四纪、地

下水的科研任务。研究工作开展以来,进行多次野外调查,两次钻探,建立了9个观测井,定时测量不同林相地下水的变化,进行水质分析;观察和研究花岗岩红色风化壳的风化剥蚀状况。此外,还建立了三个小流域定位观测站,观测不同降水强度与流量、输沙量的变化关系。在室内开展了粒度、岩矿、水样、孢粉等分析化验。本报告为阶段性总结,该站作为热带地貌第四纪发育过程研究的观察点之一,将长期进行工作。

一、地貌轮廓与微地貌类型

水保站位于电白与吴川间的滨海台地上,基岩为燕山期花岗岩,台地大致与海岸平行,作东北——西南展布。台地上有几个残丘,如竹园岭、桂山岭、虎地岭等,构成鉴江水系与沿海小河的分水岭,残丘以西溪流流入鉴江水系的袂花河,残丘以东溪流独流入海。从整个轮廓看,台地缓坡起伏,最高点虎地岭海拔50米,最低的台间谷地海拔23米,相对高差15~20米,属滨海第二级花岗岩台地。由于植被破坏,水土流失严重,侵蚀地貌发育,计有1537个大崩沟,207条侵蚀沟^[1],地形支离破碎。按台地的侵蚀——切割——堆积关系和整治利用原则,将台地分为五种微地貌类型,详见图1。

各类型特征列述如表1。

台地平缓,它代表一个地貌发育期的地形面,是地壳长期相对稳定的产物。从区域地貌发育与相关沉积关系推断,它应是茂名盆地上升后所形成,即新第三纪末地壳上升,结束了湖盆堆积,湖盆外围的低丘被夷平,转入台地风化发育过程,故粤西沿海台地花岗岩风化壳是第三纪末与第四纪初期的产物。

平缓台地,为农业生产的有利地形。从生产角度出发,按坡度间距分类,编制了地面坡度图,坡度分级指标及其面积统计见图2。

从图可见,该地地形很平缓,小于 6° 的面积占80.2%。这种地形很有利于农、林业生产。

粤西沿海在新构造运动时期,处于间歇性上升状态,从山地丘陵到沿海台地、阶地、平原,形成多级层状地形,显示了多次上升与基准面变化的特征,并使台地进一步发展成新的微地貌类型和一套第四纪地层。按成因类型,第四系地层可分为下列三种类型:(1)早更新统——上新统残积层($e1Q_1-N_2$),它是花岗岩强烈风化的产物,为粘土质砂;(2)中更新统洪积边缘相堆积($p1Q_2$),分布于西部海拔32—40米的台坡地,厚0.3~4米,为棕黄色亚砂土,覆盖于残坡积的石英砾石层和残积层之上;(3)全新统洪积($p1Q_4$)和冲——洪积层($alpQ_4$),分布于冲沟口及台间凹地,构成沟口的扇形地和台间凹地的堆积层,以石英中细砂和砂质淤泥为主。详见图3。

二、红色风化壳的发育状况

风化壳的形成决定于气候条件、母岩性质、地壳运动与地下水的作用等因素。

水保站位于巨大的燕山期小良花岗岩体之上,岩性为黑云母二长花岗岩和伟晶二长花岗岩,结晶颗粒粗大;岩体内节理裂隙很发育,地下水丰富且活动频繁;气候具热带北缘特征,年均温 23°C ,年雨量1442毫米左右,干湿季明显;它的新构造运动特点是长期缓慢上升状态。这些有利因素的综合,使得该区风化壳发育比较深厚,形成了近乎热带特征的厚层红色风化壳。据钻孔揭露,厚一般20~36米,谷地略厚,台地面上略薄。

表 1

水保站微地貌类型特征表

Table 1

Characteristics of micromorphological types in the
Water and Soil Conservation Station area.

characteristic 特征 分类 classification	面积 (亩) area (mu)	微地貌特征 characteristic of micromorphology	水土条件 water and soil condition	侵蚀方式 erosion pattern
I 台地面 I. platform surface	989.7 占 17.1%	微波起伏, 坡度 $<3^\circ$, 地面平坦, 风化壳厚度达20—25米, 属厚层高岭土残积层, 个别台地顶部被石英脉穿插, 构成台地上的小丘, 铺满石英碎屑, 砾径3—10厘米, 土质贫瘠, 不利于植物生长。	红壤由高岭土残积层发育所成, 土质粘重, 板结, 呈酸性反应, pH值4.2—5.0。植被破坏, 表土受冲刷, 土壤贫瘠, 有机质含量1—1.5%, 造林后有所增加, 混交林达2.2%。降水多成散流, 往斜坡排泄, 部分蒸发和渗入地下, 地下水埋深8—11米。	地表呈片状侵蚀, 低凹处出现微型浅细沟, 仅在台地边缘溯源侵蚀的上方有崩塌或溯源侵蚀沟, 量少而规模较大, 可构成2—3米的崩塌陡坎。
II 轻切割台坡地 II. light dissected platform slope	1895.6 占 32.8%	台地面外围呈缓坡倾斜, 坡度 $3^\circ-7^\circ$, 风化壳厚达10—25米, 属浅色亚层与构造残积亚层, 在分水岭西北坡, 发育了较老的黄土状堆积物, 为棕黄色粘土质亚砂土, 厚0.5—2米, 斜坡下部有Q ₄ 堆积, 属斜坡暂时流水的产物, 厚几厘米至50厘米。	植被破坏, 表土冲刷严重, 土壤有机质少, 上部约1%, 下部约1.5%, 造林后可增至2—2.2%, 土质板结粘重, 雨水沿沟流失, 地下水位随地形而异, 上部8—10米, 下部埋深1.5—3米。	坡面平缓, 以片蚀和细沟侵蚀为主, 次为中沟, 少量大沟和小型崩塌, 斜坡上部以细沟为主, 下部沟体增大和加深, 以中沟为主, 沟谷由雨季暂时性流水所造成。
III 强切割台坡地 III. strongly dissected platform slope	1651.6 占 28.6%	地表坡度稍大, 约 $5^\circ-10^\circ$, 切割强烈, 属高岭石浅色亚层, 构造残积亚层, 个别山坡见球状风化物, 在北西向坡地出现黄土状堆积物和斜坡堆积物, 局部地方有铁锰结核层。	植被破坏后, 表土冲刷最为严重, 土壤有机质含量 $\leq 1\%$, 土质板结粘重, 降雨沿沟流失, 地下水位上部埋深8—11米, 下部1.5—3米左右, 并随季节而变化。	坡面以中沟、大沟侵蚀为主, 伴有崩塌, 常几条切沟汇集一起与台间凹地相连构成坡面上的集水区, 大量泥沙排往沟口, 大沟末端(又称沟头)常有崩塌, 是水土流失最严重的地段。

<p>IV 台 间 干 凹 地</p>	<p>W. dry hollows between platforms</p> <p>726 占 12.6%</p>	<p>该类属台地内的堆积区，是地壳抬升后相对稳定阶段暂时性流水侵蚀的产物，它由坡面侵蚀沟汇集而成，物质来源于坡地，属斜坡列的堆积类型，为亚砂土，厚几十厘米至几米，宽50—200米，处于干谷上游，地势较高，地表干旱，故称之为台间干凹地。</p>	<p>这里地势稍高，地表物质为坡积亚砂土，质松，孔隙多，易透水，故地表干旱，雨季有间歇性流水，如1981年10月2日降雨量120.6毫米，径流历时13小时50分，地下水较丰，埋深0.8—2.5米，是台地区理想的旱作地。</p>	<p>这里属于干谷地段，是坡地沟口群堆积的地方，在堆积的干谷内，暂时性的暴流可以冲刷谷底物质，但带来更多的泥沙堆积其上，可以造成20—30厘米高的“微型阶地”，构成“谷中谷”，这是间歇性流水作用的结果。</p>
<p>V 台 间 湿 凹 地 (台 间 湿 干 谷)</p>	<p>V. wet hollows between platforms</p> <p>474.3 占 8.2%</p>	<p>这类特征与IV基本相同，位于台间凹地的下方，是河流与干谷的过渡区，谷宽100—300米，谷底平坦比降1°—2°堆积物质地更细，多已辟为农田，是台地区主要粮作地。</p>	<p>谷内物质来源于坡面，为暴流和间歇性流水带来的堆积物，属坡——洪积类型，物质较细，以亚砂土为主，中间夹透镜体，地下水较丰，谷傍坡麓有不少泉水出露，雨季地表有较长时间的积水或小溪流，经人工整理，多辟为稻田，一年2—3熟。</p>	<p>这里是台地内的堆积区，间歇性流水是冲刷谷底的唯一动力，但很快转为堆积，暴流带来大量洪水与泥砂，造成淹没农田的灾害。</p>
<p>水 库</p>	<p>reservoir</p> <p>39.3 占 0.7%</p>	<p>水库成了小集水区的堆积盆，岸坡发育各类侵蚀沟，它带来大量泥沙堆积库内，淤塞水库。</p>	<p>现代暂时性流水搬运堆积大量的粘土、砂土、砂、砂砾，构成松散的土状堆积物。</p>	<p>沿库岸坡以沟蚀为主，库内为堆积区。</p>

整个风化壳由上至下具有明显的分带性。上部为全风化带，风化程度深，称为高岭石构造残积杂色亚层和浅色亚层。往下为半风化带，称高岭石构造残积亚层。再下为弱风化带，称碎石角砾残积层。最低部即为新鲜花岗岩。各层之间常量元素的氧化物相对含量是一种连续变化关系，最主要特征是，随着风化程度的加深， SiO_2 大量淋失，深部母岩为74.39%，而地表仅为43.58%；而 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 相对富集（分别由母岩的1.34%和13.24%增至地表的6.45%和32.13%），因而在地表所见为红色砂粘土或粘土质砂，即土壤学的砖红壤。

风化作用使基岩的结构和成份受到破坏而改变其原来的性状，同时也加速地貌形态的改造和地表物质的迁移与堆积，对现代侵蚀地貌的发育起着重大作用。

三、风化壳的侵蚀类型

地表受侵蚀首先决定于植被覆盖程度。植被破坏，就可产生侵蚀，随着时间的推移，逐步形成各种侵蚀地貌类型。以地表侵蚀形态、切割程度和破坏规模为分类指标，将侵蚀地貌形态分为五种类型，见图4。

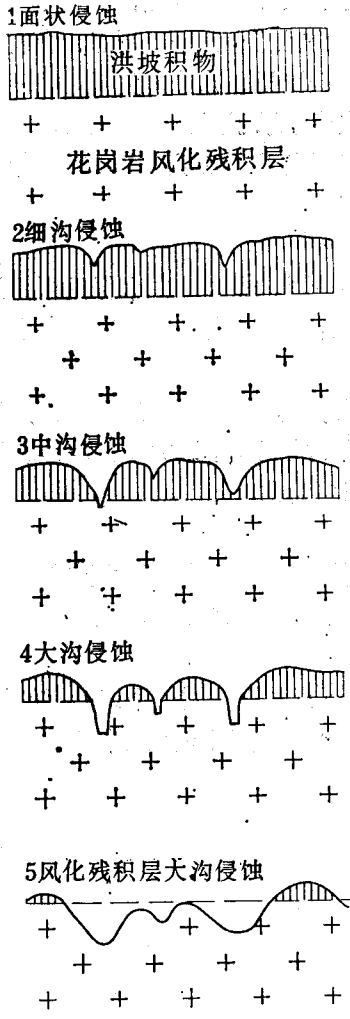


图4 侵蚀发育过程示意图

Fig. 4 Diagram of erosion process.

注：图为具有洪坡积物覆盖的沟谷发育模式，风化壳上无覆盖物者，其侵蚀模式为1、2、3、5。

1. 面状侵蚀：主要发育在平缓台地面及斜坡的上方，未形成集水面积，因此只有雨滴打击地面，遭受片状侵蚀。面状侵蚀的速度慢，但总流失量却很大。

2. 细沟侵蚀：地表斜坡具有一定的坡度和坡长，雨水沿斜坡微凹处形成径流，具有一定冲刷能力，造成沟深5~30厘米的沟状侵蚀。

3. 中沟侵蚀：冲沟的深和宽达30~100厘米。它发育于斜坡的中下部，或细沟进一步发展扩大的地带。由于水量水力的增大，加强了侵蚀切割强度，在沟壁开始出现少量小型崩塌。

4. 大沟侵蚀：中沟继续发展，沟宽达1~3米，深1~5米。它具有较大的集雨面积，自成侵蚀系统，有一系列的中、小型侵蚀沟伴生。它是由径流侵蚀、暴雨冲刷淘蚀及沟壁崩塌综合作用所造成。光坡地附近较典型，横断面成漏斗状，沟底宽20~40厘米，顶面宽1~4米，沟深达1~5米不等。

5. 崩塌：是冲沟进一步发展的产物，由于风化壳粘土矿物膨胀系数大，当它吸水膨胀后，在减压裂隙作用下，使负荷超载产生崩塌。形成半圆形的崩岗。

光坡地是侵蚀作用最为典型的地段。经估测，大型冲沟与崩塌总长达1070米，泥沙总流失量达9068.4吨。另据1919年坟墓调查，六十年来剥蚀厚度达15厘米，年流失量为

157.3吨/年。径流槽1982年测得泥沙总流失量为74.2吨，由于两个沉砂池过小，雨后往往满池，多余泥沙流失而未能计入，估计实际流失量可增大一倍而达到148吨/年左右，这一数值与坟墓计算的基本一致。从上述数据可以看出，大量水土流失，主要发生于近七十年来。由于溯源侵蚀，崩塌已接近分水岭，地表支离破碎，成了著名的“烂头山”。

侵蚀地貌的发育，决定于基岩风化厚度，地表斜坡特征和集雨面积等三个基本条件以及内动力（构造运动和基准面变化）和外动力（水动力对地表的切割以及地下水的潜蚀）二个动力因素。这些基本条件和动力因素相结合，就可产生不同的侵蚀类型，它们也是探讨风化壳破坏的最基本问题。

四、小流域试验对比的基本特征

为了取得不同林型对防止侵蚀、保持水土的效果，水保站建立了三个小流域径流槽观测点。（1）混交林地观测点，代表多林种混生的试验区；（2）桉林地观测点，代表单一树种试验区；（3）光坡地观测点，代表植被破坏后无覆盖的试验区。这三个观测点，各有一定面积的集雨区，地貌类型相似。在同一时间内观测降雨量、径流量和泥沙流失量。将观测资料进行整理、分析，初步看出三个观测点的某些特征。光坡地显示了无覆盖区侵蚀的基本特征，桉林地、混交林地显示了不同植被保持水土的作用。观测点于1981年建立，1982年5月开始观测，这些观测资料，具有一定的实用价值和理论意义。

（一）小流域试验区的基本条件

三个小流域试验区虽在同级台地上，但所处的位置则各不相同。光坡地在水保站西部边缘，桉林地在中部，混交林地在东南边。位置不同，微地貌条件也就有所差异。现将各小流域试验区的微地貌条件列表对比如下，详见表2。

三个试验区中以光坡地坡度最大，地表物质复杂，松散易冲刷，因此侵蚀地貌发育，地表最为破碎。桉林地地处台地中心干凹地末端，由于地势平缓（坡度均小于 6° ），故地表切割不强烈。混交林地起伏程度居于中间，地表物质以风化残积层为主。

（二）不同林型水土保持效应的对比

建点一年来，径流槽侵蚀量的观测数据，充实了过去提出的理论性概念，使之建立在实测资料的基础上，为整治水土流失提供了科学依据。现将1982年观测的径流槽侵蚀量的数据列表对比如表3。

根据表3资料，作出径流槽侵蚀量曲线对比图（图5），更直观地说明三个试验区的侵蚀特征，及不同林型保持水土的效应。根据资料统计与曲线对比，可说明下列几个问题：

表2

小流域试验区微地貌条件对比表

Table 2

The correlation of micromorphological conditions

in the experimental area of small drainage basin

迳流槽名称 names of the runoff tanks		光坡地径流槽集雨区 catchment area on bareland		桉林地径流槽集雨区 catchment area on eucalypt forest land		混交林地径流槽集雨区 catchment area on mixed forest land	
		面积(亩) area (mu)	占百分比 percent (%)	面积(亩) area (mu)	占百分比 percent (%)	面积(亩) area(mu)	占百分比 percent (%)
地表特征 surface feature							
微地形 micromor- phology	台地面	11.07	26.77	14.13	27.23	26.12	27.84
	轻切割台坡地	0	0	28.25	54.53	52.14	55.56
	强切割台坡地	26.72	64.60	0	0	0	0
	台间干凹地	3.57	8.63	9.43	18.20	15.58	16.61
	合计	41.36	100.00	51.81	100.00	93.84	100.00
坡度 slope	<3°	4.21	10.18	4.10	7.91	32.76	34.90
	3°—6°	20.34	49.18	47.71	92.09	40.46	43.12
	6°—9°	0	0	0	0	20.62	21.98
	>9°	16.81	40.64	0	0	0	0
	合计	41.36	100.00	51.81	100.00	93.84	100.00
地表物质 Surface material	洪积亚砂土	15.65	37.83	24.87	48.00	0	0
	坡积粗砂土	0	0	0	0	28.00	29.84
	河床砂砾石	6.35	15.35	8.78	16.94	2.39	2.45
	残积粘土质砂	19.36	46.82	18.16	35.06	63.45	67.62
	合计	41.36	100.00	51.81	100.00	93.84	100.00

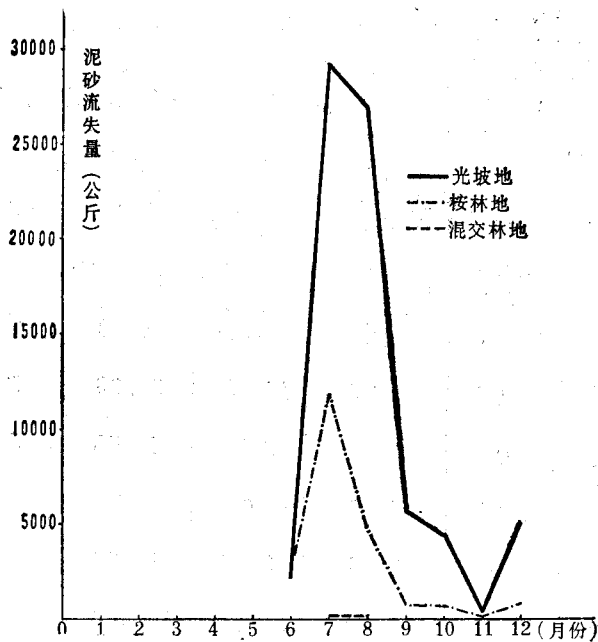


图5 一九八二年径流槽侵蚀量曲线对比图

Fig. 5 Correlation of erosion curves in the runoff tanks in 1982.

1. 雨季初期，桉林地的侵蚀量大于光坡地。因桉林地地表有低等植被——地衣覆盖，林冠也可拦截部分雨量，因此土层饱水比光坡地快，故侵蚀来得早，侵蚀强度也大些。当光坡地土层饱水后，其侵蚀强度迅速上升。

2. 混交林保持水土效应最好，侵蚀期短，仅7、8两个月，其余10个月均为无侵蚀期。

3. 全年总侵蚀量：混交林地为21.4公斤，桉林地为21446.7公斤，光坡地为74176.5公斤。若以单位面积比较，光坡地等于桉林地的4.3倍，等于混交林地的7866倍。桉林地等于混交林地的1815倍。

由于观测手段尚未完善，光坡地测得的侵蚀量偏小，但从一年的资料已可看出各试验点保持水土的优劣。

为了研究各试验点的特征，现将各径流槽的观测资料，分别整理编为表4、5、6，便于比较分析。

表4为混交林地与桉林地、光坡地的侵蚀对比表。

表3 一九八二年径流槽侵蚀量对比表

Table 3 The correlation of erosion volumes observed from runoff tanks in 1982

观测点 observ- ation area	混交林地 (93.83亩) mixed forest land (93.83 mu)				桉林地 (51.81亩) eucalypt forest land (51.81 mu)				光坡地 (41.36亩) bareland(41.36 mu)			
	项目 item	降雨量(毫米) rainfall(mm)	径流总量(米 ³) total runoff(m ³)	泥沙总流失量(kg) total erosion volume of soil(kg)	单位面积流失量(公斤/亩) erosion volume in unit area(kg/mu)	降雨量(毫米) rainfall(mm)	径流总量(米 ³) total runoff(m ³)	泥沙总流失量(公斤) total erosion volume of soil(kg)	单位面积流失量(公斤/亩) erosion volume in unit area(kg/mu)	降雨量(毫米) rainfall(mm)	径流总量(米 ³) total runoff(m ³)	泥沙总流失量(公斤) total erosion volume of soil(kg)
月份 month												
5月			0	0			0	0			0	0
6月	135.1	5.18	0	0	135.3	2036.66	2524.1	48.7	134.7	585.62	2277.6	55.1
7月	305.9	15.43	13.7	0.1	348.7	5901.66	11786.7	227.5	296.0	2374.11	29283.3	708.0
8月	172.0	11.08	7.7	0.1	158.2	2861.88	4775.0	92.2	149.9	1537.83	27044.3	653.9
9月	122.3	4.17	0	0	110.5	796.04	745.7	14.4	111.1	281.35	5716.1	138.2
10月	76.7	1.94	0	0	71.9	724.46	723.1	14.0	64.8	215.68	4472.3	108.1
11月	63.2	1.15	0	0	59.9	426.29	98.6	1.9	69.5	25.83	315.4	7.6
12月	41.4	0.38	0	0	48.9	733.52	793.5	15.3	48.0	225.51	5067.5	122.5
合计	916.6	39.33	21.4	0.2	933.4	13480.51	21446.7	414.0	874.0	5245.93	74176.5	1793.4

注：(1) 5月份没有泥沙流失量，其他未作统计。

(2) 径流量由底宽75厘米的标准测流槽自记流量计测得，雨量由自记雨量计测得。

表4 混交林地径流侵蚀对比表

Table 4 Correlation of the erosion on the mixed forest land

月	日	地 点	降雨时间		降雨量 (毫米)	径流总量 (米 ³)	径流深 (毫米)	径流系数	侵蚀量(公斤)			说明	
			rainfall time						erosion volume(kg)				
			起 止 时间	持 续 时间					悬 移 质	推 移 质	合 计		
beginning~end	duration	suspended load	tractional load	total									
7	5	I	12.00'~15.50'	3.50'	32.4	2.313	0.04	0.001	0.25	5.1	5.35	I混交林地 mixed fo- rest land	
		II	12.00'~15.40'	3.40'	25.5	613.989	16.26	0.638	841.2	789.7	1630.9		
		III	11.56'~13.35'	1.39'	24.7	407.729	10.94	0.443	2470.8	1956.6	4427.4		
7	6	I	15.06'~16.30'	1.24'	31.3	13.114	0.20	0.006	7.9	0	7.9		
		II	15.03'~16.15'	1.12'	25.9	794.64	21.04	0.812	540.4	722.2	1262.6		
		III	15.07'~16.15'	1.08'	25.6	364.386	9.77	0.38	1358.8	629.4	1988.2		
8	1	I	1.46'~13.00'	11.14'	38.5	1.000	0.20	0.0005	0	0	0		II桉林地 eucalypt forest land
		II	1.45'~13.15'	10.36'	38.7	563.213	14.912	0.385	73.2	367.8	441		
		III	1.45'~13.00'	11.15'	38.6	108.155	2.90	0.075	914.8	1946.1	2860.9		
8	3	I	5.56'~7.48'	1.52'	35.1	2.832	0.04	0.001	0	0	0		III光坡地 bareland
		II	5.52'~8.17'	2.25'	29.7	766.004	20.281	0.683	112.9	951.2	1064.1		
		III	6.27'~8.12'	1.45'	16.5	469.24	12.59	0.763	3237.8	2494.4	5732.2		
8	14	I	13.27'~14.05'	38'	23.9	0.70			0	0	0		
		II	12.15'~14.15'	2.00'	19.6	483.112	12.79	0.653	773.0	725.3	1498.3		
		III	11.57'~14.08'	2.11'	33.1	394.753	10.59	0.320	3866.6	2367.6	6234.2		
8	16	I	11.30'~13.40'	2.10'	31.4	5.638	0.09	0.003	4.8	1.8	6.6		
		II	11.34'~13.36'	2.02'	23.8	586.036	15.52	0.652	410.2	722.9	1133.1		
		III	11.31'~14.00'	2.31'	23.7	425.971	11.43	0.482	6359.7	2776.1	9135.8		

表4 说明了几个问题:

1. 混交林地侵蚀量仅出现于雨季盛期的7、8月, 也仅三次在短时间内降雨量大于30毫米才出现侵蚀, 故30毫米为它的侵蚀临界雨量。

2. 在混交林内, 强度小的长时间降雨, 即使降雨量大, 也没有发生侵蚀, 如8月1日。

3. 混交林地径流系数小, 雨水绝大多数在林内停积、渗透, 最大径流系数为0.006, 即有99.4%的水量留在林中, 只有0.6%的水量成为径流, 所以说森林可起涵养水源保持水土的作用。

表5 为桉林地径流槽观测资料。

从表5 可说明下列几个问题:

1. 雨季初期的特征(六月中旬前)

由于半年的干旱, 地表缺水, 最初几次下雨, 雨水全渗入地下和少量蒸发, 下雨已达侵蚀临界雨量, 仍无侵蚀, 称之为吸水阶段。如5月28日雨量7.4毫米, 无泥沙流失。当地表吸水将近饱和, 降雨量达6毫米, 才出现侵蚀, 将6毫米定为桉林地侵蚀临界雨量。随后, 侵蚀量随降雨强度增加而增大。

2. 雨季中后期特征(7~10月)

(1) 雨季中后期, 土层水份饱和, 两小时降雨量近3毫米, 就可造成侵蚀, 故3毫米为雨季中后期侵蚀临界雨量。

(2) 短时间内强降雨侵蚀量强, 前阵雨破坏地表, 后阵雨冲刷地面, 如7月15日两次降雨所见。大侵蚀量后的阵雨, 侵蚀量骤减。因地表松散物质多已冲刷, 如7月17日雨量与8日相当, 但8日侵蚀量多一倍。

(3) 降雨时间长, 强度小, 则侵蚀量小; 而降雨时间短, 强度大, 侵蚀大。如8月1日和7月10日之比, 侵蚀量后者为前者的2.88倍。

(4) 大雨后的小雨没有冲刷作用。大雨后的小雨虽达侵蚀临界, 但地表物质已为大雨所冲刷, 故没有侵蚀量, 须经一段时间, 地表重新松化, 才会恢复侵蚀作用。

表6 为光坡地径流槽观测资料。

从表6 中说明几个问题:

1. 雨季初期

光坡地的侵蚀特征与桉林地相似, 同样具有吸水阶段, 六月中旬, 才转入侵蚀阶段。2小时内降雨量8毫米为其侵蚀临界雨量。短时间内的强降雨, 因水量很快渗入地下, 只造成坡面物质的移动, 没有侵蚀量。此时光坡地的侵蚀量<桉林地侵蚀量。

2. 雨季中后期侵蚀特征

(1) 土层吸水接近饱和, 2小时内降雨量3毫米, 可造成侵蚀, 故3毫米的降水量为雨季中后期侵蚀临界雨量。

(2) 阵雨的侵蚀特征: 阵雨20~30分钟, 雨量3.5~4毫米, 可出现侵蚀, 如7月15、17, 8月9日; 随雨量增大侵蚀量也增大, 如7月6日28分钟下雨17.6毫米, 侵蚀量1983.2公斤。

表5 桉林地径流槽侵蚀特征表

Table 5 Erosion feature observed from the runoff tank on the eucalypt forest land

降雨时间 rainfall time				降雨量 rainfall volume (mm)	径流总量 total runoff volume (m ³)	径流深 runoff deep (mm)	径流系数 runoff coefficient	侵蚀量 (公斤) erosion volume (kg)			说明 explanation
月 month	日 day	起止时间 beginning~end	持续时间 duration					悬移质 suspended load	推移质 tractional load	合计 total	
6	2	15.18'~17.45'	2.27'	6.0	18.241	0.48	0.08	7.1	5.9	13.0	雨季前期约6毫米则可出现侵蚀。随着雨量增大,侵蚀量增大。
6	3	11.46'~13.58'	2.12'	7.4	79.232	2.09	0.282	109.3	71.3	180.6	
6	7	3.26'~5.05'	1.39'	12.0	132.168	3.50	0.292		172.3	172.3	
6	8	0.38'~4.06'	2.44'	6.8	32.245	0.85	0.1214		15.1	15.1	
6	8	18.49'~2.15'	8.26'	40.0	911.988	24.15	0.604		1136.6	1136.6	
6	30	4.46'~7.50'	3.04'	4.4	48.935	1.3	0.275	16.2	3.9	20.1	
7	4	10.38'~11.19'	41'	5.0	39.325	1.04	0.208	13.4	19.0	32.4	雨季中期,降雨量两个小时内近3毫米可造成侵蚀。
7		13.25'~15.00'	1.35'	2.6	8.586	0.23	0.088		12.6		
7	15	4.00'~4.22'	22'	4.3	36.476	0.97	0.226		11.7		短时间强度大阵雨,可造成较大冲刷。
7	15	7.35'~8.15'	40'	12.5	289.848	7.67	0.614	284.1	356.5	640.6	
7	17	6.30'~11.14'	4.44'	9.4	35.052	0.93	0.099	5.6	51.6	57.2	雨前经较大冲刷,再下雨冲刷量减少。
7		3.40'~4.21'	41'	9.0	115.482	3.06	0.32		119.2	119.2	
8	1	1.45'~13.15'	10.36'	38.7	563.213	14.912	0.305	73.2	367.8	441.0	降雨时间长,强度小,侵蚀量小,降雨强度大,属大雨过程,冲刷量大。
7	10	8.34'~9.25'	51'	20.1	444.231	11.76	0.585	564.2	707.3	1271.5	
8	14	12.15'~14.03'	1.48'	19.1	483.112	12.79	0.653	773.0	725.3	1498.3	大雨冲刷后,再降小雨(已达冲刷临界)但无冲刷。
8	16	11.34'~13.36'	2.02'	23.8	586.036	15.52	0.652	410.2	722.9	1133.1	
8	17	13.57'~16.55'	2.58'	3.6	2.323	0.06	0.017	0	0	0	

表6 光坡地径流槽侵蚀特征表

Table 6 Erosion feature observed from the runoff tank on the bareland

降雨时间 rainfall time		降雨量 rainfall volume (毫米) (mm)	径流总量 total runoff volume (米 ³) (m ³)	径流深 runoff deep (毫米) (mm)	径流系数 runoff coefficient	侵蚀量(公斤) erosion volume (kg)			说明 explanation		
月 month	日 day					起止时间 beginning~end	持续时间 duration	悬移质 suspended load		推移质 trational load	合计 total
6	3	11.56'~13.35'	1.39'	6.8	9.292	0.25	0.037		1.3	1.3	雨季初期, 土层干裂, 缺水, 两小时降雨8厘米才有少量侵蚀。
6	7	3.28'~4.52'	1.24'	12.0	24.127	0.647	0.054		3.5	3.5	
6	8	21.03'~23.51'	2.48'	22.7	83.894	2.25	0.01		243.3	243.3	前后两次降雨, 雨量前者大, 但侵蚀量后者大。
6	9	0.28'~1.23'	55'	12.1	94.014	2.52	0.208		272.6		
6	9	1.43'~2.10'	27'	2.7	0.657	0.02	0.007		1.9	1.9	短时内的强降雨一般没有侵蚀, 水量几乎渗入地下。
6	13	23.37'~23.55'	18'	2.5	1.372	0.14	0.016		0	0	
6	28	16.16'~16.26'	10'	3.9	1.470	0.04	0.010		0	0	
10	22	2.02'~4.20'	2.18'	2.9	0.288	0.01	0.003		0	1.7	雨季中后期, 3毫米的雨量, 可作侵蚀临界。
7	15	4.00'~4.20'	20'	4.8	7.480	0.20	0.042	0	84.8	84.8	阵雨20—30分钟, 雨量3.5~4毫米, 可出现侵蚀, 随雨量增大, 侵蚀量也增大。
7	17	19.15'~19.50'	35'	4.4	22.498	0.60	0.136	0	415.8	415.8	
8	9	23.27'~23.44'	17'	3.5	2.852	0.08	0.023	0	17.4	17.4	
9	22	1.26'~1.50'	24'	12.1	102.736	2.76	0.228	0	1395.7	1395.7	

(三) 吸水阶段与侵蚀临界的确立

凭过去一般概念出发, 认为凡有一定降雨量的地区就会有相应的侵蚀, 无覆盖的地表侵蚀强度大, 得出降雨量、降雨强度、地形特征(包括坡度的大小、坡长、波形)、地表物质等因素与侵蚀量密切相关, 从而引伸出大雨大侵蚀、小雨小侵蚀的一般概念。这些定性概念是极不完善的, 只有经过测试取得的定量数值, 才是研究水土保持、治山治水可靠的科学依据。根据一年来的观测, 用大量数据充实了理论性的概念, 使之定量化。在此提出了两个新的问题, 一是雨季初期的吸水阶段, 一是雨季中后期的侵蚀临界雨量。

小良是热带北缘季风区，多年平均降雨量为1442毫米，降雨分布不均，5~9月降雨量占年降雨量的75.8%，10~4月占年降雨量24.2%，干湿季节明显。一般年份12月平均蒸发量为降雨量的18倍，大旱年间更为突出，如1964年11—12月蒸发量等于降雨量的33倍，由此可见小良地区冬半年的干旱程度¹⁾。在一年来的观测中发现径流槽在雨季初期没有出现侵蚀，随着雨季的推移，雨量不断增加，降雨强度增大，径流侵蚀才开始出现，但各试验点出现的侵蚀时间各不相同，因此，得出这种设想，提出这两个概念。

1. 雨季初期，2—3小时内降雨量20~30毫米，地表仍不见侵蚀。原因是：(1)当进入冬季，生物活动转入低潮，地表逐渐板结，须经雨水反复作用后，使表层松化造成流失条件；(2)经半年干旱，地表严重缺水，雨季初期土层须大量吸水，当土层水分接近饱和，降水才转为地表径流。居于上述两个原因，所以形成了雨季初期的吸水阶段。

2. 光坡地与桉林地在五月份为吸水阶段，六月份才进入侵蚀阶段。侵蚀临界雨量桉林地为8毫米，光坡地为6毫米(2~3小时内)。雨季中后期两者侵蚀临界雨量皆为3毫米，桉林地早期侵蚀量>光坡地，可能是光坡地土层更为干旱缺水，须更长些时间吸水的缘故。雨季中后期，光坡地的侵蚀量极大地超过桉林地。

3. 混交林地径流侵蚀量于7月初旬出现，8月中旬结束。侵蚀临界雨量为30毫米(2~3小时内)。径流系数很少为特征，最大径流系数为0.006，侵蚀量非常小，年总侵蚀量为21.4公斤。

4. 雨季中后期，径流侵蚀量迅速增大。由于土层含水饱和，渗透减弱，易成径流，造成侵蚀量迅速增大，光坡地尤其突出。泥砂流失量随降雨强度和降雨量的增大而增大。

五、整治措施

前面论述过风化壳的破坏原因，指出地表植被破坏后，地表就会遭到严重的冲刷。热带地区降雨多、暴雨集中，侵蚀破坏尤其突出，此属客观规律。谁破坏了自然规律，就会受到自然的惩罚。水保站的科研人员经多年研究，摸索了一套防治措施，提出“生物措施与工程措施相结合的综合治理”的办法，并取得了良好效果与经济效益。

植被是防治之本，植被中又以森林植被效果最好。它上有林冠，下有枯枝落叶层，可以减轻雨水直接打击与冲刷地面，地下有根系固定土壤，因此，有植被保护的地表可以少受侵蚀，或只有少量的水土流失。据瑞士资料，有林地每公顷砂土流失为0.05吨，无林地为2.22吨，两者之比为44.4倍；美国密西西比州黄土地区，同是5°坡，林地砂土流失量0.02吨/公顷，裸地为64吨/公顷，比有林地高出3200倍²⁾。所以外国利用森林植被作为涵养水源保持土壤的重大措施。

径流槽的观测数据说明，不同林型区与无林地其侵蚀量有很大的区别。混交林保持水土效果最好，侵蚀量几乎接近于零，桉林地次之，仍有大量泥砂流失。光坡地侵蚀量最大，比美国密西西比州黄土区无林地的侵蚀量还大2倍多，可见热带地区红色风化壳地表植被破坏后水土流失的严重性。

人工森林植被是改造荒山秃岭、保持水土有效的办法，但时间长，须10~20年才见效

1) 见“广东省湛江地区电白县水土保持试验推广站简介” 1982年2月

2) 郑国辉；海南森林与生态平衡 海南岛林业资料汇编 林业部调查规划局等合编

益，为及时控制泥砂流失，减少灾害，必须结合工程措施，长短结合，达到改造利用和开发的经济效益。现在将群众治山治水的经验，结合风化壳形成发育的基本规律和破坏原因，提出治理的科学依据和工程措施，阐述如下：

台地面及缓坡地的防治：它以面状侵蚀为主，间有细沟发育。工程上采用鱼鳞沟、天沟、一字沟等措施，这些沟体工程主要分割坡面，防止表流汇集，阻止片蚀发展成沟蚀，使水土不下坡，停积于沟内，加上植被措施，很快可以稳定坡面，达到保持水土的效果。

斜坡地的沟蚀与防治：台坡地的中下坡，坡度增大到 $6^{\circ}\sim 9^{\circ}$ 或 $>9^{\circ}$ ，由于坡面伸展，表流汇集造成冲刷，以沟蚀为代表，按形态分为枝状沟、梳状沟，按规模分为细沟、中沟、大沟三种。沟蚀发育决定于植被覆盖、斜坡特征、降雨强度与径流规模。因此，斜坡上除恢复植被外，必须采用等高沟、梯田、沟内修筑谷坊，以达到分割坡面，缩短坡长，使坡面不能形成径流或减少径流，从而减轻或避免沟蚀。修建谷坊是按基准面原理，建造人工基准面，使沟谷分段堆积，趋于稳定，达到水土保持的目的。

崩塌（崩岗）防治：崩塌场外围修建环崩沟，使降水输出崩塌场外，减少渗入地下的水量诱发崩塌。崩塌壁削土降坡，沟内分级筑谷坊，同时结合植被措施，就会取得显著效果。混交林是沟蚀一崩塌的复合区，采用谷坊、梯田、削土降坡、造林的治理办法。水土流失已经控制。这是混交林化结合梯田化的显著效益。

台凹地的整治：台凹地又称台间谷地，是台地剥蚀区内的堆积地带。按其形成条件及水湿条件，可分为台间干凹地和湿凹地，均已垦为水田及早作地。由于地势低洼，暴雨带来的洪水泥沙，地下径流带来的酸水铁锈都汇集这里，严重影响生产。整治办法：谷地外缘开环坡沟（又称环山沟），使山洪泥沙不进田，由环坡沟排走。谷内建环谷沟和谷中沟，使特大洪水时入侵田间的泥沙由水田环谷沟排出，还可降低地下水位，减少酸水铁锈对作物之害，还可使农田排水通气良好，提高作物产量，这是谷地里的农田基本建设工程。

结 束 语

水保站采用人工生态地学的方法，用多学科研究热带地区花岗岩台地红色风化壳的发育和破坏规律，从而用人工植被结合工程进行整治，这种探索改造自然的办法，取得了很好的效果。自1981年先后建立了地下水、地表径流槽观测以来，从一年的记录中，可看出下列问题：雨季初期为吸水阶段；不同林型各有一定的侵蚀临界雨量；不同性质的阵雨侵蚀量不同；混交林保持水土的优越效应；雨季早期侵蚀量桉林地 $>$ 光坡地；光坡地总侵蚀量最大。这些是否规律，有待于进一步观察。

本文得到华南植物研究所、小良水保站的大力支持，提供了大量实测资料。楼桐茂教授指导编写，化验室承担样品化验，地图室协助绘图，在此特致感谢。由于知识局限和水平关系，文中不对之处，欢迎批评指正。

参 考 文 献

- [1] 杜恒俭等, 1981; 地貌学及第四纪地质学, 第四章: 残积物及风化壳。地质出版社。
- [2] 吴文中等, 1983; 南海的粘土矿物。热带海洋, 2卷, 1期。科学出版社。
- [3] И·П·格拉西莫夫等, 1956; 现代侵蚀地形与水土保持。科学出版社。
- [4] 梅旬初译, 1982; 译自R·J·Small “The Study of Landforms” 第九章“Tropical Landforms”。华南师范学院, 地理丛书之九, 华师地理系。
- [5] 曾水泉, 1981; 我国热带、亚热带土壤形成与分类问题。热带地理, 4期。

参 考 文 献

- [1] 杜恒俭等, 1981: 地貌学及第四纪地质学, 第四章: 残积物及风化壳。地质出版社。
- [2] 吴文中等, 1983: 南海的粘土矿物。热带海洋, 2卷, 1期。科学出版社。
- [3] И·П·格拉西莫夫等, 1956: 现代侵蚀地形与水土保持。科学出版社。
- [4] 梅旬初译, 1982: 译自R·J·Small “The Study of Landforms” 第九章“Tropical Landforms”。华南师范学院, 地理丛书之九, 华师地理系。
- [5] 曾水泉, 1981: 我国热带、亚热带土壤形成与分类问题。热带地理, 4期。

CHARACTERISTICS OF DESTRUCTION OF THE WEATHERING CRUST ON GRANITE PLATFORM IN THE XIAOLIANG CONSERVATION STATION AREA, GUANGDONG

Yao Qing-yin

Zheng Liang-wen

Huang Shao-hui

(*Guangzhou Institute of Geography*)

Abstract

This paper discusses emphatically the serious soil erosion caused by devastation of the vegetation cover in granite platform area. A study of the micromorphology reveals that the red weathering crust in the surface layer is being destructed. Therefore, the field work is mainly centred on the erosion process of the red weathering crust. By drilling holes, the thickness and depth of the weathering crust, the extent of rock and mineral disintegration as well as changes of the ground-water table are observed. In addition to this, the observation results from 3 runoff tanks established respectively at the bare land, the pure eucalypt forest land and the mixed forest land are used to correlate the amount of erosion under different conditions, the geomorphologic evolution is also discussed in relation to the geologic structure of this region. This paper contains 5 parts described as follows:

1. Configuration of landform and micromorphology types

The Xiaoliang Water and Soil Conservation Station is situated at the second step of the granite platform with an elevation of 25-30 m. along the coast of western Guangdong. Owing to the devastating of vegetation, soil erosion in this region is terribly serious. There were 1537 big headward devolutions, 207 erosion gullies before the station was established. That means the surface of the platform was badly dissected. According to the

characteristics of dissection, the micro-landform may be divided into 5 types: (1) platform surface, (2) lightly dissected platform slope, (3) strongly dissected platform slope, (4) dry hollows between platforms, (5) wet hollows between platforms.

2. Conditions for formation and evolution of the red weathering crust
The massive granite provides a good parent rock for weathering, and the tropical climate with abundant monsoon rain is also a favorable condition for the formation and evolution of the weathering crust. Numerous fissures and cracks in rock itself and abundant ground-water assist the weathering going downward deeply. The section of weathering crust can be divided into 4 zones (layers): the oxidation zone (kaolinite residual variegated layer), the hydrolytic zone (kaolinite residual light coloured layer), the eluvial zone (kaolinite residual structure layer) and the hydrous zone (debris and breccia residual layer). Besides, changes of base level and neotectonic movements in relation to the evolution of weathering crust is also discussed.

3. Erosion types and destructive factors of the weathering crust
Using the erosion forms, the depth of dissection and the extent of destruction taken as criteria of classification, the erosion landform in the station area can be divided into 5 types: (1) sheet erosion, (2) rill erosion, (3) gully erosion, (4) ravine erosion and (5) headward development. The evolution of the erosion landforms is dependant on three basic conditions and two factors, i. e. the weathering thickness of base rock, features of the slope and the area of watershed, as well as the internal and external dynamic factors. The hydraulic action causes the dissection of land surface and phreatic erosion underground, while the tectonic movement causes deformation of the crust as well as the change of base level. Under their combined influences a variety of erosion landforms were developed.

4. Primary analysis of the experimental data by small catchment basins
In accordance with the data obtained from the fixed observation insitu in one year, the following problems are recognized: (1) The topsoil is lacking of water during the dry season of half a year, and there is a duration of water absorption at the beginning of rainy season. Soil erosion would take place only when the soil reached a saturated situation. (2) The critical rainfall (total rainfall within 2-3 hours) causing soil erosion is 8 mm on eucalypt forest land, 6 mm on bare land and 30 mm

on mixed forest land respectively at the beginning of rainy season; while in the middle-late period of rainy season it is 3 mm both on bare land and eucalypt forest land, but no soil wash has been observed on the mixed forest land. (3) The total amount of erosion is different in response to the land use. On the bare land it is 3.45 times larger than that of the eucalypt forest land in one year, and 3477.3 times larger than that of the mixed forest land, while on the eucalypt forest land it is 1004.5 times larger than that of the mixed forest land.

5. Measures of water and soil conservation

The cover of vegetation is the foundation for the prevention and control of soil erosion, particularly the forest, which appears to be most effective among all the measures practised. Crown of trees on the top of forest and decayed branches and leaves on ground tend to decrease the attack and impact by rainfall; moreover, the root system of the vegetation can fix the soil layer. Thus, anywhere the surface being covered by vegetation, only a small amount of soil is lost. According to the experimental data, the annual amount of erosion is 0.23 kg/mu on the mixed forest land, 414.83 kg/mu on the eucalypt forest land and 1831.52 kg/mu on the bare land respectively. The rate of erosion of the bare land is 3400 times larger than that of the mixed forest land. Now, it is clear to see that the soil erosion of the red weathering crust will become very serious as soon as the vegetation is devastated in tropical area; and the effect and importance of the mixed forest in conservation is well expressed by itself.

However, because of the effect of reforestation measure in preventing and controlling soil erosion is not too remarkable in a short time, it is necessary to combine the biological measures with the engineering measures. The latter, such as the fish-scale pits, contour grooves and terraced fields constructed on the surface or slope of the platform, separate the slope surface in rows and prevent the convergence of the runoff with a result to weaken or stop the erosion. Moreover, in order to render the sands and muds washing down from on the slope to accumulate in gullies and ravines, a lot of check dams are constructed at the bottom. These measures have long been used by the Xiaoliang Water and Soil Conservation Station and get a better effect and economic benefits already. Generally speaking, this is a valuable experience and well worthy to extend it to another regions.