

# 中国东部亚热带丘陵山地土地退化 评价指标体系研究\*

卢金发

(中国科学院地理研究所 北京 100101)

**摘 要** 中国东部亚热带地区流水侵蚀所引起土地退化的形成, 是由其生态环境自身的脆弱性决定的。土地退化不仅表现为土壤退化, 还表现为植被退化和土地状况恶化, 其发展过程是植被退化-土壤退化-地表状况恶化过程多重循环的结果。据此, 提出了中国东部亚热带丘陵山地土地退化评价指标。

**关键词** 中国东部亚热带 土地退化 评价指标

**分 类** 中图法 P943

土地退化/荒漠化已成为全球瞩目的环境问题。然而, 有关流水侵蚀引起土地退化的评价指标体系和分类系统, 至今尚无统一而实用的标准。

1977 年 UNEP、FAO 和 WMO 以人口和牲畜压力作为评价指标, 编制了第一幅世界荒漠化地图。1984 年, UNEP 和 FAO 提出了较全面系统的流水侵蚀评价指标体系<sup>[1]</sup>。但由于其指标过於繁杂, 相互之间有重叠性, 加之可操作性较差, 最终未被世界各国采用。1992 年 UNEP 编制的全球流水侵蚀程度图<sup>[2]</sup>, 其部分指标也存在与前者类似的问题。

在国内, 80 年代中期, 水利电力部颁布了土壤侵蚀类型区划分和强度分级标准<sup>[3]</sup>, 并据此编制了全国和分省土壤侵蚀图。但是其更多地注意水土流失本身, 而从土地退化及其整治利用角度考虑不够。土壤学家对土地退化一直给予较多的关注, 尤其在南方红黄壤地区和长江三峡地区<sup>[4-7]</sup>。然而, 研究工作多侧重土壤本身的退化, 而对植被退化、土地状况恶化以及退化土地的再利用等涉及较少, 因而所建立的指标多为土壤学的。

## 1 土地退化的形成

中国东部地区流水侵蚀所引起土地退化的形成, 是由其生态环境自身脆弱性决定的。首先表现为土层浅薄, 相对侵蚀强度大。本区土层厚度一般仅数 10 cm ~ 100 cm, 侵蚀严重地区, 多在 10 cm 以下, 而土壤年侵蚀厚度为 0.2 cm ~ 0.7 cm<sup>[8]</sup>, 最大可达为 1.0 cm<sup>[9, 10]</sup> ~ 2.0 cm<sup>[11]</sup>, 年均成土速率仅 0.01 cm ~ 0.002 5 cm<sup>[12]</sup>, 相对侵蚀强度远远超过黄土高原。因而, 一旦植被受到破坏, 在强烈的暴雨冲刷下, 表土很快即会被侵蚀剥蚀殆尽, 成土母质出露。

本区成土母质主要由第四纪红色粘土、花岗岩、红色砂页岩和紫色泥岩的风化壳组成,

\* 国家自然科学基金资助项目 (49671078)

收稿日期: 1997-11-10, 收到修改稿日期: 1998-6-20

其共同特点是土质贫瘠、保水性差、抗蚀能力低。研究表明,成土母质和强烈侵蚀土壤的有机质含量较无明显侵蚀土壤,一般要小数倍至十数倍,甚至几十倍。氮、磷、钾含量也小数倍至十数倍(表1)。受土层理化性质的制约,成土母质和侵蚀土壤的保水性普遍较差。以第四纪红土为例,由于其有机质含量低、粘粒含量高和铁铝氧化物富集,不易形成团粒结构,土壤孔隙少,易板结和坚实,土壤入渗率低,而径流系数高,从而导致土壤水分状况奇缺<sup>[13]</sup>。其土壤有效含水量往往仅及侵蚀较轻或无明显侵蚀土壤的沸或沸。夏季降透雨后7天~8天表层土壤含水量即可达到凋萎点,20 cm~40 cm 土层土壤含水量达到凋萎点的时间也仅约14天<sup>[14]</sup>。花岗岩地区的砂土层和碎石层,由于有机质含量急剧减少,且砂粒含量极高,土壤保水性极差,伏旱时,地表土层的含水量常接近凋萎点<sup>[7]</sup>。

表1 不同地面组成物质在不同植被和不同侵蚀条件下土壤营养状况变化

Tab.1 Variation of the nutrition and grain size of surface material with different vegetation cover and erosion

地 点	岩 性	地面物质类型	侵蚀状况	植被类型	植被盖度 (%)	根系层 (cm)	有机质 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	全钾 (%)	速效氮 mg/100g	速效磷 mg/100g	速效钾 mg/100g
安徽 绩溪	花岗岩	砂土层	强烈面蚀	裸地			1.7930	0.032	0.0516	3.190	3.22	0.150	5.700
		砂土层	中度面蚀	稀灌草林	70		5.3790	0.109	0.0453	3.020	9.80	0.370	9.308
		堆积砂土	中度面蚀	裸地			2.1580	0.070	0.0847	4.700	7.00	0.37	12.22
		堆积砂土	轻度面蚀	草地	70	5~15	8.1670	0.196	0.0815	4.010	21.00	0.520	14.281
		堆积砂土	强烈面蚀	裸地			1.2510	0.033	0.0953	4.340	2.52	0.26	8.63
		堆积砂土	微度侵蚀	密灌草林	> 90	15	16.9120	0.297	0.0831	3.430	30.10	0.920	17.791
广东 五华	花岗岩	砂土层	强烈面蚀	裸地			0.1860	0.008	0.0273	1.860	0.56	0.040	5.309
		砂土层	强烈面蚀	裸地			0.8570	0.022	0.0291	1.300	2.52	0.070	8.430
		堆积砂土	中度面蚀	疏林地	30		1.1280	0.020	0.0814	1.200	2.94	0.130	7.455
		堆积砂土	微度侵蚀	密灌草林	> 90	7.0	5.5520	0.118	0.1175	0.870	16.24	0.700	15.816
浙江 第四纪 兰溪		网纹红土	沟蚀	裸地			0.1870	0.017	0.0654	1.194	7.00	0.488	4.58
		侵蚀红土	强烈面蚀	裸地			0.2518	0.021	0.0501	1.198	7.00	0.573	5.59
		侵蚀红土	轻度片蚀	疏林地	90	5	1.0707	0.044	0.0569	1.197	14.00	0.380	6.17
		侵蚀红土	轻度片蚀	疏林草地	50	> 20	1.9999	0.026	0.0513	0.977	14.00	0.233	3.26
		红粘土层	中度片蚀	裸地			0.4994	0.024	0.0492	1.195	6.00	0.961	5.63
溪		红粘土层	微度侵蚀	草地	90	6	1.2964	0.052	0.0646	0.919	14.00	0.558	5.72
		堆积红壤	强度片蚀	裸地			0.3444	0.015	0.0441	1.007	6.00	0.831	4.69
		堆积红壤	中度片蚀	草地	50	15	0.6016	0.023	0.0445	0.960	17.00	0.450	4.16
		堆积红壤	微度侵蚀	草地	80	> 20	1.7627	0.053	0.0451	0.993	23.00	0.054	4.94

由于暴雨季节遇水极易软化,在地表径流的强烈冲刷下,第四纪红土十分易蚀。受冷与热、干与湿的交替作用下,还常发生干裂和泻溜侵蚀。沿地表裂隙和低凹处,地表径流进一步集中,会引起强烈沟蚀。在花岗岩地区,砂土层和碎石层由于缺乏有机质和粘粒作为胶结物,侵蚀指数较红壤和红土层大25倍~35倍<sup>[11]</sup>,侵蚀速率增加6倍~8倍<sup>[13]</sup>。此外,由于其持水性和胀缩度较大,吸水增重,体积膨胀而产生裂隙,易形成崩岗侵蚀。

本区年降雨量950 mm~1700 mm,一年中日降雨量≥25 mm的日数,高达9.3天~18.5天。本区台风频繁,台风往往伴随着暴雨和大暴雨,降雨量高达100 mm~200 mm至

300 mm ~ 400 mm, 甚至 500 mm ~ 600 mm<sup>[15]</sup>, 并常出现 30 mm/hr ~ 100 mm/hr 的降雨, 有时高达 120 mm/hr ~ 150 mm/hr<sup>[16]</sup>。然而, 降雨时间分配极不均匀, 4 月 ~ 6 月降雨量约占全年降雨量的 50% ~ 60%, 而 7 月 ~ 9 月, 由于受西太平洋副热带高压控制, 出现干热少雨天气, 俗称伏旱。干旱天数平均 40 天 ~ 60 天, 最长达 70 天 ~ 120 天<sup>[12]</sup>。此时正值三伏高温时期, 地面温度常常高达 50 ~ 70 , 蒸发量很大, 远远超过降雨量。如浙江金衢盆地和湘北地区, 7 月 ~ 9 月降雨量仅占年降雨量 12% ~ 25%, 而蒸发量往往是同期降雨量的 2 倍左右<sup>[17, 18]</sup>, 且降雨时间间隔较长, 5 月 ~ 9 月平均每 19 天才降一次透雨, 远远超过土壤水分达到凋萎点所需的天数。特别是 6 月 ~ 8 月, 常常整月无雨<sup>[14]</sup>。这意味着, 在这一植物生长主要季节, 当表层土壤水分达到凋萎点后, 在一段相当长的时期内, 土壤不仅不能获得及时水分补充, 相反因高温和强烈蒸发进一步枯竭, 从而使植物生长受到严重限制, 成活率极低。

在植被覆盖较好的情况下, 上述生态环境脆弱性一般显现不出来。然而, 一旦植被受到破坏, 地面失去保护, 在降雨径流的强烈冲刷下, 上述生态环境的脆弱性即刻会表现出来, 侵蚀加剧, 表土迅速流失, 成土母质出露, 土壤养分和水分状况急剧恶化, 植被难以再次进入; 而植被的减少, 反过来又进一步促进侵蚀的加剧。如此恶性循环, 最终导致严重的土地退化。低山丘陵的山脊部位, 坡面过程以侵蚀剥蚀为主, 加之径流深度小, 土壤水分入渗少, 而蒸发量大, 地面极其干旱, 植被尤难进入, 常形成类似荒漠景观的裸露“侵蚀劣地”和“白沙岗”, 从而构成该地区独特的自然景观——“秃顶”现象。

可见, 生态环境自身脆弱性是本区土地退化形成的内在因素, 人类活动对植被的破坏是土地退化发生的突破口, 而降雨充沛, 夏季多台风和暴雨, 是导致土地退化形成的外动力。

## 2 土地退化的主要表征

如前所述, 本区流水侵蚀所引起土地退化的发展, 可以概括为植被退化—土壤退化—地表状况恶化, 是上述过程多重恶性循环的结果。

植被覆盖度直接决定着地表受保护的程 度, 是影响土壤侵蚀的重要因素。同时, 植被覆盖度与生物量密切相关, 因而又是指示植被退化程度的重要指标。此外, 植被覆盖度的互补数是裸露土地的面积比例, 表征着流水侵蚀程度及其所引起土地状况恶化的程度。研究表明, 在红壤地区, 随着植被覆盖度由大于 70% 减小至 10% 以下, 表土逐渐变薄, 成土母质出露面积增大, 土层理化性质和养分状况变差, 侵蚀方式由面蚀逐渐向沟蚀、崩岗发展, 沟谷面积不断扩大, 地面切割越来越破碎, 土地退化程度明显加剧<sup>[8]</sup>。

植被类型由当地适生顶极植被向次生低等植被演替的长期变化, 往往是由于环境状况恶化所致, 因而是植被退化的另一重要表现方面。中国东部地区的天然植被为常绿阔叶林, 然而由于人类长期不合理的社会经济活动, 天然植被几乎破坏殆尽, 代之以群落简单、种类单一、耐旱耐瘠的次生稀树灌丛草被。林地仅见于水分条件较好的山凹部分, 低山丘陵的山脊部位, 多分布裸地、稀疏草地或疏林。

地表状况的恶化包括地面物质演替和地表侵蚀形态变化。以第四纪红土低丘岗地为例, 其原始地貌系山间盆地中的基座阶地, 上伏二元相河流堆积物, 下部为砾石层, 上部为网纹红土及红色粘土层, 之上发育有红壤。因此, 随着侵蚀的发展, 地表将依次出露红壤、网纹红土和砾石层<sup>[9]</sup>。类似地, 在华南花岗岩地区, 当红壤和红土层流失后, 依次出露网纹砂土层

和碎屑层,其侵蚀特征也由崩岗侵蚀型转化为沟谷侵蚀型,而当网纹砂土层流失后,则形成“石蛋地貌”<sup>[20]</sup>。因此,一个地区目前地面出露的物质及其面积比例,相当程度上指示着该地区侵蚀发展的阶段和地表状况恶化的程度。地面物质的上述演替,以往都笼统地归结为土壤退化。事实上,它应属流水地貌过程范畴,是土地退化的表现,土壤退化只是其中的一个阶段。

表 2 第四纪红色粘土区不同地面组成物质和不同侵蚀状况下生物量的变化

Tab. 2 Variation of biomass in the Quaternary Red Clay Region with different erosion

组别	地面物质类型	坡面部位	植被类型	植被盖度 (%)	草本重量 (g)	树龄 (年)	平均树径 (cm)	平均树高 (m)	平均树冠半径 (cm)	郁闭度 (%)
1	红壤+砾石	中部	疏林草地			> 16	21.406 8	3.650 8	120.559 3	80.18
	红壤+砾石	中部	疏林草地			15	19.730 0	3.210 0	130.000 0	46.02
	侵蚀红壤	顶部	疏林草地			16	19.000 0	2.557 5	119.625 0	48.25
	网纹红土	中部	疏林			12	17.000 0	1.936 0	97.360 0	29.10
	砾石层	坡麓	疏林草地			13	12.920 0	2.875 8	96.272 7	29.88
2	堆积红壤	坡麓	草 被	50	654					
	红壤+砾石	坡麓	草 被	50	665					
	砾石层	坡麓	草 被		220					
3	侵蚀红壤	顶部	杉树林	70			15.333 3	2.760 0		
	堆积红壤	坡麓	杉树林	80			27.066 7	5.673 3		

随着侵蚀的发展,成土母质出露,侵蚀方式由面蚀转为沟蚀,完整的坡面受沟谷强烈切割,最终逐渐发展形成侵蚀劣地。野外实测表明,本区发育有三种不同类型的沟谷:浅沟,切沟和冲沟。浅沟多呈 U 形,较宽浅,沟宽数十厘米至两米,沟深一般仅十数厘米至四、五十厘米。切沟深度则可达 10 m,宽不超过 1 m。冲沟宽深可达数米至数十米以上<sup>[11,19]</sup>。华南花岗岩地区冲沟沟头的集水区,往往发生一种半圆形崩塌,当地群众称之为“崩岗”<sup>[11,20]</sup>。地表侵蚀形态的上述变化,除了反映侵蚀的发展和侵蚀程度的加剧外,更重要的是它还直接指示着地表状况恶化程度,关系到土地资源的丧失程度和土地的再利用性。

植被退化、土壤退化和地表状况恶化,必然在生物生产力上有所反映。受树龄、栽植密度及其它人为干扰,生物量的比较往往有一定困难。但是,由表 2 仍可大致看出,随着侵蚀的发展和地面物质的演替,生物量也趋向于减少。

### 3 评价指标选择及其分级

土地退化评价指标的选择及其分级,应遵循一定的科学原则。如前所述,本区土地退化不仅表现为土壤退化,还包括植被退化和土地状况恶化。同时,对于同一地块,土地的退化可以表现为上述一个方面或几个方面的退化,而且其中总有一个方面是起主导作用的。因此,评价指标的选择及其分级,首先应遵循综合性与主导因子相结合的原则。其次,评价指标的选择及其分级应遵循形态—成因原则,应能科学地反映土地退化发生发展过程及其主要表征。第三,是实用性原则,即所选择的评价指标应尽可能地简明实用,且利用遥感方法较易获取数据,可操作性强,便于大范围推广应用。

表 3 中国东部亚热带地区山丘荒地土地退化评价指标  
 Tab. 3 Criteria for assessing land degradation in South China

评价指标	指标 分 类 分 级				
	林灌草	疏林草灌	疏林	草灌	草地
植被类型	林灌草	疏林草灌	疏林	草灌	草地
植被覆盖度/ %	> 70	70 ~ 50	50 ~ 30	< 30	< 10
地面组成物质	表土	表土+ 侵蚀土壤	侵蚀土壤	侵蚀土壤+ 成土母质	成土母质或基岩层
成土母质出露比例/ %	< 10	10 ~ 25	25 ~ 50	> 50	> 85
沟谷类型		无沟谷	浅沟	切沟	冲沟
沟谷面积比例/ %		< 10	10 ~ 25	25 ~ 50	> 50

根据上述原则和联合国土地退化定义, 结合前述本区土地退化实际, 建立了土地退化评价指标及其分级系统, 如表 3 所示。其中, 植被类型和植被覆盖度划分, 主要是依据其与土壤侵蚀关系的已有研究成果以及野外实况而确定的。地面组成物质被分为四类: 表土、侵蚀土壤、成土母质和基岩碎屑层及其过渡类型, 以代表不同的侵蚀剥蚀阶段和退化程度。沟谷类型的划分主要是反映地表侵蚀切割程度和土地的可再利用性。成土母质和基岩碎屑层的出露面积比例以及沟谷面积比例, 是借鉴联合国的标准, 结合本区土地退化的实际确定的。

上述评价指标体系是多层次的, 其中植被覆盖度和植被类型属第一层面, 地面组成物质属第二层面, 而侵蚀形态类型属第三层面。因为植被是影响一地区土地退化发展的第一位因子, 只有当植被的破坏达到一定程度而地表失去保护以后, 其它因子的作用才会显露出来。也即只有在植被状况基本均一的情况下, 地面物质的划分才有实际意义; 而只有当植被状况和地面物质基本均一的情况下, 侵蚀形态类型的差异才有可比性。

土地退化是人类不合理的社会经济活动影响下, 气候、植被、土壤、地形等因素相互作用相互制约所导致的复杂自然现象。受人类活动的强度、土地退化发展历史以及气候、植被、土壤、地形等条件的制约, 退化土地可以表现为不同评价指标不同等级的多种组合。

表 3 未包括通常的土壤退化指标及生物生产力指标, 如土壤流失量、根系层厚度、土壤营养状况、生物量等。其理由除了前述可操作性原因外, 主要考虑到它们与表 3 中的各项指标之间往往有着较好的对应性, 后者实质上已间接地反映了前者的变化。

## 参 考 文 献

- 1 FAO UNEP. Provisional methodology for assessment and mapping of desertification, 1984.
- 2 UNEP. World Atlas of Desertification, 1992.
- 3 水利电力部. 关于土壤侵蚀类型区划分和强度分级标准的规定(试行). 中国水土保持, 1984, (10)
- 4 史德明. 我国红壤地区侵蚀土壤的退化及其防治. 中国水土保持, 1987, (12)
- 5 史德明等. 土壤侵蚀与土地退化. 中国科协学会工作部编, 中国土地退化防治研究. 北京 中国科学技术出版社, 1990.
- 6 杨艳生, 史德明, 吕喜玺. 长江三峡区土壤退化的研究. 水土保持学报, 1991, 5(3)
- 7 万勇善, 史德明, 席承藩. 南方花岗岩侵蚀区土壤退化的研究. 水土保持学报, 1991, 5(3)
- 8 史德明. 土壤侵蚀对生态环境的影响及其防治对策. 水土保持学报, 1991, 5(3)
- 9 刘先紫. 广东省梅州市水土流失及其防治对策. 广东省水土流失研究, 北京 科学出版社, 1989.
- 10 姚清伊. 电白县小良花岗岩台地风化壳破坏特征及其整治利用的研究. 广东省水土流失研究, 北京 科学出版社,

1989.

- 11 曾昭璇, 黄少敏. 红层地貌与花岗岩地貌. 中国自然地理编委会, 中国自然地理(地貌), 北京 科学出版社, 1980.
- 12 中国科学院南方山区综合科学考察队. 中国亚热带东部丘陵山区水土流失与防治. 北京 科学出版社, 1989.
- 13 史德明. 红壤地区土壤侵蚀及防治. 李庆远主编, 中国红壤. 北京 科学出版社, 1983.
- 14 杨艳生. 第四纪红粘土侵蚀劣地的水分状况. 水土保持学报, 1993, 7(2)
- 15 广东省科学院丘陵山区综合科学考察队. 广东山区水土流失及其治理. 广州 广东科技出版社, 1991.
- 16 史德明. 南方花岗岩侵蚀区土壤侵蚀及防治. 水土保持学报, 1991, 5(3)
- 17 涛生. 金衢地区丘陵山地土壤退化原因分析及防治途径. 水土保持通报, 1993, 13(3)
- 18 郭志强等. 旱地土壤水分动态及其调控研究. 湖北红壤低丘岗地农业持续发展研究(第二集). 北京 科学出版社, 1995.
- 19 卢金发等. 金衢盆地丘陵荒山土地退化评价及其时空分异特征——以兰溪上华试验区为例. 地理学报, 1997, 52(4)
- 20 曾昭璇. 我国南部红土区的水土流失问题. 第四纪研究, 1991(1)

## TENTATIVE CRITERIA FOR LAND DEGRADATION ASSESSMENT IN UNRECLAIMED HILL AND MOUNTAINOUS REGIONS, SOUTH CHINA

Lu Jinfa

*(Institute of Geography, CAS, Beijing 100101)*

### Abstract

Land degradation caused by water erosion in South China took place mainly due to the vulnerabilities of its ecological environment, such as thin layer of top soil, poor nutrition and moisture and low erodibility of subsoil as well as a marked summer drought. Depletion of vegetation cover induced by adverse human activities provides a breakthrough point for its initiation, and abundant rainfall and frequent rainstorms and typhoons in summer act as the exogenous agent for its development. Land degradation in South China manifests itself as not only soil degradation but also vegetation degradation and deterioration of land surface. Its development could be considered as a multiple vicious circle of the process: vegetation degradation-soil degradation-deterioration of land surface. Tentative criteria for land degradation assessment were set up, including vegetation types and cover, types and percentage of surface materials exposed as well as erosional morphology and its percentage.

**Key words** South China, land degradation, assessing criteria

### 作 者 简 介

卢金发, 男, 研究员, 1944年9月生, 1965年华东师范大学地理系毕业, 同年考取中国科学院地理研究所研究生, 曾主编大型专题图件《黄土高原地区1:500000侵蚀强度与侵蚀类型图》, 发表有关流域侵蚀产沙与遥感制图、土地退化和荒漠化方面研究论文近20篇, 参加主编专著4本。