

崩岗侵蚀地貌分布的海拔高程与坡向选择性

刘希林^{1,2}, 连海清¹

(1. 中山大学 地理科学与规划学院, 广东 广州 510275; 2. 中山大学 自然灾害研究中心, 广东 广州 510275)

摘要: 崩岗侵蚀地貌在华南地区广泛分布, 近年的崩岗普查为科学研究提供了详实的资料。根据统计结果, 重新认识了早期提出的崩岗侵蚀地貌的分布具有海拔高程和坡向选择性的特点。通过对几个典型崩岗发育区资料的分析表明, 人类生产活动的高程范围影响着崩岗的发育和分布, 崩岗分布的地形相对高差研究较海拔高程研究更具现实意义。以推理方式质疑已有崩岗侵蚀地貌分布坡向性选择的成因解释, 并提出可能是由于统计盲点而导致的表象性误差。分析结果表明, 太阳辐射—崩岗发育的推论有其限制条件, 应将人类生产活动作为崩岗侵蚀地貌发育新的驱动力给予充分认识。

关键词: 崩岗地貌; 海拔高程; 坡向

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)04-0032-05

中图分类号: P931.11

Distribution Choices of Elevation and Slope Orientation of Collapsing Hills

LIU Xi-lin^{1,2}, LIAN Hai-qing¹

(1. School of Geography and Planning, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China;

2. Natural Disaster Research Centre, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

Abstract: Collapsing hills are widely distributed in Southern China. In recent years, the survey of collapsing hills has provided a number of data for scientific studies. Based on statistical data, this study recognized the problem of elevation and slope orientation choices of collapsing hills in South China, and considered it might be doubtful. The explanations for the choice phenomena have been renewed. Typical collapsing hill erosion studies in Southern China show that, human activities have been the main influencing factor on collapsing hill distribution, and the relief of collapsing hill erosion is more significant than the elevation. Therefore, the previous explanations of the choices might be not always correct. The argument that more sun radiation results in more collapsing hills on south slope than on north slope, may be right but only under the condition of no vegetation cover slopes. Statistical errors might be the reason why most collapsing hills prefer south slope to north slope. Finally, the study concludes that the influence of human activities on collapsing hills should be paid more attention.

Keywords: collapsing hills landform; elevation; slope orientation

2004 年 8 月至 2005 年 11 月, 水利部组织开展了华南崩岗调查工作, 基本摸清了南方各省(自治区)崩塌面积在 60 m² 以上的崩岗的分布、数量、形态、规模以及发育程度等情况, 初步建立了南方崩岗数据库。调查结果表明, 南方崩岗主要分布在湖北、湖南、江西、安徽、福建、广东、广西等 7 省(自治区)的 70 个地(市)、362 个县(市、区), 总面积 4.834 × 10⁵ km²[1]。崩岗作为一种严重的水土侵蚀方式, 自 1960 年曾昭璇^[2] 将其引入地貌学之后, 学术界及水土保持

部门从多方面多方式研究了崩岗侵蚀地貌, 实地考察和普查了崩岗地形, 分析了崩岗发育的地质、地貌条件, 在典型崩岗点进行定位监测和试验, 研究崩岗侵蚀过程和植被恢复工程, 通过分析崩岗岩土特性, 研究崩岗发育机理, 取得了丰富的研究成果。然而, 从已有文献资料中发现, 以往认为崩岗地貌发育具有海拔和坡向选择性的观点存在疑义。本研究根据前人资料统计分析以及地貌和气象原理, 推理出崩岗地貌分布具有海拔和坡向选择性这一论点缺乏统计上的

收稿日期: 2010-12-28

修回日期: 2011-01-15

资助项目: 国家自然科学基金项目“华南崩岗溯源侵蚀与泥石流启动和形成的试验研究”(41071186)

作者简介: 刘希林(1963—), 男(汉族), 湖南省新邵县人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事泥石流灾害过程及评估和预测研究。E-mail: liuxilin@mail.sysu.edu.cn.

合理性和理论上的逻辑性,因而缺乏实践指导意义。今后着重研究人类活动对崩岗发育和分布的影响或许会更有意义。

1 崩岗地貌的海拔分布特征

自研究崩岗侵蚀现象开始,就有学者涉及华南地区崩岗地貌的海拔高程分布问题。早期的研究成果都是基于某一地区考察记录的统计结果,这一研究方式在技术路线上是科学合理的,但由于调查区域较小,崩岗数量较少,统计样本较小,因而某些结论违反统计学的大数定律而缺乏可靠性。2004年华南地区崩岗侵蚀地貌普查工作提供了比较详实的第一手资料,使得早期某些崩岗特征的论断可以得以更加全面的验证,也有机会对某些论断的合理性进行再次思考。

1.1 各地崩岗地貌的海拔分布

地形和海拔高程影响着地貌发育过程。海拔越高、气温越低,地表岩土风化过程就越缓慢,地形越陡峭,岩土风化物质越不易积累,风化壳一般就越薄。反之,比较和缓低平的地形上一般风化壳厚度较厚。同时,风化壳较薄的下层岩土较容易受到气候和地下水的影响使其风化作用较强。总之,风化壳厚度总是力图达到风化物的积累—侵蚀剥离的动态平衡。

史德明^[3]研究了南方崩岗侵蚀的成因及发展规律后认为,崩岗侵蚀的分布不仅有一定的高程界限,而且会呈现出垂直分布的特点。例如福建安溪县官桥地区,崩岗侵蚀程度因河谷两侧山坡风化物厚度不同而存在差异,剧烈的崩岗侵蚀多出现在海拔150~250 m,风化物厚度20~50 m的花岗岩低丘上;轻度和中度崩岗侵蚀多见于海拔250~300 m,风化物厚度10~20 m的花岗岩高丘上;风化物厚度不足1 m的区域,则未发现崩岗侵蚀的痕迹。在赣南地区,兴国县、赣县、于都县、寻鸟县、上犹县、南定县、信丰县和龙南县等地,崩岗侵蚀主要分布在高程150~350 m,相对高差50~100 m的低丘和高差100~200 m的高丘范围内,而此高程正是花岗岩风化物较厚的区域。李思平^[4]从地质角度提出了广东省崩岗发育的两个特点:(1)海拔高程在100 m以内,相对高差约100 m的低山丘陵区;(2)母岩为花岗岩类岩石,且风化壳为20~40 m,风化壳形成于上新世至更新世之间,目前仍继续进行着红土化作用。匡耀求等^[5]认为,由于较高强度的农业、基础设施开发和缺乏合理的防护措施,在广东省雷州市松竹镇至火炬农场公路两侧,海拔30~60 m、相对高差10~30 m的玄武岩风化成的红壤和砖红壤低丘地貌上发育着较为严重的崩岗侵蚀。

安溪县的崩岗地貌十分发育,安溪县土地总面积仅占福建全省的2.5%,但其崩岗数量占崩岗总数的49.3%,崩岗面积占崩岗总面积的31.4%^[6]。陈志明^[7]对安溪县境内崩塌面积在60 m²以上的崩岗逐个进行了调查,成果显示,安溪县崩岗地貌在海拔分布上有两个高峰带,即海拔100~200 m和600~700 m处,分别占全部崩岗数量的30.44%和36.79%以及全部崩岗面积的12.45%和16.55%(图1)。

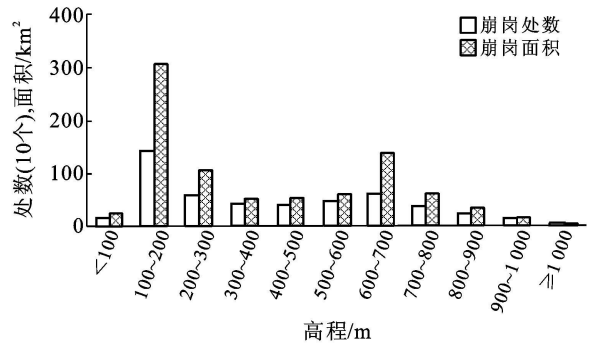


图1 安溪县崩岗在不同高程的分布情况

李旭义^[8]在崩岗侵蚀区考察的基础上,选定具有代表性的安溪县官桥镇、长坑乡文平村和长汀县河田镇石官凹等崩岗地貌发育区进行了研究。该研究认为,当地的海拔高程是影响当地景观变化的重要驱动因子,海拔高程通过对生物的立地条件,以及物质和能量的流动影响景观变化,进而影响到一个区域的水土流失程度。崩岗地貌发育于一定的水平空间内,也随着海拔高程的变化呈现出一定的规律性变化。李旭义将福建崩岗侵蚀分布图与海拔高程分布图进行空间叠加分析,得出崩岗分布与海拔高程之间的关系特征(表1)。

表1 不同海拔高层带崩岗侵蚀数量分布统计

地形	高程/m	崩岗个数/个	比例/%	崩岗侵蚀面积/hm ²	比例/%
平原与台地	< 100	601	6.96	261.68	10.51
低丘	100~ 250	2 343	27.13	646.35	25.96
高丘	250~ 500	3 577	41.41	1161.36	46.65
低山	500~ 800	1 628	18.85	353.06	14.18
中山	800~ 1 200	485	5.62	66.81	2.68
高山	> 1 200	3	0.03	0.39	0.02

长汀县是福建另一个崩岗侵蚀比较严重的区域,陈世发^[9]对长汀县崩岗地貌最为发育的河田镇朱溪河小流域的土壤侵蚀进行了研究,发现朱溪河小流域土壤侵蚀主要集中于高度300~450 m之间,分析认为此高程带上人类活动和干扰最为强烈。图2为朱溪河1999, 2003, 2007年不同海拔高程带土壤侵蚀率。

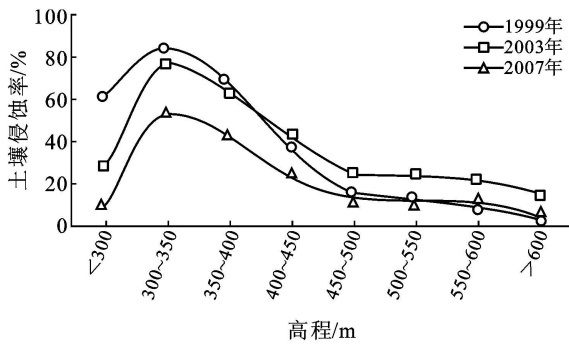


图2 朱溪河不同高程土壤侵蚀率

1.2 崩岗地貌分布的相对高程

以上成果在促进崩岗侵蚀研究中起着重要作用,其中李旭义和陈世发文中提供了比较详实的资料,且都是在华南崩岗普查之后发表的,材料时效性较强。本研究在此基础上对崩岗地貌分布的海拔特征进行讨论。

据李旭义^[8]文中提供的福建省地形海拔高度占总面积的百分比(表2),与表1对比后制成图3。福建省属于东南丘陵区,素有“八山一水一分田”之称的土地结构,除了沿海平原之外多为中低山、丘陵以及山间盆地、河流谷地。由图3可以看出,福建崩岗地貌在所有海拔高程上均有分布,其中在100~500 m海拔区域崩岗分布的密度高于其它区域,但不能因此认定崩岗地貌的分布具有海拔选择性,本研究以陈世发文中的资料来进一步阐述。

表2 福建省地形不同高程面积占总面积的比例

高程/m	< 100	100~250	250~500	500~800	800~1200	> 1200
面积/ 10^4 km^2	1.78	1.63	3.15	3.78	1.60	0.20
比例/%	14.66	13.43	25.95	31.14	13.18	1.65

表3 朱溪河小流域高程分级统计

高程/m	< 300	300~350	350~400	400~450	450~500	500~550	550~600	> 600
面积/ m^2	1 086.75	1 425.40	830.35	503.13	288.95	154.37	69.93	39.15
比例/%	24.72	32.42	18.89	11.45	6.57	3.51	1.59	0.89

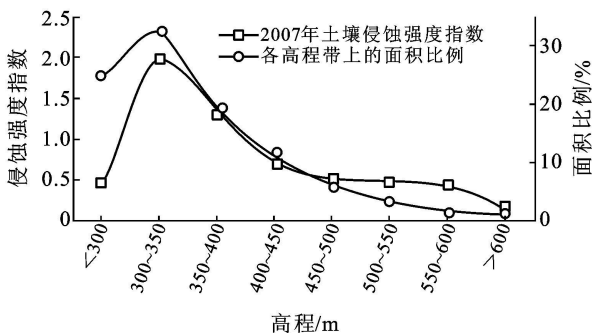


图4 朱溪河不同海拔上的土壤侵蚀强度与各高程上土地面积比例

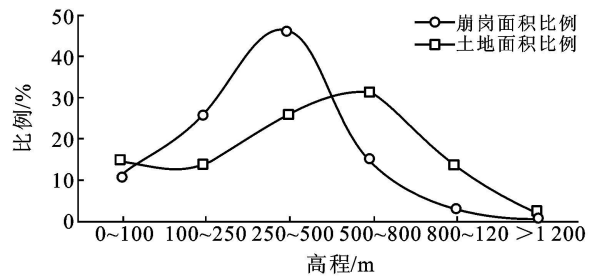


图3 福建省崩岗地貌分布与全省高程的关系

朱溪河小流域海拔高度分级统计结果见表3^[9],根据表3与表2制成图4。由图4及文献[9]提供的资料,了解到朱溪河海拔低于300 m的区域大多是山间河流谷地,土地比较平坦,即便这里是人口主要居住地和农业密集区,在此海拔高程带上土壤侵蚀强度也不是很强烈;而在300~500 m海拔高程带上坡度较陡同时生产活动也较活跃,土壤侵蚀强度大大增加;随着海拔增高,单位海拔高程上的土地面积一方面减少了,另一方面农业活动也较少,因而发生土壤侵蚀的机率减小。本研究在考察安溪县、广东省五华县等地的崩岗侵蚀地貌时也发现了这一现象。安溪县的土地利用率高,主要源于当地的茶产业,五华县经济相对落后,但当地的土地开发强度很高,并且两地的人口密度比周边地区都要高。另外安溪县官桥镇的石材产业带动的石材资源和林业资源开发以及五华县稀土矿物和林业资源开发,成为这两个地区崩岗侵蚀的主要驱动力。图1显示安溪县在海拔600~700 m海拔高程区域崩岗侵蚀较为发育,可以解释为这一海拔高程区域的面积占安溪县土地总面积较大比重的缘故(图5),并且安溪县的石材开发和茶园建设的驱动,使这一较高海拔且坡度较陡区域的土地开发强度也比较大。

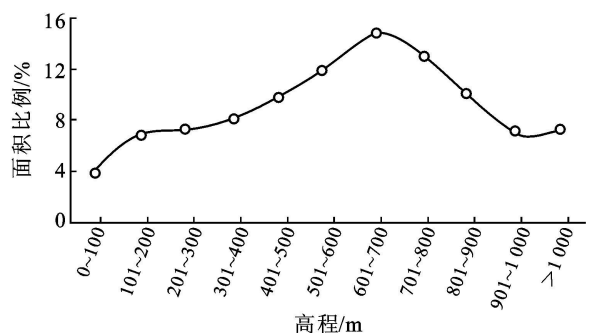


图5 安溪县各高程范围内的面积比例

史德明^[3]、李思平^[4]、陈志明^[7]等都提到崩岗侵蚀地貌的相对高程特征。研究表明,只有在适当的相对高程条件下风化物质才能保存下来,并且在地表植被遭到破坏时才有可能形成崩岗。相对高程过大则风化物质不易积累,高差太小则侵蚀动力不足。安溪县大规模崩岗群发育于燕山晚期大面积侵入性质均匀的花岗岩体上,主要位于从古生代至今长期活动的区域性主干断裂带。地貌发育阶段正处于壮年期晚期向老年期的发展阶段。这一阶段的地形相对高差较小、风化物易于积累,而且不会很平,因此也有较强的侵蚀动力存在。安溪官桥—龙门崩岗区低山丘陵的山顶海拔高程在350 m以下,河谷相对高差在20~100 m之间。可以认为,崩岗发育的海拔高程不是崩岗发育的控制条件,崩岗分布的海拔高程与该地区的相对侵蚀基准面高度导致的崩岗的相对高差对崩岗发育的影响更为明显。安溪县崩岗调查数据结果也证明了这一点(图1)^[7],崩岗主要分布在相对高差小于200 m的地区。

在五华县等多个崩岗密集分布区,也发现多数崩岗分布在相对高程200 m之内,这可能是此高差范围内的人类土地开发活动较强导致的。因此,本研究认为崩岗地貌分布的相对高程比海拔高度的研究更有价值。

2 崩岗地貌的坡向分布特征

2.1 崩岗地貌坡向分布特征的研究

崩岗侵蚀地貌的坡向分布特征在已有研究资料中提供了丰富的例证和原因分析,其中原因分析主要有两种观点,一种是南坡降水多于北坡,一种是南坡太阳辐射加快岩土结构崩解。根据姚清尹1987年考察广东省德庆县马墟河地区崩岗所给出的崩岗数量与坡向的关系(表4),邱世钧^[10]分析认为,南坡所接受的太阳总辐射量较多,土体较干燥,土体中裂隙较多,并且由于华南地区雨季的优势风向是南风 and 东南风,因此南坡也是主要迎风坡,在相同降雨时,南坡接受的降雨多于北坡,遭受到雨滴溅蚀的机会也比北坡多。同时由于热力变异大、干湿交替作用频繁,南坡土体抗剪强度容易降低,因此无论片蚀或崩岗均比北坡强烈,坡面也破碎得多。

表4 德庆县马墟河谷的山脉崩岗数量与坡向的关系

坡向	南	西南	东南	东	西	北
崩岗数/处	124	26	20	22	25	4
比例/%	56.1	11.8	9.1	10	11.3	1.8

李思平^[4]分析认为,风化土体的崩解性明显受含水状态控制,这是造成崩岗发育存在明显坡向差异的原因之一。因为南坡日照时间较长,土体干燥、含水量低,水分波动性大,易于促进土体崩解,面蚀、沟蚀相当发育;北坡日照时间较短,土体含水量波动小,崩解性小,土体相对较致密,因而面蚀、沟蚀发育较轻一些。这样就造成了崩岗在南坡比北坡较发育的结果。据陈世发^[9]提供的长汀县朱溪河小流域土壤侵蚀率与坡向的关系数据,朱溪河流域的土壤侵蚀率在阳坡和半阳坡最大,其次为半阴坡和阴坡,平地上最小,认为主要原因是阳坡和半阳坡相对于阴坡和半阴坡来说,接受的太阳辐射量更大,蒸发量更大,植被覆盖相对较差,土壤侵蚀相对较重。但是,本研究将其数据点绘成图后发现,朱溪河流域土壤侵蚀坡向的分布差异并不是很大(图6)。

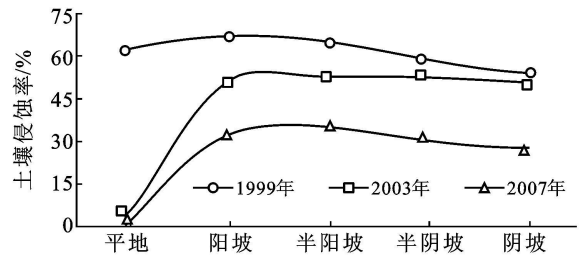


图6 朱溪河不同坡向上的土壤侵蚀率

刘瑞华^[11]在德庆县南部低山丘陵区进行了崩岗侵蚀调查,随机测量了100个崩岗,测定崩岗的发育方向及其出口方向,结果详见表5。汪金波^[12]强调了迎风坡(在华南的雨季为南坡)降水量和单位面积降水强度都比背风坡大,故迎风坡的雨滴侵蚀(溅蚀)和径流侵蚀均强于背风坡,加之降雨在较为干燥的迎风坡上土壤的崩解分散作用比相对较湿润的背风坡上对土壤的崩解全散作用要大,所以崩岗也易于集中在南坡。

表5 德庆县崩岗发育方向统计

崩岗发育方位	东南	西南	南	西	西北
崩岗数量/处	31	30	15	17	7
比例/%	31	30	15	17	7

2.2 崩岗地貌坡向选择性的成因解释及其缺陷

2.2.1 迎风坡—背风坡降水差异 海陆热力相互作用产生的干湿气流在海陆间运动,暖湿的海洋气流向陆地运动可以向陆地带去较为丰沛的水汽,当这种气流在大陆遇到山地时近地面的暖湿气流被迫向上运动,这股气流在迎风坡的上升运动过程中随着海拔的增加逐渐冷却,容易达到水汽饱和状态而形成降水;在背风坡气流向海拔较低的区域运动,气流的温度上

升,水汽饱和限增加,不容易形成降水,导致背风坡的降水较少。例如,海南岛夏季东岸降水较西岸丰富正是由于海南岛夏季风是东南季风,整个海南的风向以东南风、东风为主,地形条件是岛中矗立着五指山脉。

上述“焚风效应”的产生必须有一个前提,即气流所遇到的地形障碍要有足够的高度才能使气流在上升过程中明显降温,并且在气流翻越地形障碍后向低海拔区域运动,才会产生气温上升的现象。气流在迎风坡上升和背风坡下沉,其温度的变化遵循气温递减率变化规律,即垂直高度每上升 1 000 m,气温下降约 6.5 °C。而相对高差小于 200 m 的低山丘陵地区,气流从谷地流向丘顶,气温也仅仅降低 1.3 °C,何况这是在气体运动最为激烈的近地面。因此可以推论,相对高程在 200 m 以下的低山丘陵区一般不能以迎风坡—背风坡降水差异理论来解释崩岗侵蚀地貌分布的坡向不均衡性。

2.2.2 季风—台风降水减蚀作用 单方向的季风降

水在丘陵地区只有在近地面没有气流紊动时才有可能对南北坡上的降水产生影响。犹如降雨时人们在高楼外的背风部位几乎不怕被雨淋,但是当气流紊动较强时,不管在高楼外的哪一部位都将被雨淋;而如果站在矮楼旁,则不管站在楼的哪一部位、也不论有无气流紊动都将一样被雨淋。丘陵地区近地面的气流紊动是必然的,且风速越大紊动越强。因此,基本上各个坡向接受的降水差别不大。

2.2.3 统计分析的盲点 用 ArcGIS 以 30 m 为精度对福建省全省 DEM 图进行统计分析,结果显示崩岗发育的安溪县和泉州市的坡向向南的土地面积和坡向向北的土地面积与福建全省的差别不大(表 6)。同理可以推断表 5 的结果可能存在统计上的问题,因为在计算机程序化运算过程中可能会把处于大山阳坡上的小丘的阴坡统计为阴坡,将大山阴坡的小丘的阳坡统计为阳坡,这就是基于 DEM 叠加统计分析的盲点,所以应当重视模型的合理应用。

表 6 安溪县、泉州市、福建省的各坡向土地面积比例

坡向	安溪县		泉州市		福建省	
	面积/m ²	比例/%	面积/m ²	比例/%	面积/m ²	比例/%
北	684 175	16.8	2 776 959	17.6	29 987 325	17.2
东北	621 238	15.3	2 358 255	15.0	27 278 676	15.7
东	376 309	9.2	1 456 328	9.2	16 551 163	9.5
东南	349 486	8.6	1 253 316	8.0	14 923 264	8.6
南	636 692	15.6	2 794 854	17.7	30 316 335	17.4
西南	640 974	15.8	2 421 778	15.4	26 266 609	15.1
西	369 483	9.1	1 339 369	8.5	14 360 130	8.3
西北	390 142	9.6	1 363 255	8.6	14 173 622	8.2

2.2.4 太阳辐射与岩土结构崩解 裸露的坡地上,土壤物质直接接受太阳辐射,表层温度较植被覆盖的坡地的温度要高,土壤水分不易保留,结果限制了植被的发育;另一方面,裸露的干燥土壤更容易产生裂隙,从而在雨季较同坡度条件的有植被覆盖的坡地更容易受到侵蚀。同样裸露的南坡和北坡,由于太阳辐射的差异导致南坡土壤的热力变异较大,干湿交替作用较频繁,土体抗剪强度减小,结果南坡土壤稳定性较差,易受侵蚀。而在植被覆盖良好的坡地上,南北坡接受太阳辐射的差异,一般不会产生土壤侵蚀的坡向差异,反而可能由于南坡有更多松散土体和阳光照射而植被生长得更好。由此可见,南坡接受更多的太阳辐射促进了岩土结构的崩解不会必然导致南坡崩岗发育的加剧。

崩岗侵蚀地貌发育的安溪、长汀、五华、苍梧、兴国等县人口比较密集,坡地的开发利用程度比较高,有大面积的裸露、半裸露地,因此,在南坡发育崩岗的概率比北坡高这一物理基础确实存在。野外考察时

发现南坡的果林园地对水的需求量较北坡多,而且地面也有更多的裂痕,但此现象只存在于林下无草的区域,在有草被覆盖的林下则不存在南北坡的岩土结构差异。

3 结论

在前人研究华南地区崩岗侵蚀地貌的海拔高程和坡向分布特征的基础上,根据已有资料,对崩岗侵蚀地貌的分布具有海拔高程和坡向选择性这一论断进行了深入分析和思考,并得出了新的认识。考察福建省长汀县朱溪河流域、安溪县官桥镇和广东省五华县等地的崩岗发育状况,认为由于人类生产活动影响的高程范围以及地形相对高差对研究崩岗侵蚀地貌的发育规律更有价值。迎风坡—背风坡降水差异理论、季风—台风降水减蚀作用等用于解释崩岗分布坡向具有选择性的早期论点尚具有不确定性,并提出了统计盲点的问题。

(下转第 41 页)

松细根与土壤特性的关系来看, 0—20 cm 土层的油松细根量与土壤物理特性均不相关, 20—40 cm 土层的细根量与土壤容重和毛管持水量呈显著相关关系; 40—60 cm 土层的细根量与土壤容重和最小持水量呈极显著相关关系, 与土壤含水量相关性不显著, 与其余指标均呈正显著相关关系。因此, 在黄土丘陵区人工植被恢复过程中, 应按照主要植被细根分布特点及其土壤性状的变化规律制定科学的植被恢复措施, 合理控制林分密度是提高该区人工林的生产力和稳定性的关键。

[参 考 文 献]

- [1] Boix F C, Calvo C A, Imeson A C, et al. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators[J]. *Catena*, 2001, 44: 47-67.
- [2] Li Y Y, Shao M A. Change of soil physical properties under long-term natural vegetation restoration in the Loess Plateau of China[J]. *Journal of Arid Environments*, 2006, 64: 77-96.
- [3] Gill R A, Jackson R. Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems[J]. *New Phytol.*, 2000, 147: 13-31.
- [4] Ostonen I, Lohmus K, Pajuste K. Fine root biomass, production and its proportion of NPP in a fertile middle-aged Norway spruce forest: Comparison of soil core and

in growth core methods[J]. *Forest Ecology and Management*, 2005, 212: 264-277.

- [5] 张光灿, 刘霞, 周泽福, 等. 黄土丘陵区油松水土保持林生长过程与直径结构[J]. *应用生态学报*, 2007, 18(4): 728-734.
- [6] 陈云明, 吴钦孝, 刘向东, 等. 黄土丘陵区油松生长与气候因子相关分析[J]. *水土保持通报*, 1996, 16(2): 38-4.
- [7] 傅伯仁. 黄土高原人工林“三低”原因探析[J]. *甘肃农业*, 2004(11): 57-58.
- [8] 吴钦孝, 杨文治. 黄土高原植被建设与可持续发展[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [9] Jackson R B, Mooney H A, Schulze E D. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents[J]. *Proc. Nat Acad Sci USA*, 1997, 94(14): 7362-7366.
- [10] 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986: 17-55.
- [11] 马雪华. 森林生态系统定位研究方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 84-166.
- [12] 李鹏, 李占斌, 赵忠. 细根调查取样点数确定方法的研究[J]. *水土保持研究*, 2003, 10(1): 146-149.
- [13] 吴钦孝, 陈云明, 赵鸿雁, 等. 森林保持水土机理及功能调控技术[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 104-105.
- [14] 刘秀萍, 陈丽华, 陈吉虎. 刺槐和油松根系密度分布特征研究[J]. *干旱区研究*, 2007, 24(5): 647-651.

(上接第36页)

太阳辐射强烈导致岩土易于崩解, 岩土易于崩解导致崩岗侵蚀发育, 从而使崩岗的分布具有坡向性这一论点并非完全正确, 此论点成立的前提必须限定在裸露的花岗岩风化壳坡地而非草被覆盖下的坡地。因此, 人类生产活动对崩岗侵蚀地貌发育的影响应该被重新认识。

[参 考 文 献]

- [1] 张学俭. 南方崩岗的治理开发实践与前景[J]. *中国水利*, 2010(4): 17-22.
- [2] 吴志峰, 钟伟青. 崩岗灾害地貌及其环境效应[J]. *生态科学*, 2007, 16(2): 91-96.
- [3] 史德明. 我国热带、亚热带地区崩岗侵蚀的剖析[J]. *水土保持通报*, 1984, 4(3): 32-37.
- [4] 李思平. 广东崩岗形成的岩土本质[J]. *福建水土保持*, 1991(4): 28-33.
- [5] 匡耀求, 孙大中. 雷州半岛第四纪台地区崩岗侵蚀地貌:

一种后果严重的水土流失现象[J]. *热带地理*, 1998, 18(1): 42-49.

- [6] 林敬兰, 陈志明, 黄炎和, 等. 安溪县崩岗侵蚀空间分布特征探讨[J]. *水土保持研究*, 2009, 16(6): 63-68.
- [7] 陈志明. 安溪县崩岗侵蚀现状分析与治理研究[D]. 福建福州: 福建农林大学, 2007.
- [8] 李旭义. 南方红壤区崩岗侵蚀特征及其治理范式研究[D]. 福建福州: 福建师范大学, 2007.
- [9] 陈世发. 红壤典型小流域水土流失演变规律及其治理范式研究[D]. 福建福州: 福建师范大学, 2009.
- [10] 邱世钧. 红土地坡崩岗侵蚀过程与机理[J]. *水土保持通报*, 1994, 14(6): 31-40.
- [11] 刘瑞华. 华南地区崩岗侵蚀灾害及其防治[J]. *水文地质工程地质*, 2004(4): 54-57.
- [12] 汪金波. 再论崩岗侵蚀的成因与防治: 以德庆、五华两地为例[J]. *中国水土保持*, 1995(1): 15-22.