

平塘县坡耕地水土流失分布规律研究*

方义松¹, 谢冈², 谢元贵^{2▲}, 廖小锋², 肖玖军², 董艳艳²

(1 平塘县水务局, 贵州平塘 558300; 2 贵州科学院山地资源研究所, 贵州贵阳 550001)

【摘要】平塘县作为典型的喀斯特山区, 水土流失非常严重, 导致水土流失的主要策源地是坡耕地, 坡耕地水土流失面积大、分布广, 严重影响当地农业生产和经济发展。运用 ARCGIS 软件的 Intersect 空间叠加功能, 将坡度、降雨量、土壤类型数据分别与坡耕地、水土流失数据进行依次叠加, 得到坡耕地水土流失数据与坡度、降雨量、土壤类型 3 者之间的关系, 分析坡度、降雨量、土壤类型 3 方面各自对坡耕地水土流失分布规律的影响。研究结果表明: 1) 坡耕地水土流失面积随着坡度的增大而增大, 而当坡度 $>35^{\circ}$ 以上时水土流失面积反而减少; 2) 随着降雨量的增大, 坡耕地水土流失面积越大, 降雨量与水土流失呈正相关关系; 3) 5 种土壤类型中, 水土流失难易程度表现为: 紫色土 $>$ 黄壤 $>$ 粗骨土 $>$ 黑色石灰土 $>$ 水稻土。

【关键词】坡耕地, 水土流失, 坡度, 降雨量, 土壤类型

【中图分类号】S157.1

【文献标识码】A

【文章编号】1003-6563 (2018) 02-0061-08

0 引言

水土流失已经成为一个全球性问题, 是威胁人类的生存和发展的主要环境问题之一, 严重的水土流失会导致其抵御自然灾害能力下降, 土壤肥力降低及农业生产力低下。干旱、水灾频繁发生, 生态环境严重恶化。当今时代经济发展迅猛, 农业水平也在稳固提高, 但是在部分地区, 坡耕地水土流失严重影响当地的农业发展, 坡耕地水土流失导致耕地土壤减少, 土壤蓄水保水能力下降, 土地生产力降低。水土大量流失的问题已经给农业经济的持续发展带来了严重的影响。贵州省平塘县作为典型的喀斯特地区, 坡耕地水土流失现象已经成为平塘县面临的严峻问题。本文以平塘县坡耕地水土流失的现状为基础, 初步研究分析坡耕地水土流失的分布规律。为探索该区域坡耕地水土流失的分布规律及当地采取水土保持措施提供一定的理论依据。

坡耕地水土流失导致农业经济发展严重受阻, 水土流失分布规律受到水土流失因子的影响。王效科, 欧阳志云等人证明了水土流失因子是影响其分布的重要因素^[1]; 彭琴, 林昌虎等人研究分析了喀斯特地区水土流失的特征和因子^[2]; 尹忠东等人得出水土流失的因子主要有降雨、植被、坡面等, 降雨是水土流失的主要原因, 植被、坡面等因素对水土流失也有重要影响^[3]; 康玲玲、马琨等表明土壤养分流失量与雨强成正比, 土壤流失量与土壤中养分流失量呈显著的正相关关系^[4]; 也有研究表明, 不同的降雨量区之间水土流失强度是有差异的^[5], 在同一降雨量区内, 雨量时间分布具有相似性^[6]; 有的学者指出, 当雨量小时直接径流与降雨量之间呈指数关系, 当雨量较大时, 两者之间为线性关系, 但雨量急剧增大时, 直接径流率逐渐减小, 最后靠近一固定值^[7]; 研究也表明了坡度是影响土壤侵蚀的重要因子^[8], 坡度增大, 侵蚀量增大, 但也有相反的例子^[9], 坡度与细沟侵蚀的关系也有相反的观点。植被也是影响地表径流的重要因子, 同样影响水土流失的分布, 地表湿地被物也可减少径流^[10]。Dlang 等人表明土壤流失和形成相平衡的地表覆盖应在 50%到 75%之间^[11]。张芳挺, 熊康宁等人对喀斯特地区水土流失的研究表明土壤的类型、物理性质等因子对水土流失有明显的影响^[12]。土壤的抗蚀性和抗冲性则体现了土壤对水土流失的抵抗能力, 土壤抵抗径流破坏作用的能力区分为抗冲性和抗蚀性两种性能^[13-14]; 土壤团聚体结构和可蚀性存在很明显的相关性^[15]; 土壤性质对土壤

侵蚀的发生与强度都有重要的影响^[16];微团聚体分维值越大,则土壤的结构与稳定性越差,反之则越容易形成良好的结构和稳定性^[17]。人为因素也是影响坡耕地水土流失分布的重要因素^[18],袁东海,王兆骞等人的研究表明不同农作措施对坡耕地径流和泥沙流失量有影响,泥沙流失量大小顺序为:顺坡农作>水平草带>水平沟>等高农作>休闲>等高土埂^[19];垄沟耕作一旦遇到暴雨,降雨量快速加大,很容易就产生地表径流,冲走大量表层土壤形成侵蚀沟,侵蚀大量的土壤,耕作层土壤被破坏,从而导致沙石直接裸漏在外面,造成了水土流失的现象^[20]。

1 材料与方法

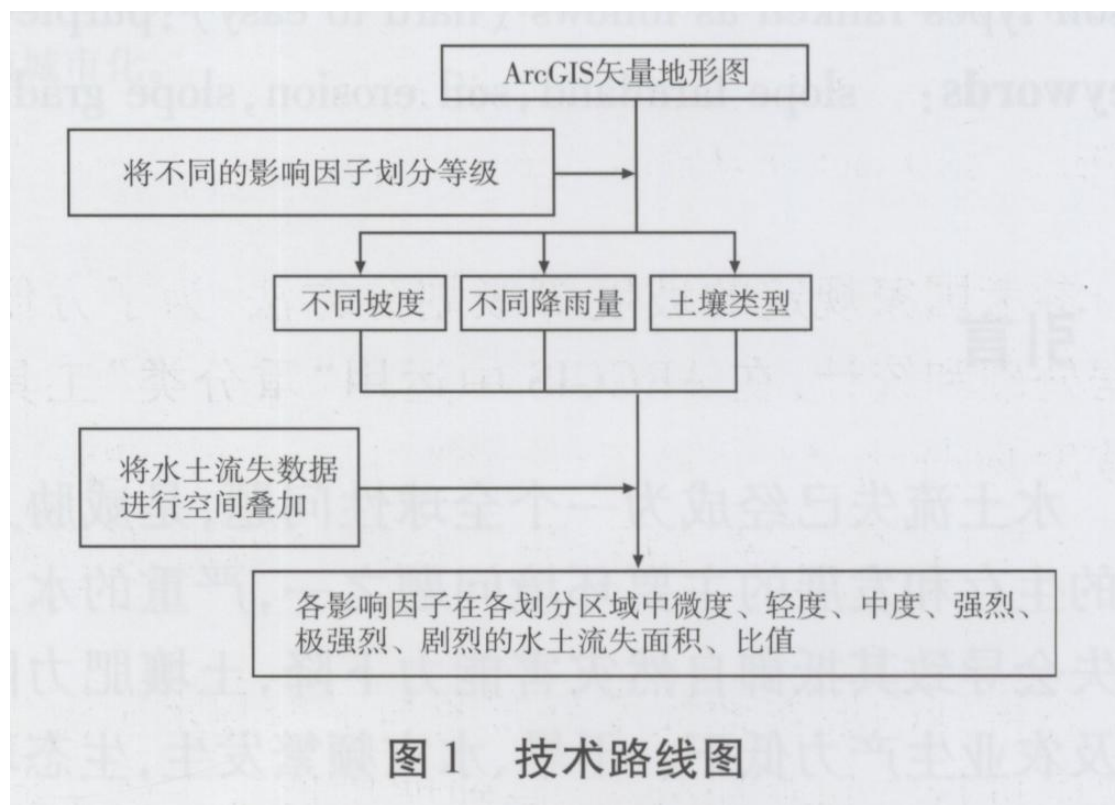
1.1 研究区概况

研究区位于贵州南缘中部,东经 106° 40' 29" ~107° 26' 19",北纬 25° 29' 55" ~26° 06' 4" 之间,全县面积 2815.6km²,东西距离长 76.3km,南北相距 67.7km,平均海拔 710m。地处中亚热带岩溶喀斯特地区、云贵高原东南坡向广西丘陵的过渡地带上。主要以山地为主,境内地势西北高东南低,最高点是大塘镇艮上坡,海拔 1487.7m,最低点是摆茹镇甲茶村六硐河出口处,海拔 402m。气候为中亚热带季风湿润气候区,夏无酷暑,冬无严寒,热量丰富,雨量充沛,无霜期长。年平均气温 17℃,年总积温 6203.4℃,极端最低气温为-11.4℃,极端最高气温 38.1℃; , 年均无霜期 312 天, ≥10℃的积温为 5120℃。年平均降雨量 1259mm,降水量最多年为 1604.9mm,降水最少年为 913.4mm,常年水蒸发量为 1294.1mm。全年日照百分率为 30%,年均日照时数 1316.9h。土壤类型有黄壤、石灰土、水稻土、紫色土、潮土 5 类,13 个亚类,33 个土属,79 个土种。森林覆盖率为 56.85%,主要树种有马尾松、麻栎、白栎、栓皮栎、白杨、枫香、泡桐、梓木、楸树、丝栗、楠木、刺楸、柏木、侧柏、杉木、银杏、樟树、皂角、槐树、刺槐、相思树、毛白杨、响叶杨、旱柳、垂柳、旱冬瓜、枫杨、榆树、臭椿、楝树、红椿、香椿以及云南松、柳杉、水杉等。

1.2 数据来源

平塘县水土流失数据,平塘县石漠化数据,平塘县 5 万 DEM,平塘县土壤类型图,平塘县土地变更数据。

1.3 技术路线



2 结果与分析

2.1 坡度分析

坡度作为水土流失的主要影响因子之一，其对水土流失分布规律的影响是多方面的，王瑄，郭月峰等人通过研究证明了坡度愈大，径流量与冲刷量均随之加大，土壤中养分流失量越多，有机质的流失越多，土壤肥力降低越大，农作物产量越低^[21]。水土流失也越严重。

这里将坡度划分为 5 个不同等级，研究其不同等级微度、轻度、中度、强烈、极强烈、剧烈的水土流失面积、比值，分析其水土流失的程度和分布。

2.1.1 坡度数据处理

运用 ArcGIS 软件通过属性查找从平塘县土地变更数据库中提取出平塘县旱地数据得到旱地分布图。运用 ArcGIS10.2 软件的 slope 工具，利用平塘县 1:5 万 DEM 数据提取坡度图，将得到的坡度图与旱地分布图进行“相交”处理最终得到平塘县坡耕地分布图。

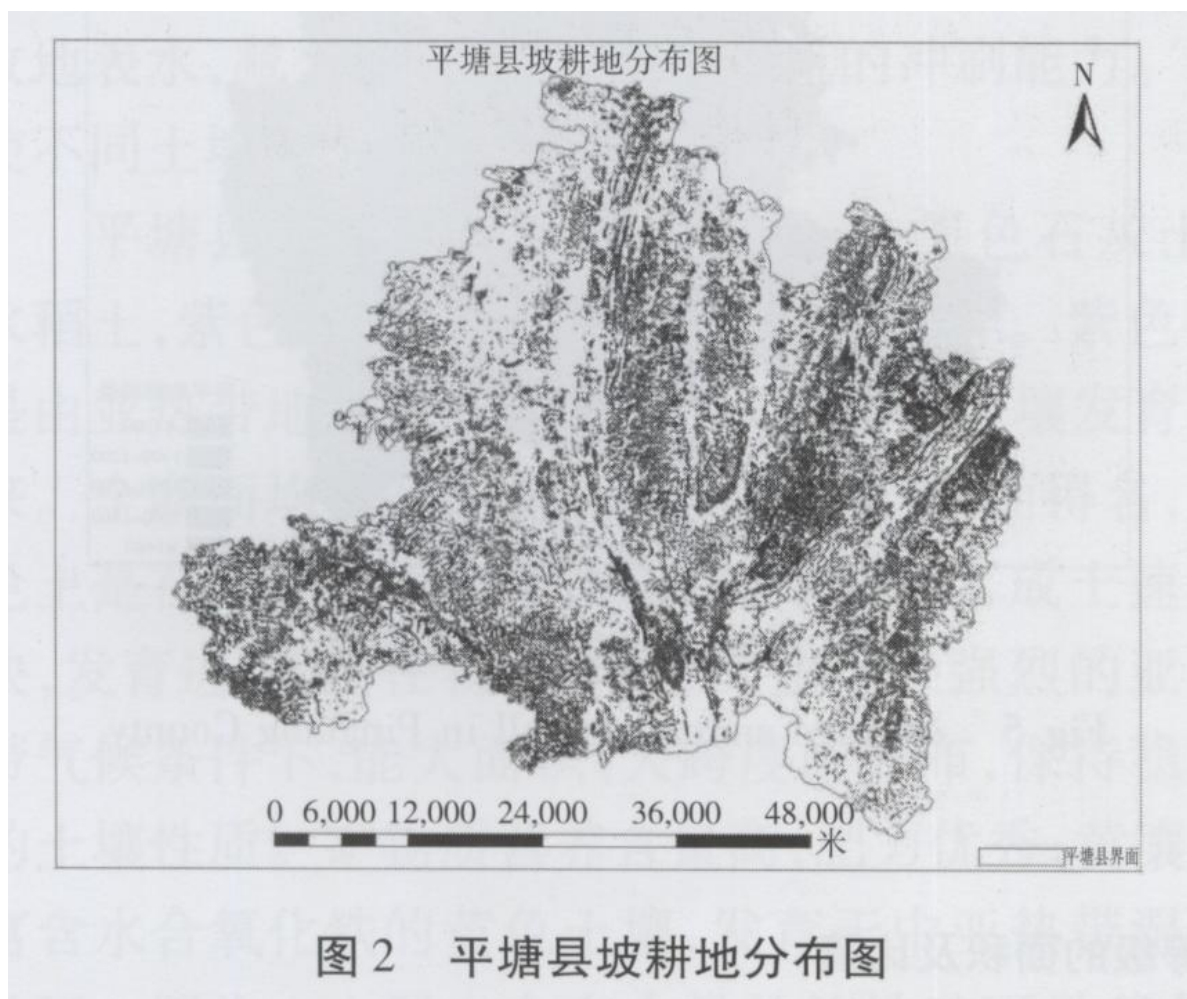
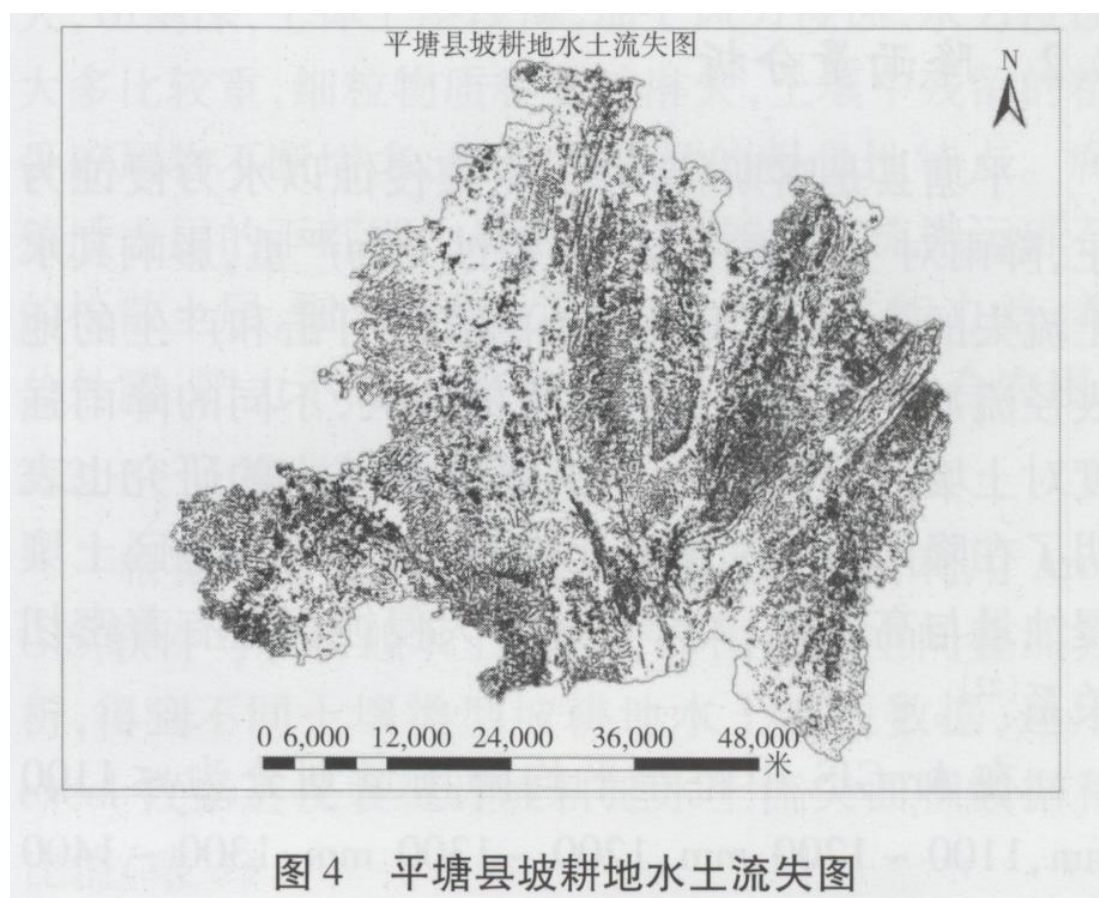
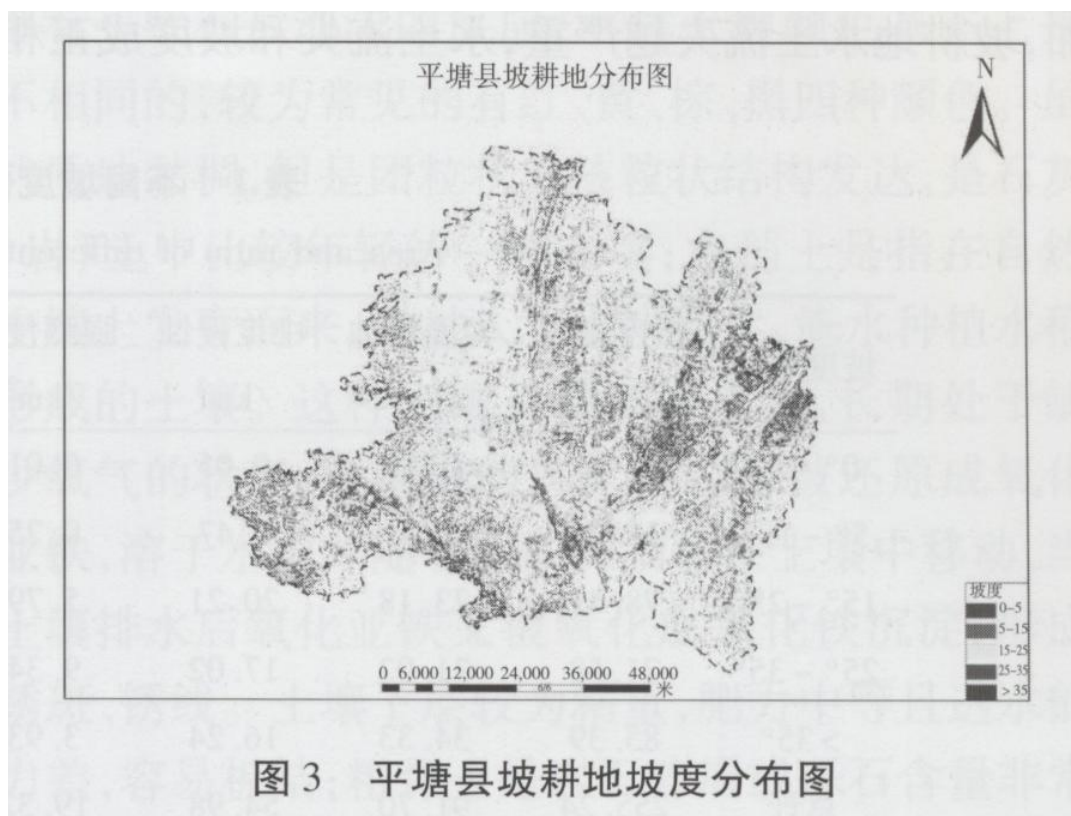


图 2 平塘县坡耕地分布图

参考国家规定的坡度等级划分方法，为了方便数据处理和统计，在 ARCGIS 中运用“重分类”工具将坡度划分为 $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 、 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 、 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 、 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 、 $>35^{\circ}$ 五个等级，得到平塘县坡耕地坡度分布图。

将得到的坡耕地坡度分布图与平塘县水土流失现状图进行空间叠加分析，得到坡耕地水土流失数据图，导出数据，运用 excel 数据透视表统计各坡度等级的水土流失面积和比值。



2.1.2 坡度结果分析

通过表 1 可以得出, 总体上看, $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$, $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$, $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$, $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 四个坡度等级中土壤侵蚀强度随坡度的提高而加剧。在坡度为 $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 时, 坡耕地的水土流失面积少, 强烈侵蚀以上包含强烈侵蚀的面积极少, 水土流失情况较轻, 水土流失面积不到其耕地面积的 10%; $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 时面积开始大量增加; 在坡度为 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 和 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 时坡耕地水土流失极为严重, 其面积分别占了其坡耕地面积的 39.17%和 45.64%; 坡度 $>35^{\circ}$ 以上的水土流失面积和所占的比值有所下降, 为 40.93%, 坡耕地水土流失仍然是极为严重, 极强烈侵蚀和剧烈侵蚀仍然增加, 特别是剧烈侵蚀的面积比 $0^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 的剧烈侵蚀面积大。不过其面积对于坡耕地的总面积而言所占比值较小, 可以忽略。总体得出坡度对水土流失分布规律的影响: 坡度在 $0^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 时, 随着坡度的增力口, 坡耕地水土流失越严重, 水土流失和坡度成正相关关系; 当坡度 $>35^{\circ}$ 以上时, 水土流失反而减少, 水土流失和坡度成负相关关系。

表 1 不同坡度侵蚀等级的面积及比值

坡度等级	微度侵蚀 / km^2	轻度侵蚀 / km^2	中度侵蚀 / km^2	强烈侵蚀 / km^2	极强烈侵蚀 / km^2	剧烈侵蚀 / km^2	总面积 / km^2	水土流失面积 / km^2	占比 /%
$0^{\circ} \sim 5^{\circ}$	1.80	0.12	0.05	0.01	0.00	0.01	1.99	0.19	9.76
$5^{\circ} \sim 15^{\circ}$	18.06	3.04	1.47	0.25	0.08	0.11	23.01	4.94	21.48
$15^{\circ} \sim 25^{\circ}$	78.41	23.18	20.21	5.79	0.66	0.65	128.90	50.49	39.17
$25^{\circ} \sim 35^{\circ}$	71.58	31.02	17.02	9.34	1.08	1.64	131.67	60.10	45.64
$>35^{\circ}$	85.39	34.33	16.24	3.93	1.47	3.20	144.57	59.18	40.93
总计	255.24	91.70	54.98	19.32	3.30	5.61	430.15		

2.2 降雨量分析

平塘县是喀斯特山区, 土壤侵蚀以水力侵蚀为主, 降雨对于该地区的土壤侵蚀尤为严重, 影响其水土流失的分布, 降雨对土地的直接打击和产生的地表径流冲刷会导致土壤大量的流失, 不同的降雨强度对土壤的侵蚀能力不同, 满建利等人的研究也表明了降雨因子发生变化的情况下, 同一地区土壤侵蚀量与高强度、大降雨量和大侵蚀雨量有着密切关系^[22]。

在 ArcGIS 中将年平均降雨量划分为 $\leq 1100\text{mm}$, $1100 \sim 1200\text{mm}$, $1200 \sim 1300\text{mm}$, $1300 \sim 1400\text{mm}$, $\geq 1400\text{mm}$ 五个等级。研究不同降雨量等级中微度、轻度、中度、强度、极强度、剧烈的坡耕地水土流失面积、比值, 分析其水土流失的强度和分布。

2.2.1 降雨数据处理

利用处理坡度数据的方法处理平塘县年平均降雨量图并划分等级, 得到平塘县年平均降雨量图(图 5), 运用 ArcGIS 软件与坡耕地水土流失分布图进行空间叠加分析, 得到不同降雨量坡耕地水土流失数据, 同样运用 excel 数据透视表统计坡耕地水土流失面积数据和比值(表 2)。

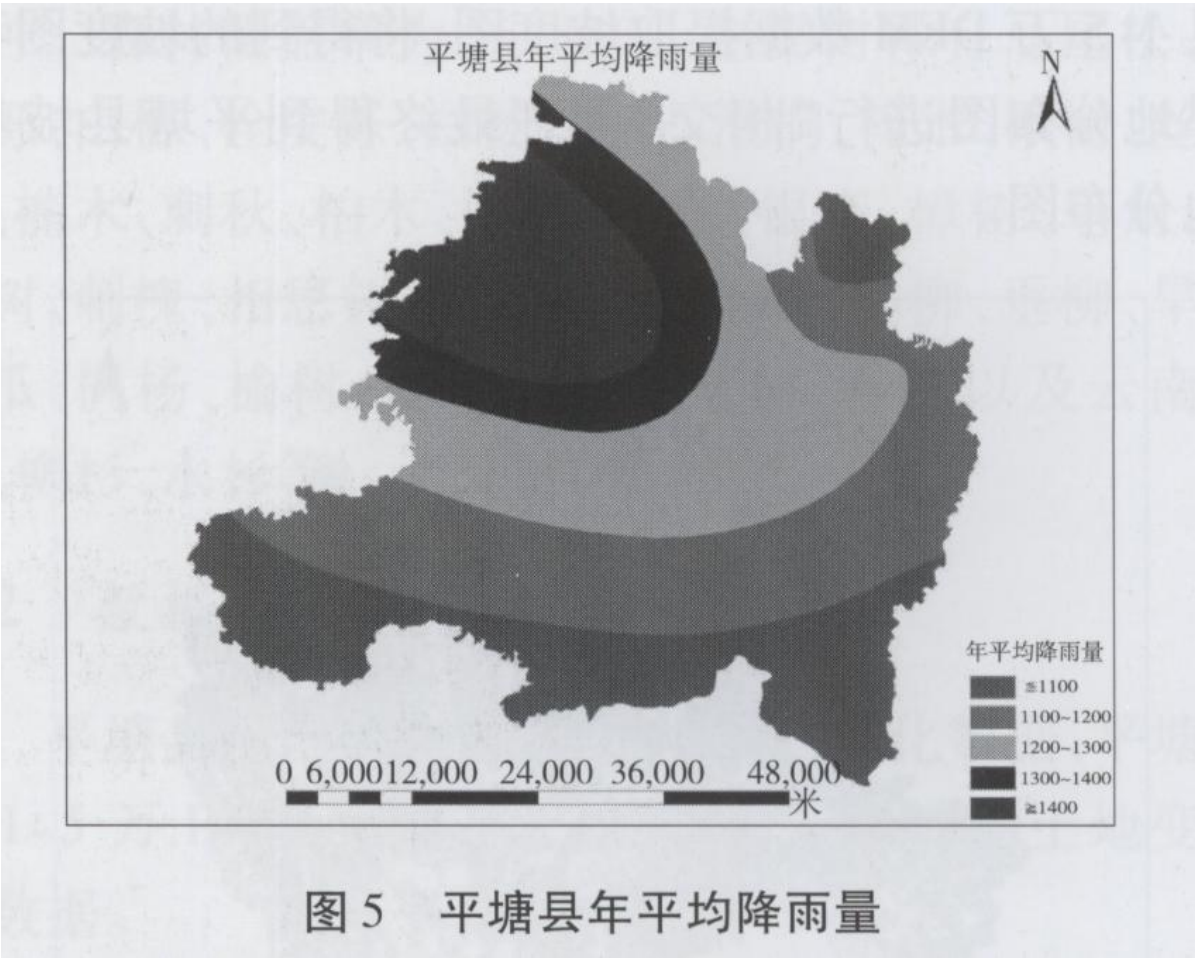


表 2 不同降雨量下各侵蚀等级的面积及比值

降雨强度	微度侵蚀 / km ²	轻度侵蚀 / km ²	中度侵蚀 / km ²	强烈侵蚀 / km ²	极强烈侵蚀 / km ²	剧烈侵蚀 / km ²	总面积 / km ²	水土流失面积 / km ²	占比 /%
≤1100mm	26.65	7.64	3.43	0.55	0.20	0.33	38.79	12.14	31.3
1100~1200mm	22.07	6.90	4.14	0.94	0.21	0.45	34.72	12.64	36.42
1200~1300mm	76.11	24.40	12.78	4.54	0.70	1.51	120.04	43.93	36.59
1300~1400mm	52.88	19.37	13.06	3.32	0.75	0.58	89.97	37.09	41.22
≥1400mm	77.52	33.39	21.58	9.96	1.44	2.74	146.63	69.11	47.13
总计	255.24	91.70	54.98	19.32	3.30	5.61	430.15		

2.2.2 降雨结果分析

从表 2 中能够得到，年平均降雨量≤1100mm、1100~1200mm、1200~1300mm 三个等级各坡耕地水土流失面积都超过其总面积的三分之一，平均降雨量为 1300~1400mm 时坡耕地水土流失面积比值达到 41.22%。当年平均降雨量≥1400mm 时坡耕地水土流失面积比值为 47.13%，坡耕地水土流失的面积接近其坡耕地总面积的一半。最终得出：降雨量越大，对坡耕地土壤的侵蚀作用

越明显，坡耕地水土流失自然越严重。随着降雨量的增大坡耕地水土流失情况越严重，降雨量与坡耕地水土流失成正比，强降雨会导致坡耕地严重的水土流失。

2.3 土壤类型分析

不同的土壤类型对水土流失的抗性不同，因此土壤类型同样也是影响水土流失分布的重要因素之一，不同的土壤类型的渗透能力、抗冲性、抗蚀性等因素对水土流失的综合影响的结果也不同。刘燕等人通过对水土流失敏感性综合分析了土壤类型对水土流失的影响，证明了土壤类型对水土流失有着明显的影响。坡耕地土壤直接裸露，加重了地表径流对土壤的冲刷作用，土壤的吸水性即渗透能力能吸收地表水，减少地表径流，减轻径流的冲刷能力。致使不同土壤的水土流失分布不同。

平塘县土壤主要为黄壤，粗骨土，黑色石灰土，水稻土，紫色土。各种土壤的性质不一样。紫色土是由亚热带地区石灰性紫色砂页岩母质土壤发育而来。全断面均匀的呈现紫色或紫红色，因而得名，紫色土是在风化作用和侵蚀作用下形成的，成土速度快，发育进程慢，在物质、能量交换都很强烈的亚热带气候条件下，能大面积、大跨度的分布，保持稳定的土壤性质。矿物质营养含量高，肥力优秀；黄壤是富含水合氧化铁的黄色土壤，发育于中亚热带湿润地区。因为心土层中含有大量的针铁矿而呈黄色，因而得名，黄壤主要由黏土矿物组成，质地一般较粘重，多粘土、粘壤土，粒度在 0.005mm 左右，土层较厚，渗透性强，土层经常保持湿润，含水率高达 40%，淋溶作用明显具较好黏结性，水土流失很严重，土性常显贫瘠；黑色石灰土又名“腐殖质碳酸盐土”，是石灰土的一种。是发育于热带亚热带地区碳酸岩类风化物上的土壤。常见于石山山顶、岩石缝隙或较低洼的山谷，土层一般较薄，断面上多多少少都有一些石灰泡沫的反应，不过土壤颜色基本上是不相同的，较为常见的有红、黄、棕、黑四种颜色。虽然质地黏稠，但是团粒状或核粒状结构发达，是石灰（岩）土中比较年轻的一种土壤；水稻土是指在自然土壤上发育而来，通过人工水耕熟化，淹水种植水稻形成的土壤。这种土壤长期被水淹没，长期处于缺少氧气的状态，土壤中的氧化铁容易被还原成氧化亚铁，溶于水并随着水的流动而在土壤中移动，当土壤排水后氧化亚铁又被氧化成氧化铁沉淀，形成锈斑、锈线。土壤下层较为粘重，肥力中等且透水能力差，容易板结；粗骨土是岩石碎屑或砾石含量非常高的土壤，因为山丘地区的地形起伏较大，地表坡度大，切割深，土体上层浅薄，加上风力侵蚀、水力侵蚀大多比较重，细粒物质容易被淋失，土壤中残留的粗骨碎屑物不断增多，因而具明显的粗骨性特点。腐殖质表层的下部即为岩石风化碎屑或河流搬运砾石的松散土层，细土物质比较少，土壤保水能力差、养分外露、肥力不高，生产性能不良，一般不适合农用。

2.3.1 土壤类型数据处理

根据平塘县土壤类型分布图（图 6），利用 Arc-GIS 软件与坡耕地水土流失分布图进行空间叠加分析，得到不同土壤类型坡耕地水土流失数据，运用 excel 数据透视表统计坡耕地水土流失面积数据和比值（表 3）。

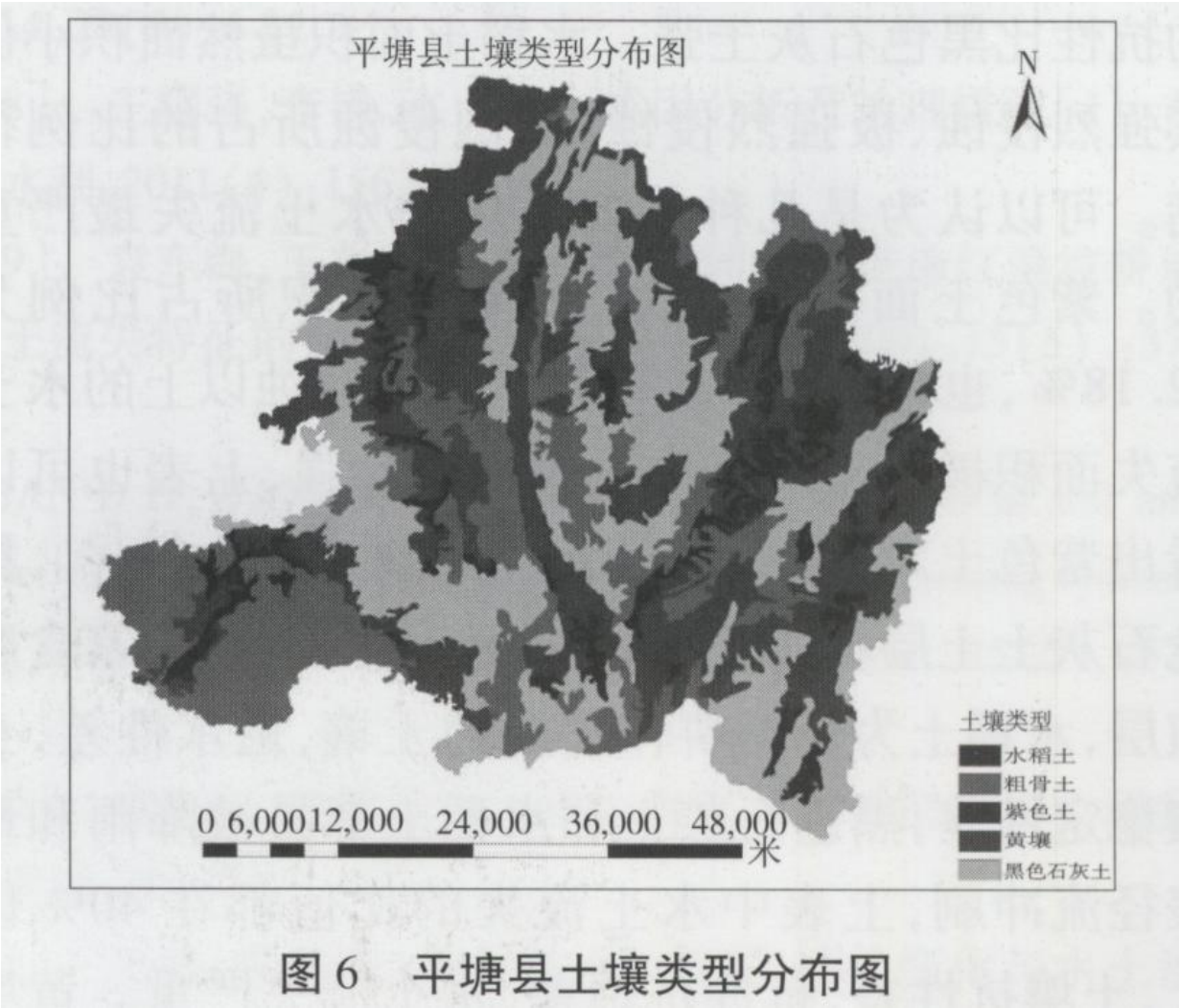


表 3 不同土壤类型各侵蚀等级的面积及比值

土壤类型	微度侵蚀 / km ²	轻度侵蚀 / km ²	中度侵蚀 / km ²	强烈侵蚀 / km ²	极强烈侵蚀 / km ²	剧烈侵蚀 / km ²	总面积 / km ²	水土流失面积 / km ²	占比 /%
粗骨土	60.67	22.14	12.36	4.01	0.76	1.02	100.95	40.28	39.9
黑色石灰土	68.44	28.93	15.80	3.39	1.21	1.75	119.51	51.07	42.73
黄壤	97.95	31.21	20.32	8.11	1.00	1.86	160.44	62.49	38.95
水稻土	26.79	9.16	6.38	3.79	0.33	0.98	47.42	20.64	43.52
紫色土	1.36	0.25	0.11	0.02	0.00	0.00	1.74	0.39	22.18
总计	255.20	91.68	54.97	19.32	3.30	5.60	430.07		

2.3.2 土壤类型结果分析

根据土壤类型的面积可以得出，黄壤>黑色石灰土>粗骨土>水稻土>紫色土。其中粗骨土、黑色石灰土、黄壤的面积大、

分布广，且较为连片，而水稻土面积较小而且分布极为破碎，紫色土面积非常少，分布分散。对于整个平塘县的坡耕地来说，所占的比值很小，而从表上能看出粗骨土、黑色石灰土、黄壤、水稻土水土流失面积占比分别为 39.90%、42.73%、38.95%、43.52%。这几种土壤所占面积大。为平塘县主要耕地土壤，其中粗骨土和黑色石灰土面积接近，然而黑色石灰土在极强烈侵蚀和剧烈侵蚀的面积比粗骨土的大。计算其比值分别得 0.7%和 1.4%，多出三分之一。可以看出坡耕地的黑色石灰土水土流失比粗骨土水土流失更严重。黄壤面积最大，而在极强烈侵蚀和剧烈侵蚀的面积和黑色石灰土相近，可以认为黄壤对水土流失的抗性比黑色石灰土强。水稻土面积虽然面积小但其强烈侵蚀、极强烈侵蚀、剧烈侵蚀所占的比例很高。可以认为是几种主要土壤中水土流失最严重的。紫色土面积很少，水土流失面积所占比例为 22.18%，也集中在中度侵蚀。中度侵蚀以上的水土流失面积极少。紫色土土壤稳定性强，上表也可以看出紫色土对坡耕地水土流失的抵抗能力很强。黑色石灰土土层较薄，常见于山顶和岩石间隙，富含腐殖层，水稻土为长期耕作形成的土壤，透水性差，土壤稳定性差，黑色石灰土和水稻土都易被降雨和地表径流冲刷，上表中水土流失的比值都在 40%以上，土壤抗性差，抗冲抗蚀差，水土流失严重。黄壤吸水能力、渗透性强，土壤颗粒小，淋溶作用明显。粗骨土的岩石碎屑或砾石含量很高，保水能力差，粗骨细粒物质易被淋失，水土流失严重。综合分析可以得出不同土壤影响坡耕地水土流失分布表现为：土壤抗侵蚀能力为紫色土>黄壤>粗骨土>黑色石灰土>水稻土。水土流失难易程度为紫色土>黄壤>粗骨土>黑色石灰土>水稻土。

3 结论与讨论

3.1 结论

平塘县地处喀斯特山区，由于其独特的土质、地形、气候。导致了其坡耕地水土流失成因复杂多样，本文研究分析了平塘县坡耕地水土流失部分因子对水土流失分布的影响。从坡度、降雨、土壤类型三个方面综合分析了平塘县的坡耕地水土流失的分布规律，得到结果如下。

在坡度方面，坡度为 $0^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 时坡耕地的水土流失面积随坡度的增加而增加，当坡度大于 35° 后，坡耕地的水土流失面积反而降低，坡耕地水土流失主要集中在 $15^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 之间。平塘县的坡耕地坡度大于 15° 时，接近一半的坡耕地处于水土流失状态下，这严重制约了农业的发展。随着坡耕地水土流失的发展，土地退化不断加剧，会更进一步的加深当地农业发展的影响。

在降雨方面，随着降雨量的增大，坡耕地水土流失面积也增大，成正比关系。平塘县降雨丰富，降雨量大，而当地灌溉几乎来于降雨，未采取有效的坡耕地水保措施，这无疑会不断加深坡耕地水土流失的程度，进而影响当地农业的发展。

在土壤类型方面，平塘县坡耕地土壤对水土流失的抵抗能力为紫色土>黄壤>粗骨土>黑色石灰土>水稻土。其中紫色土保水能力强，土壤稳定性高，抗蚀和抗冲性强，水土流失强度小；水稻土因长期耕作，土壤矿物流失严重，肥力差，土壤稳定性差，水土流失最为严重。

3.2 讨论

影响坡耕地水土流失分布规律的因素还有很多方面，例如耕作方式、植被覆盖度、农作物种类等，但此次研究因条件有限无法作进一步的研究，只选取坡度、降雨、土壤类型三个方面进行初步的探索。

参考文献

- [1] 王效科, 欧阳志云, 肖寒, 等. 中国水土流失敏感性分布规律及其区划研究[J]. 生态学报, 2001, 21(1): 14-19.

-
- [2] 彭琴,林昌虎,何腾兵.贵州喀斯特山区水土流失特征与水土保持研究进展[J].贵州科学,2006,24(3):66-88.
- [3] 尹忠东,周心澄,朱金兆.影响水土流失的主要因素研究概述[J].世界林业研究,2003,16(3):32-36.
- [4] 康玲玲,朱小勇,王云璋,等.不同雨强条件下黄土性土壤养分流失规律研究[J].土壤学报,1999,36(4):536-543.
- [5] 田光进,张增祥,赵晓丽,等.中国耕地土壤侵蚀空间分布特征及生态背景[J].生态学报,2002,22(1):10-16.
- [6] 王占礼,邵明安.黄土高原典型地区土壤侵蚀共性与特点[J].山地学报,2001(1):25-27.
- [7] 中野秀章.森林水文学[M].北京:中国林业出版社,1983.
- [8] 马义娟,苏志珠.晋西北地区环境特征与土地荒漠化类型研究[J].水土保持研究,2002,9(3):124-127.
- [9] NEAL J H. The effect of the degree of slope and rainfall characteristics on runoff and soil erosion[J]. Soil Science Society of America Journal, 1938,2(C):525-532.
- [10] 王治国,肖娟,魏忠义,等.黄土残塬区人工降雨条件下坡耕地水蚀研究-瓜.坡耕地小麦休闲期秸秆覆盖的防蚀效应[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999(2):111-113.
- [11] 杨子生.滇东北山区坡耕地土壤侵蚀的地形因子[J].山地学报,1999,17(5):16-18.
- [12] 张芳挺,熊康宁,陈许,等.喀斯特高原山地水土流失影响因素及生态效益评价——以贵州毕节石桥小流域为例[J].水土保持研究,2009,16(5):88-97.
- [13] 朱显谟.甘肃中部土壤侵蚀调查报告[J].土壤专报,1958,32:53-109.
- [14] 朱显谟.我国十年水土保持工作的成就[J].土壤,1959(10):7-11.
- [15] BARTHGE S B, ROOSE E. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion ; validation at several levels[J]. Catena,2002,47:133-149.
- [16] BRESHEARS D D,WHICKER J J,JOHANSEN M P,et al. Wind and water erosion and transport in semi-arid scrublands ,grassland and forest ecosystems: quantifying dominance of horizontal wind-driven transport[J]. Earth Surface Processes and Landforms,2003,28(11) 1189-1209.
- [17] 赵洋毅,舒树森.滇中水源区典型林地土壤结构分形特征及其对土壤抗蚀、抗冲性的影响[J].水土保持学报,2014,28(5):6-11.
- [18] 王耀强,李巍.水土流失成因分析及治理措施[J].吉林水利,2011(4):156-159.
- [19] 袁东海,王兆骞,陈欣,等.不同农作措施红壤坡耕地水土流失特征的研究[J].水土保持学报,2001,15(5):37-40.

-
- [20] 俞庆九. 坡耕地水土流失现状与防治措施[J]. 科技与生活, 2011(22):94.
- [21] 王瑄, 郭月峰, 高云彪, 等. 坡度、坡长变化与水土流失量之相关性分析[J]. 中国农学通报, 2007, 23(9):611-614.
- [22] 满建利, 姜成, 彭红霞, 等. 降雨因素和不同土地利用方式对水土流失的影响[J]. 水土保持研究, 2010, 17(1):31-34.

收稿日期:2017-11-23;**修回日期:**2017-12-11

***基金项目:**喀斯特峰丛洼地地区景观格局动态与土壤侵蚀耦合机

制研究——以国家重点生态功能区平塘县为例(黔科院字(2017)04号);平塘FAST周边区域地方特色中药资源调查与评价(黔科院字(2016)05号);乡村复合生态系统对位配置技术模式构建与示范(黔科合SY字(2013)3169);基于生物多样性保护的
土地整理复垦开发技术与示范(黔科合SY字(2009)3084);贵州省国土厅财政专项科研项目“基于小流域为单元的高标
准基本农田建设土地整治项目工程建设体系、标准及效益评价研究”。

作者简介:方义松(1982-),男,本科,工程师,研究方向:水土保持。

▲通讯作者:谢元贵(1982-),男,硕士研究生,副研究员,高级工程师,主要从事土地资源及水土保持研究。