

黄土丘陵沟壑区不同坡度分级系统及地面坡谱对比

赵牡丹^{1,2}, 汤国安¹, 陈正江¹, 朱红春¹

(1. 西北大学 城市与资源学系, 西安市 710069; 2. 中国科学院水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 地面坡度是最重要的地形定量指标, 建立科学合理的地面坡度分级体系是对坡度进行科学研究与坡度图制图必不可少的重要环节。总结了近年来在坡度分级研究方面的已有成果, 将坡度分级方法归并为临界坡度分级、等差坡度分级、模糊坡度分级 3 种方法。在说明了各种分类方法特点的基础上, 探讨了其应用的适用性。以黄土丘陵沟壑区的韭园沟流域为实验样区, 利用高精度 1: 1 万比例尺的 DEM 数据为信息源, 建立了栅格数字坡度模型。利用分级统计的结果, 对各种坡度分类方法所得到的地面坡谱进行了对比和分析。

关键词: 坡度; 分级; 坡谱; DEM

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2002)04-0033-04

中图分类号: p231.5

Slope Classification Systems and Their Slope Spectrum in Hill and Gully Area of the Loess Plateau

ZHAO Mu-dan^{1,2}, TANG Guo-an¹, CHEN Zheng-jiang¹, ZHU Hong-chun¹

(1. Department of Urban and Resource Sciences, Northwest University, Xi'an 710069, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract Slope is the most important topographic variables. It is a critical work to establish a scientific and reasonable slope classification systems for terrain research and slope-mapping. After a comprehensive summary to the previous works in this field, it is pointed out that slope classification scheme could be divided into three different types on the basis of their serving purpose, namely critical classification, equal interval classification and fuzzy classification. Their availability is analyzed after explaining the characteristics of the slope classifications. Taking Juyuangou area as the test area representing the loess hill-gully terrain type, a digital slope model (DSM) was extracted from 1: 10 000 scaled DEMs. Different slope spectrums can be derived from DSMs according to the different slope classification systems, which shows a interesting discrepancy both in their distribution patterns and statistic values.

Keywords slope; classification; slope spectrum; DEM

1 序 言

地面坡度是反映地表斜面对水平面的倾斜程度的量值, 是地表形态的重要示量之一。坡度的大小制约着土壤侵蚀量的强弱, 决定着水土保持措施的布设方式, 关系着土地利用的方向及其规划, 影响着农机具的使用功力。在黄土高原地区, 地面坡度是最重要的地形定量指标, 对地面坡度特征的研究, 无论对科学研究还是实际应用都具有重要的意义。

如果以“度”作为衡量地面坡度大小的基本度量指标, 坡度具有在其值域范围 (0°—90°) 量值上的无限可分性, 而地表实际坡度又具有空间上的连续性,

要对坡度进行科学的研究与制图, 建立科学合理的地面坡度分级体系是极其重要的环节。目前, 虽然国家已经颁布了多种坡度分级的方案, 例如: 国家土地部门颁布的适用于土地质量评价的坡度分级方案, 国家水利部门颁布的坡度分级方案等, 但是, 一方面这些所颁布的方案没有给定确切的科学意义的说明, 另一方面, 使用者对坡度分级的意义以及应用方式上也存在诸多模糊的认识, 而对该方面的研究还十分不足。强化对坡度分级理论的研究, 无论在理论上还是实用上都具有重要的意义。本文首先评估目前常用的坡度分级方法, 并在此基础上, 以在黄土丘陵沟壑区的韭园沟流域为例, 利用高精度 1: 1 万比例尺的 DEM

收稿日期: 2002-06-25

资助项目: 国家自然科学基金 (49971065); 黄委会水土保持科研基金项目 (hsbkj2000-02); 陕西省教育厅科学研究基金项目 (00JK150); 西北大学科学研究基金 (00NW30)

作者简介: 赵牡丹 (1969-), 女 (汉族), 西北大学城市与资源学系讲师, 中科院水利部水土保持研究所在职博士。研究方向为遥感与地理信息系统。电话 (029) 8302460, E-mail: zmdan@nwu.edu.cn

数据为信息源,建立栅格数字坡度模型。利用分级统计的结果,对各种坡度分类方法所得到的地面坡度组合特征进行了对比分析。该研究结果对于澄清当前在坡度分级应用上的诸多模糊认识,特别是对于正在进行的黄土高原地形图谱研究具有重要的意义。

2 坡度分级

2.1 坡度分级的原则

不同的地貌类型,存在相应的地面坡度组合特征。坡度分级应该能有效地反映实际地面的坡度组合特点。在黄土丘陵沟壑区,为该区的水土保持工作及农、林、牧业生产服务,是地面坡度分级研究的主要目的。合理的坡度分级,应有效地反映该地区地形地貌规律,便于进行水土流失规律的研究,便于进行水土保持措施及农、林、牧生产措施的布设。

为了便于全省及全国性的统计计算,坡度分级应尽量与全国性(或地方性)部门性的坡度分级系统相匹配。

2.2 坡度分级的方法

按照坡度分级应用目标的差异,坡度分级的方法可以分为:以临界坡度为依据的坡度分级法、等差分级法和模糊分级法几种不同的类型。

2.2.1 临界坡度分级法 临界坡度分级法的基本特点是:在确定了坡度分级的主要应用目标后,根据对该应用目标的具体坡度要求,特别是根据坡度的量变对应分析对象相应质变的临界值,自大至小确定一组临界坡度,并以此为依据制定坡度分级系统。以下为黄土丘陵沟壑区几组常用的临界坡度分级系统。

(1) 坡度对黄土丘陵沟壑区土壤侵蚀的影响 黄土丘陵沟壑区的土壤侵蚀以面蚀和沟蚀为主,其土壤侵蚀量的大小受地面坡度大小的制约。因为径流速度决定侵蚀量的大小,而径流速度又与坡度的平方根成正比,所以,地面的坡度值同土壤侵蚀量关系密切。根据黄委会绥德水保试验站在韭园沟多年试验结果,黄土丘陵沟壑区在 0° — 90° 的区间内, 3° 、 8° 、 15° 、 25° 、 35° 、 45° 这几个坡度值是较明显的临界坡度值^[1-3,5,10]。 3° 以下为无侵蚀区; 3° — 8° 有细沟、浅沟出现,但 15° 以下地面侵蚀相对较弱,当坡度超过 15° 时,产沙量突然增大,侵蚀渐趋加剧; 25° 是土壤侵蚀方式的一个转折点, 25° 以上重力侵蚀大量出现; 35° 是黄土堆积面的临界休止角, 35° 以上的坡面错落、滑坡、泻溜等重力侵蚀出现; 45° 是整个坡度区间侵蚀作用的最大值点,坡度超过 45° ,侵蚀作用又趋减弱。因此,以土壤侵蚀为临界指标的地面坡度分级系统为 0° — 3° — 8° — 15° — 25° — 35° — 45° — 90° 。

(2) 坡度对农田灌溉及排水的影响。在黄土丘陵沟壑区,农田灌溉一般只在坝地及沟底台地进行。对于自流灌溉,地面坡降要求均匀一致,一般以 2° 以下为宜,当坡降大于 2° 时,往往会使灌溉不均匀,造成灌溉困难。对于排水来说,大于 3° 的坡段排水通畅,小于以上坡度的坡段,可能产生排水不良现象,小于 1° 的田面易成涝灾,必须修建排水渠系^[8]。

(3) 坡度对农机具作业有很大的制约作用。随着坡度的增大,机具移动的阻力增加,转弯困难,耗油量和机具磨损增加,作业质量下降。中、小型四轮机作业的临界坡度为 15° ,大于 15° 的坡地,不利于农机具作业,一般来说,四轮拖拉机在小于 6° 的坡地上作业最为适宜^[8]。

(4) 坡度与土壤的关系密切。坡度的大小与土层厚度及性状有着明显关系,坡度愈小,土层及腐殖质厚度愈厚。就黄土高原丘陵沟壑区而言, $< 3^{\circ}$ 的塬心地,一般为黑垆土或黄黑垆土。 7° — 15° 的梁峁地多为坡黄壤土。 15° — 25° 的沟坡地为立坡黄壤土或生草黄壤土。坡度 $> 25^{\circ}$ 时,则为料礓黄壤土、二色土等^[7]。

(5) 坡度对土地利用及水保措施布设的影响^[6,7]。黄土丘陵沟壑区的地面由沟间地、沟坡地、沟底地 3 种不同的地貌部位组成。在这 3 个不同的地段内,水土流失的特点有较大差异,水土保持措施及土地利用方向也不一样。

在沟缘线以上的沟间地,地势平坦,小于 6° 的坡地,无强烈的侵蚀产生,可以作为农用旱地或牧草地。大于 6° 的坡地,易产生强烈的侵蚀,需修筑梯田或采用水保耕作法等水保措施。沟间地除用作农旱地以外,还常辟为果园。 25° 是退耕还林还牧界限^[4], 25° 以上常为林牧用地,严禁陡坡开垦。由于所修的梯田田面狭窄,修地费工量大,土地利用率低,所以也不宜修梯田。

沟坡地的地面坡度大部分在 35° 以上,该类土地应以种草造林为主要利用方式,以保护边坡的稳定性,防止崩塌、错落等重力侵蚀发生。 45° 是植树造林的上限, 45° 以上可种植柠条等能在陡坡上生长的灌木,以保护陡壁。沟底地地势平坦,坡度大部分在 0° — 6° 范围内,沟底流水线两旁的台地或已成坝地,坡度在 2° 左右,适宜于灌溉,在离居民地较近的地段常用作菜地。沟底地为上部沟间地和沟坡地侵蚀、冲刷下来水土的聚积地,在一定的坡降下将继续向下推移,所以在沟底地大于 6° 的坡段,应采取水土保持措施。因此,综合以坡度对多项农业生产的临界值,我们确定了如下坡度分级系统: 0° — 1° — 2° — 3° — 6° — 15° — 25° — 35° — 45° — 90° 。

在实际应用中,也可以采用复合式坡度分级方法。即在不同的地貌部位,根据其应用目标不同而采用不同坡度分级指标体系的方法。表 1 是分 3 个地貌类型进行坡度分级的系统

2.2.2 等差坡度分级方法 以临界坡度为依据的坡度分级方法应用对象明确,但不容易反映出地面坡度的组合比例特征。如果采用相同级差的等差坡度分级方法,有利于提取地面的坡度组合特征,就能有效地揭示地貌以及地面起伏的规律。等差坡度分级方法的

关键是坡度等差级差的选择,地形变异的频数往往决定坡度分级的级差。

2.2.3 模糊坡度分级方法 等差坡度分级,虽然能反映地面坡度的组合,但一种级差的坡度分级往往只适应某一种具体的地貌类型。模糊坡度分级方法,是指首先在小级差坡度分级的基础上,按照数理统计的方法,例如,按照标准差分级、自然级差分级、等面积分级等,将 $0^{\circ}-90^{\circ}$ 划分为若干不等间隔的坡度段,有利于分析或坡度图的制图表达

表 1 黄土丘陵沟壑区坡度分级系统

类型区	坡度段	符号	划分依据及特点
沟间地 I	$< 3^{\circ}$	I ₁	地势平坦,基本上无水土流失。
	$3^{\circ}-8^{\circ}$	I ₂	轻微水土流失,土壤侵蚀以面蚀为主,往往形成一些细沟或浅沟。可以作为农用旱地或牧草地,也可以辟为果园。
	$8^{\circ}-15^{\circ}$	I ₃	土壤有较强侵蚀,细沟、浅沟普遍出现,并逐步向切沟方向发育。农田地应修筑梯田,或采用水土保持耕作措施。
	$15^{\circ}-25^{\circ}$	I ₄	线状侵蚀十分强烈,甚至有基石外露。细沟、浅沟变宽、变深,发育成切沟。农业用地必须修筑梯田,一般作为林牧用地。
	$> 25^{\circ}$	I ₅	水土流失严重,表土大量流失,心土出露地表。 25° 是退耕还林还牧的界限, 25° 以上严禁陡坡开垦。
沟坡地 II	$< 25^{\circ}$	II ₁	切沟在坡地上相间发育,地表以线状侵蚀为主,地面十分破碎,应以修梯田、植树种草为主要措施。
	$25^{\circ}-35^{\circ}$	II ₂	线状侵蚀十分强烈,心土大部分流失,重力侵蚀逐渐出现,冲沟发育明显。
	$35^{\circ}-45^{\circ}$	II ₃	由于坡度陡峻,受雨滴的溅蚀作用减少,但从上部流下来的水流切蚀能力很强, 35° 是黄土堆积物的临界稳定休止角, 35° 以上坡段崩塌、滑塌严重,重力侵蚀为侵蚀的主要方式。
	$> 45^{\circ}$	II ₄	以陡崖的形式出现,地面覆盖层浅薄,基岩裸露,剥蚀强烈,滑坡明显,岩壁风化有错落的危险, 45° 以上土地难以利用,应种植灌草,保护边坡。
沟底地 III	$< 1^{\circ}$	III ₁	无土壤侵蚀,由于地面过于平坦,往往容易造成排水不畅,须进行耕地改造。
	$1^{\circ}-2^{\circ}$	III ₂	无土壤侵蚀,土地多沟台地或坝地,地势平坦,便于灌溉,在居民地附近常作为菜地。
	$2^{\circ}-6^{\circ}$	III ₃	有轻微的水土流失, 6° 以下适宜于机耕,在地形有利处,可修坝淤地,以加强对水土的拦截。
	$6^{\circ}-15^{\circ}$	III ₄	主要分布在沟台地以上,沟底线以下或近沟头部分,有较强烈的水土流失,地表有较多坡积物。
	$> 15^{\circ}$	III ₅	这一坡度段较少出现,往往分布于沟头,有强烈的水土流失和溯源侵蚀,多修成窝地。

注:表中坡度值上含下不含。

3 黄土丘陵沟壑区不同坡度分级坡谱

坡谱是指地面坡度组合的定量图形表达,可以按照一定的坡度分级标准用直方图或曲线的方式来描述。不同的地貌类型,往往具有特有的坡谱。以下选择陕北绥德韭园沟流域为实验样区,以高精度 1:1 万比例尺的 DEM 数据为信息源,利用 Arc/View 软件提取栅格数字坡度模型,得到黄土丘陵沟壑区在不同坡度分级条件下的坡谱。

(1) 土壤侵蚀的临界坡度分级条件下的坡谱 黄土丘陵沟壑区在 $0^{\circ}-3^{\circ}-8^{\circ}-15^{\circ}-25^{\circ}-35^{\circ}-45^{\circ}-90^{\circ}$ 分级下的坡谱如图 1 所示; (2) 等差分级条件下的坡谱 黄土丘陵沟壑区在 $1^{\circ}, 3^{\circ}, 5^{\circ}$ 的 3 种不同级差

条件下坡谱如图 2 所示; (3) 模糊坡度分级条件下的坡谱。黄土丘陵沟壑区在标准差分级、等面积分级以及自然级差分级下的坡谱如图 3 所示。

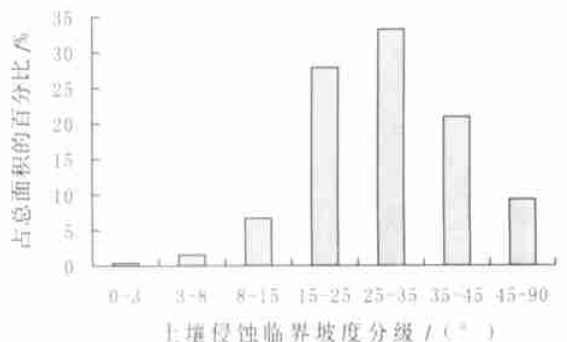


图 1 土壤侵蚀在临界坡度分级下的坡谱

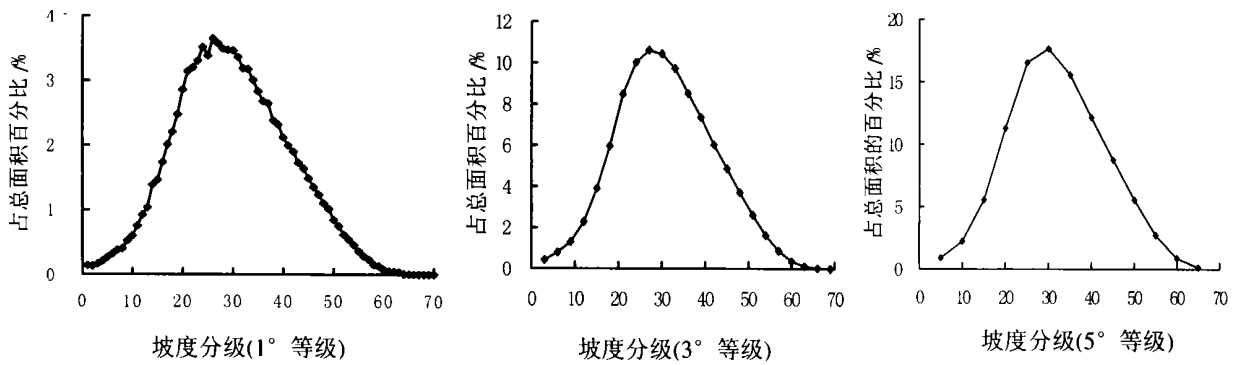


图 2 等差分级条件下的坡谱

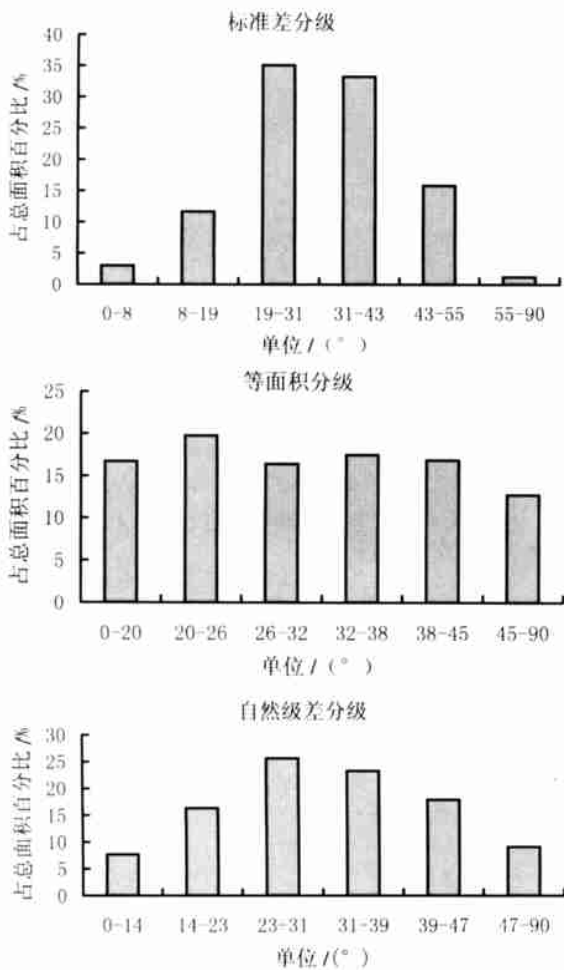


图 3 模糊分级条件下的坡谱

4 结 论

(1) 不同应用目的应采用不同的坡度分级方法, 临界坡度分级应根据具体的应用目标确定临界坡度的分级体系。对黄土丘陵沟壑区, 可根据不同的土地利用目标在沟坡地、沟间地、沟底地采用不同的临界坡度分级指标体系; 等差坡度分级可以有效地揭示地面坡度的组合特征。级差越小, 对坡谱的描述越详细。在黄土丘陵沟壑区, 3° 级差的坡度分级可得到较为理

想的结果; 模糊坡度分级可以按照不同的数理统计方法获得不同的分级结果, 有利于对区域地貌进行较为深入的量化模拟与分析。

(2) 坡谱是指地面坡度组合的定量图形表达。不同的坡度分级方法可获得不同的地面坡谱表达。

(3) 在大量分析研究的基础上, 建立临界坡度数据库对于今后各项应用工作是十分必要的; 对模糊坡度分级的研究目前还处在初始阶段, 深入的分析可望在地貌定量化研究上取得重要进展; 高精度 DEM 在地面坡谱的研究中具有重要的作用, 研究不同类型区地面坡谱的特点与空间分异规律, 对地形信息图谱的研究具有重要的意义。

[参 考 文 献]

- [1] 曹文洪. 土壤侵蚀的坡度界限研究 [J]. 水土保持通报, 1993, 13(40): 1-5.
- [2] 靳长兴. 论坡面侵蚀的临界坡度 [J]. 地理学报, 1995 (3): 234-238.
- [3] 胡世雄, 靳长兴. 坡面土壤侵蚀临界坡度问题的理论与实验研究 [J]. 地理学报, 1999(4): 347-355.
- [4] 唐克丽, 张科利, 雷阿林. 黄土丘陵区退耕上限坡度的研究论证 [J]. 科学通报, 1998(2): 200-203.
- [5] 靳长兴. 坡度在坡面侵蚀中的作用 [J]. 地理研究, 1996 (3): 57-63.
- [6] 汤国安. 黄土丘陵沟壑区地面坡度分级研究 [J]. 水土保持通报, 1987(1): 17-19.
- [7] 秦关民. 论地貌与土地利用的相关性 [J]. 陕西师范大学学报, 1985(2): 80-84.
- [8] 陈洪禄. 坡地分类及其在农业上的意义 [Z].
- [9] 汤国安. 不同比例尺 DEM 提取地面坡度的精度研究 [J]. 水土保持通报, 2001, 21(1): 53-56.
- [10] 王秀英, 曹文洪, 陈东. 土壤侵蚀与地表坡度关系研究 [J]. 泥沙研究, 1998, 21(2): 36-41.
- [11] Giles P T, Franklin S E. An automated approach to the classification of the slope units using digital data [J]. Geomorphology, 1998, 21(3-4): 251-264.