

# 黄土高原沟壑区干旱阳坡的地域分异特征

赵 荟<sup>1</sup>, 朱清科<sup>1</sup>, 秦 伟<sup>1,2</sup>, 张 英<sup>3,4</sup>, 安彦川<sup>1</sup>, 薛智德<sup>1,5</sup>, 刘中奇<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083;

2. 中国水利水电科学研究院泥沙研究所, 北京 100048; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

4. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 5. 西北农林科技大学资源环境学院, 杨凌 712100)

**摘 要:** 针对黄土高原沟壑区干旱阳坡这种典型的困难立地进行因地制宜的植被恢复建设。本文选取甘肃西峰、山西吉县、陕西安塞、宁夏固原为研究区, 采用 25 m 分辨率的 DEM 为数据源, 基于 GIS 提取相关地形信息研究其干旱阳坡的地域分异特征。结果表明: ①不同类型沟壑区干旱阳坡面积比例占 45%~54%, 表现为高原沟壑区>过渡地带>丘陵沟壑区。②不同类型沟壑区干旱阳坡面积比例随坡度的变化规律不同, 高原沟壑区呈左偏态分布, 其他样区均基本呈近似正态分布, 且丘五区和过渡地带呈双峰现象。③不同类型沟壑区梁峁坡面积比例关系为: 高原沟壑区>过渡地带>丘陵沟壑区; 沟坡面积比例为: 丘陵沟壑区>过渡地带>高原沟壑区; 川台地面积比例为: 丘五区>过渡地带>丘二区>高原沟壑。④不同类型沟壑区各立地类型组所占的面积比例各不相同, 除高原沟壑区外基本呈阳向缓坡组>阳向陡险坡组>坡顶或沟底。研究成果可为黄土高原地区开展抗旱造林与植被重建提供理论依据。

**关 键 词:** 干旱阳坡; 地域分异; 丘陵沟壑区; 高原沟壑区; 过渡地带

## 1 引言

随着我国退耕还林(草)、防护林体系建设等重大林业生态工程建设的深入推进, 根据生态环境建设“先易后难”的实施原则, 林业生态工程已经进入攻坚阶段, 在现阶段内诸如黄土干旱阳坡、干旱干热河谷过渡区、石漠化地区、盐碱地、工矿废弃地、西北农牧交错带严重侵蚀区等已经成为林业生态工程建设的典型困难立地。并随着生态环境建设项目的实施, 工程建设区中困难立地的相对比例不断增加。由于困难立地自然条件恶劣, 生态系统脆弱, 植被恢复与重建速度缓慢, 缺乏先进、成熟、有效的技术作为保障, 制约了林业生态工程建设进度和成效的发挥。因此, 急需针对困难立地开展相关的基础指导。

黄土高原沟壑区沟壑纵横、地形破碎、黄土质地疏松、降水集中、水土流失严重, 成为我国生态环境最为脆弱的地区之一, 其大部分区域处于干旱半干旱地区, 降雨稀少、气候干燥, 水分成为该区植被

恢复的主要限制因素。国内外研究普遍认为, 在不同坡向的立地中, 阳坡土壤含水量通常小于阴坡土壤含水量<sup>[1-5]</sup>, 因此, 干旱阳坡成为黄土高原沟壑区林业生态工程建设的典型困难立地<sup>[6]</sup>。

目前, 对黄土高原干旱阳坡现有的研究大多集中在从坡面尺度来探讨植被恢复的难易程度及其抗旱造林的技术<sup>[7-8]</sup>, 而从更大尺度如区域尺度或者从更小尺度如微生境尺度来探讨干旱阳坡这种典型困难立地的系统研究鲜有报道。由于黄土高原分布面积广, 不同区域自然条件及其地形的差异很大, 即使在同一区域内土壤水分由于坡度、坡向等地形因子的不同也会有显著差别, 而土壤水分是影响植物生长的主要限制因素, 故各立地类型土地所占干旱阳坡面积比重的差异直接决定林业生态工程建设过程中阳坡植被恢复的难易程度。因此我们针对性的研究黄土高原沟壑区干旱阳坡的地域分异特征及其阳坡内各立地类型土地的面积比例差异, 揭示干旱阳坡这种困难立地的地域分异特征, 从而为“因地制宜、适地适树”的进行抗旱造林与植被恢复建设提供理论依据。

收稿日期: 2009-08; 修订日期: 2009-12.

基金项目: “十一五”国家科技支撑项目(2006BAD03A03); 中国水科院青年基金(泥集 1008)。

作者简介: 赵荟(1985-), 女, 甘肃陇南人, 研究生, 研究方向为水土保持及生态环境地理学。E-mail: zhaohuibjfu@126.com

通讯作者: 朱清科(1956-), 男, 宁夏固原人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为水土保持和林业生态工程。

E-mail: xiangmb@bjfu.edu.cn

2 研究区概况

黄土高原是青海日月山以东、山西太行山以西、陕北长城以南、陕甘秦岭以北的广大地区。包括山西、陕西、内蒙古、河南、甘肃、宁夏和青海等 7 省(区),共 287 个县(旗),总土地面积为 62.68 万 km<sup>2</sup>。不同区域间自然条件差异很大,因此,黄秉维先生<sup>[9]</sup>根据区内地形、地貌等自然条件的差异将黄土高原分为黄土丘陵沟壑区、黄土高原沟壑区、黄土阶地区等九大类型区,其中,黄土丘陵沟壑区分布最广,区内各部分气候、植被、地形及土地利用状况皆不相同,因此又将本区划分为 5 个副区。

由于黄土高原的主体部分是丘陵沟壑区和高原沟壑区,本文将其统称为高原沟壑区,它分布面积较广且水土流失严重,因此本文选取高原沟壑区为研究对象。为了使试验样区能够代表地貌学已有的研究成果,并且能够充分反映样区所属地貌类型区的总体特征,选取以下四个做为研究区:①甘肃西峰样区:研究区位于西峰南小河沟流域附近,107°30′~107°45′E,35°40′~35°50′N,海拔高度 1050~1423 m,流域内年平均降水量 552.1mm,年平均气温 8.7℃,具有典型的黄土高原沟壑区地貌特征。②山西吉县样区:研究区位于蔡家川流域附近,110°45′~111°00′E,36°00′~36°10′N,海拔高度 904~1592 m,流域内年平均降水量为 575.9 mm,年均气温 10℃,该区地貌类型为典型的黄土残塬、梁峁侵蚀地形,属于残塬沟壑区向丘陵沟壑区的过渡地带。③陕西安塞样区:研究区位于纸坊沟流域附近,109°00′~109°15′E,36°40′~36°50′N,海拔高度 1068~1309 m,流域内年平均降水量为 549.1 mm,年均气温 8.8℃,属于黄土丘陵沟壑区第二副区。④宁夏固原样区:研究区位于上黄村附近,106°15′~106°30′E,36°00′~36°10′N,海拔高度 1534~1824 m,流域内年平均降水量为 422 mm,年均气温 6.9℃,属于黄土丘陵沟壑区第五副区。研究样区的分布概况见图 1。

3 数据与方法

3.1 数据及来源

采用国家基础地理数据库 1:50000 标准图幅大小的 DEM 为数据源,其栅格分辨率为

25 m(图 2)。该数据能比较真实地表达实际地形特征,可满足本研究所需数据的提取要求,且每幅图的涵盖面积均为 42 000 hm<sup>2</sup>。

3.2 研究方法

由于植物根系生长的向地性,本文计算都采用坡面投影面积。为了使数据更加直观且易于比较,故采用研究区各类坡面投影面积占其总研究区投影面积的百分比来研究不同区域间的差异。

3.2.1 不同坡度、坡向坡面投影面积的提取

在 GIS 平台下,通过 DEM 数字地形分析技术,首先在空间分析模块下利用 drive slope 获取各个研究区的坡度信息。在坡度层上利用 calculator 工具分别提取正阳坡、半阳坡的信息层。将坡向层与坡度层进行叠加计算,统计出阳坡、正阳坡、半阳坡在各坡度上的栅格数。将其分别乘以栅格面积,可以转化为投影面积,从而得到各坡度级别上干旱阳坡的坡面面积。

3.2.2 沟沿线和坡脚线的提取

本文采用朱春红<sup>[10-12]</sup>等人研究的利用坡度变异提取沟沿线的方法来手工提取各研究区的沟沿线,同理利用坡度变异可以手工提取出研究区的坡脚线,从而分别计算出各个研究区的梁峁坡、沟坡和川台地的面积。

3.2.3 不同类型区各立地类型土地所占面积比提取

立地类型划分是植被恢复的重要基础工作之

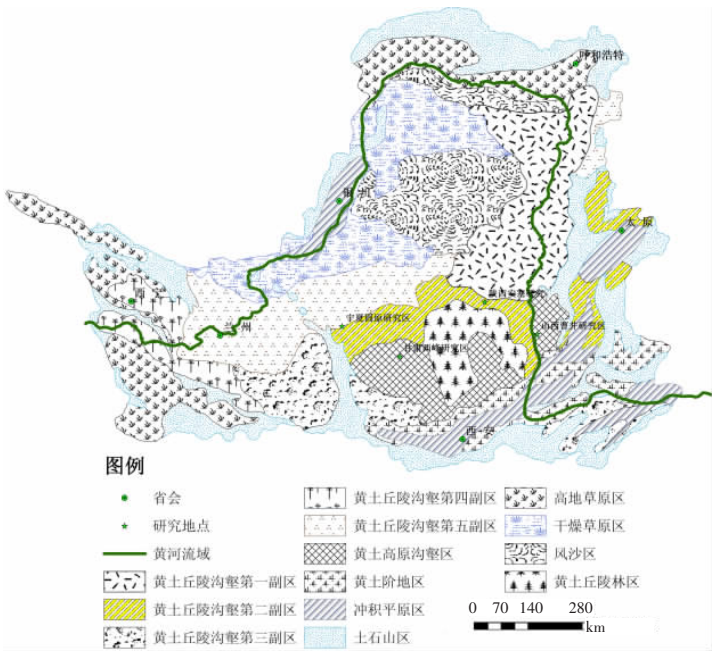


图 1 研究样区分布图

Fig.1 The distribution of study areas

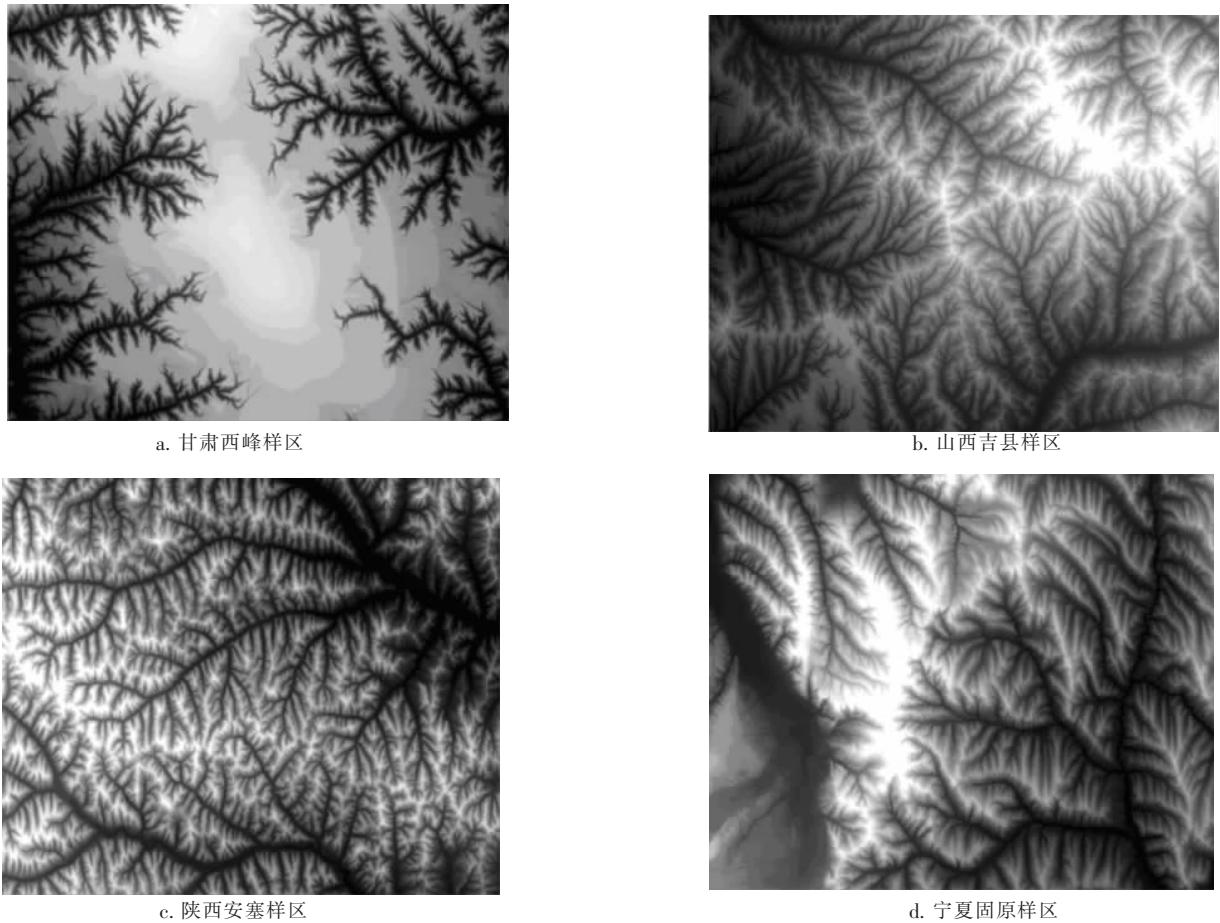


图 2 研究区标准图幅  
Fig.2 The standard map of study areas

一。在小尺度即小流域范围内,由于坡度、坡向、海拔、坡位等地形条件的不同,其生境条件也存在较大差异。参照已有研究成果<sup>[13-16]</sup>,结合当地的实际情况及研究目的,选择坡度、坡向和坡位作为立地类型划分的主要因子。仅针对干旱阳坡进行立地类型的划分,其中将坡向组分为正阳向组和半阳向组;坡度组分为缓坡组和陡险坡组。划分结果见表 1。

利用 ArcGIS 工具提取坡度和坡向信息,进行叠加分析之后按照坡度、坡向和坡位的组合,构成如表 1 所示的 11 种立地类型,统计 4 个研究区 11 种立地类型各自所占的比例,将获得的数据导入 Excel 软件中进行统计分析。

4 结果与分析

4.1 不同类型沟壑区阳坡面积比例及其随坡度的变化规律

4.1.1 不同类型沟壑区阳坡面积比例 通常认为同一流域内阴阳坡所占面积比例应该相等,其实不

表 1 立地类型构成  
Tab.1 Composing of site types

立地类型		立地条件
正阳向组	缓坡组 正阳向平缓坡	坡向 157.5°~247.5°, 坡度 4°~15°, 处于坡的近顶部
	正阳向缓坡	坡向 157.5°~247.5°, 坡度 15°~25°, 处于坡的上部
	陡险坡组 正阳向陡坡	坡向 157.5°~247.5°, 坡度 25°~35°, 处于坡的中部
	正阳向极陡坡	坡向 157.5°~247.5°, 坡度 35°~45°, 处于坡的下部
	正阳向险坡	坡向 157.5°~247.5°, 坡度>45°, 处于坡的下部
半阳向组	缓坡组 半阳向平缓坡	坡向 112.5°~157.5°&247.5°~292.5°, 坡度 4°~15°, 处于坡的近顶部
	半阳向缓坡	坡向 112.5°~157.5°&247.5°~292.5°, 坡度 15°~25°, 处于坡的上部
	陡险坡组 半阳向陡坡	坡向 112.5°~157.5°&247.5°~292.5°, 坡度 25°~35°, 处于坡的中部
	半阳向极陡坡	坡向 112.5°~157.5°&247.5°~292.5°, 坡度 35°~45°, 处于坡的下部
	半阳向险坡	坡向 112.5°~157.5°&247.5°~292.5°, 坡度>45°, 处于坡的下部
坡顶或沟底		坡度小于 4°处于坡的顶部或者底部



然。由于流域内同一分水岭两侧阴阳坡的坡度大小不同,从而导致阴阳坡面积的绝对数量和相对比例均有所差异。当阳坡的平均坡度较阴坡平缓时,阳坡所占的面积比例要大于 50%,同理,当阳坡的平均坡度较阴坡陡时,阳坡所占的面积比例要小于 50%。因此不同类型沟壑区干旱阳坡所占面积比例间的差异具有研究的意义。

分析表 2 可知:不同类型沟壑区阳坡面积比例占 45%~54%,表现为高塬沟壑区最高,过渡地带次之,其次为丘二区,丘五区最小。其中高塬沟壑区和过渡地带的阳坡面积比例均大于 50%,丘陵沟壑区的阳坡面积比例均小于 50%。这表明高塬沟壑区和过渡地带的阳向坡平均坡度要比阴向坡平缓,而丘陵沟壑区阳向坡的平均坡度比阴向坡陡。由于正阳坡和半阳坡所占的面积比例与研究区流域的走向和山体形态有很大的关系,因此在表 2 中没有明显的规律。

4.1.2 不同类型沟壑区阳坡随坡度的变化

(1)不同类型沟壑区阳坡随坡度的变化规律。黄土高原不同类型沟壑区的地貌形态存在很大差异,仅用阳坡总面积比例远不能反映各研究区地形地貌的特征,故提取各样区不同坡度的土地占总面积的比例来研究各沟壑区阳坡随坡度的分布规律。

如图 3 所示各样区阳坡面积比例随坡度的变化各不相同,甘肃西峰样区呈左偏态分布,其他样区均基本呈近似正态分布,且宁夏固原样区和山西吉县样区呈双峰现象。由于受各研究区的自然条件和地形因素的影响,其峰值所处的坡度区间也有一定差异,其中高塬沟壑区的甘肃西峰样区阳坡集中在 0°~5°;处于过渡地带的山西吉县样区第一个峰值出现在 5°左右,第二个峰值出现在 20°~25°区间;丘二区的陕西安塞样区峰值出现在 20°~25°区间;丘五区的宁夏固原样区峰值分别出现在 2°~4°和 15°~20°区间。这种分布规律的差异是由各区地貌形态不同所致。

位于高塬沟壑区的甘肃西峰样区由于塬面宽平且塬面所占比重较

大,地面坡度平缓,导致该区坡度<5°的阳向坡面积占到 48.75%,使该区的曲线呈左偏态分布。山西吉县样区的地貌类型为典型的黄土残塬、梁峁侵蚀地形,属于残塬沟壑区向丘陵沟壑区的过渡地带。由于过渡区的地貌处于发育阶段,侵蚀强烈,塬面不断地被蚕食,但是相对于发育完全的丘陵沟壑区而言,坡度较缓的塬面所占的比例较大,故在 5°左右又出现了一个峰值呈双峰现象。此外,位于丘陵沟壑区第五副区的宁夏固原样区也呈双峰现象,这是由于黄土高原丘陵沟壑区沟谷密集,沟壑密度大,沟道较深,故在高坡度上所占的面积比例较大,但又因为第五副区相对于其它副区而言沟谷发育更为成熟,且小流域上游一般为“涧地”和“掌地”,地形较为平坦,沟道较少,中下游有冲沟,川台地所占的面积比例比其他副区大,导致该样区在 2°~4°之间又出现一个峰值。

(2)高塬沟壑区与丘陵沟壑区阳坡所占面积比例对比分析。黄土高塬沟壑区和丘陵沟壑区为土壤侵蚀最为严重的两个类型区,它们具有研究的典型性,并且由于坡度较大的立地类型土壤水分条件更差,造林难度更大,而且所占的面积比例很大,故在林业造林中应更多的关注 15°~45°坡面的面积组成

表 2 各研究区阳坡面积比例

Tab.2 The area proportion of drought south slopes in the study areas

研究区	阳坡比例/%	正阳坡比例/%	半阳坡比例/%
甘肃西峰样区	53.13	29.28	23.85
山西吉县样区	52.23	23.46	28.76
陕西安塞样区	48.74	20.12	28.62
宁夏固原样区	45.66	20.77	24.89

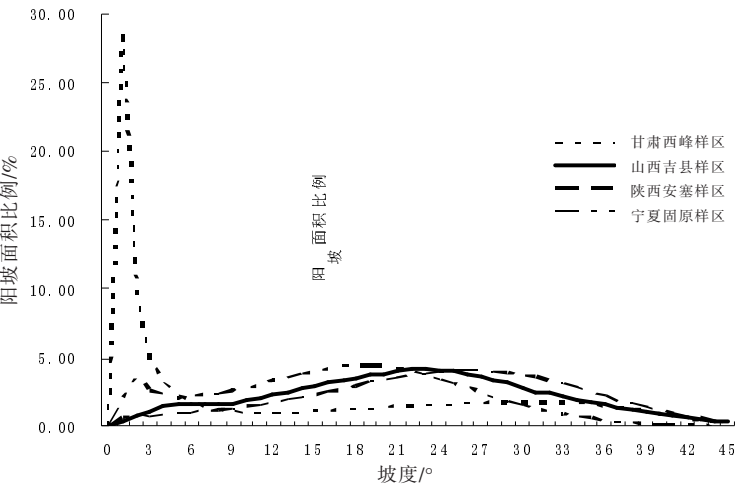


图 3 各研究区阳坡面积比例随坡度变化趋势图

Fig.3 The distribution of drought south slope area proportion in the study areas

和土壤水分<sup>[2]</sup>,因此研究这两个类型区 15°~45°坡度区间内干旱阳坡的分布规律具有造林工程上的现实意义。

黄土高原沟壑区和丘陵沟壑区不同副区 15°~45°区间各坡度阳坡所占面积比例的分布形态均呈近似正态分布(见图 4)。黄土丘陵沟壑区两个副区的峰值坡度均明显小于黄土高原沟壑区(丘二区的陕西安塞样区峰值坡度为 26°;丘五区的宁夏固原样区峰值坡度为 19°;高原沟壑区的甘肃西峰样区峰值坡度为 33°),但是处于峰值坡度的土地所占面积比要明显高于黄土高原沟壑区(陕西安塞样区峰值坡度所占面积为 4.10%;宁夏固原样区峰值坡度所占面积为 4.49%;甘肃西峰样区峰值坡度所占面积为 1.76%)。这是因为高原沟壑区的塬面宽平,坡度大部分处于 5°以下,坡面坡度较缓大部分处于 5°~15°,而且塬面和缓坡坡面所占比例很大,约在 2/3 左右,虽然沟谷的坡度大部分处于 15°以上,但高原沟壑区中沟谷所占比例小,且各坡度级别上的面积比例分布较均衡。

(3)丘陵沟壑区第二副区和第五副区阳坡所占面积比重对比分析。由以上可知,同处于黄土丘陵沟壑区的陕西安塞样区和宁夏固原样区,由于它们属于不同的副区,在 15°~45°区间内各坡度阳坡面积的分布规律也有所不同(图 4),因此进一步研究同一类型区不同副区之间各坡度阳坡土地面积变化规律,进而揭示不同副区之间地貌形态的差异。

黄土高原丘陵沟壑区第二副区具有典型的以梁峁状丘陵为主的地貌特征,而第五副区的地貌特征是以梁状丘陵为主。如图 3 所示,丘陵沟壑区各副区 15°以上阳坡面积比例随坡度的变化都呈近似正态分布。与第五副区相比,第二副区的曲线图沿坡度向右平移一段距离,即第二副区的阳坡在高坡度上占有的比例高。这是因为第二副区的陕西安塞样区沟谷密集,沟壑面积大,沟道深度达 100~300 m,多呈“U”型或“V”字型,该研究区降水量可达 549mm。而第五副区的宁夏固原样区的地形被小川

河分为 2 部分,东部为梁状丘陵,地形起伏较大,西部自东向西依次为川台地、坪地和梁地,较为开阔,其年均降水量只有 422 mm。由于降水量越大,侵蚀越严重,高坡度上的坡面所占比例越大,故陕西安塞样区的阳坡集中在 20°~25°,而宁夏固原样区的阳坡集中在 15°~20°。

4.2 不同类型沟壑区各地形部位的土地面积比例对比分析

对于不同地貌类型形态特征差异的研究以及各地形因子对黄土高原地区植被生长的限制性因素土壤水分影响的研究中,除坡向和坡度外,坡位也是一个很重要的影响因素。因此本文采用朱春红等人研究方法手工提取各研究区的沟沿线和坡脚线,从而统计出各个研究区梁峁坡、沟坡和川台地的面积及其比例,结果见表 3。

分析表 3 可知,不同类型沟壑区干旱阳坡的组成结构是有差异的。各样区梁峁坡的面积比例呈高原沟壑最大,过渡地带次之,丘陵沟壑区最小(丘二区>丘五区);沟坡的面积比例呈丘陵沟壑区最大(丘二区>丘五区),其次为过渡地带,高原沟壑区最小;川台地面积比例呈丘五区最大,其次为过渡地带,

表 3 各研究区干旱阳坡各地形部位的面积比例  
Tab.3 The area proportion of different topographic positions of the drought south slopes in the study areas

研究区	梁峁坡/%	沟坡/%	川台地/%	阳向梁峁坡/%	阳向沟坡/%
甘肃西峰样区	77.13	19.31	3.56	42.15	10.21
山西吉县样区	72.21	19.80	7.99	36.74	10.41
陕西安塞样区	65.81	26.49	7.7	32.17	15.01
宁夏固原样区	64.05	21.58	14.37	24.31	12.36

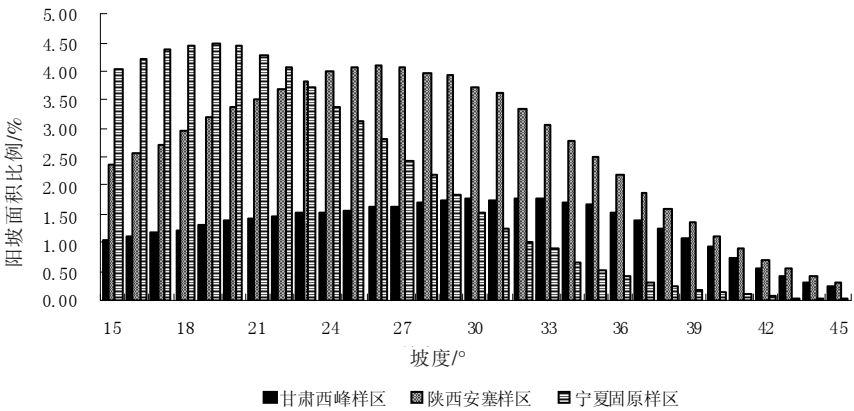


图 4 高原沟壑区与丘陵沟壑区不同副区阳坡面积比例随坡度变化趋势对比图  
Fig.4 Comparison figure of distribution of drought south slope area proportion under different gradients in the plateau-gully and hill-gully areas in different sub-region

再次为丘二区,高塬沟壑区最小。并且各样区均呈现梁峁坡面积比例>沟坡面积比例>川台地面积比例的变化规律。这种组成结构的差异均是对不同类型沟壑区地形地貌特征的反映,是长期以来土壤侵蚀的结果。

4.3 不同类型沟壑区干旱阳坡各立地类型

土地所占面积比对比分析

在气候等自然条件一定的情况下,不同立地类型土壤水分含量以及植被恢复的困难程度并不是由某个单一因素所决定的,它是坡度、坡向、坡位等各个地形因子耦合的结果,因此依据主导影响因子针对阳坡进行立地类型的划分,然后研究各类型区立地类型结构组成特征及其差异,从而指导研究区进行因地制宜、适地适树的植被恢复建设<sup>[17]</sup>。根据表 1 中立地类型的划分结果,用 GIS 提取各研究区 11 种立地类型各自的投影面积,用 Excel 统计他们各自所占研究区总投影面积比例,结果见表 4。分析表 4 可知,各个研究区不同立地类型所占面积比例有较大差异,除高塬沟壑区外基本呈阳向缓坡组>阳向陡险坡组>坡顶或沟底。由于各研究区不同立地类型结构组成的差异造成各区植被恢复困难程度有所不同,当坡顶或沟底、半阳向缓坡组所占的面积比例较大时该区的阳坡较易于进行植被恢复建设,当正阳向陡险坡组所占的面积比例越大时该区植被恢复的困难程度就越大,因此要充分考虑其地形特征采取适合的植被恢复和重建对策<sup>[18-20]</sup>。

其中,高塬沟壑区的半阳向缓坡组、坡顶或沟底所占的比例较大,且正阳向平缓坡也占有很大比例,因此该区地势较平缓且地形破碎化程度小有利于植被的修复和重建。其次为丘五区的宁夏固原样区,它的缓坡组和坡顶或沟底所占的面积比例居第二位,因此立地条件的困难程度仅次于高塬沟壑区。过渡地带的陡坡组占有很大比例,立地条件较差,在植被恢复时要更加注重因地制宜的植被配置模式,以提高造林的成活率。丘二区的陡坡组所占的面积比例均比其它样区的大,因此丘二区的植被恢复困难程度最高,造林难度最大。

5 结论与讨论

(1)黄土高原不同类型沟壑区干旱阳坡面积比例随坡度的变化规律各不相同,甘肃西峰样区呈左

表 4 各研究区干旱阳坡不同立地类型土地所占面积比例统计表  
Tab.4 The area proportion of site types of drought south slopes in the study areas

立地类型		甘肃西峰 样区/%	山西吉县 样区/%	陕西安塞 样区/%	宁夏固原 样区/%
正阳向缓坡组	正阳向平缓坡	10.50	6.73	4.49	7.74
	正阳向缓坡	3.94	8.76	7.29	8.55
	正阳向陡坡	4.56	5.96	6.59	3.44
正阳向陡险坡组	正阳向极陡坡	2.13	1.75	1.56	0.34
	正阳向险坡	0.09	0.11	0.08	0.02
半阳向缓坡组	半阳向平缓坡	7.64	6.41	4.77	10.15
	半阳向缓坡	3.35	10.92	9.17	9.94
半阳向陡险坡组	半阳向陡坡	4.55	8.37	10.47	3.52
	半阳向极陡坡	2.33	2.72	3.81	0.38
	半阳向险坡	0.13	0.22	0.30	0.01
坡顶或沟底		15.4	0.33	0.56	2.14

偏态分布,其他样区均基本呈近似正态分布,且宁夏固原样区和山西吉县样区呈双峰现象。由于受各研究区的自然条件和地形因素的影响,其峰值所处的坡度区间也有一定差异。这种分布规律的差异揭示了不同类型沟壑区之间地貌形态的差别以及土壤侵蚀程度的不同,掌握不同类型沟壑区干旱阳坡随坡度的分布特征使我们更好的认识这一土地资源,为进一步合理利用提供理论依据。

(2)黄土高原不同类型沟壑区干旱阳坡的组成结构是有差异的。梁峁坡的面积比例呈高塬沟壑区最大,过渡地带次之,丘陵沟壑区最小;沟坡的面积比例呈丘陵沟壑区最大,其次为过渡地带,高塬沟壑区最小;川台地面积比例呈丘五区最大,其次为过渡地带,再次为丘二区,高塬沟壑区最小。由于不同坡位的土壤水分各不相同,这决定了不同类型沟壑区干旱阳坡的林草布局也各不相同。在地势最高的梁峁顶由于水分条件差,水分蒸发强烈,正常条件下仅能满足天然草本群落的生长,不适宜造林、种植人工牧草或开垦为农地;地势较低的坡脚、沟道等部位,可以进行有针对性的造林、人工牧草种植,或通过工程整地措施建设基本农田。

(3)黄土高原不同类型沟壑区干旱阳坡各立地类型所占面积比例有较大差异。根据前人的研究已知不同立地条件其土壤含水量有显著差别而土壤水分是影响植物生长的主要限制因素,故各立地类型土地所占干旱阳坡面积比重的差异直接决定林业生态工程建设过程中阳坡植被恢复的难易程度。其中,高塬沟壑区地势较平缓且地形破碎化程度小,减小了作业难度,可行的植被恢复措施相对较多,从而可加快其植被恢复和重建的进程。丘陵沟



壑区第二副区的地形条件最差, 水土流失最严重, 实施造林作业难度大、成本高, 植被恢复过程中必须考虑措施的可行性, 应以封育为主结合适当的人工灌木种类配置方可达到较理想的恢复效果。其他地区也应根据其地形特征和作业难度, 按照植被地带性特点选择合适的植物种类进行配置, 同时可结合自然封育措施, 按照适地适树适草原则分别采取不同程度的人工修复和自然封育, 从而保证恢复效果的稳定性提高植被建设的成效。

综上所述, 由于黄土高原不同类型沟壑区地貌形态的差异导致干旱阳坡具有一定的地域分异特征, 掌握这种分异规律, 对于我们因地制宜、适地适树的展开植被恢复和重建工作有重要的现实意义。由于数据源的限制, 每种类型区内只选取了一个研究区, 但黄秉维先生在对黄土高原进行类型区的划分时肯定充分考虑了同一类型区内地形、地貌等自然条件的一致性, 因此选择的研究区虽然少但仍能代表该类型区的地形地貌特征, 对实验的结论没有较大影响。但若增加样区的数量且涵盖丘陵沟壑区的所有副区, 将会进一步完善结论。

参考文献

[1] 胡良军, 邵明安, 杨文治. 黄土高原土壤水分的空间分异及其与林草布局的关系. 草业学报, 2004, 13(6): 14–20.

[2] 邱扬, 傅伯杰, 王军, 等. 土壤水分时空变异及其与环境因子的关系. 生态学杂志, 2007, 26(1): 100–107.

[3] Famiglietti J S, Rudnicki W, Rodell M. Variability in surface moisture content along a hill slope transect Rattlesnake Hill Texas. Journal of Hydrology, 1998, 210: 259–281.

[4] Westerm A W, Grayson R B, Blosch L G, et al. Observed spatial organization of soil moisture and its relation to terrain indices. Water Resource Research, 1999, 35: 797–810.

[5] Qin Y, Fu B, Wang J, et al. Spatial variability of soil moisture content and its relation to environmental indices in a s

emi-arid gully catchment of the Loess Plateau, China. Journal of Arid Environments, 2001, 49: 723–750.

[6] 张维国, 曹丽萍. 干旱阳坡不同方法造林效果分析. 防护林科技, 2008, 85(4): 54–55.

[7] 薄颖生, 魏凌云, 张顺正, 等. 干旱阳坡侧柏造林成活率及幼林生长规律的研究. 水土保持通报, 2005, 25(1): 21–24.

[8] 伊敏, 金雁海, 郑明军, 等. 大青山干旱阳坡造林技术试验研究. 水土保持研究, 1998, 5(3): 34–39.

[9] 郑宝明, 田永红, 王煜, 等. 黄土丘陵沟壑区第一副区: 小流域坝系建设理论与实践. 郑州: 黄河水利出版社, 2004.

[10] 朱红春, 汤国安, 张友顺, 等. 基于 DEM 提取黄土丘陵区沟沿线. 水土保持通报, 2003, 23(5): 43–45.

[11] 朱红春, 张友顺, 汤国安, 等. 基于 DEM 的黄土地貌类型提取与制图: 以黄土高原丘陵沟壑实验样区为例. 地球信息科学, 2003, 12(4): 110–113.

[12] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析试验教程. 北京: 科学出版社, 2006.

[13] 邓慧平, 李秀彬. 地形指数的物理意义分析. 地理科学进展, 2002, 21(2): 103–110.

[14] 刘建军, 薛智德. 森林立地分类及质量评价. 西北林学院学报, 1994, 9(3): 79–84.

[15] 梁守伦, 郭翠萍, 张炜. 晋西黄土丘陵区立地类型划分的研究 (II): 立地类型划分的研究. 山西林业科技, 2004, 1(3): 6–10.

[16] 郭晋平, 肖扬, 张剑英, 等. 聚类分析法在森林立地分类中的应用. 林业科学, 1994, 30(6): 513–518.

[17] 连纲, 郭旭东, 傅伯杰, 等. 黄土丘陵沟壑区县域土壤有机质空间分布特征及预测. 地理科学进展, 2006, 25(2): 112–122.

[18] 刘建军, 王得祥, 雷瑞德, 等. 陕北黄土丘陵沟壑区植被恢复与重建技术对策. 西北林学院学报, 2002, 17(3): 12–15.

[19] 邹厚远, 关秀琦, 韩蕊莲, 等. 关于黄土高原植被恢复的生态学依据探讨. 水土保持学报, 1995, 9(4): 1–4.

[20] 张金屯. 黄土高原植被恢复与建设的理论和技术问题. 水土保持学报, 2004, 18(4): 120–124.

## Regional Differentiation of Drought South Slopes in the Gullies of the Loess Plateau

ZHAO Hui<sup>1</sup>, ZHU Qingke<sup>1</sup>, QIN Wei<sup>1,2</sup>, ZHANG Ying<sup>3,4</sup>, AN Yanchuan<sup>1</sup>, XUE Zhide<sup>5</sup>, LIU Zhongqi<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of Ministry of Education,  
Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Department of Sedimentation, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100048, China;

3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

4. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

5. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

**Abstract:** This paper systematically studied the drought south slopes of typical difficult site in the gullies of the Loess Plateau in order to resume and reconstruct vegetation based on the principle of local conditions. This paper took Xifeng in Gansu, Jixian in Shanxi, Ansai in Shaanxi, Guyuan in Ningxia as study areas, and used DEM with a resolution of 25 meters to research the regional differentiation characteristics of drought south slope in different type gully regions based on GIS. Results indicated that: (1) The area proportions of drought south slopes in different type gully regions are 45%–54%, and the ranking order is: the plateau gully region of Loess Plateau > the transitional region > the hill and gully region of Loess Plateau. (2) The distributions of drought south slopes in different types gully regions of the Loess Plateau are different. The plateau gully region of Loess Plateau has a positively skewed distribution and the other areas have an approximately normal distribution. The 5th sub-region of hilly and gully regions and the transitional region have a double-peak distribution. (3) The order of loess slope area proportion in the different type gully regions is the plateau gully region of Loess Plateau > the transition zone > the hill and gully region of Loess Plateau, that of gully slope area proportion is the hill and gully region of Loess Plateau > the transition zone > the plateau gully region of Loess Plateau, and that of valley flatland area proportion is the 5th sub-region of hilly and gully regions > the transition zone > the 2nd sub-region of hilly and gully regions > the plateau gully region of the Loess Plateau. (4) The area proportion of site types groups in different type gully regions except the plateau gully region of the Loess Plateau showed the following order: sunny side gentle slope group > sunny side steep risk slope group > slope top and bottom. The results can provide the scientific theory basis for drought-resistant afforestation and vegetation restoration in the Loess Plateau.

**Key words:** drought south slope; regional differentiation; the hill and gully region of Loess Plateau; the plateau gully region of Loess Plateau; the transition zone

本文引用格式:

赵荟, 朱清科, 秦伟, 等. 黄土高原沟壑区干旱阳坡的地域分异特征. 地理科学进展, 2010, 29(3): 327–334.