

DOI: 10.16783/j.cnki.nwnuz.2016.05.021

甘肃省人口空间分布特征分析

裴惠娟¹, 周中红², 孙艳萍², 陈文凯^{2*}

(1. 中国科学院 兰州文献情报中心, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国地震局 兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 利用甘肃省乡镇人口统计数据 and 行政村、自然村居民点数据, 基于 GIS 技术对甘肃省人口数据进行空间化, 并进行人口空间分布特征和灾害风险分析。结果表明, 甘肃省人口空间分布具有显著的条带状分布特征, 从甘肃中东部片状高集聚区向西部发散, 沿着河西走廊向西延伸, 间断分布, 河西走廊人口主要分布于市州政府所在地; 甘肃省约有 62.37% 的国土面积上没有人口分布, 在全省 8.32% 面积的土地上, 分布着 64% 的人口, 且这些地区人口密度较大 (人口密度大于 $200 \text{ 人} \cdot \text{km}^{-2}$), 其余人口分布在 29.31% 国土面积的土地上; 甘肃省人口受地形影响较大, 人口主要分布在地形条件较好的地方, 在低海拔区域 (1 000~2 000 m) 分布着全省 68.96% 的人口, 低坡度 ($0^\circ \sim 30^\circ$) 区域, 分布着全省 92.45% 的人口, 但是在地形较差的地方也分布着一定的人口, 这些地区往往是地质灾害高发区, 如陇南地区、舟曲、祁连山区等, 灾害风险程度较高。

关键词: GIS; 核密度估计法; 甘肃省; 人口空间化; 空间分布特征

中图分类号: C 922

文献标志码: A

文章编号: 1001-988X(2016)05-0095-06

Analysis of the spatial distribution of the population in Gansu Province

PEI Hui-juan¹, ZHOU Zhong-hong², SUN Yan-ping², CHEN Wen-kai²

(1. Lanzhou Literature and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, Gansu, China;

2. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: Based on the GIS technology, population data of villages and towns as well as administrative village settlement of Gansu Province, the space distribution characteristics is analyzed aiming to provide a basic data for natural disaster risk assessment. Results show that the spatial distribution of population in Gansu Province has significant characteristics of zonal distribution. Population distributes densely in the middle east and diverges to the west of Gansu, disjunction extends to west along the Gansu Corridor. In Gansu Corridor, population mainly distributes in the areas where the cities and state governments are located. There is no population distribution in about 62.37% of the land area in Gansu. About 64% of the population distributes in 8.32% of the province area which causes high population density (with population density more than $200 \text{ people}/\text{km}^2$), and the rest of the population distributes in 29.31% of provincial area. Influenced greatly by landform of Gansu, population mainly distributes in the areas where

收稿日期: 2015-05-29; 修改稿收到日期: 2016-04-06

基金项目: 甘肃省自然科学基金资助项目(145RJYA289); 中国科学院“西部之光”人才培养计划博士项目; 国家地震社会服务工程甘肃省应急救援系统项目

作者简介: 裴惠娟 (1982—), 女, 青海乐都人, 副研究员, 博士。主要研究方向为自然灾害应对。

E-mail: peihj@llas.ac.cn

* 通讯联系人, 男, 副研究员。主要研究方向为 GIS 和遥感技术应用。E-mail: cwk2000@yeah.net

terrain conditions are rather better. 68.96% of the population distributes in low altitude places(1 000~2 000 m) and 92.45% distributes in low-slope areas between 15°~25°. However, a certain amount of population also distributes in rough terrain where suffering from serious geological hazards and facing with higher degree of disaster risk, such as Southern Gansu, Zhouqu, Qilian Mountain.

Key words: GIS; kernel density; Gansu Province; population spatial model; spatial distribution characteristic

甘肃省是我国自然灾害最严重的地区之一^[1], 主要灾害有地震、干旱、洪涝、滑坡、泥石流等^[2]. 单就地震灾害而言, 据历史资料统计甘肃省地震活动水平位居我国前列, 历史上发生过多次破坏性地震, 导致该省遭受严重的人员伤亡和经济损失^[3]. 近几年甘肃省各类灾害频发, 如 2010 年舟曲特大泥石流, 2013 年岷县漳县 6.6 级地震, 2013 年天水市暴雨洪涝等灾害造成甘肃省大量人员伤亡与财产损失. 人口数据通常是以行政区划为单元, 通过统计、普查等方法得到. 基于 GIS 表现人口数据的常规方法为统计单元建立行政边界, 把人口作为行政区划的属性数据一对一存储, 各种空间分析和操作均基于统计单元. 这种表示方法在统计区域内的人口分布都均匀, 但实际情况并非如此^[4], 尤其是甘肃省西部地广人稀, 人口分布极不均匀, 如果对这样的人口数据不做处理直接应用, 无法保证区域自然灾害评估的精度.

1995 年全球第一个栅格人口数据库 GPW V1 诞生^[5], 随后许多学者对人口数据空间化给予高度重视. 从研究发展历程和基本原理的角度出发人口数据空间化方法可以分为人口密度模型、空间插值方法、基于遥感和 GIS 的统计建模等方法, 其中基于遥感和 GIS 的人口数据空间化方法成为主要的空间化方法^[6]. 这些方法的基本原理为基于定量分析影响人口分布的各种要素及其相关性(居民点、水系、地形、坡度、海拔高度、土地利用等)^[7], 建立人口空间分布模型, 从而得到研究区人口数据空间分布. 然而目前为止, 甘肃省人口空间分布还未见公开发表的论著, 基于前人研究可知居民点是人口空间分布重要的指示因子^[4], 因此文中采用基于居民点空间分布的人口密度估计法^[8-9]对甘肃省人口数据进行空间化处理, 为区域自然灾害风险评估提供基础人口数据.

1 数据及处理方法

目前我国行政区的等级划分为 5 级, 包括省

(自治区、直辖市)、地级市、区县、乡镇(街道办事处)、行政村. 截止 2014 年 12 月, 甘肃省有 478 镇、750 个乡和 119 个街道办事处, 共计 1 347 个乡镇级居民点. 其中有 61 个街道办事处无行政边界(无行政边界的, 用城区边界和其总人口代替), 其他街道办事处、乡镇都有行政界. 本研究使用的数据为甘肃省市州、区县、乡镇级行政区划、乡镇(街道)居民点、行政村(自然村)居民点、2013 年市州、区县、乡镇人口数据(统计数据截止日期 2013 年 12 月底, 其中缺少 4 个街道办事处的人口数据)、ASTER-DEM(空间分辨率 30 m).

居民点密度指单位面积上的居民点数量, 数学表达式为^{[8]95}

$$D = n/S, \quad (1)$$

其中, D 为研究区居民点密度; n 为研究区居民点数量; S 为研究区面积. 居民点密度与人口密度类似, 也是一种平均密度. 一个行政区划范围的居民点密度是指单位面积上居民点的数量, 这与实际情况并不相符, 因为在区域中居民点分布是不均匀的, 计算居民点密度时采用实体平面上实体密度的方法进行计算^[8]. 在无任何先验密度假设的情况下, 给定合适的一个阈值, 核密度方法就能得到一个高质量概率密度估计数值^[10].

核密度估计方法是利用滤波窗口来定义近邻对象, 它的几何意义为: 密度分布在每个 x_i 点中心处最高, 向外逐渐降低, 当距离中心达到一定阈值范围时, 该区域的密度为零. 核密度定义公式为^{[8]96}

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-x_i}{h}\right), \quad (2)$$

其中, $k(\cdot)$ 为核密度方程; h 为阈值(用来定义平滑量的大小, 实际上就是以 x 为中心的一个圆的半径, 每个点 x_i 都对 $f(x)$ 有贡献; 不管选什么样的核心函数, 增加阈值 h 会拉平 x 周围的区域, 对于较大的阈值, $f(x)$ 估计值会呈现平坦的趋势, 本地的特征会模糊); n 为阈值范围内的点数^[9].

文中采用核密度估计方法对甘肃省村级居民点数据生成甘肃省村级居民地点密度图，如图 1 所示。在 ArcGIS 软件中计算时，因为考虑村级居民点已经是行政级别最低一级，人口居住相对较集中，分布面积一般不会超过 1 km²，因此核密度估计法中的格网大小为 1 000 m×1 000 m，阈值设为 2 000 m。

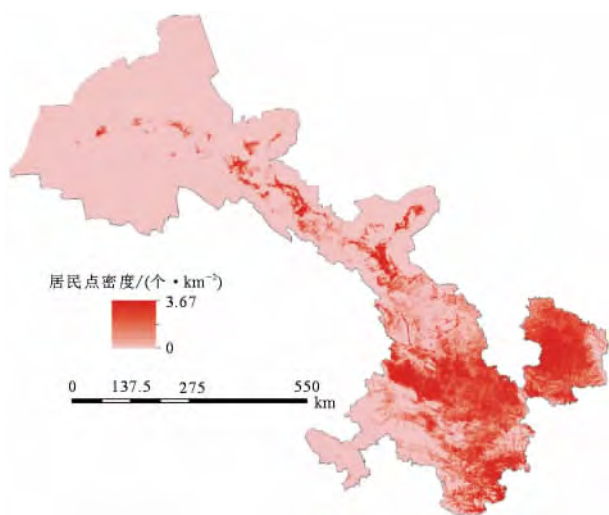


图 1 甘肃省村级居民点密度分布

Fig 1 Density distribution of village settlements in Gansu Province

甘肃省村级居民点的平均密度为 0.276 个·km⁻²，其密度分布的总体格局是东多西少，其中酒泉市、甘南州、武威市部分区县、张掖市部分区县，村级居民点密度小于 0.2 个·km⁻²，兰州市、临夏州、定西市、平凉市、庆阳市、天水市、陇南市村级居民点密度大于 0.5 个·km⁻²的地区成片集中，构成了甘肃省主要的人口高密度区，自中部密集区向西呈现阶梯状递减；在河西地区市州政府驻地分别形成大小不同的密度大于 0.5 个·km⁻²的热点地区，其分布格局呈现出条带状延伸的态势，主要是沿连霍高速公路线状分布。

2 基于村级居民点密度的乡镇级人口密度空间化

2.1 人口密度空间化

在 ArcGIS 软件中将乡镇人口统计数据与乡镇空间数据进行关联，得到各个乡镇人口数据；然后将村庄居民点数据与乡镇面状数据空间关联，得到每个乡镇所在地区的村庄个数，基于村级居民点人口总数相差不大的假设，求得每个村级居民点的平

均人数，基于 GIS 空间转换功能，将村级居民点人口数据转换成 1 000 m×1 000 m 的栅格数据。

通过空间栅格运算，将村级居民点密度与每个乡镇中村级居民点的平均人口进行空间运算得到甘肃省村级居民点人口密度分布图，如图 2 所示。甘肃省人口密度最大为 35 248 人·km⁻²，最小的地区则不到 1 人·km⁻²，酒泉市和甘南州大部分地区空间上没有人口分布，武威市民勤县也有部分地区无人员分布，计算结果与实际人口空间分布情况相吻合。甘肃省总面积为 42.76 万 km²，无人区面积为 26.67 万 km²，占总面积的 62.37%。

2.2 数据精度评价

为检验人口数据格网化数据精度，文中采用甘肃省全省统计人口、14 个市州人口统计数据进行精度评价，具体计算方法为^{[11]69}

$$A = \frac{P_1 - P}{P} \times 100\%$$

其中，A 为误差；P₁ 为空间化人口；P 为实际统计人口。误差为负值表示人口值被低估，误差为正值表示人口值被高估。甘肃省基于 1 343 个乡镇的人口统计数为 25 442 719 人，基于村级居民点密度人口空间化数据为 25 044 793 人。

基于 ArcGIS 软件平台栅格数据统计分析功能进行数据精度检验，具体检验结果如表 1 所示，人口空间数据误差最大为-8.50%，金昌市数据误差较大的原因是该地区存在金川公司、八冶公司、八一农场、白银公司等居民地，但这些数据又不在乡镇人口统计数据中，因此产生了较大的误差。兰州市也是存在类似的问题，因此误差较大。在乡镇级别上没有农场、马场、国企等居民点的地区，数据误差较小，如陇南市数据误差为 0.02%。白银市、平凉市、庆阳市、定西市、临夏州误差也较小。数据评价结果表明，根据村级居民点密度生成的人口数据空间化达到了较高的精度。

表 1 误差统计

Tab 1 Error statistics

市(州)	误差/%	市(州)	误差/%
兰州市	-8.04	平凉市	-0.50
嘉峪关市	4.98	酒泉市	-2.01
金昌市	-8.50	庆阳市	-0.61
白银市	0.34	定西市	0.34
天水市	-1.55	陇南市	0.02
武威市	-1.20	临夏州	0.17
张掖市	-2.57	甘南州	1.08

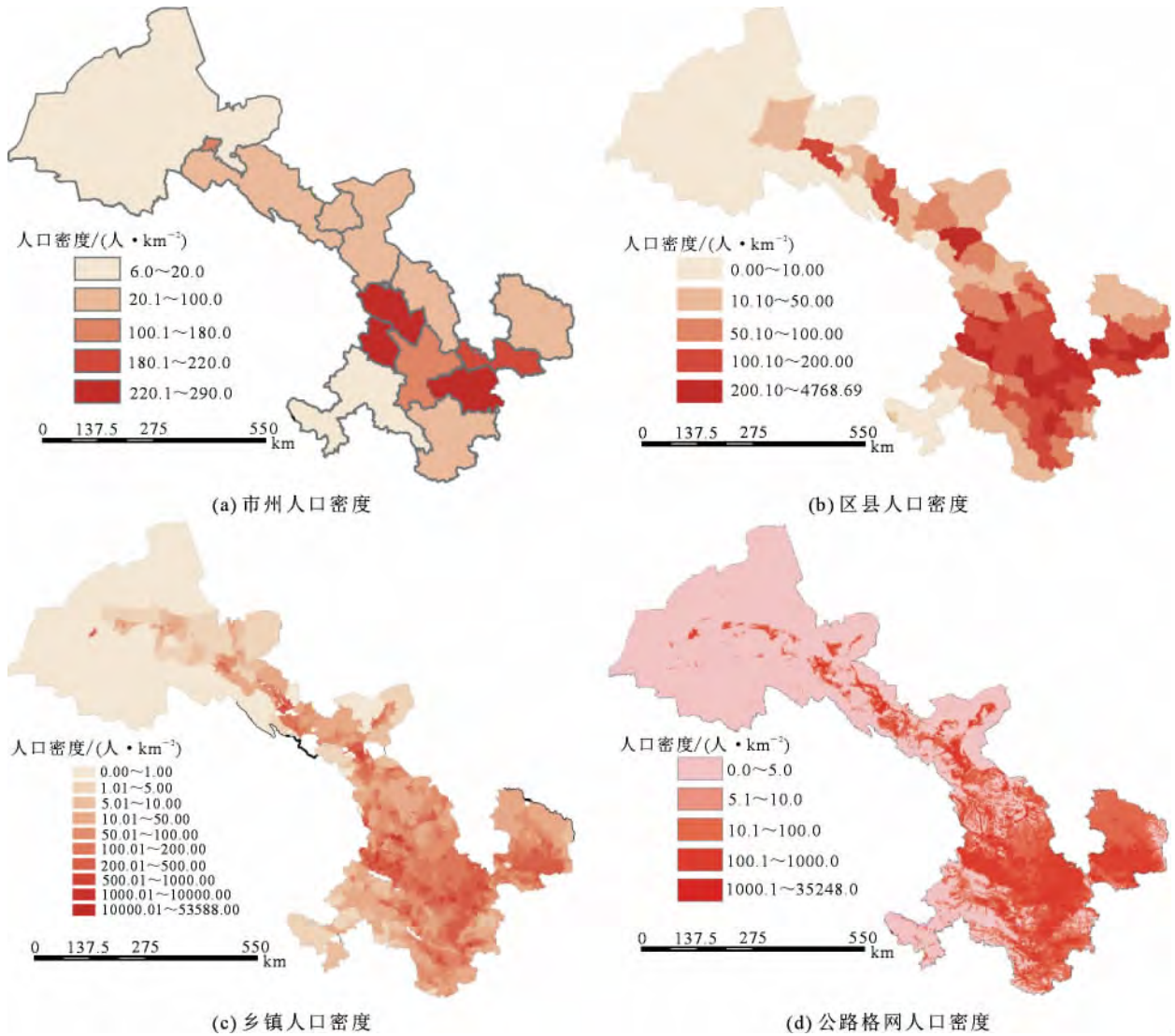


图 2 甘肃省不同尺度人口密度空间分布图

Fig 2 Density distribution of population showed at different scales in Gansu Province

3 甘肃省人口密度空间特征分析

3.1 不同尺度人口密度空间特征分析

在不同空间统计尺度上, 甘肃省人口密度分布表现特征是不一致的(表 2)。人口密度最小值随统计尺度的减小而降低, 人口密度最大值、波动范围和标准差随统计尺度的减小而增加, 但是在公里格网尺度上并没有遵从这个规律, 究其原因可能是在甘肃省乡镇级别上的人口差别比村级人口差别更大。尺度越小, 所反映的人口空间分布越精细, 越能够代表实际人口空间分布特征, 在自然灾害发生时能够更准确的评估受灾人口和人员伤亡情况。尤其是在甘肃西部地区, 地广人稀, 人口空间上分布极为不均匀, 大尺度上统计的人口与实际相差很

大, 会导致自然灾害风险评估结果的精度降低。

表 2 不同尺度人口密度统计特征(人·km⁻²)

Tab 2 Statistical characteristics of population density at different scales

尺度	最小值	最大值	范围	标准差
市 州	5.840	289.67	283.83	89.10
区 县	0.210	4 768.69	4 768.48	710.68
乡 镇	0.023	53 354.63	53 354.61	3 956.85
公里格网	0.000	35 248.00	35 248.00	430.97

据 2013 年 12 月份统计数据显示(甘肃省人口和计划生育委员会统计), 甘肃省平均人口密度为 60.75 人·km⁻²。在市州尺度上可以得到各市州之间的人口差异。人口密度最高的是兰州市, 人口密度为 290 人·km⁻², 最低为酒泉市, 人口密度为 6 人·km⁻²。甘肃省人口高集聚区主要分布在兰州

市、临夏州、天水市、平凉市，其他市州人口密度较小，呈现出显著的东多西少的空间分布特征(除嘉峪关市、甘南州外，图 2(a))。兰州市、临夏州、天水市、平凉市因地形平坦，年均降雨量较多，多年平均气温相对较高，适合农业生产，可能是该区域人口密集的主要原因。

在区县尺度上，考虑各区县隶属市级行政单元及县级人口密度分布图，可以分析各市州内部区县人口密度差异。人口密度表现较市州尺度细致，人口密度高集聚区为兰州市所属的城关区、安宁区、七里河区、西固区和临夏州政府所在地临夏市，人口密度大于 1 000 人·km⁻²。兰州市人口密度在所属区县内部人口分布不均匀，人口主要分布在 4 个市区和 1 个郊区，而榆中县、永登县、皋兰县则人口密度远低于 4 个市区。人口密度小于 10 人·km⁻²的区县有 8 个，分别是酒泉市肃北县、阿克塞县、敦煌市、瓜州县、金塔县，张掖市肃南县，甘南州玛曲县和碌曲县。在区县尺度上人口空间分布无显著特征，人口稀少地区(人口密度小于全省平均人口密度)中除了西部区县外，还有庆阳市环县和合水县、陇南市文县、兰州市皋兰县；人口稠密地区(人口密度大于全省平均人口密度)除了东部区县外，还有嘉峪关市和张掖市甘州区。

乡镇尺度上甘肃省中东部人口空间上呈现出跨县、市的高密度分布区，沿河西走廊呈现出间断条带状人口密集区，在张掖市条带密集区变弱，到酒泉市逐渐消失。人口最为稀少的地区除了酒泉市外，还有武威市民勤县红沙岗镇，人口密度仅为 0.06 人·km⁻²。而兰州市永登县七山乡和连城镇、天水市麦积区利桥乡、白银市景泰县中泉乡等人口密度小于 10 人·km⁻²。乡镇尺度上人口分布更加集聚，高密度人口区域集中，能够显示更为细致的空间分布信息。其人口密度标准差为 3 956.85，表明各个乡镇之间的人口密度相差更大。

在公里格网尺度上，甘肃省人口空间条带状分布特征更为显著，从甘肃中东部片状高集聚区向西部发散，沿着河西走廊向西延伸，间断分布，人口主要分布在河西走廊市州政府所在地。河西走廊和甘南州由于受地理环境影响，人口分布稀疏，河西地区分布着广阔的沙漠、戈壁，降雨稀少，只有在祁连山脚下分布着带状间断的绿洲，而甘南州地处青藏高原东北边缘与黄土高原西部过度地段，海拔较高，年均气温较低。在公里格网尺度上，乡镇内

部也存在人口差异性，其人口主要分布村级居民点密集地区，这种差异在河西、甘南地区更为明显。

在公里格网尺度上对甘肃省人口空间分布进行分类统计，结果列于表 3。从表 3 可以看出，人口空间分布特征显著，甘肃省约有 62 % 的国土面积为无人区，没有人口分布，而人口稠密地区(人口密度大于 200 人·km⁻²)的人口占全省总人口比重为 64%，其分布在全省 8.32% 面积的土地上。人口低密度区(人口密度小于 100 人·km⁻²)分布在约全省 20% 面积的土地上，人口占总人口比重的 14.71%。

表 3 甘肃省人口统计

Tab 3 Demographic statistics in Gansu Province

人口密度 / (人·km ⁻²)	面积 / km ²	人口 / 人	占总人口 比重 / %	占总面积 比重 / %
<10	278 005	74 573	0.29	65.02
10~50	43 135	1 245 668	4.90	10.09
50~100	33 130	2 421 859	9.52	7.75
100~200	37 705	5 413 645	21.28	8.82
200~300	16 795	4 093 222	16.09	3.93
300~500	12 672	4 781 704	18.79	2.96
500~1000	4 969	4 588 478	18.03	1.16
>1000	1 144	2 823 570	11.10	0.27

3.2 不同海拔高度人口空间分布特征

利用研究区内的数字高程模型(ASTERDEM)数据在 ArcGIS 软件下进行空间分析运算。将高程数据按照 500 m 等间隔划分为 12 类，并将其分类转换为矢量面状数据，然后将高程面状数据与人口空间化数据进行空间叠加分析，得到不同高程范围内人口分布(图 3)。从图 3 可以看出，甘肃省人口空间分布具有明显的差异性，在海拔 1 500~2 000 m 区域内分布的人口占全省总人口的 40.33%，1 000~1 500 m 和 2 000~2 500 m 区域则次之。在海拔 1 000~2 500 m 的区域内分布着甘肃省绝大多数的人口，占全省总人口的 91.43%。超过海拔 2 000 m 后，随着海拔的升高人口分布逐渐减少，超过 3 500 m 的地区人口分布非常稀少，多为无人区。

3.3 不同坡度人口空间分布特征

甘肃省地处青藏高原东北部的边缘地区，南北地震带横穿天水、武都地区，由于特殊的自然地理环境和区域地质环境，甘肃的气象、地质、地震灾害频繁^[2]，分析甘肃省不同坡度的人口空间分布特征有利于了解区域自然灾害人口风险程度。利用数字高程模型数据生成坡度数据，将坡度与人口空

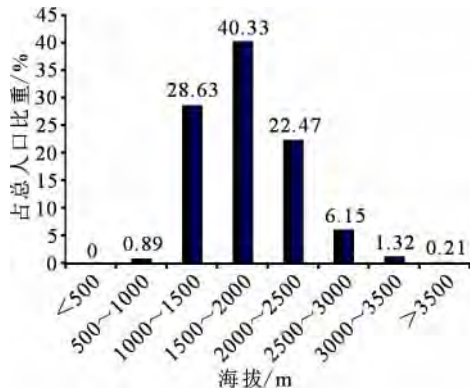


图 3 不同海拔高度人口统计

Fig 3 Population statistics at different altitudes

间化数据进行空间叠加计算, 得到不同坡度上的人口分布情况(图 4). 甘肃省主要人口分布在坡度为 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 的区域, 该地区人口占全省总人口的 92.45%. 随着坡度的逐渐增大, 居住的人口逐渐减少, 在坡度大于 70° 的地区, 无人分布. 坡度 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 的区域, 在空间上主要分布在陇南、甘南舟曲县、祁连山地区, 地质灾害容易发生, 该地区灾害风险程度较高.

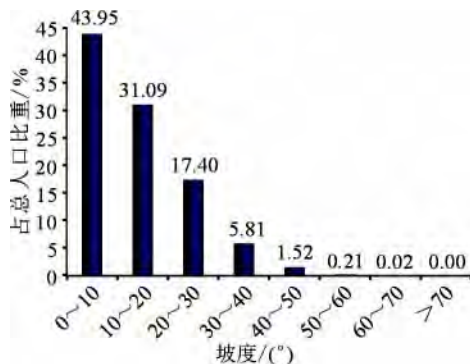


图 4 不同坡度人口分布统计

Fig 4 Population statistics at different slopes

4 结论

文中利用甘肃省乡镇人口数据和行政村居民点数据, 基于 GIS 技术得到了甘肃省人口数据空间化, 并对甘肃省人口数据进行空间特征分析, 得到如下结论:

1) 甘肃省村级居民点的平均密度为 0.276 个 $\cdot \text{km}^{-2}$, 其中酒泉市、甘南州、武威市部分区县、张掖市部分区县村级居民点密度小于 0.2 个 $\cdot \text{km}^{-2}$; 兰州市、临夏州、定西市、平凉市、庆阳市、天水市、陇南市村级居民点密度大于 0.5 个 $\cdot \text{km}^{-2}$ 的地区成片集中, 构成了甘肃省主要的人口

高密度区, 自甘肃中部密集区向西呈现阶梯状递减; 在河西地区市州政府驻地分别形成大小不同的密度大于 0.5 个 $\cdot \text{km}^{-2}$ 的热点地区, 其分布格局呈现出条带状延伸的态势, 主要是沿连霍高速公路线状分布.

2) 在市州尺度上人口空间分布差异明显, 人口主要分布在甘肃中东部地区, 自东向西人口逐渐递减; 在区县尺度中各市州内部人口空间差异明显, 如兰州市所属 5 个区与 3 个县之间人口密度相差最高达到 52 倍. 西部市州人口高密度区主要分布在各市州驻地, 而中东部高密度区除了市州驻地外, 也有附近的区县, 尤其是临夏州所属区县人口密度均较高; 乡镇尺度上甘肃省中东部人口空间上呈现出跨县、市的高密度分布区, 沿河西走廊呈现出间断条带状人口密集区; 在公里格网尺度上, 甘肃省人口空间条带状分布特征更为显著, 从甘肃中东部片状高集聚区向西部发散, 沿着河西走廊向西延伸, 间断分布, 在河西走廊人口主要分布于市州政府所在地.

3) 在低海拔区域 ($1000 \sim 2000$ m) 分布着全省 68.96% 的人口. 超过海拔 2000 m 后, 随着海拔的升高人口分布逐渐减少, 超过 3500 m 的地区人口分布非常稀少, 多为无人区; 在坡度为 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 的区域, 分布着全省 92.45% 的人口. 说明甘肃省人口受地形因素的影响较大, 人口主要分布在地形条件较好的地方, 但是在地形较差的地方也分布着一定的人口, 这些地区往往是地质灾害高发区, 如陇南市、舟曲县、祁连山区等, 灾害风险程度较高.

致谢: 甘肃省人口和计划生育委员会为本研究免费提供甘肃省人口统计数据, 特此表示感谢!

参考文献:

- [1] 王靖泰, 孟兴民, 马金辉, 等. 甘肃省的自然灾害[J]. 甘肃科学学报, 1990, 2(3): 29.
- [2] 康来讯. 甘肃省自然灾害与综合防御对策[J]. 自然灾害学报, 1992, 1(4): 94.
- [3] 王克鲁, 宋惠珍, 刘慧敏. 中国地震震害特征及其意义[J]. 地震地质, 1983, 5(1): 59.
- [4] 廖顺宝, 孙九林. 基于 GIS 的青藏高原人口统计数据空间化[J]. 地理学报, 2003, 58(1): 25.

(下转第 113 页)

把生态文明理念融入城镇化进程，转变经济增长方式、优化产业结构，大力发展高新技术产业和第三产业，限制高污染企业数量、提高污染治理水平，打造生态宜居城市。

参考文献：

- [1] 李程骅. 科学发展观指导下的新型城镇化战略[J]. 求是, 2012(14): 36.
- [2] 单卓然, 黄亚平. “新型城镇化”概念内涵、目标内容、规划策略及认知误区解析[J]. 城市规划学刊, 2013(2): 18.
- [3] 沈清基. 论基于生态文明的新型城镇化[J]. 城市规划学刊, 2013(1): 32.
- [4] 张占斌. 新型城镇化的战略意义和改革难题[J]. 国家行政学院学报, 2013(1): 51.
- [5] 倪鹏飞. 新型城镇化的基本模式、具体路径与推进对策[J]. 江海学刊, 2013(1): 91.
- [6] 姚士谋, 张平宇, 余成, 等. 中国新型城镇化理论与实践问题[J]. 地理科学, 2014, 34(6): 645.
- [7] 胡杰, 李庆云, 韦颜秋. 我国新型城镇化存在的问题与演进动力研究综述[J]. 城市发展研究, 2014, 21(1): 27.
- [8] 刘彦随, 乔陆印. 中国新型城镇化背景下耕地保护制度与政策创新[J]. 经济地理, 2014, 34(4): 3.
- [9] 贾兴梅, 贾伟. 中国新型城镇化协调水平测度及空间差异分析[J]. 统计与信息论坛, 2015, 30(7): 25.
- [10] 魏后凯, 关兴良. 中国特色新型城镇化的科学内涵与战略重点[J]. 河南社会科学, 2014(3): 22.
- [11] 罗宏斌. “新型城镇化”的内涵与意义[N]. 湖南日报, 2010-02-20(7).
- [12] 林峰. 旅游引导的新型城镇化[M]. 北京: 中国旅游出版社, 2013: 60.
- [13] 仇保兴. 新型城镇化: 从概念到行动[J]. 行政管理改革, 2012(11): 15.
- [14] 高志刚, 华淑名. 新型工业化与新型城镇化耦合协调发展的机理与测度分析[J]. 中国科技论坛, 2015(9): 124.
- [15] 张超, 李丁, 魏秀梅, 等. 西北河谷型城市新型城镇化与土地利用效益耦合协调发展研究[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2015, 51(2): 175.
- [16] 张春燕. 旅游产业与新型城镇化的耦合评价模型[J]. 统计与决策, 2014(14): 29.
- [17] 陈斌. 产业集群与新型城镇化耦合度及其影响研究——以江苏省为例[J]. 科技进步与对策, 2014, 31(20): 55.
- [18] 李伯华, 谭勇, 刘沛林. 长株潭城市群人居环境空间差异性演变研究[J]. 云南地理环境研究, 2011, 23(3): 15.
- [19] 李雪铭, 晋培育. 中国城市人居环境质量特征与时空差异分析[J]. 地理科学, 2012, 32(5): 526.
- [20] 戴西超, 张庆春. 综合评价中权重系数确定方法的比较研究[J]. 煤炭经济研究, 2003(11): 37.
- [21] 李伯华, 陈容, 刘沛林. 湖南省人居环境与经济耦合发展的时空演变研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2015, 19(2): 126.

(责任编辑 惠松骐)

(上接第 100 页)

- [5] DEICHMANN U, BALK D, YETMAN G. Transforming population data for interdisciplinary usages: form census to grid, 2001 [EB/OL]. [2015-10-20] <http://sedac.ciesin.columbia.edu/plue/gpw/index.html?man.html&2>.
- [6] 柏中强, 王卷乐, 杨飞. 人口数据空间化研究综述[J]. 地理科学进展, 2013, 32(11): 1694.
- [7] 董春, 刘纪平, 赵荣, 等. 地理因子与空间人口分布的相关性研究[J]. 遥感信息, 2002(4): 61.
- [8] 闫庆武, 卞正富, 张萍, 等. 基于居民点密度的人口密度空间化[J]. 地理与地理信息科学, 2011, 27(5): 95.
- [9] SILVERMAN B W. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. [M]. London: Chapman and Hall, 1986.
- [10] 吕安民, 李成名, 林宗坚, 史文中. 人口密度的空间连续分布模型[J]. 测绘学报, 2003, 32(4): 344.
- [11] 陈振拓. 服务于地震应急的人口数据格网化方法研究——以云南省为例[D]. 北京: 中国地震局地质研究所, 2012.

(责任编辑 惠松骐)