

青藏高原人口地域分异规律及“胡焕庸线”思想应用

戚伟^{1,2}, 刘盛和^{1,2}, 周亮³

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101;
2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049; 3. 兰州交通大学测绘与地理信息学院, 兰州 730070)

摘要: 青藏高原是中国乃至全球典型的人口稀疏区之一, 但内部人口地域分异明显。通过构建青藏高原乡镇街道尺度的人口空间数据集, 系统核算青藏高原人口数量及其空间密度, 从经度、纬度、极向和垂直4个维度解析青藏高原人口地域分异规律, 并基于“胡焕庸线”思想, 提出青藏高原的“祁吉线”人口地理划分方案。结论包括: ① 青藏高原人口空间分布不均衡, 具有“东南密、西北疏”的总体空间分布特征, 距离“寒旱核心区”近疏远密的极向地域分异明显; ② 青藏高原人口地域分异与海拔、土壤、水资源、气候、植被等自然环境本底具有高度耦合关系, 自然因素间交互作用加强了人口地域分异; ③ 青藏高原人口地域分异可以通过连接祁连县与吉隆县的“祁吉线”体现, 两侧地域面积大致相同, 但是东南半壁与西北半壁人口比例达到93:7的悬殊; ④ “祁吉线”长期稳定, 但是东南半壁人口持续微降, 西北半壁人口持续微增, 未来时期, 东南半壁依然是青藏高原城镇化及人类活动的主要区域, 而西北半壁应当重视人口增长与生态环境压力的矛盾。

关键词: 人口分布; 青藏高原; 地域分异; 胡焕庸线; 祁吉线

DOI: 10.11821/dlxb202002004

1 引言

作为“地球第三极”, 青藏高原因其独特的自然环境, 在中国乃至全球范围内都属于典型的人口稀疏区^[1]。然而, 1949年以来青藏高原人口数量与人类活动足迹不断提升, 其中1951—2018年西藏自治区人口从114万人增长至344万人, 人口规模是西藏和平解放时期的3倍多; 1949—2018年青海省人口从115万人增长至603万人, 人口规模是建国初期的5倍多。得益于少数民族较高的生育水平和不断增长的外来人口, 地球上的这片人口稀疏区已经成为人口增长活跃的地区之一。人口增长推动着青藏高原城、镇、村居民点规模体系的不断重塑, 城镇扩张和现代化建设进程加速, 但同时, 生态环境压力也日益暴露, 草场过牧、旅游垃圾、城镇污水等问题日趋突出^[2-3]。为守护好青藏高原这一方净土, 有必要厘清青藏高原人口聚居与自然环境之间的相互关系。事实上, 青藏高原内部的资源环境本底也不是均质的, 在漫长的人类演化过程, 藏民族等多民族在青藏高原相对宜居的地方建设自己的家园, 人口集聚水平存在天然的空间分异, 不同地区人口增长也呈现不同的态势。随着青藏高原地区城镇化发展和现代化发展的加快, 科学认知

收稿日期: 2019-04-03; 修订日期: 2019-12-31

基金项目: 中国科学院A类战略性先导科技专项(XDA20040401); 国家自然科学基金项目(41701165) [Foundation: Strategic Priority Research Program of Chinese Academy of Sciences, No.XDA20040401; National Natural Science Foundation of China, No.41701165]

作者简介: 戚伟(1989-), 男, 江苏泰州人, 副研究员, 中国地理学会会员(S110007891A), 主要从事城市地理与人口地理研究。E-mail: qiwei@igsnr.ac.cn

255-267 页

青藏高原人口地域分异规律与机理,是研究青藏高原人地关系地域系统的基础科学问题,同时有利于支撑青藏高原国土空间有序开发利用和保护,推动青藏高原的可持续发展与生态文明建设。

青藏高原的地域分异研究大多集中于自然环境的空间分异,揭示了青藏高原在经度、纬度、垂直等维度的自然景观地带性分异规律,并发现了青藏高原朝向“寒旱核心区”或生态旱极的极向地域分异规律^[4-6],而对人口等人文环境的地域分异研究相对较少。专门针对青藏高原的人口研究主要集中在基于县级人口普查数据的人口空间化、人类活动强度及人口与环境关系研究^[7-9],实现青藏高原人口核算及空间分布制图;也有从全国尺度人口集疏格局变动,揭示青藏高原作为“胡焕庸线”西北侧人口稀疏区长期处于50人/km²等密度线的西侧的稳定性,并发现长期具有快速人口增长态势^[10-13];还有从少数民族地区、西部地区、西藏、青海等局域维度展开人口空间格局变动研究^[14-16]。既有研究着重描述了青藏高原或其局域地区人口空间分布和变动格局,有待于进一步揭示其空间分布及变动的规律与机理。本文构建青藏高原乡镇街道尺度的人口普查空间数据库,基于自然地理学地域空间分异理论,从经度、纬度、垂直、极向等多维度揭示青藏高原人口地域分异规律及机理,并基于人口地理学“胡焕庸线”思想,提出青藏高原的“祁吉线”方案,论证青藏高原人口地域分异稳定性及其应用启示。

2 研究方法 with 数据

2.1 人口核算与分级

青藏高原是一个自然地域范围,而当前权威的人口普查资料是基于行政区划单元汇总的标准数据,其中,2010年人口普查资料能够提供精确到乡镇街道单元的常住人口资料。青藏高原分属于不同行政区划单元管辖,相对于省级、地级或县级行政区划单元,乡镇街道的行政区划单元斑块更多,其行政区划界线能够更加接近青藏高原的自然地域范围^[17]。据此,本文采用选取行政范围整体或大部分位于青藏高原界线的乡镇街道作为基本研究单元,构建青藏高原乡镇街道单元的常住人口空间数据集,核算青藏高原内的总体人口,并采用常住人口与行政区划面积的比值核算各乡镇街道的人口密度。为了衡量青藏高原的人口地域分异,本文根据“洛伦兹曲线”原理,按照人口密度由大到小降序排列,计算人口数量的累计百分比,测算方法为:

$$S_k = \left(\frac{\sum_{i=1}^k P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \right) \times 100\% \quad (1)$$

式中: S_k 代表第 k 个乡镇街道的人口累计百分比; k 代表按照人口密度降序排列第 k 个乡镇街道的位序; P_i 代表按照人口密度降序排列的第 i 个乡镇街道的人口数量; n 代表乡镇街道的总数。根据人口累计比由低到高每隔10个百分点划分等级,对应人口密度由高到低的10个等级。

但是,乡镇街道的历史人口普查资料、行政区划边界及变更资料有限。为了反映青藏高原长时期人口变动,本文同步构建青藏高原1982年、1990年、2000年和2010年4期人口普查的县市尺度常住人口空间数据集。参考张懿铨等列举的青藏高原涉及县级行政单元名录^[18],按照设区的市、不设区的市、县、自治县、行政委员会等政府驻地是否位于青藏高原自然地域范围内,确定县市单元样本。考虑到历次县级尺度的行政区划调整,本文按照“回溯法”,对发生过行政区划边界调整的相邻县市同步进行空间范围和人口数量合并,保证年际间的可比性。需要指出的是,县市行政区划范围与上述乡镇街道

行政范围存在差异,其核算的人口数量也存在差异,但大体能够反映青藏高原的人口变动趋势。人口年际变动采用年均增长率计算,核算方法为:

$$r = \left(\sqrt[a]{\frac{P_t}{P_0}} - 1 \right) \times 100\% \quad (2)$$

式中: r 代表人口年均增长率; P_t 代表末期的常住人口规模; P_0 代表初期的常住人口规模; a 代表初期和末期的间隔年数; r 为负值代表人口负增长,反之人口正增长。

2.2 人口地域分异识别方法

参考自然地理的地域分异效应,从4个维度识别青藏高原人口地域分异。①经度地域分异,反映受海陆分布等影响东西方向人口密度更替的规律,采用经度与人口密度的散点关系图识别;②纬度地域分异,反映受太阳辐射等影响南北方向人口密度更替的规律,采用纬度与人口密度的散点关系图识别;③极向地域分异,既有研究发现,青藏高原存在一个“寒旱核心区”,位于西北侧高寒高旱的荒漠地带,植被等朝向这个生态旱极递变,参考郑度等研究成果^[4-6],本文采用距离“寒旱核心区”的极向距离与人口密度的散点关系图识别人口极向地域分异;④垂直地域分异,反映受海拔高低等影响垂直方向人口密度更替的规律,采用海拔与人口密度的散点关系图识别。

2.3 人口地域分异解释方法

人口地域分异主要反映了人口与自然环境的相互关系,本文重点选取海拔、年均降水、年均气温、净初级生产力(NPP)、土壤类型和产水模数等自然地理要素解释人口地域分异机理^[9]。根据自然地理的“水土气生”等基本要素,海拔反映地形高程,年均降水、年均气温反映气候条件,NPP反映植被生态条件,土壤类型反映农牧适宜条件,产水模数反映地均地表径流的水资源水平。**地理探测器是解释空间异质性的空间统计学方法,本文采用地理探测器分析各自然要素对人口密度的地域分异影响作用机理^[20-21]。**①选用因子探测器解释某自然要素对人口地域分异的作用程度,通过计算不同解释变量在不同地理分区上的总方差与整体研究区解释变量总方差的比率,比率越大则解释力越大,当某一解释变量各地理分区内的变异性非常小,而分区之间差异显著,说明该自然要素对人口地域分异作用越强。②选用交互探测器解释不同自然要素对人口地域分异的交互作用,存在3种基本类型和5种子类型:①协同交互增强作用, $P(A \cap B) > P(A)$ 或 $P(B)$ 。其中,如果 $P(A \cap B) > P(A)$ 和 $P(B)$,称为双因子增强作用;如果 $P(A \cap B) > P(A) + P(B)$,称为非线性增强作用;②拮抗作用, $P(A \cap B) < P(A) + P(B)$,其中,如果 $P(A \cap B) < P(A)$ 或 $P(B)$,称为单拮抗作用;如果 $P(A \cap B) < P(A)$ 和 $P(B)$,称为非线性拮抗作用;③相互独立, $P(A \cap B) = P(A) + P(B)$ 。本文中地理探测器分析基于乡镇街道尺度展开,通过栅格平均值计算或矢量叠加取最大值计算获取各个乡镇街道单元的自然地理要素属性值。由于社会经济要素不是本研究的重点,为尽量反映人口分布与自然地域的相互关系,地理探测器分析不考虑人口高度集聚的城市街道办事处及县政府驻地所在乡镇。

2.4 数据来源

人口普查数据来源于《中国2010年人口普查分乡、镇、街道资料》《中华人民共和国人口统计资料汇编1949—1985》《中国分县市人口资料:1990年人口普查数据》《2000年人口普查分县资料》和《中国2010年人口普查分县资料》。青藏高原范围界线采用张懿铨等2014年发布的矢量数据^[18,22],”寒旱核心区”矢量数据参考郑度等^[5]、莫申国等^[23]研究成果数字化完成。行政区划边界矢量数据、分省DEM 90 m (SRTM 90 m) 栅格数据、年均平均气温(经DEM校正)栅格数据、年均降水量栅格数据、土壤类型空间分布栅格数据、2010年NPP栅格数据和三级流域产水模数矢量数据等均来源于中国科学院资源环

境科学数据中心。在构建空间数据库时，青海境内部分区域由西藏部分乡镇实际管理，以各乡镇实际管理范围为准；此外，受非法“麦克马洪线”影响，藏南边境地区实际人口普查范围与行政范围不完全一致。据此，本文中2010年乡镇街道单元共1950个，1982年至2010年行政区划调整融合后的县市单元共151个。

3 青藏高原人口地域分异规律

3.1 人口总体分布特征

从人口密度数值分布来看，青藏高原具有少数地域人口稠密、多数地域人口稀疏的特征。2010年，青藏高原整体常住总人口1239.76万人，常住人口整体密度4.77人/km²。按照乡镇街道地域范围，人口密度最大值为青海西宁市城中区仓门街道办事处，为53804人/km²，达到很多中国东部沿海大都市的人口密度水平；人口密度最小值为新疆若羌县祁曼塔格乡，地处牧民为主的阿尔金山自然保护区内，仅有0.0003人/km²。如表1所示，将各乡镇街道人口密度降序排列，按照人口累计百分比划分10个人口密度等级值域，统计各值域的人口与面积。不难发现，各值域人口累计百分比始终大于或等于面积累计百分比，人口密度排名前35的乡镇街道，地域面积仅占0.01%，却拥有近10%的人口；人口密度排名前365的乡镇街道，地域面积仅占1.91%，却拥有近50%的人口；人口密度排名前1458的乡镇街道，地域面积仅占26.49%，却拥有近90%的人口。

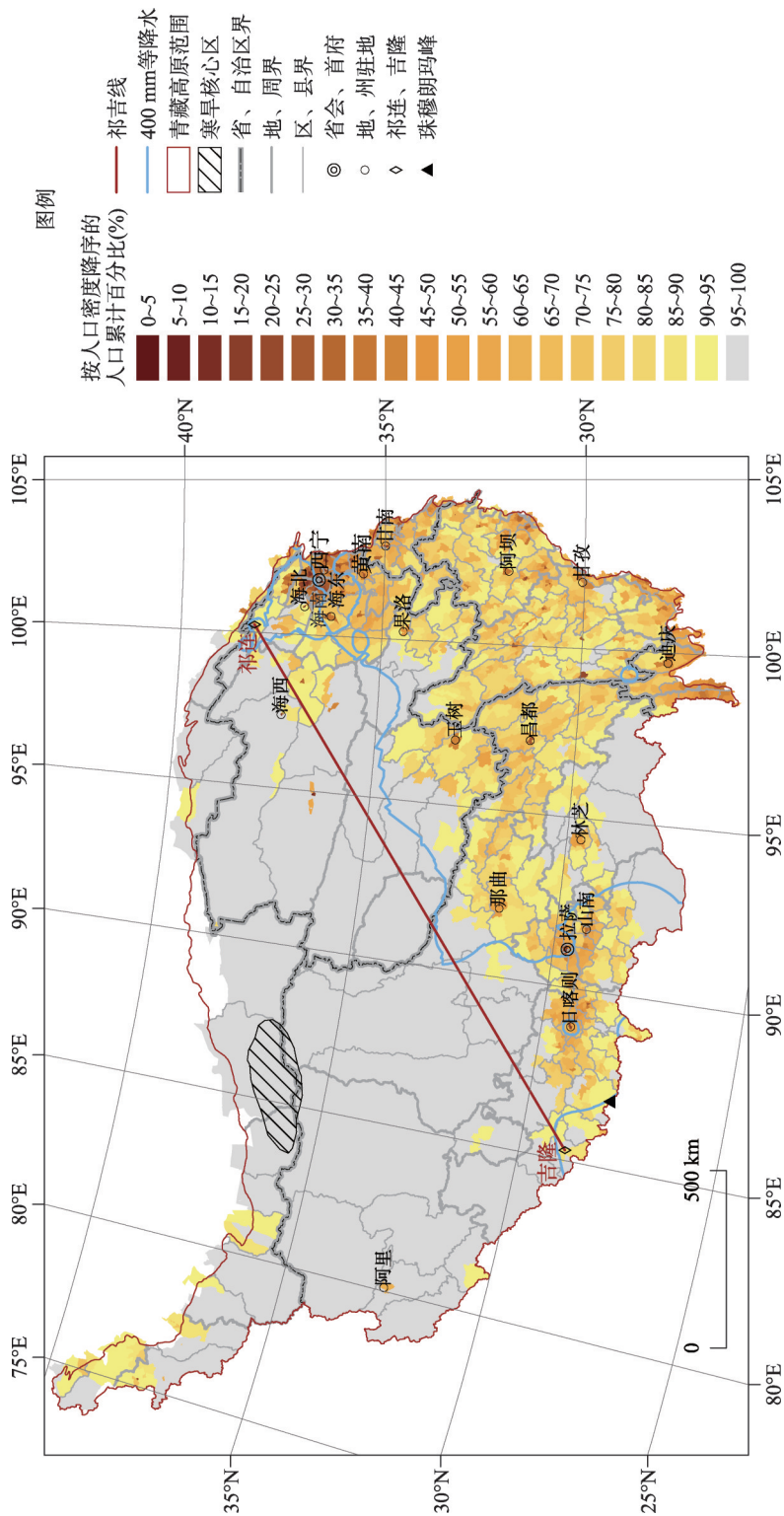
表1 2010年青藏高原分乡镇街道分级人口及面积统计
Tab. 1 Population and area statistics based on town-level hierarchies in Tibetan Plateau in 2010

人口累计百分比 分级值域(%)	对应人口密度分 级值域(人/km ²)	乡镇街道 数量(个)	人口总数 (万人)	人口累计 百分比(%)	地域面积 (km ²)	面积累计 百分比(%)
0~10	53804~2419	35	119.02	9.60	141.51	0.01
10~20	2063~375	36	126.69	19.82	1822.94	0.08
20~30	358~143	60	126.18	30.00	5487.38	0.29
30~40	142~65	85	119.94	39.67	12783.35	0.78
40~50	64~31	149	125.31	49.78	29551.04	1.91
50~60	31~16	195	126.48	59.98	56302.22	4.08
60~70	16~9	275	136.40	70.98	118059.57	8.62
70~80	9~6	271	111.57	79.98	158700.70	14.72
80~90	6~3	352	123.86	89.97	306130.03	26.49
90~100	3~0	447	124.30	100.00	1911686.74	100.00

从人口密度空间分布来看，青藏高原具有“东南密、西北疏”的总体人口空间分布特征。按照表1中的10组分级值域绘制对应的青藏高原人口密度图（图1）。人口密度较高的地域分布分散，包括西宁市及周边所在的河湟（黄河和湟水）谷地地区、拉萨市及周边所在的一江两河（雅鲁藏布江、拉萨河和年楚河）地区、三江并流（金沙江、澜沧江和怒江）云南段地区以及各地县政府驻地；人口密度次高的地区主要分布在青藏高原东南侧，包括西藏东部、青海东部、四川西部、云南东北部和甘肃南部；人口密度较低的地区主要分布在青藏高原的西北侧，包括西藏西部、青海西部和新疆西部。可见，虽然相对于全国东中部，青藏高原属于典型人口稀疏区，但是青藏高原内部人口密度的地域分异特征也十分突出。

3.2 人口地域分异特征

参照青藏高原自然地理的地域分异效应，从经度、纬度、极向和垂直4个维度分别



注：① 人口数据以2010年人口普查乡镇尺度常住人口为基准；② 西藏在青海内迁居人口按照实际的分布范围绘制人口密度；③ 该图基于国家测绘地理信息局标准地图图服务网站下载的审图号为GS(2019)1826号的标准地图图制作，底图无修改。

图1 2010年青藏高原分乡镇街道人口密度分布
Fig. 1 Spatial distribution of town-level population density in Tibetan Plateau in 2010

绘制青藏高原人口密度分布图（图2）。为尽量反映人口分布与自然地域的相互关系，本部分不考虑人口高度集聚的城市街道办事处及县政府驻地所在乡镇。此外，受非法“麦克马洪线”影响，藏南边境地区实际人口普查范围与行政范围不完全一致，本部分亦不考虑这部分乡镇。最终选取1692个样本乡镇作为研究单元。

从经度地域分异看，青藏高原人口密度大致具有“西疏东密”的特征（图2a），大致在85°E左右（大概值域，下同）人口密度分异显著。85°E西侧人口普遍稀疏，大多数乡镇人口密度低于5人/km²。85°E东侧人口密度相对较高，但是波动变化特征明显；85°E~92°E之间出现人口密度的小高峰，而后人口密度有所下降；在98°E~101°E之间，人口密度出现高峰值；101°E之后又出现下降。

从纬度地域分异看，青藏高原人口密度在37°N以南地区并没有显著的地域分异特征，而37°N以北普遍人口稀疏（图2b）。青藏高原大致在36°N~37°N之间，人口密度快速波动上升，并出现人口密度峰值达到最高值；37°N以北的相对较窄的纬度范围内，人口普遍稀疏，大多数乡镇的人口密度甚至低于5人/km²；而在纬度相对较宽的37°N以

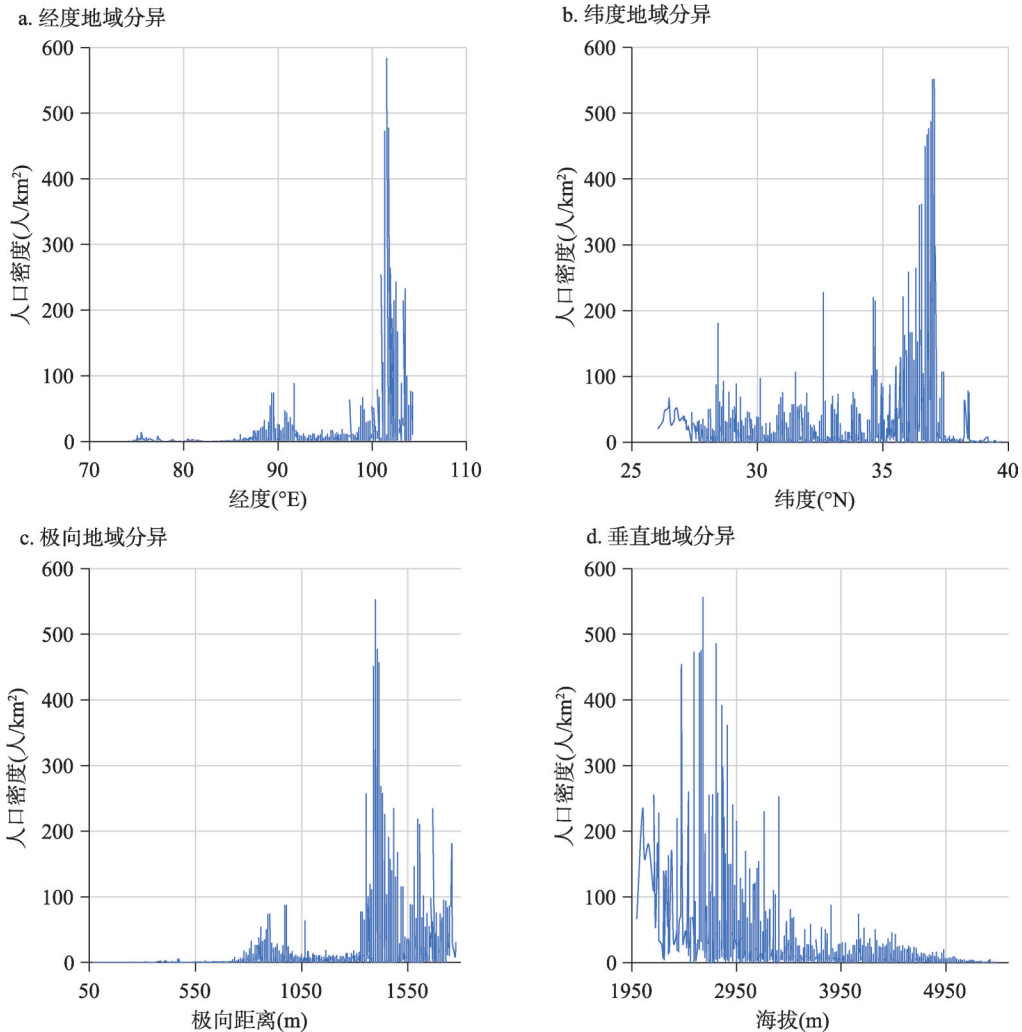


图2 2010年青藏高原人口地域分异图

Fig. 2 Regional differences of population based on longitude, latitude, polarization and altitude in Tibetan Plateau in 2010

南，人口密度呈现波动变化的趋势，每条纬度上都有人口相对稠密或者人口相对稀疏的地区，不过大多数乡镇人口密度都低于100人/km²。

从极向地域分异看，青藏高原人口密度大致具有“近疏远密”的特征，大致在距离“寒旱核心区”700 m左右人口密度分异显著（图2c）。700 km以内的人口密度普遍极低，大多数地区人口密度低于1人/km²，相对不宜人居。700 km以后人口密度相对较高，但是出现波动变化；700~1000 km出现一个小高峰，而后有所下降；1300~1500 km之间人口密度快速提升，出现人口密度高峰值；1500 km人口密度出现下降，但是始终基本都高于700 km以内的人口密度。由于青藏高原的极向中心地处西北侧，因而青藏高原人口极向地域特征可以看作是经向地域分异和纬向地域分异的综合结果，85°E、37°N度恰好是“寒旱核心区”所在区位。

从垂直地域分异看，青藏高原人口密度大致具有“高疏低密”的特征（图2d），大致在海拔5000 m左右人口密度分异显著。在海拔高于5000 m的大多数地区人口密度大多低于1人/km²，人口密度极低，相对不宜人居。海拔2000 m到海拔5000 m之间，青藏高原人口密度整体具有波动下降的特征；人口密度高峰值并不是在海拔最低区域，而是出现在海拔2600~2700 m之间，这可能与土壤、气候等其他影响要素的作用相关。青藏高原整体地势西高东低，南侧的一江两河地区和藏南地区也相对较低，因此，青藏高原人口垂直地域分异也对极向地域分异规律有贡献。

3.3 人口地域分异机理

不同于自然地理的连续性或地带性地域分异，青藏高原人口地域分异具有波动性变化特征，但大致上都指向“东南密、西北疏”的人口极向地域分异特征。选取海拔、年均降水、年均气温、净初级生产力（NPP）、土壤类型和产水模数6个指标，采用地理探测器，系统解析青藏高原人口地域分异机理。因子探测的 q 统计值（表2）显示，6个自然要素对青藏高原人口地域分异都具有显著性作用，其中，土壤类型和海拔的作用最为突出，其次为产水模数、年均降水、年均气温，净初级生产力作用相对较低。具体来看，青藏高原东南侧以草毡土、黑毡土、暗棕壤、棕壤等为主，而西北侧以寒钙土、淡寒钙土等为主，说明土壤肥力整体“东南高、西北低”；年均降水量自东南向西北具有递减趋势，年均气温东部、南部相对较高，而西北相对偏低，说明气候条件整体“东南相对温湿、西北寒旱”；净初级生产力东南相对较高，而西北相对较低，说明植被及其有机质产量“东南高、西北低”；河流的产水模数东部、南部相对较高，而西北相对偏低，说明水资源条件“东南高、西北低”；海拔自东向西抬升明显。此外，交互探测结果显示，6个自然要素对青藏高原人口地域的交互作用都呈现增强，彼此之间交互作用关系突出，也就是说各类自然要素中，两类适宜人类居住的自然条件交互有助于提升人口密

表2 青藏高原人口地域分异地理探测分析

Tab. 2 The geo-detector results of regional differences of population in Tibetan Plateau

因子	因子作用 (q 值)	交互作用					
		海拔	年均降水	年均气温	NPP	土壤类型	产水模数
海拔	0.32***						
年均降水	0.08***	0.55 ⁺⁺					
年均气温	0.08***	0.47 ⁺⁺	0.25 ⁺⁺				
NPP	0.05***	0.64 ⁺⁺	0.18 ⁺⁺	0.24 ⁺⁺			
土壤类型	0.37***	0.58 ⁺	0.52 ⁺⁺	0.48 ⁺⁺	0.47 ⁺⁺		
产水模数	0.16***	0.55 ⁺⁺	0.29 ⁺⁺	0.39 ⁺⁺	0.31 ⁺⁺	0.49 ⁺	

注：***代表在 $p < 0.01$ 显著；⁺⁺代表非线性增强；⁺代表双因子增强。

度，反之，两类不宜人类居住的自然条件交互则推动人口密度降低。可见，虽然青藏高原整体上生态环境脆弱，但是其内部人口地域分异与自然环境本底仍然具有高度的耦合关系，青藏高原东南侧具有更宜人居的自然条件，形成了青藏高原人口的经度、极向和垂直等地域分异特征。其中，极向地域分异特征最突出。

4 “胡焕庸线”思想应用及“祁吉线”方案

4.1 “祁吉线”方案提出

1935年著名地理学家胡焕庸先生在研究中国人口之分布时，提出“黑龙江瑷珲（今黑河市）—云南腾冲”人口区划线方案，发现中国东南半壁人口稠密、西北半壁稀疏的人口地域分异特征^[24]，之后该线以“胡焕庸线”命名并沿用，揭示了中国人口空间分布的人地关系。青藏高原处于“胡焕庸线”的西北侧，是公认的中国乃至世界范围的人口低密度区。不过，青藏高原内部也存在明显的人口地域分异特征，特别是起源于青藏高原西北“寒旱核心区”的极向地域特征，揭示了东南侧和西北侧人口密度差异显著。据此，尝试绘制一条适用于青藏高原内部的“胡焕庸线”，提出“青海祁连县—西藏吉隆县”（简称“祁吉线”）方案。

“祁吉线”选线主要考虑两侧人口密度、人口规模差异以及起始点的自然地域过渡代表性。如图1所示，首先，“祁吉线”的东南侧覆盖绝大多数青藏高原人口，按人口密度降序人口累计百分比95%以内的乡镇街道大多处在“祁吉线”的东南半壁；其次，祁连县地域狭长，其东侧连接河湟谷地的肥沃农业区，其西侧连接以畜牧业为主的天峻县及人烟稀少的柴达木盆地，两侧自然环境和生产方式差异明显；再者，吉隆县自古以来是西藏与尼泊尔交往的要道，其境内的吉隆口岸更是通往南亚“丝绸之路经济带”重要国际性口岸，其东侧连接农业发达的“西藏粮仓”日喀则地区，其西侧的仲巴县则是以畜牧业为主的典型高原牧区，两侧自然环境和生产方式同样差异明显；此外，与“胡焕庸线”类似，“祁吉线”与400 mm等降水线接近，事实上，“胡焕庸线”只有北段与400 mm等降水线“重合度”较高，南部400 mm等降水线靠西与“祁吉线”更加贴合，这进一步揭示了400 mm等降水线与中国人口地域分异的耦合关系。

“祁吉线”表征了青藏高原人口地域分异规律。2010年以“祁吉线”为界，东南半壁与西北半壁的地域面积分别占47.03%和52.97%，基本上符合“半壁”的特征（表3）。但是，东南半壁人口占比高达92.74%，人口密度9.4人/km²，而西北半壁人口占比仅为7.26%，人口密度整体上不足1人/km²。也就是说，东南半壁与西北半壁地域面积比例接近1:1，但是人口规模比例达到93:7的悬殊。与“胡焕庸线”一样，“祁吉线”是一条反映人口地域分异的近似直线，事实上人口密度分布不可能完全按照这条直线形成突变特征。从人口密度空间分布格局来看，以“祁吉线”为界，“东南半壁”集中了大多数的人口相对稠密区，并包含绝大多数地级及以上政府驻地，是青藏高原主要的人类居住区，但是也不乏部分人口相对稀疏区，例如林芝市与那曲市交界的念青唐古拉山地区等，以

表3 基于乡镇街道单元的2010年“祁吉线”两侧人口和面积统计

Tab. 3 Population and area statistics on both sides of the "Qilian-Gyirong Line" based on town-level units					
“祁吉线” 半壁	常住人口		地域面积		人口密度 (人/km ²)
	数量(万人)	占比(%)	数量(km ²)	占比(%)	
东南半壁	1149.75	92.74	1223069	47.03	9.40
西北半壁	90.01	7.26	1377596	52.97	0.65

及毗邻西北半壁的果洛藏族自治州西部和玉树藏族自治州中西部；“西北半壁”人烟稀少，包含可可西里自然保护区、羌塘自然保护区、阿尔金山自然保护区等无人区，但是也不乏少数人口相对集聚区，例如德令哈市、格尔木市、阿里地区狮泉河镇等政府驻地，以及新疆塔什库尔干塔吉克自治县、阿克陶县等。

4.2 “祁吉线”的稳定性

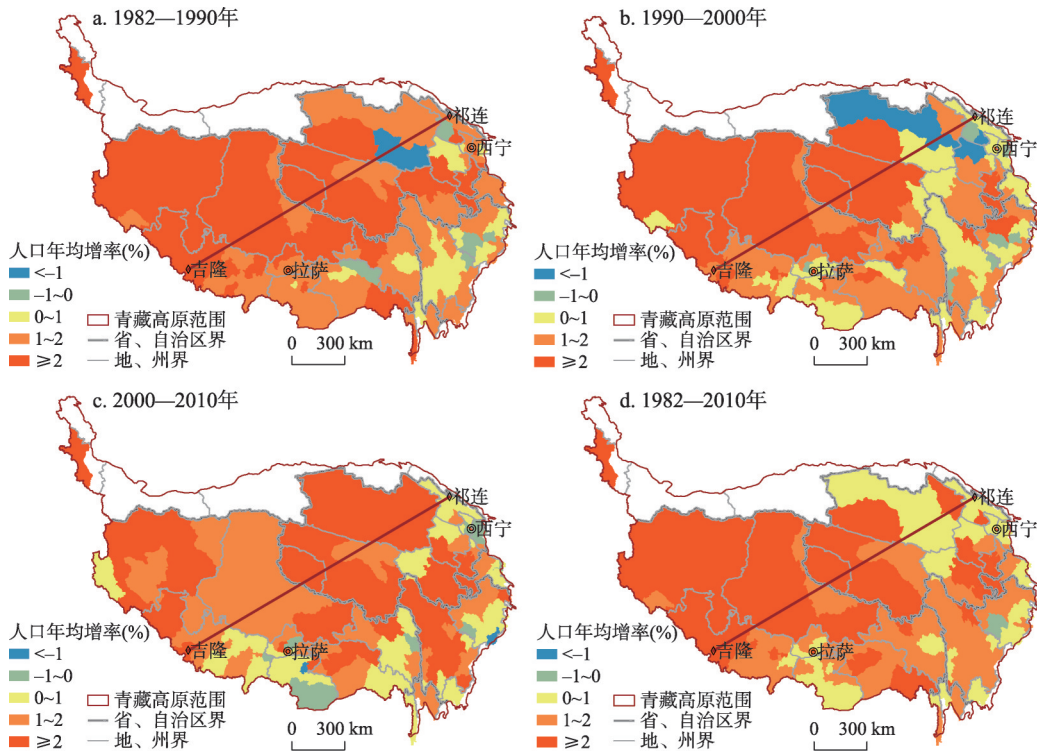
进一步分析“祁吉线”两侧人口占比的稳定性。考虑到历史乡镇街道行政区划的变动及历史乡镇级地图资料的缺失，本部分采用1982年、1990年、2000年和2010年县市尺度人口普查资料，按照县级行政区划变更资料将县市边界和人口数据进行融合处理，辅助分析“祁吉线”的稳定性及两侧人口集疏格局变动。需要指出是，本部分只选择县市级政府驻地在青藏高原自然地域范围的县市样本，考虑到县市地域范围较大，根据县市级政府驻地所在位置确定该县市属于东南半壁或西北半壁。

“祁吉线”两侧人口占比长期稳定，但同时具有微变动，东南半壁人口占比持续微降，西北半壁人口占比持续微增。如表4所示，1982—2010年“祁吉线”两侧的常住人口总量均呈现正增长，东南半壁常住人口由779.94万人增长至1147.35万人，人口密度由3.50人/km²提升至5.16人/km²，人口密度有所提升；西北半壁常住人口由33.35万人增长至64.37万人，人口密度由0.37人/km²提升至0.83人/km²，始终处于人口低密度状态。不过，人口变动并没有影响“祁吉线”两个人口占比的大致稳定特征，东南半壁与西北半壁的常住人口占比始终保持在95:5左右的比值，从这一点看，“祁吉线”具有长期稳定性。但是“稳”中有“细变”，东南半壁常住人口占比持续微降，从95.72%下降至94.36%，下降了1.36%；而西北半壁常住人口占比持续微增，从4.28%增加至5.64%，对应增加1.36%。可见，1982—2010年虽然“祁吉线”两侧人口体量依然悬殊，但是西北半壁常住人口增长率始终高于东南半壁常住人口增长率。

表4 基于县市单元的1982—2010年“祁吉线”两侧人口和面积统计

年份	常住人口(万人)		常住人口占比(%)		人口密度(人/km ²)	
	东南半壁	西北半壁	东南半壁	西北半壁	东南半壁	西北半壁
1982年	779.94	33.35	95.72	4.28	3.50	0.37
1990年	890.78	41.74	95.31	4.69	4.00	0.47
2000年	996.59	51.31	94.85	5.15	4.48	0.58
2010年	1147.35	64.73	94.36	5.64	5.16	0.73

“祁吉线”两侧人口疏密格局长期稳定，但是东南半壁毗邻省会、首府及内地的区域人口增速较缓，而西北半壁人口增速长期居高。绘制1982—2010年不同时间段常住人口年均增率的空间分布图(图3)。以“祁吉线”为界，1982—1990年西北半壁的大多数县市的人口年均增率超过2%，而东南半壁大多数县市的人口年均增率处于1%~2%之间，部分县市甚至呈现人口负增长；1990—2000年西北半壁大多数县市人口年均增率仍然超过2%，而东南半壁大多数县市的人口年均增率处于0~1%或1%~2%之间；2000—2010年西北半壁人口年均增长率以大于2%和介于1%~2%为主，而东南半壁人口年均增率处于1%~2%之间的县市范围有所扩张，但是大多数县市仍然处于1%~2%之间，部分县市呈现人口负增长。纵观1982—2010年，得益于少数民族地区优厚的计划生育政策，青藏高原大多数县市均呈现人口正增长；西北半壁的寒旱地区人口以本地从事畜牧产业为主，对外人口迁移不活跃，人口年均增长率多超过2%；东南半壁人口增速相对较低，一方面，东南半壁毗邻内地，人口迁出更为活跃，另一方面在拉萨、西宁周边以及毗邻内地的青藏高原县市，受城镇化推动人口向中心城镇迁移集聚影响，人口增长放缓。



注：基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2019)1826号的标准地图制作,底图无修改。

图3 1982—2010年青藏高原分县市年均人口增长率分布

Fig. 3 Spatial distribution of average annual population growth rates in Tibetan Plateau during 1982-2010

4.3 “祁吉线”应用启示

一方面,“祁吉线”具有长期稳定性,青藏高原内部国土空间开发和利用应当以东南半壁资源环境承载条件较好的地区为主。“祁吉线”本质上揭示了青藏高原人口极向地域分异特征与自然本底环境的耦合稳定关系,在自然环境不发生剧烈变动的情况下,“祁吉线”两侧的人口规模及人口密度差异将长期稳定。青藏高原作为一个整体生态地理单元,对中国及全球的气候变化、地质变动、水资源保障等都具有重要影响作用。然而,青藏高原同样也是人类圈的重要组成部分,是以藏族为主体民族的人类家园。随着青藏高原社会经济的快速发展,青藏高原城镇化发展加速,未来人口主要聚居区仍然以东南半壁的城镇为主。即使在东南半壁,大多数地区也是山地环境为主,城镇国土空间开发和利用也应当以资源环境承载力相对较高的地区为主,包括以西宁为中心的河湟谷地地区、以拉萨为中心的一江两河地区以及各县城、边贸城镇所在地区。此外,未来公路、铁路干线也主要连接这些人口聚居区,例如,正在建设的川藏铁路主要分布在“祁吉线”东南侧,其连通城镇的“点轴”空间结构将辐射更多的人口,有利于推动青藏高原地区的城镇化发展;规划建设的“中尼铁路”同样分布在“祁吉线”东南侧,连通“一江两河”人口相对稠密区和吉隆口岸,有利于推动“一带一路”倡议南亚通道建设及沿线城镇化发展。

另一方面,“祁吉线”西北人口长期保持快速增长,应当重视西北半壁人地关系矛盾及生态可持续发展。1982—2010年西北半壁人口由33.35万人增长至64.37万人,几近翻了1倍。西北半壁具有海拔高、寒旱等特征,是地球上相对不宜人居的地区之一,同时

涉及可可西里、羌塘、阿尔金山、玛旁雍错湿地等多个国家级自然保护区。草地资源是维持一定人口在此聚居的重要因素,然而,草地资源总体有限,随着西北半壁人口增长,过牧超载引起草地退化,严重影响西北半壁生态系统。未来时期,“祁吉线”西北侧仍然是中国人口数量和人口密度相对较低的区域,但是需要重视协调日益增长的人口与生态环境之间的可持续发展,在修复草地生态的同时,应当积极引导人口从自然保护区及生态脆弱区退出,鼓励和扶持牧区人口向城镇集聚及实现生计方式转变。

5 结论与讨论

本文通过构建青藏高原乡镇街道单元的人口普查空间数据集,从经度、纬度、极向、垂直4个维度系统分析青藏高原人口地域分异规律及机理,基于“胡焕庸线”思想,发现青藏高原存在类似稳定的“祁吉线”,揭示了青藏高原人口格局长期稳定特征及微变动过程,主要结论包括:

(1) 青藏高原人口分布不均衡,在空间上具有“东南密、西北疏”的总体人口疏密特征,具有距离“寒旱核心区”近疏远密的极向地域分异特征。2010年,青藏高原内各乡镇街道常住总人口1239.76万人。人口最稠密的地区集中在西宁市及周边所在的河湟谷地地区、拉萨市及周边所在的一江两河地区、三江并流云南段地区以及各地县政府驻地,人口稀疏区广泛分布在西北侧地区。与自然地理的连续性或地带性地域分异不同,青藏高原在经度、纬度、极向和垂直等方向的人口地域分异具有波动变化特征,其中,极向地域分异最突出。

(2) 青藏高原人口地域分异与自然环境本底具有高度耦合关系。其中,土壤类型和海拔的作用最突出,其次为产水模数、年均降水、年均气温、净初级生产力等。青藏高原东南半壁土壤相对肥沃、海拔相对较低、地表水资源相对充沛、气候相对适宜,植被更加丰富,更有利于人类生存。而且自然要素之间的交互作用对人口地域分异均具有增强作用。

(3) 自祁连县到吉隆县可以连接一条青藏高原人口地域分异的“祁吉线”,以“祁吉线”为界,两侧地域面积大致相同,但是东南半壁与西北半壁人口比例达到93:7的悬殊。“祁吉线”与400 mm等降水线对应,东南半壁集中了青藏高原大多数人口高密度区和主要城镇,西北半壁包括了大量的无人区和自然保护区。

(4) “祁吉线”长期稳定,但是1978年改革开放以来东南半壁人口持续微降,西北半壁人口持续微增。未来时期,青藏高原的城镇化发展及国土开发利用应当以东南半壁为主,并且集中在少数资源环境承载条件较好的片区;西北半壁人口增加与生态环境压力的矛盾日益突出,应当积极引导人口向城镇集聚及生计方式转变。

受常住人口数据的普查时段及汇总尺度的限制,本文主要采用2010年及以前的数据分析青藏高原人口地域分异规律,有待于结合新数据进一步探索“祁吉线”及其两侧人口集疏变动新格局及机理;此外,本文着力探讨青藏高原人口分布与自然环境的相互关系,未细致展开设区/市市区及县城的人口分布研究,随着青藏高原城镇化及现代化水平的日益提高,有待深入展开社会、经济、文化、技术等因素对人口地域分异的影响机理研究。以期本研究中采用的人口核算与分级方法、人口地域分异、“胡焕庸线”应用研究思维等对其他区域的人口地理研究提供参考。

参考文献(References)

- [1] Cheng Shengkui, Shen Lei. Approach to dynamic relationship between population, resources, environment and development of Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Natural Resources*, 2000, 15(4): 297-304. [成升魁, 沈镭. 青藏高原人

- 口、资源、环境与发展互动关系探讨. 自然资源学报, 2000, 15(4): 297-304.]
- [2] Harris R B. Rangeland degradation on the Qinghai-Tibetan Plateau: A review of the evidence of its magnitude and causes. *Journal of Arid Environments*, 2010, 74(1): 1-12.
- [3] Du M, Kawashima S, Yonemura S, et al. Mutual influence between human activities and climate change in the Tibetan Plateau during recent years. *Global and Planetary Change*, 2004, 41(3/4): 241-249.
- [4] Zheng Du. Qinghai-xizang plateau and its effects on regional differentiation of physical environments in west China. *Quaternary Sciences*, 2001, 21(6): 484-489. [郑度. 青藏高原对中国西部自然环境地域分异的效应. 第四纪研究, 2001, 21(6): 484-489.]
- [5] Zheng Du, Zhao Dongsheng. The high cold desert zone and a cold-arid core area of the Tibetan Plateau. *Arid Zone Research*, 2019, 36(1): 1-6. [郑度, 赵东升. 青藏高原高寒荒漠地带与寒冷干旱核心区域. 干旱区研究, 2019, 36(1): 1-6.]
- [6] Li Bosheng. The zonation of vegetation in the Mt. Namjagbarwa region. *Mountain Research*, 1985, 3(4): 291-298. [李渤生. 南迦巴瓦峰地区植被水平地带. 山地研究, 1985, 3(4): 291-298.]
- [7] Zhang Yili, Zhang Wei, Bai Wanqi, et al. An analysis of statistical data about Tibetan Plateau in China: A case study on population. *Progress in Geography*, 2005, 24(1): 11-20. [张懿锂, 张玮, 摆万奇, 等. 青藏高原统计数据分折: 以人口为例. 地理科学进展, 2005, 24(1): 11-20.]
- [8] Li S, Zhang Y, Wang Z, et al. Mapping human influence intensity in the Tibetan Plateau for conservation of ecological service functions. *Ecosystem Services*, 2018, 30: 276-286.
- [9] Liao Shunbao, Sun Jiulin. Spatial analysis of population development and discussion of sustainable urbanization in Tibet. *China Population, Resources and Environment*, 2003, 13(3): 65-70. [廖顺宝, 孙九林. 青藏高原人口分布与环境关系的定量研究. 中国人口·资源与环境, 2003, 13(3): 65-70.]
- [10] Qi Wei, Liu Shenghe, Zhao Meifeng. Study on the stability of Hu Line and different spatial patterns of population growth on its both sides. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(4): 551-566. [戚伟, 刘盛和, 赵美风. “胡焕庸线”的稳定性及其两侧人口集疏模式差异. 地理学报, 2015, 70(4): 551-566.]
- [11] Yang Qiang, Li Li, Wang Yundong, et al. Spatial distribution pattern of population and characteristics of its evolution in China during 1935-2010. *Geographical Research*, 2016, 35(8): 1547-1560. [杨强, 李丽, 王运动, 等. 1935—2010 年中国人口分布空间格局及其演变特征. 地理研究, 2016, 35(8): 1547-1560.]
- [12] Li Jiaming, Lu Dadao, Xu Chengdong, et al. Spatial heterogeneity and its changes of population on the two sides of Hu Line. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 148-160. [李佳铭, 陆大道, 徐成东, 等. 胡焕庸线两侧人口的空间分异性及其变化. 地理学报, 2017, 72(1): 148-160.]
- [13] Li Jianxin, Yang Yu. Western population pattern in the west of Hu's Line. *Northwestern Journal of Ethnology*, 2018(1): 191-202. [李建新, 杨珏. “胡焕庸线”以西的西部人口格局. 西北民族研究, 2018(1): 191-202.]
- [14] Gao Xiangdong, Wang Xinxian, Zhu Beiqian. Distribution and change of the ethnic minority population in China: A "Hu Line" perspective. *Population Research*, 2016, 40(3): 3-17. [高向东, 王新贤, 朱蓓倩. 基于“胡焕庸线”的中国少数民族人口分布及其变动. 人口研究, 2016, 40(3): 3-17.]
- [15] Fan Jie, Wang Hai. Spatial analysis of population development and discussion of sustainable urbanization in Tibet. *Scientia Geographica Sinica*, 2005, 25(4): 385-392. [樊杰, 王海. 西藏人口发展的空间解析与可持续城镇化探讨. 地理科学, 2005, 25(4): 385-392.]
- [16] Liu Chengming. Population distribution and changes in Qinghai. *Qinghai Social Sciences*, 2004(3): 41-46. [刘成明. 青海人口分布格局及变迁. 青海社会科学, 2004(3): 41-46.]
- [17] Bai Zhongqiang, Wang Juanle, Yang Yaping, et al. Characterizing spatial patterns of population distribution at township level across the 25 provinces in China. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(8): 1229-1242. [柏中强, 王卷乐, 杨雅萍, 等. 基于乡镇尺度的中国 25 省区人口分布特征及影响因素. 地理学报, 2015, 70(8): 1229-1242.]
- [18] Zhang Yili, Li Bingyuan, Zheng Du. The data publication of the paper "A discussion on the boundary and area of the Tibetan Plateau in China". *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(Suppl.): 65-68. [张懿锂, 李炳元, 郑度. 《论青藏高原范围与面积》一文数据的发表: 青藏高原范围界线与面积地理信息系统数据. 地理学报, 2014, 69(增刊): 65-68.]
- [19] Fang Yu, Ouyang Zhiyun, Zheng Hua, et al. Natural forming causes of China population distribution. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2012, 23(12): 3488-3495. [方瑜, 欧阳志云, 郑华, 等. 中国人口分布的自然成因. 应用生态学报, 2012, 23(12): 3488-3495.]
- [20] Wang Jinfeng, Xu Chengdong. Geodetector: Principle and prospective. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 116-134. [王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.]
- [21] Lü Chen, Lan Xiuting, Sun Wei. A study on the relationship between natural factors and population distribution in Beijing using Geographical Detector. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(8): 1385-1397. [吕晨, 蓝修婷, 孙威. 地理

- 探测器方法下北京市人口空间格局变化与自然因素的关系研究. 自然资源学报, 2017, 32(8): 1385-1397.]
- [22] Zhang Yili, Li Bingyuan, Zheng Du. A discussion on the boundary and area of the Tibetan Plateau in China. Geographical Research, 2002, 21(1): 1-8. [张懿锂, 李炳元, 郑度. 论青藏高原范围与面积. 地理研究, 2002, 21(1): 1-8.]
- [23] Mo Shenguo, Zhang Baiping, Cheng Weiming, et al. Major environment effects of the Tibetan Plateau. Progress in Geography, 2004, 23(2): 88-96. [莫申国, 张百平, 程维明, 等. 青藏高原的主要环境效应. 地理科学进展, 2004, 23(2): 88-96.]
- [24] Hu Huanyong. The distribution, regionalization and prospect of China's population. Acta Geographica Sinica, 1990, 45(2): 139-145. [胡焕庸. 中国人口的分布、区划和展望. 地理学报, 1990, 45(2): 139-145.]

Regional differentiation of population in Tibetan Plateau: Insight from the "Hu Line"

QI Wei^{1,2}, LIU Shenghe^{1,2}, ZHOU Liang³

(1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Faculty of Geomatics, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The Tibetan Plateau is regarded as a typically sparsely populated area both from Chinese and global perspectives. There exists a large difference in population distribution of the Tibetan Plateau. Based on the town-level census data in 2010, we compiled a spatial population database to calculate the population density of the Tibetan Plateau. We found that the population distribution on this plateau was characterized in four dimensions, namely longitude, latitude, polarization and altitude. In addition, similar to the "Hu Line" for Chinese population distribution, we introduce the "Qilian-Gyirong Line" (short for Qi-Ji Line), a spatial division line of population geography in the Tibetan Plateau. Our main results are summarized as follows. (1) There are significant regional differences in the spatial population distribution in the Tibetan Plateau. The population density in the southeast was higher than that in the northwest. Compared to longitude-oriented, latitude-oriented and altitude-oriented regional differences, the polarization-oriented regional difference of population distribution was more prominent. This finding indicates that fewer people live in areas close to the cold-arid core of the Tibetan Plateau. (2) The spatial population distribution is closely related to the natural and environmental factors, including altitude, soil, water resources, climate and vegetation. The interaction between the natural factors has an impact on enhancing the regional difference of population. (3) The "Qiji Line" reveals the spatial differences of population in the Tibetan Plateau. The areas on either side of the line are approximately similar, whereas the population shares in the southeast and northwest halves are 93% and 7%, respectively. (4) In general, the population differences on both sides of the "Qiji Line" were stable over time. During 1982-2010 the population share in the southeast half decreased counterbalanced by an increased share in the northeast half. In the future, the majority of the people are expected to live on the southeast side. This is likely to imply two major policy initiatives. More attention is required on the urbanization development and transportation network construction in the southeast half and the increasing eco-environmental pressures from the growing population in the northwest half.

Keywords: population distribution; Tibetan Plateau; regional differentiation; "Hu Line"; Qilian-Gyirong Line" (Qiji Line)