

王德辉, 匡耀求, 吴波, 周慧杰, 卞勇, 王萌. 河口三角洲地区宜居人口容量估算——以广州原南沙区为例[J]. 热带地理, 2015, 35(2): 154-161.

WANG Dehui, KUANG Yaoqiu, WU Bo, ZHOU Huijie, BIAN Yong, WANG Meng. Estimation of Livable Population Capacity in Estuarine Delta Area: A Case Study of Original Nansha District of Guangzhou[J]. Tropical Geography, 2015, 35(2): 154-161.

## 河口三角洲地区宜居人口容量估算 ——以广州原南沙区为例

王德辉<sup>1,2</sup>, 匡耀求<sup>2</sup>, 吴波<sup>3</sup>, 周慧杰<sup>4</sup>, 卞勇<sup>2</sup>, 王萌<sup>2</sup>

(1. 广州中海达卫星导航技术股份有限公司, 广州 511400; 2. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640;

3. 赣南师范学院, 江西 赣州 341000; 4. 广西师范学院, 南宁 530001)

**摘 要:**近年来,不断有位于河口三角洲区域的县区升级为国家级新区,科学地估算这些县区的宜居人口容量是新区规划的前提。文章通过选取河口区人居环境主导因子、提取人口承载区和参考同类区域平均人口密度和相关国家标准等环节,构建了一种基于人居环境适宜性的河口三角洲地区人口承载力的估算方法,并估算了广州原南沙区宜居人口容量。结果显示:原南沙区宜居人口容量为 87 万人,宜居人口密度为 2 776 人/km<sup>2</sup>,其中,南沙街 23 万人,黄阁镇 21 万人,万顷沙镇为 19 万人,横沥镇为 13 万人,珠江街为 11 万人。考虑到地基和经济发展差异,南沙区宜居人口密度与上海浦东新区、天津滨海新区之间和美国首都华盛顿特区的人口密度有较好的可比性。文章所用方法突出了水文与地质条件的约束作用,可用于估算河口三角洲地区人口容量。

**关键词:**人口承载力;人口容量;人居环境;河口三角洲;原南沙区

**中图分类号:**C924.2

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-5221(2015)02-0154-08

**DOI:**10.13284/j.cnki.rddl.002697

河口三角洲平原地区凭借着丰富的资源、适宜的环境和便利的水运等区位优势,逐步成为各地规划发展不同类型新区的首选之地,如长江入海口的浦东新区、海河入海口的天津滨海新区、珠江入海口的广州南沙新区等国家级新区。这些新区大都面临规划人口规模上的大幅度提升,这就面临着国土承载能力能否满足规划需要,是否要从周边其他区域划拨,以及划拨多少国土面积的问题。要解决这个问题首先要对升级前的新区国土空间的宜居人口容量做出科学的估算。建设生态文明要求生活空间宜居适度,建设国家级新区就是要打造和谐宜居的现代化都市新区,所以新区人口发展规划应该以经科学估算的宜居人口容量为依据。

人口容量的思想可追溯到 1798 年托马斯·马尔萨斯<sup>[1]</sup>从粮食支撑能力提出保持适度人口规模的观点。1949 年艾伦<sup>[2]</sup>从保持环境退化底线出发提出“人

口承载力”概念。“人口容量”是人口承载力的另一种表述<sup>[3]</sup>。早期的人口容量主要针对二战以后,全球在推进工业化进程中所面临的全球人口膨胀、环境恶化和资源短缺等问题,估算地球和区域可容纳的最大人口数量;上世纪末人口承载力一度成为发达国家研究的热点问题。随着后工业时代的到来,人口出现负增长,人居环境的不断改善,发达国家对人口承载力的研究更多地从生态环境保护角度着手<sup>[4-6]</sup>,而关于城市人口容量的研究不断减少。中国自改革开放以来,随着工业化和城市化的大力推进,面临着城市人口激增、交通堵塞、环境污染加剧和生态退化等问题,人地关系紧张,城市和区域人口承载力正成为研究热点。目前,学者多从人口<sup>[7]</sup>、资源<sup>[8-14]</sup>、生态<sup>[15-17]</sup>、环境<sup>[18]</sup>、经济<sup>[19]</sup>、社会<sup>[20]</sup>等控制人口承载力的众多因素中,结合区域具体人口约束特点,选取一个或者多个主导因子的组合<sup>[19,21]</sup>,采用

收稿日期:2014-11-13;修回日期:2015-02-09

基金项目:广州市博士后基金项目“基于多传感器的城市环境监测与遥感反演研究”(125124);江西省科技厅自然科学基金项目“基于图谱特征的 SeaWinds 散射计星下点区域反演算法研究”(20142BAB213027)

作者简介:王德辉(1977-),男,吉林榆树人,博士,在站博士后,主要研究方向环境与区域可持续发展,(E-mail) wangdehui\_1977@163.com

通信作者:吴波(1979-),男,江西高安人,讲师,博士,主要研究方向为环境遥感,(E-mail) woobo666@163.com。

生态足迹<sup>[15-17]</sup>、系统动力学<sup>[12]</sup>、情景分析<sup>[13]</sup>、P-E-R 模型<sup>[22]</sup>、ARIMA 统计预测模型<sup>[23]</sup>和可能-满意度<sup>[24-25]</sup>等方法估算区域人口容量。但这些方法均没有考虑地质和水文因子对人口承载力的影响。而河口三角洲地区,一方面,其成陆时间较短,地基还不够成熟,如果建设高密度城区,容易引起地面沉降;另一方面,河道水网密布,若挤占生态空间,会缩短建筑物离河道行洪通道的距离,丰水期洪水对河道的冲刷侵蚀很容易导致临近河道的建筑物地基被淘空而失稳。因而,有必要将水文、地质等因素纳入考虑,建立适合河口三角洲地区宜居人口容量的估算方法。

本文选取升级为国家级新区前的广州市南沙区为研究区,从人居环境适宜性的视角,增加了地质、水文等基础因子,探讨一种基于人居环境适宜性的河口三角洲地区宜居人口容量的估算方法,以期为河口三角洲地区国土空间的功能定位和合理利用提供科学依据。

## 1 原理与方法

### 1.1 相关研究回顾

封志明<sup>[26-27]</sup>、唐焰<sup>[28]</sup>等构建了基于 GIS 的中国人居环境指数模型,实现了区域人居环境自然适宜性的定量化评价。王德辉等<sup>[18]</sup>在中国人居环境指数模型的基础上,提出了基于人居环境适宜性的区域人口承载力估算方法,根据区域人居环境的主导因子对适度人口密度的约束性,间接估算了广州市各区人口承载力。在求算人口密度时,本方法经历了 2 个关键步骤:第 1 步,从人居环境适宜性指数模型<sup>[27]</sup>的 4 个组成因子(地形起伏度、水文指数、温湿指数和地被指数)中,找出广州市宜居环境的主导约束因子;第 2 步,在这 2 个约束因子基础上,进一步确定广州市各区的人口主导约束因子(坡地区人口密度受地形约束,平地区人口密度受到植被生态状况的约束),进而通过各区的人口约束因子确定适度人口密度。具体人口密度的约束规则有 2 个:一是坡地区采用广东省在不同地形起伏度类型区域的平均人口密度作为这些区域适度人口密度的主要判断依据;二是平地区根据植被生态出现明显退化的临界区域(以区域 *NDVI* 年平均值 0.38 为临界值)的实际人口密度最大值作为人口密度限值确定人口超载程度。

基于人居环境适宜性的人口承载力估算方法,从人居环境适宜性角度出发,丰富了人口承载力研

究的方法理论,具有以下优点:1)人口约束因子的选择体现了系统性与主导性兼顾的原则;2)人口密度的约束规则选用全省各地地形起伏度类型区域的平均值,本质上是求算相对人口承载力,结果有利于省内的比较与区域间的均衡发展;3)整个过程从主导因子的选取、计算到人口密度的选择,体现了定性与定量结合,其中,定量计算基于地理信息系统平台完成,数据易于获取、计算效率高。可见,基于人居环境适宜性的人口承载力估算方法原理清楚、标准选择便利、成果利于更大区域间的对比,适用于估算不同地区宜居人口容量。

但该估算方法用于河口三角洲区,则有 2 点突出的不足:1)人口承载区采用整个区域面积,没有剔除水体和自然保护区等生态用地,这会给水网密集、生态保护区面积大的河口三角洲地区宜居人口容量的计算带来较大的误差。2)没有考虑地表的地质条件差异对人口承载力的影响,在平原区按照统一的生态环境标准确定宜居人口密度。如果对于平原区成陆时间长短不等,并存在大量新生国土的河口三角洲的宜居人口密度不加以区分,必然会影响河口区宜居人口容量估算的准确性。

### 1.2 河口三角洲地区宜居人口容量估算方法

河口三角洲地区宜居人口容量估算方法建立在基于人居环境适宜性的人口承载力估算方法基础上,根据河口地区的水文和地质条件进行有针对性的修订,突出人口承载区,使之更符合河口三角洲地区的实际情况。整个人口容量计算过程依托于地理信息系统平台,采用格网计算,并在确定各单元可承载人口密度的基础上统计各行政单元的人口容量。主要操作流程比原来的计算方法有所增加,具体如下:

1)主导因子选取模块由地形、地质、水文、植被和气候等因子组成。根据不同河口三角洲地区的具体情况,计算各因子对应的指数或类型分区面积大小,选择人口宜居性的约束因子。地形因子在地形起伏较大的区域为人口密度的约束因子;地质因子是在新土和老土并存,以及有石灰岩等特殊地质类型分布区域的人口密度约束因子;水文中的水域面积是制约河口三角洲地区人口承载力的重要因子;植被因子是在生态退化严重区需要考虑的人口密度约束因子;气候适宜性是水热条件差异显著区的人口密度约束因子。

2)人口承载区提取模块由区域总面积、水域和生态屏障区构成。生态屏障区包括主要河道的陆上

缓冲区和自然保护区等。人口承载区为区域总面积中扣除了水域和生态屏障区的陆地区域。

3) 承载区的地形和地基分区模块是根据地形分为平地 and 坡地区, 然后再根据地质条件进一步区分地基显著不同的区域, 得到综合考虑了地形和地质条件的最终人口承载分区。

4) 不同承载区的宜居人口密度标准选择模块是根据不同承载区的主导约束条件与人口的关系确定人口密度。确定人口密度的准则除了原有基于人居环境适宜性的人口承载力方法采用的“坡地区地形起伏度对应的更大区域(如全省或更大的区域等)近期的平均人口密度作为适宜人口密度标准”, 以及“平地区年平均植被指数低至生态环境脆弱的临界值(如 0.4)附近的区域人口密度作为宜居人口密度标准”2 个准则外<sup>[18]</sup>, 还增加了“同类地形区的人口密度增加到经济福利开始降低时的人口密度”<sup>[29]</sup>、“与国内同类城市的现状人口密度在发展阶段上对比后的估测人口密度”和“其他已有的城市适宜人口标准”等作为河口三角洲地区城市宜居人口密度的参考标准。

5) 区域人口容量计算模块, 是在确定了不同承载区宜居人口密度的基础上, 利用 GIS 区域统计功能得到不同行政单元人口承载区上的平均宜居人口密度和人口容量。

## 2 实证研究——以原南沙区为例

### 2.1 研究区概况

以 2011 年(升级为国家级新区前)的广州市南沙区为研究区。该区位于珠江三角洲冲积平原东南部, 是西江、北江、东江三江交汇的前沿地带, 珠江出海口和大珠江三角洲地理几何中心, 是珠江流域通向海洋的通道, 连接珠江口岸城市群的枢纽, 为广州市唯一的出海通道; 距香港 38 n mile、澳门 41 n mile, 总面积 527.64 km<sup>2</sup>; 区内大部分为开阔平原和低矮丘陵地貌, 海拔多在 2 m 以下; 属亚热带季风性海洋气候; 区域内水网密布, 河道纵横, 水域面积占总面积的 38%; 2011 年末, 区内常住人口 26.77 万人, 户籍人口 15.68 万人。2012-09-06, 国务院正式批复《广州南沙新区发展规划》, 南沙新区成为继上海浦东新区、天津滨海新区之后, 国家在经济发展引擎地区设立的又一个国家级新区。2012-12-01, 原番禺区沙湾水道以南的东涌镇、大岗镇、榄核镇正式划归南沙区管理。2012 年末, 南沙新区区内常住人口 62.33 万人, 户籍人口 36.74

万人。升级后的南沙新区下辖万顷沙镇、黄阁镇、横沥镇、东涌镇、大岗镇、榄核镇、南沙街、珠江街和龙穴街 9 个镇街。

### 2.2 原南沙区宜居人口容量计算过程

2.2.1 人居环境的主导因子选取 在人居环境适宜性指数 4 个因子(气候、植被、水文和地形)中, 气候不是制约南沙区人居环境的因素<sup>[18]</sup>; 而南沙区的年平均 *NDVI* 也达到 0.4 以上<sup>[18]</sup>, 因此, 植被因子也不是制约南沙河口三角洲地区宜居性的主要因素; 由于南沙区河网密集, 水域面积大(占全区 38%), 影响着人口承载区的面积, 所以水文因子是影响该地区宜居性的主要因素之一; 同时, 该地区存在着大量的河流冲积形成的新生陆地, 承载力有限, 因此, 南沙区人口宜居性的主导制约因素还应考虑地质基础。综上, 地形、水文和地质基础 3 个因子是制约南沙区人居环境的主导因素。

2.2.2 人口承载区提取 南沙区的生态屏障区包括十八涌以南的滩涂湿地保护区, 在主要河道未开发成非渗透性表面的沿岸设置的宽度为 200 m 的河道生态缓冲隔离带, 以及南沙街的天后宫生态保护区。具体实现方法是: 在 GIS 中提取主要河道未开发成非渗透性表面的沿岸, 单侧划出 200 m 缓冲带, 得到河道生态缓冲隔离带; 然后, 对南沙区水面、湿地保护区和陆地生态保护区进行矢量化提取; 最后, 进行叠加分析。从南沙区中扣除生态屏障区和水域, 得到人口承载区(图 1)。

2.2.3 地形分区 地形起伏度(*RDLS*)用区域平均海拔高度和地表切割程度表征。计算公式为<sup>[26]</sup>:

$$RDLS = ALT / 1000 + \{ [Max(H) - Min(H)] \times [1 - P(A)/A] \} / 500 \quad (1)$$

式中: *ALT* 为某区域的平均海拔高程(单位: m); *Max(H)* 和 *Min(H)* 分别为该区域内的最高与最低海拔(单位: m); *P(A)* 为区域内的平地面积(单位: km<sup>2</sup>); *A* 为区域总面积(单位: km<sup>2</sup>)。

计算过程如下: 首先, 利用 GIS 软件, 将 1:1000 数字地形图插值生成 1 m 分辨率的 DEM 栅格数据, 按照 100 m 格网提取海拔高程的最大值和最小值, 将海拔高程最大值和最小值差值 < 3 m 的格网定为平地, 进而得到南沙区平地栅格图; 然后, 利用公里格网分别对南沙区 DEM 和南沙区平地地图进行区域统计分析, 得到各公里格的平均高程、最大高程、最小高程、平地面积和格网面积, 代入地形起伏度公式, 得到南沙区基于公里格网的地形起伏度分布图(图 2)。为了区别本文基础统计格网 100 m



图 1 南沙区生态屏障区域的分布

Fig.1 Distribution of ecological barrier zones in Nansha District

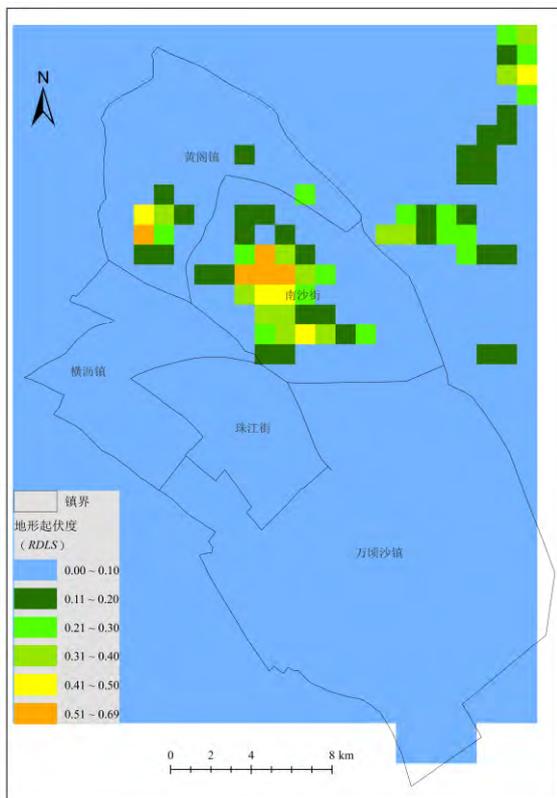


图 2 南沙区公里格网地形起伏度分布

Fig.2 Distribution of RDLS on 1 km-scaled grids in Nansha District

计算的地形起伏度与 1 000 m 格网统计的地形起伏度的差异, 将两者计算的地形起伏度分别标注为  $RDLS_{100m}$  和  $RDLS_{1000m}$ 。

2.2.4 地质基础分区 南沙街和黄阁镇中地形起伏度  $> 0.1$  为丘陵区, 岩石质基底出露高于海平面, 基础比较牢固, 为硬地基区。十三涌以北的部分由于在 1956 年以前成陆, 其余的部分为 1956 年以后成陆<sup>[30]</sup>, 考虑到这种成陆时间的差异, 将十三涌以北的万顷沙、横沥镇、珠江街以及南沙街和黄阁镇中地形起伏度  $< 0.1$  的地区划分为老土区, 万顷沙的其余部分为新土区 (图 3)。

2.2.5 不同承载区宜居人口密度标准 南沙区的硬地基区和老土区的宜居人口密度标准选取仍然遵循广州市基于人居环境适宜性的人口承载力方法中坡地区和平地区的原则。在坡地地区以具体地形对应的全省平均人口密度为参考; 在平地区以植被指数情况和有关城市区的人口密度标准确定人口密度。新土平地区不同于老土区的标准, 重点考虑了地质基础的承载能力, 在老土区宜居人口密度基础上, 参考其他地区相应建成区的人口密度标准制定。

1) 硬地基区人口密度标准

$RDLS_{100m} > 0.5$ , 为高丘陵地区。广东省高丘陵

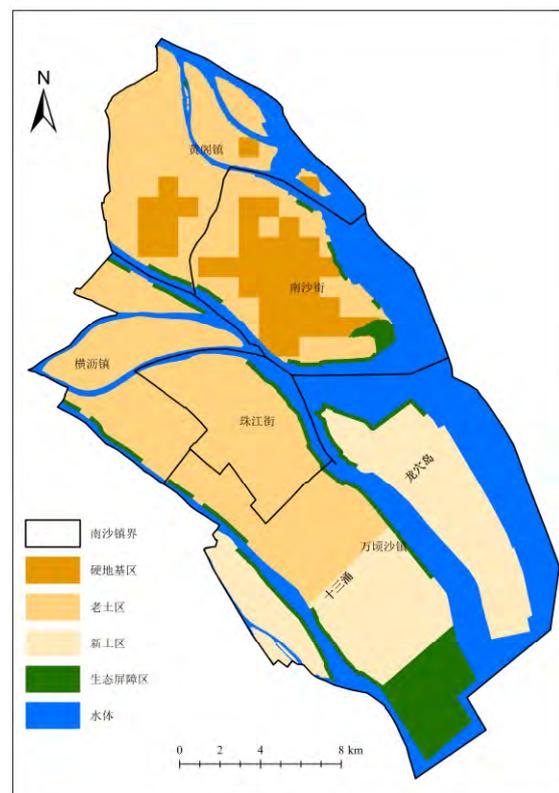


图 3 南沙区地基分区

Fig.3 Division of surface foundation zones of Nansha District

地区平均人口密度略高于全省平均水平,经济密度明显低于全省平均水平,高丘陵地区在人口集聚和经济发展上没有明显的优越性<sup>[29]</sup>,平均人口密度接近宜居人口密度上限。广东省高丘陵地区的平均人口密度为 525 人/km<sup>2</sup><sup>[18]</sup>。这里将南沙区高丘陵地区的宜居人口密度标准确定为 500 人/km<sup>2</sup>。

$0.4 < RDLS_{100m} \leq 0.5$ , 接近已有研究的基于 1 000 m 格网的地形起伏度  $RDLS_{1000m} = 0.6$ <sup>[18,31]</sup>, 为地形起伏较大的低丘陵地区,  $RDLS_{1000m} = 0.6$  时广州市适度人口密度为 1 000 人/km<sup>2</sup><sup>[18]</sup>, 将其确定为此情况下的宜居人口密度标准。

$0.3 < RDLS_{100m} \leq 0.4$ , 接近已有研究的  $RDLS_{1000m} = 0.5$ <sup>[18]</sup>, 为地形起伏较小的低丘陵地形区,  $RDLS_{1000m}$  为 0.5 的白云区, 人口密度为 2 039 人/km<sup>2</sup>, 人口略有富余<sup>[18]</sup>, 故选取此情况下宜居人口密度为 2 000 人/km<sup>2</sup>。

$0.2 < RDLS_{100m} \leq 0.3$ , 为地形起伏接近平地的低丘陵地区。宜居人口密度介于  $0.3 < RDLS_{100m} \leq 0.4$  和  $0.1 < RDLS \leq 0.2$  两种情况之间, 取为 5 000 人/km<sup>2</sup>。

$0.1 < RDLS_{100m} \leq 0.2$ , 为地基牢靠的平地区。参考我国城市人均用地标准 100 m<sup>2</sup>/人<sup>[32]</sup>, 确定南沙区在此条件下的硬地基宜居人口密度为 10 000 人/km<sup>2</sup>。

## 2) 新、老土区人口密度标准

$RDLS_{100m} \leq 0.1$ , 为地势低洼的老土区和新土区。

老土区的地基牢靠度比不上硬地基区, 考虑到南沙区老土区与同是老土区的番禺区成土环境类似, 宜居人口密度采用广州市番禺区的适宜人口密度为 3 000 人/km<sup>2</sup><sup>[18]</sup>。

新土区成陆时间短, 本不宜作为建设用地开发, 宜居人口密度 < 老土区的 3 000 人/km<sup>2</sup>, 目前没有合适的密度标准可参考。同为河口平原上的天津滨海新区国家级新区是老土区, 地基的承载力是南沙区的新土区所不能比拟的, 全国第六次人口普查时的人口密度为 1 112 人/km<sup>2</sup>。此数据虽然未达到天津滨海新区宜居人口密度上限, 但它是目前唯一可供参考的未过载的河口新区宜居人口密度。结合新土区的地基实际和宜居城市建设的安全性, 取天津滨海新区的人口密度作为参照, 确定南沙新土区宜居人口密度为 1 000 人/km<sup>2</sup>。

## 2.3 结果与讨论

按照前文宜居人口密度的设置标准, 得到南沙

区基于公里格的人口承载区宜居人口数量, 采用区域统计的方法, 计算得到南沙区各行政单元的宜居人口规模与承载人口区的平均宜居人口密度(表 1)。南沙区宜居人口容量为 87 万人, 宜居区域平均人口密度为 2 776 人/km<sup>2</sup>(宜居区域面积扣除了河道和生态屏障区的面积)。龙穴岛的宜居人口容量规模为 4 万人, 相应的宜居人口密度为 1 000 人/km<sup>2</sup>。不包括龙穴岛的万顷沙区域宜居人口规模为 15 万人, 宜居人口密度为 1 930 人/km<sup>2</sup>。

表 1 南沙区宜居人口计算结果

Tab.1 Calculation results of the livable population in Nansha District

行政单元	适宜人居区域面积/km <sup>2</sup>	宜居人口容量/万人	宜居人口密度/(人·km <sup>-2</sup> )
黄阁镇	58	21	3 560
南沙街	55	23	4 200
横沥镇	43	13	3 000
珠江街	35	11	3 000
万顷沙镇	120	19	1 600
龙穴岛 <sup>*</sup>	41	4	1 000
万顷沙 <sup>*</sup>	79	15	1 930
南沙区合计	311	87	2 776

注: \* 龙穴岛与万顷沙同属于万顷沙镇, 根据研究需要对两者的宜居人口也分别进行估算。

2.3.1 南沙区宜居人口计算结果分析 南沙区宜居人口密度平均为 2 776 人/km<sup>2</sup>, 仅万顷沙镇低于这个平均值, 为 1 600 人/km<sup>2</sup>, 其中龙穴岛为 1 000 人/km<sup>2</sup>, 万顷沙为 1 930 人/km<sup>2</sup>。万顷沙镇高于新土区宜居人口密度而低于老土区宜居人口密度, 是因万顷沙同时含有老土和新土区而造成。在高于南沙区平均宜居人口密度的镇中, 横沥镇和珠江街为老土区, 密度同为 3 000 人/km<sup>2</sup>; 而南沙街和黄阁镇的人口密度最高, 这是硬地基区平地 and 坡地共存的结果。可见, 基于格网的宜居人口密度标准得到了南沙区各镇差异化的宜居人口密度, 各镇均无过高的人口密度区。

南沙区总的宜居人口容量为 87 万人, 其中, 排名前 3 位的镇街分别为南沙街、黄阁镇和万顷沙镇。万顷沙镇人口密度最低, 但是由于面积最大而导致其人口容量超过横沥镇和珠江街。

2.3.2 与广州已有研究结果比较 基于人居环境适宜性的广州市人口承载力的研究<sup>[18]</sup>, 忽略了南沙区特殊的河口地质成陆环境和水域等因素, 依据地形与生态主导原则, 得出南沙区大约可以承载 158 万人口, 扣除当时实有人口, 还有 139 万人口的潜在容量。其计算依据的土地面积是 527.64 km<sup>2</sup>, 没有扣除南沙区内的水域面积和生态保护区面积, 地形

起伏度的计算是以整个南沙区作为一个单元来处理的, 所以计算结果的误差比较大。如果扣除水域和湿地保护区面积, 南沙区实际可承载人口发展的土地面积为  $311.06 \text{ km}^2$ , 按其确定的合理人口密度 ( $3000 \text{ 人/km}^2$ ) 计算, 可承载人口规模为 93.32 万人, 只比本文计算的人居环境适宜性约束下的南沙新区人口容量规模 (87 万人) 多 7%。另外, 该研究也没有考虑到南沙区特殊的河口地质成陆环境对人口承载力的影响。而本研究综合考虑了地形起伏度、水体、生态安全、南沙区的地质成陆环境等主导因素的影响, 比单纯以地形作为主导因素要更为科学、更加切合实际。因而, 南沙区的平均宜居人口密度平均值  $< 3000 \text{ 人/km}^2$  是合理的, 南沙区宜居人口容量计算的结果 (87 万人) 也明显比前者 (93.32 万人) 要更精确和更可靠一些。

2.3.3 与国外宜居城市比较 美国首都华盛顿特区是西方城市建设的标杆, 其人口密度对南沙区宜居人口密度具有重要的参考价值。华盛顿特区位于北美东部波多马克河畔 (Potomac River), 面积为  $177 \text{ km}^2$ , 2010-04-01 人口普查时实际居住人口为 601 723 人, 人口密度为  $3400 \text{ 人/km}^2$ , 如果扣除河道水域面积  $18 \text{ km}^2$ , 其陆地人口密度为  $3784 \text{ 人/km}^2$ 。这是美国人口最密集的一级行政区域, 已经百分百实现了城市化和现代化, 除了法定保留的生态用地 (绿地和水域) 之外不存在任何荒地或空地, 也没有农业用地。这是西方文明在城市建设领域的最高水平的体现, 是用最先进的文化和最雄厚的经济实力在一片最适宜建设的风水宝地上精心打造出来的最现代化的城市, 但人口密度只有  $3400 \text{ 人/km}^2$ 。这意味着, 按现代高收入国家或地区的人居标准, 现代化城市的适宜人口密度最大值应该在  $3400 \text{ 人/km}^2$  左右。南沙这片土地是由珠江带来的泥沙不断淤积而生长出来的新生国土, 其土地承载力无疑不能与美国的华盛顿特区相比, 所以其适宜人口密度应小于华盛顿特区。

2.3.4 与国内同类区域的比较 与南沙新区可以进行类比的是天津的滨海新区以及上海的浦东新区。这 3 个新区均是在海岸线上生长起来的国土, 其人口承载力具有可比性。上海的浦东新区经过多年的开发, 人口规模已经或正在逐渐接近适宜水平的上限。根据第六次人口普查结果, 截止 2010-11-01 零时, 天津滨海新区陆域面积  $2270 \text{ km}^2$ , 常住人口为 2 482 065 人, 人口密度为  $1112 \text{ 人/km}^2$ ; 上海浦东新区陆域面积  $1210.41 \text{ km}^2$ , 常住人口为 5 044 430

人, 人口密度为  $4167.5 \text{ 人/km}^2$ 。天津滨海新区尚未充分开发, 人口规模还有发展空间, 而上海浦东新区已开发较充分, 人口容量接近饱和。南沙新区的人口密度应该介于上海浦东新区与天津滨海新区之间。与上海浦东新区和天津滨海新区不同的是, 南沙新区位于河网区, 区内水道纵横, 水域面积占了国土面积的 1/3 以上。由于水网发育, 洪水和风暴潮在南沙新区的影响范围也较大, 因此南沙的开发需要预留较多的生态缓冲空间, 加上南沙新区有一部分国土还非常年轻, 成陆年龄不足 20 a, 地基尚未稳固, 人口承载能力要打一个折扣, 因此, 整个南沙新区的宜居人口密度会明显低于上海浦东新区。

### 3 结论

1) 基于人居环境适宜性的南沙区总的宜居人口容量为 87 万人 (宜居人口密度为  $2776 \text{ 人/km}^2$ ), 其中, 黄阁镇宜居人口容量为 21 万人 (宜居人口密度为  $3560 \text{ 人/km}^2$ ), 南沙街宜居人口容量为 23 万人 (宜居人口密度为  $4200 \text{ 人/km}^2$ ), 横沥镇宜居人口容量为 13 万人 (宜居人口密度为  $3000 \text{ 人/km}^2$ ), 珠江街宜居人口容量为 11 万人 (宜居人口密度为  $3000 \text{ 人/km}^2$ ), 万顷沙镇宜居人口容量为 19 万人 (宜居人口密度为  $1600 \text{ 人/km}^2$ ), 这个估算结果可以很好地体现出南沙区各区人口随地质地形条件的变化。其中, 各镇均无过高的人口密度区 (均未超过  $4200 \text{ 人/km}^2$ ), 占总可承载面积 38.6% 的万顷沙镇的低宜居人口密度是制约整个南沙区宜居人口容量的主要因素。

2) 与国内同类区域、国外宜居城市已有研究结果比较发现, 基于本文方法得到的南沙区宜居人口密度在合理的阈值内。

3) 虽然运用本文估算的宜居人口密度选用了相对标准, 存在不能直接估算绝对人口密度的不足, 但是这种以全省以及国内同类区域的人口密度平均值为参考标准的结果, 仍然可以落在合理的阈值内, 而且有利于省内以及国内不同区域间宜居人口密度的横向比较、人口发展规划的制定和利益的平衡, 进而促进区域协调发展。如, 本研究估算的宜居人口容量结果已被广州市政府采纳, 为南沙区升级为可承载 200 万人口的南沙新区需从番禺区划拨一定面积区域给南沙新区的决策提供了关键的科学依据。

## 参考文献:

- [1] 马尔萨斯. 人口原理[M]. 朱泱, 胡企林, 朱和中, 译. 北京: 商务印书馆, 1996: 10-17.
- [2] ALLAN W A. Studies in African Land Usage in Northern Rhodesia, Rhodes-Living Stone Papers and No.15[M]. Cape Town: Oxford University Press, 1949: 78.
- [3] PRICE D. Carrying Capacity Reconsidered[J]. Population and Environment, 1999, 21 (1): 5-26.
- [4] COHEN J E. Population Growth and Earth's Human Carrying Capacity [J]. Science, 1995, 269 (5222): 341-346.
- [5] MCCONNELL R L. The Human Population Carrying Capacity of the Chesapeake Bay Watershed: A Preliminary Analysis[J]. Population and Environment, 1995, 16 (4): 335-351.
- [6] CAMPBELL D E. Emergy Analysis of Human Carrying Capacity and Regional Sustainability: An Example Using the State of Maine [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 1998, 51 (1/2): 531-569.
- [7] 肖周燕, 刘文, 苏杨. 从北京的人口数量变化看人口承载力[J]. 红旗文稿, 2011 (6): 31-32.
- [8] ZHANG Y, CHEN M, ZHOU W, et al. Evaluating Beijing's Human Carrying Capacity from the Perspective of Water Resource Constraints [J]. Journal of Environmental Sciences, 2010, 22 (8): 1297-1304.
- [9] YUE T X, TIAN Y Z, LIU J Y, et al. Surface Modeling of Human Carrying Capacity of Terrestrial Ecosystems in China[J]. Ecological Modelling, 2008, 214 (2): 168-180.
- [10] WANG J F, LIAO Y L, WANG J J, et al. Adaptive Modeling of the Human-Environment Relationship Applied to Estimation of the Population Carrying Capacity in an Earthquake Zone[J]. Population and Environment, 2012, 33 (2/3): 233-242.
- [11] SHI Y, WANG H, YIN C. Evaluation Method of Urban Land Population Carrying Capacity Based on GIS: A Case of Shanghai, China [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2013, 39: 27-38.
- [12] 童玉芬. 北京市水资源人口承载力的动态模拟与分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20 (9): 42-47.
- [13] 高晓路, 陈田, 樊杰. 汶川地震灾后重建地区的人口容量分析[J]. 地理学报, 2010, 65 (2): 164-176.
- [14] 李玉江, 吴玉麟, 李新运, 等. 黄河三角洲人口承载力研究[J]. 人口研究, 1996, 20 (3): 27-33.
- [15] 元利, 孙桂平, 闫妍, 等. 河北省武安市生态人口承载力动态变化及其驱动力[J]. 水土保持通报, 2012, 32 (5): 37-40, 70.
- [16] 赵红丽, 卢玉文. 基于生态足迹的新疆兵团人口承载力探讨[J]. 人口与经济, 2011, 187 (4): 85-89.
- [17] 王化波, 王卓. 吉林省生态人口容量研究——以2002年为例[J]. 人口学刊, 2007, 162 (2): 15-19.
- [18] 王德辉, 匡耀求, 黄宁生, 等. 基于人居环境适宜性的广州市人口承载力研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20 (专刊): 23-26.
- [19] 彭理达, 王少平, 杨海真. 基于经济和环境资源多目标的适度人口容量预测——以上海市闵行区为例[J]. 四川环境, 2008, 27 (1): 125-128.
- [20] 张小琴, 范东旭. 基于交通环境承载力的城市人口容量预测研究——以太原市为例[J]. 科学技术与工程, 2012, 12 (9): 2229-2232, 2236.
- [21] 苟延农, 张晓青, 李新运, 等. 基于经济文化强省建设目标的山东综合人口承载力预测[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22 (9): 129-134.
- [22] 王冰, 黄岱. 三峡库区可持续发展的环境人口容量分析[J]. 中国人口科学, 2005 (2): 68-74.
- [23] 肖雁飞, 张琼, 廖双红, 等. 基于 ARIMA 模型的中部地区经济人口承载力研究——兼论承接沿海产业转移能力[J]. 湖南科技大学学报: 社会科学版, 2012, 15 (6): 81-84.
- [24] 童玉芬, 刘广俊. 基于可能-满意度方法的城市人口承载力研究——以北京为例[J]. 吉林大学社会科学学报, 2011, 51 (1): 152-157.
- [25] 张子珩, 濮励杰, 康国定, 等. 基于可能-满意度法的城市人口承载力研究——以乌海市为例[J]. 资源学报, 2009, 24 (3): 457-465.
- [26] 封志明, 唐焰, 杨艳昭, 等. 中国地形起伏度及其与人口分布的相关性[J]. 地理学报, 2007, 62 (10): 1073-1082.
- [27] 封志明, 唐焰, 杨艳昭, 等. 基于 GIS 的中国人居环境指数模型的建立与应用[J]. 地理学报, 2008, 63 (12): 1327-1336.
- [28] 唐焰, 封志明, 杨艳昭. 基于栅格尺度的中国人居环境气候适宜性评价[J]. 资源科学, 2008, 30 (5): 648-653.
- [29] 匡耀求, 黄宁生, 王德辉. 地形起伏度对广东省县域经济发展的影响研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18 (专刊): 212-215.
- [30] WENG Q. A historical perspective of river basin management in the Pearl River Delta of China[J]. Journal of Environmental Management, 2007, 85 (4): 1048-1062.
- [31] 王德辉, 匡耀求, 黄宁生, 等. 广东省县域人居环境适宜性初步评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18 (专刊): 440-443.
- [32] 姚士谋, 陆大道, 王聪, 等. 中国城镇化需要综合性的科学思维——探索适应中国国情的城镇化方式[J]. 地理研究, 2011, 30 (11): 1947-1955.

## Estimation of Livable Population Capacity in Estuarine Delta Area: A Case Study of Original Nansha District of Guangzhou

WANG Dehui<sup>1,2</sup>, KUANG Yaoqiu<sup>2</sup>, WU Bo<sup>3</sup>, ZHOU Huijie<sup>4</sup>, BIAN Yong<sup>2</sup>, WANG Meng<sup>2</sup>

(1. *Hi-Target Surveying Instrument Co. Ltd., Guangzhou 511400, China*; 2. *Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou 510640, China*;  
3. *Gannan Normal University, Ganzhou 341000, China*; 4. *Guangxi Teachers Education University, Nanning 530001, China*)

**Abstract:** In recent years, more and more counties and districts in estuarine delta areas in China have been upgraded to national-level new districts. Scientifically estimating the population capacity of those districts plays a fundamental role in the planning of new districts. However, there is a lack of estimation method specific to the livable population capacity of estuarine delta areas in existing study. This study selects the dominant natural environmental factors for human settlements and extracts the population bearing areas referring to population densities of similar areas and relevant national standards to set up an estimation method to evaluate the population capacity in estuarine delta areas based on the suitability of human settlement environment. This method has been applied to estimation of the livable population capacity of the original Nansha District in Guangzhou. The research shows that the livable population capacity of Nansha District is 870 000 persons and the livable population density is 2 776 persons per square kilometer. The results of livable population capacity at township level in Nansha District are listed below: Nansha Subdistrict 230 000 persons, Huangge Town 210 000 persons, Wanqingsha Town 190 000 persons, Hengli Town 130 000 persons, Zhujiang Subdistrict 110 000 persons. As considering the actual discrepancy of the subgrade bearing capacity and the stage of socio-economic development, the livable population density of Nansha District is very comparable to that of Pudong New District in Shanghai, Binhai New District in Tianjin and Washington DC in the US. This estimation method highlights the restriction of hydrogeological conditions and can be used to estimate the livable population capacity of estuarine delta areas.

**Key words:** population carrying capacity; population capacity; human settlement environment; estuarine delta areas; original Nansha District