

城市生态防洪标准的确定方法探究

高 春,严宝文

(西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】鉴于人口容量是现行城市防洪标准确定中最主要的影响因素,从生态学角度对人口容量的确定方法进行分析探讨,为城市防洪标准的确定提供新的思路。【方法】根据城市各类生物资源、能源及土地类型,基于生态足迹分析法,采用合适的产量因子及均衡因子,计算城市生态人口容量,最后根据生态人口容量确定城市等级及其生态防洪标准,并以陕西咸阳市为例进行了分析。【结果】基于生态足迹分析法得到的咸阳市生态人口容量为 35.08 万人,由此确定其生态防洪标准为 50 年一遇,比由现状非农业人口数量确定的 100 年一遇的防洪标准低。【结论】在确定城市防洪标准的过程中,计算生态人口容量时必须考虑城市生态承载力,否则会导致防洪标准偏高。

【关键词】 城市防洪标准;生态人口容量;生态足迹分析;咸阳市

【中图分类号】 TV122 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2010)09-0173-05

Inquiry of method about determining the ecological standard
of urban flood control

GAO Chun, YAN Bao-wen

(College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 Population capacity is the most important factor of determining the standard of urban flood control. The method of determining population capacity is discussed in terms of ecology in this paper to provide new ideas of determining the standard of urban flood control. 【Method】 Take Xianyang for example. According to the urban specific statistical data of biological resources, energy and land types, the urban ecological population carrying capacity is obtained through the method of ecological footprint analysis using appropriate yields and balance factors. The ecological standard of urban flood control is finally determined according to the urban ecological population carrying capacity. 【Result】 The ecological standard of urban flood control is 50a according to its ecological population capacity of 35.08 million that is determined by the method of ecological footprint analysis. And it is lower than the standard of 100a which is obtained from its status non-agricultural population. 【Conclusion】 When calculating the ecological population capacity, ecological capacity must be considered to determine the ecological standard of urban flood control, otherwise the standard of urban flood control would be excessive.

Key words: standard of urban flood control; ecological population capacity; ecological footprint analysis; Xianyang City

随着城市化进程的加快,城市在社会经济发展中的作用不断增大,确保城市安全将直接关系到人民的生命财产安全,影响着社会经济的安定和稳定发展。洪水危害作为城市安全的最大隐患必须被高

* [收稿日期] 2010-01-23
[基金项目] 陕西省自然科学基金项目(2005D10)
[作者简介] 高 春(1984—),女,河北邯郸人,在读硕士,主要从事水资源保护与利用研究。E-mail:wozijideyouxiang11@163.com
[通信作者] 严宝文(1970—),男,陕西汉中,教授,博士,主要从事农业水土环境研究。E-mail:yanbaowen2000@yahoo.com.cn

度重视,城市防洪标准的确定作为城市防洪建设的第一步,将直接影响到防洪工程规模的确定及其建设实施状况,如何确定合适的城市防洪标准显得尤为重要。

随着城市的发展,《防洪标准》中有关确定城市防洪标准的某些规定已不能完全满足实际需要,有关学者也针对城市防洪标准中的若干问题提出了一些看法^[1-3],并在城市防洪标准的确定方法、方案选择,尤其是针对城市防洪标准的主要决定因素——人口规模的确定方法方面进行了探究^[4]。目前,应用于城市人口规模的确定方法主要有劳动平衡法、职工带着系数法、剩余劳动力转化法、综合分析法、回归分析预测法等,这些方法主要是根据经济社会发展等主观需求确定城市人口规模,更多的是从经济学角度出发,重点研究人口与经济的关系,对资源环境条件考虑较少,这种方式使城市人口规模的预测结果有所夸大,进而使城市防洪标准的选择偏高。

伴随着生态学理念渗入到社会各方面,环境容量、人口容量概念的相继提出,更符合生态学理念的人口规模确定方法亟待出现。以可持续发展的观点来看,从资源承载力和人类主观要求方面综合考虑确定城市防洪标准,是现代城市防洪发展的趋势^[5],其不仅保障了城市可持续发展,同时也有助于生态化城市的实现,并且为“人水和谐”理念的实现寻找到一个支撑点,有利于资源的优化和利用。

本研究基于生态足迹分析法^[6-9]的生态人口容量确定方法,在综合考虑城市资源承载力的基础上,强调生态学、可持续化发展^[10]的理念,探求合理的、生态的城市防洪标准确定方法,以期为城市防洪标准的确定提供参考。

1 现行城市防洪标准的确定方法

1.1 现行城市防洪标准的确定方法及存在问题

目前,我国城市防洪标准的确定主要依据现行《防洪标准》(GB 50201—94)、《城市防洪工程设计规范》(CJJ 50—92)中的有关规定进行。城市防洪标准的确定应综合分析城市防洪特点、方式及城市自身特点等因素,进行大量的调查分析工作后进行确定,但由于实际工作中很难兼顾所有影响因素,因此主要依据城市的重要程度(其社会经济地位)和人口规模(主要指非农业人口的数量)将城市分为 4 个等级,不同等级对应不同的防洪标准^[11-12]。

然而,现行城市防洪标准的确定方法中存在着一些问题,概括起来主要有以下 3 个方面:一是“城

市防洪标准”所对应的区域是城市中心区,未考虑历史洪水的危害程度及区域的经济承受能力。特指城市市区中的政治、经济、文化等功能的核心区,而非城市整个市区或者行政辖区范围。二是由城市非农业人口数量确定其人口规模不够合理。人口规模决定了城市等级,进而决定了城市防洪标准,但对某些城市而言,农民工是其人口组成中的重要一部分,有必要将其纳入城市防洪保护对象。三是应结合历史洪水对城市具体区域的危害程度,并考虑区域的经济承受能力,确定不同的防洪标准。这样更符合实际情况,也有利于突出城市的防洪重点。

1.2 人口容量在城市防洪标准确定中的重要作用

人口规模作为一个城市等级的划分标准,在确定城市防洪标准方面有重要作用。选取一个合理适宜的人口规模,关系到城市防洪标准的合理确定,也是保证城市可持续化、生态化发展的必要条件。然而,人口规模必须与其容量相适应才能保证城市健康发展^[13]。

人口容量^[14]的概念有多种定义,联合国教科文组织的定义为:“一国或一地区在可以预见的时期内,利用该地的能源和其他自然资源及智力、技术等条件,在保证符合社会文化准则的物质生活水平条件下,所能持续供养的人口数量。”由于该定义在强调自然资源的同时,也考虑到了技术条件,所以被广泛采用。

人口容量是人口规模生态化发展的一个极值,更是人口规模发展的约束条件,在研究城市生态防洪标准的确定方法时,将生态人口容量作为确定城市防洪标准的重要影响因素,从资源可持续化角度出发,更具远瞻性。

2 基于生态足迹分析法的生态人口容量确定

生态足迹分析法主要包括生态足迹及生态承载力,其核心在于将人类对资源和环境的利用量换算成对土地和水域面积的占用量。在确定人口容量时,综合资源环境对城市发展的承载和约束作用,推导研究区域基于生态承载力条件下的人口容量计算模型,即在生态承载力范围内,将生态足迹计算的人口容量作为研究区域的适度人口规模。

生态人口容量的求解过程为:

(1)研究区域人均生态承载力的计算公式^[6]为:

$$ec = \sum (a_j \times r_j \times y_j) \quad (1)$$

式中: ec 为研究区人均生态承载力, j 为研究区生物

生产性土地的类型, a_j 为研究区人均生物生产性土地面积, r_j 为均衡因子, y_j 为产量因子。

不同生产性土地的均衡因子和产量因子取值如表 1 所示。

表 1 不同类型生产性土地均衡因子与产量因子的取值
Table 1 Value of balance factor and yields factor of different productive land types

生产土地类型 Productive land type	均衡因子 Balance factor	产量因子 Yields factor
建筑用地 Building land	2. 82	1. 66
耕地 Cultivated land	2. 82	1. 66
草地 Grassland	0. 54	0. 19
林地 Woodland	1. 14	0. 91
水域 Aquatorium	0. 22	1. 00
化石能源用地 Fossil energy land	1. 14	0. 00

注:产量因子采用马希斯·威克那格(MathisWackernagel)等计算中国生态足迹时的取值;均衡因子采用联合国粮农组织 1993 年计算的有关生物资源的世界平均产量资料。

Note: Yields factor is the value that MathisWackernagel used in calculating chinese ecological footprint; Balance factor is from the international average production data about biological resources calculated from FAO in 1993.

(2)人均生态足迹按下式计算^[6]:

$$ef=\sum (c_i/p_i)\times r_j。$$
 (2)

式中: ef 为研究区人均生态足迹; i 为研究区消费商品或生产的类型; c_i 为研究区第 i 种消费商品的总量; p_i 为研究区第 i 种消费商品的全球平均生产力; j 为研究区生态生产性土地类型; r_j 为均衡因子。

(3)生态人口容量的确定。

由人均生态承载力与人均生态足迹,可以确定生态人口容量^[15],其计算公式为:

$$P=N\times ec/ef。$$
 (3)

式中: P 为研究区的生态人口容量; N 为研究区现状非农业人口数量。

3 基于生态人口容量的城市生态防洪标准确定

城市生态防洪标准的确定主要突出以下几个方面:(1)明确研究城市的中心区范围,综合考虑城市的社会、政治、经济、环境等因素,尤其针对城市长远规划,确定城市重要地位。

(2)将基于生态足迹分析法计算得到的生态人口容量,作为城市人口规模未来发展的约束条件,结合城市现状人口规模,在保证城市生态可持续发展的前提下,制定城市未来人口发展策略,依据规范确

定城市等级,结合城市重要地位、防洪要求、城市总体规划等,初步拟定整个城市的防洪标准。

(3)基于现代化的信息技术,综合考虑城市地理位置、地形地貌、洪源性质、流域状况等相关信息,利用数字地形分析、GIS 等技术,进行洪水淹没演示,根据城市各区域的淹没程度分区,尤其是针对淹没程度悬殊的区域,使用整个城市防洪标准无疑不够经济,应该分区设防。

上述思路是在明确现存城市防洪标准确定中存在的问题之后,融入了生态学理念,使得确定的城市生态防洪标准能够满足社会发展持续化、和谐化的要求。同时,数字地形分析、GIS 等技术的应用,也可以实现生态性非工程措施在城市防洪中的设计,为今后城市防洪中工程与非工程措施的更好结合提供了技术基础。

4 实例计算——以陕西省咸阳市为例

陕西省咸阳市地处关中平原中部,周边与西安、宝鸡等市接壤,总土地面积 10 197 km²。全市地势由西北向东南倾斜,地貌特征明显分为三大单元,即土石山区、黄土高原区和泾渭河台原阶地区。市内有渭河及其一级支流泾河两大河流,渭河在咸阳市的流域面积为 3 763 km²,泾河在市内的流域面积为 6 434 km²,由于渭河具有暴涨暴落、洪峰高、含沙量大等特征,且流经咸阳市重要经济带和人口稠密区。此外,在咸阳市区渭河北岸段,很多繁华地段和重要的经济设施均处在防洪水位以下,多年平均降水量 560 mm,加之其受大陆性季风气候影响,降雨主要集中在 7—9 月,洪水危害性较大。因此,确定合理的城市生态防洪标准,对于咸阳市未来发展及防洪工程建设具有重要意义。

咸阳市辖秦都区、渭城区、兴平市和泾阳、武功、三原、礼泉、乾县、永寿、彬县、长武、旬邑、淳化 13 个县(区、市),2000 年咸阳年鉴资料统计显示(鉴于城市环境资源短时间内的持续稳定性以及资料详尽情况选定的年份),全市总人口 467. 12 万人,其中非农业人口 76. 50 万人,据《防洪标准》确定咸阳市城市等级为二级重要城市,其防洪标准至少为 100 年一遇。

咸阳市中心区范围主要为秦都区和渭城区,中心区土地面积 527 km²,总人口 76. 50 万人。根据其生物资源消费和能源消费足迹,分别计算咸阳市的生态足迹和生态承载力,结果见表 2~4。

表 2 咸阳市的生物资源消费生态足迹

Table 2 Ecological footprint of consumption on biological resources of Xianyang City

生物资源 Biological resources	生产量/t Output	全球平均产量/(kg·hm ⁻²) International average production	生产土地类型 Productive land type	均衡因子 Balance factors	人均生态足迹/hm ² Ecological footprint per capita
粮食 Foodstuffs	1 923 300	2744	耕地 Cultivated land	2.82	0.4231
油料 Oil plants	34 200	1 856	耕地 Cultivated land	2.82	0.011 1
棉花 Cotton	3 263	1 000	耕地 Cultivated land	2.82	0.002 0
蔬菜 Vegetables	1 256 600	18 000	耕地 Cultivated land	2.82	0.042 1
糖类 Sugars	10 200	18 000	耕地 Cultivated land	2.82	0.000 3
瓜类 Melons	86 000	18 000	耕地 Cultivated land	2.82	0.002 9
猪肉 Pork	94 200	74	草地 Grassland	0.54	0.147 2
牛肉 Beef	19 700	33	草地 Grassland	0.54	0.069 0
羊肉 Mutton	5 000	33	草地 Grassland	0.54	0.017 5
禽肉 Poultry	11 000	33	草地 Grassland	0.54	0.038 5
禽蛋 Eggs	75 200	400	草地 Grassland	0.54	0.021 7
奶类 Milk	158 000	502	草地 Grassland	0.54	0.036 4
水产 Aquaticproduct	540	029	水域 Aquatorium	0.54	0.021 5
水果 Fruit	1 849 200	3 500	林地 Woodland	1.14	0.128 9

注:数据以 2000 年咸阳市统计年鉴为主,部分数据参考 2001 年咸阳市统计年鉴。下表同。

Note:Data are from Xianyang annals of 2000 year,some data are reference to Xianyang annals of 2001 year. The following tables.

表 3 咸阳市的能源消费生态足迹

Table 3 Ecological footprint of consumption on energy resources of Xianyang City

能源 Energy	消费量/t Consumption	折算系数/ (GJ·t ⁻¹) Convert modulus	全球平均能源 足迹/(GJ·hm ⁻²) International average energy footprint	生产土地类型 Productive land type	均衡因子 Balance factors	人均生态足迹/hm ² Ecological footprint per capita
原煤 Raw coal	1 870 000	20.934	55	化石能源用地 Fossil energy land	1.14	0.173 7
焦炭 Coke	84 497	28.47	55	化石能源用地 Fossil energy land	1.14	0.010 7
汽油 Benzine	89 000	43.124	93	化石能源用地 Fossil energy land	1.14	0.010 0
柴油 Diesel oil	81 000	42.705	93	化石能源用地 Fossil energy land	1.14	0.009 1
煤油 Coal oil	148	43.124	93	化石能源用地 Fossil energy land	1.14	0.000 02
电力 Electric power	2 876 330 *	11.84	1 000	建筑用地 Building land	2.82	2.056

注: * 单位为 10⁴ kW·h。Note: * unit is 10⁴ kW·h.

表 4 咸阳市生态承载力的计算结果

Table 4 Calculation of ecological capacity of Xianyang City

生产土地类型 Productive land type	土地面积/ hm ² Land area	人均土地面积/hm ² Area per capita	均衡因子 Balance factors	产量因子 Yields factors	人均生态承载力/hm ² Ecological capacity per capita
耕地 Cultivated land	415 333	0.089 0	2.82	1.66	0.416 6
草地 Grassland	114 933	0.024 6	0.54	0.19	0.002 5
林地 Woodland	305 133	0.065 3	1.14	0.91	0.067 7
建筑用地 Building land	120 867	0.025 9	2.82	1.66	0.121 2
水域 Aquatorium	26 324	0.005 6	0.22	1.00	0.001 2
化石能源用地 Fossil energy land	0	0.000 0	1.14	0.00	0.000 0
合计 Total					0.609 2

由表 2~4 中数据计算可知,咸阳市总人均生态足迹 $ef = 1.169\ 1\ \text{hm}^2$,总人均生态承载力 $ec = 0.609\ 2\ \text{hm}^2$ (扣除 12%的生物多样性保护面积后的值),根据公式(3)计算咸阳市中心区生态人口容量,得出咸阳市中心区生态人口容量 $P = 35.08$ 万人($N = 76.50$ 万人)。根据《防洪标准》(GB 50201—94),由此生态人口容量确定咸阳市为三级中等城市,相应的生态防洪标准为 50 年一遇。而由现状人口规模确定咸阳

市为二级重要城市,防洪标准为 100 年一遇,远比根据生态人口容量确定的防洪标准大。分析原因主要是因为采用生态足迹法计算生态人口容量时,着重考虑了城市生物资源、能源足迹以及资源对环境对城市的生态承载能力,获得研究区域基于生态承载力条件下的人口容量,因此城市生态人口容量小于当前实际非农业人口数量,进而确定的相应生态防洪标准相对较低。

5 结 语

城市防洪标准的确定涉及到社会稳定发展的各个层面,确定合适的城市防洪标准具有很强的现实意义。本研究考虑了城市生物资源、能源足迹以及资源和环境对城市的生态承载能力,将基于生态足迹分析法计算得到的生态人口容量作为城市防洪标准确定的约束条件,将生态学理念、方法融入到城市防洪标准的确定上,更加科学地体现了城市的可持续发展思路。

本研究基于生态足迹分析法得出的咸阳市生态人口容量为 35.08 万人,由此确定的咸阳市生态防洪标准为 50 年一遇。而咸阳市现状非农业人口为 76.50 万人,显然咸阳市的人口、经济发展已超出其生态承载能力范围,如果在现状人口基础上确定防洪标准,会导致城市防洪标准偏大,不符合可持续发展的思路。因此,对城市生态防洪标准的确定方法研究,对于认识当前城市水土资源开发利用与城市安全之间的矛盾极为重要。确立合适的城市生态防洪标准,必须要全面、系统地分析并做出科学的决策,既要保持城市的快速发展,也要充分考虑到城市的健康与稳定。

[参考文献]

- [1] 邱瑞田,徐宪彪,文 康,等. 关于确定城市防洪标准的几点认识 [J]. 中国水利,2006(13):43-47.
Qiu R T,Xu X B,Wen K,et al. Considerations related to formulation of urban flood control standards [J]. China Water Resources,2006(13):43-47. (in Chinese)
- [2] 陆 青. 关于城市防洪治涝标准的思考 [J]. 水利科技,2008(4):52-54.
Lu Q. Considerations about determining urban flood and water-log control standards [J]. Hydrotechnics,2008(4):52-54. (in Chinese)
- [3] 张艳春,谭志勇,李友起,等. 城市防洪标准问题探讨 [J]. 海河水利,2006(1):67-68.
Zhang Y C,Tan Z Y,Li Y Q,et al. Approach about urban flood control standards [J]. Haihe Water Resources,2006(1):67-68. (in Chinese)
- [4] 郭士梅. 城市规划中人口规模预测方法使用体系探索 [J]. 西北人口,2006(1):6-9.
Guo S M. The analysis on the population-forecasting method in urban planning [J]. Northwest Population,2006(1):6-9. (in Chinese)
- [5] 徐琳瑜,杨志峰,毛显强. 城市适度人口分析方法及其应用 [J]. 环境科学学报,2003(3):355-359.
Xu L Y,Yang Z F,Mao X Q. Seeking optimal urban population:a case study in Guangzhou [J]. Acta scientiae Circumstantiae,2003(3):355-359. (in Chinese)
- [6] Wackernagel M,Rees W E. Our ecological footprint:Reducing human impact on the earth [M]. Gabriela Island;New Society publishers,Gabriola Island,BC and Philadelphia,PA,1996.
- [7] William Rees. Ecological footprint and appropriated carrying what urban economics leaves out [J]. Environment and Urbanization,1992,4(2):121-130.
- [8] Rees W,Wackernagel M. Urban ecological footprints:Why cities can not be sustainable and why they are a key to sustainability [J]. Environmental Impact Assessment Review,1996,16(4/6):223-248.
- [9] 杨开忠,杨 咏,陈 洁. 生态足迹分析理论与方法 [J]. 地球科学进展,2000,15(6):630-636.
Yang K Z,Yang Y,Chen J. Ecological footprint analysis:concept,method and case [J]. Advance in Earth Science,2000,15(6):630-636. (in Chinese)
- [10] 熊德国,鲜学福,姜永东. 生态足迹理论在区域可持续发展评价中的应用及改进 [J]. 地理科学进展,2003(6):618-626.
Xiong D G,Xian X F,Jiang Y D. Discussion on ecological footprint theory applied to regional sustainable development evaluation [J]. Progress in Geography,2003(6):618-626. (in Chinese)
- [11] 国家技术监督局,中华人民共和国建设部. GB 50201-94 防洪标准 [S]. 北京:中国计划出版社,1994.
The International Bureau of Technical Supervision,China Ministry of Construction,GB 50201-94 Standard for flood control [S]. Beijing:China Planning Publisher,1994. (in Chinese)
- [12] 中华人民共和国建设部,中华人民共和国水利部. CJJ 50-92 城市防洪工程设计规范 [S]. 北京:中国计划出版社,1992.
China Ministry of Construction,China Ministry of Water Resources,CJJ 50-92 Code for design of flood control engineering in city [S]. Beijing:China Planning Publisher,1992. (in Chinese)
- [13] 刘 杨,刘 剑,徐建刚. 从生态学视角看城市人口容量问题 [C]//中国城市规划协会. 生态文明视角下的城乡规划:2008. 中国城市规划年会论文集. 大连:大连出版社,2008:1-9.
Liu Y,Liu J,Xu J G. Problems about city population capacity from the angle of ecology [C]//Chinese Urban Planning Association. The urban planning from the perspective of ecological civilization:2008. The memoir at annual meeting of Chinese urban planning. Dalny:Dalny Publishing House,2008:1-9. (in Chinese)
- [14] 徐建华. 论人口容量及其研究方法 [J]. 地理学与国土研究,1995(3):11-16.
Xu J H. Discuss on the population carrying capacity and its research methods [J]. Geography and Territorial Research,1995(3):11-16. (in Chinese)
- [15] 包正君,赵和生. 基于生态足迹模型的城市适度人口规模研究:以南京为例 [J]. 华中科技大学学报:城市科学版,2009(2):84-89.
Bao Z J,Zhao H S. Modest population scale based on ecological footprint model:Take Nanjing for example [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology:Urban Science Edition,2009(2):84-89. (in Chinese)