

中国城市建筑垃圾产量计算及预测方法

陆 宁¹, 陆 路², 李 萍², 马红军³, 朱 琳¹

(1. 长安大学 建筑工程学院, 陕西 西安 710061; 2. 长安大学 建筑学院,
陕西 西安 710061; 3. 陕西省公路局, 陕西 西安 710068)

摘 要:随着城市建设进程的加快,中国城市的建筑垃圾呈逐年增加的态势,为科学制订城市建筑垃圾处理和综合利用的对策,依据科学性、整体完备性、代表性和可操作性四项原则,针对目前各城市建筑垃圾产量不明确现状,建立了影响城市建筑垃圾年产量的指标体系,运用主成分分析法构建了影响城市建筑垃圾产量的主要指标体系以及主要指标,并考虑指标特征根的累计贡献率,给出了城市建筑垃圾年总产量的计算及预测方法,进而提出《城市建筑垃圾产量计算及预测方法》的具体构架,为计算、预测中国城市建筑垃圾年产量及发展趋势提供科学依据。

关键词:城市建设;建筑垃圾;环境保护;主成分分析法

中图分类号: TU711

文献标志码: A

文章编号: 1671-6248(2008)03-0079-04

中国政府十分重视环境保护工作。早在1995年11月全国人大就通过了《城市固体垃圾处理法》;建设部于1996年颁布了《城市垃圾产生源分类及垃圾排放》;2003年6月建设部又颁布了《城市建筑垃圾和工程渣土管理规定(修订稿)》;2004年12月国家颁布了《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》;2005年4月建设部又颁布了《城市建筑垃圾管理规定》。然而,对于具体某个城市建筑垃圾产量的估计,数据往往出入很大。仅以西安市为例,相关统计资料显示,2006年西安市建筑垃圾大约达 3×10^7 t。又据专家粗略估算,近几年来西安市平均每年产生的建筑垃圾都超过了 1×10^7 t,日产建筑垃圾超过 3×10^4 t。还有资料显示,西安市每年建筑垃圾为 $3.81 \times 10^6 \text{ m}^3$ ^[1]。而武汉市2002年的建筑垃圾约为 $1 \times 10^6 \text{ t}$ ^[2]。为了科学预测城市建筑垃圾年产量以及未来发展趋势,合理制订建筑垃圾处理和减量化、资源化、无害化综合利用的对策,促进

中国城市建设和可持续健康发展,弥补没有颁布《城市建筑垃圾产量计算及预测方法》的缺憾。因此,构建城市建筑垃圾产量计算及预测方法是非常必要的。

一、选取城市建筑垃圾产量指标体系的原则

选取城市建筑垃圾产量指标时,应从不同的角度选取不同的指标,选取的指标要能够反映影响城市建筑垃圾产量的各种根源,在指标选定上要遵循以下四条原则。

(一) 科学性原则

科学性原则,首先表现在用科学的态度选取影响指标,尊重客观规律,力求指标合理;其次表现在选取概念科学、含义明确、计算范围准确的指标上,以便于指标的结构化、模型化,保证信息的完整性和

收稿日期:2007-12-09

基金项目:西安市城乡建设委员会科学研究项目(XAJS2007-08)

作者简介:陆 宁(1953-),男,河北乐亭人,教授。

评价结果的准确度和可信度;最后,由于建筑垃圾的产量和建筑业可持续发展密切相关,因此,选取的指标必须以可持续发展理论、循环经济理论和环境生态理论为基础。

(二) 整体完备性原则

整体完备性原则,即选择的指标应覆盖分析目标所涉及的范围。也就是说,指标要对建筑垃圾从产生到综合利用的全过程进行全面、客观和公正的评价,各指标要能够全面地、真实地再现和反映建筑垃圾的产量,既要整体完备,又要避免繁琐。

(三) 代表性原则

虽然指标的选取需满足整体完备性原则,但是并不是多多益善;也就是说,评价指标不能过多,而应尽可能简化。因为,一是过多的数据给收集和运算带来麻烦;二是过多的数据有时并不能减少误差,反而会增加误差;三是许多指标实质描述的是同一本质,指标具有大部分代表意义即可。因此,选取影响城市建筑垃圾产量的指标应具有充分的代表性。

(四) 可操作性原则

在遵循科学性和整体完备性的原则下,选取影响城市建筑垃圾产量的指标还应坚持可操作性的原则。由于数据收集难度和计量方法等方面的限制,并非所有指标都可用数据精确表达,因此,在选取影响城市建筑垃圾产量的指标时,一定要遵循可操作性原则。

可操作性原则主要包括以下内容:一是数据资料的可获得性,即通过查阅统计年鉴,或者是对现有资料进行整理、推论获得;二是数据资料的可量化性,即定量指标要保证其数据的真实、可靠和有效,定性指标和经验指标应尽量少用。

二、城市建筑垃圾产量的主要指标体系

建立城市建筑垃圾产量指标体系时,应当根据上述原则,首先要确定初步指标体系,然后对初步指

$$Y = \begin{bmatrix} -0.286 & 1.077 & -1.077 & -0.118 & -0.706 & 0.308 & 0 & -1.230 \\ -0.286 & 0.308 & 1.231 & -0.706 & -0.706 & 1.077 & -2 & 0.308 \\ -1.714 & -0.308 & -0.308 & 1.059 & -0.118 & -0.461 & 0 & 0.308 \\ 1.143 & -1.231 & -0.308 & 0.471 & 0.471 & -1.231 & 2 & 1.077 \\ 1.143 & -0.462 & 0.462 & -0.706 & 1.059 & 0.308 & 0 & -0.462 \end{bmatrix}$$

运用 $r_{ij} = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m Y_{ik} Y_{jk}$ 对标准化矩阵计算相关矩阵各参数(其中 $m = 5; k = 1, 2, \dots, 5$),使得相

标体系进行分析,最终构建城市建筑垃圾产量的主要指标体系。

(一) 初步指标体系的选取

考虑建筑垃圾的分类,结合城市建筑垃圾的现状,选取建筑施工面积、更新改造面积、建筑装潢垃圾、建材生产垃圾、土地道路开挖垃圾、环保材料使用量、建筑垃圾回收率和政府监管力度指标,作为影响城市建筑垃圾产量的初步指标体系。其中,建筑施工面积、更新改造面积、装修装饰业总产值、建材生产垃圾、土地道路开挖垃圾指标是反映建筑垃圾增多的指标;环保材料使用量、建筑垃圾回收率、政府监管力度指标是反映建筑垃圾减少的指标。

(二) 主要指标体系的选取

在确定影响城市建筑垃圾产量的主要指标时,邀请了5位专家,对影响城市建筑垃圾产量的8个初步指标分别进行打分,依据专家打分法和主成分分析法,确定指标权重,选取其中累计贡献率大于95%的指标为主要影响指标,作为影响建筑垃圾产量的主要指标。采用专家打分法对指标进行筛选,其结果见表1所示。

表1 对影响城市建筑垃圾产量的8个初步指标的筛选结果

专家次序	建筑施 工面积 Y_1	更新改 造面积 Y_2	建筑装 潢垃圾 Y_3	建材生 产垃圾 Y_4	土地开 挖垃圾 Y_5	环保材 料使用 量 Y_6	建筑垃 圾回收 率 Y_7	政府监 管力度 Y_8
1	8	9	6	7	5	6	5	4
2	8	8	9	6	5	7	4	6
3	7	8	7	9	6	5	5	6
4	9	6	7	8	7	4	6	7
5	9	7	8	6	8	6	5	5

运用 $\bar{Y}_j = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{ij}, S_j^2 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^5 (Y_{ij} - \bar{Y}_j)^2$ 和 $X_{ij} = \frac{Y_{ij} - \bar{Y}_j}{S_j}$ 对表1中的数据进行标准化处理(其中 $i = 1, 2, \dots, 5; j = 1, 2, \dots, 8$),可得标准化矩阵 Y :

相关矩阵 R 为

$$R = \begin{bmatrix} 1 & -0.682 & 0.157 & -0.504 & 0.642 & -0.158 & 0.423 & 0.105 \\ & 1 & -0.231 & -0.101 & -0.774 & 0.615 & -0.620 & -0.730 \\ & & 1 & -0.572 & 0.101 & 0.538 & -0.620 & 0.346 \\ & & & 1 & -0.029 & -0.774 & 0.542 & 0.404 \\ & & & & 1 & -0.437 & 0.542 & 0.235 \\ & & & & & 1 & -0.930 & -0.539 \\ & & & & & & 1 & 0.310 \\ & & & & & & & 1 \end{bmatrix}$$

借助 SPSS 软件,进一步求出相关矩阵的特征根,并将特征根数值较大的 3 个指标的特征根、贡献率和累计贡献率列表,见表 2 所示。

表 2 特征根、贡献率和累计贡献率计算结果

特征值	建筑施工面积 Y_1	更新改造面积 Y_2	建筑装潢垃圾 Y_3
特征根 λ_i	3.839	2.433	1.349
贡献率 $\lambda_i / \sum \lambda_i$	47.990%	30.407%	16.857%
累计贡献率	47.990%	78.397%	95.254%

由表 2 可以看出,前 3 个特征根的累计贡献率为 95.254%,所以选取前 3 个主成分来综合描述原来的 8 项指标。因此,影响城市建筑垃圾产量的主要指标体系为:建筑施工面积;更新改造面积;建筑装潢垃圾。

三、城市建筑垃圾产量的计算及预测方法

由于中国官方目前还没有关于建筑施工、更新改造每年产生建筑垃圾的数据,也没有关于各城市每年产生的建筑装潢垃圾统计数据。因此,根据中国官方公布的各城市建筑施工面积、更新改造面积,并依据相关学者的研究成果和部分城市的统计资料,分别确定建筑施工、更新改造每年产生的建筑垃圾和建筑装潢垃圾,以此为基础预测未来城市建筑垃圾的年产量。

(一) 主要指标的计算

1. 建筑施工垃圾产量(Z_1)

经对砖混结构、全现浇结构和框架结构等建筑施工材料损耗的粗略统计,在 $1 \times 10^4 \text{ m}^2$ 建筑面积的施工过程中,可产生的废弃砖和水泥块等建筑废渣的产量为 500 ~ 600 t^[3-5]。又根据 2002 ~ 2006 年建筑业竣工面积测算,中国现阶段每建筑 $1 \times 10^4 \text{ m}^2$,就会产生废弃砖和水泥块等建筑垃圾 550 t。因此,计算建筑施工垃圾时,按 $1 \times 10^4 \text{ m}^2$ 建筑施工面积的施工过程中,建筑废渣的产量为 550 t,以此推

算建筑施工垃圾年产量。

2. 更新改造垃圾产量(Z_2)

有资料显示,拆除每平方米建筑约产生 0.7 t 建筑垃圾,例如南宁市拆除某立交桥产生了约 $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、约 $2.2 \times 10^4 \text{ t}$ 的建筑垃圾^[6]。而中国一家住宅建筑公司在拆除工程的统计中表明,每平方米住宅大约产生 1.35 t 的建筑垃圾^[3]。因此,依据年更新改造建筑面积每平方米产生 1.35 t 的建筑垃圾,可以推算出更新改造的建筑垃圾年产量。

3. 建筑装潢垃圾产量(Z_3)

据统计,1997 年上海市的建筑装潢垃圾约为建筑施工垃圾总量的 10%^[3]。随着人均收入和生活水平的不断提高,人们对于房屋的装潢要求越来越高,由此产生的建筑装潢垃圾也随之不断增加。因此,以建筑施工垃圾年总产量的 15% 来推算建筑装潢垃圾的年总产量。

(二) 各年城市建筑垃圾年总产量(Z)的确定

由于建筑施工面积、更新改造面积、建筑装潢垃圾指标的特征根累计贡献率为 95.254%,所以可以分别依据建筑施工垃圾、更新改造垃圾、建筑装潢垃圾的年产量,加总、确定出建筑垃圾各年产量的基础上,再除以 95.254%,方可得到城市建筑垃圾各年总产量。

(三) 城市建筑垃圾年总产量的预测方法

必须以预测年相邻年度开始连续上溯 5 年及其以上年数,以所计算的城市建筑垃圾各年总产量为基数,采用科学的预测方法,预测未来若干年度的城市建筑垃圾产量。本文建议运用线性或非线性回归方程进行预测,但要计算相关系数,进行判断,同时应给出置信区间估计。

四、结 语

研究城市建筑垃圾产量计算及预测方法非常必

要,但本文构架的中国城市建筑垃圾产量计算及预测方法尚存在许多不足之处,在此希望与同仁探究,促使中国《城市建筑垃圾产量计算及预测方法》及早问世。

随着人们对城市建筑垃圾处理和综合利用的重视以及技术手段的提高,建筑垃圾产量的主要指标的计算依据必然会有所改变,这也是值得深入研究的课题之一。

由于各城市的发展水平不同,各城市对建筑垃圾处理和综合利用技术手段存在差异,建筑垃圾产量主要指标的计算依据可以适时调整。本文对西安市 2008~2012 年未来 5 年内建筑垃圾年产量进行了非线性建模预测,得出了 2012 年西安市的建筑垃圾接近 1.08×10^7 t 的预测值,为西安市的建筑垃圾处理 and 综合利用,实现建筑垃圾资源化,减少环境污染,解决劳动力的就业等问题提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 王莲伟,魏志清. 西安市建筑垃圾现状分析及再利用措施[J]. 建筑科学与工程学报, 2007, 24(3): 91-94.
- [2] 王秋玲,马保国. 建筑垃圾的资源化利用[J]. 国外建材科技, 2004, 25(6): 4-5.
- [3] 王罗春,赵由才. 建筑垃圾处理与资源化[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [4] 陆凯安. 建筑垃圾综合利用势在必行[J]. 再生资源研究, 1999, 10(2): 33-34.
- [5] 胡 玲. 荆州市建筑垃圾的现状分析及综合利用[J]. 建材技术与应用, 2006, 27(1): 35-37.
- [6] 欧孝夺,杨荣才,李结全. 南宁市建筑垃圾再生资源利用的几点建议[J]. 广西城镇建设, 2005(6): 12-14.

Calculation for urban construction waste output in China and forecasting method

LU Ning¹, LU Lu², LI Ping², MA Hong-jun³, ZHU Lin¹

(1. School of Civil Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, China;

2. School of Architecture, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, China;

3. Shaanxi Highway Bureau, Xi'an 710068, Shaanxi, China)

Abstract: With the acceleration of urban construction process, the output of construction waste in urban area is increasing year by year. In order to work out the countermeasures for construction waste disposal and comprehensive and scientific utilization of them, the paper builds, directed against the present vague situation of the waste output, an indicator system on the scientific, complete, representative and operable principles. This system may affect the output of urban construction waste, but through analysis of the main components, the main indicator system and main indicators for the output can be established. In consideration of the accumulated contribution rate of its characteristic roots, the calculation and prediction method of the output of urban construction waste is given, and the paper proposes a concrete skeleton for *calculation and prediction method of the construction waste output*, and provides a scientific basis for calculating and forecasting the construction waste output and developing trend.

Key words: urban construction; construction waste; environmental protection; main component analytical method