

红寺堡区建筑垃圾产生量预测分析

马 凯¹, 张晓华¹, 刘海龙², 张旭东¹, 王相博¹

(1. 宁夏大学 土木与水利工程学院, 宁夏 银川 750021;

2. 吴忠市红寺堡区住房和城乡建设和交通局, 宁夏 吴忠 751900)

摘要:随着城市建设的飞速发展,城市旧城改造及基础设施建设规模逐渐加快,建筑垃圾资源化进程迫在眉睫。建筑垃圾占生活垃圾比重基本恒定,生活垃圾产生量与人口数量关系密不可分。本文以红寺堡地区为例,根据该区人口数量逐年增加的趋势,运用线性回归预测法对该区今后几年人口数量进行了回归预测,进而对该区未来建筑垃圾产量进行预测分析。结果表明:到2027年止,预测红寺堡区人口数量约为21.78万人,建筑垃圾产量约为28.22688万吨。本文成果可为后续资源化利用奠定基础。

关键词:建筑垃圾; 红寺堡区; 产量; 实施

中图分类号:X799.1

文献标识码:A

文章编号:1673-8993(2024)01-0068-05

doi:10.13402/j.gcjs.2024.01.013

Predictive and analysis of construction waste output in Hongsipu district

MA Kai¹, ZHANG Xiaohua¹, LIU Hailong², ZHANG Xudong¹, WANG Xiangbo¹

(1. School of Civil and Hydraulic Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, Ningxia, China; 2. Wuzhong Hongsipu District Housing and Urban-Rural Construction and Transportation Bureau, Wuzhong 751900, Ningxia, China)

Abstract: With the rapid development of urban construction, the scale of urban old city transformation and infrastructure construction has gradually accelerated, and the process of construction waste resourceization is imminent. The proportion of construction waste in domestic waste is basically constant, and the amount of household waste generated is inseparable from the number of people. In this paper, Hongsipu district is taken as an example, according to the trend of increasing population in the district year by year, the linear regression prediction method is used to predict the population of the district in the next few years, and then the future construction waste output in the district is predicted and analyzed. The results show that by 2027, it is predicted that the population of Hongsipu district will be about 217,800, and the output of construction waste will be about 282,268.8 tons. The results can lay a foundation for subsequent resourceization utilization.

Key words: construction waste; Hongsipu district; output; implementation

红寺堡区是全国最大生态扶贫移民集中区,属移民搬迁城市。随城市化进程的加快,原有大量初期建设的低层砖木、砖混预应力楼板被确定为危房,需要整体拆除;同时,城区不断向外扩

建,并在原有的城区住宅进行房屋改造,以及对街道上各大商业建筑进行更新。然而,大规模的城区房屋拆除改造和商业建筑更新产生了大量的建筑垃圾,侵占了大量宝贵的土地资源,更存在

收稿日期:2023-08-02

基金项目:红寺堡区建筑垃圾资源化产业发展策略研究资助项目(022304119011);水利工程一流学科资助项目(NXYLK2021A03)

作者简介:马 凯(1994—),男,硕士研究生,从事固废利用、绿色建材、BIM技术及工程造价研究。

通信作者:张晓华(1975—),女,副教授,从事固废利用、绿色建材、BIM技术及工程造价研究。

一些潜在的环境安全隐患, 建筑垃圾资源化处置迫在眉睫^[1]。因此, 如何科学合理地估算和预测建筑垃圾产量变化趋势, 并且深入了解在城市建设发展中产生的建筑垃圾对环境的影响, 进而制定合理有效的处理方案, 对红寺堡区的未来发展具有十分重要的意义。由于建筑垃圾产量和人口数量存在很大的联系, 为了对红寺堡区未来建筑垃圾产量进行科学合理的预测, 本文先对红寺堡区人口数量运用回归模型法进行预测, 进而利用科学的方法建立建筑垃圾产量预测模型, 预测未来建筑垃圾产量, 以期对相关管理部门提供一定的借鉴与参考。

1 研究背景

1.1 建筑垃圾定义

建筑垃圾是指由建设单位、施工单位或者个人对各种构筑物、管网进行改建、扩建、新建以及房屋装修的过程中产生的弃料、弃土、废渣、余泥、余渣及其他废弃物。其来源可以分为 5 类: 建筑施工垃圾、建筑装修垃圾、建筑拆除垃圾、土地开挖垃圾和道路开挖垃圾^[2]。近年来, 由于红寺堡区快速扩建, 许多旧建筑被拆毁, 大量的建筑垃圾被迅速排出。而现有建筑垃圾填埋区域已饱和, 建筑垃圾没有正规的处置场地, 严重影响环境和基础设施建设, 垃圾随意倾倒堆放情况严重。将建筑垃圾运往郊外, 采取就地路边堆放、就近填埋、可燃物就地焚烧等简易的处置方式, 不仅对环境造成了很大的污染(主要影响有侵占可用土地面积、对地下水体及周边河流造成水体污染), 并且很大程度上会造成大气污染, 破坏土壤结构, 严重影响城市市容和生态环境卫生。

1.2 红寺堡地区概况

红寺堡区位于宁夏中南部地区, 在烟筒山, 大罗山和牛首山三山之间, 东临盐池, 西接中宁, 南起同心, 北连利通区、灵武, 东西长度约为 80 km, 南北宽度约为 40 km, 区域面积为 2 767 km²。搬迁安置移民 23 万人, 是全国最大的生态扶贫集中区, 截止到 2022 年, 红寺堡区下辖两镇 3 乡 1 街道 65 个行政村 8 个城镇社区。红寺堡地区建筑垃圾产量约占城市固体垃圾总量的 30%~40%。我

国对建筑垃圾综合利用及资源化的研究起步较晚但发展迅速, 红寺堡地区发展则处于初始阶段, 人们还没有足够重视建筑垃圾的回收利用以及建筑垃圾的资源化, 建筑垃圾的产业化还没有开始应用^[3]。但欧美等发达国家已经开始使用, 从整体来看, 国外研究主要集中在建筑垃圾作为再生集料的技术、再生集料的资源化利用、建筑垃圾再生产品应用与开发, 制定相配套的措施鼓励再生集料和再生混凝土应用于各个领域当中。

1.3 建筑垃圾分类

(1) 建筑物拆除垃圾: 主要包括在城区建设中建筑物被拆除之后剩余的石头、砖、混凝土板、石膏、砂浆、木材、废弃的钢铁以及其它金属等。城区建筑拆除垃圾在建筑垃圾中占有相当大的比例, 尤其是建筑拆除垃圾中的混凝土是生产再生骨料的来源。

(2) 建筑施工垃圾: 主要包括在城区建设改造中产生的剩余混凝土、碎砖以及其它的施工碎料等。剩余混凝土是指在城区建设改造中没有得到充分利用而剩下的混凝土, 或者是由于天气的原因导致无法正常使用的混凝土。碎砖是指在城区建设改造过程中, 由于对施工模数要求过高或者由于建筑施工人员因为施工技术等原因产生的废旧砖瓦块以及黏土碎块。建筑碎料主要包括在城区建设改造中由于凿除、抹灰等原因产生的废旧混凝土材料, 以及砂浆等其它金属材料^[4]。

(3) 建筑材料生产垃圾: 主要包括在城区建设改造中产生的各种建筑废料、废渣以及在材料运输过程中产生的碎砖、碎块等。

(4) 土地开挖垃圾: 在城区建设改造过程中因开挖基坑会产生很多垃圾。根据基坑的不同深度, 可分为表层土和深层土, 其中表层土可用于种植蔬菜、果树、植被等, 深层土可用于再次填埋造景等。

(5) 道路开挖垃圾: 主要包括在城市交通道路施工改造过程中, 由于道路损坏而产生的一些碎块和破碎的沥青。根据建筑垃圾能否再次回收利用, 可以分成: 1) 可以直接使用的建筑物拆除垃圾, 例如在城区建设改造中产生的弃砖, 可以直接用于一些简单建筑物的建造; 2) 可以用来回

收利用或者生产再生骨料的建筑垃圾,这些建筑垃圾不仅利用率最高、应用最为广泛,同时也是整个建筑垃圾使用体系中的重点;3) 完全没有使用价值或者回收利用价值的建筑垃圾^[5]。

2 建筑垃圾产生量的预测分析

前期调研显示,人口数量决定生活垃圾产生量。根据调研结果显示,2022 年宁夏地区人均生活垃圾产出量为 1.1 kg/d,红寺堡区人均生活垃圾产出量为 1.76 kg/d,其中建筑垃圾占生活垃圾比重的 40%^[6-8]。因此,本文拟通过人口数量模拟预测生活垃圾产量,进而确定建筑垃圾产量。根据红寺堡区人口数量逐年增加的趋势,运用线性回归预测法对该区今后几年人口数量进行回归预测,结合该区近 5 a 区域发展情况进行系数调整,得到该区未来建筑垃圾产量预测结果。

2.1 人口数量的预测模型

通过运用数学方法,建立相应的数学模型来预测未来几年红寺堡区人口数量的变化规律。通过选定人口数量,计算对于给定的年份变量 x (年份的时序) 所对应的 y 值 (预测近几年人口数量变化),使用逼近人口数量的最小二乘法计算 y 在 x 上的回归曲线^[9]。线性回归曲线方程如下。

(1) 一元线性回归方程如式(1)所示。

$$y = a + bx \quad (1)$$

式中: a 为回归常数; b 为回归系数。

一元线性回归法是指数据的两个变量大致成一条直线,采用适当的方法计算,得出两者之间相应的数学公式。这种方法在实际生活中应用较多,被称为一元线性回归方程。依据自变量的变化,结合数学公式,得到因变量变化规律的方法,运用最小二乘法解得公式(1)为

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (3)$$

式中: x_i ($i=1, 2, \dots, n$) 为计算人口数量各年份的时序; y_i 为各年度人口数量; n 为年份。

将求得的值代入式(1)中即可求出一元线性回

归模型。根据这个数学模型,进行回归预测,代入相应的年份计算出未来几年红寺堡区的人口数量。

一元线性回归预测法只分析了两个变量之间呈一元线性关系的预测问题,但在现实生活中,变量之间并非均呈线性相关关系,在这种情况下,需要根据实际情况选择合适的曲线进行拟合。

(2) 通过对数回归模型将非线性问题转化为线性回归问题进行求解。对数回归方程如式(4)所示。

$$y = a + b \ln(x) \quad (4)$$

$$\text{令 } Y = y, X = \ln(x)$$

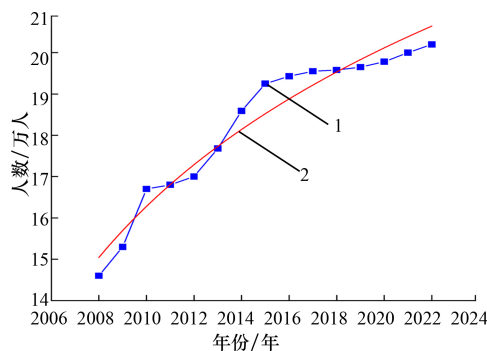
将式(4)对数模型线性变换,得

$$Y = a + bX (a > 0, b > 0) \quad (5)$$

对红寺堡区人数的回归预测过程中,应用数学公式,可以先求出线性相关系数,进而得出红寺堡区人口数量是年份的一元回归方程还是对数回归方程,然后经过对比分析,运用线性相关系数较高的值进行计算。线性相关系数 r 的计算公式如下。

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}} \quad (6)$$

根据红寺堡区近 15 a 的人口变化来推算其垃圾产量,结果如图 1 所示。由图 1 可知:曲线模型与对数模型相似程度较高,因此选用对数回归方程进行模拟,运用数学关系式,将式(4)转化为一元线性回归模型,具体如表 1 所示。



1—人数; 2—拟合曲线。

图 1 2008 年—2022 年红寺堡区人口数量统计

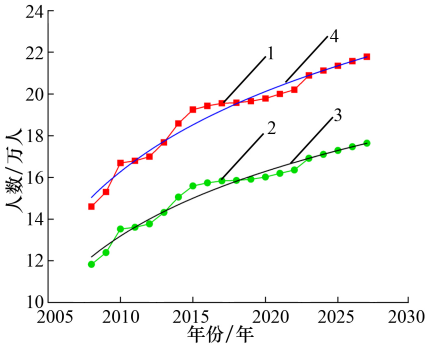
将上述相关数据代入式(6)中可求相关系数为 0.974 9, 判定系数 $r^2 = 0.950 5$ 。由式(1)、(4)得 $a = 3.533 8$, $b = 5.535$, 故所求对数模型为

表 1 红寺堡区人口数量回归分析

年份/年	x_i	$X_i = \ln x_i$	Y_i	$X_i Y_i$	x_i^2	Y_i^2
2008	8	2.079 4	14.60	16.635 5	64	276.740 9
2009	9	2.197 2	15.30	19.775 0	81	391.051 5
2010	10	2.302 6	16.70	23.025 9	100	530.189 8
2011	11	2.397 9	16.80	26.376 8	121	695.738 1
2012	12	2.484 9	17.00	29.818 9	144	889.165 6
2013	13	2.564 9	17.68	33.344 3	169	1 111.802 3
2014	14	2.639 1	18.59	36.946 8	196	1 365.066 2
2015	15	2.708 0	19.25	40.620 8	225	1 650.045 6
2016	16	2.772 6	19.43	44.361 4	256	1 967.935 5
2017	17	2.833 2	19.55	48.164 6	289	2 319.831 3
2018	18	2.890 4	19.58	52.026 7	324	2 706.776 6
2019	19	2.944 4	19.65	55.944 3	361	3 129.769 2
2020	20	2.995 7	19.78	59.914 6	400	3 589.764 7
2021	21	3.044 5	20.00	63.935 0	441	4 087.680 5
2022	22	3.091 0	20.20	68.002 9	484	4 624.399 0

$y = 5.538 \ln(x) + 3.5338$ (7)

结合人口数量的变化情况, 拟合出对数曲线模型(图 2), 将 x_i 代入式(7)中, 得到红寺堡区 2023 年—2027 年的人口数量。



1—人数; 2—产量; 3—建筑垃圾产量拟合曲线; 4—人口数量拟合曲线。

图 2 人口数量和建筑垃圾产量拟合曲线

2.2 建筑垃圾产生量的预测模型

根据调研, 2022 年红寺堡区建筑垃圾产量为 16.43 万吨, 红寺堡区人口数量为 20.20 万人, 人均年产生建筑垃圾 0.81 t。建筑垃圾与人口数量关系为

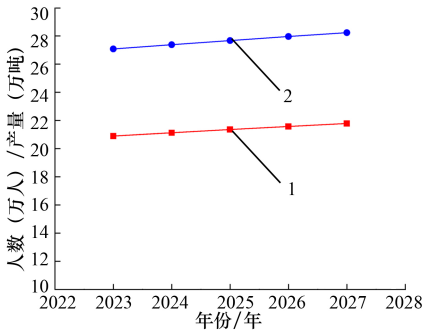
建筑垃圾产量 = 人口数量 × 人均年产生建筑垃圾量 (8)

将式(7)代入式(8)得

$Q = [5.535 \ln(x + 3.5338)] \times 0.81$ (9)

式中: Q 为建筑垃圾产生量, 万吨。

以 2022 年为基点数据, 得出红寺堡区建筑垃圾产量模拟曲线如图 2 所示。2023 年—2027 年, 红寺堡区进入主快速发展阶段, 主城区拆除重建, 启动建设柳泉特色小城镇, 建成朝阳、龙兴、沙泉、杨柳 4 个“幸福村庄”项目, 加快交通、水利等基础设施建设, 建成农村公路 253.5 km, 实施水利项目 20 个, 因此城区面临很多建筑物将要被拆除, 将会产生大量的建筑垃圾。考虑以上因素, 将近 5 a 建筑垃圾产量扩大, 产量系数调整为原拟合产量系数的 1.6 倍, 即人均每年产生建筑垃圾 $1.6 \times 0.81 \text{ t} = 1.296 \text{ t}$ 。据此推算出红寺堡区近 5 a 每年的建筑垃圾产量如图 3 所示。



1—人数; 2—产量。

图 3 红寺堡区人数与建筑垃圾的预测

3 结 语

本文通过对建筑垃圾综合利用相关理论体系的阐述,综述了建筑垃圾的分类组成。通过分析和计算,运用回归预测法预测当地人口数量的发展趋势,进而对红寺堡区今后几年建筑垃圾的产量进行了预测。模拟结果显示,到 2027 年止,红寺堡区人口数量约为 21.78 万人,建筑垃圾产量约为 28.226 88 万吨。政府管理部门可以参考这个预测结果策划红寺堡区建筑垃圾处置规模,制定相适应的建筑垃圾产业资源化的方案,由此来解决在红寺堡区发展过程中存在的城区建设经济、交通、技术发展、环境保护等问题,为社会和谐发展打下良好的基础。

参考文献:

[1] 张敏. 基于物质流分析的城镇房屋建筑垃圾产量预

测[D]. 成都:西南交通大学,2021.

- [2] 高敏. 建筑垃圾现状分析和资源化利用研究[J]. 安徽建筑,2022,29(11):181-182.
- [3] 张晓华. 辅助性材料修复的再生粗骨料混凝土物理力学性能研究[D]. 宁夏:宁夏大学,2015.
- [4] 肖燕. 西安市建筑垃圾的现状分析及综合利用[D]. 西安:长安大学,2008.
- [5] 乔丽霞. 银川市建筑垃圾的现状 & 综合利用研究[D]. 西安:长安大学,2012.
- [6] 庞永师,杨丽. 建筑垃圾资源化处理对策研究[J]. 建筑科学,2006(1):77-79.
- [7] 徐卓,龙帮云. 开发利用再生混凝土走可持续发展的道路[J]. 中外建筑,2004(2):197-199.
- [8] 杨德志,张雄. 建筑固体废弃物资源化战略研究[J]. 中国建材,2006(2):83-84.
- [9] 鲁宝智.《城市生活垃圾产量计算及预测方法》修订编制研究[J]. 环境卫生工程,2017,25(3):19-21.

(上接第 67 页)

- [7] 韩小忙. 宁夏文物考古发现与研究概述[J]. 宁夏大学学报(社会科学版),1992(4):79-84;90.
- [8] 马晓玲. 四十年来西夏文物考古研究的回顾与展望[J]. 西夏研究,2019(2):103-114.
- [9] 郭家龙,王惠民,乔倩. 宁夏鸽子山遗址考古新发现[J]. 西夏研究,2017(2):2;129.
- [10] 刘翔宇. 基于 BIM 的海宝塔模型建立及地震响应分

析[D]. 宁夏:宁夏大学,2022.

- [11] 龙小凤,姜岩,杨斯亮. 大西安区域历史地理信息共享服务平台设计与应用[J]. 规划师,2019,35(21):23-29;37.
- [12] 袁宜红,燕宁娜,赵振炜. 建筑信息模型的建立和应用研究[J]. 工程建设,2022,54(7):1-5;16.