

# Research on Industrial Hazardous Waste Prediction and Control Countermeasures

Zihao Zhao<sup>1</sup>, Jian Yao<sup>1</sup>, Xukun Fang<sup>2</sup>, Shijun Liang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>College of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Chengdu Chengke Chuang Environmental Protection Technology Co., Ltd., Chengdu Sichuan

<sup>3</sup>Nanchong City Environmental Monitoring Center Station, Nanchong Sichuan

Email: 12060667@qq.com

Received: June 20<sup>th</sup>, 2019; accepted: July 5<sup>th</sup>, 2019; published: July 12<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

With the rapid development of the social economy and industry, the amount of industrial hazardous waste has increased dramatically. Through the establishment of the GM(1, 1) model, the amount of industrial hazardous waste generated in Chengdu in the next few years is predicted. The results show that the amount of industrial hazardous waste generated in Chengdu is expected to reach 383,000 tons by 2022, and the countermeasures for the control of hazardous wastes are proposed.

## Keywords

Industrial Hazardous Waste, GM(1, 1) Model, Control Strategy

---

# 工业危险废物预测及管控对策研究

赵子豪<sup>1</sup>, 姚建<sup>1</sup>, 方绪坤<sup>2</sup>, 梁石军<sup>3</sup>

<sup>1</sup>四川大学建筑与环境学院, 四川 成都

<sup>2</sup>成都市成科创环保科技有限公司, 四川 成都

<sup>3</sup>南充市环境监测中心站, 四川 南充

Email: 12060667@qq.com

收稿日期: 2019年6月20日; 录用日期: 2019年7月5日; 发布日期: 2019年7月12日

---

## 摘要

随着社会经济以及工业的迅速发展, 工业危险废物产生量急剧增加。通过建立GM(1, 1)模型对未来几年

成都市工业危险废物产生量进行预测, 结果表明预计到2022年成都市工业危险废物产生量为38.3万吨, 并提出危险废物管控对策建议。

## 关键词

工业危险废物, GM(1, 1)模型, 管控对策

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

危险废物来源广, 种类多、成分复杂, 具有腐蚀性、毒性、易燃性、感染性等特征, 其污染具有潜在性和滞后性, 处理不当会对人类健康和生态环境造成巨大危害, 因此有关部门应高度重视危险废物的污染防治[1]。近几年, 随着产业结构调整、工业进程加快、污染治理强化, 工业生产及社会源中产生的危险废物的种类和数量急剧上升。危险废物产量预测是实现危废优化管理和政府决策的重要前提, 通过预测未来危险废物的产生量, 可为危险废物处置利用设施规划建设提供科学依据。本文通过分析成都市工业危险废物的产生现状, 建立灰色模型对成都市未来工业危险废物产生量进行预测, 并分析未来成都市工业危险废物变化趋势。

## 2. 文献综述

危险废物的产生情况是一个多维随机的过程, 因为影响因素错综复杂, 而且有关影响因素的资料难以获得, 因此详细预测较为困难。在固体废物管理中, 常用的预测模型有灰色模型、系数法等[2], 危险废物预测与固体废物预测原理相似, 大多学者沿用固体废物预测的方法对危险废物产生量进行预测。林艺芸, 张江山等[3]通过建立 GM(1, 1)模型对我国工业危险废物产生量进行预测, 结果表明我国危险废物产生量呈逐年递增趋势增长。郭平, 王京刚等[4]采用 GM(1, 1)和 GM(1, 2)模型分别对我国工业危险废物产生量进行预测, 结果显示两种模型都能较好的对危险废物产生量进行预测。周炳炎, 郭平等[5]采用排污系数法预测了北京市 2004~2010 年的危险废物增长情况。郑炜[6]采用环境库兹涅茨模型预测福建省危险废物产生量。目前对危险废物的预测方法多为灰色模型法, 一些学者也尝试了其他模型方法, 总的来说, 灰色模型应用面广, 精确度高, 结果可靠, 是目前危险废物预测中最常用的模型。

## 3. 模型方法

### 3.1. 模型介绍

GM(1, 1)模型是一种灰色模型, GM(1, 1)模型其实是 GM(1, N)模型中  $N = 1$  的特例, 即建立的模型中只包含一个变量, 并且微分方程是一阶的, 它是对离散序列建立的微分方程[7]。

令灰色预测建模原始数列为  $X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ , 则其 1-AGO 数列为:

$$X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$$

$X^{(1)}$  的紧邻均值生成序列为:

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}(1), z^{(1)}(2), \dots, z^{(1)}(n))$$

$$z^{(1)}(k) = 0.5 * (x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)), k = 2, 3, \dots, n.$$

根据灰色系统理论可建立如下形式的白化微分方程:

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = b$$

式中:  $a$  称为发展灰数;  $b$  称为内生控制灰数。

将数据代入 GM(1, 1) 模型  $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$ , 利用最小二乘法得到参数向量为:

$$\hat{a} = (a, b)^T = (B^T B)^{-1} B^T y_n$$

式中:  $B$  为数据矩阵,  $y_n$  为常数项向量, 且

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, y_n = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}$$

白化形式微分方程的解为:

$$\hat{x}^{(1)}(n+1) = \left( X^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-an} + \frac{b}{a}$$

对  $\hat{x}^{(1)}$  实行累减生成预测值:

$$\hat{x}^{(0)}(n+1) = \hat{x}^{(1)}(n+1) - \hat{x}^{(1)}(n)$$

### 3.2. 精度检验

灰色模型检验一般采用 3 种检验方式, 即残差检验、关联度检验和后验差检验。本文采用后验差检验。后验差需要计算原始序列标准差与绝对误差的比值, 即方差比  $C$  和误差概率  $P$ , 再  $C$  与  $P$  同后检验差精度标准比较。

原始序列标准差

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum [X^{(0)(n)} - \bar{x}^{(0)}]^2}{n-1}}$$

绝对误差的标准差

$$S_2 = \sqrt{\frac{\sum [\varepsilon^{(1)}(n) - \bar{\varepsilon}^{(1)}]^2}{n-1}}$$

方差比  $C = \frac{S_1}{S_2}$ .

小误差概率  $p = p \left\{ \left| \varepsilon^{(1)} - \hat{\varepsilon}^{(1)} \right| < 0.674 S_1 \right\}$ .

后检验差精度标准见表 1。

**Table 1.** Post-test difference accuracy standard table

**表 1.** 后检验差精度标准表

| 精度等级 | 好                        | 合格                      | 勉强合格                     | 不合格                            |
|------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 要求   | $P > 0.95$<br>$C < 0.35$ | $P > 0.80$<br>$C < 0.6$ | $P > 0.70$<br>$C < 0.65$ | $P \leq 0.95$<br>$C \geq 0.65$ |

## 4. 数据来源

本研究以 2013~2017 年成都市工业危险废物产生量为样本(表 2), 预测 2018~2022 年成都市工业危险废物产生量。2017 年, 成都市实现地区生产总值(GDP) 13,889.39 亿元, 按可比价格计算, 比上年增长 8.1%, 其中工业增加值 5217.2 亿元, 按可比价格计算, 比上年增长 8.4%, 工业完成投资 3008.7 亿元, 增长 33.9%。新增规模以上工业企业 154 家。根据调研成都市现有危险废物数据有限且数据存在缺失, 属于典型的灰色系统, 故本文以 2013~2017 年成都市工业危险废物产生量为基础资料, 通过灰色模型 GM(1, 1)预测 2018~2022 年成都市工业危险废物产生量。

**Table 2.** Industrial hazardous waste production in Chengdu, 2013-2017

**表 2.** 2013~2017 年成都市工业危险废物产生量

| 年份   | 2013 年  | 2014 年  | 2015 年  | 2016 年  | 2017 年  |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 危废产量 | 19.4116 | 20.6458 | 20.6201 | 22.2625 | 26.1371 |

\*数据来源: 《成都市固体废物污染环境防治信息公告》

## 5. 预测结果及分析

2018~2022 年成都市工业危险废物产生量预测结果见表 3。

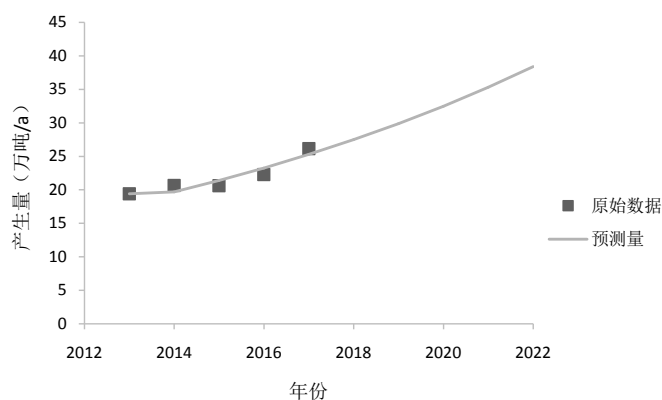
**Table 3.** Forecast Results of Industrial Hazardous Waste Generation in Chengdu from 2018 to 2022

**表 3.** 2018~2022 年成都市工业危险废物产生量预测结果

| 年份       | 2018 年  | 2019 年  | 2020 年  | 2021 年  | 2022 年  |
|----------|---|---------|---------|---------|---------|
| 产量预测(万吨) | 27.4780                                       | 29.8736 | 32.4780 | 35.3095 | 38.3878 |
| 精度检验     | 后检验方差比 $C = 0.34$<br>小误差概率 $P = 1$<br>精度等级: 好 |         |         |         |         |

由表 3 可以看出, 预测到 2022 年成都市工业危险废物产生量为 38.3 万吨, 数据通过精度检验计算后, 得到后检验方差比  $C = 0.34$ ,  $P = 1$ , 精度等级达到最优级, 表明灰色模型预测效果好, 模型可靠, 适用于成都市工业危险废物产生量的预测。

成都市工业危险废物 2013~2022 年产生量变化趋势如图 1 所示, 从预测结果可以看出成都市工业危险废物产生量呈现逐年上升趋势。



**Figure 1.** Curve of industrial hazardous waste production in Chengdu

**图 1.** 成都市工业危险废物产生量变化曲线

## 6. 危险废物管理对策研究

预计到 2022 年成都市工业危险废物产生量为 38.3 万吨，且呈现逐年递增的情况。针对未来危险废物产生量大增长迅速等特点，应采取以下对策来避免危险废物对环境产生的影响：

1) 提升危险废物综合利用能力，对产生的工业危险废物应优先鼓励“资源化”，以市场需求为导向，推进危险废物综合利用设施建设。对已建危险废物综合利用经营单位鼓励企业逐步进行改扩建工程增加综合利用规模，对成都市危险废物综合利用缺口较大且暂无综合利用设施的，鼓励社会资本参与建设。

2) 加大企业对危险废物减量化力度，目前我国工业企业内部危险废物减量化设施较少，产废企业对外依赖性较强，企业源头减量的主体责任落实不到位。应鼓励产废单位自行或寻找第三方机构制定企业危险废物减量化方案，危险废物产废单位应据此方案开展源头削减工作。

3) 加快危废处置经济政策研究制定，研究制定有利于促进危险废物减量化、资源化的经济政策。积极探索危险废物利用及处理“以奖促治”制度，在财税、价格等政策方面扶持危险废物利用处置行业发展。进一步落实和完善工业危险废物处置收费制度，督促产生单位将危险废物处置费用纳入企业生产运营支出预算中。

4) 推广危险废物处置利用新技术，针对危险废物经营单位，应大力借鉴国内先进地区危险废物处置利用新技术新工艺，提升企业运营管理水平，提高处置处理水平。

## 7. 结论

预测结果表明今后成都市工业危险废物增长迅速，预计到 2022 年成都市工业危险废物产生量将达到 38.3 万吨。针对以上情况，有关部门应采取提升危险废物综合利用能力，鼓励企业危险废物“减量化、资源化”处理、加快危废处置经济政策研究制定，推广危险废物处置利用新技术等措施避免危险废物对环境带来的危害。

## 参考文献

- [1] 王琪, 黄启飞, 闫大海, 等. 我国危险废物管理的现状与建议[J]. 环境工程技术学报, 2013, 3(1): 1-5.
- [2] 李金惠, 聂永丰, 白庆中. 中国工业固体废物产生量预测研究[J]. 环境科学学报, 1999, 19(6): 626-630.
- [3] 林艺芸, 张江山, 刘常青, 等. 我国工业危险废物产生现状及产量预测[J]. 有色冶金与设计, 2007(Z1): 18-21.
- [4] 郭平, 王京刚, 周炳炎. 我国工业危险废物产生量的预测研究[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(2): 56-57.
- [5] 周炳炎, 郭平, 王琪, 等. 北京市工业危险废物产生特性研究[J]. 环境科学与管理, 2006, 31(1): 40-43.
- [6] 郑炜. 福建省工业危险废物产生趋势预测与对策[J]. 化学工程与装备, 2018, 260(9): 323-324.
- [7] 刘思峰. 灰色系统理论的产生与发展[J]. 南京航空航天大学学报, 2004, 36(4): 267-271.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;  
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7540, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [sd@hanspub.org](mailto:sd@hanspub.org)