

# 温州地区镀克罗米产排污系数研究

郑聪明<sup>1</sup> 林学敏<sup>2</sup> 杨冰贞<sup>3</sup>

1. 瑞安市生态环境保护行政执法队 浙江瑞安 325200

2. 浙江瑞阳环保科技有限公司 浙江瑞安 325200

3. 温州市生态环境局瑞安分局 浙江瑞安 325206

**摘要:** 本文针对温州地区现行镀克罗米产排污系数存在较大误差的问题, 提出新的产排污系数。通过收集不同企业的生产数据, 应用多元线性回归进行分析, 得到新的产排污系数。经验证, 新的产排污系数能够明显降低误差范围, 具有较好的适用性。

**关键词:** 产排污系数; 线性回归; 适用性

## Study on production and emission coefficient of chromide plating in Wenzhou area

Congming Zheng<sup>1</sup> Xuemin Lin<sup>2</sup> Bingzhen Yang<sup>3</sup>

Ruian Ecological Environmental Protection Administrative Law Enforcement Team 1 Ruian, Zhejiang 325200

Zhejiang Ruiyang Environmental Protection Technology Co., Ltd. 2 Zhejiang Ruian 325200

Ruian Branch of Wenzhou Ecological Environment Bureau Ruian 325206, Zhejiang

**Abstract:** This paper proposes new production-to-pollution coefficients for the current chromium plating industry in the Wenzhou area, due to the significant errors in the existing coefficients. By collecting production data from different enterprises and using multiple linear regression analysis, new production-to-pollution coefficients are obtained. It is verified that the new production-to-pollution coefficients can significantly reduce the error range and have good applicability.

**Keywords:** Emission coefficient; Linear regression; applicability

### 前言

电镀是国民经济中必不可少的基础工艺性行业, 同时又是重污染行业, 电镀所带来的废气、废水、废渣严重地影响人们的生活与健康, 也是科研人员研究的一个热点<sup>[1]</sup>, 尤其是含铬、含氰废水的处理<sup>[2-5]</sup>。如何准确地估算电镀企业的产排污状况对于环境的维护以及治理都有很大的作用。孙勤劳<sup>[6]</sup>等曾利用多元线性回归方法对各地乡镇电镀企业的污水排放提出估算方法, 并具有良好应用性。

国家对环境保护工作的日益重视, 通过普查制定了《第一次全国污染源普查工业污染源产排污系数核算》, 该系数是目前电镀行业产排污核算的主要核算方法。但由于地域的特殊以及行业的特殊性, 该系数在实际工作应用中存在较大误差, 对于核算排污量带来一定的不便。

温州作为国内轻工业的发达城市, 对电镀加工的需求很大, 电镀企业分布十分广泛, 其中镀克罗米在温州地区是应用很广的一个镀种。本文通过收集镀克罗米企业的生产数据及其产排污量, 进行分析计算, 建立应用性强、准确性高的镀克罗米产排污系数相关方程, 能够满足温州市镀克罗米生产企业的污染物产生量与排放量普查, 使得镀克罗米产排污

系数在普查测算中更加及时、准确、方便。

### 一、克罗米简介

镀克罗米是一个包含多种电镀的镀种, 包括三个镀层: 镀铜—镀镍—镀铬。克罗米原意是镀铬(Chromium)的意思, 在温州地区, 习惯性地将该镀种与单纯的镀铬加以区分, 分别称为镀克罗米和镀铬。镀克罗米是温州地区非常典型的一个镀种, 分布很广, 产生的污染物主要有含氰废水、含铬废水以及综合废水。

### 二、镀克罗米污染物排放量现状估算方法

温州地区现行统计方法是依照企业的镀件产量, 根据每公斤镀件含有 0.005 平方米表面积的换算系数进行计算得到该企业的镀件面积, 再根据电镀产排污系数进行计算, 因此产排污量实际上变为镀件产量一个因素的应变量。然而由于不同电镀企业的规模、生产水平有很大差别, 镀件产量很难精确估算, 同时镀件的结构、外观等也有很多差别。同时, 镀件产量只能反映产排污量的部分信息, 单纯以镀件产量计算容易忽略其他因素对于产排污系数的影响。如表 1 所示, 通过现行的产排污系数进行统计会有比较大的误差。

### 三、新的镀克罗米产排污系数计算

### 3.1 镀克罗米的因素选择

本文选取的镀克罗米的自变量主要有：镀槽容量、原材料消耗量、用电量。其中镀槽容量是包括了各个镀种镀槽容量的总和；原材料包括铬酸和氧化物两类物质的用量。

### 3.2 镀克罗米的产排污系数计算

选取十家镀克罗米电镀企业，详细调查，并现场监测，取得企业镀槽容量、原材料消耗量、用电量以及各种污染物排放量等数据，见表 2。

#### 3.2.1 回归模型的选择

本文以 SAS 软件为数据分析软件，采用逐步筛选法、向前选择法和向后选择法对收集的数据进行线性回归，并根据显著性系数（ $p_r$  值）选择最优方程。当  $p_r$  值  $\leq 0.01$  时，称方

程高度显著，既该回归方程具有高度适用性；当  $0.01 < p_r$  值  $\leq 0.05$  时，称回归方程显著，既该回归方程具有一定适用性；当  $p_r$  值  $> 0.05$  时，称回归方程不显著，说明适用性较差。

#### 3.2.2 SAS 程序输入

```
data keluomi;
input x1-x3 y1-y8;
cards;
输入数据;
Proc reg data=keluomi;
Model1 y1-y8=x1-x3/selection=setpwise;
model2 y1-y8=x1-x3/selection=forward;
model3 y1-y8=x1-x3/selection=backward;
Run;
```

#### 3.3.3 运行结果

通过不同回归模型得到的产排污方程，根据不同的显著系数，最终确定不同污染物的产排污计算公式：

|                | X1=镀槽容量  | X2=原材料消耗量 | X3=用电量 |
|----------------|--|-----------|--------|
| 废水产生量(1000t/a) | $y_1 = -4.13108 + 0.84185 x_1$ , $p_r = 0.0012$                |           |        |
| 六价铬产生量(kg/a)   | $y_2 = -1001.15518 + 3130.66474 x_1$ , $p_r = 0.0579$          |           |        |
| 总铬排放量(kg/a)    | $y_3 = -0.83878 + 0.10789 x_1 - 0.03855 x_3$ , $p_r = 0.0146$  |           |        |
| 氰化物产生量(kg/a)   | $y_4 = -443.44783 + 63.11059 x_1$ , $p_r = 0.0782$             |           |        |
| 氰化物排放量(kg/a)   | $y_5 = 0.27936 - 0.00617 x_3$ , $p_r = 0.04048$                |           |        |
| 固废产生量(t/a)     | $y_6 = -11.51187 + 0.81881 x_1 - 0.12826 x_3$ , $p_r = 0.0454$ |           |        |
| COD 产生量(t/a)   | $y_7 = -8.32035 + 0.87117 x_1$ , $p_r = 0.0006$                |           |        |
| COD 排放量(t/a)   | $y_8 = -1.05218 + 0.12109 x_1$ , $p_r = 0.1345$                |           |        |

以显著性系数对运行结果判别可知，各个方程基本具有较好的适用性，六价铬产生量( $y_2$ )、氰化物产生量( $y_4$ )和 COD 排放量( $y_8$ )的显著性系数大于 0.05，这跟因变量与自变量数据之间的相关性较差有关，使得其适用性受到一定程度影响；

废水的排放量( $y_1$ )和 COD 产生量( $y_7$ )的  $p_r$  值都小于 0.01，方程高度显著，适用性良好；其余的回归方程  $p_r$  值都在 0.01-0.05 之间，具有较好的适用性。

表 1 现有产排污系数计算值与实测值误差

|               | 废水排放量 (t/a) |       |        | 固废排放量 (t/a) |     |        | Cr <sup>6+</sup> 产生量 (kg/a) |        |        | 总铬排放量 (kg/a) |        |        |
|---------------|-------------|-------|--------|-------------|-----|--------|-----------------------------|--------|--------|--------------|--------|--------|
|               | 计算          | 实测    | 误差 (%) | 计算          | 实测  | 误差 (%) | 计算                          | 实测     | 误差 (%) | 计算           | 实测     | 误差 (%) |
| 瑞安市上马电镀中心威特分厂 | 14652       | 19350 | -24.3  | 5.36        | 9.6 | -44.2  | 352.8                       | 616.35 | -42.8  | 7.13         | 0.8505 | 740    |

|               |               |        |        |               |         |        |               |         |        |               |        |        |
|---------------|---------------|--------|--------|---------------|---------|--------|---------------|---------|--------|---------------|--------|--------|
| 瑞安市鸿欣电镀厂      | 19800         | 12000  | 65     | 7.24          | 72      | -89.9  | 476.76        | 212.52  | 124.3  | 9.64          | 0.084  | 11380  |
| 瑞安市振和五金电镀厂    | 4388          | 7500   | 41.5   | 1.33          | 9       | -85.2  | 264.2         | 1370.88 | -80.7  | 1.96          | 0.023  | 8420   |
| 瑞安市西河电镀厂      | 14850         | 18000  | -17.5  | 4.49          | 14      | -67.9  | 894.23        | 2184.84 | -59.1  | 6.62          | 0.1285 | 5050   |
|               | 氰化物产生量 (kg/a) |        |        | 氰化物排放量 (kg/a) |         |        | COD 产生量 (t/a) |         |        | COD 排放量 (t/a) |        |        |
|               | 计算            | 实测     | 误差 (%) | 计算            | 实测      | 误差 (%) | 计算            | 实测      | 误差 (%) | 计算            | 实测     | 误差 (%) |
| 瑞安市上马电镀中心威特分厂 | 429.61        | 492    | -12.7  | 7.53          | 0.024   | 31275  | 6.24          | 0.31    | 1913   | 2.43          | 0.12   | 1925   |
| 瑞安市鸿欣电镀厂      | 505.42        | 157.32 | 221.3  | 8.86          | 0.014   | 63185  | 7.35          | 0.74    | 893    | 2.86          | 0.67   | 327    |
| 瑞安市振和五金电镀厂    | 113.03        | 640.8  | -82.4  | 1.81          | 1.3068  | 38.5   | 1.62          | 1.12    | 44.6   | 0.64          | 0.35   | 82.8   |
| 瑞安市西河电镀厂      | 382.55        | 258.54 | 48     | 6.13          | 0.02856 | 21363  | 5.47          | 1.92    | 185    | 2.17          | 0.36   | 503    |

表 2 温州市镀克罗米企业实测数据

|                 | 镀槽容量 (千升) | 原材料 (t/a) | 用电量 (万度/a) | 废水量 (1000t/a) | 六价铬 (kg/a) | 铬排(kg/a) | 氰化物产 (kg/a) | 氰化物排 (kg/a) | 固废(t/a) | COD 产 (t/a) | COD 排 (t/a) |
|-----------------|-----------|-----------|------------|---------------|------------|----------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|
| 瑞安市云江五金装璜厂      | 12        | 4.48      | 3          | 9             | 307.44     | 0.35     | 113.94      | 0.0072      | 6.6     | 2.1         | 0.77        |
| 瑞安市振和五金电镀厂      | 15        | 4.5       | 4          | 7.500         | 1370.88    | 0.0230   | 640.8       | 1.3068      | 9       | 1.12        | 0.35        |
| 瑞安市西河电镀厂        | 11.8      | 4.85      | 10         | 7             | 849.66     | 0.05     | 100.54      | 0.0111      | 5.4     | 1.92        | 0.36        |
| 瑞安市罗山电镀厂        | 25        | 12        | 31.25      | 18.9          | 1778.28    | 0.4019   | 585.9       | 0.0151      | 14      | 4.1         | 1.69        |
| 瑞安市固美电镀有限公司 半自动 | 36        | 13.4      | 9          | 27            | 2008.8     | 3.2724   | 1193.4      | 0.0486      | 20.2    | 3.63        | 1.34        |
| 瑞安市塘下利金厂        | 10        | 2.5       | 7.5        | 3             | 70.4       | 0.058    | 141.6       | 0.138       | 2.24    | 0.81        | 0.012       |
| 瑞安市大字装饰五金厂      | 30        | 8.5       | 30         | 30.5          | 7283.4     | 0.198    | 3727.1      | 0.0244      | 45.5    | 5.46        | 7.99        |
| 瑞安市徐敏电镀厂        | 11.8      | 4.5       | 12         | 6             | 120        | 0.0094   | 751.97      | 0.00488     | 9.1     | 0.28        | 0.066       |
| 瑞安塘下新居万成其电镀厂    | 33.4      | 5         | 66.7       | 15            | 1906.4     | 0.5177   | 852.3       | 0.01188     | 11.22   | 62.1        | 0.98        |
| 瑞安市上叶电镀厂        | 16        | 4         | 16         | 4             | 556.8      | 1.1152   | 143.2       | 0.056       | 3       | 0.32        | 0.26        |

表 3 镀克罗米回归方程的适用性分析

|             | 废水量产(t/a)  |       |        | 废水量排(t/a)  |       |        | Cr <sup>6+</sup> 产(kg/a) |        |        | 总铬排(kg/a)  |        |        |
|-------------|------------|-------|--------|------------|-------|--------|--------------------------|--------|--------|------------|--------|--------|
|             | 计算         | 实测    | 误差 (%) | 计算         | 实测    | 误差 (%) | 计算                       | 实测     | 误差 (%) | 计算         | 实测     | 误差 (%) |
| 瑞安市海安光强标准件厂 | 29572      | 22650 | 30.6   | 29572      | 22650 | 30.6   | 4205                     | 9188.4 | -54.2  | 0.6591     | 0.1674 | 293.7  |
| 温州奥林五金有限公司  | 34734      | 26250 | 32.4   | 34734      | 26250 | 32.4   | 336                      | 273    | 23.1   | 1.388      | 1.722  | -33.4  |
| 瑞安市场桥五金电镀厂  | 20278      | 22020 | -7.9   | 20278      | 22020 | -7.9   | 1204                     | 1485   | 18.9   | 0.5743     | 0.3975 | 44.4   |
|             | 氰化物产(kg/a) |       |        | 氰化物排(kg/a) |       |        | COD 产(t/a)               |        |        | COD 排(t/a) |        |        |

|             |          |         |       |          |         |       |       |      |       |      |      |       |
|-------------|----------|---------|-------|----------|---------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|
| 瑞安市海安光强标准件厂 | 242.5    | 160.89  | 50.7  | 0.0519   | 0.0186  | 179   | 1.59  | 1.94 | -18.1 | 1.02 | 0.69 | 47.8  |
| 温州奥林五金有限公司  | 538.9    | 642.075 | -16.1 | 0.1021   | 0.07875 | 29.6  | 22.17 | 8.6  | 158   | 3.18 | 4.5  | -29.3 |
| 瑞安市场桥五金电镀厂  | 1231.12  | 972.72  | 26.6  | 0.2994   | 0.3881  | -22.8 | 17.37 | 6.22 | 179   | 2.56 | 0.95 | 169   |
|             | 固废产(t/a) |         |       | 固废排(t/a) |         |       |       |      |       |      |      |       |
| 瑞安市海安光强标准件厂 | 20.78    | 17.6    | 18.1  | 20.78    | 17.6    | 18.1  |       |      |       |      |      |       |
| 温州奥林五金有限公司  | 46.7     | 39.4    | 18.5  | 46.7     | 39.4    | 18.5  |       |      |       |      |      |       |
| 瑞安市场桥五金电镀厂  | 27.9     | 33      | -17.3 | 27.9     | 33      | -17.3 |       |      |       |      |      |       |

#### 四、回归方程的验证性分析

得到回归方程后,选取三家企业的数据代入方程与实测数据进行对比,对回归方程进行验证分析。

通过表 3 可知,新的克罗米电镀产排污方程在与实测数据对比后,仍然存在一定误差,废水产生与排放量的误差范围为-7.9%—32.4%,六价铬产生量的误差范围为-54.2%—23.1%,总铬排放量的误差范围-33.4%—293.7%,氰化物产生量的误差范围-16.1%—50.7%,氰化物排放量的误差范围-22.8%—179%,固废的产生与排放量的误差范围为-17.3%—18.5%,COD 产生量的误差范围为-18.9%—179%,COD 产生量的误差范围为-29.3%—169%。从各组数据分析来看,经新的镀克罗米产排污系数计算所得数据,大部分的误差范围控制的 30%以内,其中总铬和氰化物排放量以及 COD 的产生排放量存在较大的误差,主要是由于数据的本底值较小,使其误差范围存在较大波动,但较原有的产排污系数计算得到的误差已有很大改善。因此,该系列的方程具有一定适用性。

#### 五、结论

经过 SAS 数据处理软件的处理,本文找到镀克罗米产排污系数的最佳线性回归方程,经验证分析,各个方程在应用

过程中均存在一定程度的误差,但较原有产排污系数已有较大改善,具有一定的适用性和实用性。同时,为了寻求最佳的回归方程,需要建立更完整的数据收集体系,建议收集企业历年准确的生产信息,建立电镀行业生产数据库,便于日后的研究和分析。

#### 参考文献:

- [1] 王友安,赵桂芳,赵慧捷等.电镀行业污染控制与环  
治理[J].工业安全与环保,2008, 34(11):52-53
- [2] 许效天,罗耀军,孟俊峰等.新型微波化学工艺处理电  
镀废水初探[J].江苏环境科技,2008,  
21(3):43- 45
- [3] 张秋玲,曲永杰.含重金属废水处理技术[J].环境保护  
循环经济,30-32.
- [4] 邓小红,宋仲容.电镀含铬废水处理技术研究现状与发  
展趋势[J].重庆文理学院学报,2008, 27(5):70-73
- [5] 王亚东,张林生.电镀废水处理技术的研究进展[J].安  
全与环境工程,2008, 15(3): 69-72.
- [6] 孙勤芳,蒋建国.乡镇工业电镀行业主要污染物排放量  
的估算方法[J].农村生态环境,1993,(4):54-55.