

全国环境统计培训系列教材

环境统计 实务

HUANJIING TONGJI
SHIWU

环境统计教材编写委员会 编

中国环境出版社

全国环境统计培训系列教材

环境统计实务

环境统计教材编写委员会 编

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

环境统计实务/环境统计教材编写委员会编. —北京: 中国环境出版社, 2016.5

全国环境统计培训系列教材

ISBN 978-7-5111-1455-6

I. ①环… II. ①环… III. ①环境统计学—技术培训—教材 IV. ①X11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 020832 号

出版人 王新程
责任编辑 沈建 宾银平
责任校对 尹芳
封面设计 宋瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67113412 (教材图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2016 年 5 月第 1 版
印 次 2016 年 5 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 22.75
字 数 477 千字
定 价 65.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

全国环境统计培训系列教材

编委会

主 任 王金南 傅德黔

副主任 曹 东 景立新 赵学涛

编 委 (按姓氏笔画排序)

马国霞 文字立 毛应淮 王 鑫 王军霞 王丽娟

王俊能 邓仁昌 石雪梅 刘 涛 刘新平 吕 卓

孙 蕾 朱法华 许艳玲 邢长城 何 捷 吴 琼

张建辉 李向群 李金香 杨 婵 杨威杉 周 同

周景博 金必慧 封 雪 赵学涛 赵银慧 钟悦之

唐桂刚 奚旦立 钱 毅 曹 东 黄志辉 彭 菲

景立新 董广霞 董文福 蒋春来 谢光轩 谢露静

统 稿 毛玉如 赵学涛 董文福

《环境统计实务》编写人员

第1章	董广霞	彭 菲	
第2章	朱法华	邓仁昌	钟悦之
第3章	刘 涛	邓仁昌	许艳玲
第4章	何 捷	邓仁昌	蒋春来
第5章	钱 毅	邓仁昌	文宇立
第6章	奚旦立	邓仁昌	
第7章	王俊能	彭 菲	
第8章	金必慧	王俊能	
第9章	黄志辉	吴 琼	

序

“十三五”是我国全面建成小康社会的决胜期，也是深化改革开放、加快建设社会主义生态文明的攻坚时期。随着经济总量不断扩大、人口持续增加，资源短缺、生态退化和环境污染已成为制约我国经济社会发展的重大瓶颈。环境统计作为环境保护的基础工作，在正确判断环境形势、科学制定环境保护的政策和规划等方面具有重要作用。我国从 20 世纪 80 年代开始实施环境统计，目前基本形成了自上而下的环境统计工作体系、配套的工作能力和相应的制度保障体系，对总量减排、环境规划等环境保护重点工作起到了一定的支撑作用。

环境统计作为一项专业性、技术性较强的工作，需要遵循特定的技术规范和操作守则，而我国目前尚未有一套全面介绍环境统计基础知识的系统性资料，对于刚刚加入环境统计队伍的人员来说，缺乏了解环境统计基础知识的工具书，影响了环境统计工作的稳定性和连续性。对于管理部门和相关研究人员等数据使用部门，由于不了解环境统计数据的统计口径和统计方法，在使用数据过程中容易造成偏差，进而对管理决策造成影响。

基于上述考虑，由环境保护部环境规划院、中国环境监测总站、环境保护部华南环境科学研究所、北京市环境保护科学研究院、四川省环境保护科学研究院等研究机构和中国中国人民大学、中国环境管理干部学院、长沙环境保护职业技术学院等高校以及中国造纸、钢铁、水泥等行业协会联合成立了中国环境统计培训教材编写委员会，抽调技术骨干人员组成编写组，经过 3 年努力，编写完成了本套培训教材。

本套教材共包括三册，分别是《环境统计基础》《环境统计实务》和《环境统计分析与应用》。其中《环境统计基础》以介绍统计学及环境统计基础知识、环境统计工作制度为主；《环境统计实务》以介绍污染物产排污量核算、产排污系数应用、环境统计报表填

报和统计上报软件使用为主；《环境统计分析与应用》主要从服务于环境统计和环境管理工作的角度出发，介绍开展环境统计分析的主要方法及案例。

教材编写得到了环境保护部污染物排放总量控制司刘炳江司长、于飞副司长的大力支持。于飞副司长审定了教材编写提纲，总量司统计处毛玉如处长、董文福副处长审阅了书稿并提出了修改建议。环境保护部环境规划院洪亚雄院长、王金南副院长对教材编写给予了大力支持，在此一并致以感谢。由于环境统计涉及面广，内容庞杂，疏漏之处敬请读者批评指正。

丛书编写组

2015年2月

目 录

第 1 章 污染物核查核算的一般方法	1
1.1 污染物核算的一般方法	1
1.1.1 工业源	2
1.1.2 农业源	15
1.1.3 城镇生活源	16
1.1.4 机动车	18
1.1.5 集中式污染治理设施	19
1.2 污染物统计核查	19
1.2.1 数据审核	19
1.2.2 现场核查	21
第 2 章 电力行业产排污核算	23
2.1 行业概述	23
2.1.1 行业发展状况和趋势	23
2.1.2 生产投入和产出情况	26
2.1.3 主要生产工艺和过程	27
2.1.4 产排污状况及关键环节	29
2.1.5 污染治理技术特征	32
2.2 主要污染物核算要点	39
2.2.1 废水及污染物核算	39
2.2.2 废气及污染物核算	42
2.2.3 固废产排核算	51
2.3 数据核查要点	55
2.3.1 数据审核要点	55
2.3.2 现场核查要点	58

第 3 章 钢铁行业产排污核算	63
3.1 行业概述	63
3.1.1 行业发展状况和趋势	63
3.1.2 生产投入和产出情况	64
3.1.3 主流生产工艺和过程	65
3.1.4 产排污状况及关键环节	74
3.1.5 污染治理技术特征	78
3.2 主要污染物核算要点	79
3.2.1 废水及污染物核算	79
3.2.2 废气及污染物核算	83
3.2.3 固废产排核算	90
3.3 数据核查要点	92
3.3.1 数据审核要点	92
3.3.2 现场核查要点	94
第 4 章 水泥行业产排污核算	95
4.1 行业概述	95
4.1.1 行业发展状况和趋势	95
4.1.2 生产投入和产出情况	99
4.1.3 主流生产工艺和过程	101
4.1.4 产排污状况及关键环节	102
4.1.5 污染治理技术特征	106
4.2 主要污染物核算要点	112
4.2.1 废水及污染物核算	112
4.2.2 废气及污染物核算	113
4.3 数据核查要点	120
4.3.1 数据审核要点	120
4.3.2 现场核查要点	121
第 5 章 造纸行业产排污核算	122
5.1 行业概述	122
5.1.1 行业发展状况和趋势	122
5.1.2 生产投入和产出情况	130
5.1.3 主流生产工艺和过程	132

5.1.4	产污关键环节和污染治理技术特征	137
5.2	主要污染物核算要点	143
5.2.1	现行产业政策、法规	143
5.2.2	产品工艺等差别对废水处理的基本要求	144
5.3	数据核查要点	145
5.3.1	数据审核要点	145
5.3.2	现场核查要点	151
第 6 章	印染行业产排污核算	160
6.1	行业概述	160
6.1.1	行业发展状况和趋势	162
6.1.2	印染行业企业识别和分类	163
6.1.3	生产投入和产出情况	163
6.1.4	主流生产工艺和过程	164
6.1.5	各工序排放废水的水质特征	167
6.1.6	印染工业废水处理方法	175
6.2	主要污染物核算要点	178
6.2.1	废水及污染物核算	178
6.2.2	废气及污染物核算	179
6.2.3	固体废物产排核算	180
6.2.4	其他特征污染物	181
第 7 章	规模化畜禽养殖场产排污核算	182
7.1	概述	182
7.1.1	养殖业发展现状和趋势	182
7.1.2	养殖方式及特征	187
7.1.3	畜禽养殖业产排污染特征	191
7.1.4	污染削减技术特征	193
7.2	主要污染物核算	200
7.2.1	畜禽养殖业产排污系数体系	200
7.2.2	畜禽养殖业污染物核算方法	202
7.3	数据核查要点	207
7.3.1	数据审核要点	207
7.3.2	现场核查要点	211

第 8 章 城镇生活源污染物排放核算	215
8.1 概述	215
8.2 生活源污染物产生量估算	216
8.2.1 污水及污染物估算	216
8.2.2 废气及污染物估算	219
8.2.3 主要参数的获取	220
8.3 污水处理厂污染物削减量估算	221
8.3.1 污水处理厂主要处理工艺	221
8.3.2 污水处理厂运行主要指标	246
8.4 数据核查要点	251
8.4.1 数据审核要点	251
8.4.2 现场核查要点	255
第 9 章 机动车主要污染物核算	278
9.1 概述	278
9.1.1 机动车污染现状与危害	278
9.1.2 机动车排放特征	287
9.2 机动车污染物排放系数测算	296
9.2.1 机动车排放因子模型简介	296
9.2.2 中国机动车排放模型 (CVEM)	300
9.2.3 机动车排放系数测算	310
9.3 机动车污染物排放量核算	315
9.3.1 核算细则及核算系统	315
9.3.2 环境统计核算	329
9.3.3 示例	331
参考文献	351

第 1 章 污染物核查核算的一般方法

1.1 污染物核算的一般方法

目前,我国环境统计工作中,污染物排放量的计算通常采用三种方法,即实测法、物料衡算法和排放系数法。

(1) 实测法

通过实地测量排污单位外排废气、废水(流)量及其污染物浓度,计算出废气、废水排放量及其中所含污染物的排放量。计算公式如下:

$$G_i = K \cdot Q \cdot C_i$$

式中: G_i ——废气(或废水)中污染物 i 的排放量, kg/a;

K ——单位换算系数,对废气取 10^{-6} ,对废水取 10^{-3} ;

Q ——废气(或废水)排放总量, m^3/a (标态);

C_i ——污染物 i 的实测浓度, 废气: mg/m^3 (标态); 废水: mg/L 。

在计算中,要注意浓度及流量计算单位的换算,保证计算量纲的一致性。

为了保证数据的准确性,通常需多次测定样品取平均值。计算公式如下:

$$C_i = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n}{n}$$

式中: C_n ——第 n 次测定浓度值;

n ——测定次数。

(2) 物料衡算法

物料衡算法是计算物质质量转化的方法。根据质量守恒定律,对于自然界的任何系统而言,进入系统的物料量必等于排出的物料量和过程中的积累量。即在生产过程中,投入的物料量等于产品重量和物料流失量。物料衡算式:

进入系统的物质质量 ($\Sigma G_{\text{入}}$) = 系统输出的物质质量 ($\Sigma G_{\text{出}}$) + 系统内积累的物质质量 ($\Sigma G_{\text{积}}$)

1) 稳定系统生产过程的物料衡算,即系统的积累项为 0 时,系统处于稳定状态。物料衡算式如下:

$$\Sigma G_{\text{入}} = \Sigma G_{\text{出}} = \Sigma G_1 + \Sigma G_2$$

式中： $G_{\text{入}}$ ——投入物料总和；

$G_{\text{出}}$ ——产出量总和；

G_1 ——所得产品质量数总和；

G_2 ——物料或产品流失量总和。

2) 存在化学变化系统过程的物料衡算，平衡式中必须增加化学反应物的消耗项和产生项。物料衡算式如下：

$$\Sigma G_{\text{输入}} + \Sigma G_{\text{产生}} = \Sigma G_{\text{输出}} + \Sigma G_{\text{消耗}}$$

(3) 排放系数法（经验计算法）

排放系数是指在正常技术经济和管理条件下，生产某单位产品所产生（或排放）的污染物数量的统计平均值。根据生产过程中单位产品的经验排放系数与产品产量，计算出“三废”排放量的方法即是排放系数法。计算通式如下：

$$G_i = K_i \cdot W$$

式中： G_i ——污染物 i 的年排放（产生）量，kg/a；

K_i ——污染物 i 的排放系数，kg/t（产品）；

W ——产品年产量（或生产规模），t/a。

下面对工业源、农业源、城镇生活源、机动车、集中式污染治理设施各项污染物的核算方法进行简述。

1.1.1 工业源

1.1.1.1 工业废水计算方法

(1) 工业废水排放量的计算

工业废水排放量是指经过企业厂区所有排放口排到企业外部的工业废水量。包括生产废水、外排的直接冷却水、超标排放的矿井地下水和与工业废水混排的厂区生活污水，不包括外排的间接冷却水（清污不分流的间接冷却水应计算在废水排放量内）。计算方法如下：

1) 实测法

计算公式：

$$W_i = Q_i \cdot t_i \cdot \rho_i$$

式中： W_i ——某废水排放量，t；

t_i ——某废水排放时间，h；

Q_i ——某废水平均排放量，m³/h；

ρ_i ——废水密度，t/m³，一般取 1 t/m³。

企业的废水排放总量如下:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i$$

式中: W ——企业废水排放总量, t;

W_i ——某废水排放量, t;

n ——废水种类数, $i=1, 2, 3 \cdots n$ 。

2) 排放系数法

工业废水排放量的计算公式如下:

$$W_i = M \cdot K_i$$

式中: M ——产品产量, t;

K_i ——单位产品排放系数, t (排放废水量) / t (产品)。

或从新鲜用水量推算:

$$W = K \cdot Q$$

式中: K ——废水排放系数 (即排水量与用新鲜水量的比值, 工业类型不一样, 其值也不同, 一般在 0.6~0.9 取值, 常取 0.80 或 0.85;

Q ——企业生产用新鲜水量, t。

3) 物料衡算法

计算通式:

$$W = W_1 - (W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$$

式中: W ——工业废水排放量, t;

W_1 ——工业生产用新鲜水量, t;

W_2 、 W_3 、 W_4 、 W_5 ——分别为产品带走水量、水漏失量、锅炉蒸发量、其他损失量, t。

(2) 工业废水中污染物排放量的计算

工业废水中污染物排放量, 是指排放的工业废水中的污染物如汞、镉、六价铬、铅等重金属和砷、挥发酚、氰化物、化学需氧量、石油类、氨氮等一般无机物和有机物的含量。它可以通过实测法计算, 也可以通过物料衡算或排放系数进行计算。

1) 实测法

计算公式如下:

$$G_i = 10^{-3} W_i \cdot C_i$$

或:

$$G_i = 10^{-3} W_i (1 - \eta_i) \cdot C_{i0}$$

式中: G_i ——报告期内某污染物的排放量, kg;

W_i ——报告期内某废水排放量, m^3 ;

C_i ——废水中某污染物的平均浓度, mg/L;

C_{i0} ——废水处理系统进口处某污染物的平均浓度, mg/L;

η_i ——废水处理系统的去除效率, %。

废水处理系统的去除效率可用下式计算:

$$\eta_i = \frac{Q_{i0}C_{i0} - Q_iC_i}{Q_{i0}C_{i0}} \times 100\%$$

若进入废水处理系统的废水流量 Q_{i0} 与处理后废水流量 Q_i 相等或接近, 为便于计算, 我们认为 $Q_{i0} = Q_i$, 则上式可简化成:

$$\eta_i = \frac{C_{i0} - C_i}{C_{i0}} \times 100\%$$

污染物的浓度, 一般均以在企业废水排放口所取样品测得的数据为准, 不论测定的浓度是否符合国家或地方排放标准, 均应统计在内。对于一类污染物应以车间排放口或车间处理设施排放口取样测定的数据为准。

2) 排放系数法

计算公式:

$$G_i = M_i \cdot F_i(1 - \eta_i)$$

式中: M_i ——报告期内某产品的产量, t;

F_i ——某产品的污染物排放系数, kg/t (产品);

η_i ——废水处理系统的去除效率, %, 没有废水处理系统时, $\eta_i=0$ 。

1.1.1.2 工业废气计算方法

(1) 废气排放量的测算

1) 锅炉燃烧废气排放量的计算

①实测法

当废气排放量有实测值时, 采用下式计算:

$$Q_{\text{年}} = \frac{Q_{\text{时}} \times B_{\text{年}} / B_{\text{时}}}{10\,000}$$

式中: $Q_{\text{年}}$ ——全年锅炉废气排放量, 万标 m^3/a ;

$Q_{\text{时}}$ ——锅炉的废气小时排放量, 标 m^3/h ;

$B_{\text{年}}$ ——全年燃料耗量, kg/a;

$B_{\text{时}}$ ——在满负荷情况下锅炉每小时的燃料耗量, kg/h。

②排放系数法

排放系数法首先计算理论空气需要量, 再依此推算实际烟气量, 最后计算烟气总量。

A. 理论空气需要量 (V_0) 的计算

a. 对于固体燃料, 当燃料应用基挥发分 $V_y > 15\%$ (烟煤) 时, 计算公式如下:

$$V_0 = 0.251 \frac{Q_L}{1000} + 0.278$$

当 $V_y < 15\%$ (贫煤或无烟煤) 时:

$$V_0 = \frac{Q_L}{4182} + 0.606$$

当 $Q_L < 12\,546$ kJ/kg (劣质煤) 时:

$$V_0 = \frac{Q_L}{4182} + 0.455$$

b. 对于液体燃料:

$$V_0 = 0.203 \frac{Q_L}{1000} + 2$$

c. 对于气体燃料, 当 $Q_L < 10\,455$ kJ/(标) m^3 时:

$$V_0 = 0.209 \frac{Q_L}{1000}$$

当 $Q_L > 14\,637$ kJ/(标) m^3 时:

$$V_0 = 0.260 \frac{Q_L}{1000} - 0.25$$

式中: V_0 ——燃料燃烧所需理论空气量, 对于固体和液体燃料单位为 m^3 (标)/kg, 气体燃料为 m^3/m^3 ;

Q_L ——燃料应用基低位发热值, kJ/kg 或 kJ/(标) m^3 。 Q_L 值可从以下途径获得: 对于配有燃料分析室的企业, Q_L 值取全年测定值的均值; 可从燃料供应商处获得 (取全年各批煤 Q_L 的均值); 如果知道煤的产地, 可查附录《全国主要原煤 (统配煤矿) 成分表》, 选取相应的 Q_L ; 如果以上途径均无法获得 Q_L , 可按表 1-1 选取。

表 1-1 各燃料类型的 Q_L 值对照表

(单位: kJ/kg 或 kJ/标 m^3)

燃料类型	Q_L	燃料类型	Q_L
石煤和矸石	8 374	褐煤	11 514
无烟煤	22 051	贫煤	18 841
烟煤	17 585	重油	41 870
柴油	46 057	煤气	16 748
天然气	35 590	氢	10 798
一氧化碳	12 636		

B. 实际烟气量的计算

a. 对于无烟煤、烟煤及贫煤:

$$Q_y = 1.04 \frac{Q_L}{4187} + 0.77 + 1.0161(a-1)V_0 [m^3(标)/kg]$$

当 $Q_L < 12\,546$ kJ/kg (劣质煤) 时:

$$Q_y = 1.04 \frac{Q_L}{4187} + 0.54 + 1.0161(a-1)V_0 [m^3(标)/kg]$$

b. 对于液体燃料:

$$Q_y = 1.11 \frac{Q_L}{4187} + (a-1)V_0 [m^3(标)/kg]$$

c. 对于气体燃料, 当 $Q_L < 10\,468$ kJ/(标) m^3 时:

$$Q_y = 0.725 \frac{Q_L}{4187} + 1.0 + (a-1)V_0 (m^3/m^3)$$

当 $Q_L > 10\,468$ kJ/(标) m^3 时:

$$Q_y = 1.14 \frac{Q_L}{4187} - 0.25 + (a-1)V_0 (m^3/m^3)$$

式中: Q_y ——实际烟气量, m^3 (标)/kg;

a ——过剩空气系数, $a = a_0 + \Delta a$ (见表 1-2、表 1-3)。

表 1-2 炉膛过量空气系数 a_0

锅炉类型	烟煤	无烟煤	油	煤气
手烧炉及抛机煤炉	1.40	1.65	1.20	1.10
链条炉	1.35	1.40		
煤粉炉	1.20	1.25		
沸腾炉	1.25	1.25		

注: 其他机械式燃烧的锅炉, 不论何种燃料, a_0 均取 1.3。