

# 畜禽养殖业产污系数和排污系数计算方法

董红敏, 朱志平, 黄宏坤, 陈永杏, 尚斌, 陶秀萍, 周忠凯

(中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 农业部畜牧环境设施设备质量监督检验测试中心(北京),  
农业部农业环境与气候变化重点实验室, 北京, 100081)

**摘要:** 畜禽养殖业产污系数与排污系数是畜牧环境研究和粪便处理工程设计的基础指标, 但由于中国畜牧业环境工作起步晚, 还没有根据中国畜牧业生产特性确定的产污系数和排污系数。该文根据中国畜禽养殖业的特点, 提出了畜禽养殖业产污系数和排污系数的定义、计算方法, 并结合典型猪场进行了案例分析。对于北京市某养猪场进行分析, 结果表明: 该猪场保育、育肥和妊娠母猪 3 个阶段的 COD 产污系数分别为每头 252.8、479.6、493.4 g/d, 全氮分别为每头 20.4、33.2、43.7 g/d, 全磷分别为每头 3.48、6.06、9.93 g/d, 在该猪场废弃物处理系统的运行情况下, 计算得出了该场保育、育肥和妊娠母猪 3 个阶段的 COD 排污系数分别为每头 44.9、64.1、22.5 g/d, 全氮分别为每头 14.1、20.9、36.3 g/d 和全磷分别为每头 1.0、1.8、0.4 g/d。研究结果为畜禽养殖业污染源普查、废弃物处理工程运行和畜禽养殖业环境影响评价提供了参考。

**关键词:** 畜禽, 排污, 计算方法, 产污系数, 案例研究

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.01.049

中图分类号: S811.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-01-0303-06

董红敏, 朱志平, 黄宏坤, 等. 畜禽养殖业产污系数和排污系数计算方法[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 303-308.  
Dong Hongmin, Zhu Zhiping, Huang Hongkun, et al. Pollutant generation coefficient and discharge coefficient in animal production [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(1): 303-308. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

随着畜牧业规模化的快速发展, 在促进农村经济发展、增加农民收入的同时, 由于畜禽粪便量大、且不能及时施用于农田, 再加上粪便处理利用设施运行效果差, 使得粪便资源得不到合理利用, 成为重要的面源污染源。

产排污系数作为环境领域重要的基础数据, 是世界各国掌握污染状况、制定防治政策和设计运行环境工程设施的重要依据。随着畜牧业环境问题的突出, 各国纷纷研究制定了相关的产排污系数。美国农业工程师学会编制出版了动物粪便产生和特性参数标准, 该标准给出了不同动物的粪尿产生量和粪尿中各种污染物的产生量, 类似于动物的产污系数<sup>[1]</sup>, 日本作为畜禽粪便污染防治立法最多的国家, 不仅颁布了《关于畜禽排泄物的适当管理与有效利用的法律》和《畜禽排泄物的适当管理与有效利用的法律的执行细则》, 在粪便特性和产排污系数方面有大量数据<sup>[2]</sup>, 丹麦出版有粪便产排污系数手册<sup>[3]</sup>。

中国在产排污系数研究已有报道, 集中在工业相关领域, 国家环保总局科技标准司编制的《工业污染物产生和排放系数手册》<sup>[4]</sup>涉及了 7 大工业部门的产排污系

数, 吴义千根据实测、经验估算和公式计算相结合的加权法研究了有色金属工业产品的产污系数和排污系数<sup>[5]</sup>, 藏曙光等人根据玻璃行业的发展现状, 综合考虑企业工艺、规模、原料、燃料等因素的差异, 研究获得了该行业的产污系数和排放系数, 并与国外同行业系数进行了比较分析<sup>[6]</sup>, 任叙合等人报道了海洋石油开发工业污染物产生系数和排放系数研究<sup>[7]</sup>, 林秀丽根据中国机动车的污染物排放特点, 研究给出了中国机动车污染物排放系数<sup>[8]</sup>, 程紫华和卢建敏根据铁路运输企业的特点研究了铁路运输企业污水主要污染物产排污系数<sup>[9]</sup>。

与工业行业相比, 尽管关于畜牧业环境和污染防治对策方面做了大量研究<sup>[10-11]</sup>, 也在《家畜粪便学》<sup>[12]</sup>和《全国规模化畜禽养殖业污染情况调查与防治对策》<sup>[13]</sup>等著作中给出了有关的粪便特性参数, 但迄今为止, 还没有对畜禽养殖业的产污系数和排污系数的定义、计算方法等进行科学的研究, 也没有进行系统的测试, 对中国这样一个品种多样、饲料特性和饲养方式差异较大的国家, 仅仅给出几个固定的参数, 不能满足中国环境污染防治的需要。有必要根据中国畜禽养殖业的特点, 探讨中国畜禽养殖业的产排污系数计算方法, 为污染源普查、畜禽养殖业环境影响评价及环境保护管理, 以及国家和行业有关标准制定提供科学依据。

## 1 畜禽养殖业产污系数和排污系数定义、计算方法

### 1.1 畜禽养殖业产污系数的定义和计算方法

参考其他行业污染物产生和排放系数的定义, 畜禽养殖业产污系数是指在典型的正常生产和管理条件下,

收稿日期: 2010-07-30 修订日期: 2010-09-12

基金项目: 第一次全国污染源普查-畜禽养殖业污染源产排污系数测算项目, 国家生猪现代产业技术体系建设(nycyt-09), 公益性行业(农业)科研专项(200803036)和动物营养学国家重点实验室自主研究课题(2004DA125184(团)0808)

作者简介: 董红敏, 博士, 研究员, 博士生导师。主要研究方向: 畜牧环境工程。北京中关村南大街 12 号 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 100081。Email: Donghm@mail.caas.net.cn

一定时间内, 单个畜禽所产生的原始污染物质, 包括粪尿量, 以及粪尿中各种污染物的产生量。

考虑到畜禽的产污系数与动物品种、生产阶段、饲料特性等相关, 为了便于计量畜禽养殖的产污系数, 本文中以天为单位, 分别计算不同动物(生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡、肉鸡、山羊、绵羊)、单个(头、只)动物在不同饲养阶段的产污系数。畜禽产污系数具体计算公式如下

$$FP_{i,j,k} = QF_{i,j} \times CF_{i,j,k} + QU_{i,j} \times CU_{i,j,k} \quad (1)$$

式中,  $FP_{i,j,k}$  为每头产污系数, mg/d;  $QF_{i,j}$  为每头粪产量, kg/d;  $CF_{i,j,k}$  为第  $i$  种动物第  $j$  生产阶段粪便中含第  $k$  种污染物的浓度, mg/kg;  $QU_{i,j}$  为每头尿液产量, L/d;  $CU_{i,j,k}$  为第  $i$  种动物第  $j$  生产阶段尿中含有第  $k$  种污染物的浓度, mg/L。

从公式(1)可以看出, 畜禽原始污染物主要来自畜禽生产过程中产生的固体粪便和尿液两个部分, 为了能够准确的获得各种组分的原始污染物的产生量, 首先需要测定不同动物每天的固体粪便产生量和尿液产生量, 同时采集粪便和尿液样品进行成分分析, 分析固体粪便含水率、有机质、全氮、全磷、铜、锌、铅、镉等浓度, 以及尿液中的化学需氧量、氨氮、总氮、全磷、铜和锌、铅、镉等浓度, 再根据产污系数计算公式就可以获得粪尿中各种组分的产污系数。

为了便于统计和分析比较, 建议生猪分为保育、育成育肥和繁育母猪 3 个阶段, 牛分为出生犊牛、育成牛和成乳母牛 3 个阶段, 蛋鸡分为产蛋鸡、育雏育成 2 个阶段, 肉鸡为 1 个阶段。

### 1.2 畜禽养殖业排污系数的定义和计算方法

畜禽污染物排放系数是指在典型的正常生产和管理条件下, 单个畜禽每天产生的原始污染物经处理设施消减或利用后, 或未经处理利用而直接排放到环境中的污染物质。

本文提出的排放系数是与畜禽产污系数表达方式一致, 以单个畜禽计。排污系数除受粪尿产生量及其污染物浓度的影响外, 还应考虑固体粪便收集率、收集粪便利用率; 污水产生量、污水处理设施的处理效率、污水利用量等因素, 具体计算公式如下

$$FD_{i,j,k} = \left[ QF_{i,j} \times CF_{i,j,k} \times (1 - \eta_F) + QU_{i,j} \times CU_{i,j,k} \right] \times (1 - \eta_{T,k}) \times \left( 1 - \frac{WU}{WP} \right) + QF_{i,j} \times CF_{i,j,k} \times \eta_F \times (1 - \eta_U) \quad (2)$$

式中,  $FD_{i,j,k}$  为每头排污系数, mg/d;  $\eta_F$  为粪便收集率, %;  $\eta_{T,k}$  为第  $k$  种污染物处理效率, %;  $WU$  为污水利用量,  $m^3/d$ ;  $WP$  为污水产生量,  $m^3/d$ ;  $\eta_U$  为粪便利用率, %。

畜禽养殖业的排污系数也考虑污水和固体废弃物 2 个部分。固体废弃物主要考虑收集粪便在贮存和处理过程中的流失率; 污水包括在畜禽舍中未收集的粪便、尿液和冲洗水等混合物, 它是畜禽养殖排污系数的主要来源, 畜禽养殖污水主要是通过贮存、固液分离、厌氧沼气发酵、好氧处理、氧化塘及人工湿地等方式进行处理后利用或者排放。不同养殖场的处理方式和工艺组合不

同, 各种污染物的去除效率不同, 需要根据养殖场的污水处理设施的实际运行情况、测试污水在各种处理系统前后的污染物浓度变化, 计算得到不同污染物的处理效率。畜禽养殖污水的利用如灌溉农田、排入鱼塘的量计为利用量; 污水经处理后的排放都认为是进入环境的污染物。

## 2 猪场产污系数和排污系数的案例研究

为了验证提出的畜禽养殖业产污系数和排污系数计算方法的科学性和可操作性, 本文以北京某规模化生猪养殖场为案例进行分析。该猪场常年存栏繁殖母猪 600 头左右, 年出栏生猪 1 万头, 采用干清粪工艺, 固体粪便通过强制通风堆肥发酵生产有机肥, 污水经过厌氧处理后进入贮存池贮存, 定期排出场外。

### 2.1 产排污系数试验方法

#### 2.1.1 产污系数试验方法

为了获得试验点的产污系数, 将试验猪分为保育、育肥和妊娠母猪 3 个阶段进行相关参数的测定, 每个阶段的试验猪为 5 头。为了保证粪尿收集完全, 本研究采用代谢笼中进行饲养试验, 猪只产生的粪便和尿液分开收集。考虑到不同季节动物的饲养条件和饲料不同, 对实验猪进行了 4 个季节的测定; 每个季节的试验期 12 d, 其中前 7 d 为预饲期, 后 5 d 为正式采样期, 在正式采样期, 每天定时收集每头试验猪只产生的粪便和尿液, 称量其产生量后分别采样。为了采样的代表性, 将每天上下午分别收集的猪鲜粪便和尿液称重和记录后, 混合均匀取 3 个样品(其中固体粪便 2 个, 尿液 1 个), 每个样品约 0.5 kg 或 0.5 L。采集的样品及时送至农业部畜牧环境设施设备质量监督检验测试中心(北京), 对各种原始污染物浓度进行测试分析, 测定的污染物参数及测定方法如表 1 和表 2。

表 1 粪的检测指标、检测方法和方法标准

Table 1 Analysis parameters, method and standards for solid manure

项 目	测定方法	方法标准号
含水率	复混肥料中游离水含量测定 真空烘箱法	GB 8576-88
有机质	有机肥料(有机质测定)	NY 525-2002
全氮	有机肥料(全氮含量测定)	NY 525-2002
全磷	有机肥料(全磷含量测定)	NY 525-2002
铜、锌	土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法	GB/T 17138-1997
钾	土壤全钾测定法	NY/T 87-1988

表 2 尿的检测指标、检测方法和方法标准

Table 2 Analysis parameters, method and standards for urine

项 目	测定方法	方法标准号
pH	水质 pH 值的测定 玻璃电极法	GB 6920-86
COD <sub>Cr</sub>	水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法	GB 11914-89
氨氮	水质 氨的测定 蒸馏和滴定法	GB 7478-87
凯氏氮	水质 凯氏氮的测定	GB 11891-89
总磷	水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法	GB 11893-89
铜、锌	水质 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法	GB 7475-87

猪的生长和饲料特性是影响产污系数的主要参数，为了了解不同季节和饲养阶段猪的特性，本文还对猪的体重和饲料特征进行了测定。猪的体重在试验前后用地磅分别进行测定，猪的采食量则通过称量饲喂前后料槽中饲料的变化确定，每天采集各阶段饲料样品 1 个，连续采样 5 d，采集样品送中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所实验室进行分析，饲料分析指标和方法标准如表 3。

表 3 饲料的检测指标、检测方法和方法标准

项 目	测定方法	方法标准号
含水量	饲料中水分测定方法	GB/T 6435-86
粗蛋白	饲料中粗蛋白测定方法	GB/T 6432-1994
磷	饲料中总磷的测定分光光度法	GB/T 6437-2002
铜、锌	饲料中铁、铜、锰、锌、镁的测定方法原子吸收光谱法	GB/T 13885-1992

### 2.1.2 排污系数试验方法

根据本文前面的排污系数计算方法的定义，排污系数是在产污系数确定的基础上，通过测定分析粪便收集率、污水处理利用效率，污水产生量和污水利用量、收集粪便利用率等参数计算而得。

粪便收集率是通过人工干清粪收集的固体粪便量占猪只实际产生粪便量的比例，不同阶段猪只的实际产粪量是通过产污系数试验测定获得，而收集粪便量是在该试验场正常饲养条件下，选择与试验猪年龄同一批的猪舍，选择 5 个栏位，称量由饲养员按照正常清粪方式收集起来的粪便量而获得。

污水产生量和利用量通过测定分别设定在进口和排水口的量水槽测量水位变化得到污水产生量和排放量。

污水处理效率则通过测定污水在处理系统进口和排水口取样分析获得，为了考虑季节和稳定运行的影响，该实验在试验场分 4 个季节采样，每个季节连续采样 3~5 d，保证 3 d 有效采样。上午和下午各采样一次。每次采集 2 个样品，每天共采集 4 个样品，2 个送样分析，2 个作为备用。采集的污水样品送农业部畜牧环境设施设备质量监督检验测试中心（北京），对各种原始污染物浓度进行测试分析。污水测定的污染物参数及测定方法与表 2 中所列的测定方法一致。

### 2.2 猪的生长和饲料特性

每次试验前后对实验猪只进行称重，分析其体重和日增重情况，并记录实验猪的采食量，采集饲料样品进行分析，表 4 给出了 3 个饲养阶段猪只的平均体重、日增重、采食量及采食的饲料中各种组分的情况，从表中可以看出，由于饲养阶段不同，猪只的体重差别较大，采食量也不同，各个饲养阶段中饲料组成也不相同，其中育肥猪采食量和摄入的粗蛋白最高，其次是妊娠母猪，妊娠母猪摄入的磷最高，其次育肥猪，保育猪摄入的铜和锌最高，其次育肥猪，测定结果为不同饲养阶段产污系数提供分析依据。

表 4 每头生猪不同生产阶段生长及饲料特性（均值±SD）

Table 4 Swine grow and feed characteristic for different feeding stage (Mean ± SD)

	饲养阶段		
	保育	育肥	妊娠母猪
平均体重/kg	31.3±3.9	67.9±6.7	203±3.0
日增重/(kg·d <sup>-1</sup> )	0.63±0.18	0.69±0.20	—
采食量/(kg·d <sup>-1</sup> )	1.7±0.27	2.5±0.47	2.3±0.18
摄入全氮量/(mg·d <sup>-1</sup> )	47.5±9.5	64.8±17.2	49.3±3.8
摄入全磷/(g·d <sup>-1</sup> )	10.7±4.6	10.9±5.8	14.2±5.3
摄入铜量/(mg·d <sup>-1</sup> )	267±135	188±33	52.6±3.4
摄入锌量/(mg·d <sup>-1</sup> )	333±88	331±69	289±25.1

### 2.3 产污系数的结果与分析

通过 4 个季节的测定，按照产污系数计算公式（1）获得的平均结果如表 5 所示。从表中可以看出，生猪不同阶段粪尿产生量及各种原始污染物产生量不同，育肥猪由于生长速度快，采食量高，除尿液产生量比妊娠母猪低外，粪便量、COD 产生量、全氮排放量最高，保育猪由于饲料中铜锌微量元素添加多，虽然粪便产生量低，但是由于粪便中铜锌的浓度高，铜锌的排放量最高，妊娠母猪的尿液产生量和总磷排放量最高。从结果分析，生猪各个阶段之间的粪尿产生量和部分原始污染物产生量存在显著性的差异（ $P<0.05$ ）（表 5），3 个阶段的锌产生量无显著差异。因此，在考虑产污系数时，不能以一个阶段的污染物产生量来代替该动物的系数，需要分阶段测算，再根据该场各阶段饲养的动物头数，获得较为准确的污染物产生量。

表 5 每头生猪不同生产阶段产污系数（均值±SD）

Table 5 Generation coefficient in different feeding stage (Mean ± SD)

	饲养阶段		
	保育	育肥	妊娠母猪
粪便/(kg·d <sup>-1</sup> )	0.91±0.31 <sup>a</sup>	1.73±0.60 <sup>b</sup>	1.63±0.53 <sup>ab</sup>
尿液/(L·d <sup>-1</sup> )	1.66±0.42 <sup>a</sup>	2.83±0.42 <sup>b</sup>	4.68±0.26 <sup>c</sup>
COD/(g·d <sup>-1</sup> )	252.8±70.1 <sup>a</sup>	479.6±163.4 <sup>b</sup>	493.4±147.4 <sup>b</sup>
全氮/(g·d <sup>-1</sup> )	20.4±5.7 <sup>a</sup>	33.2±10.4 <sup>ab</sup>	43.7±12.8 <sup>b</sup>
全磷/(g·d <sup>-1</sup> )	3.48±1.28 <sup>a</sup>	6.06±1.78 <sup>ab</sup>	9.93±1.44 <sup>b</sup>
Cu/(mg·d <sup>-1</sup> )	220.0±48.0 <sup>a</sup>	136.4±51.0 <sup>b</sup>	49.3±6.1 <sup>c</sup>
Zn/(mg·d <sup>-1</sup> )	285.3±88.6 <sup>a</sup>	281.7±120.7 <sup>a</sup>	279.0±72.8 <sup>a</sup>

表 6 给出了文献中生猪在不同饲养阶段的产污系数和本文研究的产污系数情况，从表中可以看出，计算的结果与文献资料具有可比性，但是文献中给出的系数与本文中实际测定的值有一定的差别，除本文研究的育肥猪产污系数与美国 ASABE 标准给出的系数基本一致外，其它饲养阶段的产污系数都有一定差异，产污系数的差异可能与畜禽品种，饲养条件等参数有关，同时，不同饲养阶段的产污系数差别也较大，因此，为获得较为科学的产污系数，需要分畜种，分阶段进行测定。

表 6 每头生猪产污系数比较  
Table 6 Summary of generation coefficient as reported in literature and current study

饲养阶段	粪便/ (kg·d <sup>-1</sup> )	尿液/ (L·d <sup>-1</sup> )	粪尿 COD/ (g·d <sup>-1</sup> )	全氮/ (g·d <sup>-1</sup> )	全磷/ (g·d <sup>-1</sup> )	参考体重/ kg	资料来源
保育	1.3	2	N/A	27.36	9.62	30	农文协, 1995
育肥	2.7	5	N/A	62.33	19.99	90	
妊娠	2.4	5.5	N/A	62.26	17.77	230	
育肥	3.15	2.7	590	36.5	5.35	70	ASAE Standards, 2004
生猪	2	3.3	130.7	22.7	8.5	N/A	国家环境保护总局自然生态保护司, 2002
保育	0.67	1.48	184.4	18.3	2.5	30	本文研究, 2010
育肥	1.41	2.84	391.3	36.3	5.2	70	
妊娠	1.71	4.8	480.7	46.0	8.2	200	

注：表中部分数据是通过文献中原始数据换算而得到。

2.4 排污系数的结果与分析

表 7 给出了不同季节生猪粪便收集率的情况，从表中看出，保育猪粪便收集率是 68.2%±29.9%，育肥猪的粪便收集率是 83.2%±12.4%，妊娠母猪固体粪便基本上全部收集起来，这与实际生产情况一致，保育猪是床上饲养，饲养员很难从床下收集完所有固体粪便，余下的部分主要通过水冲洗后进入污水系统，育肥猪由于每栏的饲养头数在 10 头左右，栏内产生的粪便会由于猪只的活动而使部分随尿液或饮水器漏水而进入污水系统，而妊娠母猪每栏只饲养 1~2 头，地面是实体地板，固体粪便能够收集完全。

表 7 生猪不同生产阶段粪便收集率  
Table 7 Manure collection rate in different feeding stage

阶段	季节				平均值	SD
	春	夏	秋	冬		
保育	100.0	87.1	45.5	40.0	68.2	29.9
育肥	84.0	78.2	100.0	70.7	83.2	12.4
妊娠	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0

试验点的污水主要是通过常温厌氧发酵对污染物进行去除，从测试的结果分析，由于季节不同、污染物种类不同，去除效率也不相同，COD、TKN、TP、Cu 和 Zn 不同季节的去除效率如图 1 所示，由于是常温厌氧处理，各种污染物的去除效率季节性影响较大，冬天由于温度低，COD 的去除效率最低，从图上也可以分析，在厌氧过程中 TKN 无法去除，还有增加的趋势，COD、TKN、TP、Cu 和 Zn 平均去除效率分别为 52.6%±23%，-13.2%±11.4%，43.9%±29.4%，62.7%±22%和 63.1%±19.6%。

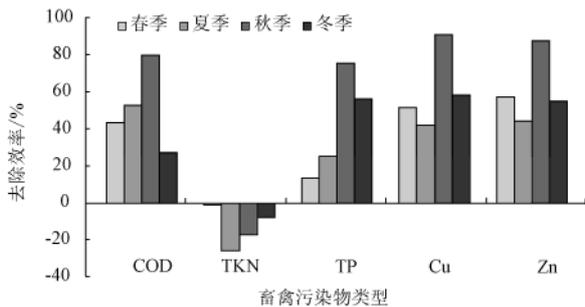


图 1 不同季节厌氧处理污水去除效率  
Fig.1 Wastewater remove efficiency in different season

排污系数定义排出场外的污水就认为是排放，本案中猪场的污水在经过厌氧处理后就排放出场外的污水沟中贮存，污水没有利用，同时，固体粪便经过堆肥和贮存后直接进入农田利用，固体粪便流失率为 0，根据以上管理方式，以及排污系数计算公式和方法，可以获得不同生长阶段的排污系数，具体结果如表 8 所示，对 3 个阶段的排污系数进行显著性分析，结果表明只有保育猪和妊娠母猪的全氮排污系数存在显著性差异，其它都无显著性差异。

表 8 每头生猪不同生产阶段排污系数 (均值±SD)  
Table 8 Discharge coefficient in different feeding stage (Mean±SD)

饲养阶段	保育	育肥	妊娠母猪
COD(g·d <sup>-1</sup> )	44.9±48.1 <sup>a</sup>	64.1±56.5 <sup>a</sup>	22.5±14.3 <sup>a</sup>
全氮(g·d <sup>-1</sup> )	14.1±5.6 <sup>a</sup>	20.9±6.4 <sup>ab</sup>	36.3±20.7 <sup>b</sup>
全磷(g·d <sup>-1</sup> )	1.0±1.1 <sup>a</sup>	1.8±1.3 <sup>a</sup>	0.4±0.3 <sup>a</sup>
Cu(mg·d <sup>-1</sup> )	17.0±19.9 <sup>a</sup>	10.9±8.3 <sup>a</sup>	0.2±0.1 <sup>a</sup>
Zn(mg·d <sup>-1</sup> )	24.9±27.9 <sup>a</sup>	31.4±20.8 <sup>a</sup>	4.6±3.6 <sup>a</sup>

2.5 排污系数与产污系数比较分析

通过排污系数与产污系数比较分析，保育猪和育肥猪各种污染物排放量占产生量的比例相近，COD、全氮、全磷、Cu 和 Zn 的排放量占产生量的比例如图 2 所示，从图上可以看出，通过固体粪便堆肥处理利用和污水厌氧处理后，COD、全磷、Cu 和 Zn 的排放系数与产生系数的比例都在 30% 以下，由于厌氧处理无法去除全氮，全氮的排放量较高，不同阶段的排污系数占产污系数的比例为 63%~83%。

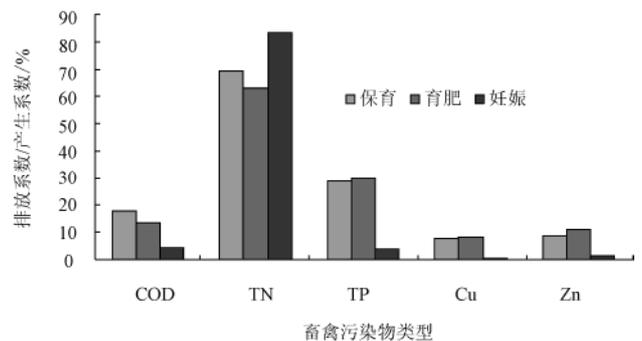


图 2 排放系数与产生系数比例  
Fig.2 Discharge coefficient and generation coefficient ratio

### 3 结论与讨论

通过分析首次提出了畜禽养殖业产污系数和排污系数概念和计算方法。该方法针对畜禽养殖业粪便是可利用资源这一特点, 区分产污系数和排污系数, 有利于准确分析和判断畜禽养殖业对污染的贡献。

结合猪场实际, 进行了猪场产污系数和排污系数的案例研究, 在演示产污系数排污系数相关参数测定方法的同时, 得出该典型场的产排污系数, 其中: 保育、育肥和妊娠母猪 3 个阶段的 COD 产污系数分别为每头 252.8、479.6、493.4 g/d, 全氮分别为每头 20.4、33.2、43.7 g/d 和全磷分别为每头 3.48、6.06、9.93 g/d, 在该猪场废弃物处理系统的运行情况下, 计算得出了该场保育、育肥和妊娠母猪三个阶段的 COD 排污系数分别为每头 44.9、64.1、22.5 g/d, 全氮分别为每头 14.1、20.9、36.3 g/d 和全磷分别为每头 1.0、1.8、0.4 g/d。

北京典型猪场产排污系数结果表明, COD、全磷、Cu 和 Zn 排放系数占产污系数比例都低于 30%, 全氮排污系数占产污系数的比例为 63%~83%, 说明猪场氮污染应引起重视。

研究给出的产排污系数计算方法主要是针对固体废物和污水, 没有考虑气体排放。随着气候变化等全球环境问题的重视, 建议尽快开展气体尤其是畜禽养殖业排出的 CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 等温室气体和氨气的产生和排放系数研究与测定。

#### [参 考 文 献]

- [1] ASAE Standards, 51th ed. 2004. D384.1: Manure Production and Characteristics[M]. 2004: 666—669. St. Joseph, Mich.: ASABE.
- [2] 农文协. 畜产环境对策大事典[M], 1995, 日本: 东京农山渔村文化协会出版社.
- [3] Hanne Damgaard Poulsen, Verner Friis Kristensen. Standard Values for Farm Manure—A Revaluation of the Danish Standard Values Concerning the Nitrogen, Phosphorous and Potassium content of manure [M], DIAS report. No7. Animal Husbandry, 1998.12, pp167.
- [4] 国家环境保护局科技标准司. 工业污染物产生和排放系数手册[M]. 1996, 北京: 中国环境科学出版社.
- [5] 吴义千. 加权法计算有色金属工业主要产品的产污和排污系数的研究[J]. 矿冶, 1995, 4(4): 101—107.  
Wu Yiqian. Study on calculation of factors of production and discharge of pollutants with weighted method for main products produced in nonferrous metals industry[J]. Mining and metallurgy, 1995, 4(4): 101—107. (in Chinese with English abstract)
- [6] 藏曙光, 庞坤, 马振珠, 等. 国内平板玻璃行业产排污系数核算及与国外产排污系数比较[J]. 建筑玻璃与工业玻璃, 2009(10): 10—13.
- [7] 任叙合, 程建军, 张海娟, 等. 海洋石油开发工业污染物产生系数和排放系数研究[J]. 中国海上油气, 2006, 18(2): 141—144.  
Ren Xuhe, Cheng Jianjun, Zhang Haijuan, et al. Study on the pollutant generation coefficient and discharge coefficient in offshore oil development operation[J]. China offshore oil and gas, 2006, 18(2): 141—144. (in Chinese with English abstract)
- [8] 林秀丽. 中国机动车污染物排放系数研究[J]. 环境科学与管理, 2009, 34(6): 29—33, 57.  
Lin Xiuli. A study on emissions index of vehicles in China[J]. Environment science and management, 2009, 34(6): 29—33, 57. (in Chinese with English abstract)
- [9] 程紫华, 卢建敏. 铁路运输企业污水主要污染物产排污系数的研究[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2004, 31(3): 113—120.  
Cheng Zihua, Lu Jianmin. The study of the coefficient between master sewage pollutants create and discharge and freight volume per megaton kilometer by railway transportation service[J]. Railway Occupational Safety, Health and Environmental Protection, 2004, 31(3): 113—120. (in Chinese with English abstract)
- [10] 苏杨. 我国集约化畜禽养殖场污染问题研究[J]. 中国农业生态学报, 2006, 14(2): 15—18.  
Su Yang. Research of countermeasures on waste treating of intensive livestock and poultry farms in China[J]. Chinese Journal of Eco Agriculture, 2006, 14(2): 15—18. (in Chinese with English abstract)
- [11] 江希流, 华小梅, 张胜田. 我国畜禽养殖业的环境污染状况、存在问题与防治建议[J]. 农业环境与发展, 2007, 4: 61—64.
- [12] 王新谋. 家畜粪便学[M]. 1997, 上海: 上海交通大学出版社.
- [13] 国家环境保护总局自然生态保护司. 全国规模化畜禽养殖业污染情况调查与防治对策[M]. 2002, 北京: 中国环境科学出版社.

## Pollutant generation coefficient and discharge coefficient in animal production

Dong Hongmin<sup>\*</sup>, Zhu Zhiping, Huang Hongkun, Chen Yongxin, Shang Bin, Tao Xiuping, Zhou Zhongkai

*(Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences;  
Animal Environmental Facility Surveillance, Inspection and Testing Center (Beijing), Ministry of Agriculture,  
Key Laboratory for Agro-environment and Climate Change, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)*

**Abstract:** Pollutant generation and discharge coefficients in animal production are the key parameters for animal environment engineering research and animal waste treatment projects. There were no authoritative pollutant generation and discharge coefficients available in China because the research about animal husbandry environmental engineering started late. Based on the characteristics of China's animal industry, generation and discharge coefficients of pollutants definitions, calculation methods, application scope and application of methods were discussed combined with typical cases analysis. Under the application of a typical pig farm in Beijing, three stage (nursery, fattening and gestation) generation coefficient for one pig were calculated, which were 252.8, 479.6, 493.4 g/d for COD, 20.4, 33.2, 43.7 g/d for TN, 3.48、6.06、9.93 g/d for TP, respectively. Under the pig waste treatment system operation condition, three stage discharge coefficients were calculated, these were 44.9, 64.1, 22.5 g/d for COD, 14.1, 20.9, 36.3 g/d for TN, 1.0, 1.8, 0.4 g/d for TP, respectively. The results can provide a reference for the pollution source census, animal waste treatment system operation.

**Key words:** animals, discharge, calculations, generation coefficient, case study