



# 农业资源与环境学报

中文核心期刊  
中国科技核心期刊

## JOURNAL OF AGRICULTURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT

欢迎投稿 <http://www.aed.org.cn>

### 惠州市畜禽养殖污染耕地承载负荷估算及风险评价

宋江燕, 吴根义, 苏文幸, 余磊, 马晓蕊, 柳王荣, 袁俊杰

引用本文:

宋江燕, 吴根义, 苏文幸, 等. 惠州市畜禽养殖污染耕地承载负荷估算及风险评价[J]. 农业资源与环境学报, 2021, 38(2): 191–197.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0312>

### 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

#### 山西省畜禽粪污年产生量估算及环境效应

李丹阳, 孙少泽, 马若男, 李国学, 李恕艳

农业资源与环境学报. 2019, 36(4): 480–486 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0193>

#### 安徽省畜禽养殖粪尿及养分含量时空分布特征

张靖雨, 汪邦稳, 袁先江, 龙昶宇

农业资源与环境学报. 2021, 38(2): 295–304 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0374>

#### 黄淮海地区蔬菜废弃物污染风险及资源化潜力分析

徐子云, 李永强, 李洁, 王哲, 贾森

农业资源与环境学报. 2020, 37(6): 904–913 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0638>

#### 我国规模化畜禽养殖粪污资源化利用分析

宣梦, 许振成, 吴根义, 欧玮祺, 李婧, 何文博

农业资源与环境学报. 2018, 35(2): 126–132 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2017.0257>

#### 四川凯江流域农村非点源污染特征分析

张鹏远, 苟楚璇, 巫杨, 张德, 李飞, 牟子申

农业资源与环境学报. 2018, 35(5): 398–404 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2017.0307>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

宋江燕, 吴根义, 苏文幸, 等. 惠州市畜禽养殖污染耕地承载负荷估算及风险评价[J]. 农业资源与环境学报, 2021, 38(2): 191-197.  
SONG Jiang-yan, WU Gen-yi, SU Wen-xing, et al. Carrying load estimation and risk assessment of cultivated land contaminated by livestock and poultry breeding in Huizhou[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2021, 38(2): 191-197.



开放科学 OSID

## 惠州市畜禽养殖污染耕地承载负荷估算及风险评价

宋江燕<sup>1</sup>, 吴根义<sup>1,2</sup>, 苏文幸<sup>2</sup>, 余磊<sup>2</sup>, 马晓蕊<sup>2</sup>, 柳王荣<sup>2\*</sup>, 袁俊杰<sup>3</sup>

(1. 湖南农业大学资源环境学院, 长沙 410128; 2. 生态环境部华南环境科学研究所, 广州 510655; 3. 广东海洋大学化学与环境学院, 广东 湛江 524088)

**摘要:**为评估惠州市畜禽粪污耕地承载负荷及风险状况,根据最新统计年鉴中惠州市畜禽养殖数据,结合第二次全国污染源普查畜禽饲养期产污系数及粪污综合利用率,估算了2018年惠州市畜禽粪污及主要污染物(COD、NH<sub>3</sub>-N、TN、TP)的产排量,并基于各区(县)实际耕地面积对粪污、TN和TP的耕地承载负荷进行估算和风险评价。结果表明:2018年惠州市畜禽养殖粪污产生量 $1.51 \times 10^6$  t,排放量达 $4.44 \times 10^5$  t,各畜禽贡献占比排序为生猪(50.3%)>肉鸡(17.2%)>肉牛(14.3%)>蛋鸡(13.4%)>奶牛(4.8%);主要污染物产生量为 $2.61 \times 10^8$  kg,排放量为 $7.66 \times 10^7$  kg,其中畜牧大县博罗县排放量最大,占比42.9%;全市畜禽粪污、TN和TP的耕地承载负荷分别为 $7.69 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $65.38 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $15.63 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,粪污和TN警报级别均为I级,TP警报级别为II级,对周围环境威胁小,惠州市可以通过种养平衡规划提升畜禽粪污的资源化利用水平。

**关键词:**惠州市; 畜禽; 养殖污染; 承载负荷; 耕地; 风险评价

中图分类号: X713

文献标志码: A

文章编号: 2095-6819(2021)02-0191-07

doi: 10.13254/j.jare.2020.0312

### Carrying load estimation and risk assessment of cultivated land contaminated by livestock and poultry breeding in Huizhou

SONG Jiang-yan<sup>1</sup>, WU Gen-yi<sup>1,2</sup>, SU Wen-xing<sup>2</sup>, SHE Lei<sup>2</sup>, MA Xiao-rui<sup>2</sup>, LIU Wang-rong<sup>2\*</sup>, YUAN Jun-jie<sup>3</sup>

(1. College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. South China Institute of Environmental Sciences, Ministry of Ecology and Environment of the PRC, Guangzhou 510655, China; 3. College of Chemistry and Environment, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** With the rapid development of the livestock and poultry breeding industry in Huizhou, Guangdong Province, improper utilization of livestock and poultry fecal sewage may pollute cultivated land and even affect the drinking water source in the Dongjiang basin through surface runoff. In order to assess the carrying loads and risks of livestock and poultry fecal sewage in the cultivated land of Huizhou, this study collected the latest statistical yearbook data of livestock and poultry breeding in Huizhou and the second national survey of pollution sources. According to these data, the production and emissions of livestock and poultry fecal sewage and major pollutants (COD, NH<sub>3</sub>-N, TN, and TP) in 2018 were calculated using the method of the production and discharge coefficient. The cultivated land carrying loads and environmental risks of livestock and poultry fecal sewage, TN, and TP were then estimated and assessed based on the actual cultivated land area of each district (county). The results showed that in 2018, the quantity of poultry fecal sewage produced by livestock and poultry breeding in Huizhou was  $1.51 \times 10^6$  t with emissions reaching  $4.44 \times 10^5$  t, and the contribution proportion and its order for each livestock and poultry animal was pig (50.3%) > broiler (17.2%) > beef (14.3%) > layer (13.4%) > cow (4.8%). Moreover, the production and emissions of major pollutants totaled  $2.61 \times 10^8$  kg and  $7.66 \times 10^7$  kg, respectively. Among all the districts (counties), Boluo had the largest emission of fecal sewage because of its large scale livestock and poultry breeding, which accounted for 42.9%. The cultivated land carrying loads of

收稿日期: 2020-06-13 录用日期: 2020-10-09

作者简介: 宋江燕(1997—),女,湖南湘潭人,硕士研究生,从事农业面源污染防治政策与技术研究。E-mail: 3032899015@qq.com

\*通信作者: 柳王荣 E-mail: lwr179@126.com

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0501410); 广东省自然科学基金项目(2018A030310681)

Project supported: National Key R&D Program of China(2016YFD0501410); Natural Science Foundation of Guangdong Province of China(2018A030310681)

livestock and poultry fecal sewage, TN, and TP in Huizhou were  $7.69 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,  $65.38 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , and  $15.63 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , respectively. The alarm grading levels for poultry fecal sewage and TN were level I, whereas that for TP was level II, and the threats caused by them to the surrounding environment were small. Thus, the resource utilization of livestock and poultry waste needs to be strengthened continuously through balance planning for planting and breeding.

**Keywords:** Huizhou; livestock and poultry; breeding pollution; carrying load; cultivated land; risk assessment

近年来,畜禽养殖业快速发展,而大多数畜禽粪污并没有得到有效处理或资源化利用,直接或间接排入周边环境,对土壤、地表水甚至地下水造成污染,致使耕地土壤中重金属超标,引发较高的生态环境风险。刘洋<sup>[1]</sup>研究表明,畜禽粪便中含有的大量N、P等元素进入水体中后会促进藻类的生长,使水中溶解氧含量降低,导致水体富营养化;张丽君等<sup>[2]</sup>研究表明畜禽粪便中含有大量钾盐和钠盐,过量的钾和钠排放到农田中会导致土壤发生板结;据Liu等<sup>[3]</sup>估算,2017年我国通过畜禽粪便排入农田环境的重金属(Zn、Cu、Pb、Cd、Cr、Hg、As和Ni)总量为 $2.86\times 10^5 \text{ t}$ (干质量),其中猪粪贡献占比高达71.52%。因此,开展畜禽养殖污染耕地承载负荷估算及风险评价,对于科学规划种养规模和布局、合理推进畜禽粪污资源化利用、防止农田环境污染具有重要意义。

国内学者已经针对典型地区畜禽粪污耕地承载负荷开展了相关研究。易秀等<sup>[4]</sup>以陕西省为例,通过日排污系数法测算畜禽粪便负荷量,以市域尺度对陕西省畜禽养殖环境进行风险评价;张英等<sup>[5]</sup>为评估河南省畜禽养殖环境污染现状,利用日排污系数法等方法估算了河南省畜禽养殖粪尿负荷量,并评价了不同地区畜禽养殖现状的合理性及对环境的污染状况。以上研究均假定畜禽养殖粪污全部被耕地消纳,未考虑粪污综合利用率。根据国务院办公厅印发的《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》,到2020年,全国畜禽粪污综合利用率要达到75%以上<sup>[6]</sup>。惠州市2018年的粪污综合利用率低于75%,因此在进行畜禽养殖污染耕地承载负荷估算时必须考虑粪污综合利用率才能更为准确地反映当地实际情况。

本研究在全面分析惠州市各区(县)养殖现状的基础上,根据畜禽产污系数和粪污综合利用率估算了2018年惠州市各区(县)畜禽粪污及主要污染物(COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP)的产生量和排放量,根据各区(县)实际耕地面积估算粪污、TN和TP的耕地承载负荷,并进行风险评价,进而结合分析情况和估算结果针对性地提出对策建议,旨在为惠州市畜禽养殖和农业种植的科学规划、畜禽粪污的合理利用、畜禽养殖

污染的有效防治、东江水环境保护等工作提供科学依据,同时也为其他地区开展类似研究和有关工作提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

惠州市地处珠江三角洲,位于粤港澳大湾区东岸,下辖惠城区、惠阳区、惠东县、博罗县、龙门县以及大亚湾经济技术开发区和仲恺高新技术产业开发区(图1)。流经惠州市的东江,作为珠江三角洲地区重要的饮用水源,为惠州、东莞、广州、深圳和香港3000多万人口提供了必不可少的生产、生活和生态用水。惠州市畜牧业发达,其中博罗县为养殖大县。若区域内产生的畜禽粪污没有得到有效处理或资源化利用,将会对东江水环境造成较大威胁。近些年惠州市种养情况调整较大,各区(县)的畜禽养殖现状、畜禽粪污及其中污染物产排情况并不完全清楚。因此,有必要系统分析惠州市各区(县)畜禽养殖污染现状,并对各区(县)耕地承载负荷进行估算和风险评价。

### 1.2 数据来源

以惠州市惠城区、惠阳区、惠东县、博罗县、龙门县5个区(县)的生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡、肉鸡为研究对象,以各区(县)为基本单位,根据最新的相关统计数据(含第二次全国污染源普查数据),全面分析评估各区(县)畜禽养殖现状及其耕地承载负荷。依据2019年《广东农村统计年鉴》,大亚湾经济技术开发区和仲恺高新技术产业开发区分别并入惠阳区和惠城区统计。

惠州市各区(县)2018年末耕地面积,2018年生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡、肉鸡年末存栏数和年出栏数,均来源于2019年《广东农村统计年鉴》<sup>[7]</sup>和2019年《惠州统计年鉴》<sup>[8]</sup>(表1)。考虑到各区(县)全年的畜禽养殖量是动态变化的,畜禽年出栏量或年末存栏量都难以准确反映全年养殖量,故为了最大限度地反映畜禽粪污对生态环境的影响,选取年出栏量或年末存栏量中较大的一项作为全年养殖量。经比较后,选取了奶牛、肉牛、蛋鸡年末存栏量和生猪、肉鸡年出栏量进行后续估算。估算时采用的畜禽粪污产污系数及其



图1 惠州市地理位置

Figure 1 Location of Huizhou

表1 惠州市2018年畜禽养殖量及耕地面积

Table 1 Livestock and poultry feeding number and cultivated land area of Huizhou in 2018

区(县) Districts (Counties)	年出栏量 Annual slaughter		年末存栏量 Year-end stock				耕地面积 Cultivated land area/ hm <sup>2</sup>
	生猪/头 Pig/head	肉鸡/羽 Broiler/feather	奶牛/头 Cow/head	肉牛/头 Beef/head	蛋鸡/羽 Layer/feather		
惠城区	284 073	6 219 031	479	4 891	1 087 755	21 589.19	
惠阳区	62 895	2 231 648	0	2 440	489 596	14 223.75	
惠东县	383 807	6 028 206	0	15 458	858 411	33 691.18	
博罗县	568 500	19 018 051	2 066	12 565	1 862 594	49 820.70	
龙门县	79 729	3 046 291	2 955	1 897	133 681	19 322.39	
全市	1 379 004	36 543 227	5 500	37 251	4 432 037	138 647.21	

中主要污染物产污系数,来源于第二次全国污染源普查中南区畜禽养殖饲养期产污系数(广东省被划为中南区)。

### 1.3 计算方法

#### 1.3.1 畜禽粪污产生量和排放量估算

畜禽粪污产生量计算公式:

$$Q=N \times P \times f \tag{1}$$

式中: $Q$ 为畜禽粪污产生量,t; $N$ 为畜禽养殖量,头或羽; $P$ 为畜禽饲养期产污系数, $\text{kg} \cdot \text{头}^{-1}$ 或 $\text{kg} \cdot \text{羽}^{-1}$ ; $f$ 为单位转换因子,取值为 $10^{-3}$ 。

畜禽饲养期产污系数为畜禽在整个饲养期内产生的所有粪污量。由于第二次污染源普查将畜禽饲养期产污系数分为规模化和非规模化,因此所采用的畜禽饲养期产污系数根据惠州市各类畜禽规模化与

非规模化养殖量占比进行折算,见表2。

实际生产过程中,不是所有畜禽粪污都被综合利用,未利用的部分直接排入受纳环境或者进行其他处理。对惠州市第二次全国污染源普查结果进行统计分析,得出2018年惠州市畜禽粪污综合利用率为70.6%,具体如下:

$$E=Q \times (1-70.6\%) \tag{2}$$

表2 畜禽饲养期产污系数( $\text{kg} \cdot \text{头}^{-1}$ 或 $\text{kg} \cdot \text{羽}^{-1}$ )

Table 2 Pollutants coefficient during livestock feeding period ( $\text{kg} \cdot \text{head}^{-1}$  or  $\text{kg} \cdot \text{feather}^{-1}$ )

污染物 Pollutants	生猪 Pig	奶牛 Cow	肉牛 beef	蛋鸡 Layer	肉鸡 Broiler
粪便	183.9	9 129.3	3 818.7	45.6	7.1
尿液	366.5	4 211.8	1 970.6	—	—

式中： $E$ 为畜禽(生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡、肉鸡)粪污排放量， $t$ 。

### 1.3.2 畜禽养殖主要污染物产生量和排放量估算

畜禽粪污中的污染物主要有COD、 $NH_3-N$ 、TN和TP，畜禽粪污中各类污染物产生量估算公式如下：

$$W=N \times C \quad (3)$$

式中： $W$ 为畜禽粪污中污染物(COD、 $NH_3-N$ 、TN、TP)产生量， $kg$ ； $C$ 为畜禽粪污中某污染物的饲养期产污系数， $kg \cdot head^{-1}$ 或 $kg \cdot feather^{-1}$ 。由于第二次污染源普查将畜禽主要污染物饲养期产污系数分为规模化和非规模化，因此所采用的畜禽主要污染物饲养期产污系数根据惠州市各类畜禽规模化与非规模化养殖量占比进行折算，见表3。

同理，畜禽粪污排入接纳环境的污染物排放量也应扣除被综合利用的部分(70.6%)，具体估算公式如下：

$$V=W \times (1-70.6\%) \quad (4)$$

式中： $V$ 为畜禽(生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡、肉鸡)粪污主要污染物(COD、 $NH_3-N$ 、TN、TP)排放量， $kg$ 。

### 1.3.3 畜禽养殖污染耕地承载负荷评价

由于相关文献中只获得了耕地畜禽粪污、TN、TP最大理论承载量。故本研究只选择畜禽粪污、TN、TP为参照进行单位面积耕地承载负荷评价，估算公式如下：

$$L=Q \times 70.6\% / S; \text{ 或 } L=W \times 70.6\% / S \quad (5)$$

式中： $L$ 为畜禽污染物(粪污、TN、TP)耕地承载负荷， $t \cdot hm^{-2}$ 或 $kg \cdot hm^{-2}$ ； $S$ 为年末实际耕地面积， $hm^2$ 。

采用畜禽养殖污染负荷警报值评估研究区域内畜禽养殖污染对环境造成的压力以及潜在环境风险，估算公式如下：

$$R=L/M \quad (6)$$

表3 畜禽粪污中污染物饲养期产污系数( $kg \cdot head^{-1}$ 或 $kg \cdot feather^{-1}$ )  
Table 3 Pollutants coefficient in livestock manure during feeding period( $kg \cdot head^{-1}$  or  $kg \cdot feather^{-1}$ )

粪污 Fecal sewage	COD	TN	$NH_3-N$	TP
生猪粪	63.6	1.9	0.2	1.1
生猪尿	5.5	2.3	0.5	0.1
奶牛粪	1 691.1	31.9	0.1	15.8
奶牛尿	97.8	17.1	2.9	0.3
肉牛粪	955.4	15.3	3.0	3.9
肉牛尿	33.9	9.2	2.8	0.3
蛋鸡粪	8.6	0.5	0.3	0.1
肉鸡粪	1.7	0.1	0.001	0.02

式中： $R$ 为耕地负荷警报值，分级方法参考文献[9]，具体见表4； $M$ 为各类畜禽养殖污染最大理论承载量，参考文献[10]，本研究以 $30 t \cdot hm^{-2}$ 、 $170 kg \cdot hm^{-2}$ 、 $35 kg \cdot hm^{-2}$ 作为耕地对畜禽粪污及其中TN、TP的最大理论承载量。

表4 畜禽粪污及氮磷耕地承载负荷警报值分级

Table 4 Alarm value classification for the cultivated land carrying load of livestock and poultry fecal sewage, nitrogen and phosphorus

项目 Items	$\leq 0.4$	0.4~0.7	0.7~1.0	1.0~1.5	1.5~2.5	$\geq 2.5$
分级级别	I	II	III	IV	V	VI
对环境的威胁性	无	稍有	有	较严重	严重	很严重
潜在环境风险评价	无	低	中等	较高	高	极高

## 2 结果与讨论

### 2.1 惠州市畜禽养殖现状分析

根据统计数据(表1)可知，惠州市畜禽养殖量较大，主要养殖品种为生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡、肉鸡。2018年全市年出栏生猪 $1.38 \times 10^6$ 头，奶牛年末存栏量5 500头，肉牛年末存栏量 $3.73 \times 10^4$ 头，蛋鸡年末存栏 $4.43 \times 10^6$ 羽，年出栏肉鸡 $3.65 \times 10^7$ 羽。按照2018年农业部发布的《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》的相关系数(100头猪相当于15头奶牛、30头肉牛、2 500只家禽)<sup>[11]</sup>，将畜禽养殖量统一转化为猪当量以方便比较各区(县)、各畜禽的养殖情况，结果见图2。2018年全市养殖总量(猪当量)为 $3.18 \times 10^6$ 头，但各畜禽之间及各区(县)之间的养殖量分布差异较大。生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡、肉鸡对全市畜禽养殖总量的贡献占比分别为43.4%、1.1%、3.9%、5.6%、46.0%，可见，肉鸡养殖量最多，为 $1.46 \times 10^6$ 头猪当量；养殖量最少的是奶牛，为 $3.7 \times 10^4$ 头猪当量。从空间

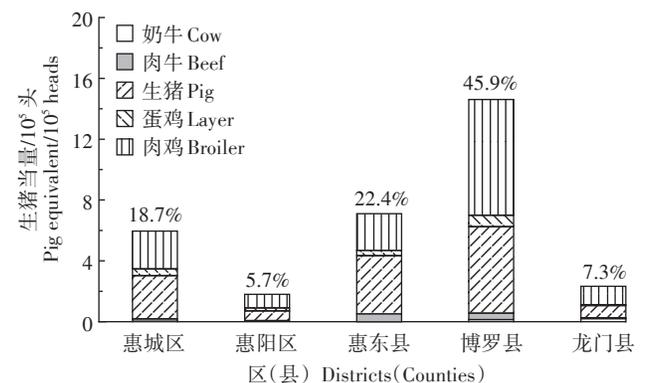


图2 惠州市各区(县)畜禽养殖量  
Figure 2 Feeding number of livestock and poultry in each district (county) of Huizhou

分布来看,博罗县畜禽养殖量最大,为 $1.46 \times 10^6$ 头猪当量,占全市的45.9%,是名副其实的养殖大县;惠东县和惠城区的畜禽养殖量居中,分别为 $7.11 \times 10^5$ 、 $5.96 \times 10^5$ 头猪当量,占全市的22.4%、18.7%;龙门县和惠阳区畜禽养殖量较少,分别占全市的7.3%和5.7%。一般情况下,各区(县)畜禽养殖情况主要与当地产业结构、生产习惯以及禁养区、限养区划定等密切相关。针对惠州市畜禽养殖空间分布不平衡的现状,应建立总体协调机制,合理规划惠州市各区(县)禁养区、限养区和适养区,鼓励大规模的现代化畜禽养殖,控制小规模畜禽养殖场的养殖量,同时加大资金投入帮助小规模畜禽养殖场完成转型升级。

### 2.2 惠州市畜禽粪污产生量和排放量

根据2018年惠州市各类畜禽的养殖量、饲养期产污系数和粪污综合利用率,估算出惠州市2018年畜禽粪污产生量和排放量,结果分别见图3和表5。由于统一采用70.6%作为畜禽粪污综合利用率,故各区(县)、各畜禽对全市畜禽粪污产生量与排放量的贡献排序及其占比是相同的。2018年惠州市全市畜禽粪污产生量达 $1.51 \times 10^6$  t,排放量达 $4.44 \times 10^5$  t,各区(县)畜禽粪污产生量和排放量分布差异较大,贡献占比排序依次为博罗县(41.9%)>惠东县(25.3%)>惠城区(18.9%)>龙门县(8.1%)>惠阳区(5.8%)。博罗县作为养殖大县,畜禽粪污排放量最大,为 $1.86 \times 10^5$  t;惠阳区排放量最小,为 $2.56 \times 10^4$  t。不同畜禽之间粪污产生量和排放量差异较大,贡献率依次为生猪(50.3%)>肉鸡(17.2%)>肉牛(14.3%)>蛋鸡(13.4%)>奶牛(4.8%),生猪的粪尿排放量最大,为 $2.23 \times 10^5$  t;奶牛的粪尿排放量最小,为 $2.16 \times 10^4$  t。为了减少惠州市畜禽粪污排放量,应减少化肥使用,加强对畜禽粪污处理及资源化利用的研究及工程示范,探索出适合惠州市畜禽养殖特点的粪污处理处置模式,使畜禽

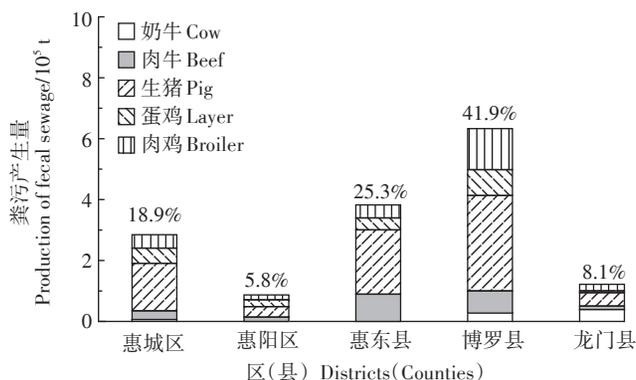


图3 惠州市各区(县)畜禽粪污产生量

Figure 3 Production of livestock and poultry fecal sewage in each district(county) of Huizhou

粪污得到有效的处理及合理的资源化利用,既增加了土壤肥力,有效提高农作物产量,也能提高畜禽粪污经济效益,降低粪污资源化利用成本,减少畜禽粪污对生态环境的污染。

### 2.3 惠州市畜禽养殖污染物产生量和排放量

根据表1 畜禽养殖量和表3 畜禽粪污主要污染物饲养期产污系数,计算得出2018年惠州市畜禽养殖污染物产生量及排放量,结果分别见图4和表6。2018年惠州市畜禽养殖4种主要污染物(COD、NH<sub>3</sub>-N、TN和TP)的产生量为 $2.61 \times 10^8$  kg,各区(县)贡献占比排序依次为博罗县(42.9%)>惠东县(24.4%)>惠城区(18.8%)>龙门县(7.8%)>惠阳区(6.1%);养殖大县博罗县的畜禽养殖污染物产生量和排放量均最大,分别为 $1.12 \times 10^8$  kg和 $3.29 \times 10^7$  kg。全市畜禽养殖4种污染物排放量为 $7.66 \times 10^7$  kg,其中COD排放占比为92.9%,而TN、NH<sub>3</sub>-N和TP排放量占比较低。可见,各类畜禽粪污中有机污染物含量较高,产生和排放的COD负荷较大,为畜禽粪污中的主要污染因子,假如处理利用不当,可能会造成周边农田土壤和水环境污染。而惠州市降水多,河流众多,畜禽污染物可能已

表5 2018年惠州市各区(县)畜禽粪污排放量(10<sup>3</sup> t)

Table 5 Emission of livestock and poultry fecal sewage in each district(county) of Huizhou in 2018(10<sup>3</sup> t)

区(县) Districts(Counties)	猪 Pig		奶牛 Cow		肉牛 Beef		蛋鸡粪 Layer manure	肉鸡粪 Broiler manure	总量 Total
	粪 Manure	尿 Urine	粪 Manure	尿 Urine	粪 Manure	尿 Urine			
惠城区	15.36	30.61	1.28	0.59	5.49	2.83	14.58	12.98	83.72
惠阳区	3.40	6.78	0	0	2.74	1.41	6.57	4.66	25.56
惠东县	20.75	41.36	0	0	17.35	8.96	11.51	12.58	112.51
博罗县	30.74	61.26	5.54	2.56	14.11	7.28	24.97	39.70	186.16
龙门县	4.31	8.59	7.93	3.66	2.13	1.10	1.79	6.36	35.87
全市	74.56	148.59	14.75	6.81	41.82	21.58	59.42	76.28	443.81
贡献占比/%	50.3		4.8		14.3		13.4	17.2	100

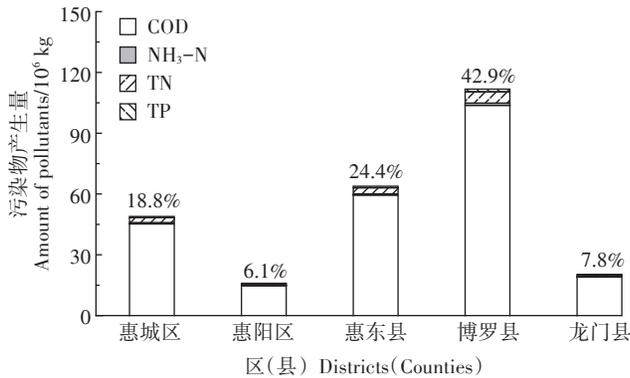


图4 惠州市各区(县)畜禽污染物产生量

Figure 4 The production amount of livestock and poultry pollutants in each district(county) of Huizhou

表6 2018年惠州市畜禽养殖污染物排放量(10<sup>6</sup> kg)

Table 6 Emissions amount of pollutants from livestock and poultry breeding in Huizhou in 2018(10<sup>6</sup> kg)

区(县) Districts(Counties)	COD	TN	NH <sub>3</sub> -N	TP	总量 Total
惠城区	13.30	0.74	0.16	0.18	14.38
惠阳区	4.34	0.23	0.06	0.05	4.68
惠东县	17.48	0.89	0.18	0.21	18.76
博罗县	30.51	1.66	0.31	0.39	32.87
龙门县	5.59	0.26	0.04	0.07	5.96
全市	71.22	3.78	0.75	0.90	76.65
贡献占比/%	92.9	4.9	1.0	1.2	100

经对境内的珠江水系造成了一定的污染,亟需加强畜禽粪污处理及资源化利用监管,建立健全畜禽养殖污染防治有关奖惩制度。对于规模畜禽养殖场,必须严格遵守环境影响评价制度、“三同时”制度、排污收费制度等环保制度;对于积极响应国家政策、配套粪污处理设备、合理进行粪污资源化利用的畜禽养殖场,应给予一定的资金补贴;对于偷排乱排养殖场,给予相应资金处罚,督促养殖场配套资源化利用设施,情节严重的养殖场应予以关停或者拆除。

#### 2.4 惠州市畜禽养殖污染耕地承载负荷评价

目前,还田利用是畜禽粪污的主要处理方式之一,耕地是承载畜禽粪污的主要接纳场所。耕地环境具有一定的自净能力,可消纳一定负荷的畜禽粪污,耕地承载负荷这一指标可以直接反映区域耕地对畜禽养殖污染的消纳能力。为了科学评估惠州市耕地对畜禽粪污的消纳能力以及养殖污染对周边环境造成的影响,本研究估算了2018年惠州市各区(县)耕地对畜禽粪污、TN和TP的承载负荷,并根据相应的警报值进行环境风险评价,结果见表7和图5。

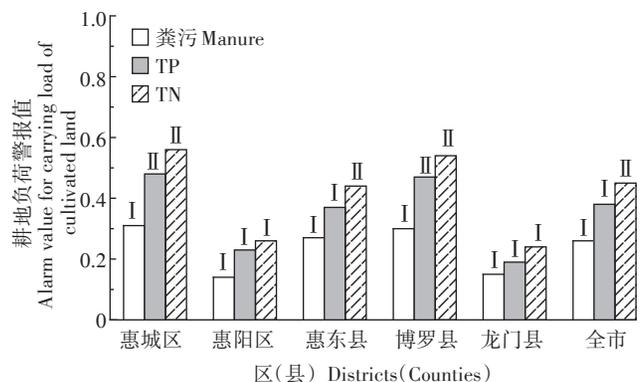
从畜禽粪污来看,全市畜禽粪污耕地承载负荷为7.69 t·hm<sup>-2</sup>,警报值为0.26,属于I级,对周边环境无威胁。其中惠城区的畜禽粪污耕地承载负荷最高,为9.31 t·hm<sup>-2</sup>,博罗县次之,为8.97 t·hm<sup>-2</sup>,但所有区(县)的畜禽粪污警报级别均为I级,无潜在环境风险。对于TN来说,全市TN耕地承载负荷为65.38 kg·hm<sup>-2</sup>,警报值为0.38,属于I级,对周边环境暂无威胁。而惠城区和博罗县TN耕地承载负荷较高,警报级别为II级,对周围环境稍有威胁。对于TP来说,全市TP耕地承载负荷为15.63 kg·hm<sup>-2</sup>,警报级别属于II级,潜在环境风险低,对周边环境稍有威胁。除了惠阳区和龙门县,其余三个区(县)的TP承载负荷较高(15.30~19.62 kg·hm<sup>-2</sup>),警报级别均为II级,潜在环境风险低,对环境稍有威胁。

综上,目前惠州市畜禽粪污及主要污染物排放量较小,粪污、TN、TP耕地承载负荷较低,对周围环境威胁小,潜在环境风险低。与其他区(县)相比,博罗县、

表7 惠州市畜禽养殖污染耕地承载负荷

Table 7 Carrying load of cultivated land for livestock and poultry breeding in Huizhou

区(县) Districts(Counties)	粪污 Manure/(t·hm <sup>-2</sup> )	TN/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	TP/ (kg·hm <sup>-2</sup> )
惠城区	9.31	81.75	19.62
惠阳区	4.31	39.21	8.93
惠东县	8.02	63.28	15.30
博罗县	8.97	79.78	18.85
龙门县	4.46	32.88	8.40
全市	7.69	65.38	15.63



柱状图正上方的罗马数字代表警报值分级级别

Roman numerals above the histogram represents the grading level

图5 惠州畜禽养殖污染环境风险评价

Figure 5 Environmental risk assessment for the pollution of livestock and poultry breeding in Huizhou

惠城区耕地承载负荷较高,是因为近年来深圳市、东莞市以及惠阳区部分养殖场迁入。而全市耕地承载负荷并不高,这与全市开展禁养区划定、拆除不合格养殖场,同时严格要求畜禽业配套环保措施有关。从长远来看,惠州市应制定全市养殖业和种植业发展规划,实现区域种养平衡,并根据各区(县)对畜禽粪污的最大土地消纳能力,合理地调整各区(县)畜禽养殖规模和作物种植面积。对于耕地承载负荷较高的区域,应减少畜禽养殖量,扩大作物种植面积,加强粪污资源化利用,实现区域种植业和养殖业在空间上和时间内有机结合、平衡发展,防止畜禽粪污对当地生态环境造成污染和破坏,保障东江饮用水安全。

### 3 结论

(1)2018年惠州全市养殖总量(猪当量)为 $3.18 \times 10^6$ 头,各区(县)占比排序为博罗县(45.9%)>惠东县(22.4%)>惠城区(18.7%)>龙门县(7.3%)>惠阳区(5.7%)。

(2)2018年惠州市畜禽粪污产生量达 $1.51 \times 10^6$  t,排放量达 $4.44 \times 10^5$  t,各畜禽贡献占比排序为生猪(50.3%)>肉鸡(17.2%)>肉牛(14.3%)>蛋鸡(13.4%)>奶牛(4.8%)。

(3)2018年惠州市畜禽养殖污染物产生量为 $2.61 \times 10^8$  kg,排放量 $7.66 \times 10^7$  kg,各污染物贡献占比排序为COD(92.9%)>TN(4.9%)>TP(1.2%)>NH<sub>3</sub>-N(1.0%)。

(4)2018年惠州市畜禽粪污和TN耕地承载负荷分别为 $7.69 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $65.38 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,警报级别均为I级,对周围环境无威胁;而TP耕地承载负荷为 $15.63 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,警报级别为II级,对周边环境稍有威胁。

(5)综合畜禽粪污、TP、TN耕地承载负荷情况,目前惠州市畜禽养殖量对周围耕地环境压力较小,可以通过制定种养平衡规划提升畜禽粪污资源化利用水平。

#### 参考文献:

[1] 刘洋. 养殖业对环境的污染及治理对策[J]. 畜牧兽医学(电子版), 2020(8):50-51. LIU Yang. Pollution of aquaculture to environment and countermeasures[J]. *Grazing Veterinary Sciences (Electronic Version)*, 2020(8):50-51.

[2] 张丽君, 张春柳, 刘孝刚. 农村畜禽养殖业对环境的污染及治理对策[J]. 中国畜禽种业, 2019, 15(4):9-10. ZHANG Li-jun, ZHANG Chun-liu, LIU Xiao-gang. Environmental pollution of rural livestock and poultry breeding and countermeasures for treatment[J]. *The Chi-*

*nese Livestock and Poultry Breeding*, 2019, 15(4):9-10.

[3] Liu W R, Zeng D, She L, et al. Comparisons of pollution characteristics, emission situations, and mass loads for heavy metals in the manures of different livestock and poultry in China[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 734:139023.

[4] 易秀, 叶凌枫, 刘意竹, 等. 陕西省畜禽粪便负荷量估算及环境承受程度风险评价[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(3):205-210. YI Xiu, YE Ling-feng, LIU Yi-zhu, et al. Estimations of livestock manure load and risk assessment of environmental tolerance in Shaanxi Province[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2015, 33(3):205-210.

[5] 张英, 武淑霞, 刘宏斌, 等. 基于种养平衡的河南省畜禽养殖分析及其环境污染风险研究[J]. 中国土壤与肥料, 2019(4):24-30, 52. ZHANG Ying, WU Shu-xia, LIU Hong-bin, et al. Analysis on rationality and pollution of livestock industry in Henan Province based on balance between crop-planting and livestock-raising[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2019(4):24-30, 52.

[6] 国务院办公厅. 关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见[EB/OL]. (2017-06-12)[2020-06-13]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-06/12/content\\_5201790.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-06/12/content_5201790.htm). The General Office of the State Council. Opinions on accelerating the utilization of livestock and poultry wastes[EB/OL]. (2017-06-12)[2020-06-13]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-06/12/content\\_5201790.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-06/12/content_5201790.htm).

[7] 广东农村统计年鉴编辑委员会. 广东农村统计年鉴2019[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019:27, 283-288. Guangdong Rural Statistical Yearbook Editorial Committee. Guangdong statistical yearbook on agriculture 2019[M]. Beijing: China Statistics Press, 2019:27, 283-288.

[8] 惠州市统计局, 国家统计局惠州调查队. 惠州统计年鉴2019[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019:290. Huizhou Bureau of Statistics, Huizhou Investigation Team of the National Bureau of Statistics. Huizhou statistical yearbook 2019[M]. Beijing: China Statistics Press, 2019:290.

[9] 沈根祥, 汪雅谷, 袁大伟. 上海市郊农田畜禽粪便负荷量及其警报与分级[J]. 上海农业学报, 1994(S1):6-11. SHEN Gen-xiang, WANG Ya-gu, YUAN Da-wei. Loading amounts of animal feces and their alarming values and classification grades in Shanghai suburbs[J]. *Acta Agriculturae Shanghai*, 1994(S1):6-11.

[10] 吴永胜, 孙越鸿, 杨雪, 等. 基于种养平衡的成都市畜禽养殖环境效应分析[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(1):195-203. WU Yong-sheng, SUN Yue-hong, YANG Xue, et al. Analysis of environmental effect of livestock and poultry breeding based on planting-breeding balance in Chengdu[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2018, 39(1):195-203.

[11] 农业部办公厅. 农业部办公厅关于印发《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》的通知[EB/OL]. (2018-01-15)[2020-06-13]. [http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg\\_1/tfw/201801/t20180122\\_6135486.htm](http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/tfw/201801/t20180122_6135486.htm). General Office of the Ministry of Agriculture. Notice of the General Office of the Ministry of Agriculture on Issuing the *Technical Guidelines for the Calculation of Land Carrying Capacity of Livestock and Poultry Manure*[EB/OL]. (2018-01-15)[2020-06-13]. [http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg\\_1/tfw/201801/t20180122\\_6135486.htm](http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/tfw/201801/t20180122_6135486.htm).