

湖北省畜牧业温室气体排放潜力

郭 娇¹ 刘 婕¹ 张妮娅^{1,2} 孙铝辉^{1,2} 胡荣桂³ 齐德生^{1,2}

1.华中农业大学动物科技学院,武汉 430070;

2.生猪健康养殖协同创新中心,武汉 430070; 3.华中农业大学资源与环境学院,武汉 430070

摘要 根据湖北省2007—2014年畜禽饲养量,按照《省级温室气体清单编制指南(试行)》要求,评估了湖北省2007—2014年畜禽养殖过程中的温室气体(GHG)排放潜力,并比较了2010年湖北省各地市的温室气体排放潜力以及各畜禽肠道甲烷(CH₄)、粪便CH₄、粪便氧化亚氮(N₂O)的排放状况。结果表明:(1)2007—2014年湖北省温室气体排放潜力总体呈现上升趋势,2014年达1 535.01万t CO₂-eq,增幅11.50%;(2)2010年湖北省襄阳、孝感、黄冈和恩施的畜牧业温室气体排放潜力最大,占全省的58.81%;(3)非奶牛、水牛对肠道CH₄排放的贡献率最大,分别为43%、31%;猪是粪便CH₄和N₂O排放的主要来源,分别占粪便CH₄和N₂O排放潜力的83%和39%。因此,湖北省各地区应在保证畜牧业持续发展的同时,积极采取温室气体减排措施;针对不同畜禽种类、不同地理区域,应当有的放矢,因地制宜。

关键词 湖北省; 畜牧业; 温室气体; 评估; 减排

中图分类号 S 811 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2017)02-0078-06

20世纪80年代以来,随着养殖业的不断发展与壮大,由畜禽产生的废气和粪污相应增加,对周边环境造成的污染问题也日益突出。在全球面临的十大环境问题中,全球气候变暖早已成为人类关注的焦点。畜牧业作为温室气体排放的重要来源,已占到全球温室气体排放总量的14.5%^[1]。我国作为养殖业大国,由此带来的环境问题非常严峻。国务院发布《“十二五”控制温室气体排放工作方案》,将控制温室气体排放作为“十二五”规划的重要任务之一。第21届联合国气候变化大会中中方承诺在2030年左右碳排放达到峰值。因此,如何评估某地区的温室气体排放潜力,成为首要解决的问题之一。

笔者以湖北省为例,根据《省级温室气体清单编制指南(试行)》^[2]的方法,对2007—2014年湖北省温室气体排放潜力进行了评估,并对2010年湖北省的温室气体排放情况做了具体分析,以期对未来评估中国畜牧业温室气体的排放潜力提供参考,也为寻求畜牧业温室气体的减排措施提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 活动水平数据的确定

湖北省以及湖北省各地市的动物肠道CH₄排放、粪便CH₄和N₂O排放计算的活动水平数据为各类型动物存栏量(家禽为出栏量),主要从《湖北农村统计年鉴》^[3]和国家数据网站^[4]中获取(表1,表2)。其中,湖北省各地市的山羊、绵羊年末存栏量由于无统计资料追寻,故未列入计算。

1.2 畜禽肠道甲烷及粪便甲烷和氧化亚氮排放潜力计算

畜禽肠道CH₄及粪便CH₄和N₂O排放潜力的计算公式参见《省级温室气体清单编制指南(试行)》^[2]。其中,肠道CH₄排放因子取各饲养模式下的平均值,粪便CH₄和N₂O排放因子采用中南地区的排放因子,具体如表3。

1.3 畜禽温室气体排放潜力计算

畜牧业温室气体排放潜力以CO₂-eq计,CH₄和N₂O在100 a时间尺度上的增温潜势分别为CO₂的28和265倍^[5],故畜牧业温室气体排放潜力计算方

收稿日期: 2016-03-28

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201303145); 中国清洁发展机制基金项目

郭 娇,硕士研究生,研究方向:饲料安全与环境卫生. E-mail: guojiao1991@sina.com

通信作者: 齐德生,博士,教授,研究方向:饲料安全与环境卫生. E-mail: qds@mail.hzau.edu.cn

表 1 2007—2014 年湖北省畜禽饲养量

Table 1 The amount of animal husbandry in Hubei Province from 2007 to 2014

头(只)

年份 Year	奶牛 Dairy cow	非奶牛 Non-dairy cattle	水牛 Buffalo	山羊 Goat	绵羊 Sheep	马 Horse	驴 Donkey	骡 Mule	家禽($\times 10^4$) Poultry	猪($\times 10^4$) Pig
2007	69 717	1 699 285	1 368 598	3 042 200	6 500	10 900	3 600	1 700	36 018.9	2 290.58
2008	74 216	1 808 956	1 456 927	3 758 000	4 100	9 700	4 900	1 600	39 548.8	2 462.40
2009	70 548	1 719 540	1 384 912	3 937 024	5 976	9 744	4 895	1 674	43 551.1	2 462.40
2010	58 594	2 143 364	1 138 142	4 126 929	5 371	9 110	5 237	1 153	46 665	2 546.10
2011	49 654	1 907 742	1 302 604	4 012 332	4 668	9 211	4 602	1 612	45 885.14	2 476.10
2012	62 559	2 803 162	470 684	4 345 108	5 506	7 487	3 622	1 081	49 866.4	2 543.70
2013	64 515	2 890 788	485 397	4 627 500	1 500	6 100	4 100	1 800	498 66.4	2 566.07
2014	67 447	3 043 592	413 461	4 697 300	1 600	5 900	2 600	700	52 210.1	2 550.67

表 2 2010 年湖北省各市区畜禽饲养量

Table 2 The amount of animal husbandry in different Hubei cities in 2010

头(只)

地区 Area	奶牛 Dairy cow	非奶牛 Non-dairy cattle	水牛 Buffalo	马 Horse	驴 Donkey	骡 Mule	家禽($\times 10^4$) Poultry	猪($\times 10^4$) Pig
武汉 Wuhan	14 315	68 489	126 144		386		4 763.04	170.93
黄石 Huangshi	240	33 203	44 673	109			1 968.13	72.22
十堰 Shiyan		255 435	6 599	352	2 391	23	1 669.6	152.35
荆州 Jingzhou	85	44 871	141 116	1 966	354	126	5 947.12	288.46
宜昌 Yichang	3 393	93 092	56 044	124	7	6	2 884.48	406.91
襄阳 Xiangyang	11 131	683 938	261 854	77	75	1	7 255.15	420.08
鄂州 Ezhou	39	8 073	26 075				1 215.72	62.10
荆门 Jingmen	2 010	48 347	156 769	1 055	268	12	3 903.76	229.54
孝感 Xiaogan	1 462	185 253	250 349	1 287	1 309	26	9 784.39	240.22
随州 Suizhou	827	55 225	161 011	26	15		2 367.68	118.72
黄冈 Huanggang	19 382	515 433	211 459		280		3 891.06	311.22
咸宁 Xianning	4 612	42 443	73 959	179			3 388.62	133.88
恩施 Enshi	382	241 153	89 681	2 598	28	910	868.67	390.57
仙桃 Xiantao	423	4 521	27 289	113	70	2	825.70	64.71
天门 Tianmen	262	26 520	34 070	1 157	50	20	1 126.12	60.09
潜江 Qianjiang	37	18 129	21 050	17	3	3	1 422.36	46.59
神农架林区 Shennongjia		8 750			1	27	27.43	4.72

法为：

$$E_{\text{总}} = (E_{\text{肠道CH}_4} + E_{\text{粪便CH}_4}) \times 28 + E_{\text{粪便N}_2\text{O}} \times 265 \quad (3)$$

式中, $E_{\text{总}}$ 为当年畜牧业温室气体排放潜力, 万 t CO₂-eq; $E_{\text{肠道CH}_4}$ 为畜禽肠道 CH₄ 排放潜力, 万 t/a;

$E_{\text{粪便CH}_4}$ 为畜禽粪便 CH₄ 排放潜力, 万 t/a; $E_{\text{粪便N}_2\text{O}}$ 为畜禽粪便 N₂O 排放潜力, 万 t/a。

2 结果与分析

2.1 2007—2014 年湖北省温室气体排放潜力

2007—2014 年湖北省温室气体排放情况见表 4。由表 4 可知, 2007—2014 年湖北省温室气体排放潜力呈上升趋势, 由 1 376.63 万 t CO₂-eq 增加到 1 535.01 万 t CO₂-eq, 增幅 11.50%; 肠道 CH₄ 排放

潜力虽有所波动,但基本维持上升趋势,粪便 CH₄ 和粪便 N₂O 排放呈现上升趋势。由结果可知,肠道 CH₄ 的排放是畜禽养殖过程中温室气体的一大来源,占畜禽温室气体排放潜力的 47%~50%,主要来源于反刍动物,特别是奶牛和山羊、绵羊的肠道 CH₄ 排放因子最大。2007—2014 年,湖北省奶牛、非奶牛、山羊的饲养量逐年升高,但水牛和绵羊的饲养量呈波动性下降趋势,最终使得肠道 CH₄ 排放潜

力有所波动,2014 年最高,达 26.36 万 t CO₂-eq, 2007 年最低,为 24.28 万 t CO₂-eq,随后在 25.13~26.33 万 t CO₂-eq 之间波动。而粪便 CH₄ 和 N₂O 排放潜力逐年升高主要是由于 2007—2014 年湖北省畜禽饲养量增加的缘故,特别是猪和家禽的饲养量快速增加(前者增幅 11.35%,后者为 44.95%),使排粪总量明显增加,最终导致粪便管理 CH₄ 和 N₂O 排放潜力逐年上升。

表 3 各畜禽温室气体排放因子

Table 3 Greenhouse gas emission factors from livestock

kg/(头·a)

项目 Item	奶牛 Dairy cow	非奶牛 Non-dairy cattle	水牛 Buffalo	绵羊 Sheep	山羊 Goat	猪 Pig	家禽 Poultry	马 Horse	驴/骡 Donkey/Mule
肠道 CH ₄ 排放因子 CH ₄ emission factors from gastrointestinal	88.1	52.9	70.5	8.2	8.9	1	0	18	10
粪便 CH ₄ 排放因子 CH ₄ emission factors from manure	8.45	4.72	8.24	0.34	0.31	5.85	0.02	1.64	0.90
粪便 N ₂ O 排放因子 N ₂ O emission factors from manure	1.71	0.805	0.86	0.106	0.106	0.157	0.007	0.33	0.188

表 4 2007—2014 年湖北省温室气体排放潜力

Table 4 The potential of greenhouse gas emissions in Hubei potential from 2007 to 2014

万 t

年份 Year	肠道 CH ₄ 排放 CH ₄ emissions from gastrointestinal	粪便 CH ₄ 排放 CH ₄ emissions from manure	粪便 N ₂ O 排放 N ₂ O emissions from manure	GHG 排放潜力 (CO ₂ -eq) Total emissions
2007	24.28	16.21	0.92	1 376.63
2008	26.33	17.43	0.99	1 488.40
2009	25.56	17.90	1.02	1 487.77
2010	26.05	17.55	1.05	1 497.84
2011	25.84	17.88	1.04	1 500.11
2012	25.13	17.78	1.08	1 486.48
2013	25.99	17.97	1.09	1 519.74
2014	26.36	17.95	1.11	1 535.01

2.2 2010 年湖北省各地区温室气体排放情况

如图 1 所示,2010 年襄阳、孝感、黄冈和恩施温室气体排放潜力最大,分别占 2010 年湖北省温室气体排放潜力的 20.66%、11.75%、15.69%、10.70%,共占全省排放潜力的 58.81%。这 4 个市(州)为湖北省主要的畜禽养殖基地,生猪饲养量占全省饲养量的 55.05%,家禽出栏量占 55.01%,牛、羊饲养量也处于领先地位,故由此引发的温室气体排放问题也尤为突出。

2.3 2010 年湖北省各畜禽温室气体排放情况

比较 2010 年湖北省各畜禽的肠道 CH₄、粪便

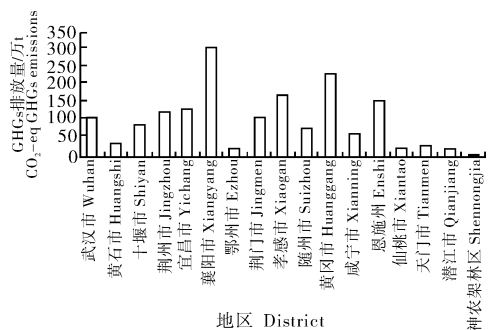
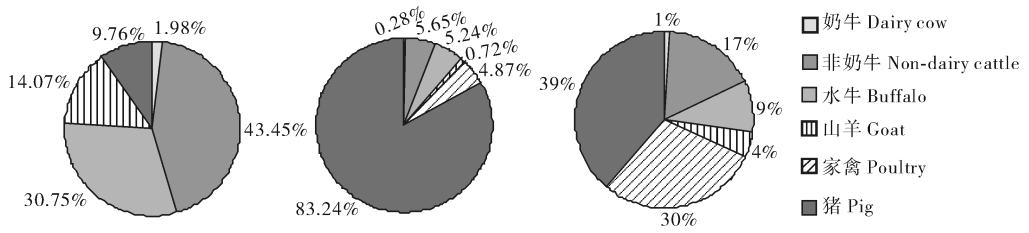


图 1 2010 年湖北省各地区温室气体排放潜力
Fig.1 The potential of greenhouse gas emissions from different Hubei cities in 2010

CH₄和粪便 N₂O 排放潜力,如图 2。2010 年湖北省 畜禽肠道 CH₄排放潜力为 26.05 万 t,其中非奶牛排 放潜力最大,占 43%,其次为水牛,占 31%;虽然猪

的饲养量远高于非奶牛、水牛,但由于猪的肠道 CH₄排放因子远小于牛,因此,猪对肠道 CH₄排放 潜力的贡献不大,仅占 10%;马、驴、骡的饲养量较



A. 肠道 CH₄ CH₄ emission from gastrointestinal; B. 粪便 CH₄ CH₄ emission from manure; C. 粪便 N₂O N₂O emission from manure.

图 2 各畜禽肠道 CH₄、粪便 CH₄、粪便 N₂O 排放情况

Fig.2 The patterns of greenhouse gas emissions from different animals

少,其肠道 CH₄排放基本忽略不计。

2010 年湖北省畜禽粪便 CH₄排放潜力为 17.55 万 t,与肠道 CH₄排放情况不同,猪的排放潜力最大,占 83%。虽然猪的粪便 CH₄排放因子比牛低约 30%,但猪的饲养量远大于牛,排粪量巨大,其粪便 CH₄排放贡献最大。其他畜禽,除非奶牛、水牛和家禽外,其粪便 CH₄排放基本忽略不计。

2010 年湖北省畜禽粪便 N₂O 排放潜力为 1.05 万 t。与粪便 CH₄排放情况相比,虽然猪排放潜力仍位居第一,但仅占 39%;尽管家禽的粪便 N₂O 排放因子只有 0.007 kg/(头·a),但由于家禽饲养量巨大,对粪便 N₂O 排放的贡献位居第二,占 30%;牛(奶牛、非奶牛和水牛)的饲养量虽然远不及猪和家禽,但其粪便 N₂O 排放因子约为猪的 5~10 倍,排放潜力占粪便 N₂O 排放的 27%,因此也不容忽视。

3 讨 论

3.1 温室气体排放的影响因素

排放因子是决定温室气体排放的主要因素之一。2006 年政府间气候变化专门委员会(简称 IPCC)发布的《2006 年 IPCC 国家温室气体排放清单指南》^[6](简称《2006 年 IPCC 指南》)详细描述了畜牧生产中温室气体排放潜力的计算方法。我国 2011 年颁布的《省级温室气体清单指南(试行)》^[2]确立了我国各畜禽的温室气体排放因子。但排放因子受多种因素的影响,畜禽种类、生长阶段、环境状况、粪便成分及管理方式等,不确定性很大。因此,

实测各因素组合条件下的温室气体排放因子,是减小不确定性的根本方法。

畜禽饲养量直接关系到畜牧业温室气体的排放潜力,与排放潜力成正比。湖北省作为中部地区主要的畜禽养殖基地,每年的畜禽出栏量在全国名列前茅,在带动全省经济发展的同时也带来了许多环境问题。同时,湖北省畜禽养殖的规模化集约化程度仍待提高,这样不仅有利于减少生产用地、节约人力、物力、财力,还能降低由畜禽粪污带来的水体和空气污染。

3.2 畜牧业温室气体的减排措施

温室气体的减排措施研究目前已备受重视。2011 年提出的湖北省“十二五”规划以及 2013 年颁布的《湖北省低碳发展规划(2011—2015)》均对畜牧业发展提供了准确的目标与路线。继续推进传统畜牧业向现代畜牧业的转型,发展标准化适度规模养殖模式,实现科学饲养、集约经营;推广生态养殖模式,设置废水粪污无害化处理系统,促进循环经济的发展。

1) 肠道甲烷减排。肠道 CH₄的排放是畜牧业温室气体排放的一大来源。反刍动物经瘤胃发酵产生的 CH₄约 94%,其余来自后肠发酵,而单胃动物则主要来自后肠。因此,调控反刍动物瘤胃微生物的活性是减少肠道 CH₄排放的重要途径。提倡精准饲养;改善饲料品质,提高消化率;适当的精粗比(50:50 较适宜)^[7];饲料添加剂如大蒜素、茶皂素、皂苷^[8]以及丝兰提取物^[9]、番石榴叶子提取物^[10]等植物提取物,地衣芽孢杆菌、热带假丝酵母等微生态

制剂^[11],莫能菌素、盐霉素等抗菌素^[12]均能减少肠道 CH₄ 的排放。

2) 粪便甲烷和氧化亚氮减排。粪便中的有机物经厌氧发酵产生 CH₄, 影响 CH₄ 产生的因素除氧气浓度外, 底物 C/N、温度等均有影响。因此, 提倡干清粪而非水泡粪、水冲清粪^[13]; 提倡固液分离, 固体粪污经好氧堆肥生产有机肥; 推广沼气生产等措施是减少粪便 CH₄ 排放的可行途径^[14]。N₂O 是一种增温潜势非常大的温室气体, 为 CO₂ 的 265 倍^[5], 并能引发臭氧层的消耗。为减少堆肥过程 N₂O 的排放, 提倡在保证氧气充足的条件下, 适当减少翻堆频率; 在满足微生物生长的条件下, 适当降低底物的 C/N, 严格控制含水率; 在保证堆体温度达到堆肥要求的条件下, 尽量减小堆体体积, 增大粪便内部孔隙度, 从而使粪便 N₂O 的排放有所降低^[15]。

3) 发展循环农业, 实现低碳养殖。发展循环农业是实现温室气体减排, 创造低碳农业的重要途径。循环农业通过对农业生态经济系统的优化设计与管理, 实现了农业系统光热等自然资源和可再生资源的高效利用, 最大限度地减少污染物的排放, 是农业应对节能减排和促进低碳农业发展的重要途径^[16]。依据低碳经济、循环农业的思想, 在畜牧养殖中, 总结出温室气体减排的措施有以下几点: 一是倡导精准饲养。要求综合畜禽品种、生长阶段、生长发育繁殖、生产性能、疾病状态、环境管理等因素精确设计饲料配方, 使畜禽达到最佳生产性能, 又不致产生能量与蛋白质等营养物质的浪费。这样既能节省资源, 又能实现废弃物的减排。二是提倡废物饲料化。经粉碎、氨化、青贮等处理后的秸秆可作为反刍动物的粗饲料; 含氮量较为丰富的鸡粪经加工处理后可作为鱼等水生动物的饲料。三是大力发展沼气工程。将农户生活垃圾以及畜禽粪污经厌氧发酵生产沼气, 既可以减少畜禽固体废弃物的排放, 减少环境污染, 又可生产沼气燃料, 实现废物资源化。四是优化有机肥生产条件, 增加有机肥在种植业中的使用比例。严格把握堆肥各项参数, 包括水分、C/N、通风强度、孔隙度以及接种菌株等, 既保证堆肥效果, 又可减少堆肥过程中产生的大量温室气体。目前较为提倡的生态养殖模式, 即将种养结合, 构成天然的有机生态系统, 产生的畜禽废弃物可作为有

机肥还田供农作物利用, 达到高效、低能、低排放的效果。

综上所述, 为实现畜牧业温室气体的减排, 应结合各方面因素, 种养结合, 综合考虑, 以达到既快速又环境友好地发展。

参 考 文 献

- [1] HENNING S. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities [R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.
- [2] 国家发改委应对气候变化司. 省级温室气体清单编制指南(试行)[Z]. [2011] 1041 号. 北京: 国家发改委, 2011.
- [3] 湖北农村统计年鉴编委会. 湖北农村统计年鉴[Z]. 北京: 中国统计出版社, 2006-2013.
- [4] 中华人民共和国国家统计局. [http://data.stats.gov.cn/workspace/index? m=hgnd](http://data.stats.gov.cn/workspace/index?m=hgnd).
- [5] 核心撰写小组. 气候变化 2014, 综合报告[R]. 日内瓦: 政府间气候变化专门委员会, 2014.
- [6] EGGLESTON H S, BUENDIA L, MIWA K, et al. 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南[Z]. 神奈川: 全球环境战略研究所, 2006.
- [7] 董红敏, 李玉娥, 陶秀萍, 等. 中国农业源温室气体排放与减排技术对策[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 269-273.
- [8] 邹晓霞, 李玉娥, 高清竹, 等. 中国农业领域温室气体主要减排措施研究分析[J]. 生态环境学报, 2011, 20(8/9): 1348-1358.
- [9] 邓兴照, 尹靖东, 刘福柱. 丝兰属提取物的营养生理功能及应用[J]. 饲料工业, 2003, 24(7): 16-20.
- [10] CHATTERJEE P N, KAMRA D N, AGARWAL N, et al. Influence of supplementation of tropical plant feed additives on *in vitro* rumen fermentation and methanogenesis[J]. Animal production science, 2014, 54(10): 1770-1774.
- [11] 张志军. 复合益生菌制剂对绵羊瘤胃发酵、血清生化和奶牛生产性能的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2012.
- [12] 曹珍, 廖新佛. 家畜胃肠道甲烷减排技术进展[J]. 家畜生态学报, 2011, 32(4): 1-8.
- [13] 朱志平, 董红敏, 尚斌, 等. 规模化猪场固体粪便收集系数与成分测定[J]. 农业工程学报, 2006(S2): 4-6.
- [14] 汪开英, 黄丹丹, 应洪仓. 畜牧业温室气体排放与减排技术[J]. 中国畜牧杂志, 2010, 46(24): 20-26.
- [15] 郭娇, 於江坤, 蔡丽媛, 等. 不同处理方式条件下猪粪便 CH₄ 和 N₂O 排放因子研究[J]. 粮食与饲料工业, 2015(10): 39-43.
- [16] 翁伯琦. 低碳框架下如何发展现代循环农业[J]. 农业工程技术(新能源产业), 2012(3): 29.

Potential of greenhouse gas emissions from livestock in Hubei Province

GUO Jiao¹ LIU Jie¹ ZHANG Niya^{1,2} SUN Lyuhui^{1,2}
HU Ronggui³ QI Desheng^{1,2}

1.College of Animal Science and Technology, Huazhong Agricultural University,
Wuhan 430070, China;

2.The Cooperative Innovation Center for Sustainable Pig Production, Wuhan 430070, China;

3.College of Resources and Environmental Sciences, Huazhong Agricultural University,
Wuhan 430070, China

Abstract According to the amount of animal husbandry in Hubei Province from 2007 to 2014 and the “Guidelines for the provincial inventory of greenhouse gas emissions (Trial)”, the potential of greenhouse gas (GHG) emissions during livestock production in Hubei Province were evaluated. Besides, the total GHG emissions from different regions of Hubei Province in 2010, the methane (CH₄) from gastrointestinal fermentation and manure management systems, and N₂O from manure management systems, were compared. The results showed that: (1) There was an increasing trend of GHG emissions in Hubei Province from 2007 to 2014, and the amount in 2014 reached 15 350 100 tons of CO₂-eq; (2) The high emissions appeared in Xiangyang, Xiaogan, Huanggang and Enshi areas in 2010, accounting for 58.81% of the total; (3) Non-dairy cattle and buffalo contributed for 43% and 31% for CH₄ generated from gastrointestinal fermentation, respectively; Pig manure was the main source of CH₄ and N₂O emissions, accounting for 83% and 39%, respectively.

Keywords Hubei Province; livestock breeding; greenhouse gas; estimate; reduction

(责任编辑:边书京)