

江西省温汤镇游客影响典型农业系统氮磷流动 问卷调研数据集（2018，2020）研发

陈清清^{1*}，龙泽东²，庞爱萍³，刘朝晖⁴，徐源佑^{1,5}

1. 宜春学院生命科学与资源环境学院，宜春 336000；2. 湖南省农业科学院土壤肥料研究所，长沙 410125；
3. 中共南京市委党校公共管理教研部，南京 210046；4. 宜春市袁州生态环境保护综合执法大队，
宜春 336000；5. 晋中市生态环境保护综合行政执法队，晋中 030600

摘要：磷、氮是导致水体富营养化的重要营养元素。以江西省温汤镇为研究区域，基于物质平衡理论，采用物质流分析方法，依据磷、氮生命周期，将典型农业经济系统细分为作物种植、畜禽养殖、食品加工、消费和废物处置 5 个子过程。采用问卷调查（2018 年 12 月和 2020 年 3 月）和文献调研等方法，识别、梳理游客消费行为和典型农业经济系统活动水平数据和核算系数，定量评价游客消费行为对典型农业经济系统磷、氮流动的影响。数据集内容包括：（1）温汤镇地理位置数据；（2）游客消费行为和典型农业经济系统基础数据和氮、磷核算系数；（3）游客消费行为对种植、养殖、食品加工、消费和废物处置 5 个子过程磷、氮流动的影响；（4）游客消费行为对典型农业经济系统磷、氮进、出口的影响。数据集存储为.shp 和.xlsx 格式，由 8 个数据文件组成，数据量为 143 KB（压缩为 1 个文件，135 KB）。

关键词：磷；氮；农业活动；居民消费；游客消费；旅游业

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2025.01.11>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2025.01.11>

数据可用性声明：

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》出版，可获取：

<https://doi.org/10.3974/geodb.2025.01.03.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.01.03.V1>。

1 前言

磷、氮是有机体必需营养元素，也是人类社会重要的物质基础，但其大量利用也造成了环境污染和资源耗竭^[1,2]。2016–2022 年，生活源、农业源和集中式的磷（>81%–99%）、

收稿日期：2024-10-24；修订日期：2025-02-23；出版日期：2025-03-25

基金项目：江西省教育厅（GJJ190845）；江西省（GL21223）

*通讯作者：陈清清，宜春学院，chenqq@nju.edu.cn

数据引用方式：[1] 陈清清，龙泽东，庞爱萍等. 江西省温汤镇游客影响典型农业系统氮磷流动问卷调研数据集（2018，2020）研发[J]. 全球变化数据学报，2025，9(1): 96–107. <https://doi.org/10.3974/geodp.2025.01.11>.
[2] 陈清清，庞爱萍，龙泽东等. 江西省温汤镇游客影响典型农业系统氮磷流动问卷调研数据集（2018，2020）[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志，2025. <https://doi.org/10.3974/geodb.2025.01.03.V1>.
V1. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.01.03.V1>.

氮(>85%–97%)排放占主导地位¹。追踪和量化经济-环境系统中磷、氮输入、输出、存储等资源利用^[3]和环境效应^[4,5]关系的常用模型为基于物质平衡理论的物质流分析模型。全球^[6–8]、国家^[5,9]和区域^[10]不同尺度层面上的研究主要集中于城镇和农村为消费主体的社会经济系统,表明人类活动对磷、氮排放的影响越来越大,经济发展情况、人口增长、饮食偏好的变化和人口密集程度等均为驱动氮、磷流动的主要原因^[5,10,11],且研究边界正被拓宽。

旅游业的迅猛发展,所导致的环境问题也日益突出,且对旅游业的发展形成了负反馈。然而,游客消费行为对磷、氮流动的影响则一直被忽略,尚未被纳入相关研究课题。且现有研究大多集中在以城镇居民和农村居民为消费主体的磷、氮排放研究,游客消费行为增加了区域性人口活动密集度,但其对磷、氮流动影响的研究相对匮乏。本文以典型农业经济系统温汤镇为例,基于物质平衡理论,采用物质流分析方法,梳理了游客消费行为和典型农业经济系统磷、氮活动水平数据,重构了典型农业经济系统磷、氮流动分析模型,分析和定量评价游客消费行为对系统及子过程磷、氮流动的影响。

2 数据集元数据简介

《江西省温汤镇游客影响典型农业系统氮磷流动问卷调查数据集(2018, 2020)》^[12]的名称、作者、地理区域、数据年代数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表1。

3 数据研发方法

3.1 算法原理

本研究的目标是为了揭示游客消费行为对典型农业经济系统磷、氮流动的影响。整体基于物质平衡理论,采用物质流分析方法,分3步推进(图1)。第一步,在前人研究工作上,参考国内外文献梳理输入、输出和存量,明确核算活动水平和参数,建立以城镇居民和农村居民为主体的典型农业经济系统磷、氮流动分析模型。第二步,采用统计数据、文献资料和问卷调查等多种手段,识别与磷、氮流动相关的游客消费行为,明确以游客为主体的磷、氮消费产品,及其输入、输出和存量,获取核算参数和活动水平数据,建立“三主体”(城镇居民、农村居民和游客)磷、氮流动分析模型。第三步,核算、分析无游客消费和含游客消费两种模式下典型农业经济系统及其各子过程磷、氮流动通量,定量评价游客消费行为对典型农业经济系统磷、氮流动的影响。

本研究利用物质流分析方法,将第三消费主体——游客纳入到典型农业经济系统中,建立磷和氮代谢分析框架,以温汤镇行政区域边界为系统的空间边界,时间节点为2018年;并将其划分为种植、畜禽养殖、食品加工、消费和废物处置5个子系统。

种植子过程为耕地、林地的作物播种至收获,大部分进入食品加工系统,少部分被用

¹ 中华人民共和国生态环境部. 2016–2019 年中国生态环境统计年报, 2020; 2020 年中国生态环境统计年报, 2022; 2021 年中国生态环境统计年报, 2023; 2022 年中国生态环境统计年报, 2023. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/sthjtnb/>.

表 1 《江西省温汤镇游客影响典型农业系统氮磷流动问卷调研数据集（2018，2020）》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	江西省温汤镇游客影响典型农业系统氮磷流动问卷调研数据集（2018，2020）
数据集短名	N&P_Flow_WentangJX
作者信息	陈清清，宜春学院生命科学与资源环境学院，chenqq@nju.edu.cn 龙泽东，湖南省农业科学院土壤肥料研究所，longzd313@hunaas.cn 庞爱萍，中共南京市委党校公共管理教研部，qinglan231@163.com 刘朝晖，宜春市袁州生态环境保护综合执法大队，346381060@qq.com 徐源佑，晋中市生态环境保护综合行政执法队，19581905174@163.com
地理区域	江西省温汤镇
数据年代	2018、2020 年
数据格式	.shp、.xlsx
数据量	143 KB，压缩为 135 KB
数据集组成	温汤镇地理位置数据；游客消费行为和典型农业经济系统基础数据和氮、磷核算系数；游客消费行为对 5 个子过程磷、氮流动的影响以及对典型农业经济系统磷、氮进出口总量的影响
基金项目	江西省教育厅（GJJ190845，GL21223）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[13]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS, GEOSS, PubScholar, CKRSC

作畜禽饲料，无其他损失。则磷、氮输入（其他子过程（系统内循环）、进口、环境输入）= 输出（其他子过程、出口、环境排放）+ 存量。

畜禽养殖子过程：幼崽进栏到成年活体畜禽出栏，无其他损失。则磷、氮输入（其他子过程（系统内循环）、进口）= 输出（其他子过程、出口、环境排放）+ 存量。

食品加工子过程：依行业特征，对上游种植和畜禽产品进行粗加工。一般不贮存产品，无留存，但是存在加工损失；磷、氮输入（其他子过程（系统内循环））= 输出（其他子过程、出口、环境排放）+ 损失。

消费子过程：城镇居民、农村居民和游客的消费输入和废弃物排放，部分留存满足代谢需求。游客磷、氮流动计算中，剔除本地居民出游人数后，按照来源和停留时间将游客分为国内一日游客（610.36 万人次）、国内过夜游客（395.36 万人次）和入境游客（7.72 万人次）三类，输入和输出磷、氮量均为三类游客的和值。磷、氮输入（其他子过程（系统内循环）、进口）= 输出（其他子过程、出口、环境排放）+ 存量 + 损失。

处置子过程：对上游种植、畜禽养殖、食品加工和消费子系统废弃物进行集中处置和留存，无其他损失。因此磷、氮输入（其他子过程（系统内循环））= 输出（其他子过程、出口、环境排放）+ 存量。

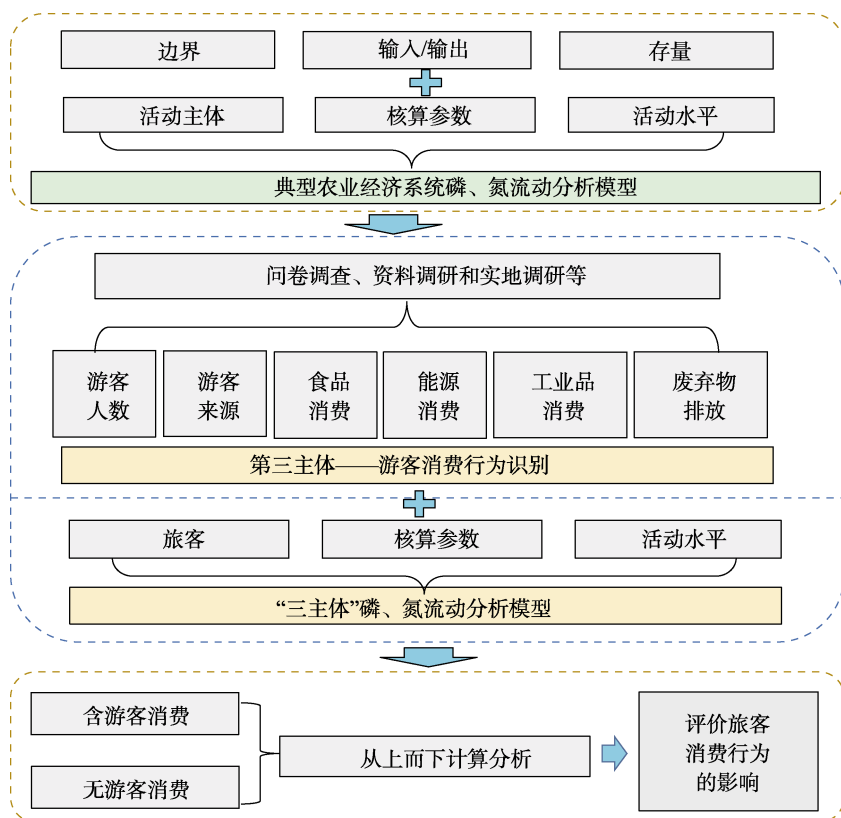


图 1 数据集研发技术路线图

3.2 数据来源

本研究相关数据来源主要有 3 个方面：调查问卷、访谈、统计数据和已发表文献。耕地面积、农作物产量、农药化肥使用量、禽畜进栏量、出栏量和畜禽产品产量等数据均参考《2018 年宜春市温汤镇农村经济统计年鉴》^[14]。

采用问卷和统计数据相结合的方法,调研城镇居民,获取磷、氮消费数据,包括生活消费情况(粮食、肉类、蔬菜、日用磷化工产品使用和垃圾产生量等)和居民基本情况(人口数、寿命等)。而农村居民磷、氮产品消费和废弃物的排放主要参考统计数据。游客消费数据主要采用调查问卷和统计数据。2018 年 12 月,作者针对温汤镇餐饮业开展问卷调查和访谈,获取了游客食品消费和垃圾排放量数据。2020 年 3 月,作者对游客开展了补充调研,获取了消费及废弃物排放情况。对应的磷、氮系数主要参考已发表文献和技术标准,并根据研究区域位置调整。区域上,选取宜春市和江西省的研究成果和相关技术文件,以符合温汤镇实际情况。

问卷调研对象以城镇中心街道及人口密集区居民为主，城镇居民文化程度相对较高，问卷采用不记名方式由居民自行填写，在此过程中调研人员进行适当指导和控制，保证问卷完成质量。

以上所有数据和参数详见《江西省温汤镇游客影响典型农业系统氮磷流动问卷调研数据集(2018, 2020)》^[12]

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

数据集由以下几部分构成：（1）温汤镇地理位置数据；（2）游客消费行为和典型农业经济系统基础数据和氮、磷核算系数；（3）游客消费行为对种植、养殖、食品加工、消费和废物处置 5 个子过程磷、氮流动的影响；（4）游客消费行为对典型农业经济系统磷、氮进、出口的影响。数据集存储为.shp 和.xlsx 格式，数据集主要子数据集详细内容见表 2。

表 2 数据集主要内容及其构成表

序号	子数据集	数据构成
1	游客消费行为和典型农业经济系统基础数据和氮、磷核算系数	游客消费行为和典型农业经济系统基础数据 氮、磷核算系数
2	游客消费行为对种植子过程磷、氮流动的影响	游客消费行为影响下种植子过程的磷流动结构 无游客主体影响下种植子过程磷流动结构 游客消费行为影响下种植子过程的氮流动结构 游客消费行为影响下种植子过程的氮环境排放 无游客主体影响下种植子过程氮流动结构 无游客主体影响下种植子过程氮环境排放
3	游客消费行为对畜禽养殖子过程磷、氮流动的影响	游客消费行为影响下畜禽养殖子过程的磷流动结构 无游客主体影响下畜禽养殖子过程磷流动结构 游客消费行为影响下畜禽养殖子过程的氮流动结构 无游客主体影响下畜禽养殖子过程氮流动结构
4	游客消费行为对食品加工子过程磷、氮流动的影响	游客消费行为影响下食品加工子过程的磷流动结构 无游客主体影响下食品加工子过程磷流动结构 游客消费行为影响下食品加工子过程的氮流动结构 无游客主体影响下食品加工子过程氮流动结构
5	游客消费行为对消费子过程磷、氮流动的影响	城镇居民磷消费结构 农村居民磷消费结构 游客磷消费结构 游客消费行为影响下消费子过程的磷流动结构 无游客主体影响下消费子过程磷流动结构 城镇居民氮消费结构 农村居民氮消费结构 游客氮消费结构 游客消费行为影响下消费子过程的氮流动结构 无游客主体影响下消费子过程氮流动结构
6	游客消费行为对废物处置子过程磷、氮流动的影响	游客消费行为影响下废物处置子过程的磷流动结构 无游客主体影响下废物处置子过程磷流动结构 游客消费行为影响下废物处置子过程的氮流动结构 游客消费行为影响下处置子过程的氮环境排放 无游客主体影响下废物处置子过程氮流动结构 无游客主体影响下处置子过程氮环境排放
7	游客消费行为对典型农业经济系统磷、氮进、出口的影响	游客消费行为对典型农业经济系统磷、氮进、出口的影响

4.2 数据结果

种植子过程是本研究典型农业经济系统的磷、氮流动的起点，游客消费行为直接增加

了输入路径，导致磷、氮的输入、输出和留存均有变化（图 2）。游客消费直接增加了种植子过程粪尿和厨余还田量，相应的也提升了系统内循环利用磷、氮量，增量为 1,311.82 kg 和 7,047.67 kg。游客消费行为对种植子过程磷输出无直接影响，磷的输出路径和通量一致。而粪尿和厨余等有机肥还田后挥发、渗滤，间接导致子过程氮输出的增加，差值约为 2,580.61 kg。游客消费行为所导致的输入、输出差异也使得子过程磷、氮留存升高了 1,311.82 kg 和 4,467.06 kg。

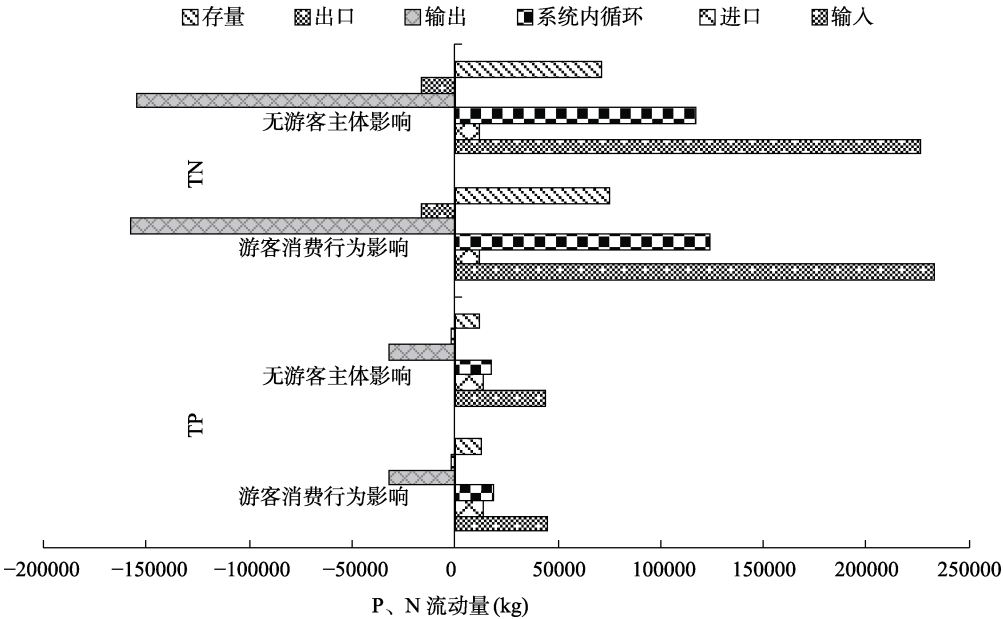


图 2 游客消费行为对种植子过程磷、氮流动的影响统计分析图
(子过程输入和存量为正值，子过程输出为负值)

游客消费行为对畜禽养殖过程的影响主要体现在输入路径上，改变了系统内循环和进口的磷、氮结构（图 3）。游客产生的厨余垃圾循环用作畜禽养殖子过程的饲料，间接减少了精饲料的进口，对应的磷、氮量降低了 43.64 kg 和 2,269.47 kg。子过程统计数据表明游客消费行为对畜禽养殖产品的输出和留存基本无影响，输出和留存的磷、氮量基本无差异。

现场调查发现食品加工子过程仅对上游产品进行粗加工，游客消费行为对其无直接影响，输入磷、氮量不变，但存在间接影响（图 4）。无游客主体消费的情况下，食品加工系统的粮食、蔬、果、肉，除满足当地居民需求，剩余可供出口，极大提升了磷（6,753.45 kg）、氮（13,197.09 kg）出口量，增加率分别为 1,429.77%和 351.47%。“三主体”消费情况下，食品加工子过程生产的食品需全部输入消费子过程，以满足食品消费需求。

纳入游客消费行为，消费子系统则由“二主体”转变为“三主体”消费模式，导致子过程磷、氮消费和输出均明显增加（图 5）。磷输入、输出和出口量分别升高了 24,059.28 kg, 20,060.32 kg, 3,726.98 kg，增加率为 121.01%、115.84%和 138.52%。但留存受游客消费行为的影响，基本无变化。氮输入增加了 261,140.33 kg；输出增加了 156,467.56 kg，其中出口量增加了 67,938.78 kg；对应的增加率分别为 141.80%、137.68%、510.73%；存量无差异。

此外，游客消费加剧了粮食、蔬、果、肉、蛋等的磷、氮需求，上游的畜禽养殖和食品加工子过程生产的所有食品仍无法消费满足需求，需从系统外进口，进口磷、氮量增加了 795.60%和 213.82%。

“三主体”总磷、氮消费情况如图 6 所示。城镇居民、农村居民和游客人均总磷消费量 0.86–1.42 kg/cap/a，游客人均消费量最高，农村居民消费量最低。膳食为主要磷的消费

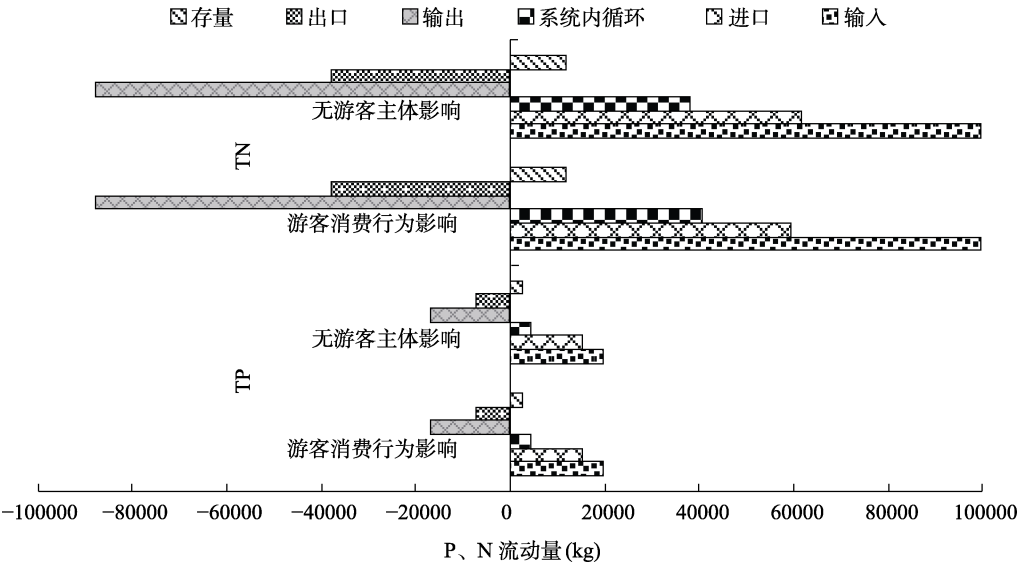


图 3 游客消费行为对养殖子过程磷、氮流动的影响统计分析图
(子过程输入和存量为正值，子过程输出为负值)

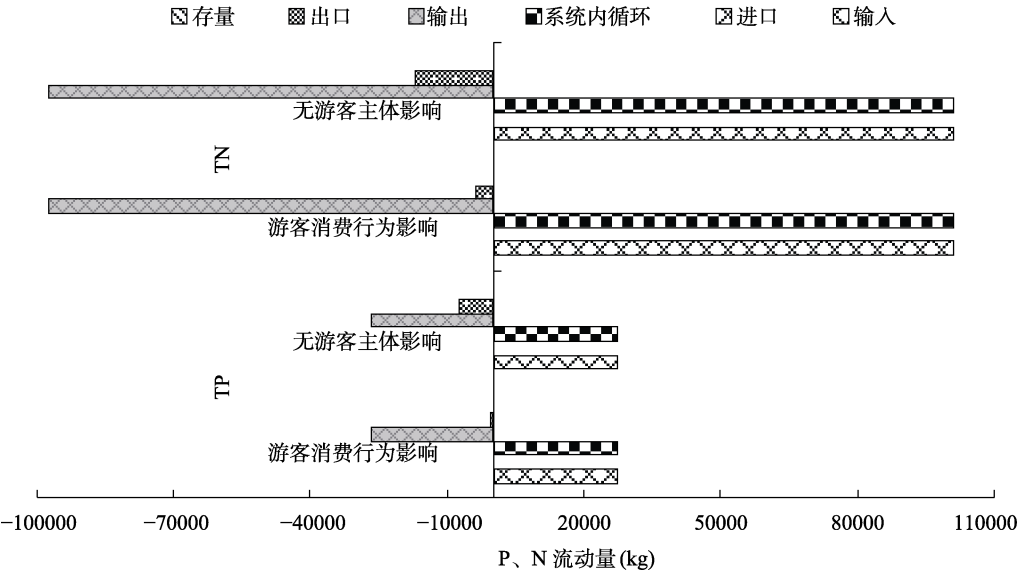


图 4 游客消费行为对食品加工子过程磷、氮流动的影响统计分析图
(子过程输入和存量为正值，子过程输出为负值)

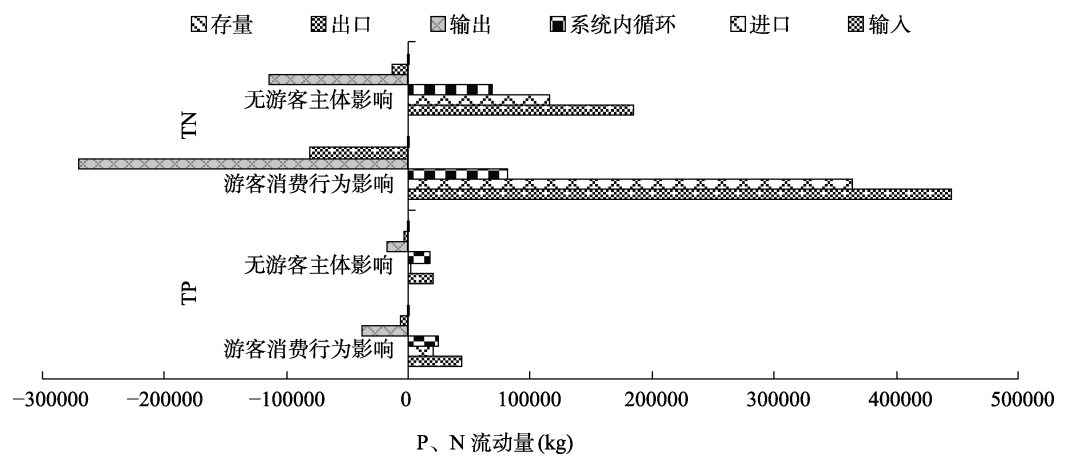


图 5 游客消费行为对消费子过程磷、氮流动的影响统计分析图
(子过程输入和存量为正值,子过程输出为负值)

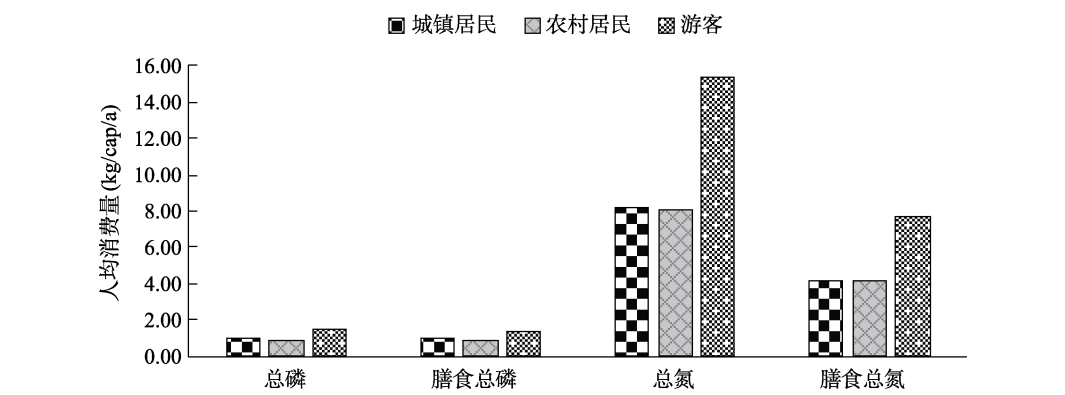


图 6 城镇居民、农村居民和游客人均总磷、总氮消费统计分析图

形式,占比 $\geq 94\%$,人均膳食摄入 $0.85\text{--}1.33\text{ kg/cap/a}$,植物性食品在膳食磷消费中占绝对优势,占比高于 85% 。城镇居民、农村居民和游客人均总氮消费量为 $8.10\text{--}15.37\text{ kg/cap/a}$,游客人均总氮消费量最高,约为城镇和农村居民地 2 倍;农村居民最低,但与城镇居民消费量相近。膳食摄入也是氮消费的主要形式,占比 $\geq 51\%$,人均膳食摄入量 $4.12\text{--}7.71\text{ kg/cap/a}$ 。游客膳食氮量消费量最高,几乎可达到城镇和农村居民的 2 倍,其次为城镇居民,仅稍高于农村居民。膳食摄入中植物性氮占据优势,城镇和农村居民植物性膳食摄入为 62% ,低于游客,其占比为 82% 。

处置子过程接纳上游子过程的农业废弃物、生活废水、生活垃圾等废弃物,游客消费后的废弃物(生活污水和生活固废)排放加剧了废物处置的压力(图 7)。考虑游客消费后,处置子过程磷的输入和留存分别增加了 281.07% 和 21.65% ;处置后排放增加了 444.36% ,其中出口增加了 482.32% 。此外,需处置废弃物氮量增加了 205.98% ;排放总氮量增加了 297.83% ,其中出口增加 440.22% ;留存量也增加了 111.99% 。

游客食品和工业品的消费以及废弃物排放与处置,使得典型农业经济系统磷、氮的输

入和输出产生了较大差异（图 8）。游客消费行为导致磷进口量增加了 17,262.19 kg，出口量增加了 9,232.55 kg，对应增加率分别为 55.53%和 42.16%。与此同时，系统氮进口量增加了 129.45%，出口量增加了 79.18%。

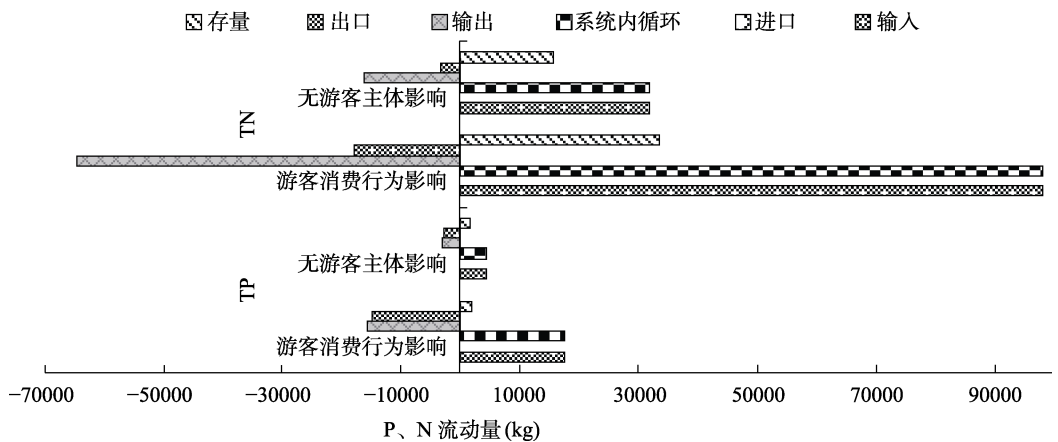


图 7 游客消费行为对废物处置子过程磷、氮流动的影响统计分析图
（子过程输入和存量为正值，子过程输出为负值）

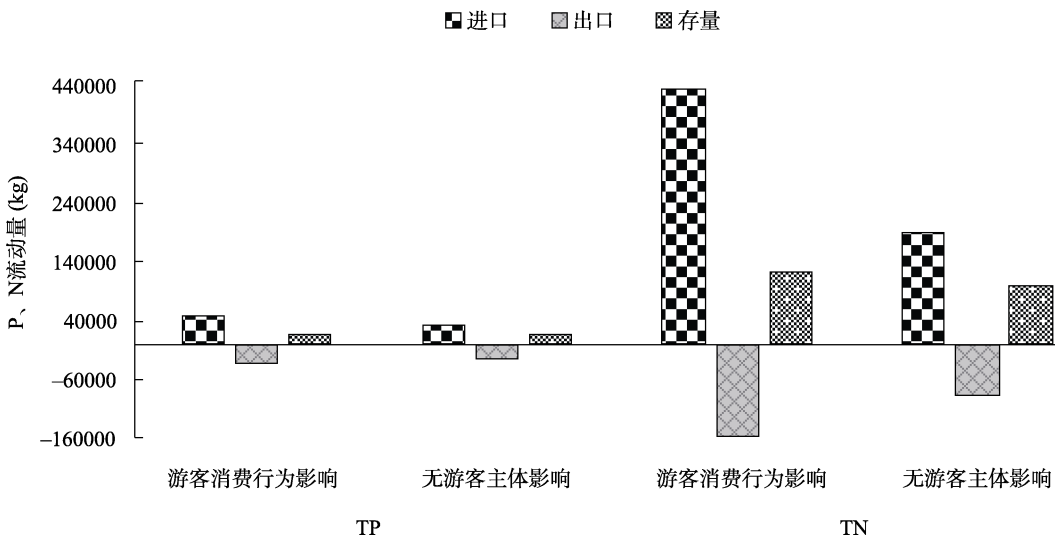


图 8 游客消费行为对典型农业经济系统磷、氮流动的影响统计分析图
（典型农业经济系统输入和存量为正值，子过程输出为负值）

4.3 数据结果验证

本研究的基础数据和氮磷核算参数源于此前研究^[1-11]，根据研究时间节点（2018 年前后）和地域（当地或临近区域如江西省）筛选，减少相关参数时空差异性对氮、磷通量的影响。已有研究较少关注游客消费行为对磷、氮流动的影响，需重点分析游客消费行为及表征参数不确定性。游客消费行为本质上是系统外的城镇和农村居民异地消费行为。本研

究按照游客来源、停留时间等,排除当地居民旅游人口数,将游客细分为入境过夜游客、过夜游客和一日游客 3 类,分别计算其氮、磷消费和输出。

牛智慧^[15]和李啸虎等^[16]将旅游消费细分为交通邮政、餐饮、住宿、购物、游览和娱乐等 6 大类,采用的环境影响测度不同,但与本研究游客氮、磷消费载体基本一致,包括食品消费、工业产品消费和能源消费和废弃物的排放。牛智慧调研发现游客食品和能源消费量远大于当地居民^[15]。就食品消费而言,李云云等^[17]发现居民旅游期间和外卖中的食物消费量均高于日常家庭消费,约 1.7 倍。张盼盼等^[18]通过对成都、上海、北京和拉萨 4 个城市的 159 家餐饮企业研究表明,游客每餐人均食品浪费量高于当地居民。然而,以北京市餐饮业研究数据来看,当地城镇居民食物消费量远高于游客,为 2 倍以上^[19]。拉萨市游客食物消费量高于当地居民消费量^[20],而 2011 年的研究结果显示拉萨本地居民人均消费量却高于游客^[21],因此,已有研究和调研发现游客食品消费量波动较大,涵盖了旅游地居民的消费量值。

南岳景区游客废弃物产生量高于本研究中调研值^[22], Davenport, J. 和 Davenport, J. L. 的研究中游客垃圾产生量 3.5 kg/d ^[23],远高于本研究的调查问卷结果和最终取值。一日游客年固体垃圾产生量为 500 g/cap/a ^[24],高于本研究取值。Mateu-Sbert 统计数据显示游客平均固体垃圾产生量为 1.31 kg/cap/d ,低于当地居民垃圾产生量 1.48 kg/cap/d ^[25]。综上所述,已有研究游客主体产生的固体垃圾量较本研究值 (0.4504 kg/cap/d) 有高有低,计算结果取值居中。游客工业产品^[26,27]和能源消费^[28]量则采用我国居民平均消费值。

5 讨论和总结

本文基于物质平衡理论,采用物质流分析方法模型,纳入游客消费行为,并重构了典型农业经济系统模型。本研究将此前研究中忽略的主体——游客消费行为纳入到磷、氮流动分析中,以磷、氮消费为核心,沿产品(食品和工业品等)供应链自上而下核算,定量评价了游客消费行为对典型农业经济系统影响,为氮、磷减排措施的制定提供了新角度和数据支撑。本研究对采用的活动水平数据和磷、氮系数进行了不确定分析,将其与已有研究数据比较,具有较高的可信度。

研究结果表明:(1)游客消费行为对典型农业经济系统及其各子过程的磷、氮流动均有影响。系统总磷进口、出口量分别增加了 55.53% 和 42.16%;氮进、出口量分别增加 129.45% 和 79.18%。(2)游客消费行为直接改变了种植和养殖子过程的输入路径,种植子过程磷、氮通量分别增加了 2.98% 和 3.12%。(3)游客消费行为间接影响食品加工过程的食物出口量,无游客主体消费则出口磷、氮量分别提高了 1,429.77% 和 351.47%。(4)消费主体——游客的增加,系统和消费子过程需进口更多食品和工业产品满足需求。消费子过程进口磷、氮量增加了 795.60% 和 213.82%。(5)中国营养学会建议成年人平均需求量 0.219 kg/cap/a 、推荐摄入量 0.263 kg/cap/a 和可耐受量 1.278 kg/cap/a ^[29],本地居民均膳食摄入量均高于成年人平均需求量和推荐摄入量,低于可耐受值,满足营养需求;而游客膳食摄入量略高于可耐受量,但由于游客停留时间较短,无健康风险。城镇居民、农村居民和游客的人均膳

食氮摄入量均高于健康成年人最低摄入量 3 kg/cap/a; 也高于我国人均食品消费氮量为 3.6 kg/cap/a; 但均低于肥胖风险摄入量 6 kg/cap/a (≥ 6 kg/cap/a, 肥胖率升高), 满足居民蛋白质需求且不会导致肥胖^[26]。(6) 游客消费后排放也导致废弃物处置过程的压力, 需处置的磷、氮量增加了 281.07% 和 205.98%, 处置后排放增加了 444.36% 和 297.83%。

作者分工: 陈清清对数据集的开发做了总体设计; 刘朝晖和徐源佑采集和处理了数据; 陈清清和庞爱萍设计了模型和算法; 龙泽东做了数据验证; 所有作者撰写了数据论文。

利益冲突声明: 本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] 杜春丽, 任雪莹, 杜子杰. 基于元素流分析的长江经济带总磷污染减量化研究——以湖北为例[J]. 中国环境管理, 2021, 13(3): 136–145.
- [2] 续衍雪, 吴熙, 路瑞等. 长江经济带总磷污染状况与对策建议[J]. 中国环境管理, 2018, 10(1): 70–74.
- [3] Villalba, G., Liu, Y., Schroder, H., *et al.* Global phosphorus flows in the industrial economy from a production perspective [J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2008, 12(4): 557–569.
- [4] Liu, Y., Villalba, G., Ayres, R. U., *et al.* Global phosphorus flows and environmental impacts from a consumption perspective [J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2008, 12(2): 229–247.
- [5] Liu, X., Sheng, H., Jiang, S. Y., *et al.* Intensification of phosphorus cycling in China since the 1600s [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2016, 113(10): 2609–2614.
- [6] Cordell, D., Drangert, J. O., White, S. The story of phosphorus: global food security and food for thought [J]. *Global Environmental Change*, 2009, 19(2): 292–305.
- [7] Cordell, D., White, S. Peak phosphorus: clarifying the key issues of a vigorous debate about long-term phosphorus security [J]. *Sustainability*, 2011, 3(10): 2027–2049.
- [8] Chen, M., Graedel, T. E. A half-century of global phosphorus flows, stocks, production, consumption, recycling, and environmental impacts [J]. *Global Environmental Change*, 2016, 36: 139–152.
- [9] Ma, L., Velthof, G. L., Wang, F. H., *et al.* Nitrogen and phosphorus use efficiencies and losses in the food chain in China at regional scales in 1980 and 2005 [J]. *Science of the Total Environment*, 2012, 434: 51–61.
- [10] Ma, D. C., Hu, S. Y., Chen, D. J., *et al.* Substance flow analysis as a tool for the elucidation of anthropogenic phosphorus metabolism in China [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2012, 29–30(5): 188–198.
- [11] 马敦超, 胡山鹰, 陈定江等. 中国磷消费结构的变化特征及其对环境磷负荷的影响[J]. 环境科学, 2012, 33(4): 1376–1382.
- [12] 陈清清, 庞爱萍, 龙泽东等. 江西省温汤镇游客影响典型农业系统氮磷流动问卷调研数据集(2018, 2020)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2025. <https://doi.org/10.3974/geodb.2025.01.03.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.01.03.V1>.
- [13] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017 年更新).
- [14] 温汤镇管委会经济统计科. 2018 年宜春市温汤镇农村经济统计年鉴[Z]. 温汤镇管委会经济统计科, 2018.
- [15] 牛智慧. 旅游景区生态足迹定量测算模型研究[D]. 郑州: 河南大学, 2007.

- [16] 李啸虎, 施湛湛, 王立明等. 入境旅游业能源消耗的氮氧化物排放测度及灰色关联分析[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2021, 57(3): 104–111.
- [17] 李云云, 王灵恩, 成升魁. 高原旅游城市旅游者食物消费特征及其影响因素——以拉萨市为例[J]. 资源科学, 2019, 41(3): 494–508.
- [18] 张盼盼, 王灵恩, 白军飞等. 旅游城市餐饮消费者食物浪费行为研究[J]. 资源科学, 2018, 40(6): 1186–1195.
- [19] 张丹, 成升魁, 高利伟等. 城市餐饮业食物浪费的生态足迹——以北京市为例[J]. 资源科学, 2016, 38(1): 10–18.
- [20] 王灵恩, 成升魁, 钟林生等. 旅游城市餐饮业食物消费及其资源环境成本定量核算——以拉萨市为例[J]. 自然资源学报, 2016, 31(2): 215–227.
- [21] 王灵恩, 成升魁, 穆松林等. 拉萨市餐饮食物消费实证研究[J]. 开发研究, 2012(4): 147–152. DOI: 10.13483/j.cnki.kfyj.2012.04.025.
- [22] 骆金鸿, 邹娟平. 基于生态足迹成分法的南岳景区游客废弃物生态影响测度[J]. 中国新技术新产品, 2022(7): 126–129. DOI: 10.13612/j.cnki.cntp.2022.07.045.
- [23] Davenport, J., Davenport, J. L. The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: a review [J]. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2006, 67(1/2): 280–292. DOI: 10.1016/S0370-2693(97)00806-X.
- [24] 陈红, 张翠萍, 温继良等. 旅游业对抚仙湖水环境的影响及其对策研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2014, 29(4): 597–601.
- [25] Mateu-Sbert, J., Ricci-Cabello, I., Villalonga-Olives, E., *et al.* The impact of tourism on municipal solid waste generation: the case of Menorca Island (Spain) [J]. *Waste Management*, 2013, 33(12): 2589–2593. DOI: 10.1016/j.wasman.2013.08.007.
- [26] 谷保静. 人类-自然耦合系统氮循环研究——中国案例[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
- [27] 国务院第四次全国经济普查领导小组办公室. 中国经济普查年鉴(2018) [M/OL]. 北京: 中国统计出版社, 北京数通电子出版社, 2020. <https://www.stats.gov.cn/sj/pcsj/jjpc/4jp/indexch.htm>.
- [28] 国家统计局. 中国统计年鉴(2020) [M/OL]. 北京: 中国统计出版社, 北京数通电子出版社, 2021. <https://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2020/indexch.htm>.
- [29] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量: 2023 版[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2023.