

# 面源污染物入河（湖）量调查与核算技术规范

## 编制说明

（征求意见稿）

河南省环境保护产业协会

标准编制组

二〇二二年八月

河南省环境保护产业协会

# 目 录

1	编制背景 .....	1
1.1	任务来源 .....	1
1.2	工作过程 .....	2
2	面源污染物入河（湖）量调查与核算现状及问题识别 .....	3
2.1	国家和河南省相关政策要求 .....	3
2.1.1	国家相关政策要求 .....	3
2.1.2	河南省相关政策要求 .....	4
2.1.3	国家和地方相关标准制定情况 .....	4
2.2	国内外相关学术研究进展和实践现状 .....	6
2.2.1	面源污染的概念与分类 .....	6
2.2.2	面源污染物负荷的核算 .....	6
2.2.3	河南省面源污染调查与核算相关研究进展 .....	9
2.3	面源污染特征与成因 .....	9
2.3.1	面源污染产排途径 .....	9
2.3.2	面源污染特征 .....	13
2.3.3	面源污染形势 .....	14
2.4	河南省面源污染防治情况 .....	15
2.4.1	农村生活 .....	15
2.4.2	种植业 .....	16
2.4.3	规模以下畜禽养殖 .....	18
2.4.4	城镇地表径流 .....	22
2.4.5	水土流失 .....	23
2.5	问题识别 .....	24
3	标准制定的必要性 .....	27
4	标准制定的总体思路 .....	28
4.1	指导思想 .....	28
4.2	基本原则 .....	28
4.3	编制依据 .....	28

4.3.1	法律法规	28
4.3.2	标准规范	29
4.3.3	政策规划	30
4.4	总体思路	30
4.5	技术路线	31
5	标准主要技术内容	32
5.1	标准框架	32
5.2	范围	32
5.3	规范性引用文件	32
5.4	术语和定义	33
5.5	总体要求	35
5.6	标准条款及确定依据	37
5.6.1	农村生活面源污染物调查与核算	37
5.6.2	种植业面源污染物调查与核算	54
5.6.3	规模以下畜禽养殖面源污染物调查与核算	72
5.6.4	城镇地表径流面源污染物调查与核算	88
5.6.5	水土流失面源污染物调查与核算	102
6	标准实施的可行性	107
6.1	技术可行性	107
6.2	经济可行性	107
7	标准与相关文件的衔接	108
8	标准实施效益	108
9	标准实施建议	109
10	标准征求意见情况	109
	附表	110
附表 1	农村生活面源调查表	110
附表 2	种植业面源调查表	111
附表 3	规模以下畜禽养殖面源调查表	113

# 1 编制背景

## 1.1 任务来源

随着点源污染得到了应治尽治，面源污染治理问题越来越成为社会和公众关注的热点问题，面源污染在部分地区已经上升为制约水生态环境质量持续改善的主要矛盾，亟需予以突破，然而面源污染具有随机性、广泛性、滞后性、模糊性、潜伏性等特点，加大了相应的研究、治理和管理政策制定的难度。

近年来，国家采取了一系列措施、行动，推动面源污染治理，相继印发了《关于打好农业面源污染防治攻坚战的意见》、《农村人居环境整治三年行动方案》（中办发〔2018〕5号）、《乡村振兴战略规划（2018—2022年）》、《农业农村污染治理攻坚战行动方案（2021—2025年）》（环土壤〔2022〕8号）等政策文件。2019年3月8日，习总书记在参加十三届全国人大二次会议河南代表团审议时强调：加强农业生态环境保护和农村污染防治，统筹推进山水林田湖草系统治理，加大农业面源污染治理力度。《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》（2021年11月2日）明确提出持续打好农业农村污染治理攻坚战。《河南省乡村生态振兴五年行动计划》（豫农领发〔2021〕8号）提出加强农药、化肥农业面源污染防控、推进畜禽粪污资源化利用、加强农村生活污水垃圾治理，以及加强农业面源污染治理监督指导等面源污染防治工作，分类对面源污染提出了防治要求。“十四五”时期，国家将持续加大面源污染治理力度，突破面源污染防治瓶颈，试点开展农业面源污染调查监测评估工作。但面源污染是一种新型污染，我国现有的防治政策、措施主要是针对点源污染的，对于面源污染还没有成熟的防治措施。

面源污染物入河（湖）量调查与核算是进行面源污染治理的基础。当前，在面源污染物入河（湖）量调查与核算方面，国家和地方均未出台相应的标准，对于需要核算的面源污染类型、各类面源污染物入河（湖）量调查和核算方法、相关系数的选取等均没有明确的指导。河南是我国的农业大省，农村农业面源污染问题较为突出，且境内地形多样，城市化建设也处于快速发展期，在点源污染治理的基础上亟需加快推进面源污染治理。通过制定该标准，规定各类面源污染物入河（湖）量调查与核算方法，对规范面源污染物入河（湖）量调查与核算，指

导面源污染治理具有重要意义。

## 1.2 工作过程

本标准制定工作分为五个阶段，分别为：标准立项阶段、标准制定阶段、征求意见阶段、标准论证阶段、标准审查阶段等。

### 第一阶段：标准立项阶段

针对面源污染防治工作需求，及在实际工作中发现的问题，提出了《面源污染物入河（湖）量调查与核算技术规范立项申请书》，2022年1月19日，河南省环境保护产业协会发布了《关于同意〈面源污染物入河（湖）量调查与核算技术规范〉等三线团体标准立项的批复》（豫环协[2022]1号），将该标准列入协会2022年第一批团体标准立项计划，完成期限为2022年12月31日。

### 第二阶段：标准制定阶段

2022年2月，成立了标准编制组，开展了标准的制定工作，通过查阅国内外面源污染物入河（湖）量调查与核算的相关文献、政策要求等，以及现场实地调研工作，确定了面源污染物入河（湖）量调查与核算的内容、方法以及相关的要求，经过多次技术研讨并不断修改完善，编制形成了《面源污染物入河（湖）量调查与核算技术规范》及编制说明（征求意见稿）。

### 第三阶段：征求意见阶段

### 第四阶段：标准论证阶段

### 第五阶段：标准审查阶段

## 2 面源污染物入河（湖）量调查与核算现状及问题识别

### 2.1 国家和河南省相关政策要求

#### 2.1.1 国家相关政策要求

为加强农业面源污染治理与监督指导，保护生态环境，维护国家粮食安全，促进农业全面绿色转型，2021年3月20日，生态环境部办公厅和农业农村部办公厅联合印发了《农业面源污染治理与监督指导实施方案（试行）》（环办土壤〔2021〕8号），提出：统筹农业面源污染防治工作，以化肥农药减量化、规模以下畜禽养殖污染治理为重点内容，以防控农业面源污染对土壤和水生态环境影响为目标，以长江经济带和黄河流域为重点，兼顾珠江、松花江、淮河、海河、辽河等流域，在干流和重要支流沿线、南水北调东线中线、湖库汇水区、饮用水水源地等环境敏感区（以下简称重点区域），强化农业面源污染防治。评估农业面源污染环境影响。开展农业污染物入水体负荷核算评估，确定监管的重点行业、重点地区和重要时段。为贯彻落实《农业面源污染治理与监督指导实施方案（试行）》（环办土壤〔2021〕8号），加强农业面源污染治理监督指导，推进试点工作开展，探索总结模式经验，生态环境部发布了《农业面源污染治理监督指导试点技术指南（试行）》（环土函〔2021〕295号），明确了农业面源污染调查、监测、负荷评估、优先治理区域清单编制等相关内容。

2021年10月，农业农村部、国家发改委联合印发《“十四五”重点流域农业面源污染综合治理建设规划》。《丹江口库区及上游水污染防治和水土保持“十四五”规划》（发改地区〔2021〕1745号）提出：大力推进农业面源污染治理。选择典型县（市、区），开展农业面源污染治理与监督指导试点示范，以粮食作物、经济作物和畜禽养殖为重点，开展农业面源污染调查和水文水质同步监测，进行农业面源污染负荷评估，提出优先治理区域清单，分区分类实施精准化治理与监督指导。《“十四五”全国农业绿色发展规划》（农规发〔2021〕8号）提出：开展农业面源污染调查监测和污染负荷评估，强化监管、综合执法及考核结果运用，探索开展化肥农药使用总量控制。

为落实《排放源统计调查制度》（国统制〔2021〕18号）要求，规范排放源

产排量核算方法，统一产排污系数，生态环境部组织制订了《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》（部 2021 年第 24 号公告），包括工业源、农业源、生活源、集中式污染治理设施、移动源产排污核算方法和系数手册。

### 2.1.2 河南省相关政策要求

为贯彻落实中央农村工作会议精神，河南省生态环境厅、农业农村厅等 10 个厅局联合印发了《河南省农业面源污染治理与监督指导实施方案（试行）》。《河南省“十四五”生态环境保护和生态经济发展规划》（豫政[2021]44 号）提出：加强种植业面源污染防治。选取南乐、邓州等 10 个试点县（市）开展农业面源污染负荷核算，探索建立农业面源污染防治技术库。《河南省“十四五”水安全保障和水生态环境保护规划》（豫政[2021]42 号）提出：在邓州市、南乐县等地开展农业面源污染治理和监督指导试点示范，在南阳市、驻马店市开展先行区建设，探索开展农业面源污染调查监测评估工作，建设农业面源污染监测“一张网”。

“十四五”时期，国家和地方加大面源污染防治力度，以钉钉子精神推进农业面源污染防治。农业面源污染调查监测作为“承上启下”的关键环节，对全面掌握区域农业面源污染物产生和排放情况至关重要。

### 2.1.3 国家和地方相关标准制定情况

目前，国家和地方陆续发布了一些面源污染防治技术规范、面源污染监测技术规程等标准。

- (1) 《农业面源污染治理监督指导试点技术指南（试行）》（环土函[2021]295 号）；
- (2) 《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》（部 2021 年第 24 号公告）；
- (3) 《农业面源污染综合防控技术规范 第 1 部分：平原水网区》（NY / T 3821.1-2020）；
- (4) 《流域农业面源污染监测技术规范》（NYT 3824-2020）；
- (5) 《土壤质量 农田地表径流监测方法》（GB/T 41222-2021）；
- (6) 《农村生活污水处理工程技术标准》（GB/T51347-2019）；
- (7) 《农村生活污染控制技术规范》（HJ574-2010）；

- (8) 《华北地区农村生活污水处理技术指南》(试行)(中华人民共和国住房和城乡建设部, 2010年9月);
- (9) 《全国水环境容量核算技术指南》(2003年9月);
- (10) 《农田面源污染防治技术指南(征求意见稿)》(2014年5月);
- (11) 河南省《农业与农村生活用水定额》(DB41/T 958-2020);
- (12) 《河南省农村生活污水治理技术导则(试行)》(豫建村镇[2018]36号)(2018年8月发布);
- (13) 湖北省《区域农业面源污染综合防治技术导则》(DB42/T 1739-2021);
- (14) 山东省《冬小麦肥料面源污染防控技术规程》(2010年8月31日发布);
- (15) 山东省《水稻肥料面源污染防控技术规程》(2010年8月31日发布);
- (16) 山东省《农业面源污染负荷估算技术导则(征求意见稿)》(2021年7月);
- (17) 辽宁省《稻田氮素面源污染防控技术规程》(2020年10月30日发布);
- (18) 辽宁省《辽宁省混合面源污染防治技术指南(征求意见稿)》(2021年2月1日);
- (19) 江苏省《太湖流域果园面源污染综合防控技术规范》(DB32/T 3793-2020);
- (20) 重庆市《重庆市农业面源污染风险评估技术规范》(2019年8月10日发布);
- (21) 山西省《丘陵区农田径流氮磷流失监测技术规范》(2020年3月31日发布);
- (22) 内蒙古《河套灌区化肥面源污染监测技术规程》(DB15/T 1546-2018);
- (23) 安徽省合肥市《环巢湖区域农村面源污染源分类及数据采集要求》(DB3401/T 235-2021);
- (24) 贵州省《农田面源污染监测技术规程》(征求意见稿)。

对于面源污染物入河(湖)量调查与核算还没有统一的标准。

## 2.2 国内外相关学术研究进展和实践现状

### 2.2.1 面源污染的概念与分类

国外在面源污染的相关研究方面起步较早，自 20 世纪中期开始陆续开展。国内“面源污染”的概念自“非点源污染”一词而来，是从英文“Non-point Source Pollution”（简称 NPS）翻译过来的。20 世纪末，美国清洁水法修正案将面源污染正式定义为：污染物以广域的、分散的、微量的形式进入地表及地下水体。中国的面源污染研究始于 20 世纪 80 年代，2000 年以前，总体处于探索阶段，和国外的交流相对偏少；2000 年以后，随着国外非点源污染模型尤其是机理模型的引进发展迅速。国内有学者认为面源污染的定义为溶解或固体污染物，从非特定地点，通过径流过程汇入受纳水体而引起的污染。面源污染在《辞海》中的解释为：在大面积范围内以弥散或大量小点源形式排放污染物造成的，在自然环境（如大气、土壤、水体等）中混入危害人体、降低环境质量或破坏生态平衡的现象。

面源污染因发生的区域和过程不同，其来源复杂，分类不一。有的研究认为面源污染主要有农村生活污染、种植污染和养殖污染三个主要来源。还有学者将面源污染的来源及成因划分为六类，主要包括：农田过量施用化肥农药；农村生活垃圾处理利用率低；畜禽养殖业的发展；城镇、矿区和建筑工地地表径流；区域水土流失加剧；大气沉降以及可能产生污染的生产活动，如森林砍伐、水利建设、土地开发等。

### 2.2.2 面源污染物负荷的核算

面源污染具有广泛性、随机性、不确定性和难监测等特点，其负荷计算远比点源困难，但获得准确的水体污染负荷量是对水环境实施污染总量控制管理的基础和关键，我国的环境管理部门正在探索将面源污染纳入污染总量控制体系，面源污染负荷计算成为不可回避的重要研究内容。面源污染负荷计算方法研究始于美国 20 世纪六七十年代，通过在北美地区开展的一系列深入研究，研发了包括输出系数模型、机理模型等在内的一系列面源污染负荷计算方法(ONGLEY E D, 2010)。进入 21 世纪后，该领域的研究在世界各国引起广泛关注，除了欧美国家，

日本、韩国和中国等亚洲国家近年来尤其活跃。

根据对近年来国内外面源污染研究文献的检索和分析,我国目前常用的面源污染负荷计算方法大体可以归纳为以下三大类:输出系数模型、实证模型和机理模型。

### (1) 输出系数模型

输出系数模型 (Export Coefficient Models) 来自一种称为“单位负荷测算”(Unit Load approach) 的研究思路,这种思路大约是 20 世纪 70 年代在美国发展起来的 (UTTORMARK P D, 1974),其核心是测算每个计算单元(人、畜禽或单位土地面积)的污染物产生量,将每个计算单元的平均污染物产生量与总量相乘,估算研究范围内面源污染的潜在产生量。JOHNES P J (1996) 在总结以往输出系数法研究成果的基础上发表了规范的输出系数模型方程,该模型已经成为输出系数法的经典模型,国内输出系数法方面的研究,大多基于该模型或稍作改进。

输出系数模型因其结构简单和数据获取容易等特点在国内得到广泛应用。该模型忽略了面源污染复杂的迁移转化过程,可以使用统计数据开展污染负荷计算,其计算区域,既可以是边界明确的流域,也可以是不同等级的行政单元,时间步长的设定比较灵活,可以是月、季节甚至年。虽然测算精度通常比机理模型低(如果不测算输移系数,其计算结果只是面源污染的产生潜力,而不是真正进入水体的污染量),但对尺度不敏感,可移植性好,并可以在较大尺度和较长时间段对面源污染负荷进行估算。国内输出系数模型的应用,既有将流域作为研究区域的案例,也有将行政单元作为研究区域的案例,研究的时空尺度从中小尺度到大尺度均有涉及,2007 年开展的全国污染源调查,其面源污染负荷的调查方法,也是基于输出系数模型建立的。还有一些研究者对模型进行了改进,引入降雨和地形影响因子,考虑降雨时空分布差异和地形对计算结果的影响。

### (2) 实证模型

实证模型 (Empirically Based Models) 有时也称为统计模型 (Statistic Models), 它的研究基础是统计分析,根据长系列降雨、水文和水质监测数据,建立面源污染负荷变化和降雨、径流变化之间的相关关系,通过回归分析构建经验公式计算面源污染负荷,这种方法一般适用于内部结构比较单一的小流域,因为小流域内

降雨、径流量和污染负荷之间的关系相对简单，大多是线性关系或者简单的非线性关系。实证模型同样不考虑污染的迁移转化，无法从机理上对计算公式进行解释，加之这些公式都是通过回归分析获得，因此，模型通常不可移植，在其他流域使用时，必须根据该流域的水文、水质监测数据重新进行分析，但如果研究的流域面积不大、结构简单且能够在流域出口处获得足够长系列的水文、水质监测数据，该方法也可以获得较高的计算精度。

实证模型的代表是水文分割法，水文分割法尚无规范的名称，也有研究者称之为平均浓度法或其他名称，但研究思路基本一致：将河川径流过程划分为汛期地表径流过程和基流过程，认为降雨径流的冲刷是产生面源污染的原动力，面源污染主要由汛期地表径流携带，而枯水季节的水污染主要由点源污染引起。根据多年的水文和水质监测数据，分别测算枯水期和汛期流域出口处污染物的平均浓度，再根据流域出口处的径流量，就可以计算整个流域的污染负荷并将面源污染负荷从总负荷中区分出来，该方法的应用受研究区水文和其他条件的影响较大，应用的案例总体不多。由水文分割法进一步发展而来的还有降雨量差值法，其基本思想是：认为只有发生较大降雨并产生地表径流时，面源污染物才会流失并进入水体，降雨量跟面源污染负荷之间存在相关关系，可以对任意两场洪水产生的污染负荷之差与降雨量之差进行回归分析，从而获得降雨量与面源污染负荷之间的相关关系，根据相关关系，结合降雨和水文、水质统计数据，估算流域面源污染负荷。除水文分割法以外，神经网络和灰色关联分析法实质上也属于实证模型，少数研究者应用这些方法开展了一些探索性研究。此外，还有一些研究者提出过用流域总负荷减去点源污染负荷的方法来计算面源污染负荷的思路，但由于中国目前污染管理水平不高，准确核算流域点源污染负荷本身就非常困难，因此，鲜少见到过成功应用的案例。

### **(3) 机理模型**

机理模型(physically based models)试图根据面源污染形成的内在机理，通过数学模型，对降雨径流的形成以及污染物的迁移转化过程进行模拟，它通常包括子流域划分、产汇流计算、污染物流失转化和水质模拟等子模块，不仅考虑污染物的输入和输出情况，还考虑污染物的迁移转化过程；机理模型一般需要与GIS进行耦合，通过GIS进行地形分析和子流域划分。机理模型对数据量和数据精

度要求较高,但如果经过规范的率定和验证,能够获得较高的计算精度,并且由于其机理和过程比较明晰,具有良好的可移植性,率定好的模型应用于其他条件类似的流域,也能获得理想的计算结果,机理模型对尺度较为敏感,更适合于中小流域。

目前,无论是国内还是国外,机理模型在面源污染负荷计算方法中都占据了主导地位,国内广泛使用的机理模型绝大多数来自美国,SWAT( Soil and Water Assessment Tool), AnnAGNPS (Annualized Agricultural Nonpoint Source Pollution) 和 HSPF( Hydrologic Simulation Program Fortran)是应用最为广泛的 3 种模型,除此以外, ANSWERS(Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation), SWMM((Storm Water Management Model ), WEPP( Water Erosion Prediction Project)等也有一定的应用。

### 2.2.3 河南省面源污染调查与核算相关研究进展

河南省是我国的人口大省,经济社会发展迅速,自 20 世纪 90 年代起,水污染治理日渐成为环境保护的焦点。长期以来点源污染治理是河南省的重点,面源污染未被足够重视。现有相关研究中,关于河南省面源污染的相关研究较少,近年来少数学者对河南省农业面源开展了相关研究。蔡路灵(2017)以河南省 18 个市为研究单元,从农田化肥、畜禽养殖、农村生活、作物秸秆、水产养殖五个方面,定量核算了农业面源污染 COD、TN 和 TP 的排放量和排放强度;彭舜磊(2018)利用输出系数法估算了河南省各省辖市面源污染的整体情况。关于河南省的面源污染估算研究整体上相对较少,对河南省面源污染调查与核算较有指导意义的方法、过程鲜有文献报道。

## 2.3 面源污染特征与成因

### 2.3.1 面源污染产排途径

#### 2.3.1.1 农村生活面源

农村生活面源污染主要指农村生活区分散的面源污染,是由于农村居民生活污染,包括生活污水、生活垃圾及固体废弃物污染的任意排放造成的水体、土壤、生物和大气的污染,对农村水环境以及农村人口身体健康具有重要的影响。但由

于基础设施薄弱、公众的水环境保护意识薄弱而相对滞后，农村生活污水无组织排放引起的面源污染问题也日益严重，农村水环境保护成为了一项重要任务，通过农村水环境整治，改善农村生态环境，提高生活质量和提升农村综合竞争力具有重要作用。农村生活面源主要指农村居民生活过程中产生的生活污水、生活垃圾及人体粪尿等。农村生活面源产排过程如图 2.3.1-1 所示。

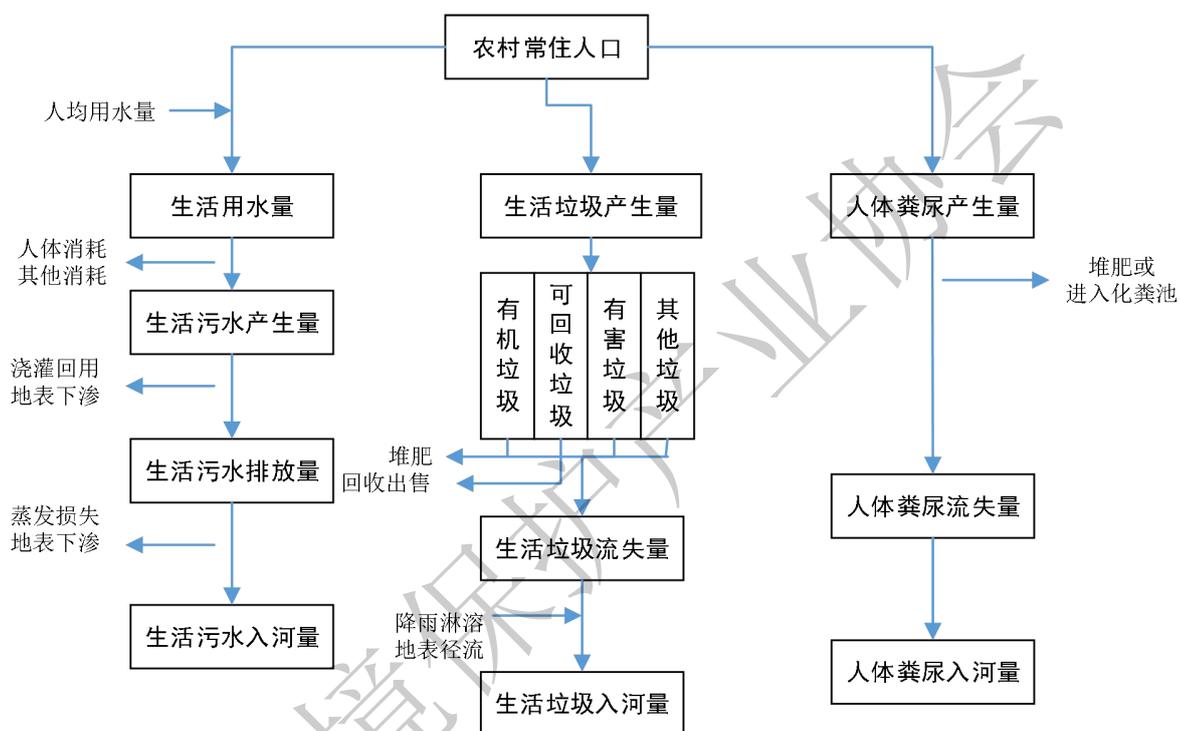


图 2.3.1-1 农村生活面源产排过程

### 2.3.1.2 种植业面源

人类在种植过程中，大量施用化肥、农药、除草剂等农用化学品，这些化学品除一部分被农作物吸收利用外，其余部分残留在土壤中或挥发到空气中，残留在土壤中的农用化学品经过降雨、灌溉等过程以地表径流和地下淋溶的方式进入地表水体，形成种植业面源污染。土壤中的氮素和磷素是农作物的营养物质，如果过多的氮素、磷素流失到水体中，则变成了污染物。种植业面源污染的形成过程就是氮素、磷素的迁移转化过程。

从本质上看，种植业面源污染的形成过程就是土壤中的化学物质（有机物和无机物）在外界条件作用下（如降水、灌溉等）从土壤圈向水体扩散的过程。在这一过程中，由降雨或灌溉产生的径流是诱因，是种植业面源污染产生的动力和载体，而下垫面地表污染物的积累是非点源污染产生的物质基础，这两个条件缺

一不可。因此，种植业面源污染的形成主要包括四个过程，即径流形成过程、土壤侵蚀过程、径流流失过程和地下淋溶过程。这四个过程相互联系、相互作用、相互影响。降雨或灌溉在一定的条件下产生地表径流，同时对土壤有一定的侵蚀作用，在径流的冲刷下，泥沙及其附着的污染物（颗粒态）以及溶解到径流水中的污染物（溶解态）随地表径流和地下淋溶进入地表水和地下水，从而产生种植业面源污染。种植业面源污染的形成过程如图 2.3.1-2 所示。

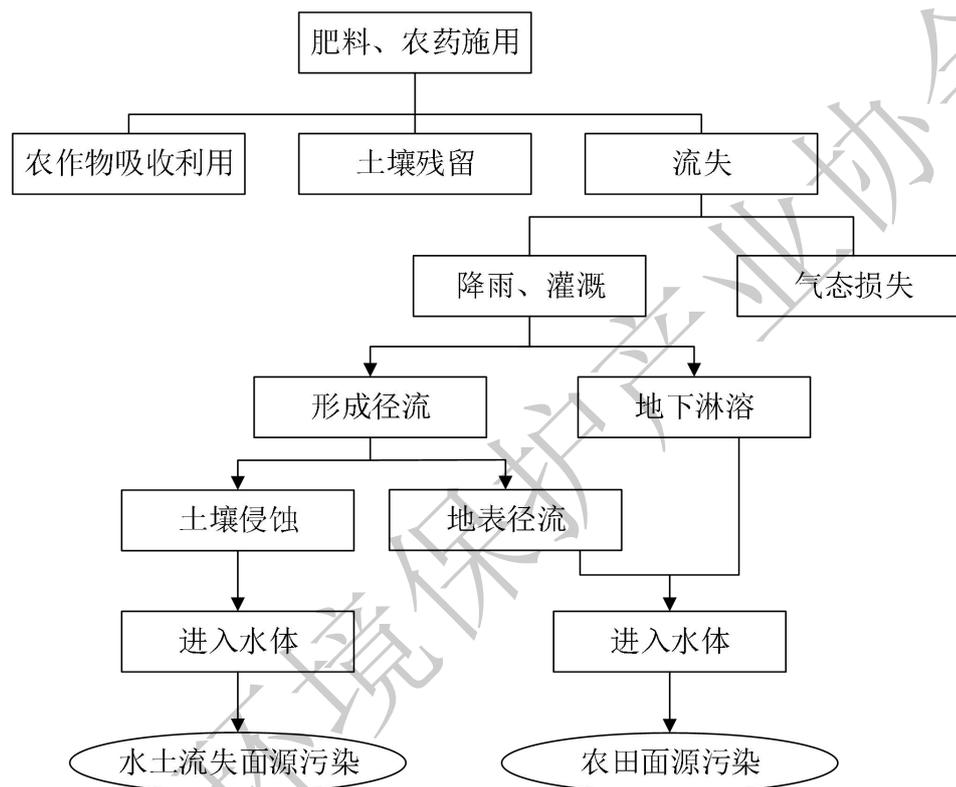


图 2.3.1-2 种植业面源污染形成过程

### 2.3.1.3 规模以下畜禽养殖面源

当前我国将畜禽养殖污染防治工作的重点放在规模化畜禽养殖污染控制方面，对农村散户和畜禽养殖户的监控仍为薄弱，这些畜禽养殖户具有非规模化、分散化和高密度集化的特点，养殖废弃物难收集、难处理，超出农村处理和合理使用的能力，给区域环境带来很大压力。畜禽养殖业形成的污染主要来源于废水和固废。废水主要包括尿液、清洗畜禽体和饲养场地及器具所产生的污水及其它生产过程中生成的污水；固废主要包括粪便、废饲料、散落的毛羽等。畜禽粪便和污水产生后一部分粪便返回农田，用作有机肥料；一部分进入沼气池，用于生产沼气；一部分经过污水处理设施被净化。未被处理利用的畜禽养殖污染物排放到环境中，称为排放量。未经处理利用的粪便堆放在养殖场周围空地，在雨水的

冲刷下，进入附近水体或者淋溶到地下。规模以下畜禽养殖污染形成过程如图 2.3.1-3 所示。

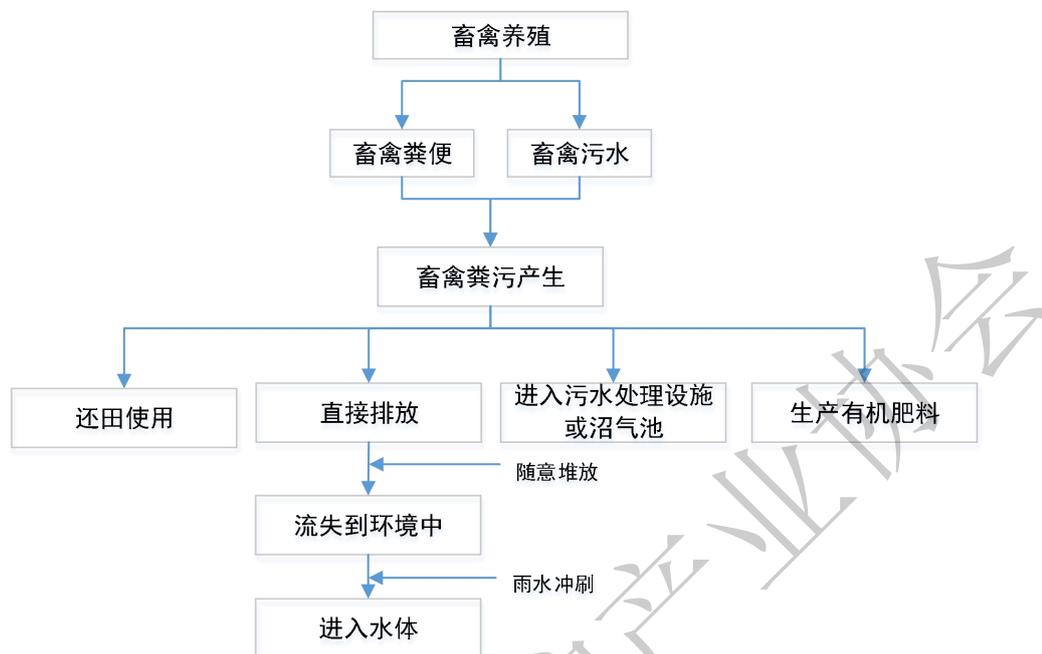


图 2.3.1-3 规模以下畜禽养殖面源污染形成过程

#### 2.3.1.4 城镇地表径流面源

降雨地表径流指降雨后除直接蒸发、植物截留、渗入地下、填充洼地外，其余经流域地面汇入河槽，并沿河下泄的水流。城市降雨径流污染是指在降雨过程中雨水及其形成的径流流经城市地面如商业区、居住区、停车场、街道等，建筑物如屋顶、绿化带等，冲刷、聚集一系列污染物质如原油、氮、磷、重金属、有机物质等通过排水系统直接排入水体而造成的水体非点源污染，城市地表径流污染形成过程如图 2.3.1-4 所示。

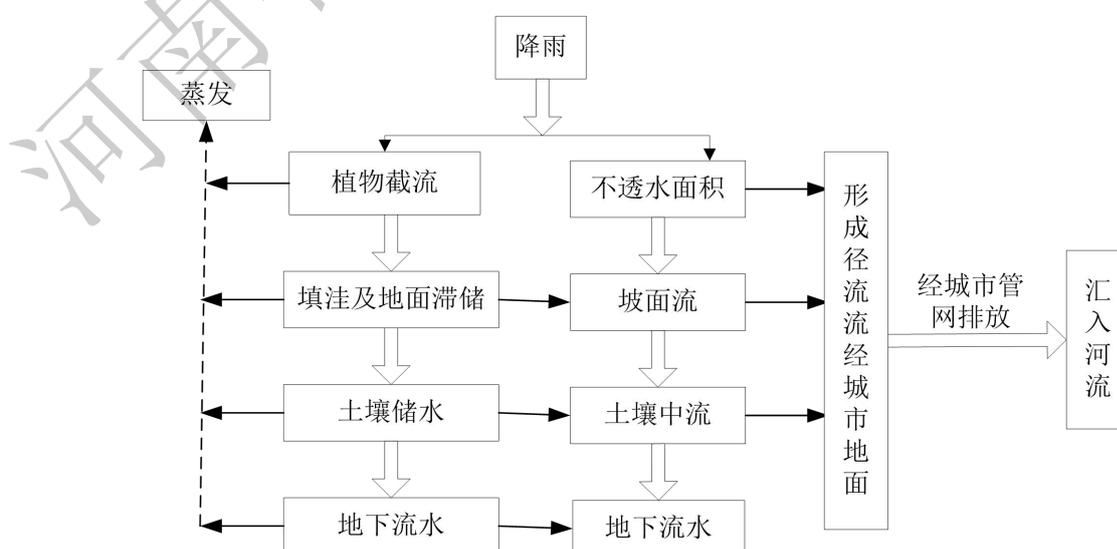


图 2.3.1-4 城市地表径流污染形成过程

### 2.3.1.5 水土流失面源

水土流失主要指地表组成物质受流水、重力或人为作用造成的水和土的迁移、沉积过程。水土流失带来的径流和泥沙不仅本身就是一种面源污染物，而且是有机物、金属、磷酸盐以及其他毒性物质的主要携带者，所以水土流失会给水体水质带来严重影响。具体表现为面源污染是伴随着水土流失的发生与发展而形成的降雨—径流—侵蚀—水污染负荷输出的过程，即污染物在降雨所产生的径流冲刷作用下，由径流和泥沙携带，最终达到受纳水体，进而破坏水体环境。水土流失面源污染的形成过程如图 2.3.1-5 所示。

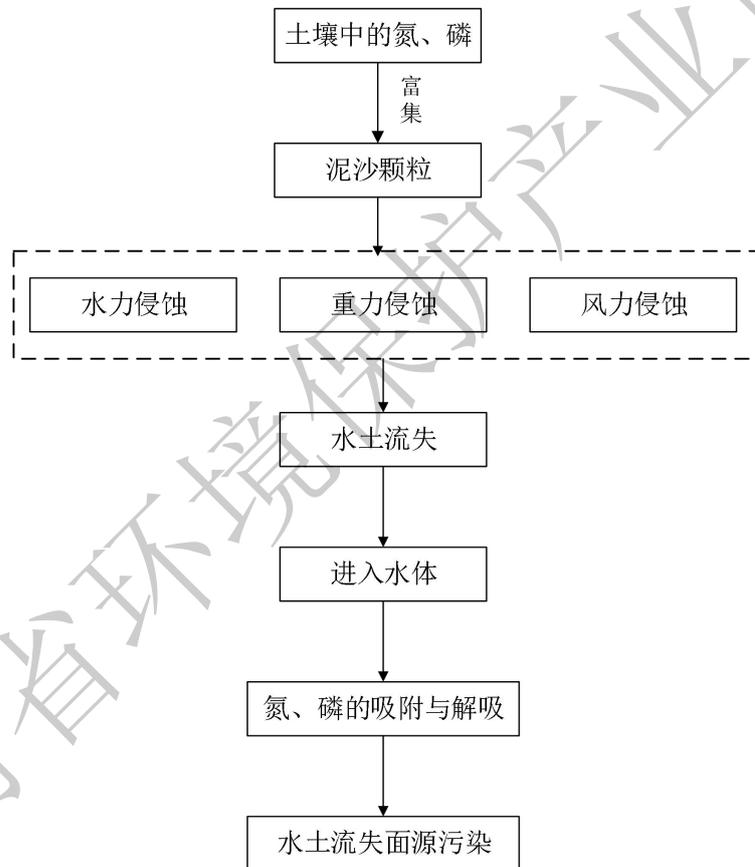


图 2.3.1-5 水土流失面源污染形成过程

### 2.3.2 面源污染特征

相对于点源污染，面源污染具有分布范围广、来源分散、发生随机、形成机理复杂、难以治理等特征。面源污染不仅防治和管理难度更大，且污染呈现一定的地域特征、空间分布特征以及时间特征，面源污染排放量和排放强度的空间差异较大，特大城市的污染程度高于中等城市，初期径流污染物浓度高于后期径流，

季节的不同对径流水质也有一定的影响。

**(1) 随机性：**从源头和形成过程进行分析，面源污染主要受降雨形成径流水文循环过程的影响和支配。由于降雨的发生具有不确定性，其他影响因子同样也存在异质性和不确定性，这就决定了面源污染的形成具有很大的随机性。

**(2) 广泛性：**由于面源污染主要发生在陆地表面，而陆地表面广泛分布着化学物质，这些化学物质很多是人工生产且自然环境无法接受的，在降雨等作用下，这些化学物质随地表径流进入水体，对生态环境产生广泛而深远的影响。

**(3) 滞后性：**由于降雨和径流等过程的影响，农田中化肥和农药等污染物在地面随径流进行迁移，最终进入受纳水体而形成污染。由于迁移转化的路径长短不同，其形成的面源污染的滞后性也不同。农田中化肥、农药存在时间的长短，将决定面源污染形成滞后性的长短。通常情况下，化肥和农药的使用会导致长期的面源污染。

**(4) 不确定性：**因影响面源污染形成的因子十分复杂，因此难以准确判断污染物的来源。农药面源污染与农药和化肥的施用量、农作物类型、农作物生长季节、土壤理化性质和降雨等条件密切相关；而城市面源污染则受城市绿化面积、清洁强度和降雨条件等影响。同时，不同因子间相互影响，导致面源污染具有很大的不确定性。

**(5) 潜伏性：**在无降雨或灌溉时，使用化肥、农药形成的面源污染十分微弱。但当降雨发生时，化肥、农药会在降雨等驱动力下，随着径流进入水体而形成严重的面源污染。

**(6) 研究和控制难度大：**由于面源污染的形成过程主要受土地利用方式、土壤地理条件和气象条件等多种因素的影响，从而导致面源污染的量化研究和管控难度较大。

### 2.3.3 面源污染形势

面源污染是当前生态环境保护工作的突出难点。随着农业的快速发展，农业面源污染日益演变成为一个共性问题。“十三五”以来，随着化肥农药使用零增长行动、农业农村污染治理攻坚战的实施，农业面源污染防治工作取得积极进展，化肥农药减量增效工作初见成效。化肥农药施用量连续 4 年负增长，2020 年水稻、小麦、玉米三大粮食作物化肥利用率达 40.2%，农药利用率达 40.6%，秸秆

综合利用率、农膜回收率分别达到 86.7%、80%。畜禽养殖污染防治水平持续提高，全国畜禽粪污综合利用率达到 75%，规模养殖场粪污处理设施装备配套率达到 95%。

但是，我国农业面源污染防治工作仍任重道远。一是源头防控压力大。第二次全国污染源普查结果表明，我国农业源污染物排放总量仍处于高位，农业源化学需氧量、总氮和总磷排放量分别占水污染物排放总量的 49.8%、46.5%、67.2%，在维护国家粮食安全的背景下，农业面源污染防治工作的形势依然严峻。二是调查监测技术体系薄弱。目前尚未针对农业面源污染特点建立现状调查和环境监测标准规范，现有监测体系未充分考虑流域汇水关系、水土协同控制等，无法及时掌握农业面源污染状况和变化情况，难以系统性地开展农业面源污染负荷评估。三是缺乏多元主体共治共管的工作机制。农业面源污染防治需要政府及其管理部门、农业生产资料生产销售企业、农业生产主体的共同参与，目前缺乏有效的机制措施和可量化、可操作的考核评估体系。四是监管能力亟待提升。农业面源污染基层监管能力薄弱，缺少监管平台和监测数据，同时人才队伍建设欠缺，专业支撑保障能力薄弱，难以满足形势发展需要。

整体上面源污染防治将面临更加严峻的形势，河南省面源污染防治工作将愈加受到重视。

## 2.4 河南省面源污染防治情况

### 2.4.1 农村生活

根据《2021 年河南统计年鉴》，2020 年，全省共有 1181 个镇，610 个乡，常住人口 9941 万人，城镇化率为 55.43%，乡村总人口 4429 万人，农村居民家庭人均可支配收入 16107.93 元。

根据《河南省第二次全国污染源普查公报》，生活源普查对象 4.79 万个，其中行政村 3.80 万个，农村生活源水污染物排放量分别为：化学需氧量 36.11 万吨，氨氮 0.79 万吨，总氮 1.52 万吨，总磷 0.14 万吨，动植物油 1.07 万吨。

国家《农村人居环境整治三年行动方案》（中办发〔2018〕5 号）、《农业农村污染治理攻坚战行动计划》均对农村生活污水、生活垃圾治理提出了明确的要求，2019 年 9 月，生态环境部办公厅印发了《县域农村生活污水治理专项规划

编制指南（试行）》，随后河南省印发了《河南省县域农村生活污水治理专项规划编制纲要（试行）》（豫环文〔2019〕175号）。

“十三五”期间，河南省稳步推进农村生活污水治理，指导各地编制县域农村生活污水治理专项规划，建设农村生活污水处理设施4100余套，全省农村生活污水治理率达到30%以上，部分县(市、区)实现全覆盖；建立健全农村生活垃圾收运处置体系，90%以上村庄生活垃圾得到有效治理。但是，仍存在一些问题，农村生活垃圾分类和资源化利用处在起步阶段，部分村庄生活污水没有得到有效治理和管控，存在厕所粪污直排、污水横流、垃圾乱堆等突出环境问题，全省部分已建成农村生活污水治理设施由于缺乏管护资金、技术模式不合理、管网不配套等原因，存在“晒太阳”现象。

《河南省“十四五”生态环境保护和生态经济发展规划》（豫政〔2021〕44号）、《河南省“十四五”水安全保障和水生态环境保护规划》（豫政〔2021〕42号）、《河南省乡村生态振兴五年行动计划》（豫农领发〔2021〕8号）均对农村生活污水垃圾治理提出了明确要求：到2022年，乡镇政府所在地村庄生活污水集中处理实现全覆盖；到2025年，农村生活污水治理率达到45%，基本实现农村生活垃圾分类、资源化利用全覆盖，全省农村卫生厕所普及率进一步提高，厕所粪污有效处理和资源化利用水平显著提升。《河南省“十四五”乡村振兴和农业农村现代化规划》（豫政〔2021〕56号）提出：村庄垃圾有效治理率为100%，农村生活污水治理率为45%、农村无害化卫生厕所普及率为86%。

## 2.4.2 种植业

### （1）种植业概况

河南省是我国的农业大省，根据《2021年河南省国民经济和社会发展统计公报》，2021年全省粮食种植面积10772.31千公顷，比上年增加33.52千公顷，其中小麦种植面积5690.69千公顷，增加17.02千公顷；玉米种植面积3853.33千公顷，增加34.32千公顷。油料种植面积1604.37千公顷，增加6.83千公顷，其中花生种植面积1292.93千公顷，增加31.09千公顷。蔬菜种植面积1758.07千公顷，增加4.29千公顷。

### （2）化肥、农药施用

河南省作为粮食生产大省，化肥施用量也较大。自2001年超过山东省成为

全国化肥第一用量省份。根据《2021年河南统计年鉴》，2020年，河南省化肥施用折纯量为647.98万吨，农药使用量10.24万吨。近10年河南省化肥施用折纯量、农药使用量均呈现先增长后下降的趋势。

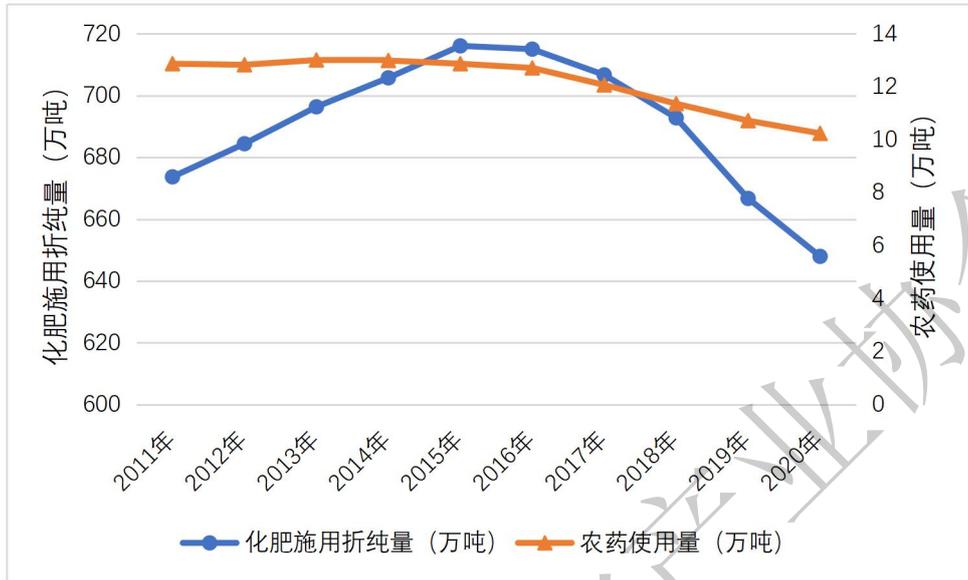


图 2.4.2-1 2011-2020 年河南省化肥、农药施用情况

根据河南省农科院多年调查研究数据表明，河南省大部分耕层土壤氮肥充足、钾肥不足，养分失衡，硝酸盐残留量较大，土壤中有机质含量下降。化肥已成为农田面源污染的主要来源。同时，氮肥、磷肥的大量使用加大了地表水体的富营养化程度，增加了地下水硝态氮含量，威胁周围的水体健康。

根据河南省农业科学院的抽样调查结果，河南省大多数粮果蔬要连续施药4-10次才能成熟上市，个别园艺作物及蔬菜农药使用量为30-75 $\text{kg}/\text{hm}^2$ ，远高于欧洲最高用药量18 $\text{kg}/\text{hm}^2$ ，有的甚至是世界平均水平的3倍。但化学药剂的利用率仅为20%-30%，大部分农药残留在水体中，污染水体。

根据《河南省第二次全国污染源普查公报》，河南省种植业水污染物排放（流失）量情况为：氨氮0.26万吨，总氮4.63万吨，总磷0.36万吨。秸秆产生量为0.85亿吨，秸秆可收集资源量0.72亿吨，秸秆利用量0.68亿吨。地膜使用量4.90万吨，多年累积残留量1.14万吨。

### (3) 种植业面源防治情况

河南省用全国1/16的耕地，生产了全国1/4多的小麦、1/10的粮食，粮食产量连续13年稳定在1000亿斤以上，近3年连续稳定在1300亿斤以上，每年还外调600亿斤原粮及制成品。肥料在保障国家粮食安全中起着不可替代的作用。

相关资料显示，化肥对于我国粮食增产的贡献率在 55%以上，化肥既能提高粮食产量，还能提高土壤肥力。但化肥过量、不合理施用，给耕地质量、生态环境等方面带来了一定负面影响，化肥减量增效势在必行。

近年来，河南省持续推进开展化肥减量增效行动，全省化肥年使用量自 2016 年开始已经连续 3 年负增长。2019 年，全省推广测土配方施肥技术面积 1.68 亿亩次，亩均减少不合理施肥 1.05 公斤，主要农作物化肥利用率达到了 39.4%，较 2017 年提升了 2.39 个百分点，测土配方施肥技术覆盖率达到 87.2%，较 2017 年提升了 5.2 个百分点，有力促进了粮食丰产丰收，有效改善了农业生态环境。

作为农业大省、粮食生产大省，河南省以保障国家粮食安全、农产品质量安全和农业生态安全为目标，以建设生态文明和提高肥料利用效率为切入点，强化“产学研推”一体化融合发展，依托新型经营主体和社会化服务组织，集成创新推广化肥减量增效技术，减少不合理化肥投入，提升耕地质量水平，加快形成农业绿色发展方式，夯实国家粮食安全基石，促进粮食增产、农民增收和生态环境安全。同时，河南省将立足各地实际情况，按照“增产施肥、经济施肥、环保施肥”的要求，通过测土配方施肥、有机肥替代化肥和农机农艺融合等技术措施，集成创新推广作物高产高效栽培技术模式，逐步将过量、不合理施肥的现象改正过来。

#### **(4) 相关规划政策要求**

2021 年 12 月底，农业农村部制定印发《“十四五”全国种植业发展规划》（农农发〔2021〕11 号），提出：推进化肥绿色增效、推进绿色防控与统防统治融合、推进节水增产增效、构建绿色种植制度。2021 年 12 月底，河南省人民政府印发《河南省“十四五”乡村振兴和农业农村现代化规划》（豫政〔2021〕56 号），提出：推进农业清洁生产，到 2025 年，主要农作物化肥、农药利用率提高到 43%；加强农业面源污染治理，到 2025 年，重点区域农业面源污染得到有效治理，秸秆综合利用率达到 93%以上。

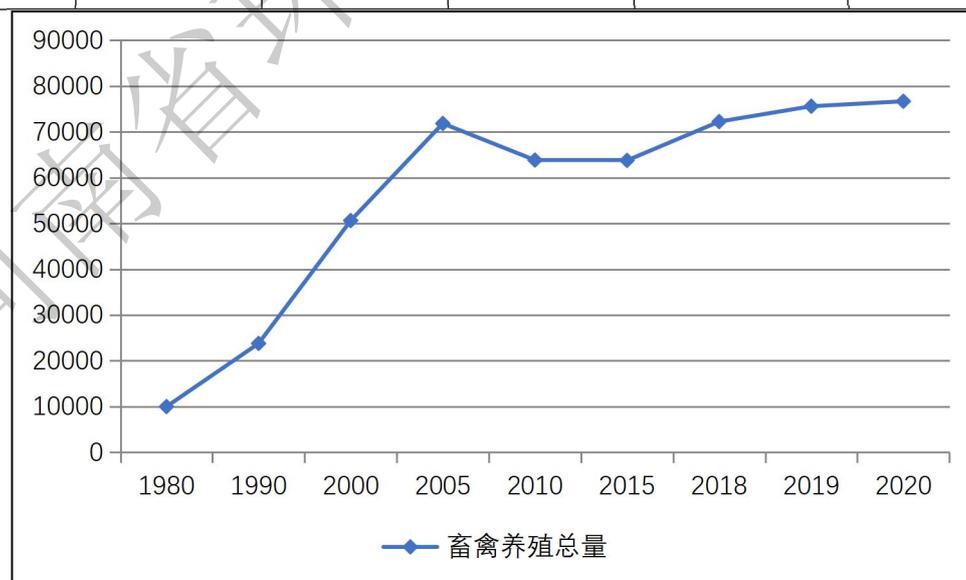
### **2.4.3 规模以下畜禽养殖**

河南省畜牧养殖数量整体上处于不断增加的趋势，畜牧业产值从 1986 年的 42.2 亿元增加到 2020 年的 2855.8 亿元，畜禽养殖规模始终位于全国前列。根据河南省统计年鉴等相关资料，全省畜禽养殖总量 1980 年~2020 年呈递增趋势，

其中 2020 年猪、牛、羊及家禽存栏总头(只)数分别为 3886.98、391.68、1965.12、70436.65 万头(只)。根据畜禽的主要养殖用途确定,肉用的畜禽应选择出栏量进行统计,蛋奶用和繁殖用途的畜禽应采用其存栏量进行统计。本标准主要涉及肉猪、肉牛、奶牛、肉羊、蛋鸡和肉鸡,因此,猪、肉牛、羊、肉鸡采用出栏数进行统计,奶牛和蛋鸡采用存栏数进行统计。根据《2021 年河南省统计年鉴》,对河南省 1980~2020 年畜禽养殖总量进行统计,详细见表 2.4.3-1 和图 2.4.3-1-图 2.4.3-5。

**表 2.4.3-1 河南省 1980~2020 年畜禽养殖总量统计表** 单位: 万头/只

年度	猪	牛	羊	家禽	总计
1980	1474.2	339.6	1147.8	7008.7	9970.3
1990	1750.3	892.5	1279.5	19849.9	23772.2
2000	3787.7	1340.2	2961.4	42529	50618.3
2005	4439	1447	3988	61958	71832
2010	4540	695	1895	56709	63839
2015	4362	403	1926	57070	63761
2018	4337	373	1734	65800	72244
2019	3710	385	1899	69602	75596
2020	3887	392	1965	70437	76681



**图 2.4.3-1 1980~2020 年河南省畜禽养殖总量变化曲线图** 单位: 万头/只

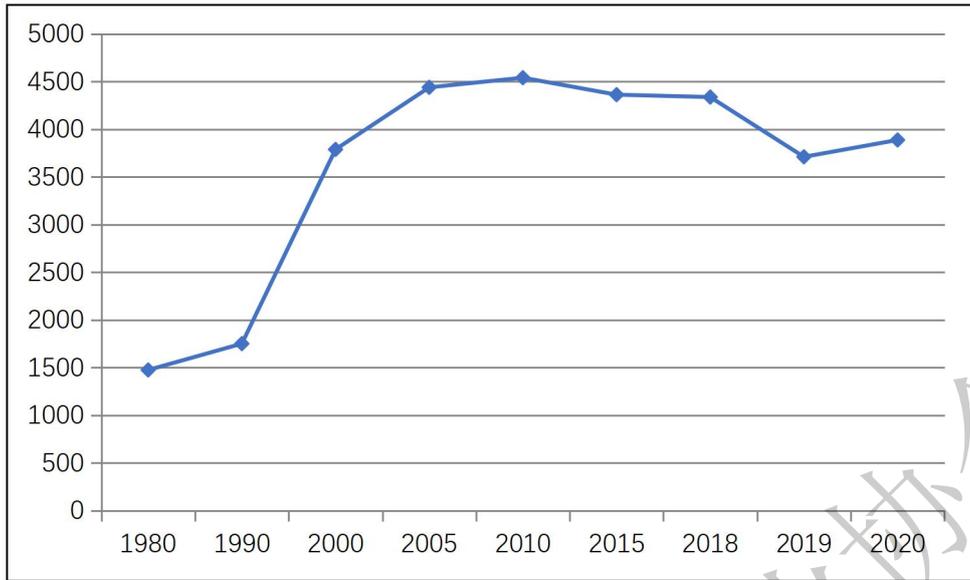


图 2.4.3-2 1980~2020 年河南省猪养殖总量变化曲线图 单位：万头

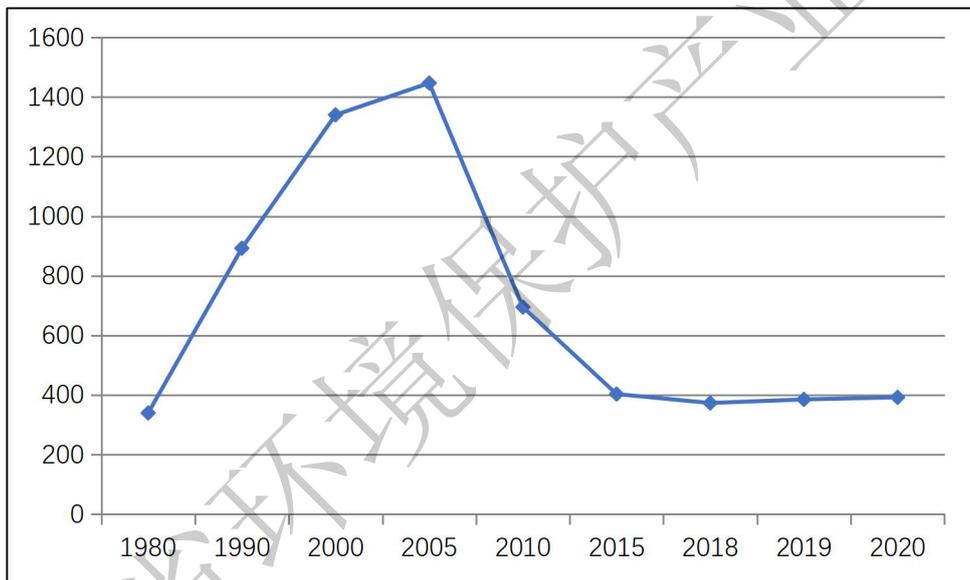


图 2.4.3-3 1980~2020 年河南省牛养殖总量变化曲线图 单位：万头

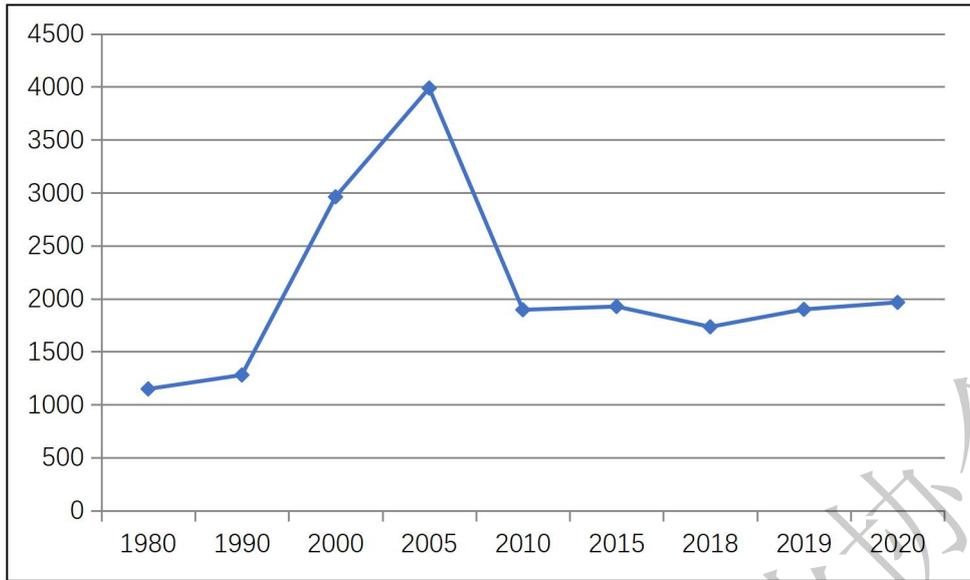


图 2.4.3-4 1980~2020 年河南省羊养殖总量变化曲线图 单位：万只

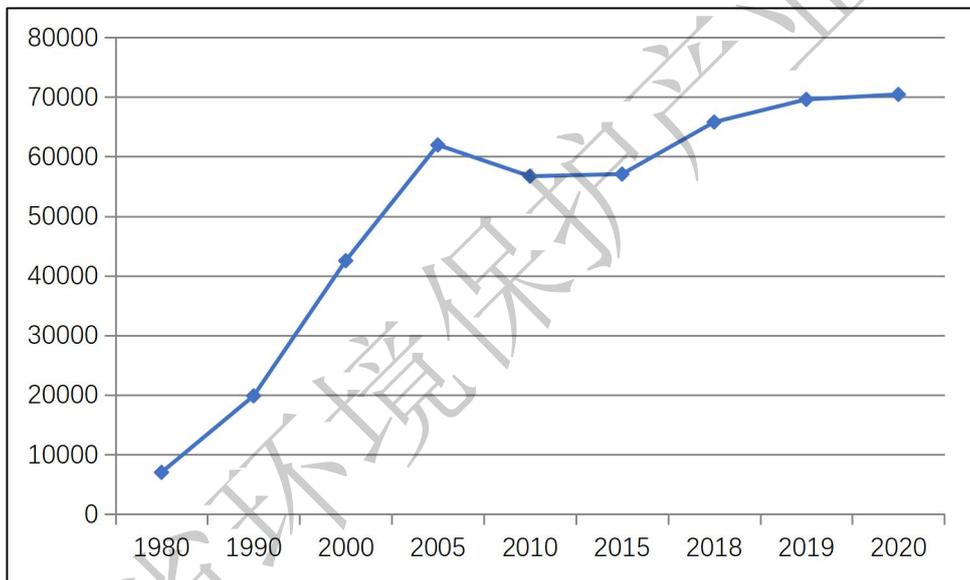


图 2.4.3-5 1980~2020 年河南省家禽养殖总量变化曲线图 单位：万只

由图 2.4.3-1~图 2.4.3-5 可以看出，河南省畜禽养殖总量从 1980 年到 2020 年整体呈递增趋势，河南省是农业大省，也是畜牧大省，养殖总量较大。其中牛、羊养殖量 1980 年~2005 年呈逐年递增趋势，自 2005 年后下降趋势较明显，猪、家禽养殖量 1980 年~2005 年呈逐年递增趋势，2005 年~2020 年呈波动上升趋势。

根据《河南省第二次全国污染源普查公报》，畜禽养殖业水污染物排放量分别为：化学需氧量 77.79 万吨，氨氮 0.92 万吨，总氮 4.52 万吨，总磷 0.99 万吨；其中，畜禽规模养殖场水污染物排放量为化学需氧量 48.86 万吨，氨氮 0.74 万吨，总氮 2.96 万吨，总磷 0.68 万吨。

《河南省“十四五”生态环境保护和生态经济发展规划》（豫政[2021]44 号）、

《河南省“十四五”水安全保障和水生态环境保护规划》（豫政[2021]42号）提出：强化养殖业污染治理，到2025年，全省畜禽粪污综合利用率达到83%以上。《河南省“十四五”乡村振兴和农业农村现代化规划》（豫政[2021]56号）提出：到2025年，全省畜禽粪污综合利用率达到83%以上，畜禽规模化养殖率均达到80%以上。

#### 2.4.4 城镇地表径流

依据《“十三五”时期河南城市发展报告》，2020年，河南省城市建成区面积2394平方公里，比2015年增加416平方公里，增长21%，年均增长3.9%。河南城市绿化覆盖面积达到108940公顷，比2017年增长18.5%，年均增长5.8%，每万人绿化覆盖面积46公顷，比2017年增加6公顷/万人；绿地面积94885公顷，比2017年增长17.5%，年均增长5.5%，每万人绿地面积40公顷，比2017年增加5公顷/万人；公园绿地面积31335公顷，比2017年增长33.1%，年均增长10.0%，每万人公园绿地面积13公顷，比2017年增加3公顷/万人。城市建成区下垫面类型更加多元，对城镇地表径流的截留净化作用不断增强。

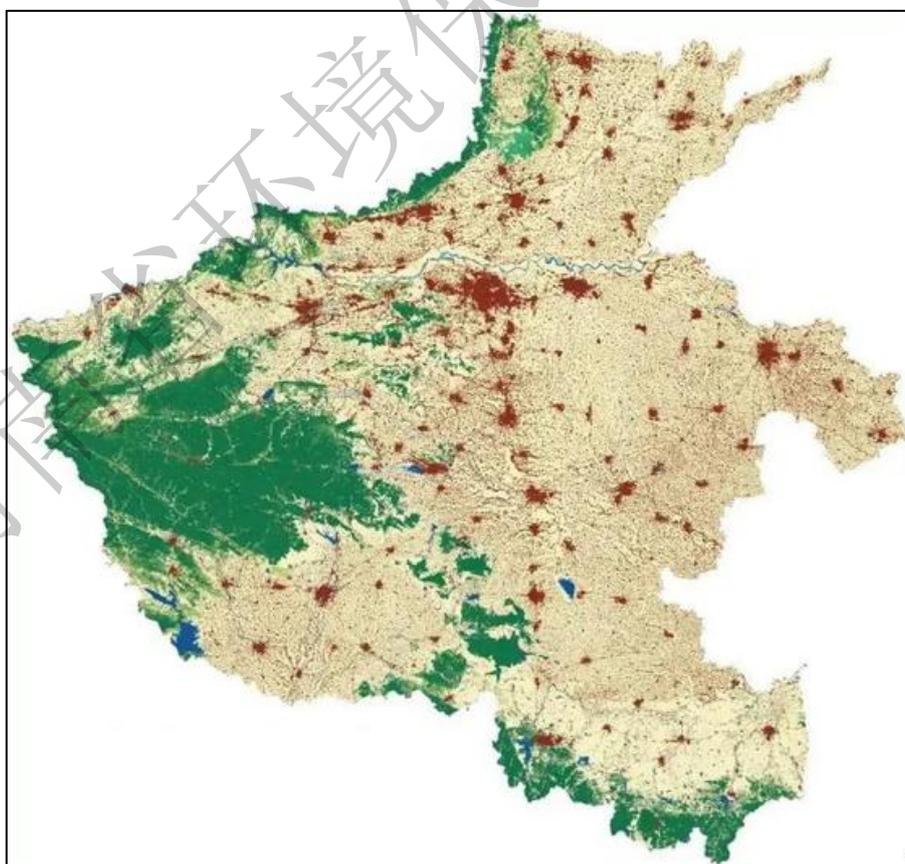


图 2.4.4-1 2020 年河南省地表覆盖图

近年来，河南省不断重视城镇地表径流面源污染治理，推动市政雨洪排口整治，推进雨污分流管网建设，不断加强初期雨水污染治理。《河南省四水同治规划（2021—2035年）》要求加强初期雨水污染治理，在已有海绵城市试点基础上，在郑州、洛阳等城市建成区进行规范化建设，通过沿河新建截流管道进行初期雨水截留，末端新建初期雨水调蓄池进行调蓄处理，减少降雨径流污染河流水体。

《河南省“十四五”水安全保障和水生态环境保护规划》明确，“十四五”期间，河南省将鼓励各地以城市雨洪排口、直接通入河湖的涵闸、泵站等为重要节点，建设初期雨水调蓄池，减少初期雨水对地表水水质和污水处理厂的影响，鼓励有条件的地方先行先试，将城镇雨洪排口纳入监测管理等日常监管范围。

#### 2.4.5 水土流失

在中国水土流失分布区划中，河南省主要涉及北方土石山区、西北黄土高原、南方红壤丘陵区3类。河南省水土流失类型以水力侵蚀为主，兼有风力侵蚀。水力侵蚀主要分布在低山、丘陵及岗地，以面蚀、沟蚀为主；风力侵蚀主要分布在黄河故道沿线和平原沙土区。河南省水土流失强度轻度以上的区域主要分布在西北、西部、西南、南部的山地和浅山丘陵地区以及黄泛区。

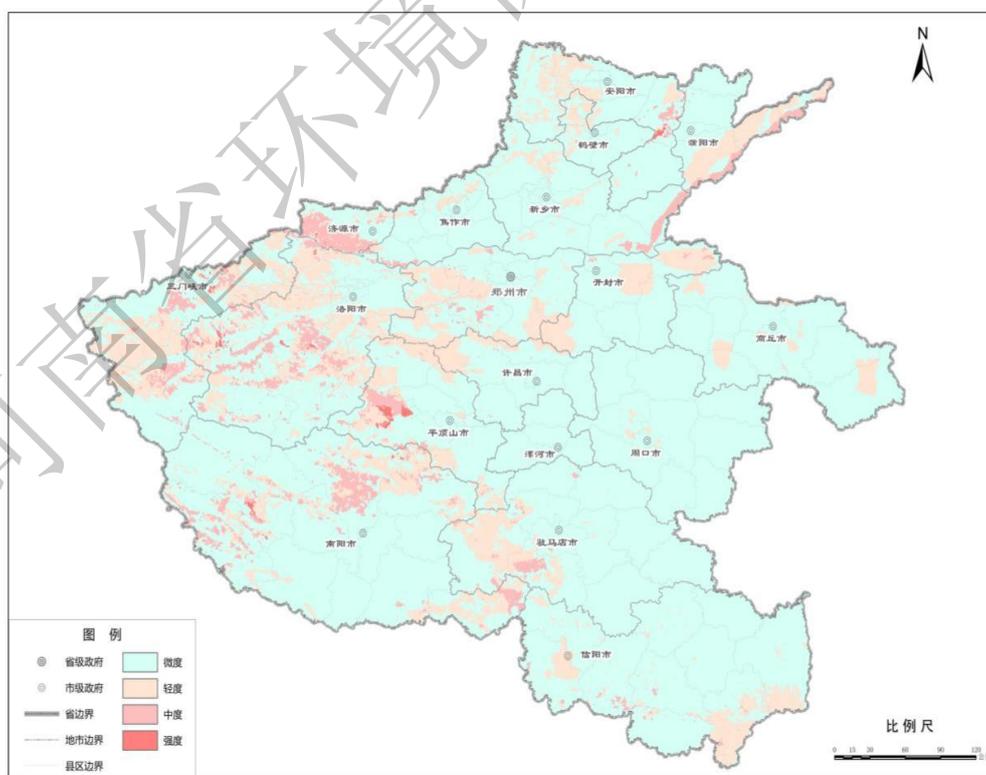


图 2.4.5-1 河南省水土流失强度分布图

河南省历来重视水土流失治理，不断加强水土保持工作，因水土流失导致的土壤养分流失和地表水体污染状况得到缓解。全省原有水土流失面积 6.06 万平方公里，其中黄河流域水土流失面积占到了近三成。近年来，经过全省人民共同努力，黄河流域治理了水土流失面积 1.1 万平方公里。2016 年以来，河南省新增水土流失防治面积 5554 平方公里，水力侵蚀面积从 2015 年 2.21 万平方公里减少到 2020 年 1.98 万平方公里，水土流失面积和强度实现“双下降”。

《河南省四水同治规划（2021—2035 年）》要求以国家和省级水土流失重点预防区和重点治理区为重点，对丹江口水库水源地、桐柏大别山区、平原沙土地片区及其他水土流失易发区实施分区预防，对太行山区、伏牛山中条山区、桐柏山大别山区以及南阳盆地等重点治理区实施分类治理，加强综合监管，有效预防和治理水土流失。《河南省“十四五”水安全保障和水生态环境保护规划》明确，“十四五”期间，河南省将以太行山、伏牛山、桐柏—大别山等山丘区及黄河、丹江口水库等为重点，统筹推进山水林田湖草沙一体化保护修复，坚持因地制宜、宜乔则乔、宜灌则灌、宜草则草，加强封育保护，提高水土保持率；结合实际情况，将水土保持生态建设与乡村振兴结合，开展重点区域水土流失综合治理，加强坡耕地综合整治，加快侵蚀沟综合治理，积极推进生态清洁小流域建设和淤地坝建设。“十四五”期间，全省计划完成水土流失防治面积 6200 平方公里，其中水土保持重点工程完成水土流失防治面积 2200 平方公里，新增坡改梯面积 24.8 万亩，实施 100 座病险淤地坝除险加固，建设 17 座淤地坝，完善全省水土保持监测站网体系，推进监测站点标准化建设和高质量运行。

## 2.5 问题识别

### （1）面源污染问题依然严重

随着多年的综合治理，点源污染得到了应治尽治，面源污染问题逐渐凸显，过去 30 年，为追求粮食高产、满足不断增长的人口需求，我国化肥、农药和农膜的使用量增加 2 倍-4 倍，农业化学品的过量投入增加了农业面源污染的风险。第二次全国污染源普查数据显示，我国种植业总氮和总磷排放均占全国水体污染总排放量的 24%左右<sup>1</sup>。养殖业面源污染风险逐渐凸显，其总氮和总磷排放量在农业中占比分别由 2007 年的 37.9%和 56.3%上升到 2017 年的 42.1%和 56.5%。

<sup>1</sup> 加强农业面源污染防治 推进农业绿色发展。 [https://m.thepaper.cn/baijiahao\\_11978443](https://m.thepaper.cn/baijiahao_11978443)。

面源污染已经成为制约水生态环境质量改善的主要因素，受到了相关部门和公众的广泛关注，亟需予以突破。

### **(2) 面源污染类型缺乏清晰的界定**

面源污染包括多种类型，现行的研究和政策制定多以农业面源污染为主，多关注种植业、畜禽养殖业和农村生活三种类型，对于城镇地表径流、水土流失面源污染很少提及，这导致面源污染物入河（湖）量的调查与核算不科学，不合理。在农业面源污染中，对于畜禽养殖污染和农村生活污染界定不够清晰，畜禽养殖业有集约和散养两种模式，集约化养殖场应视为点源，而散养模式的畜禽一般散养于农户的房前屋后，很难逐户统计，应视为面源。对于农村生活源，目前，农村生活污水大多为分散式直接排放，应视为面源，而对于已经建设了污水收集处理设施的农村生活源，应视为点源。由于管网建设滞后，对于未纳入到城镇管网中实现集中收集和处理的城镇生活污染源，需要根据研究区域的实际情况进行界定。

### **(3) 将面源污染物产生量、流失量、入河量混淆**

目前，面源污染物入河（湖）量核算方法主要为输出系数法，该方法由于计算简单加之数据获取容易，得到广泛应用，该方法应用中最需要关注的问题是产生量、流失量、入河量的区别。面源污染从产生到入河有明显的阶段性，采用输出系数法估算时，要考虑分阶段的输出系数，不可相互混淆。现有相关研究中，有些未明确将面源污染入河分阶段，导致面源污染核算不清晰，输出系数使用不规范，或将面源污染的产生量认定为入河量；或忽略了流失过程，将产生量与入河量直接关联，由产生量直接通过系数核算入河量。

### **(4) 未灵活运用现有面源污染核算方法**

由于我国面源污染核算起步较晚，核算方法主要以借鉴国外相关研究为主。但我国的国情与国外有本质的区别，国外由于相关工作起步较早，基础较好，可用资料较为丰富。而我国相关工作起步较晚，没有良好的数据积累，并不是所有核算方法都适合我国的国情。一些研究在使用相关核算方法的过程中没有进行很好的本地化，只是机械的套用。比如在核算方法的选择上没有充分考虑方法的适用性，盲目采用机理模型进行测算，而由于基础数据无法支撑又过多的进行概化，削弱了机理模型的效果，也影响核算结果的科学性；或在采用输出系数法核算的

过程中简单笼统的将面源污染入河过程概化，取用一个系数即得出入河量，或照搬现有相关系数，未结合本地河流水系、降水量、地形地貌等关键因素对系数进行修正。

#### **(5) 缺乏统一规范的面源污染物入河（湖）量调查与核算方法**

面源污染包括农村生活、种植业、养殖业、城镇地表径流、水土流失等类型，不同类型的面源污染机理不同，同时，不同气候条件、地形地貌、水文水系、土壤类型、经济发展基础等外部条件决定了不同类型面源污染物的入河方式、入河量都有较大的差别。然而，目前国家和地方层面尚未针对不同类型的面源污染特点制定现状调查和负荷评估的相关标准，无法及时掌握面源污染状况和变化情况，难以系统性地开展农业面源污染负荷评估。

河南省环境保护产业协会

### 3 标准制定的必要性

#### **(1) 是实施面源污染物入河（湖）量科学核算的必然要求**

目前，国家和我省还未出台面源污染物入河（湖）量调查与核算的标准，实际核算中往往依靠现有的相关研究，而目前的研究多针对特定的区域采用相应的研究方法，系数选取较为主观。我国地大物博，各地经济发展水平、地形地貌类型多样，基础设施建设水平不一，不同类型面源污染物入河（湖）量核算方法应不同，系数选取应具有较大的差异性。通过制定该标准，明确不同类型面源污染物入河（湖）量调查和核算方法及系数选取原则，是实施面源污染物入河（湖）量科学核算的必然要求。

#### **(2) 是突破面源污染防治瓶颈的有效手段**

现阶段，各地点源污染治理潜力已基本发掘殆尽，面源污染在部分地区已经上升为制约水生态环境质量持续改善的主要矛盾，水生态环境保护工作已经从点源污染治理为重点向面源污染防治工作转变。相对于点源污染而言，面源污染较为抽象，其核算也较为困难，一定程度上制约了河（湖）面源污染的治理。通过本标准的制定，指导河（湖）面源污染物入河（湖）量进行科学核算，是突破面源污染防治瓶颈的有效手段。

#### **(3) 是科学开展河湖面源污染治理的有力支撑**

长期以来，面源污染对河湖水环境质量的贡献程度说法不一，一些定量论述也缺乏科学核算依据。面源污染是河湖水环境治理不可回避的一个重点和难点。河湖面源污染类型多样，厘清其对水环境污染的实际贡献对于河湖水环境治理十分重要。制定本标准对河湖面源污染的科学治理具有现实意义。

#### **(4) 是落实深入打好污染防治攻坚战必然要求**

目前，我省水污染防治攻坚已进入深水区，亟待解决的水生态环境问题也愈发棘手、复杂，面源污染成为制约河湖水环境质量进一步改善的关键问题。“十四五”时期，国家和我省将大力推进面源污染防治工作，该标准的制定对全省深入打好水污染防治攻坚战，指导面源污染治理具有重要意义。

## 4 标准制定的总体思路

### 4.1 指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届历次全会精神，认真践行习近平生态文明思想，深入打好污染防治攻坚战，立足面源污染防治基础和发展需求，基于面源污染机理和污染特征，按照“分类型、分区域、分阶段”的基本思路，合理划分面源污染类型，确定面源污染调查内容和调查方法，科学界定面源污染物产生量、排放量和入河量关系，确定核算方法和相关系数，形成统一规范的面源污染物入河（湖）量调查与核算方法，为面源污染负荷评估提供技术支撑，促进区域面源污染治理，全面提升农村人居环境。

### 4.2 基本原则

**立足基础、科学制定。**以国家和地方已颁布实施的面源污染防治政策文件为指导，以国内外面源污染物入河（湖）量调查和核算方法为基础，在对现行面源污染物入河（湖）量调查和核算方法进行梳理分析的基础上，充分考虑面源污染特征和河南省面源污染实际情况，始终体现科学性、可行性和可操作性，科学确定面源污染物入河（湖）量调查和核算方法。

**因地制宜、符合实际。**不同类型的面源污染机理不同，所选用的调查和核算方法不同；同一类型面源，受所在区域降水量、地形地貌、河流水系、经济发展等的影响，污染物入河（湖）量有较大的差别，因此，应充分考虑面源污染类型、所在区域特征等因素，合理确定核算方法。

**操作简便、适用性强。**面源污染物入河（湖）量调查内容易于获取，调查方法易于实施；核算方法应具有一定的统一性，适用于不同的区域环境，所需数据应便于获取。

### 4.3 编制依据

#### 4.3.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日起施行）；

- (2) 《中华人民共和国水污染防治法》(2018年1月1日起施行);
- (3) 《河南省减少污染物排放条例》(2014年1月1日起施行);
- (4) 《河南省水污染防治条例》(2019年10月1日起施行)。

#### 4.3.2 标准规范

- (1) 《华北地区农村生活污水处理技术指南》(中华人民共和国住房和城乡建设部, 2010年9月);
- (2) 《全国水环境容量核定技术指南》(2003年9月);
- (3) 《第一次全国污染源普查畜禽养殖业源产排污系数手册》(2009年2月);
- (4) 《建筑给水排水设计标准》(GB 50015-2019);
- (5) 《室外排水设计规范》(GB50014-2019);
- (6) 《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596—2001);
- (7) 《规模畜禽养殖场污染防治最佳可行技术指南(试行)》(HJ-BAT-10);
- (8) 《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》;
- (9) 《农村生活污染控制技术规范》(HJ574-2010);
- (10) 《农田面源污染防治技术指南(征求意见稿)》(2014年5月);
- (11) 《主要水污染物总量分配指导意见》;
- (12) 《排污许可证申请与核发技术规范 畜禽养殖行业》(HJ 1029-2019);
- (13) 《农业面源污染治理监督指导试点技术指南(试行)》(环土函[2021]295号);
- (14) 《河南省农村环境综合整治生活污水处理适用技术指南(试行)》(豫环文[2012]19号);
- (15) 《河南省农村生活污水治理技术导则(试行)》(豫建村镇[2018]36号, 2018年8月发布);
- (16) 《农业与农村生活用水定额》(DB41/T 958-2020);
- (17) 《工业与城镇生活用水定额》(DB41/T 385-2020);
- (18) 《环巢湖区域农村面源污染源分类及数据采集要求》(DB3401/T 235-2021)。

### 4.3.3 政策规划

- (1) 《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》(2021年11月2日);
- (2) 《农村人居环境整治提升五年行动方案(2021—2025年)》(2021年12月);
- (3) 《农业农村污染治理攻坚战行动方案(2021—2025年)》(环土壤〔2022〕8号);
- (4) 《“十四五”全国农业绿色发展规划》(农规发〔2021〕8号);
- (5) 《农业面源污染治理与监督指导实施方案(试行)》(环办土壤〔2021〕8号);
- (6) 《“十四五”重点流域农业面源污染综合治理建设规划》;
- (7) 《丹江口库区及上游水污染防治和水土保持“十四五”规划》(发改地区〔2021〕1745号);
- (8) 《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》(部2021年第24号公告);
- (9) 《河南省畜牧局河南省环境保护厅关于调整畜禽养殖场规模标准的通知》(豫牧〔2017〕18号);
- (10) 《河南省“十四五”生态环境保护和生态经济发展规划》(豫政〔2021〕44号);
- (11) 《河南省“十四五”水安全保障和水生态环境保护规划》(豫政〔2021〕42号)。

## 4.4 总体思路

在对国家和河南省面源污染防治政策进行梳理的基础上,全面掌握面源污染防治形势和需求,识别面源污染防治存在的问题和难点;总结分析现行面源污染防治相关研究成果,明确面源污染机理和污染特征,清晰界定面源污染类型,针对不同类型的面源污染,坚持可操作性、简便性、可行性的原则,确定面源污染物入河(湖)量调查方法和调查内容;总结分析现行面源污染物入河(湖)量核算方法的优缺点、适用条件以及相关系数的选取方法,结合河南省的实际情况,

确定不同类型面源污染物入河（湖）量核算方法和相关系数选取原则，最终形成一套便于操作、科学合理的面源污染物入河（湖）量调查与核算技术规范，为面源污染负荷评估提供技术支撑，推进面源污染防治工作的顺利开展。

## 4.5 技术路线

按照团体标准制定的程序要求，开展本标准的编制，技术路线见图 4.5-1 所示。

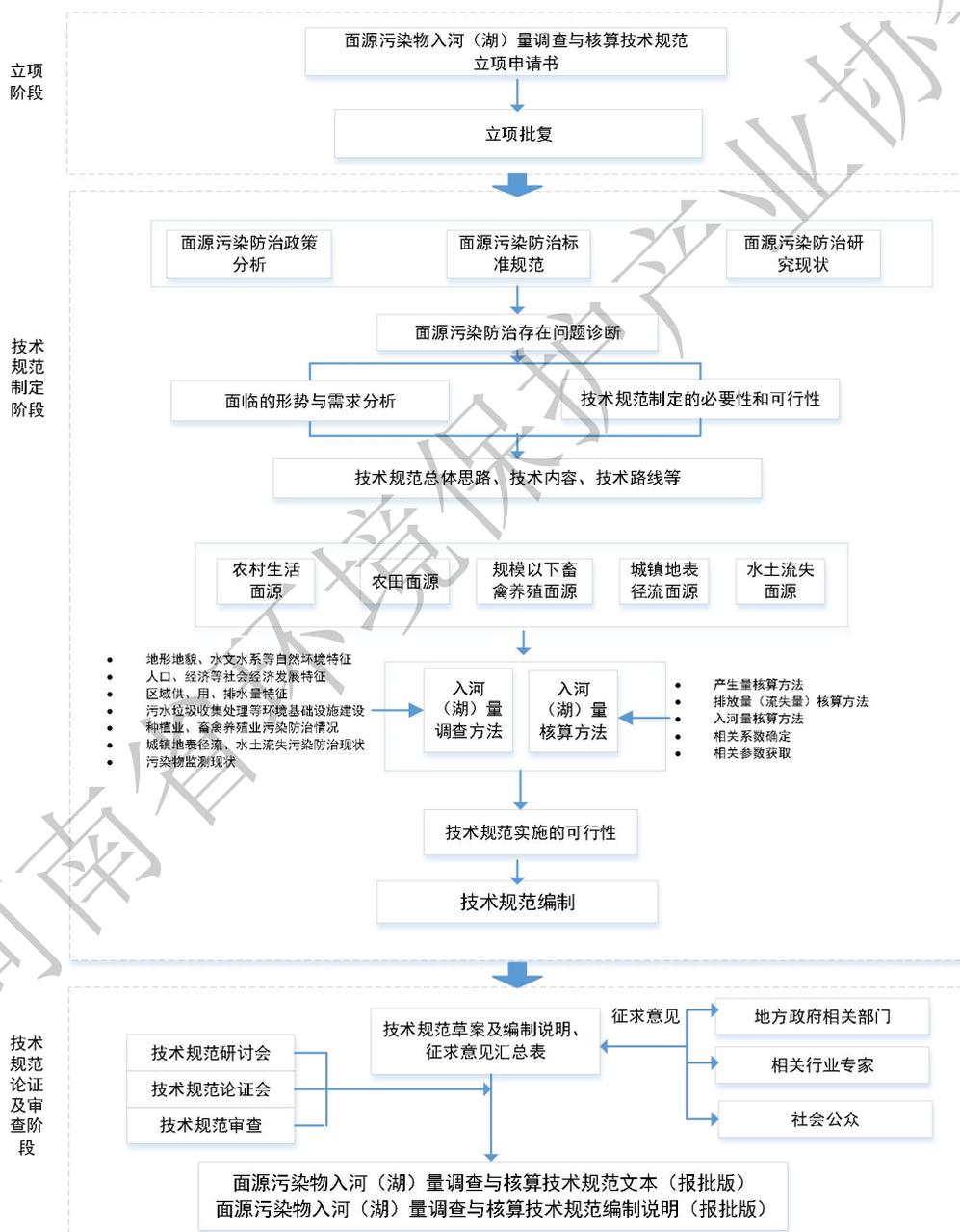


图 4.5-1 技术路线图

## 5 标准主要技术内容

### 5.1 标准框架

根据《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）的要求，并参照国家和地方标准要素内容，确定本标准文本包括七个章节：1、范围；2、规范性引用文件；3、术语和定义；4、总体要求；5、面源污染物入河（湖）量调查；6、面源污染物入河（湖）量核算；7、附录。

### 5.2 范围

本文件规定了面源污染物入河（湖）量调查与核算的术语和定义、总体要求、面源污染物入河（湖）量调查、面源污染物入河（湖）量核算。

本文件适用于河南省面源污染物入河（湖）量的调查与核算工作。

### 5.3 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 2440 尿素

GB 15063 复混肥料（复合肥料）

GB 20413 过磷酸钙

GB/T 25169 畜禽粪便监测技术规范

GB/T 27522 畜禽养殖污水采样技术规范

GB/T 41222 土壤质量 农田地表径流监测方法

GB 50014 室外排水设计规范

GB/T 51347 农村生活污水处理工程技术标准

NY/T 3824 流域农业面源污染监测技术规范

DB41/T 958 农业与农村生活用水定额

《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》（公告 2021 年 第 24 号）

《第二次全国污染源普查农业源系数手册》

《河南省农村生活污水治理技术导则（试行）》（豫建村镇[2018]36号）  
《有机肥料加工与施用（二版）》

## 5.4 术语和定义

### （1）面源

《辽宁省混合面源污染防治技术指南编制说明（征求意见稿）》（2021年2月1日）提出：面源污染也称非点源污染(Non-point Source Pollution, NPS)，是指溶解和固体的污染物从非特定地点，在降水或融雪的冲刷作用下，通过径流过程而汇入受纳水体（包括河流、湖泊、水库和海湾等）并引起有机污染、水体富营养化或有毒有害等其他形式的污染。《太湖流域果园面源污染综合防控技术规范》（DB32/T 3793-2020）规定了面源污染：农业生产活动中的氮、磷等营养物质、农药、化肥以及其它有机无机污染物，通过地表径流或淋溶等途径污染地表水或地下水环境。

综合考虑面源污染特征和规律，定义面源为：指溶解和固体的污染物从非特定地点，在降水和径流冲刷作用下，通过径流过程而汇入受纳水体并引起有机污染、水体富营养化或有毒有害等其他形式污染的污染源。

### （2）农村生活面源

《农村生活污染控制技术规范》（HJ574-2010）规定了农村生活污染：指在农村居民日常生活或为日常生活提供服务的活动中产生的生活污水、生活垃圾、废气、人（畜）粪便等污染。不包括为日常生活提供服务的工业活动（如农产品加工、集中畜禽养殖）产生的污染物。《环巢湖区域农村面源污染源分类及数据采集要求》（DB3401/T 235-2021）规定了农村面源污染源：农村生活和农业生产活动中产生的溶解或固体的污染物，在降水和径流冲刷作用下通过农田地表径流、农田排水和地下渗漏等方式进入受纳水体（河流、湖泊、水库）而引起的污染。

综合考虑农村生活面源污染特征和规律，定义农村生活面源为：在农村居民日常生活或为日常生活提供服务的活动中产生的生活污水、生活垃圾、人体粪尿等未经处理进入受纳水体引起污染的污染源。

### （3）种植业面源

《农业面源污染治理监督指导试点技术指南（试行）》规定了农业面源污染的定义：农业生产过程中由于化肥、农药等化学投入品不合理使用，以及畜禽水

产养殖废弃物、农作物秸秆等处理不及时或不当，所产生的氮、磷、有机质等营养物质，在降雨和地形的共同驱动下，以地表、地下径流和土壤侵蚀为载体，在土壤中过量累积或进入受纳水体，对生态环境造成的污染。《农田面源污染防治技术指南（征求意见稿）》（2014年5月）规定了农田面源污染：指农业生产活动中的氮素和磷素等营养物、农药以及其它有机或无机污染物，通过农田地表径流和农田渗漏等途径污染地表和地下水环境。《辽宁省混合面源污染防治技术指南编制说明（征求意见稿）》（2021年2月1日）提出：农业面源污染（Agriculture non-point source pollution）是指在农业生产活动中，农田中的泥沙、营养盐、农药及其它污染物，在降水或灌溉过程中，通过农田地表径流、壤中流、农田排水和地下渗漏，进入水体而形成的面源污染。《农业面源污染综合防控技术规范 第1部分：平原水网区》（NY/T 3821.1-2020）规定了农业面源污染：在农业生产和农村生活区域，氮、磷等营养盐及其他污染物受水力驱动以随机、分散、无组织方式进入受纳水体引起的水质恶化。《区域农业面源污染综合防治技术 导则》（DB42/T 1739-2021）规定了农业面源污染：在农业生产和农村生活区域，氮素和磷素等营养物、农药以及其他有机或无机污染物，通过地表径流和地下渗漏等途径污染地表和地下水环境。

综合考虑种植业面源污染特征和规律，定义种植业面源为：农业种植过程中化肥、农药等化学投入品不合理使用，所产生的氮、磷、有机质等营养物质，通过地表径流和地下渗漏等途径污染地表水的污染源。

#### （4）规模以下畜禽养殖

《河南省畜牧局河南省环境保护厅关于调整畜禽养殖场规模标准的通知》（豫牧〔2017〕18号）规定：规模化畜禽养殖场是指生猪年出栏500头以上（含500头）、蛋鸡存栏10000羽以上（含10000羽）、肉鸡年出栏50000羽以上（含50000羽）、奶牛存栏200头以上（含200头）、肉牛年出栏200头以上（含200头）、肉羊年出栏1000只以上（含1000只）。

其他畜种可根据生产特点以猪当量进行折算，《畜禽养殖业污染物排放标准》（GB 18596—2001）换算比例为：1头奶牛折算成10头猪，1头肉牛折算成5头猪，30只蛋鸡折算成1头猪，60只肉鸡折算成1头猪，30只鸭折算成1头猪，15只鹅折算成1头猪，5只羊折算成1头猪。《规模畜禽养殖场污染防治最佳可

行技术指南（试行）》（HJ-BAT-10），其他的按猪当量折算计算，即：20 只蛋鸡折算成 1 头猪，25 只肉鸡折算成 1 头猪，1 头奶牛折算为 10 头猪，1 头肉牛折算成 7 头猪，3 头羊折算成 1 头猪。《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》提出按存栏量折算：100 头猪相当于 15 头奶牛、30 头肉牛、250 只羊、2500 只家禽。2018 年 6 月 20 日，河南省畜牧局关于印发《畜禽粪污处理利用明白卡》的函，提出：1 头奶牛=6.67 头猪当量、1 头肉牛=3.33 头猪当量、1 只羊=0.4 头猪当量、1 只家禽=0.04 头猪。综合以上要求，结合河南省实际，确定本标准猪当量折算标准按：1 头奶牛折算成 6.67 头猪、1 头肉牛折算成 3.33 头猪、1 只羊折算成 0.4 头猪、1 只家禽折算成 0.04 头猪。

因此，根据上述规定确定规模以下畜禽养殖：从事畜禽养殖活动，且满足生猪年出栏量小于 500 头、蛋鸡年存栏量小于 10000 羽、肉鸡年出栏量小于 50000 羽、奶牛年存栏量小于 200 头、肉牛年出栏量小于 200 头、肉羊年出栏量小于 1000 只标准的家庭和个人。其他畜种可根据生产特点以猪当量进行折算。

#### **（5）规模以下畜禽养殖面源**

综合考虑规模以下畜禽养殖面源污染特征和规律，定义规模以下畜禽养殖面源为：规模以下畜禽养殖过程中由于畜禽粪污处理不及时或不当，所产生的氮、磷、有机质等营养物质，通过地表径流和地下渗漏等途径污染地表水的污染源。

#### **（6）城镇地表径流面源**

综合考虑城镇地表径流面源污染特征和规律，定义城镇地表径流面源为：在降雨过程中，雨水及其形成的径流流经城镇地面、建筑物等，冲刷、聚集一系列污染物质如氮、磷、重金属、有机物质等，通过排水系统直接排入水体而造成水体污染的污染源。

#### **（7）水土流失面源**

综合考虑水土流失面源污染特征和规律，定义水土流失面源为：因人为活动扰动地表和地下岩土层而破坏原始下垫面结构，或堆置废弃物、构筑人工坡面而造成的水土资源的破坏和流失，导致其中的污染物通过地表径流污染地表水的污染源。

## **5.5 总体要求**

### **（1）面源类型**

《农业面源污染治理与监督指导实施方案（试行）》（环办土壤〔2021〕8号）提出的农业面源污染防治包括种植业面源和养殖业面源（规模以下畜禽养殖、水产养殖）污染防治两大类。《农业面源污染综合防控技术规范 第1部分：平原水网区》（NY/T 3821.1-2020）规定的面源污染包括村庄生活污染（生活污水、生活垃圾）、养殖污染（畜禽养殖和水产养殖）、农田污染三类。《辽宁省混合面源污染防治技术指南（征求意见稿）》（2021年2月1日）规定的面源污染防治包括城市径流污染、农业面源污染（种植业面源、畜禽养殖）两大类。其他省市的相关标准多针对种植业面源污染和养殖业面源污染两种类型进行控制。《全国水资源调查评价技术细则》（2017年8月）规定面源污染物入河量包括农村生活（生活污水和生活垃圾）、农田、分散式畜禽养殖、水土流失和城镇地表径流。

考虑到目前的研究重点和未来的发展需求，本标准提出：面源包括农村生活、种植业、规模以下畜禽养殖、城镇地表径流和水土流失五种类型污染源。

## （2）调查方法和调查内容

通过对现有研究的梳理分析，现有的调查方法主要有资料收集法、现场调研法和现状监测法，应基于现有的研究基础，选择适宜的调查方法。面源污染调查不仅要调查产生污染物的污染源情况，同时要考虑影响面源污染物入河的各种外部因素，包括地形地貌、河流水系、气象水文、土地利用、经济发展基础、污染收集处理情况、现行污染防治措施等，不同类型的面源污染调查内容有所不同。因此，本标准提出：面源调查应采用资料收集和现场调查相结合的方式，必要时开展现状监测；应在调查各类面源污染物产生、排放（流失）、入河的基础上，同时调查区域的自然环境、社会经济发展、环境基础设施建设及运行维护等情况。

## （3）面源污染物核算项目和指标

通过对不同类型的面源污染过程的分析可知，面源污染过程包括产生、排放（流失）、入河三个阶段，应分别核算这三个阶段的污染量。不同类型的面源排放的污染物项目差异较大，总体上包括有机污染物、无机污染物、重金属以及其他污染物等。目前，地表水环境控制的主要污染物为《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中的24项基本项目，而污染源对水环境造成突出影响，导致地表水环境污染的主要污染物为化学需氧量、氨氮、总氮、总磷四项污染物，因此，本标准提出：分别核算各类面源污染物的产生量、排放量（流失量）和入河

量，加和得出区域面源污染物总入河（湖）量，指标包括化学需氧量、氨氮、总氮、总磷等，其中农村生活、规模以下畜禽养殖、城镇地表径流面源指标包括化学需氧量、氨氮、总氮、总磷，种植业面源指标包括氨氮、总氮和总磷，水土流失面源指标包括总氮、总磷。

#### (4) 核算程序

为从总体上对面源污染物入河（湖）量调查与核算有个全面的理解，本标准将调查与核算程序和涉及的相关内容要求编绘成图，见图 5.5-1 所示。

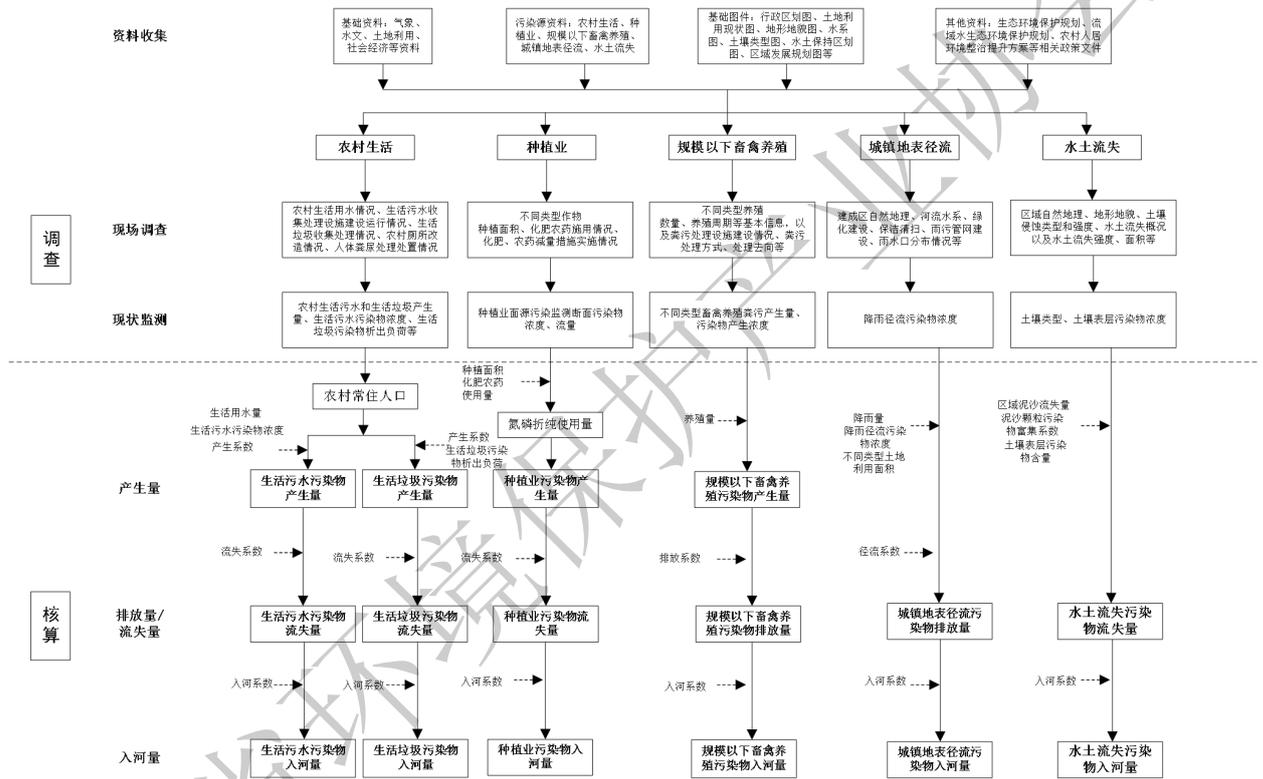


图 5.5-1 面源污染物入河（湖）量调查与核算工作程序图

## 5.6 标准条款及确定依据

### 5.6.1 农村生活面源污染物调查与核算

#### 5.6.1.1 调查内容和调查方法

农村生活面源污染物调查方法主要有资料收集法、现场调查法、典型监测法等。在实际调查过程中，这几种方法会同时采用。

#### (1) 资料收集法

资料收集法主要是收集研究区域的地形地貌、河流水系、气象水文、土地利用、社会经济、农业生产、人口发展、供用水情况等相关的基础数据和图件；农村生活污水、生活垃圾污染源种类和分布、污染物产排量、方式及特征、农村改厕现状等；污染处理设施建设运行现状，包括农村生活污水、生活垃圾处理设施建设位置、建设规模、出水水质、运行状况等；以及相关的参考文献、政策文件。

《农业面源污染综合防控技术规范 第1部分：平原水网区》（NY/T 3821.1-2020）规定了资料收集和污染源调查内容。

**表 5.6.1-1 资料收集内容及要求**

资料类型	资料内容	资料要求
气象	降水(日)、气温、日照、常年主导风向等	近10年
水文	主要河道和水域的水量、水质(包括总氮、总磷和COD)、泥沙等	近10年
土地利用类型	林地、草地、农业用地(包括园地、水田、旱地)、居民建设用地(包括道路)、水域(包括水产养殖)等的面积和分布	近3年
社会经济	人口数量(包括流动人口、常住人口)、农业从业人数、第一、二、三产业产值、农村人均纯收入等	近3年
农业生产	作物种类、播种面积、平均产量、农田水利条件及灌溉方式、肥料、农药投入情况等；养殖(包括水产养殖)种类、数量、养殖方式等，秸秆资源化利用现状等	近3年
基础图件	行政区划图、土地利用现状图、地形图、水系图、土壤图、发展规划图等	最新版

**表 5.6.1-2 污染源调查内容**

污染源类型	调研内容
种植源	有机肥、化肥和农药施肥情况，耕作方式，播种方式，用水量 and 灌排方式等
农村生活源	生活用水量，污水排放量，污水收集、处理和利用现状；生活垃圾收集、利用和处置情况
畜禽养殖源	畜禽圈舍设施情况、养殖用水水源、用水量及用水工艺；清粪工艺，粪污产生量和排放量；粪污收集、储存、处理和利用现状
水产养殖源	水产养殖用水量、尾水排放和利用情况

### (2) 现场调查法

现场调查法主要是通过入户调查，掌握农村生活污水收集、处理及利用情况，生活垃圾分类收集、利用和处置情况，以及厕所改造和人体粪尿处置情况。根据研究区域内乡镇数量和规模，优先选择常住人口较多，农村生活污染治理现状基础较差、河流水系较为丰富的乡镇开展现场调查，原则上每个乡镇选择3-5个行政村，每个行政村选择3-5户进行入户调查，实地查看农户的污水收集和处理设施、垃圾收集及处理设施、厕所建设情况等，同时调查农户的一些基本信息，包括用排水情况、垃圾产生处理情况等。

《农业面源污染综合防控技术规范 第1部分：平原水网区》（NY/T 3821.1-2020）规定了现场查勘内容。

**表 5.6.1-3 现场查勘内容**

查勘类型	查勘内容
村庄	村庄面积、地形地势,道路、沟渠的分布
农业用地	耕地和园地的面积、分布、地形地势、高程;农田沟渠类型、数量、分布及径流流向
畜禽养殖场	养殖场(户)的地理坐标和高程
水域	主要水体的位置、面积、水深、高程、出入水口;水产养殖场的地理坐标和高程

### (3) 典型监测法

典型监测法主要是选择典型农户进行生活污水和生活垃圾的收集、监测,获取生活污水和生活垃圾的产生量及污染物产生浓度数据,进一步测算出人均污染物产生量。在实际监测过程中需明确监测点位、监测时间、监测指标、监测频次、采样方法、数据统计等要求。

**参考相关资料,并结合核算计算要求,确定调查内容包括:**

- 资料收集:主要收集区域的生活用水量、污水排放量、污水收集、处理和利用现状;生活垃圾收集、利用和处置情况,农村改厕情况等。
- 现场调查:农村生活面源调查包括农村生活用排水情况、生活污水收集处理设施建设运行情况、生活垃圾收集处理情况、农村厕所改造情况、人体粪尿处理处置情况等。
- 现状监测:农村生活面源监测宜选择典型农户进行生活污水和生活垃圾的收集,监测获取生活污水和生活垃圾的产生量及污染物产生浓度数据。在监测过程中需明确监测点位、监测时间、监测指标、监测频次、采样方法、数据统计等要求。

#### 5.6.1.2 核算方法和相关参数确定

##### (1) 核算方法

农村生活面源污染物入河量核算主要采用产排污系数法,通过核算污染物的产生量、排放量(流失量)和入河量,来确定区域农村生活面源污染情况。核算思路见图 5.6.1-1 所示。

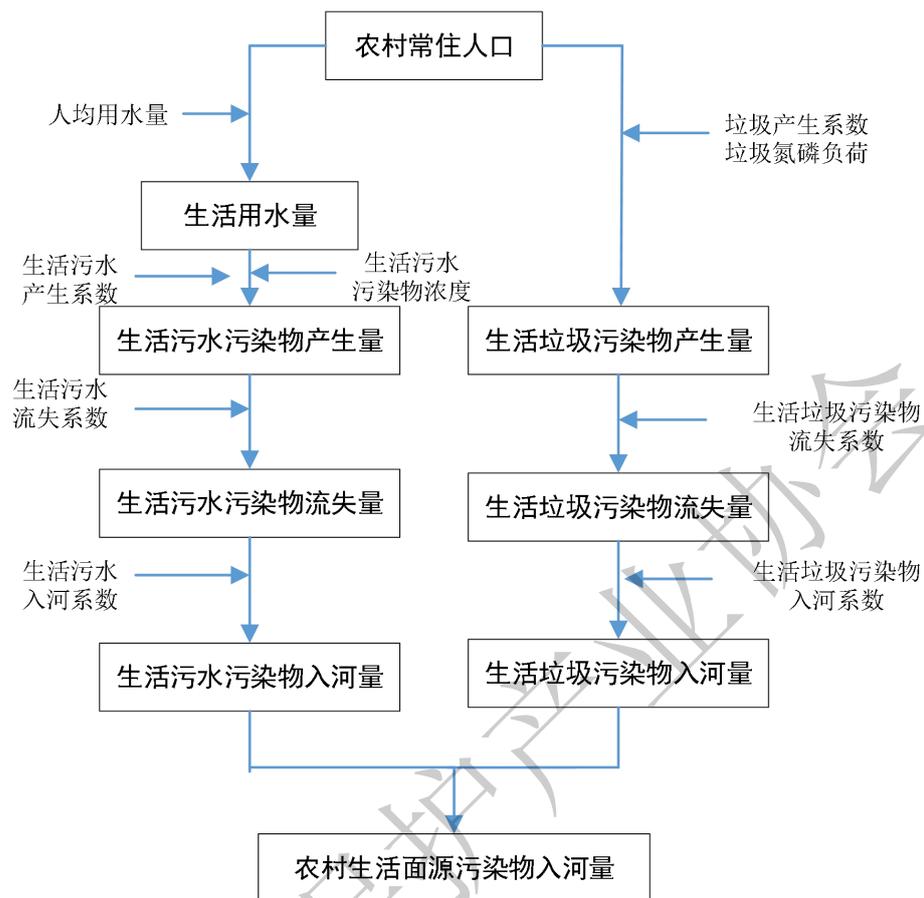


图 5.6.1-1 农村生活面源污染物入河量核算思路

农村生活面源污染主要来源于农村生活污水和生活垃圾两部分，采用产排污系数法测算区域内农村生活污水和生活垃圾的产生、排放、入河量。《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》（公告 2021 年 第 24 号）给出了农村生活污水产排量核算方法和相应的参数，如下：

➤ 农村生活污水排放量

农村生活污水排放量根据农村常住人口和人均污水排放系数计算。

$$\text{农村生活污水排放量 (万吨)} = \text{农村常住人口 (万人)} \times \text{污水排放系数 (升/ (人 \cdot \text{天}))} \times 365 (\text{天}) / 1000$$

➤ 生活污水污染物产生量核算

生活污水污染物产生量按照农村常住人口与人均产污强度计算。

$$\text{污染物产生量 (吨)} = \text{农村常住人口 (万人)} \times \text{污染物产污强度 (克/ (人 \cdot \text{天}))} \times 365 (\text{天}) / 100$$

➤ 生活污水污染物排放量核算

生活污水中各项污染物的排放量是指最终排入环境的污染物的量，即污染物的产生量扣减经污水处理设施处理生活污水去除的量。其中有条件地区，使用监测数据校验产污强度、污染物综合去除率等系数。

污染物排放量（吨）=污染物产生量（吨）×（1-对生活污水进行处理的行政村比例×污染物综合去除率）

其中，对生活污水进行处理的行政村比例=对生活污水进行处理的行政村个数/行政村总数

综合考虑农村生活污染物产排规律，并结合相关的技术文件，提出了农村生活面源污染物产生、排放、入河量计算方法和相关参数，如下：

### 1) 农村生活污染物产生量核算

农村生活污水中污染物产生量计算公式为：

$$P_{1j}=365\times R\times q\times K_1\times C_{1j}\times 10^{-9}$$

或

$$P_{1j}=365\times R\times S_{1j}\times 10^{-6}$$

式中：

$P_{1j}$ ——农村生活污水中第  $j$  项污染物产生量，单位为吨/年（t/a）；

$R$  ——农村常住人口，单位为人；

$q$  ——农村生活用水量，单位为升/（人·天）；

$k_1$  ——农村生活污水产生系数，无量纲；

$C_{1j}$  ——农村生活污水中第  $j$  项污染物浓度，单位为毫克/升（mg/L）；

$S_{1j}$  ——农村生活污水中第  $j$  项污染物产污强度，单位为克/（人·天）。

农村生活垃圾污染物产生量计算公式为：

$$P_{2j}=365\times R\times K_2\times C_{2j}\times 10^{-6}$$

式中：

$P_{2j}$ ——农村生活垃圾中第  $j$  项污染物产生量，单位为吨/年（t/a）；

$R$  ——农村常住人口，单位为人；

$k_2$  ——农村生活垃圾产生系数，单位为千克/（人·天）；

$C_{2j}$  ——农村生活垃圾中第  $j$  项污染物的析出负荷，单位为克/千克（g/kg）。

农村生活面源污染物产生量是指农村生活污水和生活垃圾中产生的污染物量，计算公式为：

$$P_j = P_{1j} + P_{2j}$$

式中：

$P_j$ ——农村生活面源中第  $j$  项污染物产生量，单位为吨/年（t/a）；

$P_{1j}$ ——农村生活污水中第  $j$  项污染物产生量，单位为吨/年（t/a）；

$P_{2j}$ ——农村生活垃圾中第  $j$  项污染物产生量，单位为吨/年（t/a）。

## 2) 农村生活污染物流失量核算

农村生活面源污染物流失量是指农村生活面源中产生的污染物流失到外环境中的量，不包括循环利用、集中收集处理处置的量，计算公式为：

$$Q_j = Q_{1j} + Q_{2j}$$

$$Q_{1j} = P_{1j} \times \beta_1$$

$$Q_{2j} = P_{2j} \times \beta_2$$

式中：

$Q_i$ ——农村生活面源中第  $j$  项污染物流失量，单位为吨/年（t/a）；

$Q_{1j}$ ——农村生活污水中第  $j$  项污染物流失量，单位为吨/年（t/a）；

$Q_{2j}$ ——农村生活垃圾中第  $j$  项污染物流失量，单位为吨/年（t/a）；

$P_{1j}$ ——农村生活污水中第  $j$  项污染物产生量，单位为吨/年（t/a）；

$P_{2j}$ ——农村生活垃圾中第  $j$  项污染物产生量，单位为吨/年（t/a）；

$\beta_1$ ——农村生活污水流失系数，无量纲；

$\beta_2$ ——农村生活垃圾流失系数，无量纲。

## 3) 农村生活污染物入河量核算

农村生活面源污染物入河量是指流失到环境中的污染物量通过地表径流或地下淋溶等形式进入到河（湖）中量，计算公式为：

$$W_j = Q_{1j} \times \lambda_1 + Q_{2j} \times \lambda_2$$

式中：

$W_i$ ——农村生活面源中第  $j$  项污染物入河量，单位为吨/年（t/a）；

$Q_{1j}$ ——农村生活污水中第  $j$  项污染物流失量，单位为吨/年（t/a）；

$Q_{2j}$ ——农村生活垃圾中第  $j$  项污染物流失量，单位为吨/年（t/a）；

$\lambda_1$ ——农村生活污水入河系数，无量纲；

$\lambda_2$ ——农村生活垃圾入河系数，无量纲。

## (2) 相关参数确定

根据农村生活面源污染物入河（湖）量核算方法，需要确定的相关参数包括：农村常住人口、农村生活用水量、生活污水产生系数、生活污水污染物浓度、生活垃圾产生系数、生活垃圾析出污染物负荷、生活污水流失系数、生活垃圾流失系数、生活污水入河系数、生活垃圾入河系数等，可通过资料收集、现场调查、现状监测或参考技术文件的方式获取。

表 5.6.1-4 相关参数及确定方法

序号	相关参数	确定方法和数据来源
1	农村常住人口	研究区域统计年鉴或乡镇统计数据。
2	农村生活用水量	应根据现场调查数据确定或根据当地水务部门提供的居民生活用水量数据确定；当缺乏现场调查数据时，应在调查当地人口规模、用水现状、生活习惯、经济条件、地区规划等基础上，参考相关技术文件并根据区域实际情况进行修正后确定。
3	生活污水产生系数	应根据现场调查数据确定；当缺乏现场调查数据时，应在调查农户卫生设施水平、用水习惯、排水系统完善程度等的基础上，参考相关技术文件并根据区域实际情况进行修正后确定。
4	生活污水污染物浓度	应根据现场调查数据确定；当缺乏现场调查数据时，应在调查农户排水现状的基础上，参考当地类似生活污水处理工程实测值确定，或参考相关技术文件并根据区域实际情况进行修正后确定。
5	生活垃圾产生系数	应根据现场调查数据确定；当缺乏现场调查数据时，应在调查农户生活习惯、经济水平、能源结构等的基础上，参考相关技术文件并根据区域实际情况进行修正后确定。
6	生活垃圾析出污染物负荷	应在调查农户垃圾产生情况及处理方式的基础上，通过垃圾浸出试验确定；当缺乏试验数据时，参考相关技术文件并根据区域实际情况进行修正后确定。
7	生活污水流失系数	应在调查区域农村生活面源污染物产生、收集和排放特征的基础上，通过现场调查数据确定。
8	生活垃圾流失系数	应在调查区域农村生活面源污染物产生、收集和排放特征的基础上，通过现场调查数据确定。
9	生活污水入河系数	应通过现场调查数据确定；当缺乏现场调查数据时，在确定基础

		入河系数的基础上，根据地形和降水特征进行修正。
10	生活垃圾入河系数	应通过现场调查数据确定；当缺乏现场调查数据时，在确定基础入河系数的基础上，根据地形和降水特征进行修正。

目前，国家和河南省已发布的相关技术文件中给出了部分参数的确定方法和参考值。

### 1) 农村生活用水量

农村生活用水量数据应通过现场调查，实际监测农户用水量获取，对于集中供水区域可采用自来水公司抄表数据或乡镇生活供水数据，对于无法获取相应数据的，可参考相关的技术文件。

#### ① 《农村生活污水处理工程技术标准》（GB/T51347-2019）

农村生活污水排放量应根据实地调查数据确定。当缺乏实地调查数据时，污水排放量应根据当地人口规模、用水现状、生活习惯、经济条件、地区规划等确定或根据其他类似地区排水量确定，也可根据表 5.6.1-5 的数值和排放系数确定。

**表 5.6.1-5 农村居民日用水量参考值和排放系数**

村庄类型	用水量 (L/人·d)
有水冲厕所，有淋浴设施	100~180
有水冲厕所，无淋浴设施	60~120
无水冲厕所，有淋浴设施	50~80
无水冲厕所，无淋浴设施	40~60
排放系数取用水量的 40%~80%	

#### ② 《华北地区农村生活污水处理技术指南》（试行）（中华人民共和国住房和城乡建设部，2010年9月）

在结合调查当地居民的用水现状、生活习惯、经济条件、发展潜力等情况的基础上酌情确定用水量。华北地区农村居民日用水量标准可参考表 5.6.1-6 中的数值。

**表 5.6.1-6 华北地区农村居民生活用水量参考取值**

村庄类型	用水量 (L/人·日)
户内有给排水卫生设备和淋浴设备	100~145
户内有给排水卫生设备，无淋浴设备	40~80

户内有给水龙头，无卫生设备	30~50
无户内给水排水设备	20~40

③《河南省农村生活污水治理技术导则(试行)》(豫建村镇[2018]36号)(2018年8月发布)

村庄生活污水处理工程的设计水量应根据实地调查农户实际产生的污水水量确定。在缺乏实际污水产生量数据时，可根据当地水务部门提供的居民用水量数据确定，也可在调查当地用水现状、生活习惯、经济条件等基础上参考表 5.6.1-7 取值。

表 5.6.1-7 村庄居民日用水量参考值

村庄类型	用水量 (L/人·日)
经济条件好，有独立淋浴、水冲厕所、洗衣机、旅游区	100~150
经济条件较好，有独立厨房和淋浴设施	60~100
经济条件一般，有简单卫生设施	50~80
无水冲式厕所和淋浴设备，水井较远，需自挑水	40~60

备注：(1) 村庄有自备井、用水免费以及信阳、南阳等地区可取上限。  
(2) 用水收费或限时供水的地区可取下限。  
(3) 对有实施农户改厕计划的地区，直接按照改厕完成后的产生水量计算。

④《农业与农村生活用水定额》(DB41/T 958-2020)

农村生活用水定额见表 5.6.1-8 所示。

表 5.6.1-8 农村生活用水定额

类别名称	定额单位	定额	备注
农村居民生活	L/(人·d)	90	厨房和卫生间等给排水系统完善
		60	给排水系统不完善

⑤水务部门统计数据

通过查询河南省各地市 2016-2020 年的水资源公报，可以得到各地市及下辖区县农村居民生活用水量数据。从各省辖市农村居民生活用水量数据上可以看出，在不考虑牲畜用水的情况下，各地农村居民生活用水不超过 90 L/(人·d)，最低的低于 50 L/(人·d)，具体见表 5.6.1-9 所示。

表 5.6.1-9 农村居民生活用水量数据 单位：L/(人·d)

省辖市	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
郑州市	/	85	/	121	79
开封市	/	/	/	/	/
洛阳市	65 (不含牲畜用水)	68 (不含牲畜用水)	66 (不含牲畜用水)	69 (不含牲畜用水)	74 (不含牲畜用水)
平顶山市	130 (含牲畜用水)	95 (含牲畜用水)	94 (含牲畜用水)	61	/
安阳市	52.9	47.7	49.8	83.7	64.5
鹤壁市	85.3	85.9	48.8	51.7 (不含畜牧用水)	80.6
新乡市	/	/	/	/	/
焦作市	/	/	/	/	/
濮阳市	70.4 (不含牲畜用水)	72.3 (不含牲畜用水)	65.9 (不含牲畜用水)	67.6	/
许昌市	/	/	/	/	/
漯河市	/	/	/	/	/
三门峡市	54	77	86	110	/
南阳市	56.4 (不含牲畜用水)	59.3 (不含牲畜用水)	61.6 (不含牲畜用水)	59.6 (不含牲畜用水)	/
商丘市	87 (含牲畜用水)	86.3 (含牲畜用水)	77 (不含牲畜用水)	49.2 (不含牲畜用水)	62
信阳市	111 (含牲畜用水)	116 (含牲畜用水)	/	/	/
周口市	/	/	/	/	/
驻马店市	/	/	/	/	/
济源示范区	/	/	/	/	/

## 2) 生活污水产生系数

污水产生系数是污水产生量占用水量的比例，农村生活污水产生系数与农户卫生设施水平、用水习惯、排水系统完善程度等因素有关。

### ① 《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》(公告 2021 年 第 24 号)

《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》给出了农村生活污水排放系数及污染物产污强度。

**表 5.6.1-10 农村生活污水排放系数及污染物产污强度**

行政区划代码	省份	行政区划名称	污水排放系数 (升/人·天)	化学需氧量产污强度(克/人·天)	氨氮产污强度(克/人·天)	总氮产污强度(克/人·天)	总磷产污强度(克/人·天)
410100	河南	郑州市	40.48	33.30	1.62	2.38	0.16
410200	河南	开封市	21.13	17.74	0.21	0.49	0.07
410300	河南	洛阳市	23.21	19.47	0.45	0.81	0.07
410400	河南	平顶山市	26.13	22.24	0.78	1.28	0.09
410500	河南	安阳市	23.16	19.60	0.44	0.81	0.07
410600	河南	鹤壁市	26.38	21.53	0.29	0.69	0.09
410700	河南	新乡市	28.16	23.01	0.49	0.98	0.10
410800	河南	焦作市	28.33	23.24	0.51	1.01	0.10
410900	河南	濮阳市	21.43	17.96	0.24	0.54	0.07
411000	河南	许昌市	27.98	23.12	0.47	0.96	0.10
411100	河南	漯河市	29.23	24.02	0.62	1.15	0.10
411200	河南	三门峡市	22.99	19.41	0.42	0.78	0.07
411300	河南	南阳市	23.92	20.27	0.53	0.93	0.08
411400	河南	商丘市	24.78	21.24	0.62	1.08	0.08
411500	河南	信阳市	24.28	20.49	0.57	0.98	0.08
411600	河南	周口市	23.63	20.08	0.49	0.89	0.08
411700	河南	驻马店市	23.53	20.06	0.48	0.88	0.08
419000	河南	省直辖县级行政区划	21.65	17.98	0.27	0.56	0.07

② 《华北地区农村生活污水处理技术指南》（试行）（中华人民共和国住房和城乡建设部，2010年9月）

农村居民的排水量宜根据对村庄卫生设施水平、排水系统的组成和完善程度等因素的实地调查情况确定。对北方地区某些镇村污水排放情况进行调研、计算得出，农村生活污水排水系数为 0.33~0.39，远低于城市居民生活污水的排水系数。其原因是村民生活习惯的影响，和一部分用过后仍比较清洁的水被直接利用，没有排入下水道。因此，华北地区农村生活污水排水量与农户卫生设施水平、用水习惯、排水系统完善程度等因素有关，可根据实测数据确定，或参照表中的排水系数确定。

表 5.6.1-11 华北地区农村居民生活排放量参考取值

收集特点	系数
全部生活污水混合收集进入污水管网	0.8

只收集全部灰水进入污水管网	0.5
只收集部分混合生活污水进入污水管网	0.4
只收集部分灰水进入污水管网	0.2

### ③ 《全国水环境容量核算技术指南》（2003年9月）

农村人均废水排放量通过农村人均综合用水量乘以农村污水排放系数计算，农村污水排放系数范围为0.4-0.8，各地需根据当地实际情况进一步确定。

### ④ 《河南省农村生活污水治理技术导则(试行)》(豫建村镇[2018]36号)(2018年8月发布)

污水水量通过居民用水量乘以排水系数和收集系数确定。排水系数一般取50%-80%，排水中包括灰水和经过化粪池处理过的黑水，排水系数可取上限，只包含灰水时，排水系数可取下限。

### ⑤ 相关学术研究数据

相关学术研究的生活污水产生系数见表 5.6.1-12 所示。

表 5.6.1-12 相关学术研究的生活污水产生系数

相关研究	研究区域	生活污水产生系数 (L/人·d, g/人·d)				
		生活污水	COD	氨氮	总氮	总磷
《全国水环境容量核定技术指南》(2003年)	全国		40	4		
冯庆等(2009)	北京密云水库流域	95				
孙兴旺(2010年)	巢湖流域	26.3	18.91	0.16	0.63	0.08
王文林等(2010年)	太湖流域典型地区	46.63	24.13	4.39	6.42	0.53
严婷婷等(2010年)	滇池流域	26.85	50.05		1.12	0.18
谭平等(2012年)	巢湖农村地区	26.31	18.91	0.16	0.63	0.08
卢金涛(2012年)	垫江县长大村	19.49	22.967	0.347	1.241	0.119

## 3) 生活污水污染物浓度

### ① 《农村生活污水处理工程技术标准》(GB/T51347-2019)

农村生活污水水质应根据实地调查数据确定。当缺乏调查数据时，设计水质宜根据当地人口规模、用水现状、生活习惯、经济条件、地区规划等确定或根据其他类似地区排水水质确定。当农户未设置化粪池时，可按表 5.6.1-13 的数值确

定。

**表 5.6.1-13 农村居民生活污水水质参考值 单位: mg/L, pH 值除外**

主要指标	pH 值	SS	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
建议取值范围	6.5~8.5	100~200	150~400	100~200	20~40	20~50	2.0~7.0

注: 厕所污水单独经化粪池处理后出水浓度高于表中参考值。

**②《华北地区农村生活污水处理技术指南》(试行)(中华人民共和国住房和城乡建设部, 2010年9月)**

农村生活日渐城市化, 生活污水主要来自农家的厕所冲洗水、厨房洗涤水、洗衣机排水、淋浴排水及其他排水等。华北地区农村生活污水水质随污水来源、有无水冲厕所、季节用水特征等变化。因此, 在确定用水水质时, 可参考表 5.6.1-14, 在调查当地是否使用水冲厕所, 以及厨房排水和淋浴排水水质的基础上酌情确定。

**表 5.6.1-14 华北地区农村居民生活污水水质参考取值 单位: mg/L**

pH	SS	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TP
6.5~8.0	100~200	200~450	200~300	20~90	2.0~6.5

**③《河南省农村生活污水治理技术导则(试行)》(豫建村镇[2018]36号)(2018年8月发布)**

村庄生活污水水质宜通过实地调查确定。实地调查困难或无调查数据时, 可参考类似工程或当地类似生活污水处理工程的设计值或实测值确定, 也可参考表 5.6.1-15 中数值适当取值。

**表 5.6.1-15 村庄生活污水水质参考取值 (单位: mg/L)**

主要指标	pH	SS	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
范围	6.5~8.5	100~200	100~450	60~200	20~90	40~120	2~10

**④相关学术研究数据**

相关学术研究的生活污水污染物浓度见表 5.6.1-16 所示。

**表 5.6.1-16 相关学术研究的生活污水污染物浓度**

相关研究	研究区域	生活污水污染物浓度 (mg/L)			
		COD	氨氮	总氮	总磷
袁晓燕等 (2010年)	大清河小流域	781	71.7	118.9	9.75

相关研究	研究区域	生活污水污染物浓度 (mg/L)			
		COD	氨氮	总氮	总磷
孙兴旺 (2010 年)	巢湖流域	800-1200	10	20-40	4-6
谭平等 (2012 年)	巢湖农村地区	718	6.2	24	3.1
卢金涛 (2012 年)	垫江县长大村	1360.91	18.16	62.51	6.66
唐晓燕等 (2013 年)	太湖上游	718	96.377	142.477	11.461

#### 4) 生活垃圾产生系数

随着农村经济的发展和农民生活水平的提高,农村生活垃圾产生量快速增加,目前政府部门尚未出台相关文件对农村生活垃圾产生量进行明确,通过查阅相关的学术文献,相关专家学者对农村生活垃圾产生量进行了实际取样调查。

表 5.6.1-17 相关研究关于生活垃圾产生情况一览表

相关研究	研究区域	生活垃圾产生 (kg/人天)
冯庆 (2009 年)	北京密云水库流域	0.88 (0.73~1.50)
陈志明 (2013 年)	广西农村	0.42
岳波 (2014 年)	全国 134 个村庄	0.76 (东部 0.77, 中部 0.98, 西部 0.51)
靳琪 (2015 年)	全国 21 个省份抽样调查	0.79(0.41~1.17)
李志龙 (2016 年)	12 省市 72 村镇	0.64

农村生活垃圾的产生量、组成成分等与经济发展水平、生活习惯、能源结构等因素有关,需根据上述关于全国不同区域农村生活垃圾产生量的调查研究,结合区域经济社会发展水平综合确定。

#### 5) 生活垃圾污染物析出负荷

生活垃圾污染物析出负荷是指生活垃圾中所含有的污染物有多少能够析出。刘东 (2013 年,环境卫生工程,分类垃圾形状及处理处置对策试验研究)对各类垃圾历时 90 天的浸出试验研究,混合生活垃圾的 COD 析出负荷为 44.31g/kg,氨氮的析出负荷为 1.76g/kg。秦哲 (2017 年,资源与环境,白洋淀内污染调查与整治对策)对白洋淀内生活垃圾的浸出试验研究结果为,生活垃圾中 COD 的最大浸出量为 17.1g/kg,总磷的最大浸出量为 0.96 g/kg,总氮的最大浸出量为 7.8 g/kg。

#### 6) 生活污水流失系数

### ①相关学术研究数据

相关学术研究的生活污水排放系数见表 5.6.1-18 所示。

表 5.6.1-18 相关学术研究的生活污水排放系数

相关研究	研究区域	污水流失率 (%)	生活污水排放系数 (L/人·d, g/人·d)				
			生活污水	COD	氨氮	总氮	总磷
冯庆等 (2009)	北京密云水库流域		21.6	9.13		0.95	0.11
尹微琴等 (2010 年)	昆山市			159.73	9.86	16.99	1.096
孙兴旺 (2010 年)	巢湖流域	62	16.3	11.72	0.1	0.39	0.05
王文林等 (2010 年)	太湖流域典型地区		40.8	10.08	3.22	4.23	0.3
严婷婷等 (2010 年)	滇池流域		24.2	45.15		1.09	0.165
朱梅 (2011 年)	海河流域			9.13	0.356	0.95	0.11
谭平等 (2012 年)	巢湖农村地区		16.31	11.72	0.1	0.39	0.05
汤洁等 (2012 年)	大伙房水库汇水区	85		56.71	3.01	10.08	0.904
蔡路灵 (2017 年)	河南省	85					

### 7) 生活垃圾流失系数

农村生活垃圾的流失与区域生活垃圾收集处理设施的完善程度有关,对于区域农村生活垃圾进行全收集全处理,经过调研未发现区域有生活垃圾乱堆乱放的问题时,生活垃圾流失系数可取 0,对于存在生活垃圾乱堆乱放问题的,根据区域生活垃圾未收集处理的部分占区域生活垃圾产生量的比例确定流失系数。

### 8) 生活污水和生活垃圾入河系数

农村生活污染物入河系数的大小和村庄离河流的远近距离、村庄周围地形、区域降雨量等有关。

#### ①《全国水环境容量核算技术指南》(2003 年 9 月)

规定了标准农田(标准农田是指平原、种植作物为小麦、土壤类型为壤土、化肥施用量为 25-35 公斤/亩·年,降水量在 400-800mm 范围的农田)的径流污染物计算方法,对于其他农田,对应的源强系数需要进行修正,土地坡度在 25 度

以上，流失系数 1.2-1.5；土地坡度在 25 度以下，流失系数 1.0-1.2；年降雨量在 400mm 以下的地区取流失系数为 0.6~1.0，年降水量在 400-800mm 之间的地区取流失系数为 1.0~1.2，年降水量 900mm 以上的地区取流失系数为 1.2~1.5。

## ②相关学术研究的农村生活污染物入河系数

一些学者对不同区域的农村生活污染入河系数进行了调查研究。

河南省环境保护产业协会

表 5.6.1-19

相关研究关于农村生活面源污染物入河系数一览表

相关研究	研究区域	生活污水入河系数 (%)				生活垃圾入河系数 (%)			
		COD	氨氮	总氮	总磷	COD	氨氮	总氮	总磷
张利民 (2009 年)	太湖流域漕桥河	1-10	1-10	1-10	1-10				
斯琴高娃 (2010 年)	松花江流域	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10
朱梅 (2011 年)	海河流域	基础入河系数 20-30, 根据地形和降雨进行修正				基础入河系数 5-10, 根据地形和降雨进行修正			
李卉等 (2011 年)	太滹运河流域	6.6-13.3		18.1-18.6	8.2-12.5				
费频频等 (2011 年)	杭嘉湖水网平原区	10	10	10	10				
纪丁愈等 (2011 年)	四川中部丘陵地区	10-20	10-20	10-20	10-20				
苏保林等 (2013 年)	赣江下游平原圩区	9.6-11.9		14.1-14.3	12.9-13.7				
申萌萌等 (2013 年)	太湖周边地区	3.7-27.5		8.1-33.4	10.1-31.2				
桂平婧等 (2015 年)	四川省	基础入河系数 30-35, 根据地形和降雨进行修正				基础入河系数 7.5-10, 根据地形和降雨进行修正			
李春哲 (2016 年)	饮马河流域	30	30	30	30	20	20	20	20

其中桂平婧等和朱梅的相关研究见表 5.6.1-20 所示。

**表 5.6.1-20 相关学术研究中农村生活面源污染物入河系数**

文献来源	基础入河系数分区		基础入河系数			入河系数修正
	分区	分区依据	生活污水	生活垃圾	人体粪尿	
桂平婧等 (2015年)	I类	依据流经河流等级分区	0.35	0.1	0.1	地形修正为平原 1.0、丘陵 1.2、山地 1.5，降水量修正在 1.1-2.2
	II类		0.3	0.075	0.075	
朱梅 (2011年)	A类	根据是否有河流流经	0.3	0.1	0.1	平原县 1.0，丘陵县 1.2，山地县 1.5； 降水量 300 mm~400mm， 0.8， 400mm~500 mm， 0.9， 500 mm~600mm， 1.0， 600mm~700mm， 1.1， 700mm~800mm， 1.2
	B类		0.25	0.075	0.075	
	C类		0.2	0.05	0.05	

从上述相关学者的研究结果可以看出，生活污水的入河系数大于生活垃圾的入河系数，不同研究区域的农村生活污染入河系数相差较大。考虑典型区域内不同村庄与河道距离远近不同其入河系数也应不同，根据是否有河流流经及流经河流类型把典型区域内的乡镇分类，有主要河流流经的、湖库周围的（无护堤）且有汇入河流流经的乡镇为 A 类，仅有主要河流支流流经的、湖库周围（无护堤）无汇入支流流经的乡镇为 B 类，无河流流经、湖库周围（有护堤）且无入库支流流经的乡镇为 C 类。

除与河道的距离外，地形和降水量也是影响入河系数的重要因素，坡地更容易使农村生活污染物流入水体，丰沛的降水更容易把农村生活污染物冲刷到水体中。因此对上述入河系数要根据不同的地形及降水量进行修正。

## 5.6.2 种植业面源污染物调查与核算

### 5.6.2.1 调查内容和方法

种植业面源污染物调查方法主要有典型监测法、现场调查法、资料收集法等。在实际调查过程中，现场调查法和资料收集法最为常用，典型监测法因为需要长时间的监测，较少采用。

#### (1) 资料收集法

资料收集法主要是收集研究区域的自然环境特征、土地利用类型、区域耕地

面积、种植类型、种植面积、化肥农药使用类型和使用量、土壤类型、土壤监测数据等基础资料；以及相关的参考文献、政策文件。

《农业面源污染治理监督指导试点技术指南（试行）》提出种植业面源污染调查应收集化肥农药使用量及变化情况，包括：化肥使用量（折纯）、氮肥、磷肥、钾肥及复合肥使用量（折纯）、农药使用量、农作物播种面积、园地面积（茶园面积和果园面积）等数据。种植业污染源种植面积调查：通过入户走访掌握调查区域种植业基本情况，包括大田作物类型和面积、果菜茶种植面积、果园种植面积等；农业投入品调查：通过入户走访掌握主要大田作物、果菜茶的化肥农药施用情况；污染防治措施落实情况调查：测土配方施肥、有机肥替代化肥、水肥一体化等化肥、农药减量措施的实施情况。

## （2）现场调查法

现场调查法也包括问卷调查，主要是通过与农户的交流，了解农户种植模式、主要作物类型及产量、施肥、农药使用、耕作、灌溉等种植业相关情况以及现场实地查看区域地形特征，土壤类型、作物种植方式等。

山东省《农业面源污染负荷估算技术导则》（征求意见稿）中提出农业种植、污染源情况以户为单位开展调查（调查表参见表 5.6.2-1）。现场调查村庄可采用网格布点法确定，村庄应均衡分布在整个调查区域，调查村庄数占整个区域的比例不宜低于 15%，调查农户数占该村常住户数的比例不宜低于 70%。

农业种植污染源情况调查包括作物种植模式、作物种类、种植面积、作物产量、不同种类肥料施用量和秸秆还田等情况，用于测算不同种植模式下化肥、有机肥施用强度和秸秆还田系数等。

表 5.6.2-1

农业种植和规模以下畜禽养殖污染源调查表——农业种植

种植模式	作物种类	种植面积 (亩)	产量 (kg/ 亩)	氮肥施用 量 (kg/亩)	磷肥施用量 (kg/亩)	复合肥施用 量 (kg/亩)	有机肥 种类	有机肥施用 量 (kg/亩)	若为商品有 机肥, 填写 氮磷含量	秸秆是否还 田 (打√)
露地蔬菜	根茎叶类蔬菜、瓜 果类蔬菜、水生蔬 菜等									
小麦-玉米 轮作	小麦									
	玉米									
其它大田 作物	春玉米、棉花、甘 薯、花生等									
单季稻	水稻									
园地	果园、茶园等									

### (3) 典型监测法

典型监测法主要是选择不同作物类型的种植区作为试验区,对不同降雨状况下的污染物进行监测与分析。在实际监测过程中需明确监测点位、监测时间、监测指标、监测频次、采样方法、数据统计等要求。

马玉宝等(2013)对洪湖流域农田种植污染负荷的计算采用典型地块监测法,按实测值计算污染物入湖量。李文超(2014)以云南省洱源县凤羽河流域为研究对象,基于野外实测数据研究面源污染物浓度和污染负荷输出的时间变化规律及不同径流过程的贡献特征。

#### 1) 《流域农业面源污染监测技术规范》(NYT 3824-2020)

设置监测断面用于反映整个流域内污染物输出的总体情况及变化,包括农村源和农田面源。需要在流域总出水口布设控制断面,至少监测1个完整水文年。水质监测时段及采样频率见表5.6.2-2。

表 5.6.2-2 控制断面水质监测监测时段与频率

监测时期	监测时段	采样频率	数据用途	
农业面源污染剧增期	时段 1: 耕作、施肥等农事活动密集,且发生径流排水并引起控制断面水位明显变化的时段	1d1 次(无自动采样设备)	--	用于污染源输出负荷计算
		宜 6h1 次(有自动采样设备)		
	时段 2: 人口剧增时段,如需要节假日或旅游季节	1d1 次	用于农村源增量负荷计算	
其他时期	时段 3: 汛期	2 周 1 次	--	
	时段 4: 非汛期		用于污染源基础负荷计算	

通过对流域内污染源的监测,计算出流域内农业面源总的污染输出负荷以及污染源基础负荷、农村源输出负荷,最终可得出农田面源的输出负荷。

#### 2) 《土壤质量 农田地表径流监测方法》(GB/T 41222-2021)

规定了农田径流监测场的布置与监测设备的安装、径流样品的采集与分析测试、径流量与土壤流失量及污染物排放量的计算等内容。

农田种植的农作物包括粮食作物和各类经济作物(蔬菜作物、纤维作物、油料作物、糖料作物、饲料作物、药用作物、果树、桑、茶、烟草和花卉苗圃等)。

监测步骤如下：

布置径流监测场→布设径流监测小区→安装雨量计→安装径流收集系统→径流样品的采集→监测分析

地表径流监测小区排列方式可参考附录 A 中，分为平原区和山地丘陵区 2 个类型。

径流收集装置可根据监测时长和监测条件选择水泥径流池或径流收集箱/桶。径流分流装置、径流箱/桶安装方法可参考附录 B。径流池及排水系统的规格构造参考附录 C。农田径流收集管的结构与安装可参考附录 D。

样品采集时间和频次要求为：每次降雨且产生地表径流后采样，采样应在降雨结束 24h 内进行，若两场降雨间隔不超过 12h，则视为连续性降雨，等本次降雨结束后一并采样。农田地表径流的监测项目分为必测项目和选测项目，选测项目根据具体目的要求可酌情添加或删除，详见表 5.6.2-3。

**表 5.6.2-3 农田地表径流水样的监测项目**

类别	监测项目
必测项目	净流量、径流泥沙含量、径流样上清液中的总氮、铵态氮、硝态氮、总磷、磷酸盐含量，泥沙中的总磷、总磷含量
选测项目	pH、化学需氧量、高锰酸盐指数、五日生化需氧量、阴离子表面活性剂、全盐量、氟化物、氯化物、硫化物、铜、锌、硒、砷、汞、镉、铬（六价）、铅、氰化物、挥发酚、粪大肠菌群、农药类、除草剂、多环芳烃等。

各项指标分析方法要求如下。

径流液中总氮采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度计（HJ636）或连续流动-盐酸萘乙二胺分光光度法（HJ667）。径流液中氨态氮采用靛酚蓝法（GB17378.4）或连续流动-水杨酸分光光度法（HJ665）。径流液中硝态氮采用紫外分光光度法（HJ/T346）。径流液中总磷采用消解-钼酸铵分光光度法（GB/T11893）或连续流动-钼酸铵分光光度法（HJ670）径流液中磷酸盐采用林钼蓝分光光度法（GB/T5750.5）或连续流动-钼酸铵分光光度法（HJ670）。

### 3) 内蒙古《河套灌区化肥面源污染监测技术规程》（DB15/T 1546-2018）

监测内蒙古自治区河套灌区及其沿黄流域引黄灌溉地区化肥面源形成的地表淋溶水，采用改良的田间原位淋溶液管式集液装置收集单位面积土壤淋溶水量，

对淋溶量、pH 值、全氮、铵态氮、硝态氮、总磷等指标进行检测，测定指标符合 GB5084 规定。

#### 4) 贵州省《农田面源污染监测技术规程》(征求意见稿)

用于贵州省以地表径流途径排放的田块尺度面源污染物监测。以一年为一个监测周期，不仅包括作物生长阶段，也包括农田非种植时段，1 个监测周期从第 1 季作物播种前翻耕开始，到下一年度同一时间段为主等面源污染物浓度。监测期取样测试周年内农田通过地表径流途径向周边环境排出的氮、磷等面源污染物总量。径流水主要测试径流量、泥沙含量、总氮、硝态氮、铵态氮、总磷、化学需氧量；降雨、灌溉水测试总氮、硝态氮、铵态氮、总磷。

#### 参考相关资料，并结合核算计算要求，确定调查内容包括：

一般要求：种植业面源污染调查应采用资料收集和现场调查相结合的方式，必要时开展现场监测。

资料收集：应主要收集化肥农药使用量及变化情况，包括：化肥使用量（折纯）、氮肥、磷肥、钾肥及复合肥使用量（折纯）、农药使用量、农作物播种面积、园地面积（茶园面积和果园面积）等数据。

现场调查：应通过入户调查的方式开展现场调查，主要调查区域种植面积、农业投入品和污染防治措施落实情况，其中种植面积调查内容包括大田作物类型和面积、果菜茶种植面积、果园种植面积等；农业投入品调查内容包括主要大田作物、果菜茶的化肥农药施用情况；污染防治措施落实情况调查内容包括测土配方施肥、有机肥替代化肥、水肥一体化等化肥、农药减量措施的实施情况。

现状监测：种植业面源监测应选择能代表当地农业常规生产条件的典型农田进行径流监测场的布置，设置径流收集装置，在降雨条件下进行径流量样品采集，监测径流量、径流样上清液中的总氮、铵态氮、硝态氮、总磷、磷酸盐含量等项目，农田地表径流监测按照 GB/T 41222 的要求执行。

### 5.6.2.2 核算方法和相关参数确定

#### (1) 核算方法研究

本着简便性、可操作性的原则，确定种植业面源污染物入河（湖）量核算内容和核算方法，种植业面源污染物核算主要包括排放量（流失量）和入河量核算。目前种植业面源污染物排放（流失）量核算的主要方法有**输出系数法、分阶段输**

出系数法、实测法和模型模拟法。

### ➤ 输出系数法

输出系数法较为简单，应用最为广泛，以不同的土地利用类型为基础概化出其每年单位面积的污染物输出量，进而得出各类土地利用类型污染物输出量，但各类研究中对相关输出系数取值出入较大，该方法也无法反映种植业面源污染物的产生、排放、入河的全过程特征。

#### ①学术研究

康晚英（2010）、刘亚琼等（2011）、杨彦兰等（2015）、彭舜磊等（2018）分别以河南省、鄱阳湖区、北京市、三峡库区（重庆段）为研究对象，依据统计年鉴中相关数据，采用输出系数法对研究区域种植业面源污染负荷进行了估算，采用的输出系数为单位面积耕地每年输出的氮、磷量。其核算公式如下：

$$L_j = \sum_{i=1}^m E_{ij} A_i + P$$

式中：

$L_j$  为污染物  $j$  在流域的总负荷量， $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ；

$i$  为流域中的土地利用类型，共  $m$  种；

$E_{ij}$  为污染物  $j$  在第  $i$  种土地利用类型中的输出系数， $\text{kg}/\text{hm}^2$ ；

$A_i$  为流域中第  $i$  种土地利用类型的面积， $\text{hm}^2$ ；

$P$  为由降雨输入的污染物总量， $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ，一般情况下不考虑。

#### ②相关技术规范

##### 1) 《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》

种植业污染物排放（流失）量以省级行政区域为单元核算，适用于《排放源统计调查制度》确定的调查范围内。核算农业源污染物产生量和排放（流失）量。其中种植业氨氮、总氮、总磷等水污染物排放（流失）量采用产排污系数法核算，等于农作物总播种面积、园地面积与相应污染物排放系数以及当年度种植业含氮化肥或含磷化肥单位面积使用量与 2017 年度种植业含氮化肥或含磷化肥单位面积使用量的比值（计算总氮和氨氮时用含氮化肥用量、计算总磷时用含磷化肥用量）相乘，某项污染物排放（流失）量的计算公式如下：

$$Q_j = (A_g \times e_{gj} + A_y \times e_{yj}) \times \frac{q_j}{q_0} \times 10^{-3}$$

式中：

$Q_j$  指某省种植业第  $j$  项污染物排放（流失）量（单位：吨）；

$A_g$  指某省农作物总播种面积（单位：公顷）；

$e_{gj}$  指某省农作物种植过程中第  $j$  项水污染物流失系数（单位：公斤/公顷）；

$A_y$  指某省园地的面积（单位：公顷）；

$e_{yj}$  指某省园地第  $j$  项水污染物流失系数（单位：公斤/公顷）；

$q_j$  指某省调查年度用于种植业的含氮化肥（含磷化肥）单位面积使用量（单位：公斤/公顷）；

$q_0$  指某省 2017 年度用于种植业的含氮化肥（含磷化肥）单位面积使用量（单位：公斤/公顷）；含氮化肥用量指氮肥和含氮复合肥的折纯用量；含磷化肥用量指磷肥和含磷复合肥的折纯用量。

## 2) 山东省《农业面源污染负荷估算技术导则》（征求意见稿）

该技术导则中对于农业种植面源污染负荷估算的程序如下：

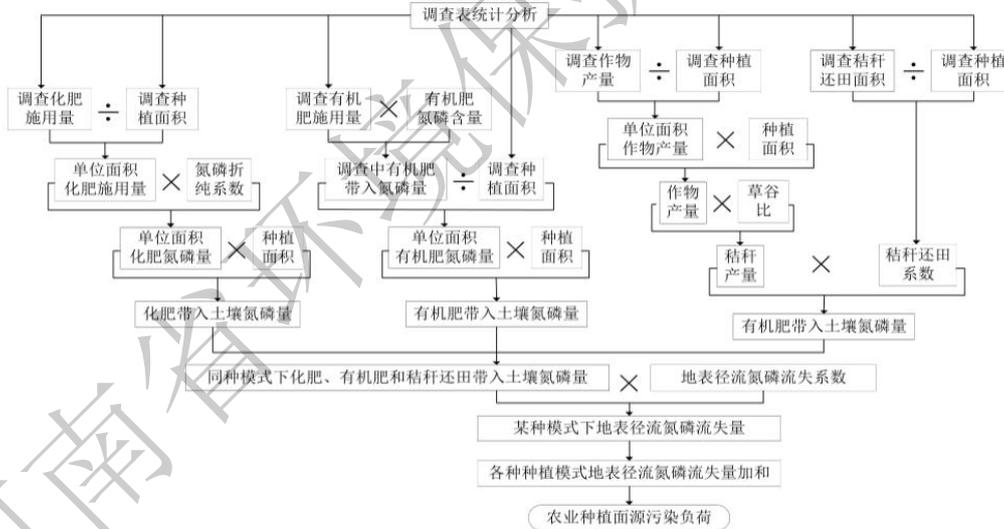


图 5.6.2-1 山东省农业种植面源污染负荷估算程序

农业种植产生的面源污染负荷量，参见以下 3 个公式。

$$TN_{zh} = \sum_{i=1}^n F_{N,i} \times E_{TN,i}$$

$$AN_{zh} = \sum_{i=1}^n F_{N,i} \times E_{AN,i}$$

$$TP_{zh} = \sum_{i=1}^n F_{P,i} \times E_{TP,i}$$

式中：

$TN_{zh}$ 、 $AN_{zh}$  和  $TP_{zh}$ —农业种植中地表径流总氮、氨氮和总磷流失量 (kg)；

$F_{N,i}$  和  $F_{P,i}$ —第  $i$  种植模式的氮磷施用量 (kg)， $i=1, 2, 3, \dots$ ，代表不同种植模式；

$E_{TN,i}$ 、 $E_{AN,i}$  和  $E_{TP,i}$ —第  $i$  种植模式中总氮、氨氮和总磷地表径流流失系数 (无量纲)。

若某种植模式一年内种植多种作物或同种作物多季种植，需计算一年内所有种植作物产生的量，下同。 $E_{TN,i}$ 、 $E_{AN,i}$  和  $E_{TP,i}$  宜通过实地监测获得。不具备实地监测条件的，可参见表 5.6.2.2-3。

农业种植中进入土壤中氮磷量，计算公式为：

$$F_{N,i} = N_{C,i} + N_{O,i} + N_{S,i}$$

$$F_{P,i} = P_{C,i} + P_{O,i} + P_{S,i}$$

式中：

$F_{N,i}$  和  $F_{P,i}$ —第  $i$  种植模式施肥和秸秆还田进入土壤中的氮磷量 (kg)；

$N_{C,i}$  和  $P_{C,i}$ —第  $i$  种植模式施用化肥进入土壤中的氮磷量 (kg)；

$N_{O,i}$  和  $P_{O,i}$ —第  $i$  种植模式施用有机肥进入土壤中的氮磷量 (kg)；

$N_{S,i}$  和  $P_{S,i}$ —第  $i$  种植模式秸秆还田进入土壤中的氮磷量 (kg)。

农业种植中施用化肥进入土壤中的氮磷量，计算公式为：

$$N_{C,i} = (D_{N,i} \times Z_N + D_{F,i} \times Z_{FN}) \times A_i$$

$$P_{C,i} = (D_{P,i} \times Z_P + D_{F,i} \times Z_{FP}) \times A_i \times 0.437$$

式中：

$D_{N,i}$ 、 $D_{P,i}$  和  $D_{F,i}$ —1 年内第  $i$  种植模式单位种植面积施入土壤中氮肥、磷肥和复合肥的量 (kg/hm<sup>2</sup>)；

$D_{N,i}$ 、 $D_{P,i}$  和  $D_{F,i}$  可通过现场调查获得。

$Z_N$  和  $Z_{FN}$ —氮肥和复合肥中氮的折纯系数 (无量纲)；

$Z_P$  和  $Z_{FP}$ —磷肥和复合肥中磷的折纯系数 (无量纲)，0.437 是将 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 核算为 P 的系数； $Z_N$ 、 $Z_{FN}$  和  $Z_P$ 、 $Z_{FP}$  参见表 5.6.2.2-4。

$A_i$ —第  $i$  种植模式的种植面积,  $\text{hm}^2$ ,  $A_i$  通过遥感识别获得, 方法如下。

遥感数据可选多时相 Landsat-8 卫星多期遥感影像和中分辨率成像光谱仪 (MODIS) 产品, 数据可从“地理国情监测云平台”或“地理空间数据云”网站下载。农作物遥感数据预处理总体流程包括数据获取、辐射定标、几何校正、大气校正、其他预处理、质量检查等步骤, 具体操作流程参见 NY/T3526。农作物遥感分类与种植面积遥感监测按 NY/T3527 的规定执行。农作物遥感分类过程中归一化差值植被指数 (NDVI) 的计算与合成按 GB/T30115 的规定执行。

农业种植中施用有机肥进入土壤中的氮磷量, 计算公式为:

$$N_{O,i} = D_{Y,i} \times C_N \times A_i \times 10$$

$$P_{O,i} = D_{Y,i} \times C_P \times A_i \times 10$$

式中:

$D_{Y,i}$ —第  $i$  种植模式下单位种植面积施入土壤中有机肥量 ( $\text{t}/\text{hm}^2$ );

$D_{Y,i}$  可通过现场调查获得, 包括商品有机肥、粪肥、堆肥等各类有机肥。

$C_N$  和  $C_P$ —施入土壤中有机肥氮、磷含量 (%)。  $C_N$  和  $C_P$  参见表 5.6.2.2-5 取值。

农业种植中秸秆还田进入土壤中的氮磷量及还田系数公式为:

$$N_{S,i} = F_i \times A_i \times G_i \times S_{N,i} \times H_i \times 10^{-2}$$

$$P_{S,i} = F_i \times A_i \times G_i \times S_{P,i} \times H_i \times 10^{-2}$$

$$H_i = s'_i / s_i$$

式中:

$F_i$ —第  $i$  种植模式下某作物单位面积产量 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ), 可通过现场调查获得;

$G_i$ —第  $i$  种植模式下某作物的草谷比, 指农作物地上茎秆产量与作物经济产量之比;

$S_{N,i}$  和  $S_{P,i}$ —第  $i$  种植模式下某作物秸秆中氮、磷含量 (%);

$H_i$ —第  $i$  种植模式下某作物秸秆还田系数;

$s'_i$ —所调查第  $i$  种植模式下某作物秸秆还田面积 ( $\text{hm}^2$ );  $G_i$ 、 $S_{N,i}$  和  $S_{P,i}$  参见表 5.6.2.2-6。

$s_i$ —所调查第  $i$  种植模式下某作物种植总面积 ( $\text{hm}^2$ )。  $s'_i$  和  $s_i$  基于现场调查情况统计获得。

### ➤ 分阶段输出系数法

分阶段输出系数法是在传统输出系数法基础上将种植业面源污染物入河分为3个过程，对每个过程的污染物质分别核算，更加贴合实际，第一次全国污染源普查时，采用实验的方法对不同区域不同土地利用类型的污染物流失系数进行了核算。

朱梅（2011）以海河流域为研究对象，主要考虑肥料的流失，采用分阶段输出系数模型，通过核算海河流域农田肥料施用纯量得出种植业面源污染物的产生量，然后通过流失系数对地表径流和地下淋溶两种方式的流失量分别进行估算，得出总流失量，最后通过入河系数对种植业面源污染物的入河量进行核算。

种植业面源污染物的产生量为区域使用的化肥农药量折纯后换算成的氨氮、总氮、总磷的量，调查统计施入农田的肥料及农药施用量，核算出氮素和磷素折纯量，采用氮磷输入量估算模型进行计算，公式如下：

种植业面源水污染物的产生量=肥料施用量(纯量)+农药施用量(纯量)

种植业面源水污染物流失量公式如下：

$$O_r = \sum A \cdot F \cdot C_r$$

式中， $O_r$  为某种污染物种植业面源径流流失量； $A$  为某种农作物类型占用的耕地面积； $F$  为该种农作物单位耕地面积的肥料、农药施用量； $C_r$  为该种农作物类型该种污染物地表径流流失系数。

种植业面源水污染物入河量采用入河系数法核算，公式如下：

$$W_{\text{入河}} = W_{\text{流失}} \times R$$

式中： $W_{\text{入河}}$  为种植业面源水污染物入河量； $W_{\text{流失}}$  为种植业面源水污染物流失量； $R$  为种植业面源水污染物的入河系数。

### ➤ 实测法

实测法是核算种植业面源污染物入河量最为直接的方法，但考虑到其测量时间和范围的代表性，较为适用于小范围内长时间开展。

#### 1) 相关学术研究

马玉宝等（2013）以湖北省洪湖流域为研究对象，通过对洪湖流域典型农田在2010年7~8月降雨径流的现场采样及实验室分析得出洪湖流域农田径流的污染物浓度，进而求得流域内污染物入河量。

## 2) 农业农村部《流域农业面源污染监测技术规范》(NY/T3824-2020)

适用于分水线闭合、出口单一、以农业生产生活为主的流域农业面源污染监测。通过控制断面监测反映整个流域内污染物输出的总体情况及其变化,包括农村源和农田面源。

其中农田面源输出负荷计算通过计算流域污染源总负荷与污染源基础负荷和农村源增量负荷的差值得来。

污染源总负荷  $L$ , 以千克计, 计算公式为:

$$L = \frac{\sum(C_i \times Q_i) - C_0 \times \sum Q_i}{1000}$$

式中:

$C_i$ ——控制断面单次采样某一污染物浓度的数值, 单位为毫克每升 (mg/L);

$Q_i$ ——控制断面单次采样对应时段流量的数值, 单位为立方米 ( $m^3$ );

$C_0$ ——背景断面某一污染物浓度的年度均值的数值, 单位为毫克每升 (mg/L), 若无背景断面,  $C_0$  为 0。

污染源基础负荷  $L_j$ , 以千克计, 计算公式为:

$$L_j = \frac{\sum(C_j \times Q_j) - C_0 \times \sum Q_j}{\sum t_j \times 1000} \times t$$

式中:

$C_j$ ——监测时段 4 控制断面单次采样某一污染物浓度的数值, 单位为毫克每升 (mg/L);

$Q_j$ ——监测时间 4 控制断面单次采样对应时段内流量的数值, 单位为立方米 ( $m^3$ );

$C_0$ ——背景断面某一污染物浓度的年度均值的数值, 单位为毫克每升 (mg/L), 若无背景断面,  $C_0$  为 0;

$t_j$ ——单次取样时段对应的天数的数值, 单位为天 (d);

$t$ ——一年的天数, 单位为天 (d)。

农村源增量负荷  $\Delta L_r$ , 以千克计, 计算公式为:

$$\Delta L_r = \frac{[\sum(C_{r1} \times Q_{r1}) - C_p \times \sum Q_{r1}] / 1000 - L_j \times \frac{L_{r1}}{t}}{P_{h1} + P_{l1}} \times (P_{h2} + P_{l2})$$

那么农田面源输出负荷  $L_f$ ，以千克计，计算公式如下：

$$L_f = L - L_j - \Delta L_r$$

### 3) 山东省《农业面源污染负荷估算技术导则》(征求意见稿) 附录 B 农田径流氮磷流失监测技术方法

监测周期：以一年为一个监测周期，包括作物生长期和非种植时段。种植一季作物的地区，监测周期从当年的 1 月 1 日至 12 月 31 日；种植两季以上作物的地区，从第 1 季作物播种前翻耕开始，到下一年度同一时间段为止。监测频次根据径流池内水量设置，一般为 2 个月一次，雨季根据水量情况适当增加取样频次。

地表径流量：用硬质标杆尺（最小刻度为 mm）或者在径流池池壁上标记刻度标，测量径流池内水深。每个径流池配备一个 50L-100L 的敞口塑料桶，收集径流较少时的径流水。每次产流均单独计量、采样。每次产流后，准确测量田间径流池内水面高度（精确至 mm），计算径流水体积。计算公式如下：

$$V_i = (H_i \times S_1 + H_2 \times S_2) \times 1000$$

式中：

$V_i$  为监测小区第  $i$  次地表径流量 (L)；

$H_i$  为第  $i$  次产流后的径流池水面高度 (m)；

$S_1$  为径流池底面积 ( $m^2$ )；

$H_2$  为径流池排水凹槽深度 (m)；

$S_2$  为径流池排水凹槽底面积 ( $m^2$ )。

径流水样采集：记录完径流量后采集径流水样。每个径流池每次采集 2 个混合样品。样品瓶采用 500mL 以上聚乙烯材质，采样前贴好用铅笔标明样品编号的标签。标签式样参见 NY/T396 中水样品标签式样。采样前，用洁净工具充分搅匀径流水，然后用取样瓶在径流池的不同部位、不同深度多点采样（至少 8 点），将多点采集的水样，置于清洁的聚乙烯塑料容器中，将水样充分混匀，取水样分装到已经准备好的 2 个样品瓶中。采集到的 2 份水样，1 份用于分析测试，另 1 份备用。

氮、磷浓度分析测试：总氮按 HJ636 规定的方法测定，氨氮按 HJ535 规定的方法测定，总磷按 GB11893 规定的方法测定。

氮磷流失量计算：监测周期内农田地表径流氮磷流失量的计算公式如下：

$$F = \sum_{i=1}^n \frac{V_i \times C_i}{S} \times f$$

式中：

$F$  表示农田地表径流氮磷流失量（ $\text{kg}/\text{hm}^2$ ）；

$n$  表示监测周期内的农田产流次数；

$V_i$  表示第  $i$  次产流的水量（ $\text{L}$ ）；

$C_i$  表示第  $i$  次产流的氮、磷浓度（ $\text{mg}/\text{L}$ ）；

$S$  为监测单元的面积（ $\text{m}^2$ ），地表径流监测单元的面积即为监测小区的面积（ $\text{m}^2$ ）；

$f$  是转换系数，系由监测单元氮磷流失量（ $\text{mg}/\text{m}^2$ ）转换为每公顷氮磷流失量（ $\text{kg}/\text{hm}^2$ ）时的换算系数，具体数值根据监测单元面积而定。

#### ➤ 模型模拟法

模型模拟法是采用 SWAT 等机理模型对种植业面源污染负荷进行模拟，其所需数据量大，很多数据无法获取，因此，目前并未得到大范围应用。

李文超（2014）以云南省洱源县凤羽河流域为研究对象，采用 SWAT 模型对流域内种植业面源污染负荷进行了估算。采用 SWAT 进行模拟时收集数据包括 DEM 图、水系图、土壤类型数据、土地利用类型数据等空间数据，土壤容重、含水量、导水率、机械组成等、硝态氮含量、有机氮含量、无机磷含量、有机磷含量等土壤属性数据，降雨、气温、风速、相对湿度、太阳辐射等气象数据，种植类型、灌溉、施肥等农作物管理数据。

表 5.6.2-4 种植业面源污染物入河量核算方法对比

核算方法	优点	缺点	适用范围
输出系数法	方法简单、数据易得	输出系数无权威参考、各类研究出入较大	广泛适用
分阶段输出系数法	核算过程清楚、贴合实际、数据易得、流失系数有权威参考	入河系数无权威参考	广泛适用
实测法	精确度高	需长时间、大范围监测	适用于小范围易于开展监测的区域
模型模拟法	精确度高	所需数据量大	适用于数据基础条件好的区域

③参考相关资料，结合种植业面源污染物核算需求，建议核算方法

1) 产生量核算

种植业面源污染物产生量为区域使用的化肥农药量折纯后换算成的氨氮、总氮、总磷的量，折纯系数应通过走访调查获取区域使用的化肥农药类型，并根据国家公布的《复混肥料（复合肥料）》（GB15063）、《尿素》（GB2440）和《过磷酸钙》（GB20413）等规范，确定氮肥、磷肥和复合肥等肥料的折纯系数；当缺乏现场调查数据时，可参考山东省《农业面源污染负荷估算技术导则》附件 C—氮肥、磷肥、复合肥折纯系数（表 5.6.2-5）。施用化肥进入土壤中的磷量需将 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 转化为 P，乘以系数 0.437。

表 5.6.2-5 氮肥、磷肥、复合肥折纯系数

化肥种类	折纯系数	
氮肥	N: 46.4%	
磷肥	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 12%	
复合肥	总养分含量≥45%	N: 15%
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 15%

2) 排放（流失）量核算

方法 1：种植业污染物排放（流失）量采用产排污系数法核算，等于农作物总播种面积、园地面积与相应污染物流失系数以及当年度种植业含氮化肥或含磷化肥单位面积使用量与 2017 年度种植业含氮化肥或含磷化肥单位面积使用量的比值（计算总氮和氨氮时用含氮化肥用量、计算总磷时用含磷化肥用量）相乘，某项污染物排放（流失）量的计算公式如下：

$$Q_j = (A_g \times e_{gj} + A_y \times e_{yj}) \times \frac{q_j}{q_0} \times 10^{-3}$$

式中：

$Q_j$ ——种植业第  $j$  项污染物排放（流失）量，单位为吨（t）；

$A_g$ ——农作物总播种面积，单位为公顷（hm<sup>2</sup>）；

$e_{gj}$ ——农作物种植过程中第  $j$  项污染物流失系数，单位为公斤/公顷（kg/hm<sup>2</sup>）；

$A_y$ ——园地面积，单位为公顷（hm<sup>2</sup>）；

$e_{yj}$ ——园地第  $j$  项污染物流失系数，单位为公斤/公顷 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )；

$q_j$ ——调查年度用于种植业的含氮化肥（含磷化肥）单位面积使用量，单位为公斤/公顷 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )；

$q_0$ ——2017 年度用于种植业的含氮化肥（含磷化肥）单位面积使用量，单位为公斤/公顷 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )；含氮化肥用量指氮肥和含氮复合肥的折纯用量，含磷化肥用量指磷肥和含磷复合肥的折纯用量。

方法 2：种植业污染物排放（流失）量亦可采用以下公式计算：

$$Q_j = \sum A_g \cdot F_j \cdot C_{gj}$$

式中：

$Q_j$ ——种植业第  $j$  项污染物排放（流失）量，单位为吨 (t)；

$A_g$ ——某种农作物总播种面积，单位为公顷 ( $\text{hm}^2$ )；

$F_j$ ——某种农作物单位面积肥料农药折纯使用量，单位为吨/公顷 ( $\text{t}/\text{hm}^2$ )；

$C_{gj}$ ——某种农作物地表径流流失系数。

### 3) 入河量核算

采用入河系数法核算种植业面源污染物入河量，公式如下：

$$W_j = Q_j \times \lambda$$

式中：

$W_j$ ——种植业第  $j$  项污染物入河量，单位为吨 (t)；

$Q_j$ ——种植业第  $j$  项污染物排放（流失）量，单位为吨 (t)；

$\lambda$ ——种植业污染物入河系数。

## (2) 系数研究

### 1) 流失系数

种植业面源污染物流失系数获取方式有 2 种，一种是参考《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》种植业氮磷排放（流失）系数表中河南省推荐系数，优点是简单、快捷，缺点是参考数值河南省全域为统一数值，对于河南省南北区域差异可能存在一定的偏差。二是通过实地监测的方式获取，需要选取有代表性的农田、地形、种植制度和肥料用量等，优点是有代表性和针对性，核算结果更准确，缺点是耗时耗力，操作不当结果可能存在一定误差。核算种植业面源污染负荷时根据实际情况需要选择适当的流失系数获取方法。

①《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》

附件 1《农业污染源产排污系数手册》提出，种植业氮磷排放（流失）系数：指土壤和肥料中的氮磷在降雨或灌溉水作用下溶解或悬浮于径流水中，随径流迁移出田块而导致的农田氮磷流失的发生量（单位：千克/公顷），分为主要作物播种的排放（流失）系数和园地排放（流失）系数两部分。

表 5.6.2-6 种植业氮磷排放（流失）系数

地区	农作播种过程排放（流失）系数（千克/公顷）			园地排放（流失）系数（千克/公顷）		
	氨氮	总氮	总磷	氨氮	总氮	总磷
河南省	0.166	2.976	0.234	0.217	4.071	0.176

②山东省《农业面源污染负荷估算技术导则》（征求意见稿）

附录 C 给出各种系数参考表。如下：

表 5.6.2-7 种植业氮磷流失系数

模式名称	流失系数		
	总氮	氨氮	总磷
露地蔬菜	0.948%	0.011%	0.064%
小麦玉米轮作	0.389%	0.034%	0.080%
其他大田作物	0.406%	0.039%	0.083%
单季稻	0.694%	0.004%	0.105%
园地	0.692%	0.006%	0.038%

注：种植模式参考第二次全国污染源普查《农业源系数手册》第五篇种植业氮磷流失系数中黄淮海半湿润平原区

表 5.6.2-8 有机肥养分含量

名称	养分含量（N，%）	养分含量（P，%）
猪圈肥	0.944	0.465
牛栏粪	1.411	0.363
羊圈肥	1.382	0.316
马厩肥	1.156	0.347
骡圈肥	1.386	0.365
驴圈肥	0.586	0.303
鸡窝粪	2.17	0.7
高温堆肥	0.663	0.235

名称	养分含量 (N, %)	养分含量 (P, %)
堆肥	0.695	0.24
玉米秸秆肥	1.107	0.355
麦秆堆肥	1.113	0.264
水稻秸秆堆肥	1.553	0.275
山草堆肥	1.254	0.262
麻栎叶堆肥	1.428	0.228
松毛堆肥	0.99	0.182
沤肥	0.709	0.292
草塘泥	0.526	0.232
沼渣肥	2.022	0.839
蚯蚓粪有机肥	1.08	1.17

注：参考《有机肥料加工与施用（二版）》，化学工业出版社

因此，污染物流失系数应通过现状监测获得，当缺乏现状监测数据时，可参考《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》种植业氮磷排放（流失）系数或山东省《农业面源污染负荷估算技术导则》附录 C——种植业氮磷流失系数选取。

## 2) 入河系数

有关种植业面源污染物入河系数的研究并不多，相关研究多是根据现有研究成果或经验值在一定的范围内选取，各研究选取结果也不尽一致。清华大学对淮河流域面源污染的研究表明，面源污染物入河量不到其排放量的十分之一，建议面源污染物入河系数在 0.01~0.1 的范围内选取。天津环境科学院根据在蓟县于桥水库监测点降雨径流监测实验，不同降雨量下，农田径流污染物入河系数的范围为 0.05~0.12。朱梅（2011）经过对比相关文献的研究，把海河流域农田的入河系数范围确定在 0~0.1 之间，并根据研究区域内各地市降雨量的不同，用插值法求得各地差异化的入河系数。宿炳林（2014）经试验并参考相关研究指出平地氮、磷的入河系数分别为 5%和 3%，坡地氮、磷的入河系数分别为 6%和 4%。

**参考相关资料，入河系数应根据现场调查情况取值，亦可参考以下建议取值：**

种植业面源水污染物的入河系数在 0~10%之间，当年降水量小于 400mm 时，其产生的地表径流较少，农田面源污染物很难入河，其入河系数基本为零，年降

水量在 500 mm~600 mm，入河系数可取 5%，年降水量在 600 mm~700 mm，入河系数可取 7.5%，依次类推，同时要根据地形和与河道的距离进行修正：

①地形修正：平原地形修正系数为 1.0，丘陵地形修正系数为 1.2，山地地形修正系数为 1.5；

②与河道距离修正：根据是否有河流流经把区域进行分类，A 类为干流经的区域，B 类为一级支流流经的区域，C 类为二级及以下支流流经的区域，A 类区域修正系数为 1.2，B 类区域修正系数为 1.0，C 类区域修正系数为 0.8。

### 5.6.3 规模以下畜禽养殖面源污染物调查与核算

#### 5.6.3.1 调查内容和调查方法

规模以下畜禽养殖面源污染物调查方法主要有现状监测法、现场调查法、资料收集法等。在实际调查过程中，根据研究需要，会同时采用。

##### (1) 现场监测法

现场监测法主要是选择典型的养殖场，测定畜禽粪便产生/排放量及粪中全氮、全磷、有机质等指标和尿液产生/排放量及尿中 COD、氨氮、全氮、全磷等指标，获取畜禽的产污系数和排污系数。在实际监测过程中需明确监测点位、监测时间、监测指标、监测频次、采样方法、数据统计等要求。

《畜禽养殖污水采样技术规范》(GB 27522-2011) 规定了畜禽养殖污水采样布点、样品采集、样品运输和样品保存，适用于畜禽养殖场和养殖小区生产过程中污水的监测。《畜禽养殖业污染物排放标准》(上海市地方标准征求意见稿) 规定了畜禽养殖场(小区) 排放废水的采样，应根据监测污染物的种类，在规定的污染物排放监控位置进行，有废水处理设施的，应在该设施后监控。监测的频次、采样时间等要求，按国家有关污染源监测技术规范的规定执行。《流域农业面源污染监测技术规范》(NY/T 3824-2020) 规定了流域农业面源污染监测技术的监测断面设置与采样、监测指标及方法，流域农业面源污染的结果表达与质量控制等要求，其中包含规模以下畜禽养殖面源污染物监测方面的内容。其中规模以下畜禽养殖面源污染物调查主要信息包括畜禽种类、分散养殖数量、粪便储存去向、污水处理及去向等；规模养殖场名称、养殖场位置、畜禽种类及数量、粪污收集、处理利用现状等。

##### (2) 现场调查法

现场调查法也包括问卷调查，主要是通过养殖户的交流，了解养殖类型、养殖规模、养殖周期、喂养饲料、养殖机械化程度、粪污处理情况、粪污利用情况等以及现场实地查看养殖场粪污处理设施、粪污回用情况等。

山东省《农业面源污染负荷估算技术导则》（征求意见稿）中提出规模以下畜禽养殖包括养殖户和散户两种养殖模式，由于不同养殖模式下粪污储存、处理及综合利用情况不同，养殖户畜禽养殖和散户畜禽养殖的污染排污系数不同，需要分别调查养殖户和散户两种养殖模式下畜禽养殖的种类、数量以及粪污去向等情况。畜禽种类主要包括生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡和肉鸡，其中生猪、肉牛和肉牛调查出栏量，奶牛和蛋鸡调查存栏量。通过计算调查畜禽数量与调查户数比例的比值获得畜禽养殖总数量。其中，调查户数比例为所调查户数与区域内总户数的比例。

### （3）资料收集法

资料收集法主要是收集研究区域的规模以下畜禽养殖类型、养殖规模、养殖周期、喂养饲料种类、养殖机械化程度、畜禽粪污堆存场建设情况、粪污利用途径、粪污处理途径等基础资料；以及相关的参考文献、政策文件。

**参考相关资料，并结合核算计算要求，确定调查内容包括：**

**资料收集：**收集区域畜禽种类（生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡、肉鸡、其他）、养殖数量、养殖周期、养殖方式、畜禽圈舍设施情况、养殖用水水源、用水量及用水工艺；清粪工艺、粪污产生量和排放量；粪污收集、储存、处理和利用现状、粪污资源化利用率和各类资源化利用方式等。

**现场调查：**调查包括畜禽种类、养殖数量、养殖周期等基本信息，以及粪污处理设施建设情况、粪污处理方式、处理去向等。

**现状监测：**规模以下畜禽养殖面源监测应测定不同养殖类型畜禽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，畜禽粪便监测按照 GB/T 25169 的要求执行，畜禽养殖污水采样按照 GB/T 27522 的要求执行。

#### 5.6.3.2 核算方法和相关参数确定

## (1) 方法研究

当前畜禽养殖污染物的核算方法主要包括模型法、水文估算法和产排污系数法等，其中模型法和水文估算法核算时将农村生活、农田种植、畜禽养殖等面源污染作为一个整体进行核算，对降雨、地形、水文等数据要求较高，需要输入多个参数，数据获取难度高；产排污系数法则是将畜禽养殖、农村生活等不同类型的面源污染采用不同的产排污系数分别进行核算，应用更为广泛，实用性更强。

### 1) 《第一次全国污染源普查技术规定》

采用产、排污系数法测算农业源污染物产生、排放量。

根据我国畜禽养殖业的区域布局，在综合考虑影响农业源污染物产生、排放因素的基础上，确定全国农业污染源普查分区，分区、分类抽样监测农业源污染物产生、排放量，获得不同分区主要类型农业源的产、排污系数。

### 2) 《第二次全国污染源普查技术规定》

畜禽养殖业水污染物产生量通过产生系数法测算，某种动物的存/出栏量与对应的水污染物产生系数相乘，得到某种动物的水污染物产生量，将该县（区、市、旗）所有种类动物的水污染物产生量相加，测算全县（区、市、旗）畜禽养殖的水污染物产生量；畜禽养殖水污染物排放量通过排放系数法测算，该县（区、市、旗）某种粪污处理工艺条件下的养殖量与某种粪污处理工艺下的排放系数相乘，测算全县（区、市、旗）畜禽养殖的水污染物排放量。

### 3) 《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》（公告 2021 年 第 24 号）

提出了规模以下畜禽养殖业水污染物产生量和排放量均采用产排污系数法核算，如下：

#### ① 污染物产生量

第 i 类畜禽养殖的水污染物产生量等于第 i 类畜禽的养殖量乘以产污系数，畜禽养殖业的水污染物产生量等于 5 类畜禽（生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡、肉鸡，下同）养殖的污染物产生量之和。计算公式如下：

$$Q_{ij\text{畜产}} = (q_{i\text{规模}} \times f_{ij\text{规模}} + q_{i\text{养殖户}} \times f_{ij\text{养殖户}}) \times 10^{-3}$$

$$Q_{j\text{畜产}} = \sum_i^n Q_{ij\text{畜产}}$$

式中：

$Q_{ij\text{畜产}}$ ——某省第 i 类畜禽养殖第 j 项污染物产生量（单位：吨）；

$q_{i\text{规模}}$ ——某省第 i 类畜禽规模化养殖场的存/出栏量（单位：头/羽）；

$f_{ij\text{规模}}$ ——某省第 i 类畜禽规模化畜禽养殖第 j 项污染物产污系数（单位：千克/头（羽））；

$q_{i\text{养殖户}}$ ——某省第 i 类畜禽养殖户存/出栏量（单位：头/羽）；

$f_{ij\text{养殖户}}$ ——某省第 i 类畜禽养殖户第 j 项污染物产污系数（单位：千克/头（羽））；

$Q_{j\text{畜产}}$ ——某省畜禽养殖第 j 项污染物产生量（单位：吨）。

## ② 污染物排放量

第 i 类畜禽养殖的水污染物排放量，等于第 i 类畜禽养殖量与污染物的排放系数相乘，畜禽养殖业的水污染物排放量等于 5 类畜禽养殖的污染物排放量之和。计算公式如下：

$$Q_{ij\text{畜排}} = (q_{i\text{规模}} \times e_{ij\text{规模}} + q_{i\text{养殖户}} \times e_{ij\text{养殖户}}) \times 10^{-3}$$
$$Q_{j\text{畜排}} = \sum_i^n Q_{ij\text{畜排}}$$

式中：

$Q_{ij\text{畜排}}$ ——某省第 i 类畜禽养殖第 j 项污染物排放量（单位：吨）；

$q_{i\text{规模}}$ ——某省第 i 类畜禽规模化养殖场的存/出栏量（单位：头/羽）；

$e_{ij\text{规模}}$ ——某省第 i 类畜禽规模化畜禽养殖第 j 项污染物排放系数（单位：千克/头（羽））；

$q_{i\text{养殖户}}$ ——某省第 i 类畜禽养殖户存/出栏量（单位：头/羽）；

$f_{ij\text{养殖户}}$ ——某省第 i 类畜禽养殖户第 j 项污染物排放系数（单位：千克/头（羽））；

$Q_{j\text{畜排}}$ ——某省畜禽养殖第 j 项污染物排放量（单位：吨）。

## (2) 系数研究

## ➤ 产排污系数

规模以下畜禽养殖面源污染物产生系数是指在典型的正常生产和管理条件下，一定时间内，单个畜禽所产生的原始污染物的量，包括粪尿量，以及粪尿中各种污染物的产生量。畜禽污染物排放系数是指在典型的正生产和管理条件下，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的量。

### ① 畜禽养殖污染物产污系数计算方法

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，一定时间内，单个畜禽所产生的原始污染物的量，包括粪尿量，以及粪尿中各种污染物的产生量。畜禽的产污系数与动物品种、生产阶段、饲料特性等相关。

畜禽产污系数具体计算公式如下：

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

式中：

$FP_{i,j,k}$  ——每头/只畜禽产污系数，mg/d；

$QF_{i,j}$  ——每头/只畜禽粪产量，kg/d；

$CF_{i,j,k}$  ——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；

$QU_{i,j}$  ——每头/只畜禽尿液产量，L/d；

$CU_{i,j,k}$  ——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。

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。

### ② 畜禽养殖污染物排放系数计算方法

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

的污染量。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：

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

式中：

$FD_{i,j,k}$  ——每头/只畜禽排污系数，mg/d；

$\eta_F$  ——粪便收集率，%；

$\eta_{T,K}$  ——第  $k$  种污染物处理效率，%；

$WU$  ——污水利用量， $m^3/d$ ；

$WP$  ——污水产生量， $m^3/d$ ；

$\eta_U$  ——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。

随着畜禽养殖业环境问题的突出，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的特性参数标准，该标准给出了不同动物的产污系数；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；丹麦出版有粪便产排污系数手册。

我国在开展第一次污染源普查时在 2009 年也发布了《第一次全国污染源普查畜禽养殖业源产排污系数手册》，手册中给出了全国华北区、东北区、华东区、中南区、西南区、西北区等 6 大分区的猪、奶牛、肉牛、蛋鸡、肉鸡等 5 种畜禽在不同区域的产排放系数，给出的畜禽养殖业产污系数和排污系数涉及粪便产生

量、尿液产生量、化学需氧量、总氮、总磷、铜、锌，其中排污系数按照畜禽养殖场、畜禽养殖小区和畜禽养殖户进行分类。

表 5.6.3-1 畜禽养殖产污系数表

区域	动物种类	饲养阶段	参考体重	污染物指标	单位	产污系数	
中南区	生猪	保育	27kg	粪便量	千克/头-天	0.61	
				尿液量	升/头-天	1.88	
				污染物	COD	克/头-天	187.37
					全氮	克/头-天	19.83
					全磷	克/头-天	2.51
					铜	毫克/头-天	82.24
		锌	毫克/头-天		145.61		
		育肥	70kg	粪便量	千克/头-天	1.81	
				尿液量	升/头-天	2.14	
				污染物	COD	克/头-天	358.82
					全氮	克/头-天	44.73
					全磷	克/头-天	5.99
					铜	毫克/头-天	118.79
		锌	毫克/头-天		290.91		
		妊娠	210kg	粪便量	千克/头-天	2.04	
				尿液量	升/头-天	3.58	
				污染物	COD	克/头-天	542.45
					全氮	克/头-天	51.15
	全磷				克/头-天	11.18	
	铜				毫克/头-天	113.55	
	锌	毫克/头-天	365.47				
奶牛	育成牛	375kg	粪便量	千克/头-天	14.83		
			尿液量	升/头-天	8.19		
			污染物	COD	克/头-天	3324.53	
				全氮	克/头-天	139.76	
				全磷	克/头-天	25.99	

	产奶牛	686kg	铜	毫克/头-天	158.39		
			锌	毫克/头-天	731.67		
			粪便量		千克/头-天	32.86	
			尿液量		升/头-天	13.19	
			污染物	COD	克/头-天	6793.31	
				全氮	克/头-天	353.41	
				全磷	克/头-天	62.46	
				铜	毫克/头-天	307.44	
			锌	毫克/头-天	1631.21		
			肉牛	育肥牛	406kg	粪便量	
	尿液量					升/头-天	9.15
	污染物	COD				克/头-天	2411.40
		全氮				克/头-天	65.93
		全磷				克/头-天	10.52
		铜				毫克/头-天	68.57
	锌	毫克/头-天				276.19	
	蛋鸡	育雏育成	1.2kg	粪便量		千克/头-天	0.08
				污染物	COD	克/头-天	21.86
					全氮	克/头-天	0.96
					全磷	克/头-天	0.15
铜					毫克/头-天	0.44	
锌		毫克/头-天	3.80				
产蛋鸡		1.9kg	粪便量		千克/头-天	0.17	
			污染物	COD	克/头-天	20.50	
				全氮	克/头-天	1.16	
				全磷	克/头-天	0.23	
	铜			毫克/头-天	0.82		
锌	毫克/头-天	9.48					
肉鸡	商品肉鸡	1.0kg	粪便量		千克/头-天	0.12	
			污染物	COD	克/头-天	20.36	

					全氮	克/头-天	1.27
					全磷	克/头-天	0.30
					铜	毫克/头-天	1.58
					锌	毫克/头-天	4.63

表 5.6.3-2 畜禽养殖户排污系数表

区域	动物种类	饲养阶段	参考体重	污染物指标	单位	清粪工艺	排污系数
中 南 区	生 猪	保 育	27kg	COD	克/头-天	干清粪	28.83
						水冲清粪	172.35
						垫草垫料	0.00
				全氮	克/头-天	干清粪	7.29
						水冲清粪	12.48
						垫草垫料	0.00
				全磷	克/头-天	干清粪	0.23
						水冲清粪	1.90
						垫草垫料	0.00
				铜	毫克/头-天	干清粪	11.08
						水冲清粪	56.02
						垫草垫料	0.00
		锌	毫克/头-天	干清粪	13.82		
				水冲清粪	74.86		
				垫草垫料	0.00		
		育 肥	70kg	COD	克/头-天	干清粪	56.54
						水冲清粪	329.91
						垫草垫料	0.00
				全氮	克/头-天	干清粪	15.82
						水冲清粪	24.35
						垫草垫料	0.00
		全磷	克/头-天	干清粪	0.25		
				水冲清粪	3.52		

						垫草垫料	0.00
				铜	毫克/头-天	干清粪	10.15
			水冲清粪			86.59	
			垫草垫料			0.00	
				锌	毫克/头-天	干清粪	11.25
			水冲清粪			118.96	
			垫草垫料			0.00	
		妊娠母猪	210kg	COD	克/头-天	干清粪	78.11
						水冲清粪	380.92
						垫草垫料	0.00
				全氮	克/头-天	干清粪	28.23
						水冲清粪	36.27
						垫草垫料	0.00
				全磷	克/头-天	干清粪	0.76
						水冲清粪	5.51
						垫草垫料	0.00
				铜	毫克/头-天	干清粪	10.70
						水冲清粪	97.08
						垫草垫料	0.00
		锌	毫克/头-天	干清粪	13.03		
				水冲清粪	162.22		
				垫草垫料	0.00		
	奶牛	育成	375kg	COD	克/头-天	干清粪	65.32
						水冲清粪	2035.06
						垫草垫料	0.00
				全氮	克/头-天	干清粪	38.40
						水冲清粪	70.74
						垫草垫料	0.00
				全磷	克/头-天	干清粪	0.01
						水冲清粪	16.30

						垫草垫料	0.00
				铜	毫克/头-天	干清粪	0.51
			水冲清粪			55.23	
			垫草垫料			0.00	
				锌	毫克/头-天	干清粪	4.75
			水冲清粪			252.19	
			垫草垫料			0.00	
		产奶	686kg	COD	克/头-天	干清粪	427.40
						水冲清粪	3154.22
						垫草垫料	0.00
				全氮	克/头-天	干清粪	103.78
						水冲清粪	147.95
						垫草垫料	0.00
				全磷	克/头-天	干清粪	2.82
						水冲清粪	26.67
						垫草垫料	0.00
				铜	毫克/头-天	干清粪	12.15
						水冲清粪	88.72
						垫草垫料	0.00
		锌	毫克/头-天	干清粪	42.93		
				水冲清粪	392.45		
				垫草垫料	0.00		
肉牛	育肥肉牛	406kg	COD	克/头-天	干清粪	415.77	
					水冲清粪	1652.36	
					垫草垫料	0.00	
			全氮	克/头-天	干清粪	40.84	
					水冲清粪	65.64	
					垫草垫料	0.00	
全磷	克/头-天	干清粪	2.00				
		水冲清粪	10.07				

蛋鸡	育雏育成	1.2kg	铜	毫克/头-天	垫草垫料	0.00
					干清粪	7.82
					水冲清粪	50.68
			锌	毫克/头-天	垫草垫料	0.00
					干清粪	34.07
					水冲清粪	178.14
			COD	克/头-天	垫草垫料	0.00
					干清粪	0.09
					水冲清粪	7.27
	全氮	克/头-天	垫草垫料	0.00		
			干清粪	0.00		
			水冲清粪	0.32		
	全磷	克/头-天	垫草垫料	0.00		
			干清粪	0.00		
			水冲清粪	0.04		
	铜	毫克/头-天	垫草垫料	0.00		
			干清粪	0.00		
			水冲清粪	0.26		
	锌	毫克/头-天	垫草垫料	0.00		
			干清粪	0.02		
			水冲清粪	1.32		
产蛋	1.9kg	COD	克/头-天	垫草垫料	0.00	
				干清粪	0.37	
				水冲清粪	5.69	
		全氮	克/头-天	垫草垫料	0.00	
				干清粪	0.03	
				水冲清粪	0.35	
全磷	克/头-天	水冲清粪	0.18			
		干清粪	0.14			

				铜	毫克/头-天	垫草垫料	0.00
						干清粪	0.02
						水冲清粪	0.24
						垫草垫料	0.00
						干清粪	0.06
						水冲清粪	1.09
	锌	毫克/头-天	垫草垫料	0.00			
			干清粪	0.06			
			水冲清粪	1.09			
	肉鸡	商品肉鸡	1.0kg	COD	克/头-天	干清粪	2.39
						水冲清粪	11.85
						垫草垫料	0.00
						干清粪	0.08
						水冲清粪	0.39
						垫草垫料	0.00
				全氮	克/头-天	干清粪	0.05
						水冲清粪	0.05
						垫草垫料	0.00
全磷				克/头-天	干清粪	0.05	
					水冲清粪	0.05	
					垫草垫料	0.00	
铜	毫克/头-天	干清粪	0.58				
		水冲清粪	0.58				
		垫草垫料	0.00				
锌	毫克/头-天	干清粪	0.63				
		水冲清粪	2.35				
		垫草垫料	0.00				

原国家环境保护总局自然生态司编写的《全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策》中给出了推荐的畜禽粪便排泄系数和畜禽粪便中污染物含量。

**表 5.6.3-3 规模以下畜禽养殖面源污染物产生系数**

项目	单位	牛	猪	羊	家禽
粪	kg/d	20.0	2.0	2.6	0.125
	kg/a	7300.0	398.0	950	26.25
尿	kg/d	10.0	3.3	-	-
	kg/a	3650.0	656.	-	-

饲养周期	d	365	199	365	210
------	---	-----	-----	-----	-----

**表 5.6.3-4 畜禽粪便中污染物平均含量 (kg/t)**

项目	COD	氨氮	总磷	总氮
牛粪	31.0	1.71	1.18	4.37
牛尿	6.0	3.47	0.40	8.0
猪粪	52.0	3.08	3.41	5.88
猪尿	9.0	1.43	0.52	3.3
羊粪	4.63	0.8	2.6	7.5
禽类	45.7	2.8	5.8	10.4

采用国家环境保护总局自然生态保护司编写的《全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策》中确定的畜禽粪便排泄系数和畜禽粪便中污染物含量，计算出每头（只）畜禽每年排泄粪便中污染物含量如下表所示。

**表 5.6.3-5 单只（头）畜禽每年排泄粪便中污染物含量 (kg/(头·a))**

项 目	畜 禽 种 类				
	牛	猪	羊	禽	
COD	粪	226.3	20.7	4.4	1.165
	尿	21.9	5.91	—	—
氨氮	粪	12.48	1.23	0.57	0.125
	尿	12.67	0.84	—	—
总氮	粪	31.9	2.34	2.28	0.275
	尿	29.2	2.17	—	—
总磷	粪	8.61	1.36	0.45	0.115
	尿	1.46	0.34	—	—

国内多位学者对畜禽养殖业产排污系数也进行了研究，畜禽产污系数的实验研究中，处于不同生长阶段的畜禽其产污系数不同，不同畜禽种类的产污系数不同，考虑相关实验研究主要是对猪、奶牛等牲畜，鲜有对鸡、羊产污系数的研究，典型区域主要参考原国家环境保护总局自然生态司编写的《全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策》中给出的畜禽产污系数。

《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》（公告 2021 年 第 24 号）给出了规模以下畜禽养殖业水污染物产排污系数取值见下表：

**表 5.6.3-6 畜禽养殖产污系数表**

类型	畜禽种类	化学需氧量	总氮	氨氮	总磷
规模化	生猪（千克/头）	69.1	4.139	0.713	1.196
	奶牛（千克/头）	1788.824	48.977	3.068	16.124
	肉牛（千克/头）	973.957	23.937	5.727	3.959
	蛋鸡（千克/羽）	8.606	0.457	0.253	0.1110
	肉鸡（千克/羽）	1.749	0.080	0.001	0.016
养殖户	生猪（千克/头）	69.1	4.2	0.7	1.2
	奶牛（千克/头）	2114.8	44.4	1.1	29.4
	肉牛（千克/头）	1869.2	50.3	2.1	13.4
	蛋鸡（千克/羽）	9.6	0.5	0.02	0.1
	肉鸡（千克/羽）	1.5	0.1	0.003	0.02

**表 5.6.3-5 畜禽养殖排污系数表**

类型	畜禽种类	化学需氧量	总氮	氨氮	总磷
规模化	生猪（千克/头）	8.0811	0.6017	0.1076	0.1432
	奶牛（千克/头）	167.4155	5.5303	0.4500	1.5020
	肉牛（千克/头）	140.1227	4.5135	1.1606	0.5902
	蛋鸡（千克/羽）	0.9154	0.0506	0.0281	0.0120
	肉鸡（千克/羽）	0.1746	0.0081	0.0001	0.0016
养殖户	生猪（千克/头）	6.4727	0.4814	0.0869	0.0983
	奶牛（千克/头）	129.0315	5.5897	0.2306	1.5224
	肉牛（千克/头）	127.1342	5.1363	0.2000	0.5843
	蛋鸡（千克/羽）	0.8566	0.0400	0.0020	0.0065
	肉鸡（千克/羽）	0.0932	0.0084	0.0003	0.0017

### ➤ 入河系数

畜禽养殖排放的粪便和污水并非所有都能进入水体，养殖场周围是否有河道，距河道的距离和坡度、途中的植被覆盖情况等都是影响因素，一部分污染物在进

入河道的过程中被净化掉。

2000 年底，国家环保总局启动了一项面向全国 23 个省、自治区、直辖市的规模化畜禽养殖业污染情况调查，从全国来看，畜禽粪便进入水体的流失率粪为 2-8%，尿为 50%。《太湖流域主要入湖河流水环境综合整治规划编制技术规范》列出了畜禽养殖污染物入河系数，其中 COD、氨氮、总磷、总氮均为 0.6。洪华生等（2008）对九龙江流域畜禽养殖污染进行了实验研究，得出了畜禽粪便进入水体的流失率。其中，牛粪、牛尿的流失率，猪粪、家禽粪 COD、氨氮的流失率与国家环保总局南京环科所的研究结果一致；猪粪总氮流失率为 1.085%，总磷流失率为 0.175%，猪尿的流失率为 25%，家禽粪总氮流失率为 1.19%，总磷流失率为 1.16%，远小于南京环科所的研究结果。黄婧（2009）采用系数法核算了清江流域范围内分散式畜禽养殖污染入河量，其中入河系数为 12%。孙洁梅等（2011）在深入分析第一次全国污染源普查数据基础上，测定秦淮河流域畜禽养殖污染源总入河系数 COD 为 0.5-0.8，氨氮为 0.5-0.8。周亮等（2013）采用清单分析法核算了淮河流域畜禽养殖污染物的排放情况，确定了猪、牛、羊、家禽粪和尿的 COD、总氮、总磷的流失系数。张关超（2017）采用输出系数法（即排污系数法）对河南省畜禽养殖场粪便流失进行的研究，畜禽粪便进入水体的流失率粪为 5~9%，尿为 50%。

目前，在畜禽养殖污染物入河量核算过程中多采用国家环保总局南京环保科所 1977 年对畜禽养殖场粪便流失进行的研究结果，该研究结果距今已有 30 余年，畜禽养殖条件和农村河流水系情况发生了较大变化，不能准确反映当前畜禽养殖污染物入河实际情况，在核算分散式畜禽养殖污染入河量时需要根据研究区域养殖实际情况和养殖场距河距离等进行核实。

**参考相关资料，结合规模以下畜禽养殖面源污染物核算需求，建议核算方法：**

### **（1）产生量核算**

采用产污系数法核算规模以下畜禽养殖面源污染物产生量，公式如下：

$$P_j = \sum_i^n q_i \times f_{i,j} \times 10^{-3}$$

式中：

$P_j$ ——规模以下畜禽养殖第  $j$  项污染物产生量，单位为吨 (t)；  
 $q_i$ ——第  $i$  类规模以下畜禽养殖存/出栏量，单位为头/羽；  
 $f_{i,j}$ ——第  $i$  类规模以下畜禽养殖第  $j$  项污染物产污系数，单位为千克/头(羽)。

### (2) 排放量核算

采用排污系数法核算规模以下畜禽养殖面源污染物排放量，公式如下：

$$Q_j = \sum_i^n q_i \times K_{i,j} \times 10^{-3}$$

式中：

$Q_j$ ——规模以下畜禽养殖第  $j$  项污染物排放量，单位为吨 (t)；  
 $q_i$ ——第  $i$  类规模以下畜禽养殖存/出栏量，单位为头/羽；  
 $K_{i,j}$ ——第  $i$  类规模以下畜禽养殖第  $j$  项污染物排污系数，单位为千克/头(羽)。

### (3) 入河量核算

采用入河系数法核算规模以下畜禽养殖污染物入河量，公式如下：

$$W_j = Q_j \times \lambda$$

式中：

$W_j$ ——规模以下畜禽养殖第  $j$  项污染物入河量，单位为吨 (t)；  
 $Q_j$ ——规模以下畜禽养殖第  $j$  项污染物排放量，单位为吨 (t)；  
 $\lambda$ ——规模以下畜禽养殖面源污染物入河系数。

## 5.6.4 城镇地表径流面源污染物调查与核算

### 5.6.4.1 调查内容和调查方法

城镇地表径流面源污染物调查方法主要有现场监测法、现场调查法、资料收集法等。

#### (1) 现场监测法

国内外对城市地表沉积物污染特性的研究方法可分为如下两种：①对城市地表上污染物直接取样测试，以确定污染物粒径的分布及污染潜力；②在雨水排水口取样测试，以确定地表径流中污染物粒径的分布及污染潜力。

国内外对城市地表径流水质特征的研究是以现场监测或采样分析的结果为

依据、结合理论分析、探索径流污染的规律。采用的测试研究方法可分为如下三种：

以分流制的雨水排水口为监测点，对雨水径流水质、水量进行系统测试分析，以确定城市地表径流水质特性和污染负荷，揭示城市地表径流雨水污染物排放规律；

在晴天和雨天时，以合流制的排水口为监测点，比较晴天和雨天合流制排水中污染物浓度和水量的相对大小，确定城市地表径流水质特性和污染负荷，揭示城市地表径流雨水污染物排放规律；

以某一特定的城市地表如路面或屋面为研究对象，明确区分路面、屋面等汇水面径流，确定不同汇水面径流的水质特征。

潘华（2005）采用地表污染物直接取样测试的方法，对晴天时西安市道路路面沉积物的粒径分布及污染潜力进行了测试；采用雨水排水口取样测试的方法，对雨天时西安市城区屋面径流及路面径流的水质进行了测试，对晴天和雨天城市排水主干渠的水质进行了对比测试，并对不同降雨类型的路面径流排污规律进行了人工模拟降雨试验研究。宋迁凤（2012）以重庆市某一具有山地特征的城区的主干路、次干路和居民区的地表降雨径流为研究对象，通过在主干路、次干路和居民区各设 1 个采样点采样监测，并分析了地表降雨径流中颗粒物的粒径分布及 TSS、COD、NH<sub>3</sub>-N、TN、TP 和 Fe 等污染物的变化规律。

## （2）现场调查法

城镇地表径流污染影响因素多，因此，在进行城镇地表径流污染调查时，立足基础数据调查，以各行政区域为统计单元，城市地面径流污染重点对市中心区建成区进行调查，调查内容包括城区雨污管网分布、数量，排水量及水质，年降雨量，道路状况，绿地分布情况等。

## （3）资料收集法

资料收集法主要是收集研究区域的水文资料、地形数据、土地利用类型及分布面积、雨污管网建设情况、雨污分流建设情况、雨水排放去向、城市建设下垫面形式等基础资料；以及相关的参考文献、政策文件。

**参考相关资料，并结合核算计算要求，确定调查内容包括：**

- 资料收集内容主要包括县级及以上建成区面积、区域年降雨量、土地利

用现状、绿化覆盖情况、管网建设情况等。

- 现场调查内容主要包括建成区自然地理、河流水系、绿化建设、保洁清扫、雨污管网建设、雨水口分布情况等。
- 现状监测主要是在实际降雨情况下，监测不同类型地面的降雨径流中污染物的浓度。

#### 5.6.4.2 核算方法和相关参数确定

##### (1) 方法研究

现有的城市地表径流污染负荷计算方法一般分为三类，一是根据地表径流的水质水量同步监测数据计算负荷的浓度法；二是分析大量的实测资料，直接建立污染负荷与有关影响因素相关关系的统计方法(包括纯经验方法)；三是对污染产生过程进行模拟，建立模型计算的方法(以概念性模型为主)。

##### ➤ 浓度法

浓度法是根据地表径流污染负荷的基本概念得出的。地表径流污染负荷是指由一场降雨或一年中的多场降雨所引起地表径流排放的污染物总量。由一场降雨所引起地表径流排放的污染物的总量称为次降雨污染负荷，而由一年中的多场降雨所引起地表径流排放污染物的总量称之为年污染负荷。由于地表径流排污的随机性使得次降雨污染负荷的代表性很差，所以通常采用的是年污染负荷。

由于地表径流测试过程一般很难做到连续监测，且在任意一场降雨引起地表径流过程中，降雨强度随机变化，径流中污染物的浓度随时间变化很大(呈数量级的变化)，所以采用“径流平均浓度 EMC”进行计算。EMC 的定义为：任意一场降雨引起地表径流中排放的某污染物质的质量除以总的径流体积。年污染负荷计算公式为：

$$L_y = 0.001 \sum_{i=1}^m (EMC)_i \psi_i A_i P_i$$

式中：

$L_y$  为年降雨污染负荷，g；

$(EMC)_i$  为第  $i$  场降雨的 EMC 浓度，mg/L；

$\psi_i$  为第  $i$  场降雨的地表径流系数；

$A_i$  为第  $i$  场降雨的集雨面积， $m^2$ ；

$P_i$ 为第  $i$  场降雨的降雨量, mm;

0.001 为单位换算因子。

但在计算地表径流年污染负荷时, 需要知道一年内每场降雨的径流量及 EMC 值, 这是很难做到的, 于是在一些计算模型中常采用年平均降雨量和多场降雨的径流平均浓度来计算年污染负荷。李恒鹏等(2006)指出年污染负荷根据多场降雨的径流污染物平均浓度和年径流量计算年污染负荷, 该简易模型要求的参数较少。简易模型年污染负荷为:

$$L=R \times C \times A \times 10^{-6}$$

式中:

$L$  为年负荷量, kg;

$R$  为年径流量, mm;

$C$  为径流污染物平均浓度, mg/L;

$A$  为集水区面积,  $m^2$ 。

径流污染物浓度要求能代表该城市径流平均浓度值, 其数值可以从当地城市径流资料获得。不同地区的地表污染状况和气象条件存在差异, 不同地区城市地表径流浓度的变化范围很大, 在对特定城市的地表径流进行分析时, 应慎重选择参数, 氨氮流失量按照总氮流失量 10% 进行估算。

年径流量  $R$  由下式确定:

$$R=P \times \psi$$

式中:

$P$  为年降雨量, mm;

$\psi$ —综合径流系数。

根据《室外排水设计规范》(GB50014), 得到不同类型城镇的综合径流系数: 城市建筑密集区 0.60~0.85, 城市建筑较密集区 0.45~0.6, 城市建筑稀疏区 0.20~0.45。

夏晓树等(2007)根据贵州省以乡镇为基本行政单元的主要土地利用类型、降雨径流等实测资料, 利用简易模型计算城市地表径流污染负荷。郝守宁(2014)以丹江口水库临近三个省份的汉中、安康、商洛、十堰、南阳 5 个市的调查数据为依据, 使用简易模型计算地表径流污染的 COD 和氨氮的产生量。

## ➤ 主要统计模型

统计类模型包括华盛顿政府委员会方法、按监测降雨量占年降雨量的比例核算城市径流污染负荷、计算年污染负荷的美国国家环境保护局模型、累积—冲刷模型、输出系数模型、公路路面径流污染负荷模型等。统计类模型要求输入资料少，应用简便，主要介绍使用频次较多的主要统计模型。

### ① 华盛顿政府委员会方法

1987年美国学者提出了一种称为简便方法的计算模型，用于估算城市开发区污染物排放量，这种方法是基于美国 NURP(国家城市径流污染研究计划)在华盛顿地区所得到的数据而开发的一种方法。模型如下：

$$L_t = [C_F \times \psi \times A \times P \times C] \times 0.001$$

式中：

$L_t$  为计算时段  $t$  内径流排放污染负荷，kg；

$C_F$  用于对不产生地表径流的降雨进行校正的因子(产生径流的降雨事件占总降雨事件的比例)。如果一年中 90% 的降雨产生径流，则  $C_F=0.9$ ；在计算一次降雨事件的污染物排放量时， $C_F=1.0$ ；

$\psi$  为径流区平均径流系数， $m^3$  径流量/ $m^3$  降雨量，取决于多方面的因素，其中流域不透水率  $I$  是最重要的因素，经验关系式为： $\psi=0.05+0.009 \times I$ ， $I$  为区域地表不透水百分数，如  $I$  为 2%，则  $\psi=0.05+0.009 \times 2=0.07$ ；

$A$  为径流集雨面积， $hm^2$ ；

$P$  为计算时段  $t$  内的降雨量， $mm$ ；

$C$  为污染物的径流量加权平均浓度， $mg/L$ ，在美国， $C$  值可从当地城市暴雨资料中获得，我国目前尚缺乏城市暴雨径流污染物浓度的资料；

0.001 为单位换算系数。

王业雷（2008）采用该模型对南昌市城区径流污染指标负荷量进行了估算，在对不同功能区的径流污染指标的估算结果表明，TSS、 $COD_{cr}$ 、 $NH_3-N$ 、TP、Cu、Zn、Pb、Cd 等指标的负荷量最高出现在交通区；在不同的降雨强度下，污染物的负荷是不一样的，随着降雨强度的增加而变大。赫守宁等（2014）根据研究区域实际情况，结合各行政区的城市类型、降雨量、非农业人口、建成区面积等，并考虑影响城市径流的几个因素，分别进行系数修正。根据流域各行政区的

基础数据以及城市地表径流污染负荷的简易模型，结合地形、人口、面积、降雨等修正系数，从而得出流域各行政区的 COD、氨氮、总氮、总磷四项指标污染负荷状况。

### ②按监测降雨量占年降雨量的比例估算城市径流污染负荷

如果某地的降雨径流监测资料有限，则可按监测降雨量占年降雨量的比例估算城市径流污染负荷，计算模型如下：

$$L_y = 0.001 \frac{\sum_{i=1}^m (C_i \Delta Q_i \Delta T_i)}{\sum_{i=1}^m (\Delta t_i I_i A_i)}$$

式中：

$L_y$  为年降雨污染负荷， $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ；

$P$  为年降雨量， $\text{mm}/\text{a}$ ；

$C_i$  为对应  $\Delta t_i$  的地表径流样品中污染物浓度， $\text{mg}/\text{L}$ ；

$\Delta Q_i$  为对应  $\Delta t_i$  时段的径流量， $\text{m}^3/\text{h}$ ；

$\Delta t_i$  为采样时段， $\text{h}$ ；

$A_i$  为集水流域面积， $\text{hm}^2$ ；

$I_i$  为  $\Delta t_i$  时段的降雨强度， $\text{mm}/\text{h}$ ；

$m$  为采样次数；

0.001 为单位换算因子。

该式给出了利用多次降雨径流测试数据估算年污染负荷的近似方法，在国内也得到较多的应用。赵剑强（2002）根据对西安市城市道路路面径流的测试数据，采用上述模型估算西安市城市道路路面径流年排污负荷。张媛（2005）采用此模型估算兰州市区地表径流污染总负荷。王和意（2005）采用上述城市地面径流污染负荷估算模型和实验实测数据，对上海市不同屋面材料的屋面径流污染指标年负荷量进行估算。

### ③计算年污染负荷的美国国家环境保护局模型

单位负荷法是指依据城市不同土地功能区类型、人口数量、街道清扫频率、降雨量等数据，给定不同功能区的非点源污染物源强，结合各功能区面积大小，

计算城市非点源污染负荷。美国国家环境保护局开发了一套用于城市规划设计时，估算降雨径流年平均污染负荷量的模型，是基于美国环境保护局经过多年的监测数据统计得到的经验公式。该方法如下：

对分流制排水系统，单位面积年污染负荷量的计算公式为：

$$M_S = \alpha \times P \times s \times F$$

对合流制排水系统，单位面积年污染负荷量的计算公式为：

$$M_C = \beta \times P \times s \times F$$

式中：

$M_S$ 、 $M_C$ 分别为分流制及合流制排水系统的年污染负荷量， $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ；

$\alpha$ 、 $\beta$ 分别为分流制/合流制排水系统污染负荷因子，其值通过查表求得；

$P$ 为年降雨量， $\text{mm}$ ；

$s$ 为街道清扫的效率系数，当两次清扫之间的时间间隔  $N_S \leq 20$  日， $s = N_S / 20$ ；  
当  $N_S > 20$  日， $s = 1.0$ ；

$F$ 为人口密度因子，对特定的土地利用地区，

$F$ 是人口密度  $D$ (人/ $\text{hm}^2$ )的函数，可按下式计算：

$$\text{住宅区 } F = 0.142 + 0.134 D^{0.54},$$

$$\text{商业区或工业区 } F = 1.0,$$

$$\text{其它 } F = 0.142。$$

若要在年污染负荷量的基础上估算污染物平均浓度，需要知道年径流量即可计算。

徐志勇(2011)针对天津市建成区进行了非点源污染状况调查，在此基础上采用修正的单位负荷法对非点源污染负荷量进行了估算。该方法中对城市不同用地类型上的污染物浓度参数直接给定，其数值对典型城市地区具有一定的代表意义。2006年夏天天津市环境保护科学研究院进行实地降雨径流监测，对市中心区降雨过程中地表径流的水质进行实地监测，通过中心城区实测污染物浓度计算出的负荷与该方法计算的负荷进行比较得出修正系数(COD: 1.20;  $\text{NH}_3\text{-N}$ : 1.29)。

#### ④ 累积—冲刷模型

累积—冲刷模型的理论基础是污染物在晴天时积累于地表，在随后的降雨径流过程中，一部分被冲刷进入排水系统。累积的过程取决于地表使用类型、当地

的气象条件，交通状况等因素。冲刷过程取决于降雨强度、降雨历时、地表剪切力等因素。王丽（2008）采用累积一冲刷模型，对江苏省海安县城城区地表径流污染负荷进行了研究，得到各次降雨径流污染负荷、次降雨径流平均浓度。

#### ➤ 概念模型

目前，国内外使用的城市非点源水质模型主要有 SWMM、HSPF、STORM、DR3M-QUAL、MOUSE、WASP、POLLUTE、Wallingford 等，其中当前影响较大、应用较广的 4 个机理模型是 SWMM、HSPF、STORM、DR3M-QUAL，如表 5.6.4-1 所示。每个模型都有自己的优缺点和适用范围，对于不同的地区，可根据模型特点、研究区域特点、研究目标的特点和对模型应用的熟练程度选择最佳模型和软件。

表 5.6.4-1

城市面源污染的概念模型特点

类型	内容	适用范围
SWMM 模型 (暴雨管理模型)	1971 年研发,美国 EPA 环保局是主要的开发提供者。SWMM 能够模拟包括径流过程、管道输送过程、出水及水处理过程及污染物输运过程等过程。模拟主要变量包括量水量(水文过程线和径流量)、水质参数(包括总氮、CODCr、正磷酸盐、TSS 等)。能模拟净雨类型连续单次的。	主要适用于城市区域的综合性水量、水质模拟程序,可以模拟连续或一次降雨过程。整个模型模拟复杂程度性较高,对数据和操作人员要求较高。小的复杂的城市集水区,更适合选用 SWMM 模型。
HSPF 模型 (水文模拟程序-FORTRAN)	1980 年美国 EPA 环保局开发。模拟综合性水文水质过程,模拟变量为径流率、泥沙负荷、氮、农药以及用户定义的污染物浓度的时间序列,能进行流域模拟,模拟连续或一次的暴雨过程;既可以模拟一般的污染物,又可以模拟有机有毒污染物。能模拟净雨类型连续单次的。	主要适用于城市区域的综合性水量、水质模拟程序,整个模型模拟复杂程度性较高,对数据和操作人员要求较高。
STORM 模型 (城市地表径流数学模型)	1977 年由美国陆军工程兵团水文工程中心提出并应用于城市和非城市子集水区域的降雨-汇流-水质模型。该模型可用来分析雨水水量和水质变化,给出暴雨事件中产生的雨水水量和水质的统计资料及污染物迁移变化过程。STORM 模型中,雨水水量的计算是利用了三种相对的简单方法之一,即系数法,利用比例公式来估算水量,包括混合雨水系数和地面储水允许量;美国国土保护局的曲线数学技术,这已广泛应用于美国农村小集水区域;上述两种方法的结合,前一种方法用于非渗透性地面,而后者用于渗透地面。	该模型对城市和农村集水区域均适用,尤其是大的集水区,且可用较长的时间步长计算。
DR3M-QUAL (扩散式雨水径流模型-水质)	1970 年由美国地质勘查局开发。模拟的主要过程为市区的降雨、径流、水质变化过程,该模型模拟的主要特征是可以模拟任何事件的暴雨情况,还可以模拟一组暴雨(忽视当中的旱季情况)。	模拟净雨类型为连续、单次,可以模拟排水系统流程,可以溢流模拟,不能进行调节池、溢流模拟,对数据和操作技术人员要求一般,整个模型的复杂程度也一般。

SWMM 模型是最早提出并最为人知的城市降雨径流污染模型之一，潘璐（2018）在掌握武汉城市校园区降雨径流污染特征的基础上，通过前期收集的校园地形地貌图、排水管网图、高程图等资料，结合土地利用图，通过子汇水区划分及排水管网系统概化，建立基于 SWMM 的湖北工业大学降雨径流量水质模型，根据实测数据及国内外相关的研究经验对模型参数进行率定，以分析校园区在不同的降雨条件下（降雨强度、降雨雨型）的差异，模拟所研究校园区内的降雨径流量水质变化规律；预测设计水文年（丰、平、枯水年）下的降雨径流污染负荷，同时考虑点源污染负荷，计算入校园区排污接纳水体巡司河的污染负荷总量。

城镇地表径流污染负荷估算方法及适用范围见表 5.6.4-2 所示。

表 5.6.4-2

城镇地表径流面源污染负荷估算方法及适用范围一览表

方法		内容	优点	缺点	适用范围
浓度法		用地表径流量与该污染物浓度的乘积得到某种污染物的径流污染负荷,根据地表径流的水质水量同步监测数据计算负荷。	参数少,操作性强,应用简便	实际应用中很难知道一年内每场降雨的径流量及径流平均浓度 EMC 值。	常采用年平均降雨量和多场降雨的径流平均浓度来计算年污染负荷。
统计模型	华盛顿政府委员会方法	估算降雨径流年平均污染负荷量的简便模型	统计类模型要求输入资料少,应用简便	估算降雨径流年平均污染负荷量,获得结果的精确性相对较粗。	至少要对 15~20 场降雨径流的实测计算得到的径流平均浓度才能够较为准确地代表该地的,从而才能进一步准确计算地区的径流污染年负荷值。
	按监测降雨量占年降雨量的比例估算城市径流污染负荷	利用多次降雨径流测试数据估算年污染负荷的近似方法			某地的降雨径流监测资料有限。
	美国国家环境保护局模型	基于美国环境保护局经过多年的监测数据统计得到分流制和合流制排水系统经验公式			适用于分流制和合流制排水系统。
概念模型	SWMM	暴雨管理模型	能较准确计算地区的径流污染年负荷值	模型要求输入资料多,难于直接应用,对模型适用者要求高。	主要适合于城市区域的综合性水量、水质模拟程序,可以模拟连续或一次降雨过程。
	HSPF	水文模拟程序-FORTRAN			流域模型,模拟连续或一次的暴雨过程;既可以模拟一般的污染物,又可以模拟有毒有机污染物。
	STORM	城市地表径流数学模型			主要适合于模拟城市化地区的离散降雨过程;但也可用于非城市化地区和模拟 1 年以上较长时间序列。
	DR3M-Q UAL	扩散式雨水径流模型-水质			可以模拟任何时间的暴雨情况,还可以模拟一组暴雨(忽视当中的旱季)情况。

虽然不同评估方法有其不同特点，但概念模型方法都需要大量的基础数据，所得的结果才能更接近客观实际；统计模型评估方法操作简单，但获得结果的精确性相对较粗。由于我国对城镇径流研究较少，资料缺乏，国外的多数城镇径流模型难于直接应用。因此，建议城镇地表径流面源污染负荷评估选用估算方法，即选择可操作性强的浓度法、统计类模型（估算降雨径流年平均污染负荷量的简便模型、利用多次降雨径流测试数据估算年污染负荷的近似方法、分流制和合流制排水系统经验公式），通过对城镇地表径流污染的不同来源、降雨径流水质、河流断面水质监测等数据资料来选用污染负荷模型。

## （2）系数研究

对城镇地表径流污染物进行入河量的核算时，将降雨量作为主要影响因素考虑进去，即使在同一个流域，受到降雨特征等因素的影响，入河系数也会有差异。入河系数的核算方法主要有距离法和试验法。

### ➤ 距离法

以每一块面源的形心作为产污点，量取形心经河道到排污口的距离，确定入河系数，估算入河量。对于平均散布在纳污范围内的多块面源发生地，可以考虑根据整个纳污范围的形心到排污口的距离确定入河系数，估算入河量。可参考农村生活源入河量计算方法。

### ➤ 试验法

降雨时，监测排污口入河前的污染物质量  $W_p$ ， $W_p$  减去非点源的入河量  $W_n$ ，除以非点源的产污量，即为该区域非点源的入河系数，用于非点源入河量估算。

程红光（2006）以黑河流域为研究区，利用河道实测径流量、泥沙负荷和非点源污染调查资料，对所建的非点源污染 SWAT 模型进行了参数率定，对不同降水条件下农田、城镇、草地、灌木及森林等土地利用类型的各亚流域氮的入河系数进行了研究，其中城镇地表径流的污染物入河系数见表 5.6.4-3。

表 5.6.4-3 不同降雨条件下城镇地表径流的污染物入河系数

降水量 (mm)	吸附态氮	溶解态氮
400-600	0.774	0.908
601-800	0.796	0.914
801-1000	0.805	0.911

降水量 (mm)	吸附态氮	溶解态氮
1001-1200	0.809	0.913
1201-1400	0.811	0.915
>1400	0.822	0.917

徐志勇（2011）在开展天津市非点源污染状况调查时，选取城市非点源污染物入河系数为 0.68。张倩等（2013）在资料不全且无法进行试验的地区，为了估算污染物进入目标水体的负荷，需要充分利用易获得的数据，使用污染源普查数据和土地利用数据，同时考虑距离对污染物入河过程的影响，来估算水环境控制单元内的污染物入河量。

本着简便性、可操作性的原则，确定城镇地表径流面源污染物入河（湖）量核算内容和核算方法，城镇地表径流面源污染物核算主要包括排放量和入河量核算。

### （1）排放量核算

采用多场径流平均浓度和年平均降雨量估算降雨产生的径流所排放污染物的总质量，即城镇地表径流面源污染物排放量，公式如下：

$$W_{\text{排放}} = C_F \times \psi \times A \times F \times C \times 0.001$$

式中：

$W_{\text{排放}}$ ——城镇地表径流面源污染物排放量，t/a；

$C_F$ ——不产生径流的降雨校正因子，也即产生径流的降雨事件占总降雨事件的比例，缺乏资料时取 0.9；

$\psi$ ——集水区平均径流系数，是径流量与降雨量的比值；

$A$ ——集水区面积， $\text{km}^2$ ；

$F$ ——年平均降雨量，mm；

$C$ ——多场降雨径流平均浓度，mg/L；

0.001——单位换算系数。

径流系数的确定应通过实际监测获取，在无实际监测数据的情况下，可参考 GB 50014-2021 进行选取，见表 5.6.4-4 和表 5.6.4-5。

**表 5.6.4-4 径流系数**

地面种类	径流系数
各种屋面，混凝土或沥青路面	0.85~0.95
大块石铺砌路面或沥青表面处理的碎石路面	0.55~0.65
级配碎石路面	0.40~0.50
干砌砖石或碎石路面	0.35~0.40
非铺砌土路面	0.25~0.35
公园或绿地	0.10~0.20

**表 5.6.4-5 综合径流系数**

区域情况	径流系数
城镇建筑密集区	0.60~0.70
城镇建筑较密集区	0.45~0.60
城镇建筑稀疏区	0.20~0.45

降雨径流的平均浓度应通过实际监测获取，在无实际监测数据的情况下，可根据城市规模、地形特点等参考类似区域的监测数据进行取值。

### (2) 入河量核算

采用入河系数法核算城镇地表径流面源污染物入河量，公式如下：

$$W_{\text{入河}} = W_{\text{排放}} \times R$$

式中：

$W_{\text{入河}}$ ——城镇地表径流面源污染物入河量；

$W_{\text{排放}}$ ——城镇地表径流面源污染物排放量；

$R$ ——城镇地表径流面源污染物的入河系数。

城镇地表径流入河系数的大小与城市建成区地形、河道距离、建成区内雨水管道建设情况等有直接关系，依据《全国水环境容量核定技术指南》，雨水收集管网覆盖率在30%以下取管网修正系数为0.6；覆盖率在30~50%之间的取修正系数为0.8；覆盖率在50~70%之间的取修正系数为1.0。产生降雨径流后，其汇入河流过程中经过的距离也会影响其入河量。依据《主要水污染物总量分配指导意见》，污染源产生污染到入河口的距离小于1km的，修正系数为0.1，位于1km到10km

之间的取0.9，位于10km到20km之间的取0.8，位于20km到40km之间的取0.7，大于40km的取0.6。

通过下式计算城镇径流的入河系数：

$$R = R_{\text{管网}} \times R_{\text{距离}}$$

式中：

R——城镇地表径流入河系数；

$R_{\text{管网}}$ ——雨水管网修正系数；

$R_{\text{距离}}$ ——距离修正系数。

## 5.6.5 水土流失面源污染物调查与核算

### 5.6.5.1 调查内容和调查方法

水土流失面源污染物调查方法主要有现场调查法、资料收集法等。

#### (1) 现场调查法

现场调查法主要是针对研究区域存在的水土流失现状进行实地查看，并通过访谈切实掌握水土流失的原因，治理情况等。

#### (2) 资料收集法

资料收集法主要是收集研究区域的地形、地貌、水文、气候、土地利用、土壤类型和结构、地质特征、植被覆盖情况、水土流失分布情况、土壤监测数据、水质监测数据、管理措施及人类活动等基础资料；以及相关的参考文献、政策文件。

参考相关资料，并结合核算计算要求，确定调查内容包括：

- 资料收集内容主要包括区域河流泥沙公报、易发生水土流失的土种信息以及易流失土壤的表层总氮、总磷平均含量等。
- 现场调查内容主要包括实地调查区域自然地理、地形地貌、土壤侵蚀类型和强度、水土流失概况以及水土流失强度、面积等。

### 5.6.5.2 核算方法和相关参数确定

#### (1) 方法研究

目前，有关水土流失面源污染物的研究多集中在对水土流失面源污染物负荷量（流失量）的核算上，采用的主要核算模型大致可以分为两种，一种为输出系

数模型，一种为经典的采用较多的泥沙污染负荷估算模型。

### ➤ 输出系数模型

李根等（2008）采用经降雨影响系数修正后的输出系数模型全面系统地评估了 2000 年我国因土壤侵蚀产生的非点源污染负荷。其修正后的输出系数模型为：

$$L = \frac{R_j}{R} \sum_{i=1}^m E_i A_i$$
$$R_k = 1.735 \times 10^{(1.5 \times 10^{-6} \frac{P_k^2}{P} - 0.8188)}$$
$$R = \sum_{k=1}^{12} R_k$$

式中：

$L$  为各类土地某种污染物的总输出量，kg/a；

$E_i$  为第  $i$  种土地利用类型的该种污染物输出系数，kg/(hm<sup>2</sup>·a)；

$A_i$  为第  $i$  种土地利用类型的面积，hm<sup>2</sup>；

$R_j$  为第  $j$  年的降雨侵蚀因子；

$\bar{R}$  为多年平均降雨侵蚀因子；

$R_k$  为当年第  $k$  月的降雨侵蚀因子；

$P_k$  为当年第  $k$  月的降雨量，mm；

$P$  为年降雨量，mm。

### ➤ 泥沙污染负荷估算模型

王丹等（2015）基于土壤侵蚀模数和泥沙输移比构建了泥沙负荷量和吸附态污染负荷的估算模型，估算了近 20a 三峡库区吸附态氮磷污染负荷。其估算模型如下：

$$Q = D_r \cdot X \cdot A$$

$$W_x = Q \cdot C_x \cdot \eta$$

式中：

$Q$  为泥沙负荷量，t/a；

$D_r$  为泥沙输移比；

$X$  为土壤侵蚀模数；

$A$  为库区面积,  $\text{km}^2$ ;

$W_x$  为吸附态污染负荷,  $\text{t/a}$ ;

$C_x$  为土壤中氮磷的背景含量,  $\text{g/kg}$ ;

$\eta$  为吸附态污氮磷的土壤富集比 (无量纲)。

其中, 泥沙输移比是在一定的时段内通过河流或沟道某一断面的实测输沙量与该断面以上流域总侵蚀量之比。

李怀恩等 (2003) 指出营养物在土壤中的迁移转化过程及其随泥沙迁移的过程非常复杂, 受土壤性质、吸附解吸、侵蚀过程、径流形成、植物吸收等多方面因素的影响。实用上, 考虑到颗粒态污染物迁移是土壤侵蚀与泥沙输移的一部分, 许多研究者常常采用富集比概念, 通过建立污染负荷与泥沙之间的关系来估算污染负荷, 一般表达式为:

$$Y_i = S_{is} \cdot ER_i \cdot Y_s$$

式中:

$Y_i$  为第  $i$  种污染物的负荷量或浓度;

$S_{is}$  为流域内土壤表层中第  $i$  种污染物的含量;

$ER_i$  为第  $i$  种污染物的富集比, 即河流某断面或流域出口处泥沙中该种污染物的含量与泥沙来源的土壤中污染物含量的比值;

$Y_s$  为河流某断面或流域出口处的输沙量或含沙量。

#### ➤ 吸附态氮磷污染估算模型

胥彦玲等 (2005)、杨胜天等 (2006) 利用吸附态氮磷污染估算模型估算出了污染物流失量和吸附态氮磷污染负荷。其采用的估算模型如下:

$$C_a = A \cdot Q_a \cdot \eta \cdot 10^{-6}$$

式中:

$C_a$  为吸附态非点源污染物流失量,  $\text{t/a}$ ;

$A$  为土壤侵蚀量,  $\text{t/a}$ ;

$Q_a$  为流失土壤中的氮磷污染物背景含量,  $\text{mg/kg}$ ;

$\eta$  为污染物富集比 (无量纲)。

实际水土流失污染负荷与水土流失中入河的泥沙量有直接关系, 相同的土地利用类型和土壤类型, 若其流失泥沙量不同, 则其水土流失类面源污染负荷必不

相同，因此，输出系数法不能清楚的表示泥沙流失量与其负荷之间的关系，相对来说，泥沙污染负荷估算模型更加适用。

## (2) 系数研究

利用泥沙污染负荷模型估算水土流失面源污染入河量需要确定泥沙中氮磷污染物的富集系数和泥沙进入河流后氮磷的入河系数。目前关于泥沙面源污染负荷核算中氮磷富集系数的选取有少许研究，但其入河系数因涉及较为复杂的吸附和解析过程尚无明确的研究成果。

胥彦玲等（2005）认为氮和磷的富集比通常在 1~4 之间变动，而且多数在 2 附近变动。李强坤（2008）经过研究指出在降雨径流的侵蚀作用下，土壤颗粒从原位启动以后，所携带的污染物经过了汇流迁移、降解吸附、河流悬移质中含量与床沙含量间不断交换等多个复杂过程，其中机理非常复杂，难以详细描述。不同的污染物在这一系列变化过程当中由于迁移机理不同，床沙中的污染物含量也就不同。氨氮在迁移过程中是一个聚集的过程，床沙中的氨氮浓度是流域内土壤中平均浓度的 2.193 倍，而硝酸盐氮和总磷则相对是一个降解、解吸过程，床沙中的硝酸盐氮浓度是流域内表层土壤中平均浓度的 0.527 倍、总磷浓度是流域内土壤中平均浓度的 0.747 倍。王丹等（2015）认为泥沙中吸附态氮磷的土壤富集比取值为 1.77。第三次全国水资源调查评价(2017)推荐的总氮富集比为 2.0~4.0，总磷富集比为 2.0。

本着简便性、可操作性的原则，确定水土流失面源污染物入河（湖）量核算内容和核算方法，水土流失面源污染物核算主要包括流失量和入河量核算。

### (1) 流失量核算

水土流失面源污染物流失量采用下式估算：

$$W_{\text{流失}} = W_{\text{泥沙}} \times C_{\text{泥沙}} \times e \times 10^{-6}$$

式中：

$W_{\text{流失}}$ ——流域随泥沙运移流失的污染物量，t/a；

$W_{\text{泥沙}}$ ——流域内泥沙流失量，t/a；

$e$ ——污染物富集系数；

$C_{\text{泥沙}}$ ——土壤中污染物平均含量，mg/kg。

泥沙流失量可选用《中国河流泥沙公报》中区域内或其下游距离最近的水文

控制站的输沙模数进行测算。

污染物富集系数应根据现场调查数据确定；当缺乏现场调查数据时，总氮富集系数为 2.0~4.0，总磷富集系数为 2.0。

土壤中污染物含量应通过实际监测获取，对于没有实测数据的，可在《中国土种数据库》中查询区域易发生水土流域的土种，然后选用《中国土壤数据库》中对应土种的氮、磷含量。

## (2) 入河量核算

采用入河系数法核算水土流失面源污染物入河量，公式如下：

$$W_{\text{入河}} = W_{\text{流失}} \times R$$

式中：

$W_{\text{入河}}$ ——水土流失面源污染物入河量；

$W_{\text{流失}}$ ——水土流失面源污染物流失量；

$R$ ——水土流失面源污染物的入河系数，总氮的入河系数为 0.5、总磷的入河系数为 0.6。

## 6 标准实施的可行性

### 6.1 技术可行性

通过对国内外面源污染物入河（湖）量调查与核算相关文件的梳理分析，结合河南省的区域特征，生态环境基础设施建设情况、面源污染物产排情况等省情，总结出简便、可行的调查与核算技术方法，并给出了各相关参数确定方法，本标准提出的调查内容更为具体，调查方法可行，同时设计出了调查表格，便于实际操作；核算方法计算简便，参数获取容易，总体上，本标准从技术上是可行的。

### 6.2 经济可行性

在面源污染物入河（湖）量调查与核算过程中，主要产生的费用为现场调查和资料收集过程中产生的差旅费，包括车辆租赁费、燃油费、过路费、人员住宿费、伙食补助费、资料印刷费等，总体费用与调查区域大小有直接的关系，以彰武水库流域范围为例。

彰武水库流域面积 949.33km<sup>2</sup>，位于安阳市和鹤壁市境内，其中安阳市境内面积 911.25 km<sup>2</sup>，占流域总面积的 95.99%，鹤壁市境内面积 38.08 km<sup>2</sup>，占流域总面积的 4.01%。彰武水库流域涉及安阳市的安阳县、林州市、龙安区和鹤壁市鹤山区，共涉及 22 个乡镇（街道），遵循典型性、代表性、全面性的原则，按照不低于 20%的比例筛选重点乡镇进行调查，共筛选出 8 个乡镇，每个乡镇筛选出 8-10 个村，每个村筛选出 3-5 户进行现场调查。

按照每个乡镇需调研 4 天，共计需要调研 32 天，车辆租赁费为 300 元/天，按照每天行驶 200km，燃油费为 160 元/天，过路费 80 元/天，调研参与人员 4 人，人员住宿费为 300 元/天·人，伙食补助费为 100 元/天·人，则调研过程共计需要费用为：

$(300 \text{ 元/天} + 160 \text{ 元/天} + 80 \text{ 元/天}) * 32 \text{ 天} + 4 \text{ 人} * (300 \text{ 元/天} \cdot \text{人} + 100 \text{ 元/天} \cdot \text{人}) * 32 \text{ 天} = 1.73 \text{ 万元} + 5.12 \text{ 万元} = 6.85 \text{ 万元}$ 。

彰武水库流域调研费用需 6.85 万元，该费用较低，占项目研究费用的比例较低，能够承担。

总体上来看，本标准实施过程中，产生的费用较低，从经济上是可行的。

## 7 标准与相关文件的衔接

目前，国家印发的关于面源污染物入河（湖）量调查与核算的文件主要有：《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》（公告 2021 年 第 24 号）、《农业面源污染治理监督指导试点技术指南（试行）》（环土函[2021]295 号）、《农业面源污染综合防控技术规范 第 1 部分：平原水网区》（NY/T 3821.1-2020）、《农村生活污水处理工程技术标准》（GB/T51347-2019）、《建筑给水排水设计标准》（GB 50015-2019）、《华北地区农村生活污水处理技术指南》（试行）（中华人民共和国住房和城乡建设部，2010 年 9 月）、《第一次全国污染源普查畜禽养殖业源产排污系数手册》（2009 年 2 月）、《全国水环境容量核算技术指南》（2003 年 9 月）等。河南省印发的关于面源污染物入河（湖）量调查与核算的文件主要有：《农业与农村生活用水定额》（DB41/T 958-2020）、《河南省农村生活污水治理技术导则（试行）》（豫建村镇[2018]36 号）（2018 年 8 月发布），本标准在编制过程中，对国家和河南省发布的相关文件进行了梳理分析，将目前仍适用的、先进的技术和要求纳入到本标准中，确保本标准与相关文件的衔接。

## 8 标准实施效益

### （1）加强面源污染防治，促进水环境质量持续改善

目前，面源污染问题逐渐凸显，已经成为影响地表水环境质量的主要因素，控制面源污染迫在眉睫，国家印发了《农业面源污染治理与监督指导实施方案（试行）》（环办土壤〔2021〕8 号），明确提出：强化农业面源污染防治，评估农业面源污染环境影响，开展农业污染物入水体负荷核算评估。通过本标准的制定，规范面源污染物入河（湖）量调查与核算，为面源污染物入水体负荷核算评估提供技术支撑，助力面源污染防治。

### （2）促进面源污染物入河（湖）量调查与核算成熟先进技术的推广应用

目前，国家和河南省印发了许多关于面源污染物入河（湖）量调查与核算的文件，但是这些文件涵盖的面源污染类型不够全面，针对某一类型面源，相关的要求分散在不同的文件中，不成体系，同时相关要求之间并不统一，在使用过程中难以确定，本标准在国家和河南省现行相关文件进行梳理分析的基础上，结合

河南省的实际情况，规定了面源污染物入河（湖）量调查与核算统一的方法和要  
求，便于操作实施，促进面源污染物入河（湖）量调查与核算成熟先进技术的推  
广应用。

## 9 标准实施建议

### （1）加快推进面源污染物负荷核算评估

按照国家和河南省关于面源污染治理的统一部署和要求，以总氮、总磷超标  
水域、重点区域为重点，开展面源污染物负荷核算评估，确定面源污染的主要类  
型，重点区域和重要时段，提出优先治理区域清单，为分区分类实施精准化治理  
提供技术支撑。

### （2）积极推进城镇地表径流和水土流失面源污染负荷评估

目前，国家和河南省关于面源污染防治的重点集中在农村生活、种植业和规  
模以下畜禽养殖业，而关于城镇地表径流和水土流域面源污染控制的关注较少，  
因此，下一步应加强这方面的研究，明确这两种面源的污染影响程度，污染防治  
技术及相关的政策要求。

### （3）加强标准的宣贯和动态跟踪

为了保证本标准的顺利实施，标准发布后，要加强标准的宣贯力度，可通过  
培训会、报纸、网络、微信等途径，宣传标准的内容和作用，使社会大众熟识标  
准内容和要求。标准实施后，应跟踪了解标准实施的效果，并进行评估，及时发  
现标准实施过程中存在的问题，以便结合河南省的实际情况进行修订。

## 10 标准征求意见情况

# 附表

## 附表 1 农村生活面源调查表

省辖市：_____ 县（市、区）：_____ 乡（镇）：_____ 村：_____			
经度：_____ 纬度：_____ 填报人：_____ 填报日期：_____年____月____日			
<b>一、人口基本情况</b>			
户籍人口（人）		常住人口（人）	
<b>二、收入情况</b>			
人均年纯收入（元/年）		收入途径	
<b>三、厕所改造情况</b>			
厕所改造时间		有无水冲式厕所	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无
厕所使用情况		厕所改造存在问题	
<b>四、人粪尿处理情况</b>			
<input type="checkbox"/> 综合利用或填埋	<input type="checkbox"/> 采用贮粪池抽吸后集中处理	<input type="checkbox"/> 直排入水体	
<input type="checkbox"/> 直排入户用污水处理设备	<input type="checkbox"/> 直排入户用污水处理设备	<input type="checkbox"/> 直排入户用污水处理设备	
<input type="checkbox"/> 经化粪池后排入下水管道	<input type="checkbox"/> 其他_____		
<b>五、生活用水、垃圾处理情况</b>			
生活用水方式	<input type="checkbox"/> 集中供水 <input type="checkbox"/> 自备井	家庭生活日用水量（升/天）	
生活污水日利用量（升/天）		生活污水日处理量（升/天）	
生活垃圾日产生量（公斤/天）		厨余垃圾日利用量（公斤/天）	
<b>六、生活污水排放去向</b>			
<input type="checkbox"/> 直排入农田	<input type="checkbox"/> 直排入水体	<input type="checkbox"/> 排入户用污水处理设备	<input type="checkbox"/> 进入农村集中式处理设施
<input type="checkbox"/> 进入市政管网	<input type="checkbox"/> 其他_____		
<b>七、生活垃圾处理方式</b>			
<input type="checkbox"/> 运转至城镇处理	<input type="checkbox"/> 镇村范围内无害化处理	<input type="checkbox"/> 镇村范围内简易处理	<input type="checkbox"/> 无处理
<b>八、其他情况</b>			

**附表 2 种植业面源调查表**

一、农户基本信息														
时间：_____县（市、区）：_____					乡镇（街道）：_____村庄：_____					经度：_____纬度：_____				
耕地面积：_____（亩）；平地面积：_____（亩） 坡地面积：_____（亩）					水田（单季、双季）：_____（亩）；旱地大田（单季、双季）：_____（亩）； 蔬菜：_____（亩）；园地：_____（亩）									
灌溉方式：_____灌溉用水量：_____ 灌溉周期：_____种植模式：_____					小麦产量：_____（斤/亩）；玉米产量：_____（斤/亩）；大豆产量：_____（斤/亩）水 稻产量：_____（斤/亩）；其他作物产量：_____（斤/亩）									
二、农作物种植信息														
作物类型	种植时间 （周期）	种植面积 （亩）	化肥			商品有机肥			畜禽粪肥			农药		
			名称	施用时间	施用量 （千克/亩）	名称	施用时间	施用量 （千克/亩）	类型	施用时间	施用量 （千克/亩）	名称	施用时间	施用量 （千克/亩）
水稻														
小麦														
玉米														
其他谷类 作物														
蔬菜类														
瓜果类														
水果类														



附表3 规模以下畜禽养殖面源调查表

一、基本信息										
养殖户名称				养殖户地址	_____市(县) _____乡 _____村					
联系人				联系电话						
养殖类型	生猪____、肉牛____、奶牛____ 蛋鸡____、肉鸡____、其他____			存栏量 (头/只)			出栏量 (头/只)			
养殖周期(天)			使用饲料类型			养殖户距河流距离(米)			养殖场周围地形	
二、畜禽粪污处理及利用情况										
清粪方式	干清粪____		水冲粪____		水泡粪____		垫料____		其他____	
粪便存储方式	自然堆放____		水泥地面硬化堆粪场____		防雨堆粪场____		防雨防渗防溢流堆粪场____			
粪便产生量及利用方式	粪便产生总量(吨)		直接用于农田(吨)		生产农家肥(吨)	生产有机肥(吨)		生产沼气(吨)	种植食用菌(吨)	其他(吨)
污水存储方式	无存储池____		土坑____		砖砌储存池____		混凝土浇筑储存池____			
污水产生量及处理方式	污水年产生总量 (立方米)	污水处理总量 (立方米)	好氧池处理量 (立方米)	兼性塘处理量 (立方米)	厌氧+好氧处理量 (立方米)		沼气池处理量 (立方米)	其他 (立方米)		

未处理污水排放去向	未处理直接排放污水量 (立方米)	排入附近水体量 (立方米)	直接排入农田量 (立方米)		灌溉季节利用水量 (立方米)	其他 (立方米)	
处理后污水排放去向	处理后排放污水量 (立方米)	直接排入农田量 (立方米)	排入附近水体量 (立方米)	灌溉季节利用水量 (立方米)	处理后回用量 (立方米)	其他 (立方米)	