

环土函（2021）295 号附件

农业面源污染治理监督指导试点 技术指南（试行）

二〇二一年十二月

前 言

为贯彻落实《农业面源污染治理与监督指导实施方案（试行）》，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，在充分调研及专家论证的基础上，编制试点技术指南（初稿）。

本指南在后续试点过程中逐步更新完善。

本指南主要起草单位：生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心、生态环境部环境与经济政策研究中心。

目 录

| | |
|------------------------|----|
| 1 适用范围..... | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义..... | 2 |
| 4 技术路线图..... | 4 |
| 5 农业面源污染调查 | 5 |
| 6 农业面源污染监测 | 16 |
| 7 农业面源污染负荷评估 | 25 |
| 8 优先治理区域清单编制 | 32 |
| 附录 A：推荐模型..... | 34 |
| 附录 B：模型模拟资料数据收集清单..... | 36 |
| 附录 C：入水体系数的确定..... | 38 |

1 适用范围

本指南主要适用于指导各地开展农业面源污染调查、监测、负荷评估、优先治理区域清单编制等相关工作，切实履行监督指导农业面源污染治理工作职责。

2 规范性引用文件

本指南引用了下列规范性文件中的部分条款或内容。凡是不注明日期的引用文件，适用其最新版本。

| | |
|------------|-----------------|
| GB 3838 | 地表水环境质量标准 |
| GB 5084 | 农田灌溉水质标准 |
| GB 8978 | 污水综合排放标准 |
| GB 11607 | 渔业水质标准 |
| GB/T 14848 | 地下水质量标准 |
| GB 18596 | 畜禽养殖业污染物排放标准 |
| GB/T 25169 | 畜禽粪便监测技术规范 |
| HJ/T 91 | 地表水和污水监测技术规范 |
| HJ/T 164 | 地下水环境监测技术规范 |
| HJ 915 | 地表水自动监测技术规范（试行） |
| NY/T 396 | 农用水源环境质量监测技术规范 |
| NY/T 398 | 农、畜、水产品污染监测技术规范 |
| NY/T 3824 | 流域农业面源污染监测技术规范 |

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本指南。

3.1 农业面源污染 Agricultural Diffuse Pollution

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。

3.2 负荷评估 Pollution Load Assessment

某流域或区域种植业、养殖业等农业面源总氮、总磷、氨氮、化学需氧量等污染物通量核算及其对环境质量的影响评估。

3.3 关键源区 Critical Source Areas

输出的农业面源污染负荷量对评估区域水环境质量有重要影响，通常占负荷总量 80%左右的区域。

3.4 控制单元 Control Unit

结合农业面源污染关键源区与行政边界所划定的农业面源污染防控区域。

3.5 优先治理区域清单 List of Prior Governance Areas

对所辖范围内的农业面源污染控制单元，按照高中低进行风险分级，编制农业面源污染优先治理区域清单，代表优

先治理次序和治理重点，并定期进行动态更新。

4 技术路线图



图 1 农业面源污染治理监督指导技术路线图

5 农业面源污染调查

为摸清评估区域种植业、养殖业等农业污染源现状水平，掌握化肥农药使用量及变化、畜禽粪污产生量及水产养殖量等数据，在统计、农业农村、市场监督管理等部门调查统计工作基础上，利用台账检查、市场端比对、补充调查等方式开展农业面源污染调查，为农业面源污染监测、负荷评估、绩效考核等工作提供有效支撑。

5.1 数据收集

5.1.1 种植业

化肥农药使用量及变化情况从消费端和市场端进行相关数据收集。

（1）消费端数据

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、农作物总播种面积、园地面积（茶园面积和果园面积）等数据由农业农村部门提供。

（2）市场端数据

根据化肥农药经销商经营台账和农资监管信息平台，收集农资经销商化肥农药进货单、销售纪录、库存单等，包括实地销售和线上销售渠道，统计化肥农药类别、采购量、销售量和库存量。

5.1.2 养殖业

（1）畜禽养殖业

畜禽养殖数量（生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡、肉鸡）、粪污资源化利用率和各类资源化利用方式占比等数据，由农业农村部门依据养殖场直联直报信息平台提供，包括规模养殖场和规模以下养殖户。

（2）水产养殖业

水产养殖水产品总产量及养殖面积，由农业农村部门提供。

5.1.3 备查材料准备

在汇总农业污染源相关调查统计数据时，同步准备以下材料，其中台账类资料到乡镇级及以下：

（1）本年度化肥农药使用量调查统计工作方案、统计分析报告、原始统计台账（报表）等；

（2）规模养殖场、规模以下养殖户各类畜禽养殖量统计台账及畜禽粪污资源化利用台账；

（3）水产养殖户经营台账。

5.2 数据比对

5.2.1 种植业数据比对

（一）台账检查

检查内容：（1）检查化肥农药统计工作是否符合方案要求，是否满足主要耕作制度和主要农作物全覆盖，调查对象是否包括规模种植户和小散农户；（2）根据原始统计表和统计分析报告，核对数据计算过程，检查台账数据与上报数据

的对应情况。

结果分析：对于化肥农药使用总量，当台账检查结果与上报统计数据相符，认为结果有效；若不相符，认为结果无效，重新计算并提供说明报告。

（二）市场端比对

对市场端和消费端两种化肥使用量统计结果进行比对校验，当数据差异不超过 10% 时，以消费端统计为主；当数据差异大于 10% 时，详细分析两种调查数据差异原因，提出数据采用建议，并提交说明报告。

5.2.2 养殖业数据比对

养殖业数据比对以入户抽查为主，以乡镇为单位，规模养殖场抽查比例不低于 50%，规模以下养殖户和水产养殖户抽查比例不低于 20% 的行政村，检查养殖量统计台账及畜禽粪污资源化利用台账数据与上报数据的对应情况。

5.3 补充调查

对于缺乏统计数据的区域，如典型小流域、乡镇/村级行政单元，可通过现场踏勘、入户走访等方式进一步摸清种植业、畜禽和水产养殖业生产活动水平、数量和分布。

5.3.1 种植业污染源调查

种植面积：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，各类作物面积调查数据填入表 5-1。

表 5-1 种植业基本情况调查表

| 序号 | 乡镇 | 行政村 | 耕地面积 (公顷) | | 耕地灌溉面积 (公顷) | 谷类作物面积 (公顷) | | | | | 中草药材面积 (公顷) | 蔬菜种植面积 (含采用瓜) (公顷) | 瓜果类 (西瓜、香瓜、甜瓜类) (公顷) | 茶园面积 (公顷) | 果园面积 (苹果、梨子、柑橘、香蕉类) (公顷) | |
|----|------|-----|-----------|----|-------------|-------------|----|----|----|----|-------------|--------------------|----------------------|-----------|--------------------------|--|
| | | | 水田 | 旱地 | | 水稻 | 小麦 | 玉米 | 谷子 | 其他 | | | | | | |
| 1 | 乡镇 1 | 村 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 乡镇 1 | 村 2 | | | | | | | | | | | | | | |

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。每个乡镇选择 3-5 个村，调查作物尽可能覆盖大田、蔬菜、瓜果、茶园、果园等各类作物。每个村庄根据种植类型分别选择 5-10 个种植户开展调查，各类作物入户调查户数见表 5-2，调查结果填入表 5-3。

表 5-2 各类作物入户调查户数表

| 种植类型 | 调查户数 | 调查内容 |
|------|-----------------|--|
| 大田作物 | 12 户 (3 户/类) | 调查水稻、玉米、小麦等大田作物亩均化肥施用量 (包括氮、磷、钾肥)、商品有机肥施用量、畜禽粪肥施用量及农药使用量 |
| 蔬菜 | 20 户 (5 户/类) | 调查各类作物亩均化肥施用量 (包括氮、磷、钾肥)、商品有机肥施用量、畜禽粪肥施用量及农药使用量 |
| 瓜果 | | |
| 茶园 | | |
| 果园 | | |

表 5-3 农业投入品入户调查表（大田作物）

| 乡镇 | 行政村 | 农户 | 大田作物投入品种类与数量（千克/亩） | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----|------|--------------------|------------|-----------|--------|--------|------------|-----------|--------|--------|------------|-----------|--------|--------|------------|-----------|--------|
| | | | 水稻 | | | | 小麦 | | | | 玉米 | | | | 其他谷类作物 | | | |
| | | | 亩均化肥用量 | 亩均商品有机肥施用量 | 亩均畜禽粪肥施用量 | 亩均农药用量 | 亩均化肥用量 | 亩均商品有机肥施用量 | 亩均畜禽粪肥施用量 | 亩均农药用量 | 亩均化肥用量 | 亩均商品有机肥施用量 | 亩均畜禽粪肥施用量 | 亩均农药用量 | 亩均化肥用量 | 亩均商品有机肥施用量 | 亩均畜禽粪肥施用量 | 亩均农药用量 |
| 乡镇 1 | 村 1 | 农户 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 乡镇 1 | 村 1 | 农户 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 5-3 农业投入品入户调查表（果菜茶类作物）

| 乡镇 | 行政村 | 农户 | 果菜茶类作物投入品种类与数量（千克/亩） | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----|------|----------------------|------------|-----------|--------|--------|------------|-----------|--------|--------|------------|-----------|--------|--------|------------|-----------|--------|
| | | | 蔬菜类 | | | | 瓜果类 | | | | 水果类 | | | | 茶叶类 | | | |
| | | | 亩均化肥用量 | 亩均商品有机肥施用量 | 亩均畜禽粪肥施用量 | 亩均农药用量 | 亩均化肥用量 | 亩均商品有机肥施用量 | 亩均畜禽粪肥施用量 | 亩均农药用量 | 亩均化肥用量 | 亩均商品有机肥施用量 | 亩均畜禽粪肥施用量 | 亩均农药用量 | 亩均化肥用量 | 亩均商品有机肥施用量 | 亩均畜禽粪肥施用量 | 亩均农药用量 |
| 乡镇 1 | 村 1 | 农户 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 乡镇 1 | 村 1 | 农户 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |

5.3.2 养殖业污染源调查

(一) 畜禽养殖业

以农业农村部门养殖场直联直报信息平台数据为基础，对于规模养殖场，入户调查比例不低于调查区域规模化养殖场总数的 50%，调查数据填入表 5-4；对于规模以下养殖户，通过村委会问询、入户调查等方式获取各村庄规模以下养殖信息，将调查数据填入表 5-5。

表 5-4 规模养殖场信息调查表

| 序号 | 乡镇 | 行政村 | 养殖场名称 | 经度 | 纬度 | 生猪全年出栏量(头) | 奶牛年末存栏量(头) | 肉牛全年出栏量(头) | 蛋鸡年末存栏量(万羽) | 肉鸡全年出栏量(万羽) | 其他畜种类型(头) | 圈舍清粪方式 | 粪污存储设施配套情况 | 粪污处理利用去向 |
|----|-----|-----|-------|----|----|------------|------------|------------|-------------|-------------|-----------|--------|------------|----------|
| 1 | 乡镇1 | 村1 | 养殖场1 | | | | | | | | | | | |
| 2 | 乡镇1 | 村1 | 养殖场2 | | | | | | | | | | | |

注：粪污存储设施配套情况填写已配套、未配套；

表 5-5 各村庄养殖户信息调查表

| 序号 | 乡镇 | 行政村 | 生猪全年出栏量(头) | 奶牛年末存栏量(头) | 肉牛全年出栏量(头) | 蛋鸡年末存栏量(万羽) | 肉鸡全年出栏量(万羽) | 其他畜种(头) | 粪污存储设施配套情况 | 粪污处理利用去向 |
|----|-----|-----|------------|------------|------------|-------------|-------------|---------|------------|----------|
| 1 | 乡镇1 | 村1 | | | | | | | | |
| 2 | 乡镇1 | 村2 | | | | | | | | |

注：粪污存储设施配套情况填写已配套、未配套；

（二）水产养殖业

通过村委会问询、入户调查等方式获取水产养殖类型、养殖模式、养殖产量、养殖面积等信息。将调查数据填入表 5-6。

表 5-6 水产养殖情况调查表

| 序号 | 乡镇 | 行政村 | 养殖模式 | 淡水养殖产品产量（万吨） | 淡水养殖面积（亩） |
|----|---------|-----|------|--------------|-----------|
| 1 | 乡镇 1 | 村 1 | 填序号 | | |
| 2 | 乡镇 1 | 村 2 | | | |

注：淡水养殖模式：①网箱养殖②围栏养殖③池塘养殖④工厂化养殖⑤其它

5.3.3 防治措施落实情况调查

通过对调查区域农业面源污染防治各项措施的落实情况开展实地走访调研，为污染治理效果评估奠定基础。

（一）种植业污染防治措施落实情况调查

为评估调查区域农业面源污染治理成效，需要通过现场调研、走访问询等方式，核实当年测土配方施肥、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，定性判断化肥农药减量增效措施成效。

由当地主管部门负责填写区域当年化肥、农药减量措施实施情况，见表 5-8。

（二）养殖业污染防治措施落实情况调查

根据养殖场直连直报信息平台填报数据，核实规模养殖场粪污存储设施配套情况、粪污资源化利用计划和资源化利

用台账建设情况、粪污综合利用率及变化情况，核实粪污堆沤还田、生产有机肥、粪污沼气发电等资源化利用模式落实情况 and 实际效果。核实规模以下养殖户粪污存储设施配套情况和粪污处理利用措施等。核实水产养殖业生态养殖模式和尾水治理模式相关减排措施的实施情况。

由当地主管部门负责填写当年畜禽养殖污染防治措施实施情况(表 5-9)和水产养殖污染防治措施实施情况(表 5-10)。

5.4 调查周期

以自然年为单位，每年开展 1 次，于当年 3 月份之前完成对上一年度调查统计数据的比对。

表 5-8 年种植业化肥农药减量增效情况统计表

| 编号 | 乡镇 | 村庄 | 上一年度化肥使用总量（折纯，公斤） | | | 本年度化肥使用总量（折纯，公斤） | | | 减肥措施 | | | | | | | | |
|----|----|----|-------------------|----|----|------------------|----|----|--------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|------------|-----------|--|
| | | | 氮肥 | 磷肥 | 钾肥 | 氮肥 | 磷肥 | 钾肥 | 测土配方施肥 | | 有机肥替代 | | 水肥一体化 | | 其他（注明具体措施） | | |
| | | | | | | | | | 面积（亩） | 减量（折纯，公斤） | 面积（亩） | 减量（折纯，公斤） | 面积（亩） | 减量（折纯，公斤） | 面积（亩） | 减量（折纯，公斤） | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

填报人：

审核人：

填报单位：

填报日期：

表 5-9 年规模养殖场污染防治措施统计表（一）

| 编号 | 乡镇 | 村庄 | 养殖场 | 粪污存储设施配套情况 | 粪污资源化利用计划和台账建设情况 | 粪污综合利用率（%） | | | | |
|----|----|----|-----|------------|------------------|-------------|---------------|-----------|-----------|-------|
| | | | | | | 粪污堆沤还田占比（%） | 有机肥厂统一加工处理（%） | 粪污沼气发电（%） | 其他利用方式（%） | 合计（%） |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

粪污综合利用率：根据畜禽规模养殖直联直报信息系统数据测算。

表 5-9 年规模以下养殖户污染防治措施统计表（二）

| 编号 | 乡镇 | 村庄 | 粪污存储设施配套率（%） | 粪污资源化利用率（%） | | | |
|----|----|----|--------------|-------------|---------------|-------------|-------|
| | | | | 粪污堆沤还田占比（%） | 粪污集中收集处理利用（%） | 其他处理利用方式（%） | 合计（%） |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

注：粪污存储设施配套率（%）：村庄内配备了粪污存储设施的养殖户占有所有养殖户比例。

表 5-10 年水产养殖减排措施统计表

| 序号 | 乡镇 | 村庄 | 人工养殖淡水产品产量(吨) | 人工淡水养殖面积(亩) | 养殖模式面积(亩) | | | | | 备注 |
|----|----|----|---------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | | | | | 上年生态养殖模式面积 | 当年生态养殖模式面积 | 上年尾水治理模式面积 | 当年尾水治理模式面积 | 当年传统养殖模式面积 | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

注： 1.生态养殖模式：依据《2020年生态健康养殖模式推广行动方案》（农办渔〔2020〕8号附件1），指池塘工程化循环水养殖技术模式、工厂化循环水养殖技术模式、稻渔综合种养技术模式、深水抗风浪网箱养殖技术模式、大水面生态增养殖技术模式、盐碱水绿色养殖技术模式、多营养层级综合养殖技术模式、鱼菜共生生态种养技术模式、集装箱式循环水养殖技术模式等绿色健康养殖模式。

2.尾水治理模式：依据《2020年养殖尾水治理模式推广行动方案》（农办渔〔2020〕8号附件2），指池塘底排污尾水处理技术模式、集中连片池塘养殖尾水处理技术模式、人工湿地尾水处理技术模式、“流水槽+”尾水处理模式、工厂化循环水处理技术模式等尾水循环利用或达标排放模式。

3.传统养殖模式：指生态养殖模式和尾水治理模式以外的其他养殖模式。

6 农业面源污染监测

以流域为基本监测单元，结合地表水水质监测断面对应汇水范围，综合考虑地形地貌、土壤类型、土地利用方式以及农业生产活动等，筛选农业面源污染为主、基本不含点源污染的流域/汇水范围作为嵌套监测区范围，分别在流域/汇水范围出口和流域内重点区域布设监测点位，开展水文、水质同步监测，核算水环境中污染物通量及变化情况，为农业面源污染负荷评估提供数据支撑。有条件的地区探索开展土壤氮磷含量监测。

6.1 流域嵌套监测区选取

农业面源污染流域嵌套监测区选取是指从行政区确定一个小流域/汇水范围，并在选定的小流域/汇水范围内再确定一个重点监测区的过程，流域/汇水范围和重点监测区在空间上是包含与被包含的关系。

6.1.1 流域/汇水范围监测区选取

构建土地利用、水系矢量、DEM、汇水范围与水文站点位、水质营养盐类超标断面点位、畜禽养殖点位等数据库，采用空间信息叠加分析，完成流域/汇水范围监测区的选取，其中流域/汇水范围监测区一定是对水质超标断面有直接影响的汇水单元，且选择的监测区是以农业生产活动为主的区域，土地利用类型以耕地为主。

6.1.2 重点监测区域选取

在选取的流域/汇水范围监测区内选择种养类型相对单一、种养强度较大、农业面源污染排放量较重的区域作为重点监测区域，可以分区域、分种养类型选择 1 个或者多个重点监测区域。不同农业面源污染源类型选取优先顺序如下：水田大田作物区、旱地大田作物区、大规模经济作物区、规模化养殖区（水产和畜禽）、分散式养殖区（水产和畜禽）、非正规垃圾堆放区。将周边有省控或市控水质营养盐类超标断面的重点监测区域作为优先选择区。

6.2 监测点位布设

结合流域嵌套监测区选取特征分析和地面现场勘察开展监测点位布设，具体包括流域/汇水范围监测区点位布设和重点监测区点位布设两个环节。建议基于全国地表水环境质量监测网，结合农村环境质量监测网、土壤生态环境质量监测网等，合理布设监测点位，采用更新改造、共建共享和新建相结合的方式建设监测设施。

6.2.1 流域/汇水范围点位布设

为了尽可能了解流域/汇水范围上下游水质的变化，在选取的流域/汇水范围入口和出口分别设置 1 个入境（对照）点位和 1 个出境（总控制）点位，如有必要可以在入境和出境点位之间的径流分流或汇流处、城镇居民点上/下游处合理增加中部控制点位。

入境点位：用来反映水系进入小流域时的水质状况，应设置在水系刚进入流域且尚未受到本区域农业面源污染影响处。

出境点位：用来反映小流域总体出口水质，应设置在小流域最后的污水排放口下游，污水与河水已基本混匀并尽可能靠近水系出口。

中部控制点位：用来反映小流域中部径流分流或汇流处出口水质或者城镇居民点上游或者下游受生活源影响的水质，应设置在小流域分/汇流处或者城镇居民点上/下游地区。

6.2.2 重点监测区域点位布设

为了合理反映重点区域农业面源污染量变化情况，在每个重点监测区域的进水口和出水口设置监测点位。按照农业面源污染类型具体布设原则如下：

种植业：在集中连片种植区或农田灌区的主要进水口和出水口分别设置至少 1 个种植业流失控制点位，应尽量涵盖流域内粮食作物、经济作物等主要作物类型和种植模式；

养殖业：在畜禽或水产养殖集聚区的入水口和出水口分别设置至少 1 个养殖业污染控制点位，应尽量涵盖流域内规模养殖、规模以下养殖、水产养殖等类型。

注：监测位置初步确定后需通过现场踏勘核实点位设置的科学性、合理性、安全性；所选点位应具备监测条件，便于水质水量等信息的自动/手工监测，可位于顺直河段或沟渠。

对于流域/汇水范围断面设置尽量结合国控、省控和市控监测站网。

6.3 监测指标

监测指标的确定由监测尺度、监测数据用途和污染负荷评估方法决定，本指南结合嵌套监测点位布设目的推荐常规监测指标，主要包括水文、水质两方面，各地可根据实际情况和管理需求调整或增加土壤、气象等监测指标。

6.3.1 流域/汇水范围点位

水文监测指标：流量（流速）、水位（水面宽度）、悬移质泥沙含量*；

水质监测指标：化学需氧量或高锰酸盐指数、总氮、氨氮、总磷。

6.3.2 重点监测区域点位

水文监测指标：流量（流速）、水位（水面宽度）、降雨量（可选用附近的气象站数据）、悬移质泥沙含量*；

水质监测指标：化学需氧量或高锰酸盐指数、总氮、氨氮、总磷、颗粒态氮*、颗粒态磷*、磷酸盐*。浊度、溶解氧、电导率（在线监测指标）。

注：*为选测指标。

化学需氧量或高锰酸盐指数指标二选一，根据实际水质污染程度进行选择，高锰酸盐指数适用于地表水，化学需氧量通常测定污染物含量较高的污水。

流量指标难度较大，可以选择手持流速仪进行河流表层流速测定，同时测定监测断面水面宽度和水深等易测指标，有条件地区可以增加浊度、溶解氧、电导率这些容易实现原位在线监测的指标。

6.3 监测方式

水文、水质监测应遵循因地制宜的原则。水文监测宜采用自动在线监测方式。水质监测推荐选用自动监测设备与方法，如不具备自动监测条件可采用自动采样或人工监测；对于暴雨（24 小时降水量 50 毫米以上）等极端气候条件，可根据实际情况选用触发式动态采样设备。注意水文、水质监测的同步性，在水质监测采样时同时采集水文指标。

6.4 监测时期及频率

水文监测周期应最少包含 1 个完整水文年，水质监测时段可根据实际需求进行调整。水文、水质监测时期及采样频率见表 6-1。

表 6-1 水文、水质监测时期及采样频率

| 监测时期 | 采样频率 |
|------|------------------------|
| 汛期 | 4 h 1 次（自动监测） |
| | 1 月 2 次（人工监测） |
| 非汛期 | 4 h 1 次（自动监测） |
| | 1 月 1 次（人工监测） |
| 暴雨期* | 从暴雨开始时采集水样，采样间隔不低于 2 h |

6.5 监测方法

监测指标及方法见表 6-2。

表 6-2 水文、水质监测指标的检测方法

| 监测指标 | 分析方法 | 标准号 |
|----------|------------------|-----------------|
| 流量 | 河流流量测验规范 | GB 50179-2015 |
| | 水资源水量监测技术导则 | SL 365-2015 |
| 水位 | 水位观测标准 | GB/T 50138-2010 |
| 悬移质泥沙含量* | 河流悬移质泥沙测验规范 | GB/T 50159-2015 |
| 化学需氧量 | 快速消解分光光度法 | HJ/T 399-2007 |
| | 重铬酸盐法 | HJ 828-2017 |
| 高锰酸盐指数 | 水质 高锰酸盐指数的测定 | GB 11892-1989 |
| 总氮 | 总氮水质自动分析仪技术要求 | HJ/T 102-2003 |
| | 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法 | HJ/T 636-2012 |
| | 连续流动-盐酸萘乙二胺分光光度法 | HJ/T 667-2013 |
| | 流动注射-盐酸萘乙二胺分光光度法 | HJ/T 668-2013 |
| 硝酸盐氮 | 酚二磺酸分光光度法 | GB/T 7480-1987 |
| | 紫外分光光度法（试行） | HJ/T 346-2007 |
| 氨氮 | 氨氮水质自动分析仪技术要求 | HJ/T 101-2003 |
| | 纳氏试剂分光光度法 | HJ/T 535-2009 |
| | 水杨酸分光光度法 | HJ/T 536-2009 |
| | 蒸馏-中和滴定法 | HJ/T 537-2009 |
| | 连续流动-水杨酸分光光度法 | HJ/T 665-2013 |
| | 流动注射-水杨酸分光光度法 | HJ/T 666-2013 |
| 总磷 | 总磷水质自动分析仪技术要求 | HJ/T 103-2003 |
| | 钼酸铵分光光度法 | GB 11893-1989 |
| | 连续流动-钼酸铵分光光度法 | HJ/T 670-2013 |
| | 流动注射-钼酸铵分光光度法 | HJ/T 671-2013 |
| 磷酸盐* | 离子色谱法 | HJ 669-2013 |
| | 连续流动-钼酸铵分光光度法 | HJ 670-2013 |

6.6 通量核算

(1) 水污染物总输出通量

水污染物总输出通量（ F ，以 kg 计）为某监测时段流域或重点区域污染物输出量总和。

$$F = \frac{\sum(C_i \times Q_i) - k_0 \sum(C_0 \times Q_0)}{1000}$$

式中：

C_i ：出境断面或出水口单次采样某一污染物浓度的数值，单位为 mg/L；

Q_i ：出境断面或出水口单次采样对应时段流量的数值，单位为 m^3 ；

C_0 ：入境断面或进水口单次采样某一污染物浓度的数值，单位为 mg/L；

Q_0 ：入境断面或进水口单次采样对应时段流量的数值，单位为 m^3 ；

k_0 ：入境污染物在河道中的综合降解系数，可通过经验公式或实测获得。

注：若无入境断面或进水口， C_0 为 0；

若监测泥沙量，水污染物总输出通量计算时应包括泥沙中污染物含量。

（2）水污染物输出通量变化

水污染物输出通量变化（ ΔF ，以 kg 计）为不同监测时段流域或重点区域水污染物总输出通量的差值。若其他污染源活动水平不变，农业面源污染治理措施实施前后水污染物

总输出通量的差值可用于评估治理措施成效。

$$\Delta F = F_1 - F_2$$

式中：

F_1 : 后一监测时期流域或重点区域水污染物总输出通量，单位为 kg；

F_2 : 前一监测时期农业面源污染治理措施实施前流域或重点区域水污染物总输出通量，单位为 kg。

注：有条件的地区，可通过通量核算结果计算农业面源污染物输出通量，具体为水污染物总输出通量减去点源、农村生活源、大气沉降、自然背景等水污染物输出通量。此外，降水对氮磷输出影响较大，要适当考虑扣除降雨影响；由于 ΔF 结果与监测周期密切相关，建议 ΔF 效果评估以年为单位。

6.7 质量保证与质量控制

(1) 监测设备选型。应根据河道宽度、水深等现场情况，结合仪器设备的精度，因地制宜地进行设备选型，合理设计设备安装方案。

监测设备要求。水文自动监测设备须定期进行校正；水质自动监测设备应具备标样核查等自动质控体系，且满足实验室样品分析测试比对要求。

(2) 监测方法要求。农业面源污染监测样品的采集、制备、运输和分析等全过程应严格按照相关标准规范开展。无论是样品采集还是样品测定，均应选择能满足监测工作需求

和质量要求的监测分析方法。原则上优先选择国家颁布的标准监测分析方法，其次选择生态环境部和其他部门颁布的行业标准的监测分析方法。监测分析方法的检测限应满足环境质量标准的要求和环境实际浓度水平测试要求，所选用的方法应通过实验验证。对于水质自动监测，应规范样品预处理方法和设备，保证样品的代表性、监测数据的可比性。

(3) 监测人员要求。农业面源污染监测人员应该具备对应岗位的上岗证或具有监测业务培训经历方可从事监测工作。

7 农业面源污染负荷评估

在农业面源污染调查和监测的基础上，以流域为单位，通过模型模拟法或经验系数法获得评估区域的农业面源污染负荷，识别农业面源污染治理的重点区域和重点污染源，厘清各区域的污染负荷及其对流域出口水环境的影响程度。有条件的地区可探索开展土壤酸化、板结等土壤环境质量变化评估。

7.1 方法选择

结合各地自然地理特征和基础数据详略程度，因地制宜选择农业面源污染负荷评估方法。推荐在基础数据完备、技术水平较高的地区采用模型模拟法，基础数据缺乏的地区可选择经验系数法。

7.2 负荷评估

7.2.1 模型模拟法

(1) 模型选择

农业面源污染负荷评估模型的选取需考虑典型区域自然地理特征和模型本身的优缺点及适用范围（见附录 A）。通常模型选择的主要依据如下：

- ① 考虑选取模型模拟结果的准确性、精确度及可行度；
- ② 明确所需模拟的过程、参数和指标；
- ③ 考虑典型流域的地形、气候、土壤、水系等自然因素，结合模型模拟的最佳适用范围，评估选取模型的适用性；

④ 考虑拟选择模型数据的可获取性，包括模型构建的基础数据和模型率定数据。

常用的面源模型以分布式机理模型为主，应用较为广泛的有 SWAT、HSPF 等。

(2) 模拟过程

农业面源污染过程模拟主要分陆地和河道过程 2 个阶段。陆地过程主要应用坡面模型，包括降水径流、土壤流失和污染物水质模型；河道过程主要应用河道水动力、河网输沙和河道水质模型。

以应用较为广泛的 SWAT 模型为例，模型模拟的步骤主要包括：

1) 数据收集。模拟模型法涉及的数据一般分为 5 类：基础地理信息数据、资源现状数据、环境质量数据、气象水文数据、农业生产水平等，详见附录 B，可通过资料收集、现场调查或文献调研等方式获取。

2) 子流域划分。加载数字高程(DEM)、研究区域范围、河网水系等数据进行子流域的划分。

3) 数据处理。根据模型数据要求，形成土地利用分布图、土地利用类型索引表、土壤类型分布图、土壤类型索引表、土壤物理属性文件(即土壤数据库参数)、降水数据、气温数据和管理措施数据等。

4) 水文响应单元(HRU)划分和模型计算。在子流域

的基础上，根据土地利用类型、土壤类型和坡度，将子流域内具有同一属性的不同区域划分为同一类单元。模型计算时，分别计算每个单元的水文过程，然后在子流域出口将所有单元产出进行叠加得到总量。

5) 模型参数的率定和验证。利用降雨、径流、泥沙、污染物数据，分别进行水文、泥沙和水质模拟中重要参数的率定和验证。比较模拟结果与实测值之间的误差，以验证模型参数的可靠性和适用性。

7) 结果分析。利用验证好的模型计算流域农业面源污染物入水体负荷，分析时间和空间分布特征。

(4) 模型改进

SWAT 模型较适合山地丘陵区，平原河网区或受水利工程影响较大的区域可根据实际情况对模型进行改进。

1) 平原河网区的模型改进方法

平原河网区地势平坦，水系复杂，上下游汇流关系不明确，DEM 数据所包含的信息不足以精确表达河道位置和汇流关系时，可以通过基于高程值、基于水流流向、人工修正或绘制河道和子流域等方式对模型进行修正。

基于高程值对 DEM 修正具体操作是保持河道流经栅格的高程值不变，人为将周边非河道所在栅格高程值整体增加一个微小值，从而增加河道所在栅格和周边栅格之间的坡度，增强汇水能力，使提取结果接近真实河道。

基于水流流向对 DEM 修正具体操作是先将主要河道的数字化矢量图进行栅格化处理，在河道流经的栅格处，根据河流栅格的位置分布来修正由原始 DEM 提取出来的流向矩阵，并且对周边栅格的流向也进行相应修正。

若以上方法不能达到理想效果，可在实际调查的基础上人工修正或绘制河道和子流域，在 GIS 环境下编辑和修改人工绘制河道和子流域的相互水力连接关系，得到满足建模要求的河段和子流域图层。

2) 消除水利工程影响的模型改进方法

由于水利工程对产汇流过程的干预，由 DEM 提取的汇流关系可能与实际差距较大，可通过在实际调查的基础上人工划定子流域，增加“虚拟水库”用以接纳来水，使灌区汇水关系与实际相符。

(5) 质量控制

以常规模型误差校核方式，如相对误差 R_e 、纳什效率系数 E_{ns} 、决定系数 R^2 等统计学指标，作为模型适用性的评价标准。通常当 $R_e < 20\%$ 、 $R^2 \geq 0.6$ 、 $E_{ns} \geq 0.5$ 时，认为模拟结果较好。

7.2.2 经验系数法

经验系数法是在农业面源污染调查和流失系数（排污）、入水体系数的基础上，通过经验公式测算农业面源污染物 j 的入水体负荷 L_j 。

$$L_j = \sum (P_j + E_j + W_j)$$

式中： P_j 、 E_j 、 W_j 分别为评估区域种植业、畜禽养殖业、水产养殖业第 j 项水污染物的入水体负荷（单位：吨）。

种植业流失系数、养殖业排污系数可通过以下途径获取：

①查阅本地区现有资料或研究成果，进行修正校准后使用；

②通过实地监测获取，方法可参考《农业面源污染监测技术规范》（农办科〔2014〕20号）；

③工作基础较为薄弱且无法通过前两种方法获取的地区，可参考《第二次全国污染源普查产排污系数手册—农业源》《农业源产排污核算系数手册》（部 2021 年第 24 号公告）确定。

入水体系数可通过实地监测或模型模拟进行修正，详见附录 C。

（1）种植业污染负荷

种植业水污染物主要为总氮、总磷、氨氮。种植业第 j 项污染物入水体负荷等于农作物总播种面积、园地面积与相应污染物排放系数、当年度与流失系数测量年度化肥单位面积使用量的比值以及入水体系数相乘，计算公式如下。

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

其中： A_g 指某评估区域农作物总播种面积（单位：公顷）；

e_{gj} 指某评估区域农作物种植过程中第 j 项污染物流失系数 (单位: 公斤/公顷);

A_y 指某评估区域园地的面积 (单位: 公顷);

e_{yj} 指某评估区域园地第 j 项污染物流失系数 (单位: 公斤/公顷);

q_j 指某评估区域调查年度用于种植业的含氮(磷)化肥单位面积使用量 (折纯, 单位: 公斤/公顷);

q_0 指某评估区域流失系数测量年用于种植业的含氮(磷)化肥单位面积使用量 (折纯, 单位: 公斤/公顷);

λ_j 指第 j 项污染物的入水体系数。

(2) 畜禽养殖业污染负荷

畜禽养殖业水污染物主要为总氮、总磷、氨氮、化学需氧量。畜禽养殖业水污染物排放量一般等于 5 类畜禽(生猪、奶牛、肉牛、蛋鸡、肉鸡)的污染物排放量之和, 其中第 i 类畜禽养殖的污染物入水体负荷等于第 i 类畜禽养殖量、污染物排污系数、入水体系数的乘积, 计算公式如下。

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

$$E_j = \left(\sum_{i=1}^n B_{ij} \right) \times \lambda_j$$

其中: B_{ij} 指某评估区域第 i 类畜禽养殖第 j 项污染物排放量 (单位: 吨);

$q_{i规模}$ 指某评估区域第 i 类畜禽规模化养殖场存/出栏量

(单位: 头(羽));

f_{ij} 规模指某评估区域第 i 类畜禽规模化养殖场第 j 项污染物排污系数(单位: 千克/头(羽));

q_i 养殖户指某评估区域第 i 类畜禽养殖户存/出栏量(单位: 头(羽));

f_{ij} 养殖户指某评估区域第 i 类畜禽养殖户第 j 项污染物排污系数(单位: 千克/头(羽))。

(3) 水产养殖业污染负荷

水产养殖业水污染物主要为化学需氧量、氨氮、总氮、总磷。水产养殖污染物入水体负荷即水产养殖产生的污染物经过不同排放渠道直接排放到湖泊、河流及海洋等外部水体环境中的污染量, 等于人工水产养殖的水产品产量与排放系数相乘, 计算公式如下。

$$W_j = (q_{\text{产量}} \times e_j) \times 10^{-3}$$

其中: $q_{\text{产量}}$ 指某评估区域水产养殖的水产品产量(单位: 吨);

e_j 指某评估区域水产养殖第 j 项污染物排放系数(单位: 千克/吨)。

8 优先治理区域清单编制

在识别农业面源污染为主的水质超标区域的基础上，依据农业面源污染负荷评估结果，结合生态保护红线、水环境质量底线等环境管理需要，划分农业面源污染控制单元，按照高中低风险等级分析结果，编制农业面源污染优先治理区域清单。有条件的地区可考虑土壤酸化、板结等土壤环境质量变化。

8.1 超标水体筛选

基于地表水国控、省控或市控水质监测断面（点位）的监测数据，结合地表水质考核类别要求，以总氮、总磷、氨氮或化学需氧量作为评价指标，筛选地表水环境质量存在超标风险的断面及其所代表的控制区。

8.2 重点区域选择

以最新的环境统计数据为基准，将超标断面控制区农业源（主要为种植业、养殖业等）总氮、总磷、氨氮或化学需氧量排放总量占该区域污染物排放总量 50% 以上的控制区作为农业面源污染重点区域。

8.3 关键源区识别

以重点区域农业面源污染负荷评估结果为基础，对于占该区域负荷总量 80% 以上的子区域划分为农业面源污染关键源区。

8.4 控制单元划分

在农业面源污染关键源区基础上，结合行政区划边界、生态保护红线、水环境质量底线等，进一步划分控制单元。以流域为单元测算的结果需向控制单元进行转换。

8.5 风险等级确定

根据各控制单元负荷排序，将所有控制单元划分为高风险、中风险和低风险三类。

高风险： 负荷排名前 30% 的控制单元；

中风险： 负荷排名 31%~70% 的控制单元；

低风险： 负荷排名后 30% 的控制单元。

地方可根据环境管理需求对划分结果进行调整。

8.6 清单编制

优先治理区域清单应包含全部高风险控制单元，根据农业面源污染削减需求，增加部分中、低风险控制单元。根据农业面源污染管控成效，定期更新优先治理区域清单。

表 8-1 农业面源污染优先治理区域清单（样表）

| 控制单元编码 | 控制单元面积 (km ²) | 所在省 | 市 | 县 | 产粮大县 | 所属水系 | 水质类别 | 污染因子 |
|---------------|---------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|-------------|
| 3-06-02101101 | 1270.52 | XX省 | XX市 | XX县 | 是 | XX河 | V | 总氮、总磷、化学需氧量 |
| | | ... | ... | ... | ... | ... | ... | |

附录 A：推荐模型

农业面源污染负荷评估推荐模型清单

| 模型 | 类别 | 空间尺度 | 时间尺度 | 适用区域 | 优势 | 局限性 |
|---------------|-----|---------|------|-----------|---------------------------------------|--|
| SCS-CN、VSA-CN | 经验型 | 流域尺度 | 年 | 全国范围 | 模型成熟，所需数据资料少，操作简便 | 精度一般低于机理模型 |
| USLE/RUSLE | 经验型 | 流域尺度 | 年 | 全国范围 | 数据资料少，操作简便 | 精度一般低于机理模型 |
| GREEN | 概念型 | 流域尺度 | 年 | 农业流域 | 可对点源和面源污染同时进行模拟，考虑上下游子流域之间的空间拓扑关系 | 无法对措施是时对农作物产量的影响进行评估，限制了其在治理措施的成本效益分析方面的应用 |
| MONERIS | 概念型 | 流域或区域尺度 | 一至五年 | 农业流域和城市区域 | 能够对包括泥沙、地表径流、地下水以及排水管道等产生的面源污染物流失进行模拟 | 不能够对营养物质的循环进行模拟，模型校准较为困难 |
| MITERRA | 概念型 | 区域或国家尺度 | 年 | 农业流域 | 可对大气沉降、地表径流、根层淋溶等营养物质流失过程进行模拟 | 模拟精度不高，不能对过程控制类工程型治理措施进行评估 |
| PI | 概念型 | 地块或流域尺度 | 年 | 全国范围 | 操作简便，所需数据资料少 | 对水文传输路径的表征能力不足 |
| HYPE | 机制型 | 子流域 | 日 | 农业流域 | 通过地表径流、下渗以及含水层补给过程进行计算的水文循环模拟效果较好 | 对极端降水事件的表征能力不足 |
| AGNPS | 机制型 | 子流域 | 日 | 农业流域 | 可对不同子流域的土壤侵蚀空 | 河道水文过程模拟的不足 |

| 模型 | 类别 | 空间尺度 | 时间尺度 | 适用区域 | 优势 | 局限性 |
|--------------|---------|----------|------|------|--|---|
| | | | | | 间分布及其对水质的影响进行模拟，且计算速度较快 | |
| HSPF | 机制型 | 子流域或流域尺度 | 日 | 全国范围 | 对径流的模拟效果较好 | 实测基础数据要求较高，模型不够稳定 |
| STICS-MODCOU | 机制型 | 地块尺度 | 日 | 农业流域 | 可与多种空间分布式水文模型进行耦合，数据接口适用性较强 | 对工程性措施的模拟能力不足 |
| EPICgrid | 机制型 | 地块尺度 | 日 | 农业流域 | 可同时对地块尺度的水文、泥沙、作物生长及营养物质循环进行模拟，还可估算管理措施实施后的环境响应时间 | 可模拟的措施类型较少基本集中于农田耕作管理方面 |
| SWAT | 机制型 | 地块至流域尺度 | 日 | 全国范围 | 考虑了汇流和泥沙汇合过程，结合 GIS 开发了水土保持模块，易于使用。 | 对于营养物质的河道传输过程模拟不足，且通过参数调整来模拟治理措施具有一定的主观性 |
| INCA | 机制型 | 子流域 | 日 | 农业流域 | 能够对壤中流、地表径流及地下水中的水文循环及营养物质迁移转化过程进行模拟 | 缺乏子流域内部污染物的水文传输过程的模拟，各个河段的负荷量仅仅为所辖子流域负荷量的简单加和 |
| DPeRS | 半机理过程模型 | 流域尺度 | 月 | 全国范围 | 耦合了定量遥感模型，弥补了无资料地区模型估算的不足，且参数设置为开放模式，实现了遥感像元尺度的污染负荷空间可视化 | 缺少对壤中流、地下水中的水文循环及营养物质迁移转化过程的模拟 |

附录 B：模型模拟资料数据收集清单

模型模拟资料数据收集清单

| 类型 | 序号 | 名称 | 来源 | 比例尺/分辨率/详细程度 | 现势性及其他说明 |
|----------|-----|-------------|---------------|-----------------|----------|
| 基础地理信息数据 | 1. | 基础地理要素数据 | 测绘地理信息部门 | 1:10000/1:50000 | 最新 |
| | 2. | 数字高程图 (DEM) | 测绘地理信息部门 | 不低于 30 米×30 米 | 最新 |
| | 3. | 植被覆盖度 | 测绘地理信息部门 | 1:10000 | 当年 |
| | 4. | 高分辨率遥感影像数据 | 测绘地理信息部门 | 2.5 米×2.5 米 | 当年 |
| 资源现状数据 | 5. | 土地利用分布图 | 自然资源部门 | 1:10000 | 当年 |
| | 6. | 土壤类型分布图 | 农业农村部门 | 矢量图 | 最新 |
| | 7. | 水土流失分布图 | 水利部门 | 矢量图、表 | 最新 |
| | 8. | 耕地质量数据 | 农业农村部门 | 矢量图、表 | 最新 |
| 环境质量数据 | 9. | 地表水环境质量 | 生态环境部门 | 表 | 近五年 |
| | 10. | 土壤生态环境质量 | 生态环境部门/农业农村部门 | 表 | 近五年 |
| | 11. | 地下水环境质量 | 生态环境部门/自然资源部门 | 表 | 近五年 |
| 气象水文数据 | 12. | 降雨量 | 气象部门 | 表 | 近五年 |

| 类型 | 序号 | 名称 | 来源 | 比例尺/分辨率/详细程度 | 现势性及其他说明 |
|--------|-----|-----------|--------|--------------|----------|
| | 13. | 最高最低气温 | 气象部门 | 表 | 近五年 |
| | 14. | 水文站点地理坐标 | 水利部门 | 矢量图 | 最新 |
| | 15. | 径流量 | 水利部门 | 表 | 近五年 |
| | 16. | 泥沙 | 水利部门 | 表 | 近五年 |
| 农业生产水平 | 17. | 种植业调查统计数据 | 农业农村部门 | 乡镇 | 2017年及当年 |
| | 18. | 养殖业调查统计数据 | | 乡镇 | 当年 |
| | 19. | 环境统计数据 | 生态环境部门 | 表 | 近五年 |

附录 C：入水体系数的确定

主要考虑降雨、地形等产排污系数修正因子及地表径流、地下径流、土壤侵蚀和植物截留等流域损失过程对农业面源污染入水体负荷的影响，入水体系数的计算公式为：

$$\lambda = \delta \times \varepsilon$$

式中：

δ 为产排污系数的流域修正因子，体现降水、地形的区域差异性；

ε 为污染物迁移转化系数。

C.1 产排污系数修正因子

产排污系数修正因子主要通过降雨驱动因子和坡度影响因子来确定。

降雨修正因子。降雨驱动因子由降雨空间分布影响因子 α_s 与降雨年际差异影响因子 α_i 组成。降雨影响因子 α 的表达式为：

$$\alpha = \alpha_t \times \alpha_s$$

通过典型流域基本测算单元内的大量监测数据进行回归分析，建立流域年平均降雨量 r 与农业面源污染物年入水体量 L 的相关关系：

$$L = f(r_i)$$

式中： r_i 为第 i 个流域基本单元年均降雨量， L 为农业面源污染物年入水体量。

i.降雨驱动因子年际变化

降雨年际差异影响因子 α_i 表示为:

$$\alpha_i = \frac{f(r_i)}{f(\bar{r})}$$

式中: α_i 为降雨年际差异影响因子, \bar{r} 为流域基本单元多年平均降雨量。

ii.降雨驱动因子分布变化

降雨空间分布影响因子 α_s 表示为:

$$\alpha_s = \frac{f(R_j)}{f(\bar{R})}$$

式中: α_s 为降雨空间分布影响因子, R_j 为流域基本单元空间单元 j 的年均降雨量, \bar{R} 为流域年均降雨量。

坡度修正因子。通过典型流域基本测算单元内的大量监测数据进行回归分析,建立坡度与农业源污染物流失量的关系式:

$$L = c\bar{\theta}_d^d$$

式中: L 为污染物负荷, $\bar{\theta}_d$ 为典型流域基本测算单元的平均坡度, c 、 d 为拟合的回归系数。

坡度影响因子 β 主要反映的是流域基本测算单元与典型流域基本测算单元因坡度不同而造成的农业面源污染入水体负荷量的差异, β 的计算方法如下:

$$\beta = \frac{L(\bar{\theta}_i)}{L(\bar{\theta}_d)} = \frac{c\bar{\theta}_i^d}{c\bar{\theta}_d^d} = \frac{\bar{\theta}_i^d}{\bar{\theta}_d^d}$$

式中： β 为坡度影响因子， $\bar{\theta}_i$ 为第*i*个流域基本测算单元的平均坡度。

C.2 地表径流

可用于计算地表径流的模型包括 SCS-CN、VSA-CN、SWAT、AGNPS、HSPF 等。用模型测算时模拟时间序列不少于 5 年。

C.3 地下淋溶

通过土壤类型、土地利用和土壤水文分组，结合降雨量空间分布特征和季节分布特征，其中降雨量空间分布特征表示流域单元可用于下渗的最大理论降雨量，季节分布特征表示因降雨量的季节变化对土壤水分下渗的影响，由以上两个方面共同确定土壤水分的实际下渗能力，计算方法如下：

$$LI = \frac{\left[P_{\text{annual}} - 0.4 \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right) \right]^2}{P_{\text{annual}} + 0.6 \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right)} \times \sqrt[3]{2 \times \frac{P_{\text{dry}}}{P_{\text{annual}}}}$$

式中： P_{annual} 为年降雨量， P_{dry} 为非汛期降雨量， CN 为标准径流曲线数。

C.4 土壤侵蚀

优先推荐通用土壤流失方程（universal soil loss equation, USLE）或修正通用土壤流失方程（revised universal soil loss equation, RUSLE），结合水利部水土流失动态监测成果、《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007）计算土壤侵蚀。

C.5 植被截留

利用 DEM、土地利用类型、植被覆盖度计算植物截留。

$$RI = \ln \left(\frac{\sum_{DA=1}^N T_{DAi}}{\tan B_{DAi}} \right)$$

式中： $\sum T_{DAi}$ 为林草地累积截留效率(使用反向 DEM, 以林草地削减效率(0-1)为权重计算流域累积汇流量); B_{DAi} 为平均坡度。