

云南龙陵县入河排污口排查溯源与水环境治理策略研究

邵捷

云南省生态环境工程评估中心, 云南 昆明

收稿日期: 2026年1月6日; 录用日期: 2026年2月10日; 发布日期: 2026年2月24日

摘要

入河排污口是陆域污染物进入水体的关键节点, 其精细化管理是流域水环境系统治理的核心环节。本研究以云南省保山市龙陵县为对象, 基于2023~2024年度入河排污口排查与溯源工作成果, 系统分析了怒江、瑞丽江干流及城市建成区水体的排污口结构特征、污染来源与空间分布规律。研究共识别出入河排污口587个, 其中以自然冲沟、农田退水口等面源型排口占主导(占比达97.96%), 表明区域水污染输入结构已由传统点源为主转向“面源污染绝对主导”的新阶段。水质监测结果显示, 32个排口存在超标现象, 空间上高度集中于城市建成区水体及怒江碧寨乡段, 超标因子主要为化学需氧量、氨氮与总磷。通过“资料-人工-技术”三级溯源分析, 超标排口的污染来源呈现高度复合化特征, 主要形成“乡村复合面源”与“城镇雨污混流”两类典型污染链。基于上述发现, 本文提出以“流域统筹、三端协同”为核心的系统治理策略, 涵盖源头管控、过程拦截与末端修复的全链条措施, 并建议构建智慧监管平台与多元共治格局, 以期为西南山地县域的水环境精细化治理提供科学依据与实践路径。

关键词

入河排污口, 排查溯源, 面源污染, 水环境治理, 龙陵县

Investigation and Source Tracing of River Discharge Outfalls and Water Environment Management Strategies in Longling County, Yunnan Province

Jie Shao

Yunnan Provincial Ecological Environment Engineering Assessment Center, Kunming Yunnan

Received: January 6, 2026; accepted: February 10, 2026; published: February 24, 2026

Abstract

River discharge outfalls are critical nodes for land-based pollutants entering water bodies, and their refined management is a core component of watershed water environment system governance. This study focuses on Longling County, Baoshan City, Yunnan Province, and is based on the results of the 2023~2024 river discharge outfall investigation and source tracing work. It systematically analyzes the structural characteristics, pollution sources, and spatial distribution patterns of discharge outfalls in the main streams of the Nujiang and Ruili Rivers and urban built-up areas. A total of 587 river discharge outfalls were identified, with diffuse sources such as natural gullies and agricultural drainage outlets dominating (accounting for 97.96%), indicating that the regional water pollution input structure has shifted from traditional point sources to a new stage of “absolute dominance of diffuse pollution.” Water quality monitoring results showed that 32 outfalls exceeded standards, spatially concentrated in urban built-up areas and the Bizhai Township section of the Nujiang River. The main exceeding factors were chemical oxygen demand, ammonia nitrogen, and total phosphorus. Through a three-level source tracing analysis using “data-manual-technology,” the pollution sources of the exceeding outfalls showed highly complex characteristics, mainly forming two typical pollution chains: “rural composite diffuse sources” and “urban mixed sewage and rainwater.” Based on these findings, this paper proposes a systematic governance strategy centered on “watershed coordination and three-end collaboration,” encompassing full-chain measures of source control, process interception, and end-of-pipe remediation. It also suggests building a smart monitoring platform and a multi-stakeholder co-governance framework to provide scientific basis and practical pathways for refined water environment management in mountainous counties of Southwest China.

Keywords

River Discharge Outfalls, Investigation and Source Tracing, Diffuse Pollution, Water Environment Management, Longling County

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水是生态系统良性循环的控制性要素，其质量状况直接关系到区域生态安全与可持续发展。随着我国生态文明建设向纵深推进，水环境治理正经历从污染防治为主向水生态健康为核心的系统治理深刻转型[1]。这一转变对污染源的精准识别、系统管控与长效治理提出了更高要求。入河排污口作为陆域污染源进入水体的最后闸口，是统筹“陆域-水体”治理、打通水环境管理“最后一公里”的核心节点。2022年，国务院办公厅印发《关于加强入河入海排污口监督管理工作的实施意见》[2]，确立了“有口皆查、应查尽查”原则，系统构建“排查、监测、溯源、整治”的全链条闭环监管体系。2023年，生态环境部进一步出台《入河入海排污口监督管理技术指南溯源总则》(HJ1315-2023)等技术规范，推动排污口管理向“精准溯源、分类整治、智慧监管”的精细化阶段迈进。

龙陵县地处滇西横断山脉南延部分，位于高黎贡山南麓的怒江与瑞丽江(龙川江)分水岭地带，是国家西南生态安全屏障的重要组成部分，也是多民族聚居的生态敏感区。县域内山地面积占比高达98% [3]，地势起伏大，水系发育但生态环境脆弱，水环境受面源污染与城乡混合排放影响显著。为全面落实国家和云南省关于排污口排查整治的最新要求，龙陵县于2023年至2024年系统开展了怒江、瑞丽江干流及

城市建成区水体的排污口排查、监测与溯源工作,本研究基于上述工作成果,旨在系统解析龙陵县入河排污口的空间分布规律、类型结构特征与污染成因机理,识别重点污染区域与关键输入途径,进而构建符合山地县域特点、兼具科学性与操作性的“查、测、溯、治”一体化水环境治理策略,以期为我国西南山区同类县域的水环境精细化管理提供技术参考与实践范式。

2. 研究区域与方法

2.1. 研究区域概况

龙陵县位于云南省西部,地跨东经 $98^{\circ}25' \sim 99^{\circ}10'$,北纬 $24^{\circ}07' \sim 24^{\circ}51'$,县域总面积约2794平方公里,属典型的横断山区高原地貌,山地面积占总面积的98%以上。境内怒江与瑞丽江(龙川江)两大水系过境,其中怒江过境段长约161公里,瑞丽江过境段长约55公里,构成区域水网骨架。社会经济方面,2024年全县地区生产总值(GDP)为145.46亿元[4],已形成以绿色硅基材料为主导的工业产业体系,并依托丰富的地热资源发展温泉康养旅游。在基础设施方面,城区排水系统呈现明显的时空分异特征:新建城区基本实现雨污分流,而老城区因历史遗留问题,仍以合流制排水系统为主,存在显著的雨污混流现象,这增加了城市面源污染控制的复杂性。

2.2. 工作方法与技术路线

本次工作严格遵循《入河(海)排污口三级排查技术指南》(HJ132-2021)[5]和《入河入海排污口监督管理技术指南溯源总则》(HJ1313-2023)[6],采用“三级排查、三级溯源”的技术路线。

2.2.1. 排污口排查方法

排查工作采用“三级排查”递进式方法,确保“有口皆查、应查尽查”。

一级排查(遥感解译):首先,基于“天地图”高分辨率影像底图,采用人机交互式解译方式,结合排污口的纹理、形状、颜色及空间分布等特征,对工业企业、居民点、农田等区域进行全域扫描,初步识别疑似排污口与可疑区域。本次一级排查共解译出可疑区域60个、疑似排口44个。

二级排查(人工徒步踏勘与现场核实):在遥感解译基础上,组织专业技术人员对划定岸线进行拉网式人工徒步踏勘。为全面掌握排污口在不同水文条件下的动态特征,现场排查工作分别于2023年7月(雨季)和2023年11月(旱季)分两轮实施。排查过程中,对每个疑似点位进行核实、GPS定位、拍照、分类与记录,并对排放异常或水质超标的排口进行重点登记,建立完整的排污口名录。

三级排查(疑难攻坚与补充核查):针对二级排查中因地形、水情或气象等因素导致的排查缺陷,以及信息存疑的排污口,开展现场攻坚排查。此项工作聚焦于桥下、水下、林下等遥感无法覆盖的隐蔽区域,通过逐一清查暗管、渗坑等疑似点,查漏补缺,进一步完善排污口信息。

2.2.2. 污染溯源方法

在全面排查建档后,对所有排查出的排污口开展溯源工作,采用“三级溯源”法,遵循“分步实施、分类施策”的原则。

第一级溯源(资料溯源):充分利用区域内已有的入河排污口排查台账、环境影响评价、排污许可、排水许可审批文件、第二次污染源普查数据、城镇污水及雨水管网分布图、土地利用现状数据等相关资料,通过查阅、整理与比对,直接确定部分排污口的污染来源。能够通过此方法明确来源的排污口即完成溯源。

第二级溯源(人工排查溯源):对经第一级溯源仍未能查清来源的排污口,纳入第二级溯源。由现场技术人员结合已有资料,通过人工调查、走访询问当地环保管理人员、工业企业及乡镇管理人员等方式进

进行现场核实。对于涉及管网的排口，可结合检查井内管网连接情况和水流方向进行确认，以厘清排污口与污染源的对应关系。

第三级溯源(技术攻坚溯源)：针对前两级溯源均无法完成、污染来源不明确且溯源难度大的排污口，启动技术攻坚。主要利用无人机补充航测等手段进行深度溯源，以解决疑难问题。

2.2.3. 数据分析与集成

将排查与溯源过程中获取的排污口位置、类型、受纳水体、污水来源、水质监测结果及溯源结论等所有信息，统一整合并录入地理信息系统(GIS)平台，构建龙陵县入河排污口动态信息数据库。以此为基础，通过空间落图与统计分析，系统评估排污口的空间分布格局、类型构成及其与水环境污染的关联性，为后续的分类整治与长效监管提供科学的数据支撑。

3. 结果与分析

3.1. 排污口排查结果

本次系统排查共识别并核实龙陵县入河排污口 587 个，其空间分布与类型构成呈现出显著的非均衡性与“面源主导”的鲜明格局。

3.1.1. 空间分布特征

排污口在空间上表现出显著的流域差异性。怒江干流沿线分布最为密集，共发现 231 个排污口，占比 39.35%；城市建成区水体次之，为 239 个，占比 40.72%；瑞丽江干流沿线相对稀疏，共 117 个，占比 19.93%。此分布格局与区域人类活动强度(人口密度、城镇发展、农业开发)及水系地貌特征密切相关。

3.1.2. 类型构成与污染结构分析

从排污口类型构成来看，龙陵县的水污染输入结构已由传统点源为主的历史阶段，全面转向“面源污染绝对主导”的治理新格局。这一转变具有显著的统计特征：广义上的“其他排口”总数达 575 个，占总排口数量的 97.96%，构成了当前流域污染输入的主体。其中，自然径流排口(包括冲沟、溪流、河流入口等)共计 218 个，占比 37.14%，是输送流域地表径流携带各类污染物的主要通道；农田退水口(116 个，占 19.76%)与农灌沟渠入河口(73 个，占 12.44%)共同构成了农业面源污染，特别是氮、磷等营养物质向水体输入的关键路径。上述三类排口合计占比高达 69.34%，表明农业与城乡径流面源已成为当前区域水环境最主要的污染负荷来源。相比之下，传统意义上的点源排口数量极少，其中工业排污口仅有 11 个，城镇污水处理厂排污口仅为 1 个，两者合计占比不足 2.04%。这一鲜明对比印证了经过多年的持续治理与监管，传统工业和城镇生活点源的直接排污行为已得到有效控制，其在水环境污染总量中的相对贡献已大幅降低，不再是当前水污染防治的主要矛盾。排污口类型结构分析清晰地揭示出，龙陵县水污染防治的主要矛盾已发生根本性转变，治理战略亟需从以往聚焦于“点源末端治理”的单一模式，转向覆盖整个汇水区域的、系统性的“面源污染综合防控与流域生态治理”新阶段。

3.2. 水质超标排口识别与复合污染溯源

3.2.1. 水质超标现状与空间分异

在具备采样条件的 149 个排污口中，共检出水质为劣V类的超标排口 32 个，总体超标率为 21.48%。空间上，超标问题高度集中于两个区域：怒江干流沿线(16 个超标口)与城市建成区水体(16 个超标口)，而瑞丽江干流沿线未发现超标排口。化学需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)和总磷(TP)是普遍的共性超标指标，精准指向了生活有机污染、农业化肥流失及土壤侵蚀等面源污染特征。龙陵县入河排污口类型构成统计详见表 1。

Table 1. Statistical analysis of the types of river-ingress sewage discharge points in Longling county
表 1. 龙陵县入河排污口类型构成统计

排污口类型	数量 (个)	占比 (%)	主要特征与污染贡献
面源主导排口			
自然径流排口	218	37.14	流域地表径流汇集通道, 受土地利用方式直接影响, 输送颗粒物、有机物及附着污染物。
农田退水口	116	19.76	农业灌溉尾水直接排放口, 是溶解态氮、磷等营养盐输入的关键点。
农灌沟渠入河口	73	12.44	兼具灌溉与排水功能, 易汇集农田退水、村落生活污水等多重面源污染。
点源排口			
工业排污口	11	1.87	主要为特定工业企业(如硅业)的雨洪排口或间接冷却水排口。
污水处理厂排口	1	0.17	城镇生活污水集中处理后的规范化排放口。
其他/混合排口	168	28.62	包括城镇雨洪排口、生活污水散排口等, 污染来源复杂。
总计	587	100.00	/

3.2.2. 复合污染来源解析

运用“资料-人工-技术”三级溯源体系对超标排污口进行深度解析, 揭示了其背后“高度复合化”的污染来源特征, 主要表现为两种典型模式: 其一为单一源直排型(占比 < 10%), 污染来源相对明确且责任主体清晰, 典型案例包括云南永昌硅业股份有限公司雨洪排口(COD、总磷超标)以及新坪村农村生活污水处理设施尾水排口(氨氮超标), 此类排口需要针对性地加强监管与治理; 其二为多源混合输入型(占比 > 90%, 属主导模式), 这是导致区域水质超标的核心成因, 具体体现为两条典型复合污染链: 一是“乡村复合面源”汇集链, 其污染路径表现为“农田退水 + 分散式畜禽养殖废水 + 农村生活污水”经由自然沟渠或农灌渠汇集后入河, 成为怒江沿线超标排污口的主要成因; 二是“城镇雨污混流”冲击链, 其污染路径呈现为“城镇地表径流(携带地表沉积污染物) + 管网溢流的生活污水 + 餐饮商贸废水”通过合流制管网或雨水排放口形成短时高强度污染冲击进入河道, 这是城市建成区河冲河等水体水质恶化的关键机制。

4. 讨论与治理策略建议

本研究通过系统排查与精准溯源, 明确了龙陵县入河排污口的结构特征与污染来源, 揭示了该区域水环境治理正面临从点源控制向面源综合防控的战略转型期[7]。研究结果表明, 以农业退水、城乡地表径流及农村分散生活污水为主导的复合型面源污染, 已成为影响怒江局部河段及城市建成区河冲河水质的决定性因素。这种污染具有来源分散、路径多样、时空变异大、与降雨过程高度耦合等复杂特征, 使得传统基于末端排口的管控模式难以有效应对。因此, 推动水环境治理体系的系统性、适应性变革, 是实现区域水环境质量持续改善的必然要求[8]。基于以上结论, 本研究提出以下系统性的治理策略建议。

4.1. 构建“流域统筹、三端协同”的综合治理体系

治理策略应实现从单一排污口整治向以小流域为单元的“山水林田湖草”系统治理模式转型, 系统构建覆盖“源头-过程-末端”的全链条治理体系。

一是强化源头污染负荷的精细管控。在农业面源方面, 应大力推广测土配方施肥、病虫害绿色综合防控以及生态循环种养模式, 从源头上降低化肥农药施用强度及畜禽养殖污染产生量[9]。在城镇面源方

面,应以老城区和城乡结合部为重点区域,加快推进雨污分流管网系统改造与修复工程,有效解决合流制溢流污染问题[10];同时,加强对建筑工地、餐饮行业等城镇典型面源污染源的规范化监管,减少污染物无序排放。

二是构建过程污染拦截的生态屏障。在农田与水体过渡带、河湖岸线缓冲带等关键生态节点,因地制宜建设生态沟渠、植被缓冲带、人工湿地等生态拦截工程,增强对地表径流中悬浮颗粒物、氮磷营养盐等污染物的物理截留、生物吸附与化学转化能力,从而有效削减入河污染负荷。

三是实施末端分类整治与水体生态修复。针对排查识别的问题排污口,制定并实施“一口一策”分类整治方案。对雨污混流排口,可配套建设截流调蓄池与快速净化设施;对农村生活污水散排口,应根据村落分布特征与地理条件,合理布局集中式、联户式或分散式污水处理设施[11]。此外,对已受污染的水体,可结合人工湿地、生态浮岛、河道生态修复等措施,逐步恢复水体自净功能与生态健康。

4.2. 建立“数字赋能、动态智慧”的精准监管机制

环境治理的现代化转型要求实现监管的精准化与智能化。首先应构建基于风险分级的动态监测体系。依据排污口的超标历史、污染源复杂性、受纳水体敏感性等风险要素,实施差异化的监测频次与管理策略。对已识别的问题排口应提高监测密度(如按季度或按月实施监测),而对一般性排口则可采取定期抽样监测方式,以此形成动态评估与响应机制。

其次需推进智慧监管平台建设与多技术融合应用。整合排污口排查、监测、溯源、整治及日常管理全流程信息,构建统一的入河排污口数字化管理平台。通过部署物联网水质传感器、开展无人机巡航监测、结合卫星遥感影像解译,并运用大数据分析及机器学习技术,逐步实现对重点排污口、环境敏感区域水质的实时监控、污染趋势智能预警与污染来源模拟反演。该技术体系可为环境执法提供精准线索,为流域治理决策提供科学依据,从而全面提升环境监管的预见性、精准性与主动性。

4.3. 深化“责任闭环、多元共治”的长效管理格局

为实现水环境治理的可持续性,需要在健全治理体系的基础上形成管理合力。

第一,应完善以河(湖)长制为核心的责任传导与考核机制。将入河排污口的系统整治与长效管理深度融入河(湖)长制工作框架,进一步明确各级河长、相关职能部门及属地政府的监管与治理责任,并通过将其纳入生态环境保护目标责任考核体系,强化督察、约谈、问责等约束手段,确保责任链条的严密性与执行力[12]。

第二,需积极推动形成社会多元主体协同共治的格局。加强生态环境保护的宣传教育与政策法规普及,依法推进环境信息公开,畅通并完善有奖举报、公众监督员等公众参与渠道,切实保障社会公众的知情权、参与权与监督权。同时,应引导和激励企业主动披露环境信息,自觉践行绿色生产方式,履行环境保护主体责任。通过系统构建“党政统筹、部门联动、企业履责、公众参与”的水环境保护多元共治体系,形成政府、市场与社会协同发力的良好局面,为治理成效的长期稳固提供制度保障与社会基础。

5. 结论

本文通过对龙陵县入河排污口的系统排查与精准溯源,全面揭示了区域水污染物排放的结构特征与空间格局。研究表明,龙陵县水环境污染已由传统点源主导转变为以农业退水、城乡径流和分散生活污水为主的复合型面源污染为主导,污染物输入呈现来源分散、路径复合、与降雨过程高度耦合的复杂特征。水质超标排口在空间上显著聚集于城市建成区及怒江碧寨乡段,形成“城镇雨污混流”与“乡村复合面源”两类典型污染输入模式。针对上述特征,治理策略需从单一末端管控转向以小流域为单元的“源

头-过程-末端”协同治理体系,并依托动态监测、智慧平台与多元共治机制提升治理的系统性与长效性。本研究不仅为龙陵县水环境精准治理提供了科学依据,也为我国西南山区同类型县域的水环境管理体系构建提供了可借鉴的技术框架与实践参考。未来应进一步强化跨部门协同与科技赋能,推动流域水环境治理向精细化、智慧化、系统化方向持续发展。

参考文献

- [1] 王可昝,李兵,商放泽,韩京成,武晓峰,黄跃飞.“三水统筹”进展及未来挑战[J].应用基础与工程科学学报,2025,33(1):111-121.
- [2] 国务院办公厅.国务院办公厅关于加强入河入海排污口监督管理工作的实施意见:国办函(2022)17号[Z].2022-03-02.
- [3] 龙陵县人民政府生态环境[EB/OL].<https://www.longling.gov.cn/info/5689/100958.htm>,2025-03-12.
- [4] 龙陵县人民政府.《2024年龙陵县国民经济和社会发展统计公报》[R/OL].<https://www.longling.gov.cn/info/8923/4250559.htm>,2025-05-30.
- [5] 生态环境部.入河(海)排污口三级排查技术指南:HJ1232-2021[EB/OL].https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/other/qt/202112/t20211230_965708.shtml,2021-01-01.
- [6] 生态环境部.入河入海排污口监督管理技术指南溯源总则:HJ1313-2023[EB/OL].https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/other/qt/202311/t20231106_1055245.shtml,2023-11-01.
- [7] 中共中央、国务院,关于深入打好污染防治攻坚战的意见[EB/OL].https://www.gov.cn/zhengce/202203/content_3635520.htm,2021-11-07.
- [8] 国务院办公厅.关于加强入河入海排污口监督管理工作的实施意见:国办函[2022]17号[EB/OL].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/02/content_5676459.htm,2022-03-02.
- [9] 生态环境部,农业农村部,住房和城乡建设部,水利部,国家乡村振兴局.关于印发《农业农村污染治理攻坚战行动方案(2021~2025年)》的通知:环土壤(2022)8号[EB/OL].https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk/xxgk03/202201/t20220129_968575.html,2022-01-25.
- [10] 住房和城乡建设部,生态环境部,发展改革委.城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019~2021年):建城(2019)52号[EB/OL].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2019-09/29/content_5434669.htm,2019-04-29.
- [11] 生态环境部.县域农村生活污水治理专项规划编制指南(试行):环办土壤函(2019)756号[EB/OL].http://sthjt.jl.gov.cn/ztlz/trwrfzyhjbh/ncsthjbh/202003/t20200320_2173408.html,2020-03-20.
- [12] 水利部.关于推动河长制从“有名”到“有实”的实施意见:水河湖(2018)230号[EB/OL].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2018-12/31/content_5441060.htm,2018-10-09.