

不同类型河流“南阳实践”应用要点探讨

张肖锦¹, 赵东南², 谢红玉², 林朋飞¹, 陈超^{1,3}, 张启文¹

- (1. 清华苏州环境创新研究院, 苏州 215010;
2. 成都市环境应急指挥保障中心, 成都 610066;
3. 清华大学环境学院, 北京 100084)

摘要: 我国河流众多, 不同地区地势、气候等条件造成河流类型多样, 不同河流类型上存在的环境应急空间与设施类型及主要应急功能不同, 为促进各地高效、高质推广“南阳实践”, 确保流域环境应急空间与设施使用方案能用、管用、好用, 在《流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南》的基础上, 通过梳理不同类型河流在突发环境事件应急处置过程中的特点, 探讨不同类型河流主要环境应急空间与设施及其使用要点, 为各地“南阳实践”应用过程中找空间、定方案提供参考。

关键词: “南阳实践”; 因地制宜; 环境应急空间与设施; 河流类型; 应急处置

中图分类号: X323

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2022050024

Discussion on application of “Nanyang Practice” in different types of rivers

ZHANG Xiaojin¹, ZHAO Dongnan², XIE Hongyu², LIN Pengfei¹, CHEN Chao^{1,3}, ZHANG Qiwen¹

(1. Research Institute for Environmental Innovation(Suzhou)Tsinghua, Suzhou 215010, China; 2. Chengdu Operation Center for Environmental Emergencies, Chengdu 610066, China; 3. School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The different characteristics of topography and climate in different regions result in different types of rivers in China. Correspondingly, there are various environmental emergency spaces, facility types, and emergency functions. To promote the “Nanyang Practice” effectively, efficiently, and usefully, and to ensure the effectiveness of the basin environmental emergency space and the application plan of the facilities, the main environmental emergency space and facilities of different rivers were discussed, as well as their characteristics of different types of rivers in the process of emergency response to environmental emergencies based on “Technical Guidelines for the Implementation of ‘Nanyang Practice’ in Environmental Emergency Response to Water Pollution Accidents in Watersheds”. It aims to provide a reference for the implementation of the “Nanyang Practice” for different regions.

Keywords: “Nanyang Practice”; adaptation to local conditions; environmental emergency space and facilities; types of rivers; emergency processing

CLC number: X323

生态环境安全是国家安全的重要组成部分。近年来, 各级生态环境部门坚决贯彻落实党中央、国务院决策部署, 以习近平生态文明思想为指导, 不断强化生态环境应急处置能力, 及时、科学、妥善处置了各类突发环境事件, 有力保障了生态环境安全。但是, 我国以重化工为主的产业结构、以公路货运为主的运输结构尚未改变; 环境事件不确定

性强、危害性大, 处置要求高、难度大, 对环境应急工作提出了很多新的挑战 and 更高的要求^[1-8]。根据2005—2020年《中国环境状况公报》《中国生态环境状况公报》《中国环境统计年报》《中国生态环境统计年报》等公布的数据^[9-11], 当前突发环境事件高发频发的态势还没有得到根本遏制, 从生态环境部调度处置的环境事件看, 水污染事件数量占事件总

收稿日期: 2022-05-17

录用日期: 2022-06-06

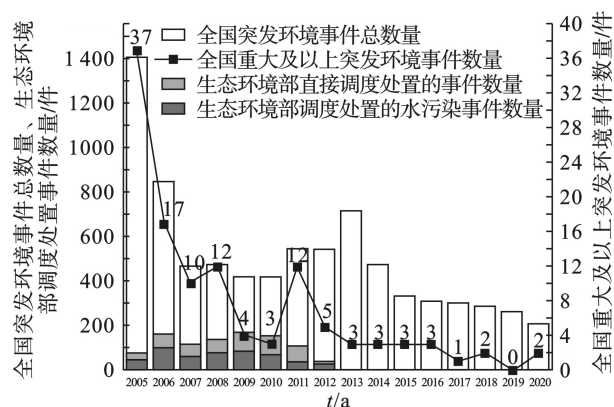
基金项目: 山东省重点研发计划项目(2020CXGC011406); 长江生态环境保护修复联合研究二期项目(2022-LHYJ-02-0201); 成都市重点河流“一河一图一策一单”项目(11N91282639Y20211)

作者简介: 张肖锦(1991—), 女, 硕士、工程师。研究方向: 环境风险防控、环境安全管理。E-mail: xiaojin.zhang@tsinghua-riet.com

通信作者: 林朋飞(1986—), 男, 博士、高级工程师。研究方向: 环境风险防控、环境应急处置。E-mail: pengfei.lin@tsinghua-riet.com

引用格式: 张肖锦, 赵东南, 谢红玉, 等. 不同类型河流“南阳实践”应用要点探讨[J]. 环境保护科学, 2023, 49(4): 43-49.

数约 50%, 其影响范围广、社会危害大、处置难度高, 是环境应急的重点。2005—2020 年全国突发环境事件, 见图 1。



注：2005—2012 年生态环境部直接调度处置环境事件数据来自《中国环境状况公报》（2005—2012 年）

图 1 2005—2020 年全国突发环境事件
Fig. 1 Environmental emergencies from 2005 to 2020 in China

为提高地方政府水污染事件应急处置能力, 切实提升“十四五”时期流域突发水污染事件应急准备和响应能力, 生态环境部通过总结各类成功处置的水污染事件技术和经验, 印发了《流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南》, 明确了“找空间、定方案、抓演练”具体实施步骤、方法与成果, 并对水库、湿地、坑塘、闸坝、引水式电站、坝式水电站、干枯河道、江心洲型河道、桥梁、临时筑坝点和其他设施等流域 11 种类型的环境应急空间与设施的使用原则和方法进行了说明。

我国地形多样, 气候类型复杂, 河流类型众多。各地在推广“南阳实践”过程中, 必须要结合地势、气象和水文等实际情况, 因地制宜制定“一河一策一图”环境应急响应方案, 才能确保流域环境应急空间与设施使用方案能用、管用、好用。本文在实际应急工作的基础上, 梳理了突发环境事件应急处置过程中不同类型河流的处置要点, 提出不同类型河流主要环境应急空间与设施的使用方案, 可为各地“南阳实践”具体实操落地提供参考。

1 “南阳实践”的内涵与要求

1.1 “南阳实践”的由来

“南阳实践”, 即通过贯彻“以空间换时间”的原则, 落实“找空间、定方案、抓演练”3 个关键环节, 把水污染事件现场临时找“应急池”变为提前规划好污染团与清水隔离的“空间”, 为事故现场处置赢

得主动^[12]。“南阳实践”来源于多起水污染事件的成功处置经验, 主要思路是在河南省南阳市淇河污染事件处置中最先提出, 并经过多起事件的成功处置经验、实践反复验证。

2018 年 1 月 17 日河南省南阳市西峡县发生淇河污染事件, 事件处置完成后, 生态环境部启动了丹江口库区突发环境事件应急预案编制试点工作, 会同河南省、湖北省和陕西省生态环境厅, 联合南阳市、十堰市和商洛市等生态环境部门, 总结淇河污染事件等成功处置经验, 开展“南阳实践”试点, 形成了《丹江口库区重点河流环境应急“一河一策一图”汇编》等工作成果。

2020 年 10 月, 生态环境部召开 2020 年全国环境应急管理工作暨“南阳实践”总结推进视频会, 会议指出, 要扎实做好“南阳实践”的推广应用工作, 各地要在当前试点工作的基础上, 从集中式饮用水水源地河流入手, 组织开展“南阳实践”的推广, 制定实施重点河流环境应急“一河一策一图”, “十四五”时期实现重点河流全覆盖。

2021 年 11 月 2 日, 《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》提出, 要完成重点河流突发水污染事件“一河一策一图”全覆盖。为指导各地“南阳实践”工作开展, 在试点成果基础上, 生态环境部印发了《丹江口库区重点河流环境应急“一河一策一图”汇编》《突发水污染事件以空间换时间的应急处置技术方法指导手册》(环办应急函〔2020〕593 号)《流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南》(环办应急函〔2021〕179 号)等文件, 对“南阳实践”工作成果提出了具体要求。

1.2 “南阳实践”的工作要求

根据《流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南》(环办应急函〔2021〕179 号)等文件, “南阳实践”工作内容主要包括“找空间、定方案、抓演练”3 个方面: “找空间”是通过资料收集、影像分析和现场踏勘等梳理河流水文水系、环境敏感目标、环境风险源、环境应急空间与设施等信息; “定方案”关键是明确环境应急空间与设施建设或使用方案、运转方式, 以及如何隔离拦截污染团、如何控制清水等问题; “抓演练”即通过分阶段、分层次演练, 对方案的可操作性进行检验, 包括环境应急空间与设施实际存水量是否准确、污水是

否能够引进去、运转方式是否有效,人员队伍、施工材料和设备机械等是否能够保障。

基于已有河流突发环境事件应急处置经验,《流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南》(环办应急函〔2021〕179号)中梳理水库、

湿地、坑塘、闸坝、引水式电站、坝式水电站、干枯河道、江心洲型河道、桥梁、临时筑坝点和其他设施等 11 类常见环境应急空间与设施,并总结其可能的功能和使用方法,见表 1。

表 1 环境应急空间与设施使用方法简介
Table 1 Usage schemes of environmental emergency space and facilities

类型	主要功能	主要方法
水库	调蓄、拦截、处置	1.调度清水,稀释污染团 2.事故点下游落闸拦截污染团,降低污染团推移速度,争取应急处置时间 3.事故点上游水库落闸拦截清水,减轻下游截污压力 4.依托水库拦河坝,建立应急投药处置点,进行工程削污
湿地	截留、处置	1.利用湿地的空间储存污水 2.利用湿地的自净能力或建立投药点等,削减污染物
坑塘	截留、处置	1.通过泵抽或者沟渠自流的方式将河道中污染团截留在坑塘内,减轻河道污染负荷 2.作为处置点,削减污染物
闸坝	拦截、引流、处置	1.落闸拦截污染团,降低污染团推移速度 2.利用闸坝连通的灌渠等引流污水 3.利用闸坝建立投药处置点,进行工程削污
引水式电站	分流、引流	1.通过电站引水渠引流蓄污并通过河道分流清水 2.在电站坝下筑坝蓄污并通过电站引水渠分流清水
坝式水电站	拦截、处置	1.落闸拦截污染团,降低污染团推移速度 2.利用闸坝建立投药处置点,进行工程削污
干枯河道	分流、处置	1.利用干枯河道分流清水,实现清污分离 2.利用干枯河道引流污水,并适时在河道交汇处筑坝,临时储存、处置污水
江心洲型河道	分流、处置	1.事故点位置的江心洲型河道,可在江心洲上下两端建坝,构建堰塞湖,隔离污水,分流清水 2.在堰塞湖进行处置,削减污染物浓度
桥梁	处置	1.利用跨河桥梁建立处置点,削减污染物
临时筑坝点	拦截、处置	1.拦截污染团,降低污染团推移速度 2.建立投药处置点,进行工程削污
其他设施	处置	1.环境应急物资库保障物资、装备供应

1.3 “南阳实践”的应用

按照生态环境部“南阳实践”工作部署,在丹江口库区试点工作基础上,2020 年扩大试点范围,生态环境部选择了山东省泗河、广东省滃江和新疆维吾尔自治区巩乃斯河等河流,与有关省、自治区一起开展试点工作,重点推进跨国界、区域性水源区等极敏感河流的试点;河北省、四川省还主动与生态环境部一起分别就潮河、东风渠等开展试点。在省级层面,重点推进区域代表性河流试点,根据《2020 年环境应急管理工作要点》,每个省 2020 年至少要完成一条河流试点。

2021 年,“南阳实践”在全国范围内全面推广。根据《关于印发<流域突发水污染事件环境应

急“南阳实践”实施技术指南>的通知》(环办应急函〔2021〕179 号)要求 2021 年各省级生态环境部门组织制定本行政区域“十四五”时期“南阳实践”工作方案,明确河流(河段)清单和实施计划,选择 2~3 条重点河流(河段)完成“南阳实践”实施工作,各地要用 2~3 年的时间,完成全部河流(河段)实施工作。

根据《关于印发<流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南>的通知》(环办应急函〔2021〕179 号)要求,全国 31 个省(区、市)积极作为,总体来看,全国“南阳实践”工作开展过程具有以下共性特点。

(1)基本原则:省级统筹,属地负责;因地制宜,

分步实施;动态管理,提高实效。

(2)时间计划:“启动推进(2021 年)、全面实施(2022—2023 年)、深化应用(2024—2025 年)”3 个阶段。

(3)工作任务:参照《流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南》(环办应急函〔2021〕179 号),落实“找空间、定方案、抓演练”3 个方面。

而各地“南阳实践”本地化重点体现在环境应急空间与设施使用方案制定上,在《流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南》(环办应急函〔2021〕179 号)的基础上,结合地方特点,因地制宜制定具有可操作性的环境应急空间与设施使用方案是各地“南阳实践”推广过程中必然遇到的挑战。因此,为防止各地在“南阳实践”的落实过程中出现流于形式、浮于表面和方案不适用等情形,尤其是当前市场上第三方技术支持单位能力参差不齐,有必要基于《流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南》(环办应急函〔2021〕179 号),针对典型河流特点,探讨环境应急空间与设施的使用方案,为各省市方案制定提供参考。

2 不同类型河流实施“南阳实践”的技术要点浅析

虽然《流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南》(环办应急函〔2021〕179 号)总结了常见的河流环境应急空间与设施,但不同类型河流由于水文条件的不同,所需要的环境应急空间与设施不同,盲目采用筑坝或引流可能增加应急处置成本,且造成污染范围扩大,增加处置水量。因此,在环境应急空间与设施调查和使用方案制定过程中需要考虑河流类型,因地制宜地确定重点调查的环境应急空间与设施及使用方案。

我国河流众多,河流所处区域地势、水文、气象及河流规模等差异较大。根据河流的不同特点,对河流有不同分类。例如,依据河流的平面形态将河流分为游荡、分汊、弯曲和顺直四类^[13];根据补给条件的不同,划分雨水补给、地下水补给等八大类型^[14];依据年平均流量及枯水流量的大小,分为小、中、大和特大河流;依据流速的大小不同^[15],分高速流河流、中速流河流、平速流河流、低速流河流和

微速流河流;依据流经的区域不同,分为山区河流和平原河流;依据河流全年是否断流,可分为常流性河流和季节性河流;依据河流受人工干扰程度,分为非天然河流和天然河流。

在突发环境事件应急处置过程中,河流的流量、流速等对应急处置有重要影响。因此,结合突发环境事件应急处置过程重点关注污染物的扩散范围、响应时间、环境应急空间与设施类型及可利用性等,综合考虑河流流量、坡降等多因素,将河流分为山区河流、平原河网、大型河流和人工河道。

2.1 山区河流环境应急空间与设施使用要点

我国是一个多山的国家,高山、高原和丘陵等山区约占陆域国土面积的 2/3,山区河流是我国河流的重要组成类型,具有水源丰富、地势高、落差大、水流湍急和水面窄深等显著特点。

根据山区河流地势、水文等特点,山区河流上可供利用的环境应急空间与设施以引水式水电站、坝式水电站等为主。因此,山区河流发生突发水污染事件时,可利用多级水电站引流蓄污。此外,山区河流枯水期、平水期和丰水期流量差异大,在应急处置过程中应根据河流流量,评估污染态势,确定应急处置方案。

2018 年河南省南阳市淇河污染事件为典型的山区河流突发水污染事件。2018 年 1 月 17 日,南阳市淇河发生有机磷污染事件,事发点距丹江约 30 km,距丹江口水库约 75 km。指挥部采取关闭电站闸坝、筑坝拦蓄和分流稀释等应急处置措施。在上河电站坝下 800 m 河道狭窄处建设围堰,形成临时应急池。利用河道储存受污染水体,利用电站引水渠引流清水,在上河电站坝下 1 000 m 处实现清污配比稀释排放。2018 年河南省南阳市淇河污染事件应急处置方案,见图 2。

此外,山区常见的坝式水电站等水利构筑物还可在突发环境事件应急处置过程中用于药剂的投加,如 2012 年龙江河镉污染事件^[16]。

2.2 平原河网环境应急空间与设施及使用要点

平原河流坡降较缓,流速降低,水流挟沙能力减小,河床一般都有不同程度的淤积现象,河床以沙质为主,床质较松软,抗冲击能力低。因此,平原河流上工程建设多为拦河闸、拦河坝等,可利用闸坝调控拦截污染团,降低污染团推移速度。此外,

平原河网地势平缓,临时筑坝点易于寻找,也可建立临时坝拦截污染团。但平原河网单纯利用闸坝只能围堵拦截污染团,无法实现清污分流,污染团拦截后,根据污染物超标倍数及污染物性质,可利用闸坝建立投药处置点进行工程削污,或转移处置。因此,平原河网在“找空间、定方案”过程中还需考虑拦截后受污染水体的处置措施及平原河网在闸坝调控时,可能会改变水流流向等问题。



图2 2018年河南省南阳市淇河污染事件应急处置方案
Fig. 2 Diagrammatic sketch of emergency programmes for the pollution incident of Qihe River in Nanyang City, Henan Province in 2018

2011年临沂市南涑河水污染应急演练即为典型利用拦河闸、拦河坝成功处置的案例,该演练模拟临沂市中鲁化工发生爆炸事件,造成甲苯泄漏,部分流入南涑河,处置方案如下:关闭上游郭庄闸、小石埠闸和付庄闸,切断上游来水;提升大丁庄橡胶坝,将受污染水体控制在付庄闸与大丁庄橡胶坝之间,并腾出武河湿地部分库容,开启茅湖闸、廖屯闸,进行深度净化。2011年临沂市南涑河水污染应急演练应急处置方案,见图3。

2.3 大型河流环境应急空间与设施及使用要点

根据《第一次全国水利普查公报》统计结果,我国流域面积10 000 km²及以上的河流共228条,其中黑龙江36条、辽河13条、海河8条、黄河流域17

条、淮河7条、长江流域45条、浙闽诸河7条、珠江12条、西南西北外流区诸河30条、内流区诸河53条^[17]。由此可见,我国大江大河也占有一定比例,且大江大河多是沿江沿河群众的重要饮用水水源,同时也是水路交通的重要枢纽,环境风险显著。

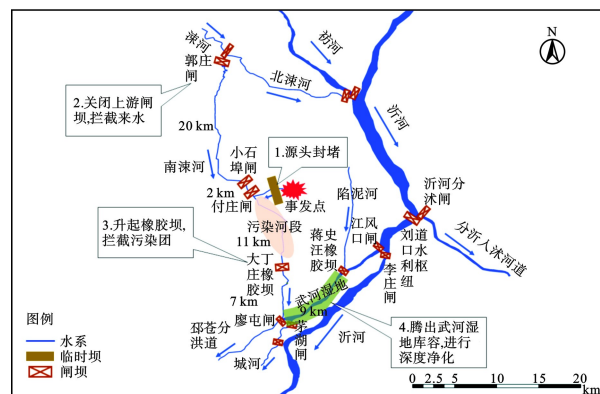


图3 2011年临沂市南涑河水污染应急演练应急处置方案
Fig. 3 Diagrammatic sketch of emergency programmes for the Emergency drill of Nansu River pollution in Linyi City, Shandong Province in 2011

《流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南》(环办应急函[2021]179号)总结历史突发环境事件成功处置经验,建议临时筑坝点一般要求在河宽<200 m、便于施工筑坝且交通便利,因此,大江大河发生污染事件时很难通过筑坝拦截,且水量大,坑塘等环境应急空间并不适用。故大江大河应以预防及提升应急处置能力为主,一旦发生污染事件,应重点在源头阻断、汇入支流拦截处置、水厂工艺改进等方面开展应急工作,通过“十一五”以来“水专项”相关课题的研究,水厂应急处置技术体系已较为完善^[18-21]。

2015年11月甘肃陇星铋污染事件则为典型的大江大河突发环境事件应急处置案例。2015年11月23日,甘肃省陇星铋业有限公司尾矿库发生尾砂泄漏,造成下游太石河、西汉水和嘉陵江共300 km以上河段水体铋浓度超标,通过源头断源截污、河道投药消减和水力调控把水体污染的强度和影响区域控制在有限的范围内;通过开辟应急水源、水厂应急净化处理和地下水井适度开采,确保下游人民群众的饮水安全^[22]。2015年11月甘肃陇星铋污染事件应急处置方案,见图4。

此外,大型河流还可通过在取水口建设调蓄池等应急保障工程,如镇江市通过在长江征润州取水口设置应急保障工程,大大提高对长江突发污染事故的应对能力^[23]。



图 4 2015 年 11 月甘肃陇星锑污染事件应急处方案
Fig. 4 Diagrammatic sketch of emergency programmes for Antimony Pollution Event in Gansu Longxing Company in November 2015

2.4 人工河道环境应急空间与设施及使用要点

地理位置、地形地貌和气象、水文等条件决定了我国降水时空分布不均、水旱灾害频发。为排洪、排涝、输水和航运等单项或综合用途,往往开展人工河道建设。为调节上游水位、控制下泄水流

流量,保证对水资源合理优化配置,人工河道上设置有多级节制闸、分水闸等。因此,人工河道发生污染事件时,可通过落闸拦截污染团,降低污染物推移速度,以及利用分水闸进行分流。如 2020 年四川省彭州市某物流公司“3·14”柴油罐泄漏次生突发环境事件。人民渠管理处巡河过程发现人民渠污染后,通过调度人民渠慈母山拦河闸、三岔河泄洪闸、石亭江拦河闸和射水河拦河闸,依次采取分流措施,为控制下游水源地石油类浓度发挥重要作用。“3·14”柴油罐泄漏次生突发环境事件应急处置方案,见图 5。

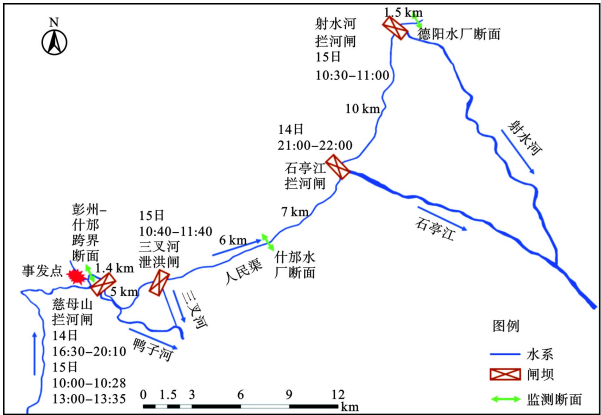


图 5 “3·14”柴油罐泄漏次生突发环境事件应急处方案
Fig. 5 Diagrammatic sketch of emergency programmes for "3·14" diesel tank leakage secondary pollution event

总结不同类型河流常见的环境应急处置空间与设施的使用方法,见表 2。

表 2 不同类型河流典型环境应急空间与设施及使用方法

Table 2 Typical environmental emergency space and facilities and usage schemes for different types of rivers

河流类型	典型环境应急空间与设施	主要功能	应用技术要点	应用案例
山区河流	引水式水电站	分流、引流	1.利用引水渠引流蓄污并通过河道分流清水 2.在电站坝下筑坝蓄污并通过电站引水渠分流清水	2018年河南省南阳市淇河污染事件 2019年丹江口水库安全保障区跨市联动环境应急演练
	坝式水电站	拦截、处置	1.落闸拦截污染团,降低污染团推移速度 2.利用闸坝建立投药处置点,进行工程削污	2012年龙江镉污染事件
平原河网	闸坝	拦截、引流、处置	1.落闸拦截污染团,降低污染团推移速度 2.利用闸坝连通的灌渠等引流污水 3.利用闸坝建立投药处置点,进行工程削污	2011年临沂市南涑河水污染应急演练
大型河流	闸坝	拦截、引流、处置	1.落闸拦截污染团,降低污染团推移速度 2.利用闸坝建立投药处置点,进行工程削污	2021年嘉陵江“1·20”甘陕川交界断面铊浓度异常事件

续表 2

河流类型	典型环境应急空间与设施	主要功能	应用技术要点	应用案例
	水源应急保障工程	拦截、分流、引流、处置	1.拦截污染团，阻止污染团污染取水口 2.建立投药处置点，削减污染物浓度	镇江长江征润州取水口应急保障工程
人工河道	闸坝	拦截、分流、处置	1.落闸拦截污染团，降低污染物推移速度 2.通过分水闸分流污染物	2020年四川省彭州市旺驰物流有限公司“3•14”柴油罐泄漏次生突发环境事件

3 结论

“南阳实践”来自多起事件的成功处置经验，其推广应用有利于厘清水文水系关系、摸清环境风险源、环境敏感目标、环境应急空间与设施底数，提前规划突发环境事件应急处置方案，实现从被动应对到主动防控的重大转变，切实提高环境风险防控和应急处置能力。

但由于我国河流众多，不同地区地势、气候等条件造成河流类型多样，不同河流类型上存在的环境应急空间与设施类型及主要应急功能不同。“十四五”期间“南阳实践”全国推广过程中，在《流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南》（环办应急函〔2021〕179 号）的基础上，需要考虑河流类型，根据河流的流量、坡降等因素确定重点调查的环境应急空间与设施。根据河流类型特点，山区河流宜重点利用引水式电站、坝式水电站；平原河网可通过利用已有闸坝或临时筑坝拦截和处置污染团；大型河流的处置在于第一时间切断污染源，同时在汇入支流拦截处置以及在水厂采取应急处置措施；人工河道可利用多级节制闸、分水闸拦截和分流处置污染团。因地制宜地编制流域突发水污染事件应急响应方案。

参考文献

[1] 黄大伟, 贾滨洋, 谢红玉, 等. 流域突发性水环境风险的评估方法[J]. 环境工程学报, 2021, 15(9): 2868 – 2873.

[2] 曹国志. 加强“十四五”环境应急管理体系和能力建设[N]. 中国环境报, 2021-04-22(3).

[3] 王金南, 曹国志, 曹东, 等. 国家环境风险防控与管理体系框架构建[J]. 中国环境科学, 2013, 33(1): 186 – 191.

[4] 於方, 曹国志, 齐雯, 等. 生态环境风险管理与损害赔偿制度现状与展望[J]. 中国环境管理, 2021(5): 143 – 150.

[5] 黄相国, 王小娜, 赵美超, 等. 防范化解区域生态环境风险的技术支撑及研究展望[J]. 环境保护科学, 2022, 48(1): 1 – 4.

[6] CAO G, YANG L, LIU L, et al. Environmental incidents in China: Lessons from 2006 to 2015[J]. Science of the Total Environment, 2018, 633: 1165 – 1172.

[7] CHAN E, WANG Z, MARK C K M, et al. Industrial accidents in China: Risk reduction and response[J]. The Lancet, 2015, 386(10002): 1421 – 1422.

[8] 毓清伟, 邝永鑫, 陈思莉, 等. 我国突发环境事件演变态势、应对经验及防控建议[J]. 环境工程学报, 2021, 15(7): 2223 – 2232.

[9] 中华人民共和国生态环境部. 《中国环境状况公报》(2005-2012)[EB/OL]. [2022-04-13]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/>.

[10] 中华人民共和国生态环境部. 《中国环境统计年报》(2005-2015)[EB/OL]. [2022-04-13]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/sthjtnb/>.

[11] 中华人民共和国生态环境部. 《中国生态环境统计年报》(2016-2020)[EB/OL]. [2022-04-13]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/sthjtnb/>.

[12] 李华东. “南阳实践”在跨境河流污水污染应对中的应用[J]. 山东化工, 2021, 50(12): 235 – 237.

[13] 钱宁. 关于河流分类及成因问题的讨论[J]. 地理学报, 1985, 40(1): 1 – 10.

[14] 黄锡荃, 苏法崇, 梅安新. 中国的河流[M]. 北京: 商务印书馆, 1995: 14 – 18.

[15] 肖先达. 河流、河段分类问题探讨[J]. 长沙交通学院学报, 1990, 6(2): 19 – 31.

[16] 张晓健, 陈超, 米子龙, 等. 饮用水应急除镉净水技术与广西龙江河突发环境事件应急处置[J]. 给水排水, 2013, 39(1): 24 – 32.

[17] 中华人民共和国水利部, 中华人民共和国国家统计局. 第一次全国水利普查公报[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.

[18] 张晓健. 水源突发污染的饮水健康影响与应急管理对策[J]. 给水排水, 2018, 44(9): 1 – 3.

[19] 张悦, 张晓健, 陈超, 等. 城市供水系统应急净水技术指导手册(试行)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.

[20] 张悦, 张晓健, 陈超, 等. 城市供水系统应急净水技术指导手册[M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.

[21] CHEN C, ZHANG X, HE W, et al. Comparison of seven kinds of drinking water treatment processes to enhance organic material removal: A pilot test[J]. Science of the Total Environment, 2007, 382(1): 93 – 102.

[22] 张晓健. 甘肃陇星锦污染事件和四川广元应急供水[J]. 给水排水, 2016, 42(10): 9 – 20.

[23] 张晓健, 陈超, 谢继步, 等. 自来水厂原水的调蓄与水质控制[J]. 中国给水排水, 2016, 32(22): 14 – 19.