

Chengshi Heichou Shuiti Zhili
Shiyong Jishu Ji Anli Fenxi

城市黑臭水体治理 实用技术及案例分析

段云霞 石岩 编著

城市黑臭水体治理实用 技术及案例分析

段云霞 石 岩 编著



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

城市黑臭水体治理实用技术及案例分析 / 段云霞,
石岩编著. — 天津 : 天津大学出版社, 2018.3

ISBN 978-7-5618-5930-8

I. ①城… II. ①段… ②石… III. ①城市污水处理
—研究—中国 IV. ①X703

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第211796号

出版发行	天津大学出版社
地 址	天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)
电 话	发行部:022-27403647
网 址	publish.tju.edu.cn
印 刷	北京京华虎彩印刷有限公司
经 销	全国各地新华书店
开 本	185mm×260mm
印 张	17
字 数	424千
版 次	2018年3月第1版
印 次	2018年3月第1次
定 价	58.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

编委会

张涛	岳金强	曾猛	檀翠玲
乔楠	陈秋生	李刚	侯震
章欣	段晓雨	许丹宇	李立春
吕晶华	赵浩宁	钟成	李晓静
韩旭	宋志伟	殷江	乔常焰
张金鸿	张晓红	陈立国	孙凯
高玮	张克楠	赵晓丽	

前 言

城市黑臭水体是我国城市水环境普遍存在的问题之一。截止到2017年9月,在我国295个地级及以上城市中,排查确认的黑臭水体共计2100个。黑臭水体不仅损害了城市人居环境,还严重影响城市形象。近几年,“让市长下河游泳”的呼声反映了百姓对解决和治理城市黑臭水体的强烈愿望。

“十二五”以来,我国对治理城市黑臭水体十分重视。2015年4月,国务院颁布《水污染防治行动计划》(“水十条”)。“水十条”中明确提出:“2017年年底前,地级及以上城市实现河面无大面积漂浮物,河岸无垃圾,无违法排污口,直辖市、省会城市、计划单列市建成区基本消除黑臭水体;2020年年底前,地级及以上城市建成区黑臭水体均控制在10%以内;到2030年,全国城市建成区黑臭水体总体得到消除”。2015年8月,住房和城乡建设部(住建部)以及环境保护部(环保部)发布《城市黑臭水体整治工作指南》,其中也提出“2017年年底前,地级及以上城市建成区应实现河面无大面积漂浮物,河岸无垃圾,无违法排污口;直辖市、省会城市、计划单列市建成区基本消除黑臭水体”。2017年4月,住建部、环保部在《关于做好城市黑臭水体整治效果评估工作的通知》中提出直辖市、省会城市、计划单列市城市黑臭水体整治要在2017年底初见成效,2018年底达到长治久清;其他地级及以上城市黑臭水体整治要在2019年底初见成效,2020年达到长治久清。随着国家有关黑臭水体政策的相继出台,城市黑臭水体整治已经成为地方各级人民政府改善城市人居环境工作的重要内容,整治工作迫切而艰巨。

城市黑臭水体治理工作是一项系统的工作,治理技术可谓“百花齐放”“各有千秋”。编制组在广泛调研和深入考察的基础上,参照住建部和环保部出台的相关技术指南和政策,筛选出应用较多、效果较好、实用性强的黑臭水体治理技术,并按照黑臭水体治理的不同阶段将其分为控源截污、消除黑臭、生态修复三大类。本书第2章为控源截污技术,第3章~第6章为消除黑臭技术,第7章为生态修复技术,第8章列举了几个典型的黑臭水体治理工程案例。书中每项技术均按照分类、原理、特点、工程案例等方面进行阐述,力求简明扼要、图文并茂、深入浅出,具有较强的实

用性和指导性,以期为相关管理者、科研工作者、工程技术人员、高校师生提供参考。

本书在国家自然科学基金(NSFC51178311)项目和天津市环境保护科学研究院院长基金项目的支持下,由天津市环境保护科学研究院的段云霞博士、石岩博士编著,参与撰写工作的还有张涛、岳金强、曾猛、檀翠玲、乔楠、陈秋生、李刚、侯冀、章欣、段晓雨、许丹宇、李立春、吕晶华、赵浩宁、钟成、李晓静、韩旭、宋志伟、殷江、乔常焰、张金鸿、张晓红、陈立国、孙凯、高玮、张克楠、赵晓丽等同志,学生丁超群、梁杰、魏宗坡、李佳强、刘振辉参与了本书的编辑及排版工作,在此向所有编制人员表示感谢!

感谢天津海之凰科技有限公司、北京环尔康科技开发有限公司、上海连能环保科技股份有限公司、中科嘉和瑞迪(北京)环境科技发展有限公司和环境保护部南京环境科学研究所对本书编写给予技术方面的支持!本书参考了大量的政策、标准、规范、论文、专著等相关资料,在此对这些文献的作者一并表示感谢!

本书涉及面广,编者水平有限,虽经多次修改与完善,不足之处仍在所难免,敬请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 黑臭水体及污染现状	1
1.2 黑臭水体污染源及成因分析	2
1.3 我国黑臭水体治理现状解析	6
1.4 黑臭水体整治技术及管理措施	10
第 2 章 控源截污技术	16
2.1 点源污染控制技术	16
2.2 面源污染控制技术	25
2.3 内源污染控制技术	40
2.4 本章小结	46
第 3 章 生态补水、活水、调水引流技术	49
3.1 生态补水技术	49
3.2 活水技术	52
3.3 调水引流技术	55
3.4 本章小结	58
第 4 章 人工曝气增氧技术	59
4.1 传统曝气充氧技术	59
4.2 细分子化超饱和溶氧—超强磁化技术	63
4.3 微纳米曝气技术	67
4.4 中空纤维膜曝气反应器技术	72
4.5 本章小结	79
第 5 章 旁路治理技术	81
5.1 氧化塘治理技术	81
5.2 快速渗滤治理技术	87
5.3 人工湿地修复技术	92
5.4 生物膜治理技术	101
5.5 一体化反应器生态修复技术	107
5.6 膜生物反应器	110

5.7 本章小结	117
第6章 物化修复技术	118
6.1 混凝沉淀	118
6.2 氧化还原	123
6.3 吸附	126
6.4 化学除藻	128
6.5 本章小结	130
第7章 生态修复技术	132
7.1 岸带修复技术	132
7.2 河道护坡生态修复技术	140
7.3 人工浮岛水体修复技术	145
7.4 水生植物生态修复技术	152
7.5 人工水草水体修复技术	160
7.6 生物栅技术	164
7.7 水生动物修复技术	167
7.8 微生物修复技术	171
7.9 本章小结	175
第8章 黑臭水体治理典型工程案例	177
8.1 天津市某制药黑臭水体环境改善工程	177
8.2 天津市化工黑臭水体环境改善工程	181
8.3 上海市黑臭水体环境改善工程	185
8.4 江苏省林庄港河道水质强化净化与生态修复工程	189
8.5 青岛市李村河黑臭水体治理工程	197
附录1 《黑臭水体治理技术政策》(征求意见稿)	200
附录2 《城市黑臭水体整治工作指南》	203
附录3 城市黑臭水体整治——排水口、管道及检查井治理技术指南(试行)	216
附录A 排水口前期调查记录表	237
附录B 排水口现状调查成果表	237
附录C 结构性缺陷修复指数计算	238
附录D 能性缺陷维护指数计算	239
附录E 雨污混接程度计算	240
附录4 人工湿地植物种类的选择	241
附录5 人工湿地耐盐植物筛选及配置	242
参考文献	257

第1章 绪 论

1.1 黑臭水体及污染现状

黑臭水体是大部分国家工业化发展阶段产生的环境产物。国外发达国家在工业化、城市化发展进程中,也出现过城市水体黑臭、水体污染的现象,最早可追溯至 20 世纪中期的英国泰晤士河。20 世纪 70 年代,德国的莱茵河由于重工业区工业污水的排入,水体发生黑臭现象。同期,美国的芝加哥河、特拉华河等,也曾因污染严重而常年黑臭。

所谓“黑臭”,主要属于环境景观、物理指标范畴,是指在视觉上河流水体呈现因污染而产生的明显异常颜色(通常是黑色或泛黑色),同时产生在嗅觉上引起人们感觉不适甚至厌恶的气味,是水体感官性污染最常见的一种现象。

我国 2015 年 8 月颁布的《城市黑臭水体整治工作指南》中对于城市黑臭水体给出了明确定义:城市黑臭水体是指城市建成区内,呈现令人不悦的颜色和(或)散发令人不适气味的水体的统称。

黑臭水体具有以下特征:①水体有机污染较严重,富营养化较为明显;②颜色呈黑色或泛黑色,具有极差的感官体验;③散发刺激的气味,引起人们的不愉快或厌恶;④水体中溶解氧(DO)较低,透明度较差,氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)较高。

《城市黑臭水体整治工作指南》中根据黑臭程度的不同,将黑臭水体细分为“轻度黑臭”和“重度黑臭”两级。城市黑臭水体分级的评价指标包括透明度、DO、氧化还原电位(ORP)和 $\text{NH}_3\text{-N}$,分级标准见表 1-1。

表 1-1 城市黑臭水体污染程度分级标准

特征指标	轻度黑臭	重度黑臭
透明度(cm)	25~10*	< 10*
溶解氧(mg/L)	0.2~2.0*	< 0.2*
氧化还原电位(mV)	-200~50	< -200
$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	8.0~15	> 15

注:* 水深不足 25 cm 时,该指标按水深的 40% 取值。

近年来,随着我国城市经济的快速发展,城市规模的日益膨胀,城市环境基础设施日渐不足,城市污水排放量不断增加,大量污染物进入河道;同时一些城市水体尤其是中小城镇水体直接成为工业、农业及生活污水的主要排放通道和场所,水体中化学需氧量(COD)、氮

(N)、磷(P)超标,河流水体污染严重,水体出现季节性或终年黑臭。我国自“九五”期间开始启动重点流域水污染防治规划,经过近 20 年的治理,在大江大河水质改善的同时,城市中自然或人工形成的河流、河道和小型湖泊等水体,老百姓周边的毛细血管河流水质尚未好转,部分城市出现多条黑臭水体,甚至城市区域内的主干线河流也出现黑臭现象。城市黑臭水体的生态结构严重失衡,给群众带来了极差的感官体验,成为目前较为突出的水环境问题,也严重影响着我国城市的良好发展。

依据《城市黑臭水体整治工作指南》提出的黑臭水体定义指标,住房和城乡建设部(以下简称住建部)以及环境保护部(以下简称环保部)建立了全国城市黑臭水体整治信息平台,根据第一轮全国黑臭水体摸底排查结果,截至 2016 年 2 月 16 日,在全国 295 座地级及以上城市中, 218 座城市排查出黑臭水体,已认定的黑臭水体总数为 1 861 个。在排查上报的全部黑臭水体中,河流数量占比最高,共 1 595 条,达 85.7%,总长度约为 5 596 km,湖、塘共 266 个,占比为 14.3%;而重度污染水体数量占比则达到 33.5%。从黑臭水体地域分布情况看,经济发达且水系更多的中东部地区的黑臭水体数量占比较大,中南区域和华东区域合计占比达 71.0%。从省份看,广东、安徽数量均超过 200 条,合计占总数的近 1/4;另外,江苏、河南、山东、湖南、湖北 5 省数量均在 100 条以上,合计占比约 1/3(见图 1-1)。

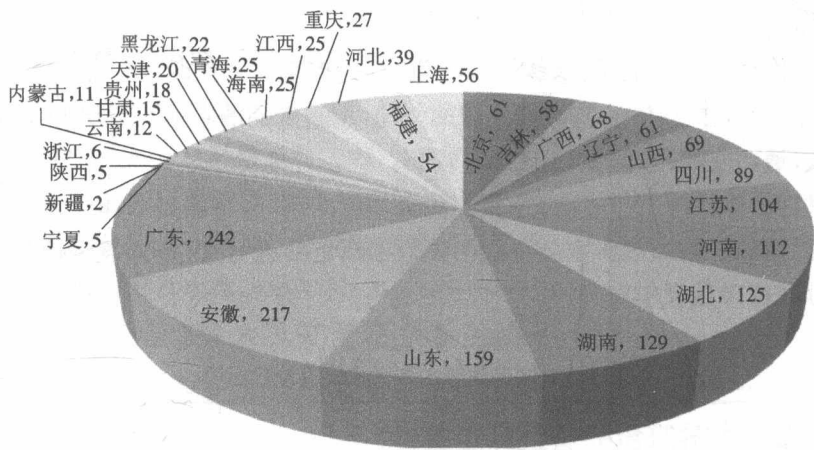


图 1-1 黑臭水体地域分布

1.2 黑臭水体污染源及成因分析

1.2.1 黑臭水体污染源

1. 有机污染物入河

有机污染物入河是造成水体黑臭现象的主要原因之一。随着城市规模的不断扩大,

城市居住人口激增,人口布局相对集中,造成城市污水处理能力不足,截污治污设施相对落后,加之城市地表径流污染负荷较大,造成大量有机污染物排入水体。有机污染物主要包括总有机碳(TOC)、COD、生化需氧量(BOD)、有机氮污染物以及含磷化合物,这些污染物主要来自废水、污水中的糖类、蛋白质、氨基酸、油脂等有机物的分解,在分解过程中消耗大量的溶解氧,造成水体缺氧,厌氧微生物大量繁殖并分解有机物产生大量致黑致臭物质,从而引起水体发黑发臭。大多数有机物富集在水体表面形成有机物膜,会破坏正常水气界面交换,从而加剧水体发黑发臭。这些有机污染物来自以下几个方面。

1) 生活污水

随着城市居民生活水平的提高,城市生活污水的排放量呈急剧上升趋势,由于生活污水肆意排放,一部分生活污水流入附近河道。生活污水中耗氧性有机物和氮、磷进入水体后,无论其是否有充分的溶解氧,在适合的水温下都将受到好氧放线菌或厌氧微生物的降解,排出不同种类发臭物质,加剧了城市水体黑臭程度。

2) 工业废水

未经处理的工业废水或处理后不达标的工业废水直接排入城市河道等水体后,废水中自有的恶臭物质及有机污染物质同样受到好氧放线菌或厌氧微生物的降解,排出不同种类发臭物质,长此以往导致了河流有机污染严重、水体普遍出现黑臭现象。

3) 畜禽粪便

近年来,畜牧业发展迅猛,规模化养殖户和养殖专业合作社逐年增多,随之而来的是畜禽污染问题。多数畜禽养殖场在建厂时未建设畜禽粪便处理设施,致使畜禽污水未经处理任意流失,污染附近河道。

4) 农田化肥污染

在农业生产活动中,农药、化肥的大量施用,致使氮素、磷素、农药重金属或无机物质,在非特定的地域,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,使大量污染物进入附近河道等水体,在一定程度上加速了地表水体富营养化进程。

5) 地表径流

随着城市化进程的加快,在城市、城郊等地区,屋面、街道、停车场等不透水表面面积的增加,这些表面富集着很多不同种类的污染物质。在降水过程中,这些表面促进了地表径流的形成,携带着多种污染物质,最终进入河道等受纳水体。

2. 底质污染与底泥再悬浮

底泥再悬浮是导致水体黑臭的重要因素之一。底泥作为城市水体的重要内源污染物,在水力冲刷、人为扰动以及生物活动影响下,引起沉积底泥再悬浮,进而在一系列物理、化学、生物综合作用下,吸附在底泥颗粒上的污染物与孔隙水发生交换,从而向水体中释放污染物,大量悬浮颗粒漂浮在水中,导致水体发黑、发臭。另外,大量底泥为微生物提供了良好的生存空间,其中放线菌和蓝藻通过代谢作用使得底泥甲烷化、反硝化,导致底泥上浮及水体黑臭。

3. 水体热污染

城市水体中往往会有大量较高温度的工业冷却水、污水处理厂废水以及居民日常生活污水等排入,导致局部甚至整个水体水温升高。水体中微生物在适宜水温下发生强烈的活动,致使水体中的大量有机物分解,降低溶解氧,释放各种发臭物质。水体一般在夏季出现黑臭现象比在冬季显著增多,主要原因是一方面微生物的活动频率与温度表现出显著正相关性,另一方面水体中的溶解氧含量随着温度的升高而降低。

4. 水体流动性变差

丧失生态功能的水体的流动性往往较差,直接导致水体复氧能力的衰退,局部水域或水层亏氧,形成适宜蓝绿藻快速繁殖的水动力条件,增加水华爆发风险。水体中的微生物和藻类残体分解有机物及 $\text{NH}_3\text{-N}$ 速度相应加快,加快溶解氧(DO)的消耗,加剧水体黑臭。

5. 其他因素

重金属污染:重金属污染也是城市河流污染类型之一,它对河流黑臭的影响主要在于水体中铁(Fe)、锰(Mn)的含量,其中悬浮物质中的铁、锰是重要的致黑因子之一。

航运:城市河流的主要功能就是航运。船舶污染是一种综合性的污染,但总体来说主要和运输货物的性质、船上生活污水、垃圾、粪便以及废油的排放有关。而航运对河流产生黑臭的另一种影响是它会导致河流沉积物发生再悬浮。

除此以外,还有垃圾的随意堆放、支流泄水或上游的污水等对河流的黑臭均具有不同程度的影响。

1.2.2 污染机理分析

水体黑臭是由于水体中有机污染物、氮、磷富含量过多,造成水体缺氧、有机物腐败,是有机污染的一种极端现象。大量有机污染物进入水体后,破坏了水体自身可以降解及净化的系统,在好氧微生物的生化作用下,消耗了水体中大量的氧气,使水体转化成缺氧状态,致使厌氧细菌大量繁殖,在经过有机物腐败、分解、发酵的过程后产生腐殖质等发臭物质沉积在河道底部,挥发性、刺激性气体,如硫化氢、甲烷等逸出水面。排放进入水体的铁、锰等重金属污染物被还原,与水中的硫形成了硫化物,进而形成大量吸附了硫化铁(FeS)、硫化锰(MnS)的带负电胶体的悬浮颗粒,致使水体变黑。图 1-2 所示为水体黑臭产生机理示意图。

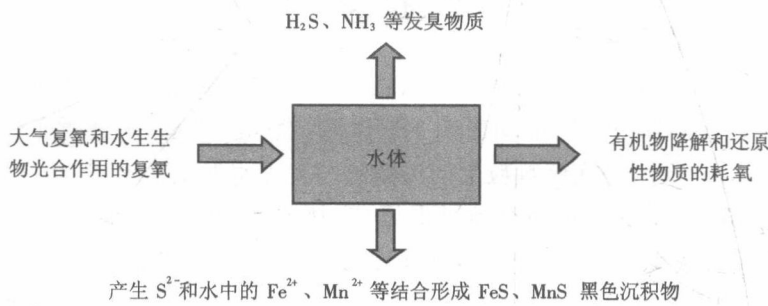


图 1-2 水体黑臭产生机理

黑臭水体与污染指标的关系,见表 1-2。

表 1-2 黑臭水体与污染指标的关系

有机物(COD、BOD)	NH ₃ -N
有机物分解消耗氧气,致使 DO 降低甚至消失,是导致黑臭的“次生原因”	一般是黑臭水体中有机物分解的“产物”和“结果”,往往不是黑臭水体形成的直接原因或要因
DO	微藻
导致黑臭的直接原因(第一要因),但不是结果	一般不在黑臭水体中生长,黑臭水体不会发生“水华”
氧化还原电位(ORP)	透明度
反映水体氧化还原的综合指标,由 DO、氧化性物质(硝酸根等)、还原物质等决定。比 DO 更能反映水体的“缺氧程度”,导致黑臭的“次生原因”	黑臭水体往往还伴有大量悬浮物,导致透明度降低。透明度低是黑臭水体的“伴随特性”,往往是由排入污水的悬浮物引起的

1.2.3 污染成因分析

城市人口增加和工业发展使得排入城市水体的污染物超过水体环境承受能力和自净能力,使水体污染, DO 下降,水体发生厌氧现象,从而发生黑臭。水体污染影响水体生态,影响水中生物生存,使水生植被退化甚至灭绝,浮游植物、浮游动物、底栖动物大量消失,只有少量耐污种类存在。水体中食物链断裂,生态系统结构严重失衡,水体自净功能严重退化甚至丧失,从而导致水体黑臭速度加快。水体发生黑臭后,水体自净功能基本丧失,在污染物不停排入的情况下,水体愈发地显现黑臭,进入恶性循环阶段。

黑臭水体往往以有机污染为主,这是造成城市水体黑臭的原因。

大部分城市存在以下五个方面的瓶颈问题。

(1)排污量大且空间集中,截污治污设施建设滞后于城市开发建设,这是最直接的原因。快速城镇化带来大量的人口聚集,大量无法处理的污水直接排入城市河道,大量垃圾堆积在河道两岸,直接造成水体的污染。即使是经济发达、污水处理水平较高的首都北京,也有类似现象,以清河为例:近 5 年清河污水处理厂一直在一期、二期、三期的不断扩建,但清河两岸人口的增长快速,目前每天仍有 10 万 t 以上的污水未经处理直排入河。

(2)污水管网设施不健全,生活污水肆意排放入河。“十一五”以来我国大规模建设污水处理厂,但在管网建设方面,美国 2002 年城市排水管网密度平均在 15 km/km² 以上,日本 2004 年城市排水管道密度平均在 20 ~ 30 km/km² 以上,而我国 2010 年城市排水管道密度为 9.0 km/km²,差距显著。有些城镇建成区尚存污水收集系统空白地区,尤其是一些城中村、农夹居地区;同时,管网质量不高,雨污不分流,错接、漏接、混接现象普遍,分流制地区雨污混接现象突出,生活污水混入雨水管网排入河道问题难以根治。

(3)部分城市水体生态流量不足或者无天然径流。我国水资源开发利用强度加大,不合理的水资源调度和水电开发对生态环境影响突出,中小河流断流现象十分普遍。全国 657 个城市中有 300 多个属于联合国人居环境署评价标准中的“严重缺水”和“缺水”城市。在北方地区,河道流量少,或者是干涸的河流,仅有污水处理厂尾水排放的水体难以满足水

体功能要求。在南方的河网水系中支河多为断头浜，断头浜导致水流不畅，调蓄、输水能力较差，缺少活水措施，河水自净能力较差。

(4)城市地表径流冲击负荷较大。国内老城区的排水管道系统绝大部分为合流制，晴天主要输送城市污水，雨天则输送雨污混合污水，当暴雨雨量超过合流管道的设计能力时，过量的雨污混合污水就从合流管道的溢流设施或排水泵站溢流至城市水体中，直接导致水体水质急剧变差。

(5)部分城市水体周边脏、乱、差问题严重，城市滨水地带被大量占用，尤其是老城区和城乡结合部的水体，违章建筑物多，小型服务业多而杂乱，大量棚户区和单位无序分割占用，污水和垃圾直排入河(见图 1-3)。



图 1-3 黑臭水体治理前状况

1.3 我国黑臭水体治理现状解析

1.3.1 我国黑臭水体治理现状

1. 黑臭水体治理现状

我国黑臭水体的治理，最早可以追溯到 1998 年的上海苏州河环境综合整治。近年来，黑臭水体治理逐渐受到地方政府的高度重视，根据住建部及环保部共同搭建的“城市水环境公众参与平台”显示，截至 2017 年，黑臭水体全国总认定数为 2 100 个，水体面积达到 1 484.727 km²，其中已完成治理 927 个，治理完成率为 44.1%，治理中 843 个，还有 328 个处在方案制定阶段，还有 2 个未启动黑臭水体治理(具体见图 1-4)。

近年来，北京市在全市范围内实施“治脏、治乱、治臭”为重点的河湖水环境整治行动。2013 年，北京市政府印发了《加强河湖生态环境建设与管理工作的意见(2013—2015 年)》，确立了河湖的“五无”目标，即无垃圾渣土、无集中漂浮物、无非法排污、无明显臭味、无违法建设。2013 年，开展了河湖的“百日整治”行动，重点集中治理群众最关心、问题最突出的 20 条段、200 km 河道，通过整治河湖环境卫生、向河湖补充环境用水、建设临时应急污水处

理设施、实施雨污水管网清淤、开展河湖生态环境执法、利用技术手段改善河湖水质等措施，促进了河湖水环境质量的改善。北京市黑臭水体环境综合整治对象、目标明确，手段综合，达到了改善水质的目的。

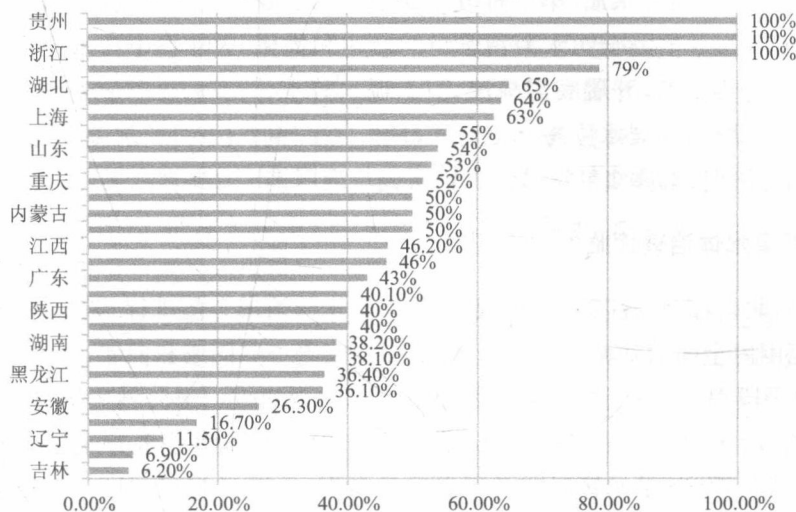


图 1-4 截至 2017 年 9 月 12 日，目前各省份完成治理比例

2006 年，为了改进河涌的治理效果，广州市制定了《广州市中心城区河涌水系规划》，结合水系梳理、截污治污、调水补水、群闸联控、河道清淤、植被复育、景观营造、生态堤岸建设等各项因素，将河涌整治作为一项综合性的系统工程来进行规划，形成了“截污治污、补水调水、引水济涌、堤固岸绿、生态自然”的水环境治理思路，规划的实施标志着广州市河涌水系的治理进入了综合整治阶段。2013 年，广东省印发了《南粤水更清行动计划》，据此各市结合实际大力推进城市内河涌整治，珠三角地区全面开展每个城镇整治一条重污染河涌，广州、佛山实行“一河一策”“一涌一人”，明确每条河涌整治的具体措施和责任单位。2013 年 7 月起，广州市环保局开始定期公布 50 条河涌水质信息，让公众知悉治理成效。广州市通过规划完成黑臭水体治理的顶层设计，多手段综合达到系统治理河涌的目标，并实行信息公开，接受社会监督。

2013 年，江苏省印发了《全省城市河道环境综合整治工作指导意见的通知》，以市、县两级城市河道为重点，统筹推进控源截污、环境整治、清淤疏浚、调水引流、生态修复，提升城市河道生态环境质量，改善城市人居环境。围绕“五水共治”，杭州市出台了一系列的三年行动计划，2014—2016 年，将深入实施“工程治水、管理治水、结构治水”三大举措，全方位破解制约城市发展的水问题。

2015 年，天津市出台了《天津市水污染防治工作方案》，全市采取控源截污、垃圾清理、清淤疏浚、生态修复等措施，加大黑臭水体治理力度，每半年向社会公布治理情况。

2. 黑臭水体治理技术的发展历程

我国黑臭水体的治理理念和技术相对比较滞后，在 30 多年的过程中，我国黑臭水体污染控制与治理经历了从单纯注重水资源开发、水体安全功能到治理水体环境、维护景观多样

性,再到重点建设水体生态系统等三个发展阶段,相应的水体治理技术也在不断发展。

黑臭水体治理经历过三个阶段,第一阶段是从 20 世纪 80 年代至 20 世纪 90 年代,主要是以水利治河为主的阶段,以提高防洪、蓄水航运为目标,利用防洪工程、排污工程和灌溉工程等措施控制污染并改善水质;第二阶段是从 20 世纪 90 年代至 21 世纪初,主要为环境保护与综合治理阶段,开展混合污水截留管道的修建和优化,兴建集中污水处理设施、氧化塘等,为城市水体污染控源,开展底泥疏浚、引水调水等水体治理技术研究;第三阶段是从 21 世纪初到现在,主要为开展水生态修复阶段,从“十五”到“十三五”水专项在多个城市开展水体污染控制与治理、水体修复技术的理论研究与推广应用。

1.3.2 我国黑臭水体治理面临的主要问题

虽然上海、北京、广州、江苏和浙江等地在黑臭水体治理方面进行了有益的探索和实践,但是在全国范围内全面消除城市黑臭水体,仍然面临着一些困难和问题。

(1)治理手段单一,系统性不足制约黑臭水体治理成效。部分城市黑臭水体治理寄希望于污水截流、清淤、筑坝、护岸等措施,治理手段比较单一,有些地方采用在河沟、河渠上“加盖”,当作排污暗沟,虽然暂时避免了臭味的散发,改善了感观,但加盖后封于地下的河流水质便会进一步恶化,会对流域水系造成毁灭性破坏。为了打造城市水体景观,很多地方建设了橡胶坝,由此导致下游地区基本断流。断头河、有河皆干、有水皆污的现象比比皆是。为了防洪泄洪,部分地方改河道自然护坡为混凝土护坡,甚至“三面光”——河的两岸和河底均被混凝土衬上,严重阻碍了水陆生态系统的联系,破坏了水体的生态系统平衡。黑臭水体的治理普遍缺乏规范化设计和宏观导向指引。消除黑臭仅仅是城市水体治理的最基本标准,城市水体要成为公众的亲水空间,成为城市的生态廊道和绿网,城市黑臭水体治理亟须进行顶层设计,进行规范化的指导。

(2)协调机制不完善,城市黑臭水体治理作为水治理的重要内容,“九龙治水水不治”的困局尚未打破,治水合力尚未形成。城市黑臭水体治理涉及多个行政管理部门,污染物排放监督管理涉及环境保护部门,排污口设置以及河道管理涉及水利(水务)部门,污水管网等基础设施建设涉及住建部门,其他还涉及景观、规划、土地等主管部门,管理协调难度大。

(3)管理机制不健全,黑臭水体存在反弹的可能。黑臭水体在治理过程中,如果污染源治理不彻底、治理后管理不到位,很容易出现黑臭水体反弹的情形,表现为丰水期好、枯水期差,水质晴天时好,下雨天又黑又臭的情形。黑臭水体治理必须坚持工程项目和管理制度并重,两手抓,两手都要硬,共同促进黑臭水体的消除以及良好水体的恢复。

1.3.3 我国黑臭水体治理总体规划

“十二五”以来,我国对解决和治理城市黑臭水体十分重视。2015 年 4 月,国务院发布“水十条”,其中对黑臭水体治理和水体水质提出的明确要求:到 2017 年底,直辖市、省会城市、计划单列市建成区基本消除黑臭水体,到 2020 年,我国地级及以上城市建成区黑臭水体均控制在 10% 以内,长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河七大重点流域水质优良(达

到或优于Ⅲ类)比例总体达到70%以上。到2030年,城市建成区黑臭水体总体得到消除,全国七大重点流域水质优良比例总体达到75%以上,城市集中式饮用水水源水质达到或优于Ⅲ类比例总体为95%左右。

2015年8月,住建部、环保部发布《城市黑臭水体整治工作指南》(以下简称《指南》),对城市黑臭水体整治工作的目标、原则、工作流程等均做出了明确规定,并对城市黑臭水体的识别、分级、整治方案编制方法以及整治技术的选择和效果评估、政策机制保障提出了明确的要求。根据《指南》,到2015年年底,地级及以上城市建成区应完成水体排查,公布黑臭水体名称、责任人及达标期限(已基本完成);2017年年底,地级及以上城市建成区应实现河面无大面积漂浮物,河岸无垃圾,无违法排污口;直辖市、省会城市、计划单列市建成区基本消除黑臭水体。

城市黑臭水体治理是一项系统的工作,依靠单一的处理技术与应急的处理方案,尽管短时间内可能能够消除水体的黑臭,但并非是长治久安的治理措施。城市黑臭水体治理的技术体系应根据“外源控制+内源控制+提升自净能力+综合管理”的理念建立,应包括外源控制技术、内源控制技术、水体自净能力恢复和建立技术、黑臭水体监测和管理体系等。黑臭水体治理不仅涉及污水治理技术、污水再生利用技术、水体生态系统恢复技术、景观园林构建技术、水资源平衡及利用等技术领域,是一个系统的环境综合治理技术,还涉及人文、地理、景观、城市发展等,因此黑臭水体治理体系建立必须全方位的考虑,全方位的设计和全方位的治理。

黑臭水体成因复杂、影响因素多、整治工作时间紧、任务重,《城市黑臭水体整治工作指南》提出了“控源截污、内源治理、生态修复”的技术路线,将“控源截污”作为城市黑臭水体整治工作的根本措施。

其一,黑臭水体的治理必须同城市开发和建设协同推进,避免新增城市黑臭水体。黑臭水体的形成与城市的无序开发和建设密切相关。黑臭水体的治理需融入新型城镇化建设过程中,与生态城市建设、海绵城市建设以及地下综合管廊城市建设等相融合。加强城市良好水体保护,防止水质退化,避免新增城市黑臭水体。

其二,黑臭水体治理必须坚持综合施策和系统治理,实现河畅水清岸绿景美的目的。国家层面应制定和出台《黑臭水体评定技术标准》《黑臭水体综合整治方案编制技术指南》《黑臭水体消除验收标准》等技术文件,加强黑臭水体环境综合整治的全过程管理,指导地方各级政府开展环境综合整治工作。首先是要减少污染物排放,强化城市管网等基础设施建设,切断直排入河的污染通道;重视城市面源治理,减少初期雨水污染对河道水体的冲击;实施河道生态疏浚,减少内源污染;城市污水处理厂尾水通过人工湿地、净化塘等进行深度处理和回补河流,给城市水体进一步减负;其次是重视河道补水,及时将再生水、雨水等补充到河道,保证河道生态流量,维持河道水体流动性;最后是重视河道的生态化改造,通过曝气设施建设等改善水动力条件,解决河道流速慢、水动力不足的问题,提高水体的自净能力。

其三,黑臭水体治理需发挥公众监督,将“互联网”融入黑臭水体治理。公众是消除黑