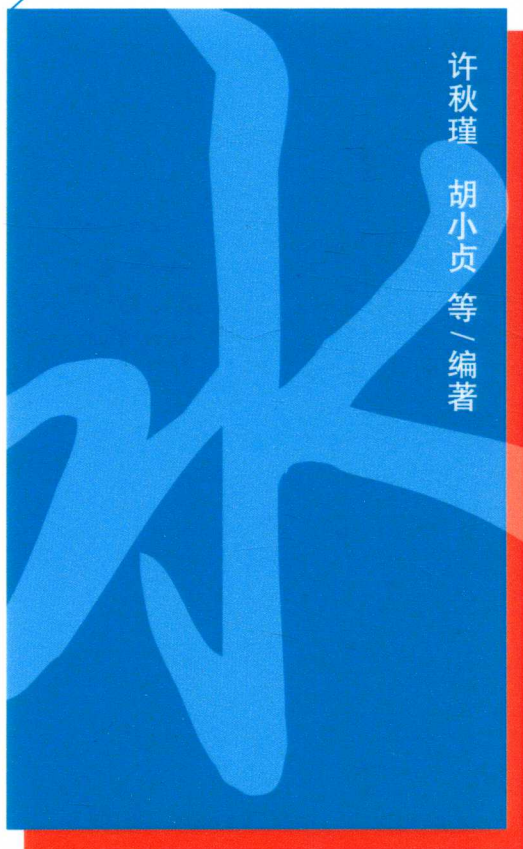


水污染治理、水环境管理和
饮用水安全保障技术评估与集成

许秋瑾 胡小贞等编著



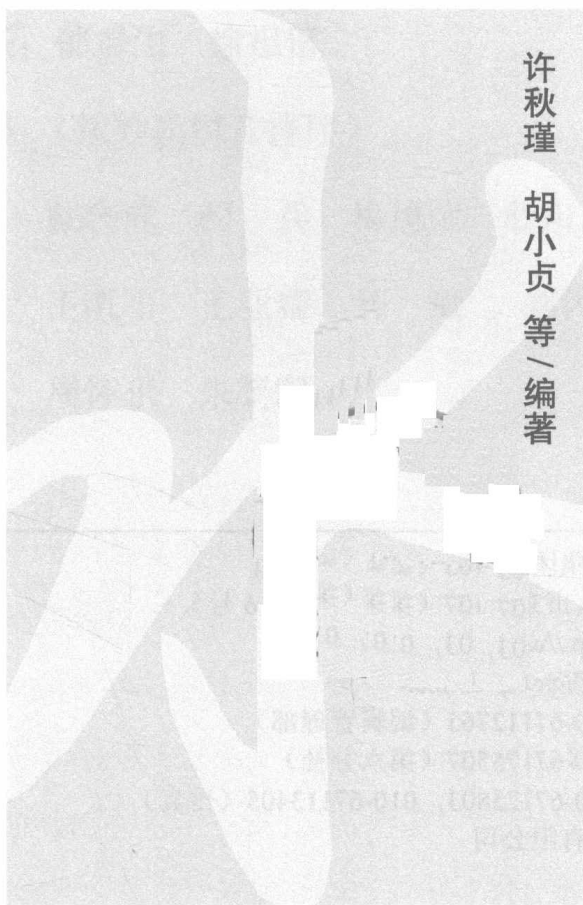
SHUI WURAN ZHILI SHUI HUANJING
GUANLI HE YINYONGSHUI ANQUAN
BAOZHANG JISHU PINGGU YU JICHENG

WATER

中国环境出版集团

水污染治理、水环境管理和 饮用水安全保障技术评估与集成

许秋瑾 胡小贞等编著



图书在版编目 (CIP) 数据

水污染治理、水环境管理和饮用水安全保障技术评估与集成/许秋瑾等编著. —北京: 中国环境出版集团, 2019.5
ISBN 978-7-5111-3935-1

I. ①水… II. ①许… III. ①水污染防治②水环境—环境管理③饮用水—给水卫生 IV. ①X52②X143③R123.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 049570 号

出版人 武德凯
责任编辑 丁莞歆
责任校对 任 丽
封面设计 岳 帅

出版发行 中国环境出版集团
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67175507 (第六分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京建宏印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2019 年 5 月第 1 版
印 次 2019 年 5 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 32.5
字 数 600 千字
定 价 128.00 元

【版权所有。未经许可，请勿翻印、转载，违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

指导委员会

Steering Committee

主任：吴丰昌

副主任：邵益生 徐祖信

成员：（按姓氏拼音排序）

戴晓虎 柯 兵 梅旭荣 欧阳志云 王金南

王凯军 王业耀 易 斌 郑丙辉 郑兴灿

周怀东 朱黎阳

编著委员会

Editorial Committee

主 编：许秋瑾 胡小贞

编 委：（按姓氏拼音排序）

曹宏斌 耿 兵 管鹤卿 何珊珊 姜 琦 焦贝贝
孔祥娟 李 梁 李 屹 李红娜 林明利 刘 翔
彭文启 秦建明 任海静 单保庆 石春力 宋永会
田仁生 王 成 王 心 王双玲 王素霞 温胜芳
吴文强 徐 成 薛重华 张秋英 张文慧 张亚丽
张依章 赵晓毅 赵智会 周 方 周长青 朱昌雄

序 言

Foreword

“水体污染控制与治理科技重大专项”（以下简称水专项）是《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》设立的16个重大科技专项之一，自2007年实施以来，经过“十一五”“十二五”两个五年计划的组织实施，取得了丰硕的科技成果。如何促进水专项成果更为有效地实现产业化转化，让水专项科研成果切实服务于我国水环境治理工作，是水专项的重要命题。本书通过提出技术评估方法集成水污染治理、水环境管理和饮用水安全保障三大技术体系，以期为我国水污染控制与治理提供技术支撑。全书分为8章，第1章提出了水污染治理、水环境管理和饮用水安全保障技术体系集成思路；第2章是水污染治理、水环境管理和饮用水安全保障技术成果的收集与梳理；第3章提出了水专项技术的就绪度评估方法；第4章针对源头减排、污染治理、水质净化、生态修复四种不同类别的治理技术，分别建立包含经济指标、环境指标与技术指标的多维技术评估指标体系；第5章提出了水污染控制技术体系总纲设计；第6章、第7章、第8章分别是水污染治理、水环境管理和饮用水安全保障技术体系。

全书主要核心内容：一是根据水专项技术的不同层次，提出了水污染防治单项技术和集成技术的技术就绪度评估方法，制定了水专项治理类、管理类和产品、装备、管理平台类3大类技术的9级就绪度准则，针对水专项集成技术特征提出以系统成熟度矩阵计算法为方法的集成技术评价方法，以案例的方式评价了湖滨带生态修复技术的就绪度，支撑了水专项技术凝练过程中单项和集成技术的评价。

二是根据水专项技术特征，将水污染防治技术分为源头减排类、污染治理类、水质净化类、生态修复类四大类，针对不同类别的治理技术，分别建立包含经济指标、环境指标与技术指标的多维技术评估指标体系。采用层次分析法对指标体系中各指标的两两重要性进行判定，根据Expert Choice软件快速计算出各指标对应权重，构建综合评估效益指数及

所属子因素分级赋值标准，采用综合效益指数的方法进行技术综合绩效指数计算和评估。基于建立的评估方法，完成了洱海流域污染源控制类、水质净化类、生态修复类 3 大类 11 小类 56 项技术的评估。

三是对流域水污染治理关键环节进行了剖析，在技术分类原则、技术类别与层级确定的基础上，提出水污染治理技术体系架构设计，包括污染源系统治理技术、水体修复技术两大技术系统。针对流域污染源类别、特征及治理现状，以减排减负为目标，集成产业结构调整减排、工业点源污染治理、城镇污染控制、农业与农村污染控制等关键技术，形成污染源系统治理技术系统。针对流域水体生态破坏亟须修复的需求，以减负增容为目标，集成流域水源涵养与修复、河流整治与生态修复、湖泊水体生境改善与修复、城市水体治理与修复、水质水量联合调控等关键技术，形成流域清水修复技术系统。围绕污染源系统治理技术、水体修复技术两大技术系统，集成形成了包含 32 套成套技术、352 项关键技术的水污染治理技术体系，整体技术就绪度为 5~9 级，其中污染源治理技术系统就绪度为 6~9 级、水体修复技术就绪度为 5~7 级，基本构建形成系统、完整的水污染治理技术体系，为我国流域水污染治理提供技术支撑。

四是提出水环境管理技术体系架构设计，主要包括质量管理、总量控制、风险管理和政策保障四大技术系统，集成水生态功能分区、基准与标准、水污染负荷排放核定、风险预警、水环境管理政策支撑等技术，共形成 71 项关键技术，整体技术就绪度为 5~7 级，初步构建了我国水环境管理技术体系，旨在为我国流域水环境管理提供技术支撑。

五是提出饮用水安全保障技术体系架构设计，主要包括饮用水安全保障工程、全过程饮用水安全监管两大技术系统。针对典型流域和典型地区不同水源水质特性，集成水源保护修复、水厂净化处理（原水预处理、强化常规处理、深度处理、膜处理组合、特殊污染物处理等）、管网安全输配、二次供水等关键技术，形成饮用水安全保障“多级屏障”技术。针对饮用水安全日常管理、监督管理和应急管理存在的薄弱环节，集成水质监测、风险评价、监测预警、应急处置等关键技术，创新、完善了水质监测预警应急集成技术。围绕饮用水安全保障工程技术、全过程饮用水安全监管技术两大技术系统，集成形成了 50 项关键技术，整体技术就绪度为 6~9 级，基本构建形成了全流程、多层级的饮用水安全保障监管技术体

系，为我国饮用水安全保障提供了技术支撑。

本书只是水专项的阶段性成果和实施过程中的阶段性里程碑。前有自 2006 年以来所有参与水专项的项目、课题实施单位，项目、课题负责人及众多水环境科研人员的辛勤付出，后将有“十三五”水专项总体集成。斟酌良久，考虑再三，之所以下定决心编著此书，只是想把水专项这一中华人民共和国成立以来最大的水污染治理项目以及众多领导、专家的辛勤付出和全国水环境科研工作者努力产出的阶段性科技成果尽可能梳理、集成后奉献给大家，同时以著书的形式记录和留存这些资料，为今后的学者和环境科研工作者铺路，为我国水污染治理和水生态文明建设略尽绵薄之力。

本书得到了水专项行政与技术两个管理体系、国家水专项办公室众多领导及水专项总体组专家的指导，以及“流域水体污染控制与治理技术集成及效益评估”课题（编号 2014ZX07510-001）的支持，同时中国环境出版集团的编辑们为本书的出版也提供了支持和帮助，在此一并感谢，由于作者水平有限，书中难免存在错误和疏漏，希望广大读者提出宝贵意见和建议。

作者

2018 年夏末于北京

目 录

Contents

1 PART

技术集成的思路	1
1.1 技术集成的内涵与方法	2
1.1.1 技术集成内涵	2
1.1.2 技术集成方法	2
1.2 技术集成的思路	3

2 PART

技术成果的收集与梳理	5
2.1 湖泊水污染治理技术成果收集与梳理	6
2.2 河流水污染治理技术成果收集与梳理	6
2.3 城市水环境治理技术成果收集与梳理	7
2.4 饮用水安全保障技术成果收集与梳理	7
2.5 监控预警技术成果收集与梳理	8
2.6 政策保障技术成果收集与梳理	8

3 PART

关键技术就绪度评估方法 11

- 3.1 评估方法选取 12
- 3.2 评估步骤 13
 - 3.2.1 技术分类及技术层级分解 13
 - 3.2.2 单项技术就绪度评估 15
 - 3.2.3 集成技术就绪度评估 18
- 3.3 评估过程 19
 - 3.3.1 技术层级分解 20
 - 3.3.2 单项技术就绪度评估过程 20
 - 3.3.3 集成技术就绪度评估过程 21
- 3.4 案例：湖滨带生态修复成套技术就绪度评估 22
 - 3.4.1 湖滨带生态修复成套技术的内涵及组成 22
 - 3.4.2 湖滨带生态修复成套技术就绪度评估 24

4 PART

水污染治理技术-经济-效益评估方法 67

- 4.1 技术评估的基本原则 68
- 4.2 技术评估的基本框架体系 68
- 4.3 四类技术评估指标体系的构建与数据调查方法 68
 - 4.3.1 第 I 类：控制减排类技术 69
 - 4.3.2 第 II 类：污染源治理类 70
 - 4.3.3 第 III 类：水质净化类 73
 - 4.3.4 第 IV 类：生态修复类 74

4.4	技术评估方法	75
4.4.1	总体评估模型	75
4.4.2	评估方法	76
4.4.3	具体评估步骤	77
4.5	案例：洱海流域水污染治理与管理技术评估	83
4.5.1	评估方法与步骤	83
4.5.2	规模化农村生活污水与分散式生活-养殖混合污水 处理技术评估	87
4.5.3	城（集）镇污水处理技术评估	109
4.5.4	城镇地表径流污染净化技术评估	113
4.5.5	农村户用生活污水处理技术评估	116
4.5.6	农田面源污染治理技术评估	118
4.5.7	陆地水土保持技术	121
4.5.8	流域低污染水净化技术评估	123
4.5.9	污染底泥疏浚技术评估	126
4.5.10	湖滨缓冲带生态修复技术评估	128
4.5.11	湖内水生态调控技术评估	131
4.5.12	湖内除藻技术评估	133

5 PART

技术体系框架设计

5.1	技术体系分类	138
5.2	技术体系总体框架	139

6 PART

水污染治理技术体系集成..... 143

6.1	水污染治理存在的主要问题.....	144
6.2	水污染治理技术需求	149
6.3	水污染治理技术体系框架	152
6.4	水污染治理集成技术体系	153
6.4.1	污染源系统治理技术系统	153
6.4.1.1	污染源技术系统构建思路	153
6.4.1.2	产业结构调整减排技术.....	153
6.4.1.3	工业点源治理技术.....	160
6.4.1.4	城镇污染控制技术.....	237
6.4.1.5	农村与农业污染控制技术	305
6.4.2	水体修复技术系统.....	350
6.4.2.1	水体修复技术系统构建思路.....	350
6.4.2.2	水源涵养与修复技术系统	350
6.4.2.3	水质水量联合调控技术系统.....	361
6.4.2.4	河流水质净化与生态修复技术系统.....	368
6.4.2.5	湖泊生境改善与生态修复技术系统.....	379
6.4.2.6	城市水体水质改善与生态修复技术系统.....	422

7 PART

水环境管理技术体系集成..... 445

7.1	水环境管理存在的主要问题.....	446
7.2	水环境管理技术需求	449
7.3	水环境管理技术体系框架	450
7.4	水环境管理集成技术体系	451

8 PART

7.4.1	质量管理技术系统	451
7.4.2	总量控制技术系统	456
7.4.3	风险管理技术系统	463
7.4.4	政策保障技术系统	468

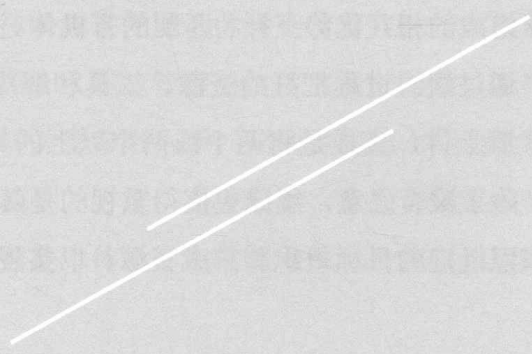
饮用水安全保障技术体系集成 479

8.1	饮用水安全保障方面存在的主要问题	480
8.2	饮用水安全保障技术需求	480
8.3	饮用水安全保障技术框架	481
8.3.1	总体技术框架	481
8.3.2	技术体系的基本内涵	482
8.4	饮用水安全保障技术体系	483
8.4.1	“从源头到龙头”全流程饮用水安全保障工程成套技术	483
8.4.2	饮用水安全保障监管成套技术	485
8.4.3	饮用水安全保障技术集成与综合示范	487
8.4.4	饮用水安全保障产业化技术	490
8.5	饮用水安全保障标志性成果	491
8.5.1	饮用水安全多级屏障技术——水质净化处理	491
8.5.2	饮用水安全多级屏障技术——管网安全输配	497
8.5.3	饮用水安全全过程监管技术——监测预警应急	499
8.5.4	国家饮用水安全保障技术支撑能力建设	503
8.6	饮用水安全保障标志性成果与示范成效	504
8.6.1	饮用水安全多级屏障	504
8.6.2	饮用水安全全过程监管	506

1

PART

技术集成的思路





1.1 技术集成的内涵与方法

1.1.1 技术集成内涵

技术集成即按照一定的技术原理或功能目的，将两个或两个以上的单项技术通过重组而获得具有统一整体功能的新技术的创造方法。集成过程将根据技术的相互依存度，基于原始创新突破的单项技术，将技术组合或集合，同时整合相关配套技术，形成更强的技术优势或创造比原来更大的效益或价值。技术集成是创新的一种重要方式，它往往可以实现单个技术实现不了的技术需求目的。在科技研发中，通过集成创新可以让“1+1”迸发出“大于2”的能量。在水专项（即指“水体污染控制与治理科技重大专项”，本书简称水专项）技术集成中，集成创新强调的是实用性，要与实际需求相结合，基于已突破的单项技术或复合技术，进行技术单元或技术环节的有效集成，其目的是发挥更大的技术效益，创造更高的经济效益和治理效果。

1.1.2 技术集成方法

从管理学的角度来说，技术集成是一种创造性的融合过程，在各要素的结合过程中需要注入创造性思维。集成过程中，各项要素（技术）并非是一般性地结合在一起，而是要经过主动的优化、选择搭配，相互之间以最合理的结构形式结合在一起，形成一个由适宜要素组成的相互优势互补、匹配的有机体。从技术集成的角度看，美国学者 MacroIansi 认为“通过组织过程把好的资源、工具和解决问题的方法进行应用称为技术集成”。因此，从本质上讲，集成是将两个或两个以上的集成单元集成为一个有机整体的过程或行为结果，除了聚合之意，集成更值得重视的是其演进和创新的含义。从方法的角度来讲，集成是按照既定的目标组织和集成资源，以实现技术和成果的更高价值（图 1-1）。

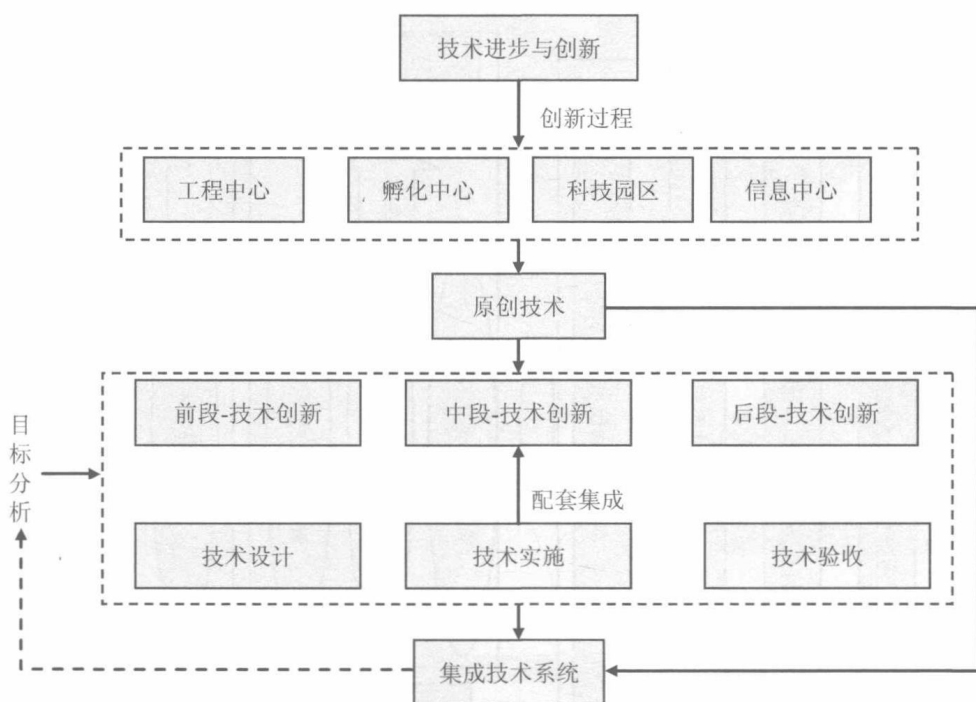


图 1-1 由原创关键技术到集成技术的过程

1.2 技术集成的思路

立足于水专项湖泊、河流、城市水环境、饮用水、监控预警及政策保障六大主题，基于各主题“十一五”与“十二五”时期研发的技术成果开展水体污染治理共性技术顶层大纲设计，并在此大纲的指导下，针对水污染治理、水环境管理与饮用水安全保障主要技术类型，从技术适用条件、治污效果与经济效率等关键参数入手，研究并提出水污染治理、水环境管理与饮用水安全保障技术集成的基本原则、方法，再分层次、分类别集成多类群的技术体系，建立针对多元目标的整装成套共性技术体系，为我国水体污染控制与饮用水安全保障提供科技支撑（图 1-2）。

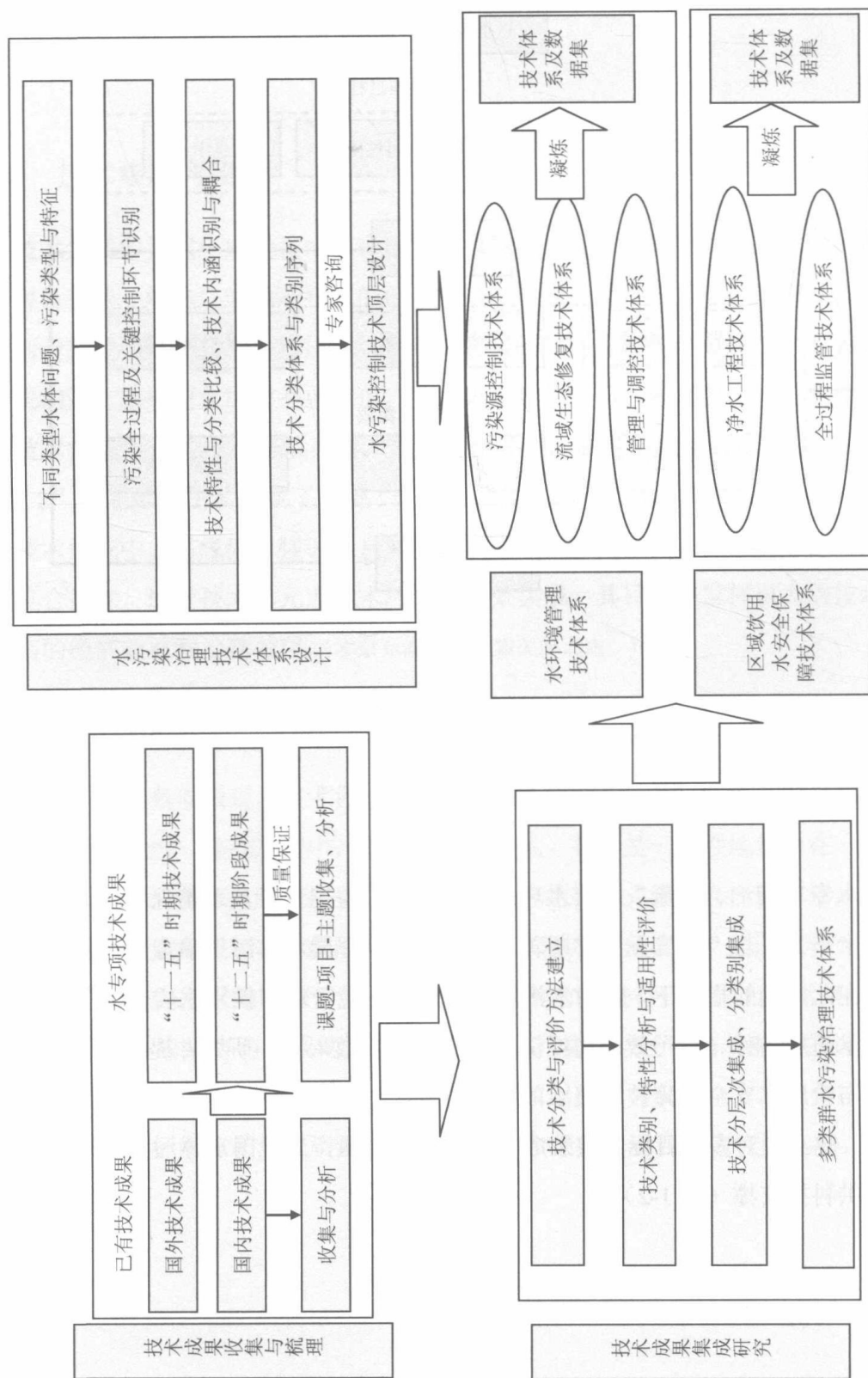


图 1-2 水体污染治理共性技术集成研究技术路线