



水体污染控制与治理科技重大专项“十一五”成果系列丛书

流域水污染控制 与治理技术工程示范

——以东江流域快速发展支流区为例

胡勇有 孙 健 江 栋 刘国光 著
罗家海 程建华 魏东洋



科学出版社



水体污染控制与治理科技重大专项“十一五”成果系列丛书
河流水环境综合整治技术与综合示范主题

流域水污染控制与治理技术工程示范

——以东江流域快速发展支流区为例

胡勇有 孙 健 江 栋 刘国光 著
罗家海 程建华 魏东洋

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是作者承担的“十一五”“水体污染控制与治理科技重大专项”的“东江快速发展支流区水污染系统控制技术集成研究与工程示范”课题的研究成果总结,本课题以东江快速发展支流区区域内的机械电子、精细化工、漂染等典型产污支柱行业为重点对象,开展行业废水深度处理回用与脱毒减害,城市污水处理厂尾水深度处理排放与综合排水河道持续净化,典型农村污水处理等技术与工程示范。研发并集成出机械电子、精细化工和漂染行业废水脱毒减害深度处理工艺;污水处理厂尾水深度净化与综合排水河道持续净化技术体系;典型农村污水综合控制模式与技术,建成六个示范工程,实现了示范工程的“控源减排,脱毒减害”目的。在此基础上,构建出适合快速发展支流区水污染系统控制与环境保护策略和技术支撑体系,为减少排入东江干流的污染物,消除毒害性物质对东江干流的风险,保护东江干流的目标提供了重要的技术支撑,也为同类型流域的水污染系统控制与脱毒减害提供了重要借鉴。

本书具有很强的学术性和实用性,适合从事水污染控制与治理技术研究及应用的工作者及环境管理和决策者参考借鉴,也适合作为环境科学与工程学科教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

流域水污染控制与治理技术工程示范:以东江流域快速发展支流区为例 / 胡勇等有著. —北京:科学出版社, 2016. 3

(水体污染控制与治理科技重大专项“十一五”成果系列丛书)

ISBN 978-7-03-047904-4

I. ①流… II. ①胡… III. ①东江-流域污染-污染控制 IV. ①X522. 06

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第058325号

责任编辑:王 运 / 责任校对:何艳萍

责任印制:张 倩 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016年3月第一次印刷 印张:22 1/4

字数:530 000

定价:218.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

水专项“十一五”成果系列丛书

指导委员会成员名单

主 任 周生贤

副主任 仇保兴 吴晓青

成 员 (按姓氏笔画排序)

王伟忠	王衍亮	王善成	田保国	旭日干
刘 昆	刘志全	阮宝君	阴和俊	苏荣辉
杜占元	吴宏伟	张 悦	张桃林	陈宜明
赵英民	胡四一	柯 凤	雷朝滋	解振华

环境保护部水专项“十一五”成果系列丛书

编著委员会成员名单

主 编 周生贤

副主编 吴晓青

成 员 (按姓氏笔画排序)

马 中	王子健	王业耀	王明良	王凯军
王金南	王 桥	王 毅	孔海南	孔繁翔
毕 军	朱昌雄	朱 琳	任 勇	刘永定
刘志全	许振成	苏 明	李安定	杨汝均
张世秋	张永春	金相灿	周怀东	周 维
郑 正	孟 伟	赵英民	胡洪营	柯 兵
柏仇勇	俞汉青	姜 琦	徐 成	梅旭荣
彭文启				

本书编著委员会名单

主 笔 胡勇有

副主笔 孙 健 江 栋 刘国光 罗家海 程建华
魏东洋

成 员 (按姓氏拼音排序)

曹恒恒	陈迪云	陈尚智	陈思莉	傅强根
郭 涛	郭晓磊	郭艳平	郭燕妮	何华良
贺 涛	洪 伟	黄 华	黄剑鹏	黄思聪
鞠 峰	兰善红	李 鹏	李志琴	利 锋
廖庆玉	林 晖	林亲铁	刘 永	刘海津
刘韵达	卢 彦	罗定贵	吕斯濠	吕文英
莫华姝	孙云娜	王宝娥	魏 臻	吴以宝
武秀文	许 纯	杨 倩	杨佺维	姚 琨
游江峰	曾 东	张鸿郭	张娅兰	甄豪波
周 雯	周伟坚	朱家亮		

总 序

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。在经济快速增长、资源能源消耗大幅度增加的情况下，我国污染排放强度大，负荷高，主要污染物排放量超过受纳水体的环境容量。同时，我国人均拥有水资源量远低于国际平均水平，水资源短缺导致水污染加重，水污染又进一步加剧水资源供需矛盾。严重的水污染问题影响着水资源利用和水生态系统的完整性，影响着人民群众身体健康，已经成为制约我国经济社会可持续发展的重大瓶颈。

水体污染控制与治理科技重大专项（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）》确定的16个重大专项之一，旨在集中攻克一批节能减排迫切需要解决的水污染防治关键技术难关，构建我国流域水污染治理技术体系和水环境管理技术体系，为重点流域污染物减排、水质改善和饮用水安全保障提供强有力的科技支撑，是新中国成立以来投资最大的水污染治理科技项目。

“十一五”期间，在国务院的统一领导下，在科技部、国家发展和改革委员会和财政部的精心指导下，在水专项领导小组、各有关地方发展和改革委员会和财政部的精心指导下，在水专项领导小组各成员单位、各有关地方政府的积极支持和有力配合下，水专项领导小组围绕主题主线新要求，动员和组织全国数百家科研单位、上万名科技工作者，启动34个项目、241个课题，按照“一河一策”、“一湖一策”的战略部署，在重点流域开展大攻关、大示范，突破1000余项关键技术，完成229项技术标准规范，申请1733项专利，初步构建水污染治理和管理技术体系，基本实现“控源减排”阶段目标，取得阶段性成果。

一是突破化工、轻工、冶金、纺织印染、制药等重点行业“控源减排”关键技术难关200余项，有力地支撑主要污染物减排任务的完成；突破城市污水处理厂提标改造和深度脱氮除磷关键技术难关，为城市水环境质量改善提供支撑；研发受污染原水净化处理、管网安全输配等40多项饮用水安全保障关键技术，为城市实现从源头到龙头的供水安全保障奠定科技基础。

二是紧密结合重点流域污染防治规划的实施，选择太湖、辽河、松花江等重点流域开展大兵团联合攻关，综合集成示范多项流域水质改善和生态修复关键技术，为重点流域水质改善提供技术支持。环境监测结果显示：辽河、淮河干流化学需氧量消除劣Ⅴ类；松花江流域水生态逐步恢复，重现大马哈鱼；太湖富营养状态由中度变为轻度，劣Ⅴ类入湖河流由8条减少为1条；洱海水质连续稳定并保持良好状态，2012年有7个月维持在Ⅱ类水质。

三是针对水污染治理设备及装备国产化率低等问题，研发60余类关键设备和成套装备，扶持一批环保企业成功上市，建立一批号召力和公信力强的水专项产业技术创新战略

联盟，培育环保产业产值近百亿元，带动节能环保战略性新兴产业加快发展。其中，杭州聚光环保科技有限公司研发的重金属在线监测产品被评为 2012 年度国家战略产品。

四是逐步形成国家重点实验室、工程中心—流域地方重点实验室和工程中心—流域野外观测台站—企业试验基地平台等为一体的水专项创新平台与基地系统，逐步构建以科研为龙头、以野外观测为手段、以综合管理为最终目标的公共共享平台。目前，通过水专项的技术支持，我国第一个大型河流保护机构——辽河保护区管理局已正式成立。

五是加强队伍建设，培养一大批科技攻关团队和领军人才，采用地方推荐、部门筛选、公开择优等多种方式遴选出近 300 个水专项科技攻关团队，引进多名海外高层次人才，培养上百名学科带头人、中青年科技骨干和 5000 多名博士、硕士，建立人才凝聚、使用、培养的良好机制，形成大联合、大攻关、大创新的良好格局。

在 2011 年“十一五”国家重大科技成就展、“十一五”环保成就展、全国科技成果巡回展等一系列展览中，在 2012 年全国科技工作会议和 2013 年初国务院重大专项实施推进会上，党和国家领导人对水专项取得的积极进展都给予了充分肯定。这些成果为重点流域水质改善、地方治污规划、水环境管理等提供技术和决策支持。

在看到成绩的同时，我们也清醒地看到存在的突出问题和矛盾。水专项离国务院的要求和人民群众的期待还有较大差距，仍存在一些不足和薄弱环节。2011 年专项审计中指出，水专项“十一五”在课题立项、成果转化和资金使用等方面不够规范。“十二五”期间，我们需要进一步完善立项机制，提高立项质量；进一步提高项目管理水平，确保专项实施进度；进一步严格成果和经费管理，发挥专项最大效益；在调结构、转方式、惠民生、促发展中发挥更大的科技支撑和引领作用。

我们要科学认识解决我国水环境问题的复杂性、艰巨性和长期性，水专项亦是如此。刘延东副总理指出，水专项因素特别复杂，实施难度很大，周期很长，反复也比较多，要探索符合中国特色的水污染治理成套技术和科学管理模式。水专项不是包打天下，解决所有的水环境问题，不可能一天出现一个一鸣惊人的大成果。与其他重大专项相比，水专项也不会通过单一关键技术的重大突破，就能实现整体的技术水平提升。在水专项实施过程中，要妥善处理当前与长远、手段与目标、中央与地方等各个方面的关系，既要通过技术研发实现核心关键技术的突破，探索出符合国情、成本低、效果好、易推广的整装成套技术，又要综合运用法律、经济、技术和必要的行政手段来实现水环境质量的改善，积极探索符合代价小、效益好、排放低、可持续的中国水污染治理新路。

党的十八大报告强调，要实施国家科技重大专项，大力推进生态文明建设，努力建设美丽中国，实现中华民族永续发展。水专项作为一项重大的科技工程和民生工程，具有很强的社会公益性，将水专项的研究成果及时推广并为社会经济发展服务，是贯彻创新驱动发展战略的具体表现，是推进生态文明建设的有力措施。为广泛共享水专项“十一五”取得的研究成果，水体污染控制与治理重大科技专项管理办公室组织出版水专项“十一五”成果系列丛书。本丛书汇集一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是水环境领域不可多得资料文献。本丛书的组织出版，有利于坚定水专项科技工作者专项攻关的信心和决心；有利于增强社会各界对水专项的了解和认同；有利于促进环保的公众参与，树立水专项的良好社会形象；有利于促进水专项成果的转化与应用，为探索

中国水污染治理新路提供有力的科技支撑。

我坚信，在国务院的正确领导和有关部门的大力支持下，水专项一定能够百尺竿头，更进一步。我们一定要以党的十八大精神为指导，高擎生态文明建设的大旗，团结协作，协同创新，强化管理，扎实推进水专项，务求取得更大的成效，把建设美丽中国的伟大事业持续推向前进，努力走向社会主义生态文明新时代！

周生贤

2013年7月25日

序

水，是绿色地球不同于已知任何宇宙天体之根本。水孕育了地球的生命，形成了完整稳定的生态系统，支撑了智慧生物——人类的进化，形成了宇宙已知中自然养育智慧—智慧支配自然的独特轮回。

然而，地球人类在以持续增长的智慧支配自然系统，以满足其不断膨胀的无穷欲望中显然还缺乏成熟；20世纪工业革命以来出现的生态环境问题，已由最初的少数发达国家有限的局部地区向全球席卷。其中，拥有13亿多人口，自然环境资源处于相对劣势的我国，在近40年持续超常规发展中遭遇到的全域性生态环境问题最具典型性。

尽管我国政府从1972年第一次世界环境大会起就将环境保护作为基本国策，全面引进发达国家的环境保护法律、标准、方法、技术乃至设施，本世纪以来更是建成了世界上规模最庞大的污染治理国家工程体系。然而，我国环境污染严重、生态退化加剧、资源约束趋紧的总态势还没有得到根本性的改变。中华民族实现民族复兴，在生态环境领域更需要走中国特色的道路。我国人均水资源仅占世界平均值的1/4，是我国生态环境资源中的最短板。在现代经济社会发展中，水不但是随着财富持续增值的可再生资本，而且是制约一地区乃至国家的战略性资源。我国当前总体上已控制了洪患，解决了水量短缺，利用了水能，但在水质与水生态方面问题依然突出，经多年持续的努力局部污染虽有改善，但全国流域性水质下降、水生态退化的总态势没有得到根本性改变。“见污治污、越治越污”的教训使我们意识到，被动于发展求保护的战略是难以支撑民族复兴的，我们应该探索以生态环境自然资本主动引导经济社会相协调科学发展的中国特色新道路。

《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006~2020年）》中设立了“水体污染控制与治理科技重大专项”（简称水专项）。在水专项中设立了“东江快速发展支流区水污染系统控制技术集成研究与工程示范”课题，依水专项的总体部署，该项目着眼于探索制定解决我国发展中前瞻性的水环境问题路线图，侧重于在流域尺度突破痕量毒害污染物控制与水生态维护等关键技术，以达到在维护流域优质水源的前提下，支撑不同区域经济社会协调发展的技术与管理创新体系的目标。

该项目在“十一五”期间下设十个课题，其中由华南理工大学胡勇有教授主持的“东江快速发展支流区水污染系统控制技术集成研究与工程示范”课题，着重研究东江快速发展支流区内典型产污支柱行业废水的深度处理回用与脱毒减害、城市生活污水处理厂尾水深度净化与综合排水河道持续净化等关键技术，并进行工程示范，形成“控源减排，脱毒减害”的成套技术，以有效控制毒害性物质对东江干流构成的风险，为实现保障东江干流优质水源的前提下，区域经济社会可持续发展提供技术与管理支撑体系。

《流域水污染控制与治理技术工程示范——以东江流域快速发展支流区为例》一书是对“十一五”该课题研究工作的总结。该书系统论述了东江快速发展支流区的经济社会发

展特征和水环境污染现状与趋势，深入分析了导致区域水环境污染的原因，针对该区域的水污染问题提出了水污染控制与治理实施方案，从流域的水污染控制策略、典型产污行业废水脱毒减害深度处理、综合排水河道持续净化、农村污水控制模式及技术等方面展开关键技术突破与系统技术集成及工程示范，最终形成了区域水污染控制与治理和水环境保护策略和技术体系，能够为当地涉水部门制定相应的法律法规和重大决策提供依据，也可为我国同类流域区域的推广应用提供借鉴。

该书抓住该区域经济快速发展与干流水源保护这对核心矛盾，创新研究思路，以保障水源，引导区域发展为目标导向，在东江快速发展支流区发展与保护的总体策略，机械电子、精细化工、漂染行业废水脱毒减排与资源化技术，排水河道持续净化技术等方面取得了一系列重要研究成果。

当前水源流域的经济快速发展区域面临的水环境污染问题已越来越受到政府和人民群众的密切关注，现有的水处理设施和管控体制已无法满足经济从无序到有序的快速发展的需要，如何既有效保护饮用水水源，又为经济快速发展提供必要的支撑，不但已成为地方政府迫切需要解决的问题，也是国家可持续发展的需求。在这一领域，我们任重道远。而该书正是面向地方和国家可持续发展战略需求、立足既保护优质水源又为流域经济发展提供空间而撰写的一部具有前瞻性探索重要学术意义和实用价值的著作。希望以此为始，保护与发展合二为一的著作如泉涌。此为序。

许振成

2015年12月于广州

前 言

“十一五”期间国家启动了“水体污染控制与治理科技重大专项”，设立了“东江快速发展支流区水污染系统控制技术集成研究与工程示范（2009ZX07211-005）”研究课题。

东江经河源入惠州再经东莞石龙镇后进入广州段后入海，东江广州段汇水区域是东江下游水系地区的典型代表，包括广州经济开发区和增城市新塘镇，区域汇水经由大约180km的大小河涌进入西福河和增江，再汇入东江干流。在该河段下游有西洲水厂和新塘水厂等两个自来水厂，供应广州东部上百万人的饮用水。经过改革开放30多年的经济快速发展，广州经济开发区已发展成为生态型工业园区。而新塘镇在广州经济开发区辐射带动下，也成为广州东部发展最快的镇区。二者具有典型的“高发展速度、高经济密度”的特征，是东江流域典型的快速发展支流区。流域社会经济快速发展的同时也导致大量毒害性污染物的产生，严重威胁东江干流水质安全。近年来，东江水系下游地区水中检测到的生物毒性污染物持续增加，损害着水系的生态系统，威胁人们的健康，已经凸显为制约经济社会发展的主要因素。

因此，以广州开发区和新塘镇为对象，以解决经济快速发展与河流水质改善之间的矛盾为切入点，对区内机械电子行业、精细化工行业和漂染行业等支柱行业点源、面源污染及排水河道等的水污染控制与深度处理技术开展关键技术研发、系统技术集成与工程示范，从工程技术层面研究建立典型行业废水深度处理、脱毒减害技术体系，实现区内点源污染的脱毒减排与提高回用率；在实行清洁生产的基础上，推动区域内主要污染行业从无序到有序的可持续发展；通过综合排水河道的持续净化，解决区域市政污水厂排水水质不能满足干流水质指标的矛盾。从而构建东江快速发展支流区水污染系统控制总体策略和技术体系，对解决东江流域快速发展支流区经济发展与水环境保护的矛盾及节约水资源和发展循环经济具有重要的示范和支撑作用。

全书共7章，第1章首先介绍了东江快速发展支流区的经济发展特征与水环境现状，分析了水环境污染的成因与水环境污染治理的技术需求，提出区域内亟须解决的主要水污染问题。第2章提出了东江流域快速发展支流区水污染控制目标与策略。第3章综述了机械电子、精细化工和印染等行业的水污染控制技术以及污水处理厂尾水深度处理、综合排水河道持续净化技术的研究与应用进展。第4章详细介绍了东江流域快速发展支流区产业准入、清洁生产与水污染控制对策和机械电子、精细化工、印染行业废水及污水处理厂尾水深度处理和综合排水河道持续净化等关键单元技术的研发。第5章介绍了“预氧化+纤维转盘滤池+紫外光照+复氧”城市污水处理厂污水深度脱毒减害集成工艺、“铁碳微电解破络—重金属捕集+混凝（沉淀/过滤）—生物接触氧化（沉淀）—改性壳聚糖吸附”机械电子废水脱毒减排与深度处理集成工艺、“强化絮凝—深度催化氧化—选择吸附”精细化工废水脱毒减排与深度处理集成工艺、“催化臭氧氧化+新型MBR”漂染废水脱毒减排

与深度处理集成工艺、“河涌水利功能与生态结构设计+复合生态浮床+生物载体及载体固定化+内源氧化+生态型堤岸构建”综合排水河道持续净化集成技术和快速发展区农村污水控制模式以及对应的工程示范成果。第6章分析了东江流域快速发展支流区脱毒减害深度处理技术应用的可行性及减排效果。第7章为结语。

本书写作分工如下：前言由胡勇有完成。第1章由胡勇有（华南理工大学）、孙健（广东工业大学）完成；第2章由魏东洋（环境保护部华南环境科学研究所）、王宝娥（仲恺农业工程学院）完成；第3、4、5、6章由胡勇有、孙健、程建华（华南理工大学）、兰善红（东莞理工学院）、刘国光（广东工业大学）、林亲铁（广东工业大学）、姚琨（广东工业大学）、江栋（环境保护部华南环境科学研究所）、陈思莉（环境保护部华南环境科学研究所）、罗家海（广州市环境保护科学研究院）、卢彦（广州市环境保护科学研究院）、刘韵达（广州市环境保护科学研究院）完成；第7章由胡勇有完成；最终的统稿和校对由胡勇有和孙健完成。

在本研究的开展及本书的写作过程中，得到了国家水专项、河流主题组和东江项目组的大力支持，还得到了广东省环境保护厅及示范工程依托企业和单位的支持。东江项目其他课题组也给予了诸多帮助。环境保护部华南环境科学研究所的许振成研究员特别为本书作序。在此深表谢意。参加书稿整理工作的成员还有华南理工大学的杨余维、黄思聪、许纯等。此外，参加项目研究的主要人员有：华南理工大学的胡勇有、程建华、孙健、利锋、黄思聪、魏臻、甄豪波、鞠峰、黄剑鹏、陈尚智、刘韵达、郭艳平、郭燕妮、吴以宝、林晖、傅强根；环境保护部华南环境科学研究所的江栋、魏东洋、刘永、孙云娜、洪伟、陈思莉、朱家亮；广东工业大学的刘国光、林亲铁、吕文英、姚琨、李鹏、何华良；广州大学的陈迪云、张鸿郭、罗定贵、莫华姝、曹恒恒等；广州市环境保护科学研究院的罗家海、卢彦、游江峰、李志琴、廖庆玉、郭涛、黄华、郭晓磊、杨倩、张娅兰；仲恺农业工程学院的王宝娥；东莞理工学院的兰善红、武秀文、吕斯濠，河南师范大学的刘海津等，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请批评指正。

胡勇有

华南理工大学环境与能源学院

目 录

总序 序 前言

第 1 章 东江流域快速发展支流区概况	1
1.1 东江广州段水系	1
1.2 广州开发区	2
1.2.1 区域社会经济发展状况	2
1.2.2 区域产业发展特征	3
1.3 新塘镇	5
1.3.1 区域社会经济发展概况	5
1.3.2 区域产业发展特征	7
1.4 东江流域快速发展支流区水环境现状及问题	8
1.4.1 广州经济技术开发区	8
1.4.2 新塘镇	22
1.5 东江流域快速发展支流区水污染治理技术缺口	25
1.5.1 机械电子、精细化工和漂染行业废水治理技术缺口	25
1.5.2 城市污水处理厂尾水深度脱毒减害处理技术缺口	26
1.5.3 流域综合排水河道整治与持续净化技术缺口	26
1.5.4 水污染控制与优质水保护的管理技术缺口	28
第 2 章 东江流域快速发展支流区水污染控制目标与策略	29
2.1 区域发展定位	29
2.2 污染控制目标与指标	29
2.3 总体策略	30
2.3.1 从经济发展的空间布局层面防治水污染	30
2.3.2 从区域产业发展的结构层面防治水污染	30
2.3.3 从区域规划的污染控制工程层面防治水污染	31
2.3.4 从区域的污染管理层面防治水污染	31
2.3.5 水污染流域系统控制工程规划	31
第 3 章 水污染控制技术研究与应用进展	36
3.1 基于 B/S 结构的清洁生产信息管理系统设计	36
3.1.1 基于 B/S 结构的环境信息管理系统设计现状	36
3.1.2 清洁生产信息管理系统的设计与应用进展	36

3.2 机械电子行业废水脱毒减害深度处理回用技术研究与应用进展	38
3.2.1 含重金属离子废水处理技术	38
3.2.2 含重金属络合物废水处理技术	40
3.2.3 硝酸盐工业废水处理技术	41
3.2.4 组合工艺研究进展	42
3.3 精细化工行业废水脱毒减害深度处理回用技术研究与应用进展	43
3.3.1 单项技术研究进展	43
3.3.2 组合工艺研究进展	45
3.4 漂染行业废水脱毒减害深度处理回用技术研究与应用进展	45
3.4.1 多环芳烃在水环境中存在情况及其危害	45
3.4.2 多环芳烃废水处理技术现状	46
3.4.3 多环芳烃臭氧氧化技术研究进展	46
3.4.4 电与好氧生物联合处理技术研究进展	47
3.4.5 MBR 对印染废水的处理研究进展	48
3.5 城市污水处理厂尾水脱毒减害深度处理技术研究与应用进展	49
3.5.1 污水处理厂尾水深度处理技术研究进展	49
3.5.2 纤维转盘滤池技术研究现状	52
3.6 综合排水河道整治与持续净化技术研究与应用进展	53
3.6.1 底泥氧化技术	53
3.6.2 河滩湿地技术	54
3.6.3 生态浮床技术	55
3.6.4 生态护坡技术	56
3.6.5 曝气氧化技术	57
3.7 农村污水控制模式与技术研究与应用进展	57
3.8 流域水环境管理研究进展	60
3.8.1 水环境区划	60
3.8.2 总量控制	61
3.8.3 流域管理体制	62
3.8.4 水环境监控与预警	62
第4章 应用理论与关键技术研究	64
4.1 东江流域快速发展支流区产业准入、清洁生产与水污染控制对策研究	64
4.1.1 主动引导发展的水污染系统控制的战略框架	64
4.1.2 目标与指标	64
4.1.3 区域供水、排水体系规划	65
4.1.4 总体策略	68
4.2 机械电子行业废水脱毒减害深度处理技术研究	71
4.2.1 铁碳微电解处理络合铜废水的研究	71
4.2.2 重金属捕集剂 DTC (TBA) 的研发及去除重金属离子研究	87

4.2.3	壳聚糖交联沸石小球吸附重金属研究	95
4.2.4	纳米 Pd/TiO ₂ -SnO ₂ 催化还原硝酸盐的研究	101
4.2.5	生物陶粒悬浮填料移动床处理低浓度污水的中试研究	113
4.3	精细化工行业废水脱毒减害深度处理技术研究	120
4.3.1	高效天然改性高电荷密度絮凝剂制备与絮凝效能研究	120
4.3.2	铝铁改性淀粉复合絮凝剂制备及絮凝效能研究	125
4.3.3	聚氨酯负载型 TiO ₂ 纳米管催化剂的制备及其光催化性能研究	127
4.3.4	钛网负载型 TiO ₂ 纳米管复合掺杂催化剂的制备及其催化性能研究	129
4.3.5	羧甲基壳聚糖-膨润土复合吸附剂的制备及吸附性能研究	135
4.4	新塘无序快速发展区水污染控制技术研究	138
4.4.1	漂染行业废水脱毒减害深度处理技术研究	138
4.4.2	综合排水河道持续净化成套技术研究	154
4.5	东江流域快速发展支流区农村典型污水控制模式及技术研究	191
4.5.1	分类控制与分步实施政策引导研究	191
4.5.2	分类标准采用与典型污染物特征分析	192
4.5.3	资金筹措机制研究	197
4.5.4	农村生态环境宣传教育模式研究	198
4.5.5	农村生活污水控制模式研究	198
第5章	示范工程	200
5.1	示范工程的构思与布局	200
5.1.1	工程技术体系总思考	200
5.1.2	示范工程的选址条件	203
5.1.3	示范工程单项技术与系统集成	207
5.1.4	示范工程、依托工程及配套条件	210
5.2	示范工程的实施与运行效果	214
5.2.1	城市污水处理厂污水深度脱毒减害示范工程	214
5.2.2	机械电子行业废水脱毒减害深度处理技术示范工程	222
5.2.3	精细化工行业废水脱毒减害深度处理技术示范工程	244
5.2.4	漂染行业废水脱毒减害深度处理技术示范工程	258
5.2.5	综合排水河道持续净化示范工程	271
5.2.6	农村污水处理技术示范工程	285
第6章	东江流域快速发展支流区脱毒减害深度处理技术应用的可行性及减排效果 分析	309
6.1	城市污水处理厂污水深度脱毒减害技术	309
6.2	机械电子行业废水脱毒减害深度处理技术	309
6.3	精细化工行业废水脱毒减害深度处理技术	310
6.4	漂染行业废水脱毒减排与深度处理技术	310
6.5	综合排水河道持续净化技术	311

6.6 农村污水处理技术	311
第7章 结语	312
7.1 关键技术突破与技术集成	312
7.1.1 关键技术突破	312
7.1.2 技术集成	313
7.2 示范工程	313
7.2.1 机械电子废水脱毒减排与深度处理示范工程	313
7.2.2 精细化工废水脱毒减排与深度处理示范工程	314
7.2.3 漂染行业废水脱毒减排与深度处理示范工程	314
7.2.4 污水处理厂尾水深度净化与综合排水河道持续净化	314
7.2.5 典型农村生活污水处理模式示范工程	314
参考文献	315
附录 书中主要符号	323