

深圳河湾水系 水质改善策略研究

深圳市水污染治理指挥部办公室 组编

胡嘉东 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

鉴于深圳河湾水系污染负荷大、自身环境容量小、水资源极度缺乏的特点,本书通过拟定不同的截污处理率,根据不同的补水水源,利用深圳河湾水系水质模型计算相应的生态环境需水量,提出雨水利用、引调大鹏湾与珠江口海水、污水资源化等工程方案及措施,并从技术、经济、环境、生态等多角度论证工程项目是否可行,提出切实可行的分步治理措施和分期水质目标,为下一个阶段的截污工程与补水措施提供科学的指导。

本书的大部分成果来源于“深圳河湾水系引调水工程方案研究”,该研究包括“深圳河湾水系水质改善和生态环境需水研究”、“深圳河湾水系引调水工程预可行性研究”、“深圳河湾流域污水资源化工程预可行性研究”等三个既相互独立又相互依托的子课题。本书在三个子课题分报告与课题总报告的基础上提炼而成,希望可以为深圳及其他城市水系的污染治理提供借鉴和参考。

本书可供从事水污染控制、水资源保护的科研、规划、设计与管理人员参考,也可供高等院校相关专业师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

深圳河湾水系水质改善策略研究/深圳市水污染治理指挥部办公室编;胡嘉东主编. —北京:科学出版社,2007.

ISBN 978-7-03-018631-7

I. 深… II. ①深…②胡… III. 水环境-环境保护-研究-深圳市
IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 022985 号

责任编辑:王志欣 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:刘士平 / 封面设计:高海英

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

*

2007 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007 年 3 月第一次印刷 印张:8 1/4

印数:1—1 000 字数:178 000

定价:100.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

《深圳河湾水系水质改善策略研究》

编写委员会

主 任：吕锐锋

副主任：蒋尊玉

委 员：胡嘉东 梁 毅 段余杰 刘德峰 胡本雄
陈介中 杨小毛 穆瑞林 黄海涛 李静华
李毓林 何利伟

主 编：胡嘉东

副主编：秦华鹏 鲁 南

编 委：付 丽 王丽娅 黄明华 李朝方 徐腊梅
刘惠河 温淑梅 刘娜娜 张 宇 郭观明
田 坤 余香英 韩 龙



深圳湾红树林湿地保护区



深圳河现状



综合整治前的大沙河



综合整治后的大沙河



综合整治前的福田河



综合整治后的福田河

前 言

水污染是中国当前最严重的水环境问题之一。2005 年中国环境监测总站的检测报告表明,我国七大水系中,受到轻度和中度污染的Ⅳ类和Ⅴ类水体占 28.5%,受到重度污染的劣Ⅴ类水体占 22.3%,而流经城市的河段 90%已经受到污染。水体污染的主要原因是社会经济的快速发展,造成工业废水和生活污水排放量猛增,而水污染治理设施的建设相对滞后。到 2005 年底,我国还有 278 个城市没有建成污水处理厂,至少有 30 多个城市 50 多座污水处理厂运行负荷不足 30%,甚至没有运行。我国城市每年约有 200 亿的工业废水和生活污水未经处理直接排入水中,还有大量未达标处理的废水被偷排、漏排。水环境普遍污染、水生态退化已成为中国城市的基本水情。

深圳作为中国最早的经济特区之一,建市 20 多年来经济一直高速发展。“十五”期间,全市经济总量连续跨越 3000 亿元和 4000 亿元,经济增长速度年平均达到 16.3%,比“十五”计划预期目标高 4.3 个百分点,比“九五”时期平均增速高 0.4 个百分点。2005 年 GDP 达 4926.90 亿元,比上年增长 15.0%,全社会劳动生产率 86556 元,比上年增长 10.9%。深圳由一个边陲小镇迅速发展成为一座经济繁荣的现代化城市,创造了世界瞩目的“深圳速度”。但是,深圳也为如此高速的发展付出了代价。目前,深圳、香港两地的界河——深圳河水体黑臭,水质劣于地表水Ⅴ类,鱼虾灭绝;深圳湾水质严重恶化,劣于四类海水水质标准,不再适宜养殖,深圳湾及其附近海域的赤潮也日趋频繁。

深圳河、深圳湾作为联结深圳、香港两个城市的历史脐带,同时也是这对双子城的命运纽带,具有特殊的历史地位和地理位置。深圳河口区深圳一侧国家级福田红树林自然保护区以及香港一侧受国际拉姆萨尔公约(Ramsar Convention)保护的米埔湿地,是华南地区具有国际意义的最重要的湿地生态系统之一。深圳河湾水系的水污染及其水治理备受各级政府和各界人士的关注。

深圳河湾水系具有污染负荷大、自身环境容量小的特点,再加上水系位于高度城市化地区,很难在近期内通过污水管网的改造实现彻底截污,因而在加大水系截污工作力度的同时,还应考虑补充清洁水源以加大河流纳污能力等措施。但是,深圳又是一个水资源极度缺乏的城市,70%以上的城市供水依赖境外调水。因此,深圳河湾水系环境补水的水源,除了考虑供水水源的系统优化调度外,还应考虑本流域雨洪、污水资源化再生水以及近岸海水等非常规水资源。为了科学系统地研究各种水污染治理方案的可行性,提出深圳河湾水系水质改善最佳策略,深圳市水污染治理指挥部办公室组织深港产学研基地、中国市政工程东北设计研究院、深圳市水利规划设计院等三家单位联合开展了“深圳河湾水系引调水工程方案研究”,研究历时一年半,内容由“深圳河湾水系水质改善和生态环境需水研究”、“深圳河湾水系引调水工程预可行性研究”、“深圳河湾流域污水资源化工程预可行性研究”等三个既相互独立又相互依托的子课题组成。该项研究通过拟定不同的截污处理率,根据不同的补水水源,利用深圳河湾水系水质模型计算相应的生态环境需水量,

提出雨水利用、引调水工程、污水资源化等工程方案及措施,并从技术、经济、环境、生态等角度初步论证各工程方案项目是否可行,提出切实可行的分步治理措施和分期水质目标,为下一个阶段的截污工程与补水措施提供科学的指导。本书在三个子课题分报告与课题总报告的基础上提炼而成,希望可以为深圳及其他城市水系的污染治理提供借鉴和参考。

城市河流水系的水污染治理必将经历一个长期而艰巨的过程。深圳市的水污染治理工作才刚刚起步,还处于累积经验和基础数据的初级阶段,因此本书的研究成果还比较粗浅。同时,由于编者的水平和时间有限,本书的疏漏与不足之处,恳请各方专家、学者批评指正。

作 者

2007 年 1 月于深圳

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 深圳河湾的历史	1
1.2 深圳河湾水系的治理工程	1
1.3 深圳河湾水系水污染问题	2
1.4 本研究的目的、内容与方法	4
第二章 深圳河湾水系污染现状与成因分析	6
2.1 流域气象、水文特征	6
2.1.1 水系分布	6
2.1.2 降雨	7
2.1.3 天然径流	8
2.1.4 潮汐与潮流	8
2.1.5 人类活动影响	9
2.2 水质特征	10
2.2.1 多年水质变化	10
2.2.2 河流近期水质状况	13
2.2.3 海湾近期水质状况	17
2.3 污染成因分析	20
2.4 水体黑臭原因分析	21
2.4.1 黑臭机理	21
2.4.2 影响黑臭的因素	21
2.4.3 黑臭指标的建立	22
2.5 水质改善目标	23
2.5.1 流域水体功能定位	23
2.5.2 水质改善分阶段目标	24
第三章 深圳河湾水系水质模型	26
3.1 模型构成	26
3.2 河流模型	27
3.2.1 模型概化	27
3.2.2 控制方程与边界条件	27
3.2.3 模型验证	28
3.3 海湾模型	32
3.3.1 模型描述	32

3.3.2	模型建立	33
3.3.3	模型验证	34
第四章	深圳河湾水系截污效果分析	42
4.1	污染负荷预测	42
4.1.1	漏入河道的污水	42
4.1.2	污水处理厂尾水	45
4.1.3	污水水质	46
4.1.4	香港一侧污染负荷	47
4.2	截污对河流水质改善的效果分析	47
4.3	截污后污水外调方案分析	52
第五章	深圳河湾水系生态环境需水	55
5.1	生态环境需水量的概念	55
5.1.1	生态环境需水量的内涵	55
5.1.2	生态环境需水量的计算方法	56
5.2	生态需水量估算	58
5.2.1	河道基本流量	58
5.2.2	水面蒸发需水量	60
5.2.3	河道渗漏需水量	61
5.2.4	生态需水量小结	62
5.3	环境需水量估算	63
5.3.1	影响环境需水主要因素	63
5.3.2	补水水源的水质	64
5.3.3	截污前后的环境需水量	64
第六章	生态环境补水的措施	67
6.1	城市供水水源利用	67
6.1.1	供水量分析	67
6.1.2	需水量分析	68
6.1.3	供需平衡分析	68
6.2	雨洪综合利用	70
6.2.1	雨洪开发方式	70
6.2.2	雨洪利用方案	72
6.3	污水资源化	74
6.3.1	水源水质和水量	74
6.3.2	污水资源化方案	75
6.3.3	污水资源化效果分析	80
6.4	珠江口引水	82
6.4.1	水源水质	82
6.4.2	引水方案	83

6.4.3 水质改善效果	86
6.5 大鹏湾引水	87
6.5.1 水源水质	87
6.5.2 引水方案	89
6.5.3 水质改善效果	89
6.6 补水措施对比分析	91
第七章 其他水质改善措施及效果分析	93
7.1 底泥处置	93
7.1.1 底泥污染物含量	93
7.1.2 底泥污染对水质的影响	94
7.1.3 底泥清除方案	98
7.2 面源控制	98
7.2.1 面源负荷估算	98
7.2.2 建成区面源污染控制	99
7.3 河口建闸	100
7.4 曝气补氧	103
7.5 河道生态修复	104
第八章 水质改善措施的生态环境影响	106
8.1 生态敏感区	106
8.2 海湾水质影响分析	108
8.2.1 截污措施对海湾水质影响分析	108
8.2.2 引水措施对海湾水质影响分析	110
8.3 海湾生态影响分析	111
8.3.1 红树林影响分析	111
8.3.2 底栖与鸟类影响分析	112
8.4 河道生态环境风险分析	113
第九章 水质改善综合措施	115
9.1 水质改善措施评价	115
9.2 分阶段治理方案推荐	116
9.2.1 近期第一步治理方案(2005~2007 年)	116
9.2.2 近期第二步治理方案(2010 年)	117
9.2.3 远期治理方案(2020 年)	118
参考文献	119

第一章 绪 论

1.1 深圳河湾的历史

深圳河湾水系位于我国南端,包括深圳河、深圳湾,以及注入深圳河湾的一些支流。深圳河明代称为“罗溪”,至中英拓展“新界”时,才易名为深圳河。该河发源于梧桐山牛尾岭,由东北向西南流入深圳湾,再进入珠江口伶仃洋。深圳河湾的北面为深圳经济特区的罗湖、福田与南山区,南面为香港特别行政区的新界地区。深圳一侧的主要支流有沙湾河、布吉河、福田河、新洲河和大沙河,香港一侧有梧桐河、平原河、元朗河等。深圳河湾具有特殊的历史与地理位置,近百年来曾作为把香港和祖国隔离开来的分界线而举世闻名。

1840年英国发动鸦片战争,强迫清政府签订《南京条约》,割占了中国广东省新安县所属的香港岛;1856年英法联军发动第二次鸦片战争,又割占了新安县所属的九龙半岛界限街以南的地区;1898年6月9日,中英签订《展拓香港界址专条》,英国强租原九龙半岛界限街以北、深圳河以南,东起大鹏湾、西至深圳湾,面积达 946.6km^2 的大片地区(即香港新界地区)。至此,香港本岛加上深圳河以南整个九龙半岛及附近约200多个岛屿全部被英国侵占。深圳河湾曾见证了国家的耻辱。

20世纪50年代以来,由于中国内地的封闭政策,香港成为中国与世界沟通的唯一窗口和桥梁,大量物资和人员往来于深圳河上。在这期间香港经济迅速腾飞,发展成举世公认的国际大都市,被誉为“东方之珠”和“亚洲四小龙”之一。深圳河湾得以见证香港的繁荣兴盛。

20世纪80年代,深圳成立经济特区,成为中国改革开放的前沿阵地。经过20多年的发展,深圳从昔日仅有3万多人口、两三条小街道的边陲小镇发展成为初具规模的现代化城市,成为华南地区重要的经济中心之一。2003年深圳实现国内生产总值(GDP)2860.51亿元,人均6510美元,在全国大中城市排行第一,综合经济实力已跻身全国大中城市前列。深圳河湾同样见证了深圳的崛起。

由此可见,深圳河、深圳湾见证一个国家、两个城市的兴衰荣辱。随着1997年香港顺利回归祖国,2001年底我国加入世界贸易组织(WTO),2004年1月1日“内地与香港关于建立更紧密经贸关系的安排”(CEPA)正式生效,泛珠江三角经济圈“9+2”的形成,深圳与香港之间从依存与被依存的关系逐步提升为互利互惠、共同发展的关系,深港城市功能和城市空间的融合成为必然的历史趋势,深圳河湾不仅是联结两个城市的历史脐带,而且成为这对双子城的命运纽带。

1.2 深圳河湾水系的治理工程

城市的形成和发展与河流息息相关。河流孕育了城市,也受到城市发展的影响。随

着深港两地经济的快速发展,城市污水产生量猛增,不合理的污水排放使深圳河湾及其支流的水体受到严重污染,与此同时洪涝灾害所带来的经济损失也越来越大。治理深圳河湾水系,提高水系排洪能力,改善水系水质,使河流恢复往年的清静秀美,是深港两岸人民的共同愿望,也已成为深港双方政府的共识。

经过长达十多年的谈判、细致周密的前期准备工作,深港联合治理深圳河工程于1995年正式开工建设。整个工程分三期进行:第一期对料垵—渔民村段和福田—落马洲段两个弯段进行裁弯取直;第二期对罗湖桥以下河段除一期工程以外的河段进行整治(拓宽、挖深、裁弯取直);第三期对罗湖桥及以上河段进行整治。

第一期工程主要施工项目包括河道开挖、疏浚、筑堤护岸、建造福田水闸等;第二期工程主要项目包括疏浚河道、筑堤护岸以及生态环境补偿等。第一、二期工程已分别于1997年和2000年竣工。第三期工程分A、B、C三个合同分段建造。合同A治理河道长度约620m,主要工程项目包括拓宽罗湖桥河段、拆卸及复建现有罗湖铁路桥等。合同B是对长约1800m的河段进行河道拓宽、挖深及局部裁弯取直、排水涵重配等。合同A、B于2006年3月基本完工。合同C工程是对文锦渡桥上游到平原河口附近河段进行整治,整治河段长度约1.8km,包括河道及堤防工程、东深供水管线改造、环境工程及一些相关配套工程。该工程于2003年12月2日开工,并于2006年11月30日完工。

治理深圳河工程以防洪为主,兼顾城市排水、航运及环境改善。治理后的深圳河在汛期明显发挥了工程效益,已治理河段洪水水面线明显降低,洪水排泄加快,若发生50年一遇洪水,布吉河口可降低洪水位1.9m。工程全部完成后,深圳河泄洪能力由现在的每秒 600m^3 提高到 2100m^3 ,深圳河防洪标准由现在的2~5年一遇提高到50年一遇。

此外,河湾水系其他河流的治理工程也陆续开展:

(1) 大沙河治理工程已完成,整个河道采用全断面护砌,河道防洪能力达到200年一遇标准,并沿新建河道绿化和建设了7座橡胶坝水面景观工程。

(2) 新洲河是一条自北向南流入深圳湾的人工性河流,中、下游是已经开发建设的城区,有多处大型住宅区和多条重要交通道路,原有的地形和地貌已经发生了很大变化,现状排洪能力不到20年一遇洪水标准。新洲河综合整治工程即将启动,工程完工后新洲河防洪标准可以达到100年一遇洪水标准。

(3) 福田河为深圳河的支流,干流长度6.8km,暗涵覆盖率为55%,流经笔架山公园、市中心公园、田面村,沿福田南路在皇岗口岸东部汇入深圳河。自1989年全面整治以来,福田河没有出现过大的险工险段,但防洪标准偏低,仅相当于现行20年一遇的洪水标准。现在福田河部分河段综合整治工程已经启动,全部工程完工后福田河防洪标准可以达到100年一遇洪水标准。

1.3 深圳河湾水系水污染问题

深圳河湾水系的防洪治涝已经取得良好的效果,但水污染治理仍滞后于城市的发展。

深圳河曾是一条美丽的河流,古人曾用“罗溪水长渔歌晚,梧岭峰高月吐迟”、“几许渔舟,偏多鸥鸟,上下争鱼觅”等诗句来描绘它的美景。但是,当深圳由一个边陲小镇发展成

为初具规模的现代化城市时,当原来以农业生态系统为主的环境被城市生态系统所替代时,其水环境也受到严重污染。

深圳河湾水系从大沙河、新洲河,到深圳河、福田河、布吉河、沙湾河,其主要河段水质指标劣于国家地表水环境质量Ⅴ类标准,水体发黑发臭,鱼虾灭绝,已无环境容量可言。旱季时,一些河段的水质接近城市下水道污水水质。污染的河水流入海湾,使深圳湾水质也较差,特别是近岸水域,水质达不到国家海水水质三类标准。深圳河湾水系的河流大都穿过城市繁华地带,沿岸高楼林立,黑臭的河流不仅使置业者无法安居,还影响到城市形象,阻碍周边地区经济的高层次发展。

深圳河湾水系的严重污染,已经引起了各方面的重视。改善深圳河湾水环境成为深港双方政府和人民的共同目标。目前,深港两地合作治理深圳河,已经从防洪治涝扩展到水污染治理和防护。双方政府相互表达了加强环保合作的意愿,并拟定了巨额投资计划和长期环保规划。在《深圳市国民经济和社会发展第十个五年计划纲要》中,作为可持续发展目标之一,深圳市政府强调提出建设环保模范城市和国际花园城市的要求,大力开展水环境综合整治,开展深圳河湾水系等主要河流治理,使之达到景观标准。

然而,深圳河湾水系水质改善面临两大难题:

一是大量的污染负荷由深圳地区进入水系。由于深圳特区市政排水设施建设滞后于城市发展、雨污水管道误接和乱接、污水处理厂与排水管网不配套等原因,大量未经任何处理的污水直接排入该水系。水系内现有污水处理厂的出水水质标准为一级B标准,达不到深圳河湾水功能区划的目标(Ⅴ类水)标准,排入水系后进一步增加水系的污染负荷。

二是水系本身的环境容量小。深圳河湾水系的支流,包括布吉河、沙湾河、福田河以及大沙河,在旱季的天然径流几乎接近零。此外,水系内多数河流的中下游为感潮河段,由于涨潮时潮流的顶托作用,使污染物在进入深圳河湾水系后长时间滞留在该水系。

为了解决这两大难题,不仅需要采取措施削减进入水系的污染负荷——“减负”,还应增加水体环境容量——“增容”。具体的“减负”措施包括:

- (1) 纠正乱接和误接管线,从根本上解决乱接和误接造成的污染源;
- (2) 对直接排入河流水体的污水实施截流;
- (3) 提高污水处理厂出水标准;
- (4) 将排入深圳河湾水系的污水集中后转输到珠江口排海;
- (5) 底泥清除;
- (6) 面源控制等。

“增容”措施包括:

- (1) 对河流进行环境补水,潜在补水水源有雨水、污水资源化水、珠江口或大鹏湾的海水等;
- (2) 在该水系的适当地点设置潮流闸门以改善水系的水流交换能力;
- (3) 河流生态修复措施,增加水体净化能力;
- (4) 曝气复氧等。

显然,每种措施的水质改善效果不同,实施条件也不同。为了在一定工程、技术与经济条件下,尽快达到水质改善目标,并减少对水系生态系统的负面影响,有必要对各种水

质改善措施进行综合评价与优化组合,并制订出分阶段的水质改善策略。

1.4 本研究的目的、内容与方法

本研究的主要目的:根据深圳河湾水系的水文特征和水质要求,分析各种水质改善措施的效果以及技术、环境和工程的可行性,拟定分阶段的水质改善策略,推荐切实可行的方案,并估算方案的投资、运行和其他经营费用,为深圳河湾水系水环境综合治理提供科学的依据。

基于上述研究目的,本课题的研究内容包括:

- (1) 深圳河湾水系水质改善目标;
- (2) 截污措施的效果分析;
- (3) 生态环境需水量研究;
- (4) 补水措施的工程方案与效果分析;
- (5) 底泥清除、河口建闸、面源控制等措施的效果分析;
- (6) 水质改善措施的生态环境影响评价;
- (7) 水质改善措施的综合评价与优化组合。

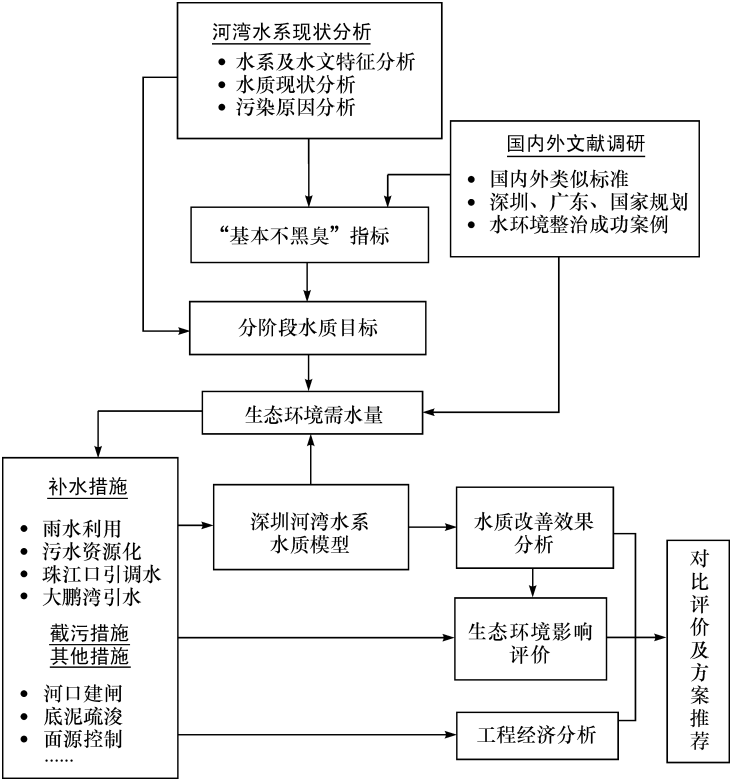


图 1-1 研究技术路线

本研究主要采用数值模拟的研究方法。根据研究的需要,采用了两套模型,即深圳河一维动态潮流和水质模型(Ⅰ)和深圳湾三维动态水动力和水质模型(Ⅱ)。其中,模型Ⅰ用于深圳河湾水系环境需水的估算、引调水方案效果评估;模型Ⅱ用于分析各种水质改善措施对深圳湾水环境的影响。此外,本课题采用的研究方法还包括:统计分析、类比、实地考察、采样监测、实验室模拟实验等。研究技术路线如图 1-1 所示。

第二章 深圳河湾水系污染现状与成因分析

掌握水系的水文、水质特征及污染成因是水质改善方案决策的基础。本章重点介绍深圳河湾水系水文、水质的基本情况,分析造成水系污染的主要原因,探讨水体黑臭的机理、影响因素及控制指标,结合水环境功能要求和水污染现状,提出分阶段治理目标。

2.1 流域气象、水文特征

2.1.1 水系分布

深圳河湾水系地处珠江口内伶仃洋以东,大鹏湾以西,北部为深圳经济特区,南部为香港新界地区。水系由深圳河、深圳湾及其支流组成。

深圳河流域水系呈扇形分布,主要支流有莲塘河、沙湾河、梧桐河、平原河、布吉河、福田河、皇岗河,其中梧桐河、平原河在香港境内(图 2-1)。深圳河干流及其上游支流莲塘河为深圳特区与香港之间的界河,由东北向西南流入深圳湾,全长约 37km。深圳河干流起点为三岔河口,河道原长 16.8km,经深圳河治理一、二期工程整治后河长为 13.16km。深圳河流域面积 297.4km²,其中深圳境内 172.4 km²,香港境内 125 km²。深圳河湾水系概要情况见表 2-1。

深圳湾是一个半封闭型海湾,为深圳市的南山区、福田区和香港新界所环绕。它东接深圳河,西连珠江口内伶仃洋,湾内纵深约 14km,平均宽度约 7.5km,水域面积 90km²,水深较浅,平均深度仅为 2.9m。注入深圳湾的河流除了深圳河外,还有深圳一侧的大沙河、凤塘河、新洲河,香港一侧的元朗河及一些小支流和人工渠道(图 2-1)。



图 2-1 深圳河湾水系图

表 2-1 深圳河湾水系概要(深圳一侧)

序号	河流	源头	流域面积 /km ²	河长 /km	感潮河段 /km	坡降/‰	渠化 程度	注入水体
1	深圳河	三岔口	297.4	13.16	13.16	0.94	高	深圳湾
2	莲塘河	梧桐山	10.1	13.24	0	10.06	一般	深圳河
3	沙湾河	深圳水库	68.52	14.08	0	3.4	高	深圳河
4	布吉河	牛岭吓	63.41	10	2.7	3.2	高	深圳河
5	福田河	梅林坳	14.68	6.77	0	7.3	高	深圳河
6	新洲河	梅林水库	21.5	11.3	4.1	5.77	高	深圳湾
7	大沙河	长岭皮水库	92.3	8	3.6	1	高	深圳湾

2.1.2 降雨

深圳河湾水系地处北回归线以南,气候温暖多雨,属亚热带海洋性季风气候;多年平均气温 22.4℃,最高气温 38.7℃,最低气温 0.2℃;多年平均相对湿度 79%;多年平均水面蒸发量 1322mm,多年平均陆地蒸发量约 850mm;多年平均(1953~1997 年)降水量为 1926.4mm,年最大降水量 2662.9mm(1975 年),年最小降水量 912.5mm(1963 年)。降水量中由台风带来的台风雨量所占比重大,约占多年平均雨量的 36%。

降雨在地区分布不均匀,迎风坡与背风坡降雨量有明显差异,局部地区降雨量较多,东部多年平均降雨量在 2000~2100mm,西部多年平均降雨量 1600~1700mm。降雨量由东南向西北递减,且递减趋势随统计时段的加长而明显增大。梧桐山为全流域的暴雨中心。

降雨在时间上分布不均匀,夏季多冬季少,如表 2-2 所示。每年 4~9 月为汛期,降水量约占全年降水的 85%~90%左右;前汛期为 4~6 月,主要受锋面和低压槽的影响;后汛期为 7~9 月,主要受台风和热带低气压影响,一次台风过程的降水量可达 300~500mm。10 月~次年 3 月为旱季,降水量约占全年的 10%~15%。流域内不同保证率下年内径流深分配见表 2-2。

表 2-2 深圳河流域不同保证率年内径流深分配

月份	10%(1997)		50%(1968)		90%(1969)	
	比例/%	径流深/mm	比例/%	径流深/mm	比例/%	径流深/mm
1	1.5	24	0.3	3	5.7	39
2	5	79	5.6	58	2.4	16
3	1.5	24	7	73	3.4	23
4	4.4	70	0.6	6	7	48
5	9.8	155	11.5	119	12.6	86
6	12.6	200	20.5	213	19.1	130
7	24.5	388	10.9	113	32	217
8	29	459	35	364	13.5	92
9	9.6	152	3.4	35	3	20
10	1.1	17	2.7	28	1.3	9
11	0.2	3	0.8	8	0	0
12	0.8	13	1.7	18	0	0
合计	100	1584	100	1039	100	679

2.1.3 天然径流

水系内的河流为雨源型河流,流域的地表、地下径流主要来源于降雨。水系内缺乏长期、系统的水文观测数据,河流的天然径流根据年降雨量、年内降雨分布、流域面积与径流系数估算。根据《广东省水文图集》^[1],深圳市多年平均年径流系数为 0.55,90%保证率下水系内各主要河流枯水期、丰水期的平均天然径流量如表 2-3 所示。其中枯水期 10 月~次年 3 月(182 天),丰水期 6~8 月(92 天)。

表 2-3 90%保证率下深圳河湾水系天然径流量

流域分类	主要河流	流域面积 /km ²	年径流量 /(10 ⁴ m ³ /a)	枯水期日 平均流量 /(10 ⁴ m ³ /d)	丰水期日 平均流量 /(10 ⁴ m ³ /d)
深圳湾流域	大沙河	92.26	5747.66	4.042	40.359
	凤塘河	14.89	927.6247	0.652	6.514
	新洲河	21.5	1339.418	0.942	9.405
深圳河流域	莲塘河	10.1	580.733	0.408	4.078
	沙湾河	68.52	3939.785	2.771	27.664
	布吉河	63.41	3645.968	2.564	25.601
	福田河	14.68	844.0753	0.594	5.927
	皇岗河	4.65	267.3672	0.188	1.877
	梧桐河	43.4	2495.427	1.755	17.522
	平原河	18	1034.97	0.728	7.267
	深圳河干流	74.64	4291.675	3.018	30.135
	深圳河流域	297.4	17100	12.026	120.072

注:深圳河干流的流域面积=深圳河流域面积-深圳河各支流流域面积总和。

2.1.4 潮汐与潮流

深圳湾受南海不规则半日混合潮影响,海湾潮流基本上是往复流,其方向与湾的走向基本一致。湾口赤湾站的统计结果表明,深圳湾平均、最大和最小潮位分别为-0.15m、0.45m 和-0.85m(珠江基面)。根据近来的实测资料^[2]和水动力学模型计算结果,涨潮时深圳湾内大潮期流速为 0.39~0.65m/s,小潮期为 0.31~0.40m/s;落潮时,深圳湾内大潮期流速为 0.58~0.74m/s,小潮期为 0.20~0.34m/s。深圳湾地区全年盛行偏东风,频率为 23%,其次为东南风,频率为 14%。深圳湾平时波浪较小,台风过境时亦无大浪,1981~1984 年在赤湾实测最大波高为 2.2m。湾内重现期为 20 年的 ESE 和 SSW 向波高分别为 1.4m 和 1.5m^[3]。

深圳河下游河床较低,比降较小,潮汐动力对河道的影响较大。深圳河潮流界可达三岔河口以上,潮区界则更远。深圳河的三岔河口河段,潮差比河下游其他各站小 50%左右,只有在较大潮的高潮前后时刻,潮峰才涌至。赤湾等站涨落潮平均潮差及平均历时见

表 2-4。

表 2-4 深圳湾与深圳河涨落潮平均潮差、历时比较

位置		平均潮差/m		平均历时/(时:分)	
		涨潮	落潮	涨潮	落潮
深圳湾湾口(赤湾站)		1.369	1.367	6:12	6:17
深圳河	渔农村	1.303	1.317	5:24	7:24
	布吉河水闸	1.179	1.185	5:17	7:16
	文锦渡	0.897	0.886	5:08	7:29
	三岔河口	0.429	0.429	3:48	13:38

2.1.5 人类活动影响

深圳市是典型的“移民城市”，户籍人口和流动人口严重倒挂。2000 年 11 月全国第五次人口普查，深圳市人口高达 700.88 万人，其中常住人口 432.94 万人(户籍人口 124.92 万人，暂住人口 308.02 万人)，流动人口 267.94 万人。

2003 年，深圳市的常住人口增加到 557.41 万人，考虑流动人口之后，深圳市人口估计在 900 万人左右;实现国内生产总值(GDP)2895.41 亿元,比上年增长 19.2%。随着经济和人口增长，城市总供水量逐年增加。虽然深圳市降雨充沛，多年平均径流深度 981mm,远高于全国平均径流深度 314mm,但人均水资源量仅为每年 476m³，不足全国人均占有量的 1/4,约为广东省人均占有量的 1/6,属于全国严重缺水的七大城市之一。因此，深圳市对境外水源的依赖程度很高。2003 年，深圳市供水量增加到 14.9 亿 m³，其中境外水源供水比例为 65.9%。

深圳河湾流域所包括的罗湖区、福田区、南山区及龙岗区布吉镇是深圳市的中心区，经济发达、人口密集。2003 年，深圳河湾流域的人口占全市的 36%，GDP 占全市的 64%。深圳河湾流域对境外水源的依赖程度更高，2003 年深圳河湾流域供水量增加到 6.4 亿 m³，其中境外水源供水比例高达 88%^[4]。

经济与人口增长、境外引水、污水排放、土地过度开发、河道整治工程(如筑堤、建坝、渠道化)等活动对深圳河湾水系的演变产生巨大影响。1995 年 11 月~1996 年 10 月 及 1998 年 6 月~1999 年 6 月，曾对深圳河落马洲断面进行流量测量^[5]，由于该断面的集水面积约为 269.3km²，占深圳河流域面积的 91%，基本可代表深圳河的总体概况。根据实测资料统计(表 2-5)，枯水期间，落马洲断面平均径流量在 9.59~11.1m³/s。参照同期的降雨资料，降雨量均非常小，几乎不产生地表径流，因此可以判断枯水期河道径流基本为污水。

表 2-5 落马洲断面逐月平均下泄流量统计表

月份	时段:1995.11~1996.10			时段:1998.6~1999.6		
	实测流量	沙湾站降雨	布吉站降雨	实测流量	平原站降雨	气象台降雨
	/(m ³ /s)	/mm	/mm	/(m ³ /s)	/mm	/mm
1	11	0	0	9.6	12.9	
2	9.6	28.3	34	9.8	11	
3	12.1	84	94.9	12.6	20	
4	14.9	143.7	154.2	15.9	55.8	
5	18	222.5	229.4	18.1	141.1	
6	59.1	351.4	255.4	31.8	297.1	
7	25.4	248.5	160.7	14.7	110.3	187.5
8	24.8	171.9	263	15.7	372.7	457.4
9	67	516.3	540.6	18	117.1	89.5
10	12	0	0	14.5	88.7	66.4
11	11.1	3.8	5.1	11	36.5	41.7
12	9.9	7.7	8	10.9	39.9	24.5

2.2 水质特征

2.2.1 多年水质变化

2003 年,深圳市在深圳河湾水系内布置常规水质监测点(站)6 个,其中深圳河干流上、中游、河口各 1 个,布吉河、大沙河各 1 个,深圳湾湾中、湾出口各 1 个。常规监测点的名称及位置如表 2-6 和图 2-1 所示。此外,香港环保署也在深圳湾设置了 5 个测点(图 2-1),长期监测海湾水质变化。

表 2-6 深圳河湾水系水质常规监测点

编号	位置	测点名称
1	深圳河上游	径 肚
2	深圳河中游	砖码头
3	深圳河河口	河 口
4	布吉河	人民桥
5	大沙河	大冲桥
No.66	深圳湾湾中	深圳湾中
No.67	深圳湾湾口	深圳湾出口

2000~2003 年水质常规监测数据表明^[6],河流中除深圳河上游的径肚断面达到Ⅱ类地表水环境质量标准外,其他各测点水质受到严重污染,劣于Ⅴ类,主要污染物为 NH₃-N

(氨氮)、TP(总磷)和 BOD₅(五日生物需氧量)。

深圳河砖码头测点的水质监测数据表明(图 2-2),深圳河水质的年际变化趋势不明显,在同一年内由于受季节和涨落潮等因素的影响污染物浓度的最大值与最小值相差较大。BOD₅、COD_{Mn}(高锰酸盐指数)、TP、NH₃-N、TN(总氮)等污染物浓度的最高值分别是Ⅴ类地表水水质标准的 5、1.5、7、13、15 倍;BOD₅、COD_{Mn}的最小值接近或达到Ⅴ类水标准,但 TP、NH₃-N、TN 的最小值仍超标 2~4 倍。该测点的 DO(溶解氧)几乎为零,表明河流已经处于缺氧状态。

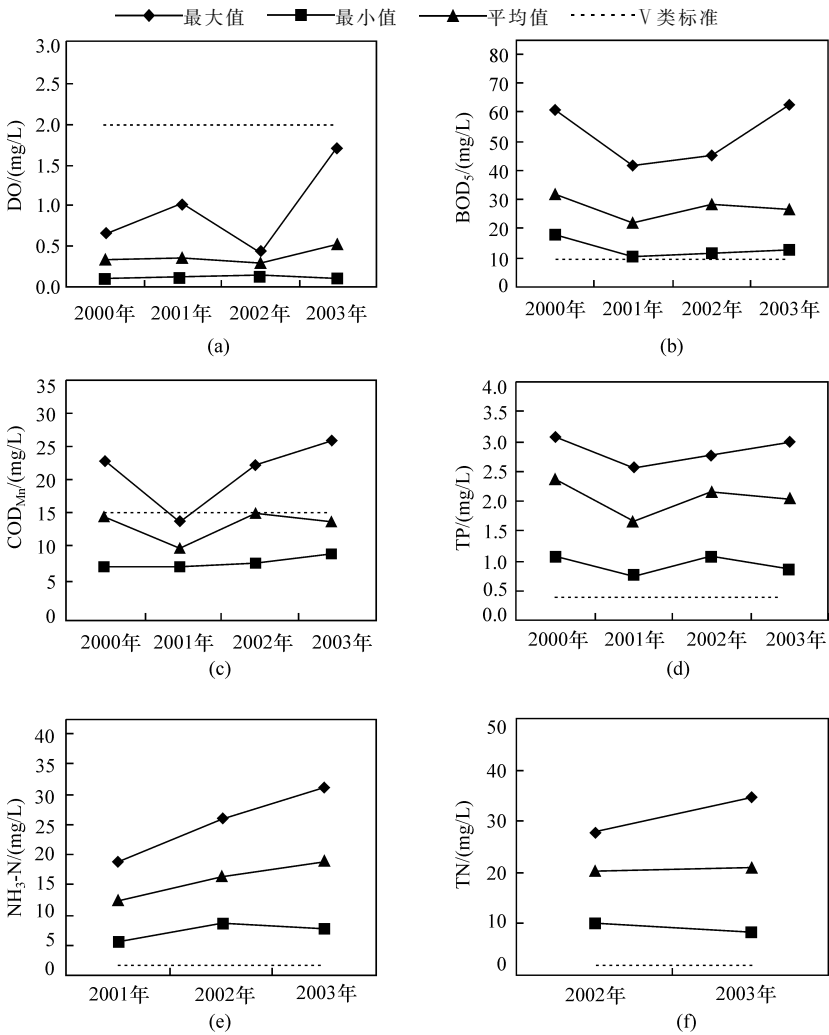


图 2-2 深圳河砖码头测点水质年际变化曲线

布吉河人民桥测点的水质监测数据表明(图 2-3),布吉河的水质污染比深圳河还要严重。BOD₅、COD_{Mn}、TP、NH₃-N、TN 等污染物浓度的最高值分别是Ⅴ类地表水水质标准的 10、2.2、10、17、17 倍;除 COD_{Mn}的最小值接近Ⅴ类水标准外,其他污染物的最小值仍超标 4 倍以上。

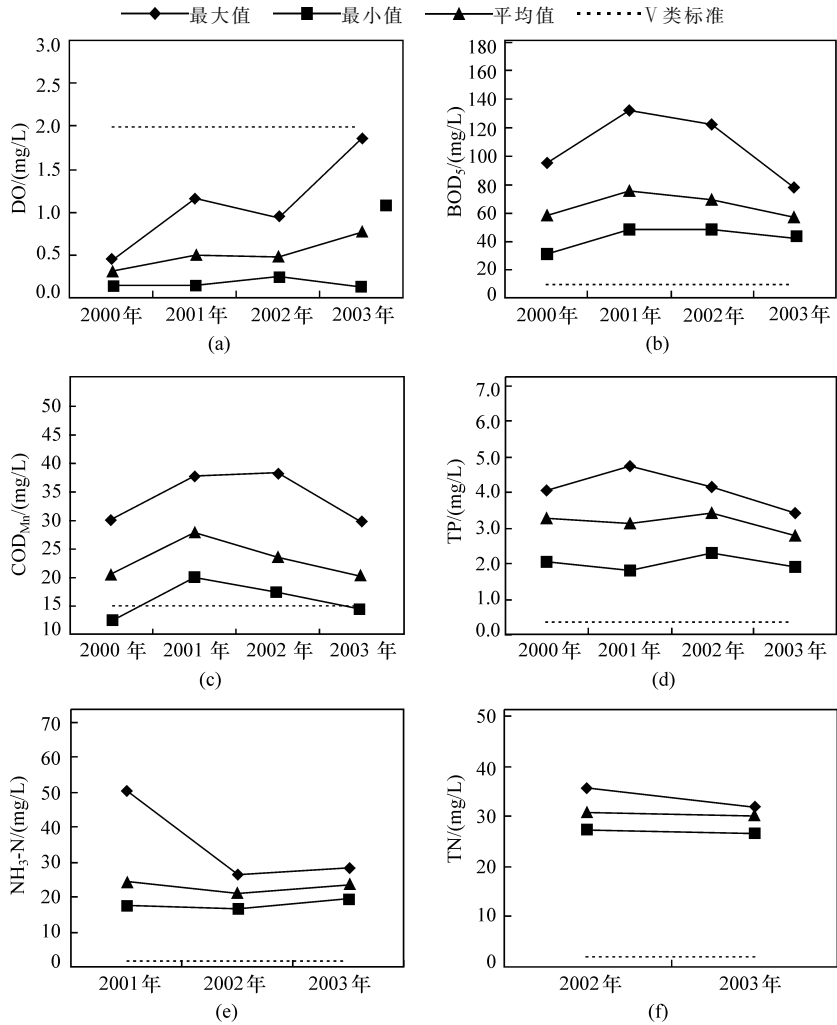


图 2-3 布吉河人民桥测点水质年际变化曲线

深圳湾的两个测点水质污染严重,劣于海水四类水质标准,主要污染物为无机氮、活性磷酸盐。深圳湾中部测点的水质监测数据表明(图 2-4),DO、BOD₅、COD_{Mn}还能达到海水三类水质标准,其中 DO 的最小值已经接近海水三类水质标准的极限;无机氮、活性磷酸盐污染严重,分别为海水三类水质标准的 4~6 倍、4~9 倍。香港环保署对深圳湾的水质监测得到了相似结论:水质指标在空间上具有明显的差异,从外湾到内湾,水质急剧恶化;深圳湾水质差主要表现在高含量的无机氮和低浓度的溶解氧;至 2002 年,海湾所有监测点的无机氮已经连续七年未能达到水质目标,超标幅度达到 0.5~6 倍,表明深圳湾营养物污染十分严重。

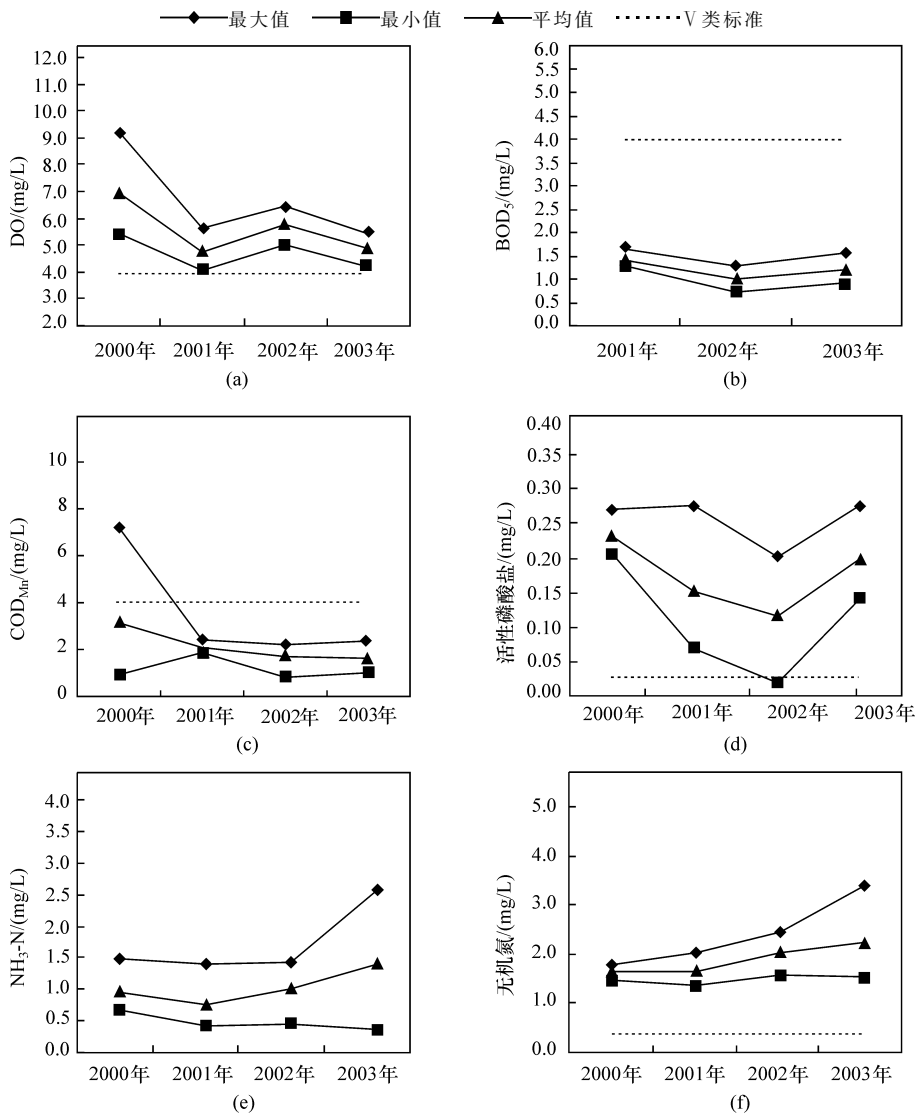


图 2-4 深圳湾中部测点水质年际变化曲线
(Ⅲ类标准指海水三类水质标准)

2.2.2 河流近期水质状况

为了进一步了解河流水质沿程及随涨落潮的变化情况,2004 年 5 月 24~26 日连续对深圳河干流、大沙河、新洲河、福田河和布吉河进行了水质监测,测点布置如图 2-5 所示。

1. 深圳河干流

深圳河干流布置 8 个测点,每天测量 4 次,统计出涨落潮各测点的水质情况如表 2-7 所示,COD_{Cr}表示化学需氧量。DO、BOD₅、NH₃-N、TP 为例绘制出水质沿程变化曲线如图 2-6 所示。

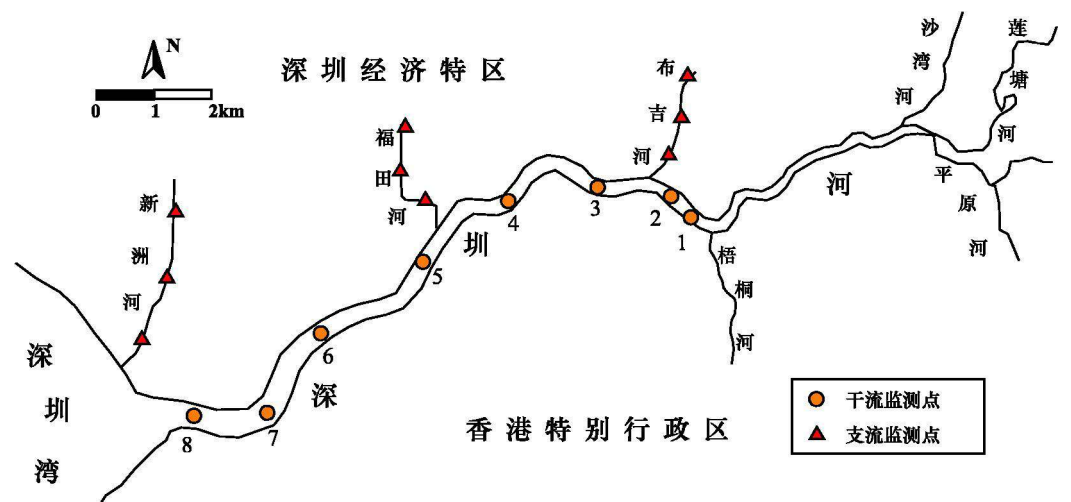


图 2-5 深圳河水文水质同步监测布点

表 2-7 深圳河干流水质监测结果(mg/L)

编号	测点名称	潮时	DO	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP
1	罗湖桥	落潮	0.29	53	19	14.2	18.4	2.02
		涨潮	0.28	70	31	14.0	22.9	2.56
2	布吉河汇入口上游	落潮	0.16	88	21	18.6	20.8	2.39
		涨潮	0.2	44	24	15.7	16.9	2.11
3	布吉河汇入口下游	落潮	0.5	53	18	17.4	20.9	2.13
		涨潮	0.49	40	16	14.3	15.3	2.01
4	福田河汇入口上游	落潮	0.3	45	22	17.8	20.1	2.35
		涨潮	0.51	69	15	18.6	22.8	2.54
5	福田河汇入口下游	落潮	0.29	55	20	17.6	20.6	2.42
		涨潮	0.28	53	20	17.9	20.6	2.28
6	治河办	落潮	0.21	33	13	15.5	17.5	1.98
		涨潮	0.85	33	9	13.4	14.7	1.77
7	河口 2	落潮	1.02	41	10	14.8	16.5	1.8
		涨潮	2.82	17	5	10.2	11.4	1.29
8	河口 1	落潮	1.54	42	7	11.9	13.2	1.48
		涨潮	3.45	16	4	8.2	9.1	1.02

深圳河干流中游(从罗湖桥测点到福田河汇入口下游测点,1~6 测点)水质污染严重,污染水平大体相当,BOD₅、NH₃-N、TP 分别为 V 类水质标准的 2、8、6 倍,DO 几乎为 0,河流处于缺氧状态;下游(从治河办测点到河口 1 测点,6~8 测点)水质由于潮汐的影

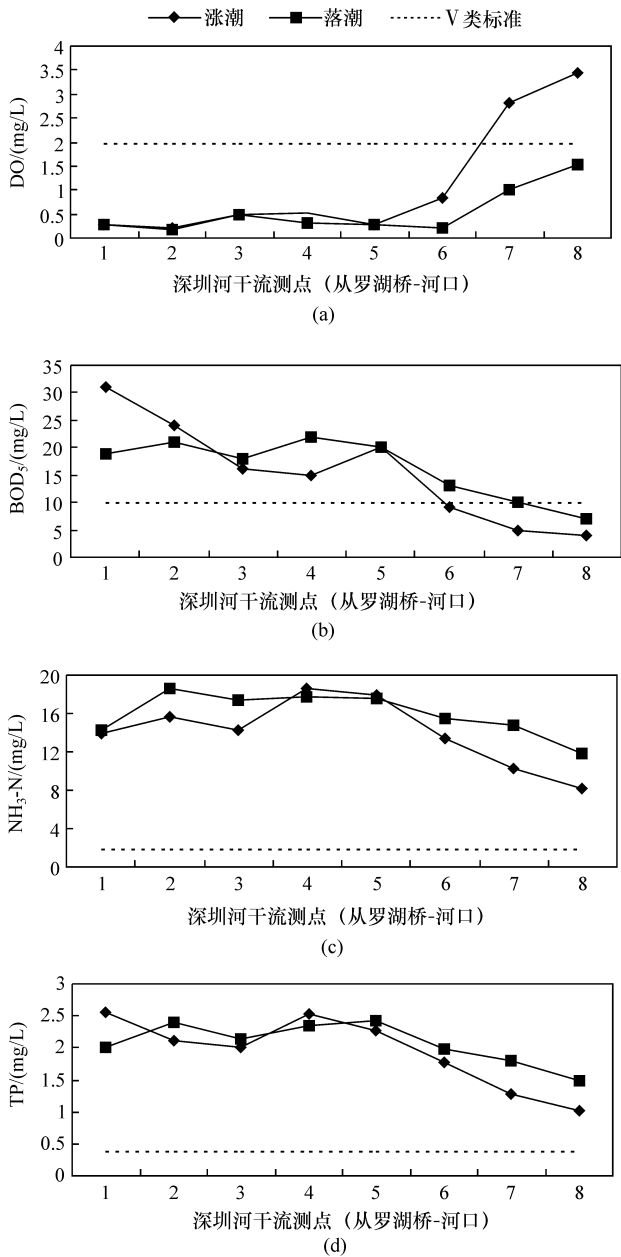


图 2-6 涨潮、落潮时段深圳河干流各测点水质沿程分布

响,水质有所改善,DO、COD_{Cr}、BOD₅ 已经接近 V 类水质标准,但 NH₃-N 和 TP 分别为 V 类水质标准的 6 倍和 4 倍。与落潮阶段相比,涨潮阶段深圳河干流下游水质有明显改善。

2. 大沙河

大沙河布置三个测点,分别位于距河口 6km、3km 及河口处,每天测量 4 次,统计出涨潮、落潮各测点的水质情况如表 2-8 所示。从上游往河口,沿程水质有所改善,但除

DS3 点在涨潮时 DO、COD_{Cr}、BOD₅ 可以达到Ⅴ类水质标准外,其他情况下水质都劣于Ⅴ类水质标准。特别是 DS1 点在退潮时 BOD₅、NH₃-N、TN、TP 分别为Ⅴ类水质标准的 6、12、18、8 倍。调查发现,大沙河沿岸有 22 个以上排污口,这些排污口大部分本为雨水口,由于没有完全实行雨污分流,流域内居民的生活污水直接通过雨水系统排入河道,致使雨水口附近河水乌黑,散发出阵阵恶臭,水中还有垃圾漂浮。

表 2-8 大沙河水质监测结果(mg/L)

编号	测点描述	潮时	DO	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP
DS1	距河口 6km	落潮	0.26	125	61	24.8	36.1	3.08
	左右	涨潮	0.15	98	48	26.2	29.8	2.63
DS2	距河口 3km	落潮	0.11	72	15	21.2	25.9	2.29
	左右	涨潮	0.09	96	47	24	29.2	2.36
DS3	注入深圳湾前	落潮	0.08	83	16	16.5	19.3	1.69
		涨潮	3.17	16	4	7.5	8.76	0.73

3. 新洲河

新洲河全河道位于市区,河水污染严重。北环路以上段,河道被覆盖,两岸乱排乱接现象较严重,水面漂浮物及水中悬浮物较多;北环路以南至深南大道段,为明渠段,两岸乱接乱排现象较少;深南大道至河口段污染状况尤为严重,受海水顶托,河水流速很小,河水呈油状,颜色深黑,散发出阵阵恶臭。新洲河也布置三个测点,统计出涨潮、落潮各测点的水质情况如表 2-9 所示。新洲河沿程变化情况和大沙河情况类似,但污染程度比大沙河更为严重。以 XZ2 测点为例,退潮时 BOD₅、NH₃-N、TN、TP 分别为Ⅴ类水质标准的 7、47、51、8 倍。

表 2-9 新洲河水质监测结果(mg/L)

编号	测点描述	潮时	DO	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP
XZ1	距河口 6km	落潮	0.18	166	94	54.1	61.3	4.86
	左右	涨潮	0.11	167	80	47.7	53.5	3.27
XZ2	距河口 3km	落潮	0.07	111	68	93.6	102	3.08
	左右	涨潮	0.08	97	37	28.1	37.6	2.6
XZ3	注入深圳湾前	落潮	0.06	96	46	74.4	77.3	3.92
		涨潮	0.26	17	4	9.5	11	1.34

4. 福田河

监测结果表明(表 2-10),福田河水质沿程变化不明显,而且污染程度要好于大沙河、新洲河。调查范围内,笋岗路至深南路河段,河水浑浊,有异味,深南路至河口段河水污黑,且发出阵阵恶臭,水质仍然是劣Ⅴ类。以 FT2 测点为例,退潮时 BOD₅、NH₃-N、TN、TP 分别为Ⅴ类水质标准的 5、9、12、5 倍。

表 2-10 福田河水质监测结果(mg/L)

编号	测点描述	潮时	DO	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP
FT1	距河口 4km	落潮	0.3	110	38	17.5	23.2	2.35
	左右	涨潮	0.04	98	36	22.2	27.1	3.42
FT2	距河口 2km	落潮	0.44	127	48	17.4	25.1	1.99
	左右	涨潮	1.37	34	22	17.8	25.6	2.18
FT3	注入深圳湾前	落潮	0.04	89	39	19	22.9	2.05
		涨潮	0.05	45	16	18.3	20.2	2.29

5. 布吉河

布吉河水质沿程变化也不明显,调查河段内水流颜色污黑,多处河段散发出阵阵恶臭,其污染程度比福田河严重。布吉河水质监测结果如表 2-11 所示。以 BJ2 测点为例,退潮时 BOD₅、NH₃-N、TN、TP 分别为 V 类水质标准的 4、12、15、11 倍。

表 2-11 布吉河水质监测结果(mg/L)

编号	测点描述	潮时	DO	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP
BJ1	距河口 6km	落潮	0.04	140	61	25.1	35.8	3.84
	左右	涨潮	0.06	81	28	20.1	24.8	2.73
BJ2	距河口 3km	落潮	0.04	111	38	24.2	30.6	4.23
	左右	涨潮	0.23	115	45	18.3	26.2	3.89
BJ3	注入深圳湾前	落潮	0.04	141	72	25.6	32.7	5.05
		涨潮	0.07	42	14	14.5	15.5	1.95

2.2.3 海湾近期水质状况

为了了解深圳湾及其邻近海域(珠江口)的水质状况,进行了两次调查。第一次从 2004 年 2 月 11~13 日,对深圳湾口进行了水文、泥沙和水质元素调查。调查共完成 17 个大面站、2 个 13 小时连续站的观测,详细站位见图 2-7,其中 L12 是 1997 年 1 月的连续站位,赤湾是验潮站,L1 和 L2 是本航次的 13 小时连续站,其他以阿拉伯数字标识的是本航次的大面站。第二次从 2004 年 4 月 21~26 日,在虎门到赤湾段珠江河口东侧的水域和深圳湾内,进行了 2 个 15 小时的连续站和 40 个大面站(站位见图 2-8)水文、水质调查,调查目的是为引水决策和引水口选择提供环境方面的基础资料。本节主要对第一次调查数据进行分析。

表 2-12 给出了各大面站的监测结果,SS 表示固体悬浮物。可以看出,不同的站位,除了 DO 和 pH 外,各项物质的含量相差很大,最大和最小一般差十几倍,有的可以差几十倍,例如氨,18 号和 6 号站竟相差 45.9 倍。除了 DO 和 pH 外,其他元素都是 18 号站含量最高的,水质最差。其次是 17 号和 16 号站。从站位图上可以看到,它们都位于湾顶,受深圳河水的影响最明显,随着离河口的距离增加,各种物质含量逐渐减少,至湾口

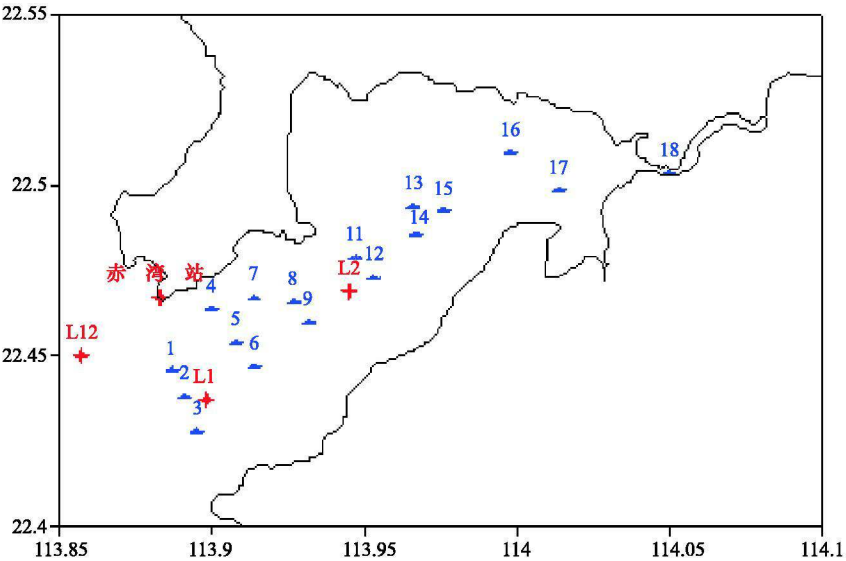


图 2-7 深圳湾水文水质第一次调查监测站位分布图

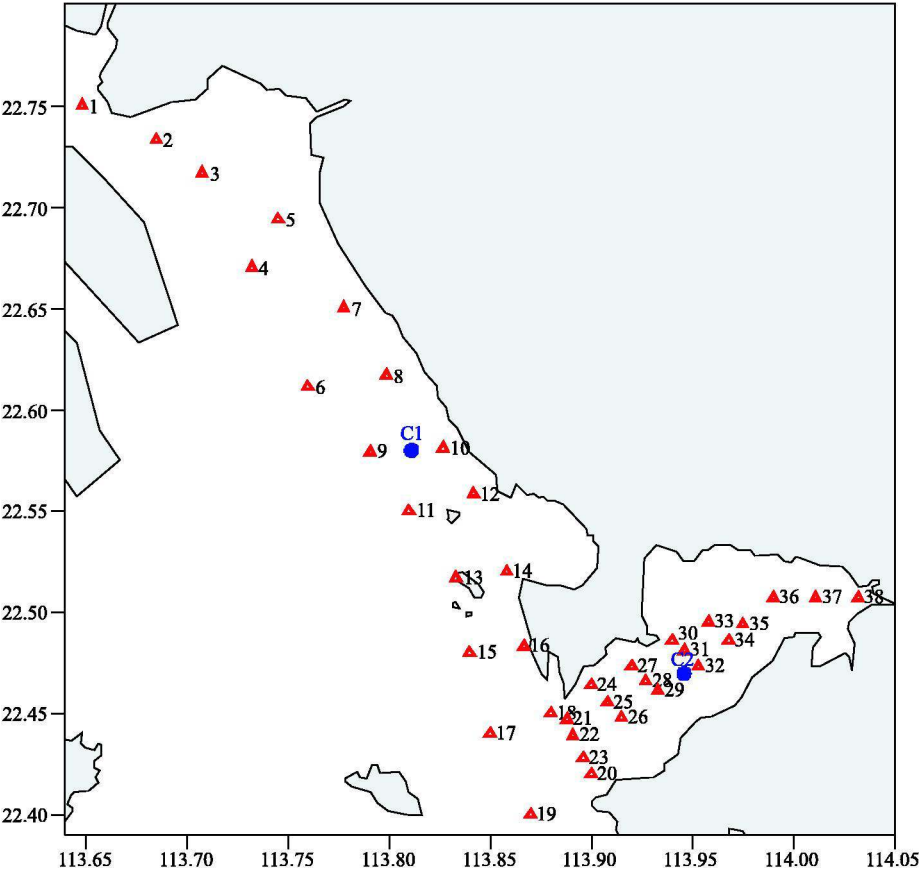


图 2-8 深圳湾水文水质第二次调查监测站位分布图

表 2-12 大面站水质(mg/L)

站号	SS	COD _{Mn}	BOD ₅	DO	pH	TP	TN	NH ₃
1	8.8	0.74	0.48	5.30	7.94	0.088	1.210	0.483
2	10.4	0.60	0.54	4.16	7.96	0.087	1.065	0.388
3	3.8	0.74	0.85	2.06	7.98	0.092	0.935	0.501
4	2.4	0.74	0.88	2.61	7.96	0.112	1.470	0.919
5	13.0	0.70	0.55	5.43	8.02	0.087	0.985	0.361
6	5.8	0.53	0.45	1.10	8.01	0.095	0.825	0.330
7	3.6	0.95	1.04	4.57	7.93	0.120	1.520	1.337
8	5.2	1.00	0.74	1.65	7.90	0.114	1.355	1.287
9	8.6	0.74	0.86	2.78	7.98	0.086	1.025	0.401
11	11.2	0.77	0.70	5.49	7.87	0.153	1.620	1.520
12	10.0	0.96	0.75	1.26	7.88	0.144	2.030	1.546
13	3.2	1.02	1.62	4.71	7.77	0.221	2.470	2.130
14	7.6	1.18	1.32	4.35	7.79	0.214	2.675	2.251
15	5.6	1.09	1.56	8.70	7.70	0.225	2.875	2.661
16	10.6	2.14	2.09	3.79	7.43	0.486	9.700	6.916
17	15.6	2.88	3.30	1.55	7.43	0.615	9.830	7.974
18	33.6	4.77	5.88	6.59	7.29	1.23	16.330	15.143
海水三类 水质标准	≤100	≤4	≤4	>4	6.8~8.8	活性磷酸盐 ≤0.030	无机氮 ≤0.40	

水质最好。COD_{Mn}、BOD₅ 指标在位于深圳河口的 18 号站超标,在其他各站均能满足海水三类水质标准;而氮、磷指标在各点均超标,且在深圳河口超标最为严重。

从 L1 和 L2 连续站水质统计表 2-13 中,可以看出:同一个站,不同时间各种物质的含量也不一样,除了 DO 和 pH 外,其他的可以相差几倍,有时相差十几倍,主要取决于人类的 活动。L1 和 L2 站比较也证明了整个海湾氮、磷超标严重,且在湾口的水质较湾内好。

表 2-13 L1 和 L2 连续站水质统计(mg/L)

站号	日期	时间	SS	COD _{Mn}	BOD ₅	DO	pH	TP	TN	NH ₃
L1	2.12	7	5.6	0.93	0.66	3.45	7.85	0.088	2.960	2.713
		9	6.0	0.82	0.86	2.99	7.85	0.170	1.780	1.427
		11	11.8	0.66	0.42	4.25	7.92	0.083	0.915	0.661
		13	5.6	0.53	0.40	3.86	8.01	0.054	1.335	0.192
		15	5.2	0.70	0.96	5.63	8.03	0.079	0.930	0.185
		17	3.2	0.73	0.37	5.73	7.97	0.098	1.075	0.967
		19	9.2	0.73	0.56	5.14	7.86	0.119	1.295	1.049
		平均	6.7	0.73	0.60	4.44	7.93	0.098	1.470	1.028