

国家自然科学基金项目
及国家863计划项目成果专著

黄廷林 丛海兵 柴蓓蓓 编著

饮用水水源 水质污染控制

中国建筑工业出版社

国家自然科学基金项目及国家 863 计划项目成果专著

饮用水水源水质污染控制

黄廷林 丛海兵 柴蓓蓓 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

饮用水水源水质污染控制/黄廷林等编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010
ISBN 978-7-112-11689-8

I. 饮… II. 黄… III. 饮用水-供水水源-水污染-污染控制 IV. X52 TU991.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 237523 号

本书内容主要以国家自然科学基金项目和国家 863 计划项目的研究成果为基础, 以湖泊水库的水质污染控制为重点, 并综合近年来国内外关于地表饮用水水源水质污染与控制方面研究成果而编写的一部成果专著。

本书针对近年来我国地表水源, 尤其是水库湖泊水质污染的特点和富营养化日渐突出的问题, 结合现行地表水源水质标准和饮用水水质标准, 对地表水源水质污染的特征、水源水质内源污染及控制技术、水体富营养化及藻毒素监测与控制等方面内容进行了较为系统的阐述, 重点介绍了以扬水曝气技术为核心的水源水库水质原位改善、水体富营养化与内源污染控制的技术原理、技术方法、应用条件及水质改善效果。

本书可作为从事市政工程、水资源保护、环境科学与工程的技术人员和管理人员的指导用书, 也可作为高等学校相关专业教师、研究生和本科生的教学参考书。

* * *

责任编辑: 田启铭 石枫华

责任设计: 赵明霞

责任校对: 陈晶晶

国家自然科学基金项目及国家 863 计划项目成果专著

饮用水水源水质污染控制

黄廷林 丛海兵 柴蓓蓓 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 27 1/4 字数: 682 千字

2009 年 12 月第一版 2009 年 12 月第一次印刷

定价: 68.00 元

ISBN 978-7-112-11689-8

(18963)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

随着我国对城市地下水开采的限制,水库/湖泊作为地表水的主要形式已成为城市主要的饮用水水源,特别是原来大部分以地下水为水源的北方城市,水库已逐步替代地下水作为城市的主要供水水源。但近年来,作为城镇饮用水水源的湖泊水库的水质污染、藻类高发和富营养化屡屡发生,水源水质安全越来越引起人们的高度关注。水源水质污染的加剧和饮用水水质标准的提高已成为城市供水行业普遍面临的双重压力。因此,要保证城市供水安全,满足国家饮用水水质标准和供水保证率不断提高的要求,除了对水厂现行水处理工艺进行改造和水处理技术创新外,有效控制水源水质污染与富营养化,改善水源水质就成为保障饮用水水质安全的首要前提。

本书针对水源水质污染现状,结合我国现行的地表水源水质标准和饮用水水质标准,较为系统地阐述了地表水源水质污染的特征、水库湖泊内源污染及控制技术、水体富营养化及藻毒素监测与控制等方面内容和研究成果,重点介绍了以扬水曝气技术为核心的水源水库水质原位改善、水体富营养化与内源污染控制的技术原理、技术方法、应用条件及水质改善效果等方面的研究成果。

本书大部分内容是在国家自然科学基金重点项目(50830303)与面上项目(50778147)、国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2007AA06Z302)、陕西省重大科技创新项目(2007ZKC(一)07-02)支持下取得的科研成果,也是教育部创新团队(IRT0853)建设的成果之一。研究成果中渗透了作为教育部创新团队主要成员的课题组研究人员的大量辛勤劳动,同时与天津市自来水集团公司、山西省万家寨引黄工程管理局、西安市黑河供水工程管理局等相关单位给予的大力支持也是分不开的,没有他们的协作和支持,课题研究工作将难以开展和推进。

本书共分8章。

第1章 地表水源水质污染特征及变化趋势:介绍了我国地表水源水质污染现状与污染特征,以及地表水源突发性水质污染、地表水源水中优先控制污染物、水源地保护与污染控制。

第2章 水源水质标准与饮用水水质标准:介绍了水源水质标准与饮用水水质标准的发展,比较了国内外水源水质标准和饮用水水质标准的差异,并对我国水源水质标准与饮用水水质标准进行了简要的分析比较。

第3章 水源水质的内源污染及其控制技术:介绍了地表水源水体的内源污染、水动力特征与水质污染、水体沉积物中污染物的释放规律及内源污染控制技术。

第4章 水体富营养化与藻毒素检测控制:介绍了水体富营养化、藻类及其生长繁殖与生长模型、水中藻毒素、藻毒素检测方法 & 提取纯化与鉴定、藻类及藻毒素的去除方法与藻毒素的预氧化反应动力学和降解机理。

第5章 水源水质改善的扬水曝气技术：介绍了扬水曝气技术研究的背景、扬水曝气改善水源水质的技术原理、扬水曝气器结构与优化、扬水曝气器提水流速数学模型、曝气室氧传质模型与提水性能模型，以及扬水曝气水质改善系统的组成。

第6章 扬水曝气技术控制水源水库内源污染：介绍了水库水质污染原因、扬水曝气技术抑制沉积物污染释放的工程应用、扬水曝气混合水体的流场与充氧过程模拟、扬水曝气控制沉积物中污染物释放的效果、扬水曝气系统经济分析，以及扬水曝气抑制沉积物中污染物释放的应用条件。

第7章 扬水曝气技术控制水源水库/湖泊的富营养化：介绍了藻类的上浮特性及阻止藻类上浮的水力条件，扬水曝气技术控制藻类生长的作用机理、应用条件、以及扬水曝气技术控制藻类生长的作用范围模拟。

第8章 扬水曝气-生物净化组合水源水质原位改善技术：简要阐述了水源水质生物净化技术，介绍了扬水曝气-生物接触氧化组合水源水质原位改善技术、高效脱氮微生物制剂水源水质改善技术及微污染水源水的高效脱氮菌剂固定化载体净化技术。

本书由黄廷林、丛海兵、柴蓓蓓编著。各章作者为：第1章：黄廷林、柴蓓蓓、丛海兵、韩晓刚、卢金锁；第2章：黄廷林、柴蓓蓓、邱二生；第3章：柴蓓蓓、黄廷林、丛海兵、朱维晃、苏俊峰；第4章：黄廷林、赵建伟、丛海兵、柴蓓蓓；第5章：丛海兵、黄廷林、章武首；第6章：丛海兵、黄廷林；第7章：丛海兵、黄廷林、朱伟峰；第8章：丛海兵、苏俊峰、黄廷林、魏巍、柴蓓蓓。

我国水源水质污染控制与水质改善方面还有很多问题亟待研究解决，还有很长的路要走，作者希望此书的出版能有助于促进该领域科学研究的深入开展和技术的创新发展，为有效控制水源水质污染提供依据和参考。

由于时间和水平所限，书中难免存在错误和不当之处，敬请读者批评、指正。

目录

第 1 章 地表水源水质污染特征及变化趋势	1
1.1 地表水源水质污染现状	1
1.1.1 河流水质现状	2
1.1.2 湖泊水库水质现状	11
1.2 地表水源水质污染特征	17
1.3 地表水源突发性水质污染	19
1.3.1 突发性水源水质污染事件的分类	19
1.3.2 突发性水源水质污染的特征	20
1.3.3 我国突发性水源水质污染事件趋势分析	21
1.3.4 突发性水源水质污染的应急监测	23
1.3.5 突发性水源水质污染物及应急处理	26
1.3.6 突发性水源水质污染应急处理事例	37
1.4 地表水源水中优先控制污染物	43
1.4.1 优先控制污染物筛选方法	43
1.4.2 国内外水中优先控制污染物	46
1.4.3 优先控制污染物在水环境中分布简介	48
1.5 水源地保护与污染控制	52
1.5.1 水源地保护规划	52
1.5.2 水源保护区流域污染控制	57
1.5.3 水源地生态环境保护与修复	60
1.5.4 水源保护区管理	66
参考文献	68
第 2 章 水源水质标准与饮用水水质标准	72
2.1 水源水质标准的发展	72
2.1.1 水源水质标准的制定方法	72
2.1.2 我国水源水质标准的发展	74
2.1.3 国外水源水质标准的发展	78
2.2 国内外水源水质标准的比较	87
2.3 饮用水水质标准的发展	90
2.3.1 我国饮用水水质标准的发展	90
2.3.2 国外饮用水水质标准的发展	96
2.4 国内外饮用水水质标准的比较	100
2.4.1 我国现行生活饮用水卫生标准与国际饮用水水质标准的对比	100
2.4.2 新国标 (GB 5749—2006) 与其他饮用水标准的对比	101

2.5 我国水源水质标准与饮用水水质标准的分析比较	104
2.5.1 原有标准的分析比较	104
2.5.2 现行标准的分析比较	105
2.5.3 两个标准的协调与发展	109
参考文献	109
第3章 水源水质的内源污染及其控制技术	111
3.1 概述	111
3.2 地表水源水体的内源污染	111
3.2.1 内源污染的产生及危害	111
3.2.2 地表水源水体内源污染特征	114
3.3 地表水源水体水动力特征与水质污染	115
3.3.1 水源水体水环境特征	115
3.3.2 浅水水库/湖泊风浪冲刷与水质污染特征	120
3.3.3 深水湖泊/水库水力分层与水质污染特征	122
3.3.4 西安市J水库水力分层特征及水质污染状况	123
3.4 水体沉积物中污染物的释放规律	131
3.4.1 磷的释放规律	131
3.4.2 氮及有机质释放规律	153
3.4.3 铁、锰释放规律及沉积物中重金属形态分布特征	164
3.4.4 沉积物中重金属形态分布特征	167
3.4.5 污染物释放过程中的相互联系与影响	175
3.5 内源污染控制技术	180
3.5.1 混合充氧控制技术	180
3.5.2 物理控制技术	183
3.5.3 化学控制技术	187
3.5.4 生态控制技术	189
参考文献	200
第4章 水体富营养化与藻毒素检测控制	208
4.1 水体富营养化	208
4.1.1 富营养化及分类	208
4.1.2 富营养化的形成机制及评价方法	209
4.1.3 富营养化的特征及危害	214
4.2 藻类及其生长繁殖	216
4.2.1 藻类的种类及其特性	216
4.2.2 藻类的生长与繁殖	224
4.3 藻类生长模型	232
4.3.1 浮游植物通用增长模型	232
4.3.2 藻类生长模型	233
4.4 水中的藻毒素	236
4.4.1 藻毒素污染现状	237

4.4.2 藻毒素的种类、结构及性质	238
4.4.3 藻毒素的产生机理	239
4.4.4 藻毒素在水体中的转化迁移	239
4.4.5 藻毒素的危害	240
4.5 藻毒素检测方法	241
4.5.1 藻毒素检测方法简介	241
4.5.2 固相萃取高效液相色谱 (SPE-HPLC) 检测法	243
4.5.3 高效液相色谱电喷雾质谱联用 (HPLC-ESI/MS) 分析法	249
4.6 水中藻毒素的提取纯化与鉴定	258
4.6.1 铜绿微囊藻的培养	259
4.6.2 微囊藻毒素的提取和纯化	261
4.6.3 原水中藻类产毒类型和产毒强度的确定	267
4.6.4 测试方法小结	270
4.7 水中藻类及藻毒素的去除	271
4.7.1 处理技术简介	271
4.7.2 水中藻类及藻毒素的去除技术研究	275
4.8 水中藻毒素的预氧化反应动力学和降解机理探讨	291
4.8.1 研究条件与方法	291
4.8.2 藻毒素降解动力学模型	292
4.8.3 藻毒素预氧化降解机理	302
4.8.4 藻毒素降解机理小结	307
参考文献	309
第5章 水源水质改善的扬水曝气技术	321
5.1 扬水曝气技术研究背景	321
5.2 扬水曝气改善水源水质的技术原理	323
5.2.1 扬水曝气器的工作原理	323
5.2.2 扬水曝气器的水质改善原理	324
5.3 扬水曝气器结构设计与优化	325
5.3.1 结构设计	325
5.3.2 气室结构优化	327
5.4 扬水曝气器提水流速数学模型	329
5.4.1 模型建立	330
5.4.2 模型验证	332
5.4.3 提水能力与结构参数和运行变量的关系	333
5.5 曝气室氧传质模型	335
5.5.1 模型建立	335
5.5.2 参数确定	336
5.5.3 模型验证	337
5.6 曝气室提水性能模型	338
5.6.1 模型建立	339
5.6.2 参数确定	343

5.6.3 模型验证	345
5.7 扬水曝气水质改善系统	346
5.7.1 扬水曝气水质改善系统的组成	346
5.7.2 压缩空气制备	347
5.7.3 压缩空气输送	347
参考文献	349
第 6 章 扬水曝气技术控制水源水库内源污染	352
6.1 水库水质污染原因分析	352
6.1.1 水库概况	352
6.1.2 水源水质问题	352
6.1.3 水源污染原因分析	353
6.2 扬水曝气技术抑制沉积物污染释放的工程应用	356
6.2.1 扬水曝气系统简介	357
6.2.2 扬水曝气系统布置	358
6.3 扬水曝气混合水体的流场与充氧过程模拟	359
6.3.1 数学模型	360
6.3.2 物理模型与边界条件	362
6.3.3 模拟计算	364
6.3.4 模拟结果分析	365
6.4 扬水曝气控制沉积物中污染物释放的效果	367
6.4.1 扬水曝气系统运行	367
6.4.2 扬水曝气水质改善效果	367
6.5 扬水曝气系统经济分析	372
6.6 扬水曝气抑制沉积物中污染物释放的应用条件	373
6.6.1 抑制氨氮释放的应用条件	373
6.6.2 抑制磷释放的应用条件	373
6.6.3 抑制有机物释放的应用条件	375
6.6.4 抑制铁、锰释放的应用条件	375
参考文献	376
第 7 章 扬水曝气技术控制水源水库/湖泊的富营养化	377
7.1 藻类的上浮特性及阻止藻类上浮的水力条件	377
7.1.1 水环境特征及藻类悬浮机制对藻类生长的影响	377
7.1.2 藻类在静水中的竖向分布	380
7.1.3 铜绿微囊藻在静水中的上浮速度	382
7.1.4 阻止微囊藻上浮所需的下向流速	384
7.2 扬水曝气技术控制藻类生长的应用研究	385
7.2.1 扬水曝气技术控制藻类生长的工程应用简介	386
7.2.2 实验期间原水水质与水量	386
7.2.3 扬水曝气技术控制藻类生长的效果	387
7.3 扬水曝气技术控制藻类生长的作用机理	389

7.3.1 扬水曝气器对流速分布的影响	389
7.3.2 扬水曝气器对藻类分布的影响	393
7.4 扬水曝气技术控制藻类生长的应用条件	395
7.4.1 水深条件	395
7.4.2 混合条件	395
7.5 扬水曝气技术控制藻类生长的作用范围模拟	395
7.5.1 物理模型与边界条件	396
7.5.2 流速场及控制藻类生长的作用范围	396
7.5.3 水深对控制藻类作用范围的影响	398
7.5.4 扬水曝气器流速对控制藻类生长作用范围的影响	398
7.5.5 扬水曝气器出水口角度对控制藻类生长作用范围的影响	398
参考文献	402
第 8 章 扬水曝气-生物净化组合水源水质原位改善技术	403
8.1 水源生物净化技术概述	403
8.1.1 生物制剂投菌技术	403
8.1.2 生物膜技术	404
8.2 扬水曝气-生物接触氧化组合水源水质原位改善技术	407
8.2.1 扬水曝气与生物接触氧化组合原理	407
8.2.2 扬水曝气与生物接触氧化组合方式	408
8.2.3 扬水曝气-生物接触氧化试验研究	409
8.3 高效脱氮微生物制剂水源水质改善技术	414
8.3.1 贫营养高效反硝化菌的驯化	415
8.3.2 贫营养高效反硝化菌的分离	416
8.3.3 贫营养高效反硝化菌处理微污染原水	417
8.3.4 贫营养高效反硝化菌脱氮效果影响因素	419
8.4 高效脱氮菌剂固定化载体净化微污染原水	421
8.4.1 高效脱氮微生物菌剂在生物填料上的固定化	421
8.4.2 高效脱氮微生物固定化载体水质改善效果	422
参考文献	425

地表水源水质污染特征及变化趋势

水作为最重要的自然资源,为流域的社会经济发展提供了条件,是人民生活和社会生产必需的基本资源之一。水资源的状况直接影响着社会经济的发展和生活水平的提高,是综合国力的有机组成部分。联合国《世界水资源综合评估报告》指出,水问题将严重制约 21 世纪的全球经济与社会发展,并可能导致国家间的冲突。水问题已成为世界共同关注的热点问题。开发利用水资源,实现水资源优化配置、合理使用、有效保护与安全供给,对于促进经济社会发展,提高人民生活水平,以及保障国家安全均具有重大的战略意义 [何文杰, 2006]。2004 年 9 月出台的《波恩安全饮用水宪章》中明确指出:优质、安全的饮用水的可靠供给是建设健康社会并促进其经济发展的基础。

我国地处欧亚大陆东部,主要受太平洋、印度洋以及北冰洋水汽流影响,多年平均降水量约 630mm,降水总量约为 6.2 亿 m^3 ,全国河川径流量为 2.6 万亿 m^3 ,平均年径流深 285mm,全国水资源总量为 2.71 万亿 m^3 ,居世界第 6 位,但人口平均占有量仅为 2400 m^3 ,只相当于世界人均水资源量的 1/4。我国水资源分布不均,洪涝干旱灾害频繁,可利用水资源量占天然水资源量的比重小,水污染普遍,水的浪费现象也十分严重,造成我国可利用的水资源日益短缺。2007 年全国水资源总量为 25255 亿 m^3 ,比常年值偏少 8.9%。地下水与地表水资源不重复量 1013 亿 m^3 ,占地下水资源量的 13.3%,即 86.7%的地下水资源量与地表水重复。北方六区水资源总量 4923 亿 m^3 ,比常年值偏少 6.4%,占全国的 19.5%;南方四区水资源总量 20332 亿 m^3 ,比常年值偏少 9.4%,占全国的 80.5%。全国水资源总量占降水总量的 43.7%,平均每平方公里产水 26.7 万 m^3 [中华人民共和国水利部, 2007]。

此外,随着经济的高速发展和城市化进程的加速,我国日益短缺的水资源还面临着不断加重的流域水污染问题 [吴舜泽, 2000]。20 世纪 70 年代中期起,我国在一些重点流域展开了大规模的污染防治工作,取得了阶段性成果,部分河段水质有所改善 [张昕, 2001]。但是,由于污染物的排放未得到根本遏制,一些江河湖海的污染情况依然十分严重。近年来水源水质污染问题更呈现暴发趋势,各种类型污染问题接踵而至 [孟伟, 2004],不仅造成巨大经济损失,还将严重破坏人类生存环境,威胁人民群众的生命健康 [杜梅, 2005]。目前,我国正在实施跨越式经济发展战略,面对更为巨大的社会发展压力,只有制定出有效的水源地保护与流域污染控制战略体系,才能从根本上解决我国水源水质污染控制问题,这是影响我国未来发展的关键因素 [孟伟, 2007]。

1.1 地表水源水质污染现状

严峻的水污染状况已引起社会各界的广泛关注。水利部的数据显示,目前我国 70%

以上的河流湖泊遭受不同程度的污染。尽管一系列治理水污染措施的实施，使水污染加剧的形势基本得到控制，部分流域水环境质量得到一定改善，但随着水中污染物构成的变化，部分流域排污量大于环境自净能力，水生态环境恶化的趋势尚未得到有效遏制，部分地区水生态的破坏程度正在加剧 [何文杰，2006]。

近年来，我国内陆水域水体普遍出现藻类“水华”暴发现象，60%以上的大型湖泊已经不同程度富营养化，城市水体基本上全部富营养化，太湖、滇池、巢湖、白洋淀等大型湖泊水体严重富营养化，汉江、珠江等河流水域也出现水质富营养化 [吴舜泽，2000]。

2004 年，淮河、黄河污染反弹，淮河主要水质污染指标达到或超过历史最高水平，黄河干流 40% 以上的河段水质为劣 V 类，水体自净功能基本丧失 [国家环保总局，2004]。

2005 年，全国七大水系的 411 个地表水监测断面中，I ~ III 类、IV ~ V 类和劣 V 类水质的断面比例分别为 41%、32% 和 27%，主要污染指标为 NH_4^+-N 、 BOD_5 、高锰酸盐指数和石油类 [国家环保总局，2005]。其中，工业较发达的城镇河段污染突出，78% 的城市河段不适合做饮用水源。

2006 年，全国地表水总体水质属中度污染。在国家环境监测网（简称国控网）实际监测的 745 个地表水监测断面中（其中，河流断面 593 个，湖库点位 152 个），I ~ III 类、IV ~ V 类和劣 V 类水质的断面比例分别为 40%、32% 和 28%，主要污染指标为高锰酸盐指数、氨氮和石油类等 [国家环保总局，2006]。

2007 年，全国地表水污染依然严重。七大水系总体为中度污染，浙闽区河流和西南、西北诸河水质良好，湖泊富营养化问题突出 [国家环保总局，2007]。

2008 年，全国地表水污染依然严重。七大水系水质总体为中度污染，浙闽区河流水质为轻度污染，西北诸河水质为优，西南诸河水质良好，湖泊（水库）富营养化问题突出。全国地表水 746 个国控断面 I ~ III 类水质比例为 47.7%，劣 V 类水质比例为 23.1%；全国地表水国控断面高锰酸盐指数年平均浓度为 5.7mg/L，较上年降低 12.3% [国家环保总局，2008]。

1.1.1 河流水质现状

我国河流流域可分为七大水系、浙闽区河流和西南、西北诸河等区类。2005~2008 年七大水系水质基本稳定，所有地表水监测断面中，I ~ III 类、IV ~ V 类和劣 V 类水质的断面比例及主要污染物对比列于表 1-1 中。

2005~2008 年河流国控监测断面各类别水质所占比例对比 表 1-1

年份	监测断面数量(个)	I ~ III 类所占比例(%)	IV ~ V 类所占比例(%)	劣 V 类所占比例(%)	主要污染指标	备 注
2005	411	41.0	32.0	27.0	氨氮、五日生化需氧量、高锰酸盐指数和石油类	珠江、长江水质较好，辽河、淮河、黄河、松花江水质较差，海河污染严重
2006	408	46.0	28.0	26.0	高锰酸盐指数、石油类和氨氮	珠江、长江水质良好，松花江、黄河、淮河为中度污染，辽河、海河为重度污染

续表

年份	监测断面数量(个)	I~Ⅲ类所占比例(%)	Ⅳ~Ⅴ类所占比例(%)	劣Ⅴ类所占比例(%)	主要污染指标	备 注
2007	407	49.9	26.5	23.6	氨氮、五日生化需氧量、高锰酸盐指数、石油类和溶解氧	珠江、长江总体水质良好,松花江为轻度污染,黄河、淮河为中度污染,辽河、海河为重度污染
2008	409	55.0	24.2	20.8	氨氮、五日生化需氧量、高锰酸盐指数、石油类和铅(铅污染主要出现在西南诸河)	珠江、长江水质总体良好,松花江为轻度污染,黄河、淮河、辽河为中度污染,海河为重度污染

由表 1-1 可见, 2005~2008 年各大水系所有监测断面中, 具备 I~Ⅲ类水质的断面所占比例逐步升高, 从 2005 年的 41.0% 上升至 2008 年的 55.0%, 增幅为 14.0%。各监测断面水质类别稳中有升, 但是主要污染指标不尽相同。氨氮和石油类污染物始终是主要污染指标, 五日生化需氧量和高锰酸盐指数时有出现, 2007 年部分水系出现了之前未曾有过的主要污染指标——溶解氧, 2008 年西南诸河出现了铅污染, 可见地表水源水污染的复杂性。四年中, 珠江、长江水质一直较好, 松花江、黄河和淮河为轻到中度污染, 辽河由 2005 年的中度污染变为 2006、2007 年的重度污染, 2008 年又变为中度污染, 而海河一直属于重度污染。

1.1.1.1 长江水系

长江水系总体水质良好。2005~2008 年地表水国控监测断面 (2005 年和 2008 年 104 个, 2006 年和 2007 年为 103 个) 各类水质的断面比例分布如图 1-1~图 1-4 所示, 主要污染指标为石油类、氨氮和五日生化需氧量。2005~2008 年长江水系总体水质无明显差别, I~Ⅲ类水质所占比例略有提高。

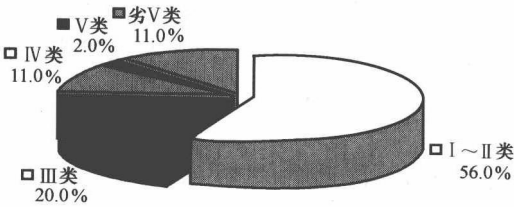


图 1-1 2005 年长江水系水质类别比例分布

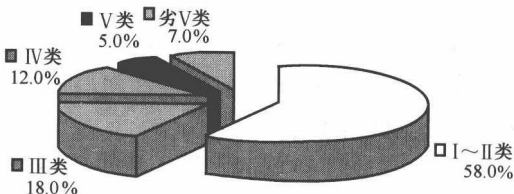


图 1-2 2006 年长江水系水质类别比例分布

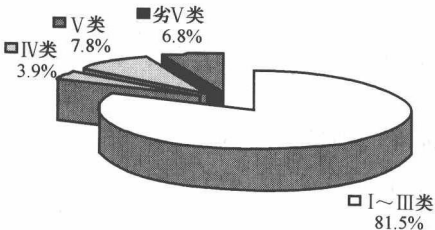


图 1-3 2007 年长江水系水质类别比例分布

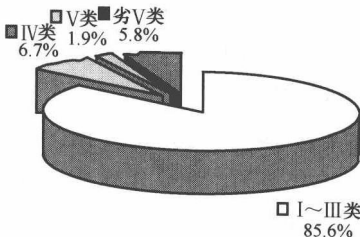


图 1-4 2008 年长江水系水质类别比例分布

长江干流总体水质为优, 2005~2008 四年相比, 干流各断面的水质无明显变化。2005 年干流云南段、上海段水质为轻度污染, 其余河段水质为优或良好。2006 年云南昭

通段和安徽芜湖段为轻度污染，其余河段水质为优或良好。2006 年长江干流高锰酸盐指数和氨氮的沿程变化如图 1-5 所示。

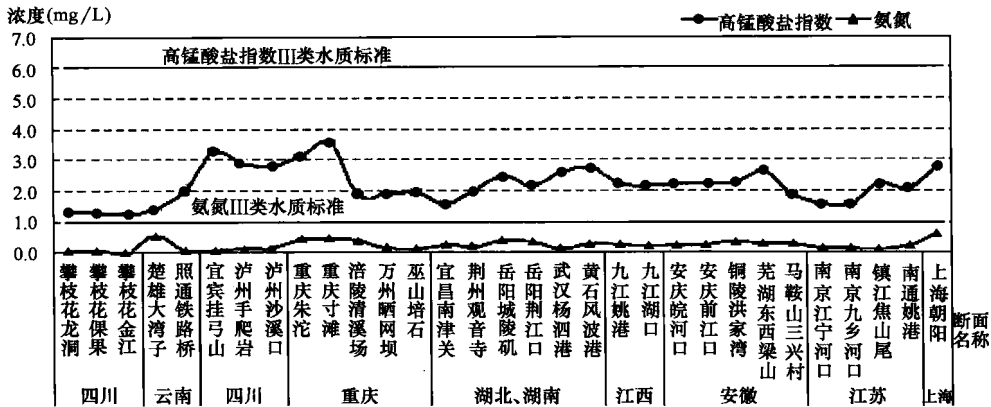


图 1-5 2006 年长江干流高锰酸盐指数、氨氮沿程变化

长江支流总体属轻度污染，2005、2006 两年相比，支流总体水质没有明显变化，各段污染程度略有细微差别。2005 年雅砻江、嘉陵江、汉江和乌江水质为优；大渡河、岷江、湘江、沅江和赣江水质良好（岷江眉山段为重度污染，赣江南昌段为中度污染）；沱江水质轻度污染。2006 年雅砻江、嘉陵江、乌江、沅江和汉江水质为优；大渡河、岷江（岷江眉山段为轻度污染，主要污染指标为石油类）、湘江和赣江水质良好（赣江南昌段为中度污染，主要污染指标为溶解氧和氨氮）；沱江水质轻度污染。2007 年与 2006 年相比，水质有所好转，雅砻江、大渡河、嘉陵江、乌江、沅江和汉江水质优；岷江、沱江、湘江和赣江水质良好，但岷江在眉山市段为重度污染，沱江在自贡市段、赣江在南昌市段为中度污染，主要污染指标为氨氮。2008 年与 2007 年相比水质无明显变化，长江十大支流中，岷江、沱江、嘉陵江、乌江、沅江和汉江水质为优；雅砻江、大渡河、湘江和赣江水质良好；但岷江眉山市段、赣江南昌市段为轻度污染，污染指标为氨氮。

1.1.1.2 黄河水系

1989~1994 年黄河水系干流水质良好，但主要城市河段近岸水域污染较重，主要污染物包括耗氧有机物、氨氮、挥发酚，部分河段的铜、砷化物超标。1995 年始，黄河水系水污染严重，干流部分河段受有机物污染；黄河面临污染和断流的双重压力，1995 年断流时间达 121 天，1997 年增至 226 天，1998、1999 两年内断流情况有所缓解；2000 年黄河干流悬浮物浓度高达 1500~5500mg/L，渭河和汾河两大支流污染严重。2003 年黄河水系水质污染加剧。

黄河水系在 1998、2000、2003 三年中符合Ⅰ类标准的河段比例为零；1998 年以Ⅳ类水质为主（占 46%）；1999 年水质有所改善，达到Ⅰ类标准的河段长占总河长的近 30%；2000 年以Ⅱ、Ⅲ类水质为主，所占百分率达到 71%；2001~2003 年均以Ⅳ类水质为主。

2005~2008 年黄河水系属中度污染，44 个地表水国控监测断面各类水质的断面比例分布及主要污染指标如表 1-2 所示。由表 1-2 可见，Ⅰ~Ⅲ类水质所占比例从 2005 年（34.0%）至 2008 年（68.2%）明显升高，升幅为 34.2%，劣Ⅴ类水质所占比例略有减少，降幅为 4.5%，表明中、轻污染断面有所改善，水质逐步变为优或良好，而重度污染

2005~2008 年黄河水系水质类别对比分析 表 1-2

年份	I 类(%)	II 类(%)	III 类(%)	IV 类(%)	V 类(%)	劣 V 类(%)	主要污染指标
2005	7.0		27.0	34.0	7.0	25.0	石油类、 氨氮和五日 生化需氧量
2006	—	18.0	32.0	25.0	—	25.0	
2007	—	63.7		9.1	4.5	22.7	
2008	—	68.2		4.5	6.8	20.5	

断面无明显改善。主要污染指标四年没有变化，均为石油类、氨氮和五日生化需氧量。

黄河干流属轻度污染，2005 年干流青海段、甘肃段水质优良；河南段、宁夏段、陕西-山西段，内蒙古包头段、呼和浩特段、山东菏泽段为轻度污染；内蒙古乌海段为重度污染。2006 年水质与上年持平。干流宁夏段、内蒙古包头段、河南三门峡段、山东菏泽段水体为轻度污染；其他河段水质为优或良好。与前两年相比，2007 年水质有所好转。山东菏泽段、河南三门峡段为轻度污染，其他河段水质优或良好。2008 年与上年相比，水质无明显变化。黄河干流河南三门峡段为轻度污染，其他河段水质优或良好。

黄河支流总体为重度污染，2005 年伊河水质为优，洛河水质良好；大黑河、灞河、沁河为轻度污染；湟水河、伊洛河为中度污染；渭河、汾河、涑水河、北洛河为重度污染。2006 年水质与上年持平，伊河和洛河水质优良；灞河、大黑河、沁河和伊洛河为轻度污染；渭河（陕西段污染尤为严重）、湟水河、北洛河、汾河和涑水河为重度污染。2007 年与 2006 年相比，水质无明显变化，除伊河、洛河、沁河水质优或良好外，其余支流普遍污染严重。渭河下游西安段和渭南段，湟水河西宁下游段，汾河太原段、临汾段和运城段，北洛河渭南段，涑水河运城段污染严重。2008 年与 2007 年相比，水质无明显变化。除伊河、灞河、洛河和沁河水质优或良好外，其余支流普遍污染严重。渭河西安段和渭南段，湟水河西宁下游段，汾河太原段、临汾段和运城段，涑水河运城段污染严重。

1.1.1.3 珠江水系

珠江水系总体水质良好，2005~2008 年 33 个地表水国控监测断面各类水质的断面比例分布如图 1-6 所示。2005 年主要污染指标为石油类、五日生化需氧量和氨氮；2006 年主要污染指标为石油类和氨氮；2007 年主要污染指标为石油类、溶解氧和氨氮。

珠江干流总体水质良好。2005 年干流云南段水质为优；贵州段、广西段水质良好；广东段轻度污染（其中，长洲断面水质为劣 V 类，莲花山断面水质为 IV 类）。2006 年水质与上年持平，广东长洲断面和莲花山断面水质为轻度污染，其他断面水质均为优或良好。2006 年珠江干流高锰酸盐指数和氨氮沿程变化如图 1-7 所示。2007 年与上年相比，水质无明显变化，珠江广州段为轻度污染。2008 年与 2007 年相比，水质无明显变化，珠江广州段为轻度污染。

珠江支流总体水质良好。2005 年打帮河、都柳江、柳江、左江、漓江、桂江和东江水质为优；龙江、右江、邕江、贺江和北江水质良好；北盘江、磨刀门水道水体轻度污

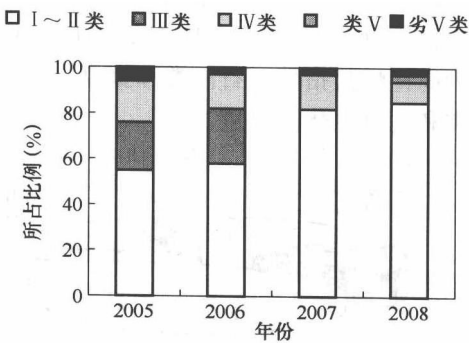


图 1-6 2005~2008 年珠江水系水质类别比例分布

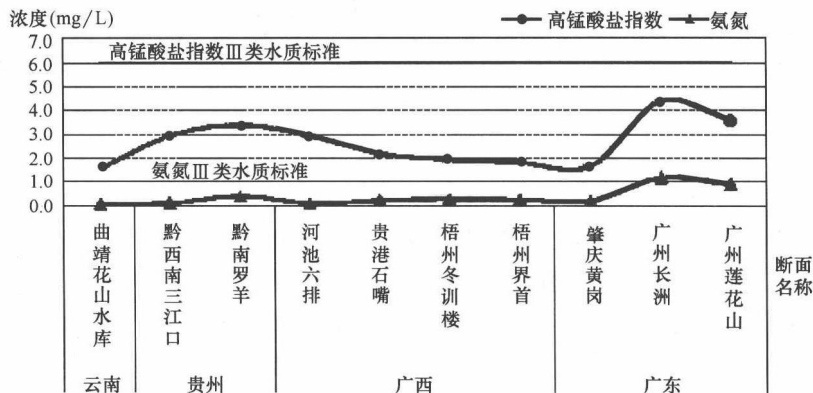


图 1-7 2006 年珠江干流高锰酸盐指数、氨氮沿程变化

染。2006 年与上年相比，水质无明显变化，打帮河、柳江、左江、漓江和桂江水质为优；北盘江、都柳江、邕江、龙江、右江和贺江水质良好；深圳河为重度污染。2007~2008 年与 2006 年相比水质无明显变化，深圳河为重度污染，海南岛内河流，万泉河水质优，海甸溪轻度污染，主要污染指标为石油类。

1.1.1.4 松花江水系

1989 年松花江流域河流污染加重，主要污染物是耗氧有机物、挥发性酚和亚硝酸盐氮，1992 年松花江水系主要城市河段污染严重，主要污染物增加一项总汞，污染物超标普遍；1997 年松花江水系总体水质有所改善，但 1998 年污染程度又加重，水系以 V 类或劣 V 类水质为主；2000 年 16 个水质监测断面中，Ⅲ、Ⅳ类水质比例分别为 43.8% 和 56.2%。该水系水质 1998 年、2001 年、2003 年三年内 I~Ⅲ类水质的河段常不足 10%，1998 年、2003 年主要以Ⅳ类水质为主，2001 年水质较差，59% 的水质属于劣 V 类；1999 年、2000 年、2002 年三年Ⅳ~V 类的水质也均大于 50%；2000 年水质有所改善，符合Ⅲ、Ⅳ类的河段长分别占 43.8% 和 56.2%，没有 V 类和劣 V 类河段。

2005~2008 年，松花江水系属中度污染，四年中各地表水国控监测断面各类水质的断面比例分布如图 1-8、图 1-9、图 1-10 和图 1-11 所示。2005 年和 2006 年主要污染指标均为高锰酸盐指数、石油类和氨氮；2007 年和 2008 年主要污染指标为高锰酸盐指数、石油类和五日生化需氧量。

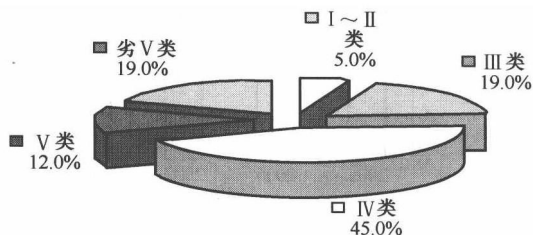


图 1-8 2005 年松花江水系水质类别比例分布

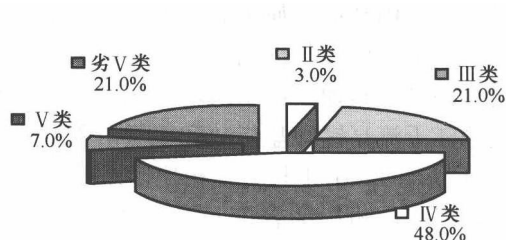


图 1-9 2006 年松花江水系水质类别比例分布

松花江干流为轻度污染，2005 年干流长春段为中度污染；吉林段水质良好；吉林省出境断面至哈尔滨上游江段水质良好；其余断面为轻度污染。2006 年，水质与上年持平。

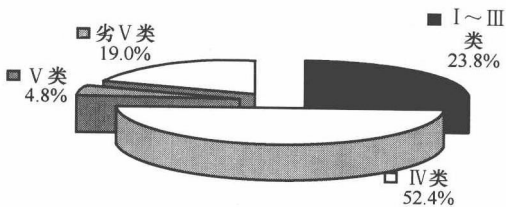


图 1-10 2007 年松花江水系水质类别比例分布

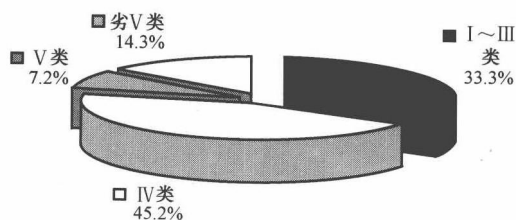


图 1-11 2008 年松花江水系水质类别比例分布

吉林省吉林市段、松原段和黑龙江哈尔滨上游段水质良好，其余河段为轻度污染。2007 年、2008 年与 2006 年相比，干流水质无明显变化。

2005 年松花江支流总体为中度污染，与 2004 年相比，支流水体总体上有所好转。阿什河、饮马河、伊通河为重度污染；呼兰河、牡丹江为中度污染；嫩江、雅鲁河、洮儿河为轻度污染。2006 年支流总体为重度污染，与上年相比，支流水体水质变差。嫩江、雅鲁河和洮儿河为轻度污染；牡丹江为中度污染；阿什河、呼兰河、饮马河和伊通河为重度污染。2007 年松花江支流总体为中度污染，与 2006 年相比水质有所好转。2008 年松花江支流水质总体为中度污染，与 2007 年相比，水质明显好转。

1.1.1.5 淮河水系

淮河水系自 1989 年起水质恶化，氨氮、挥发酚、亚硝酸盐氮、铅、铜污染加重，有机物污染减轻，主要污染河段是淮南段和蚌埠段；1992 年枯水期水质污染严重，超标河段占 82%；1993 年开始污染事故经常发生，1994 年发生 3 起特大污染事故，其中以 7 月 15 日~20 日淮河干流鲁台子段至蚌埠闸段发生的污染事故最为严重；2000 年干流基本达到Ⅲ类的要求；枯水期水质较差，丰、平水期水质相对较好。2003 年淮河水系水质情况见图 1-12 所示。

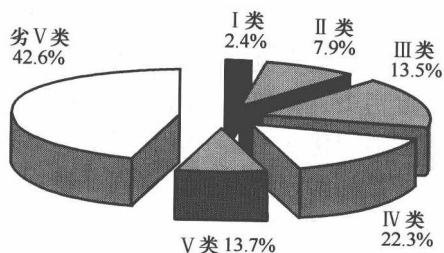


图 1-12 2003 年淮河水系水质情况

1998~2003 年，淮河水系除 1999 年河段以Ⅳ类水质为主外，其他 5 年均以劣Ⅴ类水质为主；符合Ⅰ类水质标准的河段除 1999 年、2000 年两年占百分比分别为 12.2% 和 13.7% 以外，其他四年内均无Ⅰ类水质；六年内水质Ⅴ~劣Ⅴ类的河段均过半，1999 和 2002 年高达 80% 以上。

2005~2008 年，淮河水系属中度污染，水质类别分布及主要污染物指标如表 1-3 所示。

2005~2008 年淮河干流整体水质属轻度污染。2005 年与上年相比，淮河干流水质无明显变化。河南信阳段，安徽阜阳段、蚌埠段、滁州段，江苏盱眙段为轻度污染；安徽淮南段为中度污染。2006 年与上年相比，淮河干流水质好转。安徽段为轻度污染，其余河段水质为优或良好，干流高锰酸盐指数和氨氮沿程变化如图 1-13 所示。2007 年与 2006 年相比，水质有所下降。2008 年与上年相比，淮河干流水质明显好转。