

牡丹江水质保障关键技术 及工程示范研究

MUDANJIANG SHUIZHI BAOZHANG GUANJIAN
JISHUJI GONGCHENG SHIFAN YANJIU

马云 李晶 等编著



化学工业出版社

牡丹江水质保障关键技术 及工程示范研究

MUDANJIANG SHUIZHI BAOZHANG GUANJIAN
JISHUJI GONGCHENG SHIFAN YANJIU

马云 李晶 等编著



化学工业出版社

·北京·

本书立足于“以防为主，防治结合”的基本思路，通过解析牡丹江流域水环境污染特征等水环境问题，研发了底泥疏浚及处置关键技术、疏浚后河道水体生态修复强化技术、引水工程运行与水质保障耦合技术、水栉霉控制环境风险防控关键技术等，并采用科学系统的方法对牡丹江流域梯级开发的水环境和水生生态效应进行研究，最终构建了牡丹江水质保障集成技术示范工程，从而有效保障了松花江流域的水质安全，为北方寒冷地区河流型和湖库型水体水污染防治提供了技术借鉴。

本书可供从事河流水质处理及修复的相关管理人员、技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

牡丹江水质保障关键技术及工程示范研究/马云，李晶等
编著. —北京：化学工业出版社，2015.10
ISBN 978-7-122-24886-2

I. ①牡… II. ①马…②李… III. ①牡丹江-流域-水环境-
水质管理-研究②牡丹江-流域-水污染防治-研究
IV. ①X143②X522.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 185662 号

责任编辑：左晨燕
责任校对：边 涛

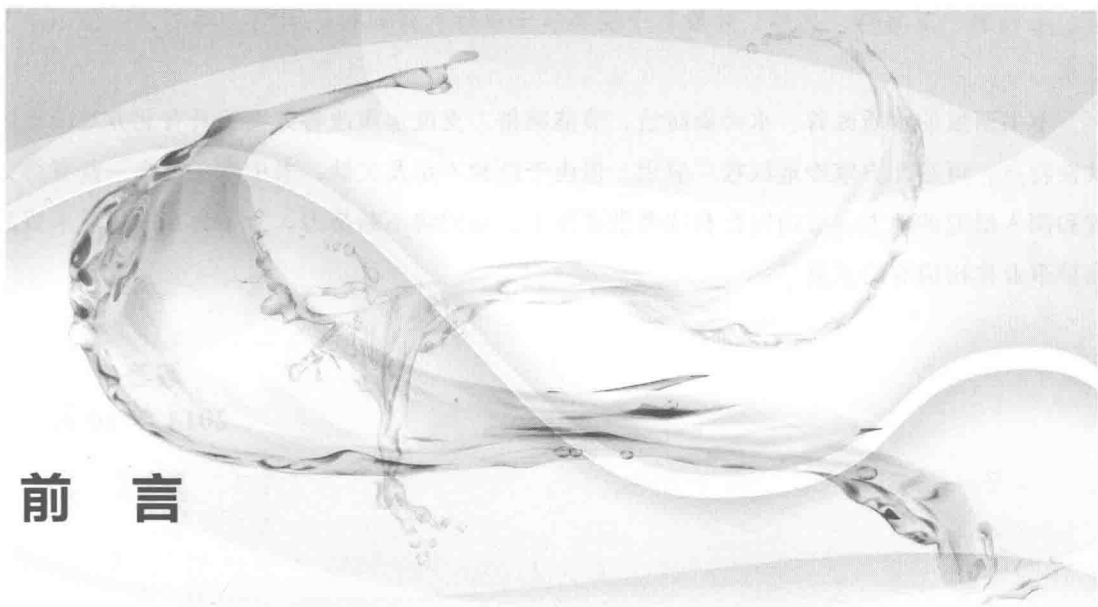
装帧设计：张 辉

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）
印 刷：北京永鑫印刷有限责任公司
装 订：三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 22¼ 字数 552 千字 2015 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899
网 址：<http://www.cip.com.cn>
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：98.00 元

版权所有 违者必究



前言

牡丹江是松花江流域的第二大支流，全长 726km，总落差 1007m，平均坡降为 1.39‰，流域面积约占松花江流域总面积的 7%，是全面反映松花江流域水环境问题的重要支流。松花江所在地正处于经济新一轮高速增长时期，城镇是新的经济增长点，支流的污染必将进一步加重松花江的污染并影响其水质。

本书根据北方寒冷地区河流型和湖库型水体的特征，针对牡丹江流域水质超标、水质安全受到威胁、水资源保障性差、环保基础设施薄弱等现状问题，全面系统地解析牡丹江流域水环境问题，在此基础上开展技术研发集成、工程示范，构建牡丹江水质保障关键技术示范工程。研究成果已应用于《松花江流域牡丹江市优先控制单元水污染防治“十二五”综合治污方案》、《牡丹江市“十二五”环境保护规划》和《黑龙江省松花江流域水污染防治规划（2011—2015 年）》，体现了环境优化促进经济发展的理念，为相关管理部门控制污染物提供了科学依据。

本书是在国家水体污染控制与治理科技重大专项“松花江水污染防治与水质安全保障关键技术及综合示范”项目下设的“牡丹江水质保障关键技术及工程示范”课题（课题编号 2008ZX07207-010）研究成果基础上，加以凝练、补充和完善而成的。

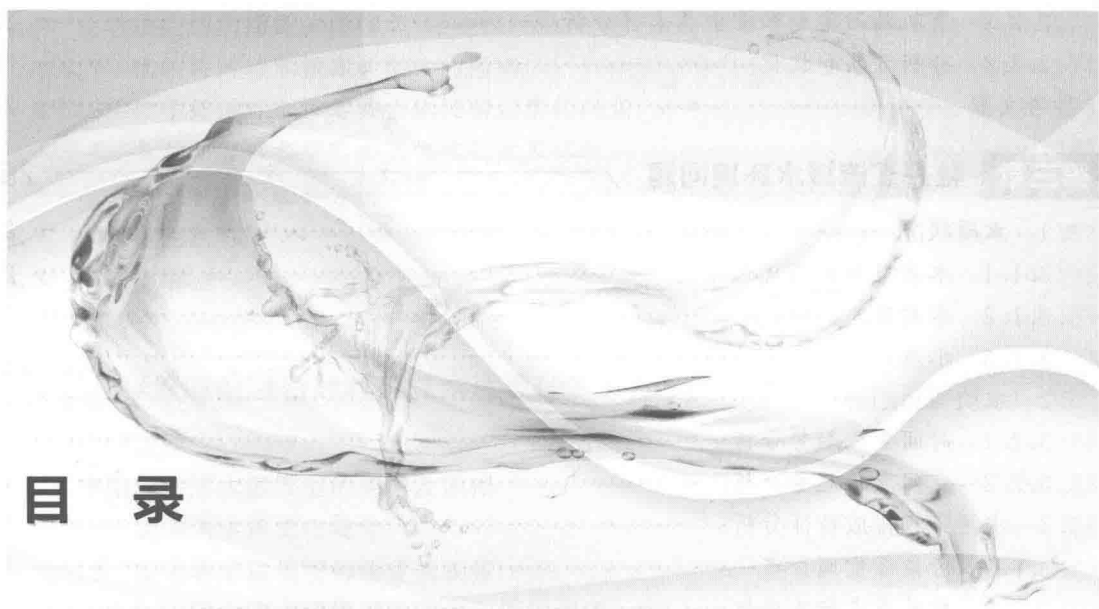
本书是课题组集体智慧的结晶。在课题研究和专著撰写过程中，得到了中国环境科学研究院王业耀研究员、周岳溪研究员、孟凡生博士的精心指导，在此深表谢意。课题组成员在课题组长马云的领导 and 李晶的统一组织安排下，怀着对我国水环境和水污染控制问题的责任心，完成了课题的研究和本书的撰写工作。本书其他编写人员还包括（按拼音排序）：曹利静、陈永灿、迟晓德、杜慧玲、段颖、范元国、耿峰、侯文华、姜兵、姜瑞、李冬茹、李艳霞、刘侨博、刘妍、刘昭伟、马鸿志、潘保原、宋春晖、宋利臣、孙伟光、孙杨平、汪群

慧、王凤鹭、王海燕、吴越、叶珍、于晓英、于亚玲、张茹松、周浩、周军、朱德军、左彦东。

本书研发的水质改善、水污染防治、节能减排、支流水质改善方案等具有北方寒冷地区共性特点，可在北方寒冷地区推广应用。但由于经验不足及欠缺，书中难免存在一些有待完善和深入研究的地方，敬请同行和读者批评指正。我们将不断努力，力争为我国流域水资源保护事业作出应有的贡献。

编著者

2014年10月



第一章 绪 论 / 1

1.1 流域概述	1
1.2 水环境质量标准	3
1.2.1 我国水质标准	3
1.2.2 国外水质标准	3
1.3 我国流域水质研究	6
1.4 北方寒冷地区流域水质研究	13
1.5 北方寒冷地区流域水环境特征	13
参考文献	14

第二章 研究区域概况及研究方法 / 15

2.1 牡丹江流域概况	15
2.1.1 基本概况	15
2.1.2 地形地貌	16
2.1.3 水文水资源	17
2.1.4 水系概况	17
2.1.5 水化学特征	17
2.2 流域重要支流介绍	19
2.2.1 北安河	19
2.2.2 南湖水系	19
2.2.3 海浪河	19
2.3 主要研究方法	19
2.3.1 技术路线	19
2.3.2 常规监测指标数据收集和分析	20

2.3.3 有机物污染物和重金属采样分析	22
2.3.4 分析方法和优化	25
参考文献	27

第三章 牡丹江流域水环境问题 / 28

3.1 水质状况	28
3.1.1 水质监测断面优化布设	28
3.1.2 水质监测	28
3.1.3 水质评价	29
3.2 水质变化趋势	38
3.2.1 时间变化趋势分析	38
3.2.2 空间变化趋势分析	40
3.3 水污染物排放特征分析	44
3.3.1 污染源空间分布	44
3.3.2 排放重点行业分析	48
3.4 牡丹江优先控制污染物筛选	53
3.4.1 筛选原则	53
3.4.2 筛选方法	53
3.4.3 筛选结果	56
3.4.4 优先控制污染物迁移转化分析	61
3.4.5 优先控制污染物源解析	62
3.5 控制单元水环境问题分析	65
3.5.1 控制单元划分原则	65
3.5.2 控制单元环境问题识别与水环境问题分析	66
3.6 本章小结	69
参考文献	70

第四章 牡丹江水栉霉对水环境的影响及控制对策研究 / 71

4.1 水栉霉事故回顾及研究进展	71
4.1.1 水栉霉事故回顾	71
4.1.2 国内外研究进展	72
4.2 监测断面的设置和意义	73
4.3 水栉霉在牡丹江流域的分布、发生机制及群落特性	75
4.3.1 水栉霉在牡丹江流域分布规律	75
4.3.2 水栉霉在牡丹江流域发生机制	81
4.3.3 水栉霉生长条件及群落特性	94
4.4 水栉霉对水环境影响评估研究	136
4.4.1 水栉霉对水质的影响	136
4.4.2 水栉霉共生体物质成分分析	150
4.4.3 水栉霉对河流沉积物中微生物分布的影响	152

4.5 化学法控制水栉霉关键技术	173
4.5.1 化学药剂对水栉霉共生体的影响	174
4.5.2 化学药剂对水栉霉共生体控制效果的研究	178
4.5.3 各种药剂对水栉霉共生体控制效果比较	180
4.6 水栉霉控制技术选择分析	181
4.7 水栉霉控制对策	182
4.8 本章小结	182
参考文献	183

第五章 梯级电站建设对牡丹江水环境的影响研究 / 186

5.1 研究进展	186
5.2 镜泊湖水库水温模型的构建及模拟	188
5.2.1 镜泊湖水质变化趋势	188
5.2.2 镜泊湖水温模型的构建及模拟	189
5.3 牡丹江干流水流水质模型的建立和模拟预测	193
5.3.1 一维河网水流—水质模型	193
5.3.2 模拟江段及参数选取	194
5.3.3 降解系数的调研和率定	195
5.3.4 城市江段水质模拟预测	197
5.4 水电建设对水环境和水生生态的影响	198
5.4.1 干流梯级电站概况	198
5.4.2 已建电站运行的水环境效应分析	202
5.4.3 三间房电站对城区水质的影响	211
5.5 城市江段生态环境需水量分析	212
5.5.1 生态环境需水量计算方法	213
5.5.2 城市江段生态需水特征	216
5.5.3 生态基流的计算	216
5.5.4 自净需水量的计算	218
5.5.5 牡丹江城市江段生态环境需水量	219
5.6 本章小结	221
参考文献	221

第六章 河流型水体水质保障技术研究示范 / 224

6.1 河流型水体水质保障技术研究进展	224
6.1.1 物理技术及措施	224
6.1.2 化学技术及措施	226
6.1.3 生物-生态技术及措施	226
6.1.4 组合修复技术	229
6.2 北安河水环境问题解析	229
6.2.1 水体调查与评价	229

6.2.2 北安河存在的环境问题	229
6.3 生境修复关键技术研发	230
6.3.1 底泥疏浚及处置关键技术	230
6.3.2 水体生态修复强化技术	248
6.3.3 生态缓冲带生境条件的改善	260
6.4 示范工程建设	262
6.4.1 底泥疏浚示范工程	262
6.4.2 水体生态强化示范工程	263
6.4.3 生态缓冲带生境改善示范工程	265
6.5 示范工程效果	265
6.6 本章小结	266
参考文献	267

第七章 湖库型水体水质保障技术与示范 / 268

7.1 湖库型水体水质保障技术研究进展	268
7.1.1 水质保障治理技术	268
7.1.2 生态缓冲带治理技术	270
7.2 南湖水系水环境问题解析	271
7.2.1 南湖水系水体调查与评价	271
7.2.2 南湖水系各湖泊水质分析	275
7.2.3 南湖水系存在的环境问题	277
7.3 南湖水系生态重建与景观修复技术	279
7.3.1 水体生态修复技术	280
7.3.2 陆生生态系统优化集成技术	288
7.4 南湖水系水资源管理技术研究	293
7.4.1 南湖水系水量与水质关系研究	293
7.4.2 南湖水系水质水量调控技术研究	294
7.4.3 南湖水系水质保障的对策和建议	298
7.5 示范工程建设	299
7.5.1 牛角泡、三角泡综合治理和截污工程	299
7.5.2 生态重建与景观修复技术示范研究	300
7.5.3 越冬策略研究	302
7.6 示范工程效果	303
7.6.1 示范工程实施对浮游植物组成的影响	303
7.6.2 示范工程实施对浮游植物多样性的影响	305
7.7 本章小结	305
参考文献	306

第八章 牡丹江水质保障综合技术方案及水环境总量分配 / 308

8.1 水质保障综合技术研究进展	308
------------------------	-----

8.1.1	景观水体水质改善技术	309
8.1.2	河道综合整治污染物阻控集成技术	313
8.1.3	河道清淤及底泥处置资源化技术	315
8.1.4	水质保障技术	318
8.2	水环境总量分配	319
8.2.1	牡丹江水流水质模型建立	319
8.2.2	水环境总量及其分配优化方案	324
8.3	牡丹江水质保障综合技术方案	332
8.3.1	牡丹江水质保障综合技术方案总体思路	332
8.3.2	实施水栉霉防控措施, 加强饮用水源地保护	333
8.3.3	南湖水系、北安河工程示范, 北方地区水体保障技术推广	334
8.3.4	合理规划梯级电站建设, 保障牡丹江流域生态需水量	335
8.3.5	加大工业源综合整治	336
8.3.6	城镇生活污染源防控	337
8.3.7	面源污染防治	337
8.3.8	进一步强化政府的监管职责	338
8.4	本章小结	339
	参考文献	339

第九章 结 论 / ○ 341

9.1	研究成果推广应用情况	341
9.2	存在问题及建议	341
9.2.1	北安河综合整治与建议	342
9.2.2	南湖水系水质保障对策与建议	342
9.2.3	水栉霉控制与建议	343
9.2.4	牡丹江石岩电站运行方式调整建议	344
9.2.5	牡丹江重点企业环境管理对策与建议	344



第一章 绪 论

1.1 流域概述

流域是指由分水线所包围的河流集水区，分为地面集水区和地下集水区两类。如果地面集水区和地下集水区相重合，称为闭合流域；如果不重合，则称为非闭合流域。平时所称的流域，一般都指地面集水区。每条河流都有自己的流域，一个大流域可以按照水系等级分成数个小流域，小流域又可以分成更小的流域等。另外，也可以截取河道的一段，单独划分为一个流域。

流域之间的分水地带称为分水岭，分水岭上最高点的连线为分水线，即集水区的边界线。处于分水岭最高处的大气降水，以分水线为界分别流向相邻的河系或水系。例如，中国秦岭以南的地面水流向长江水系，秦岭以北的地面水流向黄河水系。分水岭既可以是山岭，又可以是高原，也可以是平原或湖泊。山区或丘陵地区的分水岭明显，在地形图上容易勾绘出分水线。平原地区分水岭不显著，仅利用地形图勾绘分水线有困难，有时需要进行实地调查确定。

流域中最主要的要素是水，没有水，也就无所谓流域，但流域毕竟是一个集水区域，因而流域的概念还应包括水流经的土地以及土地上的植被、森林和土地中的矿藏、水中以及水所流经的土地上的生物等。因此，流域中的水体、地貌、土壤和植被等各因素都是一个紧密相关的整体。流域植物群落的构成受到了气候、土壤的结构和构造及其化学特征的影响，而植物又影响了水体的径流率、蒸发损失和土壤侵蚀。而且，由于任何水体都依赖于源区的水流，受制于源水的流向，故流域内的水体不仅在物质和能量的迁移上具有方向性，而且上中下游、干支流、左右岸之间相互制约、相互影响。

同时，流域不仅是一个从源头到河口的完整、独立、自成系统的水文单元，其所在的自然区域又是人类经济、文化等一切活动的重要社会场所。人类为了生存，必须开发利用流域中的各种自然资源，包括水、土地、矿藏、植被、动物等。流域内的经济政策和经济发展状

况也会在很大程度上影响流域的生态环境,合理的经济发展模式、较高的经济发展程度可为流域生态环境的良性发展创造较好的经济条件,并为其提供坚实的经济基础,反之则会对流域生态环境造成破坏。同样,流域社会状况,包括社会风俗习惯、文化背景、社会人口状况等,对流域环境的管理也有着至关重要的意义。因此,流域在其边界范围内由于水的自然流动性形成了一个十分重要的自然—经济—社会复合生态系统。这一系统之内的各种自然要素之间,自然要素与经济要素和社会要素之间,流域上下游、干支流之间都在不断地进行着物质、能量、信息的交换及资金、人员的交流,一个因素发生变化,整个流域的其他因素都会受其影响。

根据流域的概念,可以把流域的特性归纳为以下几个方面。

① 整体性 流域是一个天然的集水区域,是一个从源头到河口、自成体系的水文单元;是一个以水流为基础、以河流为主线、以分水岭为边界的特殊区域。流域中最主要的要素是水,正是由于水的流动形成了流域内地理上的关联性及流域环境资源的联动性,也决定了流域是一个统一完整的生态系统。流域的上中下游、左右岸、支流和干流、河水和河道、水质与水量、地表水与地下水等,都是该流域不可分割的组成部分,具有自然整体性。同时,以水体为媒介,流域中的土壤、森林、矿藏、生物等也组成了一个紧密相关的整体,该整体中的任一要素发生变化都会对整个流域产生重大的影响。另外,流域又是人们经济、社会生活的重要场所,人们的活动会对流域生态系统产生极大的影响。流域的整体性特点要求流域管理应该根据流域上、中、下游地区的社会经济情况、自然资源和环境条件,以及流域的物理和生态方面的作用和变化,从流域生态系统整体出发来考虑其开发、利用和保护方面的问题,这无疑是最科学、最适合流域可持续发展客观需要的一种选择。

② 公共性 流域环境资源是一种公共资源,它具有公共资源的一般属性,如有限性、外部性和使用的分散性,相互依存性与不可分性。作为共同财富和公共产品,对流域环境资源的使用必须是集体行动,个体对公共资源的自由选择与利用以及社会对公共资源的分散管理,必将产生破坏性竞争。根据决策理论,在公共管理中,管理主体越多越分散,管理责任就越趋于松弛,对资源的保护就越无力,资源的状况则越坏。反之,权力越统一,责任就越大,权力越集中并趋向单一中心,责任就越明确,权力主体之间的破坏性竞争和摩擦就越小。因此,流域的公共性要求流域管理应该设定一个统一的流域机构实行整体管理和调控。

③ 复杂性 流域(尤其是大流域)经度和纬度上的跨度大,上、中、下游表现出明显的区段性和差异性,这就导致上下游、左右岸和干支流在自然条件、地理位置、经济技术基础和历史背景等方面有所不同。因此,流域生态系统覆盖了不同的自然地理单元,具有多样性的自然景观、森林植被和气候特征。即使流域中最主要的要素——水,其本身也是一个很复杂的问题。要维持河流的正常功能,必须使其保证一定的径流量,这是对水量的要求。人们从河流中取水用来饮用、灌溉等,则需要河流的水质要满足人们的生活及其他需要,这必然要求水体的污染程度不能超过一定标准,这是对水质的要求。我国水资源时空分布极不均匀,每年汛期来临时,各大流域的中下游往往会出现水灾,严重危及人民的生命财产安全,给国家财政造成巨大的损失,这必然要求要对水灾作出应对措施,以尽可能地减小灾害发生的可能,减轻灾害所造成的损失,这是对防洪的要求。各流域泥沙淤积,又要要求防止水土流失。同时,人类开发利用流域资源的方式多种多样,从农业生产活动到城市生态系统,从矿产资源开发到工矿业加工,由此所产生的生态环境影响也是复杂多样的。

④ 生态的不可逆性 流域生态系统内任何人类生产活动所产生的生态效应都是不可逆

的,生态系统一旦遭到破坏,不会自行恢复到原来的生态面貌。

1.2 水环境质量标准

水环境质量标准,也称水质标准,是指为保护人体健康和水的正常使用而对水体中污染物或其他物质的最高容许浓度所作的规定。按照水体类型,可分为地面水环境质量标准、地下水环境质量标准和海水环境质量标准;按照水资源的用途,可分为生活饮用水水质标准、渔业用水水质标准、农业用水水质标准、娱乐用水水质标准、各种工业用水水质标准等;按照制定的权限,可分为国家水环境质量标准和地方水环境质量标准。

水环境质量直接关系到人类生存和发展的基本条件,水环境质量标准是制定污染物排放标准的根据,同时也是确定排污行为是否造成水体污染及是否应当承担法律责任的依据。

1.2.1 我国水质标准

《中华人民共和国水污染防治法》规定,国务院环境保护部门制定国家水环境质量标准,省、自治区、直辖市人民政府可以对国家水环境质量标准中未规定的项目,制定地方补充标准,并报国务院环境保护部门备案。我国于1988年制定了地面水水质标准,后来经过两次修订,在2002年公布了最新版的《中华人民共和国地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)。该标准适用于中华人民共和国领域内江河、湖泊、运河、渠道、水库等具有使用功能的地表水水域。依据地表水水域环境功能和保护目标,按功能高低依次划分为五类:

I类 主要适用于源头水、国家自然保护区;

II类 主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的索饵场等;

III类 主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区;

IV类 主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区;

V类 主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。

对应地表水上述五类水域功能,将地表水环境质量标准基本项目标准值分为五类,不同功能类别分别执行相应类别的标准值。水域功能类别高的标准值严于水域功能类别低的标准值。同一水域兼有多类使用功能的,执行最高功能类别对应的标准值。实现水域功能与达标功能类别标准为同一含义。

标准中规定了24个控制指标:水温、pH值、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量(COD)、五日生化需氧量(BOD₅)、氨氮(NH₃-N)、总磷、总氮(湖、库,以N计)、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、铅、铬(六价)、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群。

1.2.2 国外水质标准

随着经济的高速发展和工业化进程的加快,流域水质污染不断加剧,水环境正面临着严重的威胁。为了控制水污染,保护和改善水环境质量,世界各国已普遍采用水质标准作为防治水污染的主要管理手段。科学合理的水质管理体系能够有效控制和改善地表水的水质状况。水质标准是科学管理水质、执行水资源保护的法规,也是从事环境保护和制定社会发展

决策的依据。

(1) 美国

美国清洁水法中规定水质标准由水质基准、指定用途和反降级政策三部分组成。

① 水质基准 指环境中污染物对特定对象(人或其他生物)不产生有害影响的最大剂量(无作用剂量)或浓度。目前,美国 EPA 共提出了 165 种污染物的基准,包括保护水生生物的水质基准、保护人体健康的水质基准、防止水体富营养化的营养物基准和生物基准等,其中涉及了合成有机物(106 项)、农药(30 项)、金属(17 项)、无机物(7 项)、基本物理化学特性(4 项)和细菌(1 项)等。根据基准的制定特点,水质基准划分为毒理学基准和生态学基准。前者是在大量科学实验和研究的基础上制定出来的,根据保护目标的不同,分为人体健康基准和水生生物基准;后者是在大量的现场调查的基础上通过统计学分析制定出来的,包括营养物基准和生态完整性评价基准。

② 指定用途 清洁水法要求各州和被授权的印第安部落详细规定水体的适当用途,即必须识别与指定州内各水体是如何使用的。考虑用于公众供水,保护鱼类、贝类和野生生物以及用于娱乐、农业、工业和航行等功能的使用价值来确定对水域的合理利用。各州和部落为某一水域指定各种用途时,根据水体的物理、化学和生物特性,地理位置和风景以及社会经济状况检查其是否适合于这些用途。无须为每一个特定的水体指定用途,只需确定支持某种用途水体应有的特性,进而将具有这些特性的水体作为支持该用途的群体归为一类。

某水体的水质标准所指定的用途少于现有实际用途的,州和部落必须根据现有实际的用途修订水质标准。指定用途中不包含清洁水法所规定的可钓鱼、可游泳用途的任何水体,必须对其进行力所能及的分析,且每三年进行一次重检,判定是否具备进行水质标准修订的新信息,如果该新信息表明水质已达到可钓鱼、可游泳用途标准,则必须将该用途列入指定用途。

③ 反降级政策 是为保护水体和参照状态并防止现有状况良好的水质恶化而制定的。目的是通过限制排放(防止新的或增加的污染源排放引起水质不必要的进一步降级)以及其他对水质有负面影响或威胁地表水指定用途的活动,维持和提高现有地表水质,以保证现有的有益用途得以充分保护。

对于所有水体,应确保维护现有用途所需的水质水平。确定对点源与非点源污染的控制,确保水质达到基准,保护下游水体的一切指定用途。水质不支持指定用途的水体或周边污染物浓度超过该水体水质基准的,应禁止由于污染物排放引起水质降低。对于高品质水域,应确保无不合理人类活动导致水质降低发生,除非具有完整的反降级证明能充分支持降低水质的理由。对于显著的国家战略水资源,应通过适当控制污染源确保水质得以维持和保护,可准许短期、暂时(数周或数月)水质降低的情况发生。

美国水质标准规章中规定的反降级计划分为 3 级。1 级要求保护“现有用途”,不准许任何忽略、阻止或降低水质的行为活动,禁止可能使水质降低至低于保持现有用途所需水质要求的活动。2 级要求维护高品质水(Hows),包括水质超过清洁水法 101(a)(2)章目标(适合钓鱼和游泳)保护的水体(不论其用途是否属指定),应避免任何超过标准的水质降低或者将其最小化。3 级要求严格保护显著国内水资源(ONRWs),即全国范围内最高品质的水域,如国家公园与州公园、野生动物保护区和著名渔场的水以及其他具有独特的娱乐或生态价值的水域。美国制定了详细的实施框架,美国环保局要求各州必须依此框架采用有效的反降级政策及其执行方法,使地表水状况得以持续改善。

美国以环境法规的形式颁布环境标准,而我国的环境标准与法规管理是分开两个体系。美国的水质标准是由美国环保局制定联邦水质基准,各州和部落根据联邦水质基准制定适合本地区的水质标准,然后由美国环保局审核批准,以确保各州和部落水质标准的协调性,例如,多个州或部落位于同一流域内时,就需要上下游水质标准具有一致性。我国应借鉴美国的经验,在跨地域的流域问题上,应真正的执行同一标准。

与美国相比,我国水质基准的研究极为薄弱。目前尚缺乏充分的科学数据说明我国现行的水质标准可以为大多数水生生物提供适当的保护。我国水质标准制定的主要依据是美国、日本、前苏联、欧盟及韩国的水质标准和美国的部分水生生态基准数据,基本上没有我国的水生生态毒理学数据。

截至2002年,美国已经颁布了120种优先控制以及45种非优先控制化学品和环境因子的水生生态基准(Water Quality Criteria)。我国的《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)只涉及24个污染物和环境因子,而且主要考虑的是耗氧有机污染物、植物营养盐和重金属类污染物,对于已成为全球性环境问题、对水生生态质量造成严重破坏的有毒有机污染物几乎未能顾及。另外,标准忽视了沉积物和生物等介质及物理条件对污染效应的影响,使得标准中缺少沉积物指标、生物指标、物理指标,而这些指标对于保护水质来说是必要的。

(2) 日本

环境质量标准是日本政府为保护人类健康和生存环境而制定的,是环境行政的重要组成部分,也是环境行政的管理目标。从20世纪70年代起日本开始制定地表水质量标准,至今为止已经建立起具有其本国特色的地表水环境质量标准体系。即根据环境基本法的规定,由政府根据环境条件,为保护人类健康以及生存环境制定的标准。标准分为保护人类健康项目(简称“健康项目”)的环境标准和保护生活环境项目(简称“生活环境项目”)的环境标准,政府必须采取有效措施以保证环境质量达标。

日本水环境质量标准项目分为环境质量标准项目、必要监视项目和需要调查项目三个层次。不是由单一的质量标准项目构成,而是由三种不同监控要求、不同监测频次和不同控制力度和手段构成的从防患于未然到由国家严格控制的不同级别和层次的污染物监测项目种类构成。

① 环境质量标准项目 分为健康项目和生活环境项目。健康项目属于国家严格控制,通过法律法规监测的项目,监测频次多,必须随时保持达标,不得出现超标情况;生活环境项目也属于国家质量标准范围,但允许通过制定达标期限等措施,逐步治理和防范的污染物。

② 必要监视项目 虽然不是法定质量标准,但作为需要监视和监控的污染物,属于必测项目,也纳入国家监测体系进行监测,监测频次少于质量标准项目,但有可能会根据科学发展和污染物的风险程度及检出情况补充到质量标准项目中。

③ 需要调查项目 从防患于未然的角度出发,每年对选择的300种水环境污染的化学风险物质开展调查和监测。除此之外,消毒副产物作为特定项目也纳入日本公共用水域的监测项目体系之中。

日本的水环境标准主要依赖行政指导来控制污染,美国等国家是通过经济政策干预污染控制,还有一些国家采用引入市场机制的办法来控制污染。日本采取的是水污染浓度控制标准与总量控制结合的方式,取得了良好效果。我国目前一直提倡总量控制,但忽视了两者的

结合。我国可借鉴日本的方法,通过行政指导政策,形成污染控制路线的方式,运用已有的行政体制,落实各级环保部门的职责,完善监督制度。同时,将浓度控制标准与总量控制进行有机结合,形成具有我国特色的水质管理体系。

(3) 韩国

韩国的水质管理体系发展较快,形成了比较合理的地表水水质标准体系。采用风险评价的方法制定有毒物质的水质标准,并根据美国 EPA 推导环境水质基准的公式,对制定水质基准的方法进行了改进。2009 年,韩国发布了新的水质标准,新标准包括两个部分:一部分是保护人体健康的水质标准,对所有水域(河流和湖泊)设定全国统一的标准,规定了重金属(镉、砷、汞、铅、六价铬)、有机磷及多氯联苯等 17 项污染物的标准值;另一部分是保护生存环境的水质标准,根据水生生态系统状态与特征对河流进行分级,分别设定标准限值,标准项目主要包括 pH、BOD、SS、DO、总大肠菌群、粪大肠菌群 6 项参数。韩国环境部计划于 2015 年将水质标准扩展到 30 种化学物质,同时将推导得出的生态风险基准纳入水质标准。

韩国在制定水质标准时综合考虑了分析方法、处理技术、经济因素和现行饮用水标准等影响因素。现阶段我国在水质标准的研究方面,应对水质标准实施所造成的经济影响进行分析,并给环保决策者提供该水质标准对现在和将来产生的经济影响的信息。同时,在制定标准的过程中还应考虑地表水质标准与饮用水标准等水质标准的衔接,避免出现标准相互混淆、相互冲突和增加执行难度的问题。我国还应根据区域水环境的污染特征筛选优先控制污染物,研究确定优先污染物的水质基准,在此基础上建立水质标准控制项目扩充模式。

我国应建立适合的风险评价模型,提高评价方法的适用性。与此同时,将风险评价政策作为法律措施来贯彻实施,能更有效、科学地指引水质标准的发展方向。韩国依据国情建立的水质标准,主要措施包括水质模型参数的本土化和主要水域监测项目的实施,取得了较好的成效,值得借鉴。水质基准的制定限定在一定环境条件内,根据区域水环境特性的差异建立符合我国水质管理的水质标准也是重中之重。

一个完整的水质标准体系应当同时考虑保护人体健康和生物资源安全这两大因素。我国水质基准研究起步较晚,水质标准主要参考欧美的相关水质基准、标准,并根据我国水体的主要功能来制定,更侧重于保护人体健康,难以适合我国实际的水生生态系统特征。韩国在不断完善保护人体健康的水质基准的过程中,兼顾发展生态风险基准,这一做法十分可取。

1.3 我国流域水质研究

我国江河众多,河流总长度约为 420000km,流域面积在 1000km²以上的河流约有 1500 条,其中长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河为我国七大水系。受地形、气候的影响,河流在地区上分布很不均匀,绝大多数河流分布在我国东部气候湿润、多雨的季风区。从大兴安岭西麓沿东北-西南向,经内蒙古高原南缘,阴山、贺兰山、祁连山、巴彦喀拉山、念青唐古拉山、冈底斯山直至我国西部国境一线形成我国西北内陆区,这一区域气候干燥,少雨、河流很少。另外有由雅鲁藏布江、澜沧江、怒江组成的西南大水量区和由浙闽台诸河形成的东南丰水区。

我国流域水污染主要分布在北方缺水地区,水资源较少的辽河、黄河、淮河和海河超标

比例较高,而水资源相对较丰富的松花江、珠江、长江等则超标率相对较低。重点流域总体污染比较严重,超标断面以超Ⅴ类为主,主要超标因子为氨氮和高锰酸盐指数。尽管重金属、氰化物、砷等超标断面相对较少,但其超标断面的污染程度均比较严重,均为超Ⅴ类。

“九五”以来,为了遏制全国水污染加剧的态势,国家实行了突出重点流域的环境治理政策,国务院先后批准实施了“三河三湖”、三峡库区、渤海地区、南水北调沿线等重点流域的水污染防治规划。《重点流域水污染防治规划(2006—2010年)》在“九五”、“十五”期间的重点流域基础上,将黄河流域、松花江流域、珠江流域、三峡库区、南水北调东线区等流域纳入规划范围。《规划》实施以来,重点流域水质得到改善,国家对重点流域水污染防治的投入不断增加,主要污染物排放总量继续降低,部分河湖水质有所改善。但是从总体上看,重点流域主要污染物排放明显超过环境容量,部分治污工程建设和运营还存在一些问题,水污染防治形势仍然十分严峻。2012年5月17日,环保部等四部委在北京发布《重点流域水污染防治规划(2011—2015年)》,明确规定到2015年全国重点流域总体水质由重度污染改善到轻度污染。

根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》,为实现中国经济社会又好又快发展,调整经济结构,转变经济增长方式,缓解我国能源、资源和环境瓶颈的制约,国家设立了水体污染控制与治理科技重大专项(以下简称水专项)作为十六个专项之一旨在为中国水体污染控制与治理提供强有力的科技支撑,为中国“十一五”期间主要污染物排放总量、化学需氧量减少10%的约束性指标的的实现提供科技支撑。

“十一五”期间,水专项重点围绕“控源减排”的阶段目标,在重污染行业减排、城镇污水高效脱氮除磷、农业面源污染控制、饮用水安全净化处理、流域水质目标管理等关键技术领域取得突破,结合“三河三湖”(淮河、海河、辽河、太湖、巢湖、滇池)等重点流域水污染防治规划及重点工程的实施,取得了阶段性成果,示范区水质明显改善。

2011年,长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河、浙闽片河流、西南诸河和内陆诸河十大水系监测的469个国控断面中,Ⅰ~Ⅲ类、Ⅳ~Ⅴ类和劣Ⅴ类水质断面比例分别为61.0%、25.3%和13.7%。主要污染指标为化学需氧量、五日生化需氧量和总磷。湖泊(水库)富营养化问题仍突出。2011年,全国废水排放量659.2亿吨。其中,工业废水排放量230.9亿吨,占废水排放总量的35.0%;生活污水排放量427.9亿吨,占废水排放总量的64.9%;集中式污染治理设施废水(不含城镇污水处理厂)排放量0.4亿吨,占废水排放总量的0.1%。自2001年以来,生活污水排放量始终呈增长趋势,而工业废水排放量近年来总体上稳中有降。

下面分别介绍长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河七大流域水环境状况。

(1) 长江流域

长江全长6397km,长度仅次于非洲的尼罗河与南美洲的亚马孙河,位居世界第三。它发源于青藏高原唐古拉山的主峰各拉丹冬雪峰,年径流量近10000亿立方米,占全国河流年径流量的37%。长江支流众多,长江流域从西到东约3219km,由北至南966km,面积180万平方千米。

长江流域水质总体良好,流域水量丰富,干流稀释容量大。2011年,干流32个国控断面中,Ⅰ~Ⅲ类和Ⅳ类水质断面比例分别为96.9%和3.1%。但干流城市江段污染较为严重,干流污染趋势是下游重于中游,中游重于上游。长江支流总体为轻度污染,主要污染指标为总磷、氨氮和五日生化需氧量。支流62个国控断面中,Ⅰ~Ⅲ类、Ⅳ~Ⅴ类和劣Ⅴ类