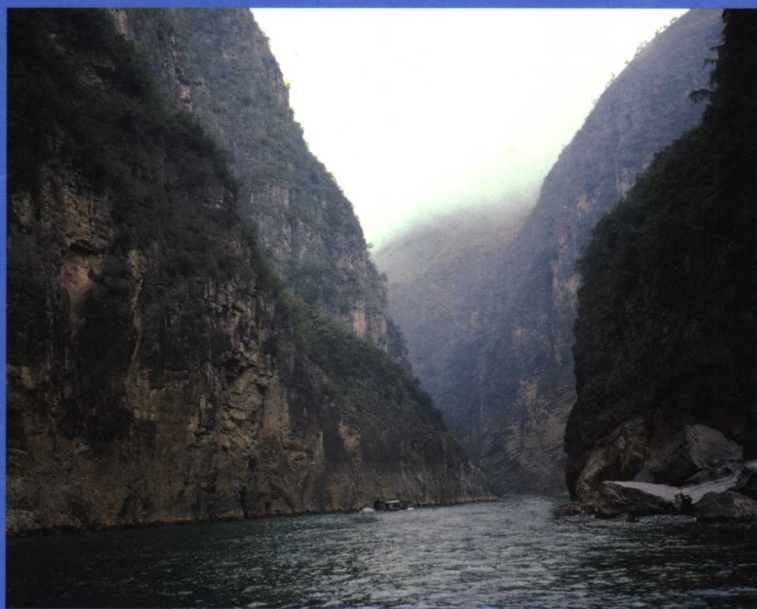


科学版环境科学与工程精品系列

河流水质原理 及中国河流水质

陈静生 著



科学出版社

科学版环境科学与工程精品系列

河流水质原理及中国河流水质

陈静生 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是我国此领域的第一本研究成果专著。全书共分两部分,即河流水质原理与中国河流水质。前一部分,作者除根据个人多年教学经验对河流水质原理作简要阐述外,重点在于介绍和讨论国际上对全球河流水质问题研究的当代进展。而后一部分是本书主体,主要包含3个方面内容:①分析阐述我国主要河流天然水质的基本特征、地理分布规律及近半个世纪来在人类活动影响下的变化,分析产生这些变化的原因和机理;②分析阐述我国主要河流沉积物的地球化学性质和表面性质及其区域分布规律,分析河流沉积物性质对其中微量污染物(重金属和有毒有机物)行为的影响;③分析阐述河流中泥沙与水相互作用对水质的影响及由此产生的多泥沙河流水质监测、评价和管理中存在的问题及解决办法。这一部分的数据绝大部分是作者根据我国1000余座水文站1960~2000年的原始水质监测数据经统计分析而获得的,具有很强的原创性。

本书可供环境科学、自然地理学、地球化学、水文学等学科的研究人员和各级环境保护部门、水利部门、城建部门和农业部门的研究人员、管理人员和高层决策人员,以及高等院校有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

河流水质原理及中国河流水质/陈静生著. —北京:科学出版社,2006

(科学版环境科学与工程精品系列)

ISBN 7-03-017071-7

I. 河… II. 陈… III. 河流-水质分析-中国 IV. X832

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第026337号

责任编辑:杨震 吴伶俐/责任校对:刘小梅

责任印制:钱玉芬/封面设计:陈敬

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>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2006年8月第一次印刷 印张:19 1/4

印数:1—2 500 字数:368 000

定价:48.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

致谢与说明

◆ 本书中的研究成果得到以下基金项目的资助,特此致谢。

1. 国家自然科学基金委员会与水利部黄河水利委员会联合基金项目(编号 E09-50239010),黄河典型污染物迁移转化规律研究,2003~2006
2. 国家重大基础发展规划研究项目(编号 G19990436),黄河水资源转化规律与可再生性机理,2000~2004
3. 国家自然科学基金委员会项目(编号 49671017),中国大河水质变化研究,1997~1999
4. 国家自然科学基金委员会重点项目(编号 59138080),水体颗粒物和难降解有机物的特性及控制技术原理,1992~1995
5. 国家自然科学基金委员会项目(编号 49171007),中国大河固-液界面重金属化学行为的地理规律性,1992~1994
6. 国家自然科学基金委员会项目(编号 4880014),海南岛河流水化学研究,1991~1993

◆ 本书的写作基础是作者及其研究生们于 1986~2006 期间所发表的 60 余篇与河流水质有关的论文。这些论文除个别外,在本书写作中大部分未被作为参考文献引用,特附于书末。

序

天然水体是人类生存和发展不可缺少的资源,却又受到人类活动最直接的冲击和污染。河流、湖泊等淡水水体更与人类社会的生产和生活息息相关,它们贯穿陆地全境成为水循环网络的输送渠道和蓄积库。河流的动态变化尤为显著,它与自然和社会的物质交换频繁,其无机、有机、生物组成复杂多变,因此河流水质及其污染控制一直是多学科的关注对象。

水质学已超越原有水化学的概念,成为自然和技术科学等多学科交汇的,着重研究水体物质迁移、转化、效应和控制的综合学科。依笔者理解,天然水体水质学着重阐明不同自然地理和水文条件下的水质动态变化规律,环境水质学着重研究社会环境人为条件下的水质转化规律及控制技术,二者的视角有异,但相辅相成。在环境问题日益突出的近代,这两个学科的融合更加明显。陈静生教授的《河流水质原理及中国河流水质》专著就是这一融合趋向深化发展的体现。

陈静生教授是我国著名的自然地理学和地球化学专家,他几十年来一直运用地球化学和环境化学的方法研究我国环境污染和河流水质变化的基本课题。由于他是地理学家而能从广阔的空间和时间宏观尺度观察水质演变,又因他是地球化学家而能用环境化学的方法探讨污染物形态转化过程的微观反应,宏观尺度和微观反应的巧妙结合使陈先生的学术成果在地学界和环境学界都富有特色,对我国环境问题的基础研究做出了杰出的贡献。

陈静生教授在北京大学率领和指导很多研究生,走遍祖国众多大中型水系,现场采集水和颗粒物样品,进行多种分析测试,取得第一手资料,并克服重重困难收集数十年来我国河流水质及有关社会经济数据,进行综合对照,建立起水质历年演变与经济发展和环境污染的相关关系这一新的研究方向。该书就是他们多年来系列研究的结晶,不但阐明我国河流水质的演变规律,并且揭示水环境的酸化、盐化、碱化,以及颗粒物,重金属,氮、磷营养物,有毒有机物等水质演变与工农业发展的联系,对我国重大水质污染问题提出控制方向。书中阐述的河流水质原理具有系统性和创新性,反映了陈静生教授对河流水质学的理论造诣,可以算是一本河流水质学的教材。

相信该专著的出版问世,一定会对我国河流水质科学和水环境污染控制起到重要的启发和推动作用。

汤鸿霄

中国工程院院士

中国科学院生态环境研究中心 研究员
环境水质学国家重点实验室

2006年3月

前 言

河流是陆地可利用淡水资源的最重要的组成部分。河流系统是地球表面水循环、碳循环、营养物循环和泥沙循环的主要通道,是陆地水生生物多样性的基础,在很大程度上控制着海岸带的功能。由于河流遍布陆地上的每一片区域(干旱无径流区除外),是最易为人类利用的水体,也是最易受到人类活动影响的水体。目前,世界各国的水质管理、水质监测及污染控制绝大部分都是针对河流水质的。我国也不例外。

研究河流水质除了有实用意义外,在理论上也有重要意义。很多学科都对河流水质感兴趣,各有侧重地研究问题。如化学家致力于研究水体中各类物质的化学反应过程及平衡;地球化学家着重于研究河湖水中溶质的地球化学起源及天然水质与区域自然条件的关系;生物地球化学家的兴趣在于查明河水中的C、N、P及Si等营养元素对陆生和水生生物的影响;海洋学家重点研究河流中溶解与非溶解物质向海洋的输送及与海岸带水体功能的关系等。

作为自然地理、地球化学兼环境化学工作者,作者在近50年的科研生涯中曾数度从事河流水质研究。20世纪60年代,作者即曾与当时的学生(现南京师范大学倪绍祥教授)合作翻译了苏联学者马克西莫维奇的《陆地水化学地理》。由于“文化大革命”的干扰,译本未能正式出版。近20年来,作者有幸主持和参与了近10个与河流水质和沉积物性质有关的研究项目,发表与合作发表了此领域的论文近百篇。本书试图对这些成果做全面系统的整理和总结。

本书内容分两个部分:“河流水质原理”和“中国河流水质”。后一部分是本书的主体,涉及3个方面的内容:①分析阐述我国河流天然水质的基本特征、成因、区域分布规律及半个世纪以来在人类活动影响下的变化(如长江的酸化趋势、黄河的盐渍化趋势和松花江的碱化趋势等),分析产生这些变化的原因和机理,剖析20世纪90年代我国主要大河和代表性城市河流的污染水平;②分析阐述我国河流沉积物的地球化学性质、表面性质及其区域分布规律,分析这些性质对微污染物(重金属和持久性有机物)行为的影响,查明20世纪90年代我国河流沉积物中微污染物的含量水平;③以黄河为例,分析阐述多泥沙河流中泥沙与水相互作用对水质和对水质参数测量的影响,讨论由此引发的河流水质监测与评价中存在的问题及解决办法等。

本书前一部分除根据个人教学经验对河流水质基本原理做扼要介绍外,重点在于介绍国际上对全球河流水质问题研究的当代进展。

本书得以完成,要感谢许多同行和同事的支持与帮助。中国科学院生态环境研究中心的汤鸿霄院士是我国新兴环境水质学的开拓者和创始人,是我学术生涯中的挚友。他的再三鼓励和推动才使我鼓起勇气写作本书。他对本书大纲提出了许多宝贵意见,并亲笔为本书作序。北京师范大学的许嘉琳教授的热情支持也促进了本书的问世。

国际著名水文地球化学家法国皮埃尔·玛丽·居里大学(Université Pierre et Marie Curie) Michel Meybeck 教授为本书,尤其是为第一部分的写作提供了热情的支持和帮助。Meybeck 教授是国际河流水质研究的最先发起者和倡导者之一,在全球河流水质演化研究方面做出了开创性的贡献。在得悉本书的写作时,Meybeck 教授给我发出了热情洋溢的鼓励信,提供了大量资料,并期待本书英文版的问世。

我早期的博士研究生,现加拿大曼尼托巴大学(University of Manitoba)环境科学系与化学系副教授王飞越,是本书许多研究内容的主要合作者,对本书的写作倾注了巨大热情,帮助确定写作大纲,两次阅读全稿,字字句句斟酌和提笔修改,并帮助绘制了多幅精美图件。

多年来,我的数届博士、硕士研究生程成旗、王学军、王飞越、谢贵伯、王忠、陈梅、陈江麟、宋吉杰、霍文毅、黄凤茹、夏星辉、张利田、关文荣、高学民、洪松、何大伟、范文宏、彭树恒、于涛、王立新、张宇、张娜等与我共同完成有关研究课题,合作发表一系列论文。这些论文以及他们的学位论文构成了写作本书的基础。他们分别是本书有关章节的共同作者。

北京大学环境学院的同事王恩涌教授、陶澍教授、倪晋仁教授等都对本书的写作给予支持和鼓励。

在此,对汤鸿霄院士、许嘉琳教授、Michel Meybeck 教授和上述我的同事和研究生们表示衷心感谢。

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
1.1 水对生命和人类生存的意义	1
1.2 水质、水质参数及水质问题的历史演变.....	2
1.2.1 水质的概念	2
1.2.2 水质参数	2
1.2.3 水质问题的历史演变	3
1.3 研究水质的方法	5
1.3.1 研究介质的选用	5
1.3.2 水质参数的选用	6
1.4 研究河流水质的意义.....	10
1.5 河流水质研究在水环境化学学科中的地位.....	12
1.6 全球河流水质研究进展.....	13
1.7 中国河流水化学研究回顾.....	15
1.7.1 我国河流水质监测网络的建立和发展.....	15
1.7.2 对我国河流水化学特征及地理规律性的研究.....	16
1.7.3 对我国河流水质半个世纪以来变化趋势的研究.....	17
参考文献	17
第二章 水圈化学基础	22
2.1 水圈的概念.....	22
2.2 水的循环.....	23
2.3 作为分子的水.....	26
2.3.1 水的同位素组成.....	26
2.3.2 水分子的结构.....	28
2.3.3 水的异常特性及与分子结构的关系.....	30
2.4 作为溶液的天然水.....	31
2.5 陆地水溶质起源.....	34
2.6 海洋水溶质起源.....	36
2.6.1 关于海水溶质组成形成的假说.....	36

2.6.2	现代海洋溶质组成的化学平衡模型	37
2.6.3	现代海洋溶质组成的动力学模型	37
2.7	天然水化学分类	38
2.8	天然水离子浓度增长与水化学类型转化的关系	40
	参考文献	41
第三章	河流溶质地球化学	42
3.1	河流中天然溶质的源、汇及控制因素	42
3.2	流域岩石性质对河流溶质的制约作用	45
3.3	气候条件对河流溶质的影响	47
3.4	全球河流化学模式	50
3.4.1	Gibbs 的河水溶质起源模式	50
3.4.2	Meybeck 的“全球河流水化学理想模式”	52
3.5	全球河流溶质负荷与全球岩石化学风化作用的关系	53
3.6	河流中的碳元素	54
	参考文献	56
第四章	河流水质与水文条件的关系	57
4.1	河流的形成、特性及分类	57
4.2	与水质有关的河流水文参数	60
4.2.1	流速	60
4.2.2	流量	60
4.2.3	河流径流	61
4.3	水文条件对河流水质的影响	64
4.4	河流水质在时间和空间上的变化	68
4.4.1	河流水质在时间上的变化	68
4.4.2	河流水质在空间上的变化	69
4.5	河流颗粒物的起源和性质	69
4.6	河流颗粒物——研究水环境质量的重要介质	73
4.7	颗粒物-水界面过程对河流中化学物质输移的影响	75
4.8	河流颗粒物中重金属含量的粒度校正	76
4.8.1	粒径对水体颗粒物中重金属含量的影响	76
4.8.2	水体颗粒物重金属含量的粒径校正方法	78
	参考文献	81
第五章	河流系统综合征及当代全球性河流水质问题	84
5.1	河流系统综合征的概念	84
5.2	河流系统综合征对地球系统的影响	86

5.3	河流水质过去的演化	89
5.4	当代全球性河流水质问题	91
5.4.1	河流的盐渍化过程	92
5.4.2	河流的富营养化过程	93
5.4.3	河流的酸化过程	97
5.4.4	河流的微量金属污染与微量有毒有机物污染	97
5.5	河流水质的未来变化趋势	99
	参考文献	101
第六章	长江水质特征及在 20 世纪后半叶的变化	103
6.1	长江流域自然条件概况	103
6.2	长江主要溶质化学特征	105
6.3	控制长江离子化学的主要机理	110
6.3.1	循环盐	110
6.3.2	风化作用	111
6.4	长江水质半个世纪以来的酸化趋势	113
6.4.1	长江主要离子浓度的长期变化趋势	113
6.4.2	长江水质酸化趋势原因分析	118
6.5	长江的氮污染	121
6.5.1	长江氮污染水平	121
6.5.2	1960~1985 年期间长江氮污染的发展	122
6.5.3	长江氮污染发展对水质酸化的影响	123
	参考文献	124
第七章	黄河水质特征及在 20 世纪后半叶的变化	127
7.1	黄河流域自然条件概况	127
7.2	黄河主要离子化学特征	131
7.3	控制黄河离子化学的主要机理	138
7.3.1	循环盐	139
7.3.2	化学风化作用	140
7.3.3	蒸发-结晶作用	141
7.4	黄河水质近 50 年来的盐渍化趋势	145
7.4.1	黄河主要离子含量 50 年来的变化趋势	145
7.4.2	灌溉农业发展对黄河盐渍化的影响	146
7.4.3	水利工程修建对黄河盐渍化的影响	149
7.5	黄河流域的氮污染	151
7.5.1	黄河流域氮污染水平的区域差异	151

7.5.2	黄河氮污染水平的年内和年际变化	154
7.5.3	黄河流域社会经济发展与河水氮污染的关系	156
7.6	黄河流域氮素流失模数	158
7.6.1	“氮素流失模数”的概念、研究意义及研究方法	158
7.6.2	黄河流域氮流失模数的区域差异与原因	159
7.6.3	黄河流域氮素流失模数近 20 年来的变化	161
7.6.4	黄河流域氮素流失模数与长江流域氮素流失模数的比较	162
7.7	黄河 50 年来水量减少趋势、盐渍化趋势与氮污染发展趋势三者 关系分析	164
	参考文献	167
第八章	松花江、珠江和海南岛河流水质	169
8.1	松花江天然水质特征	169
8.1.1	松花江流域自然条件概况	169
8.1.2	松花江主要离子化学	169
8.1.3	控制松花江离子化学的主要机理	172
8.1.4	松花江水质 30 年来的碱化趋势	174
8.2	珠江天然水质特征	178
8.2.1	珠江流域自然条件概况	178
8.2.2	珠江主要离子化学	180
8.2.3	珠江流域离子径流模数	181
8.2.4	珠江水中主要离子的来源	184
8.3	海南岛河流的水质和化学侵蚀作用及与台湾岛的比较	187
8.3.1	海南岛河流主要离子含量、分布与台湾岛的比较	187
8.3.2	海南岛河流的物理侵蚀率和化学侵蚀率及与台湾岛的比较	191
	参考文献	193
第九章	中国主要城市河流 20 世纪 90 年代污染状况分析	195
9.1	中国主要城市中小河流 20 世纪 90 年代污染状况分析	196
9.1.1	上海黄浦江和苏州河	196
9.1.2	苏南大运河	199
9.1.3	南京秦淮河	200
9.1.4	深圳河	203
9.1.5	天津海河	204
9.1.6	北京城市河流	205
9.2	长江沿程城市段 20 世纪 90 年代污染状况分析	209

9.2.1 从干流沿程水质变化看城市对长江水质的影响	209
9.2.2 从岸边污染带看沿江城市对长江水质的影响	213
参考文献	215
第十章 中国河流颗粒物的地球化学性质与表面性质	216
10.1 研究区河流概况	216
10.2 研究方法	218
10.2.1 颗粒物样品采集及样品代表性说明	218
10.2.2 颗粒物样品研究粒级的选择	220
10.2.3 样品分析测试方法	220
10.2.4 数据处理	221
10.3 中国河流颗粒物的元素组成	221
10.3.1 中国东部河流颗粒物的元素组成及地域特征	224
10.3.2 中国东部河流与世界河流颗粒物中铝、钙含量的比较	225
10.3.3 对中国河流颗粒物元素平均组成的估计	226
10.3.4 在加入中国资料条件下对世界河流颗粒物平均元素组成的 新估计	227
10.4 中国东部河流颗粒物的地球化学性质	230
10.4.1 粒径分布	230
10.4.2 黏土矿物的含量和组成	230
10.4.3 铁、锰、铝、钛氧化物的含量	234
10.4.4 有机质的含量和组成	237
10.4.5 pH 和 Δ pH	239
10.4.6 河流颗粒物地球化学性质之间的相关性	240
10.5 中国东部河流颗粒物的表面性质	240
10.5.1 比表面	241
10.5.2 表面电荷和表面电位	243
10.5.3 表面酸度常数和表面位密度	247
10.5.4 颗粒物表面性质与地球化学性质之间的相关性	249
10.6 中国河流颗粒物中微量金属的含量和地球化学相分配	250
10.6.1 重金属在颗粒物原生地球化学相中的分布	250
10.6.2 重金属在颗粒物次生地球化学相中的分布	250
10.7 中国河流颗粒物中的多氯联苯	256
10.7.1 中国河流颗粒物中多氯联苯的一般水平	256
10.7.2 中国河流颗粒物中多氯联苯的同系物	258
10.7.3 中国河流颗粒物中多氯联苯来源的讨论	259

参考文献	259
第十一章 黄河泥沙对水质和对水质参数测量的影响	264
11.1 黄河泥沙对污染物行为的影响	264
11.1.1 黄河泥沙对重金属的吸持特征	264
11.1.2 黄河泥沙对微量有毒有机物的吸持作用	267
11.1.3 黄河泥沙对氨氮的吸附作用及对氮形态转化的影响	267
11.2 黄河泥沙有机质对耗氧有机物水质参数测量的影响	268
11.2.1 问题的提出	268
11.2.2 黄河泥沙有机质对 COD 测量的影响	269
11.2.3 黄河泥沙有机质对高锰酸盐指数测量的影响	274
11.2.4 黄河泥沙对 BOD 测量的影响	276
11.2.5 高泥沙引发的黄河耗氧有机物污染评价中存在的问题及 解决方法	279
11.3 黄河泥沙本底重金属含量对河水重金属水质参数测量与评价的 影响	284
11.4 黄河泥沙中的碳酸盐对水质和对水质监测研究的影响	285
11.4.1 泥沙中的碳酸盐对黄河基本水化学特征的影响	285
11.4.2 泥沙中的碳酸盐对黄河酸碱缓冲容量的影响	285
11.4.3 黄河泥沙中的碳酸盐对重金属行为的影响	286
11.5 黄河泥沙与水质关系进一步研究展望	286
参考文献	286
附录	289

第一章 绪 论

1.1 水对生命和人类生存的意义

地球之所以能够成为一颗智慧星球，水是关键因素之一。各种生命起源的假说都离不开水这一要素：①水是一切生物体的基本成分。动物体平均含水 70%，植物体平均含水 40%~60%。其中一些生物体含水量很高，如水母身体中的含水量占其体重的 95%。②水对生物的重要作用在于它是生物新陈代谢的介质。生物通过水从外界吸取养分，通过水把各种营养物输送到机体的各个部分，又通过水把代谢产物排出体外。水作为介质把生物体的营养和代谢过程联系起来，通过这一过程维持着生命的活力。③水对生物体还起着散失热量、调节体温的作用。④人类血液中矿物质的含量为 $9\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ，与 30 亿年前的海水是相同的。静脉点滴用的生理盐水为 0.9% 的 NaCl 溶液，与原始海水一致。这似乎说明，现代人的身体内流淌着几十亿年前的海水。

水的优异性质决定了它对人类生存环境的意义：

1) 水是无色透明的，允许太阳光中的可见光和较长波的紫外线通过，使水面以下一定深度的水生植物仍能进行光合作用，而对生物体有害的短波紫外线则被阻挡在外。这不仅对地球上生命的起源和进化有重要作用，而且对今天生活在水中的各种生物也有重要作用。

2) 水是一种极好的溶剂，为生命过程中营养物质和废弃物的传输提供最基本的媒介。水的介电常数在所有液体中是最高的，使大多数离子化合物能够溶解于其中，并发生最大限度的电离，这对生物吸收营养物质和在生物体内的各种生化过程的进行有重要意义。

3) 除极少数液体和固体（如液氨、液氢）外，水的比热容是所有液体和固体中最大的。水的蒸发热也最高。这使地表水体白天能够有效地吸收太阳的热量，夜晚又可将热量释放到大气中，从而避免了激烈的温度变化，使地表温度保持在一个相对恒定的范围内。相比之下，月球的表面都是岩石，石头的比热容只有水的 20%，所以月球表面的温度变化可以从 $+120 \sim -150^\circ\text{C}$ 。

4) 水在 4°C 时密度最大。这一特性可促进水的垂直循环，从而控制天然水体中温度的分布。在气温急剧下降的夜晚，水面上较重的水层向下沉降，与下部水更换，这一过程使溶解在水中的游离氧及其他营养物质得以在整个水体中分布均匀。水生生物可以在 4°C 的条件下生存。

5) 冰轻于水。冰的密度为 $0.92 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 比水小, 可以浮在水面上; 这一特性对水下生物具有十分重要的作用。倘若水的密度比水大, 当气温降低时, 在水面结成的冰沉降至水底, 将导致整个水体完全冻结, 给水下生物带来灭顶之灾。

1.2 水质、水质参数及水质问题的历史演变

1.2.1 水质的概念

“水质”(water quality)一词的字面意义是“水体的质量”(the quality of water bodies)或“水环境的质量”(the quality of the aquatic environment)。由于有众多因素影响水质, 水质在时间和空间上不停地变化。又由于有众多参数可用于描述水质, 特别是由于在历史上不同的时期人们对水质的关注点不同, 学者难以对“水质”一词给出简单而准确的定义。许多学者用水质的概念阐述水体的物理、化学和生物特性。1992年由联合国教科文组织、世界卫生组织和联合国环境规划署共同出版的《水质评价指南》(Water Quality Assessments)一书将“水质”定义为“水环境的总体质量”^[1](overall quality of the aquatic environment)^[1]。我国环境水质学的开拓者汤鸿霄指出^[72], “水质一词通常具有双重含义: 一为水的性质, 即水及其中所含物质构成的综合特性; 另一为水的质量, 即人类现代生产与生命保健对水质特性要求的水平。”

1.2.2 水质参数

水体的水质状况用各种水质参数进行描述。水质参数可分为物理参数、化学参数和生物参数。

水质的物理参数是指用各种物理方法所测得的与水生生物栖息地有关的水质信息, 如水体中光的散射情况、水的颜色、温度、电导度(K_{sc} , 水在 25°C 时传输电流的能力, 其大小由水中带电荷溶质的总浓度决定)、水体中悬浮物的数量和粒径分布、水的密度、水的流量及水流的动力状况、水面的坡度、水体底部沉积物的特点与河床地貌等。

水质的化学参数是指用各种化学分析方法所测得的水质信息。化学分析的介质包括通过 $0.45 \mu\text{m}$ 孔径滤膜的过滤水样品(filtered water)、原水样品(raw water)、水体中的颗粒物样品及生物体样品(生物组织的样品和生物体总样品)等。化学分析的组分包括无机化合物、有机化合物、金属、元素的同位素与放射性核素等。化学分析的结果, 对固体样品来说, 以质量对质量的浓度单位 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 或 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 表示; 对水中的溶解性物质来说, 以质量对单位体积水的浓度单位 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 表示, 有时也以物质的量对单位体积水的浓度单位

$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 表示, 有时还以当量^①分数对单位体积物质在水中的浓度单位 $\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$ 表示。

水质的生物参数是指水体中的生物种群数量、分布及其健康状态(繁殖率、存活率、生长速度等)。

1.2.3 水质问题的历史演变

Meybeck 对 1850 年以来西欧和北美等发达国家水体水质问题的历史演变过程做了如图 1-1 所示的归纳^[2]。

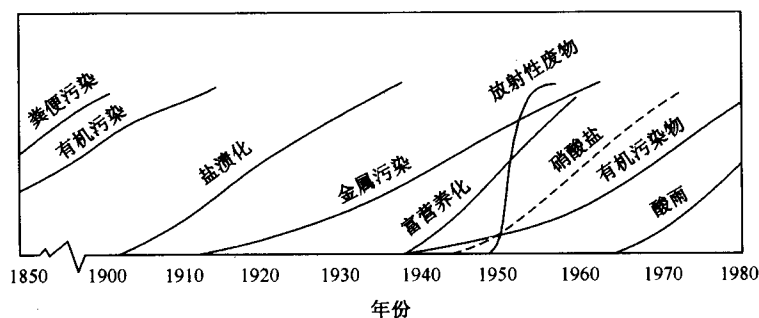


图 1-1 西欧和北美等发达国家水体水质问题的历史演变^[2]

从图 1-1 中可以看到, 河流的粪便污染与耗氧有机物污染在 19 世纪末已经很严重。20 世纪前半叶出现溶解性盐类污染和金属污染。20 世纪 40 年代以后硝酸盐污染发展。50 年代出现了放射性污染。60 年代后水体富营养化问题日趋严重。接着, 持久性有毒有机物的污染逐步发展。70 年代出现了水体酸化问题, 80 年代以后又出现了内分泌干扰素污染等问题。

随着一个个水污染问题的出现, 反映水污染程度的水质参数不断增加, 由此推动了水质监测工作的发展。古代, 人们主要依据颜色、浊度、味道等表观指标判别水质。对水的样品进行化学分析开始于 200 年前。欧洲跨国河流莱茵河的水质监测始于 1875 年。英国泰晤士河和法国塞纳河的水质例行监测始于 1890 年前后。最初的监测项目只有溶解氧(DO)和 pH 等几项。20 世纪以后, 水质监测项目呈指数增长(图 1-2)。

这是因为, 从 1900 年起, 美国因灌溉需要, 开始测定水中的主要溶解性离

^① 当量是非法定单位, 根据国家规定, 当量应改用物质的量表示。但由于在实际工程应用中仍广泛使用当量的概念, 加之在有些情况下, 当量与物质的量并不等值, 因此本书仍保留当量一词的使用。在此特作说明。

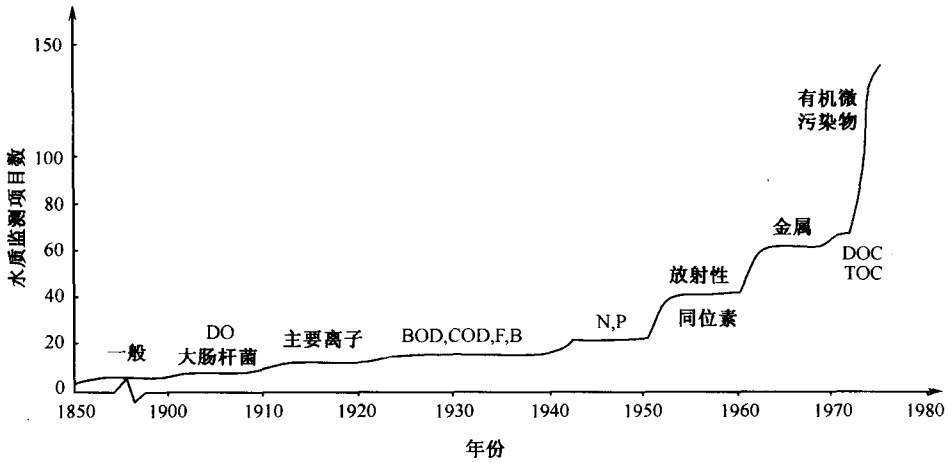


图 1-2 水质监测项目数的增长历程^[2]

子；自 1930 年起，因饮水卫生的需要，开始测定水中的粪便大肠杆菌；从 1940 年起，苏联因建水库的需要，增加测定水中的总悬浮固体含量（TSS）。促进水质监测发展的另一重要因素是分析化学技术的进步和发展。

与此同时，水生态学家对河流水质提出了一些新的指标，如 Saprobic 指数、Trent River 指数等。Woodywis 用这些指标研究苏联的河流水质达数十年之久^[3]。同一时期，还有学者提出水系统自然栖息地质量的概念。水文生态学家提出，应研究河流全流域的质量等^[4]。

过去鉴别水质只根据对一个样品的少数几项指标的测定结果，后来也只根据对一个站点的水质测定结果。现在人们判别水质不仅用化学、物理和生物等多方面的指标，而且从全流域角度研究水环境的总体质量^[4]。20 世纪后期，人们研究水质不仅根据其中化合物的浓度，而且考虑它们的存在形态。现在科学家研究水质时使用的水质指标已达几百项（图 1-3 中的曲线 A）。现在全球最好的监测站（多在西方发达国家大河的取水口）的例行水质监测指标接近 100 项（图 1-3 中的曲线 B），而由于经费和技术原因，欠发达国家的水质监测站只能测量为数不多的水质指标（图 1-3 中的曲线 C）（GEMS/water.org/）。由此可以看出，水质的概念和所谓水质的好与坏，并无绝对意义。水质问题不单纯是自然科学问题，它所反映的是某一社会、某一国度、某一时期的人与水之间的广泛的关系^[5]。