

环境工程学

——原理与实践

李法云 主编

辽宁大学出版社

李法云 2003

图书在版编目 (CIP) 数据

环境工程学：原理与实践 李法云主编 . —沈阳：辽宁大学出版社，2003 . 5
ISBN 7 - 5610 - 4446 - 1

. 环 李 环境工程学 . X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 016978 号

责任编辑：刘 葵

版式设计：程 丽

封面设计：邹本忠

责任校对：齐 月

辽宁大学出版社出版

地址：沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮编：110036

联系电话：024 - 86864613 http: www.lnupress.com.cn

Email: mailer@lnupress.com.cn

沈阳市政二公司印刷厂印刷 辽宁大学出版社发行

幅面尺寸：185mm × 260mm

印张：14.25

字数：350 千字

插页：1

2003 年 11 月第 1 版

2003 年 11 月第 1 次印刷

印数：1 ~ 1 500

定价：28.00 元

环境工程学：原理与实践

编委会

主 编	李法云				
副 主 编	郑继东	李团胜			
编 委	(按姓氏笔画为序)				
	马溪平	付保荣	关 伟	李法云	
	李团胜	范志平	郑继东	熊在平	
统 稿	郑继东	李法云	关 伟		
绘 图	郑继东	李法云	邹本忠		

内 容 简 介

本书共六章，包括环境质量与污染控制标准、给水处理、废水处理、土壤污染生物修复技术、大气污染控制工程、固体废物与城市垃圾的管理与处置。作者强调理论联系实际，从环境工程原理（理论基础）及实践（工程实例）两条主线进行讨论，在介绍基本原理和主要内容的基础上，注意适当地反映环境工程领域的最新研究成果和进展状况。

本书可作为高等学校环境科学与工程相关专业的教材或参考书，也适合于从事环境科学研究和环境保护工作的专业人员阅读。

前 言

环境问题是人类在 21 世纪将长期面临的重大难题之一。保护环境是我国的基本国策，也是全人类的共同责任。环境工程的兴起开始于产业革命时期，它的发展在欧美地区已有一定历史。近几十年来，环境工程技术得到了迅速发展，表现在其研究领域不断扩大，内容日益丰富，学科的影响和地位日益提高；同时，环境工程实践也不断深入，更多更新的课题不断提出，极大地丰富了学科的内容，完善了学科的体系。

环境工程是一门多学科交叉技术，其研究范围极为广泛。同时，每一项工程技术又可能综合着多学科的基本理论和方法。因此，要在一本书中详尽介绍环境工程技术的各个领域非常困难。根据国内外环境工程技术研究与应用现状，特别强调理论联系实际，本书拟从环境工程原理（理论基础）和实践（工程实例）两条主线作重点介绍。全书共分六个部分：第一部分为环境技术政策；第二部分为给水处理；第三部分为废水处理；第四部分为土壤污染的生物修复技术；第五部分为大气污染控制技术；第六部分为固体废物的管理与处置。

本书在编写过程中，注意尽可能地吸收国内外环境工程领域的许多专著和教材的优点，并参考了大量的文献资料；同时，引用了参考书目的部分图表和工程实例资料。针对环境技术政策与标准随着环境科学技术进步而不断改进的特点，在环境技术政策的编写方面，引用了最新的技术资料与标准。

本书第一章、第二章和第三章由李法云（辽宁大学）、郑继东（焦作工学院）编写，第四章由李法云、熊在平、付保荣、范志平编写，第五章由李团胜（西北大学）、郑继东编写，第六章由郑继东、李团胜、关伟、马溪平编写，最后由郑继东、李法云、关伟定稿。本书在成稿过程中，得到了辽宁大学环境与生命科学学院所有老师的大力支持和帮助，在此表示感谢。

本书在编写过程中，得到了辽宁大学臧树良教授、刘志超教授、吴林友教授，西北大学、焦作工学院及中国科学院沈阳应用生态研究所有关领导和专家的指导和帮助。在出版过程中，得到“国家自然科学基金（课题编号：29807002）”、“教育部骨干教师资助计划（教技司[2000]65号）”、中国科学院陆地生态过程开放实验室基金、辽宁省科技厅博士启动基金（课题编号：971019）和教育厅（课题编号：20021019）、沈阳市科学技术委员会（课题编号：20010037）以及辽宁大学出版基金的资助，并得到辽宁大学出版社副总编辑胡家诗、副编审刘葵和美术编辑邹本忠等的协作与支持，在此一并谢忱。

由于编者的水平和学识有限，书中遗漏和错误之处在所难免，欢迎各位读者及有关专家、学者批评指正，并在此表示诚挚的谢意。

编 者

2003 年 10 月

目 录

绪 论	1
第一节 环境与环境污染.....	1
第二节 环境工程学概述.....	2
第一章 环境质量及污染控制标准	5
第一节 大气质量控制标准.....	5
第二节 水环境质量标准.....	7
第三节 固体废物管理和污染物控制标准	16
第二章 给水及其处理.....	19
第一节 水需求及给水处理概况	19
第二节 给水处理单元技术	23
第三节 给水处理工程实践	41
第三章 废水处理	44
第一节 水污染及水体自净	44
第二节 水量和水质调节	57
第三节 悬浮固体处理	59
第四节 好氧生物处理技术	80
第五节 厌氧生物处理技术	98
第六节 城市污水土地处理技术.....	105
第七节 国内外废水处理工程实例.....	119

第四章 土壤污染生物修复技术.....	128
第一节 概述.....	128
第二节 典型污染土壤生物修复.....	131
第三节 土壤生物修复工程技术.....	136
第五章 大气污染控制工程.....	139
第一节 大气污染及控制概述.....	139
第二节 气态污染物控制.....	141
第三节 颗粒污染物控制.....	164
第六章 固体废物与城市垃圾的管理与处置.....	188
第一节 固体废物与城市垃圾管理与处理现状.....	188
第二节 固体废物处理技术.....	195
第三节 固体废物资源化利用.....	204
主要参考文献.....	221

绪 论

第一节 环境与环境污染

环境 (Environment) 指围绕人类周围的空间及影响人类生产和生活的各种自然因素和社会因素的总和, 它是一个庞大而复杂的系统。环境一词始见于我国古籍《元史·余阙传》所载: “环境筑堡垒, 选精甲外捍, 而耕稼于中”, 此处环境意为环绕所辖的区域。

目前, 环境科学研究的主要对象是自然环境, 重点对象是地球表面的生物圈。在世界各国颁布的环境保护法中, 对环境一词都有具体明确的界定。国际环境保护主要是通过对生物圈的组成部分 (岩石圈、气圈、水圈) 采取保护措施来进行的。1982 年, 联合国大会在纽约通过的《世界自然宪章》前言中指出: “人类是自然的一部分, 生命有赖于自然系统的功能维持不坠, 以保证能源和养料的供应。”在这里, 环境保护主要是针对自然环境而言的。《中华人民共和国环境保护法》明文规定: “环境是指: 大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生生物、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区、生活居住区等。”这里所指的环境为作用于人类客体的生存环境, 它包括未被人类改造和已被人类改造过的自然环境。

随着社会经济的发展、人口的增加, 环境与环境问题已越来越受到人类的普遍关注和重视。目前, 环境、资源和人口问题已被国际社会公认为是影响 21 世纪人类社会可持续发展的三大关键问题。

环境污染 (Environmental Pollution) 是指环境中的各种污染物的数量或浓度超过了环境的自净能力, 而使环境的结构、功能及生物学特性发生退化, 它是随着人类的生活和生产活动的发展而引起的, 并逐步加剧, 其发展可分为以下三个阶段。

第一阶段: 在人类发展的初期, 人类为了生存而对环境的利用, 其主要特点是人类活动虽对自然生态系统有一定破坏, 但并未影响该生态系统的恢复能力和主要功能, 人类对自然环境的依赖性非常明显。

第二阶段: 随着生产力的发展, 出现了农业、商业和城市, 人类利用自然的能力提高, 其生产活动造成一定的环境问题, 如伐林种地、滥垦草原, 出现了水土流失。在城镇中, 由于人们忽略对生活垃圾和污水的处理, 出现了霍乱、痢疾、伤寒等水传播疾病的流行。

第三阶段: 从 18 世纪后半叶开始, 第一次工业革命以后, 现代化的大工业导致了城市都市化和交通运输及农业的现代化, 资源被大量开发和利用, 工业“三废”对环境造成严重

污染，出现了震惊世界的环境公害事件。在此阶段，人类面临生存和发展的严重威胁，迫使人类想办法解决环境污染问题。

1972年，联合国在瑞典斯德哥尔摩召开了第一次人类环境会议，通过了《联合国环境大会宣言》，这对推动各国政府和人民共同努力，保护和改善环境发挥了重要作用。1983年12月，联合国成立了世界环境与发展委员会（World Commission on Environment and Development, WCED）。该委员会的任务是负责“制定全球范围的变革日程，包括提出到2000年乃至以后持续发展的长期环境对策，并确定世界社会的理想目标”。经过四年的时间，该委员会在《我们共同的未来》（Our Common Future）这份重要的报告中明确地提出了可持续发展的定义，其含义是“既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要能力构成危害”。1992年6月，联合国在巴西里约热内卢召开了“联合国环境与发展大会”，也称“全球首脑会议”，这是人类环境保护史上第二座里程碑。会议围绕可持续发展这一主题进行了讨论，产生了具有深远意义的《地球宪章》和《21世纪行动议程》。这些都充分表明，人类已经认识到可持续发展是整个人类社会的共同利益和共同目标，并且也正在为这一目标采取共同的行动。

我国在世界环境与发展大会之后，提出了关于环境与发展的十大对策，作为国家实施环境与经济协调发展的行动纲领。1994年3月25日，国务院第十六次常务会议上讨论通过了《中国环境保护21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书》。在此之后，国家环境保护局为了在环境领域内贯彻执行可持续发展战略，编制了《中国环境保护21世纪议程》，作为全国环境保护的行动纲领。

第二节 环境工程学概述

环境工程学（Environmental Engineering）是人类在保护和改善环境的过程中形成的一门新兴的综合性学科和技术，是环境科学的一个重要分支。环境工程学是一门通过工程技术措施控制污染，改善环境质量及促进资源持续利用的学科与技术。目前，对环境工程学的定义不尽相同，广义的定义为“综合运用环境科学的基础理论和有关的工程技术控制和改善环境质量”，包括区域环境质量评价及综合治理、工业“三废”治理等。狭义的定义为“环境工程即环境污染治理工程，即对污染物监测、控制和处理的工程”。其中污染物主要包括工业废弃物（Industrial waste）、农业废弃物（Agricultural waste）、生活废弃物（Domestic waste）、噪声（Noise）和振动（Vibration）、放射性污染（Radioactive pollution）、废热污染（Waste heat）等。实际上，环境工程学主要依据其狭义的定义来确定研究内容。

环境工程学是一个庞大而复杂的技术体系，它既研究防治环境污染的技术和措施，又研究自然资源的保护与合理利用，废物资源化技术及清洁生产工艺，并对区域环境进行系统规划与科学管理。环境效益、经济效益和社会效益并举是环境工程学研究的主要目的。从环境工程学形成和发展的过程来看，它主要包括三个方面的内容，即环境污染治理工程、环境系统工程和环境质量评价工程。

一、环境污染治理工程

环境污染治理工程主要是解决从污染产生、发展直至消除的全过程中存在的问题并采取防治措施。其全过程包括确定和查明污染产生的原因，分析污染物特性，研究防治污染的原

理和方法,设计消除污染的工艺流程,开发无公害的新型设备等。它既包括单个污染的防治,也包括区域性的污染综合防治。目前,环境污染防治工程的重点是区域性的污染综合整治。其主要内容为:

- (1) 对区域内污染源进行调查与监测,确定所研究区域内各污染源排出污染物的种类和数量;
- (2) 对各种污染物在区域环境中的污染特点、迁移、转化和自净的规律进行研究,确定区域环境的环境容量和自净能力;
- (3) 根据国家有关环境标准和规定,计算区域环境的污染负荷,并确定应削减的污染物数量,同时进行重点防治;
- (4) 采用清洁生产工艺,进行技术革新,减少污染物排放;
- (5) 对废物进行无害化处理或资源化利用,改善和提高区域环境质量。

按照不同的专业,环境污染防治工程又可分为水污染控制工程、大气污染控制工程、固体废弃物的处理处置与管理工程、噪声、振动和其他公害控制工程等,现将它们分述如下:

水污染控制工程:主要任务是研究预防和治理水体污染、保护和改善水环境质量、合理利用水资源的工艺技术和措施。主要研究领域可概括为:水体自净机理及应用;城市污水处理及利用;工业废水处理及利用;给水净化处理;城市、区域和流域的水污染综合整治;水环境质量标准及废水排放标准等。

大气污染控制工程:主要研究大气污染预防和控制及大气质量改善与提高的工程技术措施。主要研究领域有:大气环境质量管理;烟尘治理技术;气体污染物治理技术;城市及区域大气污染综合整治;大气质量标准和废气排放标准等。

固体废弃物的处理处置与管理工程:主要研究城市垃圾、工业废弃物、放射性及其他有毒有害固体废弃物的处理、处置和资源化利用技术。主要包括:固体废物的管理与资源化利用;固体废物的无害化处理;放射性或有毒有害固体废物的处理和处置技术等。

噪声、振动及其他公害的防治技术:主要研究声音、振动、电磁辐射等对人体的影响及消除这些影响的技术途径与控制技术。

每一项污染物的防治和控制均有其独有的特点,但一般可包括以下几个共同的步骤:

- (1) 污染源的调查、监测和污染状况分析;
- (2) 根据国家的有关标准和规定,确定防治技术方案,设计防治污染的工艺流程。在确定设计方案时,应综合考虑废物的综合利用;
- (3) 选择或设计有关设备及控制系统;
- (4) 污染防治工程的安装、施工;
- (5) 系统的调试、验收和效果评估。

二、环境规划、环境管理和环境系统工程

环境规划是现代国民经济和社会发展规划的有机组成部分,它具有明确的环境目标,以及防止环境污染和破坏、解决环境问题的措施。

环境管理的根本目标是协调发展与环境的关系,它涉及人口、经济、社会、资源和环境等重大问题,管理内容广泛而复杂,其必不可少的理论基础主要有管理的生态学原理、管理的系统学原理、管理的经济学原理及管理的法规体系,是环境质量控制的重要组成部分。

环境系统工程就是以有效地控制环境污染又节约地利用资源为目的而发展起来的一门科学。它是研究环境系统规划、设计、管理方法和手段的应用科学。它以环境质量变化规律、

污染对人体和生态系统的影响、环境技术工程原理和环境经济学为依据，运用系统工程的理论和方法，对环境问题进行系统分析，目的是寻求最有效和最经济的环境污染防治措施和途径。它的任务是从整体出发，综合地考虑问题，按照系统工程的方法，运用现代化的计算方法和工具来得到解决环境问题的总体最优方案。环境系统工程研究的内容是环境污染控制过程和系统的模型化和最优化。为了反映环境问题的总体性，首先，将复杂的问题进行分析，归纳成为有代表性的成分，使问题简化而保持基本性质不变。然后，根据系统的特性建立数学模型，进行方案设计。最后，根据现有的经济和环境条件，进行优选，达到控制污染的费用最省的目的。

环境规划、环境管理和环境系统工程的理论基础是环境科学、管理学、系统工程学，它涉及社会科学，同时也涉及自然科学。作为一名环境系统工程人员，必须拥有环境物理学、环境化学、环境生物学、系统生态学及环境经济、环境法律和环境管理等方面的基础知识。同时，还须系统地掌握系统论、控制论、信息论、运筹学、管理科学和计算机方面的基础知识。

三、环境质量评价工程

环境质量评价工程是环境工程的一个重要方面，环境影响评价（Environmental impact assessment, EIA）是人们在采取对环境有重大影响的行动之前，在充分调查研究的基础上，识别、预测和评价该行动可能带来的环境影响，按照社会经济发展与环境保护相协调的原则进行决策，并在行动之前制定出消除或减轻环境负面影响的措施，对环境质量进行客观定量的分析。其目的是揭示特定区域环境质量的水平和差异，它对制定环境保护规划和进行建设规划，加强环境管理具有重要意义。

第一章 环境质量及污染控制标准

第一节 大气质量控制标准

世界各国大气质量标准形式多样，可归纳为四类：大气环境质量标准；大气污染物排放标准；大气污染物控制技术标准和大气污染警报标准。

一、大气环境质量标准

大气环境质量标准就是以保障人体健康和生态系统不受破坏为目标，对大气环境中各种污染物所规定的含量限度。大气环境质量标准是进行大气质量管理和评价，制定大气污染防治规划和污染物排放标准的依据，也是环境保护部门的工作指南。

美国、瑞典、日本和德国等国家先后制定了各自的大气环境质量标准，并先后进行了修订。如表 1 - 1 所示，美国于 1997 年修订的《环境空气质量标准》（Ambient Air Quality Standard），增加了等于或小于 $2.5\mu\text{m}$ 颗粒物指标、污染物一级和二级标准。

表 1 - 1 美国大气质量标准（1997 年）

污染物名称		空气质量标准		备注
SO ₂	一级标准	80 $\mu\text{g m}^{-3}$	0.03ppm	年算术平均值
		365 $\mu\text{g m}^{-3}$	0.14ppm	24 小时最大浓度（一年中不能超过一次）
	二级标准	1 300 $\mu\text{g m}^{-3}$	0.5ppm	3 小时最大浓度（一年中不能超过一次）
颗粒物	PM _{2.5}	150 $\mu\text{g m}^{-3}$	—	年算术平均值（3 年平均）
		65 $\mu\text{g m}^{-3}$	—	每一监测点 24 小时浓度（3 年平均，98% 比率）
	PM ₁₀	50 $\mu\text{g m}^{-3}$	—	年算术平均
		150 $\mu\text{g m}^{-3}$	—	24 小时浓度（三年或三年以上平均，99% 比率）
CO	一级或二级标准	10 000 $\mu\text{g m}^{-3}$	9ppm	8 小时平均浓度（一年中不能超过一次）
		40 000 $\mu\text{g m}^{-3}$	35ppm	1 小时平均浓度（一年中不能超过一次）
臭氧	一级或二级标准	157 $\mu\text{g m}^{-3}$	0.08ppm	8 小时平均浓度
NO ₂	一级或二级标准	100 $\mu\text{g m}^{-3}$	0.53ppm	年算术平均值
Pb	一级或二级标准	1.5 $\mu\text{g m}^{-3}$	—	一季度最大算术平均值

（引自 Robert, A., Standard handbook of environmental engineering, McGraw - Hill Companies, Inc., 1999）

本着改善环境空气质量、防止生态破坏及保护人体健康的目的，我国国家环保局依据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》，于 1996 年颁布了《环境空气质量标准》（GB3095 - 1996），替代了 1982 年颁布的《大气环境质量标准》。在新

的标准中对总悬浮颗粒物 (Total suspended particular, TSP)、可吸入颗粒物 (Particular matter less than 10 μ m, PM₁₀)、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、臭氧、苯并芘及氟化物等 10 种污染物的浓度限值及采样和分析方法作了详细规定, 详见表 1 - 2。

二、大气污染物排放标准

大气污染物排放标准是以实现大气环境质量标准为目标, 对污染源排放的污染物作出明确限制。制定大气污染物排放标准的方法主要有: 按最佳适用技术制定的排放标准; 按污染物扩散规律制定的排放标准和按环境总量控制法制定的排放标准。

按最佳适用技术制定的排放标准, 就是根据污染物现状、最佳控制技术的效果和对现有控制很好的污染源进行经济损益分析来确定排放标准。这种标准主要是针对单个污染源进行的, 虽然便于实施, 但对制定区域性大气环境质量标准不适用。

按污染物扩散规律制定排放标准是以大气环境质量标准或卫生标准为依据, 应用污染物在大气中的扩散规律和计算模式来推算不同高架源的容许排放量, 或根据污染源的排放量, 推算出最低烟囱高度。这种方法因各地气象和地形条件、污染源密度等的不同, 计算结果差异较大。

按环境总量控制法制定排放标准是对整个地区排放的污染物总量加以限制的方法, 是根据地区环境的自净能力, 即环境容量来确定本地区容许排放的污染物总量。

表 1 - 2 各项污染物的浓度限值 (GB3095 - 1996)

污染物名称	取值时间	浓度限值			浓度单位
		一级标准	二级标准	三级标准	
SO ₂	年平均	0.02	0.06	0.10	mg Nm ³
	日平均	0.05	0.15	0.25	
	1 小时平均	0.15	0.50	0.70	
TSP	年平均	0.08	0.20	0.30	
	日平均	0.12	0.30	0.50	
PM ₁₀	年平均	0.04	0.10	0.15	
	日平均	0.05	0.15	0.25	
NO _x	年平均	0.05	0.05	0.10	
	日平均	0.10	0.10	0.15	
	1 小时平均	0.15	0.15	0.30	
NO ₂	年平均	0.04	0.04	0.08	
	日平均	0.08	0.08	0.12	
	1 小时平均	0.12	0.12	0.24	
CO	日平均	4.00	4.00	6.00	
	1 小时平均	10.00	10.00	20.00	
O ₃	1 小时平均	0.12	0.16	0.20	
Pb	季平均		1.50		
	年平均		1.00		
苯并芘	日平均		0.01		μ g Nm ³
	日平均		7		
氟化物 F	1 小时平均		20		μ g dm ² · d
	月平均	1.8		3.0	
植物生长季平均		1.2		2.0	

注: 适用于城市地区; 适用于牧业区和以牧业为主的半农牧区、蚕桑区; 适用于农业和林业区。

三、大气污染物控制技术标准

大气污染物控制技术标准是根据大气污染物排放标准的要求，结合生产工艺特点，对必须采取的污染控制措施加以规定。如明确生产过程使用的燃料、原料、所需要的净化装置等。该标准虽然是大气污染物排放标准的一种辅助规定，但在实际工程设计时非常有用。

四、大气污染警报标准

大气污染警报标准是大气环境污染到某一阈值时，即向公众发出警报。

第二节 水环境质量标准

一、给水水质标准

给水水质标准包括生活用水和工业用水两大类，所有标准均以《生活饮用水卫生标准》为基础。

(一) 生活用水

生活饮用水直接关系到人体健康，因而其标准的制定主要是减少水中微生物和化学污染对人体健康的可能损害。美国国家环境保护局制定的一类饮用水标准中，将污染物分为氟化物、挥发性有机物、无机物、有机物、铅和铜及其他暂行标准等几大类，污染指标多达 80 项，并详细标明了各类污染物在水中的最大浓度水平 (Maximum contaminant levels MCLs)。

我国 GB5749 - 85 对城乡生活饮用水的水质标准、卫生要求、水源选择、水源卫生防护和水质检测方法等作了具体规定。生活饮用水水质标准见表 1 - 3，生活饮用水检验方法见表 1 - 4。此外，我国即将试行 88 项水质指标的饮用水标准。

表 1 - 3 生活饮用水水质标准 (GB5749 - 85)

序号	项目	标准	序号	项目	标准
感官性状和一般化学指标					
1	色	色度不超过 15 度,并不得呈现其他异色	14	氯化物	250mg L
2	浑浊度	不超过 3 度,特殊情况不超过 5 度	15	溶解性总固体	1 000mg L
毒理学指标					
3	嗅和味	不得有异嗅、异味	16	氟化物	1.0mg L
4	肉眼可见物	不得含有	17	氰化物	0.05mg L
5	pH	6.5 ~ 8.5	18	砷	0.05mg L
6	总硬度(以碳酸钙计)	450mg L	19	硒	0.01mg L
7	铁	0.3mg L	20	汞	0.001mg L
8	锰	0.1mg L	21	镉	0.01mg L
9	铜	1.0mg L	22	铬(六价)	0.05mg L
10	锌	1.0mg L	23	铅	0.05mg L
11	挥发酚(以苯酚计)	0.002mg L	24	银	0.05mg L
12	阴离子合成洗涤剂	0.3mg L	25	硝酸盐(以氮计)	20mg L
13	硫酸盐	250mg L	26	氯仿	60μg L

续表

序号	项目	标准	序号	项目	标准
27	四氯化碳	3 μ g L	32	总大肠菌群	3 个 mL 在接触 30min 后不低于 0.3mg L。集中式给水除出厂水应符合上述要求外,管网末梢水不应低于 0.05mg L
28	苯并[]芘	0.01 μ g L	33	游离余氯	
29	滴滴涕	1 μ g L	34	放射性指标总 放 射线	0.1Bq L
30	六六六	5 μ g L	35	总 放射线	1Bq L
细菌学指标					
31	细菌总数	100 个 mL			

对于饮用天然矿泉水,可依据 GB8537 - 87,该标准对饮用天然矿泉水的开发利用依据、水质标准、试验方法、检测规则及产品的标志、包装、运输、贮存等要求作了较为详细的规定。游泳池水质初次充水和正常使用过程中的补充用水水质应符合 GB5749 - 85 的要求。生活杂用水应符合 CJ25.1 - 89 和 CJ25.2 - 89 的规定标准。

表 1 - 4 生活饮用水检测方法

序号	项目名称	测定方法	标准编号
1	一般项目	生活饮用水标准检测方法	GB5750 - 85
2	Sr - 90	放射化学分析法	GB6764 - 86
		发烟硝酸沉淀法	
		离子交换法	GB6765 - 86
		(二 - 乙基己基)磷酸萃取色层法	GB6766 - 86
3	Cs - 137	化学分析法	GB6767 - 86
4	pH	玻璃电极法	GB6920 - 86
5	微量铀	微量铀分析法	GB6768 - 86

(二) 工业用水

对于不同行业的工业用水,我国也有具体的国家标准。对于低压锅炉用水,应依照 GB1576 - 85、GB1576 - 89、GB10538 - 89、GB10539 - 89、GB10656 ~ 10658 - 89 及 GB12146 ~ 12157 - 89 等规定的水质标准和检验方法执行。对于实验室用水,GB6682 - 85 对实验室用的三个等级净化水的规格和相应的试验方法进行了具体的规定,但该标准不适用于医药用水。对于特殊要求的实验室用水,还需增加相应的技术条件和试验方法。GBJ50 - 83 规定了敞开式系统冷却水的水质标准。GBJ72 - 84 规定了冷库用水、冷却水、制冰原料水和水产品冻结用水的水质要求。GBJ109 - 87 规定了工业用软化除盐装置的进水水质标准。

(三) 渔业及农业用水

GB11607 - 89 规定了渔业用水的水质要求、水质标准和水质监测方法。该标准适用于鱼虾类的产卵、越冬场、回游通道和水产养殖区等海、淡水的渔业水域。渔业水域水质应符合表 1 - 5 规定的要求。

表 1 - 5 渔业水质标准 (GB11607 - 89)

(mg L)

序号	项目	标准值	序号	项目	标准值
1	色、嗅、味	不得使鱼、虾、贝、藻类带有异色、异臭和异味	16	氰化物	0.005
2	漂浮物质	水面不得出明显油膜或浮沫	17	硫化物	0.2
3	悬浮物质	人为增加的量不得超过 10, 而且悬浮物沉积于底部后, 不得对鱼、虾、贝类产生有害影响	18	氟化物(以 F - 计)	1
			19	非离子氨	0.02
4	pH 值	淡水 6.5 ~ 8.5, 海水 7.0 ~ 8.5	20	凯氏氮	0.05
5	溶解氧	连续 24h 中, 16h 以上必须大于 5, 其余任何时候不得低于 3, 对于鲑科鱼类栖息水域, 冰封期其余任何时候不得低于 4	21	挥发酚	0.005
6	BOD ₅ (20)	不超过 5, 冰封期不超过 3	22	黄磷	0.001
7	总大肠菌群	不超过 5 000 个 L(贝类养殖水质不超过 500 个 L)	23	石油类	0.05
8	汞	0.000 5	24	丙烯腈	0.5
9	镉	0.005	25	丙烯醛	0.02
10	铅	0.05	26	六六六(丙体)	0.002
11	铬	0.1	27	滴滴涕	0.001
12	铜	0.01	28	马拉硫磷	0.005
13	锌	0.1	29	五氯酚钠	0.01
14	镍	0.05	30	乐果	0.1
15	砷	0.05	31	甲胺磷	1
			32	甲基对硫磷	0.0005
			33	呋喃丹	0.01

按照灌溉水的用途, 农业灌溉水水质分为两类: 一类是指工业废水或城市生活污水作为农业用水的主要水源并长期利用的灌区。灌溉量水田为每年 12 000m³ ha, 旱田为 4 500m³ ha; 二类是指工业废水或城市污水作为农业补充用水, 即实行清污混灌轮灌的灌区, 其用量不超过一类的一半。一类灌区执行一类标准, 二类灌区执行二类标准。GB5084 - 85 规定了农业灌溉水质标准的分类与适用范围, 适用于以地面水、地下水和工业废水、城市污水作为水源的农田灌溉用水。此外, GB4284 - 84 对农田施用污泥中污染物控制标准、施用污泥量、污泥处置和监测方法等进行了规定。

表 1 - 6 农田灌溉水质标准 (GB5084 - 85)

项目	一类	二类
水温	35	同左
pH 值	5.5 ~ 8.5	同左
全盐量 (mg L)	1 000(非盐碱土地区) 2 000(盐碱土地区) 有条件的地区可以适当放宽	1 500(非盐碱土地区) 同左 同左
氯化物 (mg L)	200	200 ~ 300
硫化物 (mg L)	1	同左
汞及其化合物 (mg L)	0.001	0.001

续表

项目	一类	二类
镉及其化合物(mg L)	0.002(轻度污灌区) 0.005	0.001(绿化地) 0.003(轻度污灌区) 0.010 0.050(绿化地)
砷及其化合物(mg L)	0.05(水田), 0.1(旱地)	0.1(水田), 0.5(旱地)
六价铬化合物(mg L)	0.1	0.5
铅及其化合物(mg L)	0.5	1.0
铜及其化合物(mg L)	1.0	1.0(土壤 pH < 6.5) 3.0(土壤 pH > 6.5)
锌及其化合物(mg L)	2.0	3.0(土壤 pH < 6.5) 5.0(土壤 pH > 6.5)
硒及其化合物(mg L)	0.02	同左
氟化物(mg L)	2.0(高氟区), 3.0(一般地区)	3.0(高氟区), 4.0(一般地区)
氰化物(mg L)	0.5(土层 < 1m 地区), 1.0(一般地区)	同左
石油类(mg L)	5.0(轻度污染灌区), 10.0	10.0
挥发性酚(mg L)	1.0(土层 < 1m 地区), 3.0	同左
苯(mg L)	2.5(土层 < 1m 地区), 5.0	同左
三氯乙醛(mg L)	0.5(小麦), 1.0(水稻、玉米、大豆)	同左
丙烯醛(mg L)	0.5	同左
硼(mg L)	1.0(西红柿、马铃薯、笋瓜、韭菜、黄瓜、梅豆、柑橘) 2.0(小麦、玉米、茄子、青椒、小白菜、葱) 4.0(水稻、萝卜、油菜、甘兰)	同左
大肠杆菌(个 L)	10 000(生吃瓜果收获前 1 星期)	同左

注：轻度污灌区指污染物含量超过土壤本底值，但农作物残留不超过农作物本底值上限。

(四) 地面水环境质量标准

水体的功能不同，水环境质量标准也存在差异。按照用途可将水体的功能分为城乡生活用水、工业用水、农业灌溉用水、渔业用水、风景游览用水等几个方面。

我国国家环境保护局于 1988 年批准并实施的《地面水环境质量标准》(GB3838 - 88)中，依据地面水的使用目的和保护目标，将水域划分为五类：

- Ⅰ类 主要适用于源头水、国家自然保护区；
- Ⅱ类 主要适用于集中式饮用水水源地一级保护区、珍贵鱼类保护区、鱼虾产卵场等；
- Ⅲ类 主要适用于集中式生活饮用水水源地二级保护区、一般鱼类保护区和游泳区；
- Ⅳ类 主要适用于一般工业用水区和人体非直接接触的娱乐用水区；
- Ⅴ类 适用于农业用水区及一般景观要求水域。

对同一水域兼有多种功能的，则依其最高功能划分类别。有季节性功能的，则依季节划分类别。我国地面水环境质量标准如表 1 - 7 所示。

制定地面水环境质量标准的目的是控制水污染，保护水资源，保障人类的身体健康。在标准的制定过程中，主要依据如下三个原则：(1)“清水优先”原则，即优先保护饮用水源