

huanjing shuili

环境水利 (environmental water conservancy) 研究水利与环境之间的关系 , 以发挥水利优势 , 减免不利影响 , 保护和改善环境。

环境水利既解决与水利有关的环境问题 (如兴修水利对环境的影响和水害带来的环境问题) , 也研究与环境有关的水利问题 (如环境的改变对水资源、水域和水利工程的影响) , 包括研究提出环境与水利的相互要求以及应采取的对策和措施等 , 使水资源的开发、利用、治理、配置、保护、节约与生态环境保护相互协调 , 达到兴水利、除水害和改善环境的目的。环境水利是一项综合性工作 , 它是传统水利工作的发展和深化 , 也是环境保护工作的重要组成部分。

发展简史 1979年中国水利电力部环境保护办公室编写了《水利与环境保护——试谈环境水利学的问题》, 提出“环境水利”一词。经中国水利学会批准, 1981年在武汉成立了环境水利研究会, 进一步完善了“环境水利”的概念、内涵。1982年中国专家在阿根廷召开的世界水资源大会上, 宣读了《中国的环境水利工作》论文, 国际同行给予了高度评价。1989年3月, 该文又作为开篇文章选登在国际水资源协会主办的《国际水》刊物中。在 GB/T 13745—92 《学科分类与代码》中, 将“环境水利”一词编码为 570·55。

环境水利研究会成立后的前 10 余年, 每年均大力进行学术活动和信息交流, 并推动各有关单位在工程项目和流域规划中的具体实践, 使这一工作在国内迅速开展起来。特别是通过三峡等工程对环境影响的深入研究, 中国的环境水利工作引起了国际上的关注。

环境水利学, 是水利科学与环境科学密切结合、相互渗透的学科。它是在水利规划、设计、施工、管理实践中逐步形成和发展起来的。随着环境水利工作的深入开展, 学科内容也越来越丰富。

20 世纪 70 年代初期开始, 中国有些地区水的污染已影响生活质量, 如苏州的鱼体煤油味很重, 松花江的水含甲基汞等。随着污水排放量增加、水污染的范围扩大和污染程度不断加剧, 陆续开展监测站网设置、监测船建造, 并在一些重要污染河段、河流进行跟踪观测, 采用水质模型分析污染物分布、运动和自净规律, 以及制订污染防治规划。

20 世纪 80 年代以来, 主要江河流域和重点区域编制或修订了水资源保护规划。规划内容不断完善, 主要包括: 在调查分析污染源的分布、排放数量和方式等情况的基础上, 与水文状况相联系, 利用水质模型等手段, 评价水质现状和发展趋势, 预测各规划水平年的污染状况, 划定水体功能区。按功能要求制定环境目标。计算水环境容量和相应的污染物削减量, 提出符合流域或区域实情的经济合理的综合防治措施。

1982 年水利部颁发试行了《关于水利工程环境影响评价的若干规定》, 开展了湖南省东江水电工程和河北省桃林口水库工程等大型水利工程环境影响评价试点工作。1988 年水利部和能源部颁发了 SDJ 302—88 《水利水电工程环境影响评价规范 (试行) 》。在广东省东江流域规划环境影响评价试点的基础上, 1986 年组织编制了《江河流域规划环境影

响评价规范》，并于 1992 年由水利部和能源部颁发。2002 年 10 月通过的《中华人民共和国环境影响评价法》，自 2003 年 9 月 1 日起施行。

20 世纪 80 年代环境影响评价迅速普及和发展。从单一工程的影响评价发展到多个工程联合运用及流域综合规划环境影响评价。评价方法由定性分析与简单定量方法，发展到多因素的模型定量分析，具体应用有清单法、矩阵法、叠置（图）法、网络法、投资效益分析法、模拟模型法和系统分析法等，系统地提出了环境层次系统、影响范围、评价时间构架、有无工程情况比较和有无措施的评价等。通过大量实践，特别是三峡工程的研究成果和环境保护设计、施工区环境保护实施规划和移民区的环境规划等，使这一领域的水平大为提高，许多方面已达到世界先进水平。

1987 年国家计委和国务院环境保护委员会颁布了《建设项目环境保护设计规定》。规定了对环境有影响的新建、扩建、改建工程，要进行环境保护设计。在初步设计阶段落实所确定的各项环境水利工程措施的设计。在施工设计阶段，进行施工环境保护设计。内容包括：主要设计依据和标准；设施和预期效果；提出水利工程对环境不利影响的减免措施和水污染防治工程的设计；水利工程美化、绿化设计；投资概算；环境水利工程管理、监测机构和职责等。

中国大型水利工程施工过程中开展了环境保护工作。根据水利工程环境影响报告书和环境保护初步设计要求，针对施工中产生的环境影响实施水、空气、噪声、公共卫生等环境污染防治和生态保护措施，开展相关的环境监测。长江三峡工程开展了环境监测与管理，黄河小浪底水利工程等在施工中开展了环境监理，开展了水库库底清理、景观恢复、文物保护、疏浚污染等工作 and 研究。

随着认识的提高和水环境形势的变化，中国各地普遍加强了环境水利的管理工作。主要包括：水质管理，调控水资源以提高自净能力，水污染源管理，水资源保护区管理，水质预测预报，水质调度，防治水体富营养化，水生生物生境的管理等。

随着学科发展和实际工作进展，逐步认识到以流域为单元（作为一个生态系统），进行流域系统环境水利管理。开展了以下工作和研究：①统一考虑全流域经济社会和环境情况以及上下游、左右岸、干支流的关系，综合考虑经济目标、社会目标、环境目标的优选方案；②地表水、地下水统筹安排，水量和水质并重；③考虑经济社会发展用水和自然环境用水，以促进人类社会和生态系统的和谐统一、协调发展；④水质预测与水量供需预测相结合；⑤开源节流与污水资源化相结合；⑥科学合理地利利用水环境容量；⑦对水体功能进行分区，拟定水质目标。

环境水利广泛地研究与解决了各方面的实际问题，在水利建设与流域环境协调发展，利用水资源工程改善生态与环境等方面均取得了成果，出版了《环境水利学导论》、《水资源保护工作手册》等一系列著作。

基本内容 环境水利基本内容包括：水利工程环境影响及对策、水资源保护、流域环境水利、城市环境水利、区域环境水利等。

水利工程环境影响及对策 水利工程对环境的影响，按影响性质分为有利影响和不利影响，短期影响和长期影响，直接影响和间接影响，可逆影响和不可逆影响等。按影响的环境要素分，主要有：①水文情势改变；②泥沙淤积和河道冲刷；③局地气候变化；④水库水温

结构改变;⑤工程建设对水质的影响;⑥对陆生动物、植物的影响;⑦对鱼类等水生生物的影响;⑧水库淹没土地及移民安置对地区自然环境和社会环境的影响;⑨对当地人群健康状况的影响;⑩对铁路、公路、航运和漂木的影响;⑪对自然保护区、风景名胜、文物古迹、疗养区以及重要的政治、军事、文化设施的影响;⑫水库诱发地震、坍岸、淹没、浸没等;⑬由于工程兴建所引起的其他特殊的环境影响等。评价和研究水利工程环境影响,编制环境影响报告,进行环境保护设计,加强施工环境保护,完善环境管理,使有利影响得到充分利用,对不利影响提出并采取减免和改善措施,达到合理开发利用水资源,保护和促进环境质量的提高,获得水利工程最佳的经济效益、社会效益和环境效益。

水资源保护 包括水量和水质两方面的保护。水质与水量紧密相关,水资源保护要合理规划,科学治水,节约用水,维护水体的良好水质,防止水源枯竭。水资源保护工作要以水质保护为重点。

流域环境水利 以流域为对象研究水利与环境的相互关系,以协调和改善流域生态,发挥水利工程的环境效益,减免不利的环境影响。流域内水资源开发利用和各种水利工程的兴建,改变了水资源的地区分布和水文情势,引起许多环境变化。流域环境的改变又对水利提出新的要求和新的任务。主要内容有: 研究流域开发治理对环境的综合影响; 研究上中下游水利工程与环境之间的相互影响; 研究上游水土流失对当地生态及其下游环境的影响和对策; 研究上游蓄水和用水给下游环境带来的影响及对策; 研究水库调蓄对下游环境的影响及其改善措施; ⑥研究流域内点源污染和农田径流非点源污染对河流、湖泊、水库污染的影响及其防治措施; ⑦为改善生态环境,提出对流域水利工程规划布局和管理运用的要求等。在流域规划中作出整体的环境影响评价、基础工程的环境影响评价和流域水资源保护规划,预测评价规划方案对环境的影响,分析河流、湖泊、水库等水体水量与水质变化,提出减免不利影响和保护水资源的对策和措施。

城市环境水利 以城市为对象研究水利与环境的相互关系,提出减免不利影响,改善城市环境的对策措施。以促进城市生态与环境的改善,减少城市发展对环境的不利影响。主要内容是:①研究城市水环境功能;②研究城市地下水位下降、地面沉降、泉水枯竭、地下水污染等对环境的影响,提出防治措施;③研究城市生态与环境用水;④研究城市污水对市区和周围地区河流、湖泊、水库等水体的污染及其对人群健康的影响,提出污染防治措施;⑤研究城市下垫面改变引起的水文情势和水热平衡变化及其影响;⑥研究城市非点源污染对径流水质的影响;⑦研究城市工业废气引起的酸雨对周围地区水环境的影响等。

区域环境水利 在流域环境影响评价的基础上,以区域为对象研究水利与环境的相互关系,以改善区域生态与环境,发挥水利工程的环境效益,减免不利的环境影响。区域环境水利划分有 3 种类型:①按行政分区,如新疆地区环境水利、京津地区环境水利等;②按自然地理分区,如平原地区环境水利、河口地区环境水利等;③按资源开发利用分区,如能源基地环境水利、红水河流域水电开发环境水利等。各个区域都有不同地区特点的环境水利问题,如海河平原地区环境水利的主要问题有:地下水开发对环境的影响,洼淀蓄水对环境的影响,城市污水灌溉的影响,水利工程对土壤环境的影响,以及解决水资源短缺、防治水污染、增加生态环境用水和改善区域生态环境的对策及措施等。

基础学科 环境水利基础学科包括:

环境水文学 研究水文变化的环境问题和水环境变化的水文问题（见环境水文学）。

环境水化学 研究天然水的化学组成及其变化规律；现代经济社会发展，种类繁多的污染物质进入水体中，影响和改变水体化学组成及其变化的规律；工程兴建引起水体理化性质改变，对水体化学性质的影响等（见环境水化学）。

环境水力学 研究水体有关污染物质混合迁移的基本理论，主要研究分子扩散、紊动扩散、剪切流的离散、射流、羽流、浮射流、人工复氧、热扩散传递、分层流、异重流等基本理论。污水排入水体后，主要研究近区的射流掺混，远区的扩散和离散机理与运动规律。

环境水文地质学 研究人类活动与水文地质环境相互影响、相互作用的基本规律。主要研究内容：地下水污染机理和规律；原生环境的地下水与地方病的关系；矿泉水和地热水资源利用及其医疗意义；④抽取地下水引起的地面沉降、喀斯特塌陷、潜蚀等影响与防治措施；水库诱发地震的机理和影响等。

环境水生物学 研究受人类活动影响的水环境与水生生物之间的相互关系。主要研究：水利工程对水域生态系统的影响；污染物质进入水体后，引起的各种生态效应；水生生物对水环境的净化作用；水污染直接或间接对人体健康和其他生物的危害。

环境水利医学 研究水环境对人群健康的作用规律，掌握环境致病因素的变化，限制和预防不利影响的学科。

环境水利工程学 研究运用水利工程技术措施和环境水利分支学科的原理和方法，规划、设计工程来保护和改善环境的学科。在保护和改善生态环境方面，研究、设计过鱼建筑物、人工繁育场和人工产卵场，改善水生生物生境的蓄水或排水工程，改善鱼类洄游和河口环境的工程，改善坝下低温水的工程等。在防治水污染方面主要研究：控制污染源的工程；②增加水体稀释自净能力的工程；水体增氧的建筑物、防治疾病发生和流行及防治病虫害的水利工程措施等。

水利美学 研究水利环境的审美要求和美感的学科。包括水利工程美学和水环境美学。在满足水利工程建筑物功能的基础上，运用美学思想，创造出体现时代美、形式美、艺术美、自然美，表现出意境与传神、优美与崇高的水工建筑物，使水工建筑物之美与自然美相和谐，体现时代的精神面貌、审美观点、生产力和艺术的发展水平。保护水环境的美，防止水资源减少和污染对水环境的损害。

各基础学科是环境水利学的分支、延伸和深化。各学科之间相互交叉、相互联系，构成环境水利学的完整体系。它们在国民经济、科学研究等领域得到广泛应用，为流域规划、环境影响评价、水资源开发利用和保护、保障人群健康、维护生态平衡、改善生态环境发挥了重要作用。

环境水利正处于发展时期，将有新的分支学科形成，已提出的分支学科也将有更深入的研究。

展望 在中国应运而生的环境水利，作为一个专门工作和科学进行系统研究，是水利建设发展的需要。中国环境水利研究中，不仅强调研究水利与环境的相互作用和影响，而且全面地研究水资源保护，流域、区域和城市的环境水利，强调充分发挥水利工程保护和改善环境、维护生态平衡、维持良好水质等方面的作用。中国环境水利工作及研究的特点是顺应时代潮流，强调人与自然的和谐发展，研究内容全面，思路清晰，综合性强，体系

完整，符合水资源可持续利用和流域（区域）可持续发展的要求，具有巨大的经济效益、社会效益和环境效益。

环境水利在实践工作中不断总结经验，得到迅速发展。随着现代科技的进步，环境水利汲取了新理论、新技术、新方法，日趋完善。在水利事业、水利科学中地位越来越重要，发挥的作用越来越大。展望环境水利的发展，主要有以下特点：

(1) 在水利规划、设计等阶段更加重视环境保护。工程立项必须进行环境影响评价，要有经过审批的环境影响报告书。大型工程应加强重点环境问题的研究，加强水质、生态、施工区环境、移民等重要因子的影响评价；要研究对环境的累积影响，进行环境风险分析、环境经济损益分析，吸收公众特别是受影响地区的公众参与分析工作；要重视宣传、教育，使公众关注并参与水环境保护事业；水利工程应做到环境优美等。施工中要重视环境监理、环境监测与环境管理。

(2) 进一步加强水资源保护。强化对水环境的保护与管理职能，编制、完善、有效实施水资源保护规划、水功能区划，实行污染物总量控制和水质目标管理。

(3) 随着水利建设的发展，开发目标从单一到综合，环境水利新理论将不断完善和发展，如对流域的水土资源和生态系统进行统一开发、利用、保护和管理。为了有目的地调控生态系统演变过程，把生态系统的自然演变与经济、社会系统结合起来研究。

(4) 进一步完善和发展环境水利新思路。在水利规划、设计、施工中，环境指标、经济指标同时参与比选。环境水利的效益分析。在定性基础上发展定量化技术和无价格因素货币化技术。采用统一、合理的价值尺度，进行环境水利经济分析。

(5) 环境水利学及相关基础学科形成系统、完整的理论体系，成为水利科学富有活力的重要分支学科，为传统水利向现代水利、可持续发展水利发展增添新的科学内容，对水利科学的发展起到促进和推动作用。

(6) 环境水利的法制建设不断健全和完善。《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国水土保持法》等法律、法规，都对保护和改善水质、水利与生态环境同步建设等作出明确规定。

(7) 实施可持续发展战略，进一步发展和完善环境水利。水环境保护、水利工程生态环境建设是现代水利的重要内容。全球水污染问题日益突出，世界各国都把保障安全供水、保护水资源作为实施可持续发展的重要战略问题。环境水利将对实现水利现代化和促进国民经济可持续发展发挥更大作用

(8) 在进行河流开发时要使环境处于可持续状态，必须在满足现在需要的同时不使将来遭到损害，并给后代留有选择的自由。

(9) 强调研究解决跨流域调水的环境影响和机能整体性的规划、管理办法。

(10) 研究、提供适合各种河流中鱼类及其他珍稀水生生物生态环境的“环境流量、流态”的量化办法和数值。

参考书目

方子云主编. 水资源保护工作手册. 南京：河海大学出版社，1988

方子云，邹家祥，吴贻名. 环境水利学导论. 北京：中国环境科学出版社，1994

潘家铮，何璟主编. 中国大坝 50 年. 北京：中国水利水电出版社，2000

liuyu huanjing shuili

流域环境水利 (river basin environmental hydro-science) 参见环境水利。

quyu huanjing shuili

区域环境水利 (regional environmental hydraulic engineering) 参见环境水利。

chengshi huanjing shuili

城市环境水利 (urban environmental hydraulic engineering) 参见环境水利。

kualiyu diaoshui huanjing yingxiang

跨流域调水环境影响 (environmental impact of interbasin water transfer)
参见跨流域调水环境影响评价。

shigong huanjing yingxiang

施工环境影响 (environmental impact of construction) 参见水利工程施工环境影响评价。

shuihuanjing

水环境 (water environment) 由传输、储存和提供水资源的水体，生物生存、繁衍的栖息地，以及纳入的水、固体、大气污染物等组成进行能量、物质交换的系统。它是水体影响人类生存和发展的因素以及人类经济社会活动影响水体的因素的总和。水环境具有易破坏、易污染的特点。对水环境有不同认识。《中国环境状况公报》将水环境与大气环境、声环境等并列，主要指各种水体的水质及污染等问题。在环境科学研究中，水环境含义较广泛，指“地球上分布的各种水体及其密切相连的诸环境要素，如河床、海岸、植被、土壤等”。在环境水利研究中，水环境通常指江、河、湖、海、地下水等自然环境，以及水库、运河、渠系等人工环境。

水环境组成 水环境主要由地表水环境和地下水环境 2 部分组成。地表水环境包括海洋、河流、湖泊、水库、池塘、沼泽、冰川等水体及环境要素；地下水环境包括泉水、浅层地下水、深层地下水等水体及环境要素。水环境是构成环境的基本要素之一，是人类社会赖以生存和发展的最重要场所，也是受人类影响和破坏最重的地域。水环境同其他环境要素如土壤环境、生物环境、大气环境等构成了一个有机的综合体，它们之间彼此联系、相互影响、相互制约。当改变或破坏某一区域的水环境状况时，必然引起其他环境要素发生变化。如实施调水工程将改变调入区或调出区的水环境特征，从而导致该地区的土壤、小气候和植被发生变化等。因此，在对水环境进行合理开发和利用时，应该加强对水环境的保护，这是环境保护和研究的主要内容之一。

水环境问题 水环境问题是由于自然因素和人为影响使水体的水文、资源与环境特征向不利于人类利用方向演变而产生的。当前全世界面临的水环境问题，主要有洪涝灾害、

干旱缺水、河流干涸、河口淤积、水污染、水土流失、地下水位下降、海咸水入侵等。水环境现状与问题主要是：①河流污染加剧；②湖泊、水库富营养化问题突出；地下水污染日趋严重，地下水位持续下降，引发诸如地面沉降、地面陷落、房屋倒塌、沿海地区海咸水入侵等一系列生态环境问题；④水环境恶化改变生物原有生存环境，生物多样性受到重大影响；⑤水土流失及区域干化，出现区域性的水资源量变化。

造成水污染、水生态破坏等水环境问题的原因主要有：①人口增长迅速，环境保护长期滞后于经济建设；在管理上只强调地区工业点污染源治理及区域环境的综合治理，而没有真正进行以流域为单元的流域水污染综合防治，尚未成立权威性的流域水资源保护管理和协调机构，尚未制定流域水资源保护法规、条例；水污染防治滞后于经济发展，经费投入不足；人们环境保护意识不强，对水资源、水土流失和生态破坏的危机认识不足。

解决水环境问题的对策措施主要有：走可持续发展的道路，经济建设与资源开发、环境保护协调发展；建立流域与区域相结合的管理体制，加强流域水资源保护，实行水量、水质同步监测，做到流域管理与区域管理相结合，强化流域管理，制定流域水资源保护规划，实现水资源统一管理、合理配置、优化调度，改善和保护流域水环境；根据流域水环境容量制定污染物允许排放量，控制进入江河湖库的污染物；健全水环境监测网络，实行动态监测、区域联防，重点加强现场测试能力与快速反应能力，在有条件的地区建设自动测报与预警系统；依法治理水污染，完善水环境治理的法规体系；⑥有关部门通力协作，加强科技攻关，强化水环境治理工作。

水环境保护规划与管理 在对水环境进行合理开发与保护时，要涉及水环境质量评价、水环境保护功能区、水环境容量和水环境规划等概念或工作内容。

(1) 水环境质量评价。又称水质评价。

(2) 水环境质量指数。水环境质量评价中评价水环境质量优劣的数量尺度。它是一种单要素环境质量指数，综合了水中多种污染物的影响，可分为 2 种类型：①参数评分叠加型指数。选定若干参数，按各项参数对水质影响的重要程度定出权重系数，然后将各参数分成若干等级，按质量优劣评分，最后将各参数的评分相加，求出综合水质指数，如罗斯 (ROSS) 水质指数。②参数的相对质量叠加型指数。首先选定若干评价参数，将各参数的实际浓度 (C_i) 和相应的评价标准 (S_i) 相比，求出各参数的相对质量指数 (C_i/S_i)，然后求总和值 (WQI)，总和值大表示水质差，数值小表示水质好。水质评价综合污染指数就是这种水环境质量指数。水环境质量指数反映了水体污染现状和主要污染因素。

(3) 水环境毒物指标评价。根据水中有机和无机污染物质累积性毒物分析的结果来评价水体污染状况，是水环境现状评价的主要内容。毒物指标包括重金属指标和有机毒物指标，前者如铁、锰、铜、锌等危害较小但人体必需的微量元素以及汞、镉、铅等危害较大的累积性毒物；后者如石油、杀虫剂、除草剂、农药、多环芳香烃等石油化工产品和人工合成的有机物质，它们不易被微生物分解，许多物质具有致癌作用。国家对这些毒物指标规定了相应的水质限制标准，各种毒物标准是根据人或动物的毒理实验结果制定的。

(4) 水环境保护功能区。参见水功能区划。

(5) 水环境污染预测。运用有关的科学技术手段和方法，以现有水体质量状况为基

础，推测未来社会经济活动引起的河流、湖泊、水库、地下水、海洋等水体质量的变化。

(6) 水环境容量。又称水体环境容量。

(7) 水环境规划。参见河流水质规划、湖泊（水库）水质规划、水污染综合防治规划、水资源保护规划。

shuihuanjing rongliang

水环境容量（water environment capacity）一定区域的水体在规定的水功能和环境目标要求下，对排放于其中的污染物所具有的容纳能力，也就是水体对污染物的最大容许负荷量。水环境容量通常以单位时间内区域水体所能承受的污染物总量表示。

环境目标、水体功能特性、污染物特性是水环境容量的 3 类影响因素，以环境基准值作为环境目标的是自然环境容量；以环境标准值作为环境目标的是管理环境容量。自然环境容量很复杂，一般所指水环境容量研究的主要是管理环境容量，它不仅和自然因素有关，而且考虑了各种社会和经济因素。

计算方法 将水质目标作为已知量代入水质模型，反求得原水质模型中未知量的源。计算值包括：水体原有（初始或背景值）的污染量和水质目标确定的污染量之差值（此值一般称为差值容量，又称基本容量）；水体的自净或同化能力使污染物减少的量（一般称为同化容量，又称变动容量）。

水环境容量的计算模型较多，按实际情况选择使用，下面为常用简便算法。

对于进出水量相等、水质相同的湖泊，略去蒸发和下渗的水量，其差值容量的计算式为

$$W_A = \frac{V}{\Delta t}(C_s - C_0) \quad (1)$$

式中， W_A 为差值容量，g/d； V 为水体蓄水量， m^3 ； Δt 为维持 V 的时段，d； C_s 为水环境质量标准值，mg/L； C_0 为水体初始浓度，mg/L。

如初始浓度即为背景值浓度（ C_B ）时，则差值容量等于绝对容量。

对于进出水量不相等、水质不相同的湖泊，其差值容量的计算式为

$$W_A = \frac{V}{\Delta t}(C_s - C_0) + C_s Q_f \quad (2)$$

式中， Q_f 为湖泊的流出水量， m^3/d ；其他符号意义同前。

对于河流，差值容量计算式为

$$W_A = 86.4Q[C_s/\alpha - C_0] \quad (3)$$

$$d = \frac{Q}{Q + q}$$

式中， W_A 为差值容量，kg/d； Q 为河段起始流量， m^3/s ； α 为稀释流量比； q 为旁侧排放污水流量， m^3/s ；其他符号意义同前。

不计出人流水质差的湖泊的同化容量（ W_B ，kg/d）的计算式为

$$W_B = KC_s V \quad (4)$$

式中， K 为水污染物衰减系数， d^{-1} ；其他符号意义同前。

河流的同化容量 (W_B , kg/d) 的计算式为

$$W_B = 86.4Q(1 - e^{-k\Delta t})C_0 \quad (5)$$

式中, Δt 为污染物质在河段中流过时间, d; C_0 为河段上断面污染物初始浓度值, mg/L; 其他符号意义同前。

对可衰减污染物, 水环境容量一般是差值容量加同化容量。

例如, 进出水量不相等、水质不相同的湖泊的水环境容量 (W_Q) 为

$$W_Q = \frac{V}{\Delta t}(C_s - C_0) + KC_sV + Q_fC_s \quad (6)$$

河流的水环境容量为

$$W_Q = 86.4Q(C_s/\alpha - C_0e^{-k\Delta t}) \quad (7)$$

式中, 符号意义同前。

科学研究 主要从可降解有机污染物开始研究的。20 世纪 80 年代初期采用的模型大多数是稳态和准态的, 模型的求解方法也多采用解析法。1985 年以来, 水环境容量研究成果有了新的发展, 出现了多目标综合评价模型、潮汐河网地区多组分水质模型、非点源模型、富营养化生态模型、大规模系统优化规划模型等。污染物的研究对象从一般耗氧有机物和重金属, 扩展到氮、磷负荷和油污染。从保护和管理水环境质量的出发点, 重点研究对水体质量威胁最大的主要污染物在水环境中的行径, 定量地计算水环境可容纳的负荷量, 以便合理利用和扩大水环境容量, 提高水体自净能力, 减少污水处理费用。

zijing zuoyong

自净作用 (self-purification) 水体依靠自身能力净化污染的现象。自然界各种水体本身都具有一定的自净能力。污染物排入水体后, 通过一系列物理、化学和生物的共同作用, 可使污染物浓度递减, 水体逐渐净化。

自净作用大致可分为物理净化、化学净化和生物净化等 3 种, 它们可同时发生, 又相互影响。

物理净化 水体中的污染物质由于稀释、扩散、沉淀等而使浓度降低。污水排入水域, 首先是浓度高的污水为比较洁净的水所稀释; 其次, 污染物质在水流推动下, 发生平流输送; 同时, 污水排入河流, 水流中产生污染物浓度差异, 高浓度水流便向低浓度水流方向扩散 (参见一维水质模型)。水体中易沉降的浮游污染物质, 在水域紊流不显著的地方开始沉降, 直至河底。污染物质沉降使河水污染浓度降低, 但使河床底质的污染物增加。

化学净化 污染物质由于氧化还原、酸碱反应、分解化合、吸附和凝聚等使浓度降低。流动的水体依靠表层波动将大气中的氧气不断溶入, 使水中污染物与氧发生氧化反应。例如, 某些重金属离子 (铁、锰等) 可由氧化而生成难溶物质, 在水中沉降、析出。水在不同的酸、碱条件下, 对污染物质均有去除作用, 但其方式不一样。例如, 某些元素在一定酸性环境中形成易溶性化合物, 可随水迁移而稀释; 在中性或碱性环境中, 某些元素可形成难溶化合物而沉降。天然水中含有各种胶体物质和悬浮物质。这些物质多呈微粒状, 具有较大的表面积, 能吸附和凝聚污染物, 使其随水流迁移或沉降, 从而起净化作用。

生物净化 生物活动可使污染物质浓度降低。生物净化中以水中微生物对有机物的氧化分解作用最为重要，故又称生物化学净化。有机废水和生活污水排入水域后，即发生腐败性有机质的分解与转化，并消耗水中溶解氧；腐生微生物利用有机物为养料而进行繁殖，使一部分有机物转化为细菌（原生动物的食料），另一部分则转化为无机物。水中有机物逐步转化为无机物和高等生物，即可使水体净化。如果水中的溶解氧耗尽，则有机物分解由好氧分解转为厌氧分解，水便变黑、发臭。

水体自净作用可按发生场所分为：水中的自净作用，如污染物的稀释、扩散，水中生物化学分解等；水与大气间的自净作用，如某些气体的释放；水与水底间的自净作用，如沉淀和底质吸附；底质中的自净作用。

影响水体自净的主要因素包括：水文，水污染物的物理化学性质，水生生物（特别是微生物），水体周围环境等。

参考书目

半谷高久，安部喜也编著．水质污浊研究法．丸善株式会社，1972

Harry W. Gehm, Jacob I. Bregman. Handbook of Water Resources and Pollution Control. Van Nostrand Reinhold Company, 1976

helium rongxu wuran fuheliang

河流容许污染负荷量（allowable pollution load of river）为维持河流水功能要求的某种水环境质量所容许承受的污染物质总量，又称河流纳污容量或河流纳污能力。

影响河流纳污容量的主要因素包括：河段上断面污染物的初始浓度（ C_0 ）及其随时间（ t ）的变化；河段水质标准及水功能特征；河流的自净作用；排污点位置、排污流量、排放方式等。

河流容许污染负荷量的计算方法有多种，以下是特定条件的简便计算公式。

最大容许纳污容量（ W_{max} ）计算公式适用于河段上两岸排污口连续均匀密布的情况，计算公式为

$$W_{max} = (C_N Q_n - C_0 Q_0) + \left(\frac{Q_0 + Q_n}{2} \right) C_N K \frac{X}{u} \quad (1)$$

式中， C_N 为水环境质量（对某种污染物质）标准浓度值； Q_0 和 Q_n 分别为河段初始和终点流量值； K 为某污染物质单位时间的衰减系数； C_0 为河段初始的污染物质浓度； X 为河段长度； u 为河段平均流速。

单排污口纳污容量计算公式适用于计算河段上的两岸排污口只有一个，并假设其位于河段下断面附近处的情况，计算公式为

$$W_{sm} = Q_0 \left(\frac{C_N}{\alpha} - C_0 e^{-k \cdot \frac{X}{u}} \right)$$

$$\alpha = \frac{Q_0}{Q_0 + q}$$

式中， W_{sm} 为单点纳污容量； α 为稀释流量比； q 为排污流量；其他符号意义同前。

如将水污染物的衰减概化为线性处理，即在河段较短时，也可用式（3）计算。

$$W_m = \left(\frac{C_N}{\alpha} - C_0 \right) Q_0 + KC_0 \left(\frac{XQ_0}{u} \right) \quad (3)$$

对不易降解又不沉淀和再悬浮的溶质，其 K 为零，则式 (3) 简化为

$$W_m = C_N(Q_0 + q) - C_0Q_0 \quad (4)$$

式中，符号意义同前。

多排污口纳污容量计算公式适用于计算河段两岸有不连续若干个排污口的状况，计算公式为

$$W_m = (C_N - C_0)Q_0 + Q_0C_0(1 - e^{-K_0 \frac{X_0}{u_0}}) + C_N \sum_{i=1}^n q_i + C_N \sum_{i=1}^{n-1} Q_i(1 - e^{-K_i \frac{X_i}{u_i}}) \quad (5)$$

式中， X_0 、 u_0 和 K_0 分别为河段初始断面至第 1 个排污口的河段长、平均流速和某污染物质的衰减系数； X_i 、 u_i 和 K_i 分别为第 1 个排污口至第 2 个直至第 n 个 ($i=1, 2, \dots, n$) 排污口的河段长、平均流速和某污染物衰减系数；其他符号意义同前。

计算河流容许污染负荷量，首先要确定水污染情况下的河流设计安全流量，以此作为计算公式的河段流量值，从而确定河流平均流速等。各国对河流设计安全流量一般采用频率为 90% 或 95% 的年最枯月平均流量，或连续最枯 7d 平均流量（通过水文计算方法推得）。水污染物的衰减系数，则与一般水质模型的推求方法相同。

hupo rongxu wuran fuheliang

湖泊容许污染负荷量 (allowable pollution load of lake) 按湖泊的功能分区，为维持湖泊一定水环境质量所容许其承受的污染物质总量，又称湖泊纳污容量。

湖泊容许污染负荷量的计算，是根据湖泊水质模型方程反推而求得的，即根据湖泊中污染物质平衡的原理，某一时段内经各种途径进入湖泊的污染物质总量，减去经各种途径从湖泊中排出的污染物质总量，即等于该时段湖泊内污染物质的储量。湖泊的水质模型有完全混合型和非均匀混合型 2 种。由简化的完全混合型的平衡方程反推而求得湖泊容许污染负荷量，计算公式如下：

难降解物的容许污染负荷量为

$$W = \frac{1}{\Delta t} (C_s - C_0)V + C_s Q \quad (1)$$

易降解物的容许污染负荷量为

$$W = \frac{1}{\Delta t} (C_s - C_0)V + KC_s V + C_s Q \quad (2)$$

式中， W 为湖泊最大容许污染负荷量， g/d ； Δt 为湖泊维持其设计安全水量的天数， d ； C_s 为湖泊水环境质量标准浓度， mg/L ； C_0 为湖泊起始时期实测污染物浓度， mg/L ； V 为湖泊设计水量， m^3 ； K 为易降解污染物的衰减系数， d^{-1} ； Q 为湖泊的流出水量， m^3/d 。

在进行湖泊容许负荷量的计算时，首先应确定湖泊设计水量。一般采用分析历年湖泊水文观测资料，选择近 10 年的枯水年、平水年和丰水年最低月平均水位情况的湖泊容积，作为湖泊的设计水量。

K 值可以用湖泊水质模型反推或采用经验系数法求得。据有关文献资料，难氧化的化合物 $K=0.001\sim0.05$ ，一般氧化的化合物 $K=0.05\sim0.30$ 易氧化的化合物 $K\geq 0.30$ 。

算出容许污染负荷量后，可求得应削减的污染物总量，即

$$\Delta W = W - W_0 \quad (3)$$

式中， ΔW 为应削减的污染物总量； W 为容许污染负荷量； W_0 为实际排污量。

若 $W_0 < W$ ，说明实际排污量尚未超过容许负荷量。一般 W_0 不能只考虑当前的实际排污量，在规划中应预测一定时段后，由于人口及工农业等发展所可能增加的污染物排放量。

shuiku rongxu wuran fuheliang

水库容许污染负荷量 (allowable pollution load of reservoir) 为维持水库一定水环境质量所容许其承受的污染物总量。

水库容许污染负荷量的计算，是根据水库水质模型方程反推而求得的，即根据水库中污染物质平衡的原理，某一时段经各种途径进入水库的污染物质总量，减去经各种途径从水库中排出的污染物质总量，即为该时段水库内污染物质的储量。

水库是人工调控的水体，水文情势变化大，与湖泊、河流不同。水库按其调节性能可分为多年调节水库、年(季)调节水库、周调节水库和日调节水库等。一般多年调节、年调节称为长期调节，周调节、日调节称为短期调节。当水库承担长期调节任务时，其水流特性与环境特性与湖泊相近。水库的水质模型有完全混合型和非均匀混合型 2 种。由简化的完全混合型的平衡方程可反推求得水库容许污染负荷计算公式(参见湖泊容许污染负荷量)。当水库为短期调节型，或者某些(例如水平面呈狭长型)承担长期调节任务而又进行短期调节的水库，其库内流速较大，水库的水流特性和环境特性与河流相近，有关容许污染负荷的计算，可参见河流容许污染负荷量。

shuizhi

水质 (water quality) 水体质量的简称。由水的物理学、化学和生物学等方面的综合性质所决定。按水的用途和人类用水需要，制定不同用水的质量标准，可将同一用水划分为若干等级或类型。中国地表水环境质量标准将水质划分为 5 类。

水的物理学性质常用温度、色度、浊度、透明度、悬浮物、电导率、嗅和味、水面景观(含水面悬浮物、泡沫、浮渣、油类等)等表示和度量；化学性质常用 pH 值，矿化度，硬度，碳酸盐、氯化物、硫酸盐、钾、钠、钙、镁等离子含量，氟化物、溶解性铁、总锰、总铜、总汞、总镉、总铅、总锌、六价铬、总砷、硒(四价)、总氰化物、硝酸盐、亚硝酸盐、非离子氨、氨氮、凯氏氮、总磷、高锰酸盐指数、化学需氧量、生化需氧量、溶解氧、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物等表示和度量；生物学性质主要是指水中存在威胁动植物生命安全的水生生物，其中以致病菌和病毒等为主，地表水环境质量标准中只列出粪大肠菌群，它作为水中致病菌的指示生物。

水质下降或恶化的主要原因，是人类直接或间接地将在生产与生活中产生的废弃物和能量排入水体。如未经处理的工业废水和生活污水、农田排水、大气降落物以及工业固体废弃物和垃圾的浸渍液，这些废(污)水含有大量的易降解有机污染物、难降解有机污染物、悬浮物及漂浮物、可溶性盐类、重金属污染物、剧毒化学物、废热、放射性物质等，

其数量不断增加，超过了水体自净能力。因此，水质逐渐下降或恶化。

保护水质，遏制水质下降趋势，这是水资源保护工作的任务。水质保护的主要工作有：加强科学技术研究，采用先进生产技术与工艺，减少废弃物和废（污）水产生量；②采用工程技术措施，如运用水利工程、污水处理工程、污水资源化技术等，合理利用污水或处理废水，达标排放；加强水质基础工作，包括水质监测、水质调查、水质评价、水质预测和预报；加强水质管理工作，包括宣传教育、制定法规条例、技术标准和规范，运用经济、法律和行政手段，监督和控制废水排放、节约用水，制止浪费水资源。

heliu shuizhi

河流水质（water quality of river）河流水体环境质量的综合反映。河流是地表水和地下水汇聚而成的流动通道，有 2 个明显的特征：①有连续或周期性的水流；②与大气和陆地有巨大的接触面，是一个开放型水生态系统。河流水质有如下特点：①河水矿化度较低；②大江大河的河水浑浊度较大，透明度较低；③河水溶解气体充足，各部位河水的溶气量几乎没有差异；④河水水温随季节而变化，河流断面的水温基本一致，分层现象不明显；⑤河流在流程中不断有工业废水、生活污水、农田排水、地表径流加入。河水水质随排入河流的径流与污水组合情况而沿程变化；⑥河水流量受季节、降水量、气象和人为因素等的影响，水质因受流量影响而发生变化；⑦河流是一个流动的水生态系统，初级生产力和次级生产力都低于湖泊、水塘等静态水生态系统。

中国河流大多数为西东走向，一般流程较长，穿过不同的地质带、气候带和人类活动带，因此河流水质有明显的地带性和规律性，如矿化度和总硬度有从东南沿海湿润地区到西北内陆干旱地区逐渐增加的趋势，而 pH 值从东南沿海地区的微酸性逐渐递增至西北地区的微碱性。中国河流水质以重碳酸盐类分布最广，约占 68%，氯化钠类水质占 25%。

20 世纪 90 年代中期调查中国河流水质概况，Ⅰ类、Ⅱ类水河长约占评价河长的 32%、Ⅲ类水河长约占 22%、Ⅳ类水、Ⅴ类水及超Ⅴ类水河长约占 46%，几乎占一半，可见河流水质污染已相当普遍和严重。从中国九大流域（片）来看，按污染河长占评价河长的比例从大到小排列，依次是太湖流域、淮河流域、黄河流域、海河流域、松辽流域、珠江流域、长江流域、浙闽（台）片、内陆片。按参与评价的各项参数引起的污染河长占评价河长之比从大到小排序，则为非离子氨、总汞、高锰酸盐指数、挥发酚、溶解氧，这五项参数引起的污染河长已占评价河长的 92%。由此可见，中国河流主要污染物是需氧有机物、含氮化肥（包括部分含氮有机物）、汞和挥发酚类。

shuiku shuizhi

水库水质（water quality of reservoir）水库水体环境质量的综合反应。水库是蓄积了大量水的人工湖。通常在河道上建坝，拦蓄河水。蓄水量小的称堰，蓄水量大的称水库。但也有将坝建在河道之外，用导流工程把河水引入天然或人工洼地形成的水库。水库是人类为调节径流，改善河流航运条件，利用水能和供水等而兴建的。

水库兼有河流和湖泊二者的特征。与河流相似之处，是水体有一定的流速，仍保留河流的某些特征。与湖泊相似之处，是水体保持相对静止，水体交换率稍低。因此，水库是

一个半河、半湖的人工水体，但水库水位变幅较大。

水库水质有如下特征：洪水时库水的浑浊度比湖泊大。水库蓄水时，淹没区的植被、农田作物等沉入库底，有机物腐败分解，土壤浸渍作用、岩石溶蚀作用等使库水矿化度、溶解性气体和营养物质等发生了较大的变化，其变化趋势是逐渐接近湖泊水质状况。

若库水交换率高，其水质状况接近河水；反之，则接近湖水。库水溶解氧在夏季高于河水，冬季低于河水；而库水二氧化碳含量则与此相反，夏季低于河水，冬季高于河水。

水库在不泄水时，其水质季节性变化规律与湖水水质一致。⑥当水库泄水时，库水热量、溶解氧和营养物质分布与浓度，则与排水方式有密切的关系。如排水孔设置在大坝底部，则排出的是缺氧、营养物质丰富的低温水，这样的排水常给下游农业、渔业造成损害，称为水库冷害。这种排水方式将富氧、温暖和营养物质相对贫乏的水留在库里。如排水孔设置在坝的上部，则将库内温暖、富氧和营养物质贫乏的水排出，而将水库底层水留在库里，此时库水水质与湖泊水质接近。⑦水库是一个静水和流水混合生态系统，它有时像湖泊，是静水生态系统；有时像河流，是流水生态系统。因此，水库生产力不及湖泊，而高于河流。

20世纪90年代中期，中国水库水质状况调查评价结果显示，经评价的50个水库，没有Ⅰ类水；Ⅱ类水水库有33个；Ⅲ类水水库有9个；Ⅳ类水水库2个；Ⅴ类水水库6个。虽然在调查评价的水库中没有Ⅰ类水水库，但水库水质尚可，Ⅱ和Ⅲ类水水库占绝大部分。影响水库水质的主要参数是高锰酸盐指数，需氧有机物是水库的主要污染物质。在调查评价的水库中，有12个水库达到富营养化水平。

hupo shuizhi

湖泊水质 (water quality of lake) 湖泊水体环境质量的综合反映。湖泊是大量水聚集在陆地地表低凹处而形成的，按其成因有构造湖、火山口湖、冰碛湖、堰塞湖、喀斯特湖、潟湖和人工湖等。湖泊是一个封闭型水体，湖水相对静止，交换率很低。

湖泊水质特征：湖水透明度较高。这是由于湖水中的泥沙等悬浮颗粒物沉于湖底。

②湖水矿化度较大。这是由于湖水蒸发量大，无机盐类浓度逐渐升高，在干旱地区的湖泊可能出现盐类结晶。湖水热量(水温)在一年之中呈规律性变化。夏季深水湖泊的水温呈垂直分层，表水层水温高，温跃层水温变化较大，深水层水温恒定；春、秋两季的湖水近乎同温层；冬季水温随水深增加而出现逆分层现象，表水层水温最低。湖水溶解氧分布受水体热量季节变化的影响，夏季表层水溶解氧含量高，底层水处于缺氧或厌氧状态；在冬季，随水体热量垂直运动，加快湖水在垂直方向的复氧过程。⑤湖水pH值变化受水体热量变化和水体生物学过程的影响。夏季底层水温低，缺氧、厌氧生物分解有机物，导致水的pH值下降，其他季节，底层水pH值略有回升，仍偏酸性。表层水pH值有昼夜变化现象，凌晨湖水pH值最低，偏酸性。随着日出，光合作用启动，pH值逐渐上升，至中午前后，pH值最高可达8~9，偏碱性。随着日落，湖水pH值又逐渐下降，至凌晨达最低点。⑥湖水营养物质呈分层分布状态。底层水长期处于厌氧状态，营养物质丰富，呈还原状态，而且易被湖底腐殖质吸附。表层水的营养物质呈氧化状态，易被生物吸收，其浓度相对偏低。⑦湖泊按营养物质(主要是氮磷营养元素)水平划分为贫营

养湖、中营养湖和富营养湖。贫营养湖泊初级生产力和次级生产力均低；中营养湖泊初级生产力和次级生产力均高；富营养湖泊初级生产力极高，但次级生产力极低。在湖泊水质管理上，要控制或遏制湖泊富营养化发展进程，特别是减少入湖的氮磷总量。

中国湖泊水质概况。1997年内对中国131个典型湖泊进行调查评价，其中无Ⅰ类水湖泊；Ⅱ类水湖泊有38个，分别占调查评价湖泊总数和面积的29.1%和28.5%；Ⅲ类水湖泊有25个，依次占19.1%和17.7%；Ⅳ类水湖泊有24个，占18.3%和10.2%；Ⅴ类水湖泊有15个，占11.4%和15.4%；超Ⅴ类水湖泊有29个，占22.1%和28.8%。综合来看，20世纪90年代中期中国有52%以上的湖泊受到不同程度的污染。主要污染参数是矿化度、高锰酸盐指数、挥发酚、氨氮等。在131个湖泊中，贫营养湖泊有10个，分别占调查评价湖泊总数和面积的7.6%和14.7%；中营养湖泊有54个，相应为41.2%和43.0%；富营养湖泊有67个，相应为51.2%和42.3%。中国20世纪90年代以来，有一半以上的湖泊已发生程度不同的富营养化，其中部分湖泊达到重富营养化程度。

dixiashui shuizhi

地下水水质 (quality of groundwater) 地下水的物理性质、化学成分、细菌和其他有害物质的含量的总称。地下水的物理性质，指地下水的温度、透明度、颜色、气味、导电性及放射性等。地下水的化学成分，包括地下水中的各种阴阳离子、微量元素和气体含量，以及矿化度、硬度等。

地下水水质主要受含水层的岩性组成、地下水的埋藏深度、补排条件、交替循环强度等条件的影响。水文和气候环境以及人类与生物活动等因素，也是影响地下水水质的重要因素。

(1) 含水介质与地下水水质。地下水在含水层中运动，对岩石有溶滤作用，使岩石中的部分物质进入水中，从而改变地下水的化学成分。因此，含水介质与地下水水质有密切的关系。例如石灰岩地区的地下水多为低矿化的 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$ 型水；花岗岩地区的地下水往往是低矿化的 $\text{HCO}_3^- - \text{Na}^+$ 型水；富含石膏的沉积岩地区的地下水中 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子和总矿化度常较高；火山地区的地下水，其 F^- 、 Br^- 、 Li^+ 等微量元素含量明显增高。

(2) 地下水补排条件对地下水水质的影响。来源于大气降水渗入的地下水和凝结水，一般矿化度低，且富含 O_2 、 CO_2 、 N_2 、 Ar 等气体。埋藏水则反映古沉积盆地的特点，常为高矿化度的 $\text{Cl}^- - \text{Na}^+$ 型水。而受河、湖、海等地表水体补给的地下水，其水质与补给的地表水体的水质密切相关。

(3) 地下水交替循环的强度。在开放的构造隆起地区或地形切割强烈的山区，地下水交替循环作用强烈，形成低矿化的重碳酸型水；封闭的向斜盆地或地势平坦的低洼地区，地下径流条件差，地下水交替缓慢，有利于盐分的积聚，因而矿化度增高；沼泽区由于排水条件差，从风化壳中浸出的铁、锰离子不断积聚，故水中的铁、锰离子含量增高。

(4) 气候环境。干旱地区蒸发作用强，使地下水产生浓缩，形成 $\text{SO}_4^{2-} - \text{Na}^+$ 型或 $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Na}^+$ 型高矿化水。湿润多雨气候区，由于大气降水的不断补给，可促使地下水不断淡化。

(5) 人类和生物活动。人类的活动对地下水化学成分有很大的影响。如渠道渗漏和不合理的灌溉制度可导致地下水位抬高，蒸发作用加强，促进地下水化学成分改变。工业

“三废”和大量施用化肥，导致其中酚、氰、砷、汞、铅、锌、铬、锰、铜、镉、亚硝酸等有害元素进入地下水而造成严重污染。沿海地区过量开采地下水，常引起海水侵入而使得地下水水质变坏。人类和动物排泄物和生物遗体腐烂，均可造成地下水水质严重污染，其主要标志是耗氧量、有机含氮化合物和细菌等含量增加，并引起地下水的嗅和味、透明度和浓度等物理性质发生变化。

测定和检验水的物理性质、化学成分、细菌和其他有害物质含有情况的工作，统称水质分析。按照水质分析的目的和内容可分为简易分析、全项分析和专项分析。水质分析工作是研究和评价地下水形成、补排条件，进行地下水资源评价，环境水对混凝土侵蚀性评定，环境污染和土壤盐渍化及其防治等工作的重要依据。研究地下水作为生活饮用水、灌溉用水和各种工业用水的适用性，称为地下水水质评价。各国或有关国际组织对各种用途的水的水质都有一定的要求，称为水质标准，如生活饮用水水质标准，灌溉用水水质标准，环境水侵蚀判定标准，水工混凝土拌制和养护用水水质标准，锅炉用水水质标准等。

除上述目的外，研究地下水水质，对阐明地下水的形成条件，研究各含水层间及其与地表水体间的水力联系，判定地下水对建筑物的腐蚀性，查明地下水和河流（湖泊、水库）水的污染源以及水化学找矿等方面均有十分重要的意义。

shuiku shuiwen

水库水温（thermal condition of water within a reservoir）以温度表示的水库水体热量时空分布特征。修建水库一般使流速减小，水深增加，水体增大，引起热量分布的改变。水库水温的改变对水质以及库区和下游环境均产生影响。

20 世纪 20 年代，美国开始对水库水温进行系统的观测。40 年代后，许多国家对水库水温的变化规律、水温对环境的影响、水温的控制和利用等方面进行了深入的研究。中国于 60 年代开始开展这项研究工作。

水库水温变化规律 水库水体在水文、气象、地形、地理位置、出水口位置、调度运行方式等因素的影响下，形成不同的水温结构。水库水温结构可分为分层型和混合型 2 类。分层型水库随季节变化，上下层水温发生不同的变化；而混合型水库全年水库上下层水温没有明显区别，基本保持天然河流状态。

分层型水温结构年周期性变化 初春。温带水库水温常保持在 4℃ 左右，整个水体是不稳定的，易受风的作用而使上下层完全混合。夏季，气温上升，太阳辐射增强，水库表层水体受热升温，密度减小，停留在其下面的温度较低、密度较大的水层之上；但初夏时，温差较小，受风的作用能完全混合。当某一时刻，由于温差较大，风的作用不足以混合整个水体时，就形成了稳定的三层式温度分层：水库上部水温呈均匀分布，称为库面温水层；在此以下的温度突变区，称为温跃层，一般水深增加 1m，水温可下降 1℃ 以上，温跃层的深度很大程度上取决于作用在水面上的风力；温跃层以下，水温很低且较均匀，为停滞静水，称为库下冷水层。由于水体密度分层，故水库的进、出水将产生异重流运动。秋季，气温下降，太阳辐射变弱，表层水温下降，密度增加，库面温水层与其下层水由于重力和风的作用产生对流，厚度逐渐加大，温跃层向下层扩展，最后因混合作用扩展至不同水深，形成等温状态，称为秋季对流。入冬，水温继续下降，若表层水温低于

4℃，则在无风和有冰层的情况下，将出现底层水温比表层水温高的逆分层。春天来临，冰层开始融化，逆分层将混合消失，称为春季对流。随后，水库水体再一次出现温度分层。库面温水层水温在分层季节变化较大，与河流水温差不多或略高。库下冷水层温度变化较小，变化程度取决于分层前的水温，与冬春河流水温差不多。一般分层型水温结构多出现在蓄水水库；径流式水库不发生典型的三层式温度分层现象。

判断水温结构类型的方法 通常采用实测法、指数法和水温模型法。中国、日本常采用指数法，即用入库年水量与库容的比值 (α) 和一次洪水量与库容的比值 (β) 进行判断 (参见水温分层)。分析和预测水库水温变化，一般采用经验公式和水温模型。水温模型比经验公式准确，能进行较短时段的预测。

水库水温变化的影响 影响的大小主要取决于水温的分层温度高低的变化、出水口高程和环境对水温的敏感性。影响范围包括库区和出水口下游。混合型水温结构对环境的影响比分层型小。

水温分层对水体的化学和生态的影响 库面温水层通过水面通气和水生植物的光合作用保持较高的溶解氧含量；而库下冷水层溶解氧含量较低，当由浮游生物死后的残体和沉淀物产生的生化需氧量较大时，将出现缺氧现象，变成或接近于厌氧微生物层。溶解氧的分布特性与水库的生产力有关。由于库面温水层的生物作用和库下冷水层的缺氧，使 pH 值、二氧化碳、硝酸盐、氨、二氧化硅、钾、镁、钙、铁、锰、硫化氢等产生分层现象。营养物多积累在冷水层，库面温水层的营养量低于最大浮游植物产量所需的营养量水平，从而影响动物的数量。温度、水质的分层常使水生生物的种类呈垂直分布，在缺氧的冷水层中只能生长适宜于低温和低溶解氧的生物种类。秋季对流时，冷水层的营养物呈均匀分布，若含量较大，则将使水库水体和下游藻类急剧生长。水面较大的水库，表层水温的变化会引起蒸发和水面长波辐射等的较大变化，影响局地气候 (参见水体局地气候)。水温分层还会影响水库大坝 (特别是混凝土坝) 的应力分布。

分层型水库对下游水温和水质的影响 影响程度与出水口的高程有关。采用底层出水口将使含有大量离子成分的、溶解氧较低的冷水层排出，使下游水质变差和营养化程度提高，水库生产能力降低。采用较高的出水口，下泄水温度较高，具有高溶解氧、低含量的悬浮固体和铁、锰等，水质较好；但水温较高又可能使下游生化需氧量增加，使水质变差。水库放水对下游水温的影响，一般是推迟下游春季水温上升和秋季水温下降，使水生生物群落发生变化。采用底孔泄水的分层水库，将使下游水温偏低，对水生生物的生长和繁殖产生不利影响。使灌溉农作物减产，这种现象称为水库冷害。当河流上建有梯级水库时，上游水库泄放的冷水还会使下游水库冷水层贫氧情况继续存在，甚至加剧。

水库水温控制和利用 水库下泄水的温度在一定程度上可通过水库调度和多层出水口配合放流的方式，按供水水量、水质和水温的要求予以控制，以满足下游农作物、鱼类、生活娱乐和冷却用水的需要。

参考书目

- 刘仲桂. 水库水温与水稻丰产灌溉. 北京: 水利电力出版社, 198
- 赵文谦. 环境水力学. 成都: 成都科技大学出版社, 1986