

HUANGHE SHUIHUANJING
CHENGZAI NENGLI
YANJIU JI YINGYONG

黄河水环境 承载能力研究及应用

张建军 徐志修 张建中 洪源 王新功 著



黄河水利出版社

黄河水环境承载能力研究及应用

张建军 徐志修 张建中 洪源 王新功 著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书基于对河流环境系统的认识,从理论的角度界定黄河水环境承载能力概念及内涵;以黄河水功能保护目标为约束条件,在充分考虑国家环境保护政策的条件下,分析论证了黄河水域纳污能力设计条件;以黄河典型河段为研究对象,系统探讨黄河水域纳污能力和入河污染物总量控制方案制定的技术原则与方法,以及黄河水资源保护工作目前存在的主要问题,并提出今后一段时间内黄河水资源保护的研究和工作方向。

本书可供水利部门、环境保护部门的管理者和决策者,从事流域、区域的水资源、水环境保护,以及生态环境需水的科研人员和相关专业的大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄河水环境承载能力研究及应用/张建军等著. —郑州:
黄河水利出版社,2008. 12

ISBN 978 - 7 - 80734 - 402 - 5

I. 黄… II. 张… III. 黄河 - 水环境 - 研究 IV. X143

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 022150 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslicbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:11.25

字数:260千字

印数:1—1 000

版次:2008年12月第1版

印次:2008年12月第1次印刷

定价:28.00元

前 言

水资源的永续利用是社会经济可持续发展的基础和条件,水资源的永续利用不但需要量的满足,而且需要质的保护。水资源在满足社会经济发展的同时,又作为载体,接纳所产生的废污水,其水环境承载能力是有限的。随着黄河流域社会经济的发展和国家西部大开发战略决策的实施,黄河水资源量的短缺和水污染加重造成的水资源供需矛盾日益突出,成为制约流域社会经济可持续发展的重要因素。黄河流域的水资源形势客观要求在水资源开发、利用、治理的同时,应更注重水资源的配置、节约和保护。根据社会经济发展和水资源永续利用要求,对黄河入河污染物控制必须在浓度控制基础上,实行入河污染物总量控制。

水资源保护是一个新兴领域,涉及自然、经济、社会学科的多个方面,融汇了水资源管理、水污染防治、社会经济发展等多个工作面,其理论、技术方法和手段还有待深入探讨和研究。因此,系统总结有关成果对指导今后水资源保护工作具有重要现实意义。

本书汇总归纳了黄河水资源保护科学研究所近年来在入河污染物总量控制方面的多项研究成果,得到了国家“十一五”科技支撑计划项目“黄河健康修复关键技术研究”子课题“黄河健康修复目标及对策研究”和水利部1999年水利科技重点项目“黄河干流重点河段水体功能区划及水污染物排放总量控制方案研究”等项目的资助。

全书共分为5章。第1章,通过对国内水环境承载能力研究现状调查,详细对比分析了各概念的异同点,提出了与狭义水环境承载能力紧密联系的相关概念的层次划分结构,阐述了对指导水资源保护具有直接实际管理意义的狭义水环境承载能力即水域纳污能力的概念及内涵,并对其特性和影响因子进行了探讨。第2章,简要介绍了黄河水功能区概况和水质现状。第3章,在实现了流域污染物排放控制的有效管理基础上,研究未来黄河可供水量条件下流域主要区域入河污染物产出和控制水平,提出能够支撑流域宏观层面上合理经济发展规模黄河自净需水量,用以指导黄河水域纳污能力设计条件的选择。第4章,以黄河包头、花园口河段为研究对象,筛选确定了入河污染物总量控制因子,考虑区域社会经济发展承受能力,以保护黄河水资源、实现水资源的永续利用为目标,重点研究黄河水域纳污能力计算方法、确定条件,以及入河污染物总量控制原则、思路和方案。第5章,讨论了合理利用和提高黄

河水环境承载能力的手段和措施,简要分析了目前黄河水资源保护存在的主要问题,并对今后一段时间内黄河水资源保护的前沿和热点问题进行了前瞻性讨论。

在课题研究和本书的编写过程中,高传德教授、郝伏勤教授、黄锦辉高级工程师给予了悉心的指导和帮助,课题组成员彭勃、张军献、马秀梅、徐晓琳、张世坤等也付出了辛勤的劳动,在此表示最诚挚的感谢!

本书在编写过程中,得到了黄委刘晓燕副总工程师,黄委国科局、水调局等委属单位有关领导和专家的大力支持,提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢。

由于黄河水环境状况异常复杂,黄河水资源保护工作更是任重道远。本书涉及多年大量的资料分析和计算工作,时间及研究水平所限,难免存在一些不足和错误之处,敬请专家、领导以及各界人士批评指正。

作者
2008年8月

目 录

前 言	
第 1 章 水环境承载能力理论探析	(1)
1.1 相关研究进展	(1)
1.2 水环境承载能力概念及内涵	(9)
1.3 黄河水环境承载能力特性分析	(12)
第 2 章 黄河水功能区及水质现状	(16)
2.1 水功能区	(16)
2.2 黄河水质现状评价	(21)
第 3 章 黄河水域纳污能力设计条件研究	(28)
3.1 自净水量研究综述	(28)
3.2 水功能区水质目标分析	(34)
3.3 黄河干流纳污量	(42)
3.4 黄河自净水量模型研究	(50)
3.5 黄河自净需水量计算	(79)
3.6 小结	(100)
第 4 章 黄河典型河段污染物总量控制实例	(102)
4.1 研究河段概况	(102)
4.2 研究河段水功能区	(105)
4.3 研究河段纳污现状	(108)
4.4 纳污能力计算方法研究	(121)
4.5 入河污染物总量控制方案研究	(144)
4.6 小结	(158)
第 5 章 结论和展望	(164)
5.1 黄河水环境承载能力合理利用分析	(164)
5.2 黄河水资源保护存在的主要问题	(166)
5.3 研究展望	(167)
参考文献	(170)

第 1 章 水环境承载能力理论探析

1.1 相关研究进展

人类社会进入 20 世纪后,生产力飞速发展,环境污染日趋严重,在某些地区资源的掠夺性开发及环境污染已威胁着人类自身的生存,人们开始思考一个问题:这种社会经济发展模式能够维持多久,什么是健康的社会经济发展模式。由此而出现了可持续发展的观点,既满足当代人的需要,又不对后人满足其自身需要的能力构成危害的发展(1987 年,世界环境与发展委员会及挪威首相希伦特兰(Brundtland))。为了实现可持续发展,人们很自然地提出了环境承载能力的问题,即人们寻求的资源开发程度和污染水平,不应超过环境承载能力。各国在自己的发展战略中都作了有法律约束的规定,我国科委发布的《环境保护技术政策》中指出:区域的开发建设,要进行经济、社会发展、资源、环境承载能力的综合平衡。但是环境承载能力在其定义、内容、研究方法等方面仍不是十分明确,具体界定到“水环境”中的水环境承载力概念也是如此。

目前,与水环境承载力相关的定义概念较多,诸如“水环境承载(能)力”、“水域纳污能力”、“水环境容量”、“水体允许纳污量”等。但是这些概念在研究范畴、概念内涵、量化指标、相关计算方法等方面均有所不同。

1.1.1 水环境承载能力

1.1.1.1 环境容量与水环境容量

为改善水和大气环境质量状况,1968 年日本学者首先提出了环境容量的概念。自日本环境厅委托卫生工学小组提出《1975 年环境及量化调查研究报告》以来,环境容量在日本得到广泛应用。以环境容量研究为基础,逐渐形成了日本的环境总量控制制度。欧美国家的学者较少用环境容量这一术语,而是用同化容量、最大容许纳污量和水体容许排污水平等概念。

我国对环境容量的概念、解释及应用是从国外引进的,《辞海》中将环境容量定义为“自然环境或环境组成要素对污染物质的承受量和负荷量”。《中国大百科全书·环境科学》中指环境容量(Environmental Capacity)是在人类生存和自然生态不致受害的前提下,某一环境所能容纳的污染物的最大负荷量。

其中,水环境容量作为环境容量的一个重要组成部分,我国自 20 世纪 70 年代开始研究,经过近 30 年的发展历程,水环境容量已经成为我国水环境综合整治规划的重要技术方法和水质目标管理的科学基础,在城市水环境综合整治规划、水污染防治规划、水污染物总量控制等方面得到了广泛应用,为改善我国水环境质量起到了重要作用。

从诸多概念来看,水环境容量是在水环境管理中实行污染物浓度控制时提出的概念,

即考虑到污染源达标排放基础上污染物排放的总量仍然过大使环境受到严重污染,在环境管理上开始采用污染物总量控制法,即把各个污染源排入环境的污染物的总量限制在一定的数值之内,这就是环境容量。就一个特定的水环境来看,对污染物的容量是有限的。其中,我国在“六五”期间开展的《主要污染物水环境容量研究》中指出,水环境容量是在规定环境目标下所能容纳的污染物的量,环境目标、水环境特征、污染物特性是水环境容量的三类影响因素。夏青^[1]在《流域水污染物总量控制》中将水环境容量定义为水域使用功能不受破坏条件下,接纳污染物的最大数量。通常将给定水域范围,给定水质标准,给定设计条件下,水域的最大允许纳污量称为水环境容量。方子云^[2]在《水资源保护工作手册》中指出,水环境容量是满足水环境质量标准要求的最大允许污染负荷量,或纳污能力。认为水环境容量包括稀释容量、迁移容量和净化容量三部分,其大小与给定水域水文、水动力学条件、水体稀释自净能力、排污点的位置与方式、水环境功能需求和水体自然背景值等因素有关。从水环境容量计算来看,涉及水污染物在水体中的稀释、迁移、转化规律。因此,水环境容量的计算自然而然地与具体水域的水质模型相联系。

1.1.1.2 水环境承载(能)力

“承载力”一词最早来源于生态学中的概念,是指在某一环境条件下,某种生物个体可存活的最大数量。起初,承载力的概念只用于生态学领域,但随着人类社会经济活动的逐渐扩大所带来日益严峻的环境问题,以及可持续发展观念的提出,承载力概念逐渐被环境科学所借鉴,以此来描述人类和经济发展与周边环境的关系。水环境承载力正是在此背景下提出的。

目前,作为实体形式存在的水资源其作用已经为社会公众所认知,水资源承载力概念已经得到广泛应用,“以供定需”等水资源配置模式正是在此概念下提出来的。随着近年来人们对与水资源伴生的水环境认知程度逐渐提高,水环境资源和价值属性也日益得到认可,这正是水环境承载力的理论基础。

国内对水环境承载力或水环境承载能力概念研究时间不长,近年来研究热点大体始于原水利部部长汪恕诚在《水环境承载能力分析》一文所提出的水环境承载能力概念^[3]。文中由水资源承载能力谈到水环境承载能力,指出水资源承载能力与水环境承载能力是一个问题辩证的两个方面,水资源承载能力讲的是用水即取水这一面,水环境承载能力是排水排污这个方面。其中,水资源承载能力指的是“在一定流域或区域内,其自身的水资源能够持续支撑经济社会发展规模,并维系良好的生态系统的功能”。水环境承载能力指的是“在一定的水域,其水体能够被继续使用并仍保持良好生态系统时,所能容纳污水及污染物的最大能力”。同时,在谈到考虑目前我国水污染防治状况,“水体能够被继续使用并仍保持良好生态系统”这个远期目标目前难以实现,近期可提出“还能被继续使用”这个比较低的要求。

另外,郭怀成等^[4]认为水环境承载力是指某一地区、某一时间、某种状态下水环境对经济发展和生活需求的支持能力。廖文根等^[5]认为水环境承载力是指水环境系统功能可持续正常发挥前提下接纳污染物的能力(即纳污能力)和承受对其基本要素改变的能力(即系统调节能力)。从以上对水环境承载力概念的不同定义可以看出,虽然定义有所差别,但都是指在保证水环境的继续使用和功能完整的前提下,水体接纳污染物的能力。

彭静^[6]在《广义水环境承载理论与评价方法》中系统总结诸多成果,将水环境承载力概念扩展到人类社会经济活动领域,她认为水环境承载力可以理解为:在某一时期,某种状态或条件下,某地区的水环境所能承受的人类活动作用的阈值。水环境承载能力是相对于一定时期、区域及一定的社会经济发展状况和水平而言的,其目标是保护现实的或拟定的水环境状态(结构)不发生明显的不利于人类生存的方向性改变,以保障水环境系统功能的可持续发挥,以此为前提,对区域性的人类社会活动,特别是人类经济发展行为在规模、强度或速度上的限制值。

1.1.1.3 水域纳污能力

“纳污能力”一词最早源于全国水资源保护规划(1998),其后以此为核心被我国水资源保护行业广泛应用。2002年《中华人民共和国水法》首次在法律上明确了“水域纳污能力”的概念,并与水域限制排污总量意见一起构成我国水资源保护行业的核心工作。但是,迄今为止,在法律层面仍然没有见到关于纳污能力的确切定义。

《全国水资源综合规划地表水资源保护技术培训讲义》^[7]中所定水功能区纳污能力,是指对确定的水功能区,在满足水域功能要求的前提下,按给定的水功能区水质目标值、设计水量、排污口位置及排污方式,功能区水体所能容纳的最大污染量,以吨/年(t/a)表示。水利部水资源司原司长吴季松等^[8]在《水资源保护知识问答》中,定义水体的纳污能力是指在水域使用功能不受破坏的条件下,受纳污染物的最大数量,即在一定设计水量条件下,满足水功能区水环境质量标准要求的污染物最大允许负荷量,其大小与水功能区范围的大小、水环境要素的特性和水体净化能力、污染物的理化性质等有关。中国水利水电规划设计总院朱党生等^[9]在《水资源保护规划理论及技术》中指出,水体纳污能力是在给定水域的水文、水动力学条件、排污口位置及排放方式情况下,满足水功能区划确定的水质标准的排污口最大排放量,定义为该水域在上述情况下所能容纳的污染物总量,通常称为水体纳污能力。王超^[10]在《水域纳污能力及限制污染物排放总量方法研究》中认为,水域纳污能力是与水环境容量同时产生的,两者没有本质上的区别。

此外,在我国水环境管理、水资源保护等相关部门,以及高等院校和科研院所不同时期也提出了与水环境承载(能)力类似的概念,如允许纳污量、控制区域容许排污量、区域容许排污量、湖泊容许负荷量等。总的来看,这些定义内涵基本一致,都是指一定水域范围内,为保护水体水质达到一定目标情况下,水体所能容纳的最大污染量。有关定义归纳见表 1-1。

1.1.2 研究范围及方法

1.1.2.1 研究范围

水环境承载(能)力研究涉及水环境科学的许多基本理论问题和水污染控制的许多实际问题。它的产生和发展在很大程度上取决于污染物在水环境中迁移、转化和归宿研究的不断深入,以及数学手段在水环境研究中应用程度的不断提高。经过多年的深入研究,目前水环境承载(能)力的污染物研究对象从一般耗氧有机物(目前我国水体主要受到有机污染物的污染,主要代表综合因子是 COD 和氨氮)和重金属(“湘江重金属的水环境容量研究”等),扩展到氮、磷负荷和油污染。空间分布上,从小河水环境容量研究扩展

到长江、珠江、淮河等大水系的水环境容量研究,从枝状河流水环境容量研究扩展到湖泊、河口海湾及河网化地区的水环境容量研究。

表 1-1 水环境承载(能)力概念归纳

序号	名称	定义	出处
1	允许纳污量	根据水环境管理要求,划分水体保护区范围及水质标准要求,根据给定的排污地点、方式和数量,把满足不同设计水量条件,单位时间内保护区所能容纳的最大污染物质,称为受纳水域容许纳污量	朱党生,王超,程晓冰《水资源保护规划理论及技术》
2	控制区域容许排污量	依据水域保护目标,在已确定的水域容许纳污量基础上,经过技术、经济可行性论证后,对影响水域水质的陆上控制区污染物排放总量所规定的限值,称为控制区域容许排污量。控制区域,通常应与受纳水域保护目标相对应,与设计条件规定的污染物类别、控制时间相对应	朱党生,王超,程晓冰《水资源保护规划理论及技术》
3	区域容许排污量	按照水资源保护规划目标,或将水体纳污能力加乘安全系数,或根据规划区域内排污总量的控制要求,在经过技术、经济可行性论证后确定的污染物排放总量控制目标,称为区域容许排污量	朱党生,王超,程晓冰《水资源保护规划理论及技术》
4	湖泊容许负荷量	具有某一设计水量的(即某一保证率)湖泊为维持其水环境质量标准,所容许污染物质最大的人湖数量,称为湖泊水环境容量。在单位湖泊面积上容许污染物质入湖数量,称为湖泊容许负荷量	顾丁锡,舒金华《湖泊水污染预测及其防治规划方法》

但是,对于微量有毒有机物,由于其在环境中的迁移转化规律尚未完全掌握,在水域中含量又极低,而对人体的影响也不像某些物质那么迅速,其有一个累积过程,有些物质目前我国也尚无“标准”,水环境承载(能)力还少有研究。

1.1.2.2 计算方法

国内外研究者提出的多种水环境容量的定义,可大致分为以下几类^[1]:

- (1)水环境容量是污染物容许排放总量与相应的环境标准浓度的比值;
- (2)水环境容量是水体的自净同化能力;
- (3)水环境容量是指不危害水体环境的最大允许纳污能力;
- (4)水环境容量是指环境标准值与本底值确定的基本水环境容量和自净同化能力确定的变动水环境容量之和。

目前,绝大多数水环境承载(能)力研究都是以水质模型为基础,建立水环境容量计算数学模式^[12],在计算方法上,从解析公式算法、模型试错法发展到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、大规模系统优化模型等。蒋晓辉、万飙、刘兰芬用 $E = C_s(Q + q) - QC_0 - C_s(Q + q)[1 - \exp(-K \frac{x}{u})]$ 对环境容量进行计算。李适宇引进贡献度系数,以分区达标控制法用于求解海域环境容量。而韩进能、董梅、钟成华、陈燕华、李开明、梁荫等针对不同河流进行了环境容量计算。曾慧、李隽、罗旭升、刘文样等对水库的环境容量进行了计算。孙卫红等提出了环境容量计算中的不均匀系数问题。慕金波、杨志平等建立了潮汐河流环境容量的计算方法。徐贵泉等指出潮汐作用、调蓄库容、水利工程的调控运行、污染物的降解系数和边界引水水质都是环境容量的因素,并建立了感潮地区河网水环境容量的计算公式。李开明建立了潮汐河网地区的随机模型,给出了随机参数的分布形式,用 Monte - Carlo 随机抽样法求解水质模型,并进行了敏感性讨论。郑孝宇基于“河道—节点—河道”算法的河网水质模型,给出了河网非稳态水环境容量的计算模式。

1.1.3 黄河有关纳污能力的研究

为实现黄河流域水资源永续利用和社会经济可持续发展,改善黄河流域水体水质,保障黄河流域工农业和生活用水安全,黄河流域水资源保护局于 1998 年后陆续开展了与水域纳污能力审定、水污染物总量控制有关的基础资料搜集和研究、规划工作。先后编制完成了“黄河重点河段水功能区划及入河污染物总量控制方案研究”、“黄河流域水资源保护规划”等,对黄河干流及湟水、汾河、渭河、洛河和大汶河等 5 条主要支流进行了水体纳污能力审定和污染物入河总量控制工作。另外,在 2002 年特殊旱情紧急情况下,以《2002 ~ 2003 年黄河旱情紧急情况下水量调度预案》中水量调度方案为设计条件,编制完成了“2003 旱情紧急情况下黄河干流龙门以下河段入河污染物总量限排方案”,对黄河龙门以下河段 6 条主要入黄支流和 10 个重要排污口及有关省提出了限制排污总量意见,有效地改善了黄河龙门以下河段水体水质;为了保障第八次引黄济津和沿黄人民群众的用水安全,黄河流域水资源保护局与国家环保总局共同编制完成了“2003 ~ 2004 年引黄济津期黄河水污染控制预案”,对重点水域、重点控制城市中重点控制对象提出了污染物浓度和通量的控制要求,取得了良好的效果。

从工作成果内容来看,黄河工作者认为水域纳污能力是指,在既定水功能区水域的水文、水动力学条件、来水背景水质、排污口位置及方式情况下,依据水体稀释和污染物自净规律,利用数学水质模型计算出的满足水功能区水质标准的排污口最大允许排放量^[13],其含义与吴季松、朱党生等的基本相同,所研究的主要是黄河典型污染因子 COD、氨氮等。

1.1.4 水环境承载(能)力概念对比分析

分析上述各概念内涵,笔者认为这些概念既有相同点,又有区别。主要体现在以下几个方面:

(1)相同点:

①作为非实体形式而客观存在的水环境承载(能)力,是制约人类经济社会发展速度和规模的重要因素。无论是水环境承载(能)力、水环境容量,还是水域纳污能力等概念,均是人类在水环境遭受(严重)污染后,从改善和保护水环境、水资源,实现水资源的高效、安全利用和对经济社会发展的持续支撑,保障人类赖以生存的生态环境安全角度出发,以水体稀释、自净和降解等水环境变化规律为基础,所建立起来的“限制人类社会经济活动,限制水域排污,将人类活动或水域容纳污染物控制在一定限度内的”水环境、水资源管理层面的概念。

②水环境容量、水域纳污能力概念是与我国水环境、水资源保护管理政策相联系的,为我国水环境污染物总量控制的最重要理论基础。具体来说,水环境容量主要是为区域水环境污染防治中的污染物总量控制提供量化依据,而水域纳污能力主要是提出水功能区限制排污总量,为监控水功能区的水质状况提供技术依据。

③从水环境、水资源管理层面来看,无论是水环境容量,还是水域纳污能力,都是相对具体的水环境、水资源保护管理单元,而这些管理单元都有明确的水环境、水资源保护管理的水质保护目标,即保证水环境和水资源的继续使用和生态环境功能的相对完整。水环境容量是与具体的水环境功能区相挂钩,而水域纳污能力是与确定的水功能区相挂钩,实质上水环境功能区与水功能区没有本质上的区别,划分原则、划分方法、水质保护目标等基本相同。

④从前述各概念定义来看,为更好地实施水环境、水资源的管理,从易于操作性角度出发,水环境承载(能)力通常情况下都是水体或水域在一定设计水量(通常是从最不利角度出发,《制定地方水污染物排放标准的技术原则和方法》(GB 3839—83)规定一般河流采用近10年最枯月平均流量,或90%保证率最枯月平均流量作为设计流量^[14])、水体保护目标条件下,所计算得出的水体最大容纳人类社会经济活动的排污限度或污染物的量。

⑤水环境承载(能)力以水环境变化规律为基础,基于目前人们对水环境规律认知程度,水环境承载(能)力一般都是以一定的水质模型为基础进行计算和合理性分析所得出的。目前水质模型在理论、方法上已相对比较完善,因此进行水环境承载(能)力计算分析的关键问题是,如何针对水体的具体情况,科学选取符合实际情况的水质模型,避免由于模型计算过分夸大或过分缩小水环境承载(能)力,而造成水环境或水资源保护管理工作与实际情况的过于偏离。

(2)不同点:

①可以说,承载力概念及其相关理论是伴随着可持续发展理论而逐渐发展起来的,因此水环境承载(能)力所探究的是人类社会经济活动及其结果与水环境及其变化规律之间的关系。从这个角度来看,水环境承载(能)力应该具有比水环境容量、水域纳污能力等概念更广泛的内涵,其是在对区域社会经济—水资源—水环境关系进行系统分析的基础上,构建系统的评价指标体系,来研究水资源、水环境对社会经济活动的支撑能力及最大容忍限度。水环境承载(能)力评价指标体系比水环境容量、水域纳污能力等具有更广泛的反映指标,包括经济社会中的各项指标(人口、经济结构和产值等)以及社会经济活

动所产生的环境结果(水质状况、排污状况等)。而水环境容量、水域纳污能力等概念只是反映了水资源、水环境对社会经济活动所产生的环境结果,且更偏向于基于水环境自然变化规律的水环境对各类污染物的接纳能力。

从直接作用于经济社会角度来看,水环境承载(能)力研究结果更易于直接指导流域或区域的社会经济发展,但是由于水环境承载(能)力评价指标体系是一个庞大的系统工程,其中各项指标及指标间耦合关系在短时期内难于实现。因此,结合我国目前水环境、水资源保护管理体系结构,采用水环境承载(能)力的单个要素来反映社会经济—水资源—水环境关系,更易于为相关管理部门及社会经济各单元所接受。

以此角度来看,水环境承载(能)力依据人们对该概念的研究深度以及相关管理部门管理手段的完善程度,可划分为广义水环境承载(能)力和狭义水环境承载(能)力。其中,广义水环境承载(能)力指某一时期,在一定流域或区域内,水环境能够持续支撑人类社会经济活动的阈值;狭义水环境承载(能)力指某一时期,在一定流域或区域内,水环境能够持续支撑人类社会经济活动所产生的各类污染物的容纳能力。

②水环境容量、水域纳污能力等概念作为狭义水环境承载(能)力研究的重要组成部分,目前,这两个概念被有关学者、管理机构视为等同而被广泛应用,那么其与水环境承载(能)力到底有如何的关系呢,它们之间的关系又如何呢?

首先,笔者认为研究空泛的水环境承载(能)力毫无意义,必须将其放置于特定的历史时期、环境条件下,该概念才能发挥其对社会经济较好的支撑作用。研究认为,狭义水环境承载(能)力在一定时期、一定流域或区域内,实际反映为水域纳污能力,水环境容量则作为水域纳污能力的引申概念,两者只是侧重点不同而已。

“能力”在现代汉语词典中解释为“能胜任某项任务的主观条件”。因此,从字面上来理解水域纳污能力应该为:为维持一定水域水资源可持续利用、水生态良性维持的需要,水域主观能够承纳污染物的最大量,是水域天然能力的表现,其同水资源承载能力一样强调的是水域承纳污染物的“资源特性”。而“水环境容量”从字面上来理解应该为:为维持一定水域水资源可持续利用、水生态良性维持的需要,在现实水环境状态下水域能够容纳污染物的最大量,其同“可利用水资源量”一样强调的是“水域纳污能力的可利用资源量”。

因此,从这个角度来看,水域纳污能力应该属于资源管理和资源配置的范畴,而水环境容量则属于可利用资源管理的范畴,水域纳污能力包含水环境容量。

水环境承载(能)力、纳污能力、水环境容量之间关系见图 1-1。

其次,基于上述对水域纳污能力、水环境容量概念的理解,可以深究这两个概念的内涵。

水域水资源可持续利用、水生态良性维持作为水域纳污能力、水环境容量计算分析的目标,客观来讲,这个目标过于宏观和空泛,不具有实体性。因此,在一定的人类社会发展历史时期,这个目标与人类对水环境和水生态认识水平及要求、相关环境技术发展水平等相关联,也就是说水环境承载(能)力具有随上述因素动态变化的特性。具体来说,近期我国水资源还只能做到“被继续使用”这个比较低的要求,现实这个目标具体表现为水环境质量标准,即狭义水环境承载(能)力的量化是建立在一定时期人们对水环境保护管理

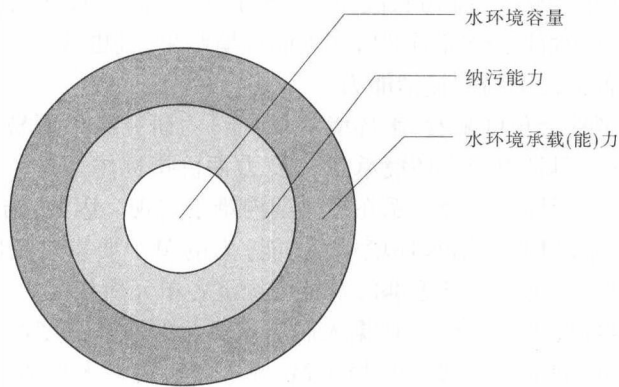


图 1-1 水环境承载(能)力、纳污能力、水环境容量关系图

目标要求——水环境质量标准之上的。

这就涉及几个问题：

第一，随着社会经济的发展，人类生活水平的逐渐提高，人类对生态环境质量的要求亦会越来越高，水环境质量标准也会随之越来越严。这样在人类社会发展的不同阶段，水环境质量标准将作用于水环境承载(能)力，并使水环境承载(能)力愈来愈小。

第二，在人类社会生产力逐步提高的过程中，人类对环境规律的认识将不断得到深入，环境技术也将不断得到完善。因此，水环境质量标准亦将不断改进和完善，包括监测因子、标准要求值等，水环境承载(能)力指标体系亦将不断得到完善。目前国际上对水质的监测已从化学指标监测转向生理毒性监测，从单纯地考虑水的化学物质组成向综合考虑水环境生态系统功能的方向发展，更加关心水环境对人类健康效应的监测，更加注重生态的表现。

作为与水资源伴生而存在的水环境承载(能)力资源，以及以现实可利用水环境承载(能)力资源存在的水环境容量，在研究过程中必然需要开展天然本底资源量的调查，以及现实资源量的调查计算分析。由于狭义的水环境承载(能)力资源具有社会和自然双重属性，带有一定的主观色彩，目前我国水环境、水资源保护管理中该资源是与水污染物总量控制和限制排污总量意见等污染物总量控制政策紧密联系的，如何在资源分配过程中体现“资源分配”的“公允性”就成了水环境承载(能)力资源调查过程中的一个重要问题。

通常狭义的水环境承载(能)力以水质模型的形式计算确定，在水质保护目标相同、有关模型参数确定的情况下，水域纳污能力、水环境容量取决于具体的水环境、水资源保护管理单元上游来水背景水质状况。一般情况下，水域纳污能力可取水环境天然本底值，与水质目标一起来反映水域主观能够承纳污染物的最大量。但是，目前我国水资源开发利用程度相对较高的部分水体都受到不同程度的污染，缺少水环境天然本底调查值，在这种情况下，水域污染物实测浓度反映的是在现实水环境状态下水域能够容纳污染物的最大量，即水环境容量。水环境承载(能)力是对水环境系统内在规律的客观反映，不受其开发利用程度的影响。由于水环境的连通性，水污染连续传递性，在进行水域纳污能力

计算分析时,为体现资源分配的公平性,体现“上游河段污染不影响下游河段”^[15],不因上游污染严重而减少下游河段的纳污能力,也不因上游河段处于天然状态或污染较轻就增加下游河段的纳污能力,背景来水污染物浓度选用上游水环境、水资源保护管理单元的水质目标,这显然是既能够强化上游水质较好河段的水资源保护,又对下游河段是公平的,容易被各管理单元所接受。

前面谈到目前水域纳污能力和水环境容量是在一定设计水量条件下计算分析完成的。由于狭义水环境承载(能)力计算分析目的不同于“制定地方水污染物排放标准”工作,且《制定地方水污染物排放标准的技术原则和方法》(GB 3839—83)编制时,我国的水环境污染状况与目前我国的水污染形势迥然不同,因此笔者认为水域纳污能力和水环境容量设计水量条件是否有必要非要遵循有关标准要求,可否寻求新的出路。由于《制定地方水污染物排放标准的技术原则和方法》所规定的设计条件在水资源日常管理之中少有发生,在这种条件下所制定出来的污染物总量控制方案对入河污染物控制过严,尤其是对于北方季节性河流和有断流、脱流问题存在的部分水域;在实际操作中更是让有关水环境、水资源保护管理部门和排污企业难于接受、难于实施,而且由于河流水文、水质和水力条件是随时空条件变化的,河流水环境承载(能)力也应是一个变量,所确定的设计水量条件没有与水资源的变化规律相结合,依据确定性设计条件得到的水环境容量并不是河流真实状态下的水环境承载(能)力,对平、丰水期的水环境承载(能)力资源未能给予合理的开发、利用,不符合水环境承载(能)力是与水资源伴生存在的有关规律。

既然水环境承载(能)力与水资源承载能力是“一个问题的两个方面”^[3],因此水环境承载(能)力应该主要受制于径流量而非流量,其完全可借鉴水资源承载能力的部分表现形式来构建自己的表现形式。笔者认为,狭义水环境承载(能)力可以以“一定设计条件下的水资源径流量”为基础,将年径流量分配到月,并以月平均设计流量来计算分析月水环境承载(能)力,合计月水环境承载(能)力来表现年水环境承载(能)力,如果需要亦可按旬计算,而不是目前的一个设计流量条件。不过时段愈短,其随机性亦相应增大。这样的话,狭义水环境承载(能)力可具有在多年平均、丰水年($P = 25\%$)、平水年($P = 50\%$)、枯水年($P = 75\%$)和特枯年($P = 90\%$ 、 $P = 95\%$)等不同设计径流条件下的资源状况。

1.2 水环境承载能力概念及内涵

1.2.1 水环境承载(能)力概念

1.2.1.1 水域和水环境概念

中华人民共和国国家标准水文基本术语和符号标准(GB/T 50095—98)对水环境(Water Environment)的定义,指围绕人群空间及可直接或间接影响人类生活和发展的水体,其正常功能的各种自然因素和有关的社会因素的总体。也就是说,水环境是以水体为核心,具有自然和社会双重属性的空间系统,其应该是包含水、水中悬浮物、溶解物、水生

生物和底泥的综合体。

水环境是由水环境要素(水环境基质)(Water Environmental Elements)组成的。根据(GB/T 50095—98)对水环境要素的定义,其是由构成水环境整体的各个独立的、性质不同的而又服从整体演化规律的基本物质组成。以此来看,水环境要素应该包含水体、流量及流态、水循环空间、下垫面及岸坡周边以及它们的组合方式、水体污染相对应的水体质量等。

因此,研究水域纳污能力就应该包含水环境所有要素,并在水环境系统变化的物理、化学和生物过程的基础上开展有关工作。考虑到黄河水资源主要供水对象为农业、城市生活和工业等,多在取水后采用工程设施进行水沙分离,以“清水”供给用户,况且该河段水体含沙量相对较低,因而重点研究水相中典型污染物的纳污能力具有重要的实际意义。

1.2.1.2 水域纳污能力概念

基于上述对狭义水环境承载(能)力和水环境概念的理解,研究认为,黄河水域纳污能力指,为维持黄河水域水资源可持续利用、水生态良性维持的需要,重点是保障饮用水安全与人群健康的需要,黄河水域(包含水相、悬浮物相和沉积物相)在一定时段内主观能够承纳典型污染物的最大量。

考虑到水环境、水资源保护管理的实际需要,黄河水域纳污能力是指,在设计水量(主要是径流量)条件下,按照确定的典型污染物水质保护目标、河段上游来水典型污染物浓度,以及现有入河排污口分布情况,以污染物在特定环境系统内的结构、功能以及物理、化学和生物学作用为基础,利用黄河典型污染物环境模型计算出的水功能区在一定时段内的最大允许容纳的典型污染量。

1.2.2 水域纳污能力影响因子分析

根据以上笔者所界定的水域纳污能力概念,研究认为水域纳污能力影响因子可包含影响纳污能力的内涵因子和影响纳污能力的水环境要素。

1.2.2.1 影响纳污能力的内涵因子分析

影响纳污能力的内涵因子应该包括:

- (1)人们对环境的认识和要求水平;
- (2)环境技术发展水平;
- (3)社会经济发展水平;
- (4)环境保护和水资源保护政策、法规等管理水平。

前面在分析水环境承载(能)力、水环境容量、水域纳污能力等概念时已仔细探讨过上述内涵因子,在这里不再赘述。

1.2.2.2 影响纳污能力的水环境要素分析

总体来说,影响纳污能力的因素主要有以下几个方面:

(1)设计径流量。一般枯水期纳污能力相对小一些,丰、平水期水量充足则纳污能力相对大一些。

(2)水环境质量标准。水环境质量标准取决于国家的环境政策、地区的环境要求、经

济财政能力、环境科学和技术水平。我国已经颁布了《地表水环境质量标准》、《生活饮用水标准》、《渔业水质标准》、《海洋水质标准》等。

(3)河段上游来水背景值。背景值高,纳污能力则小;反之则大。在上游受到污染情况下,可采用上游水环境、水资源保护管理单元要求的水质目标值。

(4)污染物自净降解规律。污染物自净降解速率越快,水环境承载(能)力越大;反之则小。

(5)排污点的位置和方式。当排污点分布均匀时,纳污能力相对大些;若排污点集中,则水体的纳污能力相应减小。

1.2.3 纳污能力特性分析

(1)资源性:自然资源系统指为满足人类的生活和生产需要可被利用的一切自然物质和能量。由于水体具有降解水中污染物的动能、化学能和生物能,这些“能”源均可被人们所利用。因此,水环境承载(能)力是一种自然资源。

(2)社会属性:前面提到水环境承载(能)力是一项人类自我设定的限制自我主观活动强度的阈值,受到人们对环境的认识和要求水平、环境技术发展水平、社会经济发展水平、环境保护和水资源保护政策、法规及管理水平等诸多因素的影响,带有一定的人类主观色彩,因此具有一定的社会属性。

(3)动态性:主要体现在两个方面。前面已谈到,一方面随着社会发展程度逐步提高的影响,水环境承载(能)力呈下降趋势;另一方面水环境承载(能)力受水资源变化的影响,具有一定的随机性。

(4)地区性:水环境承载(能)力是与具体的水环境相挂钩的,在不同地区不同的水文、气象条件下,不同地带的水体对污染物有着不同的物理、化学和生物自净能力,因而决定了水环境承载(能)力具有明显的地区性特征。

(5)极限性:谈到承载力就应该具有极限性。由于水环境承载(能)力的恢复与更新,主要依靠自然力,其人工可调性较弱,因此其是可以被耗尽的。

(6)不确定性:水环境承载力涉及“自然—社会—经济—环境”这一复杂的巨大系统,大系统内部的结构因素之间的影响决定其具有不确定性。

(7)可控制性:人类可通过陆地植被等自然生态系统的修复、水环境治理、排污系统优化、水利工程的调节等工程措施,对水环境承载(能)力进行调控。

(8)不具加和性:水环境承载(能)力的不具加和性是和地区性紧密联系在一起的,某一个管理单元的水环境承载(能)力必须换算为同一管理单元后才能被另外一个管理单元利用。

(9)对象性:狭义水环境承载(能)力其限制的直接对象是向水体输污的污染源,因此只有针对一定对象的水环境承载(能)力才具有实际管理意义。某些学者所提出的“环境容量为某一断面的环境容量”^[16]的概念,本身没有问题,但只有在断面环境容量还原为控制对象的狭义水环境承载(能)力之后才能实际操作应用。