

美国水资源保护考察报告

翁立达¹ 彭 彪¹ 彭盛华²

(1. 长江流域水资源保护局, 湖北 武汉 430019 ;
2. 长江水资源保护科学研究所, 湖北 武汉 430051)

摘要 : 简要介绍了美国水环境保护管理体制、水环境监测体制、水质自动监测技术应用、信息共享、遥感、地理信息系统、全球定位系统技术及计算机技术应用、水质监测新设备与技术、污水湿地处理技术等方面情况及经验。在此基础上, 将中美两国水资源保护现状进行了对比, 分析其异同点及存在的差距。最后, 就中国水资源保护领域中存在的一些亟待解决的问题, 提出了一些认识与建议。

关键词 : 中国, 美国, 水资源保护

中图分类号 : X-1 ; K712 **文献标识码** : A **文章编号** : 1004-693X(2004)06-0064-05

长江流域水资源保护局应美国国家环保局 (USEPA) 和美国地质调查局 (USGS) 等单位的邀请, 于 2002 年 2 ~ 3 月对美国有关单位进行了考察访问。考察结束后, 笔者特撰文于此, 以飨读者。

1 美国水资源保护情况

1.1 美国水环境保护的管理体制

美国的环境保护管理体制主要分为联邦环保局、10 个大区办公室 (按地区而并非按流域或水系设立) 和州环保局 3 个层次。USEPA 是负责环境保护的综合协调管理机构, 其主要职责是进行宏观管理, 负责制定有关环境保护的法规、政策、标准与方法, 并监督执行。与中国情况不同, USEPA 和其 10 个大区办公室是垂直领导关系, 经费均来源于国会拨款 (约 3000 亿美元/年)。据了解, USEPA 每年的经费中有相当一部分规定只能用于州政府申请的环境项目贷款, 并必须与州经费配套使用, 因此只有在州政府提出申请时才能动用。而各州环保局经费来源于州政府预算。以往联邦政府提供给各州的环境保护经费无需偿还, 而现在必须是有偿使用, 因此各州向联邦政府申请环境保护项目贷款并不很积极。

据介绍, 加利福尼亚州是全美国在水资源管理方面做得最好的地区。加州经济发达, 但水资源短缺, 为此实施了中央河谷工程 (Central Valley Project) 及其他工程, 从加州北部和州外调水至南部洛杉矶地区。加州的 80% 水资源用于农业。加州水资源局与州环保局同级, 受州水资源委员会领导。在加

州还有 9 个按小流域设立的水董事会 (Control Board), 成员由州长指定, 董事会每 5 年制定一次水质控制计划, 并负责进行水体水质、水量的监测。

1.2 美国的水环境监测体制

与我国明显不同的是, USEPA 并没有建立本系统的国家级水环境监测站网, 也没有建立本系统的水环境监测队伍, 各大区和各州环保局负责组织对本地区水体进行定期的监测。由于没有环保系统的监测队伍, 因而主要依靠合同实验室 (商业性私营公司、其他部门和自愿者) 按照环保局提出的要求进行监测, 而 USEPA 按合同给予经费补助。

USGS 是美国内政部落属的专门负责收集自然界信息的技术机构, 其中水资源部有 4000 余名工作人员, 下设东南、中部及西部 3 个大区, 其主要经费来源与 USEPA 相同, 即由国会拨款。与 USEPA 不同的是, USGS 有自己完整的国家监测站网, 包括水质和水文监测站网, 以及采样、样品处理、保存与分析技术规范与规定, 有相应的专业监测队伍, 负责美国全国的地表、地下水及大气降水的水质与水量的监测。反映美国水资源质量状况报告均由 USGS 负责提出, 因此 USGS 是美国地表水与地下水水质监测的权威单位。其水质和水量方面的监测成果及时转入数据库, 由政府各部门和社会共享。而 USEPA 由于缺乏统一的流域监测站网规划与监测技术, 在掌握全美地表与地下水环境质量方面主要依靠 USGS。据了解, 20 世纪 90 年代初, 美国国会为了解在投入数千亿美元后, 本国水污染的治理效果与水质改善

作者简介: 翁立达 (1944—) 男, 上海人, 教授级高级工程师, 主要从事水质监测、水资源保护与管理方面的研究。

的情况,曾拨款由 USGS 而不是 USEPA 专门进行了一次全美国的水质调查与评价,并专门向国会提出了关于本国水质状况的报告。

总体来看,USEPA 在管理方面,比较突出的特点是制定有关全国环境保护的宏观政策、法规和技术标准,进行培训与技术指导,协调工作和矛盾;完善与补充政策、法规、标准体系,由分布在全国的 10 个大区负责执行。USEPA 下设有研究机构,但是在具体工作中更多的是依靠与其他部门如 USGS、气象局和农业部等,与这些专业及资源管理部门长期形成的良好合作伙伴关系,这一部分力量也是 USEPA 的重要技术支撑。USEPA 的研究实验室主要偏重基础性和管理性两个方面的研究。基础性研究如标准、方法、化合物毒性试验等均是从事生态环境保护、水资源保护与管理所必须的。管理性研究成果如数据库系统、环境信息分析与处理、数学模型以及研究调查指南等,直接为管理和决策服务,针对性、指导性和实用性较强。特别值得一提的是,USEPA 的研究成果均无偿为全社会所共享,如其信息系统存储的大量水质监测数据,以及大量水质数学模型均可通过网上下载,或向 USEPA 免费索取。

与 USEPA 不同的是,USGS 在生态环境方面主要负责美国全国的地表及地下水质与水量的监测,在水生态环境和环境地质方面的工作比 USEPA 更为专业,研究也更为前沿。USGS 在水资源、水生态、沉积物、数据库、水质模型开发以及 GIS(地理信息系统)、RS(遥感)应用等方面具有非常强的研究开发能力,在此次访问中,有关专业技术人员介绍了最近对水中氟里昂以及药物,如抗生素、激素类化合物的研究情况,这些研究具有原创性质,我国目前尚未开展这一方面的研究。

1.3 美国水质自动监测技术应用情况

目前,美国的水质监测仍以野外采样和实验室分析为主,很少建立自动监测站。因为自动监测站建设费用和运行成本高,且难以适应各种环境和满足各种不同层次测试的要求。就水质自动监测站的数量、技术和发展趋势而言,美国现在的发展情况与 10 年前相比,并没有更多的变化与进展。就本次考察所了解到的情况,用于地表及地下水水文参数自动测量的设施已经十分普遍,但目前水质自动监测站在美国的应用仍十分有限,如科罗拉多全州只有 4~6 个,监测参数也只是几个简单的参数,如水温、溶解氧、电导率、pH 值、氧化还原电位、氯离子和浊度等,氨氮的测定较前几年已有所突破,但绝大部分水质参数还是依靠实验室分析监测。据加州 USEPA 第 9 大区专家所知,在加州只有极个别自动水

质监测装置在运行。在本次考察中所接触到的 USEPA 和 USGS 专家都普遍认为,由于至今水质自动监测站在技术上未取得根本性的突破,自动监测站一次性投入费用昂贵,运行维护费用高,监测参数有限,而监测代表性更有限,在水质常规监测中不宜普遍推广。目前的自动监测技术仅能用于一些特定场合,如污水处理厂的出水口,重要供水水源地的取水口以及对水质反应较敏感的水体水域等,而且只能适用一些特定参数的监测,不宜普遍推广,这与我们的观点完全一致。据了解,不仅在美国,在世界其他地区,包括英国、德国、加拿大在内的大多数发达国家,水质自动监测站的应用均十分有限。

1.4 美国的信息共享

美国政府部门对信息系统建设工作很重视,从 20 世纪 70 年代开始逐步建立了一系列与流域水环境管理有关的数据库。如 USEPA 的 STORET(水质数据管理系统,包括 STORage 和 RETrieval 两部分)、RR(河段文件)、USGS 的 NWIS(国家水信息系统)。这些数据库包括有流域边界、地表水体、水污染源、水质、流量、含水层、土壤特性、土地利用等时空信息数据,它们的建立大大促进了美国地表水和地下水环境的管理。在美国,水文、水质监测、卫星影像、数字地图产品等公益事业由国家投入,其工作成果无条件为全社会免费所共享,用户可通过因特网下载任何这类信息,也可向有关部门免费索取。这样,不同的学科之间、部门之间、地区之间的各项活动能彼此相互配合、有机协调,社会各个层次的研究者和管理者,特别是科研机构、高等院校均可根据各自需要,免费、方便、快捷地获取所需的信息,免去了大量的信息收集、数字化和电子化等繁琐的基础性工作,大大缩短了研究开发工作的进程,不但提高了工作效率,而且还节约了社会成本,这一点尤其值得国内借鉴。但是也了解到,由于缺乏部门间的协调,在 USGS 与 USEPA 新信息管理系统之间,存在兼容性问题,目前正在解决之中。

美国不仅信息共享的程度较高,在生态环境方面信息也较为全面,信息的标准化与网络化程度也较高。相比之下,我国的信息共享程度较低,信息的标准化与网络化、数字化和电子化程度不高,而且由于各部门之间、甚至系统内部的信息共享问题尚未完全解决,格式统一问题更大。这不仅造成了信息资源的极大浪费,也影响水资源和生态环境保护工作的进程,将会对国民经济的可持续发展速度产生不利影响。

1.5 美国 RS、GPS、GIS 及计算机技术应用

“3S”(GIS、RS、GPS 的合称)及计算机技术在我

国已并不陌生,我国“3S”技术专业部门的研究、开发能力及水平与美国差距并不太大,但在应用方面差距显著。美国的环境和水资源部门“3S”及计算机技术的应用已相当普遍,但在我国主要还停留在研究阶段;“3S”技术只在少数专业部门应用,而且低水平重复研究太多。通过本次访问,笔者体会到“3S”技术对于流域大尺度、大范围水资源和生态环境保护与管理极为重要,与之相配套的计算机应用技术,主要包括大型数据库技术、网络技术和计算机模拟与演示技术也须尽快提高。USEPA 和 USGS 都具有基于计算机网络的大型数据库,包含了各类信息系列的数据。如 USEPA 早期的 STORET 是 20 世纪 60 年代开发的,其作为美国主要的水质数据存储系统已经运行了 30 多年。

STORET 系统的设计满足了联邦机构、州、地方政府、学术机构、流域组织和公民志愿者当前和未来在水质数据收集和分析方面的需要。用户可通过因特网获取 STORET 系统中的数据。1991 年,USEPA 开始对 STORET 进行改造,经改造后的新系统更能满足与流域保护有关的信息与数据的需要。STORET 已作为 USEPA 用于存贮海洋、淡水和生物监测数据的主要数据库系统和 USEPA 水办公室的标准数据存储系统。

近年来,美国非常重视对非点源的研究和控制,并为用户提供相应的计算机模拟工具。如 USEPA 水办公室为区域、州和地方环境保护机构开发了 BASINS(Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources 的缩写)软件。该软件是一个流域范围水质研究的多目标环境分析系统和流域水环境管理工具,既综合了水质与水量,还综合考虑了点源与非点源等因素,特别适用于流域水资源保护、水环境管理和决策支持。它将 GIS、全美流域数据以及从简单到复杂的环境评价和模拟工具集成在一个容易使用的软件包里,可支持不同尺度的分析研究,因而使用起来具有很大的灵活性。

传统的流域评价方法一般涉及许多独立的步骤,如:数据准备、对信息进行总结、绘制图表、应用和解释模拟结果。每一步骤在实施时需要一系列的工具和计算机系统。BASINS 则将传统的流域评价方法所涉及的这许多独立的步骤综合在一起,形成一个统一的工具和计算机系统。

我国环保、水利系统和流域机构目前还没有这样的“3S”及计算机技术应用系统、网络系统和数据库系统,所有的相关信息存放在各个不同的部门,信息的巨大作用难以得到有效的发挥。在流域水环境模拟与管理方面,也缺乏有效的、统一的工具系统。

1.6 美国水质监测新设备与技术

通过访问 Hydrolab 公司,对其系列产品 Data Sonde4a、Mini Sonde4a、Surveyor4a 和 Quanta 等水质监测仪器的原理与应用范围有了进一步的了解,特别是了解到其首创开发的四光束浊度测定探头以及用于叶绿素测定的 SCUFA 测定仪。常规方法测定叶绿素 α 需将测定的水样过滤,将叶绿素 α 浓缩到滤膜上,然后以有机溶剂进行提取后,用分光光度法测定,所需时间较长。而 SCUFA 的优点是:仪器应用了荧光法测定叶绿素 α ,较少干扰;由于采用了固体二级标准,且无机械部分需维护,不仅使用方便,还具有良好的灵敏度、专属性和实用性,具有自动选定测定范围的功能,无须人工设定,线性范围好,灵敏度可达 $0.02 \mu\text{g/L}$,而且样品不需特殊处理,可在天然水环境中测定,也可根据需要用水泵抽取后测定,具有良好的应用前景和广大的市场。由于可在现场进行叶绿素的快速测定,对研究非点源的影响,监测河流、湖泊、水库的富营养化问题是一个十分有用而重要的手段。

本次考察过程中,还重点参观了 USGS 新建不足 3 年的国家中心水质实验室,对这一目前在美国最先进的水质实验室的规划、功能、管理等方面的情况进行了详细了解。该实验室在水、电、气路的设计安排,样品的接收、登记、储存、管理等流程,废水和废气的排放,以及用于实验室管理的 LIMS 系统等方面均有特色,这对于今后我国水质分析实验室的建设与管理等将起到重要参考作用。美方根据我方要求,提供了中心水质实验室的平面布置图及水、电、气路图,还提供了 USGS 历年来的大量水质采样及监测的方法、技术规程规范和研究成果,其中不少污染参数国内尚未开展监测分析,对我国今后开展有关的工作提供了良好的参考。

对于信息的获取来说,调查与监测是主要手段。在仪器装备水平,监测能力和技术人员专业素质方面与美国相比差距较大,以水体中重金属的监测为例,目前 USGS 中心实验室已基本上不用原子吸收法和单一的 ICP 法,而改用了 ICP-MS 法;在有机污染物分析方面,ICP-MS 法已经得到了广泛的应用,特别是水体中残留药物(如抗菌素类)的分析。

1.7 美国污水处理技术

从加州几座污水处理厂的处理工艺看,美国对点污染源治理要求很高,不允许有污水排放。

Mt. View Sanitary District 污水处理厂于 1923 年建立,主要处理未纳入市政污水处理系统的 Martinez 市东部的生活污水。该区早期的污水通过排污系统排入化粪池中。为了满足人口日益增长的需要,该区于 1951 年安装了污水初级处理设施,1968 年安装

了次级污水处理设施(包括次级沉淀池、污泥消化池、污泥浓缩系统和高效的生物滤池)。1974年起采用了湿地处理,随着污水量的增加,湿地的面积也由20英亩增加到86英亩。1994年,该湿地面积增加了100英亩(1英亩=4.047×10³m²)。

目前,该污水处理系统为2.5万居民提供污水处理服务,平均每天处理170万加仑(1加仑=4.5461L)的污水。该系统由一个董事会管理,经费来自于社区居民。该系统的污水处理设施包括污水收集系统、预处理系统、沉淀系统、污泥浓缩系统、生物滤池、生物塔、沙滤与紫外线灭菌系统、湿地系统、污泥消化池、生物固体烘干床、控制中心等几个部分。其中,生物滤池规模之大,在国内少见。此外,紫外线灭菌系统也很有特色,效率很高,经过处理后的排水中大肠菌群数几乎为零。该紫外线灭菌系统采用全波段紫外线,于1994年安装,为当时加州北部最先采用该先进技术的污水处理系统。采用该技术可避免氯的使用,从而确保了工作人员和公众的安全,减少了处理厂的费用,也有利于环境保护。

Mt. View Sanitary District 不仅处理污水,而且其湿地系统为200多种野生动物提供了良好的栖息环境。丰富的鸟类资源吸引了无数的观鸟者、摄影师和科学家。该湿地系统还被用作当地的学生认识环境和湿地生态系统的理想场所。

Swanson 国际公司开发的高级综合塘系统(Advanced Integrated Pond System, AIPS)是主要用于城市、工业和农业有机废水的自然生物处理的工程系统。其特点是占地面积小,充分利用了自然生物过程,从而减少能量的消耗和化学反应的需求。该系统的设计原则是尽量减少生物固体的产生量,而不是增加好氧固体,从而减少了能耗和固体废物的处理量,因此运行费用较低,比较适合中国国情。利用这一技术建设的 Helena 市污水处理厂于1994年获得了加州能源委员会和加州水污染控制协会的奖励。加州 Helena 市酿酒厂的污水处理设施也是采用这一技术,这些设施已连续运行了30年而没有产生显著数量的污泥,而一般工业污水处理厂的污泥根据废物的性质每7~10年就需清除一次。该系统不仅占地少,建设和运行费用低,污水处理的深度可达到有关要求,而且与湿地自然结合起来,可改善野生动物的栖息地,从而具有美化景观的效果。

2 认识与建议

2.1 充分发挥流域水资源保护机构的作用

在本次考察过程中,中美双方官员和专家均有共同认识,即河流的生态环境保护与水资源保护管理必须按流域进行。美国在流域水资源与水环境保

护管理方面还没有很成熟的经验,比较成熟的流域管理机构是田纳西流域管理局(TVA)与特拉瓦河委员会,但有关这些流域的水质管理情况了解不多。如何发挥我国现有的流域水资源保护机构的作用,是一个值得思考的问题。需从政策、法规和标准体系、管理体制与管理模式方面进行定位和加强,从政策、法规、标准体系建设,特别是流域性政策、法规、标准的制定与执行方面赋予法定职责,并在管理中引入先进技术与手段,才能更好地适应我国当前日益严峻的水资源保护形势。

2.2 加强国家水资源信息系统建设

目前信息化技术在飞速发展,我国水利行业亟待实现信息化。为全社会提供实时的水资源及其相关信息,是水利部门的一项基本职责。应尽快建立国家水信息系统,以便为水资源规划、保护与管理提供信息支持。首先,宜从基本的水体信息开始,建设基于GIS技术的中国江、河、湖泊、水库等水体系统信息化平台,为在计算机环境中开展水资源管理工作奠定坚实的基础。然后,根据中国各流域的实际需要,再开发各类应用软件系统,形成流域水资源保护管理决策支持系统。这一信息系统和决策支持系统不仅可为水利系统内部所使用,而且还可为全社会所共享。

2.3 编译所收集的资料

本次访问收集了大量的美国在水质监测技术与方法方面的研究成果资料,这对于开拓我国水质监测领域,提高监测水平具有非常重要的参考作用,应尽快组织将有关资料整理并翻译,以供国内有关单位参考。

2.4 引进先进技术,开展合作交流

根据国内水资源保护工作的需求,适当引进一些先进技术,并开展合作与交流,美方的一些部门也表示出了这种意愿。

USEPA 介绍了可用于流域性水环境管理的TMDL(Total Maximum Daily Load,日最大负荷总量)方法,该方法与我国水利系统在编制水功能区划中所采用的方法技术思路基本相同,各有特点。但该方法在考虑与水相关的方面时不仅考虑了点源的影响,而且还考虑了非点源以及沉积物对水生态环境的影响,对我们今后的工作有一定的借鉴作用。

我国水利部与USGS曾签署过“中美地表水合作协定”,后由于某些原因中断了这一交流。建议继续与USGS续签这一协定。

2.5 “水质自动监测站建设热”应降温

当前,我国有关部门兴起了一股建设水质自动监测站热,甚至提出了耗费巨资的庞大计划。要在大江大河中设置一系列的水质自动监测站,既缺乏

科学依据,也不符合当前国内外发展的趋势。在像长江这样的大江大河中,由于宽深比大,存在着近岸污染带,中泓与岸边的水质差异明显,不同水深的水质情况也不相同,用这种方法得到的单一监测站点的数据更不可能代表河流水质状况,缺乏实际意义。并且,水质自动监测技术本身还不很成熟,价格及运行费用极高,应用范围有限。根据我国的国情,应当加强现场多参数水质监测仪的引进、研制与开发,以提高我国水质监测工作的效率与技术水平。

2.6 加强湿地保护

湿地是地球上三大生态系统之一。美国对湿地

保护很重视,在河道的两侧均划定有一定宽度的分、蓄洪区,并兼作湿地进行保护。在污水处理过程中,也更加重视湿地的作用。在我国,湿地保护主要由林业部门主管,而实际上湿地保护与水利部门关系更为密切。许多水利工程项目对湿地生态环境有重大影响,需引起充分重视。相应地,水利部门在湿地保护方面也具有更大的优势。在水利工程的规划、设计、调度运行中应当充分考虑湿地保护的需要,更好地保护我们所赖以生存的湿地生态环境。

(收稿日期 2003-06-02 编辑 舒建)

(上接第 56 页)

将原点坐标设在市区综合排污口,由二维稳态水质数学模型计算得金城江城区综合排污口至三江口的浓度场分布^[3],浓度曲线见图 1。

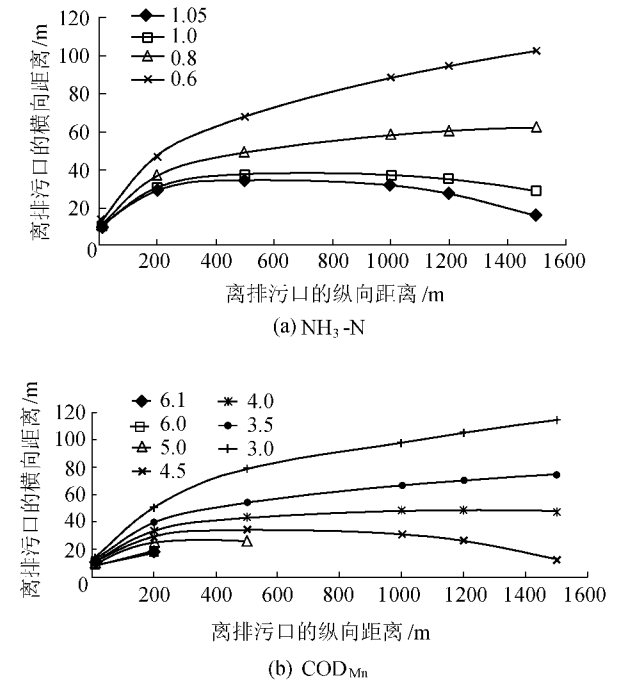


图 1 平均排放量下质量浓度分布

从图 1 可知,龙江金城江区段氨氮平均排放时在 95% 保证率水量下超标,而高锰酸盐指数在平均排放量下未超标。故在此只分析氨氮的达标情况。将表 1 和表 2 有关数据代入公式(1),即得各水量下氨氮质量浓度,如图 2 所示。

表 2 各水量下的水文参数

$Q/(m^3 \cdot s^{-1})$	H/m	$U/(m \cdot s^{-1})$	$Q/(m^3 \cdot s^{-1})$	H/m	$U/(m \cdot s^{-1})$
140	8.8	0.20	649	9.3	0.73
242	8.9	0.30	835	9.5	0.89
350	9.0	0.42	938	9.6	0.99
542	9.2	0.62	1290	10.0	1.33

从图 2 可以查得,在氨氮平均排放量下,若要使三江口水质达标,流量必须大于 $700 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

图 2 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度与流量关系

纳污能力^[4]

$$W = \frac{H(\pi M_{y,xu})^{\frac{1}{2}} \left[C_{\text{平均}} \exp\left(\frac{kx}{86400u}\right) - C_0 \right]}{\exp\left(\frac{-uy^2}{4M_{y,x}}\right) + \exp\left[\frac{-u(2B-y)^2}{4M_{y,x}}\right]} \quad (2)$$

将有关参数代入公式(2),即可算出该河段的纳污能力。 W 为 6145.6 kg/d 。平均排放量下应削减^[2] 190.08 kg/d 。

3 结论与建议

- ①三江口断面在流量小于 $700 \text{ m}^3/\text{s}$ 时 $\text{NH}_3\text{-N}$ 必定超标;
- ②三江口断面在 95% 保证率(即 $Q = 140 \text{ m}^3/\text{s}$)时,容许排放量为 6145.6 kg/d ;
- ③为使三江口断面水质达标排放,当流量小于 $700 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,必须减量排放,排放量应视当时的流量而定;
- ④若实在不能减量排放,在排污量较大的季节里,可以通过调节金城江区内水坝闸门,使流量达到 $700 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上,保证三江口断面水质达标。

参考文献:

[1] GB3838—2002 地表水环境质量标准[S].
[2] 劳期团.环境管理实用技术方法[M].北京:中国环境科学出版社,1994.355.
[3] 庞熙.柳南水厂水质达标分析[J].人民珠江,2000(3):52~54.
[4] 张逢甲,金传良,顾丁锡,等.水污染物容许排放量计算方法[M].北京:中国科学技术出版社,1991.129.

(收稿日期 2003-10-30 编辑 舒建)