

中国水力学

ZHONGGUO SHUILIXUE

JICHU YANJIU

YU GONGCHENG YINGYONG

(2004)

基础研究与工程应用
(2004)

■ 黄社华 刘树坤 主编



全国
优秀出版社
武汉大学出版社

中国水力学

基础研究与工程应用
(2004)

■ 黄社华 刘树坤 主编

ZHONGGUO SHUILIXUE

JICHU YANJIU

YU GONGCHENG YINGYONG

(2004)



全国优秀出版社
武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国水力学基础研究与工程应用(2004)/黄社华,刘树坤主编. —武汉:
武汉大学出版社,2005.3

ISBN 7-307-04407-2

I. 中… II. ①黄… ②刘… III. ①水力学—研究—中国—文集
②水利工程—研究—中国—文集 IV. TV-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 133220 号

责任编辑:夏炽元

责任校对:王 建

版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp1@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:23.375 字数:563千字

版次:2005年3月第1版 2005年3月第1次印刷

ISBN 7-307-04407-2/TV·23 定价:37.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门
联系调换。

前 言

2004 年全国水力学研讨会在武汉召开,每年一次的研讨会反映了我国水力学研究的活跃,会议出版的论文集记录了每年水力学研究的最新成果,值得认真地阅读。特别是在每年的论文集中既可以看到许多卓有成就的中年专家的精彩论文,也可以看到许多还有些陌生的新人驰骋在水力学研究的各个领域,这是非常令人振奋的。

今年收录在论文集中的 50 余篇论文中,有传统的水力学试验研究、水力学数值模拟研究和有关环境和生态方面的水力学新领域的研究,几乎各占三分之一,这反映了我国水力学研究的全面发展。稍感不足之处是我国近年来在土工水力学的原型观测方面取得了很大的进展,有一位优秀的青年学者还为之献出了生命,但是这方面的成果在论文集中却未能得到反映。

理论解析、模型试验、数值模拟和原型观测都是现代水力学研究不可缺少的手段,它们都各有长处,因此利用各种手段进行水力学问题的研究、分析和比较对于推动水力学的进步是很重要的。每年一次的全国水力学研讨会为水力学工作者提供了互相学习和交流的机会,希望大家给它更多的支持。最后要指出的是,为了本届研讨会的顺利召开,武汉大学各级领导都很关心,会议组织人员付出了辛勤劳动。武汉大学水利水电学院水力学及河流动力学省重点学科和水资源与水电工程科学国家重点实验室基金对论文集的出版给予了资助,在此表示诚挚的谢意。

水力学专业委员会主任 刘树坤

2004. 9. 29 北京

目 录

一、特邀报告

流域水循环与流域生态修复	刘树坤	3
三峡水库水污染信息管理系统的研制与开发	陈永灿 刘昭伟 韩菲 申满斌	9
fD^3/Q 等于什么? 悬谈水轮机水力振动的一个重要问题	程良骏	17
掺气水流掺气浓度缩尺影响的估计	谢省宗 陈文学	20
水工水力学的现状与展望	李桂芬 郭军	30

二、水力学基础理论和计算

调水工程明渠水力控制线性化数学模型的研究	王涛 杨开林	49
排水孔的有限体积法网格自适应	杨海英 陈刚 冯瑞林 张华文 谢艳芳	56
强非线性领域充分发展的混合流体行进波对流	宁利中 原田义文 八幡英雄	63
港口航道数学模型计算结果的动态可视化	陈妮 陈大宏 杨小亭 李捷来	71
中山市岐江河水量水质模型研究	郭新蕾 陈大宏	78
紊动空化水流的质量传输方程模型及其应用	黄社华 王京辉 詹才华	84
完全空化模型在二维水翼空化数值模拟中的应用	吴剑 钱忠东 黄社华	92
混流式水轮机内固液两相湍流的数值模拟	钱忠东 黄社华 吴剑 封伯昊	98
深圳河二维水沙数值模拟及减淤对策研究		
..... 周立 张华 赵明登 槐文信 童汉毅		104
深圳河泥沙淤积特性分析	乐茂华 张华 童汉毅 槐文信 赵明登	111
天然气井竖直管积液区两相流数值研究	吴剑 黄社华 钱忠东 李炜 李强	119
DORA 算法在一维非恒定流数值模拟的应用及其特点	蓝霄峰 杨小亭 陈大宏	125
涵闸阻螺机理及二维流场数值模拟	金国裕 李大美	131
湍流边界层近壁区对称与非对称相干结构演化机理的比较	陆昌根 钱建华	135
阳江核电站排洪沟洪水演进数值计算	严佳庆 赵明登 廖泽球 吴飞	140
水力学教学仿真模拟实验软件系统开发及应用	赵明登 徐林春 槐文信	146

三水源洪水实时预报模型的研究及应用	李娜 王祥三	151
堰闸大淹没出流计算方法初探	陈荣力 吴小明, 高时友	158
射流泵三维流动的数值模拟	韩宁 龙新平 冯卫民 姚昊	165
基于神经网络的明槽流动沿程水头损失系数研究	曾玉红 槐文信	171

三、水力学试验研究

居龙滩水利枢纽水工模型试验研究	邬年华 胡松涛 邵仁建	179
迷宫堰下游水流特性试验研究	贾树宝 杨玲霞	187
引黄工程中压力管道出口消能的试验研究	卢绮玲 陈刚 许联锋 杨丽萍	199
龙抬头式明流泄洪洞反弧末端边墙掺气减蚀设施的研究	陈文学 谢省宗 刘之平 张东	206
旋流式内消能泄洪洞的研究与展望	牛争鸣 安丰勇 谢小平 洪镛	214
丹江口大坝加高工程水力特性试验研究	段文刚 陈端 李利	222
宽尾墩射流作用下底流式消力池水动力荷载及其稳定性问题	严根华 胡去劣 陈发展	231
威远江水电站工程溢洪道挑流鼻坎体型优化研究	石岩 陈和春 王继保 张英克	241
向家坝水电站泄洪雾化物理模型试验研究	吴修锋 吴时强 陈惠玲	247
电模拟试验在电厂贮灰场渗流研究中的应用	李琼 黄纪忠 詹才华	253
抽水蓄能电站竖井式进/出水口水力学问题	高学平 宋慧芳	258
抽水蓄能电站尾水岔管水流阻力特性试验研究	李玲 李玉梁 陈嘉范	263
万安船闸航运安全监测与事故分析	徐琳	269
三峡工程下引航道六年清淤初步认识	吴方林 陈和春	274
桥墩局部冲刷研究现状	薛小华 詹义正	280
白水峪水电站泄水建筑物水力学原型观测	王继保 陈和春 李俊美 吴汉明	284
古洞口 II ₂ 级水利水电工程水工整体模型试验	冯源 陈和春 王继保 李俊美	290
钢丝绳液压均衡系统试验研究	徐琳 刘敦煌	296

四、生态水力学及水资源环境

浅谈海河流域水环境的治理	宋爱红 孙书洪	303
水环境容量的计算方法综述	魏小华 槐文信	308
基于 GSM 短信息数据传输技术实现对地下水水位的数字化连续自动检测	秦建敏 沈冰	315
水污染对作物的影响分析	哈欢 董亚楠 王祥三	320
共产主义渠新乡市区段水环境治理方案分析	贾树宝	326

污水灌溉的现状 & 改进措施.....	董亚楠 哈欢 王祥三	333
七里海湿地生态环境需水量研究.....	孙书洪 宋爱红	341
无螺取水技术研究.....	张英克 陈和春 王继保 石岩	348
电凝聚法处理废水时的影响参数研究.....	班璇 李大美 李立忠 刘子元	353
论西藏雅鲁藏布江中、上游河段(彭错林—塔玛段)的新构造运动特征及对工程的影响.....	何果佑	359

一、特邀报告

中国水力学基础研究与工程应用(2004)

流域水循环与流域生态修复

□刘树坤^①

摘要 流域是天—地—生系统的基本单元,是自然界中重要的现实存在,我们必须充分认识流域的自然特征和社会特征。在既往的水利工程建设中,总是通过水利工程的建设来改变流域内水资源的时间和空间分布,以满足社会发展对水资源不断变化的需求。可是,被忽略的是,千万年来形成的流域生态系统无法立即适应这种变化,导致流域生态系统的萎缩和物种的减少。目前,提出了修复流域生态系统的宏伟目标,但是必须清醒地认识到只有恢复健康的流域水循环才有可能使流域的生态系统得到逐步的修复。

关键词 流域 水循环 生态修复

一、流域的基本特征

流域是天—地—生系统的基本单元,必须十分重视流域的基本属性。

人类文明初期流域圈基本是一个封闭的单元,工业革命以来,流域圈逐渐成开放状态,人类开始强化行政圈和经济圈而淡化了流域圈。由于人类过分强调其辖区的经济和社会利益,而对流域整体的生态环境质量考虑较少,造成流域内生态环境恶化,进而造成流域社会经济发展的衰退。现在为了修复流域生态系统,必须重新认识和强调流域概念的重要性。

流域是天地生系统的基本单元。现代科学提出了天—地—生系统的理论,即作用于地球的宇宙力(光、热、射线、电磁波等)、地表层(地面以下10公里的范围)的地理和地质环境决定了地球上的生态系统状况,相互作用构成了天—地—生系统。其中水在天地间以降水、蒸发和蒸腾形成的空间水循环使得水可以不断重复利用,为地球生态系统的形成创造了重要条件。由于水循环的重要性,可以将流域作为天—地—生系统的基本单元。因此,我们在研究流域的生态环境时也必须将流域的生态环境放在天—地—生系统中加以考察。

在以流域为单元的天—地—生系统中,地象条件除了人类的开发造成局部变化外,是基本稳定的。天象条件随流域的地理位置有所差异,呈现准周期性的波动。流域的生态系统受天象条件的波动影响,但是在一定时期也是相对稳定的。而目前我们所面临的最大生态环境问题是在流域内经济社会发展过程中,不恰当的发展模式和人类活动所造成的压力和破坏,不改变这些压力和破坏,流域的生态环境是无法修复的。

在研究流域的背景时需要从流域的三个基本特征加以考察,即流域的自然特征、社会特征和生态特征。生态特征是自然特征的一部分,只是因为它十分重要而需要单独论述。传统的流域概念往往只是考虑流域的水循环特征,这是非常不全面的。

在流域的自然特征中,对水循环影响最大的是降水、蒸发条件,它决定了水在空中的循

^① 教授级高级工程师,中国水利水电科学研究院,邮编:100038

环速率;地形、地质、河流水系和植被条件,它们决定了地表水循环的速度、形态和地下水循环的特点。其中降水、蒸发、地形、地质等条件不可能大幅度改变,最容易受人类活动影响的是河流水系和植被条件。

在流域的社会特征中,对水循环影响最大的是流域社会对水资源的开发和利用的方式。当代人类活动中有很多不文明的生、活方式,无节制地追求物质生产、浪费和污染水资源,对流域生态系统构成了最大的威胁。不改变人类不文明的生、活方式,流域社会无法实现可持续发展。

流域的生态特征是受流域自然条件和流域人类活动影响和支配的,相对而言它是被动和脆弱的。因为自然条件的变化相对缓慢,而且流域生态系统是与流域的自然条件相适应的,它对人类活动表现得非常敏感。如果没有人类活动的干扰,自然生态系统会是一片生机,一旦受到人类的干扰,它又十分脆弱。

二、人类活动对流域生态系统的压力

人类活动对流域内生态系统的影响有直接的和间接的。

(一)人类活动对生态环境的直接破坏

流域内的各种开发建设活动,都有可能直接造成生态环境的破坏。比如:

1. 大量砍伐森林、开荒种地,造成水土流失和生物栖息环境的破坏。
2. 围湖造田、侵占河道、开垦湿地等,使流域的水面面积缩小,水生生物失去生存空间。
3. 生活、生产废气物直接向流域内排放,造成大气、水体、土壤的污染,使部分生物灭绝或迁移。
4. 大量超采地下水,造成地下水位下降,导致地表植被干枯、湖泊和湿地萎缩。
5. 城市建设中产生的热岛、扬尘、噪音等环境影响,使城市及其周边的动物逃离,城市成为“生态沙漠”。

这种人类活动直接造成的破坏,后果显现很快,但是只要对人类活动加以管理,生态系统的修复速度也见效较快。

(二)大量水利工程建设改变了流域的水循环

另外一种人类活动对流域生态系统所造成的破坏是非直接的,是通过水利工程建设改变了流域的水循环,水循环方式的改变间接地导致流域生态环境的恶化。而且,这种建设活动又是以“兴利、除害”为目的,大部分人不太容易认识到这种破坏作用的存在。水利工程的建设往往是通过改变水资源的时空分布来达到“兴利、除害”的目的,这种时空分布的改变对生态系统而言,往往改变了它们长期赖以生存的水资源环境,使它们难以适应。

这种对流域生态环境造成间接影响的破坏作用,其显现周期较长,但是其后果一旦显现,治理起来难度较大,效果的显现也比较慢。

通过以上的初步分析,对流域的水生态环境的修复,应当首先控制直接对水生态系统造成破坏的人类活动,这样做投资少、见效快,可以作为近期目标。对于造成间接影响的人类活动,在具体分析的基础上,统一规划、综合治理,坚持稳定投入、长期治理、逐步调整,作为中远期目标实施。

三、水利工程建设对流域水循环的影响

流域内兴建大量水利工程,它们在流域经济社会发展中的作用是非常明显的。但是,由于流域的水循环受到过分的干扰,对生态环境方面的负面影响也开始显现。

海河流域内共兴建水库 7000 余座,总库容达到 300 亿 m^3 ,其中在上游山区修建大型水库 31 座,库容达 250 亿 m^3 。而海河流域的年平均径流量为 220 亿 m^3 ,保证率 95% 的年径流量只有 97.4 亿 m^3 ,也就是说在一般的年份,上游的径流几乎会全部被水库拦蓄,更不要说是在枯水年。同时,海河流域内机井的取水能力达到 250 亿 m^3 ;地表取水工程的能力达到 470 亿 m^3 ,无论是对地下水,还是对地表水,人工干预能力都是非常大的。除非是大水年份,流域的水循环变成了一种人工的水循环,工程建设的目的是为了满足不同经济社会发展的需求,依靠自然水循环生长的自然生态系统逐渐丧失了生存的条件。

流域内水库的总库容量大于多年平均径流量,除了海河和黄河以外,这种情况在其他流域是少见的,对水生态系统的负面影响也以该两流域最为显著。人工化的水循环,是不健康的水循环,主要表现在以下几个方面。

(一) 河流节点化

由于在河道上大量修建水库,河流的连续性、河床的连续性、河流生态的连续性被破坏,原来在河床中流动的水变成了储存在水库中的静止的水,河道干涸。天然的河流变成糖葫芦一样,由于干涸的河道将一个个水库串起来,这对河流生态系统所造成的影响可以说是毁灭性的。

(二) 流域水循环短路化

在自然条件下的多雨季节,流域内的水循环是比较缓慢的,降雨的大部分渗入地下,一部分地表径流进入农田、湿地和洼地,慢慢地汇入河道,注入大海。由于水循环过程缓慢,流域的大部分得到径流的补充,生态系统需水自然得到保障,而且河流中的基流持续时间比较长,不容易发生断流。

河流的干、支流大量修建堤防,海河的下游修建了数条大型排洪涝河。遭遇暴雨时,山区的汇流直接进入河道,平原地区的涝水也由泵站大量排入河道,河道变成了洪水的高速公路,直接快速入海。这样,本来水资源匮乏的海河流域,在洪水季节水资源却很快地注入大海,流域的水循环周期缩短,形成短路。

(三) 洪泛区水循环与河流绝缘化

对人类社会来说洪水不受欢迎,但是对生态系统来说,洪水又是不可缺少的过程,洪水为广大的洪泛区带来水资源、营养盐、肥沃的泥土、多样的物种、饵料等,洪水还可以冲洗河道和土地的污染。干旱饥渴的土地,在洪水过后的若干年内都会显现旺盛的生机。可以说,洪水是维持生态系统,特别是水生态系统的重要生态过程。

现代社会大量兴建高标准的防洪工程体系,河流不再泛滥。在除掉洪水对人类社会威胁的同时,也切断了洪水对洪泛区的生态培育过程。洪泛区的水循环过程逐渐与河流的水循环分离、绝缘化。洪泛区的生态系统得不到洪水的滋润,只能靠本地降雨来维持,必然逐步退化。

四、流域生态系统的变化

人类活动造成流域水循环的改变,影响到流域生态系统,特别是水生态系统的稳定和进化,如果对此没有足够的认识,或者不采取足够的措施及时解决,对流域生态系统所造成的负面影响将是长久和深远的。

仍以流域水循环变化最大的海河流域为例,由于水资源不足,加之过度开发,造成河道干涸 4 000km,入海水量减少 84%,自然湖沼干涸,湿地面积由 20 世纪 50 年代的 9 000km² 减少到目前的 300km²,流域水土流失面积达到 10 万 km²,出现了土地退化、海水入侵、咸水上溯、河口淤积、海岸侵蚀、洄游鱼类消失等一系列生态环境问题。可以说,海河流域的生态环境已经处于危机之中。

上述水循环的变化,加上人类的各种开发活动,如城市建设、高速公路、铁路、堤防建设等,将一个完整的流域切割成一个个孤立的空间,鱼类、两栖动物、水鸟、陆生小动物、大型动物的活动空间越来越小,无法自由地迁徙。生态系统的孤立化,使得动物的捕食、饮水、繁殖、迁徙受阻,影响到食物链和基因的遗传,也是造成物种退化和灭绝的原因之一。

五、恢复健康的流域水循环

实现健康的流域水循环是保护和修复海河流域水生态系统的重要条件,需要给予足够的重视。恢复健康的流域水循环需要遵循几个原则:

(一)尽量减少人类活动对流域水循环的影响。

(二)对流域水循环进行诊断,对生态系统构成重大威胁的,应当有针对性地加以修复。

(三)确保流域生态系统中的重要物种及其栖息地,特别是保证它们对水资源在时间和空间分布方面的需求。

关于流域水循环健康程度的诊断方法及指标体系还缺乏研究,这里以淮河为例进行一些粗浅的分析。

该流域处于我国南北气候过渡带,南部与北部的年均降雨量相差 400 ~ 500mm,年降雨量相差可达 5 倍,因此易涝、易洪、易旱,成为“大雨大灾,小雨小灾,无雨旱灾”的灾害十分频繁的地区。淮河全长 1 000km,落差仅 200m。河流两岸地势低洼,支流向干流汇流快;干流本身上游洪水向中、下游推进快,而干流中、下游坡降小、又受洪泽湖水位顶托,常常导致洪水漫溢成灾。针对这种现实情况,淮河流域的防洪策略是:打通尾闾、河湖分家、尽快地排泄洪水入海,即通用的“上拦、下排、两岸分滞”的防洪战略。流域内已建成水库 5 300 多座,总库容 250 亿 m³,占流域多年平均径流量的 65% 左右;下游入江入海的泄洪能力为 13 000 ~ 16 000m³/s,通过入海河道的扩大,最终将增大到 20 000 ~ 23 000m³/s;利用湖泊洼地建成蓄滞洪区和湖泊型水库工程共 11 处,蓄滞洪库容 271.26 亿 m³。

从流域防洪的角度来看,这样的工程建设是合理的,但是从流域水循环的角度来看,会产生很多问题。

(一)采用尽快将洪水排泄入海的防洪策略将使流域内可以利用的水资源减少,洪水过

后往往很快显现旱象,形成流域内水旱灾害交替的现象。

(二)流域防洪标准的不断提高使流域内低洼地区排涝困难,需要建设大量的泵站,消耗资金和能源,排涝量增加又会加大河道的防洪负担,形成恶性循环。

(三)大量排泄入海会使流域的地下水补给量减少,造成地下水位下降、湿地面积减少、植被破坏、生物多样性减少等一系列生态环境问题。

(四)枯水季节向河道的补给水量减少,河道水质恶化,干旱缺水时间的加长,对河道内的生态环境也会造成严重的影响。

(五)淮河蓄滞洪区和淮河特有的 18 处行洪区的频繁使用,使得淮河流域内蓄滞洪区在防洪和社会发展两方面的矛盾十分突出,居民贫困化。

针对上述问题,防洪策略应当由现在的河道整治转变为对流域国土的综合整治,通过对流域国土的综合整治,增加流域对洪水的调蓄能力,由将洪水尽快地排泄入海转变为尽可能地将洪水蓄滞在流域内,具体的措施如后所述。

山区:河谷修建控制性水库,沟谷修建淤地坝、山坡营林保水保土。

丘陵区:建设梯田、小水库,蓄水、保水。

山麓过渡带:推广水田、进行田埂整理,在雨季可以普遍蓄水 10~20cm。

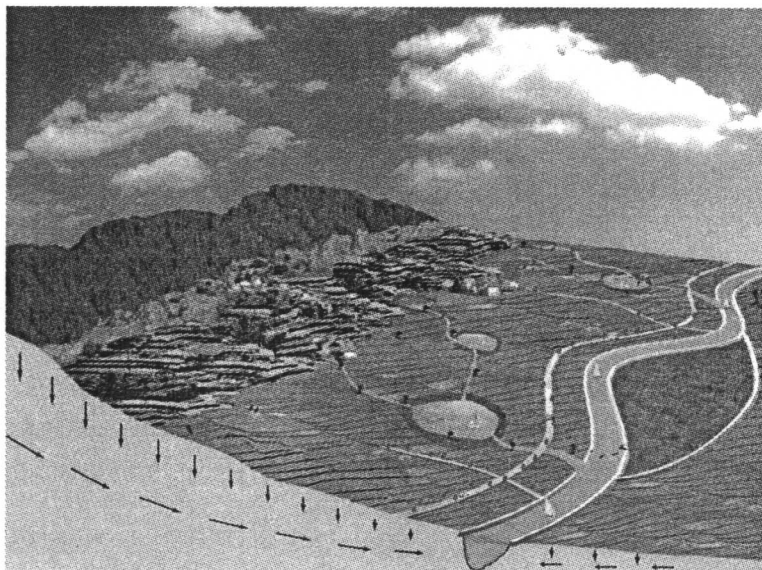
平原地区:建设星罗棋布的多功能蓄水池,兼有防洪、灌溉、养鱼、改善生态等多种功能。

湿地:大片低洼地区,洪涝灾害风险很大,可以弃耕营造自然湿地,在蓄滞洪水的同时还可以改善生态环境。

鱼塘:小片低洼地可以修建鱼塘,发展水产;或挖塘筑台,实行养鱼、果林共同经营。

地下蓄水:利用众多的废弃矿井、古河道调蓄洪水,在中、小洪水时实施人工控制泛滥,回补地下水。

下图是根据上述构思描绘的流域情景。



六、结论

生态系统的修复是目前大家谈论得比较多的话题,生态修复应当有三个不同尺度,即流域尺度的生态修复、区域尺度的生态修复和局部地区的生态修复。流域生态系统是以流域为单位的天一地一生大系统的产物,因此特别强调的是生态修复首先应当着眼于流域尺度的生态修复。而流域生态系统的修复又需要流域健康水循环的恢复,作为水利工作者应当明确我们的使命,更加科学合理地规划和建设水利工程,同时不断总结经验,创造新的水利理论。

三峡水库水污染信息管理系统的研制与开发

□陈永灿^① 刘昭伟 韩菲 申满斌

摘要 长江三峡水库水污染问题涉及影响因素多,信息量大,相互关系复杂,而且在库区蓄水后,库区内水环境将发生新的变化,需要建立一个先进而实用的信息系统为水库水污染控制和水环境管理服务。本文在分析现有环境信息系统的基础上,结合三峡水库水污染的实际情况和具体特点,建立了三峡水库水污染信息管理系统。该系统除实现信息查询等基本功能外,还通过 GIS 增强了系统的空间分析能力、利用水质模型增强了系统的水质分析和预测能力,为三峡水库水污染控制和水环境管理提供了有力的技术支撑。

关键词 三峡水库 水污染控制 环境信息系统 水质模型

1. 引言

长江三峡包括瞿塘峡、巫峡、西陵峡,它西起四川省奉节县的白帝城,东迄湖北省宜昌市的南津关,跨奉节、巫山、巴东、秭归、宜昌五县市,全长约 200km。长江三峡工程是大型的水利工程,集防洪、发电、航运等效益于一体,是治理和开发长江的关键。但它对库区生态与环境的影响一直受到国内外广泛地关注,国家对此问题也高度重视。三峡工程启动前,库区江段水质总体良好,各城市江段出现了不同程度的岸边污染^[1]。库区水体主要污染来源是工业污染源、城市污染源、地表径流污染源及船舶流动污染源,其中工业污染源、城市污染源对库区岸边水质影响较大,而地表径流污染源以及船舶带来的油污染和岸边垃圾、废弃物带来的污染对库区总体水质的影响也是不容忽视的问题。另外,三峡水库蓄水后,库区江段水位抬高、水面变宽、流速变小,库区的污染状况势必将发生新的变化。同时,随着库区移民和城市搬迁的进行,库区工农业及社会经济的发展,库区的水环境状况也将发生很大的变动。因此,三峡水库库区水环境问题涉及影响因素多,信息量大,变化复杂,有必要建立一个先进而实用的水污染信息系统,对这些信息及其变化进行科学管理,为三峡水库水污染的控制和水环境管理决策提供支持。

环境信息系统是以环境控制、管理、决策等为目的构建的信息系统,它处理与环境问题相关的各种信息。近年来,随着计算机技术和网络技术的发展,人们环保意识的提高,了解空气质量和水质监测数据的愿望日益迫切,国内外环境信息系统也随之快速发展^[2]。近年来,我国各级环保部门在环境信息系统的研究上做了大量的工作,建立包括环境质量监测系统、重点污染源数据库系统、环境统计系统等在内的多种信息系统。1994 年,国家环保局在全国 27 个省开展了“中国省级环境信息系统”项目,它以数学模型为基础,对环境管理信息系统提供了大量数据分析和处理,给出决策原则上的辅助信息。该系统将先进的地理信息

^① 教授,清华大学水利水电工程系,邮编:100084

系统空间分析技术、基础数据库和空间数据库综合起来,使环境问题决策的过程更加直观、快速、适时和有效^[3]。

当前,环境信息系统的发展有两个特点:一是与 GIS 技术相结合,增强环境信息的空间分析能力;二是引入各种环境数值计算模型,增强系统的环境预测分析功能。曾凡棠等在 GIS 技术的支持下,建立了一个适用于潮汐河网地区水环境管理和决策的软件系统(EMSS),其主要功能是协助政府部门进行有效和科学的水环境管理^[4]。禹雪忠等根据环境信息系统的特点和要求,将水环境相关技术、网络数据库技术与 GIS 结合,研究并建立了网络环境信息系统^[5],该系统提供了数据维护、数据查询、水质评价、统计分析、水质预测等功能,将各种水环境信息以多种可视化方式进行表达,方便快捷地为水环境管理和决策提供支持。

本文根据三峡水库水污染的实际情况和具体特点,讨论了三峡水库水污染信息管理系统构建过程和所涉及的主要问题。该系统除了实现信息查询、统计等基本功能外,还利用 MapInfo 地理信息平台,增强其查询和空间显示功能,另外,系统还选择和集成了合适的水质模型,增加其水质分析和预测能力。

2. 系统分析和总体设计

三峡水库水污染信息管理系统将为三峡库区水环境管理和水污染控制决策提供咨询和服务,该系统除全面系统地存储和管理库区地形数据、水质监测资料、水文气象条件等库区水环境的基本资料外,还应该能根据三峡水库的实际运行状况及时地更新和补充新的数据。另外,为了防治水污染,更好的为水库水环境的管理提供服务,系统还应具备水质分析、水质预测、污染事故预警等功能。

为了提高系统的开发效率,考虑到系统的运行、升级和维护,系统采用分步开发,综合集成的开发模式。在分析系统目标和功能需求的基础上,我们对系统进行功能剖分,最后将系统划分为地理信息子系统、数据管理子系统、查询报表子系统、决策对策子系统和模型子系统五个子系统。各子系统功能既相对独立,又相辅相成,通过独立开发,综合集成,最后构成了结构合理、功能完备的三峡水库水污染信息系统,系统的总体结构如图 1 所示。

根据系统的开发思路和结构特点,本系统在开发过程中采用了 ActiveX 技术,充分利用现有控件的优秀成果,例如:除采用 Microsoft 提供的许多标准控件,还采用了一些其他控件,如 ComponentOne Chart、Dynaplot 绘图控件以及 Formula One 电子表格控件。这些控件的合理运用不仅大大提高了系统的开发效率,节约了开发成本,还有效地保证了系统的各种性能。针对某些特殊功能需求,系统将独自开发相应的功能模块,并且利用面向对象技术,把一些不易维护和升级的功能模块分解为若干个容易单独维护的小的组件和对象,以便于系统维护和升级。通过这些技术的合理运用,各功能模块既相互独立,又便于综合集成,从而构成一个技术先进、功能明确,易于升级和维护的信息系统。

3. 地理信息平台的设计

三峡水库水污染信息管理系统存储了许多与三峡水库水污染相关的资料数据,其中监