

三峡

Ecological vulnerability
and protection
in the drawdown area
of the Three Gorges Reservoir

库区消落带 生态脆弱性 与 生态保护模式

周永娟 王效科 吴庆标 逯非 仇江啸 编著

中国环境科学出版社

三峡库区消落带生态脆弱性与 生态保护模式

周永娟 王效科 吴庆标 逯非 仇江啸 编著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

三峡库区消落带生态脆弱性与生态保护模式/周永娟,王效科,吴庆标等编著. —北京:中国环境科学出版社, 2010.11

ISBN 978-7-5111-0382-6

I. ①三… II. ①周…②王…③吴… III. ①三峡工程—生态系统—环境保护—研究 IV. ①X321.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第191723号

责任编辑 刘璐

封面设计 中通世奥

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街16号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京东海印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2010年11月第1版
印 次 2010年11月第1次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 10.75
字 数 170千字
定 价 32.00元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

三峡工程规模巨大，世人注目，发电效益明显，但生态效应深受怀疑。尽管早在项目开工之前，已经对三峡大坝的生态环境影响进行了大量研究。如今大坝基本完工，三峡大坝的生态环境影响仍然存在很大的不确定性。三峡大坝的生态环境影响不但关系到长江中下游数亿人民的生产和生活，而且对我国轰轰烈烈的水电清洁能源的发展具有重要的警示作用。在今后很长的一段时间内，我们仍然需要深入研究三峡大坝的生态环境影响，为恢复三峡大坝建设造成的生态破坏进行不懈的努力，为保护三峡地区生态环境、提高区域生态系统服务功能开展持久的工作。

三峡地区生态环境脆弱，生态环境问题众多，三峡水库形成的长 600 多 km、垂直落差 30 m 的消落带，联结陆地和水体，直接影响到两岸陆地生态环境和水库水体环境质量。紧邻消落带的库岸带分布有特大型城市、2 个大城市 and 17 座中小城市。消落区作为长江河道的一道天然生态屏障，能够保持土壤、对来自库岸的污染特别是农村面源污染起到一定的拦截和过滤功能，地表径流携带的氮、磷等相当一部分被植被消化吸收，防止进入库区水体。因此，三峡水库消落带恢复和保护对于三峡地区生态安全保障和水库安全保证具有重要意义。

近年来，越来越多的研究者开始关注三峡水库消落带的生态环境问题，纷纷开展消落带的现状调查、生态评价和生态恢复研究。对于三峡水库消落带的特点、生态环境问题的类型及其分布进行了分析，并提出了多种植被生态恢复技术措施。但面对号称世界级难题的消落带，由于其生态环境问题多样、生态系统复杂、恢复治理难度很大，需要从不同的视角进行必要研究。本研究将水库消落带作为一种特殊的生态系统，从分析消落带生态系统结构、过程、功能和服务特点及其形成演变机制出发，以生态系统脆弱性评价和生态保护模式研究为重点，研究了三峡水库消落带的形成和特点、消落带生态系统类型及演变、消落带生态系统服务功能、消落带生态脆弱性评价和三峡库区消落带生态保护模式，期望能够为三峡水库消落带的生态恢复和保护规划、建设和管理提供科学依据。

本研究主要应用景观生态学与恢复生态学的理论与方法，以遥感和地理信息

系统技术为研究手段,采用多源、多尺度遥感数据获取景观单元类型、生物物理参数作为区域生态研究的基本信息源。综合以往的研究成果,从认识消落带的形成以及淹水前消落带的土地利用特点,分析消落带生态系统的演变规律。通过实地调查、文献查阅、遥感生物物理参数获取等方法,进行消落带生态系统服务功能的评价,提出消落带生态功能分区。从消落带的生态环境实际出发,运用地理信息系统的空间叠加分析功能,进行消落带生态环境脆弱性分析,探讨三峡库区消落带这一特殊地理区域上生态脆弱性的高低分布规律及其在不同主导因子作用下的生态脆弱性空间分异特征。并在消落带生态系统服务功能评价和生态学脆弱性评价的基础上,基于恢复生态学理论与方法,结合实际考察,提出消落带的生态保护模式,建立消落带空间信息管理与决策支持系统。

本研究是国家科技支持计划项目“三峡库区消落带生态恢复与综合整治技术与示范”课题下的子课题“消落带生态脆弱性与生态保护模式”(2006BAC10B01-01)的主要研究成果之一。项目实施过程中,项目组织单位科技部21世纪议程管理中心和中国科学院资源环境科学与技术局的领导和专家给予了大力的指导和支持。课题负责人谢宗强研究员(中国科学院植物研究所)、课题组同人江明喜研究员(中国科学院武汉植物园)、贺秀斌研究员(中国科学院成都山地灾害与环境研究所)和江波研究员(西南大学),为该研究提供了热情支持和建设性的建议。工作单位中国科学院生态环境研究中心及城市与区域生态国家重点实验室的欧阳志云主任、郑华副研究员、肖燧副研究员、徐卫华副研究员、张宏峰博士生等参加了部分工作。在此还需要深深感谢那些为本研究提供许多帮助的单位 and 人员,包括为我们提供研究材料的许多人员。

本书主要是对三峡库区消落带的脆弱性评价和生态保护模式研究成果进行总结,也参考了许多国内相关研究的成果,只是对三峡库区消落带的生态环境问题进行的初步研究,难免存在不妥和不足之处,恳请指正,并希望今后有更多的学者参加三峡库区消落带的生态环境问题的观测、模拟和分析,有更多的政策制定者关心三峡库区消落带的生态恢复和保护,有更多的人享受三峡库区优美的生态环境和优质的生态服务功能。

目 录

第 1 章 消落带研究进展.....	1
1.1 消落带环境问题及治理	3
1.1.1 消落带面临的环境问题.....	3
1.1.2 消落带的环境治理.....	10
1.2 消落带地质灾害	12
1.2.1 崩滑形成机制.....	13
1.2.2 滑坡稳定性的力学分析.....	14
1.2.3 岸坡类型与变形破坏机制.....	15
1.2.4 崩滑地质灾害的形成规律.....	16
1.2.5 消落带地质灾害的防治.....	18
1.3 消落带植物群落	20
1.3.1 自然消落带植被.....	20
1.3.2 人工消落带植物群落.....	21
1.3.3 消落带植被恢复技术.....	24
1.4 消落带土壤元素	26
1.4.1 消落带土壤重金属元素.....	26
1.4.2 消落带土壤非金属元素.....	27
第 2 章 三峡库区消落带的形成和特点.....	30
2.1 三峡库区消落带的形成	30
2.2 三峡库区消落带的自然地理与社会经济.....	30
2.2.1 消落带的地质地貌.....	30
2.2.2 消落带的土壤.....	31
2.2.3 消落带的气候.....	31
2.2.4 消落带的动植物资源.....	32

2.2.5 消落带的社会经济条件.....	33
2.3 三峡库区消落带的特点.....	34
2.3.1 三峡库区消落带的总体特点.....	34
2.3.2 三峡库区消落带的分布特点.....	35
2.4 小结.....	37
第3章 三峡库区消落带生态系统类型及演变.....	38
3.1 三峡库区消落带生态系统类型.....	38
3.2 三峡库区消落带生态系统演变.....	40
3.2.1 系统演变驱动力因素.....	40
3.2.2 消落带生态系统的演变趋势.....	41
3.3 小结.....	47
第4章 三峡库区消落带生态系统服务功能.....	48
4.1 生态系统服务功能的研究进展.....	48
4.1.1 生态系统服务功能的概念.....	48
4.1.2 生态系统服务功能的研究进展.....	53
4.2 三峡库区消落带生态系统服务功能评价.....	69
4.2.1 评价目的.....	69
4.2.2 评价方法.....	69
4.2.3 评价内容.....	69
4.3 三峡消落带生态功能区划.....	72
4.3.1 生态功能区划目标.....	72
4.3.2 生态功能区划原则.....	73
4.3.3 生态功能区划方案.....	73
4.3.4 消落带生态功能分区.....	74
4.4 小结.....	77
第5章 三峡库区消落带生态脆弱性评价.....	78
5.1 生态脆弱性.....	78
5.1.1 生态脆弱性的定义与内涵.....	78
5.1.2 生态脆弱性的命名.....	81
5.1.3 生态脆弱性评价.....	81

5.1.4 生态脆弱性研究进展.....	86
5.2 三峡库区消落带生态脆弱性评价.....	87
5.2.1 生态脆弱性评价目的.....	87
5.2.2 评价方法和数据处理.....	88
5.2.3 生态脆弱性评价指标体系.....	88
5.2.4 消落带生态脆弱性评价结果.....	94
5.3 小结.....	96
第6章 三峡库区消落带生态保护模式.....	98
6.1 消落带生态保护模式研究现状.....	98
6.1.1 消落带的植被问题.....	98
6.1.2 消落带植物多样性和植被演替.....	98
6.1.3 长江三峡消落带植被恢复技术.....	99
6.1.4 生态模式.....	101
6.1.5 基于功能区划的治理模式.....	104
6.2 消落带植被恢复的障碍分析.....	105
6.3 消落带植被生态系统特征和演变趋势.....	106
6.3.1 自然河流消落带植被特征.....	106
6.3.2 自然河流消落带植被的演变预测.....	109
6.3.3 水库消落带植被特征.....	109
6.3.4 水库消落带植被的演变预测.....	110
6.4 消落带生态保护模式的适宜性评价.....	111
6.4.1 适宜性评价目标.....	111
6.4.2 评价原则.....	111
6.4.3 评价指标体系.....	112
6.4.4 适宜性评价结果.....	113
6.4.5 各种模式的优缺点.....	114
6.5 三峡库区消落带生态治理模式的适宜性区划.....	114
6.5.1 区划目标.....	114
6.5.2 区划原则.....	114
6.5.3 适宜性区划.....	115
6.6 消落带生态保护新模式.....	117
6.7 小结.....	120

第7章 三峡库区消落带生态保护的 空间信息管理与决策系统	122
7.1 决策支持系统概括	122
7.1.1 决策支持系统的概念	122
7.1.2 决策支持系统的产生与发展	123
7.1.3 决策支持系统的功能	125
7.1.4 决策支持系统的关键技术	125
7.1.5 决策支持系统的特征	126
7.1.6 决策支持系统与管理信息系统的关系	126
7.2 消落带管理决策支持系统基本框架	127
7.3 消落带信息管理和决策系统的基本功能	128
7.3.1 查询功能	128
7.3.2 管理和更新功能	129
7.4 小结	129
第8章 主要结论与研究展望	131
8.1 主要结论	131
8.1.1 消落带的形成和特点	131
8.1.2 消落带环境问题	131
8.1.3 消落带生态系统类型及演变趋势	131
8.1.4 消落带生态系统服务功能与生态功能分区	132
8.1.5 消落带生态脆弱性	132
8.1.6 消落带生态保护模式	133
8.1.7 消落带信息管理和决策系统	133
8.2 研究展望	133
8.2.1 消落带生态保护和恢复规划	133
8.2.2 消落带的温室气体排放和面源污染的监测和控制	134
附录 长江三峡常见的消落带植物	135
参考文献	139

第1章 消落带研究进展

由于人为控制或自然降雨或江河源头融雪在时间尺度上的不均匀发生，江河湖泊水位会发生季节和时间性的波动，导致水体岸边的土地交替出现淹没和出露现象，其最高水位线与最低水位线之间的土地区域称为消落带。消落带属典型的水陆生态交错带，其主要环境特点是水位涨落频繁、土壤水淹与干旱交织、植被组成相对简单。由于各国学者对江河或湖泊岸边水陆交错带范围的界定和研究的侧重点不同，对该地段的称谓也不一样，诸如河岸带、湖岸带、消落区、消涨带、水位涨落带、涨落带等。本书所讨论的消落带仅限于水体岸边最高水位线和最低水位线之间的区域，“消落带”一词可形象地概括其水位的动态过程和区域形状。严格地讲，消落带是河（湖）岸带的主要组成部分，属湿地的范畴，具有河岸带和湿地的主要特征和基本功能。

按形成成因，消落带可分为自然消落带和人工消落带。自然消落带是指在自然条件下，水位的季节性变化造成水体岸边土地相应地呈现节律性受淹和出露的区域。自然消落带一般在丰水期被水淹没，枯水期离水成陆。由于丰水期和枯水期的长期交替作用，该地带的小气候特征、土壤特性、植物组成和生物地球化学循环过程既不同于典型的陆地生态系统，也有别于水生生态系统。人工消落带则是为满足人们的某种利益需求，水位在人为干预下涨落波动，水体岸边土地相应出现水淹和出露的一类特殊的经人为干预的退化的生态区域。

消落带作为水生生态系统与陆地生态系统的过渡地带，是流域生态系统中一个特殊的组成部分并在其中发挥着重要的作用，具有较大的生态、社会和经济价值。由于受水体水位涨落波动的影响，消落带成为相邻陆生生态系统和水生生态系统物质、能量和信息交流的纽带，成为流域生态系统中物质、能量运输转移和转化的活跃地带。同时，消落带作为湿地的组成部分，为特殊物种的演化、发育和保存提供了条件。由于其具有水土保持、生物多样性保护和水环境保护等重要作用，具有重要的生态学、环境科学和建筑学意义。健康稳定的消落带能够减少河流的冲刷力，防止水土流失和减轻洪水的危害。消落带提供野生动物的生境走

廊，为水生生物和陆生生物提供食物和活动地点。消落带提供了自然过滤带，吸收和阻止了大量来自陆地的污染物。

消落带及其植被作为流域生态系统的重要组成部分，自 20 世纪 60 年代中期人们对其开展研究以来，已成为流域生态学各专业之间相互影响的焦点（张建春和彭补拙，2003）。近年来，国际上关于水陆交错带的研究十分活跃，而人类活动对河流生态系统的影响、河岸植被的管理和退化湿地生态系统的恢复与重建始终是研究的重点（Stromberg, 2001; Buijse 等, 2002; Johansson 和 Nilsson, 2002; Sweeneya 和 Czapka, 2004; Lytle 和 Poff, 2004）。目前，消落带湿地已成为美国自然经营和管理中不可缺少的部分，成为生态系统保护中优先考虑的内容，在某些经营方案中，甚至是问题的中心环节。而湿地恢复与重建是科学研究和社会发展的一个热点研究领域（Whigham, 1999）。

由于受水体水位涨落波动的影响，消落带成为相邻陆生生态系统和水生生态系统物质、能量和信息交流的纽带，成为流域生态系统中物质、能量运输转移和转化的活跃地带。同时，消落带作为湿地的组成部分，为特殊物种的演化、发育和保存提供了条件。Boylan 和 Maclean（1997）的统计研究表明，美国 46% 的联邦濒危物种的生存与湿地有关，湿地的退化和丧失很可能对国家的生物多样性产生不利的影响。Sparks 和 Nelson（1998）、Whigham（1999）认为大江大河的生态恢复与重建比濒危植物保护更为重要。其次，消落带特殊的植被类型、复杂的生态环境同溪河的碧水奔流以及水体岸边的奇山险峰构成的流域景观，成为重要的旅游目的地和环境教育场所。

Naiman 等（1987）和 Nilsson 和 Svedmark（2002）认为，消落带植被是生长在消涨带区域的植物的总和，是消落带功能的主体，其特征及其生态过程是由水位涨落过程、区域气候、地质构造、沿溪河上下及两侧的生物和非生物过程等共同决定的，并同局部地形、地貌、土壤、水文、干扰、河溪级别等密切相关，如河流的水位变化明显地影响消涨带植被的种类组成、物候、结构及生产力。由于这种关系的存在，各地区消落带植被的类型、组成、结构、动态等都有很大区别（Brinson, 1990; Mitsch 和 Gosselink, 1993）。消落带植被复杂多变，在多数情况下呈斑块状分布；植物种数由河岸向两侧高地，总体上呈抛物线状分布，形成一个演替系列（Gregory, 1991）。自然消落带植被是植物对消涨带环境长期适应、不断进化的结果，是遗传变异在时间尺度上的长期积累，是重要的遗传资源和特殊的植物景观共生体。

我国消落带的研究起步较晚，主要集中于水库消落带的生态环境问题和防治对策以及自然消落带植物区系、群落分类和植被功能分析。三峡水库山高坡陡，

地形复杂,而库区消落带地域狭长,人为活动频繁,植被破坏较严重。人们对其系统性的研究开展得比较晚,已有的一些研究也大多是在三峡工程上马以后开始的,其研究主要集中于三峡库区消落带生态环境问题及其治理对策的分析、消落带地质灾害成因分析及防治对策、消落带植物群落分布特点以及消落带土壤中金属和非金属元素的形态和调查研究。

1.1 消落带环境问题及治理

1.1.1 消落带面临的环境问题

杨清伟(2006)、谭淑端(2008)、杜逢彬(2009)等均从宏观上对消落带所面临的环境问题进行了探讨,并提出了相应的生态保护及治理原则。消落带的生态环境问题可以总结为以下几个方面。

1.1.1.1 生物多样性减少

三峡水库蓄水后,消落带由原来的陆生生态系统演变为季节性湿地生态系统,一方面会出现一些新的物种或发生物种变异;另一方面,由于消落带不同高程(蓄水位)地带每年至少要被水淹1个月以上,会使许多原来在未成库前适合消落带生长的陆生植物难以存活,如栎树、刺槐、黄栌等乔灌木种和大多数多年生草本将不再适合消落带生长,而适应水生环境生长的物种又因消落带的季节性出露水面而难以成活,典型的水生生态系统也难以忍受长达4个月以上的成陆期(每年6—9月消落带全部消落成陆),导致消落带适生的植物物种总数减少。因此,整个消落带的植物种类将较以前的陆生环境大为减少。

175 m蓄水直接淹没植物120科358属550种,145 m以下植物被永久性淹没将全部死亡。其中,巫溪叶底珠(*Securinegawux iensis*)和荷叶铁线蕨(*Adiantum reniforme*)是世界上仅三峡库区有分布的特有群落,其绝大多数生境被淹没;国家二级重点保护植物(珍稀渐危)狭叶瓶尔草(*Ophioglossum thermale*)和松叶蕨(*Psilotum nudum*)的新分布地点也被完全淹没;川明参(*Chuanminshen violaceum*)因其淹没比重大在库区生存受到较大影响。消落区范围内哺乳动物有8目20科76种,大多因难以在新生境条件下生存而迁徙;有害啮齿目、食虫目动物被迫随移民而上迁;昆虫65科222属291种,因数十万亩农林园地淹没而大量减少;植物大量死亡,食物短缺加快消落区动物种类减少速度。

库区主要资源植物中,柑橘(*Citrus reticulata*)被淹没4667 hm²(移民局统

计, 占目前库区面积 7%以上), 龙眼 (*Dimocarpus longana* Lour)、荔枝 (*Litchi chinensis*) 被淹没占库区总株数 80%以上, 油桐 (*Aleurites Montana*) 被淹没约 333 万株, 龙须草 (*Eulaliopsis binata*) 被淹没损失约 5 万担; 此外零星散布的梨 (*Pyrus pyrifolia nakai*)、樱桃 (*Prunuspseu docerasus* Lindl)、枣 (*Zizyphus jujube*)、石榴 (*Punica granatum*)、枇杷 (*Eriobotrya japonica*) 和桑 (*Morusalba*)、白蜡树 (*Fraxinus chinensis*)、棕榈 (*Trachycarpus fortunei*)、蓖麻 (*Ricinus communis*) 等将被淹没。上述被淹没植物大多难以继续生存, 其中绝大部分生境被淹没的物种可能从库区消失; 适宜流水尤其是急流生境的藻类亦将从库区水体中逐渐消失。

因此, 在消落带及其支流回水影响区浅平地方可能只有少量的湿生和水生植物群落生长, 整个消落带的植物种类将较以前的陆生环境大为减少, 生态系统结构和功能简单化, 生态系统稳定性降低, 脆弱性增强。

1.1.1.2 加剧污染

消落带作为水域与陆地环境的过渡地带, 其生态系统将受到来自水陆两个界面的交叉污染。水域中的一些污染物由于风浪和库中水体的运动, 将向两岸消落带移动, 水中的部分垃圾将进入消落带。三峡库区人口密集, 水库两岸人类活动频繁, 人类生产、生活产生的大量废物和垃圾、工业废水及生活污水都进入消落带, 特别是在消落带被水体淹没的季节。在消落带退水季节, 大量污染物有可能会沉积在消落带, 造成局部环境污染。

一方面, 库区消落带自身和库区中的一些污染物由于风浪和库水的横向运动, 将向两岸消落带移动, 水中的部分垃圾将进入消落带; 同时水中的一些 N、P、K 等营养物质也将进入消落带的下部土壤中使土壤富营养化。在两岸坡度较陡, 土质为沙土的库段, 水位下降时, 垃圾、杂草等污染物及水分、泥沙都易随水流走, 消落带危害不大; 而两岸坡度很小, 土质为泥土的库段, 夏季水位下降后, 河道内沉淀的各种污染物将留滞在消落带上, 加上经过半年左右浸泡的泥土, 不易排水, 污染伴着垃圾、杂草, 不仅造成景观破坏, 而且在高温下极有可能产生异味, 孳生病菌、寄生虫和蚊蝇, 导致流行病发生。消落带的局部低洼地方因排水不净, 还可能形成零星小面积死水塘, 严重污染环境。更重要的是, 三峡水库冬、夏两季年年蓄退水位, 头一年沉淀在消落带内的污染物, 又将成为第二年水质污染源, 年复一年, 周而复始, 对环境的影响较大。

另一方面, 库区两岸人类活动产生的大量废物和垃圾、工业废水及生活污水都将经过消落带进入水库。由于库区水位提高, 流速减小, 水深加大, 污染扩散

减缓,这样污染物一部分就地沉积在消落带的土壤及土壤孔隙,从而使消落带土壤受到污染。一旦消落带上被再发展种养殖,肥料、作物根系、动物粪便又成为人为增加的垃圾,消落带的污染危害将更为严重。

(1) 库岸和水质污染的现状

三峡建坝前,江水流速大,排入长江的污染物随水流扩散到江心和下游,而长江水量大,稀释容量大,对污染物的降解净化作用强,故对库区水环境的污染问题还不十分突出,长江干流大部分水质都能达到国家地面水环境Ⅲ类水域的要求。2003年开始蓄水后,虽然长江的年径流量不变,但库区江段水面扩大,水深增加,江水流速变缓,出现了许多库湾和静水区,排入水体的污染物不容易扩散,在排污口附近造成了局部污染,形成了影响库区生态环境的污染带。随着时间的推移,污染物的排放量会逐年增加,污染带控制点的污染物浓度将提高,易造成局部水质恶化,并逐渐向库区扩展,从而影响库区整个水环境的质量。

原联邦德国对三峡水库的调查分析表明:当水流速度大于 0.3 m/s 时,因水面运动而发生强烈的交换作用,河流具有很强的复氧能力,只有少量水生植物和藻类能生长,由此引起的二次污染可以忽略。中英两国政府合作开展的《长江、嘉陵江与重庆水污染控制规划研究》表明:三峡建坝后,长江水流速度由原来的 2.66 m/s 下降至 0.38 m/s ,横向扩散系数由 $0.121 \text{ m}^2/\text{s}$ 降至 $0.0446 \text{ m}^2/\text{s}$,水体自净能力大大下降,排入库区的污染物将不易扩散,而在排污口附近造成局部污染,水污染将明显加重,江中污染带将加宽 0.85 倍。在正常蓄水位 175 m 时,重庆主城区江段控制点的污染物浓度比建库前升高 34.5% ,长寿江段污染物浓度升高 117% ,涪陵和万州江段污染物浓度均升高 573% 。由于沿岸城镇排污负荷的增加,长江干流城市江段水质将超过地表水Ⅲ类标准,岸边污染带控制点主要污染物浓度将比建库前成倍增加。岸边污染带综合评价指数由建库前的轻度污染变成重度污染。

随着工农业的发展及城镇人口的增长,污染物的排放强度将增大,库区污染带的污染将越来越突出,成加重的发展趋势。水库蓄水后,还会对库区下游沿江城市的水质产生影响。三峡工程修建后,由于水库运转方式不同,下泄流量与输沙量的变化较大。在大坝蓄水的头 10 年,评价排沙比为 22.9% 。粒径较大的泥沙均沉积在库区内,下泄悬移泥沙的粒径较细。

每年汛期,长江干支流江河水面均有大量漂浮物,从2003年11月成功实现 139 m 蓄水至2004年年底统计,长江、嘉陵江、乌江重庆库区段共清捞江面漂浮物约 12 万 t ,三峡大坝漂浮物来量达 20 万 t 。每年随着水库水位下降,许多漂浮物包括水体中动植物尸体滞留在水库消落带,如没有对应的预防措施,年复一

年, 水库消落带将变成垃圾带, 影响水库消落带的景观效果, 也增添了水库乃至长江下游水质恶化的隐患。

据统计, 三峡水库受淹耕地污染物释放总量为 18 万多 t。蓄水后三峡库区消落带土壤重金属 Cd、As、Hg、Cr、Cu、Pb 等通过溶出作用将导致水体中含量增加。消落带内土壤经过冬淹夏露的反复淹水、落干处理后加剧土壤氮磷的释放; 再加上库区紫色土、冲积土的磷零点吸持平衡浓度高于发生富营养化的临界浓度 (0.102 mg/L), 将会加剧库区水质恶化和富营养化的发生。三峡水库蓄水初期, 库区部分污染较严重的支流, 如香溪河和大宁河等在 6 月 6 日前后已出现“水华”。到目前为止, 三峡库区先后监测到分别以隐藻、硅藻、甲藻、绿藻和蓝藻为优势种群的 5 种类型水华, 总体表现出由河流型硅藻类到湖泊型蓝、绿藻类的演变趋势。

此外, 生活垃圾和残留的化肥、农药、农作物残体及其他固体废弃物, 由于缺乏人工消落带固有植被群落的拦截和吸收, 直接进入水库水体, 造成水质污染。据重庆市 2004 年环境状况公报, 农村面源三大主要污染物的排放量分别为: COD 为 35 173 万 t; $\text{NH}_3\text{-N}$ 为 3 161 万 t; TP 为 21 024 万 t。排放量合计占污染物总量的 51.58%。经预测, 175 m 蓄水后污染物量将有较大增加, 农村面源仍为最主要污染源, 占 46.58%。

(2) 建库后对库区水质进行保护的措施

1) 兴建污水和垃圾处理厂

由于历史和自然条件的影响, 千百年来, 三峡库区的沿江城市污水都是直排长江。在三峡工程蓄水后, 随着水流速度减缓, 水体稀释自净能力减弱, 如果不改变污水直排长江的局面, 将会给三峡库区水环境带来巨大的压力。

在 2003 年三峡工程蓄水前, 国家投入了 40 多亿元, 在三峡库区每个县城都修建了至少一座污水处理厂, 形成了高密度的污水处理厂布局。“千年诗城”的奉节县千百年来, 城市污水处理率为零, 但是 2003 年 7 月竣工的污水处理厂打破了“零”的记录, 日处理污水能力达 4 万 t, 出水达到国家污水综合排放一级标准。在人口较多的城市, 还修建了多座污水处理厂。在三峡库区的中心城市万州, 明镜滩和沱口污水处理厂一期工程已建成运行, 日处理污水达 5 万 t, 服务片区污水收集率达到 80% 以上。

根据《三峡库区及其上游水污染防治规划》, 到 2010 年, 库区及其上游主要控制断面水质整体上要达到国家地表水环境质量 II 类标准, 库区生态环境得到明显改善。100 多座污水处理厂将结束大量城市污水直排长江的历史。近 200 个立即处理厂的修建将使库区的立即无害化处理率达到 95%。

2004年7—9月,长江上游的云南、贵州、四川、湖北、重庆5省市建设厅负责人、库区有水污染防治项目的相关县市行政主管部门及项目负责人共100余人,汇集湖北省兴山新县城,专门研究三峡库区城镇污水和垃圾处理设施的运行和管理情况。据了解,兴山新县城污水处理厂日处理污水1.5万t,垃圾处理场日处理垃圾115t。

三峡库区水污染防治,是国家安排中央财政预算内西部专项国债资金开展的项目。做好三峡库区水污染防治,对确保三峡水利枢纽工程正常运行和库区水质安全,改善三峡工程移民的生活和生存环境,促进三峡库区经济可持续发展有重大意义。

2) 清漂工作

在三峡库区周围,分布着县级以上城市20多个,居住着300多万城乡人口,沿江堆放垃圾是沿岸群众几千年的习惯,短期内很难有所改变。无论是在重庆主城区,还是新建成的县城,乱堆垃圾的现象都不鲜见。库区很多船只的生活垃圾依然随意抛入江中,成为漂浮物的主要来源之一。

原国家环保总局办公厅发出紧急通知,要求三峡库区各地和有关单位认真贯彻落实国务院《关于三峡库区水面漂浮物清理方案的通知》切实做好清漂工作,防止因汛期大雨、暴雨导致大量漂浮物进入三峡库区水体。同时,要求各级环保部门加强现场督查,发现问题及时报告。

三峡清漂问题设计的部门和环节众多,实际解决起来难度很大。但令人高兴的是,这一工作得到了国务院领导的高度重视,并责成环保部牵头组织、管理、监督实施。根据国务院领导的批示精神,环保部在前期工作的基础上又进行了专题研究,并正在抓紧与有关部门和地方沟通,商定建立清漂长效机制。

三峡清漂是一项长期的任务,既要标本兼治,更要上下协力。标本兼治,就是在做好江面清漂的同时,下大力气堵住源头,力争垃圾少入江乃至不入江。上下协力,首先是重庆市、湖北省、三峡总公司应继续按既定方案,落实清漂资金,按区域分工,各负其责;其次是应根据库区经济欠发达、财经困难的现状,在清漂资金上采取国家、地方和三峡总公司共同承担的原则,落实所需经费;再次就是要启动库区上游四川、贵州等省的垃圾处置和清漂工作,减少上游进入库区的垃圾量。

3) 加强库区船舶污染的治理

船舶对三峡库区的污染日趋严重,其原因是多方面的。主要存在着政府及有关部门、相关企事业单位、部分船员和广大旅客防污意识不高,各行其是,运作不协调,监管机制单一,设备、设施落后等亟待解决的问题和矛盾。主要表现在

以下方面：第一，环保部门以及企事业单位对各种船舶对三峡库区造成的污染认识不足，重视不够。长期以来，政府及有关部门对防治各种船舶对三峡库区造成污染的法律、法规、文件虽有所贯彻，但“雷声大，雨点小”，没有认真落实。环保部门对码头建设的环保审批工作不太重视，只是码头，特别是油码头防污设施、溢油应急设施不齐；交通主管部门放松了对企业环保工作的要求和监督考核；航运企业没有建立防污机构和配备专门的人员；企业领导重经济效益，轻安全和防污管理，有章不循，有法不依，冒险作业现象时有发生……。第二，部分船员、旅客的环保和法制观念淡薄。部分船员任意向库区排放污油、含油污水、生活污水、垃圾却若无其事，心安理得。部分旅客的环保意识淡薄，随意向长江扔垃圾的现象十分普遍。这是防污工作难以开展的根本原因。第三，港行监督机构在监督管理的深度、广度和力度上力不从心。由于管理上线长面广，人手有限，有时难免顾此失彼；监管手段落后，监测设施欠缺，不能有效查获违法排放污染物的船舶；港监部门的管理权力有限，造成执法力度不够。第四，港口无专业、规范的环保队伍、无经费保障。目前，库区各港口无污油、污水等技术和处理的专业化人员和设备，致使船舶无法处理和存储污油、污水，只有直接排入库区水域，造成对库区水域的严重污染。

处理好了以上几方面的矛盾，即可减少船舶对库区水环境的污染，从而加强对船舶的综合治污工作。

1.1.1.3 诱发地质灾害

在整个三峡水库消落带中，大部分区域地形陡峻，河岸地层稳定性差，加上库区沿岸人多地少、人类活动频繁，是我国环境地质灾害的多发区。三峡水库蓄水后，由于库岸两侧岩石周期性地浸泡在水中，库岸山体吃水比重加大，使两岸坡地稳定性减弱，从而诱发滑坡、崩塌和泥石流，严重威胁库岸人民的生命财产和库区的安全。

在整个三峡水库消落带中，除开县等局部地区比较平缓外，大部分消落带河段地形陡峻，河岸地层稳定性差，加上库区沿岸人多地少，人类活动频繁，是我国环境地质灾害的多发区。

据最新资料统计，三峡库区（重庆段）消落带内和前缘高程虽在 175 m 标高以上，但可能受消落带水位涨落影响的地质灾害共 1 121 处，总体积 33.91 亿 m^3 ，破坏密度高达 2.52 处/ km^2 ，破坏模数达 761.15 万 m^3/km^2 。地质灾害类型有滑坡、崩塌、泥石流和地面塌陷，其中滑坡最多，共 1 078 处，占地质灾害总数的 96.3%，体积 33.16 亿 m^3 ，占总体积的 97.8%，崩塌（危岩）37 处，占总数 3.3%，