

SHUILI SHUIDIAN GONGCHENG JIANSHE
DE SHENGTAI XIAOYING PINGJIA YANJIU



水利水电工程建设的 生态效应评价研究

刘世梁 赵清贺 董世魁 著

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

水利水电工程建设的生态效应 评价研究

刘世梁 赵清贺 董世魁 著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (C I P) 数据

水利水电工程建设的生态效应评价研究 / 刘世梁等著. — 北京 :
中国环境出版社, 2016.4

(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)

ISBN 978-7-5111-2354-1

I. ①水… II. ①刘… III. ①水利水电工程—影响—区域生态环境—环境生态评价—研究 IV. ①X826

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 077120 号

出 版 人 王新程
责任编辑 李兰兰
责任校对 尹 芳
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街16号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112735 (第一分社)
发行热线: 010-67125803 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2016年4月第1版
印 次 2016年4月第1次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 23
字 数 500千字
定 价 82.00元

【版权所有。未经许可，请勿翻印、转载，违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量，请寄回本社更换。

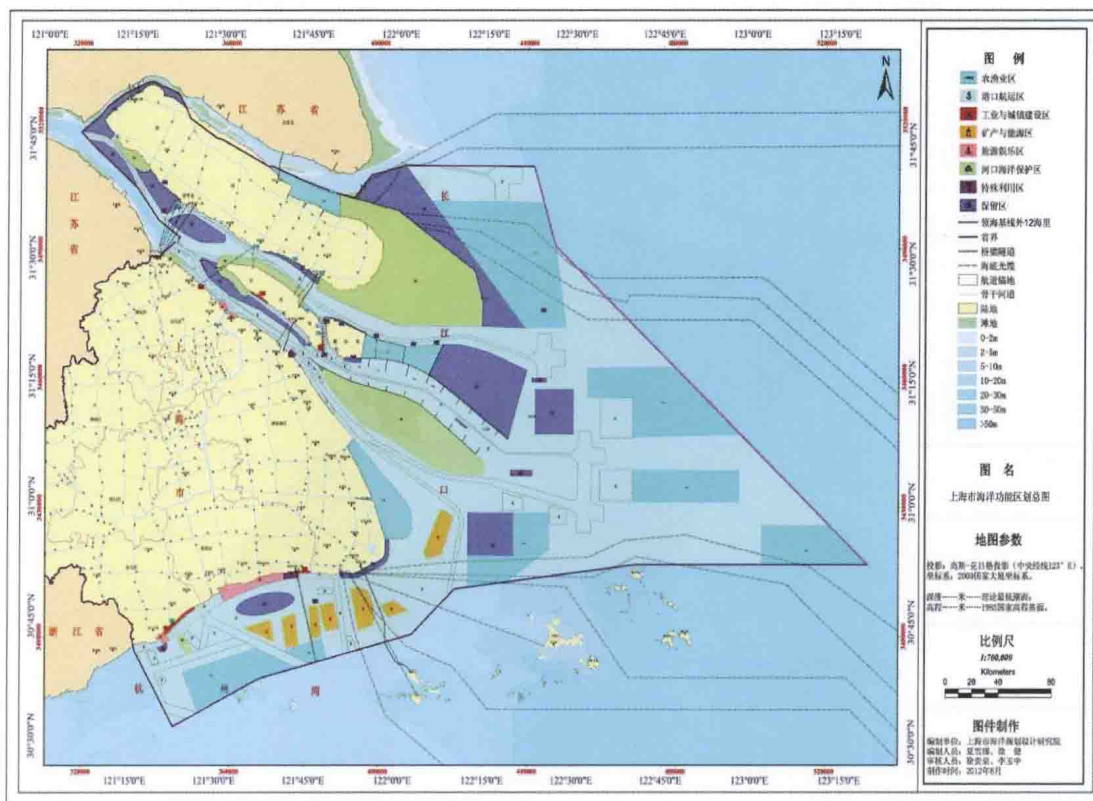


图 3.4 上海市海洋功能区划总图

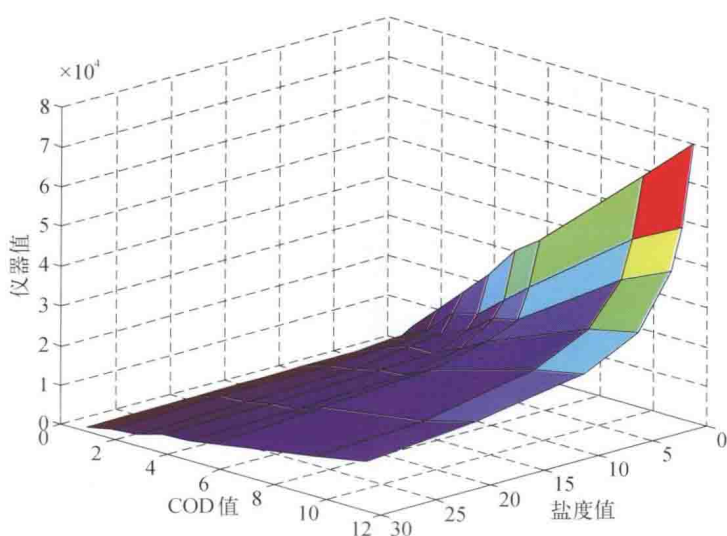


图 4.9 仪器值、盐度和 COD 关系图

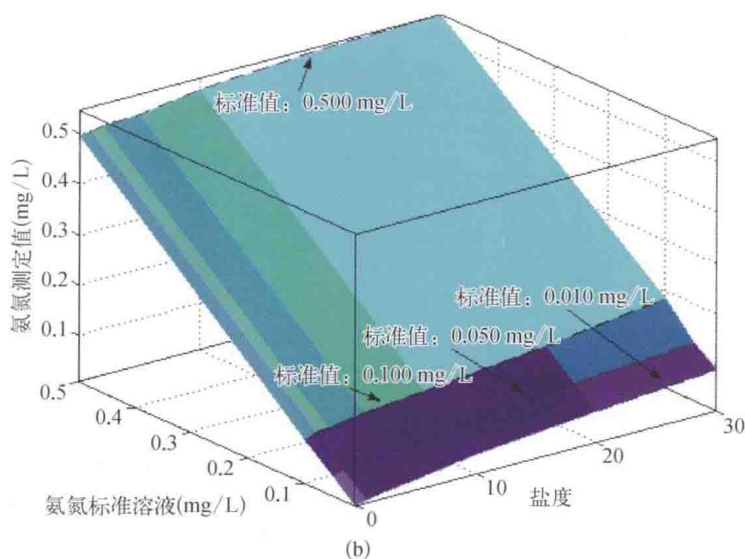
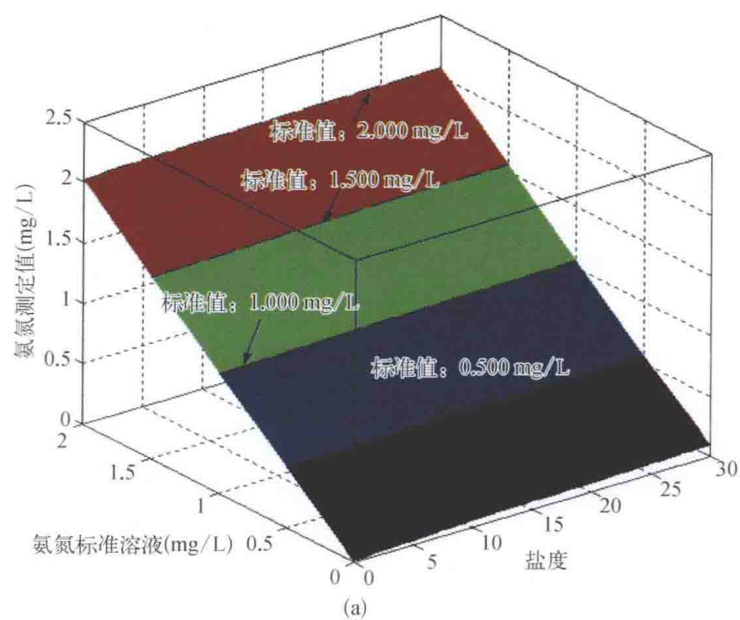


图 6-22 氨氮实测值与氨氮标准值、盐度之间关系图

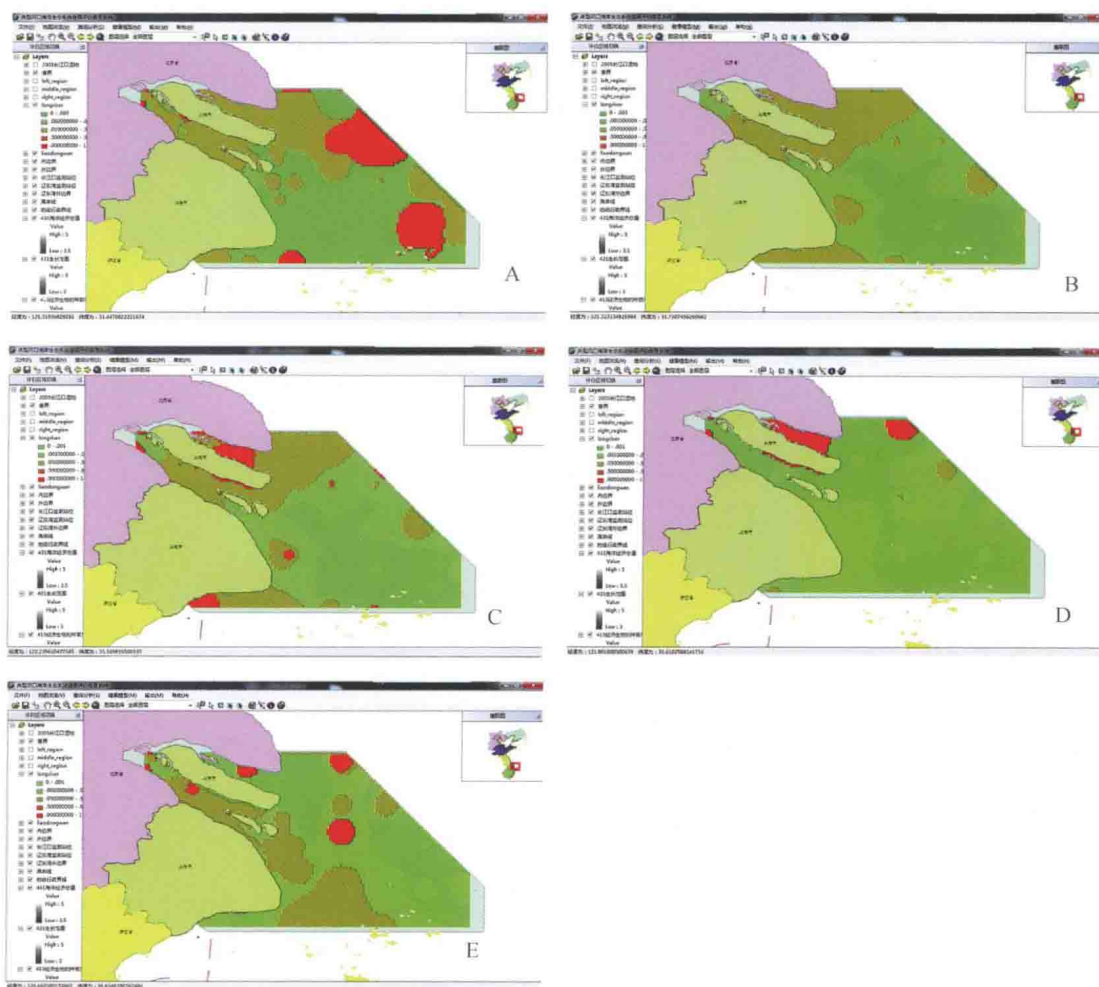


图 7.10 长江口近岸海域生态系统健康评价等级分区示意图

A. 2004 年 8 月; B. 2005 年 8 月; C. 2006 年 8 月; D. 2007 年 8 月; E. 2007 年 8 月

Metric	Combination matrix	Class
P	5 5 5 4 4 4	High  (5%)
S	5 5 5 5 5 5	
R	5 4 3 5 4 3	
P	5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3	Good  (19%)
S	5 5 4 4 4 4 4 5 5 4 4 4 5 5 5 4 4 4	
R	2 1 5 4 3 2 1 2 1 5 4 3 5 4 3 5 4 3	
P	5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1	Moderate  (32%)
S	3 3 3 3 3 4 4 3 3 3 3 3 5 4 4 3 3 3 4 4 4 4 4 3 3 3 2 3 3	
R	2 1 5 4 3 2 1 5 4 3 2 1 2 1 2 1 5 4 3 5 4 3 2 1 5 4 3 5 5 4	
P	4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1	Poor  (24%)
S	2 2 2 2 2 3 3 2 2 2 2 2 3 3 2 2 2 2 3 3 3 2 2	
R	5 4 3 2 1 2 1 5 4 3 2 1 2 1 4 3 2 1 3 2 1 5 4	
P	3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1	Bad  (19%)
S	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1	
R	5 4 3 2 1 5 4 3 2 1 3 2 1 5 4 3 2 1	

图 7.14 压力、状态和响应因子分级分类矩阵

本书的写作与出版得到环境保护部公益性行业科研专项重点项目“大坝水库建设工程生态环境影响定量评价技术和方法(201209029-4)”资助,也得到国家自然科学基金项目“重大工程干扰对流域生态网络影响及调控对策(41571173)”与“水坝工程的生态风险及安全调控机理研究(50939001)”的支持。

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书
编著委员会

顾 问 吴晓青

组 长 刘志全

成 员 禹 军 陈 胜 刘海波

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

序 言

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了502项新标准，现行国家标准达1263项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；完成了100余项环保技术文件的制修订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境科技为全面完

成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构,支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动,“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间,环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目234项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域,共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与,逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前,专项取得了重要研究成果,提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案,形成一批环境监测预警和监督管理技术体系,研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术,提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议,为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果,及时总结项目组织管理经验,环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果,具有较强的学术性和实用性,可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版,在科技管理上也是一次很好的尝试,我们希望通过这一尝试,能够进一步活跃环保科技的学术氛围,促进科技成果的转化与应用,为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011年10月

前 言

水利资源是一个国家和地区的重要战略资源，也是社会发展进步的动力和保证，目前我国水电装机容量已居世界第一，但从水电开发程度来看，仍远低于西方发达国家水平，规划 2020 年全国水电总装机容量从目前的 2.9 亿 kW 增加到 4.2 亿 kW，可以看出，未来我国水利水电工程建设仍会较快发展。由此带来的生态环境影响巨大，然而如何定量识别大型水利工程建设生态影响、评价影响的程度并作为环境管理的基础，是目前面临的突出问题。

环保部已颁布了《环境影响评价技术导则—生态影响》，生态影响评价是通过预测和估计人类活动对自然生态系统的结构和功能所造成的影响，提出预防或者减轻不良环境影响的对策和措施，为开展生态系统管理和实现区域可持续发展提供技术保障。但是对于如何评价大型水利工程潜在的长期的生态影响仍然缺乏定量的具体方法、模型支持与实证研究。由此导致生态影响评价的结果在很大程度上存在模糊性和不确定性，直接影响生态影响评价结果的客观性和公正性，在某种程度上削弱了环境影响评价结果的权威性。开展水利水电建设工程的生态影响定量评价的技术和方法的研究可以为环境影响评价提供科学依据。在环保部公益项目的支持下，针对典型水利水电工程建设，开展工程建设及其运行过程中生态影响的范围、程度和空间尺度效应的研究，建立工程建设中生态影响定量评价的研究方法，可以为我国生态环境影响评价、环境监理、环保验收和后评估等提供相关的技术范式与案例分析。

本书结合目前研究的最新进展，系统总结和梳理了水利水电建设工程对生态系统的影响，并评价了水利水电工程建设的生态效应。共分为 8 章，第 1 章为国内外水利水电工程建设的基本情况；第 2 章为水利水电工程生态效应研究的理论基础，系统论述了目前水利水电工程研究基本与前沿理论；第 3 章为水利水电工程生态影响评价的技术规范研究，针对目前的生态影响评价导则进行分析，提出研究的趋势与方向；第 4 章为水利水电工程生态效应的研究方法，主要针对目前研究方法进行论述；第 5 章为水利水电工程建设对陆域生态效应及其评价，主要以澜沧江梯级水电站为案例区，以漫湾水库为典型研究区开展研究；第 6 章为水利水电建设对水生生物的影响及其评价，主要针对澜沧

江梯级水电站的相关案例开展工作；第7章为水利水电工程建设对生态水文效应，针对水文过程、泥沙沉积、水温变化等进行探讨，以澜沧江水电站建设为主；第8章主要是针对大坝影响下河流生态系统管理进行论述，从生态调度、生态恢复、生态补偿、绿色认证与生态系统管理等方面进行论述。

本书由刘世梁总体设计并拟定了章节内容。其中，第1章由刘世梁和董玉红撰写，第2章、第3章由刘世梁撰写，第4章由刘世梁、赵清贺、杨珏婕和王聪撰写，第5章由赵清贺、刘世梁、杨珏婕、董世魁、安南南、赵晨撰写，第6章由刘世梁、邓丽、杨珏婕和董玉红撰写，第7章由刘世梁、赵清贺、刘琦、安南南和贾天下撰写，第8章由刘世梁、董玉红、王聪、田韞钰撰写。刘世梁、董玉红、安南南和尹艺洁最后校稿。

本书的选题、立项、编写和出版过程中，得到了国内外众多同行的帮助和指导，在此一并致谢！

在相关的研究工作中，也有一些新的观点和发现，但限于技术和能力，未能深入地做出更多研究，希望本书能起到抛砖引玉的作用，希望更多学者能够关注此方面的研究，同时由于学科的交叉性，研究范围十分广泛，也引用了相关科研工作者的成果，由于时间仓促，因此书中难免会有疏漏之处，也希望同行与读者能够不吝赐教，多提出宝贵的意见。

刘世梁

2016年1月15日于北京

目 录

第 1 章 国内外水利水电工程建设的基本情况	1
1.1 水利水电工程建设的基本特征	1
1.2 国内外水利水电建设进展	4
1.3 水利水电工程建设关注的问题与未来发展	10
参考文献	13
第 2 章 水利水电工程生态效应研究的理论基础.....	15
2.1 水利水电工程的生态影响途径与特点	15
2.2 水利水电工程生态效应类型	18
2.3 水利水电工程影响下生态效应的相关原理	26
参考文献	44
第 3 章 水利水电工程生态影响评价的技术规范研究.....	48
3.1 环境影响评价中生态评价技术规范的发展	48
3.2 水利水电工程评价等级与范围分析	51
3.3 生态现状调查与评价	55
3.4 水利水电工程项目生态现状调查方法	58
3.5 生态影响预测与评价	62
3.6 水利水电工程推荐的生态影响评价和预测方法	64
3.7 存在的问题与发展趋势	70
参考文献	74

第4章 水利水电工程生态效应的研究方法	77
4.1 GIS 空间分析方法	77
4.2 景观生态学方法	80
4.3 生物多样性评价方法	86
4.4 生态需水量评价	93
4.5 栖息地评价研究方法	95
4.6 生态效应综合评价的研究方法	103
4.7 水利水电工程生态效应的综合指数模型	113
参考文献	124
第5章 水利水电工程建设对陆域生态效应及其评价	130
5.1 水利水电工程对生态系统的影响及其评价	130
5.2 水利水电工程对水陆交错景观的生态效应评价	145
5.3 水利水电工程建设对库区景观的生态效应	170
5.4 基于 NDVI 序列的梯级水利水电开发对植被的影响	196
参考文献	204
第6章 水利水电工程建设对水生生物的影响及其评价	211
6.1 漫湾水库建设前后对水生生物多样性的影响分析	212
6.2 河流水生生态通道模型 (Ecopath) 的建立	223
6.3 水坝建设前后生态系统 Ecopath 模型时序比较研究	225
6.4 水利水电建设对鱼类栖息地模型的应用	230
6.5 小结	235
参考文献	236
第7章 水利水电工程建设对生态水文效应	239
7.1 水电站建设对流域生态水文过程的影响	239
7.2 水利水电工程建设影响下澜沧江流域景观变化与水文过程	242
7.3 水利水电工程泥沙沉积及其生态效应	255
7.4 水利工程建设对水温的影响及其生态效应	292
参考文献	310
第8章 大坝影响下河流生态系统管理	316
8.1 河流生态调度的内涵	316

8.2 水利水电工程建设与生物多样性保护措施	322
8.3 水利工程影响下的河流生态恢复	335
8.4 水利水电工程的生态补偿	341
8.5 水电站绿色认证体系	344
8.6 环境影响评价中对水利水电工程生态系统管理	349
参考文献	351

第 1 章 国内外水利水电工程建设的基本情况

1.1 水利水电工程建设的基本特征

我国是世界上河流和湖泊众多的国家之一，水资源总量丰富。2010 年全国水资源总量为 30 906.4 亿 m^3 ，平均年降水量 695.4 mm，折合降水总量为 65 849.6 亿 m^3 ，地表水资源量 29 797.6 亿 m^3 （中华人民共和国水利部，2012）。对于水能资源来说，我国河流径流丰沛、落差巨大，水能资源也非常丰富。据统计，我国河流水能资源蕴藏量约 6.8 亿 kW，居世界第一位。但我国水能资源的地区分布也是极端不平衡的，70% 分布在西南地区。按河流统计，以长江水系为最多，占全国的近 40%，其次是雅鲁藏布江水系，黄河水系和珠江水系也有较多的水能蕴藏量（表 1-1）。

表 1-1 我国主要水系水能蕴藏量

水系名称	水能蕴藏量 / 亿 kW	比例 / %
全国	6.8	100
长江	2.7	40
黄河	0.4	6
珠江	0.3	4
黑龙江	0.1	1
雅鲁藏布江及西藏其他河流	1.6	24

水利水电工程是国民经济的基础设施，修建水利水电工程，利用水库调节自然径流量，是人类防止水旱灾害和合理开发水资源的需要，我国在水能资源富集地区，已规划建设若干个大水电基地。由于水电工程一般是综合开发利用项目，通过在流域上某一河段修建能控制一定流域面积的水利枢纽工程，可以提高上游水位，增加蓄水量，解决水资源时空分布的矛盾，起到发电、防洪、灌溉、供水、航运、养殖、旅游等作用，具有显著的社会效益和经济效益（李凤楼等，2007；邹淑珍等，2010）。但水利水电工程对社会和环境存在潜在影响。如在我国长江和黄河等主要河流的梯级水库开发速度惊人，部分河流由于缺乏有效管理而引起河流断流和水污染等严重后果，极大地影响了河流生态系统的结构和功能（邹淑珍等，2010）。