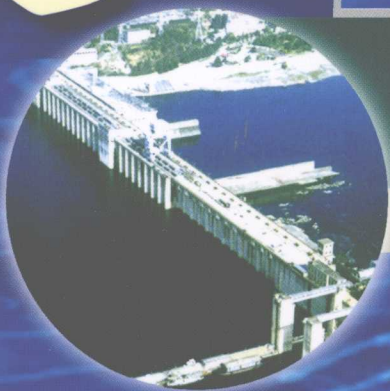


高等学校水利类教材

水利



水电工程环境保护设计

刘建军 编著



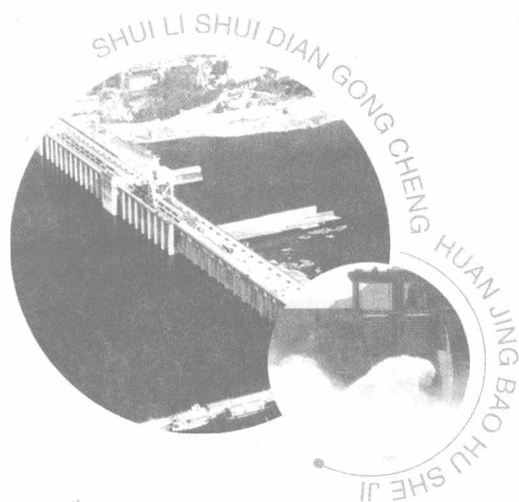
WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校水利类教材

水利水电工程环境保护设计

刘建军 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程环境保护设计/刘建军编著. —武汉:武汉大学出版社,
2008. 2

高等学校水利类教材

ISBN 978-7-307-06080-7

I. 水… II. 刘… III. ①水利工程—环境保护—高等学校—教材
②水力发电工程—环境保护—高等学校—教材 IV. X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 008294 号

责任编辑:李汉保

责任校对:刘欣

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:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北新华印务公司

开本:787×1092 1/16 印张:11.25 字数:271千字

版次:2008年2月第1版 2008年2月第1次印刷

ISBN 978-7-307-06080-7/X·23 定价:19.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,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。

内 容 简 介

水利水电工程建设是实现人类社会进步的重要技术手段。水利水电工程在带给人类重大社会效益的同时，不容置疑地破坏了长期形成的稳定的生态环境。水利水电工程一方面实现了防洪、发电、灌溉、航运等巨大社会效益，同时在施工建设和运行过程中破坏了生态环境的平衡。导致水土流失、植被破坏；大气和噪声污染；大量机械污水和生活污水排放；水库工程库区水流速度减缓，降低河流自净化能力；污染物沉降、水温水质的变化影响水生生物种群的生存繁衍；库区水位抬升致使景观文物淹没，珍稀动、植物灭绝；水库下游河道水文水环境改变影响水生生物种群生存；灌溉引水水温降低加害农作物生长。凡此种种，有些不利影响是暂时的，有些是长期的；有些是明显的，有些是隐性的；有些是直接的，有些是间接的；有些是可逆的，有些是不可逆的。在环境影响方面，水利水电工程具有突出的特点；影响地域范围广阔，影响人口众多，对当地社会、经济、生态环境影响巨大，外部环境对工程也同样施以巨大的影响。深入揭示和认知这些影响规律并采取相应的防治措施，扩大和保护水利水电工程对生态环境的有利影响，消除或减轻对生态环境的不利影响，不仅是水利水电工程技术人员和环境保护工作者的职责，更是全社会的责任。本书正是为实现这一目的而编写的。

随着社会进步和科学技术发展，水利水电工程对社会经济和生态环境的影响正引起人们的高度重视。可以这样说，当今衡量一项水利水电工程成败的关键因素不仅在于工程技术问题解决得如何完美，更重要的是水利水电工程在建设和运行过程中对社会经济和生态环境的影响是否受到充分的认识和较完善的解决。实行水利水电工程环境影响评价制度就是在调查清楚区域环境状况，在分析评估待建工程对生态环境影响的基础上采取对策措施，充分发挥水利水电工程对环境的有利影响，消除或降低不利影响至最低限度，使水利

水电工程与环境相融合、相协调；使水利水电建设为区域经济持续发展、资源可持续利用、生态良性循环服务。

全书约 25 万字，共分 7 章，前两章详细阐述了水利水电工程在施工和运行过程中对河流水生生态、陆生生态、地质环境、社会环境等方面的影响；第 3 章介绍了三峡工程与环境；第 4 章系统说明了环境评价的程度和方法；第 5 章为讲述环境保护的治理措施；第 6 章为环境保护投资概算；第 7 章是环境保护效益分析和评价。本书是作为水利水电工程专业本科生和研究生的教材编写的，也可以供水利水电工程技术人员和环境保护工作者、以及从事交通、矿山开采设计等技术人员参考。

前 言

水利水电工程一方面实现了防洪、发电、灌溉、航运等巨大社会效益,同时在施工建设和运行过程中破坏了生态环境的平衡。导致水土流失、植被破坏;产生大气和噪声污染;造成大量机械污水和生活污水排放;水库工程库区水流速度减缓降低河流自净化能力;污染物沉降、水温水质的变化影响水生生物种群的生存繁衍;库区水位抬升致使景观文物淹没,珍稀动、植物灭绝;水库下游河道水文水环境改变影响水生生物种群生存;灌溉引水水温降低加害农作物生长。凡此种种,有些不利影响是暂时的,有些是长期的;有些是明显的,有些是隐性的;有些是直接的,有些是间接的;有些是可逆的,有些是不可逆的。在环境影响方面,水利水电工程具有突出的特点:影响地域范围广阔,影响人口众多,对当地社会、经济、生态环境影响巨大,外部环境对工程也同样施以巨大的影响。

随着社会进步和科学技术发展,水利水电工程对社会经济和生态环境的影响正引起人们的高度重视。可以这样说,当今衡量一个水利水电工程成败的关键因素不仅在于工程技术问题解决得如何完美,更重要的是水利水电工程在建设和运行过程中对社会经济和生态环境的影响是否受到充分的认知和较完善的解决。实行水利水电工程环境影响评价制度就是在调查清楚区域环境状况,在分析评估待建工程对生态环境影响的基础上采取对策措施,充分发挥水利水电工程对环境的有利影响,消除或者降低不利影响至最低限度,使水利水电工程与环境相融合、相协调;使水利水电建设为区域经济持续发展、资源可持续利用、生态良性循环服务。

环境保护是当今世界的主题,但是环境保护的内容世界各国的情况不尽相同,因此认识也不尽相同。同一个国家在不同时期情况也有所不同。20世纪50年代,工业发达国家环境污染日趋严重,当时大多数人认为环境保护只是对大气污染、水污染和噪声污染等进行治理,对固体废弃物进行处理和利用,即所谓“三废”治理等技术性管理工作,目的是清除公害,保护人类健康;20世纪70年代随着环境科学问世及世界性环境会议的召开,人们逐渐从发展与环境的对立统一关系认识环境保护的含义。认为环境保护不仅是控制污染,更重要的是合理开发利用资源,经济发展不能超过环境的容许极限。有学者归纳为“环境保护从某种意义上讲,是对人类总资源进行最佳利用的管理工作”。所以,环境保护不仅是治理污染的技术问题,保护人类健康的福利问题,更重要的是政治和社会经济问题。

进入20世纪90年代,在国际资源与环境研究领域出现两种对立的理论:一种称之为资源主义,主张最大限度地持续地开发可再生资源;另一种称之为自然保护主义,其主要观点是对于自然界中尚未开发的区域大力保护,反对人类居住开发和进行任何经济开发。资源主义强调了满足人类经济发展的重要性,却忽视了维护健康生态系统对于人类利益的长远影响;而保护主义虽然高度重视维护生态系统健康,但是反对一切对自然资源的合理开发利用,其结果往往会脱离社会经济发展的实际而成为空洞的观点。可以说,这两种理

论都带有相当的片面性。例如大坝在控制洪水、改善航道和发电等方面给人类带来诸多效益的同时,或多或少地引发了一些生态环境问题。在美国,其国土内的大小河流上总共修建了 75 000 多座挡水建筑物,在过去的十几年里,拆除废旧坝(堰)、恢复生态的工作空前展开,到目前为止已有约 500 座坝(堰)被拆除。但是,拆除对象都满足 3 个条件:①坝(堰)的功能丧失;②从坝(堰)本身得到的利益可以用其他方法得到补偿;③坝(堰)的修复费用太高。并且,很大一部分学者认为即使大坝被拆除,河流生态也不一定可以发生逆转,即恢复到建坝前水平。比较现实的思维方法是放大研究问题的尺度,把问题放到自然—社会—经济复合生态系统中去考察,分析如何在既满足人类社会经济需求又不损害或较少损害生态系统健康中寻找平衡点,实现可持续发展的目标。自然系统是无时无刻不向前演化的,过程常常十分缓慢,河流筑坝予以的人为干扰只是加速了某些进程,强化了河流所具有的供水、供能功能,及调节功能中的洪水调蓄功能,对生态支持功能及自身净化功能产生一定的不利影响,然而这些不利影响是可以通过技术手段将其降低到最低水平的,如果以偏概全,因噎废食是十分错误的。

随着人们对于河流筑坝引发生态问题的关注,大坝设计者们开始对水利工程的工程理念进行了反思,以“趋利避害”的态度,改进和完善水利水电工程的规划和设计技术,越来越多的新技术在大坝上得到应用。

为了对我国的环境保护有一个较全面的认识,有必要对我国环境保护的发展历程作一个简要的回顾。

早在 20 世纪 60 年代,我国科学家们就开展了克山病地区水、土、粮食中微量元素与病因相关的研究,制作了包括气象、地貌、植被、土壤四因素的自然环境质量模型图。人们一般将 1973~1978 年称为中国环保事业的起步阶段。1972 年 6 月 5 日我国派团参加了联合国人类环境会议,通过这次会议,中国政府开始认识到中国也存在严重的环境问题。在此历史背景下,1973 年 8 月 5~20 日在北京召开了第一次全国环境保护会议,这次会议标志着中国环境保护事业的开端。这次会议审议通过了“全面规划、合理布局、综合利用、化害为利,依靠群众、大家动手、保护环境、造福人民”的 32 字环境保护方针,通过了中国第一个全国性环境保护文件《关于保护和改善环境的若干规定(试行)》,并明确规定:“一切新建、扩建和改建企业,防治污染项目,必须和主体工程同时设计,同时施工,同时投产”即“三同时”原则。1974 年 10 月,正式成立了国务院环境保护领导小组。

1983 年 12 月 31 日~1984 年 1 月 7 日,在北京召开了第二次全国环境保护会议。这次会议是中国环境保护工作的一个转折点,为中国的环境保护事业做出了重要的历史贡献。在这次会议上明确提出环境保护是一项基本国策,会议提出“经济建设、城乡建设和环境建设同步规划、同步实施、同步发展”,实现“经济效益、社会效益与环境效益的统一”。会议确定把强化环境管理作为当前环境保护的中心环节,提出了符合国情的三大环境政策,即:“预防为主、防治结合、综合治理”、“谁污染谁治理”、“强化环境管理”。会议还提出了 20 世纪末的环保战略目标。会议确定将环境保护纳入国家和地方发展计划,进一步强化建设环境保护机构,将国务院环境领导小组升级为国务院环境委员会,在各部委,各省、市、自治区和军队确定设立局一级环保机构建制。

1989 年 4 月底至 5 月初,在北京召开了第三次全国环境保护会议,这是一次开拓创新的会议。会议提出努力开拓有中国特色的环境保护道路,总结确定了 3 组 6 项有中国特

色的环境管理制度,即:环境影响评价和“三同时”制度;排污收费、排污申报登记、排污许可证制度和污染集中控制及限期治理制度;环境目标责任制、城市环境综合整治定量考核制度。

从1979年至1992年,中国的环保政策体系和环境保护法规体系初步形成。形成了以宪法为基础,《中华人民共和国环境保护法》为主体的环境法律体系。自1979年《中华人民共和国环境保护法(试行)》颁布以来,开发建设项目的环境影响评价在我国已制度化。由国家经委、国家计委、国家建委和国务院环境委员会联合发布《基本建设项目环境保护管理办法的通知》,进一步强调了建设项目的环境影响评价工作。从此,环境影响评价工作在我国普遍地开展起来,同时标志着我国环境质量评价工作从现状评价转入影响评价阶段。

1997年7月在北京召开了第四次全国环境保护会议。这次会议对于布置落实跨世纪的环境保护目标和任务,实施可持续发展战略,具有十分重要的意义。会议进一步明确了控制人口和保护环境是我国必须长期坚持的两项基本国策,提出了两项重大的措施:其一,“九五”期间全国主要污染物排放总量控制计划;其二,中国跨世纪绿色工程规划。这次会议后,国务院发布了《国务院关于环境保护若干问题的决定》。

1999年3月,召开了“中央人口资源环境工作座谈会”,这是一次贯彻可持续发展战略的新部署。2000年,国务院发布了《全国生态环境保护纲要》。

我国从1979年颁布《中华人民共和国环境保护法(试行)》开始,针对特定的环境保护对象颁布了多项环境保护专门法以及与环境保护相关的资源法,包括:《水污染防治法》、《大气污染防治法》、《噪声污染防治法》、《土地管理法》、《水土保持法》等,还制定了《自然保护区条例》等30多项环境保护法律法规。此外,各相关部门还发布了大量的环境保护行政规章。各省、市地方人民代表大会和地方政府制定和颁布了600多项环境保护地方性法规。

1982年,国家水利部颁发试行《关于水利水电工程环境影响评价的若干规定》。1988年,国家水利部和国家能源部共同颁发《水利水电工程环境影响评价规范》。2003年7月1日,国家环境保护总局和国家水利部颁布实施《环境影响评价技术守则(水利水电工程)》,对评价依据、程序、标准、环境现状调查、环境影响预测评价、对策措施等内容进行了全面系统的规定。

现在我国已基本建立了比较完善的环境保护法规体系,并配套建立了由360多项各类国家环境标准组成的环境保护标准体系和有中国特色的环境保护管理体系。环境保护工作已步入规范化,环境保护工作的力度不断得到加强。

无论是发展中国家还是发达国家,都不同程度的存在着环境污染和环境破坏问题。一般而言,发展中国家更多的是生态环境问题,发达国家更多的是环境污染问题。我国是发展中国家,但却同时存在着两类环境问题,并且问题都比较严重。因此,如何控制污染和保持良好的生态环境,对于经济发展和加速现代化建设具有更加重要的意义。

全球环境问题的尖锐化,构成了人类日益严重的生存发展危机。这种危机主要表现在两个方面:一是全球性自然资源的掠夺式开发使得生态环境遭受破坏;二是工业生产和居民生活排放有毒有害物质引起的环境污染。而人类无节制的人口增长则是造成并加速上述危机的根源。因此,对环境保护概念的广义理解,就是保证人类的可持续发展。20世纪

90年代的相关研究表明,人口爆炸是环境恶化的根本原因,而对资源无节制地不合理开发是环境恶化的直接原因。

环境保护与经济发展是矛盾统一体的两个方面。经济发展带来了环境问题,却能增强解决环境问题的能力;环境问题的解决则能为经济发展创造更有利的条件。环境问题的解决必须依赖一定的经济基础,没有一定的经济基础,就很难进行环境的保护或改善;而环境状况恶化,又会对经济发展产生制约作用。所以,经济发展在满足人类不断增长的物质和文化需求时,又要兼顾不能超出环境的承载能力,即自然资源的再生繁殖能力和环境的自身净化能力。

经济发展和环境保护虽是有矛盾的,但是,只要认真对待,采取适当的政策和措施,经济发展与环境保护是可以很好地统一起来的。

可持续发展的概念,最早是一些生态学家在1980年发表的世界自然资源保护大纲中提出并予以阐述的。该大纲提出,把资源保护和发展结合起来,既要使目前这一代人得到最大的持久利益,又要保持潜力,以满足后代的需要和愿望。可持续发展的概念在世界自然保护联盟1981年发表的另一份文件——《保护地球》中得到进一步地阐述。该文件把可持续发展定义为“改善人类生活质量,同时不要超过支持发展的生态系统的负荷能力”。1987年,在挪威前首相布伦特兰夫人任主席的世界环境与发展委员会向联合国提交的《我们共同的未来——从一个地球到一个世界》的著名报告中,进一步论证了可持续发展这一主题思想,并将可持续发展的概念明确定义为:“在不危及后代人满足其环境资源需求的前提下,寻找满足当代人需要的发展途径。”换言之,可持续发展是既满足当代人需要,又不危及后代人满足自身需要能力的发展。

可持续发展的思想是人类对发展认识的重大突破。这一基本思想在1992年的联合国环境与发展大会上又得到了明确的表达。在《关于环境与发展的里约热内卢宣言》中进一步指出“人类应享有以与自然和谐的方式过健康而富有生产成果的生活的权利”,并“公平地满足今世后代在发展与环境方面的需要,求取发展的权利必须实现”。

可持续发展的思想含义深刻,内容丰富,总括起来有两个最基本的要点:第一,肯定了人类有权通过发展不断改善其生活条件,以有益于人类自身的健康生活,以及满足人类不断扩大的各种物质需求。但是,人类的这种追求必须是在保持与自然和谐统一的前提下实现。人类不应当凭借自己手中的技术和投资,采取耗竭资源,破坏生态和污染环境的方式达到一时发展的目的;第二,在承认当代人的发展权利的同时,也承认后代人有同等的发展权利。因此,当代人不能一味地、片面地为了追求当今的发展和消费,而毫不留情地剥夺后代人本应享有的同等发展与消费的机会。

布伦特兰委员会关于可持续发展的概念还包括可持续发展的三个原则:公平性原则、持续性原则和共同性原则。

公平性原则主要体现在三个方面:一是当代人的公平。可持续发展要求满足当代全球人民的基本要求,并予以机会满足其要求较好生活的愿望;二是代际间的公平,由于自然资源的有限性和稀缺性,每一代人都都不应该为着当代人的发展和需求而损害人类世代代利用自然资源的权利;三是公平分配有限的资源,应该结束少数发达国家过量消费全球共有资源,而给予广大发展中国家合理利用更多的资源以达到经济增长的机会。

持久性原则要求人类对于自然资源的耗竭速率应该考虑资源与环境的临界性,可持续

发展不应该损害支持地球生命的大气、水、土壤、生物等自然系统。发展一旦破坏了人类生存的物质基础，发展本身也就衰退了。因此，持续性原则的核心是，人类的经济和社会发展不能超越资源和环境的承载能力。

共同性原则强调可持续发展一旦作为全球发展的总目标确定下来，对于世界各国来说，其所表现的公平性原则和持续性原则都是相同的。实现这一总目标必须采取全球共同的联合行动。

为了实现可持续发展的理念，人类在生产时，一方面应尽可能地少投入多产出，在消费时应尽可能地多利用，少排放；另一方面对可再生资源，努力增加其再生能力，尽可能避免退化，以保证今世后代的永续利用。

可持续发展的理论认为：人类任何时候都不能以牺牲环境为代价去换取经济的一时发展，也不能以今天的发展损害明天的发展。全球性环境问题的产生和尖锐化表明，以牺牲资源和环境为代价的经济增长和以世界上绝大多数人贫困为代价的少数人的富裕，使人类社会走进非持续发展的死胡同。人类要摆脱目前的困境，必须从根本上改造人与自然、人与人之间的关系，走可持续发展的道路。要实现可持续发展，必须做到保护环境同经济、社会发展协调进行。人类的生产和消费，不考虑资源和环境，则难以为继；同样，孤立地就环境论环境，而没有经济发展和技术进步，环境的保护就失去了物质基础。

在关于全球问题的科学探索中，可持续发展思想具有重要的理论意义和实践意义。可持续发展思想是在总结人类以往处理环境与发展相互关系的经验和教训的基础上提出来的。可持续发展思想的关键在于处理好人口、资源、环境和发展的关系。而人口、资源、环境作为可持续发展的要素是有机地联系在一起的，只有三者相结合，整体优化，才能形成可持续发展的能力。

另外，可持续发展的模式，是提倡和追求低消耗、低污染、适度消费的模式。用该模式取代人类工业革命以来所形成的，发达国家迄今难以放弃其诱惑力而又使不少发展中国家积极效仿的高消耗、高污染、高消费的非可持续发展模式，可以有效遏制当今一小部分人为自己的富裕而不惜牺牲全球人类现代利益和未来利益的行为。显然，可持续发展思想将给人们带来观念和行为的更新。

目前，我国的经济的发展基本上还是沿用着以大量消耗资源和粗放经营为特征的传统发展模式，比较重视发展的速度和数量，轻发展的效益和质量；重外延性的扩大再生产，轻内涵性的扩大再生产；对自然资源重开发，轻保护。这种发展模式违背了可持续发展的基本原则，已经和正在对环境和生态造成极为不利的影响，并成为制约发展的重要因素。因此，有必要在今后的环境保护和经济工作中，坚持贯彻可持续发展的思想。

在 1992 年的世界环境发展大会后不久，中国政府制定了《中国 21 世纪议程》，该议程的内容分为四个部分，即可持续发展总体战略，社会可持续发展，经济可持续发展，以及资源与环境的合理利用与保护。其宗旨是从人口、资源、环境、经济、社会相互协调中推动经济建设的发展，并在发展的进程中带动人口、资源、环境问题的解决。即把经济社会发展与人口、资源、环境结合起来，综合协调，统筹安排。1994 年 3 月 25 日，国务院第 16 次常务会议通过了《中国 21 世纪议程》，并将其确定为《中国 21 世纪人口、资源与发展白皮书》，作为中国今后发展的总体战略性文件，指导全社会的发展进程，并且在国民经济、社会发展和长期计划中逐步落实。《中国 21 世纪议程》的制定和实施是中国

人民和中国政府在解决自身存在的全球性问题征途上的一个里程碑。《中国 21 世纪议程》庄严宣告：中国社会经济不再重蹈发达国家的覆辙，将同“高消耗、高污染和高消费”的传统发展模式决裂，取而代之以“低消耗、低污染和适度消费”的可持续发展模式。这是一个重大的观念上的突破。

应当看到，我国当前环境污染的形势是相当严峻的。据国家环保总局和国家统计局 2006 年公布的数字显示：2004 年我国因环境污染造成的经济损失为 5 118 亿元，占当年 GDP 的 3.05%；虚拟治理成本为 2 874 亿元，占当年 GDP 的 1.8%；如果在现有的治理技术水平下全部处理 2004 年点源排放到环境中的污染物，需要一次性直接投资约 10 800 亿元，这个数字占当年 GDP 的 7%。加上治理这些污染所需的运营成本（即前述虚拟治理成本），中国需要把每年 GDP 的 8.8% 拿出来花在污染治理上才有可能。但是这还不是我国环境损害的全部成本。因为限于基础数据和技术水平，这次核算没有包含自然资源耗减成本和环境退化成本中的生态破坏成本，只计算了环境污染损失。也就是说，有关水土流失、土地沙化和荒漠化以及资源耗损部分的损失还不包括在内。另外，即使是环境污染损失成本计算也是部分的，因为这次核算也仅计算了 20 多项环境污染成本中的 10 项。如果这次核算把我国的环境污染损失成本连同环境退化成本和资源耗减成本全部核算出来再与经济增加值对比，我国的经济发展可能还是一个经济增长的负值。

中国的环境保护已经到了这样一个阶段，即再不从制度上进行深化改革以实现大规模的资源保护和有效污染治理，我国多年经济建设成果将化为乌有。

中国政府依据自己的国情，把中国可持续发展的基本内容浓缩为 19 个字的行动纲领：控制人口、节约资源、保护环境、实现可持续发展。作为一个人口、资源、环境大国，中国解决好自身的可持续发展问题，就是对全人类可持续发展的重大贡献。例如，我国正在着手解决的古中华文明发源地黄河、长江流域生态系统的恶化问题，对世界来说，正是如何保护人类文明的发源地之一的生态文明的重大课题。

随着人类认识水平的提高和科学技术的发展，未来的水利水电工程应该是在为人类创造巨大的社会效益和经济效益的同时，发挥其对生态环境的积极作用，降低或消除破坏作用。这要求从事水利水电工程专业的技术人员不仅精通工程技术问题，还应高度重视和熟悉水利水电工程环境问题。本书正是本着实现这一目的而编写的。

全书约 25 万字，共分 7 章，前两章详细阐述了水利水电工程在施工和运行过程中对河流水生生态、陆生生态、地质环境、社会环境等方面的影响；第 3 章介绍了三峡工程与环境；第 4 章系统说明了环境评价的程度和方法；第 5 章为讲述环境保护的治理措施；第 6 章为环境保护投资概算；第 7 章是环境保护效益分析和评价。本书是作为水利水电工程专业本科生和研究生的教材编写的，也可以供水利水电工程技术人员和环境保护工作者、以及从事交通、矿山开采设计等技术人员参考。

本书承蒙段文忠教授主审，王小荣、刘茜、沈腾锋、韩杰给予了许多帮助，一并致谢！

作 者

2007 年 10 月

目 录

第 1 章 水利水电工程对生态环境的影响.....	1
§ 1.1 水利水电工程对河流生态系统的影响	1
§ 1.2 水利水电工程对陆生生态环境的影响	30
§ 1.3 水利水电工程对社会环境的影响	31
§ 1.4 水利水电工程与水土流失	32
第 2 章 水利水电工程施工对环境的影响	41
§ 2.1 水利水电工程施工对水环境的影响	41
§ 2.2 水利水电工程施工对大气环境的影响	42
§ 2.3 水利水电工程施工对声环境的影响	43
§ 2.4 水利水电工程施工对地质环境的影响	43
第 3 章 三峡水利枢纽工程与环境	45
§ 3.1 三峡工程概况	45
§ 3.2 三峡工程与环境	47
第 4 章 水利水电工程环境影响评价	55
§ 4.1 基本概念	56
§ 4.2 工程概况与工程分析	60
§ 4.3 环境影响评价的目的	71
§ 4.4 水利水电工程环境影响评价的程序和内容	86
第 5 章 水利水电工程环境保护措施	96
§ 5.1 自然环境保护措施	96
§ 5.2 社会环境保护措施	99
§ 5.3 工程施工区环境保护措施	100
§ 5.4 水土流失预防	102
§ 5.5 水土流失治理	102
§ 5.6 环境保护实施的保证措施	112
第 6 章 环境保护投资概算	114

§ 6.1 水利水电工程环境保护投资概算	114
§ 6.2 其他环境保护设施估算	141
第 7 章 环境保护效益分析与评价	142
§ 7.1 效益—费用的贴现	142
§ 7.2 现在值、将来值、等年值及其等值换算	142
§ 7.3 效益—费用法的计算公式	143
§ 7.4 效益计算所遇到的问题及解决方法	146
§ 7.5 敏感性分析	147
§ 7.6 黄河上游水利水电工程枢纽群效益分析实例	147
附录一 水利水电工程环境影响评价规范 SDJ302—88	154
附录二 《水利水电工程环境影响评价工作大纲》编写格式和要求	160
附录三 《水利水电工程环境影响报告书》编写提纲	162
附录四 《水利水电工程环境影响报告》编写格式及填表说明	164
参考文献	167

第1章 水利水电工程对生态环境的影响

§ 1.1 水利水电工程对河流生态系统的影响

在天然河道上修建水利水电工程会直接破坏河流长期演化形成的生态环境,使得河段局部形态均一化和非连续化,从而改变了河流生态环境的多样性。

所谓河流形态的均一化主要是指自然河流的渠道化,人类为了防洪的需要平顺堤岸而修建护岸工程,为了宣泄洪水和改善航运实行河道人工裁弯工程,河流的渠道化改变了河流蜿蜒曲折的基本形态,使河段急流、缓流、弯道及深泓交错的格局消失。河流断面形态规则化导致生境异质性降低,水域生态系统的结构和功能随之发生改变,从而诱发河流生态系统退化,生物群落多样化随之减少。

所谓河流形态的非连续性是指在河流上筑堤、建坝形成人工湖和水库后,造成自然水流的非连续性。上游河道随着水位上升,水流流速骤然降低,急流、深槽不复存在,水温水质不断变化,库区水体趋向静态分布,河流失去原有的快速自我修复和自身净化功能;而大坝下游下泄水体温度四季变化减小,影响下游河道水生生物多样化的生存环境,农业灌溉引用低温水体将会影响农作物生长,下游河道水位降低特别是汛期水位降低还会极大地影响通江湖泊水生生物的生存环境。

1.1.1 水利水电工程上游、下游水文泥沙情势变化

天然河道上修建水利水电工程建筑物,改变了河流的自然形态,引起局部河段水流水深、流速、含沙量等的变化,进而波及上游、下游乃至长距离水文泥沙条件发生变化。水文、泥沙条件的改变是影响河流生态环境变化的原动力。水文泥沙条件的变化将会对水温、水质、局部地区气候、环境地质、土地资源产生影响,进而影响到水生生物、陆生生物的生存,还会影响航运、灌溉、城镇引水、移民安置等。例如,水库上游河道水深的增加改善了上游的航运条件,有利于供水、灌溉等,但下游河道河床会发生持续冲刷以及河道形态处于经常性变化过程而不利于航道稳定;库区水面积增加有利于发展水产养殖业,但水流流速降低及底层水温降低影响水生生物多样性生长;同时库区淹没导致陆生生物生境减少;农业耕地损失;大量移民搬迁等。

1. 库区水文泥沙特性

在河流上修建水库,将破坏天然河流水沙条件与河床形态的相对平衡条件。库区水位壅高,坝前侵蚀基准面抬高,使得水深增加,水面比降减缓,流速减小,水流输沙能力显著降低,促使大量泥沙在库区淤积。水库淤积与流域面积、流域特征(土壤、植被等)、库容以及河道比降等自然因素有关,还与水库的调度运用方式关系密切。

以三门峡水库为例,水库于1960年9月5日开始蓄水运用,至1962年3月,库区330.0m高程以下淤积泥沙16.4亿 m^3 ,枢纽上游约114 km的潼关站1 000 m^3/s 流量水位由蓄水前的322.4m上升到325.2m。

1962年3月水库改为滞洪排沙运用,至1964年10月,水库335.0m高程以下又淤积23.13亿 m^3 ,335.0m高程以下库容损失41.5%。潼关1 000 m^3/s 流量水位上升到328.07m。

1964年和1971年,三门峡水库经过二期改建。从1973年开始水库改为蓄清排浑运用,库区河床持续冲刷。1975年汛后潼关1 000 m^3/s 流量水位降到326.02m。

至1999年汛后潼关1 000 m^3/s 流量下的水位为328.25m,比建库前高4.75m。

潼关河床高程是渭河下游河床的侵蚀基准面,侵蚀基准面抬高造成渭河下游河床严重淤积。历史上渭河下游河道基本冲淤平衡,自三门峡建库后,从1960年6月至1997年12月,渭河咸阳以下累计淤积泥沙13.19亿 m^3 ,河道淤积带来严重的后果:

(1) 主槽过水断面减少,过洪能力降低。三门峡建库前,渭河下游主槽的过洪能力一般为4 500~5 500 m^3/s ;建库后,临潼站1997年主槽过洪能力仅为建库前的64%,而华县站的过洪能力仅为建库前的20%。

(2) 洪水水位抬高。华县站1990年7月5 000 m^3/s 流量的水位比1964年8月同流量水位抬升1.48m。

(3) 河道萎缩河势恶化。至1997年汛前,渭河下游平滩河宽仅为1985年汛前的 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$,河床淤积导致河势恶化,极大地威胁两岸防洪安全。1967年渭河尾闾在北洛河口以上的8.8km河段全部堵塞,又适逢黄河对渭河的顶托倒灌,渭河决口,华阴两侧成为泽国。

据相关资料统计,我国七大江河的年输沙量高达23亿t,特别是西北、华北地区的一些河流,含沙量非常高,甘肃祖厉河的多年平均含沙量可以达600 kg/m^3 ,实际测量到的最大含沙量达1 600 kg/m^3 左右。即使是长江,含沙量虽然不算高,仅0.54 kg/m^3 ,但由于水量丰沛,年输沙量也近5亿t。在河流上修建水库后,由于水位抬高,流速减小,必然造成泥沙在水库中淤积。

到1972年为止,全国已建成坝高在15m以上的水库12 517座。水库初期运行时,由于缺乏经验,造成水库的严重淤积。山西省43座大、中型水库的总库容22.3亿 m^3 ,到1974年已损失31.5%,即7亿 m^3 ,平均每年损失0.5亿 m^3 。陕西省全省库容大于100万 m^3 的水库192座,总库容15亿 m^3 ,到1973年已损失31.6%,即4.7亿 m^3 ,其中1970年以前建成的120座水库库容已损失53.3%,有43座水库完全被泥沙淤满。

(1) 水库淤积所造成的主要问题如下:

①使防洪库容和兴利库容减小,影响水库效益的发挥;

②淤积向上游发展,造成上游地区的淹没和浸没以致盐碱化,带来一系列生态环境问题;

③水库变动回水区的冲淤给航运带来不利影响;

④坝前泥沙淤积会在一定程度上影响枢纽的安全运行;

- ⑤ 水库下泄清水对下游河道冲刷和变形的影响；
- ⑥ 附着在泥沙上的污染物沉积，水库水质环境受到污染；
- ⑦ 泥沙淤积会淤没鱼类的产卵地和改变河底条件，影响鱼类繁殖；
- ⑧ 库区淤积会导致下游细沙减少，造成农业生产所需的天然肥源缺乏，并对水生生物造成不利影响；
- ⑨ 回水末端淤积上延将扩大淹没面积，并威胁上游重要城镇、工矿和铁路安全。

库区淤积的部位和特点与水库运用方式密切相关。当水库蓄水位较高时，入库泥沙首先淤积在水库末端的河床上，因而抬高了水库的回水位。这种淤积还随时间不断向上游延伸，形成所谓翘尾巴现象，不仅减少有效库容，而且形成拦门沙，使上游河道排水不畅以至洪水泛滥。当蓄水位较低时，入库泥沙可以输送至坝前淤积直接减少有效库容，甚至堵塞引水建筑物，减少引水流量、影响发电等。

表 1-1 列出了我国部分水库淤积情况，从表 1-1 中数字显示，情况是非常严峻的。

表 1-1 中国部分水库淤积情况表

序号	水库名称	河流	控制面积 /km ²	坝高 /m	设计库容 / (亿 m ³)	统计年限	总淤积量 / (亿 m ³)	淤积量 占库容/%
1	刘家峡	黄河	181 700	147.0	57.200	1968 ~ 1978	5.80	10.1
2	盐锅峡	黄河	82 800	57.0	2.200	1961 ~ 1978	1.60	72.7
3	八盘峡	黄河	204 700	43.0	0.490	1975 ~ 1977	1.80	35.7
4	青铜峡	黄河	285 000	42.7	6.200	1966 ~ 1977	4.85	78.2
5	三盛公	黄河	314 000	闸坝式	0.800	1961 ~ 1977	0.40	50.0
6	天桥	黄河	388 000	42.0	0.680	1976 ~ 1978	0.08	11.0
7	三门峡	黄河	88 400	106.0	96.400	1960 ~ 1978	37.60	39.0
8	巴家嘴	蒲河	3 522	74.0	5.250	1960 ~ 1978	1.94	37.0
9	冯家山	千河	3 232	73.0	3.890	1974 ~ 1978	0.23	5.9
10	黑松林	冶峪河	370	45.5	0.086	1961 ~ 1977	0.03	39.0
11	汾河	汾河	5 268	60.0	7.000	1959 ~ 1977	2.60	37.1
12	官厅	永定河	47 600	45.0	22.700	1953 ~ 1977	5.52	24.3
13	红山	西辽河	24 490	31.0	25.600	1960 ~ 1977	4.75	18.5
14	闹德海	柳河	4 501	41.5	1.960	1942	0.38	19.5
15	冶原	弥河	786	23.7	1.680	1959 ~ 1972	0.12	7.2
16	岗南	滹沱河	15 900	63.0	15.600	1960 ~ 1976	2.35	15.1
17	龚嘴	大渡河	76 400	88.0	3.510	1967 ~ 1978	1.33	38.0
18	碧口	白龙江	27 600	101.0	5.210	1976 ~ 1978	0.28	5.4
19	丹江口	汉江	95 220	110.0	160.500	1968 ~ 1974	6.25	3.9
20	新桥	红柳河	1 327	47.0	2.000	14 年	1.56	78.0

(2) 水库淤积计算不仅是水利水电工程环境影响评价的一项工作,也是规划设计阶段不可缺少的内容。

水库初步设计阶段可以采用如下一维数学模型计算库区淤积平衡地形和回水水面线。重要工程还需通过物理模型试验和数学模型计算两种方法同时论证。

一维非饱和输沙模型基本方程式为:

$$\text{水流连续方程} \quad \frac{\partial (BhU)}{\partial x} + B \frac{\partial y}{\partial x} = 0 \quad (1-1)$$

$$\text{水流运动方程} \quad \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} + g \frac{U^2}{C^2 R} = 0 \quad (1-2)$$

$$\text{河床变形方程} \quad \frac{\partial G}{\partial x} + B \frac{\partial (hS)}{\partial t} + \rho' B \frac{\partial y_0}{\partial t} = 0 \quad (1-3)$$

$$\text{泥沙连续方程} \quad \frac{\partial (BhUS)}{\partial t} + B \frac{\partial (hS)}{\partial t} = -\alpha B \omega (S - S_*) \quad (1-4)$$

$$\text{水流挟沙力公式} \quad S_* = k \left(\frac{U^3}{gh\omega} \right)^m \quad (1-5)$$

$$\text{推移质输沙率公式} \quad g_b = g_b (U, h, d, \dots) \quad (1-6)$$

式中: B ——河宽, m;

h ——断面平均水深, m;

U ——断面平均流速, m/s;

y ——水位, m;

y_0 ——断面平均河床高程, m;

S ——断面平均悬移质含沙量, kg/m³;

S_* ——断面平均悬移质水流挟沙力, kg/m³;

$G = BhUS + Bg_b$ ——断面悬移质和推移质总输沙率, kg/s;

ω ——断面平均悬移质沉降速度, m/s;

d ——断面平均推移质粒径, m;

ρ' ——泥沙干密度, kg/m³;

g ——重量加速度, m/s²;

C ——谢才系数;

R ——水力半径, m;

α ——恢复饱和系数;

x, t ——距离 (m), 时间 (s)。

2. 水库下游河道水文泥沙特性

当河道上游修建水库工程后,调节上游来水来沙过程,下游河道水沙过程明显改变,表现在削减洪峰,增补枯水,中水期持续时间延长,枯水流量加大、含沙量减小,河床冲刷粗化,河道形态处于不稳定变化过程中。

以丹江口水库为例,丹江口水库 1968 年开始蓄水运用。建库前,下游河道流量年内分配极不均匀,皇庄站汛期水量占全年的 55.6%,建库后汛期水量减少为占全年的 34.5%;建库前,一年中流量在 1 000 ~ 2 000 m³/s 的时间,皇庄站有 70 天左右,建库后,