



水库补偿效益 产生机理与计算方法

张泽中 乔鹏帅 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水库补偿效益 产生机理与计算方法

张泽中 乔鹏帅 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了水库补偿这一学科领域的部分最新研究成果,探讨了水库补偿效益产生机理及其各种补偿效益计算方法,丰富了水库补偿效益理论,扩展了补偿效益新的计算方法,并给出大量实例说明理论与方法的应用及其可行性。书中介绍的研究思路、理论、模型和方法具有一定的普遍性,可供流域梯级水库建设与运行等可持续发展管理参考与应用。

本书可供从事流域管理、水利水电工程梯级开发以及水资源系统分析研究等科研及相关专业的大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

水库补偿效益产生机理与计算方法 / 张泽中, 乔鹏
帅编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2012. 8
ISBN 978-7-5170-0130-0

I. ①水… II. ①张… ②乔… III. ①水库调节—补
偿调节—计算方法—研究 IV. ①TV697.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第314713号

书 名	水库补偿效益产生机理与计算方法
作 者	张泽中 乔鹏帅 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	三河市鑫金马印刷装订有限公司
规 格	175mm×245mm 16开本 14.75印张 210千字
版 次	2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	42.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

| 前言 |

水资源是生命之源、生产之要、生态之基。水资源是人类生存和发展不可替代的自然资源，是生态和环境良性循环的控制性因素之一。水资源又是战略性的经济资源，是一个国家综合国力的有机组成部分。水在国民经济各部门中用途广泛，是不可替代的重要的生产要素，水资源的状况制约着工农业生产的发展和布局，影响着人民生活质量和物质水平的提高。水利工程，特别是梯级水库群是水资源统一管理和调控的重要措施，流域中水库群合理建置和可持续运行关系到水库在流域水资源调控中作用的大小；而水库补偿效益的科学界定、准确计算与合理分摊是流域水库群合理建置和运行的重要基础之一。水资源高效利用一直是水文学及水资源学科的重要研究方向之一，其中如何高效利用水能资源，发挥水库群及龙头水库优势，对梯级水库或相关对象进行补偿，已成为关键科学技术难题。破解这一难题的途径是研究水库群及相关对象间的补偿作用、机理和补偿效益，进而为实现河流流域梯级可持续发展，并为梯级滚动开发提供科学的理论依据。因此，水库补偿效益成为水科学工作者的重要课题。

目前水电开发实行“流域、梯级、滚动、综合”的开发方针，要做到梯级滚动，必须进行已建电站和待建电站的效益核算。按照

《中华人民共和国公司法》运作规范，滚动开发应以电站固定资产、折旧费和全部收益（包括水电和水利）转为流域开发公司的资本金，滚动开发下一个梯级电站。补偿效益是梯级电站效益的重要组成部分，但是，当前全部收益核算时并没设计入补偿效益。这一状况导致部分补偿电站的收益不高，影响投资者热情。水电产业已经被确定为我国重点发展的基础产业，但是相应的水电优先开发的政策体系尚未形成。实施西部大开发战略，加快西北地区的经济开发，必然为西部水电的发展迎来了机遇。开发建设大中型水电工程是西部大开发的重要内容，应当享有国家的优惠政策。然而，许多已建的电站中，补偿效益没有得到体现，更没有相关政策的支持。参照国内外已有经验，结合具体流域具体情况，本着科学、合理、公平、公正原则，从经济学角度分析水库补偿效益产生机理，为制定梯级水库补偿效益分配原则提供理论依据。通过对补偿效益计算及分配等问题深入研究并进行广泛宣传，以期得到国家宏观政策的支持。补偿效益合理计算和分摊有助于水资源统一管理，提高投资者的投资热情，促进流域可持续发展。水库补偿效益科学计算合理分摊是流域上下游与管理机构之间共赢合作，实现水资源统一管理的重要基石之一。流域水资源统一管理有助于实现流域水资源合理配置，更好地解决流域水资源短缺和水利工程合理利用等问题，最终解决黄河流域中已有的生态和环境问题。特别是随着全面梯级建设和调水工程增多，水库作用明显流域化和生态化，补偿效益的范围扩大到整个流域，理论需求不断在提高，亟需水库补偿理论的深入研究与发展。

多年来，国内外专家学者孜孜不倦地对水库补偿效益进行着理论探讨与实践应用研究。笔者有幸成为西安理工大学黄强教授的博

士研究生，参加水库补偿效益课题的研究探索。该课题组 20 多年来一直从事水库补偿效益方面的研究工作，承担了国家电力公司西北公司、黄河上游水电开发有限公司项目“黄河干流梯级水库补偿效益分配方案和实施对策初步研究”，国家自然科学基金项目“水库群补偿机理及计算方法研究”，以及华北水利水电学院高层次人才引进计划资助项目“水库补偿效益产生机理与计算方法研究”等 10 多项横纵向项目。该课题组发表论文 70 余篇，EI 检索 52 篇，培养博士 4 名，培养硕士 8 名。本书是上述研究成果的一部分，重点对梯级水库补偿效益产生机理和水库生态补偿效益、环境补偿效益和防凌补偿效益的研究成果，本书出学术论文 24 篇，EI 期刊检索 11 篇，中文核心期刊 20 篇。

本书共分 8 章，第 1 章绪论；第 2 章水库群补偿效益理论体系研究；第 3 章水库补偿效益产生机理研究；第 4 章水库群补偿调度模型及其求解；第 5 章水库环境补偿效益研究；第 6 章水库生态补偿效益研究；第 7 章水库防凌补偿效益研究；第 8 章水库补偿效益分摊方法研究。

本书成果都是在西安理工大学黄强教授指导下、借鉴并得到课题组其他成员探讨帮助下取得的，如畅建霞教授、王义民教授、薛小杰教授、赵麦换博士、刘涵博士、杨文娟博士、徐晨光博士、张洪波博士、乔鹏帅、李振全等。

本书编写过程中得到黄强教授、徐建新教授和陈南祥教授、黄河勘测规划设计有限公司规划院王煜院长和黄河水利科学研究院蒋晓辉总工程师的指导与关怀，以及赵麦换博士、彭少明博士和杨立彬博士的帮助，参考和引用了国内外专家和学者的研究成果，在此一并向他们表示感谢！

本书的研究工作得到国家自然科学基金项目“水库群补偿机理及计算方法研究”，以及华北水利水电学院高层次人才引进计划资助项目“水库补偿效益产生机理与计算方法研究”资助，在此表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

作者

2012年5月

于郑州

| 目录 |

前言

第 1 章 绪论 /1

- 1.1 研究背景 /1
- 1.2 研究目的与研究意义 /6
- 1.3 国内外研究进展 /7
- 1.4 研究发展趋势 /14
- 1.5 研究内容和研究难点及创新点 /17
- 1.6 研究技术路线 /20

第 2 章 水库群补偿效益理论体系研究 /22

- 2.1 水库群补偿效益概念及内涵 /22
- 2.2 水库补偿效益组成 /28
- 2.3 水库补偿关系研究 /38
- 2.4 水库补偿效益产生机理 /44
- 2.5 水库补偿效益计算原理 /44
- 2.6 小结 /45

第 3 章 水库补偿效益产生机理研究 /46

- 3.1 河流水资源价值理论 /47

3.2 调节型水库对过流水资源价值的影响 /55

3.3 水库补偿的经济外部性 /61

3.4 河流水资源效益实现 /62

3.5 小结 /64

第4章 水库群补偿调度模型及其求解 /65

4.1 黄河上游梯级水库补偿效益计算的基本资料 /65

4.2 黄河上游梯级水库补偿调度分析 /76

4.3 黄河上游梯级水库补偿调度仿真模型及求解 /80

4.4 小结 /93

第5章 水库环境补偿效益研究 /95

5.1 水库环境补偿效益相关概念界定 /95

5.2 大气环境补偿效益研究 /96

5.3 河道水体环境补偿效益研究 /107

5.4 环境资源补偿效益研究 /114

5.5 环境补偿效益产生机理分析 /124

5.6 小结 /125

第6章 水库生态补偿效益研究 /126

6.1 水库生态补偿效益相关概念界定 /126

6.2 水库对生态系统的影响 /128

6.3 河道外生态补偿效益计算 /132

6.4 河道内生态流量补水效益 /139

6.5 河流生态基流补偿效益 /142

6.6 防断流补偿效益 /150

6.7 生态洪水补偿效益 /165

6.8 小结 /171

第7章 水库防凌补偿效益研究 /172

7.1 水库防凌补偿效益概念界定 /173

7.2 冰凌的形成及演变 /173

7.3 水库运用改变冰塞机理研究 /178

7.4 水库防凌调度 /186

7.5 水库防凌补偿效益分析 /186

7.6 大柳树水库防凌补偿效益实例 /187

7.7 小结 /194

第8章 水库补偿效益分摊方法研究 /195

8.1 水库补偿效益分摊理论基础 /195

8.2 水库补偿效益分摊主要影响因子识别 /197

8.3 水库补偿效益分摊方法 /203

8.4 小结 /213

参考文献 /214

后记 /225

第1章 绪论

1.1 研究背景

水资源是人类生存和发展不可替代的自然资源，是生态和环境良性循环的控制性因素之一。水资源又是战略性的经济资源，是一个国家综合国力的有机组成部分。水在国民经济各部门中用途广泛，是不可替代的重要生产要素，水资源的状况制约着工农业生产的发展和布局，影响着人民生活质量和物质水平的提高。水利工程，特别是梯级水库群是水资源统一管理和调控的重要措施，流域中水库群合理建置和可持续运行关系到水库在流域水资源调控中作用的大小。而水库补偿效益科学界定，准确计算与合理分摊是流域水库群合理建置和运行的重要基础之一。

1.1.1 水库作用显著

我国水资源总量为 2.8 万亿 m^3 ，但人均淡水资源量只有 2200 m^3 左右，是世界人均水平的四分之一。随着我国工业化和城市化进程加快，水资源短缺已成为经济社会发展严重制约因素，成为我国经济增长所面对的重大挑战之一。总体而言，我国水资源短缺是不争



的事实,并具有时空分布不均,易发生旱涝灾害等特点,具体表现在以下两点:①水资源地域分布不均是导致水资源短缺的客观原因。水资源的补给来源为大气降水,多年平均年降水量随地域性的变化,基本上决定了水资源量在地域分布上的不均匀性。我国南方四个流域片的人口是全国的 53.5%,土地面积为 35%,水资源占了 81%。南方地少水多,北方地多水少。②水资源年际、年内变化大,水旱灾害频繁。大部分水资源集中在汛期以洪水的形式出现,资源利用困难,易造成洪涝灾害。传统防洪也意味着水资源以洪水的形式流走,洪水资源化对我国北方就显得尤为重要。在非汛期,降水量很少,河道流量几乎枯竭,易造成旱灾,节约用水,建立节水型社会是当务之急。

据统计,全国大江大河的水资源利用程度已经很高,其中海河、淮河、黄河等河流的开发利用程度已达 78%、37%和 72%,已经超过或接近了国际公认的 40%的开发上限。国际经验表明,当径流量利用率超过 20%时会对水环境造成很大影响,超过 50%将造成严重影响。水资源供求矛盾加剧使得水资源合理配置更为重要,进而突出了水库在流域水资源调控中的作用。水利部提出的新时期治水新思路中明确要求加强水资源合理配置。水库作用更侧重于流域水资源调控,功能定位转变,收益结构变化。在黄河流域水资源统一调配中,干流龙羊峡、刘家峡、三门峡和小浪底等水库构成黄河水资源调配的骨干工程,在防洪、城市供水、灌溉和发电等综合利用中发挥着重要作用。虽然水库在运行中损失了一定的发电效益,但在防洪减灾,保证工农业生产,保障社会稳定,维护流域健康等方面功不可没,产生了巨大的补偿效益。水库补偿效益的合理核算与分摊关系到水库联合运行和科学调度。因此,在流域水资源调控中,水库作用日益显著。

1.1.2 梯级水库开发出现新高潮

随着我国能源供需矛盾日益显现和环境保护而对化工燃料的限制,以及对能源安全的长远考虑,作为清洁、低成本、长寿命、综合效益大的水电项目成为我国重要的能源发展方向。特别是我国电力体制改革的逐步展开,水电在“厂网分开”,“竞价上网”方面的优势成为重要突破口,全国范围内兴起了水电建设的新高潮。据有关文献报道,我国可建站址全部进入规划日程,除极个别水库以单库形式存在,绝大多数都形成了梯级滚动开发的模式。典型的有长江梯级、金沙江梯级、澜沧江梯级、乌江梯级、黄河梯级等。水库梯级开发,一方面使水库间的补偿关系更复杂,迫切需要在投资分配、产权资产界定和运行管理等方面定量化,水库间的补偿效益呈全面发展,需要有一套科学完备的理论体系来支撑,需要一系列合理、公平的方法来定量化。另一方面,河流的梯级开发对流域的影响是广泛和深远的,对流域内的补偿关系需要合理确定,这使得水库补偿效益拓展到流域,因而水库补偿效益具有了流域的特点。随着水库梯级大开发,水资源利用程度不断提高,使得原有梯级开发以发电为主的目标转变为促进全流域的可持续发展的目标。流域内水资源时空变化,如引水、退水,甚至流域生态调水工程都较大地改变了梯级既定的运行方式,从而使水库补偿效益发生更大变化。最明显的例子是“南水北调”工程的实施,全面改变了黄河干流梯级水库补偿关系,更涉及黄河给长江的补偿,需要研究的问题很多。因此,水库梯级开发的全面铺开,为水库补偿效益的研究提供了广阔空间,同时,梯级目标的变化给补偿效益研究提出了许多新问题,急需进行全面深入研究。



1.1.3 水库作用的生态化和流域化

国内学者用水资源供需分析方法得出工程水利、资源水利和生态水利的提法。工程水利的实质是通过工程措施来除水害、兴水利,以满足社会经济发展的需要;其内涵是研究水利与工程的关系,特别是水资源规划、开发、利用的措施,以及工程的规划、设计、施工、运行与管理的理论与方法。资源水利是研究水资源本身,包括大气水、地表水和地下水的有效利用和合理配置、水的多功能与综合利用、水资源的区域性配置等理论、方法和手段。其内涵是,资源水利依托水利工程和资源的优势,重视资源的合理配置、工程的数量和质量、工程的建设与管理、工程措施与非工程措施,建立以资源优化配置为基础的节约型社会 and 经济发展体系,以及优化组合的防洪减灾体系。狭义的生态水利是研究水资源的开发利用对生态环境的影响、水利工程建设与生态系统演变的关系等。广义的生态水利是以人口、资源、环境与经济协调发展为前提,应用生态经济学原理、可持续理论、系统科学等,提出水资源的合理开发、利用、科学管理和保护生态环境的方式和措施,满足代内人和代际人用水需要,走可持续发展道路。生态水利的核心是实现人与自然和谐相处。可见,人类对梯级水库作用的生态化要求越来越强烈。虽然黄河流域 20 世纪 90 年代断流增多,尾间生态和环境恶化,但主要是由于调度管理不当,节水不力。1999 年实行黄河统一调度后,黄河不再断流就明证了梯级水库合理调度可以保证生态水利的实现。到 2010 年前后,黄河进入到生态水利阶段,届时耗水量将接近 370 亿 m^3 的可用水量,水资源供给主要受生态和环境要求限制。

我国水资源短缺已是事实,北方河流主要是资源型缺水,如海河、辽河、黄河水资源利用率已经非常高,然而需求还在不断增加。

南方河流是污染造成的水质型缺水。近年来流域统一管理的思想已经被广泛接受,黄河流域从1999年开始实施全河水量统一调度,取得明显的成效,遏制了断流危害。流域水资源统一调配已经是我国大多数河流应对水资源短缺的重要手段。因而,水资源管理趋向流域统一管理,水库调度的作用更多地表现出流域化的特点。以黄河为例,20世纪90年代多次的远距离调水功效说法不一,但到1999年统一调度后黄河未断流,水库作用受到广泛认可,尤其是黄河上游龙刘两库长期低水位运行所产生的下游效益得到广泛认同,因此水库作用的流域化表现得非常明显。更值得关注的是,水安全和生态安全理念的提出和深入,提升了水库调度的作用。

1.1.4 黄河梯级水电基地发展需求

我国水能资源得天独厚,居世界第一。根据国家“十五”计划和2015年远景规划,水电开发的目标是2015年水电装机达到15000万kW,占总装机比重28%,水能资源开发程度将达到40%。但是目前开发率仅22%,按电量算只有12%左右。不但远远落后于美国、加拿大、法国等发达国家,也落后于巴西、埃及、印度等发展中国家。大江大河将成为梯级水库群开发的重点。

黄河上游河段水电资源丰富,是国家重点开发的水电基地之一,已建和待建的水电站25座。作为基础产业,在目前国家实施西部大开发、西电东送、可持续发展战略形势下,黄河上游水电开发面临良好的机遇。但是长期以来,影响黄河干流梯级电站可持续发展的补偿效益问题得不到解决,严重地制约了水电建设发展速度,延缓水电建设战略目标的实现。如黄河上游调节性能好的大型水电站,为了满足下游发电、灌溉、供水、生态等综合利用的要求,牺牲自身的发电效益,使中下游流域获得了显著的社会、经济、生态效益;



从黄河全流域总体而言,整体的综合效益增加非常可观,从局部的黄河上游电站而言,发电效益损失较大。但是,上游电站自身效益没有得到应有的补偿。这不仅加重了已建电站的运行负担,而且挫伤了待建电站投资者的积极性,这种无补偿机制还阻碍外资的注入,不利于梯级水电滚动开发。河流上游调节性能好的大型水库能为全流域带来显著的补偿效益。目前很多补偿效益缺乏科学合理的定量计算方法与分配方法,致使总体经济指标较优的龙头电站很难立项建设,这类已建电站运行困难。在全流域梯级开发和跨流域调水形势下,水库间补偿调节关系更为复杂,所以对水库补偿效益理论研究显得尤为重要。

1.2 研究目的与研究意义

要实现河流梯级水电可持续发展,并为梯级滚动开发争取良好的经营环境,有必要全面地研究河流梯级水电站发电、综合用水等各类补偿效益及分摊的宏观战略问题。因此,黄河梯级水库补偿效益研究主要具有以下三方面的目的与现实意义。

(1) 补偿效益研究有利于水电梯级滚动开发。目前水电开发实行“流域、梯级、滚动、综合”的开发方针,要做到梯级滚动,必须进行已建电站和待建电站的效益核算。按照《中华人民共和国公司法》运作规范,滚动开发应以电站固定资产、折旧费和全部收益(包括水电和水利)转为流域开发公司的资本金,滚动开发下一个梯级电站。补偿效益是梯级电站效益的重要组成部分,但是,当前全部收益核算时并没设计入补偿效益。这一状况导致部分补偿电站的收益不高,影响投资者热情。通过本次研究拟解决水库补偿效益如何定量核算等技术经济问题。

(2) 水电产业已经被确定为我国重点发展的基础产业,但是相应的水电优先开发的政策体系尚未形成。实施西部大开发战略,加快西北地区的经济开发,必然为西部水电的发展迎来了机遇。黄河上游地处西部,开发建设大中型水电工程是西部大开发的重要内容,应当享有国家的优惠政策。然而,黄河上游已建的电站中,补偿效益没有得到体现,更没有相关政策的支持。参照国内外已有经验,结合黄河流域具体情况,本着科学、合理、公平、公正原则,从经济学角度分析水库补偿效益产生机理,为制定梯级水库补偿效益分配原则提供理论依据。通过对补偿效益计算及分配等问题深入研究并进行广泛宣传,以期得到国家宏观政策的支持。

(3) 补偿效益合理计算和分摊有助于水资源统一管理,促进和谐社会建设。水库补偿效益科学计算合理分摊是流域上下游与管理机构之间共赢合作,实现水资源统一管理的重要基石之一。流域水资源统一管理有助于实现流域水资源合理配置,更好地解决流域水资源短缺和水利工程合理利用等问题,最终解决黄河流域中已有的生态和环境问题。

本书研究课题是国家自然科学基金项目“水库群补偿机理及计算方法研究”的重要部分,是国家电力公司西北公司、黄河上游水电开发有限公司项目“黄河干流梯级水库补偿效益分配方案和实施对策初步研究”的深入。研究成果为水库群补偿效益准确核算与合理分摊提供理论依据。

1.3 国内外研究进展

随着水资源的利用程度、梯级开发,以及水对区域发展和生态安全作用的提升,水库补偿调节和补偿效益研究得到不断发展,前