

长江水利委员会

大中型水利水电工程技术丛书

船闸与升船机设计

钮新强 宋维邦 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

责任编辑: 王能瑜

Tel: 010-68317913

E-mail: wzyu@waterpub.com.cn



封面设计: 北京供水文化服务中心 / 周强
Tel: (010) 6831017 6320288-2791
E-mail: wzyu@waterpub.com.cn
www.waterpub.com.cn / wzyu

ISBN 978-7-5084-4495-6



9 787508 444956 >

定价: 65.00 元

长江水利委员会
大中型水利水电工程技术丛书

船闸与升船机设计

钮新强 宋维邦 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是在深入总结我国在大中型水利枢纽上设计建设通航建筑物的经验,在广泛吸收国内外大中型水利枢纽和运河上设计建设通航建筑物的技术资料的基础上,通过对在大中型水利枢纽上建设通航建筑物特点的全面分析,编写的一部理论与实践紧密结合的在大中型水利枢纽上设计船闸与升船机的专著。

全书分绪论、通航建筑物总体设计、船闸设计和升船机设计共4章,分别对水利枢纽上通航建筑物发展的情况、主要特点、需解决的主要问题和未来发展的趋势,通航建筑物总体设计的原则、设计依据的主要资料、影响设计的主要因素、设计工作的要点、模型试验验证和布置实例,船闸的总布置、水力学、水工建筑物、地基处理与边坡稳定控制、金属结构与机电设备、安全监测和船闸工程实例,升船机总布置、平衡重式垂直升船机金属结构和机电设备、卷扬式斜面升船机金属结构和机电设备、升船机工程实例等,进行了全面的详尽论述。

本书可供大中型水利枢纽工程设计科研人员参考,也可作为大专院校水利水电专业教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

船闸与升船机设计/钮新强,宋维邦编著. —北京:中国水利水电出版社,2007

(长江水利委员会大中型水利水电工程技术丛书)

ISBN 978-7-5084-4495-6

I. 船… II. ①钮…②宋… III. ①船闸—设计②升船机—设计 IV. U641.2 U642.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第037998号

书 名	长江水利委员会大中型水利水电工程技术丛书 船闸与升船机设计
作 者	钮新强 宋维邦 编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 25.75印张 611千字 2插页
版 次	2007年4月第1版 2007年4月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	65.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究



■ 三峡水利枢纽鸟瞰



■ 三峡船闸施工现场



■ 三峡船闸夜景



■ 三峡船闸人字门



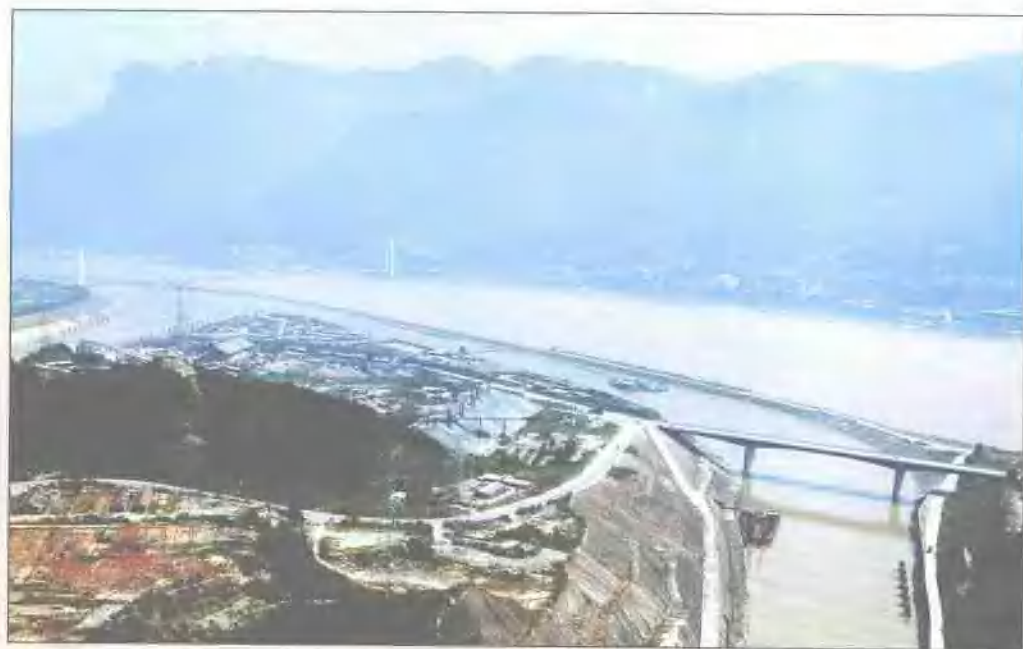
■ 清江隔河岩第二级升船机



■ 升船机上闸首底板预应力锚索施工



■ 集中控制室



■ 下游引航道及隔流堤

大中型水利水电工程技术丛书

编辑委员会

主 任 文伏波

副 主 任 郑守仁 傅秀堂 洪庆余

委 员 潘天达 王忠法 陈雪英 成昆煌 刘一是

季昌化 郑允中 张继良 马建华 杨 淳

夏仲平 李常发 赵纯厚 钮新强 岳中明

郭熙灵 郭 玉 翁立达 袁达夫 徐麟祥

宋维邦 程卫民 董学晟 季学武 陈德基

周少林 杨甫生 魏山忠 胡甲均 史光前

秘 书 长 赵纯厚

秘 书 廖志丹 刘国利 龚国文

撰 稿 人 员 名 单

(以书稿先后为序)

撰稿人员 钮新强 宋维邦 任继礼 李江鹰 蒋筱民 宋志忠
 李进超 张传健 李洪斌 吴小宁 董博文 朱 虹
 廖乐康 于庆奎
 秘 书 李江鹰 童 迪

撰 稿 人 员 分 工

章 节		撰 稿 人 员
1		钮新强 宋维邦
2	2.1~2.5	钮新强 宋维邦
	2.6	任继礼 钮新强 宋维邦
3	3.1	钮新强 宋维邦
	3.2	钮新强 宋维邦 任继礼
	3.3	李江鹰 蒋筱民 宋维邦 任继礼
	3.4	宋志忠 李进超 钮新强 张传健 李洪斌
	3.5	吴小宁 董博文
	3.6	任继礼 钮新强
	3.7	任继礼 钮新强 宋维邦
4	4.1~4.2	钮新强 宋维邦
	4.3	于庆奎 钮新强 朱 虹 廖乐康 董博文
	4.4	廖乐康 朱 虹 董博文 任继礼
	4.5	朱 虹 钮新强 宋维邦



钮新强和宋维邦同志编写了一本全面论述船闸和升船机设计的专著《船闸与升船机设计》，要我写篇序，我不禁回想起 20 年前论证三峡工程时的一些往事。

1986 年，中央下发 5 号文，责成水利电力部负责组织专家组，重新论证三峡工程的可行性，有不少同志从各个角度提出对三峡工程的质疑，其中有一条就是：三峡工程的大坝将截断长江，影响关系国计民生的长江航运……，甚至有人担心重庆港最终将成为死港。

说实话，开始时我确实较难接受这一指责。我想中国人民可能是世界上最早修建船闸发展航运的先驱者，京杭大运河至今仍在发挥作用。1949 年新中国成立后，在大型水利水电枢纽上成功地建成了富春江、万安等船闸，20 世纪 80 年代更在长江葛洲坝枢纽上建成大江 1 号和三江 2 号、3 号三座大船闸，促进了航运发展。升船机的发展虽较迟缓，但也先后建成了白莲河、丹江口等升船机。三峡工程的三大效益之一就是发展航运，怎么全得出相反的结论呢？

我曾仔细分析过这些意见，其中有些纯从想当然的概念出发，认为长江原是由自由奔流的大河，百舸争流，拦江筑坝后，船只被迫只能去钻船闸或升船机，还要列队等候过坝，当然是碍航了。对于这些意见，不难通过

沟通解释，消除误解，取得共识。但也有一些同志指出，三峡的通航建筑物不同于葛洲坝式的单级船闸，而是没有前例的高水头五级梯级船闸，无论是水工结构、金属结构、控制操作系统都十分复杂，数量众多（各种阀、闸、启闭机、液压控制设备成千上万），体型巨大（船闸的人字门被称为天下第一门），存在着水力、结构、泥沙、控制各领域中的复杂问题，只要有一个领域、一个地方甚至一个零件出现问题，就会影响全线通航。长江断航事关重大，能冒这个风险吗？至于升船机更是庞然大物，远远超过当前国际水平，一些境外人士断定，连外国人都解决不了，不相信中国工程师能解决。这些意见和质疑值得特别重视。在论证中，我们通过反复深入研究，最后认为不存在不可克服的困难，依靠自己的努力能够建起这一宏伟的通航工程，使万吨级船队直达重庆港，让长江航运事业有个革命性的发展。有关专家全部同意这个结论，并庄严地签下字。但这些担忧和质疑也给我们以极大的启示，说明船闸和升船机的建设任务确实异常艰巨，具有极大的挑战性和风险性，唯一的解决之道，就是战战兢兢，谦虚谨慎，加强研究，优化设计，千方百计提高施工和制作安装质量，不出任何事故，不放过任何一个问题。三峡工程经批准启动后，参建各方就是这么做的。

实践是检验真理的唯一标准。经过长期艰苦卓绝的努力，2003年6月实现明渠截流，围堰挡水，三峡工程开始发挥蓄水通航发电效益。从此时起，到2006年10月蓄水至156m，两线船闸已安全运行1231天，除因长江流量超标按规定停航7天外，实现了常年安全通航。迄今累计操作28387闸次，通过上下行船舶224000艘次，货物11372万t，旅客632万人次，已远远超过当年规划设想。在运行中，不论是水工结构或是金属结构均很正常，自动操作和控制水平之高，各种故障率之低，令参观的外国同行叹为观止。为迎接库水位通一步上升到最终设计水位，现在船闸正在顺利进行完建，到那时，航通将更加畅通，船舶更将现代化、大型化、标准化，管理组织工作水平更将提高，过坝量更将创造新的记录，川江航运又将迎来新的春天。升船机由于一度奉命缓建，所以进度有所推迟，现已在积极复建，我坚信不久也将胜利出现在长江上，给零轮提供快速过坝通航。三峡工程建设者们就是以实际成就回答了质疑者的问题，我们在庆贺胜利的同时，也应该感谢当年向我们敲起警钟、提醒我们不能掉以轻心的同志。

在顺利建设三峡通航工程的同时，其他工程也取得大量战果，例如红水

河岩滩的承船厢直接下水式升船机，闽江水口的船闸和垂直升船机，以及隔河岩、高坝洲、王甫洲和许多在建工程，这使我国成为修建船闸和升船机最多的国家，技术上也进入世界领先的行列，并有创新，例如提出浮筒水力自平衡式升船机等。当然，我们强调自主创新，但绝不排除向先进国家学习、引进和开展国际合作，增进友谊，共同进步（如三峡船闸上一些设备是引进的，升船机的承船厢及其设备与外国合作设计等），这也正是加快我国前进步伐的一条有效措施。

征进漫长，瞻望今后通航建筑物的建设任务繁重艰巨，经验可贵，值得总结交流，以利提高。多年来，长江勘测规划设计研究院承担了包括三峡工程在内的长江及其部务支流上大中型水利枢纽通航建筑物的设计任务，经过长期的设计研究和工程实践，积累了较丰富的经验。经作者们的总结提高，编著成本书。在书中不仅系统地总结了我国几十年来设计大中型船闸和升船机的经验，并搜集了国内外大量船闸和升船机工程的实例。本书在介绍船闸、升船机基本设计理论和方法的同时，对世界各国近半个世纪以来通航建筑物建设的经验和教训，以及设计技术的最新发展也作了总结和概括。这是一本理论与实践结合的好书，填补了我国目前在通航建筑物专著方面的空白。当然，书中所述只限于技术成熟、有实践经验的内容，但足以举一反三，是从事水利水电水运工程专业人员的一本实用工具书，也是大专院校水工及港航专业师生的一本优秀参考书，爰写教语，为之介绍。

潘家铮

2006年12月20日

总序

长江水利委员会（简称长江委）是长江流域水资源和水行政主管部门，也是我国水利水电方面一个有影响的科研设计部门。50年来，它编制和定期修订长江流域综合利用规划和长江防洪规划等专业规划，设计了三峡、丹江口、葛洲坝、乌江渡、万安、隔河岩和南水北调等大中型水利水电工程，并参与了工程施工、工程监测和调度运行管理。通过这些工程实践，长江委科技人员不仅理论联系实际地解决了许多复杂的技术难题，而且还积累了丰富的经验，造就了一批专来。有感于这些经验目前处于分散无系统的状态，为了使专家们的经验和智慧能集中起来，并使之系统化，力求升华为理论，使这笔知识财富得以长久保存、持续利用，我们在长江委领导和中国水利水电出版社的积极支持下，组织编写了这套“大中型水利水电工程技术丛书”。

本丛书是以系统总结长江委治理开发长江水资源的作为目的，随着治江事业的持续发展，将不定期分阶段出版。作为丛书第一批共有16本，其内容是：长江流域综合利用规划研究、工程水文与水资源评价、长江河道演变与治理、长江水利枢纽工程泥沙研究、水利水电枢纽施工技术、导流截流及围堰工程、水工混凝土温控与防裂、水工岩石力学、水库移民工程、通航建筑物、

水工金属结构、水利枢纽工程质量标准及监控、水文气候预测基础理论与应用技术、长江流域水利水电工程地质、高坝缓倾角软弱夹层地质、三峡工程与可持续发展等。这些方面是长江委多年反复研究实践的重点，且最富成果和创见的领域。本丛书将分册陆续出版，各册合在一起是一套系统的技术丛书，分开来又各自独立成书，以便从事水利水电工程技术的人士参考使用。

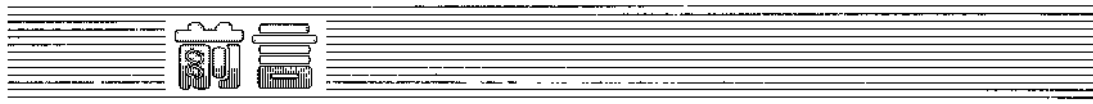
长江委在科研设计工作中一贯重视学习他人的经验，积极收集和研究国内外科技信息。借本丛书出版之机，特将世界江河与大坝的有关资料整理出版，作为一本综合性的工具书以飨读者。

本丛书为应用技术类图书，它是实践经验的系统总结，是理论与实践结合的结晶。它既不同于教科书，也不同于论文集。我们希望这套丛书有助于促进我国大中型水利水电工程技术的发展。本丛书可作为从事水利水电工程的科技工作者的工具书，也可作为年轻的本利水电工作者和学生的学习参考书，以帮助新一代水利水电科技专家的成长。

在我们几十年的实践中，不断学习和融会了国内许多专家的智慧和经验。在成书之际，谨向他们致以敬意和谢意！

长江水利委员会技术委员会

2003年10月



世界上修建通航建筑物以改善河流的通航条件，至今已有 1000 多年历史。我国是在河道上修建船闸最早的国家，早在公元 11 世纪已在通航河流上有简易船闸出现。欧洲在 18 世纪开始在道航河流上修建升船机。世界各国在早期修建通航建筑物，往往是为改善河流通航条件而进行的单目标开发，在水利枢纽上修建道航建筑物的时间相对较晚。随着世界各国综合利用水力资源工程的逐步开发，才开始在水利枢纽工程中兴建船闸和升船机。1949 年新中国成立以后，中、小型的通航建筑物建设与修建水利工程一起得到了较快发展。在 20 世纪下半叶，世界各国在大型水利工程中建设了一批船闸，其中，美国和前苏联等国，分别在大、中型水利枢纽上建成了一些水头较高、规模较大的船闸。长江勘测规划设计研究院，是我国设计大、中型水利枢纽道航建筑物的主要单位之一，先后设计建设了长江葛洲坝 1 号、2 号、3 号三座高水头大、中型船闸，我国目前水头最高的赣江万安船闸，汉江王甫洲船闸，我国目前提升高度最高的清江隔河岩升船机，清江高坝洲升船机，以及汉江丹江口升船机、陆水蒲圻升船机等通航建筑物。2003 年在长江上设计建成并投入运行的三峡水利枢纽双线 5 级船闸和已经开始建设的三峡一级均衡重式垂直升船机，分别是目前

世界上设计总水头最高、级数最多的连续梯级大型船闸和承船厢带水总重量最大、提升高度最高的大型垂直升船机。该院在这些通航建筑物的设计建设过程中，大量收集了世界各国建设通航建筑物的资料，对大、中型水利枢纽上的船闸和升船机，进行了大量设计研究工作，积累了较丰富的经验，针对当前尚缺乏水利枢纽上通航建筑物系统专著的情况，编制了本丛书。其初衷是希望对世界各国近半个世纪来，在大、中型水利枢纽上设计技术相对较为复杂的船闸、升船机的经验和教训，进行一次总结，提供今后在综合利用水利枢纽上修建通航建筑物的参考。

在大、中型水利枢纽上设计船闸和升船机，考虑的因素远较在一般通航运河上来得复杂。本书从两者的主要不同特点入手，以将通航建筑物作为水利水电工程中的重要组成部分，针对枢纽工程的综合利用对通航建筑物提出的各种条件和要求，按照枢纽工程发挥最大效益与开发河流的航运相互协调的原则，合理地处理好通航与枢纽工程其他开发目标之间、通航建筑物与工程自然条件之间的关系为重点，在介绍通航建筑物发展历史和今后发展趋势的基础上，介水利枢纽通航建筑物绪论、通航建筑物总体设计、船闸设计和升船机设计4个部分分别进行介绍，并对目前世界上具有代表性的通航建筑物工程实例进行了介绍。

本书在原长江水利委员会技术委员会主持下，组织各有关专业部分有实践经验的技术人员进行编写，编写过程中得到了中国工程院文伏波、郑守仁两位院士和设计大师洪庆余的指导，刘一是、赵纯厚等编委和田詠源、沈德民、须清华、林绍忠、汪基伟、代诗刚等专家和各专业有关人员的大力支持和帮助，在此谨向他们表示衷心的感谢。

限于我们的水平和经验，本书的错误和疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编著者

2007年3月20日于武汉