



王作高 主编

船闸设计



水利电力出版社



船 闸 设 计

王作高 主编

水利部科技专著出版基金资助项目

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书阐述了船闸的设计原则、方法和标准,列举了许多工程实例,收集了大量的国内外船闸资料,并提供了便于在设计中使用的技术数据和图表,是一本系统介绍船闸设计的专业技术书籍。

本书可供从事水运、水利和水电工程的技术人员在河流规划、可行性研究、工程设计和施工及运行管理中使用,也可供大专院校有关专业的师生参考。

船 闸 设 计

水利部科技专著出版基金资助项目

王作高 主编

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 31.75印张 724千字

1992年10月第一版 1992年10月北京第一次印刷

印数0001—1360册

ISBN 7-120-01503-6/TV·540

定价 27.10 元

出 版 说 明

书籍是人类进步的阶梯。科技图书集聚着科学研究和发明创造的成果，凝结着人们生产活动、科学实验的实践经验和聪明才智。当今，在振兴中华的“四化”建设中，要把科学技术转化为现实的生产力，科技图书的出版是一个重要的环节。它担负着传播科技信息，扩大科技交流，推广科技成果，普及科技知识，培养科技人才，积累科学文化，提高全民族科技意识和劳动者素质的重任，是科技事业的一个重要组成部分。

改革开放以来，我国的科技出版事业取得了飞速的发展。但在还很不完善的社会主义市场经济中，科技图书出版的合理经营机制尚未形成，“出书难、买书难、卖书难”一直困扰着许多科技人员和出版工作者。特别是一些专业性很强的科学专著，发行范围有限，出版更为困难，影响了科学技术的发展。广大知识分子在不断呼吁，出版界也竭力探索解决这一问题的途径。1985年以来，中央领导同志和中宣部曾多次指示，要求国家和各主管部门筹款，为专家学者撰写学术专著建立出版基金。其后，从中央到地方各类出版基金陆续建立，有力地推动了学术专著的出版。

水利在我国具有悠久的历史，对治国安邦起着重要的作用。新中国建立40多年来，水利建设事业取得了举世瞩目的成就，已成为我国国民经济的基础设施和基础产业，是发展工农业生产的命脉。为了支持水利科技专著的出版，以适应我国水利科研、设计、建设、管理、教学的需要，水利部于1991年9月5日向全国发布了《水利部科技专著出版基金试行条例》，拨出专款用于资助科技专著的出版，并相应地建立了出版基金评审委员会和办公室。

本出版基金主要用于资助有明显社会效益而印数较少的水利优秀科技著作的出版，包括：学术水平高、内容有创见、在学科上居领先地位的水利基础学科理论专著；反映水利重大科研成果或填补我国水利科技某个空白领域的学术专著；在水利工程技术和管理方面有重大科学和实用价值的专著；对我国水利科技发展有重要参考价值的国外水利科技著作的中译本。申请者在已有详细编写提纲和部分样稿时，即可向本基金办公室提出申请。

本出版基金申请项目的评审，坚持“专家评议，公平竞争，择优支持”的原则，其做法是：对所有申请项目，先由基金办送请三名同行专家评议，然后再提交评审委员会讨论、评选。对被通过的申请项目，即转入水利电力出版社的计划，由基金赞助出版。

我们希望本出版基金的实施对推动水利科技的进步和人才培养，对促进水利建设事业的发展，会起到积极的作用。为此，我们热切地希望水利界的学者、专家，能潜心将自己的创见和经验撰写成专著，踊跃向本出版基金提出申请出版，为繁荣我国的水利科技事业添砖加瓦，奉献自己的才智和力量。

水利部科技专著出版基金委员会

1992年8月

前 言

我国幅员辽阔，水量充沛，蕴藏着丰富的水利资源，有长江、黄河、珠江、淮河、黑龙江、辽河、钱塘江、闽江、澜沧江等主要水系，在开发这些水系时，与修建运河相结合，可构成四通八达的水运网。我国是开挖运河最早的国家，世界上许多发达国家都吸取了我国古代开挖运河的经验，建设了现代化的运河，连通江河、湖、海，在这些国家中，水运占有极为重要的地位。

航运是综合利用水利资源的重要组成部分，我国具有发展内河水运的天然良好条件，潜力很大。在兴建水利枢纽，渠化河流和修建运河时，船闸是克服集中落差的一种主要通航建筑物。船闸建设在我国有悠久历史，早在2000多年前，秦朝开挖的灵渠，克服水位差的陡门，就是船闸的雏形。但由于我国长期封建统治，束缚了科学技术的发展。国民党时期，船闸的建设发展极慢，不但数量少、规模小，而且技术很落后。新中国建立后，仅40年间，就建设了大、中、小各类船闸达800余座，大大地推动了我国船闸技术的发展。本世纪50年代建设的京杭运河，船闸的规模就比较大，可以通过4000t级的船队，已经运行了30余年，运输十分繁忙，对沟通我国南北水运运输起着十分重要的作用。70年代兴建的长江葛洲坝水利枢纽，船闸的规模和水头都居世界前列，我国船闸建设的技术已达世界先进水平。随着我国水利资源的开发，船闸建设正向高水头和现代化方向发展。

为了推广和交流船闸的设计经验，在水利电力出版社的积极倡导和支持下，编写了这本系统地介绍船闸设计的专业技术书籍，以对广大的水运、水利和水电工作者有所裨益。本书的作者都是具有数十年工作经验的高级工程师，他们曾参加过京杭运河、黄河、海河、珠江、长江、葛洲坝和三峡工程等的航运规划、可行性研究的船闸设计、科研和《船闸设计规范(JTJ261~266)》的编写；有的作者还考察过欧美和苏联等国的运河、水利水电建设和设计、科研等部门，并总结了国外船闸的建设经验，因此本书也是作者们从事专业技术工作数十年的经验总结。本书作者们利用了几年的业余时间，翻阅了大量的技术资料，经过多次研讨，集体创作而成。书中对船闸的总体布置、输水系统、水工建筑物、闸阀门及其启闭机械、电气设备及原型观测等的设计原则、方法和标准都作了详细的阐述，并列举了许多工程实例，收集了大量的国内外船闸资料及便于在设计中运用的数据和图表。本书可用于大、中型船闸的设计，也适用于小型船闸的设计。读者可按船闸的等级、规模和具体条件，因地制宜、灵活运用。

本书由王作高主编，涂启明撰写绪论及船闸总体设计，宗慕伟、杨孟藩撰写船闸输水系统设计，丁行蕊撰写船闸水工建筑物设计，金一心撰写船闸闸、阀门设计，杨自薰撰写船闸启闭机设计，凌仲生撰写船闸电气设计，涂启明、丁行蕊、宗慕伟撰写船闸原型观

测。由于作者们的水平有限，难免有不少缺点、错误和局限性，请广大读者指正，以使其日臻完善。长江水利委员会的徐一心、王既民、宋维邦、傅永清、张勋铭、田连治、郭晓石、王俊生等高级工程师对本书提出了宝贵意见，特表谢忱。

编 者

1991年6月

目 录

出版说明

前 言

绪 论 1

第一章 船闸总体设计 3

第一节 船闸的组成和类型 8

第二节 船闸总体设计应具备的资料 12

第三节 船闸规模 14

第四节 船闸设计水位和各部位高程 27

第五节 船闸的通过能力及耗水量 34

第六节 船闸总体布置 44

第七节 通航水流条件和泥沙淤积 59

第八节 船闸引航道 73

第九节 船闸辅助设施 90

第十节 施工通航 94

第二章 船闸输水系统设计 97

第一节 概述 97

第二节 船舶的停泊条件标准 98

第三节 输水系统运转过程中的安全技术指标 99

第四节 输水系统的分类和选择 100

第五节 集中输水系统的型式和适用范围 101

第六节 集中输水系统的布置 108

第七节 集中输水系统的水力计算 117

第八节 分散输水系统的类型和适用范围 153

第九节 分散输水系统的布置 160

第十节 分散输水系统的水力计算 170

第三章 船闸水工建筑物设计 186

第一节 水工建筑物设计原则 186

第二节 地基 197

第三节 防渗和排水 212

第四节 荷载 221

第五节 闸室结构 233

第六节 闸首结构 258

第七节 引航道导航和靠船建筑物 275

第四章 船闸闸、阀门设计 279

第一节 概述 279

第二节	布置及选型	280
第三节	荷载	282
第四节	材料及容许应力	285
第五节	结构设计	296
第六节	零部件与预埋件	313
第七节	闸、阀门的防锈	324
第八节	人字闸门	326
第九节	升降式平面闸门	347
第十节	横拉闸门	357
第十一节	三角闸门	365
第十二节	平面阀门	378
第十三节	反向弧形阀门	382
第五章	船闸启闭机设计	390
第一节	概述	390
第二节	启闭机总体设计	398
第三节	电力机械传动的启闭机设计	409
第四节	电力液压驱动的启闭机设计	419
第六章	船闸电气设计	435
第一节	概述	435
第二节	电力拖动系统设计	436
第三节	船闸自动控制	444
第四节	检测装置的设计与选型	457
第五节	通航指挥调度系统的设计	465
第六节	照明	467
第七节	供配电设计	471
第八节	船闸电缆的敷设	482
第九节	船闸自动化及发展趋势	484
第七章	船闸观测设计	490
第一节	观测内容	490
第二节	一般性观测	491
第三节	专门性观测	494
主要参考文献		500

绪 论

船闸是克服河流上建坝(或天然)形成的集中水位差的一种过船建筑物,它是由上下闸首、闸门、闸室等组成。闸室灌水和泄水,使水位升降,象一种特殊的水梯,但它不象普通电梯和升船机那样靠电力升降。船闸的闸首、闸室都是固定不动的水工建筑物,由闸首、闸门、闸室围成固定不动的闸厢,起挡水作用。船舶过闸时,由廊道和阀门构成的输水系统向闸室灌水,闸室水位上升;闸室向外泄水,闸室水位降落。停在闸室的船舶靠水的浮力,随闸室的水位升降,与上游或下游水面齐平,达到克服水位差的目的,通常称过坝建筑物。因船舶过闸是由水的浮力来升降的,因此,营运费用比较低,是过船建筑物中的一种主要型式。

一、船闸在航道建设中的地位和作用

自古人类就逐水而居,村落、市镇、乃至重要都市都是靠河靠海,利用水运发展起来的。只是近代有了铁路、公路,水运的作用才相对地减小。

水运运输是现代交通运输的重要部分,也是国民经济中的重要组成部分,对社会主义四化建设和改善人民生活及物资、文化交流都起着重要作用。

世界上凡是工农业生产较发达的国家,其内河水运都比较发达。如美国、苏联、欧洲等,基本上已建成一个四通八达的水运网。

内河水运具有运量大,成本低,基建投资少,综合效益大,对环境污染少等优越性。

我国流域面积 100km^2 以上的河流5万多条,湖泊900多个,水量充沛,除少数地区河流外,多数河流终年不冻,具有发展水运事业的天然优越条件。据1980年初步统计,通航河流5609条,通航里程 $10.8 \times 10^4\text{km}$,居世界第二位。其中水深3m以上的5312km,水深2~3m的11836km,水深1~2m的40324km,水深1m以下的50329km;全年通航的86920km,季节通航的20881km;通航300t以上船舶的9500 km,通航1000t以上船舶的4500km。但在这些通航河流中,有相当部分还处在天然状态,或水深不够,或滩多流急,或航道多变,远不能适应国民经济发展对水运运输的要求,急待改善通航条件,建成四通八达的水运网。具有一定条件尚不能通航的河流,随着社会主义四个现代化建设和发展的需要,亦将逐步得到综合治理和开发,成为通航河流,发挥水资源综合效益,使内河水运向更纵深的地区伸展,便利物资运输和人民交往。改善航道通航条件的主要途径是疏浚整治和梯级渠化,后者是治本的,能根本改善通航条件;另一途径是开挖运河,把被自然分割的互不相通的各条河流连通成为四通八达的水运网。建国后,对广东连江、四川渠江、山东小清河、湖南渌水等河流进行了渠化。正在进行的有江西昌江渠化工程和计划开发的广西西江。治理和扩建了京杭运河苏北段、京杭运河钱塘江沟通工程、江苏的锡澄运河、浙江的杭甬运河、广东的青年运河、江西的赣抚运河。结合灌溉排涝渠道通航的有江苏苏北灌溉总渠、淮沭新河、安徽的大潜山干渠、茨淮新河、上海的大治河、金汇河、淀浦河,这些

都较好地改善了通航条件，扩大了通过能力。

内河水运发达的国家，都逐步对河流进行综合治理和梯级渠化。如美国对上密西西比河、俄亥俄河、田纳西河、阿肯色河、伊利诺斯河、哥伦比亚——斯内克河等的渠化，最近建成的田纳西——通比格比运河；美国和加拿大修建的沟通圣劳伦斯河和大湖区航道的圣劳伦斯海道，包括韦兰运河。苏联对伏尔加河、卡马河等的渠化；修建白海——波罗的海运河、莫斯科运河、伏尔加——顿运河、伏尔加河——波罗的海水道等。德国对莱茵河上游，内卡河、美因河、摩泽尔河的渠化；修建多特蒙德——埃姆斯运河、中德运河、美因——多瑙运河、易北支运河等，都从根本上改善了通航条件。

渠化河流和设闸运河均须根据河流比降、两岸地形、通航规模等条件逐级修建一系列的闸坝，抬高坝上水位，淹没滩险，增加航道水深，才可改善通航条件。由于闸坝的修建把河流分截为若干河段，把天然河流各河段的比降分别集中于各梯级，或把运河划分为若干梯级，因此，形成集中于闸坝上下游的落差。为了克服落差，必须修建过船建筑物——船闸或升船机。在我国，绝大多数是船闸，使船队能原队通过船闸的升降过坝，把被拦河闸坝分截的河段沟通为全线贯通的畅通无阻的航道，这充分表明船闸在渠化河流和运河建设中所起的关键作用。船闸规模和能力大小，船闸布置和各构筑物的优劣均将对全航道起控制作用，是航道通畅的关键，如果船闸规模、布置和各构筑物的设计不恰当，则很难补救，除非再建第二线或第三线船闸，而且船闸的投资在全河流总投资中占较大比例。因此，在渠化河流和运河建设中应把船闸放在首要地位，十分重视它的建设。

二、船闸在水资源综合利用中的地位和作用

我国河流水利资源极为丰富，水资源总量约27210亿 m^3 ，可开发的水力资源约3.8亿kW，居世界首位。为航运、发电、灌溉、养殖、供水等事业提供了优越的天然资源条件。综合利用水利资源是我国水利建设的基本原则，只有综合利用、统筹兼顾才可使水利资源得到最大限度的利用，为国民经济各部门服务。

建国后，为防洪、发电、灌溉、航运、排涝的需要，在河流上修建了一系列的水利水电枢纽，开挖了灌溉、泄洪、排涝渠道和通航运河。据1980年的初步统计，已建水库86881座，水电站88668座，建在通航河流上的闸坝2796座，船闸800余座，升船机60余座。发展航运是综合利用水利资源的一个重要方面，凡是为防洪、发电、灌溉、排涝目标而修建的水利枢纽，均应充分考虑航运的需要，为保证航运通畅和发展创造有利条件，其中最重要的是在兴建水利枢纽的同时修建符合航运要求的通航建筑物。通航、防洪、发电、灌溉、排涝有着互为促进的关系。例如，防洪越紧张，越需要水运为其运送防洪器材和物资，特别是铁路、公路因洪水中断时，水运在防洪中的作用更显重要。水利水电工程建设和由于发电、灌溉而带来的工农业增产亦需要水运为其运送物资。同时，兴建拦河闸坝抬高上游水位后，可淹没滩险，改善航道条件，促进航运发展。但也存在着矛盾，如水量分配、工程投资、枢纽中各建筑物的相互关系及全河段的梯级布局等。因此，需要本着统筹兼顾，全面安排，一水多用，共同发展的原则进行水资源的开发和建设，摒弃单打一的片面作法。由于航运是一条线，在这一条线上，任何河段都达到航道尺度要求，才可保持

航运通畅。如果在这一条线上有一点或数点不通，则这一条线就要断航，其他具备通航条件的河段亦不能发挥作用，难以发挥航运的效益。这就要求，在兴建拦河闸坝同期兴建船闸（或升船机），保证航运的连续性。这表明，船闸在水利枢纽通航中所起的是关键作用，是枢纽的重要组成部分，与防洪、发电、灌溉等建筑物占有同样的地位，对于特别重要的通航河流上，如长江、京杭运河、西江上的水利枢纽中，船闸则占有很重要的地位。

为使船闸能保证船舶安全通畅地过坝，充分发挥水资源综合利用的效益，必须按照航运要求，充分考虑船舶过坝运行的特点，选择好闸（坝）址和枢纽布置，在同一河流各梯级间的通航水位要相互衔接，枢纽最小下泄流量要满足下游最低通航水深的要求。

三、我国船闸建设的成就和发展

我国是世界上最早利用水运，修建船闸的国家，早在公元825年，李渤主持整修沟通湘江和漓江的灵渠时，就创建陡门36座，陡门即闸门，就是船闸的雏形。到987年乔维岳在灵渠创建二斗门，二门相距五十步，设悬门，是世界上最早的船闸，比1375年在荷兰出现的半船闸约早400年。是我们祖先勤劳智慧的结晶，是水运建设宝贵的科学遗产。但是，由于我国劳动人民长期遭受封建统治的束缚和帝国主义的侵略，水运事业的发展受到扼杀，船闸建设停滞不前，发展极为缓慢。到解放前夕，全国只有小船闸约30座，而且设备落后。

中华人民共和国成立后，船闸建设和其他社会主义建设事业一样，有了较大的发展，已建成船闸900余座。从第一个五年计划开始勘测、第二个五年计划开始施工的京杭运河整治扩建工程起，我国的船闸建设取得了较大的成就，有了较快的发展。1957年开始由我国自己设计和施工，1958年首次建成有效长210m，宽15m的宿迁、泗女寺、杨柳青3座1000t级船闸；接着于1958年设计，1960~1961年建成有效长230m、宽20m的施桥、邵伯、淮安、淮阴、泗阳、刘山、解台、微山8座3000t级船闸；嗣后又于60年代末到70年代建成谏壁、刘老涧、皂河3座2000t级船闸。到1978年止京杭运河已建成船闸26座，并在施桥等船闸实现船闸自控操作，大大改善了运河通航条件，提高了运河过船能力，目前又完成了苏北段复线船闸建设，进一步扩大了运河过船能力。

1959~1962年湖南建成我国设计水头最高(43m)的潇水双牌船闸和水头28m的水府庙船闸（均为设中间渠道的两级船闸，及设计水头38m的酒埠江船闸（两级））；1965年广西建成设计水头21.7m，1000t级的连续两级西津船闸；1961年安徽建成1000t级的淮河蚌埠船闸；1963~1969年建成1000t级的裕溪河巢湖船闸和裕溪口船闸；1962~1975年广东连江建成界滩等11座船闸；1960~1966年四川建成渠江南阳滩等3座船闸；1970年建成设计水头为19m的富春江七里垅船闸。这些船闸的建成和运用，积累和丰富了船闸规划、设计、施工、运行管理的经验和水平，锻炼和壮大了队伍。具备了建设运河、渠化河流、水利枢纽中高水头大型船闸的技术水平和力量。

1970年12月26日开工的长江葛洲坝水利枢纽，设有大江、三江两条航线3座船闸，大江1号和三江2号船闸有效长280m、宽34m，设计水头27.5m和27m，是我国最大的船闸，也是世界最大的船闸之一。船闸的技术问题极为复杂，特别是泥沙和通航水流条件的

复杂程度是目前国内外还没有有的。为解决这些技术问题进行了大量的科研试验，特别是泥沙和通航水流条件的试验，取得了较好的成果，解决了重大的技术难题。1981年6月15日三江2、3号船闸建成通航，标志我国船闸建筑技术达到国际水平。1988年建成的赣江万安船闸，单级水头已达32.6m。我国正向提高单级水头高度的方向迈进。

正在进行研究、拟建设的举世无双的长江三峡水利枢纽船闸，是一座高水头双线多级巨型船闸，其技术复杂程度在国内、外均无先例。随着它的建成，我国船闸建设技术将发展到更新更高的水平。

我国船闸建设的另一个特点是逐步向标准化、规范化和高水头方向发展。

我国船闸建设过程中，开展了大量的科研试验和原型观测，包括通航水流条件、泥沙淤积、船闸水力学、船闸结构、闸门、阀门及启闭设备、控制和管理等，取得了大量的成果，为船闸建设和运用提供了科学依据，促进了船闸建设的发展。

在总结船闸建设和运行经验及科研试验的基础上编制的我国第一本船闸设计规范，对于船闸建设发展是很有益的。

我国已建成单级水头大于20m的高水头船闸9座，约占全世界单级水头20m以上的高水头船闸的1/4，居世界第二位。

我国解决船闸引航道泥沙淤积的科研和实践居世界领先地位。

我国船闸建筑技术将随着我国高水头水利枢纽通航和渠化工程及运河建设的发展而提高，特别是在解决水利枢纽通航的泥沙防治，提高单级船闸高水头船闸水力学、闸门及启闭机械建造技术、研究通航水流条件的船模试验技术、自动控制和交通管制等方面将会得到进一步的发展。可以预见在不久的将来我国船闸建设技术水平将会走在世界前列。

四、国外船闸的发展

由于水运运输具有价廉、低耗、量大的优点，世界上一些工业发达的国家中，内河运输发展较快。作为内河航运建设重要组成部分的船闸建设也得到了相应的发展，多数国家的现代船闸主要是20世纪50年代以后发展起来的。

国外船闸建设很重视满足使用要求，在设计中注意选择好船闸位置和布置及引航道通航条件，防治泥沙淤积，使船舶能安全可靠和迅速通畅地通过船闸。

为适应水运成网和运量大的需要，一些国家的内河船闸尺度向标准化和大尺度发展，特别是船闸宽度逐步统一，内河成网，四通八达，其尺度满足设计船队原队一次过闸的需要。苏联船闸尺度的宽度主要为30m、18m，长度为290m（含300m）、150m、120m等几种；美国船闸宽度主要为33.5m、25.6m，长度为366m、183m、244m等几种（美国1793年建造的第一座船闸仅长21.33m、宽3.05m）；西欧船闸宽度主要为24m、12m，长度为270m、230m、190m、110m等几种。

随着水运运量的增大和发展，为满足客、货运量过坝的需要，不少枢纽兴建了双线或多线船闸。但在建设步骤上，则根据各自的情况和条件而有所不同，如苏联伏尔加河各级枢纽都同时兴建了双线船闸；多瑙河铁门、阿尔滕韦脱、阿沙赫、奥滕斯海姆、约亨斯坦等水利枢纽都同时兴建了双线船闸；莱茵河依芬兹海姆、费森海姆、格尔斯海姆等枢纽兴

建了双线船闸；朝鲜大同江南浦枢纽同时兴建了三线船闸；荷兰艾莫尔登建有四线船闸。美国正在进行改建的上密西西比河26号坝同时兴建了宽33.5m、长366m和183m的两座船闸，在一些河流上的低水头枢纽中，则采取先建一线船闸，运量增大后再建第二线船闸。

为减少船闸级数，缩短船舶过闸时间，加快水运运输速度，适应高坝通航的需要，内河船闸逐步向高水头方向发展。据不完全统计，国外单级水头大于20m的船闸有31座，其中苏联4座，第聂伯河第聂伯水电站2号船闸水头为39.2m；美国13座，有8座位于哥伦比亚——斯内克河，其中水头最高的约翰德船闸水头34.45m；葡萄牙4座，全部位于杜罗河，水头最高的卡拉巴德罗船闸水头为35m；德国西部（原西德）3座；法国、尼日利亚各1座；巴西托坝廷斯河图库鲁依船闸（设有中间渠道的两级船闸）单级水头36.5m；规划中的巴西拉那河伊泰普船闸（设有中间渠道的三级船闸），单级水头约为33~44m。这些都反映了当前船闸的世界水平。

高水头大型船闸的关键技术问题主要是船闸水力条件（特别是阀门水力条件问题）、闸、阀门和启闭机等技术问题。为解决高水头船闸在灌水、泄水时闸室和引航道内的停泊条件以及非恒定流对过闸船舶航行的影响，采用了等惯性输水系统、旁侧引水或旁侧泄水以及分散进水和分散泄水等措施。为解决阀门水力条件问题，特别阀门气蚀问题，采用反向弧形阀门；降低阀门底的高程和快速开启阀门以及设通气孔等措施；随着这些关键技术问题的解决，船闸的技术水平将会有进一步的突破。船闸工作闸门高度和启闭力随水头的增高而增大，特别是闸门的淹没水深对闸门启闭力影响甚大。目前世界上最大的内河船闸闸门是将建成的巴西图库鲁依2号船闸下闸首人字闸门，门扇高42.5m，每扇门重量为870t，淹没水深21.5m，比我国长江葛洲坝1号和2号船闸下闸首人字闸门分别高7.5m和8m，淹没水深分别大4.5m和1m。为降低下闸首闸门高度，在有条件的情况下采用设胸墙的措施，如葡萄牙杜罗河伯钦欧船闸下闸首人字闸门，巴西图库鲁依1号船闸下闸首平板门，正在设计中的美国库巴河华尔塔波丁船闸下闸首人字门，均采用设有胸墙的闸门，降低了闸门高度。华尔塔波丁船闸最大水头为39.6m，下闸首闸门总高度46.63m，采用高18.14m的胸墙人字门的高度降为29.2m。但在下游水位变幅很大，通航净高不够的条件下，则不能设胸墙。

由于船闸水力条件和闸门及启闭机械技术条件限制，当水头高至一定限度时，单级船闸就成为不可能，需要采用多级船闸，包括连续多级船闸和设中间渠道的多级船闸。据不完全统计，目前国外有连续多级船闸11座，其中6座在苏联。水头最高的是苏联额尔齐斯河上的布赫尔明斯克船闸水头高67m，分四级；罗马尼亚、南斯拉夫多瑙河铁门船闸水头34.5m，分两级。由于连续多级船闸通过能力小，过闸费时多，许多国家不太愿意采用。因建设高水头水利枢纽解决通航问题的需要，除了尽量提高单级船闸的水头外，有的国家采用设中间渠道的多级船闸，并采用了各种措施解决中间渠道存在的水力条件问题。初步设计，目前国外有设中间渠道的多级船闸10座，巴西图库鲁依设中间渠道的两级船闸，是目前世界上水头最高、规模最大的梯级船闸。

在水源缺少的情况下，为发展水运、减少船闸过闸耗水量，欧洲一些国家采用了省水船闸。如德国易北河侧运河于尔岑省水船闸，可节省过闸耗水量约60%。

为适应海运发展需要,不少国家兴建了大型海船闸,比利时于1955年、1967年、1978年在安特卫普先后修建了3座大型海船闸,其中1967年修建的参德夫利特船闸,有效长度500m,有效宽57m,平均低潮位门槛水深13.5m,一次可通过4艘30000t海轮。洪水期槛上水深17.5m,可通过150000t海轮,是目前世界上最长的海船闸。法国1971年修建的弗尔弗朗索瓦1号船闸,有效长400m,有效宽67m,是目前世界上最宽的海船闸,洪水期水深达22.8m,可通过250000t海轮,枯水期水深14.5m,可通过65000t海轮。船闸上下闸首均设有双道横拉闸门,每道闸门长70.5m,宽11.1m,高24.55m,重量为2500t,是迄今世界上最大的横拉闸门。

为防止咸水入侵船闸上游,影响船闸上游的水质,一些国家修建了防咸船闸。法国在70年代初修建了敦刻尔克港马迪克防咸船闸,荷兰在1975年修建了克里克拉克防咸船闸,朝鲜在1986年建成了大同江南浦船闸。

五、船闸设计应满足的运用要求

船闸是为船舶安全、迅速、通畅运送客、货过坝设置的,这就要求船闸设计从各个方面提供保证条件,满足运用要求。

(一) 船闸总体布置要满足运行要求

船闸总体布置的优劣是船闸运用中保证安全通畅的关键。在选择闸(坝)址和进行水利枢纽总体布置时,应按照满足通航条件的要求,优选船闸位置和船闸总体布置,并妥善处理与相邻建筑物的关系,如运行调度关系、引航道尺度、引航道与原航道的连接、通航水流条件与相邻建筑物的衔接等方面均能满足船舶安全、迅速和通畅过闸的要求。对位于多泥沙河流上的船闸,预计引航道可能发生淤积影响通航时,应有防淤、冲淤和清淤措施,以达到设计规定的引航道标准尺度。

(二) 船闸规模尺度应满足运量和船队原队过闸要求

船闸规模尺度应满足和设计水平年内客、货运量通过设计船队一次过闸的要求。位于运量大和重要的通航河流上的水利枢纽,或将来扩建较困难的枢纽,则应同时修建双线船闸,以保航运不断。高水头枢纽,在技术上可能的条件下,应尽量采用单级船闸,以提高船闸通过能力和减少船舶过闸时间。若因技术条件限制,不能建单级船闸时,可考虑采用设中间渠道的单级船闸;若建连续多级船闸,应充分研究其通过能力,如不能满足通过设计水平年的客、货运量的要求,则宜建连续多级双线船闸。

(三) 船闸各部分要互相协调

为了充分发挥船闸的能力和效益,降低工程造价,船闸各部分,包括闸首、闸室、引航道、导航和靠船建筑物、闸门和启闭机以及附属设施等都要配套和协调,形成统一的生产能力,避免顾此失彼,导致过闸船舶在引航道堵塞,延长过闸时间,船闸能力得不到充分发挥。

(四) 对船闸输水系统设计的要求

船闸输水系统是保证船舶安全迅速过闸的关键环节之一,是运用最频繁的一个工作系统,由闸室水力系统、进水和泄水系统及阀门等组成。要求这个系统在船闸灌水或泄水时,闸室及上、下游引航道有良好的水力条件,保证过闸船舶在闸室停泊和上、下游引航

道中行驶或停靠时不受影响。为了加快船舶过闸，增大船闸通过能力，船闸灌、泄水时间应尽量短，一般条件下，低水头船闸不超过 5~8min，中水头船闸不超过 8~10min，高水头船闸不超过 10~15min。选择船闸输水系统时，避免只注意闸室水力系统和停泊条件，忽视上、下游引航道水力系统和停泊及航行条件的倾向，对高水头船闸须十分重视阀门门型及其工作条件，采取一切可靠的措施，解决好阀门的震动和气蚀问题。

(五) 船闸建筑物要安全可靠

船闸闸首、闸室、导航和靠船等建筑物的布置和选型，要根据地形、地质和施工条件，做多方案比较优化，使建成后安全可靠和便于检修，满足船舶过闸要求。

(六) 对船闸闸门、启闭机械和控制系统的要求

船闸工作闸门是船闸运用中启闭最频繁，上闸首工作闸门是枢纽前缘的挡水设备，下闸首和多级船闸中间闸首工作闸门是闸室的挡水设备，与输水系统协同工作，调整闸室水位分别与上游或下游水位齐平。在船闸正常工作时，每扇工作闸门每天要开关几十次，如果一座船闸中有任何一扇闸门损坏或发生故障，船闸就要停止工作，航运就要中断。因此，选好工作闸门门型是十分重要的，所选闸门要求达到运行灵活、安全可靠、安装容易、检修方便。在一般为单向水头条件下，可优先选择人字闸门。

船闸工作闸门是最易出事故和故障的设备，为了减少船闸因闸门损坏而检修的断航时间，增大船闸通过能力，对运输繁忙、重要航道上的船闸，通过论证认为有必要时，可设双道工作闸门。

同闸门一样，闸门启闭机，也是运行最频繁的设备，也是最易出事故和故障的设备，所选机型应达到与闸门同样的要求。

船闸的控制系统，是保证船舶安全迅速过闸的指挥中心，选择的电气设备要可靠，指挥要灵活。

(七) 船闸辅助设施要齐全

船闸的辅助设施，包括上下游锚地、航标及枢纽地区的航行安全系统，这些是船舶通过枢纽不可缺少的组成部分，是保证客、货通过的不可缺少的设施，必须加以重视，否则不能形成完整的生产能力，造成航运损失和投资浪费。