



The Design of Military Bridging and River-Crossing Equipment

渡河桥梁装备 设计与计算

孙文俊 刘建勋 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

013029981

E92
87



国防科技图书出版基金

渡河桥梁装备设计与计算

The Design of Military Bridging and River-Crossing Equipment

孙文俊 刘建勋 编著



国防工业出版社

E92
87



北航

C1635741

180080010

图书在版编目(CIP)数据

渡河桥梁装备设计与计算 / 孙文俊, 刘建勋编著. —北京:
国防工业出版社, 2013. 3

ISBN 978 - 7 - 118 - 08600 - 3

I. ①渡... II. ①孙... ②刘... III. ①渡河器材 - 军械
装备 - 设计 ②渡河器材 - 军械装备 - 计算 IV. ①E92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 033517 号

※

国防工业出版社出版

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷责任有限公司

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 16 1/4 字数 308 千字

2013 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 58.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促

使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

**国防科技图书出版基金
评审委员会**

国防科技图书出版基金 第七届评审委员会组成人员

主任委员 王 峰

副主任委员 吴有生 蔡 镭 杨崇新

秘 书 长 杨崇新

副 秘 书 长 邢海鹰 贺 明

委 员 才鸿年 马伟明 王小谟 王群书

(按姓氏笔画排序)

甘茂治 甘晓华 卢秉恒 巩水利

刘泽金 孙秀冬 陆 军 芮筱亭

李言荣 李德仁 李德毅 杨 伟

肖志力 吴宏鑫 张文栋 张信威

陈良惠 房建成 赵万生 赵凤起

郭云飞 唐志共 陶西平 韩祖南

傅惠民 魏炳波

前 言

这是一部专门为渡河桥梁装备研究开发人员提供学习和参考的专业书籍。专业书籍不仅要介绍专业技术原理,更要介绍处理专业技术问题的理念、思路和方法。在渡河桥梁装备技术领域,专业图书的内容一部分来自国外相关专业的装备信息,一部分来自国内科学研究实践所取得的技术成果。由于早期计算手段的落后,已有专业图书中所介绍的一部分内容还存在着一些局限性,对一些技术问题还缺少深入细致的研究;由于科学研究实践的不足,专业图书也不可能涉及今天在实践中所遇到的某些技术问题;由于渡河桥梁装备设计文化的积淀不深,专业图书中对一些技术问题的认识也不会像今天这样深入。因此,继承前人的技术成果、发展前人所取得的技术成就,专业书籍才会具有现实意义,而本书的创新就在于此。装备设计即产品设计,所涉及的专业种类繁多,但闻道有先后,术业有专攻。本书作者也无法做到面面俱到,只能在介绍装备总体设计的同时,重点介绍渡河桥梁装备的职能部分——渡河桥梁结构的总体计算问题,因为渡河桥梁结构是渡河桥梁装备的主体,其他设计都需要围绕它来开展工作。作者从事渡河桥梁装备设计研发工作 30 多年,经历过或参与过数十项型号、预研和军内科研工作,并且长期从事装备科研管理工作,对渡河桥梁装备研发的现状和存在的问题有着比较清醒的认识,因此试图从自身专业的角度向读者介绍渡河桥梁装备设计人员所应具备的专业理论和专业素质,希望读者能够举一反三、触类旁通,更好地开展渡河桥梁装备研发工作。

目前,影响装备科研质量的主要因素是人们的观念,错误的观念一旦形成,对装备研制的不良影响往往就很难消除。例如,出发点简单、美好,但思考问题比较感性的情况常常会影响渡河桥梁装备的总体技术方案设计,“一俊遮百丑”往往导致渡河桥梁装备在某些性能上特别突出,而在另外一些性能上出现短板。性能、质量(可靠性和维修性)、保障特性和信息技术等是构成渡河桥梁装备效能的要素。渡河桥梁装备的性能是多元的,它们与可靠性、维修性、保障性和信息技术等一起构成一个 n 维空间,而渡河桥梁装备的效能,则是这个空间的 n 个要素的乘积。例如,对要素的评价为优秀时,定量指标可以设定为 1;良好时为 0.8;一般时为 0.6;较差时为 0.4;很差时为 0。如果对一个渡河桥梁装备的 $(n-1)$ 个效能要素的评价都为 1,而只有 1 个要素的评价为 0,则按照上面的定义,装备的效能依然为 0。效能为 0,就是该装备基本不能满足战场的要求。综合效能就是装备在战场上完

成任务的总体能力,是对装备各个效能要素的全面评价。装备的效能要素是多方面的,有时可能存在此消彼长的关系,即“物或损之而益,或益之而损”,这是古人对待事物的辩证观点,也应该成为人们进行立项论证、方案论证、技术设计等应该记取的原则。装备研发,需要处理好先进与可靠、简单与复杂、过去与现在、现在与将来、需要与可能、愿望与现实等的相互关系,而处理好这些关系的基础和依据就是渡河桥梁装备设计计算原理、相关计算数据和试验数据。本书所述内容有助于专业人员在渡河桥梁装备研发中,树立科学发展的观念。

本书是《军用桥梁设计原理》的姊妹篇,后者偏重于结构设计,而本书更偏重于装备设计和浮桥、门桥的总体结构分析,旨在分析回答渡河桥梁专业人员所困惑和关心的问题,并启发人们按照正确的观念、方法、步骤进行渡河桥梁装备设计开发工作,引导专业人员按照科学发展观的要求处理渡河桥梁装备的发展和建设问题。本书的内容主要来自作者的学习体会和工作思考,但受作者专业和能力水平的限制,书中不当之处在所难免,希望读者予以指正。

作者

2012年8月于无锡

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 渡河桥梁装备的定义与分类	1
1.1.1 渡河桥梁装备的定义	1
1.1.2 渡河桥梁装备的名称和含义	1
1.1.3 渡河桥梁装备的分类	5
1.2 渡河桥梁装备设计概论	7
1.2.1 渡河桥梁装备设计及其内涵(任务)	7
1.2.2 现代设计与传统设计	9
1.2.3 渡河桥梁装备的设计开发理念	10
1.3 渡河桥梁装备的设计要求和设计参数	12
1.3.1 渡河桥梁装备的系统组成	12
1.3.2 渡河桥梁装备的寿命剖面 and 任务剖面	13
1.3.3 渡河桥梁装备的设计要求	15
1.3.4 渡河桥梁装备的设计参数	19
1.4 渡河桥梁装备的架设原理和战术运用	22
1.4.1 渡河桥梁装备的架设原理	22
1.4.2 渡河桥梁装备的战术运用	25
第 2 章 渡河桥梁装备设计方法	27
2.1 系统化设计方法	27
2.1.1 技术过程和技术系统	27
2.1.2 功能分析法	28
2.2 反求工程设计	31
2.2.1 反求工程设计的概念	31
2.2.2 反求工程原理和方法	33
2.2.3 比对设计的概念及其应用	34
2.2.4 设计参数和设计要求的分析	35
2.2.5 对外军舟桥装备的反求工程分析	41
2.3 渡河桥梁装备多个设计目标的优化	42

2.4	渡河桥梁装备的通用化、系列化和组合化(模块化)	43
2.4.1	通用化的概念	43
2.4.2	系列化的概念	44
2.4.3	组合化(模块化)的概念	45
2.4.4	渡河桥梁装备基本型的概念	46
第3章	浮桥和门桥与水流的相互作用	50
3.1	概述	50
3.2	江河断面的水流速度分布规律	51
3.3	浮桥和门桥的水阻力	51
3.3.1	动水对桥脚舟的作用	51
3.3.2	摩擦阻力	52
3.3.3	兴波阻力	54
3.3.4	形状阻力	55
3.3.5	浮桥和门桥的水阻力估算	56
3.4	浮桥和门桥的水动力稳定性	58
3.5	浮桥和门桥的水力性能试验	62
3.6	浮桥的水平固定和门桥的推进(牵引)动力	65
3.6.1	风压力计算	65
3.6.2	活载荷引起的水平力	67
3.6.3	浮桥的水平固定	67
3.6.4	浮桥横向水平固定系留点的布置和系留桥段的划分	68
3.6.5	浮桥投锚固定	68
3.6.6	浮桥横张纲固定	72
3.6.7	门桥的推进动力	74
第4章	门桥、码头和漕渡的计算	76
4.1	绝对刚性门桥的浮性、稳性和结构强度	76
4.1.1	浮性计算	76
4.1.2	稳性计算	76
4.1.3	门桥的强度计算	78
4.2	舟体结构强度和刚度计算	82
4.2.1	概述	82
4.2.2	舟体结构构件的容许应力	84
4.2.3	舟体结构构件的功能和空心梁的截面性质	85

4.2.4	舟体结构的稳定性	86
4.3	门桥漕渡与码头、跳板的计算	90
4.3.1	码头的计算	90
4.3.2	跳板的计算	92
4.3.3	门桥漕渡	94
第5章	连续体系浮桥的计算原理	102
5.1	弹性支座连续梁	102
5.1.1	弹性支座连续梁的定义	102
5.1.2	弹性支座连续梁的计算	102
5.1.3	弹性支座连续梁内力、反力和位移的计算	105
5.2	双联弹性支座连续梁	108
5.2.1	双联弹性支座介绍	108
5.2.2	双联弹性支座连续梁的计算方法	109
5.2.3	双联弹性支座连续梁柔度矩阵 K_{ij} 的元素计算	109
5.2.4	双联弹性支座连续梁的六弯矩方程组的建立	111
5.3	弹性地基连续梁	113
5.3.1	弹性地基连续梁的定义	113
5.3.2	弹性地基梁的挠曲线微分方程及其解	114
5.3.3	无限长弹性地基梁	115
5.4	弹性支座梁、双联弹性支座梁和弹性地基梁的比较	120
5.4.1	桥脚分置式浮桥的力学模型	120
5.4.2	桥脚分置式长浮桥的弯矩和桥脚舟反力	120
5.5	有限长弹性地基梁与短浮桥计算	124
5.5.1	有限长弹性地基梁	124
5.5.2	多种载荷作用下有限长弹性地基梁的内力与变形	127
第6章	浮桥承重结构的总体计算	129
6.1	浮桥承重结构的划分和长浮桥计算	129
6.1.1	浮桥中段和末段的划分	129
6.1.2	长浮桥中段内力和变形的影响线	129
6.1.3	半无限长浮桥的内力和变形计算	130
6.2	临界长浮桥	131
6.2.1	浮桥的临界长度	131
6.2.2	临界长浮桥在履带式载荷作用下的弯矩和吃水	133

6.3	浮桥末段的设计计算	137
6.3.1	自由端浮桥末段的内力和变形	137
6.3.2	刚性支撑条件下的浮桥末段	140
6.3.3	刚性支座上预留垂直间隙的浮桥末段	144
6.3.4	带浮游栈桥的浮桥末段的内力和变形	148
6.3.5	带限制铰的浮桥末段的内力和变形	153
6.4	连接间隙对浮桥弯矩和吃水的影响	155
6.4.1	计算原理	155
6.4.2	长浮桥中段连接间隙影响的计算	157
6.4.3	临界长浮桥连接间隙影响的计算	159
6.4.4	浮桥末段的连接间隙影响	162
第7章	浮桥总体设计计算中的若干问题研究	168
7.1	混合浮桥或混合门桥	168
7.1.1	长浮桥问题	168
7.1.2	短浮桥和门桥问题	169
7.2	制式带式舟桥的承重结构设计计算	173
7.2.1	浮、门桥弯矩、剪力、吃水计算的典型方程	173
7.2.2	弹性特征系数 β 、连接间隙角 α 、载荷 q 对浮桥 承载能力影响	176
7.3	履带式自行舟桥的特点和连岸结构计算	178
7.3.1	履带式自行舟桥的特点	178
7.3.2	履带式自行舟桥跳板的设计计算	179
7.3.3	履带式自行舟桥跳板设计对门桥负弯矩的影响	184
7.3.4	门桥上载、下载时跳板受力状态的区别	186
7.4	浮桥的扭转	191
7.4.1	浮桥在载荷作用下的弯曲扭转	191
7.4.2	浮桥截面扭转时的微分方程	192
7.4.3	浮桥截面扭转时的初参数方程	194
7.4.4	闭口薄壁构件的扭转	198
7.5	浮桥的动力计算	199
7.5.1	浮桥振动的微分方程及其解	199
7.5.2	考虑活载荷质量时浮桥振动的微分方程及其解	202
7.6	门桥水线面面积形心与门桥稳性的关系	203
7.6.1	不同浮态门桥的吃水比计算公式	203
7.6.2	门桥水线面长度(门桥漂心)与门桥重心的关系	205

第 8 章 铰接(悬臂梁)体系浮桥计算	207
8.1 铰接(悬臂梁)体系浮桥的应用	207
8.2 铰接(悬臂梁)体系浮桥河中部分计算方法	207
8.2.1 焦点比公式	208
8.2.2 铰力影响线	210
8.2.3 桥脚舟的吃水计算	211
8.2.4 浮桥的桥面纵向坡度	214
8.2.5 浮桥的弯矩	215
8.3 铰接(悬臂梁)体系浮桥过渡部分计算方法	217
8.3.1 铰力影响线	217
8.3.2 浮游桥脚反力的计算	218
8.3.3 纵向坡度计算	219
8.3.4 支座或固定桥脚反力计算	220
8.3.5 桥跨弯矩的计算	221
8.4 铰接(悬臂梁)体系浮桥河中部分末端的计算	221
8.5 铰接(悬臂梁)体系短浮桥的计算	223
8.6 水位变化对铰接(悬臂梁)体系浮桥的影响	224
8.7 铰接(悬臂梁)体系浮桥的通用计算方法	225
8.7.1 铰位移传递法概述	225
8.7.2 铰力影响线的基本原理	225
8.7.3 浮桥各铰点左肢或右肢端点的组合柔度	226
8.7.4 铰位移和铰位移传递系数	227
8.7.5 诸铰处的铰位移	228
8.7.6 铰位移影响线	228
8.7.7 考虑桥节门桥上部结构(承重结构)柔度的影响	229
第 9 章 渡河装备中充气结构的设计与计算	230
9.1 概述	230
9.2 充气梁(柱)的计算	230
9.2.1 充气梁(柱)的充气应力和变形	230
9.2.2 充气梁的弯曲应力和挠度	231
9.2.3 充气柱的稳定性	234
9.3 充气梁(柱)的应用和构造要求	235
参考文献	238

Contents

Chapter 1	Introduction	1
1.1	The definition and system of Military Bridging and River-Crossing Equipment	1
1.1.1	The definition of Military Bridging and River-Crossing Equipment	1
1.1.2	Name and mean of Military Bridging and River-Crossing Equipment	1
1.1.3	The system of Military Bridging and River-Crossing Equipment	5
1.2	Design generality of Military Bridging and River-Crossing Equipment	7
1.2.1	Design meaning of Military Bridging and River-Crossing Equipment	7
1.2.2	Modern design and classical design	9
1.2.3	Design ideas of Military Bridging and River-Crossing Equipment	10
1.3	Design requirements and parameters of Military Bridging and River-Crossing Equipment	12
1.3.1	The system structures of Military Bridging and River-Crossing Equipment	12
1.3.2	Life-section and task-section of Military Bridging and River-Crossing Equipment	13
1.3.3	Design requirements of Military Bridging and River-Crossing Equipment	15
1.3.4	Design parameters of Military Bridging and River-Crossing Equipment	19
1.4	Launching or assembling principle and tactical use of Military Bridging and River-Crossing Equipment	22
1.4.1	Launching or assembling principle of Military Bridging	

	and River-Crossing Equipment	22
1.4.2	Tactical use of Military Bridging and River-Crossing Equipment	25
Chapter 2	Design methods of Military Bridging and River-Crossing Equipment	27
2.1	Systematism design method	27
2.1.1	Technology course and technology system	27
2.1.2	Function analytical method	28
2.2	Reverse engineering design method	31
2.2.1	Design concept of reverse engineering	31
2.2.2	Principle and method of reverse engineering	33
2.2.3	The concept and application of alternative designs	34
2.2.4	Analysis of design parameters and requirements	35
2.2.5	Reverse engineering analysis for foreign pontoon Equipment	41
2.3	Optimization for multi-design aims of Military Bridging and River-Crossing Equipment	42
2.4	Generalization,serialize and composition of Military Bridging and River-Crossing Equipment	43
2.4.1	Generalization	43
2.4.2	Serialize	44
2.4.3	Composition(modularize)	45
2.4.4	Basic form of Military Bridging and River-Crossing Equipment	46
Chapter 3	Interaction of floating bridge and raft with stream	50
3.1	Summarize	50
3.2	Distributing state of current speed in river section	51
3.3	Water resistance of floating bridge and raft	51
3.3.1	Stream action to pier boat	51
3.3.2	Friction resistance	52
3.3.3	Wave resistance	54
3.3.4	Shape resistance	55
3.3.5	Calculation of water resistance for floating bridge and raft	56

3.4	Hydrodynamic stability of floating bridge and raft	58
3.5	Test of hydraulic capability for floating bridge and raft	62
3.6	Level fix of floating bridge and propulsion of raft	65
3.6.1	Calculation of wind pressure	65
3.6.2	Level force by live load	67
3.6.3	Level fix of floating bridge	67
3.6.4	Distribution of moorage points and partition of moorage segments for floating bridge fix	68
3.6.5	Anchor fix for floating bridge	68
3.6.6	Horizontal fix for floating bridge with tensile cable	72
3.6.7	Propulsion of raft	74
Chapter 4	structure analysis of raft,dock and Calculation of ferrying capacity	76
4.1	Buoyancy, stability and structural strength of absolute rigid raft	76
4.1.1	Buoyancy of absolute rigid raft	76
4.1.2	Stability of absolute rigid raft	76
4.1.3	Structural strength of absolute rigid raft	78
4.2	Strength and rigidity of structure for pier boat	82
4.2.1	Summarize	82
4.2.2	Allow stress of members in structure of pier boat	84
4.2.3	Function of members in structure of pier boat and section character of hollow beam	85
4.2.4	Structural stability for pier boat	86
4.3	Design of ferrying,dock and ramp	90
4.3.1	Dock	90
4.3.2	Ramp	92
4.3.3	Ferrying	94
Chapter 5	Floating bridge for continuous beam	102
5.1	Continuous beam with elastic supports	102
5.1.1	The definition of continuous beam with elastic supports ...	102
5.1.2	Analysis of continuous beam with elastic supports	102
5.1.3	Internal force, reaction and displacement of continuous beam with elastic supports	105
5.2	Continuous beam with double-elastic supports	108
5.2.1	Introduce of double-elastic supports	108

5.2.2	Analysis methods of continuous beam with double- elastic supports	109
5.2.3	Elements in flexibility matrix K_y of continuous beam with double-elastic supports	109
5.2.4	The six-moment equations of continuous beam with double-elastic supports	111
5.3	continuous beam with elastic foundation	113
5.3.1	The definition of continuous beam with elastic foundation	113
5.3.2	The elastic bending differential equation and its solution of continuous beam with elastic foundation	114
5.3.3	Infinite long elastic foundation beam	115
5.4	Comparision of elastic foundation beam, elastic support beam and double-elastic support beam	120
5.4.1	Mechanics model of floating bridge placed pier boats dividually	120
5.4.2	Moment and the boat reaction of floating bridge placed pier boats dividually	120
5.5	Finite long elastic foundation beam and short floating bridge	124
5.5.1	Finite long elastic foundation beam	124
5.5.2	Internal force and displacement of finite long elastic foundation beam under multi-loads	127
Chapter 6	General analysis of bearing structure for Floating bridge	129
6.1	Partition of bearing structure for floating bridge and long floating bridge	129
6.1.1	Partition of central part and end part for floating bridge	129
6.1.2	Influence line of Internal force and displacement for central part of long floating bridge	129
6.1.3	Internal force and displacement of half infinite long floating bridge	130
6.2	Critical long floating bridge	131
6.2.1	Critical length of floating bridge	131
6.2.2	Moment and draught of critical long floating bridge under track load	133