



大连理工大学学术文库

Jarlan型开孔墙式防波堤的 水动力特性研究

*Study on Hydrodynamic
Performance of Jarlan-type
Perforated Wall Breakwater*

刘 勇◇著



大连理工大学出版社 Dalian University of Technology Press

大连理工大学学术文库

Jarlan 型开孔墙式防波堤的 水动力特性研究

刘 勇 著

大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

Jarlan 型开孔墙式防波堤的水动力特性研究 / 刘勇
著. — 大连: 大连理工大学出版社, 2016. 3

(大连理工大学学术文库)

ISBN 978-7-5685-0253-5

I. ①J… II. ①刘… III. ①防波堤—水动力性质—
研究 IV. ①U656.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 005391 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 传真:0411-84701466 邮购:0411-84708943

E-mail:dutp@dutp.cn URL:<http://www.dutp.cn>

大连金华光彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:155mm×230mm 印张:12.5 字数:170 千字
2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑:逄东敏 王影琢

责任校对:周 瑜

封面设计:孙宝福

ISBN 978-7-5685-0253-5

定 价:45.00 元

本书由

大连市人民政府资助出版

The published book is sponsored
by the Dalian Municipal Government

Dalian University of Technology Academic Series

**Study on Hydrodynamic Performance of
Jarlan-type Perforated Wall Breakwater**

Liu Yong

Dalian University of Technology Press

《大连理工大学学术文库》
编委会

主 任:申长雨

副主任:李俊杰 曲景平

委 员:胡祥培 宋永臣 金英伟

序

教育是国家和民族振兴发展的根本事业。决定中国未来发展的关键在人才,基础在教育。大学是培育创新人才的高地,是新知识、新思想、新科技诞生的摇篮,是人类生存与发展的精神家园。改革开放三十多年,我们国家积累了强大的发展力量,取得了举世瞩目的各项成就,教育也因此迎来了前所未有的发展机遇。国内很多高校都因此趁势而上,高等教育在全国呈现出欣欣向荣的发展态势。

在这大好形势下,我校本着“海纳百川、自强不息、厚德笃学、知行合一”的精神,长期以来在培养精英人才、促进科技进步、传承优秀文化等方面进行着孜孜不倦的追求。特别是在人才培养方面,学校上下同心协力,下足功夫,坚持不懈地认真抓好培养质量工作,营造创新型人才成长环境,全面提高学生的创新能力、创新意识和创新思维,一批批优秀人才脱颖而出,其成果令人欣慰。

优秀的学术成果需要传播。出版社作为文化生产者,一直肩负着“传播知识,传承文明”的历史使命,积极推进大学文化建设和大学学术文化传播是出版社的责任。我非常高兴地看到,我校出版社能够始终抱有这种高度的使命感,积极挖掘学校的学术出版资源,以充分展示学校的学术活力和学术实力。

在我校研究生院的积极支持和配合下,出版社精心策划和编辑出版的“大连理工大学学术文库”即将付梓面市,该套丛书也获得了大连市政府的重点资助。第一批出版的是获得“全国百优博士论文”称号的6篇博士论文。这6篇论文体现了化工、土木、计算力学等几个专业的学术培养成果,有学术创新,反映出我校近几年博士生培养的水平。

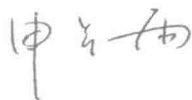
评选优秀学位论文是教育部贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要》、实施辽宁省“研究生教育创新计划”的重要内

容,是提高研究生培养和学位授予质量,鼓励创新,促进高层次人才脱颖而出的重要举措。国务院学位办和省学位办从 1999 年开始首次评选,至今已开展 14 次。截至目前,我校已有 7 篇博士学位论文荣获全国优秀博士学位论文,30 篇博士学位论文获全国优秀博士学位论文提名论文,82 篇博士学位论文获辽宁省优秀博士学位论文。所有这些优秀博士论文都已经列入了“大连理工大学学术文库”出版工程之中,在不久的将来这些优秀论文会陆续面市。我相信,这些优秀论文的出版在传播学术文化和展示研究生培养成果的同时,一定会在全校范围内营造出一个在学术上争先创优的良好氛围,为进一步提高学校的人才培养质量做出重要贡献。

博士生是我们国家学术发展最重要的力量,在某种程度上代表了国家学术发展的未来。因此,这套丛书的出版必然会有助于孵化我校未来的学术精英,有效推动我校学术队伍的快速成长,意义极其深远。

高等学校承担着人才培养、科学研究、服务社会、文化传承创新四大职能任务,人才培养作为高等教育的根本使命一直是重中之重。2012 年辽宁省又启动了“大连理工大学领军大学建设工程”,明确要求我们要大力实施“顶尖学科建设计划”和“高端人才支撑计划”,这给我校的人才培养提供了新的机遇。我相信,在全校师生的共同努力下,立足于持续,立足于内涵,立足于创新,进一步凝心聚力,推动学校的内涵式发展;改革创新,攻坚克难,追求卓越,我校一定会迎来美好的学术明天。

中国科学院院士



2013 年 10 月

前 言

Jarlan 型开孔墙式防波堤是将传统沉箱防波堤的前墙开孔,在前开孔墙与后实体墙之间形成消浪室,可以有效耗散波浪能量,提高结构的安全性和工作性能。开孔墙式防波堤已经在实际工程中得到大量应用,关于开孔防波堤水动力特性的研究工作也取得了很大进展,但是目前还很少有专门针对开孔防波堤的研究论著。

本书以 Jarlan 型开孔墙式防波堤为研究对象,通过理论分析、数值计算和物理模型试验,对开孔防波堤的水动力特性进行比较深入的探讨,希望可以对读者在相关领域的研究工作提供帮助,也希望可以对开孔防波堤的工程应用提供有益指导。

本书首先在绪论中简单回顾了 Jarlan 型开孔墙式防波堤的发展历程和工程应用情况,在第 2 章中介绍分析波浪与开孔防波堤相互作用所需要的基础理论知识。分析开孔防波堤的水动力特性,需要确定开孔薄板的开孔影响系数,这在第 3 章中进行了介绍。在开孔沉箱水动力分析中,需要重点关注结构的反射系数、水平波浪力、垂直波浪力以及水平力和垂直力之间的相位差,作者将理论分析和有限元数值计算相结合,建立分析开孔沉箱各水动力参数的数学模型,并进行试验验证,这部分工作在第 4 章和第 5 章中进行了详细介绍。第 6 章重点分析斜向波对开孔沉箱的漫反射作用,在分析中引入周期性边界条件,明确了开孔沉箱横隔板的影响。第 7 章提出两种改良型的开孔防波堤结构,建立新结构水动力特性的理论分析模型,并给出结构的工程设计建议。在附录中

介绍波浪在多孔介质上运动的复色散方程求解方法。

本书是以作者的博士论文为基础整理成稿的,感谢大连理工大学李玉成教授对本书工作的悉心指导!感谢大连理工大学滕斌教授对本书理论工作的指导!

本书获得大连市人民政府资助出版,在此深表谢意!

编 者

2016 年 1 月

目 录

1 绪 论	1
2 基本理论	4
2.1 理想流体运动控制方程	4
2.2 水波运动问题的边界条件	6
2.3 线性波问题	8
2.4 水波与多孔介质相互作用的基本模型	10
2.5 水波透过开孔薄板的匹配边界条件	13
3 开孔薄板孔隙影响系数的确定	17
3.1 研究方法介绍	17
3.2 阻力系数和惯性力系数的确定	20
3.2.1 阻力系数的确定	20
3.2.2 惯性力系数的确定	29
3.3 孔隙影响系数的确定	32
4 规则波与带填料局部开孔沉箱的相互作用	36
4.1 数学模型的建立与求解	37
4.1.1 波浪场的理论分析	37
4.1.2 基床内渗流场的数值计算	43
4.1.3 反射系数和波浪力计算	46
4.2 物理模型试验介绍	48
4.3 数学模型的验证	51
4.3.1 理论验证	51

4.3.2	试验验证	53
4.4	结果分析和讨论	59
4.4.1	反射系数影响因素的讨论	59
4.4.2	总波浪力和相位差影响因素的讨论	64
5	不规则波与带填料局部开孔沉箱的相互作用	72
5.1	数学模型的建立与求解	73
5.1.1	传递函数法	74
5.1.2	模拟总波浪力的时间历程线	76
5.2	数学模型的试验验证	77
5.2.1	不规则波试验介绍	77
5.2.2	反射系数验证	78
5.2.3	总波浪力和相位差验证	83
5.3	不规则波与规则波结果的比较	92
5.4	明基床上开孔沉箱反射系数求解的近似方法	97
6	斜向波与带横隔板局部开孔沉箱的相互作用	104
6.1	数学模型的建立与求解	104
6.1.1	控制方程和边界条件	104
6.1.2	解析分析	107
6.1.3	反射系数和波浪力计算	112
6.2	数学模型的验证	115
6.3	反射系数影响因素的讨论	120
6.4	波浪力影响因素的讨论	129
7	两种改良型的开孔墙式防波堤结构	135
7.1	结构提出的背景与目的	135

7.2 波浪与内部带水平多孔板全开孔墙式防波堤的 相互作用(结构 I)	137
7.2.1 数学模型的建立与求解	137
7.2.2 数学模型的验证	144
7.2.3 结果分析和讨论	146
7.3 波浪与内部带部分填料全开孔墙式防波堤的 相互作用(结构 II)	153
7.3.1 数学模型的建立与求解	153
7.3.2 数学模型的验证	159
7.3.3 结果分析和讨论	161
7.4 不同开孔墙式防波堤结构的比较	166
附录 多孔介质上水波运动复色散方程的求解方法	171
参考文献	174

Table of Contents

Chapter 1	Introduction	1
Chapter 2	Fundamental theory	4
2.1	Governing equation of idealized fluid motion	4
2.2	Boundary conditions of water wave motion problem	6
2.3	Linear water wave problem	8
2.4	Base model for water wave interaction with porous medium	10
2.5	Matching boundary conditions of water wave through the perforated thin plate	13
Chapter 3	Predictive of perforated thin plate porous effect coefficient	17
3.1	Introduction of the methodology	17
3.2	Predictive of resistance and inertial coefficients	20
3.2.1	Predictive of resistance coefficients	20
3.2.2	Predictive of inertial coefficients	29
3.3	Predictive of porous effect coefficients	37
Chapter 4	Interaction between regular wave and partially perforated caissons with rock fill	36
4.1	Establishment and solution about mathematical model	37

4.1.1	Theory analysis of wave field	37
4.1.2	Numerical calculation of seepage field on rubble fill foundation	43
4.1.3	Calculation of reflection coefficient and wave forces	46
4.2	Introduction of physical model experimental	48
4.3	Validation of mathematical model	51
4.3.1	Theoretical validation	51
4.3.2	Experimental validation	53
4.4	Results analysis and discussions	59
4.4.1	Discussion of the reflection coefficient factors	59
4.4.2	Discussion of the total wave forces and their phase difference factors	64

Chapter 5 Interaction between irregular waves and partially perforated caissons with rock fill

5.1	Establishment and solution about mathematical model	72
5.1.1	Transfer function method	74
5.1.2	Time history of simulation total wave forces	76
5.2	Experimental validation of mathematical model ...	77
5.2.1	Introduction of irregular wave experimental	77
5.2.2	Validation of reflection coefficient	78

5.2.3	Validation of total wave forces and their phase difference	83
5.3	Comparison between irregular and regular waves results	92
5.4	Approximated solution of reflection coefficient by perforated caisson on rubble mound foundation ...	97
Chapter 6 Interaction between oblique wave and partially perforated caissons with transverse walls		
		104
6.1	Establishment and solution about mathematical model	104
6.1.1	Governing equation and boundary conditions	104
6.1.2	Analytic analysis	107
6.1.3	Calculation of reflection coefficient and wave forces	112
6.2	Validation of mathematical model	115
6.3	Discussion of the reflection coefficient factors ...	120
6.4	Discussion of the wave forces factors	129
Chapter 7 Two modified Jarlan-type perforated wall breakwaters structures		
		135
7.1	Background and objective of the structure proposed	135
7.2	Interaction between wave and fully perforated wall breakwater with inner horizontal	

porous plate (Structure I)	137
7.2.1 Establishment and solution about mathematical model	137
7.2.2 Validation of mathematical model	144
7.2.3 Results analysis and discussions	146
7.3 Interaction between wave and fully perforated wall breakwater with inner part rock fill(Structure II)	153
7.3.1 Establishment and solution about mathematical model	153
7.3.2 Validation of mathematical model	159
7.3.3 Results analysis and discussions	161
7.4 Comparison between different perforated wall breakwater structures	166
Appendix Solution method of the complex dispersion relations of water wave motion over porous medium	171
References	174