粤港澳大湾区海堤防护能力提升与生态化关键技术及应用

侯　堋　郑金海　陈俊昂　陶爱峰
陈伟秋　潘　毅　王　强　梁美仪　著

澳門科學出版社
Macao Scientific Publishers

书名：粤港澳大湾区海堤防护能力提升与生态化关键技术及应用
著者：侯　堋　郑金海　陈俊昂　陶爱峰　陈伟秋　潘　毅
　　王　强　梁美仪
出版：澳門科學出版社
地址：澳门南湾大马路恒昌大厦 11 楼 F 座
印刷公司：澳科印务印刷有限公司
出版日期：2024 年 8 月
版次：2024 年 8 月第一次印刷
发行数量：3,000 册
开本：787mm×1092mm　1/16
印张：8
字数：192 000
ISBN　978-99981-25-82-7
CIP 序列号：2024080710

作者简介

侯　堋，教授级高级工程师，首届珠江水利委员会青年拔尖人才、河海大学硕士研究生导师，现任珠科院河口海岸动力研究室主任。主要从事生态海堤、海岸带保护与修复、洪潮灾害防御等方面研究工作。近年来负责或参与国家“十四五”重点研发计划、水利部公益性行业科研专项、水利前期、广东省水利科技项目及重大涉水工程咨询等项目 50 余项。获省部级科技奖 1 项，厅局级科技奖 2 项，国际咨询奖 2 项，发表论文 40 余篇，出版专著 3 部，授权发明专利 11 项、软件著作权 4 项，相关技术入选水利部水利先进适用技术重点推广指导目录 3 项。

编委会

侯　堋　珠江水利委员会珠江水利科学研究院
郑金海　河海大学
陈俊昂　广东省水利水电勘测设计研究院有限公司
陶爱峰　河海大学
陈伟秋　河海大学
潘　毅　河海大学
王　强　珠江水利委员会珠江水利科学研究院
梁美仪　香港城市大学

内容简介

粤港澳大湾区是我国开放程度最高、经济活力最强、城镇化程度最高的区域之一，在国家发展大局中具有重要的战略地位。近几十年来，在全球气候变化背景下，粤港澳大湾区各种自然灾害频发，面临越来越严重的风暴潮威胁，如近年出现的 1822 号台风“山竹”和 1713 号台风“天鸽”都造成了严重的人员伤亡和巨大的经济损失。海堤是抵御风暴潮最为重要的安全屏障，但近年极端风暴潮期间暴露了海堤当前存在的一系列问题，如防潮标准偏低、堤顶高程不足、缺少防护措施、越浪过大等。另一方面，目前海堤绝大多数为浆灌砌块石、现浇混凝土、预制混凝土块、板桩等刚性结构，以混凝土等灰色材料为主，阻隔了海陆水土的连接通道，隔绝了生物和微生物与陆地的接触，破坏了海域、陆地生态系统的整体平衡，与大湾区宜居宜业宜游的优质生活圈定位极不相适应，与十八大以来“绿水青山就是金山银山”的新发展理念不相适应。因此，针对大湾区现状海堤标准低、生态化水平差的问题，迫切需要开展海堤防护能力提升及生态化建设研究，完善大湾区防潮减灾体系，打造大湾区生态防护屏障，已成为大湾区保障防潮安全亟需思考的关键。

本书结合大量实测数据与遥感影像，通过理论分析、物理模型、数值模拟等手段相结合方法，开展粤港澳大湾区城市海堤高标准建设关键技术研发及应用。研究成果旨在为从事河口海岸工程设计优化、河口海岸防灾减灾、海岸带生态修复等相关工作的专业人员提供参考。

前　言

粤港澳大湾区位于广东省南部，地处珠江流域尾闾，滨临南海，是国内风暴潮登陆最频繁，受台风暴潮威胁最严重的区域之一。近几十年来，在全球气候变化背景下，风暴潮灾害次数和强度呈增加的趋势，登陆粤港澳大湾区的特大台风引发的风暴潮灾害严重威胁着人民生命财产安全和社会经济发展。海堤是保障大湾区防潮安全的重要基础设施，是沿海地区经济社会发展的生命线，但海堤长期受到海洋风浪侵蚀，海堤破损、溃决事件时有发生，威胁大湾区防潮安全。随着粤港澳大湾区建设上升为重大国家战略，对城市海堤建设在安全、景观等方面提出了更高要求，而传统海堤提标加固方式多以加高培厚为主，堤顶高程将大幅抬高，造成海堤“围城”，与城市亲水景观需求矛盾突出。同时，海堤这种以钢筋、水泥等为主要材料建造的灰色硬质工程，直接割断了陆海生物连通性，对滨海生态系统的影响较大。

全书共分五章，第一章概述海堤破坏形式和生态应用方面的研究进展，主要由侯堋、王强撰写；第二章介绍粤港澳大湾区城市海堤高标准建设技术体系，主要由侯堋、郑金海、潘毅撰写；第三章介绍包含“堤前－堤身－堤后”的海堤消浪蓄排关键技术，主要由陶爱峰、陈伟秋、王强撰写；第四章介绍了海堤生态化改造系列产品，主要陶爱峰、陈俊昂、潘毅、梁美仪撰写；第五章总结全书内容，主要由潘毅、陈伟秋撰写。王强负责全书统稿，编辑、校审工作由侯堋、郑金海负责。

本书相关研究工作得到了国家重点研发计划“基于自然的海洋动力灾害综合防护关键技术与应用 （SQ2023YFC3000010）”、水利部重大科技项目“变化环境下海堤韧性提升关键技术”的资助支持，研究过程中得到胡晓张、吴小明、陈荣力、刘诚等教授级高级工程师的专业指导，以及诸多同事的交流指导，在此一并致谢！

粤港澳大湾区海岸地貌结构复杂，地质基础差异大，区域经济社会发展水平也差异显著，台风暴潮影响下灾害影响程度不一，灾害防护措施存在较大差异。限于作者专业能力和基础资料欠缺，书中错漏之处在所难免，衷心欢迎读者批评指正。

目　录

第一章　绪　论 1
第一节　粤港澳大湾区海堤高标准建设面临关键科技难题 3
第二节　国内外研究进展 4
第三节　研究内容 9
第二章　粤港澳大湾区城市海堤高标准建设技术体系 11
第一节　粤港澳大湾区海堤防潮风险加剧主因 11
第二节　“浪潮分离”的海堤设计新理念 34
第三节　“三重防护，模块组合，系统优化”的海堤设计新方法 41
第四节　成果应用 51
第五节　小　结 55
第三章　海堤消浪蓄排关键技术 57
第一节　研究思路 57
第二节　“前高后低”复合植物消浪空间配置技术 58
第三节　“立面逐级反射、平面连续破碎”多级堤消浪设计新方法 69
第四节　海堤越浪“海向”直排技术 75
第五节　成果应用 82
第六节　小　结 89
第四章　海堤生态化改造系列产品 91
第一节　研究思路 91
第二节　适用于直立堤身的贴面生态砖 91
第三节　适用于强浪区海堤护坡的瓶孔生态砖 97
第四节　适用于强浪区海堤护脚的持水生态鱼礁 101
第五节　小　结 107
第五章　结　论 109
参考文献 111
致谢 113

第一章　绪　论

粤港澳大湾区（以下简称“大湾区”）由广东省的广州、深圳、珠海、佛山、惠州、东莞、中山、江门、肇庆九个珠三角城市和香港、澳门两个特别行政区组成，是我国开放程度最高、经济活力最强、城镇化程度最高的区域之一，在国家发展大局中具有重要的战略地位。

粤港澳大湾区位于广东省南部，地处珠江流域尾闾，滨临南海，是国内风暴潮登陆最频繁，受台风暴潮威胁最严重的区域之一。近几十年来，在全球气候变化背景下，风暴潮灾害次数和强度呈增加的趋势，登陆粤港澳大湾区的特大台风引发的风暴潮灾害严重威胁着人民生命财产安全和社会经济发展。据《广东省海洋灾害公报》统计，广东海洋灾害以风暴潮灾害为主，2017 年“天鸽”、2018 年“山竹”受灾人口逾 200 万人，直接经济损失为 54.6 亿元和 23.78 亿元，均超过当年海洋灾害直接经济损失的 96%。城市防潮安全成为粤港澳大湾区最突出的水安全问题之一，而海堤是沿海城市防御风暴潮灾害、保障人民生命财产安全的重要基础设施。

1.大湾区战略地位突出，经济社会地位举足轻重，防潮安全至关重要　大湾区战略地位突出。推进大湾区建设，是以习近平总书记为核心的党中央作出的重大决策部署。2018 年 7 月，中共中央、国务院印发《粤港澳大湾区发展规划纲要》，提出了大湾区建设成为充满活力的世界级城市群、具有全球影响力的国际科技创新中心、“一带一路”建设的重要支撑、内地与港澳深度合作示范区、宜居宜业宜游的优质生活圈的五大战略定位，以及建设成为富有活力和国际竞争力的一流湾区和世界级城市群，打造高质量发展典范的目标。

大湾区经济社会地位举足轻重。大湾区总面积 5.6 万 km^2，2020 年末总人口达 8584.9 万人（居全球四大湾区之首），地区生产总值 12.6 万亿元人民币（四大湾区排名第二）。大湾区以不足全国 0.6%的国土面积吸纳了全国 5%的人口，创造了全国 12%的 GDP，城镇化率高达 85%，是带动中国经济发展的重要增长极。

大湾区防潮安全是保障大湾区人民群众生命财产安全、促进经济社会高质量发展、建成富有活力和国际竞争力的一流湾区和世界级城市群的重要支撑，事关国家和地区经济社会发展大局。《粤港澳大湾区水安全保障规划》对大湾区城市群防潮能力提出更高的要求，如深圳市中心区防潮能力提高至 1000 年一遇，广州市中心区防潮能力提高至 300 年一遇。

2.大湾区风暴潮灾害影响巨大，海堤是保障大湾区防潮安全的重要屏障　大湾区濒临南

2019 历史机遇 · 打造交流合作基地

Historic Opportunity · Build Communication And Cooperation Bases

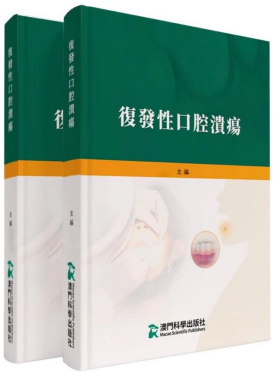
大湾区规划 · Introduction

《粤港澳大湾区发展规划纲要》明确了澳门“一个中心、一个平台、一个基地”的三个定位，即：建设世界旅游休闲中心、中国与葡语国家商贸合作服务平台，**打造以中华文化为主流、多元文化共存的交流合作基地**。

It further clarified the three orientations of "one center, one platform and one base" of Macao, namely, to build a world tourism and leisure center, a business and trade cooperation service platform between China and Portuguese-speaking countries, and to build an exchange and cooperation base with Chinese culture as the mainstream and multicultural coexistence.

MACAU TECHNOLOGY GENERAL ASSOCIATION 澳門科技總會
澳門科學出版社 Macao Scientific Publishers

澳门科学出版社（MOSP）
网址：moaj.mospbs.com
邮箱：book@mospbs.com
电话：+853-62961666
邮编：999078
经营场所：中国澳门南湾大马路恒昌大夏F座11楼
禁忌内容或注意事项本资料未能详尽 © 版权所有，翻版必究。



全球发行 · Publishing worldwide

由于国内自费书没有实际销售，出版社不会实际发行，属于非正式出版物，因此国内自费书绝大部分是属于非正式出版物。国际出版即便在没有销售市场的情况下也可以在海外发行上架。世界上其他地方（包括中国）的读者可以通过海外电商平台进行订购和销售。

Since there is no market for self-funded books in mainland China, mainland publishing houses will not actually issue them, so most of self-funded books in the Mainland are informal publications.

- 呼吸系统基本基础与临床 Fundamentals and clinic of respiratory diseases
- 临床肿瘤护理学 Clinical oncology nursing
- 感染性皮肤病学 Infectious dermatology
- 内分泌系统疾病 Endocrine system disease

- 实用小儿内科学 Practical pediatric internal medicine
- 消化系统疾病诊疗学 Diagnosis and treatment of digestive system diseases
- 现代中医诊断学 Modern diagnostics of traditional chinese medicine
- 皮肤修复与再生 Skin repair and regeneration

MACAU TECHNOLOGY GENERAL ASSOCIATION
澳門科技總會

澳門科學出版社
Macao Scientific Publishers

澳门科学出版社（MOSP）
网址：moaj.mospbs.com
邮箱：book@mospbs.com
电话：+853-62961666
邮编：999078
经营场所：中国澳门南湾大马路恒昌大夏F座11楼

禁忌内容或注意事项本资料未能详尽 © 版权所有，翻版必究。

出版流程 · Publishing Process

出版流程快速简便，在填写基本信息、签订合同并支付费用后，IBPC将原始内容进行校对、排版及封面设计；在经过多次校对后，提交申请国际书号；可根据实际需求进行印刷和馆藏存档，最后上架发行。全程专人沟通指导，以极高性价比的方式出版属于自己的作品。

The publishing process is simple and convenient, after filling in the basic information, signing the contract and paying the fee, IBPC will conduct proofreading, typesetting and cover design. After multiple proofreading, submit the ISBN application. According to the actual needs, we will arrange printing and collection archiving, and finally put on the shelves and issued.

检索服务 · Retrieval Service

IBPC的检索服务可提供出版物国际注册文件及出版物所在地的图书馆检索证明，为作者提供证明文件支撑。同时，优秀图书将推荐至国际数据库中收录，提升出版物的认可度。

IBPC can provide retrieval service including the registration documents and the library search certificate. Meanwhile, excellent books will be recommended for inclusion in authoritative databases to enhance the recognition of publications.

销售协议 · Sales Agreement

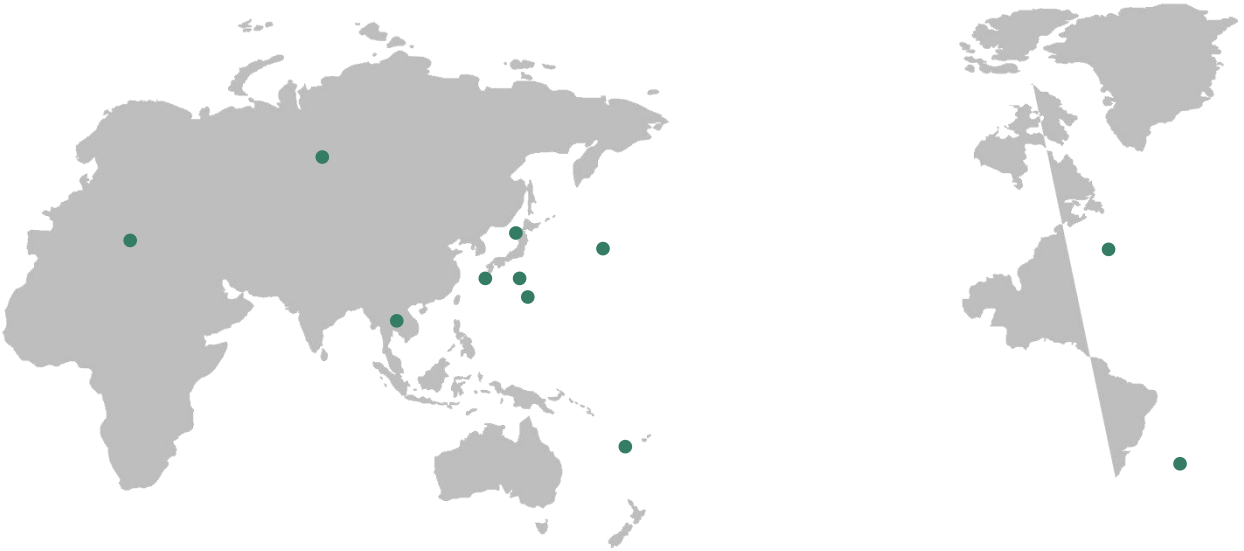
作者签订销售合作协议后，IBPC可提供多种上架渠道，包括官网、京东、天猫、亚马逊、当当网等平台，可销售字纸印本与电子图书等形式，并按照合作协议进行利润分成。

After the author signs the sales agreement, IBPC can provide a variety of sales channels, such as the official website, JD & T-mall overseas Purchase, Amazon and other platforms, printed paper and electronic books are available, and the authors share the profits according to the sales agreement.

澳门科学出版社（MOSP）
网址：moaj.mospbs.com
邮箱：bookt@mospbs.com
电话：+853-62961666
邮编：999078
经营场所：中国澳门南湾大马路恒昌大夏F座11楼
禁忌内容或注意事项本资料未能详尽 © 版权所有，翻版必究。

澳门科学出版社
MOSP

“以服务青少年及青年科学才俊为己任，
打造国际性的科学技术交流平台”



正规国际出版，首选澳科出版

- 学术著作/个人作品 – 优质
- 中华“强国文化”输出战略 – 翻译后国际出版
- 数字教材 – 教材出书 & 数字化媒体上线

所有优质内容，均可申请出版减免资助。

所有澳门本土内容，均可申请出版减免资助；

澳门总部
电话：0853-62961666（澳门）
邮件：book@mospbs.com
地址：中国澳门南湾大马路恒昌大夏F座11楼
网址：www.mospbs.com（英文）| moaj.mospbs.com（中文）

特别提醒：MOSP所有业务均有出版社的正规盖章合同，若有任何疑问，可联系出版社编辑确认。