

国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“三五”国家重点图书出版规划项目
运输科技丛书·公路基础设施建设与养护
港珠澳大桥跨海集群工程建设关键技术与创新成果书系
国家科技支撑计划资助项目(2011BAG07B05)

港珠澳大桥工程节能减排 评价方法及应用

Accounting Evaluation Method and Application for Energy Saving and Emission Reduction of
Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge Engineering Projects

李兴华 苏权科 刘建昌 等 著
孔雷军 傅毅明 刘胜强



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



“五”国家重点图书出版规划项目
交通运输科技丛书·公路基础设施建设与养护
港珠澳大桥跨海集群工程建设关键技术与创新成果书系
国家科技支撑计划资助项目(2011BAG07B05)

港珠澳大桥工程节能减排 评价方法及应用

Accounting Evaluation Method and Application for Energy Saving and Emission Reduction of
Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge Engineering Projects



李兴华 苏权科 刘建昌 等 著
孔雷军 傅毅明 刘胜强



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

图书在版编目(CIP)数据

港珠澳大桥工程节能减排评价方法及应用 / 李兴华等著. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.3

ISBN 978-7-114-14620-6

I. ①港… II. ①李… III. ①跨海峡桥—桥梁工程—节能减排—技术评估—研究—中国 IV. ①U448.19

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 057779 号

“十三五”国家重点图书出版规划项目

交通运输科技丛书·公路基础设施建设与养护

港珠澳大桥跨海集群工程建设关键技术与创新成果书系

国家科技支撑计划资助项目(2011BAG07B05)

书 名: 港珠澳大桥工程节能减排评价方法及应用

著 者: 李兴华 苏权科 刘建昌 孔雷军 傅毅明 刘胜强 等

责任编辑: 周 宇 王景景 等

责任校对: 赵媛媛

责任印制: 张 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京雅昌艺术印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 5.5

字 数: 99 千

版 次: 2018 年 3 月 第 1 版

印 次: 2018 年 3 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14620-6

定 价: 60.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)

内 容 提 要

本书以作者在工程节能减排领域的研究成果为主要内容,以大型集群工程建设和运营期节能减排定量核算为主线,系统地阐述大型集群工程节能减排的衡量指标,详细地介绍了大型集群工程内源性和外源性的能源消耗、温室气体排放和污染物排放的核算方法,分析建设期和运营期节能减排的定量关系,评价相关工程的节能减排效果。全书依托具体工程实例,对工程节能减排的边界划分、指标体系、核算方法、措施效果等关键问题进行了剖析,对实际工程节能减排工作具有参考价值。

本书可供从事大型工程设计、建设、管理的科技人员使用,也可作为高等院校能源经济、环境保护专业师生的参考用书。

Abstract

This book makes a quantitative calculation and evaluation of energy saving and emission reduction of large-scale cluster project in construction and operation period, based on the energy saving and emission reduction research findings of the author. This book systematically expounds the measurement index of energy saving and emission reduction, and accounting method of endogenous and exogenous energy consumption, CO₂ and pollutant emission. Meanwhile, this book analyzes the quantitative relationship between energy conservation and emission reduction during the construction period and operation period, and evaluates the effect of energy conservation and emission reduction of practical projects. Based on specific engineering examples, this book analyzes the key issues such as the boundary division of energy saving and emission reduction, index system, accounting method and effect of measures, which are of important reference value to energy saving and emission reduction of actual projects.

This book is available for personnel engaged in large-scale project design, construction and management, as well as reference book for teachers and students in energy economy and environmental protection fields.

交通运输科技丛书编审委员会

(委员排名不分先后)

顾 问：陈 健 周 伟 成 平 姜明宝

主 任：庞 松

副主任：洪晓枫 袁 鹏

委 员：石宝林 张劲泉 赵之忠 关昌余 张华庆

郑健龙 沙爱民 唐伯明 孙玉清 费维军

王 炜 孙立军 蒋树屏 韩 敏 张喜刚

吴 澎 刘怀汉 汪双杰 廖朝华 金 凌

李爱民 曹 迪 田俊峰 苏权科 严云福

港珠澳大桥跨海集群工程建设关键技术与创新成果书系

编审委员会

顾 问：冯正霖
主 任：周海涛
副 主 任：袁 鹏 朱永灵

执 行 总 编：苏权科

副 总 编：徐国平 时蓓玲 孟凡超 王胜年 柴 瑞

委 员：（按专业分组）

岛 隧 工 程：	孙 钧	钱七虎	郑颖人	徐 光	王汝凯
	李永盛	陈韶章	刘千伟	麦远俭	白植悌
	林 鸣	杨光华	贺维国	陈 鸿	
桥 梁 工 程：	项海帆	王景全	杨盛福	凤懋润	侯金龙
	陈冠雄	史永吉	李守善	邵长宇	张喜刚
	张起森	丁小军	章登精		
结构耐久性：	孙 伟	缪昌文	潘德强	邵新鹏	水中和
	丁建彤				
建 设 管 理：	张劲泉	李爱民	钟建驰	曹文宏	万焕通
	牟学东	王富民	郑顺潮	林 强	胡 明
	李春风	汪水银			

《港珠澳大桥工程节能减排评价方法及应用》

编 写 组

组 长：李兴华 苏权科

副 组 长：刘胜强 刘建昌 孔雷军 傅毅明

编写人员：徐洪磊 袁 平 蔡晓波 周永川 邱天然

鲁华英 李洁玮 郑学文 邢燕颖 杨秀军

汪 鹏 王小军 柴 瑞 苏宗贤 刘 彬

总 序

General Preface

科技是国家强盛之基,创新是民族进步之魂。中华民族正处在全面建成小康社会的决胜阶段,比以往任何时候都更加需要强大的科技创新力量。党的十八大以来,以习近平同志为总书记的党中央作出了实施创新驱动发展战略的重大部署。党的十八届五中全会提出必须牢固树立并切实贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念,进一步发挥科技创新在全面创新中的引领作用。在最近召开的全国科技创新大会上,习近平总书记指出要在我国发展新的历史起点上,把科技创新摆在更加重要的位置,吹响了建设世界科技强国的号角。大会强调,实现“两个一百年”奋斗目标,实现中华民族伟大复兴的中国梦,必须坚持走中国特色自主创新道路,面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求。这是党中央综合分析国内外大势、立足我国发展全局提出的重大战略目标和战略部署,为加快推进我国科技创新指明了战略方向。

科技创新为我国交通运输事业发展提供了不竭的动力。交通运输部党组坚决贯彻落实中央战略部署,将科技创新摆在交通运输现代化建设全局的突出位置,坚持面向需求、面向世界、面向未来,把智慧交通建设作为主战场,深入实施创新驱动发展战略,以科技创新引领交通运输的全面创新。通过全行业广大科研工作者长期不懈的努力,交通运输科技创新取得了重大进展与突出成效,在黄金水道能力提升、跨海集群工程建设、沥青路面新材料、智能化水面溢油处置、饱和潜水成套技术等方面取得了一系列具有国际领先水平的重大成果,培养了一批高素质的科技创新人才,支撑了行业持续快速发展。同时,通过科技示范工程、科技成果推广计划、专项行动计划、科技成果推广目录等,推广应用了千余项科研成果,有力促进了科研向现实生产力转化。组织出版“交通运输建设科技丛书”,是推进科技成果公开、加强科技成果推广应用的一项重要举措。“十二五”期间,该丛书共出版72册,全部列入“十二五”国家重点图书出版规划项目,其中12册获得国家出版基金支

持,6册获中华优秀出版物奖图书提名奖,行业影响力和社会知名度不断扩大,逐渐成为交通运输高端学术交流和科技成果公开的重要平台。

“十三五”时期,交通运输改革发展任务更加艰巨繁重,政策制定、基础设施建设、运输管理等领域更加迫切需要科技创新提供有力支撑。为适应形势变化的需要,在以往工作的基础上,我们将组织出版“交通运输科技丛书”,其覆盖内容由建设技术扩展到交通运输科学技术各领域,汇集交通运输行业高水平的学术专著,及时集中展示交通运输重大科技成果,将对提升交通运输决策管理水平、促进高层次学术交流、技术传播和专业人才培养发挥积极作用。

当前,全党全国各族人民正在为全面建成小康社会、实现中华民族伟大复兴的中国梦而团结奋斗。交通运输肩负着经济社会发展先行官的政治使命和重大任务,并力争在第二个百年目标实现之前建成世界交通强国,我们迫切需要以科技创新推动转型升级。创新的事业呼唤创新的人才。希望广大科技工作者牢牢抓住科技创新的重要历史机遇,紧密结合交通运输发展的中心任务,锐意进取、锐意创新,以科技创新的丰硕成果为建设综合交通、智慧交通、绿色交通、平安交通贡献新的更大的力量!



杨伟光

2016年6月24日

序

Preface

2003年,港珠澳大桥工程研究启动。2009年,为应对由美国次贷危机引发的全球金融危机,保持粤、港、澳三地经济社会稳定,中央政府决定加快推进港珠澳大桥建设。港珠澳大桥跨越珠江口伶仃洋海域,东接香港特别行政区,西接广东省珠海市和澳门特别行政区,是“一国两制”框架下粤、港、澳三地合作建设的重大交通基础设施工程。港珠澳大桥建设规模宏大,建设条件复杂,工程技术难度、生态保护要求很高。

2010年9月,由科技部支持立项的“十二五”国家科技支撑计划“港珠澳大桥跨海集群工程建设关键技术与示范”项目启动实施。国家科技支撑计划,以重大公益技术及产业共性技术研究开发与应用示范为重点,结合重大工程建设和重大装备开发,加强集成创新和引进消化吸收再创新,重点解决涉及全局性、跨行业、跨地区的重大技术问题,着力攻克一批关键技术,突破瓶颈制约,提升产业竞争力,为我国经济社会协调发展提供支撑。

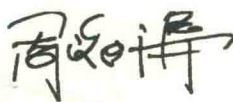
港珠澳大桥国家科技支撑计划项目共设五个课题,包含隧道、人工岛、桥梁、混凝土结构耐久性和建设管理等方面的研究内容,既是港珠澳大桥在建设过程中急需解决的技术难题,又是交通运输行业建设未来发展需要突破的技术瓶颈,其研究成果不但能为港珠澳大桥建设提供技术支撑,还可为规划研究中的深圳至中山通道、渤海湾通道、琼州海峡通道等重大工程提供技术储备。

2015年底,国家科技支撑计划项目顺利通过了科技部验收。在此基础上,港珠澳大桥管理局结合生产实践,进一步组织相关研究单位对以国家科技支撑计划项目为主的研究成果进行了深化梳理,总结形成了“港珠澳大桥跨海集群工程建设关键技术与创新成果书系”。书系被纳入了“交通运输科技丛书”,由人民交通出版社股份有限公司组织出版,以期更好地面向读者,进一步推进科技成果公开,进一步加强科技成果交流。

值此书系出版之际,祝愿广大交通运输科技工作者和建设者秉承优良传统,按照党的十八大报告“科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑,必须摆在国家发展全局的核心位置”的要求,努力提高科技创新能力,努力推进交通运输行业转型升级,为实现“人便于行、货畅其流”的梦想,为实现中华民族伟大复兴而努力!

港珠澳大桥国家科技支撑计划项目领导小组组长

本书系编审委员会主任

A handwritten signature in black ink, appearing to read '周兴' (Zhou Xing), written in a cursive style.

2016 年 9 月

前 言

Foreword

本书是以国家科技支撑计划“港珠澳大桥跨海集群工程建设关键技术研究”示范‘课题五’跨境隧-岛-桥集群工程的建设管理、防灾减灾及节能环保关键技术”的研究成果为基础编著而成的。

港珠澳大桥涉及隧、岛、桥,工程复杂,节能减排环节多,在科学建立工程节能减排指标体系和核算方法方面面临较大挑战。通过以工程为对象的节能减排指标体系系统化研究,建立大型集群工程的节能减排指标体系及核算方法体系,推动我国大型集群工程的节能减排技术发展,可为工程建设期和运营期的节能减排工作起到示范借鉴作用。

本书根据课题研究成果,基于全生命周期理论,首次提出工程能耗和排放的内源性和外源性概念,详细介绍集群工程内源与外源节能减排核算体系和方法,系统阐述包含能源消耗、温室气体和污染物排放的综合性节能减排指标体系,展示工程建设节能减排的核算系统。本书可为工程建设和运营期节能减排工作提供全面的理论指导与详细的方案支撑。

全书共分6章,编写分工如下:全书编写大纲和编排思路由李兴华、苏权科、刘胜强、刘建昌共同拟定;第1章由李兴华、苏权科、刘建昌、孔雷军、徐洪磊、傅毅明、袁平共同编写;第2章由苏权科、刘胜强、孔雷军、刘建昌、蔡晓波、周永川、李洁玮、柴瑞、苏宗贤、刘彬共同编写;第3章由李兴华、刘建昌、傅毅明、袁平、刘胜强、徐洪磊、郑学文共同编写;第4章由苏权科、孔雷军、傅毅明、刘建昌、袁平、刘胜强、邢燕颖、杨秀军、汪鹏、王小军、徐洪磊、柴瑞、苏宗贤、刘彬、蔡晓波、周永川、李洁玮、邱天然、方园共同编写;第5章由李兴华、苏权科、刘建昌、孔雷军、傅毅明、袁平共同编写。李兴华、苏权科、刘胜强、刘建昌共同对全书进行了校审。

本书在编写过程中得到了交通运输部公路科学研究院、中国科学院广州能源研究所、招商局重庆交通科研设计研究院有限公司、中国人民大学、港珠澳大桥各

参建单位的大力支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请广大读者和专家批评指正。

作 者

2018 年 1 月

目 录

Contents

第1章 绪论	1
1.1 工程背景	1
1.2 研究综述	2
1.2.1 国外研究情况	2
1.2.2 国内研究现状	3
1.2.3 研究评述	6
1.3 研究方法及思路	6
第2章 节能减排指标体系	8
2.1 工程全周期节能减排系统识别	8
2.1.1 工程建设期和运营期节能减排识别	8
2.1.2 工程内源性和外源性节能减排识别	8
2.1.3 工程节能减排优化方式识别	9
2.2 工程建设期节能减排指标体系构建	11
2.2.1 建设期节能减排指标体系	11
2.2.2 指标含义及解释	16
2.3 工程运营期节能减排指标体系构建	22
2.3.1 运营期节能减排指标体系	22
2.3.2 指标含义及解释	25
第3章 节能减排核算体系	30
3.1 节能减排核算框架	30
3.1.1 工程建设期节能减排核算框架	30
3.1.2 工程运营期节能减排核算框架	32
3.2 能耗及排放核算方法	32
3.2.1 工程建设期能耗及排放核算	32
3.2.2 工程运营期能耗及排放核算	34
3.3 节能减排措施实施效果核算方法	35

3.4 运距缩短节能减排效果核算方法	36
第4章 节能减排核算与评价	37
4.1 核算方法及说明	37
4.1.1 内源核算方法与说明	37
4.1.2 外源核算方法与说明	39
4.2 能耗及排放核算	42
4.2.1 建设期能耗及排放核算	42
4.2.2 运营期能耗及排放核算	44
4.3 节能减排措施及效果核算	45
4.3.1 建设期节能减排措施及效果	45
4.3.2 运营期节能减排措施及效果	48
4.4 工程节能减排效果评价	51
4.5 同类工程节能减排对比分析	54
4.5.1 建设期节能减排效果对比	54
4.5.2 运营期节能减排效果对比	55
4.6 运距缩短节能减排效益分析	56
第5章 节能减排核算系统	58
5.1 系统建设目标	58
5.2 系统结构设计	58
5.3 系统主要功能	59
5.3.1 基础信息库	59
5.3.2 基础参数库	60
5.3.3 核算系统	61
5.3.4 分析系统	62
5.4 系统非功能性指标	63
5.4.1 性能指标	63
5.4.2 稳定性指标	63
5.4.3 安全性指标	63
5.5 系统运行环境	63
5.5.1 硬件环境	63
5.5.2 软件环境	63
参考文献	65
索引	69
后记	71

第 1 章 绪 论

1.1 工程背景

港珠澳大桥跨越珠江口伶仃洋海域,是连接香港特别行政区、珠海市、澳门特别行政区的大型跨海通道工程,是国家高速公路网规划中珠江三角洲地区环线的组成部分和跨越伶仃洋海域的关键性工程,其工程区平面布置如图 1-1 所示。港珠澳大桥工程包括三项内容:一是海中桥隧工程;二是香港、珠海和澳门三地口岸;三是香港、珠海、澳门三地连接线。海中桥隧主体工程(不含香港段、三地口岸和连接线)由粤港澳三地共同建设,根据设计资料,主体工程总长 29.6km,采用桥隧组合方案,其中隧道长 6.75km,其余路段采用桥梁方案。港珠澳大桥是一项桥、岛、隧一体化多专业的世界级超大型综合集群工程,是我国继“三峡工程、青藏铁路、南水北调、西气东输、京沪高铁”之后又一超级工程,是中国交通建设史上技术最复杂、环保要求最高、建设要求及标准最高的工程之一。工程穿越中华白海豚自然保护区,钢材、水泥等建材消耗巨大,施工工艺复杂,建设期和运营期节能减排潜力巨大。

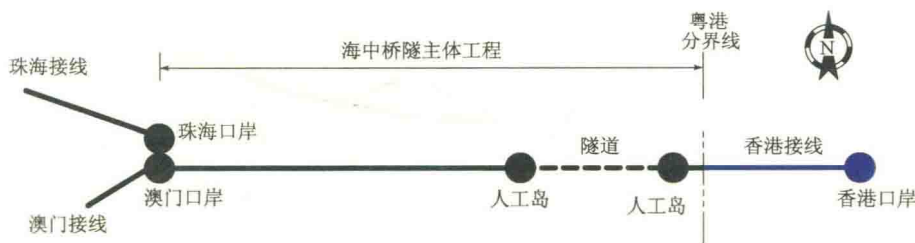


图 1-1 港珠澳大桥项目平面示意图

港珠澳大桥工程长大深埋沉管隧道、离岸厚软基桥隧转换人工岛和海上长联桥梁建设、跨海集群工程 120 年使用寿命保障及隧-岛-桥集群工程建设管理、防灾减灾及节能环保等一系列关键技术问题亟待解决。因此,开展以港珠澳大桥为依托工程的国家科技支撑计划项目“港珠澳大桥跨海集群工程建设关键技术研究”意义重大。研究共分 5 个课题,其中的第五课题“跨境隧-岛-桥集群工程的建设管理、防灾减灾及节能环保关键技术”研究分设 5 个子课题,具体为:子课题一,跨境重大交通工程管理模式、决策机制和战略资源供应链管理的关键技术;子课题二,跨境通道运营管理的关键技术;子课题三,跨境隧-岛-桥集群工程安全环保

管理需求与对策;子课题四,离岸特长沉管隧道建设防灾减灾关键技术;子课题五,跨境隧-岛-桥集群工程节能减排关键技术。

本书是国家科技支撑计划项目第五课题中的子课题五“跨境隧-岛-桥集群工程节能减排关键技术”专题一,即“跨境隧-岛-桥集群工程节能减排指标体系研究”的主要成果。本书通过对港珠澳大桥隧-岛-桥集群工程建设期和运营期能源消耗、温室气体和污染物排放过程进行系统分析,找出工程建设过程中的节能减排要点,研究建立大型隧-岛-桥集群工程建设运营中节能减排的框架结构和指标体系,并提出科学可行的港珠澳大桥节能减排实现途径和实施方案。本书研究成果不仅能推动我国交通行业复杂集群工程节能减排技术和管理水平的提升,也将为后续琼州海峡、渤海海峡、舟山至上海等跨海通道建设和运营期节能减排工作提供全面的理论指导,具有重要的参考价值。

1.2 研究综述

1.2.1 国外研究情况

目前,国外在低碳经济、低碳交通、碳减排核算等领域开展了大量研究,但专门针对高速公路和具体工程的低碳化建设和运营的研究较少。

低碳经济是一种新的发展形态,是相对于当前的高碳发展模式而言的。自英国 2003 年最早提出了发展低碳经济的理念以来,国际上关于低碳经济尚未确定一个标准的定义,但围绕低碳经济这一概念已经提出了一系列相关理论,主要包括“碳足迹”“低碳技术”“低碳发展”“低碳生活方式”“低碳社会”“低碳城市”等新理念。国外许多专家通过不同的理论途径阐释了低碳经济的内容和发展的必要性、可能性以及发展态势等,构成了低碳经济的重要理论基础。与此同时,以英国为首的发达国家开展了发展低碳经济的实践研究。各国着手开展有关低碳经济发展规划及相应推动政策的研究,进一步推动了低碳经济理论的发展进程。

以低碳经济理论为基础,英国提出了低碳交通的概念,并制定了相关发展战略,日本等国家也提出了发展低碳型交通的计划。尽管目前国外学术界尚未建立低碳交通的理论体系,但发达国家在低碳交通的内涵、特征及实现途径等方面正在开展相关研究和实践。国外交通运输业在低碳运营方面的研究较多,主要集中于低碳交通运输的政策与管理、交通运输的碳排放测算模型以及交通运输减排潜力评估等领域。

关于交通减排潜力的研究,主要基于交通碳排放模型和情景分析等方法,即在测算的排放基准量的基础上,通过设置一定的情景及设计减排技术,来确定行业减排潜力和技术选择。近年来国际能源署(IEA)、世界资源研究所(WRI)、美国清洁大气政策研究中心(CCAP)等一些