

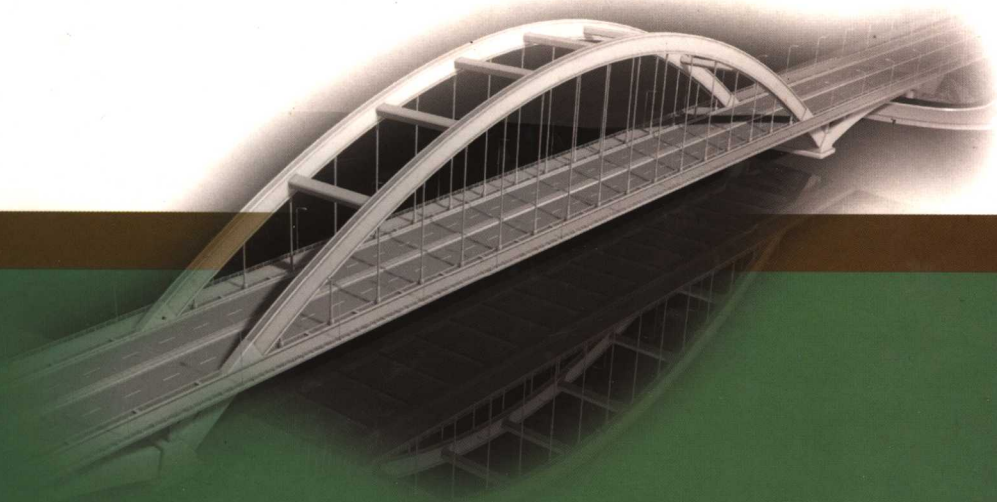


# 钢管混凝土拱桥

Concrete Filled Steel Tubular Arch Bridges

(第二版)

陈宝春 著



人民交通出版社

China Communications Press

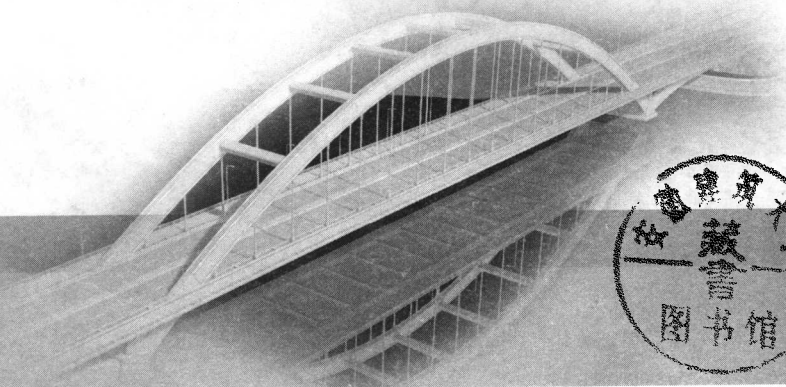


# 钢管混凝土拱桥

Concrete Filled Steel Tubular Arch Bridges

(第二版)

陈宝春 著



人民交通出版社

China Communications Press

## 内 容 提 要

《钢管混凝土拱桥》(原书名为《钢管混凝土拱桥设计与施工》)于第一版 1999 年出版以来,我国钢管混凝土拱桥无论是在工程应用,还是在理论研究方面都有了很大的发展。此次第二版在第一版的基础上做了大量的修改补充,从原来的八章增加到十二章,内容的更新达 80% 以上。

本书主要介绍钢管混凝土拱桥应用的理论与技术基础,结构体系、构造与设计计算,施工技术,基于全寿命理念的建设与管理养护,钢管混凝土拱桥的设计计算理论等研究成果。全书共分十二章。

本书以作者的工程实践与研究为基础,收集了大量的工程实例与研究成果,进行归纳整理,并融入了作者长期以来对拱桥设计、科研与教学的体会。全书桥例丰富、图文并茂、内容充实、条理清楚,既具有很强的实用性,又具有较高的理论性,有些研究成果尚属首次公开发表。

本书可供桥梁专业设计与施工人员参考,亦可作为高等院校土木工程专业高年级本科生、桥隧专业和结构工程专业研究生的教材,也可供组合结构、桥梁结构研究人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

钢管混凝土拱桥 / 陈宝春著. —2 版. —北京: 人民交通出版社, 2007.1

ISBN 978-7-114-06220-9

I. 钢… II. 陈… III. 钢管结构: 混凝土结构—拱桥 IV.U448.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 125787 号

书 名: 钢管混凝土拱桥 (第二版)

著 者: 陈宝春

责任编辑: 吴有铭 王 霞

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 57.5

字 数: 1437 千

版 次: 1999 年 9 月 第 1 版

2007 年 1 月 第 2 版

印 次: 2007 年 1 月 第 2 版 第 1 次印刷 总计第 3 次印刷

书 号: ISBN978-7-114-06220-9

印 数: 0001~4000 册

定 价: 120.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

## 作者简介

**陈宝春** 男,1958年4月出生于福建省罗源县。1982年2月福州大学路桥专业毕业后参加广东容奇大桥施工。1986年5月福州大学结构工程硕士研究生毕业后留校任教,2003年获日本九州大学工学博士学位。现为福州大学土木工程学院院长、教授、博士生导师、享受国务院政府特殊津贴专家。兼任福建省公路学会副理事长、福建省土木建筑学会常务理事、中国公路学会桥梁与结构分会常务理事、中国土木工程学会桥梁与结构分会理事。长期从事桥梁工程的教学、科研、设计与监理工作,主攻拱桥结构。主持设计了十余座钢管混凝土拱桥,参加国内众多大型钢管混凝土拱桥的技术咨询与科研项目,在钢管混凝土拱桥应用方面具有丰富的经验。发表论文百余篇,著有《钢管混凝土拱桥设计与施工》、《钢管混凝土拱桥实例集(一)》、《杆系与箱形梁桥结构分析及程序设计》等。主持国家自然科学基金“钢管混凝土拱桥抗震理论研究”、“钢管混凝土格构柱受力性能研究”、福建省自然科学基金重大项目“钢管混凝土拱桥设计理论关键技术研究”等多项科研课题,参加交通部《钢管混凝土拱桥施工技术规范》编写和西部交通科技项目“钢管混凝土拱桥设计、施工及养护关键技术研究”。“钢管混凝土拱桥结构受力特性研究”等四项成果达国际先进水平,获省部级科技进步奖五项。在钢管混凝土拱桥研究方面取得了丰硕的成果。



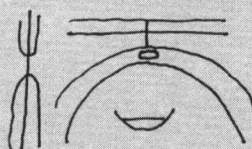
# 序 Preface



拱是曲线中最优美的线型,无处不在,人见人爱。

亚洲与欧洲都是最早修建石拱桥的地域,中国文字“桥”即是“木”与“拱”象形复合而成的。从繁体字“橋”可复原为\*：

橋 · · · · ·



在工业革命前后,欧洲石拱桥逐步被铸铁拱桥、钢拱桥所替代,已很少修建石拱桥。中国由于封建社会霸治太久,工业发展滞后,故在石拱桥的不断建造中创造了多种形式,如敞肩拱、薄型半圆拱、陡型拱等等,可谓拱桥之国。在2000年还建成了主跨146m的全空腹变截面石拱桥,为世界之最。而百米以上的石拱桥也有16座,亦可谓世界之最。

随着我国社会主义现代化建设的突飞猛进,全国高速公路、城市交通线路都已蛛网密布,桥梁建设日新月异,已取得辉煌的发展。虽早期在国外有少量小跨径钢管混凝土拱桥的修建经验,但其设计意图各有不同。我国钢管混凝土拱桥大量修建的发展过程,体现了国家发展、自主创新、民族振兴的无畏精神,跨径已从早期的百米左右,向现在的大跨五百米以上冲击。

钢管混凝土拱桥现已挤身大跨度桥梁的建设行列,从跨河、跨江进入了跨海的桥梁建设方案中。这就必然要对该种桥型的设计理论,结构的静、动力性能,多灾害防

\* “橋”字象形左为树也,右则上端形如桥栏杆,中间曲线部分如拱,中有□象形为拱冠,在拱的下方则为一小船也。

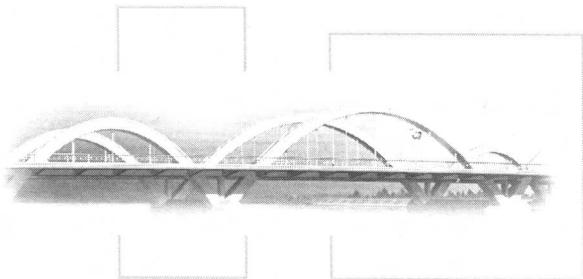
治能力,以及大桥的安全性、耐久性、可靠性和可持续发展——都必须提高到结构全寿命理念上——作深入的理论与实验研究。

钢管混凝土拱桥的发展应归功于许多学者的研究成果、工程建设者的实践贡献。陈宝春教授就是其中一位,他领导研究组奋战至今,坚持不懈,不断探索,总结以往经验,提出新的课题,联系实际工程不断创新,实属不易。欣然为之作序,向读者郑重推荐一本好书。

范石础

二〇〇五年十月十二日于福州

## 前言 Foreword



《钢管混凝土拱桥设计与施工》(第一版)一书是在国内钢管混凝土拱桥应用发展很快,但相关资料缺乏的情况下于1999年出版的。受当时的研究水平与作者个人水平的限制,加上时间仓促,书中有许多不尽人意之处。该书第一次印刷4000册,很快就销售一空,在不到数月的时间内又第二次印刷了4000本,所以没有足够的时间进行修订。该书出版以来,钢管混凝土拱桥的应用与研究都有了很大的发展,但该书至今仍为钢管混凝土拱桥的主要参考书。对此,作者深感不安,因此自2003年就着手进行该书的修改再版工作,经过三年多的努力,现在终于告一段落。

在本书第二版中,主要有以下几个重大改动:

(1) 用钢管混凝土作为劲性骨架修建的钢筋混凝土拱桥,虽然也与钢管混凝土有关,但还涉及到钢筋混凝土拱桥的内容,且这种桥型目前修建得较少,已修建的典型桥例为万县长江大桥(主跨420m箱拱)和邕宁邕江大桥(主跨312m箱肋拱),其中万县长江大桥已有专著论述。所以,第二版中所指的钢管混凝土拱桥不再包含采用钢管混凝土作为劲性骨架的钢筋混凝土拱桥,个别地方涉及的将单独指出。

(2) 由于钢管混凝土拱桥近年来在耐久与安全方面暴露出来一些问题和对桥梁可持续发展的关注,增加了“基于全寿命理念的建设与管养”一章。

(3) 将钢管混凝土拱桥设计理论研究成果与现有工程应用中的设计计算方法分开叙述,理论研究成果集中到全书的最后三章,便于不同读者根据不同阅读需要进行选择。

(4) 将钢管混凝土构件几何性质、钢管混凝土拱桥一览表等作为附录附于正文,使正文更加简洁。同时,在正文前面增加了全书的图名目录和表名目录。这些都是为了便于检索查阅。

第二版全书共分十二章,大致上每三章成一个版块。第一章至第三章,主要介绍



钢管混凝土拱桥应用的理论与技术基础,包括拱桥的发展简史、发展方向,钢管桥梁结构、钢管混凝土结构与构件的基本知识。第四章至第六章,主要介绍钢管混凝土拱桥的设计,包括结构体系、构造与设计计算。第七章至第九章,主要介绍施工技术和基于全寿命理念的建设与管理养护。第十章至第十二章,主要介绍钢管混凝土拱桥设计计算理论的研究成果,包括钢管混凝土拱桥的极限承载力、静力性能与动力性能。

第一章“拱桥发展概论”,以大量的桥例与图片介绍了国内外拱桥的发展简史和发展方向,尤其突出了近年来国外在大跨度钢筋混凝土拱桥方面的研究成果,并对我国拱桥的造型与结构的异化进行了评述,这些都是第二版新加的内容。本章还对钢管混凝土拱桥在国内外的发展进行了总体性的介绍。

第二章“钢管桥梁结构”也是第二版新加的内容。钢管混凝土拱桥在管内混凝土强度形成之前无论结构的制作、施工还是受力都属于钢管结构,成桥以后对于桁式拱肋也还具有管结构的受力特点,因此,对钢管结构的了解,是进行钢管混凝土拱桥设计与施工所必需的基础知识。

第三章“钢管混凝土结构应用与构件计算”在第一版第一章与第二章合并的基础上,加入了近年的研究成果,在介绍基本计算理论与方法方面,增加了国外的有关规程与国内的部分地方规程。

第四章“钢管混凝土拱桥结构体系”与第五章“钢管混凝土拱桥构造”由第一版的第三章“钢管混凝土拱桥结构与构造”扩充修改而成。

第四章结构体系着重从拱桥的纵向受力性能方面来介绍。按上承式有推力拱、中承式有推力拱、下承式拱梁组合桥、下承式刚架系杆拱、中承式刚架系杆拱(五大类)加上其他类型共六大类进行介绍。对五大桥型均根据现有的应用情况进行了主要参数的统计分析,对结构的受力特点与构造特点进行了介绍,并给出了典型桥例的简介。这一章的内容对进行结构的总体设计具有重要的参考价值。

第五章的构造内容在第四章结构体系介绍的基础上,从主拱肋(圈)构造、横向构造、桥道系结构与构造、立柱吊杆与系杆等方面介绍钢管混凝土拱桥的构造,并增加了细部构造一节。本章大量吸收了近年来在构造方面的技术成果,通过图例与照片进行介绍。

第六章“钢管混凝土拱桥设计计算”以《钢管混凝土拱桥设计规范》(报批稿)为主要依据,对钢管混凝土拱桥的计算与验算的方法、内容进行了介绍。

第七章“钢管拱肋制作与管内混凝土施工”与第八章“钢管混凝土拱桥架设”是对第一版第七章、第八章的修改与补充,主要参考了《钢管混凝土拱桥施工技术规范》(报批稿),增加了拱桥架设方法的国外资料和近年来的技术发展、实际经验与桥例。

第七章从钢管混凝土拱肋的钢管拱肋制作与管内混凝土两个方面介绍其施工技术。对于钢管拱肋制作,主要介绍拱肋的组拼和焊接。关于钢管制作的内容已在第二章中介绍,这一章不再介绍。管内混凝土的施工主要介绍管内混凝土的制备与泵送和质量检查。

第八章一开始介绍了桥梁施工方法,尤其是拱桥的施工方法,其中出现了大量的国外拱桥施工的资料与图片,对我国拱桥施工架设方法具有重要的参考价值。在此



基础上,着重对钢管混凝土拱桥中常用的斜拉悬臂缆索吊装方法和转体施工方法进行了介绍。此外,与第一版相比,增加了吊杆与系杆的施工、施工计算与施工控制的内容。

第九章“基于全寿命理念的建设与管养”是这一版新增的内容,主要介绍了桥梁全寿命理念、钢管混凝土拱桥从全寿命理念出发在设计中应注意的问题、钢管结构的防腐设计与施工、桥梁静动载试验、施工过程的监测监控和使用管理与维修养护等。

第十章至第十二章是在第一版第五章和第六章的部分内容基础上根据近几年的研究成果扩充修改而成的。第十章“钢管混凝土拱桥使用状态下的静力性能”和第十一章“钢管混凝土拱桥的强度与稳定”是在第一版第五章中有关静力受力性能的基础上,大量吸收近年来钢管混凝土拱桥方面的理论研究成果扩充修改而成。这两章内容密切相联,第十一章中的强度与稳定实际上也是静力性能的一个方面,而在第十章的静力性能中的初应力、混凝土收缩徐变等内容也涉及到极限承载能力的问题,但由于放在一章中篇幅太大,所以分两章来写。

第十章主要介绍了钢管混凝土拱桥在使用状态下的静力受力性能、温度特性、混凝土收缩徐变问题、拱肋刚度计算取值、挠度限值与振动限制问题、局部应力和钢管混凝土节点疲劳问题等。其中,后四节的内容是此次再版中新增加的。

第十一章首先对梁柱的强度与稳定问题作了简要的叙述,作为拱结构强度与稳定分析的基础。接着,介绍了对钢管混凝土拱桥中常用的哑铃形拱肋、桁式拱肋构件已进行的试验研究成果。随后,从面内受力和空间受力两方面对钢管混凝土拱的强度与稳定的研究成果进行介绍。面内受力主要介绍试验研究、有限元分析方法及实用算法。空间受力则侧重于稳定极限承载力的试验研究、有限元分析方法和空间弹性一类稳定分析、横向结构影响等。本章有些成果还尚未在学术刊物上发表。

第十二章以第一版第五章中有关动力性能的内容为基础,吸收了近年来的研究成果,对钢管混凝土拱桥的基本动力特性、抗震性能、抗风性能和车振性能等进行了介绍。

由于这一版中除设计与施工内容外,还包括了基于全寿命理念的建设与管养内容,以及大量的设计计算理论研究内容,因此,这一版的书名由原来的《钢管混凝土拱桥设计与施工》改为《钢管混凝土拱桥》,使书名更加贴切。但它与第一版书存在着不可分割的联系,并不是一本新写的书,因此仍称之为第二版。

自本书第一版出版以来,作者和研究小组成员在钢管混凝土拱桥的应用与理论研究方面继续努力地工作。主持完成了国家自然科学基金项目“钢管混凝土拱桥抗震理论研究”、福建省重点科技项目“316国道福建闽清石潭溪大跨度钢管混凝土拱桥试验研究”、福建省自然科学基金项目“钢管与钢管混凝土复合拱桥受力性能研究”等多项纵向科研项目。参加编写的交通部《钢管混凝土拱桥施工技术规范》完成了报批稿,参加的交通部西部交通科技项目“钢管混凝土拱桥设计、施工及养护关键技术研究”进展顺利。参与完成了多个以实际桥梁如深圳北站大桥、郑州黄河公路二桥、广东东莞水道特大桥、福鼎山前大桥等为背景的研究项目,获省部级科技奖励三项。目前正主持的福建省基础性研究计划重大项目“钢管混凝土拱桥设计理论关键技术研究”即将顺利完成,2005年又承担了国家自然科学基金项目“钢管混凝土格构柱受力性能研究”。在开展研究的同时,我们还负责设计了福建省福鼎山前大桥、新桐山

大桥、泉州和昌大桥、百崎湖大桥等多座钢管混凝土拱桥，参加了郑州黄河公路二桥、广东东莞水道特大桥、大汾北大桥等钢管混凝土拱桥的设计。此外，作者还参与了国内众多钢管混凝土拱桥设计、施工的咨询工作和福建漳州西洋坪大桥等钢管混凝土拱桥的设计审查工作。以上这些研究与实践，都为此次再版提供了坚实的理论基础与实践经验。在这些工作过程中得到了许多前辈、专家和同行的大力支持，在此表示衷心的感谢。

本书的顺利再版是作者所在研究小组的集体努力的结果，也是福州大学桥梁工程、结构工程近几年来学科发展的成果之一。孙潮、韦建刚、吴庆雄、彭桂瀚、陈友杰等老师和博士生黄福云、黄文金、欧智菁、盛叶、黄卿维、高婧、刘振宇及硕士生杨亚林等参加了本书部分章节的编写工作。高婧、柯婷娴等同学为本书的编辑付出了辛勤的劳动。本书的再版工作也得到许多同行的鼎力相助，尤其应该感谢的是清华大学的韩林海教授为本书第三章提供了钢管混凝土结构应用的资料与照片，西南交通大学范文理教授为第二章、第七章和第十一章的部分章节提出了宝贵的修改意见。特别令作者感动的是范立础院士在百忙之中审阅了全书，提出了宝贵的意见，并为本书的第二版撰写了前言。人民交通出版社吴有铭编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动。作者的妻子陈海燕女士对作者编写此书给予了大力的支持。此外，本书中的大量照片除一部分为作者自拍外，国外桥梁照片有相当部分是由西班牙 Leonardo Fernandez Troyano 先生提供的，国内桥梁照片则有相当部分是由作者众多的桥梁界朋友提供的，在此一并表示衷心的感谢。

由于钢管混凝土拱桥无论是在应用还是在理论研究方面都还在不断的发展过程中，给本书的再版修改带来了很大的困难。在修改过程中，作者想尽可能多地反映最新的成果，使第二版更加完善，但不断有新的材料出现，以至于很难有完稿的时候。为使该书第二版的出版不再拖下去，本书的参考资料截止到2006年3月。因此，第二版交稿后可能相隔不了多久又要考虑第三版的问题了。希望在第三版时，技术比较成熟了。为此，敬请大家对本书的第二版提出意见与建议，以便第三版时修改。

作者

二〇〇六年七月

于福州大学土木工程学院

# 第一版前言

钢管混凝土拱桥自1990年四川旺苍东河大桥建成以来,近几年在我国应用发展很快。福州大学从1993年开始钢管混凝土拱桥的设计、施工、监理与科研工作,先后在福建省设计了福清玉融大桥、安溪铭选大桥、福安群益大桥、闽清石潭溪大桥、仙游兰溪大桥等钢管混凝土拱桥8座,承担了其中3座的监理和成桥静载测试工作;承担了福建省自然科学基金项目《钢管混凝土拱桥结构受力特性研究》、福建省科委《国道316线石潭溪大跨度钢管混凝土拱桥试验研究》、福州市建委《福州解放大桥汽车荷载测试》、深圳市建委《深圳北站大桥拱墩固结点局部应力光弹性试验与有限元分析》等科研课题,在钢管混凝土拱桥在使用荷载作用下的结构受力性能、施工受力分析、面内极限承载力、面外稳定分析、温度应力等方面取得了可喜的成果。《钢管混凝土拱桥结构受力特性研究》获福建省1998年科技进步二等奖。这些成果都是集体智慧的结晶,倾注了福州大学结构工程学科桥梁研究方向全体教师的辛勤劳动与心血。

在上述应用与研究的基础上,本书作者收集了大量的资料,在交通土建高年级本科生和结构工程硕士研究生的有关课程中开始讲授钢管混凝土拱桥的应用与理论研究。由于目前尚无相应的介绍钢管混凝土拱桥的书籍,在多方鼓励与支持下,通过近两年多的努力,对讲稿进行了充实与系统完善,完成了本书的编写。

全书共分八章。

第一章“钢管混凝土简介”,介绍了钢管混凝土结构的发展概况,钢管混凝土的基本性能与分类以及材料。

第二章“钢管混凝土基本计算理论”,对在我国目前影响较大的三个理论体系和相应的规程进行了对比性的介绍,有助于读者对钢管混凝土构件基本理论的理解和灵活应用。

第三章“钢管混凝土在拱桥中的应用与发展”,简要介绍了拱桥的发展历史,钢管混凝土在拱桥中应用的必然性与合理性和我国钢管混凝土拱桥的应用概况,并选取了有代表性的一些桥例进行较详细的介绍。在桥例选取中,尽量考虑到桥梁结构的类型、地域分布、设计单位、施工方法等,并且均选用已建好的桥梁为桥例。

第四章“钢管混凝土拱桥结构与构造”。钢管混凝土拱桥较之传统的圬工与钢筋混凝土拱桥,因其材料强度的提高与施工的方便,使其具有很强的表现能力,几乎涵盖了圬工拱桥、钢筋混凝土拱桥和钢拱桥的所有桥型,而且还出现了像刚架系杆拱这类桥型。本章在上一章桥例介绍的基础上,试图从横向比较,从主拱圈构造、横向构造、桥面系、立柱吊杆与系杆等方面介绍钢管混凝土拱桥的构造;并且鉴于在钢管混凝土拱桥中无推力拱应用较多,所以另外开辟了一节介绍无推力拱,而无风撑拱和提篮拱则归入横向构造一节,所以这一章既介绍构造也介绍结构体系。

第五章“钢管混凝土拱桥结构受力性能分析”,集中地反映了福州大学等科研、生产单位在钢管混凝土拱桥方面的理论研究成果。有些成果还尚未在学术刊物上发表。这一章从结构的静力受力特性、面内承载力、面外承载力、温度特性、收缩、徐变问题以及结构动力特性方面介绍了钢管混凝土拱桥的受力特性。这些研究成果对于挖掘和合理利用钢管混凝土拱桥的受力特性,推动钢管混凝土拱桥的技术进

步,相信具有积极的理论意义和现实意义。这一章还简要介绍了作者的导师郑振飞教授所领导的研究小组长期以来在拱桥研究方面所取得的成果。

第六章“钢管混凝土拱桥设计计算”是在第五章的基础上,介绍了钢管混凝土拱桥设计计算方法中与其它拱桥不同的部分,并给出了一座下承式钢管混凝土刚架系杆桁肋拱的设计算例以做参考。

第七章“钢管混凝土材料的制作与施工要求”介绍了钢管的加工制作、钢管骨架的加工制作、防腐与涂装、管内混凝土的制备与浇注以及质量检验等施工问题。

第八章“钢管混凝土拱桥成桥施工技术”从介绍拱桥的施工方法入手,简要分析了各种施工方法与适用范围,并从中指出钢管混凝土应用于拱桥解决了拱桥向大跨度发展的施工问题。钢管混凝土拱桥施工方法实质上是劲性骨架方法和自架设方法。本章着重介绍了钢管骨架架设方法中的两种主要方法:缆索吊装法和转体施工法,同时还介绍了施工过程的稳定性问题和施工加载程序问题。

作者在从事钢管混凝土拱桥的研究与本书的撰写过程中得到哈尔滨建筑大学钟善桐教授、韩林海教授、黄侨教授,中国建筑科学研究院蔡绍怀教授、广州市高速公路总公司张尚杰高工、福建省建筑设计研究院龚昌基高工、清华大学聂建国教授、交通部重庆公路研究所许晓锋高工、日本九州大学刘玉擎博士等专家与同行的帮助与鼓励;同济大学金成棣教授、郑州铁路局勘测设计院的乔景川高工、四川省公路勘测设计研究院的谢邦珠高工、南昌冶金设计研究院的程懋方高工、铁道部第一勘测设计院的季坤高工、深圳市市政设计院的陈宜言高工和李勇工程师、水利水电十二局金属结构厂林书榭高工、江苏省交通工程总公司一公司瞿栋工程师等为本书提供了大量的照片与资料。作者对上述提及和未提及的在本书编写过程中给予大力支持与帮助的前辈、专家和同行表示衷心的感谢。

在本书编写的同时,作者有幸应广州市高速公路总公司的邀请参加了目前正在建的跨径最大的钢管混凝土拱桥——主跨360m的广州市东南西环高速公路丫髻沙大桥专家组的工作;应交通部重庆公路研究所的邀请参加了交通部组织编写的《钢管混凝土拱桥施工规范》的编写工作;应深圳市市政设计院的邀请参加了深圳北站大桥的设计与科研工作。在这些工作中,各位专家与同行丰富的工程实践经验、扎实的理论基础为作者完成本书的编写提供了非常有益的帮助。

研究生孙潮、陈友杰、徐爱民、欧智菁等参加了第五章至第八章中部分有关的科研工作。林英、郑宝锦、黄国兴、彭桂翰等同学为本书的录入、绘图付出了辛勤的劳动。恩师郑振飞教授、郭金琼教授、毛承忠副教授始终关注本书的编写工作,尤其是郑振飞教授在百忙之中审阅了全书并提出了宝贵的意见;人民交通出版社蒋明耀主任、责任编辑张斌和曲乐同志为本书的出版付出了辛勤的劳动;作者的家人特别是作者的妻子陈海燕女士对作者编写此书给予了大力的支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加上本人的水平有限,书中一定存在着缺点和错误,恳请专家和读者批评指正。

作者

一九九九年三月

于福州大学怡园



# 主要符号

· 1 ·

## 1. 力

- $M$ ——弯矩；  
 $N$ ——轴力；  
 $V$ ——剪力；  
 $M_T$ ——扭矩；  
 $N_E$ ——欧拉临界力；  
 $N_{cu}$ ——混凝土轴向抗压强度；  
 $M_{cu}$ ——混凝土轴向抗弯强度；  
 $N_{su}$ ——钢管轴向抗压强度；  
 $M_{su}$ ——钢管轴向抗弯强度；  
 $N_u$ ——钢管混凝土轴心受压构件极限承载力；  
 $N_e$ ——钢管混凝土偏心受压构件极限承载力；  
 $N_t$ ——抗拉承载力；  
 $N_l$ ——长柱轴心受压稳定承载力；  
 $P_e$ 、 $M_e$ ——截面抗压和抗弯的弹性极限荷载；  
 $P_s$ 、 $M_s$ ——截面抗压和抗弯的塑性极限荷载。

## 2. 计算指标

- $E_c$ ——混凝土的弹性模量；  
 $E_s$ ——钢材的弹性模量；  
 $E_{sc}$ ——钢管混凝土的组合轴压弹性模量；  
 $E_{sc,m}$ ——钢管混凝土的组合抗弯弹性模量；  
 $E_{sct}$ ——钢管混凝土的组合轴压切线模量；  
 $E_{sch}$ ——钢管混凝土的轴压强化模量；  
 $E'_{sc}$ ——修正的钢管混凝土的组合轴压弹性模量；  
 $f_s$ ——钢材抗拉、抗压、抗弯强度设计值；  
 $f_y$ 、 $f_u$ ——钢材的屈服强度、极限强度；  
 $f_{ck}$ 、 $f_{tk}$ ——混凝土的立方体抗压、抗拉强度标准值；  
 $f_c$ 、 $f_t$ ——混凝土的立方体抗压、抗拉强度设计值；  
 $f_{cn}$ —— $n$ 天龄期的混凝土立方体抗压强度；  
 $f_{sc}$ ——钢管混凝土的组合轴压强度设计值；  
 $\tilde{f}_{sc}$ ——钢管混凝土的组合抗剪强度设计值；  
 $f_{sc}^p$ ——钢管混凝土轴心受压时的比例极限；  
 $\tilde{f}_{sc}^p$ ——钢管混凝土轴心受压时的强度指标；  
 $f_{scy}$ ——钢管混凝土抗拉组合强度标准值；  
 $EA$ ——钢管混凝土轴向抗拉压刚度；  
 $EI$ ——钢管混凝土抗弯刚度；  
 $GJ$ ——钢管混凝土抗扭刚度；  
 $f_{my}$ ——钢管混凝土轴压构件中钢材名义抗压强度， $f_{my} = f_y + 0.85f'_c A_c / A_s$ ；

$\sigma_{s0}$ ——钢管中的初应力。

### 3. 几何参数

$L$ ——长度或跨度；

$L_0$ ——计算长度或净跨径；

$e$ ——偏心距；

$D$ ——钢管外径；

$A_c$ ——钢管内混凝土的截面面积；

$A_s$ ——钢管的截面面积；

$A_{sc}$ ——钢管混凝土构件横截面面积,  $A_{sc} = A_c + A_s$ ；

$W_{sc}$ ——钢管混凝土截面的弹性抵抗矩；

$W_c$ ——钢管内混凝土的弹性抵抗矩；

$I$ ——截面抗弯惯性矩；

$I_c$ ——混凝土的抗弯惯性矩；

$I_s$ ——钢管的抗弯惯性矩；

$t$ ——钢管壁厚；

$r$ ——钢管平均半径, 即壁厚中心至圆心之间的距离；

$i$ ——截面抗弯回转半径,  $i^2 = \frac{I}{A}$ 。

### 4. 计算系数及其他

$\alpha_s$ ——截面的含钢率,  $\alpha_s = A_s / A_c$ ；

$\alpha_E$ ——钢材与混凝土的弹性模量之比；

$\alpha_{sc}$ ——钢材与钢管混凝土弹性模量比；

$\beta$ ——钢管初应力系数,  $\beta = \frac{\sigma_0}{\varphi_s f_s}$ ；

$\omega$ ——钢管混凝土拱桥中空钢管初应力度系数,  $\omega = \frac{\sigma_0}{f_y}$ ；

$\beta_m$ ——等效弯矩系数；

$\gamma_m$ ——截面抗弯塑性发展系数；

$\gamma_v$ ——截面抗剪塑性发展系数；

$\gamma_{cu}$ ——混凝土强度折减系数；

$\gamma_0$ ——桥梁结构重要性系数；

$\varphi$ ——轴心受压稳定系数；

$\varphi'$ ——有初应力时的稳定系数；

$\varphi_1$ ——考虑长细比影响的轴心受压稳定系数；

$\varphi_e$ ——考虑偏心率影响的轴心受压稳定系数；

$\varphi_s$ ——空钢管的稳定系数；

$\lambda$ ——长细比；

$\lambda_{sc}$ ——钢管混凝土构件长细比；

$\lambda_{sc}^*$ ——钢管混凝土格构柱的换算长细比；

$\lambda_p, \lambda_0$ ——构件弹性失稳和弹塑性失稳的界限长细比；

$\eta$ ——混凝土增强系数(考虑了钢管对混凝土的套箍作用)；

$K$ ——等效长度系数或有效长度系数,与杆端的支承情况有关;

$\mu_c$ ——混凝土弹性阶段泊松比;

$\mu_s$ ——钢材弹性阶段泊松比;

$\mu_{sc}$ ——钢管混凝土组合材料的横向变形系数,  $\mu_{sc} = (\mu_s A_s + \mu_c A_c) / (A_s + A_c)$ ;

$\xi_0$ ——钢管混凝土的约束效应系数设计值,  $\xi_0 = \frac{A_s f_s}{A_c f_c}$ ;

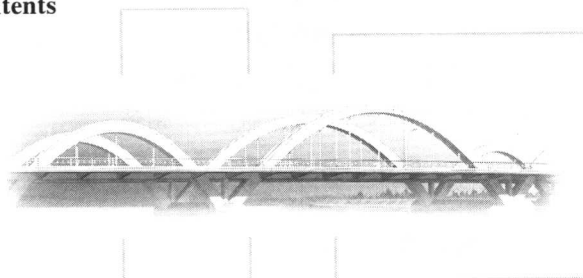
$\xi$ ——钢管混凝土的套箍系数,  $\xi = \frac{A_s f_y}{A_c f_{ck}}$ ;

$K_E$ ——弹性模量修正系数;

$\zeta$ ——剪切影响附加值;

$\rho$ ——含钢率,  $\rho = 4t/D_0$ 。

# 目录 Contents



<b>第一章 拱桥发展概论</b>	<b>1</b>
第一节 拱桥发展简史	1
第二节 拱桥发展方向	35
<b>第二章 钢管桥梁结构</b>	<b>68</b>
第一节 钢管桥梁应用简介	68
第二节 钢管构件	77
第三节 钢管桁架结构	85
第四节 钢管节点疲劳设计	91
<b>第三章 钢管混凝土结构应用与构件计算</b>	<b>100</b>
第一节 概述	100
第二节 钢管混凝土材料	112
第三节 单圆管轴心受压构件计算	121
第四节 单圆管偏心受压构件计算	134
第五节 格构柱计算	147
<b>第四章 钢管混凝土拱桥结构体系</b>	<b>156</b>
第一节 概述	156
第二节 上承式拱	159
第三节 有推力的中承式拱	167
第四节 无推力的拱梁组合桥	176



第五节	下承式刚架系杆拱	192
第六节	中承式刚架系杆拱(飞鸟式)	210
第七节	其他结构形式	236
<b>第五章 钢管混凝土拱桥构造</b>		<b>248</b>
第一节	拱肋构造	248
第二节	拱肋横向结构与构造	267
第三节	桥道系结构与构造	277
第四节	立柱、吊杆与系杆	294
第五节	节点与其他细部构造	308
<b>第六章 钢管混凝土拱桥设计计算</b>		<b>320</b>
第一节	概述	320
第二节	钢管混凝土构件计算	328
第三节	极限承载能力验算	334
第四节	正常使用极限状态验算	336
第五节	施工阶段计算	337
<b>第七章 钢管拱肋制作与管内混凝土施工</b>		<b>339</b>
第一节	钢管拱肋制作	340
第二节	钢结构的焊接	348
第三节	管内混凝土制备与泵送	356
第四节	管内混凝土的质量检查	368
<b>第八章 钢管混凝土拱桥架设</b>		<b>375</b>
第一节	概述	375
第二节	钢管混凝土拱桥施工方法	405
第三节	斜拉悬臂、缆索吊装施工法	412
第四节	转体施工法	436
第五节	吊杆与系杆施工	460
第六节	施工计算	464
第七节	施工控制	480
<b>第九章 基于全寿命理念的建设与管养</b>		<b>497</b>
第一节	概述	497
第二节	基于全寿命观点的规划与设计	499
第三节	钢管结构的防腐设计与施工	501
第四节	成桥静动载试验	519