

"十二五" 国家重点图书出版规划项目

SERIAL HANDBOOKS OF HIGHWAY-BRIDGE
CONSTRUCTION

公路桥梁施工系列手册

悬索桥

SUSPENSION BRIDGE

中交第二公路工程局有限公司 主编



人民交通出版社

China Communications Press

“十二五”国家重点图书出版规划项目

Serial Handbooks of Highway-bridge Construction

公路桥梁施工系列手册

Suspension Bridge

悬 索 桥

中交第二公路工程局有限公司 主编



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

《公路桥梁施工系列手册》共八册,分别为:《基本作业与临时设施》、《施工组织设计》、《墩台与基础》、《桥梁钢结构》、《梁桥》、《拱桥》、《斜拉桥》、《悬索桥》。本书为《悬索桥》分册,共有十六章内容,即:概论,锚碇施工,索塔施工,索鞍安装,牵引系统、猫道设计与施工,主缆架设施工,索夹、吊索安装,加劲梁安装,防护涂装,附属工程施工,桥面铺装施工,施工控制,风险评估及施工安全管理,悬索桥施工专用设备,自锚式悬索桥施工,国内代表性悬索桥工程。本手册全面反映了当前悬索桥建设的新成果和新进展,以及包含部分国外的先进技术。

本书可作为公路、桥梁施工、检测、监理技术人员的参考工具书,也可供桥梁设计、科研人员及在校师生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路桥梁施工系列手册. 悬索桥 / 中交第二公路工程有限公司主编. —北京:人民交通出版社, 2014.5

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-114-10593-7

I. ①公… II. ①中… III. ①公路桥—桥梁施工—技术手册②悬索桥—桥梁施工—技术手册 IV. ①U448.145.1-62
②U448.255.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 092386 号

“十二五”国家重点图书出版规划项目

书 名:公路桥梁施工系列手册 悬索桥

著 作 者:中交第二公路工程有限公司

责任编辑:曲 乐 黎小东 郑蕉林

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.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:39.5

字 数:937 千

版 次:2014年5月 第1版

印 次:2014年5月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10593-7

定 价:118.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

《公路桥梁施工系列手册 悬索桥》
编委会

编写领导小组

组 长:韦世国

副组长:薛光雄 欧阳效勇

成 员:沈忠群 闫友联 任回兴 雷 波

李 松 沈良成 霍建平

编审委员会

主 编:薛光雄

副主编:闫友联 沈良成 揣国新 金 仓 牛亚洲

主 审:周世忠

编 写:先正权 喻胜刚 杜洪池 赵有明 李 松

葛国库 林吉明 梁进达 郭 恒 荆刚毅

严晓生 龚照东 孙 茂 石虎强

统 稿:闫友联 金 仓 牛亚洲

前 言

Preface

悬索桥具有跨越能力大、受力性能好、轻盈美观等特点,其优美的造型和宏伟的规模在桥梁建设中得到广泛应用,成为特大跨径桥梁的主要形式之一。

20 世纪 80 年代以来,随着区域经济的发展变化,悬索桥建设的重心逐渐从欧、美转向亚洲。日本和中国先后修建了一系列特大跨径的悬索桥,在世界已建成的最大跨径的悬索桥中,占据了重要的地位。

日本在本州四国联络线三条线路以及其他一些跨海工程中相继建造了十多座悬索桥。1998 年建成明石海峡大桥,为当今世界最大跨径悬索桥,成为悬索桥建设史上的里程碑。

20 世纪 90 年代,我国现代悬索桥建设得到了快速发展。在跨越世纪的十年中,先后建成了广东汕头海湾大桥、湖北西陵长江大桥、香港青马大桥、广东虎门大桥、江苏江阴长江大桥、厦门海沧大桥等一批各具特色的大跨径悬索桥。这些悬索桥建设所取得的成就,大大缩短了我国现代悬索桥与世界水平的差距。

进入 21 世纪以来,随着我国交通事业的迅猛发展,我国特大桥建设进入黄金时期,相继建成了江苏润扬长江大桥、武汉阳逻长江大桥、广州珠江黄埔大桥、贵州坝陵河大桥、舟山西堠门大桥、湖南吉首矮寨大桥、江苏泰州长江大桥、南京长江第四大桥等具有世界先进水平的千米以上特大跨径悬索桥。这些悬索桥的成功修建,标志着我国的悬索桥建设水平已经跻身于世界先进行列。

悬索桥结构形式多样,施工方法各异。近十几年来,主编单位承担了我国多座具有代表性的悬索桥工程的建设施工,积累了丰富的悬索桥施工经验。为了系统的总结和介绍这些经验,为广大桥梁建设者提供有益借鉴,在人民交通出版社和国内专家、同行的指导和帮助下,我们组织编写了《公路桥梁施工系列手册 悬索桥》一书。

本手册在总结我国近二十年来大跨度悬索桥建设经验的基础上,以现代悬索桥工程为实例,以代表性桥型结构和典型施工工艺、方法为主线进行编写。特别是对近十年来我国悬索桥施工方面的新技术、新工艺、新装备进行系统的总结和提炼,内容包括:锚碇施工,索塔施工,索鞍安装,牵引系统、猫道设计与施工,主缆架设施工,索夹、吊索安装,加劲梁安装,防护涂装,附属工程施工,桥面铺装施工,施工控制,风险评估及施工安全管理,悬索桥施工专用设备,自锚式悬索桥施工等。手册结合反映当前桥梁建设的新

成果和新进展,力求先进性、实用性、系统性和权威性,重点突出实用性,突出实际施工操作,便于掌握运用。对通用、共性的内容在各章节中简要表述;对施工、业主、监理三方共同关注的关键工序、重点部位,重点叙述;对特殊、复杂的施工工艺和方法,结合案例进行详细描述。减少主体工程理论性质的内容,突出与施工相关的设计及理论计算。

本手册由薛光雄教授级高工任主编,由闫友联、沈良成、揣国新、金仓、牛亚洲等五位教授级高工、高级工程师任副主编,由周世忠教授级高工任主审,编写人员均来自工程一线技术岗位。

本手册在编写过程中,得到了中交第二公路工程有限公司、人民交通出版社等单位领导和陈德荣教授级高工的大力支持,谨此一并表示感谢!

本手册定位为工程一线技术人员使用的实用工具书,也可供桥梁设计、科研人员及工程院校在校师生及相关桥梁工作者学习、参考。

由于编者水平有限,错误在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2013 年 11 月

目 录

Contents

第一章 概论	1
第一节 悬索桥结构类型及发展现状	1
第二节 悬索桥施工简介	16
第二章 锚碇施工	24
第一节 锚碇结构类型	24
第二节 重力式锚碇施工	28
第三节 隧道式锚碇施工	40
第四节 主缆锚固系统施工	46
第五节 南京长江四桥北锚碇工程施工工程实例	50
第六节 舟山西堠门大桥南锚碇工程施工工程实例	56
第三章 索塔施工	66
第一节 索塔类型及结构	66
第二节 混凝土索塔施工	75
第三节 钢索塔安装施工	94
第四章 索鞍安装	116
第一节 索鞍类型及构造	116
第二节 索鞍安装施工准备	125
第三节 主索鞍安装	128
第四节 散索鞍安装	132
第五章 牵引系统、猫道设计与施工	136
第一节 牵引系统设计	136
第二节 牵引系统施工	154
第三节 猫道设计	162
第四节 猫道架设	184
第六章 主缆架设施工	201
第一节 主缆的类型和构造	201

第二节	预制平行索股(PPWS)架设	204
第三节	空中纺线法(AS法)架设	217
第四节	主缆紧缆	225
第五节	泰州长江大桥工程实例	227
第七章	索夹、吊索安装	241
第一节	索夹、吊索的类型及构造	241
第二节	索夹安装	243
第三节	吊索安装	246
第八章	加劲梁安装	250
第一节	概述	250
第二节	钢箱梁安装施工	271
第三节	钢桁梁安装施工	286
第四节	混凝土梁安装	307
第五节	加劲梁工地连接	313
第九章	防护涂装	320
第一节	主缆防护	320
第二节	钢结构涂装防护	334
第三节	除湿系统安装施工	341
第四节	润扬长江大桥主缆涂装及除湿系统安装工程 实例	344
第十章	附属工程施工	361
第一节	概述	361
第二节	加劲梁附属设施安装	362
第三节	缆索系统附属设施安装	368
第十一章	桥面铺装施工	370
第一节	悬索桥钢桥面铺装概述	370
第二节	悬索桥钢桥面除锈及防腐涂装施工	376
第三节	钢桥面铺装施工	379
第四节	混凝土加劲梁桥面铺装施工	421

第十二章 施工控制	424
第一节 控制网	424
第二节 锚碇施工控制	426
第三节 索塔施工控制	427
第四节 上部结构安装工程施工测量	428
第五节 上部结构安装工程施工监控	436
第六节 工程实例	448
第十三章 风险评估及施工安全管理	451
第一节 施工风险评估及对策措施	451
第二节 施工安全	461
第十四章 悬索桥施工专用设备	466
第一节 悬索桥加劲梁吊装设备	466
第二节 主缆紧缆机	489
第三节 主缆缠丝机	494
第十五章 自锚式悬索桥施工	500
第一节 概述	500
第二节 加劲梁施工	502
第三节 缆索系统施工	528
第四节 体系转换施工	531
第十六章 国内代表性悬索桥工程	538
第一节 西堠门大桥	538
第二节 润扬长江公路大桥	540
第三节 南京长江四桥	544
第四节 江阴长江大桥	548
第五节 香港青马大桥	552
第六节 武汉阳逻长江大桥	557
第七节 湖南吉首矮寨大桥	561
第八节 广州珠江黄埔大桥	565
第九节 贵州坝陵河大桥	568
第十节 泰州长江大桥	570
第十一节 宜昌长江大桥	574
第十二节 湖北恩施四渡河大桥	577

第十三节	虎门大桥·····	581
第十四节	湖北西陵长江大桥·····	584
第十五节	厦门海沧大桥·····	587
第十六节	重庆长江鹅公岩大桥·····	590
第十七节	汕头海湾大桥·····	593
第十八节	广东佛山平胜大桥·····	596
第十九节	杭州江东大桥·····	600
第二十节	青岛海湾大沽河航道桥·····	605
附录 世界大跨径悬索桥一览表 ·····		610
参考文献 ·····		615

第一节 悬索桥结构类型及发展现状

悬索桥是一种很古老的桥型,又称吊桥(英文名称 Suspension Bridge),是利用主缆和吊索作为加劲梁的悬吊体系,将荷载作用传递到索塔和锚碇的桥梁,其主要结构由主缆、索塔、锚碇、吊索、加劲梁组成。

现代悬索桥的主缆采用高强度钢丝作为主要承拉结构,具有跨越能力大、受力合理、能最大限度发挥材料强度、造价经济等特点,成为跨越千米以上障碍物最理想的桥型。

悬索桥优美的造型和宏伟的规模,在桥梁建设中得到了广泛的应用。随着经济、技术、材料的发展,大量大跨度桥梁的建设逐步提上议事日程,其中包括洲际跨海工程,如欧非两大洲之间的直布罗陀海峡、位于俄国和美国之间的白令海峡等。我国在 21 世纪也将要修建一些跨海工程,其中包括渤海湾海峡工程、琼州海峡工程等跨海通道工程等,为悬索桥的发展提供了极为广阔的前景。

一、悬索桥的类型

悬索桥的类型可按主缆锚固方式、主缆线形、悬吊跨数、悬吊方式、支撑结构等多种方式进行划分。

(一)按主缆锚固方式分类

按主缆的锚固方式划分,悬索桥可分为地锚式和自锚式悬索桥。

1. 地锚式悬索桥

通常所讲的绝大多数悬索桥都采用地锚式,即主缆通过锚碇将荷载产生的主缆拉力传递给地基,从而达到力的平衡,如图 1-1-1 所示。地锚式悬索桥通常是大跨度悬索桥最佳的受力模式,锚碇处一般要求地基具有较大的承载力,或是选择良好的地基作持力层。

2. 自锚式悬索桥

自锚式悬索桥是将主缆直接锚固在加劲梁的两端,省去了庞大的锚碇结构,使加劲梁直接承受主缆传来的水平分力,如图 1-1-2 所示。

自锚式悬索桥常见的有独塔两跨和两塔三跨等结构

形式,跨度不宜过大,否则,为了抵抗巨大的主缆水平分力,加劲梁的截面将非常庞大从而影响其受力性能与经济合理性。

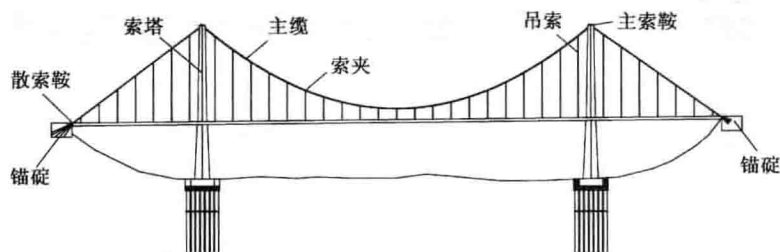


图 1-1-1 悬索桥的一般结构

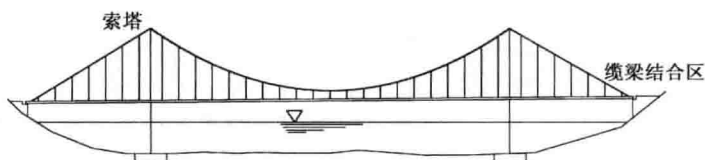


图 1-1-2 自锚式悬索桥的一般结构

自锚式悬索桥的优点是无需设置锚碇,适用于两岸地基承载力较差,特别是软土地地区的桥位,或者市区跨河跨线桥梁为避免影响景观或无法布置庞大主缆锚碇时使用。

(二) 按主缆线形分类

按主缆线形分为双链式悬索桥和单链式悬索桥。

1. 双链式悬索桥

双链式悬索桥是在一个吊杆平面内设有两根主缆的悬索桥,两根主缆具有不同的线形。其主缆线形有两种形式:一种为两根主缆分为上下链,在全跨范围内均匀布置有吊索吊挂加劲梁,如图 1-1-3 所示的 A 类型。我国重庆嘉陵江朝阳大桥即采用这种形式,如图 1-1-4 所示。另一种布置方法是如图 1-1-3 所示的 B 类型,它只在左右两个半跨范围的下链部分布置有吊索吊挂加劲梁桥面,也就是每链只吊挂半跨加劲梁。法国巴黎的安格利斯桥 (Pont de Anglais) 就是采用这种布置形式。

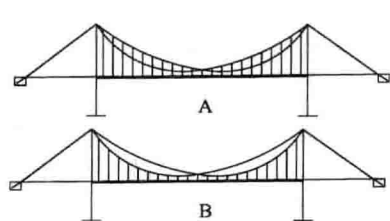


图 1-1-3 双链式悬索桥

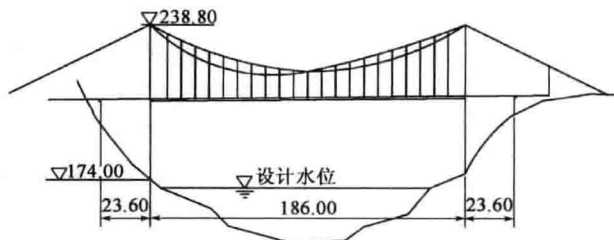


图 1-1-4 重庆嘉陵江朝阳大桥总体布置 (尺寸单位:m)

在悬索桥发展的早期阶段,桥梁通行能力低、加劲梁自重较小,为克服半跨有活载作用时加劲梁产生的 S 形变形,应用双链式结构相比单链悬索桥具有较大的刚度,对非对称荷载的适应性较强。因为存在上下双链吊杆,构造复杂,常作为景观桥建造。

2. 单链式悬索桥

随着技术进步,桥梁通行能力要求越来越高,活载在桥梁结构中相对加劲梁、主缆自重的比例越来越小,大跨径悬索桥结构中非对称荷载,仅引起桥面微小的S形变形,因此现代大跨径悬索桥均采用单链式结构。

单链式悬索桥是指一个吊索平面内仅设单一线形的悬索主缆。整个悬索桥一般通常为两根平行主缆,有少量的悬索桥采用单缆、多缆。例如,日本的北港大桥、国内南昌洪都大桥采用单根主缆,美国的维拉扎诺大桥、乔治华盛顿大桥和拟建的墨西拿大桥采用4根主缆。无论采用单缆、双缆还是多缆,主缆线形为单一线形,均属于单链式悬索桥,是目前建造悬索桥的主要结构形式。

(三) 按悬吊跨数分类

对于地锚式悬索桥,以悬吊的孔跨数分类,可分为单跨悬索桥、两跨悬索桥、三跨悬索桥、多塔多跨悬索桥等,如图1-1-5所示。

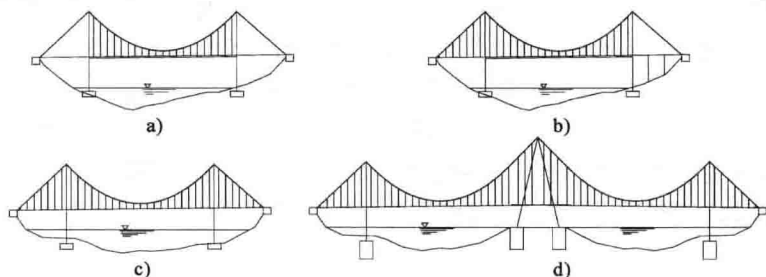


图1-1-5 地锚式悬索桥孔跨布置分类

a) 单跨悬索桥; b) 两跨悬索桥; c) 三跨悬索桥; d) 多塔多跨悬索桥

1. 单跨悬索桥

单跨悬索桥常常是由于地形条件或线路平面线形来决定的。它适合于边跨地面较高,采用桥墩来支承边跨的梁体结构比较经济,或者是由于道路的平面曲线已进入边跨时采用。在结构的受力特性方面,单跨悬索桥由于边跨主缆的垂度较小,主缆长度相对较短,对中跨荷载变形控制更为有利。

相比同跨径的三跨钢结构加劲梁桥面悬索桥,该形式悬索桥主梁总长度短,显而易见可以降低工程造价,我国大跨度悬索桥中采用单跨悬索桥形式较为普遍。主跨1490m的润扬长江公路大桥,为目前世界上最大跨度的单跨悬索桥。

2. 两跨悬索桥

当只有一岸的边跨地面较高或线路有平面曲线进入时,可以采用两跨悬索桥的形式,即一个边跨与主跨的加劲梁是悬吊的,另一边跨的梁体是由桥墩支承的常规梁桥形式。采用这种形式的最大跨度悬索桥为我国的舟山西堠门大桥,主跨1650m;其次是香港青马大桥,主跨1377m。

3. 三跨悬索桥

三跨悬索桥结构受力特性较为合理,其流畅对称的建筑造型也更能迎合人们的审美观点。该形式在国外悬索桥工程应用较多。

日本来岛海峡大桥分别采用了以上3种悬吊跨数的布置形式,即来岛一桥的三跨悬索桥,来岛二桥的两跨悬索桥以及来岛三桥的单跨悬索桥,如图1-1-6所示。

来岛海峡大桥为3座悬索桥联体共锚布置,中间共用一个锚碇同时锚固这两桥的主缆,也是在建桥条件需要采用连续大跨布置时的一种选择方式。美国的奥克兰海湾大桥和日本本州四国联络线中的南北备赞大桥,均采用了共锚、相互连接悬索桥的布置形式。

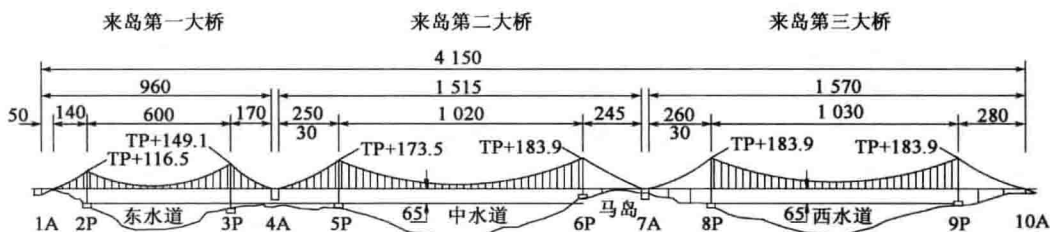


图 1-1-6 日本来岛海峡大桥 3 座悬索桥的孔跨布置(尺寸单位:m)

4. 多塔多跨悬索桥

近年来,我国开始了多塔悬索桥建设,多塔悬索桥是我国悬索桥桥梁结构方面的最新创新成果,该桥型具有更大的跨越能力和降低工程造价的特点。多塔悬索桥需要设置 3 个或 3 个以上的索塔,又被称为多塔悬索桥,其至少有两个连续的主跨。

对于千米跨径多塔悬索桥建设,世界上其他国家没有类似工程实例。我国修建的泰州长江公路大桥和马鞍山长江公路大桥,均采用了三塔两跨结构布置,两座桥主跨相同,均为 1080m,同为世界最大跨径三塔悬索桥,如图 1-1-7 所示。2010 年开工建设的武汉鹦鹉洲长江大桥为三塔四跨悬吊结构的悬索桥,如图 1-1-8 所示。

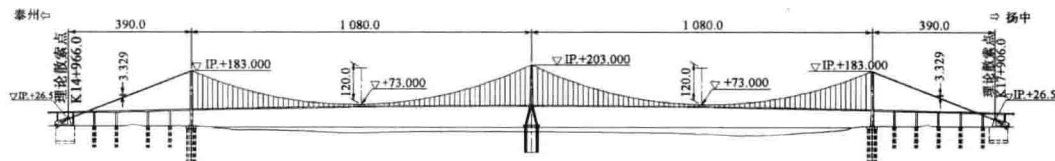


图 1-1-7 泰州长江大桥总体布置图(尺寸单位:m)

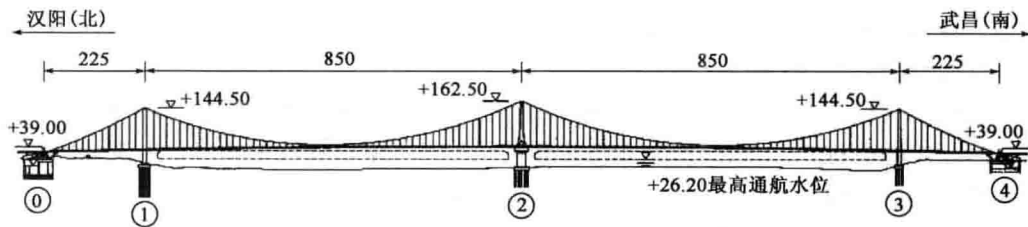


图 1-1-8 武汉鹦鹉洲长江大桥总体布置(尺寸单位:m)

(四) 按悬吊方式分类

按悬吊方式,悬索桥可分为竖直吊索、三角斜吊索、竖直和斜吊索混合式、悬吊—斜拉组合体系悬索桥。

1. 竖直吊索悬索桥

竖直吊索悬索桥如图 1-1-9 所示。该类型的悬索桥在美国、日本和我国应用较多。

2. 三角斜吊索悬索桥

该类型悬索桥欧洲应用较多,如图 1-1-10 所示。

斜吊索与竖直吊索相比,斜吊索可与主缆、加劲梁形成类似于空间桁架的作用,提高全桥刚度及结构阻尼值。然而,斜吊索在活载作用下,吊索索力变化幅度较大,所以存在严重的疲劳问题。另外,斜吊索对吊索制作长度误差及索夹安装误差等也较为敏感。目前采用斜吊索的悬索桥,有英国的 Serven 桥、Humber 桥,土耳其的 Bosphorus I 桥及日本的北港联络桥。

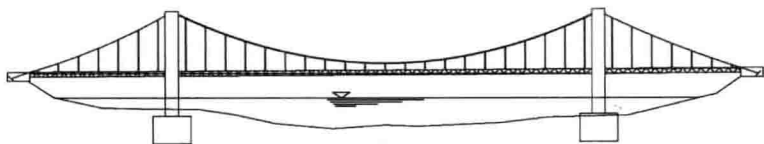


图 1-1-9 竖直吊索钢桁梁悬索桥

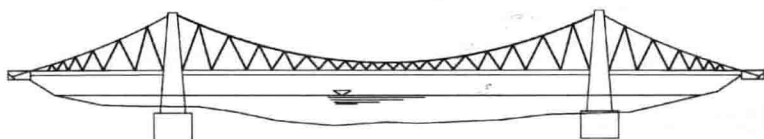


图 1-1-10 斜吊索钢箱梁悬索桥

3. 悬吊—斜拉组合体系悬索桥

悬吊—斜拉组合体系悬索桥,除了有一般悬索桥的缆索体系外,还设有若干加强用的斜拉索,斜拉索设置区域与吊索可单独分开,也可重合共同承担桥面荷载。我国遵义乌江大桥便采用了两者分开的布置形式。此外,还可在索塔位置设置悬臂长杆,再在悬臂杆上下方分别设斜拉索和垂直吊索体系,用以提高桥梁跨越能力和改善结构受力。这 3 种桥梁结构形式分别如图 1-1-11 所示。

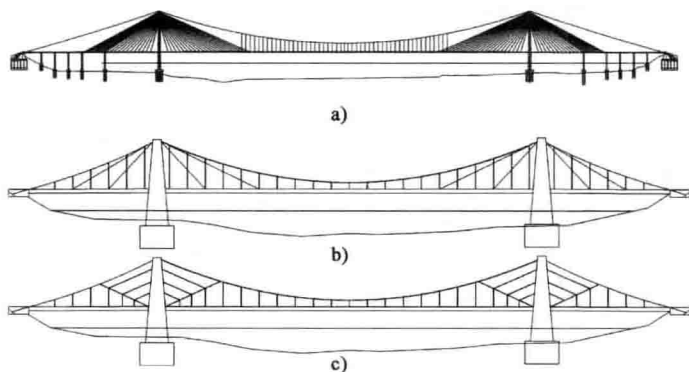


图 1-1-11 悬吊—斜拉组合体系悬索桥

(五) 按主梁支承结构分类

如果按加劲梁的支承结构来划分悬索桥类型,又可分为单跨两铰悬索桥、三跨两铰悬索桥及三跨连续悬索桥等,如图 1-1-12 所示。三跨两铰悬索桥和三跨连续悬索桥之间的区别就是加劲梁在塔梁交接处支撑形式的不同,即加劲梁在塔梁交接处是否连续。三跨两铰悬索桥在钢桁梁悬索桥中较为常见,在索塔位置处设置伸缩缝,加劲梁的每跨支承都为两铰结构。国内厦门海沧大桥和南京长江第四大桥均为三跨连续体系

结构。

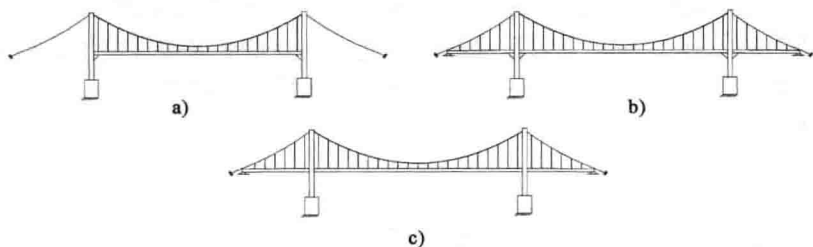


图 1-1-12 悬索桥按主梁支承结构分类

a) 单跨两铰悬索桥; b) 三跨两铰悬索桥; c) 三跨连续悬索桥

此外,多塔多跨悬索桥的支承体系种类则更为复杂多样,我国修建的泰州长江公路大桥和马鞍山长江公路大桥,均采用了三塔两跨结构布置,但泰州长江大桥采用了两跨连续布置,而马鞍山长江公路大桥在中塔处对加劲梁采用了与主塔横梁固接的方案设计。

(六) 其他分类方式

按照采用的加劲梁类型,悬索桥可分为钢箱梁悬索桥、钢桁梁悬索桥和预应力混凝土加劲梁悬索桥。其中,前两种加劲梁常用于大跨径悬索桥,混凝土加劲梁悬索桥常用于中小跨径的悬索桥,通常跨径小于 500m。此外,还有多种分类方式,比如按索塔材料分类,可分为混凝土索塔悬索桥和钢塔悬索桥等。

二、悬索桥的结构

悬索桥与其他类型的桥梁相比,具有明显的跨度优势和景观美学价值。悬索桥由锚碇、索塔、缆索系统、加劲梁及附属设施等组成。

(一) 锚碇

锚碇是地锚式悬索桥主缆的锚固体,将主缆的拉力传递给地基基础。锚碇按承载类型通常可分为有重力式锚碇、隧道式锚碇和岩锚 3 种。重力式锚碇依靠巨大自重来抵抗主缆的垂直分力,水平分力则由锚碇与地基间的摩擦力或嵌固力来抵抗。隧道式锚碇则是将主缆中的拉力直接传递给周围的基岩。岩锚则是充分利用锚碇桥位处的岩层,通过锚固钢绞线或锚杆直接锚固于岩体,将荷载传递至岩层深处。

(二) 索塔

索塔主要是对主缆起支撑作用,分担主缆所受的竖向荷载,同时在风和地震荷载的作用下,对全桥的总体稳定提供安全保障。悬索桥的活载和恒载传递至索塔上,均通过索塔传递到基础。

索塔结构,从纵向结构受力可分为刚性塔、柔性塔和摇柱塔 3 种结构形式。刚性塔多出现在早期较小跨度的悬索桥和现代多跨悬索桥中,为提高结构刚度时采用;柔性塔则是大跨度现代悬索桥最常用的结构,为下端固接的单柱形式;摇柱塔只用于跨度较小的悬索桥,下端为铰接式单柱结构。

索塔在横桥方向,采用门形框架式、桁架式或两者混合的结构形式来联结两侧的立

柱,用以抵抗横桥向的风力或地震作用。

索塔可采用钢结构、混凝土结构及钢—混凝土组合形式。早期索塔采用石砌材料,后来以美国为代表的大跨度悬索桥多采用钢结构,近代欧洲各国和我国的悬索桥多采用混凝土结构。日本悬索桥常沿用钢结构索塔,这主要是出于日本钢材工业发达、人工费用高以及地震频繁的实际国情考虑。实践证明,混凝土索塔对大跨度悬索桥同样具有适用性和竞争力,随着预应力混凝土和爬模技术的发展,造价经济的混凝土索塔将有更大的发展空间。

(三) 缆索系统

悬索桥缆索系统包括索鞍、主缆、索夹和吊索,以及主缆附属设施等结构。

1. 索鞍

索鞍是悬索桥的重要构件之一,是为主缆提供支撑并使其线形平顺的、改变方向的永久性受力构件。索鞍按照所在的位置可分为主索鞍、转索鞍、散索鞍和散索套。

(1) 主索鞍和转索鞍

主索鞍设置在索塔顶,有的悬索桥设置有过渡墩,其上设置转索鞍。主索鞍和转索鞍将主缆所受竖向力传向索塔和过渡墩。主索鞍的主要结构包括鞍头(鞍槽)和鞍身组成的鞍体,上、下承板,底座格栅,以及附属装置4大部分,如图1-1-13所示。鞍槽用以直接容纳和支承主缆索股。鞍身是索鞍传递竖向压力的主体,上部直接与鞍槽底部连为一体,下部与底板相连。底板是预置于塔顶用以支承索鞍鞍体的部分,它使索鞍反力均匀分布于塔顶。为满足悬索桥施工过程中鞍座预偏复位的需要,底板与座体底板之间需设滑动装置,如辊轴、四氟滑板。

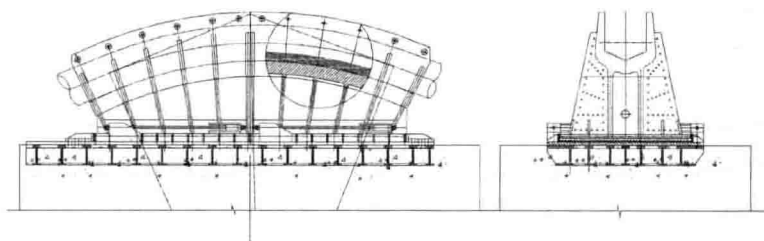


图1-1-13 主索鞍构造

主索鞍常采用全铸或铸焊组合方式制造。由于其结构尺寸及重量较大,通常在纵向分成两节或三节铸造及施工吊装,但须拼合后整体进行机械加工。

(2) 散索鞍及散索套

散索鞍设置在锚碇的支墩处,主要目的是改变主缆索的方向,把主缆的索股在水平及竖直方向分散开来,并把它们引入各自锚固位置。与塔顶鞍座不同的是,散索鞍在主缆受力或温度变化时要随主缆同步移动,因而其结构形式上又有摇柱式和滑移式两种基本类型,也分全铸和铸焊组合两种制造方式。散索鞍结构形式如图1-1-14和图1-1-15所示。

散索套常用于主缆直径较小又不需转向支承时代替散索鞍分束锚固用,整体为喇叭形,为两半拼合的铸钢结构,分为上下对合、左右对合两种。实际应用中,为便于主缆安装,上下对合结构居多。图1-1-16所示为散索套的一般构造图,国内主要用于小型自锚式悬索桥中。