

“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

斜拉桥

CABLE-STAYED BRIDGE

中交第二航务工程局有限公司 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

Cable-stayed Bridge

斜拉桥

中交第二航务工程局有限公司 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《斜拉桥》分册,共有八章内容:绪论、混凝土索塔施工、钢索塔施工、主梁施工、钢主梁施工、斜拉索的防护及安装、斜拉桥施工监控、斜拉索更换及运营状态下的调索。本书的编写与现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50—2011)协调同步,全面反映了我国斜拉桥施工的总体水平与最新技术进展。

本书可供公路、城市道路、林区与厂矿道路的斜拉桥施工、检测、监理技术人员作为工具用书,也可供斜拉桥设计、科研人员及相关专业师生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路桥梁施工系列手册. 斜拉桥 / 中交第二航务工程局有限公司主编. — 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 978-7-114-10540-1

I. ①公… II. ①中… III. ①公路桥—桥梁施工—技术手册②斜拉桥—桥梁施工—技术手册 IV. ①U448.145.1-62
②U448.275.1-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第069516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 斜拉桥

著 者:中交第二航务工程局有限公司

责任编辑:曲 乐 卢俊丽

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.cpress.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:北京天宇万达印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:14.75

字 数:340千

版 次:2014年5月 第1版

印 次:2014年5月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10540-1

定 价:46.00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 斜拉桥》
编委会

编写领导小组

组 长:王世峰

副组长:张 鸿

成 员:杨昌维 王 蔚 何超然 盛海军 张永涛

编审委员会

主 编:张 鸿

副主编:杨昌维 王 蔚 何超然 张永涛 罗承斌

主 审:盛海军 周开国

编 写:方 顶 曲洪春 唐 衡 刘崇敬 孙立军

晏国泰 游新鹏 朱 洁 黄 灿 李少芳

吴俊明

统 稿:盛海军

前 言

Preface

斜拉桥的构思,可追溯到 17 世纪。但是受到当时科学技术水平的限制,很长一段时间内斜拉桥都没有获得发展。从 20 世纪 70 年代开始,历经半个世纪,斜拉桥技术得到空前发展。尤其 20 世纪 90 年代后,斜拉桥迅速发展,其跨径已经进入以前只有悬索桥适用的特大跨径范围。结构分析的进步、高强材料和施工方法以及防腐技术的发展,对于大跨径斜拉桥的发展起到了关键作用。

斜拉桥在我国的发展开始于 1975 年重庆市云阳县跨径 76m 的预应力混凝土斜拉桥。而 2008 年建成通车的苏通长江公路大桥,创下了多项世界第一的纪录。其主跨跨径达到 1 088m,跨径组合为 100m + 100m + 300m + 1 088m + 300m + 100m + 100m,是当时世界跨径最大的斜拉桥;其主塔高度达到 300.4m,为世界最高的索塔;主桥两个主墩基础分别采用 131 根直径 2.5 ~ 2.85m、长约 120m 的灌注桩,是世界最大规模的群桩基础;主桥最长的斜拉索长达 577m,也是世界最长的斜拉索。在此之后,我国陆续建成一批具有世界影响力的大跨径斜拉桥,如 2009 年 12 月通车的香港昂船洲大桥(1 018m)、2010 年 9 月通车的湖北鄂东长江公路大桥(926m)、2010 年 12 月通车的荆岳长江公路大桥(816m)、2013 年 10 月通车的九江长江公路大桥(818m)。

截至目前,我国已建跨径大于 200m 的各种类型斜拉桥已有 70 余座,跨径超过 400m 的斜拉桥 30 余座,我国的斜拉桥建设水平已进入世界先进水平。

我国是一个江河湖泊众多、海岸线长、岛屿众多的国家,经济建设的快速发展,要求建设更多的桥梁来满足交通运输的需要。同时,进入 21 世纪以来,在科技进步、科技创新的过程中,大量新材料、新技术、新工艺、新理论、新设备的应用,推动着桥梁建设事业的进一步发展。

斜拉桥结构形式多样,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斜拉桥工程的建设施工,积累了丰富的斜拉桥施工经验。为了系统地总结和介绍这些经验,为广大的桥梁建设者提供有益的参考,在人民交通出版社和国内专家、同行的指导和帮助下,组织编写了《公路桥梁施工系列手册 斜拉桥》一书。

本书以斜拉桥施工手册的形式,在总结我国大跨度斜拉桥建设经验的基础上,以典型斜拉桥工程为实例,以代表性桥型结构和典型施工工艺、方法为主线进行编写。手册结合当前桥梁建设的

新成果和新进展,力求体现先进性、广泛性、实用性和可操作性,重点突出实用性,方便掌握运用。为此,在编写过程中结合近十年来我国斜拉桥施工方面的新材料、新技术、新工艺、新装备进行系统地总结和提炼,重点介绍混凝土索塔施工、钢索塔施工、主梁施工、钢主梁施工、斜拉索的防护及安装、斜拉桥施工监控等。本书在编写形式上,做到了文、图、表并蓄,文字深入浅出,通俗易懂,着重于解决实际问题。

本书内容共分为八章。第一章为绪论,介绍了斜拉桥的发展,斜拉桥的特点,斜拉桥的分类及适用范围。第二章与第三章分别为混凝土索塔施工和钢索塔施工,主要针对混凝土索塔和钢索塔的结构形式、施工测量、施工及质量控制标准进行了讲述。第四章与第五章为主梁施工和钢主梁施工,主要针对 PC 主梁与钢主梁的结构形式、施工测量、施工及质量控制标准进行了介绍。第六章为斜拉索的防护及安装,主要介绍了斜拉索的形式、防护以及安装,并以苏通大桥斜拉索安装为工程实例进行了介绍。第七章为斜拉桥施工监控,主要讲述了大跨度斜拉桥施工监控的方法。第八章为斜拉索更换及运营状态下的调索,为斜拉桥后期的养护、维修提供参考。

本书编写过程中,采用了现行的国家标准,交通运输部的行业标准、规范和规程以及其他相关行业的标准规范。随着技术的不断发展,各类标准、规范、规程今后还会进行新的修订,因此,读者在使用本书时,务心要结合新的标准。

本书由张鸿教授级高工任主编,由杨昌维、王蔚、何超然、张永涛、罗承斌五位教授级高工、高级工程师任副主编,由盛海军、周开国两位教授级高工主审,编写人员均来自工程一线技术岗位。

本书在编写过程中,得到了中交第二航务工程局有限公司、人民交通出版社等单位领导的大力支持,全体编写人员以严谨的科学态度,通力合作,为保证编写质量,数易其稿,通过艰辛劳动,终于完成了本书的编写。在此对所有参编人员、指导人员和工作人员以及为本书出版提供过支持和帮助的所有人员表示衷心的感谢。

限于编者的学术水平,书中如有不妥甚至错误之处,请广大读者不吝批评指正。

编者
2014年3月

目 录
Contents

第一章 绪论	1
第一节 斜拉桥的发展概况.....	1
第二节 斜拉桥的特点.....	2
第三节 斜拉桥的分类及适用范围.....	3
第二章 混凝土索塔施工	6
第一节 混凝土索塔的结构和类型.....	6
第二节 混凝土索塔施工主要设备和布置.....	9
第三节 混凝土索塔的施工测量.....	23
第四节 混凝土索塔主要施工工艺.....	29
第五节 混凝土索塔施工质量控制标准.....	63
第三章 钢索塔施工	65
第一节 钢索塔的特点、结构形式和类型.....	65
第二节 钢索塔总体施工工艺.....	69
第三节 钢塔柱架设.....	70
第四节 钢索塔施工质量控制标准.....	80
第四章 主梁施工	81
第一节 主梁的结构和类型.....	81
第二节 主梁的施工测量.....	86
第三节 PC 混凝土主梁的施工.....	93
第四节 混凝土主梁施工质量控制标准.....	108
第五章 钢主梁施工	110
第一节 钢主梁的结构和类型.....	110
第二节 钢箱主梁施工.....	115
第三节 钢主梁施工质量控制标准.....	139
第六章 斜拉索的保护及安装	142
第一节 斜拉索概述.....	142

第二节	斜拉索的防护·····	147
第三节	平行钢丝索斜拉索安装·····	149
第四节	钢绞线斜拉索安装·····	158
第五节	工程实例(苏通大桥斜拉索安装)·····	162
第七章	斜拉桥施工监控 ·····	173
第一节	大跨度斜拉桥施工控制的必要性·····	173
第二节	大跨度斜拉桥施工控制的理论与方法·····	175
第三节	大跨度斜拉桥施工控制实例·····	187
第八章	斜拉索更换及运营状态下的调索 ·····	209
第一节	斜拉索病害产生的原因及维修方法·····	209
第二节	斜拉索更换·····	211
第三节	运营状态下的调索·····	216
第四节	工程实例·····	217
参考文献	·····	225

斜拉桥又称斜张桥,是将主梁用许多斜拉索直接锚固在索塔上的一种桥梁,是由承压的塔、受拉的索和承弯的梁组合起来的一种结构体系,可看作是用拉索代替支墩的多跨弹性支承连续梁。这种布置形式可使梁体内弯矩减小,降低建筑高度,减轻结构质量,节省材料。斜拉桥作为一种拉索体系,比梁式桥的跨越能力更大,是大跨度桥梁的主要桥型。

第一节 斜拉桥的发展概况

斜拉桥是一种由塔、梁、索三种基本构件组成的组合桥梁结构体系。索塔形式有 A 形、倒 Y 形、H 形、独柱,材料有钢和混凝土的;梁有混凝土梁、钢梁、叠合梁;斜拉索布置有单索面、平行双索面、斜索面等。

斜拉桥这种桥型在世界范围内的应用是从 20 世纪 70 年代开始的,历经半个世纪,斜拉桥技术得到空前发展,世界上已建成的主跨在 200m 以上的斜拉桥有 200 余座,其中跨径大于 400m 的有 40 余座。尤其在 20 世纪 90 年代迅速发展,其跨径已经进入以前只有悬索桥适用的特大跨径范围。结构分析的进步、高强材料和施工方法以及防腐技术的发展,对于大跨径斜拉桥的发展起到了关键作用。

现代斜拉桥可以追溯到 1956 年瑞典建成的斯特伦松德桥,主跨 182.6m。历经半个世纪,斜拉桥技术得到空前发展,世界上已建成的主跨在 200m 以上的斜拉桥有 200 余座,其中跨径大于 400m 的有 40 余座。

国外建成的著名斜拉桥有:法国 1995 年修建的诺曼底桥,主跨 856m,是一座钢—混凝土混合结构斜拉桥,引桥采用混凝土结构,而主跨中部则采用正交各向异性钢箱梁。与此设计相似,1998 年,日本多多罗桥把跨径记录提高到 890m。

目前世界上建成的最大跨径的斜拉桥为俄罗斯的俄罗斯岛大桥,主跨径为 1 104m,于 2012 年 7 月完工。

斜拉桥在我国的发展开始于 1975 年重庆市云阳县跨径 76m 的预应力混凝土斜拉桥。

20 世纪 80 年代末,我国在总结国内外桥梁的经验基础上,1991 年建成了上海南浦大桥(主跨为 423m 的结合梁斜拉桥),开创了我国修建 400m 以上大跨度斜拉桥的先河,大跨径斜拉桥如雨后春笋般地发展起来,我国已成

为拥有斜拉桥最多的国家。其代表性的大跨径桥梁有:2008年建成通车的苏通长江公路大桥,主桥跨径为 $100\text{m} + 100\text{m} + 300\text{m} + 1\,088\text{m} + 300\text{m} + 100\text{m} + 100\text{m}$ 。其主跨跨径达到 $1\,088\text{m}$,是世界最大跨径的斜拉桥;其主塔高度达到 300.4m ,为世界最高的索塔;主桥两个主墩基础分别采用131根直径 $2.5 \sim 2.85\text{m}$,长约 120m 的灌注桩,是世界最大规模的群桩基础;主桥最长的斜拉索长达 577m ,也是世界最长的斜拉索,创下了多项世界第一的纪录,为当时世界跨径最大的斜拉桥。在此之后,陆续建成有震撼力的大跨径斜拉桥为2009年12月通车的香港昂船洲大桥($1\,018\text{m}$)、2010年9月通车的湖北鄂东长江公路大桥(926m)、2010年12月通车的荆岳长江公路大桥(816m)、2013年10月通车的九江长江公路大桥(818m)。

截至目前,我国已建跨径大于 200m 的各种类型斜拉桥已有70余座,跨径超过 400m 的斜拉桥30余座,充分表明我国的斜拉桥建设水平已进入世界先进水平。

第二节 斜拉桥的特点

一、斜拉桥的构造原理

斜拉桥是将梁用若干根斜拉索拉在塔柱上的桥,由梁、索和塔三部分组成。斜拉桥是一种自锚式体系,斜拉索的水平力由梁承受,梁除支承在墩台上外,还支承在由塔柱引出的斜拉索上。

斜拉桥承受的主要荷载并非它上面的汽车或者火车,而是其自重,主要是主梁。以一个索塔为例,索塔的两侧是对称的斜拉索,通过斜拉索将索塔主梁连接在一起。现在假设索塔两侧只有两根斜拉索,左右对称各一条,这两根斜拉索受到主梁的重力作用,对索塔产生两个对称的沿着斜拉索方向的拉力,根据受力分析,左边的力可以分解为水平向左的一个力和竖直向下的一个力;同样的右边的力可以分解为水平向右的一个力和竖直向下的一个力;由于这两个力是对称的,所以水平向左和水平向右的两个力互相抵消,最终主梁的重力成为对索塔的竖直向下的两个力,这样,力又传给索塔下面的桥墩了。

斜拉索数量再多,道理也是一样的。之所以要很多条,是为了分散主梁传给斜拉索的力。

二、斜拉桥施工特点

经过20多年的发展,我国斜拉桥的施工技术已日趋成熟且越来越完善。

1. 主梁施工

我国斜拉桥的主梁形式:混凝土以箱梁、板梁、边箱中板梁为主;钢梁以正交异性板钢箱梁为主,也有边箱中板梁。

主梁除钢梁和组合梁采用工厂加工制造、现场起吊拼装形成外,预应力混凝土主梁大多采用挂篮悬浇或支架现浇,少数也采用预制拼装法。挂篮悬浇法由于其造价较低,且主梁线形易于控制,采用较为广泛。在我国,挂篮悬浇从后支点发展到前支点(也称“牵索式挂篮”),从小节距发展到大节距,从轻型发展到超轻型,从节段施工周期15天发展到

最快4天。牵索式挂篮的采用提高了挂篮承载能力,加快了施工速度。

2. 索塔及索塔基础施工

目前我国斜拉桥索塔无论采用H形、倒Y形,还是钻石形,多采用钢筋混凝土结构,也有部分索塔采用钢结构。钢筋混凝土索塔的形成,主要取决于支架与模板工艺。近年来大多采用简易支架或无支架施工法。索塔施工模板相继出现了滑模、提模、翻模及爬模工艺。

斜拉桥因其跨径较大使得主塔墩基础竖向荷载相应较大,基础工程相对较大。索塔基础一般采用桩基础、钢围堰、沉井或围堰加桩基础。

3. 拉索施工

(1) 拉索的加工。拉索一般采用热挤PE防护法在工厂或现场加工。拉索锚头有热铸与冷铸两种,大多采用冷铸锚头。拉索大多系整束集中防护、张拉,但也有个别采用平行钢绞线分束防护与张拉。

(2) 斜拉索的张挂、牵引与张拉。随着斜拉桥跨径增大,拉索长度和质量也随之增大,其张挂、牵引及张拉的力度与难度随之增大,一般采用放盘法自下而上牵引到位或采用整盘吊装上梁然后牵引上塔。

第三节 斜拉桥的分类及适用范围

一、斜拉桥的分类

由于斜拉桥的基本构件特征和结构形式的不同,演变出了形形色色的斜拉桥桥型。

1. 按主梁的受力状态分类

按主梁的受力状态可分为:飘浮体系、支承体系、塔梁固结体系和刚构体系。

(1) 飘浮体系为塔墩固结、塔梁分离。主梁除两端有支承外,其余全部为拉索悬吊的多点弹性支承的单跨梁(如上海杨浦大桥、重庆长江二桥)。

(2) 支承体系即塔墩固结、塔梁分离。主梁在墩、塔处均设有支座,为具有多点弹性支承的三跨连续梁。所有墩上支座均不约束纵向位移的称为半飘浮体系(如广州珠江黄埔大桥)。

(3) 塔梁固结体系即塔梁固结并支承在墩上,梁的内力和挠度同主梁与塔柱的弯曲刚度比值有关。这种体系的连续支座至少有一个为纵向固定(如法国的勃鲁东那桥、上海的御港桥)。

(4) 刚构体系为梁塔墩互为固结,形成跨度内具有多点弹性支承的刚构(如广州海印桥)。

另外,还有边跨斜拉索锚固在地锚上的地锚体系(如湖北郧阳汉江桥)和在斜拉桥主跨跨中设置挂孔(如四川三台涪江桥)或剪力铰(西班牙Luna桥)形成的T构体系。

2. 按主梁材料分类

(1) 钢斜拉桥,如广州珠江黄埔大桥,即主梁与桥面均为钢结构的斜拉桥。

(2) 混凝土斜拉桥,如宿淮高速公路五河口大桥,主梁为混凝土或预应力混凝土斜拉桥。

(3) 结合梁斜拉桥,如上海南浦大桥,主梁为钢结构,桥面为混凝土结构,主梁与桥面组合共同承载的斜拉桥。

(4) 混合梁斜拉桥,如武汉白沙洲长江大桥,边跨的一部分或全部采用混凝土梁,主梁的大部分或全部采用钢梁或组合梁。

(5) 钢管混凝土斜拉桥,如广东南海紫洞大桥等。

3. 按索的特征分类

按索的特征分类有双索面(如德国 Severin 桥)、单索面(如德国 North Eibe 桥);稀索体系(如委内瑞拉 Maracaibo 桥)、密索体系(如美国 P-K 桥)以及无背索体系(如西班牙 Alamillo 桥)。

4. 按拉索的锚固体系分类

按拉索的锚固体系分有自锚(如五河口斜拉桥)、地锚(如鄖阳汉江大桥)及部分地锚(如日本松山桥,一端自锚,一端地锚)。

5. 按塔数分类

按塔数分有独塔(如广州珠江黄埔大桥)、双塔(如宿淮高速公路五河口大桥)、三塔(如湖南岳阳洞庭湖大桥)、四塔(如希腊 Rion-Antirion 桥)、五塔(如日本榊斐川桥)、六塔(如委内瑞拉 Maracaibo 桥)和七塔(如法国 Millau 桥)等。

6. 按塔形分类

按塔形分有门形、独柱形、钻石形、A 形、H 形、倒 V 形、倒 Y 形等,还有斜塔(如澳大利亚 Baracaibo 桥)、矮塔(如日本木曾川桥)、拆线塔(如荷兰 Erasmus 桥)、曲线形塔(如中国南京长江三桥、墨西哥 Coatzacoalcos 桥)等多种类型。

7. 按塔的材料分类

按塔的材料分有混凝土索塔、钢索塔(如南京长江第三大桥采用曲线形钢索塔)。

8. 按组合体系分类

按组合体系分有由斜拉桥与其他桥型组合产生的一些混合体系桥型,如吊拉组合体系桥(贵州乌江大桥)、斜拉板桥(瑞士 Ganter 桥)、斜拉拱桥(马来西亚 Putrajaya 桥)等。

二、斜拉桥的适用范围

各种体系的斜拉桥由于各自优缺点不同,其适用范围有所不同。

(1) 飘浮体系主要优点是两跨布载时,塔柱处主梁无负弯矩峰值,温度及收缩、徐变内力较小,变形和内力变化平缓,地震时允许全梁纵向摆动,成为长周期运动,从而吸震消能。缺点是悬臂施工时塔柱处主梁需临时固结,以抵抗施工中不平衡弯矩和纵向剪力(如美国的 Pasco-Kennewick 桥和我国的天津永和桥、上海杨浦大桥等),因而飘浮体系适用于跨度较大、索距较小或在有抗震要求的地区修建的斜拉桥。

(2) 支承体系的主梁在塔墩上设置支承,为具有多点弹性支承的三跨连续梁。优点是较经济美观,缺点是两跨布载时,塔柱处主梁有负弯矩尖峰,温度、收缩及徐变内力较大。设有固定支座的支承体系仅适用于跨度较小的斜拉桥。

(3) 半飘浮体系基本同漂浮体系,但在所有墩、塔处,梁下均设纵向滑动支座,在经济和减小纵向漂移方面有一定好处,属支承体系的一种,也是目前采用最多的一种结构体系(如主跨 383m 的广州珠江黄埔大桥);塔梁固结体系特点是塔根部弯矩和温度内力小,但是支座反力、梁负弯矩和梁跨中竖向位移较大,而且动力特性不理想,对抗风、抗震不利。

近年来除用于梁刚度较大的矮塔斜拉桥外,已较少采用。

(4)刚构体系结构特点是塔、梁、墩均固结,不需转换体系,适用于独塔和对刚度要求较高的斜拉桥。这种体系的优点是既免除了大型支座,又满足悬臂施工的稳定要求,结构的整体刚度较好,主梁挠度小;缺点是主梁固结处负弯矩大,较适合于独塔斜拉桥。在塔墩很高的双塔斜拉桥中,若采用薄壁柔性墩来适应由于温度、收缩、徐变和活载等对结构产生的水平变形,形成连续刚构,能保持刚构体系的优点,并使行车平顺舒适(如跨径1 018m 的香港昂船洲大桥)。

不同材料主梁的斜拉桥适用范围也不同。对于双塔斜拉桥主跨小于400m 时宜采用混凝土主梁;主跨400~500m 时宜对钢—混凝土组合梁和混凝土主梁进行比较后选用;主跨500~1 000m 时宜对钢主梁和钢—混凝土混合梁进行比较,择优选用。

一般认为,斜拉桥是适用于跨径200~500m 的桥梁结构形式。跨径小于200m 时采用预应力混凝土桥经济,跨径大于500m 时则以钢悬索桥为经济。实践的发展证明了斜拉桥不仅适用于中小跨径桥梁,对于跨径1 000m 以上的大跨径桥梁也极具竞争力。已经建成的苏通大桥主跨已经达到1 088m,有理由相信,在大江河口的软土地基和不适合修建悬索桥的地区,可能修建跨度超过1 200m 的斜拉桥。一方面国内外已修建了若干跨径小于50m 的斜拉桥,另一方面正向1 000m 以上特大跨径发展。因此,斜拉桥由于其特有的结构优势和造型特色,不但适用于中、小跨径桥梁,同时也适用于特大跨径桥梁。

第一节 混凝土索塔的结构和类型

索塔是斜拉桥的主要承载结构物之一。索塔应传力简单明确,适合于拉索的布置。在恒载作用下,索塔应尽可能处于轴心受压状态。其主要组成部分有下塔柱、下横梁、中塔柱、中横梁、上塔柱、上横梁等,根据具体造型或有增减,如图 2-1-1 所示。下横梁根据斜拉桥主梁的体系不同分为受弯承重横梁以及非承重横梁。主梁采用全飘浮体系时,横梁为非承重横梁。

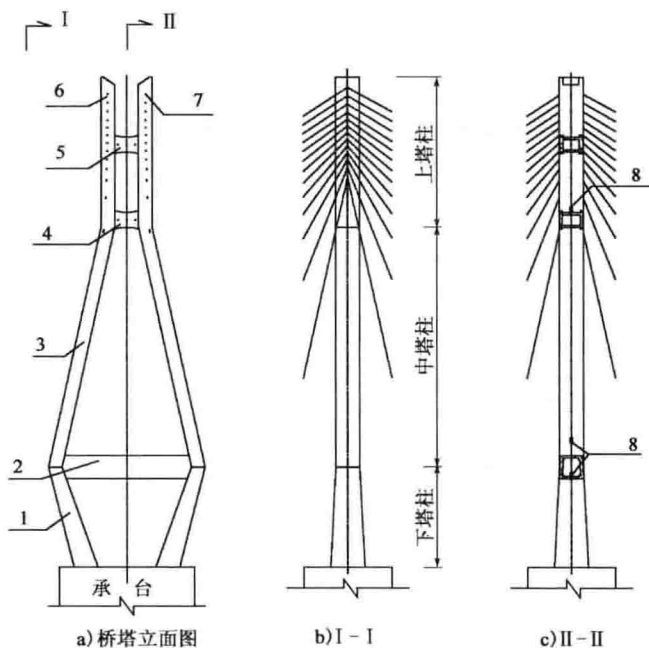


图 2-1-1 索塔结构图

1-下塔柱;2-下横梁;3-中塔柱;4-中横梁;5-上横梁;6-上塔柱;7-斜拉索套筒;8-人孔

混凝土索塔的结构形式也多种多样,归结起来大致分为矩形、五边形、六边形、八边形、H形等。中小跨径的斜拉桥一般多采用实心及等截面索塔,中大跨径的斜拉桥多采用空心变截面索塔。索塔塔柱的截面形式见表 2-1-1。


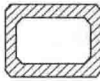
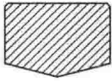



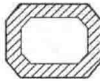
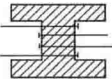
混凝土索塔四角多采用倒角或圆角,以减小风阻以及不易被损伤。另外,圆形塔柱截面也是比较流行的一种形式。

索塔的造型影响整个斜拉桥的美学效果。目前的索

塔造型主要有独柱形(或1字形)、双柱形、H形、门字形(或m形)、Y形、倒Y形、A形、X形、钻石形、花瓶形、人字形、拱形以及侧重景观的各种异形塔,各类型索塔实例如图 2-1-2 所示。

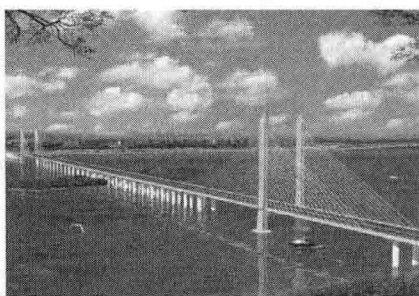
索塔塔柱的截面形式

表 2-1-1

类别	示意图	
	实心	空心
矩形		
五边形		
六边形		
八边形		
H形		



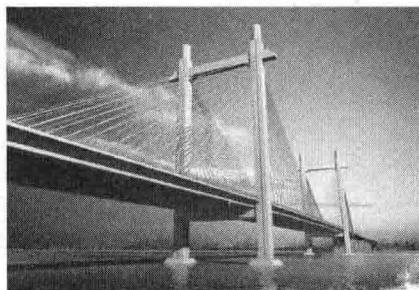
a) 独柱式索塔(香港昂船洲大桥)



b) 双柱式索塔(松原市松花江第二大桥)



c) H形索塔(山东威海长会口大桥)



d) 门字形索塔(福州林浦大桥)

图 2-1-2



e) m形桥塔(澳门西湾大桥)



f) 倒Y形塔(苏通长江大桥)



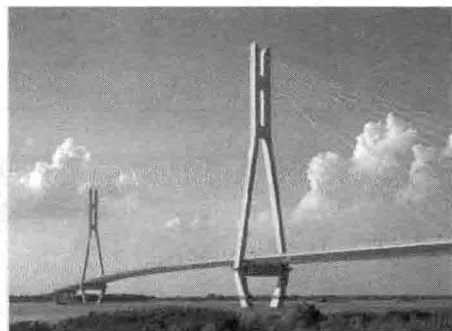
g) Y形索塔(广西桂林南洲大桥)



h) A形索塔(上海徐浦大桥)



i) 钻石形索塔(杭州湾跨海大桥北航道桥)



j) 花瓶形索塔(南京长江二桥)

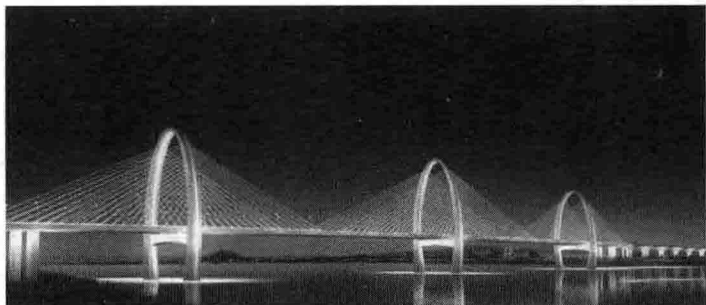


k) 人字形索塔(上海长江大桥)

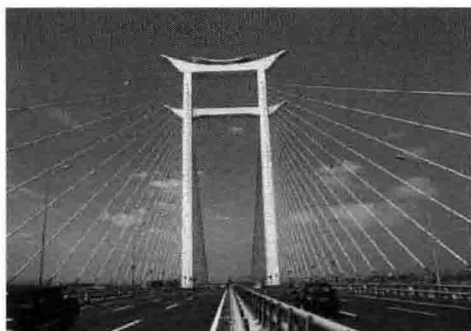


l) X形索塔(巴西圣保罗市奥利维拉大桥)

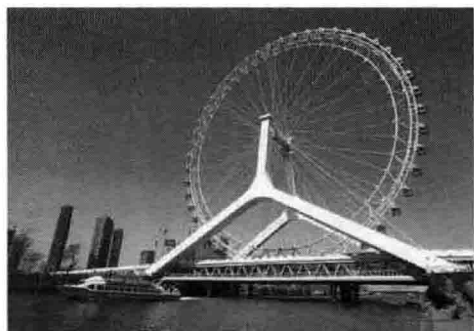
图 2-1-2



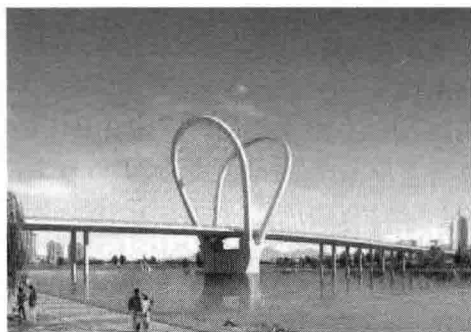
m) 拱形塔(马鞍山长江大桥右汉斜拉桥)



n) 开字形索塔(晋江大桥)



o) 人字形景观索塔(天津永乐桥)



p) 景观索塔(沈阳浑河三好桥)



q) 鱼形景观索塔(芜湖临江桥)

图 2-1-2 各类型索塔实例

索塔的造型在近年来有较大的发展变化。大型的斜拉桥索塔多采用受力明确、结构简单、外观雄伟的造型,而小型的斜拉桥多采用造型美观的异形塔。

索塔的顺桥向布置多采用独柱式、A 字形、倒 Y 形等几种形式。独柱式主塔构造简单;A 字形和倒 Y 形在顺桥向刚度大,有利于承受索塔两侧斜拉索的不平衡拉力;A 字形还可减小主梁在索塔处的负弯矩。

第二节 混凝土索塔施工主要设备和布置

索塔施工属于高空作业,工作面狭小,其施工工期影响着全桥总工期,在制订索塔施工方案时,索塔施工设备的选择与布置是索塔施工的关键。混凝土索塔施工主要使用的