

大型斜拉桥施工测量

吴栋材 谢建纲等编著



测绘出版社

大型斜拉桥施工测量

吴栋材 谢建纲 等编著

测绘出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

大型斜拉桥施工测量/吴栋材等编著. —北京:测绘出版社, 1996.9

ISBN 7-5030-0852-0

I. 大… II. 吴… III. 斜拉桥, 大型-桥梁工程-勘测
IV: U448.272

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第07919号

测绘出版社出版发行

(100045 北京市宣武区三里河路50号 (010)68512182)

科 学 出 版 社 · 新华书店总店北京发行所经销

北京盛达激光照排中心照排

1996年10月第1版·1996年10月第1次印刷

开本: 850×1168 1/32·印张: 7

字数: 180千字·印数: 0001—2000册

定价: 15.00元

实践的总结 合作的结晶

胡栋材

1996年5月

序

自从本世纪 50 年代世界上第一座现代化斜拉桥诞生以来,斜拉桥的发展非常迅速。我国在最近 20 年里,斜拉桥也由起步阶段进入世界前列。进入 90 年代,国内建成跨度 400m 以上的斜拉桥就有 5 座(南浦大桥、杨浦大桥、郟阳汉江大桥、武汉长江二桥、铜陵长江大桥),而在六车道公路预应力混凝土斜拉桥中,武汉长江二桥是规模最大的。它的建成,改变了武汉市“三镇交通一线牵”的格局,形成了武汉市 28km 长的内环线,大大缓解了武汉市的交通,为武汉市的改革开放发挥了积极作用。

由于武汉长江二桥位于长江的主流上,水深流急,加大了施工难度。施工过程中,对斜拉桥索力及各部位尺寸、主梁线形的精确监测,是保证斜拉桥施工质量的重要环节。在此前提下,我们铁道部大桥工程局与武汉测绘科技大学地球科学与测量工程学院合作,高质量地完成了全桥的施工测量任务。

这次合作是教学与生产相结合的一次成功的尝试。首先要感谢武汉测绘科技大学参加该桥施工测量工作的几位老师,他们不仅解决了斜拉桥施工测量的一系列难题,而且与我们的测量人员并肩作战,不畏艰险,身体力行,始终坚持在施工第一线,为我们的测量人员树立了榜样。测量成果表明:全桥各墩高程、里程、桥跨跨度、斜拉桥主塔垂直度、索道管定位、主梁线形等均达到高精度的要求。

通过参加这一项工程建设,老师们在这本书中系统地总结了在宽阔河流上修建大型斜拉桥的测量工作以及一些专用测量方法,这是一本理论与实践相结合的工程测量经验总结,也是一本具有实用价值的参考书。



1996 年 5 月

前 言

1995年6月18日,武汉长江二桥正式通车,万里长江第一环又率先在武汉形成。武汉长江二桥是我国目前规模最大的公路预应力钢筋混凝土斜拉桥,也是长江上第一座规模最大的斜拉桥。在宽阔的长江水域中修建这种现代化的大型斜拉桥,它的测量难度之大、精度要求之高、内容之丰富实为桥梁测量中少见。本书在总结该桥精密施工测量实践的基础上,结合收集其它有关桥梁的测量资料文献编写而成。它首次系统地介绍了大型斜拉桥施工中的测量工作,希望对我国正在兴起的斜拉桥建设中的测量工作有所裨益。

在编写过程中,我们主要针对斜拉桥的结构和施工特点,系统叙述了各部分的测量工作内容、原理和方法,并详细介绍了某些专用方法,而对于桥梁测量的基础知识和一般的测量操作则不作详细论述。

本书由参加武汉长江二桥施工测量的武汉测绘科技大学部分教师和铁道部大桥工程局有关技术人员共同编写,其具体分工如下:

第一章	1.1~1.2	大桥工程局	华有恒
	1.3	武测科大	吴栋材
第二章	2.1~2.3、2.8	武测科大	吴栋材
	2.4~2.6	大桥工程局	谢建纲
	2.7	武测科大	黄声享
第三章		大桥工程局	梅文胜
第四章	4.1~4.4	大桥工程局	梅文胜
	4.5	武测科大	李宝桂
第五章		武测科大	孙仁新
第六章		武测科大	吴栋材

第七章 7.1~7.5

武测科大 李宝桂

7.6

武测科大 吴栋材

各章节编写完成后,由吴栋材同志统校定稿。

本书在编写过程中,得到了铁道部大桥工程局武汉长江公路桥工程指挥部的关心和资助,大桥局副局长胡栋材同志和副总工程师刘长元同志分别为本书题词、作序;大桥局一处任先福高级工程师对本书的筹划编写提出了许多宝贵的建议,在此一并表示衷心的感谢!

由于我们水平所限,谬误难免,敬请读者批评指正。

编著者

1996年2月

目 录

第一章 概论	(1)
1.1 现代大型斜拉桥的特点、结构和分类	(1)
1.2 现代大型斜拉桥的施工程序和方法	(11)
1.3 斜拉桥施工中的测量工作	(18)
第二章 桥梁施工控制网的布设	(22)
2.1 概述	(22)
2.2 桥梁施工控制网的精度确定	(24)
2.3 桥梁施工控制网的优化设计	(29)
2.4 桥梁施工平面控制网的布设与外业工作	(36)
2.5 桥梁施工平面控制网的加密与复测	(40)
2.6 桥梁施工高程控制网的建立与复测	(43)
2.7 GPS 在桥梁工程控制网中的应用	(46)
2.8 全桥贯通测量	(60)
第三章 桥墩基础施工测量	(63)
3.1 大型双壁钢围堰的拼装测量	(63)
3.2 大型双壁钢围堰的定位	(67)
3.3 河床冲刷测量	(81)
3.4 钻孔桩的施工测量	(84)
3.5 自由设站定位与放样	(89)
第四章 高塔柱施工测量	(93)
4.1 概述	(93)
4.2 高塔柱施工控制与基准传递	(95)
4.3 塔柱施工放样数据准备与放样图表	(100)
4.4 塔柱的施工放样方法与精度分析	(106)
4.5 塔墩施工质量的评定方法	(110)
第五章 主梁施工测量	(123)

5.1	主梁施工测量的任务和要求	(123)
5.2	主梁施工控制的特点与布设	(125)
5.3	斜拉段施工中的监控测量	(132)
5.4	牵索挂篮悬浇施工中的测量工作	(136)
第六章	索道管精密定位测量	(149)
6.1	概述	(149)
6.2	主塔索道管的定位原理与定位控制	(153)
6.3	主塔索道管的定位方法与精度分析	(158)
6.4	主梁索道管的精密定位	(165)
6.5	主梁索道管的定位精度及动态施工影响	(172)
6.6	缆索垂曲对索道管精密定位的影响	(175)
第七章	斜拉桥施工中的变形观测	(182)
7.1	变形观测的目的、内容和方法	(182)
7.2	主塔墩沉陷观测	(185)
7.3	高塔柱摆动观测的方案布置及标志结构	(193)
7.4	高塔柱摆动观测的方法及其精度分析	(196)
7.5	高塔柱摆动观测的成果整理与分析	(200)
7.6	斜拉桥静、动载试验中的测量工作	(206)

第一章 概 论

1.1 现代大型斜拉桥的特点、结构与分类

1.1.1 现代大型斜拉桥的构造特点

第一座现代大型斜拉桥,是 1955 年在瑞典建成的主跨为 182.6m 的斯特罗姆松德(Strömsund)公路钢斜拉桥,如图 1-1 所示。

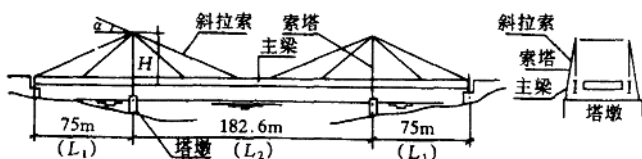


图 1-1 斯特罗姆松德(Strömsund)桥(1955 年)

从图 1-1 中可见,现代大型斜拉桥主要是由索、梁、塔三大部分组成,而在索、梁、塔三者之间又有一定的内在联系。如一般常用的三跨连续梁布置:中孔跨度 L_2 较大,而两边孔跨度 L_1 较小,一般 $L_1=0.35\sim0.5L_2$ 。图 1-1 的斯特罗姆松德(Strömsund)桥,边跨长 $=0.41$ 中跨长;1995 年竣工的武汉长江二桥(公路预应力混凝土斜拉桥(见图 1-2)),其边跨长 $=0.45$ 中跨长;而 1987 年竣工的美国 Dame-Point 桥(达姆峡桥,D-P 桥,公路预应力混凝土斜拉桥),其边跨长 $=0.5$ 中跨长。塔的有效高度 H 与索的水平倾角 α 是互相关联的(参见图 1-1);为有效发挥斜拉索的垂直分力向上

提拉的作用,一般 α 角不小于 20° 。这样,就可根据斜拉索在主梁上离塔最近的着力点的水平距离和设定的倾角 α 来推算所需塔的有效高度 H 。

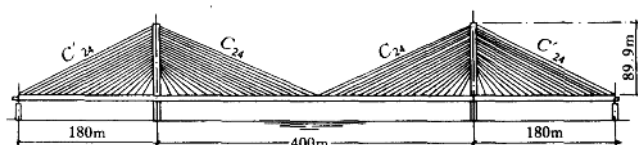


图 1-2 武汉长江二桥(1995 年)

斜拉桥是以其主梁的构造材料来分类的,在现代大型斜拉桥中,可分为钢斜拉桥、预应力混凝土斜拉桥和结合梁斜拉桥(钢主梁和混凝土桥面板共同作用的斜拉桥)三大类。按其荷载类别,可以分为公路斜拉桥、铁路斜拉桥和公铁两用斜拉桥。

根据现代大型桥梁的构造特点和经济比较,对于跨度为 200~500m 范围的桥梁,斜拉桥最具竞争力。

1.1.2 索、梁、塔的构造

对比图 1-1 和图 1-2 可以看出,图 1-1 中的索很少,而图 1-2 中索很多。前者称为“稀索”,后者称为“密索”。这是两种不同索的布置型式。斜拉索布置的“稀”与“密”,与主梁构造有直接关系;对于“稀索”布置,索在梁上的提拉点少了,梁以承受索间弯矩为主;对于“密索”布置,索在梁上的提拉点很密,梁承受的索间弯矩很小,但索的水平分力增大,主梁以承受轴向压力为主。

再比较图 1-1 和图 1-2 还可以看出,图 1-1 的斜拉索布置是放射形的,各索均交会于塔顶一点;而图 1-2 则是多交点的斜拉索布置,称为“扇形”布置。

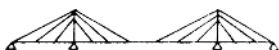
所以,斜拉索在桥梁面上的布置,除有“稀”、“密”之分外,尚有

不同形状的区分,如图 1-3 所示。

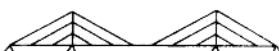
斜拉索的空间布置,如图 1-4 所示。有斜拉索布置在主梁横截面中央的单索面斜拉桥,如图 1-5 所示的广州海印大桥;有在主梁横向两边侧竖直布置的双索面斜拉桥,如图 1-6 所示的武汉长江二桥;有在主梁横向两边侧斜向布置的双索面斜拉桥,如图 1-7 所示的上海杨浦大桥。



(a)放射形



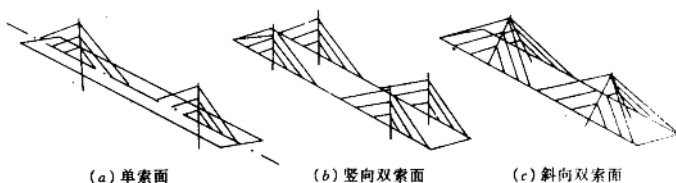
(b)扇形



(c)竖琴形

图 1-3 斜拉索的立面布置

现代大型斜拉桥的索的构造 有三种:一是由多根直径 5~7mm 高强度钢丝(抗拉强度大于 1600MPa)平行排列编扎而成平行钢丝束斜拉索;二是由多根每根以 7 丝高强度钢丝扭绞而成的钢绞线(绞线直径为:12mm, 15mm, 17.8mm)组成的钢绞线斜拉索;三是由多根带螺纹的高强度粗钢筋(直径为:23mm, 26mm, 32mm)组成的粗钢筋斜拉索。



(a)单索面

(b)竖向双索面

(c)斜向双索面

图 1-4 斜拉索的空间布置

在我国已建成的大型斜拉桥中,斜拉索均采用平行钢丝束,尚无采用钢绞线的实例;而在国外,如 1977 年竣工的法国勃鲁东桥(Brotonne)、1983 年竣工的西班牙卢纳桥(Barrios de Lura)等则采用钢绞线为斜拉索;采用粗钢筋为斜拉索的,迄今只有美国的 D-P 桥一例。

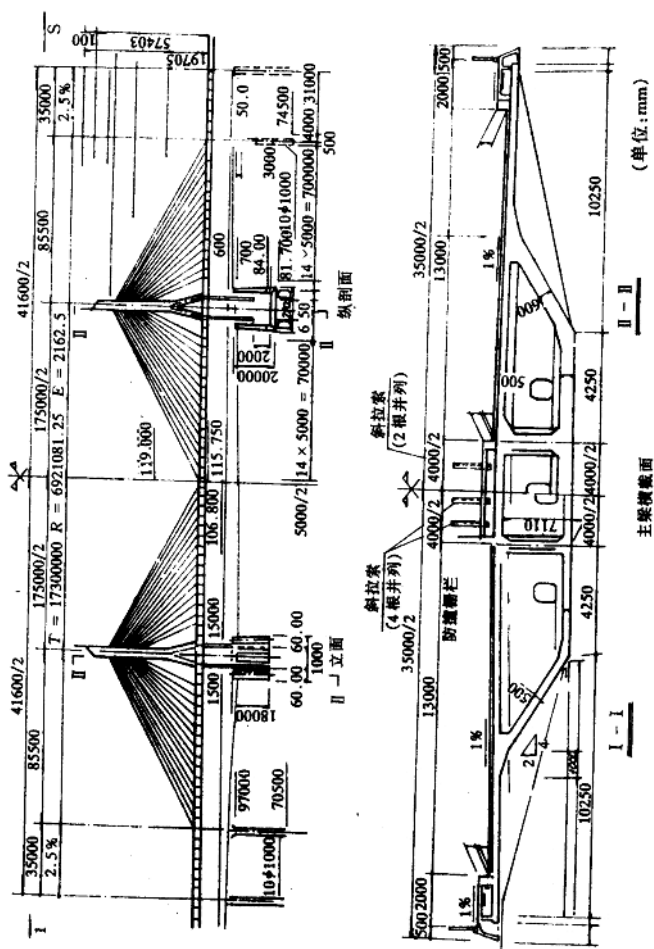


图 1-5 广州海印大桥(1988年)

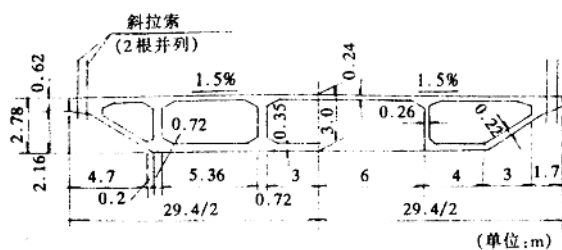
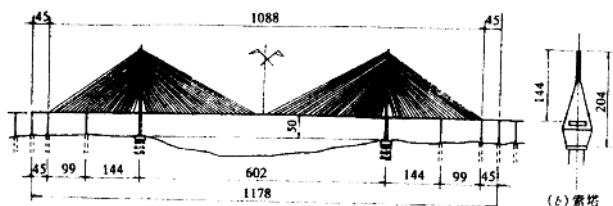
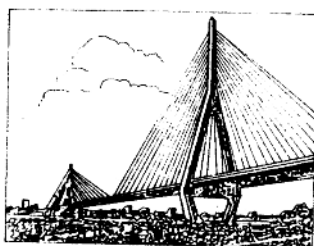


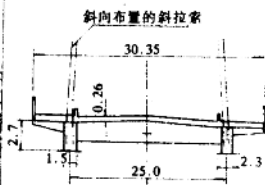
图 1-6 武汉长江二桥主梁截面(1995 年)



(a) 斜拉桥立面布置



(c) 透视图



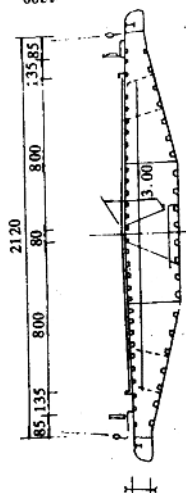
(d) 主梁橫截面圖

(单位: m)

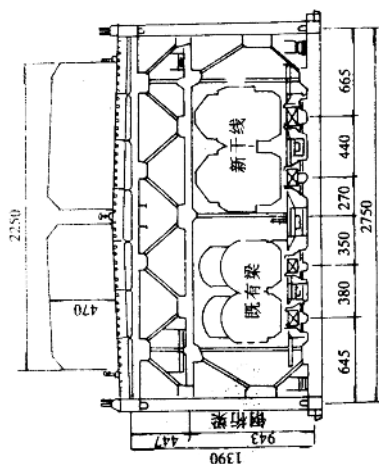
图 1-7 上海杨浦大桥(1994 年)



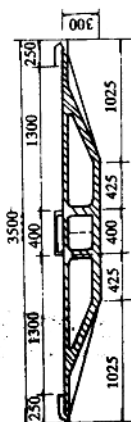
(a) 钢板梁



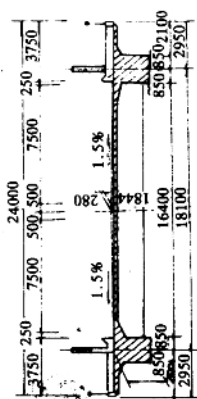
(b) 钢箱梁(法国诺受底大桥, 修建中)



(c) 钢桁梁(日本岩黑岛大桥, 1988年)



(d) 混凝土箱梁(广州海印大桥, 1988年)



(e) 混凝土实边主梁(重庆长江二桥, 修建中)

图 1-8 主梁的横截面型式

主梁的横截面形式如图 1-8 所示。钢主梁的截面有采用钢板梁的,如瑞典的斯特罗姆松德(Strömsund)桥(图 1-1);有采用钢箱梁的,如法国诺曼底大桥(主跨 856m,计划 1995 年竣工);有采用钢桁梁的,如日本岩黑岛桥(主跨 420m,1988 年)。预应力混凝土主梁的截面有采用箱型梁的,如武汉长江二桥(图 1-6);有采用实心边主梁的,如重庆长江二桥(主跨 444 m,在修建中)。

索塔支承于塔墩,如图 1-1 所示,塔底反力和弯矩通过塔墩传递给基础。索塔有钢结构的和混凝土结构的。斜拉桥发展之初,以建造钢索塔为多,80 年代后则以建造混凝土索塔为主要趋向。索塔与塔墩的连接,多数为固接。

索塔的支承体系如图 1-9 所示,这就是塔、梁、墩三者之间的关系。塔墩固接而塔梁分离的例子有武汉长江二桥(图 1-10a);塔梁墩固接的例子有广州海印大桥(图 1-10b);其它塔墩分离的例子,多见于现代斜拉桥发展的早期,在钢索塔中采用,现在塔墩的连接多数为固接,本文不再赘述。

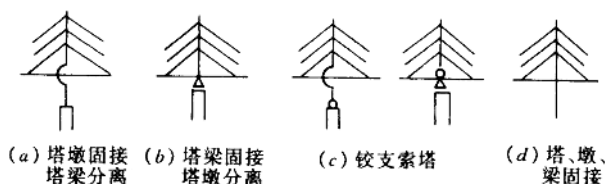


图 1-9 索塔的支承体系

索塔在顺桥向的形式,如图 1-11 所示;索塔有采用单柱式的,如武汉长江二桥的索塔(图 1-2);也有采用例如 Y 形的,如广州海印大桥的索塔(1-10b);至于倒 V 形的,则只在多塔多跨的斜拉桥桥式布置中采用,如图 1-12 所示。

索塔在横桥向的形式如图 1-13 所示:单索面布置的索塔有单柱型的,如广州海印大桥(图 1-10b);竖直双索面布置的索塔有 H 型的,如武汉长江二桥(图 1-10a);斜向双索面布置的索塔有倒 Y

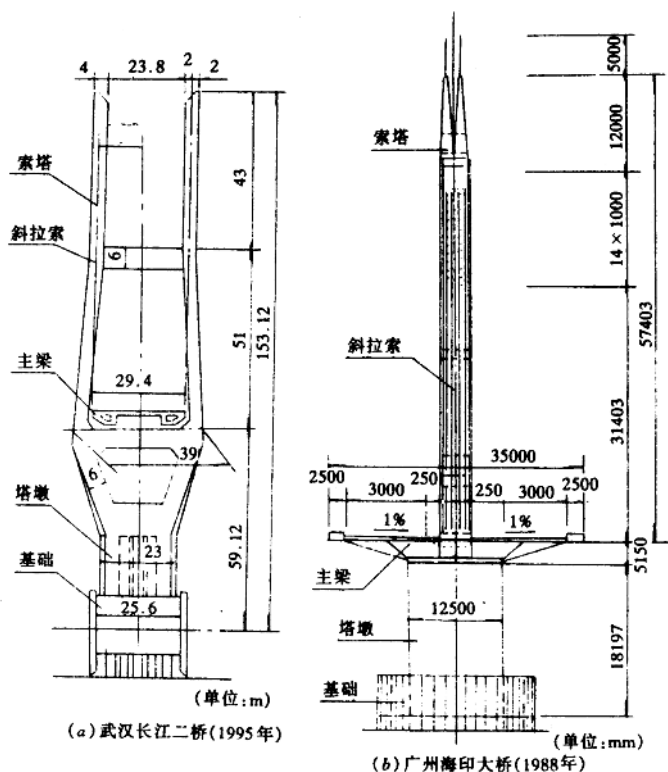


图 1-10 索、梁、塔横桥向布置



图 1-11 索塔在顺桥向的形式