

公路双曲拱桥 无支架施工

湖南省交通规划勘察设计院 编

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书系统的介绍双曲拱桥无支架施工中的主要方法——缆索吊装。其主要内容包括：缆索吊装的设施、吊装方案的选择、吊装方法、拱肋加载程序和吊装设备的设计与计算，可供从事公路桥梁施工和设计人员学习参考。

公路双曲拱桥 无 支 架 施 工

湖南省交通规划勘察设计院 编

人民交通出版社出版
(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：12.5 字数：260 千

1977年5月 第1版

1977年5月 第1版 第1次印刷

印数：0001—17,500册 定价(科三)：1.00 元

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

74752/05

前 言

我国交通建设部门的广大工人、干部和技术人员在毛主席革命路线指引下，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，“独立自主、自力更生”，“打破洋框框，走自己工业发展道路”，在实践中成功地创建了符合我国社会主义建设总路线精神的，具有民族风格的双曲拱桥。

通过无产阶级文化大革命和批林批孔运动，在双曲拱桥结构型式和施工工艺方面又得到了新的发展。其中采用无支架缆索吊装施工方法修建双曲拱桥，为加快建桥速度，实现建桥机械化、装配化提供了有利条件。

无产阶级文化大革命以来，广大建桥职工不断实践，只经过短短几年时间，双曲拱桥无支架缆索吊装施工方法就得到了普遍采用。当前，这种施工方法已由开始的单孔发展到多孔吊装，由中小跨径桥发展到100余米大跨径桥的吊装，起吊重量由几吨提高到了30吨，主索跨度由几十米单跨发展到490余米的双跨缆索吊装，塔架高度由十几米高的木塔架发展到40余米高的钢桅塔架。

在高山峡谷、水深流急的河流上修建双曲拱桥(或其他型式的拱桥)，采用缆索吊装不但节省大量木材，还能避免架设拱架的困难，据我省19座双曲拱桥的统计：由于采用缆索吊装施工，共节省木材达8,000余立方米。

在通航河流或洪水季节，采用无支架缆索吊装方法进行上部结构的施工，可以克服施工与通航间的相互干扰，避免洪水的威胁。因此，当前无支架缆索吊装是一种比较好的施

工方法。

遵照伟大领袖毛主席关于“要认真总结经验”和“实践、认识、再实践、再认识”的教导，为了交流经验、互相学习，以适应公路桥梁建设发展的需要，我们编写了此书，供从事公路桥梁建设的施工和设计人员参考。

由于我们经验不足，编写水平有限，加之对各兄弟省（市）、自治区的先进经验学习不够，因此，本书中可能存在着不少缺点和错误，有些内容难免有一定的局限性，希望读者批评和指正。

在编写过程中，曾得到我省交通工程公司和湖南大学土木系有关单位的大力支持和帮助，特此表示感谢。

湖南省交通规划勘察设计院

1975年

目 录

第一章 缆索吊装的设施	1
第一节 概述	1
第二节 一般缆索设备	4
一、钢丝绳	4
二、一般索具	13
三、跑车	25
四、索鞍	29
第三节 主索	31
一、主索的选择	31
二、主索的纵向布置	35
三、主索的横向布置	41
四、主索的架设与跑车的安装	44
第四节 工作索	48
一、起重索	49
二、牵引索	51
三、起重索、牵引索动力装置的布置	56
四、横移索	57
第五节 塔架及扣索排架	59
一、主索塔架的种类	59
二、塔架的选择	76
三、稳定塔架的辅助措施	77
四、扣索排架	79
第六节 锚固装置	86

一、地锚·····	86
二、钢筋锚环·····	91
三、其它锚固点·····	93
四、水中锚碇·····	93
第二章 拱肋设计和预制的特点·····	95
第一节 拱肋设计的特点·····	95
一、拱轴系数的选择·····	95
二、拱肋截面的选择·····	96
三、拱肋的分段·····	98
四、拱肋接头与肋座·····	100
五、拱肋吊点和扣点的选择·····	104
第二节 拱肋预制的特点及场内运输·····	106
一、拱肋的预制·····	106
二、场内起吊及运输·····	107
第三章 拱肋吊装·····	115
第一节 吊装准备工作·····	115
一、拱肋及墩台拱座检查·····	115
二、缆索设备的检查与试吊·····	117
三、拱肋安装顺序的选择·····	118
四、拱肋起吊·····	119
第二节 吊装的观测与通讯·····	122
一、缆索设备观测·····	123
二、拱肋观测·····	125
三、吊装通讯与联络·····	127
第三节 边段拱肋悬挂·····	128
一、悬挂方法·····	128
二、扣索选择·····	136
三、边段拱肋安装工艺·····	139

第四节 拱肋合拢	143
一、合拢方式	143
二、合拢操作工艺	149
三、拱肋横向稳定的施工辅助措施	153
四、拱肋纵向稳定的施工辅助措施	161
第五节 施工示例	162
一、9孔50米双曲拱桥单跨缆索吊装示例	163
二、2孔35米+1孔80米双曲拱桥双跨缆索吊装示例	175
第四章 拱肋施工加载与拱上构件吊装	187
第一节 拱肋施工加载	187
一、加载的一般原则	187
二、施工措施	188
三、加载计算	192
四、加载计算示例	194
第二节 拱上构件吊装	242
一、拱上构件起吊方式	242
二、“横扁担”吊装法	243
第五章 缆索吊装计算	247
第一节 主索计算基本公式	247
一、主索在自重作用下的计算	247
二、主索在集中荷载作用下的计算	254
三、单跨主索张力普遍方程式	257
四、双跨主索张力普遍方程式	265
五、主索的近似计算——折线法	268
六、缆索应力验算	272
第二节 吊装工作索的计算	275
一、滑轮组	275
二、牵引索	278

三、扣索	283
四、横移索	287
五、缆风索	290
第三节 缆索计算示例	297
一、主索计算	298
二、起重索计算	304
三、牵引索计算	306
四、扣索计算	307
五、横移索计算	310
第四节 塔架计算	312
一、概述	312
二、人字型木塔架	315
三、桅杆式钢塔架	321
四、其它塔架	335
第五节 地垄计算	337
一、卧式地垄	337
二、立式地垄	341
附录 1 拱座垫板计算示例	344
附录 2 五段吊装合拢时水平距离误差的近似 计算	346
附录 3 拱肋接头采用的环氧树脂水泥胶	348
附录 4 钢丝绳的弹性模量	351
附录 5 滑轮组系数 α 值	352
附录 6 三种不同截面尺寸桅杆塔架的容许垂 直压力	354
附录 7 等截面悬链线无铰拱挠度影响线计 算用表	355

第一章 缆索吊装的设施

第一节 概 述

双曲拱桥的缆索吊装有别于矿山、港口、集料场等所采用的缆索吊运方法，它是以解决桥梁构件吊运和安装的一种临时性缆索吊装系统。因此，要求结构简单，易于架设和拆卸，以利周转使用。现将双曲拱桥缆索吊装的主要组成部分、工作原理、吊装方法以及吊装设备情况简述如下：

1. 主要组成部分

缆索吊装系统按其工作性质可以分为四个基本组成部分即：主索、工作索、塔架和锚固装置。其中工作索包括起重索、牵引索和扣索等。缆索吊装系统的一般组成情况见图1-1。

主索：是缆索吊装系统中主要的承重构件，故又称为承重索。一般由2根以上的粗钢丝绳组成一组。主索横跨河流，由塔架支撑，两端分别在桥位两岸用地锚锚固，作为桥梁构件吊运的空中运输轨道，并承受起吊设备和吊装构件的全部重量。因此，要求它有足够的抗拉强度，主索上一般安置两个跑车。

起重索：每个跑车上设置一根起重索、用于起吊和控制构件升降高度。其一端在主索跑车下的起重滑轮组内导缠后予以固定，另一端经塔架顶转向接入收紧动力装置。

牵引索：一般是由跑车上向两岸引出，接到卷扬机上，两

跑车之间再用细钢丝绳联结,利用两岸的卷扬机,一岸放松、一岸收紧,以牵动跑车在主索上往返运行。

扣索:用于悬挂边段拱肋的钢丝绳称为扣索。其一端系于边段拱肋接头的附近位置上,另一端经过扣索排架接入收紧装置(包括收紧滑轮组和绞车),并由收紧装置来调整拱肋接头的标高。

塔架:支承主索的塔架有两种:木塔架和钢塔架。

锚固装置:是用来锚固缆索吊装系统的主索、工作索或其它钢丝绳。其型式有地垄、锚环和其它锚固点。

2. 工作原理和吊装方法

双曲拱桥缆索吊装的工作原理,是利用主索承受吊重和作为跑车的运行轨道。主索跑车上的起重装置(包括卷扬机、起重索和滑轮组、吊钩)和牵引装置(包括牵引索和卷扬机)将构件起吊、升降、运输和安装。吊装的一般过程如下:先开动牵引索的卷扬机,将跑车牵引到起吊构件位置的上空。由起重索的卷扬机,把起重索放松,使吊钩在自重作用下(一般需要在吊钩上加重)徐徐下降。挂上构件后,再收索起吊上升到吊运过程中所需要的高度。然后开动牵引索的卷扬机,牵动跑车运行。当构件吊运到安装位置的上空时,停止牵引,开动起重索的卷扬机升降构件,进行就位安装。

在拱肋的吊装中,根据跨径大小,拱肋可以整段吊装或分为几段拼装。在分段拼装时,一般先吊运安装两边段拱肋就位,然后将其用扣索悬挂和用缆风索固定,再吊运中段拱肋安装合拢。

3. 缆索吊装设备

缆索吊装的设备,一般分为索具及机械两大类。吊装设备的选择应根据吊装整体方案、工程规模、建设速度等因素综合考虑。正确选用吊装设备对双曲拱桥吊装速度和构件的

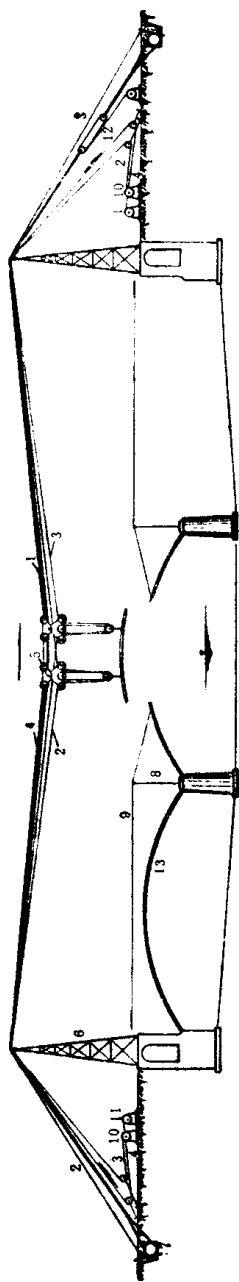


图1-1 缆索吊装系统的组成

1-主索；2-左起重索；3-右起重索；4-牵引索；5-跑车；6-主索塔架；7-地垄；8-扣索架；9-扣索；10-起重卷扬机；11-牵引卷扬机；12-收紧装置；13-拱肋

安装质量有着一定的影响。因此，首先就要了解吊装设备的规格性能以及应用范围，以便因地制宜加以选用。下面对吊装设备的一般规格及架设方法将分别予以介绍。

第二节 一般缆索设备

一、钢 丝 绳^①

1. 构造和种类

钢丝绳又称钢丝绳，是吊装施工中主要设备之一。它是由数股钢丝子绳和一个有机物芯(一般为麻芯)组成的。吊装工程中常用的为六股钢丝绳，每股子绳又分别由19根、37根高强钢丝组成如图1-2所示。钢丝绳的规格性能列于表1-1、表1-2中。

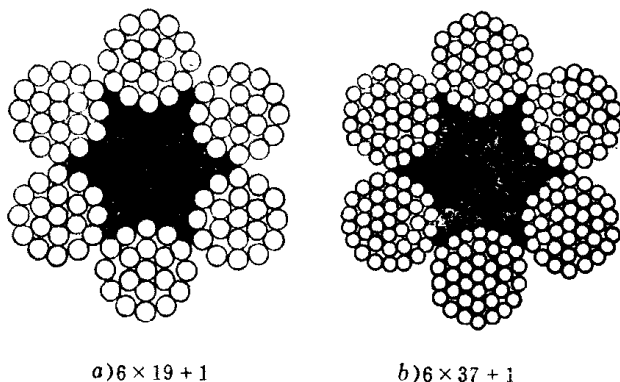


图1-2 钢丝绳断面

直径相同的钢丝绳，其钢丝根数越多就越柔软，钢丝的直径就越小；相反钢丝绳越硬，钢丝的直径也粗些。因此不同型号的钢丝绳，其使用的范围也就有所不同。 $6 \times 19 + 1$ 的钢丝

① 本书钢丝绳直径均以毫米计。

D 型钢丝绳 (GB359-64)

钢丝 $6 \times 37 = 222$ 带一个有机物芯
股内钢丝成点接触 (股 $1 + 6 + 12 + 18$)

表1-1

直 径		全部 钢丝的 断面积	一绳 百米 涂油 重量	钢 丝 绳 公 称 抗 拉 强 度 (kg/mm ²)						
钢 丝 绳	钢 丝			120		130		140		150
				破 断 拉 力						
				全部 的总 钢丝和	整条 钢丝绳	全部 的总 钢丝和	整条 钢丝绳	全部 的总 钢丝和	整条 钢丝绳	
mm	mm	mm ²	kg	kg (不小于)						
8.7	0.4	27.88	26.27							4180
11.0	0.5	43.57	40.86					6090	5000	6530
13.0	0.6	62.74	59.00					8780	7200	9410
15.5	0.7	85.39	80.27					11950	9800	12500
17.5	0.8	111.53	104.80					15600	12800	16700
19.5	0.9	141.16	132.60					19750	16200	21150
22.0	1.0	174.27	164.60					24350	20000	26100
24.0	1.0	210.87	199.10					29500	24200	31600
26.0	1.2	250.95	237.70					35100	28800	37600
28.5	1.3	294.51	276.60					41200	33800	44150
30.5	1.4	341.57	322.30					47800	39200	51200
32.5	1.5	392.10	368.40			50950	41750	54850	45000	58800
35.0	1.6	446.13	420.60			57950	47550	62450	51200	66900
37.0	1.7	503.63	474.80			65450	53650	76500	52800	75500
39.0	1.8	564.63	531.20			73400	60150	75000	64800	84650
43.5	2.0	697.08	657.20			90600	74300	97550	80000	104500
47.5	2.2	843.47	794.30	101000	82950	109500	89900	118000	96800	126500
52.0	2.4	1003.80	944.60	120000	98750	130000	107000	149500	115000	150500
56.5	2.6	1178.07	1109.90	141000	115500	153000	125500	164500	135000	176500
60.5	2.8	1366.28	1284.80	163500	134000	177500	145500	191000	156500	204500
65.0	3.0	1568.43	1476.80	188000	154000	203500	167000	219500	180000	235000

D 型钢丝绳 (GB359-64)

钢丝 $6 \times 37 = 222$ 带一个有机物芯

股内钢丝成点接触 (股 $1 + 6 + 12 + 18$)

续表1-1

直 径		全部 钢丝的 断面积	一绳的 计算重量 一百米 涂油钢丝	钢 丝 绳 公 称 抗 拉 强 度 (kg/mm ²)							
				150	160	170	180	破 断 拉 力			
钢 丝 绳	钢 丝			整条 钢丝绳	全部 钢丝和	整条 钢丝绳	全部 钢丝和	整条 钢丝绳	全部 钢丝和	整条 钢丝绳	
mm	mm	mm ²	kg	kg (不小于)							
8.7	0.4	27.88	26.27	3420	4460	3650	4730	3880	5010	4110	
11.0	0.5	43.57	40.86	5350	6970	5710	7400	6070	7840	6430	
13.0	0.6	62.74	59.00	7710	10000	8230	10650	8740	11250	9260	
15.5	0.7	85.39	80.27	10500	13650	11200	14500	11900	15350	12600	
17.5	0.8	111.53	104.80	13700	17800	14600	18950	15500	20050	16450	
19.5	0.9	141.16	132.60	17350	22550	18500	23950	19650	25400	20800	
22.0	1.0	174.27	164.60	21400	27850	22850	29600	24250	31350	25700	
24.0	1.0	210.87	199.10	25900	33700	27650	35800	29350	37950	31100	
26.0	1.2	250.95	237.70	30850	40150	32900	42650	34950	45150	37000	
28.5	1.3	294.51	276.60	36200	47100	38600	50050	41050	53000	43450	
30.5	1.4	341.57	322.30	42000	54650	44800	58050	47600	61450	50400	
32.5	1.5	392.10	368.40	48200	62700	51400	66650	54650	70550	57850	
35.0	1.6	446.13	420.60	54850	71350	58500	75800	62150	80300	65800	
37.0	1.7	503.63	474.80	61500	80550	66050	85600	70200	90650	74300	
39.0	1.8	564.63	531.20	69400	90300	74050	95950	78700	101500	83300	
43.5	2.0	697.08	657.20	85700	111500	91450	118500	97150	125000	102500	
47.5	2.2	843.47	794.30	103500	134500	110500	143000	117500	151500	124000	
52.0	2.4	1003.80	944.60	123000	160500	131500	170500	139500	180500	148000	
56.5	2.6	1178.07	1109.90	144500	188000	154500	200000	164000	212000	173500	
60.5	2.8	1366.28	1284.80	168000	218500	179000	232000	190000	245500	201500	
65.0	3.0	1568.43	1476.80	192500	250500	205500	266500	218500			

D 型钢丝绳 (GB359-64)

钢丝 $6 \times 37 = 222$ 带一个有机物芯

股内钢丝成点接触 (股 $1 + 6 + 12 + 18$)

续表1-1

直 径		全部 钢丝的 断面积	一绳 百米 涂油 重量	钢 丝 绳 公 称 抗 拉 强 度 (kg/mm ²)							
钢 丝 绳	钢 丝			190		200		210		220	
				破 断 拉 力							
				全的 部总 钢丝和	整丝 条钢 绳	全的 部总 钢丝和	整丝 条钢 绳	全的 部总 钢丝和	整丝 条钢 绳	全的 部总 钢丝和	整丝 条钢 绳
mm	mm	mm ²	kg	kg (不小于)							
8.7	0.4	27.88	26.27	5290	4340	5570	4570	5850	4800		
11.0	0.5	43.57	40.86	8270	6780	8710	7140				
13.0	0.6	62.74	59.00	11900	9770	12500	10250				
15.5	0.7	85.39	80.27	16200	13300	17050	14000				
17.5	0.8	111.53	104.80	21150	17350	22300	18250				
19.5	0.9	141.16	132.60	26800	21950	28200	23150				
22.0	1.0	174.27	164.60	33100	27150	34850	28550	36550	30000	38500	31400
24.0	1.0	210.87	199.10	40050	32850						
26.0	1.2	250.95	237.70	47650	39050						
28.5	1.3	294.51	276.60	55950	45850						
30.5	1.4	341.57	322.30	64850	53200						
32.5	1.5	392.10	368.40	74450	61050						
35.0	1.6	446.13	420.60	84750	69500						
37.0	1.7	503.63	474.80	95650	78450						
39.0	1.8	564.63	531.20	107000	87950						
43.5	2.0	697.08	657.20	132000	108500						
47.5	2.2	843.47	794.30	160000	131000						
52.0	2.4	1003.80	944.60	190500	156000						
56.5	2.6	1178.07	1109.90								
60.5	2.8	1366.28	1284.80								
65.0	3.0	1568.43	1476.80								

D 型钢丝绳 (GB355-64)

钢丝绳 6×19=114 带一个有机物芯

股内钢丝成点接触 (股1+6+12)

表1-2

直 径		全部 钢丝的 断面积	一绳 百米 涂油 重量	钢 丝 绳 公 称 抗 拉 强 度 (kg/mm ²)							
				120		130		140		150	
				破 断 拉 力							
钢 丝 绳	钢 丝			全的 部总 钢丝和	整条 钢丝绳	全的 部总 钢丝和	整条 钢丝绳	全的 部总 钢丝和	整条 钢丝绳	全的 部总 钢丝和	
mm	mm	mm ²	kg	kg(不小于)							
6.2	0.40	14.32	13.60							2140	
7.7	0.50	22.37	21.17					3130	2660	3350	
9.3	0.60	32.22	30.57					4510	3830	4830	
11.0	0.70	43.85	41.59					6130	5210	6570	
12.5	0.80	57.27	53.43					8010	6810	8590	
14.0	0.90	72.49	68.70					10100	8620	10850	
15.5	1.0	89.49	84.80					12500	10600	13400	
17.0	1.1	108.28	102.60					15150	12850	16200	
18.5	1.2	128.87	122.00					18000	15300	19300	
20.0	1.3	151.23	143.30					21150	17950	22650	
22.0	1.4	175.40	166.30					24550	20850	26300	
23.5	1.5	201.35	190.10			26150	22200	28150	23950	30200	
25.0	1.6	229.09	217.10			29750	25300	32050	27250	34350	
26.5	1.7	258.62	245.20			33600	28550	36200	30750	38750	
28.0	1.8	289.95	274.30			37650	32000	40550	34500	43450	
31.0	2.0	357.96	339.20			46500	34550	50100	42550	53650	
34.0	2.2	435.13	410.50	51950	44150	56300	47850	60600	51500	64950	
37.0	2.4	515.46	488.20	61850	52550	67000	56950	72150	61300	77300	
40.5	2.6	604.95	573.60	72550	61700	78600	66800	84650	71950	90700	
43.5	2.8	701.60	664.30	84150	71550	91200	77500	98200	88450	105000	
46.5	3.0	805.41	763.70	96600	82150	104500	88950	112500	95850	120500	