

钢管混凝土拱桥

实例集 (一)



陈宝春 主编
郑皆连 主审



人民交通出版社
China Communications Press

Gangguan Hunningtu Gongqiao Shiliji

钢管混凝土拱桥实例集 (一)

陈宝春 主编
郑皆连 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书精选了我国已建成的十座钢管混凝土拱桥,对其设计、施工与科研等情况进行了较为详细的介绍,同时概述了钢管混凝土拱桥的应用与研究进展。全书内容翔实、条理清楚、图文并茂,资料性、实用性、理论性并存,对从事钢管混凝土拱桥设计、施工与研究的单位与个人具有重要的参考价值。本书可作为高等院校土木工程专业毕业设计的参考教材,也可供建筑结构、桥梁结构研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢管混凝土拱桥实例集.1 / 陈宝春主编. —北京:
人民交通出版社, 2002

ISBN 7-114-04448-8

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 (2002) 第 069967 号

钢管混凝土拱桥实例集(一)

陈宝春 主编

郑皆连 主审

正文设计:姚亚妮 责任校对:张莹 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:15.5 字数:378千

2002年11月 第1版

2002年11月 第1版 第1次印刷

印数:0001~5000册 定价:35.00元

ISBN 7-114-04448-8

前 言

钢管混凝土拱桥是我国自 1990 年以来应用发展很快的一种桥型,目前仍在向更大跨径、更大规模方向发展,应用区域和范围也不断扩大。但迄今为止,专用的设计规范与施工技术规范尚未制订出来,桥型结构也未定型。在实际应用中,可供参考的资料不多。在专业书籍方面,目前仅有一本《钢管混凝土拱桥设计与施工》专著和散落于一些桥梁综合性图书中的零星介绍,与钢管混凝土拱桥的发展形势极不相称,为此人民交通出版社组织出版《钢管混凝土拱桥实例集(一)》一书,委托陈宝春教授主编、郑皆连院士主审。

本书以桥梁实例为主,因此桥梁实例的选择至关重要。在选择桥梁实例时,主要考虑了以下几个因素:

1)桥梁实例应该是已经建成的,以保证资料的确定性。鉴于目前仍有数座大型的钢管混凝土拱桥正在设计、施工或拟议之中,若等这些桥建成则还需 2~3 年时间,而且钢管混凝土拱桥修建的势头不减,很难有一个截止的时间,所以将本书定名为《钢管混凝土拱桥实例集(一)》,待时机成熟,再编写第二本。

2)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的内容,若收入本书,将使其结构较为复杂。而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在编写专著。所以,本书中所收入的桥例只考虑钢管混凝土拱桥,而不考虑采用钢管混凝土作为劲性骨架的钢筋混凝土拱桥。

3)在选取桥梁实例时,考虑桥梁的桥型、历史地位、分布区域、不同的设计与施工单位等,尽可能使其具有代表性。

然而,由于钢管混凝土拱桥的结构形式多样、参加建设的单位众多、分布的区域较广,因此,还有许多非常有意义和有代表性的钢管混凝土拱桥实例没有收录到本书中来。在此,恳请大家包涵,我们将在后续书中予以完善。

本书共分十一章。第一章概述,主要介绍钢管混凝土拱桥的应用与研究进展,鉴于钢管混凝土拱桥的基本结构体系、计算原理、施工方法等内容在《钢管混凝土拱桥设计与施工》一书中已有较详细的介绍,本章主要介绍自该书出版以来的新进展。第二章至第十一章分别介绍四川旺苍东河大桥、浙江新安江大桥、湖北三峡黄柏河大桥和下牢溪大桥、福建闽清石潭溪大桥、天津彩虹桥、深圳彩虹(北站)大桥、广州丫髻沙大桥、广西三岸邕江大桥、重庆奉节梅溪河大桥和重庆合川嘉陵江大桥。

桥梁实例介绍的主要部分组成有:桥梁概况、主桥结构与构造、设计计算、施工技术和经济指标、科研工作等,并列出与该桥有关的参考文献。

本书在编写过程中得到了各编写单位的大力支持,这些单位是:福州大学土木建筑工程学院;广西壮族自治区交通厅;四川省公路勘测设计研究院;杭州市城建设计研究院;铁道部第一勘测设计院;铁道部第三勘测设计院;深圳市市政工程设计院;广西路桥建设总公司;广西壮族自治区交通规划设计院;铁道部专业设计院。

本书第一章由陈宝春编写;第二章由张贵忠编写(其中第四节由陈宝春编写);第三章由陈天虎编写;第四章由吴少海编写;第五章由陈宝春、林英编写;第六章由周四思编写;第七章由李勇、陈宜言编写;第八章由徐升桥编写;第九章由罗吉智、王劼耘编写;第十章由李美军编写;第十一章由弁廷敏编写。全书由陈宝春主编、统稿,由郑皆连主审。

本书的顺利出版与编委会全体成员的努力和全体编写人员的勤奋工作是分不开的。编委会秘书林英老师为编委会的日常工作和全书的编排做了大量的工作;四川省公路勘测设计研究院的谢邦珠高工对本书的编写给予了大力的帮助;人民交通出版社吴有铭与何飞同志为本书的出版付出了辛勤的劳动。在此一并表示衷心的感谢。

编委会
二零零二年七月

目 录

第一章 钢管混凝土拱桥简介	1
第一节 钢管混凝土拱桥发展概况	1
第二节 钢管混凝土拱桥结构简介	11
第三节 钢管混凝土拱桥设计计算理论研究进展	17
第四节 钢管混凝土拱桥施工技术简介	28
参考文献	36
第二章 四川旺苍东河大桥	42
第一节 概况	42
第二节 主桥结构与构造	44
第三节 施工简介	45
第四节 四川旺苍东河大桥的历史地位	47
参考文献	48
第三章 浙江新安江大桥	49
第一节 概况	49
第二节 主桥结构与构造	51
第三节 设计计算	56
第四节 施工技术	57
参考文献	59
第四章 湖北三峡黄柏河大桥和下牢溪大桥	60
第一节 概况	60
第二节 主跨结构与构造	63
第三节 主要计算分析	64
第四节 钢管拱肋制作与混凝土灌注	66
第五节 水平转体施工	67
第六节 模型试验及动静载试验	70
参考文献	75
第五章 福建闽清石潭溪大桥	76
第一节 概况	76
第二节 主桥结构与构造	77
第三节 设计计算	79
第四节 施工技术	83
第五节 科研试验	85
参考文献	100
第六章 天津彩虹大桥	101
第一节 概况	101

第二节	主桥结构与构造	104
第三节	设计计算	107
第四节	施工技术	114
第五节	材料、造价、试验及管理	131
	参考文献	134
第七章	深圳彩虹(北站)大桥	135
第一节	概况	135
第二节	主桥结构与构造	136
第三节	主桥设计简介	138
第四节	施工简介	142
第五节	设计体会	143
	参考文献	144
第八章	广州丫髻沙大桥	145
第一节	概况	145
第二节	主桥设计要点	147
第三节	主桥设计计算与分析	153
第四节	基础、承台的施工与钢结构制造	162
第五节	转体施工法	167
第六节	施工监测监控与成桥静动载试验	174
	参考文献	182
第九章	广西三岸邕江大桥	183
第一节	概况	183
第二节	主桥结构与构造	186
第三节	设计计算简介	187
第四节	施工技术简介	189
第五节	科研简介	190
	参考文献	191
第十章	重庆奉节梅溪河大桥	192
第一节	概况	192
第二节	主桥结构与构造	196
第三节	设计计算	200
第四节	施工技术	210
第五节	钢管混凝土质量检测	214
	参考文献	216
第十一章	重庆合川嘉陵江大桥	217
第一节	概况	217
第二节	主桥结构与构造	219
第三节	主跨拱肋计算	224
第四节	施工技术	230

第一章 钢管混凝土拱桥简介

第一节 钢管混凝土拱桥发展概况

最早将钢管混凝土应用于拱桥结构之中的是前苏联。1937年,前苏联在列宁格勒用集束小直径钢管混凝土做拱肋建造了跨径为110m的跨越涅瓦河的拱梁组合桥;1939年,前苏联又建造了位于西伯利亚 NceTb,跨度达140m的上承式钢管混凝土桁肋铁路二铰拱桥^{[1][2]}。然而,从现有资料看,此后的相当长时间内,世界范围内没有再修建这种桥梁。

1990年,中国第一座钢管混凝土拱桥四川的旺苍东河大桥建成^[3],它为跨径110m的下承式预应力钢管混凝土系杆拱桥。由于钢管混凝土拱桥具有材料强度高、施工方便、造型美观等优点,又适逢我国大规模的交通基础设施建设时期,钢管混凝土拱桥在我国得以迅速发展^{[4][5]}。随着数量的增多,跨径与规模也不断增大,分布区域也越来越广。据不完全统计,我国已建和在建的钢管混凝土拱桥已达100余座。表1-1列出近十几年来我国已建和在建跨径在50m以上的钢管混凝土拱桥。

已建的钢管混凝土拱桥中,跨径最大的是2000年建成的广州丫髻沙大桥,跨径组合为76m+360m+76m,中跨的跨径达360m^[6]。从结构类型来看,上承式中跨径最大的是主跨为288m的重庆奉节梅溪河桥;中承式有推力的跨径最大的是主跨为270m的广西三岸邕江大桥;中承式无推力的是主跨360m的广州丫髻沙大桥;下承式刚架系杆拱跨径最大的是跨径为280m的湖北武汉的汉江三桥;下承式无推力跨径最大的是主跨150m的天津彩虹桥。

我国目前仍处于交通基础设施建设的高潮,钢管混凝土拱桥的应用仍在不断发展之中。以下简要介绍几座具有代表性的桥梁:

浙江省淳安县(千岛湖)南浦大桥,已于2000年开工兴建,是继广州丫髻沙大桥后又一座跨径超过300m的大跨度钢管混凝土拱桥。该桥为中承式,主跨净跨径为307.94m,净矢跨比1/5,拱轴线为拱轴系数 $m=1.167$ 的悬索链线。桥面净宽为净9+2×1.5m人行道。为增大宽跨比,将人行道设于拱肋内侧,两拱肋中心距为13.0m。拱肋采用四管全桁式断面,桁高5.2m,宽2.55m。拱肋弦管采用直径 $\phi 850\text{mm}$ 的钢管,壁厚拱顶段为12mm,拱脚段为14mm和20mm。钢管内填C50混凝土。桥面系为钢筋混凝土结构,吊杆间距8m。拱座坐落在岩石地基之上。施工方案为缆索吊装。浙江千岛湖南浦大桥总体布置见图1-1。

2001年年底开工的跨径在300m以上的钢管混凝土有推力的中承拱桥有两座,一座是广西南宁永和大桥;另一座是重庆市巫山县巫峡长江大桥^[7]。

广西南宁永和大桥,主跨净跨径为338m,拱轴线为四次抛物线。桥面宽35m,其中机动车道净宽16.5m。拱肋中心距为20.5m。拱肋采用四管横哑铃形桁式断面,宽1.78m,拱顶高8m,拱脚截面径向高14m。拱肋弦管采用直径 $\phi 1220\text{mm}$,壁厚16mm的钢管,内填C50混凝土。桥面系为钢筋混凝土结构,吊杆间距12m。沉井基础。设计施工方案为缆索吊装。

重庆市巫山县巫峡长江大桥(图1-2),主跨净跨径460m,净矢跨比1/3.8,拱轴线为拱轴系

钢管混凝土拱桥一览表

表 1-1

序号	桥 名	建成年份	跨径 (m)	矢跨比	拱轴线形	结构形式	拱圈(肋)截面					桥 宽(m)		备注
							形 式	混凝土	钢材 型号	高度 (m)	管径×壁厚 (mm)	行车道 (机动车)	总宽	
1	湖北三峡黄柏河大桥	1996	160	1/5	$m = 1.543$ 悬链线	上承式	哑铃形变高度	C50		2.5 (2.9)	1000×10(12)	2×8	18.5	四肋
2	湖北三峡下牢溪大桥	1996	160	1/5	$m = 1.543$ 悬链线	上承式	哑铃形变高度			2.5 (2.9)	1000×10(12)	2×8	18.5	四肋
3	广西九畹溪大桥		160		$m = 1.495$ 悬链线	上承式	哑铃形		3号镇 静钢	2.4	1000×12	净—9	10	
4	四川西昌雅砻江大桥	1998	170			上承式								
5	湖北恩施南泥渡大桥		220	1/5	$m = 1.756$ 悬链线	上承式	四管桁式	C60		6.0 (4.0)	920×14		13	
6	重庆奉节梅溪河桥	2001	288		悬链线	上承式	四管桁式变高度			5.0 (8.0)	920		17.5	
7	福建福鼎桐山大桥	设计中	66	1/5	二次抛物线	下承式刚架系杆拱	哑铃形	C40	16Mn	0.7	2×610×12	12	18	
8	射阳河大桥		68.5	1/4	二次抛物线	下承式刚架系杆拱	哑铃形			1.75	700×10	12	13	待考证
9	深圳芙蓉大桥	2000	80	1/5	二次抛物线	下承式刚架系杆拱	哑铃形			2.4	950	18	23.5	
10	广东广州解放大桥	1997	80	1/5	二次抛物线	下承式刚架系杆拱	哑铃形+槽钢耳肋			2.4	950×14	四车道	25	无风撑
11	浙江绍兴柯桥	1993	92	1/4	二次抛物线	下承式刚架系杆拱	哑铃形			2.2	900×12	13	28.4	
12	广东南海佛陈大桥	1994	112.8	1/5	$m = 1.167$ 悬链线	下承式刚架系杆拱	哑铃形			2.5	1000×14	17	26	
13	四川旺苍东河大桥	1990	115	1/6	$m = 1.347$	下承式刚架系杆拱	哑铃形	C30	A3	2	800×10	7	15	
14	兰州雁盐黄河大桥	在建	127	1/5	二次抛物线	下承式刚架系杆拱	哑铃型	C50	16Mn	2.5	2×1200×14		31	
15	四川成都青龙场立交桥		132	1/5		下承式刚架系杆拱	哑铃形			2.7	1100×12	2×10.5	20.8	三肋
16	河南安阳文峰路立交桥	1995	135	1/5	$m = 1.05$ 悬链线	下承式刚架系杆拱	混合桁式	C40	16Mn	3	720×12	14	31.4	转体施工

续上表

序号	桥 名	建成年份	跨径 (m)	矢跨比	拱轴线形	结构形式	拱圈(肋)截面					桥 宽(m)		备注
							形 式	混凝土	钢材 型号	高度 (m)	管径×壁厚 (mm)	行车道 (机动车)	总宽	
17	四川峨边大渡河桥	1995	140	1/5	$m = 1.352$ 悬链线	下承式刚架系杆拱	混合桁式			3	550×8	9	13.5	
18	广东深圳彩虹 (北站)大桥	2000	150	1/4.5	$m = 1.167$ 悬链线	下承式刚架系杆拱	四管桁式			3	750×12	15	23.5	
19	四川乐山沙湾 名城大桥	1998	150			下承式刚架系杆拱	四管桁式			3	610×10		18	
20	杭州钱江复兴大桥 (四桥)	设计	198	1/5	二次抛物线	下承式刚架系杆拱	四管桁式	C50	345b	4.5	950×12 (950×16)		28	双层桥面
21	湖北武汉汉江三桥	2000	280	1/5	$m = 1.543$ 悬链线	下承式刚架系杆拱	四管桁式	C50	16Mn	5.5	1000×12	15	21	
22	江苏淮阴运河二桥		54.8	1/6	二次抛物线	下承式系杆拱	单圆			0.7	700×15	6	8.8	
23	江苏无锡新安北桥	1993	60	1/6	二次抛物线	下承式系杆拱	单圆			0.8	800×16	9	15	
24	安徽合肥屯溪桥	1995	63	1/3.5	二次抛物线	下承式系杆拱	哑铃形			2	800×12	23.5	27	
25	浙江嘉兴菜花泾桥		64.6	1/5.5	二次抛物线	下承式系杆拱	横圆端形			0.8			40.5	
26	江苏泰州引江河大桥	1996	70	1/5.38	二次抛物线	下承式系杆拱	单圆			0.8	800×16	10.75	13	分离式 两座
27	江苏镇江京杭运河桥	已建成	72	1/5	二次抛物线	下承式系杆拱	单圆	C40		0.9	900×16	10.75		
28	广丰县永丰大桥		72	1/5		下承式系杆拱					1400×14	15	32	
29	浙江杭州新塘桥	1997	78.42	1/4.5	二次抛物线	下承式系杆拱	横圆端形			1.2	2000×1200×20	22	38.5	无风撑
30	浙江义乌篁园桥	1995	80	1/5	二次抛物线	下承式系杆拱	横圆端形			0.8	2000×800×20	18.4	29	无风撑
31	浙江义乌宾王桥	1997	80	1/5	二次抛物线	下承式系杆拱	横向并列双圆			1.432	1400×16	14	32.7	单肋
32	福建福鼎山前大桥	2000	80	1/5	二次抛物线	下承式系杆拱	单圆管	C40	16Mn	1.2	1200×16	12	14	

续上表

序号	桥 名	建成年份	跨径 (m)	矢跨比	拱轴线形	结构形式	拱圈(肋)截面					桥 宽(m)		备注
							形 式	混凝土	钢材 型号	高度 (m)	管径×壁厚 (mm)	行车道 (机动车)	总宽	
33	江苏苏州尹山桥	1996	80.5	1/6		下承式系杆拱	横圆端形					18	19.5	
34	浙江温州南塘河大桥		81.92			下承式系杆拱								
35	邵阳市西湖大桥		88			下承式系杆拱	哑铃形	C40		2.5	1100×12		29.1	
36	山东临沂市沂河大桥		90	1/5		下承式系杆拱	哑铃形			1.8	750×10	12	19	
37	广东顺德马岗大桥	1999	90	1/4	抛物线	下承式系杆拱	哑铃形			2.1	800×12	15	18	
38	河南郑州黄河二桥	在建	100	1/5	二次抛物线	下承式系杆拱	哑铃型	C50	Q345	2.4	1000×16		21	上下行分离,8跨
39	江苏苏州斜港桥		100.5	1/7		下承式系杆拱	横圆端形			0.9	2000×900×10	18	19.5	
40	浙江宁波大沙河桥		120	1/7		下承式系杆拱	横圆端形			0.9	2000×900×10	18	19.5	
41	浙江宁波大沙泥桥		120			下承式系杆拱								
42	天津彩虹桥	1998	160	1/5	悬链线	下承式系杆拱	哑铃形	C50		3.75	1500×16	2×8.5	29	
43	上海路蕴藻滨大桥			1/5	二次抛物线	下承式系杆拱	竖立式圆端形	微膨胀 混凝土	A3	2.4	1200×20		40	
44	浙江宁波琴桥	2001	120	1/5	二次抛物线	下承式系杆拱	扁圆形	C40	Q345D	2	600×22		33	单肋
45	福建武平东门大桥		57.5	1/4	二次抛物线	中承式	双肋哑铃形	C40			900			
46	福建仙游兰溪大桥	1997	64	1/3.2	二次抛物线	中承式	哑铃形			2	750×10	14.5	27.7	
47	福建永安北塔大桥	2000	70.3	1/3	二次抛物线	中承式	哑铃形			2.3	900×16	15	24.4	
48	四川石棉彩虹大桥	1996	72			中承式								
49	福建福清玉融大桥	1995	76	1/4	二次抛物线	中承式	哑铃形			1.9	800×10	2×7	28.4	三肋
50	湖南郴州鲤鱼江大桥	1994	80	1/4		中承式	哑铃形			2	900×10(16)	12	17.6	

续上表

序号	桥 名	建成年份	跨径 (m)	矢跨比	拱轴线形	结构形式	拱圈(肋)截面					桥 宽(m)		备注
							形 式	混凝土	钢材 型号	高度 (m)	管径×壁厚 (mm)	行车道 (机动车)	总宽	
51	福建福州解放大桥	1996	80	1/5	二次抛物线	中承式	哑铃形			1.8	800×10	9	14	
52	四川白马石梁河大桥	1996	80	1/2.5		中承式	集束二管						12.5	提篮拱
53	福建安溪铭选大桥	1995	90	1/4.5	二次抛物线	中承式	哑铃形			1.9	800×10	9	14	
54	江西宜春袁州大桥	1996	96	1/5	$m = 1.167$ 悬链线	中承式	哑铃形		16Mn	2.1	850×12	15	22.7	
55	广东高明大桥	1991	100	1/4	$m = 1.756$ 悬链线	中承式	哑铃形			2	750×10	12		
56	黑龙江依兰牡丹江大桥	1997	100	1/4	$m = 1.756$ 悬链线	中承式	三管桁式	C50	16Mn	2.5	600×12	9	12	无风撑
57	西安公路学院人行桥	1996	100	1/9.6	二次抛物线	中承式	单圆管			0.65	650×10	4		人行桥, 提篮拱
58	福建仰恩大学人行桥	2002	100	1/5	$m = 1.167$ 悬链线	中承式	哑铃形			1.2	450×10	5		人行桥, 提篮拱
59	四川洪雅青衣江 洪州大桥		100	1/3		中承式	集束三管				3×1200×10 (3×600×8)	12	6.5	无风撑
60	广西柳州文惠大桥	1995	108	1/3.5		中承式	三管集束式			2.71	180+2×100	2×9	29	三肋
61	湖南百旺大桥	在建	111.44	1/4		中承式	哑铃形			2.2	900	12		
62	湖南益阳资江三桥	2001	114	1/4		中承式	哑铃形	C50		2.8	1300×14	14	24.5	共三跨, 边跨跨 径 102m
63	浙江新安江大桥	1994	120	1/4	二次抛物线	中承式	哑铃形	C40	16Mn	2(1.8)	800×(12,16) 750×(10,14)	7	10	
64	四川成都磨子湾大桥		120	1/5.5	$m = 1.543$ 悬链线	中承式	哑铃形			2	800×12	7	7.5	
65	四川峨嵋杨家沟大桥	2001	120			中承式								五跨

续上表

序号	桥 名	建成年份	跨径 (m)	矢跨比	拱轴线形	结构形式	拱圈(肋)截面					桥 宽(m)		备注
							形 式	混凝土	钢材 型号	高度 (m)	管径×壁厚 (mm)	行车道 (机动车)	总宽	
66	陕西蜀河汉江大桥	1997	120	1/5	$m = 1.543$ 悬链线	中承式	哑铃形			2.1	820×12	9	13.1	
67	浙江青田太鹤大桥		120			中承式								
68	广西百色水利枢纽 右江平圩大桥	2000	128	1/4	$m = 1.347$ 悬链线	中承式	哑铃型	C40	Q345	2.3	920×12		35	
69	四川成都府河大桥	2001.12	130			中承式								
70	福建闽清石潭溪大桥	1997	136	1/5	$m = 1.167$ 悬链线	中承式	四管桁式	C40	A3	3	550×8	9	13.1	
71	辽宁沈阳浑河长青大桥		140	1/4	$m = 1.347$ 悬链线	中承式	四管桁式			3.4	700	25.3	32.5	
72	四川峡门口乌江大桥	1996	140	1/4		中承式	集束五管变截面			1.4 (2.7)	700×8	9	13.5	提篮拱
73	江西景德镇瓷都大桥	1997	150	1/5	四次抛物线	中承式	哑铃形			2.5	1000×14	14	21	
74	四川高谷乌江大桥	1997	150	1/5		中承式	混合桁式			3.2	600×10	9	17.1	
75	四川泸定猫子坪 大渡河大桥	1999	160			中承式	四管桁式			3.2	600×14		14.1	
76	四川达县州河桥	2001	160			中承式								
77	广西桂林石家渡 漓江大桥	在建	170			中承式	四管桁式							
78	四川乐山金口河 大渡河大桥	1999	175			中承式	四管桁式			3.3	700×14		17.4	
79	广西南宁邕江大桥	2002	190	1/4.5	$m = 1.167$ 悬链线	中承式	四管桁式	C50	Q345	4.3	820×12	20.5	26.6	
80	湖北秭归龙潭河大桥	1999	200(计算跨径)	1/4.935	三次样条函数	中承式	横哑铃形			3.1 (5.339)	900×14	9	11	

续上表

序号	桥 名	建成年份	跨径 (m)	矢跨比	拱轴线形	结构形式	拱圈(肋)截面					桥 宽(m)		备注
							形 式	混凝土	钢材 型号	高度 (m)	管径×壁厚 (mm)	行车道 (机动车)	总宽	
81	陕西延安王家坪 延河大桥		190	1/6	$m = 1.543$ 悬链线	中承式	横哑铃形桁式			3	750	15	25	
82	重庆合川嘉陵江大桥	2002	200	1/4	$m = 1.6$ 悬链线	中承式	四管桁式	C50		4.3	760×13	15	23	
83	广西六景郁江大桥	1999	220	1/5	$m = 1.543$ 悬链线	中承式	四管桁式	C50	16Mnq	4.3	820×14(12)	19	25.1	
84	浙江铜瓦门大桥	在建	238	1/4.82	修正二次抛物线	中承式	单片桁式	C50	16Mnq	4.65	1150×12(14,16)	7	9	提篮拱
85	贵州落脚河大桥	待建	240			中承式	集束五管变截面					11		
86	浙江三门健跳大桥		245	1/5	二次抛物线	中承式	横哑铃形桁式			4.4	800×14	15		
87	湖北秭归青干河大桥	2002	248	1/ 4.945	三次样条函数	中承式	四管桁式	C50	16Mnq	5.842 ~ 3.4	1000×12	9	11.5	
88	广西三岸邕江大桥	1998	270	1/5	$m = 1.167$ 悬链线	中承式	四管桁式				1020×14(12)	六车道	32.8	
89	浙江淳安县南浦大桥	在建	308	1/5.5	$m = 1.167$ 悬链线	中承式	四管桁式	C50	A3	6	800×12 (800×16)	9	12	
90	广西南宁永和大桥	在建	338	1/4.5		中承式	四管桁式	C50	Q345	9.0 (18.77)	1220×16	35	35	
91	重庆鹅公岩长江大桥	方案	450			中承式	桁式							
92	四川巫山长江大桥	在建	460	1/5		中承式	四管桁式					15	19	
93	福建泉州仰恩 大学人行桥	2002	100	1/5	二次抛物线	中承式	哑铃型	C40	Q235			5		人行桥, 提篮拱
94	浙江诸暨西施桥	1996	64	1/4	二次抛物线	飞鸟式	竖圆端形			1.6	1600×720×10	18	27	
95	天津金钢桥改建工程	建成	101	1/5	二次抛物线	飞鸟式	哑铃形			2	900×14	15	18.4	

[illegible]

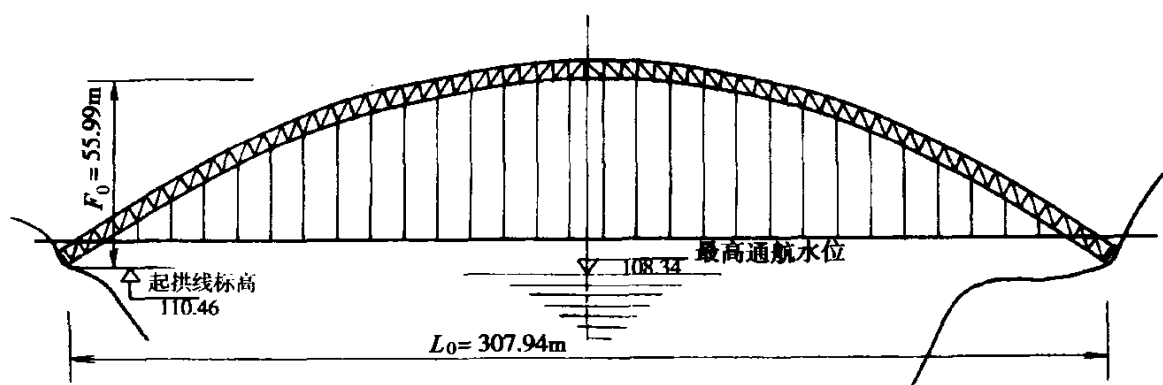


图 1-1 浙江千岛湖南浦大桥总体布置图(单位:m)

数 $m = 1.55$ 的悬索链线。桥面行车道净宽 15m。拱肋采用全桁式断面,拱顶高 7m,拱脚截面径向高 14m。主拱肋弦管采用直径 $\phi 1220\text{mm}$,壁厚 22mm 的钢管,内填 C60 混凝土。桥面系为钢筋混凝土结构,吊杆间距 12m。它建成后不仅是钢管混凝土中承式拱中跨径最大的,也是钢管混凝土拱桥和钢筋混凝土拱桥中跨径最大的。拱座坐落在岩石地基之上。设计施工方案为缆索吊装。

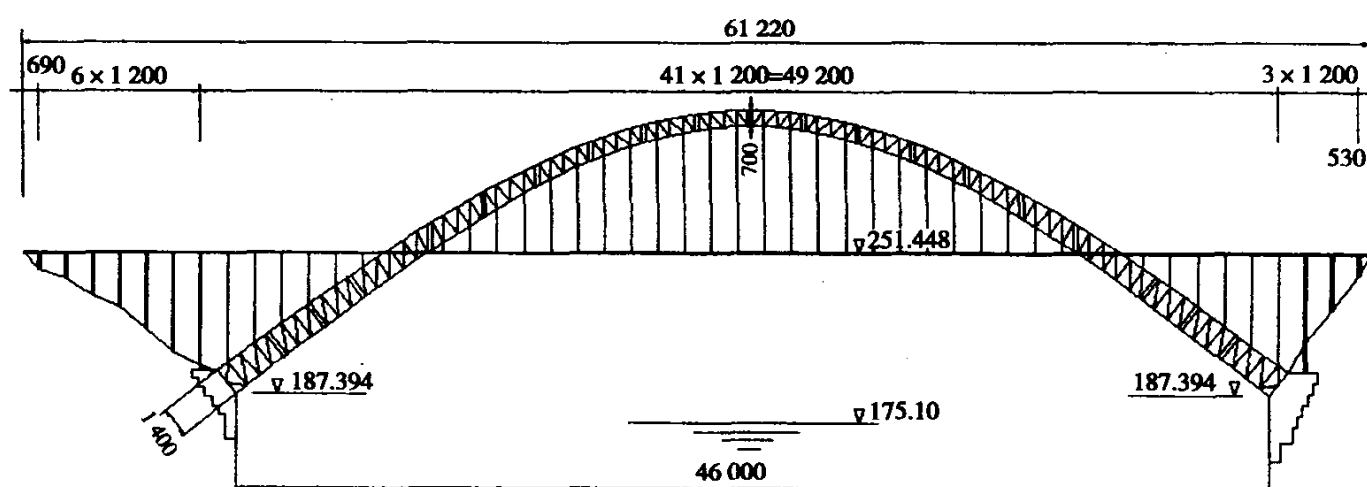


图 1-2 重庆巫山巫峡长江大桥(单位:除标高为 m 外,其余为 cm)

中承式钢管混凝土拱桥中带双悬臂半跨(又称飞鸟式)的结构自广东南海三山西大桥建成之后,这几年应用发展很快。江苏省徐州京杭运河特大桥也是一座飞鸟式钢管混凝土拱桥^[8]。该桥主桥跨径组合为 57.5m + 235m + 57.5m,拱肋内倾成提篮式。桥面宽 33.5m,其中机动车道为净宽 2 × 12m。拱肋中心距在拱顶处为 16.0m,拱脚处为 36.579m。拱肋采用四管横哑铃形平行四边形桁式断面,宽 2m,高 3.7m。拱肋弦管采用直径 $\phi 850\text{mm}$,壁厚 14mm 的钢管,内填 C50 混凝土。吊杆横梁为钢-混凝土叠合梁。吊杆间距 5m。钻孔桩基础。采用竖向转体施工。

2001 年年底开工的湖南南县茅草街大桥是另一座大跨径飞鸟式钢管混凝土拱桥。其跨径组合为 80m + 368m + 80m。主跨计算跨径为 356m,计算矢高为 71.2m,矢跨比为 1/5,拱轴线为拱轴系数 $m = 1.543$ 的悬索线。桥梁宽度为净 15m + 2 × 0.5m 防撞护栏。拱肋中心距为 19.3m。拱肋采用四管全桁式断面,桁宽 2.55m,拱顶高 4m,拱脚截面径向高 8m。拱肋弦管采用直径 $\phi 1000\text{mm}$,壁厚 18mm 的钢管,内填 C50 混凝土。桥面吊杆横梁为钢-混凝土叠合梁。吊杆间距 8m。钻孔桩基础。设计施工方案为缆索吊装。该桥的跨径在已开工的钢管混凝土拱桥中列居第二,在飞鸟式中将略超过广州丫髻沙大桥。

下承式结构中,浙江省杭州市钱江四桥(复兴大桥)是跨径与规模均较大的一座,见图 1-3。该桥主桥跨径组合为 2 × 85m + 190m + 5 × 85m + 190m + 2 × 85m。双层桥面,上层通行汽车,下

层通行轻轨。85m跨的结构相当于上承和下承的组合结构。190m跨的结构相当于中承与下承的组合结构。190m跨的拱肋轴线为二次抛物线,矢跨比为 $1/4$ 。拱肋断面为四管全桁式,桁宽2.6m,高4.5m。拱肋弦管采用直径 $\phi 950\text{mm}$,壁厚20mm的钢管,内填C50混凝土。系梁为 $2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$ 的箱形断面,采用现浇劲性骨架预应力混凝土结构。下层吊杆横梁为预应力混凝土结构,上层吊杆为钢-混凝土叠合梁。85m跨的拱轴线也为二次抛物线,矢跨比为 $1/7$ 。拱肋断面为单圆管,钢管直径为 $\phi 1500\text{mm}$,壁厚25mm,内填C50混凝土。系梁为 $2.0\text{m} \times 2.5\text{m}$ 的箱形断面,采用现浇劲性骨架预应力混凝土结构。上下层横梁均为预应力混凝土结构。横梁间距6.1m。钻孔桩基础。设计施工方案为缆索吊装。

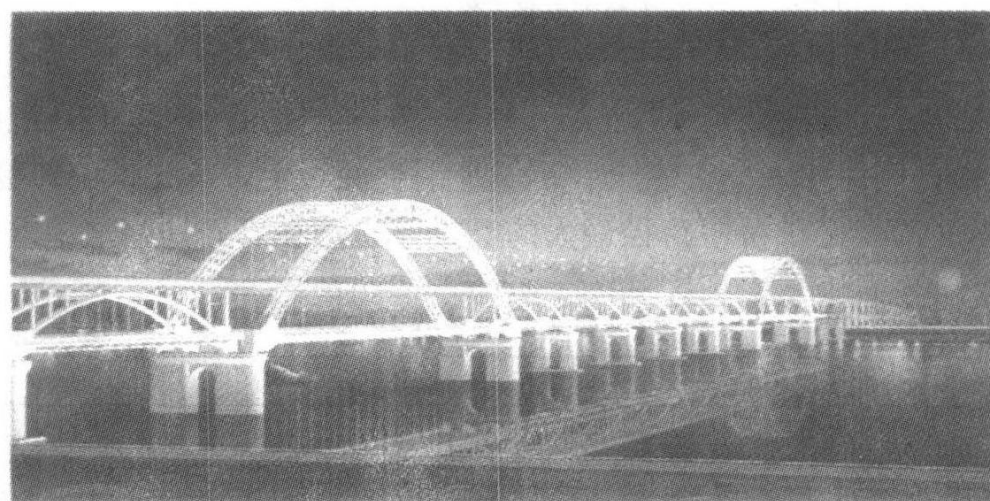


图 1-3 浙江杭州复兴大桥(钱江四桥)效果图

在建的钢管混凝土拱桥之中规模最大的是京珠国道主干线上的郑州黄河特大桥主桥(简称郑州黄河公路二桥主桥)。该桥主桥共有8跨,双向八车道,上下行分离,每跨100m。矢跨比 $1/4.5$ 。拱轴线为拱轴系数 $m = 1.347$ 的悬链线。拱肋采用哑铃形断面,钢管管径为 $\phi 1100\text{mm}$,壁厚16mm,内填C50混凝土。腹腔内不填充混凝土。系梁采用宽2.0m、高2.75m的预应力混凝土箱梁。横梁采用预应力工字形组合梁,梁高2.2m。钻孔桩基础。设计施工方案为先梁后拱,系梁采用少支架预制吊装。

我国钢管混凝土拱桥的应用与发展已引起国外的关注,我国桥梁工作者也通过学术交流将其向海外进行了介绍^{[9]~[22]}。国外也已有几个国家有修建钢管混凝土拱桥的报导。

法国最近修建的 Antrenas 桥,在 A75 号公路上跨越 Gervaudan^[23],其主骨架为一根直径 $\phi 1200\text{mm}$,壁厚32mm的钢管。为防止车辆撞击,在拱脚段钢管内填充了混凝土。该桥在拱肋上用沿桥宽方向撑开的撑杆托住桥面结构纵向肋,桥面板为预应力混凝土板。因此,它是一个空间桁架拱组合结构。该桥拱肋的跨径为56m,桥长85m,宽15m。

法国还有一座钢管混凝土拱桥正在修建之中,它位于 Cantabrico 公路上,跨越 Escudo 河,长229m,宽30m。其主跨为跨径126.4m的上承式拱^[24]。共有两根拱肋,每肋由两根平置的钢管组成,钢管管径1219mm,管壁由跨中部分的16mm增加到拱脚处的50mm。管内填素混凝土,形成钢管混凝土组合断面。除了钢管壁厚变化之处外,其余地方钢管与管内混凝土之间未设联系构造。拱的矢跨比为 $1/8$,高跨比(拱肋高度与跨径之比)为 $1/104$ 。桥面是由六根T型钢梁和25mm厚的混凝土板组成的组合结构。该桥最初设计为钢管拱,内填混凝土后,虽然恒载作用下混凝土的收缩徐变会转移部分应力给钢管,但钢管的直径由原设计的1600mm减小到1200mm,钢管壁厚由原设计的20mm减小到16mm。考虑内填混凝土增加的费用后,钢管混凝土拱的造价仍比钢管拱桥低。