

中国现代公路桥梁技术丛书

悬臂浇筑 预应力混凝土连续梁桥

张继尧 王昌将 编著

(梁桥类)



人民交通出版社

China Communications Press

中国现代公路桥梁技术丛书

悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥

张继尧 王昌将 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书系统地论述了悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥的设计与计算、建桥材料与设备、施工方法与工艺、质量监控与裂缝控制,以及竣工后的桥梁试验等。书中列举了我国大量的设计与施工实例,较全面地反映了我国当代悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥的建设成就和技术水平。为便于读者更好地学习和理解,以具体设计实例为主体,较详细地介绍了悬臂浇筑连续梁桥设计计算方法和对计算程序的掌握和应用。

本书可供从事桥梁工程科研、设计、施工、监理、养护的技术人员阅读参考,也可作为高等院校桥梁专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥 / 张继尧, 王昌将编
著. —北京: 人民交通出版社, 2004.1
ISBN 7-114-04875-0

I. 悬… II. ①张… ②王… III. 悬臂桥: 预应力
混凝土桥: 连续梁桥 IV.U448.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 105746 号

中国现代公路桥梁技术丛书

Xuanbi Jiaozhu Yuyingli Hunningtu Lianxu Lianqiao
悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥

张继尧 王昌将 编著

正文设计: 彭小秋 责任校对: 王静红 责任印制: 张 恺

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

北京明十三陵印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 18.5 插页: 1 字数: 452 千

2004 年 3 月 第 1 版

2004 年 3 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—3000 定价: 38.00 元

ISBN 7-114-04875-0

《中国现代公路桥梁技术丛书》
编辑委员会名单

主 编:	陈明宪	上官兴	
编 委:	王伯惠	张继尧	楼庄鸿
	彭宝华	经德良	张联燕
	郑明珠	李文琪	高征铨
	胡崇武	田克平	欧阳效勇
	吴建华	董 荧	张征宇
编辑组:	吴同鳌	李晚成	刘亿华

序

改革开放以来,随着我国经济的蓬勃发展,公路包括高速公路的建设突飞猛进,桥梁建设也取得了十分辉煌的成果,在梁桥、拱桥以及大跨径斜拉桥、悬索桥等各方面都积累了许多宝贵的、创新的经验,其中不少技术居于世界前列。及时总结和交流这些新技术、新经验,对桥梁技术革新、提高质量、降低成本、加快进度必将起着很大的帮助和推动作用。为此,我们编写了《中国现代公路桥梁技术丛书》,该套丛书具有以下特点:

1. 以我国桥梁自己的经验和创新为主,着重反映我国当代桥梁建设的水平;
2. 每个技术专题一册,详细介绍有关设计、施工的具体细节,以便运用和推广;
3. 邀请亲自在桥梁建设第一线参加设计、施工、科研的技术工作者执笔编写,充分利用有关的第一手资料,使内容更加新颖、翔实。

该套丛书数量不封口,前期计划编写三十余个分册,以后随着桥梁建设的不断发展,将继续组织其他专题出版。本丛书将为那些有独特构思的桥梁工程师提供一个展示其才华的舞台。

《中国现代公路桥梁技术丛书》编委会

前 言

连续梁桥结构体系具有变形小、结构刚度好、伸缩缝少、行车平顺舒适、养护简单、抗震能力强等优点。悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥作为无支架施工有利于通航河流建桥、深山峡谷建桥和城市立交建桥。悬臂施工的受力较接近于成桥后的结构受力。悬臂浇筑施工法在我国已有成熟的经验,悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥得到飞跃发展,并成为当代桥梁建筑中最基本的桥型之一。悬臂浇筑施工法同样还可在混凝土连续刚构桥、斜拉桥和拱桥中应用。熟悉悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥的设计与施工,是对桥梁工作者的最基本要求。

然而,在国内外所建的悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥施工或使用过程中,经常发现部分桥梁产生裂缝,而裂缝的性质和特征又是各桥不一。因此,使有关部门和桥梁工作者对此感到疑虑。不少省、市和有关桥梁建设的单位对此进行了专题调查和研究。浙江省交通系统曾两次成立课题进行调查和研究,作者都参与了这项工作。经分析,认为产生裂缝的原因是多方面的,产生裂缝的程度也各不相同。为了更有效地避免和控制裂缝,必须从设计和施工的各个源头抓起,切实注意各个环节和各方面的质量,使预应力混凝土连续梁桥可以百年永存。这就是编写这本书的最早动机。

本书编写时力求“新、全、用”。尽量搜集国内新的资料;要求在该桥梁类型内反映内容全面;突出学以致用,与我国现行规范能配套使用,使本书成为一本对指导设计与施工有益的教科书。

全书共分8章。第一章,主要介绍悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥的特点,以及在我国的发展和成就;第二章,主要介绍现代预应力混凝土连续梁桥中常用的预应力钢材和混凝土材料,以及它们的基本特性,介绍我国常用的锚具类型和特点;第三章,主要介绍该类桥型的构造,并附以构造实例;第四章,系统地介绍了施工,从挂篮、支架和模板、混凝土的浇筑、预应力张拉和控制,一直到体系转换的全过程操作和质量控制;第五章,介绍了设计与计算,按照设计的顺序,分别介绍了设计和计算的内容,从空间工作受力特性,到常规的内力分析与计算、局部应力验算和配筋设计,并且强调了在悬臂浇筑中安全度控制和变形控制,最后,配合电算程序的使用,附有设计计算的实例;第六章,介绍连续箱梁桥的空间分析与计算,概要介绍了箱梁桥空间分析的几种主要计算方法,并着重介绍了基于有限元分析方法的虚拟层合单元法在箱梁桥计算中的应用;第七章,介绍连续梁桥的荷载试验与结构评定,通过荷载试验对连续梁桥结构性能有个实际的了解;第八章,介绍了裂缝控制,对该类型桥梁易发生的常见裂缝,予以在设计 and 施工中提高认识,采取措施,控制和限制裂缝的发生和发展。

本书第二章由王昌将编写,并配合全书编写提供了灵江桥设计计算实例和荷载试验内容。其余各章由张继尧编写和负责全书统稿。在编写本书时,铁道部大桥局孟庆浩高级工程师对灵江大桥的施工提供了大量的资料,在此表示感谢。书中除参考文献之外,还参阅了许多桥梁设计和施工的技术文献(书中没有一一列出),特此表示歉意和感谢。编写中如有错误和疏漏,敬请读者批评和指出。

编著者 2003年5月于浙江

目 录

第一章 概论	1
第一节 悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥的特点	1
第二节 悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥在我国的发展	3
第三节 国内悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥	4
第二章 材料与锚具	7
第一节 预应力钢材	7
一、高强度钢丝	7
二、钢绞线	9
三、高强度粗钢筋	14
第二节 混凝土	18
一、混凝土材料组成与配合比	18
二、混凝土强度与标号	20
三、混凝土弹性模量	22
四、混凝土的收缩与徐变	22
五、泵送混凝土	23
第三节 预应力锚具	26
一、常用锚具类型和特点	26
二、波纹管	49
第三章 悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥构造	50
第一节 主梁截面形式	50
一、变截面箱梁形式	50
二、箱梁截面构造与尺寸	51
三、横隔板构造与尺寸	53
四、国内几座悬臂浇筑连续箱梁尺寸实例	53
第二节 预应力钢筋布置	54
一、纵向预应力钢筋布置	54
二、横向预应力钢筋布置	59
三、竖向预应力钢筋布置	60
第三节 普通钢筋布置	60
一、配置普通钢筋的作用与意义	60
二、普通钢筋的布置	60
第四节 桥墩台类型与构造	64
一、连续梁墩台型式选择原则	64
二、桥墩、台型式与构造	64

三、墩台构造示例·····	68
第五节 支座和伸缩缝型式与构造·····	74
一、连续梁桥支座·····	74
二、连续梁桥伸缩缝·····	82
第六节 悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥上部构造实例·····	87
一、广东番禺海鸥大桥工程实例·····	87
二、云南六库怒江大桥工程实例·····	90
第四章 悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥施工·····	94
第一节 挂篮·····	94
一、采用移动式挂篮的施工概念·····	94
二、挂篮的形式与构造·····	94
三、挂篮的设计与试验·····	102
四、挂篮的使用与发展·····	108
第二节 支架与模板·····	111
一、边孔现浇段支架·····	111
二、墩顶段支架和临时支承·····	112
三、模板·····	115
第三节 混凝土浇筑·····	122
一、悬臂分段浇筑施工特点及程序·····	122
二、边跨支架现浇·····	122
三、墩顶段混凝土浇筑·····	123
四、悬臂段混凝土浇筑·····	124
五、混凝土浇筑质量控制·····	124
第四节 合拢段施工及体系转换·····	126
一、合拢施工及体系转换顺序·····	126
二、边跨合拢工艺及装置·····	127
三、中跨合拢设计·····	129
四、合拢段施工要点·····	131
五、结构体系转换及支座反力调整·····	132
第五节 预应力张拉·····	136
一、预应力张拉控制·····	136
二、预应力张拉程序·····	139
三、预应力张拉管理·····	141
第六节 预应力孔道灌浆·····	146
一、灌浆目的和一般要求·····	146
二、灌浆材料与配合比·····	146
三、灌浆作业·····	148
第五章 悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥设计与计算·····	151
第一节 设计工作程序与计算程序简介·····	151
一、设计工作程序·····	151

二、计算程序简介	152
第二节 总体布置与主体结构尺寸的拟定	155
一、设计基本资料	155
二、总体布置及结构尺寸拟定	157
三、预应力束配置与钢束估算	159
四、施工方案与工序	164
第三节 恒载结构内力分析与计算	167
一、箱形截面的受力特性	167
二、恒载内力计算	170
三、混凝土在收缩、徐变中的结构内力计算	177
四、预加应力结构内力计算	188
五、基础变位影响内力计算	195
第四节 活载结构内力分析与计算	197
一、活载纵向影响线计算	197
二、影响线动态加载法	197
三、活载内力计算示例	201
第五节 温度影响力计算	203
一、箱形梁的温度影响	203
二、温度应力计算	204
三、温度影响力计算示例	206
第六节 荷载组合与截面强度验算	208
一、荷载组合	208
二、荷载安全系数和设计内力值	210
三、在施工阶段的正应力验算	211
四、在使用阶段的正应力验算	213
五、正截面按承载能力极限状态验算	214
六、剪应力、主应力及斜截面抗剪强度验算	215
七、局部应力验算与配筋	221
第七节 在悬臂浇筑中施工安全度和变形控制	225
一、在悬臂浇筑中施工安全度控制	225
二、在悬臂浇筑中的变形控制	226
三、预应力混凝土连续梁桥的预拱度设置	229
第八节 箱梁桥的横向计算	230
一、横向计算图式	230
二、横向荷载计算	230
三、温度影响在箱形梁桥横向截面计算	231
四、箱梁横向计算算例	233
第九节 部分预应力混凝土设计与计算	235
一、概述	235
二、预应力度和预应力混凝土分类	236

三、部分预应力混凝土 B 类受弯构件开裂后的截面应力	237
四、部分预应力混凝土 B 类构件的变形验算	238
五、部分预应力混凝土 B 类构件的裂缝验算	238
第六章 连续箱梁桥的空间分析与计算	240
第一节 箱梁空间分析概述	240
第二节 实体退化单元和虚拟层合单元理论在箱梁空间分析中的应用	246
一、实体退化单元和虚拟层合单元理论	246
二、算例	252
第三节 预应力和徐变在空间有限元分析中的计算	255
一、预应力在三维有限元分析中的计算	255
二、徐变和收缩在三维有限元中的分析	258
第七章 连续箱梁桥的荷载试验与结构评定	260
第一节 试验的目的与意义	260
第二节 试验的内容与方法	260
一、结构初始状态调查	260
二、静力荷载试验	260
三、动力荷载试验	265
第三节 试验的结果与分析	266
一、静载试验结果与分析	266
二、动载试验结果与分析	271
第八章 预应力混凝土连续梁桥的裂缝控制	273
第一节 预应力混凝土连续箱梁裂缝	273
第二节 混凝土收缩和温度变化引起裂缝的控制	273
一、混凝土收缩裂缝	273
二、温度变化引起的裂缝	274
第三节 局部应力产生的裂缝控制	275
一、锚头和接缝处局部受力裂缝	275
二、齿块和锚区槽口局部受力裂缝	277
三、曲束转向受力和曲束径向受力产生裂缝	277
第四节 混凝土连续梁的荷载裂缝控制	277
一、施工问题引起荷载裂缝	277
二、设计问题引起荷载裂缝	278
参考文献	282

第一章 概 论

第一节 悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥的特点

连续梁桥结构体系具有变形小、结构刚度好、行车平顺舒适、伸缩缝少、养护简单、抗震能力强等优点。

预应力混凝土连续梁桥的主要断面形式是箱形截面。采用预应力混凝土连续箱梁,可使跨越能力大大增加,目前在 40~150m 范围内,预应力混凝土连续箱梁占主导地位。无论是城市桥梁、高速公路桥、高架道路、山谷高架栈桥,还是跨越宽阔河流的大桥,预应力混凝土连续梁较多的发挥了它的优势,它是广泛使用的一种桥型。

预应力混凝土连续梁桥的施工方法很多,有支架现浇法、悬臂浇筑和悬臂拼装法、顶推法、移动模架法、大型浮吊施工和旋转施工法等。其中悬臂浇筑和悬臂拼装施工法应用最广,特别在 1953 年悬臂浇筑法成功问世以来,预应力混凝土连续梁桥有着飞跃的发展。我国已建成的跨度较大的预应力混凝土连续梁桥大部分采用此法施工,施工照片见图 1-1-1、图 1-1-2。



图 1-1-1 悬臂浇筑施工照片全景

悬臂浇筑法又称无支架平衡伸臂法、挂篮法、吊篮法。它是以已经完成的墩顶段(通常称“0 号块”)为起点,通过悬吊的挂篮从立模、浇筑混凝土、张拉预应力钢筋,逐段对称地向两侧跨中合拢,形成整桥。悬臂浇筑法施工预应力混凝土连续梁桥具有如下特点:

(1) 预应力混凝土连续梁桥的结构受力状态有利于悬臂施工,即悬臂施工时的受力与成桥后的结构受力较为接近。施工时的预应力筋张拉既是施工时的临时需要,又是成桥后的结构

受力筋;



图 1-1-2 悬臂浇筑施工照片近景

(2)作为无支架施工,有利于通航河流建桥、有利于深山峡谷之间建桥、有利于城市立交建桥,不妨碍桥下净空,不影响桥下交通;

(3)有利于节省施工费用,降低工程造价。因为挂篮结构简单,成本低廉,逐段浇筑混凝土无需大型吊装设备;

(4)有利于施工作业,加快施工进度。每个节段施工(包括立模、钢筋绑扎、管道定位、混凝土浇注、预应力张拉、管道压浆等)均在挂篮内进行,挂篮可设顶棚和养生设备,施工较少受环境影响,可以保证施工的连续性,同时每墩至少有两个工作面平行作业,几个墩可同时施工,各作业面互不干扰,施工速度较快,施工进度有保证;

(5)有利于变高度箱梁施工。由于采用分段施工,便于梁体设计成变高度梁,可使预应力混凝土连续梁桥的结构布置呈千姿百态,能设计出各种轻巧、飘逸、美观的桥梁。

悬臂浇筑施工法也存在一些问题,在设计和施工时需要特别注意:

(1)要保证施工中的安全性和稳定性。因为在节段施工中容易出现偏载或因风力而产生不平衡弯矩,因此,在施工中往往除将墩、梁临时固结外,还有在桥墩或墩旁加设临时支撑,以承受不平衡弯矩,必须保证施工中双悬臂体系的稳定性;

(2)要切实保证混凝土的浇筑质量。因为悬臂浇筑施工法高空作业工作量大,工作面小,施工周期受混凝土养生、脱模的限制,节段循环作业中遗留有内部接缝等,因此必须从设计和施工全面考虑保证节段混凝土的现浇质量;

(3)要严格控制梁体的几何位置。悬臂浇筑施工法虽然要比悬臂拼装法容易控制变形,因为逐段浇筑施工可以逐节段调整挂篮标高,但是由于逐段浇筑混凝土龄期不同,合拢时需进行体系转换,因此由于混凝土的徐变和收缩而产生的变形和次内力是复杂的,必须精心设计,精细施工。

悬臂浇筑法施工适合于梁的上翼缘承受拉应力的桥梁形式,除预应力混凝土连续梁以外,如预应力混凝土悬臂梁、连续刚构、斜拉桥及拱桥等都有广泛的使用。

第二节 悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥在我国的发展

我国预应力混凝土连续梁桥在 20 世纪 70 年代首次应用于城市桥梁工程,1973 年修建北京复兴门立交桥($8.25\text{m} + 25\text{m} + 8.25\text{m}$)为支架拼装的预应力混凝土连续梁桥;1975 年河北修建通惠河桥($26.7\text{m} + 40.7\text{m} + 26.7\text{m}$)为单室预应力混凝土连续梁桥;1977 年修建的河北洛河大桥($30.27\text{m} + 2 \times 45\text{m} + 30.27\text{m}$)为悬臂浇筑的三室箱梁桥;1979 年 9 月建成的兰州黄河桥($47\text{m} + 3 \times 70\text{m} + 47\text{m}$)为悬臂浇筑的分离式双室箱梁桥,从而进一步推动了预应力混凝土连续梁桥的修建和发展。1985 年 7 月修建的湖北沙洋汉江公路桥,其主跨布置为 $63\text{m} + 6 \times 111\text{m} + 63\text{m}$,长 792m,系 8 跨一联单箱单室预应力混凝土连续箱梁桥。此后相继建成了湖南省常德沅江桥、黑龙江省哈尔滨松花江大桥、贵州省思南乌江桥、天津市东堤头桥、广西省钦州茅岭江桥、湖南省衡阳湘江桥、浙江省桐庐富春江大桥、富阳富春江第一大桥、杭州钱江二桥、青田瓯江桥、台州灵江大桥,还有云南省六库怒江桥以及湖北省宜城汉江桥等都是特大公路桥。目前,国内最大跨度的预应力混凝土连续梁桥是江苏省南京长江第二大桥北汉桥,主孔跨径 165m,支座吨位达 65000kN。悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥在 60 ~ 150m 范围内具有很强的生命力和很大的竞争力。一般在 150m 以上跨径较少采用预应力混凝土连续梁桥,因为更大跨度预应力混凝土连续梁桥需要采用特大吨位的桥梁支座,而支座寿命与桥梁使用寿命不匹配,使支座养护和更换困难。

从我国已建成的大跨度预应力混凝土连续梁桥实践来看,大部分采用悬臂浇筑法施工,通过大量的工程实践,施工工艺在不断革新,施工质量在不断地提高,如悬臂浇筑的作业循环周期在不断缩短;施工效率和混凝土整体质量在不断提高;在施工机具、挂篮设备、现浇技术等方面取得了较大发展和相当水平,主要表现在以下几方面:

(1)挂篮形式多样,结构设计更趋合理,挂篮重量不断减轻。挂篮结构形式采用有型钢式、桁架式、斜拉式和混合式等。桁架式包括撑架式、弓弦式等各种结构形式;斜拉式又分为三角斜拉式和预应力斜拉式。挂篮自重与节段混凝土重量比值已由 1 ~ 2 降至 0.3 ~ 0.5。挂篮重量的减轻,不仅减少了挂篮所需要的材料和设备,节省了制造、运输、安装、拆卸的费用,而且可使桥梁设计变得更为经济合理。挂篮设备可进一步向定型化、规格化、系列化发展。悬臂浇筑施工法所用的其他设备如预应力工艺设备、挂篮走行和固定装置等,国内都有配套的系列产品可供选用。

(2)分段浇筑工艺日臻成熟。一般分段长度为 2 ~ 5m,梁高 5 ~ 8m,梁段作业循环周期一般在 7 天左右,对于 3 ~ 5 跨的预应力混凝土桥的上部结构,在 1 ~ 2 对悬臂单元同时作业的情况下,可以做到不跨年度施工。

(3)新材料、新设备的开发和应用进一步促进了预应力混凝土连续梁桥的发展。在 20 世纪 80 年代后期,国内开始生产 1860MPa 的低松弛预应力钢绞线,加上与其配套的大吨位预应力锚具和张拉设备的研制成功,C50 与 C60 混凝土的应用,使得预应力连续梁桥结构轻型化,跨越能力得到很大提高;由于采用了大吨位的预应力锚具体系,使得预应力箱梁布束范围内的顶板、腹板和底板尺寸,设计时由原来的布束控制改为受力控制和按构造要求控制,这样可以大大减小了箱梁断面的尺寸,减轻了上部结构的自重,从而使得预应力结构设计更趋合理、经济。

(4)计算机技术的发展,促进了桥梁建设的发展。自 20 世纪 70 年代后期以来,我国桥梁

结构分析专用软件和 CAD 技术得到大力开发和应用,不仅大大提高了计算精度和速度,而且使应用于大跨径预应力混凝土连续梁桥的施工控制有了可能,使得成桥后的线形平顺,符合桥梁的纵向设计标高,桥梁结构的受力状态能与设计计算一致。

第三节 国内悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥

表 1-3-1 为国内部分悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥一览表,实际建造数量远远超过表上所列。

国内悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥一览表

表 1-3-1

竣工 年份	桥名(桥址)	跨径布置(m)	桥宽 (m)	截面形式	梁高 H(m)		材料用量		
					支点	跨中	混凝土 (m^3/m^2)	预应力筋 (kg/m^2)	普通钢筋 (kg/m^2)
1977	洛河大桥(河北)	30.27 + 2 × 45 + 30.27	9	单箱三室	2.5	1.3	0.62	19	50
1979	兰州黄河大桥(甘肃)	47 + 3 × 70 + 47	21	单箱双室, 并列箱	4.0	2.0	0.63	24.7	70
1982	德都青山大桥 (黑龙江)	30 + 50 + 30	8.5	单箱双室	2.8	1.5	0.59	24.0	57.2
1983	桂林漓江大桥(广西)	48 + 3 × 60 + 48	20	双箱	4.0	2.0	0.58	35.9	44.2
1983	松花江大桥(黑龙江)	59 + 7 × 90 + 59	24	双箱	5.4	3.0	0.83	49.3	92.6
1983	常德沅水大桥(湖南)	84.7 + 3 × 120 + 84.7	18	单箱单室	6.8	3.0	0.846	65.7	89.5
1983	阆中嘉陵江大桥(四川)	49 + 3 × 84 + 49	12	单箱单室	4.85	2.5			
1985	沙洋汉江桥(湖北)	62.4 + 6 × 111 + 62.4	12	单箱单室	6.0	2.5	0.88	49.4	75.0
1984	南宁邕江大桥(广西)	64 + 5 × 90 + 64	22	单箱单室分离箱	5.5	2.5			
1988	衡阳湘江大桥(湖南)	55.5 + 3 × 85 + 55.5	22.5	单箱三室	4.8	2.2			
1988	株洲湘江桥(湖南)	53.2 + 6 × 90 + 53.2	24	单箱单室分离箱	5.2	2.8			
1988	东堤头大桥(天津)	70 + 100 + 70	17	单箱双室	6.0	3.3	0.78	35.3	84.4
1989	惠州市惠州大桥(广东)	62 + 92 + 124 + 92 + 62	20	双箱	7.0	3.0			
1990	宣城汉江大桥(湖北)	55 + 4 × 100 + 55	10.8	单箱单室	5.0	2.6	0.69	34.1	70.6
1990	三峡乐天溪公路大桥 (湖北)	85.8 + 2 × 125 + 85.8	15.0	单箱单室	7.7	3.2	0.803	45.0	103.3
1991	钱江二桥公路桥 (浙江)	45 + 65 + 14 × 80 + 65 + 45	20	单室梯形箱	5.1	2.3			
1991	六库怒江大桥(云南)	85 + 154 + 85	10	单箱单室	8.5	2.8	1.73	67	109.1
1992	桐庐、富阳富春江桥 (浙江)	52 + 3 × 80 + 52	13	单箱单室	5.0	2.3	0.81	65.7	89.5
1992	广珠东线洪奇沥大桥 (广东)	52 + 80 + 52	15	单箱单室	4.5	2.0	0.74	26.1	111
1993	上海吴淞大桥	55 + 90 + 55	40	单箱单室分离箱	5.0	2.0	0.86	50	120
1994	中山神湾大桥(广东)	55 + 90 + 55	12.5	单箱单室	5.0	2.5			

续上表

竣工 年份	桥名(桥址)	跨径布置(m)	桥宽 (m)	截面形式	梁高 H(m)		材料用量		
					支点	跨中	混凝土 (m ³ /m ²)	预应力筋 (kg/m ²)	普通钢筋 (kg/m ²)
1994	风陵渡黄河公路大桥 (山西)	87 + 7 × 114 + 87	13	单箱单室	6.5	2.8			
1995	青田瓯江桥(浙江)	55 + 90 + 55	13	单箱单室	5.0	2.5	0.76	38.2	66.2
1995	丹东大洋河桥(辽宁)	80 + 100 + 80	11.85	单箱单室	5.8	2.4	0.96	67.3	104.6
1995	番禺市海鸥大桥(广东)	70.5 + 110 + 70.5	15.5	单箱单室	6.0	2.4	0.92	61.8	121.2
1995	佛开高速潭州大桥 (广东)	75 + 125 + 75	12.1	单箱单室	7.0	2.75			
1995	上海苏州河成都路桥	44 + 65 + 44	27.5	双箱单室	3.5	2.5	0.74	48.1	102.5
1995	上海奉浦大桥	85.15 + 3 × 125 + 85.15	18.6	单箱单室	7.0	2.8	0.91	69.2	95.5
1996	天门汉江公路桥(湖北)	2 × 50 + 85.3 + 2 × 115.7 + 85.3 + 2 × 50	13.5	单箱单室	6.6	3.0	0.717	46.6	143.1
1997	兰溪黄湓大桥(浙江)	52 + 3 × 80 + 52	15.7	单箱单室	5.1	2.4	0.88	54	72
1998	沪杭高速长山河桥 (浙江)	50 + 70 + 50	32.5	单箱单室分离箱	4.0	1.9			
1999	沪宁高速龙溪港桥 (浙江)	56 + 80 + 56	32.5	单箱单室分离箱	5.0	2.4	0.84	42.2	65.1
1999	德庆西江大桥 (广东)	82 + 2 × 128 + 82	12.5	单箱单室	7.0	2.8		44.9	
2000	甬台温高速灵江桥 (浙江)	72 + 3 × 122 + 72	26.0	单箱单室分离箱					
2000	宁波市通途桥(浙江)	40 + 3 × 60 + 40	30	单箱单室并列箱	3.5	1.7			
2000	福泉高速乌龙江二桥 (福建)	60 + 3 × 100 + 60	33.5	单箱单室分离箱	6.9	3.1			
2001	南京长江二桥北汊桥 (江苏)	90 + 3 × 165 + 90	32.0	单箱单室分离箱	8.8	3.0			
2001	台州椒江桥(浙江)	62.65 + 100 + 104.7 + 100 + 62.65	19.0	单室梯形箱					
2001	杭州绕城高速运河桥 (浙江)	41.45 + 70 + 41.45	40.0	单箱单室分离箱	4.1	2.0			

预应力混凝土连续梁的用材指标如图 1-3-1 和图 1-3-2 所示^[1]。图 1-3-1 为混凝土用量指标,从用量曲线图可看出,在 60 ~ 150m 跨径范围内,连续梁体系的混凝土用量要比简支和悬臂梁体系小得多,与 T 型刚构、连续刚构体系用量比较接近。图 1-3-2 为钢材用量指标,图中的黑点标记是我国预应力混凝土连续梁桥的钢筋用量,国内桥梁的受力钢筋与非受力钢筋的总和用量普遍偏低。

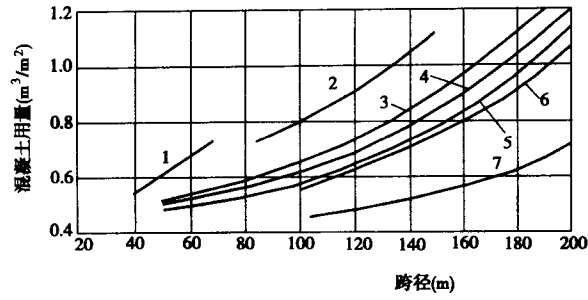


图 1-3-1 各种体系桥梁跨径与上部结构混凝土用量的最佳曲线图
1-简支梁;2-悬臂梁;3-连续梁;4-T型刚构;5-连续刚构;6-悬臂拱;7-斜拉桥

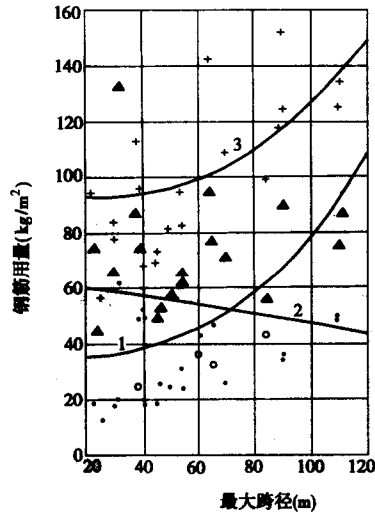


图 1-3-2 预应力混凝土连续梁钢筋用量曲线图
1-根据国外桥梁归纳的受力钢筋用量;2-根据国外桥梁归纳的非受力钢筋用量;3-1与2的总和;+ 国内桥梁的受力钢筋用量;▲-国内桥梁的非受力钢筋用量;+ 与 ▲ 的总和

第二章 材料与锚具

第一节 预应力钢材

一、高强度钢丝

预应力混凝土结构常用的高强度钢丝,又称碳素钢丝,是用含碳量为 0.7% ~ 1.4% 的优质碳素钢盘条加热至 850 ~ 950℃,并经过铅浴淬火,然后酸洗冷拔而成。钢丝经过矫直回火处理后,可消除钢丝冷拔中产生的残余应力,提高钢丝的比例极限、屈服强度和弹性模量,并改善塑性,称为消除应力钢丝。因此,钢丝按交货状态分为冷拉钢丝及消除应力钢丝两种;为了提高钢丝与混凝土的粘结力,可将钢丝表面刻痕,所以钢丝按外形分为光面钢丝及刻痕钢丝两种;按松弛等级分为两级,即 I 级松弛和 II 级松弛。预应力钢丝的代号分别为:

冷拉钢丝 RCD

消除应力钢丝 S

消除应力刻痕 SI

我国国家标准《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223—1995 按光面钢丝、刻痕钢丝、消除应力钢丝、冷拉钢丝相应规定了其规格尺寸标准以及力学性能。

1. 规格尺寸

光面钢丝的规格尺寸和允许偏差参考表 2-1-1 的规定。

钢丝尺寸及允许偏差

表 2-1-1

钢丝公称直径(mm)	直径允许偏差(mm)	横截面积(mm ²)	每米理论重量(kg/m)
3.00	± 0.04	7.07	0.055
4.00		12.57	0.099
5.00	± 0.05	19.63	0.154
6.00		28.27	0.222
7.00	± 0.05	38.48	0.302
8.00		50.26	0.394
9.00		63.62	0.499

注:计算钢丝理论重量时钢的密度为 7.85g/cm³。

刻痕钢丝中的两面刻痕钢丝、三面刻痕钢丝外形、尺寸和允许偏差可参考国家标准《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223—1995 附录 A。

2. 力学性能

消除应力钢丝的力学性能见表 2-1-2。