

范立础 主编

预应力混凝土 连续梁桥

人民交通出版社

预应力混凝土连续梁桥

Yuyingli Hunningtu Lianxu Liangqiao

范立础 主编

人民交通出版社

预应力混凝土连续梁桥

范立础 主编

人民交通出版社出版发行
(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 20 字数: 446千

1988年8月 第1版

1988年8月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—10,200册 定价: 8.80元

前 言

近二十余年来,连续梁结构体系已成为预应力混凝土桥梁的主要桥型之一,在40~200m(至今,世界上最大跨径已达260m)的范围内,与其它结构体系比较,常成为最佳桥型方案。国外,这种桥型的桥梁在整个预应力混凝土桥梁修建总数中,已从1948年的10%左右上升到目前的40~50%左右,可见它的强大生命力。国内,从70年代开始才采用这种桥型,起步虽较迟,但近年来开始迎头赶上,1982~1983年已建成的和正在修建的大跨度预应力混凝土连续梁桥达15座之多,跨径已从开始的40~70m发展到120m,目前正在施工的主跨已达180m。

连续梁是一种古老的结构体系。在预应力混凝土桥梁发展至今的五十余年的历程中,它同简支梁结构一样是最早被应用的一种结构体系。在50年代前,它的跨径并不大,当时因施工条件的限制,采用满堂脚手修建,费工费时费料。在60年代中,因悬臂施工方法的应用和发展,为多跨连续梁桥的修建提供了有利的施工条件,从而使它逐步扩大了应用范围,并在结构体系上也有所发展。如在跨径100m以上的大跨度预应力混凝土桥梁中,连续梁与T型钢构两种体系相结合,各取所长,采用墩梁连固形成连续-刚构体系。这种体系的薄型桥墩在整个结构中起柔性墩柱作用,而上部梁体系结构仍主要起连续梁的作用。因而这种桥梁体系将列入本书的内容,而T型钢构已有专著论述,在此不再介绍。

笔者多年来在上海同济大学执教“桥梁工程”,在1977年曾配合上海市曹阳路工程(预应力混凝土连续梁桥)的修建,首次编写了“预应力混凝土连续梁桥”讲义,同时指导编写了“预应力混凝土连续梁桥计算实例”讲义。鉴于国内已积累了近40座连续梁桥的设计、施工的有益经验,亦为普及与提高预应力混凝土超静定结构的基本科学知识,在同行的鼓励与鞭策下,深感出版介绍这种桥型设计与施工的专著很有必要。于是组织了同济大学桥梁教研室几位同事,分工执笔编写。在编写过程中,得到交通部公路规划设计院王建瑶总工程师、肖恩源副总工程师,交通部中国路桥工程公司陆楸高级工程师,上海市市政工程设计院张迺华副总工程师以及沙阳大桥、容奇大桥、细滘大桥、桂林漓江大桥的设计组和有关工程技术人员的热情帮助,并提供了许多宝贵资料,笔者借本书出版发行之际,在此表示深切感谢。

本书的编写分工如下:范立础编写第一、八章;陆宗林编写第二章;印定安编写第五、六、七章;黄绳武编写第三、四章,全书由主编范立础审阅、修改定稿。

笔者希望本书既能反映国内建设成就,又能反映国外发展情况,并期望它对从事桥梁设计、施工工作的同志有所裨益,对学校教学方面也有所帮助。

本书的编写属初次尝试,其中难免有遗漏、疏忽之处,错误也在所难免,殷切期望广大读者批评指正。

主编 范立础

1985.1.

内 容 提 要

本书主要介绍预应力混凝土连续梁桥的现状与发展、构造与设计原理以及各种施工方法。全书共八章：概论、材料与预应力工艺、连续梁桥构造、施工、设计、强度计算、次内力分析、徐变与收缩效应。本书收集了国内外连续梁桥的主要资料，并有分析介绍。

本书适用于桥梁或道路工程专业的学生、教师以及有关专业的工程技术人员参考。

目 录

前 言

第一章 概论	1
第一节 预应力混凝土桥梁发展简况	1
一、国外预应力混凝土桥梁的发展.....	3
二、我国预应力混凝土桥梁的现状与发展.....	8
三、国内外预应力混凝土连续梁桥的发展.....	10
第二节 预应力混凝土桥梁技术经济指标	25
一、桥梁经济效益基本公式.....	26
二、预应力混凝土桥梁的三材指标.....	26
参考文献.....	29
第二章 材料与预应力工艺	31
第一节 钢材	31
一、高强度钢丝.....	31
二、钢绞线.....	31
三、高强度粗钢筋.....	32
四、钢材的徐变和松弛.....	33
第二节 混凝土	34
一、混凝土的标号.....	34
二、混凝土的强度.....	34
三、混凝土的变形.....	36
四、混凝土的弹性模量.....	37
五、混凝土材料、工艺的发展.....	37
第三节 预应力的锚具	39
一、锥形锚具.....	40
二、墩头锚具.....	44
三、JM12 (JM15) 锚具.....	46
四、群锚 (QM 锚具).....	48
五、粗钢筋锚具.....	55
第四节 预应力张拉设备	58
第五节 制孔工艺	61
参考文献.....	62
第三章 预应力混凝土连续梁桥的构造	64
第一节 预应力混凝土连续梁桥的类型	64
一、等截面连续梁桥.....	64

二、变截面连续梁桥	67
三、桁架连续梁桥	69
四、连续-刚构体系梁桥	72
五、V形墩连续梁桥和双柱墩连续梁桥	74
第二节 梁部结构	76
一、横截面形式	76
二、预应力筋布置	80
三、合拢段的构造	86
第三节 桥梁墩台结构	87
一、概述	87
二、桥台类型和构造	88
三、桥墩类型和构造	90
第四节 支座与伸缩缝	95
一、桥梁支座	95
二、伸缩缝	102
第五节 预应力混凝土连续梁桥实例	109
一、给脱威 (Gateway) 桥	109
二、沙洋汉江桥	110
三、威列峡湾 (Vejle Fjord) 桥	112
四、广珠公路容奇桥	113
五、柳州二桥	116
六、萨庄 (Sathorn) 桥	118
七、长礁 (Long Key) 桥	121
八、巴比延 (Bubiyan) 桥	123
参考文献	125
第四章 预应力混凝土连续梁桥的施工	127
第一节 有支架就地浇筑施工	128
一、概述	128
二、支架	129
三、施工特点	131
第二节 悬臂施工法	133
一、概述	133
二、悬臂施工的程序和墩梁临时固结的措施	134
三、悬臂施工的方法	138
第三节 逐孔架设法	146
一、用临时支承组拼预制节段, 逐孔施工	146
二、使用移动支架逐孔现浇施工	149
三、整孔吊装与分段吊装逐孔施工	150
第四节 移动模架法	154
一、移动悬吊模架施工	154

二、活动模架施工	156
第五节 顶推法	159
一、概述	159
二、顶推的施工方法	160
三、顶推施工中的几个问题	166
四、施工中的临时措施	169
参考文献	173
第五章 预应力混凝土连续梁的设计	175
第一节 预应力混凝土连续梁的桥型、分跨和跨径组合	175
一、变高度多跨连续梁	175
二、等高度多跨连续梁	177
三、连续-刚构体系	178
第二节 主梁截面形式与主梁高度的拟定	182
一、主梁截面形式	182
二、主梁截面高度	187
第三节 箱梁截面细部尺寸	191
一、顶板和底板	191
二、腹板	192
三、横隔板	193
四、承托(梗腋)	194
参考文献	194
第六章 结构内力分析与配筋计算	195
第一节 箱形截面受力分析	195
一、箱形截面的变形和应力特征	195
二、箱形截面内力分析方法概述	196
三、纵向弯曲正应力 σ_M 和纵向弯曲剪应力 τ_M	199
四、自由扭转剪应力	205
五、用弹性基础梁相似法分析箱形截面的畸变应力	206
六、计算扭转、畸变和荷载局部效应的“手册”法	214
第二节 体系转换与结构恒载内力计算	222
一、结构体系转换与内力分析	222
二、恒载内力计算	224
第三节 结构活载内力计算	229
第四节 配筋计算	231
一、使用荷载下的应力要求	231
二、承载能力极限状态的强度要求	233
参考文献	235
第七章 超静定梁的次内力分析	236
第一节 预加力对结构的作用	236
一、静定结构中预加力的作用	236

二、超静定结构中预加力的作用	237
第二节 预加力次力矩的计算方法	238
一、力法	238
二、等效荷载法	242
第三节 预加力次力矩性质的讨论	248
一、线性转换与吻合力筋	248
二、次力矩的调整	251
第四节 温度应力的计算	253
一、结构各部分温度场的确定	253
二、温度应力计算方法	255
三、实例分析	259
参考文献	261
第八章 混凝土徐变和收缩引起结构的次内力与变形计算	262
第一节 混凝土徐变和收缩	262
一、混凝土收缩	263
二、混凝土徐变	264
三、混凝土徐变和收缩对结构的影响	265
第二节 混凝土徐变系数和收缩量的计算	266
一、CEB-FIP 1970建议公式	266
二、联邦德国规范《DIN-4227》(1972年版)	268
三、1978年国际预应力协会(FIP)关于混凝土徐变系数和收缩量计算建议公式	271
第三节 徐变理论及徐变系数的数学模式	274
一、徐变理论——加载龄期与 $\varphi(t, \tau)$ 的关系	274
二、徐变系数的数学模式	275
第四节 结构因混凝土徐变引起的变形计算	277
一、应力不变条件下结构的徐变变形计算	277
二、应力变化条件下结构的徐变变形计算	278
第五节 混凝土徐变引起结构次内力计算	279
一、狄辛格(Dischinger)方法	280
二、扩展狄辛格(Dischinger)方法	283
三、有效弹性模量法	284
第六节 逐跨建造连续梁结构徐变次内力的计算示例	286
一、各施工阶段时连续梁各支座上的初始力计算式	286
二、各支点上弹性内力 $X_1(j)$ 的计算式与表格	288
三、结构徐变次内力 $X_{11}(j)$ 计算	290
四、算例一(有效弹性模量法)	291
五、算例二(狄辛格方法)	293
六、讨论	296
第七节 超静定结构次内力计算有关问题综述	297
一、混凝土收缩的结构次内力计算	297

二、墩台沉降或支座强迫位移的结构次内力计算·····	298
三、减少由徐变引起次内力的可能途径·····	300
四、若干问题综述·····	301
参考文献·····	302
编后语·····	303
一、结构裂缝与非预应力钢筋·····	303
二、桥梁横截面型式·····	305
三、桁式腹板组合箱梁·····	306

第一章 概 论

预应力混凝土的研究、发展历史已有一百余年了,作为一种复合建筑材料用于桥梁结构还只有五十余年的历史。在近三十年来,预应力混凝土桥梁的发展速度迅猛异常。在50年代,最大跨径已达到114.2m——联邦德国的胡尔姆斯(Worms)桥,为T型刚构体系;60年代,最大跨径为235m——委内瑞拉马拉开波(Maracaibo)桥,为斜拉桥;70年代为320m——法国布鲁东(Brotonne)桥,为斜拉桥;80年代至今,最大跨径为440m——1983年建成的西班牙卢纳也里奥斯(Barrios de Luna)桥,亦为斜拉桥,见图1-1。我国的预应力混凝土桥梁在50年代才刚开始研究,仅应用于小跨简支梁桥,最大跨径仅为32m;60年代为124m——广西柳州大桥,T型刚构;70年代为174m——四川重庆长江大桥,亦为T型刚构;80年代至今,最大跨径为260m——正在修建的天津永和桥,为斜拉桥。预应力混凝土桥梁不但在跨径上已跻身于过去为钢桥所霸占的大跨径范畴,而且在建桥数量上已遥遥领先。在预应力混凝土桥梁发展较早的一些欧洲国家,如联邦德国、法国、瑞士、比利时等国的预应力混凝土桥梁的建桥总面积(以桥面面积计),在近十余年中已上升到75~80%。我国近十年来,在公路桥梁的中等与大跨径桥梁方面,其建桥总数也已上升到75%左右。

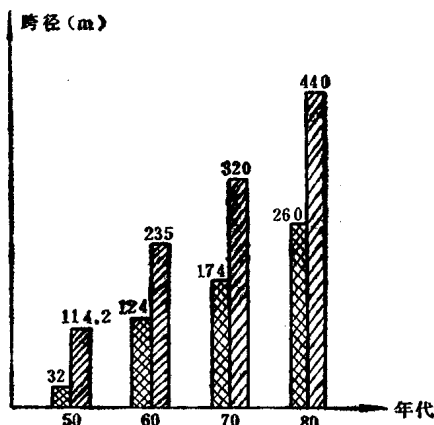


图1-1 各个时期预应力混凝土桥梁达到的最大跨径

因此,回顾一下预应力混凝土桥梁的发展历史是十分必要,也非常有益于展望今后的发展方向。

第一节 预应力混凝土桥梁发展简况

早在1861年人们就提出对混凝土施加预压应力的设想,并开始了各种尝试和研究工作。然而,直至本世纪20年代前,大多数的尝试与研究都遭到了失败。主要原因是材料强度不高,所施加的预压应力又因混凝土的收缩、徐变影响而消失殆尽。在前六十余年的历程中,预应力混凝土处在萌芽阶段,人们在失败的教训中对它有了更深一步的了解,而且发现了在混凝土中建立可靠预应力的一些关键问题,如:

1. 必须提高材料强度,保证所施加的预应力在各种客观因素导致的损失后,尚能保持一定的永存预应力;
2. 必须研究高强材料的物理力学特征,特别是混凝土的收缩、徐变特性;
3. 必须研究可靠的预应力施工工艺,锚固体系。

从而，预应力混凝土的研究在本世纪20年代开始至第二次世界大战前，进入了一个崭新的阶段，并开始尝试付诸于工程实践。

1920年，法国工程师弗莱西奈（Freyssinet）提出了混凝土振捣工艺，提高了混凝土材料的强度。

1928年，法国工程师弗莱西奈与美国的狄尔（Dill）由于确定了混凝土徐变的影响，在结构中建立了永存预应力。

1939年，德国狄辛格（Dischinger）发展了混凝土收缩、徐变的数学分析法。

同年，弗莱西奈提出了圆锥形锚具（F式锚具）及张拉体系，首先建立了后张法预应力混凝土的施工工艺，他为后张法预应力混凝土桥梁的发展奠定了基础，F式锚具至今仍是应用最广泛的一种有效锚固体系。

从40年代开始，材料强度不断提高，材料工艺不断改进，预应力技术迅速发展。

粗钢筋、高强钢丝、钢绞线的强度

表1-1

项 目 \ 年 代	50年代初	50年代末	60 年代	70 年代
粗钢筋强度（屈服强度/抗拉强度 MPa）	589/883	785/1030	834/1030	1079/1324
粗钢筋直径（mm）	φ26	φ26, φ32	φ26, φ32, φ36	φ26, φ32, φ36
钢丝抗拉强度（MPa）				1471~1717
钢绞线抗拉强度（MPa）				φ4, φ5 1765~1865

表1-1列出从50年代至70年代预应力钢筋与高强钢丝、钢绞线的发展情况。预应力钢材总的发展趋势是高强度（屈服强度、抗拉强度、疲劳强度）、低松弛、耐腐蚀、强粘性。

混凝土总的发展趋势是高强、轻质。材料工艺从70年代开始采用减少剂等新型掺加剂，制备塑性混凝土，摒弃了70年代的干硬性混凝土。发展混凝土预拌工艺（集中拌料及搅拌车运输）以及泵送混凝土工艺。至今，一般预应力混凝土桥梁大都采用40~50号混凝土，抗压强度为39~59MPa。70号以上为超高强混凝土，从60年代中期开始研究，1974年，日本曾应用80号混凝土修建了几座跨径为45m的简支预应力混凝土上承式铁路桁架桥。轻质混凝土在60年代以后，也曾不断应用于桥梁工程，最大跨径为136m（中跨中央84m用轻质混凝土）的联邦德国富林格尔桥。轻质混凝土容重为15.7~19.6kN/m³，抗压强度在29~49MPa。显见，为使桥梁轻型化，向更大跨径进军，超高强混凝土（包括聚合物浸渍混凝土与纤维混凝土）和轻质高强混凝土的研究和发展势在必行。

预应力技术（即锚固方式与张拉体系）继1939年法国首创F式体系与比利时首创Magnet体系后，在50年代至60年代，世界各国学者与工程师们提出了不下于50余种的锚固张拉体系。预应力技术从先张法突进到后张法，为大跨预应力混凝土连续梁的发展提供了广阔的前景。根据国际预应力协会1968年统计，各国采用最多的几种体系见表1-2，其中所列举张拉力一项为至今已达到的数值。发展趋势是提高单根（或单束）力筋的张拉力，采用方型力筋，保证锚固的可靠性和操作灵活简便的张拉体系。

综上所述，预应力混凝土发展的三个基本要素即是：

1. 抗压强度大于29MPa的混凝土；
2. 屈服点大于589MPa的预应力钢筋；

常用的锚固张拉体系

表1-2

国 名	锚 固 张 拉 体 系	预应力钢材	张 拉 力 (kN)
法 国	弗莱西奈 (Freyssinet) 体系	钢丝、钢绞线	294~12753
瑞 士	B.B.R.V 体系	钢 丝	392~7652
联 邦 德 国	迪维达克 (Dywidag) 体系	粗 钢 筋	191~1049
美 国	VSL 体系	钢丝、钢绞线	164~16500

3. 建立并保持可靠的预应力锚固张拉体系。

同时, 预应力混凝土结构设计理论的研究与发展亦日益完善, 为预应力混凝土用于工程实践提供了科学根据。电子计算机的广泛应用, 也促进了各种复杂的预应力混凝土结构的实现。

一、国外预应力混凝土桥梁的发展

预应力混凝土桥梁的发展在第二次世界大战以前尚处在萌芽阶段, 但正在逐步向成熟阶段过渡。第二次世界大战以后, 联邦德国、法国等西欧国家因遭受战争破坏, 大量桥梁急待修复, 而当时战后钢材奇缺, 客观上为预应力混凝土桥的发展提供了非常有利的环境。而在非洲、拉丁美洲一些第三世界国家亦为避免从国外输入昂贵的钢材, 也常优先考虑预应力混凝土桥梁方案。

预应力混凝土桥梁一旦跃上桥梁建设的历史舞台, 就显示出它强大的竞争能力, 从50年代创建了突破100m的跨径记录, 经过三十余年的迅猛发展, 至今已创建了440m的跨径记录。目前, 在规划中的设计方案有突破500m跨径记录的趋势。而在实际的工程实践中, 在400m以下的跨径范围内, 预应力混凝土桥梁已常为优胜的方案。

在三十余年的高速发展阶段, 几座典型桥例是非常值得一提的。1953年联邦德国建成的胡尔姆斯 (Worms) 桥, 主跨114.2m, 它标志着钢桥传统的施工方法——悬臂拼装方法在预应力混凝土桥上创造性的应用, 即悬臂浇筑法, 从而发展了预应力混凝土结构的一种新体系——T型刚构。1964年联邦德国又建成了主跨为208m的本道尔夫 (Bendorf) 桥, 再一次成功地显示出悬臂施工方法的优越性, 并且在结构体系上又有了创新, 见图1-2。薄型的主墩与上部连续梁固结, 形成带铰的连续-刚构体系。1962年在委内瑞拉建成的马拉开波 (Maracaibo) 桥, 桥全长8272m, 其中主桥为斜拉桥, 跨径为160+5×235+160m, 见图1-3。它标志着预应力混凝土对新型结构体系的强有力的适应性。斜拉桥体系首创于钢结构,

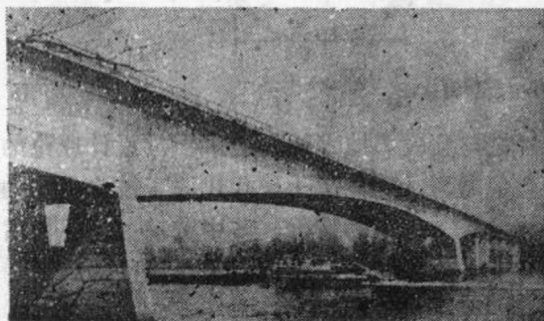


图1-2 本道尔夫 (Bendorf) 桥

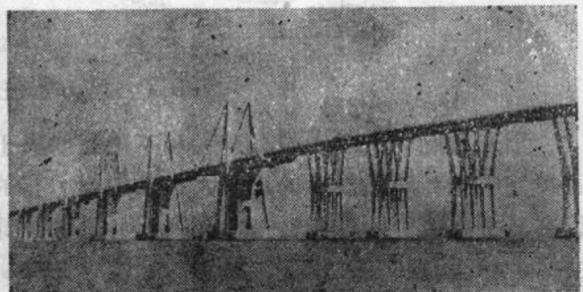


图1-3 委内瑞拉马拉开波 (Maracaibo) 桥

尔后, 预应力混凝土结构相继应用, 70年代以后, 成为大跨径预应力混凝土桥梁的主要桥型之一, 并接近世界大跨径钢斜拉桥^①的记录。

预应力混凝土桥梁的发展不但在跨径记录上一再突破, 而且在结构体系上“百花争艳”, 充分体现了可塑性复合建筑材料的优越性。至今预应力混凝土桥梁的主要结构体系已达到的跨径记录(1983年前的统计)见图1-4与表1-3。

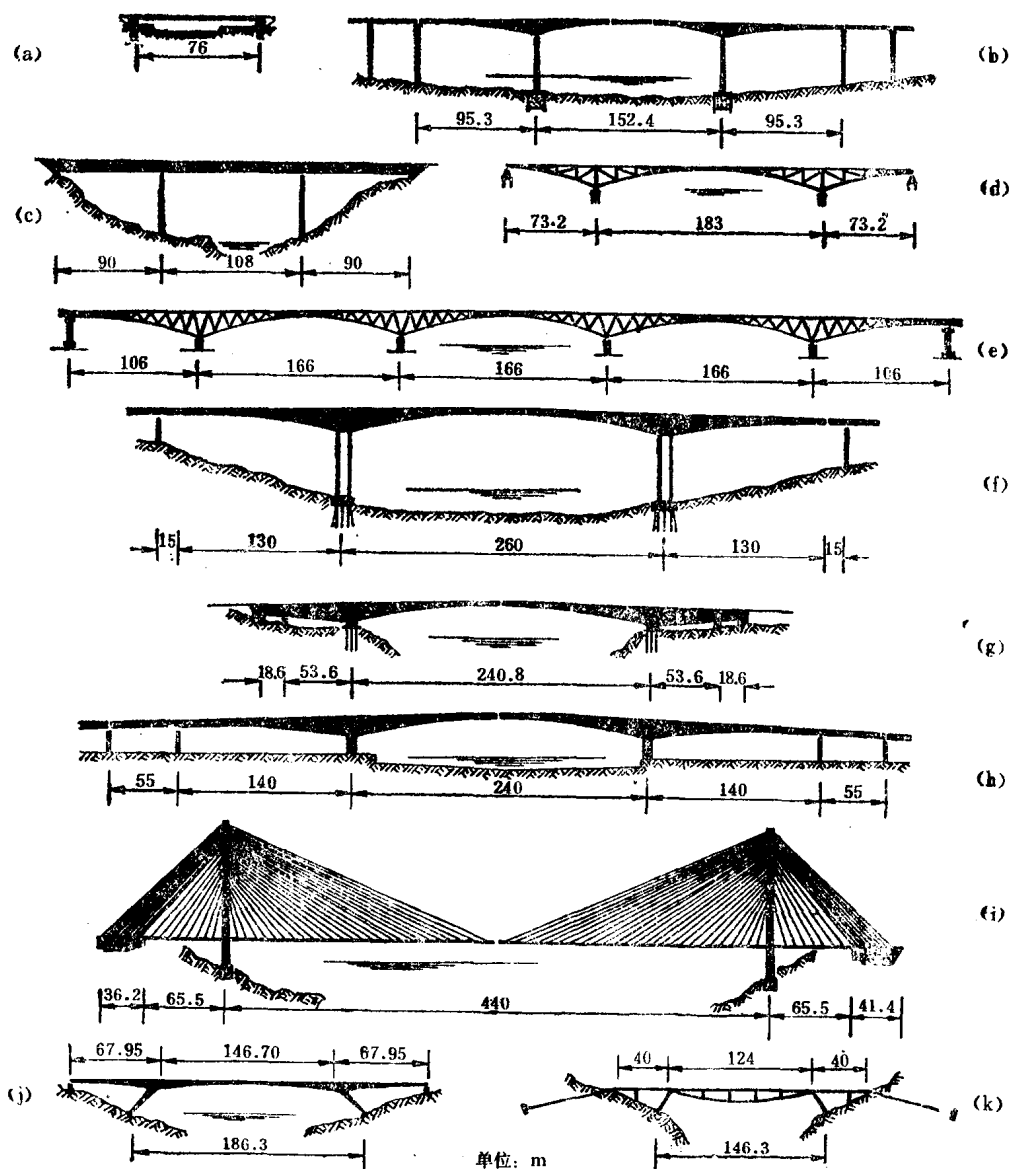


图1-4 预应力混凝土桥主要结构体系

预应力混凝土桥梁的高速发展不单是取决于材料与预应力技术的先进水平, 设计理论的日益完善和计算机技术的发展, 作为桥梁方案的竞争能力, 更取决于现代化施工技术水平的提高、桥梁造价的降低。据欧洲地区各国的统计, 混凝土结构的造价, 其中劳动力费用占38%, 材料占46%、设备占9%、运输占7%, 其中劳动力与材料两项占了总造价的84%。

① 1986年建成的采用钢筋混凝土桥面板与钢梁复合结构的钢斜拉桥, 主跨465m, 位于加拿大温哥华市。

预应力混凝土桥梁主要结构体系已达到的跨径

表1-3

国 名	桥 名	主跨径 (m)	体 系	建成年份	备 注
奥 地 利	阿尔姆 (Alm) 桥	76	简 支 梁	1977	图1-4(a)
英 国	麦特威 (Medway) 桥	152.4	三跨悬臂梁	1962	图1-4(b)
联邦德国	曼法尔 (Mangfall) 桥	108	三跨连续桁架	1960	图1-4(c)
澳大利亚	里蒲 (Rip) 桥	183	三跨悬臂桁架	1974	图1-4(d)
苏 联	伏尔加河 (Волга) 桥	166	五跨连续桁架	1967	图1-4(e)
澳大利亚	给特威 (Geteway) 桥	260	三跨连续-刚构	1983	图1-4(f)
美托管地 帕拉奥岛	帕拉奥岛 (Koror-Babelthuap) 桥	240.8	五跨带铰连续梁	1977	图1-4(g)
日 本	滨名大桥	240	五跨带铰连续梁	1976	图1-4(h)
西 班 牙	卢纳也里奥斯 (Barrios de Luna) 桥	440	斜 拉 桥	1983	图1-4(i)
法 国	博洛姆 (Bonhomme) 桥	186.26	斜腿刚架	1974	图1-4(j)
哥斯达黎加	圣-乔治 (San Jose) 桥	146.3	薄带体系	1972	图1-4(k)
巴 拉 奎	阿松星 (Asuncion) 桥	270	带铰连续-刚构	1979	
瑞 士	摩萨尔 (Mosel) 桥	192	三跨连续梁	1974	
法 国	布鲁东 (Brotonne) 桥	320	斜 拉 桥	1975	
美 国	帕斯克肯威尼克 (Pasco-Kennewick) 桥	154	斜 拉 桥	1978	悬浮体系
南斯拉夫	底特尔蒂萨河 (Tisa) 桥	299	斜 拉 桥	1958	

从1960年至1970年的统计数字, 国外劳动力价格的提高是材料价格提高的2.5倍。因而, 现代化先进的施工方法不断发展, 建立了一系列应用预应力技术的新型桥梁施工架设方法。从1953年悬臂浇筑法 (Cast-in-Site Cantilever Method) 成功问世以来, 1960年提出了逐孔架设法 (Span by span), 1962年又发展了顶推法 (Incremental Launching Method), 同年在悬臂浇筑法不断完善的基础上又发展了悬臂预制拼装法 (Precast Segmental Cantilever Method)。至70年代, 这些方法在具体桥梁工程的应用上各国又有不断的革新。图1-5只表示梁式结构的若干施工方法的示意图。如a) 悬臂浇筑法, b) 应用导梁的悬臂拼装法,

施工方法的适用跨径

表1-4

跨径 (m)																
施工方法	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	400	420	440	460	480	
有支架施工	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
悬臂施工法			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
渐进架设法	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
逐孔架设法	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
移动模架法	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
顶推法		■	■	■	■	■	■	■	■	■						

c)渐近架设法, d)逐孔架设法, e)逐孔拼装法, f)下导梁逐孔浇筑法, g)上导梁逐孔浇筑法〔f)、g)又称移动模架法〕、h)顶推法。适应性最大, 应用最广泛的是悬臂施工法(包括悬臂浇筑法与悬臂拼装法), 见表1-4。

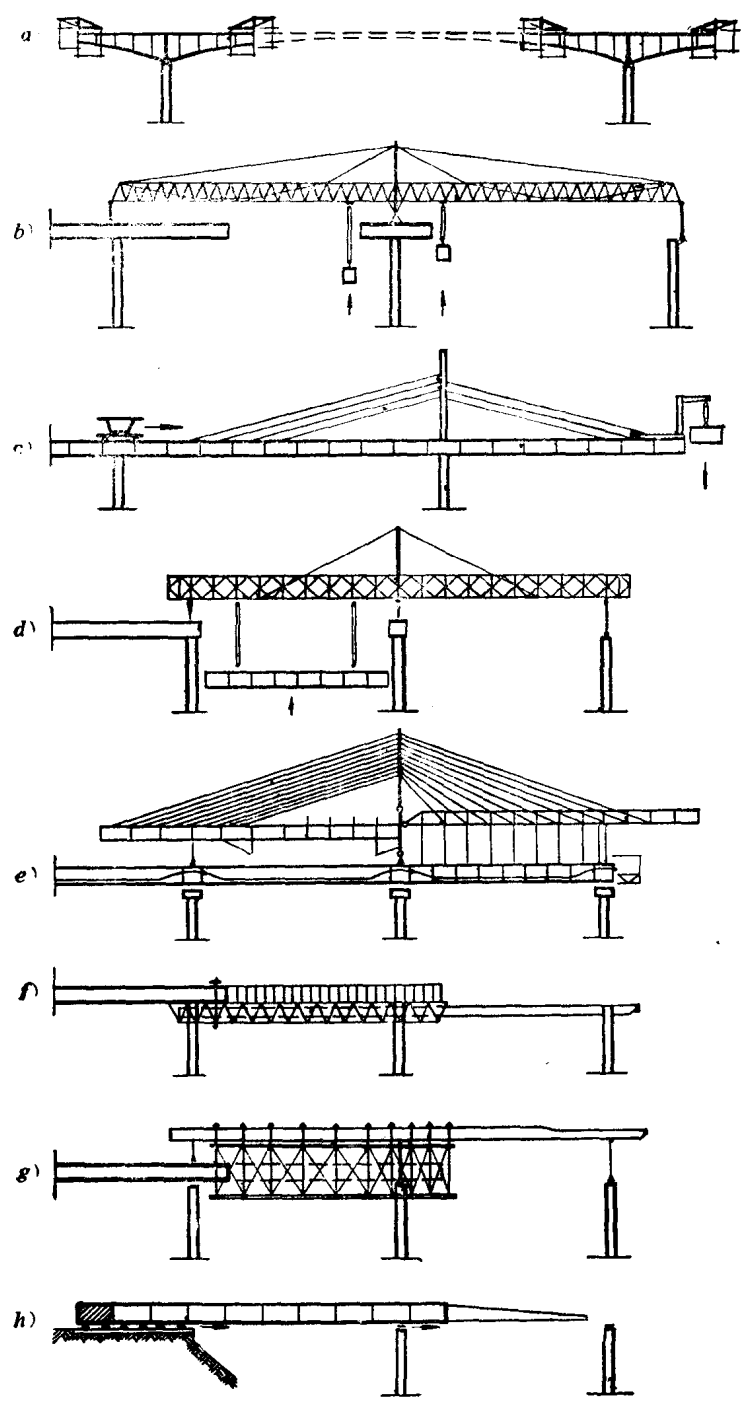


图1-5 梁式结构施工方法示意图

综上所述, 预应力混凝土桥梁所以在近30年来具有强大的竞争能力, 主要的因素有:

1. 预应力混凝土充分发挥高强材料的特性, 具有可靠的强度、刚度以及抗裂性能。结构在车辆运营中噪音小, 维修工作量少。

2. 预应力混凝土桥梁的施工方法已达到相当先进的水平, 现代化技术的应用已使它的施工周期大大缩短, 显示出巨大经济效益。

3. 预应力混凝土桥梁适用于各种结构体系, 而且还在不断创造出体现预应力技术特点的新型结构体系, 因而它的适用范围大, 竞争力强。

4. 预应力混凝土桥梁可充分利用材料可塑性的特点, 在建筑上有丰富多采的表现潜力, 更易达到与周围环境相协调的简洁而美观的型式, 实现经济性和美观的统一。

近年来, 预应力混凝土桥有两座典型新结构值得一提。一座是瑞士的甘特(Ganter)桥, 见图1-6, 总长678m, 平面上双向曲线布置, 跨越深谷, 墩高124.5m, 主跨为174m。在结构型式上貌似斜拉桥, 又似连续—刚构, 是组合体系。另一座是1983年建成的科威特巴比延(Bubian)桥, 总长达2503.05m, 由12组5跨或6跨连续梁组成, 主跨为53.8m, 用逐孔拼装法架设, 最快的速度是约24小时拼装一孔。结构型式为空间构架(Space Frame), 由预制构件和工厂浇制顶、底板连成一个拼装单元(图1-7)。拼装时用的导梁为斜拉钢结构, 见图1-8。

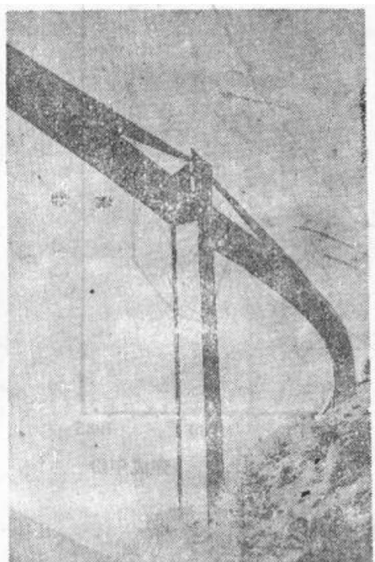


图1-6 瑞士甘特(Ganter)桥

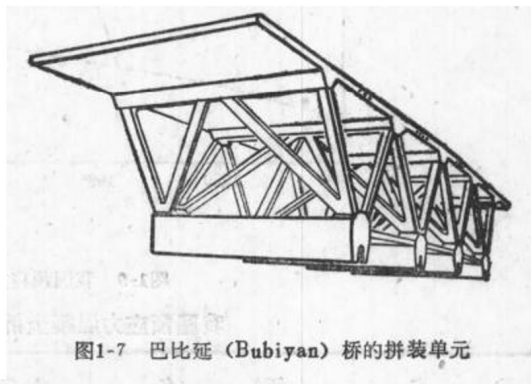


图1-7 巴比延(Bubian)桥的拼装单元



图1-8 巴比延(Bubian)桥正在拼装架设中