

高等学校试用教材

Hunningtu Wanliangqiao

混凝土弯梁桥

(桥梁工程专业用)

邵容光 夏 淦 编著

人民交通出版社

前 言

由于交通运输事业的发展,混凝土弯梁桥已在世界各地得到广泛使用,尤其是近二十年来,由于高速公路、城市立交桥和高架桥的日益增多,更促进了弯梁桥的大规模建造。为了在我国更好地推广混凝土弯梁桥建设,所以在我国各高等院校中,为研究生教学的需要,相继都开设了这方面的课程内容。因此,作者在编写本书时,充分考虑了学生的教学要求,同时,本书也可供有关工程单位作参考。

本书共分十一章,其中第一~四章和第十、十一章由邵容光编写,第五~九章由夏淦编写。全书由同济大学姚玲森教授主审。全书的内容起点是在已学习了“桥梁工程”、“结构设计原理”、“弹性力学”、“计算方法”等课程以后的后续课程。在学习本书前,宜首先学习姚玲森教授的《曲线梁》一书,以使能对曲线梁的基础理论有所理解和掌握。本书对于涉及到某些基本理论部分的内容并未作详尽推引,而只作了援引或仅作简单的说明。在学习本书时需根据参考文献的指导查阅有关的书籍或文献资料。

在编写本书时,得到了东南大学赖国麟副教授、江苏省交通厅黄健、沈阳市市政工程设计院陈智仁、武汉市市政工程设计研究院沈敦义、天津市市政勘察设计院陈福明、姚思廉、北京市市政设计院谢万春、青岛市市政工程总公司盛继聚、李典龙,交通部一局丁泽远,南通市交通局田孝发、丁聪等同志的鼎力帮助和支持,在此表示衷心感谢。姚玲森教授在百忙中对本书进行了仔细审查并提出很多宝贵意见,表示诚挚致谢。

由于本书的涉及面广,内容上又有一定深度,甚至在某些方面还不够成熟或尚在发展或尚有争议,对某些已建或拟建的大型混凝土弯梁桥工程也未能有机会进一步收集到资料而列入本书,尽管作者已进行了一定的努力,但水平所限,望指正。

邵容光、夏淦

东南大学交通运输工程系

1991.9

(京)新登字091号

内 容 提 要

本书系高等学校桥梁专业教学参考书,其内容是根据高等学校公路、桥梁及交通工程专业教材编委会审定通过的教学大纲编写的。本书共分11章,有概论、弯梁桥特点、弯梁桥总体布置与构造、弯梁桥的支承布置和平面内变形、曲线梁基本微分方程及其解答、弯梁桥纵向分析、弯梁桥的横向分布、弯梁桥分析的其他方法、弯梁桥设计荷载与内力计算、弯梁桥预应力筋束的配置和混凝土结构在弯扭剪复合受力下的截面强度计算和配筋计算。

该书供高等学校桥梁专业师生使用,也可供公路桥梁科研、设计、施工等技术人员参考。

高等学校试用教材

混 凝 土 弯 梁 桥

(桥梁工程专业用)

邵容光 夏 淦 编著

插图设计: 佘文利 正文设计: 崔凤莲 责任校对: 张 莹

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街10号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

北京飞龙印刷厂印刷

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 16.5 字数: 392千

1994年5月 第1版

1994年5月 第1版 第1次印刷

印数: 0001-4000册 定价: 7.80元

ISBN 7-114-01757-X

U·01160

目 录

前言

第一章 概论.....	1
§1-1 弯梁桥发展概况.....	1
§1-2 国内外混凝土弯梁桥一览.....	6
§1-3 弯梁桥分类.....	6
§1-4 弯梁桥实例.....	9
参考文献.....	15
第二章 弯梁桥特点.....	16
§2-1 弯梁桥的力学特性.....	16
§2-2 弯梁桥的荷载特点.....	23
§2-3 弯梁桥的构造特点.....	26
§2-4 弯梁桥的施工特点.....	28
主要符号.....	29
参考文献.....	29
第三章 弯梁桥总体布置与构造.....	30
§3-1 弯梁桥的平面和纵、横断面布置.....	30
§3-2 弯梁桥的横截面形式.....	32
§3-3 弯梁桥的墩台型式.....	42
参考文献.....	49
第四章 弯梁桥的支承布置和平面内变形.....	50
§4-1 弯梁桥的支承布置.....	50
§4-2 弯梁桥的平面内变形.....	51
§4-3 不动点和转动中心.....	54
§4-4 多跨连续弯梁桥对横桥向的变形处理示例.....	61
§4-5 弯梁桥的支点预偏心.....	62
主要符号.....	69
参考文献.....	69
第五章 曲线梁基本微分方程及其解答.....	71
§5-1 计算理论综述.....	71
§5-2 计算模型.....	75
§5-3 符拉索夫方程.....	75
§5-4 简支超静定弯梁的闭合解.....	79
§5-5 有限差分法分析弯梁.....	81
主要符号.....	84

参考文献	85
第六章 弯梁桥纵向分析	86
§6-1 结构力学方法	86
§6-2 曲杆有限元法	92
§6-3 能量法	102
§6-4 非径向支承的影响	108
主要符号	112
参考文献	112
第七章 弯梁桥的横向分布	114
§7-1 概述	114
§7-2 刚性横梁法	115
§7-3 刚接梁法	129
§7-4 比拟正交异性曲板法	139
§7-5 非简支非等高弯梁桥的荷载横向分布	146
§7-6 水平荷载作用下横向分布计算	148
§7-7 横梁内力计算	149
主要符号	153
参考文献	154
第八章 弯梁桥分析的其它方法	156
§8-1 有限元法	156
§8-2 有限条法	158
§8-3 折板分析法	170
§8-4 梁格法	177
§8-5 等效平板法	187
§8-6 弯箱梁分析特点	191
主要符号	196
参考文献	197
第九章 弯梁桥设计荷载与内力计算	199
§9-1 弯梁桥设计荷载与内力计算综述	199
§9-2 桥面板计算简述	203
§9-3 按勒来-李兹法计算弯梁桥地震反应	204
参考文献	210
第十章 弯梁桥预应力筋束的配置	212
§10-1 概述	212
§10-2 曲线梁微段在预加力作用下的内力和等效荷载	212
§10-3 曲线梁中吻合预应力的概念	216
§10-4 静定曲线悬臂梁的预应力配筋	216
§10-5 简支超静定曲线梁的预应力配筋	220
§10-6 连续曲线梁桥的预应力配筋	225
§10-7 空间曲线筋束的预应力摩阻损失	229

§10-8 侧向防崩钢筋.....237

主要符号.....240

参考文献.....241

第十一章 混凝土结构在弯扭剪复合受力下的截面强度计算和配筋计算.....243

§11-1 概述.....243

§11-2 矩形截面受扭构件强度计算.....244

§11-3 截面抗扭塑性抵抗矩.....246

§11-4 混凝土矩形截面的“压-扭”强度计算.....247

§11-5 混凝土矩形截面弯扭剪复合受力下的强度计算.....248

§11-6 箱形截面的抗扭强度计算.....250

§11-7 预应力混凝土弯扭剪构件的强度计算.....250

§11-8 钢筋混凝土和预应力混凝土受扭构件的最小配筋率.....252

§11-9 截面尺寸的限制条件.....253

§11-10 抗扭纵筋和抗扭箍筋的配筋强度比 m'253

§11-11 钢筋构造.....253

§11-12 计算示例.....254

主要符号.....256

参考文献.....256

第一章 概 论

§1-1 弯梁桥发展概况

近年来随着高等级公路的修建，由于城市立交桥建设的需要，弯梁桥结构在我国已被广泛采用。

在进行公路的平、纵、横三方面综合设计时，应做到平面顺畅、纵坡均衡和横断面合理。在平面线形设计时，应考虑车辆行驶时的安全舒适，以使驾驶人员的视觉和心理反应能保持线形的连续性，并避免采用长直线等设计原则。总之，现代公路对平面线形的设计要求较高，不但要考虑行车的安全和舒适，还必须注意与周围环境相协调，以提高对美观的要求。当桥梁位于弯道上时，尤其当弯道半径较大，桥梁跨径又较小时，则大多“以直代弯”地修建成多跨直桥，或者将直桥上的人行道、路缘石和栏杆等稍加调整，设置成在平面上呈曲线形。如南京长江大桥的引桥工程等也采用了“以直代弯”的直桥形式，由于是多跨桥梁，故在平面上构成了“折线形”的布置方式，仅在构造上（如人行道、路缘石、桥面悬臂板长度和栏杆等）逐渐调整后以达到预期要求的平面曲线外形（图1-1）〔1-1〕。

当弯道半径较小或者桥梁跨径较大时，为了保证桥梁与道路线形的一致，则常做成弯桥形式。如在桥梁的平面投影上将弯桥（虚线）囿于直桥之内（图1-2），则不难看出，由于

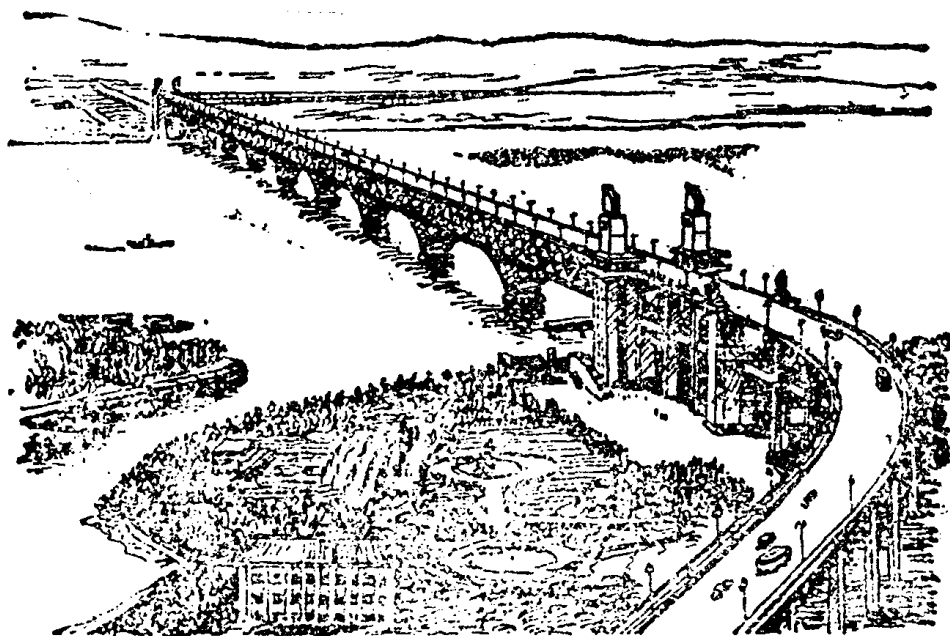


图1-1 南京长江大桥（1969年）

弯桥正做，增加了不必要的桥跨结构的多余部分，在美观上也将受到损害，在经济上增大了投资，甚至在结构上有可能将桥梁宽度增加到极不合理的程度，因而对于具体的工程来说，应结合实际情况进行具体处理。

在城市中的立交桥工程，由于房屋比较密集，各种公共设施和管线密布，因而在设计立交桥时，其桥墩几乎都是预先设在指定位置，线形的曲折几乎是不可避免的。在城市中弯梁桥的半径一般都很小，且有一定的纵坡要求，要求桥梁的控制标高也比较严格，为了适应各种车辆的通行要求，又常设计成多层式立体交叉，因而，在城市立交工程中经常会选用弯、坡、斜桥方案。

近年来，在城市中发展高架道路，是城市交通立体化的具体实现。如西德的杜塞尔多夫桥（双车道）（图1-3），加拿大多伦多市西部的伊丽莎白皇后路立交桥（图1-4），美国旧金山机场桥（图1-5）等[1-2]。

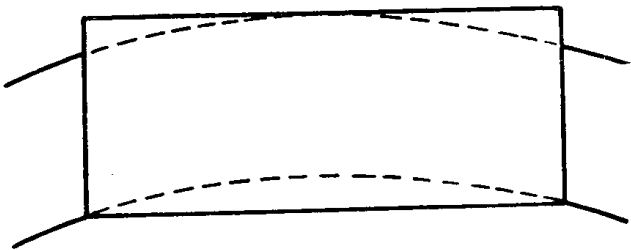


图 1-2

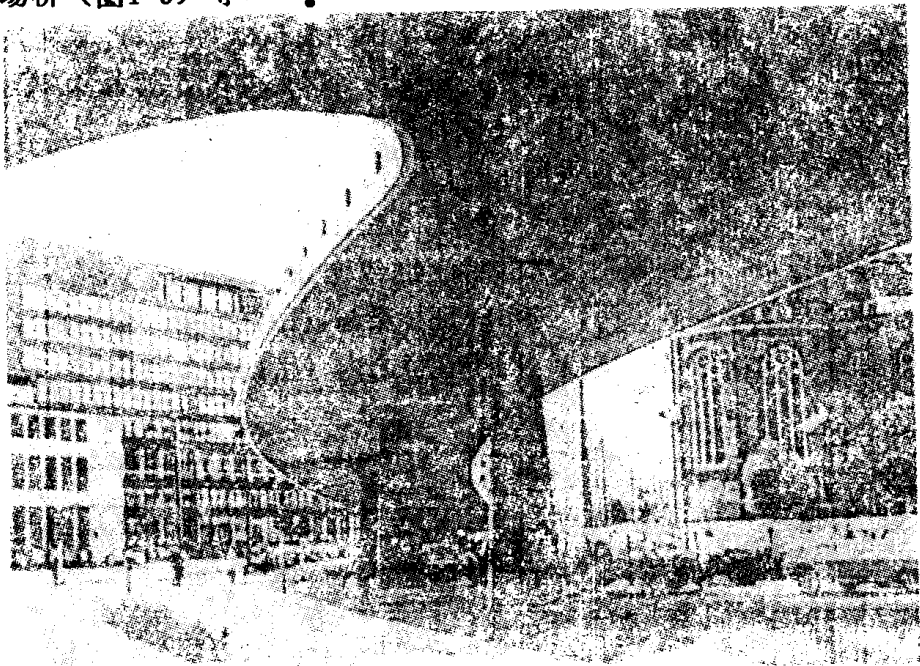


图 1-3 杜塞尔多夫双车道高架桥

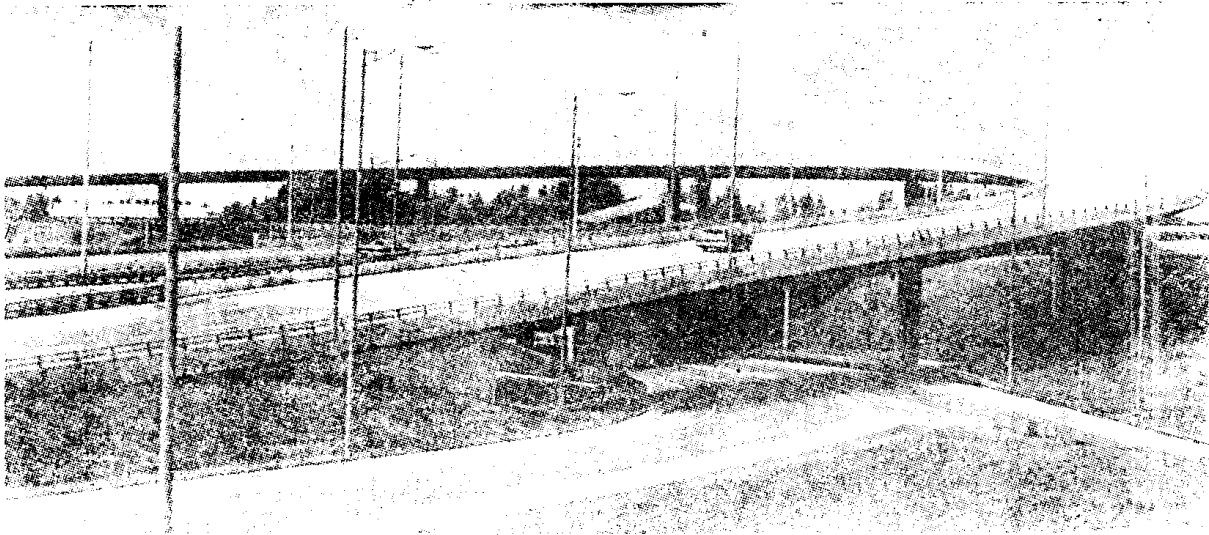
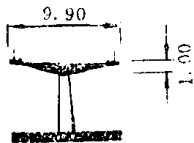


图 1-4 多伦多伊丽莎白皇后路交叉口立交桥



图1-5 旧金山机场桥

在1990年年底竣工的山西省平顺公路桥，跨径为 $28 + 35 + 28\text{m}$ ，曲率半径为 $R = 90\text{m}$ ，这是国内首先成功地采用顶推法施工的弯梁桥结构实例（图1-6）〔1-11〕。

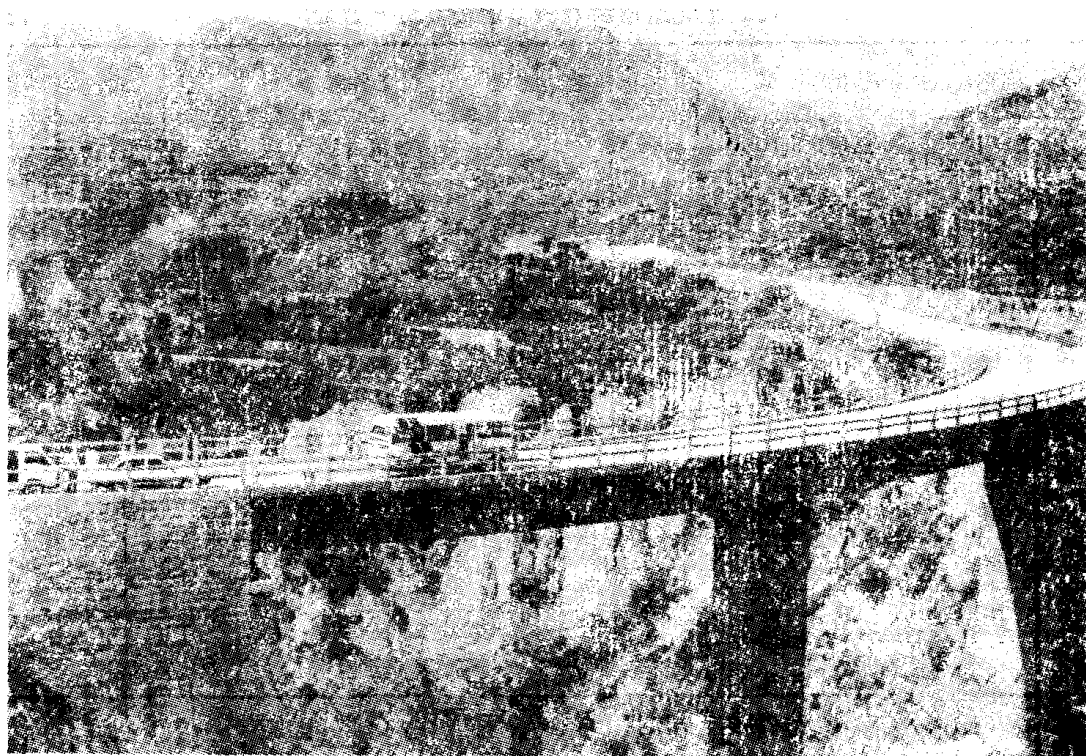


图1-6 山西省平顺公路桥

近年来我国的北京、天津和广州等城市内都修建了大量立交桥工程。如北京市的三元立交桥工程，天津蝶形立交桥和八里台立交桥，广州市的区庄立交桥，南京市的中央门立交桥，大庆市庆虹立交桥，汉阳的琴台立交桥等，都是国内较大型的立交桥工程。由我国

交通部公路一局援外施工的伊拉克、莫索尔(Mosul) 2号匝道桥, 采用了简支组合 T型弯梁桥构造, 其跨径为14.35m~27.5m, 桥面宽为8.0m, 采用 3 ~ 4 孔一联的连续桥面构造 (图 1-7) 。

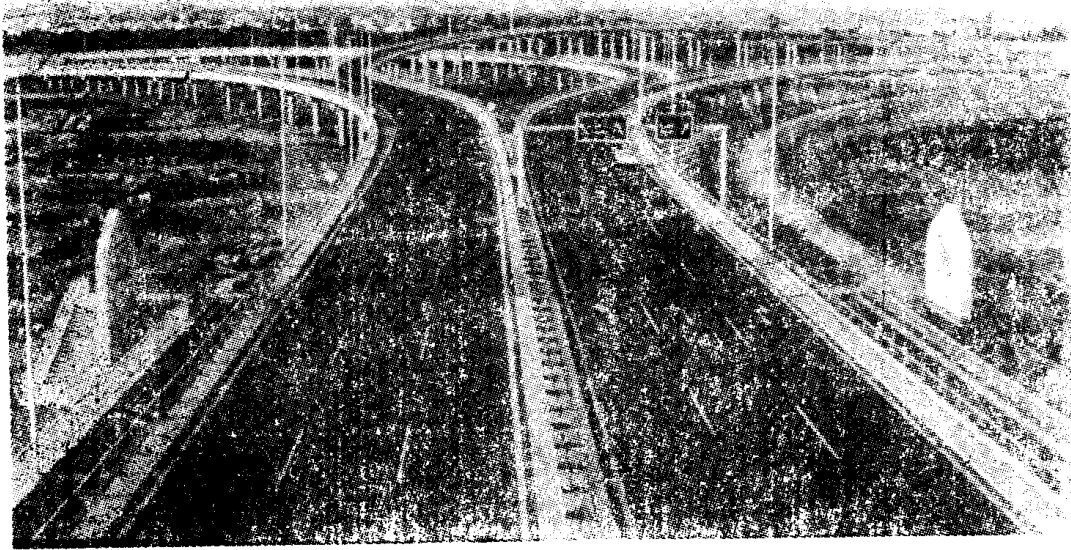


图1-7 莫索尔桥

由北京市市政设计研究院统计, 仅1987~1989年, 北京相继建成各种类型的城市道路立交桥共有21座 (表1-1) [1-3]。

1987~1989年北京市新建城市道路立交一览表 表1-1

工程	立交名称	型 式	桥梁座数	工程	立交名称	型 式	桥梁座数
东南二环	东 便 门	三层定向喇叭	15	京石公路(北京段)	六 里 桥	三层苜蓿叶	
	广 渠 门	三层苜蓿叶	7		岳 各 庄	双层环岛(上)	2
	劲 松	三层苜蓿叶	7		永 定 路	喇 叭	1
	左 安 门	双层环岛(上)	2		西 道 口	喇 叭	1
	蒲 黄 榆	三层蜻蜓式	25		阔 东 路	双层环岛(下)	2
东南三环	木 樨 园	双层环岛(上)	3		机 床 厂	简 交	1
	刘 家 窑	双层环岛(下)	1		杜 家 坎	喇 叭	1
	天 坛 南	菱 形	1		赵 辛 店	定 向	1
	北杨树街	菱 形	1	亚运村	安 慧	三层苜蓿叶	19
	方 庄	菱 形	1		双 北	双层苜蓿叶	1
					昌 四	双层苜蓿叶	1

注: 表中环岛 (上)、(下) 表示环岛的竖向位置。

其中有代表性的弯梁桥结构为东便门立交桥中的10*, 11*, 12* 桥 (图1-8), 该桥正好位于道路曲线与护城河弯道的交叉处, 受到水流条件的限制, 设计成五孔预应力混凝土连续弯箱梁桥, 跨径为: 25 + 3 × 35 + 25m, 曲线半径为R = 200m, 单箱四室截面, 箱底宽10.65m, 桥宽15.15m, 箱高1.5m, 为避免桥墩挡水过多, 下部结构采用 φ 135cm圆形独柱墩, 基础

为 $5 \times 5\text{m}$ 桩基承台， $4 \times \phi 90\text{cm}$ 钻孔灌注桩基础，单桩设计承载力为 2600kN 。

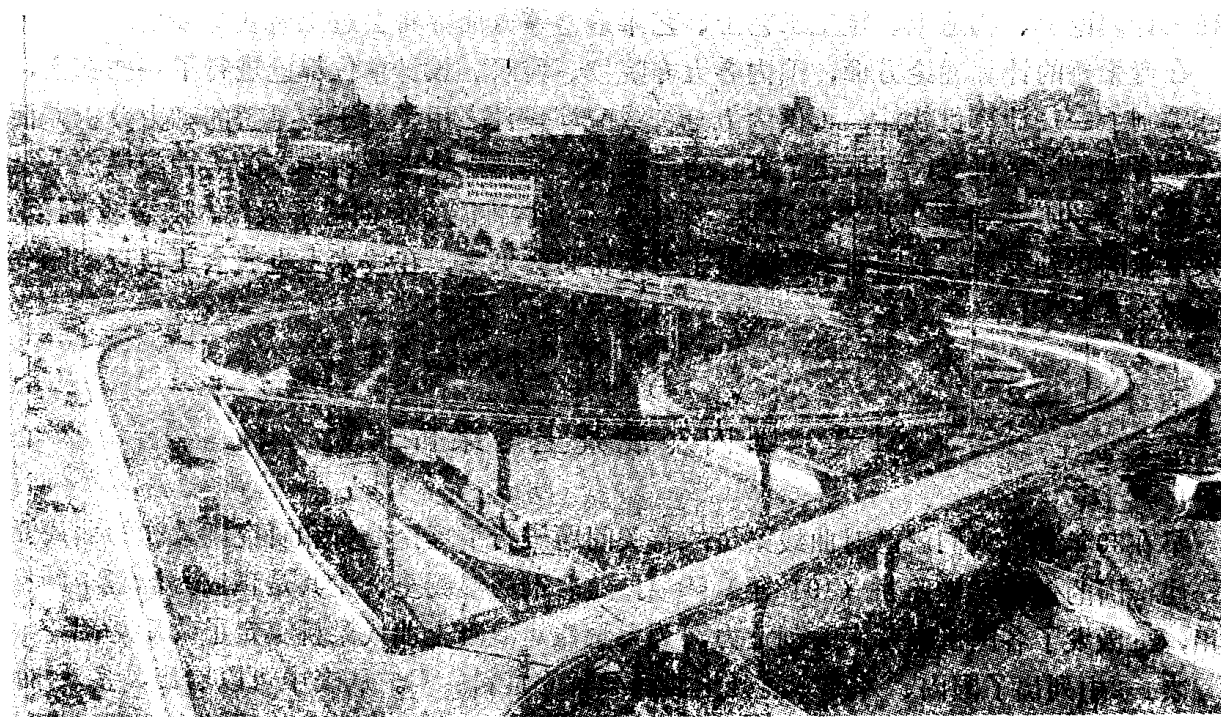


图1-8 北京东便门立交桥

由天津市市政工程勘测设计院统计^[1-3]，至1990年已建成立交桥36座，其中市区24座，郊区县12座。在立交桥的跨径选择时，以中等跨径为主。上跨立交桥净宽在 15m （未含中间分隔带和路缘带，4车道）时， $L=16\sim 20\text{m}$ ，宽跨比约为 $1:1\sim 1:1.3$ ；当桥下净空在 $4.5\sim 5.0\text{m}$ 时， $L=20\sim 25\text{m}$ ，如桥下净空要求超过 6.0m 时，则 $L\geq 30\text{m}$ 为宜。建筑高度常用 $h=1.2\sim 1.3\text{m}$ ，跨高比 $h=(1/20\sim 1/30)L$ 。常用的桥型有 $20\sim 30\text{m}$ 预制T梁， 16m 的预制装配式空心板，板高 92cm ，板内空洞 $\phi 50\text{cm}$ ，当为 10m 跨径时，高度为 50cm 的空心板，现浇施工。箱形截面则在跨径较大的弯、斜桥结构中广泛采用，如天津市火车站旁的李公楼立交桥和西青道跨越中环线的立交主桥为： $30+43+30\text{m}$ 的三孔连续梁桥，采用双箱单室预应力混凝土结构；又如中山门立交桥为钢筋混凝土连续弯箱梁桥，其跨径均在 20m 以上。桥墩大多采用柱式墩形式，其中单柱、双柱和多柱等均有采用。柱型多数采用 $160\times 80\text{cm}$ 的矩形截面和 $\phi \leq 120\text{cm}$ 的圆柱形截面。箱梁结构常用独柱墩，支承在跨间横隔梁（暗盖梁）上，只是为了改善横隔梁的受力条件或为了采用较经济的板式橡胶支座时才将墩顶设计成“Y”型。

其他如广州市、上海市、沈阳市、南京市和武汉市等也都建成了一些有代表性的立交弯梁桥结构。

回顾弯梁桥发展的简史，则首先应归功于高等级公路的发展和城市交通立体化建设的需要，从而促使弯梁桥建设的日趋成熟。国际上主要是在70年代得到了大发展，国内主要是在80年代中得到了迅速发展。在1979年年底，国内第一次邀请了美国马里兰大学C.P.Heins教授来华介绍了弯梁桥的设计理论，引起了国内工程界的重视。经过了一段时间的摸索、实践和研究，于1987年12月在沈阳市首次召开了以立交桥工程为中心的学术交流会，相互间交流了弯、坡、斜桥建设中的各种学术问题，并编印了论文集^[1-9]。随后在各种学术性的会议上都有一些弯梁桥方面的论文发表，尽管目前在弯梁桥的研究方面还有很多工作要做，但我

们毕竟已经跨出了第一步，已经积累了一些经验，并且还在做更为细致的研究和探索。为了更好地推广弯梁桥的建设，为了更适合我们的国情，坚信我国的混凝土弯梁桥建设事业，无论在设计理论上、构造上、施工工艺上、艺术造型等方面都将会赶上时代的步伐。

在弯梁桥的计算理论方面，国内各大专院校、科研、设计单位都已进行了一些探索，大多已编制了一些计算机软件，可供内力分析或配筋设计之用，对于弯梁桥的动力分析方面，国内学者也已着手研究，并取得了可喜的成果。尤其是姚玲森教授编著的《曲线梁》一书的出版^[1-10]，为广大桥梁工作者学习曲线梁的基本力学性能方面创造了条件。随着我国经济建设事业的迅速发展，我国建造的混凝土弯梁桥将会更多，在技术上也将会更接近国际先进水平。

§1-2 国内外混凝土弯梁桥一览

早在30年代，人们就已对曲线梁桥的有关问题进行了理论分析和研究。最初的曲线梁桥是一座德国的钢桁架铁路桥（1914年）^[1-8]。随着钢筋混凝土、尤其是预应力混凝土结构的应用，更激发了各国工程师们的创造力，为大量修建混凝土曲线梁桥奠定了物质基础。

表1-2中列出了国内、外部分混凝土曲线梁桥的资料^[1-8]。从表中可以看出，多数曲线梁桥是建于70年代末期和80年代；截面型式大多采用箱型截面；结构体系较多地采用连续曲线梁体系；其较大跨径一般在50~60m左右；曲率半径有小到30~40m的情况；结构的建筑高度一般较小；车道宽度一般为2~4车道；施工方法多数为现场立模浇筑，但悬臂施工法、顶推施工法已较多地应用在国外弯梁桥的建设中。从表中可以看出，我国的混凝土弯梁桥建设虽已经起步，但与国际上的情况对比，还存在一定差距，相信我国的桥梁工作者定能迎头赶上，为混凝土弯梁桥的建设贡献力量。

§1-3 弯梁桥分类

弯梁桥的分类方法可以从平面形状，曲线形状，材料种类，横截面形式，结构体系和施工方法等方面划分。

1.3.1 曲线梁桥的平面形状

1. 扇形曲线梁桥〔图1-9a〕；

2. 斜交曲线梁桥〔图1-9b), c)〕。

如果设想扇形曲线梁桥为正交曲线梁桥时，则可以把图1-9b), c)，类比成斜交曲线梁桥。

显然，上述平面形状中扇形曲线梁桥是研究弯梁桥的最基本形状。

1.3.2 曲线梁桥的曲线形状

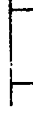
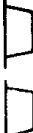
最常采用者为圆曲线，但也常有可能采用缓和曲线，或由两种不同曲线的组合。缓和曲线是一种曲率随着曲线长度成比例变化的曲线，其表达式常取用，

$$RL = A^2 \quad (1-1)$$

式中： R ——某点曲率半径；

混凝土曲线梁桥一览表

表1-2

编号	桥 名	国家或地区	跨 度 (m)	截面型式	材 料	曲线半径 (m)	宽 高 比	建造年份	施工方法
1	拉斯诺玛斯 (Los Loms)	美 国	53.6+71.3+53.6		P.C.	76	10.4:2.7		现 浇
2	Kelesku Bridge	英 国	71.9+132+71.9		P.C.	143	6.2:4.3	1987.1	逐进悬 臂施工
3	佐波川桥	日 本	37.1+37.5×2+37.1		P.C.	580	20.4:3.4	1980.1	悬臂施工
4	烟 桥	日 本	48.7+49.4×3+48.7 +43+42.3		P.C.	700	20.4:3.2	1982.1	顶 推
5	青森大桥	日 本	128+240+128		P.C.	40~800	24:15	1987.1	悬臂施工
6	Caillon Bridge	瑞 士	92×23		P.C.	760	变 高 度	1974	悬 拼
7	Nuel Bridge	法 国	曲线跨径41		R.C.	750	(41':10') 12.5:3.0	1976	顶 推
8	Borriglione Bridge	法 国	曲线跨径41		R.C.	750	(41':10') 12.5:3.0	1976	顶 推
9	Linn Cove Viaduct	美 国	30+48+55×4+50+30		P.C.	76	11.4:2.7	1985	悬 拼
10	让纳维利埃桥	法 国	105+172+74.17+172+113		P.C.	650	变高度: 19.55:9 (根) 19.55:3.5(中)	1976	悬 浇
11	横向1号桥	日 本	24.9+36+42×6+34.7		P.C.	250	9.7:2.75	1989	顶 推
12	CYRVILLE ROAD UNDERPASS	加拿大	51.2×2		P.C.	350	12.8:1.83	1972	支架现浇
13	Bow River Bridge	加拿大	40+50×7+40		P.C.	130~200	10.9:2.2	1982	悬臂浇筑
14	小 岛 川 桥	日 本	150		P.C.		变高度: 10.65:5 (根) 10.65:2.2(中)	1983.12	悬臂施工

续表1-2

编号	桥 名	国家或地区	跨 度 (m)	截面型式	材 料	曲线半径 (m)	宽 高 比	建造年份	施工方法
15	黄土咀 桥	中国北京	25+32+25		R.C.	159.7		1982	支架现浇
16	彩虹 桥	中国江苏	10+16+10		R.C.	60	6:1.1	1984	支架现浇
17	史 小 桥	中国江苏	13+16+13		R.C.	260	11:1.1	1986	预制装配
18	铁港立交桥	中国青岛	25+42.84+23.35(主桥) (27+28+29.5)		P.C.	78	(2×)12.25:1.75	1986.9	支架现浇
19	汉阳文化宫 高架桥(琴台桥)	中国武汉	20+28+20; 20+28+20		R.C.	150	9.5:1.6	1988.6	支架现浇
20	北京东便门 立交12* 桥	中国北京	25+35×3+25		P.C.	185	15:1.5	1988	支架现浇
21	南京中央门立交桥	中国南京	5组; 3×12.92~14.21		R.C.	58(内)	16:0.6	1987	支架现浇
22	上海南浦大桥东引桥	中国上海	A: 28.096+42+23.5 B: 23.918+30+42+23.5		P.C.	90	9.55:2.0	1991	现 浇
23	大庆庆虹桥	中国大庆	$\alpha = 360^\circ$ 环桥 $L_{内} = 11.52$ } 4孔 $L_{外} = 16.74$ } 连续		R.C.	27.64(内) 44.36(外)	16.6:1.0	1984.10	现 浇
24	沈阳市文化路立交 (环道) 桥	中国沈阳	7.8+25+7.8		R.C.	30(内)	15.4: ^{0.5(中)} 1.2(支)	1986.10	现 浇
25	沈阳市方型广场 立 交 桥	中国沈阳	17×4		R.C.	50(内)	9.0:0.85	1983.10	现 浇
26	沈海立交匝道桥	中国沈阳	17×2+23+17×2		R.C.		8.0:1.0	1990	现 浇
27	平顺公路桥	中国 山西长治	28+35+28		P.C.	90	9.5:2.0	1990.10	顶 推

L ——缓和曲线原点到某点的曲线长；

A^2 ——缓和曲线的参数。

1.3.3 按材料种类分类

可以采用钢，钢筋混凝土，预应力混凝土等材料修建弯梁桥。在美国和日本等采用钢结合梁桥较多（Composite Girder Bridge），结合我国情况，主要应发展钢筋混凝土弯梁桥和预应力混凝土弯梁桥结构。

1.3.4 按横截面形式分类

根据跨径的大小和工程情况，弯板，弯T梁，弯I梁和弯箱梁等横截面形式都有采用。为了使各根主梁受力更为合理，为了在构造上设置单向超高横坡的要求，也有采用增大外侧主梁断面高度的布置方案。

1.3.5 按结构体系分类

最常采用者为连续弯梁桥，但在中小跨径时，也有采用简支弯梁桥的实例。为了降低弯梁桥的跨间弯矩，常可在跨间增设“独柱墩”，但其抗扭跨径并未缩减，因为在一般情况下，“独柱墩”的抗扭性能较差，不可能对抗扭起到明显的抗扭效果，在特定情况下，也可采用预应力混凝土曲线T构方案或其他体系，但目前在国内还甚少见。弯拱桥体系因不属本书所叙述的范围，故不作介绍。

1.3.6 按施工方法分类

可以预制拼装，也可整体现场浇筑。预应力混凝土桥梁中的悬拼法、悬浇法和顶推法等同样地在弯梁桥结构中得到采用。但是，由于弯梁桥中各根构件尺寸的不一致性较大，且弯梁桥的配筋也较复杂，故我国目前还是以采用现浇混凝土的方法施工者居多数。

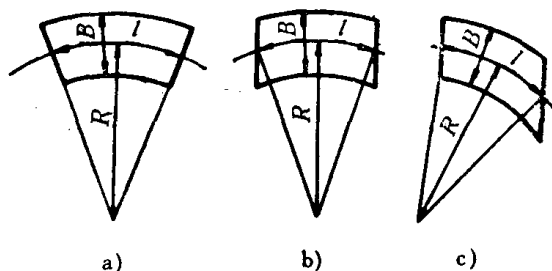


图 1-9

§1-4 弯梁桥实例

示例1:

加拿大卡尔盖里(Calgary)在1982年建成的弯河桥(Bow River Bridge)[1-5]是一座很有代表性的弯梁桥结构。该桥的跨径在 $40 + 50 \times 7 + 40\text{m}$ ，总长为 430m ，9跨连续弯箱梁(图1-10)，(图1-11)。该桥桥宽为 10.9m ，曲率半径 $R = 130 \sim 200\text{m}$ ，有反向曲线，梁高 2.2m 。由于弯河桥的桥下有两交通繁忙的车道被跨越，弯河的水面宽度约 100m ，因而在施工中不宜搭设满堂支架，应避免水上和陆上的交通受到影响。为此，该桥选用了图1-11的横截面图式和图1-12的活动模架浇筑大悬臂的方案。本桥的箱宽仅为 4.0m ，而悬臂板的伸出长度达 3.45m 。在4*和5*墩的墩顶，采用了墩梁固结构造，而其它各桥墩和桥台上，则设置了盆式支座（每墩两只）。伸缩缝仅设在桥头，伸缩量为 80mm （伸长）和 200mm （缩短）。本桥考虑了升温 25°C ，降温 -45°C ，混凝土收缩和徐变以及预加应力时的梁体缩短。当主箱梁张拉完成后，即可作为运输便道和浇筑悬臂板的支架。全桥共用五组钢束 P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 ，如图1-13所示。各种钢束的规格如表1-3。 P_1 钢束在接头处的联接构造如图1-14所示，各预应力束的张拉阶段如图1-15。

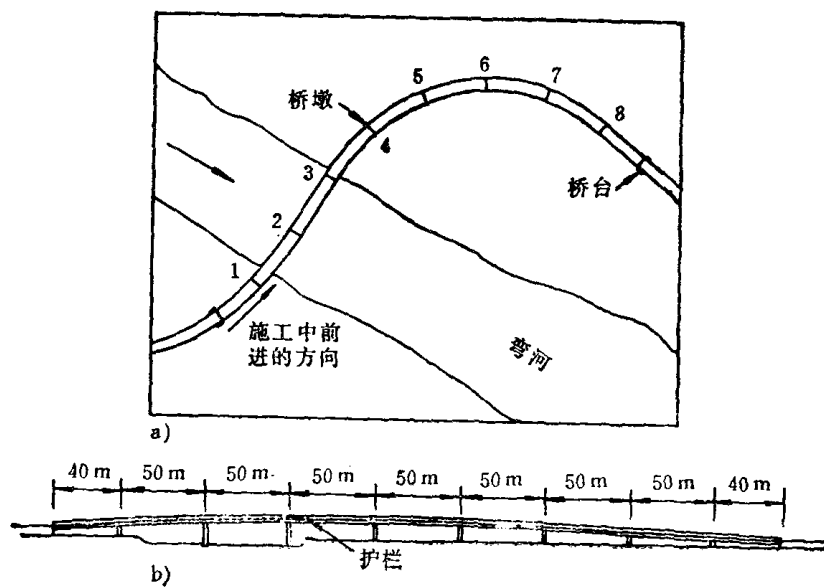


图1-10 弯河桥的平面和立面

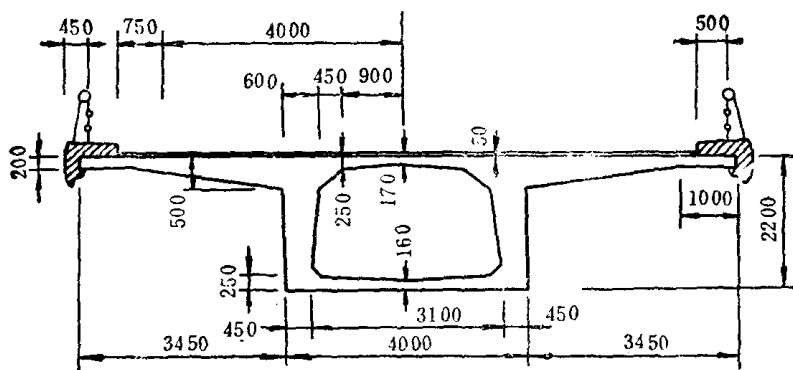


图1-11 弯河桥的横断面
尺寸单位: mm

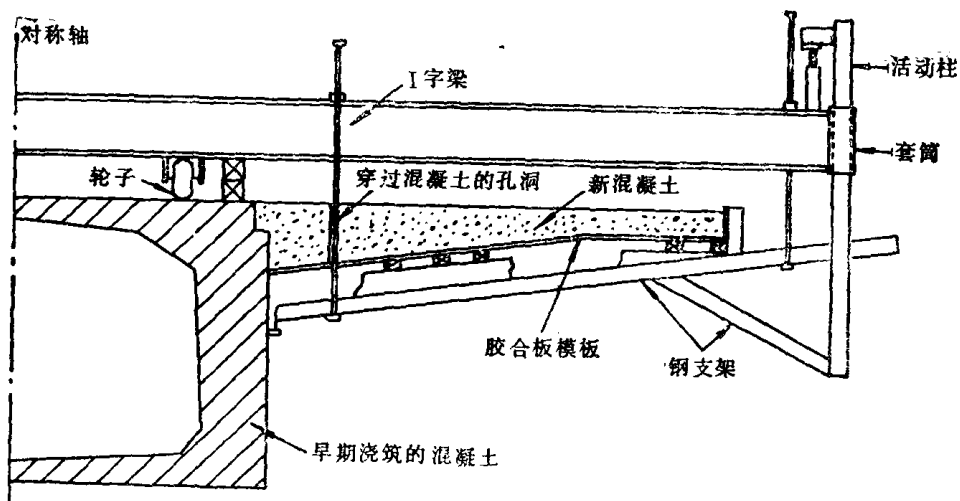


图1-12 浇筑悬臂板的活动模板

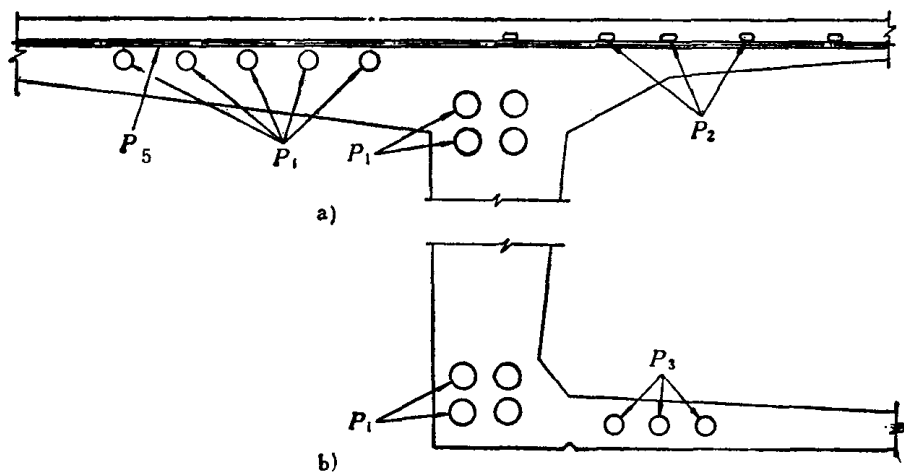


图1-13 预应力束的半剖面
a)典型的近墩截面；b)典型的跨中截面

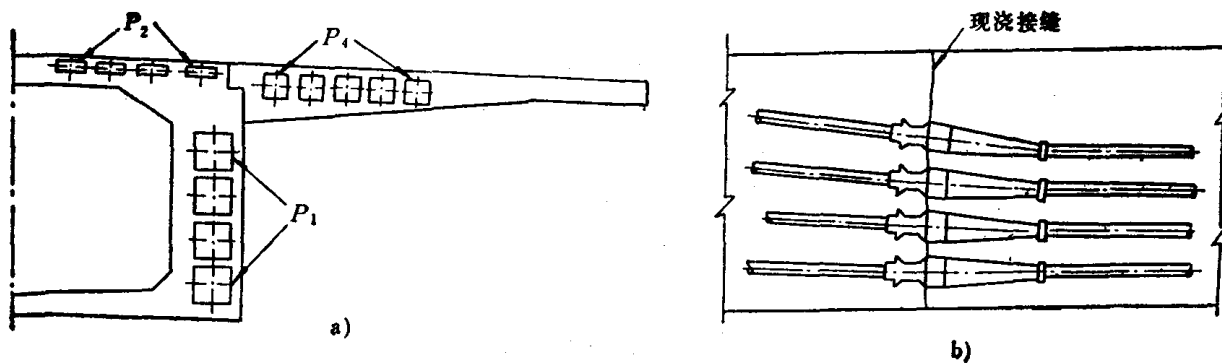


图1-14 在现浇接缝处预应力束的锚固和连接
a)横断面；b)腹板纵断面

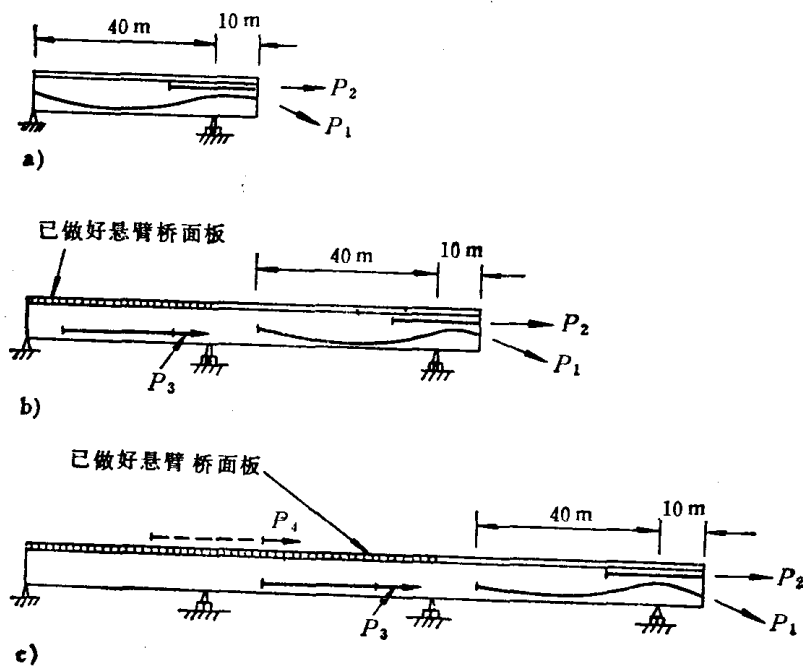


图1-15 施工过程和预加应力阶段