

# 桥梁施工及组织管理

Qiaoliang Shigong Ji Zuzhi Guanli

(上册)

黄绳武 主编

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书为《桥梁施工及组织管理》之上册。该书全面、系统地介绍了各种体系桥梁上下部结构的施工架设方法和配套机具,对于重要的施工设施和技术措施,还提供了力学分析方法和计算参数,可供借鉴和选用。

本书曾作为大学本科生教材使用多年,深受师生和读者欢迎,现经作者修改、补充重新刊出。

### 桥梁施工及组织管理

(上 册)

黄绳武 主编

插图设计: 版式设计: 刘晓方 责任校对: 刘高彤

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

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

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

1992年 12月 第1版

1999年 2月 第2版 第1次印刷

印数: 0001~8000册 定价: 28.00元

ISBN 7-114- -

U ·

# 前 言

20世纪90年代,我国公路建设事业发展迅速,一大批国内外具有影响的桥梁相继建成。长大、深水及跨海桥梁的建设方面也取得了许多突破性进展。桥梁设计与建造的一些领域,如拱桥、斜拉桥及悬索桥等已进入世界先进行列。各地在施工技术及施工组织管理方面也做了许多探索,积累了不少经验。为了满足各地读者的迫切需求,更好地反映我国桥梁建设方面取得的成果,在人民交通出版社的悉心组织下,出版了新版《桥梁施工及组织管理》一书。

新版《桥梁施工及组织管理》是在1992年出版的同名高等学校试用教材的基础上,经过重新组织、补充、修改而写成的。《桥梁施工及组织管理》是桥梁工程、公路与城市道路工程等专业的一门专业课,通过几年的教学实践,普遍认为开设本课程对学生学习施工技术和管理工作,提高全面分析和处理问题的能力是十分有益的。本书保留了原书的基本体系、主要内容和条理性、逻辑性强的特点,又根据读者和桥梁建设发展的需要,补充了桥梁施工测量、拱桥的施工、斜拉桥的施工及悬索桥施工等章节。在其他各章修改中增加了新的施工方法和组织管理的内容,主要有:第二章桥梁的常备式结构与常用主要施工设备,增加了预应力张拉设备及工艺,锚夹具、无粘结预应力施工工艺等内容的介绍;第四章桥梁基础施工,增加了地下连续墙基础和大型桥梁基础的施工;第八章悬臂施工法中增加了悬臂施工的新技术及预应力混凝土连续梁桥、连续刚构桥的施工;第十四章及第十五章施工组织管理中引入了统筹方法;第十六章网络计划技术,增加了在桥梁施工组织设计中的应用;同时还在组织管理中增加了桥梁施工招投标及施工管理目标、质量保证体系等方面的内容。为此,使新版《桥梁施工及组织管理》一书,对在校学生和桥梁建设单位的工程技术人员更具参考价值。

全书(上、下册)共分十九章。上册分十三章(第一至第十三章),为桥梁施工技术,包括桥梁施工设备,桥梁施工测量,桥梁基础及墩台的施工,桥梁上部结构的各种施工方法。在上部结构施工中,主要依各种不同的施工方法列章分述,同时对拱桥、斜拉桥和悬索桥等施工较为复杂的桥梁结构,另列章专述。由于目前钢板梁及钢桁梁桥使用有所增加,则对常用钢桥的施工特点也另列章叙述。下册分六章(第十四章至第十九章)为施工组织管理的内容,包括桥梁施工前的准备工作,编制桥梁施工组织设计、桥梁施工组织技术、桥梁施工管理及桥梁工程概预算、桥梁招投标等内容。

本书第一、六、九章由黄绳武教授编写;第二章由凌建中高工编写;第三章由马服真副教授编写;第四、五章由易建国教授编写;第七、八章由唐文兰高工编写;第十章由陈天虎高工编写;第十一、十三章由胡匡璋教授编写;第十二章由万国宏教授编写。

全书由同济大学黄绳武主编。

由于我们的水平有限,编写时间紧迫,不妥和谬误之处,敬请读者批评指正,意见寄主编单位。

编 者

# 目 录

第一章 总论.....	1
第一节 桥梁施工的发展简史.....	1
第二节 桥梁施工与各有关因素的关系.....	4
第三节 桥梁施工方法概述及施工方法的选择.....	6
第二章 桥梁的常备式结构与常用主要施工设备 .....	12
第一节 概述 .....	12
第二节 桥梁的常备式结构 .....	12
第三节 桥梁施工主要起重机具设备 .....	21
第四节 混凝土施工设备 .....	36
第五节 预应力张拉技术与设备 .....	39
第三章 桥梁施工测量 .....	55
第一节 概述 .....	55
第二节 SET2C 电子全站仪 .....	55
第三节 桥位中线测量 .....	66
第四节 桥梁三角网的布设 .....	68
第五节 桥梁施工的高程测量 .....	70
第六节 墩台定位及其轴线测设 .....	71
第七节 桥梁细部施工放样 .....	78
第四章 桥梁基础施工 .....	82
第一节 概述 .....	82
第二节 明挖扩大基础施工 .....	83
第三节 桩与管柱基础施工.....	101
第四节 沉井基础施工.....	130
第五节 地下连续墙基础施工.....	140
第六节 组合式基础施工.....	147
第五章 桥梁墩台施工.....	158
第一节 混凝土墩台、石砌墩台施工 .....	158
第二节 装配式墩台施工.....	165
第三节 滑动模板施工.....	172
第四节 V 型墩施工要点 .....	180
第五节 支座安设.....	182
第六节 墩台附属工程.....	183
第六章 就地浇筑与砌筑施工.....	185

第一节	支架与拱架.....	185
第二节	梁式桥就地浇筑施工.....	193
第三节	拱桥就地浇筑和砌筑施工.....	196
第七章	装配式钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥施工.....	201
第一节	概述.....	201
第二节	装配式构件的预制工艺.....	205
第三节	装配式梁桥的安装.....	217
第八章	悬臂施工法.....	219
第一节	概述.....	219
第二节	悬臂拼装法施工.....	221
第三节	悬臂浇筑法施工.....	232
第九章	顶推法与逐孔施工法.....	242
第一节	概述.....	242
第二节	顶推施工时梁的内力分析、力筋布置与施工验算.....	246
第三节	顶推施工的方法.....	249
第四节	顶推施工中的几个问题.....	253
第五节	施工中的临时设施.....	256
第六节	逐孔施工结构受力分析与计算.....	258
第七节	用临时支承组拼预制节段逐孔施工.....	261
第八节	用移动支架逐孔现浇施工(移动模架法).....	263
第九节	整孔吊装或分段吊装逐孔施工.....	269
第十章	拱桥的施工及转体施工法.....	271
第一节	概述.....	271
第二节	大型拱桥就地浇筑施工.....	273
第三节	装配式拱桥施工.....	280
第四节	钢管混凝土拱桥施工.....	295
第五节	转体施工法.....	300
第十一章	斜拉桥的施工.....	315
第一节	概述.....	315
第二节	牵索式挂篮工艺.....	323
第三节	斜拉索的制造与安装.....	327
第四节	斜拉桥施工控制.....	333
第五节	斜拉桥施工实例.....	338
第十二章	钢桥施工.....	343
第一节	概述.....	343
第二节	钢构件的制作.....	343
第三节	钢桥的安装.....	346
第四节	钢桥的施工控制与质量检验.....	354
第十三章	悬索桥施工.....	363
第一节	概述.....	363

第二节 缆索施工要点.....	368
第三节 悬索桥工程误差控制.....	376
第四节 悬索桥施工实例.....	380
主要参考文献.....	385

# 第一章 总 论

## 第一节 桥梁施工的发展简史

### 一、桥梁施工具有悠久的历史

随着科学技术的进步,施工机具、设备和建筑材料的发展,桥梁施工技术不断改进、提高而逐步发展和丰富起来。了解施工技术的发展进程对掌握施工规律,不断总结、改进和创造新的施工技术是十分有益的。

我国在桥梁建造技术上有着悠久的历史 and 光辉的成就。根据史料考证,在三千年前的周文王朝代,就有在渭河上架设浮桥和建造粗石桥的文字记载。隋、唐时期,是我国古代桥梁的兴盛年代,其间在桥梁型式、结构构造方面有着很多创新,可谓“精心构思,丰富多姿”。宋代之后,建桥数量大增,桥梁的跨越能力、造型和功能又有所提高,在桥梁施工方面充分表现了我国古代工匠的智慧和艺术水平,成为我国桥梁建造史上的宝贵财富。

一千多年前所建的赵州桥就是其中的一个杰作。该桥采用纵向并列砌筑,将大拱圈纵分为28圈,每圈由43块拱石组成,这样每块拱石重在1t左右,用石灰浆砌筑。为了提高拱圈的强度和整体性,在拱石表面凿有斜纹,在拱石的纵向间安放一对腰铁(铁箍),在主拱跨中拱背上设置5根铁拉杆,并在拱顶石砌筑时采用刹尖方法使拱石挤压紧密。仅从赵州桥的施工技术分析,也不难看出古代工匠是十分熟悉拱桥的受力特性,其施工技术完全符合现代科学的原理,这也是赵州桥能完好保存至今的一个重要原因。

泉州洛阳桥(万安桥),是濒临海湾的大石桥,始建于宋皇岭五年(1053年)。该桥全长834m,有46个桥墩,气势极为壮观。在海湾上建造大桥最大的困难是桥梁基础,在当时尚无现代施工设备的情况下,在浪涛汹涌的海口,首创了现代称为筏形基础的桥基。这种基础是沿桥中线满抛大石块,在稳固的石基上建造桥墩。值得称颂的不仅是因为创造性地采用了抛石技术,还在于其巧妙地用牡蛎使筏形基础加固成整体。这一抛石技术在建造鹰厦铁路海堤工程中也得到了继承和应用。

万安桥的石梁共300余根,每根重20t~30t,这样重的梁在当时采用“激浪以涨舟,悬机以弦牵”的方法架设,据分析就是利用潮汐的涨落控制船只的高低位置,使石梁浮运、起落,并以“悬机”牵引就位。古代工匠仅用人工、简单工具和借助自然力建造大桥,这也是现代浮运架桥的原始雏型。

解放初期,我国的公路、城建部门在恢复、改造和新建公路与城市道路上改建和新建了数量可观的桥梁,使通车里程比解放前有了成倍的增长。但由于起重设备的限制,装配式桥仅在简支梁桥上使用,其他类型桥梁的施工仍多采用土牛胎、竹木支架、拱架现浇或砌筑施工。

## 二、现代桥梁施工技术的发展促进了桥梁结构的迅猛发展

从武汉长江大桥到南京长江大桥,在桥梁工程技术发展上是一个大进步。南京长江大桥的基础在施工水位以下深达 70 余米,水文地质极为复杂,施工时从实际出发,采用了四种不同的基础型式和不同的施工方法。特别是在急流中,在流速和流向不断变化的情况下,克服了定位中的摆动问题。在钢梁的设计和施工中采用了国产的 16 锰低合金钢,纵梁的连接第一次采用高强螺栓代替铆钉;在公路桥面上首次采用了陶粒轻质混凝土等当时的先进技术和工艺。同时在桥梁施工中,通过试验研究并设计制造了一系列关键性的施工机具设备,创造了一些新的施工工艺,如管柱下沉、钻孔洗壁、循环压浆、悬拼调整、高强螺栓安装等,保证了工程按质量要求完成。在特大型工程的科学组织和管理方面也取得了一定的经验。

60 年代中期,悬臂施工的方法从钢桥施工引入到预应力混凝土桥施工以后,摆脱了建造预应力混凝土梁桥只能采用预制装配和在支架上现浇施工的单一局面,促进了预应力混凝土桥梁结构的发展,相继有预应力混凝土 T 型刚构桥、连续梁桥、斜拉桥等结构如雨后春笋般地在全国各地出现,从而使预应力混凝土桥成为我国桥梁工程的主要类型。

在拱桥施工中引入悬臂施工方法,打破了以往由于施工因素而使拱桥发展迟迟不前的状况,为钢筋混凝土拱桥的发展开辟了广阔的前景,并且大大地提高了拱桥的跨越能力,使我国拱桥施工技术居于世界领先地位。现有资料统计表明:我国已建单孔跨径 100m 以上的拱桥有 115 座。四川万县长江大桥,跨径 420m 箱形拱桥,广西邕宁邕江大桥为跨径 312m 中承式拱桥,均居世界首位。值得一提的是:结合我国的实际情况,在钢筋混凝土桁架拱桥建造的基础上,采用悬臂施工的方法,综合考虑预应力混凝土桁架拱桥与桁架 T 构的受力特点,取其所长,从 80 年代开始建造了十余座桁式组合拱桥,其中贵州江界河桥,跨径 330m,居世界首位。

桥梁的其他施工方法,如转体法、顶推法、逐孔施工法、横移及浮运法等都在 70 年代中得到应用。如转体法施工,不仅用于拱桥施工,而且也在刚构桥、T 构桥、斜拉桥等结构体系中使用,施工的桥梁跨径超过了 200m。顶推法和逐孔施工法较多地在预应力混凝土连续梁桥中使用,它扩大了预应力混凝土连续梁桥的适用范围,为中等跨径的多跨长桥提供了与之相适应的施工方法。

90 年代,我国的交通事业和桥梁建设出现了一个全新的时期,突出体现在高速公路建设和国道系统的畅通以及桥梁技术、桥型、跨越能力和施工管理水平的升华。至 1996 年底,我国已建成高速公路 3422km,已跃居世界高速公路排行中之第九,其中 1996 年一年即完成约 1/3 的里程。本世纪末,我国高速公路可完成五纵七横,里程达到 6 500km 的计划目标。在桥梁建设方面,1996 年建成黄石长江大桥,为跨径 245m 预应力混凝土连续刚构,跨径 270m 的广东虎门辅航道桥在 1997 年建成,属同类桥梁。在斜拉桥施工方面,沿长江、珠江、闽江、黄浦江等大江大河以及海峡、深谷中大量难度相当高的大桥的顺利建成,表明我国在钢、结合梁和预应力混凝土斜拉桥的设计与施工达到世界水平。其中有三座桥已排入世界前五名。目前正在施工的南京长江二桥,芜湖公铁二用长江大桥,岳阳洞庭湖桥等不仅在跨径上又有突破,同时在桥型配合、线型、桥梁总长方面均具特色。如洞庭湖桥为不等高三塔斜拉桥,在国内外斜拉桥建造史上属首创。南昆铁路南盘江桥,采用 V 形支撑连续梁桥,桥高 115.69m,墩高 73m,应用液压自升平台式翻模施工,这种施工法操作方便,收坡准确,易于纠偏,施工速度快,安全可靠,为高墩施工、大体积混凝土浇筑提供了经验。90 年代,我国有 6 座现代悬索桥大桥建成或正在施

工。其中江苏江阴长江大桥,跨径 1385m,目前居世界第四。该桥在沉井、地下连结墙、锚锭、挂索等工程施工中创造的经验,将会推动我国悬索桥施工技术的进一步发展。我国香港的青马大桥,全长 2.16km,主跨 1377m,为公铁两用双层悬索桥,是香港 21 世纪标志性建筑。它把传统的造桥技术升华至极度超卓的水平,宏伟的结构令世人赞叹,在世界 171 项工程大赛中,荣获“建筑业奥斯卡奖”。

### 三、国内外桥梁施工发展概述

随着世界各国技术、经济的进步,交通量的猛增和人们物质文化要求的提高,对道路和桥梁的要求也越来越高。就桥梁而言主要表现为:

- 1) 对桥梁功能的要求越来越高,如桥梁的跨越能力、通过能力、承载能力等;
- 2) 对桥梁造型的艺术要求越来越高,特别是城市桥梁,往往被作为城市的特征,其建筑造型成为重要的评价条件;
- 3) 对桥梁的环保要求越来越高,如对行车污染和噪声限制,文明施工等;
- 4) 对桥梁的施工速度、施工质量和管理水平的要求有所提高,施工中普遍采用大型机具设备快速施工。

上述要求对不同的国家和地区会有所不同,但桥梁工程应尽量达到经济实效、技术先进、安全舒适、美观实用、快速优质已成为人们的共识。

在桥梁的经济指标与施工技术和施工管理水平之间关系更加密切的今天,各国把研究桥梁施工技术放到了相当重要的位置,而“最少用料”的问题已退居为次要的位置。为此,施工技术的发展和进步表现在以下几个方面:

1) 对于中小跨桥梁构件更多地首先考虑工厂(场)预制,采用装配式结构。我国的铁路部门,在全国各地已建成不少具有一定生产规模的桥梁预制工厂,向用户提供桥梁构件产品,与之相对应的架桥机械有胜利-130 型、红旗-130 型、长征-160 型架桥机,可以架设跨径 33.7m 及 40m 的铁路预应力混凝土简支梁;50/150 型斜拉式架桥机可架设 50m 公路 T 梁。由施工单位自制的架桥机可以具有更大的起重能力。在公路和城建部门,对先张法预应力混凝土梁、板大多采用工厂预制生产,后张法梁和大型预制节段大多采用在工地预制场预制,可以避免大型构件的运输困难。在国外,预制梁的架设能力更高些,因此可采取全宽整孔梁架设或大型预制构件架设。沙特阿拉伯—巴林道堤工程,采用 14 000kN 的浮吊架设 60 余米长的大型预制构件。

2) 悬臂施工技术在建造大跨径桥梁中应用最多,施工效率较高,特别是预应力混凝土桥梁,由于充分利用了预应力结构的受力特点,而得以迅速发展。目前采用悬臂施工的预应力混凝土梁式桥的跨径达 270m,钢筋混凝土拱桥的跨径达 420m,钢桥的悬臂施工跨径已超过了 500m,斜拉桥达 900m。

3) 桥梁机具设备向着大功能、高效率 and 自动控制的方向发展,尤其是深水基础的施工机具,大型起吊设备,长大构件的运输装置,高吨位的预应力设备,大型移动模架,绕丝机等等。这些施工设备对加快施工速度和提高施工效率起着重要的作用。此外,在模板、支架和一些附属设备中,广泛采用钢结构和常备式钢构件,提高了设备的使用功效。

4) 依据桥梁结构的体系、跨径、材料和结构的受力状况,可以更方便、合理地选取最适合的施工方法。换句话说,桥梁施工技术的发展,能更好地满足结构设计的要求。随着桥梁技术的发展,桥梁设计与施工之间的相互关系更加密切。

## 第二节 桥梁施工与各有关因素的关系

桥梁施工应包括选择施工方法,进行必要的施工验算,选择或设计、制作施工机具设备,选购与运输建筑材料,安排水、电、动力、生活设施以及施工计划,组织与管理等方面的事务。施工是一项复杂而涉及面很广的工作,上至天文、气象;下至工程地质、水文、地貌、机械、电器、电子、管理等各领域;同时与人的因素,与地方政府的关系密切。因此,现代的大型工程施工,应由多种行业的技术人员和工人协力完成。

### 一、施工与设计的关系

桥梁施工与设计有着十分密切的关系,特别对于体系复杂的桥梁,往往不能一次按图完成结构施工,如连续梁桥的施工常需要经历若干次结构体系的转换。因此,在考虑设计方案时,要考虑施工的可能性、经济性与合理性;在技术设计中要计算施工各阶段的强度(应力)、变形和稳定性,桥梁设计要同时满足施工阶段与营运阶段的各项要求。在施工中,通过各种途径和方式来校核与验证设计的准确性,形成设计与施工互相配合、相互约束、不断发展的关系。

桥梁结构的施工应忠实地按设计要求完成。在施工之前,施工人员需要对设计图纸、说明书、工程预算和施工计划,主要施工阶段的强度、应力、挠度等有关文件和图纸进行详细地研究,掌握设计的内容与要求,进行必要的复算,按照设计要求处理施工方法的一些细节,编制施工计划、购置施工设备和材料。而在进行桥梁设计时,必须根据实际情况确定施工方法和步骤。由于设计与施工的不可分割关系,在我国当前的工程招标中,很多部门已经实行设计单位与施工单位结合起来作为一个投标实体,互相合作共同制定投标方案。这样的标书能较全面地反映设计思想,可用性强,工程设计也更有实际意义。

### 二、施工与工程造价

近年来,在国内外的桥梁工程建设中,材料费用占整个工程造价的比例有所下降,而施工费用和劳动力的工资所占的比例在上升,特别对于特大跨径和结构比较复杂的桥梁更是如此。因此,施工费用对工程造价有着举足轻重的影响。表 1-1 示出日本的几座桥梁的主要材料费、制造费、运输费和架设费在总工程费用中所占的比例,从中可以看出施工费用占有相当大的比重。我国建造的桥梁施工费用虽然还达不到这样高的比重,但近些年来施工费用上升的相当可观。以后张法预应力混凝土简支梁的制造为例,1972 年的材料费用占 82%,人工与机械费用占 18%;而在 1987 年的材料费用下降到占 79%,人工与机械的费用上升为占 21%。据不完全统计,跨径 30m 的先张预应力简支梁桥,其材料费占 58%;制造费占 25%;运输费占 3.5%;架设费占 13.5%。

工程费用的分项比例

表 1-1

序号	桥名	结构	跨径 (m)	主要材料费 (%)	制造费 (%)	运输费 (%)	架设费 (%)
1	关门桥	三跨悬索桥	178+ 712+ 178	33	40	3	24
2	若户大桥	三跨悬索桥	89+ 367+ 89	43	35	3	19

续上表

序号	桥名	结构	跨径 (m)	主要材料费 (%)	制造费 (%)	运输费 (%)	架设费 (%)
3	港大桥	三跨悬臂桁梁桥	235+ 510+ 235	22	41	4	33
4	大岛大桥	三跨连续桁梁桥	200+ 325+ 200	22	46	1	31
5	平户大桥	单跨悬索桥	139+ 465.4+ 105	33	28	5	34

影响桥梁施工费用的主要因素是构件制作的费用、架设费用和工期。桥梁工程要将相当数量的钢材和混凝土材料进行运输、制作和组装,要使用大量的劳动力和多种机具设备,并且要长时间在野外条件下进行作业。为了尽量缩短工期,确保经济而又安全地施工,则在桥梁设计中要充分考虑结构是否便于制作和架设,要制定周密的施工计划,以缩短工期,减少施工管理费用,降低桥梁造价。我国近年来建造的某些预应力混凝土斜拉桥,按照其跨越能力和材料用量指标是相当经济的,但在相应的施工总造价上要比其他类型桥梁的经济指标高,其原因主要在于施工技术和施工管理方面。

当前,缩短工期、尽早通车所带来的经济效益和社会效益越来越受到重视。如广珠公路的四座大桥,是连接着广州市和珠海市的主要通道,原四处均为渡口,通车常受阻。广珠公路的全线通车在对外开放,发展经济,方便人民,缩短行路时间等方面带来了很高的社会效益。仅从经济上看,每天即可从公路上回收3~4万元。所以认真研究施工问题是十分必要的,它愈来愈受到建桥工作者的重视。结合我国当前的施工水平,在桥梁施工中的主要问题有:

- 1) 提高施工队伍的素质,要培养一批技术熟练、应变能力强的施工技术专业人员;
- 2) 提高施工机械化的程度,做到机具设备配套,达到机具使用的较高效率;
- 3) 组织专业化施工,使技术力量、机具设备得到充分的利用;
- 4) 加强施工的科学管理,使工程质量、施工期限、工程造价处于最优状态。

### 三、桥梁施工与组织管理

工程的施工管理是一门管理科学,要按照社会主义市场经济原则和现代企业制度进行工程管理。目前国家在项目上实施了项目法人责任制、招标投标制、工程监理制和合同管理制。管理的目标要求在施工中进行投资控制、质量控制和进度控制。按照合同要求,并以经济合同为纽带,以提高工程管理水平为目标,使建设方、施工方及监理方形成相互制约、相互协作、互相促进的建设项目管理运行体制。

桥梁施工主要是指桥梁的施工技术。在进行桥梁初步设计时就应确定工程的基本施工方法;在工程施工中,结合已有的机具设备和施工能力,制定各施工阶段的施工程序和施工文件。组织管理是制定周密的施工计划,确保在规定的工期内优质、安全地完成设计图纸所要求的工程内容。桥梁工程的组织管理大致可分为以下几个方面。

#### (一) 确认工程项目,进行现场布置和施工准备

在认真审查和熟悉有关协议、文件和设计资料、图纸后,施工单位要明确施工现场,了解现场地理位置、水电资源、工程地点的气象条件等,用以确定施工现场的生产场地和生活设施,并进行合理布局。

#### (二) 制定工程进度计划

根据施工技术要求和有关重要事项,依照完工期限和气象、水文等条件,制定分项工程进度计划和整体工程进度计划,它是施工组织管理的总纲领。

### (三) 安排人事劳务计划

根据各施工阶段的进度和施工内容,确定各阶段所需的技术人员、技工及劳务工的计划;同时确定工程管理机构 and 职能干部,负责各方面的事务。

### (四) 临时设施计划

拟定工程施工中所需的生产性和非生产性的临时设施的类别、数量和所需时间,生产性临时设施包括构件预制场、栈桥、便道、运输线、临时墩等;非生产性临时设施包括办公室、仓库、宿舍等。

### (五) 机具设备使用计划

它包括各施工阶段所需机具设备的种类、数量、使用时间等,以便制定机具设备的购置、制作和调拨计划。

### (六) 材料及运输计划

根据计划编制材料供应计划,安排材料、设备和物资的运输计划。

### (七) 工程财务管理

包括工程的预算、资金的使用概算、各种承包合同、施工定额、消耗定额等方面的管理。

### (八) 安全、质量与卫生管理

包括各种作业的安全措施,安全检查与监督,工地现场保卫,施工质量验收制度,工程监理和环境卫生,生活区的卫生等。

桥梁的施工技术与组织管理在内容上是有区别的,但在实际工作中关系是密切的。施工技术保证工程能按设计进行施工,而只有严格的组织管理才能圆满地按照承包合同完成工程任务。桥梁施工组织管理以往常被施工单位忽视,而采取放任自流的态度。今天不少工程单位重视了科学管理,如采用运筹管理、微机管理、网络管理等,收到了良好的效果,提高了经济效益。

## 第三节 桥梁施工方法概述及施工方法的选择

### 一、桥梁基础施工

基础工程问题往往不能用理论的数学方法来处理,正象美国的 R.B.Peck 在国际土协第十一届国际大会(1985年)上引述泰沙基看法所说的那样:“有效地处理基础工程问题的唯一方法,在于首先找出以前有过的类似性质的工程中曾发生的问题,其次查明工程地点的土质类型,最后查清某种施工方法为何导致某种结果。通过系统地知识积累,将经验数据加以仔细的表达和确定,那么基础工程就可发展成为半经验的科学”。数十年来,正是经验的积累和研究的深入和及时地交流经验,促使各国的基础工程技术不断的发展。

一般来说,桥梁基础工程发展到今天,已经不受水文、地质条件的控制,所重视的是工程结构本身和经济效益。目前国内已经拥有了合乎我国国情的一整套施工工艺及相应的设备,而特大桥梁基础已经向“组合基础”发展。扩大基础、桩基和沉井在各自的发展中又彼此“联合”。这种联合就是根据不同的水文、地质来发挥各类型式的特点而组成的一个整体,故出现了很多基础形式。

桥梁基础工程由于在地面以下或在水中,涉及水和岩土的问题,从而增加了它的复杂程度,使桥梁基础的施工无法采用统一的模式。但是根据桥梁基础工程的形式大致可以归纳为扩大基础、桩和管柱基础、沉井基础、地下连续墙基础和组合基础几大类。

## 二、桥梁上部结构的施工

桥梁上部结构的施工方法,70年代以后随着预应力混凝土的广泛应用,已经得到了迅速发展,并发生了重大的变革。

在钢筋混凝土桥梁的时代,可以说主要是现场浇筑的施工方法。由于桥梁类型增加与跨径增大,构件生产的预制化,结构设计方法的进步、机械设备的的发展,由此而引起施工方法的进步和发展,形成了多种多样的施工方法。下面将介绍桥梁上部结构的施工方法,并概括各种方法的施工特点。

### (一)就地浇筑法

就地浇筑法是在桥位处搭设支架,在支架上浇筑桥体混凝土,达到强度后拆除模板、支架。

就地浇筑施工无需预制场地,而且不需要大型起吊、运输设备,梁体的主筋可不中断,桥梁整体性好。它的缺点主要是工期长,施工质量不容易控制;对预应力混凝土梁由于混凝土的收缩、徐变引起的应力损失比较大;施工中的支架、模板耗用量大,施工费用高;搭设支架影响排洪、通航,施工期间可能受到洪水和漂流物的威胁。

### (二)预制安装法

在预制工厂或在运输方便的桥址附近设置预制场进行梁的预制工作,然后采用一定的架设方法进行安装。预制安装法施工一般是指钢筋混凝土或预应力混凝土简支梁的预制安装。

预制构件安装的方法很多,各需不同的安装设备,可根据施工的实际情况合理选择。

预制安装法施工的主要特点:

1) 由于是工场生产制作,构件质量好,有利于确保构件的质量和尺寸精度,并尽可能多地采用机械化施工;

2) 上下部结构可以平行作业,因而可缩短现场工期;

3) 能有效利用劳动力,并由此而降低了工程造价;

4) 由于施工速度快,可适用于紧急施工工程;

5) 将构件预制后由于要存放一段时间,因此在安装时已有一定龄期,可减少混凝土收缩、徐变引起的变形。

### (三)悬臂施工法

悬臂施工法是从桥墩开始,两侧对称进行现浇梁段或将预制节段对称进行拼装。前者称悬臂浇筑施工,后者为悬臂拼装施工。

悬臂施工的主要特点:

1) 桥梁在施工过程中产生负弯矩,桥墩也要承受由施工而产生的弯矩,因此悬臂施工宜在营运状态的结构受力与施工阶段的受力状态比较接近的桥梁中选用,如预应力混凝土 T 型刚构桥、变截面连续梁桥和斜拉桥等;

2) 非墩梁固接的预应力混凝土梁桥,采用悬臂施工时应采取措施,使墩、梁临时固结,因而在施工过程中有结构体系的转换;

3) 采用悬臂施工的机具设备种类很多,就挂篮而言,也有桁架式、斜拉式等多种型式,可根据实际情况选用;

4) 悬臂浇筑施工简便, 结构整体性好, 施工中可不断调整位置, 常在跨径大于 100m 的桥梁上选用; 悬臂拼装法施工速度快, 桥梁上、下部结构可平行作业, 但施工精度要求比较高, 可在跨径 100m 以下的大桥中选用;

5) 悬臂施工法可不用或少用支架, 施工不影响通航或桥下交通。

#### (四) 转体施工法

转体施工是将桥梁构件先在桥位处岸边(或路边及适当位置)进行预制, 待混凝土达到设计强度后旋转构件就位的施工方法。转体施工其静力组合不变, 它的支座位置就是施工时的旋转支承和旋转轴, 桥梁完工后, 按设计要求改变支承情况。

转体施工的主要特点:

1) 可以利用地形, 方便预制构件;

2) 施工期间不断航, 不影响桥下交通, 并可在跨越通车线路上进行桥梁施工;

3) 施工设备少, 装置简单, 容易制作并便于掌握;

4) 节省木材, 节省施工用料。采用转体施工与缆索无支架施工比较, 可节省木材 80%, 节省施工用钢 60%;

5) 减少高空作业, 施工工序简单, 施工迅速; 当主要结构先期合拢后, 给以后施工带来方便;

6) 转体施工适合于单跨和三跨桥梁, 可在深水、峡谷中建桥采用, 同时也适应在平原区以及用于城市跨线桥;

7) 大跨径桥梁采用转体施工将会取得较好的技术经济效益, 转体重量轻型化、多种工艺综合利用, 是大跨及特大跨桥施工有力的竞争方案。

#### (五) 顶推法施工

顶推施工是在沿桥纵轴方向的台后设置预制场地, 分节段预制, 并用纵向预应力筋将预制节段与施工完成的梁体连成整体, 然后通过水平千斤顶施力, 将梁体向前顶推出预制场地。之后继续在预制场进行下一节段梁的预制, 循环操作直至施工完成。

顶推法施工的特点:

1) 顶推法可以使用简单的设备建造长大桥梁, 施工费用低, 施工平稳无噪声, 可在水深、山谷和高桥墩上采用, 也可在曲率相同的弯桥和坡桥上使用;

2) 主梁分段预制, 连续作业, 结构整体性好; 由于不需要大型起重设备, 所以施工节段的长度一般可取用 10m ~ 20m;

3) 桥梁节段固定在一个场地预制, 便于施工管理改善施工条件, 避免高空作业。同时, 模板、设备可多次周转使用, 在正常情况下, 节段的预制周期 7d ~ 10d。

4) 顶推施工时, 梁的受力状态变化很大, 施工阶段梁的受力状态与营运时期的受力状态差别较大, 因此在梁截面设计和布索时要同时满足施工与营运的要求, 由此而造成用钢量较高; 在施工时也可采取加设临时墩、设置前导梁和其他措施, 用以减小施工内力;

5) 顶推法宜在等截面梁上使用, 当桥梁跨径过大时, 选用等截面梁会造成材料用量的不经济, 也增加施工难度, 因此以中等跨径的桥梁为宜, 桥梁的总长也以 500m ~ 600m 为宜。

#### (六) 移动模架逐孔施工法

逐孔施工是中等跨径预应力混凝土连续梁中的一种施工方法, 它使用一套设备从桥梁的一端逐孔施工, 直到对岸。

采用移动模架逐孔施工的主要特点:

- 1) 移动模架法不需设置地面支架, 不影响通航和桥下交通, 施工安全、可靠;
- 2) 有良好的施工环境, 保证施工质量, 一套模架可多次周转使用, 具有在预制场生产的优点;
- 3) 机械化、自动化程度高, 节省劳力, 降低劳动强度, 上下部结构可以平行作业, 缩短工期;
- 4) 通常每一施工梁段的长度取用一孔梁长, 接头位置一般可选在桥梁受力较小的部位。
- 5) 移动模架设备投资大, 施工准备和操作都较复杂;
- 6) 移动模架逐孔施工宜在桥梁跨径小于 50m 的多跨长桥上使用。

#### (七) 横移法施工

横移施工是在拟待安置结构的位置旁预制该结构物, 并横向移运该结构物, 将它安置在规定的位上。

横移法施工的主要特点是在整个操作期间与该结构有关的支座位置保持不变, 即没有改变梁的结构体系。在横向移动期间, 临时支座需要支承该结构的施工重量。

横向位移施工多用于正常通车线路上的桥梁工程的换梁。为了尽量减少交通的中断时间, 可在原桥位旁预制并横移施工。

横移施工也可与其他施工方法配合使用。如一座分离式箱梁桥, 可先采用顶推法按单箱完成, 再采用横移法就位, 之后在原位置上继续进行另一单箱梁顶推施工, 这样可以使用一套顶推设备完成全桥的施工。

横移施工多采用卷扬机、液压装置并配以千斤顶进行。由于混凝土桥具有较大的自重, 横移法施工常在钢桥上使用。

#### (八) 提升与浮运施工

这是一种采用竖向运动施工就位的方法。提升施工是在未来安置结构物以下的地面上预制该结构并把它提升就位。浮运施工是将桥梁在岸上预制, 通过大型浮船移运至桥位, 利用船的上下起落安装就位的方法。

采用提升和浮运的方法常选取整体结构, 重达数千吨, 使用该法的要求是:

- 1) 在该结构下面需要有一个适宜的地面;
- 2) 被提升结构下的地面要有一定的承载力;
- 3) 拥有一台支承在一定基础上的提升设备;
- 4) 该结构应该是平衡的, 至少在提升操作期间是平衡的;
- 5) 采用浮运法要有一系列的大型浮运设备。

以上介绍了桥梁工程常用的施工方法。对于当前建造的特大桥梁, 分主桥和引桥, 有时主桥与引桥在结构体系、桥梁跨径、截面型式、桥梁高度、桥下环境等方面有较大差异, 而常在一座大桥上采用二种或两种以上的组合施工方法。也有些桥型, 如拱桥、斜拉桥、悬索桥等, 其施工方法相对较复杂, 很难将其归并在某一施工法中, 为此本书在归纳常用桥梁施工法的基础上, 对复杂桥型的施工也作了专题介绍。

### 三、施工方法的选择

选择确定桥梁的施工方法, 需要充分考虑桥位的地形、环境、安装方法的安全性、经济性、施工速度等。因此在桥梁设计时就要对桥位条件进行详细的调查, 掌握现场的地理环境、地质条件及气象条件。施工场地处在市区内、平原、山区、跨河道、跨海湾等, 其各方面的条件差别很大, 运输条件和环境约束也不相同, 这些条件除作为选择施工方法的依据外, 同时也涉及到设

计方案的考虑、桥跨及结构形式的选定。

在选择施工方法时,桥梁的类型、跨径、施工的技术水平、机具设备条件也是相当重要的因素。虽然桥梁的施工方法很多,但对于不同的桥梁类型,有的适合,有的就不适合,有的则在特定的条件下可以使用。表 1-2 所列各种桥型的可选择的主要施工方法及表 1-3 所列桥梁施工方法常用的桥梁跨径范围,可在施工方法选择时参考。

各种类型桥梁可选择的主要施工方法

表 1-2

桥 型 施工方法	简支梁桥	悬臂梁桥 T 型刚构	连续梁桥	刚架桥	拱 桥	组合体系桥	斜拉桥	吊 桥
现场浇注法								
预制安装法								
悬臂施工法								
转体施工法								
顶推施工法								
逐孔施工法								
横移施工法								
提升与浮运施工法								

桥梁施工方法的选定,可依据下列条件综合考虑。

(一) 使用条件

桥梁的类型、使用跨径、墩高、梁下空间的限制、平面场地的限制、桥墩的形状等。

(二) 施工条件

各种施工方法的适用跨径

表 1-3

工期要求、起重能力和机具设备要求、架设时是否封闭交通、架设时所需的临时设施、材料可供情况、架设施工的经济核算等。

(三) 自然环境条件

山区或平原、地质条件及软弱层状况、对河道的影响、运输线路的限制等。

(四) 社会环境影响

对施工现场环境的影响,包括公害、景观、污染、架设孔下的障碍、道路交通的阻碍、公共道路的使用及建筑限界等。