



普通高等教育土建类规划教材

桥梁施工

● 唐先习 梁金宝 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育土建类规划教材

桥梁施工

主 编 唐先习 梁金宝

副主编 孙焕重 蔺鹏臻

参 编 周勇超 任 翔 张兆宁 唐先周



机械工业出版社

本书根据高等院校土木工程专业教学指导委员会制定的“桥梁施工”教学大纲,以现行规范 JTG/T F50—2011《公路桥涵施工技术规范》等为标准进行编写。

本书的主要内容包括桥梁施工机械设备、桥梁施工测量、桥梁施工基本工作、桥梁基础与墩台施工、梁式桥施工、拱式桥施工、斜拉桥与悬索桥施工、桥面及附属工程施工、桥梁施工组织设计、网络计划技术以及桥梁施工管理。

本书为高等院校土木工程、桥梁工程专业教学用书,也可供桥梁施工人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁施工/唐先习,梁金宝主编. —北京:机械工业出版社,2014.7

普通高等教育土建类规划教材

ISBN 978-7-111-46821-9

I. ①桥… II. ①唐…②梁… III. ①桥梁施工—高等学校—教材
IV. ①U445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 108114 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:马军平 责任编辑:马军平 任正一

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:张 静 责任印制:李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2014 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·20.75 印张·507 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-46821-9

定价:43.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

— | 前 言 | —

随着我国桥梁建设事业的不断发展，桥梁工程的新技术、新材料也得到了越来越广泛的应用，这就导致对桥梁建设人才的需求逐步扩大。开设本课程的目的，就是为了使普通高等学校桥梁工程专业及相关专业的学生，通过学习能了解桥梁施工的基本方法和基本步骤，具有初步拟定桥梁施工方案的能力；通过掌握桥梁施工方面的基本知识，使学生毕业后能迅速适应施工现场工作的需要，避免理论脱离实际，尽快成长为掌握现代桥梁施工技术新型人才。

本教材在编写过程中，以常用的、新型的桥梁结构及桥梁施工技术为主，突出重点，同时注重内容的深入浅出，力求符合学生学习的特点和要求。

本教材由兰州理工大学唐先习、中铁十四局集团有限公司梁金宝担任主编，中铁十四局集团有限公司孙焕重、兰州交通大学蔺鹏臻担任副主编。具体编写分工如下：第1、2、7、13章由唐先习编写；第3、12章由孙焕重编写；第4、11章由梁金宝编写；第5、14章由兰州理工大学张兆宁编写；第6章由济南铁路局唐先周编写；第8章由长安大学周勇超编写；第9章由西安科技大学任翔编写；第10章由兰州交通大学蔺鹏臻编写。

在本书编写过程中，中铁十四局集团有限公司李红英、张世忠、朱兴礼，长安大学任更锋，甘肃省路桥建设集团有限公司陆全民等在资料收集方面提供了大量帮助，在此表示感谢。本书在编写过程中参阅了大量文献，在此向文献的作者表示感谢。

由于编者的水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

— | 目 录 | —

前言

第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 桥梁施工技术的发展	1
1.3 桥梁施工的特点及其相关因素	4
1.4 桥梁施工主要方法及选择	8
思考题	12
第2章 桥梁施工机械设备	13
2.1 概述	13
2.2 桥梁施工常备式构件	13
2.3 钢筋及混凝土施工设备	19
2.4 预应力施工设备	25
2.5 梁体现浇与架设安装设备	30
思考题	38
第3章 桥梁施工测量	39
3.1 概述	39
3.2 桥梁工程施工控制网布设	41
3.3 桥梁墩台中心和纵横轴线的测设	47
3.4 桥梁细部施工放样及变形观测	51
思考题	53
第4章 桥梁施工的基本工作	54
4.1 模板及支架工程	54
4.2 钢筋工程	57
4.3 混凝土工程	66
思考题	73
第5章 桥梁基础施工	74
5.1 概述	74
5.2 明挖基础	74
5.3 沉入桩基础	82

5.4 钻(挖)孔桩基础	89
5.5 沉井基础	95
思考题	101
第6章 桥梁墩台施工	102
6.1 概述	102
6.2 石砌及装配式墩台施工	102
6.3 混凝土墩台及钢筋混凝土墩台施工	107
6.4 高桥墩施工	113
6.5 墩台帽及附属工程施工	117
思考题	118
第7章 梁式桥施工	119
7.1 概述	119
7.2 固定支架法	119
7.3 预制安装施工法	125
7.4 悬臂施工法	140
7.5 逐孔施工法	153
7.6 顶推施工法	156
思考题	164
第8章 拱桥施工	165
8.1 概述	165
8.2 满堂支架法施工	168
8.3 悬臂施工	171
8.4 转体施工	175
思考题	180
第9章 斜拉桥施工	181
9.1 概述	181
9.2 索塔施工	181
9.3 主梁施工	192
9.4 斜拉索的安装	206
思考题	225
第10章 悬索桥施工	226
10.1 概述	226
10.2 主塔施工	227
10.3 锚碇施工	231
10.4 鞍座施工	235
10.5 主缆施工辅助系统	237
10.6 主缆施工	241

10.7 吊索和加劲梁施工	248
10.8 自锚式悬索桥施工	251
思考题	253
第 11 章 桥面及附属工程施工	254
11.1 桥梁支座	254
11.2 桥梁伸缩缝	259
11.3 桥面铺装	263
11.4 其他附属工程施工	266
思考题	271
第 12 章 桥梁施工组织设计	272
12.1 施工组织设计的类型及编制原则	272
12.2 工程概况及施工方案的选择	274
12.3 施工进度计划的编制	276
12.4 资源调配计划的编制	278
12.5 采购及运输计划的编制	281
12.6 施工场地规划与布置	282
思考题	289
第 13 章 网络计划技术	290
13.1 网络计划及网络图	290
13.2 双代号网络图	291
13.3 单代号网络图	299
13.4 网络计划的优化	303
思考题	307
第 14 章 桥梁施工管理	308
14.1 概述	308
14.2 施工计划与进度管理	308
14.3 施工技术与质量管理	313
14.4 施工成本与合同管理	319
思考题	324
参考文献	325

第 1 章

绪 论

1.1 概述

桥梁是跨越河流、山谷、道路、海峡等的结构工程，是交通线路上的重要组成部分。它在国家的政治、经济等方面都起着重要作用。同时，一座功能完备、设计优良的桥梁还是一个地区的象征与骄傲。

桥梁的建设一般要经过规划、勘察、设计和施工几个阶段。其中，施工技术水平的高低，往往对桥梁工程的建设起到举足轻重的作用。特别是对一些结构复杂、建设环境恶劣的桥梁，建设者的设计意图能否真正得以实现，在很大程度上取决于施工技术水平。

随着科学技术的进步，施工机具、设备和建筑材料不断更新与发展，桥梁施工技术越来越高，桥梁的结构形式也得到了较大的发展。从早期的钢筋混凝土简支梁桥和悬臂梁桥，发展到预应力混凝土简支梁桥、悬臂梁桥、连续梁桥、连续刚构桥等。

桥梁结构的发展对施工提出了不同的要求，同时也促进了施工方法的发展。比如随着多跨长桥和高架桥梁的建造，出现了与之相适应的逐跨施工和移动模架施工法。多跨长桥及高架桥通常要考虑经济分孔，采用等截面梁，因此要求施工快速、简便，可以使用一套机具设备连续作业。逐跨施工可以整跨逐跨预制，可以节段预制后逐跨拼装，也可以在支架上逐跨现浇。移动模架法则采用大型施工设备，在梁位置上逐跨完成梁的制造后，纵移施工设备连续施工。这对于桥梁施工向工厂化、机械化、自动化和标准化方向迈进起到了重要作用。

1.2 桥梁施工技术的发展

我国历史文化悠久，是世界上文明发达最早的国家之一。就桥梁建筑而言，我们祖先也曾写下不少光辉灿烂的篇章。我国幅员辽阔，山河众多，古代桥梁不但数量惊人，而且类型丰富多彩，几乎包含了所有近代桥梁中最主要的结构形式。根据史料记载，在距今约 3000 年的周文王时期，就有在渭河上架设浮桥的历史。汉唐以后，浮桥的运用日趋普遍。到了宋代之后，随着建桥数量逐渐增加，桥梁的跨越能力、造型和功能都有所提高，这都充分体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。其中典型的桥梁有赵州安济桥、泉州洛阳桥、潮安湘子桥等。

赵州安济桥又称赵州桥，建于隋代年间，由著名工匠李春建造（见图 1-1），是当今世界上跨径最大、建造最早的单孔敞肩式石拱桥，这在世界建桥史上也是一个奇迹。该桥净跨 37.02m，宽 9m，拱圈两肩各设两个跨度不等的腹拱，既减轻自重，又便于排洪，增加美

观。该桥采用纵向并列砌筑,将大拱圈纵向分为28圈,每圈由43块拱石组成,每块拱石重1t左右,用石灰浆砌筑。为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(铁箔),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插尖方法使拱石挤压紧密。单从桥梁的施工技术来看,古代工匠对拱桥的受力特性已十分熟悉,施工技术完全符合现代科学原理,这也是赵州桥能完好保存至今的一个重要原因之一。1991年9月,赵州桥被美国土木工程师学会选定为第十二个“国际土木工程里程碑”。

泉州洛阳桥又称万安桥,始建于宋皇佑五年(见图1-2)。该桥是濒临海湾的大石桥,全长834m,有46个桥墩,气势壮观。在当时没有现代施工设备的情况下,在海湾上建造大桥最困难的是桥梁基础。工匠们在浪涛汹涌的海口,首创了筏形基础的桥基。这种基础是沿桥中线抛满大石块,在稳固的石基上建造桥墩,而且还巧妙地用牡蛎使筏形基础加固成整体。万安桥的石梁共300余根,每根重20~30t,这样重的梁在当时利用潮汐的涨落控制船的高低位置,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,借助自然力建造大桥,这也是现代浮运架桥的原始雏形。

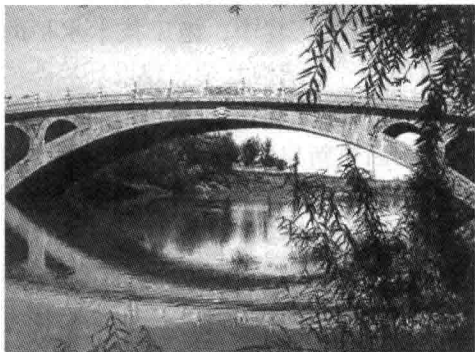


图1-1 赵州桥



图1-2 泉州洛阳桥

广东潮安的湘子桥,又称广济桥,全长517.95m,共19孔,上部结构有石拱、木梁、石梁等多种形式,还有用18条浮船组成长达97.30m的开合式浮梁(见图1-3)。这样既能适应江面上的通航,还可避免过多的桥墩阻塞河道。这座世界上最早的开合桥,结构类型之多、施工条件之困难、工程历时之久,都是古代建桥史上所罕见。

我国还是世界上最早建有索桥的国家。据史料记载,最迟在唐代中期,我国就开始从藤索、竹索发展到用铁链建造索桥,而西方直到16世纪才开始建造铁索桥。我国至今还保存着的索桥有四川都江堰的竹索桥和大渡河上的泸定铁索桥。其中都江堰竹索桥始建于宋朝,是当今世界上最古老的索桥。1803年仿旧制重建,桥长340m,分为8孔,最大跨径61m,现在竹索已被换为钢丝索。

国外保留至今的古代桥梁大多为石拱桥。最为著名的一座是位于法国南部尼姆(Nimes)附近的加尔德(Pont du Gard)输水桥(见图1-4),该桥建于公元前63~13年古罗马时代,全桥由三层圆弧拱组成,底层和二层各有6孔和11孔大拱,顶层为36孔小拱,拱上支承带有盖板的输水槽。另外还有意大利罗马台伯河(Tiber)上的天使桥(见图1-5),该桥建于公元136年,也是古罗马时代留下的、至今仍在使用的多孔圆弧拱桥。古罗马时代的石拱桥至今尚有许多遗存,其建筑技术和结构造型对拱桥的历史发展有着极为深远的影响。



a)



b)

图 1-3 广济桥

a) 石梁 b) 开合式浮梁

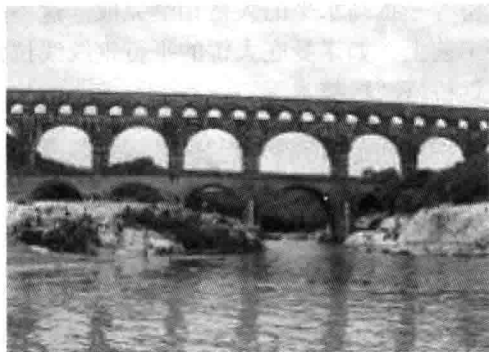


图 1-4 加尔德输水桥



图 1-5 天使桥

19 世纪 20 年代, 铁路开始在世界上出现, 现代桥梁是为适应铁路的发展, 在 19 世纪后期逐步发展起来的。但在铁路发展初期, 建桥材料仍然是木材、石材、铸铁和锻铁等, 后来钢材才逐步占据主导地位。20 世纪初期, 钢筋混凝土才开始被用于中小跨径桥梁建设。建桥工具也得到很大发展, 出现了蒸汽机、打桩机、电动工具及起重机具等。在深水基础方面, 也开始采用沉井、压气沉箱和大直径的桩。

20 世纪初期, 西方工业社会获得了空前的发展。美国出现了兴建高速公路和城市交通基础设施的高潮, 从而促进了中小跨径钢筋混凝土桥、大跨度钢桁架桥、钢拱桥和钢悬索桥的大量兴建。20 世纪 30 年代, 欧洲首创不用支架的钢筋混凝土拱肋分段悬拼施工技术获得成功, 是桥梁史上的一次重要的创新, 改变了过去传统的拱桥施工方法。大跨度悬索桥和拱桥的发展和创新, 是 20 世纪 30 年代桥梁建设的另一个重要成就, 以美国纽约华盛顿桥、旧金山金门大桥为代表显示了其在桥梁领域的垄断实力。

在 20 世纪 50 年代发展起来的、一大批采用新技术和新材料的桥梁称为当代桥梁。在桥梁材料方面, 除了常规的钢材和钢筋混凝土外, 还有预应力混凝土、高强螺栓、高强钢丝、低合金钢及其他新型材料。在桥梁施工机具和设备方面, 焊接机、张拉千斤顶、振动打桩

机、钻孔机等相继采用。在梁、拱、索桥等基本桥型的基础上,许多新桥型也发展起来,比如连续刚构桥、斜拉桥、梁拱组合体系、箱形梁等。随着施工技术和施工工艺的发展,出现不少新的施工方法,如悬臂施工法、转体施工法、浮运法及整件吊装法等。

悬臂施工技术最早是在前联邦德国采用,特别是1952年采用这种方法成功地建成了莱茵河上的沃伦姆斯T形刚构桥,首创了预应力混凝土悬臂梁桥挂篮悬浇的阶段施工新技术,这一新技术使预应力混凝土梁式桥突破了100m跨度。20世纪60年代以后,预应力夹片锚和抗疲劳的高应力幅冷铸墩头锚的问世,预应力混凝土的阶段施工工艺在挂篮悬浇法以后又出现了预制节段悬拼工艺,以及在移动托架上或用架桥机悬挂的拼装工艺,是预应力发展的高峰时期。20世纪70年代是预应力发展的成熟期,此时,斜拉桥已由前联邦德国向其他国家推广。在法国,斜拉桥和预应力技术结合而出现采用预应力混凝土桥塔和桥面的P.C.斜拉桥,同时顶推法施工工艺在这期间获得了成功。

20世纪80、90年代,是世界桥梁发展的辉煌时代。日本、丹麦首先开始兴建跨海大桥。日本在建造本州到四国的联络桥中的悬索桥时,首创了预制平行钢丝索股的施工技术,将排成正六边形的127根钢丝索股一次牵拉就位,大大提高了主缆的施工效率。同时,法国诺曼底大桥、中国万县长江大桥、日本明石海峡大桥等一批高水平的大桥相继完成。这一时期技术上的创新主要表现在桥梁建设的新材料和新工艺上,如诺曼底大桥的平行钢绞线拉索和施工控制技术、明石海峡大桥塔墩深水基础以及钢桥塔减振技术等。

经过近30年的发展,我国的国力显著增强,一大批桥梁如雨后春笋般建造起来。特别是近十年来建成的代表当今世界桥梁最高发展水平的一大批悬索桥、斜拉桥,更是确定了我国桥梁大国的地位。如苏通长江公路大桥(见图1-6),全长32.4km,主桥采用双塔双索面钢箱梁斜拉桥,是我国建桥史上规模最大、综合建设条件最复杂的特大型桥梁。苏通长江公路大桥的斜拉桥主孔跨度1088m,主塔高度306m,斜拉索长度580m,群桩基础平面尺寸113.75m×48.1m,均居世界第一位;专用航道桥采用140m+268m+140m=548m的T形刚构梁桥,居世界同类桥梁工程的第二位。苏通大桥工程规模之大、建设标准和科技含量之高、施工技术和施工条件之复杂,代表了当今世界桥梁建设的最高水平。



图1-6 苏通长江大桥

1.3 桥梁施工的特点及其相关因素

1.3.1 桥梁主要结构类型

桥梁结构一般由上部结构、下部结构及附属结构组成。桥跨部分称为上部结构,墩台和基础称为下部结构,支座、伸缩缝等为附属结构。按照受力特点的不同,桥梁结构可分为梁式桥、拱式桥、刚架桥、悬索桥和斜拉桥五大类,另外还有由不同体系的结构组合而成的组

合体系桥。

1. 梁式桥

梁式桥是一种在竖向荷载作用下无水平约束力的结构,但其主梁内弯矩较大。梁式桥是目前应用最广的桥梁类型,包括简支梁桥、连续梁桥、悬臂梁桥等,截面类型也包括T形截面、箱形截面等。梁式桥按所使用的建筑材料可分为钢筋混凝土梁桥、预应力混凝土梁桥和钢梁桥。在施工方法上,除采用现场浇筑法外,较多的采用预制安装法施工。

2. 拱式桥

拱式桥是在竖向荷载作用下,桥墩或桥台将承受水平推力的结构物。这种水平推力会使主拱圈的弯矩和变形小很多。拱式桥按所使用的建筑材料可分为石拱桥、钢筋混凝土拱桥、钢拱桥等;按照主拱圈的截面形式可分为肋拱桥、板拱桥、箱拱桥和双曲拱桥;按桥面位置可分为上承式拱桥、下承式拱桥和中承式拱桥。拱桥的跨越能力很大,外形也较美观,在条件许可的情况下,修建拱桥往往是经济合理的。拱桥施工方法较多,包括满堂支架法、悬臂施工法和转体施工法等。

3. 刚架桥

刚架桥的主要承重结构是主梁和与之刚性固结的墩台。在竖向荷载作用下,梁部主要受弯,而在墩台底部也具有水平约束力,其受力状态介于梁桥与拱桥之间。因此刚架桥跨中的建筑高度可以做得较小。当遇到线路立体交叉或需要跨越通航江河时,采用这种桥型可以尽量降低线路高程,以改善纵坡并能减少路堤土方量。刚构桥一般可分为带剪力铰刚构桥、带挂梁刚构桥和连续刚构桥三种基本形式。

4. 悬索桥

悬索桥是特大跨径桥梁的主要形式之一,它主要由主缆、吊索、加劲梁、桥塔和锚碇组成。现代的悬索桥上,广泛采用高强度的钢丝成股编制的钢缆,以充分发挥其优异的抗拉性能,因此结构自重较轻,能以较小的建筑高度跨越非常大的跨度。悬索桥按主缆的锚固方式,可分为地锚式和自锚式。大跨度悬索桥多采用地锚式,施工简单,安全度又高;自锚式悬索桥主要用在桥梁两端地基承载力较差的软土地基。

5. 斜拉桥

斜拉桥由斜索、塔柱和主梁组成。主梁恒载和车辆荷载首先通过主梁传给斜拉索,由斜拉索传给塔柱,再由塔柱基础传至地基。在这种受力状况下,斜拉桥的主梁尺寸可以大大减小,结构自重显著减轻,既节省了结构材料,又大幅度地增大桥梁的跨越能力。斜拉桥的斜索组成和布置、塔柱形式以及主梁的截面形状是多种多样的。按主塔、斜索和主梁的不同组合形式,斜拉桥可分为飘浮体系、半飘浮体系、塔梁固结体系和刚构体系。

1.3.2 桥梁施工的特点

1. 施工生产的流动性和地区性

桥梁工程由于建造地点的不同,其施工是在不同的地区、同一地区的不同现场、同一现场的不同单位工程、同一单位工程的不同部位进行的,其生产在地区与地区之间、现场之间和单位工程不同部位之间流动。因此,桥梁工程的施工受地区条件的影响,使其结构、构造、材料和施工方案等方面均不同,具有地域性。

2. 施工周期长、占用流动资金多

桥梁工程的建造要消耗大量的人力、物力和财力,施工过程中还要受到工艺流程和生产程序的制约,所以各专业各工种间必须按照合理的施工顺序进行配合和衔接。而建造地点的固定性,又使得施工活动的空间具有一定的局限性,从而导致桥梁施工具有生产周期长、占用流动资金多的特点。

3. 露天作业和高空作业多

桥梁工程的地点固定性和体形庞大的特征,决定了其施工具有露天作业和高空作业多的特点,随着社会和经济的发展以及现代化交通运输的需要,各种大型、特大型桥梁的施工任务越来越多,使得桥梁工程高空作业的特点日益明显。

4. 桥梁工程施工的单一性

对于一座具体的桥梁,往往是在统一规划内,根据它的实用功能,在选定的地点进行单独设计和单独施工。在设计中即便是选用标准设计和通用构件,由于桥梁所在地区的自然、技术和经济条件的不同,其建筑材料、施工方法和施工组织等也要因地制宜加以修改,以适应桥梁建设的需要。因此桥梁工程的施工具有单一性。

5. 施工生产组织协作的复杂性

桥梁施工所涉及的内容较广泛。在施工企业内部,它涉及工程力学、桥梁的结构和构造、工程材料、工程机械设备、施工技术和施工组织管理等多学科的专业知识,并且需要在不同时期、不同地点组织多专业、多工种的综合作业。在施工企业的外部,它涉及不同种类的专业施工队伍,以及规划、征用土地、勘察设计、三通一平、质量监督、科研试验、机具设备、物质材料、电水热的供应、劳务等社会各部门和各领域的协作配合,因而使得桥梁工程施工生产的组织协作关系较为错综复杂。

桥梁工程的施工特点决定了其难度和复杂性,同时由于桥梁结构形式众多,相应的施工方法与施工技术也不相同,这就会使桥梁施工技术相对复杂、施工难度相对加大。因此,对桥梁结构而言,除正确的设计外,选择合适的桥梁施工技术,将施工方法与施工过程相结合,在桥梁的设计和施工中尤为重要。

1.3.3 桥梁施工的相关因素

桥梁结构形式多种多样,不同结构形式桥梁的受力状态和工程造价也各不相同,结合桥梁施工的特点,施工时应采用适宜的机械设备和合理有效的组织管理方式。因此,桥梁施工的相关因素比较多,主要包括设计、机械设备、工程造价和组织管理等。

1. 施工与设计的关系

桥梁施工与桥梁设计有着十分密切、不可分割的关系。桥梁设计为施工提供依据,桥梁施工则将设计变为工程实体,并在施工中对设计进行检验与优化。

不同结构形式的桥梁,可以采用不同的施工方法,相同结构形式的桥梁也可采用不同的施工方法。对于复杂结构体系的桥梁,由于采用的施工方法不同,施工过程的结构受力体系各不相同,结构的内力将随受力体系的改变而改变。而且,多数桥梁在施工过程中需要经历若干次结构体系的转换。

因此,在考虑桥梁的设计方案时,必须从实际情况出发,充分考虑施工的可行性、经济性与合理性;施工方案的选择应视桥梁结构的跨度、孔数、截面形式和尺寸、地形、设备能

力、气候、运输条件等条件来综合确定。桥梁设计不但要满足运营阶段的强度、刚度和稳定性等各项要求,也要满足施工阶段的各项要求。

桥梁结构的施工应严格地按设计要求进行。在施工前,应对设计图、设计说明书、工程预算、施工计划等详细地阅读和研究,还应对各主要施工阶段的强度、刚度、稳定性等进行验算。同时,应按照设计要求与施工设备配备情况,精心合理地安排施工计划,编制施工组织设计。在整个施工过程中,设计与施工需要相互协调与配合,在施工中及时发现问题,及时变更设计,以保证施工顺利地进行。

2. 施工与机械设备的关系

桥梁施工技术的先进性往往取决于施工机具设备的优劣性,施工方法的选择和确定在很大程度上取决于是否有与之相配套的施工机械设备,特别是对一些大跨径、深水区及结构形式较复杂的桥梁。先进施工设备和机具的大量应用,使得各类型桥梁的施工方法和施工手段更加丰富,可供选择的施工方案的范围也更加广泛,由此推动了桥梁施工技术水平的提高和发展。

另一方面,随着桥梁建设事业的日益发展和进步,施工技术的发展也对各种施工设备和机具提出了更高的要求,因为桥梁结构体系及施工技术的发展,要有大量的、先进的机械设备作保证,同时要求各种施工设备和机具不断地更新和改进。因此,施工技术的发展同时又促进了机械制造业水平的不断提高。

桥梁施工的设备 and 机具门类品种繁多,因此,在进行施工组织和规划时,应根据具体的施工对象、工期、劳动力分布等情况,并考虑工程的整体经济效益,合理地选用和安排各种机具设备,以使它们能发挥最大的功效和经济效益。

3. 施工与工程造价的关系

桥梁工程总造价是指进行桥梁建设所花费的全部费用,桥梁工程的总造价包括项目规划、工程可行性研究、勘察设计、征地拆迁、工程施工等方面的费用。其中施工费用所占比例最大,一般要达到工程总费用的60%以上。近年来,由于人工费、材料费和机械费的不断增长,工程施工费用所占的比例呈现上升趋势。因此,施工费用对工程造价有着非常大的影响。

影响桥梁施工费用的主要因素包括构件的制作费用、架设安装费用和施工工期。为在施工阶段降低工程造价、节省投资,除了采取加强施工组织管理、节约材料、提高机械设备利用率等措施之外,最重要的就是在施工中应用新技术、新工艺来提高劳动生产率。不同的施工方法和手段,会直接影响到施工所需的费用。先进的施工方法,不但能保证工程的质量和进度,还能使施工费用处于合理的水平。落后的施工技术不仅无法保证施工质量和进度,而且还可能造成极大的浪费,导致工程成本升高。合理地采用先进施工技术,对于降低工程造价的作用是显而易见的。

4. 施工与组织管理的关系

桥梁施工过程是一项庞大的系统工程,涉及大量的人力、物力和财力,必须进行科学的管理。施工组织管理的目的是要保证工程按设计要求的质量、计划进度和低于设计预算和合同承包价的成本,安全、顺利地完,也就是使施工工作进行的速度快、质量好、成本节省、施工安全。

桥梁工程施工的特点是:产品位置固定不动,制造产品所需要的人工、机械、材料则是

流动的；产品生产周期长，而且多数是一次性的；生产程序和生产工艺要不断调整和改变。因此，桥梁施工管理工作要比工厂生产管理工作复杂困难得多，这就要求所有参与施工的人员（建设方、施工方、监理方和设计方）必须相互协作、相互促进，在施工过程中随时掌握工程进展的实际情况和存在的问题，采用科学的管理方法，进行切实有效的施工管理，以达到预期的目的。

桥梁的施工技术与组织管理在内容上有很大差别，但在实际工作中则是密切相关的。施工技术工程能按设计要求进行施工的依据，严格、科学的组织管理则是施工顺利进行的保障。

1.4 桥梁施工主要方法及选择

1.4.1 桥梁下部结构施工

桥梁下部结构施工包括桥梁基础施工、承台施工及墩台施工等。

1. 桥梁基础施工

桥梁基础作为桥梁整体结构的组成部分，其结构的可靠性影响着结构整体的稳定性和力学性能。基础形式和施工方法的选用要考虑桥跨结构的特点和要求，并结合现场地形、地质条件等因素。桥梁基础由于在地下或水中，涉及水或岩土等问题，增加了施工的复杂程度，从而使桥梁基础施工无法采用统一的模式。根据目前国内外已建成的桥梁基础情况，其类型主要有扩大基础、桩基础、沉井基础、管柱基础等。

(1) 扩大基础 扩大基础又叫明挖基础，是将基础底板直接设在承载地基上，来自上部的荷载通过基础底板直接传递给承载地基。扩大基础施工的一项主要工作是开挖基坑，基坑可采用人工开挖、机械开挖、土石围堰开挖和板桩围堰开挖。扩大基础的施工与地下水处理的难易有关。当水位较高时，需要采取排水或止水措施。

(2) 桩基础 桩基础主要用在地基浅层土质差、持力土层埋藏深、需要采用深基础才能满足结构物对地基强度、变形和稳定性要求的地基上。桩基础按成桩方法，可分为沉入桩和灌注桩两类。沉入桩又称打入桩，其施工方法有锤击法、振动法、静力压桩法以及射水或预钻孔辅助沉桩法。灌注桩因成孔机械或方法不同，又分为正循环法、反循环法、冲击法、冲抓法、潜水钻法及人工挖孔法等。

(3) 沉井基础 当表层地基土承载力不够、地下深处有较好的持力层，或由于其他原因，不宜采用天然基础或桩基础时，可采用沉井基础。沉井可采用筑岛法在墩位处施工，沉井主要通过井内取土依靠沉井自重下沉，也可采用压重、高射压水、抽水等辅助措施，或采用泥浆润滑套或空气幕等方法。

(4) 管柱基础 管柱基础适用于各种土质的基底，尤其是在深水、岩面不平、无覆盖层或覆盖层很厚，不宜修建其他类型基础时。管柱基础的施工方法按条件不同分为两种：需要设置防水围堰的基础和不需要设置防水围堰的基础，其中前者施工方法比较复杂。管柱施工时，必须设置控制管柱倾斜和防止位移的导向结构，导向结构的布置应便于下沉和接高管柱。

2. 承台施工

位于旱地或浅水区,采用土石筑岛进行桩基施工的桥梁,其承台施工方法与扩大基础施工方法类似,可采用明挖基坑或简易板桩围堰施工。对于深水承台,施工方法主要包括钢板桩围堰、钢管桩围堰、双壁钢围堰及套箱围堰等。围堰是为了止水,以便承台在无水状态下施工。钢板桩与钢管桩是同一类型的围堰形式,只不过所用的材料不同。双壁钢围堰通常将桩基与承台施工一并考虑,即先在围堰顶设钻孔平台,桩基施工完成后将平台拆除,然后在围堰内进行承台施工。套箱现在一般采用钢材制作,分有底套箱和无底套箱两种,根据其受力情况又可设计成单壁或双壁套箱。

3. 桥梁墩台施工

桥梁墩台按建筑材料可分为圬工墩台、钢筋混凝土墩台、预应力混凝土墩台和钢墩台等多种形式,按施工方法可分为石砌墩台、就地浇筑式墩台和预制装配式墩台等。桥梁墩台的施工方法根据其结构形式的不同而不同。对于结构形式简单的中小桥墩台,通常采用立模现浇施工。但对于高墩及斜拉桥、悬索桥的索塔,则有较多的方法可供选择。近年来,滑升模板、爬升模板和翻升模板等在高墩和索塔上应用较多,这些方法的共同特点是:将墩身分成若干节段,从下至上逐段进行施工。

1.4.2 桥梁上部结构施工

随着预应力混凝土的应用、桥梁类型与跨径的增加以及构件生产的预制化等,桥梁上部结构施工方法有了较大的进步和发展,形成了多种多样的施工方法。但是从总体上来讲,桥梁施工方法主要分为现浇法和预制法两大类。而具体按照桥梁结构的形成方式可将施工方法划分为多种施工方法。针对某一具体的桥梁结构,并不一定严格地按照某一工法和结构形成的顺序来进行,可以将多种施工方法进行组合。

1. 就地浇筑法

就地浇筑法就是在桥位处搭设支架,在支架上浇筑混凝土,待混凝土达到设计强度后拆除模板、支架。这种方法的主要特点是:

- 1) 无需预制场地,而且不需要大型起吊、运输设备。
- 2) 无须做梁间或节间的连接工作,桥跨结构整体性好。
- 3) 施工工期长,施工质量易受季节性气候的影响、不容易控制,对预应力混凝土梁因受混凝土收缩、徐变的影响将产生较大的预应力损失。
- 4) 施工中的支架、模板耗用量大,施工费用高。
- 5) 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。

2. 预制安装法

预制安装法是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,然后采用一定的方法进行运输、架设、安装与连接,完成主体结构的施工。这种方法的主要特点是:

- 1) 在预制工厂进行预制,有利于确保构件的质量,便于采用机械化施工。
- 2) 采用上、下部结构平行作业,可缩短现场施工工期。
- 3) 有效利用劳动力,降低工程造价。
- 4) 施工速度快,可适用于紧急施工工程。
- 5) 主梁构件在安装时一般已有一定龄期,故可减少混凝土收缩、徐变引起的变形。

预制安装法对桥下通航能力的影响视主梁的架设方式而定,此施工方法对运输、起吊设备有一定的要求。

3. 悬臂施工法

悬臂施工法是从桥墩开始,两侧对称进行梁段现浇或预制梁段拼装。前者称为悬臂浇筑施工,后者称为悬臂拼装施工。

悬臂施工法的主要特点有如下几点:

1) 桥梁在施工过程中要产生负弯矩,桥墩也要承受由于施工而产生的弯矩。因此,该施工法适用于运营状态下的结构受力与施工状态下结构受力比较接近的桥梁,如变截面连续梁、斜拉桥、T形刚构桥等。

2) 对非墩、梁固接的预应力混凝土梁桥,在施工时需采取措施,使墩、梁临时固接,保证施工期结构的稳定;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,就挂篮而言就有多种不同的形式,在施工时可根据实际情况选用。

4) 悬臂浇筑法施工简便、结构整体性好,施工中可以不断调整位置,常用于跨径大于100m的桥梁。

5) 悬臂拼装法施工速度快,桥梁上下部结构可平衡作业,但施工精度要求较高,可在跨径小于100m的大桥中选用。

6) 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。

4. 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)进行制作,待混凝土达到设计强度后再旋转构件就位的施工方法。在转体施工中,桥梁结构的支座位置一般设定为施工时的旋转支承和旋转轴,待桥梁完工后,再按设计要求改变支承情况,以满足最初的设计要求。

转体施工的主要特点如下:

1) 可利用施工现场的地形,方便安排构件预制。

2) 施工期间不断航,不影响桥下交通。

3) 施工设备少,装置简单,容易制作和掌握。

4) 节省木材和施工用料。

5) 减少高空作业,施工工序简单,施工迅速。

6) 转体施工适用于单跨和三跨桥梁,也可在深水、峡谷中建桥采用,同时也适用于平原地区以及城市跨线桥的施工。

5. 顶推施工法

顶推施工法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段连接成整体,然后通过顶推装置施力,将梁体向前顶推出预制场地,然后在预制场继续进行下一节段梁的预制,循环操作直至施工完成。

顶推施工法具有以下主要特点:

1) 顶推法施工发挥了先张法和悬浇法的优点,弥补了其缺点,具有分段预制的益处而无块件之间的接缝问题。

2) 可运用简易的施工设备建造大中桥梁,施工费用低,施工平稳无噪声,可在深水、