



国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

道路桥梁工程技术专业

# 桥梁上部构造施工

主 编 陈 珂  
副主编 郭天惠  
主 审 汪金育



人民交通出版社  
China Communications Press

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

# 桥梁上部构造施工

Qiaoliang Shangbu Gouzao Shigong

主 编 陈 珂  
副主编 郭天惠  
主 审 汪金育

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书是国家示范性高职院校重点建设专业教材。本书系统地阐述了各种体系桥梁上部构造施工架设方法和涵洞施工技术,并介绍了桥涵施工常用的配套机具和其他主要桥型的施工技术。全书共分四个学习情境,分别为:桥梁上部构造认知、桥梁上部构造施工、路面系及附属工程施工、涵洞施工。

本书是高职高专院校道路桥梁工程技术专业教学用书,也可供相关教学使用,或作为有关专业继续教育及职业培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

桥梁上部构造施工/陈珂主编. —北京:人民交通出版社,2010.10

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材  
ISBN 978-7-114-08714-1

I. ①桥… II. ①陈… III. ①桥梁结构:上部结构—  
工程施工—高等学校:技术学校—教材 IV. ①  
U443.3 ②U445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 194707 号

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

书 名:桥梁上部构造施工

著 者:陈 珂

责任编辑:黎小东

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:14.5

字 数:352千

版 次:2010年11月 第1版

印 次:2010年11月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-08714-1

定 价:33.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

## 贵州交通职业技术学院教材编写委员会

主 任 唐 好

副 主 任 李 皖 卢正平 王永福

顾 问 张润虎

委 员 刘 焰 罗 筠 刘 志 陈文均 王 毅 张玉杰

王端祥 王爱红 周 青 邵世敏 李 毅 杨树枫

韦生根 张 平 周 华 许慧芳 曹云刚 蒋直泉

刘正发 周 勇 田兴强 杨明筑 肖志红 袁宗齐

吴 薇 安 军 李晓南(贵州汽车修理公司总经理)

庞 涛(贵阳市汽车维修管理处高级工程师) 罗洪波

(贵州省公路公司设备管理公司总经理) 王万海(贵

阳万通环保防水有限公司) 刘永强(贵州省建设工程

质量监督总站) 林永明(贵州省公路勘察设计院院长)

喻 红(广东省工程勘察院高级工程师)

# 序

《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)明确指出:“高等职业教育作为高等教育发展中的一个类型,肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高技能人才的使命”。探索类型发展道路、构建高技能人才培养模式、开发特色教学资源,是高职院校的历史责任。

2007年,贵州交通职业技术学院被列为国家示范性高等职业院校建设单位。国家示范性院校建设的核心是专业建设,而课程和教材又是专业建设的重要内容之一。如何通过课程的建构来推动人才培养模式的改革和创新?教材编写工作又如何与学校人才培养模式和课程体系改革相结合?如何实现课程内容适合高素质技能型人才的培养?这均是学院示范性建设中的重要命题。

令人欣慰的是学院教师历经3年的不断探索和实践,为学院示范建设作出了功不可没的成绩。其中教材建设就是部分成果的体现,也是全体专业教师、一线工程技术人员共同的智慧结晶和劳动成果。在这些教材中,既有工学结合的核心课程教材,也有专业基础课程教材。无论是哪种类型的教材,在编写中,学院都强调对教材内容的改革与创新,强调示范性院校专业建设成果在教材中的固化,强调教材为高素质技能型人才培养服务,强调教材的职业适应性。因为新教材的使用,必须根植于教学改革成果之上,反过来又促进教学改革目标的实现,推进高职教育人才培养模式改革。

本教材与传统教材相比有如下三个方面的特点:

第一,该教材由原来传统知识体系的章节结构形式,改为工作过程的项目、模块结构形式;教材中的项目来源于岗位工作任务分析确定的工作项目所设计的教学项目,教材中的模块来源于完成工作项目的工作过程。

第二,教材的内容不再依据相关学科的理论知识体系,而来源于相应岗位的工作内容。教学内容的选取依据完成岗位工作任务对知识和技能的要求,建立在行业专家对相应岗位工作任务分析结果和专业教师深入行业进行岗位调研结果的基础上。注重学生实践训练、培养学生完成工作的能力。

第三,教材不再停留在对课程内容的直接描述,而是十分注重对教学过程的设计,注重学生对教学过程的参与。在教材的各个项目之前,一般都提出了该项目应该完成的工作任务,该任务可能是学习性的工作任务,也可能是真实的工作任务。

在这些教材的编写过程中,也倾注了相关企业有关专家的大量心血和辛勤劳动,在此谨向他们表示衷心的感谢!由于开发时间短,教学检验尚不充分,错误和不当之处难免,敬请专家、同行指教。

**贵州交通职业技术学院教材编写委员会**

**2009. 11. 20**

# 前 言

“桥梁上部构造施工”是高职高专道路桥梁工程技术专业课程。通过本课程的学习,使学生在掌握桥梁上部构造施工的基本知识、实践技能的基础上,培养学生进行桥梁上部构造施工和组织的能力,以及运用国家现行施工规范、规程、标准的能力,促进学生解决桥涵工程问题能力和施工组织能力的提高。

本教材与企业合作,以企业调研为基础,确定桥梁上部构造施工的工作任务,明确培养桥涵施工能力的学习目标。

对“桥梁上部构造施工”课程的设计,是基于桥梁上部构造技术施工过程的系统化设计原则,以培养桥梁上部施工能力为主线,贯穿课程的始终。以桥梁上部构造施工技术项目为导向,将桥梁上部构造施工技术项目分解为桥梁上部构造认知、桥梁上部构造施工、桥面系及附属工程施工、涵洞施工四个情境进行内容安排。

书中引言、学习情境1和学习情境2由贵州交通职业技术学院陈珂编写,学习情境3和学习情境4由贵州交通职业技术学院郭天惠编写,全书由陈珂统稿。贵州高速公路开发总公司汪金育担任本书主审。

在编写过程中,编者参考和引用了大量有关文献资料,在此对原作者顺致谢意。

由于时间仓促,水平有限,书中内容难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者  
2010年9月

# 目 录

引言	1
思考题	6
学习情境1 桥梁上部构造认知	7
工作任务 板、梁构造	7
思考题	21
学习情境2 桥梁上部构造施工	22
工作任务1 桥梁施工准备	22
工作任务2 桥梁施工设备	26
工作任务3 桥梁施工测量	37
工作任务4 原材料性能及混凝土配合比设计	42
工作任务5 施工组织设计	62
工作任务6 钢筋混凝土梁桥上部构造施工	73
工作任务7 圬工和钢筋混凝土拱桥连续梁桥上部构造施工	146
思考题	171
学习情境3 桥面系及附属工程施工	172
工作任务 认识桥面系和附属工程	172
思考题	194
学习情境4 涵洞施工	195
工作任务 涵洞的构造	195
思考题	218
参考文献	220

# 引 言

## 一、本课程的性质与研究对象

本课程是道路桥梁工程技术专业核心课程,目标是让学生掌握桥梁上部构造的浇筑、预制与安装的施工技术。

本课程的教学主要围绕桥梁上部构造的浇筑、预制与安装等施工技术项目进行叙述,并在每个学习情境中安排一个阶段项目,通过完成阶段项目来学习相关的知识,训练相应的技能,实现能力培养的目标。

## 二、桥梁施工技术发展概述

在桥梁工程中,施工是非常重要的的一环,它决定着工程的质量和整个工程的造价等问题。因此,在桥梁施工中,合理地选择施工方法,正确地组织施工和科学管理具有十分重要的意义。

人类在原始时代,要跨越水道和峡谷,是利用自然倒下来的树木、自然形成的石梁或石拱、溪涧突出的石块、谷岸生长的藤萝等来完成的。古代桥梁在 17 世纪以前,一般是用木、石材料建造的,并按建桥材料把桥分为石桥和木桥。石桥的主要形式是石拱桥。在罗马帝国时代,欧洲建造拱桥较多,如公元前 200 ~ 公元 200 年间在罗马台伯河建造了 8 座石拱桥,其中建于公元前 62 年的法布里西奥石拱桥,桥跨为两孔,各孔跨径为 24.4m。拱桥除圆拱、割圆拱外,还有椭圆拱和坦拱。公元 1542 ~ 1632 年法国建造的皮埃尔桥为七孔不等跨椭圆拱,最大跨径约 32m。当时椭圆拱曾盛行一时。1567 ~ 1569 在佛罗伦萨的圣特里尼搭建了三跨坦拱桥,其矢高同跨度比为 1:7。

11 ~ 17 世纪建造的桥,有的在桥面两侧设商店,如意大利威尼斯的里亚尔托桥。

举世闻名的河北省赵县的赵州桥(又称安济桥),是我国古代石拱桥的杰出代表(图 0-1)。该桥于隋大业初年(605 年左右)由李春建造,是一座空腹式的圆弧形石拱桥,净跨 37.02m,宽 9m,拱矢高度 7.23m。在拱圈两肩各设有两个跨度不等的腹拱,这样既能减轻桥身自重、节省材料,又便于排洪、增加美观。赵州桥的设计构思和工艺的精巧,不仅在我国古代桥梁中首屈一指,据对世界桥梁的考证,像这样的敞肩拱桥,欧洲到 19 世纪中叶才出现,比我国晚了 1 200



图 0-1 赵州桥

多年。赵州桥的雕刻艺术,包括栏板、望柱和锁口石等,其上的狮、象、龙形态逼真,琢工精致秀丽,不愧为文物宝库中的艺术珍品。

回顾混凝土梁桥的发展历史,可以清楚地看到施工工艺的革新对桥梁类型和体系发展的重要性,它对提高桥梁的跨越能力和丰富结构构造形式都起着重要的作用。早期的混凝土梁桥一般是采用支架就地浇筑施工的中、小跨径的钢筋混凝土简支梁桥和悬臂梁桥,随着桥梁构件的工厂化,出现了装配式钢筋混凝土简支梁桥。自从预应力技术在桥梁工程中应用之后,并随着起重能力的提高,中小跨径的装配式预应力混凝土简支梁桥得到了普遍推广。这些装配式混凝土简支梁桥,大多数采用分片式整体预制,安装后横向整体化,即采用整体施工的方法。

20世纪50年代中期,悬臂施工法从钢桥引入了混凝土梁桥,混凝土梁桥可以从桥墩对称进行分段悬臂浇筑施工或悬臂拼装施工(图0-2、图0-3)。这种施工方法不用或很少用支架,不影响河道的通航,建造大跨径桥梁不需要大型起吊设备,从而使预应力混凝土悬臂梁桥、预应力混凝土T形刚构桥、连续梁桥和连续刚构桥(图0-4)得到了普遍发展。继悬臂施工法之后,1959年顶推施工法首次用于预应力混凝土连续梁桥的施工(图0-5),它是在沿桥纵轴方向的桥后开辟预制场地,分节段预制主梁,并用纵向预应力筋连成整体,然后通过水平液压千斤顶施力,借助滑动装置,将梁段向对岸顶进就位。

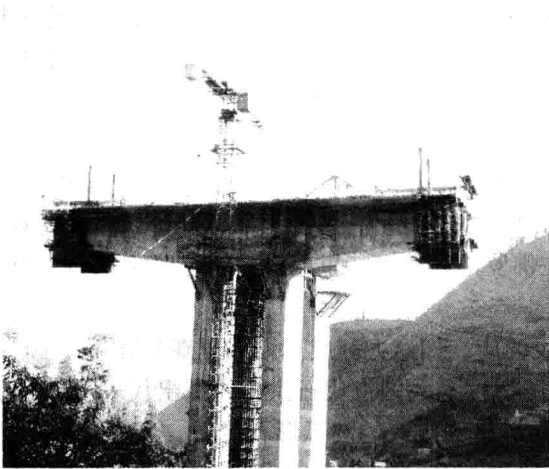


图0-2 悬臂浇筑施工法

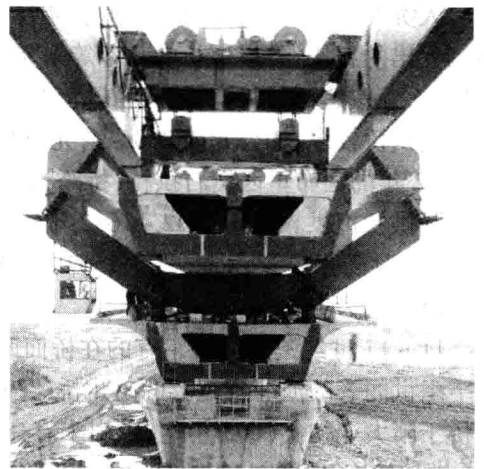


图0-3 悬臂箱梁拼装

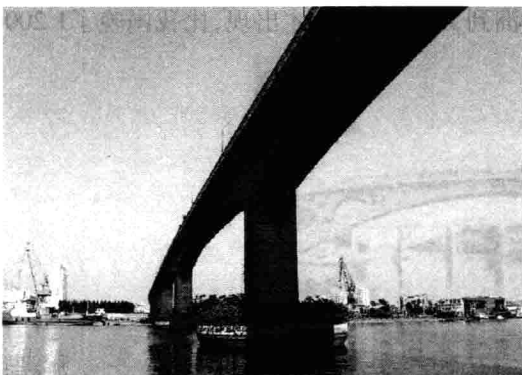


图0-4 连续刚构桥



图0-5 顶推法施工

桥梁结构的发展对施工提出了各种不同的要求,也促进了施工方法的发展。随着多跨长桥和高架桥梁的大量建造,出现了与它们相适应的逐跨施工和移动模架施工方法。多跨长桥及高架桥的跨径通常考虑经济分孔,采用等截面梁,因此要求施工快速、简便,使用一套机具设备连续作业。逐跨施工法可以整跨预制逐跨施工,可以在节段预制后再进行逐跨拼装施工,也可在支架上逐跨现浇施工。而移动模架法则是采用大型的施工设备,在梁的位置上逐跨完成梁的一系列制造工作后,纵移施工设备连续施工。其相当于把桥梁的预制场移到桥位,并依靠动力逐跨完成,对于大型桥梁工程施工向工厂化、机械化、自动化和标准化方向迈进是一种有益的尝试(图 0-6)。

桥梁转体施工是 20 世纪 40 年代以后发展起来的一种架桥工艺(图 0-7)。它是在河流的两岸或适当的位置,利用地形或使用简便的支架先将半桥预制完成,之后以桥梁结构本身为转体,使用一些机具设备,分别将两个半桥转体到桥位轴线位置合龙成桥。转体施工将复杂的、技术性强的高空及水上作业变为岸边的陆上作业,既能保证施工的质量、安全,也减少了施工费用和机具设备,同时在施工期间不影响桥位通航。转体施工法较多用于拱桥的施工,目前在梁桥、斜拉桥、刚架桥等不同桥型的上部构造施工中也应用。

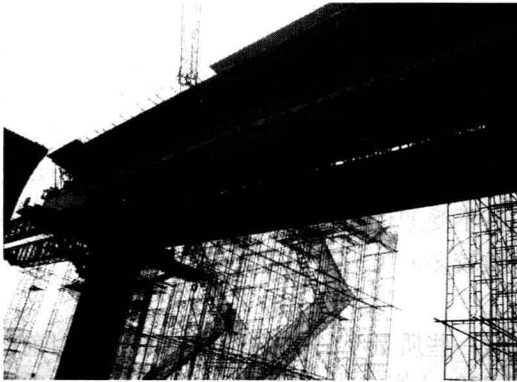


图 0-6 移动模架法施工

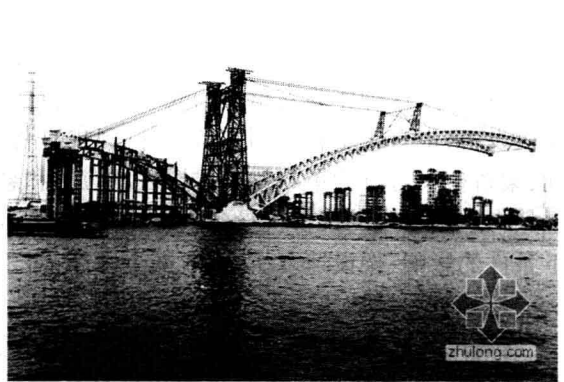


图 0-7 转体施工法

科学技术的发展将不断对施工提出新的要求,今后也将会出现更多的、适应各种不同条件的施工方法。混凝土梁桥的施工方法很多,即使在同一种方法中也有不同的情况,所需的机具、劳力、施工步骤和施工期限也不一样。因此,在确定桥梁施工方法时应根据桥梁的设计要求、施工现场、环境、设备、经验等各种因素综合分析考虑,合理选择最佳的施工方法。

### 三、桥梁上部构造施工方法

桥梁上部构造的形式是多种多样的,其施工方法的种类也较多,但除一些比较特殊的施工方法之外,大致可分为预制安装和现浇两大类。现将常用施工方法(图 0-8)的特点和适用性分述如下。

#### 1. 预制安装法

预制安装可分为预制梁安装和预制节段式块件拼装两种类型。前者主要指装配式的简支梁板,如空心板梁、T 形梁、I 形梁及小跨径箱梁等的安装,是先将梁(板)吊装就位,而后进行横向连接或施工桥面板而使之成为桥梁整体;后者是指将梁体(一般为箱梁)沿桥轴向分段预制成节段或节式块件,运到现场进行拼装(悬臂拼装),连续梁、T 构、刚构和斜拉桥多采用这种方法进行施工。

### 1) 自行式吊车吊装法

自行式吊车吊装法多采用汽车吊、履带吊等机械,有单吊和双吊之分,一般适用于跨径在 30m 以内的简支梁(板)的安装作业。在现场吊装的桥梁孔跨内或引道上应有足够设置吊车的场地,同时应确保运梁道路的畅通。吊车的选型应充分考虑梁体的质量和作业半径后方可决定。

### 2) 跨墩龙门安装法

跨墩龙门安装法是在墩台两侧顺桥向设置轨道,其上安置跨墩的龙门吊,将梁体在吊起状态下运到架设地点而安装在预定位置。此法一般可将梁的预制场地安排在桥头引道,以缩短运梁距离。其优点是:施工作业简单、施工速度快,容易保证施工安全。但要求架设地点的地形平坦、土质良好,梁体应能沿顺桥向搬运,桥墩不能太高。此法因设备的费用较高,架设安装的孔跨数不能太少。

### 3) 架桥机安装法

架桥机安装法是预制梁的典型架设安装方法。在孔跨内设置安装导梁,以此作为支承梁来架设梁体,这种作为支承梁的安装梁结构称为架桥机。目前架桥机的种类甚多,有专用的架桥机设备,也有施工者应用常备构件(万能杆件和贝雷桁片等)自行拼装而成的。按形式的不同,架桥机又可分为单导梁、双导梁、斜拉式和悬吊式等。悬臂拼装和逐跨拼装的节段式桥梁也经常采用专用的架桥机设备进行施工。其特点是:不受架设孔跨的桥墩高度影响,也不受梁下条件的影响;架设速度快,作业安全度高,对于跨数较多的长大桥梁更具优越性。

### 4) 扒杆吊装法

扒杆吊装法是一种较原始但简单易行的方法,对一些质量小的小型构件比较适宜,目前已很少采用。但近年国内也有采用扒杆吊装大跨径(330m)桁式拱的经验,单件吊装最大质量达 200t。

### 5) 浮吊架设法

浮吊架设法一般适用于河口、海上长大桥梁的架设安装,包括整孔架设和节段式块件的悬臂拼装。采用此法工期较短,但梁体的补强、趸船的补强及趸船、大型吊具、架设用的卡具等设备均较大型化。浮吊和趸船移动,伴随而来的是会使梁体摇动,因此应充分考虑其倾覆问题。

### 6) 浮运整孔架设法

浮运整孔架设法是将梁体用趸船承运至架设地点后进行架设安装的方法,可分两种方式:第一种方式是用两套卷扬机(或液压千斤顶装置)组合提升吊装就位;第二种方式是利用趸船的吃水落差将整体梁体安装就位。

### 7) 缆索吊装法

缆索吊装法是当桥址为深谷、急流等桥下净空不能利用时,在桥台或桥台后方设立钢塔架,塔架上悬挂缆索,以缆索作为承重索进行架设安装的施工方法。缆索吊装较多地应用于拱桥的拼装施工,梁式桥及其他桥型也有采用此法施工的。吊装法有直吊式和斜拉式之分。缆索吊装法比其他方法的架设机械庞大且工期长,采用时应对其经济性进行充分分析。

### 8) 提升法

提升法有两种形式:一是采用卷扬机装置进行提升,较适用于悬臂拼装的桥梁;另一种是

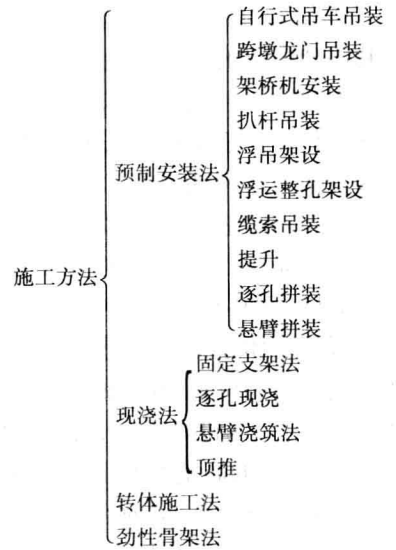


图 0-8 上部构造施工方法

采用液压式千斤顶装置进行连续提升,较适用于重型构件或梁(板)的架设安装。

### 9) 逐孔拼装法

逐孔拼装法一般适用于节段式预应力混凝土连续梁的施工。在施工的孔跨内搭设落地式支架或采用悬吊式支架,将节段预制块件按顺序吊放在支架上,然后在预留孔道内穿入预应力筋,对梁施加预应力使其成为整体,这种方法被形象地称为“穿糖葫芦”。

### 10) 悬臂拼装法

悬臂拼装法现多用于预应力混凝土梁体的施工,其他类型的桥梁也可选用。这是一种将梁体分节段预制,墩顶附近的块件用其他架设机械安装或现浇,然后以桥墩为对称点,将预制块件沿桥跨方向对称起吊、安装就位后,张拉预应力筋,使悬臂不断接长、直至合龙的施工方法。悬臂拼装法施工速度快,桥梁上、下部结构可平行作业,预制块件的施工质量易控制,但预制节段所需的场地较大,大跨桥梁施工时,对拼装精度要求较高,因此此法可在跨径 100 ~ 200m 的大桥中选用。这种施工方法可不用或少用支架,施工时不影响通航或桥下交通,宜在跨深水、山谷和海上进行施工,并适用于变截面预应力混凝土梁桥。

悬臂拼装可用的机具设备较多,有移动式吊车、缆索吊、汽车吊和浮吊等,可根据不同的桥梁结构和地形条件进行选择。

## 2. 现浇法

### 1) 固定支架法

固定支架法是在桥跨间设置支架、安装模板、绑扎钢筋、现场浇筑混凝土的施工方法,特别适用于旱地上的钢筋混凝土和预应力混凝土中小跨径连续梁桥的施工。支架按其构造的不同可分为满布式、柱式、梁式和梁柱式几种类型,组件形式有门式支架、扣件式支架、碗扣式支架、贝雷桁片、万能杆件及各种型钢组合构件等。在这种施工法中,支架虽为临时结构,但施工中需承受梁体的大部分恒重,因此必须有足够的强度和刚度。同时支架的地基要可靠,必要时需对地基进行加固处理。固定支架法施工的特点是:梁的整体性好,施工平稳、可靠,不需大型起重设备;施工中无体系转换的问题;但需要大量施工支架,并需要有较大的施工场地。

### 2) 逐孔现浇法

#### (1) 在支架上逐孔现浇施工

在支架上逐孔现浇施工是一种与前述的固定支架法相类似的施工方法,其区别在于逐孔现浇施工仅在梁的一孔(或两孔)间设置支架,完成后将支架整体转移到下一孔进行连续施工,因此这种方法可仅用一孔(或两孔)的支架和模板周转使用,所需施工费用较少。支架可用落地式、梁式和落地移动式。落地式支架多用于旱地桥梁或桥墩较低的情况;梁式支架的承重梁则可支承在位于桥墩承台的立柱上或锚固于桥墩的横梁上;落地移动式支架可在地面设置轨道,支架在轨道上(或其他滑动、滚动装置上)进行转移。逐孔现浇施工的接头通常设在距桥墩中心约  $L/4$  弯矩较小的部位。这种施工方法适用于中小跨径及结构构造比较简单的预应力混凝土桥梁。

#### (2) 移动模架逐孔现浇施工

移动模架逐孔现浇施工方法是使用不着地移动式的支架和装配式的模板进行连续地逐孔现浇施工。此法自 20 世纪 50 年代末开始使用以来,得到了较广泛的应用,特别对于多跨长桥以及弯、坡、斜桥如高架桥、海湾桥,使用十分方便。其施工快速,安全可靠,机械化程度高,节省劳力,减轻劳动强度,少占施工场地,不会受桥下各种条件的影响,能周期循环施工。但因其模架设备的投资较大,拼装与拆除都较复杂,所以此法一般适用于跨径 20 ~ 50m 的预应力混

凝土连续梁桥施工,且桥长至少应在 500m 以上。

移动模架可分为在梁下以支架梁等支承梁体重力的活动模架(支承式)和在桥面上设置的主梁支承梁重的移动悬吊模架两种形式。

### 3) 悬臂浇筑法

悬臂浇筑法最常用的是采用挂篮悬臂浇筑施工,在桥墩两侧对称逐段就地浇筑混凝土,待混凝土达到一定强度后张拉预应力筋,移动挂篮继续进行施工,使悬臂不断接长,直至合龙。挂篮悬臂浇筑施工是 1959 年首先由前联邦德国迪维达克公司创造和使用的,因此又称迪维达克施工法。挂篮的构造形式很多,通常由承重梁、悬吊模板、锚固装置、行走系统和工作平台几部分组成。挂篮的功能是:支承梁段模板,调整位置,吊运材料机具,浇筑混凝土,拆模和在挂篮上进行预应力张拉工作。挂篮除强度应保证安全可靠外,还要求造价省,节省材料,操作使用方便,变形小,稳定性好,装拆移动灵活和施工速度快等。

悬臂浇筑施工不需在跨间设置支架,使用少量施工机具设备,便可以很方便地跨越深谷和河流,适用于大跨径连续梁桥的施工。同时根据施工受力特点,悬臂施工一般宜在变截面梁中使用。

### 4) 顶推法

顶推法施工是在桥台的后方设置施工场地,分节段浇筑梁体,并用纵向预应力筋将浇筑节段与已完成的梁体连成整体,在梁体前端安装长度为顶推跨径 0.7 倍左右的钢导梁,然后通过水平千斤顶推力,将梁体向前方顶推出施工场地,重复这些工序即可完成全部梁体的施工。顶推法最早是 1959 年在奥地利的阿格尔桥上使用,其特点是:由于作业场所限定在一定范围内,可于作业场上方设置顶棚而使施工不受天气影响,全天候施工。连续梁的顶推跨径为 30 ~ 50m 时最为经济有利,如果跨径大于此值,则需有临时墩等辅助手段。逐段顶推施工宜在等截面的预应力混凝土连续梁桥中使用,也可在组合梁和斜拉桥的主梁上使用。用顶推法施工,设备简单,施工平稳,噪声低,施工质量好,可在深谷和宽深河道上的桥梁、高架桥以及等曲率曲线桥、带有曲线的桥和坡桥上采用。

顶推施工的方法可分为单点顶推和多点顶推两种。

### 3. 转体施工法

转体施工法多用于拱桥的施工,也可用于斜拉桥和刚构桥的施工。这种施工法是在岸边立支架(或利用地形)预制半跨桥梁的上部结构,然后借助上、下转轴偏心值产生的分力使两岸半跨桥梁上部结构向桥跨转动,用风缆控制其转速,最后就位合龙。该法最适用于峡谷、水深流急、通航河道和跨线桥等地形特殊的情况,具有工艺简单,操作安全,所需设备少、成本低,速度快等特点。转体法分平转和竖转两种施工方法,施工中又分为有平衡重和无平衡重两种方式。

### 4. 劲性骨架法

劲性骨架法是以钢骨架作为拱圈的劲性拱架,采用现浇混凝土包裹骨架,最后形成钢筋混凝土拱桥。这种埋入式拱架法在我国国内有施工实例,国外称为“米兰拱”。“米兰拱”骨架可采用型钢或钢管等材料制作。

## 思考题

1. 桥梁施工方法的发展趋势是什么?
2. 桥梁上部构造有哪些施工方法?

# 学习情境 1 桥梁上部构造认知

## 工作任务 板、梁构造

### 学习目标

1. 叙述板、梁构造的内容；
2. 知道板、梁构造的功能(作用)；
3. 了解板、梁结构的布置。

### 任务描述

利用某在建公路桥梁施工文件、多媒体教学资源 and 教师的讲解,同学们能掌握板、梁构造的内容。

### 学习引导

本学习任务沿着以下脉络进行学习。

- 第一步:结合课件,教师讲解相关知识；
- 第二步:展示某在建公路桥梁施工文件；
- 第三步:掌握板、梁的构造。

## 单元学习 1 板、梁构造要求

### 一、结构基本尺寸的规定

#### 1. 板

钢筋混凝土简支板桥的标准跨径不宜大于 13m;连续板桥的标准跨径不宜大于 16m。预应力混凝土简支板桥的标准跨径不宜大于 25m;连续板桥的标准跨径不宜大于 30m。

空心板桥的顶板和底板厚度,均不应小于 80mm。空心板的空洞端部应予填封。

人行道板的厚度,就地浇筑的混凝土板不应小于 80mm;预制混凝土板不应小于 60mm。

#### 2. 梁

钢筋混凝土 T 形、I 形截面简支梁标准跨径不宜大于 16m,钢筋混凝土箱形截面简支梁标准跨径不宜大于 25m,钢筋混凝土箱形截面连续梁标准跨径不宜大于 30m。预应力混凝土 T 形、I 形截面简支梁标准跨径不宜大于 50m。

T 形、I 形截面梁应设跨端和跨间横隔梁。当梁横向刚性连接时,横隔梁间距不应大于 10m。

箱形截面梁应设箱内端横隔板。内半径小于 240m 的弯箱梁应设跨间横隔板,其间距对于钢筋

混凝土箱形截面梁不应大于 10m;对于预应力箱形截面梁则需经结构分析确定。共同受力的多箱梁桥,梁间应设跨端横隔梁,需要时宜设跨间横隔梁,其设置及间距可按 T 形截面梁办理。

箱形截面悬臂梁桥,除应设箱内端横隔板外,悬臂跨径 50m 及以上的箱形截面悬臂梁桥在悬臂中部尚应设跨间横隔板。条件许可时箱形截面梁横隔板应设检查用人孔。

预制 T 形截面梁或箱形截面梁翼缘悬臂端的厚度不应小于 100mm;当预制 T 形截面梁之间采用横向整体现浇连接时或箱形截面梁设有桥面横向预应力钢筋时,其悬臂端厚度不应小于 140mm。T 形和 I 形截面梁,在与腹板相连处的翼缘厚度,不应小于梁高的 1/10,当该处设有承托时,翼缘厚度可计入承托加厚部分厚度;当承托底坡大于 1/3 时,取 1/3。

箱形截面梁顶板与腹板相连处应设置承托;底板与腹板相连处应设倒角,必要时也可设置承托。箱形截面梁顶、底板的中部厚度,不应小于梁净跨径的 1/30,且不应小于 200mm。当箱形截面梁承受扭矩时,其箱壁厚度应满足  $t_2 \geq 0.1b$  和  $t_2 \geq 0.1h$  的条件( $b, h$  为箱形截面宽度和高度)。

T 形、I 形截面梁或箱形截面梁的腹板宽度不应小于 140mm;其上下承托之间的腹板高度,当腹板内设有竖向预应力钢筋时,不应大于腹板宽度的 20 倍,当腹板内不设竖向预应力钢筋时,不应大于腹板宽度的 15 倍。当腹板宽度有变化时,其过渡段长度不宜小于 12 倍腹板宽度差。当 T 形、I 形截面梁或箱形截面梁承受扭矩时,其腹板平均宽度对于箱形截面其箱壁厚度应满足  $t_2 \geq 0.1b$  和  $t_2 \geq 0.1h$  的条件( $b, h$  为箱形截面宽度和高度),对于 T 形、I 形截面受扭构件的腹板应符合  $b/h \geq 0.15$  的条件( $b, h$  分别为腹板宽度和净高)。

## 二、钢筋布置、数量及有关规定

### 1. 一般规定

为了防止钢筋受到大气影响而锈蚀,并保证钢筋与混凝土之间的黏结力充分发挥作用,钢筋至混凝土边缘需设保护层。若保护层太薄,就不能达到以上目的;太厚则混凝土表面距钢筋太远,减小了钢筋混凝土截面的有效高度,而且容易造成混凝土剥落。因此,主钢筋外缘至混凝土表面的距离,对于 I 类环境条件不小于 30mm;对于 II 类环境条件不小于 40mm;对于 III、IV 类环境条件不小于 45mm,且不大于 50mm;当受拉区主筋的混凝土保护层厚度大于 50mm 时,应在保护层内设置直径不小于 6mm、间距不大于 100mm 的钢筋网。

当计算中充分利用钢筋的强度时,其最小锚固长度应符合表 1-1 的规定。

钢筋最小锚固长度

表 1-1

钢筋种类 混凝土强度等级		R235				HRB335				HRB400, KI400			
		C20	C25	C30	≥C40	C20	C25	C30	≥C40	C20	C25	C30	≥C40
项目													
受压钢筋		40d	35d	30d	25d	35d	30d	25d	20d	40d	35d	30d	25d
受拉钢筋	直端	—	—	—	—	40d	35d	30d	25d	45d	40d	35d	30d
	弯钩端	35d	30d	25d	20d	30d	25d	25d	20d	35d	30d	30d	25d

注:①d 为钢筋直径。

②对于受压束筋和等代直径  $d_0 \leq 28\text{mm}$  的受拉束筋,其锚固长度应以等代直径按表值确定,束筋的各单根钢筋在同一锚固终点截断;对于等代直径  $d_0 > 28\text{mm}$  的受拉束筋,束筋内各单根钢筋,应自锚固起点开始,以表内规定的单根钢筋的锚固长度的 1.3 倍,呈阶梯形逐根延伸后截断,即自锚固起点开始,第一根延伸 1.3 倍单根钢筋的锚固长度,第二根延伸 2.6 倍单根钢筋的锚固长度,第三根延伸 3.9 倍单根钢筋的锚固长度。

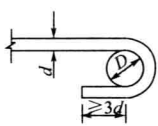
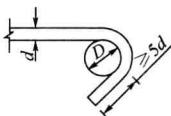
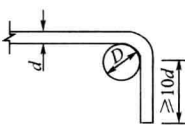
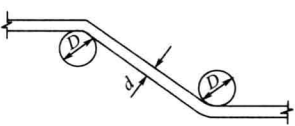
③采用环氧树脂涂层钢筋时,受拉钢筋最小锚固长度应增加 25%。

④当混凝土在凝固过程中易受扰动时,锚固长度应增加 25%。

受拉钢筋端部弯钩应符合表 1-2 的规定。

受拉钢筋端部弯钩形状及要求

表 1-2

弯曲部位	弯曲角度	形状	钢筋	弯曲直径 $D$	平直段长度
末端弯钩	180°		R235	$\geq 2.5d$	$\geq 3d$
	135°		HRB335	$\geq 4d$	$\geq 5d$
			HRB400 KL400	$\geq 5d$	
	90°		HRB335	$\geq 4d$	$\geq 10d$
			HRB400 KL400	$\geq 5d$	
	中间弯折	$\leq 90^\circ$		各种钢筋	$\geq 20d$

## 2. 梁内钢筋规定

主钢筋设在梁的下缘,随着弯矩值的变化向支点逐渐减少。主钢筋可在跨间适当位置切断或弯起。为保证主梁在梁端有足够的钢筋数量,伸出支点截面的钢筋不应少于主钢筋截面积的 20%,且不少于两根。两外侧钢筋应伸出端支点以外,并弯成直角顺梁端延伸到顶部与架立钢筋焊接。两侧之间的其他钢筋为弯起钢筋,伸出支点截面以外的长度不应小于 10 倍钢筋直径(环氧树脂涂层钢筋为 12.5 倍钢筋直径);R235 钢筋应带半圆弯钩。主梁中每片骨架的纵向钢筋根数一般为 3~6 根,焊接钢筋骨架(图 1-1)的层数不应多于 6 层,单根钢筋直径不应大于 32mm。

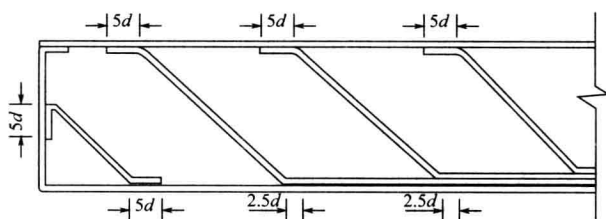


图 1-1 焊接骨架图

在焊接钢筋骨架中,为保证焊接质量,使焊缝处强度不低于钢筋本身的强度,焊缝长度必须满足下述要求(图 1-1)。

(1) 利用主钢筋弯起的斜筋,在弯起处应与其他主钢筋相焊接。焊缝长度:双面焊为 2.5d;单面焊为 5.0d。

(2) 附加斜筋与主钢筋或架立钢筋的焊缝长度:双面焊为 5.0d;单面焊为 10d。

(3) 各层主钢筋相互焊接的焊缝长度:双面焊为 2.5d;单面焊为 5.0d。

弯起钢筋(斜钢筋)的作用是抵抗剪力及主拉应力。当主钢筋弯起数量不足时,可在主钢