

YUYINGLI HUNNINGTU LIANXUXIANG LIANGQIAO  
SHEJI SHILI FENXI



# 预应力混凝土连续箱梁桥 设计实例分析

李晓克 刘世明 杨竹林 著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 预应力混凝土连续箱梁桥 设计实例分析

李晓克 刘世明 杨竹林 著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书介绍了预应力混凝土连续箱梁桥总体设计所需资料,阐述了其上部结构、下部结构、支座及附属设施的设计方法。以南水北调中线总干渠工程邢峰线预应力混凝土连续箱梁桥为例,介绍了该桥的总体设计,并通过 Midas Civil 2010 桥梁专用有限元软件,建立了全桥有限元分析模型,对桥梁进行了内力计算及配筋设计,以及桥梁的静力、动力安全验算及抗震性能分析。同时,以附录图样形式给出了邢峰线预应力混凝土连续箱梁桥的主要设计成果。

本书可作为桥梁工程相关专业在校学生的学习和教师教学用书,也可作为桥梁设计、施工与管理人員的工作参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

预应力混凝土连续箱梁桥设计实例分析/李晓克,刘世明,杨竹林著. —北京:中国电力出版社, 2015. 1

ISBN 978-7-5123-6615-2

I. ①预… II. ①李…②刘…③杨… III. ①预应力混凝土桥-连续箱梁桥-设计 IV. ①U448.212.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 233974 号

中国电力出版社出版发行

北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:王晓蕾 联系电话:010—63412610

责任印制:蔺义舟 责任校对:郝军燕

北京市同江印刷厂印刷·各地新华书店经售

2015 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·10.625 印张·243 千字

定价:48.00 元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 前 言

预应力混凝土连续箱梁桥以其良好的抗扭工作性能和成熟的施工技术，在我国桥梁建设中得到了广泛应用。本书结合南水北调中线总干渠工程邢峰线桥的建设，对预应力混凝土连续箱梁桥设计进行了概括总结，希望对这一类型桥梁的设计起到借鉴和推动作用。

本书共分为6章。第1章主要阐述了预应力混凝土连续箱梁桥总体设计所需要的资料，总结了上部结构、下部结构、支座及附属设施的设计方法，进行了邢峰线桥的总体设计。第2章简要介绍了桥梁设计空间计算有限元软件Midas Civil的功能，总结了桥梁计算模型及建模要点，阐述了桥梁设计计算荷载及荷载的组合方法，建立了邢峰线桥纵向、横向有限元静力计算模型。第3章进行了邢峰线桥荷载组合及内力计算，介绍了预应力钢筋估算及布置的原则和方法，阐述了预应力钢筋损失及有效预应力计算，进行了普通钢筋的布置与输入。第4章进行了挠度、预拱度及预应力伸长量的计算，并根据支座反力选择支座型号，进行了持久状况承载能力极限状态、正常使用极限状态及短暂状况构件应力验算，以及箱梁横向验算。第5章建立了邢峰线桥动力计算模型，分析了墩柱有效抗弯刚度和全桥的模态，进行了E1、E2地震作用下的反应谱验算，开展了桥梁抗震性能分析研究。第6章介绍了桥梁设计成果的编制要点。附录给出了邢峰线桥的主要设计图纸及相关参数设计计算分析成果。

本书著者为华北水利水电大学李晓克教授、刘世明讲师和河北省水利水电第二勘测设计研究院杨竹林教授级高工。河北省工程设计大师、河北省水利水电第二勘测设计研究院院长乔裕民教授级高工和华北水利水电大学博士研究生导师、土木与交通学院院长赵顺波教授对书稿进行了审阅并提出具体修改建议。研究工作得到了生态建筑材料与结构工程河南省高校科技创新团队(13IRTSTHN002)和河南省重点一级学科——土木工程学科建设经费的支持。参加邢台市邢峰线桥梁设计工作的还有河北省水利水电第二勘测设计研究院杨建中教授级高工、赵辉工程师和河北水利水电大学李凤兰教授、结构工程学科硕士研究生张世敏等，在此一并致以衷心的感谢。

由于著者水平所限，本书难免存在不足之处，尚祈读者批评指正。

著者

2014年7月

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 预应力混凝土连续箱梁桥总体设计</b> .....	1
1.1 预应力混凝土连续箱梁桥力学特点和适用范围 .....	1
1.2 预应力混凝土连续箱梁桥总体设计需要资料 .....	1
1.3 预应力混凝土连续箱梁桥上部结构设计 .....	2
1.4 预应力混凝土连续箱梁桥下部结构设计 .....	7
1.5 预应力混凝土连续箱梁桥支座及附属设施设计 .....	9
1.6 南水北调中线总干渠工程邢峰线连续箱梁桥总体设计 .....	16
<b>第 2 章 预应力混凝土连续箱梁桥计算模型</b> .....	20
2.1 Midas Civil 软件功能简介 .....	20
2.2 计算模型及建模要点 .....	22
2.3 计算荷载及荷载组合 .....	29
2.4 南水北调中线总干渠工程邢峰线桥计算模型的建立与计算项目 .....	38
<b>第 3 章 预应力混凝土连续箱梁桥内力计算及配筋设计</b> .....	51
3.1 预应力连续箱梁结构荷载组合和内力计算 .....	51
3.2 预应力钢筋估算及布置 .....	56
3.3 预应力损失及有效预应力计算 .....	61
3.4 普通钢筋的布置与输入 .....	65
<b>第 4 章 预应力混凝土连续箱梁桥静力分析</b> .....	68
4.1 考虑预应力钢筋后的内力计算 .....	68
4.2 挠度计算及预拱度的设置 .....	77
4.3 支座反力及型号的选择 .....	78
4.4 预应力钢筋伸长量的提取 .....	79
4.5 预应力混凝土连续箱梁设计验算参数输入 .....	79
4.6 持久状况承载能力极限状态验算 .....	80
4.7 持久状况正常使用极限状态验算 .....	82
4.8 持久状况和短暂状况应力验算 .....	84
4.9 箱梁横向验算 .....	88
<b>第 5 章 预应力混凝土连续箱梁桥动力分析</b> .....	95
5.1 抗震措施及动力分析有限元模型 .....	95
5.2 墩柱有效抗弯刚度计算 .....	96
5.3 预应力混凝土连续箱梁桥模态分析 .....	97
5.4 桥梁抗震性能分析 .....	101

第 6 章 预应力混凝土连续箱梁桥设计成果编制 .....	108
6.1 概述 .....	108
6.2 设计总说明 .....	108
6.3 主要材料及工程数量汇总表 .....	108
6.4 桥梁设计图纸 .....	109
附录 .....	110
附录 A 邢峰线桥主要设计图样 .....	110
附录 B 箱梁腹板斜度对结构受力影响的分析 .....	153
附录 C 桩土相互作用对桥梁受力的影响分析 .....	156
参考文献 .....	162

## 预应力混凝土连续箱梁桥总体设计

### 1.1 预应力混凝土连续箱梁桥力学特点和适用范围

连续梁桥在结构重力和汽车荷载等作用下，主梁受弯，跨中截面承受正弯矩，中间支点截面承受负弯矩。通常，支点截面负弯矩比跨中截面正弯矩大。作为超静定结构，温度变化、混凝土收缩徐变、基础沉降及预加力施加等会使桥梁结构产生次内力。

预应力混凝土结构能有效地避免混凝土开裂，充分发挥高强材料的性能。相同条件下，与普通钢筋混凝土梁桥相比，预应力混凝土连续梁桥截面小、重量轻、刚度大、行车平稳、养护简便、抗裂性和耐久性好，能有效地控制结构的挠度。预应力混凝土连续梁桥适宜于修建中等跨径 30~100m 和大跨径的桥梁。

箱梁桥因承重结构为封闭的薄壁箱形，顶、底板能承受较大压力，因此，它不仅能承受正弯矩，也能承受负弯矩；箱梁的整体受力性能好，箱壁可以做得很薄，能有效减轻重力；面积一定时，与其他截面形式比较，具有较大抗弯惯矩、抗扭刚度，偏载时横向受力更均匀。因此，箱梁桥在大跨径连续梁桥中得到了广泛应用。

### 1.2 预应力混凝土连续箱梁桥总体设计需要资料

预应力混凝土连续箱梁桥总体设计在整个设计过程中起到非常重要的作用，是对桥梁结构的整体把握，主要包括结构形式、施工方法、建桥材料、孔跨布置、上（下）部结构尺寸、支撑体系和附属设施等设计。

预应力混凝土连续箱梁桥总体设计前，应进行野外勘测和资料收集工作，主要工作内容包包括以下几个方面<sup>[1,2]</sup>：

(1) 调查桥位的交通种类及要求。调查与桥梁连接的道路等级、宽度、实际交通量及增长率，以确定桥梁汽车荷载等级、车道数、人行道的布置等。

(2) 桥位选择。对于特大桥、大桥和中桥的桥位，应遵循服从路线走向、路桥综合考虑。例如，跨河时尽量选择在河流顺畅、水流稳定、地质良好的河段上，避免桥梁与河流斜交，以减少工程造价和降低设计、施工难度。当遇到不利的地形、地质和水文条件时，

应采取适当的技术措施,不应因此而改变线路。对通航河道上的桥梁,当桥梁与水流斜交不能避免时,交角不宜大于 $5^{\circ}$ ;当大于 $5^{\circ}$ 时,宜增加通航孔净宽。

(3) 测绘桥位处地形图。测量桥位附近的地形、地貌情况,并绘制成地形图。

(4) 调查测量河流的水文情况。调查河道性质、水位资料、流水有无腐蚀性等,测量桥位处的河床断面、河床比降,确定流速、流量及河床冲刷情况等。有通航要求的桥梁,要向航运部门了解和协商确定设计通航水位及通航净空,最终确定桥梁的环境类别、跨径布置、桥面标高和基础埋置深度等。

(5) 钻探桥位处地质情况。根据初步拟定的桥梁分孔方案,在墩台和桥墩附近处布置钻孔,钻探桥位的地质情况,并将钻探资料绘制成地质剖面图,为桥梁基础设计提供依据。了解桥位处抗震设防烈度、地震动峰值加速度等,供桥梁抗震分析采用。

(6) 桥位处的气象情况。向气象部门了解当地的月平均最高(低)气温、大气湿度、风力、降雨等情况。向当地交通管理部门了解冬季已建桥梁桥面的积雪情况及除雪措施等,为确定拟建桥梁环境类别和计算荷载提供依据。

(7) 其他。调查桥位处建筑材料的来源与供应情况、施工现场情况、附近运输条件等,为选择建筑材料、确定施工方案、进行工程预算提供参考。

## 1.3 预应力混凝土连续箱梁桥上部结构设计

### 1.3.1 上部结构施工方法选择

预应力混凝土连续梁桥设计与施工相互制约,设计时应根据桥位地形、水文、工程规模、工期、造价等因素,预设施工方法,并根据预设的施工方法进行施工阶段短暂状况验算。目前常用的施工方法有支架整体现浇施工、简支转连续施工、支架逐孔现浇施工、悬臂(拼装、现浇)施工、顶推施工等<sup>[3-7]</sup>。

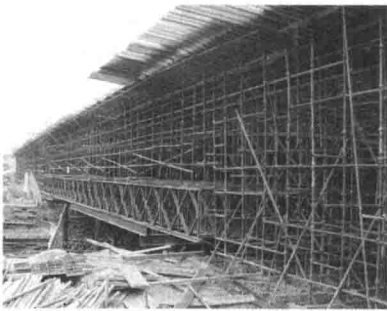


图 1-1 支架整体现浇施工的支架

(1) 支架整体现浇施工。在施工现场采用支架和模板进行箱梁整体浇筑的施工方法,可以浇筑成各种外形,结构整体性好。因需要搭设和拆除大量的支架,施工工期长,对桥下通航泄洪或通行的影响较严重,施工费用较高。该方法适用于规模较小、桥下净空较低的中等跨径连续梁桥。施工过程图片如图 1-1

和图 1-2 所示。

(2) 简支转连续施工。简支转连续施工是指在工厂或现场专门辟出桥梁的制作场地,集中制作预应力混凝土主梁,通过场内和场外运输运至吊装工地,安装主梁就位,并在主梁下设置临时支座,然后浇筑纵、横向湿接缝,张拉支座处箱梁顶板预应力钢筋,把桥墩处双排临时支座变换为单排永久支



图 1-2 支架整体现浇施工的主梁顶板钢筋



座，各片主梁形成整体。该方法施工工期短、费用低，适用于工程规模较大的等截面、中等跨径的装配式连续箱梁桥。5 跨简支转连续的桥梁施工流程如图 1-3 所示。

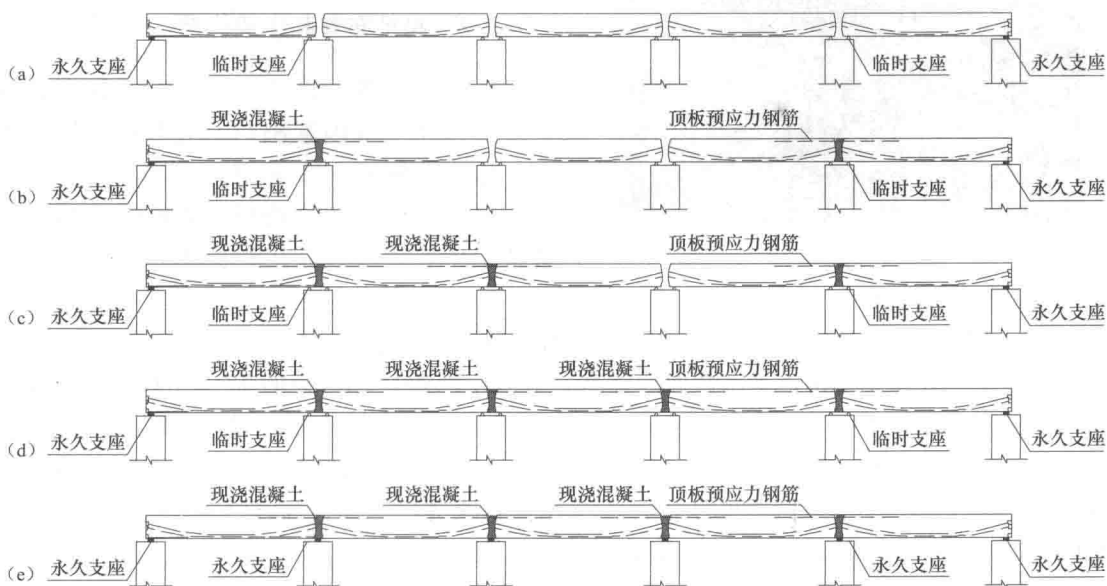


图 1-3 5 跨简支转连续桥梁施工流程

(3) 支架逐孔现浇施工。支架逐孔现浇施工采用水平移动模板的方法现浇整跨预应力混凝土箱梁。将模板系统全部组装在承重的两根主梁上，主梁安装在托架上，并在托架上向前逐孔移动完成桥梁施工。该方法施工工期短、费用低，适用于工程规模较大的等截面、中等跨径的整体式或装配式连续梁桥。施工过程如图 1-4 所示。

(4) 悬臂施工。悬臂施工把主梁分成若干段，预制拼装或在挂篮上现场浇筑，施加预应力形成一个整体，是国内常见的大中跨径连续梁施工方法。该方法适用性强、费用低，但施工过程中转换次数多、施工难度大。悬臂施工如图 1-5 所示。

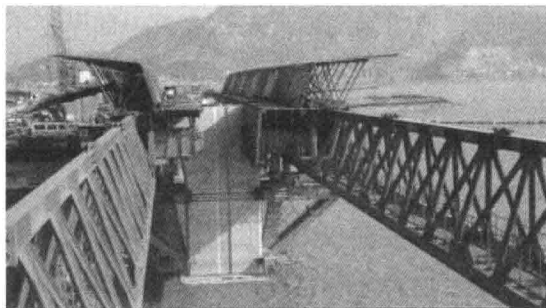


图 1-4 支架逐孔现浇施工

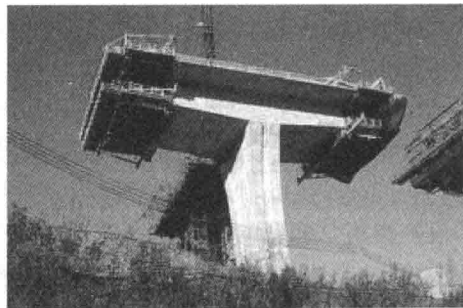


图 1-5 悬臂施工

(5) 顶推施工。在桥台后的引道（或引桥）上，设置箱梁的预制场地及安装千斤顶的 反力台座，利用千斤顶将预制好的梁段沿桥轴向水平移动到新的位置，再腾出场地预制的梁段，经反复循环，直至完成全部箱梁的制作和安装。为保证主梁施工过程中受力合理，

一般需要设置钢导梁。该方法施工质量可靠、设备简单,适用于有顶推条件的中等跨径等高度连续梁桥。顶推施工如图 1-6 所示。



图 1-6 顶推施工

### 1.3.2 跨径布置和主梁构造

(1) 跨径布置。桥梁跨径布置受地形、地质、桥型和净空等因素制约,应力求结构受力合理、施工方便等<sup>[8,9]</sup>。通常,等高度、中等跨径连续梁桥宜采用相同跨径,大中跨径的变高度连续梁桥各中跨宜采用相同跨径,边跨跨径

宜为中跨跨径的 0.6~0.8 倍<sup>[10,11]</sup>。

(2) 主梁高度及过渡方式。对于等高度连续梁桥,高跨比一般取计算跨径的 1/18~1/15。

对于变高度连续梁桥,支座截面的梁高一般取中间跨计算跨径的 1/18~1/16;当连续梁桥中支座为独柱支承时,梁高一般由中支座处横梁横向计算控制,设计时应适当加大梁高。跨中处截面高度一般取支座处梁高的 1/2.5~1/1.5。梁底曲线可采用二次抛物线、折线和介于折线与二次抛物线之间的 1.5~1.8 次抛物线变化形式。各跨跨中处直线段长度一般取 2m,支座处直线段长度一般与该处桥墩宽度相等。

(3) 主梁截面尺寸。

1) 横断面布置形式。中等跨径连续箱梁桥,宽度 14m 以下时,宜采用单箱单室截面形式;宽度 18m 左右时,宜采用单箱双室截面形式;宽度 22m 以上时,一般采用单箱多室截面或分离式双箱形式。

大跨径连续箱梁桥,宽度 16m 以下时,一般采用单箱单室形式;宽度 18m 以上时,可采用单箱双室形式或分离式双箱形式。

2) 顶板。箱梁顶板厚度一般由桥面板横向弯矩控制,同时应考虑布置纵、横向预应力钢筋的要求。腹板间距为 3.5~7m 时,顶板中部厚度不应小于顶板净跨径的 1/30,一般取 0.2~0.3m。

3) 底板。纵向负弯矩区箱梁底板厚度对改善全桥受力状态、减少因混凝土收缩徐变引起的挠曲变形十分重要,需要满足纵向抗弯及布置预应力钢筋的要求。底板中部厚度不应小于底板净跨径的 1/30。

对于等高度连续梁,底板厚度宜采用 0.2~0.25m。

对于变高度连续梁,底板厚度随负弯矩从跨中到支点逐渐加厚,跨中处底板厚宜采用 0.25~0.3m,支点附近处底板厚度宜采用梁高的 1/10。

4) 腹板。箱梁腹板主要承受结构的弯剪扭所引起的主拉应力,墩顶区域剪力大,因而腹板较厚,跨中区域腹板较薄,但腹板的厚度要满足预应力管道布置、连接、锚固预应力钢筋的要求。腹板厚度一般采用 0.4~0.8m。

对于大中跨径连续梁桥一般采用加厚腹板,厚度起变点一般设置在跨径的 1/4 附近,过渡段长度不宜小于 12 倍腹板宽度差,一般取 3~6m。

箱梁腹板一般采用直腹板,斜腹板斜率一般采用 4:1。若景观要求较高时,外侧腹板常用倾斜形式并与悬臂板通过圆弧相连。常用的腹板如图 1-7 所示。

5) 悬臂板。悬臂长度对汽车荷载弯矩数值影响不大,但恒载及人群荷载弯矩随悬臂长度几乎成平方关系增加,故悬臂长度一般不大于5m,取2.5~4.5m;超过3m后,宜布置横向预应力钢筋。

对于单箱单室截面,单侧悬臂长度取箱梁腹板间距的 $1/3 \sim 1/2.5$ 时,横向受力状态较好。悬臂端部厚度一般取0.16~0.2m,若设置防撞墙或需锚固横向预应力钢筋时,端部厚度不应小于0.2m。悬臂根部厚度一般取0.4~0.6m。

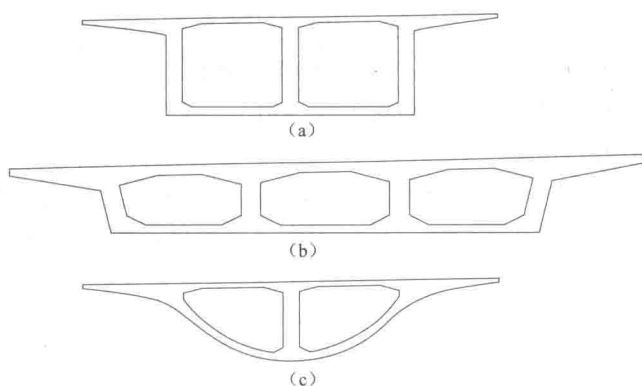


图 1-7 腹板形式

(a) 直腹板箱梁; (b) 斜腹板箱梁; (c) 弧形箱梁

6) 梗腋。梗腋又称承托,设置于顶、底板与腹板连接处,可提高截面抗扭和抗弯刚度,减少扭转剪应力和畸变应力,并使力线过渡比较均匀,减少次内力。梗腋有竖加腋和水平加腋两种,竖加腋对腹板受力有利,水平加腋对顶底板受力有利。抗剪、主拉应力控制设计时宜采用竖加腋,纵横向抗弯控制设计的宜采用水平加腋。常见梗腋形式如图 1-8 所示,(a)~(e)用于一般箱梁顶板与腹板之间,其中(b)、(c)常用于箱梁截面较小的情形,(d)、(e)常用于斜腹板与顶板之间;(f)~(h)用于底板与腹板之间,以便于底板混凝土的浇筑施工。

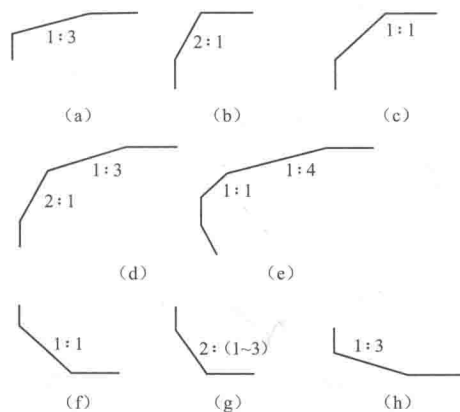


图 1-8 常见梗腋形式

7) 横梁。预应力混凝土连续箱梁桥一般都设置端横梁及中支点横梁<sup>[12]</sup>。直线连续箱梁桥跨径在30~40m时宜设一道跨间横梁;跨径大于40m时,宜设三道跨间横梁。曲线连续箱梁桥应根据曲线半径、跨径大小确定跨间横梁个数。斜桥视

其交角适当增加跨间横梁。横梁宽度由计算确定,中支点横梁宽度应不小于2m,端横梁宽度应不小于1.1m,端横梁宽度还要考虑布置伸缩缝预留槽等构造要求。

箱梁采用独柱支承时,对应的中支座横梁宜采用预应力混凝土结构。箱梁截面与支点横梁相接处应设渐变段加厚,为施工方便,箱梁截面与跨间横梁相接处应设抹角,抹角尺寸可取0.15~0.2m。

8) 预留孔。为减少箱室内外侧大气温度差,通常在箱梁腹板处设置通风孔,直径宜取0.1m左右,间距5m左右,一般布置于翼缘板根部向下0.2~0.4m。

箱底排水孔设置在箱室各个可能兜水的低处,用于排除混凝土施工时养护用水或雨水。泄水孔直径一般采用0.15~0.2m,形状为圆形。桥面排水孔布置在桥面较低侧,一般采用预留铸铁泄水管或PVC排水孔的措施,间距一般采用20m左右或仅在桥墩(台)处设置。

为了满足施工及检修设备和人员通行,在箱室中部的横隔板(桥台处则设计在箱梁底

板)上需要设计过人孔,一般设计为矩形,并带有直线或圆弧形倒角,其尺寸大小须满足人员通过,尺寸不宜小于 $0.8\text{m}\times 0.8\text{m}$ 。施工过程中,为张拉顶板预应力钢筋和拆卸箱梁内模板方便,需要设置临时施工孔,一般布置在箱梁顶板受力较小的 $1/5$ 跨径附近处,其形状及构造同过人孔。

9) 支座处梁底构造。由于桥梁具有纵向、横向坡度,箱梁底面一般不是水平面;而支座一般要求水平放置,所以支座处箱梁底面需要设计调平构造,调平措施主要有以下两种形式,如图 1-9 所示。

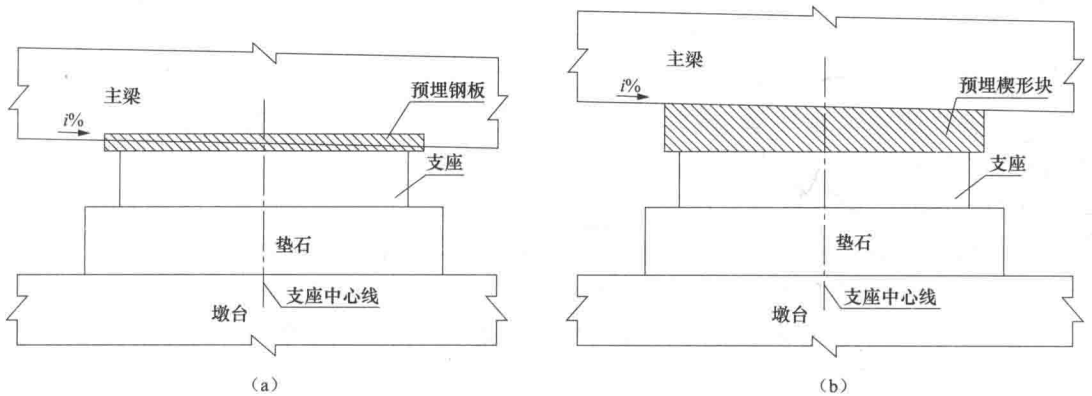


图 1-9 支座处梁底构造

(a) 预埋钢板; (b) 预埋楔形块

a. 利用预埋钢板调平,在支座箱梁底预埋水平钢板,钢板上表面须完全没入梁体混凝土以保证传力均匀,钢板厚度一般约 $2\text{cm}$ ,尺寸须满足梁体相对支座可能发生的位移要求。

b. 利用楔形混凝土块调平,当支座处箱梁底板高差较大,需要很厚的钢板才能调平时,可采用调整对应墩顶的支座垫石高度,并通过箱梁底部加设不同高度的楔形混凝土块调平。

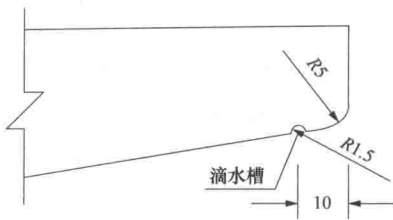


图 1-10 滴水槽构造

10) 其他。为避免雨水沿箱梁悬臂板底面渗流,在箱梁悬臂板底部边缘宜设置滴水槽构造,深度为 $1\sim 2\text{cm}$ ,距悬臂端部的水平距离为 $8\sim 10\text{cm}$ ,如图 1-10 所示。

(4) 箱梁横坡的形成。为方便桥面横向排水,桥梁除了设有纵向坡度以外,尚应将桥面铺装沿横向设置足够的桥面横坡,横坡大小通常为双向 $1.5\%\sim 2\%$ ,

横坡的通常做法有以下三种类型,如图 1-11 所示。

1) 铺装垫层成坡,在箱梁顶板与桥面铺装间铺设混凝土三角垫层来构成。该方法设计、施工方便,但额外增加了桥梁恒载重量,特别是在桥宽较大的时候,容易造成设计不经济。

2) 箱梁旋转成坡,当箱梁顶设置一字坡时,可将箱体“刚性旋转”在顶板上形成横坡。该法设计简单,但施工比较麻烦。

3) 箱梁顶板成坡,使箱梁底板在横桥向保持水平,箱梁外侧腹板倾角保持相等,通过顶板直接做成坡度,以避免三角垫层的使用并减轻恒载,但设计、施工比较麻烦。

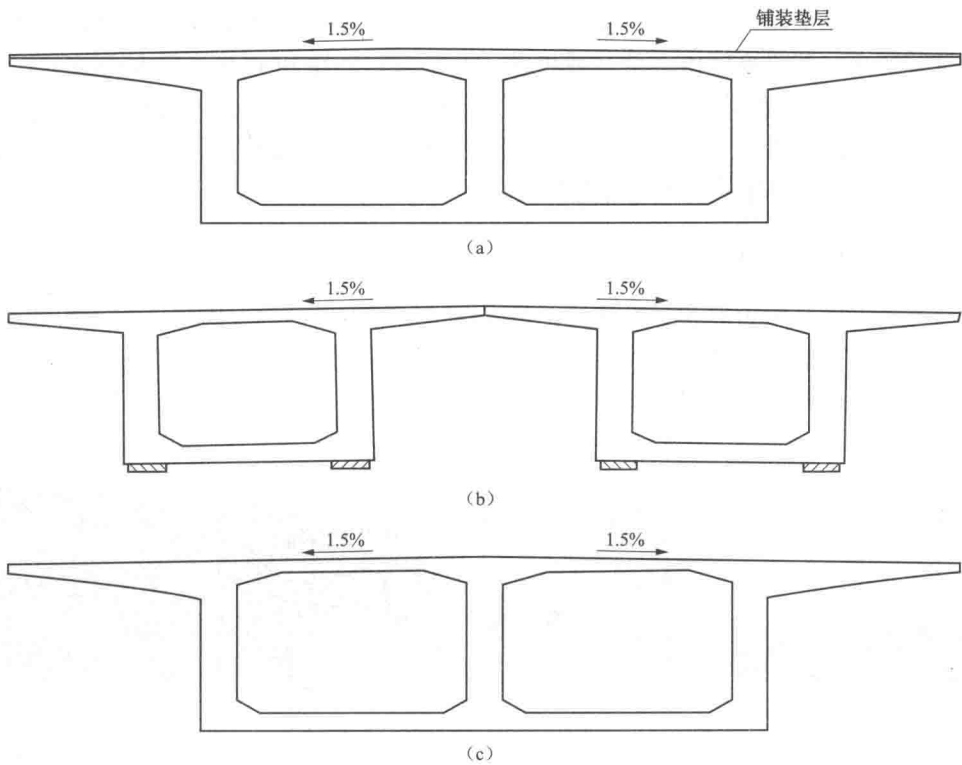


图 1-11 箱梁横坡形成方式

(a) 铺装垫层成坡；(b) 箱梁旋转成坡；(c) 箱梁顶板成坡

## 1.4 预应力混凝土连续箱梁桥下部结构设计

### 1.4.1 下部结构施工方法选择

下部结构的施工包括基础、墩台施工。

基础分为明挖基础、桩基础、沉井及沉箱基础等，其中钻孔灌注桩基础是连续梁桥基础常见的形式，其钻孔方法有回旋钻法、冲孔钻法、人工挖孔法和旋挖钻法。而回旋钻法又分为正循环回旋钻进与反循环回旋钻进，冲孔钻法又分为冲击锤和冲击抓，人工挖孔法分为风炮机凿打法、爆破法和水磨钻法等。

墩台施工一般采用现场浇筑法施工，其中高桥墩的施工方法有滑升模板、爬升模板、翻升模板等。

### 1.4.2 盖梁构造

盖梁横截面形状一般为矩形。为了节省材料，根据盖梁的受力特点，往往在悬臂下部切去部分呈变截面形状。在多联相连的桥梁中，梁高不等时在伸缩缝位置会出现顶面呈 L 形的盖梁。

盖梁宽度依据上部构造形式、支座间距和尺寸,同时考虑支座边缘至盖梁边缘的最小距离及抗震要求。盖梁高度由立柱(或桩基、肋板等)间距和上部荷载大小决定,一般为梁宽的0.8~1.2倍。盖梁长度应大于上部结构两边梁(或两边肋或外腹板)间的距离。盖梁悬臂端高度不应小于0.3m。盖梁截面细部尺寸和配筋需通过计算确定。若盖梁支撑点的距离大于8m时,应考虑采用预应力混凝土。

### 1.4.3 墩柱及系梁构造

墩柱截面可以采用矩形和圆形截面,跨线桥宜采用矩形截面,跨河桥宜采用圆形截面,独柱墩应尽量采用横向向刚度较大的矩形截面。墩柱的长细比一般为1/8~1/6,当墩柱较高时应加大墩柱截面,以满足受力需要,同时达到较好的视觉效果<sup>[13]</sup>。常见桥墩形式如图1-12所示。

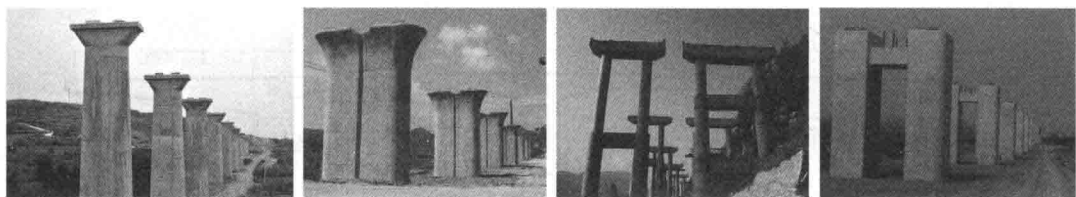


图 1-12 常见桥墩形式

为使墩柱与盖梁有较好的整体性,施工时柱顶一般应嵌入盖梁0.15~0.2m。为了加强墩柱间的整体性时,可在桩顶和墩柱间设置系梁,一般墩柱高度在6m以下设一道系梁,6~12m时设两道系梁,系梁高度取柱径的0.8~1.0倍,宽度取柱径的0.6~1.0倍。

### 1.4.4 承台及桩基构造

承台的厚度宜为桩直径的1.0倍及以上且不宜小于1.5m,混凝土强度等级不低于C25。钻孔桩直径不宜小于0.8m,挖孔桩直径或最小边宽度不宜小于1.2m。钻孔、挖孔灌注摩擦桩中距不应小于桩径的2.5倍,钻孔、挖孔灌注端承桩中距不应小于桩径的2.0倍。当未布置承台时,可采用系梁加强桩之间的整体性,系梁构造同墩柱系梁。

为使桩与承台有较好的整体性,施工时桩顶一般应嵌入承台0.15~0.2m。为方便承台施工,承台下通常设置10cm厚C15素混凝土垫层做底模。

### 1.4.5 桥台构造

桥台及基础的形式,应综合考虑填土高度、路基形式及地基条件确定,常用的桥台类型有桩柱式桥台、肋板式和重力式桥台,基础类型有桩基础和扩大基础等。常见桥台形式如图1-13所示。

- (1) 当采用埋置式桥台、地基条件较好且填土高度小于5m时,可采用埋置桩柱式桥台;填土高度大于5m时,宜采用肋板式桥台,肋板式桥台不应埋置太深。
- (2) 桥台基础多采用桩基,在地基条件允许时也可以考虑扩大基础。
- (3) 如果设置防撞护栏,耳墙宽度不应小于防撞护栏宽度。

(4) 桥台背墙高度不小于 0.25m。

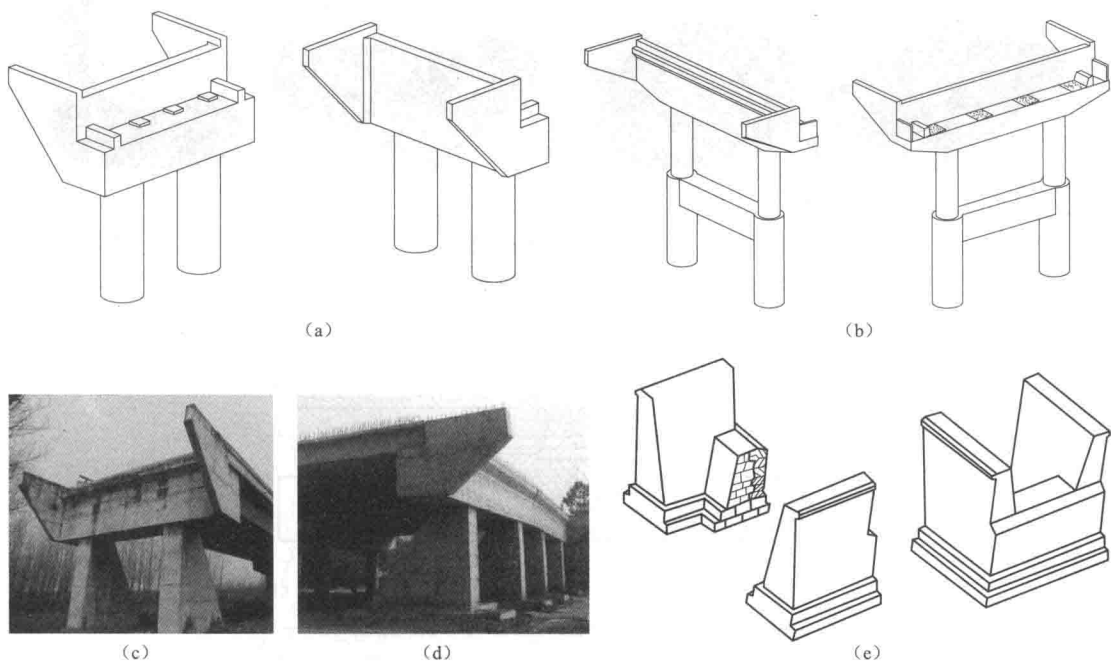


图 1-13 桥台形式

(a) 桩接盖梁式；(b) 桩柱接盖梁式；(c) 双肋板式；(d) 多肋板式；(e) U形桥台

## 1.5 预应力混凝土连续箱梁桥支座及附属设施设计

### 1.5.1 支座与垫石构造

(1) 支座布置要求。支座一般采用水平放置，同时还应考虑必要检查、更换支座空间，支座处净空不低于 0.1m。板式支座处净空通常取 0.15~0.35m，盆式支座处净空通常取 0.4~0.6m。

(2) 支座选择。

1) 支座选用按竖向荷载（汽车应计入冲击系数）标准值组合计算的支座承压力，与支座产品表中的设计承载力比较选用。标准值组合计算的支座承压力一般不超过所选支座型号产品表中设计承载力的 5%且不低于其设计承载力的 80%，以确保支座具有良好的滑移性能并满足结构变形的需要。

2) 支座承压力不大于 3000kN 时，宜选用板式橡胶支座，如图 1-14 所示。板式橡胶支座分为矩形板式橡胶支座和圆形板式橡胶支座，其中矩形板式橡胶支座多用于正桥，圆形板式橡胶支座适用于弯桥、斜桥以及温度应力和制动力方向不明确的桥梁。

3) 支座承压力在 3000~6000kN 时，宜选用球形支座，一般按其水平向位移特性可以分为双向活动支座（SX）、单向活动支座（DX）和固定支座（GD），如图 1-15 所示。



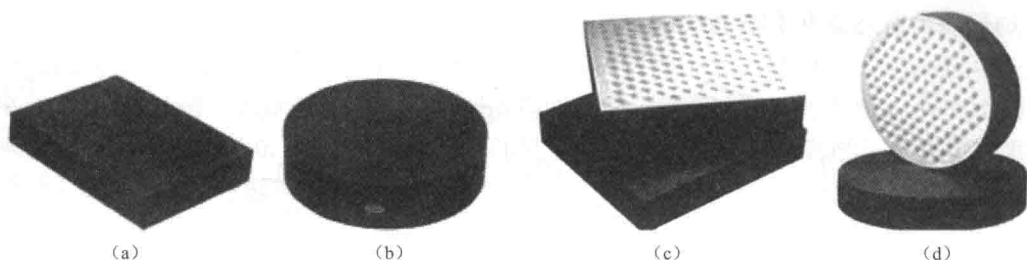


图 1-14 板式橡胶支座

(a) 矩形板式橡胶支座 (GJZ); (b) 圆形板式橡胶支座 (GYZ);  
(c) 聚四氟乙烯矩形板式橡胶支座 (GJZF<sub>4</sub>); (d) 聚四氟乙烯圆形板式橡胶支座 (GYZF<sub>4</sub>)

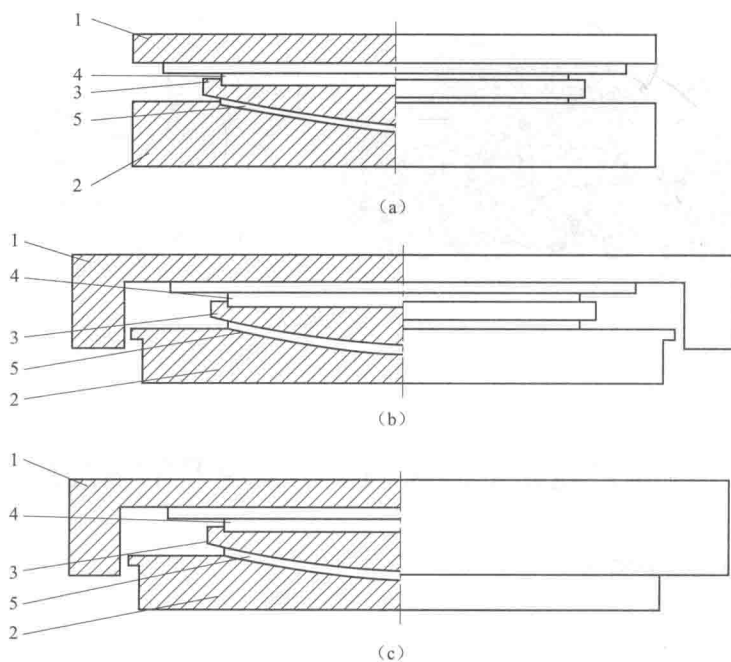


图 1-15 球形支座

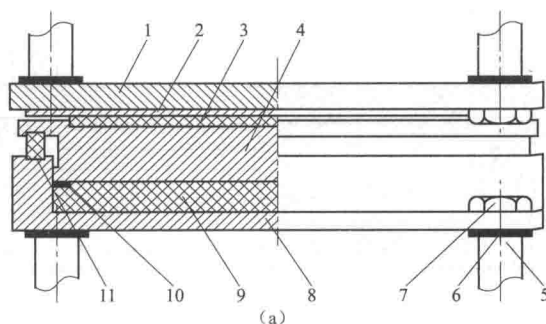
(a) 双向活动支座 (SX); (b) 单向活动支座 (DX); (c) 固定支座 (GD)

1—上支座钢板; 2—下支座钢板; 3—球冠衬板;

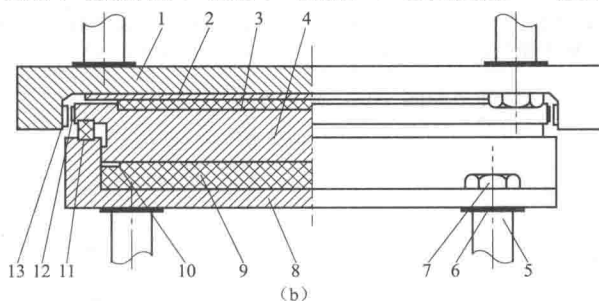
4—平面聚四氟乙烯板; 5—球面聚四氟乙烯板

4) 支座承压力大于或等于 6 000kN 时, 宜选用盆式橡胶支座。根据使用性能盆式橡胶支座分为双向活动支座 (SX)、单向活动支座 (DX)、固定支座 (GD)、减震型固定支座 (JZGD) 和减震型单向活动支座 (JZDX), 如图 1-16 所示。固定支座在各方向和单向活动支座非滑移方向的水平力标准值, 不得大于所选支座型号设计承载力的 10%, 不得大于抗震型支座设计承载力的 20%; 计算的支座转动角度不得大于 0.02rad。《公路桥梁盆式支座》(JT/T 391—2009) 规定, 支座的设计竖向承载力从 400kN 到 60MN 共分为 33 级别。在竖向荷载作用下, 支座压缩变形值不得大于支座总高度的 2%。

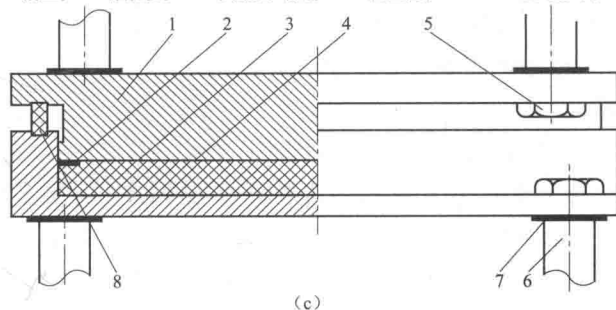




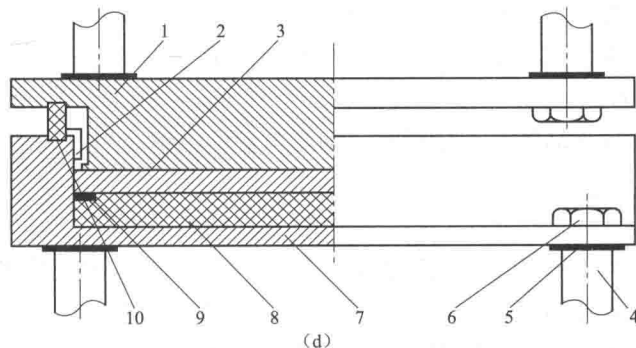
(a)  
1—顶板; 2—不锈钢冷轧钢板; 3—聚四氟乙烯板; 4—中间钢板; 5—套筒; 6—垫圈; 7—锚固螺栓; 8—钢盆; 9—橡胶板; 10—黄铜密封圈; 11—防尘圈



(b)  
1—顶板; 2—不锈钢冷轧钢板; 3—聚四氟乙烯板; 4—中间钢板; 5—套筒; 6—垫圈; 7—锚固螺栓; 8—钢盆; 9—橡胶板; 10—黄铜密封圈; 11—防尘圈; 12—SF-1导向滑条; 13—侧向不锈钢



(c)  
1—顶板; 2—黄铜密封圈; 3—橡胶板; 4—钢盆; 5—锚固螺栓; 6—套筒; 7—垫圈; 8—防尘圈



(d)  
1—顶板; 2—高阻尼橡胶; 3—下衬板; 4—套筒; 5—垫圈; 6—锚固螺栓; 7—钢盆; 8—橡胶板; 9—黄铜密封圈; 10—防尘圈

图 1-16 盆式支座 (一)

(a) 双向活动支座 (SX); (b) 单向活动支座 (DX);

(c) 固定支座 (GD); (d) 减震型固定支座 (JZGD)