

# 梁拱组合连续刚构桥 —— 设计指南 ——

赖亚平 陈晓虎 宋鹏飞 李亚勇 / 主编



重庆大学出版社

# 梁拱组合连续刚构桥 设计指南

主编 王 勇 副主编 王 勇 王 勇 王 勇



中国通信出版社  
CHINA COMMUNICATIONS PRESS

## 内容提要

本指南以我国交通运输部最新颁布的技术标准和技术规范为依据,系统地介绍了梁拱组合连续刚构桥设计过程中需要考虑的关键技术和有关要点。本指南基于通用的工程建设理论及原则编制,共12章,主要内容包括总则、术语和符号、材料、基本规定、作用、结构计算一般规定、持久状况承载能力极限状态和正常使用极限状态计算、构件应力计算、结构构造一般规定、施工措施和技术要求,以及施工监控技术要求。

本指南可供桥梁工程设计、施工、管理等工程技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

梁拱组合连续刚构桥设计指南 / 赖亚平等主编. --  
重庆:重庆大学出版社,2023.1

ISBN 978-7-5689-3686-6

I. ①梁… II. ①赖… III. ①拱桥—组合梁桥—连续  
刚构桥—桥梁设计—指南 IV. ①U448.23-62

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 006883 号

### 梁拱组合连续刚构桥设计指南

LiangGong ZuHe LianXu GangGou Qiao SheJi ZhiNan

赖亚平 陈晓虎 宋鹏飞 李亚勇 主编

责任编辑:林青山 版式设计:夏雪

责任校对:邹忌 责任印制:赵晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:饶帮华

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: [fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

重庆巍承印务有限公司印刷

\*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:4.5 字数:53千

2023年1月第1版 2023年1月第1次印刷

ISBN 978-7-5689-3686-6 定价:39.00元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

## 编委会

主编单位:林同棧国际工程咨询(中国)有限公司

中建隧道建设有限公司

主 编:赖亚平 陈晓虎 宋鹏飞 李亚勇

副 主 编:邓 宇 刘安双 马振栋 陈胜凯

谭芝文

参编人员:乔云强 闫福成 陈家勇 陈培新

李 璘 郑光琴 肖 奎 吴后伟

王 帆 张 羽 周学勇 张 斌

秦宗琛 王 蓬

## 前 言

根据重庆市技术创新与应用示范项目(社会民生类重点研发项目)“大跨径梁拱组合刚构桥建设关键技术研究与应用示范”要求,在梁拱组合连续刚构桥设计及施工技术和相关科研成果的基础上,以完善和提升梁拱组合连续刚构桥设计技术为核心,以推广应用该类新桥型、新结构、新技术为目的,完成了本指南的编制工作。

本指南分为12章,主要内容包括:1 总则、2 术语和符号、3 材料、4 基本规定、5 作用、6 结构计算一般规定、7 持久状况承载能力极限状态计算、8 持久状况正常使用极限状态计算、9 持久状况和短暂状况构件的应力计算、10 结构构造一般规定、11 施工措施和技术要求、12 施工监控技术要求。

本指南基于通用的工程建设理论及原则编制,适用于本指南提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件,在使用本指南相关条文时,应对其适用性及有效性进行验证。

本指南由林同棣国际工程咨询(中国)有限公司负责具体技术内容的解释,在执行过程中如有意见或建议,请函告本指南日常管理组,联系单位:林同棣国际工程咨询(中国)有限公司(地址:重庆市渝北区高新园芙蓉路6号;邮编:401121;电话:023-67033073;传真:023-67033091;电子邮箱:yanfucheng@tylin.com.cn),以便修订时研用。

编 者

# 目 录

1 总则 .....	001
2 术语和符号 .....	002
2.1 术语 .....	002
2.2 符号 .....	003
3 材料 .....	006
3.1 混凝土 .....	006
3.2 钢筋与钢材 .....	006
4 基本规定 .....	007
4.1 一般规定 .....	007
4.2 主梁的计算 .....	008
4.3 下弦拱的计算 .....	010
4.4 稳定性及动力特性 .....	011
4.5 抗风、抗震 .....	012
4.6 下挠控制 .....	012
4.7 耐久性设计要求 .....	014
5 作用 .....	015
5.1 作用及其组合 .....	015

5.2	设计中需考虑的作用	015
<b>6</b>	<b>结构计算一般规定</b>	<b>019</b>
6.1	计算模型	019
6.2	纵向计算模型	019
6.3	横向计算模型	021
6.4	横隔梁计算模型	022
6.5	永久作用内力的计算	022
<b>7</b>	<b>持久状况承载能力极限状态计算</b>	<b>024</b>
7.1	主梁正截面承载能力极限状态计算	024
7.2	主梁斜截面承载能力极限状态计算	025
7.3	下弦拱承载能力极限状态计算	025
<b>8</b>	<b>持久状况正常使用极限状态计算</b>	<b>028</b>
<b>9</b>	<b>持久状况和短暂状况构件的应力计算</b>	<b>029</b>
<b>10</b>	<b>结构构造一般规定</b>	<b>030</b>
10.1	一般规定	030
10.2	基本结构体系与形式	030
10.3	其他结构体系与形式	031
10.4	总体结构参数	032
10.5	主梁	034
10.6	主梁预应力钢束	038
10.7	普通钢筋构造要求	045

10.8	下弦拱	048
10.9	主墩	048
10.10	基础	049
<b>11</b>	<b>施工措施和技术要求</b>	<b>050</b>
11.1	一般规定	050
11.2	上部结构施工工艺	051
11.3	下弦拱	055
11.4	上弦梁	055
11.5	梁拱结合段	055
11.6	常规梁段及合龙段	056
<b>12</b>	<b>施工监控技术要求</b>	<b>057</b>
12.1	一般规定	057
12.2	施工监测	058
12.3	监控计算	059

# 1 总 则

1.0.1 为规范公路梁拱组合连续刚构桥设计,按照技术先进、安全可靠、耐久适用、经济合理、协调美观的原则制定本指南。

1.0.2 本指南适用于跨径为 150 ~ 300 m 的公路梁拱组合连续刚构桥的设计。

1.0.3 本指南按现行《公路工程结构可靠性设计统一标准》(JTG 2120)规定的设计原则编制。

1.0.4 公路梁拱组合连续刚构桥设计应积极稳妥地应用新技术、新材料和新工艺。

1.0.5 公路梁拱组合连续刚构桥结构设计除应符合本指南的规定外,尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 梁拱组合连续刚构桥

一种将常规连续刚构和上承式拱相结合,形成推力平衡受力体系,改善跨中下挠、腹板开裂病害,提高结构刚度,实现更大跨越能力的新型组合结构桥梁。

#### 2.1.2 上弦梁

梁拱组合连续刚构桥的梁拱倒三角区空腹段顶部直接承受车辆荷载的平直梁段。

#### 2.1.3 下弦拱

梁拱组合连续刚构桥的梁拱倒三角区空腹段下部连接上弦梁与主墩之间的曲线拱段。

### 2.1.4 梁拱结合段

梁拱组合连续刚构桥的梁拱倒三角区空腹段上弦梁、下弦拱交汇后至常规梁段之间的节段。

### 2.1.5 临时斜拉扣挂法

采用临时扣塔、扣索扣住上弦梁和下弦拱形成斜拉扣挂体系,利用扣挂体系调整上弦梁、下弦拱的受力状态,以满足规范要求的施工方法。

### 2.1.6 斜行挂篮

带有止推装置,适用曲线下弦拱段施工的挂篮。

## 2.2 符号

### 2.2.1 材料性能

$E_c$ 、 $G_c$ ——混凝土弹性模量、剪切变形模量；

$E_s$ 、 $E_p$ ——普通钢筋、预应力钢筋的弹性模量；

$f_{ck}$ 、 $f_{cd}$ ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；

$f_{pk}$ 、 $f_{pd}$ ——预应力钢筋抗拉强度标准值、设计值；

$f'_{sd}$ 、 $f'_{pd}$ ——普通钢筋、预应力钢筋抗压强度设计值；

$f_{sk}$ 、 $f_{sd}$ ——普通钢筋抗拉强度标准值、设计值；

$f_{tk}$ 、 $f_{td}$ ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；  
 $f_{vk}$ 、 $f_{vd}$ ——混凝土直接抗剪强度标准值、设计值；  
 $\mu_c$ ——混凝土泊松比；  
 $\alpha$ ——线膨胀系数。

### 2.2.2 作用效应

$M_d$ ——计入作用分项系数后的弯矩设计值；  
 $N_d$ ——计入作用分项系数后的轴向力设计值；  
 $V_d$ ——计入作用分项系数后的剪力设计值。

### 2.2.3 几何参数

$A$ ——构件毛截面面积；  
 $A_b$ ——局部承压计算底面积；  
 $A_l$ ——局部承压面积；  
 $B$ ——截面宽度；  
 $e$ ——轴向力的偏心距；  
 $h$ ——截面高度；  
 $i$ ——弯曲平面内截面的回转半径；  
 $l$ ——构件支点间的长度或跨径；  
 $l_n$ ——净跨径；  
 $l_0$ ——构件计算长度；  
 $r$ ——圆形截面半径；  
 $S$ ——截面面积矩；  
 $s$ ——截面重心至偏心方向截面边缘的距离；

- $W$ ——截面弹性抵抗矩；
- $L$ ——下弦拱的计算跨径；
- $L_0$ ——下弦拱的净跨径；
- $L_a$ ——下弦拱拱轴线长度；
- $S_0$ ——下弦拱拱轴线等效计算长度；
- $\lambda$ ——构件长细比；
- $H$ ——下弦拱计算截面全高。

#### 2.2.4 计算系数

- $\gamma_0$ ——结构重要性系数；
- $\xi_b$ ——相对界限受压区高度。

## 3 材 料

### 3.1 混凝土

3.1.1 梁拱组合连续刚构桥各部分构件的混凝土材料,其强度等级、标准值、设计值、弹性模量、剪切模量,应按现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)的规定取用。

3.1.2 梁拱组合连续刚构桥的上部结构混凝土强度等级不宜低于 C50,宜采用高性能混凝土。

### 3.2 钢筋与钢材

3.2.1 钢筋混凝土及预应力混凝土构件所采用的普通钢筋与预应力钢筋的种类、设计强度、标准强度和弹性模量,应按现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)的规定取用。

3.2.2 结构用钢材的力学及化学指标应满足现行《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64)、《桥梁用结构钢》(GB/T 714)的要求。

## 4 基本规定

### 4.1 一般规定

4.1.1 公路梁拱组合连续刚构桥主体结构的设计基准期和设计使用年限应根据现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)及《公路工程技术标准》(JTG B01)确定。

4.1.2 公路梁拱组合连续刚构桥结构应进行下列两类极限状态设计:

1) 承载能力极限状态:对应桥梁及其构件达到最大承载能力或出现不适于继续承载的变形或变位的状态。

2) 正常使用极限状态:对应桥梁及其构件达到正常使用或耐久性的某项限值的状态。

4.1.3 公路梁拱组合连续刚构桥除应按现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)的要求,考虑四种设计状况及相应的极限状态设计要求进行静力分析外,尚应按下列规定进行稳定性和动力性分析及耐久性设计:

1) 设计内容应按现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设

计规范》(JTG 3362)第 4.1.2 条执行。

2) 主梁各梁段的设计应符合下列规定:

(1) 在纵桥向,上弦梁、上弦梁与下弦拱结合处的梁拱结合段、常规梁段均应按全预应力混凝土构件设计。

(2) 在横桥向,上弦梁、上弦梁与下弦拱结合处的梁拱结合段、常规梁段顶板按预应力混凝土 A 类构件的要求设计。

3) 下弦拱的设计应符合下列规定:

(1) 下弦拱按钢筋混凝土构件设计。

(2) 下弦拱按小偏心受压构件设计。

4) 主墩、承台、桩基础按照钢筋混凝土构件设计。

## 4.2 主梁的计算

4.2.1 公路梁拱组合连续刚构桥主梁的计算应满足现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)第 4.3 节的要求。

4.2.2 横向计算时,主梁标准梁段可按框架模型计算(图 4.1)或采用空间模型计算。横向计算除应考虑常规作用外,尚应考虑横向温度梯度引起的效应。

### 条文说明

横向分析建模时,对箱梁纵向取一个单位长度,顶板、底板及腹板均按照梁单元布置,荷载施加于框架,底板两端施加约束,必要时可以进行模型试验验证。

梁拱组合连续刚构桥标准梁段通常采用箱梁的结构形式,

横向梯度温度作用一般根据桥梁的地理位置、环境条件等因素经调查研究确定；无实测温度数据时，可以采用图 4.2 所示的横向温度梯度曲线。图中 $T_1$ 取 $4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $T_2$ 取 $-2.75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

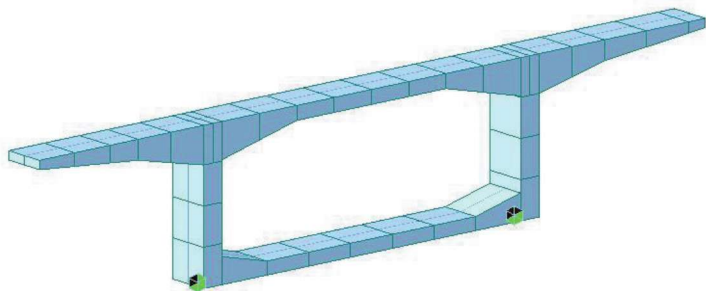


图 4.1 横向框架计算模型

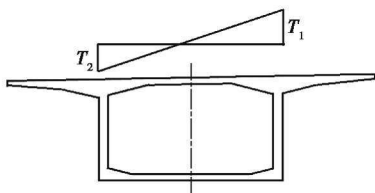


图 4.2 横向温度梯度计算模式

4.2.3 横向计算应考虑自重、桥面铺装超方、活载、活载偏载和超载、底板预应力钢束的径向力及箱内外温差等因素对结构的影响，验算顶板、底板跨中下缘、底板根部上缘、腹板内侧的承载能力和应力情况。

4.2.4 横向计算应按照现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)中有关预应力混凝土构件的要求来验算顶板的各项受力，按照钢筋混凝土构件的要求，验算腹板和底板裂缝宽度和极限承载能力。

4.2.5 横向计算除按照现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG