

# JTG

中华人民共和国行业推荐性标准

JTG/T 3365-01—2020

---

## 公路斜拉桥设计规范

Specifications for Design of Highway Cable-stayed Bridge

2020-4-26 发布

2020-8-1 实施

---

中华人民共和国交通运输部发布



中华人民共和国行业（推荐性）标准

# 公路斜拉桥设计规范

Specifications for Design of Highway Cable-stayed Bridge

**JTG/T 3365-01—2020**

主编单位：招商局重庆交通科研设计院有限公司

批准部门：中华人民共和国交通运输部

实施日期：2020年8月1日



## 前 言

根据《交通运输部办公厅关于下达 2014 年度公路工程行业标准制修订项目计划的通知》(厅公路字〔2014〕87 号)的要求,由招商局重庆交通科研设计院有限公司作为主编单位主持《公路斜拉桥设计细则》(JTG/T D65-01—2007)(以下简称“原细则”)的修订工作。

本规范是对原细则的全面修订。经批准颁发后以《公路斜拉桥设计规范》(JTG/T 3365-01—2020)颁布实施。

在修订过程中,规范修订组进行了大量的专题研究工作,吸取了国内其他单位的研究成果和实际工程设计经验;参考、借鉴了国际先进的标准规范;与国内相关规范进行了比较和协调。在规范条文初稿编写完成以后,通过多种方式广泛征求了设计、施工、建设、管理等有关单位和个人的意见,并经过反复讨论、修改,最终定稿。

本规范共分为 9 章,主要章节包括:1 总则;2 术语和符号;3 材料;4 作用;5 总体设计;6 构造设计;7 结构分析计算;8 设计对施工监控的要求;9 养护条件设计。

本次修订的主要内容包括:调整了原细则的章节顺序,并修改了部分章节的标题;扩大了本规范适用跨径范围;设计方法修改为统一采用以概率理论为基础的极限状态设计方法;增加了斜拉桥主体结构和可更换部件的设计使用年限、主梁检修道人群荷载、钢桁梁构造、混凝土索塔鞍座式锚固构造、塔梁临时固结措施、换索作业工况、养护检修设施耐久性等相关规定;调整了地震作用、部分斜拉桥斜拉索安全系数、斜拉索疲劳计算、施工阶段静力分析、施工过程控制精度等的规定。

请各有关单位在执行过程中,将发现的问题和意见,函告本规范日常管理组,联系人:耿波(地址:重庆市南岸区学府大道 33 号,招商局重庆交通科研设计院有限公司,邮编:400067,电话:023-62653100,传真:023-62653511,电子邮箱:gengbo@cmhk.com),以便修订时研用。

**主 编 单 位:** 招商局重庆交通科研设计院有限公司

**参 编 单 位:** 中交第一公路勘察设计研究院有限公司

中交公路规划设计院有限公司

同济大学

保利长大公路工程有限公司

中交第二公路勘察设计研究院有限公司

**主 编:** 王福敏

**主要参编人员:** 耿 波 冯云成 王仁贵 李 军 石雪飞 钟建锋

王丰华 宋松林 冯 莨 汪 宏 彭元诚 阮 欣

**主 审:** 袁 洪

**参与审查人员:** 刘孝辉 秦大航 詹建辉 沈永林 梁立农 韩大章

刘海青 史方华 罗吉智 鲍卫刚 庄卫林 陈 阵

向中富 钟明全 徐宏光 张建东 杨 斌 谢 旭

徐 伟 周志祥 吉 林 李德坤 朱东生

**参 加 人 员:** 魏思斯 李会驰

## 目 次

<b>1 总则</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>2 术语和符号</b> .....	<b>- 3 -</b>
2.1 术语 .....	- 3 -
2.2 符号 .....	- 6 -
<b>3 材料</b> .....	<b>- 8 -</b>
3.1 混凝土 .....	- 8 -
3.2 钢材 .....	- 8 -
3.3 斜拉索 .....	- 9 -
<b>4 作用</b> .....	<b>- 10 -</b>
4.1 一般规定 .....	- 10 -
4.2 各类作用 .....	- 10 -
4.3 作用组合 .....	- 12 -
<b>5 总体设计</b> .....	<b>- 13 -</b>
5.1 一般规定 .....	- 13 -
5.2 基本结构体系与形式 .....	- 14 -
5.3 其他结构体系与形式 .....	- 18 -
<b>6 构造设计</b> .....	<b>- 22 -</b>
6.1 一般规定 .....	- 22 -
6.2 主梁 .....	- 22 -
6.3 索塔 .....	- 31 -
6.4 斜拉索 .....	- 32 -
6.5 气动稳定构造措施 .....	- 35 -
6.6 锚固系统 .....	- 35 -
6.7 附属工程构造 .....	- 49 -
<b>7 结构分析计算</b> .....	<b>- 51 -</b>
7.1 一般规定 .....	- 51 -

7.2 成桥状态静力分析 .....	- 53 -
7.3 施工阶段静力分析 .....	- 60 -
7.4 静力稳定分析 .....	- 63 -
7.5 动力分析 .....	- 66 -
<b>8 设计对施工监控的要求 .....</b>	<b>- 74 -</b>
8.1 一般规定 .....	- 74 -
8.2 基本要求 .....	- 75 -
8.3 控制精度 .....	- 76 -
<b>9 养护条件设计 .....</b>	<b>- 77 -</b>
9.1 一般规定 .....	- 77 -
9.2 养护及更换条件设计 .....	- 77 -
<b>本规范用词用语说明 .....</b>	<b>- 79 -</b>



# 1 总则

**1.0.1** 为规范和指导公路斜拉桥的设计，按照安全、耐久、适用、环保、经济和美观的原则，制定本规范。

## 条文说明

根据《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)和《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)的规定，本条文进行相应修订。

**1.0.2** 本规范适用于跨径 1000 m 以下的新建和改建公路斜拉桥的设计。

## 条文说明

《公路斜拉桥设计细则》(JTG/T D65-01—2007)(以下简称原细则)适用范围为跨径 800m 以下的公路斜拉桥。近年来，国内外已修建了或正在建设多座跨径 800m 以上乃至千米级的斜拉桥(表 1-1)，本次修订充分总结吸收了近年来公路斜拉桥工程建设经验和科技成果，将适用跨径提高到 1000m，以体现我国公路斜拉桥设计行业的技术发展水平。

表 1-1 国内外已建或在建的跨径超过 800m 的公路斜拉桥不完全统计表

序号	桥梁名称	建成时间(年)	地点	主跨跨径(m)
1	俄罗斯岛大桥	2012	俄罗斯	1104
2	沪通长江大桥(公铁两用)	在建	中国	1092
3	苏通长江大桥	2008	中国	1088
4	昂船洲大桥	2008	中国	1018
5	鄂东长江大桥	2010	中国	926
6	多多罗大桥	1999	日本	890
7	诺曼底大桥	1995	法国	856
8	池州长江大桥	2019	中国	828
9	九江长江公路大桥	2013	中国	818
10	荆岳长江大桥	2010	中国	816
11	芜湖长江二桥	2017	中国	806

12	仁川大桥	2009	韩国	800
13	鸭池河大桥	2016	中国	800

**1.0.3** 本规范采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，按分项系数的设计表达式进行设计。

#### 条文说明

根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)和《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64—2015)的规定，本条文进行相应修订。

**1.0.4** 公路斜拉桥主体结构设计使用年限为 100 年。对斜拉索等可更换部件，在确保结构安全的前提下，应注重更换的可行性。

#### 条文说明：

根据《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)规定，结合公路斜拉桥结构特点及建设的实际情况，本规范确定公路斜拉桥主体结构设计使用年限为 100 年。

**1.0.5** 设计应统筹考虑施工及运营养护的需求。

#### 条文说明：

公路斜拉桥在设计中需要考虑施工的可行性和合理性，还要注重运营养护的便利性，实现桥梁结构可视、可达、可检、可修。

**1.0.6** 应积极、稳妥推广应用新材料、新技术、新工艺和新设备。

**1.0.7** 公路斜拉桥设计除应符合本规范的规定外，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 斜拉桥 cable-stayed bridge

将斜拉索分别锚固在梁、塔或其他载体上，形成共同承载的结构体系。

#### 2.1.2 主梁 girder

由斜拉索和支座支承，直接承受由桥面传递的交通荷载的构件。

#### 2.1.3 索塔 pylon

用于锚固或支承斜拉索，并将其索力传递给下部结构的构件。

#### 2.1.4 斜拉索 stay cable

承受拉力并支承主梁的构件。

#### 2.1.5 过渡墩 transition pier

联跨分界处的桥墩。

#### 2.1.6 辅助墩 auxiliary pier

为提高结构整体刚度，改善结构受力而在边跨内设置的桥墩。

#### 2.1.7 飘浮体系 floating system

塔墩固结，主梁在索塔处不设竖向支座、全桥不设纵向约束的结构体系。

**2.1.8 半飘浮体系 semi-floating system**

塔墩固结,主梁在塔墩上设置竖向支座,纵向不约束或者弹性约束的结构体系。

**2.1.9 塔梁固结体系 fixed system between pylon and girder**

塔梁固结、主梁在墩处设支座的结构体系。

**2.1.10 塔梁墩固结体系 rigid frame system**

塔、梁、墩固结在一起的结构体系。

**2.1.11 地锚体系 ground anchoring system**

边跨斜拉索全部或部分锚固在地锚上的结构体系。

**2.1.12 部分斜拉桥 extra-dosed bridge**

拉索承载相对较小且应力幅相对较低、主梁承载相对较大的斜拉桥。

**2.1.13 多塔斜拉桥 multi-span cable-stayed bridge**

多于两个索塔的斜拉桥。

**2.1.14 混凝土梁斜拉桥 cable-stayed bridge with concrete girder**

主梁为钢筋混凝土或预应力混凝土结构的斜拉桥。

**2.1.15 钢箱梁斜拉桥 cable-stayed bridge with steel box girder**

主梁为钢箱结构的斜拉桥。

**2.1.16 钢桁梁斜拉桥 cable-stayed bridge with steel truss girder**

主梁为钢桁结构的斜拉桥。

**2.1.17 组合梁斜拉桥 cable-stayed bridge with composite girder**

主梁为钢-混组合结构的斜拉桥。

**2.1.18 混合梁斜拉桥 cable-stayed bridge with hybrid girder (修订)**

主梁在边跨的一部分或全部采用混凝土梁，其余梁段采用钢梁或组合梁的斜拉桥。

**2.1.19 斜拉索减振装置 damping devices of stay cable**

减小斜拉索风振或风雨振的措施或装置。

**2.1.20 钢锚梁 steel anchorage beam**

索塔上锚固斜拉索的钢结构梁式装置。

**2.1.21 钢锚箱 steel anchorage box**

索塔和主梁上锚固斜拉索的钢结构箱形装置。

**2.1.22 分丝管 strand-separation tube**

在索塔鞍座内布置的供单根钢绞线穿过的管道。

**2.1.23 限位装置 limited movement bearing**

为防止主梁水平位移过大而采用限制纵、横向水平位移的装置。

**2.1.24 斜拉索风雨振 wind-rain induced vibration of stay cable**

在一定临界风速下，雨水沿斜拉索流动引起的斜拉索驰振。

**2.1.25 设计成桥状态 design state of completed bridge**

在设计规定的荷载下，斜拉桥塔梁线形平顺、主梁和索塔弯矩应控制在可行域范围、索力分布应相对均匀的成桥状态。

**2.1.26 斜拉索涡激共振 vortex-induced resonance of stay cable**

风流经斜拉索时会发生漩涡脱落，当漩涡脱落频率接近或等于拉索自振频率时，由周期性漩涡力所激发出的斜拉索共振现象。

### 2.1.27 斜拉索尾流驰振 wake galloping of stay cable

后排斜拉索处在前排斜拉索尾流不稳定的驰振区内而发生的风致振动。

### 2.1.28 斜拉索参数共振 parametric resonance of stay cable

当主梁的振动频率与斜拉索的横向振动频率满足倍数条件时，斜拉索发生的振动。

## 2.2 符号

### 2.2.1 几何参数有关符号

- $A$ ——斜拉索的截面面积；
- $D$ ——斜拉索直径；
- $l$ ——计算跨径；
- $S$ ——斜拉索长度；
- $y$ ——斜拉索振动的振幅；
- $\alpha$ ——斜拉索与水平线的夹角；
- $\beta$ ——风的相对攻角。

### 2.2.2 材料性能有关符号

- $E$ ——考虑垂度影响的斜拉索换算弹性模量；
- $E_0$ ——斜拉索钢材弹性模量；
- $f_d$ ——斜拉索的抗拉强度设计值；
- $m$ ——斜拉索的单位长度质量；
- $W$ ——斜拉索单位长度的重力；
- $\gamma$ ——斜拉索单位体积的重力；
- $\gamma_T$ ——斜拉索的换算重度。

### 2.2.3 作用和作用效应有关符号

- $f$ ——汽车荷载（不计冲击力）引起的竖向挠度；
- $N_d$ ——斜拉索的轴向拉力设计值；

- $T_0$ ——变形前的索力；  
 $T_1$ ——变形后的索力；  
 $\sigma$ ——斜拉索应力；  
 $\sigma_0$ ——斜拉索原有应力；  
 $\sigma_1$ ——承受新的荷载后斜拉索的应力；

#### 2.2.4 计算系数及其他有关符号

- $C_y$ ——斜拉索在竖直方向上的风荷载系数；  
 $v$ ——风速；  
 $\gamma_0$ ——结构重要性系数；  
 $\phi_d$ ——斜拉桥的结构体系修正系数；  
 $\xi$ ——阻尼比；  
 $\omega_1$ ——斜拉索自振圆频率；  
 $\rho$ ——空气质量密度。

## 3 材料

### 3.1 混凝土

**3.1.1** 用于斜拉桥各部分构件混凝土的强度、弹性模量和耐久性设计要求等，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)的规定采用。

**3.1.2** 混凝土主梁和索塔所采用的混凝土强度等级不应低于 C40。

### 3.2 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类别、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)的规定采用。

**3.2.2** 斜拉桥所采用的钢板、型材、普通螺栓、锚栓、高强螺栓、剪力钉、焊接材料等的技术要求、物理性能指标及耐久性设计要求，应按现行《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64)的规定采用。

#### 条文说明

本条增加了对剪力钉材料的规定。剪力钉在斜拉桥的钢-混组合构件中有较为广泛的应用。苏通长江公路大桥、上海长江大桥、重庆东水门长江大桥、重庆千厮门嘉陵江大桥等斜拉桥的钢-混凝土组合索塔锚固区均采用剪力钉作为连接件。重庆江津观音岩大桥、厦漳大桥南汉主桥以及水土嘉陵江大桥等斜拉桥的钢-混组合主梁也采用剪力钉作为连接件。



### 3.3 斜拉索

**3.3.1** 斜拉索用高强钢丝应采用 $\phi 5\text{mm}$ 或 $\phi 7\text{mm}$ 钢丝,其性能应满足现行《桥梁缆索用热镀锌或锌铝合金钢丝》(GB/T 17101)的要求。钢丝抗拉强度设计值按现行《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64)的规定采用,标准强度不宜低于1670MPa。钢丝防护镀层或涂层的性能应满足国家或行业现行有关标准的规定。

**3.3.2** 斜拉索用钢绞线应采用高强度低松弛预应力钢绞线,其性能应满足现行《高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线》(YB/T 152)的要求。斜拉索用钢绞线的抗拉强度设计值应按现行《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64)的规定采用,标准强度不宜低于1770MPa。钢绞线防护镀层或涂层的性能应满足国家或行业现行有关标准的规定。

#### 条文说明

3.3.1~3.3.2 斜拉索一般采用高强度钢丝或钢绞线,钢丝或钢绞线防护一般采用镀锌、环氧涂层、锌铝合金镀层等方式。

**3.3.3** 斜拉索用锚具材料性能应满足现行《优质碳素结构钢》(GB/T 699)或《合金结构钢》(GB/T 3077)的要求。

**3.3.4** 斜拉索外防护材料性能应满足现行《桥梁缆索用高密度聚乙烯护套料》(CJ/T 297)的要求。

## 4 作用

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 公路斜拉桥设计采用的结构重要性系数、作用及其组合，除本章有明确规定外，应符合现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)的规定。

### 4.2 各类作用

**4.2.1** 计算结构重力时，当钢筋混凝土或预应力钢筋混凝土体积含筋率（含普通钢筋和预应力钢筋）大于 2%时，其重度可按单位体积中扣除钢筋体积的混凝土的自重与所含钢筋的自重之和计算。

**4.2.2** 计算汽车冲击力时，结构基频应取主梁的竖向弯曲基频。

**4.2.3** 斜拉桥主梁的专用检修道，人群荷载可取  $1.5\text{kN/m}^2$ 。

#### 条文说明

现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)对于主梁设置的专用检修道上的人群荷载集度并未做具体规定，本条参考国外有关标准和国内已设置检修道的具体情况，推荐采用此集度标准。

**4.2.4** 风荷载标准值应按现行《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T 3360-1)的规定计算。在风环境比较复杂的地区，应进行专题研究。

**4.2.5** 温度作用应符合下列规定：

- 1 考虑温度作用时,应根据当地的具体情况,结构物使用的材料和施工条件等因素计算由温度引起的结构效应。
- 2 体系温差应按现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)的规定执行。
- 3 主梁的竖向温度梯度引起的效应按现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)的规定执行。
- 4 四车道以上宽幅无悬臂主梁,宜考虑横桥向温度梯度作用的影响。
- 5 无实测数据时,混凝土索塔两侧的梯度温差可取 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 6 构件间的温差可按下述范围取值:
  - 1) 斜拉索与混凝土主梁、索塔: $\pm 10^{\circ}\text{C} \sim \pm 15^{\circ}\text{C}$ ;
  - 2) 斜拉索与钢主梁: $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

#### 条文说明

本次修订增加了主梁横向温度梯度作用的有关规定,横向温度梯度作用一般根据桥梁的地理位置、环境条件等因素确定。无实测数据时,参考现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)相关条文及说明。

**4.2.6** 斜拉桥应采用 E1 和 E2 两水准地震作用进行抗震设防, E1 地震作用宜采用 100 年超越概率 10% 的地震动, E2 地震作用宜采用 100 年超越概率 4% 的地震动。对于跨径不大于 150m 的斜拉桥,地震作用可按现行《公路桥梁抗震设计规范》(JTG/T 2231-01) 中 A 类桥梁的规定采用。其余情况应根据专门的工程场地地震安全性评价确定桥址 E1 和 E2 地震作用。工程场地地震安全性评价应符合下列规定:

- 1 E1 和 E2 地震作用应考虑长周期效应,计算采用的设计加速度反应谱和设计地震动加速度时程的周期范围应包含斜拉桥结构的基本周期。
- 2 桥址存在地质不连续或地形特征可能造成各桥墩的地震动参数显著不同,应考虑地震动参数的空间变化。
- 3 桥址距有发生 6.5 级以上地震潜在危险的地震活动断层 30km 以内时,近断裂效应应包括上盘效应、破裂的方向性效应,以保证设计加速度反应谱长周期段的可靠性。

#### 条文说明

与悬索桥类似,斜拉桥一般造价较高,一旦发生破坏,修复困难,因此设防水

准重现期定得较高；由于长周期和大跨径的特点，其对工程场地地震安全性评价的要求也与悬索桥类似，因此本条规定参考现行《公路悬索桥设计规范》(JTG/T D65-05)。

**4.2.7** 需要考虑船舶或汽车撞击作用时，撞击作用设计值应符合现行《公路桥梁抗撞设计规范》(JTG/T 3360-02)的规定。

**4.2.8** 进行施工过程计算时，应根据桥梁结构的特点、施工方法和工艺等，计入施工中可能出现的施工荷载，包括架设机具和材料、施工人员、桥面堆载、临时配重以及施工期间风荷载等。

### 4.3 作用组合

**4.3.1** 作用组合应符合现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)中有关作用组合的规定。

**4.3.2** 斜拉桥抗震计算作用组合应按现行《公路桥梁抗震设计规范》(JTG/T 2231-01)的规定采用。

**4.3.3** 斜拉桥防船撞计算作用组合应按现行《公路桥梁抗撞设计规范》(JTG/T 3360-02)的规定采用。**(新增)**

## 5 总体设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 斜拉桥应根据桥梁使用功能、技术标准、建设条件、景观、环保等要求，考虑全寿命周期成本，进行总体设计。

**5.1.2** 总体设计应对跨径布置、横断面布置、结构体系、施工方案以及主梁、斜拉索、索塔和基础等进行综合比选。

**5.1.3** 设计应明确主体结构以及斜拉索、阻尼装置、支座、伸缩装置等可更换部件的设计使用年限。可更换部件的设计使用年限不应低于表 5.1.3 的规定。

表 5.1.3 主要可更换部件的设计使用年限

部件	设计使用年限（年）
斜拉索	20
斜拉索外置式阻尼装置	20
塔梁间阻尼装置	30
盆式橡胶支座	25
钢支座	50
伸缩装置	15

#### 条文说明

现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60) 规定了斜拉索、栏杆、伸缩装置、支座等可更换部件的设计使用年限。本条补充了阻尼装置，细化了支座类型，对斜拉桥主要可更换部件的设计使用年限进行了规定。

**5.1.4** 设计应明确施工过程中结构体系转换的顺序及应采取的措施。

### 条文说明

斜拉桥施工过程中往往要经过多次结构体系转换,体系转换顺序及应采取的措施是斜拉桥施工阶段的关键环节,设计需要明确。

**5.1.5** 应综合考虑抗风、抗震、防撞等复杂因素进行总体设计,必要时进行专题研究。

### 条文说明

斜拉桥是柔性结构,在风、地震、撞击等作用下容易发生振动和损伤,严重时可能导致桥梁出现安全问题。对于风速较大、风环境复杂地区的斜拉桥,根据需要进行桥址区风环境研究以及桥梁抗风性能研究;对于桥址区地震烈度高、场地条件复杂的斜拉桥,根据需要进行地震动参数研究以及桥梁抗震性能研究;对于通航环境复杂、船舶撞击力大的斜拉桥,根据需要进行船撞力设防标准研究以及防船撞措施研究。

**5.1.6** 设计中应对斜拉桥的运营、养护提出技术要求。

### 条文说明

斜拉桥是由多个部件组成的复杂结构,在运营过程中,由于环境、交通以及结构本身的缺陷等因素,桥梁结构会产生一定的损伤和病害。合理的运营养护措施对于保障桥梁安全运营、延长桥梁使用寿命具有重要意义。针对斜拉桥的具体特点和关键构造,设计需要提出相应技术要求。

## 5.2 基本结构体系与形式

**5.2.1** 斜拉桥主要由主梁、斜拉索、索塔、墩台及基础等部分构成,在边跨内可根据需要设置辅助墩。

**5.2.2** 斜拉桥可采用如下结构体系:飘浮体系、半飘浮体系、塔梁固结体系、塔梁墩固结体系,如图 5.2.2 所示。

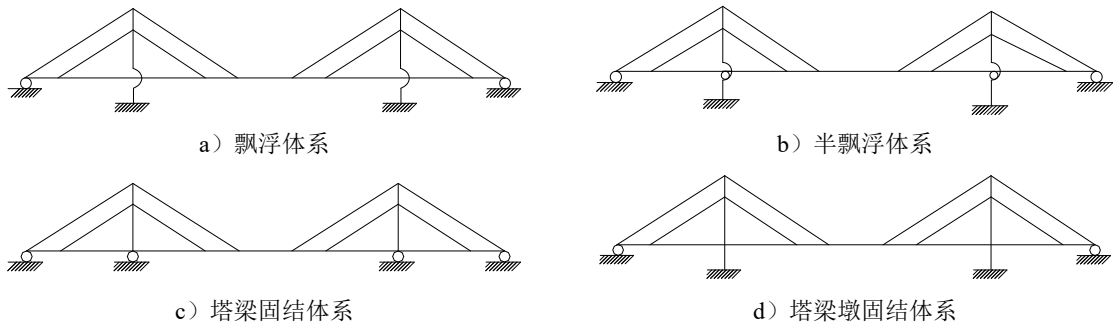


图 5.2.2 斜拉桥四种基本结构体系

## 条文说明

斜拉桥的基本结构体系按主要受力构件塔、梁、墩的连接方式划分，主要有以下四类：

### 1 飘浮体系

塔墩固结，主梁在索塔处不设支座，仅在桥台或过渡墩、辅助墩上设置纵向活动支座。

### 2 半飘浮体系

塔墩固结，主梁在塔墩上设置竖向支承，纵向可以是不约束或者弹性约束。对于较小跨径的斜拉桥，也有在塔墩上设置固定支座的情况。

### 3 塔梁固结体系

塔梁固结，在桥墩上设置支座。该体系塔柱和主梁的温度内力小，但是总体刚度较差，支座吨位大，支座的养护和更换不方便，因而较少采用。

### 4 塔梁墩固结体系

塔梁墩固结体系，在索塔处不需要设支座，整体刚度大，但是温度内力大。该体系最适用于独塔斜拉桥。当主墩较高且具有合适的柔度时，大跨径的双塔斜拉桥也能采用塔梁墩固结体系，如主跨 550m 的福建长门大桥、主跨 350m 的广东新造珠江大桥。多塔斜拉桥的中塔也有采用塔梁墩固结体系，如宜昌夷陵长江大桥（38m+38.5m+43.5m+2×348m+43.5m+38.5m+38m）。

早期也曾修建带挂孔的塔梁墩固结体系斜拉桥，如委内瑞拉的 Maracaibo 桥（主跨 235m），以及跨中带铰的塔梁墩固结体系斜拉桥，如中国的淡水河桥（主跨 134m）。因此体系的斜拉桥行车不舒适，目前很少采用。

### 5 其他体系

在斜拉桥发展过程中，出现一些其他体系的斜拉桥。

### 1) 地锚体系斜拉桥

根据斜拉索的锚固方式衍生出地锚体系斜拉桥,边中跨比很小,边跨设置地锚,以维持体系平衡。对于非独塔地锚体系斜拉桥,根据需要在主跨跨中设置可供主梁因温度变化而伸缩的装置。

### 2) 部分斜拉桥

部分斜拉桥是以主梁受力为主、介于斜拉桥和连续梁桥之间的桥型。部分斜拉桥主梁承载相对较大,拉索承载相对较小且应力幅较低,接近于带体外预应力的连续梁。

### 3) 无背索斜拉桥

当边跨不设置斜拉索时衍生出无背索斜拉桥。该种体系的斜拉桥依靠索塔本身承受拉索的不平衡力。有时可将索塔向边跨倾斜,用塔身重力来平衡索力。

### 4) 协作体系

斜拉桥和其他桥型结构协作共同受力时形成协作体系。如斜拉桥与梁桥的协作体系、斜拉桥与悬索桥的协作体系、斜拉桥与拱桥的协作体系等。

**5.2.3** 斜拉桥依据索塔在纵桥向布置、斜拉索索面布置、主梁材料等可采用以下结构类型:

1 根据索塔在纵桥向的布置,斜拉桥可采用独塔斜拉桥、双塔斜拉桥、多塔斜拉桥。

2 根据斜拉索索面布置,斜拉桥可采用单索面、双索面、多索面斜拉桥。如图 5.2.3 所示。

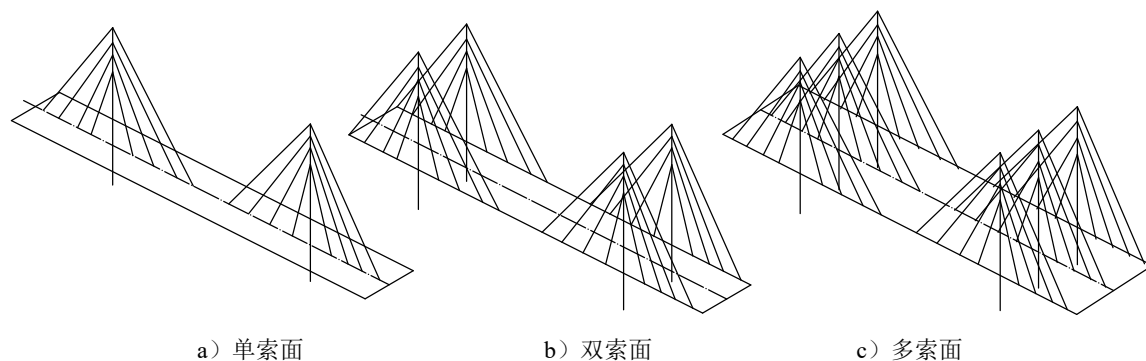


图 5.2.3 斜拉索索面布置

3 根据主梁材料,斜拉桥可采用混凝土梁斜拉桥、钢箱梁斜拉桥、钢桁梁斜



拉桥、组合梁斜拉桥、混合梁斜拉桥。

### 条文说明

根据索塔、斜拉索的布置情况以及主梁的材料类型划分出多种结构形式的斜拉桥。本条中列出的三种划分方式能够组合出多种结构形式的斜拉桥，如：单塔双索面混凝土梁斜拉桥、双塔双索面钢箱梁斜拉桥、三塔双索面混合梁斜拉桥等。

#### 5.2.4 斜拉桥总体布置及基本参数应按如下原则选用：

- 1 独塔斜拉桥的边中跨比宜为 0.5~1.0，双塔斜拉桥的边中跨比宜为 0.3~0.5，多塔斜拉桥的各主跨跨径可不相同，其边跨与主跨比可参照双塔斜拉桥选用。
- 2 双塔、多塔斜拉桥桥面以上塔高与主跨跨径比宜为 1/3~1/6；独塔斜拉桥桥面以上塔高与主跨的跨径比宜为 1/1.5~1/3。
- 3 斜拉桥最外侧斜拉索倾角不宜小于 22°。
- 4 梁高应根据跨径、索面布置、截面形式、纵横向受力特点等综合确定。
- 5 斜拉索布置宜采用以下形式：
  - 1) 斜拉索索面布置可采用空间索面或平面索面。
  - 2) 斜拉索在纵桥向宜采用扇形，也可采用竖琴形、辐射形、星形等。
  - 3) 斜拉索在主梁上的标准间距对于钢主梁或组合梁宜为 8~16m；对于混凝土主梁宜为 6~12m。
- 6 辅助墩应根据斜拉桥整体刚度、结构受力、边跨通航要求、施工期安全以及经济适用条件进行设置。

### 条文说明

本条文是结合已建斜拉桥的实际应用情况总结得出，分别从梁、塔、索、辅助墩等方面提出了总体设计时需要确定的基本参数。提出的比例适用于一般情况，对于特殊条件下的斜拉桥，需要通过合理的结构布置适当调整。

影响斜拉桥梁高的因素很多，如索的布置（索距、索面距）、跨径、截面形式、荷载等，实际情况中，斜拉桥梁高和跨径的比例关系离散性也很大。故本条未给出梁高和跨径的比例关系，设计时需要根据具体情况确定。

斜拉索为主梁提供弹性支承，并将荷载传递给索塔，是主要的传力构件。斜拉索的布置力求结构受力合理。常见的斜拉索纵桥向布置形式如图 5-1 所示。

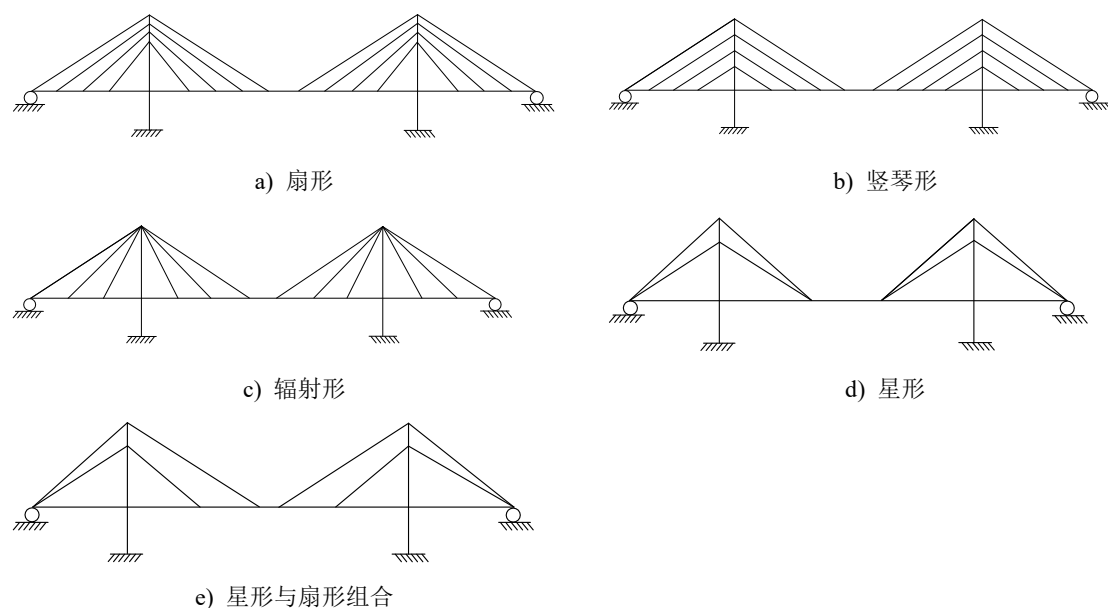


图 5-1 斜拉索纵桥向布置形式

### 5.3 其他结构体系与形式

**5.3.1** 根据结构受力，多塔斜拉桥的中塔与边塔可采用不同的塔梁墩约束方式，并可采取增大中间塔或主梁刚度、设置辅助索约束塔顶变位等措施提高体系整体刚度。

#### 条文说明

多塔斜拉桥是指塔数在两个以上的斜拉桥。目前世界上部分主跨超过 200m 的多塔斜拉桥见表 5-1。

表 5-1 主跨超过 200m 的多塔斜拉桥不完全统计表

桥名	国家	跨径布置 (m)	主梁类型	塔数	改善受力的措施
Maracaibo 桥	委内瑞拉	160+5×236+160	混凝土梁	6	刚性塔, T 构+挂梁
Polcevera 桥	意大利	86+202+210+140+86	混凝土梁	3	刚性塔, T 构+挂梁
汀九大桥	中国	127+448+475+127	组合梁	3	中塔设置辅助索
Rion-Antirion	希腊	286+3×560+286	组合梁	4	金字塔式桥塔
宜昌夷陵长江大桥	中国	38+38.5+43.5+2×348+43.5+38.5+38	混凝土梁	3	加密边跨索距; 中塔塔梁固结; 边跨设两个辅助墩
Mezcala 桥	墨西哥	57+79.86+311.44+299.46+83.84+67.87	组合梁	3	塔墩固结, 边跨设辅助墩
滨州黄河大桥	中国	42+42+300+300+42+42	混凝土梁	3	中塔塔梁墩固结, 边跨设两个辅助墩
岳阳洞庭湖大桥	中国	130+2×310+130	混凝土梁	3	增加主梁和索塔刚

					度；设附加压重，提高外索张紧程度
武汉二七长江大桥	中国	90+160+2×616+160+90	混合梁 (组合梁+混凝土梁)	3	加大梁重和拉索面积
嘉绍大桥	中国	70+200+5×428+200+70	钢箱梁	6	主梁中心设刚性铰；索塔处设双排支座

Maracaibo 桥和 Polcevera 桥的 T 构+挂梁体系是早期的结构体系，现基本不采用。

多塔斜拉桥的关键问题是提高其整体刚度，因为多主跨斜拉桥的整体刚度较低。在典型的双塔斜拉桥中，主跨加载时主梁下挠，两塔向加载孔弯曲，边跨上挠，边跨尾端背索拉力变化较大，约束了塔向加载孔的变位。

当边跨设置有辅助墩时在主跨加载，所有锚固在边跨外侧及辅助墩附近的斜拉索均像边跨背索一样起到约束作用，提高了桥梁的整体刚度，减小了边跨的上挠和主跨的下挠。

对于多塔斜拉桥，边跨背索对中间塔约束作用较弱，因而整体刚度较小，主跨加载时挠度较大。因此提高桥梁的体系刚度成为多跨斜拉桥设计中的关键问题。

增加主梁刚度可以在一定程度上提高多塔多跨斜拉桥的整体刚度，但这样做必然会增加桥梁的自重。在需要采用多塔多跨式斜拉桥时，通常将中间的索塔做成刚性塔，此时索塔和基础的工程量会增加很多；如用拉索约束中间索塔塔顶变位，则有长索的自重下垂度很大，拉索的刚度较小，风荷载较大时易毁坏，视角上不美观等缺点。

**5.3.2** 在受到地形条件限制，边中跨比很小时，可采用地锚式斜拉桥；地锚可采用重力式锚、抗拔桩锚等可靠的锚固方式；为适应温度引起的梁体伸缩，非独塔地锚式斜拉桥的主跨跨中宜采取允许梁体纵向变形的措施。

**条文说明**

国内外修建了少量地锚式斜拉桥。典型的三跨地锚式斜拉桥有：

西班牙 Luna 桥，跨径组成为 67m+440m+67m，边跨另设 36.23m 长的地锚；

中国郟阳汉江大桥，跨径组成为 43m+414m+43m，边跨另设 43m 长的地锚。

这两座斜拉桥为部分地锚式斜拉桥。

少量单跨斜拉桥，主跨侧自锚，背索全部采用地锚，如日本的松山桥（主跨 96.6m，地锚长 32.5m）和秩父桥（主跨 153m，地锚长 22.5m），西班牙的 Ebro 桥。中国贵州芙蓉江大桥为一斜塔单索面斜拉桥，塔柱后倾  $18.4^\circ$ ，主跨 170m，边跨拉索全部锚固于其后的重力式锚碇上。

**5.3.3** 塔高较矮、采用塔梁墩固结或塔梁固结体系的混凝土部分斜拉桥，总体布置及基本参数应符合下列规定：

- 1 边跨与主跨跨径比宜采用 0.5~0.76。
- 2 桥面以上塔高与主跨跨径比宜采用 1/6~1/10。
- 3 主梁宜采用箱形截面，采用等截面时，梁高与主跨跨径之比宜采用 1/35~1/45；采用变截面时，根部梁高与主跨跨径之比宜采用 1/25~1/30，跨中梁高与主跨跨径之比宜采用 1/55~1/65。
- 4 主梁上的无索区长度，索塔附近宜采用 0.15~0.20 倍主跨跨径；中跨跨中宜采用 0.20~0.35 倍主跨跨径；边跨宜采用 0.20~0.35 倍边跨跨径。

#### 条文说明

本次修订从结构受力特性方面将主梁承载相对较大，拉索承载相对较小、应力度相对较低的斜拉桥定义为部分斜拉桥，涵盖了原细则中的矮塔斜拉桥。

鉴于部分斜拉桥与典型斜拉桥无论从外形还是构造仍有不少相同之处，同时在我国发展较快，因此保留关于部分斜拉桥的相应条款。

部分斜拉桥是斜拉桥和连续梁桥之间的一种过渡桥型，在 100m~300m 跨径范围，部分斜拉桥是较有竞争力的桥型。

部分斜拉桥是以主梁为主体的承重结构，斜拉索或者斜拉杆只相当于除体内索之外增设的一些体外索，从而取得降低主梁高度的目的。因而它兼有连续梁桥与斜拉桥的优点。与连续梁桥或连续刚构桥相比，它有如下优点：

- 1 跨越能力较连续梁桥大，同跨径时，梁高较连续梁桥低许多，可降低建筑高度。
- 2 对于大跨径桥梁而言，相同跨径的部分斜拉桥比连续梁桥经济。
- 3 特大跨预应力混凝土连续梁桥、连续刚构桥存在主梁下挠和开裂问题。部

分斜拉桥可以通过索力主动调整主梁内力和线形。

与斜拉桥相比，部分斜拉桥有如下优点：

- 1 塔高较低，塔身结构简单，施工方便。
- 2 斜拉索应力变化幅度较小，通常为较高的应力水平。
- 3 主梁抗弯刚度大，一般采用梁桥施工方法，而无须像斜拉桥那样采用大型牵索挂篮，极大地方便了施工。
- 4 整体刚度大，变形小。

## 6 构造设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 斜拉桥各主要组成部分的构造, 应保证结构具有足够的强度和刚度, 同时使内力传递顺畅, 减少应力集中, 便于施工和养护。

**6.1.2** 斜拉桥构造设计时应考虑斜拉索等可更换部件的维护和更换, 预设必要的空间和构造措施。

#### 条文说明

斜拉桥中的斜拉索、支座、阻尼器、防撞护栏、桥面铺装、伸缩装置等部件在桥梁运营期内需要日常维护, 使用若干年后可能需要更换。在对斜拉桥进行构造设计时, 需要考虑该类部件更换的可行性和方便性。

### 6.2 主梁

**6.2.1** 斜拉桥的主梁宜布置成连续体系。

#### 条文说明

斜拉桥的主梁一般都布置成连续梁, 这种体系桥面整体性强, 行车平稳舒适, 后期养护也较简便。

在早期的斜拉桥中, 也曾采用 T 构加挂梁的形式, 如委内瑞拉的 Maracaibo 桥的 Morandi 体系。在中国的光复桥中, 也曾设剪力铰。非连续体系主梁尽管可以减少超静定次数, 但是破坏了桥梁的整体性和桥面的连续性, 影响行车的舒适性, 施工、养护较困难, 使用较少。

**6.2.2** 主梁可采用混凝土梁、钢箱梁、钢桁梁、钢-混组合梁等。主梁的截面形式应根据材料、跨径、索距、桥宽、索面数等不同，并综合考虑结构受力、耐久性、抗风稳定和施工方法进行选用。

**6.2.3** 混凝土主梁可采用实心板截面、边箱梁截面（PK 梁）、箱形截面、带斜撑箱形截面和肋板式截面，如图 6.2.3 所示。混凝土主梁的截面形式宜按照如下原则选取：

- 1 实心板截面适用于跨径 200m 以下的混凝土斜拉桥。
- 2 肋板式截面、边箱梁截面及箱形截面适用于双索面斜拉桥。
- 3 箱形截面或带斜撑箱形截面适用于单索面斜拉桥。
- 4 当桥面很宽时，主梁截面可考虑设为单箱多室截面、肋板式截面及边箱梁截面，必要时适当增加在中间板部分的梁肋数。

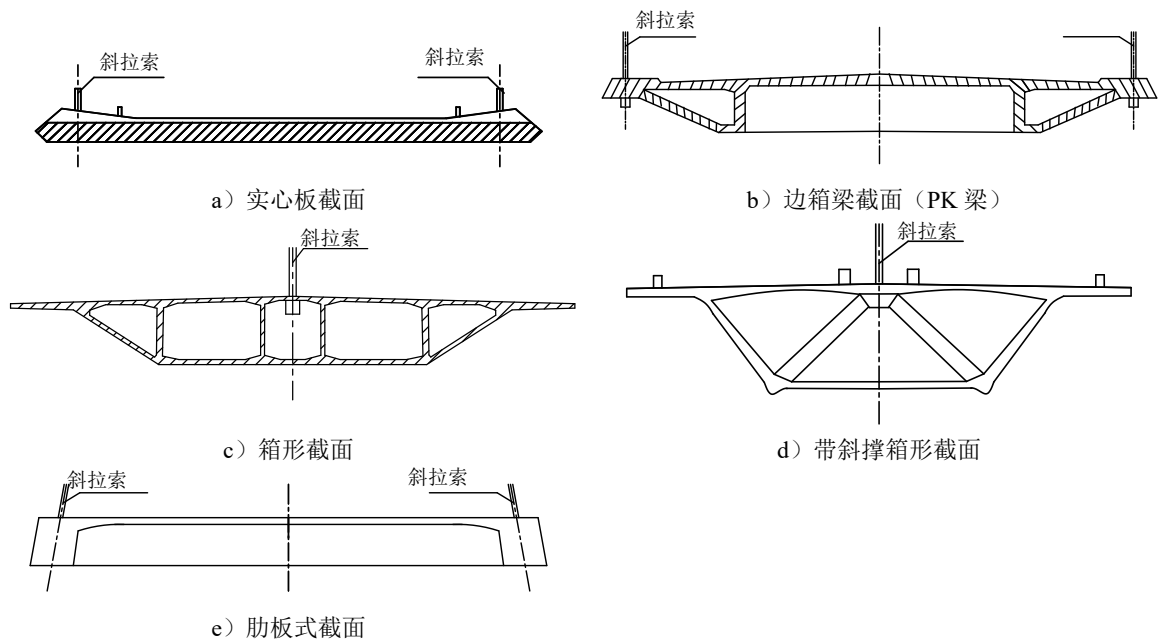


图 6.2.3 混凝土斜拉桥主梁典型截面示意

### 条文说明

希腊 Evripos 桥采用实心板梁截面，主跨 215m，板厚 45cm。

肋板式截面和实心板梁截面一样，都仅适用于双索面斜拉桥，这是主梁趋于轻型化的重要标志之一。肋板式截面已被广泛采用，例如主跨 322m 的铁罗坪大桥和主跨 300m 的绍兴曹娥江大桥。

6.2.4 钢箱梁可采用整体式或分体式箱形截面以及边箱梁截面，钢箱梁典型截面形式如图 6.2.4 所示。

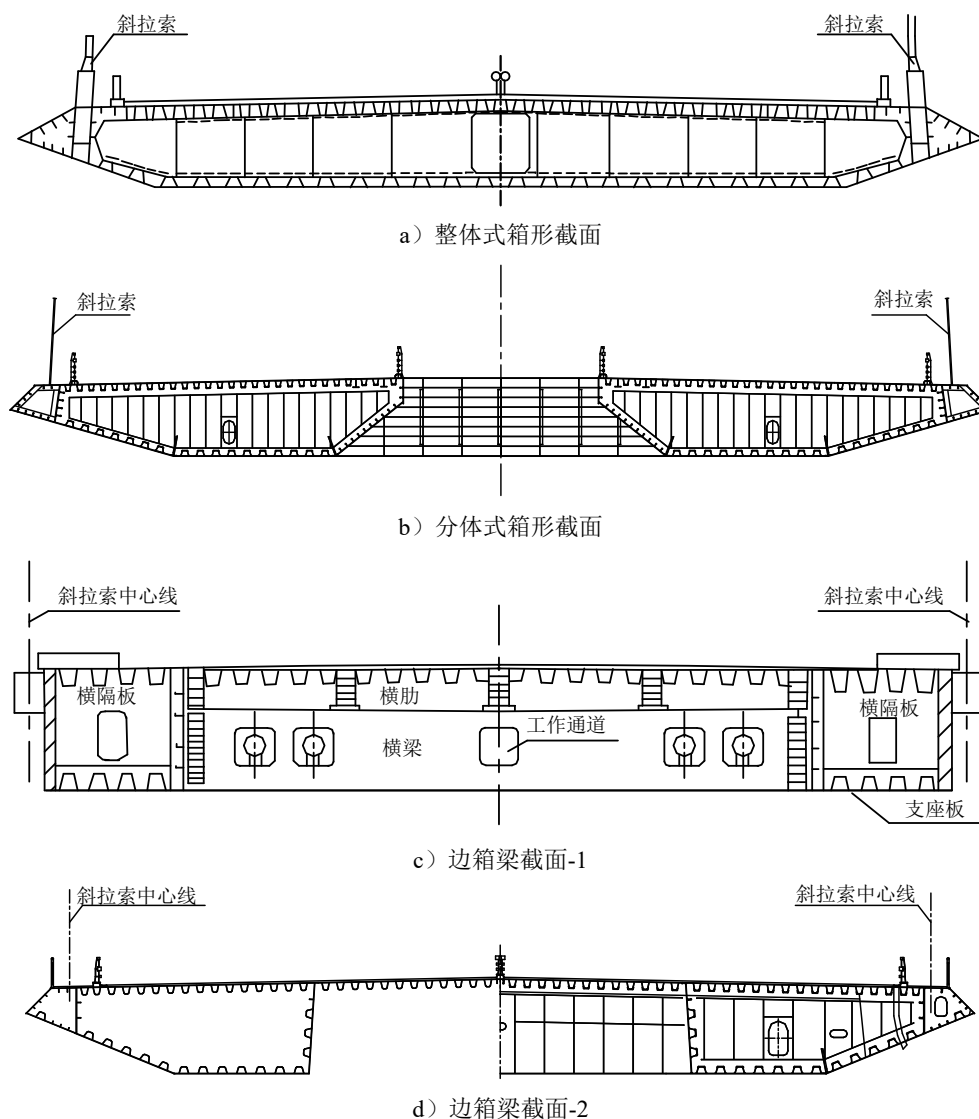


图 6.2.4 钢箱梁斜拉桥典型截面示意

### 条文说明

本条新增了分体式箱形截面，分体式钢箱梁具备扁平钢箱梁的典型构造特征，由顶板、底板、腹板、横隔板组成，不同的是将中分带拉开，形成中央开槽的双箱或多箱梁，沿纵梁间隔一定距离用横梁将分离的纵梁连成一体。上海长江大桥、昂船洲大桥、芜湖长江公路二桥以及浙江宁波外滩大桥均采用了该种截面形式。

### 6.2.5 钢桁梁主梁的截面形式可按如下原则选取：(新增)

- 1 钢桁梁主梁可采用矩形、倒梯形等截面形式，其典型截面如图 6.2.5-1 所示。



2 钢桁梁桥面结构可采用正交异性钢桥面板或混凝土桥面板。正交异性钢桥面板可采用板桁结合式或板桁分离式，如图 6.2.5-1a、6.2.5-1b 所示。

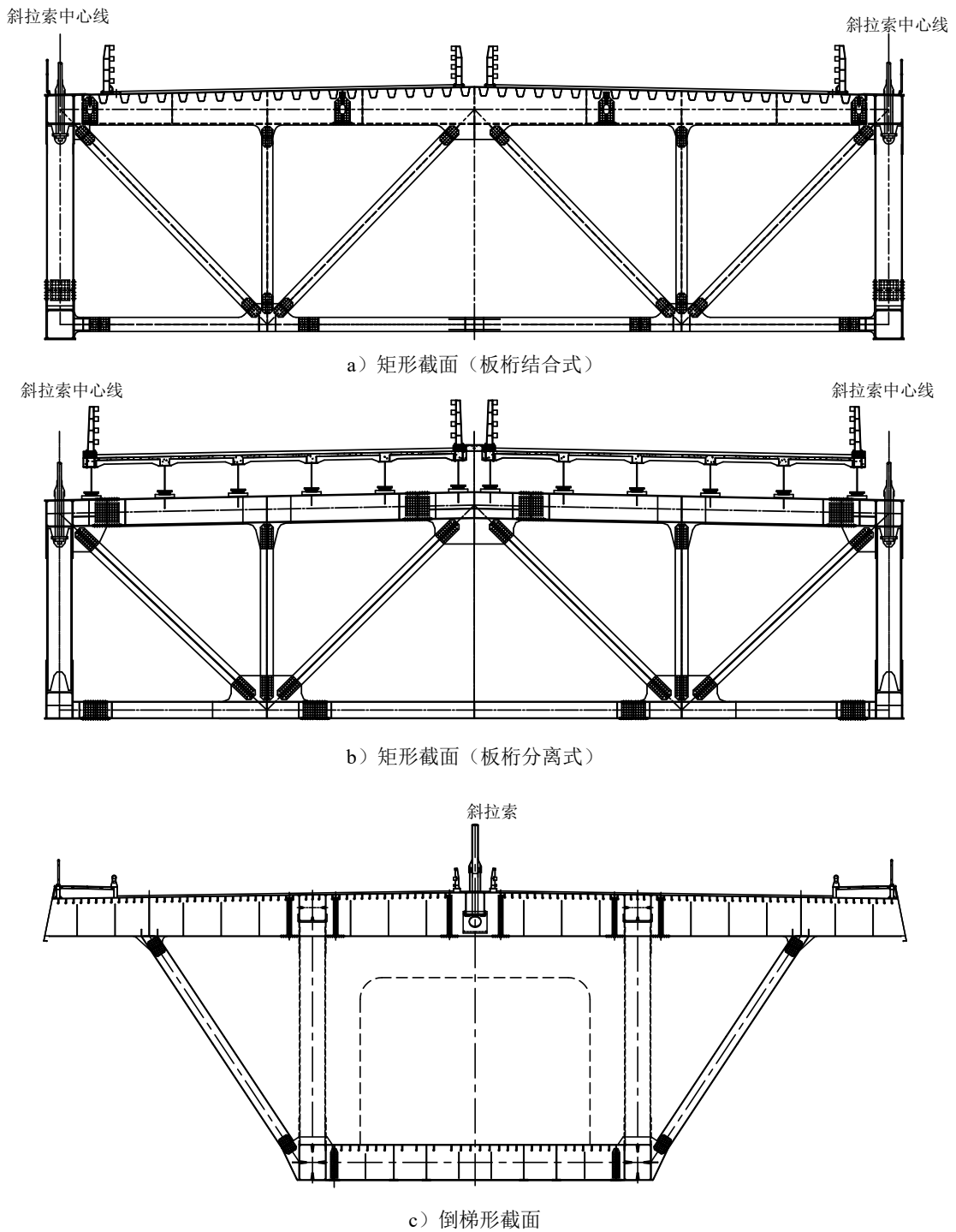


图 6.2.5-1 钢桁梁斜拉桥典型截面示意

3 桁片形式可采用 N 形桁架、华伦式桁架和三角形桁架，如图 6.2.5-2 所示。

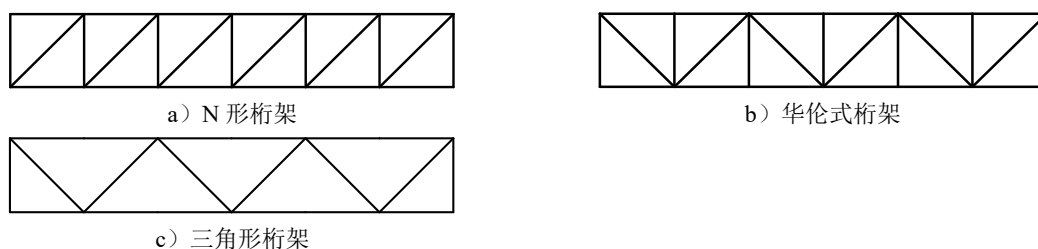


图 6.2.5-2 钢桁梁桁架形式

4 钢桁梁的主桁高度应根据受力需要、行车净空要求和节点构造细节确定，斜腹杆布置角度取值宜介于 35 至 55 度。

5 上下平联的腹杆体系可采用交叉式体系、K 式体系、米字形体系以及双交叉式体系等，如图 6.2.5-3 所示。

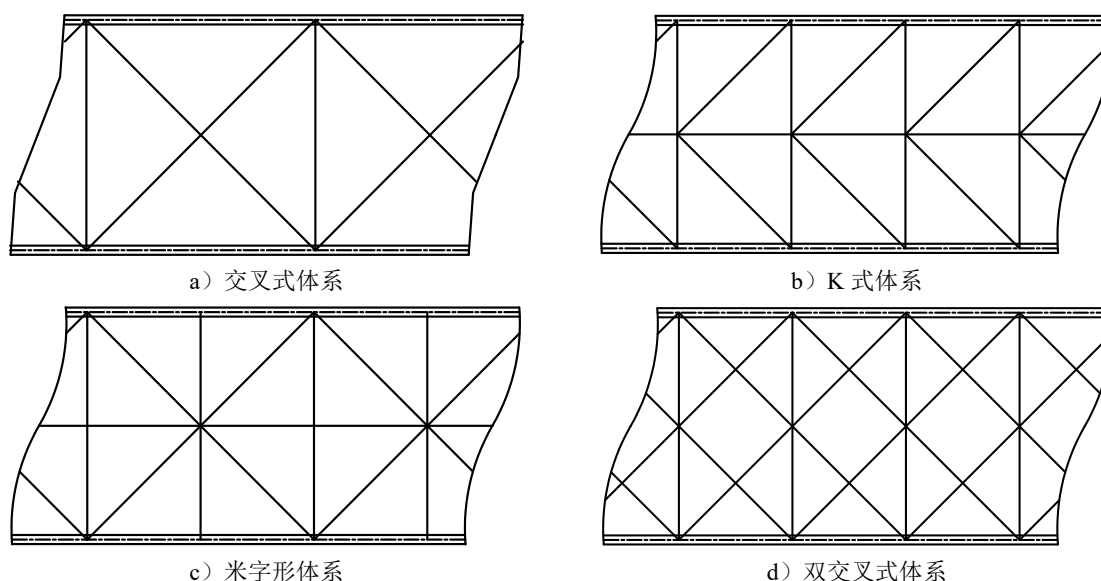


图 6.2.5-3 钢桁梁平联形式

### 条文说明

钢桁梁由主桁架、横向联结系、平联和桥面板组成，主桁和横梁又分别由上、下弦杆及腹杆等杆件组成，杆件之间采用高强螺栓连接或焊接。

钢桁梁由于其运输方便、现场焊接工作量少，在山区斜拉桥的应用中逐渐增加，比如主跨 800m 的贵州鸭池河大桥和主跨 720m 的都格北盘江大桥，都是较有代表性的山区钢桁梁斜拉桥；钢桁梁的桁高及其通透性便于布置双层交通，在建的主跨 1092m 的沪通长江大桥、已建成的主跨 708 米的上海闵浦大桥、主跨 504 米的武汉天兴洲大桥和主跨 445 米的重庆东水门长江大桥，是布置双层交通的典型钢桁梁斜拉桥。

公路斜拉桥钢桁梁的典型桥面系有钢-混组合桥面系和正交异性桥面系，钢-混

组合桥面系虽然自重大，但有利于与桥面铺装结合，易于保证桥面铺装的耐久性，桥面系自身的耐疲劳性能也较好，适合跨径相对较小的钢桁梁斜拉桥，已建成代表性桥梁有主跨 400 米的湖北忠建河大桥；正交异性桥面系自重轻，适合高烈度地区或跨径相对较大的钢桁梁斜拉桥，桥面系自身的抗疲劳性能和桥面铺装的耐久性需重点关注，已建成代表性桥梁有主跨 800m 的贵州鸭池河大桥。

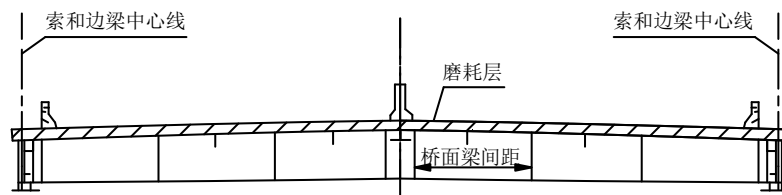
按照桥面系是否参与主桁受力，公路斜拉桥钢桁梁又分为板桁结合式和板桁分离式，前者整体刚度大，后者受力更加明确且便于桥面板维护更换。

从受力角度考虑，理论上斜腹杆与主桁平面或竖直面最佳倾角为 45 度，综合考虑钢桁梁高度、节段划分长度及节点板构造，斜腹杆布置角度取值宜介于 35 至 55 度。

为了使主桁保持空间不变体系，并且能承受水平荷载，在两桁之间设置纵向水平桁架（上、下平联）形成稳定的空间结构。K 式体系一般应用于节间长度小的桥梁中；交叉式体系由于与弦杆联结的节点相同，这种体系使弦杆变形均匀，不会受到弯曲，天兴洲公铁两用长江大桥的下平联就采用这种形式。当桥面较宽时常采用双交叉式体系（果子沟大桥上、下平联）或米字型体系（都格北盘江大桥下平联）。采用正交异性桥面系时，一般不设置平联。

**6.2.6** 组合梁主梁截面可采用工字钢主梁或边箱梁加小纵梁截面形式，也可采用扁平流线型箱梁以及钢桁梁截面形式，其典型截面如图 6.2.6 所示。组合梁的构造设计应符合下列规定：

- 1 混凝土桥面板厚度不宜小于 250mm，混凝土强度等级不宜小于 C40。
- 2 混凝土板间接缝、钢梁顶面的剪力键与钢梁顶面应有效地结合成整体，连接构造设计应按现行《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》（JTG/T D64-01）的规定执行。



a) 工字钢主梁截面

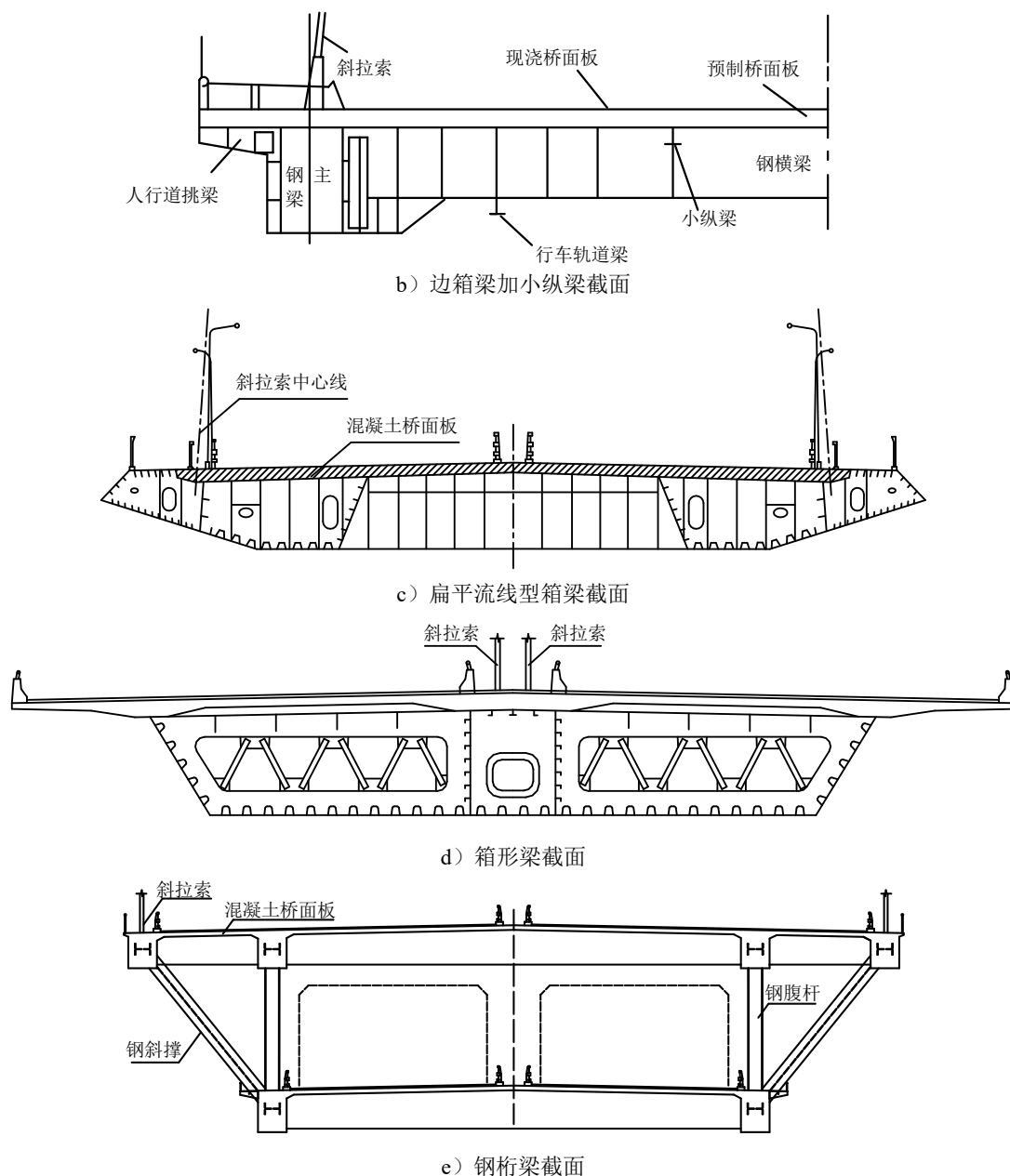


图 6.2.6 组合梁斜拉桥典型截面示意

### 条文说明

钢梁多数采用两工字形钢主梁。如福建青洲闽江大桥，跨径 605m。跨径 602m 的上海杨浦大桥则采用边箱梁截面。钢-混组合梁也采用其他结构形式，例如跨径 480m 的台州椒江二桥采用扁平流线型半封闭钢箱与混凝土桥面板的组合截面（如图 6.2.6c）。上海闵浦大桥边跨则采用钢桁架主梁与混凝土桥面板的组合截面（如图 6.2.6e）。

对国内已建或在建的钢-混凝土组合梁斜拉桥的调研结果表明，目前钢-混组合梁的混凝土桥面板厚度主要为 250~280mm。

### 6.2.7 斜拉桥主梁横向连接系构造应符合下列规定：

- 1 混凝土梁拉索锚点处和支座处应设置横隔板，横隔板（梁）间距宜采用4~8m，其厚度不宜小于200mm。
- 2 钢箱梁拉索锚点处和支座处横隔板（梁）宜采用板式，其余位置处横隔板可采用桁架式，横隔板（梁）间距不宜大于4m，横隔板钢板厚度不宜小于10mm。
- 3 钢桁梁横向连接系宜采用桁架斜撑形式。
- 4 组合梁的横隔板（梁）拉索锚点处和支座处横隔板（梁）宜采用板式，板式结构的钢板厚度不宜小于10mm。（修订）

#### 条文说明

主梁横向连接系采用横隔板（梁），是使主梁成为空间整体结构的重要构造，它能增加主梁的抗扭、抗剪刚度，与主梁连成一体增加截面横向刚度，提高整体性能。

在主梁的斜拉索锚固区，局部应力集中，受力复杂，为使斜拉索的拉力能较好地传递给主梁，需要设置较大刚度的横向连接系。另外，还需根据主梁的横向刚度和桥面板的跨径及索距大小适当加密布置。

在支座处的横隔板（梁）要承受和分布很大的支承反力，因此横隔板（梁）要有足够的强度和刚度。可采用增加混凝土板厚度、施加预应力或设置加劲板等措施予以加强，横隔板预留孔的顶端角隅处法向应力分布与其内折角有关，内折角做得越平缓转角处的应力就越小，为缓和应力集中现象，通常设承托并在斜方向上加强配筋。

对于钢桁梁，为了使主桁保持空间不变体系，并且能承受水平荷载（横向风力、地震力等），在两桁之间设置纵向水平桁架（上、下平联）形成稳定的空间结构；同时，为了在偏载作用下增加桁梁的抗扭刚度，设置横向联结系。若是有双层交通，由于下层桥面的净空要求，横向联结系由横梁和主桁架的中间竖杆（或斜杆）形成的刚架构成。

### 6.2.8 主梁纵向连接构造应符合下列规定：

- 1 混凝土主梁纵向采用分段悬浇时，在分段线处主梁纵向预应力钢绞线的连

接头不宜超过其总数的 50%。主梁纵向采用分段悬拼时，混凝土主梁断面应设计成企口缝形式，并宜设置定位预（埋）制件，主梁接缝应采用胶接缝，构件接触应平整、密贴并做好防水处理，跨径较大时可增加湿接缝，便于调整线形。

2 钢箱梁和钢桁梁构件宜采用工厂焊接方法制作，节段连接方式可采用高强螺栓连接或焊接，钢箱梁顶板应采用焊接连接。钢箱梁纵向隔板宜布置在车道中线或车道线处。

3 大跨径组合梁斜拉桥主梁节段长度以能布置 1~2 根斜拉索或 2~4 根横梁为宜。组合梁中的钢梁节段应采用工厂焊接方法制作。节段连接方式可采用高强螺栓连接或焊接。

4 混合梁主梁纵向不同材料梁的连接处应按现行《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》(JTG/T D64-01) 的规定执行。

### 条文说明

1 分段悬浇的混凝土主梁，纵向预应力筋连接接头不应在分段线处全部断开，做到对主梁的削弱尽可能小一些（张拉压浆以前）。主梁分段线处的预应力钢绞线接头通常不超过总数的 50%。为了使待浇梁段的混凝土能与已浇梁段端面很好地结合，故而对已成梁端的外端面进行凿毛处理。

2 钢主梁节段连接采用高强螺栓连接时，螺栓的排列与构件轴线对称，防止因偏心产生附加应力，所有螺栓对齐居中，即打入冲钉旋紧高强螺栓。钢主梁节段间采用焊接连接时，先以栓接匹配方式临时连接，然后实施焊接连接。

3 为保证吊装刚度和节段重量，组合梁的节段长度，以能布置 1~2 根斜拉索和 2~4 根横梁为宜。

4 两种不同材料主梁的纵向连接——钢-混凝土混合梁结合部，是混合梁斜拉桥的最重要技术关键。现行《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》(JTG/T D64-01) 对钢-混混合梁结合部的的设计作出了详细规定，斜拉桥混合梁的设计遵照执行。

**6.2.9** 混凝土主梁合龙段长度可取 1.5~3.0m，临时固结措施可采用劲性钢骨架，必要时可施加预应力。钢梁主梁合龙段长度可取 4.0~12.0m，合龙段钢梁实施长度可根据合龙温度予以修正。

### 条文说明

混凝土主梁合龙段在施工过程中，由于温度变化，新浇混凝土早期收缩，已完成结构部分的混凝土收缩与徐变，结构体系变化以及施工荷载等因素，在合龙过程中要承受轴力、弯矩和剪力，并要克服温度影响防止混凝土开裂，所以需要采取加强措施来保证结构的连续，保持两侧梁体变形协调。

合龙段混凝土浇筑要尽快完成，尽早达到设计强度，并要有一定的施工作业面，一般合龙段长度为 1.5m~3.0m。通常采用劲性型钢或劲性钢管作为预应力筋套管并施加预应力等方式作为临时固结措施。

钢梁具有较大的传热性，能够很快吸收周围空气中的热量，结构变形对温度变化极为敏感，所以，需要正确选择合龙温度及满足钢梁安装就位时高强螺栓定位所需的时间，并进行温度变形观测，为修正设计合龙温度提供科学依据。

### 6.3 索塔

**6.3.1** 索塔的结构设计除应满足施工及运营阶段结构强度、刚度、稳定性等要求外，尚应考虑经济合理、施工方便、造型美观及便于维修养护等要求。索塔结构形式应按照如下原则选取：

1 索塔的纵桥向形式可采用单柱式、A 形及倒 Y 形等，如图 6.3.1-1 所示。索塔宜设计成竖直式，也可以根据需要设计成倾斜式。

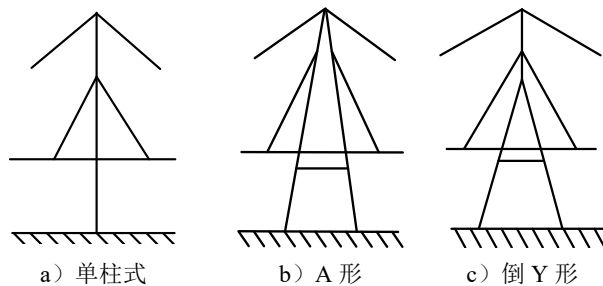
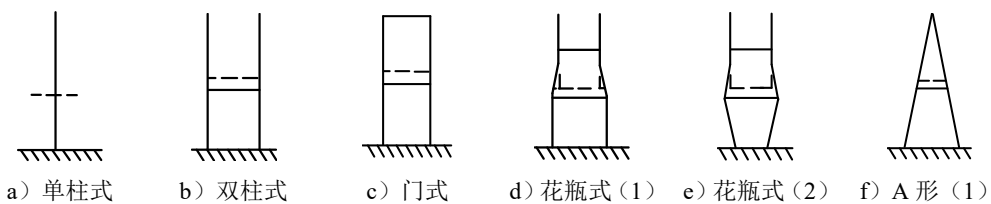


图 6.3.1-1 索塔的基本形式（纵桥向）

2 索塔的横桥向形式可采用单柱式、双柱式、门式、花瓶式、A 形、倒 Y 形、宝塔式、钻石式等，如图 6.3.1-2 所示。



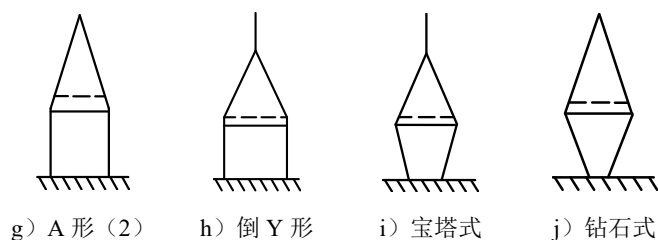


图 6.3.1-2 索塔的基本形式 (横桥向)

3 索塔塔柱的横截面可采用实心或空心，截面形式可采用矩形、I 字形、箱形或多边形。

**6.3.2** 混凝土索塔应根据施工需要在索塔内配置型钢作为劲性骨架。钢筋构造应符合下列规定：

- 1 竖向受力钢筋的直径不宜小于 25mm。
- 2 竖向受力钢筋的截面积不宜小于混凝土截面积的 1%。
- 3 箍筋直径不应小于 16mm，间距不应大于竖向受力钢筋直径的 10 倍，且不大于 200mm。

#### 条文说明

索塔是斜拉桥的主要承重结构，索力的垂直分力引起塔柱轴向力和水平力对塔柱产生弯矩和剪力。此外，温度变化（日照影响），支座沉降，风荷载，地震力，混凝土收缩、徐变等都将对塔柱产生轴向力、水平力、扭矩和顺桥向、横桥向的弯矩，因此塔柱配筋较多。为了增大索塔安全储备，并减少竖向裂缝，本次修订增大了竖向钢筋和箍筋的最小直径。本规范提出的仅是配筋低限，设计中尚需根据计算合理配置。

**6.3.3** 钢索塔宜设计成矩形空心截面形式，根据工程实际也可将其设计成 T 形或准十字形空心箱形式。箱室四周各主壁板应布置竖向加劲肋，箱室内应设置水平横隔板，其间距不宜大于 4.0m。钢索塔外壁板及内壁板的厚度根据受力需要可沿索塔内分段取用不同的厚度，但不宜小于 20mm。

## 6.4 斜拉索

**6.4.1** 斜拉索应结合生产、运输和安装等条件选用平行钢丝斜拉索或钢绞线斜拉



索。

#### 条文说明

根据材料及制作方法的不同，目前斜拉索基本上分为整体安装的斜拉索和分散安装的斜拉索两类，即平行钢丝斜拉索和钢绞线斜拉索。

**6.4.2** 斜拉索应有完整可靠的密封防护构造，尤其是索端与锚具的接合部。斜拉索应便于张拉、检查和更换。

#### 条文说明

斜拉索耐久性和安全性与其防护结构体系是否完善可靠有关。斜拉索整个构件中防护最复杂、最薄弱的索体与锚具的连接处，也是防护最容易出问题的地方。在设计制造时，需要采取可靠的索端密封防护措施，在安装尤其是长期运营状况下，特别注意保护索端的密封结构不受破坏，这是提高斜拉索的耐久性和安全性，延长使用寿命很重要的一个措施。

**6.4.3** 斜拉索索端应考虑施工期和运营期的排水、防潮措施。

#### 条文说明

无论在施工期还是运营期，设置可靠的排水、防潮措施都很重要，通常设置外防护罩、下端锚垫板排水槽等。

**6.4.4** 桥面以上的斜拉索应设置有效防护，其竖向防护高度应不小于 2.5m。

#### 条文说明

为了防止斜拉索受到人为或车撞损坏，故规定在桥面以上一定范围内对斜拉索设置有效的防护措施。

**6.4.5** 斜拉索索端宜根据需要设置内置式减振装置或外置式阻尼器。(修订)

#### 条文说明

振动尤其是过大的振动易导致斜拉索的疲劳和防护结构的破坏，影响其安全使用寿命，因此斜拉索抗风雨振逐渐引起了人们越来越多的关注。一般桥梁预埋管内

设内置式减振器就可以起到减振效果。在大型斜拉桥或在多风多雨特殊地区,通常设内置式减振器和外置式阻尼器。

#### 6.4.6 平行钢丝斜拉索应满足以下要求:

- 1 平行钢丝斜拉索设计应符合现行《斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索》(GB/T 18365)及《大跨度斜拉桥平行钢丝拉索》(JT/T 775)的要求。
- 2 平行钢丝斜拉索锚具宜采用冷铸锚,锚具外表面应进行防护处理。

#### 条文说明

现行《斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索》(GB/T 18365)对斜拉桥用高强钢丝斜拉索的规格型号、技术要求、试验方法、检验规则等作出了规定。现行《大跨度斜拉桥平行钢丝拉索》(JT/T 775)对大跨径斜拉桥用平行钢丝斜拉索的结构、规格与型号、技术要求等做出了规定。

#### 6.4.7 钢绞线斜拉索应满足以下要求:

- 1 钢绞线斜拉索的设计应满足现行《斜拉桥钢绞线拉索技术条件》(GB/T 30826)及《无粘结钢绞线斜拉索技术条件》(JT/T 771)的要求。
- 2 单根钢绞线宜进行镀锌或环氧树脂涂覆等防腐处理,且外包挤黑色高密度聚乙烯护套,整束钢绞线外护套可采用高密度聚乙烯管。
- 3 钢绞线斜拉索锚具可采用夹片群锚或其他成熟锚具,其结构形式及规格应符合现行《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370)的要求。
- 4 钢绞线斜拉索锚具宜考虑施工及运营期间的整体张拉要求。

#### 条文说明

现行《斜拉桥钢绞线拉索技术条件》(GB/T 30826)对斜拉桥钢绞线拉索的结构、技术要求、产品验收检查、拉索防腐与防护、拉索安装、拉索更换、拉索的检查等作出了规定。现行《无粘结钢绞线斜拉索技术条件》(JT/T 771)对无粘结钢绞线斜拉索的构造、规格型号、技术要求、试验方法及安装要求作出了规定。

斜拉索中所用的夹片式锚具与工程中通常所用的有粘结预应力夹片式锚具是不同的。用于斜拉索的夹片式锚具通常具备一些特殊的构造,如使钢绞线在进入群锚的锚板后穿过一个压板,在索力调整完毕后,将夹片压紧防松。

**6.4.8** 斜拉索静载试验或疲劳试验应满足现行《斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索》(GB/T 18365)及《斜拉桥钢绞线拉索技术条件》(GB/T 30826)的要求。

## 6.5 气动稳定构造措施

**6.5.1** 当斜拉桥气动稳定性不满足要求时,可采用下列措施:

- 1 提高结构刚度,包括增加塔梁刚度,采用空间索以及边跨设辅助墩等。
- 2 索塔、主梁采用能改善空气动力稳定性的截面外形,包括主梁采用带风嘴的流线型截面、主塔进行倒角等。
- 3 斜拉索外表面可采用风雨振减振措施;设内置或外置式阻尼器;长索间设抑振索等。
- 4 桥宽与跨径之比不小于 1/30。
- 5 合理设置检修车轨道位置及导流装置、改变栏杆形状。

### 条文说明

气动稳定性不满足要求时,需要增设抗风稳定措施来改变结构体系的刚度,以提高斜拉桥的临界风速。

提高结构风稳定性的措施是根据国内外的研究成果和设计成功经验而选择的,每座桥都有不同的结构形式、不同的刚度、跨径、桥宽和梁高等,所处桥位的风速也不同,要求也不相同。因此需要根据每座桥的具体要求采取相应的措施。

## 6.6 锚固系统

**6.6.1** 斜拉索与混凝土主梁的锚固宜采用顶板锚固、箱内锚固、斜隔板锚固、梁体两侧锚固、梁底锚固等形式,如图 6.6.1 所示。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/725021340102011043>