

---

# 混凝土梁式桥梁 实施技术指南

Implementation Technology Guideline for  
Concrete Beam Bridge

---

四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院

# 混凝土梁式桥梁 实施技术指南

编写单位：四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院  
路港集团有限公司  
四川公路桥梁建设集团有限公司  
武汉理工大学

主要起草人：牟廷敏 熊国斌 廖光新 范碧琨  
丁庆军 庄卫林 朱如荣 梁健  
卢伟 欧昌伟 吴久财 汪洋

西南交通大学出版社  
2012·成都

图书在版编目 ( C I P ) 数据

混凝土梁式桥梁实施技术指南 / 四川省交通运输厅  
公路规划勘察设计研究院主编. —成都: 西南交通大学  
出版社, 2012.8

ISBN 978-7-5643-1798-0

I. ①混… II. ①四… III. ①钢筋混凝土桥—梁桥—  
工程施工 IV. ①U448.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 140498 号

混凝土梁式桥梁实施技术指南

主 编 四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院

|       |                                                                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------|
| 责任编辑  | 杨 勇                                                               |
| 封面设计  | 墨创文化                                                              |
| 出版发行  | 西南交通大学出版社<br>(成都二环路北一段 111 号)                                     |
| 发行部电话 | 028-87600564 028-87600533                                         |
| 邮政编码  | 610031                                                            |
| 网 址   | <a href="http://press.swjtu.edu.cn">http://press.swjtu.edu.cn</a> |
| 印 刷   | 成都蜀通印务有限责任公司                                                      |
| 成品尺寸  | 140 mm × 203 mm                                                   |
| 印 张   | 4.625                                                             |
| 字 数   | 96 千字                                                             |
| 版 次   | 2012 年 8 月第 1 版                                                   |
| 印 次   | 2012 年 8 月第 1 次                                                   |
| 书 号   | ISBN 978-7-5643-1798-0                                            |
| 定 价   | 28.00 元                                                           |

图书如有印装质量问题 本社负责退换  
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 前 言

本指南根据在建和已建成混凝土梁式桥和连续刚构桥的现状，结合混凝土梁式桥和连续刚构桥的裂缝及下挠等主要病害成因，以及对这些病害问题的研究结果和公路桥梁施工技术规范，针对梁式桥施工过程中的施工工艺和施工顺序，明确提出梁式桥施工中存在的主要问题、相应具有可操作性的处理措施。其主要特点是从桥梁结构构造的性质出发，开发研究抗裂防挠的技术措施，即设计对策措施、主梁施工工艺、施工主要环节的具体要求、材料制备与生产等，对控制裂缝和防止主梁下挠、提高混凝土梁式桥质量等，将起到行业性的指导作用。

本指南主要内容为：技术对策、材料、施工方法、施工工艺、施工顺序、施工设备、施工监控和养护工艺，对施工中的要点问题提出的处理措施。与《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041)重复部分不再赘述，仅是对《公路桥涵施工技术规范》中“钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥”的规定做一定的补充和完善。

# 目 录

|     |           |    |
|-----|-----------|----|
| 1   | 总 则       | 1  |
| 2   | 术 语       | 2  |
| 3   | 设计技术      | 5  |
| 3.1 | 总体设计      | 5  |
| 3.2 | 细节计算      | 6  |
| 3.3 | 构造要求      | 7  |
| 3.4 | 纵向预应力束的布置 | 8  |
| 3.5 | 竖向预应力束的布置 | 9  |
| 3.6 | 横向预应力束的布置 | 10 |
| 3.7 | 预应力束张拉    | 10 |
| 3.8 | 普通钢筋构造    | 11 |
| 3.9 | 合龙体系的转换   | 13 |

|      |               |    |
|------|---------------|----|
| 4    | 材 料           | 15 |
| 4.1  | 水 泥           | 15 |
| 4.2  | 粗骨料           | 17 |
| 4.3  | 细骨料           | 18 |
| 4.4  | 普通钢筋          | 21 |
| 4.5  | 预应力钢绞线        | 22 |
| 4.6  | 外加剂           | 22 |
| 4.7  | 矿物掺合材料        | 23 |
| 4.8  | 钢筋阻锈剂         | 24 |
| 4.9  | 防腐涂料          | 25 |
| 4.10 | 拌和用水          | 26 |
| 4.11 | 水泥与矿物掺合料的掺量   | 26 |
| 4.12 | 采用高性能混凝土      | 27 |
| 4.13 | 配制耐久性混凝土的一般原则 | 28 |
| 5    | 施工技术          | 30 |
| 5.1  | 准 备           | 31 |
| 5.2  | 材 料           | 33 |
| 5.3  | 拌 制           | 34 |
| 5.4  | 工作性检验         | 35 |
| 5.5  | 运 输           | 36 |
| 5.6  | 浇 注           | 37 |
| 5.7  | 振 捣           | 44 |
| 5.8  | 养 护           | 46 |
| 5.9  | 验 收           | 47 |

|     |                   |    |
|-----|-------------------|----|
| 6   | 承台浇注 .....        | 52 |
| 6.1 | 裂缝控制的主要措施 .....   | 53 |
| 6.2 | 承台浇注 .....        | 55 |
| 6.3 | 保温、保湿养护 .....     | 56 |
| 6.4 | 混凝土拆模时间控制 .....   | 58 |
| 7   | 墩身浇注 .....        | 59 |
| 8   | 箱梁 0 号块段的浇注 ..... | 61 |
| 8.1 | 浇注龄期 .....        | 61 |
| 8.2 | 浇注次数 .....        | 61 |
| 8.3 | 防裂措施 .....        | 62 |
| 8.4 | 强度和龄期要求 .....     | 64 |
| 8.5 | 预应力张拉 .....       | 65 |
| 8.6 | 高温时浇注注意事项 .....   | 66 |
| 9   | 合龙段浇注 .....       | 67 |
| 9.1 | 关键技术 .....        | 67 |
| 9.2 | 合龙段压重 .....       | 74 |
| 9.3 | 合龙温度 .....        | 74 |
| 9.4 | 合龙段混凝土 .....      | 74 |
| 9.5 | 预拱度 .....         | 75 |
| 9.6 | 边跨现浇段 .....       | 75 |
| 9.7 | 跨中下挠控制 .....      | 76 |
| 10  | 箱梁浇注质量控制 .....    | 78 |



|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 11 施工工艺 .....           | 106 |
| 11.1 预拱度设置 .....        | 107 |
| 11.2 混凝土浇注顺序 .....      | 107 |
| 11.3 模板安装 .....         | 108 |
| 11.4 管道连接与定位 .....      | 108 |
| 11.5 测定标高, 防止挂篮偏位 ..... | 109 |
| 11.6 箱梁混凝土浇注 .....      | 109 |
| 11.7 接缝质量控制 .....       | 110 |
| 11.8 浇注完毕后的工作 .....     | 112 |
| 11.9 预应力施工 .....        | 113 |
| 11.10 控制结构和桥面铺装超方 ..... | 117 |
| 11.11 施工机械 .....        | 120 |
| 11.12 加强早期养护 .....      | 120 |
| 11.13 加强施工监控 .....      | 121 |
| 11.14 桥梁在使用过程中的养护 ..... | 130 |
| 12 施工注意事项 .....         | 132 |
| 12.1 重视支架(挂篮)预压 .....   | 132 |
| 12.2 模板施工要点 .....       | 133 |
| 12.3 投 料 .....          | 134 |
| 12.4 搅 拌 .....          | 134 |
| 12.5 振 捣 .....          | 134 |
| 12.6 混凝土浇注及裂纹控制 .....   | 135 |
| 12.7 混凝土养生 .....        | 136 |
| 12.8 抗 风 .....          | 137 |
| 12.9 耐久性措施 .....        | 137 |
| 主要参考文献 .....            | 139 |

# 1 总 则

**1.0.1** 为使混凝土连续刚构桥、连续梁桥、斜拉桥、简支梁桥设计与施工符合技术先进、安全可靠、适用耐久、经济合理的要求，特制订本指南。

**1.0.2** 鉴于混凝土梁式桥梁裂缝和挠度控制不足的问题，本指南从设计、施工、材料和设备等方面，结合最新研究成果编制而成。

**1.0.3** 本指南适用于混凝土连续刚构桥、连续梁桥、斜拉桥和简支梁桥设计、施工与养护，同时，可供混凝土拱桥、悬索桥等桥梁形式参考使用。

**1.0.4** 本指南在使用中有异议时，应通过试验验证或技术讨论后实施。

## 2 术 语

### 2.0.1 极限状态 limit states

整体结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足正常使用或承载力要求时，此特定状态为该结构的极限状态。

### 2.0.2 设计状况 design situation

结构从施工到使用全过程中，设计必须做到使结构在全过程中各时段不超越有关规范、规程的要求。

### 2.0.3 材料强度标准值 characteristic value of material strength

设计结构构件时采用的材料强度的基本代表值。该值可根据符合规定标准的材料，取其强度概率分布的 0.05 分位值确定。

### 2.0.4 材料强度设计值 design value of material strength

材料强度标准值除以材料强度分项系数后的值。

### 2.0.5 作用 action

施加在结构上的集中力或分布力如汽车、结构的自重等，称为直接作用，也称为荷载；引起结构外加变形或约束变形的原因如地震、基础不均匀沉降、温度变化等，称为间接作用（不宜称为荷载）。两者统称为作用。

### 2.0.6 安全等级 safety class

为使桥涵具有合理的安全性，根据桥涵结构破坏所产生后果的严重程度而划分的设计安全等级。

### 2.0.7 高性能混凝土 high performance concrete

用混凝土的常规材料、常规工艺，在常温下，以低水胶比、大掺量优质掺合料和较严格的质量控制制作的高耐久性、高尺寸稳定性、良好工作性及较高强度的混凝土。

### 2.0.8 悬浇施工 cast-in-place cantilever construction

悬浇施工是指从墩顶已经浇注混凝土的块件两侧开始，使用挂篮在悬臂状态下对称地逐段进行梁段混凝土浇注，待混凝土达到一定强度后，张拉预应力筋，然后前移挂篮、模板等，进行新的梁段施工，使梁体不断伸出接长的一种施工方法。

### 2.0.9 0号块 start element

位于墩顶的一个起始梁段常被称为0号块，其长度往往比墩顶顺桥向全宽为大，一般采用支架现场浇注来完成。

### 2.0.10 挂篮 movable suspended scaffolding

与已成梁段牢固连接并悬出已成梁段的施工操作平台。在挂篮上可以进行模板支、拆，钢筋绑扎，混凝土浇

注和预应力张拉等作业。梁段施工完毕后，挂篮能够前移，开始下一梁段的施工。

### **2.0.11 托架 corbel**

墩顶梁段及附近位置梁段施工，浇注悬臂部分时利用墩身预埋件与型钢或万能杆件拼制联结而成的支架。

### **2.0.12 合龙段 closure segment**

两悬浇梁段或支架现浇梁段与悬浇梁段在同一跨内最后浇注，从而使一个桥跨成为整体的梁段称为合龙段。

### **2.0.13 体系转换 system transition**

施工中对双悬臂梁受力体系状态在确保设计线形的前提下转化为连续梁受力体系的过程。

## 3 设计技术

### 3.1 总体设计

(1) 跨径比。一般情况下,桥梁边跨与主跨比宜为  $0.53 \sim 0.60$ 。当交界墩高度大于  $20\text{ m}$  时,边跨与主跨比宜为  $0.50 \sim 0.54$ 。根据计算,当交界墩顶主梁支座反力为拉力时,应当在主梁端部配重,确保交界墩顶主梁支座反力为压力。

(2) 梁高。主梁根部高度一般为主跨跨径的  $1/15 \sim 1/20$ ,跨中高度一般为主跨跨径的  $1/30 \sim 1/50$ 。连续刚构桥主梁高度由根部向跨中一般采用半立方抛物线或二次抛物线的下缘曲线渐变。

(3) 柔度。当主桥主墩高度差大于  $20\text{ m}$  时,应通过调整截面尺寸,协调各墩间的柔度,使之一致。

(4) 刚度。高墩 (大于 80 m 者) 分幅桥梁, 应特别关注桥梁的横向刚度, 一般要求横向一阶弹性稳定安全系数大于 4, 横向一阶自振频率大于 0.18 Hz。

## 3.2 细节计算

(1) 鉴于钢束定位误差对外崩力的高度敏感性, 宜采用容错设计考虑钢束误差 3 ~ 5 mm。

(2) 对于底板横向挠曲产生的纵向开裂, 设计时要进行箱梁横向框架计算或空间计算, 考虑钢束径向力对箱体的底板产生纵向开裂和对腹板主拉应力产生的影响。

(3) 为防止弯曲预应力作用产生分离破坏, 宜按公式  $A \geq 2.7\gamma_0 q / f_{sd}$  计算和配置径向抗拉钢筋。

(4) 为防止钢束局部崩出, 应按公式  $t \geq 0.48\gamma_0 q / f_{td} + 0.5d$  验算波纹管保护层厚度; 按公式  $A \geq 3.55[\gamma_0 q - 0.7f_{td}(t - 0.5d)] / f_{sv}$  计算、配置抗剪钢筋。

上述公式计算的抗拉钢筋和抗剪钢筋可相互起作用, 按两者的较大值设置。

公式符号意义为:

$d$ ——波纹管外径;

$f_{sv}$ ——普通钢筋的抗剪强度设计值;

$t$ ——波纹管中心到混凝土边缘的距离;

$q$ ——钢束产生的径向分布力 (kN/m);  
 $q = F/R$ ,  $F$  为钢束拉力,  $R$  为曲率半径;  
 $\gamma_0$ ——桥梁结构的重要性系数;  
 $f_{sd}$ ——普通钢筋的抗拉强度设计值;  
 $f_{td}$ ——混凝土轴心抗拉强度设计值。

### 3.3 构造要求

(1) 选择合适的箱梁下缘曲线。大跨径梁式桥主梁多采用变截面箱梁, 底板下缘曲线常采用半立方抛物线或二次抛物线。对于连续刚构桥梁, 采用二次抛物线可以使箱梁  $L/4 \sim L/8$  段的梁高减小, 减小了结构自重, 但对克服该区段的主拉应力不利; 采用半立方抛物线可以使箱梁  $L/4 \sim L/8$  段的梁高增加, 降低了该区段的主拉应力, 但结构自重增加。因此, 连续梁和跨径较小的连续刚构桥常采用二次抛物线, 跨径较大的连续刚构桥常采用半立方抛物线。

(2) 主梁腹板厚度的变化对截面应力状况的变化非常敏感, 当腹板厚度稍有增加, 截面正应力、剪应力和主拉应力均有良好的改善。推荐采用预应力混凝土连续梁最大跨径的最佳横截面几何参数:

$$\text{墩上腹板厚度参数: } K_1 = \frac{t_{wp} \times h_p}{b \times L_{\max}} \times 10^3$$



$$\text{跨中腹板厚度参数: } K_2 = \frac{t_{wm} \times h_m}{b \times L_{\max}} \times 10^3$$

式中  $t_{wp}$ ——墩上腹板厚度的总和；

$t_{wm}$ ——跨中腹板厚度的总和；

$h_p$ ——墩上梁高；

$h_m$ ——跨中梁高；

$b$ ——桥面宽度；

$L_{\max}$ ——桥梁最大跨径。

(3) 主梁顶板，首先要满足桥面板的受力要求，其次要满足预应力束的构造要求；主梁的底板，需满足正弯矩下的预应力筋通过的构造要求。从预应力束的净距及保护层着手，考虑施工的误差和安全储备，来确定顶板和底板的尺寸。

(4) 在箱梁内部宜适当设置横隔板，一般应在墩顶、 $(1/4)L$ 、 $(3/8)L$  和梁端。位于曲线上的主梁，应根据曲线半径的大小，适当增加横隔板数量。

### 3.4 纵向预应力束的布置

(1) 主梁的纵向预应力束应部分下弯到箱梁截面中心附近；边跨现浇段配置曲线预应力束，改善腹板的主拉应力。

(2) 顶板上纵向预应力束的锚头宜错开搭接，从而避