

UDC

中华人民共和国行业标准



P

CJJ 242 – 2016

备案号 J 2275 – 2016

---

# 城市道路与轨道交通合建桥梁 设 计 规 范

Code for design of bridge combined with  
urban road and rail transit

2016 – 08 – 08 发布

2017 – 02 – 01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

城市道路与轨道交通合建桥梁  
设 计 规 范

Code for design of bridge combined with  
urban road and rail transit

**CJJ 242 - 2016**

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 7 年 2 月 1 日

中国建筑工业出版社

**2016 北 京**

# 中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 1224 号

---

## 住房和城乡建设部关于发布行业标准 《城市道路与轨道交通合建 桥梁设计规范》的公告

现批准《城市道路与轨道交通合建桥梁设计规范》为行业标准，编号为 CJJ 242-2016，自 2017 年 2 月 1 日起实施。其中，第 3.0.9、3.0.12 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2016 年 8 月 8 日

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2009 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2009〕88 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，吸取有关科研成果，参考国外先进标准，在广泛征求意见的基础上，编制了本规范。

本规范的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 作用；5. 结构变形与动力性能要求；6. 结构设计与构造要求。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见和建议请寄至上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司（地址：上海市杨浦区中山北二路 901 号，邮编：200092）。

本 规 范 主 编 单 位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

本 规 范 参 编 单 位：同济大学

本规范主要起草人员：邵长宇 吴定俊 卢永成 窦仲赞  
张元凯 李 奇 张春雷 盛 勇  
高丕勤 曾 源 黄 虹 张剑英  
陈 亮 戴建国 王祺明

本规范主要审查人员：周新六 秦大航 鲍卫刚 杨正武  
阙 孜 朱安静 孙虎平 陆元春  
陈宝春 范文理

# 目 次

|               |                       |    |
|---------------|-----------------------|----|
| 1             | 总则 .....              | 1  |
| 2             | 术语和符号 .....           | 2  |
| 2.1           | 术语 .....              | 2  |
| 2.2           | 符号 .....              | 4  |
| 3             | 基本规定 .....            | 6  |
| 4             | 作用 .....              | 9  |
| 4.1           | 作用分类、代表值和作用效应组合 ..... | 9  |
| 4.2           | 永久作用 .....            | 14 |
| 4.3           | 可变作用 .....            | 14 |
| 4.4           | 偶然作用 .....            | 18 |
| 5             | 结构变形与动力性能要求 .....     | 20 |
| 5.1           | 梁跨结构的刚度与变形 .....      | 20 |
| 5.2           | 墩台结构的刚度与变形 .....      | 22 |
| 6             | 结构设计与构造要求 .....       | 24 |
| 6.1           | 一般规定 .....            | 24 |
| 6.2           | 上部结构 .....            | 27 |
| 6.3           | 下部结构 .....            | 27 |
| 6.4           | 附属结构 .....            | 27 |
| 本规范用词说明 ..... |                       | 30 |
| 引用标准名录 .....  |                       | 31 |
| 附：条文说明 .....  |                       | 33 |

# Contents

|     |                                                                               |    |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1   | General Provisions .....                                                      | 1  |
| 2   | Terms and Symbols .....                                                       | 2  |
| 2.1 | Terms .....                                                                   | 2  |
| 2.2 | Symbols .....                                                                 | 4  |
| 3   | Basic Requirements .....                                                      | 6  |
| 4   | Action .....                                                                  | 9  |
| 4.1 | Actions Classification, Representative Value and<br>Effects Combination ..... | 9  |
| 4.2 | Permanent Action .....                                                        | 14 |
| 4.3 | Variable Action .....                                                         | 14 |
| 4.4 | Accidental Action .....                                                       | 18 |
| 5   | Requirement of Structure Deformation and<br>Dynamic Performance .....         | 20 |
| 5.1 | Stiffness and Deformation of Girder Structure .....                           | 20 |
| 5.2 | Stiffness and Deformation of Pier and Abutment<br>Structure .....             | 22 |
| 6   | Requirement of Structure and Structure Design .....                           | 24 |
| 6.1 | General Requirements .....                                                    | 24 |
| 6.2 | Superstructure .....                                                          | 27 |
| 6.3 | Substructure .....                                                            | 27 |
| 6.4 | Attachments .....                                                             | 27 |
|     | Explanation of Wording in This Code .....                                     | 30 |
|     | List of Quoted Standards .....                                                | 31 |
|     | Addition; Explanation of Provisions .....                                     | 33 |

# 1 总 则

**1.0.1** 为提高城市道路与轨道交通合建桥梁设计水平，做到安全可靠、适用耐久、技术先进、经济合理、与环境协调，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于新建城市道路与最高运行速度不超过120km/h的钢轮钢轨系统城市轨道交通合建桥梁的设计。

**1.0.3** 城市道路与轨道交通合建桥梁的设计应符合节约资源、环保节能、防灾减灾的要求。

**1.0.4** 城市道路与轨道交通合建桥梁的设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 城市轨道交通 urban rail transit, mass transit

采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统，包括地铁、轻轨、单轨、有轨电车、磁浮、自动导向轨道、市域快速轨道系统。

#### 2.1.2 设计基准期 design period

在进行结构可靠性分析时，为确定可变作用及与时间有关的材料性能等取值而选用的时间参数。

#### 2.1.3 设计使用年限 design working life

设计规定的结构或结构构件不需进行大修即可按预定目的使用的年限。

#### 2.1.4 极限状态 limit state

整体结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能要求时，此特定状态为该功能的极限状态。

#### 2.1.5 作用 action

施加在结构上的集中力或分布力（直接作用）和引起结构外加变形或约束变形的原因（间接作用）。

#### 2.1.6 永久作用 permanent action

在结构使用期间，其量值不随时间而变化，或其变化值与平均值比较可忽略不计的作用。

#### 2.1.7 可变作用 variable action

在结构使用期间，其量值随时间变化，且其变化值与平均值比较不可忽略的作用。

#### 2.1.8 偶然作用 accidental action

在结构使用期间出现的概率很小，一旦出现，其值很大且持续时间很短的作用。

#### **2.1.9 安全等级 safety class**

为使结构具有合理的安全性，根据工程结构破坏所产生后果的严重程度而划分的设计等级。

#### **2.1.10 工后沉降 post-construction settlement**

基础设施竣工铺轨开始以后产生的沉降量。

#### **2.1.11 列车竖向动力 vertical dynamic force of train**

列车运行时产生的竖向动力作用。

#### **2.1.12 列车离心力 centrifugal force of train**

列车运行在曲线上产生的倾向曲线外侧的水平力。

#### **2.1.13 列车牵引力 tractive force of train**

列车启动时，对建筑物产生的与运行方向相反的水平力。

#### **2.1.14 列车制动力 braking force of train**

列车制动时，对建筑物产生的与运行方向相同的水平力。

#### **2.1.15 列车横向摇摆力 lateral sway force of train**

列车运行时对钢轨产生的横向水平力。

#### **2.1.16 无缝线路 seamless track, continuously welded rail track**

钢轨连续焊接或胶结超过两个伸缩区长度的轨道。

#### **2.1.17 伸缩力 longitudinal force due to temperature variation**

因温度变化，桥梁与长钢轨纵向相对位移而产生的纵向力。

#### **2.1.18 挠曲力 longitudinal force due to deflection of the structure**

在列车荷载作用下，桥梁挠曲引起的桥梁与长钢轨相对位移而产生的纵向力。

#### **2.1.19 断轨力 breaking force of continuously welded rail**

因长钢轨折断，引起桥梁与长钢轨相对位移而产生的纵向力。

#### **2.1.20 无缝线路纵向水平力 longitudinal force due to continuously welded rail**

伸缩力、挠曲力、断轨力的总称。

**2.1.21 车桥耦合振动动力响应** vehicle-bridge coupling dynamic response

列车过桥时，车桥动力作用的相互影响。

**2.1.22 轮重减载率** rate of wheel load reduction

车辆运营时，轮对中单侧车轮轮重减载量与左右侧车轮平均轮重之比。

**2.1.23 脱轨系数** coefficient of derailment

车辆运营时，作用于轮对中单侧车轮上的横向力和垂向力的比值。

**2.1.24 斯佩林指标** sperling index

一种用来评定车辆运行平稳性的指标。

## 2.2 符 号

$a_{\max}$  ——桥面振动加速度；

$a_y$  ——车体横向振动加速度；

$a_z$  ——车体竖向振动加速度；

$C$  ——离心力系数；

$f$  ——拱的矢高；

$f_t$  ——主梁横向一阶自振频率；

$f_v$  ——主梁竖向一阶自振频率；

$K$  ——桥墩、台顶最小纵向水平线刚度；

$L$  ——加载长度或桥梁跨径；

$L_0$  ——单孔跨径；

$P$  ——作用单侧车轮上的垂向力；

$\bar{P}$  ——轮对左右轮平均轮重；

$Q$  ——作用单侧车轮上的横向力；

$R$  ——曲线半径；

$V$  ——设计行车速度；

$W$  ——斯佩林指标；

$\gamma_0$  ——结构重要性系数；

$\Delta$  —— 桥墩顶面处顺桥向和横桥向水平位移；  
 $\Delta P$  —— 轮对中单侧车轮轮重减载量；  
 $1 + \mu$  —— 动力系数。

### 3 基本规定

**3.0.1** 城市道路与轨道交通合建桥梁设计应符合城市总体规划、城市综合交通体系规划和城市轨道交通线网规划的要求；应根据城市道路与轨道交通的功能、等级、通行能力、多种交通方式的关系等，结合水文、地质、通航、环境等条件进行综合设计。分期实施时，应保留远期发展余地。

**3.0.2** 桥梁应根据工程建设条件、技术复杂程度和施工与运营管理模式，以及当地工程建设经验，进行工程安全风险评估，制定风险管控措施，实施风险源监测，确保合建桥梁施工和运营安全。

**3.0.3** 桥梁纵轴线宜与洪水主流流向正交。对通航河流上的桥梁，墩台沿水流方向的轴线应与最高通航水位时的主流方向一致。当斜交角大于 $5^{\circ}$ 时，宜增加通航孔净宽。

**3.0.4** 当桥梁跨越排洪河流时，应按百年一遇洪水频率标准进行设计，并应按三百年一遇洪水频率标准进行安全检算。

**3.0.5** 当桥梁跨越铁路或道路时，桥梁孔径及桥下净空应满足国家现行规范要求，同时应预留施工误差值、结构变形值、沉降值和铁路抬道量或道路路面翻修高度。

**3.0.6** 通航内河轮船桥梁的通航水位和桥梁净空应符合现行国家标准《内河通航标准》GB 50139 的规定。通航海轮桥梁的通航水位和桥梁净空应符合现行行业标准《通航海轮桥梁通航标准》JTJ 311 的规定。不通航河流桥下净空应根据设计洪水位，壅水和浪高或最高流冰面确定。当在河流中形成流冰阻塞的危险或有流放木筏、漂流物通行时，应根据具体情况确定。

**3.0.7** 城市道路与轨道交通合建桥梁常用结构布置方式可分为下列四类：

- 1 共梁双层；
- 2 共梁单层；
- 3 分梁共墩；
- 4 分梁分墩共基础。

**3.0.8** 桥梁在工程可行性研究或初步设计阶段应作项目环境影响评价；在初步设计及施工图设计阶段应作相应的环境保护设计。

**3.0.9** 桥梁结构的设计基准期应为 100 年。

**3.0.10** 桥梁结构设计使用年限应为 100 年。

**3.0.11** 对同时承受城市道路与轨道交通荷载作用的结构，应按现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的规定，进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计，并应同时满足构造和工艺方面的要求。

**3.0.12** 当桥梁按持久状况承载能力极限状态设计时，构件的承载能力极限状态计算应采用下式：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (3.0.12-1)$$

当采用预应力超静定结构时，应采用下式：

$$\gamma_0 S + \gamma_p S_p \leq R \quad (3.0.12-2)$$

$R$  按下式计算：

$$R = R(f_d, a_d) \quad (3.0.12-3)$$

式中： $\gamma_0$  ——结构重要性系数，取 1.1；抗震设计时重要性系数取 1.0；

$S$  ——作用（或荷载）效应（其中汽车荷载和列车荷载应计入冲击力）的组合设计值；

$\gamma_p$  ——预应力分项系数，当预应力效应对结构有利时，取  $\gamma_p = 1.0$ ；对结构不利时，取  $\gamma_p = 1.2$ ；

$S_p$  ——预应力（扣除全部预应力损失）引起的次效应；

$R$  ——构件承载力设计值；

$R(\cdot)$  ——构件承载力函数；

$f_d$  ——材料强度设计值；

$a_d$  ——几何参数设计值。

**3.0.13** 城市道路与轨道交通合建桥梁轨道桥面宜采用无砟道床。

## 4 作 用

### 4.1 作用分类、代表值和作用效应组合

4.1.1 作用分为永久作用、可变作用和偶然作用，应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 作用分类

| 编号 | 作用分类 | 作用名称               |
|----|------|--------------------|
| 1  | 永久作用 | 结构自重               |
| 2  |      | 附属设备和附属建筑自重        |
| 3  |      | 预加力                |
| 4  |      | 土的重力及土侧压力          |
| 5  |      | 混凝土收缩及徐变作用         |
| 6  |      | 基础变位作用             |
| 7  |      | 静水压力及浮力            |
| 8  | 可变作用 | 汽车竖向静活载            |
| 9  |      | 汽车竖向动力作用           |
| 10 |      | 汽车离心力              |
| 11 |      | 汽车引起的土侧压力          |
| 12 |      | 汽车制动力              |
| 13 |      | 列车竖向静活载            |
| 14 |      | 列车竖向动力作用           |
| 15 |      | 列车离心力              |
| 16 |      | 列车引起的土侧压力          |
| 17 |      | 列车制动力或牵引力          |
| 18 |      | 无缝线路纵向水平力（伸缩力和挠曲力） |
| 19 |      | 列车横向摇摆力            |

续表 4.1.1

| 编号 | 作用分类 | 作用名称            |
|----|------|-----------------|
| 20 | 可变作用 | 人群荷载            |
| 21 |      | 疲劳荷载            |
| 22 |      | 风荷载             |
| 23 |      | 流水压力            |
| 24 |      | 冰压力             |
| 25 |      | 波浪力             |
| 26 |      | 温度（均匀温度和梯度温度）作用 |
| 27 |      | 支座摩阻力           |
| 28 | 偶然作用 | 无缝线路断轨力         |
| 29 |      | 船舶或汽车撞击力        |
| 30 |      | 漂流物的撞击作用        |
| 31 |      | 脱轨力             |
| 32 | 地震作用 | 地震力             |

注：1 同一根钢轨作用于墩台顶的断轨力与伸缩力、挠曲力不作叠加。

2 汽车竖向静活载指不计竖向动力作用的汽车竖向荷载；列车竖向静活载指不计竖向动力作用的列车竖向荷载。

3 汽车、列车的竖向动力作用即冲击力。

**4.1.2** 当同时承受城市道路与轨道交通荷载的桥梁结构按承载力极限状态设计时，应采用下列三种作用效应组合：

**1** 基本组合为永久作用设计值效应与可变作用设计值效应的组合，其效应组合应符合下式的要求：

$$\gamma_0 S_{ud} = \gamma_0 \left[ \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} S_{Gik} + \gamma_{Q1} S_{Qvk} + \gamma_{Q1} S_{Qtk} + \psi_c \sum_{j=2}^n \gamma_{Qj} S_{Qjk} \right] \quad (4.1.2-1)$$

或

$$\gamma_0 S_{ud} = \gamma_0 \left( \sum_{i=1}^m S_{Gid} + S_{Qvd} + S_{Qtd} + \psi_c \sum_{j=2}^n S_{Qjd} \right) \quad (4.1.2-2)$$

式中： $S_{ud}$  ——承载能力极限状态下作用基本组合的效应组合设计值；

$\gamma_0$  ——结构重要性系数，取 1.1；对于现浇结构， $\gamma_0$  取值应提高 10%；

$\gamma_{Gi}$  ——第  $i$  个永久作用效应的分项系数，应按表 4.1.2 的规定采用；

$S_{Gik}$ 、 $S_{Gid}$  ——第  $i$  个永久作用效应的标准值和设计值；

$\gamma_{Ql}$  ——活载效应（汽车荷载效应与列车荷载效应，均含冲击力、离心力，列车荷载还包含横向摇摆力、无缝线路伸缩力和挠曲力）的分项系数，除汽车车辆荷载分项系数取  $\gamma_{Ql} = 1.8$  外，取  $\gamma_{Ql} = 1.4$ ；当某个可变作用在效应组合中其值超过活载效应时，则该作用取代活载，其分项系数应采用活载的分项系数；对专为承受某作用而设置的结构或装置，设计时该作用的分项系数取与活载同值；计算人行道板和人行道栏杆的局部荷载，其分项系数也与活载取同值；

$S_{Qvk}$ 、 $S_{Qvd}$  ——汽车荷载效应（含汽车冲击力、离心力）的标准值和设计值；

$S_{Qtk}$ 、 $S_{Qtd}$  ——列车荷载效应（含列车冲击力、离心力、横向摇摆力、无缝线路伸缩力和挠曲力）的标准值和设计值；

$\gamma_{Qj}$  ——在作用效应组合中除活载效应、风荷载外的其他第  $j$  个可变作用效应的分项系数，取  $\gamma_{Qj} = 1.4$ ，但风荷载的分项系数取  $\gamma_{Qj} = 1.1$ ；

$S_{Qjk}$ 、 $S_{Qjd}$  ——在作用效应组合中除活载效应外的其他第  $j$  个可变作用效应的标准值和设计值；设计弯桥时，当制动力（或牵引力）与离心力同时参与组合时，制动力（或牵引力）的标准值或设计值按 70% 取用；

$\psi_c$  ——在作用效应组合中除活载效应外的其他可变作用效应的组合系数，取  $\psi_c = 0.75$ 。

2 偶然组合为永久作用标准值效应与可变作用某种代表值效应、一种偶然作用标准值效应的组合。偶然作用的效应分项系数应取 1.0。与偶然作用同时出现的可变作用，可根据观测资料和工程经验取用适当的代表值。

表 4.1.2 永久作用效应的分项系数

| 编号 | 作用类别                     |          | 永久作用效应分项系数      |             |
|----|--------------------------|----------|-----------------|-------------|
|    |                          |          | 对结构的承载能力不利时     | 对结构的承载能力有利时 |
| 1  | 混凝土和圬工结构重力<br>(包括结构附加重力) |          | 1.2             | 1.0         |
|    | 钢结构重力<br>(包括结构附加重力)      |          | 1.1 (采用钢桥面板时)   |             |
|    |                          |          | 1.2 (采用混凝土桥面板时) |             |
| 2  | 预加力                      |          | 1.2             | 1.0         |
| 3  | 土的重力                     |          | 1.2             | 1.0         |
| 4  | 混凝土的收缩及徐变作用              |          | 1.0             | 1.0         |
| 5  | 土侧压力                     |          | 1.4             | 1.0         |
| 6  | 水的浮力                     |          | 1.0             | 1.0         |
| 7  | 基础变位作用                   | 混凝土和圬工结构 | 0.5             | 0.5         |
|    |                          | 钢结构      | 1.0             | 1.0         |

3 作用地震组合的效应设计值应按现行行业标准《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166 的有关规定计算。

4.1.3 当同时承受城市道路与轨道交通荷载的结构按正常使用极限状态设计时，应根据不同的设计要求，采用下列两种作用效应组合：

1 作用短期效应组合为永久作用标准值效应与可变作用频遇值效应的组合，其效应组合应符合下式要求：

$$S_{sd} = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + \sum_{j=1}^n \psi_{1j} S_{Qjk} \quad (4.1.3-1)$$

式中：  $S_{sd}$  ——作用短期效应组合设计值；

$\psi_{1j}$  ——第  $j$  个可变作用效应的频遇值系数，应按本规范表 4.1.4 的规定采用；

$\psi_{1j} S_{Qjk}$  ——第  $j$  个可变作用效应的频遇值。活载频遇值效应不计冲击力。

2 作用长期效应组合为永久作用标准值效应与可变作用准永久值效应的组合，其效应组合应符合下式要求：

$$S_{ld} = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} S_{Qjk} \quad (4.1.3-2)$$

式中：  $S_{ld}$  ——作用长期效应组合设计值；

$\psi_{2j}$  ——第  $j$  个可变作用效应的准永久值系数，应按本规范表 4.1.4 的规定采用；

$\psi_{2j} S_{Qjk}$  ——第  $j$  个可变作用效应的准永久值，活载准永久值效应不计冲击力。

**4.1.4** 当同时承受城市道路与轨道交通荷载的结构按极限状态方法设计时，可变作用效应的频遇值系数、准永久值系数应按表 4.1.4 的规定采用。

**表 4.1.4 可变作用效应的频遇值系数、准永久值系数**

| 可变作用            | 频遇值系数 | 准永久值系数 |
|-----------------|-------|--------|
| 活载（包括汽车荷载和列车荷载） | 0.7   | 0.4    |
| 人群荷载            | 1.0   | 0.4    |
| 风荷载             | 0.75  | 0.75   |
| 温度梯度作用          | 0.8   | 0.8    |
| 无缝线路伸缩力和挠曲力     | 0.8   | 0.8    |
| 列车横向摇摆力         | 0.7   | 0.4    |
| 其他作用            | 1.0   | 1.0    |

**4.1.5** 当合建桥梁按承载能力极限状态和正常使用极限状态进

行作用效应组合时，对实际不可能同时出现的作用或同时参与组合概率很小的作用，应按表 4.1.5 规定不计入其作用效应的组合。

表 4.1.5 可变作用不同时组合表

| 作用名称      | 不与该作用同时参与组合的作用  |
|-----------|-----------------|
| 汽车制动力     | 支座摩阻力           |
| 列车制动力或牵引力 | 支座摩阻力           |
| 流水压力      | 冰压力、波浪力         |
| 冰压力       | 流水压力、波浪力        |
| 波浪力       | 流水压力、冰压力        |
| 支座摩阻力     | 汽车制动力，列车制动力或牵引力 |

## 4.2 永久作用

4.2.1 结构自重、预加力、土的重力和土侧压力、混凝土收缩及徐变作用、基础变位作用、静水压力及浮力应按现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的规定计算。

4.2.2 附属设备和附属建筑自重包括轨道结构、拦板、电缆支架、附加管道、声屏障、接触网及立柱、检查维护设备等，并应根据实际情况确定。

## 4.3 可变作用

4.3.1 桥梁的可变作用，除本规范第 4.3 节规定的汽车、列车及轨道线路相关作用外，均应按现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的有关规定执行。

4.3.2 列车竖向静活载应按下列规定确定：

1 列车竖向静活载应按实际运营列车的设计轴重、轴距及列车编组确定。

2 单线和双线的列车活载应按 100% 计算。

3 多于两线的列车活载应按下列最不利情况确定：

1) 两条线路在最不利位置承受列车活载, 其余线路不承受列车活载;

2) 所有线路在最不利位置承受 75% 的活载。

4 影响线加载时, 活载图式不可任意截取, 影响线异符号区段, 轴重应按空载轴重计。

**4.3.3 钢桥、钢筋混凝土及预应力混凝土桥、圬工拱桥等上部构造和盆式橡胶支座、钢支座及钢筋混凝土柱式墩台, 应计算汽车和列车荷载的竖向动力放大作用。**

汽车和列车荷载共同作用时, 宜采用同一动力放大系数 ( $1+\mu$ ), 支座的动力放大系数与相应的桥跨结构相同。动力放大系数应按汽车和列车荷载分别计算并取较大值。

1 汽车荷载竖向动力放大系数应按下式计算:

当  $f_v < 1.5\text{Hz}$  时,  $1+\mu=1.05$

当  $1.5\text{Hz} \leq f_v \leq 14\text{Hz}$  时,  $1+\mu=1+0.1767\ln f_v-0.0157$

(4.3.3-1)

当  $f_v > 14\text{Hz}$  时,  $1+\mu=1.45$

式中:  $f_v$ ——结构竖向基频 (Hz)。

2 列车荷载竖向动力放大系数应按下列公式计算:

1) 简支或连续的钢桥跨结构和钢墩台:

$$1+\mu=1+\frac{22.4}{40+L} \quad (4.3.3-2)$$

2) 钢与钢筋混凝土板的组合梁:

$$1+\mu=1+\frac{17.6}{40+L} \quad (4.3.3-3)$$

3) 钢筋混凝土、混凝土、石砌的桥跨结构及刚架桥, 其顶上填土厚度  $h \geq 1\text{m}$  (从轨底算起) 时, 不计竖向动力作用。当  $h < 1\text{m}$  时:

$$1+\mu=1+\alpha\left(\frac{4.8}{30+L}\right) \quad (4.3.3-4)$$

$$\alpha=4(1-h) \leq 2 \quad (4.3.3-5)$$

式中:  $L$  ——除承受局部活载杆件为影响线加载长度外, 其余均为桥梁跨径 (m)。

4) 空腹式钢筋混凝土拱桥的拱圈和拱肋:

$$1 + \mu = 1 + \frac{12}{100 + \lambda} \left( 1 + \frac{0.4L}{f} \right) \quad (4.3.3-6)$$

式中:  $L$  ——拱桥的跨径 (m);

$\lambda$  ——计算桥跨结构的主要杆件时为计算跨径 (m); 对只承受局部活载的杆件, 则按其计算图式为一个或数个节间的长度 (m);

$f$  ——拱的矢高 (m)。

**4.3.4** 曲线桥梁应计算汽车和列车荷载引起的离心力, 列车引起的离心力应作用于轨顶以上车辆重心处, 汽车引起的离心力应作用于桥面以上 1.2m 处。其值为竖向静活载乘以离心力系数  $C$ ,  $C$  值应按下式计算:

$$C = \frac{V^2}{127R} \quad (4.3.4)$$

式中:  $V$  ——设计行车速度 (km/h);

$R$  ——曲线半径 (m)。

**4.3.5** 汽车和列车制动力或牵引力可按下列规定计算和分配:

1 汽车荷载制动力计算应符合下列规定:

- 1) 汽车制动力应按同向行驶的汽车荷载 (不计冲击力) 计算, 并应按规定进行纵向折减。
- 2) 一个设计车道上的汽车荷载制动力应按车道竖向静活载的 10% 计算, 但城—A 级汽车荷载制动力不得小于 165kN; 城—B 级汽车荷载制动力不得小于 90kN。
- 3) 同向行驶双车道的汽车荷载制动应按一个设计车道动力的两倍计算; 同向行驶三车道应按一个设计车道的 2.34 倍计算; 同向行驶四车道应按一个设计车道的 2.68 倍计算。
- 4) 当计算得到的汽车荷载制动力大于 900kN 时, 应按

900kN 取用。

- 5) 制动力应作用在桥面以上 1.2m 处。当计算墩台时，制动力可移至支座铰中心或支座底座面上；当计算刚构桥、拱桥时，制动力可移至桥面上，但可不计由此产生的竖向力和力矩。

2 列车荷载制动力或牵引力计算应符合下列规定：

- 1) 单线桥梁制动力或牵引力应按列车竖向静活载的 15% 计算；当与离心力或列车竖向动力作用同时计算时，制动力或牵引力应按列车竖向静活载的 10% 计算；
- 2) 区间双线桥梁应采用一线的制动力或牵引力；
- 3) 三线及以上的桥梁应采用两线的制动力或牵引力；
- 4) 高架车站及与车站相邻两侧 100m 范围内的区间双线桥梁应采用两线的制动力或牵引力，每线制动力或牵引力应按列车竖向静活载的 10% 计算；
- 5) 制动力或牵引力应作用在轨顶以上车辆重心处。当计算墩台时，制动力或牵引力可移至支座中心处；当计算刚架桥时，制动力或牵引力可移至横杆中线处，均可不计由此产生的竖向力和力矩。

3 对设有固定支座、活动支座的刚性墩台传递的制动力，应按表 4.3.5 的规定采用。

表 4.3.5 刚性墩台各种支座传递的制动力或牵引力

| 桥梁墩台及支座类型 |               | 应计的制动力                                               |
|-----------|---------------|------------------------------------------------------|
| 简支梁桥台     | 固定支座          | $T_1$                                                |
|           | 盆式橡胶活动支座      | $0.30T_1$                                            |
|           | 钢活动支座         | $0.25T_1$                                            |
| 简支梁桥墩     | 两个固定支座        | $T_2$                                                |
|           | 一个固定支座，一个活动支座 | $T_4$ （固定支座）、 $0.3T_5$ （盆式橡胶活动支座）、 $0.25T_5$ （钢活动支座） |
|           | 两个盆式橡胶活动支座    | $0.30T_2$                                            |
|           | 两个钢活动支座       | $0.25T_2$                                            |

续表 4.3.5

| 桥梁墩台及支座类型 |          | 应计的制动力    |
|-----------|----------|-----------|
| 连续梁桥墩     | 固定支座     | $T_3$     |
|           | 盆式橡胶活动支座 | $0.30T_3$ |
|           | 钢活动支座    | $0.25T_3$ |

注：1 表中符号说明：

$T_1$ ——加载长度为计算跨径时的制动力或牵引力；

$T_2$ ——加载长度为相邻两跨计算跨径之和时的制动力或牵引力；

$T_3$ ——加载长度为一联长度的制动力或牵引力；

$T_4$ ——与固定支座相应的单跨跨径的制动力或牵引力；

$T_5$ ——与活动支座相应的单跨跨径的制动力或牵引力。

- 2 对于设置一个固定支座和一个活动支座的简支梁桥墩，桥墩承受的制动力应为固定支座与活动支座传递的制动力之和。
- 3 对于列车荷载制动力或牵引力，当列车长度小于上述各制动力或牵引力加载长度时，应按列车长度加载。
- 4 每个活动支座传递的制动力或牵引力大于摩阻力时，按摩阻力计算。

**4.3.6** 列车横向摇摆力宜按相邻两节车四个轴轴重的 15% 计，集中荷载应取最不利位置，并应作用于水平方向垂直线路中心线的钢轨顶面处。多线桥梁应只计一线列车的横向摇摆力。

**4.3.7** 对同时承受城市道路与轨道交通荷载的结构，宜开展专题研究确定疲劳荷载。

**4.3.8** 无缝线路伸缩力和挠曲力应根据轨道结构及梁轨共同作用的原理计算确定。伸缩力和挠曲力应作用于墩台上的支座中心处，但可不计由实际作用点移至支座中心而产生的力矩影响。

## 4.4 偶然作用

**4.4.1** 地震作用应按现行行业标准《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166 的规定计算。

**4.4.2** 船舶或汽车撞击作用应按现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 规定计算。

**4.4.3** 无缝线路断轨力应根据梁轨共同作用的原理计算，单线

及多线桥梁可只计一根钢轨的断轨力，应作用于支座中心处。

**4.4.4 脱轨力计算应符合下列规定：**

**1** 当检算桥面板强度时，车辆集中力应直接作用于线路中心两侧各 2.1m 范围内的桥面板上，集中力值应为本线列车实际轴重的 1/2，可不计列车荷载动力系数；

**2** 当检算桥梁横向稳定性时，可采用长度为 20m、位于线路中心外侧 1.4m、平行于线路的竖向线荷载，其值应为本线列车一节车轴重之和除以 20m，可不计列车荷载动力系数、离心力和另一线竖向荷载。

## 5 结构变形与动力性能要求

### 5.1 梁跨结构的刚度与变形

**5.1.1** 对梁式结构，主梁在设计静活载（汽车与列车荷载）作用下的竖向挠度与计算跨径之比（挠跨比）不应超过表 5.1.1 规定的容许值。

表 5.1.1 挠跨比容许值

| 跨径 $L$ (m)                        | 挠跨比    |
|-----------------------------------|--------|
| $L \leq 30\text{m}$               | 1/2000 |
| $30\text{m} < L \leq 60\text{m}$  | 1/1500 |
| $60\text{m} < L \leq 80\text{m}$  | 1/1200 |
| $80\text{m} < L \leq 100\text{m}$ | 1/1000 |

**5.1.2** 在汽车与列车静活载（不计冲击力）作用下，有砟轨道梁端支座处的单端竖向转角不应大于  $5\text{‰}$ ，无砟轨道不应大于  $3\text{‰}$ 。当无砟轨道梁端支座处的单端竖向转角大于  $2\text{‰}$  时，应检算梁端处轨道扣件的上拔力。对大跨径桥梁，应通过梁轨相互作用计算，分析梁端竖向转角对钢轨应力及钢轨扣件上拔力的影响，确定梁端竖向转角容许值。

**5.1.3** 对跨径大于 100m 的桥梁和非常规桥型，其竖向挠跨比合理限值应根据车桥耦合振动分析列车过桥走行性结果进行确定。列车过桥运行的平稳性和安全性应满足下列公式要求：

$$\text{轮重减载率} \quad \Delta P / \bar{P} \leq 0.60 \quad (5.1.3-1)$$

$$\text{脱轨系数} \quad Q/P \leq 0.8 \quad (5.1.3-2)$$

$$\text{车体竖向振动加速度} \quad a_z \leq 0.13g \quad (5.1.3-3)$$

车体横向振动加速度  $a_y \leq 0.10g$  (5.1.3-4)

斯佩林指标  $W \leq 2.75$  (5.1.3-5)

式中:  $\Delta P$  —— 轮对中单侧车轮轮重减载量 (kN);

$\bar{P}$  —— 轮对左右轮平均轮重 (kN);

$Q$  —— 作用单侧车轮上的横向力 (kN);

$a_z$  —— 车体竖向振动加速度 ( $m/s^2$ );

$a_y$  —— 车体横向振动加速度 ( $m/s^2$ );

$W$  —— 斯佩林指标。

**5.1.4** 在列车摇摆力、离心力和风力的作用下,梁体的水平挠度应小于或等于梁体计算跨径的  $1/4000$ ;对温度变形敏感的结构,应根据实际情况计入温度作用的影响。

**5.1.5** 轨道交通桥面在设计静活载作用下,根据梁体扭转产生的轨道扭曲变形,在  $3.0m$  梁长区段的挠曲值  $t$  (图 5.1.5) 应小于或等于  $4.5mm$ 。

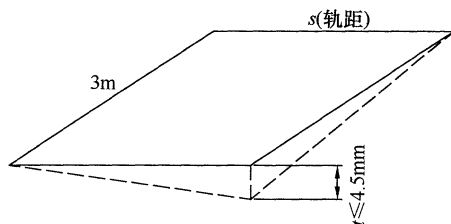


图 5.1.5 钢轨扭曲变形示意图

**5.1.6** 轨道桥面应根据轨道铺设要求控制桥梁的后期徐变量,并应符合下列规定:

1 对跨径不大于  $40m$  的梁式桥,线路铺轨后无砟轨道预应力梁的竖向残余徐变变形不宜大于  $10mm$ ,有砟轨道预应力梁的竖向残余徐变变形不宜大于  $20mm$ ;

2 对跨径大于  $40m$  的梁式桥,线路铺轨后预应力梁的竖向残余徐变变形应满足轨道结构使用的要求。

## 5.2 墩台结构的刚度与变形

**5.2.1** 铺设无缝线路的桥梁墩、台顶纵向水平刚度应符合下列规定：

1 当简支梁桥 ( $L < 40\text{m}$ ) 桥上不设置伸缩器时, 桥墩、台顶最小纵向水平线刚度应满足下式要求:

$$K \geq [96 + 3.2(L - 20)](N + 0.3n) \quad (5.2.1)$$

式中:  $K$  —— 桥墩、台顶最小纵向水平线刚度 ( $\text{kN/cm}$ );

$L$  —— 梁跨跨径 ( $\text{m}$ ), 当为不等跨时, 取相邻跨较大跨径; 当  $L < 20\text{m}$  时,  $L$  按  $20\text{m}$  计;

$N$  —— 轨道线数, 单线时  $N = 1$ , 双线时  $N = 2$ ;

$n$  —— 道路车道数, 当车道数小于或等于 4 时, 按车道数取值; 当车道数大于 4 时,  $n = 4$ ;

2 当连续梁 (刚构)、拱桥、斜拉桥、钢桁梁桥和其他类型桥梁在桥上不设置伸缩器时, 宜通过梁轨共同作用计算, 分析由列车和道路车辆制动、温度变化、车辆荷载挠曲产生的钢轨应力, 确定墩、台顶最小纵向水平线刚度限值。

**5.2.2** 桥梁墩顶的弹性水平位移应符合下列公式要求:

$$\text{顺桥方向:} \quad \Delta \leq 5\sqrt{L} \quad (5.2.2-1)$$

$$\text{横桥方向:} \quad \Delta \leq 4\sqrt{L} \quad (5.2.2-2)$$

式中:  $L$  —— 桥梁跨径 ( $\text{m}$ ), 当为不等跨时, 采用相邻跨中的较小跨径; 对顺桥方向, 当  $L < 25\text{m}$  时,  $L$  按  $25\text{m}$  计; 对横桥方向按实际跨径计算;

$\Delta$  —— 墩顶顺桥或横桥方向的水平位移 ( $\text{mm}$ ), 包括由于墩台身和基础的弹性变形及地基弹性变形的影响。

**5.2.3** 墩台基础沉降量控制应符合下列规定:

1 桥梁墩台基础的沉降应按恒载计算。对跨径小于或等于  $40\text{m}$  梁的相邻桥墩, 其工后沉降量之差, 对有砟桥面不应大于  $20\text{mm}$ , 对无砟桥面不应大于  $10\text{mm}$ 。

2 对跨径大于  $40\text{m}$  以及超大跨径的桥梁, 应根据相邻桥墩

沉降差对轨道线路、线形的影响，确定相邻桥墩工后沉降差的容许值。

**3** 对超静定结构，其相邻墩台不均匀沉降量之差的容许值，还应根据沉降对结构产生的附加影响确定。

## 6 结构与构造要求

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 特大桥、大桥桥位应选择河道顺直稳定、河床地质良好、河槽能通过大部分流量的河段；不宜选择在断层、岩溶、滑坡、泥石流等不良地质地带。中小桥桥位宜按线路走向布置。

**6.1.2** 桥梁结构的形式应满足城市道路与轨道交通的功能要求，应结合城市规划、自然条件、周围环境、地下管线与构筑物、施工方法等因素，通过技术经济、环境影响和使用功能等因素综合确定。

**6.1.3** 采用的结构形式和材料应利于减振、降噪，应减少对周围环境的影响，并应便于施工。

**6.1.4** 除通航、跨越道路或铁路和特殊需要外，同一座桥梁的跨径布置、上部结构形式、桥墩类型宜统一。

**6.1.5** 桥梁设计应满足强度、稳定性、刚度、耐久性及运营期内基础沉降控制要求，并应满足列车安全运行和平稳性的要求。

**6.1.6** 桥梁抗震设计应按现行行业标准《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166 执行。

**6.1.7** 大跨径桥梁应按现行行业标准《公路桥梁抗风设计规范》JTG/T D60 - 01 进行抗风设计。

**6.1.8** 当桥梁的主梁、墩柱及基础可能受车辆、船舶、冰凌等撞击时，宜设置必要的防护设施。当无法设置防护设施时，桥梁承受的撞击力取值应按现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的规定计算。

**6.1.9** 跨径大于 100m 或非常规桥型的桥梁结构应进行车桥耦合动力响应分析，轨道车辆运行安全性和平稳性指标应满足本规范相关要求。

**6.1.10** 桥梁应针对汽车和列车荷载等不利作用进行抗倾覆验算。

**6.1.11** 桥梁的设计应符合下列规定：

1 共梁双层、共梁单层桥梁的结构设计应符合现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 和本规范的规定。

2 分梁共墩桥梁的结构设计应符合下列规定：

- 1) 墩台与基础设计应符合现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 和本规范的规定；
- 2) 道路交通主梁的结构设计应符合现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的规定；
- 3) 轨道交通主梁的结构设计应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 的规定。

3 分梁分墩共基础桥梁的结构设计应符合下列规定：

- 1) 基础设计应符合现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 和本规范的规定；
- 2) 道路交通主梁与墩台的结构设计应符合现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的规定；
- 3) 轨道交通主梁与墩台的结构设计应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 的规定。

**6.1.12** 桥梁结构的工程材料除应符合现行国家标准的规定外，尚应符合下列规定：

1 混凝土强度等级应符合下列规定：

- 1) 预应力混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C40；
- 2) 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C30；
- 3) 素混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15；
- 4) 灌注桩混凝土强度等级不应低于 C25。

2 预应力钢绞线、钢丝和锚具应符合下列规定：

- 1) 预应力钢绞线应采用高强度低松弛钢绞线，应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的规定；

2) 预应力钢丝应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223 的规定;

3) 预应力锚具应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的 I 类要求。

3 普通钢筋应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分: 热轧光圆钢筋》GB 1499.1、《钢筋混凝土用钢 第 2 部分: 热轧带肋钢筋》GB 1499.2 和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014 的规定。

4 钢结构的材质应符合现行国家标准《桥梁用结构钢》GB/T 714 或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。

**6.1.13 桥梁的耐久性设计应符合下列规定:**

1 桥梁结构选型与构造设计应根据所处环境进行耐久性设计, 并应满足桥梁在使用年限内的适用性、可修复性和安全性的要求。

2 钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构应根据设计使用年限和所处环境进行耐久性设计。当同一结构的不同部位或构件所处的环境类别及作用等级不同时, 其耐久性应根据实际情况分别进行设计。

3 钢结构表面防腐涂装应根据腐蚀环境、工况条件、防腐年限等设计涂装配套体系。当钢结构内部采用除湿系统时, 空气中相对湿度宜控制在 45% 以下。钢结构设计应为所有钢结构表面涂装的检查、修复预留操作空间。

4 支座、斜拉索、伸缩装置等非永久构件应明确使用年限, 并应预留检查、养护及更换条件。

**6.1.14 桥梁结构宜设计为正交。**当斜交不可避免时, 桥梁轴线与支承线夹角不宜小于  $60^{\circ}$ 。斜交桥台的台尾边线应与线路中线垂直, 否则应在通行轨道交通区段采取特殊的与路基衔接过渡措施。

## 6.2 上部结构

6.2.1 合建桥梁的道路与轨道交通桥面宜采用分层设置的形式。当采用共梁单层布置时，轨道交通宜布置在横断面的中间。

6.2.2 主梁不应采用铰接板梁。

6.2.3 对中小跨径梁式桥，主梁宜采用混凝土结构或钢-混凝土组合结构。

6.2.4 曲线梁桥主梁的结构支承体系和抗扭刚度应满足曲线梁桥上部结构的受力和变形要求，并应采取可靠的抗倾覆措施。

## 6.3 下部结构

6.3.1 在同一墩台桩基础中，不宜采用直径不同、材料不同或长度不同的桩。

6.3.2 水中桩基础承台顶面标高宜根据水文条件、施工难易程度、桥梁整体景观等因素综合确定。水中桩基础承台底面应采用合适的标高，防止桩基础因船舶或其他漂流物的直接撞击受损。

6.3.3 墩台设计应满足更换支座的要求，在墩台帽顶面与主梁梁底之间应预留顶升主梁更换支座的空间，并应对顶升主梁时的墩梁结构受力进行验算。

6.3.4 墩台顶面应设置不小于3%的排水坡。

## 6.4 附属结构

6.4.1 桥梁布置应根据运营、养护和维修作业条件，设置照明、环保、消防、交通标志、航道信号标志、航空障碍标志、防雷接地装置以及桥面防水、排水、检修、安全等附属设施。

6.4.2 桥梁上的管线敷设应符合现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 和现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 的规定。

6.4.3 桥梁支座的设计应符合下列规定：

- 1 支座宜采用盆式橡胶支座或钢支座。

2 对沉降难以控制区段的桥梁，可采用可调节支座。

**6.4.4** 桥梁宜设置防脱护轨。

**6.4.5** 支承轨道交通结构应采取防止杂散电流腐蚀的措施，并应符合现行行业标准《地铁杂散电流腐蚀防护技术规程》CJJ 49 的规定。

**6.4.6** 应设置桥梁沉降观测点，进行系统观测与分析。铺设无砟轨道的桥梁的测点布置、观测频次、观测周期，应根据无砟轨道铺设的要求确定。

**6.4.7** 桥面附属防护设施的设计应符合下列规定：

1 当桥梁跨越城市快速路、城市轨道交通、高速公路、铁路等重要通道时，桥面两侧栏杆上应加设护网，护网高度不应小于 2m，护网长度宜为下穿构筑物的宽度并各向外延长 10m。

2 当城市道路与轨道交通布置在同一层桥面时，应在城市道路与轨道间设置防撞护栏与防眩装置，护栏上宜加设护网及必要的监测设备。对城市道路靠近轨道交通一侧的防撞护栏，其防撞等级应根据现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的有关规定，按车辆驶出路外有可能造成二次特大事故确定的防撞等级提高一级采用。

3 当强风口地段设置防风设施时，防风设施应与桥上栏杆或声屏障相协调。

**6.4.8** 桥梁结构应满足轨道交通供电、通信、信号、轨道、给水排水、防杂散电流、声屏障等有关工种工艺设计预埋件设置的要求。

**6.4.9** 桥面排水设施的设置应满足现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的规定，并应符合下列规定：

1 城市道路与轨道交通宜分别设置桥面排水设施。

2 桥面排水设施应适应桥梁结构的变形，细部构造布置应满足桥梁结构任何部分不受排水设施及泄漏水流侵蚀的要求。

3 应在行车道较低处设排水口，并可通过排水管将桥面水泄入地面排水系统中。

4 当中桥、小桥的桥面设有不小于 3%纵坡时，桥上可不设排水口，但应在桥头引道上两侧设置雨水口。

5 排水管宜在墩台处接入地面，排水管布置应便于养护，宜少设连接弯头，且宜采用有清除孔的连接弯头；排水管底部应进行散水处理，在使用除冰盐的地区应在墩台受水影响区域涂混凝土保护剂。

6 在桥跨伸缩缝上坡侧，现浇带与沥青混凝土相接处应设置排水措施。

7 桥面宜设置横坡及不小于 0.3%的纵坡。当纵断面为凹形竖曲线时，宜在凹形竖曲线最低点及其前后 3m~5m 处分别设置排水口。当条件受到限制，桥面为平坡时，应沿主梁纵向设置排水管，排水管纵坡不应小于 3%。

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3) 对表示允许稍有选择，在条件许可时应首先这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件可以这样做，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《内河通航标准》GB 50139
- 2 《地铁设计规范》GB 50157
- 3 《桥梁用结构钢》GB/T 714
- 4 《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1
- 5 《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2
- 6 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 7 《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223
- 8 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
- 9 《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014
- 10 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370
- 11 《城市桥梁设计规范》CJJ 11
- 12 《地铁杂散电流腐蚀防护技术规程》CJJ 49
- 13 《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166
- 14 《公路桥梁抗风设计规范》JTG/T D60-01
- 15 《通航海轮桥梁通航标准》JTJ 311

中华人民共和国行业标准

城市道路与轨道交通合建桥梁  
设 计 规 范

CJJ 242 - 2016

条 文 说 明

## 制 订 说 明

《城市道路与轨道交通合建桥梁设计规范》CJJ 242 - 2016, 经住房和城乡建设部 2016 年 8 月 8 日以第 1224 号公告批准、发布。

本规范编制过程中, 编制组进行了广泛的调查研究, 总结了我国城市道路与轨道交通桥梁建设的实践经验, 同时参考了国外先进技术法规、技术标准。

为便于广大施工、监理、设计、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定, 《城市道路与轨道交通合建桥梁设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明, 对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明, 还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是, 本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力, 仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

# 目 次

|     |                 |    |
|-----|-----------------|----|
| 1   | 总则              | 36 |
| 2   | 术语和符号           | 37 |
| 3   | 基本规定            | 38 |
| 4   | 作用              | 42 |
| 4.1 | 作用分类、代表值和作用效应组合 | 42 |
| 4.3 | 可变作用            | 49 |
| 4.4 | 偶然作用            | 52 |
| 5   | 结构变形与动力性能要求     | 53 |
| 5.1 | 梁跨结构的刚度与变形      | 53 |
| 5.2 | 墩台结构的刚度与变形      | 54 |
| 6   | 结构设计与构造要求       | 56 |
| 6.1 | 一般规定            | 56 |
| 6.2 | 上部结构            | 58 |
| 6.3 | 下部结构            | 59 |
| 6.4 | 附属结构            | 59 |

# 1 总 则

**1.0.1** 在本规范的编制过程中坚持先进性、科学性、协调性与可操作性的原则，吸取了我国公路、城市道路与轨道交通合建桥梁的建设经验与成果，同时研究了城市道路、公路、铁路、轨道交通等相关行业规范的技术内容，参考了有关国际标准和国外先进标准，将成熟且行之有效的技术内容纳入本规范，并符合安全可靠、适用耐久、技术先进、经济合理与环境协调的要求。

**1.0.2** 我国已建成的城市轨道交通主要采用轮轨系统，车辆设计行车速度一般在 120km/h 以下，已积累很多成熟的建设经验。本规范的适用范围确定为城市道路与轮轨系统的轨道交通（车辆设计行车速度不超过 120km/h），满足轨道交通线形布置要求的合建桥梁工程。改建、扩建工程以及其他类型的城市轨道交通相似工程的设计，因各自技术特点与本规范规定的轮轨系统有所不同，故在使用本规范时可根据实际情况参照执行。

**1.0.3** 我国人口众多，资源相对不足，环境的承载能力较弱，且正处在工业化、城镇化、市场化、信息化、国际化程度不断提高的发展阶段，面临的资源环境压力较大。环境污染和生态环境的恶化影响了人民生活质量的提高。我国自然灾害多发频发，是世界上受自然灾害影响最严重的国家之一，桥梁的安全性、耐久性与防灾减灾能力关系到人民生命和财产的安全。节约资源、保护环境、确保桥梁安全耐久与防灾减灾能力、构建资源集约型、环境友好型社会是我国的基本国策。城市道路与轨道交通合建桥梁作为重要的城市基础设施之一，桥梁设计在满足安全、适用的前提下，应遵循节约资源、环保节能、防灾减灾的原则，控制工程建设规模、工程用地、材料用量及工程投资。

## 2 术语和符号

本章仅将本规范出现的重要术语列出。术语的解释，其中部分是国际公认的定义，但大部分是概括性的含义，并非国际或国家公认的定义。术语的英文名称不是标准化名称，仅供引用时参考。

## 3 基本规定

**3.0.1** 城市总体规划是指城市人民政府依据国民经济和社会发展规划以及当地的自然环境、资源条件、历史情况、现状特点，统筹兼顾、综合部署，为确定城市的规模和发展方向，实现城市的经济和社会发展目标，合理利用城市土地，协调城市空间布局等所做的一定期限内的综合部署和具体安排。城市总体规划是城市规划编制工作的第一阶段，也是城市建设和管理的依据。

城市综合交通体系规划是城市总体规划的重要组成部分，是政府实施城市综合交通体系建设，调控交通资源，倡导绿色交通、引导区域交通、城市对外交通、市区交通协调发展，统筹城市各子系统关系，支撑城市经济与社会发展的战略性专项规划。

城市轨道交通线网规划为多条城市轨道交通线路通过车站衔接组合而形成的网络系统规划。城市轨道交通线网应以城市总体规划为依据，符合城市综合交通体系规划。城市轨道交通线网规划宜与城市总体规划同步开展。

城市道路与轨道交通合建桥梁设计应符合城市总体规划、城市综合交通体系规划和城市轨道交通线网规划的要求。

城市道路与轨道交通合建桥梁是城市交通中的重要构筑物。设计时，应根据城乡规划、道路功能、等级、通行能力、多种交通方式的关系及防洪、救灾要求，结合水文、地质、通航、环境等条件进行综合考虑。需要分期实施时，则可按近期的要求进行设计，并预留远期实施的条件，以使桥梁能长期充分地发挥它的作用。

**3.0.2** 城市道路与轨道交通合建桥梁既运行汽车，又运行轨道交通，结构较为复杂，并且位于城市区域，关系城市安全，其建设的复杂性、难度及施工期与运营期的安全风险高。通过开展工

程安全风险评估，制定有效的应对桥梁风险的策略，完善桥梁风险管理体系，从而做好桥梁的运营、检测、维护、反恐怖、安全监控等方面工作，提高桥梁结构自身安全和交通运行安全的性能。

**3.0.7 城市道路与轨道交通合建桥梁常用布置方式有共梁双层、共梁单层、分梁共墩、分梁分墩共基础四种，如图 1 所示。**

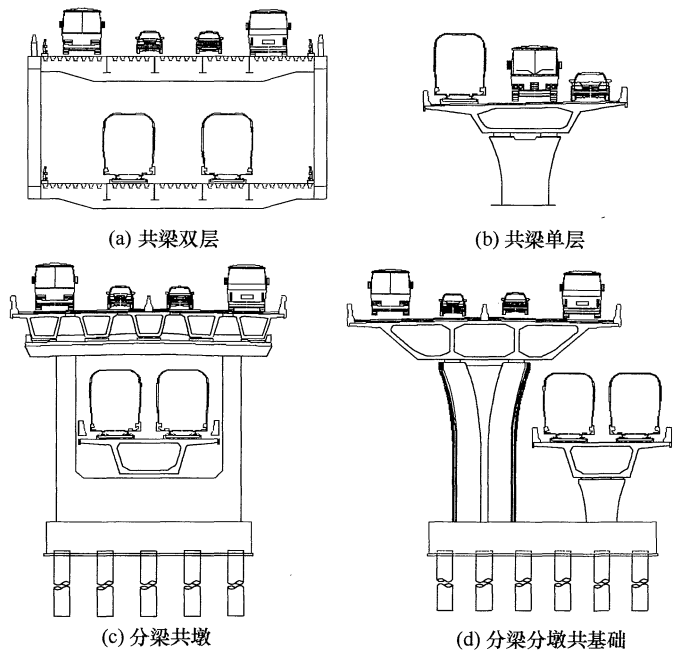


图 1 合建桥梁交通布置示意

共梁双层是指主梁采用双层桥面，城市道路与轨道交通分别布置在上层或下层桥面。

共梁单层是指主梁采用单层桥面，城市道路与轨道交通布置在同一层桥面。

分梁共墩是指城市道路与轨道交通分别布置在两片独立的主梁上，共用一个桥墩。

分梁分墩共基础是指城市道路与轨道交通主梁与桥墩独立，共用一个基础。

**3.0.8** 按照《中华人民共和国环境保护法》的要求做好环境保护工作。在工程建设前期应作环境影响评价，对规划和建设项目实施后可能造成的环境影响进行分析、预测和评估，提出预防或者减轻不良环境影响的对策和措施，并按照法定程序进行报批。在工程设计阶段应作相应的环境保护设计。

**3.0.9** 本条为强制性条文。考虑到城市道路与轨道交通合建桥梁既要承担城市道路交通功能，又要承担城市轨道交通功能，因此本条根据现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11、现行国家标准《城市轨道交通技术规范》GB 50490 的有关规定，将城市道路与轨道交通合建桥梁的设计基准期定为 100 年。

**3.0.10** 设计使用年限是设计规定的一个时期，在这一规定时期内只需进行正常的维护而不需进行大修就能按预期目的使用，完成预定的功能，即桥梁在正常设计、正常施工、正常使用和维护下所应达到的使用年限。

行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 - 2011 第 3.0.9 条（表 1）规定设计使用年限划分为三个类别，其中特大桥、大桥、重要中桥设计使用年限为 100 年。

**表 1 桥梁结构的设计使用年限**

| 类别 | 设计使用年限（年） | 类别          |
|----|-----------|-------------|
| 1  | 30        | 小桥          |
| 2  | 50        | 中桥、重要小桥     |
| 3  | 100       | 特大桥、大桥、重要中桥 |

注：对有特殊要求结构的设计使用年限，可在上述规定基础上经技术经济论证后予以调整。

国家标准《地铁设计规范》GB 50157 - 2013 第 1.0.12 条规定：“地铁的主体结构工程，设计使用年限不应低于 100 年”。

考虑城市道路与轨道交通合建桥梁同时通行两种交通的特殊

性，为了减小桥梁维护或置换对交通（特别是轨道交通）正常运营的影响，本条规定桥梁结构设计使用年限应为 100 年。桥梁非永久结构应设计为可更换，以满足桥梁使用年限要求。

**3.0.11** 根据桥梁在施工和使用过程中面临的不同情况，按下列三种设计状况及其相应的极限状态设计：

持久状况——桥梁建成后承受自重、活载等持续时间很长的状况。该状况桥梁应作承载能力极限状态和正常使用极限状态设计。

短暂状况——桥梁施工过程中承受临时性作用（或荷载）的状况。该状况桥梁应作承载能力极限状态设计，必要时才作正常使用极限状态设计。

偶然状况——在桥梁使用过程中偶然出现的如罕遇地震状况。该状况桥梁仅作承载能力极限状态设计。

**3.0.12** 本条为强制性条文。设计表达式与现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153、《公路工程结构可靠度设计统一标准》GB/T 50283 和公路桥梁相关设计规范的规定一致。城市桥梁进行持久状况承载能力极限状态设计时，桥梁按其重要性、破坏后果划分为三个设计安全等级（一级、二级、三级）。合建桥梁属重要结构，设计安全等级均按一级考虑。

**3.0.13** 轨道交通的道床常用的有有砟道床和无砟道床两种形式。有砟道床建设投资低，铺设、改建方便，但线路养护维修工作量大；无砟道床整体性强、稳定性好、自重轻、整洁美观、线路养护维修工作量大，但初期投资大，对下部结构基础变形限制严。城市桥梁轨道结构宜采用整体式无砟道床，不宜采用有砟道床。

## 4 作 用

### 4.1 作用分类、代表值和作用效应组合

**4.1.1** 合建桥梁采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，其荷载分类参照公路规范。

引起结构反应的原因可以按其作用的性质分为两类，一类是施加于结构上的外力，如车辆、人群、结构自重等，它们是直接施加于结构上的，可用“荷载”一词来概括。另一类不是以外力形式施加于结构，它们产生的效应与结构本身的特性、结构所处环境等有关，如地震、基础变位、混凝土收缩和徐变、温度变化等，它们是间接作用于结构的，如果也称“荷载”，容易引起误解。目前国际上普遍地将所有引起结构反应的原因统称为“作用”，而“荷载”仅限于表达施加于结构上的直接作用。

作用按随时间的变异分为永久作用、可变作用和偶然作用。这种分类是结构上作用的基本分类。永久作用是经常作用的其数值不随时间变化或变化微小的作用；可变作用的数值是随时间变化的；偶然作用的作用时间短暂，且发生的几率很小。

无缝线路伸缩力是指因温度变化桥梁与长钢轨相对位移而产生的纵向力；挠曲力指在列车荷载作用下桥梁挠曲变形引起桥梁与长钢轨相对位移而产生的纵向力；断轨力是因长钢轨折断，引起桥梁与长钢轨间相对位移而产生的纵向力。上述纵向力的大小与轨道扣件阻力，桥梁跨径、桥墩刚度以及是否铺设钢轨伸缩调节器有关。

本规范所列的作用，除与轨道交通相关的作用外，其含义、取值均同城市桥梁相关规范。根据作用特点，将列车静竖向活

载、列车竖向动力作用、列车离心力、列车引起的土侧压力、列车制动力（或牵引力）、无缝线路纵向力（伸缩力及挠曲力）、列车横向摇摆力归为可变作用，将无缝线路断轨力和脱轨力归为偶然作用。

**4.1.2~4.1.4** 按照现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的要求，本规范规定合建桥梁（除仅承担轨道交通的主梁）的设计采用以概率理论为基础的极限状态设计方法。

我国现行的轨道交通有关规范（如国家标准《地铁设计规范》GB 50157-2013、上海市地方标准《城市轨道交通设计规范》DBJ 08-109-2004 中关于桥梁结构设计的规定，基本都采用铁路桥涵相关设计规范。铁路规范与公路规范设计方法有所不同，考虑到与大铁路相比，轨道交通荷载相对较小，离散性小，冲击系数不大，合建桥梁采用极限状态设计方法是可行的。上海市共和新路高架工程是分梁共墩高架道路与轨道交通合建桥梁，该工程对一体化桥墩的设计检算方法进行了深入研究，在施工图设计中采用了极限状态设计方法。上海崇明越江通道长江大桥工程是共梁单层公路与轨道交通合建桥梁，其结构设计也在经过比较后采用公路规范的极限状态设计方法。

铁路规范中，强度和抗裂性检算用安全系数控制，要求现浇结构的安全系数比预制结构提高 10%。公路规范在强度计算（承载能力计算）方面对现浇结构没有类似要求，本规范针对合建桥梁，为了与轨道交通设计规范相协调，要求承载能力计算基本组合中结构重要性系数对现浇结构提高 10%。公路规范抗裂计算考虑了预制和现浇构件的区别并分别作出规定，本规范予以采用，不对现浇构件抗裂性另提要求。根据上述原则，拟定算例进行了计算比较。

[算例] 以预应力混凝土梁为例，分别按两规范进行截面抗弯承载力计算。算例结构布置见图 2、图 3、图 4，计算结果见表 2。

表 2 算例一览表

| 序号   | 跨径    | 施工方法      | 桥宽    | 活载布置             |
|------|-------|-----------|-------|------------------|
| 算例 1 | 30m   | 支架现浇      | 17.5m | 单线轨交, 3 车道公路-I 级 |
| 算例 2 | 7×50m | 移动模架现浇    | 17.7m | 单线轨交, 3 车道公路-I 级 |
| 算例 3 | 5×70m | 预制, 简支变连续 | 17.7m | 单线轨交, 3 车道公路-I 级 |

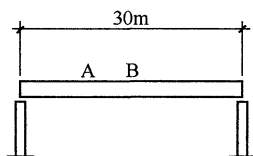


图 2 算例 1——30m 简支梁

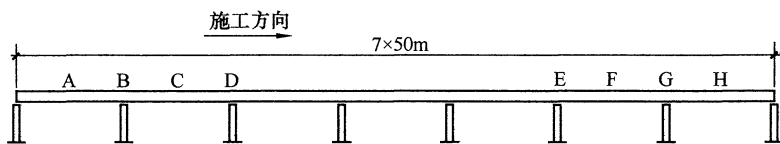


图 3 算例 2——7×50m 连续梁

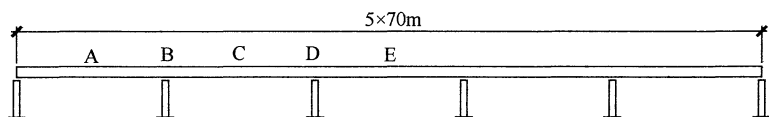


图 4 算例 3——5×70m 连续梁

承载能力计算比较方法:

1) 对上述算例, 计算得到下列工况弯矩标准值:

恒载弯矩  $M_D$ ;

预应力次弯矩  $M_P$ ;

活载弯矩 (汽车加列车)  $M_L$ ;

梯度温度弯矩  $M_T$ 。

2) 按公路规范验算时:

结构重要性系数  $\gamma_0$  现浇结构取 1.21，预制结构取 1.1；

弯矩组合设计值  $M_d = 1.2 M_D + 1.2(\text{有利时取 } 1.0) M_P + 1.4 M_L + 0.75 \times 1.4 M_T$ ；

弯矩承载力设计值  $M_R$  按公路规范计算。

规范要求  $\gamma_0 M_d \leq M_R$ ，取  $\frac{M_R}{\gamma_0 M_d}$  为公路规范计算的截面承载力富余指标。

3) 按铁路规范验算时：

安全系数  $K$ ：主力组合现浇结构取 2.2，预制结构取 2.0，主力+附加力组合现浇结构取 1.98，预制结构取 1.8；

计算弯矩  $M$ ：主力组合  $M_1 = M_D + M_P + M_L$

主力+附加力组合  $M_2 = M_D + M_P + M_L + M_T$

弯矩极限承载力  $M_u$  按铁路规范计算。

规范要求  $KM \leq M_u$ ，取  $\frac{M_u}{KM}$  为铁路规范计算的截面承载力富余指标。

4) 分别按两规范进行截面承载力计算，比较富余指标。

两个算例计算结果见表 3～表 10。

表 3 算例 1 单项弯矩值

| 截面 | 恒载 $M_D$ | 活载 $M_L$ |
|----|----------|----------|
| A  | 32200    | 11090    |
| B  | 38450    | 13350    |

注：算例 1 为简支梁，预应力次弯矩为零，梯度温度产生的内力也为零。

表 4 算例 1 截面承载力验算

| 截面 | 公路规范验算 |       |                            | 铁路规范验算（主力组合） |        |                  |
|----|--------|-------|----------------------------|--------------|--------|------------------|
|    | $M_d$  | $M_R$ | $\frac{M_R}{\gamma_0 M_d}$ | $M$          | $M_u$  | $\frac{M_u}{KM}$ |
| A  | 54166  | 87000 | <b>1.33</b>                | 43290        | 115000 | <b>1.21</b>      |
| B  | 64830  | 87800 | <b>1.12</b>                | 51800        | 116000 | <b>1.02</b>      |

表 5 算例 2 单项弯矩值

| 截面 | 恒载 $M_D$ | 预二次矩 $M_P$ | 活载 $M_L$ | 梯度温度 $M_T$ |       |
|----|----------|------------|----------|------------|-------|
|    |          |            |          | 升温         | 降温    |
| A  | 76345    | 272        | 19174    | 6094       | -2488 |
| B  | -85852   | 661        | -18297   | 14818      | -6050 |
| C  | 38545    | -1782      | 15558    | 12780      | -5218 |
| D  | -75873   | -4038      | -16664   | 10900      | -4450 |
| E  | -73499   | -10520     | -16673   | 10898      | -4450 |
| F  | 33818    | 1833       | 15545    | 12778      | -5217 |
| G  | -98271   | 15215      | -18289   | 14815      | -6049 |
| H  | 71379    | 5949       | 19041    | 5793       | -2365 |

表 6 算例 2 按公路规范进行截面承载力验算

| 截面 | $M_d$   | $M_R$   | $\frac{M_R}{\gamma_0 M_d}$ |
|----|---------|---------|----------------------------|
| A  | 125184  | 169117  | <b>1.12</b>                |
| B  | -134329 | -220807 | <b>1.36</b>                |
| C  | 79672   | 106295  | <b>1.10</b>                |
| D  | -123896 | -221048 | <b>1.47</b>                |
| E  | -128838 | -221048 | <b>1.42</b>                |
| F  | 77962   | 103490  | <b>1.10</b>                |
| G  | -134666 | -209154 | <b>1.28</b>                |
| H  | 125533  | 168598  | <b>1.11</b>                |

表 7 算例 2 按铁路规范进行截面承载力验算

| 截面 | 主力组合    |         |                    | 主力+附加力组合 |         |                    |
|----|---------|---------|--------------------|----------|---------|--------------------|
|    | $M_1$   | $M_u$   | $\frac{M_u}{KM_1}$ | $M_2$    | $M_u$   | $\frac{M_u}{KM_2}$ |
| A  | 95791   | 213227  | <b>1.01</b>        | 101886   | 213227  | <b>1.06</b>        |
| B  | -103488 | -297746 | <b>1.31</b>        | -109538  | -297746 | <b>1.37</b>        |

续表 7

| 截面 | 主力组合    |         |                    | 主力+附加力组合 |         |                    |
|----|---------|---------|--------------------|----------|---------|--------------------|
|    | $M_1$   | $M_u$   | $\frac{M_u}{KM_1}$ | $M_2$    | $M_u$   | $\frac{M_u}{KM_2}$ |
| C  | 52320   | 136300  | <b>1.18</b>        | 65101    | 136300  | <b>1.06</b>        |
| D  | -96575  | -298232 | <b>1.40</b>        | -101026  | -298232 | <b>1.49</b>        |
| E  | -100692 | -298232 | <b>1.35</b>        | -105142  | -298232 | <b>1.43</b>        |
| F  | 51196   | 131722  | <b>1.17</b>        | 63975    | 131722  | <b>1.04</b>        |
| G  | -101345 | -280268 | <b>1.26</b>        | -107394  | -280268 | <b>1.32</b>        |
| H  | 96369   | 212278  | <b>1.00</b>        | 102161   | 212278  | <b>1.05</b>        |

表 8 算例 3 单项弯矩值

| 截面 | 恒载 $M_D$ | 预二次矩 $M_P$ | 活载 $M_L$ | 梯度温度 $M_T$ |       |
|----|----------|------------|----------|------------|-------|
|    |          |            |          | 升温         | 降温    |
| A  | 213070   | -13894     | 31516    | 10166      | -4112 |
| B  | -66692   | -28979     | -32073   | 21202      | -8576 |
| C  | 191010   | -33058     | 25589    | 18369      | -7430 |
| D  | -55810   | -36912     | -29395   | 15692      | -6347 |
| E  | 196094   | -36817     | 26189    | 15691      | -6347 |

表 9 算例 3 按公路规范进行截面承载力验算

| 截面 | $M_d$   | $M_R$   | $\frac{M_R}{\gamma_0 M_d}$ |
|----|---------|---------|----------------------------|
| A  | 296586  | 385642  | <b>1.18</b>                |
| B  | -168711 | -259072 | <b>1.40</b>                |
| C  | 251265  | 306520  | <b>1.11</b>                |
| D  | -159083 | -243260 | <b>1.39</b>                |
| E  | 251635  | 306520  | <b>1.11</b>                |

表 10 算例 3 按铁路规范进行截面承载力验算

| 截面 | 主力组合    |         |                    | 主力+附加力组合 |         |                    |
|----|---------|---------|--------------------|----------|---------|--------------------|
|    | $M_1$   | $M_u$   | $\frac{M_u}{KM_1}$ | $M_2$    | $M_u$   | $\frac{M_u}{KM_2}$ |
| A  | 230692  | 477502  | <b>1.03</b>        | 240858   | 477502  | <b>1.10</b>        |
| B  | -127743 | -328424 | <b>1.29</b>        | -136319  | -328424 | <b>1.34</b>        |
| C  | 183540  | 408792  | <b>1.11</b>        | 201909   | 408792  | <b>1.12</b>        |
| D  | -122117 | -307346 | <b>1.26</b>        | -128464  | -307346 | <b>1.33</b>        |
| E  | 185465  | 408792  | <b>1.10</b>        | 201156   | 408792  | <b>1.13</b>        |

根据计算结果，按公路规范、铁路规范计算得到的截面承载力富余指标比较接近。公路规范采用以概率理论为基础的极限状态设计法，更为先进、可靠，在目前的技术发展条件下，新编合建桥梁规范结构设计采用公路规范是合理的。

结构的承载力极限状态设计，按照可能出现的作用，将其分为两种作用效应组合，即基本组合和偶然组合。作用效应的基本组合是指永久作用设计值效应与可变作用设计值效应的组合，这种组合用于结构的常规设计，是所有合建桥梁都应该考虑的。作用效应的偶然组合是指永久作用标准值、可变作用代表值和一种偶然作用标准值的效应组合，视具体情况，也可不考虑可变作用效应参与组合。作用效应偶然组合用于结构在特殊情况下的设计，所以不是所有合建桥梁结构都要采用的，一些结构也可采取构造或其他预防措施来解决。

对于需要进行正常使用极限状态设计的结构，需考虑可变作用的短期效应组合和长期效应组合，其可变作用代表值采用频遇值和准永久值。

各种荷载组合中所需的作用效应分项系数、组合系数、频遇值系数、准永久值系数等均按照行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2004 的规定取值。轨道交通荷载各项系数的取值与汽车荷载相同。由于城市轨道交通行车密度大（一般最小间隔

时间 3min~5min)，而且轨道交通与城市道路交通完全独立，所以规定列车荷载效应与汽车荷载效应直接叠加，不作折减。

4.3 可 变 作 用

4.3.2 当轨道桥梁设计阶段其运营车辆型号已经确定时，列车荷载按实际车辆荷载采用；当车辆类型尚未确定时，可采用本规范规定的列车荷载进行设计。我国根据已经投入运营的列车种类和今后的发展计划，将列车分为大型车和小型车两种，具体线路设计时，可根据线路要求选用。当线路分近、远期规划时，应按轨道交通列车近期和远期可能的列车编组对桥梁进行验算。

桥梁结构设计阶段列车车辆类型尚未明确时，列车荷载可按图 5 和表 11 的规定采用。

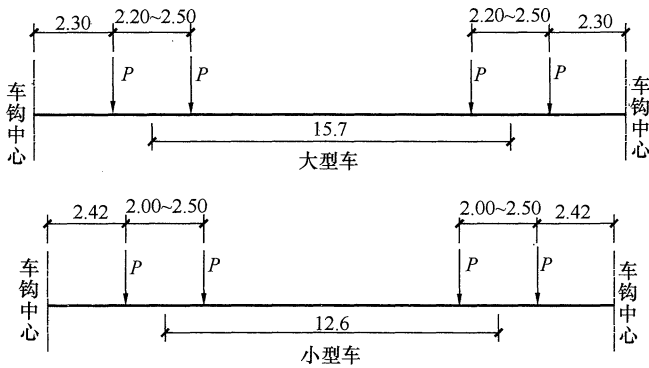


图 5 单列车静活载计算图式（尺寸单位以米计）

表 11 列车轴重 P

| 车辆设计荷载 | 列车轴重 P (kN) |    |
|--------|-------------|----|
|        | 满载          | 空载 |
| 大型车    | 160         | 95 |
| 小型车    | 140         | 70 |

**4.3.3** 汽车和列车过桥时，会对桥梁结构产生竖向动力作用，冲击系数即车辆竖向动力效应的增大系数，铁路规范中称为“动力系数”。冲击系数与车辆特性、桥梁动力特性等因素有关。由于车辆类型及桥梁类型众多，车辆动力特性、桥面平整度等影响冲击系数的因素较复杂，我国公路规范和铁路规范均以试验、实测为基础，通过数据回归分析并进行适当修正后得出冲击系数计算公式。公路规范用结构基频来计算冲击系数，铁路规范则用材料、桥型、跨径来反映桥梁动力特性，两者计算公式有所不同。

对于合建桥梁，理论上应以汽车、列车共同通过桥梁时产生的竖向动力增大效应作为其冲击影响。但目前尚无这方面的试验、实测资料，因此本规范规定按公路规范、铁路规范分别计算并取较大值作为汽车和列车共同的冲击系数。这样计算偏于保守，但对荷载总量影响不大。目前这一规定是为了保证合建桥梁设计安全，将来随着投入运营的合建桥梁数量的增多，可利用实际工程开展动力增大效应的实测研究，进一步完善合建桥梁冲击系数计算方法。

#### **4.3.5 汽车与列车制动力**

##### **1 汽车制动力**

采用公路规范的规定。汽车多车道制动力按公路规范应进行折减，本规范也采用这一规定。参考欧洲规范 EN 1991 - 2: 2003 的规定，汽车荷载制动力上限规定为 900kN。

##### **2 列车制动力**

采用地铁规范的规定。

一线列车制动力为列车竖向静活载的 15%，大于铁路规范规定的 10%，这是因为城市轨道交通列车制动系统采用电气指令控制，制动长度短，减速度较铁路大，紧急制动时，轨道交通列车作用于轨面的制动力率比铁路大。国外一些地铁与轻轨系统制动力取值也可作为参考，如表 12 所示。

车站及附近桥梁由于列车进出站频繁发生制动和启动，双线

桥应按照双线制动力考虑，但考虑到不是紧急制动，因此每线制动力按照列车竖向静活载的 10% 考虑。

表 12 国外列车制动力采用值

| 国名  | 城市轨道交通名称          | 作用于轨面的制动力 |
|-----|-------------------|-----------|
| 美国  | 旧金山城市轨道交通系统（BART） | $0.21qL$  |
| 美国  | 芝加哥市城市轨道交通系统（CTA） | $0.15qL$  |
| 美国  | 亚特兰大地铁（MARTA）     | $0.21qL$  |
| 美国  | 华盛顿地铁（WMATA）      | $0.15qL$  |
| 加拿大 | 多伦多地铁（TTC）        | $0.25qL$  |
| 加拿大 | 加拿大轻轨系统（CLRV）     | $0.25qL$  |

注： $qL$ ——一孔或一联梁上一条线上列车竖向荷载总重。

### 3 制动力的分配

参照公路规范的规定。根据本规范关于支座选用的规定，活动支座明确分为盆式橡胶活动支座和钢活动支座两类。

**4.3.6** 根据现场实测和理论研究，轨道车辆在直线线路上行走带有蛇行运动特征。蛇形运动导致车辆的各轮对对钢轨产生大小、方向不断变化的横向作用力。苏联规范及我国早期的铁路规范横向摇摆力采用均布荷载沿梁跨作用方式，欧美铁路规范以及我国高速铁路规范采用单个集中力（100kN）作用梁跨跨中的作用方式，日本铁路规范以及我国地铁规范假定列车行走在跨中时，两节车辆连接处的相邻的两个转向架下的四个轮轴对钢轨施加以同一方向大小相等的集中横向力。本规范采用地铁规范的规定，横向摇摆力按 4 个集中力考虑，大小按轴重的 15% 取值，作用在梁跨跨中。

**4.3.8** 无缝线路伸缩力是指因温度变化由桥梁与长钢轨相对位移而产生的纵向力；挠曲力是列车荷载作用下，由挠曲引起的桥梁与长钢轨相对位移而产生的纵向力。伸缩力及挠曲力的大小，与轨道扣件阻力、梁跨径及桥墩刚度以及是否设钢轨伸缩调节器有关，应通过建立梁、轨相互作用的模型进行计算求得。

## 4.4 偶然作用

**4.4.3** 无缝线路断轨力按单股钢轨在梁上最不利的位置折断考虑,可采用下式简化计算:

$$T_3 = Q \cdot L \quad (1)$$

式中:  $T_3$  ——无缝线路断轨力 (N);

$Q$  ——线路纵向阻力 (N/cm);

$L$  ——简支梁梁长 (cm) (连续梁不设置钢轨伸缩调节器时,  $L$  为连续梁的联长), 当  $L$  大于无缝线路断轨时钢轨伸缩的长度时,  $L$  取断轨时钢轨伸缩的长度。

线路纵向阻力由无缝线路设计提供。

**4.4.4** 检算桥面板强度时, 车辆集中力作用在离线路中心 2.1m 范围内, 应根据桥面板的构造取最不利位置加载。

## 5 结构变形与动力性能要求

### 5.1 梁跨结构的刚度与变形

**5.1.1** 挠跨比反映桥梁抗弯刚度。挠跨比大小影响列车过桥的走行性，因此轨道桥梁要对最大挠跨比进行限制。目前世界各国一般都以列车过桥时车辆乘坐的舒适度为控制指标，通过车桥耦合振动仿真分析，确定桥梁的挠跨比限值。乘坐舒适度指标除了与桥梁刚度有关外，还和列车过桥速度、轨面平顺度、车辆类型以及评判标准等因素有关。欧洲铁路部门分别按乘坐舒适度为优秀、良好和合格所对应的车体最大加速度来确定桥梁相应的挠跨比，日本铁路则按 Janway 评判乘坐舒适度标准的要求来确定不同跨度桥梁的挠跨比限值。本条文制订时，委托同济大学桥梁系以我国地铁 A 型车辆、在车速小于 120km/h 情况下进行车桥耦合振动仿真分析、按 ISO2631 评判标准中乘坐舒适度为优秀要求，确定桥梁挠跨比刚度限值，与国家标准《地铁设计规范》GB 50157 - 2013 基本一致。为和国标保持一致，采取了与之相同的限值。该条文比日本规范更加严格，但和欧洲规范相当。

简支梁桥挠跨比与梁端折角有确定的解析关系：

$$[\theta] = \frac{\pi}{[L/\delta]} \quad (2)$$

式中： $[\theta]$  —— 梁端折角（两侧之和）限值；

$[L/\delta]$  —— 多孔简支梁对应的跨挠比限值。

根据解析关系，按本条文挠跨比限值计算的梁端折角均小于折角限值要求，但这不意味就可以以挠跨比检算来代替梁端折角检算，因为挠跨比反映的是桥梁的刚度，而且梁端折角在连续梁桥、斜拉桥、拱桥中等结构中和挠跨比并不存在解析的一一对应关系。

**5.1.2** 轨道交通桥面的桥跨结构在列车和汽车静活载作用下有砟轨道梁端竖向转角不应大于 5‰，无砟轨道不应大于 3‰。

梁端折角大小影响列车过桥走行性和梁端轨道结构正常使用性能。过去很长一段时间认为折角大小只影响列车走行性和列车对梁端的冲击作用，所制订梁端折角允许值较大，但近几年来研究发现控制梁端折角大小的主要因素是梁端轨道扣件上拔力大小。对于无砟轨道当折角大于 3‰时，钢轨扣件的上拔力就要超过正常使用范围，造成扣件松动，因此制订了无砟轨道最大折角允许值。有砟轨道由于道砟层的缓和作用，扣件的上拔力要有所减小，所以梁端折角有所放松。

除了折角大小外，梁端钢轨扣件上拔力还与梁端支座处悬臂伸出段大小有关，悬臂长度越大，上拔力越大。对于大跨径桥梁，梁端支座处外伸悬臂段较长，因此需要根据梁轨相互作用理论，计算分析大跨径桥梁梁端的合理转角限值。

## **5.2 墩台结构的刚度与变形**

**5.2.1** 列车的纵向荷载、竖向荷载以及梁、轨温差作用下，桥上钢轨均要产生纵向附加力。附加力与钢轨动弯应力共同作用将影响钢轨强度和稳定。轨道桥梁墩台设计时需要一定的纵向刚度，目的是限制梁端钢轨在列车制动力作用下钢轨所承受的附加力，以保证钢轨有足够的强度和稳定性。轨梁相互作用分析表明：墩、台纵向刚度越大，钢轨产生的纵向附加力越小，温度附加力愈大，但制动产生钢轨附加力降幅的量值要大于温度产生附加力升幅的量值，因此轨道桥梁墩台纵向刚度要有一定的纵向刚度，由此规定了最小限值。

国家标准《地铁设计规范》GB 50157 - 2003 规定的桥墩墩顶纵向水平线刚度限值基本按照当时高速铁路铁路规范相应条文取值。由于地铁荷载和高铁设计荷载的差别，条文对地铁高架桥梁设计来说要求太严。按照条文要求，墩台、基础设计基本上受刚度控制，结果造成下部结构过于庞大，加大不必要工程投资且

给城市景观带来诸多不利影响，根据已建上海 3 号线高架线路墩台纵向刚度调查和不少城市地铁高架工程中梁轨相互作用理论计算结果分析，目前墩台纵向刚度限值可以有较大幅度降低。此外，地铁规范对不同梁跨的墩、台纵向刚度采用不同限值，跨径和墩台限值两者之间函数关系不连续，有间断点，不利于不同跨径设计时的合理取值。

本规范在地铁设计规范的相应条文基础上作了些修改，主要将最小墩、台纵向刚度限值与梁跨跨径写成函数形式，以方便不同跨径桥梁设计时，更加合理使用限值条文，并将原来墩台最小刚度限值中量值打八折作为考虑轨道交通线最小墩台最小纵向刚度限值。公轨合建桥梁除了考虑列车制动力对钢轨应力的影响外，还要考虑道路车辆制动作用对钢轨应力的影响。道路车辆的制动力对钢轨作用和轨道列车对钢轨制动力的作用路径不同，目前尚未见过研究，但已有轨桥相互作用分析表明，轨道车辆制动产生的钢轨应力约占钢轨附加应力（制动力、温度力、挠曲力）的 40%。本规范考虑道路车辆比轨道荷载稍轻，制动力较小，且每辆车制动作用一般情况下不可能同步，所以道路车辆制动产生的钢轨应力应比列车车辆作用稍小，考虑为 30%，由此定出考虑道路车辆制动时所需墩台最小纵向刚度的附加值  $0.3n$ ，其中  $n$  为车道数。当车道数大于 4 时，同时制动的概率非常小，所以  $n$  最大值取为 4。

**5.2.2** 本条中的公式与国家标准《地铁设计规范》GB 50157 - 2013 的规定一致。

## 6 结构设计与构造要求

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 特大桥、大桥、中桥、小桥的分类标准采用行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11-2011 的规定。

**6.1.3** 城市道路与轨道交通桥梁设计应重视对环境的影响，减少对环境的污染，降低振动与噪声。目前国内城市桥梁常用的施工方法有现浇、预制架设、预制加现浇等方法。预制施工具有高效、安全、优质、快速、环保的特点。桥梁结构设计时，宜采用便于标准化、工厂化、机械化施工的结构形式与施工方法。

**6.1.4** 本条规定，除通航、跨越道路或铁路和特殊需要外，同一座桥梁的跨径布置、上部结构形式、桥墩类型宜统一，是为了便于标准化施工，便于施工组织，提高施工效率与质量。

**6.1.5** 本条是对城市道路与轨道交通合建桥梁必须达到安全性、适用性、耐久性的基本要求，规定了桥梁设计应保证结构在施工及使用期内满足强度、稳定性、刚度、耐久性以及列车安全运行和乘客乘坐舒适度的要求，其中结构的强度、稳定性及列车安全运行是结构安全性的要求，结构的刚度和乘客乘坐舒适度是适用性的要求，同时要确保桥梁长期正常运行。

**6.1.9** 轨道桥梁车致振动相对较为剧烈，设计时须予以重视，但目前关于轨道桥梁控制其动力性能设计的规范条文，如频率、刚度参数等的限值，大都是针对中小跨径桥梁而言，国外设计规范也大致如此。大跨径轨道交通合建桥梁设计时动力参数限值没有相应的规范条文可循，基本上是根据经验和已建成的同等跨径的同类桥梁，结合车桥动力作用仿真模拟计算，分析车桥动力响应的合理性，以确定其动力设计参数。因此本条提出对大跨径桥梁（跨径大于 100m）应进行车桥耦合动力响应综合分析。对于

非常规桥型或结构形式，因其结构动力性能尚未可靠掌握，也应进行车桥耦合动力响应综合分析，分析的桥梁动力响应和车辆过桥运行安全性和平稳性的指标应满足本规范要求。

**6.1.11** 对于分梁布置的合建桥梁，仅承担轨道交通的主梁符合现行轨道交通相关规范的适用条件，故按轨道交通相关规范进行设计。

轨道交通相关规范中结构设计按铁路规范的规定，采用“容许应力法”；城市桥梁规范中结构设计按公路规范的规定，采用“以概率理论为基础的极限状态设计方法”。合建桥梁中的轨道交通与道路交通共用构件按城市桥梁规范进行设计，其理由见第4章第4.1节条文说明。

**6.1.12** 本条参考有关国家和行业标准，提出了合建桥梁的材料要求。

关于桥梁用钢，国内公路桥梁中有的采用桥梁用结构钢，也有的采用低合金高强度结构钢。两种钢材性能指标差异很小。铁路桥梁都要求采用桥梁用结构钢，公路规范则采用低合金高强度结构钢。本规范规定合建桥梁两种钢材都可采用，设计应根据结构受力、构造特点以及环境等因素合理选用。

**6.1.13** 桥梁结构的耐久性是指在预定作用和预期的维护与使用条件下，结构及其部件能在预定的期限内维持其所需的最低性能要求的能力。一个耐久性好的钢结构或混凝土结构，当暴露于正常环境时，能够保持其初始的构件外形、结构质量和服役功能。本规范规定主体结构工程及因结构损坏或大修对运营产生重大影响的其他结构工程，设计使用年限应为100年，但实际上桥梁承重构件往往存在一定缺陷，导致结构未达到规定的使用期就不得不重建，部分桥梁甚至在预期的一半寿命内就需要拆除重建。世界工业发达国家的调查表明，每年因腐蚀原因造成的经济损失占国民经济产值的2%~4%，因此结构耐久性问题越来越得到工程界的重视。桥梁结构耐久性是一个复杂的多因素综合问题，涉及设计、材料、施工、监测与运营维护等多个方面，其中结构耐

久性设计非常关键。混凝土结构耐久性设计可参考现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 和现行行业标准《公路工程混凝土结构防腐蚀技术规范》JTG/TB 07-01、《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 的有关规定。钢结构自身防腐能力很弱,一般采用表面防腐涂装防腐,其设计可按照现行行业标准《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》JT/T 722、《铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件》TB/T 1527 的有关规定执行。另外,为了便于桥梁检查与维护,在桥梁设计中要充分考虑结构的可接近性、可检查性、可养护性和可维修性。

**6.1.14** 斜交桥梁由于梁体两侧挠度差异,将会影响列车的运行安全和旅客乘坐的舒适度,故一般不设置斜梁。斜交不可避免时,应做成与桥轴线小于 $60^{\circ}$ 的斜交。出于同样的原因,为避免台后轨枕一头支于桥台另一头支于路基会造成不均匀沉降影响行车的平稳性,规定斜交桥后边线宜做成与线路中线垂直。

## 6.2 上部结构

**6.2.1** 道路与轨道交通分层设置可避免相互干扰,便于运营管理,有利于保证运营安全,在道路线型设计允许时,宜优先采用分层设置方案。如必须采用共梁单层布置,轨道交通宜布置在横断面的中间,原因是:①避免主梁扭转和挑臂变形对列车运行的不利影响;②便于轨道交通设备和设施布置,有利于日常轨道设施的管理和养护维修。

**6.2.2** 铰接板梁一般采用简支结构,施工快速方便,造价低,早期应用较多。铰接板梁结构刚度小、整体性差,行车条件差,铰缝在荷载反复作用下容易破坏,病害较多。

**6.2.3** 与钢梁相比,混凝土梁、组合梁造价较低,通过预制施工也可实现较快的施工速度。钢梁自重轻,跨越能力大,但造价高,道路沥青铺装要求高,列车过桥时噪声大。因此,对中小跨径梁式桥,优先采用混凝土梁或组合梁。

**6.2.4** 弯扭耦合效应是曲线梁桥力学性质的最大特点,因此,

曲线梁桥在选择结构形式及横断面截面形状时，必须考虑具有足够的抗扭刚度。

对于曲线桥梁，特别是独柱支承的曲线梁桥，在温度变化、收缩、徐变、预加力、制动力、离心力等情况作用下，其平面变形与曲线梁桥的曲率半径、墩柱的抗推刚度、支承体系的约束情况及支座的剪切刚度密切相关，在设计中应采用满足梁体受力和变形要求的合理支承形式，并在墩顶设置防止梁体外移、倾覆的限位构造等。

梁的抗倾覆计算，在现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 中已有规定，可作参考。

### 6.3 下部结构

**6.3.1** 本条规定是为防止同一基础中采用直径、材料或长度相差过大的桩可能导致基础不均匀沉降。

**6.3.3、6.3.4** 支座的使用寿命通常小于桥梁设计使用年限。从耐久性的角度，支座一般被视为可更换构件，因此在结构设计中应考虑为支座更换预留良好的条件。

从结构耐久性的角度要求桥梁结构的各部位均应保持良好的排水、通风条件，减小结构腐蚀。

### 6.4 附属结构

**6.4.3** 相对板式橡胶支座，盆式橡胶支座和钢支座使用寿命长，限位效果好，有利于保持轨道线路的稳定性，减小维修工作量，宜优先采用。板式橡胶支座使用寿命较短，且梁体易移位，需另设限位措施，因此不推荐采用。

合建桥梁应优先通过结构措施来减小不均匀沉降，在不均匀沉降难以控制或控制措施费用过高时，方可考虑采用可调高支座。

**6.4.5** 轨道交通系统中杂散电流（迷流）的存在不可避免。杂散电流对金属结构和设备有较大的腐蚀作用，设计中应考虑杂散

电流腐蚀防护的内容，包括主动防护和被动防护等措施。

**6.4.6** 桥梁基础沉降引起的线形变化对列车运行和超静定结构受力有较大的影响。应在桥墩合适位置埋设沉降观测点，以便桥梁施工期间每个施工步骤的观测和桥梁运营期的定期观测。无砟轨道对沉降要求较严，铺设无砟轨道的桥梁沉降观测要求由无砟轨道铺设要求确定。

**6.4.9** 桥面防排水要求参考了行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 - 2011 的相关规定。道路交通与轨道交通两个路面系统高程通常不一致，且有栏杆分隔，为保证排水畅通，方便养护，避免相互影响，两者宜分别设置排水系统。