中华人民共和国国家标准

城市轨道交通桥梁设计规范

Code for design of urban rail transit bridge

GB/T 51234－2017

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
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 8 年 1 月 1 日

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

中国建筑工业出版社

2017 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部
公　　告

第 1538 号

住房城乡建设部关于发布国家标准《城市轨道交通桥梁设计规范》的公告

现批准《城市轨道交通桥梁设计规范》为国家标准，编号为GB/T 51234－2017，自 2018 年 1 月 1 日起实施。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

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

2017 年 5 月 4 日

前　言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2011年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标［2011］17号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并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；3. 基本规定；4. 材料；5. 设计荷载；6. 刚度要求；7. 结构设计；8. 桥梁设备系统接口；9. 耐久性设计及养护设施。

本规范由住房和城乡建设部负责管理，由重庆市轨道交通（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，请寄送重庆市轨道交通（集团）有限公司（地址：重庆市北部新区金童路童家院子轻轨基地，邮编：401122）。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

本规范主编单位：重庆市轨道交通（集团）有限公司

本规范参编单位：重庆市轨道交通设计研究院有限责任公司
中铁第一勘察设计院集团有限公司
北京城建设计发展集团股份有限公司
林同棪国际工程咨询（中国）有限公司
西南交通大学
中铁上海设计院集团有限公司
广州地铁设计研究院有限公司

本规范主要起草人员：仲建华　周新六　周庆瑞　赵会东
张宏杰　刘安双　项丽琳　蒲黔辉
杨永清　赵晓波　夏招广　张　婷

张蓓雯　郭　敏　林　莉　吴焕君
吴少海　阙　孜　吴建忠　蒋中贵
尹德兰　李　涛　陈　波　王东民
赵建兴　文成祥　臧金玉　聂绍富
谭景文

本规范主要审查人员：包琦玮　邵长宇　周四思　陆勤丰
马　骉　孙峻岭　陆元春　秦大航
向中富　梁立农　李建中

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

目　　次

1　总则 …… 1
2　术语 …… 2
3　基本规定 …… 3
3.1　区间高架桥梁布置 …… 3
3.2　区间跨河桥梁布置 …… 4
3.3　桥面布置 …… 5
3.4　桥上线路 …… 6
3.5　附属设施 …… 6
3.6　桥梁景观 …… 6
4　材料 …… 8
4.1　混凝土 …… 8
4.2　钢筋 …… 8
4.3　钢材 …… 11
5　设计荷载 …… 14
5.1　荷载分类 …… 14
5.2　荷载取值 …… 15
5.3　荷载组合 …… 22
6　刚度要求 …… 24
7　结构设计 …… 27
7.1　一般规定 …… 27
7.2　混凝土结构 …… 30
7.3　钢结构 …… 32
7.4　钢-混凝土结合梁 …… 37
7.5　构造要求 …… 43
7.6　抗震设计规定 …… 49

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

8 桥梁设备系统接口 …… 51
8.1 轨道 …… 51
8.2 供电 …… 52
8.3 通信与信号及其他 …… 52
9 耐久性设计及养护设施 …… 53
9.1 耐久性设计 …… 53
9.2 养护设施 …… 55
附录A 混凝土截面的受扭塑性抵抗矩及抗扭强度计算 …… 56
附录B 牛腿计算 …… 60
附录C 桩基承台计算 …… 63
附录D 正交异性桥面板疲劳强度验算 …… 70
本规范用词说明 …… 76
引用标准名录 …… 77
附：条文说明 …… 79

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

Contents

1 General Provisions ····· 1
2 Terms ····· 2
3 Basic Requirements ····· 3
3.1 Arrangement of Viaducts ····· 3
3.2 Arrangement of Bridge on the Rivers ····· 4
3.3 Bridge Deck Arrangement ····· 5
3.4 Railroads on Bridges ····· 6
3.5 Ancillary Facilities ····· 6
3.6 Bridge landscape ····· 6
4 Materials ····· 8
4.1 Concretes ····· 8
4.2 Steel Reinforcement ····· 8
4.3 Structural Steels ····· 11
5 Loads ····· 14
5.1 Classification of Loads ····· 14
5.2 Character Values of Loads ····· 15
5.3 Load Combinations ····· 22
6 Stiffness ····· 24
7 Structural Design ····· 27
7.1 General Requirements ····· 27
7.2 Concrete Structures ····· 30
7.3 Steel Structures ····· 32
7.4 Steel-concrete Composite Beams ····· 37
7.5 Structural Requirements ····· 43
7.6 Seismic Design Requirements ····· 49

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

8 Interfaces of Bridges and Equipment Systems ····· 51
8.1 Rail ····· 51
8.2 Power Supply ····· 52
8.3 Communications , Signals and others ····· 52
9 Durability and Maintenance ····· 53
9.1 Durability ····· 53
9.2 Maintenance ····· 55
Appendix A Calculation of Plastic Torsional Constant and Torsional Resistant of Concrete Sections ····· 56
Appendix B Calculation of Corbels ····· 60
Appendix C Calculation of Piles and Caps ····· 63
Appendix D Fatigue Strength Check for Bridge Decks ····· 70
Explanation of Wording in This Code ····· 76
List of Quoted Standards ····· 77
Addition: Explanation of Provisions ····· 79
更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

1 总　　则

1.0.1 为使城市轨道交通桥梁工程设计符合安全可靠、适用耐久、技术先进、经济合理的要求，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于钢轮钢轨制式和跨座式单轨制式，最高运行速度不超过 120km/h 的城市轨道交通新建桥梁工程的设计。本规范适用的桥梁跨度为：

梁式桥不大于 150m；

斜拉桥和拱桥不大于 400m；

结合梁不大于 80m。

1.0.3 桥梁主体结构设计使用年限应为 100 年。

1.0.4 桥梁结构在制造、运输、安装和运营过程中应具有足够的强度、刚度、稳定性，并应满足使用耐久性要求。

更多精品资源关注微信公众号：gcszlhkd

1.0.5 桥梁设计应预留设备的安装、检修和更换条件，并应满足养护、维修的要求。

1.0.6 城市轨道交通桥梁设计应采用百年一遇的洪水频率，对特别重要的桥梁可提高到三百年一遇。

1.0.7 城市轨道交通桥梁工程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

2.0.1 救援列车荷载　rescue train load

运营列车发生故障时，进行救援产生的附加荷载。

2.0.2 疲劳活载　fatigue load

反复作用于结构并引起交变应力的活荷载。

2.0.3 纵向水平力　longitudinal force due to continuous welded rail

由桥梁和无缝线路间相对位移引起的水平力。

2.0.4 断轨力　breaking force of continuous welded rail

无缝线路钢轨突然折断引起桥梁与钢轨间相对位移产生的水平力。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

2.0.5 构件温差　temperature difference between different structural elements

环境温度变化引起不同构件之间的温度差值。

2.0.6 风-车-桥系统耦合振动分析　analysis of wind-train-bridge coupling vibration

建立列车-桥梁耦合振动模型，为求解风荷载作用下列车和桥梁振动响应而进行的非线性有限元分析。

2.0.7 延性构件　ductile member

罕遇地震作用下，允许发生塑性变形的构件。

2.0.8 能力保护原则　capacity protection principle

罕遇地震作用下，使桥梁结构体系中延性构件和受能力保护的构件形成安全度等级差，以确保受能力保护的构件处于弹性范围之内的设计原则。

2.0.9 能力保护构件　capacity protected member

罕遇地震作用下，按能力保护设计原则设计的构件。

3 基本规定

3.1 区间高架桥梁布置

3.1.1 区间高架桥桥跨布置应根据地形地物、地面交通、城市景观等因素综合确定。一般地段宜采用等跨布置简支梁式桥跨结构。

3.1.2 城市轨道交通桥梁宜进行景观设计，景观设计宜包括桥梁主体景观设计和景观工程设计。景观设计应根据城市规划要求、地域环境、历史文化传统和工程建设条件等因素综合确定。

3.1.3 区间高架桥上部结构的材料宜采用预应力混凝土，并宜采用预制架设、预制节段拼装的结构。

3.1.4 区间高架桥的桥下净空高度应符合表 3.1.4 的规定，并宜预留不小于 0.20m 的安全值。

更多精品资源关注微信公众号：gcschiku

表 3.1.4 桥下净空高度（m）

交通方式	桥下交通类别	最小净空高度
道路	高速公路，一、二级公路	5.00
	三、四级公路，城市道路机动车道	4.50
	城市道路机动车道（小客车）	3.50
	城市道路非机动车道、人行道	2.50
	城市有轨电车、城市无轨电车、双层客车等特种车辆	满足车辆通行
城市轨道交通	架空接触网城市轨道交通	6.00
	接触轨城市轨道交通	4.30
铁路	高速铁路	7.25
	普通铁路	6.55
	通行双层集装箱铁路	7.96

注：净高指桥下路面至梁底、桥下轨面至梁底的高度。

3.1.5 区间高架桥桥墩边缘至机动车道边的净距应符合现行行业标准《城市道路工程设计规范》CJJ 37 和《公路工程技术标准》JTG B 01 的规定。当区间高架桥敷设于道路中间时，道路中央分隔带宽度不宜小于 4m。

3.1.6 设置在地面车行道侧的墩柱宜设防撞设施；当跨越车行道的高架桥桥下净高小于 5m 时，应设置限高设施和警示标志。

3.1.7 当桥梁承台或扩大基础侵入车行道时，其顶面应置于路面以下，且埋深不宜小于 1.5m；基础设计时应计入车辆活载的附加作用。

3.1.8 区间高架桥与架空高压线之间的最小垂直距离应符合现行国家标准《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061、《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》GB 50545、《1000kV 架空输电线路设计规范》GB 50665 的规定。

3.2 区间跨河桥梁布置

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

3.2.1 区间跨河特大桥、大桥的桥位宜设置在河道顺直、河床稳定且地质良好的河段处；桥梁轴线宜与洪水流向正交。

3.2.2 区间跨河桥的桥下净空应符合下列规定：

1 梁底应高出按设计频率的洪水位及其增高值加安全高度。安全高度应符合表 3.2.2 的规定，洪水位的增高值应根据壅水高、河湾超高、河床淤积及波浪高综合确定；

表 3.2.2 桥下安全高度（m）

梁底	洪水期无大漂流物	0.50
	洪水期有大漂流物	1.50
	有泥石流	1.00
支承垫石顶面		0.25
拱脚		0.25

2 通航河流的桥下净空应根据航道等级按现行国家标准《内河通航标准》GB 50139 的规定执行；通行海轮的桥下净空应

符合现行行业标准《通航海轮桥梁通航标准》JTJ 311 的规定；

3 对洪水期无大漂浮物通过的河流，实腹式无铰拱桥的拱脚可被设计洪水位淹没，但此水位不应超过矢高的一半，且距拱顶的净高不应小于 1.0m。

3.2.3 当跨河桥梁与既有桥梁并行设置时，两桥间距应根据施工条件、水文干扰、防洪要求、通航影响等因素确定。

3.3 桥面布置

3.3.1 区间桥梁的桥面宽度应根据建筑限界、应急疏散、设备布置等因素计算确定，并应预留设备的安装、检修和更换条件。

3.3.2 有砟轨道桥梁的挡砟墙内侧面到线路中心线净距不应小于 2.2m。轨下枕底道砟厚度不应小于 0.3m。

3.3.3 区间桥梁线路中心线至架空接触网支柱中心的最小距离宜根据表 3.3.3 的规定对线路分段取值。

更多精品资源关注微信公众号：gcshilu

表 3.3.3 线路中心线至架空接触网支柱中心最小距离

距离（m） 曲线半径 R（m）	A 型车	B2 型车
$300 \leqslant R \leqslant 600$	2.70	2.55
$600 < R \leqslant 1200$	2.60	2.45
$1200 < R \leqslant 3000$	2.50	2.40
$R > 3000$ 及直线	2.40	2.30

3.3.4 运行 B1 型车的桥梁，栏板内侧面至线路中心线的距离宜符合下列规定：

1 当接触轨位于线路中间时，不宜小于 2.20m；

2 当接触轨位于线路外侧时，不宜小于 2.45m。

3.3.5 道路与轨道交通合建的桥梁宜分层布置。当采用同层布置时，应在轨道交通和道路间设置 SS 级防撞墙，并应在防撞墙顶部加设防抛网，防撞墙与轨道交通建筑限界间的净距不应小于 1.2m。SS 级防撞墙应符合现行行业标准《公路交通安全设施设

计规范》JTG D81 的规定。

3.4 桥上线路

3.4.1 曲线上不宜设置大跨度桥梁；当设在曲线上时，宜采用较大的曲线半径。反向曲线上不宜设置大跨度桥梁。

3.4.2 在竖曲线及缓和曲线上，不宜设置钢桁梁桥。

3.4.3 区间高架桥梁底离地面的高度不宜小于 1.5m。

3.5 附属设施

3.5.1 桥面两侧应设置栏板，其高度不宜小于 1.1m。当多线桥分为单线时，单线桥内侧栏板应连续。

3.5.2 梁缝处应设伸缩缝，伸缩缝应能适应梁端部自由伸缩，且应具备防止桥面水下漏的功能。

3.5.3 桥面应设置防水层，其技术指标及施工工艺应符合现行行业标准《铁路混凝土桥面防水层技术条件》TB/T 2965 的规定。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

3.5.4 桥面防水保护层顶面宜设置不小于 2%的排水横坡和不小于 3‰的排水纵坡。纵向应分段设置拦水构造，并应设排水管将雨水排入市政管网。

3.5.5 城市轨道交通桥梁不应作为下列设施的支承结构：

1 输送压力大于或等于 0.4MPa 的燃气管道；

2 电压高于 10kV 的供电电缆；

3 污水管；

4 可燃、有毒或腐蚀性的液体管和气体管。

3.6 桥梁景观

3.6.1 区间高架桥主体设计宜符合下列规定：

1 桥梁孔跨布置宜均衡、有韵律感，相邻孔跨差异不宜过大；

2 跨径与墩柱高度之比宜控制在 3∶1～5∶1 之间，且宜控

制梁高；

3　桥墩的建筑风格宜统一；

4　当同一桥墩两侧的梁体高度和宽度有差异时，宜设置视觉平顺过渡构造。

3.6.2　桥梁构件的体量较大时，应采用可实现视觉分割效果的措施进行处理。

3.6.3　桥梁的景观照明与功能照明应统筹兼顾，应经济、适用、安全，景观效果应良好。

3.6.4　桥上的栏板、接触网、声屏障、信号、通信、排水、照明等各类设施的布设宜与桥梁整体景观协调。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

4 材　　料

4.1 混　凝　土

4.1.1 主体结构的钢筋混凝土构件混凝土强度等级不得低于C30，预应力混凝土构件的混凝土强度等级不得低于C40，管道压浆用水泥浆强度等级不宜低于M50。非主体结构构件的混凝土强度等级不应低于C25。

4.1.2 混凝土的极限强度取值应符合表4.1.2的规定。

表4.1.2　混凝土极限强度（MPa）

强度种类	符号	混凝土强度等级								
		C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
轴心抗压	f_c	13.5	16.5	20.0	23.0	27.0	30.0	33.5	37.0	40.0
轴心抗拉	f_{ct}	1.70	2.00	2.20	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

4.1.3 混凝土受压或受拉时的弹性模量 E_c 的取值应符合表4.1.3的规定。混凝土的剪切变形模量 G_c 宜按表4.1.3规定的弹性模量 E_c 的0.43倍采用。混凝土泊松比 ν_C 宜采用0.2。

表4.1.3　混凝土弹性模量 E_c（$\times 10^4$ MPa）

强度等级	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
弹性模量 E_c	2.80	3.00	3.20	3.30	3.40	3.45	3.55	3.60	3.65

4.1.4 混凝土的容许应力应符合现行行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092的规定。

4.2 钢　　筋

4.2.1 混凝土结构的普通钢筋和预应力钢筋应符合下列规定：

1 普通钢筋可采用HPB300或HRB400钢筋，其技术条件

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或《钢筋混凝土用钢　第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2的规定；

2 预应力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；

3 预应力混凝土用螺纹钢筋应符合现行国家标准《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065的规定。

4.2.2 普通钢筋、预应力混凝土用螺纹钢筋抗拉强度标准值应符合表4.2.2的规定。

表4.2.2　钢筋抗拉强度标准值

种类 / 强度	普通钢筋 f_{sk}		预应力混凝土用螺纹钢筋 f_{pk}	
	HPB300	HRB400	PSB830	PSB930
抗拉强度标准值（MPa）	300	400	830	930

注：预应力混凝土用螺纹钢筋主要用作横向、竖向预应力筋；其抗拉强度标准值应取屈服强度值。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

4.2.3 预应力钢丝抗拉强度标准值应符合表4.2.3的规定。

表4.2.3　预应力钢丝抗拉强度标准值 f_{pk}

公称直径（mm）	4～5	6～7
抗拉强度标准值（MPa）	1670	1670
	1770	1770
	1860	—

4.2.4 预应力钢绞线抗拉强度标准值应符合表4.2.4的规定。

表4.2.4　预应力钢绞线抗拉强度标准值 f_{pk}

公称直径（mm）	12.7		15.2		15.7
	标准型	模拔型	标准型	模拔型	标准型
抗拉强度标准值（MPa）	1720 1860 1960	1860	1470 1570 1670 1720 1860 1960	1820	1770 1860

4.2.5 钢筋计算强度的取值应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 钢筋计算强度（MPa）

钢筋类型		抗拉计算强度 f_p 或 f_s	抗压计算强度 f'_p 或 f'_s
预应力筋	钢绞线、预应力混凝土用螺纹钢筋	$0.9f_{pk}$	380
普通钢筋	HPB300	300	300
	HRB400	400	400

4.2.6 钢筋弹性模量的取值应符合表 4.2.6 的规定，其中计算钢绞线伸长值时，钢绞线的弹性模量可按 $E_p \pm 0.1\times10^5$ MPa 作为上、下限值。

表 4.2.6 钢筋弹性模量（MPa）

钢筋种类	符号	弹性模量
钢绞线	E_p	1.95×10^5
预应力混凝土用螺纹钢筋	E_s	2.1×10^5
HPB300	E_s	2.1×10^5
HRB400	E_s	2.0×10^5

更多精品资源关注微信公众号：gcszkkd

4.2.7 钢筋的容许应力应符合下列规定：

1 HPB300 和 HRB400 钢筋在主力作用下，容许应力 $[\sigma_s]$ 应分别取 160MPa 或 210MPa；

2 HPB300 和 HRB400 钢筋在主力加附加力作用下，容许应力 $[\sigma_s]$ 应分别取 210MPa 或 270MPa；

3 当检算安装荷载产生的应力时，钢筋的容许应力 $[\sigma_s]$：HPB300 钢筋应取 230MPa，HRB400 钢筋应取 297MPa。

4.2.8 斜拉索、吊杆索用高强钢丝可采用 $\phi5$ 或 $\phi7$ 热镀锌或其他防护钢丝，其标准强度不应低于 1670MPa，热镀锌钢丝的性能宜满足现行国家标准《桥梁缆索用热镀锌钢丝》GB/T 17101 的要求。

4.2.9 斜拉索、吊杆索用钢绞线可采用高强度低松弛镀锌或其

他防护钢绞线，其标准强度不宜低于1860MPa，其性能宜满足现行国家标准《斜拉桥钢绞线拉索技术条件》GB/T 30826的要求。

4.2.10 斜拉索、吊杆索用高强钢丝的弹性模量 E_p 可取 2.05×10^5MPa，钢绞线的弹性模量 E_p 可取 1.95×10^5MPa。

4.3 钢　　材

4.3.1 结构用钢材宜根据当地极端最低温度选取表4.3.1中的钢材，其化学成分、力学性能、工艺性能、焊接性能及Z向性能还应满足设计要求。当环境极端最低温度低于−20℃时，应采用E级钢。

表4.3.1　主要结构用钢材

名称		钢材牌号	质量等级	应符合的标准
主体结构		Q345q Q370q Q420q	C、D、E级	《桥梁用结构钢》GB/T 714
辅助结构		Q235-B.Z		《碳素结构钢》GB/T 700
高强度螺栓	螺栓	20MnTiB		《合金结构钢》GB/T 3077
		35VB		《钢结构用高强度大六角头螺栓，大六角螺母，垫圈技术条件》GB/T 1231
	螺母及垫圈	35、45、15MnVB		《优质碳素结构钢》GB/T 699
圆柱头焊钉（栓钉）		ML15、ML15A1		《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433

更多精品资源关注微信公众号：gcsjku

4.3.2 高强度大六角头螺栓、大六角螺母和垫圈应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230和《钢结构用高强度大六角头螺栓，大六角螺母，垫圈技术条件》GB/T 1231的规定。

4.3.3 焊接性能应与基材相匹配，选用的焊接材料、焊接工艺，均应根据设计要求通过焊接工艺评定确定。焊接接头的冲击韧性不得低于母材标准值。

4.3.4 钢结构涂装材料宜符合现行行业标准《铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件》TB/T 1527 的规定。

4.3.5 钢材的弹性系数取值宜符合表 4.3.5 的规定。

表 4.3.5 钢材弹性系数

弹性模量 E（MPa）	剪切模量 G（MPa）	泊松比 ν
2.1×10^5	8.1×10^4	0.3

4.3.6 钢材的屈服强度和基本容许应力取值应符合表 4.3.6 的规定。

表 4.3.6 屈服强度和基本容许应力（MPa）

序号	应力种类	钢材牌号					
		Q345qD Q345qE		Q370qD Q370qE		Q420qD Q420qE	
		厚度（mm）					
		≤50	>50	≤50	>50	≤50	>50
1	屈服强度 $[\sigma_s]$	345	335	370	360	420	410
2	轴向应力 $[\sigma]$	200	195	210	205	230	225
3	弯曲应力 $[\sigma_w]$	210	205	220	215	240	235
4	剪应力 $[\tau]$	120	115	125	120	140	135
5	端部承压（磨光顶紧）应力	300	290	315	305	345	335

更多精品资源关注微信公众号：geszhiku

4.3.7 工厂焊缝基本容许应力宜与基材相同，并不应大于基材的容许应力。

4.3.8 高强螺栓预拉力的设计值应符合表 4.3.8 的规定。

表 4.3.8　高强螺栓预拉力的设计值

螺纹直径	M22	M24	M27	M30
性能等级	10.9S			
预拉力设计值（kN）	200	240	290	360

4.3.9　当采用抗滑型高强螺栓连接时，设计抗滑移系数应采用 0.45。

4.3.10　精制螺栓容许应力应符合表 4.3.10 的规定。

表 4.3.10　精制螺栓容许应力（MPa）

受力种类	容许应力
剪切	90
承压	220

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

5 设计荷载

5.1 荷载分类

5.1.1 桥梁结构设计采用的荷载应分为主力、附加力和特殊荷载，荷载分类应符合表5.1.1的规定。

表5.1.1 荷载分类

荷载分类		荷载名称
主力	恒载	结构自重 附属设备和附属建筑自重 预加力 混凝土收缩及徐变影响 基础变位的影响 土压力 静水压力及浮力
	活载	列车竖向静活载 列车竖向动力作用 列车离心力 列车横向摇摆力 列车竖向静活载产生的土压力 公路或城市桥梁活载 人群荷载
	无缝线路纵向水平力	伸缩力 挠曲力
附加力		制动力或牵引力 风力 温度影响力 流水压力 救援、检修列车荷载 顶梁荷载

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

续表 5.1.1

荷载分类	荷载名称
特殊荷载	无缝线路断轨力 船只或汽车的撞击力 地震力 施工临时荷载 列车脱轨荷载 列车脱轨水平撞击力

注：如杆件的主要用途为承受某种附加力，则在计算此杆件时，该附加力应按主力计。

5.1.2 当设计中需计入其他荷载时，宜根据其性质按本规范表5.1.1进行分类。

5.2 荷载取值

5.2.1 计算结构自重时，常用材料容重应按现行行业标准《铁路桥涵设计规范》TB 10002的规定取用。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

5.2.2 土压力的计算应按现行行业标准《铁路桥涵设计规范》TB 10002的规定执行。

5.2.3 列车竖向静活载确定应符合下列规定：

1 列车竖向静活载图式应按本线列车的最大轴重、轴距及初期、近期和远期中最长的列车编组确定；

2 对单线或双线桥梁结构，应按列车活载作用于每一条线路确定；

3 对多于两线的桥梁结构，应按下列最不利情况确定：

1）按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%的列车活载；

4 对承受局部荷载的构件，均应为该活荷载的100%；

5 活载图式应按实际列车编组进行加载，但对影响线异符号区段，轴重应按空车重计。列车加载长度应采用本线初期、近

期和远期中最不利的编组。

5.2.4 列车活载的效应为列车静活载与列车竖向动力作用效应之和，列车的竖向动力作用应按列车竖向静活载乘以动力系数 μ 进行计算。动力系数 μ 的取值应符合下列规定：

1 支承轮轨式轨道交通的桥梁的动力系数 μ 根据列车最高运行速度 V 应按下列规定取值：

1）当 $V=120\text{km/h}$ 时，动力系数应按现行行业标准《铁路桥涵设计规范》TB 10002 规定的 μ 取值；

2）当 $V\leqslant 80\text{km/h}$ 时，动力系数应按现行行业标准《铁路桥涵设计规范》TB 10002 规定的 μ 取值乘以 0.8；

3）当 $80\text{km/h}<V<120\text{km/h}$ 时，动力系数应按列车最高运行速度进行线性插值确定。

2 支承单轨交通轨道梁的桥梁结构的动力系数 μ 应按下式计算：

$$\mu=\left(1+\frac{20}{50+L_1}\right)\cdot\frac{20}{50+L_2} \tag{5.2.4}$$

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

式中：L_1——轨道梁的跨度（m）；

L_2——支承单轨交通轨道梁的桥梁的跨度（m）。

3 单线 U 形梁桥道板的动力系数 μ 宜取 0.4，双线 U 形梁桥道板的动力系数宜取 0.3。

4 计算活载引起的土压力时可不计竖向动力作用。

5.2.5 钢桥的疲劳活载应采用运营列车活载，其动力系数应按本规范第 5.2.4 条计算的动力系数的 0.75 倍取值；钢桥的疲劳加载方式应符合下列规定：

1 双线钢桁梁的主桁和钢板梁整体受力应按现行行业标准《铁路桥梁钢结构设计规范》TB 10002.2 的规定执行；

2 钢桁梁的横梁、钢箱梁的横肋、横隔板及钢板梁的横隔板，应根据实际可能出现的最不利情况进行加载；

3 钢桁梁的纵梁、正交异性桥面板的纵肋，应根据单线荷

载可能出现的最不利情况进行加载。

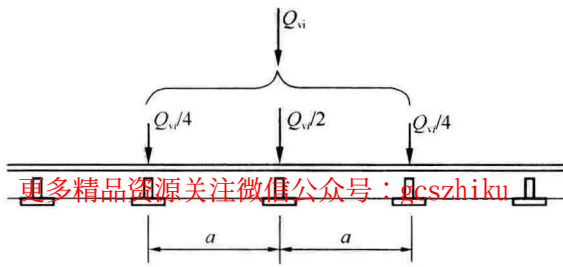
5.2.6 救援列车荷载和检修列车荷载应符合下列规定：

1 救援列车荷载应根据运营救援模式确定。当无详细资料时，救援列车荷载宜取一列满载列车，并应与运营列车进行最不利组合。

2 检修列车荷载应根据检修列车的实际情况确定。

5.2.7 列车轴重引起的集中荷载由于轨道结构引起的分布宜按下列规定进行计算：

1 列车轴重引起的集中荷载沿线路方向可分布于三个钢轨支点上（图 5.2.7-1）；



更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

图 5.2.7-1 列车轴重荷载沿线路方向的分布

Q_{vi}—列车轴重引起的集中荷载；a—钢轨支点纵向间距

2 列车轴重引起的集中荷载在无砟轨道中垂直线路方向的分布宽度宜按轨底宽加两倍轨下基础高度计算（图 5.2.7-2）。

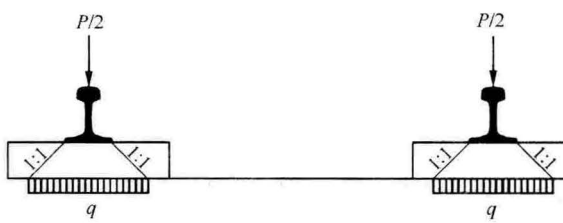


图 5.2.7-2 列车轴重荷载沿垂直线路方向的分布

P—列车轴重考虑纵向分布后的集中荷载；q—分布荷载的集度

5.2.8 位于曲线上的桥梁应计算列车产生的离心力，离心力计算应符合下列规定：

1 离心力应按下式计算：

$$F = \frac{V^2}{127R}N \tag{5.2.8}$$

式中：V——列车的运行速度（km/h）；

R——曲线半径（m）；

N——竖向静活载（kN）。

2 离心力作用点应位于轨面以上 1.8m 处。

5.2.9 列车横向摇摆力应按相邻两节车四个轴轴重的 15%计，应以横桥向集中力形式取最不利位置作用于轨顶面。多线桥可只计算任一条线上的横向摇摆力。

5.2.10 列车制动力或牵引力计算应符合下列规定：

1 区间桥梁的制动力或牵引力应按竖向静活载的 15%计算；当制动力或牵引力与离心力同时计算时，应按竖向静活载的 10%计算；

更多精品资源尽在微信公众号：gcszjk

2 区间双线桥宜仅计算一条线的制动力或牵引力；多线桥宜仅计算两条线的制动力或牵引力；

3 对高架车站及与车站相邻两侧 100m 范围内的区间双线桥应计算双线制动力或牵引力，每条线制动力或牵引力值应为竖向静活载的 10%；

4 制动力或牵引力应作用于轨顶以上车辆重心处，但计算墩台时应移至支座中心处，计算刚架结构时应移至横梁中线处，均不计移动作用点所产生的力矩。

5.2.11 列车竖向静活载在桥台后破坏棱体上引起的侧向土压力，应按现行行业标准《铁路桥涵设计规范》TB 10002 的规定计算。

5.2.12 无缝线路的伸缩力、挠曲力和断轨力，应根据轨道结构及梁-轨共同作用的原理分别按下列规定计算：

1　单线及多线桥宜仅计算一根钢轨的断轨力；

2　伸缩力、挠曲力、断轨力应作用于墩台上的支座中心处，不应计其实际作用点至支座中心的力矩影响；

3　当梁的内力效应中需计入伸缩力、挠曲力、断轨力的影响时，应进行专项研究。

5.2.13　风荷载应按现行行业标准《铁路桥涵设计规范》TB 10002的规定执行。

5.2.14　温度影响的取值应符合下列规定：

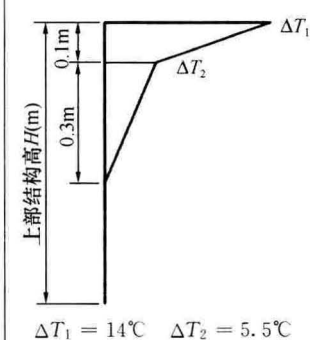
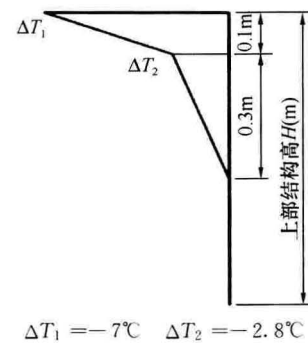
1　体系温差应从结构合龙时算起。钢结构桥梁的体系温差宜分别取合龙温度与历年极端最低气温、极端最高气温的差值；混凝土结构桥梁的体系温差宜分别取合龙温度与历年最冷月平均气温最低值、最热月平均气温最高值的差值。

2　温度梯度的计算宜根据结构类型的不同分别按下列规定取值：

1）混凝土梁竖向温度梯度宜按表5.2.14-1的规定取值；

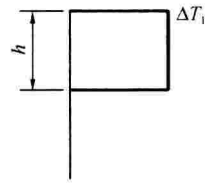
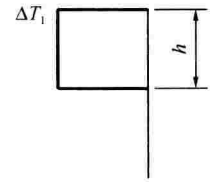
更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

表5.2.14-1　混凝土梁竖向温度梯度

温度变化	升温	降温
温度梯度	 $\Delta T_1 = 14℃$　$\Delta T_2 = 5.5℃$	 $\Delta T_1 = -7℃$　$\Delta T_2 = -2.8℃$

2）结合梁的温度梯度宜按表 5.2.14-2 的规定取值；

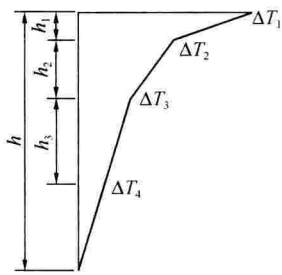
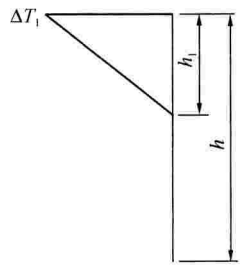
表 5.2.14-2　结合梁的温度梯度

温度变化	升温	降温
温度梯度	 $\Delta T_1=10℃$	 $\Delta T_1=-10℃$

注：h 为桥面板的厚度（m）。

3）钢箱梁的温度梯度宜按表 5.2.14-3 的规定取值；

表 5.2.14-3　钢箱梁的温度梯度

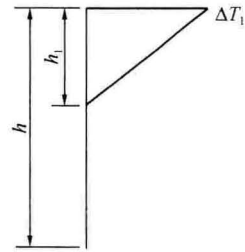
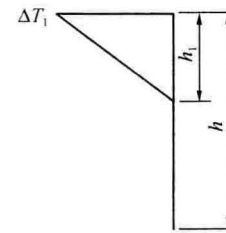
温度变化	升温	降温
温度梯度	 $h_1=0.1m$　$\Delta T_1=19℃$ $h_2=0.2m$　$\Delta T_2=11℃$ $h_3=0.3m$　$\Delta T_3=6℃$ $\Delta T_4=3℃$	 $h_1=0.5m$　$\Delta T_1=-6℃$

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

注：h 为梁高（m）。

4）钢桁梁上层正交异性板桥面的温度梯度宜按表 5.2.14-4 的规定取值；

表 5.2.14-4　钢桁梁上层正交异性板桥面的温度梯度

温度变化	升温	降温
温度梯度	 $h_1=0.5\text{m}$　$\Delta T_1=17℃$	 $\Delta T_1=-5℃$　$h_1=0.1\text{m}$

注：h 为正交异性板的高度（m）。

5）混凝土箱梁箱内外温差宜按±5℃取值。

3　拉索、吊杆等钢构件与梁、塔、拱肋等混凝土构件之间的温差宜取±10℃～±15℃；斜拉桥斜拉索与钢主梁温差宜取±10℃。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

5.2.15　混凝土的收缩、徐变影响宜按现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62 的规定执行。

5.2.16　桥墩承受的船只撞击力宜按现行行业标准《铁路桥涵设计规范》TB 10002 的规定执行。

5.2.17　桥墩承受的汽车撞击力顺行车方向宜采用 1000kN，横行车方向宜采用 500kN，应作用在路面以上 1.2m 高度处。

5.2.18　桥梁设计应按下列情况验算列车脱轨荷载作用：

1　多线桥宜仅计一线脱轨荷载，其他线路上不应作用列车荷载。

2　当列车脱轨后一侧车轮仍停留在轨道范围内时，应检算桥面板强度，材料容许应力提高系数宜取 1.4，列车脱轨荷载应符合下列规定：

1）脱轨荷载应为集中荷载，数值应取本线列车实际轴重的 1/2，并不宜计列车动力系数；

2）脱轨荷载应作用于线路中线两侧 2.1m 以内的桥面板

最不利位置处。

3 当列车脱轨后，列车已离开轨道范围，但仍停留在桥面上时，应检算结构的横向倾覆稳定性，倾覆稳定系数不应小于1.3，列车脱轨荷载应符合下列规定：

1） 脱轨线荷载数值宜取本线列车一节车轴重之和除以20m，不宜计列车动力系数、离心力和另一线竖向荷载；

2） 脱轨荷载应为线荷载，线荷载应作用于长度为20m、距中线之外1.4m的平行线段上。

5.2.19 施工临时荷载应根据施工方法和工艺的实际情况确定。

5.2.20 桥面人行道和疏散平台的竖向静活载应采用4.0kPa，人行道板还应按竖向集中荷载1.5kN检算。

5.2.21 桥梁栏板结构的横向水平推力和竖向压力应分别按0.75kN/m和0.36kN/m计算，水平推力应作用于桥面以上1.2m处。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

5.3 荷载组合

5.3.1 桥梁结构应按本规范第5.1.1条所列荷载根据可能出现的最不利组合进行计算。

5.3.2 桥梁设计时，主力宜仅与一个方向附加力进行组合。

5.3.3 轨道交通与道路交通合建桥梁的轨道交通活载应按本规范第5.2节的规定进行计算，道路活载应根据道路性质按现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60或《城市桥梁设计规范》CJJ 11的规定进行计算，轨道交通活载与道路活载的组合应符合下列规定：

1 对同时承受轨道交通和道路活载的构件，应按最不利组合取值：

1） 100%轨道交通活载与85%的道路活载的组合；

2） 85%轨道交通活载与100%的道路活载的组合。

2 对仅承受道路活载的构件，应取全部道路活载。

3　对仅承受轨道交通活载的构件，应取本规范第5.2节规定的全部活载。

5.3.4　同一股钢轨的伸缩力、挠曲力、断轨力不应相互组合；无缝线路纵向水平力不应与同线的离心力、牵引力或制动力进行组合。

5.3.5　无缝线路断轨力及船只或汽车撞击力，只应选取其中一种荷载与主力进行组合，不应与其他附加力组合。

5.3.6　流水压力不应与制动力或牵引力组合。

5.3.7　地震力与其他荷载的组合应按现行国家标准《铁路工程抗震设计规范》GB 50111的规定执行。

5.3.8　列车脱轨荷载不应与其他附加力组合。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

6 刚度要求

6.0.1 梁式桥跨结构由列车竖向静活载引起的竖向挠度不应超过表 6.0.1 规定的容许值。

表 6.0.1 梁体竖向挠度的容许值

跨度 L（m）	竖向挠度容许值
$L \leqslant 30$	$L/2000$
$30 < L \leqslant 60$	$L/1500$
$60 < L \leqslant 80$	$L/1200$
$L > 80$	$L/1000$

6.0.2 拱桥的 1/4 跨度处，由列车竖向静活载所产生的上下挠度绝对值之和，不宜大于计算跨度的 1/800。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

6.0.3 斜拉桥由列车竖向静活载所产生的梁体竖向挠度不宜大于计算跨度的 1/600。列车竖向静活载与公路静活载同时作用下，结构的竖向挠度不宜大于计算跨度的 1/500。

6.0.4 在列车静活载作用下，有砟轨道桥梁梁体单端竖向转角不应大于 5‰，无砟轨道桥梁梁体单端转角不应大于 3‰。当无砟轨道桥梁梁体单端竖向转角大于 2‰时，应检算梁端处轨道扣件的上拔力。

6.0.5 在列车横向摇摆力、离心力、风力和温度力作用下，桥跨结构梁体的横向水平挠度不宜大于计算跨度的 1/4000。

6.0.6 在计入动力系数的列车活载作用下，桥跨结构整体扭转产生的梁体同一横断面一条线上两根钢轨的竖向变形差不应大于 6mm。列车静活载作用下，沿梁纵向 3m 梁长的局部翘曲变形引起的一条线上两根钢轨的竖向相对变形量 t 不应大于 4.5mm（图 6.0.6）。

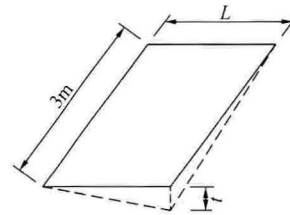


图 6.0.6　桥面局部翘曲变形示意

L—钢轨间距

6.0.7　跨度大于 100m 的桥梁宜按实际运营列车进行车-桥系统或风-车-桥系统耦合振动分析检算，最大检算速度应采用 1.2 倍的本线最高运营速度，列车走行安全性及乘客乘坐舒适度指标应满足下列公式要求：

脱轨系数：

$$Q/P \leqslant 0.8 \tag{6.0.7-1}$$

轮重减载率：

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

$$\Delta P/\overline{P} \leqslant 0.6 \tag{6.0.7-2}$$

车体竖向加速度：

$$a_z \leqslant 0.13g\text{(半峰值)} \tag{6.0.7-3}$$

车体横向加速度：

$$a_y \leqslant 0.10g\text{(半峰值)} \tag{6.0.7-4}$$

式中：Q——列车轮对一侧车轮的横向力（kN）；

P——一侧车轮垂直力（kN）；

ΔP——一侧车轮轮重减载量（kN）；

$\overline{P}$——车轮的平均轮重（kN）；

g——重力加速度（m/s^2）。

6.0.8　桥墩刚度的控制应符合下列规定：

1　在最不利荷载作用下，桥墩横向刚度应符合下列规定：

1）当桥梁跨度 $L \geqslant 5m$ 时，桥墩墩顶横向水平位移应满足下式要求：

$$\Delta_h \leqslant 4\sqrt{L} \tag{6.0.8-1}$$

式中：L——桥梁跨度（m），当为不等跨时采用相邻跨中的较小跨度；

Δ_h——墩顶横桥向水平位移（mm），包括由于墩身和基础的弹性变形及地基弹性变形的影响。

2）当桥梁跨度 $L<5$m 时，梁缝处水平折角不应大于 2.5‰。

2 在最不利荷载作用下，墩顶顺桥向水平位移 Δ_s 应符合下列规定：

1）当桥梁跨度 $L\geqslant 25$m 时，

$$\Delta_s \leqslant 5\sqrt{L} \qquad (6.0.8\text{-}2)$$

2）当桥梁跨度 $L<25$m 时，

$$\Delta_s \leqslant 25 \qquad (6.0.8\text{-}3)$$

式中：L——桥梁跨度（m），当为不等跨时采用相邻跨中的较小跨度；

Δ_s——墩顶横桥向水平位移（mm），包括由于墩身和基础的弹性变形及地基弹性变形的影响。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

3 桥上铺设无缝线路且无钢轨伸缩调节器的双线及多线简支梁桥，桥墩的墩顶纵向最小水平线刚度限值应根据梁-轨共同作用计算确定，也可按表 6.0.8 的规定取值。单线桥梁桥墩纵向水平线刚度宜取用表中数值的 0.6 倍。

表 6.0.8　桥墩墩顶纵向水平线刚度限值

跨度 L（m）	最小水平线刚度（kN/cm）
$L\leqslant 20$	190
$20<L\leqslant 30$	240
$30<L\leqslant 40$	320

注：不设钢轨伸缩调节器的连续梁，当联长小于列车编组长度时，以联长为跨度，按跨度与 30m 比增大的比例增大刚度；当联长大于列车长度时，以列车长为跨度，按跨度与 30m 比增大的比例增大刚度。对于连续刚构桥或设置多个固定支座的连续梁桥，计算其刚度时可取刚构墩的纵向合成刚度。

7 结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 梁桥、刚构桥、拱桥及墩台设计除应符合本规范的规定外，尚应符合现行行业标准《铁路桥涵设计规范》TB 10002、《铁路桥梁钢结构设计规范》TB 10002.2 和《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092 的规定。

7.1.2 桥梁基础设计和地基的物理力学指标应符合现行行业标准《铁路桥涵地基和基础设计规范》TB 10093 的规定。

7.1.3 梁式桥跨结构在最不利组合荷载作用下，横向倾覆稳定系数不应小于 1.3。

7.1.4 桥梁应验算预梁工况，预梁验算应满足在荷载作用下桥梁整体和局部构件的安全性。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

7.1.5 当结构自重（包括附加建筑自重）、预加力、前期收缩徐变及静活载引起的竖向挠度大于 15mm 或跨度的 1/1600 时，应设置预拱度；预拱度曲线应与结构自重（包括附加建筑自重）、预加力、前期收缩徐变及 1/2 静活载所产生的挠度曲线基本相同，但方向应相反。

7.1.6 跨度 150m 及以下铺设无砟轨道的预应力混凝土梁的后期徐变变形量控制，宜符合下列规定：

1 当桥梁跨度 L 小于 50m 时，徐变变形量不宜大于 10mm；

2 当桥梁跨度 L 大于或等于 50m 时，徐变变形量不宜大于 $L/5000$。

7.1.7 区间桥梁墩台基础的沉降应按恒载计算。计算总沉降量不应大于 50mm。对跨度小于或等于 40m 梁的相邻桥墩，其工后沉降量之差有砟桥面不应超过 20mm，无砟桥面不应超过

10mm。对外部超静定结构，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。

7.1.8 曲线梁桥横向宜设置双支座。

7.1.9 拱桥应进行单根吊杆失效工况的验算，当单根吊杆失效时，仍应保证双线行车。进行该状态验算时，钢构件和钢筋混凝土构件的容许应力提高系数宜取 1.4，预应力混凝土构件的抗裂安全系数宜取 1.1，强度安全系数宜取 1.6。

7.1.10 拱桥宜按弹性理论检算整体稳定性，在恒载和活载作用下整体稳定的安全系数不应小于 4.0。

7.1.11 拱肋或拱圈的杆件稳定宜简化为自由长度为 L_0 的直杆进行验算，其验算方法应根据其材料的不同按现行行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092 或《铁路桥梁钢结构设计规范》TB 10002.2 的规定执行，其中自由长度 L_0 应按下式计算：

$$L_0 = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{N_{cr}}{EI}}} \tag{7.1.11}$$

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

式中：L_0——自由长度（m）；

N_{cr}——验算平面内的整体失稳一阶模态下的拱肋或拱圈的临界轴力（kN）；

E——拱肋或拱圈的弹性模量（kPa）；

I——拱肋或拱圈截面的惯性矩（m^4）。

7.1.12 分离式拱肋间横撑的构造及数量应根据稳定性计算确定。箱形断面拱肋（拱圈）在拱顶处、立柱支承处或吊杆连接处，应设置横隔板。

7.1.13 下承或中承式拱桥的吊杆强度安全系数不应小于 3.0。吊杆的应力幅计算值应小于该类型吊杆的容许应力幅。

7.1.14 斜拉桥拉索的最大使用应力应符合下列规定：

1 钢绞线拉索的最大应力应满足下列规定：

1） 当活载应力幅 $\Delta\sigma \leqslant 50$MPa 时，

$$[\sigma] \leqslant 0.6 f_{pk} \tag{7.1.14-1}$$

2）当活载应力幅 $\Delta\sigma>50$MPa 时，

$$[\sigma]\leqslant 0.4f_{pk} \qquad (7.1.14\text{-}2)$$

2 平行钢丝拉索的最大应力应满足下列规定：

1）当活载应力幅 $\Delta\sigma\leqslant 70$MPa 时，

$$[\sigma]\leqslant 0.6f_{pk} \qquad (7.1.14\text{-}3)$$

2）当活载应力幅 $\Delta\sigma>70$MPa 时，

$$[\sigma]\leqslant 0.4f_{pk} \qquad (7.1.14\text{-}4)$$

式中：$[\sigma]$——拉索的容许应力（MPa）；

f_{pk}——拉索的抗拉强度标准值（MPa）。

3 施工状态拉索的最大容许应力可提高 25%，但不应超过 $0.6f_{pk}$。

7.1.15 斜拉桥不应采用全漂浮体系。

7.1.16 斜拉桥应验算单根拉索失效的工况，当单根拉索失效时仍应能满足双线行车的要求，钢构件和钢筋混凝土构件的容许应力提高系数宜采用 1.4；预应力混凝土的抗裂安全系数宜采用 1.1，强度安全系数宜采用 1.6。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

7.1.17 当桥墩可能承受车船、排筏或漂流物撞击时，在外力作用点高度以下部位，不宜采用空心墩。

7.1.18 桥梁支座宜采用轨道交通标准系列的盆式橡胶支座或球形钢支座，严寒地区及对耐久性有特殊要求的地区宜采用球形钢支座。

7.1.19 U 形梁桥道板的受力宜建立空间有限元模型进行计算，也可按下列公式进行估算：

1 桥道板跨中的横向最大正弯矩 M_1：

$$M_1 = M_0 \qquad (7.1.19\text{-}1)$$

2 桥道板支点的横向最大正弯矩 M_2：

$$M_2 = 0.25M_0 \qquad (7.1.19\text{-}2)$$

3 桥道板支点的横向最大负弯矩 M_3：

$$M_3 = 0.5M_0 \qquad (7.1.19\text{-}3)$$

式中：M_0——以腹板内侧间距为计算跨径的简支板跨中弯矩（kN·m）。

7.2 混凝土结构

7.2.1 矩形、带翼缘箱形和腹板（肋板）、翼缘板以及顶（底）板组合截面弯扭构件的塑性抵抗矩和截面扭矩应符合下列规定：

1 截面受扭塑性抵抗矩 W_t、腹板或矩形箱体塑性抵抗矩 W_{tw}、翼缘板塑性抵抗矩 W_{tf}、组合截面顶（底）板塑性抵抗矩 W_{tb}应按本规范附录 A.0.1 计算；

2 矩形、带翼缘箱形和腹板（肋板）、翼缘板以及顶（底）板组合截面弯扭构件的扭矩分配应按下列公式计算：

$$T_w = \frac{W_{tw}}{W_t} \times T \qquad (7.2.1\text{-}1)$$

$$T_f = \frac{W_{tf}}{W_t} \times T \qquad (7.2.1\text{-}2)$$

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

$$T_b = \frac{W_{tb}}{W_t} \times T \qquad (7.2.1\text{-}3)$$

式中：T——截面扭矩（kN·m）；

T_w——分配给腹板或矩形箱体的扭矩（kN·m）；

T_f——分配给翼缘板的扭矩（kN·m）；

T_b——分配给组合截面顶（底）板的扭矩（kN·m）；

W_t——截面受扭塑性抵抗矩（m^3）；

W_{tw}——腹板或矩形箱体的塑性抵抗矩（m^3）；

W_{tf}——翼缘板的塑性抵抗矩（m^3）；

W_{tb}——组合截面顶（底）板的塑性抵抗矩（m^3）。

7.2.2 矩形、箱形、板肋组合截面弯扭构件纵向钢筋和箍筋计算应符合下列规定：

1 正截面抗弯强度计算应按现行行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092 的规定执行；

2 抗扭强度计算所需的纵向钢筋和箍筋面积宜按本规范附录 A.0.2 计算，并应沿周边均匀对称布置；

3 纵向钢筋的总面积为按弯矩计算所得结果与按扭矩计算所得结果的叠加。计算时应取弯矩最大值及其对应扭矩值和扭矩最大值及其对应弯矩值两种情况，并应取计算结果的较大值。

7.2.3 弯扭构件截面尺寸、抗扭强度以及抗剪强度应符合下列规定：

1 矩形或箱形截面弯扭构件的截面尺寸应符合下式要求：

$$\frac{V}{b h_0}+\frac{T}{W_t}\leqslant[\sigma_{tp-1}] \tag{7.2.3-1}$$

式中：V——截面计算剪力（kN）；

T——计算扭矩（kN·m）；

b——垂直于弯矩作用平面的矩形截面宽度或箱形截面腹板总宽度（m）；

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

h_0——平行于弯矩作用平面的矩形或箱形截面的有效高度（m）；

W_t——截面受扭塑性抵抗矩（m^3）；

$[\sigma_{tp-1}]$——有箍筋及斜筋时的容许主拉应力（kPa）。

2 当矩形或箱形截面弯扭构件满足式（7.2.3-2）时，可不进行抗扭、抗剪强度计算，但应按现行行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092 的规定配置构造钢筋：

$$\frac{V}{bh_0}+\frac{T}{W_t}\leqslant[\sigma_{tp-2}] \tag{7.2.3-2}$$

式中：$[\sigma_{tp-2}]$——无箍筋及斜筋时的容许主拉应力（kPa）。

3 矩形或箱形截面弯扭构件抗扭强度宜按本规范附录 A.0.2 的规定计算，抗剪强度宜按现行行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092 的规定计算。

7.2.4 钢筋混凝土牛腿宜按本规范附录 B 的规定计算。

7.2.5 桩基承台计算应符合本规范附录 C 的规定。

7.3 钢 结 构

7.3.1 以受弯为主的腹板和横隔板的加劲肋尺寸、刚度与间距应符合现行行业标准《铁路桥梁钢结构设计规范》TB 10002.2的规定。

7.3.2 钢结构弯曲受压的正交异性板的有效分布宽度（图7.3.2-1）应符合下列规定：

1 有效分布宽度（图7.3.2-1）应按下列公式计算：

$$b_{e1} = \beta b_{01} \qquad (7.3.2\text{-}1)$$

$$b_{e2} = \beta b_{02} \qquad (7.3.2\text{-}2)$$

式中：b_{e1}——腹板外侧翼缘的有效分布宽度（mm）；

b_{e2}——腹板内侧翼缘的有效分布宽度（mm）；

b_{01}——腹板外侧翼缘宽度（mm）；

b_{02}——腹板中心距的一半（mm）；

β——有效宽度系数，按第7.3.2条第2款取值。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

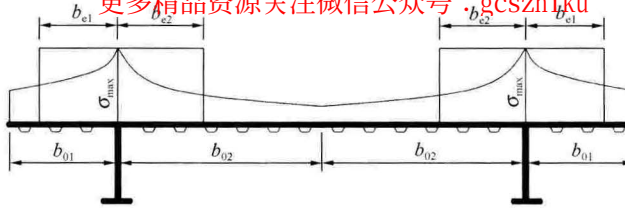


图7.3.2-1 有效宽度分布示意

2 有效宽度系数β应按表7.3.2的规定计算。

表7.3.2 有效宽度系数β

系数k	受力状态及位置	β值
$k \leqslant 0.02$	—	$\beta=1$
$0.02<k\leqslant 0.70$	正弯矩	$\beta=\beta_1=\dfrac{1}{1+6.4k^2}$
	负弯矩	$\beta=\beta_2=\dfrac{1}{1+6.0\left(k-\dfrac{1}{2500k}\right)+1.6k^2}$

续表 7.3.2

系数 k	受力状态及位置	β 值
$k>0.70$	正弯矩	$\beta=\beta_1=\frac{1}{5.9k}$
	负弯矩	$\beta=\beta_2=\frac{1}{8.6k}$
其他	端支点处	$\beta_0=\left(0.55+\frac{0.025}{k}\right)\beta_1$ 且 $\beta_0<\beta_1$
	悬臂	$\beta=\beta_2$ 支承处和尾端

1）系数 k 应按下列公式计算：

$$k=\frac{a_0 b_0}{L_{e,i}}(i=1,2,3,4) \tag{7.3.2-3}$$

$$\alpha_0=\sqrt{1+\frac{A_{sl}}{t\cdot b_0}} \tag{7.3.2-4}$$

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

式中：A_{sl}——纵向加劲肋在 b_0 长度范围内的面积（mm^2）；

t——腹板厚度（mm）；

b_0——板件的实际宽度，当计算受压悬臂板时，$b_0=b_{01}$；当计算腹板内侧受压板时，$b_0=b_{02}$；

$L_{e,i}$——翼缘有效宽度计算的等效跨径（mm）。

2）翼缘有效宽度计算的等效跨径 $L_{e,i}$ 应按下列公式计算（图 7.3.2-2）：

$$L_{e,1}=0.85L_1 \tag{7.3.2-5}$$

$$L_{e,2}=0.25(L_1+L_2) \tag{7.3.2-6}$$

$$L_{e,3}=0.70L_2 \tag{7.3.2-7}$$

$$L_{e,4}=2L_3 \tag{7.3.2-8}$$

3 有效宽度系数 β 沿梁纵向的分布范围宜符合下列规定（图 7.3.2-3）：

1）无悬臂的边支点有效宽度系数为 β_0；

2）边跨跨中有效宽度系数为 β_1，其分布范围为边跨的跨

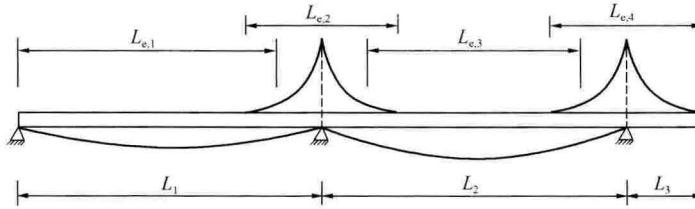


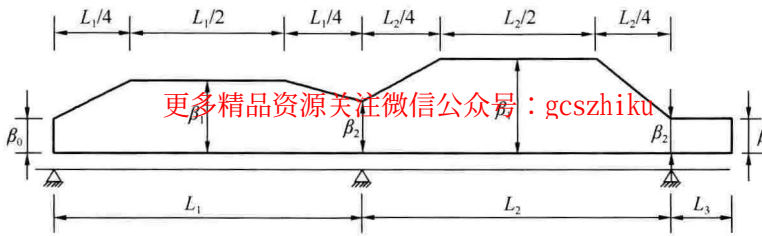
图 7.3.2-2　翼缘有效宽度计算的等效跨径 $L_{e,i}$

中 $L_1/2$ 区域；

3）中支点有效宽度系数为 β_2；

4）中跨跨中有效宽度系数为 β_1，其分布范围为中跨的跨中 $L_2/2$ 区域；

5）悬臂板跨度 L_3 范围内的有效宽度系数为 β_2。



更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

图 7.3.2-3　有效宽度系数的分布范围

7.3.3　均匀受压板件和以受压为主的腹板加劲肋的几何尺寸应符合下列规定：

1　开口加劲肋几何尺寸（图 7.3.3-1）应符合下列规定：

1）扁钢加劲肋的宽厚比应满足下式要求：

$$\frac{h_s}{t_s} \leqslant 12\sqrt{\frac{345}{\sigma_s}} \qquad (7.3.3\text{-}1)$$

式中：t_s——加劲肋腹板厚度（mm）；

h_s——加劲肋腹板高度（mm）；

σ_s——加劲肋的屈服强度（MPa）。

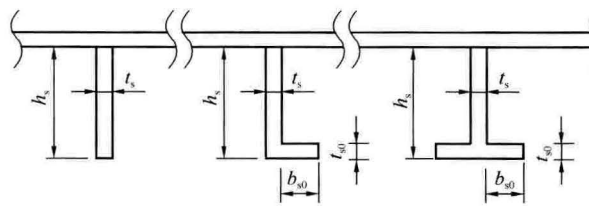
2）L 形、T 形钢加劲肋的尺寸比例应满足下列公式要求：

$$\frac{b_{s0}}{t_{s0}} \leqslant 12\sqrt{\frac{345}{\sigma_s}} \qquad (7.3.3\text{-}2)$$

$$\frac{h_s}{t_s} \leqslant 30\sqrt{\frac{345}{\sigma_s}} \qquad (7.3.3\text{-}3)$$

式中：t_{s0}——L形、T形加劲肋底板厚度（mm）；

b_{s0}——L形、T形加劲肋底板边缘到腹板的净宽度（mm）。



(a) 板肋　(b) L形肋　(c) T形肋

图 7.3.3-1　加劲肋尺寸符号

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

2　闭口加劲肋几何尺寸（图 7.3.3-2）应满足下列公式要求：

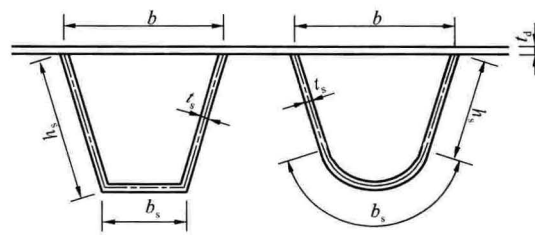


图 7.3.3-2　加劲肋尺寸符号

$$\frac{b_s}{t_s} \leqslant 40\sqrt{\frac{345}{\sigma_s}} \qquad (7.3.3\text{-}4)$$

$$\frac{h_s}{t_s} \leqslant 40\sqrt{\frac{345}{\sigma_s}} \qquad (7.3.3\text{-}5)$$

$$\frac{t_s b^3}{t_d^3 h_s} \leqslant 400 \qquad (7.3.3\text{-}6)$$

式中：t_d——桥面板厚度（mm）；

b——加劲肋腹板上口宽度（mm）；

b_s——加劲肋腹板下口宽度（mm）；

t_s——加劲肋腹板厚度（mm）；

h_s——加劲肋腹板斜向高度（mm）。

7.3.4 均匀受压板件和以受压为主的腹板纵向加劲肋的刚度宜满足下列公式的要求：

$$I_l \geqslant \frac{bt^3}{12(1-\nu^2)}\gamma \tag{7.3.4-1}$$

$$\gamma = \begin{cases} \dfrac{1}{n}\left[4n^2(1+n\delta_1)\alpha^2 r^2 - (\alpha^2+1)^2\right] & (\alpha \leqslant \alpha_0) \\ \dfrac{1}{n}\left\{\left[2n^2(1+n\delta_l)-1\right]^2 r^2 - 1\right\} & (\alpha \leqslant \alpha_0) \end{cases} \tag{7.3.4-2}$$

$$n = n_l + 1 \tag{7.3.4-3}$$

$$\alpha = a/b \tag{7.3.4-4}$$

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

$$\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_l} \tag{7.3.4-5}$$

$$\gamma_l = \frac{I_l \times 12(1-\nu^2)}{bt^3} \tag{7.3.4-6}$$

$$t_0 = \begin{cases} \dfrac{b}{28n}\ （当加劲板为 Q235 时） \\ \dfrac{b}{22n}\ （当加劲板为 Q345、Q370 或 Q420 时） \end{cases} \tag{7.3.4-7}$$

$$r = \frac{t_0}{t} \tag{7.3.4-8}$$

$$\delta_l = A_l/bt \tag{7.3.4-9}$$

式中：I_l——纵向单根加劲肋对被加劲板的抗弯惯性矩（mm^4）；

n——被加劲肋分隔的局部板件数目；

n_l——纵向加劲肋数目；

α——被加劲板长宽比；

a——被加劲板长度（横隔板或横框间距）（mm）；

b——被加劲板宽度（加劲肋位置处的腹板或纵隔板之间的距离）（mm）；

α_0——被加劲板长宽比限值；

γ_l——加劲肋的抗弯刚度比；

t——被加劲板厚度（mm）；

t_0——不考虑加劲板局部稳定容许应力折减时的最小板厚（mm）；

r——被加劲板厚度修正系数，且不大于1.0；

δ_l——单根加劲肋的截面面积与被加劲板的面积之比；

A_l——单根加劲肋的截面面积（mm^2）；

ν——泊松比。

7.3.5 承受动荷载的结构构件及其连接除正交异性板可按本规范附录D的规定进行疲劳检算外，其余构件应按现行行业标准《铁路桥梁钢结构设计规范》（TB 10002.2）的规定进行疲劳检算。

更多精品资源请在微信公众号：gc52hkkd

7.4 钢-混凝土结合梁

7.4.1 钢-混凝土结合梁应按容许应力法设计，混凝土板的设计和钢梁的设计应符合本规范第7.1.1条的规定。

7.4.2 钢-混凝土结合梁设计应根据受力阶段和钢梁与混凝土桥面板的结合状态对结构的安全性进行验算，并应满足结构在达到强度破坏之前，钢结构不发生局部失稳。

7.4.3 抗剪连接件应能承担钢梁和混凝土桥面板之间的水平剪力，同时应能抵抗混凝土桥面板与钢梁间的掀起作用。

7.4.4 当采用换算截面计算变形、内力和应力时，截面特性的取值应符合下列规定：

1 应采用将钢筋混凝土板换算成钢截面的换算截面法，换算时钢与混凝土弹性模量比n值应根据荷载类型的不同分别按表7.4.4的规定采用，换算前后混凝土桥面板重心位置应保持不变；

表 7.4.4　弹性模量比 n

荷载类型	恒载	活载	温度	收缩、徐变
n	15	7	10	15

2　应力计算时，混凝土板的高度应采用全高度；

3　变形计算时，应计算剪力键的滑移效应，若不做计算，刚度折减系数可取 0.85；

4　连续梁宜先按全截面计算内力，当混凝土桥面板的拉应力大于混凝土极限抗拉强度 f_{ct} 时，应重新计算结构内力；重新计算时，其负弯矩区的截面特性计算应只计入混凝土桥面板内的纵向受拉钢筋。当支座间相邻跨的短长跨比均大于 0.6 时，每个中支点两侧的负弯矩区段可取为该跨的 0.15 倍跨径。

7.4.5　应力验算时，截面有效宽度计算应符合下列规定：

1　简支梁的跨中截面及连续梁的跨中和中支点截面的桥面板有效宽度 b_e（图 7.4.5-1）应按下列公式计算：

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

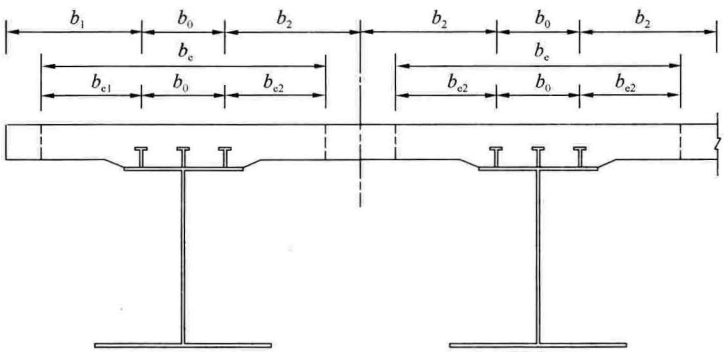


图 7.4.5-1　截面有效宽度 b_e

$$\text{边板：} b_e = b_0 + b_{e1} + b_{e2} \tag{7.4.5-1}$$

$$\text{中板：} b_e = b_0 + 2b_{e2} \tag{7.4.5-2}$$

$$b_{e1} = \frac{L_{ei}}{8} \leqslant b_1 \tag{7.4.5-3}$$

$$b_{e2}=\frac{L_{ei}}{8}\leqslant b_2 \qquad (7.4.5\text{-}4)$$

式中：b_0——外侧抗剪连接件中心距（m）；

b_{e1}——腹板外侧桥面板有效宽度（m）；

b_{e2}——腹板内侧桥面板有效宽度（m）；

b_1——外侧抗剪连接件中心至悬臂板边缘的距离（m）；

b_2——相邻钢梁腹板外侧抗剪连接件中心距的一半（m）；

L_1——简支梁计算跨径或连续梁边跨计算跨径（m）；

L_2——连续梁中跨计算跨径（m）；

L_{ei}——等效跨径（m），验算简支梁截面时取计算跨径 $L_{e1}=L_1$，验算连续梁边跨跨中截面时取 $L_{e2}=0.85L_1$，验算连续梁中支点截面时取 $L_{e3}=0.25(L_1+L_2)$，验算连续梁中跨跨中截面时取 $L_{e4}=0.70L_2$（图 7.4.5-2）。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

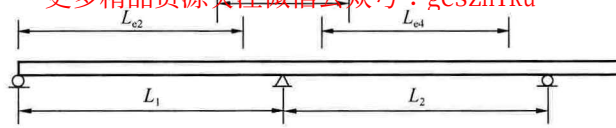


图 7.4.5-2　等效跨径

2　简支梁的支点截面和连续梁的边支点截面的桥面板有效宽度 b_e 宜按下列公式计算：

$$\text{边板：}b_e=b_0+\beta_1 b_{e1}+\beta_2 b_{e2} \qquad (7.4.5\text{-}5)$$

$$\text{中板：}b_e=b_0+2\beta_2 b_{e2} \qquad (7.4.5\text{-}6)$$

$$\beta_1=0.55+0.025\frac{L_{ei}}{b_1} \qquad (7.4.5\text{-}7)$$

$$\beta_2=0.55+0.025\frac{L_{ei}}{b_2} \qquad (7.4.5\text{-}8)$$

3　截面有效宽度沿梁纵向的分布范围（图 7.4.5-3）宜符合下列规定：

1）边支点截面有效宽度 b_{e-0} 应按式（7.4.5-5）、（7.4.5-6）

计算；

2）边跨跨中截面有效宽度 b_{e-1} 应按式（7.4.5-1）计算，其分布范围为边跨的跨中 $L_1/2$ 区域；

3）中支点截面有效宽度 b_{e-2} 应按式（7.4.5-2）计算；

4）中跨跨中截面有效宽度 b_{e-3} 应按式（7.4.5-2）计算，其分布范围为中跨的跨中 $L_2/2$ 区域。

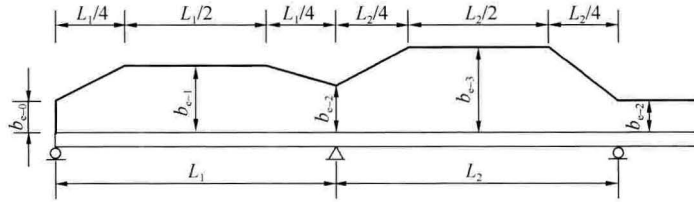


图 7.4.5-3　截面有效宽度沿梁纵向的分布范围

7.4.6　钢梁剪应力验算时，截面的竖向剪力宜由钢梁腹板单独承担。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

7.4.7　桥面板的横向计算应符合下列规定：

1　计算跨度应为钢梁中心距；

2　支点剪力应取钢梁翼缘板端部对应截面处的剪力。

7.4.8　同一截面钢梁与混凝土板之间的纵向水平剪力应由各抗剪连接件平均承担，剪力连接件数量应按单位梁长的纵向水平剪力包络图计算，并宜沿纵向分段均匀布置。单位梁长的纵向水平剪力包络值应按下式计算：

$$V_{ld} = V_{ld1} + V_{ld2} + V_{ld3} \tag{7.4.8}$$

式中：V_{ld}——单位梁长的纵向水平剪力包络值（N/m）；

V_{ld1}——结合面上除混凝土收缩、徐变变形、温差以及预应力束集中锚固力以外的外荷载产生的竖向剪力引起的单位梁长的纵向水平剪力（N/m），按本规范第 7.4.9 条计算；

V_{ld2}——结合面上由于混凝土收缩、徐变变形及温差引起的单位梁长的纵向水平剪力（N/m），按本规范第

7.4.10 条计算；

V_{ld3}——结合面上由于预应力束集中锚固力引起的单位梁长的纵向水平剪力（N/m），按本规范第 7.4.11 条计算。

7.4.9 结合面上外荷载产生的竖向剪力引起单位梁长的纵向水平剪力，应按下式计算：

$$V_{ld1} = \Sigma \frac{V_{di} S_i}{I_i} \tag{7.4.9}$$

式中：V_{di}——不同荷载类型作用于结合梁上产生的竖向剪力（N）；

S_i——不同荷载类型下，混凝土截面对换算截面重心轴的面积矩（m^3）；

I_i——不同荷载类型下，换算截面惯性矩（m^4）（负弯矩区混凝土按未开裂截面计算）。

7.4.10 结合面上由混凝土收缩、徐变变形及温差产生的单位梁长的水平剪力 V_{ld2} 计算应符合下列规定：

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

1 结合面上由混凝土收缩、徐变变形及温差产生的纵向水平剪力 V_s，宜按梁的竖向等效温差效应计算。其中，混凝土收缩作用的等效温差，对于预制板，可按桥面板温度降低 5℃计算，对于现浇板，可按桥面板温度降低 15℃计算；混凝土的徐变作用，应先根据混凝土桥面板形心处的恒载应力计算出徐变应变，再转换为产生同等应变的等效温差进行计算。

2 V_s 应由梁端部长度 l_{cs} 范围内的连接件承受，并应假定在梁端至 l_{cs} 范围内线性递减分布（图 7.4.10）。

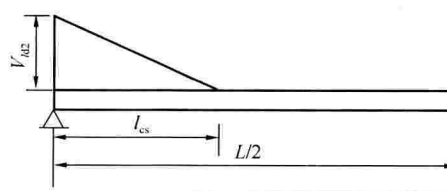


图 7.4.10 V_{ld2} 沿纵桥向变化图

3 结合面上由混凝土收缩、徐变变形及温差产生的单位梁长的纵向水平剪力 V_{ld2} 应按下式计算：

$$V_{ld2} = \frac{2V_s}{l_{cs}} \tag{7.4.10}$$

式中：V_s——由混凝土收缩、徐变变形及温差产生的纵向水平剪力（N）；

l_{cs}——由混凝土收缩、徐变变形及温差引起的纵向水平剪力的计算传递长度（m）。

4 计算传递长度 l_{cs} 应取主梁腹板间距和主梁等效计算跨度的 1/10 中的较小值。

5 对于超静定结构，混凝土收缩、徐变变形及温差产生的支座次反力引起的单位梁长的纵向水平剪力，宜按本规范第 7.4.9 条计算。

7.4.11 结合面上由于预应力束集中锚固力引起的单位梁长的纵向水平剪力 V_{ld3} 计算应符合下列规定：

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

1 对于先形成结合面后张拉预应力筋的结合梁，结合面上由于预应力束集中锚固力引起的水平剪力可由梁端一倍结合梁梁高 h 长度范围内的连接件承受，并假定在锚固端至 h 长度范围内线性递减分布。锚固端处的单位梁长纵向水平剪力 V_{ld3} 应按下式计算：

$$V_{ld3} = V_p \tag{7.4.11}$$

式中：V_p——换算截面上，由预应力集中锚固力引起钢梁截面应力的代数和（N）。

2 对于超静定结构，预应力产生的支座次反力等引起的单位梁长的纵向水平剪力，宜按本规范第 7.4.9 条的规定进行计算。

7.4.12 结合梁的抗剪连接件宜采用焊钉或开孔钢板连接件。

7.4.13 焊钉抗剪能力计算应符合下列规定：

1 单个焊钉的容许剪力宜为 $0.5N_v^c$；

2 N_v^c 宜取下列公式中的较小值：

1）当发生焊钉剪切破坏时：

$$N_v^c = 0.7 A_s f \tag{7.4.13-1}$$

2）当发生混凝土压碎破坏时：

$$N_v^c = 0.43 A_s \sqrt{E_c f_c} \tag{7.4.13-2}$$

式中：N_v^c——单个焊钉连接件抗剪强度（N）；

A_s——焊钉钉杆的截面面积（mm^2）；

E_c——混凝土弹性模量（MPa）；

f_c——混凝土抗压极限强度（MPa）；

f——焊钉材料抗拉强度（MPa），不大于400MPa。

7.4.14 开孔钢板连接件抗剪能力应按下列规定进行计算：

1 开孔钢板连接件的单孔容许剪力为0.25 N_v^c；

2 N_v^c应取下列公式中的较小值：

$$N_v^c = 1.85\left[\frac{\pi(d_1^2 - d_2^2) f_c}{4} + \frac{\pi \cdot d_2^2 f_s}{4}\right] - 106100 \quad (23400 \leqslant N_v^c \leqslant 596000) \tag{7.4.14-1}$$

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

$$N_v^c = \frac{5}{3} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}} A_s \tag{7.4.14-2}$$

式中：N_v^c——开孔钢板连接件的单孔抗剪承载力（N）；

d_1——开孔板孔洞直径（mm）；

d_2——横向贯通钢筋直径（mm）；

A_s——两个相邻开孔间钢板的面积（mm）；

f_c——混凝土轴心抗压极限强度（MPa）；

f_s——贯通钢筋抗拉计算强度（MPa）；

f_y——钢板的屈服强度（MPa）。

7.5 构 造 要 求

7.5.1 U形梁的构造应符合下列规定：

1 单线梁桥面板厚度不应小于25cm；

2 梁端部应设置和桥面板构成整体的端横梁。

7.5.2 弯扭构件的纵向钢筋应符合下列规定：

1 梁内受扭纵向钢筋的最小配筋率 ρ_{min} 和纵向钢筋的最小面积 A_{stl} 应按下列公式计算：

$$\rho_{min}=0.35\sqrt{\frac{T}{Vb}}\frac{f_{ct}}{f_s}\left(\text{当}\frac{T}{Vb}>2.0\text{时，取}\frac{T}{Vb}=2.0\right) \tag{7.5.2-1}$$

$$A_{stl}=\rho_{min}bh \tag{7.5.2-2}$$

式中：ρ_{min}——扭纵向钢筋的最小配筋率；

A_{stl}——纵向钢筋的最小面积（m^2）

T——截面计算扭矩（kN·m）；

V——截面计算剪力（kN）；

b——截面宽度（m），按本规范附录A的规定取值；

h——截面高度（m），按本规范附录A的规定取值；

f_{ct}——混凝土轴心抗拉极限强度（MPa）；

f_s——普通钢筋抗拉计算强度（MPa）。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

2 受扭纵向钢筋除应在梁截面四角设置外，其余宜沿截面周边均匀对称布置，间距不应大于200mm及梁截面短边长度。受扭纵向钢筋的锚固要求应与受拉钢筋相同。

7.5.3 钢箱梁应设置进入箱内的检修通道，人孔宽度不宜小于400mm、高度不宜小于600mm，箱内应设置排水孔。当箱梁尺寸不满足开孔的要求时，箱梁应全封闭。

7.5.4 正交异性板的构造（图7.5.4）宜符合表7.5.4规定。

表7.5.4 正交异性板的构造（mm）

项目	开口截面加劲肋	闭口截面加劲肋
桥面板厚度 t_d	$t_d\geqslant14$	$t_d\geqslant14$
加劲肋间距 e_l	$e_l\leqslant400$	$600\leqslant e_l\leqslant900$
第一个加劲肋与腹板的距离 e_{ll}	$e_l\leqslant e_{ll}\leqslant1.2e_l$	$e_l\leqslant e_{ll}\leqslant1.2e_l$
横隔板间距 e_g	$e_g\leqslant2700$	$2500\leqslant e_g\leqslant3500$
加劲肋高度和横隔板高度比	$h_{jl}/h_{gb}\leqslant0.5$	$h_{jl}/h_{gb}\leqslant0.4$

续表 7.5.4

项目	开口截面加劲肋	闭口截面加劲肋
加劲肋板厚 t_s	$t_s \geqslant 10$	$6 \leqslant t_s \leqslant 10$
横隔板腹板板厚 t_{gf}	$t_{gf} \geqslant 10$	$10 \leqslant t_{gf} \leqslant 20$
横隔板翼缘板厚 t_{gy}	$t_{gy} \geqslant 10$	$t_{gy} \geqslant 10$

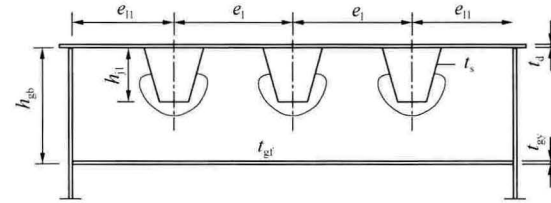


图 7.5.4 横隔板构造

7.5.5 正交异性板纵向加劲肋的构造应符合下列规定：

1 纵向加劲肋宜连续穿过横隔板；

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

2 闭口纵向加劲肋与桥面板焊接熔透深度不应小于加劲肋板厚的 80%；

3 纵向加劲肋与顶板焊缝焊接后，宜将横向加劲肋或横隔板交叉处的过焊孔用熔透焊封闭；

4 闭口纵向加劲肋应在端部设封闭板。

7.5.6 钢箱梁翼缘板应符合下列规定：

1 受拉翼缘板应按构造设置纵向加劲肋，间距不应大于 50 倍的板厚；

2 箱梁受压翼缘的伸出肢宽不宜大于其板厚度的 12 倍，受拉翼缘的伸出肢宽不宜大于其板厚度的 16 倍。

7.5.7 钢箱梁横隔板应符合下列规定：

1 斜拉索或吊杆锚固点处，横隔板与腹板和顶板的焊缝应熔透；

2 对不承受集中荷载作用的横隔板与底板，可采用角焊缝连接。

7.5.8 结合梁混凝土桥面板的厚度 h_{c1} 不宜小于 200mm。应根据需要设置承托（图 7.5.8），承托构造应符合下列规定：

1 承托高度 h_{c2} 不宜大于混凝土桥面板厚度 h_{c1} 的 1.5 倍；

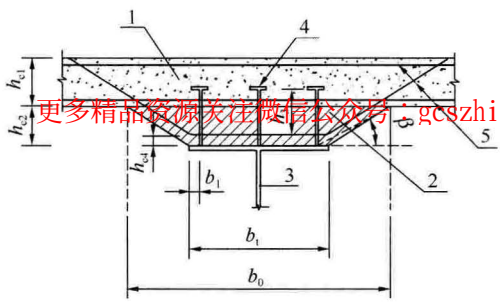
2 承托顶的宽度 b_0 不宜小于钢梁上翼缘宽度 b_t 与 1.5 倍承托高度 h_{c2} 之和；

3 承托边至抗剪连接件外侧的距离 b_1 不应小于 40mm；

4 抗剪连接件根部与承托顶点的连线与钢梁上翼缘的夹角 β 应小于 45°；

5 承托中横向钢筋下部水平段与钢梁上翼缘的距离 h_{c4} 不应大于 50mm；

6 抗剪连接件抗掀起端底面高出横向钢筋的距离 h_3 不得小于 30mm；横向钢筋间距不应大于 $4h_3$，且不应大于 600mm。



更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

图 7.5.8 结合梁承托构造

1—桥面板；2—承托；3—钢梁；4—抗剪连接件；5—横向钢筋

7.5.9 结合梁边梁混凝土桥面板的构造应符合下列规定：

1 设置承托（图 7.5.9-1）时，混凝土桥面板伸出钢梁上翼缘边的距离 b_{c2} 不宜小于承托高度 h_{c2}；

2 未设置承托（图 7.5.9-2）时，混凝土桥面板边缘与钢梁中心线的距离 b_{c1} 不应小于 150mm，且与钢梁上翼缘边缘的距离 b_{c2} 不应小于 50mm。

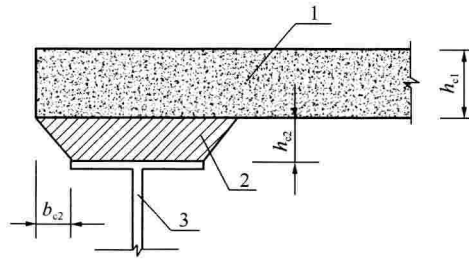
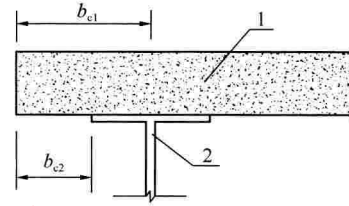


图 7.5.9-1　结合梁边梁有承托的构造

1—桥面板；2—承托；3—钢梁



更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

图 7.5.9-2　结合梁边梁无承托的构造

1—桥面板；2—钢梁

7.5.10　结合梁负弯矩区钢筋混凝土桥面板纵向受拉钢筋截面配筋率不宜小于 1.5%。

7.5.11　结合梁中与混凝土结合的钢梁上翼缘宽度不应小于 250mm，并不应大于其厚度的 24 倍。

7.5.12　结合梁抗剪连接件的设置应符合下列规定：

1　连接件沿梁跨度方向的最大间距不应大于混凝土桥面板（包括承托）厚度的 4 倍，且不应大于 400mm；

2　连接件的外侧边缘与钢梁上翼缘边缘之间的距离不应小于 20mm；

3　连接件的外侧边缘与混凝土桥面板边缘间的距离不应小于 100mm；

4　连接件顶面的混凝土保护层厚度不应小于 15mm。

7.5.13　结合梁焊钉连接件除应符合本规范第 7.5.12 条的规定

外，尚应符合下列规定：

1 焊钉连接件的直径不宜小于19mm；焊钉连接件钉头下表面高出桥面板底部钢筋顶面不宜小于30mm；

2 当焊钉位置不正对钢梁腹板时，如钢梁上翼缘承受拉力，则焊钉杆直径不应大于钢梁上翼缘厚度的1.5倍；如钢梁上翼缘不承受拉力，则焊钉杆直径不应大于钢梁上翼缘厚度的2.5倍；

3 焊钉长度不应小于其杆径的4倍；

4 焊钉沿梁轴线方向的间距不应小于杆径的6倍；垂直于梁轴线方向的间距不应小于杆径的4倍。

7.5.14 结合梁开孔钢板连接件除应符合本规范第7.5.12条的规定外，尚应符合下列规定：

1 开孔板连接件的钢板厚度不宜小于12mm；

2 开孔板连接件的孔径应大于孔中贯通钢筋直径与混凝土骨料最大粒径之和；

3 相邻两孔的中心距不宜大于500mm；

更多精品资源关注微信公众号：zcxzlw

4 当开孔板连接件多列布置时，相邻开孔板连接件的间距不宜小于开孔板高的3倍；

5 横向贯通钢筋直径不宜大于开孔直径的1/2，且其直径不宜小于12mm。

7.5.15 承台的构造要求除应符合现行行业标准《铁路桥涵地基和基础设计规范》TB 10093有关的规定外，尚应符合下列规定：

1 桩基承台的厚度宜为桩直径的1.5倍～2.0倍，且不宜小于1.5m；

2 承台宜采用六面配筋，底面钢筋的设置应根据受力计算确定；顶面钢筋的直径不应小于16mm、间距不应大于150mm；其余四面应按构造要求配筋；

3 承台与桩的连接，钻（挖）孔桩桩顶2.5倍～3.0倍桩径长度范围内应加密箍筋，其间距不应大于100mm，直径不应小于10mm。

7.6 抗震设计规定

7.6.1 桥梁的抗震设计除应符合本规范的规定外，尚应符合现行国家标准《铁路工程抗震设计规范》GB 50111 的规定。

7.6.2 桥梁的抗震设防分类应符合表 7.6.2 的规定。

表 7.6.2 桥梁的抗震设防分类

抗震设防分类	结构类型
A 类	单跨跨度大于或等于 150m 的桥梁
B 类	除 A 类以外的其他桥梁

7.6.3 桥梁的抗震设防目标应符合表 7.6.3 的规定。

表 7.6.3 桥梁的抗震设防目标

桥梁类别	多遇地震	设计地震	罕遇地震
A 类		地震后不损坏或轻微损伤，能保持其正常使用功能；结构处于弹性工作阶段	可发生局部轻微损伤，不需修复或经简单修复可继续使用
B 类	地震后不损坏或轻微损伤，能保持其正常使用功能；结构处于弹性工作阶段	地震后可能损坏，经修补，短期内能恢复正常使用功能；允许结构整体处于非弹性工作状态	地震后可能产生较大破坏，但不出现整体倒塌，经抢修后可限速通车；结构可能处于弹塑性工作阶段

更多精品资源关注微信公众号：gcszhjk

7.6.4 在罕遇地震作用下，材料的容许应力及基础的容许承载力取值应符合下列规定：

1 钢筋的容许应力应为钢筋抗拉或抗压强度标准值；

2 混凝土的容许应力应为混凝土的抗压极限强度；

3 桩基础单桩的竖向抗压容许承载力可提高至主力情况下的 2 倍；

4 桩基础单桩的竖向抗拉容许承载力可提高至主力情况下 1.3 倍～1.5 倍。

7.6.5 桥墩应按现行国家标准《铁路工程抗震设计规范》GB 50111 的规定进行延性计算。

7.6.6 对抗震设防烈度为 6 度地区的 A 类桥梁、抗震设防烈度为 7 度及以上地区的 A、B 类桥梁，其基础、盖梁、结点、支座应作为能力保护构件，墩柱的抗剪强度宜按能力保护原则设计。

7.6.7 在罕遇地震作用下，能力保护构件的设计应符合下列规定：

1 如结构未进入塑性状态，能力保护构件的内力宜采用罕遇地震作用的计算结果；

2 如结构进入塑性状态，能力保护构件的内力应取与墩柱塑性铰区域截面超强弯矩所对应的弯矩和剪力；

3 墩柱塑性铰区域截面超强弯矩应按下式计算：

$$M_{y0} = \varphi \times M_y \tag{7.6.7}$$

式中：M_{y0}——顺桥向或横桥向截面超强弯矩（kN·m）；

M_y——在恒载轴力作用下，采用截面实际配筋，钢筋应力取强度标准值、混凝土应力取极限强度，按现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62 的规定计算的截面顺桥向和横桥向受弯承载力（kN·m）；

φ——桥墩承载能力超强系数，取 1.2。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhijia

7.6.8 对于抗震设计困难且条件许可的桥梁结构宜采用减隔震设计，并应满足正常使用性能要求。

8 桥梁设备系统接口

8.1 轨　　道

8.1.1 桥面应预留无砟轨道结构限位装置或与无砟轨道结构刚性连接的构造。

8.1.2 单组道岔宜设置在连续的桥跨结构上；梁缝的位置应避开道岔的转辙器及辙叉部位 2m 以上。

8.1.3 桥梁梁缝应设置在钢轨伸缩调节器 2m 以外处。

8.1.4 梁缝处伸缩缝后的挡水凸台应留有承轨台位置，承轨台不应压在伸缩缝上。

8.1.5 跨座式单轨轨道梁应满足列车走行轮、导向轮和稳定轮的走行要求，同时应满足信号、供电环网电缆及接触轨在梁体上的安装要求。钢轨道梁宜在结构上预留信号、供电环网电缆等系统管线通道和接触轨安装接口板。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

8.1.6 支承跨座式单轨轨道梁的组合桥应符合下列规定：

1 组合桥的线形宜与桥上轨道梁的线形一致；

2 当组合桥上布置有简支体系轨道梁时，应设置用于埋设轨道梁支座的钢筋混凝土台座，台座平面尺寸应满足锚箱安装和支座更换时顶梁空间的要求，台座高度不宜小于 1000mm；

3 支承轨道梁支座的台座内应设置与锚箱排水系统连通的排水管道，并宜接入下部桥梁结构的排水系统；

4 组合桥上轨道梁的伸缩缝应与组合桥伸缩缝位置相同，且轨道梁伸缩缝的宽度不应小于组合桥伸缩缝的宽度。

8.1.7 支承跨座式单轨道岔的组合桥应满足道岔区轨道梁、轨道梁支座台座、道岔控制装置等布置要求，并应预留安装接口。

8.2 供　　电

8.2.1 桥梁应预留供电设备及线缆敷设的条件。

8.2.2 桥梁应预留架空接触网支柱基础和下锚基础。

8.2.3 桥梁结构应进行杂散电流防护，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 的相关规定。

8.2.4 桥梁结构应设置防雷接地装置，并应预留防雷接地引下线安装的条件。

8.2.5 当需设置功能照明、景观照明时，桥梁结构上应预留安装条件。

8.2.6 斜拉桥、中下承式拱桥及采用接触轨供电制式的高架桥应按现行国家标准《桥梁防雷技术规范》GB/T 31067 的要求进行防雷接地设计。

8.3 通信与信号及其他

更多精品资源关注微信公众号：gcsshiku

8.3.1 桥梁应预留通信与信号设备及线缆敷设的条件。

8.3.2 桥梁结构应在通信与信号的轨旁设备附近设置接地装置。

8.3.3 当桥上设置声屏障时，应预留声屏障与桥梁间的连接构造。

9 耐久性设计及养护设施

9.1 耐久性设计

9.1.1 桥梁结构的设计使用年限应按表 9.1.1 规定采用。

表 9.1.1 桥梁结构的设计使用年限

设计使用年限	适用范围
100 年	不可更换构件
15 年～60 年	可更换构件

注：有特殊要求的桥梁或桥梁构件的设计使用年限可结合实际情况确定。

9.1.2 桥梁构件的耐久性设计类别应按表 9.1.2 规定采用。

表 9.1.2 桥梁构件的耐久性设计类别

更多精品资源关注微信公众号：gcszlziku

型式	构件名称			耐久性设计类别	
				不可更换构件	可更换构件
主体结构	上部结构构件	梁桥	主梁	✓	—
		拱桥	主拱	✓	—
			加劲梁	✓	—
			拱上立柱、刚性吊杆	✓	—
			吊杆索、系杆索	—	✓
		斜拉桥	桥塔	✓	—
			主梁	✓	—
			斜拉索	—	✓
	下部结构构件	支承垫石		✓	—
		顶帽/盖梁		✓	—
		墩柱		✓	—
		承台		✓	—
		基础		✓	—
		桥台		✓	—

续表 9.1.2

型式	构件名称	耐久性设计类别	
		不可更换构件	可更换构件
附属结构构件	接触网支柱基础	✓	—
	栏板及立柱	—	✓*
	防水层及保护层	—	✓**
	排水系统	—	✓**
	伸缩缝	—	✓
	支座	—	✓*

注：1 吊杆索、系杆索、斜拉索、伸缩缝的设计使用年限为 30 年；

2 “*”表示构件的设计使用年限为 60 年；

3 “**”表示构件的设计使用年限为 15 年。

9.1.3 桥梁结构所处环境类别应按表 9.1.3 的规定进行划分。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

表 9.1.3 环境类别

环境类别		腐蚀机理
T	碳化环境（一般环境）	保护层混凝土碳化导致钢筋锈蚀
L	氯盐环境	氯盐引起钢筋锈蚀
LB	除冰盐等其他氯化物环境	氯盐引起钢筋锈蚀
H	化学腐蚀环境	硫酸盐等化学物质对混凝土的腐蚀
Y	盐类结晶破坏环境	硫酸盐等化学物质在混凝土孔隙中结晶膨胀导致混凝土损伤
D	冻融环境	反复冻融作用导致混凝土损伤

9.1.4 除冰盐环境下钢筋混凝土构件的环境作用等级，宜按表 9.1.4 确定，构件的最低强度等级、允许最大裂缝宽度、最小保护层厚度及原材料品质等应与现行行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 中的同等级氯盐环境相同。

表 9.1.4 除冰盐环境的作用等级

环境作用等级	环境条件
LB1	受除冰盐盐雾轻度作用
LB3	直接接触除冰盐溶液
	受除冰盐水溶液重度溅射或重度盐雾作用

9.1.5 桥梁结构的耐久性设计除应符合本规范外，尚应符合现行行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 的规定。

9.2 养护设施

9.2.1 跨度大于 150m 的跨江、跨河桥梁，应在大桥两端分别设置巡守用房，并宜设置维护管理用房。两巡守房之间应在桥面两侧设置宽度不小于 1.05m 的检修通道，并应与行车区隔离。

9.2.2 桥梁养护、维修应符合下列规定：

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

1 宜设置宽度不小于 3m 养桥道路；当无养桥道路时，宜设置检查养护设备；20m 及以上高桥墩应设置专用检查设备。

2 箱梁宜预留进入每孔箱梁内部的进人通道，并宜分段贯通。

9.2.3 桥梁的桥面宜设置功能照明设施，分层布置的合建桥梁应设置供电设备，并应在轨道交通桥面设置照明及供水设施。

9.2.4 桥梁应设检查设施。拱肋、桁梁的弦杆上应设置检修通道。桥塔内宜设置检修用的照明电源。

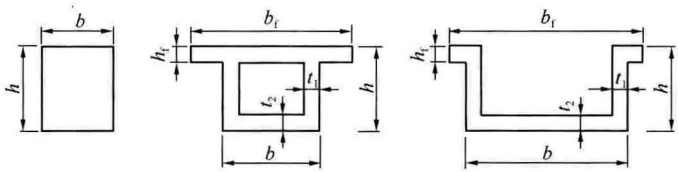
9.2.5 分层布置的合建桥梁，上层桥面梁底应设置周边封闭的检查车，其养护维修作业不得影响轨道交通的正常运营。

9.2.6 钢结构应根据免维修年限的要求选用涂装体系。

附录 A　混凝土截面的受扭塑性抵抗矩及抗扭强度计算

A. 0. 1　矩形、箱形、板肋组合截面受扭塑性抵抗矩宜按下列公式计算：

1　矩形截面（图 A. 0. 1-a）：



(a) 矩形截面　(b) 箱形截面　(c) 板肋组合截面

图 A. 0. 1　矩形、箱形和组合受扭构件截面

更多精品资源关注微信公众号：gcszliku

注：图（a）、图（b）的长边为 h，短边为 b。

$$W_t = \frac{b^2}{6}(3h - b) \qquad \text{(A. 0. 1-1)}$$

2　带翼缘箱形截面（图 A. 0. 1-b）：

$$W_{tw} = \frac{b^2}{6}(3h - b) - \frac{(b - 2t_1)^2}{6}[3(h - 2t_2) - (b - 2t_1)] \qquad \text{(A. 0. 1-2)}$$

$$W_{tf} = \frac{h_f^2}{2}(b_f - b) \qquad \text{(A. 0. 1-3)}$$

$$W_t = W_{tw} + W_{tf} \qquad \text{(A. 0. 1-4)}$$

$$b_f \leqslant b + 6h_f \qquad \text{(A. 0. 1-5)}$$

式中：b_f——带翼缘箱形截面翼缘的宽度（m）；

h_f——带翼缘箱形截面翼缘的厚度（m）。

3　腹板（肋板）、翼缘板以及顶（底）板组合截面（图 A. 0. 1-c）：

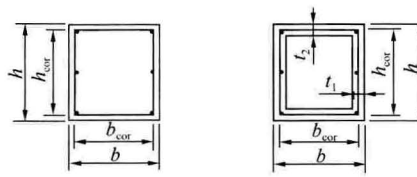
$$W_{tw}=\frac{t_1^2}{6}(3h-t_1)+\frac{t_2^2}{6}(3h-t_2) \qquad (A.0.1\text{-}6)$$

$$W_{tf}=\frac{h_f^2}{2}(b_f-b) \qquad (A.0.1\text{-}7)$$

$$W_{tb}=\frac{t_2^2}{6}[3(b-2t_1)-t_2] \qquad (A.0.1\text{-}8)$$

$$W_t=W_{tw}+W_{tf}+W_{tb} \qquad (A.0.1\text{-}9)$$

A.0.2 矩形和箱形截面纯扭构件（图 A.0.2）的抗扭强度应符合下列规定：



(a) 矩形构件　　(b) 箱形构件

图 A.0.2　纯扭构件

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

1 抗扭强度应按下列公式计算：

$$KT\leqslant 0.35\beta_a f_{ct}W_t+1.2\sqrt{\xi}\frac{f_{sv}A_{svl}A_{cor}}{S_v} \qquad (A.0.2\text{-}1)$$

$$\xi=\frac{f_{sd}A_{st}S_v}{f_{sv}A_{svl}U_{cor}} \qquad (A.0.2\text{-}2)$$

$$A_{cor}=b_{cor}h_{cor} \qquad (A.0.2\text{-}3)$$

$$U_{cor}=2(b_{cor}+h_{cor}) \qquad (A.0.2\text{-}4)$$

式中：K——强度安全系数，按现行行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092 的规定取值；

T——计算扭矩（kN·m）；

ξ——纯扭构件纵向钢筋与箍筋的配筋强度比；

β_a——系数；

b——矩形截面或箱形截面宽度（m）；

h——矩形截面或箱形截面高度（m）；

t_1——箱形截面长边壁厚（m）；

t_2——箱形截面短边壁厚（m）；

W_t——矩形截面或箱形截面受扭塑性抵抗矩（m^3）；

A_{svl}——纯扭计算中箍筋的单肢截面面积（m^2）；

f_{sv}——箍筋的抗拉计算强度（kPa）；

A_{st}——纯扭计算中沿截面周边对称配置的全部普通纵向钢筋截面面积（m^2）；

f_{sd}——纵向钢筋抗拉计算强度（kPa）；

A_{cor}——由箍筋内表面包围的截面核芯面积（m^2）；

b_{cor}——核芯面积的短边边长（m）；

h_{cor}——核芯面积的长边边长（m）；

f_{ct}——混凝土抗拉极限强度（kPa）；

U_{cor}——截面核芯面积的周长（m）；

S_v——纯扭计算中箍筋的间距（m）；

e_0——预应力钢筋和普通钢筋的合力对换算截面重心轴的偏心距（m^2）；

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

N_p——混凝土法向预应力等于零时预应力钢筋和普通钢筋的合力（kN），可按现行行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092 有关规定计算。

2 纯扭构件纵向钢筋与箍筋的配筋强度比 ξ 应符合下列规定：

1） 对于钢筋混凝土构件，ξ 的取值范围为［0.6，1.7］，当 $\xi > 1.7$ 时，取 $\xi = 1.7$；

2） 预应力混凝土构件应符合下列规定：

（1）当 $e_0 \leqslant \dfrac{h}{6}$ 且 $\xi \geqslant 1.7$ 时，应在公式（A.0.2-1）的右边增加预应力影响项 $0.05\dfrac{N_p}{A_0}W_t$，ξ 应取 1.7；

（2）当 $e_0 > h/6$ 或 $\xi < 1.7$ 时，应忽略预应力影响，并应按钢筋混凝土构件计算。

3 系数 β_a 的取值应符合下列规定：

1）对箱形截面，β_a应为有效壁厚折减系数，当$0.1b \leqslant t_2 \leqslant 0.25b$或$0.15h \leqslant t_1 \leqslant 0.25h$时，$\beta_a$应取下列公式中计算结果的较小值：

$$\beta_a = 4\frac{t_2}{b} \tag{A.0.2-5}$$

$$\beta_a = 4\frac{t_1}{h} \tag{A.0.2-6}$$

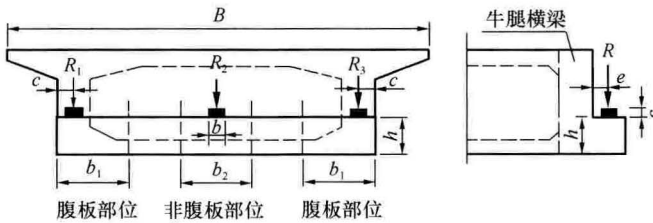
其他情况，系数β_a取值为1。

2）对矩形截面，系数β_a取值为1。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

附录B　牛腿计算

B.0.1　牛腿计算应符合下列规定：



B.0.1-1　牛腿的受力图式

1　牛腿截面的计算宽度（图B.0.1-1）应按下式计算：

腹板部位牛腿：　$b_2 = b + 2c$　　（B.0.1-1）

非腹板部位牛腿：　$b_2 = b + 2e$　　（B.0.1-2）

式中：e——外力距离牛腿横梁边缘顺桥向的距离（m）；

c——作用在边腹板的外力距牛腿横梁边腹板横桥向的距离（m）。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

2　牛腿的内力计算应符合下列规定：

1）非腹板部位牛腿的内力计算应按悬臂板计算；

2）腹板部位牛腿的内力合力作用点 P 与牛腿交点的水平距离 b_1，竖直距离为 h_2，h_1 为牛腿高度，ε 为支座厚度（图B.0.1-2）；

3）腹板部位牛腿内力应分别按下列公式计算竖直截面（$\theta=0°$）、45°斜截面（$\theta=45°$）和最弱截面（θ 应根据结构类型按第B.0.1条第3款的规定计算）的内力：

$$N_\theta = R\sin\theta + H\cos\theta \qquad (B.0.1\text{-}3)$$

$$Q_\theta = R\cos\theta - H\sin\theta \qquad (B.0.1\text{-}4)$$

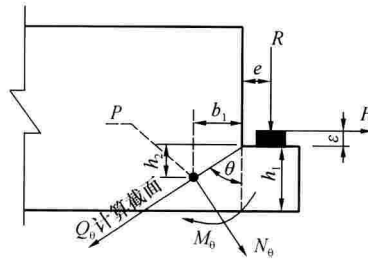


图 B.0.1-2　牛腿截面内力计算图示

$$M_\theta = R\left(e + \frac{h}{2}\tan\theta\right) + H\left(\frac{h}{2} + \varepsilon\right) \qquad \text{(B.0.1-5)}$$

$$h_2 = 0.5h_1 \qquad \text{(B.0.1-6)}$$

$$b_1 = \frac{h_1}{2 \cdot \tan\theta} \qquad \text{(B.0.1-7)}$$

式中：Q_θ——计算截面的剪力（kN）；

N_θ——计算截面的轴力（kN）；

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

M_θ——计算截面的弯矩（kN·m）；

R——恒载和活载支点反力（kN），计算活载支点反力 R 时，应计入竖向动力作用；

H——活载制动力或温度变化引起的支座摩阻力（kN），取其大者，当主力组合时 $H=0$；

θ——验算截面对竖直面的倾角（°）；

ε——支座垫板高出牛腿底面的高度（m）；

h_1——牛腿高度（m）；

h_2——合力作用点 P 与牛腿交点竖直距离（m）；

b_1——合力作用点 P 与牛腿交点的水平距离（m）。

3　最弱截面的倾角 θ 可按下式计算：

1）普通钢筋混凝土结构：

$$\theta = \frac{1}{2} \times \tan^{-1}\left(\frac{2Rh}{3Re + 3H\varepsilon + 2Hh}\right) \qquad \text{(B.0.1-8)}$$

2）预应力混凝土结构：

$$\theta = \frac{1}{2} \times \tan^{-1}\left[\frac{2h(R - N_y \sin\alpha)}{3Re + H(3\varepsilon + 2h) - N_y \cos\alpha(2h - 3m)}\right] \quad \text{(B. 0. 1-9)}$$

式中：N_y——牛腿部位预压力的合力（kN）；

α——牛腿部位预压力合力对水平线的倾角（°）；

m——牛腿部位预压力合力线与牛腿根部竖直面（图B. 0. 1-3）的交点至牛腿顶面距离（m）。

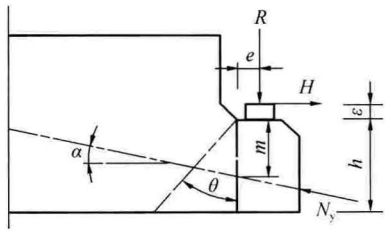


图 B. 0. 1-3　最弱截面 θ 值计算图示

4　牛腿横梁的计算应符合下列规定：

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

1）当为腹板部位牛腿时，牛腿横梁可按一般横梁计算；

2）当为非腹板部位牛腿时，牛腿横梁宜按支承在腹板上的连续梁计算。

5　牛腿支座下混凝土的抗裂性要求及局部承压强度应符合现行行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092 的规定。

B. 0. 2　腹板部位牛腿强度计算应符合下列规定：

1　应验算牛腿根部竖直截面、45°斜截面及最弱截面强度，并应符合现行行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092 的规定；

2　预应力钢筋和非预应力钢筋的面积应按所在截面上的有效面积计算；

3　预应力钢筋和非预应力钢筋的合力作用点至牛腿根部的距离应在不同的计算截面上截取。

附录 C　桩基承台计算

C.0.1　当承台下面外排桩中心离墩台边缘距离大于承台高度时，其内力按悬臂梁计算，强度按一般受弯构件进行检算，但不验算裂缝宽度；否则，承台的内力按“撑杆-系杆体系”计算其内力和强度（图 C.0.2）。验算承台截面强度时，截面的计算宽度应符合下列规定：

1　当桩中距不大于三倍桩边长或桩直径时，b_s 应取承台全宽；

2　当桩中距大于三倍桩边长或桩直径时，b_s 应按下式计算：

$$b_s = 2a + 3D(n-1) \qquad (C.0.1)$$

式中：b_s——承台截面计算宽度（m）；

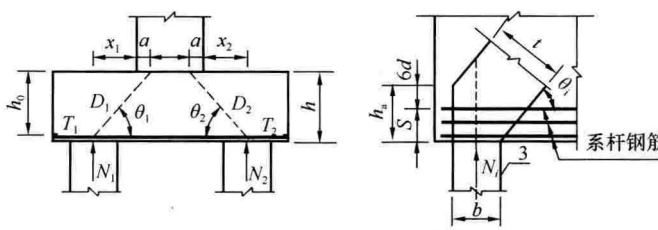
更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

a——平行于计算截面的边桩中心距承台边缘距离（m）；

D——桩柱或墩台边长或桩直径（m）；

n——平行于计算截面的桩的根数。

C.0.2　当采用“撑杆-系杆体系”承台（图 C.0.2）时应符合下列规定：



(a)“撑杆-系杆”力学模式　　(b) 撑杆计算高度

图 C.0.2　承台按“撑杆-系杆”计算图示

1　撑杆的内力应按下列公式计算，并取 D_1 和 D_2 两者较

大者。

$$D_1 = N_1 / \sin\theta_1 \tag{C.0.2-1}$$

$$D_2 = N_2 / \sin\theta_2 \tag{C.0.2-2}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\frac{h_0}{a + x_1} \tag{C.0.2-3}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\frac{h_0}{a + x_2} \tag{C.0.2-4}$$

$$a = 0.15h_0 \tag{C.0.2-5}$$

式中：N_1——承台悬臂下面“1”排桩内桩的根数乘以该排桩中最大的单桩设计承载力（kN）；

N_2——承台悬臂下面“2”排桩内桩的根数乘以该排桩中最大的单桩设计承载力（kN）；

h_0——承台有效高度（m）；

a——撑杆压力线在承台顶面的作用点至墩台边缘的距离（m）；

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

x_1——第1排桩中心至墩台边缘的距离（m）；

x_2——第2排桩中心至墩台边缘的距离（m）。

2 系杆的拉力应按下列公式计算，并取 T_1 与 T_2 中较大者。

$$T_1 = N_1 / \tan\theta_1 \tag{C.0.2-6}$$

$$T_2 = N_2 / \tan\theta_2 \tag{C.0.2-7}$$

3 撑杆的强度验算可按下列公式计算：

$$\sigma_b = \frac{D_i}{tb_s} \leqslant \varphi[\sigma_b] \tag{C.0.2-8}$$

$$t = b\sin\theta_i + h_a\cos\theta_i \tag{C.0.2-9}$$

$$h_a = s + 6d \tag{C.0.2-10}$$

$$\varphi = 1/(0.69 + 146\,\varepsilon_1) \tag{C.0.2-11}$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_s + (\varepsilon_s + 0.002)\cot^2\theta_i \tag{C.0.2-12}$$

$$\varepsilon_s = T_i / A_s E_s \tag{C.0.2-13}$$

式中：σ_b——撑杆压应力（kPa）；

$[\sigma_b]$——承台混凝土容许压应力（kPa）；

D_i——撑杆压力设计值（kN）；

t——撑杆计算高度（m）；

b——桩的支撑宽度（m），方形截面桩的支撑宽度 b 应取截面边长，圆形截面桩的支撑宽度 b 取直径的0.8倍；

s——系杆钢筋的顶层钢筋中心至承台底的距离（m）；

d——系杆钢筋直径（m），当采用不同直径的钢筋时，系杆钢筋直径 d 应取加权平均值；

b_s——撑杆计算宽度（m），按C.0.1条计算；

φ——容许应力折减系数，且不大于1；

θ_i——撑杆压力线与系杆拉力线的夹角；

ε_s——系杆方向混凝土的拉伸应变；

T_i——撑杆相应的系杆拉力（kN）；

更多精品资源请关注微信公众号：gcszhiku

A_s——在撑杆计算宽度 b_s（系杆计算宽度）范围内系杆钢筋截面面积（m^2）；

E_s——系杆钢筋弹性模量（kPa）。

4 系杆强度可按下式计算：

$$\sigma_s = \frac{T_i}{A_s} \leqslant [\sigma_s] \qquad \text{(C.0.2-14)}$$

式中：σ_s——系杆应力（kPa）；

$[\sigma_s]$——钢筋容许应力（kPa）。

C.0.3 承台应验算局部冲切，其验算应符合下列规定：

1 承台冲切强度应按下式验算：

$$\tau_c = \frac{F}{U_m h_0} \leqslant \varphi[\tau_c] \qquad \text{(C.0.3-1)}$$

式中：F——作用于冲切破坏锥体上的冲切力，为墩柱底反力减去锥体范围内桩设计承载力或角桩、边桩的设计承载力（kN）；

U_m——承台冲切截面的周长（m）；

h_0——承台有效高度（m）；

φ——容许应力折减系数，$\varphi=0.6$；

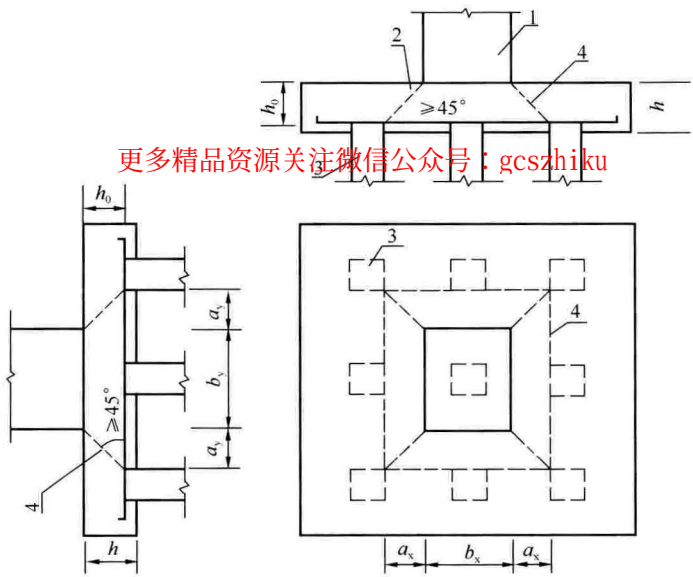
$[\tau_c]$——混凝土容许剪应力（kPa）。

2 墩柱向下冲切承台的破坏锥体（图 C.0.3-1）应符合下列规定：

1） 墩柱向下冲切承台的破坏锥体应采用自墩柱边缘至相应桩顶边缘连线构成的锥体；

2） 桩顶位于承台顶面以下一倍有效高度 h_0 处；

3） 冲切破坏锥体斜面与承台底面的夹角不应小于 45°，当小于 45°时，应取用 45°；



更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

图 C.0.3-1 墩柱向下冲切承台的破坏锥体

1—墩柱；2—承台；3—桩；4—破坏锥体

4） 冲切截面的周长宜按下列公式计算：

$$U_m = 2\alpha_{px}(b_y + a_y) + 2\alpha_{py}(b_x + a_x) \qquad (C.0.3\text{-}2)$$

$$\lambda_x = \begin{cases} 0.2h_0 & (\alpha_x < 0.2h_0) \\ \dfrac{\alpha_x}{h_0} & (\alpha_x \geqslant 0.2h_0) \end{cases} \tag{C.0.3-3}$$

$$\lambda_y = \begin{cases} 0.2h_0 & (\alpha_y < 0.2h_0) \\ \dfrac{\alpha_y}{h_0} & (\alpha_y \geqslant 0.2h_0) \end{cases} \tag{C.0.3-4}$$

$$\alpha_{px} = \frac{1.2}{\lambda_x + 0.2} \tag{C.0.3-5}$$

$$\alpha_{py} = \frac{1.2}{\lambda_y + 0.2} \tag{C.0.3-6}$$

式中：b_x——柱或墩台作用面积的短边边长（m）；

b_y——柱或墩台作用面积的长边边长（m）；

a_x——沿横向的冲跨（m）；

a_y——沿纵向的冲跨（m）；

λ_x——沿横向的冲跨比；

λ_y——沿纵向的冲跨比；

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

α_{px}——与冲跨比 λ_x 对应的冲切强度系数；

α_{py}——与冲跨比 λ_y 对应的冲切强度系数。

5）当承台为变厚时，h_0 取沿墩柱边缘垂直截面的承台有效高度；

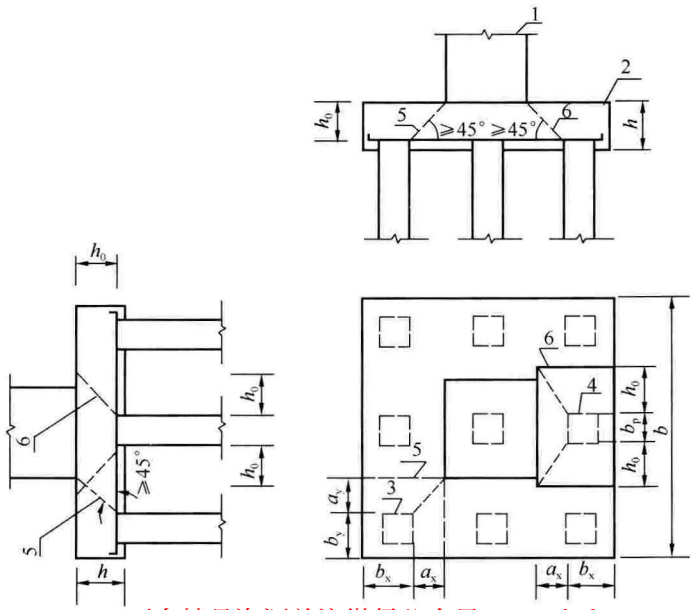
6）冲跨 a_x、a_y 是指冲切破坏锥体侧面顶边与底边间的水平投影距离，即墩柱边缘到桩边缘的水平距离，其值不应大于 h_0。

3 当角桩和边桩位于墩柱向下冲切承台的破坏锥体以外时，角桩和边桩对承台形成向上的冲切作用，并形成如图 C.0.3-2 所示的角桩冲切破坏锥体和边桩冲切破坏锥体。

1）角桩冲切承台的破坏锥体的截面周长应按下列公式计算：

$$U_m = \alpha'_{px}\left(b_y + \frac{\alpha_y}{2}\right) + \alpha'_{py}\left(b_x + \frac{\alpha_x}{2}\right) \tag{C.0.3-7}$$

$$\alpha'_{px} = \frac{0.8}{\lambda_x + 0.2} \tag{C.0.3-8}$$



更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

图 C.0.3-2　承台角桩和边桩上冲切破坏锥体

1—墩柱；2—承台；3—桩；4—边桩；
5—角桩上破坏锥体；6—边桩上冲切破坏锥体

$$\alpha'_{py}=\frac{0.8}{\lambda_y+0.2} \qquad \text{(C.0.3-9)}$$

式中：b_x——承台边缘至桩内边缘的横向水平距离（m）；

b_y——承台边缘至桩内边缘的纵向水平距离（m）；

a_x——沿横向的冲跨（m）；

a_y——沿纵向的冲跨（m）；

λ_x——沿横向的冲跨比；

λ_y——沿纵向的冲跨比；

α'_{px}——与冲跨比 λ_x 对应的冲切强度系数；

α'_{py}——与冲跨比 λ_y 对应的冲切强度系数。

2） 当 $b_p+2h_0\leqslant b$ 时，边桩冲切承台的破坏锥体的截面周长应按下式计算：

$$U_m = \alpha'_{px}(b_p + h_0) + 0.667 \times (2b_x + \alpha_x) \quad \text{(C. 0. 3-10)}$$

式中：b_x——承台边缘至桩内边缘的水平距离（m）；

b_p——方桩的边长（m）；

α_x——沿横向的冲跨（m）。

3）当承台为变厚时，h_0取承台边缘截面的有效高度；

4）冲跨a_x、a_y是指桩边缘至墩柱边缘的水平投影距离，其值不应大于h_0。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

附录 D　正交异性桥面板疲劳强度验算

D. 0. 1　计算疲劳应力幅 $\Delta\sigma_p$ 可按下式计算：

$$\Delta\sigma_p = |\sigma_{p,max} - \sigma_{p,min}| \tag{D. 0. 1}$$

式中：$\sigma_{p,max}$——为最大应力（MPa），拉力为正，压力为负；

$\sigma_{p,min}$——为最小应力（MPa），拉力为正，压力为负。

D. 0. 2　疲劳强度检算应符合下式要求：

$$\gamma \cdot \Delta\sigma_p \leqslant [\sigma_0] \tag{D. 0. 2}$$

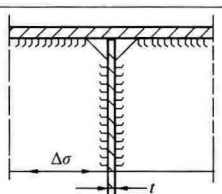
式中　$[\sigma_0]$——疲劳容许应力幅（MPa）；

γ——桥梁损伤等效系数，取 $\gamma=1.4$。

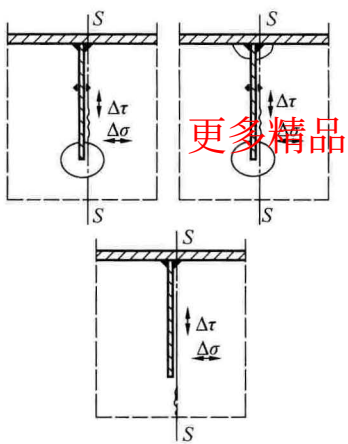
D. 0. 3　疲劳容许应力幅 $[\sigma_0]$ 应根据构件或连接形式按表 D. 0. 3-1～表 D. 0. 3-3 的规定取值。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

表 D. 0. 3-1　开口加劲肋正交异性板容许应力幅

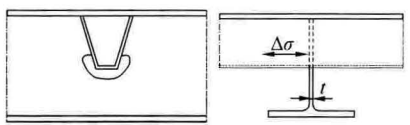
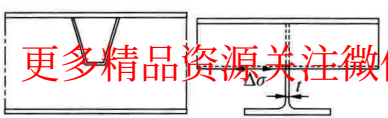
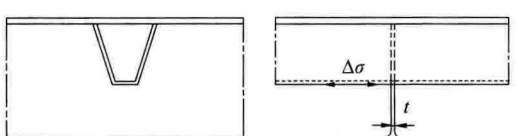
序号	构件或连接形式简图		描述	疲劳容许应力幅类别	疲劳容许应力幅 $[\sigma_0]$（MPa）	要求
1	$t\leqslant 12$mm		纵肋与横梁连接（纵肋断开）	Ⅰ	80	计算纵肋法向应力幅 $\Delta\sigma$
2	$t>12$mm			Ⅱ	71	

续表 D.0.3-1

序号	构件或连接形式简图	描述	疲劳容许应力幅类别	疲劳容许应力幅 $[\sigma_0]$（MPa）	要求
3		连续纵肋与横梁连接 $\Delta\sigma = \frac{\Delta M_s}{W_{net,s}}$ $\Delta\tau = \frac{\Delta v_s}{A_{w,net,s}}$	Ⅲ	56	横梁腹板剪切应力幅 $\Delta\tau$ 及法向应力幅 $\Delta\sigma$，计算其等效应力幅 $\Delta\sigma_{eq} = \frac{1}{2}(\Delta\sigma + \sqrt{\Delta\sigma^2 + 4\Delta\tau^2})$

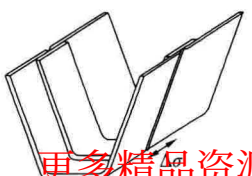
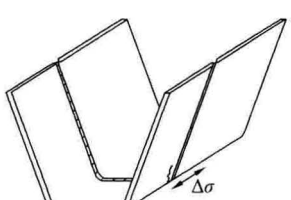
更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

表 D.0.3-2　闭口加劲肋正交异性板容许应力幅

序号	构件或连接形式简图	描述	疲劳容许应力幅类别	疲劳容许应力幅 $[\sigma_0]$（MPa）	要求
1	$t\leqslant 12mm$ 	纵肋连续，横梁开孔	Ⅰ	80	计算纵肋法向应力幅 $\Delta\sigma$
2	$t>12mm$		Ⅱ	71	
3	$t\leqslant 12mm$ 	纵肋连续，横梁不开孔	Ⅰ	80	计算纵肋法向应力幅 $\Delta\sigma$
4	$t>12mm$		Ⅱ	71	
5		纵肋不连续	Ⅴ	36	计算纵肋法向应力幅 $\Delta\sigma$

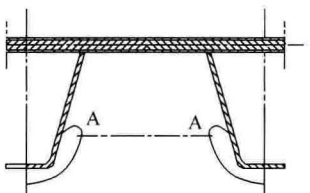
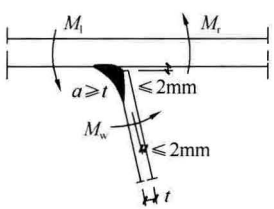
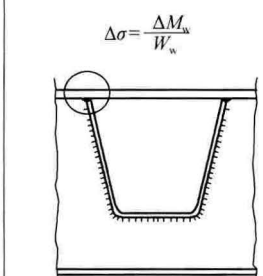
更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

续表 D.0.3-2

序号	构件或连接形式简图	描述	疲劳容许应力幅类别	疲劳容许应力幅 $[\sigma_0]$ (MPa)	要求
6		纵肋对接熔透焊，采用钢衬垫	Ⅱ	71	计算纵肋法向应力幅 $\Delta\sigma$
7		纵肋对接熔透焊，双面焊，不用衬垫	Ⅰ	80	计算纵肋法向应力幅，对接焊透内侧将用点固焊

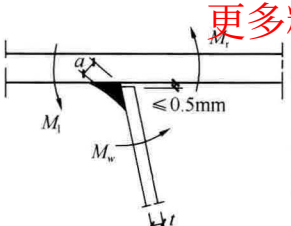
更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

续表 D.0.3-2

序号	构件或连接形式简图	描述	疲劳容许应力幅类别	疲劳容许应力幅 $[\sigma_0]$（MPa）	要求
8		由于开孔造成的横梁腹板最不利截面	Ⅱ	71	计算不利截面应力幅，计入空腹梁效应
9	 	桥面板与梯形或V形肋焊接部分熔透焊 $a \geqslant t$	Ⅱ	80	计算桥面板受弯法向应力幅

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

续表 D.0.3-2

序号	构件或连接形式简图	描述	疲劳容许应力幅类别	疲劳容许应力幅 $[\sigma_0]$（MPa）	要求
10		上述构造细节范围以外的角焊缝或部分熔透焊	Ⅳ	50	计算桥面板受弯法向应力幅

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

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） 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4） 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

更多精品资源关注微信公众号：gcszjlu

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 《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061

2 《铁路工程抗震设计规范》GB 50111

3 《内河通航标准》GB 50139

4 《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》GB 50545

5 《1000kV 架空输电线路设计规范》GB 50665

6 《优质碳素结构钢》GB/T 699

7 《碳素结构钢》GB/T 700

8 《桥梁用结构钢》GB/T 714

9 《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228

10 《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

11 《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230

12 《钢结构用高强度大六角头螺栓，大六角螺母，垫圈技术条件》GB/T 1231

13 《钢筋混凝土用钢　第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1

14 《钢筋混凝土用钢　第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2

15 《合金结构钢》GB/T 3077

16 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224

17 《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433

18 《桥梁缆索用热镀锌钢丝》GB/T 17101

19 《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065

20 《斜拉桥钢绞线拉索技术条件》GB/T 30826

21 《桥梁防雷技术规范》GB/T 31067

22 《城市桥梁设计规范》CJJ 11

23 《城市道路工程设计规范》CJJ 37
24 《地铁杂散电流腐蚀防护技术规程》CJJ 49
25 《铁路桥涵设计规范》TB 10002
26 《铁路桥梁钢结构设计规范》TB 10002.2
27 《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092
28 《铁路桥涵地基和基础设计规范》TB 10093
29 《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005
30 《铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件》TB/T 1527
31 《铁路混凝土桥面防水层技术条件》TB/T 2965
32 《公路工程技术标准》JTG B01
33 《公路桥涵设计通用规范》JTG D60
34 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62
35 《公路交通安全设施设计规范》JTG D81
36 《通航海轮桥梁通航标准》JTJ 311
更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

中华人民共和国国家标准

城市轨道交通桥梁设计规范

GB/T 51234－2017

条 文 说 明

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

编 制 说 明

《城市轨道交通桥梁设计规范》GB/T 51234－2017，经住房和城乡建设部2017年5月4日以第1538号公告批准、发布。

本规范编制过程中，编制组进行了北京、上海、重庆、广州等多种桥型的调查研究，总结了我国城市轨道交通桥梁工程建设的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准。通过调查取得了斜拉桥的竖向刚度的控制标准、钢箱梁的温度梯度及钢-混凝土结合梁的温度梯度、列车对栏板的撞击力、公轨两用桥荷载组合等重要技术参数。

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，《城市轨道交通桥梁设计规范》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。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。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhilu

目　　次

1　总则 …… 83
3　基本规定 …… 85
3.1　区间高架桥梁布置 …… 85
3.2　区间跨河桥梁布置 …… 87
3.3　桥面布置 …… 87
3.4　桥上线路 …… 89
3.5　附属设施 …… 90
3.6　桥梁景观 …… 90
4　材料 …… 91
4.1　混凝土 …… 91
4.2　钢筋 …… 91
4.3　钢材 …… 92
5　设计荷载 …… 94
5.1　荷载分类 …… 94
5.2　荷载取值 …… 94
5.3　荷载组合 …… 101
6　刚度要求 …… 102
7　结构设计 …… 105
7.1　一般规定 …… 105
7.2　混凝土结构 …… 107
7.3　钢结构 …… 111
7.4　钢-混凝土结合梁 …… 113
7.5　构造要求 …… 119
7.6　抗震设计规定 …… 121
8　桥梁设备系统接口 …… 124

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

8.1 轨道 …… 124
8.2 供电 …… 125
9 耐久性设计及养护设施 …… 126
9.1 耐久性设计 …… 126
9.2 养护设施 …… 127

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

1 总　　则

1.0.1 安全可靠、适用耐久是设计的目的和功能需要，技术先进要求城市轨道交通桥梁设计积极采用新技术、新材料、新工艺、新结构。城市轨道交通桥梁一般比较长，结构形式比较标准，设计时应注意工程总体的经济合理，除桥梁主体结构的造价外，还应综合考虑桥梁附属设施、征地拆迁、施工工艺、建设周期、维修养护等诸多影响工程总投资的因素。城市轨道交通桥梁建设主要是解决轨道交通功能的需求，但大多数情况下城市大型桥梁还将成为城市中一座比较突出的景观建筑，在安全可靠、适用耐久、技术先进、经济合理的前提下，设计应对其与周围环境的协调、总体布局的舒展、造型的美观予以足够重视。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhku

1.0.2 跨座式单轨设计已有《跨座式单轨交通设计规范》GB 50458－2008，本规范跨座式单轨制式主要是指支撑跨座式单轨轨道梁的桥梁结构。城市轨道交通为方便人们出行，一般两车站间距离比较短，车辆运营速度都不会超过 120km/h。

大跨度梁式桥，由于后期收缩、徐变量大，会引起轨道线路不平顺，为实现后期轨道线性可控、轨道扣件调控能够达到线路要求，并确保轨道交通运行安全，因此规定梁式桥梁跨度不大于 150m。

目前国内为轨道交通修建的斜拉桥、拱桥大多主跨在 400m 左右，而且考虑国内城市轨道交通桥梁采用无砟轨道较多以及无缝线路对轨道的要求，再大跨度经验不足，因此建议斜拉桥、拱桥主跨跨度不大于 400m。

上海轨道交通 9 号线一期工程跨沪松公路采用 54.27m＋72.02m＋54.27m 钢混结合梁、上海长江大桥（远期改造为联络上海浦东与崇明岛的轨道交通），引桥采用 85m＋5×105m＋

90m 的钢混结合梁，考虑到结合梁在跨越城市路网时有较高的实用性，综合建设经验规定钢混结合梁跨度不大于 80m。

1.0.3 国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153－2008 第 3.3.1 强制性条文明确规定“工程结构设计时，应规定结构的设计使用年限”。按照国家标准《地铁设计规范》GB 50157－2013 第 1.0.12 条主体结构设计使用年限为 100 年的规定、国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153－2008 附录第 A.2.3 条“铁路桥涵结构的设计使用年限应为 100 年”的规定，本规范规定轨道交通桥梁主体结构的设计使用年限应为 100 年。

1.0.4 列车过桥时，不仅产生竖向振动，而且产生横向振动，这都影响列车运行的安全性和旅客乘坐舒适性，故对桥梁结构的竖向刚度和横向刚度应有一定要求。结构稳定、耐久才能保障结构在设计使用年限内安全。同时桥梁的设计还应该保障桥梁在施工和营运过程的安全。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

1.0.6 考虑到城市轨道交通桥梁安全对确保城市轨道交通的重要性，以及桥梁主体结构的使用年限不小于 100 年，本规范规定不论大跨度，还是中小跨度桥梁设计洪水频率一般均采用一百年一遇。条文中特别重要的桥梁是指水深大于 5m、墩高大于 30m、跨度大于 150m 的桥梁，在洪水造成破坏后修复非常困难，且该类桥梁基本位于城市中，重要性程度较高，故有必要按 300 年一遇的洪水频率标准进行设计。

3 基本规定

3.1 区间高架桥梁布置

3.1.1 不跨越大型构筑物、河流、湖泊等可采用标准跨度等跨布置的为一般地段。

3.1.2 桥梁景观工程设计主要包括桥梁的色彩和景观照明设计。

3.1.3 为减少施工时对城市环境、交通的不利影响，加快施工速度，改善施工质量，推广采用预制架设的施工方法。

3.1.4 本条所规定的区间高架桥桥下净高，除城市轨道交通和铁路外，其余与行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D 60－2015 和《城市道路工程设计规范》CJJ 37－2012 的规定一致。

跨越城市轨道交通的桥梁，桥下最小净空高度按地铁 A 型、B 型车辆分类，包括 A 型、B1 型和 B2 型三类，应符合行业标准《地铁限界标准》CJJ 96－2003 和国家标准《地铁设计规范》GB 50157－2013 的规定。其中 A 型车和 B2 型车按接触网导线安装高度 4600mm＋接触网系统高度 1100mm＋架空地线（兼作避雷线）300mm＝6000mm 确定。B1 型车按设备限界顶部高度 3940mm，考虑外轨超高 150mm 和不小于 200mm 的安全间隙后取整 4300mm 确定。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhtkd

跨越铁路交通的桥梁，桥下最小净空高度是根据国家标准《标准轨距铁路机车车辆限界》GB 146.1－1983、行业标准《高速铁路设计规范》TB 10621－2014 和《200km/h 客货共线铁路双层集装箱运输建筑限界》（铁科技函［2004］157 号）确定的（见表 1）。

表 1 铁路建筑限界

线　路	建筑限界(m)
客货共线铁路($v \leqslant 160$km/h)	6.55

续表 1

线　　路	建筑限界(m)
客货共线铁路(v≤200km/h)：电力牵引 KH-200	7.50
客运专线铁路(200km/h<v≤250km/h)	7.25
旅客列车高速铁路(250km/h<v≤350km/h)	7.25
客货共线铁路双层集装箱运输：电力牵引 SJX-JD	7.96
客货共线铁路双层集装箱运输：电力牵引 SJX-QD	7.76

本条规定将时速 160km/h 及以下定为普通铁路，跨越普通铁路的桥梁，桥下净空高度统一取值 6.55m。其余定为高速铁路，跨越高速铁路的桥梁，桥下净空高度统一取值 7.25m。跨越客货共线铁路双层集装箱运输铁路的桥梁，桥下净空高度统一取值 7.96m。

3.1.5 根据多年来国内轨道交通桥梁建设情况，置于路中时，桥墩的横向宽度一般不大于 3m，为确保侧向净宽不小于 0.5m，中央分隔带宽度不宜小于 4m，以保证安全。

更多精品资源关注微信公众：gcszhiku

3.1.6 根据现行铁路行业标准《铁路桥涵设计规范》TB 10002－2017 第 3.2.6 条的规定，制定了本条有关车行道净空不足时设置限高设施和警示标志的要求。

3.1.7 根据多年建设经验，道路下常有管线埋设，需要承台埋置一定深度。

一些工程实践表明，伸入行车道的承台位置处，在道路运行一段时间后会凸起，影响行车安全和舒适性，也影响城市道路形象。其主要原因是，高架桥桩基受规范、受力的要求，沉降较小，而承台周边基坑的回填压实较困难，沉降量较大。加大承台埋深，可减小承台范围内外的路基强度和刚度差异。

3.1.8 区间高架桥与架空高压线之间的最小垂直距离(轨面、声屏障顶、接触网立柱顶与架空高压线的垂直距离)根据架空高压线的电压等级满足国家标准《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061－2010、《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》

GB 50545－2010、《1000kV 架空输电线路设计规范》GB 50665－2011 的规定是为了确保高压线和轨道交通的安全。

3.2 区间跨河桥梁布置

3.2.1 河道范围（一般指河岸与河岸之间）内的桥梁长度 100m～500m 或跨度 60m～100m 的桥为大桥；河道范围内的桥梁长度大于 500m 或跨度大于 100m 的桥为特大桥。

3.2.2 本规范表 3.2.2 中桥下安全高度主要是为了考虑推算周期流量由于抽样误差引起的水位误差。同时，在确定梁底最低高程时尚应考虑壅水高、河湾超高、河床淤积及波浪高等因素。河流的壅水高、河湾超高、河床淤积及浪高等高度与断面流量、水位有一定的关系，但目前尚未有完善的计算办法。比照以往的设计经验，可分别考虑壅水高、河湾超高、河床淤积、波浪高等有关的影响，再相互叠加。

3.2.3 当两桥相邻时，由于跨河桥梁建成后改变了既有桥梁的水文环境，形成所谓的“桥群效应”，就有可能会加剧既有桥梁的冲刷，或由于雍水的影响对既有桥的桥下净空带来影响；同时施工期间也会对既有桥的水文状态产生影响，跨河桥梁的基础埋深等参数也会对既有桥的安全造成影响；上述影响是比较复杂的，需根据跨河桥梁与既有桥梁上下游的位置关系、桥轴线与河道的夹角、河流水文情况、航道情况以及施工方法等因素确定，必要时尚应通过水工模型试验来确定，因此本规范规定需根据各影响因素综合确定。

更多精品资源关注微信公众号：gcszlzkd

3.3 桥 面 布 置

3.3.1 建筑限界是在车辆故障状态运行下最大动态包络线的基础上，满足设备和管线安装后的最小有效断面。

为了避免桥上设备安装、检修、更换的困难甚至不可能，在桥面系设计时，应为桥上设备安装、检修、更换预留必要的空间和操作平台等。

3.3.2 桥上有砟轨道和无砟轨道各有利弊。桥上有砟轨道有利于提高行车的舒适性和降低噪声，有利于桥上线路高程的调整，有利于养路机械的连续作业，不足之处是桥上的二期恒载较大，养护维修工作量较大等。桥上无砟轨道性能均匀稳定，养护维修工作量较少，桥上二期恒载小很多，有利于桥梁结构的设计，不足之处是一次性投入较大，振动、噪声较大。总之，桥上有砟轨道、无砟轨道均可采用，视项目总体安排而定。

本条有砟轨道桥梁的挡砟墙内侧面距线路中心线净距不应小于2.2m的要求是根据工务部门有砟轨道养护机械的最小作业净空制定的。

考虑到本规范适用于最大运行速度120km/h，故适当提高正线轨下枕底道砟厚度至0.3m。

3.3.3 城市轨道交通桥梁的宽度是桥梁设计时的一个重要内容，目前国内设计的城市轨道交通桥梁桥面宽度各有差异，甚至同一城市有不同设计院设计的同一技术条件的桥梁的宽度也不相同，故有必要在规范中予以统一。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

当采用接触网供电时，接触网立柱中心至线路中心的距离是确定桥梁宽度的一个重要参数，此距离受车辆建筑限界（接触网立柱及坠砣按建筑考虑）、接触网受电弓安装要求等因素控制，本规范按不同半径给出了A型车、B2型车的相应距离，供设计人员参考使用。

由于城市轨道交通线路受制约因素较多，半径变化通常比较大。当采用一种桥面宽度进行包络设计时，直线段及大半径曲线段桥面宽度会富余很多，增加造价同时也不利于车辆噪声、轮轨噪声的抑制，故本条文规定可根据线路曲线半径的分布情况分段取值。

由于国家标准《地铁设计规范》GB 50157－2013中并未给出C型车的建筑限界，故本条未给出C型车的相关距离。

3.3.4 当接触轨位于线路中间时，线路中心线至栏板内侧边缘的距离不小于建筑限界的要求即可。为便于设计，采用B1型车最大建筑限界2.2m。

当采用接触轨供电、接触轨位于线路两侧时，由于接触轨外侧线缆的检修、维护、更换操作空间的需求，线路中心线至栏板内侧边缘的距离一般不小于 2.45m。

对于 U 形梁，线缆挂架竖向错开布置有利于线缆的检修、养护、更换，此时线路中心线至腹板内侧的最小距离可由设备专业、运营单位协调确定。

3.3.5 为了避免轨道交通与公路车辆的相互影响，轨道交通和道路合建桥梁宜采用分层布置；当采用同层布置时，为保证轨道交通的运营安全，应在轨道交通和道路间设置防护墙，防护墙的荷载应根据其发生的可能性考虑列车水平脱轨撞击力和汽车撞击力，并采用抗撞击能力最强的 SS 级防撞墙，其设计可参考公路行业规范《公路交通安全设施设计规范》JTG D81－2006 的相关规定。为防止公路上的杂物侵入轨道交通，危及行车及养护人员的安全，需同时设置防抛网。

同时车辆撞击防撞墙后通过爬高或转向来耗散能量，车辆端部有可能冲过防撞墙，因此参考跨越高速铁路的立交桥设计相关规定，要求防撞墙与轨道交通建筑限界间的净距不小于 1.2m，以确保列车的运营安全。

更多精品资源关注微信公众号：gcszlziku

3.4 桥上线路

3.4.1 大跨度桥梁设在曲线上时，曲线的离心力将增加桥梁横向刚度的控制难度；增加桥梁设计的复杂性；往往为了曲线的加宽，增加投资；故对大跨度桥梁作出本规定。

大跨度桥梁位于反向曲线上时，除存在上述问题外，还存在列车过桥由一曲线进入另一曲线时，列车的摆动较一般线路上更剧烈，列车运行安全性、舒适性都有所下降，故大跨度桥梁不应设在反向曲线上。

3.4.2 当钢桁梁桥位于竖曲线及缓和曲线上时，钢桁梁桥的每个杆件的尺寸均不一致，钢桁梁桥的施工难度大大增加，故应避免。

3.5 附属设施

3.5.1 为保证养护、维修人员的操作安全，设置不小于 1.1m 高的栏板。栏板亦可吸、隔列车产生的部分噪声，降低对环境的不利影响。栏板除满足受力要求外，尚应注意细节处理，使其更好的融入桥梁的整体景观中。

当疏散平台设置于线路两侧时，尚应在疏散平台侧栏板上增设高度不小于 1.1m 的栏杆，以保证乘客疏散的安全。

3.5.2 桥梁伸缩量由列车竖向和水平活载、梁体的收缩徐变、温度变化等引起的位移组成。伸缩缝选择时，应使其最大伸缩量大于以上各项位移之和。

3.5.4 当桥梁纵坡小于 3‰时，可通过桥面防水保护层厚度的调整形成不小于 3‰的桥面排水纵坡。桥面排水横坡可通过防水保护层厚度的不同形成，有特殊需求时，也可通过桥梁结构自身的横坡形成。

更多精品资源关注微信公众号：gcszlkj

3.5.5 对于桥上敷设管线作出限制，主要是确保桥梁结构的运营安全，避免发生危及桥梁或通行列车的燃爆等重大安全事故。

3.6 桥梁景观

3.6.1 当桥梁构件的体量较大时，往往具有单一的大面积外轮廓，易造成单调、生硬和乏味的视觉感受。在桥梁设计时，对此类构件轮廓表面可进行线条刻画或表面弯折等处理，以获得生动、精致的构件外观。

3.6.2 轨道交通桥梁上各类设施众多，同时也是影响桥梁景观的重要因素，所以桥上各类设施的布设在合理、有序的前提下，需进一步服从工程景观设计的总体要求。

4 材　　料

4.1 混 凝 土

4.1.1 根据行业标准《铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件》TB/T 3192－2008 的要求，预应力结构管道压浆材料的28d 抗压强度不小于 50MPa，因此本规范规定预应力管道压浆用水泥浆强度等级不宜低于 M50。

4.1.2、4.1.3 引用行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092－2017 第 3.1 节。

4.2 钢　　筋

更多精品资源关注微信公众号：gcszhuo

4.2.1～4.2.4 引用行业标准《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》TB 10002.3－2005 中第 3.2 节。根据国家发改委 2013 年 21 号令的要求来明确 HPB235＼HRB335 级钢筋的淘汰和住房和城乡建设部、工业和信息化部《关于加快应用高强钢筋的指导意见》(建标[2012]1 号)的要求，加速淘汰 235MPa 级及以下光圆钢筋、335MPa 及以下螺纹钢筋，将 Q235 修改为 HPB300，HRB335 修改为 HRB400 钢筋，其力学特性参考《钢筋混凝土用钢　第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1－2008 和《钢筋混凝土用钢　第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2－2007。鉴于《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224－2014 中已增加 1960 级钢绞线，但目前工程应用较少，故建议通过补充一定的疲劳试验后方可应用，并积累工程经验。

4.2.5～4.2.7 引用行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092－2017，并结合中国铁路总公司关于发布《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》TB 10002.3 等 7 项标准局部修订条文和有关工作的通知制定。

4.2.8 其他防护钢丝是指通过非金属保护涂层（如环氧树脂、防腐油脂）、化学层保护层（如铝层、锌层）或金属保护镀层（如镀铝）捻制成的钢丝。

4.2.9 其他防护钢绞线是指通过非金属保护涂层（如环氧树脂、防腐油脂）、化学层保护层（如铝层、锌层）或金属保护镀层（如镀铝）捻制成的钢绞线。

4.3 钢　　材

4.3.1 表 4.3.1 的钢种类是根据国家标准《桥梁用结构钢》GB/T 714－2015 确定的。

为避免钢材低温条件下的脆性断裂，因此规定环境极端最低温度低于－20℃时选用冲击韧性好的 E 级钢。

若所设计的桥梁结构需对选用钢种有特殊要求时，需对其化学成分、力学性能、工艺性能、特别是焊接性能及 Z 向性能提出专门要求。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

主体结构在桥梁结构中是不可更换构件，要保证 100 年的使用寿命，对于质量等级为 C 级的钢材，其材料力学性能较 D、E 级差，V 型冲击试验温度在 0℃，全国极端气温低于 0℃的地区占绝大多数，因此桥梁主体结构选用 D、E 级钢材。

4.3.3 在焊接结构中，自动焊、半自动焊所采用的焊丝、焊剂，手工焊的焊条及其焊接工艺，直接影响焊接接头的性能，为使其尽可能与基材相匹配，规定要求通过试验选用合适的焊接材料和焊接工艺，确保焊接质量和结构安全。焊接接头的冲击韧性是断裂韧性的要求，母材标准是指 V 型冲击试验，D 级钢在试验温度－20℃下，E 级钢在试验温度－40℃下，冲击吸收能量不小于 47J。

同时大量的工程实践表明通过焊接工艺试验能够达到母材标准。钢结构的焊接性能对桥梁安全至关重要，且涉及多方面的因素。

4.3.6 钢材基本容许应力是取钢材的屈服强度除以 1.7 的安全

系数或抗拉强度除以 2.5 的安全系数两者中的小值，国家标准《桥梁用结构钢》GB/T 714－2015 中钢材的屈服强度随板的厚度变化进行了调整（分级仅 50mm 为分界），本规范据此计算了钢材的容许应力，具体取值结果见表 2。

表 2　钢材的基本容许应力说明表

钢材牌号	质量等级	厚度（mm）	屈服强度 σ_s（MPa）	抗拉强度 σ_b（MPa）	容许应力（MPa）		取用 $[\sigma_0]$（MPa）
					$\frac{1}{1.7}\sigma_s$	$\frac{1}{2.5}\sigma_b$	
Q345q	D	≤50	345	490	202.9	196.0	200
	E	>50	335		197.1		195
Q370q	D	≤50	370	510	217.6	204.0	210
	E	>50	360		211.8		205
Q420q	D	≤50	420	540	247.1	216.0	230
	E	>50	410		241.2		225

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

注：1　容许剪应力以基本容许应力的 $1/\sqrt{3}\approx 0.6$ 倍为准；

2　端部承压（磨光顶紧）容许应力以基本容许应力的 1.5 倍为准；

3　弯曲容许应力根据习惯仍定为基本容许应力的 1.05 倍。

4.3.7　由于本规范第 4.3.3 条规定了焊缝性能与基材相匹配，故要求焊缝基本容许应力与基材相同。

4.3.9　本条引用自《铁路桥梁钢结构设计规范》TB 10002.2－2005 第 3.2.4 条。

4.3.10　本条引用自《铁路桥梁钢结构设计规范》TB 10002.2－2005 第 3.2.5 条。

5 设计荷载

5.1 荷载分类

5.1.1 按照荷载发生的概率，将荷载分为主力、附加力和特殊荷载三类。主力是永久作用或经常作用的荷载，附加力不是经常发生或发生概率较小的，特殊荷载是发生概率极小、作用时间短、有的还是灾难性的。

采用无缝线路后，由于无缝线路和桥梁的相互作用，当桥梁伸缩或发生弯曲变形时，由于受到无缝线路的约束，在桥梁中会产生伸缩力和挠曲力，该两项力是经常作用的，因此将其归为主力；但该两项荷载不会同时发生，因此荷载组合时只能选择一项；而当桥上无缝线路由于剧烈温度变化、钢轨损伤或其他原因引起的钢轨折断属于特殊情况，因此将其归为特殊荷载。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

本规范根据轨道交通运营的实际情况，新增了救援列车荷载和检修列车荷载，考虑到其作用时间短、发生频率低，因此将其列为附加力。

本规范新增了列车水平脱轨撞击力，由于其作用性质属于灾难性荷载，故将其列为特殊荷载。

5.2 荷载取值

5.2.1 轨道交通桥梁上有众多的附属设备如声屏障、接触网支柱、轨道、电力、通信、信号的线缆和设备、桥梁养护维修设备等，个别桥梁由于景观或使用功能的需要，还设有一些附属建筑，这些设施的材料类型各异、构造不一，规范中很难给出确切数值，因此本规范规定其取值根据其构造和类型按照相关行业的规范、标准或所属专业的设计值选用。

5.2.3 轨道交通的车辆荷载类型多样，常见主要类型有轨道交

通 A、B、C 型车（图 1～图 3），直线电机车辆和跨座式单轨交通等类型，线路总体设计时应首先确定的采用车辆类型（最大轴重和轴距），列车的最大加载长度按照初、近、远期中最长的编组长度确定。桥梁设计时，应根据构件影响线长度的不同分别选用本线初、近、远期的最不利编组。

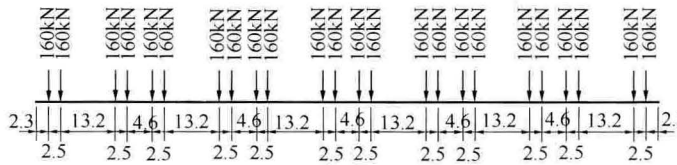
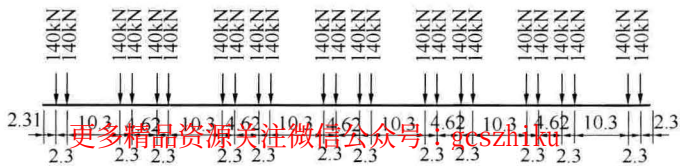


图 1　地铁 A 型车



更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

图 2　地铁 B 型车活载示意

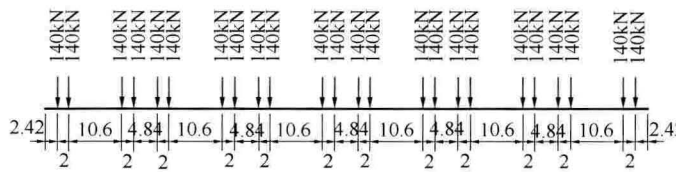


图 3　地铁 C 型车活载示意

承受多条轨道交通线路的桥梁，考虑到其同时发生最不利情况的可能性较小，因此应对多线桥的竖向静活载予以折减。对于双线桥，与普通的铁路桥梁不同，由于轨道交通的行车密度高，两线同时发生最不利情况的可能性相对较大，因此不予折减。对于三线以上的桥梁，本规范沿用了国家标准《地铁设计规范》GB 50157－2013 中 0.75 的折减系数，该系数与欧洲规范和我国

《高速铁路设计规范》TB 10621－2014 的规定一致。

但是，对于承受局部荷载的构件，由于同时发生最不利荷载的可能性较大，不得对竖向静活载进行折减。

5.2.4 列车的竖向动力作用主要与运行速度、车辆性能和轨道不平顺有关，轨道交通桥梁的运行速度较低，常用跨度桥梁的竖向刚度与普通铁路桥梁接近，同时车辆的性能较好，因此其竖向动力作用要小于一般铁路桥梁。根据上海地铁公司和原上海铁道大学对明珠线 30m 简支梁的测试结果（$V=60$km/h），实测动力系数为铁路桥涵设计基本规范规定值的 0.705 倍，因此本规范偏于安全，对于最高运行时速在 80km/h 及以下的轨道交通桥梁取《铁路桥涵设计规范》TB 10002－2017 规定值的 0.8 倍。

近年来，随着轨道交通车辆性能的提高，已经有多条轨道交通线路的最高运行速度确定为 120km/h 或更高，因此在列车运行速度大于等于 120km/h 的情况下，由于列车动力响应的增加，轨道交通桥梁的动力系数可偏于安全的按照《铁路桥涵设计规范》TB 10002－2017 的规定取值。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

支承单轨交通轨道梁的桥梁结构，对于整个结构而言，其动力系数仍与桥梁自身的影响线长度有关，因此其动力系数仍可偏于安全的按《跨座式单轨交通设计规范》GB 50458－2008 的规定取值，此时计算跨度仍应按照该桥的实际跨度取值。但是由于列车的竖向动力作用是通过单轨交通轨道梁的支点进行传递的，其荷载响应相对常规车辆荷载而言有所放大，因此应在规定取值的基础上乘以荷载的局部动力响应引起的增大系数，该增大系数可以取单轨交通轨道梁跨度根据《跨座式单轨交通设计规范》GB 50458－2008 的动力系数的规定进行计算。

U 形梁桥道板的冲击系数是依据国内相关单位的研究成果，并与实测结果进行比较后得出的。

5.2.5 疲劳检算是计算桥梁在运营期内的长期损伤累积，应取强度检算时动力作用的平均值，因此应在其基础上进行折减。根据日本《铁道构造物等设计标准·同解说，钢·合成构造物》的

规定，疲劳检算时列车的竖向动力系数采用强度计算时冲击系数的3/4倍，该数值与《铁路桥涵设计规范》TB 10002－2017基本一致，该规范规定动力系数为：钢桥 $\mu_1 = \frac{28}{40+L}$，结合梁桥 $\mu_1 = \frac{22}{40+L}$，《铁路桥梁钢结构设计规范》TB 10002.2－2005规定疲劳检算时的动力系数为 $\mu_2 = \frac{18}{40+L}$，后者与前者的比例为0.642～0.818，因此本规范取强度计算时动力系数的0.75倍。

疲劳加载工况与构件的影响线长度和发生最不利情况的概率息息相关，对于一般的双线桥，主梁和主桁等影响线长度较长，同时发生最不利情况的概率较小，因此采用单线加载；对于多线桥，疲劳加载的线数不超过两线；而对于横梁、横肋以及桁梁的竖杆等局部构件，双线同时作用的概率较大，因此采用双线加载；而对于钢桁梁的纵梁和正交异性板的纵肋由于只可能作用单线活载，因此采用单线加载。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

5.2.6 运营列车发生故障后，对故障列车实施救援是轨道交通运营中可能发生的一种特殊工况，桥梁设计中考虑救援工况是十分必要的。救援工况的设计对于中小跨度桥梁的影响不大，但对于大型桥梁如果在设计阶段不考虑救援工况，则会给后期运营带来不便。

救援荷载与列车的救援模式有关，本规范考虑了一列同编组列车将事故列车推出，同时另外一线保持正常运营的工况；考虑到救援列车可能携带救援设备及人员，因此在无详细资料的情况下偏于安全的取一列满载列车的重量，并与运营荷载进行最不利组合。

桥梁建成后，除通行运营车辆外，还需通过检修列车，在某城市的轨道交通建设中，出现了检修列车的效应大于运营列车的情况，因此设计中应根据检修列车的荷载分布情况进行结构检算。

考虑到上述两种情况作用的时间短，发生的可能性小，因此

将其列为附加力。

5.2.7 列车集中荷载的纵向分布是横向计算时经常遇到的问题，欧洲规范规定可以将轮对作用的集中力分布到三个钢轨支点上，中间支点为 $0.5P$，边支点为 $0.25P$；本规范制定时对该问题进行了有限元分析，有限元模型考虑了轨道的支承刚度等影响，结果表明其数值与欧洲规范的数值十分接近，因此采用欧洲规范的取值。

列车集中荷载沿轨道结构的横向分布，与通常集中力的传递问题类似，因此采用轨下沿 45°角扩散的原则。

5.2.8 离心力的作用点位于列车重心高度处，由于实际的车辆类型众多，设计十分不便，考虑到其对结构设计的影响有限，同时考虑到地铁车辆与高速铁路车辆的轴重和形式较为类似，因此偏于安全的取轨面以上 1.8m 作为作用点。

5.2.14 温度效应依据规范可以划分为三类：体系温差（均匀升降温）、温度梯度和构件温差，下面分别进行说明。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

1 体系温差的变化幅度与桥梁所在地区的自然条件和结构类型有关，其计算应从结构物的合龙温度算起。由于钢桥自身导热性好，对温度变化较灵敏，故应当考虑当地历年极端最低气温和历年最高气温；而混凝土桥，由于自身的导热性差，故对尺寸较大的构件，其温度变化要滞后于气温变化，因此采用历年最热月平均气温和最低月平均气温。

2 温度梯度

1）本规范制定过程中对近年来温度梯度的研究进行了调研，国内有关单位在兰新第二双线对箱梁桥进行了温度测试，实测温差为 14℃～19℃；浙江省内 2 座典型环境中桥梁的温度梯度长期观测的结果表明温度梯度的模式与《公路桥涵设计基本规范》JTG D60－2004 的规定基本相符，但是内陆地区和海岛区在数值上与规范值略有差异，内陆区数值高于规范值，海岛区数值低于规范值；国内某设计院对某主跨 200m 的连续

刚构实桥的测试结果，竖向温度梯度的拟合曲线为 $T = 20e^{-6y}$，与铁路规范的数值比较接近。

从规范的角度，温度梯度的效应欧洲规范的取值与公路规范、美国 ASSHTO 规范比较接近，中国铁路规范的取值最大，日本规范的效应最小。

轨道交通桥梁由于桥面宽度窄，设有防水层及保护层，同时由于轨道结构的宽度和厚度较大，竖向温度梯度的折减作用比较明显，同时为便于计算，推荐采用公路规范的温度梯度模式。

2） 结合梁桥的温度梯度

本条依据欧洲规范（BS EN 1991－1－5：2003）关于结合梁桥温度梯度的简化模式和日本《铁道构造物等设计标准·同解说，钢·合成构造物》的关于结合梁桥温度梯度的规定，取混凝土板和钢梁的温差为±10℃。

3） 本项制定的基本依据是欧洲规范（BS EN 1991－1－5：2003）并参考了国内外近年来的研究成果。根据香港某桥梁实测资料，表明欧洲规范的取值与实际情况比较吻合（日照温差实测值 21℃，欧洲规范 24℃，温度梯度的变化也基本类似，但变化没有欧洲规范剧烈；降温实测最大值 3℃，小于欧洲规范）；润扬长江大桥悬索桥钢箱梁的实测结果，温度梯度的最大值为 30.7℃（顶板处）；杭州江东大桥在无铺装时的实测结果钢箱梁顶底板的实测最大温差达到 34℃，与润扬长江大桥的测试结果比较接近。但是润扬长江大桥实测的温度模式与欧洲规范的温度梯度模式计算的应力结果比较接近，相差在 15%左右。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

综上所述，欧洲规范的关于钢桥温度梯度取值（图 4）还是比较可靠的。由于轨道交通桥面位于下层，同时考虑轨道结构有一定的遮蔽作用，因此对欧洲规范的日照温差取值进行了折减（系数 0.8）；而降温温差由于数值较小，就不再进行折减。

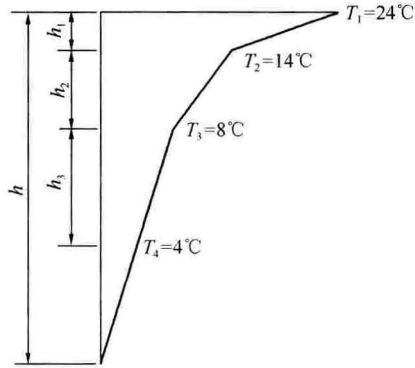


图 4　欧洲规范的钢桥温度梯度
（h_1=0.1m，h_2=0.2m，h_3=0.3m）

4）混凝土箱梁的内外温差

本条依据欧洲规范（BS EN 1991－1－5：2003）制定，并经过国内几座桥的实测资料验证。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

3　在结构中存在不同类型材料的构件时或构件的空间位置差异过大时，由于材料的导热性能或温度场的分布不同，所以在构件间存在温差，该温差在公路斜拉桥设计细则、欧洲规范和日本规范中均有类似条文，且数值比较接近，对常见结构类型，拉索、吊杆等钢构件与梁、塔、拱肋等混凝土构件之间温差可取 10℃～15℃，拉索、吊杆采用浅色防护套的可取 10℃，而拉索、吊杆采用深色防护套的可取 15℃；斜拉索与钢主梁间的温差可取 10℃。

5.2.18　本条采用了国家标准《地铁设计规范》GB 50157－2013 的相关规定，脱轨荷载的示意见图 5 和图 6：

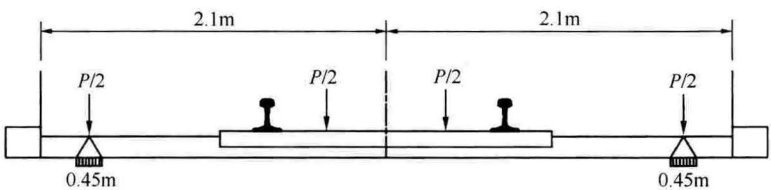


图 5　列车脱轨荷载图 1

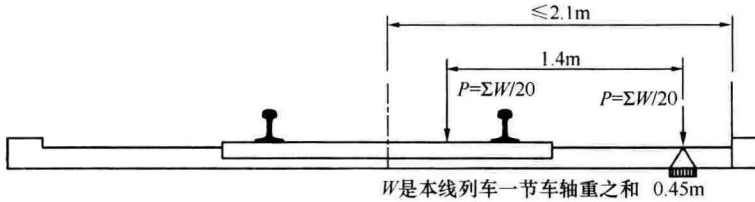


图 6　列车脱轨荷载图 2

5.3　荷 载 组 合

5.3.3　考虑到铁路和公路同时位于最不利位置的概率较小，《铁路桥涵设计规范》TB 10002－2017 规定了公铁两用桥的荷载组合原则，对于同时承受铁路和公路荷载的构件，铁路荷载取 100%，公路活载取 75%，这对于公铁两用桥而言是合适的，因为公路桥与铁路活载相比数值很小，根据分析，折减后的活载约占总荷载的 93%～96%。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

而轨道交通与铁路活载相比，荷载较小，因此为了使折减后的荷载效应与原荷载的比例与铁路规范接近的原则，应适当提高组合时的折减系数，确定了轨道交通与公路活载的组合系数为 0.85。由于轨道交通的加载长度受最大列车编组的控制，而公路活载加载长度为无限长，所以当桥梁构件的影响线长度足够长时（约为两倍轨道交通加载长度）就会出现公路活载的总量超过轨道交通活载，因此在构件验算时需增加 100%的公路与折减的轨道交通组合的工况。

6 刚度要求

6.0.1 竖向刚度控制指标是桥梁设计的重要参数，与线路的运行速度、列车运行的平顺性和舒适度等因素有关，铁路一般采用竖向挠度和自振频率双控。与铁路不同，轨道交通由于列车运行速度低，当列车运行速度为80km/h～120km/h时，列车的激振频率一般为1.0Hz～1.5Hz，常用跨度轨道交通桥梁的自振频率已经远大于该频率，因此限定自振频率的必要性不大。

本条关于桥梁刚度控制指标主要基于以下三个因素：①采用无砟轨道后，由于扣件的调整量有限，需要对梁体的徐变变形进行控制，而控制梁体的徐变变形就需对梁体刚度进行限制；②为避免在梁端处产生的轨道不平顺，同时为了控制梁端转角引起的无砟轨道扣件的上拔力和下压力，需控制梁端转角，实际上也对竖向刚度提出了要求，两者宜基本一致；③为保证列车运行的舒适性和安全性，也需对梁体刚度进行控制。综合上述因素，故本条引用了国家标准《地铁设计规范》GB 50157－2013的相关规定。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

6.0.3 本条是在国内近年来在建或建成的轨道交通大跨度斜拉桥的资料基础上制定的。

6.0.4 竖向挠度限值即挠跨比确定后，梁端转角也已确定。60m跨及以下的桥，其挠度限值的规定严于本条对梁端转角不应大于3‰的规定；80m跨及以上的桥，梁端转角不应大于3‰的规定则严于挠度限值的规定。制定本条，主要是控制大桥或特大桥边孔的竖向刚度，一般情况，设辅助墩后，边孔很少大于80m，因此，用梁端转角控制是有意义的。车桥耦合振动的计算表明，梁端转角将增加轮对的水平力，从而影响走行性，因此，应该限制。3‰是根据一些桥的车桥耦合振动计算结果确定的。

对于有砟轨道而言，转角过大会影响梁缝处的道床的稳定性；对无砟轨道而言，梁端转角会引起梁缝两端的扣件分别出现上拔和下压现象，转角过大时梁端轨道扣件的上拔力将超过扣件的扣压力容许值，造成垫板滑出，而扣压力过大则有可能造成垫板产生破坏，因此本规范规定梁端转角大于3‰时，要计算轨道扣件工作性能。

6.0.5 本条来源于欧洲规范和我国铁路规范，当大跨度桥梁的横向刚度不满足该规定时，应进行风-车-桥系统耦合振动分析，并检算车辆的动力学指标和桥梁的动力学性能是否满足要求，并结合其他使用功能的要求确定桥梁的刚度指标。

6.0.6 随着我国地铁及其他制式的城市轨道交通建设的迅速发展，大跨度轨道交通桥梁的兴建也日益增多。一些在铁路客运专线上从没有采用过的桥型正相继出现，如弯斜拉桥、单片拱肋拱桥、单索面斜拉桥、特大跨度斜拉桥及悬索桥等。这是由于城市轨道交通桥梁作为城市桥梁的一种，景观要求较高；而较之铁路客运专线，城市轨道交通列车速度低，荷载也小，有条件在桥式上向城市桥梁、公路桥梁靠近。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

另一方面，大跨度城市轨道交通桥梁的结构抗扭刚度相对较小，尤其是弯斜拉桥、单片拱肋拱桥、单索面斜拉桥、特大跨度斜拉桥及悬索桥等桥型。过大的扭转变形，将增加轮轨间的横向力，从而有发生脱轨的危险。桥梁的扭转变形引起的轨面不平顺可分为局部扭转效应和整体扭转效应，局部扭转的轨面不平顺限值根据欧洲规范制定，采用以3m长线路为基准，一线两根钢轨的竖向变形差不得超过4.5mm；而国内外其他规范缺少整体扭转变形的控制限值的规定，因此，需根据轨道交通车辆特点，研究并提出整体扭转变形的限值标准。

本规范提出的限值是根据国内风车桥耦合振动分析结果，并结合我国有关轨道不平顺动态管理值的规定提出的。

6.0.8

1 对于有梁缝的桥墩，墩顶横向位移的限值目的就是控制

梁的水平折角（见图 7），对于常用的 30m 跨度的梁，$4\sqrt{L}=22.5$mm，梁的水平折角为 1.5‰，则与《铁路桥涵设计规范》TB 10002－2017 的规定相同。当相邻两跨的跨度为 30m＋5m 时，按 $4\sqrt{L}$计，水平折角为 2.1‰。考虑到城市轨道交通桥梁的列车速度最大为 120km/h，参考日本规范的相关规定，2.1‰是可行的，但跨度小于 5m 时，应直接用梁的水平折角不大于 2.5‰来控制。

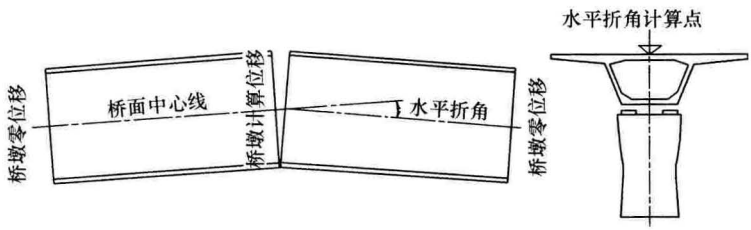


图 7　梁的水平折角

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

3　由于桥梁和无缝线路的相互作用，梁-轨之间的温差、列车制动力及梁体在竖向荷载作用下的弯曲等作用时都会在钢轨中形成相应的附加应力，当该附加应力达到一定数值时就会影响钢轨的安全；同时为保证道床的稳定，需对制动力作用下梁-轨间的快速位移进行限制。

由于制动附加应力随桥墩的刚度的增加而迅速减小，伸缩附加应力随桥墩刚度的增加而缓慢增加；梁轨快速位移随桥墩刚度的增加而减小，因此需对桥梁的纵向线刚度进行控制。由于轨道交通的轴重较轻，且运行速度低，因此列车轴重引起的动弯应力要明显小于铁路，这就意味着同样的钢轨，轨道交通允许的附加应力数值可更大，从而与铁路相比可以降低桥墩的线刚度控制标准。

本规范给出的简支梁桥墩纵向线刚度限值是在相关单位研究成果的基础上，并考虑一定的安全储备后制定的；由于单线桥仍承受单线制动力，因此轨道应力相对于双线桥更为不利，故将其线刚度控制标准做了提高。

7 结构设计

7.1 一般规定

7.1.5、7.1.6 预拱度设置的目的是为了保证成桥时线形与理论线形基本一致，且在无活载作用时保持一定的上拱度，对于预应力混凝土桥，计算时必须考虑预应力和自重（二期恒载）和铺轨前收缩徐变变形；由于轨道交通多采用无砟轨道，而轨道的铺设多按照理论线形进行铺设，如果预拱度设置时考虑铺轨后的后期徐变变形，则铺轨时对轨道结构的厚度影响较大，甚至影响轨道铺设，因此结合近年来的建设经验，预拱度计算时仅考虑铺轨前的收缩徐变变形。而后期徐变则通过控制变形来达到控制轨道不平顺的目的，徐变产生的不平顺与跨度有关，故根据跨度进行了分级。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

7.1.7 控制桥墩差异沉降量的主要目的是控制相邻桥墩沉降引起的短波轨道不平顺，这一点尤其对于跨度小于 40m 的中小桥梁更为突出。无砟轨道由于后期的调整量小，因此控制值更严格；控制总沉降量也有利于控制差异沉降。本规范的沉降控制值沿用了国家标准《地铁设计规范》GB 50157－2013 的规定。

7.1.9、7.1.10 为防止个别吊杆断裂造成安全事故，轨道交通桥梁不得采用悬吊横梁的结构体系，再者设置纵梁后，桥面的竖向刚度有所提高，并大幅度提高了桥梁整体横向刚度；同时改善了无缝线路的受力状态，综上所述，规定轨道交通桥梁不得采用悬吊横梁的结构体系。同时考虑到轨道交通运行密度高，对城市交通的影响大，因此规定了应进行单根吊杆失效工况的验算，保证单根吊杆失效时双线仍可限速运行。

7.1.11 为了便于进行构件稳定验算，在稳定理论中引入了自由长度的概念，其物理含义是将不同边界条件的受压杆件根据临界

轴力相等的原则换算为等效长度的两端简支压杆，该等效长度即为自由长度。因此对于拱肋等结构在强度验算时需要的自由长度，同样可以应用该原理求得，即首先求出对应平面的一阶失稳模态对应的临界轴力，然后由临界轴力和截面特性求得换算自由长度。

7.1.12 拱采用分离式拱肋时，应在横向设置足够数量的横撑，以形成空间结构，增加面外的稳定性，防止发生面外失稳。

7.1.13 本条主要是考虑到轨道交通桥梁的重要性角度并兼顾短吊杆受力状态的复杂性，适当提高了吊杆的强度安全系数，同时吊杆应进行疲劳检算，保证吊杆的疲劳应力幅计算值应小于该类吊杆的容许应力幅。

7.1.14 本条实际上是对斜拉索强度安全系数作的规定。斜拉索最大应力的限制与应力幅即疲劳强度有关。日本《PC斜拉桥·部分斜拉桥设计施工规范》中规定，对于平行钢丝斜拉索，当斜拉索的最大应力为$0.6f_{pk}$时，疲劳强度为180MPa；最大应力为$0.4f_{pk}$时，疲劳强度为230MPa；对于钢绞线拉索，最大应力为$0.6f_{pk}$时，疲劳强度为120MPa；最大应力为$0.4f_{pk}$时，疲劳强度为200MPa；该规范还规定，对于铁路桥，疲劳强度安全系数采用2.5。参照这个规定，给出了最大应力与应力幅的关系。由于施工期间为短暂工况，因此规定最大应力可提高25%，但提高后的数值不得超过$0.6f_{pk}$。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

7.1.15、7.1.16 与公路桥不同，轨道交通桥梁上铺设了无缝线路。即使设置了钢轨伸缩调节器，当斜拉桥为漂浮体系时，过大的梁端纵向位移对行车不利，因此规定不得采用全漂浮体系斜拉桥。

考虑到轨道交通的特殊性，斜拉桥应验算单根斜拉索失效的工况，并应保证结构在此情况下仍可限速运行。

7.1.17 由于空心桥墩抵抗水平力的能力较弱，一旦承受车船、排筏或漂流物撞击时，桥墩容易产生大的结构损伤，甚至丧失承载能力，因此规定在上述外力作用点以下的部位不宜采用空心

桥墩。

7.1.18 轨道交通桥梁由于对刚度要求较高，因此宜采用球形钢支座和盆式橡胶支座。

对于严寒地区和耐久性有特殊要求的情况（如跨海或近海桥梁、大吨位支座），由于球形钢支座的摩擦副材料采用的超高分子量聚乙烯的耐低温性能和耐久性明显优于天然橡胶和聚四氟乙烯，因此宜选用球形钢支座。

本条引用自行业标准《城市轨道交通桥梁盆式支座》CJ/T 464－2014、《铁路桥梁盆式支座》TB/T 2331－2013。

7.1.19 由于U形梁桥构造的特殊性，桥道板的约束情况及计算跨度不够明确，采用平面梁计算不能反映实际情况，因此桥道板内力宜采用空间有限元模型进行计算。估算的方法只限用于初步设计。

7.2 混凝土结构

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

7.2.1 矩形、带翼缘箱形截面的腹板（肋板）缘板以及顶（底）板组合截面弯扭构件，在计算中可将其截面划分为几个矩形截面。划分的原则是：先按截面总高度划出腹板或矩形箱体，然后再划出受压翼缘和受拉翼缘板。T形或I形截面受纯扭构件的试验表明，破坏时第一条斜裂缝首先出现在腹板侧面中部，当腹板宽度大于翼缘厚度时，如将悬出翼缘部分去掉，可看出腹板侧面裂缝与顶面裂缝基本相连，形成了断断续续、相互贯通的螺旋形斜裂缝，也即腹板裂缝的形成受翼缘的影响不大，其自身具有独立性。依此，可将腹板和翼缘分开分别进行抗扭计算。划分出的腹板或矩形箱体的翼缘不考虑受剪仅按纯扭构件计算。试验同时表明，对于配有闭合式箍筋的翼缘，其截面抗扭是随翼缘悬出部分的增加而提高。但悬出部分过大，翼缘与腹板连接时整体刚度减弱，同时受弯变形后翼缘易于断裂，因此，翼缘的抗扭作用因悬出部分过大反而显著降低。本规范取悬出长度不超过其厚度的3倍。每个矩形基本单元体所承受的扭矩设计值，按其截面受扭

塑性抵抗矩与总截面的受扭塑性抵抗矩的比值从构件总扭矩中分担。

7.2.2 轨道交通桥梁中，需要考虑弯扭共同作用的构件较少，偏于安全计，本规范将纵向钢筋面积按弯矩最大值对应扭矩值或扭矩最大值对应弯矩值分别计算，进行叠加，取最大值配置。

7.2.3 试验表明，受扭构件当钢筋配置过多时，可能出现混凝土先于钢筋破坏的情况，因此须通过限制剪应力水平对截面最小尺寸进行控制。弯扭构件由于其受力的复杂性，目前只能将扭矩和剪力产生的剪应力进行叠加，使其总和不超过规定的剪应力限值。

本规范的剪应力的限值采用了《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092－2017 中的 σ_{tp-1}，该取值与《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62－2004 相当，比较结果见表 3。

表 3　剪应力的限值对比结果（当构件剪应力＞σ_{tp-1}）

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

强度等级	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
本规范	1.98	2.25	2.43	2.61	2.75	2.97	3.15
公路规范/1.4	2.00	2.16	2.30	2.44	2.58	2.70	2.82

当构件的剪应力小于 σ_{tp-2}，该取值与《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62－2004 相当，比较结果见表 4。

表 4　剪应力的限值对比结果（当构件剪应力＜σ_{tp-2}）

强度等级		C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
本规范		0.73	0.83	0.90	0.97	1.03	1.10	1.17
公路规范/1.4	允许开裂	0.70	0.76	0.83	0.87	0.92	0.95	0.98
	未开裂	0.87	0.95	1.03	1.09	1.14	1.18	1.23

7.2.5 “撑杆-系杆体系”计算方法，避开了常规材料力学公式对短悬臂梁不能反映结构材料非线性应变与剪应力不均匀分布等

不足。轨道交通桥梁桩基承台大多属于短臂梁；截面内抗力力臂较一般应变按平面假定为小，抗弯能力随之降低，所以，当外排桩中心距墩台边缘小于或等于承台高度时，宜按“撑杆-系杆体系”计算方法计算承台截面强度是较为合理的。

撑杆的抗压强度计算公式系参照《美国规范 AASHTO-LRFD》5.6.3.3.3 并结合 5.5.4.2.1、5.6.3.2 的撑杆抗压强度设计值为其特征抗压强度的 0.7 倍，进行换算而得：

$$f'_{cu}=\frac{0.7f_{cu,k}}{0.8+170\varepsilon_1}\leqslant 0.7\times 0.85f_{cu,k} \tag{1}$$

其中

$$\varepsilon_1=\varepsilon_s+(\varepsilon_s+0.002)\cot^2\alpha_s \tag{2}$$

式中：α_s——撑杆压力线与系杆拉力线的最小夹角及图 C.0.2 中的 θ_i；

ε_s——系杆方向混凝土的拉伸应变；

更多精品资源关注微信公众号 gcszhiku

f'_{cu}——撑杆的极限抗压强度；

$f_{cu,k}$——ϕ150mm×300mm 混凝土圆柱体 28d 特征抗压强度；

《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092－2017 规定的混凝土 28d 特征抗压强度 $f_{cu,k}$ 是由边长 150mm 立方体试验得出，与美国规范 ϕ150mm×300mm 混凝土圆柱体 28d 特征抗压强度的关系为 $f'_c=0.80f_{cu,k}$，因此式（1）可改为：

$$f'_{cu}=\frac{0.7\times 0.8f_{cu,k}}{0.8+170\varepsilon_1}\leqslant 0.7\times 0.85\times 0.8f_{cu,k} \tag{3}$$

或

$$f'_{cu}=\frac{f_{cu,k}}{1.43+304\varepsilon_1}\leqslant 0.48f_{cu,k} \tag{4}$$

引入容许应力法概念将 $[\sigma_b]$ 代替 $0.48f_{cu,k}$，得到 $f_{cu,k}=[\sigma_b]/0.48$；再将撑杆的强度用应力表示，即 f'_{cu} 用 σ_b 表示，式（4）改为：

$$\sigma_b = \frac{[\sigma_b]}{0.69 + 146\varepsilon_1} \leqslant [\sigma_b] \tag{5}$$

设

$$\varphi = 1/(0.69 + 146\varepsilon_1) \leqslant 1 \tag{6}$$

得到撑杆的抗压强度计算公式为：

$$\sigma_b = \frac{D_l}{tb_s} \leqslant \varphi[\sigma_b] \tag{7}$$

3 承台冲切强度计算公式系参照国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010－2010 中第 6.5.1 条并结合行业标准《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092－2017 容许应力法换算而得。

一般情况下，城市轨道交通桥梁承台设计均是不配置箍筋或弯起钢筋的普通钢筋混凝土结构。依据《混凝土结构设计规范》GB 50010－2010（2015 年版）中第 6.5.1 条对板的受冲切承载能力计算公式如下：

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

$$F_l \leqslant 0.7\beta_h \eta U_m h_0 f_t \tag{8}$$

参照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62－2004，β_h 取 0.85，η 取 1.0，上式为：

$$F_l \leqslant 0.6 f_t U_m h_0 \tag{9}$$

引入容许应力法概念以及计算容许应力时的冲切力 F 与上式 F_l 之间存在 1.3 的荷载组合综合系数，即 $F \approx \frac{F_l}{1.3}$，则：

$$\tau_c = \frac{F}{U_m h_0} \approx \frac{F_l}{1.3U_m h_0} \tag{10}$$

又因《混凝土结构设计规范》GB 50010－2010（2015 年版）中混凝土轴心抗拉强度设计值 f_t 与《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092－2017 中混凝土容许纯剪应力 $[\tau_c]$ 之间也存在一定关系见表 5，即：

$$[\tau_c] \approx \frac{f_t}{1.3} \tag{11}$$

表 5　铁路规范 $[\tau_c]$ 与混凝土设计规范 f_t 关系

强度等级	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
铁路规范 $[\tau_c]$	1.10	1.25	1.35	1.45	1.55	1.65	1.75
混凝土设计规范 f_t	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04
$f_t/[\tau_c]$	1.30	1.26	1.27	1.24	1.22	1.19	1.17

将式（2）两边同除 1.3 并将 $U_m h_0$ 移至公式右边为：

$$\frac{F_l}{1.3U_m h_0} \leqslant 0.6 \frac{f_t}{1.3} \tag{12}$$

综合（10）、（11）、（12）式，即得本规范公式：

$$\tau_c = \frac{F}{U_m h_0} \leqslant 0.6[\tau_c] \tag{13}$$

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

U_m 承台冲切截面周长的计算均参照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62－2004 第 8.5.5 条而得。

7.3　钢　结　构

7.3.2　由于剪力滞的影响，在荷载作用下受压正交异性板的应力不是均匀分布的。为了反映这种不均匀，本规范中采用了有效分布宽度来计算等效应力。本条制定时参照了国外下列规范：

美国 AASHTO 规定，当主梁腹板间距不大于等效跨径的 1/5 或者主梁悬臂外侧主梁腹板的间距不大于等效跨径的 1/10 时，翼缘板全宽有效，简支梁时等效跨径与主梁计算跨径相同，连续梁时，等效跨径为反弯点间的距离。

日本《道路桥示方书》根据桥梁结构形式将主梁的有效宽度 C 沿桥跨的变化而不同，但基本与欧洲规范 3 接近。翼板的单侧翼板有效分布宽度可按下列公式计算：

跨中断面：

$$\begin{cases} C = b & (b/l \leqslant 0.05) \\ C = [1.1 - 2(b/l)]b & (0.05 < b/l < 0.3) \\ C = 0.15l & (b/l \geqslant 0.3) \end{cases} \tag{14}$$

支点断面：

$$\begin{cases} C = b & (b/l \leqslant 0.02) \\ C = [1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2]b & (0.02 < b/l < 0.3) \\ C = 0.15l & (b/l \geqslant 0.3) \end{cases} \tag{15}$$

式中：b——主梁腹板间距的一半或悬臂板宽度；

l——等效跨径。

对于简支梁等效跨径 l 与简支梁计算跨径相同。

对于连续梁，支点处的有效宽度与跨中不同，距中间支点 0.2 跨径的范围内，有效宽度按两者内插计算，其余部分与跨中相同。支点处有效跨径按相邻跨径之和的 0.2 倍计算，边跨的有效跨径取该跨跨径的 0.8 倍计算，中跨的有效跨径取相应跨的 0.6 倍计算。

对于悬臂梁等效跨径取悬臂长度的 2 倍计算。相比较而言采用欧洲规范 3 计算方法简单，概念明确，适应性更强。

7.3.3、7.3.4 钢箱梁桥顶、底板、杆件腹板等的宽度与板厚之比（宽厚比）较大，均匀受压板件和以受压为主的腹板设置纵向加劲肋是防止顶、底板、杆件腹板在弯曲压应力或者制作、运输、安装架设中不可预料的压应力作用下局部失稳的最有效方法。通常，钢箱梁及杆件整体刚度比顶、底板及腹板刚度大得多，顶、底板及腹板的局部稳定分析，可以近似简化为由箱梁（杆件）腹板（纵隔板）和横隔板围成的四边简支加劲板。如图 8 所示。

加劲板的承载能力与加劲板的刚度有密切的关系，为了充分

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

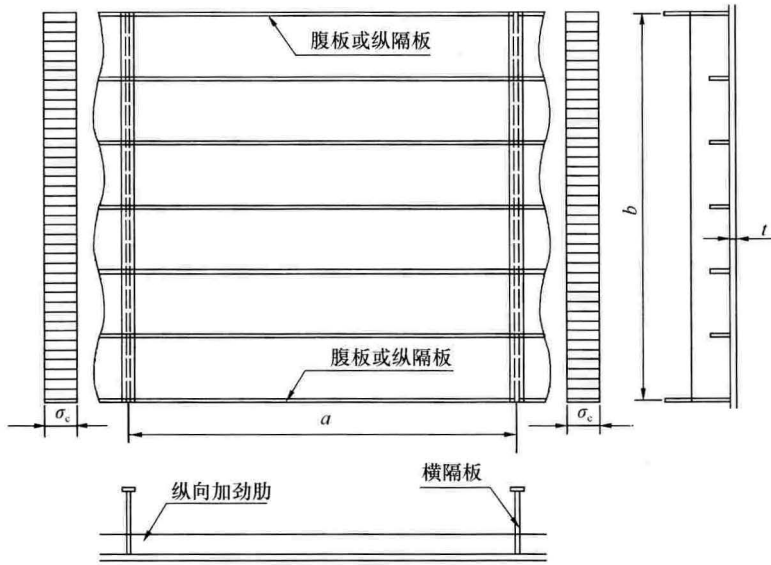


图 纵向加劲肋

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

发挥钢材的强度和简化设计计算，工程设计中通常采用刚性加劲设计，即使满足加劲肋的抗弯惯性矩 $I_1 \geqslant \frac{bt^3}{12(1-\nu^2)}\gamma$。

本条公式规定引用于日本规范《道路桥示方书·Ⅱ钢桥编》。

本条关于板式加劲肋的规定与行业标准《铁路桥梁钢结构设计规范》TB 10002.2－2005 基本一致。

7.3.5 鉴于目前国内规范尚无正交异性板疲劳细节、计算方法及容许应力幅的规定，本规范引用了欧洲规范 EN1993－1－5：2006 的规定。

7.4 钢-混凝土结合梁

7.4.2 钢-混凝土结合梁的设计应考虑施工过程的效应，根据不同施工阶段对结合前或结合后的结构截面进行验算。在混凝土桥面板和钢梁结合前，由于钢梁承受全部荷载（含施工临时荷载），

因此需对钢梁的整体、局部稳定性进行验算，并根据验算结果设置必要构造措施，确保钢梁不发生失稳。

7.4.4

1 目前国内外相关设计规范在计算钢与混凝土弹模比时，主要在考虑混凝土徐变影响上有所差别。

一类是根据不同的荷载类型，考虑徐变影响后，直接给出了弹模比。如日本《道路桥示方书同解说》以及我国原《铁路结合梁设计规定》TBJ 24－89。这类方法在运用时方便简单，但不能准确反映徐变影响。

一类是根据荷载发生的实际情况来计算实际的徐变系数，并根据徐变系数修正弹性模量后得出弹模比。如欧洲规范和我国公路桥梁的相关设计规范，这类方法考虑了不同水泥种类、加载龄期、环境、混凝土体积等影响，有更好的准确性与针对性，但使用时较为繁琐，往往需要查表和计算。

考虑到城市轨道交通采用的结合梁通常为简支或小跨径的连续梁，跨径和形状也较为统一。因此在编制时以第一类方法为思想，结合工程实例，对欧洲规范的算法进行了比较后（表 6），得出了本条规定。设计时，对常规结合梁可直接采用本条条文的取值，对大跨及特殊结构宜根据该结构的特点进行较为详细的研究。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

表 6　不同规范的钢与混凝土弹性模量比 n

弹性模量比 n	欧洲规范	日本道路桥示方书同解说	铁路结合梁设计规定	本规范
恒载	15	7	—	15
活载	7	7	10	7
温度	15	15	7	10
收缩徐变	15	15	15	15

3 由于连接件不是绝对刚性，在力作用下不可避免的会发生滑移，从而降低整个结构的刚度，特别是焊钉连接件，其滑移

对刚度的影响不能忽略。因此在计算结构挠度时，需计入滑移对刚度的折减。折减系数可参照现行《钢结构设计规范》GB 50017进行计算，不做计算时可取 0.85。

4 对于存在负弯矩区的连续梁结构，负弯矩区混凝土可能存在开裂现象，从而导致内力重分布。因此在计算连续梁时，应先按照全截面计算出结构内力，进而计算出荷载组合作用下混凝土桥面板的最大应力，若该应力值大于混凝土的极限抗拉强度，则该区段混凝土有可能开裂退出工作。此时，应忽略负弯矩区混凝土的作用，只计钢筋作用重算截面再计算结构内力。

准确分析负弯矩区长度通常需要采用计算机方法，不便于操作。根据相关研究结果，对于中小跨径的组合梁，假定每个连续梁内支座两侧各 15%的跨度为开裂区域，其误差是可以接受的。

7.4.5 本条规定引用欧洲规范 EN1994－2：2005。

与混凝土梁桥类似，结合梁混凝土板同样存在剪力滞后效应，目前各国规范均采用有效宽度的方法来考虑混凝土板剪力滞后效应，但有效宽度计算方法不尽相同。

更多精品资源获取微信公众号 gcszlxh

英国规范（BS5400）第 5 部分通过大量有限元分析及实验研究以表格形式给出对应不同宽跨比条件下的结合梁混凝土板的有效宽度。

美国规范（AASHTO）针对结合梁内梁和边梁作了分别规定。对内梁的规定如下：

采用下列规定的最小值：①1/4 有效跨径；②12 倍板厚＋较大的腹板厚度或一半钢梁顶板宽度；③两相邻钢梁的平均间距；特别指明了该项规定适用于所有极限状态的抗力计算。

《公路钢结构及木结构设计规范》JTJ 025－86 中混凝土板有效宽度取下列三种宽度中最小者：①桥梁计算跨径的 1/3；②两相邻轴线间的距离；③桥面板承托以外加 12 倍混凝土板厚度（当无承托时，则取钢梁上翼缘的宽度），《公路钢结构及木结构设计规范》JTJ 025－86 中关于组合梁混凝土板有效宽度的规定与外部荷载类型无关，与结构形式和部位也无关。

欧洲规范 4 的混凝土板有效宽度是根据弹性分析得出的，可以用于塑性或非线性分析。当进行弹性分析时，全跨采用相同的有效宽度。欧洲规范 4 的混凝土板有效宽度由两部分组成，中间和悬臂部分，但中间宽度为最外侧剪力连接件的距离。单侧混凝土板有效宽度规定为 $l_0/8$，且不得大于 b_i，l_0 为梁弯矩零点的间距，考虑了在边跨混凝土板有效宽度的折减，给出在端支点处单侧混凝土板有效宽度的折减系数：

$$\beta_i = 0.55 + 0.025\, L_{ei}/b_i \leqslant 1.0 \tag{16}$$

式中：L_{ei} ——边跨的等效跨径长度。

相比较而言，欧洲规范 4 对组合梁混凝土板有效宽度的计算方法简单，概念明确，摈弃了混凝土板有效宽度与厚度相关的规定，适用性更强，因此本条就采用了欧洲规范 4 的规定。

7.4.6 由于桥面板比较薄，承担竖向剪力的能力有限，竖向剪力主要由钢梁的腹板承担，故在钢梁剪应力验算时，忽略桥面的作用。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

7.4.10 在混凝土收缩、徐变变形和温差作用下，钢-混结合梁为保持截面变形一致，在混凝土板与钢梁的交界面上会产生一对沿梁纵向保持不变的交互力 V_s，如图 9 所示。该交互力会引起沿梁长的纵向水平剪力 $v(x)$，$\int_0^{l/2} v(x) = V_s$。

根据日本《道路桥示方书同解说》的研究结果，该剪力在主梁端部最大，在主梁端部 $l/10$ 以外的范围内很小，可忽略不计，其变化如图 10 中虚线所示。在无详细计算资料时，可按本条文

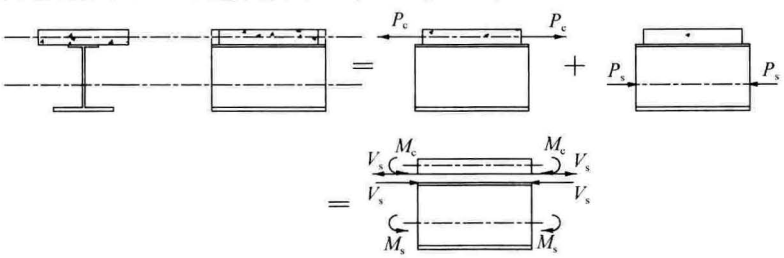


图 9　交互力 V_s 计算图式

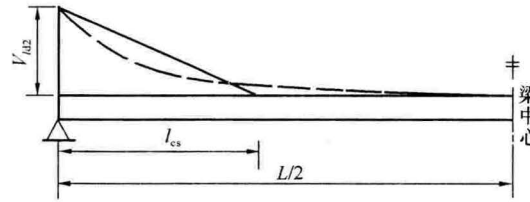


图 10　混凝土收缩、徐变和温差作用引起的纵向水平剪力变化示意

假定的分布进行计算。

在计算时，为简化进行叠加计算，可将混凝土收缩、徐变变形效应等效于降温产生的应变进行计算。其中收缩应变可根据不同的施工方式简化为预制板为降温 5℃、现浇板为降温 15℃来计算；混凝土桥面板的徐变应变可根据混凝土桥面板形心处的恒载应力，按桥面板自由变形计算出徐变应变，再将徐变应变转化为等效温差进行计算。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

对于超静定结构，还应考虑由此引起的支座次反力等引起的次内力产生的纵向水平剪力，按本规范第 7.4.9 条计算。

7.4.11　由预应力束集中锚固力引起的纵向水平剪力

预应力束集中锚固力作用于混凝土桥面板上时，在锚固点截面，由于应力集中效应，该截面的集中力主要由锚固区域的混凝土承受，通过一定的扩散长度后（约一倍梁高）再传递给整个截面承受。因此，在任意区段内，由剪力连接件所传递的纵向水平剪力之和等于该区段两端截面的钢梁截面应力和的差值（或两端混凝土桥面板截面上的应力和的差值）。

对于静定结构，根据材料力学公式，在 1/2 钢束长度范围内，结合面上的总的纵向水平剪力为：

$$V_p = \int_0^{0.5L} \tau(x)\mathrm{d}x = \int_{h_s}^{h} b_c(y)\sigma_{锚端}(y)\mathrm{d}y - \int_{h_s}^{h} b_c(y)\sigma_{锚中}(y)\mathrm{d}y$$

$$= N_p - \int_{h_s}^{h} b_c(y)\sigma_{锚中}(y)\mathrm{d}y \qquad (17)$$

式中：L——钢束长度；

h——结合梁梁高；

h_s——钢梁梁高；

$b_c(y)$——截面宽度沿梁高的函数；

$\sigma_{锚端/锚中}(y)$——锚端（锚中）截面应力沿梁高的函数；

N_p——预应力束集中锚固力。

其分布在锚固点最大，钢束中心最小，如图 11 中虚线所示。对于等截面梁，在无详细计算资料时，可按本条文假定的分布进行计算。

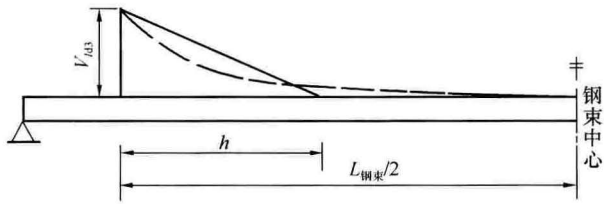


图 11　由预应力引起的纵向水平剪力变化示意

更多精品资源供注册后台获取，qcszjt.com

对于超静定结构，还应考虑由于预应力引起的支座次反力等引起的次内力产生的纵向水平剪力，按本规范第 7.4.9 条计算。

当锚固截面不在梁端且锚前区段支座对结构的纵向变形有约束时，对锚前区段也应采用相同的方法计算。

7.4.12　结合梁常用连接件通常可分为型钢连接件、焊钉连接件和开孔钢板连接件。型钢连接件抗剪强度高，但抗拉拔力性能较差，且由于自身刚度大，与桥面板变形协调能力差，因此建议在城市轨道交通桥梁中不使用。

7.4.13　本条是在《钢结构设计规范》GB 50017－2003 原有条文的基础上进行研究后修改的。

《钢结构设计规范》GB 50017－2003 原有条文公式为：$N_v^c = 0.7A_s\gamma f_y$，其中 γ 为焊钉材料的屈强比，f_y 为焊钉材料的屈服强度，$\gamma f_y = f$。因此在编写该条时直接采用 f 代替。《钢结构设计规范》GB 50017－2003 中也将该公式进行了同样的修改。

由于原公式是通过推导与试验所决定的，而本规范与国标《钢结构设计规范》GB 50017－2003 在设计理论、材料强度取值上存在着一定的差异。因此在编写时，结合原有研究成果，综合考虑材料强度取值、焊钉疲劳问题和现有工程应用结果，确定了焊钉的容许抗剪力为 $0.5\,N_v^c$。

7.4.14 本条引用日本《道路桥示方书同解说》。式 7.4.14-1 的适用范围为：$70000 \leqslant \left[\frac{\pi(d_1^2-d_2^2)f_c}{4}+\frac{\pi \cdot d_2^2 f_s}{4}\right] \leqslant 380000$，并通过计算得出 $23400 \leqslant N_v^c \leqslant 596900$。

7.5 构 造 要 求

7.5.1 根据近年来国内轨道交通 U 形梁的建设和运营经验，适当增加桥面板的厚度，对于降低振动和噪声是有利的；在梁端设置端横梁后，有利于提高 U 形梁的整体刚度，改善梁端桥面板的局部受力。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

7.5.2 本条来源于国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010－2010(2015 年版)的规定，并将最小配筋率的公式进行了转换，原公式中混凝土轴心抗拉设计值 f_t 与本规范混凝土轴心抗拉极限强度值 f_y 之比乘以 0.6 约为 0.35。经比较与国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010－2010（2015 年版）的规定相当。

7.5.4、7.5.5 引用自欧洲规范 EN1993－1－5：2006。

近十几年中，我国建设了许多大跨度钢箱梁悬索桥、斜拉桥，然而，服役不久，正交异性钢桥面板即产生了不同程度的早发性、多发性、再现性裂纹。本条结合国内外的长期研究成果和实践经验，为简化桥梁钢桥面板的疲劳设计，提出了基于正交异性钢桥面板结构和构造细节的构造要求。

正交异性板纵向加劲肋的构造细节如下：

1 开口加劲肋与横梁腹板的连接的构造处理见图 12。

2 U 形肋与面板间的纵向角焊缝的焊缝喉高应不小于纵肋厚度（图 13），熔透深度不小于 0.8 倍纵肋厚度，并避免焊漏。

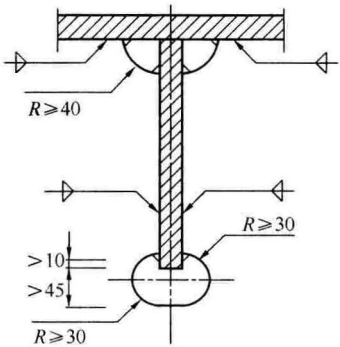


图 12　板肋和横梁腹板的连接

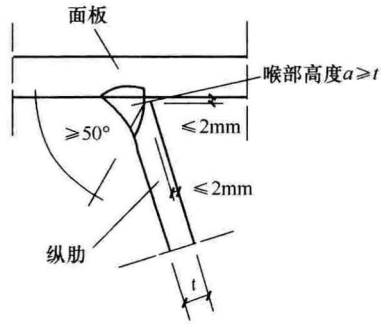
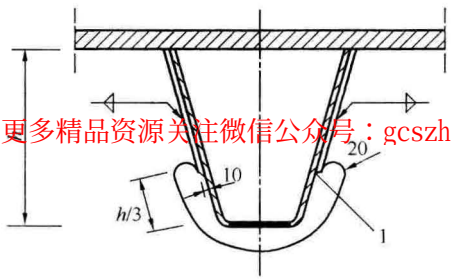


图 13　纵肋与面板连接构造

3　闭口加劲肋与横梁腹板的连接的构造处理见图 14。



更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

图 14　闭口加劲肋和横梁腹板的连接

（1—焊缝收尾，没有凹槽必要时打磨）

4　纵肋与端横肋垂直相交处的构造细节，可参考图 15，当

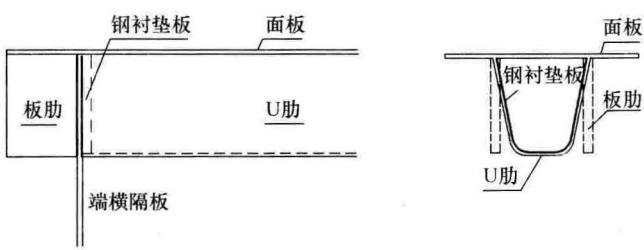


图 15　纵肋与端隔板连接的构造

纵肋与钢衬垫板组装间隙不大于 1.0mm，纵肋与端横肋组装间隙为 4.0mm ～5.0mm 时，纵肋与端横肋的连接可采用钢衬垫板坡口全熔透角焊缝。

7.5.15

1～3 引用自国家标准《铁路工程抗震设计规范》GB 50111－2006（2009 年版）第 7.5.17 条。

7.6 抗震设计规定

7.6.2 本条明确了城市轨道交通桥梁的抗震设防分类，对于单跨跨度大于等于 150m 的桥梁，由于跨度大，结构复杂，修复难度大，故将其划为 A 类桥梁。

7.6.4 罕遇地震发生的概率极小，因此钢筋和混凝土材料的容许应力可以分别达到强度标准值和抗压极限强度。

罕遇地震作用时，对于受压桩基础，受压竖向承载力可不再考虑原有的安全系数，即可提高至主力情况下的 2 倍。对于受拉桩基础，行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63－2007 明确规定不同土质其抗拉极限摩阻力与抗压极限摩阻力的比值是不同的，黏性土与粉土该系数的比值在 0.6～0.8 之间，对于砂性土，该系数的比值在 0.5～0.7 之间。行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94－2008 规定在不同土质中进行现场桩的抗拔试验，所确定的抗拔系数（抗拔极限承载力/抗压极限承载力）是不同的。对于钻孔桩，黏性土与粉土该系数的比值在 0.6～0.8 倍之间，砂性土该系数的比值在 0.5～0.7 之间。鉴于抗拉桩的极限承载力分布较离散，偏于安全，受拉桩在罕遇地震作用下，对于黏性土、粉土可取桩基竖向受拉承载力的 1.5 倍，对于砂性土可取桩基竖向受拉承载力的 1.3 倍。

更多精品资源关注微信公众号：gcszliku

7.6.6 为实现墩柱的延性性能，在发生塑性变形时，按超强弯矩及其对应的剪力检算桩基础、盖梁、结点、支座、墩柱抗剪强度的承载能力，这就是能力保护的设计思路。

参考国内外相关桥梁抗震设计规范，对于位于 6 度区的 B

类桥梁只需进行多遇地震的强度验算、设计地震的连接构造验算、延性验算并满足相关构造及抗震措施要求，无需进行能力保护设计。

7.6.7 在罕遇地震作用下，截面尺寸较大的桥墩可能未进入塑性状态，此时，若仍采用能力保护方法进行构件设计则偏于保守，此时能力保护设计的内力可采用罕遇地震作用下的计算结果。

行业标准《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166－2011 规定按罕遇地震作用下，桥墩的弯矩是否大于屈服弯矩来判定桥墩是否进入塑性。屈服弯矩可采用行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62－2004 中偏心受压构件的受弯承载能力近似计算，钢筋、混凝土采用材料强度标准值。

行业标准《公路桥梁抗震设计细则》JTG/T B02－01－2008 未明确结构进入塑性工作范围的判定条件。

国家标准《铁路工程抗震设计规范》GB 50111－2006（2009 版）的附录 F 明确规定墩柱最外侧钢筋开始屈服时的弯矩为桥墩的屈服弯矩。

更多精品资源关注微信公众号：gcsqbjl

综上所述，本规范取墩柱最外侧钢筋开始屈服时的弯矩作为桥墩是否进入塑性的判定条件，是偏于安全的。

在罕遇地震作用下若结构进入塑性，能力保护设计时的内力可采用塑性铰区域截面实际配筋、采用材料强度标准值、在恒载轴力作用下计算出的截面顺桥向或横桥向弯矩和剪力，并考虑超强系数；也可采用延性构件的 N-M-Φ 曲线求得。具体可参照公路行业标准《公路桥梁抗震设计细则》JTG/T B02－01－2008、城市桥梁行业标准《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166－2011 的有关规定执行。

7.6.8 减隔震作为近年发展起来的减小结构地震灾害的新技术，其理念由传统的被动抵抗地震作用的“抗震”转变为在一定程度上主动减小地震作用的“减震”，其原理是通过设置减隔震装置来延长结构周期和提高结构的阻尼来减小地震作用，是桥梁抗震

技术的发展方向，但该技术在我国尚处于逐步应用的阶段。因此只对于抗震设计困难且场地条件较好的桥梁，推荐采用减隔震设计。正常使用性能是指在地震作用时桥梁结构应能满足桥梁抗震设防目标。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

8 桥梁设备系统接口

8.1 轨　　道

8.1.1 对于无砟轨道结构，为保障道床与桥面的可靠连接，需在桥面预留连接构造，例如预埋一定长度的钢筋等。

8.1.2 道岔的转辙器和辙叉既是道岔的关键部位，又是道岔的薄弱环节，转辙器的尖轨必须与基本轨及滑床板保持密贴，辙叉中存在有害空间，轮轨冲击较大，转辙器和辙叉要求铺设在稳定的基础之上，如跨梁缝铺设，梁端转动会影响转辙器及辙叉处的行车安全。一般来讲梁缝两侧 2m 范围内受桥梁端部的弯转影响较大，所以，当桥梁桥跨布置非常困难时，梁缝的位置应避开道岔的转辙器及辙叉部位 2m 以上。

更多精品资源关注微信公众号：gcslzjk

8.1.3 钢轨伸缩调节器主要用来解决桥梁和钢轨的伸缩变形不协调的问题，一般设在伸缩量较大的梁缝附近，使大跨度桥梁的滑动端伸缩位移通过钢轨伸缩调节器中的伸缩轨位移得以实现，同时释放钢轨中的拉应力，防止拉断钢轨。由于梁端部存在水平位移和转角，处于梁缝两侧 2m 范围内的钢轨承受较大的轮轨冲击和低温时的温度附加拉应力，钢轨伸缩调节器与无缝线路长钢轨焊接接头是轨道的薄弱部位，焊接接头应避开该范围，因此桥梁梁缝应设置在钢轨伸缩调节器 2m 以外处，以给钢轨伸缩器提供良好的工作条件。

8.1.6

2 为保证简支体系轨道梁的锚箱安装，根据跨座式单轨建设经验，用于埋设轨道梁锚箱支座的混凝土台座的平面尺寸为：单线梁：不小于 1750mm（横向）×2200mm（纵向）；双线梁：不小于：5500mm（横向）×2200mm（纵向）。为满足支座锚箱的埋设深度及锚箱排水的要求，同时考虑到维护保养人员工作空

间的需要，台座的高度不小于1000mm。

3 在实际运营过程中，会有少量雨水渗透到锚箱里，为防止锚杆被雨水浸泡，保证锚杆的使用寿命，需及时排出锚箱内的积水，同时为防止雨水散排到主梁的外表面影响桥梁的外观，宜采取有组织排水，将锚箱的排水系统接入下部桥梁结构的排水系统。

8.2 供　　电

8.2.6 当系统设备的防雷接地无法对桥上构造物起保护作用时，需单独对该部分构筑物按现行国家标准《桥梁防雷技术规范》GB/T 31067的要求进行防雷接地设计。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

9 耐久性设计及养护设施

9.1 耐久性设计

9.1.2 本条主要按照《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005－2010的规定，同时细化了主体结构的分类，补充了斜拉索、吊杆索、系杆索、支座、防水层及保护层、伸缩缝等构件的耐久性设计类别。

9.1.3 本条表9.1.3主要按照《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005－2010的规定，同时参考《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476－2008中除冰盐等其他氯化物的环境类别制定了本条的除冰盐等其他氯化物环境。

各环境类别（不含除冰盐等其他氯化物环境）下的环境作用等级划分按现行行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005执行。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

9.1.4 根据《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476－2008中除冰盐等其他氯化物的环境作用等级的划分，制定了本条除冰盐等其他氯化物的环境作用等级的划分原则。具体构件的划分等级可参照表7执行。

表7 划分等级

环境作用等级	结构构件示例
LB1	距车行道两侧10m以外墩柱
LB3	距车行道两侧10m以内墩柱

除冰盐环境作用下混凝土构件的最低强度等级、允许最大裂缝宽度、最小保护层厚度及原材料品质等具体要求应按照现行行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005的相关规定执行。

除冰盐环境的环境作用等级与冬季喷洒除冰盐的具体用量和频度有关，实际设计时可根据具体情况作出适当调整。

9.2 养护设施

9.2.1 跨度大于150m的跨江、跨河桥梁一般均为长大桥梁，结构复杂，养护维修工作量大，该类桥梁一般需设置专门的养护维修工区，因此需在合适的位置设置维护管理用房，以满足管理和存放物资、机械的需要。由于养护维修作业仅依靠列车运行的天窗时间无法完成，因此应在桥面两侧设置宽度不小于1.05m的检修通道，为保证运营安全，检修通道应与轨道交通行车区隔离；同时还应在大桥两端设置桥梁巡守房，并设置电力照明，以便养护人员存放小型机械和设备使用。

9.2.3 一般而言，分层布置的合建桥梁跨度大、长度长，养护维修工作量大，因此应设置供电设备，为小型养护设备和维修养护作业提供动力，同时由于轨道交通一般为矩形天窗，为满足夜间的养护作业，需在轨道桥面设置照明条件，同时为消防和养护需要，也需设置供水条件。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku

9.2.5 分层布置的合建桥梁，当公路桥面进行维修养护时，不可避免地要进入轨道交通上方进行作业，进而影响行车安全。由于轨道交通运行密度高，中断行车的可能性很小，因此需在轨道交通上方设置周边封闭的检查车，以减小公路桥面养护维修作业对轨道交通的影响。

更多精品资源关注微信公众号：gcszhiku



统一书号：15112·30120
定　　价：31.00　元