

UDC

中华人民共和国行业标准

TB

P

TB 10064 — 2019  
J 2696 — 2019

# 铁路工程混凝土配筋设计规范

Code for Design on Concrete Reinforcement of  
Railway Engineering

2019-05-05 发布

2019-09-01 实施

国 家 铁 路 局 发 布

中华人民共和国行业标准

铁路工程混凝土配筋设计规范

Code for Design on Concrete Reinforcement of  
Railway Engineering

TB 10064—2019

J 2696—2019

主编单位：中铁二院工程集团有限责任公司

批准部门：国家铁路局

施行日期：2019年9月1日

中国铁道出版社有限公司

2019年·北京

中华人民共和国行业标准  
铁路工程混凝土配筋设计规范

TB 10064—2019

J 2696—2019

\*

中国铁道出版社有限公司出版发行  
(100054,北京市西城区右安门西街8号)

出版社网址:<http://www.tdpress.com>

中国铁道出版社印刷厂印

开本:850 mm×1 168 mm 1/32 印张:2.5 字数:60 千

2019年7月第1版 2019年7月第1次印刷

---

书号:15113·5776 定价:16.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社发行部联系调换。

发行部电话:路(021)73174,市(010)51873174

# 国家铁路局关于发布铁道行业标准的公告

## (工程建设标准 2019 年第 2 批)

国铁科法〔2019〕20 号

现公布《铁路工程混凝土配筋设计规范》(TB 10064—2019)和《铁路混凝土强度检验评定标准》(TB 10425—2019) 等 2 项铁路工程建设标准,自 2019 年 9 月 1 日起实施。《铁路混凝土强度检验评定标准》(TB 10425—94) 同时废止。

以上标准由中国铁道出版社出版发行。

**国家铁路局**

2019 年 5 月 5 日



## 前 言

本规范根据国家铁路局构建铁路工程建设标准体系的要求,为满足铁路建设和发展需要,统一铁路桥梁、路基、隧道、轨道等混凝土结构的配筋设计,提高铁路工程结构设计水平,保障铁路结构安全与质量,在现行铁路桥梁、路基、隧道、轨道专业设计规范结构要求的基础上,总结我国铁路混凝土结构的建设经验以及相关科研成果,借鉴国内外先进标准,在广泛征求意见的基础上编制而成。

本规范共分十章,主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、板与梁、墩台、衬砌、挡土结构、涵洞、承台与桩、局部受力构件。

本规范主要内容如下:

1. 明确了本规范适用于铁路桥涵、隧道、路基、轨道等混凝土结构的配筋设计。

2. 定义了混凝土结构配筋设计相关的术语。

3. 规定了钢筋材料、最小间距、锚固长度、弯钩、弯折、接头、最小配筋率等内容。

4. 明确了钢筋混凝土梁以及行车道板、人行道板、沟槽盖板、无砟轨道板、桩板结构与桩帽等板结构的配筋要求。

5. 明确了钢筋混凝土实体墩、素混凝土实体墩台、钢筋(素)混凝土空心墩等桥梁墩台的配筋要求。

6. 明确了隧道暗洞和明洞衬砌结构的配筋要求。

7. 规定了悬臂式挡土墙、扶壁式挡土墙、槽型挡土墙、锚杆挡土墙、锚定板挡土墙、锚固桩、桩板式挡土墙、锚索垫墩、地梁、格子梁、桩基托梁、隧道洞门端墙等挡土结构的配筋要求。

8. 规定了钢筋混凝土圆管涵、矩形框架涵的配筋要求。

9. 规定了钢筋混凝土钻(挖)孔灌注桩基础、承台的配筋要求。

10. 规定了局部冲切构件、无砟轨道限位结构等局部受力构件的配筋要求。

本规范系首次编制。在执行本规范过程中,希望各单位结合工程实践,认真总结经验,积累材料。如发现需要修改和补充之处,请及时将意见和有关资料寄交中铁二院工程集团有限责任公司(四川省成都市通锦路3号,邮政编码:610031),并抄送中国铁路经济规划研究院有限公司(北京市海淀区北蜂窝路乙29号,邮政编码:100038),供今后修订时参考。

本规范由国家铁路局科技与法制司负责解释。

**主编单位:** 中铁二院工程集团有限责任公司。

**参编单位:** 中铁第一勘察设计院集团有限公司、中国铁路设计集团有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、中铁工程设计咨询集团有限公司。

**主要起草人:** 陈 列、鄢 勇、曾 玲、李粮余、唐第甲、凌燕婷、杨常所、余 鹏、费建波、鲁 昭、郑宗溪、刘彦明、乔晋飞、张珍珍、李明冲、沈 平、郭 郦、吴再新、罗一农、孙其清、李保友、熊 维、苏 伟、周友权。

**主要审查人:** 吴少海、闫红亮、龚建峰、刘 燕、徐升桥、薛吉岗、杨鹏健、周诗广、孙红林、吴连海、颜 华、赵万强、王新国、李 涛、杨彦海、孙大斌、张 岷、郜永杰、徐治中、魏周春、徐红星。

# 目 次

1	总 则 .....	1
2	术语和符号 .....	2
2.1	术 语 .....	2
2.2	符 号 .....	3
3	基本规定 .....	4
3.1	钢筋材料 .....	4
3.2	钢筋最小间距 .....	4
3.3	钢筋的锚固 .....	5
3.4	钢筋弯钩 .....	6
3.5	钢筋的弯折 .....	6
3.6	钢筋的接头 .....	7
3.7	钢筋的最小配筋率 .....	8
3.8	纵向钢筋布置的一般原则 .....	9
4	板、梁 .....	11
4.1	板 .....	11
4.2	梁 .....	18
4.3	无砟轨道板结构 .....	23
4.4	桩板结构与桩帽 .....	25
5	墩 台 .....	27
5.1	钢筋混凝土实体桥墩 .....	27
5.2	素混凝土实体墩台 .....	27
5.3	空 心 墩 .....	28

6	衬    砌 .....	29
7	挡土结构 .....	31
7.1	悬臂式挡土墙、扶壁式挡土墙、槽型挡土墙 .....	31
7.2	锚杆挡土墙、锚定板挡土墙 .....	32
7.3	锚固桩、桩板式挡土墙 .....	32
7.4	锚索垫墩、地梁、格子梁、桩基托梁 .....	33
7.5	隧道洞门端墙 .....	33
8	涵    洞 .....	34
8.1	框  架  涵 .....	34
8.2	圆  管  涵 .....	34
9	承台与桩 .....	35
9.1	钻(挖)孔灌注桩基础 .....	35
9.2	承    台 .....	35
10	局部受力构件 .....	37
10.1	局部冲切构件 .....	37
10.2	无砟轨道限位结构 .....	38
	本规范用词说明 .....	40
	《铁路工程混凝土配筋设计规范》条文说明 .....	41

# 1 总 则

**1.0.1** 为贯彻执行国家有关法规和铁路技术政策,统一铁路工程混凝土结构配筋设计技术标准,使设计符合安全可靠、先进成熟、经济适用的要求,制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于铁路桥涵、隧道、路基、轨道等混凝土结构的配筋设计。

**1.0.3** 铁路混凝土结构应根据结构功能及其受力情况、几何尺寸、耐久性、抗震和施工等要求,配置合理的受力钢筋和构造钢筋。

**1.0.4** 铁路混凝土结构受力钢筋的配置应根据结构受力情况及变形要求,按相关结构设计标准的规定进行计算确定。

**1.0.5** 铁路混凝土结构构造钢筋的配置应根据结构的护面、定位、加强、拉结等需要,结合受力钢筋的配置综合确定。

**1.0.6** 铁路混凝土结构的配筋设计除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 混凝土保护层 concrete cover

结构构件中钢筋外边缘至构件表面范围用于保护钢筋具有足够厚度的混凝土层,简称保护层。

#### 2.1.2 锚固长度 anchorage length

受力钢筋依靠其表面与混凝土的粘结作用或端部构造的挤压作用而达到设计承受应力所需的长度。

#### 2.1.3 配筋率 ratio of reinforcement

混凝土构件中配置的受力钢筋面积与按规定计算的混凝土截面面积的比值。

#### 2.1.4 受力钢筋 main reinforcement

钢筋混凝土结构中,为满足结构受力需要而设置的钢筋,也称主筋。

#### 2.1.5 构造钢筋 structural reinforcement

钢筋混凝土结构中,为护面及定位等需要而设置的辅助性钢筋。

#### 2.1.6 加强钢筋 reinforced bar

在钢筋混凝土结构集中力作用点附近或几何尺寸发生突变的部位,为使结构局部应力满足要求,在局部区域增加布置的钢筋。

#### 2.1.7 箍筋 hoop reinforcement

为满足受弯构件斜截面抗剪强度要求,并联结受拉区和受压区,将受力钢筋和架立筋联成钢筋骨架的钢筋。

#### 2.1.8 分布钢筋 distributing reinforcement

将作用在板上的荷载适当分布到整体截面的构造钢筋。

### 2.1.9 定位钢筋 alignment bar

为固定预应力钢筋及普通钢筋的位置而增设的辅助性钢筋。

### 2.1.10 架立钢筋 erectile bar

为保持钢筋骨架的稳固、不变形而设置的钢筋。

### 2.1.11 防裂钢筋 anti-cracking bar

为控制混凝土结构收缩、温度裂缝而在表层设置的钢筋,也称护面钢筋。

### 2.1.12 拉筋(蹬筋) tie bar

为提高钢筋骨架的整体性,固定表层钢筋网片间距,而设置的起拉结作用的钢筋,对于上下两层钢筋网片中间,也采用形状似马蹬的固定上下层钢筋。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 材料性能

C30——立方体抗压强度标准值为 30 MPa 的混凝土强度等级

HRB500——强度级别为 500 MPa 的普通热轧带肋钢筋

HRB400——强度级别为 400 MPa 的普通热轧带肋钢筋

HPB300——强度级别为 300 MPa 的热轧光圆钢筋

### 2.2.2 几何参数

@——钢筋的中心距

$d$ ——钢筋的公称直径(简称直径)

$h$ ——截面高度

$h_0$ ——截面有效高度

$l_a$ ——受力钢筋的最小锚固长度

$l_0$ ——计算跨度或计算长度

$S_v$ ——箍筋的间距

$\phi$ ——钢筋的公称直径

## 3 基本规定

### 3.1 钢筋材料

3.1.1 钢筋可采用 HPB300、HRB400、HRB500 等种类的钢筋,其性能指标应符合国家及铁路行业相应标准的要求。

3.1.2 承受疲劳荷载的钢筋混凝土结构,应采用未经高压穿水处理过的 HRB400、HRB500 钢筋。HRB400 钢筋的化学成分  $C + \frac{Mn}{6}$  不应大于 0.5%, HRB500 钢筋的化学成分  $C + \frac{Mn}{6}$  不应大于 0.52%。

3.1.3 常用钢筋直径可按表 3.1.3 确定。

表 3.1.3 常用钢筋直径范围

钢筋类型	钢筋直径(mm)
轴向受力钢筋	6~25
箍筋	6~22
分布钢筋、定位钢筋	6~22
拉筋(蹬筋)	6~20

### 3.2 钢筋最小间距

3.2.1 钢筋净距不应小于钢筋的直径(对带肋钢筋为计算直径),并不应小于 30 mm。钢筋(包括成束钢筋)层数等于或多于三层时,其净距横向不应小于 1.5 倍的钢筋直径并不应小于 45 mm,竖向不应小于钢筋直径并不应小于 30 mm。钢筋的最小净距如图 3.2.1 所示。



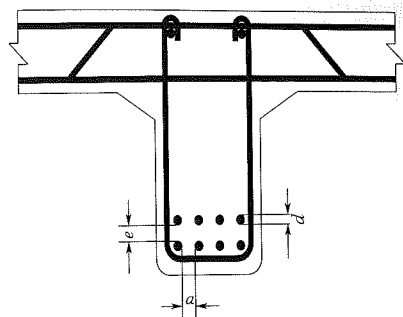


图 3.2.1 钢筋的最小净距

$a$ —钢筋的水平最小净距; $e$ —钢筋的垂直最小净距; $d$ —钢筋的直径

### 3.3 钢筋的锚固

3.3.1 混凝土结构钢筋的锚固长度不应小于表 3.3.1 规定的最小锚固长度。

表 3.3.1 钢筋最小锚固长度(mm)

钢筋种类		HPB300			HRB400			HRB500		
混凝土 强度等级		C25	C30 C35	$\geq C40$	C25	C30 C35	$\geq C40$	C25	C30 C35	$\geq C40$
受压 钢筋	直端	$30d$	$25d$	$20d$	$35d$	$30d$	$25d$	$40d$	$35d$	$30d$
受拉 钢筋	直端	—	—	—	$45d$	$40d$	$35d$	$50d$	$45d$	$40d$
	弯钩端	$25d$	$20d$	$20d$	$30d$	$25d$	$20d$	$35d$	$30d$	$25d$

注:1  $d$  为钢筋直径。

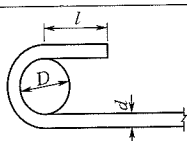
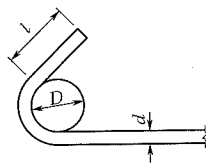
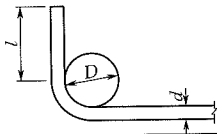
- 2 HRB400、HRB500 钢筋直径大于 25 mm 时,其锚固长度应增加 10%。
- 3 采用环氧涂层钢筋时,受拉钢筋的最小锚固长度应增加 25%。
- 4 当混凝土在凝固过程中易受扰动时,锚固长度应增加 10%。
- 5 受弯及大偏心受压构件中的受拉钢筋截断时宜避开受拉区,表中数值仅在困难条件下采用。

### 3.4 钢筋弯钩

3.4.1 受压钢筋不应设弯钩,受拉钢筋、构造钢筋根据需要设置弯钩。

3.4.2 受拉钢筋、构造钢筋端部设弯钩时应符合表 3.4.2 的规定。

表 3.4.2 钢筋端部弯钩

弯曲部位	弯曲角度	形状	钢筋种类	弯曲直径 $D$	平直段长度	
					受拉钢筋	构造钢筋
端部弯钩	180°		HPB300	$\geq 2.5d$	$\geq 3d$	$\geq 3d$
	135°		HRB400	$\geq 4d (5d)$	$\geq 5d$	$\geq 3d$
			HRB500	$\geq 6d (7d)$	$\geq 6d$	$\geq 3d$
	90°		HRB400	$\geq 4d (5d)$	$\geq 10d$	$\geq 3d$
			HRB500	$\geq 6d (7d)$	$\geq 12d$	$\geq 3d$

注:直径大于 25 mm 钢筋采用表中括号内数值。

3.4.3 除焊接封闭箍筋外,箍筋端部应做成弯钩,弯钩的弯曲直径应大于被箍的受力主钢筋的直径,且应满足表 3.4.2 的相应规定。弯钩平直段长度不应小于箍筋直径的 5 倍。

### 3.5 钢筋的弯折

3.5.1 HPB300 钢筋的弯曲半径不应小于  $10d$ , HRB400 钢筋的弯曲半径不应小于  $14d$ , HRB500 钢筋的弯曲半径不应小于  $18d$ 。

3.5.2 弯起钢筋的弯起角,梁宜为  $45^\circ \sim 60^\circ$ ,板宜为  $30^\circ \sim 45^\circ$ 。

3.5.3 纵向受力钢筋需弯起时,弯起钢筋的弯终点 B 外应留有

锚固长度,锚固长度在受拉区不应小于  $20d$ ,在受压区不应小于  $10d$ ,HPB300 钢筋在端部应设弯钩,其构造如图 3.5.3 所示。

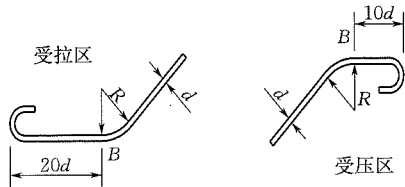


图 3.5.3 弯起钢筋局部构造图

### 3.6 钢筋的接头

#### 3.6.1 钢筋接头应按下列原则设置：

- 1 除有特殊要求外,受力钢筋接头宜采用焊接或机械连接,构造钢筋可采用绑扎搭接接头。
- 2 受力钢筋的连接接头宜错开布置在受力较小处。在同一根钢筋上宜少设接头。

3.6.2 在任一绑扎接头中心至搭接长度  $L_s$  的 1.3 倍长度区段  $L$  内,同一根钢筋不得有两个接头;凡搭接接头中点位于该区段内的搭接接头均属于同一连接区段,如图 3.6.2 所示,在该区段内有绑扎接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分数,不应大于 50%。

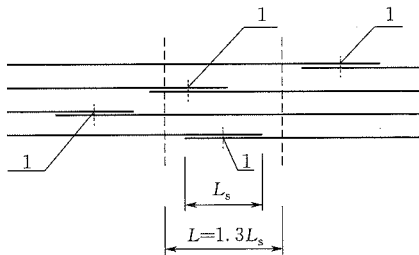


图 3.6.2 钢筋绑扎接头设置示意图

1—绑扎接头中心

3.6.3 受力钢筋绑扎搭接接头的搭接长度不应小于表 3.6.3 的规定。

表 3.6.3 受力钢筋绑扎接头搭接长度

钢筋种类	混凝土强度等级		
	C25	C30、C35	$C \geq 40$
HRB400	$63d$	$56d$	$49d$
HRB500	$70d$	$63d$	$56d$

注：无砟轨道板结构受力钢筋最小搭接长度可为  $35d$ 。

3.6.4 电弧搭接焊宜采用双面焊接。采用搭接焊时，两钢筋端部应预先折向一边，两钢筋轴线应保持一致。电弧焊接接头的焊缝长度，双面焊缝不应小于钢筋直径的 5 倍，单面焊缝不应小于钢筋直径的 10 倍。

3.6.5 在任一焊接接头、机械连接接头中心至长度为较小连接钢筋直径的 35 倍，且不小于 500 mm 的同一连接区段  $L$  内(图 3.6.5)，同一根钢筋不应有两个接头；在该区段内有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分数，普通钢筋在受拉区不应大于 50%，在受压区的普通钢筋不受此限制。

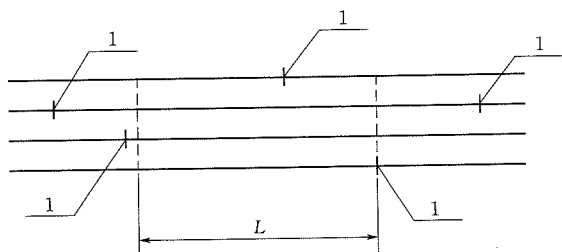


图 3.6.5 钢筋焊接和机械连接接头设置示意图

1—焊接接头中心

### 3.7 钢筋的最小配筋率

3.7.1 钢筋混凝土受弯构件的截面最小配筋率(仅计受拉区钢

筋)不应低于表 3.7.1—1 所列数值;受压构件的截面最小配筋率不应低于表 3.7.1—2 的规定。

表 3.7.1—1 受弯构件的截面最小配筋率(%)

钢筋种类	混凝土强度等级	
	C25~C45	C50~C60
HPB300	0.2	0.25
HRB400	0.15	0.2
HRB500	0.14	0.18

表 3.7.1—2 受压构件的截面最小配筋率(%)

受力钢筋类型		最小配筋率
全部纵向钢筋	HPB300	0.55
	HRB400	0.50
	HRB500	0.45
一侧纵向钢筋	HPB300、HRB400	0.2
	HRB500	0.18

注:1 受压构件的全部纵向钢筋和一侧纵向钢筋的配筋率均应按构件的全截面面积计算。

2 当钢筋沿构件截面周边布置时,“一侧纵向钢筋”指沿受力方向两个对边中一边布置的纵向钢筋。

3.7.2 隧道暗洞及明洞衬砌钢筋混凝土结构一侧受力钢筋最小配筋率不小于 0.2%,全部受力钢筋最小配筋率不小于 0.4%。

### 3.8 纵向钢筋布置的一般原则

3.8.1 一般梁受拉区域的纵向钢筋不宜超过三层,柱的纵向钢筋宜布置在两层以内。

3.8.2 钢筋较密集,无法进行充分捣固时,可将纵向钢筋绑扎成束布置,梁、板的纵向钢筋可采用两根一束、三根一束进行绑扎,如图 3.8.2 所示。采用两根一束时,梁、板等水平结构宜采用上下绑

扎的型式；墩柱或墙等结构，可将纵向钢筋按两根一束、三根一束进行绑扎。

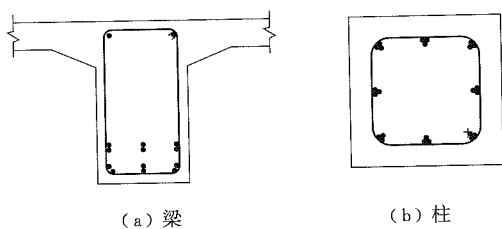


图 3.8.2 成束钢筋的布置示意图

## 4 板、梁

### 4.1 板

4.1.1 本节适用于钢筋混凝土行车道板、人行道板、沟槽盖板等结构。

4.1.2 板的厚度及钢筋布置应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 板的厚度及钢筋布置表

项 目	板的种类	
	行车道板	人行道板、沟槽盖板
板的最小厚度(mm)	120	60
板内受力钢筋最小直径(mm)	10	6
板内受力钢筋最大间距(mm)	200	250
板内受力钢筋伸入支点数量	不少于 3 根及跨度中间 钢筋截面面积的 1/4	—
板内分布钢筋最小直径(mm)	8	6
板内分布钢筋最大间距(mm)	300	300

4.1.3 板应沿跨径方向布置受力钢筋,受力钢筋的直径及钢筋间距应符合本规范第 4.1.2 条的规定。

4.1.4 板内受力钢筋可在沿板高中心纵轴线的  $1/4 \sim 1/6$  计算跨径处按  $30^\circ \sim 45^\circ$  弯起。通过支点的 不弯起的 受力钢筋,每米板宽内不应少于 3 根,且不少于主钢筋截面面积的  $1/4$ 。

4.1.5 板内应设置垂直于受力钢筋的分布钢筋,分布钢筋应设置于受力钢筋的内侧,并符合下列规定:

1 行车道板分布钢筋直径不应小于 8 mm,人行道板、沟槽盖板分布钢筋直径不应小于 6 mm。

2 单位宽度上的分布钢筋配筋面积不宜小于受力钢筋面积的 15%。

3 当受力钢筋需弯折时,在弯折处应设置分布钢筋。

4.1.6 四周支承双向板短边跨度大于 2.5 m 时,钢筋布置可将板沿纵向及横向各划分为三部分,如图 4.1.6 所示,并符合下列规定:

1 靠边部分的宽度均为板的短边宽度的 1/4,其钢筋则按中间部分钢筋半数设置。

2 中间部分的钢筋按计算数量设置,其间距不应大于 250 mm,且不应大于板厚的 2 倍。

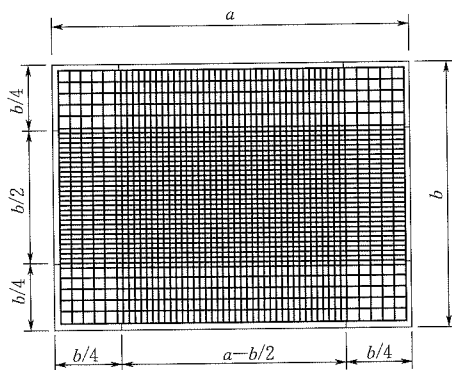


图 4.1.6 双向板钢筋布置示意图

$a$ —长边长度; $b$ —短边宽度

4.1.7 同时支承主梁及横隔板的双向板,在横隔板上方的板顶部,可根据需要设置垂直于横隔板的钢筋,钢筋长度不应小于短跨径的 1/3,其直径不应小于分布钢筋的直径,其间距不应大于 200 mm,且不应大于板厚的 2 倍,如图 4.1.7 所示。



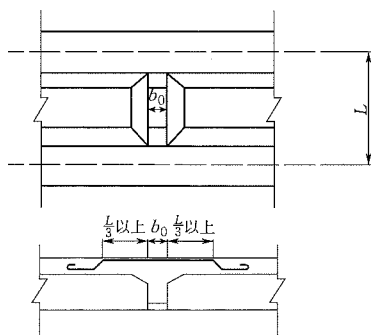


图 4.1.7 双向板横隔板板顶钢筋布置

**4.1.8** 对温度、收缩应力较大的现浇板,应布置限制裂缝开展的构造钢筋,其间距宜为 150 mm~200 mm,纵、横两个方向上的配筋率不宜小于 0.1%,其最小配筋量不宜小于表 4.1.8 的规定。防裂钢筋可利用原有钢筋贯通布置,也可另行布置钢筋并按受拉钢筋与原有钢筋连接。

表 4.1.8 防裂钢筋网最小配筋量表

板厚度(mm)	≤120	130~200	210~1 000
防裂构造钢筋	φ6@150	φ8@200	φ10@200

**4.1.9** 混凝土板的厚度大于 150 mm 时,板的无支承边端部应设置封闭钢筋,可采用板面(板底)钢筋分别向下(向上)弯折搭接的形式,也可采用 U 型构造钢筋并与板顶、板底的钢筋搭接,如图 4.1.9 所示。

**4.1.10** 悬臂板钢筋布置应符合下列规定:

1 悬臂板上层横向受力钢筋可延长用作单(双)向板的受压钢筋,或弯折用作单(双)向板的受拉钢筋。如不延长而需锚固时,其锚固长度从悬臂端根部起应有  $h_0 + l_a$  的水平段后再向下按 15° 弯折,并有 10d 的锚固长度,如图 4.1.10 所示。

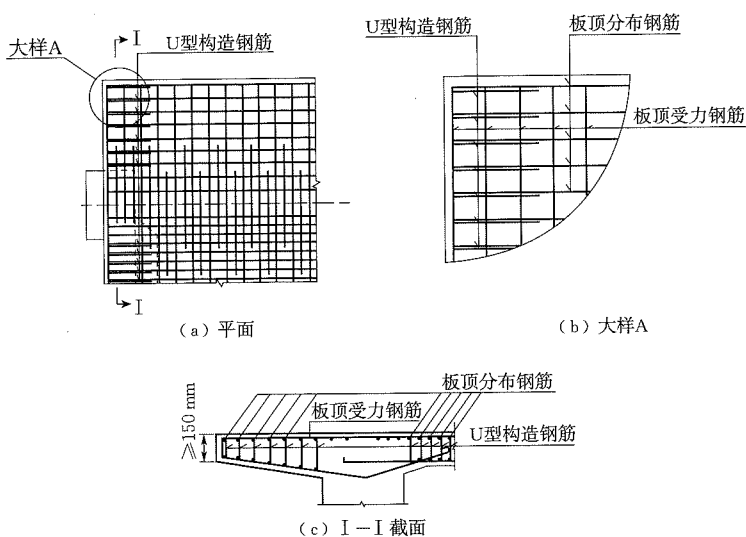


图 4.1.9 端部封闭钢筋示意图

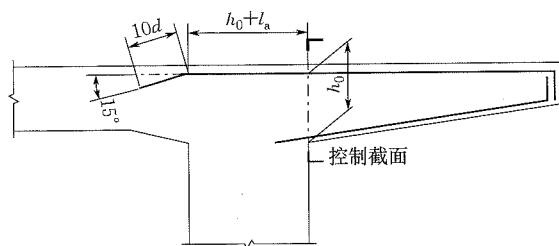


图 4.1.10 悬臂混凝土板上层横向钢筋的锚固示意图

$l_a$ —基本锚固长度

2 下层横向钢筋可按上层横向钢筋的 2 倍间距布置, 钢筋直径不小于 10 mm。

3 悬臂板的分布钢筋用量不应小于横向受拉钢筋用量的 15%。

4.1.11 连续板设置承托时, 承托应设置横向钢筋、承托加强钢筋

组成的交叉受力钢筋,加强钢筋自交叉点起应各延长一段锚固长度,如图 4.1.11 所示。

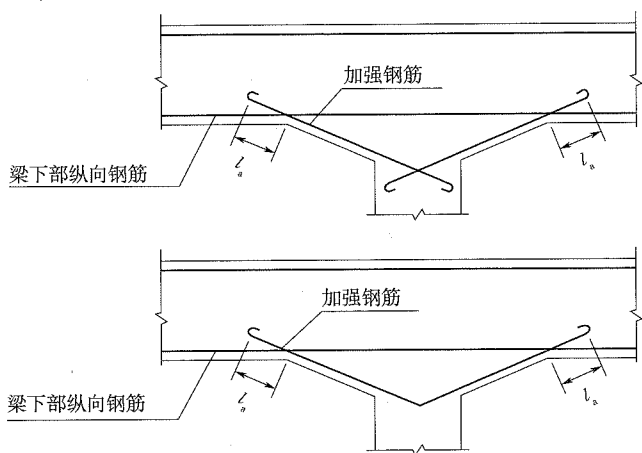


图 4.1.11 承托交叉受力钢筋布置示意图

#### 4.1.12 斜板的钢筋布置应符合下列规定:

1 整体式斜板板宽与斜跨的宽跨比  $B/L \leq 0.75$  时,如图 4.1.12(a)所示,在斜跨  $L$  的方向应配置受拉主钢筋,并布置与支承边平行的分布钢筋,分布钢筋数量不小于受拉主钢筋的面积 的  $1/4$ 。

2 整体式斜板板宽与斜跨的宽跨比  $B/L > 0.75$  时,如图 4.1.12(b)所示,主钢筋应垂直于板的支座方向布置。在板的自由边应上下各设不少于 3 根主钢筋的平行于自由边的钢筋带,并用箍筋箍牢。并布置与支承边平行的分布钢筋,分布钢筋数量 不小于受拉主钢筋的面积 的  $1/3$ 。

3 在板的钝角边的上下侧,角隅至斜跨  $L/5$  的范围内,如图 4.1.12(c)所示,应配置钝角加强钢筋,加强钢筋直径不宜小于 12 mm,间距 100 mm~150 mm,且各边单位宽度的钢筋面积应为 板单位宽度跨中受拉钢筋乘以系数  $k$ , $k$  可按表 4.1.12 取值。

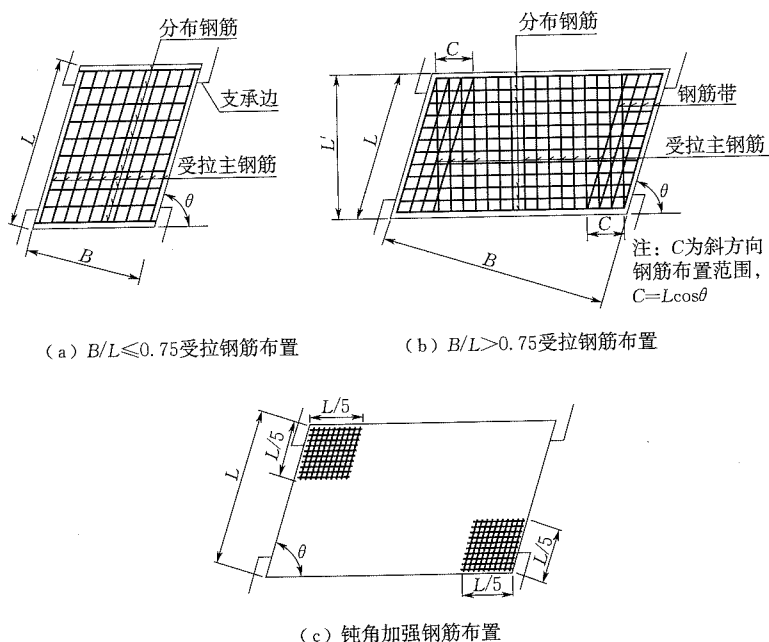


图 4.1.12 斜板钢筋布置示意图

表 4.1.12 钝角加强钢筋断面积相关系数  $k$

序号	斜交角 $\theta$	$k$
1	$75^\circ \leq \theta < 90^\circ$	0.6
2	$60^\circ \leq \theta < 75^\circ$	0.8
3	$45^\circ \leq \theta < 60^\circ$	1.0

#### 4.1.13 开洞部位周边加强钢筋的布置应符合下列规定:

1 当板上圆形孔洞直径  $h_d$  或矩形孔洞宽度  $b$  ( $b$  为垂直于板跨度方向的孔洞宽度) 不大于 300 mm 时, 可将受力钢筋绕过洞边, 不需切断并可设孔洞的加强钢筋, 如图 4.1.13—1 所示。

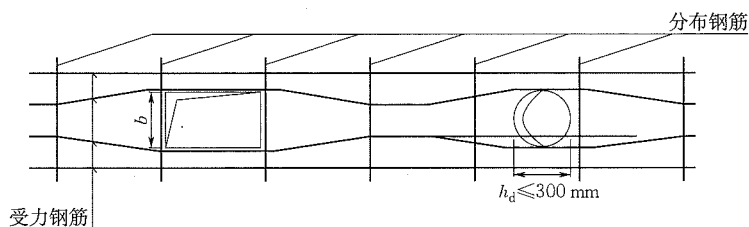
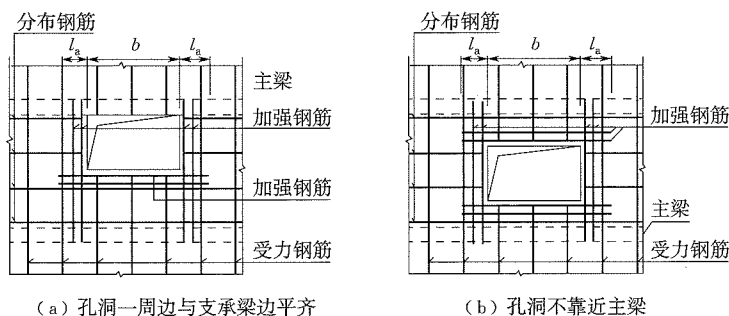


图 4.1.13—1 板上孔洞小于 300 mm 的钢筋布置示意图

2 当  $300 \text{ mm} < h_d$  (或  $b$ )  $\leq 1000 \text{ mm}$ , 且孔洞周围无集中荷载作用时, 应在孔洞每侧设置加强钢筋, 其面积应不小于孔洞宽度内被切断受力钢筋面积的一半。对单向板受力方向的加强钢筋应伸至主梁内, 另一方向的加强钢筋应伸过孔洞锚固, 锚固长度不小于钢筋最小锚固长度  $l_a$ , 如图 4.1.13—2 所示; 对双向板两方向的加强钢筋应伸至主梁内。为圆形孔洞时, 除布置与矩形孔洞同样的加强钢筋外, 还应在孔洞边内配置不少于两根直径  $\phi 8 \sim \phi 12$  的环形加强钢筋及直径  $\phi 6$  的放射形钢筋, 钢筋间距  $200 \text{ mm} \sim 300 \text{ mm}$ , 如图 4.1.13—3 所示。



(a) 孔洞一周边与支承梁边平齐

(b) 孔洞不靠近主梁

图 4.1.13—2  $300 \text{ mm} < b \leq 1000 \text{ mm}$  矩形孔洞加强钢筋布置示意图

3 当  $h_d$  (或  $b$ )  $> 300 \text{ mm}$ , 且孔洞有集中荷载作用时, 或  $h_d$  (或  $b$ )  $> 1000 \text{ mm}$  时, 应在孔洞边加设边梁, 并按下列规定设置加强钢筋:

- 1) 对于矩形孔洞,应沿孔洞两侧布置加强钢筋,钢筋面积不小于  $2\phi 12$ ,钢筋的锚固长度不小于  $l_a$ 。
- 2) 对于圆形孔洞,应沿孔洞边布置两根环形加强钢筋,钢筋直径应不小于 12 mm,并在孔洞与边(主)梁之间的四个角上下缘处布置加强钢筋,如图 4. 1. 13—4 所示。

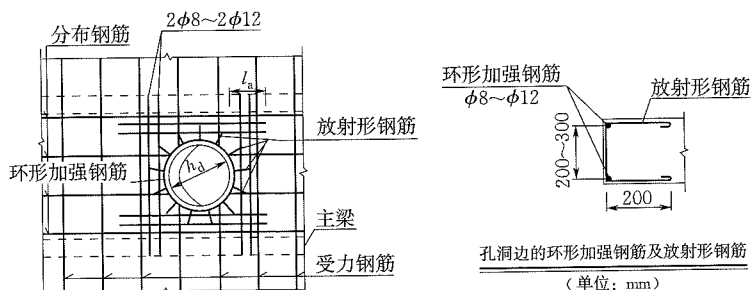
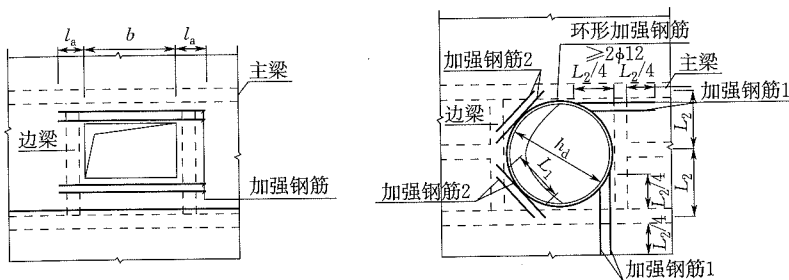


图 4. 1. 13—3  $300 \text{ mm} < h_d \leq 1000 \text{ mm}$  圆形孔洞加强钢筋布置示意图



注: 1. 均未示板及主梁钢筋。

2. 加强钢筋1: 角部上部加强钢筋, 钢筋直径  $\geq \phi 8$ , 间距 200 mm;

加强钢筋2: 角部下部加强钢筋, 钢筋直径  $\geq 2\phi 8$ , 并按跨度  $L_1$  的简支板计算配筋。

$L_1 = 0.415d$

(a) 矩形孔洞边加设边梁钢筋示意

(b) 圆形孔洞边加设边梁钢筋布置

图 4. 1. 13—4 孔洞加设边梁时加强钢筋布置示意图

## 4.2 梁

### 4.2.1 钢筋混凝土梁纵向受力钢筋布置应符合下列规定:

1 钢筋混凝土梁内纵向受拉钢筋截断时,钢筋长度应至按正截面抗弯强度计算充分利用该钢筋的截面强度外不小于  $l_a + h_0$ , 如图 4.2.1—1 所示;同时应至按正截面抗弯强度计算不需要该钢筋的截面外不小于  $20d$ 。

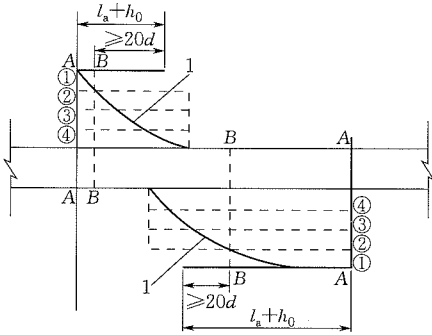


图 4.2.1—1 纵向受拉钢筋截断时的延伸长度

①、②、③、④—钢筋批号;1—弯矩图;

A-A—钢筋①、②、③、④强度充分利用截面;B-B—按计算不需要钢筋①的截面

2 受拉区弯起钢筋的弯起点,应设在按正截面抗弯承载力计算充分利用该钢筋强度的截面以外不小于  $h_0/2$  处,弯起钢筋可在按正截面抗弯承载力计算不需要该截面面积之前弯起,但弯起钢筋与梁中心线的交点应位于按计算不需要该钢筋截面面积之外。将受拉钢筋或压力钢筋进行上弯或下弯之后作为弯起钢筋时,可将其延长段用作受拉钢筋或受压钢筋(图 4.2.1—2)。如需截断,弯起钢筋的末端应留有锚固长度,锚固长度应满足本规范第 3.5.3 条的规定。

3 靠近支点的第一排弯起钢筋顶部的弯折点,简支梁或连续梁边支点应位于支座中心截面处,悬臂梁或连续梁中间支点应位于横隔板靠跨径一侧的边缘处,以后各排(跨中方向)弯起钢筋的梁顶部弯折点应落在前一排(支点方向)弯起钢筋的梁底部弯折点处或弯折点内,如图 4.2.1—3 所示。

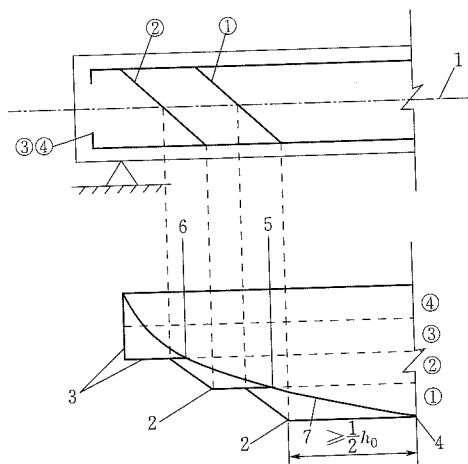


图 4.2.1-2 弯起钢筋弯起点位置示意图(一)

- ①、②、③、④—钢筋批号；1—梁中心线；2—受拉区钢筋弯起点；  
 3—正截面抗弯承载力图形；4—钢筋①~④强度充分利用的截面；  
 5—按计算不需要钢筋①的截面(钢筋②~④强度充分利用截面)；  
 6—按计算不需要钢筋②的截面(钢筋③~④强度充分利用截面)；7—弯矩图

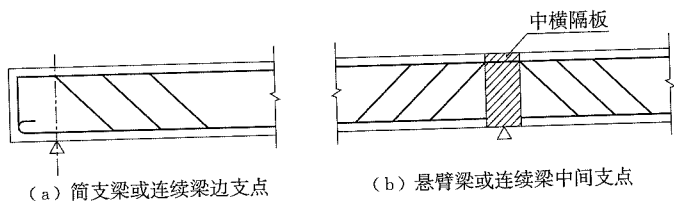


图 4.2.1-3 弯起钢筋弯起点位置示意图(二)

4 梁内通过支点的主钢筋不应少于跨中截面主钢筋数量的  $1/4$ ，且不应少于 2 根，伸入支点的长度不应小于 10 倍的钢筋直径，并加设标准弯钩。

#### 4.2.2 钢筋混凝土梁箍筋布置应符合下列规定：

1 配有按受力计算需要的纵向受压钢筋的梁或在连续盖梁近中间支点位于负弯矩区的梁段，应采用封闭型箍筋。



2 钢筋混凝土梁宜设置直径不小于 8 mm 且不小于 1/4 主钢筋直径的箍筋。

3 箍筋间距不应大于梁高的 3/4 且不大于 300 mm;当支撑受压钢筋时不应大于受压钢筋直径的 15 倍且不大于 300 mm。支座中心两侧不小于 1/2 梁高范围内,箍筋间距不应大于 100 mm。

4 每一箍筋一行上所箍的受拉钢筋不应多于 5 根,受压钢筋不应多于 3 根。

#### 4.2.3 梁侧纵向构造钢筋及拉筋布置应符合下列规定:

1 梁侧纵向构造钢筋直径不宜小于 8 mm,其间距宜为 100 mm~150 mm。

2 梁的两侧纵向钢筋宜用拉筋联系,拉筋间距不宜大于 600 mm。梁腹板厚不大于 350 mm 时,拉筋直径不宜小于 6 mm;梁腹板厚大于 350 mm 时,拉筋直径不宜小于 8 mm。

4.2.4 梁体承托交叉受力钢筋可按本规范第 4.1.11 条的规定布置。

4.2.5 具有曲线形的梁腹,近凹面的纵向受拉钢筋应用箍筋固定。箍筋间距不应大于所箍主钢筋直径的 10 倍,箍筋直径不应小于 8 mm。每单肢箍筋截面面积按照下列公式计算:

$$A_{svl} \geq m A_s \frac{s_v}{2r} \quad (4.2.5-1)$$

$$r = \frac{l}{2} \left( \frac{1}{4\beta} + \beta \right) \quad (4.2.5-2)$$

式中  $A_{svl}$ ——每单肢箍筋截面面积( $m^2$ );

$m$ ——主钢筋抗拉强度设计值与箍筋抗拉强度设计值的比值;

$A_s$ ——一根箍筋(两肢)所箍的主钢筋截面面积( $m^2$ );

$r$ ——凹面圆曲线半径(m),当为其他曲线时,可按式(4.2.5—2)计算;

$s_v$ ——箍筋间距(m),如图 4.2.5 所示;

$l$ ——曲线弦长(m),如图 4.2.5 所示;

$\beta$ ——曲线矢高  $f$  与弦长  $l$  之比。

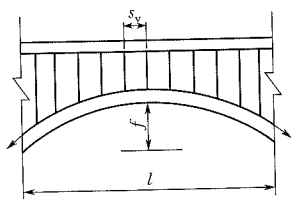


图 4.2.5 凹面曲线的箍筋设置

**4.2.6** 预应力混凝土梁预应力管道应设置定位钢筋,定位钢筋直径不宜小于 8 mm,定位钢筋应与箱梁顶板(腹板、底板)钢筋牢固连接,定位钢筋纵向间距不宜大于 50 cm,曲线段应适当加密。

**4.2.7** 预应力混凝土梁中应根据计算设置箍筋,箍筋的布置应符合下列规定:

1 箍筋直径不应小于 8 mm。

2 腹板箍筋宜采用带肋钢筋,间距不应大于 200 mm。

3 在布置有纵向预应力钢筋的翼缘中,应设置封闭式箍筋或螺旋形箍筋,间距不应大于 100 mm,而在梁端部 500 mm 范围翼缘内,其间距应为 80 mm~100 mm。

4 当梁翼缘宽度大于 500 mm 时,箍筋不应少于 4 肢。

**4.2.8** 预应力混凝土结构在运营荷载作用下的截面受拉边缘,应按下列要求设置非预应力纵向钢筋:

1 对于不允许出现拉应力的构件,钢筋直径不宜小于 8 mm,间距不宜大于 100 mm。

2 对于允许出现拉应力和允许开裂的构件,宜采用带肋钢筋,钢筋面积应根据计算确定,但不宜小于 0.3% 的混凝土受拉区面积。钢筋宜采用较小直径及较密间距。

**4.2.9** 预应力混凝土梁的防崩钢筋直径不宜小于 10 mm,间距、不宜大于 100 mm,防崩钢筋应与梁体其他钢筋连接。

**4.2.10** 承受弯剪扭的构件的箍筋和纵向钢筋应符合下列规定:

1 用于抗扭的箍筋应采用封闭式箍筋。箍筋末端做成  $135^\circ$  弯钩,弯钩端头平直段长度不应小于  $10d$  ( $d$  为箍筋直径)。弯钩应箍牢纵向钢筋,相邻箍筋的弯钩接头,其纵向位置应交替布置。

2 承受扭矩的纵向钢筋,除应在矩形截面四角设置外,应沿截面周边均匀对称布置,受扭纵向钢筋应通过支座,锚固在支座外。

**4.2.11** 预应力混凝土梁锯齿块应沿齿块布置纵、横向加强钢筋,锚后加强钢筋,钢束防崩箍筋,如图 4.2.11 所示。钢筋直径不宜小于 16 mm,钢筋间距不宜小于 100 mm。

**4.2.12** 桥梁顶板接触网支柱处应设置加强钢筋,钢筋直径及间距根据横向受力计算确定。

### 4.3 无砟轨道板结构

**4.3.1** 本节适用于无砟轨道轨道板、道床板、底座等结构。

**4.3.2** 无砟轨道板结构配筋应满足强度、耐久性、轨道电路、综合接地等相关要求,钢筋应根据设计要求采取绝缘处理措施。

**4.3.3** 轨道板钢筋布置应符合下列规定:

1 受力钢筋直径不宜小于 10 mm;钢筋间距最大不宜超过 250 mm。

2 轨道板四周宜设置 U 型封闭钢筋并与上下层钢筋搭接,搭接长度不宜小于 U 型钢筋直径的 15 倍且不宜小于 200 mm。

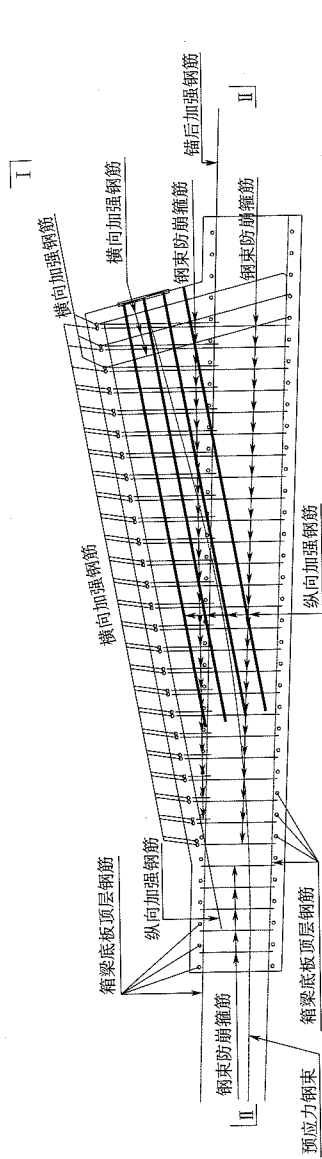
3 轨道板吊装孔及扣件套管四周应设置螺旋钢筋。

**4.3.4** 道床板钢筋布置应符合下列规定:

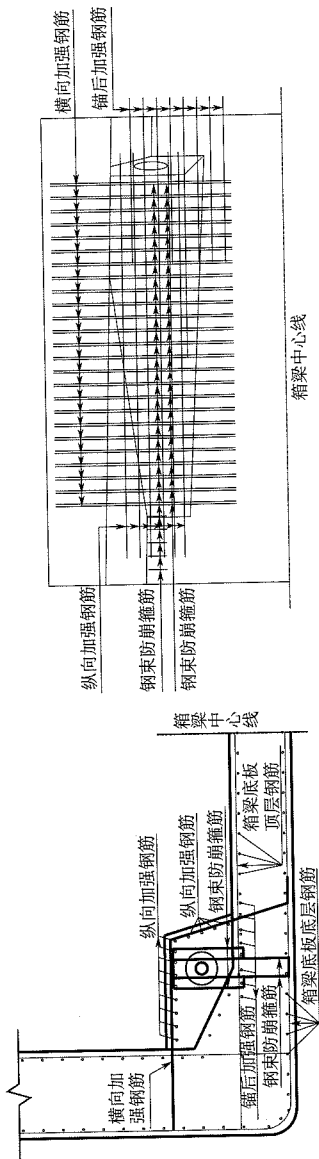
1 纵横向受力钢筋直径不应小于 12 mm,钢筋端部宜设置弯钩,弯钩平直段长度应根据受力情况确定。

2 道床板设置凹槽时,应在凹槽四角增设加强钢筋。

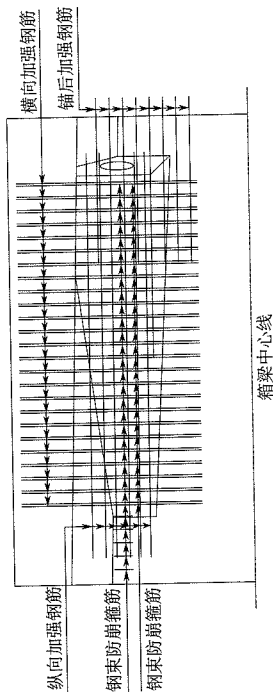
3 道床板内钢筋宜采用绑扎搭接,接头设置及搭接长度应符合本规范第 3.6.2 条、第 3.6.3 条的规定。



(a) 锯齿块钢筋立面图



(b) 单个锯齿块截面图 (I—I 截面)



(c) 锯齿块平面图 (II—II 截面)

图 4.2.11 锯齿块加强钢筋布置图

4 双块式无砟轨道凸台范围内道床板纵向钢筋应适当加密,凸台两侧各一根轨枕范围内道床板宜增设横向钢筋。

#### 4.3.5 底座钢筋布置应符合下列规定:

1 底座纵横向受力钢筋直径不应小于 10 mm,钢筋间距不应大于 250 mm,钢筋端部宜设置弯钩,弯钩平直段长度应根据受力情况按本规范第 3.4.2 条确定。

2 底座设置凹槽时,应在凹槽四角设置加强钢筋。

3 长大连续梁端部的底座应根据结构计算适当加强配筋。

4 超高在底座上设置时,当曲线外侧钢筋间距超过 300 mm 时宜在两层钢筋之间设置加强钢筋。

### 4.4 桩板结构与桩帽

4.4.1 本节适用于路基工程的桩板结构、筏板、桩帽。

4.4.2 桩板结构承载板受力钢筋直径不宜小于 16 mm,间距不宜大于 200 mm。

4.4.3 桩板结构承载板分布钢筋直径不宜小于 8 mm,间距不宜大于 200 mm,分布钢筋配筋面积不宜小于单位宽度上受力钢筋面积的 15%。

4.4.4 桩板结构承载板的箍筋布置应符合下列规定:

1 箍筋直径不宜小于 8 mm,支撑受拉钢筋时其间距不应大于板厚的  $3/4$  且不大于 300 mm,支撑受压钢筋时其间距不应大于受力钢筋直径的 15 倍且不大于 300 mm。支承中心两侧各相当于板厚  $1/2$  的长度范围内,箍筋间距不应大于 100 mm。

2 非埋式桩板结构承载板宜设置封闭式箍筋。浅埋式及深埋式桩板结构承载板顶层与底层的受力钢筋之间宜设拉筋,间距不宜大于 400 mm。

4.4.5 当桩嵌入承载板时,桩顶纵向主筋应伸入板内,伸入长度不应小于本规范第 3.3.1 条规定的受拉钢筋最小锚固长度。

4.4.6 桩筏结构筏板宜双向设置受力钢筋,受力钢筋直径不宜小

于 12 mm, 间距不宜大于 250 mm; 箍筋直径不宜小于 8 mm, 间距不宜大于 500 mm。

**4.4.7 桩网结构桩帽的钢筋布置应符合下列规定:**

**1** 桩帽顶面宜双向设置受力钢筋, 受力钢筋单个方向的配筋率不宜小于 0.15%。受力钢筋直径不宜小于 12 mm, 间距不宜大于 250 mm。

**2** 顶层和底层的受力钢筋之间宜设拉筋, 拉筋直径不宜小于 8 mm, 间距不宜大于 500 mm。

**3** 当桩帽高度超过 600 mm 时, 应设水平箍筋, 箍筋应做成封闭式; 箍筋直径不宜小于 12 mm, 间距不宜大于 250 mm。

## 5 墩 台

### 5.1 钢筋混凝土实体桥墩

5.1.1 钢筋混凝土实体桥墩纵向钢筋的配置应符合下列规定:

1 桥墩纵向受力钢筋直径不宜小于 12 mm,全部纵向钢筋的配筋率不宜大于 3%。

2 纵向钢筋的净间距不应小于 50 mm,且不宜大于 300 mm。

3 偏心受压结构的侧面上应设置直径不小于 10 mm 的纵向构造钢筋,并相应设置复合箍筋或拉筋。

4 纵向受力钢筋应伸入基础和墩帽内锚固。

5.1.2 钢筋混凝土实体桥墩的箍筋应符合下列规定:

1 箍筋直径不应小于纵向钢筋最大直径的  $1/4$ ,且不应小于 8 mm。

2 箍筋间距不应大于 300 mm 及构件截面的短边尺寸,且不应大于纵向钢筋最小直径的 12 倍。

3 宽度与厚度比大于 4 的钢筋混凝土实体桥墩,应采用焊接闭合箍筋,箍筋直径不宜小于 10 mm,且不应小于竖向钢筋直径的  $1/4$ ,钢筋间距不宜大于 200 mm。

4 墩身与基础分次浇筑施工时,基础以上 2 m 范围内墩身箍筋配筋率应适当提高,间距适当加密。

5.1.3 墩壁钢筋之间应设拉筋,拉筋直径不宜小于 8 mm,间距不宜大于 600 mm。

### 5.2 素混凝土实体墩台

5.2.1 收缩、温度应力较大的素混凝土实体墩台,宜设护面钢筋,

其直径不宜小于 8 mm,间距不宜大于 250 mm。

**5.2.2** 在墩身与托盘连接处等结构截面尺寸急剧变化处,以及实体墩台设有孔洞处,应布置局部加强钢筋。

**5.2.3** 顶帽按钢筋混凝土结构设计,顶面和侧面应布置钢筋,其钢筋直径不宜小于 10 mm,钢筋间距不宜大于 200 mm。

### 5.3 空心墩

**5.3.1** 钢筋混凝土空心墩钢筋布置应符合下列规定:

1 内、外壁表面均应布置钢筋,竖向钢筋应满足最小配筋率的要求,直径不宜小于 12 mm,间距不宜大于 200 mm。环向箍筋钢筋直径不宜小于 10 mm,间距不宜大于 200 mm。

2 空心墩内、外壁钢筋间应设置拉筋,拉筋宜采用梅花形布置。当壁厚不大于 350 mm 时,拉筋直径不宜小于 6 mm;壁厚大于 350 mm 时,拉筋直径不宜小于 8 mm,间距不宜大于 600 mm。

3 倒角处梗肋钢筋直径不宜小于 12 mm,其间距宜与内壁纵向钢筋相同。

4 空心墩身与上下实体段连接处,应设置加强钢筋。

5 空心墩竖向钢筋下部应伸入承台(基础)内锚固,上部应伸入墩顶实体段锚固。

6 顶帽顶面和侧面应布置钢筋,其钢筋直径不宜小于 10 mm,钢筋间距不宜大于 200 mm。

**5.3.2** 素混凝土空心墩钢筋布置应符合下列规定:

1 素混凝土空心墩内、外壁均应布置护面钢筋,钢筋直径不宜小于 10 mm,钢筋间距不宜大于 250 mm。

2 顶帽顶面和侧面应布置钢筋网,其钢筋直径不宜小于 10 mm,钢筋间距不宜大于 200 mm。



## 6 衬 砌

**6.0.1** 本章适用于隧道暗洞和明洞衬砌结构。

**6.0.2** 衬砌受力钢筋可按一定长度分段连接,相邻连接位置应相互错开,同一区段内钢筋接头面积不应大于全部钢筋面积的50%,且连接位置不宜位于拱顶。

**6.0.3** 带肋钢筋、焊接成骨架或网的钢筋以及作为受压钢筋的光圆钢筋可不作弯钩。其余弯钩设置应符合本规范第3.4.2条的规定。

**6.0.4** 衬砌主筋较密集无法进行充分捣固时,可采用并排绑扎成束布置。

**6.0.5** 钢筋接头应按下列原则设置:

1 受力钢筋接头宜设置在受力较小处,受拉钢筋宜采用机械连接方式,其他钢筋可采用绑扎搭接。

2 隧道衬砌拱部及边墙钢筋接头不宜采用焊接,必须采用焊接连接时应有安全防护措施。

**6.0.6** 二次衬砌为素混凝土结构时,对于接触网吊柱、附加导线等应力集中的特殊地段应增设加强钢筋,加强钢筋应采取固定措施。

**6.0.7** 靠线路侧的侧沟槽壁及无仰拱中心沟壁外侧宜增设加强钢筋,其竖向钢筋直径不宜小于12 mm,纵向钢筋直径不宜小于10 mm,间距不宜大于250 mm。

**6.0.8** 明洞衬砌墙脚外侧宜设置L型加强钢筋,衬砌墙脚内侧宜设置斜向加强钢筋,如图6.0.8所示,其直径及间距与环向受力主筋一致,其锚固长度应符合本规范第3.3.1条的规定。

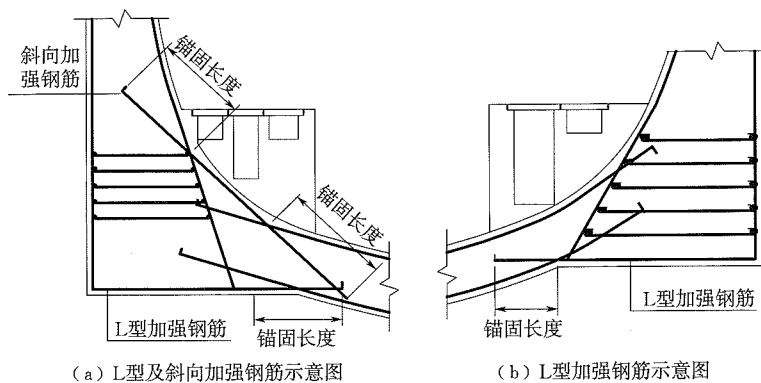


图 6.0.8 L 型、斜向加强钢筋示意图

**6.0.9** 二次衬砌为素混凝土结构仰拱先行施工时,仰拱与边墙施工缝应预留接茬钢筋,钢筋直径不宜小于 16 mm,单侧纵向间距不宜大于 200 mm,施工缝两侧钢筋埋入长度不应小于 300 mm。

**6.0.10** 开孔型缓冲结构开孔处宜设置圈梁,其受力主筋直径不宜小于 16 mm,间距不宜大于 250 mm,最小配筋率应符合本规范第 3.7.2 条的规定。隧道衬砌主筋及纵向连接钢筋应锚固于圈梁内。

## 7 挡土结构

### 7.1 悬臂式挡土墙、扶壁式挡土墙、槽型挡土墙

7.1.1 悬臂式挡土墙、扶壁式挡土墙的钢筋布置应符合下列规定:

1 悬臂式挡土墙的悬臂板内侧应设置受力钢筋,在墙顶部宜采用直角弯折。踵板顶面受力钢筋宜从踵板端部向下弯折。踵板底面宜配置横向构造钢筋,配筋面积不宜小于受力钢筋面积的15%。悬臂板外侧应配置分布钢筋,直径不宜小于8 mm,间距不宜大于300 mm。

2 扶壁式挡土墙的立壁板内外侧应配置竖向和纵向受力钢筋。扶壁与立壁板的连接处应设置水平拉筋;扶壁与踵板的连接处应设置竖向拉筋;直径不宜小于12 mm,间距不宜大于300 mm。踵板的顶面和底面均应设置纵向受力钢筋。

3 趾板底面受力钢筋宜从趾板端部向上弯折。趾板顶面宜配置横向构造钢筋,配筋面积不宜小于受力钢筋面积的15%。

4 悬臂式挡土墙、扶壁式挡土墙受力钢筋直径不宜小于12 mm,间距不宜大于300 mm。箍筋直径不宜小于8 mm,间距不宜大于300 mm。纵向分布钢筋和构造钢筋直径不宜小于10 mm,间距不宜大于300 mm。悬臂板贴角钢筋直径不宜小于10 mm,间距不宜大于300 mm。

7.1.2 槽型挡土墙的钢筋布置应符合下列规定:

1 应在边墙外侧、底板顶面、底板底面设置受力钢筋。设置抗浮趾板时,应在顶面设置横向受力钢筋,底板底面横向受力钢筋应伸入两侧趾板,并宜向上弯折。

2 边墙和底板受力钢筋直径不宜小于 12 mm, 间距不宜大于 300 mm。箍筋直径不宜小于 8 mm, 间距不宜大于 300 mm。纵向分布钢筋和构造钢筋直径不宜小于 10 mm, 间距不宜大于 300 mm。

7.1.3 挡土墙的混凝土保护层厚度应符合现行《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 的规定。

## 7.2 锚杆挡土墙、锚定板挡土墙

7.2.1 肋柱纵向受力钢筋直径不宜小于 12 mm, 间距不宜大于 200 mm; 箍筋直径不宜小于 8 mm, 间距不宜大于 200 mm。装配式肋柱应在内外侧设置通长受力钢筋。

7.2.2 无肋柱式挡土墙的墙面板、锚定板应双向设置受力钢筋, 直径不宜小于 12 mm, 间距不宜大于 200 mm。

## 7.3 锚固桩、桩板式挡土墙

7.3.1 锚固桩的钢筋布置应符合下列规定:

1 桩身受力钢筋直径不应小于 16 mm, 间距不应大于 250 mm, 净距不宜小于 120 mm, 困难情况不应小于 80 mm。当用束筋时, 每束不宜多于 3 根。当配置单排钢筋有困难时, 可设置 2 排或 3 排。钢筋混凝土保护层厚度不应小于 70 mm。

2 箍筋宜采用封闭式, 肢数不宜多于 4 肢, 直径不宜小于 14 mm, 间距不应大于纵向受力钢筋直径的 15 倍, 且不应大于 400 mm。

3 锚固桩的两侧和受压侧应配置构造钢筋, 钢筋直径不宜小于 12 mm, 间距不大于 300 mm。桩的受压侧角点应配置架立钢筋, 钢筋直径不宜小于 16 mm。当桩身较长时, 应增大构造钢筋和架立钢筋的直径。

4 翼缘式桩板墙的翼缘应设置水平 U 型钢筋, 开口向桩体内侧。钢筋直径不宜小于 16 mm, 间距不宜大于受力钢筋直径的

15 倍,且不应大于 400 mm。

5 当设置锁口或护壁时,锁口厚度不宜小于 250 mm,护壁厚度不宜小于 150 mm。锁口及护壁应设置环向钢筋和竖向钢筋,钢筋直径不应小于 8 mm。

7.3.2 挡土板的受力钢筋直径不宜小于 12 mm,间距不宜大于 300 mm。箍筋直径不宜小于 8 mm,间距不宜大于 300 mm。构造钢筋直径不宜小于 8 mm。

## 7.4 锚索垫墩、地梁、格子梁、桩基托梁

7.4.1 锚索垫墩底应设置双向钢筋网,直径不宜小于 8 mm,间距不宜大于 100 mm。

7.4.2 锚索地梁、格子梁应在内、外侧设置受力钢筋。受力钢筋直径不宜小于 12 mm,间距不宜大于 200 mm;箍筋直径不宜小于 8 mm,间距不宜大于 300 mm。

7.4.3 托梁的钢筋布置应符合本规范第 4.2 节中钢筋混凝土梁的规定。

## 7.5 隧道洞门端墙

7.5.1 端墙钢筋可按结构受力或护面钢筋要求设置。钢筋混凝土端墙受力钢筋直径不宜小于 16 mm,间距不宜大于 250 mm。素混凝土端墙设置护面钢筋时竖向钢筋直径不宜小于 12 mm,间距不宜大于 200 mm;水平钢筋直径不宜小于 10 mm,间距不宜大于 200 mm。

7.5.2 洞门端墙与衬砌、挡翼墙之间应设置保证结构完整性的连接钢筋,钢筋直径不宜小于 16 mm。

## 8 涵 洞

### 8.1 框 架 涵

**8.1.1** 矩形框架涵顶板、边(中)墙、底板受力钢筋布置应符合下列规定:

1 跨径方向受力钢筋直径不宜小于 12 mm, 钢筋间距不宜大于 200 mm。

2 顶板、底板受力钢筋可在沿板高中心纵轴线的  $1/4 \sim 1/6$  计算跨径处按  $30^\circ \sim 45^\circ$  弯起。

**8.1.2** 矩形框架涵顶板、边(中)墙、底板分布钢筋布置应符合下列规定:

1 分布钢筋直径不宜小于 8 mm, 单位宽度上的分布钢筋不宜小于受力钢筋的 15%, 钢筋间距不宜大于 200 mm。

2 在受力钢筋的弯折处, 应设置分布钢筋。

**8.1.3** 框架涵顶板、边(中)墙、底板两层钢筋网间应设置梅花形布置的拉筋, 钢筋间距不宜大于 600 mm。厚度不大于 350 mm 时, 拉筋直径不宜小于 6 mm; 厚度大于 350 mm 时, 拉筋直径不宜小于 8 mm。

### 8.2 圆 管 涵

**8.2.1** 钢筋混凝土圆管涵应布置内外两层钢筋网, 其纵向、环向钢筋直径不宜小于 10 mm, 纵向钢筋间距不宜大于 200 mm, 环向钢筋间距不宜大于 100 mm。

## 9 承台与桩

### 9.1 钻(挖)孔灌注桩基础

9.1.1 钻(挖)孔灌注桩基础受力钢筋布置应符合下列规定:

1 钻(挖)孔灌注桩基础纵向受力钢筋的最小配筋率,应符合本规范第 3.7.1 条的规定,且不宜大于 3%。

2 钻(挖)孔灌注桩可按内力要求分段配筋。

3 纵向受力主钢筋直径不宜小于 14 mm,主筋采用束筋时每束不宜多于 2 根。主筋净距不宜小于 120 mm,且不应小于 80 mm。

4 按计算桩身混凝土不需配筋的桥梁桩基,应在桩顶部 4 m~6 m 范围内配置构造连接钢筋,并伸入承台内,钢筋直径可采用 14 mm,间距 250 mm~350 mm。

9.1.2 钻(挖)孔灌注桩基础可采用螺旋式、焊接环式箍筋,其布置应符合下列规定:

1 箍筋直径不宜小于 8 mm,其间距可采用 200 mm,桩顶间距应适当加密到 100 mm,摩擦桩下部可增大至 400 mm,顺钢筋笼长度每隔 2.0 m~2.5 m 加一道直径为 16 mm~22 mm 的骨架箍筋。

2 焊接环式箍筋宜采用双面焊接。采用双面焊接时钢筋搭接长度不小于  $5d$ ,采用单面焊接时钢筋搭接长度不小于  $10d$ 。

### 9.2 承台

9.2.1 承台桩基布置在满足刚性角的情况下,承台板的底部应布置一层钢筋网,当桩顶主筋伸入承台板联结时,钢筋网在越过桩顶

处不得截断。

**9.2.2** 采用六面配筋的承台,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 16 mm,间距不应大于 15 cm;其余四面按构造要求配筋:每个面在两个方向上的截面面积均不宜小于  $400 \text{ mm}^2/\text{m}$ ,钢筋间距不大于 400 mm。承台竖向拉筋的直径不宜小于 16 mm。

**9.2.3** 当桩顶直接埋入承台板内,且桩顶作用于承台板的压应力超过承台板混凝土的容许局部承压应力时,应在每一根桩的顶面以上设置 1~2 层直径不小于 12 mm 的钢筋网,钢筋网的每边长度不小于桩径的 2.5 倍,其网孔为  $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \sim 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ 。

**9.2.4** 当基桩桩顶主筋伸入承台板联结时,一般桩的桩身伸入承台板内的长度为 100 mm,管桩伸入承台板内的长度为 150 mm~200 mm。此时桩顶伸入承台板内的受力钢筋长度(算至弯钩切点)应符合本规范第 3.3.1 条钢筋最小锚固长度的规定。其箍筋的直径不应小于 8 mm,箍筋的间距可采用 150 mm~200 mm。



## 10 局部受力构件

### 10.1 局部冲切构件

**10.1.1** 以独立墩柱(桩)作为支承的板,应按抗冲切计算板需要配置的箍筋或弯起钢筋。

**10.1.2** 计算所需的箍筋及相应的架立钢筋应配置在与  $45^\circ$  冲切破坏锥面相交的范围内,且从集中荷载作用面或柱截面边缘向外的分布长度不应小于  $1.5h_0$ ,如图 10.1.2 所示;箍筋应做成封闭式,直径不宜小于 8 mm,间距不应大于  $h_0/3$ 。

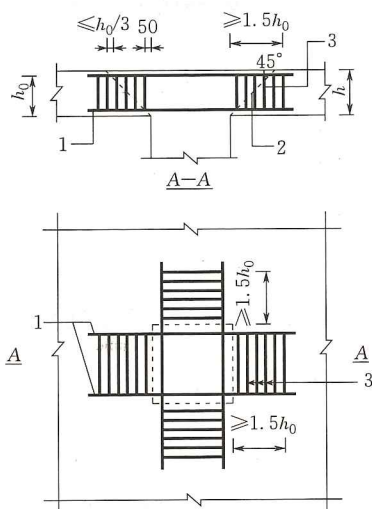


图 10.1.2 用箍筋作抗冲切钢筋布置图(单位:mm)

1—架立钢筋;2—冲切破坏锥面;3—箍筋

**10.1.3** 按计算所需弯起钢筋的弯起角度可根据板的厚度在  $30^\circ \sim 45^\circ$  之间选取;弯起钢筋的倾斜段应与冲切破坏锥面相交,如图 10.1.3 所示。其交点应在集中荷载作用面或柱截面边缘以外  $(1/2 \sim 2/3)h$  的范围内。弯起钢筋直径不宜小于 12 mm,且每一方向不宜少于 3 根。

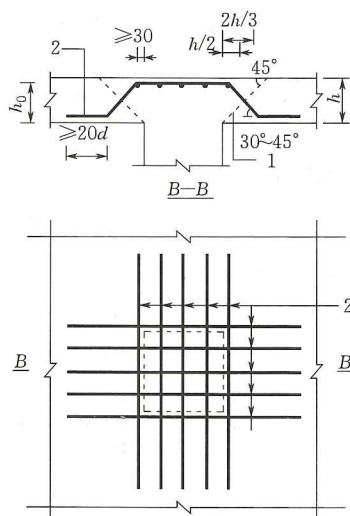


图 10.1.3 用弯起钢筋作抗冲切钢筋布置图(单位:mm)

1—冲切破坏锥面;2—弯起钢筋

## 10.2 无砟轨道限位结构

**10.2.1** 采用凹凸台限位结构时,凸台钢筋布置应符合下列规定:

- 1 钢筋直径不宜小于 12 mm,间距不宜大于 250 mm。
- 2 凸台内钢筋与道床板或自密实混凝土层内纵横向钢筋绑扎搭接,搭接长度不小于  $5d$ ,并根据设计要求进行绝缘处理。

**10.2.2** 双块式无砟轨道端梁钢筋布置应符合下列规定:

- 1 端梁主筋直径不应小于 12 mm,主筋间距不宜大于 150 mm。

2 端梁与道床板结合部位应设置斜向加强钢筋,端梁内钢筋应与道床内钢筋绝缘搭接,搭接长度不小于  $35d$ 。

3 端梁内应设置封闭式箍筋,箍筋直径不宜小于 12 mm,间距不宜大于 150 mm。

4 端梁钢筋与道床板钢筋之间根据设计要求进行绝缘处理。

**10.2.3 CRTS I 型板式无砟轨道凸形挡台钢筋布置应符合下列规定:**

1 竖向主筋直径不宜小于 16 mm,其中半圆形凸形挡台内侧主筋直径不宜小于 25 mm,间距不宜大于 150 mm。

2 凸形挡台应设置弯折后伸入底座的受力主筋,主筋直径不宜小于 16mm,弯折后直端长度不宜小于  $40d$ 。

3 凸形挡台内应设置封闭式箍筋,箍筋直径不宜小于 12 mm,间距不宜大于 100 mm。

4 凸形挡台及相连底座一定范围内应设置加强钢筋。

5 长大连续梁端部半圆形凸形挡台应根据受力需要加强配筋。

**10.2.4 CRTS II 型板式无砟轨道侧向挡块钢筋布置应符合下列规定:**

1 主筋直径不宜小于 12 mm,间距不宜大于 150 mm。

2 侧向挡块内应设置斜向加强钢筋,两端应设弯头,弯头直端长度不宜小于  $5d$ ,弯头应与侧向挡块钢筋牢固绑扎。

## 本规范用词说明

执行本规范条文时,对应要求严格程度的用词说明如下,以便在执行中区别对待:

(1)表示很严格,非这样做不可的用词:

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用词:

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用词:

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,采用“可”。

# 《铁路工程混凝土配筋设计规范》

## 条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明,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定的参考。为了减少篇幅,只列条文号,未抄录原条文。

**2.1.4** 受力钢筋也称主筋,是指钢筋混凝土结构中,按结构计算,承受拉力或压力的钢筋。包括梁体抗弯纵向钢筋和斜向抗剪钢筋、抗扭箍筋,隧道衬砌的纵向钢筋,板沿跨径方向布置的钢筋,钢筋混凝土墩柱(桩基础)的竖向钢筋等为满足结构受力需要而设置的钢筋。

**2.1.6** 自 20 世纪 80 年代以来,国际工程界倡导将混凝土结构分为 B 区和 D 区分别对待。B 区是指符合平截面假定的区域;D 区(应力扰动区)是指截面应变分布呈现非线性的区域,一般位于集中力作用点附近或几何尺寸发生突变的部位。

对于 D 区,采用有限元实体模型或其他方法计算该区域受力。对于钢筋混凝土结构集中力作用点附近或几何尺寸发生突变的部位,为使结构局部应力满足要求,在局部区域增加布置的钢筋,如斜交板的钝角加强筋、空心墩墩身与实体段连接处的局部加强筋、局部受压区的加强钢筋等。

**2.1.10** 为保持钢筋骨架的稳固、不变形而设置的钢筋。包括钢筋混凝土梁无受力钢筋一侧设置的纵向辅助钢筋,其与受拉主筋、斜筋、箍筋共同形成钢筋骨架。

**3.1.2** 铁路桥梁等混凝土结构,以承受疲劳荷载为主,《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 对热轧带肋钢筋的碳当量

提出了明确的要求,本条根据该规范的要求而制定。

**3.1.3 钢筋混凝土结构钢筋布置**,要满足其承载能力(即强度控制)和正常使用(即抗裂性)的要求,在配筋率一定的条件下,根据铁路桥梁、路基、隧道、轨道结构常用构造尺寸及钢筋布置的要求,选定每种结构适宜的钢筋直径范围以使结构具有良好的抗裂性及施工可行性。根据调查,铁路工程钢筋直径应用情况见说明表 3.1.3。

**说明表 3.1.3 桥梁、路基、隧道、轨道混凝土结构钢筋直径常用范围**

分 类	结 构 类 型		钢筋直径(mm)
桥涵	梁、墩柱、桩基础、承台的受力钢筋		10~25
	板的受力钢筋		6~25
	箍筋		6~20
	分布钢筋、定位钢筋		6~16
路基	锚固柱	受力钢筋	16~25
		箍筋	14~22
		架立筋	14~22
		分布筋、构造钢筋	12~20
	承载板、筏板、桩帽、墙 (悬臂式挡土墙、槽型挡 土墙)、梁(地梁、格子梁、 托梁)、挡土板	受力钢筋	12~25
		箍筋、拉筋	8~20
		分布筋、构造钢筋	8~20
隧道	衬砌主要受力钢筋		12~25
	衬砌纵向钢筋		10~25
	蹬筋、箍筋		6~20
	水沟及电缆槽盖板构造钢筋		6~12
轨道	轨道板		8~16
	道床板		12~20
	底座		10~25
	轨枕主要构造钢筋		10~12
	端梁主要构造钢筋		12~20
	端刺主要构造钢筋		12~20

3.2.1 按照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 的要求制定了本条规定。

对于钢筋净距的规定,主要是为使灌注混凝土时集料能顺利地通过,以保证混凝土灌注密实,另一方面也是为使混凝土与钢筋之间能有良好的粘结力。由于铁路混凝土结构施工中所用的粗集料最大粒径为 25 mm,所以规定钢筋间的净距不得小于  $d$  ( $d$  为钢筋直径)或 30 mm。

当钢筋的层数等于或多于三层时,其净距亦要相应加大。当梁内钢筋层数等于或多于三层时,将钢筋间的横向(水平向)净距适当增大,对灌注有利,但竖向净距则不宜增大。否则,反使梁的有效高度减小,增加钢筋用量。

根据铁路混凝土结构工程多年施工及使用情况,仍沿用该条规定。

暗挖隧道等地下结构为一密闭结构,模筑衬砌混凝土振捣极为不易,因此,暗挖隧道等地下结构钢筋最小净距要适当放大。

3.3.1 影响钢筋在混凝土中锚固作用的因素有:混凝土强度等级、保护层厚度、钢筋锚固长度、配筋情况、机械锚固(弯钩、弯折、焊箍筋、焊横筋、焊角钢、焊钢板等附加锚固措施)以及锚固区内侧向压力的约束等。

《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 第 6.3.3 条给出了铁路钢筋混凝土结构 HPB300、HRB400、HRB500 钢筋最小锚固长度。

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 根据多年来系统试验研究及可靠度分析的结果并参考国外标准的基础上确定了建筑结构钢筋混凝土结构钢筋的最小锚固长度。《混凝土结构设计规范》给出了简单计算确定受拉钢筋锚固长度的办法,规定:钢筋基本锚固长度  $l_{ab} = ad f_{std} / f_{ctd}$ 。其中,  $f_{std}$  为钢筋(钢丝)抗拉强度设计值(N/mm<sup>2</sup>);  $f_{ctd}$  为混凝土轴心抗拉强度设计值;  $d$  为锚固钢筋



的直径;  $a$  为锚固钢筋的外形系数, 见说明表 3.3.1—1。

说明表 3.3.1—1 锚固钢筋的外形系数

钢筋类型	光圆钢筋	带肋钢筋	螺旋肋钢丝	三股钢绞线	七股钢绞线
$a$	0.16	0.14	0.13	0.16	0.17

再根据钢筋直径、钢筋施工是否易受扰动、钢筋保护层厚度等因素, 考虑锚固长度修正系数, 得到了受拉钢筋锚固长度。并对锚固钢筋的保护层厚度不大于  $5d$  时, 规定了在钢筋锚固长度范围内配置横向钢筋的措施。并规定, 钢筋末端设置有弯钩时, 其锚固长度为基本锚固长度的 0.6 倍; 对于受压钢筋, 其锚固长度为基本锚固长度的 0.7 倍。

《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362—2018 沿用 JTG D62—2004 版规范的规定, 所采用的钢筋最小锚固长度按以下公式推导:

$$l_a = (f_{sk}\tau/4)d \quad (\text{说明 3.1.1})$$

式中  $f_{sk}$ ——钢筋(钢丝)抗拉强度标准值;

$d$ ——钢筋直径;

$\tau$ ——钢筋与混凝土极限锚固粘结应力, 取自英国《混凝土桥设计规范》(BS5400, 1984), 其取值见说明表 3.3.1—2。

说明表 3.3.1—2 钢筋与混凝土极限锚固应力(MPa)

钢 筋	混凝土强度等级			
	C20	C25	C30	$\geq C40$
光圆钢筋受拉	1.2	1.4	1.6	1.9
光圆钢筋受压	1.5	1.7	1.9	2.3
带肋钢筋受拉	2.2	2.5	2.8	3.3
带肋钢筋受压	2.7	3.1	3.5	4.1



对于受压钢筋,美国、德国规范均规定端部弯钩对受压钢筋不起作用,即如同直端一样;对于受拉钢筋,钢筋端部设弯钩者,其锚固长度按德国规范 DIN 1045 18.5.2.2 的规定乘以 0.7。

《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 所规定的钢筋保护层厚度与我国《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》、《混凝土结构设计规范》的规定基本一致。

**3.4.1、3.4.2** 在钢筋末端设置弯钩是减小锚固长度的有效方式,其原理是利用受力钢筋端部弯钩对混凝土的局部挤压作用来加大锚固承载力。受拉钢筋端部弯钩按照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 的规定,其弯钩钢筋与钢筋最小锚固长度配套。对于构造钢筋,其弯钩构造仍采用原《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》的规定。

轨道板、道床板、底座等无砟轨道板结构,受力钢筋在板中部受力最大,板的端部受力较小,在板的设计时按中部的受力进行配置,板端部钢筋已经能够承担一部分锚固功能,因此无砟轨道板结构受力钢筋弯钩平直段长度根据其受力情况按照板的厚度可适当缩短,但要保证钢筋能够可靠地锚固在混凝土内,一般可为  $3d \sim 5d$ 。

**3.5.1** 钢筋在中间弯折时,要弯折成平滑曲线,在钢筋保护层厚度较小、钢筋弯曲半径较小时,弯曲钢筋径向力作用下,易引起梁、板角隅处混凝土开裂,如说明图 3.5.1 所示。

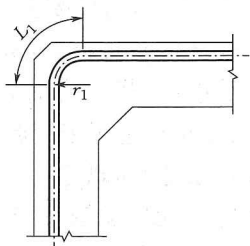
《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 第 6.3.3 条规定:HPB300 钢筋的弯曲内半径,不应小于  $10d$ ;HRB400 钢筋的弯曲内半径,不应小于  $14d$ ;HRB500 钢筋的弯曲内半径,不应小于  $18d$  ( $d$  为轴向钢筋直径)。

日本《铁路结构设计标准及解释 混凝土结构配筋指南》第 1.7 条规定:沿刚架角部外侧的轴向钢筋的弯曲内半径应为钢筋直径  $\phi$  的 10 倍以上。其他弯起钢筋的弯曲内半径应为钢筋直径  $\phi$  的 5 倍以上。但是,如果将距离构件侧面  $(\phi+20)\text{mm}$  以内的轴向钢筋作为

弯起钢筋使用时,其弯曲内半径应为钢筋直径  $\phi$  的 7.5 倍以上。

德国工业标准 DIN102 号专业报告《混凝土桥》第 4.3.8.3 条规定:应检算刚架角部在外侧轴向钢筋径向力作用下的混凝土承载能力。

参考我国铁路设计规范以及日本、德国规范而制定本条规定,限制该处钢筋弯曲半径。弯起钢筋最小弯曲内半径采用《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 的规定。



说明图 3.5.1 刚架角隅外侧轴向钢筋的弯折

**3.5.2** 为了充分发挥弯起钢筋的抗剪能力,提高梁和板的抗冲切承载力,梁内弯起钢筋的弯起角宜取  $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。板由于高度较低,因此板内弯起钢筋的弯起角宜取  $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。

**3.5.3** 为保证弯起钢筋在承受剪力作用时有足够的锚固长度,对弯起钢筋的锚固长度及端头弯钩做了明确的规定。

参考《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362—2018及日本《混凝土结构配筋指南》而制定本条规定。

**3.6.1** 各种类型钢筋接头的传力性能(强度、变形、恢复力、破坏状态等)均不如直接传力的整根钢筋,任何形式的钢筋连接均会削弱其传力性能。因此,钢筋连接的基本原则为:钢筋接头设置在受力较小处;限制钢筋在构建同一跨度或同一层高内的接头数量;关键受力部位,限制接头百分率等。

**3.6.2** 本条表达了钢筋绑扎搭接连接区段的定义,并提出了控制在同一连接区段内接头面积百分率的要求。搭接钢筋要错开布

置,且钢筋端面位置要保持一定的间距。首尾相接形式的布置会在搭接端面引起应力集中和局部裂缝,要予以避免。搭接钢筋接头中心的纵向间距不大于 1.3 倍的搭接长度。当搭接钢筋端部距离不大于搭接长度的 30% 时,均属位于同一连接区段的搭接接头。铁路混凝土结构,由于受施工条件限制,受拉钢筋不得不采用搭接接头时,钢筋绑扎搭接连接区段内接头面积百分率不大于 50%。

参考《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 8.4.3 条制定该条。

**3.6.3** 搭接接头受力后,相互搭接的两根钢筋将产生相对滑移,且搭接长度越小,滑移越大,搭接长度随接头面积百分率的提高而增大。为使接头充分受力的同时变形刚度不致过低,需相应增大搭接长度。

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 根据有关试验研究及可靠度分析,并参考国外有关规范的做法,规定了不同接头百分率下,相对于钢筋最小锚固长度的修正系数,见说明表 3.6.3。

**说明表 3.6.3 纵向受拉钢筋搭接长度修正系数**

纵向搭接钢筋接头面积百分率(%)	≤25	50	100
修正系数 $\xi$	1.2	1.4	1.6

《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 规定了采用搭接接头时钢筋的最小搭接长度,所采用相对于钢筋最小锚固长度的修正系数为 1.4。

无砟轨道在部分地段道床板可采用连续结构,根据信号传输的需要,这些板结构内除接地单元内接地钢筋采用焊接外,其他钢筋连接均需采用绝缘搭接。由于无砟轨道板结构下部均采用满支承的基础,根据结构计算,在技术经济合理的基础上,经实践检验,无砟轨道板结构采用  $35d$  的搭接长度能够满足使用要求。

**3.6.4** 焊接接头有关规定参照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 制定。

**3.6.5** 参考《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 8.4.7 条、第 8.4.8 条制定该条。

为避免机械连接接头处相对滑移变形的影响,定义机械连接区段的长度是以套筒为中心长度  $35d$  的范围,并由此控制接头面积百分率。

**3.7.1** 制定钢筋混凝土结构构件中的最小配筋率是为了控制结构不发生脆性破坏,而有足够的延性。

参照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 第 6.1.2 条制定该条。

**3.7.2** 隧道暗洞及明洞衬砌结构主要按《混凝土结构设计规范》偏心受压和偏心受拉构件设计,但隧道衬砌结构与工民建结构的构件差异较大,表 3.7.1—2 中受压构件全部受力钢筋最小配筋率要求系针对柱、压杆等截面长宽比不大于 4 的构件规定的,其目的是强调强柱弱梁,避免混凝土突然压溃,并使受压构件具有必要的刚度和抵抗偶然偏心作用的能力;对隧道及明洞衬砌等长宽比大于 4 的构件,受力钢筋最小配筋率可适当降低。

通过统计不同速度目标值铁路隧道衬砌通用参考图以及调研铁路、公路隧道衬砌结构设计情况,隧道衬砌结构按一侧受力钢筋最小配筋率不小于 0.2%,全部受力钢筋最小配筋率不小于 0.4% 进行设计,实践证明能够保证衬砌结构安全。

隧道其他钢筋混凝土结构受力钢筋的截面最小配筋率符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

**3.8.1** 采用多层受力钢筋时,如钢筋层数过多,会使梁的有效高度减小,增加钢筋用量。为提高截面使用效率,我国《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017、日本《铁路混凝土配筋设计指南》均规定了合理的梁、柱受力钢筋布置层数。参考上述规范,制定本条规定。



**3.8.2** 为了保证混凝土的灌注质量,特制定本条规定。

**4.1.2** 本条参照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 及《铁路隧道设计规范》而制定。

**4.1.3** 在板的主受力(即跨径)方向,根据计算布置受力钢筋,所采用的钢筋直径按照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 的要求选取。

**4.1.4** 在板内配置弯起钢筋,其目的是尽量增大抵抗主拉应力的强度,控制板的斜向裂缝。按照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 的规定,明确了弯起钢筋的布置要求。

**4.1.5** 分布钢筋的直径仍按《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 的要求。

分布钢筋的配筋率参考日本《铁路结构设计标准及解释 混凝土结构配筋指南》及我国《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 的规定,该规定考虑到了现浇板中存在的温度—收缩应力,根据工程经验提出了板垂直于受力钢筋的横向钢筋的布置要求。

**4.1.6** 按弹性理论计算的双向板,当短边跨度较大时( $l_0 \geq 2.5\text{ m}$ ),为节省底部钢筋,可将板在两个方向各分为三个板带分别配筋。此时,连续板的中间支座要按最大计算负弯矩配筋,可不分板带均匀布置。本条参照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 第 6.3.10 条的规定制定。

**4.1.7** 双向板在横隔板上缘将产生负弯矩,本条参照日本《铁路结构设计标准及解释 混凝土结构配筋指南》第 2.2.3 条所确定的配筋范围及配筋量而制定。

**4.1.8** 混凝土收缩和温度变化易在四面嵌固板及梁板整体现浇的单向板内引起约束拉应力而导致裂缝,设置温度收缩钢筋有助于减少这类裂缝。该钢筋宜在未配筋表面双向配置,特别是温度、收缩应力的主要作用方向。鉴于受力钢筋和分布钢筋也可起到一定的抵抗温度、收缩应力的作用,故主要在未配钢筋的部位或钢筋数量不足的部位布置温度收缩钢筋。

对于板厚大于 1 m 的板,除在板的上下表面布置防裂钢筋外,在厚度不超过 1 m 范围内设置与板面平行的构造钢筋网片,网片钢筋直径不小于 10 mm,间距不大于 200 mm。

建议的钢筋布置量参考了《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 9.1.8 条的规定。

**4.1.9** 为保证柱支承板或悬臂板自由边端部的受力性能,参考日本《铁路结构设计标准及解释 混凝土结构配筋指南》及我国《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 的做法,在板的端面加配 U 型构造钢筋,并与板面、板底钢筋搭接;或利用板面、板底钢筋分别向下、向上弯折搭接的形式,对板的端部加以封闭。

**4.1.10** 参考日本的《铁路结构设计标准及解释 混凝土结构配筋指南》,补充了悬臂板部分钢筋布置原则。

在连续板中间支撑处,考虑在悬臂板横向及纵向的支撑效应,因此应在影响范围布置横向及纵向分布钢筋。

**4.1.11** 本条参照《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 第 6.3.5 条的规定制定。

**4.1.12** 斜板受力主钢筋布置要尽量与主弯矩方向接近。有限元分析得出,在斜交角度不大、且板宽与斜跨的宽跨比较小情况下,斜板受力主钢筋沿斜跨径布置,影响较小(美国规范 AASHTO-LRFD 内说明,斜交角不大于  $25^\circ$  时,整体式斜板主钢筋平行于斜跨径布置,其影响力仅及 10%)。

对于预制单片板,为宽跨比较小的窄板,其受弯情况接近于跨径为斜长的正交板,英国规范 BS5400 第 5.8.10.2 条指出,在大斜交角、小宽跨比的情况下,可把钢筋平行于和垂直于自由边设置。

日本《混凝土结构配筋指南》根据斜板板宽与斜跨的宽跨比,确定受拉主钢筋的布置方向,并根据斜交角大小布置钝角加强钢筋。

本条主要参照《公路桥涵设计手册(梁桥)》以及日本《混凝土结构配筋指南》的规定而制定。

**4.1.13** 参考《混凝土结构构造手册》(第三版)的规定,本条补充了板上开洞部位周边加强钢筋的布置要求。

#### **4.2.1**

**1** 为了充分保证截断钢筋的锚固长度和斜截面受弯承载力,根据铁路工程实践经验,参考《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTJG 3362—2018 制定本款。

**2** 为了充分保证斜截面抗弯承载力不小于正截面抗弯承载力,根据铁路工程实践经验,参考《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTJG 3362—2018 制定本款。

**3** 为了充分保证梁支点附近斜截面抗弯承载力不小于正截面抗弯承载力,并充分发挥钢筋的抗拉能力,钢筋应在适当位置弯折。国内外规范均规定了钢筋在支点附近的弯折位置,参考《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTJG 3362—2018 制定本款。

**4** 在梁支承部位,由于支座反力局部荷载在梁底面引起复杂的应力;为增强支座附近斜截面抗弯和斜截面抗剪能力,应有足够的受拉主钢筋通过。国内外混凝土结构设计规范均规定了在梁的支点处应有的钢筋数量。本款采用《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 第 6.3.15 条的规定。

#### **4.2.2**

**1** 箍筋除用于斜截面抗剪外,还用于支撑计算受压钢筋使之不受屈曲,此时,必须采用封闭型箍筋,其布置型式应与受压构件的箍筋一样。所箍钢筋为受拉钢筋时,箍筋作为定位钢筋,只要施工安装能保持受拉钢筋的正确位置,其所箍为纵向受拉钢筋时不受限制。

**2** 混凝土在出现斜裂缝前,主拉应力主要由混凝土承受,箍筋内应力很小,但当裂缝一旦出现,箍筋内应力骤增,箍筋过少不足以抵抗由开裂截面转移过来的斜拉应力,因此需规定最小箍筋配筋率。按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》



JTG 3362—2018 第 9.3.12 条的规定,对最小箍筋配筋率的要求如下:

钢筋混凝土梁中应设置直径不小于 8 mm 且不小于 1/4 主钢筋直径的箍筋,其配筋率  $\rho_{sv}$  按式(说明 4.2.2)计算,对于 HPB300 钢筋不小于 0.14%,HRB400 钢筋不小于 0.11%。

$$\rho_{sv} = A_{sv} / (S_v b) \quad (\text{说明 4.2.2})$$

式中  $A_{sv}$ ——同一截面的箍筋各肢总截面面积( $\text{mm}^2$ );

$S_v$ ——箍筋的间距(mm);

$b$ ——矩形截面宽度(mm)。

3 箍筋间距过大,可能有些斜裂缝在两箍筋间出现而不与箍筋相交。《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362—2018、美国规范 AASHTO14 版规定:箍筋间距不应大于梁高的 1/2 及且不大于 400 mm;当支撑受压钢筋时不应大于受压钢筋直径的 15 倍及 400 mm。《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 第 6.3.13 条规定:箍筋间距不应大于梁高的 3/4,且不大于 300 mm;当支撑受压钢筋时不应大于受压钢筋直径的 15 倍,且不大于 300 mm。综合国内外规范的规定,并结合铁路工程经验,制定箍筋间距。

在梁的支点附近,剪力较大,为防止裂缝发展,箍筋需加密。

4.2.3 梁腹板两侧设置纵向构造钢筋,主要用于腹板防裂,特别是腹板受拉区防裂。国外规范均对侧面钢筋较为重视,如日本《铁道构造物等设计标准及解说》之《混凝土构造物》规定:梁每一米的腹板高度,宜以不大于 300 mm 的间距、配置  $500 \text{ mm}^2$  以上截面积的钢筋。结合我国铁路钢筋混凝土梁使用情况,参考国内外规范相关规定,制定了梁腹板纵向钢筋的布置标准。

4.2.5 具有曲线形的梁腹,受拉区的纵向受力钢筋在拉力作用下有向下变位的趋势,使混凝土保护层剥落,因此在曲线部分加密箍筋。参考《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362—2018 的规定制定本条规定。

设梁腹圆曲线半径为  $r$ ,曲线部分主钢筋拉力为  $F$ ,则曲线单



位弧长上的圆心方向径向压力  $u = F/r$ , 弧长  $s_v$  (箍筋间距) 内的径向压力  $F_c = us = (F/r)s_v$ 。如主钢筋截面面积为  $A_s$ , 抗拉强度设计值为  $f_{sd}$ , 则钢筋拉力  $F = f_{sd} \cdot A_s$ ; 将  $F$  值代入  $F_c$  的计算式, 得  $F_c = f_{sd} \cdot A_s \cdot s_v/r$ 。设箍筋单肢截面面积为  $A_{sv1}$ , 箍筋抗拉强度设计值为  $f_{sv}$ , 双肢箍筋抗拉力  $F_r = 2f_{sv} \cdot A_{sv1}$ 。双肢箍筋与其所箍的主钢筋拉力引起的径向压力平衡, 令  $F_r = F_c$ , 可得  $A_{sv1} = (f_{sd}/f_{sv}) \times (A_s \cdot s_v/2r) = m(A_s \cdot s_v/2r)$ , 其中  $m = f_{sd}/f_{sv}$ , 使得规范式(4.2.5—1)。该式为梁底为圆曲线的计算公式, 当为非圆曲线时, 也可近似地利用。

**4.2.6 预应力箱梁(T形截面梁)的预应力管道定位不准确或不牢固,**在混凝土灌注过程中, 将使预应力钢筋线形发生较大的偏移, 一方面钢束张拉后将产生较大的径向力, 同时由于增加了摩阻力而影响结构永久应力, 给结构安全带来不利影响。因此, 结合铁路预应力箱梁(T形截面梁)多年的使用经验, 制定了铁路预应力混凝土梁定位钢筋的设置要求。

**4.2.7 《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 的第 7.5.8 条对铁路预应力混凝土梁箍筋设置提出了明确的要求。**

**4.2.8 《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 根据国内外对预应力混凝土梁纵向普通钢筋的研究成果, 提出了预应力混凝土梁纵向普通钢筋的设置要求, 其主要考虑因素如下:**

在运营荷载作用下的截面受拉边缘设置非预应力纵向钢筋的要求, 主要考虑预应力筋的重心离开混凝土边缘有一定的保护层, 此部分混凝土变成纯混凝土, 而设置了纵向非预应力筋可与箍筋形成钢筋网, 可限制来自各方向的变形。另外, 根据多年设计经验的总结和对实体梁的观测, 对纵向非预应力钢筋的直径和间距作出了如条文中的要求。

对允许出现拉应力和允许开裂的预应力混凝土构件, 一般均采用混合配筋, 即预应力钢筋和非预应力钢筋同时计算, 非预应力钢筋的面积根据计算确定, 非预应力钢筋的配筋率不宜小于

0.3%受拉区面积的规定,是参考了1987年加拿大文献制定的。

允许出现拉应力但不允许开裂和允许开裂的预应力混凝土构件,一般宜采用混合配筋;对允许开裂的预应力混凝土构件在使用荷载作用下允许出现一定宽度的裂缝,允许出现拉应力但不允许出现裂缝的构件出现的拉应力虽然不超过规定的拉应力限制,但由于许多原因实际上仍有可能出现裂缝,因此要从配筋上采取一定措施来限制裂缝的出现和开展,满足耐久性的要求。

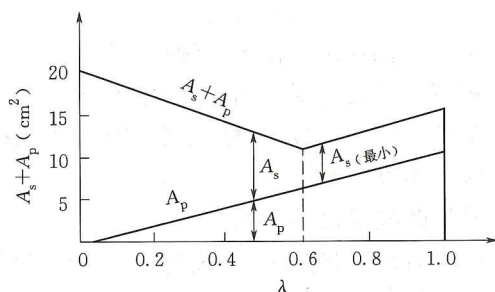
瑞士 H. Bachman 教授认为,设计者要注意非预应力钢筋的具体配置和构造细节,用构造钢筋来控制裂缝,而把计算放在次要地位。国内很多研究报告也指出,在允许出现拉应力和允许开裂的预应力混凝土构件中,非预应力钢筋配置合理能延缓和限制裂缝的发展。此类预应力混凝土构件的预应力钢筋一般采用高强度钢筋(钢丝),它们对腐蚀很敏感。各国规范对此一般都有相应的规定。如日本(Ⅲ类 PC)设计施工指南规定,非预应力钢筋水平处允许裂缝宽度为 0.2 mm,预应力钢筋水平处允许裂缝宽度仅为 0.1 mm。

此外,构件中配置非预应力钢筋,还可以提高承载能力,在施工阶段可以限制由于收缩应力和温度应力等引起的变形和裂缝。在地震区,预应力混凝土结构由于配置了非预应力钢筋,其延性和能量吸收能力可以提高。采用混合配筋的允许出现拉应力和允许开裂的预应力混凝土结构,可以降低构件的纵向预压应力,从而避免沿钢丝束方向出现的纵向裂缝,并可减少反拱度,改善结构使用性能。

美国的 Naaman 提出,预应力度  $\lambda < 1$  的预应力混凝土构件的必要和充分条件是用预应力钢筋和非预应力钢筋混合配筋来承受荷载。一些研究报告还指出,无粘结预应力混凝土梁必须配置一定数量的非预应力钢筋。因此,规定预应力混凝土构件宜采用混合配筋,非预应力钢筋宜布置在构件受拉边外侧,以增大预应力钢筋的保护层厚度。一旦出现裂缝,可以由强度较低的非预应力钢

筋控制裂缝宽度的扩展,以防止预应力钢筋遭受腐蚀。

非预应力钢筋的配置一般应根据计算确定,也可以根据构造要求选定。非预应力钢筋所需面积  $A_s$  与预应力度  $\lambda$  有关。瑞士 Bachman 教授对  $100\text{ cm} \times 30\text{ cm}$  预应力混凝土板承受弯矩为  $124\text{ kN} \cdot \text{m}$  的研究表明,非预应力钢筋与预应力钢筋的总用量  $A_s + A_p$  在预应力度  $\lambda = 0.6$  时为最少,如说明图 4.2.8 所示。



说明图 4.2.8  $\lambda$  与  $A_s + A_p$  关系图

非预应力钢筋的配置应按预应力度  $\lambda$  的变化来确定。当预应力度较高时,所需的非预应力钢筋面积较少,非预应力钢筋的应力也较低。因此非预应力钢筋可选用直径较小的钢筋,其间距可适当放宽,并布置在受拉区下边缘,以起到限制裂缝开展的作用。当预应力度较低时,非预应力钢筋所需面积较多,一般宜选用直径较大的钢筋。当预应力度小于 0.3 时,非预应力钢筋数量超过了预应力钢筋数量,此时构件受力特性与普通钢筋混凝土构件较为接近,因此选择非预应力钢筋的直径与间距时,可按钢筋混凝土的构造规定采用。

**4.2.9 曲线形预应力钢筋管道**,包括竖弯及平弯钢束,其曲线平面内侧受曲线预应力筋的挤压,混凝土保护层在曲线平面内、平面外均受剪,所以梁底面或侧面保护层均需加厚或设拉筋。

《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTJ 3362—

2018 参考美国规范 AASHTO-LRFD 的 5.10.4.3.1 和 5.10.4.3.2, 制定了曲线形预应力钢筋需要的保护层厚度或箍筋布置要求, 其规定如下:

对外形呈曲线且布置有曲线预应力钢筋的构件, 其曲线平面内、外管道的最小混凝土保护层厚度按下列公式计算:

(1) 曲线平面内

$$C_{in} \geq \frac{P_d}{0.266r\sqrt{f'_{cu}}} - \frac{d_s}{2} \quad (\text{说明 4.2.9—1})$$

式中  $C_{in}$ ——曲线平面内最小混凝土保护层厚度;

$P_d$ ——预应力钢筋的张拉力设计值(N), 可取扣除锚圈口摩擦、钢筋回缩及计算截面处管道摩擦损失后的张拉力乘以 1.2;

$r$ ——管道曲线半径(mm);

$f'_{cu}$ ——预应力钢筋张拉时, 边长为 150 mm 立方体混凝土抗压强度(MPa);

$d_s$ ——管道外缘直径(mm)。

当按式(说明 4.2.9—1)计算的保护层厚度较大时, 也可按直线管道设置最小保护层厚度, 但在管道曲线段弯曲平面内设置箍筋。箍筋单肢的截面面积可按下列公式计算:

$$A_{svl} \geq \frac{P_d s_v}{2r f_{std}} \quad (\text{说明 4.2.9—2})$$

式中  $A_{svl}$ ——箍筋单肢截面面积(mm<sup>2</sup>);

$s_v$ ——箍筋间距(mm);

$f_{std}$ ——箍筋抗拉强度设计值(MPa)。

(2) 曲线平面外

$$C_{out} \geq \frac{P_d}{0.266\pi r\sqrt{f'_{cu}}} - \frac{d_s}{2} \quad (\text{说明 4.2.9—3})$$

式中  $C_{out}$ ——曲线平面外最小混凝土保护层厚度。

按此计算: 按直线管道设置最小保护层厚度时, 采用极限抗拉



强度  $f_{pk}$  为 1 860 MPa 预应力钢绞线束, 锚下控制应力为  $0.75f_{pk}$ , 采用 9-7 $\phi$ 5 钢束, 钢束最小弯曲半径为 4 m 时, 需采用防崩箍筋直径 10 mm、间距 100 mm。

如采用较大吨位的锚具, 需相应加大防崩箍筋直径。

**4.2.10** 为平衡外荷载扭矩, 在构件周边均匀布置箍筋及纵筋。此外, 由于位于角隅处的纵筋受到主应力的作用, 易翘出平面, 使混凝土保护层向外侧推出而剥落, 因此纵向钢筋必须布置在箍筋的内侧, 靠箍筋来限制其外推。

为保证箍筋沿构件周边均能连续有效承受主拉应力, 抗扭箍筋必须做成封闭式箍筋, 用于抗扭的箍筋要采用封闭式箍筋, 箍筋末端做成 135°弯钩, 弯钩端头平直段长度不小于  $10d$  ( $d$  为箍筋直径), 弯钩箍牢纵向钢筋。

**4.2.11** 预应力混凝土梁锯齿块处应力状态复杂, 要沿齿块布置纵、横向加强钢筋, 锚后加强钢筋, 钢束防崩箍筋。根据中铁一院对锯齿块有限元分析结果, 以混凝土剪应力为控制目标, 并结合以往工程经验, 提出了锯齿块钢筋布置建议。

#### (1) 纵向加强钢筋

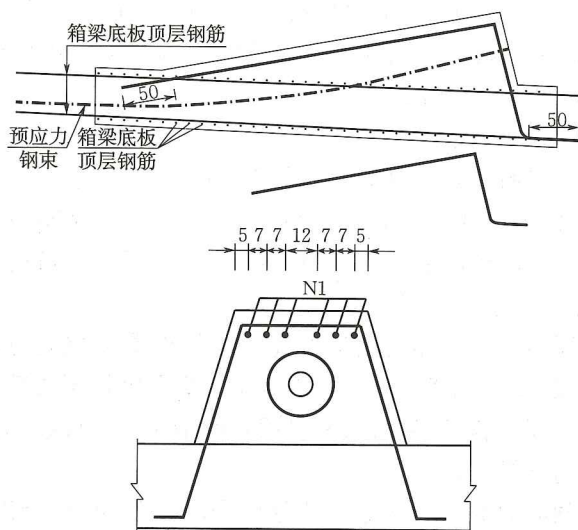
纵向加强钢筋采用  $\phi$ 16 钢筋, 横向间距约 10 cm 布置, 锚固长度不小于  $30d$ , 如说明图 4.2.11—1 所示。

#### (2) 锚后加强钢筋

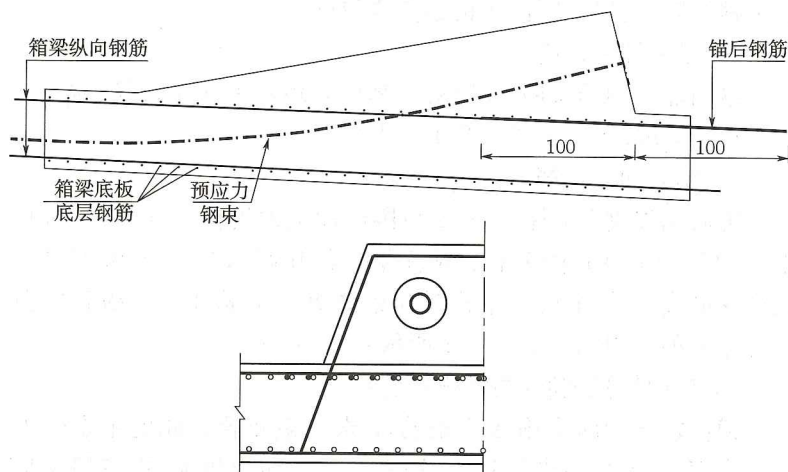
锚后加强钢筋间距 10 cm, 范围延伸至锯齿板底外侧 2 根, 其中 9-7 $\phi$ 5~15-7 $\phi$ 5 钢束加强钢筋直径采用  $\phi$ 16; 17-7 $\phi$ 5 和 19-7 $\phi$ 5 钢束钢筋直径采用  $\phi$ 20, 布置时与梁体纵向钢筋并置。锚后加强钢筋布置如说明图 4.2.11—2 所示。

#### (3) 横向加强钢筋(曲线段钢筋)

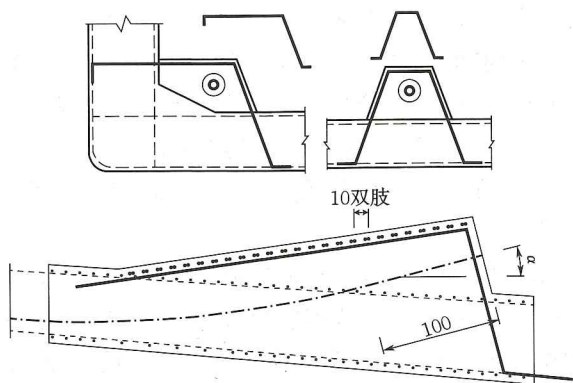
横向加强钢筋采用  $\phi$ 16 钢筋, 2 根一束布置。此处主要受力在钢束弯曲段, 弯曲半径越小, 钢束产生径向力越大, 规范规定最小弯曲半径为 4 m, 建议 17-7 $\phi$ 5 和 19-7 $\phi$ 5 钢束最小弯曲半径为 5 m。横向加强钢筋布置如说明图 4.2.11—3 所示。



说明图 4.2.11—1 纵向加强钢筋布置示意图(单位:cm)



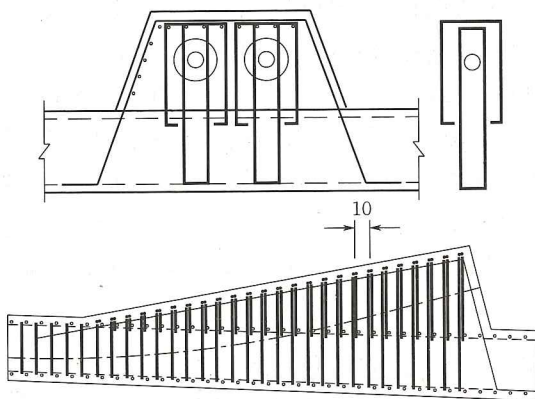
说明图 4.2.11—2 锚后加强钢筋布置示意图(单位:cm)



说明图 4.2.11—3 横向加强钢筋布置示意图(单位:cm)

#### (4) 钢束防崩箍筋

钢束防崩箍筋采用直径  $\phi 16$  钢筋, 2 根一束布置。内箍筋为封闭箍筋, 外箍筋为开口筋, 内箍筋至锯齿板顶和箱梁底板底钢筋, 外箍筋至锯齿板顶和箱梁底板顶钢筋。箍筋与锯齿板横向加强钢筋对应。钢束防崩箍筋布置如说明图 4.2.11—4 所示。



说明图 4.2.11—4 钢束防崩箍筋布置示意图(单位:cm)

#### 4.3.2 为了减少无砟轨道内部钢筋网所形成的闭合回路对轨道

电路钢轨参数的影响,根据遂渝线无砟轨道条件下轨道电路参数测试的数据,轨道板内结构钢筋需采取绝缘措施。轨道板内钢筋绝缘可采用环氧树脂涂层钢筋、绝缘热缩管或绝缘塑料夹等实现。由于轨道板厚度小、钢筋密集,采用绝缘热缩管或绝缘塑料夹将增加人力成本、降低施工效率,优先采用环氧树脂涂层钢筋进行绝缘。

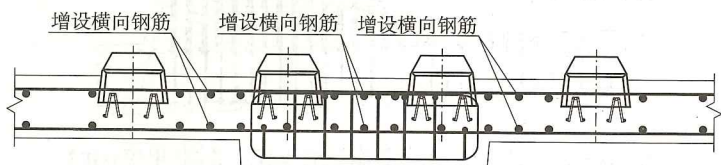
**4.3.3** 在前期国内一些城市轨道交通中轨枕设计时,轨枕套管周围没有设螺旋钢筋,运营一两年后轨枕出现了较多的开裂现象,影响扣件锚固。轨道板扣件套管、吊装孔周围加设螺旋钢筋对防止混凝土开裂十分必要。

#### 4.3.4

1 在配筋率一定的条件下,选择适当的钢筋直径和间距,有利于控制裂纹,根据工程经验,规定了混凝土结构中钢筋直径范围。道床板根据其受力情况,在板端部一定范围内受力钢筋可承担一部分锚固功能,弯钩平直段长度按其厚度一般可按不小于  $3d \sim 5d$  设置。

2 在道床板凹槽四周增设构造钢筋有利于控制混凝土裂缝,防止混凝土掉块,挤压隔离层,影响无砟轨道使用性能。

4 双块式无砟轨道凸台受弯剪荷载作用,由于受扣件阻力在使用过程中超过其设计值、下部结构变形等其他不利因素的影响,凸台范围内道床板受力增大可能造成开裂,而一旦开裂又不易维修。因此,参照《混凝土结构设计规范》对凸台范围内道床板纵、横向钢筋适当加密。横向钢筋可按说明图 4.3.4 适当加密。



说明图 4.3.4 道床板内增设横向钢筋示意图

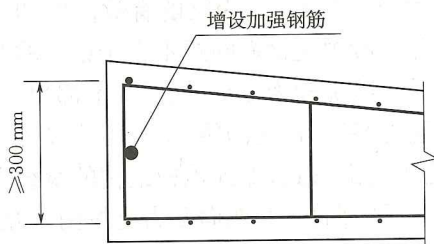


### 4.3.5

1 在配筋率一定的条件下,选择适当的钢筋直径和间距,有利于控制裂缝产生,根据工程经验,规定了混凝土结构中钢筋直径范围。

3 长大连续梁端部由于梁缝较大,为了满足扣件间距的规定,减少采用特殊结构,在满足结构受力要求的基础上,底座可适当悬臂,但底座要根据检算适当增加配筋防止混凝土掉块。同时受扣件等部件使用性能降低的影响,在长大连续梁端部底座可能承受较大的荷载,因此应根据经验计算适当加强配筋。

4 根据武广客专、郑西客专的设计经验,超高在底座上设置时,曲线外侧底座厚度较大时混凝土易开裂,因此当曲线外侧上下层钢筋间距超过一定的数值时在两层钢筋之间增设纵向钢筋十分必要。双块式无砟轨道底座可按说明图 4.3.5 增设钢筋。



说明图 4.3.5 底座增设加强钢筋示意图

4.4.1 桩板结构是由板、梁、桩等构件组合而成的钢筋混凝土轨下基础,以控制竖向变形为主要目的。目前,国内遂渝线、郑西客专、武广客专和京沪高速铁路均有工程应用实例。该结构由水平构件、竖向构件及桩周土体组成,将上承荷载和列车荷载传递至桩间土、桩底持力层或基岩,从而达到控制竖向变形的目的。

桩网结构由钢筋混凝土桩、桩帽及加筋垫层组成,桩筏结构由钢筋混凝土桩、褥垫层、钢筋混凝土筏板组成,用于基础变形控制严格的软弱地基加固。

本节针对上述三类结构,规定了专门的构造要求,其余一般构造要求符合本规范第 4.1 节的规定,如有两节内容不同之处,以本节为准。

**4.4.2** 板内受力钢筋的间距过大不利于板的受力,且不利于裂缝控制,根据工程经验,规定了板中受力钢筋的最大间距。

**4.4.3** 现浇钢筋混凝土板中存在温度—收缩应力,根据工程经验,板在垂直于受力方向配置横向分布钢筋。本条参考《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定,提出了分布钢筋的间距、配筋率等要求。

**4.4.4** 箍筋除用以承受主拉应力外,还要起保持主要受力钢筋的正确位置以及联系受拉和受压区的作用。对支撑受压钢筋的箍筋,还需防止所箍钢筋的纵向弯曲,因此比对支撑受拉钢筋的箍筋要求要严。在移动荷载作用下钢筋混凝土梁抗剪强度的试验指出,当箍筋间距大于  $0.75h_0$  ( $h_0$  为梁的有效高度) 时梁的抗剪强度就有所降低,因此一般规定箍筋间距不大于梁高的  $3/4$ 。

**4.4.6** 筏板的受力状况较为复杂,既承受上部填土、列车荷载、温度荷载,又受土层地基系数、桩间距、桩长等边界条件影响,应该采用双向布置受力钢筋的形式,保证筏板结构的承载力。

**4.4.7** 桩帽主要受竖向荷载,双向受力可按两个互相垂直的平面分别计算。桩帽受力较为复杂。当上部填土较高,桩帽厚度较大时,设置水平箍筋用于阻止冲压块体的外胀和下陷,故要求水平箍筋做成封闭式且套在纵、横向钢筋的最外面。

**5.1.1** 《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 第 6.3.23 条及第 6.3.24 条提出了钢筋混凝土实体墩柱纵向钢筋及箍筋的布置要求:对于纵向受力钢筋直径不宜小于 12 mm;全部纵向钢筋的配筋率不宜大于 3%。

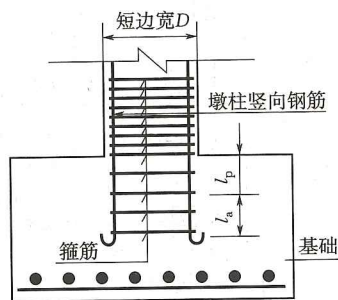
纵向受力钢筋要伸入基础和墩帽内锚固,对于门式桥墩伸入帽梁的纵向钢筋,按梁柱节点的要求在帽梁内锚固。

对于偏心受压构件,弯曲效应下,在基础顶面仍有较大的弯曲

应力,日本《铁路结构设计标准及解释 混凝土结构配筋指南》规定了偏心受压柱在基础内的锚固要求,如下:

偏心受压构件的纵向受力钢筋伸入基础的锚固长度要满足不小于  $l_p + l_a$ ,如说明图 5.1.1 所示。其中, $l_p$ 为  $D/2$  和  $10d$  中的最小值, $l_a$ 为钢筋最小锚固长度, $d$ 为钢筋直径, $D$ 为桥墩短边尺寸。

伸入基础内的纵向受力钢筋外设箍筋,其间距为采用墩柱箍筋间距的 2 倍。



说明图 5.1.1 墩柱钢筋在墩柱内的锚固示意图

**5.1.2** 墩中配置箍筋的作用是为了架立纵向钢筋;承担剪力和扭矩;并与纵筋一起形成对芯部混凝土的围箍约束。

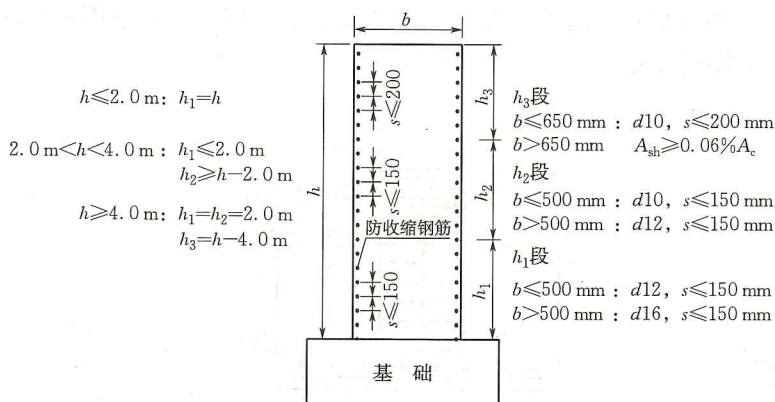
《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 第 6.3.24 条提出了钢筋混凝土实体墩柱箍筋的布置要求,对于箍筋规定:直径不应小于  $d/4$ ,且不应小于 8 mm, $d$ 为纵向钢筋的最大直径。箍筋的间距不应超过纵筋直径的 12 倍,也不应大于构件横截面的最小尺寸。

对于宽厚比大于 4 的桥梁板式墩,由于混凝土收缩以及在温度力作用下,在宽度方向上易产生收缩裂缝,应在宽度方向布置控制混凝土收缩变形的箍筋,参考国内外规范制定宽厚比大于 4 的桥梁板式墩钢筋布置要求。

桥墩分段浇筑施工时,其后浇桥墩混凝土收缩受已浇桥墩的约束,在桥墩中产生较大的应力,因此对这些桥墩应加强横向配

筋。为控制宽厚比大于 4 的桥梁板式墩的混凝土收缩裂缝,参考德国工业标准 DIN102 号专业报告《混凝土桥》第 5.4.7 条规定板式桥墩钢筋横向钢筋布置原则。

钢筋混凝土板式墩墩身与基础分次浇筑施工时,水平分布钢筋的布置如说明图 5.1.2 所示。



说明图 5.1.2 钢筋混凝土板式墩防混凝土收缩钢筋的布置(单位:mm)

$b$ —墩壁宽度; $h$ —墩壁高度

**5.2.1** 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362—2018 第 9.6.4 条规定:薄壁式桥墩或肋板式桥台,在墩身表层、桥台的背墙和肋板表层应设置钢筋网,其截面面积在水平方向和竖直方向分别不应小于  $250 \text{ mm}^2/\text{m}$ (包括受力钢筋),间距不应大于 400 mm。

铁路实体圬工墩、台以前以采用浆砌片石、片石混凝土为主,现多采用混凝土结构,为控制混凝土表层混凝土收缩裂纹,也控制混凝土表面裂纹,采用直径 8 mm 钢筋,钢筋间距采用 250 mm 时,与上述公路规范规定一致,结合铁路素混凝土墩台使用情况补充该规定。

**5.2.3** 根据铁路混凝土桥墩顶帽使用情况制定该条。

**5.3.1** 为提高混凝土空心墩抗裂性,在空心墩内、外壁均设置钢



筋网。德国工业标准 DIN102 号专业报告《混凝土桥》第 5.4.1.2 条规定:受压构件纵向钢筋直径  $d$  应不小于 10 mm,钢筋间距不大于 200 mm,且纵向钢筋配筋率不小于 0.3%;横向钢筋的直径不应小于  $d/4$ ,且不应小于 10 mm。

### 5.3.2

1 与钢筋混凝土空心墩内一样,为提高混凝土空心墩抗裂性,在空心墩内、外壁均设置钢筋网。

德国工业标准 DIN102 号专业报告《混凝土桥》第 5.4.1 条规定:空心构件内外壁均应布置钢筋网,每一面在两个配筋方向上配置的钢筋截面必须达到混凝土截面的 0.06%,且钢筋直径应不小于 10 mm,钢筋间距不大于 200 mm。

根据我国混凝土空心墩使用情况,参考德国工业标准 DIN102 号专业报告《混凝土桥》的规定制定该款。

6.0.2 本条提出了控制在同一连接区段内接头面积百分率的要求。搭接钢筋要错开布置,且钢筋断面位置要保持一定间距。首尾相接形式的布置会在搭接端面引起应力集中和局部裂缝,要予以避免。

6.0.4 隧道结构受空间影响,衬砌厚度有限,为尽可能减小由于截面有效高度减小造成的结构抗弯承载能力降低,在满足混凝土捣固要求时成束钢筋一般采用左右并排绑扎。

6.0.5 采用套筒连接较易保证钢筋连接质量。隧道拱墙衬砌背后铺设塑料防水板,钢筋接头采用焊接时产生的电火花易灼伤防水板,严重时可能引起火灾事故,故条文规定:“隧道衬砌拱部及边墙钢筋接头不宜采用焊接。”

6.0.7 侧沟槽外侧壁厚度一般为 8 cm~15 cm,底板衬砌中心沟壁厚一般为 25 cm,为防止沟电缆槽壁受道床等侧向荷载及底板衬砌中心沟壁受围岩侧向荷载引起开裂,该两处宜增设加强钢筋。

6.0.8 我国钢筋强度不断提高,结构形式的多样性也使锚固条件

有了很大的变化,部分隧道衬砌边墙或仰拱受力主筋无法满足最小锚固长度的要求,同时,明洞衬砌墙脚易开裂。为防止明洞衬砌墙脚开裂及满足衬砌边墙或仰拱受力主筋最小锚固长度的要求,本条明确了明洞衬砌墙趾处 L 型加强钢筋及斜向加强钢筋的设置要求。

**6.0.9** 隧道施工缝是结构防水薄弱环节,为加强施工缝两侧混凝土结构连接的可靠性,于施工缝处补插锚固钢筋。

**7.1.1** 悬臂式挡土墙由悬臂板和底板组成。扶壁式挡土墙由立壁板、底板及扶壁三部分组成。根据工程经验,本条规定了钢筋的直径、间距等构造要求。

**7.1.2** 槽型挡土墙由边墙和底板组成,适用于地下水丰富、地下水位较高、放坡困难的挖方路基,也适用于地表水丰富、排水困难的低矮填方地段路基。边墙配筋类似于悬臂式挡土墙的悬臂板。底板既承受底板以上的附加荷载,还可能承受地下水的浮托力,根据计算确定底板配筋。

**7.2.1** 锚杆挡土墙是由钢筋混凝土肋柱、墙面板和锚杆组成的支挡结构,它依靠锚固在稳定岩土层内锚杆的抗拔力平衡墙面处的土压力。装配式肋柱,考虑肋柱在搬动、吊装过程以及施工中锚杆可能出现受力不均等不利因素,故规定在肋柱内外两侧不切断钢筋,配置通长的受力钢筋。

**7.3.1** 锚固桩为大截面的地下钢筋混凝土构件,与一般钢筋混凝土构件有所不同。因此,在多年生产实践的基础上参照《铁路桥涵地基与基础设计规范》TB 10093 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 在构造细节上作了一些具体的规定。

1 参照《铁路桥涵地基与基础设计规范》TB 10093 对钻(挖)孔桩的要求,规定抗滑桩纵向受力钢筋的直径不小于 16 mm,净距不小于 12 cm,且不小于 8 cm,并规定受力主筋的保护层不小于 7 cm。

2 《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定:当柱子各边纵向

受力钢筋多于 3 根时,放置附加钢筋;考虑到抗滑桩为地下结构,桩身一般在十几米以上,工人在坑内上下作业,不设置过多的箍筋肢数。因此,规定不采用多于 4 肢的封闭箍筋,并允许每箍筋在一行上所箍的受拉筋不受限制。

3 为使钢筋骨架有足够的刚度和便于人工作业,对箍筋、架立筋和纵向构造钢筋的最小直径作了一定的限制。

4 为使桩截面的四周形成钢筋网,以提高混凝土抗剪能力,本款对箍筋和纵向分布钢筋的最大间距作了一定的限制。

5 锁口护壁为人工挖孔桩的施工临时围护结构,根据工程经验,本款规定了最小壁厚和钢筋直径。

7.4.1 锚索垫墩中心位置承受锚索拉力,需按受冲切构件设计,故设置双向受力钢筋。

7.4.2 锚索地梁、格子梁可以将锚索拉力简化为集中荷载,按倒梁法计算,地梁、格子梁按简支梁或连续梁设计。

7.4.3 当重力式挡墙或衡重式挡墙基底的地基承载力不足时,常采用桩基托梁作为挡墙基础。桩基托梁主要承受竖向均布荷载,可按结构力学中的简支梁、连续梁模型计算内力。托梁的配筋按普通梁构件设计。

7.5.1 隧道洞门端墙作为阻止洞口边仰坡坍塌和抵抗仰坡、边坡地层主动侧压力的支挡结构,要满足截面强度及抗裂性计算要求。隧道洞门端墙较厚,一般按重力式挡墙进行结构计算,端墙配筋一般不满足结构最小配筋率要求;若满足最小配筋率要求,钢筋用量增加较大,且增加钢筋用量对端墙抗滑移、倾覆增强效果不明显,因此端墙配筋可按结构受力要求配置或按照混凝土结构护面钢筋要求设置。

8.1.1~8.1.3 结合铁路框架涵配筋现状编制。

8.2.1 圆管涵厚度较薄,但一般不采用单层钢筋设于中心或呈椭圆形以适应正负弯矩变化,从而导致裂缝。因此,圆管涵一般要布置双层钢筋。德国工业标准 DIN102 号专业报告《混凝土桥》



第 5.4.1 条规定:空心构件内外壁均应布置钢筋网,每一面在两个配筋方向上配置的钢筋截面必须达到混凝土截面的 0.06%,且钢筋直径应不小于 10 mm,钢筋间距不大于 200 mm。结合我国各设计单位铁路钢筋混凝土圆管涵通用图及使用情况,制定圆管涵钢筋布置原则。

**9.1.1、9.1.2** 钻(挖)孔灌注桩基础钢筋布置主要根据《铁路桥涵地基和基础设计规范》TB 10093—2017 的规定编制。

**9.2.1** 铁路桥梁承台按刚性承台设计,在满足刚性角要求的情况下,承台抗冲切等计算均满足要求,承台厚度满足不小于 2 倍桩径时,桩基的布置能较好地满足受力需要及构造要求。

**9.2.2** 对于采用六面配筋的承台,为控制混凝土收缩裂缝,美国规范 AASHTO14 版 8.20 规定:表层钢筋网,每个面在两个方向上的截面面积,折合不小于每米  $264 \text{ mm}^2$ 。考虑承台体积较大,混凝土水化热较高,其收缩应力也较大,且易受漂浮物的冲击。参考美国规范提出了承台表层钢筋的布置要求。

承台竖向拉筋的直径是参照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362—2018 第 9.6.10 条第 5 款,目前部分设计单位采用直径 12 mm 的联系钢筋,在施工过程中施工单位普遍反映联系筋偏柔的问题,因此增加此部分内容,其余参照《铁路桥涵地基和基础设计规范》TB 10093—2017 的规定而制定。

**9.2.3** 由于承台底层钢筋布置在伸入承台的桩身以上,其在承台底面以上至少 130 mm,由于承台底层钢筋的保护层厚度很厚,故当桩顶作用于承台板的压应力过大时,在桩顶承台范围内设置钢筋网以提高局部承压能力。

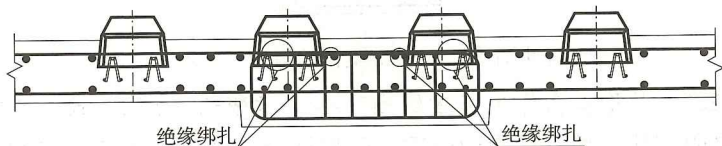
## 10.1

以独立墩柱(桩)作为支承的板,在板与桩柱相交的部位都处于冲切受力状态,在与冲切破坏面相交的部位配置箍筋或弯起钢筋,能有效地提高板的抗冲切承载力,参考《混凝土结构设计规范》GB 50010 与《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》

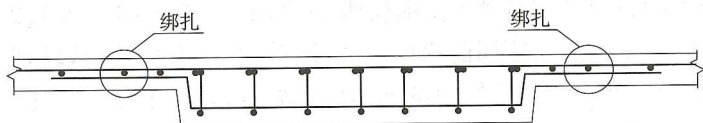


JTG 3362 设置箍筋及弯起钢筋,以保证其抗冲切作用。

**10.2.1** 桥梁地段双块式无砟轨道和岔区轨枕埋入式无砟轨道递上部结构与底座的相互作用,设置凸台是一种有效的解决方式。武广客专建设中在底座(桥梁保护层)上设凸台,为了降低道床板的结构高度,方便道床结构配筋设计,目前较通用的做法为在底座上设凹槽通过道床上的凸台进行连接。凸台为局部受力结构,搭接长度可按不小于  $5d$  设计,双块式无砟轨道和 CRTSⅢ型板式无砟轨道凸台内钢筋绑扎可分别按说明图 10.2.1—1、说明图 10.2.1—2 绑扎搭接。根据信号传输的需要,凸台内钢筋进行绝缘处理,优先采用涂层钢筋,困难情况下也可采用绝缘夹或绑扎带。



说明图 10.2.1—1 道床板钢筋搭接示意图

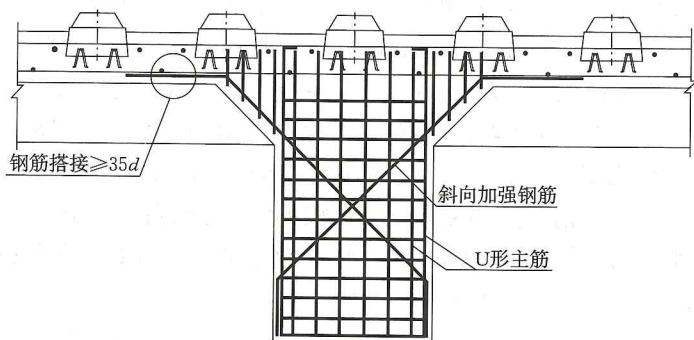


说明图 10.2.1—2 自密实混凝土层钢筋搭接示意图

**10.2.2** 双块式无砟轨道过渡段地段,路基上连续道床板因为承受温度等纵向力作用,自由端会产生纵向位移,影响轨道结构以及其他结构物的稳定性,端梁作为构造措施,设置在道床板板端保证道床自由端的稳定性,端梁与道床板一起灌注混凝土,采用相同的混凝土结构。

端梁配筋设计时不考虑端梁对道床端部伸缩的约束作用,其设置对于道床与底座(支承层)因为特殊原因引起摩擦系数减小,导致道床伸缩区长度超过设计给定范围时起补强作用。在端梁端

部沿线路纵向设置倒角,能有效增强抵抗能力。参照牛腿结构设计和实践经验,对端梁进行配筋设计,并按说明图 10.2.2 设置斜向加强钢筋。

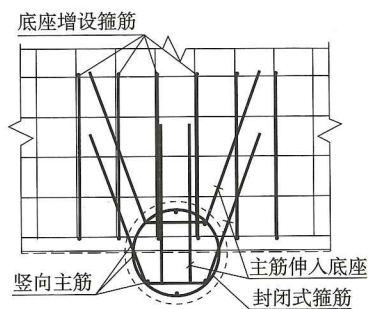


说明图 10.2.2 端梁钢筋布置示意图

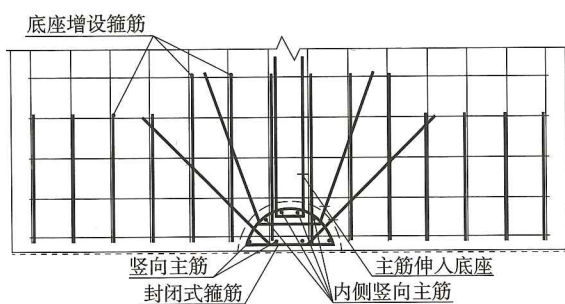
**10.2.3** 凸形挡台作为板式轨道的一个重要组成部分,其主要功能是限制轨道板的纵横向位移。凸形挡台结构要按悬臂受弯构件设计,其悬臂梁的固定端固定于下部混凝土底座中。作用于凸形挡台上的力包括温度力(长钢轨纵向力、轨道板伸缩产生的纵向力)、轨道抵抗钢轨压屈的横向抗力、制动力(牵引力)、轮轨横向力等,其中温度力与轨道横向抗力作为主力考虑,其余作为附加力考虑。为了防止底座开裂,在凸台范围内底座钢筋要设置加强,可按说明图 10.2.3 进行设置。

由于结构型式受线路条件的制约,半圆形凸形挡台一般位于桥梁端部或者板式轨道末端,受力更为复杂,要加强检算,受力主筋要适当增大直径,以避免出现凸形挡台下部开裂的现象。

**10.2.4** 在底座板两侧设置侧向挡块,以限制底座板横、竖向位移和翘曲,侧向挡块受力复杂,设置斜向防裂加强钢筋,其设置方法可以按说明图 10.2.4 执行。

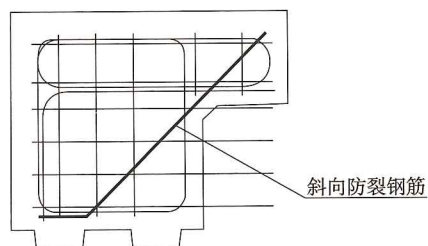


(a) 圆形凸形挡台

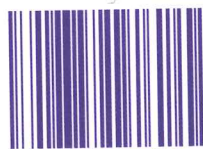


(b) 半圆形凸形挡台

说明图 10.2.3 凸形挡台钢筋布置示意图



说明图 10.2.4 侧向挡块钢筋示意图



151135776

定 价：16.00 元