

16G101图集问答丛书

16G101图集应用问答

—— 独立基础·条形基础·筏形基础·桩基础

栾怀军 主编

中国建筑工业出版社

第1章 基础知识

1.1 平法基础知识

1. 什么是平法?

平法是“混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图”的简称,是对结构设计技术方法理论化、系统化,是对传统设计方法的一次深刻变革。其主要内容包括制图规则和构造详图两大部分,就是把结构构件的尺寸和配筋等,按照平面整体表示方法制图规则,整体直接表达在各类构件的结构平面布置图上,再与标准构造详图相配合,即构成一套新型完整的结构设计。其具体做法是把钢筋直接表示在结构平面图上,并附之各种节点构造详图,这样一来,设计师可以用较少的元素,准确地表达丰富的设计意图,不仅减少了图纸的数量,也有利于施工设计人员识图、记忆、查找、校对、审核、验收。

平法将结构设计分为创造性设计内容与重复性(非创造性)设计内容两部分。创造性的设计内容即设计师采用制图规则中标准符号、数字来体现他的设计内容。重复性通用性设计内容即传统设计中大量重复表达的内容,如节点详图、搭接与锚固值、加密范围等。将重复性设计内容部分(主要是节点构造和构件构造)以“广义标准化方式”编制成国家建筑标准构造设计,符合现阶段的中国国情,这也是平法的主要内容。

2. 为什么使用平法?

我国幅员辽阔,随着市场经济的飞速发展,地区界限已经渐渐模糊。为适应市场经济的需要,混凝土结构设计需要有统一的制图规则,以便消除地区差别。而平法就是全国范围使用各地都能够接受的结构工程师语言。规范使用平法设计制图规则的目的,是为了“保证各地按平法绘制的施工图标准统一,确保设计质量和设计图纸在全国流通使用”。

3. 16G101与11G101图集有哪些区别?

(1) 制图规则变化

1) 取消了原11G101-3图集总说明第2条的平法系列图集包括的内容。

2) 增加了第3条中的设计依据的规范:《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2015),调整了两本规范依据的版本,新增了当依据的标准进行修订或者有新的标准出版实施时,图集与规范标准不符的内容、限制或淘汰的技术产品,视为无效。

3) 总说明第4条和第5条以及总则1.0.2条、1.0.6条中将桩基承台调整成桩基础,

为灌注桩的加入铺平道路。

4) 总说明第 10 条是新增的内容。

5) 第 1.0.8 条中删除了“为施工方便, 应将统一的结构层楼(地)面标高与结构层高分别注写在基础、柱、墙、梁等各类构件的平法施工图中”这句话。

6) 第 1.0.9 条第 5 款中“例如”后面的内容做了调整。

7) 第 1.0.12 条内容做了调整。删除了“本图集基础自身的钢筋连接和锚固基本上均按非抗震处理”这句话。

8) 第 2.3.2 条的第 3 款注写独立基础配筋(必注内容)的第 2 点中的两个举例中, 增加了“(本图只表示钢筋网)”。删除了“注: 高杯口独立基础应配置顶部钢筋网; 非高杯口独立基础是否配置, 应根据具体工程情况确定”这句话。第 3 点中, 注写规则进行了调整。第 4 点中, 将“独立深基础短柱”改为“独立基础短柱”, 删除了一个“深”字。

9) 第 2.3.3 条中, “设置短柱”改为“带短柱”。第 2 款中, “ t_l 为杯壁厚度”改为“ t_l 为杯壁上口厚度, 下口厚度为 t_l+25 ”, 强调了杯壁下口厚度与上口不同。“设计时应注意”中, 删掉了“采用双比例”。

10) 第 2.3.5 条中“杯壁外侧”改为“短柱”; 删掉了“非高”二字。

11) 第 2.3.6 条第 1 款中, 增加了“以大写字母 T 打头”。

12) 表 2.4.3-2 中, “杯壁外侧配筋(O)”改为“短柱配筋(O)”; “杯口箍筋/短柱箍筋”改为“杯口壁箍筋/其他部位箍筋”。并新增了 2 条注解。

13) 第 3.3.1 条新增了“当集中标注的某项数值不适用于基础梁的某部位时, 则将该项数值采用原位标注, 施工时, 原位标注优先”这句话。

14) 第 3.3.2 条第 2 款中“加腋梁”改为“竖向加腋梁”。第 3 款第 2 点注写基础梁底部、顶部和侧面纵向钢筋的例子中, 删除了例子后面的 2 条注解。新增了抗扭纵向钢筋的注写内容和例子。

15) 第 3.3.3 条对底筋的描述做了调整, 新增了第 5 点。“设计时应注意”中, “底部一平”的定义做了调整。

16) 第 3.4.2 条、第 4.4.2 条由原来的“ $12d$ ”改为“ $12d$ 或 $15d$ ”。

17) 第 3.6.3 条第 1 款中“加腋”改为“竖向加腋”, 并在第 2 点后增加了“其中 c_1 为腋长, c_2 为腋高”这句话。

18) 第 4.1.2 条增加了“梁板式筏形基础以多数相同的基础平板底面标高作为基础底面基准标高”这句话。

19) 第 4.3.1 条增加了“当集中标注口的某项数值不适用于梁的某部位时, 则将该项数值采用原位标注, 施工时, 原位标注优先”这句话。

20) 第 4.3.2 条第 2 款中“加腋”改为“竖向加腋”。第 3 款第 2 点注写基础梁底部、顶部和侧面纵向钢筋的例子中, 删除了例子后面的 2 条注解。

21) 第 4.3.3 条第 1 款对“梁支座的底部纵筋”的定义做了调整。

22) 第 4.5.1 条“板底部与顶部贯通纵筋的集中标注与板底部附加非贯通纵筋的原位标注”简略为“集中标注与原位标注”, 删掉了“当仅设置贯通纵筋而未设置附加非贯通纵筋时, 则仅做集中标注”这句话。

23) 第 4.5.2 条第 3 款中, “注写基础平板的底部与顶部贯通纵筋及其总长度”改为

“注写基础平板的底部与顶部贯通纵筋及其跨数及外伸情况”；“及纵向长度范围”改为“及其跨数及外伸情况”；“贯通纵筋的总长度”改为“贯通纵筋的跨数及外伸情况”；例子中“纵向总长度为”改为“共”。

24) 第 4.5.3 条第 1 款注下“板底部附加非贯通纵筋向两边跨内的伸出长度值注写在线段的下方位置”改为“板底部附加非贯通纵筋自支座口线向两边跨内的伸出长度值注写在线段的下方位置”。

25) 第 4.6.2 条“当在板的分布范围内采用拉筋时”改为“板的上、下部纵筋之间设置拉筋时”。

26) 第 5.2.1 条增加“平板式筏形基础的平面注写表达方式有两种”。

27) 第 5.3.1 条“板底部与顶部贯通纵筋的集中标注与板底部附加非贯通纵筋的原位标注”简略为“集中标注与原位标注”。

28) 第 5.3.2 条第 3 款注写底部与顶部贯通纵筋的例子里，删除了后面的两条注解内容。

29) 第 5.4.1 条“板底部与顶部贯通纵筋的集中标注与板底部附加非贯通纵筋的原位标注”简略为“集中标注与原位标注”，删掉了“当仅设置贯通纵筋而未设置附加非贯通纵筋时，则仅做集中标注”这句话。

30) 第 5.5.2 条删除了第 4 款内容；第 7 款中“当在板的分布范围内采用拉筋时”改为“板的上、下部纵之间设置拉筋时”。

31) 新增了“6.1 灌注桩平法施工图的表示方法”、“6.2 列表注写方式”和“6.3 平面注写方式”。

32) 第 6.3.2 条第 3 款第 4、5 点后增加“不设分布钢筋时可不注写”这句话。第 5 款取消了例子。

33) 第 6.4.3 条删掉了第 2 款的内容。

34) 表 7.1.1 新增了防水板这一构造。表下注 2 内容做了相应的调整。

35) 第 7.2.2 条“贯通留筋(代号 GT)，100% 搭接留筋(代号 100%)”简略为“贯通和 100% 搭接”。

36) 第 7.2.3 条原分两行注写使用反斜线的，调整为使用斜线。删除了“当为非抗震设计，且采用素混凝土上柱墩时，则不注配筋”这句话。

37) 第 7.2.4 条原注写使用反斜线，调整为使用斜线。

38) 新增 7.2.7 条防水板 FBPB 平面注写集中标注。

(2) 受拉钢筋锚固长度等一般构造变化

1) 混凝土结构的环境类别和混凝土保护层的最小厚度到了构造图集的首页位置。

2) 混凝土保护层的最小厚度表做了调整。混凝土保护层的最小厚度现在根据基础构件类型来量身定位。

3) 原受拉钢筋基本锚固长度表拆分为受拉钢筋基本锚固长度表、抗震设计时受拉钢筋基本锚固长度表、受拉钢筋锚固长度表、受拉钢筋抗震锚固长度表四个表格。取消了原来的非抗震等级的锚固长度。取消了受拉钢筋锚固长度修正系数表的内容。增加了钢筋弯折的弯弧内直径的相关内容。

4) 取消了原来的纵向受拉钢筋绑扎搭接长度表和纵向受拉钢筋搭接长度修正系数表，

取而代之的是纵向受拉钢筋搭接长度表和纵向受拉钢筋抗震搭接长度 2 个大表格。

5) 第 60 页删除了受拉钢筋绑扎搭接长度及搭接修正系数表, 将原图集第 55 页纵向受力钢筋搭接区箍筋构造移到了本页位置。

6) 第 63 页封闭箍筋及拉筋弯钩构造标题下的注写内容发生变化。取消了“当构件受扭或柱中全部纵向受力钢筋的配筋率大于 3%”这一前提条件。

7) 第 64 页名称改为“墙身竖向分布钢筋在基础中构造”, 将原来的 4 个剖面图做了调整。将其中的判断条件改为中文描述。剖面图的代号也做了调整。注 5 中取消了“括号内数据用于非抗震设计”。

8) 第 66 页名称改为“柱纵向钢筋在基础中构造”, 将 1 号详图的伸入基础构件的直线段长度增加了 $\geq 20d$ 的条件。注 4 内容也改变了。

(3) 构件标准构造详图变化

本图集的标准构造部分新增了第 65 页边缘构件纵向钢筋在基础中的构造, 第 77 页条形基础底板配筋构造 (二), 第 99 页双柱联合承台底部和顶部联合构造, 第 102~104 页的有关灌注桩的配筋构造。

1) 独立基础变化的点

① 第 68 页“双柱独立基础底部和顶部配筋构造”将原图集的“ e_x' ”改为“ e_y ”。

② 第 69 页“设置基础梁的双柱普通独立基础配筋构造”下图将原图集的“50”改为“ $\leq s'/2$ ”。

③ 第 72 页名称改为“高杯口独立基础配筋构造”, 新增加了 2-2 剖面图。将“杯口范围内箍筋间距”改为“杯口壁内箍筋”, 将“杯口范围以外箍筋间距”改为“短柱其他部位箍筋”。原 1-1、2-2 剖面图口引出的标注内容也做了变动。

④ 第 73 页名称改为“双高杯口独立基础配筋构造”, 新增加了 2-2 剖面图。在引出的标注中“ $\phi 12@200$ (中间杯壁构造钢筋)”后新增“当为 HPB300 级时, 末端应加弯钩”。将“杯口范围以外箍筋间距”改为“短柱其他部位箍筋”。原 1-1、2-2 剖面图口引出的标注内容也做了变动。

⑤ 第 74 页名称改为“单柱带短柱独立基础配筋构造”, 注 1、3 中“独立深基础”改为“带短柱独立基础”。

⑥ 第 75 页名称改为“双柱带短柱独立基础配筋构造”, 注 1、3 中“独立深基础”改为“带短柱独立基础”。

2) 条形基础变化的点

① 第 76 页名称改为“条形基础底板配筋构造 (一)”。在构造图中新增了基础梁和分布钢筋等引出标注。将原图集的十字交接基础底板和转角梁板端部均有纵向延伸两个构造图合二为一。新增了坡形截面 TJB_p 的引出标注。

② 第 78 页, 原图集“条形基础底板板底不平构造 (一)”改为“柱下条形基础底板板底不平构造 (板底高差坡度 α 取 45° 或按设计)”。原图集“条形基础底板板底不平构造 (二)”改为“墙下条形基础底板板底不平构造 (一)”。新增了“墙下条形基础底板板底不平构造 (二) (板底高差坡度 α 取 45° 或按设计)”。

③ 第 81 页将原图集的 3 种外伸形式, 调整为梁板式筏形基础梁 3 种形式和条形基础 2 种形式。并增加了从柱内侧到外伸边缘部位长度 $\geq l_n$ 的水平标注。

④ 第 82 页“基础梁侧面构造纵筋和拉筋”新增了图二和图三两种构造。

3) 筏形基础变化的点

① 第 85 页对原图集注 6 做了调整, 删除了原图集中的注 8。在端部等(变)截面外伸构造图中, 新增了从柱内侧到外伸边缘部位长度 $\geq l_a$ 的水平标注。

② 第 89 页在端部等(变)截面外伸构造图中, 新增了从柱内侧到外伸边缘部位长度 $\geq l_a$ 的水平标注。对原图集注 3 做了调整, 新增了注 4 的内容。

③ 第 90 页对原图集注 5 做了调整。

④ 第 91 页取消了注 2 的内容。

⑤ 第 92 页“变截面部位中层钢筋构造”中三个类型的名称调整为和“变截面部位钢筋构造”的名称相一致。

⑥ 第 93 页在“端部无外伸构造”的两个钢筋示例图中, 新增了支座边缘线的标注。新增了注 3、4 两条内容。

4) 桩基础变化的点

① 第 94 页将原图集“桩顶纵筋在承台内的锚固构造”移到第 104 页。

② 第 95 页新增了注 3、4 两条内容。新增三桩承台受力钢筋端部构造。

③ 第 96 页新增了注 3、4、5 三条内容。

④ 第 104 页, 在原图集“桩顶纵筋在承台内的锚固构造”的基础上, 新增了一种桩顶与承台的连接构造。

5) 基础相关构造变化的点

① 第 105 页新增了“搁置在基础上的非框架梁”, 这主要是用作撑托首层墙体或其他构件的非框架梁和基础连系梁的普通次梁。原注 2 取消, 新增了 2 条内容。

② 第 106 页将附加防水层的图例做了调整, 将原来的直线型改为两边坡形。

③ 第 107 页取消了后浇带 HJD 下抗水压垫层构造中的附加防水层, 将它移到了基础垫层面的位置。基抗折角处宽度不再允许按对角算, 统一为按水平尺寸算。

1.2 钢筋基础知识

4. 混凝土环境结构类别如何划分?

混凝土结构的环境类别划分, 主要适用于混凝土结构的正常使用状态验算和耐久性规定, 见表 1-1。

混凝土结构的环境类别

表 1-1

环境类别	条 件
一	室内干燥环境 无侵蚀性静水浸没环境
二 a	室内潮湿环境 非严寒和非寒冷地区的露天环境 非严寒和非寒冷地区与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境 严寒和寒冷地区的冰冻线以下与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境

续表

环境类别	条 件
二 b	干湿交替环境 水位频繁变动环境 严寒和寒冷地区的露天环境 严寒和寒冷地区冰冻线以上与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
三 a	严寒和寒冷地区冬季水位变动区环境 受除冰盐影响环境 海风环境
三 b	盐渍土环境 受除冰盐作用环境 海岸环境
四	海水环境
五	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境

- 注：1. 室内潮湿环境是指构件表面经常处于结露或湿润状态的环境。
2. 严寒和寒冷地区的划分应符合国家现行标准《民用建筑热工设计规范》(GB 50176—1993) 的有关规定。
3. 海岸环境和海风环境宜根据当地情况，考虑主导风向及结构所处迎风、背风部位等因素的影响，由调查研究和工程经验确定。
4. 受除冰盐影响环境是指受到除冰盐盐雾影响的环境；受除冰盐作用环境是指被除冰盐溶液喷射的环境以及使用除冰盐地区的洗车房、停车楼等建筑。
5. 暴露的环境是指混凝土结构表面所处的环境。

5. 不同情况下，混凝土环境类别如何采用？

以下列举的几种情况，通常需要根据混凝土结构的环境类别确定采用相关规定：

(1) 当进行正常使用状态下的构件裂缝控制验算时，不同的环境类别对应有不同的裂缝控制等级及最大裂缝宽度的限值，见表 1-2。

结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度的限值

表 1-2

环境类别	钢筋混凝土结构		预应力混凝土结构	
	裂缝控制等级	w_{lim}	裂缝控制等级	w_{lim}
一	三级	0.30 (0.40)	三级	0.20
二 a		0.20		0.10
二 b			二级	—
三 a、三 b			一级	—

- 注：1. 对处于年平均相对湿度小于 60% 地区一类环境下的受弯构件，其最大裂缝宽度限值可采用括号内的数值。
2. 在一类环境下，对钢筋混凝土屋架、托架及需作疲劳验算的吊车梁，其最大裂缝宽度限值应取为 0.20mm；对钢筋混凝土屋面梁和托梁，其最大裂缝宽度限值应取为 0.30mm。
3. 在一类环境下，对预应力混凝土屋架、托架及双向板体系，应按二级裂缝控制等级进行验算；对一类环境下的预应力混凝土屋面梁、托梁、单向板，应按表中二 a 级环境的要求进行验算；在一类和二 a 类环境下需作疲劳验算的预应力混凝土吊车梁，应按裂缝控制等级不低于二级的构件进行验算。
4. 表中规定的预应力混凝土构件的裂缝控制等级和最大裂缝宽度限值仅适用于正截面的验算；预应力混凝土构件的斜截面裂缝控制验算应符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 第 7 章的有关规定。
5. 对于烟囱、筒仓和处于液体压力下的结构，其裂缝控制要求应符合专门标准的有关规定。
6. 对于处于四、五类环境下的结构构件，其裂缝控制要求应符合专门标准的有关规定。
7. 表中的最大裂缝宽度限值为用于验算荷载作用引起的最大裂缝宽度。

(2) 设计使用年限为 50 年的结构混凝土耐久性的基本要求，根据不同的环境类别应

符合有关规定，见表 1-3。

结构混凝土材料的耐久性基本要求

表 1-3

环境等级	最大水胶比	最低强度等级	最大氯离子含量 (%)	最大碱含量 / (kg/m ³)
—	0.60	C20	0.30	不限制
二 a	0.55	C25	0.20	3.0
二 b	0.50 (0.55)	C30 (C25)	0.15	
三 a	0.45 (0.50)	C35 (C30)	0.15	
三 b	0.40	C40	0.10	

注：1. 氯离子含量系指其占胶凝材料总量的百分比。

2. 预应力构件混凝土中的最大氯离子含量为 0.06%；其最低混凝土强度等级宜按表中的规定提高两个等级。

3. 素混凝土构件的水胶比及最低强度等级的要求可适当放松。

4. 有可靠工程经验时，二类环境中的最低混凝土结构等级可降低一个等级。

5. 处于严寒和寒冷地区二 b、三 a 类环境中的混凝土应使用引气剂，并可采用括号中的有关参数。

6. 当使用非碱活性骨料时，对混凝土中的碱含量可不作限制。

设计使用年限为 100 年的结构混凝土耐久性的基本要求，根据不同的环境类别所应符合规范的有关规定参见《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 第 3.5 节。各类构件受力钢筋的混凝土保护层最小厚度取值，根据构件所处的环境类别有所不同。

6. 混凝土保护层有哪些作用？

混凝土结构中，钢筋并不外露而被包裹在混凝土里面。由钢筋外边缘到混凝土表面的最小距离称为保护层厚度。保护层厚度的规定是为了满足结构构件的耐久性要求和对受力钢筋有效锚固的要求，混凝土保护层的作用主要体现在：

(1) 钢筋与混凝土之间的粘结锚固

混凝土结构中钢筋能够受力是由于其与周围混凝土之间的粘结锚固作用。受力钢筋与混凝土之间的咬合作用是构成粘结锚固的主要成分，这很大程度上取决于混凝土保护层的厚度，混凝土保护层越厚，则粘结锚固作用越大。

(2) 保护钢筋免遭锈蚀

混凝土结构的突出优点是耐久性好。这是由于混凝土的碱性环境使包裹在其中的钢筋表面形成钝化膜而不易锈蚀。但是，碳化和脱钝会影响这种耐久性而使钢筋遭受锈蚀。碳化的时间与混凝土的保护层厚度有关，因此一定的混凝土保护层厚度是保证结构耐久性的必要条件。

(3) 对构件受力有效高度的影响

从锚固和耐久性的角度，钢筋在混凝土中的保护层厚度应该越大越好；然而，从受力的角度来讲，则正好相反。保护层厚度越大，构件截面有效高度就越小，结构构件的抗力将受到削弱。因此，确定混凝土保护层厚度应综合考虑锚固、耐久性及有效高度三个因素。在能保证锚固和耐久性的条件下，可尽量取较小的保护层厚度。

(4) 保护钢筋不应受高温（火灾）影响

使结构急剧丧失承载力保护层具有一定厚度，可以使建筑物的结构在高温条件下或遇有火灾时，保护钢筋不因受到高温影响，使结构急剧丧失承载力而倒塌。因此，保护层的

厚度与建筑物耐火性有关。混凝土和钢筋均属非燃烧体，以砂、石为骨料的混凝土一般可耐高温 700℃。钢筋混凝土结构都不能直接接触明火火源，应避免高温辐射，由于施工原因造成保护层过小，一旦建筑物发生火灾，会造成对建筑物耐火等级或耐火极限的影响。这些因素在设计时均应考虑，混凝土保护层按建筑物耐火等级要求规定的厚度设计时，遇有火灾可保护结构或延缓结构倒塌时间，可为人口疏散和物资转移提供一定的缓冲时间。如保护层过小，可能会失去这个缓冲时间，造成生命、财产的更大损失。

7. 混凝土保护层最小厚度是如何规定的？

混凝土保护层的最小厚度，见表 1-4。

混凝土保护层的最小厚度 (mm)

表 1-4

环境类别	板、墙		梁、柱		基础梁 (顶面和侧面)		独立基础、条形基础、 筏形基础 (顶面和侧面)	
	≤C25	≥C30	≤C25	≥C30	≤C25	≥C30	≤C25	≥C30
一	20	15	25	20	25	20	—	—
二 a	25	20	30	25	30	25	25	20
二 b	30	25	40	35	40	35	30	25
三 a	35	30	45	40	45	40	35	30
三 b	45	40	55	50	55	50	45	40

注：1. 表中混凝土保护层厚度指最外层钢筋外边缘至混凝土表面的距离，适用于设计使用年限为 50 年的混凝土结构。

2. 构件中受力钢筋的保护层厚度不应小于钢筋的公称直径 d 。

3. 一类环境中，设计使用年限为 100 年的结构最外层钢筋的保护层厚度不应小于表中数值的 1.4 倍；二、三类环境中，设计使用年限为 100 年的结构应采取专门的有效措施。

4. 钢筋混凝土基础宜设置混凝土垫层，基础底部的钢筋的混凝土保护层厚度应从垫层顶面算起，且不应小于 40mm；无垫层时，不应小于 70mm。

5. 桩基承台及承台梁：承台底面钢筋的混凝土保护层厚度，当有混凝土垫层时，不应小于 50mm，无垫层时不应小于 70mm；此外，尚不应小于桩头嵌入承台内的长度。

8. 受拉钢筋的锚固长度如何计算？

受拉钢筋的锚固长度应根据具体锚固条件按下列公式计算，且不应小于 200mm：

$$l_a = \zeta_a l_{ab} \quad (1-1)$$

抗震锚固长度的计算公式为：

$$l_{aE} = \zeta_{aE} l_a \quad (1-2)$$

式中 l_a ——受拉钢筋的锚固长度，见表 1-5；

受拉钢筋锚固长度 l_a

表 1-5

钢筋种类	混凝土强度等级																	
	C20		C25		C30		C35		C40		C45		C50		C55		≥C60	
	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$		
HPB300	39d	34d	—	30d	—	28d	—	25d	—	24d	—	23d	—	22d	—	21d	—	

续表

钢筋种类	混凝土强度等级																		
	C20		C25		C30		C35		C40		C45		C50		C55		≥C60		
	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	
HRB335	38d	33d	—	29d	—	27d	—	25d	—	23d	—	22d	—	21d	—	21d	—	21d	—
HRB400、 HRBF400 RRB400	—	40d	44d	35d	39d	32d	35d	29d	32d	28d	31d	27d	30d	26d	29d	25d	28d	—	—
HRB500、 HRBF500	—	48d	53d	43d	47d	39d	43d	36d	40d	34d	37d	32d	35d	31d	34d	30d	33d	—	—

l_{aE} ——纵向受拉钢筋的抗震锚固长度，见表 1-6；

受拉钢筋抗震锚固长度 l_{aE}

表 1-6

钢筋种类		混凝土强度等级																	
		C20		C25		C30		C35		C40		C45		C50		C55		≥C60	
		$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$		
HPB300	一、二级	45d	39d	—	35d	—	32d	—	29d	—	28d	—	26d	—	25d	—	24d	—	—
	三级	41d	36d	—	32d	—	29d	—	26d	—	25d	—	24d	—	23d	—	22d	—	—
HRB335	一、二级	44d	38d	—	33d	—	31d	—	29d	—	26d	—	25d	—	24d	—	24d	—	—
	三级	40d	35d	—	30d	—	28d	—	26d	—	24d	—	23d	—	22d	—	22d	—	—
HRB400 HRBF400	一、二级	—	46d	51d	40d	45d	37d	40d	33d	37d	32d	36d	31d	35d	30d	33d	29d	32d	—
	三级	—	42d	46d	37d	41d	34d	37d	30d	34d	29d	33d	28d	32d	27d	30d	26d	29d	—
HRB500 HRBF500	一、二级	—	55d	61d	49d	54d	45d	49d	41d	46d	39d	43d	37d	40d	36d	39d	35d	38d	—
	三级	—	50d	56d	45d	49d	41d	45d	38d	42d	36d	39d	34d	37d	33d	36d	32d	35d	—

注：1. 当为环氧树脂涂层带肋钢筋时，表中数据尚应乘以 1.25。

2. 当纵向受拉钢筋在施工过程中易受扰动时，表中数据尚应乘以 1.1。

3. 当锚固长度范围内纵向受力钢筋周边保护层厚度为 $3d$ 、 $5d$ (d 为锚固钢筋的直径) 时，表中数据可分别乘以 0.8、0.7；中间时按内插值。

4. 当纵向受拉普通钢筋锚固长度修正系数（注 1~注 3）多于一项时，可按连乘计算。

5. 受拉钢筋的锚固长度 l_a 、 l_{aE} 计算值不应小于 200mm。

6. 四级抗震时， $l_{aE} = l_a$ 。

7. 当锚固钢筋的保护层厚度不大于 $5d$ 时，锚固钢筋长度范围内应设置横向构造钢筋，其直径不应小于 $d/4$ (d 为锚固钢筋的最大直径)；对梁、柱等构件间距不应大于 $5d$ ，对板、墙等构件间距不应大于 $10d$ ，且均不应大于 100mm (d 为锚固钢筋的最小直径)。

ζ_n ——锚固长度修正系数，按表 1-7 的规定取用，当多于一项时，可按连乘计算，但不应小于 0.6；对预应力筋，可取 1.0；

受拉钢筋锚固长度修正系数 ζ_a

表 1-7

锚固条件		ζ_a	
带肋钢筋的公称直径大于 25		1.10	—
环氧树脂涂层带肋钢筋		1.25	
施工过程中易受扰动的钢筋		1.10	
锚固区保护层厚度	$3d$	0.80	注：中间时按内插值。 d 为锚固钢筋的直径
	$5d$	0.70	

ζ_{aE} ——抗震锚固长度修正系数，对一、二级抗震等级取 1.15，对三级抗震等级取 1.05，对四级抗震取 1.00。

当锚固钢筋保护层厚度不大于 $5d$ 时，锚固长度范围内应配置横向构造钢筋，其直径不应小于 $d/4$ ；对梁、柱等杆状构件间距不应大于 $5d$ ，对板、墙等平面构件间距不大于 $10d$ ，且均不应小于 100mm，这里的 d 为锚固钢筋的直径。

为了方便施工人员使用，16G101 图集将混凝土结构中常用的钢筋和各级混凝土强度等级组合，将受拉钢筋锚固长度值计算得钢筋直径的整倍数形式，编制成表格，见表 1-8、表 1-9。

受拉钢筋基本锚固长度 l_{ab}

表 1-8

钢筋种类	混凝土强度等级								
	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	$\geq C60$
HPB300	$39d$	$34d$	$30d$	$28d$	$25d$	$24d$	$23d$	$22d$	$21d$
HRB335	$38d$	$33d$	$29d$	$27d$	$25d$	$23d$	$22d$	$21d$	$21d$
HRB400、HRBF400 RRB400	—	$40d$	$35d$	$32d$	$29d$	$28d$	$27d$	$26d$	$25d$
HRB500、HRBF500	—	$48d$	$43d$	$39d$	$36d$	$34d$	$32d$	$31d$	$30d$

抗震设计时受拉钢筋基本锚固长度 l_{aE}

表 1-9

钢筋种类		混凝土强度等级								
		C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	$\geq C60$
HPB300	一、二级	$45d$	$39d$	$35d$	$32d$	$29d$	$28d$	$26d$	$25d$	$24d$
	三级	$41d$	$36d$	$32d$	$29d$	$26d$	$25d$	$24d$	$23d$	$22d$
HRB335	一、二级	$44d$	$38d$	$33d$	$31d$	$29d$	$26d$	$25d$	$24d$	$24d$
	三级	$40d$	$35d$	$31d$	$28d$	$26d$	$24d$	$23d$	$22d$	$22d$
HRB400 HRBF400	一、二级	—	$46d$	$40d$	$37d$	$33d$	$32d$	$31d$	$30d$	$29d$
	三级	—	$42d$	$37d$	$34d$	$30d$	$29d$	$28d$	$27d$	$26d$
HRB500 HRBF500	一、二级	—	$55d$	$49d$	$45d$	$41d$	$39d$	$37d$	$36d$	$35d$
	三级	—	$50d$	$45d$	$41d$	$38d$	$36d$	$34d$	$33d$	$32d$

注：1. 四级抗震时， $l_{aE} = l_{ab}$ 。

2. 当锚固钢筋的保护层厚度不大于 $5d$ 时，锚固钢筋长度范围内应设置横向构造钢筋，其直径不应小于 $d/4$ (d 为锚固钢筋的最大直径)；对梁、柱等构件间距不应大于 $5d$ ，对板、墙等构件间距不应大于 $10d$ ，且均不应大于 100mm (d 为锚固钢筋的最小直径)。

9. 纵向钢筋如何连接?

钢筋的连接可采用绑扎搭接、机械连接或焊接。机械连接接头及焊接接头的类型和质量应符合现行国家标准的有关规定。

混凝土结构中受力钢筋的连接接头宜设置在受力较小处。在同一根钢筋上宜少设置接头。在结构的重要构件和关键部位,纵向受力钢筋不宜设置连接接头。

10. 如何进行绑扎搭接?

同一构件中相邻纵向受力钢筋的绑扎搭接接头宜互相错开。钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度为 1.3 倍搭接长度,凡搭接接头中点位于该连接区段长度内的搭接接头均属于同一连接区段(图 1-1)。同一连接区段内纵向受力钢筋搭接接头面积百分率为该区段内有搭接接头的纵向受力钢筋与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。当直径不同的钢筋搭接时,按直径较小的钢筋计算。

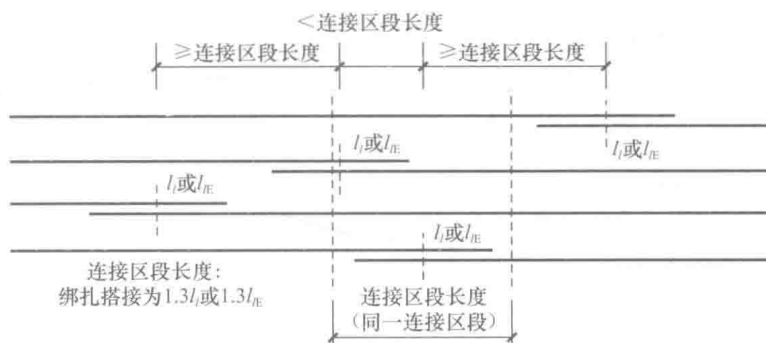


图 1-1 同一连接区段内纵向受拉钢筋的绑扎搭接接头

注:图中所示同一连接区段内的搭接接头钢筋为两根,当钢筋直径相同时,钢筋搭接接头面积百分率为 50%。

位于同一连接区段内的受拉钢筋搭接接头面积百分率:对梁类、板类及墙类构件,不宜大于 25%;对柱类构件,不宜大于 50%。当工程中确有必要增大受拉钢筋搭接接头面积百分率时,对梁类构件,不宜大于 50%;对板、墙、柱及预制构件的拼接处,可根据实际情况放宽。

并筋采用绑扎搭接连接时,应按每根单筋错开搭接的方式连接。接头面积百分率应按同一连接区段内所有的单根钢筋计算。并筋中钢筋的搭接长度应按单筋分别计算。

11. 如何进行机械连接?

纵向受力钢筋的机械连接接头宜相互错开。钢筋机械连接区段的长度为 $35d$, d 为连接钢筋的较小直径。凡接头中点位于该连接区段长度内的机械连接接头均属于同一连接区段,如图 1-2 所示。

位于同一连接区段内的纵向受拉钢筋接头面积百分率不宜大于 50%;但对板、墙、柱及预制构件的拼接处,可根据实际情况放宽。纵向受压钢筋的接头百分率可不受限制。

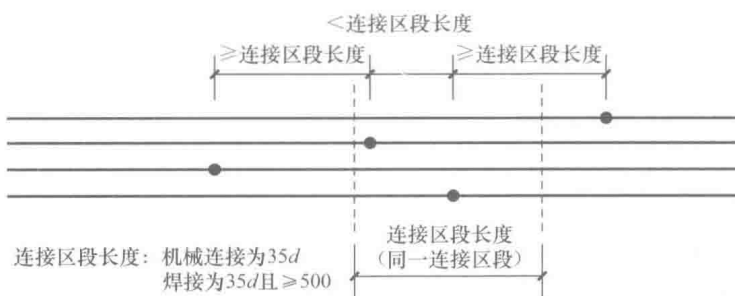


图 1-2 同一连接区段内纵向受拉钢筋机械连接、焊接接头

直接承受动力荷载结构构件中的机械连接接头，除应满足设计要求的抗疲劳性能外，位于同一连接区段内的纵向受力钢筋接头面积百分率不应大于 50%。

12. 什么是弯钩锚固和机械锚固？

当钢筋锚固长度有限而靠自身的锚固性能又无法满足受力钢筋承载力的要求时，可以在钢筋末端配置弯钩和采用机械锚固。这是减小锚固长度的有效方式，其原理是利用受力钢筋端部锚头（弯钩、贴焊锚筋、焊接锚板或螺栓锚头）对混凝土的局部挤压作用加大锚固承载力。锚头对混凝土的局部挤压保证了钢筋不会发生锚固拔出破坏，但锚头前必须有一定的直段锚固长度，以控制锚固钢筋的滑移，使构件不致发生较大的裂缝和变形。因此，当纵向受拉普通钢筋末端采用钢筋弯钩或机械锚固措施时，包括弯钩或锚固端头在内的锚固长度（投影长度）可取为基本锚固长度 l_{ab} 的 60%。纵向钢筋弯钩和机械锚固的形式（图 1-3）和技术要求应符合表 1-10 的规定。

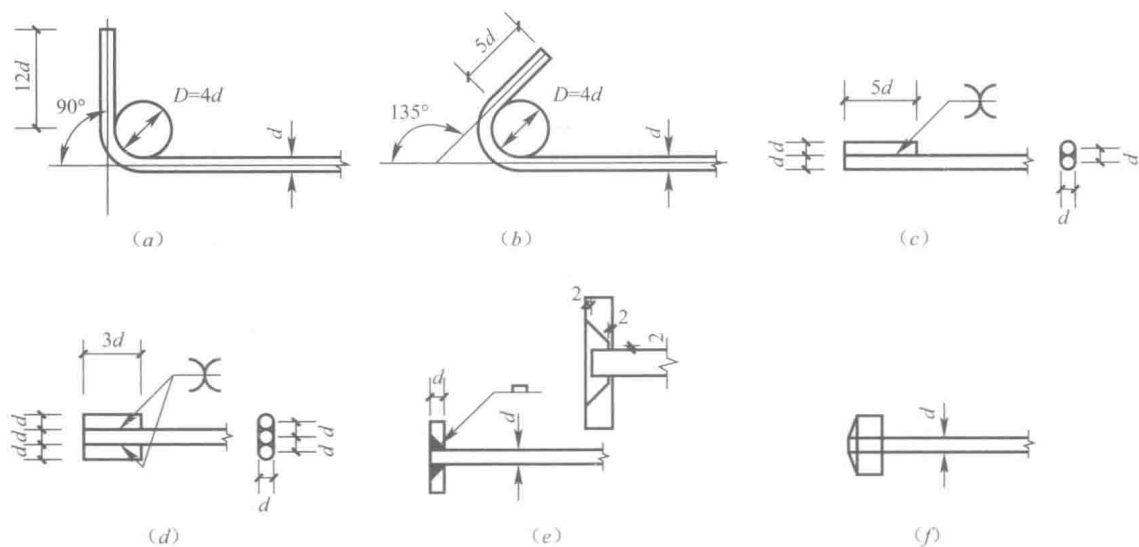


图 1-3 纵向钢筋弯钩和机械锚固的形式

- (a) 末端带 90°弯钩；(b) 末端带 135°弯钩；(c) 末端一侧贴焊锚筋；(d) 末端两侧贴焊锚筋；
(e) 末端与钢板穿孔塞焊；(f) 末端带螺栓锚头

钢筋弯钩和机械锚固的形式和技术要求

表 1-10

锚固形式	技术要求
90°弯钩	末端 90°弯钩, 弯钩内径 $4d$, 弯后直段长度 $12d$
135°弯钩	末端 135°弯钩, 弯钩内径 $4d$, 弯后直段长度 $5d$
一侧贴焊锚筋	末端一侧贴焊长 $5d$ 同直径钢筋
两侧贴焊锚筋	末端两侧贴焊长 $3d$ 同直径钢筋
焊端锚板	末端与厚度 d 的锚板穿孔塞焊
螺栓锚头	末端旋入螺栓锚头

- 注: 1. 焊缝和螺纹长度应满足承载力要求。
 2. 螺栓锚头或焊接锚板的承压净面积应不小于锚固钢筋计算截面积的 4 倍。
 3. 螺栓锚头的规格应符合相关标准的要求。
 4. 螺栓锚头和焊接锚板的钢筋净间距不宜小于 $4d$, 否则应考虑群锚效应的不利影响。
 5. 截面角部的弯钩和一侧贴焊锚筋的布筋方向宜向截面内侧偏置。

13. 纵向受拉钢筋的搭接长度如何计算?

轴心受拉及小偏心受拉杆件的纵向受力钢筋不得采用绑扎搭接; 其他构件中的钢筋采用绑扎搭接时, 受拉钢筋直径不宜大于 25mm , 受压钢筋直径不宜大于 28mm 。

纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度, 应根据位于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率按下列公式计算, 且不应小于 300mm 。

$$l_l = \zeta_l l_a \quad (1-3)$$

抗震绑扎搭接长度的计算公式为:

$$l_{lE} = \zeta_l l_{aE} \quad (1-4)$$

式中 l_l ——纵向受拉钢筋的搭接长度, 见表 1-11;

纵向受拉钢筋搭接长度 l_l

表 1-11

钢筋种类	混凝土强度等级																	
	C20		C25		C30		C35		C40		C45		C50		C55		$\geq C60$	
	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$
HPB300	$\leq 25\%$	47d	41d	—	36d	—	34d	—	30d	—	29d	—	28d	—	26d	—	25d	—
	50%	55d	48d	—	42d	—	39d	—	35d	—	34d	—	32d	—	31d	—	29d	—
	100%	62d	54d	—	48d	—	45d	—	40d	—	38d	—	37d	—	35d	—	34d	—
HRB335	$\leq 25\%$	46d	40d	—	35d	—	32d	—	30d	—	28d	—	26d	—	25d	—	25d	—
	50%	53d	46d	—	41d	—	38d	—	35d	—	32d	—	31d	—	29d	—	29d	—
	100%	61d	53d	—	46d	—	43d	—	40d	—	37d	—	35d	—	34d	—	34d	—
HRB400	$\leq 25\%$	—	48d	53d	42d	47d	38d	42d	35d	38d	34d	37d	32d	36d	31d	35d	30d	34d
HRBF400	50%	—	56d	62d	49d	55d	45d	49d	41d	45d	39d	43d	38d	42d	36d	41d	35d	39d
RRB400	100%	—	64d	70d	56d	62d	51d	56d	46d	51d	45d	50d	43d	48d	42d	46d	40d	45d
HRB500	$\leq 25\%$	—	58d	64d	52d	56d	47d	52d	43d	48d	41d	44d	38d	42d	37d	41d	36d	40d
	50%	—	67d	74d	60d	66d	55d	60d	50d	56d	48d	52d	45d	49d	43d	48d	42d	46d
	100%	—	77d	85d	69d	75d	62d	69d	58d	64d	54d	59d	51d	56d	50d	54d	48d	53d

- 注: 1. 表中数值为纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度。
 2. 两根不同直径钢筋搭接时, 表中 d 取较细钢筋直径。
 3. 当为环氧树脂涂层带肋钢筋时, 表中数据尚应乘以 1.25。
 4. 当纵向受拉钢筋在施工过程中易受扰动时, 表中数据尚应乘以 1.1。
 5. 当搭接长度范围内纵向受力钢筋周边保护层厚度为 $3d$ 、 $5d$ (d 为搭接钢筋的直径) 时, 表中数据尚可分别乘以 0.8、0.7; 中间时按内插值。
 6. 当上述修正系数 (注 3~注 5) 多于一项时, 可按连乘计算。
 7. 任何情况下, 搭接长度不应小于 300mm 。
 8. 当位于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率为表中数据中间值时, 搭接长度可按内插取值。

l_{lE} ——纵向抗震受拉钢筋的搭接长度，见表 1-12；

纵向受拉钢筋抗震搭接长度 l_{lE}

表 1-12

钢筋种类		混凝土强度等级																	
		C20		C25		C30		C35		C40		C45		C50		C55		≥C60	
		$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$
一、二级抗震等级	HPB300	≤25%	54d	47d	—	42d	—	38d	—	35d	—	34d	—	31d	—	30d	—	29d	—
		50%	63d	55d	—	49d	—	45d	—	41d	—	39d	—	36d	—	35d	—	34d	—
	HRB335	≤25%	53d	46d	—	40d	—	37d	—	35d	—	31d	—	30d	—	29d	—	29d	—
		50%	62d	53d	—	46d	—	43d	—	41d	—	36d	—	35d	—	34d	—	34d	—
	HRB400	≤25%	—	55d	61d	48d	54d	44d	48d	40d	44d	38d	43d	37d	42d	36d	40d	35d	38d
		50%	—	64d	71d	56d	63d	52d	56d	46d	52d	45d	50d	43d	49d	42d	46d	41d	45d
HRB500	≤25%	—	66d	73d	59d	65d	54d	59d	49d	55d	47d	52d	44d	48d	43d	47d	42d	46d	
	50%	—	77d	85d	69d	76d	63d	69d	57d	64d	55d	60d	52d	56d	50d	55d	49d	53d	
三级抗震等级	HPB300	≤25%	49d	43d	—	38d	—	35d	—	31d	—	30d	—	29d	—	28d	—	26d	—
		50%	57d	50d	—	45d	—	41d	—	36d	—	25d	—	34d	—	32d	—	31d	—
	HRB335	≤25%	48d	42d	—	36d	—	34d	—	31d	—	29d	—	28d	—	26d	—	26d	—
		50%	56d	49d	—	42d	—	39d	—	36d	—	34d	—	32d	—	31d	—	31d	—
	HRB400	≤25%	—	50d	55d	44d	49d	41d	44d	36d	41d	35d	40d	34d	38d	32d	36d	31d	35d
		50%	—	59d	64d	52d	57d	48d	52d	42d	48d	41d	46d	39d	45d	38d	42d	36d	41d
HRB500	≤25%	—	60d	67d	54d	59d	49d	54d	46d	50d	43d	47d	41d	44d	40d	43d	38d	42d	
	50%	—	70d	78d	63d	69d	57d	63d	53d	59d	50d	55d	48d	52d	46d	50d	45d	49d	

- 注：1. 表中数值为纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度。
 2. 两根不同直径钢筋搭接时，表中 d 取较细钢筋直径。
 3. 当为环氧树脂涂层带肋钢筋时，表中数据尚应乘以 1.25。
 4. 当纵向受拉钢筋在施工过程中易受扰动时，表中数据尚应乘以 1.1。
 5. 当搭接长度范围内纵向受力钢筋周边保护层厚度为 $3d$ 、 $5d$ (d 为搭接钢筋的直径) 时，表中数据尚可分别乘以 0.8、0.7；中间时按内插值。
 6. 当上述修正系数（注 3~注 5）多于一项时，可按连乘计算。
 7. 任何情况下，搭接长度不应小于 300mm。
 8. 四级抗震等级时， $l_{lE} = l_{lE}$ 。
 9. 当位于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率为 100% 时， $l_{lE} = 1.6l_{lE}$ 。
 10. 当位于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率为表中数据中间值时，搭接长度可按内插取值。

ζ_l ——纵向受拉钢筋搭接长度的修正系数，按表 1-13 取用。当纵向搭接钢筋接头面积百分率为表的中间值时，修正系数可按内插取值。

纵向受拉钢筋搭接长度修正系数

表 1-13

纵向搭接钢筋接头面积百分率 (%)	≤25	50	100
ζ_l	1.2	1.4	1.6

纵向受力钢筋的搭接构造如图 1-4 所示。

非接触搭接可用于条形基础底板、梁板式筏形基础平板中纵向钢筋的连接。

14. 16G101 图集对钢筋弯折的弯弧内直径做出何种规定？

钢筋弯折的弯弧内直径 D (图 1-5) 应符合下列规定：

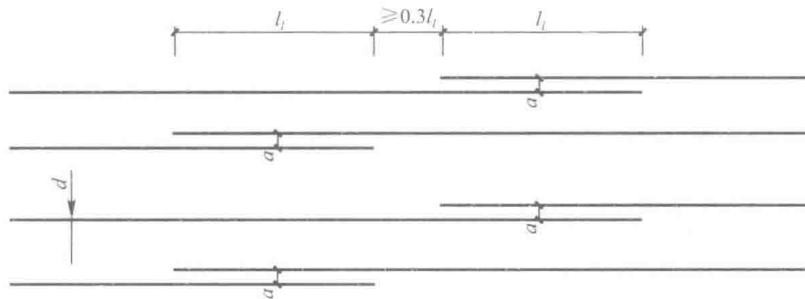
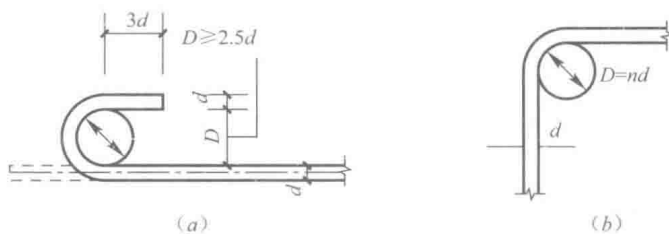


图 1-4 非接触纵向钢筋搭接构造

- (1) 光圆钢筋，不应小于钢筋直径的 2.5 倍。
- (2) 335MPa 级、400MPa 级带肋钢筋，不应小于钢筋直径的 4 倍。
- (3) 500MPa 级带肋钢筋，当直径 $d \leq 25\text{mm}$ 时，不应小于钢筋直径的 6 倍；当直径 $d > 25\text{mm}$ 时，不应小于钢筋直径的 7 倍。
- (4) 箍筋弯折处尚不应小于纵向受力钢筋直径；箍筋弯折处纵向受力钢筋为搭接或并筋时，应按钢筋实际排布情况确定箍筋弯弧内直径。

图 1-5 钢筋弯折的弯弧内直径 D

(a) 光圆钢筋末端 180°弯钩；(b) 末端 90°弯折

15. 箍筋及拉筋弯钩如何构造？

梁、柱、剪力墙中的箍筋和拉筋的主要内容有：弯钩角度为 135° ；水平段长度 l_h 抗震设计时取 $\max(10d, 75\text{mm})$ ，非抗震设计时不应小于 $5d$ ， d 为箍筋直径。

通常，箍筋应做成封闭式，拉筋要求应紧靠纵向钢筋并同时钩住外封闭箍筋。梁、柱、剪力墙封闭箍筋及拉筋弯钩构造如图 1-6 所示。

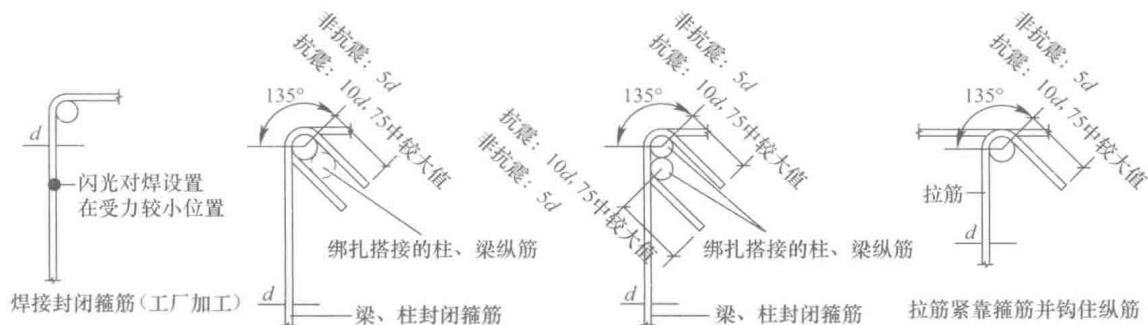


图 1-6 封闭箍筋及拉筋弯钩构造（一）

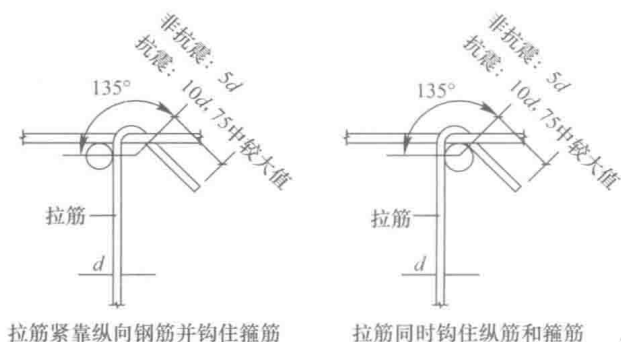


图 1-6 封闭箍筋及拉筋弯钩构造 (二)

(非抗震设计时, 当基础构件受扭时, 箍筋及拉筋弯钩平直段长度应为 $10d$)

16. 16G101 图集对墙身竖向分布钢筋在基础中的构造如何规定?

墙身竖向分布钢筋在基础中的构造如图 1-7 所示。

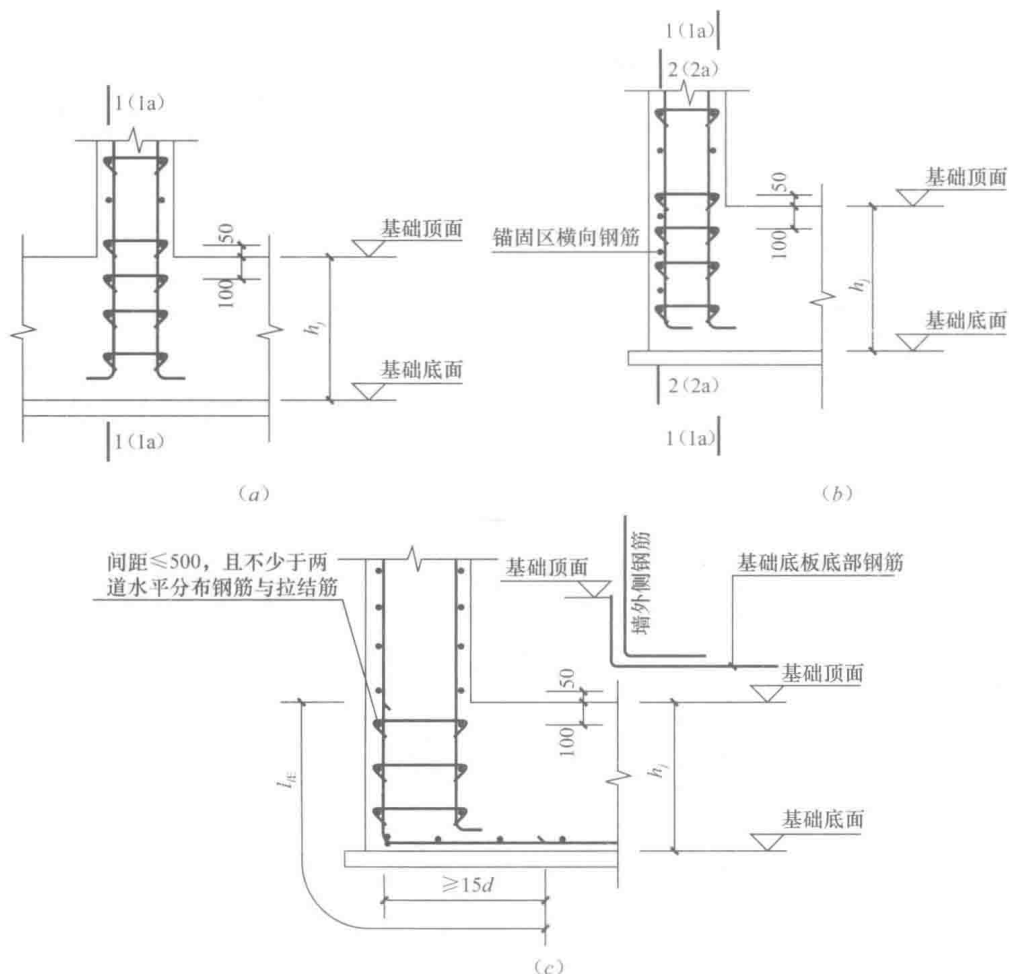


图 1-7 墙身竖向分布钢筋在基础中的构造 (一)

(a) 保护层厚度 $> 5d$; (b) 保护层厚度 $\leq 5d$; (c) 搭接连接