

手工计算钢筋的步骤以及方法：

首先要说明的一点是，我们平时所说的钢筋预算和实际的钢筋下料是不一样的。我们所说的钢筋预算就是按照建筑的规范或标准平法图集的要求计算出来的钢筋。而下料还要考虑很多施工现场的要求，例如我们的钢筋断点的位置在实际的施工中是有规定的，必须断在跨中 $1/3$ 的范围内，构件交错的地方要注意钢筋的避让等。

在我们拿到结构图纸后，首先分析此建筑是什么结构形式、大致有哪些构件、基础是什么类型。然后我们一般剪力墙按照从下向上的顺序，也就是施工的先后顺序进行计算。

（一）基础：

这里介绍几中常见的基础。

- 1、独立基础：框架结构中用的较多，在计算钢筋中要注意的就是底板受力钢筋的长度，可取边长或宽度的 0.9 倍，并交错布置；
- 2、筏板基础：一般用于剪力墙结构，我们可以仔细学习一下 04G101-3 中的内容，例如对于下沉子筏板中的钢筋中的钢筋应伸出板边 L_A （最小锚固长度）等方面一些具体要求。
- 3、条形基础：一般用于砖混结构。

（二）上部构件：

- 1、柱：柱钢筋比较简单，只有纵筋和箍筋。纵筋要注意底层的基础插筋问题，

顶层柱纵筋对于边柱、中柱、角柱的锚固长度的区别可以参见（03G101）；箍筋要注意加密区长度的取值问题：底层柱根加密 $\geq H_n/3$ ，柱上部加密长度 $\geq H_n/6$ 、 ≥ 500 取大值，还要注意柱搭接范围内应该加密。（其中， H_n 是指所在楼层的柱净高）

2、梁：梁钢筋应按照 03G101 进行计算。梁有上部通长筋、支座负筋（一排 $1/3L_n$ ，二排 $1/4L_n$ ， L_n 是左右两跨较大值），底筋一般按照每跨分别向两边支座伸入锚固长度的情况进行计算的。

3、剪力墙：剪力墙中的构件一定要计算完全。其中包括：墙体分布钢筋（有水平钢筋和纵向钢筋，要注意墙和墙交接部位的水平钢筋的锚固、各种转角锚固要求是不一样的）、翼柱的钢筋（墙和墙交接的部位形成的柱子）、剪力墙的连接梁钢筋（门窗洞口上面形成的连梁）、暗柱钢筋（门窗洞口两侧形成的暗柱）、端柱钢筋（剪力墙端头的柱子）、暗梁钢筋（由于构造的要求在墙体中所配置的梁）。

钢筋抽样常用公式

钢筋算量基本方法小结

一、梁

（1） 框架梁

一、首跨钢筋的计算

1、上部贯通筋

上部贯通筋（上通长筋 1）长度=通跨净跨长+首尾端支座锚固值

梁的纵向钢筋锚入支座的长度，首先判断直锚能否满足 L_a ，1、（支座宽度-1 个保护层厚度） $\geq L_a$ ，则直锚 L_a 即可； 2、 $L_a > \text{（支座宽度-1 个保护层厚度）} \geq 0.4 L_a$ ，则伸至支座对边，并做 $15d$ 弯钩； 3、（支座宽度-1 个保护层厚度） $< 0.4 L_a$ ，应与设计沟通，改变钢筋直径或支座宽度，以满足 $\geq 0.4 L_a$ ；

2、端支座负筋

端支座负筋长度：第一排为 $L_n/3$ +端支座锚固值；

第二排为 $L_n/4$ + 端支座锚固值

3、下部钢筋

下部钢筋长度 = 净跨长 + 左右支座锚固值

以上三类钢筋中均涉及到支座锚固问题，那么总结一下以上三类钢筋的支座锚固判断问题：

支座宽 $\geq L_{ae}$ 且 $\geq 0.5H_c + 5d$ ，为直锚，取 $\text{Max}\{L_{ae}, 0.5H_c + 5d\}$ 。

钢筋的端支座锚固值 = 支座宽 $\leq L_{ae}$ 或 $\leq 0.5H_c + 5d$ ，为弯锚，取 $\text{Max}\{L_{ae}, \text{支座宽度} - \text{保护层} + 15d\}$ 。

钢筋的中间支座锚固值 = $\text{Max}\{L_{ae}, 0.5H_c + 5d\}$

4、腰筋

构造钢筋：构造钢筋长度 = 净跨长 + $2 \times 15d$

抗扭钢筋：算法同贯通钢筋

5、拉筋

拉筋长度 = (梁宽 - $2 \times$ 保护层) + $2 \times 11.9d$ (抗震弯钩值) + $2d$

拉筋根数：如果我们没有在平法输入中给定拉筋的布筋间距，那么拉筋的根数 = (箍筋根数 / 2) $\times$ (构造筋根数 / 2)；如果给定了拉筋的布筋间距，那么拉筋的根数 = 布筋长度 / 布筋间距。

6、箍筋

箍筋长度 = (梁宽 - $2 \times$ 保护层 + 梁高 - $2 \times$ 保护层) $\times 2$ + $2 \times 11.9d$ + $8d$

箍筋根数 = (加密区长度 / 加密区间距 + 1) $\times 2$ + (非加密区长度 / 非加密区间距 - 1) + 1

注意：因为构件扣减保护层时，都是扣至纵筋的外皮，那么，我们可以发现，拉筋和箍筋在每个保护层处均被多扣掉了直径值；并且我们在预算中计算钢筋长度时，都是按照外皮计算的，所以软件自动会将多扣掉的长度在补充回来，由此，拉筋计算时增加了 $2d$ ，箍筋计算时增加了 $8d$ 。

7、吊筋

吊筋长度 = $2 \times$ 锚固 ($20d$) + $2 \times$ 斜段长度 + 次梁宽度 + 2×50 ，其中框梁高度 $> 800\text{mm}$ 夹角 = 60°

$\leq 800\text{mm}$ 夹角 $=45^\circ$

二、中间跨钢筋的计算

1、中间支座负筋

中间支座负筋：第一排为： $L_n/3 + \text{中间支座值} + L_n/3$ ；

第二排为： $L_n/4 + \text{中间支座值} + L_n/4$

注意：当中间跨两端的支座负筋延伸长度之和 $\geq$ 该跨的净跨长时，其钢筋长度：

第一排为：该跨净跨长 $+$ （ $L_n/3 + \text{前中间支座值}$ ） $+$ （ $L_n/3 + \text{后中间支座值}$ ）；

第二排为：该跨净跨长 $+$ （ $L_n/4 + \text{前中间支座值}$ ） $+$ （ $L_n/4 + \text{后中间支座值}$ ）。

其他钢筋计算同首跨钢筋计算。 L_n 为支座两边跨较大值。

二、其他梁

一、非框架梁

在 03G101-1 中，对于非框架梁的配筋简单的解释，与框架梁钢筋处理的不同之处在于：

1、普通梁箍筋设置时不再区分加密区与非加密区的问题；

2、下部纵筋锚入支座只需 $12d$ ；

3、上部纵筋锚入支座，不再考虑 $0.5H_c + 5d$ 的判断值。

未尽解释请参考 03G101-1 说明。

二、框支梁

1、框支梁的支座负筋的延伸长度为 $L_n/3$ ；

2、下部纵筋端支座锚固值处理同框架梁；

3、上部纵筋中第一排主筋端支座锚固长度 $=$ 支座宽度 $-$ 保护层 $+$ 梁高 $-$ 保护层 $+$ L_{aE} ，第二排主筋锚固长度 $\geq L_{aE}$ ；

4、梁中部筋伸至梁端部水平直锚，再横向弯折 $15d$ ；

5、箍筋的加密范围为 $\geq 0.2L_n$ 且 $\geq 1.5h_b$ ；

7、侧面构造钢筋与抗扭钢筋处理与框架梁一致。

二、剪力墙

在钢筋工程量计算中剪力墙是最难计算的构件，具体体现在：

- 1、剪力墙包括墙身、墙梁、墙柱、洞口，必须要整考虑它们的关系；
- 2、剪力墙在平面上有直角、丁字角、十字角、斜交角等各种转角形式；
- 3、剪力墙在立面上有各种洞口；
- 4、墙身钢筋可能有单排、双排、多排，且可能每排钢筋不同；
- 5、墙柱有各种箍筋组合；
- 6、连梁要区分顶层与中间层，依据洞口的位置不同还有不同的计算方法。

(1) 剪力墙墙身

一、剪力墙墙身水平钢筋

1、墙端为暗柱时

A、外侧钢筋连续通过 外侧钢筋长度=墙长-保护层

内侧钢筋=墙长-保护层+弯折

B、外侧钢筋不连续通过 外侧钢筋长度=墙长-保护层+0.65L_{ae}

内侧钢筋长度=墙长-保护层+弯折

水平钢筋根数=层高/间距+1（暗梁、连梁墙身水平筋照设）

2、墙端为端柱时

A、外侧钢筋连续通过 外侧钢筋长度=墙长-保护层

内侧钢筋=墙净长+锚固长度（弯锚、直锚）

B、外侧钢筋不连续通过 外侧钢筋长度=墙长-保护层+0.65L_{ae}

内侧钢筋长度=墙净长+锚固长度（弯锚、直锚）

水平钢筋根数=层高/间距+1（暗梁、连梁墙身水平筋照设）

注意：如果剪力墙存在多排垂直筋和水平钢筋时，其中间水平钢筋在拐角处的锚固措施同该墙的内侧水平筋的锚固构造。

3、剪力墙墙身有洞口时

当剪力墙墙身有洞口时，墙身水平筋在洞口左右两边截断，分别向下弯折 15d。

二、剪力墙墙身竖向钢筋

1、首层墙身纵筋长度=基础插筋+首层层高+伸入上层的搭接长度

2、中间层墙身纵筋长度=本层层高+伸入上层的搭接长度

3、顶层墙身纵筋长度=层净高+顶层锚固长度

墙身竖向钢筋根数=墙净长/间距+1（墙身竖向钢筋从暗柱、端柱边 50mm 开始布置）

4、剪力墙墙身有洞口时，墙身竖向筋在洞口上下两边截断，分别横向弯折 15d。

三、墙身拉筋

1、长度=墙厚-保护层+弯钩（弯钩长度=11.9+2*D）

2、根数=墙净面积/拉筋的布置面积

注：墙净面积是指要扣除暗（端）柱、暗（连）梁，即墙面积-门洞总面积-暗柱剖面积 - 暗梁面积；

拉筋的面筋面积是指其横向间距×竖向间距。

例：(8000*3840)/(600*600)

（二） 剪力墙墙柱

一、纵筋

1、首层墙柱纵筋长度=基础插筋+首层层高+伸入上层的搭接长度

2、中间层墙柱纵筋长度=本层层高+伸入上层的搭接长度

3、顶层墙柱纵筋长度=层净高+顶层锚固长度

注意：如果是端柱，顶层锚固要区分边、中、角柱，要区分外侧钢筋和内侧钢筋。

因为端柱可以看作是框架柱，所以其锚固也同框架柱相同。

二、箍筋：依据设计图纸自由组合计算。

（三） 剪力墙墙梁

一、连梁

1、受力主筋

顶层连梁主筋长度=洞口宽度+左右两边锚固值 LaE

中间层连梁纵筋长度=洞口宽度+左右两边锚固值 LaE

2、箍筋

顶层连梁，纵筋长度范围内均布置箍筋 即 $N=((LaE-100)/150+1)*2+（洞口宽$

-50*2)/间距+1 (顶层)

中间层连梁，洞口范围内布置箍筋，洞口两边再各加一根 即 $N = (\text{洞口宽} - 50 * 2) / \text{间距} + 1$ (中间层)

二、暗梁

1、主筋长度=暗梁净长+锚固

三、柱

(一)、基础层

一、柱主筋

基础插筋=基础底板厚度-保护层+伸入上层的钢筋长度+ $\text{Max}\{10D, 200\text{mm}\}$

二、基础内箍筋

基础内箍筋的作用仅起一个稳固作用，也可以说是防止钢筋在浇注时受到挠动。
一般是按 2 根进行计算（软件中是按三根）。

(二)、中间层

一、柱纵筋

1、KZ 中间层的纵向钢筋=层高-当前层伸出地面的高度+上一层伸出楼地面的高度

二、柱箍筋

1、KZ 中间层的箍筋根数=N 个加密区/加密区间距+N+非加密区/非加密区间距-1

03G101-1 中，关于柱箍筋的加密区的规定如下

1) 首层柱箍筋的加密区有三个，分别为：下部的箍筋加密区长度取 $H_n/3$ ；上部取 $\text{Max}\{500, \text{柱长边尺寸}, H_n/6\}$ ；梁节点范围内加密；如果该柱采用绑扎搭接，那么搭接范围内同时需要加密。

2) 首层以上柱箍筋分别为：上、下部的箍筋加密区长度均取 $\text{Max}\{500, \text{柱长边尺寸}, H_n/6\}$ ；梁节点范围内加密；如果该柱采用绑扎搭接，那么搭接范围内同时需要加密。

（三）、顶层

顶层 KZ 因其所处位置不同，分为角柱、边柱和中柱，也因此各种柱纵筋的顶层锚固各不相同。（参看 03G101—1 第 37、38 页）

一、角柱

角柱顶层纵筋长度:

一、内筋

a、内侧钢筋锚固长度为：

弯锚 ($\leq L_{ae}$): 梁高一保护层+12d

直锚 ($\geq L_{aE}$) : 梁高一保护层

二、外筋

[illegible]

柱顶部第二层: $\cong$ 梁高一保护层+柱宽-保护层

注意：在 GGJ V8.1 中，内侧钢筋锚固长度为 弯锚 ($\leq L_{aE}$)：梁高一保护层+12d

直锚 ($\geq L_{ae}$): 梁高一保护层

外側钢筋锚固长度=Max{1.5Lae , 梁高-保护层+柱宽-保护层}

二、边柱

边柱顶层纵筋长度=层净高 H_n +顶层钢筋锚固值，那么边柱顶层钢筋锚固值是如何考虑的呢？

边柱顶层纵筋的锚固分为内侧钢筋锚固和外侧钢筋锚固:

a、内侧钢筋锚固长度为 弯锚 ($\leq L_{aE}$): 梁高一保护层+12d

直锚 ($\geq L_{aE}$) : 梁高一保护层

b、外侧钢筋锚固长度为: $\geq 1.5L_{aE}$

注意：在 GGJ V8.1 中，内侧钢筋锚固长度为 弯锚 ($\leq L_{aE}$)：梁高一保护层+12d

直锚 ($\geq L_{ae}$) : 梁高一保护层

外侧钢筋锚固长度 = $\text{Max}\{1.5L_{ae}, \text{梁高一保护层} + \text{柱宽} - \text{保护层}\}$

三、中柱

中柱顶层纵筋长度 = 层净高 H_n + 顶层钢筋锚固值, 那么中柱顶层钢筋锚固值是如何考虑的呢?

中柱顶层纵筋的锚固长度为 弯锚 ($\leq L_{ae}$) : 梁高一保护层 + $12d$

直锚 ($\geq L_{ae}$) : 梁高一保护层

注意: 在 GGJ V8.1 中, 处理同上。

四、板

在实际工程中, 我们知道板分为预制板和现浇板, 这里主要分析现浇板的布筋情况。

板筋主要有: 受力筋 (单向或双向, 单层或双层)、支座负筋、分布筋、附加钢筋 (角部附加放射筋、洞口附加钢筋)、撑脚钢筋 (双层钢筋时支撑上下层)。

一、受力筋

软件中, 受力筋的长度是依据轴网计算的。

受力筋长度 = 轴线尺寸 + 左锚固 + 右锚固 + 两端弯钩 (如果是 I 级筋)。

根数 = (轴线长度 - 扣减值) / 布筋间距 + 1

二、负筋及分布筋

负筋长度 = 负筋长度 + 左弯折 + 右弯折

负筋根数 = (布筋范围 - 扣减值) / 布筋间距 + 1

分布筋长度 = 负筋布置范围长度 - 负筋扣减值

负筋分布筋根数 = 负筋输入界面中负筋的长度 / 分布筋间距 + 1

三、附加钢筋(角部附加放射筋、洞口附加钢筋)、支撑钢筋(双层钢筋时支撑上下层)

根据实际情况直接计算钢筋的长度、根数即可, 在软件中可以利用直接输入法输入计算。

第五章 常见问题

为什么钢筋计算中，135°弯钩我们在软件中计算为 11.9d？

我们软件中箍筋计算时取的 11.9D 实际上是弯钩加上量度差值的结果，我们知道弯钩平直段长度是 10D，那么量度差值应该是 1.9D，下面我们推导一下 1.9D 这个量度差值的来历：

按照外皮计算的结果是 $1000+300$ ；如果按照中心线计算那么是： $1000-D/2-d+135/360*3.14*(D/2+d/2)*2+300$ ，这里 D 取的是规范规定的最小半径 2.5d，此时用后面的式子减前面的式子的结果是： $1.87d\approx 1.9d$ 。

（一）施工工艺

1、钢筋制作

钢筋加工制作时，要将钢筋加工表与设计图复核，检查下料表是否有错误和遗漏，对每种钢筋要按下料表检查是否达到要求，经过这两道检查后，再按下料表放出实样，试制合格后方可成批制作，加工好的钢筋要挂牌堆放整齐有序。

施工中如需要钢筋代换时，必须充分了解设计意图和代换材料性能，严格遵守现行钢筋砼设计规范的各种规定，并不得以等面积的高强度钢筋代换低强度的钢筋。凡重要部位的钢筋代换，须征得甲方、设计单位同意，并有书面通知时方可代换。

（1）钢筋表面应洁净，粘着的油污、泥土、浮锈使用前必须清理干净，可结合冷拉工艺除锈。

（2）钢筋调直，可用机械或人工调直。经调直后的钢筋不得有局部弯曲、死弯、小波浪形，其表面伤痕不应使钢筋截面减小 5%。

（3）钢筋切断应根据钢筋号、直径、长度和数量，长短搭配，先断长料后断短料，尽量减少和缩短钢筋短头，以节约钢材。

（4）钢筋弯钩或弯曲：

①钢筋弯钩。形式有三种，分别为半圆弯钩、直弯钩及斜弯钩。钢筋弯曲后，弯曲处内皮收缩、外皮延伸、轴线长度不变，弯曲处形成圆弧，弯起后尺寸不大于

下料尺寸，应考虑弯曲调整值。

钢筋弯心直径为 $2.5d$ ，平直部分为 $3d$ 。钢筋弯钩增加长度的理论计算值：对转半圆弯钩为 $6.25d$ ，对直弯钩为 $3.5d$ ，对斜弯钩为 $4.9d$ 。

②弯起钢筋。中间部位弯折处的弯曲直径 D ，不小于钢筋直径的 5 倍。

③箍筋。箍筋的末端应作弯钩，弯钩形式应符合设计要求。箍筋调整，即为弯钩增加长度和弯曲调整值两项之差或和，根据箍筋量外包尺寸或内包尺寸而定。

④钢筋下料长度应根据构件尺寸、混凝土保护层厚度，钢筋弯曲调整值和弯钩增加长度等规定综合考虑。

a. 直钢筋下料长度=构件长度—保护层厚度+弯钩增加长度

b. 弯起钢筋下料长度=直段长度+斜弯长度—弯曲调整值+弯钩增加长度

c. 箍筋下料长度=箍筋内周长+箍筋调整值+弯钩增加长度

2、钢筋绑扎与安装：

钢筋绑扎前先认真熟悉图纸，检查配料表与图纸、设计是否有出入，仔细检查成品尺寸、心头是否与下料表相符。核对无误后方可进行绑扎。

采用 20#铁丝绑扎直径 12 以上钢筋，22#铁丝绑扎直径 10 以下钢筋。

（1）墙

①墙的钢筋网绑扎同基础。钢筋有 90° 弯钩时，弯钩应朝向混凝土内。

②采用双层钢筋网时，在两层钢筋之间，应设置撑铁（钩）以固定钢筋的间距。

③墙筋绑扎时应吊线控制垂直度，并严格控制主筋间距。剪力墙上下两边三道水平处应满扎，其余可梅花点绑扎。

④为了保证钢筋位置的正确，竖向受力筋外绑一道水平筋或箍筋，并将其与竖筋点焊，以固定墙、柱筋的位置，在点焊固定时要用线锤校正。

⑤外墙浇筑后严禁开洞，所有洞口预埋件及埋管均应预留，洞边加筋详见施工图。墙、柱内预留钢筋做防雷接地引线，应焊成通路。其位置、数量及做法详见安装施工图，焊接工作应选派合格的焊工进行，不得损伤结构钢筋，水电安装的预埋，土建必须配合，不能错埋和漏埋。

（2）梁与板

①纵向受力钢筋出现双层或多层排列时，两排钢筋之间应垫以直径 15mm 的短钢筋，如纵向钢筋直径大于 25mm 时，短钢筋直径规格与纵向钢筋相同规格。

②箍筋的接头应交错设置，并与两根架立筋绑扎，悬臂挑梁则箍筋接头在下，其余做法与柱相同。梁主筋外角处与箍筋应满扎，其余可梅花点绑扎。

③板的钢筋网绑扎与基础相同，双向板钢筋交叉点应满绑。应注意板上部的负钢筋（面加筋）要防止被踩下；特别是雨蓬、挑檐、阳台等悬臂板，要严格控制负筋位置及高度。

④板、次梁与主梁交叉处，板的钢筋在上，次梁的钢筋在中层，主梁的钢筋在下，当有圈梁或垫梁时，主梁钢筋在上。

⑤楼板钢筋的弯起点，如加工厂（场）在加工没有起弯时，设计图纸又无特殊注明的，可按以下规定弯起钢筋，板的边跨支座按跨度 $1/10L$ 为弯起点。板的中跨及连续多跨可按支座中线 $1/6L$ 为弯起点。（ L —板的中—中跨度）。

⑥框架梁节点处钢筋穿插十分稠密时，应注意梁顶面主筋间的净间距要有留有 30mm，以利灌筑混凝土之需要。

⑦钢筋的绑扎接头应符合下列规定：

1) 搭接长度的末端距钢筋弯折处，不得小于钢筋直径的 10 倍，接头不宜位于构件最大弯矩处。

2) 受拉区域内，Ⅰ级钢筋绑扎接头的末端应做弯钩，Ⅱ级钢筋可不做弯钩。

3) 钢筋搭接处，应在中心和两端用铁丝扎牢。

4) 受拉钢筋绑扎接头的搭接长度，应符合结构设计要求。

5) 受力钢筋的混凝土保护层厚度，应符合结构设计要求。

6) 板筋绑扎前须先按设计图要求间距弹线，按线绑扎，控制质量。

7) 为了保证钢筋位置的正确，根据设计要求，板筋采用钢筋马凳纵横@600 予以支撑。

3、钢筋接长：

根据设计要求，本工程直径 ≥ 18 的钢筋优先采用机械接长，套筒挤压连接技术，其余钢筋接长，水平筋采用对焊与电弧焊，竖向筋优先采用电渣压力焊。大于 $\Phi 25$

竖向钢筋采用套筒挤压连接。

(1) 对焊操作要求：

II、III级钢筋的可焊性较好，焊接参数的适应性较宽，只要保证焊缝质量，拉弯时断裂在热影响区就较小。因而，其操作关键是掌握合适的顶锻。

采用预热闪光焊时，其操作要点为：一次闪光，闪平为准；预热充分，频率要高；二次闪光，短、稳、强烈；顶锻过程，快速有力。

(2) 电弧焊：

钢筋电弧焊分帮条焊、搭接焊、坡口焊和熔槽四种接头形式。

① 帮条焊：帮条焊适用于 I、II 级钢筋的接驳，帮条宜采用与主筋同级别，同直径的钢筋制作。

② 搭接焊：搭接焊只适用于 I、II、III 级钢筋的焊接，其制作要点除注意对钢筋搭接部位的预弯和安装，应确保两钢筋轴线相重合之处，其余则与帮条焊工艺基本相同。一般单面搭接焊为 10d, 双面焊为 5d。

③ 钢筋坡口焊对接分坡口平焊和坡口立焊对接。

(3) 竖向钢筋电渣压力焊：

电渣压力焊是利用电流通过渣池产生的电阻热将钢筋端溶化，然后施加压力使钢筋焊合。

电渣压力焊施焊接工艺程序：

安装焊接钢筋→安装引弧铁丝球→缠绕石棉绳装上焊剂盒→装放焊剂接通电源，“造渣”工作电压 40~50V，“电渣”工作电压 20~25V→造渣过程形成渣池→电渣过程钢筋端面溶化→切断电源顶压钢筋完成焊接→卸出焊剂拆卸焊盒→拆除夹具。

① 焊接钢筋时，用焊接夹具分别钳固上下的待焊接的钢筋，上下钢筋安装时，中心线要一致。

② 安放引弧铁丝球：抬起上钢筋，将预先准备好的铁丝球安放在上、下钢筋焊接端面的中间位置，放下上钢筋，轻压铁丝球，使接触良好。放下钢筋时，要防止铁丝球被压扁变形。

③ 装上焊剂盒：先在安装焊剂盒底部的位置缠上石棉绳，然后再装上焊剂盒，并

往焊剂盒满装焊剂。

安装焊剂盒时，焊接口宜位于焊剂盒的中部，石棉绳缠绕应严密，防止焊剂泄漏。

④接通电源，引弧造渣：按下开头，接通电源，在接通电源的同时将上钢筋微微向上提，引燃电弧，同时进行“造渣延时读数”计算造渣通电时间。

“造渣过程”工作电压控制在 40~50V 之间，造渣通电时间约占整个焊接过程所需通电时间的 3/4。

⑤“电渣过程”：随着造渣过程结束，即时转入“电渣过程”的同时进行“电渣延时读数”，计算电渣通电时间，并降低上钢筋，把上钢筋的端部插入渣池中，徐徐下送上钢筋，直至“电渣过程”结束。

“电渣过程”工作电压控制在 20~25V 之间，电渣通电时间约占整个焊接过程所需通电时间的 1/4。

⑥顶压钢筋，完成焊接：“电渣过程”延时完成，电渣过程结束，即切断电源，同时迅速顶压钢筋，形成焊接接头。

⑦卸出焊剂，拆除焊剂盒、石棉绳及夹具。

卸出焊剂时，应将料斗卡在剂盒下方，回收的焊剂应除去溶渣及杂物，受潮的焊剂应烘、焙干燥后，可重复使用。

⑧钢筋焊接完成后，应及时进行焊接接头外观检查，外观检查不合格的接头，应切除重焊。

（二）质量标准

1、保证项目：

（1）钢筋的材质、规格及焊条类型应符合钢筋工程的设计施工规范，有材质及产品合格证书和物理性能检验，对于进口钢材需增加化学性能检定，检验合格后方可使用。

（2）钢筋的规格、形状、尺寸、数量、间距、锚固长度、接头位置、保护层厚度必须符合设计要求和施工规范的规定。

（3）焊工必须持相应等级焊工证才允许上岗操作。

（4）在焊接前应预先用相同的材料、焊接条件及参数，制作二个抗拉试件，其

试验结果大于该类别钢筋的抗拉强度时，才允许正式施焊，此时不可再从成品抽样取试件。

2、基本项目

(1) 钢筋、骨架绑扎，缺扣、松扣不超过应绑扎数据的 10%，且不应集中。

(2) 钢筋弯钩的朝向正确，绑扎接头符合施工规范的规定，搭接长度不小于规定值。

(3) 所有焊接接头必须进行外观检验，其要求是：焊缝表面平顺，没有较明显的咬边、凹陷、焊瘤、夹渣及气孔，严禁有裂纹出现。

3、机械性能试验、检查方法：

按同类型（钢种直径相同）分批，每 100 个为一批，每批取 6 个试件，3 个作抗拉试件，3 个作冷弯试验。

三个试件抗拉强度值不得低于该级别钢筋的抗拉强度。

冷弯试验（包括正弯和反弯试验）弯曲时接头位置应处于弯曲中心处，冷弯按规定角度进行，接头处或热影响区外侧横向裂缝宽度不应大于 0.15mm 计算合格。

4、机械连接：

此项工程对 $\Phi 18$ 以上（包括 $\Phi 18$ ）梁、柱钢筋及底层柱筋要求采用机械连接方式进行钢筋接长。为保证工程质量，我公司决定采用套筒钢筋挤压连接进行 $\Phi 18$ 以上钢筋的连接。此新技术是通过钢筋端头特制的套筒挤压形成的接头。

(1) 遵从国家建设部颁发的《带肋钢筋套筒挤压连接技术规程》进行施工。

(2) 施工操作：

A、操作人员必须持证上岗。

B、挤压操作时采用的挤压力，压模亮度，压痕直径或挤压后套筒长度波动范围以及挤压道数均应符合经型式检验确定的技术参数要求。

C、挤压前应做下列准备工作：

a. 钢筋端头的铁皮、泥砂、油漆等杂物应清理干净。

b. 应对套筒作外观尺寸检查。

c. 应对钢筋与套筒进行试套，如钢筋有马蹄、弯折或纵肋尺寸过大者，应预先矫

正或用砂轮打磨，对不同直径钢筋的套筒不得相互串用。

d. 钢筋连接端应划出明显定位标记，确保在挤压和挤压后按定位标记检查钢筋伸入套筒内的长度。

e. 检查挤压设备情况，并进行试压，符合要求后方可作业。

D、挤压操作应符合下列要求：

a. 应按标记检查钢筋插入套筒内的深度，钢筋端头离套筒长度中点不宜超过10mm。

b. 挤压时挤压机与钢筋轴线应保持垂直。

c. 挤压宜从套筒中央开始，并依次向两端挤压。

d. 宜先挤压一端套筒，在施工作业区插入待接钢筋后再挤压另一端套筒。

E、钢筋连接工程开始前及施工过程中，应对每批进场钢筋进行挤压连接工艺检验，工艺检验应符合下列要求：

a. 每种规格钢筋的接头试件不应少于三根。

b. 接头试件的钢筋母材应进行拉伸强度试验。

c. 挤压接头的现场检验按验收批进行，同一施工条件下采用一批材料的同等级、同型式、同规格接头，以 500 个为一个验收批进行检验与验收，不足 500 个也作一批验收批。

钢筋的接头：

当钢筋长度不够时，可以在适当位置进行搭接，钢筋的接头要注意下列几点：

a 基础梁上部钢筋在两个支柱之间的跨中 $1/2$ 范围内不得搭接，基础梁下部钢筋在每个支柱左右各 $1/3$ 跨长范围内不得搭接；

；

b 上部主体结构的梁，上部钢筋在每个支柱左右各 $1/3$ 跨长范围内不得搭接，上部主体结构梁的下部钢筋在两个支柱之间的跨中不得搭接；

c 抗震圈梁外墙转角 1m 范围内应当连续，接头应当在距外墙转角 1m 以外搭接；

d 钢筋直径 $\Phi > 22 \text{ mm}$ 时，不宜采用非焊接的搭接接头；对轴心受压和偏心受压柱中的受压钢筋，当钢筋直径 $\Phi \leq 32 \text{ mm}$ 时，可采用非焊接的搭接接头，但接头位置应设置在受力较小处。

e 在可以搭接的纵向钢筋搭接范围内，有几点必须注意：

首先，纵向钢筋搭接接头数量在同一截面有限制：受拉钢筋 $\leq 1/4$ ，受压钢筋 $\leq 1/2$ ，如果您搞不清这个钢筋是受拉还是受压，那就应当从严掌握，按受拉钢筋 $1/4$ 实施。

其次，在纵向钢筋搭接接头范围内的箍筋必须加密，当搭接钢筋为受拉时，箍筋间距不应大于 $5d$ （ d 为纵向钢筋较小直径），并且不应大于 100mm ；

当搭接钢筋为受压时，箍筋间距不应大于 $10d$ ，并且不应大于 200mm 。 d 为受力钢筋中的最小直径。

还有一点，只有 4 根纵向钢筋的构造柱千万不可采用两长两短的错开方式搭接！抗震试验表明，构造柱 4 根钢筋在楼板面一次搭接对抗震更有利。

经验表明，轴心受压和小偏心受压的轻荷载少层房屋的矩形截面柱子每边纵向钢筋不超过 3 根时，也不宜分截面搭接（欢迎同行师友对此问题进行讨论）。

有抗震要求的柱子的箍筋应做 135° 弯钩；箍筋弯钩的平直段长度应 $\geq 10d$ ，在钢筋用量计算中注意。

柱问题（1）：柱纵筋锚入基础的问题

《03G101-1 图集》对基础顶面以上的柱纵筋的构造要求讲得比较详细，但是对柱纵筋锚入基础的问题，图集中没有介绍，而且，此类问题查看了一些混凝土构造手册之类也找不到详细的介绍，所以，很有必要在此向专家请教，这些问题也是不少工程技术人员共同的问题。

- ① 柱纵筋伸入基础（承台梁，或有梁式筏板基础的基础梁）的锚固长度是多少？是一个 $1aE$ 还是更多？（甚至有人提出 1.5 倍的 $1aE$ ）
- ② 当柱纵筋伸入基础的直锚长度满足“锚固长度”的要求，是否可以“直锚”而不必进行弯锚？有的人说可以“直锚”；但又有人说必须拐一个直角弯。
- ③ 如果柱纵筋伸入基础必须“弯锚”的话，弯折部分长度是多少？有人说是 $10d$ ，而在《03G101-1 图集》第 39 页“梁上柱 LZ 纵筋构造”中弯折长度为 $12d$ ，这个规定是否可用于基础？
- ④ 同样在《03G101-1 图集》第 39 页“梁上柱 LZ 纵筋构造”中，规定“直锚部分长度”不小于 $0.5 1aE$ ，这个规定是否可用于基础？
- ⑤ 当基础梁的梁高大于柱纵筋的锚固长度时，柱纵筋可以不伸到梁的底部。是这样的吗？
- ⑥ 当基础梁的梁高小于柱纵筋的锚固长度时，柱纵筋必须伸到梁的底部，然后拐一个直角弯。其弯折部分长度，“剩多少拐过去多少”，显然不合适。这时候，应该用上前面第③条，即规定一个弯折部分长度；同时，也应该检验一下“直锚部分长度”，看看它是否不小于前面第④条规定的“最小直锚长度”。是这样的吗？

■ 答柱问题（1）：所提问题将会在“筏形、箱形、地下室基础平法国家建筑标准设计 03G101-3、-4”中得到相应答案（2003 年底陆续推出）。现在简单答复如下：

- ①⑤ 柱纵筋一般要求伸至基础底部纵筋位置。特厚基础（2 米以上）中部设有抗水化热的钢筋时，基础有飞边的所有柱和基础无飞边的中柱的柱纵筋可伸至中层筋位置；②③ 当柱纵筋伸入基础的直锚长度满足“锚固长度”的要求时，要求弯折 $12d$ ；④⑥ 梁上柱纵筋的锚固要求亦适用于柱在基础中的锚固，但要求柱纵筋

“坐底”。

● 柱问题（2）：我们在施工中经常遇到柱主筋大变小的问题。试问：当柱子采用电渣压力焊时候有什么限制条件，例：25mm 碰焊 14mm 的钢筋的能不能？

■ 答柱问题（2）：25mm 碰焊 14mm，直径相差过大受力时会出现应力集中现象。如果施工规范对大小直径钢筋对焊无限制规定的话，建议直径相差不要超过两级（25 与 20 或 18 与 14）。

● 柱问题（3）：柱伸入承台梁或基础梁中，是否设置箍筋？箍筋如何设置？不需加密？此箍筋起什么作用？这个问题如果在施工图中明确标示，就没有问题。如果在施工图中没有明确表出，则施工人员如何执行？现在的情况是各人有各的做法，例如，有的人设置两根箍筋，有的人只设置一根箍筋。

■ 答柱问题（3）：要设不少于两道箍筋，但不需要加密。箍筋的作用是保持柱纵筋在浇筑混凝土时钢筋之间的相对位置和钢筋笼的定位不受扰动。

● 柱问题（4）：柱上端“非连接区”？

《G101 图集》规定，柱的下部，即在楼板梁的上方有一个“非连接区”（是个箍筋加密区），纵筋的接头只能在“非连接区”以上部位（也就是柱的中部）进行。然而，图集没有规定在柱的上部有没有“非连接区”？例如，在柱上部的箍筋加密区或者在柱梁的交叉部位允许不允许纵筋连接？

事实上，有的施工人员在上述的柱上部区域进行了钢筋接头。这样，他在柱中部有一个钢筋接头，在柱上部又有一个钢筋接头，违背了“同一纵向受力钢筋不宜设置两个或两个以上接头”的规定。（见《混凝土结构工程施工质量验收规范》）不过，上述规范的用语是“不宜”，并没有强制规定。因此，请教一下上述柱纵筋的接头问题如何解释？如何执行？其中有什么理论根据？

■ 答柱问题（4）：提问者可能是指 00G101，03G101-1 中从下层柱的上部到上层柱的下部形成的非连接区是连续的。规范对此规定是“不宜”，未做强制规定，国家建筑标准设计的规定偏严，对保证质量有好处。如果难以做到，结构设计师

可以对此规定进行变更。规范用语“不宜”，反映了中国人的辩证思维。对于执行与否，结构设计师有抉择权利。该规定多出于概念设计考虑，未见其理论根据的文章发表。

● 柱问题（5）：前在 03G101 第 45 页中（非抗震 KZ 箍筋构造非抗震 QZ.LZ 纵向钢筋构造）中注 7：当为复合箍筋时，对于四边有梁与柱相连的同一节点，可仅在四根梁端的最高梁底至最低梁顶范围周边设置矩形封闭箍筋，那么请问陈教授，

1、该条能否用于第 36 页（抗震 KZ 纵向钢筋连接构造）中。或者说用于四级抗震的节点处。因为我注意到构造规定中非抗震与四级抗震处理基本上一样的。

2、对于四边有梁与柱相连的同一节点能否用于边（端）柱与梁相交处。

■ 答柱问题（5）：

1、该条不适用于（抗震 KZ 纵向钢筋连接构造），抗震结构要求所有复合箍筋要贯通柱梁节点，而且要按照加密间距设置。

2、只有边柱有悬挑梁时才会形成四边有梁的情况，该节点构造要求适用于该情况。

● 柱问题（6）：有的施工单位把柱子的接头只考虑底部的区域满足要求 而上部却不考虑，施工单位 认为是受压的，所以他们认为 他们采取的闪光对焊上部接头 他们就不考虑了？这样做对吗？

■ 答柱问题（6）： 框架柱是偏压构件，受弯矩、轴向压力和剪力的共同作用，其受弯时的反弯点一般在柱中稍向上的位置，抗震时柱两端都要加密箍筋以保证实现“强剪弱弯”，因此，连接位置不考虑避开柱上端是错误的。

●梁问题（1）：03G101-1：平法梁纵筋伸入端柱支座长度的两种计算方法：

以第 54-55 页为例，梁纵筋伸入端柱都有 15d 的弯锚部分，如果把它放在与柱纵筋同一个垂直层面上，会造成钢筋过密，显然是不合适的。正如图上所画的那样，应该从外到内分成几个垂直层面来布置。但是，在计算过程中，却可以有两种不同的算法，这两种算法都符合图集的规定；

第一种算法，是从端柱外侧向内侧计算，先考虑柱纵筋的保护层，再按一定间距

布置（计算）梁的第一排上部纵筋、第二排上部纵筋，再计算梁的下部纵筋，最后，保证最内层的下部纵筋的直锚长度不小于 $0.4l_{aE}$ ；

第二种算法，是从端柱内侧向外侧计算，先保证梁最内层的下部纵筋的直锚长度不小于 $0.4l_{aE}$ ，然后依次向外推算，这样算下来，最外层的梁上部纵筋的直锚部分可能和柱纵筋隔开一段距离。

这两种算法，第一种较为安全，第二种省些钢筋。不知道图集设计者同意采用哪一种算法？

■ 答梁问题（1）：应按第一种算法。如果柱截面高度较大，按 54 页注 6 实行。

● 梁问题（2）：关于 03G101 图集第 54 页“梁端部节点”的问题，是否“只要满足拐直角弯 $15d$ 和直锚长度不小于 $0.4l_{aE}$ 的要求，则钢筋锚入支座的总长度不足 l_{aE} 也不要紧。”

■ 答梁问题（2）： l_{aE} 是直锚长度标准。当弯锚时，在弯折点处钢筋的锚固机理发生本质的变化，所以，不应以 l_{aE} 作为衡量弯锚总长度的标准，否则属于概念错误。应当注意保证水平段 $\geq 0.4l_{aE}$ 非常必要，如果不能满足，应将较大直径的钢筋以“等强或等面积”替换为直径较小的钢筋予以满足，而不应采用加长直钩长度使总锚长达 l_{aE} 的错误方法。

● 梁问题（5）：框架梁钢筋锚固在边支座 $0.45L_{aE} + \text{弯钩 } 15D$ ，可否减少弯钩长度增加直锚长度来替代？

■ 答梁问题（5）：不允许这样处理。详细情况请看“陈教授答复（二）”中的“答梁问题（2）”。

梁问题（6）：(1) 《03G101-1 图集》第 19 页 《剪力墙梁表》LL2 的“梁顶相对标高高差”为负数。如：第 3 层的 LL2 的“梁顶相对标高高差”为 -1.200 ，即该梁的梁顶面标高比第 3 层楼面标高还要低 $1.2m$ ，也就是说，整个梁的物理位置都在“第 3 层”的下一层（即第 2 层上）。既然如此，干脆把该梁定义在“第 2 层”算了（此时梁顶标高为正数），何必把它定义在“第 3 层”呢？

(2) 类似的问题还出现在同一表格的 LL3 梁上, 该梁的“梁顶相对标高高差”为 0 (表格中为“空白”), 这意味着该梁顶标高与“第 3 层”的楼面标高一样, 即该梁整个在三层的楼面以下, 应该是属于“第 2 层”的。

(3) 在“洞口标注”上也有“负标高”的问题。同一页的“图 3.2.6a”上, LL3 的 YD1 洞口标高为 -0.700 (3 层), 该洞 $D=200$, 也就是说整个圆洞都在“3 层”的下一层 (2 层) 上, 既然如此, 何必在“第 3 层”上进行标注呢?

以上提出这些“负标高”问题, 主要影响到“分层做工程预算”。因为在分层预算时, 是以本楼层楼面标高到上一层楼面标高之间, 作为工程量计算的范围。因此, 上述的(1)、(2)、(3)都不是“第 3 层”的工程量计算对象。不少预算员都对上述的“负标高”难以理解。所以, 我认为, 上述(1)、(3)的“负标高”可以放到下一楼层以“正标高”进行标注。

上述意见妥否? 或许有些道理没考虑到? 特此请教。

■ 答梁问题 (6): 这个问题看似不大, 实际并非小问题。

建筑设计需要建筑师与结构师的协同工作, 但在“层的”定义上, 建筑与结构恰好差了一层。建筑所指的“某”层, 实际是结构计算模型的“某减一”层。例如: 一座 45 层的楼房, 建筑从第 37 层起收缩平面形成塔楼, 此时, 结构分析时其结构转换层是第 36 层而不是第 37 层 (关于这一点要引起结构师的注意, 搞错的情况并不少见)。

建筑设计的某层平面图, 是从该层窗户位置向俯视的水平剖面图。例如: 建筑学专业有首层建筑平面布置图, 而结构专业通常为基础结构平面布置图 (亦为俯视图), 且结构意义上属于第一层的梁 (与第一层的柱刚接形成第一层框架且承受二层平面荷载的梁) 在基础平面 (俯视) 图上是看不到的, 实际设计时也不在该图上表达。

搞建筑设计, 建筑学专业是“龙头”, 结构师有必要在“层的”定义上与建筑师保持一致, 以使建筑师与结构师对话方便。因此, 某层结构平面布置图应当与该层的建筑平面布置图相一致。在层的定义上与建筑学专业保持一致后, 结构所说的某层梁, 就是指承受该层平面荷载的梁 (站在该层上, 这些梁普遍在“脚下”而非在

“头顶之上”）。

为将结构平面的“参照系”确定下来，03G101-1 对“结构层楼面标高”做出了明确规定（详见第 1.0.8 条），并对“梁顶面标高高差”也做出明确规定（详见第 3.2.5 条三款和第 4.2.3 条六款）。

以上规定已经受了全国十几万项工程实践的检验，结构与施工未发生普遍性问题，但对施工预算员则提出了更高的技术要求。任何一种技术都不是完美的（哲学意义上的美都是带有缺陷的美），这也许正是“平法”的缺陷之一。

● 梁问题（7）：在 03G101 第 29 页中第 4.5.1 条中“当梁的下部纵筋不全部伸入支座时，不伸入支座的梁下部纵筋截断点距支座边的距离，在标准构造详图中统一取为 $0.1l_n$ （ l_n 为本跨梁的净跨值）”。可是在 00G101 中第 23 页，却规定的统一取为 $0.05l_n$ （ l_n 为本跨梁的净跨值），请问陈总这两个取值一哪个为准，是 03G101 修改了以前的数据？还是印刷上的错误？

■ 答梁问题（7）：以 03G101-1 为准。应当注意，结构设计师在采用该措施时，一定要细致地分析。

钢筋的截断点无论定在何位置，都是一个“参照点”。结构设计师要从该参照点往跨内推算出：1、该点距按正截面受弯承载力计算“不需要该钢筋的截面”位置再加上“适宜的锚固长度”的距离；2、该点距抵抗弯矩图上“充分利用该钢筋的截面”位置再加上“适宜的长度”的距离。两个距离推出后取较长者，并以此决定截断几根钢筋。因此，截断点位置距离支座边缘的多少，均不会影响梁的安全度。

00G101 提出该项措施，处于以下考虑：1、当梁的正弯矩配筋较多时，例如配置两排甚至三排正弯矩钢筋，没有必要全部锚入支座；2、我国钢筋混凝土结构节点内的钢筋“安排”存在一些问题，问题之一就是要把不必要的钢筋也锚入节点，十分拥挤，严重影响节点的刚度；3、把不需要锚入节点的钢筋在节点外截断，是世界各国的普遍做法。由以上思路出发，似乎只要将不需要的钢筋从节点外断开就可以达到目的，于是确定了截断点距支座边缘 $1/20$ 净跨值。但经过进一步的分析，在 $0.05l_n$ 位置截断一部分钢筋，距离支座很近，可能会影响伸入支座的钢筋的受剪销栓作用，如果距离大约一个梁的高度，即 $1/10$ 净跨值，对受剪销栓作用

的影响就很小了。应该说，03G101-1 的规定在概念上更趋于合理。

当然，究竟截断几根钢筋，既要符合规范要求，又要满足受力要求。现在的问题是，规范对此并未“直接”做出明确的规定。应该理解的是，规范不会去“包打天下”，也不可能做到“包打天下”，结构方方面面问题的处理，还要依据结构基本理论、概念设计和经验。前面所述“不需要该钢筋的截面”位置再加上“适宜的锚固长度”和“充分利用该钢筋的截面”位置再加上“适宜的长度”就需要结构设计师细致地分析而后决定。

● 梁问题（8）：请教陈总，在 03G101-1 中，楼层框架梁纵筋构造分一二级结构抗震等级和三四级结构抗震等级两种构造，我对照半天，硬是没看出一二级和三四级结构抗震等级构造有什么区别，请陈总指教。若是没区别，何不合并？像屋面框架梁一样。

■ 答梁问题（8）：二者的确没有区别，可能会在下一次修版时合并。

03G101-1 修编初稿和中稿的一、二级抗震等级与三、四级是有区别的，其主要区别是将 35 页右上角的构造规定用于一、二抗震等级（以后再过渡到所有抗震等级甚至非抗震等级）。后经校对、审核、评审与再思考后，感到时机尚未成熟，需要再做一些前期工作来创造彻底改变这种传统做法的条件。现阶段先把该构造放到 35 页的共用构造中，观察一下我国结构施工界对其反应。03G101-1 定稿保留这个样子，考虑到一是不影响使用，二是为修版保留可能需要的空间（通常新规范体系最初需经若干次修定才会稳定下来，规范一改，国家标准设计也要跟着改）。

我国结构施工的传统做法是将两边（等高）梁的下部筋并排锚入柱节点中，这是发达国家已经废弃的做法。混凝土里并排紧挨着的两根钢筋，存在一条线状通直内缝，当受力时，这条内缝就可能发展成破坏裂缝，这对于抗震结构可能是严重隐患。再者，假如两边梁（约 80%的梁）的下部钢筋刚好满足钢筋的净距要求，相向并排锚入柱节点后，就不能满足钢筋的净距要求了。抗震结构要求做到的“三强”：“强柱弱梁、强剪弱弯、强节点强锚固”中的强节点强锚固便得不到保证。由

于节点内先天存在多条线状通直内缝，以及钢筋之间净距不足，将会影响节点区的刚度，削弱节点的塑性变形能力，对于高抗震等级的结构而言有可能是非常严重的问题。

● 梁问题（9）：P62.63 页中，KL.WKL 箍筋加密区大于等于 $2h_b$ 且大于等于 500，在注中，指出 h_b 为梁截面高。而在同页，“梁侧面纵向钢筋构造和拉筋”中， h_w 为梁截面高，当然，这里有文字标注，不会不明白，可在 P66 页，纯悬挑梁中 $l < 4h_b$ 时，这里 h_b 没文字说明，就让人糊涂了。建议陈总，是不是在同一页中同一构件采用同一符号？可能的话，同一图集中，最好同一符号只代表一个构件，一个构件只有一个符号。不知道是不是我理解错了？

■ 答梁问题（9）：（国际）工程界的惯例为：主字母 h 代表英文 **height**（高度），主字母 b 代表英文 **breadth**（宽度）；脚标 b 代表英文 **beam**（梁），脚标 c 代表 **column**（柱）。 h_b 与 b_b 分别代表梁截面高度与宽度， h_c 与 b_c 分别代表柱截面高度与宽度。考虑到我国施工界的具体情况，今后应在标准图中加以解释。

● 梁问题（10）：几个小问题

1、P66 页悬挑梁配筋构造中，纯悬挑梁 XL 下部筋锚入支座 $12d$ ，而在 C 图中锚入的是 $15d$ ，那个正确？

2、P65 页非框架梁 L 配筋构造中，下部筋在中间支座锚固 $12d(Ll)$ 。P66 页 L 中间支座纵向钢筋构造中，1、3、3 节点下部筋在中间支座锚固均为 $15d(La)$ 。那个正确？

4、P65 页非框架梁 L 配筋构造中，注：1、 La 取值见 26 页。应为 33 页。

■ 答梁问题（10）：

1、应统一为 $12d$ 或 $15d$ ，拟经研究后勘误；

2、应统一为 $12d$ 或 $15d$ ，拟经研究后勘误；

3、图名下有注“括号内的数字用于弧形非框架梁”

4、（实为 P66 页注）有误，应勘误。

● 梁问题（11）： 1、梁内纵向受拉钢筋是否非采用直锚。采用此作法后在一个框柱上相互四排钢筋混凝土能难在此节点灌实？ 2、能否用纵向钢筋在 1/4 处，加密区外焊接通过。施工中此作法也常用？？

■ 答梁问题（11）： 问题指上部还是下部钢筋？不太清楚。

受拉钢筋通常在梁上部，如果是中间支座要求同一根钢筋贯通，如果是边支座则非锚不可。如果是中间支座，由于设计者不细心将两边的梁上部钢筋采用不同直径的话，施工方面可以等面积代换为同直径的钢筋。

● 梁问题（12）： 第 54、55、56“贯通筋”改为“通长筋”请问两者有什么区别吗？谢谢！

■ 答梁问题（12）： 我个人的观点是没有什么区别，但规范把说法改了，标准设计也要跟着改，好象改的必要性不大。应注意：“通长筋”指直径不一定相同但必须采用搭接接长且两端应按受拉锚固的钢筋。

● 梁问题（13）： 关于梁纵筋搭接的问题----能否这样认为只要搭接接头在梁的箍筋加密区之外就可以（全加密除外），而不是一定在 $L_n/3$ 处搭接？

■ 答梁问题（13）： 搭接同时意味着有截断点，对钢筋混凝土梁支座（上部）负弯矩筋的截断位置，《混规》GB50010-2002 第 10.2.3 条有明确规定（执行时应注意规范用语的“宜”字）。规范对梁下部纵筋的搭接未做限定，根据混凝土结构基本理论，下部钢筋搭接时，一要避开弯矩最大的跨中 $1/3$ 范围，二要避开梁端箍筋加密区，三要控制搭接钢筋的比例。

● 梁问题（14）： 梁下部纵筋锚入柱内时，端头直钩能否向下锚入柱内？（我们现场就是这么做的）

■ 答梁问题（14）： 英国人也是这样做的，可以大大改善节点区的拥挤状态，只是要改变我国将施工缝留在梁底的习惯。

● 梁问题（15）： 1、 梁的负弯矩筋上的接头问题。

以梁的第一排负弯矩筋为例，它是在柱外侧 $L/3$ 处截断的，许多人认为在整个负弯矩筋的范围内是不允许接头的。但是，有的施工人员在梁的负弯矩筋上进行接头。他倒是躲过了“箍筋加密区”，没在其中接头，而在加密区以外的地方接头。请问在梁的负弯矩筋上允许接头吗？

2、 在实际工作中，诸如此类的接头问题比比皆是，施工方面为了节省钢筋，想方设法把钢筋头焊上去，不过，在梁下部纵筋跨中 $L/3$ 处、或者支座附近处等明令禁止接头的地方，一般是不会安排接头的；但在没有明确规定的地方，就到处接头了，弄得监理人员无所适从。例如：

柱纵筋在柱上部的箍筋加密区接头；

柱纵筋在锚入梁内的部分接头；

梁下部纵筋在中间（柱）支座处的接头；

梁纵筋在锚入边柱支座中的直锚部位的接头；

梁纵筋在锚入边柱支座中的弯锚部位（ $15d$ 处 或 $1.7laE$ 处）的接头；

如此等等。请教一下，上述这些部位果真是允许接头的吗？

■ 答梁问题（15）： 03G101-1 明确规定了非连接区，既对节点区和箍筋加密区的连接加以限制。如果实在避不开这些区域的话，需要结构设计师同意并对此规定做出变更。

● 梁问题（16）：对一些实际应用中的具体问题讨教一下，这就是平法梁端部接点的构造问题，这是计算梁的上部纵筋和下部纵筋长度的一个必不可少的环节。我们在前面已经讨论过了梁端部“ $15d$ ”弯折部分在垂直层面上的分布问题，具体的算法是：

“从端柱外侧向内侧计算，先考虑柱纵筋的保护层，再按一定间距布置（计算）梁的第一排上部纵筋、第二排上部纵筋，再计算梁的下部纵筋，最后，保证最内层的下部纵筋的直锚长度不小于 $0.4laE$ ”

现在的问题是：这个“一定间距”是多少？（即相邻两个层次的“ $15d$ ”的垂直段的间

距是多少)

按照设计院的一般算法，这个间距是 25mm 。 注意，这个间距并非“净距”。因为，他们的计算逻辑是：如果计算“通长钢筋”的长度而两端都考虑这样的“间距”的话，则内层钢筋的总长度比外层钢筋的总长度减少 50mm 。

我们也是按这个方法进行平法梁钢筋计算的，并且曾经对《03G101-1 图集》中的几个框架梁进行了计算。计算结果是，最内层钢筋的“直锚部分”的长度为 470mm ，略大于“ $0.4l_aE$ ”（其计算结果是 440mm ）。（注：这是按 C20 混凝土计算的）

不过，上述的这个 25mm 的间距，不是净距，而是钢筋中心线之间的距离。这就是说，如果是 $\Phi 25$ 的钢筋的话，钢筋之间的净距为 0 ！ 显然，这对于混凝土包裹钢筋的效果带来不利影响。

构造规范中没有明确这种钢筋净距的规定。规范只有：“梁上部纵向钢筋的净距，不应小于 30mm 和 $1.5d$ ”；“下部纵向钢筋的净距，不应小于 25mm 和 d ”。

如果增加这种垂直钢筋的净距的话，例如净距为 25mm ，势必使最内层钢筋的“直锚部分”的长度小于 $0.4l_aE$ 。当然，把纵向钢筋的直径缩小一些，使 $0.4l_aE$ 的数值变小一些，也是一种方法。但是这样做必然会增加纵向钢筋的根数，使钢筋的水平净距不足 30mm 或 25mm 。

实际施工中，人们也总是尽量把梁的纵向钢筋向柱外侧的方向靠，以保证其直锚长度。梁柱结合部的钢筋密度很大，造成混凝土灌注的困难，已经是司空见惯的事实了。

所以，在这里请教一下，设计《G101 图集》时的初衷，上述这种垂直钢筋的净距有没有？取多少？

■ 答梁问题（16）： 严格地讲，无论水平放置还是垂直放置的钢筋，都应当满足“净距要求”，我国施工界的传统做法在这方面问题比较多，也比较严重（有的工程节点区钢筋甚至挤的没有了间隙）。提问所指的“一定间距”就是不小于 25mm。设计《G101》的初衷，首先是对传统烦琐的结构设计表示方法进行改革，其次是初步将结构构造实行大规模标准化，以保证设计和施工质量。在施工构造

标准化的初期，需要尊重以往的施工习惯，然后再对其中不合理的部分进行分阶段修正。例如 03G101-1 中对柱矩形箍筋复合方式的规定等就是进展之一。

● 梁问题（17）：对 54 页建议：

我在某地被要求在柱子左右两边框架梁的下部钢筋在柱节点内切断并搭接(03G101-1 第 54 页有类似节点详图)，这样造成的后果是：至少两层钢筋互相交叉、编网，再加上柱子纵筋，施工困难，无法保证能满足规范其他要求。并且坚决禁止我采用在柱外受力较小处机械连接或焊接的做法，结果我每次出完图后都要用图纸会审的形式通知甲方和施工单位修改设计。

我反问他们原因，答曰：“PxPx 软件就是这样出图的、平法说明就是这样画的”。

因此，建议如下：

在 03G101-1 第 54 页或其他相关页的重要位置用醒目字体作出友情提示：“应尽量避免柱子左右两边框架梁的下部钢筋在柱节点内搭接、接长；当必须在柱内节点处搭接、接长，锚固时采用图示位置搭接、接长、锚固，并应参照 35 页说明。”

■ 答梁问题（17）：梁下部钢筋“能通则通”，尽量减轻节点区的“拥挤”现象应该是合理的。机械连接或焊接后，在理论上两根钢筋变成了一根钢筋，只要避开内力较大的区段并控制连接钢筋的数量（比例），应该没有什么问题。但若在国家建筑标准设计中对此做出统一规定，则需要充分依据，需要时间。

■ 答梁问题（18）：当支座另侧梁底低于该梁梁底时，可以直锚入另侧梁底下部；当两边梁底一平时，按照 35 页右上构造直锚入另侧梁底下部。

● 梁问题（19）：图集上对架立筋的说明好象不太详细,请帮忙解答一下。

■ 答梁问题（19）：架立筋就是起架立作用的钢筋，从字面上理解即可。架立筋主要功能是当梁上部纵筋的根数少于箍筋上部的转角数目时使箍筋的角部有支承。

● 梁问题（20）：梁的下部钢筋能否不锚固在柱子而是锚在另外一根梁内（就是与该钢筋所在梁相垂直的），因为有时梁柱节点内的钢筋很多 12 根 25 的钢筋,使柱节点的有效截面变小且无法振捣。

■ 答梁问题（20）：当支座另侧梁底低于该梁梁底时，可以直锚入另侧梁底下部；

当两边梁底一平时，按照 35 页右上构造直锚入另侧梁底部。其原理是：当为非抗震时，两侧梁底根部均受压，对锚固有利；当为抗震时，往复作用的水平地震力交替使一侧梁底受拉的同时又使另一侧梁底受压，亦不影响锚固。但是将梁的下部钢筋拐弯锚入与其垂直的梁中的做法，还未见有关先例。

● 梁问题（21）：在框架结构中，两个方向的梁通过同一支座，即类似于井字梁的情况，03G101 上的标准图集中同一方向的纵向下部钢筋需有一根钢筋起弯，再进行连接。我想问的是，如果没有另一方向的梁，那么这两跟同向钢筋中可不可以不需起弯，而直接采用绑扎连接？这个问题我们与监理意见不同，因 03G101 大家都没真正吃透，特向陈教授和各位前辈请教！

■ 答梁问题（21）：该构造主要保证钢筋之间的净距满足规范要求，同时确保节点的浇筑质量和钢筋的锚固效果，但与另一方向有没有梁无必然关系。

● 梁问题（22）：前面提了一个具体的实际问题，即我们对《03G101-1 图集》中的 KL1 和 KL2 框架梁以“钢筋净距为 0”（即钢筋的中心线距离为 25mm）的方式进行了计算。计算结果是，最内层钢筋的“直锚部分”的长度为 470mm，略大于“ $0.4l_{aE}$ ”（其计算结果是 440mm）。如果我们让钢筋有一定的净距（例如 25mm），则最内层钢筋的“直锚部分”的长度将要比“ $0.4l_{aE}$ ”小得多。例中框架梁 KL1 和 KL2 的宽度为 600mm，梁截面为 300×700，纵筋为 $\Phi 25$ 。遇到这样的实际问题时，如何保证钢筋的“一定的净距”呢？

■ 答梁问题（22）：这个问题提的很好，考虑很细致。通常柱纵筋不一定正好在梁钢筋的延长线上，所以，保证了柱纵筋与梁纵筋的弯钩直段有 25mm 距离可能会少用一点“距离储备”。但考虑问题不能基于偶然性上，否则将会犯逻辑错误。如果遇到保证每根钢筋之间净距与保证直锚长度不能同时满足的实际情况，解决方案有两个：1、梁钢筋弯钩直段与柱纵筋不小于 45 度斜交，成“零距离点接触”；2、将最内层梁纵筋按等面积置换为较小直径的钢筋。

● 墙问题（1）：在 03G101-1 图集中剪力墙竖筋在顶端要求锚入板中有个锚固长度，当剪力墙顶有暗梁 AL 时，是否只需锚入 AL 够锚固长度即可？

■答墙问题（1）：剪力墙竖向钢筋弯折伸入板内的构造不是“锚入板中”（因板不是墙的支座），而是完成墙与板的相互连接。暗梁并不是梁（梁定义为受弯构件），它是剪力墙的水平线性“加强带”。暗梁仍然是墙的一部分，它不可能独立于墙身而存在，所以，当墙顶有 AL 时，墙竖向钢筋仍然应弯折伸入板中。

●墙问题（2）：剪力墙钢筋、AL 钢筋之间相互关系是怎样，图集中为什么不画出？端头直钩是从面筋上过，还是从下面过？直钩所在板中的位置是否有要求？在图集中剪力墙竖筋要求穿越 AL，是否理解为剪力墙竖筋从 AL 钢筋中穿过，若这样剪力墙竖筋保护层又增加了一个 AL 钢筋直径？

■答墙问题（2）：比较合适的钢筋绑扎位置是：（由外及内）第一层为墙水平钢筋（水平钢筋放在外侧施工方便），第二层为墙竖向钢筋及 AL 箍筋，第三层为 AL 纵向（水平）钢筋。端头直钩与 AL 箍筋为同一层面，所以从面筋上过。墙筋直钩在板中的位置要看板面标高与墙顶标高的关系（特殊情况下二者可能有较小的高差），当二者一平时，墙筋直钩位置在板的上部。

●墙问题（3）：剪力墙端部有暗柱时，剪力墙水平钢筋应该伸入柱钢筋内侧还是外侧，现实中大多数工地都是伸入暗柱主筋外侧，我觉得这样不妥，但图集上没有详细规定，正确的做法应该是怎么样的？

■答墙问题（3）：通常剪力墙水平钢筋放在外侧，如果伸入端柱竖向钢筋内侧时，需要向内弯折，这样做会形成钢筋笼“颈缩”，因此，水平钢筋走暗柱主筋外侧即可。剪力墙尽端不存在水平钢筋的支座，只存在“收边”问题。请参看 03G101 勘误：6、第 47 页端部暗柱墙构造中剪力墙水平筋弯钩位置稍往后退，在暗柱端部纵筋后“扎进”暗柱。

●墙问题（4）：请问陈总在 03G101 第 47 页中“剪力墙水平钢筋构造”，为什么取消了原 00G101 第 33 页中“剪力墙身水平钢筋构造”的“转角墙，外侧水平钢筋设搭接接头”的构造做法？因为在转角墙外侧设搭接接头比较便于施工，外侧水平筋连续通过转弯在施工中比较困难。

■ 答墙问题（4）：按照我国施工实践中的传统做法，局部无间隙（纵筋搭接或箍筋局部重叠）的并列钢筋最多为两根（如果严格要求，为保证混凝土对钢筋的360度握裹，不应该允许有无间隙的并列钢筋，请参看35页右上角构造）。由于转角部位存在比较密的箍筋，如果转角墙外侧水平钢筋在阳角位置设搭接接头，则难以保证局部并列钢筋最多为两根，钢筋混凝土中将形成多条贯通内缝，当地震发生时，可能会在此关键部位发生破坏。

● 墙问题（5）：关于补强钢筋“缺省”标注的问题。

《03G101-1图集》第17页，剪力墙矩形洞口补强钢筋的第（2）条是否和第（1）条相联系的，即：如果设置补强纵筋大于构造配筋，则需注写洞口每边补强钢筋的数值；如果设置补强纵筋不大于构造配筋，则按第（1）条“洞口每边加钢筋 $\geq 2\Phi 12$ 且不小于同向被切断钢筋总面积的50%”执行。

这样的“缺省”标注规则对圆形洞口是否适用？首先是圆形洞口允许不允许“缺省标注”？如果允许的话，其缺省值是否可用 $2\Phi 12$ ？（例如，在第（4）、（5）、（6）条中）

■ 答墙问题（5）：两条规定互相联系，在逻辑上是在同一大前提下（洞宽、洞高均不大于800）的两个不同的小前提。由于圆形洞口有可能只切断一个方向上的钢筋，例如梁中部圆洞只切断箍筋，却需要在洞口上下补强纵筋，所以，矩形洞口缺省标注的做法不适用于圆形洞口。

● 墙问题（6）：关于圆形洞口补强钢筋设置方式的问题。

《03G101-1图集》第17页的第（5）条规定：洞口上下左右每边都设置补强钢筋；但第（4）条只在上下设置、而不在左右设置？

■ 答墙问题（6）：03G101-1的洞口规则与构造仅适用于剪力墙上（含墙身、墙梁与墙柱）开洞，如果在框架梁或非框架梁上开洞，其构造方式就有所不同了。梁与墙梁的主要受力机理不同，梁的主要功能是承受竖向荷载，连梁的主要功能是协助剪力墙承受横向地震荷载；梁的箍筋主要为保证梁的（受剪）强度而设，连梁的箍筋主要为保证连梁的刚度而设。所以，当设置在连梁中部且直径不大于

1/3 梁高的圆洞切断了连梁的箍筋时，并不会使连梁的受剪强度减弱到不安全的程度，但却会影响连梁的刚度。所以，第（4）条规定仅需在洞口上下设置“补强钢筋”（严格的说法应是“补刚钢筋”）。

● 墙问题（7）：《03G101-1 图集》第 17 页的第（6）条说明了“直径不大于 800 时”的开洞做法，对于“直径大于 800”的圆形洞口怎样处理？

■ 答墙问题（7）：在剪力墙上开直径 800 的圆洞情况比较少见，国家建筑标准设计一般主要解决普遍性问题（偶尔涉及特殊性问题）。如果圆洞直径大于 800，建议按 17 页第（3）条 洞宽大于 800 的矩形洞处理，并在圆洞四角 45 度切线位置加斜筋，抹圆即可。

● 墙问题（8）：当（洞宽大于 800 的矩形）洞口上下使用了补强暗梁以后，洞口左右就不须设置补强钢筋了？其中有什么道理？

■ 答墙问题（8）：不设置补强钢筋是因为补强钢筋已经不能解决问题了，所以要在洞口两侧按（约束或构造）边缘构件配筋，见 17 页第（3）条规定。

● 墙问题（9）：关于“补强暗梁高度”计算问题

《03G101-1 图集》第 17 页第（3）条：“补强暗梁梁高一律定为 400，施工时按标准构造详图取值，设计不注。”这里的“梁高 400”是指混凝土的高度还是箍筋的高度？从第 53 页右上角图中看来，应该是“箍筋高度”。

■ 答墙问题（9）：图上已经指示为箍筋高度。

● 墙问题（10）：在 03G101 第 48 页中“剪力墙竖向钢筋顶部构造”大样图中的“墙柱是否包括端柱还是指暗柱？”

■ 答墙问题（10）：墙柱有 10 种，详见第 12 页第 3.2.1 条和第 3.2.2 条关于墙柱的定义。

● 墙问题（11）：在 03G101 第 48 页中“注：1、端柱、小墙肢的竖向钢筋……。”

根据该条的规定，端柱、小墙肢在顶部的锚固构造做法是否也得考虑其是边柱、角柱或是中柱？若是边柱、角柱那么其构造就是按照 37 页或 43 页，若是中柱那么其构造就按照 38 页或 44 页。

■ 答墙问题（11）：应该这样理解。顺便指出，关于剪力墙还有许多需要进一步研究的问题，在未得出进一步的研究结果之前，现时可以套用框架柱的某些做法。

● 墙问题（12）：在 03G101 第 21 页中，C-D/1-2 间，YD1 D=200 下面的“2Φ16 Φ10@100（2）”是代表什么意思？

■ 答墙问题（12）：请见第 17 页第 4 条第（4）小条的规定。

墙问题（13）：问：03G101-1 第 47 页剪力墙水平钢筋构造在有端柱时，直锚长度小于 L_{aE} 时，要求端部弯折 $15d$ ，当剪力墙钢筋较大时，例：25，弯折长达 375mm，施工很不方便，此处可否采用机械锚固，锚固长度可折减为 $0.7L_{aE}$ ，直锚即可满足要求。

■ 答墙问题（13）：可以采用机械锚固，但有两个条件：1、不适用于墙面与端柱的一个侧面一平的该侧墙面的水平筋；2、水平筋要伸至端柱对边后再做机械锚固头（如果伸至对边 $\geq l_{aE}$ 或 $\geq l_a$ ，则可不设弯钩与机械锚固头）。

● 墙问题（14）：问：水平筋在丁字、拐角的做法，哪种符合要求？（见图 1、2）

■ 答墙问题（14）：两种做法，左边的符合要求。左边的做法能够保证混凝土对钢筋比较好的“握裹”，这对于保证钢筋混凝土构件中钢筋与混凝土共同工作是非常重要的。

● 墙问题（15）：剪力墙暗梁主筋遇暗柱时的锚固计算起点？

■ 答墙问题（15）：暗梁与暗柱或端柱相连接，暗梁主筋锚固起点应当从暗柱或端柱的边缘算起。

● 墙问题（16）：剪力墙水平筋在暗柱中锚固长度满足要求时能否采用直锚，不做 15d 弯钩？

■ 答墙问题（16）：按 03G101-1 规定，在端柱中可以，但在暗柱中不可以。

本问题的实质是“剪力墙水平筋是否允许与暗柱箍筋搭接”的问题。暗柱并不是剪力墙墙身的支座，其本身是剪力墙的一部分，如果允许剪力墙水平筋与暗柱箍筋搭接，需要有两个条件：1、暗柱箍筋配置是否考虑了抵抗横向地震作用产生的剪力？2、将暗柱箍筋配置量除去自身主要功能所需部分外，其余量是否“不小于”剪力墙水平受剪钢筋配置量？

关于条件 1：剪力墙水平钢筋的功能是当横向地震作用产生时保证剪力墙有足够的受剪强度，且其配置量系按总墙肢长度考虑，并未扣除暗柱长度；剪力墙暗柱箍筋的功能主要是保证剪力墙在周期性反复荷载作用下的塑性变形能力，使剪力墙在地震作用下具有较好的延性和耗能能力；在《混凝土设计规范》关于暗柱箍筋的配置规定与计算公式中，并未包括或未明确包括其受剪要求，因此，如果设计工程师为专门考虑的话，条件 1 不成立。关于条件 2：由于条件 1 的模糊性，因此，无法对条件 2 做定量描述。

由上所述，当两个条件都不确定时，不可轻易地在国家建筑标准设计中普遍允许剪力墙水平钢筋与暗柱箍筋按搭接考虑，但具体工程的设计者可以“具体问题具体分析”，可以根据具体情况对 03G101-1 中的规定进行变更，国家一级注册结构师应当有这个权力。

不可忽视的问题是现行规范要求剪力墙端部设置的约束边缘构件可长达 1/4 墙肢长度，两头加起来达到墙肢长度的一半，剪力墙水平钢筋与暗柱箍筋的相关问题，应提到议事日程上来加以解决，最迟到下一次修版时将有所改变。

● 墙问题（17）：图集中要求拉筋必须同时拉住（暗柱）主筋和箍筋，如果因此在施工中造成拉筋露筋现象时能否改为只拉住主筋？

■ 答墙问题（17）：首先明确“拉筋”与“单肢箍”的概念。拉筋要求拉住两个方向上的钢筋，而单肢箍仅要求拉住纵向钢筋。标准设计也要遵守国家规范要求，规范明确规定在剪力墙暗柱中设置拉筋。

混凝土保护层保护一个“面”或一条“线”，但难以做到保护每一个“点”，因此，局部钢筋“点”的保护层厚度不够应属正常现象。

● 墙问题（18）：03G101-1 有端柱时剪力墙水平钢筋直锚长度不够时，做法为直锚 $0.4L_{aE}$ ，弯锚 $15d$ ，此时弯折长度较长，此处可否采用 03G329-1 做法，即在保证直锚大于 $0.4L_{aE}$ 的条件下，弯折长度为 L_{aE} -直锚长度。

■ 答墙问题（18）：这样做理论上应该可以，但尚未见相应的试验数据。

如果设计者选用了 03G329-1，可以这样做。03G101-1 是否进行调整，拟提交专家委员会讨论。

● 墙问题（19）：剪力墙水平筋用不用伸至柱边？（在水平方向柱子长度远大于 l_{aE} 时）

■ 答墙问题（19）：要伸至柱对边，其构造 03G101-1 已表达清楚，其原理就是剪力强暗柱与墙身，剪力墙端柱与墙身本身是一个共同工作的整体，不是几个构件的连接组合，不能套用梁与柱两种不同构件的连接概念。另外请参考“答墙问题（16）”。

● 墙问题（20）：主筋与门洞两侧暗梁主筋的关系如何？

■ 答墙问题（20）：连梁 LL 主筋与门洞两侧暗梁主筋直径相同且在同一高度时，能通则通，否则各做各。

● 墙问题（21）：门洞高度范围的独立暗柱要否设置水平筋？

■ 答墙问题（21）：不设置，因为独立暗柱全高范围已设箍筋。

● 墙问题（22）：在 P48 页左上角“剪力墙竖向钢筋顶部构造”中，标注了“墙柱或墙身”，是不是说墙柱顶部纵向钢筋构造也是锚入屋面板或楼板 $L_{aE}(L_a)$ ？若是如此，那么在同页注中第一条：“端柱.小墙肢的竖向钢筋构造与框架柱相同”该如何解释？抗震情况下，端柱.小墙肢顶部纵向钢筋是该按 P37.38 页处理还是依据本

页顶部构造？

■ 答墙问题（22）：墙柱有多种（见 03G101-1 第 12 页），48 页“注”将端柱和小墙肢拿出来另说系描述其特殊性。端柱通常与框梁相连，但小墙肢未必，将两者放到一起规定有进一步研究的必要。在抗震情况下，端柱或小墙肢顶部与框架梁相连时，应按 37、38 处理；顶部无框架梁时，应按 48 页处理（构造顶部已注明了“屋面板或楼板”）。

● 墙问题（23）：剪力墙开洞问题：剪力墙水平筋和竖向筋在洞口处的截断，钢筋是直接切断还需要打拐扣过加强筋呢，如需要打拐，长度是多少呢？这个问题在我们工地争论很长时间，施工、监理、甲方均有不同意见，请专家指教，谢谢！

■ 答墙问题（23）：钢筋打拐扣过加强筋，直钩长度 $\geq 15d$ 且与对边直钩交错不小于 $5d$ 绑在一起；当因墙的厚度较小或墙水平钢筋直径较大，使水平设置的 $15d$ 直钩长出墙面时，可斜放或伸至保护层位置为止。

● 墙问题（24）：

1、如果端柱截面远远大于剪力墙水平钢筋的锚固时，那么此时我的剪力墙内侧水平钢筋还需要伸至柱对边吗？比如柱的截面是 1200，而水平钢筋的锚固仅为 450 时？

2、如果独立暗柱的截面很大时，比如独立暗柱沿墙方向的长度超过 1000 时，是否在门洞高度范围内也不需要布置水平钢筋吗？

■ 答墙问题（24）：

1、这个问题涉及面大，解决方案不仅需要经多方研究后确定。我个人的意见是当端柱很大时，没有必要伸到柱对边。不过，如果端柱过大的话，设计可能存在问题，因为高层或超高层抗震框架结构或框剪结构的柱为了满足轴压比要求，下部若干层柱截面往往很大，不得不做成短柱（大于 1:4）甚至超短柱（大于 1:2），但剪力墙的端柱，通常没有必要做的很大。该问题的解决重点在框架柱而不是剪力墙端柱上。

2、独立暗柱（一般不称做“独立”暗柱，《规范》用语为“独立墙肢”），如果沿墙长

度比较长，但全墙肢均设置箍筋的话，则不需要再重复加剪力墙水平筋（当然，箍筋的设置必须要满足该墙肢的受剪要求）。如果该墙肢两端设置了端部暗柱，墙身当然要设水平筋。

● 墙问题（25）：

- 1、如果连梁两侧没有暗柱时，暗梁主筋的锚固是否应该从洞口边算起？
- 2、如果连梁顶标高与暗梁顶标高相同，可否将连梁的上部主筋与暗梁的上部主筋相互搭接？暗梁的下部主筋伸至暗柱边开始算锚固；这样暗梁的上部主筋就不用伸至暗柱边开始算锚固了，

■ 答墙问题（25）：

- 1、有无暗柱都应从洞口边缘算起。
- 2、连梁与暗梁的功能不同，要分别保证其构造。连梁和暗梁钢筋的锚固都应从洞口边缘起算，只是方向相反。只有在连梁与暗梁上部纵筋配置相同且梁顶标高相同的特殊情况下，上部钢筋才可连通布置。

● 墙问题（26）：

- 1、《00G101 图集》只有一种“暗柱”，而现在《03G101 图集》变成许多种暗柱，请问这在理论上和工程实践上有什么意义？
- 2、请问“约束 XX 柱”和“构造 XX 柱”有什么不同？什么时候用到“约束 XX 柱”？什么时候用到“构造 XX 柱”？
- 3、请问“ λ_v 区”和“ $\lambda_v/2$ 区”各代表什么意义？其配筋特点有何不同？
- 4、“配筋特征值 λ_v ”的数值“0.2”有什么用？还可能取什么数值？
- 5、“约束 XX 柱”有“ λ_v 区”和“ $\lambda_v/2$ 区”，而“构造 XX 柱”只有“Ac”区，是否这就是它们的区别？“Ac”区的意义是什么？与“ λ_v 区”有何不同？
- 6、《00G101 图集》的暗柱就是现在的“构造 XX 柱”，对吗？
- 7、G101 图集历来使用的是“抗震等级”而不是“设防烈度”，而《03G101 图集》第 18 页表中用到“一级（9 度）”和“一级（7、8 度）”？请问“抗震等级”和“设防烈度”有什么联系？（比如说，一级抗震等级对应哪些设防烈度？二三四级抗震等级又分别对应哪些设防烈度？）

■ 答墙问题 (26):

1、新规范 GB50010—2002 与 89 规范在剪力墙规定上的主要区别，一是在整体上提出“约束边缘构件”和“构造边缘构件”的概念，二是在部分上明确了“暗柱、端柱、翼墙、转角墙”(见 GB50010—2002 第 195 页第 11.7.15 条和第 196 页第 11.7.16 条)。03G101-1 的规定，主要与新规范规定相对应，同时引导设计师正确理解和应用新概念以及为施工提供标准构造。

2~5、由于大学教科书也在修编，以及全国结构界仍在消化规范提出的新概念(可能还有不同观点)，如果提问者对此尚未初步接触，答复及理解这几个问题均比较困难，故请提问者参见《混凝土结构设计规范》GB50010—2002、《建筑抗震设计规范》GB50011—2001、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3—2002 中的有关章节和后面的条文说明。

6、不完全是。

7、在同样的设防烈度下，由于结构的高度、结构体系不同，其抗震等级亦不同。就是同一座采用框剪结构体系的建筑，其框架柱与剪力墙的抗震等级也可能不同。规范对混凝土结构地震作用分析以及构造规定，都是按抗震等级划分的。国家标准设计必须与国家规范保持一致。

钢筋全套知识

本工程采用 I 级钢筋(ϕ), II 级钢筋(ϕ), II 级钢筋(ϕ), III 级钢筋(ϕ), 钢筋最大直径为 32。

(一) 施工工艺

1、钢筋制作

钢筋加工制作时,要将钢筋加工表与设计图复核,检查下料表是否有错误和遗漏,对每种钢筋要按下料表检查是否达到要求,经过这两道检查后,再按下料表放出实样,试制合格后方可成批制作,加工好的钢筋要挂牌堆放整齐有序。

施工中如需要钢筋代换时,必须充分了解设计意图和代换材料性能,严格遵守现行钢筋砼设计规范的各种规定,并不得以等面积的高强度钢筋代换低强度的钢筋。凡重要部位的钢筋代换,须征得甲方、设计单位同意,并有书面通知时方可代换。

(1) 钢筋表面应洁净,粘着的油污、泥土、浮锈使用前必须清理干净,可结合冷拉工艺除锈。

(2) 钢筋调直,可用机械或人工调直。经调直后的钢筋不得有局部弯曲、死弯、小波浪形,其表面伤痕不应使钢筋截面减小 5%。

(3) 钢筋切断应根据钢筋号、直径、长度和数量,长短搭配,先断长料后断短料,尽量减少和缩短钢筋短头,以节约钢材。

(4) 钢筋弯钩或弯曲:

①钢筋弯钩。形式有三种,分别为半圆弯钩、直弯钩及斜弯钩。钢筋弯曲后,弯曲处内皮收缩、外皮延伸、轴线长度不变,弯曲处形成圆弧,弯起后尺寸不大于下料尺寸,应考虑弯曲调整值。

钢筋弯心直径为 $2.5d$,平直部分为 $3d$ 。钢筋弯钩增加长度的理论计算值:对转半圆弯钩为 $6.25d$,对直弯钩为 $3.5d$,对斜弯钩为 $4.9d$ 。

②弯起钢筋。中间部位弯折处的弯曲直径 D ,不小于钢筋直径的 5 倍。

③箍筋。箍筋的末端应作弯钩,弯钩形式应符合设计要求。箍筋调整,即为弯钩

增加长度和弯曲调整值两项之差或和，根据箍筋量外包尺寸或内包尺寸而定。

④钢筋下料长度应根据构件尺寸、混凝土保护层厚度，钢筋弯曲调整值和弯钩增加长度等规定综合考虑。

a. 直钢筋下料长度=构件长度—保护层厚度+弯钩增加长度

b. 弯起钢筋下料长度=直段长度+斜弯长度—弯曲调整值+弯钩增加长度

c. 箍筋下料长度=箍筋内周长+箍筋调整值+弯钩增加长度

2、钢筋绑扎与安装：

钢筋绑扎前先认真熟悉图纸，检查配料表与图纸、设计是否有出入，仔细检查成品尺寸、心头是否与下料表相符。核对无误后方可进行绑扎。

采用 20#铁丝绑扎直径 12 以上钢筋，22#铁丝绑扎直径 10 以下钢筋。

(1) 墙

①墙的钢筋网绑扎同基础。钢筋有 90°弯钩时，弯钩应朝向混凝土内。

②采用双层钢筋网时，在两层钢筋之间，应设置撑铁（钩）以固定钢筋的间距。

③墙筋绑扎时应吊线控制垂直度，并严格控制主筋间距。剪力墙上下两边三道水平处应满扎，其余可梅花点绑扎。

④为了保证钢筋位置的正确，竖向受力筋外绑一道水平筋或箍筋，并将其与竖筋点焊，以固定墙、柱筋的位置，在点焊固定时要用线锤校正。

⑤外墙浇筑后严禁开洞，所有洞口预埋件及埋管均应预留，洞边加筋详见施工图。墙、柱内预留钢筋做防雷接地引线，应焊成通路。其位置、数量及做法详见安装施工图，焊接工作应选派合格的焊工进行，不得损伤结构钢筋，水电安装的预埋，土建必须配合，不能错埋和漏埋。

(2) 梁与板

①纵向受力钢筋出现双层或多层排列时，两排钢筋之间应垫以直径 15mm 的短钢筋，如纵向钢筋直径大于 25mm 时，短钢筋直径规格与纵向钢筋相同规格。

②箍筋的接头应交错设置，并与两根架立筋绑扎，悬臂挑梁则箍筋接头在下，其余做法与柱相同。梁主筋外角处与箍筋应满扎，其余可梅花点绑扎。

③板的钢筋网绑扎与基础相同，双向板钢筋交叉点应满绑。应注意板上部的负钢

筋（面加筋）要防止被踩下；特别是雨蓬、挑檐、阳台等悬臂板，要严格控制负筋位置及高度。

④板、次梁与主梁交叉处，板的钢筋在上，次梁的钢筋在中层，主梁的钢筋在下，当有圈梁或垫梁时，主梁钢筋在上。

⑤楼板钢筋的弯起点，如加工厂（场）在加工没有起弯时，设计图纸又无特殊注明的，可按以下规定弯起钢筋，板的边跨支座按跨度 $1/10L$ 为弯起点。板的中跨及连续多跨可按支座中线 $1/6L$ 为弯起点。（ L —板的中—中跨度）。

⑥框架梁节点处钢筋穿插十分稠密时，应注意梁顶面主筋间的净间距要有留有 30mm ，以利灌筑混凝土之需要。

⑦钢筋的绑扎接头应符合下列规定：

1) 搭接长度的末端距钢筋弯折处，不得小于钢筋直径的 10 倍，接头不宜位于构件最大弯矩处。

2) 受拉区域内，Ⅰ级钢筋绑扎接头的末端应做弯钩，Ⅱ级钢筋可不作弯钩。

3) 钢筋搭接处，应在中心和两端用铁丝扎牢。

4) 受拉钢筋绑扎接头的搭接长度，应符合结构设计要求。

5) 受力钢筋的混凝土保护层厚度，应符合结构设计要求。

6) 板筋绑扎前须先按设计图要求间距弹线，按线绑扎，控制质量。

7) 为了保证钢筋位置的正确，根据设计要求，板筋采用钢筋马凳纵横@600 予以支撑。

3、钢筋接长：

根据设计要求，本工程直径 ≥ 18 的钢筋优先采用机械接长，套筒挤压连接技术，其余钢筋接长，水平筋采用对焊与电弧焊，竖向筋优先采用电渣压力焊。大于 $\Phi 25$ 竖向钢筋采用套筒挤压连接。

（1）对焊操作要求：

Ⅱ、Ⅲ级钢筋的可焊性较好，焊接参数的适应性较宽，只要保证焊缝质量，拉弯时断裂在热影响区就较小。因而，其操作关键是掌握合适的顶锻。

采用预热闪光焊时，其操作要点为：一次闪光，闪平为准；预热充分，频率要高；

二次闪光，短、稳、强烈；顶锻过程，快速有力。

（2）电弧焊：

钢筋电弧焊分帮条焊、搭接焊、坡口焊和熔槽四种接头形式。

① 帮条焊：帮条焊适用于 I、II 级钢筋的接驳，帮条宜采用与主筋同级别，同直径的钢筋制作。

② 搭接焊：搭接焊只适用于 I、II、III 级钢筋的焊接，其制作要点除注意对钢筋搭接部位的预弯和安装，应确保两钢筋轴线相重合之处，其余则与帮条焊工艺基本相同。一般单面搭接焊为 $10d$ ，双面焊为 $5d$ 。

③ 钢筋坡口焊对接分坡口平焊和坡口立焊对接。

（3）竖向钢筋电渣压力焊：

电渣压力焊是利用电流通过渣池产生的电阻热将钢筋端溶化，然后施加压力使钢筋焊合。

电渣压力焊施焊接工艺程序：

安装焊接钢筋→安装引弧铁丝球→缠绕石棉绳装上焊剂盒→装放焊剂接通电源，“造渣”工作电压 $40\sim 50V$ ，“电渣”工作电压 $20\sim 25V$ →造渣过程形成渣池→电渣过程钢筋端面溶化→切断电源顶压钢筋完成焊接→卸出焊剂拆卸焊盒→拆除夹具。

① 焊接钢筋时，用焊接夹具分别钳固上下的待焊接的钢筋，上下钢筋安装时，中心线要一致。

② 安放引弧铁丝球：抬起上钢筋，将预先准备好的铁丝球安放在上、下钢筋焊接端面的中间位置，放下上钢筋，轻压铁丝球，使接触良好。放下钢筋时，要防止铁丝球被压扁变形。

③ 装上焊剂盒：先在安装焊剂盒底部的位置缠上石棉绳，然后再装上焊剂盒，并往焊剂盒满装焊剂。

安装焊剂盒时，焊接口宜位于焊剂盒的中部，石棉绳缠绕应严密，防止焊剂泄漏。

④ 接通电源，引弧造渣：按下开头，接通电源，在接通电源的同时将上钢筋微微向上提，引燃电弧，同时进行“造渣延时读数”计算造渣通电时间。

“造渣过程”工作电压控制在 $40\sim 50V$ 之间，造渣通电时间约占整个焊接过程所需

通电时间的 3/4。

⑤“电渣过程”：随着造渣过程结束，即时转入“电渣过程”的同时进行“电渣延时读数”，计算电渣通电时间，并降低上钢筋，把上钢筋的端部插入渣池中，徐徐下送上钢筋，直至“电渣过程”结束。

“电渣过程”工作电压控制在 20~25V 之间，电渣通电时间约占整个焊接过程所需通电时间的 1/4。

⑥顶压钢筋，完成焊接：“电渣过程”延时完成，电渣过程结束，即切断电源，同时迅速顶压钢筋，形成焊接接头。

⑦卸出焊剂，拆除焊剂盒、石棉绳及夹具。

卸出焊剂时，应将料斗卡在剂盒下方，回收的焊剂应除去溶渣及杂物，受潮的焊剂应烘、焙干燥后，可重复使用。

⑧钢筋焊接完成后，应及时进行焊接接头外观检查，外观检查不合格的接头，应切除重焊。

（二）质量标准

1、保证项目：

（1）钢筋的材质、规格及焊条类型应符合钢筋工程的设计施工规范，有材质及产品合格证书和物理性能检验，对于进口钢材需增加化学性能检定，检验合格后方可使用。

（2）钢筋的规格、形状、尺寸、数量、间距、锚固长度、接头位置、保护层厚度必须符合设计要求和施工规范的规定。

（3）焊工必须持相应等级焊工证才允许上岗操作。

（4）在焊接前应预先用相同的材料、焊接条件及参数，制作二个抗拉试件，其试验结果大于该类别钢筋的抗拉强度时，才允许正式施焊，此时不可再从成品抽样取试件。

2、基本项目

（1）钢筋、骨架绑扎，缺扣、松扣不超过应绑扎数据的 10%，且不应集中。

（2）钢筋弯钩的朝向正确，绑扎接头符合施工规范的规定，搭接长度不小于规

定值。

(3) 所有焊接接头必须进行外观检验，其要求是：焊缝表面平顺，没有较明显的咬边、凹陷、焊瘤、夹渣及气孔，严禁有裂纹出现。

3、机械性能试验、检查方法：

按同类型（钢种直径相同）分批，每 100 个为一批，每批取 6 个试件，3 个作抗拉试件，3 个作冷弯试验。

三个试件抗拉强度值不得低于该级别钢筋的抗拉强度。

冷弯试验（包括正弯和反弯试验）弯曲时接头位置应处于弯曲中心处，冷弯按规定角度进行，接头处或热影响区外侧横向裂缝宽度不应大于 0.15mm 计算合格。

4、机械连接：

此项工程对 $\Phi 18$ 以上（包括 $\Phi 18$ ）梁、柱钢筋及底层柱筋要求采用机械连接方式进行钢筋接长。为保证工程质量，我公司决定采用套筒钢筋挤压连接进行 $\Phi 18$ 以上钢筋的连接。此新技术是通过钢筋端头特制的套筒挤压形成的接头。

(1) 遵从国家建设部颁发的《带肋钢筋套筒挤压连接技术规程》进行施工。

(2) 施工操作：

A、操作人员必须持证上岗。

B、挤压操作时采用的挤压力，压模亮度，压痕直径或挤压后套筒长度向波动范围以及挤压道数均应符合经型式检验确定的技术参数要求。

C、挤压前应做下列准备工作：

a. 钢筋端头的铁皮、泥砂、油漆等杂物应清理干净。

b. 应对套筒作外观尺寸检查。

c. 应对钢筋与套筒进行试套，如钢筋有马蹄、弯折或纵肋尺寸过大者，应预先矫正或用砂轮打磨，对不同直径钢筋的套筒不得相互串用。

d. 钢筋连接端应划出明显定位标记，确保在挤压和挤压后按定位标记检查钢筋伸入套筒内的长度。

e. 检查挤压设备情况，并进行试压，符合要求后方可作业。

D、挤压操作应符合下列要求：

- a. 应按标记检查钢筋插入套筒内的深度，钢筋端头离套筒长度中点不宜超过10mm。
 - b. 挤压时挤压机与钢筋轴线应保持垂直。
 - c. 挤压宜从套筒中央开始，并依次向两端挤压。
 - d. 宜先挤压一端套筒，在施工作业区插入待接钢筋后再挤压另一端套筒。
- E、钢筋连接工程开始前及施工过程中，应对每批进场钢筋进行挤压连接工艺检验，工艺检验应符合下列要求：
- a. 每种规格钢筋的接头试件不应少于三根。
 - b. 接头试件的钢筋母材应进行拉伸强度试验。
 - c. 挤压接头的现场检验按验收批进行，同一施工条件下采用一批材料的同等级、同型式、同规格接头，以 500 个为一个验收批进行检验与验收，不足 500 个也作一批验收批。

为确保工程质量，防患于未然，消除钢筋工程的质量隐患。特编制对钢筋工程在材料、加工、焊接、绑扎方面的控制措施。

1 材料要求：

- 1.1 材质要求：钢筋进厂时应具有出厂质量证明书及检测报告，特别要注意鉴别质保书和批号的真伪。
- 1.2 外观检查：材料进场时，按品种、规格、炉号分批检查，对钢材还要进行外观检查验收，包括锈蚀情况，有无缩颈断裂、起皮、油污、损伤等。外观检查或检测不合格的钢材不得下料施工。
- 1.3 试验检测：按现行国家现行《钢筋混凝土热轧带肋钢筋》GB1499 的规定及时取样送试验室检验，抽取试样作力学性能试验，如为进口钢材，还需作化学分析。钢筋加工过程中如发生脆断，连接性能不正常或机械性能显著不正常，应进行化学成分检验及其它专项检验。待检验合格后，方可使用。

对有抗震设防要求的框架钢筋检验所得强度实测值应符合下列要求：

- a、抗拉强度实测值：屈服强度实测值 ≥ 1.25
- b、屈服强度实测值：强度标准值 ≥ 1.30

2 钢筋加工:

2.1 钢筋配料: 由专业班组根据钢筋加工配料单, 使用机械统一加工, 分品种、型号、规格分别挂牌堆放。加工成型的钢筋应分类堆放, 经过半成品检查合格后, 统一领料, 分部位、构件, 吊运至现场由人工绑扎成型入模。

2.2 钢筋调直: 小于 $\Phi 12$ 的盘圆钢筋, 使用冷拉调直, HPB235 级钢筋冷拉率不宜大于 4%, HRB335、HRB400、RRB400 级钢筋冷拉率不宜大于 1%; 大于 $\Phi 12$ 的钢筋应进尺钢筋, 采用机械切断、弯曲。

2.3 钢筋弯折:

2.3.1 HPB235 级钢筋末端应作 180° 弯钩, 其弯弧内直径不应小于钢筋直径的 2.5 倍, 弯钩的弯后平直部分长度不应小于钢筋直径的 3 倍;

2.3.2 当设计要求钢筋末端需作 135° 弯钩时, HRB335 级、HRB400 级钢筋的弯弧内直径不应小于钢筋直径的 4 倍, 弯钩的弯后平直部分长度应符合设计要求;

2.3.3 钢筋作不大于 90° 的弯折时, 弯折处的弯弧内直径不应小于钢筋直径的 5 倍。

2.3.4 箍筋弯钩弯折角度焊接不应小于 90° ; 对于抗震结构应为 135° 。平直部分不小于箍筋直径的 5 倍; 对于抗震结构不小于箍筋直径的 10 倍。

3 钢筋焊接:

3.1 钢筋接头严格按照设计施工图和施工规范要进行施工, 水平钢筋接头连接形式以闪光对焊为主。直径 $\geq \Phi 16$ 的竖向钢筋连接, 宜采用电渣压力焊。设置在同一构件内钢筋接头应相互错开, 在长度为 $35d$ 且不小于 500mm 的截面内, 焊接接头在受拉区不超过 50%。

3.2 焊工必须持证上岗。焊接前应先试焊, 经测试合格后, 方可正式焊接施工。

3.3 竖向钢筋电渣压力焊:

3.3.1 质量要求: 外观检查焊包均匀, 焊包直径宜为钢筋直径的 1.6 倍且突出钢筋表面高度 $\geq 4\text{mm}$ 。接头外钢筋轴线偏移不得超过 0.1 倍钢筋直径, 同时不得大于 2mm , 接头弯折不得大于 4° 。以 300 个接头为一个验收批, 取三个试件进行抗拉试验, 抗拉强度不得低于该级别钢筋的规定数值。

3.3.2 施工注意事项: 焊机的上、下钳口要保持同心。钢筋焊接端头要对正压紧且

保持垂直。罐内倒焊剂，严禁将焊剂从罐内一侧倾倒。在低温条件下，焊剂罐拆除要较常温条件下适当延长。雨雪天气时，在无可靠遮蔽措施条件下禁止施焊。

3.4 水平钢筋闪光对焊连接：

3.4.1 闪光对焊施工工艺

a 连续闪光焊

b 预热闪光焊

c 闪光—预热—闪光焊

3.4.2 闪光对焊接头的施工工艺选取和质量检查，应根据《钢筋焊接及验收规范》JGJ18—96 规定，进行外观检查和作拉伸试验和冷弯试验。

a 外观检查：接头表面不能有横向裂纹；电极接触处的钢筋表面不得有明显烧伤，接头处的弯折不得大于 4 度；轴线偏移不大于 0.1 倍钢筋直径，且不大于 2mm。

b 拉伸试验：抗拉强度不得低于该级别钢筋的规定的抗拉强度；3 个试样中应至少有 2 个断于焊缝外并呈延性断裂。

C 冷弯试验：弯心直径依据《钢筋验收及焊接规范》JGJ18—96 规定选取。

3.5 钢筋的绑扎

3.5.1 钢筋现场绑扎之前要核对钢号、直径、形状、尺寸及数量。绑扎用 20—22 号镀锌铁丝。绑扎梁、柱箍筋应与受力筋垂直，且所有钢筋绑扎骨架外形尺寸偏差应符合《混凝土结构工程施工质量规范》GB50204-2002 的规定。

3.5.2 受力钢筋的绑扎接头位置要错开，搭接长度 1.3 倍范围内绑扎钢筋面积占受力筋总截面面积的百分率：对梁、板、墙类构件 $\leq 25\%$ ；对柱类构件 $\leq 50\%$ 。

3.5.3 保证保护层厚度措施：

a 为确保保护层厚度，钢筋骨架要垫水泥砂浆垫块的，砂浆垫块厚度依据设计要求的保护层厚度。

b 骨架内钢筋与钢筋之间间距 25mm 时，用 $\Phi 25$ 钢筋控制，其长度同骨架宽。所有垫块与 $\Phi 25$ 钢筋头间距宜为 1m，不得超过 2m。

c 对于双向双层板钢筋，为确保筋体位置准确，要垫以铁马凳，间距 1m；基础底板铁马凳采用 $\Phi 22$ 钢筋制作，其它处 $\Phi 16$ 。

- d 柱子用砂浆垫块绑在柱主筋上，每边不少于两竖行，上下间距 1200。
- e 采用定型筋控制剪力墙钢筋保护层厚度及墙厚度，利用短钢筋制成定型筋，定型筋长度为墙厚，两端用红笔划出控制线，控制线位置按保护层厚度加水平筋直径确定，然后将定型筋点焊在墙两侧竖向筋上，@1200~1500mm，成梅花形布置。
- f 楼板支座处的附加钢筋和悬挑构件的受力筋的保护层采用钢筋马凳控制，间距 1000mm,保证受力筋不变形，不位移。

3.5.4 质量检查

钢筋绑扎安装完毕后，应检查以下方面：

- a 钢筋级别、直径、根数、位置、间距是否与图纸设计相符。
- b 钢筋接头位置及搭接长度是否符合规定。
- c 钢筋保护层是否符合要求。
- d 钢筋表面是否清洁。
- e 钢筋绑扎是否牢固，有无松动现象。

钢筋常用的分类

钢筋种类很多，通常按化学成分、生产工艺、轧制外形、供应形式、直径大小，以及在结构中的用途进行分类：

（一）按轧制外形分

（1）光面钢筋：I 级钢筋（Q235 钢钢筋）均轧制为光面圆形截面，供应形式有盘圆，直径不大于 10mm，长度为 6m~12m。

（2）带肋钢筋：有螺旋形、人字形和月牙形三种，一般 II、III 级钢筋轧制成人字形，IV 级钢筋轧制成螺旋形及月牙形。

（3）钢线（分低碳钢丝和碳素钢丝两种）及钢绞线。

（4）冷轧扭钢筋：经冷轧并冷扭成型。

（二）按直径大小分

钢丝（直径 3~5mm）、细钢筋（直径 6~10mm）、粗钢筋（直径大于 22mm）。

（三）按力学性能分

I 级钢筋（235/370 级）；II 级钢筋（335/510 级）；III 级钢筋（370/570）和 IV 级钢筋（540/835）

（四）按生产工艺分

热轧、冷轧、冷拉的钢筋，还有以 IV 级钢筋经热处理而成的热处理钢筋，强度比前者更高。

（五）按在结构中的作用分：受压钢筋、受拉钢筋、架立钢筋、分布钢筋、箍筋等。

钢筋规范

混凝土保护层

混凝土保护层是为了防止钢筋生绣，保证钢筋与混凝土之间有足够的粘结力，因此在钢筋混凝土中钢筋必须有足够的厚度的混凝土保护层。

（一）混凝土保护层最小厚度

是指从受力钢筋的外边缘至混凝土表面的距离，应符合设计要求，如无设计要求，要符合表 2-1 的规定，且不小于受力钢筋的公称直径。”

环境类别		板、墙、壳			梁			柱		
		≤ C20	C25 ~ C45	≥ C50	≤ C20	C25 ~ C45	≥ C50	≤ C20	C25 ~ C45	≥ C50
一		20	15	15	30	25	25	30	30	30
二	a	-	20	20	-	30	30	-	30	30
	b	-	25	20	-	35	30	-	35	30
		-	30	25	-	40	35	-	40	35

表 2-1 受力钢筋的混凝土保护层最小厚度（mm）

备注：

- 1) 基础中纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 40mm；当无垫层时不应小于 70mm。板、墙、壳中分布钢筋的保护层不应小于表中相应数值减 10mm，且不应小于 10mm。梁、柱中箍筋和构造钢筋的保护层不应小于 15mm。
- 2) 处于一类环境且由工厂生产的预制构件，当混凝土强度等级不低于 C20 时，其保护层厚度可按表中数值减少 5mm；处于二类环境且由工厂生产的预制构件，当表面采取有效保护措施时，保护层厚度可按表中一类环境数值取用。预制钢筋混凝土受弯构件钢筋端头的保护层厚度不应小于 10mm；预制肋形板主肋钢筋的保护层厚度应按梁的数值取用。
- 3) 当梁、柱中纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度大于 40mm，时对保护层采取有效的防裂构造措施。处于二、三类环境中的悬臂板，其上表面应采取有效的保护措施。

4) 软件默认混凝土保护层厚度为：梁为 25mm，柱为 30mm，板和墙为 15mm，基础底板为 35mm，构造柱和圈过梁为 25mm。

（二）混凝土结构的环境类别

一、表示室内正常环境；

二、a 表示室内潮湿环境，非严寒和非寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境；b 表示严寒和寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境；

三、表示使用除冰盐的环境，严寒和寒冷地区冬季水位变动的环境，滨海室外环境；

四、海水环境；

五、受人为或自然的侵蚀性质物影响的环境。

注：严寒或寒冷地区的划分应符合国家现行标准《民工建筑热工设计规程》JGJ 24 的规定。

（三）特殊条件下的混凝土保护层

1. 一类环境中，设计使用年限为 100 年的结构混凝土保护层厚度应按表中数值增加 40%；当采取有效的表面防护措施时，混凝土保护层可适当减少。

2. 三类环境中的结构构件，其受力钢筋宜采用环氧树脂涂层带肋钢筋。

3. 对有防火要求的建筑物，其混凝土保护层厚度尚应符合国家现行有关标准的要求。

4. 处于四、五类环境中的建筑物，其混凝土保护层厚度尚应符合国家现行有关标准的要求。

钢筋锚固

（一）锚固长度

钢筋与混凝土共同作用是靠它们之间的粘结力实现的，因此受力钢筋均应采用必要的锚固措施。在支座锚固处的纵向受拉钢筋，如计算中充分利用其强度时，则伸入支座的锚固长度不应小于表 2-2 的规定。如支座长度不能满足上述要求时，

可采用 90 度向上弯折增长锚固长度，或其它锚固措施，如钢筋末端焊钢板或角钢等。纵向受拉钢筋不宜在受拉区截断，如必须截断时,应伸至按计算不需要该钢筋的截面以外，伸出的锚固长度不应小于表 2-2 的锚固长度和构件截面有效高度之和。按表 2-2 计算锚固长度时，在任何情况下，纵向钢筋的锚固长度不应小于 250mm。纵向受压钢筋在跨中截断时，必须伸至按计算不需要该钢筋的截面以外，其伸出的锚固长度不应小于 15d;但对绑扎骨架中末端弯钩的光圆钢筋不应小于 20d。

受拉钢筋的最小锚固长度 l_a											
钢筋种类		混凝土强度等级									
		C20		C25		C30		C35		$\geq C40$	
		$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$
HPB235	普通钢筋	31d	31d	27d	27d	24d	24d	22d	22d	20d	20d
HRB335	普通钢筋	39d	42d	34d	37d	30d	33d	27d	30d	25d	27d
	环氧树脂涂层钢筋	48d	53d	42d	46d	37d	41d	34d	37d	31d	34d
HRB400	普通钢筋	46d	51d	40d	44d	36d	39d	33d	36d	30d	33d
RRB400	环氧树脂涂层钢筋	58d	63d	50d	55d	45d	49d	41d	45d	37d	41d
注：1. 当弯锚时，有些部位的锚固长度为 $\geq 0.4 l_a + 15d$ 。 2. 当钢筋在混凝土施工过程中易受扰动（如滑模施工）时，其锚固长度应乘以修正系数 1.1。 3. 在任何情况下，锚固长度不得小于 250mm。 4. HPB235 钢筋为受拉时，其末端应做成 180° 弯钩。弯钩平直段长度不应小于 3d。当为受压时，可不作弯钩。											

表 2-2 锚固长度 1

纵向受拉钢筋抗震锚固长度 l_{aE}												
混凝土强度等级与 抗震等级			C20		C25		C30		C35		$\geq C40$	
			一、二 级抗震 等级	三级抗 震等级	一、二 级抗震 等级	三级抗 震等级	一、二 级抗震 等级	三级抗 震等级	一、二 级抗震 等级	三级抗 震等级	一、二 级抗震 等级	三级抗 震等级
钢筋种类与直径												
HPB235	普通钢筋		36d	33d	31d	28d	27d	25d	25d	23d	23d	21d
HRB335	普通钢筋	$d \leq 25$	44d	41d	38d	35d	34d	31d	31d	29d	29d	26d
		$d > 25$	49d	45d	42d	39d	38d	34d	34d	31d	32d	29d
	环氧树脂 涂层钢筋	$d \leq 25$	55d	51d	48d	44d	43d	39d	39d	36d	36d	33d
		$d > 25$	61d	56d	53d	48d	47d	43d	43d	39d	39d	36d
HRB400 RRB400	普通钢筋	$d \leq 25$	53d	49d	46d	42d	41d	37d	37d	34d	34d	31d
		$d > 25$	58d	53d	51d	46d	45d	41d	41d	38d	38d	34d
	环氧树脂 涂层钢筋	$d \leq 25$	66d	61d	57d	53d	51d	47d	47d	43d	43d	39d
		$d > 25$	73d	67d	63d	58d	56d	51d	51d	47d	47d	43d
注：1. 四级抗震等级， $l_{aE}=l_{aE}$ ，其值见上表。 2. 当弯锚时，有些部位的锚固长度为 $\geq 0.4l_{aE}+15d$ 3. 当 HRB335、HRB400 和 RRB400 级纵向受拉钢筋末端采用机械锚固措施时，包括附加锚固长												
度可取上表和本表锚固长度的 0.7 倍。 4. 当钢筋在混凝土施工过程中易受扰动（如滑模施工）时，其锚固长度应乘以修正系数 1.1。 5. 在任何情况下，锚固长度不得小于 250mm												

表 2-2 锚固长度 2

注：

当 HRB335、HRB400 和 RRB400 级钢筋在锚固区混凝土保护层厚度大于钢筋直径的 3 倍且配有箍筋时，其锚固长度可乘以修正系数 0.8。

（二）机械锚固措施

当 HRB335、HRB400 和 RRB400 级纵向受拉钢筋末端采用机械锚固措施时，包括附加锚固端头在内的锚固长度可乘以修正系数 0.7，如图 2-1 示。

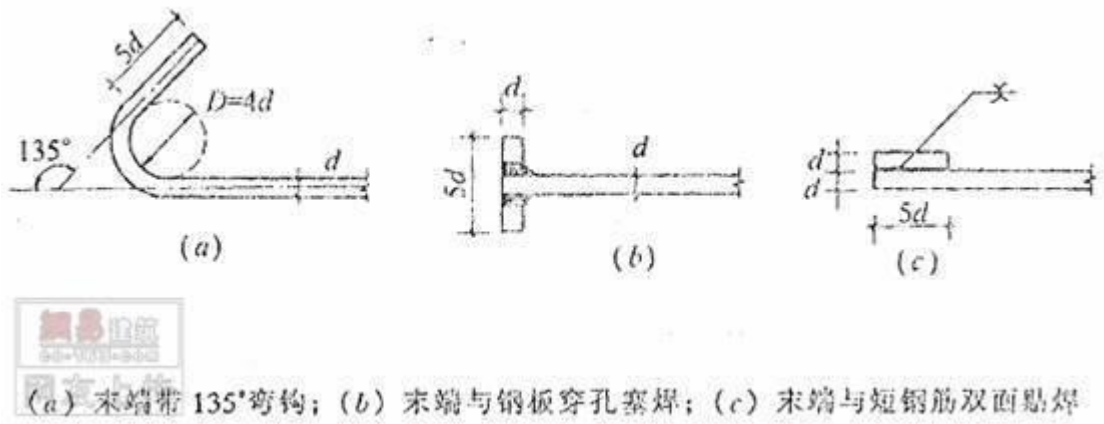


图 2-1 钢筋机械锚固的形式及构造要求

采用机械锚固措施时，锚固长度范围内的箍筋不应少于 3 个，其直径不应小于纵

向钢筋直径的 0.25 倍，其间距不应大于纵向钢筋直径的 5 倍。当纵向钢筋的混凝土保护层厚度不小于钢筋公称直径的 5 倍时，可不配置上述钢筋。

（三）受力钢筋的弯钩和弯折规定

用于绑扎骨架中的光圆受力筋，除轴心受压构件外，均应在末端做弯钩。变形钢筋、焊接骨架和焊接网中的光圆钢筋，其末端可不做弯钩；但如设计有要求时，则应按设计要求做弯钩。I 级光圆钢筋末端应做 180 度的弯钩，其弯弧内直径不应小于钢筋直径的 2.5 倍，弯钩的弯后平直部分长度不应小于钢筋直径的 3 倍；而 II、III 级变形钢筋只需做 90 度或 135 度的弯折，其弯弧内直径不应小于钢筋直径的 4 倍，弯钩的弯后平直部分长度应符合设计要求；钢筋作不大于 90° 的弯折时，弯折处的弯弧内直径不应小于钢筋直径的 5 倍。除焊接封闭环式箍筋外，箍筋的末端应作弯钩，弯钩形式应符合设计要求；当设计无具体要求时，应符合下列规定：

（1）箍筋弯钩的弯弧内直径除应满足上述 1、2、3 条的规定外，尚应不小于受力钢筋直径；

（2）箍筋弯钩的弯折角度：对一般结构，不应小于 90°；对有抗震等要求的结构，应为 135°；

（3）箍筋弯后平直部分长度：对一般结构，不宜小于箍筋直径的 5 倍；对有抗震等要求的结构，不应小于箍筋直径的 10 倍。

钢筋连接

钢筋的接头有焊接连接、机械连接和绑扎连接等几种形式，由于钢筋通过连接接头传力的性能总不如整根钢筋，因此设置钢筋连接原则为：第一，钢筋的接头宜设置在受力较小处；第二，同一纵向受力钢筋在同一受力区段内不宜设置两个或两个以上接头，以保证钢筋的承载、传力性能；第三，设置在同一构件内的接头，应相互错开；第四，接头距钢筋弯起点的距离不应小于钢筋直径的 10 倍，

一、接头使用有如下规定

1、轴心所拉和小偏心受拉杆中的钢筋接头均应焊接

2、直径大于 12mm 以上的钢筋，应优先采用焊接接头或机械连接接头。

3、当受拉钢筋的直径大于 28mm 及受压钢筋的直径大于 32mm 时，不宜采用绑扎搭接接头。

4、直接承受动力荷载的结构构件中，其纵向受拉钢筋不得采用绑扎搭接接头

5、冷拔低碳钢丝的接头只能须用绑扎接头，不允许采用接触对焊或电弧焊

6、焊接接头与钢筋弯折处的距离不应小于 10d。

二、接头面积允许百分率

同一连接区段内，纵向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截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。

1、钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度为 $1.3l_l$ (l_l 为搭接长度)，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，如图 2-2 示。

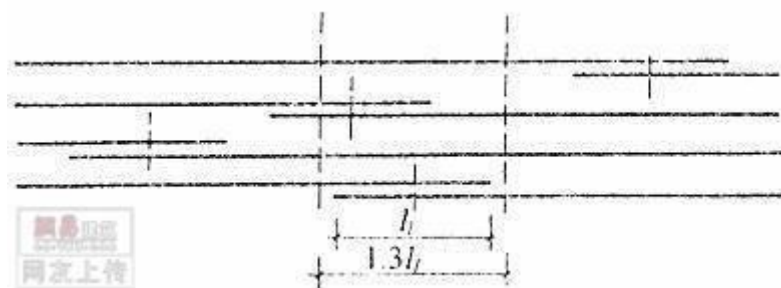


图 2-2 同一连接区段内的纵向受力钢筋绑扎搭接接头

同一连接区段内，纵向受拉钢筋搭接接头面积百分率应符合设计要求；当设计无具体要求时，应符合下列规定：

(1) 对梁类、板类及墙类构件，不宜大于 25%；

(2) 对柱类构件，不宜大于 50%；

(3) 当工程中确有必要增大接头面积百分率时，对梁类构件，不应大于 50%；对其他构件，可根据实际情况放宽。

纵向受压钢筋搭接接头面积百分率，不宜大于 50%。

绑扎搭接接头中钢筋的横向净距不应小于钢筋直径，且不应小于 25mm。

2、纵向受力钢筋机械连接接头及焊接接头连接区段的长度为 35 倍 d (d 为纵向受力钢筋的较大直径)，且不小于 500mm，凡接头中点位于该连接区段长度内的接头均属于同一连接区段。

同一连接区段内，纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合设计要求；当设计无具

体要求时，应符合下列规定：

- (1) 在受拉区不宜大于 50%；受压区不受限制；
- (2) 接头不宜设置在有抗震设防要求的框架梁端、柱端的箍筋加密区；当无法避开时，对等强度高质量机械连接接头，不应大于 50%；
- (3) 直接承受动力荷载的结构构件中，不宜采用焊接接头；当采用机械连接接头时，不应大于 50%。

三、焊接接头

焊接接头的类型有闪光对焊、帮条电弧焊（双面、单面焊）、搭接电弧焊（双面、单面焊）、坡口平焊、坡口立焊、电渣压力焊、钢筋与钢板搭接焊、电阻点焊、预埋件丁字接头内（接头埋弧压力焊、贴角焊与接头穿孔塞焊）、气压焊等；这里介绍几种施工中常用的：

- 1、对焊是两根钢筋沿着整个接角面连接的方法，它适用于水平钢筋非施工现场连接；对钢筋端面要求不严格，可以免去钢筋端面磨平工序，因而简化了操作，提高了工效，所以是目前普遍采用的焊接方法；
- 2、搭接电弧焊适用于直径 10~40mm 的 I~III 级钢筋和直径 10~25mm 的余热处理 III 级钢筋，焊接时宜采用双面焊，焊接长度为 5d，不能进行双面焊时，也可采用单面焊，焊接长度为 10d；也是施工中常用的焊接方法。
- 3、电渣压力焊是近年来兴起的一项新的钢筋竖向连接技术，因其生产率高，施工简单、节能、节材、接头质量可靠安全，成本低而得以广泛应用。它只适用于直径 10~40mm 的 I、II 级热轧钢筋的现浇钢筋混凝土结构中竖向钢筋 或斜向钢筋的连接。

四、绑扎接头搭接长度

- 1、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： $l_l = \zeta l_a$ 。式中 l_a 指纵向受拉钢筋的锚固长度，按章节“2.1.2 钢筋锚固”确定； ζ 指纵向受钢筋搭接长度修正系数，按下表 2-3 取用。

纵向钢筋搭接接头面积百分率(%)	≤25	50	100
修正系数 ζ	1.2	1.4	1.6

表 2-3 纵向受拉钢筋搭接长度修正系数 ζ

2、构件中的纵向受压钢筋，当采用搭接连接时，其受压搭接长度不应小于纵向受拉钢筋搭接长度的 0.7 倍，且在任何情况下不应小于 200mm。

3、在梁、柱类构件的纵向受力钢筋搭接长度范围内，应按设计要求配置箍筋。当设计无具体要求时，应符合下列规定：

(1) 箍筋直径不应小于搭接钢筋较大直径的 0.25 倍；

(2) 受拉搭接区段的箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 5 倍，且不应大于 100mm；

(3) 受压搭接区段的箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 10 倍，且不应大于 200mm；

(4) 当柱中纵向受力钢筋直径大于 25mm 时，应在搭接接头两个端面外 100mm 范围内各设置两个箍筋，其间距宜为 50mm。当单个箍筋用在构件一个截面时，称为双臂箍。当构件的截面很宽时，需要两（三）个箍筋拼在一起使用时，称为四（六）肢箍。在焊接骨架中，各肢箍筋都是独立的，因此有单、双、三肢箍。在截面构件中有圆形箍筋，但一般为螺旋形箍筋。此外还有腰筋、吊筋、锚固筋等。

对要求严格程度不同的用词说明

A、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”。

B、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”。

C、表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的用词：正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

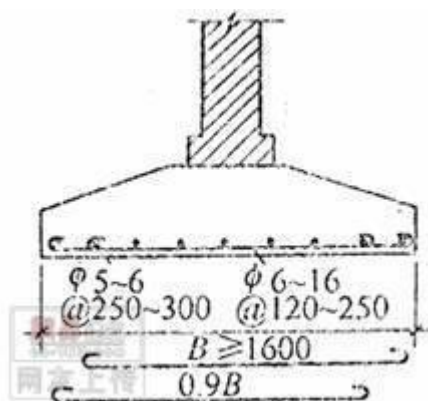
各类构件的钢筋构造

建筑中的钢筋混凝土结构有：框架结构、框架剪力墙结构和筒式结构等。这些结构都是由不同形状、不同受力状态的基础、梁、柱、墙、板等构件组成的。下面我们将简单的介绍一下各类构件

基础

一、 条形基础

1. 横向受力钢筋的直径，一般为 6~16mm；间距为 120—250mm。
2. 纵向分布钢筋的直径，一般为 5~6mm；间距为 250~350mm。
3. 条形基础的宽度 $B \geq 1600\text{mm}$ 时，横向受力钢筋的长度可减至 $0.9B$ ，交错布置，



如图 2-3 示。

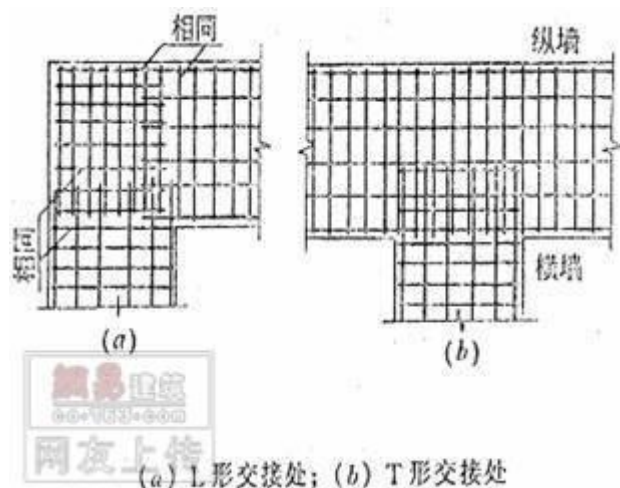


图 2-4 条形基础交接处配筋图

4. 条形基础交接处配筋，如图 9-29 所示。L 形交接时，纵横墙受力钢筋重叠布置，该部分分布钢筋取消但需搭接；T 形交接时，重叠处横墙受力钢筋间距加倍

排至纵墙处。

二、单独基础

1. 单独基础系双向受力，其受力钢筋直径不宜小于 8mm，间距为 100~200mm。沿短边方向的受力钢筋一般置于长边受力钢筋的上面。当基础边长 $B \geq 3000\text{mm}$ 时(除基础支承在桩上外)，受力钢筋的长度可减为 $0.9B$ 交错布置。

2. 现浇柱下单独基础的插筋直径、根数和间距应与柱中钢筋相同，下端宜做成直弯钩，放在基础的钢筋网上，如图 2-5 示。当基础高度较大时，仅四角插筋伸至基底。插筋的箍筋与柱中箍筋相同，基础内设置二个。

3. 预制柱下杯形基础，当 $b/h_1 < 0.65$ 时(b 为杯口宽度， h_1 为杯口外壁高度)，杯口需要配筋，如图 2-6 示。

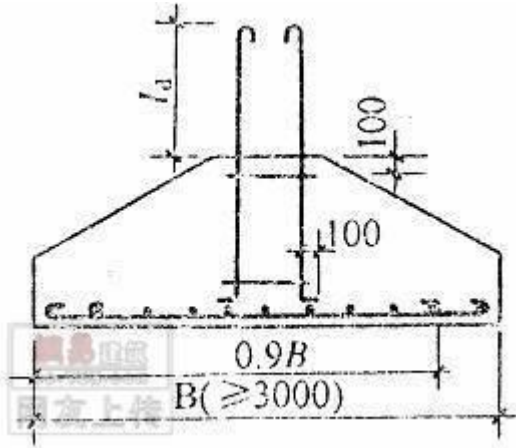


图 2-5 现浇柱下独立基础配筋

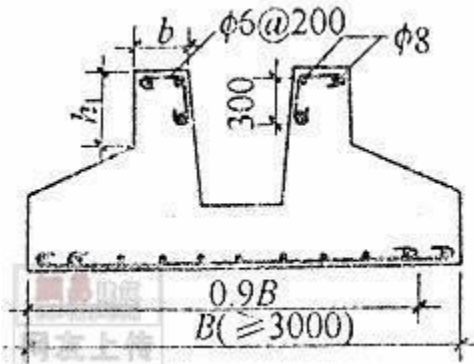


图 2-6 杯形基础

三、筏板基础

筏板基础的钢筋间距不应小于 150mm，宜为 200~300mm，受力钢筋直径不宜小

于 12mm。采用双向钢筋网片配置在板的顶面和底面。

当筏板的厚度大于 2m 时，宜沿板厚度方向间距不超过 1m 设置与板面平行的构造钢筋网片，其直径不宜小于 12mm，纵横方向的间距不宜大于 200mm。

对梁板式筏基，墙柱的纵向钢筋要贯通基础梁而插入筏板中，并且应从梁上皮起满足锚固长度的要求。

四、箱形基础

箱形基础的顶板、底板及墙体均应采用双层双向配筋。墙体的竖向和水平钢筋直径均不应小于 10mm，间距均不应大于 200mm。除上部为剪力墙外，内、外墙的墙顶处宜配置两根直径不小于 20mm 的通长构造钢筋。

上部结构底层柱纵向钢筋伸入箱形基础墙体的长度应符合下列要求：

- 1) 柱下三面或四面有箱形基础墙的内柱，除柱四角纵向钢筋直通到基底外，其余钢筋可伸入顶板底面以下 40 倍纵向钢筋直径处。
- 2) 外柱、与剪力墙相连的柱及其他内柱的纵向钢筋应直通到基底。

梁

钢筋混凝土梁是受弯构件。其梁内钢筋根据受力不同，一般可分为纵向受力钢筋、弯起钢筋、箍筋等几种

一、纵向受力钢筋

沿梁的纵跨方向布置，承重梁中由于弯曲，在梁的下半部产生拉力，故又称受拉钢筋或主筋。

1、梁纵向受力钢筋的直径：当梁高 $h \geq 300\text{mm}$ 时，不应小于 10mm；当梁高 $h < 300\text{mm}$ 时，不应小于 8mm。

2、梁纵向受力钢筋水平方向的净间距，如图 2-7 示：对上部钢筋不应小于 30mm 和 1.5d(d 为钢筋的最大直径)；对下部钢筋不应小于 25mm 和 d。梁的下部纵向钢筋配置多于两层时，两层以上钢筋水平方向的中距应比下面两层的中距增大一

倍。各层钢筋之间的净间距不应小于 25mm 和 d 。

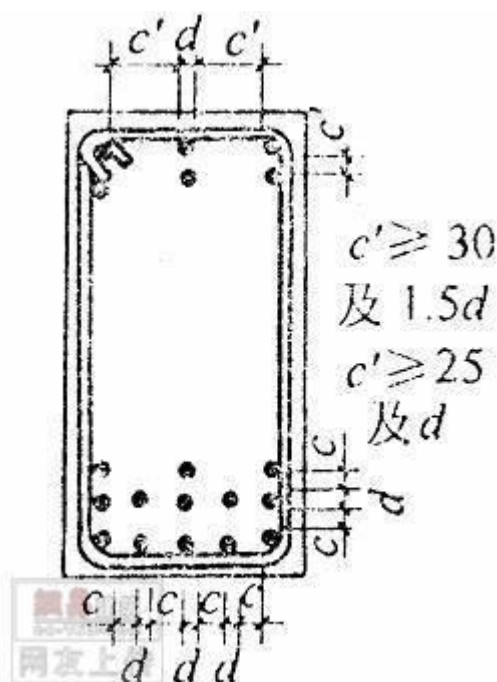


图 2-7 梁的钢筋净距

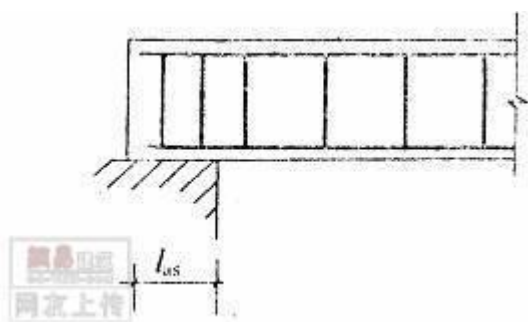


图 2-8 纵向受力钢筋伸入梁简支支座的锚固

3、简支梁和连续梁简支端的下部纵向受力钢筋伸入支座的锚固长度 l_{as} ，如图 2.8 示。应符合下列规定：当梁中混凝土能担负全部剪力时， $l_{as} \geq 5d$ ；当梁端剪力大于混凝土担负能力时，对带肋钢筋 $l_{as} \geq 12d$ ，对光圆钢筋 $l_{as} \geq 15d$ 。

当下部纵向受力钢筋伸至梁端尚不足 l_{as} 时，应采取在钢筋上加焊锚固钢板或将钢筋焊接在梁端预埋件上等有效锚固措施。

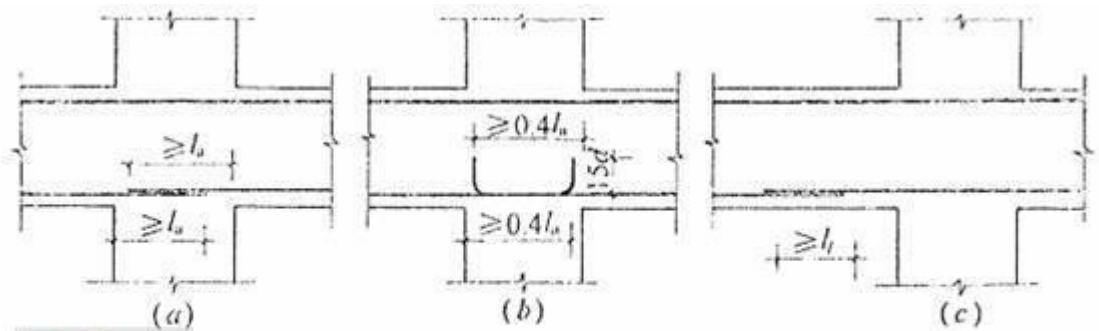
4、框架梁或连续梁的上部纵向钢筋应贯穿中间节点或中间支座范围，如图 2-9 示。该钢筋节点或支座边缘伸向跨中的截断位置应满足受弯承载力与锚固要求。

框架梁或连续梁下部纵向钢筋在中间节点或中间支座处应满足下列锚固要求：

(1)当计算中不利用该钢筋强度时，其伸入节点或支座的锚固长度 $l_{as} \geq 12d$ (带肋钢

筋)、 $15d$ (光圆钢筋);

(2)当计算中充分利用该钢筋的抗拉强度时,下部纵向钢筋应锚固在节点或支座内,此时可采用直线锚固形式,如图 2-9a 示,其锚固长度不应小 L_a ;也可采用带 90 度弯折的锚固形式,如图 2-9b 示,其锚固长度不应小 $0.4L_a$;下部纵向钢筋也可伸过节点或支座范围,并在梁中弯矩较小处设置搭接接头,如图 2-9c 示,其搭接长度不应小于 L_l 。



(a) 节点中的直线锚固; (b) 节点中的弯折锚固; (c) 节点或支座范围外的搭接

图 2-9 梁下部纵向钢筋在中间节点或中间支座范围的锚固与搭接

5、框架梁上部纵向钢筋伸入中间层端节点的锚固长度,当采用直线锚固形式时不应小于 L_a ,且伸过柱中心线不宜小 $5d$ (d 为梁上部纵向钢筋的直径)。当柱截面尺寸不足时,梁上部纵向钢筋应伸至节点对边并向下弯折,其包含弯弧段在内的水平投影长度不应小于 $0.4L_a$,包含弯弧段在内的竖直投影长度应为 $15d$,如图 2-10 示。

框架梁下部纵向钢筋在端节点处的锚固要求与中间节点处的锚固要求相同。

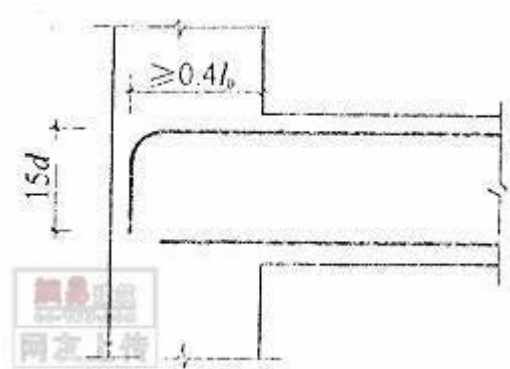


图 2-10 梁上部纵向钢筋伸入中间层端节点的锚固

- 6、在悬臂梁中，应有不少于两根上部钢筋伸至悬臂梁外端，并向下弯折不小于 $12d$ ；其余钢筋不应在梁的上部截断，而应按规定的弯起点位置向下弯折，锚固在梁的下边。
- 7、当梁端实际受到部分约束但按简支计算时，应在支座区上部设置纵向构造钢筋，其截面面积不应小于梁跨中下部纵向受力钢筋计算所需截面面积的 $1/4$ ，且不应少于两根，该纵向构造钢筋自支座边缘向跨内伸出的长度不应小于 $0.2L_0$ ，(L_0 为该跨的计算跨度)。
- 8、沿梁截面周边布置的受扭纵向钢筋的间距不应大于 200mm 和梁截面短边长度；除应在梁截面四角设置受扭纵向钢筋外，其余受扭纵向钢筋宜沿截面周边均匀对称布置。受扭钢筋应按受拉钢筋锚固在支座内。

二、梁弯起钢筋

弯起钢筋是为了抵抗梁端部附近由于受弯和受剪而产生的斜向拉应力，需将下部分受拉钢筋的两端弯起伸入上部来承受这分拉应力，钢筋弯起角度一般为 45° 或 60°

1. 梁中弯起钢筋的弯起角 α ，一般为 45° ；当梁高 $> 800\text{mm}$ ，宜取 60° 。
2. 弯起钢筋的弯终点外应留有锚固长度，在受拉区不应小于 $20d$ ，在受压区不应小于 $10d$ ，对光圆钢筋在末端应设置弯钩，如图 2-11 示。

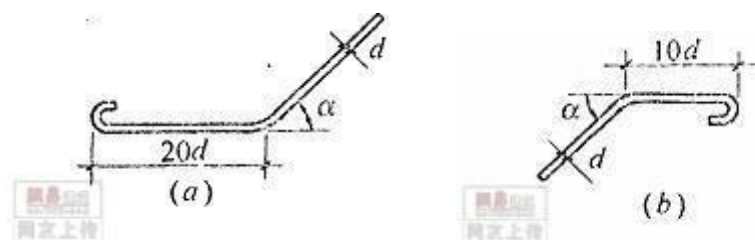


图 2-11a 受拉区

图 2-11b 受压区

3. 弯起钢筋应在同一截面中与梁轴线对称成对弯起，当两上截面中各弯起一根钢筋时，这两根钢筋也应沿梁轴线对称弯起。梁底(顶)层钢筋中的角部钢筋不应弯起。

4. 在梁的受拉区中，弯起钢筋的弯起点，可设在按正截面受弯承载力计算不需要该钢筋截面之前；但弯起钢筋与梁中心线交点应在不需要该钢筋的截面之外，同时，弯起点与计算充分利用该钢筋的截面之间的距离，不应小于 $h_0/2$ ，见图 2-12。

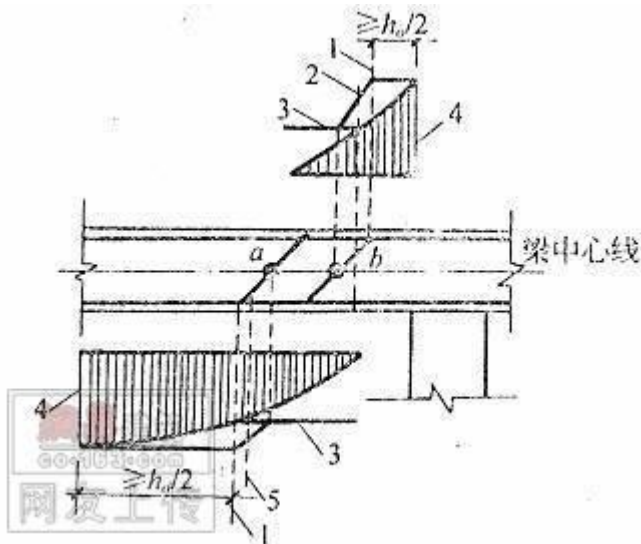


图 2-12 弯起钢筋弯起点与弯矩图形的关系

说明：1—在受拉区域中的弯起点；2—按计算不需要钢筋“b”的截面；3—正截面受弯承载力图形；4—按计算钢筋强度充分利用的截面；5—按计算不需要钢筋“a”的截面

5、弯起钢筋前排的弯起点至后一排的弯终点的距离，不应大于箍筋的最大间距。

6、当纵向受力钢筋不能在需要的位置弯起，或弯起钢筋不足以承受剪力时，需增设附加斜钢筋，且其两端应锚固在受压区内(鸭筋)，不得采用浮筋，如图 2-13 示。

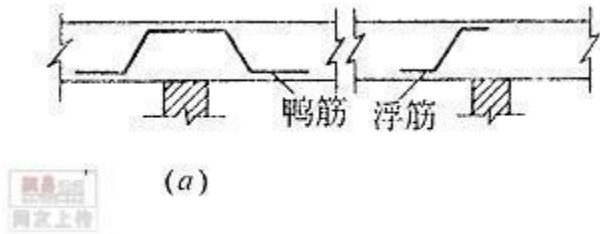


图 2-13 附加斜钢筋(鸭筋)的设置

三、梁箍筋

箍筋是为了固定受力钢筋的布置，使钢筋形成坚固的骨架而设置的。同时又可以承受剪力，以满足斜截面强度的需要，对限制斜裂缝的宽度，防止斜截面的破坏

比较有效。箍筋 的形式一般有开口式及封闭式，一般常用封闭式

1、梁的箍筋设置：对梁高>300，应沿梁全长设置；对梁高为 150~300mm，可仅在构件两端各 1/4 跨度范围内设置，但当在构件中部 1/2 跨度范围内有集中荷载作用时，则应沿梁全长设置；对梁高<150mm，可不设置。

梁支座处的箍筋从梁边(或墙边)50mm 开始设置。

2、梁中箍筋的直径：对梁高<=800mm，不宜小于 6mm；对梁高>800mm，不宜小于 8mm。梁中配有计算需要的纵向受压钢筋时，箍筋直径还不应小于纵向受压钢筋最大直径的 0.25 倍。

3、梁中箍筋的最大间距：宜符合下表 2.4 规定。

表 2-4 梁中箍筋的最大间距（mm）

项次	梁高	按计算配置箍筋	按构造配置箍筋
1.	150~300	150	200
2.	300~500	200	300
3.	500~800	250	350
4.	>800	300	400

当梁中配有按计算需要的纵向受压钢筋时，箍筋的间距不应大 15d(d 为纵向受压钢筋的最小直径)；当一层内的纵向受压钢筋多于 5 根且直径大于 18mm 时，箍筋的间距不应大于 10d。

梁中纵向受力钢筋搭接长度范围内的箍筋间距应符合梁的纵向钢筋那节的规定。

4、箍筋的形式与肢数：箍筋应做成封闭式，基本形式为双肢箍筋，如图 2-14a。当梁的宽度不大于 400mm 但一层内的纵向受压钢筋多于 4 根或梁的宽度大于 400mm，且一层内的纵向受压钢筋多于 3 根，应设置复合箍筋，如图 2-14b 与 c 所示的四肢箍筋与如图 2-14d 所示的六肢箍筋。为了施工方便，四肢箍筋可由两

个相同的多肢箍筋拼成。

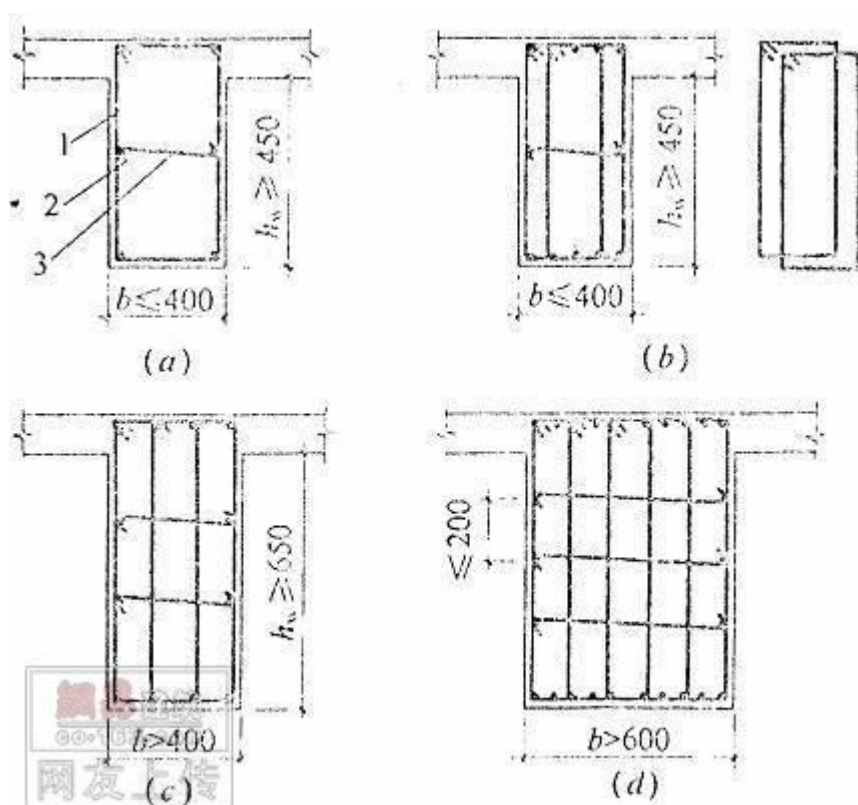


图 2-14 梁箍筋

说明：（a）双肢箍筋 （b）与（c）四肢箍筋 （d）六肢箍筋 1—箍筋 2—腰筋 3—拉筋

5、抗扭箍筋应做成封闭式，且应沿截面周边布置；当采用复合箍筋时，位于截面内部的箍筋不应计入抗扭箍筋面积。抗扭箍筋的末端应做成 135 度弯钩，弯钩端头平直段长度不应小于 10d。

四、梁侧面纵向构造钢筋或受扭钢筋的配置

当梁腹板高度 h_w 不小于 450mm 时，梁侧应沿高度配置纵向构造钢筋(腰筋)，间距应小于或等于 200mm，其搭接与锚固长度可取 15d，工程图中一般用 G 表示它。当为受扭纵向筋时，间距与腰筋 相同，其锚固长度与方式同框架梁下部纵筋，工程图中一般以 N 表示它。梁的两侧纵向构造钢筋宜用拉筋联系，拉筋直径一般与箍筋相同，其间距一般为箍筋间距的两倍。

五、附加横向钢筋

1、在梁下部或截面高度范围内有集中荷载作用时,应在该处设置附加横向钢筋(吊筋、箍筋)承担。附加横向钢筋应布置在长度 $S(S=2h_1+3b)$ 的范围内, 如图 2-15 示。

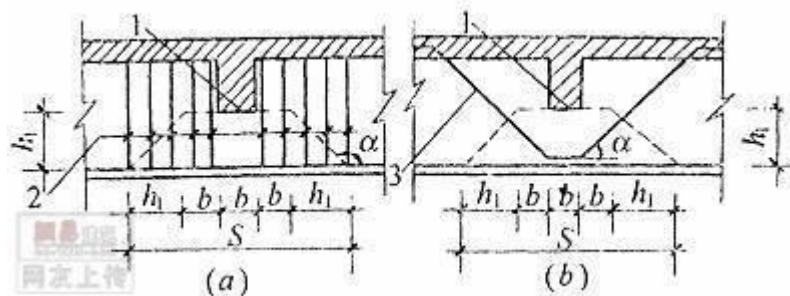


图 2-15 集中荷载作用处的横向附加钢筋

说明: (a) 附加箍筋 (b) 附加吊筋 ; 1—传递集中荷载的位置 2—附加箍筋 3—附加吊筋

2、当构件的内折角处于受拉区时, 应增设箍筋, 如图 2-16 示。该箍筋应能承受未在受压区锚固的纵向受拉钢筋 A_{s1} 的合力, 且在任何情况下不应小于全部纵向钢筋 A_s 合力的 35%。

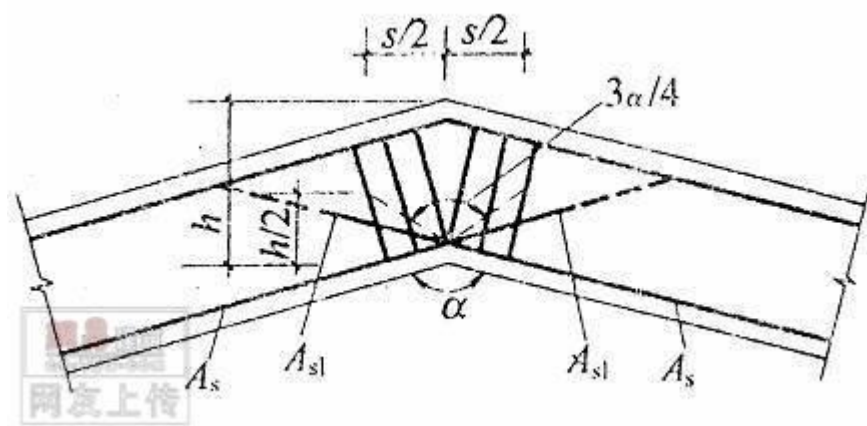


图 2-16 钢筋混凝土梁内折角处配筋

梁内折角处附加箍筋的配置范围 S , 可按下式计算: $S=h \tan(3a/8)$, 式中 h -梁内折角处高度; a -梁的内折角。

柱

柱是承受压力和弯矩的构件，一般分为纵向钢筋与箍筋。柱中纵向钢筋用来帮助混凝土承受压力，箍筋能防止混凝土的横向变形，且稍能提高混凝土抗压强度，还可以使纵向钢筋定位，组成钢筋骨架。

柱纵向受力钢筋

1、柱中纵向受力钢筋的配置，应符合下列规定：

(1)纵向受力钢筋的直径不宜小于 12mm，不少于 4 根，全部纵向钢筋的配筋率不宜大于 5%；圆柱中纵向钢筋宜沿周边均匀布置，根数不宜少于 8 根，且不应少于 6 根。

(2)柱中纵向受力钢筋的净间距不应小于 50mm；对水平浇筑的预制柱，其纵向钢筋的最小净间距可按梁的有关规定取用。

(3)在偏心受压柱中，垂直于弯矩作用平面的侧面上的纵向受力钢筋以及轴心受压柱中各边的纵向受力钢筋，其中距不宜大于 300mm。

(4)当偏心受压柱的截面高度 $h > 600\text{mm}$ 时，在柱的侧面上应设置直径为 10~16mm 的纵向构造钢筋，并相应设置复合箍筋或拉筋。

2、现浇柱中纵向钢筋的接头，应优先采用焊接或机械连接。接头宜设置在柱的弯矩较小区段，并应符合下列规定。

(1)柱每边钢筋不多于 4 根时，可在一个水平面上连接，如图 2-17a；柱每边钢筋 5~8 根时，可在二个水平面上连接。

(2)下柱伸入上柱搭接钢筋的根数及直径，应满足上柱受力的要求；当上下柱内钢筋直径不同时，搭接长度应按上柱内钢筋直径计算。

(3)下柱伸入上柱的钢筋折角不大于 1: 6 时，下柱钢筋可不切断而弯伸至上柱搭接，如图 2-17b；当折角大于 1: 6 时，应设置插筋，如图 2-17c 或将上柱钢筋锚

在下柱内，如图 2-17d。

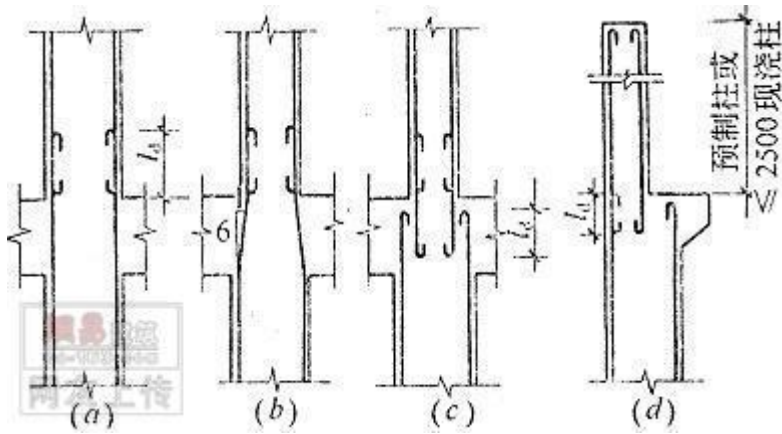


图 2-17 柱中纵向钢筋的接头

说明：（a）上下柱钢筋搭接（b）下柱钢筋弯折身入上柱（c）加插筋搭接（d）上柱钢筋伸入下柱

3、顶层柱中纵向钢筋的锚固，应符合下列规定：

(1) 顶层中间节点的柱纵向钢筋及顶层端节点的内侧柱纵向钢筋可用直线方式锚入顶层节点，其自梁底标高算起的锚固长度不应小于 L_a ，且柱纵向钢筋必须伸至柱顶。当顶层节点处梁截面高度不足时，柱纵向钢筋应伸至柱顶并向节点内水平弯折，如图 2-18a；当柱顶有现浇板且板厚不小于 80mm、混凝土强度等级不低于 C20 时，柱纵向钢筋也可向外弯折，如图 2-18b。弯折后的水平投影长度不宜小于 $12d$ (d 为纵向钢筋直径)。

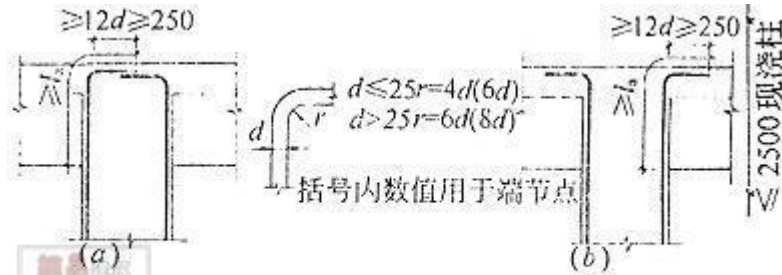


图 9-25 顶层柱中间节点纵向钢筋的锚固

图 2-18 顶层柱中纵向钢筋的锚固

说明：（a）柱纵向钢筋向内弯折（b）柱纵向钢筋向外弯折

(2) 框架顶层端节点处，可将柱外侧纵向钢筋的相应部分弯入梁内作梁上部纵向钢筋使用，如图 2-19a，共搭接长度不应小于 $1.5L_a$ ；其中，伸入梁内的外侧纵向钢

筋截面面积不宜小于外侧纵向钢筋全部截面面积的 65%。梁宽范围以外的柱外侧纵向钢筋宜沿节点顶部伸至柱内边，并向下弯折不小于 $8d$ 后截断；当柱纵向钢筋位于柱顶第二层时，可不向下弯折。当有现浇板且板厚不小于 80mm 、混凝土强度等级不低于 C20 时，梁宽范围以外的纵向钢筋可伸入现浇板内，其长度与伸入梁内的柱纵向钢筋相同。

(3) 框架梁顶节点处，也可将梁上部纵向钢筋弯入柱内与柱外侧纵向钢筋搭接，如图 2-19b，其搭接长度竖直段不应小于 $1.7L_a$ 。当梁上部纵向钢筋的配筋率大于 1.2% 时，弯入柱外侧的梁上部纵向钢筋应满足以上规定的搭接长度，且宜分两批截断，其截断点之间的距离不宜小于 $20d$ (d 为梁上部纵向钢筋直径)。柱外侧纵向钢筋伸至柱顶后宜向节点内水平弯折，弯折段的水平投影长度不宜小于 $12d$ (d 为柱外侧纵向钢筋直径)。

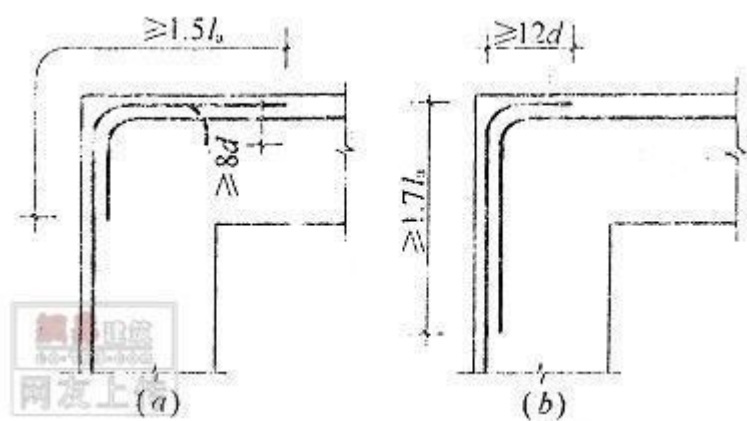


图 2-19 顶层端节点梁柱纵向钢筋的搭接

说明：（a）柱外侧纵向钢筋弯入梁内作梁上部纵向钢筋用（b）梁上部纵向钢筋弯入柱内与柱外侧纵向钢筋搭接

（二）柱箍筋

- 1、柱及其他受压构件中的周边箍筋应做成封闭式；对圆柱中的箍筋，搭接长度不应小于锚固长度 L_a ，且末端应做成 135 度弯钩，弯钩末段平直段长度不应小于箍筋直径的 5 倍。
- 2、箍筋间距不应大于 400mm 及构件截面的短边尺寸，在绑扎的骨架中不应大于 $15d$ （ d 为纵向受力钢筋的最小直径），在焊接的骨架中不应大于 $20d$ 。
- 3、箍筋直径不应小于 $d/4$ ，且不应小于 6mm (d 为纵向钢筋的最大直径)。

4、当柱中全部纵向受力钢筋的配筋率大于 2%时，箍筋直径不应小于 8mm，间距不应大于纵向受力钢筋最小直径的 10 倍；且不应大于 200mm；箍筋末端应做成 135 度弯钩且弯钩末端平直段长度不应小于箍筋直径的 10 倍；箍筋也可焊成封闭环式。

5、当柱截面短边尺寸大于 400mm 且各边纵向钢筋多于 3 根时，或当柱截面短边尺寸不大于 400mm 但各边纵向钢筋多于 4 根时，应设置复合箍筋，如图 2-20。

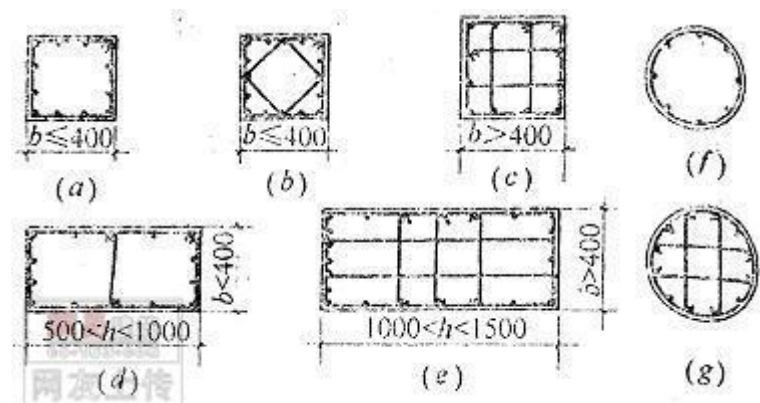


图 2-20 矩形与圆形截面柱的箍筋形式

说明：（a）方柱箍筋（b）（c）方柱复合箍筋（d）（e）矩形柱复合箍筋（f）圆柱箍筋（g）圆柱复合箍筋

6、柱中纵向受力钢筋搭接长度内的箍筋间距应符合“2.2.3 钢筋连接”的规定。

剪力墙

现浇钢筋混凝土剪力墙常用于剪力墙结构及框加工一般剪力墙结构中，它除了承受结构自重和楼面活荷载处，还承受由风或地震引起的水平荷载。其配筋构造要求如下：

- 1、钢筋混凝土剪力墙水平及竖向分布钢筋的直径不应小于 8mm，间距不应大于 300mm。
- 2、厚度大于 160mm 的剪力墙应配置双排分布钢筋网；结构中重要部位的剪力墙，当其厚度不大于 160mm 时，也宜配置双排分布钢筋网。双排分布钢筋网应沿墙的两个侧面布置，且应采用拉筋连系；拉筋直径不宜小于 6mm，间距不宜大于的

600mm。

3、剪力墙水平分布钢筋的搭接长度不应小于 $1.2L_a$ 。同排水平分布钢筋的搭接接头之间以及上、下相邻水平分布钢筋的搭接接头之间沿水平方向的净间距不宜小于 500mm。剪力墙竖向分布钢筋可在同一高度搭接，搭接长度不应小于 $1.2L_a$ 。

4、剪力墙水平分布钢筋应伸至墙端，并向内水平弯折 $10d$ 后截断(d 为水平分布钢筋直径)。

当剪力墙端部有翼墙或转角墙时，内墙两测的水平分布钢筋和外墙内侧的水平分布钢筋应伸至翼墙或转角墙外边，并分别向两侧水平弯折 $15d$ 后截断。在转角墙端处，外墙外侧的水平分布钢筋应在墙端外角处弯入翼墙，并与翼墙外侧水平分布钢筋搭接。

带边框的剪力墙，其水平和竖向分布钢筋宜分别贯穿柱、梁或锚固在柱、梁内。

5、剪力墙墙肢两端的竖向受力钢筋不宜少于 4A12 的钢筋或 2A16 的钢筋；沿该竖向钢筋方向宜配置直径不小于 6mm、间距为 250mm 的拉筋。

6、剪力墙洞口上、下两边的水平纵向钢筋截面面积分别不宜小于洞口截断的水平分布钢筋总面积的 $1/2$ 。纵向钢筋自洞口边伸入墙内的长度不应小于受拉钢筋的锚固长度。

剪力墙洞口连梁应沿全长配置箍筋。箍筋直径不宜小于 6mm，间距不宜大于 150mm。在顶层洞口连梁纵向钢筋伸入墙内的锚固长度范围内，应设置相同的箍筋。

门窗洞边的竖向钢筋应接受拉钢筋锚固在顶层连梁高度范围内。

7、钢筋混凝土剪力墙的水平 and 竖向分布钢筋的配筋率不应小于 0.2%。结构中重要部位的剪力墙，其水平和竖向分布钢筋的配筋率宜适当提高。剪力墙中温度、收缩应力较大的部位，水平分布钢筋的配筋率可适当提高。

2.3.5 板

板配筋规定：钢筋混凝土板是受弯构件，按其作用分为：底部受力筋、上部负筋、分布筋几种。

一、受力筋

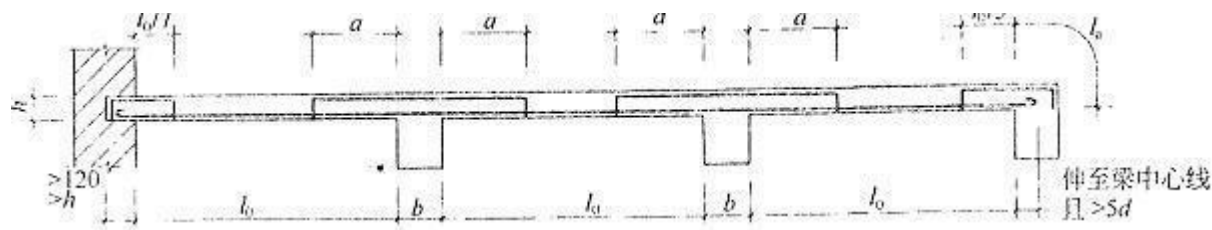
主要用来承受拉力。悬臂板及地下室底板等构件的受力钢筋的配置是在板的上部。当板为两端支承的简支板时，其底部受力钢筋平行跨度布置；当板为四周支承并且其长短边之比值大于 2 时，板为单向受力，叫单向板，其底部受力钢筋平行短边方向布置；当板为四周支承并且其长短边之比值小于或等于 2 时，板为双向受力，叫双向板，其底部纵横两个方向均为受力钢筋。

1、板中受力钢筋的常用直径：板厚 $h < 100\text{mm}$ 时为 6~8mm； $h = 100 \sim 150\text{mm}$ 时为 8~12mm； $h > 150\text{mm}$ 时为 12~16mm；采用现浇板时受力钢筋不应小于 6mm，预制板时不应小于 4mm。

2、板中受力钢筋的间距，一般不小于 70mm，当板厚 $h \leq 150\text{mm}$ 时间距不宜大于 200mm，当 $h > 150\text{mm}$ 时不宜大于 $1.5h$ 或 250mm。板中受力钢筋一般距墙边或梁边 50mm 开始配置。

3、单向板和双向板可采用分离式配筋或弯起式配筋。分离式配筋因施工方便，已成为工程中主要采用的配筋方式。

当多跨单向板、多跨双向板采用分离式配筋时，跨中下部钢筋宜全部伸入支座；支座负筋向跨内的延伸长度 a 应覆盖负弯矩图并满足钢筋锚固的要求，如图 2-21 示。



当 $q \leq 3g$ 时， $a = l_0/4$ ；当 $q > 3g$ ， $a = l_0/3$

式中 q ——均布活荷载设计值； g ——均布恒荷载设计值

图 2-21 连续板的分离式配筋

4、简支板或连续板跨中下部纵向钢筋伸至支座的中心线且锚固长度不应小于 $5d$ (d 为下部钢筋直径)。当连续板内温度收缩应力较大时，伸入支座的锚固长度宜适当增加。

对与边梁整浇的板，支座负弯矩钢筋的锚固长度应为 L_a ，见图 2-21 右侧支座负筋

5、在双向板的纵横两个方向上均需配置受力钢筋。承受弯矩较大方向的受力钢筋，布置在受力较小钢筋的外层。

二、分布钢筋

它主要用来使作用在板面荷载能均匀地传递给受力钢筋；抵抗因温度变化和混凝土收缩在垂直于板跨方向所产生的拉应力；同时还与受力钢筋绑扎在一起组合成骨架，防止受力钢筋在混凝土浇筑时的位移。

1、单向板中单位长度上分布钢筋的截面面积不宜小于单位宽度上受力钢筋截面面积 15%，且不宜小于该方向板截面面积的 0.15%；分布钢筋的间距不宜大于 250mm，直径不宜小于 6mm。

对集中荷载较大的情况，分布钢筋的截面面积应适当增加，其间距不宜大于 200mm。

2、在温度、收缩应力较大的现浇板区域内，钢筋间距宜为 150~200mm，并应在板的配筋表面布置温度收缩钢筋。板的上、下表面沿纵、横两个方向的配筋率均不宜小于 0.1%。

温度收缩钢筋可利用原有钢筋贯通布置，也可另行设置构造钢筋网，并与原有钢筋按受拉钢筋的要求搭接或在周边构件中锚固。

三、构造钢筋

为了避免板受力后，在支座上部出现裂缝，通常是在这些部位上部配置受拉钢筋，

这种钢筋称为负筋。

1、对与支承结构整体浇筑或嵌固在承重砌体墙内的现浇混凝土板，应沿支承周边配置上部构造钢筋，其直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 200mm，并应符合下列规定：

(1)该构造钢筋的截面面积：沿受力方向配置时不宜小于跨中受力钢筋截面面积的 1/3，沿非受力方向配置时可根据实践经验适当减少。

(2)该构造钢筋伸入板内的长度：对嵌固在承重砌体墙内的板不宜小于板短边跨度的 1/7，在两边嵌固于墙内的板角部分不宜小于板短边跨度的 1/4(双向配置)；对周边与混凝土梁或墙整体浇筑的板不宜小于受力方向板计算跨度的 1/5(单向板)、1/4(双向板)，见图 2-21。

2、当现浇板的受力钢筋与梁平行时，应沿梁长度方向配置间距不大于 200mm 且与梁垂直的上部构造钢筋，其直径不宜小于 8mm，且单位长度内的总截面面积不宜小于板中单位长度内受力钢筋截面面积的 1/3。该构造钢筋伸入板内的长度不宜小于板计算跨度 l_0 的 1/4，见图 2-22。

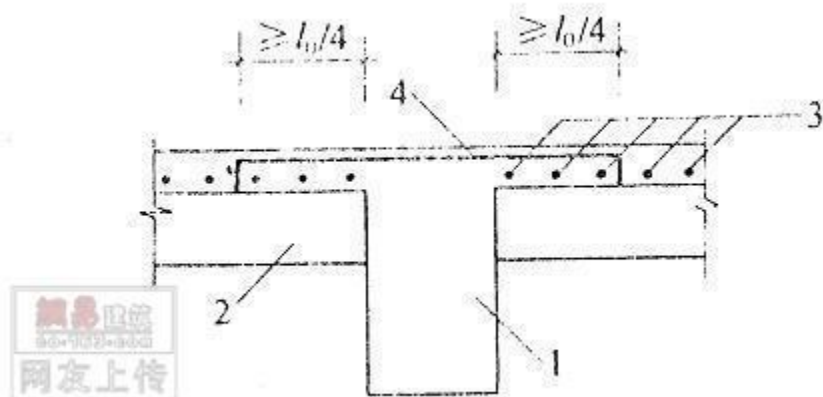


图 2-22 现浇板中与梁垂直的构造钢筋

说明：1—主梁 2—次梁 3—板的受力钢筋

3、挑檐转角处应配置放射性构造钢筋，如图 2-23。钢筋间距(按 $L/2$ 处计算)不宜大于 200mm；钢筋埋入长度不应小于挑檐宽度，即 $a \geq L$ 。构造钢筋的直径与边跨支座的负弯矩筋相同。

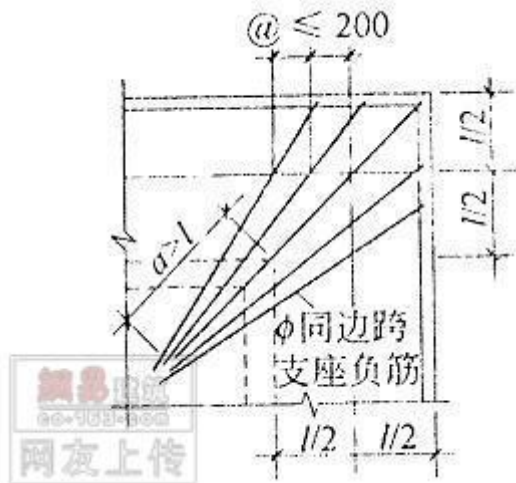


图 2-23 挑檐转角处板的构造钢筋

四、板上开洞

- 1、圆洞或方洞垂直于板跨方向的边长小于 300mm 时，可将板的受力钢筋绕过洞口，不必加固。
- 2、当 $300 \leq D(B) \leq 1000\text{mm}$ 时，应沿洞边每侧配置加强钢筋，其面积不小于洞口宽度内被切断的受力钢筋面积的 1/2，且不小于 $2A_{10}$ ，见图 2-24。

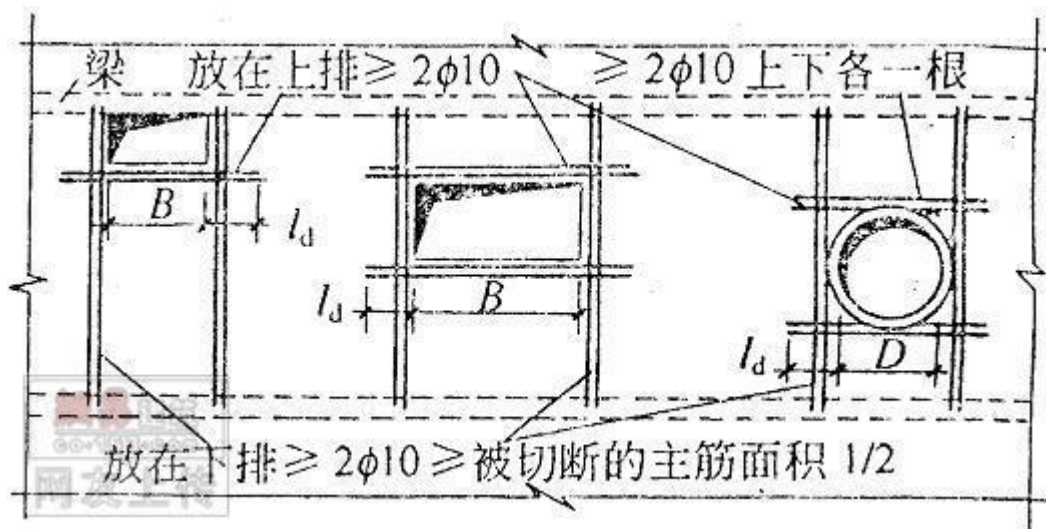


图 2-24 板上开洞处的构造钢筋

- 3、当 $D(B) > 300\text{mm}$ 且孔洞周边有集中荷载时或 $D(B) > 1000\text{mm}$ 时，应在孔洞边加设边梁。

五、板柱节点

在板柱节点处，为提高板的冲切强度，可配置箍筋或弯起钢筋。板的厚度不应小于 150mm。

箍筋应配置在柱边以外不小于 $1.5h_0$ 范围内，其间距不应大 $h_0/3$ ，如图 2-25a，箍筋外形宜为封闭式。箍筋直径不应小于 6mm。

弯起钢筋可由一组或二组组成，如图 2-25b。其倾斜度应与冲切破坏斜截面相交，其交点应在柱周边以外 $h/2 \sim 2/3h$ 的范围内。弯起钢筋直径不应小于 12mm，且每一方向不应小于 3 根。

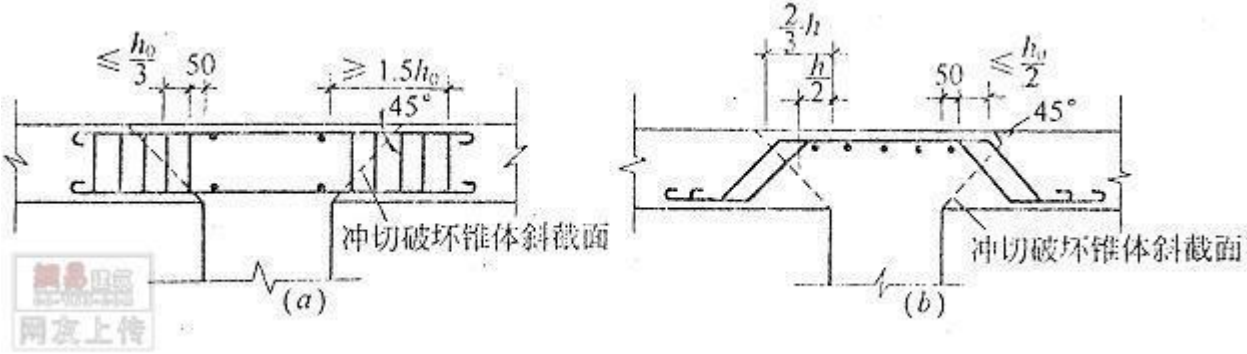


图 2-25 板柱节点处的加强钢筋

说明：（a）配置箍筋 （b）配置弯起钢筋

2.4 抗震配筋要求

2.4.1 抗震等级

钢筋混凝土结构构件的抗震设计，根据设防烈度、结构类型和房屋高度，抗震等级分为一、二、三、四级，应符合相应的计算和构造措施要求，并应符合钢筋混凝土结构的抗震等级表的规定，如表 2-5 示。

抗震等级	箍筋加密区长度 (二者取大值)	箍筋最大间距 (三者取大值)	箍筋最小直径
一	2h、500mm	6d、h/4、100mm	Φ10
二	1.5h、500mm	8d、h/4、100mm	Φ8
三（四）	8d、h/4、150mm	Φ8（Φ6）	

表 2-5 抗震等级表

一般规定

- 1、结构构件中的纵向受力钢筋宜选用 HRB335、HRB400 级钢筋。
- 2、纵向受拉钢筋的抗震锚固长度 L_{aE} ：对一、二级抗震等级为 $1.15L_a$ ，对三级抗震等级为 $1.05L_a$ ，对四级抗震等级为 L_a 。
- 3、采用搭接接头时，纵向受拉钢筋的抗震搭接长度 L_{lE} ，应按下列公式计算： $L_{lE}=\zeta L_{aE}$ 。
- 4、纵向受力钢筋连接接头的位置宜避开梁端、柱端箍筋加密区；当无法避开时，应采用满足等强度要求的高质量机械连接接头，且钢筋接头面积百分率不应超过 50%。
- 5、箍筋的末端应做成 135 度弯钩，弯钩端头平直段长度不应小于箍筋直径的 10 倍；在纵向受力钢筋搭接长度范围内的箍筋，其直径不应小于搭接钢筋较大直径的 0.25 倍，其间距不应大于搭接钢筋较小直径的 5 倍，且不应大于 100mm。

2.4.3 框架梁

- 1、框架梁梁端截面的底部和顶部纵向受力钢筋截面面积的比值，除按计算确定外，一般抗震等级不应小于 0.5；二、三级抗震等级不应小于 0.3。
- 2、梁端箍筋的加密区长度、箍筋最大间距和箍筋最小直径应按下表采用。当梁端纵向受拉钢筋配筋率大于 2%时，表中箍筋最小直径应增大 2mm，如表 2-6 示。

抗震等级	箍筋最大间距(mm)(两者取最小值)	箍筋最小直径(mm)
一	6d、100	10
二	8d、100	8
三	8d、150（柱根 100）	8
四	8d、150（柱根 100）	6（柱根 8）

表 2-6 梁端箍筋加密区的构造要求

注：d 为纵向钢筋直径；h 为梁的高度。梁端纵向钢筋配筋率 $>2\%$ 时，箍筋最小直径增加 2mm。

- 3、沿梁全长顶面和底面至少应备配置两根通长的纵向钢筋。对一、二级抗震等

级，钢筋直径不应小于 14mm，且分别不应少于梁两端顶面和底面纵向受力钢筋中较大截面面积的 1/4；对三、四级抗震等级，钢筋直径不应小于 12mm。

4、梁箍筋加密区长度内的箍筋间距：对一级抗震等级，不宜大于 200mm 和 20 倍箍筋直径的较大值；对二、三级抗震等级，不宜大于 250mm 和 20 倍箍筋直径的较大值；对四级抗震等级，不宜大于 300mm。

5、梁端设置的第一个箍筋应距框架节点边缘不大于 50mm；非加密区的箍筋间距不宜于加密区间距的 2 倍。

2.4.4 框架柱与框支柱

1、框架柱与框支柱上、下两端箍筋应加密。加密区的箍筋最大间距和箍筋最小直径应符合下表 2.7 的规定。

表 2-7 柱端箍筋加密区的构造要求

注：底层柱的柱根系指地下室的顶面或无地下室情况的基础顶面；柱根加密区长度应取不小于该层柱净高的 1/3；当有刚性地面时，除柱端箍筋加密区外尚应在刚性地面上、下各 500mm 的高度范围内加密箍筋。d 为纵向钢筋直径。

2、框支柱与剪跨比 ≤ 2 的框架柱应在柱全高范围内加密箍筋，且箍筋间距不应大于 100mm。

3、二级抗震等级的框架柱，当箍筋直径不小于 10mm、间距不大于 200mm，除柱根外，箍筋间距应允许采用 150mm；三级抗震等级框架柱的截面尺寸不大于 400mm 时，箍筋最小直径应允许采用 6mm；四级抗震等级框架柱剪跨比不大于 2 时，箍筋直径不应小于 8mm。

4、框架柱的箍筋加密区长度，应取柱截面长边尺寸(或圆形截面直径)、柱净高的 1/6 和 500mm 中的最大值。一、二级抗震等级的角柱应沿柱全高加密箍筋。

5、柱箍加密区内的箍筋间距：一级抗震等级不宜大于 200mm；二、三级抗震等级不宜大于 250mm 和 20 倍箍筋直径中的较大值；四级抗震等级不宜大于 300mm。

此外，每隔一根纵向钢筋宜在两个方向有箍筋或拉筋约束；当采用拉筋时，拉筋宜紧靠纵向钢筋并勾住封闭箍筋。

6、在柱箍筋加密区外，箍筋的体积配筋率不宜小于加密区配筋率的 1/2；对一、二级抗震等级，箍筋间距不应大于 10d；对三、四级抗震等级，箍筋间距不应大于 15d(d 为纵向钢筋直径)。

2.4.5 框架梁柱节点

1、框架中间层的中间节点处，框架梁的上部纵向钢筋应贯穿中间节点；对一、二级抗震等级，梁的下部纵向钢筋伸入中间节点的锚固长度不应小于 L_{aE} ，且伸过中心线不应小于 5d，如图 2-26a。梁内贯穿中柱的每根纵向钢筋直径，对一、二级抗震等级，不宜大于柱在该方向截面尺寸的 1/20；对圆柱截面，不宜大于纵向钢筋所在位置柱截面弦长的 1/20。

2、框架中间层的端节点处，当框架梁上部纵向钢筋用直线锚固方式锚入端节点时，其锚固长度除不应小于 L_{aE} 外，尚应伸过柱中心线不小于 5d(d 为梁上部纵向钢筋的直径)。当水平直线段锚固长度不足时，梁上部纵向钢筋应伸至柱外边并向下弯折。弯折前的水平投影长度不应小于 $0.4L_{aE}$ ，弯折后的竖直投影长度取 15d，如图 2-26ab。梁下部纵向钢筋在中间层端节点中的锚固措施与梁上部纵向钢筋相同。

3、框架顶层中间节点处，柱纵向钢筋应伸至柱顶。当采用直线锚固方式时，其自梁底边算起的锚固长度应不小于 L_e ，当直线段锚固长度不足时，该纵向钢筋伸到柱顶后可向内弯折，弯折前的锚固段竖向投影长度不应小于 $0.5L_{aE}$ ，弯折后的水平投影长度取 12d；当楼盖为现浇混凝土，且板的混凝土强度不低于 C20、板厚不小于 80mm 时，也可向外弯折，弯折后的水平投影长度取 12d，如图 2-26c。对一、二级抗震等级，贯穿顶层中间节点的梁上部纵向钢筋的直径，不宜大于柱在该方向截面尺寸的 1/25。梁下部纵向钢筋在顶层中间节点中的锚固措施与梁下部纵向钢筋在中间层中间节点处的锚固措施相同。

图 2-26 框架梁与框架柱的纵向受力钢筋在节点区的搭接与锚固

说明：（a）中间层中间节点（b）中间层端节点（c）顶层中间节点（d）顶层端节点（一）（e）顶层端节点（二）

4、框架顶层端节点处，柱外侧纵向钢筋可沿节点外边和梁上边与梁上部纵向钢

筋搭接连接，如图 2-26d，搭接长度不应小于 $1.5L_{aE}$ ，且伸入梁内的柱外侧纵向钢筋截面面积不宜少于柱外侧全部柱纵向钢筋截面面积的 65%；其中不能伸入梁内的外侧柱纵向钢筋，宜沿柱顶伸至柱内边；当该柱筋位于顶部第一层时，伸至柱内边后，宜向下弯折不小于 $8d$ 后截断(d 为外侧柱纵向钢筋直径)；当该柱筋位于顶部第二层时，可伸至柱内边后截断；当有现浇板时，且现浇板混凝土强度等级不低于 C20、板厚不小于 80mm 时，梁宽范围外的柱纵向钢筋可伸入板内，其伸入长度与伸入梁内的柱纵向钢筋相同。梁上部纵向钢筋应伸至柱外边并向下弯折到梁底标高。

当梁、柱配筋率较高时，顶层端节点处的梁上部纵向钢筋和柱外侧纵向钢筋的搭接连接也可沿柱外边设置，如图 2-26e，搭接长度不应小于 $1.72L_{aE}$ ，其中，柱外侧纵向钢筋应伸至柱顶，并向内弯折，弯折段的水平投影长度不宜小于 $12d$ 。

当梁上部纵向钢筋配筋率较高时，弯入柱外侧的梁上部纵向钢筋宜分两批截断，其截断点之间的距离不宜小于 $20d$ (d 为梁上部纵向钢筋直径)。柱内侧纵向钢筋在顶层端节点中的锚固要求可适当放宽，但柱内侧纵向钢筋应伸至柱顶。

5、柱纵向钢筋不应在中间各层节点内截断。

2.4.6 剪力墙

1、一、二、三级抗震等级的剪力墙的水平 and 竖向分布钢筋配筋率均不应小于 0.25%；四级抗震等级剪力墙不应小于 0.2%，分布钢筋间距不应大于 300mm，其直径不应小于 8mm。

部分框支剪力墙结构的剪力墙加强部位，水平和竖向分布钢筋配筋率不应小于 0.3%，钢筋间距不应大于 200mm。

2、剪力墙厚度大于 140mm 时，其竖向和水平分布钢筋应采用双排钢筋；双排分布钢筋间拉筋的间距不应大于 600mm，且直径不应小于 6mm。在底部加强部位、边缘构件以外的墙体中，拉筋间距应适当加密。

3、剪力墙端部设置的构造边缘构件(暗柱、端柱、翼墙和转角墙)的纵向钢筋除应满足计算要求外，如图 2-27，尚应符合表 2-8 的要求。

图 2-27 剪力墙构造边缘构件

说明：（a）暗柱（b）端柱（c）翼墙（d）转角墙

抗震等级 底部加强部位 其他部位

纵向钢筋最小配筋量 箍筋、拉筋 纵向钢筋最小配筋量 箍筋、拉筋

最小直径(mm) 沿竖向最大间距(mm) 最小直径(mm) 沿竖向最大间距(mm)

一 0.01Ac 和 6 根直径为 16mm 的钢筋中的较大值 8 100 0.008Ac 和 6 根直径为 14mm 的钢筋中的较大值 8 150

二 0.008Ac 和 6 根直径为 14mm 的钢筋中的较大值 8 150 0.006Ac 和 6 根直径为 12mm 的钢筋中的较大值 8 200

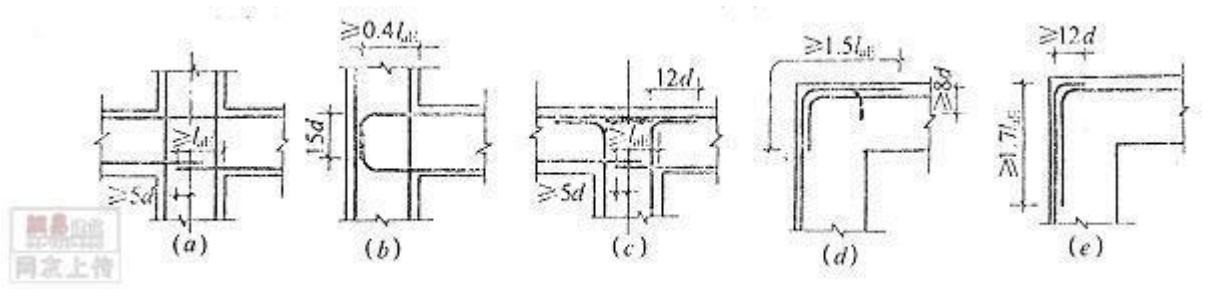
三 0.005Ac 和 4 根直径为 12mm 的钢筋中的较大值 6 150 0.004Ac 和 4 根直径为 12mm 的钢筋中的较大值 6 200

四 0.005Ac 和 4 根直径为 12mm 的钢筋中的较大值 6 200 0.004Ac 和 4 根直径为 12mm 的钢筋中的较大值 6 250

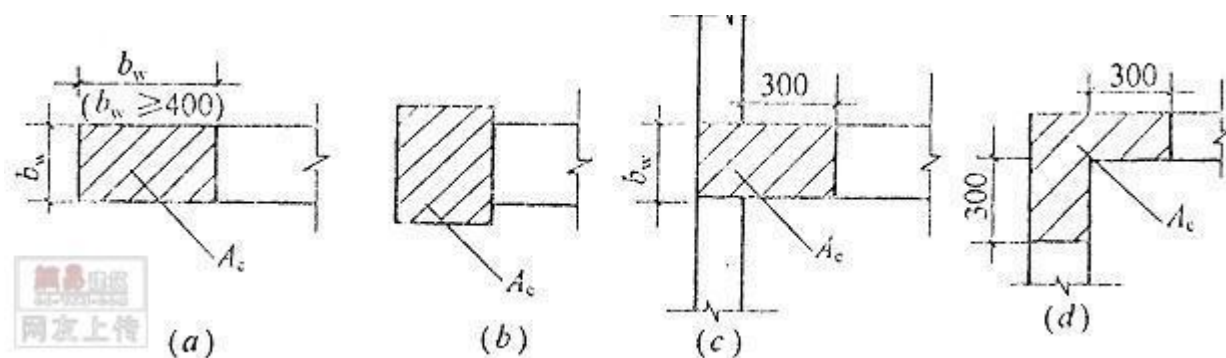
表 2-8 构造边缘构件的构造配筋要求

注：1.Ac 为图 9-33 中所示的阴影面积。

2.对其他部位，拉筋的水平间距不应大于纵向钢筋间距的 2 倍，



2-27 剪力墙构造边缘构件



钢筋的计算

钢筋的计算是根据构件配筋图，是计算出各种构件和规格的钢筋长度与重量，并加以汇总，然后分别统计出楼层量或工程量。由于大部份图纸都采用 03G101-1，因此我们在这节里会介绍部份钢筋的计算

2.5.1 钢筋下料长度的计算

钢筋因弯曲或弯钩会使其长度发生变化，在施工配料中不能公根据施工图所示尺寸下料；必须考虑混凝土保护层、钢筋弯曲、弯钩等因素，再根据图中尺寸计算其下料长度。各种钢筋下料长度计算如下：

平直钢筋下料长度=构件长度-保护层厚度+弯钩的增加长度

弯起钢筋下料长度=直段长度+斜段长度+弯钩的增加长度-弯曲调整值

箍筋下料长度=外皮周长尺寸+箍筋调整值

计算钢筋造价时，则按照上述计算公式不扣减弯曲调整值即可。钢筋 如有接长，则另加搭接长度。

一、单个弯钩增加长度计算

钢筋弯钩有三种形式：半圆弯钩、直弯钩及斜弯钩，如图 2-28 示。

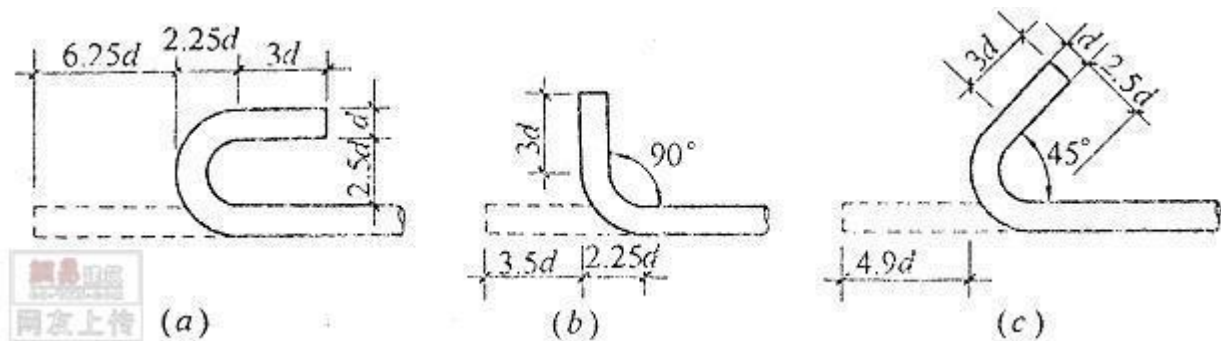


图 2-28 钢筋弯钩计算简图

说明：（a）半圆弯钩（b）直弯钩（c）斜弯钩

设 D 为圆弧弯曲直径， d 为钢筋直径， L_p 为弯钩的平直部分长度，并根据规定取值 $D=2.5d$ ， $L_p=3d$ ，则单个弯钩增加长度如表 2-9。

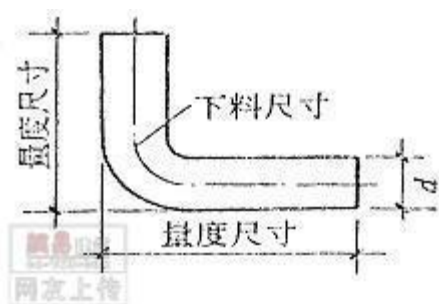


图 2-29 钢筋弯曲时的度量方法

弯钩角度 α 180° 135° 90°

弯钩增长公式 L_z 1.071D+0.57d+Lp 0.678D+0.178d+Lp 0.285D-0.215d+Lp

弯钩增加长度 6.25d 4.9d 3.5d

表 2-9 单个弯钩增加长度 1

注：某些施工或预算手册中的弯钩增加长度公式为：

弯钩角度 α 180° 135° 90°

弯钩增长公式 L_z 3d+3.5d* π /2 -2.25d

3d+1.5*3.5d* π /4 -2.25d

3d+3.5d* π /4 -2.25d

弯钩增加长度 6.25d 4.9d 3.5d

二、钢筋弯曲调整值

由于钢筋弯曲时，外侧伸长，内侧缩短，只有轴线长度不变。因弯曲处形成圆弧，而设计图中注明的量度尺寸一般是沿直线量外包尺寸。外包尺寸和钢筋轴线长度（下料尺寸）之间存在一个差值，即弯曲钢筋的量度尺寸大于下料尺寸。两者之间的差值叫弯曲调整值，如表 2-10 示。

弯钩种类	钢筋直径 d (mm)	$D=2.5d$			$D=3.5d$			$D=4d$		
		弯曲直径	一个弯钩	两个弯钩	弯曲直径	一个弯钩	两个弯钩	弯曲直径	一个弯钩	两个弯钩
直弯钩 90° ($l_p=5d$)	3	8	20	35	11	20	35	12	20	40
	4	10	20	45	14	25	50	16	25	50
	5	13	30	55	18	30	60	20	30	60
	6	15	35	70	21	35	70	24	40	70
	8	20	45	90	28	50	95	32	50	95
	10	25	55	110	35	60	120	40	60	120
	12	30	70	130	42	70	140	48	70	140
斜弯钩 135° ($l_p=10d$)	14	35	80	155	49	80	160	56	85	170
	6	15	70	145	21	75	150	24	80	155
	8	20	95	190	28	100	200	32	105	210
	10	25	120	240	35	130	250	40	130	260
	12	30	145	285	42	150	300	48	155	310
半圆弯钩 180° ($l_p=5d$)	14	35	170	335	49	180	350	56	180	360
	16	40	190	380	56	200	400	64	210	415
	3	8	25	50	11	30	55	12	30	60
	4	10	35	70	14	35	70	16	40	80
	5	13	40	85	18	45	90	20	50	100
网友上传	6	15	50	100	21	55	105	24	60	120
	8	20	70	130	28	70	140	32	80	160
	10	25	85	165	35	90	175	40	100	200
	12	30	100	200	42	105	210	48	120	240

表 2-10 箍筋弯钩增加长度取值

量度尺寸-下料尺寸=弯曲调整值 或 下料尺寸=量度尺寸-弯曲调整值

弯折角度 α 弯曲调整值公式 弯曲直径 D 取值 弯曲调整值

30° $0.006D+0.274d$ $D=4d$ $0.298d$

$D=5d$ $0.304d$

45° $0.022D+0.436d$ $D=4d$ $0.52d$

$D=5d$ $0.55d$

60° $0.053D+0.631d$ $D=4d$ $0.85d$

$D=5d$ 0.9d

90° $0.215D+1.215d$ $D=4d$ 2.08d

$D=5d$ 2.29d

135° $0.236D+1.65d$ $D=4d$ 2.59d

$D=5d$ 2.83d

弯起角度 α 弯曲调整值公式 弯曲直径 D 取值 弯曲调整值

30° $0.012D+0.28d$ $D=4d$ 0.33d

$D=5d$ 0.34d

45° $0.043D+0.457d$ $D=4d$ 0.63d

$D=5d$ 0.67d

60° $0.108D+0.685d$ $D=4d$ 1.12d

$D=5d$ 1.23d

注：由于在实际施工操作时并不能完全准确地按有关规定的最小弯曲调整值取用，有时稍有偏大取值，有时也可能略有偏小取值；也有成型工具性能不一定满足规定要求等。因此，除按有关计算方法计算弯曲调整值之外，还可以根据各地实际情况或操作经验确定。

三、箍筋弯钩规定及增加长度取值

（1）箍筋弯钩规定

用 I 级钢筋或冷拔低碳钢丝制作的箍筋：A、弯钩的弯曲直径应大于受力钢筋直径，且不小于箍筋直径的 2.5 倍；B、弯钩平直部分的长度，对于一般结构，不宜小于 $5d$ ；对于有抗震要求的结构，不应小于 $10d$ （ d 为箍筋直径）。

对于无抗震要求的结构，箍筋弯钩按 $90^\circ/180^\circ$ 或 $90^\circ/90^\circ$ 形式加工；对于有抗震要求或受扭的结构可按 $135^\circ/135^\circ$ 形式加工。箍筋弯钩形式如图 2-30 示。

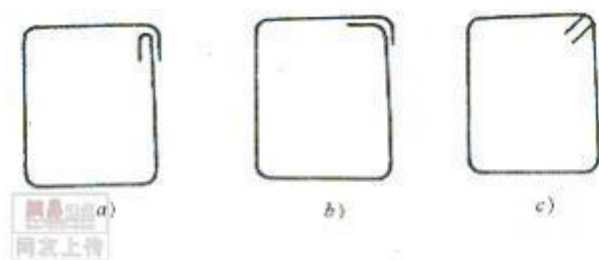


图 2-30 箍筋弯钩形式

(2) 箍筋弯钩增加长度取值

设 D 为圆弧弯曲直径, d 为钢筋直径, L_p 为弯钩的平直部分长度, 箍筋弯钩增加长度取值如表 2.11。

2.5.2 变截面构件钢筋下料长度计算

一、变截面构件箍筋

根据比例原理, 每根箍筋的长短差数 $\Delta = L_d - L_c n - 1$, 如图 2-31:

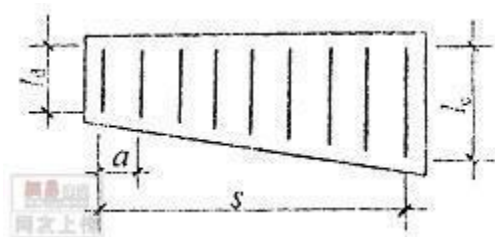


图 2-31 变截面构件箍筋

式中 L_d 为箍筋的最大高度; L_c 为箍筋的最小高度; n 为箍筋个数, $n = s/a + 1$; s 为最长箍筋和最短箍筋之间的总距离; a 为箍筋间距。

二、圆形构件钢筋

A、按弦长布置: 先很需要下式计算钢筋所在处弦长, 再减去两端保护层厚度,

就得钢筋长度，如图 2-32：

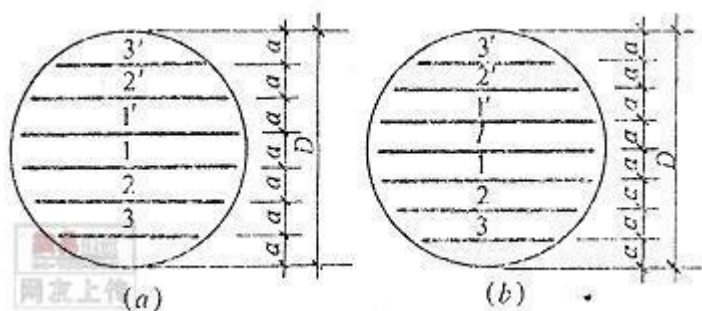


图 2-32 圆形构件钢筋

说明：（a）单数间距（b）双数间距

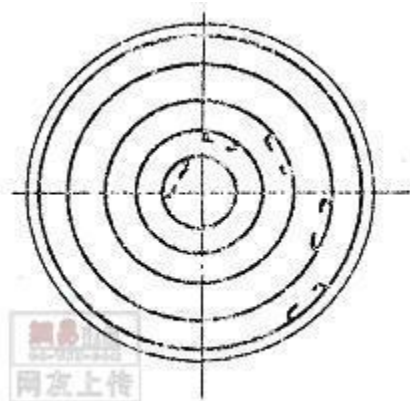
当配筋为单数间距时 $L_i = a(n+1)^2 - (2i-1)^2$ ；

当配筋为双数间距时 $L_i = a(n+1)^2 - (2i)^2$ ；

式中 L_i 为第 i 根（从圆心向两边计算）钢筋所在的弦长； a 为钢筋间距； n 为钢筋根数，等于 $D/a - 1$ (D 为圆直径)； i 为从圆心向两边计算的序号数。

B、按圆形布置：采用比例方法求每根钢筋的圆直径，再乘圆周率算得钢筋长度。

如下图 2-33。



三、曲线构件钢筋

A、曲线钢筋长度，根据曲线形状不同，可分别采用下列方法计算。

圆曲线钢筋的长度，可用圆心角 θ 与圆半径 R 直接算出或通过弦长 L 与矢高 h 查表得出（《建筑施工手册（第四版）》）1 中“施工常用数据”），如图 2-34 示。

抛物线钢筋的长度 L ，可按下式计算： $L = (1 + 8h^2/3l^2)l$ ，式中 l 为抛物线的水平投

影长度， h 为抛物线的矢高。

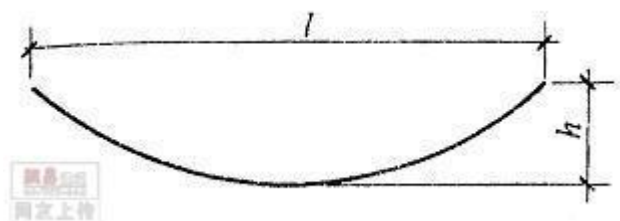


图 2-34 抛物线钢筋长度

其他曲线状钢筋的长度，可用渐近法计算，即分段按直线计，用勾股定理求得每段长度，然后汇总。

如图 3-35，设曲线方程式 $y=f(x)$ ，沿水平方向分段，每段长度为 l (经常取为 0.5m)，求已知 x 值时的相应 y ，然后计算每段长度，例如，第三段长度为 $2(y_3-y_2)^2+12$ 。

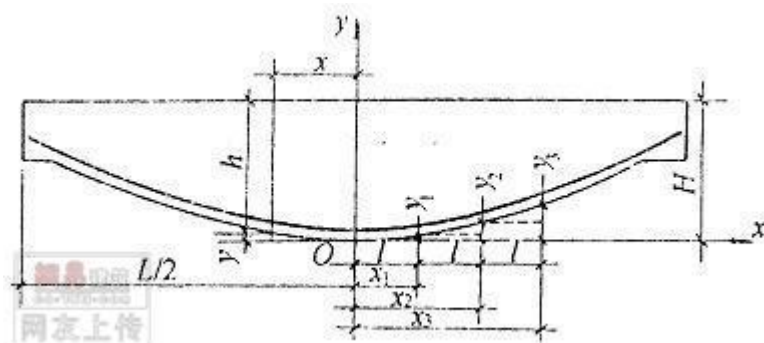


图 2-35 曲线钢筋长度

B、曲线构件箍筋高度，根据已知曲线方程式求解。先根据箍筋的间距确定 x 值，代入曲线方程式求 y 值，然后计算该处的梁高 $h=H-y$ ，再扣除上下保护层厚度，即得箍筋高度。

对于非常复杂的构件，用数学方法很难计算钢筋长度时，可以用“放足尺”（1：1）或放小样（1：5）方法计算钢筋长度。

四、螺旋箍筋长度计算

在圆形截面的构件中，螺旋箍筋沿圆表面缠绕，其中螺距为 p 和直径为 D ，则每米钢筋骨架长的螺旋箍筋长度计算公式：

$$L=2000*(\text{Pai})*ap(1-e^4-364e^2)$$

式中 L 为每米钢筋骨架长的螺旋箍筋长度；（Pai）为圆周率，取为 3.1416；p 为螺距；a（单位为 mm）= $p^2 + 4D^2$ ； $e = 4a^2 - D^2$ 。

在计算螺旋箍筋下料长度时，D 可采用箍筋的中心距，即主筋外皮距离加上箍筋直径。

2.5.3 钢筋的重量计算

计算钢筋的重量，必须先算出钢筋的体积，再乘以钢筋单位体积的重量。而 1m³ 的钢材重 7.85t(即 7850 kg)，则 1cm³ 的钢材重 0.00785。

1 米长钢筋的体积是 $0.785 \cdot d^2 \cdot 100 = 78.5 \cdot d^2 \text{cm}^3$ ；因此 1 米钢筋的重 $78.5 \cdot d^2 \cdot 0.00785 = 0.616 \cdot d^2$

根据上面的公式得出下面的钢筋重量表，如表 2-12

直径(mm)	3	4	5	6	6.5	7	8	10	12	14	16
重量 (kg/m)	0.056	0.099	0.154	0.222	0.260	0.302	0.395	0.617	0.888	1.21	1.58

直径(mm)	18	20	22	25	28	30	32	36	40	50
重量 (kg/m)	2.00	2.47	2.98	3.85	4.83	5.55	6.31	7.99	9.87	15.42

表 2-12 钢筋重量表

2.5.4 钢筋计算实例

例 1 已知 1 号楼钢筋混凝土框架梁 KL1（2），第一跨跨距为 6900，距支座边为 200，第二跨为 4800，距支座边为 200，截面尺寸为 300*700，箍筋为 A10@100/200，上部通长钢筋为 2B25，下部为 4B25，支座 1 为 4B25，支座 2 为 4B25/2B20，支座 3 为 4B25，腰筋为 2B12，次梁宽为 200mm，吊筋为 2B22，板厚 200mm，如图 2-36 示，混凝土等级为 C25,抗震等级为三级，求各种钢筋的下料长度？

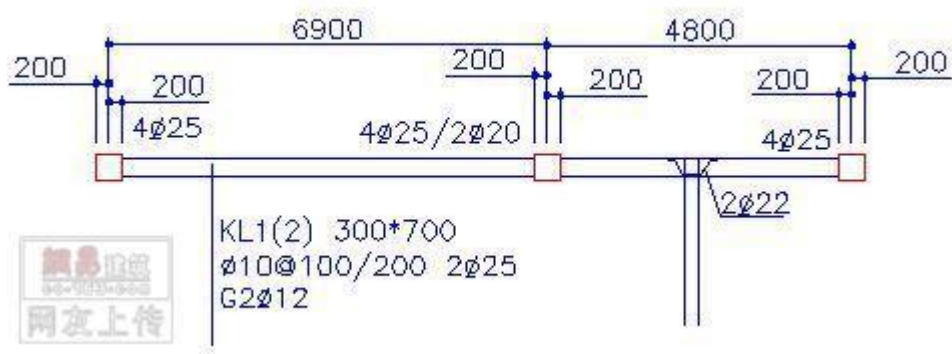


图 2-36 梁实例

根据 03G101-1 和《建筑施工手册》的有关规定，得出：

- (1) 纵向受力筋混凝土保护层为 25mm；
- (2) 锚固长度为 35d
- (3) 构造钢筋腰筋为 B12， $h_w=700-200=500\text{mm}$,

根据已知条件和上述构造要求，绘制出下表，并进行编号

钢筋编号	简图	规格与直径(mm)	根数	下料长度(mm)	重量(kg)
1	3001	B25	2	12700	97.79
2	2001	B25	2	2867	22.076
3	1001	B25	2	4733	36.44
4	1001	B20	2	3650	18.031
5	2001	B25	2	2167	16.686
6	2001	B25	4	8075	124.355
7	2001	B25	4	5975	92.015
8、9、11	4209	A10@100/200	82	2070	104.73
10	5010	B22	2	2974	17.52
12	1001	B12	2	6860	12.18
13	1001	B12	2	4760	8.45
14	1202	A8@400	58	366	8.385

下料长度计算

- (1) 号上部通长钢筋下料长度为：

伸长 $12050 + \text{弯折长度 } 375 + \text{弯折长度 } 375 - 2 \times 2 \times 25 = 12700 \text{ mm}$

(2) 号支座 1 的加强筋下料长度为:

$[\text{伸长 } (6900 - 400) / 3 + 400 - 25 = 2542] + \text{弯折长度 } 375 - 2 \times 25 = 2867 \text{ mm}$

(3) 号支座 2 第一排负筋下料长度为:

伸长 $= (6900 - \text{支座 } 200 \times 2) / 3 \times 2 + 400 = 4733 \text{ mm}$

(4) 号支座 2 第二排负筋下料长度为:

伸长 $= (6900 - 200 \times 2) / 4 \times 2 + 400 = 3650 \text{ mm}$

(5) 号支座 3 第一排负筋下料长度为:

$[\text{伸长 } (4800 - 200 \times 2) / 3 + 375] + \text{弯折长度 } 375 - 2 \times 25 = 2167 \text{ mm}$

(6) 号第一跨下部钢筋下料长度为:

弯折长度 $375 + \text{伸长 } (6900 - 25 + 35 \times 25) - 2 \times 25 = 8075 \text{ mm}$

(7) 号第二跨下部钢筋下料长度

弯折长度 $375 + \text{伸长 } (4800 - 25 + 35 \times 25) - 25 \times 2 = 5975 \text{ mm}$

(8) 箍筋下料长度为:

$270 \times 2 + 670 \times 2 + 250 - 3 \times 2 \times 10 = 2070 \text{ mm}$

根据 03G101-1 第 63 页中框架梁箍筋加密区 $\geq 1.5h_b \geq 500$ 的规定, h_b 为梁截面高度,

根数计算如下: 根数 $= \text{第一跨 } 43 + \text{第二跨 } 33 + \text{附加箍筋 } 3 \times 2 = 82 \text{ 根}$

(9) 、(11) 号同 (8) 号钢筋

(10) 号吊筋的下料长度为:

$(\text{次梁宽 } 200 + 50 \times 2) + \text{斜长 } 919 \times 2 + \text{平直段 } 20 \times 22 \times 2 - 4 \times 0.5 \times 22 = 2974 \text{ mm}$

(12) 第一跨腰筋下料长度为:

$(6900 - 200 \times 2) + 15 \times 12 \times 2 = 6860 \text{ mm}$

(13) (12) 号第二跨腰筋下料长度为:

$(4800 - 200 \times 2) + 15 \times 12 \times 2 = 4760 \text{ mm}$

(14) 号梁拉筋下料长度为:

伸长 $(300 - 25 \times 2 + 8 \times 2) + 6.25 \times 2 \times 8 = 366 \text{ mm}$ 。