

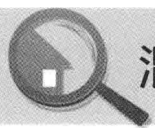
混凝土结构施工图识读与算量辅导书

平法识图与钢筋计算 综合实训

李晓红 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



混凝土结构施工图识读与算量辅导书

平法识图与钢筋计算 综合实训

李晓红 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



前言

笔者 2010 年在中国电力出版社编写出版了《混凝土结构平法识图》，2013 组织修订出版了第二版，该书对土建类专业的课程建设和教学改革起到了积极的推动作用。编者通过对多年的平法教学实践的总结，又鉴于本学科的知识更新和对人才培养的要求，今年还即将修订出版第三版。另外为方便老师教学和同学们练习，2014 年又出版了与《混凝土结构平法识图》配套的工程实例，效果反响都非常好。

为了进一步帮助学生熟练掌握平法国标图集 11G101 和 12G901 中的内容，使其对钢筋标准配筋构造有更透彻的理解和更灵活的应用，笔者今年编著了本书。在本书中增加了柱、梁、板、剪力墙、楼梯及基础的平法钢筋计算综合实训案例，供读者参考学习。书中的平法钢筋计算的案例是编者根据设计院十多年的结构设计经验并在多年的平法教学中逐渐摸索出来的一种简便实用方法，希望对读者有所帮助。

本书有以下几个特点：

1. 它是一本系统讲解钢筋设计长度、造价长度和施工下料长度的实用书籍。
2. 在各类构件上直接计算钢筋设计（造价）长度的过程和步骤是笔者在平法教学实践中摸索出来的一种实用方法。这种在剖面或平面图上直接计算钢筋设计（造价）长度的方法是本书的一大特色。
3. 书中单元 1 详细讲解了钢筋施工下料长度计算的原理并将钢筋施工下料长度的练习穿插在后续单元大量的钢筋计算综合实训案例中，这种新颖的教学和练习一体化的形式是本书的又一特色。

由于时间仓促，加上能力水平所限，书中错误和欠缺在所难免，恳请同行给予批评指正，以携手共同促进平法教学登上更高的台阶！

2015 年 12 月



目 录

前言

单元 1 平法钢筋长度计算概述	1
1.1 钢筋设计尺寸和施工下料尺寸概述	1
1.2 箍筋外皮设计尺寸计算	3
1.3 拉筋外皮设计尺寸计算	11
1.4 HPB300 级钢筋末端 180° 弯钩增加长度	15
单元 2 柱平法识图和钢筋计算综合实训	18
2.1 中柱、边柱和角柱柱顶钢筋立体图	18
2.2 柱实训案例要用到的钢筋标准构造	21
2.3 柱平法识图和钢筋计算综合实训案例	25
单元 3 梁平法识图和钢筋计算综合实训	40
3.1 梁上部通长筋、非通长筋和架立筋立体图	40
3.2 梁实训案例要用到的钢筋标准构造	43
3.3 梁平法识图和钢筋计算综合实训案例	48
单元 4 板平法识图和钢筋计算综合实训	66
4.1 传统板和平法板施工图的对比	66
4.2 板实训案例要用到的钢筋标准构造	69
4.3 板平法施工图识读和钢筋计算综合实训案例	73
单元 5 剪力墙平法识图和钢筋计算综合实训	86
5.1 剪力墙及墙内钢筋分类	86
5.2 剪力墙实训案例要用到的钢筋标准构造	93
5.3 剪力墙平法识图和钢筋计算综合实训案例	98
单元 6 楼梯平法识图和钢筋计算综合实训	111
6.1 AT 型楼梯的平面注写	111
6.2 楼梯实训案例要用到的钢筋标准构造	113

单元1 平法钢筋长度计算概述

1.1 钢筋设计尺寸和施工下料尺寸概述

1. 钢筋设计尺寸

在平法结构施工图中,根据 11G101 图集标准配筋构造算出的钢筋尺寸,标注在钢筋上,这个尺寸就是设计尺寸(即造价尺寸),见图 1-1 中最外层的尺寸标注。显然,设计尺寸是钢筋外轮廓水平方向投影长度(水平直线段 $yz+cd$)和钢筋外轮廓竖直方向投影长度(竖向直线段 $ab+xy$)之和,即该钢筋的设计(造价)总尺寸为 $ab+xy+yz+cd$ 。

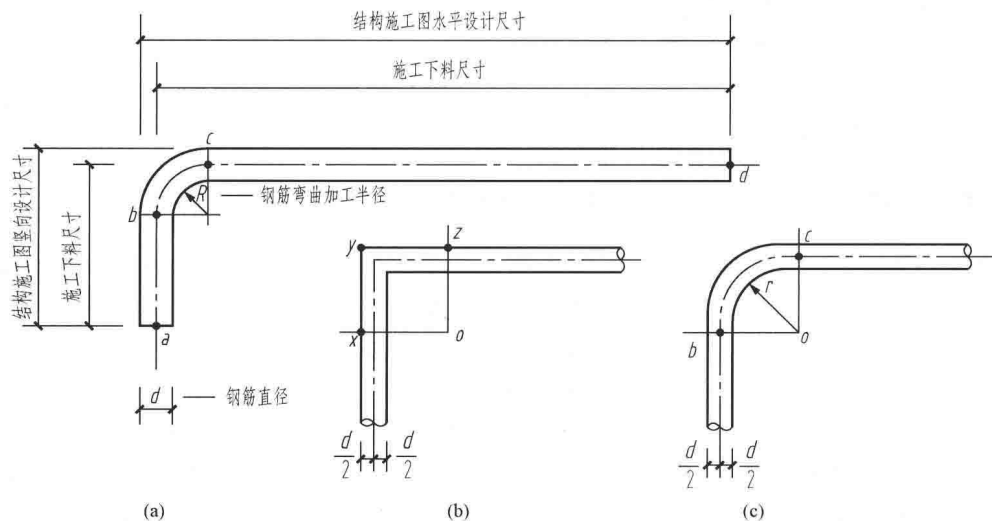


图 1-1 钢筋设计长度和施工下料长度示意

(a) 钢筋下料尺寸与设计尺寸; (b) 90° 弯弧外皮尺寸 $xy+yz$; (c) $\widehat{bc}$ 弧线的弧长

2. 钢筋施工下料尺寸

钢筋施工下料长度的计算,是以“钢筋中心线的长度在加工变形以后是不改变的”为假定前提的。所以计算钢筋下料长度,就是计算钢筋中心线的长度。如图 1-1 (a) 所示中钢筋加工下料的总尺寸是 ab (直线段)+ $\widehat{bc}$ (弧线长)+ cd (直线段)。

图 1-1 (b) 是平法结构施工图上 90° 弯折处的钢筋(11G101 中钢筋弯折处标注的尺寸均为水平和竖向的正投影长度),它是沿着钢筋外皮 $xy+yz$ 度量尺寸的;而图 1-1 (c) 弯

曲处的钢筋，则是沿着钢筋的中和轴（钢筋被弯曲后既不伸长也不缩短的钢筋中心轴线） $\widehat{bc}$ 弧线的弧长度量尺寸的。

通过分析图 1-1，我们可以直观地看到，结构施工图的设计（造价）尺寸和施工加工下料尺寸完全不是一回事。图 1-1 中钢筋的施工图设计（造价）总尺寸 $ab+xy+yz+cd$ ，减去钢筋加工下料的总尺寸 $ab+\widehat{bc}+cd$ （弧线） $+cd$ ，实际上就是钢筋 90° 弯曲处的外皮尺寸 $xy+yz$ 与 $\widehat{bc}$ 弧线的弧长之间的差值，通常被称为“外皮差值”，见表 1-1。

表 1-1 钢筋外皮尺寸的差值表

弯曲角度	$R=1.25d$	$R=1.75d$	$R=2d$	$R=2.5d$	$R=4d$	$R=6d$	$R=8d$
30°	$0.29d$	$0.296d$	$0.299d$	$0.305d$	$0.323d$	$0.348d$	$0.373d$
45°	$0.49d$	$0.511d$	$0.522d$	$0.543d$	$0.608d$	$0.694d$	$0.78d$
60°	$0.765d$	$0.819d$	$0.846d$	$0.9d$	$1.061d$	$1.276d$	$1.491d$
90°	$1.751d$	$1.966d$	$2.073d$	$2.288d$	$2.931d$	$3.79d$	$4.648d$
135°	$2.24d$	$2.477d$	$2.595d$	$2.831d$	$3.539d$	$4.484d$	$5.428d$
180°	$3.502d$	$3.932d$	$4.146d$	$4.576d$	—	—	—

注 1. 平法框架主筋 $d \leq 25\text{mm}$ 时， $R=4d$ （ $6d$ ）； $d > 25\text{mm}$ 时， $R=6d$ （ $8d$ ）。括号内为顶层边节点要求。

2. 弯曲角度 $R=2.5d$ 常用于箍筋和拉筋。

3. 弯曲角度 $R=1.75d$ 常用于轻骨料中 HPB300 级主筋。

依据表 1-1 中的“外皮差值”，我们就可以根据结构施工图的钢筋设计尺寸来计算钢筋的施工下料尺寸了。

3. 根据钢筋设计尺寸简图计算钢筋的造价长度和施工下料长度

【例 1-1】 图 1-2 为平法结构施工图中的单根钢筋设计尺寸简图。该钢筋牌号为 HRB400，直径 $d=22\text{mm}$ ，钢筋加工弯曲半径 $R=4d$ 。求该钢筋的造价长度及加工弯曲前所需切下的施工下料长度。



图 1-2 钢筋设计尺寸简图

解 1. 计算钢筋的造价长度

造价长度 = 设计长度 = $5350 + 330 + 330 = 6010(\text{mm})$

2. 计算钢筋的施工下料长度

(1) 查表 1-1 求外皮差值。

由图 1-2 可知，该钢筋弯钩为 90° ，且有两个。根据弯曲半径 $R=4d$ 和弯曲角度 90° 查表 1-1，得到外皮差值为 $2.931d$ 。

(2) 求施工下料长度。

施工下料长度 = 设计长度 - 外皮差值 = $6010 - 2.931 \times 22 \times 2 \approx 5881(\text{mm})$

【例 1-2】 图 1-3 为平法结构施工图中的单根钢筋设计尺寸简图。该钢筋牌号为 HRB335，直径 $d=20\text{mm}$ ，钢筋加工弯曲半径 $R=4d$ 。求该钢筋的造价长度及加工弯曲前所需切下的施工下料长度。

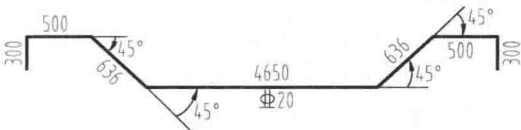


图 1-3 钢筋设计尺寸简图



解 1. 计算钢筋的造价长度

造价长度 = 设计长度 = $4650 + 300 \times 2 + 500 \times 2 + 636 \times 2 = 7522(\text{mm})$

2. 计算钢筋的施工下料长度

(1) 查表 1-1 求外皮差值。

由图 1-3 可知, 该钢筋有两个 90° 弯钩和 4 个 45° 弯折处。根据弯曲半径 $R=4d$ 和弯曲角度 90° 查表 1-1, 得到外皮差值为 $2.931d$; 根据弯曲半径 $R=4d$ 和弯曲角度 45° 查表 1-1, 得到外皮差值为 $0.608d$ 。

(2) 施工下料长度。

施工下料长度 = 设计长度 - 外皮差值 = $7522 - 2.931 \times 20 \times 2 - 0.608 \times 20 \times 4$
 $\approx 7356(\text{mm})$

通过以上两个例题的计算可以看出, 如果知道了钢筋的设计尺寸, 造价长度和下料长度的计算就成为一件很简单的事情。根据平法施工图计算钢筋的设计长度的方法和步骤将在单元 2~单元 7 中结合案例进行详细介绍。

1.2 箍筋外皮设计尺寸计算

为了方便理解后续单元中的钢筋计算案例, 此处先通过箍筋和拉筋长度的计算来阐述弯钩处钢筋长度计算的原理和方法。

1. 计算外围箍筋的外皮设计尺寸 L_1 、 L_2 、 L_3 及 L_4

1) 外箍弯钩的相关规定

外围箍筋, 简称外箍, 11G101 图集中称为非复合箍筋, 有时还被称为普通箍筋。

众所周知, 梁柱混凝土保护层厚度的含义由原来的“箍筋内表面到混凝土表面的距离”变成目前的“箍筋外表面到混凝土表面的距离”。例如, 某梁断面尺寸为 B (宽) $\times H$ (高), 那么梁宽 B 减掉 2 倍的旧保护层厚度, 刚好等于梁宽方向的箍筋内皮尺寸。因此原先除了箍筋标注的是内皮尺寸, 其余的钢筋均标注外皮尺寸。

根据保护层的新含义, 梁或柱的断面边长减掉 2 倍的保护层厚度, 恰好等于箍筋的外皮尺寸。因此, 我们需要摒弃“箍筋标注内皮尺寸”这种过时的做法, 应与时俱进, 箍筋及其他所有钢筋的设计标注尺寸均统一标注“外皮尺寸”。本书中钢筋长度计算方面, 统一采用标注箍筋外皮尺寸的做法。

现行规范规定: 箍筋和拉筋的弯弧内直径不应小于箍筋直径的 4 倍, 尚应不小于纵向受力钢筋的直径。目前工地上的箍筋和拉筋的弯弧内半径, 一般取 2.5 倍箍筋直径。箍筋和拉筋弯钩弯后平直部分长度: 对非抗震结构, 不应小于箍筋直径的 5 倍; 对有抗震、抗扭等要求的结构, 不应小于箍筋直径的 10 倍和 75mm 的较大值。

2) 外箍外皮设计尺寸的标注

图 1-4 (a) 是已经加工后的梁柱中的外围箍筋, 图 1-4 (b) 是将图 1-4 (a) 中的弯钩展开后的图形, 图中 L_1 、 L_2 、 L_3 及 L_4 标注的是箍筋四个框的外皮设计尺寸。图 1-4 (c) 是图 1-4 (a) 箍筋的设计简图, 并将算出的 L_1 、 L_2 、 L_3 及 L_4 的数值标注在箍筋四个框的外侧, 代表箍筋外皮尺寸, 这也是以前为了区分箍筋外皮尺寸和内皮尺寸所做的标注规定。

因为本书箍筋统一采用的是外皮尺寸，所以无论 L_1 、 L_2 、 L_3 及 L_4 的数值标注在箍筋四个框的外侧或内侧，均表示外皮尺寸。

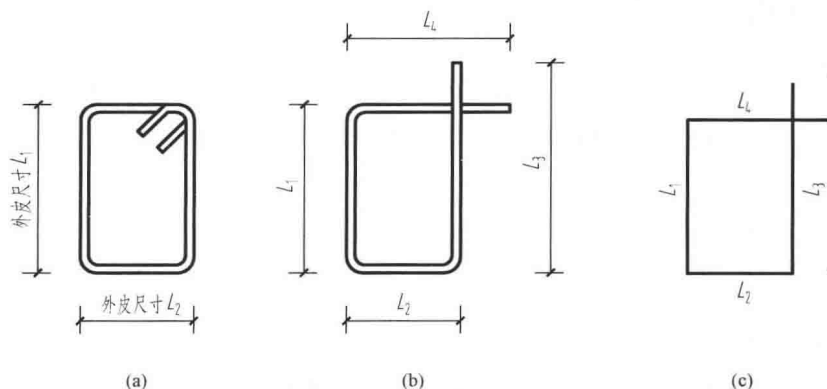


图 1-4 外围箍筋的外皮设计尺寸标注（箍筋设计简图）

2. 外箍下料长度的计算原理

为了便于计算箍筋的下料长度，假想图 1-5 (a) 是由两个部分组成：一个是图 1-5 (b)；一个是图 1-5 (c)。图 1-5 (b) 是一个闭合的矩形，但是四个角是以 $R=2.5d$ 为半径的弯曲圆弧。图 1-5 (c) 是弯钩及其末尾直线部分，而图 1-5 (d) 为图 1-5 (c) 的放大图。从放大图里可以看出图中有一个半圆和两个相等的直线段，长度就等于半圆的中心线的弧长再加上两段相等的直线段。

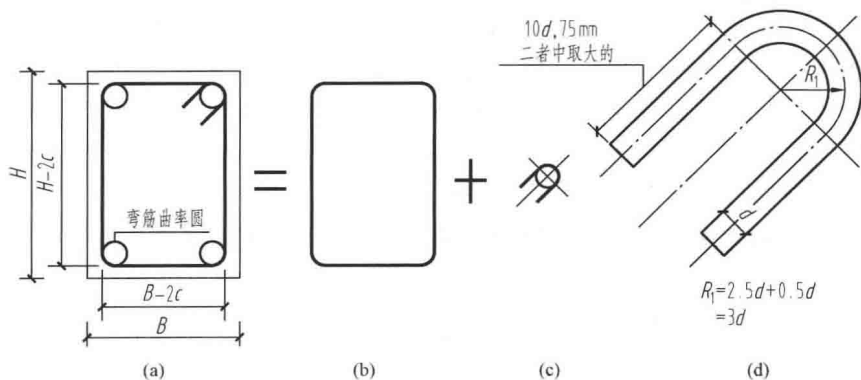


图 1-5 封闭箍筋下料长度计算原理图

根据图 1-5 (b) 和图 1-5 (c)，分别计算，加起来就是箍筋的下料长度。推导过程略，这里仅给大家提供一种计算箍筋下料长度的思路。

将图 1-4 (c) 中箍筋的 4 个外皮尺寸加起来，再减掉 3 个 90° 的外皮差值，就是箍筋的下料长度。因此如何计算箍筋用作弯曲加工的外皮尺寸 L_1 、 L_2 、 L_3 及 L_4 就成为我们学习的关键。



3. 外箍外皮尺寸 L_1 、 L_2 、 L_3 及 L_4 的计算原理和方法

图 1-6 和图 1-7 是放大的箍筋上框、右框及其展开图, 据此我们可以很容易的计算出箍筋上框 L_4 和右框 L_3 的数值。箍筋的四个框尺寸中, 没有弯钩的左框 L_1 和下框 L_2 的外皮尺寸计算较简单, 因为它们就是根据保护层 c 间的距离来标注的。

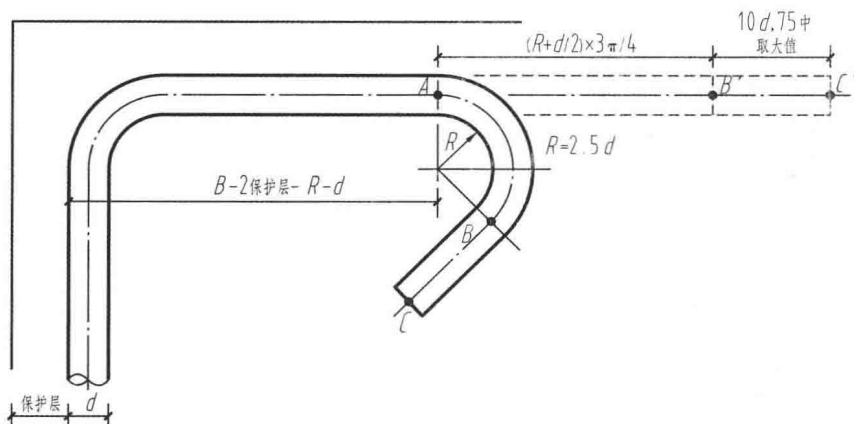


图 1-6 计算 L_4 的原理图

左框 L_1 和下框 L_2 的公式如下:

箍筋左框

$$L_1 = H - 2c \quad (1-1)$$

箍筋下框

$$L_2 = B - 2c \quad (1-2)$$

由图 1-6 可知, 箍筋的上框 (L_4) 外皮尺寸是由三部分组成: 箍筋左框外皮到钢筋弯曲中心, 加上 135° 弯曲钢筋中心线长度, 再加上钢筋末端直线段长度。

由图 1-7 可知, 箍筋的右框 (L_3) 外皮尺寸也是由三部分组成: 箍筋下框外皮到钢筋弯曲中心, 加上 135° 弯曲钢筋中心线长度, 再加上钢筋末端直线段长度。

由图 1-6 和图 1-7, 得到右框 L_3 和上框 L_4 的公式如下:

箍筋右框

$$L_3 = H - 2c - R - d + (R + d/2)3\pi/4 + 10d \quad (10d > 75) \quad (1-3)$$

箍筋右框

$$L_3 = H - 2c - R - d + (R + d/2)3\pi/4 + 75 \quad (75 > 10d) \quad (1-4)$$

箍筋上框

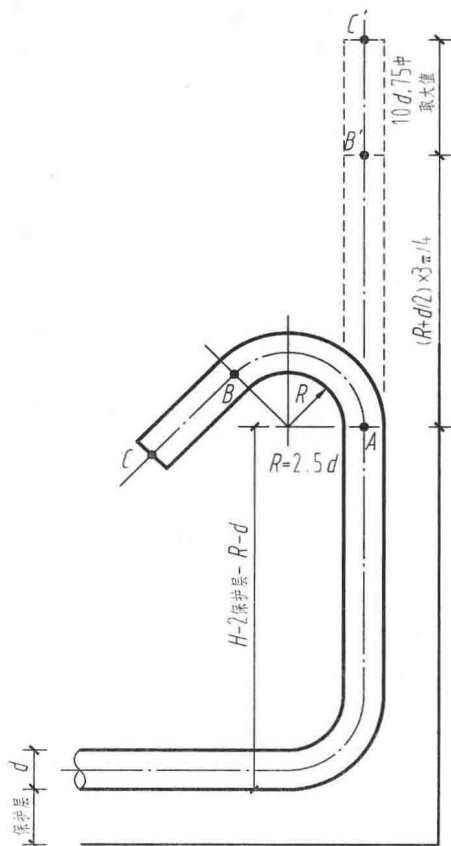


图 1-7 计算 L_3 的原理图

$$L_4 = B - 2c - R - d + (R + d/2)3\pi/4 + 10d \quad (10d > 75) \quad (1-5)$$

箍筋上框

$$L_4 = B - 2c - R - d + (R + d/2)3\pi/4 + 75 \quad (75 > 10d) \quad (1-6)$$

以上各式中 c ——保护层厚度；

R ——弯曲半径；

d ——箍筋直径；

H ——梁柱截面高度；

B ——梁柱截面宽度。

现在把式 (1-3) ~ 式 (1-6) 整理一下，简化为：

箍筋右框

$$L_3 = H - 2c + 13.569d \quad (10d > 75) \quad (1-3a)$$

箍筋右框

$$L_3 = H - 2c + 3.569d + 75 \quad (10d < 75) \quad (1-4a)$$

箍筋上框

$$L_4 = B - 2c + 13.569d \quad (10d > 75) \quad (1-5a)$$

箍筋上框

$$L_4 = B - 2c + 3.569d + 75 \quad (10d < 75) \quad (1-6a)$$

为了观察这些公式更加的直观和方便，将式 (1-3a)、式 (1-4a)、式 (1-5a)、式 (1-6a) 标注在箍筋的计算简图上，见图 1-8。

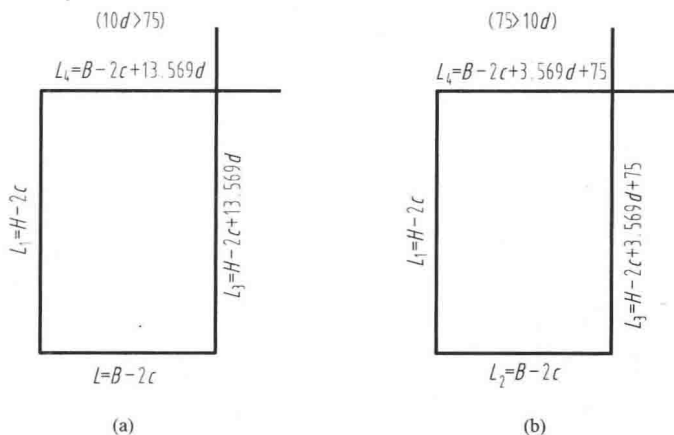


图 1-8 计算外皮尺寸 L_1 、 L_2 、 L_3 及 L_4 的箍筋计算简图 ($R=2.5d$, 135° 弯钩)

通过观察图 1-8 分析，当 $R=2.5d$ 不变的情况下，可以发现图 1-8 (a) 和 (b) 中的 L_1 与 L_3 之间的差值以及 L_2 与 L_4 之间的差值分别为：

$$L_3 - L_1 = L_4 - L_2 = 13.569d \quad (10d > 75) \quad (1-7)$$

$$L_3 - L_1 = L_4 - L_2 = 3.569d + 75 \quad (10d < 75) \quad (1-8)$$

这样，我们就可以事先令 $R=2.5d$ ，当 d 为不同数值时，列出表 1-2，以方便计算时直接查表使用。


 表 1-2 箍筋外皮尺寸 L_3 、 L_4 比 L_1 、 L_2 多出的数值

d (mm)	L_3 比 L_1 或者 L_4 比 L_2 多出的数值 公式	L_3 比 L_1 或者 L_4 比 L_2 多出的数值 (mm)
6	$3.569d + 75$	96
6.5		98
8	$13.569d$	109
10		136
12		163

注 本表适用于弯曲半径 $R=2.5d$, 135° 弯钩。

【例 1-3】 已知某抗震框架结构的梁宽 $B=300\text{mm}$, 梁高 $H=500\text{mm}$; 保护层厚度 $c=25\text{mm}$; 箍筋直径 $d=8\text{mm}$, 末端 135° 弯钩; 弯曲半径 $R=2.5d$ 。求出箍筋的外皮尺寸, 并注写在箍筋简图上; 同时求出它的造价尺寸和下料尺寸。参见图 1-9 (a)。

解法一: 直接套用公式来计算箍筋外皮尺寸 L_1 、 L_2 、 L_3 及 L_4

因为箍筋直径 $d=8\text{mm}$, 弯曲半径 $R=2.5d$, 而 $10d=10\times 8\text{mm}=80\text{mm}>75\text{mm}$, 所以直接套用式 (1-1)、式 (1-2)、式 (1-3a)、式 (1-5a), 得到:

(1) 箍筋外皮尺寸。

$$L_1 = H - 2c = 500 - 50 = 450(\text{mm})$$

$$L_2 = B - 2c = 300 - 50 = 250(\text{mm})$$

$$L_3 = H - 2c + 13.569d = 500 - 50 + 13.569 \times 8 = 558.6 \approx 559(\text{mm})$$

$$L_4 = B - 2c + 13.569d = 300 - 50 + 13.569 \times 8 = 358.6 \approx 359(\text{mm})$$

将以上计算结果标注在图 1-9 (b) 计算简图上。

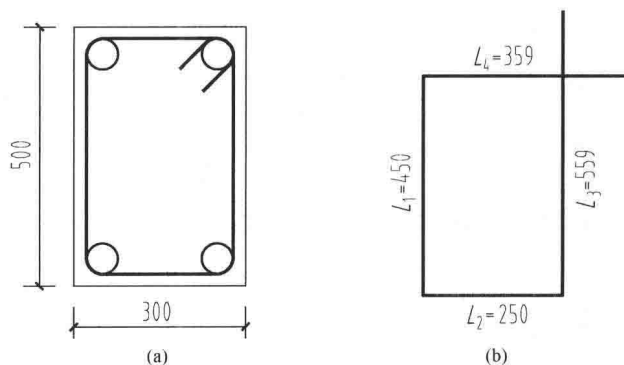


图 1-9 梁的断面和箍筋外皮尺寸简图

(a) 梁断面简图; (b) 箍筋外皮尺寸简图

(2) 造价长度计算。

$$\text{造价长度} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 450 + 250 + 559 + 359 = 1618(\text{mm})$$

(3) 施工下料长度计算。

查表 1-1, 得到 $R=2.5d$ 时, 90° 弯钩外皮尺寸的差值为 $2.288d$, 观察图 1-9 (b), 有 3 个 90° 弯钩。

$$\begin{aligned}
 \text{所以, 下料长度} &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 - 2.288d \times 3 \\
 &= 450 + 250 + 559 + 359 - 2.288 \times 8 \times 3 \\
 &= 1563(\text{mm})
 \end{aligned}$$

解法二：用查表 1-2 的方法来计算箍筋外皮尺寸 L_3 和 L_4

首先套用式 (1-1)、式 (1-2) 计算：

$$L_1 = H - 2c = 500 - 50 = 450(\text{mm})$$

$$L_2 = B - 2c = 300 - 50 = 250(\text{mm})$$

因为弯曲半径 $R=2.5d$ ，查表 1-2 中箍筋直径 $d=8\text{mm}$ 这一行，得到 L_3 比 L_1 、 L_4 比 L_2 多出的数值，均为 109mm。

所以，有 $L_3 = L_1 + 109 = 559(\text{mm})$

$$L_4 = L_2 + 109 = 359(\text{mm})$$

该箍筋造价和施工下料长度的解法及数值同解法一，此处略。

4. 计算内箍的设计标注尺寸

局部箍筋又称内部小套箍，简称内箍。它的设计标注尺寸是根据外围箍筋和局部箍筋之间的比例关系进行计算的，图 1-10 所示为柱横向局部箍筋计算原理图。

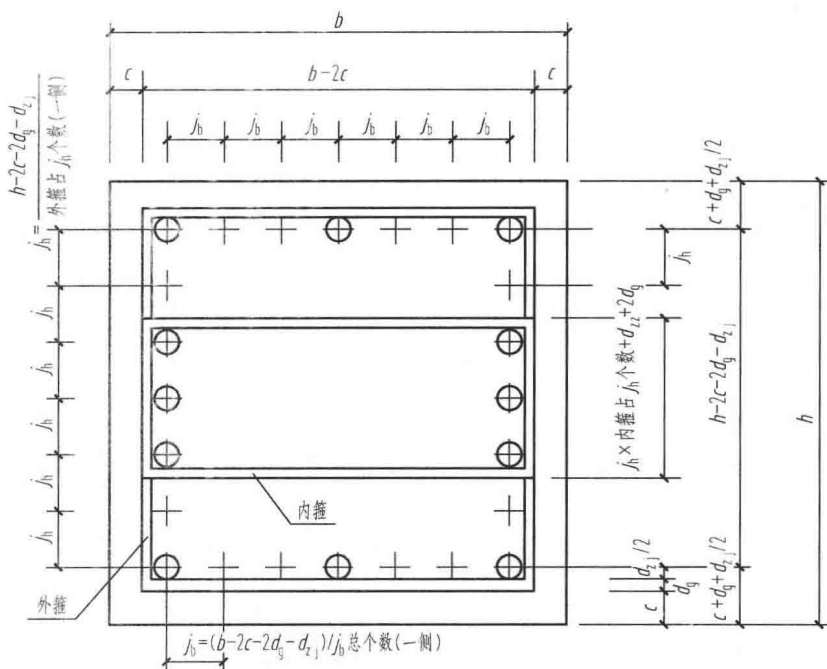


图 1-10 柱横向局部箍筋计算原理图

d_g —箍筋直径； d_{zj} —纵向受力钢筋角筋直径； d_{zx} —纵向受力钢筋相应一侧的中部直径；

j_b — b 边一侧所有纵筋等间距数值； j_h — h 边一侧所有纵筋等间距数值；

c —保护层厚度； b —柱宽； h —柱高

前面已经讲过，箍筋是标注外皮尺寸的。局部箍筋的外皮尺寸计算的前提是“纵筋的间隔必须是均匀的”。如柱横向局部箍筋计算原理图 1-10，它也是柱子的断面放大图。图中在



纵筋的位置上画出了部分空心圆为代表,其余未画出,而是用十字交叉线的交点代表纵筋位置。为了使图面更清晰,纵向的局部箍筋及箍筋弯钩均未画出,只画出了横向的局部箍筋详图。

按图 1-10 计算横向局部箍筋的设计标注尺寸,步骤如下:

(1) 外箍右框 h 边上下角筋中心线间的距离为

$$h - 2c - 2d_g - d_{zj}$$

(2) 外箍右框 h 边相邻纵筋中心线间的距离 j_h 为

$$j_h = (h - 2c - 2d_g - d_{zj}) / \text{外箍 } h \text{ 边纵筋等间距的个数}$$

(3) 横向局部箍筋右框 h 边上下角筋中心线间的距离为

$$J_h \times \text{内箍 } h \text{ 边纵筋等间距的个数}$$

(4) 横向局部箍筋右框 h 边外皮尺寸为

$$j_h \times \text{内箍 } h \text{ 边纵筋等间距的个数} + d_{zx} + 2d_g$$

(5) 横向局部箍筋下框 b 边外皮尺寸为 $b - 2c$

通过上面的计算步骤,得到了没有弯钩的 b 边和 h 边的外皮尺寸。再根据前面讲的外围箍筋的计算步骤,就很容易计算出带弯钩的 b 边和 h 边的外皮尺寸。这样我们也可以计算横向局部箍筋的施工下料尺寸了。

纵向的局部箍筋计算原理与横向的局部箍筋计算原理是相同的,不再赘述。梁内小套箍的计算原理也可参照此图,但应按梁复合箍筋实际排布构造情况进行计算。

【例 1-4】 如图 1-11 所示,柱截面内由三个箍筋(①外围箍筋、②竖向局部箍筋、③横向局部箍筋)组成的 4×4 复合矩形箍筋。箍筋端钩 135° , 弯曲半径 $R = 2.5d$; 保护层厚度 $c = 25\text{mm}$; 箍筋的直径 $d = 6\text{mm}$; 纵向受力钢筋直径 $d_z = 22\text{mm}$; 柱子截面尺寸 $b \times h = 450\text{mm} \times 600\text{mm}$ 。求三个箍筋各自的 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 的外皮尺寸以及造价、施工下料尺寸。

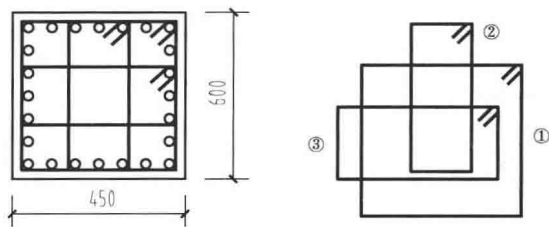


图 1-11 柱截面纵筋及箍筋示意图

解 1. 计算外围箍筋①

由式 (1-1)、式 (1-2)、式 (1-4a) 及式 (1-6a) 得

$$L_1 = h - 2c = 600 - 50 = 550(\text{mm})$$

$$L_2 = b - 2c = 450 - 50 = 400(\text{mm})$$

$$L_3 = h - 2c + 3.569d + 75 = 550 + 3.569 \times 6 + 75 \approx 646(\text{mm})$$

$$L_4 = b - 2c + 3.569d + 75 = 400 + 3.569 \times 6 + 75 \approx 496(\text{mm})$$

查表 1-1, 得到弯曲半径 $R = 2.5d$ 和 90° 弯钩外皮尺寸的差值为 $2.288d$, 所以造价、施工下料尺寸分别为:

$$\begin{aligned}\text{造价长度} &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 550 + 400 + 646 + 496 \\ &= 2092(\text{mm})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{下料长度} &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 - 3 \times 2.288d = 550 + 400 + 646 + 496 - 41.18 \\ &\approx 2051(\text{mm})\end{aligned}$$

2. 计算竖向局部箍筋②

$$L_1 = h - 2c = 600 - 50 = 550(\text{mm})$$

$$\begin{aligned}L_2 &= [(b - 2c - 2d_g - d_{qj}) / \text{外箍 } h \text{ 边纵筋等间距的个数}] \times \\ &\quad \text{内箍 } h \text{ 边纵筋等间距的个数} + d_{zz} + 2d_g \\ &= [(450 - 50 - 2 \times 6 - 22) / 6] \times 2 + 22 + 2 \times 6 \\ &= 156(\text{mm})\end{aligned}$$

$$L_3 = L_1 + 3.569d + 75 = 550 + 3.569 \times 6 + 75 \approx 646(\text{mm})$$

$$L_4 = L_2 + 3.569d + 75 = 156 + 3.569 \times 6 + 75 \approx 252(\text{mm})$$

所以造价及施工下料尺寸分别为:

$$\text{造价长度} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 550 + 156 + 646 + 252 = 1604(\text{mm})$$

$$\begin{aligned}\text{下料长度} &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 - 3 \times 2.288d \approx 550 + 156 + 646 + 252 - 41.18 \\ &\approx 1563(\text{mm})\end{aligned}$$

3. 计算横向局部箍筋③

计算横向局部箍筋③过程参考竖向局部箍筋②, 请同学们自己计算, 并将结果补充到表 1-3 中的空白处。

将上面箍筋①和②的计算结果汇总到表 1-3 中。

表 1-3

箍筋①②③材料明细表汇总

钢筋编号	钢筋简图	规格	造价长度 (mm)	下料长度 (mm)	数量
①		Φ 6	2092	2051	88
②		Φ 6	1604	1563	88
③		Φ 6			88

1.3 拉筋外皮设计尺寸计算

1. 拉筋的样式和设计尺寸 L_1 和 L_2 的标注方式

(1) 拉筋的样式。

拉筋在梁、柱构件中用来钩住纵向受力钢筋，是固定纵向受力钢筋，防止移位用的。并且还经常遇到拉筋同时钩住箍筋的情况，见图 1-12 中 (b) 和 (c)。同时钩住箍筋的这种拉筋，其外皮尺寸长度，比只钩住纵向受力钢筋的拉筋，长两个拉筋直径。

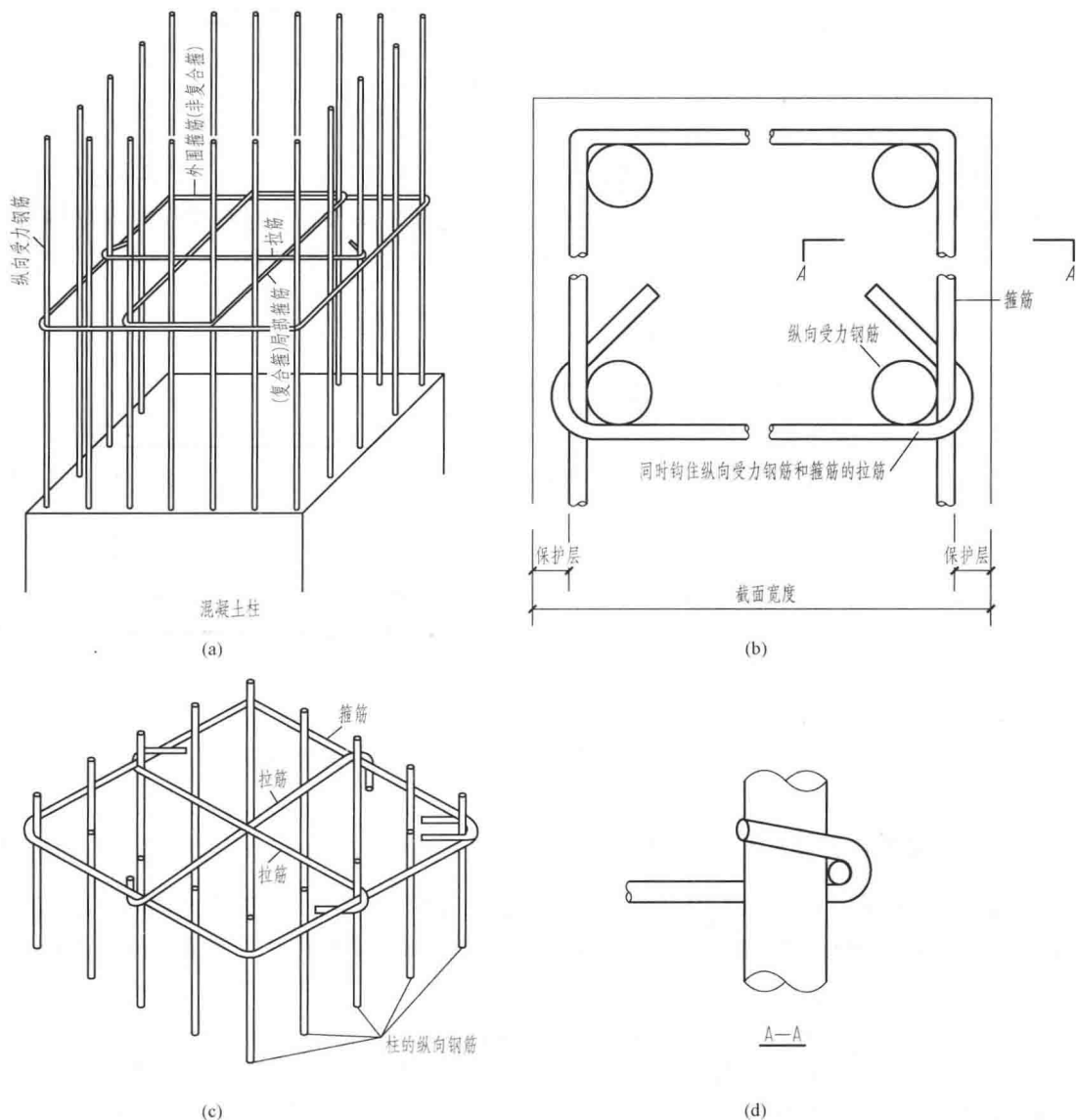


图 1-12 拉筋在构件中的位置和样式示意

拉筋的端钩，有 90° 、 135° 、 180° 三种。两端端钩的角度，可以相同，也可以不同。两端端钩的方向，可以同向，也可以不同向。拉筋的样式见图 1-13。

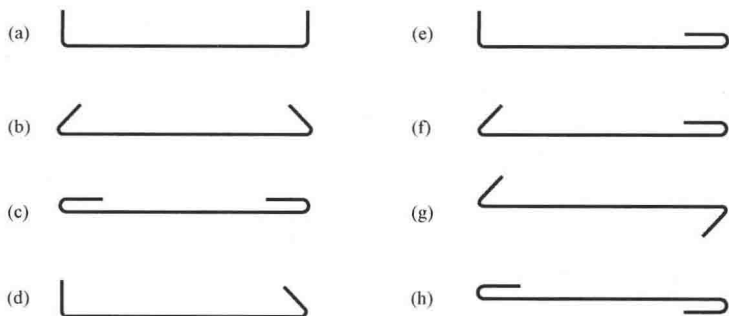


图 1-13 拉筋的样式

(2) 拉筋设计尺寸 L_1 和 L_2 的标注方式。

以图 1-13 (b) 和 (c) 为例来讲解拉筋的设计尺寸标注。图 1-14 为这两种拉筋的设计尺寸 L_1 和 L_2 的标注方式。这两种拉筋，除了标注整体外皮尺寸外，在拉筋两端弯钩处的上方，标注下料长度的剩余部分。即这两种拉筋的造价长度和施工下料长度均等于 $L_1 + 2L_2$ 。

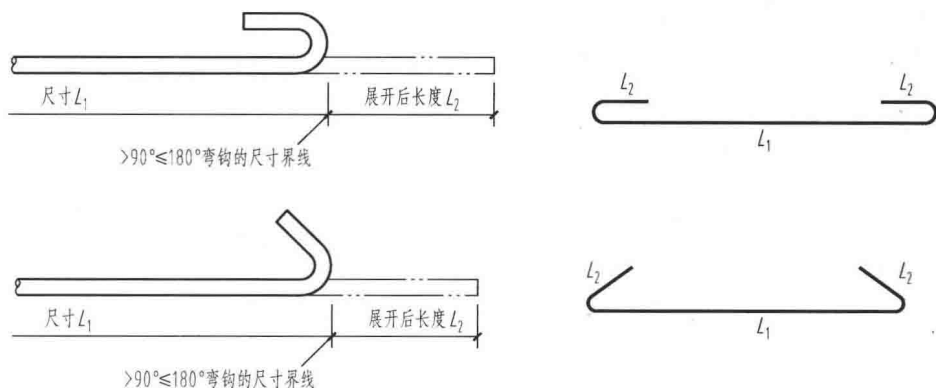


图 1-14 135° 和 180° 端钩的拉筋设计尺寸 L_1 和 L_2 的标注方式

2. 计算拉筋设计标注尺寸 L_1 和 L_2

规范规定，拉筋弯钩的弯弧内直径不应小于拉筋直径的 4 倍，尚应不小于纵向受力钢筋直径。据此规定，拉筋端钩的弯曲半径取目前工地上最常用的 2.5 倍的拉筋直径，即取 $R=2.5d$ 。

(1) 135° 端钩的拉筋设计尺寸 L_1 和 L_2 的计算。

假定拉筋只钩住纵向受力钢筋，见图 1-12 (a) 中的拉筋，设计尺寸 $L_1 = \text{边长} - 2c$ 。假定拉筋同时钩住纵筋和箍筋，见图 1-12 (b) 和 (c) 中的拉筋，设计尺寸 $L_1 = \text{边长} - 2c + 2d_g$ (d_g 为拉筋的直径)。

图 1-15 (a) 所示为图 1-15 (b) 的右端弯钩处的放大展开图，也是 135° 端钩的拉筋计

算 L_2 的原理图。从图中可看到

$$L_2 = \widehat{AB}(\text{弯弧中心线}) + BC - (R + d)$$

$$L_2 = (R + d/2)135^\circ \times \pi/180^\circ + 10d - (R + d) \quad (10d > 75) \tag{1-9}$$

$$L_2 = (R + d/2)135^\circ \times \pi/180^\circ + 75 - (R + d) \quad (10d < 75) \tag{1-10}$$

当 $R=2.5d$ 时，把式 (1-9) 和式 (1-10) 整理一下，简化为

$$L_2 = 13.569d \quad (10d > 75) \tag{1-11}$$

$$L_2 = 3.569d + 75 \quad (10d < 75) \tag{1-12}$$

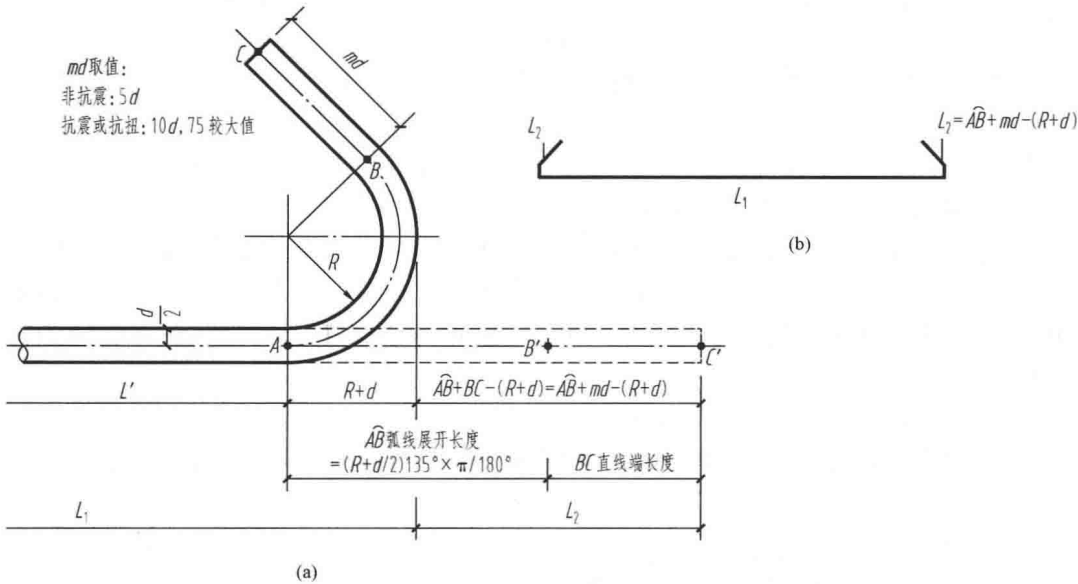


图 1-15 135°弯钩的拉筋计算 L_2 的原理图和设计简图的标注

(a) 135°弯钩的拉筋计算 L_2 的原理图；(b) 设计简图的标注

这样，我们就可以事先令 $R=2.5d$ ，当 d 为不同数值时，列表 1-4，以方便计算时直接查表使用。

表 1-4 135°端钩的拉筋设计标注尺寸 L_2 (外皮尺寸标注法且 $R=2.5d$)

d (mm)	L_2 的数值公式	L_2 数值 (mm)
6	$3.569d + 75$	96
6.5		98
8	$13.569d$	109
10		136
12		163

对比表 1-4 和表 1-2，会发现箍筋和拉筋 135°端钩处增加的数值是一致的。

【例 1-5】 已知某抗震框架结构的柱子，柱宽 $b=500\text{mm}$ ，柱高 $h=550\text{mm}$ ；保护层厚度 $c=25\text{mm}$ ；外箍末端 135°弯钩；拉筋直径 $d=8\text{mm}$ ，两端均 135°弯钩；弯曲半径取 $R=$