

例解钢筋工程实用技术系列

例解钢筋下料方法

LIJIE GANGJIN XIALIAO FANGFA

李守巨◎主编

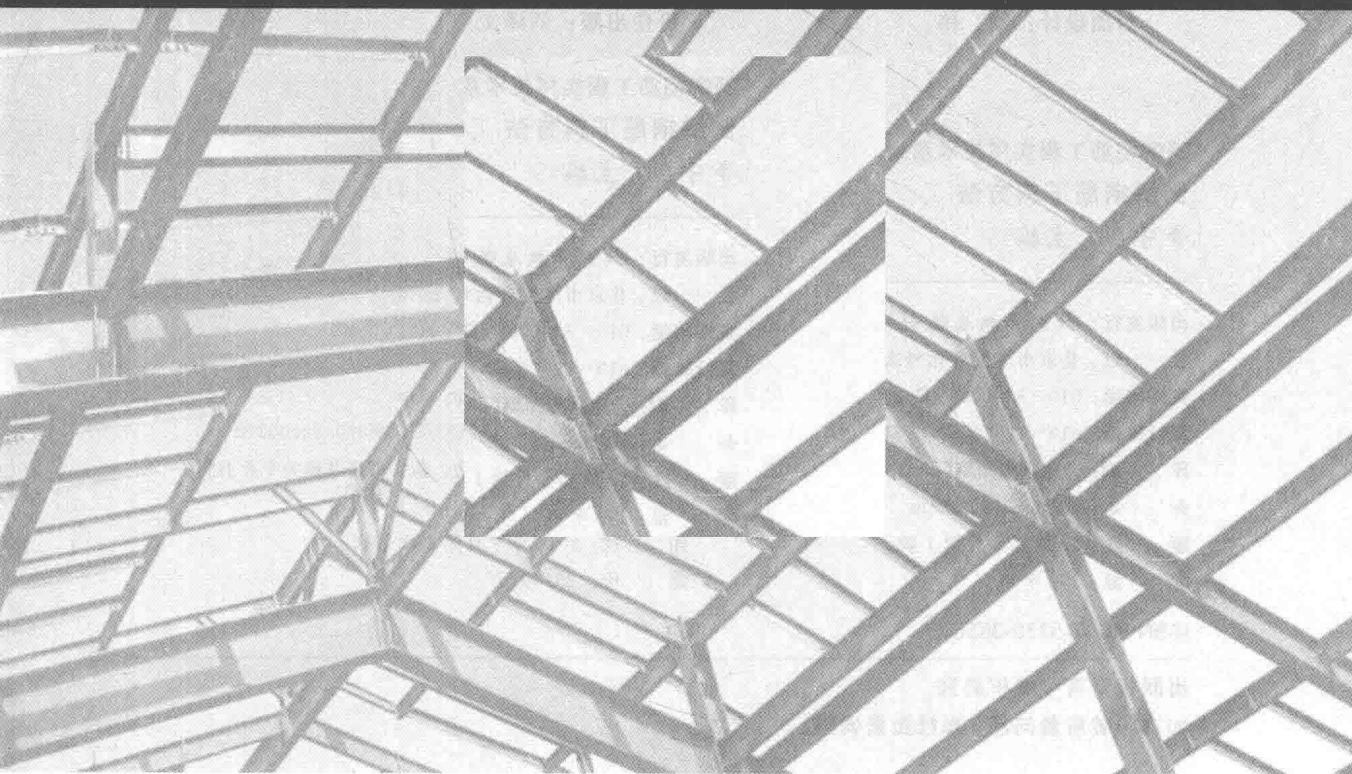


知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

例解钢筋工程实用技术系列

例解钢筋下料方法



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

例解钢筋下料方法 / 李守巨主编. —北京: 知识产权出版社, 2016. 6

(例解钢筋工程实用技术系列)

ISBN 978-7-5130-3656-6

I. ①例… II. ①李… III. ①钢筋混凝土结构—结构计算—图解 IV. ①TU375.01-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 160746 号

内容提要

本书根据《11G101-1》《11G101-2》《11G101-3》《12G901-1》《12G901-2》《12G901-3》六本最新图集及《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)编写。共分为六章, 包括: 钢筋下料基本公式、梁构件钢筋下料、柱构件钢筋下料、剪力墙构件钢筋下料、板构件钢筋下料以及梁板式基础钢筋下料。

本书内容丰富、通俗易懂、实用性强、方便查阅。可供建筑设计、管理人员和施工人员以及相关专业大中专的师生学习参考。

责任编辑: 段红梅 刘 爽

责任校对: 谷 洋

封面设计: 刘 伟

责任出版: 刘译文

例解钢筋工程实用技术系列

例解钢筋下料方法

李守巨 主编

出版发行: 知识产权出版社 有限责任公司

社 址: 北京市海淀区西外太平庄 55 号

责编电话: 010-82000860 转 8125

发行电话: 010-82000860 转 8101/8102

印 刷: 北京富生印刷厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16

版 次: 2016 年 6 月第 1 版

字 数: 256 千字

网 址: <http://www.ipph.cn>

邮 编: 100081

责编邮箱: 39919393@qq.com

发行传真: 010-82000893/82005070/82000270

经 销: 各大网络书店、新华书店及相关专业书店

印 张: 10.25

印 次: 2016 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

ISBN 978-7-5130-3656-6

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

本书编写组成员

主 编 李守巨

参 编 徐 鑫 于 涛 王丽娟 成育芳

刘艳君 孙丽娜 何 影 李春娜

赵 慧 陶红梅 夏 欣 王馨霖

前 言

钢筋下料是指确定制作某个钢筋构件所需的材料形状、数量或质量后，从整根钢筋中取下一一定形状、数量或质量的钢筋进行加工的操作过程。钢筋下料是非常重要的经济性工作，是降低施工材料的消耗，提高施工行业的产值及利润率的一项重要内容。随着建筑业的不断发展，各种结构类型将呈现在人们面前，各种新型材料也会用于建筑工程之中，但钢筋混凝土工程始终都会有它的一席之地。抓好钢筋工程的管理，应用新的技术方法和工具，不断提高工程质量，降低工程成本是建筑从业人员的基本追求。基于此，我们组织编写了此书，方便相关工作人员学习平法钢筋下料知识。

本书根据《11G101-1》《11G101-2》《11G101-3》《12G901-1》《12G901-2》《12G901-3》六本最新图集及《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)编写。共分为六章，包括：钢筋下料基本公式、梁构件钢筋下料、柱构件钢筋下料、剪力墙构件钢筋下料、板构件钢筋下料以及梁板式基础钢筋下料。本书把相关内容板块化独立出来，便于读者快速查找。本书可供建筑设计、管理人员和施工人员以及相关专业大中专的师生学习参考。

由于编写时间仓促，编者经验、理论水平有限，难免有疏漏、不足之处，敬请广大读者给予批评、指正。

编 者

目 录

1 钢筋下料基本公式	1
1.1 外皮差值计算公式	3
1.2 内皮差值计算公式	9
1.3 钢筋端部弯钩增加尺寸	12
1.4 中心线法计算弧线展开长度	16
1.5 箍筋的计算公式	22
1.6 特殊钢筋的下料长度	32
1.7 拉筋的样式及其计算	37
1.8 拉筋端钩形状的变换	41
2 梁构件钢筋下料	53
2.1 贯通筋下料	55
2.2 边跨直角筋下料	58
2.3 中间支座上部直筋下料	64
2.4 中间跨下部筋下料	66
2.5 边跨和中跨搭接架立筋下料	69
2.6 角部附加筋及其余钢筋的下料	71
3 柱构件钢筋下料	75
3.1 中柱顶筋下料	77
3.2 边柱顶筋下料	81
3.3 角柱顶筋下料	89
4 剪力墙构件钢筋下料	101
4.1 顶层墙竖向钢筋下料	103
4.2 剪力墙边墙墙身竖向钢筋下料	105
4.3 剪力墙暗柱竖向钢筋下料	109
4.4 剪力墙墙身水平钢筋下料	114
4.5 剪力墙连梁钢筋下料	125
5 板构件钢筋下料	129
5.1 板上部贯通纵筋下料	131

5.2	板下部贯通纵筋下料.....	136
5.3	扣筋下料.....	140
6	梁板式基础钢筋下料.....	145
6.1	基础主梁和基础次梁纵向钢筋下料.....	147
6.2	基础主梁和基础次梁箍筋下料.....	149
6.3	梁板式筏形基础平板 LPB 钢筋下料	151
	参考文献	154

1

钢筋下料基本公式

1.1 外皮差值计算公式

常遇问题

1. 什么是外皮差值？
2. 根据外皮差值公式如何求证 30°、45°、60°、90°、135°、180°弯曲钢筋外皮差值的系数？

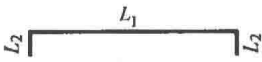
【下料方法】

◆外皮尺寸

结构施工图中所标注的钢筋尺寸，是钢筋的外皮尺寸。外皮尺寸是指结构施工图中钢筋外边缘至结构外边缘之间的长度，是施工中度量钢筋长度的基本依据。它和钢筋的下料尺寸是不一样的。

钢筋材料明细表（表 1-1）中简图栏的钢筋长度 L_1 ，如图 1-1 所示。 L_1 是出于构造的需要标注的，所以钢筋材料明细表中所标注的尺寸是外皮尺寸。通常情况下，钢筋的边界线是从钢筋外皮到混凝土外表面的距离（保护层厚度）来考虑标注钢筋尺寸的。故这里所指的 L_1 是设计尺寸，不是钢筋加工下料的施工尺寸，如图 1-2 所示。

表 1-1 钢筋材料明细表

钢筋编号	简图	规格	数量
①		$\phi 22$	2

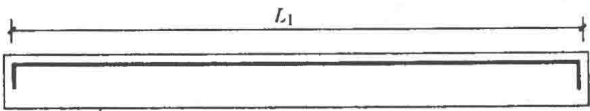


图 1-1 表 1-1 的钢筋长度

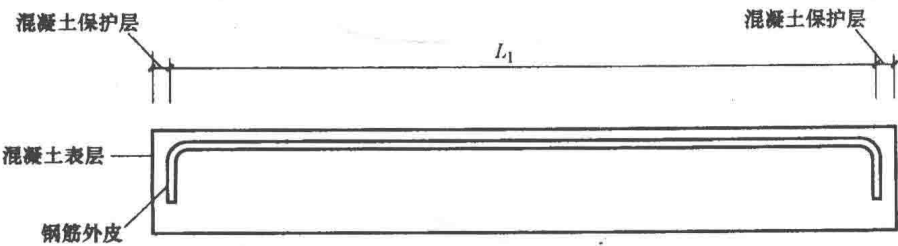


图 1-2 设计尺寸

◆外皮差值概念

如图 1-3 所示是结构施工图上 90°弯折处的钢筋，它是沿外皮（ $xy+yz$ ）衡量尺寸的。而如图 1-4 所示弯曲处的钢筋，则是沿钢筋的中和轴（钢筋被弯曲后，既不伸长也不缩短的钢筋中心线） ab 弧线的弧长衡量尺寸的。因此，折线（ $xy+yz$ ）的长度与弧线的弧长 ab 之间的差值，称为“外皮差值”， $xy+yz>ab$ 。外皮差值通常用于受力主筋的弯曲加工下料计算。

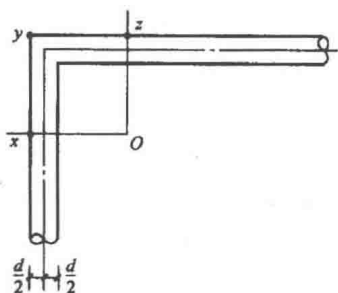


图 1-3 90°弯折钢筋

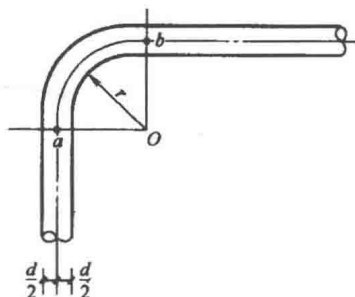


图 1-4 90°弯曲钢筋

◆角度基准

钢筋弯曲前的原始状态——笔直的钢筋为 0°。这个 0°的钢筋轴线，就是“角度基准”，如图 1-5 所示。弯折后的钢筋轴线与弯折以前的钢筋轴线所形成的角度即为加工弯曲角度。

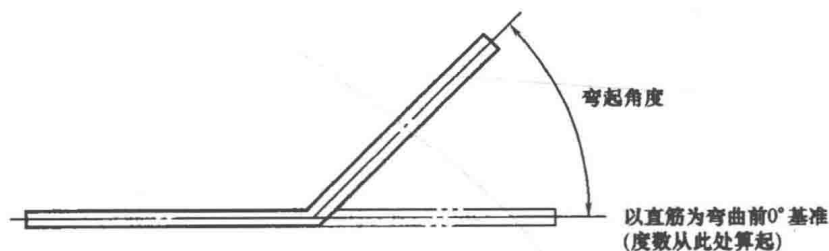


图 1-5 角度基准

◆小于或等于 90°钢筋弯曲外皮差值计算公式

如图 1-6 所示，钢筋的直径大小为 d ；钢筋弯曲的加工半径为 R 。钢筋加工弯曲后，钢筋内皮 pq 间弧线，就是以 R 为半径的弧线，设钢筋弯折的角度为 α 。

自 O 点引垂直线交水平钢筋外皮线于 x 点，再从 O 点引垂直线交倾斜钢筋外皮线于 z 点。 $\angle xOz$ 等于 α 。 Oy 平分 $\angle xOz$ ，因此 $\angle xOy$ 、 $\angle zOy$ 均为 $\alpha/2$ 。

如前所述，钢筋加工弯曲后，其中心线的长度是不变的。（ $xy+yz$ ）的展开长度，同弧线 ab 的展开长度之差，即为所求的差值。

$$|\overline{xy}| = |\overline{yz}| = (R+d) \times \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$|\overline{xy}| + |\overline{yz}| = 2 \times (R+d) \times \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$\widehat{ab} = \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \alpha$$

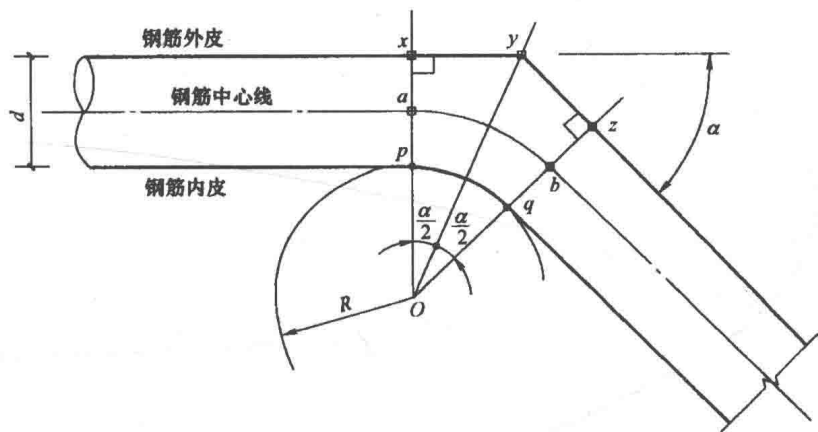


图 1-6 小于或等于 90°钢筋弯曲外皮差值计算示意图

$$|\overline{xy}| + |\overline{yz}| - \widehat{ab} = 2 \times (R + d) \times \tan \frac{\alpha}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times a$$

以角度 α 、弧度 a 和 R 为变量计算的外皮差值公式为

$$2 \times (R + d) \times \tan \frac{\alpha}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times a \tag{1-1}$$

式中 α ——角度，单位为“度 (°)”；

a ——弧度。

用角度 α 换算弧度 a 的公式如下：

$$\text{弧度} = \pi \times \frac{\text{角度}}{180^\circ} \left(\text{即 } a = \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ} \right) \tag{1-2}$$

将式 (1-1) 中弧度换算成角度，即

$$2 \times (R + d) \times \tan \frac{\alpha}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ} \tag{1-3}$$

◆常用钢筋加工弯曲半径的设定

常用钢筋加工弯曲半径应符合表 1-2 的规定。

表 1-2 常用钢筋加工弯曲半径 R

钢筋用途	钢筋加工弯曲半径 R
HPB300 级箍筋、拉筋	$2.5d$ (箍筋直径) 且 $>d$ (主筋直径) /2
HPB300 级主筋	$\geq 1.25d$
HRB335 级主筋	$\geq 2d$
HRB400 级主筋	$\geq 2.5d$
平法框架主筋直径 $d \leq 25\text{mm}$	$4d$
平法框架主筋直径 $d > 25\text{mm}$	$6d$
平法框架顶层边节点主筋直径 $d \leq 25\text{mm}$	$6d$
平法框架顶层边节点主筋直径 $d > 25\text{mm}$	$8d$
轻骨料混凝土结构构件 HPB300 级主筋	$\geq 1.75d$

◆标注钢筋外皮尺寸的差值

下面根据外皮差值公式求证 30° 、 45° 、 60° 、 90° 、 135° 、 180° 弯曲钢筋外皮差值的系数。

(1) 根据图 1-6 原理求证, 当 $R=2.5d$ 时, 30° 钢筋的外皮差值系数:

$$\begin{aligned} 30^\circ \text{外皮差值} &= 2 \times (R+d) \times \tan \frac{\alpha}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ} \\ &= 2 \times (2.5d+d) \times \tan \frac{30^\circ}{2} - \left(2.5d + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{30^\circ}{180^\circ} \\ &= 2 \times 3.5d \times 0.2679 - 3d \times 3.1416 \times \frac{1}{6} \\ &= 1.8753d - 1.5708d \\ &\approx 0.305d \end{aligned}$$

(2) 根据图 1-6 原理求证, 当 $R=2.5d$ 时, 45° 钢筋的外皮差值系数:

$$\begin{aligned} 45^\circ \text{外皮差值} &= 2 \times (R+d) \times \tan \frac{\alpha}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ} \\ &= 2 \times (2.5d+d) \times \tan \frac{45^\circ}{2} - \left(2.5d + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{45^\circ}{180^\circ} \\ &= 2 \times 3.5d \times 0.4142 - 3d \times 3.1416 \times \frac{1}{4} \\ &= 2.8994d - 2.3562d \\ &\approx 0.543d \end{aligned}$$

(3) 根据图 1-6 原理求证, 当 $R=2.5d$ 时, 60° 钢筋的外皮差值系数:

$$\begin{aligned} 60^\circ \text{外皮差值} &= 2 \times (R+d) \times \tan \frac{\alpha}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ} \\ &= 2 \times (2.5d+d) \times \tan \frac{60^\circ}{2} - \left(2.5d + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{60^\circ}{180^\circ} \\ &= 2 \times 3.5d \times 0.5774 - 3d \times 3.1416 \times \frac{1}{3} \\ &= 4.0418d - 3.1416d \\ &\approx 0.9d \end{aligned}$$

(4) 根据图 1-6 原理求证, 当 $R=2.5d$ 时, 90° 钢筋的外皮差值系数:

$$\begin{aligned} 90^\circ \text{外皮差值} &= 2 \times (R+d) \times \tan \frac{\alpha}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ} \\ &= 2 \times (2.5d+d) \times \tan \frac{90^\circ}{2} - \left(2.5d + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{90^\circ}{180^\circ} \\ &= 2 \times 3.5d \times 1 - 3d \times 3.1416 \times \frac{1}{2} \\ &= 7d - 4.7124d \\ &\approx 2.288d \end{aligned}$$

(5) 根据图 1-6 原理求证, 当 $R=2.5d$ 时, 135° 钢筋的外皮差值系数, 在此可以把 135° 看做是 $90^\circ + 45^\circ$ 。

上面已经求出 90° 钢筋的外皮差值系数为 $2.288d$, 45° 钢筋的外皮差值系数为 $0.543d$, 所以 135° 钢筋的外皮差值系数为 $2.288d + 0.543d = 2.831d$ 。

(6) 根据图 1-6 原理求证, 当 $R=2.5d$ 时, 180° 钢筋的外皮差值系数, 在此可以把 180° 看做是 $90^\circ+90^\circ$ 。

上面已经求出 90° 钢筋的外皮差值系数为 $2.288d$, 所以 180° 钢筋的外皮差值系数为 $2 \times 2.288d=4.576d$ 。

在此, 不再一一求证计算。为便于查找, 标注钢筋外皮尺寸的差值表见表 1-3。

表 1-3 钢筋外皮尺寸的差值

弯曲角度	HPB300 级主筋	轻骨料中 HPB300 级主筋	HRB335 级主筋	HRB400 级主筋	箍筋	平法框架主筋		
	$R=1.25d$	$R=1.75d$	$R=2d$	$R=2.5d$	$R=2.5d$	$R=4d$	$R=6d$	$R=8d$
30°	$0.29d$	$0.296d$	$0.299d$	$0.305d$	$0.305d$	$0.323d$	$0.348d$	$0.372d$
45°	$0.49d$	$0.511d$	$0.522d$	$0.543d$	$0.543d$	$0.608d$	$0.694d$	$0.78d$
60°	$0.765d$	$0.819d$	$0.846d$	$0.9d$	$0.9d$	$1.061d$	$1.276d$	$1.491d$
90°	$1.751d$	$1.966d$	$2.073d$	$2.288d$	$2.288d$	$2.931d$	$3.79d$	$4.648d$
135°	$2.24d$	$2.477d$	$2.595d$	$2.831d$	$2.831d$	$3.539d$	$4.484d$	$5.428d$
180°	$3.502d$	$3.932d$	$4.146d$	$4.576d$	$4.576d$			

注: 1. 135° 和 180° 的差值必须具备准确的外皮尺寸值。
2. 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。

135° 钢筋的弯曲差值, 要绘出其外皮线, 如图 1-7 所示。外皮线的总长度为 $wx+xy+yz$, 下料长度为 $wx+xy+yz-135^\circ$ 的差值。按如图 1-6 所示推导算式:

$$90^\circ\text{弯钩的展开弧线长度}=2 \times (R+d)+2 \times (R+d) \times \tan \frac{\alpha}{2}$$
$$\text{则:下料长度}=2 \times (R+d)+2 \times (R+d) \times \tan \frac{\alpha}{2}-135^\circ\text{的差值} \tag{1-4}$$

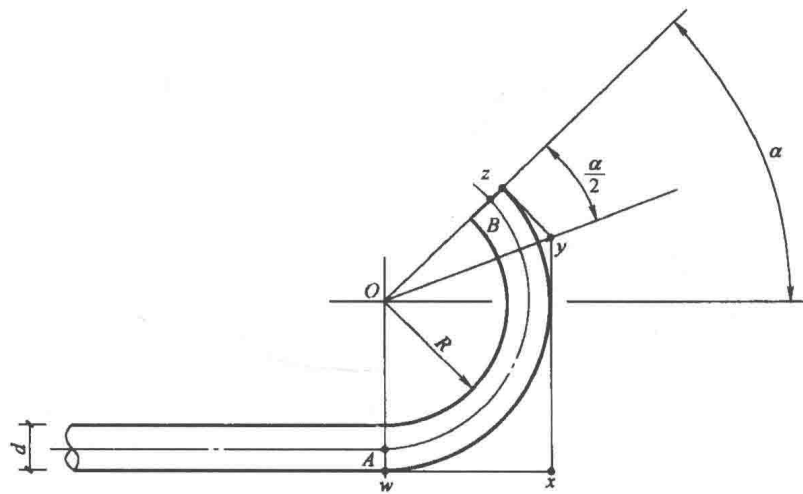


图 1-7 135° 钢筋的弯曲差值计算示意图

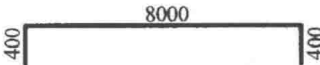
按《混凝土结构工程施工质量验收规范 (2010 版)》(GB 50204—2002) 要求, 钢筋的加工弯曲直径取 $D=5d$ 时, 求得各弯折角度的量度近似差值, 见表 1-4。

表 1-4 钢筋弯折量度近似差值

弯折角度	30°	45°	60°	90°	135°
量度差值	0.3d	0.5d	1.0d	2.0d	3.0d

【实 例】

【例 1-1】 看下面钢筋材料明细表。已知钢筋属于非框架结构，用 HRB335 级主筋制作，其标注尺寸为外皮尺寸。
试计算钢筋的下料长度。

钢筋编号	简图/mm	规格 d/mm	数量/根
①		Φ 25	3

【解】

查表 1-2 可知，钢筋加工弯曲半径 $R=2d$ ，从明细表简图可以看出，角度 $\alpha=90^\circ$ 。

每根钢筋下料长度 $=8+0.4\times 2-2\times 2.073d$
 $=8+0.8-2\times 2.073\times 0.025$
 $\approx 8.70(\text{m})$

钢筋的总下料长度 $=8.70\times 3$
 $=26.1(\text{m})$

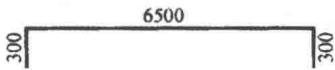


图 1-8 钢筋表中的简图

【例 1-2】 图 1-8 为钢筋表中的简图。并且已知钢筋是非框架结构构件 HPB300 级主筋，直径 $d=22\text{mm}$ 。求钢筋加工弯曲前，所需备料切下的实际长度。

【解】

(1) 查表 1-2，得知钢筋加工弯曲半径 $R=1.25d$ 、 $d=22\text{mm}$ 。

(2) 由图 1-8 知， $\alpha=90^\circ$ 。

(3) 计算与 $\alpha=90^\circ$ 相对应的弧度值 $a=\frac{\pi\times 90^\circ}{180^\circ}=1.57$ 。

(4) 将 $R=1.25d$ 、 $d=22$ 、角度 $\alpha=90^\circ$ 和弧度 $a=1.57$ 代入式 (1-1) 中，求一个 90° 弯钩的差值为：

$$\begin{aligned} &2\times (1.25\times 22+22)\times \tan\left(\frac{90^\circ}{2}\right)-\left(1.25\times 22+\frac{22}{2}\right)\times 1.57 \\ &=99\times 1-60.445 \\ &=38.555(\text{mm}) \end{aligned}$$

(5) 下料长度为：

$$6500+300+300-2\times 38.555=7022.9(\text{mm})$$

1.2 内皮差值计算公式

常遇问题

1. 什么是内皮差值?
2. 根据内皮差值公式如何求证 30° 、 45° 、 60° 、 90° 、 135° 、 180° 弯曲钢筋内皮差值的系数?

【下料方法】

◆内皮差值概念

图 1-9 所示是结构施工图上 90° 弯折处的钢筋, 它是沿内皮 ($xy+yz$) 测量尺寸的。而图 1-10 所示弯曲处的钢筋, 则是沿钢筋的中和轴弧线 ab 测量尺寸的。因此, 折线 ($xy+yz$) 的长度与弧线的弧长 ab 之间的差值, 称为“内皮差值”。($xy+yz$) $>$ ab , 即 90° 内皮折线 ($xy+yz$) 仍然比弧线 ab 长。内皮差值通常用于箍筋弯曲加工下料的计算。

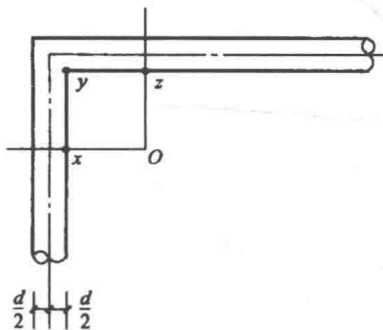


图 1-9 90° 弯折钢筋

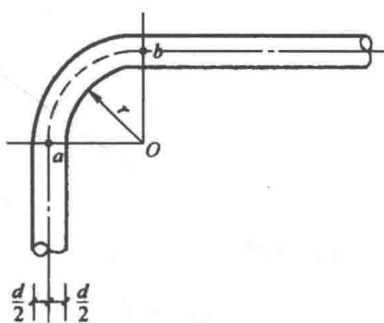


图 1-10 90° 弯曲钢筋

◆小于或等于 90° 钢筋弯曲内皮差值计算公式

小于或等于 90° 钢筋弯曲内皮差值计算示意图如图 1-11 所示。

$$\text{折线的长度} \quad \overline{XY} = \overline{YZ} = R \times \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{二折线之和的展开长度} \quad \overline{XY} + \overline{YZ} = 2 \times R \times \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{弧线展开长度} \quad \widehat{AB} = \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ}$$

以角度 α 和 R 为变量计算内皮差值公式:

$$\overline{XY} + \overline{YZ} - \widehat{AB} = 2 \times R \times \tan \frac{\alpha}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ} \quad (1-5)$$

◆标注钢筋内皮尺寸的差值

下面根据内皮差值公式求证 30° 、 45° 、 60° 、 90° 、 135° 、 180° 弯曲钢筋内皮差值的系数。

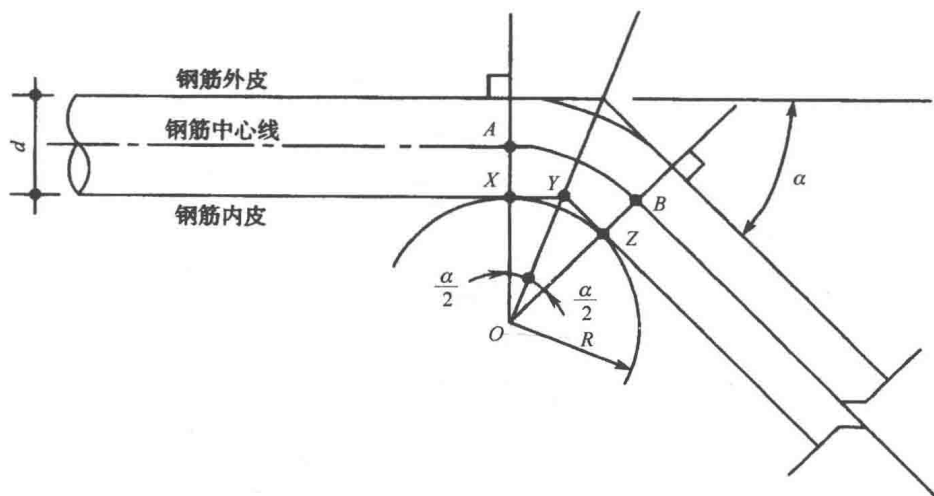


图 1-11 小于或等于 90° 钢筋弯曲内皮差值计算示意图

(1) 根据图 1-11 原理求证, 当 $R=2.5d$ 时, 30° 钢筋的内皮差值系数:

$$\begin{aligned}
 30^\circ \text{内皮差值系数} &= 2 \times R \times \tan \frac{\alpha}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ} \\
 &= 2 \times 2.5d \times \tan \frac{30^\circ}{2} - \left(2.5d + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{30^\circ}{180^\circ} \\
 &= 2 \times 2.5d \times 0.2679 - 3d \times 3.1416 \times \frac{1}{6} \\
 &= 1.3395d - 1.5708d \\
 &\approx -0.231d
 \end{aligned}$$

(2) 根据图 1-11 原理求证, 当 $R=2.5d$ 时, 45° 钢筋的内皮差值系数:

$$\begin{aligned}
 45^\circ \text{内皮差值系数} &= 2 \times R \times \tan \frac{\alpha}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ} \\
 &= 2 \times 2.5d \times \tan \frac{45^\circ}{2} - \left(2.5d + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{45^\circ}{180^\circ} \\
 &= 2 \times 2.5d \times 0.4142 - 3d \times 3.1416 \times \frac{1}{4} \\
 &= 2.071d - 2.3562d \\
 &\approx -0.285d
 \end{aligned}$$

(3) 根据图 1-11 原理求证, 当 $R=2.5d$ 时, 60° 钢筋的内皮差值系数:

$$\begin{aligned}
 60^\circ \text{内皮差值系数} &= 2 \times R \times \tan \frac{\alpha}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ} \\
 &= 2 \times 2.5d \times \tan \frac{60^\circ}{2} - \left(2.5d + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{60^\circ}{180^\circ} \\
 &= 2 \times 2.5d \times 0.5774 - 3d \times 3.1416 \times \frac{1}{3} \\
 &= 2.887d - 3.1416d \\
 &\approx -0.255d
 \end{aligned}$$

(4) 根据图 1-11 原理求证, 当 $R=2.5d$ 时, 90° 钢筋的内皮差值系数: