

平法钢筋识图与下料

(依据 16G101 系列图集编写)

◎本书编委会 编

中国建筑工业出版社

平法钢筋识图与下料

(依据 16G101 系列图集编写)

本书编委会 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

平法钢筋识图与下料 (依据 16G101 系列图集编写)/
《平法钢筋识图与下料 (依据 16G101 系列图集编写)》
编委会编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 5
ISBN 978-7-112-20769-5

I. ①平… II. ①平… III. ①钢筋混凝土结构-
建筑构图-识图 ②钢筋混凝土结构-结构计算 IV.
①TU375

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 110771 号

本书根据《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图 (现浇混凝土框架、剪力墙、梁、板)》(16G101-1)、《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2015)、《混凝土结构设计规范 (2015 年版)》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2010)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010) 等标准编写, 全面介绍了平法钢筋识图与下料知识, 并列举了大量的实例。主要介绍了梁构件钢筋下料、柱构件钢筋下料、剪力墙构件钢筋下料以及板构件钢筋下料等内容。

本书内容丰富, 通俗易懂, 具有很强的实用性与可操作性。可供建筑工程设计人员、施工技术人员、工程造价人员以及相关专业师生学习参考。

责任编辑: 张 磊 郭 栋

责任校对: 王宇枢 张 颖

平法钢筋识图与下料

(依据 16G101 系列图集编写)

本书编委会 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 $\frac{3}{4}$ 字数: 293 千字

2017 年 8 月第一版 2017 年 8 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-20769-5

(30360)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

编 委 会

主 编 杜贵成

参 编 (按姓氏笔画排序)

王红微 吕克顺 危 聪 刘秀民

刘艳君 孙石春 孙丽娜 李 瑞

李冬云 何 影 张 彤 张 敏

张文权 张黎黎 高少霞 殷鸿彬

隋红军 董 慧

前 言

钢筋下料作为实际施工的重要组成部分，也是钢筋加工工程的重要依据。钢筋下料计算是一项细致而又重要的工作，钢筋加工是以钢筋配料单作为依据的。由于钢筋加工数量往往很大，如果下料发生差错，就会造成钢筋加工错误，其后果是浪费人工、材料，耽误了工期，造成很大损失。所以学好钢筋下料计算对学好建筑施工以及实践工作有着重要意义。基于此，我们组织编写了这本书。

本书根据《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图（现浇混凝土框架、剪力墙、梁、板）》（16G101-1）、《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2015）、《混凝土结构设计规范（2015年版）》（GB 50010—2010）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2010）、《建筑结构制图标准》（GB/T 50105—2010）、《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ 3—2010）等标准编写，全面介绍了平法钢筋识图与下料知识，并列举了大量的实例。主要介绍了梁构件钢筋下料、柱构件钢筋下料、剪力墙构件钢筋下料以及板构件钢筋下料等内容。本书内容丰富，通俗易懂，具有很强的实用性与可操作性。可供建筑工程设计人员、施工技术人员、工程造价人员以及相关专业师生学习参考。

由于编写时间仓促，编写经验、理论水平有限，难免有疏漏、不足之处，敬请读者批评指正。

目 录

1 概述	1
1.1 钢筋下料基础知识	1
1.1.1 钢筋的选用	1
1.1.2 钢筋下料表	2
1.1.3 钢筋下料长度的概念	3
1.1.4 基本公式	6
1.1.5 平法钢筋计算相关数据	42
1.1.6 钢筋设计尺寸和施工下料尺寸	47
1.2 平法结构钢筋图识读基础	49
1.2.1 平法的概念	49
1.2.2 平法的实用效果	50
1.2.3 平法制图与传统图示方法的区别	51
1.2.4 平法图集与其他标准图集的不同	51
2 梁构件钢筋下料	53
2.1 梁构件识图	53
2.1.1 梁构件施工图制图规则	53
2.1.2 梁构件平法识图方法	62
2.2 梁钢筋下料计算	84
2.2.1 贯通筋下料	84
2.2.2 边跨上部直角筋下料	86
2.2.3 中间支座上部直筋下料	88
2.2.4 边跨下部跨中直角筋下料	89
2.2.5 中间跨下部筋下料	91
2.2.6 边跨和中跨搭接架立筋下料	93
2.2.7 角部附加筋及其余钢筋下料	94
2.3 梁钢筋下料实例	97
3 柱构件钢筋下料	100
3.1 柱构件识图	100

3.1.1	柱构件施工图制图规则	100
3.1.2	柱构件平法识图方法	104
3.2	柱钢筋下料计算	116
3.2.1	中柱顶筋下料	116
3.2.2	边柱顶筋下料	117
3.2.3	角柱顶筋下料	119
3.3	柱钢筋下料实例	120
4	剪力墙构件钢筋下料	123
4.1	剪力墙构件识图	123
4.1.1	剪力墙构件施工图制图规则	123
4.1.2	剪力墙构件平法识图方法	134
4.2	剪力墙钢筋下料计算	158
4.2.1	顶层墙竖向钢筋下料	158
4.2.2	剪力墙边墙墙身竖向钢筋下料	159
4.2.3	剪力墙暗柱竖向钢筋下料	161
4.2.4	剪力墙墙身水平钢筋下料	162
4.2.5	剪力墙连梁钢筋下料	168
4.3	剪力墙钢筋下料实例	169
5	板构件钢筋下料	171
5.1	板构件识图	171
5.1.1	板构件施工图制图规则	171
5.1.2	板构件平法识图方法	178
5.2	板钢筋下料计算	187
5.2.1	板上部贯通纵筋的计算	187
5.2.2	板下部贯通纵筋的计算	188
5.2.3	扣筋计算	189
5.3	板钢筋下料实例	190
	参考文献	197

1 概 述

1.1 钢筋下料基础知识

1.1.1 钢筋的选用

《混凝土结构设计规范（2015年版）》（GB 50010—2010）根据“四节一环保”要求，提倡应用高强、高性能钢筋。根据混凝土构件对受力性能要求，规定了各种牌号钢筋的选用原则。

（1）增加强度为 500MPa 级的高强热轧带肋钢筋；推广将 400MPa、500MPa 级高强热轧带肋钢筋作为纵向受力的主导钢筋推广应用，尤其是梁、柱和斜撑构件的纵向受力配筋应优先采用 400MPa、500MPa 级高强钢筋，500MPa 级高强钢筋用于高层建筑的柱、大跨度与重荷载梁的纵向受力配筋更为有利；淘汰直径 16mm 及以上的 HRB335 热轧带肋钢筋，保留小直径的 HRB335 钢筋，主要用于中、小跨度楼板配筋以及剪力墙的分布筋配筋，还可用于构件的箍筋与构造配筋；用 300MPa 级光圆钢筋取代 235MPa 级光圆钢筋，将其规格限于直径 6~14mm，主要用于小规格梁柱的箍筋与其他混凝土构件的构造配筋。对既有结构进行再设计时，235MPa 级光圆钢筋的设计值仍可按原规范取值。

（2）推广应用具有较好延性、可焊性、机械连接性能及施工适应性的 HRB 系列普通热轧带肋钢筋。列入采用控温轧制工艺生产的 HRBF400、HRBF500 系列细晶粒带肋钢筋，取消牌号 HRBF335 钢筋。

（3）RRB400 余热处理钢筋由轧制钢筋经高温淬水，余热处理后提高强度，资源能源消耗低、生产成本低。其延性、可焊性、机械连接性能及施工适应性也相应降低，一般可用于对变形性能及加工性能要求不高的构件中，如延性要求不高的基础、大体积混凝土、楼板以及次要的中小结构构件等。

（4）箍筋用于抗剪、抗扭及抗冲切设计时，其抗拉强度设计值发挥受到限制，不宜采用强度高于 400MPa 级的钢筋。当用于约束混凝土的间接配筋（如连续螺旋配箍或封闭焊接箍等）时，钢筋的高强度可以得到充分发挥，采用 500MPa 级钢筋具有一定的经济效益。

因此，在 G101 系列图集的应用过程中，混凝土结构应按下列规定选用钢筋：

（1）纵向受力普通钢筋可采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500、HRB335、RRB400、HPB300 钢筋；梁、柱和斜撑构件的纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、

HRBF400、HRBF500 钢筋。

(2) 箍筋宜采用 HRB400、HRBF400、HRB335、HPB300、HRB500、HRBF500 钢筋。

(3) 预应力筋宜采用预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。

1.1.2 钢筋下料表

钢筋下料表是工程施工必需用到的表格，尤其是钢筋工更需要这样的表格，因为它可指导钢筋工进行钢筋下料。

1. 钢筋下料表与工程钢筋表的异同点

钢筋下料表的内容和工程钢筋表相似，也具有下列项目：构件编号、构件数量、钢筋编号、钢筋规格、钢筋形状、钢筋根数、每根长度、每构件长度、每构件重量以及总重量。

其中，钢筋下料表的构件编号、构件数量、钢筋编号、钢筋规格、钢筋形状、钢筋根数等项目与工程钢筋表完全一致，但在“每根长度”这个项目上，钢筋下料表和工程钢筋表有很大的不同：

工程钢筋表中某根钢筋的“每根长度”是指钢筋形状中各段细部尺寸之和；

而钢筋下料表某根钢筋的“每根长度”是指钢筋各段细部尺寸之和减掉在钢筋弯曲加工中的弯曲伸长值。

2. 钢筋的弯曲加工操作

在弯曲钢筋的操作中，除直径较小的钢筋（通常是 6mm、8mm、10mm 直径的钢筋）采用钢筋扳子进行手工弯曲外，直径较大的钢筋均采用钢筋弯曲机进行钢筋弯曲的工作。

钢筋弯曲机的工作盘上有成型轴和心轴，工作台上还有挡铁轴用来固定钢筋。在弯曲钢筋时，工作盘转动，靠成型轴和心轴的力矩使钢筋弯曲。钢筋弯曲机工作盘的转动可以变速，工作盘转速快，可弯曲直径较小的钢筋；工作盘转速慢，可弯曲直径较大的钢筋。

在弯曲不同直径的钢筋时，心轴和成型轴是可以更换不同的直径。更换的原则是：考虑弯曲钢筋的内圆弧，心轴直径应是钢筋直径的 2.5~3 倍，同时，钢筋在心轴和成型轴之间的空隙不超过 2mm。

3. 钢筋的弯曲伸长值

钢筋弯曲之后，其长度会发生变化。一根直钢筋，弯曲几道以后，测量几个分段的长度相加起来，其总长度会大于直钢筋原来的长度，这就是“弯曲伸长”的影响。

弯曲伸长的原因有：

(1) 钢筋经过弯曲后，弯角处不再是直角，而是圆弧。但在量度钢筋的时候，是从钢筋外边缘线的交点量起的，这样就会把钢筋量长了。

(2) 测量钢筋长度时，是以外包尺寸作为量度标准，这样就会把一部分长度重复测量，尤其是弯曲 90°及 90°以上的钢筋。

(3) 钢筋在实施弯曲操作时，在弯曲变形的外侧圆弧上会发生一定的伸长。

实际上，影响钢筋弯曲伸长的因素有很多，钢筋种类、钢筋直径、弯曲操作时选用的钢筋弯曲机的心轴直径等等，均会影响到钢筋的弯曲伸长率。因此，应在钢筋弯曲实际操作中收集实测数据，根据施工实践的资料来确定具体的弯曲伸长率。

几种角度的钢筋弯曲伸长率（ d 为钢筋直径），见表 1-1。

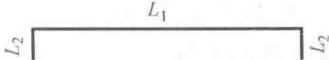
几种角度的钢筋弯曲伸长率（ d 为钢筋直径）					表 1-1
弯曲角度	30°	45°	60°	90°	135°
伸长率	0.35 d	0.5 d	0.85 d	2 d	2.5 d

1.1.3 钢筋下料长度的概念

1. 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（见表 1-2）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。

钢筋材料明细表			表 1-2
钢筋编号	简 图	规 格	数 量
①		$\phi 22$	2

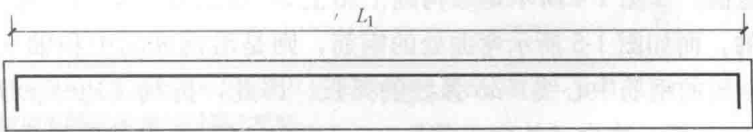


图 1-1 表 1-2 的钢筋长度

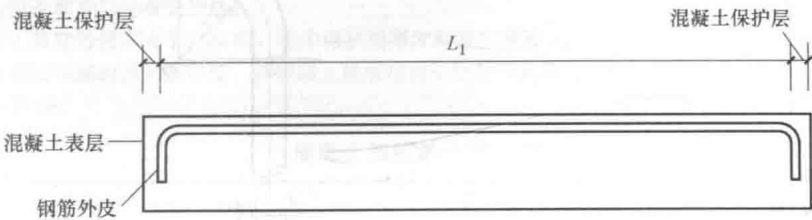


图 1-2 设计尺寸

2. 钢筋下料长度

钢筋加工前按直线下料，加工变形以后，钢筋外边缘（外皮）伸长，内边缘（内皮）缩短，但钢筋中心线的长度是不会改变的。

如图 1-3 所示，结构施工图上所示受力主筋的尺寸界限就是钢筋的外皮尺寸。钢筋加工下料的实际施工尺寸为 $(ab+bc+cd)$ ，其中 ab 为直线段， bc 线段为弧线， cd 为直线段。除此之外，箍筋的设计尺寸，通常采用的是内皮标注尺寸的方法。计算钢筋的下料长度，就是计算钢筋中心线的长度。

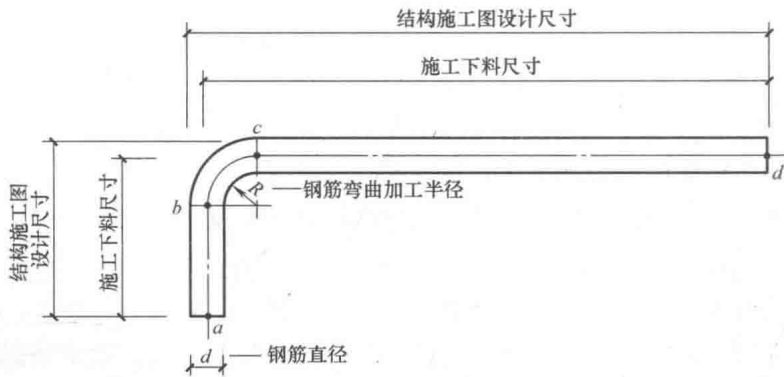


图 1-3 结构施工图上所示钢筋的尺寸界限

3. 差值

在钢筋材料明细表的简图中，所标注外皮尺寸之和大于钢筋中心线的长度。它所多出来的数值，就是差值，可用下式来表示：

钢筋外皮尺寸之和 - 钢筋中心线的长度 = 差值 (1-1)

对于标注内皮尺寸的钢筋，其差值随角度的不同，有可能是正，也有可能是负。差值分为外皮差值和内皮差值两种。

(1) 外皮差值：如图 1-4 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 1-5 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。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

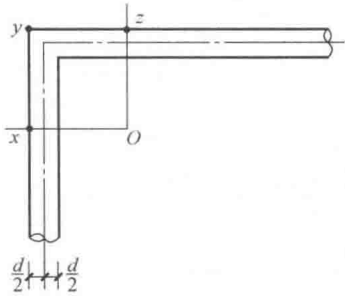


图 1-4 90°弯折钢筋

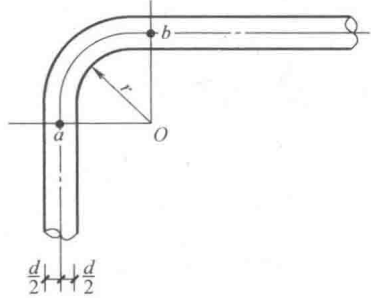


图 1-5 90°弯曲钢筋

弯曲加工下料计算。

(2) 内皮差值：图 1-6 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 1-7 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。

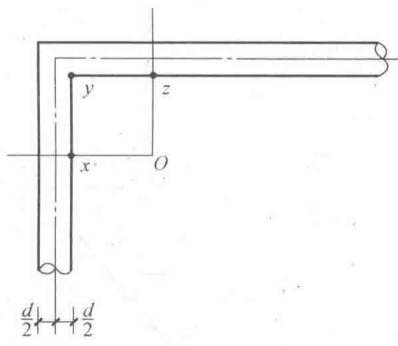


图 1-6 90°弯折钢筋

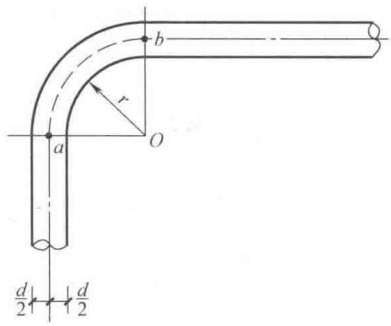


图 1-7 90°弯曲钢筋

4. 箍筋内皮尺寸

梁和柱中的箍筋，通常用内皮尺寸标注，这样便于设计。梁、柱截面的高度、宽度与保护层厚度的差值即为箍筋高度、宽度的内皮尺寸，如图 1-8 所示。墙、梁、柱的混凝土保护层厚度见表 1-3，混凝土结构的环境类别见表 1-4。

混凝土保护层的最小厚度 表 1-3

环境类别	板、墙	梁、柱
—	15	20
二 a	20	25
二 b	25	35
三 a	30	40
三 b	40	50

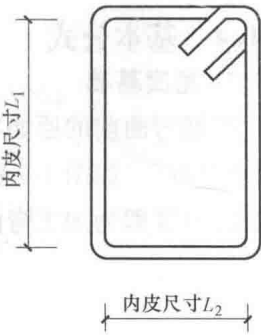


图 1-8 箍筋高度、宽度的内皮尺寸

- 注：1. 表中混凝土保护层厚度指最外层钢筋外边缘至混凝土表面的距离，适用于设计使用年限为 50 年的混凝土结构。
2. 构件中受力钢筋的保护层厚度不应小于钢筋的公称直径。
3. 一类环境中，设计使用年限为 100 年的结构最外层钢筋的保护层厚度不应小于表中数值的 1.4 倍；二、三类环境中，设计使用年限为 100 年的结构应采取专门的有效措施。
4. 混凝土强度等级不大于 C25 时，表中保护层厚度数值应增加 5。
5. 基础地面钢筋的保护层厚度，有混凝土垫层时应从垫层顶面算起，且不应小于 40。

混凝土结构的环境类别 表 1-4

环境类别	条 件
—	室内干燥环境 无侵蚀性静水浸没环境

续表

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

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

1.1.4 基本公式

1. 角度基准

钢筋弯曲前的原始状态——笔直的钢筋，弯折以前为 0°。这个 0°的钢筋轴线，就是“角度基准”。如图 1-9 所示，部分弯折后的钢筋轴线与弯折以前的钢筋轴线（点划线）所形成的角度即为加工弯曲角度。

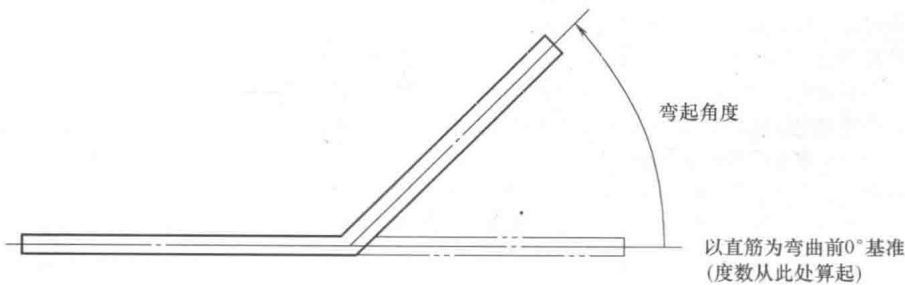


图 1-9 角度基准

2. 外皮差值计算公式

(1) 小于或等于 90°钢筋弯曲外皮差值计算公式

如图 1-10 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 。

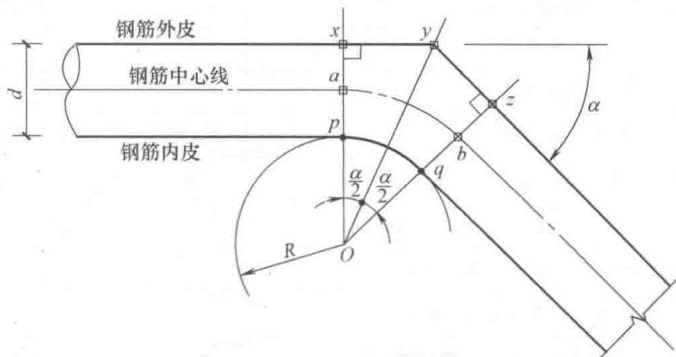


图 1-10 小于或等于 90° 钢筋弯曲外皮差值计算示意图

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。

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

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

$$\overset{\frown}{ab} = \left(R + \frac{d}{2}\right) \times a$$

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

以角度 α 、弧度 a 和 R 为变量计算的外皮差值公式为:

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

式中 α ——角度, 单位为度 ($^\circ$);

a ——弧度。

用角度 α 换算弧度 a 的公式如下:

$$\text{弧度} = \pi \times \frac{\text{角度}}{180^\circ} \quad (\text{即 } a = \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ}) \quad (1-3)$$

将式 (1-2) 中角度换算成弧度, 即:

$$2 \times (R + d) \times \tan \frac{\alpha}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha}{180^\circ} \quad (1-4)$$

(2) 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 1-5 的规定。

常用钢筋加工弯曲半径 R 表 1-5

钢 筋 用 途	钢筋加工弯曲半径 R
HPB300 级箍筋、拉筋	2.5d 且 > d/2
HPB300 级主筋	≥1.25d
HRB335 级主筋	≥2d
HRB400 级主筋	≥2.5d
平法框架主筋直径 d≤25mm	4d
平法框架主筋直径 d>25mm	6d
平法框架顶层边节点主筋直径 d≤25mm	6d
平法框架顶层边节点主筋直径 d>25mm	8d
轻骨料混凝土结构构件 HPB300 级主筋	≥1.75d

(3) 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 1-10 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 1-10 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 1-10 原理求证，当 R=2.5d 时，60°钢筋的外皮差值系数：

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

$$=4.0418d-3.1416d$$

$$\approx 0.9d$$

4) 根据图 1-10 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 1-10 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 1-10 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 1-6。

钢筋外皮尺寸的差值

表 1-6

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°	$0.29d$	$0.296d$	$0.299d$	$0.305d$	$0.305d$	$0.323d$	$0.348d$	$0.373d$
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 1-11 所示。外皮线的总长度为 $wx + xy + yz$, 下料长度为 $wx + xy + yz - 135^\circ$ 的量度差值。按如图 1-10 所示推导算式,

90° 弯钩的展开弧线长度 $= 2 \times (R+d) + 2 \times (R+d) \times \tan \frac{\alpha}{2}$, 则

$$\text{下料长度} = 2 \times (R+d) + 2 \times (R+d) \times \tan \frac{\alpha}{2} - 135^\circ \text{的量度差值} \quad (1-5)$$

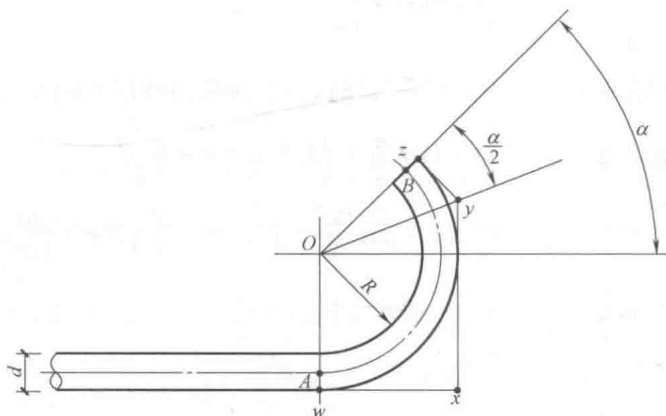


图 1-11 135°钢筋的弯曲差值计算示意图

按相关规定要求，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 1-7。

钢筋弯折量度近似差值					表 1-7
弯折角度	30°	45°	60°	90°	135°
量度差值	0.3d	0.5d	1.0d	2.0d	3.0d

3. 内皮差值计算公式

(1) 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 1-12 所示。

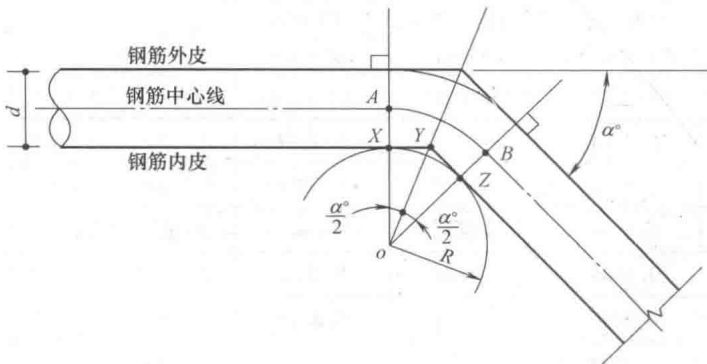


图 1-12 小于或等于 90°钢筋弯曲内皮差值计算示意图

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

两折线之和的展开长度： $\overline{XY}+\overline{YZ}=2\times R\times\tan\frac{\alpha}{2}$

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

以角度 α 和 R 为变量计算内皮差值公式：