1997 年 工 程 图 学 学 报 1997
第 2 - 3 期 JOURNAL OF ENGINEERING GRAPHICS No. 2 - 3

斜辊矫直机中矫直辊辊形及其安装角的工程设计方法

燕山大学 赵炳利 于敏之 赵俊杰

摘 要 本文通过对矫直辊与管材在理想接触条件下接触情况的分析，得出了工程计算矫直辊辊形的参数方程，为在数控机床上加工矫直辊辊形提供了方便，并根据接触理论给出了矫直不同直径管材时调整矫直辊安装角的工程方法。

关键词 矫直辊，接触，安装角，辊形

0 引 言

斜辊矫直机是管材和棒材生产过程中的重要设备，斜辊矫直机的矫直质量在很大程度上取决于矫直辊的辊形，合理的辊形应该是在矫直过程中管材或棒材与辊子的工作段全接触。文献［1］和文献［2］给出了几种矫直辊辊形的计算公式和作图方法，但公式比较复杂，作图又存在较大误差。一种辊形曲线是按一定直径的管材或棒材确定的，为适应一定尺寸范围内管材或棒材直径的变化，是可以通过调整矫直辊的安装角来满足的。目前，在设计斜辊矫直机时，很多还是按经验给出各种不同直径的管材或棒材的安装角度。下面就运用解析方法对近似全接触辊形计算公式及安装角的调整进行理论推导。

1 理想全接触条件下的矫直辊辊形设计

所谓理想全接触是指在矫直管材或矫直棒材时，矫直辊的工作段与管材或棒材都接触。图 1 所示为矫直辊辊身的工作段与管材或棒材理想接触条件下的示意图。设沿矫直辊辊身单侧轴线上分别定为 Z_0、Z_1 $\cdots Z_i$ $\cdots Z_n$，相对于 Z_0、Z_1 $\cdots Z_i$ $\cdots Z_n$ 位置处的辊子半径为 R_0、R_1 $\cdots R_i$ $\cdots R_n$。若在 Z_0、Z_1 $\cdots Z_i$ $\cdots Z_n$ 位置作垂直于辊子轴线的截平面，则截平面截得管材或棒材的截断面是一个个形状和尺寸完全一样的椭圆。设在 Z_i 处管材或棒材的截断面中心（椭圆中心）为 o_i，则如图 1 所示的坐标下，椭圆的方程可如下表示：

本文于 1996 年 10 月收到

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

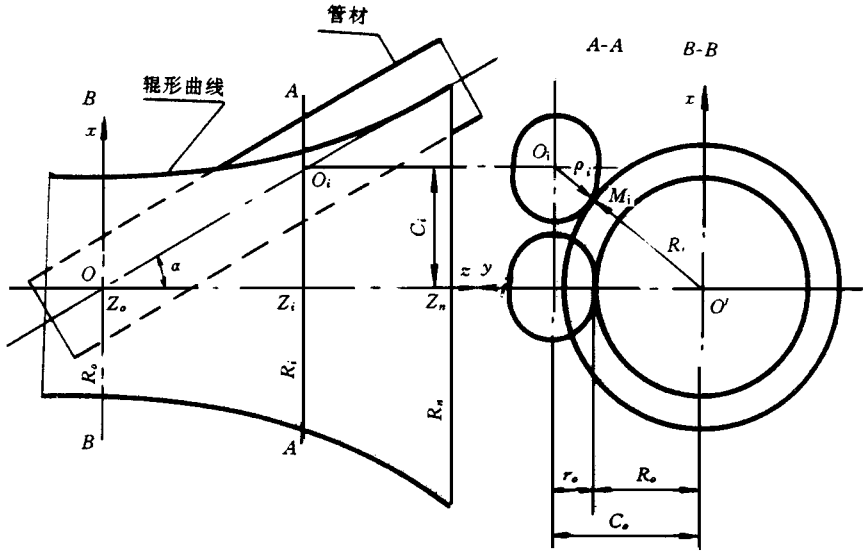


图 1　矫直辊与管材接触示意图

$$\frac{(x - c_i)^2}{a^2} + \frac{(y - c_o)^2}{r_o^2} = 1 \tag{1}$$

式中　$a = r_o / \cos\alpha$

$c_o = r_o + R_o$

$c_i = z_i * \mathrm{tg}\alpha$

r_o ——管材或棒材半径

α ——矫直辊的安装角

R_o ——矫直辊腰部半径

连接矫直辊轴心 o 与椭圆中心 o_i，则 o 与 o_i 连线与椭圆的交点 $M_i(x_i, y_i)$ 即为此截面处矫直辊与管材的近似接触点（真正的接触点应是圆与椭圆的切点），接触点 $M_i(x_i, y_i)$ 到矫直辊轴心的距离，即为 z_i 截面处矫直辊半径 R_i，接触点 $M_i(x_i, y_i)$ 到椭圆中心 o_i 的距离为 ρ_i。根据解析几何知识可得：

$$\frac{c_i - x_i}{c_i} = \frac{c_o - y_i}{c_o} \tag{2}$$

$$\rho_i^2 = (c_i - x_i)^2 + (c_o - y_i)^2 \tag{3}$$

$$(\rho_i + R_i)^2 = c_i^2 + c_o^2 \tag{4}$$

将点 $M_i(x_i, y_i)$ 代入（1）式并与（2）式联立得：

$$(x_i - c_i)^2 = \frac{c_i^2}{c_o^2}(y_i - c_o)^2 \tag{5}$$

$$(y_i - c_o)^2 = \frac{r_o^2 a^2 c_o^2}{r_o^2 c_i^2 + a^2 c_o^2} \tag{6}$$

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

将（5）式和（6）式代入（3）式和（4）式可得：

$$
\begin{aligned}
R_i &= \sqrt{c_i^2 + c_o^2} - \rho_i \\
&= \sqrt{c_i^2 + c_o^2} - \sqrt{(c_i - x_i)^2 + (c_o - y_i)^2} \\
&= \sqrt{c_i^2 + c_o^2} - \sqrt{(x_i - c_i)^2 + (y_i - c_o)^2} \\
&= \sqrt{c_i^2 + c_o^2} - \sqrt{\frac{r_o^2 a^2 c_o^2}{r_o^2 c_i^2 + a^2 c_o^2} + \frac{c_i^2}{c_o^2}\,\frac{r_o^2 a^2 c_o^2}{r_o^2 c_i^2 + a^2 c_o^2}} \\
&= \sqrt{c_i^2 + c_o^2}\left(1 - \frac{r_o}{\sqrt{c_i^2 \cos^2 \alpha + c_o^2}}\right) \qquad (7)
\end{aligned}
$$

上式所确定的 R_i 值即是 z_i 处的矫直辊半径。因 $c_i = z_i * \mathrm{tg}\alpha$，所以在理想接触条件下，矫直辊辊形曲线可近似的用式（7）$R_i = F(z_i)$ 的函数形式表示，这样就便于在数控机床上进行加工。由（7）式可以看出，$R_i = F(z_i)$ 所表示的曲线是一种特殊的高次曲线。对于任一 z_i 值，则有一对应的辊形半径 R_i，此时的接触点 $M_i(X_i, Y_i)$ 的计算公式如下：

$$
\begin{cases}
x_i = R_i * \sin(\theta) \\
y_i = R_i * \cos(\theta) \\
\theta - \mathrm{arctg}(c_i / c_o)
\end{cases}
$$

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$\Delta R_i = R_{oi} - R_{2i} = F_o(z_i, R_o, r_o, \alpha_o) - F_2(z_i, R_o, r_2, \alpha_2) \leq \Delta D \qquad (10)$$

采用迭代法，能求出 z_i 为最大时的最佳安装角 α_2。由（10）式编制的程序并在微机上运行，只需几秒就可以求出矫直管材半径为 r_2 时的最佳安装角 α_2 及此时的最长接触线的长度。其设计框图如图 2 所示。

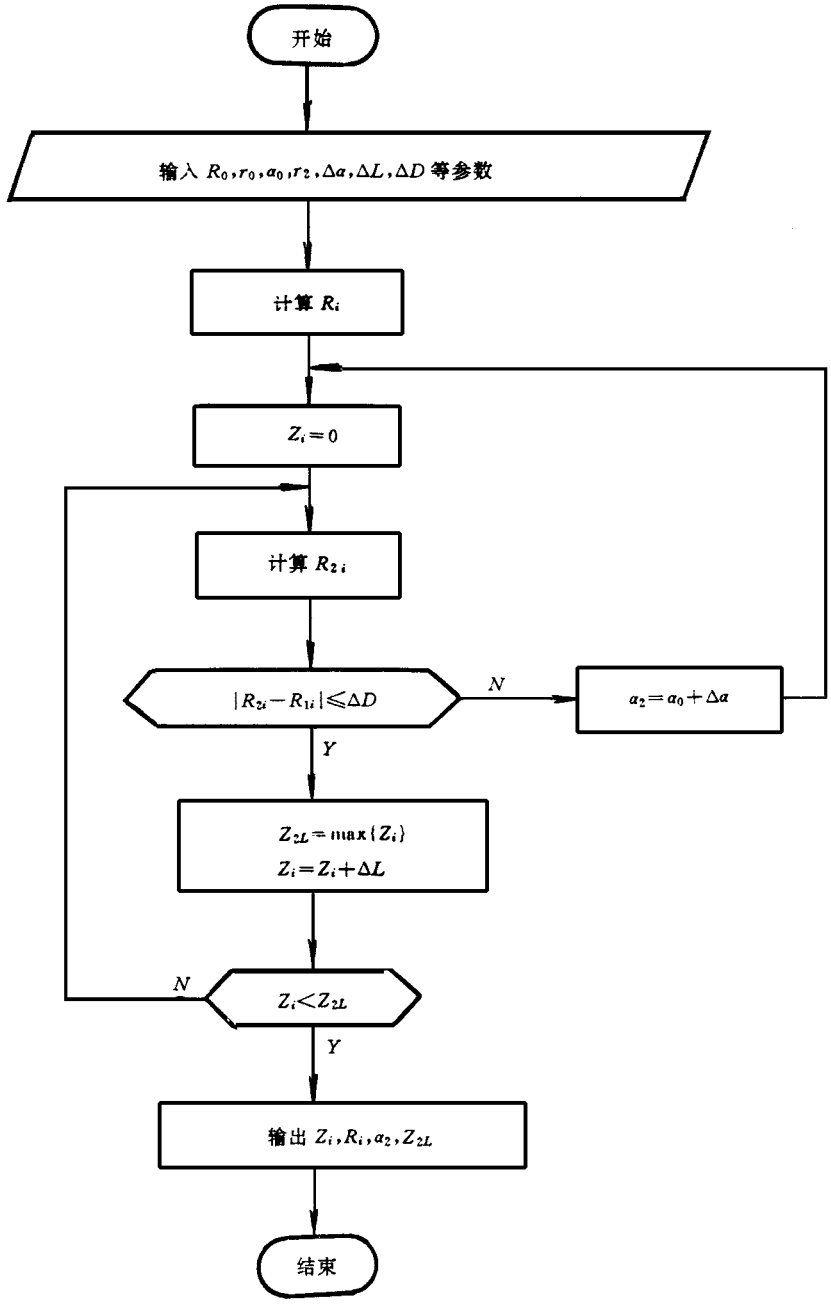


图 2　安装角计算框图

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

图 3 是某一矫直机矫直不同直径管材或棒材时安装角 ——α 与接触线长 ——L 的关系图。其原始设计参数为 $R_o = 100$、$r_o = 30$ 和 $\alpha_o = 27°$。当设计出辊形后，按照接触线最大值条件（即使 z_i 为最大），得出了安装角 α 的不同对接触线长的影响。从图中可以看出：任一管材半径 r_2 的最佳安装角是很小的一个区域范围。

由图 3 可以得出，当矫直范围为 $r_2 = 15 \sim 45\ mm$ 时，比较理想的矫直辊长度与半径的比值为：

$$k = \frac{2 \times \min\{\max Z_i(r_{21}), \max Z_i(r_{22}), \cdots, \max Z_i(r_{26})\}}{R_o} = 3.0 \qquad (11)$$

也就是说：当 $k = 3.0$ 时，在某一范围内矫直半径为 r_2 的管材时，均能使管材与矫直辊辊身的工作段接触。

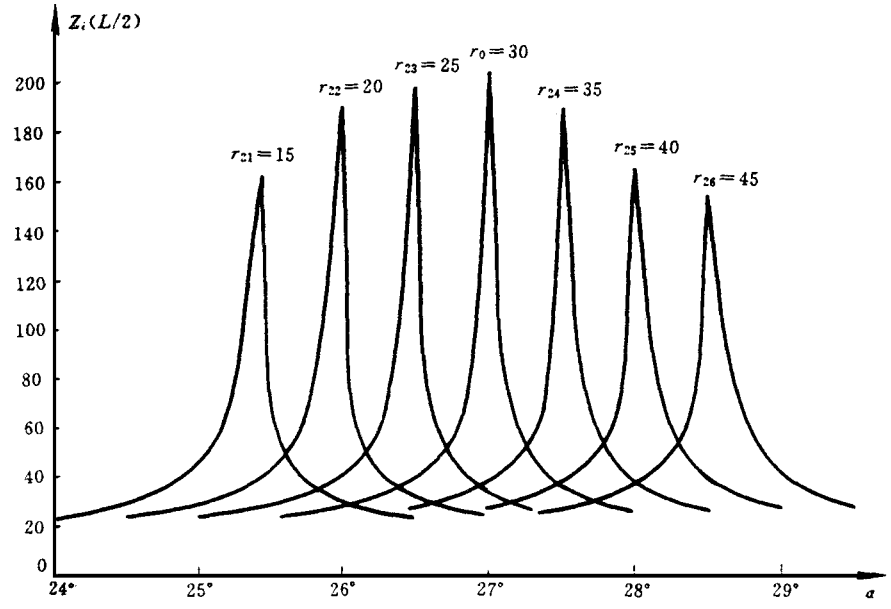


图 3 接触线与安装角关系图（$R_o = 100$，$\alpha_o = 27°$）

3 结 束 语

经在微机上计算可知：当 $k = 3.0$ 时，应用公式（7）计算出的矫直辊辊形曲线的半径 R_i，比按双曲线公式和按文献［1］中（165）公式计算的辊形曲线的半径值分别偏小和偏大，最大误差分别达 - 18 %和 0．2 %。

用近似公式（7）和公式（8）计算出的接触点 $M_i(X_i, Y_i)$ 的坐标值代入到椭圆方程（1）式中，其误差小于 $1 * 10^{-7}$，所以公式（7）是可靠的。

公式是 $R_i = F(Z_i)$ 的函数形式，所以为在数控机床上加工理想全接触条件下的矫直辊辊形提供了方便条件。

经在微机上计算可知：随被矫直管材半径变化而变化的安装角α，即管材半径与安装角α的关系，与生产实际中管材半径变化与安装角的调整值是基本相符的。

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参 考 文 献

1　马斯基列逊 A M 等著. 管材矫直机. 北京：机械工业出版社，1979，178～184
2　王海文主编. 轧钢机械设计. 北京：机械工业出版社，1983，437～447
3　机械工程手册编委会. 机械工程手册第 4 卷. 北京：机械工业出版社，1983，19～139

AN ENGINEERING SOLUTION OF STRAIGHTENING ROLL'S SHAPE AND ITS ASSEMBLE ANGLE IN STRAIGHTENER WITH CROSS ROLLS

Zhao Bingli　Yu Minzhi　Zhao Junjie
Yanshan University

ABSTRACT

By analysing the contact circumstance of straightening roll and tube under ideal condition, a parameter equation for accurately calculating straightening roll's shape is derived. It provedes the basis for NC lathe machining the straightening roll shape under ideal contact condition. According to contact theory, a method for calculating the assemble angles of the adjusting straightening rolls in various diamefers is presented.

Key words　steaightening roll, contact, assemble angle, roll shape

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net