“零”喂入角二辊斜轧浅析

张惠萍　李　群　李会玲

（天津钢管集团股份有限公司，天津　300301）

摘　要　简要叙述了喂入角在斜轧无缝钢管生产中的意义，在提出“错位”式二辊斜轧机的一些设想和以轧辊/轧制线平面为基准来确定喂入角的基础上，初浅地分析了二辊式斜轧机轧辊不同布置时其轧辊轴线在相关平面的投影关系以及对轧件运动的影响。

关键词　喂入角　斜轧　轧辊轴线　轧制线　轧辊/轧制线平面

Superficial Analysis on 0 Feeding Angle Double Crossing Rolls

Zhang Huiping　Li Qun　Li Huiling

（Tianjin Pipe Group Corporation,Tianjin, 300301）

Abstract　Significance of feeding angle is narrated in this paper on seamless skew rolling, based on assumption that mismatching double skew rolls and definition of feeding angle with roll-roll line plane, we analysis relation between projections of rolling axis and affection on pieces.

Key words　feeding angle, crossing roll, roll axis, roll line, roll-roll line plane

1　引言

本文主要讨论的是二辊斜轧喂入角的有关问题。通常将轧件轴线的运行方向与轧辊轴线既不垂直也不平行，轧件除了前进运动外，还有绕本身轴线之旋转，作螺旋运动的轧制称为斜轧。最常见的斜轧是无缝钢管的二辊、三辊穿孔（推轧穿孔、挤压穿孔除外），ASSEL 轧管、ACCU-ROLL 轧管也是斜轧。实现轧件作螺旋运动的前提是轧辊轴线相对有关平面要有一个倾角——即喂入角（或称送进角、前进角、咬入角等）。以二辊卧式斜轧机（穿孔机或轧管机）为例，喂入角是指轧辊轴线与轧制线两者在包括轧制线的垂直平面上投影之间的夹角（也就是轧辊轴线与水平面的夹角），一般用α表示，当轧辊轴线的投影与轧制线平行时，$\alpha=0$；二辊立式斜轧机的喂入角是指上述两线在水平面投影之间的夹角。我们从接触斜轧理论时起就知道：喂入角对于斜轧变形是不可或缺的工艺参数；依靠这个角（$\alpha\neq0$），轧辊才能把轧件曳入轧机实现斜轧。轧辊圆周速度在轧制线方向的分量，就是轧件沿轧制线前进的理论速度。

实际上，斜轧机的轧辊轴线是可以在垂直和水平两个方向进行调整的；轧辊轴线与轧制线既可以倾斜又可以交叉；倾斜形成喂入角，交叉形成辗轧角（用γ表示）；以卧式斜轧机为例，轧辊左右布置，从上往下看，在轧辊的俯视图上，轧辊轴线和轧制线不是平行的而是相交的（也就是轧辊轴线与垂直平面有一个交叉夹角），这个交角就叫辗轧角；当轧辊轴线与轧制线平行时，$\gamma=0$；对于二辊式锥形辊斜轧机而言，为了保证变形区的正常形状，$\gamma\neq0$。

2　斜轧运动简介

轧件作螺旋运动是斜轧过程的运动学条件，这个条件是靠各轧辊同向旋转和交错（α 不等于 0）布置来实现的，当$\alpha=0$ 时，轧件只能旋转，不能前进。轧辊表面某点（x 点）圆周速度 V_x 的轴向分量 $V_{x.\,x}$ 使轧件前进，而其对轧件的切向分量 $V_{x.y}$ 使轧件旋转。从教科书上我们得知：

张惠萍（1963 年），女，大学本科，副高工，huipingzhang888@sina.com

$$V_x = D_x n_g \pi /60$$

$$V_{x.x} = V_x \sin\alpha$$

$$V_{x..y} = V_x \cos\alpha$$

式中 D_x——x 点的辊径，mm；

n_g——轧辊转速，r/min；

α ——轧辊喂入角，（°）。

上面所列的是在$\gamma = 0$ 时的速度数学表达式，当$\gamma \neq 0$ 时，各式均还要再乘以 $\cos\gamma$ 。

3 二辊斜轧机轧辊的布置方式

以前的二辊斜轧机，轧辊是左右放置，导板或导盘上下放置，这种形式称为二辊卧式斜轧机（图 1）。现在新的二辊斜轧机多是轧辊上下放置，导板或导盘左右放置，这种形式称为二辊立式斜轧机（图 2）。不论是卧式的还是立式的，其两个轧辊都是水平（卧式）或垂直（立式）对称于轧制线的。如果用坐标来比喻，z 轴代表轧制线（即坐标的 O 点）、x 轴为水平面、y 轴为垂直平面，则卧式时两个轧辊分别放置在 x 轴的正负半轴上，两个轧辊在同一个水平面上；立式时两个轧辊分别放置在 y 轴的正负半轴上，两个轧辊在同一个垂直平面上。为方便简明起见，我们将α＝0、γ ＝0 时两条轧辊轴线与轧制线组成的平面简称为轧辊/轧制线平面；当α 、γ 不等于零时，该平面应为两轧辊轴线中心（轧辊轴线倾斜、交叉时位移为零的点）的连线与轧制线组成的平面。

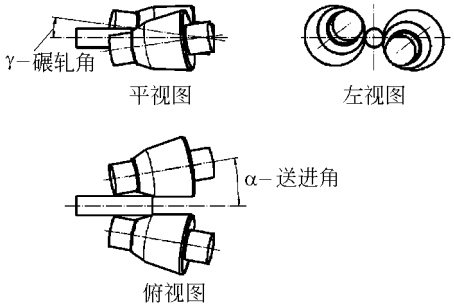


图 1 卧式斜轧机轧辊放置示意图

Fig.1 Horizontal skew rolls distribution

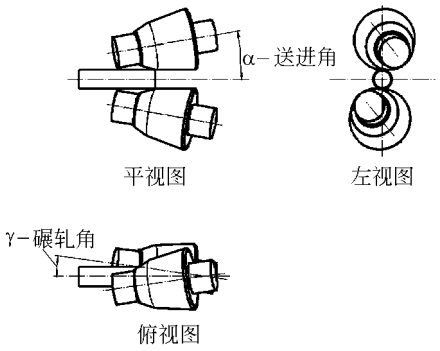


图 2 立式斜轧机轧辊放置示意图

Fig.2 Vertical skew rolls distribution

实际上，轧辊还可以有第三种放置方式，即两个轧辊分别放置在 xoy 坐标平面的第 1、3 象限或第 2、4 象限，对称于坐标原点“O”（轧制线）布置，也就是说两个轧辊既不在同一个水平面上，也不在同一个垂直平面上；两轧辊轴线与 x 轴上、下各有一段距离（用 H 表示），两轧辊轴线在水平方向（以 y 轴的平行线为圆心转动）分别按顺时针、逆时针各有一个转角，轧辊轴线与轧制线在水平面上投影的夹角用 θ 表示，θ 也就是卧式斜轧机传统意义上的辗轧角。我们暂且将这种轧辊放置形式称为“错位”式斜轧机（图 3）；以有别于原来的卧式、立式斜轧机。按卧式斜轧机的定义来说，“错位”式斜轧机是只有辗轧角，没有喂入角；但对于斜轧来说，当α ＝0 时，轧件只能旋转，不可能前进；这是不是说错位放置轧辊对于斜轧就没有实际意义了呢？让我们分析一下错位式斜轧轧辊轴线的投影情况再下结论。

4 “错位”式斜轧轧辊轴线投影分析

（1）之所以认为错位式斜轧机的喂入角等于 0，是因为我们沿用了以前卧式斜轧机关于喂入角的分析方法，将轧辊轴线在包括轧制线的垂直平面上投影（也就是解析轧辊轴线与水平面的夹角）而造成的；这时我们忽略了一个因素，错位放置轧辊时，轧辊轴线的中心既与 x 轴有距离，也与 y 轴有距离；对于 θ 角而言，卧式时它具有辗轧角的功能，立式时又是喂入角了；错位式的轧辊/轧制线平面（M）并没有像卧式时那样与水平面平行/重合，而是有一个倾角ψ，如果将轧辊轴线与轧制线两者在包含轧制线并与 M 平面相垂直的

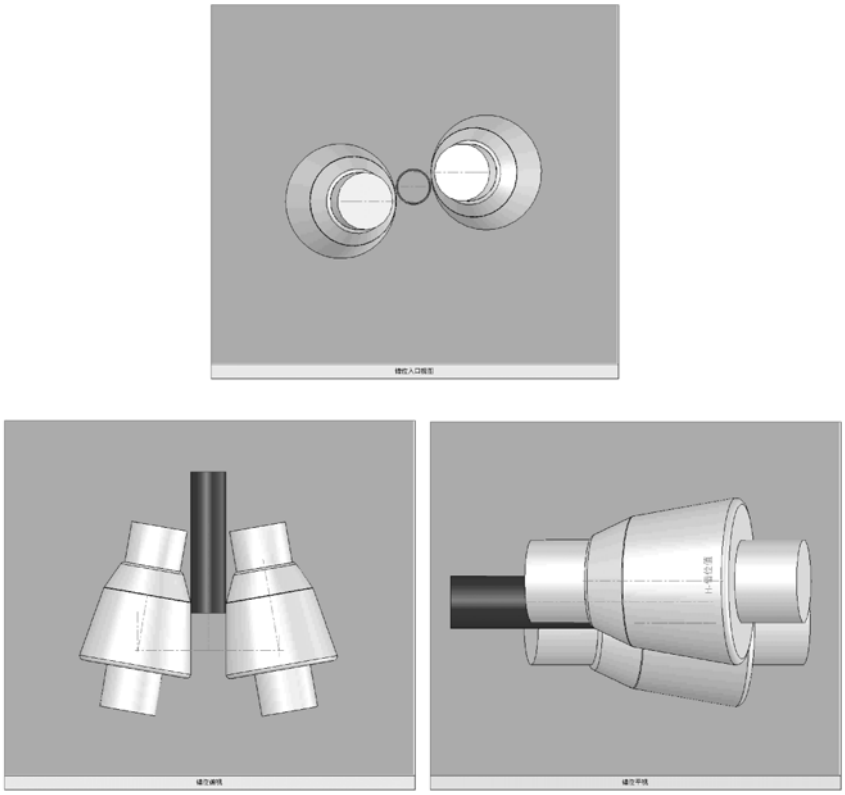


图 3　错位式斜轧机轧辊放置主视图、俯视图、右视图

Fig.3　Front view，planform，right view

N 平面上投影（也就是解析轧辊轴线与轧辊/轧制线平面的夹角）；见图 4，可以发现两条轧辊轴线并不平行，而是有一个交角，轧辊轴线与轧制线在 N 平面上投影的交角α'表示的就是错位式斜轧机的喂入角（图 5）。

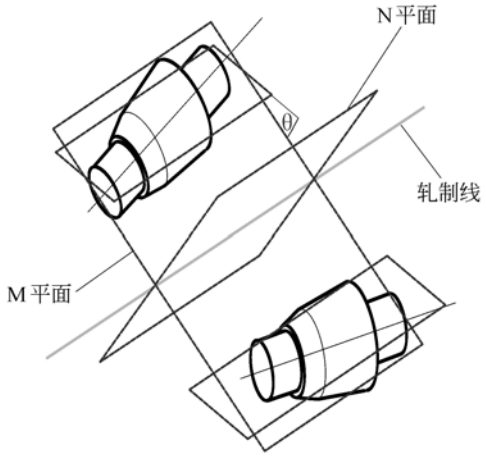


图 4　相关平面示意图

Fig.4　Relation planes diagrammatic sketch

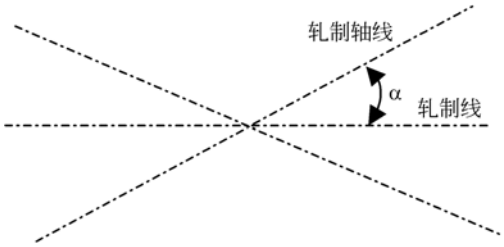


图 5　轧辊轴线与轧制线在 N 平面投影图

Fig.5　N-Plane projection drawing of roll axis and roll line

轧辊与轧件接触点“A”的速度为 V_a 沿 M 平面和 N 平面可以分解为 V_{Ax} 和 V_{Ay}、V_{Az}，V_{Az} 可以使轧件前进；V_{Ay} 使轧件旋转；V_{Ax} 为轧件径向速度，与轧件运动关系不大，暂不讨论（图 6 速度分解）。

（2）当α ＝0 时，不可能实现轧件的螺旋运动；通过上述投影分析，可以看出：错位放置轧辊时，轧辊轴线与水平面确实是平行的，但相对轧辊/轧制线平面来说并不平行，也就是喂入角并没等于 0，轧件是可以作螺旋运动的。错位放置轧辊时，表象的显现没有喂入角（α＝0），经过分析得知：实际上是我们选择投影面方位不恰当时产生的错觉。

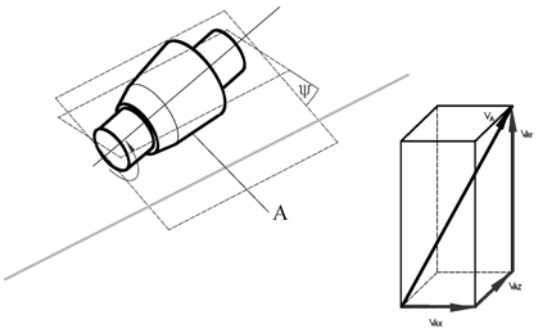


图 6　速度分解图

Fig.6　Velocity decomposition

（3）错位式的喂入角大小与轧辊轴线的水平转角（θ)以及轧辊错位距离（H)、轧辊距离（B)、轧辊直径（D_g）等数值的大小有关；辗轧角的大小与 θ 有关但并不完全等同于 θ 角。

（4）传统的二辊斜轧机只有卧式和立式两种轧辊布置方式，引入“错位”式的轧辊布置方式，意在使轧机的结构设计简化，相对于 xoy 坐标系，轧辊轴线可以减少一个倾角，即轧辊轴线只有一个水平方向的倾角（与垂直平面的交角），而没有与水平面的倾角，这样不但可以使轧机的结构较为简单，同时也使换辊相对容易操作；因为当锥形轧辊直径较大（D＞1.5m）时，锥形辊的质量沿其轴线方向变化较大（一头轻一头重），如果轧辊轴线上下倾斜，当轧辊质量较大时，将给轧辊装卸吊运增加难度；但与传统的卧式或立式轧机相比“错位”式斜轧机的牌坊可能外形尺寸和设备重量都要增大一些，轧制力的平衡也要复杂一些。

5　结语

（1）就轧辊轴线的同一个倾角而言，卧式放置时为喂入角，立式放置时就是辗轧角了；同样，卧式的辗轧角就是立式的喂入角。错位放置轧辊时，因为既不是卧式，也不是立式；所以其轧辊的倾角就兼备了辗轧角和喂入角的双重身份。

（2）提出轧辊/轧制线平面观点，意在使对喂入角的分析更加准确、合理，建议将喂入角的定义更改为：是指轧辊轴线与轧制线两者在包含轧制线并与轧辊/轧制线平面相垂直的平面（不一定是水平面或垂直平面）上投影之间的夹角（也就是轧辊轴线与轧辊/轧制线平面的夹角)。

（3）“错位”式二辊斜轧机其轧辊错位的高度、倾角的大小、轧辊的转速的快慢、轧辊的辊形与轧件尺寸的关系以及“错位”式斜轧机对轧件加工后表面质量的影响还有待于进一步研究。

参 考 文 献

1　王廷溥. 轧钢工艺学. 北京：冶金工业出版社，1981：376～381

2　汤元艺. 新型锥形穿孔机. 钢管，1991（3）：7～12

3　金如菘. 无缝钢管史话. 钢管，1991（6）：50～53