

## 差速传动张力减径机的速度分析

杨尔文  
(常州钢铁厂)

本文介绍了差动轮系的速比计算和集中差速传动张力减径机轧辊速度计算的方法, 得出了一组简便实用的速度曲线, 该曲线为孔型设计和现场调试提供了速度依据。

### SPEED ANALYSIS OF THE STRETCH REDUCING MILL WITH A DIFFERENTIAL DRIVE

Yang Erwen  
(Changzhou Iron & Steel Plant)

Methods of calculating the speed ratios of the differential gear system and the roll speeds in the stretch reducing mill with a group differential drive are described and a set of speed curves, which are simple and easy to use and provide a reference for pass design and field commissioning, is obtained.

#### 1. 前言

张力减径机是直接出热轧无缝管的重要设备。张力减径机的问世, 给古老的顶管工艺带来了新生。该机为高效无芯棒连续热轧管机组, 要确保机组的正常工作就必须有合

理的孔型设计, 而孔型设计的关键就在于张力的确定及各机架速度的分配。由于是集中差速传动, 所以各机架的速度密切相关, 彼此制约。本文着重介绍直流集中差速传动张力减径机的传动原理及结构。通过大量的速度计算分析, 得出一组实用的速度曲线, 该

$$\text{对入口段直线 } z = xtgr'_1 + r_0 \quad (14)$$

$$\text{对出口段直线 } z = xtgr'_2 - r_0 \quad (15)$$

$r_0$ ——孔喉半径

$r'_1$ ——出口段管体锥角

$r'_2$ ——入口段管体锥角

在任一位置用与  $x$  轴垂直的平面截取孔型所得孔型断面在  $yoz$  坐标面上投影均为一圆, 其方程为

$$y^2 + z^2 = r^2 \quad (16)$$

式中  $r$ ——截孔型后所得圆的半径

管体母线绕  $x$  轴旋转形成的孔型表面方程在  $oxyz$  坐标系内的表达式如下

$$\text{对入口段 } \sqrt{y^2 + z^2} = xtgr'_1 + r_0 \quad (17)$$

$$\text{对出口段 } \sqrt{y^2 + z^2} = xtgr'_2 - r_0 \quad (18)$$

在  $oxyz$  坐标系内孔型的表面方程, 可将坐标转换关系式(1)代入(17)与(18)两式得出。

#### 参 考 文 献

[1] 复旦大学数学编写组, 《曲线与曲面》, 科学出版社, 1977

曲线为孔型设计和现场调试提供了速度依据。

## 2. 差动轮系的速比计算

差动轮系由太阳轮1、周转轮3、行星轮2、系杆H组成,见图1。轮1、轮3和系杆H以不同速度绕固定轴O—O旋转。假定轮1、轮3为主动轮,分别由两台电机驱动,将系杆的转动作为输出速度,其速比的计算方法如下:

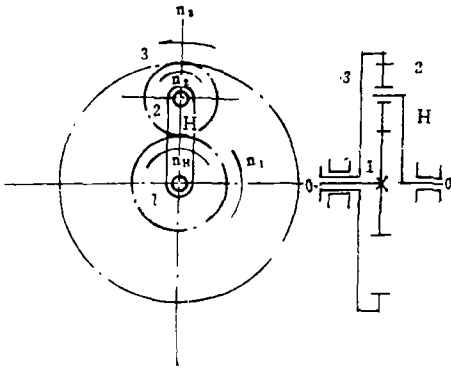


图1 差动轮系组成示意图

设轮1的转速为 $n_1$ ;轮2的转速为 $n_2$ ;轮3的转速为 $n_3$ ;它们的齿数分别为 $z z_1$ 、 $z z_2$ 、 $z z_3$ ;系杆转速为 $n_H$ 。

所有转动机构都按逆时针方向旋转。视构件H为相对静止机构,其他构件相对于H的转速为:

$$n_1^H = n_1 - n_H$$

$$n_2^H = n_2 - n_H$$

$$n_3^H = n_3 - n_H$$

$$n_H^H = n_H - n_H = 0$$

轮1和轮3的速比为:

$$i_{13}^H = \frac{n_1^H}{n_3^H} = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} = -\frac{z z_2 \cdot z z_3}{z z_1 \cdot z z_2} = -\frac{z z_3}{z z_1}$$

“-”表示轮1与轮3反向。对一已知机构而言, $z z_1$ 和 $z z_3$ 是固定的,所以 $i_{13}^H$ 为一已知常数。

$$i_{13}^H = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} \quad (1)$$

由(1)式可以看出,如果 $n_1$ 、 $n_3$ 已知,则可以求出 $n_H$ 值

$$\begin{aligned} n_H &= \frac{n_1 - i_{13}^H \cdot n_3}{1 - i_{13}^H} = \frac{n_1 + z z_3 / z z_1 \cdot n_3}{1 + z z_3 / z z_1} \\ &= \frac{n_1 z z_1 + n_3 z z_3}{z z_1 + z z_3} \quad (2) \end{aligned}$$

此式为差动轮系基本公式之一。轮1和轮3为主传动轮,系杆H带动输出轴旋转。为便于下文讨论,我们称 $n_1$ 为主传动转速, $n_2$ 为叠加传动转速。

## 3. 集中差速传动张力减径机轧辊速度计算

集中差速传动机构示于图2,叠加电机1的转速为 $n_{\text{叠}}$ ,主电机2的转速为 $n_{\text{主}}$ ,假定第K架轧辊转速为 $N_K$ ,对第22架而言,则(2)式中的

$$n_1 = n_{\text{主}} \cdot z_{17} / z_2 \cdot z_{15} / z_{16}$$

$$n_3 = n_{\text{叠}} \cdot z_1 / z_3$$

$$z z_1 = z_2^1$$

$$z z_3 = z_1^1$$

将以上数值代入(2)式得

$$N_{22} =$$

$$\frac{n_{\text{主}} \cdot z_{17} / z_2 \cdot z_{15} / z_{16} \cdot z_2^1 + n_{\text{叠}} \cdot z_1 / z_3 \cdot z_1^1}{z_1^1 + z_2^1} \quad (3)$$

同理

$$\begin{aligned} N_{21} &= \frac{n_{\text{主}} \cdot z_{17} / z_2 \cdot z_{15} / z_{16} \cdot z_2^1}{z_1^1 + z_2^1} \\ &\quad + \frac{n_{\text{叠}} \cdot z_1 / z_3 \cdot z_4 / z_5 \cdot z_1^1}{z_1^1 + z_2^1} \quad (4) \end{aligned}$$

$$N_{20} = \frac{n_{\text{主}} \cdot z_{17} / z_2 \cdot z_{15} / z_{16} \cdot z_2^1}{z_1^1 + z_2^1}$$

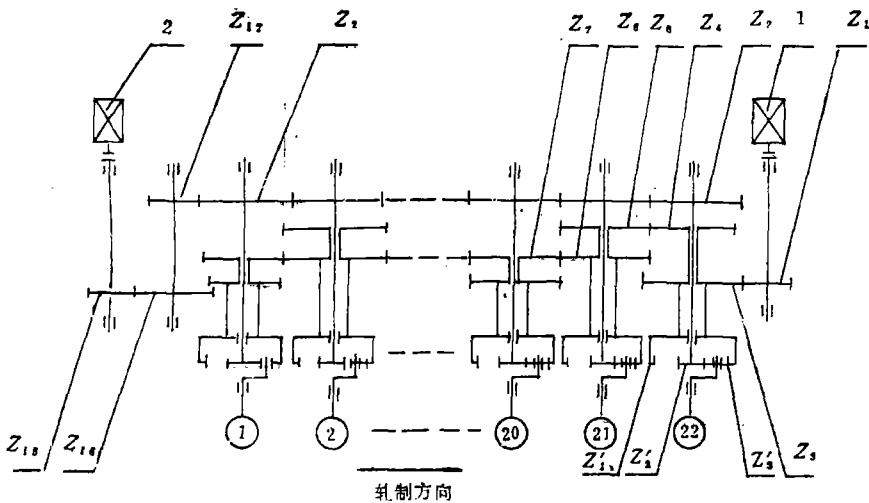


图2 集中差速传动机构示意图

$$\frac{+ n_{\text{叠}} \cdot Z_1 / Z_3 \cdot Z_4 / Z_5 \cdot Z_6 / Z_7 \cdot Z_1^1}{Z_1^1 + Z_2^1}$$

(5)

在(3)、(4)、(5)式中，令

$$\frac{Z_1^1 + Z_2^1}{Z_{17} / Z_2 \cdot Z_{15} / Z_{16} \cdot Z_2^1} = i_{\text{主}}$$

$$\frac{Z_1^1 + Z_2^1}{Z_1^1 \cdot Z_1 / Z_3 \cdot Z_4 / Z_5 \cdot Z_6 / Z_7 \cdot \dots} = i_{\text{叠}}$$

则  $N_{22} = n_{\text{主}} / i_{\text{主}} + n_{\text{叠}} / i_{\text{叠}22}$

$$i_{\text{叠}22} = \frac{Z_1^1 + Z_2^1}{Z_1^1 \cdot Z_1 / Z_3}$$

$N_{21} = n_{\text{主}} / i_{\text{主}} + n_{\text{叠}} / i_{\text{叠}21}$

$$i_{\text{叠}21} = \frac{Z_1^1 + Z_2^1}{Z_1^1 \cdot Z_1 / Z_3 \cdot Z_4 / Z_5}$$

$N_{20} = n_{\text{主}} / i_{\text{主}} + n_{\text{叠}} / i_{\text{叠}20}$

$$i_{\text{叠}20} = \frac{Z_1^1 + Z_2^1}{Z_1^1 \cdot Z_1 / Z_3 \cdot Z_4 / Z_5 \cdot Z_6 / Z_7}$$

由此可写出第K架轧辊转速的通式

$$N_K = n_{\text{主}} / i_{\text{主}} + n_{\text{叠}} / i_{\text{叠}K} \quad (6)$$

式中  $n_{\text{主}}$ ——主电机转速，r/min

$i_{\text{主}}$ ——主传动速比（是一个定数）

$n_{\text{叠}}$ ——叠加电机转速，r/min

$i_{\text{叠}K}$ ——附加传动速比（随机架变化的定数）

#### 4. 速度曲线的由来和使用方法

由(6)式可以看出，某架的轧辊转速是由主传动产生的转速和叠加传动产生的转速合成的结果，合成示意图如图3。

假定  $n_{\text{叠}} = 1800\text{r/min}$ ， $n_{\text{主}} = 0\text{r/min}$ ，合成曲线如图3a所示。假定  $n_{\text{叠}} = 0\text{r/min}$ ， $n_{\text{主}} = 1600\text{r/min}$ ，合成曲线如图3b)所示。假定  $n_{\text{叠}} = 1800\text{r/min}$ ， $n_{\text{主}} = 1600\text{r/min}$ ，合成曲线如图3c所示。

如果我们把各种合成速度曲线画在同一图上，那么这一曲线图一定是重叠、紊乱、不清晰、不实用的。

因此，我们将(6)式中的  $n_{\text{主}} / i_{\text{主}}$  项作为向下的纵坐标， $n_{\text{叠}} / i_{\text{叠}K}$  项作为向上的纵坐标，画出如图4所示的速度曲线，相关两曲线之间的纵坐标长度就是对应机座的轧辊速度。

根据大量计算数值绘制出了轧辊速度实用曲线，见图5。

使用该曲线十分方便，例如：

设  $n_{\text{主}} = 1600\text{r/min}$

$n = 1900\text{r/min}$

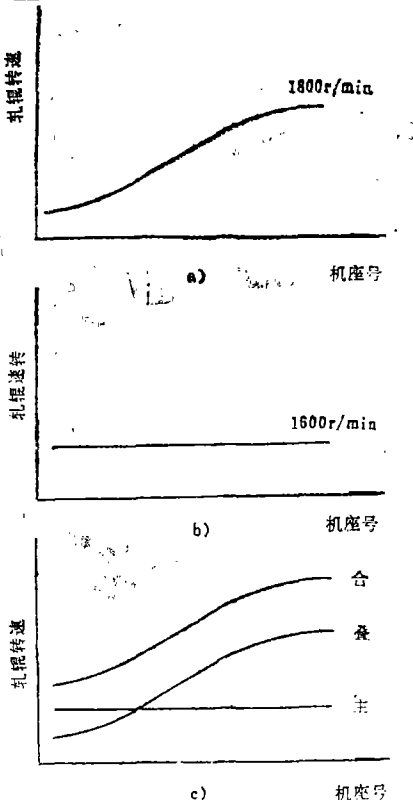


图3 轧辊的主传动转速与叠加传动转速合成示意图

求第16架轧辊转速的步骤如下:

- 1) 在横坐标上找出第16架机座的位置点;
- 2) 由此点向上找出1900r/min的叠加速度曲线;
- 3) 由此点向下找出1600r/min主传动线;
- 4) 量出1900r/min叠加曲线和1600r/min主传动线之间的距离;
- 5) 用这段距离取纵坐标的高度并读出第16架轧辊转速为331r/min。

使用方法见图5的图例。

对于孔型设计,尚有快速而精确的计算程序。

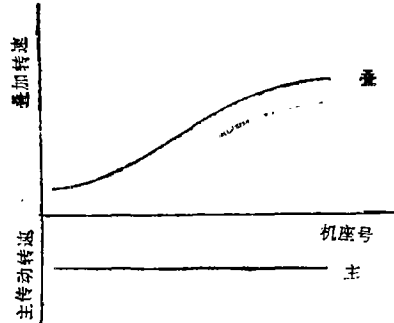


图4 轧辊速度曲线

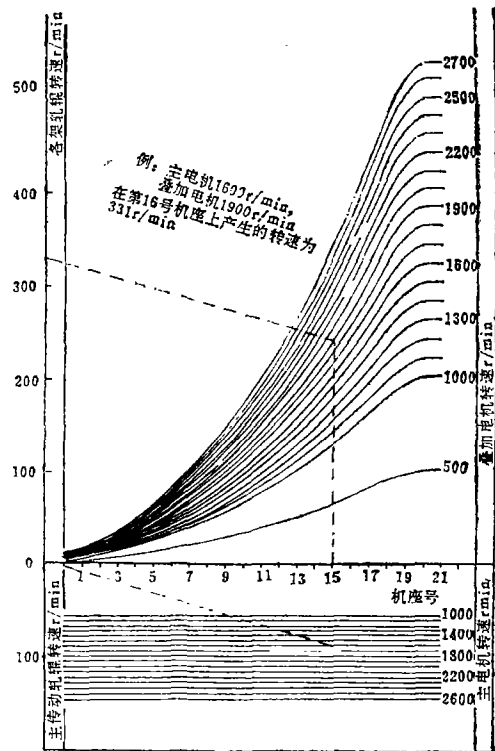


图5 张力减径机传动速度图

### 参 考 文 献

[1] 冯金林, 张力减径机集中差速传动设计, 钢管, 1988, №4