

# 宽带钢热轧支持辊辊形变化对板形的影响

何安瑞<sup>1)</sup> 张清东<sup>1)</sup> 曹建国<sup>1)</sup> 陈先霖<sup>1)</sup> 魏钢城<sup>2)</sup> 黄四清<sup>2)</sup>

1) 北京科技大学机械工程学院, 北京 100083 2) 武汉钢铁(集团)公司, 武汉 430083

**摘 要** 分析了宽带钢热轧支持辊辊形变化对板形的影响, 提出板形稳定性(ST)的概念. 仿真结果表明, 带钢宽度越宽其板形稳定性越差, 其他参数对板形稳定性影响不大.

**关键词** 热轧; 支持辊; 板形; 稳定性

**分类号** PG335.11

世界各国相继开发了多种改善带钢板形和提高轧机板形控制性能的支持辊技术, 如BCM, SC, VC, NIPCO, DSR, VCL等, 这些新技术均是通过某种手段(磨削或改变辊体内液压压力轴向分布等)以获得轧制时所需的支持辊辊形. 但是, 对于轧制过程中支持辊辊形变化及其对板形的影响, 研究者甚少.

## 1 支持辊辊形的变化

轧制过程中, 导致支持辊辊形变化的主要因素是轧辊的磨损和热凸度. 在热轧中, 支持辊的工作环境非常恶劣, 换辊周期较长, 支持辊出现严重的轴向不均匀磨损, 尤其是对控制板形有重要意义的下游机架的支持辊, 磨损更严重, 如图1所示. 相对磨损而言, 由于导入支持辊的热量较少, 且支持辊具有自己的冷却系统, 由此而产生的热凸度可以忽略不计. 另外, 轧辊磨损是一个不断变化的过程, 而在稳定轧制阶段, 可以认为支持辊的热凸度是不变的. 所以, 研究支持辊辊形的变化主要是研究磨损对辊形的影响.

支持辊在与工作辊的接触摩擦中产生了磨损. 由于轧辊轴向的接触状态不一样, 在带钢宽度范围内, 辊间接触压力大, 轧辊辊面粗糙, 尤其是与带钢边部接触处的辊面更粗糙. 这些因素综合作用, 使得支持辊中部(带钢宽度范围内)磨损严重并且轴向磨损不均匀, 出现了与工作辊磨损相似的“猫耳”形磨损辊形. 同时, 由于

窜辊的作用使得支持辊传动侧的磨损与操作侧的磨损不同, 出现了严重的不对称磨损辊形. 支持辊磨损辊形的不断变化直接影响着辊间接触压力的分布, 进而影响着支持辊和工作辊的弯曲变形, 其最终结果必然改变承载辊缝的形状, 对带钢的板形及板形控制性能造成影响.

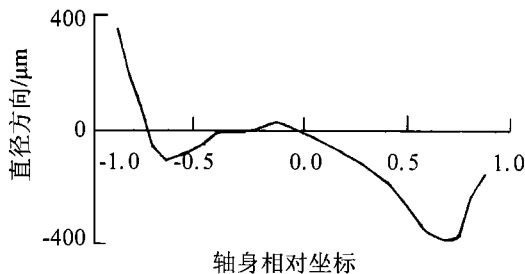


图1 支持辊下机后磨损辊形

## 2 辊形变化对板形的影响

### 2.1 承载辊缝描述

如果忽略轧后板带的弹性回复, 轧制过程中对板形的控制实质上就是对轧机承载辊缝的控制. 大量的分析表明, 承载变形后的辊缝可以用以下多项式近似表示<sup>[1]</sup>:

$$g(x) = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_4x^4 \quad x \in [-1, 1] \quad (1)$$

式中,  $x$  是经过正则化处理后沿带钢宽度方向上的坐标. 在带钢宽度范围内, 承载辊缝曲线的1次分量的凸度  $C_{w1}$ 、二次分量的凸度  $C_{w2}$  和4次分量的凸度  $C_{w4}$  可分别表示如下:

$$C_{w1} = b_1 \quad (2)$$

$$C_{w2} = b_2 + b_4 \quad (3)$$

$$C_{w4} = -b_4/4 \quad (4)$$

承载辊缝曲线的1次分量与带钢单边浪的

生成和控制有关; 2 次分量与带钢双边浪或中浪的生成和控制有关; 其 4 次分量则与 1/4 浪或边中复合浪的生成和控制有关. 研究支持辊辊形变化对板形的影响即是研究在支持辊的整个换辊周期内,  $C_{w1}$ ,  $C_{w2}$ ,  $C_{w4}$  的变化规律.

2.2 建模过程

为了计算支持辊辊形变化对板形的影响, 必须建立辊系弹性变形计算模型. 在众多的辊系弹性变形计算方法中, 以 K. N. Shohet 为代表的影

2.3 结果分析

(1) 随着支持辊磨损凸度的增加, 轧件的凸度呈线性增加. 当  $F=0$  时, 在整个支持辊换辊周期内, 距带钢边部 40 mm 处的凸度  $C_{40}$  增加了 87.8  $\mu\text{m}$ . 由此可说明支持辊辊形的变化对带钢的板形影响较大.

(2) 支持辊不对称的磨损辊形对  $C_{w1}$  影响较小, 不作考虑. 支持辊的磨损辊形对  $C_{w2}$  有显著影响, 对  $C_{w4}$  影响相对较小, 见图 3. 在整个支持辊的换辊周期内,  $C_{w2}$ ,  $C_{w4}$  基本呈线性变化. 如果用板形稳定性 ST 表示辊缝凸度随时间的变化, 可采用下式表示:

$$ST = \Delta C_w / \Delta t \tag{5}$$

式中,  $\Delta C_w$  为广义辊缝凸度变化量, 可分别指  $C_{w1}$ ,  $C_{w2}$ ,  $C_{w4}$  的变化量;  $\Delta t$  为广义时间变化量, 既可以用轧辊服役时间表示, 也可以用轧辊磨损凸度的变化等表示.

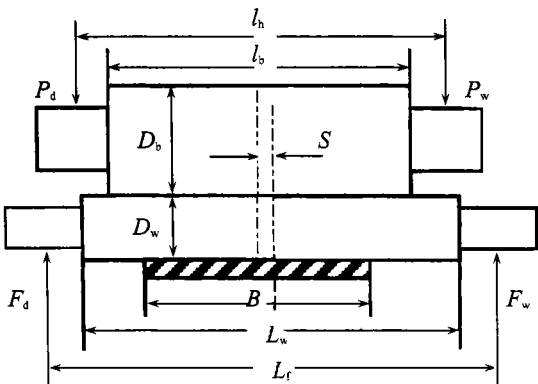


图 2 辊系变形模型

为避免轧制压力分布和工作辊辊形对计算结果的干扰, 在计算过程中假设轧制压力沿轴向均匀分布, 工作辊为平辊. 其他的轧机和轧件计算参数分别如表 1 和表 2 所示.

表 1 轧机计算参数

| $L_b$ /mm | $L_n$ /mm | $L_w$ /mm | $L_t$ /mm | $L_D$ /mm |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 700     | 2 740     | 2 000     | 2 980     | 743       |

| $D_b$ /mm |       | $S$ /mm |      | $F/t \cdot s^{-1}$ |     |
|-----------|-------|---------|------|--------------------|-----|
| max       | min   | max     | min  | max                | min |
| 1 442     | 1 570 | 150     | -150 | 200                | 0   |

表 2 轧件计算参数

| $\Delta h$ /mm | $B$ /mm |       | $M / t \cdot mm^{-2}$ |       |
|----------------|---------|-------|-----------------------|-------|
|                | max     | min   | max                   | min   |
| 0.48           | 900     | 1 550 | 0.851                 | 1.251 |

表中,  $F$ —单侧弯辊力;  $\Delta h$ —压下量;  $M$ —轧件模量, 即单位压下量时单位长度上的轧制压力大小, ( $t/mm^2$ ). 其他字母见图 2 所示.

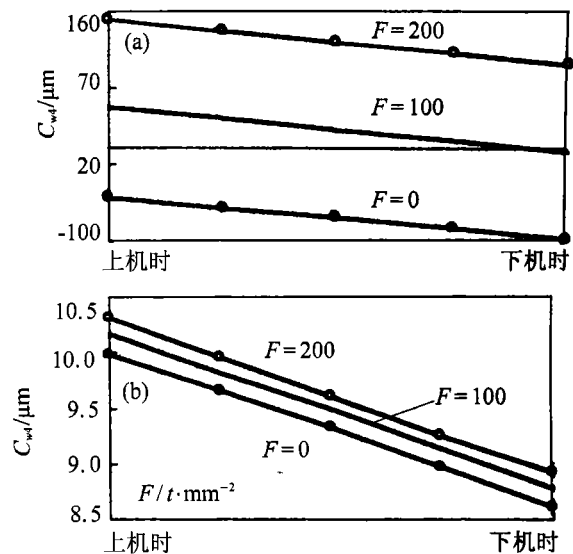


图 3 支持辊换辊周期内  $C_{w2}$ (a) 与  $C_{w3}$ (b) 的变化  
( $B=1260$ ,  $M=1.05 t/mm^2$ ,  $D_b=1509 mm$ ,  $S=0 mm$ )

显然, ST 的绝对值越小, 意味着辊缝凸度越稳定, 也意味着为补偿辊缝凸度的变化对调节手段(弯辊、窜辊等)的调节量越小, 而调节量越小对轧制过程及板形控制越有利. 另外, 现代工业的发展不仅要求板卷全长内的板形稳定, 还要求卷与卷之间的板形稳定, 承载辊缝形状的

(3) 从图 3 可以看出, 改变弯辊力的大小可以改变  $C_{w2}$ ,  $C_{w3}$  的大小, 但并不能改变 ST 的大小. 仿真结果同时表明, ST 相对独立于支持辊

辊径 $D_b$ 、轧件模量 $M$ 和窜辊量 $S$ ,即改变 $D_b$ , $M$ , $S$ 的大小,ST 保持不变.

(4) 带钢宽度不仅影响辊缝调节域的大小,对板形稳定性也有影响,如图 4 所示. ST 与带钢宽度变化呈近似线性关系,带钢宽度越大,ST 的绝对值越大.

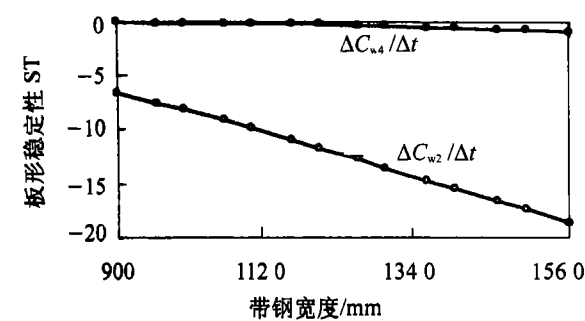


图 4 板形稳定性随带钢宽度的变化

(5) 保持轧制过程中支持辊辊形的不变是提高板形稳定性的有效途径. 保持轧制过程中支持辊辊形的不变可以通过 2 种方式实现: 一是采用特定的调节手段来补偿支持辊的变化,如 VC 技术的改变支持辊辊体液压腔内的液压压力轴向分布和 DSR 技术的改变支持辊辊体液压块压力轴向分布等;二是采用特殊设计的

支持辊辊形曲线,使支持辊轴向磨损均匀,也可以保持支持辊辊形的基本不变,以提高板形稳定性,如 VCL 技术<sup>[2]</sup>. 后一种方式简单,更易实现.

### 3 结论

- (1) 在支持辊的整个换辊周期内,其磨损辊形的变化对带钢的板形影响较大,需采用弯辊或窜辊等调节手段对其进行补偿.
- (2) 可以用板形稳定性来描述轧制过程中支持辊辊形变化对板形的影响,并可用其来衡量轧机的板形控制性能.
- (3) 带钢宽度越宽,板形稳定性越差. 其他的轧制参数如  $D_b$ ,  $S$ ,  $F_w$ ,  $Mod$  等对板形稳定性影响不大.
- (4) 采用 VCL 技术可以提高板形稳定性.

### 参 考 文 献

1 张清东. 宽带钢冷轧机板形自动控制系统的研究: [学位论文]. 北京: 北京科技大学, 1994.84  
2 Chen Xianlin, Yang Quan, Zhang Qingdong, et al. Varying Contact Back-up Roll for Improved Strip Flatness. London: Steel Technology International, 1994/1995. 174

## Effect of Back-up Roll Profile in Hot Wide Strip Mill on the Strip Profile and Flatness

He Anrui<sup>1)</sup>, Zhang Qingdong<sup>1)</sup>, Chen Xianlin<sup>1)</sup>, Cao Jianguo<sup>1)</sup>, Wei Gangcheng<sup>2)</sup>, Huang Siqing<sup>2)</sup>

1) Mechanical Engineering School, UST Beijing, Beijing 100083, China 2) Wuhan Iron & Steel (Group) Co., Wuhan 430083

**ABSTRACT** The effect of back-up roll profile on strip profile and flatness in hot wide strip rolling is analyzed and the stability of profile and flatness(ST) is put forward. The simulating results show that ST is worse to wider strip and is not influenced by other factors.  
**KEY WORDS** hot rolling; back-up roll; profile and flatness; stability