

冷轧轧辊磨损数学模型研究

付华高 李长生 刘相华 王国栋

(东北大学)

许建勇 李山青

(上海宝钢集团公司)

摘 要 针对我国某厂 1 420 mm 冷轧生产线,研究了轧辊磨损的数学模型。结合实测磨损数据,用轮廓曲线对比法修正模型并进行了模拟计算。计算结果与实测值十分吻合,显著提高了模型的计算精度。

关键词 冷轧 轧辊磨损 数学模型

RESEARCH ON A MATHEMATIC MODEL OF ROLL WEAR IN
COLD STRIP ROLLINGFu Huagao Li Changsheng Liu Xianghua Wang Guodong
(Northeastern University)Xu Jianyong Li Shanqing
(Shanghai Baosteel Group Corporation)

Synopsis Aimed at a domestic 1 420 mm cold rolling mill, this paper analyses the roll wear mathematic model of the rolling mill. The model was corrected using configuration curve comparing method and observed roll wear data. The calculated results were identical with the observed data, that means the calculation precision of the model improved obviously.

Keywords cold rolling, roll wear, mathematic model

1 前 言

轧制过程中的轧机轧辊表面产生的磨损对带钢板形控制和表面质量具有重要影响。轧辊磨损会直接影响到轧辊的初始凸度,从而与热凸度、机械凸度和轧辊弹性变形一同影响到板凸度和板平直度。与热凸度和弹性变形相比,磨损凸度具有更多的不确定性和难以控制性,且磨损一旦出现,便不可恢复,不能在短期内加以改变。因此,建立和完善高精度的轧辊磨损模型,实现高精度轧辊磨损预报,对于解决带钢的板形质量问题具有十分重要的意义。

一般把轧辊磨损分为中间较均匀磨损和边部局部严重磨损两部分,形成边部局部严重磨损的主要原因是负荷在边部区域的作用增强。为确切描述中间部和边部局部严重磨损,提高计算精度,通常沿工作辊辊身轴方向进行单元划分,对每个单元分别计算轧辊磨损。我国某现代化 1 420 mm

冷轧带钢厂的各种模型都比较完善,但是其轧辊磨损模型考虑因素不够全面,存在一定计算的误差,本文通过辊廓曲线对比法对其磨损模型进行了修正。

2 轧辊磨损模型

轧辊磨损从理论上推导磨损量的计算公式极为困难,轧辊磨损计算主要受各段间的轧制力、轧制长度和磨损系数等因素的影响。同时轧辊横移、相邻段间的部分重叠也都要考虑进去,通常采用统计回归模型。

我国某现代化冷轧带钢厂,设备工艺水平居世界前列,数学模型比较完善,其轧辊磨损计算模型具体公式如式(1)。

$$\Delta d(i) = \Delta l \times e \times \bar{F} \times \frac{f(i)}{\sum_{i=1}^n f(i)} \quad (1)$$

式中 $\Delta d(i)$ ——第 i 段轧辊直径变化量

联系人:付华高,硕士研究生,沈阳(110004)东北大学 105 号信箱

Δl ——两次计算间板带轧制长度

e ——磨损系数

\bar{F} ——平均负荷

$f(i)$ ——各段的负荷分布

工作辊和带钢之间的磨损,磨损量计算公式如式(2):

$$W_{WR} = \Delta l \times e \times \frac{F \times p}{P \times b} \quad (2)$$

式中 W_{WR} ——轧辊磨损量

b ——板带宽度

$P = \sum_{n=0}^N P$, P 为实际负载

$\bar{P} = \frac{P}{N}$, \bar{P} 为平均负载

轧辊与轧辊之间的磨损,磨损量计算如式(3)和式(4):

$$W_{r1} = \Delta l \times e_{r1} \times f \quad (3)$$

$$W_{r2} = \Delta l \times e_{r2} \times P_{r2} \quad (4)$$

式中

$p = \sum_{n=0}^{N-1} P_{r2}$, P_{r2} 为轧辊 $r2$ 上各段实际负载

$\bar{P} = \frac{\sum_{n=0}^{N_{r2}-1} P_{r2}}{N_{r2}}$, N_{r2} 为轧辊 $r2$ 上最大段号

$$ld-m = \frac{P_{r2} N[0] + P_{r2} N[no - 1]}{2.0}$$

$f = \frac{F \times ld-m}{\bar{P} \times \min(L_{r1}, L_{r2})}$, L_{r1} 、 L_{r2} 分别为轧辊 $r1$ 和轧辊 $r2$ 的长度。

在此磨损模型中,所用的负载分布由弯辊模型中的负载分布得来。因为弯辊模型中轧辊的分段在磨损模型中的分段不同,因此要通过 `bms2tws()` 函数把弯辊模型中的负载转换成磨损模型中的负载。

3 磨损模型改进

3.1 实际数据测量

选定某机架的各个轧辊分别进行跟踪,从轧辊在磨辊车间磨好后开始,测量轧辊实际(CVC)曲线与设定(CVC)曲线的偏差;轧辊上线后,跟踪轧辊与轧制工程记录,为模拟计算提供实际数据。轧辊下线后,测量轧辊实际(CVC)曲线与设定(CVC)曲线的偏差,把前后两次的偏差相减得到此次轧辊磨损的实际曲线。然后用跟踪的数据进行离线计算,得到轧辊磨损曲线,比较两曲线,对模型参数进行修改,使模拟计算的轧辊磨损曲线

尽量向实际轧辊磨损曲线靠近,达到模型优化的目的。在冷轧带钢生产中,第四、第五机架对板形的影响比较明显,因此在优化模型时主要针对第四、第五机架进行,本文选取第四机架,第五机架可照第四机进行。

通过对现在工作辊、中间辊、支撑辊的长时间跟踪,我们得到大量的轧辊磨损实测数据,通过对这些数据的分析,我们得知,中间辊存在局部严重磨损,而且同一机架的上下中间辊的磨损曲线形状并不一致,上中间辊的左边的局部磨损比右边的局部磨损严重,而下中间辊则是右边局部磨损比左边局部磨损严重;而对于是平辊的上、下支撑辊和上、下工作辊其情况与中间辊不同,其磨损左右两边比较对称。通过轧辊磨损模拟计算和实测轧辊磨损的对比,我们对磨损模型进行调优。在模拟计算中,把工作辊和中间辊分为 25 段、支撑辊分成 20 段分别计算其磨损。

3.2 模型的改进

本文通过对大量的实测数据的分析、比较,得出具有代表意义的轧辊磨损曲线图,如图 1、图 4 和图 7 所示。模拟计算和实测曲线有明显不同,而且本文目的是用于实际工程计算,因此此处应用比较简单有效的辊廓曲线对比法对模拟计算曲线进行修改,使之尽量向实测曲线靠拢,方法如下:实测数据为 A,模拟计算的数据为 C。找到实测磨损曲线中磨损量最大的点,然后用其他点都除以此点,得到一组数据 B,用此组数据再分别乘以模拟计算中磨损量最大的点的磨损量的值,这又得到一组数据 D,D 为目标磨损量即修改后模拟计算要达到的磨损量,用 D 中的数据分别除以 C 中的数据得到一组数据 E,即为我们所需要的修正系数。

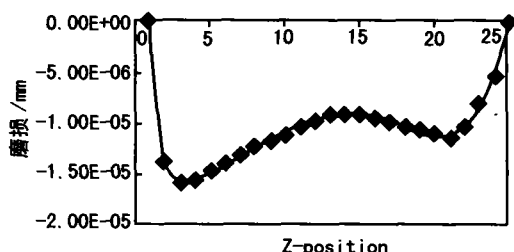


图 1 第四机架上中间辊实测磨损曲线

(1)根据图 1 和图 2,得到第四机架上中间辊各段磨损的修正系数,如表 1 所示。在模拟计算中间辊的磨损时加入修正系数,我们得到第四机架中间辊磨损曲线如图 3 所示。

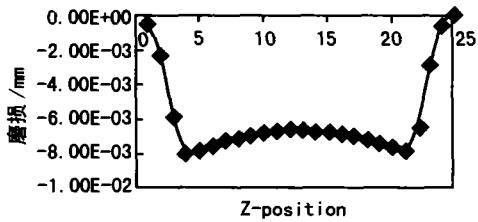


图2 第四机架中间辊实测磨损曲线

表1 中间辊、支撑辊、工作辊各段修正系数

段号	中间辊	支撑辊	工作辊
1	1.0	1.0	0.463
2	1.0	0.804	0.594
3	1.0	0.876	0.695
4	1.0	0.964	0.766
5	1.01	1.07	0.808
6	0.976	1.12	0.825
7	0.945	1.17	0.852
8	0.905	1.20	0.889
9	0.868	1.21	0.922
10	0.829	1.21	0.945
11	0.792	1.22	0.967
12	0.736	1.17	0.985
13	0.701	1.14	0.997
14	0.648	1.10	1.0
15	0.647	1.04	0.992
16	0.641	0.993	0.978
17	0.65	0.898	0.964
18	0.674	0.765	0.951
19	0.684	0.73	0.935
20	0.682	1.00	0.928
21	0.698		0.949
22	0.850		0.919
23	1.5		0.880
24	2.13		0.823
25	0		0.538

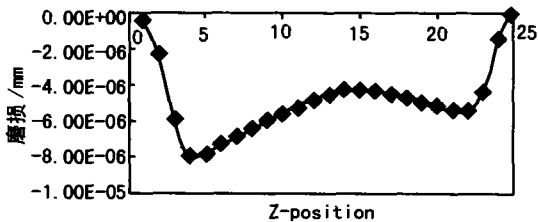


图3 模型修正后中间辊磨损模拟计算曲线

(2)根据图4和图5,得到第四机架上支撑辊各段磨损的修正系数,如表1所示。在模拟计算中间辊的磨损时加入修正系数我们得到第四机架

支撑辊磨损曲线如图6所示。

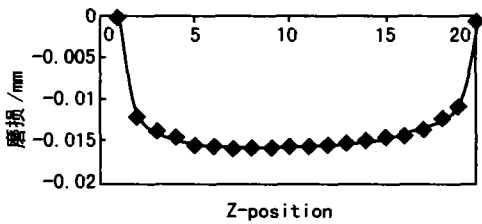


图4 第四机架上支撑实测辊磨损曲线

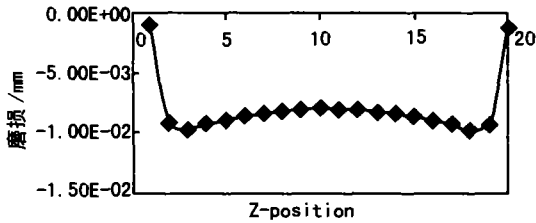


图5 第四机架支撑辊磨损模拟计算曲线

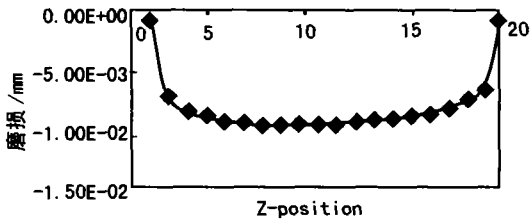


图6 模型修正后支撑辊磨损模拟计算曲线

(3)根据图7和图8,得到第四机架上工作辊各段磨损的修正系数,如表1所示。在模拟计算工作辊的磨损时加入修正系数,我们得到第四机架要作辊磨损曲线如图9所示。

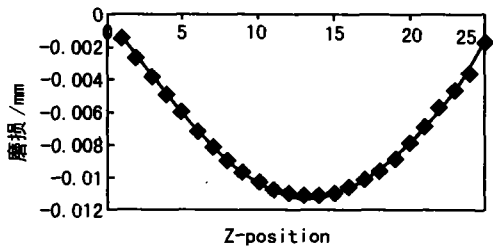


图7 第四机架实测上工作辊磨损曲线

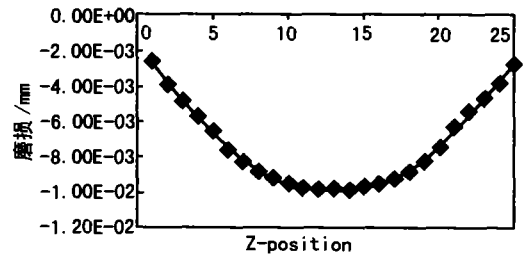


图8 模拟计算第四机架上工作辊磨损曲线

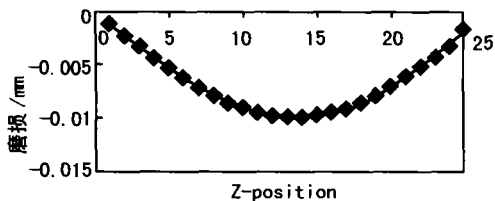


图9 模型修改后第四机架工作辊磨损模拟计算曲线

4 结 论

- (1)分析了轧辊磨损模型;
- (2)根据现场实测数据研究了各机架轧辊的磨损规律;
- (3)利用模拟计算结果与现场实测结果的比较,提出修正模拟计算轧辊磨损量的修正系数;
- (4)利用修正系数修正的轧辊磨损与实测结果吻合较好,在实际计算中使模型计算更加准确。

(收稿日期:2003-01-09)

(上接第5页)

铜冷却壁后,耐火材料的使用量锐减,且不需使用昂贵的高级耐材,其静态投资与使用其它材质的冷却壁相差并不大;如果从冷却水量、耗电量、热损失、大修费用及停产损失等运行费用来看,在高温负荷区采用铜冷却壁则具有明显的综合经济效益;

(3)铜冷却壁的制造工艺常用的主要有3种:轧制铜板钻孔冷却壁、使用芯棒的连铸冷却壁和埋铜管或合金管的铸铜冷却壁,其中轧铜板钻孔冷却壁使用最广泛,在制造工艺上也最成熟;

(4)从实际应用情况来看,铜冷却壁的使用寿命长,且可以实现短期换衬;

(5)安装铜冷却壁后对高炉操作和管理的要求更加严格,需要严格控制冷却水水质、冷却水的温度及流速等,同时要坚定不移地采取精料方针、合理采用上部调剂制度和热制度、发展中心和边缘气流。

参 考 文 献

- 1 王国栋.板带轧制理论与实践.北京:中国铁道出版社,1990
- 2 金兹博格.高精度板带材轧制理论与实践.王国栋译.北京:冶金工业出版社,2000
- 3 Robinson James J. Effect of back-up roll wear on operation and strip shape of a CVC cold mill. Iron and Steel Engineer, Jun, 1996: 15 ~ 19
- 4 李长生,张晓明,刘相华等.轧制过程轧辊磨损数学模型试验研究.机械工程学报,2002,38(7):28 ~ 30
- 5 朱洪涛,王哲,刘相华,王国栋.轧辊磨损模型研究.钢铁研究,1999,108(3):38 ~ 41
- 6 邹家祥.轧辊磨损预报.钢铁,1986,21(7):23 ~ 27
- 7 A. A. TSSENG, F. H. LIN, A. S. GUNDERIA, and D. S. NI. Roll Cooling and Its Relationship to Roll Life. Metallurgical Transactions, 20A, NOV, 1989:2305 ~ 2320
- 8 Der-Form Chang. Thermal stresses in work rolls during the rolling of metal strip. Journal of Materials Processing Technology, 94(1999):45 ~ 51

参 考 文 献

- 1 P. Heinrich 等. History and Development of Rolled Copper Staves, 59th ironmaking conference proceedings, 2000
- 2 Robert G. Carmichael 等. Application of copper staves for BF, IRON AND STEEL ENGINEER, 1996(8):30 ~ 35
- 3 E. R. G. 埃克特, R. M. 特雷克, 传热与传质分析, 北京:科学出版社, 1986
- 4 周强. 高效长寿高炉的冷却设备——铜冷却壁. 炼铁, 2001(3):12 ~ 16
- 5 周治中. 新型高炉冷却设备——铜冷却壁. 宝钢技术, 2001(1):57 ~ 63
- 6 Luc Bonce 等. Installing Copper Staves and Operational Practice at Sidmar, Iron and Steel Engineer, 1999(6):43 ~ 50
- 7 杨天钧, 程素森, 等. 高炉铜冷却壁的研制. 炼铁, 2000(5):19 ~ 21
- 8 Shinichi Shimogoryo 等. Cast Copper Cooling Stave for Blast Furnace, 59th IRONMAKING CONFERENCE PROCEEDINGS, 2000
- 9 R. Thill 等. The Application of FEM Techniques in the Development of Copper Staves for the High Heat Load and Hearth Areas of the Blast Furnace, 59th ironmaking conference proceedings, 2000
- 10 S. M. Purdy 等. Evaluation of the Cu to be used in Manufacturing Blast Furnace Bosh Cooling Staves, 59th ironmaking conference proceedings, 2000

(收稿日期:2003-03-12)