

热连轧精轧机工作辊交叉对轴向力的影响

单元胜

(北京京诚瑞信长材工程技术有限公司 北京 100176)

摘要：四辊轧机工作过程中，存在上下工作辊轴线的平面投影不平行的现象，即辊系轴线空间交叉，这一现象不可避免并将促使产生轴向力，影响轴承寿命和辊系稳定性，同时改变轧制变形区应力状态，使板带厚度和板形不好控制，从而影响板带质量和设备质量。本文应用 Abaqus 有限元大型模拟软件，建立了研究某厂热连轧四辊精轧机轧制过程的热轧带钢屈曲变形的刚塑性变形有限元模型，通过分析不同工作辊轴线空间交叉角在变形区对轴向力的影响，得到随工作辊交叉角的增大，工作辊轴向力不断增大，其值约为轧制力的 1.19%~1.34%。所得结果不仅为现场检修和机架磨损控制提供数据参数，还具有为轴承设计提供重要理论指导的意义。

关键词：工作辊交叉角；有限元；轴向力

0 引言

在板带产品中，热轧板带占有很大的比重。随着降成本呼声的日益升高，许多高附加值的板带产品如汽车板、输油管线用板、集装箱用板等逐渐由热轧板代替冷轧板，这些均对热轧板带生产稳定性和板形质量提出了严格的要求。而现实轧制生产中，存在上下工作辊轴线的平面投影不平行的现象，即辊系轴线异面交叉，主要原因是各装配滑板及机架工作辊弯辊缸位置磨损严重造成各装配间隙过大。这一现象不可避免并将导致轧机辊系轴向窜动，产生轴向力，影响轴承寿命和辊系稳定性，同时改变了轧制变形区应力变化，使板带厚度和板形不好控制，从而影响板带质量和设备质量。现阶段的研究多集中在 pc 轧机交叉角的影响，而忽视了正常生产情况下，因磨损产生的小交叉角对辊系和板带变形的影响。同时，随着有限元法和计算机三维模拟仿真技术的飞速发展，应用有限元模拟仿真技术，可以模拟和定量描述整个轧制工艺过程。本文以某钢厂 2160 四辊热连轧精轧机为研究背景，通过大型模拟软件 ABAQUS，建立了研究工作辊与板带交叉带给板带轧制变形区影响的屈曲变形的刚塑性有限元模型，着重分析工作辊交叉角对轧制过程中工作辊轴向力的影响规律。

1 有限元分析模型的建立

1.1 模型的简化和材料属性的定义

四辊轧机辊系受力简化模型如图 1 所示，该轧机上下工作辊是传动辊，两辊不会绝对平行，即存在轧辊交叉。轧辊的交叉情况有两种：一是水平交叉，二是垂直交叉，如图 2 所示。

本文根据某厂 2160 热轧精轧机组辊系的实际几何尺寸、工艺参数、交叉角进行几何建模，考虑到辊系结构与

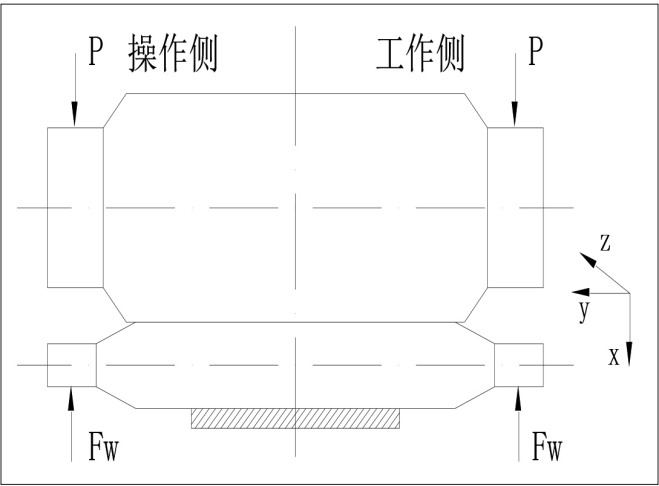


图 1 轧制时辊系简化模型

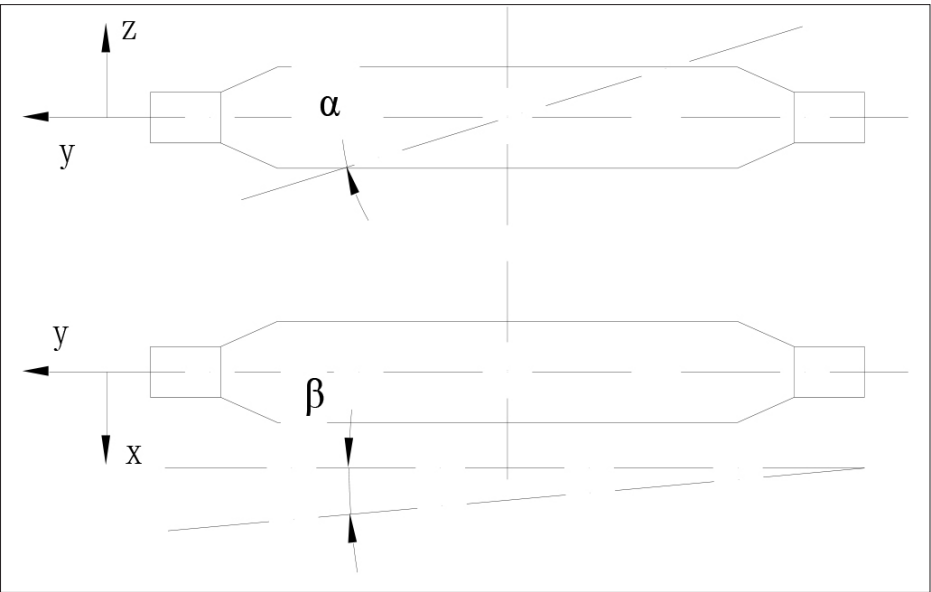


图 2 工作辊空间交叉

受力的对称性取其一半进行建模，同时为简化分析，更加明确工作辊夹角在变形区对板带变形的影响，将工作辊作为刚性体进行考虑，轧件为变形体，忽略支承辊的影响。其中取板料尺寸为 1400mm×1000mm×50mm，F1 的压下量为 10mm。根据对称性条件，取 1/2 轧件作为研究对象，由此利用 abaqus 建立简化的刚塑性屈曲变形模型。

该模拟采用显式动力学弹性有限元分析，带钢采用弹塑性材料，材料选取 X80 材料，其材料弹性模量、泊松比、密度分别为：170000、0.35、7.8e-9。

1.2 边界条件与网格划分

所建的刚塑性屈曲变形有限元模型，轧辊和带钢间的接触摩擦采用库仑摩擦，模拟开始，轧辊沿轴线以一定的线速度绕轴心转动，带钢与以一定的水平速度向辊缝运动，进入辊缝后，轧辊和带钢依靠摩擦力带动带钢完成轧制过程，具体边界条件如表 1 所示，其中，接触边界条件必须满足无穿透约束条件，速度边界条件必须满足轧件的线速度与轧辊的角速度一致。

表 1 边界条件

摩擦系数	轧件初始速度 / (m/s)	轧辊初始速度 / (r/s)	轧件温度 / (℃)	压下量 / (mm)
0.3	1.6	3.3	1100	10

2 模拟仿真分析

2.1 方案的设计

因工作辊交叉角主要是由机架衬板和承座衬板等零部件的磨偏而形成的轧辊交叉，因而辊间交叉角的量级一般不大，实测上工辊与上支承辊间的交叉角范围为 (2-9)×10⁽⁻²⁾，为分析工作辊夹角对轴向力和板形的影响，对以下十种工况进行了仿真分析，如表 2 所示。

表 2 分析方案

工况	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
α	0	0	0	0	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1
β	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0	0	0	0	0

为了保证所建三维实体模型与实际辊系一致，达到分析的精度要求，其主要参数如工作辊的直径、辊身长度和板料具体尺寸与实际辊系一致。其轧制过程主要技术参数如表 3 所示。

2.2 工作辊夹角对工作辊轴向力的影响规律

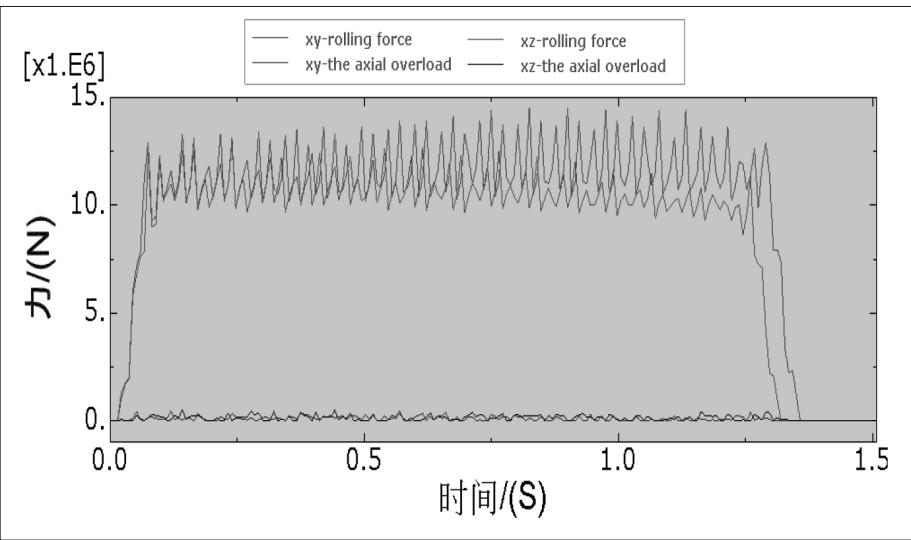


图 3 不同交叉角对轴向力的影响曲线

表 3 技术参数

工作辊直径 / 辊身长度 / (mm)	工作辊弯辊力 中心距 / (mm)	板坯长度 / 宽度 / 厚度 / (mm)	F1 的压下率 / (%)
850/2550	3500	1400/1000/50	20

根据所设计方案，工作辊轴线间的交叉对轴向力影响的仿真分析结果如图 3 所示。图 4 表示在 $\alpha=0.02$ ， $\beta=0.02$ 时轴向力与轧制力的关系。

在轧制过程中，由于工作辊轴线空间交叉，轧辊表面线速度偏离轧件运动方向，轧辊与轧件相接触的界面间产生横向相对滑动，引起了变形区中的轴向力。同时对于变形区中的金属来说，除了纵向流动外，还有横向流动。横向流动

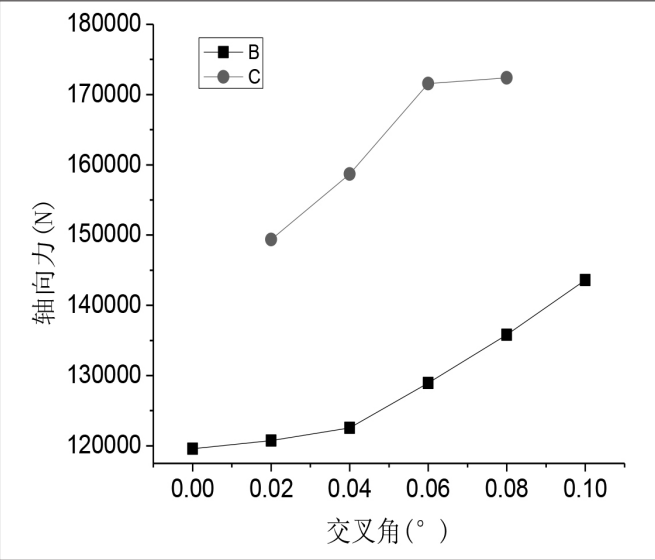


图 4 $\alpha=0.02$ ， $\beta=0.02$ 时轴向力与轧制力的关系

(下转第 67 页)

理等工作,做到人人负责区域、区域有人负责。要将精益课题、六西格玛等深入到全员,调动操作使用设备者、点检维护设备者、检修修理设备者的参与度,切实将 QTI 精益管理作为提升设备管理工作的必要手段。

四是以“四大标准”为基础,优化完善 EQMS 系统数据。要持续推进点检标准、给油脂标准、维修技术标准、维修作业标准的优化工作,并将其完善至系统中,结合相关实绩不断更新,从而做到可指导、有追溯。要综合打开分析“日点检项目过多、设备异常信息与点检计划关联度低、标准检修项目调用率不高”等问题的深层次原因,搭建标准优化工作组,系统开展工作。

3.1.4 强化信息支撑,完善数据,全局把控

目前京唐公司设备管理信息化体系以 EQMS 为依托,同时各部门正在与科技企业合作建立本部门智能化管理系统。要将多套系统进行数据整合,打破数据传输限制,实现部门智能化系统数据能够及时填补 EQMS 系统可能出现的空缺,避免数据出现失真。

4 结语

后续若规划热连轧产线或者现运行产线进行较大技改项目,需从“设备可靠、效益可靠”角度,按照设备全寿命周期管理要求,在设计选型到资产报废的设备管理全过程统筹考虑。本文虽然简单阐述了设备全寿命周期管理的一些理论,但对于经济指标的概述仍比较单薄,因此需要借助外聘机构对设备全寿命周期管理的概念理论、费用管理分析方法工具进行系统讲授,从而实现管理的科学化。

参考文献:

- [1] 张冰,周宏伟,张霞.热连轧机组高级别管线钢工艺优化[J].金属世界,2019(06):58-62.
- [2] 燕铎.600mm 九机架热连轧 AGC 系统研究[D].太原:太原科技大学,2012.
- [3] 罗锐.钢铁企业板坯 QM 合同匹配与负荷分配问题的研究[D].沈阳:东北大学,2009.
- [4] 夏友木.大型热连轧轧钢生产线设备安装工艺优化研究[D].西安:西安建筑科技大学,2009.
- [5] 常春报.太钢热连轧厂设备管理研究[D].天津:天津大学,2009.

(上接第 64 页)

的存在将改变轧辊与轧件相接触界面间的相对滑动速度分布,从而影响变形区中的轴向力。由图 3 可知,在水平和垂直方向,随交叉角的增大,工作辊轴向力增大;垂直方向交叉角产生的轴向力相对较大,同时随交叉角增大到一定值,轴向力变化较平稳,此时对应的磨损量约为 2.4mm。

图 4 建立了水平和垂直交叉角各为 0.02 时,轴向力和轧制力的关系曲线,用于分析交叉角所产生的轴向力与轧制力的关系。从图 5 中可知,在轧制过程中,因交叉角产生的轴向力相对轧制力而言,虽然波动较大,但只是在一定小范围内;同时可知轴向力约为轧制力的 1.19%~1.34%,这将有助于工作辊轴向力计算和轴承设计。

3 结语

(1) 在轧制过程中,由于工作辊轴线空间交叉,轧辊表面线速度偏离轧件运动方向,轧辊与轧件相接触的界面间产生横向相对滑动,引起了变形区金属纵向和横向流动的变化,从而影响变形区中的轴向力。在水平和垂直方向,随交叉角的增大,工作辊轴向力增大;垂直方向交叉角产

生的轴向力相对较大,同时随交叉角增大到一定值,轴向力变化较平稳,此时对应的磨损量约为 2.4mm。

(2) 在轧制过程中,因交叉角产生的轴向力相对轧制力而言,虽然波动较大,但只是在一定小范围内;同时可知轴向力约为轧制力的 1.19%~1.34%,这将有助于工作辊轴向力计算和轴承设计。

参考文献:

- [1] 卜彦强.首钢中厚板四辊轧机工作辊轴向窜动研究[J].重型机械,2011,4(2):27-30.
- [2] 郑光文,卢秉林.轧辊交叉轧制过程中金属流动特性分析[J].钢铁研究学报,2001,13(3):20-23.
- [3] 毕于顺.轧辊轴线异面交叉分析[J].宽厚板,2009,15(5):17-19.
- [4] 周纪华,叶煦琳,等.四辊轧机支承辊止推轴承烧损原因测试[J].北京科技大学学报,1995,17(5):444-450.

作者简介:单元胜(1984.04-),男,汉族,山东青岛人,硕士,中级工程师,研究方向:轧钢工艺。