

轧钢机械设备的冷床稳定运行控制研究

李洪波

(南京钢铁有限公司大棒厂 江苏 南京 210000)

摘要: 冷床能对加工完毕的轧制产品进行迅速冷却,使其温度由 900℃ 降至 100 ~ 300℃,再输送至下方辊道上,所以冷床的稳定运行控制对轧钢生产线的设备故障率、产品质量和生产效率具有直接影响。基于此,文章对轧钢机械设备的冷床稳定运行控制展开研究,首先阐述总体设计思路以及轧钢冷床生产非定尺钢材和废品材的原因与效果,并基于 SolidWorks 软件建立生产线仿真模型,验证技术方案,分析创新成果。

关键词: 轧钢机械设备;冷床;运行控制;运动模拟分析

0 引言

目前多数轧钢生产线具有生产螺纹钢、圆钢、钢管等不同规格钢材的能力,能够利用有限的资源创造更高的经济价值。这种复合式生产结构使生产线整体的工序复杂、机械设备较多、管理难度较高、故障排查难度较高、维护难度较大,直接导致生产线出现故障频发、钢板不规则损坏、综合生产效率低等问题。针对这种现象,文章对冷床的稳定运行控制方法进行优化,进而提高生产线的稳定性和持续性。传统冷床直接将钢板焊接在辊道轴承座上,在作用过程中,不断与生产钢材发生撞击,这种缺乏保护的刚性撞击具有较高的安全隐患,可能会成为钢材横向划伤、辊道电机损坏、焊缝开裂等问题的诱因,所以设计出一种具有柔性缓冲功能的挡板装置对冷床的稳定运行具有重要的现实意义。

1 总体设计思路

轧钢机械设备的冷床稳定运行控制总体优化设计思路包括四个环节:

(1) 根据目前轧钢生产线的轧钢生产情况,分析轧钢冷床生产非定尺钢材和废品材的原因与效果;

(2) 通过 SolidWorks 模拟分析软件对影响冷床控制的关键构件进行建模, SolidWorks 模拟分析软件的仿真向导,包含算例顾问、性能顾问、约束和载荷顾问、连接顾问、结果顾问等顾问向导,能够为使用者提供单一屏幕解决方案来进行应力分析、频率分析、扭曲分析、热分析和优化分析;

(3) 基于 SolidWorks 仿真模型,对关键构件进行运动模拟分析,验证优化控制方案的有效性;

(4) 对筛选出的冷床优化控制方案进行固化,并在生产线全流程进行协调性分析,确保冷床优化控制方案具备投入实际应用的能力。

2 轧钢冷床生产非定尺钢材和废品材的原因与效果

目前轧钢生产线的轧件常会出现弯曲现象,弯曲位置集中在轧件的头部和尾部,由此导致冷床的运行波动,出现成材率较低、定尺率不足、生产效率低等问题。影响轧件头尾弯曲的主要原因分为输入辊道和制动裙板两项。

2.1 输入辊道的原因

2.1.1 输入辊道运行参数不合理

冷床的输入辊道在作用过程中需要根据轧件的运行速度进行转动,由此使轧件在辊道上平直、稳定地输送运行。但辊道的转动频率和转动幅度常会出现与轧件运动速度不匹配的情况,导致轧件在辊道运行时会产生堆钢弯拱现象,进而引起轧件的撞头和挂尾情况。另外目前生产线的输入辊道运行参数没有考量轧件与辊道的摩擦阻力,长时间积攒的摩擦阻力会导致分钢距离出现变化,前后轧件间距过小会引起乱钢、飞钢等问题^[1]。

2.1.2 输入辊道老化严重

个别生产线的输入辊道还存在设备老化严重的问题,通常体现在辊道磨损凹痕、辊道电机老化和辊道上扣板变形三个方面。其中辊道磨损凹痕会导致辊道表面低于导槽,致使轧件无法平稳输送;辊道电机老化会导致辊道输送能力下降,无法对运动的轧件形成一定的初拉力和产生波浪弯,致使轧件出现撞头挂尾现象;辊道上扣板变形会导致乱钢现象^[2]。

2.2 制动裙板的原因

2.2.1 制动裙板动作频繁

目前生产线的制动裙板在轧件进入过程中动作频繁,冗余动作会让制动裙板出现过度磨损,导致相邻两片裙板的表面平整度出现差别。长时间累积下会导致同步轴松动,改变制动裙板的相对位置,相邻制动裙板出现位置高低差,轧件在通过制动裙板时会与较低的裙板出现碰撞,导致轧件弯曲^[3]。

2.2.2 制动裙板运行参数不合理

制动裙板的运行参数主要是制动裙板的高低位置参数，包括高位、中位和低位三种，需要根据轧件的规格、型号进行针对性设置。若制动裙板的运行参数与轧件规格不匹配，极易出现乱钢、弯钢现象。另外，目前制动裙板参数设置并未考虑摩擦系数和输送辊道表面磨损程度这两个参数的动态变化。变频辊道的输送速度相对固定，导致制动裙板出现低位状态无法落位、中位状态无法上升、高位状态无法制定的问题，对后段的卸钢工作造成困难^[4]。

2.2.3 固定制动裙板运行工艺参数

相同规格、样式不同的轧件在通过制动裙板时，制动裙板的工艺参数相差较小，部分厂家为提升生产线的生产效率，忽视了工艺参数的修改环节。虽然能够在短期内提升生产效率，但裙板表面自然制动的因素及动齿运行速度的调节因素会对制动裙板的相对位置和动作幅度产生影响，进而导致制动裙板在分钢时对轧件的掌控力下降，挂不住轧件^[5]。

2.3 减少钢坯表层缺陷

钢坯表层缺陷是钢材的主要问题之一，主要表现为孔洞、裂纹、折层、冷凝挂和冷隔等缺陷。一旦出现钢坯表层缺陷，生产线需要暂时停产修改参数，并对表层缺陷的钢坯进行打磨、切割处理，严重影响生产线的生产效率。钢坯表层缺陷主要生成在设备冷床对钢坯进行切头和铣面的过程中，为了更好地分析轧钢机械设备冷床稳定运行对减少钢坯表层缺陷的重要性，文章分别选取了冷床的五种运行状态，其中运行状态序号 1 为设备冷床稳定运行状态，剩余四种为设备冷床不稳定运行状态^[6]。试验采用随机抽取的方式，选取冷床不同运行状态下生产的钢坯，统计表层的缺陷数量，数据如下表所示。

表 轧钢机械设备冷床不同运行状态下钢坯表层缺陷统计 单位：个

冷床运行状态序号	裂纹	孔洞	折层	冷凝挂	冷隔	总数
1	1	1	0	0	0	2
2	3	6	5	1	2	17
3	1	2	3	3	2	11
4	1	2	3	0	3	9
5	1	3	3	2	3	12

根据表中数据可以得出，冷床的稳定运行状态和钢坯表层缺陷数量息息相关。当冷床平稳运行时，钢坯表层缺陷总数仅有 2 个，当冷床处于不稳定运行状态时，钢坯表层缺陷总数在 9 ~ 17 个。由此可以看出，轧钢机械设备冷床稳定运行有助于减少钢坯表层缺陷生产，提升生产线的轧钢生产质量，避免不必要的调整时间和打磨、切割成本，以此完成了对轧钢机械设备及设备冷床稳定运行的重要性分析^[7]。

3 技术方案与创新成果

3.1 运动模拟分析的原理

本文使用 SolidWorks 模拟分析软件对冷床的运行状态进行运动模拟分析，SolidWorks 模拟分析软件能够为使用者提供类似于控制变量法的分析模式，保持冷床设备其他参数不变，通过更换装配体中的零件进行有限元力学分析。这种分析模型能够将原本复杂的生产线拆分成由独立零件作用的局部状态，大大降低了运动分析难度，不需要完全还原生产线全过程的有限元设置参数，即可获得关键零件的机械运动数据。另外 SolidWorks 模拟分析软件还能通过其强大的运动控制策略，提升局部运动分析的精度，包括时间参数控制策略、传感器控制策略、生产任务控制策略等一系列触发式运动控制策略^[8]。

在利用 SolidWorks 模拟分析软件进行运动模拟分析的过程中，会综合考量零件的多方作用力、弹簧、阻尼、摩擦力等综合性力学性质。在运动计算中，SolidWorks 模拟分析软件能够将运动约束、材料属性、质量及零部件接触等实际生产中考量不到的因素输入到运动学解算器当中，实现结构分析载荷的定义，具体运动模拟分析界面如图 1 所示。

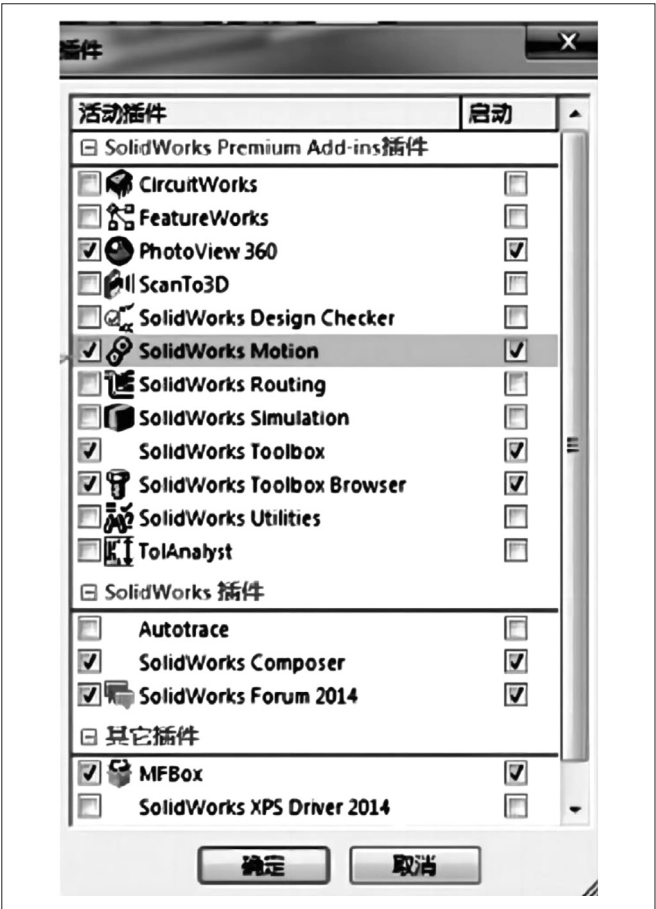


图 1 运动模拟分析界面

3.2 初始模型的建立与设定

3.2.1 设备基本构件的绘制

首先根据零部件的原始图纸进行建模，此时的零部件模型处于完美状态，不符合本文还原实际生产线零件的需求。所以根据零部件在实际工况中的状态对完美模型进行修正，修正内容包括弹性模量、泊松比、剪切模量、质量密度、张力强度、压缩强度、屈服强度、热膨胀系数、热导率、比热、材料阻尼比率。最大程度还原零部件的实际情况，零部件三维模型如图 2 所示，零部件修正界面及修改参数数值如图 3 所示。



图 2 零部件三维图形

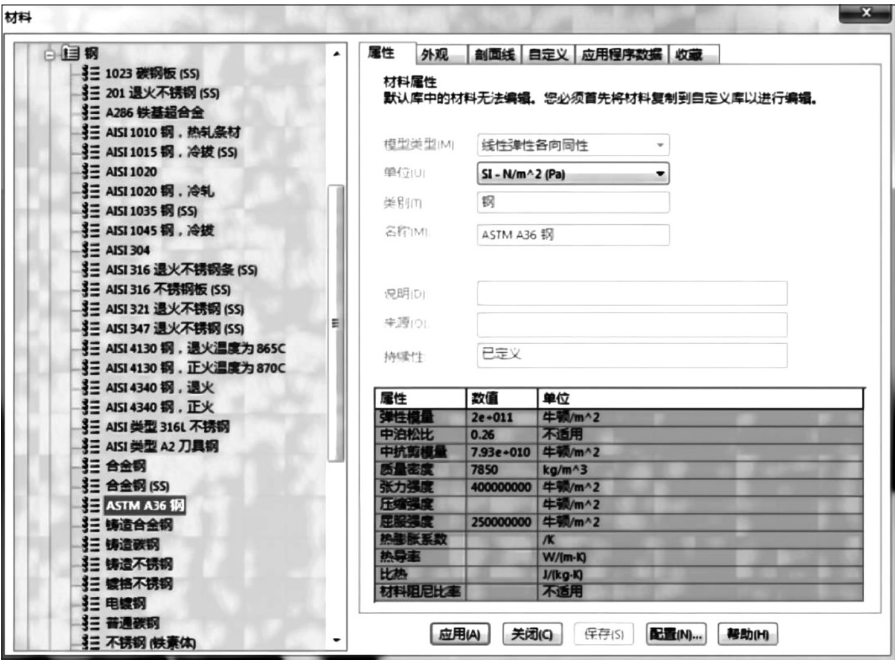


图 3 零部件修正界面及修改参数数值

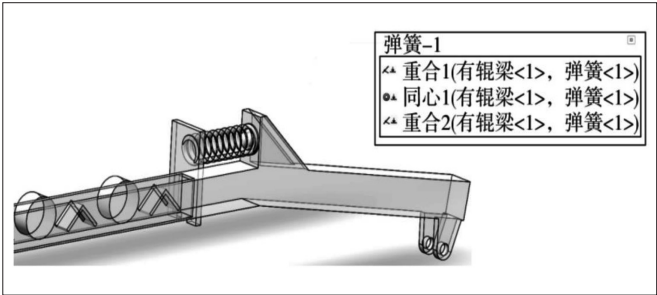


图 4 冷床挡板装配示意图

3.2.2 构件的基础装配

获取还原实际工况的零部件三维模型后，需要对零部件模型进行基础装配，装配结构由实际工况决定。以冷床挡板装配为例，按照辊梁和弹簧固定的配合关系进行装配，装配后应保证零部件之间没有缝隙，并满足实际工况需求，冷床挡板装配如图 4 所示。

3.2.3 利用运动模拟分析功能进行机械运动仿真

3.2.3.1 添加动力、弹性力以及接触等约束

获取由关键零部件装配成的基础构件后，使用 SolidWorks 模拟分析软件向装配后的构建模型输入弹性力、实体构件接触摩擦力等与实际工况相符的约束力。以冷床挡板构件为例，共计输入了 2 组弹性力和 7 组实体构件接触摩擦力。

3.2.3.2 机械运动仿真

具备与实际工况相同的约束力后，可以使用 SolidWorks 模拟分析软件对基础构件进行机械运动仿真，并在模拟仿真中观测构件运动姿态。这种独立的三维运动姿态展示能够为使用者提供实际工况中无法观测的位置，进而挖掘出潜在的问题和隐患，为问题的溯源和方案的制定提供基础。

3.2.4 具体方案制定

冷床柔性缓冲挡板中的主要零部件包括辊抬升梁、托辊、移动板、弹簧装置、弹簧固定装置、固定板、横移链条和无辊抬升梁。根据运动姿态显示，固定板固定到辊抬升梁上，弹簧固定装置装配在固定板上，弹簧装置装配在弹簧固定装置上，移动板装配在弹簧装置上，移动板通过挂钩与辊抬升梁配合，横移链条装配在无辊抬升梁上，具体冷床柔性缓冲挡板装置示意图如图 5 所示。

根据冷床柔性缓冲挡板的零部件运动姿态，不断改变挡板承受的弹簧弹力，模拟出不同弹簧弹力下，冷床柔性缓冲挡板的运动轨迹，并通过 SolidWorks 模拟

分析软件对弹簧弹性力进行分析,如图6所示。

根据图 6 可以得知,当弹簧弹性系数在 $1 \sim 2.8 \text{ kN/mm}$ 区间内时,冷床柔性缓冲挡板的运动轨迹变化幅度较大,在 2.6 kN/mm 时,冷床柔性缓冲挡板的运动量最优,符合冷床运动控制优化需求。

4 实施效果

通过上述基于 SolidWorks 模拟分析软件的冷床构件仿真运动模拟分析, 确认冷床优化控制方案, 在冷床柔性缓冲挡板中增加弹性系数为 2.6 kN/mm 的弹簧。将方案落实到冷床中进行测试, 实际测试结果显示, 优化后的冷床能够承受速度为 0.25 m/s 、最大质量 22 t 钢板的撞击, 并且能够保证输入辊道和制动裙板稳定动作, 从根本上避免了输入辊道和制动裙板成为轧件弯曲的原因, 实现了设备功能的优化升级。

5 结语

综上所述，文章对轧钢机械设备的冷床稳定运行控制展开研究，首先阐述总体设计思路以及轧钢冷床生产非定尺钢材和废品材的原因与效果，并基于 SolidWorks 软件建立生产线仿真模型，验证技术方案，分析创新成果。确认影响轧件弯曲的主要原因在于输入辊道和制动裙板，并通过 SolidWorks 模拟分析软件进行冷床构件仿真运动模拟分析，制定在冷床柔性缓冲挡板中增加弹性系数为 2.6kN/mm 弹簧的优化控制方案，实践证明，该方案不仅能够提升冷床的抗冲击性，还能稳定输入辊道和制动裙板的运动姿态，避免轧件弯曲。

参考文献:

- [1] 孟阳. 对轧钢生产及轧钢机械的分析及研究[J]. 冶金与材料, 2022, 42(2): 47-48.
- [2] 赵国庆, 田云飞, 徐航. 轧钢机械设备的管理与维护[J]. 中国金属通报, 2022(2): 58-60.
- [3] 李啸. 承钢棒线厂轧钢机械设备振动故障的原因分析[J]. 中国金属通报, 2022(2): 73-75.

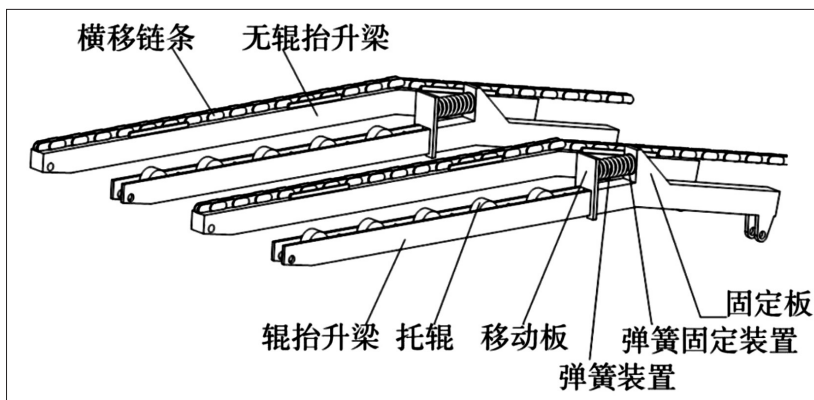


图5 冷床柔性缓冲挡板装置

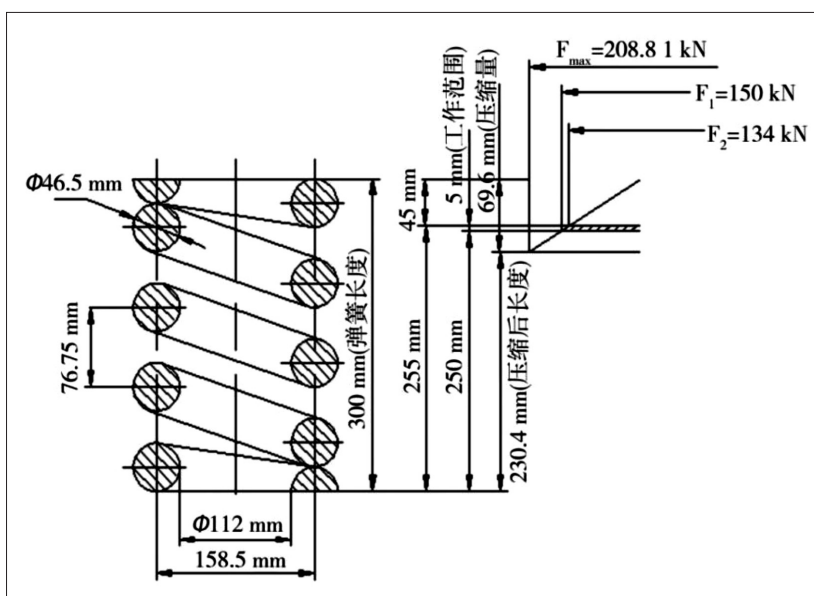


图 6 弹簧弹性力分析

- [4] 叶信良. 轧钢机械机辊系结构优化及强度分析[J]. 内燃机与配件, 2021(12): 67-68.
- [5] 王天一. 关于轧钢生产与轧钢机械的探究[J]. 设备管理与维修, 2021(22): 135-136.
- [6] 吴志斌. 轧钢机械设备故障诊断与安全运转的研究[J]. 冶金与材料, 2022, 42(1): 41-42.
- [7] 黄忠念. 轧钢机械振动故障的分析及诊断[J]. 设备管理与维修, 2021(19): 158-160.
- [8] 李亚飞. 轧钢机械振动故障原因和策略分析[J]. 冶金与材料, 2021, 41(3): 167-168.

作者简介: 李洪波(1988.08-),男,汉族,安徽滁州人,本科,助理工程师,研究方向:轧钢机械。