

20 辊可逆冷轧机工作辊轴承座结构优化设计

周思远 李 兰

河南安钢南方电磁新材料科技有限责任公司 河南 安阳 455000

摘 要: 20 辊可逆冷轧机多用于高精度薄板轧制生产, 工作辊轴承座长期承受复杂交变载荷。传统通用结构容易出现刚度分布不均、定位精度不足、散热润滑条件较差等问题。本文结合轴承座的装配形式与运行机理, 系统分析设备服役工况下的结构缺陷与适配短板, 依托设备实际运行需求开展针对性结构改良, 完成整体构型、定位支撑及润滑散热结构的优化升级, 配套完善材料选型、加工装配与运维保障体系, 能够有效改善结构受力状态, 提升轴承座运行稳定性与设备适配能力。

关键词: 20 辊冷轧机; 工作辊; 轴承座; 结构优化; 装配工艺

引言: 冷轧设备是精密金属板材加工的核心装备, 20 辊可逆冷轧机凭借多层辊系排布优势, 可满足超薄高精度板材的生产加工需求。工作辊轴承座作为辊系承载与定位的关键部件, 结构性能直接影响轧制精度与设备运行稳定性。常规轴承座通用化结构难以适配密集辊系的复杂受力工况, 长期连续生产会逐步暴露结构冗余、应力集中、润滑散热不足等各类问题。通过针对性的结构改良与工艺完善, 能够有效改善部件服役性能, 保障冷轧设备长期稳定开展高精度轧制作业。

1 工作辊轴承座基础结构与工作机理

1.1.20 辊冷轧机辊系布局特征

20 辊冷轧机依托多层辊体堆叠的排布方式完成板材轧制作业, 辊系整体采用对称式立体布局结构, 是高精度冷轧设备的核心组成部分。整套辊系划分工作辊、中间辊、支撑辊三类功能辊体, 不同辊体分层排布、分工明确、相互配合, 形成稳定的承载与轧制体系。工作辊处于辊系最内侧核心作业位置, 直接接触金属板材, 承接轧制过程中的全部挤压载荷。中间辊布置于工作辊与支撑辊之间, 起到载荷传递与辊体姿态调节的作用。支撑辊作为外层承载结构, 固定于机架内部, 承担整套辊系的绝大部分载荷压力^[1]。这种多层级的布局形式, 能够分散单一辊体的受力负荷, 适配薄规格、高精度板材的轧制生产需求, 也对内侧工作辊及配套轴承座的结构稳定性提出了较高要求。

1.2 工作辊轴承座整体构造

工作辊轴承座为一体式整体铸造成型结构, 是承载工作辊的核心部件, 整体结构紧凑且刚性充足。部件主体分为轴承安装腔体、外部支撑基座、定位凸台及预

留装配槽等多个功能区域。轴承安装腔体为中空规整结构, 用于嵌套安装滚动轴承, 约束轴承运行轨迹, 保障辊体转动的平稳性。外部支撑基座厚度均匀, 承接各类轧制载荷并完成力的传导。定位凸台分布于轴承座两侧, 用于限定部件安装位置, 规避运行过程中的偏移问题。预留装配槽适配设备拆装需求, 为后期部件检修、更换提供操作空间。各功能区域融为一体, 构成完整的轴承座主体, 满足冷轧设备持续运行的基础结构要求。

1.3 轴承座装配连接形式

工作辊轴承座采用固定式内嵌装配模式安装于轧机机架内部, 与机架、辊体、轴承等部件形成固定的装配体系。轴承与轴承座腔体采用间隙配合安装方式, 保障轴承自由转动的同时, 控制径向跳动幅度。轴承座外侧通过定位键完成与机架的位置锁定, 限制水平方向的位移偏差。基座部位借助压紧结构完成竖向固定, 抵消轧制过程中产生的振动偏移。端部装配结构衔接辊体封堵部件, 阻挡粉尘、油污进入腔体内部, 保护轴承运行环境。整套连接方式结构简洁, 装配精度较高, 可长期维持辊系安装状态的稳定性。

1.4 轴承座核心工作机理

冷轧设备运行过程中, 工作辊直接接触板材完成轧制变形作业, 各类轧制载荷、冲击载荷会直接传导至轴承及轴承座结构内部。轴承座依托自身刚性结构承接全部受力荷载, 通过基座将载荷均匀传递至轧机机架, 实现受力分散。结构内部腔体约束轴承与工作辊的运动轨迹, 控制辊体转动过程中的形变与偏移, 保障板材轧制的精度。面对轧制工况产生的持续振动与压力, 轴承座依靠整体结构强度维持自身形态稳定, 持续承接、传导

各类工况载荷,保障工作辊持续、稳定完成轧制作业,支撑整套辊系的常态化运行。

2 轴承座服役工况及原有结构弊端

2.1 轴承座实际服役工况条件

20 辊冷轧机多用于精密薄板轧制生产,整体运行节奏连续且稳定。轴承座长期处于密闭的机架内部空间,所处环境存在持续机械压力与低频振动。轧制过程产生的机械形变会向辊系传递稳定的静态荷载,板材厚度波动、来料硬度差异会带来间歇性的动态荷载。设备运行产生的摩擦热量会堆积在腔体内部,提升局部环境温度^[2]。车间生产产生的细微金属粉尘、润滑油脂残留也会滞留于装配缝隙,对结构运行状态造成持续影响。复杂且持续的工况环境,对轴承座结构强度与装配精度提出严苛要求。

2.2 轴承座受力与约束特性

轴承座承受的荷载类型具备多样化特征,轧制主压力垂直作用于基座端面,形成稳定的竖向受压状态。辊体转动引发的径向力会作用于轴承腔内壁,形成循环交变受力状态。机架定位结构会对轴承座产生水平限位作用,限制结构横向位移。端部紧固结构提供轴向约束,规避辊体窜动带来的位置偏移。多重约束方式可以固定轴承座安装姿态,复杂受力状态长期作用于结构本体,容易让局部区域出现应力集中,逐步积累结构疲劳问题。

2.3 原有轴承座主体结构弊端

传统结构的轴承座整体构型设计偏向通用化,没有针对 20 辊轧机的密集辊系受力特点做针对性优化。主体壁厚设计较为均匀,无法适配不同区域差异化的受力需求。高负载区域结构冗余度不足,承载能力存在上限。低负载区域保留过多无效结构,增加整体自重。整体刚性分布不够合理,受力过程中会出现局部微变形,长期运行会影响辊系转动精度,削弱轧制作业的稳定性。

2.4 轴承座局部结构适配缺陷

原有轴承座轴承腔内壁成型精度有限,内壁光滑度不足,会增大轴承转动摩擦阻力。定位凸台结构尺寸余量偏大,装配间隙控制精度偏低,运行过程易产生微小晃动。内部预留的润滑通道布局单一,油脂输送覆盖范围有限,难以满足全时段润滑需求。局部衔接槽位成型规整度不足,部件装配贴合程度不均。各类局部结构问题逐步叠加累积,会降低部件运行稳定性,缩短轴承与轴承座整体服役周期^[3]。

3 工作辊轴承座结构优化设计

3.1 优化设计总体原则与思路

20 辊可逆冷轧机轴承座的结构优化,以适配精密轧制工况、均衡结构刚度、提升运行稳定性为核心设计原则。优化工作立足设备实际运行短板,针对辊系受力复杂、局部结构易损耗的特点开展针对性改良。设计工作摒弃传统通用化结构的冗余设计模式,聚焦结构刚度分布不均、定位精度不足、散热润滑条件较差等实际问题。结合轧机常规轧制载荷区间开展结构适配改良,常规轧制载荷区间维持在 850 ~ 1250kN,工况波动幅度较大,对轴承座综合性能要求较高。整体优化思路以补强薄弱结构、精简无效冗余、完善辅助功能结构为主,让轴承座整体构型完全适配 20 辊轧机多层辊系的受力与装配特点,提升部件整体服役稳定性。

3.2 轴承座整体结构优化设计

原始轴承座整体构型设计较为保守,整体自重偏大,高应力区域结构强度储备不足,低应力区域存在大量冗余材质。结合辊系装配空间尺寸与受力分布规律,对轴承座整体轮廓与壁厚参数进行重新规划调整。保持外部基准安装尺寸不变,保障部件通用装配性能。对轴承座上部、底部等高应力承载区域进行加厚处理,整体壁厚提升 4 ~ 7mm,有效强化结构承载能力,抑制受力形变。对侧边低应力闲置区域做轻量化削减处理,合理降低整体自重,减少设备长期承载负荷。优化后的整体结构刚度分布更加均匀,受力形变幅度得到有效控制,能够适配冷轧设备长时间连续作业的运行状态。

3.3 定位与支撑结构优化设计

原有定位结构公差预留偏大,支撑接触面受力不均匀,长期运行会出现辊体姿态偏移问题。对轴承座两侧定位凸台结构进行重新规整,优化凸台外形尺寸与平面平整度,将装配间隙控制在合理精密区间,有效限制运行过程产生的位置偏移。调整底部支撑基座的接触面形态,优化受力传导路径,让竖向轧制荷载可以均匀分散至机架接触面。优化支撑结构的布局角度,改善局部应力集中的结构问题。改良后的定位结构限位精度显著提升,支撑结构承载稳定性更强,能够维持辊系运行姿态的稳定性,保障轧制作业的基础精度。

3.4 润滑散热结构优化设计

原始润滑通道数量偏少,覆盖范围有限,高速轧制状态下腔体热量堆积严重,影响轴承使用寿命。对轴承座内部润滑通道进行重新布局,增设多条辅助润滑通道,拓宽油脂输送覆盖范围。统一优化通道孔径尺寸,

孔径设置为 5~8mm, 保证润滑介质输送顺畅, 满足轴承全域润滑需求。在轴承座腔体外侧增设条状散热槽, 拓展结构散热面积, 加快摩擦生成热量的散发速度。有效改善腔体内部高温堆积的工况缺陷, 弱化高温环境对轴承材质与润滑介质的损耗影响, 持续维持轴承座腔体内部良好的运行环境。

4 优化结构配套工艺与保障体系

4.1 优化结构材料选型适配

轴承座结构完成构型优化后, 材料性能需要匹配全新的结构受力特征与工况需求。结合 20 辊冷轧机高负荷、长周期的运行属性, 选用高强度合金铸钢作为主体加工材料。该材质具备优良的结构强度与抗疲劳性能, 可长期承受轧制过程产生的复杂荷载, 不易出现塑性形变与结构损伤。材料内部组织均匀致密, 热处理后可获得稳定的硬度指标, 抵御长期交变载荷带来的结构损耗。针对轴承座润滑散热结构的特殊设计, 材料本身具备良好的导热性能, 可配合散热槽结构加速热量传导。严格筛选材料铸造工艺参数, 控制内部杂质与微孔占比, 规避材质缺陷引发的局部应力集中^[4]。适配优化后轻量化结构的受力特点, 在缩减结构冗余的前提下, 维持整体结构的承载稳定性与使用寿命。

4.2 优化结构加工工艺要求

全新的轴承座结构构型对加工精度与工艺流程提出标准化要求, 常规加工方式无法适配高精度辊系设备的装配标准。轴承座整体外形采用整体铸造成型工艺, 保证主体结构完整性, 减少拼接加工带来的结构误差。轴承腔体内部采用精镗加工工艺, 严格控制内壁粗糙度与尺寸精度, 满足轴承高精度装配需求。定位凸台、支撑基座等关键受力部位采用精铣打磨工艺, 保证接触面平整均匀, 提升荷载传递效率。针对新增的润滑孔道与散热槽结构, 采用数控钻孔、精准铣削工艺, 把控孔道孔径、槽体尺寸的一致性。加工全程划分粗加工、精加工、打磨校准多个工序, 逐级修正加工偏差。严控关键部位加工精度, 保障优化结构的设计形态可以完整落地, 满足设备精密运行的使用要求。

4.3 优化结构装配工艺规范

科学规范的装配流程是轴承座稳定运行的重要保障, 适配优化后结构的装配特性制定专属工艺规范。装配前期完成部件清洁处理, 清除加工残留的铁屑、油污与杂质, 避免异物滞留装配间隙影响运行精度。按照机架定位基准完成轴承座对位安装, 严格遵循由基准面到辅助结构的装配顺序, 保证整体安装姿态规整。轴承与

腔体装配采用间隙适配安装工艺, 控制装配松紧程度, 预留合理的转动余量。定位结构安装完成后开展精度检测, 确认限位位置无偏移、无晃动。紧固结构采用分级锁紧方式, 均匀控制紧固力度, 避免单一点位压力过大引发的结构微变形。全部装配工序完成后开展整体校准, 保证轴承座与辊系、机架的装配状态符合工况运行标准。

4.4 设备运维与工况适配保障

完善的运维体系可以持续维持优化后轴承座的工作状态, 延长结构有效服役周期。结合轴承座全新结构特性制定专项运维方案, 明确日常检查、定期养护的核心内容。重点排查润滑孔道通畅程度、散热槽积尘情况, 及时清理堵塞杂物, 保证润滑与散热结构持续发挥作用。定期检测定位结构、支撑结构的装配状态, 修正长期运行产生的微小位置偏差。根据轧制工况强度调整养护周期, 高频重载生产状态下适度提升检修频次。规范设备启停操作流程, 减少瞬时载荷冲击对轴承座结构的损伤^[5]。依托标准化运维管理, 持续保障轴承座结构稳定性, 适配冷轧设备长期连续的生产运行需求。

结束语

工作辊轴承座的结构性能对 20 辊冷轧机整体运行品质起到关键支撑作用。通过梳理原有结构的各类运行缺陷, 针对性完成整体构型、定位结构及辅助功能结构的优化调整, 可有效均衡结构刚度、提升装配精度与工况适配水平。匹配优化结构落实专属材料选型、加工装配标准与常态化运维机制, 全方位夯实部件运行可靠性, 为高精度冷轧机组连续、稳定、高效运行提供坚实的结构与工艺保障。

参考文献

- [1] 夏军勇, 周威武, 周宏娣, 等. 冷轧机工作辊水平力测试系统开发及板形影响分析 [J]. 机械设计与制造, 2025, 410(4): 145-149.
- [2] 孙剑亭. 冷轧机工作辊接轴托架形式及应用 [J]. 一重技术, 2024(3): 5-8.
- [3] 李丽, 郝宇超, 李震. 组合激励下冷轧机工作辊水平振动特性研究 [J]. 振动与冲击, 2022, 41(16): 135-141.
- [4] 陈光, 刘云峰, 张冀. 基于轧制规程优化的冷轧机轴向往力治理方法 [J]. 重型机械, 2024(4): 60-66.
- [5] 崔照颖, 王文奇, 徐世浩, 等. 20 辊轧机非对称冷却的板形预报模型及影响因素分析 [J]. 中国机械工程, 2025, 36(7): 1592-1599, 1610.