

冷轧轧机支撑辊轴承防护密封结构分析及改造研究

张栋梁 韦靖永 唐水清
(广西钢铁集团有限公司冷轧厂 广西 柳州 545002)

摘要: 本文分析了冷轧轧机支撑辊轴承座防护设计及密封防护结构问题,对冷轧轧机支撑辊轴承座防护设计结构、密封防护结构进行改造,通过提高机械防护性能与优化密封防护结构,有效解决冷轧支撑辊轴承润滑系统防护问题。
关键词: 支撑辊轴承座;密封;油气润滑;迷宫结构

0 引言

在冷轧轧机辊系中,支撑辊在线运行周期最长,停机更换时间最久,更换一套支撑辊至少需要 2 个小时,甚至需要更长时间,在长时间的连续运行过程中,受不同轧机工况的影响,轧辊轴承座防护水封、油封出现磨损、老化等现象,轧辊轴承在轧机中承担着轧辊支撑旋转的主要作用,密封的损坏或失效将直接影响到轴承的润滑及运转,造成设备漏油、机架振动、轧辊损坏、带钢板面缺陷及断带停机等问题。因此,轧辊轴承座的密封性在轧机运行和稳定生产中起着至关重要的作用,本文通过对冷轧轧机支撑辊轴承座防水设计及密封防护结构进行分析研究,对冷轧轧机支撑辊轴承座防护设计结构、密封防护结构进行改造。

1 冷轧轧机支撑辊密封防护形式分析

1.1 轴承座防水结构分析

国内当前大部分冷轧轧机支撑辊轴承密封设计结构形式大同小异,常见的组合形式主要有以下几种(见图 1):

- a. 轴承座挡环 + 水封 + 骨架密封组(夹布密封组)
- b. 轴承座挡环 + 骨架密封组(夹布密封组)

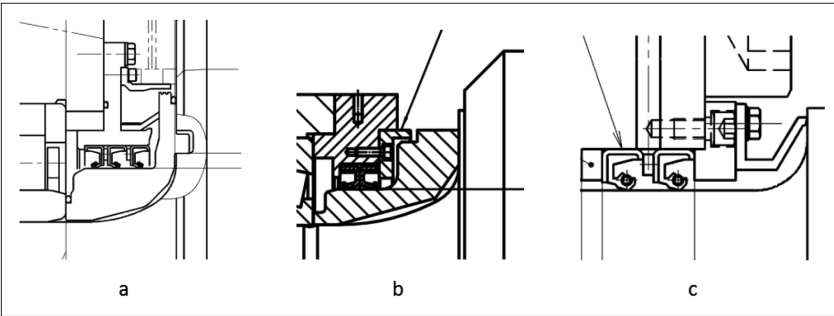


图 1 冷轧轧机支撑辊轴承密封设计结构形式

c. 水封 + 骨架密封组(夹布密封组)

从以上结构形式上进行分析,轧机轴承密封防护结构主要分为外部防护、内部防护两部分:

(1) 外部防护结构主要是对外部喷淋的流体介质进行阻挡隔绝,一般分为三层防护:

第一层通过轴承座挡环来抵挡大部分水的直接冲击及引流,密封效果要达到 80% 以上。

第二层通过水封彻底将水进行隔绝,将第一道防护未能防护的流体介质进行二次防护,密封效果要达到 99%。

第三层防护为辊颈外侧第一道油封或两道油封进行加固防护,对前两层防护泄漏的极少部分流体介质进行彻底防护隔绝。

根据实际使用工况及成本考虑,部分工厂在设计过程中往往会选择性的将第一层或第二层进行精简设计,也能达到一定的密封效果。

(2) 内部防护:内部防护部分主要是通过辊颈端油封对润滑介质进行防护,油封根据润滑形式的不同,在设计时结合实际工况来确定油封防护数量,防止内部润滑介质外漏,造成漏油问题。

1.2 实际应用情况

该类密封结构在实际应用过程中,各冷轧钢厂在不同工况下均伴有各种各样的漏油或串水问题出现,导致轧机轴承损伤、报废,润滑脂、润滑油损耗造成浪费,密封磨损严重,造成大量成本消耗(见图 2)。

- a. 漏油严重,对板面、辊面、乳化液系统造成污染及造成大量油品非正常损耗。
- b. 密封失效导致串水漏油,轴承内部油脂乳化,影响轴承使用寿命。
- c. 防水密封失效导致造成油封异常磨损,水、异物进入导致辊颈、轴承润滑不良烧伤。
- d. 润滑油串水轴承润滑不良导致,异常擦伤。
- e. 密封大量损耗。

1.3 支撑辊轧辊运行情况动态案例分析

(1) 密封结构分析

图例该密封结构用于冷轧酸轧线五连轧中,轴承的润滑方式采用的是油浴润滑,密封结构采用轴承座挡环 + 水封 + 骨架密封组的密封组合形式,骨架密封组由 3 个油封组成,组合形式采 ABB 形式,一个油封唇口朝里(A)进行轴承座防油漏油结构,两个密封唇口朝外(B)进行加固防水结构(见图 3),实现了外部三层防进水内部一层防漏油的防护形式,从理论值上进行分析该结构完全可以达到防护需求。

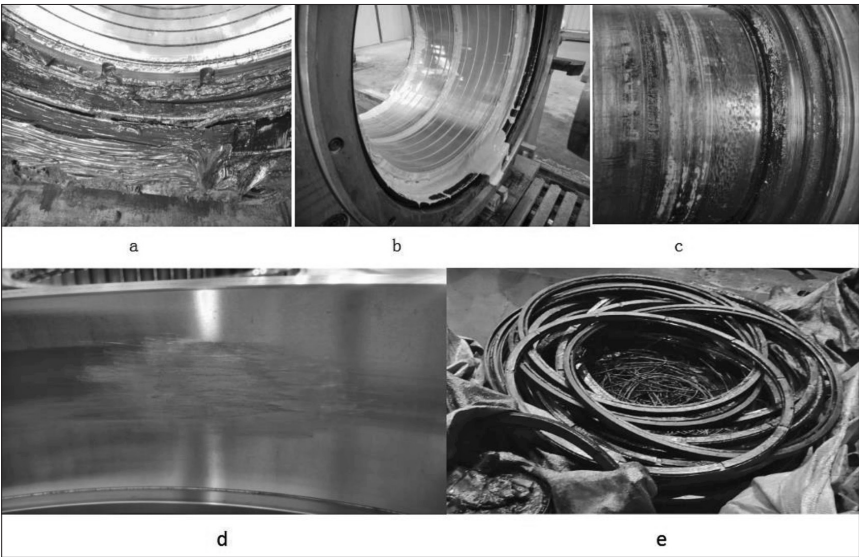


图 2 冷轧钢厂在不同工况下导致轧机轴承密封损耗和不良后果

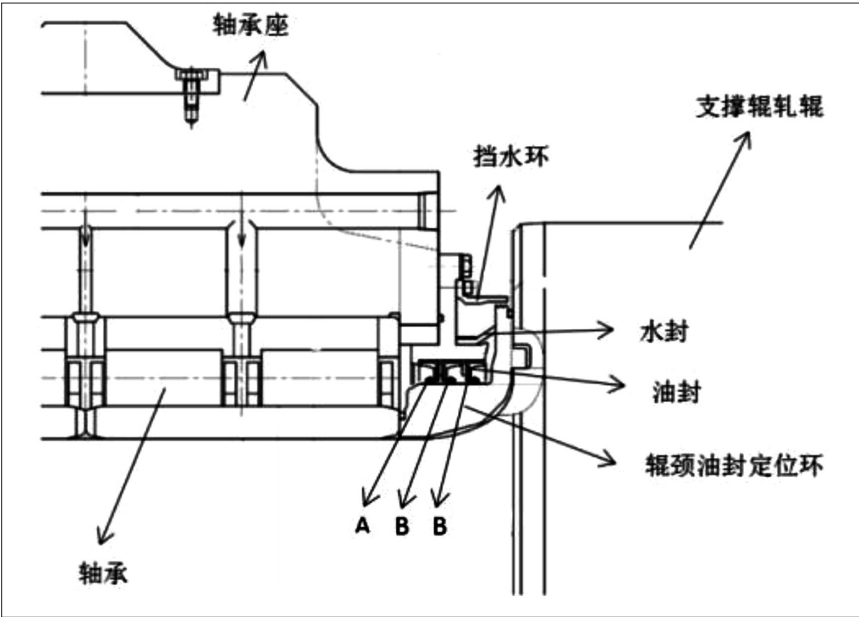


图 3 支撑辊轧辊密封防水结构

(2) 实际应用分析

但在实际应用中，机架内部设备生产运行时，乳化液是全程进行喷淋，喷淋流量最大平均可达 8000L/min，通过现场实际拆装支撑辊轧辊进行检查发现，该密封结构形式在此大流量的喷淋情况下无法实现密封效果，轴承端部出现大量漏油情况，润滑油循环系统混入大量乳化液，拆卸检查情况如下（见图 4）：

(3) 原因分析

① 该机械挡水环迷宫结构主要用于将外部大量的乳化液进行直接隔绝，避免大量乳化液直接冲刷水封，阻挡能力至少要达到 80% 以上，当外部喷淋乳化液流量达到一定程度时，挡水环将无法进行阻挡，乳化液通过迷宫环缝隙直接灌入第二道水封中，出现破防现象。

② 水封的原理主要是通过自身结构及材质的弹性，通过面与面的相互贴合挤压摩擦来达到防护效果，材质一般大多数采用丁晴橡胶，从理论上来说，该结构可以将 99% 的乳化液进行隔绝，但在实际应用中，工况的变化直接的影响了水封的防护作用，乳化液流量超过一定程度时，水封口密封处将接近于浸泡在水中的状态，加剧了水封的磨损，轧辊旋转运行时还会将部分乳化液带入轴承之中，无法保证密封效果。

③ 油封的主要防护是针对油品介质进行使用，通过面与面的相互贴合挤压摩擦实现密封，油封的唇口贴合面之间要保证一定的润滑油膜，以保证油封的密封效果和使用寿命，当密封唇口间磨损变大时，或介质发生改变造成异常磨损时将会出现失效现象。

轧机油封一般采用丁晴橡胶与氢化丁晴橡胶材质，在保证润滑条件下，油封可对极少量的水和细微异物进行阻挡，起到水封、尘封的作用，当唇口间大量进水润滑介质发生变化后，破坏了油封唇口之间的密封性，加剧密封唇口的磨损，出现漏油、串水现象。

油封唇口朝向也决定了油封的主要防护功能，唇口朝向哪一侧，主要防护功能就偏向哪一侧，但油封唇口贴合面很小，主要功能还是作用于油品防护，不能替代水封使用。

(4) 防护改善

方案针对冷轧支撑辊轴承漏油、串水情况进行原因分析，轴承座漏油、串水主要因素来源于外部环境，密封防护条件无法满足工况需求，密封结构系统遭到破坏，导致防护密封件失效，出现漏油、串水情况。

基于节约成本、提升产线效能的原则，通过提高机械防护性能与优化密封防护结构，作出两个切实有效的改造方

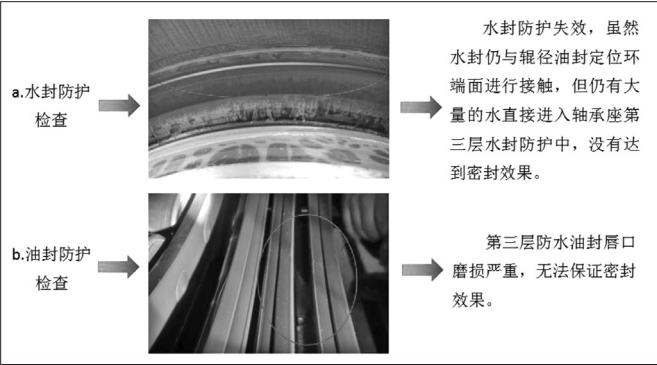


图 4 支撑辊轧辊密封防护结构拆卸检查情况

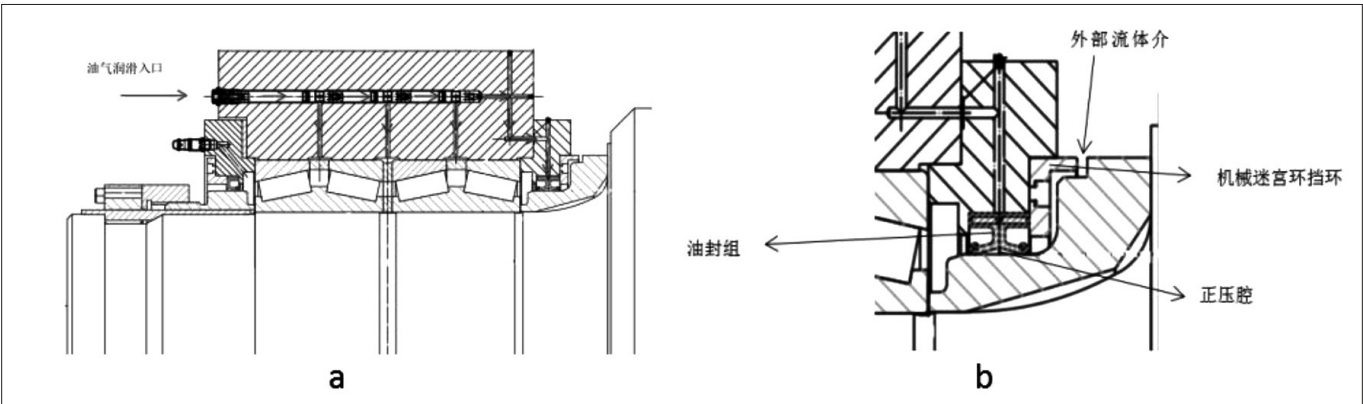


图 5 对轴承座进行改造，以提高密封结构系统的防护性能

案。

方案一：油气润滑改造

(1) 改造工况及设备条件

① 单机架设备，例如冷轧线中平整线、光整线。

② 使用油脂润滑轴承座、箱体密闭式润滑轴承座。

③ 密封结构形式简单，喷淋水量不

大的工况，当喷淋水量打的情况下，需要配合轴承座挡环 + 水封 + 骨架密封组的密封结构形式进行改造，才能保证密封效果。

(2) 改造实施内容

a. 对轴承座本体进行油气润滑分配孔改造，根据轴承类型，选择相应型号油气分配器，对轴承进行润滑。(见图 5-a)

b. 为密封处设计专用油气分配管路，通过在两道油封之间进行油气润滑输送，提升油封的润滑性，保证密封具有良好的润滑条件，有效提升油封的使用寿命，油气润滑油气输送会伴随有气体的输送，在轴承座与轴承之间形成一个 0.3bar 以下的一个正压腔，在保证油封润滑和密闭性的同时，也防止外界脏污以及乳化液进入轴承中，乳化液被阻挡在密封外部根据自身重力随着迷宫环留到底部自然排出从，而有效的提高密封结构系统的防护性能，解决漏油串水问题。(见图 5-b)

(3) 改造实施情况对比 (见图 6)

(4) 使用周期提升

针对于脂润滑与箱体式润滑轴承，油气润滑改造后可翻倍提高在线运行周期，解决因润滑不足而需要定周期对轴承进行下线维护，同时在轧辊工艺允许范围内提前将轧辊下

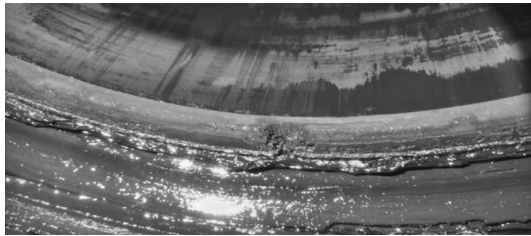
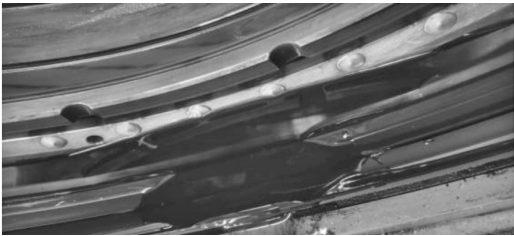
改造实施前情况	改造实施后情况
	
轴承座密封密封磨损严重、失效，出现漏油情况，轴承内部润滑脂乳化，导致润滑不良，密封件大量消耗，轴承件疲劳损伤。	密封检查磨损正常，轴承内部保证良好润滑，润滑油没有出现混水现象，整体轴承内部干净整洁，彻底解决了密封失效、润滑不良，油品乳化等问题。

图 6 改造实施前后情况对比

机造成不必要损耗。

方案二：双向迷宫结构密封改造

(1) 改造工况及设备条件

① 适用于冷轧线轴承座改造，根据轴承座结构尺寸对端盖及辊径环进行改造实施。

② 适用于冷轧线生产线所有工况。

(2) 改造实施内容

根据轴承座及辊颈油封定位环结构设计双向迷宫环安装尺寸，将原有的轴承座端盖、挡水环或轧辊密封定位环进行替换改造，通过特殊设计的双向迷宫环将外部流体介质进行隔绝，将原有的三道油封组合进行调整，由原两道唇口朝外作防水防护一道唇口朝内做防油防护结构，改成一道唇口朝外作防水防护两道唇口朝内做防油防护结构，增强内部防油密封性能。

(3) 改造实施效果

密封结构改造后，可以有效的对外部介质进行防护，轴承座内部环境得到保障，水封、油封、轴承的使用寿命的到保证。

2 结语

本文通过对冷轧轧机支撑辊轧辊轴承座漏油、串水问
(下转第 50 页)

表 2 机组对中允许偏差数据要求

压缩机 型		径向偏移允许偏差	开口间隙允许偏差
离心式压缩机	转速<3000 r/min	全部螺栓能顺利穿入	≤法兰直径 1/1000
	转速 3000r/min~6000 r/min	≤0 5mm	≤0 2mm/m
	转速>6000 r/min	≤0 2mm	≤0 15mm/m
往复式压缩机		全部螺栓能顺利穿入	≤法兰直径 1/1000
螺杆式压缩机		全部螺栓能顺利穿入	≤0 5mm/m

认弹簧载荷在如下范围以内：压缩机进口管沟内节点 55 处 45.833 ~ 71.614kN，压缩机进口处弹簧为 46.694 ~ 56.499kN，压缩机出口弹簧为 34.479 ~ 41.720kN，压缩机出口管沟内节点处弹簧为 47.726 ~ 74.571kN。

项目运行 4000 小时后脱开管卡进行复检确定管口及各支撑处的变形量，根据变形量及最新的运行状态对管路应力、管口载荷、弹簧以及支撑 / 止推结构进行后评价。

6 结语

本工程改造在设计上采取了比较全面、合理、可行的对策与措施，符合国家有关安全法律、法规及规范、标准的要求，安全设备、设施选取及防护上均可满足安全生产运行需要。项目实施后，有效消除了机组连接管道进出口位置的应力集

中，保障了机组在运行中的稳定可靠，避免和减少了机组故障停机次数，确保正常输气运行，产生了可观的经济效益。弹性支撑系统已在后续压缩机场站工程中逐步得到了推广和应用。

参考文献：

[1] 孙辉. 浅谈压缩机组管道无应力安装方法 [J]. 科学与技术, 2020(19).

[2] 郭艳林. 压缩机配管应力分析计算 [J]. 天然气与石油, 2005,23(04).

[3] 李玉石. 离心式压缩机管道应力分析及管口校核 [J]. 掌桥科研, 2018.

[4] 周延, 许靖宇. 中俄东线离心压缩机管嘴受力校核优化 [J]. 油气储运, 2020.

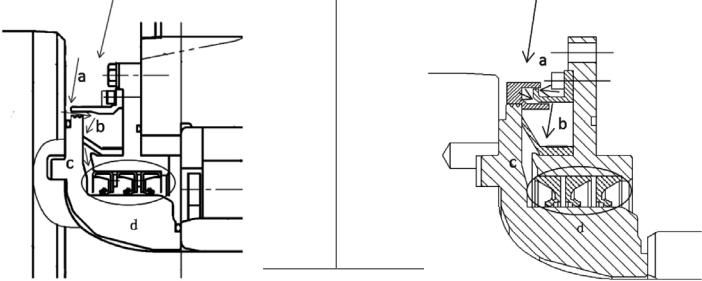
[5] 孙维. 天然气压缩机常见故障与处理措施 [J]. 工艺与设备, 2019,45(03).

作者简介: 郭昌普 (1977.04-), 男, 汉族, 河南偃师人, 本科, 工程师, 研究方向: 天然气压缩机站场工程建设。

(上接第 46 页)

表 改造前后流体介质动态分析对比

改造前流体介质动态分析	改造后流体介质动态分析
a. 常规简易式的迷宫密封环设计，在外部流体介质流量增大时，流体介质排通速度不及，导致流体介质通过密封环与轱环之间缝隙流入轴承座内部。	a. 将常规简易式迷宫环密封改造成双向迷宫环设计后，从外部结构上设计排通槽，通过改善外部排通性能来外部 80%流体介质进行阻挡。
b. 排通流量过大时，流体介质源源不断的冲刷水封唇口，导致水封磨损异常以致失效，无法保证防护密封性能。	b. 当排通量无法满足时，流体介质开始进入特殊设计的迷宫排水环中，通过迷宫环引流到水封排通口中，受重力自然排出。
c. 当水封失效后大量外部流体介质流入油封防护位置，因油封的防护性能决定了它不能大量的对外部流体介质进行防护，且油封唇口润滑油膜遭到破坏后磨损加剧，导致油封失效，出现漏油、互串现象。	c. 通过迷宫环的特殊引流设计，流体介质在进入水封排通口时已达到 95%的防护性，只有轻微水星需要水封进行二次防护，保证了轴承座的密封性。
d. 原两道唇口朝外作防水防护一道唇口朝内做防油防护结构	d. 调整为一道唇口朝外作防水防护两道唇口朝内做防油防护结构，增强内部防油密封性能。



题进行现象及缺陷分析，对轴承座防护设计及密封防护结构进行反向分析研究，从实际工况、设计结构条件、改造成本等方面条件，总结提出可行性改造方案进行参考，解决冷轧支撑辊轴承座漏油、串水问题，提高冷轧板生产效率及生产质量，节约成本，提升效能。

参考文献：

[1] 机械设计手册 邱椿主编第六版第 1 卷，第 2 卷 [M]. 北京：机械工业出版社.

[2] 高福年. 用氢化丁腈橡胶制作橡胶密封制品 [J]. 弹性体, 2001,11(4):27-32.

[3] 刘阳春译, 章莉校. [日] 滚动轴承寿命研究会, 载荷与润滑油对滚动轴承寿命的影响 [J]. 国外轴承技术, 2018(2):8.

[4] 杨和中, 刘厚飞. TURBOLUB 油气润滑技术 (四) [J]. 润滑与密封, 2003(4):4.

[5] 张永锋. 油气润滑系统应用理论与实验研究 [D]. 燕山大学.

[6] 董艳伟. 油封漏油原因分析及相关几点问题 [J]. 科技创新与应用, 2012.9 (下).

[7] 刘建刚. 骨架油封早期失效漏油的分析与对治措施 [J]. 科技创新与应用, 2016(19).