

油气润滑的工作原理及其在攀钢 冷轧厂主轧机上的应用

周 敏 范金祥 周跃云

(攀钢冷轧厂 617022)

摘 要 本文重点探讨了油气润滑的特点和工作原理,阐述了REBS油气润滑系统在攀钢冷轧厂主轧机辊系润滑改造中的应用。

关键词 油气润滑 原理 应用

1 前言

油气润滑是新型的“气液两相流体”技术的典型工业应用。油气润滑因具有润滑效果好、耗油量低、可精确计量给油、可实现高度自动控制和可使用润滑油品黏度范围大等优点,在自动化程度高的工业领域得到了广泛应用,尤其是在高温、高速、重载和使用环境恶劣的冶金领域,如冶金领域的辊道运输线、单机架和串列机架冷轧机、线材轧机的高速转动导位装置以及连铸设备等。

2 油气润滑的工作机理

2.1 “气液两相流体”的形成和本质

按照润滑介质存在的状态不同,传统的润滑方式可分为固体、液体和气体三类。“气液两相流体”润滑是一种介于液体润滑和气体润滑间的过渡润滑方式,具有液体和气体润滑的优点,避免了各自的不足,同时派生出液体和气体单独润滑方式不具备的优点。在一个管状的空间内,连续间断给定的润滑油被 $200\sim 400\text{kPa}$ 的压缩空气从一端吹向另一端的连续作用下,润滑油在“附壁效应”的作用下从颗粒状态逐渐吹散和变薄,形成无雾化沿管壁连续流动的气动波浪油膜,即形成了“气液两相流体”,图1表示了管道开始端滴状润滑油被逐渐吹散和变薄的状态,图2表示了管道末端已形成的气动波浪油膜,图中箭头表示压缩空气的流动方向。在实际应用中,经特殊设计的递进式给油器和油气混合器可以良好的完成连续间断计量给定润滑油、油滴吹散变薄和形成气动波浪油膜功能。

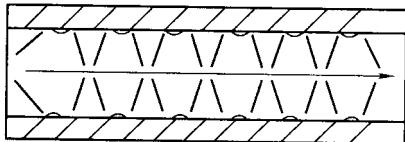


图1 滴状润滑油被逐渐吹散变薄

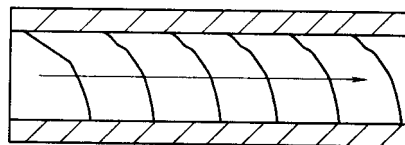


图2 形成的气动波浪油膜

2.2 “气液两相流体”的润滑机理

沿管壁连续流动的气动波浪油膜到达润滑点后，在摩擦副表面形成油膜，隔绝相互摩擦的表面，使干摩擦状态转变为液体摩擦状态或准液体摩擦状态；流动的压缩空气可以冷却摩擦副，带走热量，阻止润滑油高温碳化。同时压缩空气使摩擦副腔内形成正压，可避免外部环境中的脏物和腐蚀流体侵入摩擦副，保证摩擦副有良好的工作环境。

3 油气润滑的优点

油气润滑就是应用“气液两相流体”原理进行工作的，与传统的润滑方式，如干油、稀油和油雾润滑方式相比，具有多方面的优点：

1) 润滑效率高，润滑介质几乎可得到 100% 的利用，可大幅度提高摩擦副的使用寿命，按照德国 REBS 润滑设备公司的统计数据，采用油气润滑的轴承，其使用寿命要比采用其他润滑方式的长 3 倍以上；

2) 耗油量低，一般油气润滑的耗油量只有传统润滑耗油量的 1/5~1/100，如冷连轧机的单套工作辊轴承的耗油量为 0.005~0.04L/h，连铸机辊道单套轴承耗油仅为 0.0015~0.002L/h，按照攀钢冷轧厂的统计数据，同一设备采用油气和油雾润滑，前者耗油量是后者的 1/5；

3) 适用范围宽，在高速（或极低速）、高温、重载和有腐蚀流体侵入的润滑点表现良好，可良好的为转速高达 $N \cdot D_m = 250\text{m/s}$ 的轴承提供润滑（ N 为轴承转速， D_m 为轴承中径）；

4) 可使用的油品较广，黏度值高达 ISO VG680/40℃ 的油品也可顺利使用，半流动状态的干油也能适应；

5) 对环境的影响很小，因用量少和未雾化，故几乎不污染环境；

6) 润滑油可精确给定，决定了按照气液两相流体机理开发的油气润滑系统可以实现自动控制，监控手段完备、机电一体化程度高和免维护。

4 油气润滑系统在攀钢冷轧厂主轧机润滑上的应用

4.1 主轧机辊系、张力辊和板形仪轴承润滑现状

攀钢冷轧厂 HC 连轧机组辊系和板形仪轴承采用四套相对独立的油雾润滑系统润滑，张力辊轴承采用干油润滑，实际使用中该润滑方式故障率高、耗油量大、维护工作量大和污染环境，运行成本高，严重制约机组生产，为此对该润滑方式进行了油气润滑改造，同时将机组关键设备机架间张力辊的轴承润滑一并纳入了油气润滑方式改造。

4.2 实施油气润滑系统改造

4.2.1 润滑系统构成

德国 REBS 润滑设备公司提供的油气润滑系统不但拥有一般油气润滑系统共有的优点外，还具有全自动、免维护、高可靠性和易于与已有系统实施 PLC 连接等优点，因此在该润滑方式改造时选用了德国 REBS 润滑设备公司生产的 AO1 油气润滑系统。

AO1 油气润滑系统由主站、四个卫星站和中心控制柜组成；主站通过气动柱塞泵和递进式分配器向四个卫星站连续间断供油并实现润滑油的第一次分配；卫星站通过油气混合器完成油气混合、递进式分配器完成油气第二次分配和输送到各润滑点，在进入辊系润滑

腔以前通过内置式 TURBOLUB 进行油气的第三次分配；采用 SIMENS PLC 系统、触摸键盘和液晶显示器的中心控制柜完成系统数据设定、启停控制、元件工作状态和各润滑点润滑状态检查，同时实现与上级控制系统的 PLC 连接，AO1 油气润滑系统见示意图 3。AO1 油气润滑系统共为 42 个润滑点提供润滑，其中辊系 32 个润滑点内部通过内置式 TURBOLUB 进行了一比二的油气再次分配。AO1 油气润滑系统布置在轧机机架平台上，各端子箱和控制柜密封良好，确保水蒸气等不进入其内部，电气元件工作可靠。

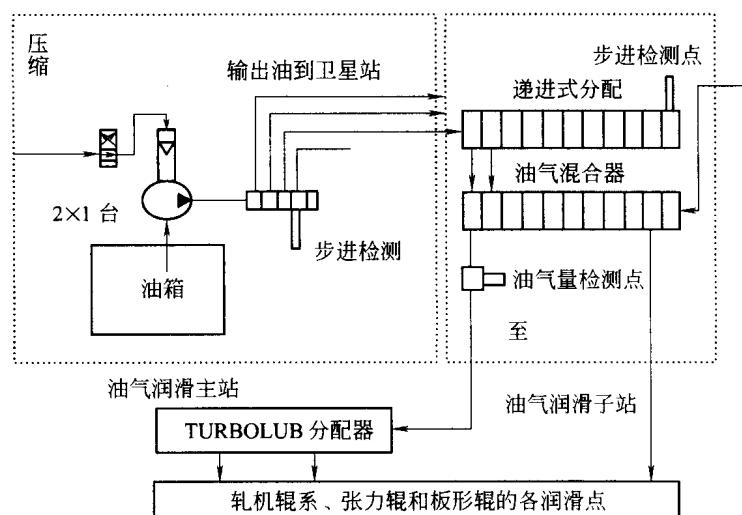


图 3 AO1 油气润滑构成示意图

AO1 油气润滑系统中的主要元器件包括气动柱塞泵、递进式分配器组、油气混合器和 TURBOLUB 分配器。气动柱塞泵由 200~600kPa 的压缩空气驱动，泵的最大供油压力 15000kPa，最大行程 0.40m，每最大行程输出流量 6mL。泵采用间歇工作制工作（可在 1~999min 范围内设定），由气动电磁换向阀控制泵的起停。递进式分配器组采用 VEK8/4、VEK12、VEK10 三种类型，由两块端块和多块中间块组成，前一块的出油推动下一中间块内部活塞的移动配油，最后一块的出油去推动第一块的活塞移动，如此周而复始的工作，保证了分配油的连续性。油气混合器分布于子站阀台上，每个站有一个油气混合块，压缩空气将间断供来的润滑油脂吹散吹薄成气动波浪油膜，并以压缩空气为动力向各润滑点移动。TURBOLUB 分配器属套筒状圆形模块 TLEB3，用在轴承座内将油气混合气均匀分配到四个摩擦副，并使轴承座润滑腔保持一定的正压。

4.2.2 确定油气消耗量

1) 压缩空气消耗：一般情况下，REBS 油气润滑系统需要的压缩空气压强不低于 200kPa，一般的工厂车间管网供气均可满足要求。REBS 油气润滑系统用于闭式容腔润滑时，要在润滑腔内保持高于大气压 5~30kPa 的气压，压缩空气的消耗量取决于润滑点的密封状况及油量分配中的节流程度；用于开式容腔润滑时，压缩空气的消耗量与压力和速度有关。

2) 供油量：不同的润滑设备，其需油量有所差别，用于轴承时：

$$Q = c \times D \times B$$

$C=0.00003-0.00005$ (SKF 润滑系数)

$D=$ 轴承外径 (mm)

$B=$ 轴承列宽 (mm)

用于开式齿轮时:

$$Q = \frac{(d_1 + d_2)/2 \times I \times 0.95}{25}$$

$d_1、d_2=$ 两个啮合齿轮的小分度圆直径

$I=$ 齿轮数目

0.95=单套轴承润滑量的推荐值

用于其他摩擦副时, 考虑到润滑的可靠性, 供油量按常规润滑量的 1/5~1/20 计。

表 1 轧机轴承的耗油量

润 滑 点	轴承尺寸/ mm×mm×mm	轴承数量	轴承耗油量/cm ³ ·h ⁻¹	
			单套耗油	合计
一、二机架工作辊四列圆锥滚柱轴承	φ358.7×254×269.8	8	4.8	38.4
三、四机架工作辊四列圆锥滚柱轴承	φ338×240×248	8	4.2	33.6
一至四机架中间辊四列圆锥滚柱轴承	φ393.7×279.4×269.8	16	5.3	84.8
张力辊轴承	φ110×65×32	8	0.18	1.5
板形辊轴承	φ230×130×64	2	0.74	1.5

润 滑 点	轴承尺寸/ mm×mm×mm	轴承数量	轴承耗油量/cm ³ ·h ⁻¹	
			单套耗油	合计
一、二机架工作辊四列圆锥滚柱轴承	φ358.7×254×269.8	8	4.8	38.4
三、四机架工作辊四列圆锥滚柱轴承	φ338×240×248	8	4.2	33.6
一至四机架中间辊四列圆锥滚柱轴承	φ393.7×279.4×269.8	16	5.3	84.8
张力辊轴承	φ110×65×32	8	0.18	1.5
板形辊轴承	φ230×130×64	2	0.74	1.5

4.2.3 给油周期的确定

当间断给油量 Q 确定后, 给油周期的长短决定了润滑点得油量的多少, 合适的给油周期是用最少给油量达到最佳润滑效果的保证, 油气润滑系统给油周期按照如下公式进行初始值估算。该估算初始值一般偏大, 可根据实际情况进行调整。

$$T_P = (Z_N \times Q_{\text{main}}) \div (Q \times C) \times 3600$$

式中 Z_N ——主递进式分配器工作行程数;

Q_{main} ——主递进式分配器单工作行程的排油量;

Q ——润滑点需要的润滑量;

C ——安全系数。

对轧机润滑系统给油周期进行计算, $T_P=245\text{s}$, 经过一段时间的观察, 设定 $T_P=200\text{s}$ 能完全满足设备润滑的需求。

5 结论

攀钢冷轧厂 HC 主轧机组油气润滑系统按照前述计算参数进行改造、设定和调试,系统运行正常。按照实际统计数据,改造后的油气润滑系统耗油量是油雾润滑系统的 1/5,延长轴承的使用寿命 3 倍多,消除了因润滑不良烧坏轴承的现象,除按照周期向主站填加润滑油外,系统处于无故障运行状态,成为一个名副其实不污染环境、高度机电一体化和低运行成本的免维护系统,完全达到了利用新技术改造落后润滑方式的目的。随着油气润滑技术进一步发展和其应用范围的进一步扩大,润滑设备和润滑状况将得到更好的完善。

注:此文为电脑扫描件,刊登在《钢铁工业设备液压与润滑论文选集》(1998~2001)上,由薛典民、赵久良主编,冶金工业出版社出版。