滚动轴承在选矿厂球磨机上的应用*

王照峰

(包头钢铁(集团)有限责任公司宝山矿业公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 球磨机是宝山矿业公司磨矿分级工序中非常重要的设备,也是全厂耗能大户,其能耗一般占全厂能耗的50% ~70%,球磨机采用滚动轴承代替滑动轴承对节约能耗意义重大。现在将五系列二次磨机改造安装两套滚动轴承运转至今效果较好。通过改造前后电流对比,综合节约能耗达10%以上,年节约电费44万元左右。另外,避免了磨机"研瓦"事故发生和节约了大量润滑油。

关键词: 滑动轴承; 滚动轴承; 寿命; 能耗

中图分类号: TD453 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 -5438(2021)01 -0081 -04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.01.024

Application of Rolling Bearing on Ball Mill of Concentration Plant

Wang Zhao -feng

(*Baoshan Mining Co. of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The ball mill is very important equipment in the process of grinding and classification in Baoshan Mining Co. as well as its energy consumption is the most in the whole plant. Its energy consumption generally accounts for 50% ~ 70% of that of the whole plant. It is of great significance for saving energy consumption to use rolling bearing instead of sliding bearing on ball mill. At present, the five series of secondary mills are transformed and installed with two sets of rolling bearings as well as the operation effect is better so far. The comprehensive energy consumption saving is over 10%, annual electricity fee is saved by about RMB 0.44 million Yuan through comparing the electric current before and after transformation. Moreover, the roughness could be avoided and a lot of lubricating oil could be saved.

Key words: sliding bearing; rolling bearing; service life; energy consumption

球磨机是选矿厂最主要的设备,是矿石入选时的一道重要工序。它是将一定粒度的矿石经过抛落进行粉碎到较细粒度的高效生产设备。球磨机在选矿厂基础建设投资和生产费用中占较大比重。磨机消耗的电能占据全厂能耗的一半以上,降低磨机电耗对后续作业指标乃至整个选矿厂的经济指标产生重大影响。

1 球磨机工作原理

原料通过磨机空心轴颈(给矿端)给入空心圆筒进行磨碎。圆筒内装有不同直径的磨矿介质,当筒体绕水平轴线以一定转速回转时,装在筒体内的介质和原料在离心力和摩擦力的作用下,随着筒体旋转,当上升到一定高度时,它们的重力的径向分力

* **收稿日期:** 2020 -12 -01

作者简介: 王照峰(1979 -),男,山东省成武县人,工程师,现从事机械管理工作。

大于作圆周运动的离心力时，便脱离筒体内壁抛落或滚落，由于冲击力而砸碎矿石。同时在磨机运转过程中，磨矿介质相互间的滑动运动对原料也生产研磨作用。因此，球磨机工作时物料得以粉碎的原因是：研磨体（介质、衬板）对物料的冲击、碾压、研磨作用，物料自身相互的冲击、摩擦作用。磨碎后的物料通过空心轴颈（排矿端）排出。由于不断给入物料，其压力促使筒体内物料由给矿端向排矿端移动，被水流带走。

2 存在问题

球磨机在包钢选矿厂得到广泛应用，但是球磨机还存在电耗高、能量利用率低等缺点，其能耗一般占全厂能耗的50%～70%。磨机能耗很大一部分消耗在提升研磨介质、噪音、发热、以及传动系统的摩擦损耗等环节上。其主轴承通常是滑动轴承（球面瓦），摩擦阻力大，能耗大，摩擦功耗约占球磨机常规配用电动机功率的15%～17%。现我厂球磨机的主轴承采用滑动轴瓦，其材质采用巴氏合金。该部件是球磨机的核心部件，它承受筒体、磨料、矿浆等产生的静负荷及传动过程中的介质抛落、滑落生产的动负荷并伴有给料过程中的冲击负荷，使之处于低速、重载、连续运行状态。在使用过程中主要存在以下问题：

（1）轴瓦与磨机轴颈直接接触，运转时产生相对滑动，摩擦系数大，能耗高。

（2）磨机瓦座密封效果差，生产现场工作环境恶劣，粉尘、矿浆易进入轴瓦，造成轴瓦磨损和油脂污染。

（3）轴瓦采用稀油润滑，存在两套高、低压供油系统。工作过程中来回转换，磨机转车前先启动高压油泵，将磨机“轴脖”与滑动轴瓦之间产生油膜避免研瓦，磨机运转正常后自动切换到低压油泵，增加了故障产生的概率。另外，油耗大，存在“跑冒滴漏”现象，一旦断油或油路堵塞，存在润滑不良情况发生，轴瓦与轴颈摩擦变成干摩擦，温度急剧升高，发生“研瓦”事故。

（4）生产岗位要随时观察小油站油位、油温、油压情况，夏季还要检查冷却器使用情况。

（5）如发生研瓦事故，更换轴瓦时需精细刮研，更换轴瓦时检修时间较长，至少48 h以上。如瓦面刮研不好需要的时间更长，使工人劳动强度大，维护费用高工，影响磨机工作。

3 滑动轴承的选择

我厂球磨机规格多，维护繁杂，运行故障多，日常维护费用高。如改用滚动轴承代替滑动轴承，既可降低能耗达到节能目的，又不用刮瓦，新型滚动轴承代替滑动轴承还具有密封性好，具有自动调心功能，同心度偏差在一定的允许范围内，能够保证正常运转。改造后取消小油站，没有油脂污染现象，节约了大量润滑油，提高了运行的安全性。滑动轴承与滚动轴承优缺点对比见表1。

表1 滑动轴承与滚动轴承优缺点

项目	滑动轴承	滚动轴承
耗油、维护	耗油大、维护费用高	耗油少，维护量少
摩擦系数	摩擦系数0.080～0.120，摩擦扭矩大	摩擦系数0.001～0.005，摩擦扭矩小
噪音、振动	噪音大、振动大	噪音小、振动小
能耗	能耗大	能耗小
故障率	故障率高，断油易研瓦	无故障
密封性	密封性差易进矿	密封性好无进矿现象
寿命	使用寿命4～5年	使用寿命10年以上
安装、检修	更换轴瓦研磨时间长，技术要求高	更换滚动轴承时间短
结构	结构简单	结构复杂
互换性	互换性低	互换性高
承载能力	承载能力高	承载能力一般
耐冲击性	耐冲击性强	耐冲击性差

由表 1 可以看出: 滚动轴承同滑动轴承对比存在承载能力不高、耐冲击性能差等劣势,需在选择轴承方面给予重点考虑。

滚动轴承的载荷能力与轴承的类型和尺寸有关。相同外型尺寸下,滚子轴承的载荷能力约为球轴承的 1.5 ~ 3.0 倍[1]。向心类轴承主要用于承受径向载荷。球磨机的筒体和进出料端盖体型加大,都是分开进行加工的,运到生产现场进行整体装配,因此存在一定的加工误差和装配误差。另外,磨机两轴承之间跨距较大,在安装的过程中考虑挠度引起的不同心和两个轴承座跨距较大产生的同心度误差。这就要求在滚动轴承运转过程中,轴的中心线相对于轴承中心线产生微小的倾斜,当该倾斜处于轴承的允许角度误差范围内时,不影响轴承的正常工作。综合以上原因,选择双列向心球面滚子轴承作为球磨机轴承。

因球磨机外型尺寸大,温度的变化对磨机轴承的工作游隙产生较大影响(夏季厂房温度 40 ℃左右,冬季 10 ℃以下) 。根据球磨机结构特点、温度和膨胀系数等,在安装过程中把驱动端的轴承轴向移动固定,进料端轴承轴向浮动,自动调节距离为 10 mm 左右。在保证球磨机生产能力不变的情况下,同时磨机进、出端盖轴颈外型尺寸也保持不变。因此,综合考虑满足端盖轴颈的强度和结构设计要求,最后确定球磨机轴承型号为双面向心球面滚子轴承 MQY3660(属于专用特大型轴承,必须由专业厂家订做) 。

4　基本额定寿命计算

滚动轴承的基本额定动载荷为 C_r,当其所受的当量动载荷为 P 时,对于已定转速 n 时,滚动轴承的使用寿命计算公式为[2]:

$$L_h = 10^6/60n(C_r/P)^{\varepsilon}h$$

工作温度: $t < 120$ ℃

式中: L_h 为失效概率 10%(可靠度为 90%) 的基本额定寿命,h; n 为磨机现运转速度,取 17.5 r/min; C_r 为基本额定动负荷,N; P 为当量动载荷,kN; ε 为寿命指数,对于滚子轴承,$\varepsilon = 3.33$; C_r 为基本额定动载荷,取 11 466 kN。

磨机筒体和钢球总重量为 260 t,当量动载荷:

$$P = 260 \times 9.8 = 2\,548 \text{ kN}$$

$$L_h = 10^6/60 \times 17.5(11\,466/2\,548)^{3.33}$$

$$= 136\,136 \text{ h} \approx 15.5 \text{ 年}$$

5　新球磨机滚动轴承安装

五系列二次球磨机中空轴(端盖) 不需加工,直接用滚动轴承更换掉原来的滑动轴承及轴承座(原磨机基础及底板不动) ,增加专用滚动轴承及专用分体式轴承定位套,一次性安装到位。轴承一般在 10 ~ 40 ℃左右运行(厂房环境温度) 。夏季温度最高时也不会超过 60 ℃。不改变原磨机的工艺参数及安装尺寸,安装方便,其关键技术如下:

(1) 自动调心滚动轴承。不同规格的轴承都设计有合适的调心角度,可以满足不同磨机在运转中产生的偏心和挠度。用真空脱气轴承钢生产的滚动调心轴承可以在 10 ~ 40 ℃左右的环境下连续使用。在正常使用情况下,可保证寿命 10 年以上无问题。

(2) 分体式轴承定位套。采用分体式轴承定位套,既可弥补中空轴因使用多年产生的磨损,又简化了安装工作量。

(3) 轴承的润滑。采用润滑脂润滑,通过实践验证无问题且运行良好。从而取代了稀油站和大量的稀油使用。杜绝了由于稀油站断油等问题,而造成乌金瓦烧损这一滑动轴承的缺陷。

(4) 轴承的密封。密封设计为双层迷宫式结构,加上专用柔性耐高温密封脂填充,保证密封效果,密封脂系柔性介质,在常温下可保持柔性,任何情况下均能与中空轴很好贴合,保证运转条件下的严格密封,据对已应用磨机定期现场观察,轴承内腔十分清洁,证明密封效果理想,可有效地防止灰尘与水汽进入轴承内部。

6　改造效果

(1) 不改变磨机原有的工艺参数。

(2) 不改变磨机的安装尺寸。

(3) 改造后的轴承润滑采用润滑脂润滑代替原润滑油润滑,节约了大量润滑油。

(4) 滚动轴承一般不需日常维护,管理方便,现 40 天左右加一次润滑脂。正常使用情况下,6 ~ 8 年不用更换。

(5) 原五系列二次磨机同步机电流约 120 A 左右,改造后电流降为 100 A 左右,节约电能达 15% 以上。一台磨机节电率为 10%,磨机功率为 1 250 kW,电机功率因素为 0.9,电价为 0.5 元/(kW·h) ,按一天 24 h 共 330 天计算,一年可节约电费: 1 250 × 24 × 330 × 10% × 0.9 × 0.5 =

445 500 元/a = 44.55 万元/a，经济效益十分可观。

(6) 使用滚动轴承之后，磨机可去掉轴瓦循环冷却水装置。

(7) 安装轴承温度检测系统随时观察到轴承温度，高于一定温度还能报警。

7 结束语

现五系列二次 Φ3.6 m × 6.0 m 球磨机采用滚动轴承代替滑动轴承后效果较好，改造后与改造前相比，达到同样装球量，磨机运行电流下降 10% 以上。一台磨机投资约 80 万元，一年节约电费约 44.55 万元，稀油站运转每年约消耗 5 万元备件、材料费用，两年就收回成本。另外，避免了“研瓦”事故。今后将安排在其它系列磨机更换滚动轴承可大大降低磨机能耗和设备故障的发生。

参 考 文 献

[1] 翟黎明. 球磨机滚动轴承的选型及配合 [J]. 矿业工程. 2006,(6):44 – 45.

[2] 徐灏. 新编机械设计师手册(下册) [M]. 北京: 机械工业出版社,1995.

(上接第 37 页)

[2] 林东，赵成林，张贵玉，等. 复吹转炉炼钢过程脱碳模型 [J]. 钢铁研究,2006,34(6):12.

[3] 张明博，秦哲，仇圣桃，等. 超低碳钢 BOF 渣成分对终点 [C] 含量影响 [J]. 工程科学学报,2015,37(11):1422 – 1428.

[4] 刁望才，杨吉春. 转炉副枪系统的设备功能与应用 [J]. 包钢科技,2015,(6):26 – 28.

[5] 倪翀奕，廖相巍. 超低碳钢转炉冶炼终点控制技术 [J]. 鞍钢技术,2014,(4):16 – 19.

[6] 朱国强，王鹏，王鹏飞，等. 鞍钢 260 t 转炉底吹工艺优化与实践 [J]. 鞍钢技术,2016,(6):45 – 48.