

# 引风机支座轴承连续烧坏事故原因分析

郝杰锋

(河南理工大学, 河南 焦作 454010)

**摘要:**文中从燃煤蒸汽锅炉连续三次烧坏引风机支座轴承的事故调查分析中,找出了事故产生的原因,并有针对性地提出了解决方案,此办法简单实用,对今后解决同类故障和改进引风机设计有借鉴作用。

**关键词:**锅炉引风机; 轴承支座; 失效; 静不平衡; 动不平衡; 故障源

中图分类号: TH432

文献标识码: A

文章编号: 1002- 2333(2006) 03- 0156- 03

## 1 前言

风机是工业锅炉的主要辅助设备, 风机运行状况的好坏对锅炉的安全运行起着至关重要的作用。平时工业锅炉上配套使用的通风机、引风机、电动给水泵等在维护保养及时的前提下, 很少会突发大的机械故障。特别是用来除尘、排气用的引风机在半年之内连续三次烧坏支座轴承、造成锅炉被迫停用的机械事故更是少见。笔者以前在工厂当机修工人时就曾遇到过此种情况, 现将该事故发生的原因及处理措施总结出来, 供有关人员借鉴。

## 2 事故情况回顾

某台老式燃煤蒸汽锅炉安装使用后运转时间还不到一年半, 锅炉上用来除尘、排气用的引风机便突然发生了机械故障。先是引风机机身出现强烈抖动, 随之而来的便是刺耳的噪音和机体的撞击声, 没过多久主电机便因负载太大而停转, 锅炉供水停止, 安全监控系统开始报警。经锅炉操作人员检查, 发现引风机轴承支座热得烫手, 风机传动轴已被轴承抱死无法转动。拆下引风机和轴承支座, 发现支座中轴承的外套和中心隔离架已碎成几瓣, 滚珠有的已磨成粉末; 更严重的是与之同轴相连接的锅炉给水泵前端轴承也发生了较大的磨损。

因情况紧急, 该单位将损坏的引风机设备送到我厂修理。从表面上看此次事故属于一般机械事故, 只需采用常规方法进行处理。经过工人一昼夜的抢修, 引风机等又恢复了正常运行。但意想不到的, 引风机修好后只运行了一个月, 就又发生了第二次烧毁支座轴承的机械事故。由于此次事故风机等损坏情况与第一次完全相同, 故修理工怀疑是否由于上次抢修匆忙, 联轴器安装找正不仔细, 使两传动轴工作时产生“别劲”, 加剧了支座轴承的磨损所致。所以此次修理特别注重联轴器的安装对中问题, 力保联轴器的安装精度符合要求。

这里需要说明的是, 由于大家都是第一次接触锅炉引风机等设备, 对其缺乏必要的了解, 因此对其在使用过程中可能会产生什么问题心中无数, 更没有人提醒修理工要去现场查明一下事故发生的真正原因、以便从根本上解决问题。事后证明, 在未找出事故的真正原因并予以排除后就匆忙试机是一个极大的错误。

经此次修理后的引风机使用还不到 20 天, 就第三次烧坏了支座轴承。这使得所有修理工都感到蹊跷和不可思议。因此车间决定由笔者负责修理。为防止走弯路和重犯他人错误, 接手任务后经过考虑, 笔者拟定出了此次风机检修的方案: 第一步, 先在工厂里将引风机、支座轴承、给水泵等零部件修配更换好; 第二步是到了现场后不要急于安装试车, 而是先搞调查。笔者首先向司炉操作人员询问有关锅炉的构造和原理, 了解锅炉循环系统的特殊要求和工作特点, 并观看了司炉工的操作过程; 查看了锅炉房周围的工作环境和设施, 特别是对引风机和给水泵前后三次发生事故时现场工况进行了详细的了解。在上述准备工作完成后, 才开始进行最重要的第三步工作: 就是通过分析和排查, 找出造成引风机连续三次烧坏支座轴承事故的真正原因, 确定故障点、排除故障源。

## 3 事故原因排查

这台引风机 1 是安装在锅炉房二楼平台上的。引风机传动轴 3 左端与风机叶轮之间靠一个钩头键固定, 引风机的轴承支座 2 中装有一对可自动调心的轴承、轴承支座靠螺钉固定在机座平台上。传动轴 3 靠右一侧中部装有皮带轮 4, 其右端则通过一对弹性联轴器 5 和锅炉给水泵 6 的传动轴连成一体; 电动机 8 通过三角带 7、皮带轮 4 带动引风机传动轴 3 和给水泵轴一起转动。引风机-给水泵传动结构如图 1 所示。

首先检查引风机传动系统。将引风机与给水泵之间的弹性联轴器分离断开, 单独查看引风机叶轮转动情况。发现叶轮有明显的偏重现象, 经细查发现:

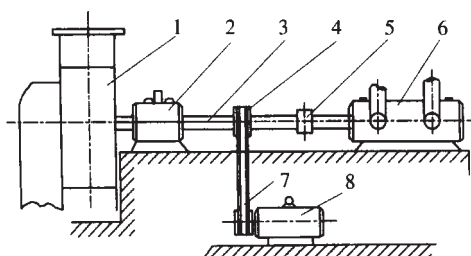


图 1 引风机-给水泵传动结构示意图

1.引风机 2.支座轴承 3.传动轴 4.皮带轮 5.联轴器  
6.给水泵 7.三角带 8.电动机

(1) 引风机叶轮的叶片表面上附有大量的煤尘积垢,呈不均匀分布,多数集中在某几个轮缘的内侧约30°角范围内(靠近叶片出口处),其中一个叶片上有一处积垢体积较大(30 mm宽、10 mm厚)特别坚硬很难清除掉;

(2) 另有一个叶片在其出口边缘处已发生较大磨损,边缘已被撕裂,形成一条宽12 mm、深5 mm、近似V字形的缺口;

(3) 用手轻转叶轮有偏重感,叶轮转动后每次最终总是有积垢的那部分停留在下方,说明该叶轮转子静不平衡现象严重。用简易配重法在距叶轮外周直径94 mm处测出其偏心质量约有350 g;

(4) 用来紧固叶轮和传动轴的钩头键因多次的装、拆使用其端部已严重变形,将此钩头键打入传动轴的键槽后会使叶轮质量重心发生偏移;

(5) 由于叶轮的叶片已发生不均匀磨损和积垢,使叶轮的质量重心发生严重偏移,所以当直径1 m左右的叶轮以960 r/min转速运转时,由于质量偏心而引发的动、静混合不平衡会使叶轮转子产生较大的离心扰动力,这种离心扰动力属于离心振动的交变应力,破坏力极强。受此力影响,引风机支座轴承额定载荷会迅速增加,高温与剧烈磨损最终迫使支座轴承因过载而损坏失效;

(6) 当引风机支座轴承因极限过载损坏失效后,引风机传动轴由于失去了前端支承,则从原来的简支梁结构变成近似悬臂梁结构了。在三角传动带的拉力和叶轮离心动载荷的双重作用下,给水泵前端支座轴承上的额定载荷会在瞬间突然增大数十倍,该轴承因无法在短时间内承受高温磨损,会迅速烧毁,发生抱轴事故;

(7) 其它设计、安装方面的问题:如联轴器选用不合理,对接安装时精度不够,找正不同心;叶轮采用单个钩头键与传动轴作固定连接,装配过程中易产生质量偏移,影响叶轮的动、静平衡等等。

排查至此,引风机连续三次烧坏支座轴承事故的主要原因已初步找到:叶轮上的不均匀煤尘积垢与叶片边缘破损是造成叶轮质量偏移,引发动、静不平衡问题的起因;叶轮高速旋转后因动、静混合不平衡所产生的离心振动(交变应力)是造成引风机频繁烧坏支座轴承的罪魁祸首和事故根源(故障点或故障源)。

#### 4 事故产生的原因分析

通过上述排查和分析,已确定引风机叶轮的动、静混合不平衡是造成支座轴承频繁烧坏的主要故障源。可是为什么会发生此种情况呢?根据有关规定,引风机出厂前都是做过静、动平衡试验的,此点不必怀疑。一定是锅炉运行当中产生的问题。该单位地处多雨、潮湿的南方城市,使用的锅炉又是老式燃煤蒸汽锅炉,司炉操作人员大多数没有经过系统的培训,实践经验有限。而燃煤蒸汽锅炉在使用过程中为保证燃煤能充分燃烧和减少漏煤现象,一般都要求在煤粉投入锅炉前进行预加水(规定必须在1~2个班以前预加,以便保证水分能充分渗入到煤粉之中)。根据煤质的不同,含水率一般在10%~20%之间选

取。在实际操作中,含水率的多少全凭司炉工人的经验和责任心来进行判断、决定。由于该单位自然条件和场地有限,锅炉用煤大部发都是露天堆放,南方连绵不断的降雨使煤粉的含水率大大超标(未引起司炉工的警觉)。由于煤粉含水率过多,炉膛内燃煤燃烧的温度较以前就有所下降,故停留在炉膛内未能完全燃烧净的煤尘颗粒就会增加;虽然这些煤尘颗粒会随着高温潮湿的水蒸气与煤焦油一起被离心风机强行吸入机壳内,再经由风机叶片排入室外。但由于过多潮湿的煤尘颗粒在高速进入风机蜗壳时会与高速旋转的风机叶片发生撞击,绝大部分都会脱落被风吹走,只有很少部分会因煤焦油的作用而粘连在风机的某个叶片上,形成不均匀分布的煤尘积垢(一般集中在1~2个点上)。这些因长期撞击、粘连而形成的煤尘积垢表面粗糙不平,就更容易被新的煤尘颗粒所粘连,久而久之,随着时间的推移和后续煤尘的不断撞击、沉积,这些积垢就会越积越大,越积越厚,到了一定的程度便会使叶轮的质量重心发生偏移;另外有极个别的叶片由于材料局部热处理不均匀,在受到煤尘颗粒长期撞击后表面会产生塑性变形,进而发展成裂纹;特别是在叶片的进出口处,其边缘发生脱落、剥离的现象更为严重,该部位会因物体质量的大量流失而产生质量偏心。上述过程是缓慢进行的,随着质量偏心的逐渐加大,叶轮失去了原有的静平衡,一步一步地由静平衡向静不平衡转变,最终演变成动、静混合不平衡了。若此时操作工人能够及时发现问题,并立即停机修理,则不会对机器造成太大的损坏。当失去动、静平衡的风机继续以高转速运转时,由动、静混合不平衡而产生的离心振动就会使风机运转状况日益恶化;叶轮所产生的冲击破坏载荷(交变应力)远大于风机传动轴承原来额定的动载荷,剧烈的转动摩擦和急速增加的交变载荷,使轴承产生高温、高热,滚珠发生塑性变形,钢圈磨碎,导致失效。

随着引风机支座轴承的破损失效,靠皮带带动的引风机传动轴就因失去了前端支承而变成了围绕给水泵前端轴承回转的悬臂轴了。在皮带径向拉力作用与失去动平衡且又高速旋转的风机叶轮交变应力双重夹击下,给水泵的前、后支座轴承在极短时间里就会发生损坏,出现高温烧轴事故,给水泵被迫停止运转,触发报警系统工作。重大的机械事故便由此而产生。

#### 5 解决对策

针对上述两个方面的问题,确定和采用下列修理方案:

(1) 先将引风机叶轮表面上所有积尘清扫干净,再用金属錾子将叶片上坚硬的陈年积垢铲除掉。

(2) 对叶轮进行现场静平衡。先将叶片上的缺口用电焊小心填补整齐,去除焊渣。再转动叶轮找出不平衡点,为防止产生偶平衡,采用三点配重平衡法进行平衡。用电焊加铁皮的办法一点一点的配重,经多次调整最后使叶轮基本上达到了静平衡的要求(无论如何转动,叶轮都可以在任意方位上停下来);因现场测试条件有限,故动平衡试验未做(根据有关手册介绍,静平衡量达到95%可

不做动平衡试验。笔者认为该次静平衡试验已达到 95% 的要求了)。

3) 为了避免风机叶片今后再因煤尘粘连产生积垢, 引发静、动不平衡问题, 经与有关负责人协商, 笔者在风机蜗壳背离出风口水平线的上方处用乙炔气枪小心地割开了一个 250 mm 长、300 mm 高的口子 (割缝宽度小于 1 mm) 作为观察口, 同时将割缝处边缘用小砂轮打磨平整。另外又准备了一块 280 mm 长、330 mm 高、2 mm 厚的 A3 钢板, 将此钢板与割下来的机壳钢板用铆钉固定在一起, 右侧加上一副合页, 左侧加上用于闭锁用的手把, 使之成为一个可随时开合的翻板。翻板上的两个合页用螺钉固定在风机蜗壳上, 合上翻板正好可以盖住观察口。翻板与壳体弧形结合面处装有 0.5 mm 厚的石棉纸垫, 用来防止结合面漏风。

在上述改进的同时, 对司炉工人也提出了要求: 每周期打开盖板一次 (当然先停止风机运转几分钟), 用铁棍轻轻敲击叶轮边缘, 边敲击边旋转叶轮几下, 使粘在叶片上的煤尘脱落、防止积垢产生。注意观察和严格掌握燃煤的含水率, 特别是雨季更要注意。建议必要时可搭建遮雨棚来防止过多的雨水渗入到煤粉里面, 如条件有限, 至少要保证在前一个班就将煤粉掺水比例率把握好。

(4) 更换掉已损坏了的钩头键, 仔细对接联轴器, 尽量减少对中误差, 保证风机、水泵运转时不会产生“别劲”现象; 同时在轴承支座的底部加装了胶皮垫以削弱风机的振动影响。

(5) 调整好带轮上皮带的松紧程度, 避免因皮带拉力过大而使传动轴支座轴承载发生失效。

## 6 反思与建议

(1) 风机的叶轮是靠一钩头键固定在传动轴上的, 而钩头键在固紧叶轮时会产生一个偏心力矩, 破坏叶轮的静平衡。建议设计时采用双键或无键、大过盈量联接, 最好采用卸荷装置, 将叶轮内孔加大, 套入滚动轴承, 再将轴承内圈套在一空心支座上, 并将该支座固定在蜗壳侧壁上; 传动轴从支座的内孔中穿过, 轴端用花键联轴器套接在一起, 用圆锥销定位、多个螺栓紧固。此种卸荷装置结构较为合理, 既加强了传动轴的使用强度, 又可避免因风机轴承损坏而引发的连锁破坏。

(2) 由于锅炉引风机在高温、潮湿的环境下使用, 风叶上粘连的煤尘颗粒平时不便清除, 时间一长会形成积垢引起质量偏心。为能及时清除这些煤尘积垢, 建议设计时可在背离风叶出口一面开一观察口, 可定期打开观察口清理煤尘积垢、防止煤尘堆积; 由于该观察口处于机壳磨损最严重处的下方, 当风机运转一定时间后打开此观察口的盖板, 可以及时观察到风机蜗壳内表面的磨损情况, 以便及时修补。需要特别提醒的是: 应注意盖板与壳体间的密闭效果, 防止结合面漏风。

(3) 建议将原来用于联接给水泵的弹性柱销联轴器改为齿轮联轴器或活动弹性联轴器, 工作时允许其产生一定角度的偏转, 这样便可减少轴承因载荷变化而损坏

的机率。

## 7 结语

引风机经此次修理和采取上述措施后一直运转正常, 5 年内未再发生此类烧坏支座轴承事故。

[参考文献]

- [1] 奚士光, 等. 锅炉与锅炉房设备 (第三版) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [2] 濮良贵. 机械设计 [M]. 高等教育出版社, 1997.
- [3] 庞丽君. 锅炉燃烧技术及设备 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1991.
- [4] 续魁昌. 风机手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [5] 潘亚龙. 风机的不平衡校正 [J]. 风机技术, 2005, (3): 26, 60.

(编辑 黄 斌)

作者简介: 郝杰锋 (1951-), 男, 工程师, 曾任河南省机械设计与传动学会理事, 长期从事科研和发明创造工作, 有五项目发明专利成果并参加多项省部级科研项目。

收稿日期: 2005-10-25

## 05-06 年度中国机械工业销售收入百强企业信息发布会暨机械工业发展研讨会即将召开

中国机械工业 2005 年在面对诸多不利因素的情况下取得了令人瞩目的成绩, 特别是行业内大型企业和企业集团得到了进一步的壮大和发展, 提高了中国机械工业在世界制造业中的地位 and 作用。为弘扬这些企业所取得的成就, 促进机械工业企业做大做强, 全面提升行业的国际竞争力, 同时为进一步落实中央提出的科学发展观, 把握好“十一五”行业的发展方向。中国机械工业联合会、中国汽车工业协会、国家统计局工业交通统计司定于 2006 年 4 月在京召开中国机械工业销售收入百强企业信息发布会暨中国机械工业发展研讨会”。

本次大会由中国机械工业联合会、中国汽车工业协会、国家统计局工业交通统计司主办, 由中国机械工业联合会统计工作部、中国机经网承办。同时本次大会还得到了各行业协会、有关集团单位、以及各大媒体的大力支持。

会上将发布并表彰 2005 年中国机械工业销售收入百强企业 (前 100 名)、汽车工业销售收入 30 强企业 (前 30 名), 国家和行业相关领导将对 2006 年国民经济发展状况进行分析和预测, 同时对机械与汽车行业经济发展的热点进行分析。

本次大会将邀请 05-06 年度中国机械工业销售收入百强企业 (前 100 名)、汽车工业销售收入 30 强企业 (前 30 名) 总经理及以上级别领导, 各行业协会领导, 其它企业代表, 证券金融机构和相关部门领导参加。

大会召开具体时间、地点请密切关注中国机械工业联合会主网站 [www.mei.gov.cn](http://www.mei.gov.cn)、

组委会电话: 010-68595634, 68595632

联系人: 付北建 于慧萍