

风机齿轮箱润滑油清洁度控制措施

张立峰

(中国大唐集团科技工程有限公司,北京 100097)

摘要: 齿轮箱是风机的核心部件之一,通过润滑油过滤系统来保持润滑油的清洁度,可有效延长风机齿轮箱使用寿命、提高传动效率。分析了齿轮箱润滑油杂质来源及危害,通过油品检测试验,得出了在线过滤系统及离线精滤系统的过滤效果,总结了控制润滑油清洁度的方法。

关键词: 风机;齿轮箱;润滑油;过滤系统;清洁度

中图分类号: TM 315 **文献标志码:** B **文章编号:** 1674-1951(2017)09-0036-03

0 引言

近年来,风电产业在我国蓬勃发展,风电已成为继火电、水电之后的第 3 大电源,在我国能源结构中的比重逐年增加。风机设备从传动结构上分类,主要可以分为双馈式风机与直驱式风机。双馈式风机成熟度高、成本低,约占我国装机总量的 60%,直驱式风机约占我国装机总量的 30%。双馈式风机主要传动特征是通过齿轮箱将从风轮传递过来的低转速增速到发电机所需的高转速。齿轮箱是风机的主要润滑部位,用油量占风机用油量的 3/4 左右,多采用油池飞溅式润滑或压力强制循环润滑。齿轮箱润滑油中的杂质过多,会加大齿轮箱内部齿轮的磨损,造成齿轮箱损坏、失效^[1]。因此,通过过滤系统控制齿轮箱润滑油清洁度,对保证齿轮箱的正常运行、延长使用寿命、提高传动效率与发电效率有着极其重要的意义。

1 齿轮箱润滑油杂质来源及危害

齿轮箱润滑油杂质来源较多,从出厂到实际运行的过程中,杂质都有可能进入齿轮箱润滑油,杂质的主要来源如下^[2]。

(1) 风机齿轮箱装配环境不够清洁,出厂后冲洗不彻底,导致齿轮箱里存在金属磨粒和杂质。

(2) 风机齿轮箱更换润滑油时,废油未冲洗干净,残存杂质和金属磨粒。更换滤芯时,由于操作不当,外界灰尘(主要是 Si)进入齿轮箱内。

(3) 齿轮箱内部磨损所产生的金属杂质颗粒等。

(4) 风机运行在戈壁、高山或沿海地区,运行环境恶劣,环境中的污染物通过呼吸器等进入齿轮箱

内部。

润滑油杂质会加速齿轮箱的磨损,使齿面出现点蚀等;金属磨粒是活性催化剂,会导致润滑油黏度上升,生成酸性物质等;这些最终会导致齿轮箱失效,降低齿轮箱使用寿命,增加风机的运行维护成本。

2 齿轮箱润滑油清洁度

ISO 4406—1999《液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号法》所规定的风机齿轮箱润滑油清洁度见表 1^[3]。

表 1 润滑油清洁度

取样源	ISO 4406—1999 规定值
加入齿轮箱的新油	16/14/11
厂内检测冲洗完毕后	17/15/12
风机运行 1 个月内	17/15/12
风机运行中的油样	18/16/13

表中清洁度的 3 个数据分别代表不同颗粒计数级别:第 1 个数值代表每毫升样品中颗粒直径大于 4 μm 的杂质数量级别;第 2 个数值代表每毫升样品中颗粒直径大于 6 μm 的杂质数量级别;第 3 个数值代表每毫升样品中颗粒直径大于 14 μm 的杂质数量级别。

3 齿轮箱润滑油过滤系统

风机齿轮箱润滑油过滤系统一般分为在线过滤系统与离线精滤系统,现对 2 种过滤系统进行试验对比分析。

3.1 齿轮箱在线过滤系统

目前,双馈式风机普遍采用在线过滤系统,为了保证在线润滑系统的流量,这种过滤系统配置 1 个 10 μm 的精细过滤器和 1 个 50 μm 的压力粗滤器。现通过试验来检查该过滤系统的过滤效果,试验过程如下:(1) 2016 年 3 月,分别抽检国内 A、B 风电场

各 10 台风机齿轮箱润滑油进行化验分析,风电场信息见表 2;(2)2016 年 6 月,更换所有抽检风机齿轮箱在线过滤系统中的 10 μm 精细过滤器;(3)2016 年 10 月,再次对所有抽检风机的齿轮箱润滑油进行化验分析;(4)通过对比,检验在线过滤系统中 10 μm 精细过滤器的过滤效果。

表 2 风电场信息		
项目	A 风电场	B 风电场
风电场地点	山西广灵	黑龙江绥滨
容量/MW	50	50
风机机型	1.5 MW 双馈式	1.5 MW 双馈式
投产时间	2012 年 9 月	2012 年 8 月
润滑油运动黏度/ (mm ² · s ⁻¹)	320.0	320.0
润滑油更换次数	0	0

抽检 B 风电场 #32 风机,齿轮箱润滑油检测结果见表 3。

表 3 B 风电场 #32 风机齿轮箱润滑油检测结果		
检测指标	更换滤芯前	更换滤芯后
污染等级	警告	正常
设备等级	警告	警告
油等级	警告	警告
运动黏度(40℃)/ (mm ² · s ⁻¹)	323.0	315.9
ISO 规范	20/18/16	18/15/11
颗粒计数 >4 μm	5018	1824
颗粒计数 >6 μm	* 1429	224
颗粒计数 >14 μm	* 351	12
PQ 指数	0	0
总酸值/(mg KOH · g ⁻¹)	0.81	0.74
φ(H ₂ O)	0.006	0.006
磨损成分 w(Cu)/%	* 0.003 7	* 0.003 7
添加剂成分 w(P)/%	* 0.024 2	* 0.018 9

注:“+”表示注意,“*”表示警告。
根据所有的润滑油检测结果,齿轮箱润滑油污染等级、设备等级和油等级的结果为注意或警告的风机见表 4。

表 4 试验结果		
风电场	润滑油检测指标	更换滤芯前
A	污染等级	#2, #3, #4, #8, #11, #12, #25
	设备等级	无
	油等级	无
B	污染等级	#10, #12, #17, #22, #23, #27, #29, #32
	设备等级	#32
	油等级	#10, #12, #17, #18, #22, #27, #29, #32

通过上述试验发现,更换齿轮箱润滑油滤芯后,污染等级出现问题的风机数量明显下降,设备等级出现问题的风机数量没有变化,油等级出现问题的风机数量增加。

检测结果中污染等级主要反映指标为颗粒计数,来源为润滑油中的杂质污染物(Si 和其他磨损部件元素等),润滑油的基础油和添加剂中完全不含 Si 元素及其化合物,所以试验结果中较高含量的 Si 一定来自环境或外界污染,如沙石、灰尘等。更换齿轮箱润滑油滤芯后,可以较好地过滤掉杂质污染物,但不能全部过滤掉。

设备等级主要反映指标为磨损成分,如 Cu 含量,该类杂质主要来源于齿轮箱内部磨损。更换齿轮箱润滑油滤芯,该类杂质含量没有变化,表明滤芯不能有效地过滤该类杂质。

油等级主要反映指标为添加剂成分,如 P 含量。润滑油中的 P 元素主要来自抗磨、极压添加剂,可以在一定程度上表明添加剂含量的变化。P 含量的“警告”界限为质量分数 <0.025 0%。更换齿轮箱润滑油滤芯,润滑油中的添加剂含量有所下降,但基本不会过滤掉添加剂。齿轮箱里面的金属杂质积累加剧了齿轮油中极压添加剂的消耗,这是造成油品添加剂消耗的主要原因。

3.2 齿轮箱离线精滤系统

鉴于齿轮箱在线过滤系统不能有效地过滤掉润滑油中的杂质污染物,加装离线精滤系统则成为行之有效的办法。齿轮箱离线精滤系统过滤精度为 3~5 μm,实际运行中,98.7%的粒径大于 3 μm 的固体颗粒会被过滤掉,能使齿轮箱润滑油清洁度至少达到 17/15/13,提高齿轮箱润滑效率和使用寿命。根据已有研究,将过滤精度由 10 μm 提高到 3 μm,轴承的寿命会增加 50%。但过滤精度并不是越细越好,过于精细可能会过滤掉润滑油中的添加剂成分,导致润滑油的性能急剧下降,影响齿轮箱的使用寿命。本文建议离线精滤系统精度不小于 3 μm。

3.3 齿轮箱及润滑油入厂检测

为了更好地控制齿轮箱润滑油的清洁度,还需

表 4 试验结果		
风电场	润滑油检测指标	更换滤芯后
A	污染等级	#3, #5, #8, #11
	设备等级	无
	油等级	#8, #11, #12
B	污染等级	#23, #27, #33
	设备等级	#32
	油等级	#10, #12, #17, #18, #22, #23, #27, #29, #32, #33

要加强齿轮箱及润滑油入厂时的检测。

齿轮箱入厂时,需做如下检测。

(1) 齿轮箱出厂冲洗后的残油必须全部放掉。

(2) 将放掉的残油收集、取样、观察,并进行油品化验分析。化验分析主要项目包括清洁度(标准值为 17/15/12)、含水量(标准值为小于 0.03%),按照齿轮箱进厂顺序,每 10 台抽检 1 台。如果化验分析结果达不到标准值,则说明齿轮箱出厂冲洗有问题,其余齿轮箱都应进行检测。需要对齿轮箱重新进行冲洗,直至油样达标。

(3) 对齿轮箱过滤器、滤芯进行检查,过滤器、滤芯应干净、无任何杂质,如有杂质,则进行清洁。滤芯如破裂或变形,应及时更换。

(4) 检查空气滤清器中的吸湿剂是否失效。

润滑油入厂时,需做如下检测。

(1) 外观检查,新油外观通常清澈、透明、无固体悬浮物。

(2) 新油抽检,按照桶装润滑油进厂顺序,每 10 桶抽检 1 桶。化验分析指标主要包括黏度、清洁度(标准值为 16/14/11)、含水量(标准值为小于 0.03%)等。如果化验分析结果达不到标准值,则其余润滑油都应进行检测。不达标润滑油需返厂处理。

(3) 新油加入齿轮箱前,需进行滤油处理,保证加入齿轮箱的新油清洁度为 16/14/11。

(上接第 35 页)器运行环境,提高变频器可靠性和使用寿命;结构简单,因地制宜充分利用电厂循环水资源,运行成本低。水冷散热系统运行成本:循环水量约为 13.9 L/s,散热功率约为 180 kW,消耗功率 $P = q_vgh/\eta = 13.9 \times 9.8 \times 30 \div 0.75 \div 1\,000 = 5.5$ (kW) (式中: q_v 为体积流量,取 13.9 L/s; g 为重力加速度,取 9.8 m/s^2 ; h 为高度,取 30 m; η 为效率,取 0.75);每台加压风机额定功率为 0.75 kW,则风机消耗功率 = $0.75 \times 4 = 3.0$ (kW);共消耗功率 8.5 kW。

按照 180 kW 的制冷量,空调消耗功率为 60 ~ 78 kW。按每年高温天气 4 个月计算,使用空冷器可节约用电 $(60 - 8.5) \times 24 \times 30 \times 4 = 148\,320$ (kW · h)。按电价为 0.3 元/(kW · h) 计算,可节约电费约 4.45 万元。

该项目设备投资约为 8 万元,其他费用约为 2 万元,总投资 10 万元,投资回收期为 2 ~ 3 年。

5 结束语

增加水冷系统后,彻底解决了夏季火电厂直接空冷变频器群散热难题,有利于变频器的长周期稳定运行,可有效延长变频器的使用寿命。夏季停止

4 结论

风机齿轮箱润滑油杂质较多时,会致齿轮箱失效、降低齿轮箱使用寿命,增加风机的运行维护成本。齿轮箱在线过滤系统不能有效地过滤掉润滑油中的杂质污染物,风机加装过滤精度不小于 3 μm 的离线精滤系统,可以使润滑油清洁度控制在 17/15/13。除此以外,齿轮箱及润滑油入厂时也应加强检测,从源头控制杂质污染物的产生。通过对润滑油清洁度的有效控制,可保证齿轮箱的正常运行,延长使用寿命,提高传动效率与发电效率。

参考文献:

[1] 张立勇,王长路,刘法根. 风力发电及风电齿轮箱概述[J]. 机械传动,2008,32(6):1-4.
[2] 祝国栋,文海,高毅,等. 风电机组齿轮箱润滑油清洁度控制[J]. 风能,2011(6):74-76,78.
[3] 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号法:ISO 4406—1999[S].

(本文责编:刘芳)

作者简介:

张立峰(1986—),男,辽宁沈阳人,助理工程师,从事风资源分析、风电机组润滑等方面的研究工作(E-mail:zhanglf@cdte.com.cn)。

使用空调,可以节约用电。

该变频器群水冷散热系统已成功应用,运行良好。该系统属于小型技改,既节能环保,又能延长变频器寿命,应用前景广阔。

参考文献:

[1] 束红,陈杰. 直接空冷与间接空冷机组的工程造价及经济性分析[J]. 山东电力高等专科学校学报,2011,14(6):35-39.
[2] 王丹,毛承雄,范澍,等. 高压变频器散热系统的设计[J]. 电力电子技术,2005,39(2):115-117.
[3] 黄炜,何人望,周瑜. 高压变频器散热系统的设计[J]. 华东交通大学学报,2006,23(5):105-108.
[4] 刘兆伟,江飞虹. 通用变频器散热系统设计[J]. 变频器世界,2007(9):73-74.
[5] 赵吉金,王伟峰,冶文军,等. ABB 水冷变频器水冷系统故障分析及解决方法[J]. 电子世界,2013(10):90.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

崔超(1980—),男,河南商丘人,高级工程师,工学硕士,从事电厂空冷、大气污染物排放控制方面的工作(E-mail:cuic@cdte.com.cn)。