

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.10.007

汽轮机安全监视系统信号突变故障分析及处理*

王 滨, 黄 旭, 方 寅, 俞亦金, 王 良
(杭州汽轮机股份有限公司, 浙江 杭州 310022)

摘要: 针对某石化公司GB201压缩机组中汽轮机端轴位移和轴振动信号出现的突变现象,对汽轮机接地电刷、BENTLY3500接地系统及静电产生原因进行了研究。由于机组不能停机,先对可能导致故障的各相关因素进行了分析。排除可以排除的因素,在线检测及更换了汽轮机接地电刷、在线检测了BENTLY 3500接地系统及分析了转子带电或带磁的影响。最后判定润滑油受高速运转的转子与轴承挤压摩擦产生了静电,并且因轴承座较大而导致TSI探头的同轴接头在轴承座内,接头长期浸泡在50℃左右的润滑油里中,绝缘效果或变差,静电累积到同轴接头上,从而导致静电荷积聚及突变现象的产生。后在机组停机检修时,打开轴承座检查,对同轴接头重新做了绝缘处理,再次开机后恢复正常。研究结果表明,信号突变是由于润滑油高速运转的转子与轴承挤压摩擦产生静电及轴承箱内的TSI探头同轴接头绝缘失效。

关键词: 安全监视系统; 涡流传感器; 信号突变; 单点接地; 接地电刷

中图分类号: TH17; TK26 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2014)10-1266-04

Analysis and treatment of steam turbine monitoring system probe signal for mutation

WANG Bin, HUANG Xu, FANG Yin, YU Yi-jin, WANG Liang
(Hangzhou Steam Turbine Co., Ltd., Hangzhou 310022, China)

Abstract: Aiming at the Petrochemical Industries Co GB201 compressor unit, the shaft displacement and shaft vibration signal of the turbine side appeared mutation phenomenon, the grounding brush for steam turbine, the BENTLY 3500 grounding system and the static electricity causes were researched. The unit could not be stopped, only to analyse related factors which could lead to malfunction. Exclude factors could be excluded, the steam turbine grounding brush was inspected and replaced on-line, the BENTLY 3500 grounding system was inspected and the influence of rotor electric or magnetic was analysed. Finally, it was determined that the static electricity from the lube oil by high speed rotor and bearing extrusion friction, and the bearing house was too larger to the joint of the TSI probe in the bearing house, the joint was soaked in the lube oil which temperature is 50° for a long time, the insulation may become worse, the electrostatic was accumulated to the joint, resulted electric charge accumulation and mutation phenomenon. After the unit was overhaul, the bearing house was opened and inspected, the probe joints were isolated afresh, when the unit was running again it was back to normal. The results indicate that the signal mutation is because of the static electricity from the lube oil by high speed rotor and bearing extrusion friction and the insulation of the TSI probe's joint is failure.

Key words: TSI; eddy current sensor; signal mutation; single point grounding; grounding brush

0 引 言

裂解气汽轮-压缩机组^[1]GB201是某石化公司100万吨/年乙烯装置中的重要设备。该设备经首次大修

后运行一年,汽轮机端的轴位移和轴振动信号出现了突变现象,该突变现象的出现及后续静电荷积聚不能释放的问题在汽轮机业内尚属首例,由于该设备在装置中的重要性,所有的更换及检测均是在开机状态。

收稿日期: 2014-06-10

基金项目: 浙江省科技厅优先主题重大工业资助项目(2008C01063)

作者简介: 王 滨(1977-),男,浙江杭州人,主要从事工业汽轮机的安装、调试及后期运行中的疑难问题方面的研究。E-mail: wangb@htc.cn

机组的安全监视系统(TSI)^[2-3]采用美国 BENTLY 公司的 3300XL 8 mm 系列涡流传感器和 3500 监视系统,该系统在线监测汽轮压缩机组的轴振动、轴位移、胀差、键相、偏心等重要参数。在处理过程中,本研究对机组的 BENTLY 安全监测系统的原理及连接方式进行重新分析,最终找到问题所在,并得以解决。

1 故障现象初步检查及原因判断

2013年9月26日汽轮机轴位移和轴振动信号出现突变:轴位移 ZI22001 指示瞬间变为 0.999 mm,4个轴振动 VXI22001、VYI22002、VXI22003、VYI22004 指示变为 0 μm 。30 s 后,VXI22001、VXI22003 和 VYI22004 自动恢复正常,ZI22001、VYI22002 故障依然存在。检查发现:

(1) 轴位移 ZI22001、振动 VXI22002 的前置放大器已损坏(击穿)。更换新前置器后,轴位移 ZI22001 指示恢复正常,未发现异常感应电压存在;

(2) 轴振动 VXI22001、VXI22002 前置器更换后同轴接头外侧仍存在 60 V 的交流感应电压(对地)。断开延长电缆,放电后再插上延长电缆。3 h 后感应电压又升至 40 V;

(3) 汽轮机接地电刷^[4]处于“RPL”位置,即“电刷更换”位置。

根据上述故障现象,认为原因可能有以下两点:

- (1) 汽轮机接地电刷失效,转子带静电;
- (2) TSI 测量回路接地故障:接地无效,或多点接地。

2 接地电刷与静电产生的关系分析

2.1 静电产生的原因、危害和措施

凝汽式汽轮机运行时,后几级蒸汽一般都含水。这些湿蒸汽冲刷转子叶片和相互摩擦后,就会产生静电荷^[5]。此外,叶片表面结垢也有助于静电荷的产生。

如果没有适当的释放通道,大量静电荷就会累积在转子上,形成一个对地静电势。汽轮机运行时间越长,产生的静电荷越多,静电势就越高。静电势高到一定程度时,就会击穿支撑转子的轴承油膜而放电,由此产生的电弧会损伤轴承,时间一长甚至会损坏转子。

消除静电荷的措施是安装接地电刷,将转子上的静电导入大地。

2.2 接地电刷工作原理

接地电刷固定在轴承座上,通过刷毛与转子的接触磨损(燃烧),将转子上的静电荷通过接地线和 1 Ω 无感接地电阻,释放至大地,接地电刷安装示意图如

图1所示。1 Ω 无感电阻的作用是限制放电电流,以免缩短电刷寿命。连接导线必须尽可能短,不能绕圈,以免产生感应电动势。为便于检修,系统串联一个自锁开关,汽轮机运行时,必须闭合。

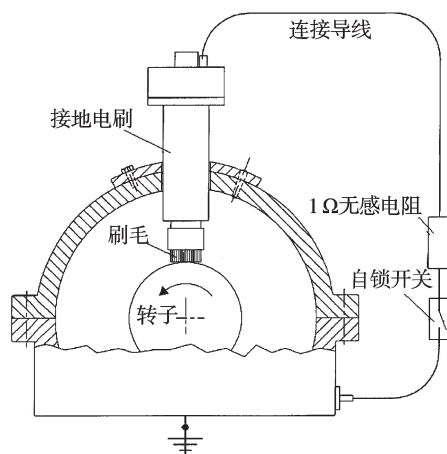


图1 接地电刷安装示意图

2.3 接地电刷在线更换及相关检测

汽轮机接地电刷指示在“RPL”位,表示刷毛过度磨损,必须更换接地电刷。

2.3.1 更换前准备工作

由于整个乙烯装置不能停机,用户要求在线更换接地电刷。设备现场又为防爆区域,因此本研究采取了下列预防措施和准备工作:

- (1) 旁路汽轮机前轴振动信号、汽轮机和压缩机轴位移信号;
- (2) 对现场环境测爆,符合要求;
- (3) 对振动探头 VXI22002 接放电处理;
- (4) 准备吸油棉及防油抹布;
- (5) 再次确认接地电刷指示器,确认已接近“RPL”位置。

2.3.2 在线更换及检测

- (1) 断开自锁开关;
- (2) 测量电刷和电流,用万用表测为 0.8 VDC/0 A,用录波器测为 0.19 VDC/0.24 ADC;
- (3) 提升电刷臂至“UP”位置,观察机组轴系监测点,未见异常;
- (4) 再次用录波器测量电刷对地电压电流为: 0.19 VDC/0.24 ADC;
- (5) 拔出电刷内匣,更换新电刷;
- (6) 将电刷与接地导线连上;
- (7) 调节提升螺钉使其高出平面 2 mm,此时电刷指示器指示“NEW”位。观察机组轴系监测点,均正常;
- (8) 用万用表再次测量:电压 1 VDC,电流测不出(隔天,拆除电刷后的接地开关箱更所有部件,直接测

量电刷对地电压电流,~0.85 VDC/1 mADC);

(9) 用录波器测量:电压0.26 VDC,电流0.32 ADC。

2.3.3 接地电刷更换后再次检测

接地电刷更换后,重新检测 VXI22001 和 VXI22002 前置器同轴接头外侧感应电压,3 h 后仍有相同感应电压存在。因此,再次检测了接地电刷:

(1) 用钳型电流表测量接地电刷的输出电流:第一次 9 mADC,交流档未测出,第二次 13 mADC;

(2) 用钳型录波器测电流:第一次 1.5 mADC,第二次 2.5 mADC;

(3) 打开接地开关箱,用万用表测量:电压 0.87 VDC,电流测不出;

(4) 断开电刷后面接线,用万用表测量电刷对地电压电流为 1 mADC/~0.85 VDC。但电压时刻都在变,用两个万用表测量,结果相同;用录波器测量电压及电流,则未能测出;

(5) 用万用表测量对地电阻(电刷后头的接线到地)为 0.8 Ω 。

笔者分析更换前、后接地电刷的检测结果,虽因检测仪表和方法不同,数据略有不同,但其都在合理

范围之内,可断定接地电刷工作是正常的。但是 3 h 左右时间,轴振动 VXI22001、VXI22002 前置器同轴接头外侧仍存在~40 V 的交流感应电压,说明感应电的存在与接地电刷没有关系,可以排除接地电刷的影响。

3 TSI 测量回路分析

3.1 测量原理

Bently 轴振动、轴位移传感器是利用电涡流效应原理的非接触式传感器,由探头、延长电缆和前置器构成。

前置器产生的高频振荡电流过探头线圈,在探头周围产生交变的磁场。当有导体靠近探头时,交变磁通链穿过导体,在导体表面感应出涡流,形成涡流“线圈”。该涡流“线圈”又产生交变的磁场,穿过探头线圈,在探头线圈中产生一定的互感电压,该互感电压的大小与传感器与被测物体之间的间隙成正比。

3.2 TSI 回路接地系统

经过了解,裂解气汽轮-压缩机组的 TSI 测量回路^[6-10]如图 2 所示。

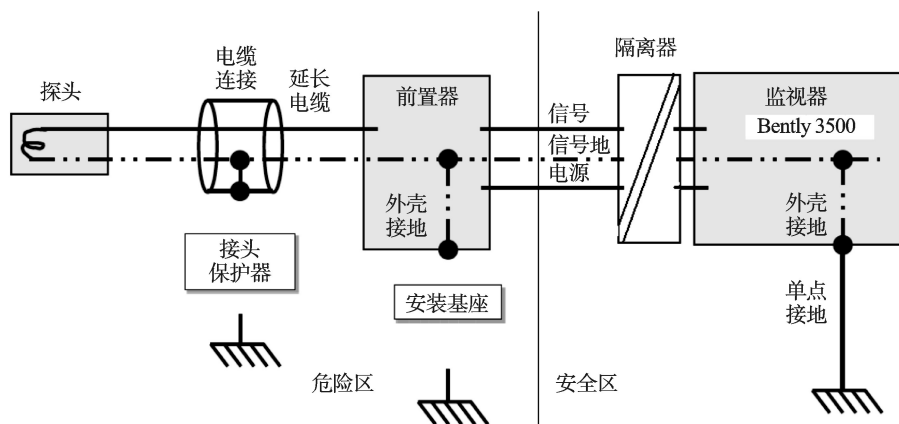


图2 TSI测量回路图

3300XL 探头和前置器的内部电路与外壳都是电隔离的,探头和延长电缆连接的同轴接头外有绝缘措施,只有 3500 系统接地,符合单点接地要求。Bently 工程师检测了 3500 系统接地电压,确定 3500 系统接地正常。

但是,由于前置器与 3500 之间 MTL 隔离器的存在,隔断了传感器与 3500 之间的物理连通,3500 系统接地与传感器回路没有关联,探头与隔离器之间的回路是不接地、浮空的。

由于 TSI 传感器回路没有可靠的接地,容易受到外界干扰,产生感应电动势。感应电动势高到一定程度时,就会通过回路中的薄弱环节放电而损坏仪表。

这就不难理解,在汽轮机前振动前置器同轴接头外侧能检测到较高的感应电压,轴位移和轴振动前置器因此被击穿而损坏。

3.3 感应电压产生原因分析

分析传感器环境,笔者认为有 3 种可能,导致产生感应电压:

(1) 转子带磁性或带静电。由于涡流传感器是利用电磁场工作的,转子带磁性,或者转子带电形成的不规则磁场,都有可能在回路中产生感应电压,影响传感器输出。某机组转子带电后的轴心轨迹图和振动信号波形如图 3 所示。

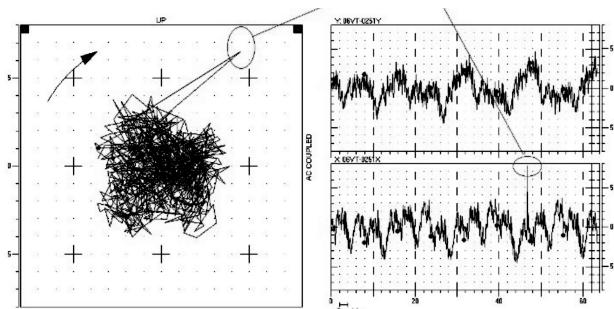


图3 带电转子的轴心轨迹和振动信号波形图

(2) 该汽轮机的进汽参数很高(10.7 MPa, 510 ℃), 少量蒸汽会分解成电离子。而前汽封处难免有微量蒸汽泄露漏到前轴承座内, 其中的电离子就可能依附在延长电缆的绝缘层上, 并向低电阻值的铜接头处转移, 从而形成了电荷积聚。对此本研究对汽轮机周围的环境静电进行检测, 未发现静电的存在。

(3) 虽然润滑油含水量非常低, 但润滑油在冷却转子和轴承过程中, 受到高速运动转子与轴承摩擦挤压, 会产生静电, 这些静电易于附着在附近金属导体上。而轴振动 VXI22001 和 VXI22002 探头的同轴接头正好位于前轴承座内底部, 接头外虽然有绝缘护套, 但由于接头长期浸泡在 50 ℃ 左右的润滑油里中, 绝缘效果或变差, 静电会累积到同轴接头上。而同样安装在前轴承座的轴位移探头, 其同轴接头在轴承座外, 不存在静电积聚的可能。考虑到这个原因, 本研究在机组不停机的情况下, 作了如下检查:

本研究断开其中一个振动前置器与延长电缆的连接, 用备用探头和延长电缆连接到该前置器上, 3 h 后检测该振动前置接头处感应电压为零。而另一个仍然有 ~17 VAC 的感应电压。从而判断: 前置器同轴接头处的感应电压不可能来自 Bently 3500 监视系统, 而是与轴承座内的探头或延长电缆有关。

当然, 为彻底查清干扰, 本研究还对同样安装在汽轮机前轴座上的其他仪表、轴承温度铂热电阻和转速传感器进行了检测。检测结果表明, 这些信号回路也都正常。

4 结束语

机组轴位移 ZI22001、振动 VXI22002 的前置放大器损坏更换新前置器后, 轴位移 ZI22001 指示恢复正常, 未发现异常感应电压存在, 但轴振动 VXI22001、

VXI22002 前置器同轴接头外侧每 3 h 仍存在 ~40 V 的交流感应电压。上述情况说明, 轴位移前置器的损坏是由于轴振动前置器同轴接头外侧有感应电压导致, 因为轴位移与轴振动的前置放大器安装在同一接线盒内, VXI22002 前置器处由于静电电压积聚过高, 导致在接线箱内产生电弧而使 ZI22001 轴位移前置放大器烧毁。

机组更换接地电刷后, 轴振动 VXI22001、VXI22002 前置器同轴接头外侧每 3 h 仍存在 ~40 V 的交流感应电压, 说明接地电刷与轴振动 VXI22001、VXI22002 前置器同轴接头外侧的感应电压没关系。在机组又一次停机检修时, 本研究检查轴承座内轴振动 VXI22001 和 VXI22002 探头和延长电缆的同轴接头绝缘保护套确有渗漏现象, 对轴承箱座内的同轴接头重新做绝缘处理。机组运行正常后, 笔者检测振动信号正常, 无感应电压存在。因此, 本研究判定两个轴振动探头前置放大器的同轴接头外侧带电是由于轴承座内的润滑油受到高速运动的转子与轴承挤压产生静电及前轴承箱内振动探头同轴接头绝缘失效所导致的。

参考文献(References):

- [1] 方 寅, 孙 烈, 张 科, 等. 年产百万吨乙烯装置裂解气压缩机用汽轮机的研制[J]. 工业汽轮机, 2012(4): 1-7.
- [2] 通用电气公司. BENTLY NEVADA 传感器系统[M]. 费尔菲尔德: 通用电气公司, 2008.
- [3] 通用电气公司. BENTLY NEVADA 机械保护系统[M]. 费尔菲尔德: 通用电气公司, 2008.
- [4] BRUSH S R. Type 12.5-LSPRING assist operating instructions[M]. Guilford: Shore Turbomachinery Inc, 2007.
- [5] 金长生, 吕 强. 推力轴承瓦块电腐蚀原因的分析[J]. 工业汽轮机, 2012(4): 34-36.
- [6] American Petroleum Institute. API612-2003, Petrochemical and natural gas industries-steam turbines-special-purpose applications[S]. American Petroleum Institute, 2003.
- [7] American Petroleum Institute. API612-2005, Petrochemical and natural gas industries-steam turbines-special-purpose applications[S]. American Petroleum Institute, 2005.
- [8] American Petroleum Institute. API670-2000, machinery protection systems[S]. American Petroleum Institute, 2000.
- [9] National Electrical Manufacturers Association. R1997-R2002, steam turbines for mechanical drive service NEMA standards publication No. SM 23-1991[S]. National Electrical Manufacturers Association, 2002.
- [10] ISO14661-2000, 国际标准中译本[S]. ISO, 2000.

[编辑:程 浩]

本文引用格式:

王 滨, 黄 旭, 方 寅, 等. 汽轮机安全监视系统信号突变故障分析及处理[J]. 机电工程, 2014, 31(10): 1266-1269.

WANG Bin, HUANG Xu, FANG Yin, et al. Analysis and treatment of steam turbine monitoring system probe signal for mutation[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(10): 1266-1269.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>