

海上平台发电机在线检修

李 毅¹, 张凤山¹, 刘全恩², 孙 霖², 江 涛², 史健超², 刘志伟²

(1. 中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300452;

2. 中海油能发展股份有限公司 油建渤海装备分公司, 天津 300452)

摘要:为解决海上平台发电机现场大修的难题,将发电机陆地维修技术应用到海上平台中。概括了海上油气平台主发电机在线检修策略和方法,初步探讨了发电机转子抽芯方案,归纳了发电机超期运行后几种常见故障表现形式及解决方案,最终实现了发电机海上正常运转。该研究结果为海上各类型发电机实现现场检修奠定了基础。

关键词:发电机;在线检修;高振动;抽转子

中图分类号:U664;TM910.7;TH69

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)11-1416-04

Field examine and repair for generator of oil-gas platform

LI Yi¹, ZHANG Feng-shan¹,

LIU Quan-en², SUN Lin², JIANG Tao², SHI Jian-chao², LIU Zhi-wei²

(1. CNOOC Ltd., Tianjin 300452, China;

2. Bohai Equipment & Technique Services Division, Field Construction Engineering Co., Tianjin 300452, China)

Abstract:To solve the offshore platform generator site overhaul problem, it is necessary to apply the generator onshore maintenance technology on the offshore platform. The on-line maintenance strategies and methods of offshore oil gas platform main generator were generalized, the generator rotor core-pulling scheme was preliminary explored, the several common fault forms and solutions after generator extended operation were concluded, and finally the generator normal operation was achieved. The study results lay the foundation for sit maintenance of all types of generators.

Key words: generator; examine and repair; high-vibration; draw out the rotor

0 引 言

海上石油钻探是一项高难度、高风险、高投入的高新技术产业。这种油田行业野外作业的大型设备的动力来源以及平台成员的生活用电都依靠主发电机组提供,可以说发电机是为海上平台提供电力的“心脏”,其可靠运行是平台安全、持续生产的基础。但随着海上油田运行时间的不断延长,很多大型发电机组都面临着长期服役后出现可靠性降低、故障率升高、使用风险增加的难题。

渤海某油田于 2010 年 12 月对一台累计运行时间超过 10 万小时的发电机组进行了在线检修,笔者

在此就实施检修的经验谈谈一些认识和体会。

1 海上油气平台主发电机组的构成及现状

目前海上油气生产平台的主电站主要分为两种,即柴油机发电机组和燃气轮机发电机组。其主要构成为:主机(柴油机或燃气轮机)、齿轮箱、发电机。主机和齿轮箱属于可修产品,其使用寿命取决于自然寿命(也称物理寿命)、技术寿命和经济寿命的大小^[1],目前已形成较为科学的检修策略和检修标准。其发电机也属于可修产品,但由于海上平台的使用环境所

限,该类设备的更新成本高、反陆地检修施工难度大,而且涉及到平台结构的改造,因此发电机部分一直处于零检修状态。

总体而言,造成发电机零检修的因素很多,概括起来主要有:

(1) 返陆地检修施工难度大。海上油气平台现有的发电机组均为撬装安装,若将发电机拆回陆地检修,则需破坏平台结构,使用吊装船舶,且维修及运输周期过长,将使平台处于缺电状态,严重影响油气生产。

(2) 缺少可依据的在线检修策略和标准。海上油气平台现有的发电机均为船用发电机类,国内尚没有船用发电机的在线检修策略或检修标准。受平台空间及油气风险限制,在线检修施工风险大,难度高,且国内缺少船用发电机在线检修的经验可供参考。

(3) 发电机超期运行风险升高,可靠性降低。目前,海上油气平台的主发电机运行时间大多已经超过 10 年,均出现不同程度的轴瓦温度升高、前后轴瓦振动升高、滑油泄露严重、定子和转子线圈绝缘明显下降等问题。本次在线检修的发电机已由于励磁端高振动报警无法正常运行。

2 发电机在线检修的策略

随着国外相关行业的高速发展,SIMENS 和 ABB 等老牌发电机生产厂家已经出台了各自的船用发电机检修策略^[2],但受到海上油气平台的实际情况限制,国外的反陆地检修策略不适合直接套用。在本次发电机在线检修中,笔者对检修点逐一检查、对照,借鉴国外先进经验,同时结合海洋平台实际情况,总结并应用了一套适用于海上油气田在线检修的发电机检修策略。

按运行时间不同检修等级分为 4 级:L1(4 000 h);L2(8 000 h);L3(16 000 h);L4(30 000 h),每个等级根据运行时间的长短不同进行相应的检修工作。

典型发电机检修工作包括以下部分:

(1) 定子部分:包括定子绕组、压力指针、空气盖、RTDs、测量仪器;

(2) 转子部分:包括转子机体、转子线圈、转子线圈支撑、风扇、轴承、轴表面、轴密封、转子励磁、转子终端;

(3) 辅助部分:包括加热器、接线盒、机靴、极栓、轴承座、轴承套、油环、油管、润滑油、空气过滤器、二极管、晶闸管、整流器、控制脉冲单元、励磁机定子、冷却器;

由于篇幅所限,本研究只列出定子绕组的检修工作明细,如表 1 所示。

3 发电机现场抽转子方案浅析

在海上油气平台现场,发电机检修的空间和时间都受到极大的限制,尤其在抽出转子这一步骤中,没有合适的吊点、转子长度所需空间过大和转子自身的重量都对安全施工产生很大的影响。在本次实施的发电机在线检修中,本研究采取了制作龙门架、假轴、滑轨和滑车的形式抽取转子,最大程度地利用平台的有限的空间,并保证施工安全(检修平面图及三维图如图 1、图 2 所示)。

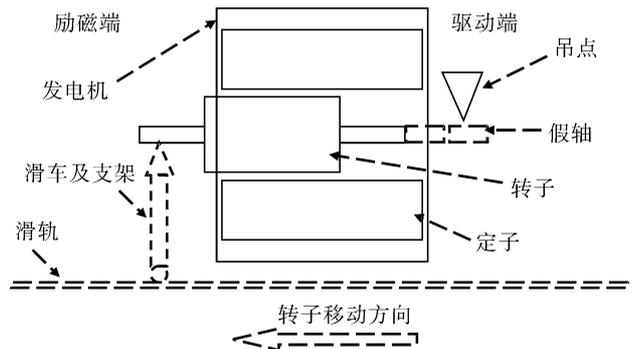


图 1 检修平面图

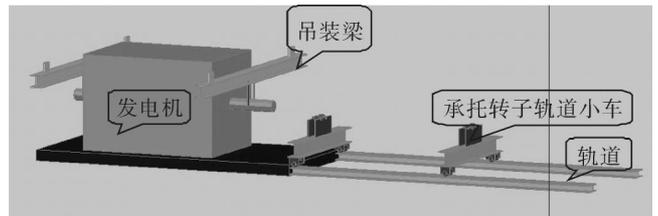


图 2 检修三维图

表 1 典型发电机检修工作:定子绕组部分

Location 位置	L1	L2	L3	L4	Activity 项目
1. Stator winding 定子绕组	X	X	X	X	1. Inspect winding connections. 检查绕组线路。
	X	X	X	X	2. Inspect winding and bracing rope. 检查绕组和支撑绳。
			X	X	3. Inspection for cleanliness, discolor, condition of Insulation, looseness, movement and wear.Clean if necessary. 检查清洁,变色,环境绝缘,松弛,运转和磨损。如有必要进行清洁。
		X	X	X	4. Measure and record insulation resistance. 测量并记录绝缘电阻。
		X	X	X	5. Measure Polarization Index. 测量极化指数。

4 发电机超期服役的常见故障浅析

在海上油气平台现场,发电机组需要不停歇的连续、稳定运转,为油气生产和处理提供电能。这种不间断的工作形式和恶劣的工作环境造成了发电机一旦超期运转,随之而来的是一系列的故障。常见故障有:振动升高、轴瓦温度升高、滑油泄露严重、各项绝缘降低等,而轴瓦磨损超标、对中偏离、绝缘腐蚀破坏和匝间短路是造成上述故障的常见原因。

4.1 轴瓦磨损超标

本次检修的发电机在 10 年连续无检修运转后,经检测,其轴瓦的磨损程度已经明显超过标准范围^[3]:

- (1) 动力端轴瓦与瓦座间隙:0.05 mm;
- (2) 非动力端轴瓦与瓦座间隙:0.07 mm (标准应为 0.02 mm~0.05 mm);
- (3) 动力端轴瓦与轴颈间隙:0.45 mm (标准应为 0.18 mm~0.24 mm);
- (4) 非动力端轴瓦与轴颈间隙:0.51 mm (标准应为 0.20 mm~0.30 mm);
- (5) 动力端侧间隙:0.08 mm / 0.08 mm;
- (6) 非动力端侧间隙:0.10 mm / 0.10 mm。

在发现轴瓦磨损超标后,本研究对磨损轴瓦进行了国产化翻新,将原有巴氏合金去掉,重铸巴氏合金,并根据轴颈尺寸进行加工,使轴瓦各项间隙指标恢复合理范围。

4.2 对中偏离

经测量,由于长时间高振动运行,发电机地脚螺栓扭矩明显降低,对中值明显超过标准范围。处理方案为按标准重新对中并紧固地脚螺栓(如图 3 所示)。

径向现场测量值及标准值如图 4 所示。

轴向现场测量值、SOLAR 标准值如图 5 所示。

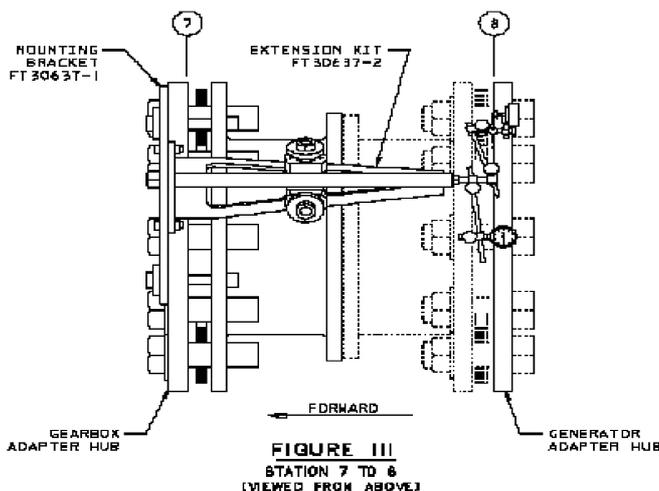


图 3 对中表安装方法

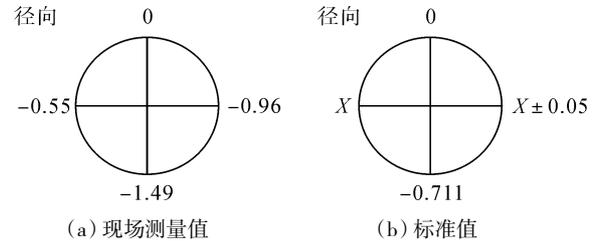


图 4 径向现场测量值及标准值

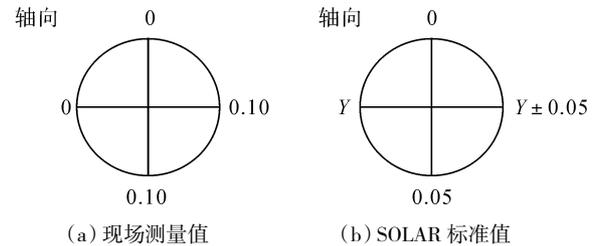


图 5 轴向现场测量值与 SOLAR 标准值

4.3 绝缘腐蚀破坏

由于海上油气平台工作环境恶劣,空气湿度大、含盐量高,盐、油泥等物质附着在定子、转子的线圈绝缘层上,对原有绝缘腐蚀严重,吸收比和极化指数均出现大幅降低。

(1) 定子对地绝缘:

T1——T2T3E:

15S:0.203 GΩ; 60S:0.258 GΩ; 600S:0.215 GΩ;

吸收比:1.27 (应大于 1.3);

极化指数:0.83(应大于 2.0)。

T2——T1T3E:

15S:0.450 GΩ; 60S:1.500 GΩ; 600S:2.710 Ω;

吸收比:3.33;

极化指数:1.8(应大于 2.0)。

T3——T1T2E:

15S:3.17 G Ω; 60S:1.49 GΩ; 600S:2.77 GΩ;

吸收比:0.47 (应大于 1.3);

极化指数:1.85(应大于 2.0)。

(2) 绝缘电阻:

主转子绝缘:15S:2.82 MΩ; 60S:2.82 MΩ; 吸收比:1.0;

励磁机定子绝缘:15S:295 MΩ; 60S:396 MΩ; 吸收比:1.34;

励磁机转子绝缘:15S:107 MΩ; 60S:112 MΩ; 吸收比:1.046。

(3) 永磁机绝缘:

15S:423 MΩ; 60S:824 MΩ; 吸收比:1.95。

针对以上问题,本研究采用清洗剂对定子和转子线圈进行清洗,洗净后烘干,重新喷涂绝缘漆,使绝缘、吸收比等各项指标恢复合理范围^[4]。

4.4 主转子匝间短路

4.4.1 测量主转子直流电阻

测试方法:使用 QJ44 双臂电桥,将每一组线圈之间的连线绝缘剥开,表笔接到每一组线圈两端的引出端,进行每一组线圈的直流电阻测量。测量值如下:

4 组分别测量直流电阻:

第 1 组线圈:0.393 5 Ω ;

第 2 组线圈:0.393 0 Ω ;

第 3 组线圈:0.392 0 Ω (该组电阻较小,说明内部存在短路);

第 4 组线圈:0.396 5 Ω 。

总电阻值 1.575 0 Ω 。

4.4.2 主转子交流压降

测量方法:将 4 组线圈串联起来,从主转子的两根引出线处,通 220 V 交流电源,用万用表分别测量每一组线圈的分压,其检测值应该是各族线圈分压相等。实际测量值如下:

第 1 组线圈:57.7 V;

第 2 组线圈:50.9 V(该组压降较低,内部线圈短路);

第 3 组线圈:13.5 V(该组压降过低,内部线圈短路明显);

第 4 组线圈:59.0 V。

4.4.3 处理方案

针对主转子出现的匝间短路故障^[5-7],本研究对该转子进行了国产化大修,剥离转子原有线圈,逐步清理并修复铁芯、重新缠绕线圈、重新刷绝缘胶、浸漆并烘干、进行各项电气测试并进行动平衡试验,使其电气和机械各项指标均满足使用要求。

5 结束语

海洋油气平台使用的船用发电机是由众多零部件组成的复杂系统,超期运转后,其运行状态与使用环

境和维护保养密切相关。目前国内的船用发电机制造和维护水平与国外先进水平相比还存在较大差距,摸索并建立一套适合海洋油气平台实际情况的发电机在线检修策略和标准对保障油气生产具有重要意义。

通过本次发电机在线检修,笔者已经初步摸索出了一套发电机在线检修策略和方法。在借鉴国外先进经验的同时,通过对发电机组常见故障的总结和归纳,也逐步掌握了各类故障的表现形式和解决方案。目前,笔者正通过开展更多的发电机在线检修项目不断地掌握并完善相关策略和方案。

对于海上平台发电机组,其可靠性要求较高,只有做好运行管理、维护保养,结合各种在线检修技术,提高诊断精度,做好常规检查,才是确保机组安全运行的必要手段。

参考文献(References):

- [1] 林瑞霖,张志明,吴家明,等. 柴油机自然寿命分析[J]. 海军工程大学学报,2004,16(4):43-47.
- [2] NONA S T,SUNDARARAJAN P. Significance of considering nonlinear effects in predicting the dynamic behaviour of rotating machinery[J]. *Journal of Vibration and Control*,1995,1(4):431-458.
- [3] 国家标准化工作委员会. GB9239-88 中国标准书号[S]. 北京:中国标准出版社,1988.
- [4] 国家标准化工作委员会. GB/T 15548-1995 中国标准书号[S]. 北京:中国标准出版社,1995.
- [5] 胡宇达,邱家俊. 大型汽轮发电机端部绕组整体结构的电磁振动[J]. 中国电机工程学报,2003,23(7):93-98.
- [6] 汤蕴蓼. 电机内的电磁场[M]. 2 版. 北京:科学出版社,1998.
- [7] RICHARD S,DUCREUX J P,FOGGIA A. A Three Dimensional Finite Element Analysis of the Magnetic Field in the end Region of a Synchronous Generator [C]. IEEE Electric Machines and Drives Conference Record,1997.

[编辑:李 辉]