

[风电厂]

风电场运维管理

文/国华能源投资有限公司山东分公司 张小坡

介绍风电场运维的人员、备件、工具以及运行维护管理。风电场运维管理工作的主要任务是提高设备可利用率以及确保设备安全、经济、稳定运行。保持电能质量符合电网标准，降低各种损耗。

我国风力发电大规模发展已将近10年，而风电机组的质保期一般在2~5年。随着越来越多的风电机组结束质保期，风电运维市场释放出巨大的空间。目前我国风电累计装机达9万余台，容量超过1.4亿kW。据业界人士估算，每年风电机组运维方面的投入将超过100亿元。根据国家能源局“十三五”发展规划，至2020年我国风电装机容量将达到2亿kW。未来风电运维市场的总量将在千亿元以上。

国华广饶风电场位于山东省广饶县沿海，分为两期项目。装机容量分别为4.95万kW和5万kW，运行两种机型。其中一期项目采用华仪风能有限公司生产的33台HW-82-1500型风机。2012年12月进入质保期，质保期为5年。每年定期维护2次，分半年维护和全年维护；二期项目采用西门子风能有限公司生产的20台SWT-2.5-108S型风机（以下统称为上海电气SWT-2.5-108S机型），由上海电气风能有限公司引进国内，2014年4月进入质保期，质保期2年。每年定期维护1次。

运维管理模式分析

在2016年5月和2017年12月，两个项目将陆续过质保期，作为风电场运营方，考虑有以下几种后续运维管理模式。

- (1) 完全自主运行维护。
- (2) 自主运行，定维外委。
- (3) 运行外委，自主定维。
- (4) 运行和定维全部外委。

不管采取何种运维管理模式，都需要从以下几个方面加强风场运维管理：

①运维人员能力管理。②备件管理。③工具管理。④智能运维管理。

运维人员能力优化管理

1. 安全培训

风电场的安全管理是管理要素中的重中之重。因为电力企业安全生产不仅关系到涉电人员的人身安全，更是影响着企业的发展和最根本的经济效益，同时关系到千家万户的用电问题，对工作人员进行安全文化教育也是风电场运维管理中极为重要的一部分。

针对华仪和西门子两种不同机型的日常安全管理，我们应当借鉴两个厂家安全管理的优秀部分，吸收融合进国华公司自己的安全文化。安全培训既包括登高证、电工证、高空救援、高空逃生等基本操作的安全培训，还应当借鉴上海电气完善的三级安全培训体系，根据风场实际，适当增减科目。上海电气完善的三级培训包括：

1) 初级救援培训。包括理论培训：安全带的使用、维护、清洁、保养、检修；爬梯营救：防坠绳悬挂、限位绳悬挂、滑块悬挂；机舱逃生。

2) 高级救援培训。包括塔筒底部营救、轮毂营救、叶片根部营救、主轴里外侧营救、偏航齿下营救、齿轮箱下营救、机舱尾部营救、用担架把伤员从逃生孔下降、用担架把伤员从塔筒内壁下降等。

3) 直升机救援。

2. 技术培训

风电行业对于从业人员要求较高，从业水平和专业技术直接关系到风电事业的发展进程。首先，需要技能培训，以提高全体人员的素质及水平。随着风电企业的快速发展，对运维管理人员已经提出了更高的要求，工作人员不仅要掌握基础的电气工程知识，还要对融入现代技术的机械工程、自动化技术及国外风电场发展的先进技术进行全方位的学习及应用。

目前国华广饶风电场采用了华仪和上海电气两种技术的机组。华仪风能HW-82-1500机组采用的倍福的主控和ABB变流器，为双馈机组。上海电气SWT-2.5-108S机组采用是KK的主控和ABB变流器，为笼型全功率机组。

这两种机型为两种技术路线，需要运维人员精通两种机组技术。如针对主控技术，运维人员需要了解倍福的PLC和KK的主控板的区别。不同的主控有不一样的程序升级平台和软件平台；针对变流器技术，虽然都是同一家供应商，但采用的是两种不同的技术，华仪的机组是双馈变流器，上海电气采用的是全功率变流器；运维人员在日常工作中会遇到不同的故障，由于是两家不同的技术，显示不一样的故障码。两家不同的SCADA也需要运维人员去学习并熟悉操作。

面对这样的情况，需要去总结提炼两种机型相同的风机基础知识，形成我们自己的培训体系。可分为三级培训体系：第一级，风机基本知识。如基础的电气知识、机械知识、液压知识；第二级，机型的常见故障处理积累。如更新程序、更换电机、日常维护等；第三级，机型疑难故障分析。联合供应商和设备厂家针对技术能力优秀的运维人员进行针对性培训，如联合ABB变流器厂家进行常见故障的学习积累。

备件优化管理

随着机组运行时间的加长，元器件的疲劳程度会积累、加剧，不可避免地，损坏频率会增大。考虑不同机组的备件通用性差，甚至无法通用，如何保证风电场常用备件的快速响应，尤其是大部件的及时响应应成为一个亟待解决的课题。

备件的备库应从以下三个方面考虑：

1. 维护用的易耗品

这类物料属于每年均需要使用的物料。由于

此类物料固定，可以由国华山东分公司就相同物料进行备库。以上海电气SWT-2.5-108S为例。

表1 上海电气机型易耗品清单

物料名称	单位	数量
嘉实多 AWH-M 32液压油	PC	2
嘉实多 VG 320齿轮油	PC	1
柯马 VET-68号无菌油	L	0.5
滤芯 25 μm	PC	1
滤芯3MY TXWL8C-GDL03	PC	1
滤芯CA151EFD1	PC	1
滤芯10MY FOR 26888/	PC	1
密封套件 26880/26882/26952	PC	1
离线过滤器滤芯H DU-27/27	PC	1
齿轮箱滤芯	PC	1
主轴承油脂	PC	2.5
变桨润滑油脂	PC	2
发电机轴承油脂	PC	0.5
偏航润滑油脂	PC	1.5
集油瓶	PC	12
过滤风扇210×210	PC	1
过滤风扇280×280	PC	6
过滤风扇115×115	PC	11
电刷	PC	8
雷电记录卡	PC	3
电池3.6 V	PC	1
抹布	KG	5
电机清洗剂	L	2

2. 消缺用的备件

不同的机型会有不同的备件供应清单，分变桨系统、轮毂总成、主控系统、变流器系统、齿轮箱、液压系统、发电机等不同部位的备件。备件供应应从以下几个方面着手优化。

1) 部分核心系统部件只能从设备供应商处购买的。对于此部分备件，可以和设备供应商签订框架采购协议，利用他们的库存，利用少量采购额来满足现场日常消缺需求。

2) 部分可以国产化替代的备件。由于采用了不同的机组，如果所有的备件都从设备供应商处购买，势必会造成采购成本过高，针对非核心部件，如电机等可采取国产化替代的方案。

3) 通用备件。在整个风电机组的电气控制系统中，存在非常多的通用电气件，如各种接触器、断路器、继电器等；对于这些通用的设备，可和供应商直接签署框架采购协议，节省采购成本。

3. 备件维修

在风机运行过程中，会出现大量损坏件。更换下来的备件绝大多数只是“生病”了而已，并不等于报废，多数是由于产品设计阶段选型问题、设计问题，或者运行阶段环境因素影响导致的损坏。对于这些损坏的备件往往价格不菲，动辄几万元，乃至十万元以上，如果对其宣布“死

亡”，将是一种巨大的资金浪费。

通过维修使损坏的设备恢复原有性能，达到“技术上可行、运行中安全、经济上合理、质量上可靠”的要求，得以重新使用，这对于降低运营成本，发展绿色风电，实现可持续发展是非常必要的。

工具优化管理

一个100 MW风电场需要准备多种工具。包括每年定期维护需要的工具、日常消缺维护需要的工具以及大部件更换需要准备的工具。这里面包括日常的螺钉旋具、扳手、电气表具（万用表、绝缘表、钳流表等）以及拉伸器、液压扳手等液压工具。

1. 维护工具

以上海电气SWT-2.5-108S机组为例，每年定期维护工具中包含以下液压工具及价值较大的工具。这些工具价值大，每年定期需要检测。目前国内厂家采用的液压工具多种多样，不利于风机出质保后统一管理。

表2 上海电气机型维护工具清单

序号	描述	数量
1	液压扳手泵	1
2	液压扳手用高压油管	2
3	45型扳手头	1
4	75型扳手头	1
5	中空扳手36 mm	1
6	中空扳手46 mm	1
7	机动头	1
8	拉伸器液压泵10-201	1
9	36 m×4 60 mm拉伸头	1
10	36 m×4 55 mm拉伸头	1
11	ITH高压油管	2
12	42 m×3 65 mm拉伸头	1
13	倍力器	1
14	对中仪	1
15	油脂加注泵	1

2. 消缺工具

在日常运维中，涉及到备件更换常常需要准备专用工具。以上海电气更换变桨液压缸为例，更换一个变桨液压缸需要以下特殊工具。

表3 上海电气机型变桨液压缸工具更换清单

序号	工具清单	数量
1	叶片拉伸泵	1
2	M36×4拉伸头	1
3	拉伸油管	1
4	吊带	4
5	120 V电动枪	1
6	46 mm 垫片	1
7	50 cm M8全螺纹杆	2
8	液压缸堵头 (24 mm)	4
9	液压缸堵头 (30 mm)	4
10	润滑剂	1
11	除锈剂	1
12	抹布	1
13	液压缸滑动导轨	1

更换变桨液压缸主要分为以下几个过程：

1) 拆卸变桨液压缸

如下图所示，变桨液压缸固定在变桨轴承之上，拆卸固定螺栓需要使用M36拉伸器。拆卸螺栓需要使用比安装稍大的力矩，同时配合拉伸器使用的有拉伸液压泵、油管、堵头、电动手枪钻。



图1 拆卸变桨油缸

2) 运输变桨液压缸

如何将重达100多公斤的变桨液压缸从轮毂中运出，是一个不得不思考的问题。由于操作空间的限制，为此可以制作一个如下图的导轨来帮助运输液压缸。



图2 运输变桨液压缸

同时将液压缸从轮毂中倒运出来以后，需要将液压缸从机舱吊下。需要调节好好两根吊带保持液压缸的平衡以及平稳。



图3 吊变桨液压缸

3. 大部件更换工具

在风机长达20年的生命周期中，要准备好大

部件更换的工具。根据国内外风电运行的经验，叶片、主轴承、齿轮箱、发电机等各个大部件都有可能遇到问题。以上海电气SWT-2.5-108S机组为例，根据机组的模块化设计，拆卸齿轮箱不需要将整个机舱吊下，可完成在空中更换。

在齿轮箱的更换过程中，由于齿轮箱的移除，主轴的平衡无法保证。这时候需要一个锁定主轴的工装。如图4所示。

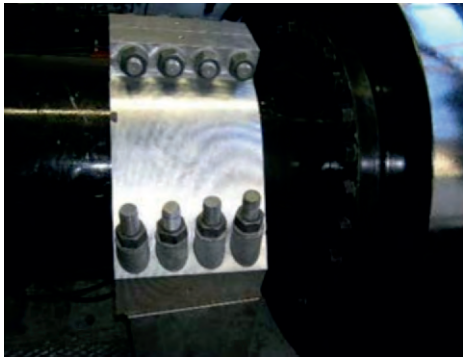


图4 主轴固定工装

锁紧主轴之后，同时还需要拆卸涨紧套和制动盘，需要用到千斤顶、手拉葫芦、手扳葫芦、液压扳手、力矩扳手等工具。同时齿轮箱整体拆卸之后，需要卸扣、吊带的配合。



图5 吊齿轮箱

针对不同的工具用途，大量准备不同种类的工具势必会增加风场的运营成本。通过分析不同用途的工具，合理配备常用常见工具以及液压工具的比例，降低工具库存。通常一个50 MW的风场，常见工具配备两三套。液压工具配备1~1.5套。

智能运维探索

风电信息化程度不仅是对风电场运维体系的变革，更是承接了电网无人值守观念的变革。通过信息化的手段可以将长期在风电场工作的员工从值班、倒班的工作中解脱出来，投入到维护发

电设备的工作中去。作为公司运营的主体，在风电信息化程度足够高的时候，配合风电行业先进的运维理念，逐渐尝试变电站无人值守、风电机组预防性维修，不仅减少了工作人员重复工作的次数，而且能有效提高企业运行管理水平。可以通过以下几方面进行探索。

1. 集中监控

目前国华广饶风电场采用了华仪和上海电气两种机型，两家的主控和SCADA均不一样。由于风电机组厂家提供的数据接口不一致、数据规范不一致，需要建立统一的平台对所有机组的风机进行远程起停以及复位处理。

针对风机运行状况，分不同程度的检修。

1) 根据集控平台统计的风机报警信息，提前安排年度维护。将油脂油位低、冷却水压低等报警提前解决，降低风机停机时间。

2) 根据集控平台统计的风机故障信息，定期分析主控系统、变桨系统、变流器系统的故障频次及故障点。对相应备件及工具进行提前准备，降低风机故障时间，提高风机可利用率。

2. 振动监测系统

风机是一个复杂的系统。长时间处于恶劣的天气情况下，风机的运行工况复杂，需要时时刻刻监测风机的振动情况。以上海电气SWT-2.5-108S机组为例，SCADA系统集成有风机振动监测系统TCM (Turbine Condition Monitoring)。

1) 振动监测系统组成

风力发电机组振动监测测点位置、传动结构、轴承位置。

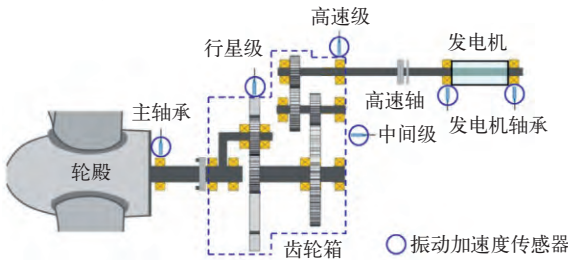


图6 传感器布局

表4

测点位置	安装方式
主轴承	径向
齿轮箱行星级	径向
齿轮箱高速级	径向
齿轮箱中间级	轴向
发电机输入端	径向
发电机输出端	径向
齿轮箱下方偏航连接处	水平安装

2) 系统的监测

从振动监测系统可以看出，齿轮箱高速轴承（发电机侧）、齿轮箱高速轴承（风轮侧）、齿

轮箱中间轴、齿轮箱行星轴、发电机轴承（DE侧）、发电机轴承（NDE侧）、主轴承（风轮侧）、主轴承（发电机侧）、XY轴均能监测。



图7 振动监测

该系统能实现7×24 h全天候监控。可提前预警机组的异常振动，实现预先维护，降低机组的维护成本。

结束语

一个风场良好的运行业绩离不开人、机、法、料、环等方面的管理。通过分析风场运行

过程中涉及到的人员管理、备件管理、工具管理及信息化探索，可以实现风场运行管理的关键KPI细化，实现风场效益的最大化。随着风电行业的快速发展，不同种类的先进技术运用在风场管理上，将大大促进风电的发展。EA

(收稿日期：2015.06.18)

(编辑：白文亭)

(上接第69页)

胶东负荷的增加，导致了关键发电机达到了其无功限制，方式一运行时，当负荷为6192.8 MW，枣沂线发生故障时，系统达到无功限制的关键节点为黄岛直流3、4号落点和青岛直流落点。当负荷增加200 MW后，岚山电厂也达到其无功限制。当淄益线发生故障时，黄岛直流落点及青岛直流落点分别达到其无功限制，随着负荷的增加，岚山电厂、莱州电厂也分别达到其无功限制。

结束语

本文介绍了VSAT故障筛选方法，并在山东电网典型运行方式数据的基础上设置了17种故障，

并运用VSAT筛选出了影响烟台威海及青岛区域电压稳定性的故障，在不同的系统运行方式下，通过模态分析法分析了山东电网的电压稳定性，结果表明，当枣沂线、淄益线发生故障时，胶东、日照、潍坊等地区会发生电压不稳定现象，是山东电网的薄弱区域，需要进行无功支持。

随着山东电网网架结构的不断增强及宁东-青岛的±660 kV直流输电工程、海阳核电站和胶东抽水蓄能电站的完工，胶东地区的电压稳定性会有很大的提高，为保证山东电网的安全稳定运行提供保证。EA

(收稿日期：2015.06.18)

(编辑：白文亭)