

# 风电场发电量后评估系统实现及应用

北京金风科创风电设备有限公司 单凯 薛浩宁 陈雅智

【摘要】 风电项目投运之后，对其进行后评估是至关重要的。通过后评估我们可以知道风电场实际运行情况是否达到前期设计水平、风机制造商的机组是否达标、业主的收益是否能得到持续的保证。这面临着三大挑战：种类繁多的数据收集、海量数据运算和有效而全面的评价指标。金风科技 Resmart 云平台基于 IEC61400-26、IEC61400-12 等系列后评估标准，通过大数据和数据挖掘技术，进行全面而有效的运行后评估、机组后评估和设计后评估，使之成为项目全生命周期的重要闭环。

【关键词】 后评估 Resmart 云平台

## 1、引言

2008 年~2018 年可称之为全球风电市场的“黄金十年”，它是全球风电市场发展的重要阶段。在此阶段，全球风电市场得到迅速扩容。以中国市场为例，我国装机容量从 2008 年的 12GW 到 2018 年的 208GW，增速十分迅猛。在风电市场“大跃进”的背景下，由于发展阶段的技术不成熟或抢装等原因，出现一些发电性能不好、运行不稳定、故障频发的机组以及一些低效风电场，而有些区域因为消纳原因产生严重限电情况……这些状况都令人担忧。在风电竞价、平价上网的大背景下，风电场业主对项目的发电量和收益更是精打细算。风电场后评估在解决上述问题中扮演着十分重要的角色。通过后评估我们可以知道风电场的设计是否达到前期设计水平、风机制造商的机组发电性能是否达标、已运行风电场是否具有额外的发电潜能、业主的收益在生命周期内是否能够得到持续的保证，进而可以对风电场进行相应的技改、优化，保证风场业主的收益。

由于风电场后评估所需要的数据种类繁多、缺乏有效而全面的评价指标、数据处理和数据挖掘缺乏统一的标准、后评估过程低效，风电行业亟需对后评估数字化平台的研发与实现。

## 2、后评估系统实现介绍

金风科技 Resmart 云平台基于 IEC61400-26、IEC61400-12 等系列后评估标准和国内风电特性进行整体指标体系设计，并通过大数据、数据挖掘和人工智能等技术对相关指标进行计算。Resmart 整体的系统架构设计如图 2-1 所示：



图 2-1：Resmart 系统架构图

## 2.1 风资源及环境评估

包含风资源及其它气象环境评估和地形环境评估。由于风电场前期设计所采用的风资源是将单点或多点的实测数据利用流体模型推算到全场，由于受到测风数据误差、测风设备代表性、流体模型准确性等因素影响，经常会导致前期设计的风资源与实际风资源有较大偏差，需要根据风电场各个机位点实际风资源进行分析；通过人工智能技术分析机组所处的气象环境如沙尘附着分析；结合 IEC 标准对各个机位点、各个扇区的地形环境进行评估，以针对性的分析特定地形、特定扇区的机组运行情况。

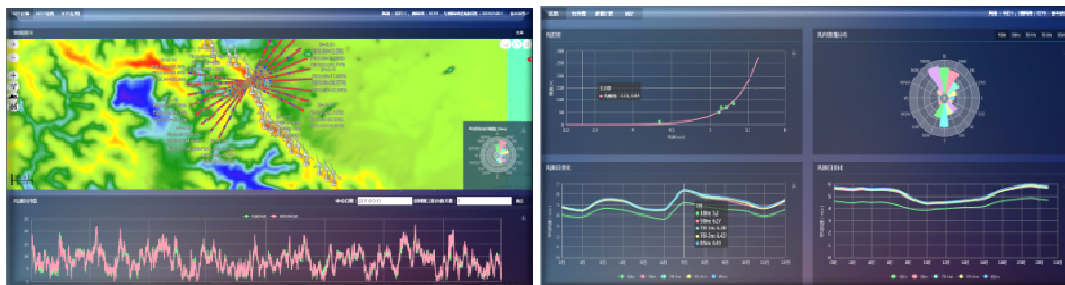


图 2-2：风资源及环境评估模块部分图表

## 2.2 风电场运行评估

分别从机组实际发电情况、功率曲线、能量可利用率、时间可利用率、机组频发故障、亚健康运行状态等方面对风电场运行进行全方位评估，真实透明的了解风电场运行情况，挖掘风电场发电潜力，提升业主收益。

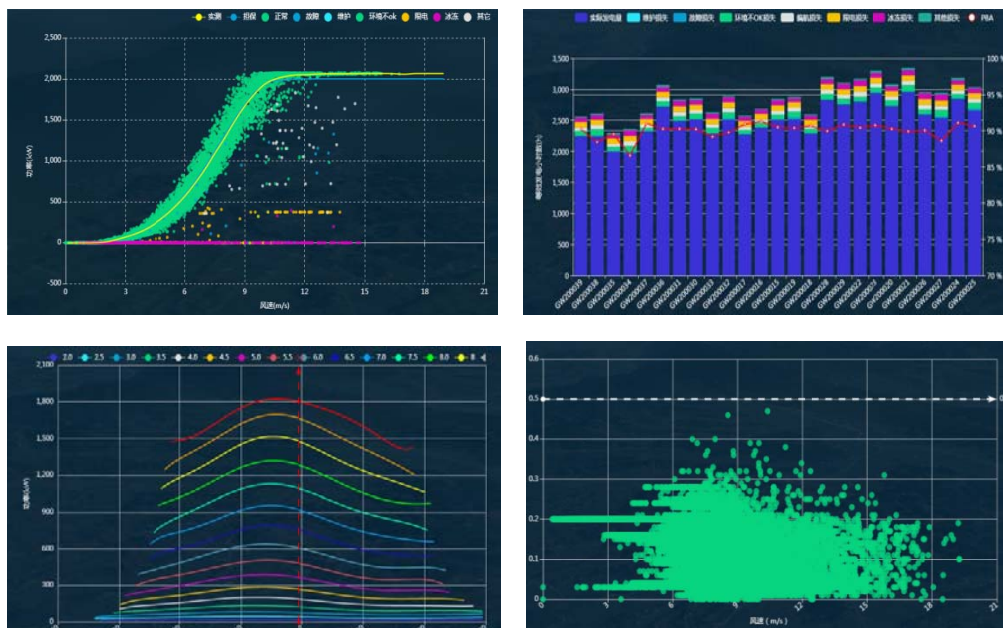


图 2-3：风电场运行评估模块部分图表

## 2.3 前期风场设计评估

风电场实际发电量与前期设计发电量水平经常会体现出不尽一致，风场业主有时难以知晓发电量少是因为风资源不好、风机不好，抑或是其它原因。通过 Resmart 可以对风场前后期发电量偏差进行

九大因素的解耦，分析造成发电量偏差的主要原因；基于风电场实际运行数据，通过实际折减模型还原该风电场的实际折减系数，这样就可以对后续类似风电场的设计提供科学的指导。



图 2-4：前期风场设计评估模块部分图表

2.4 小结

Resmart 后评估平台可以对风电场及风电机组进行全面而有效的运行后评估、产品后评估和风场设计后评估，使之成为项目全生命周期的重要闭环。下一个章节将结合一个南方山地项目案例，通过 Resmart 对风电场的实际运行方面进行评估。

3、后评估案例

3.1 项目背景

该项目位于南方某省份，安装 33 台 1.5MW 风机，属于复杂山地地形。评估的目的在于评估风电场未来产能水平，找到影响发电量的主要因素，提出增功提效的方向。

3.2 运行时间评估

运行时间评估的是从运行时间的角度分析，影响风电机组发电时间的因素，从而清楚了解机组运行状态时间分布。风机每个状态的运行时间分布见图 3-1。

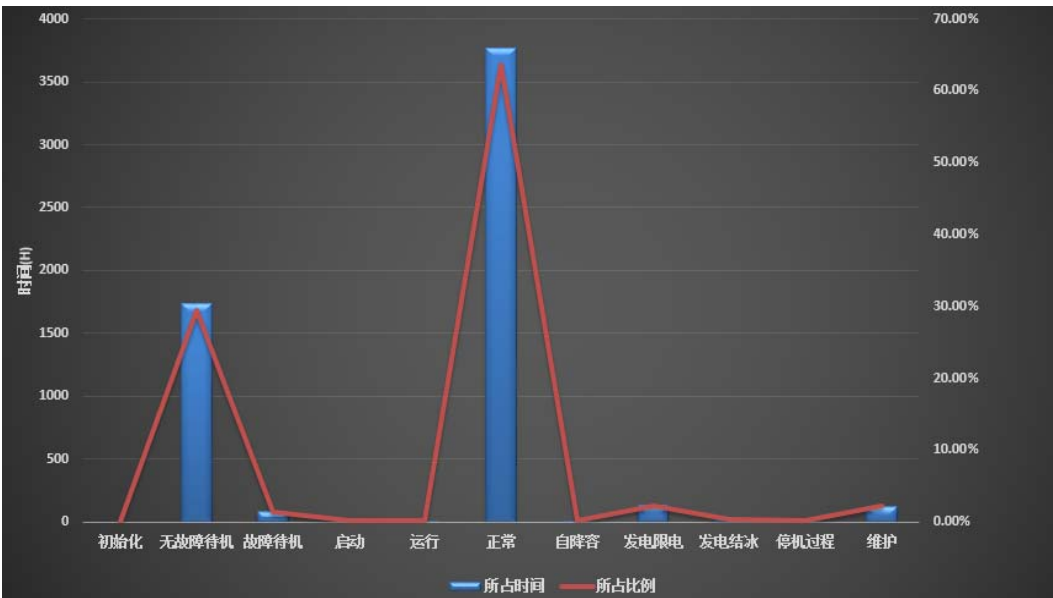


图 3-1：风机运行时间分布

通过分析上图可以得出：

机组故障时间占比 1.44%，机组技术可利用率为 98.56%；

发电状态时间占比 66.42%，发电时间较少；

造成发电时间偏少的主要影响因素为无故障待机，占比约 30%；

机组虽然处于南方，但是存在 2.28%的限电时间；

机组维护时间偏多，平均每台机组停机 5 天，占比 2.15%；

启动、运行、停机过程、结冰时间占比无异常。

### 3.3 产能评估

产能评估的目的是从能量的角度分析风电场的能量分布，了解机组由于何种原因导致了发电量的损失。此风电场前期设计仿真的发电小时为 1645h，实际理论发电小时为 1767h，出现较大的差异主要的原因因为测风塔代表性不足，测风塔具体位置和机位排布由于涉及具体的项目暂不展示。

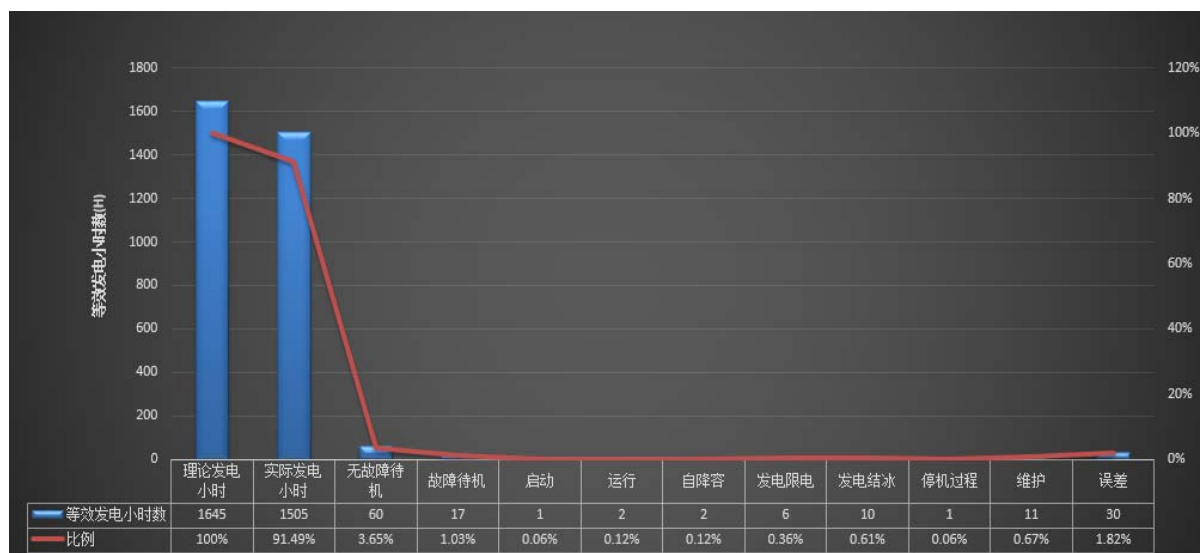


图 3-2：风电场能量分布

通过上图分析可以得到：

风电场的能量可利用率为 91.49%；

造成发电量损失的主要原因为待机，损失电量占比为 4.68%，其中无故障待机占比 3.65%；

如果能量可利用率按照 90%折算，2016 年上网发电小时数约为 1480h；

### 3.4 发电性能分析

通过以上分析能够清楚的了解风机的影响发电的时间和影响发电量的主要因素，那么风机的发电性能有没有达到设计要求，有没有可提升的空间，将从以下两个方面进行评估。

#### （1）功率曲线分析

依据 SCADA 数据绘制功率曲线，同时考虑空气密度和湍流强度对功率曲线的影响，全场风机功率曲线如下：

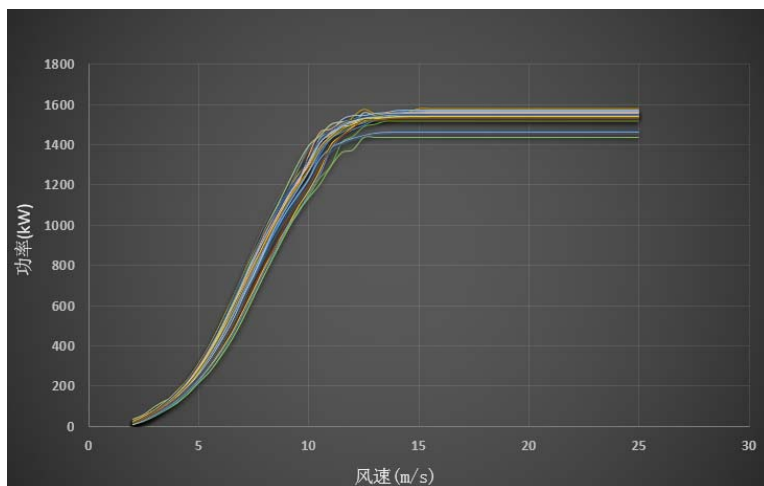


图 3-3：全场功率曲线对比

通过计算功率曲线一致性为 92.66%，较为分散。有 4 台风机额定功率比 1500kW 低 20~30kW。以 15#为例，通过绘制发电机侧功率曲线和网侧功率曲线，如图 3-14 所示：

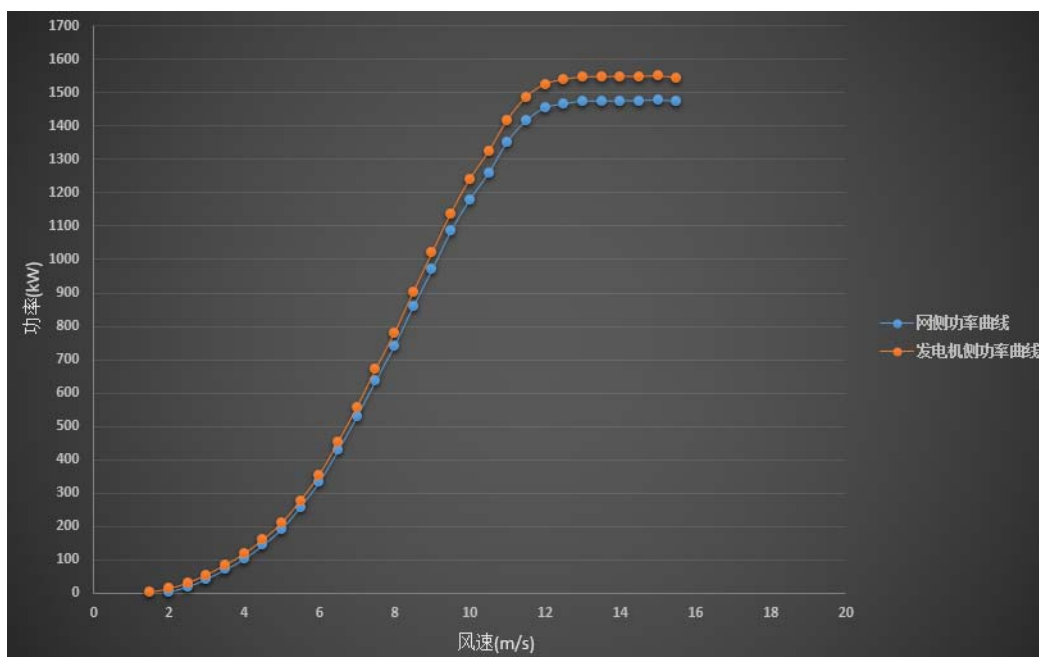


图 3-4：15#风机发电机侧功率曲线

该机组发电机侧额定功率在 1549kW，与理论额定功率 1550kW 较为接近，而网侧额定功率却无法达到 1500kW，这从侧面反映出该风机自耗电较高。

## （2）参数设定评估

设定参数主要评估切入转速、额定转速和最大转矩设置，反映机组的性能设置是否存在偏差。通过分析三项设置，发现实际参数与均与设计相同。

### （3）机组发电能力分析

该风电场地形较为复杂，难以对机舱风速仪进行风速校正，无法严格对比 SCADA 功率曲线是否达到了设计值，但是由于 23#机位所在位置为前期测风塔位置，所以找到一种可以近似对比发电能力的方法。即在同等风资源情况下对比 6#机组仿真理论发电量和实际理论发电量的差异，如果接近说明发电性能接近设计值。

通过对比 6#机组仿真的理论发电小时 2997h，实际理论发电量小时 2925h，差距在 2.6%，说明机组性能基本满足设计要求。

### 3.5 整体性能评价

案例采用了 CFD 与机组运行数据相结合的方法，分析了风电场的理论产能、风电场运行情况和风机性能。对于分析过程中的关键问题，整体评价如下：

2016 年为平风年，按照风场实际运行数据，综合考虑 90%折减，上网等效满发小时一期为 1480h（未考虑长期运行风机性能下降、长期运行故障率变化和极端气候的影响）；

虽然时间可利用率超过 98.56%，但是能量可利用率为 91.49%，较时间可利用率低，说明风电场无故障待机损失发电小时较多，为 77 小时（占比 5.68%）。

平均每台维护时间 127 小时，维护时间偏多。

4 台机位额定功率未达到 1500kW，主要原因因为自耗电偏高。

## 4、结语

风电场投入运行之后，对风电场的后评估关系到风电场的安全、健康、高效运行。通过 Resmart 可以对风电场进行全方位的发电量后评估，给出科学的发电量提升方案，使得业主收益最大化。目前，Resmart 已经有力地支撑了超过 1500 万 kW 的在运风电场、超过 9000 台机组的发电量后评估，有效地为风电场业主的投资收益保驾护航。

### 参考文献：

- [1] IEC 61400-12-1, IEC (International Electromechanical Commission) 2017 Wind turbine generator systems part 121: power performance measurements of grid connected wind turbines Draft Technical Report No[S].
- [2] IEC 61400-12-2, IEC (International Electromechanical Commission) 2013 Wind turbine generator systems part 122: power performance of electricity-producing wind turbines based on nacelle anemometry Draft Technical Report No[S].
- [3] IEC 61400-26-2, IEC (International Electromechanical Commission) 2014 Wind turbine generator systems part 261: Time based availability for wind turbines [S].

收稿日期：2019-5-10

### 作者简介：

单凯，后评估产品经理，主要负责后评估数字化产品的设计及研发。

薛浩宁，高级工程师，主要从事风电场及机组后评估相关研究工作。

陈雅智，高级工程师，主要从事风电场及机组后评估相关研究工作。