

## 提高风机维护的可预测性

风机的寿命一般可以达到20年。但大部分风机的质保范围只是风机整个运行寿命最初的两到五年。随着风机系统的老化，未必所有的风电场业主都做好了风机进行维护的准备。其中部分情况是缺乏维护工作所需的技术人员。况且即使配备了满足风电场日常维修要求的技术人员，计划外的维护还是会明显影响到风电场的收入。

风电场业主、工程师、技术人员和风机制造商可以通过这样一种方法来降低计划外维护的风险，即考虑采用那些维护要求低的、甚至能提前告知何时会失效的部件。听上去有些不切实际，但事实并非如此。

体形虽小，作用不小

纤维刷滑环就是这样一种产品。尽管在总成本和风机设计中只是微不足道的一小部分，但滑环对运行起着关键作用。滑环安装在风机机舱罩中，通常用于提供变桨功率和控制所需的电气信号和能量。滑环通过一个旋转的接口输送电功率和信号。

滑环的工作原理：滑动触点通过滑环总成里的旋转接口传输电气信号和能量。电刷（或接触电刷）在旋转的滑环上滑动，并在其旋转过程中保持不间断接触。这就是说，为确保正确无误的电气信号传输，静止的电刷和旋转的滑环之间需要有“金属间的接触”。

纤维刷滑环能够为风机业主提供至少1亿转次的工作寿命而无需维护，这意味着在风机20年的工作寿命中技术人员可能仅需拆换滑环一次。但并不是所有的滑环都能达到这个要求。实际上，要了解滑环总成的设计和结构才能评估它们的维护需求。

### 市场分类

市场上约有百分之十的风机滑环是纤维刷滑环，这种滑环只需要很少量的维护。大部分（约60%）滑环是由复合金属电刷制成，一般是金属和石墨烧结而成的导电块。即使这种复合金属刷滑环如其制造商所声称的具备高达7500万转次的工作寿命，它们也需要频繁的维护。剩余30%的风机滑环采用单线贵金属电刷（通常由黄金制成）。复合金属电刷滑环和单线电刷滑环所需的维护量都远远大于纤维刷滑环。

原因在于：复合电刷的设计即是优先磨损电刷以避免滑环磨损，且需要足够长的电刷才能最大限度地延长电刷更换周期。在大功率及/或高可靠性滑环应用中，这种材料面临三方面的挑战：

- 1) 运行中产生的磨屑有导电性、研磨性、呈粉末状，需定期清理；
- 2) 这种电刷材料对湿度十分敏感，若相对湿度低于15%或高于85%，会造成其磨损不均；
- 3) 当用于信号级电路时，这些复合电刷会占据大量空间。

单刷金属电刷滑环相比复合电刷设计的优势，首先在于磨屑较少，另外则是用于信号电路时容量更高。但单线金属电刷系统也存在缺点：

- 1) 单刷相对较小的尺寸导致载流能力有限；
- 2) 比如：大部分黄金与黄金间的触点需要润滑，而始终保持充分的润滑十分困难。

目前市场中开始出现动力电路采用石墨/金属电刷、信号电路采用黄金单丝电刷的滑环设计。在滑环总成转数要求低的应用中，这种“混合使用”能够达到可接受的结果。但是在同一总成中混用“石墨/金属”和“黄金接触黄金”的电刷会使风机运行不可靠。石墨/金属磨屑会污染金信号触点，并产生研磨性金属粉，尤其是存在会导致信号电路过早失效的触点润滑油的时候。

纤维刷的设计是将多条金属纤维丝捆扎成致密的多纤维“刷子”。一般情况下，这些纤维是与单线设计相当的贵金属材料，且电刷运行所在的滑环也电镀贵金属。贵金属的使用防止了触点上产生氧化物和覆盖层，同时确保了极小的接触力。接触力小降低了磨损速度，因而电刷产生的磨屑几乎可以忽略。而且多条金属纤维能够提供优良的导电性和很

高的电流密度，工程师可以将纤维刷用于动力和信号两种电路。

### 做出转变

将复合金属电刷滑环和单刷金滑环更换为纤维刷滑环十分简单。但是一些风机业主对于是否用纤维刷滑环代替现有的滑环技术犹豫不决，这是因为他们怀有“尝试新技术要承担风险”的想法。对于仔细考查过纤维刷滑环技术的人而言，他们会发现选择一种几乎不用维护的部件，实际上就已经消除了风险也不需要维护。

比如，纤维刷触点对于风机机舱内环境的敏感度远低于其它滑环触点技术。保护这些纤维刷滑环的防护外壳符合包括IP65（属于保护设备防水防尘的标准）在内的各种标准。而且由于纤维刷触点不需要润滑，它们对低温和高温的承受能力都很强。纤维刷设计已经证明能够适应低至-55°C和高达+80°C的温度。而且纤维刷还能够在0%到100%的相对湿度（RH）下运行。相比之下，复合电刷要求湿度在15%到85%之间才能可靠运行。

许多风电行业的相关人士知道很多部件存在可靠性问题。而且现在对运行中导致部件故障的原因也有了更深刻的认识。但是滑环技术（包括纤维刷滑环在内）尽管有先进的设计和性能，依然被许多风电场业主所忽视。

最初，大型风机制造商使用的是能在触点产生金属、石墨磨屑的复合电刷。为解决复合触点产生的金属粉末和磨屑，制造商转而采用黄金触点。纤维刷滑环在这些设计基础上做出了改进。但在许多情况下，风电场业主仍然沿用老式的滑环更换，甚至需要一年一换。他们仍然从原厂购买相同的设备。而这种做法又延续了一个不必要的维护和更换周期。

实际上，如果作为风机定期计划维护的一项要求，将滑环更换为免维护的纤维刷技术只需30分钟即可完成。对于拥有、设计、运行和维护风机的人来说，纤维刷技术意味着减少了风电场正常运行时间的一个计划外维护问题。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/21474.html>