图 1 数百个应变片用于测量牵引工位（在背景）启动的 100 m 长的转子叶片工作时产生的力和振动

运动控制

EtherCAT P 和基于 PC 的控制技术助力风电行业“乘风而上”

文 | 倍福

新一代转子叶片试验台

随着风机容量增大，搭载的叶片长度也随之增长，新一代风力发电机将配备长达 100 m 的巨型转子叶片，而这些叶片对于丹麦奥尔堡的 Blaest 公司的现有试验台来说实在太大了。公司为此建造了新的测试中心，完全重新设计了其控制和测试装备：EtherCAT P 和一个定制的测量放大器箱现在取代了数百根线缆，并通过靠近测量点的数字化测量设备提高精度。通过配备基于 PC 的控制技术，Blaest 现在已经为未来的成功发展做好充分准备。

Blaest 总部位于丹麦奥尔堡市的利姆峡湾岸边，碧波荡漾的海面上，一排排白色的风机高高耸立，巨大的桨叶缓缓转动。公司成立于 2005 年，其前身是丹麦可持续能源国家实验室，实验室从上世纪 80 年代开始就一直致力于风机转子叶片的测试。当时，实验室仍然使用沙袋测量叶片的承重能力。时至今日，测量方法日渐成熟并完全数字化，机电自动加载系统将叶片连接到固定在大厅地板上的牵引工位上。在两到三个月的测试期间，每个转子叶片都将以很大的力在不同的方向上摆动约 400 万次。

“我们的主要工作就是进行叶片疲劳试验，以帮助各风机制造商的风机样机获得认证。”Blaest 测试工程师 Nicolai Vangsgaard 解释道。风机叶片的设计使用寿命通常约为 20 ~ 30 年，Blaest 专家会对每个叶片的各项性能进行检测，以验证叶片能否正常服役这么多年。“我们采用模拟叶片承受的设计载荷方式验证叶片的疲劳性能，因此要尽可能广泛地采用数字化手段和尽可能高的精度完成所有测试步骤。”Nicolai Vangsgaard 说道。因此，Blaest 公司现在选用了倍福基于 PC 的控制和测量技术。毕竟，测量速度越快、精度越高，数据采集以及后续数据分析结果就越精确。

更长的转子叶片要求更快的数据采集速度

2018 年，公司决定扩建其位于奥尔

堡基地的检测中心，新建一栋更大的试验厅，并升级更新之前使用的控制系统。系统负责控制与数百个沿着巨大的转子叶片运行的数据采集箱之间的通信，并采集传感器中的测量信号。在传统的测试方法中，每个测量点都需要一根单独的线缆，这样不仅会产生巨额成本，而且用来连接叶片以及控制系统的线缆会太多，容易缠到一起。

“我们的主要目标是拥有一个更加灵活、通道数量可以随着风机叶片长度增加和性能的增强而随时扩展的系统。”测试工程师解释道。这是因为下一代的风机叶片长度将达到 100 m，而不是现在常见的 70 ~ 80 m。这意味着需要更多的传感器和更多的测量通道，因此需要更高的同步性能和精度，才能记录和处理更多的数据。更重要的是，在采集数据时，应尽可能靠近每个测量点，避免像以前那样使用需要不断维护和更换的数英里长的电缆。由于 Blaest 使用的是公司为每个用户自主研发定制的软件，因此需要有一个既开放又适应性又很强的自动化系统。

根据用户具体需求定制开发

为了最大限度地降低布线的复杂性，倍福花费了 6 个月时间开发了一款分布式多通道 EtherCAT P 端子盒，用于评估测量电桥，以采集转子叶片上应变式传感器发出的信号。此款 I/O 端子盒是 ELM3504 EtherCAT 端子模块的衍生产品，支持分析全桥、半桥和四分之一桥，分辨率为 24 位，采样率高达 10 ksps。参数可以通 EtherCAT 使用 CoE 目录设置。端子盒配备了 IP20 电阻桥接口，适用于在环境受保护的前提下靠近测量点的应用场景。“按照用户需求定制开发的 EtherCAT P 端子盒 EPP3504-0023 目前已成为我们 EtherCAT P 产品系列中不可缺少的部分。”倍福丹麦分公司销售工程师 Jørgen Berg 补充道。

EtherCAT P 端子盒将靠近测量点的模拟量传感器的信号转换为数字量测量值，这在很大程度上降低了电缆干扰和模拟信号失真的风险。任何一名检测工程师都可以肯定的是：“线缆越短，测量结果就越准确。”此外，EtherCAT P 既可传输 EtherCAT 信号，又能够供电，减少了需使用的线缆数量。“这个方案之所以能成功，是因为 EtherCAT 能够处理大型网络，同时还能实现极低的实时更新时间。”Jørgen Berg 补充道。在一次风机测试期间平均可以记录 9500 亿个测量值，相当于总共 7 兆字节的数据。500 个称重传感器的测量值每隔 4 ms 就会流入一个数据库。

旧的测量系统需要为每台测试装置铺设超过 10 km 的线缆。相比之下，目前使用基于 EtherCAT P 和 EtherCAT P 端子盒的系统线缆长度只有 1 km，并且可以通过添加称重传感器的方式轻松扩展。Nicolai Vangsgaard 认为，仅从减少的安装工作量来算，每个测试结构就能节省 30 000 丹麦克朗（约 4000 欧元或美元）。“倍福的控制系统不仅满足了我们在数字化和智能数据采集方面的需求，而且在价格、可用性以及技术支持方面都具有明显优势，提升了我们的竞争力。”Nicolai Vangsgaard 说道。

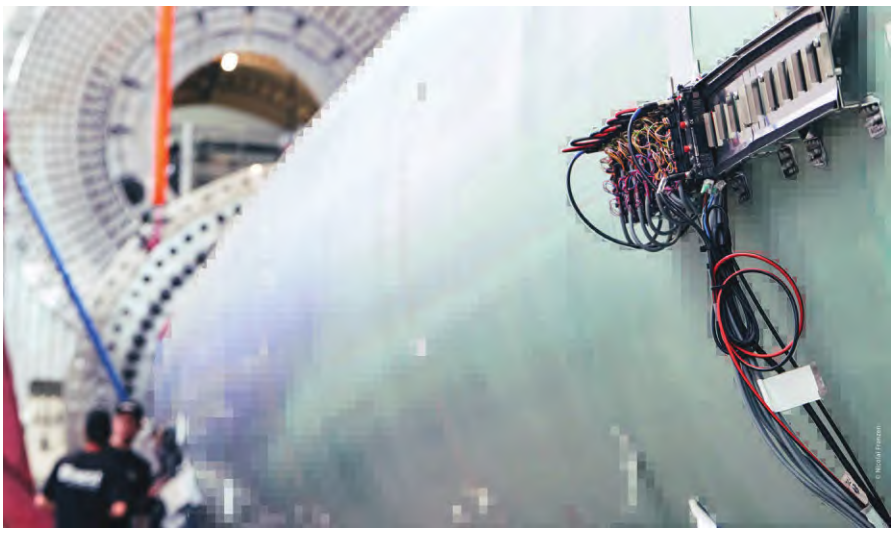

图 2 典型的测量装置，在一个基础载体上有多个称重传感器放大器。在这里，转子部分的应变片集中在一处，通过 EtherCAT P 供电和通信

图 3 据 Blaest 测试工程师 Nicolai Vangsgaard 称：“EtherCAT 热连接和 EtherCAT P 让我们的测量装置能够快速、灵活地适应个性化的应用需求。”

“Blaest 实际上运营着世界上最大的 EtherCAT 热连接系统。”Jørgen Berg 说道。每个 EPP 端子盒都有自己的地址，因此可以即时添加或删除模块。根据 Nicolai Vangsgaard 的说法，“事实上，一切都已经预先配置好了，因此可以轻松修改这些配置。”Blaest 的控制柜内目前只需安装一台工业 PC、一个 EtherCAT P 接口和一个安全模块。“总体来说，它的速度更快、适应性更强、同时成本也更低且测量更精确。另一大优点是，系统具有良好的开放性，即我们的测试中心对所有风机制造商开放，因此可以根据几乎任何需求进行调整。”Nicolai Vangsgaard 强调道。MM