



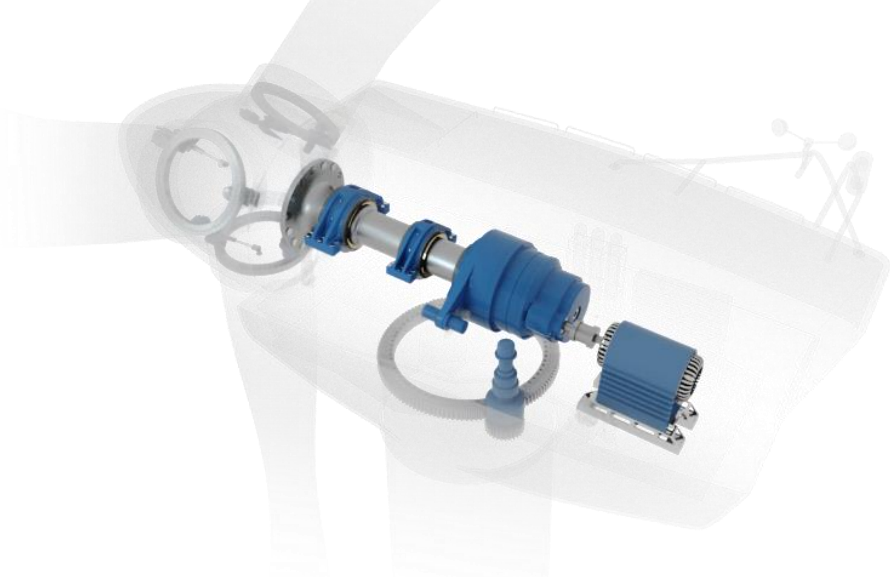
What has made us strong in the analog world,
makes us even stronger in the digital world.
We pioneer motion

舍弗勒风电主轴承延寿解决方案 - 卓越润滑解决方案

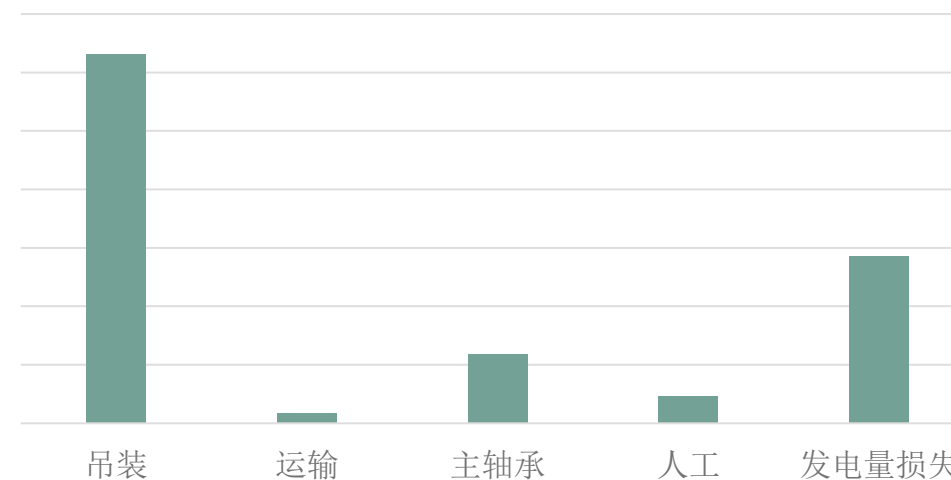
孙佳林，舍弗勒全球风电生命周期解决方案总监

We pioneer motion

主轴承损伤无法现场维修，且更换周期长，更换成本高。



某台海上风机更换主轴承费用分析

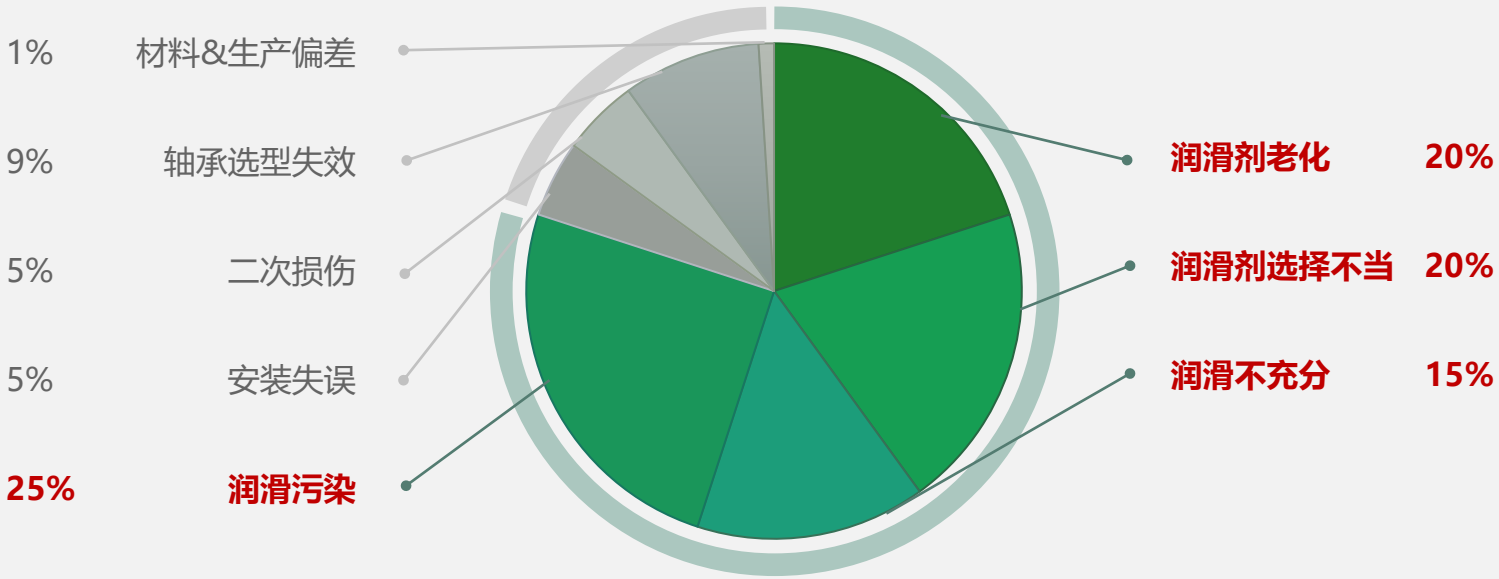


- 据不完全统计，2022年海上风电大部件更换案例中，吊装船的费用大约是450万元人民币/台，并且根据市场供需、拖航距离等的不同，会有不同程度的增加。并且，随着风机大型化趋势，吊装费用将日趋走高。
- 此外，大部件更换过程中的人工费用、供应商支持费用、以及长时间停机带来的发电量损失都是无法估量的。

80%

的主轴轴承失效是由润滑不良引起的

润滑问题结构分布

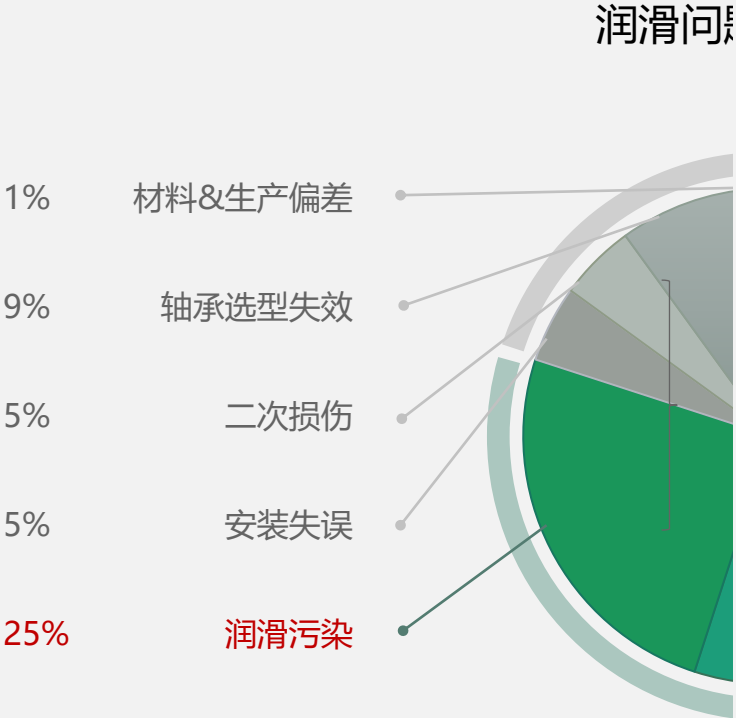


老旧机组的不良润滑现象非常普遍



80%

的主轴轴承失效是由润滑不良引起的



创新技术和
智能化系统解决方案

- 轴承专用油脂
- 高性能密封
- 智能润滑系统

Agenda



I. 智能润滑系统

II. 高性能密封

III. 轴承专用油脂

风电智能润滑系统

风电轴承脂润滑系统现状

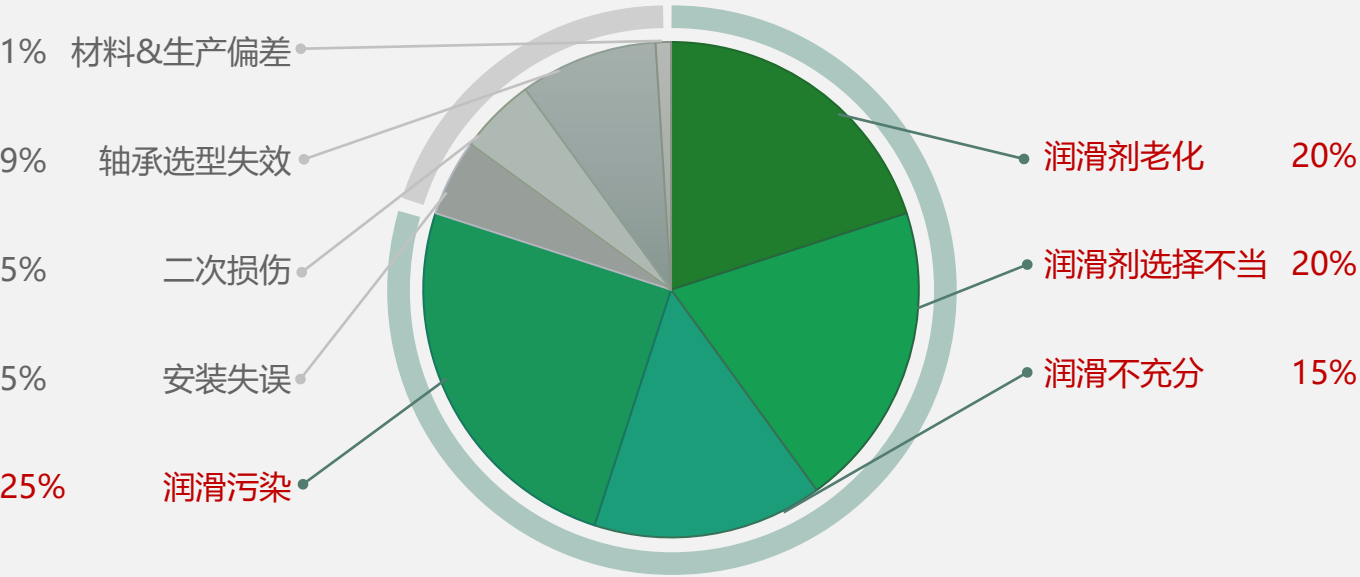
- 手动润滑
- 定时定量的集中润滑
- 定时定量集中润滑+废油收集系统

行业痛点

润滑导致的问题是轴承失效的主要原因:

- 油脂劣化，水分及颗粒度超标，加速轴承损伤
- 油脂干结和泄漏 —— 新油脂注入空间有限，密封破损，不能有效改善润滑
- 手动油脂采样分析 —— 实验室分析，耗时耗力，周期长，成本高
- 缺少油脂在线分析产品，不能对不良润滑及时干预

润滑问题结构分布



轴承智能润滑系统的组成：



中央控制系统

控制集中润滑系统及废脂抽取系统



中央控制器
电源模块
故障报警模块
低温启动模块等

舍弗勒 Grease Check

在线检测、评估轴承内油脂状态



油脂传感器
电子评估系统

集中润滑系统

将全新的油脂分配到各个润滑点



高压柱塞泵
递进式分配器
管路等

废脂收集系统



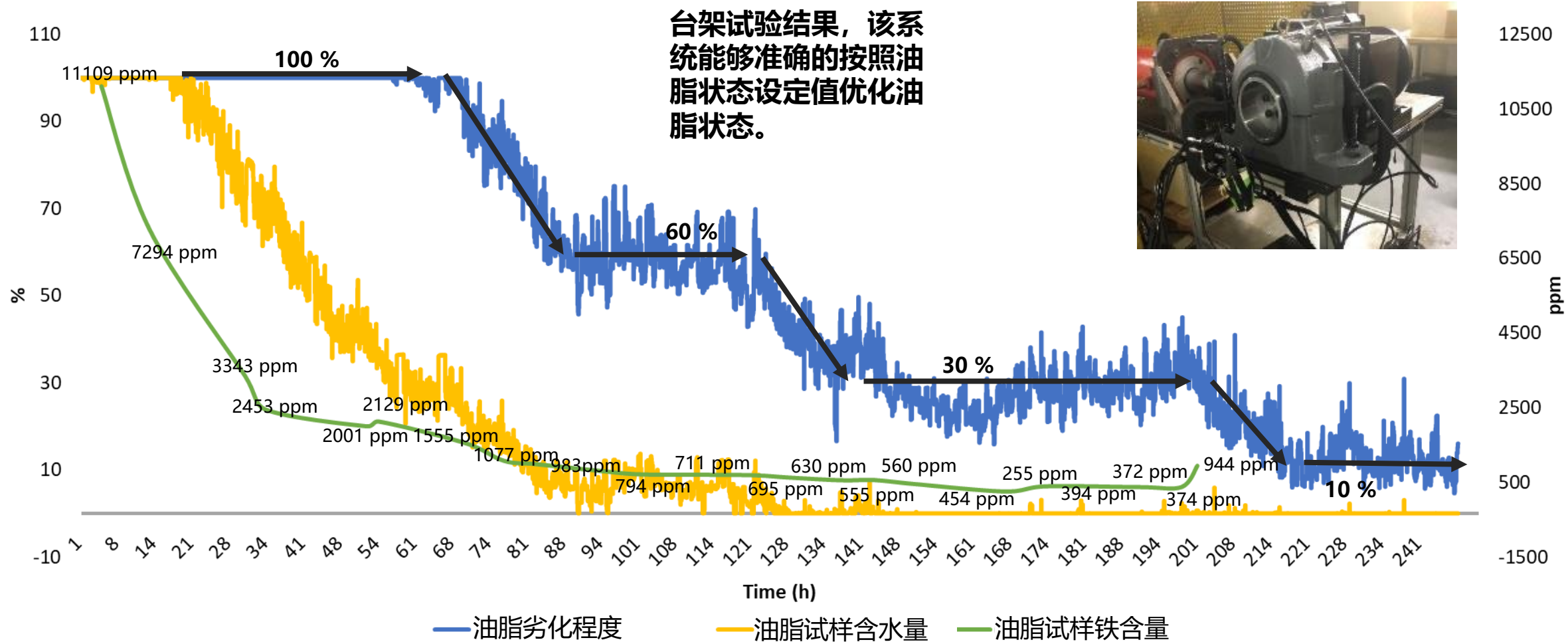
动力泵
吸排脂器
油压传感器
管路
废脂收集设备等



采集轴承内油脂、
提供给油脂传感器，
排出废旧油脂



智能润滑系统台架测试



智能润滑系统应用案例



山西2.x双馈式风力发电机组

制造时间：2014年08月

并网时间：2015年

运行时间：7年

额定功率：2000kW

叶片长度：110m

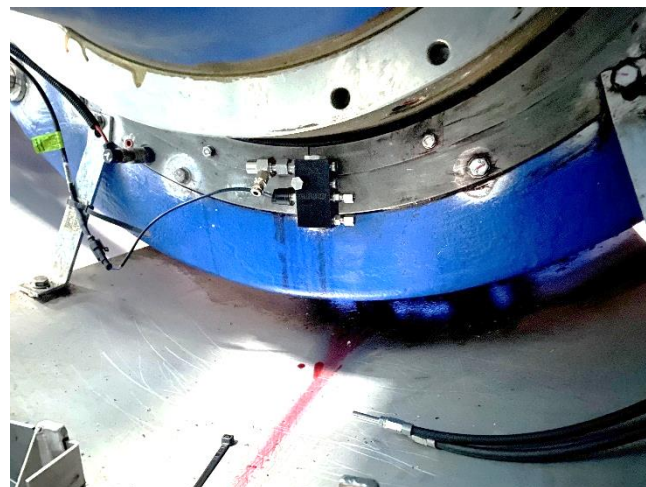
项目背景：智能润滑系统安装于客户风机，安装前润滑脂检测结果显示Fe元素含量高，轴承已存在磨损，并于安装前两个月完成主轴承清洗。

客户预期：主动加排脂，在线监测油脂状态，延长轴承使用寿命

智能润滑系统应用案例

润滑系统由废油脂收集动力泵、中央控制器、润滑泵、分配器、智能油脂传感器、废油收集器组成。中央控制器根据油脂传感器检测结果控制润滑泵加脂量，并将废旧油脂排出。

根据客户风机结构，确定润滑系统安装方案。润滑泵、动力泵、分配器和油脂传感器、中央控制器、废油收集器安装如图所示。

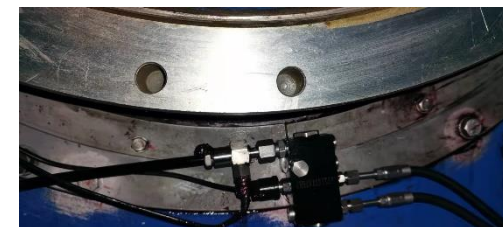
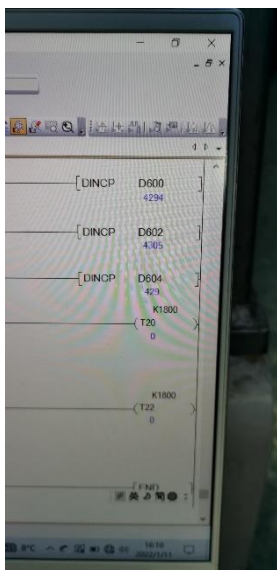


智能润滑系统应用案例

润滑系统运行功能评价

设备运行时间：2021.09-至今

中央控制系统状态正常，根据控制系统日志润滑系统抽脂次数、注脂传感器感应次数、采样次数，与润滑脂油脂消耗量相符，轴承座进、排脂口都无泄漏，废油收集桶集满润滑脂，系统运行良好。



智能润滑系统应用案例

主轴承油脂检测分析

润滑脂老化IR-Spectrum

未发现明显老化吸收峰

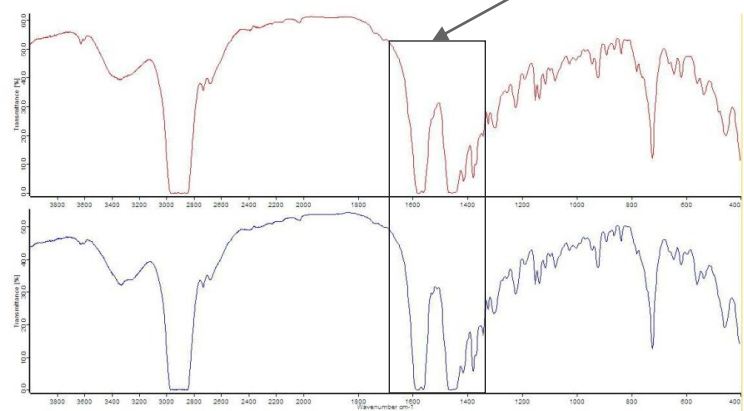


Fig.1

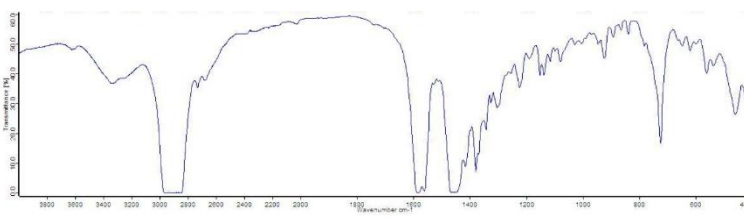


Fig.2

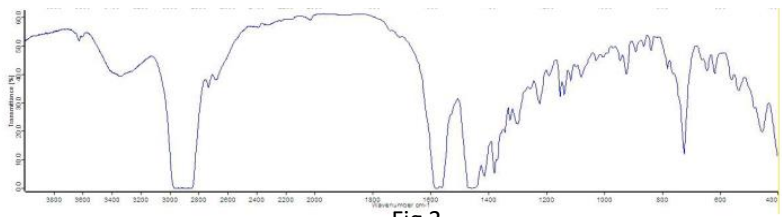


Fig 3

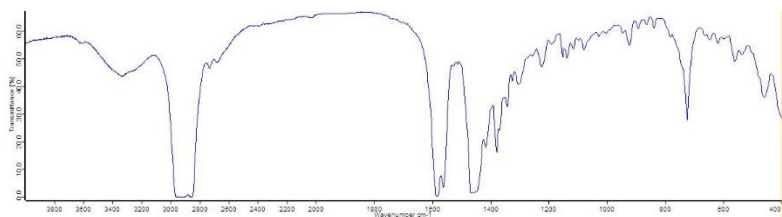


Fig 4

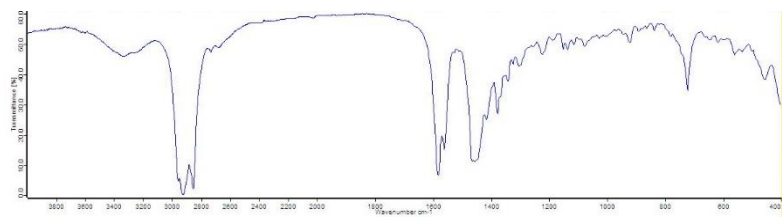


Fig 5

- 轴承润滑脂状态:
- 未发现明显老化吸收峰
 - 未发现添加剂成分有明显变化

注*
Fig1: 红线为新油脂, 蓝线为第1次取样油脂
Fig2-5: 分别为第2-5次取样油脂

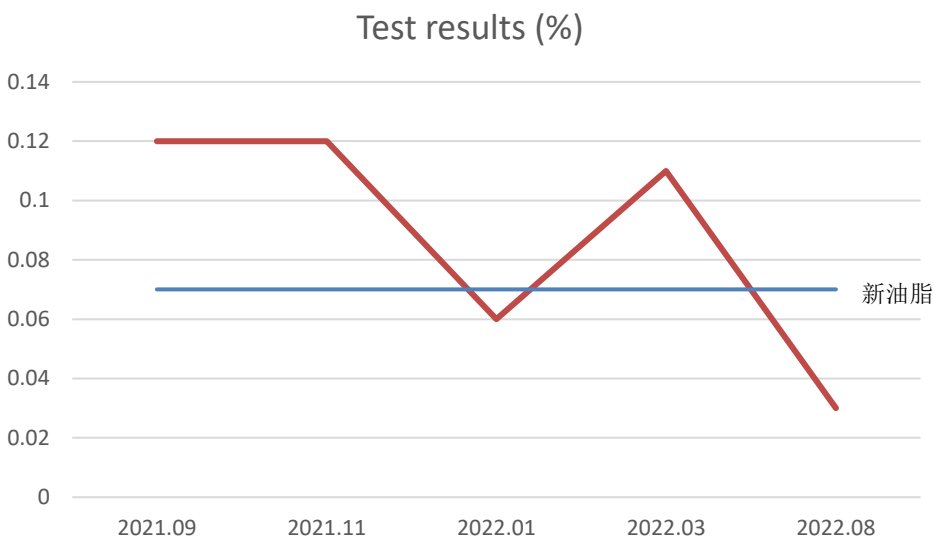
智能润滑系统应用案例

主轴承油脂检测分析

润滑脂含水量

Sample	Test results (%)
新油脂*	0.07
2021.09	0.12
2021.11	0.12
2022.01	0.06
2022.03	0.11
2022.08	0.03

注*
新油脂：现场带回的未使用美孚SHC 460WT油脂
第1次取样：9月份，IntelliLub安装前
第2次取样：11月份
第3次取样：2022年1月份
第4次取样：2022年4月份
第5次取样：2022年8月份



安装润滑系统前后，舍弗勒共进行了5次取样，安装前1次取样，安装后4次取样。

分析：水含量未见明显异常，润滑系统安装后润滑脂内水含量得到改善

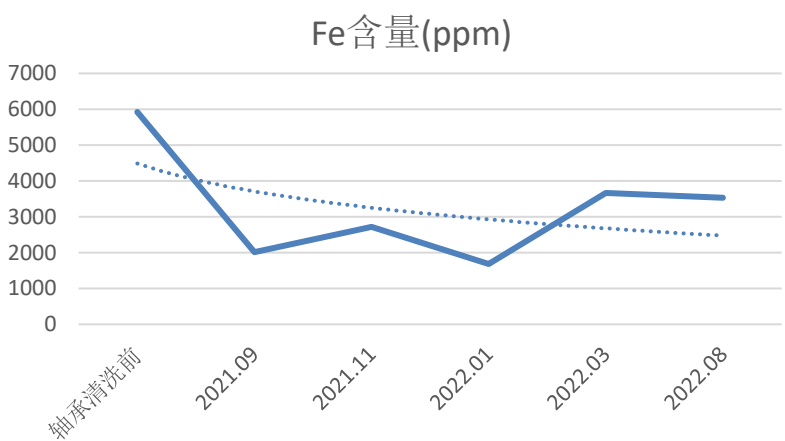
智能润滑系统应用案例

主轴承油脂检测分析

润滑脂元素成分

Sample	Ca (ppm)	Li (ppm)	Fe (ppm)	S (ppm)	Si (ppm)	P (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Mg (ppm)	As (ppm)	Na (ppm)	Al (ppm)
新油脂	27	7404	<10	6249	<10	30	16	<10	/	/	/	/	/
轴承清洗前	27	11847	5918	/	111	171	66	24	16				
2021.09	193	5684	2009	4861	127	47	88	35	/	/	/	/	/
2021.11	42	7080	2720	5199	31	36	20	22	/	/	/	/	/
2022.01	135	6554	1683	3229	47	101	13	30	/	27	110	69	/
2022.03	112	7047	3661	5578	56	56	28	28	/	/	/	/	10
2022.08	79	7545	3534	5434	43	11	23	19	/	/	/	/	12

注*：元素检测，取脂量有限，结果仅供参考

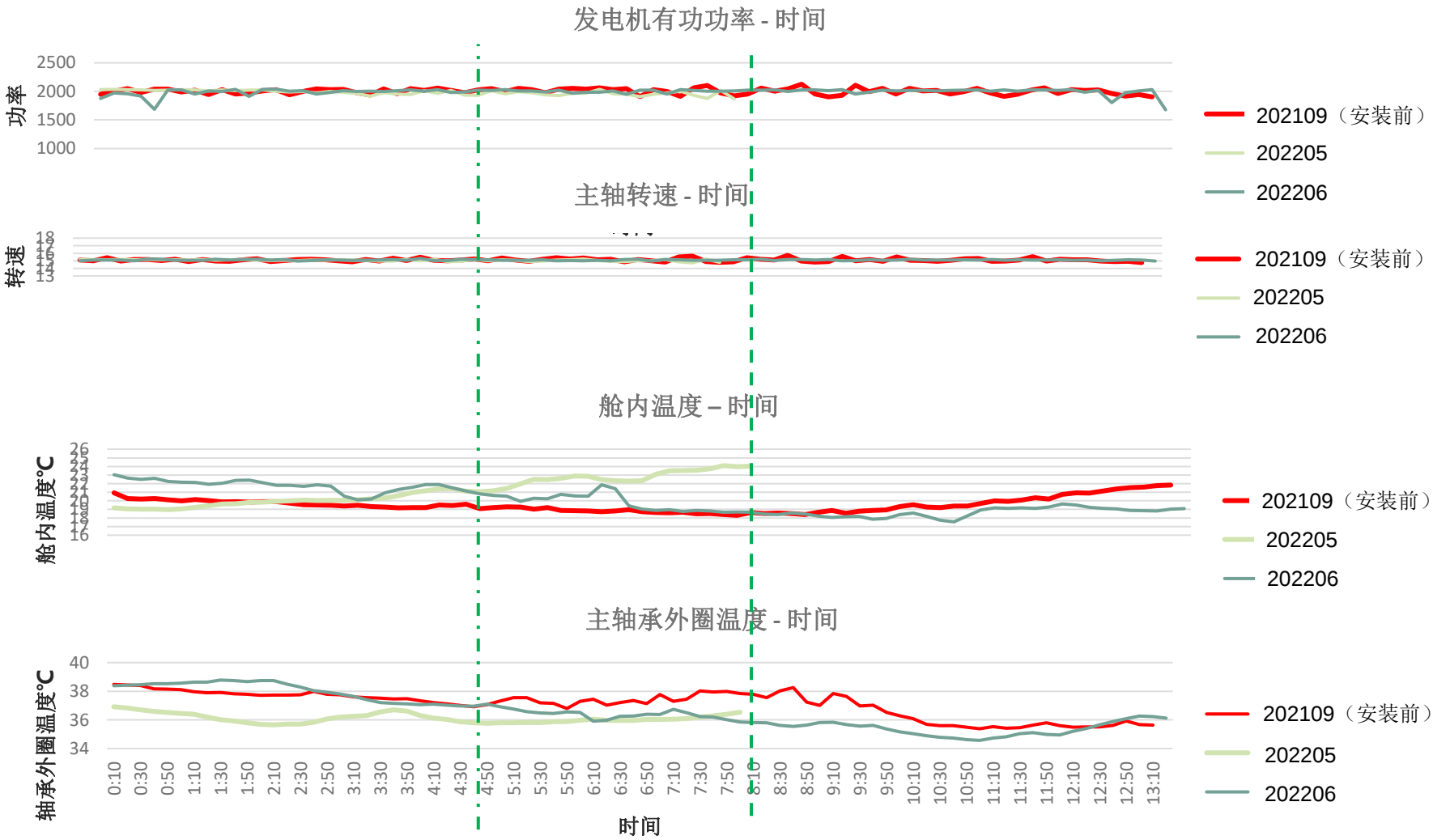


已失效轴承磨损趋势的抑制：

轴承清洗前Fe元素很高，考虑轴承存在磨损。清洗后Fe元素含量降低但运行两个月后仍有回升趋势，润滑系统安装后一段时间润滑脂内Fe含量具有一定程度下降，后续较长时间（5个月）维持在稳定水平

智能润滑系统应用案例

主轴承风机监测数据



轴承温升改善:

对比润滑系统安装前后主轴承外圈温度，可以发现，在相同水平的发电机功率（2000kw）、主轴转速（15rpm）条件下，即使风机舱内温度相对较高（23°C > 19°C），润滑系统安装后主轴承外圈温度低于润滑系统安装前

（ 36°C < 38°C ）

Agenda



I. 智能润滑系统

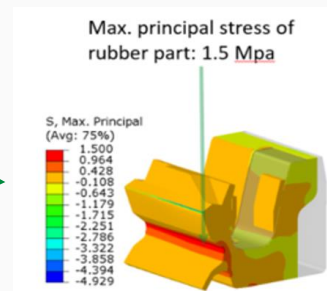
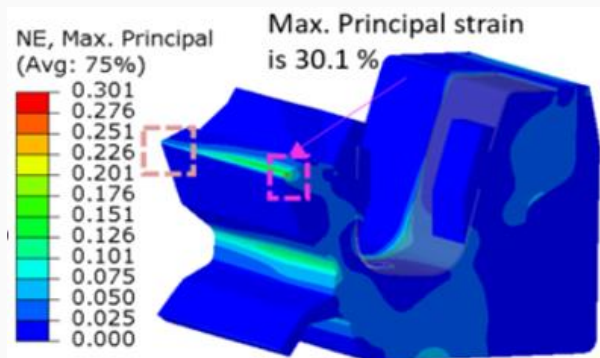
II. 高性能密封

III. 轴承专用油脂

出色的密封研发能力

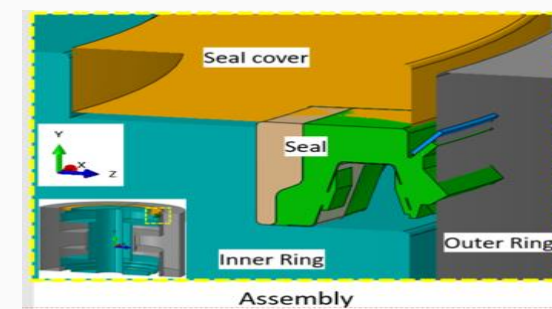
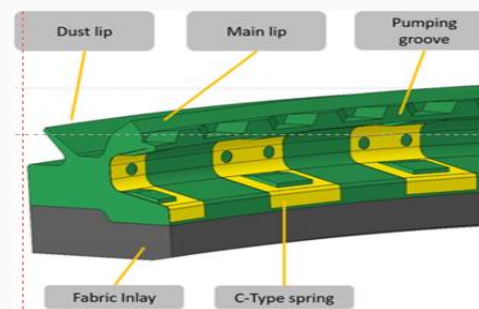
- 40余名工程师参与密封研发；
- 装备国际一流的密封测试台架、分析设备、计算单元和仿真软件；
- 开发密封相关专利200多项，具备全球技术支持能力。





仿真计算结果优秀

- ✓ 使用CAE对橡胶进行仿真计算
- ✓ 主应变在11.7%~30.1%
- ✓ 最大主应力1.5Mpa
- ✓ 橡胶性能与使用寿命高于平均水平



密封结构稳固

- ✓ C型弹簧受力更加均衡
- ✓ 密封橡胶与弹簧更加贴合
- ✓ 特殊橡胶材料，使用寿命更长
- ✓ 泵送槽润滑，泄露减少

高性能密封严格的测试计划

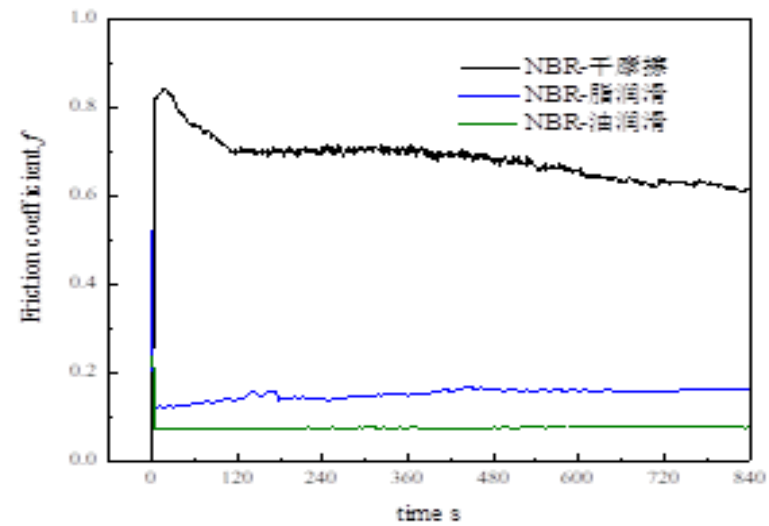
Serial No.	项目	标准
1.1	密封橡胶材料释放测试 (LF NBR80) Sealing rubber material relase test	S131309-2:2013-11-12
1.2	橡胶材料兼容性测试 Rubber material Compatibility test	S131903-1
1.3	橡胶材料摩擦系数测试 Rubber material friction coefficient test	
1.4	纤维骨架摩擦系数测试 Fabric inlay friction coefficient test	
1.5	橡胶硬度测试 Rubber hardness test	IRHD 80±10
1.6	纤维骨架压缩永久变形 Fabric inlay compression set test	

Serial No.	项目	标准
2.1	弹簧刚度及弹簧力测试 Spring stiffness and force test	
2.2	弹簧耐久测试 Spring endurance test	
2.3	带橡胶的弹簧的疲劳耐久试验 Fatigue duration test for spring with rubber adhered	

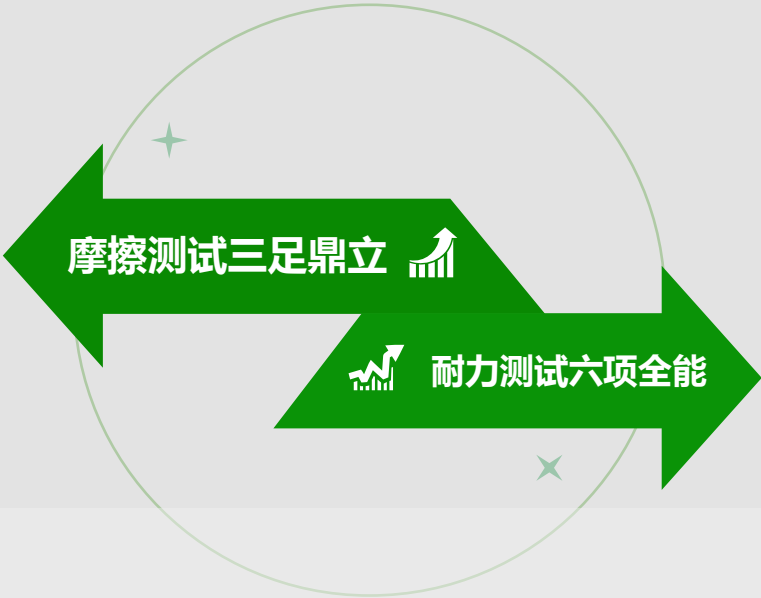


Serial No.	项目	标准
3.1	橡胶与弹簧粘结测试 Bonding test between rubber and spring	S262500
3.2	橡胶与织布骨架粘结测试 Bonding test between rubber and fiber inlay	
3.3	橡胶与毛毡粘结测试 Bonding test between rubber and felt	

Serial No.	项目	标准
4.1	径向力测试(小尺寸) Rarial force test(small size)	DIN3761-9
4.2	摩擦扭矩测试(小尺寸) Friction torque test(small size)	
4.3	低温起停测试(小尺寸) Low temperature start-stop test(small size)	ISO6194
4.4	耐久测试(小尺寸) Endurance test(small size)	
4.5	耐盐雾测试(小尺寸) Salt test(small size)	
4.6	压入力测试 Press force test	



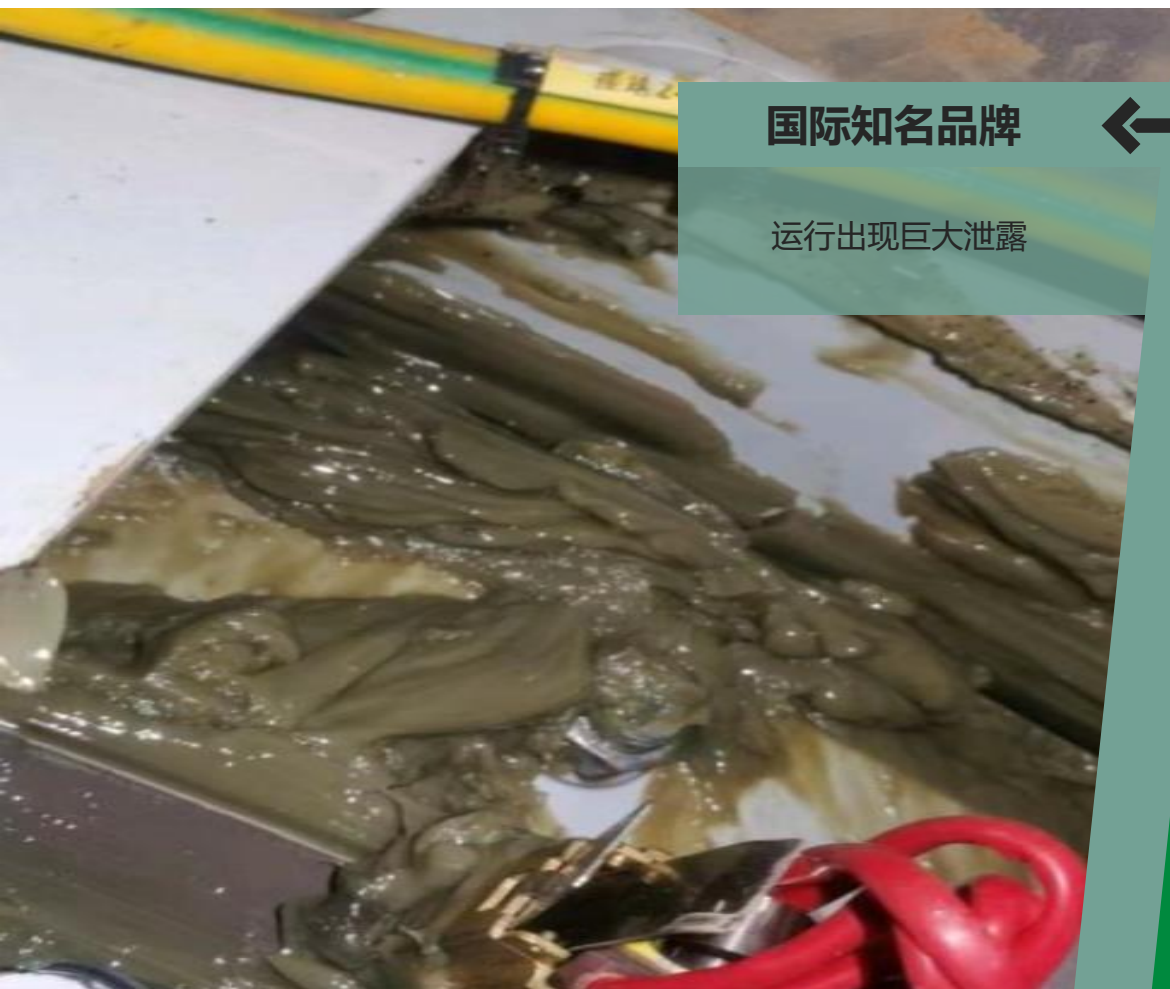
✓ 三种摩擦测试舍弗勒橡胶摩擦系数均比
标准丁腈橡胶低30%~40%



✓ Medium:	grease [↙]
✓ Working Pressure:	0bar [↙]
✓ Test Time:	240h (20h rotation, 4h stop as one cycle); [↙]
✓ Shaft runout:	0.8-1.6 TIR [↙]
✓ Housing offset:	0.2mm [↙]
✓ Speed:	200rpm [↙]
Criterion [↙]	Result [↙]
NO leakage [↙]	NO leakage [↙]
Wear amount <0.5mm. [↙]	0.21mm wear amount [↙]

✓ 240小时超长测试 ✓ 200rpm超高转速量
✓ 0.21mm超低磨损量

“ 风电密封行业在应用和政策双驱动下，头部集团客户对舍弗勒设备运维技术出挑效果已经形成共识 ”



国际知名品牌



运行出现巨大泄露



舍弗勒

运行半年内无泄漏，
运行一年后依旧出色



Agenda



It's time to start moving.
Especially where the wind blows.
We pioneer motion

I. 智能润滑系统

II. 高性能密封

III. 轴承专用油脂

风机全方位的润滑方案

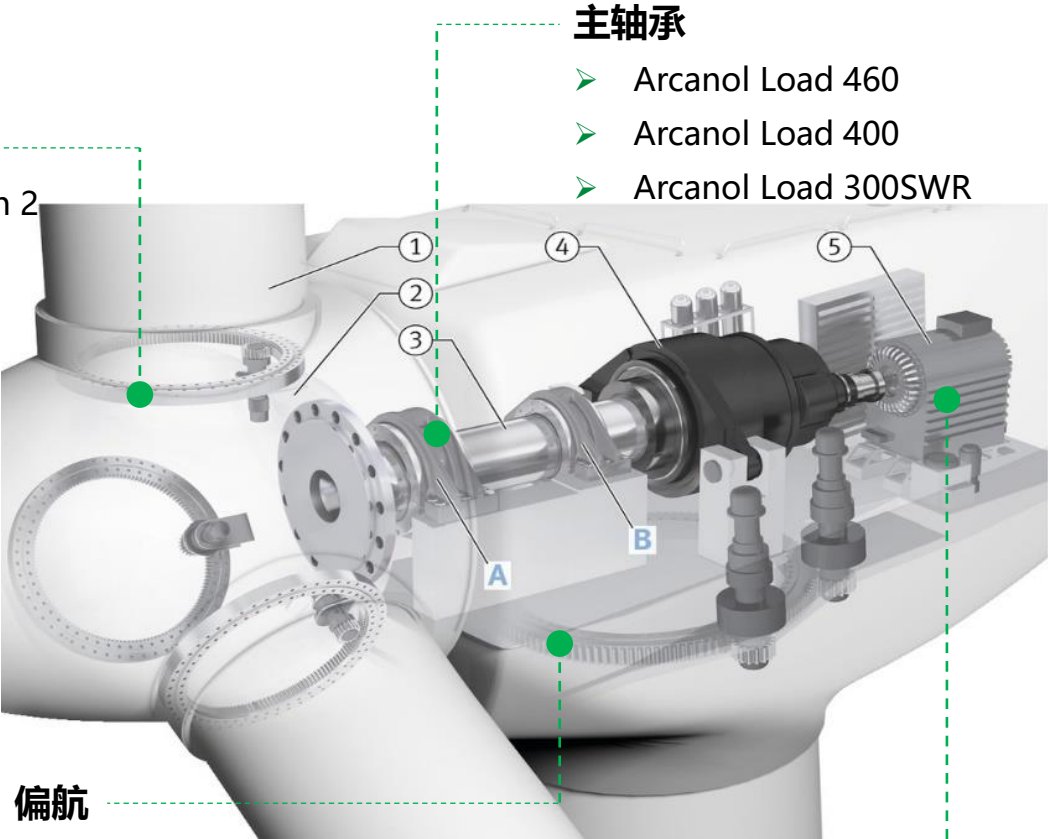


变桨

- Arcanol Motion 2
- Arcanol VIB 3

主轴承

- Arcanol Load 460
- Arcanol Load 400
- Arcanol Load 300SWR



偏航

- Arcanol Motion 2
- Arcanol VIB 3

发电机

- Arcanol Multitop

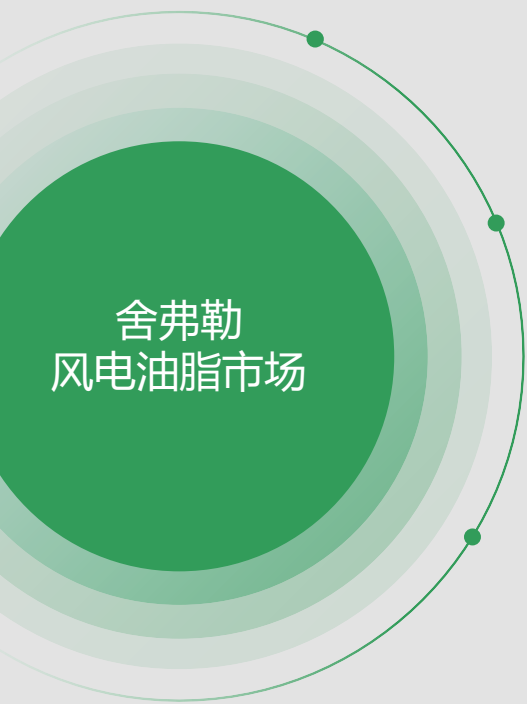
Arcanol – 更高的品质保证：润滑脂在舍弗勒的轴承台架上进行了全面的测试，结果符合更严格的舍弗勒规范

✓ 严苛的台架验证



✓ 严格的质量管控





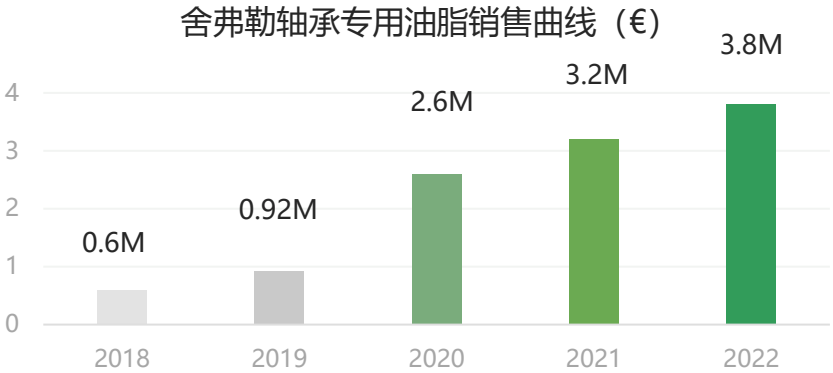
主轴油脂的销售由2018年的600T增长到2022年的3.5M欧元



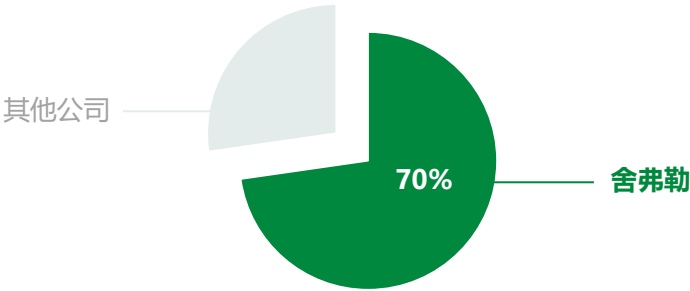
舍弗勒油脂在有些客户的份额超过70%



中国风电企业前10中有6家使用舍弗勒轴承专用油脂



舍弗勒油脂在部分客户使用的油脂中的份额占比



卓越润滑解决方案——改善润滑，延长寿命

风电轴承专用润滑脂

定制化开发、更优的轴承润滑性能

专业定制化密封设计

性能优异,降低油脂污染、泄露风险。

主动吸排废脂

更有利于油脂的更换。



油脂状态实时监测

独特的油脂在线状态监测技术，时刻保证油脂品质。

智能油脂状态控制

实时保障轴承润滑状况，延长轴承使用寿命，减少非计划停机，提高发电量和业主盈利能力

优化运维计划

实时监控轴承润滑状态，为客户预测性运维提供、无人值守提供可靠的监控支持。

感谢您的聆听

欢迎交流合作!

