

机电频谱仪 (ESA)

- 基于电信号特征分析
(Electrical Signature Analysis)

基于状态维修 (CBM) / 预知性维护 (PdM)

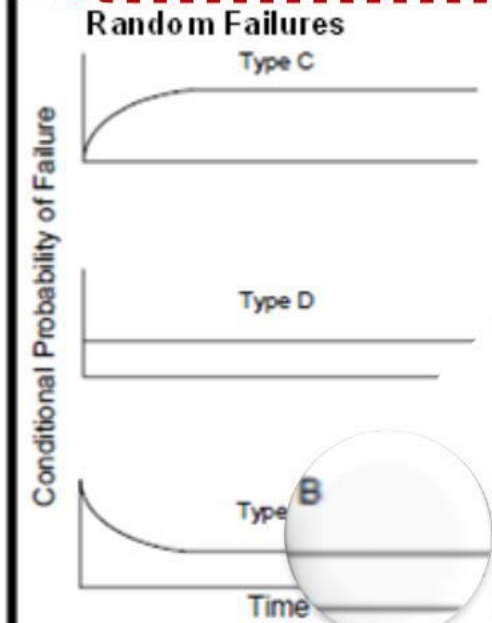
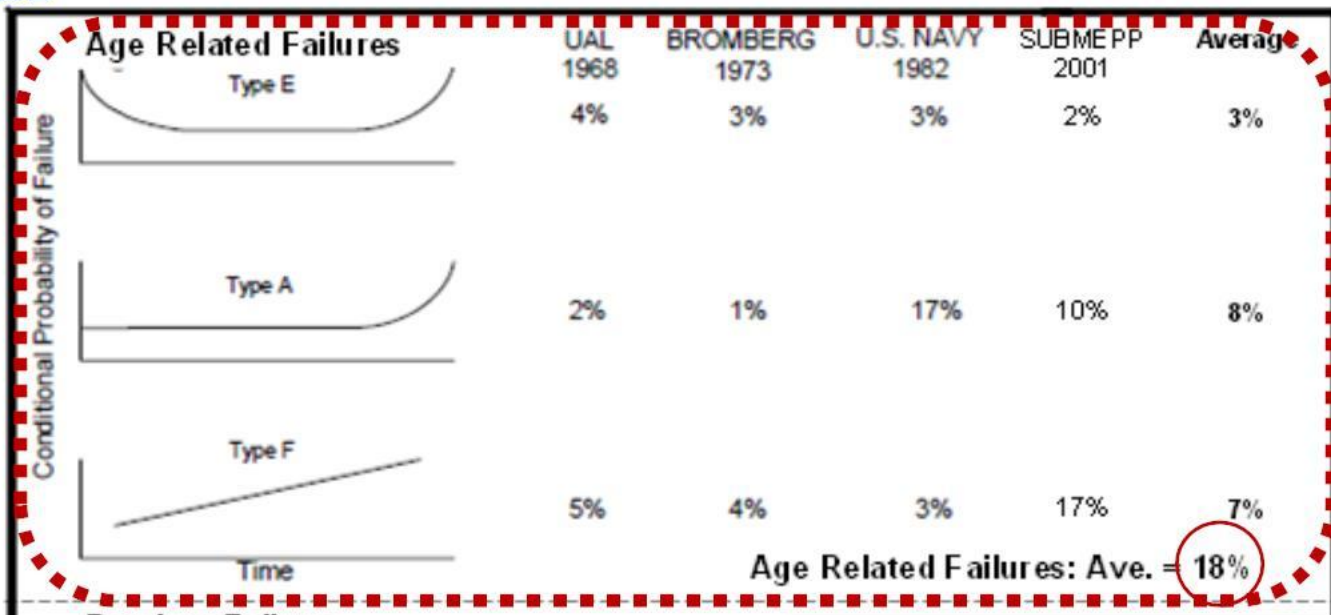
为什么多数差强人意？

- ❑ 难以应对突发性/随机性故障
 - ×检测 √监测
- ❑ 过度依赖于人工分析/诊断
 - 傻瓜模型
- ❑ 自动诊断的虚警率(误报率)高
 - 工况自适应

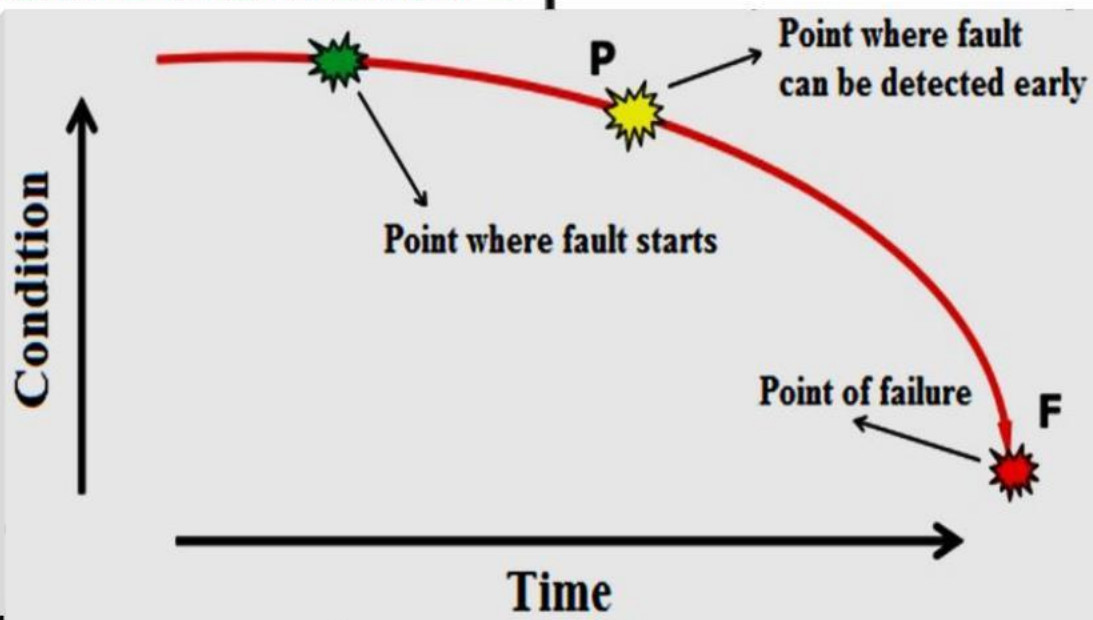


×检测 ✓监测

Sources: RCM Guide, NASA, Sept. 2008

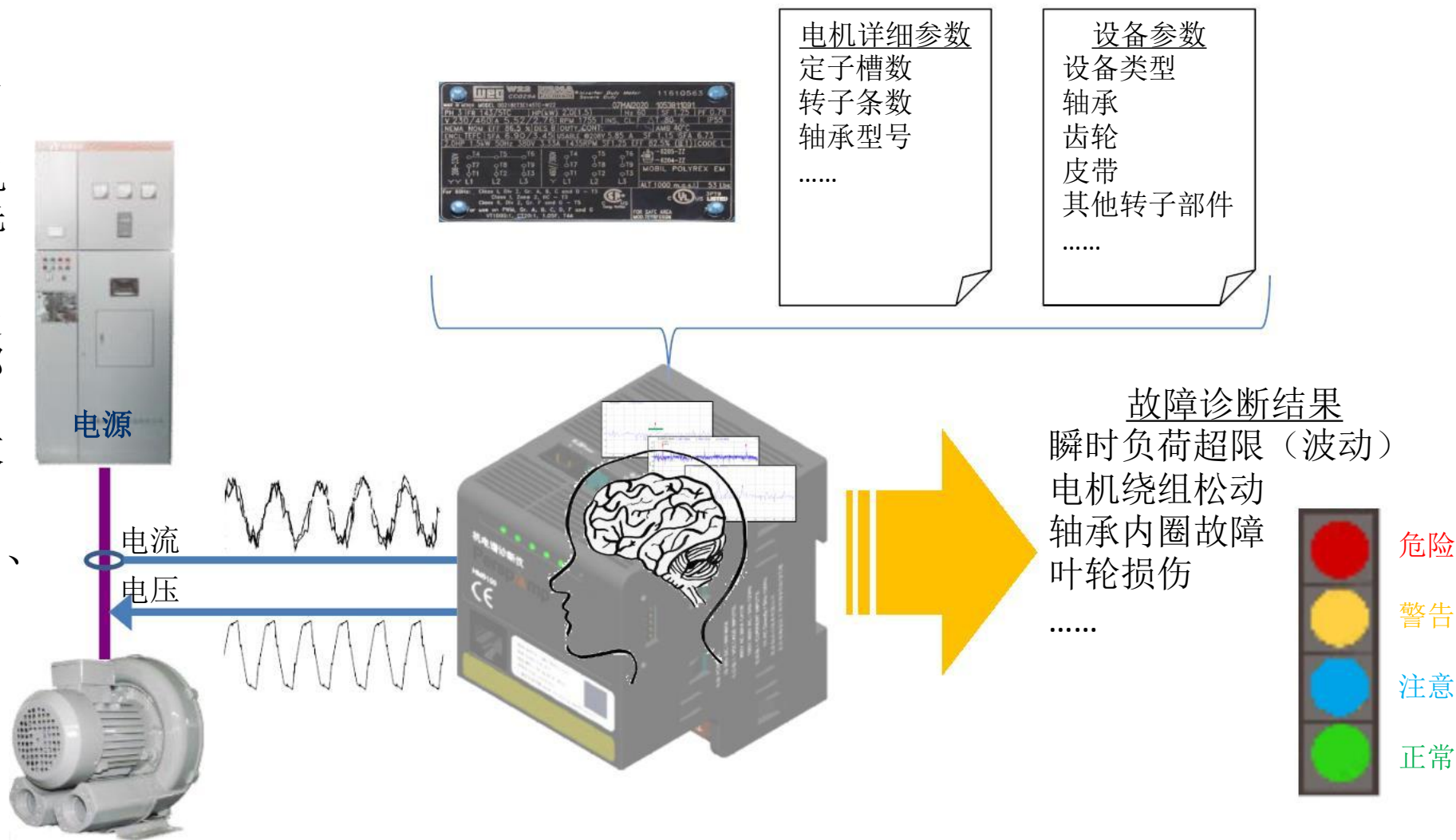


- 偶发性心律失常（设备因性）
- 慢性心肌缺血，活动后或劳累时出现（工况因性）



傻瓜模型&工况自适应

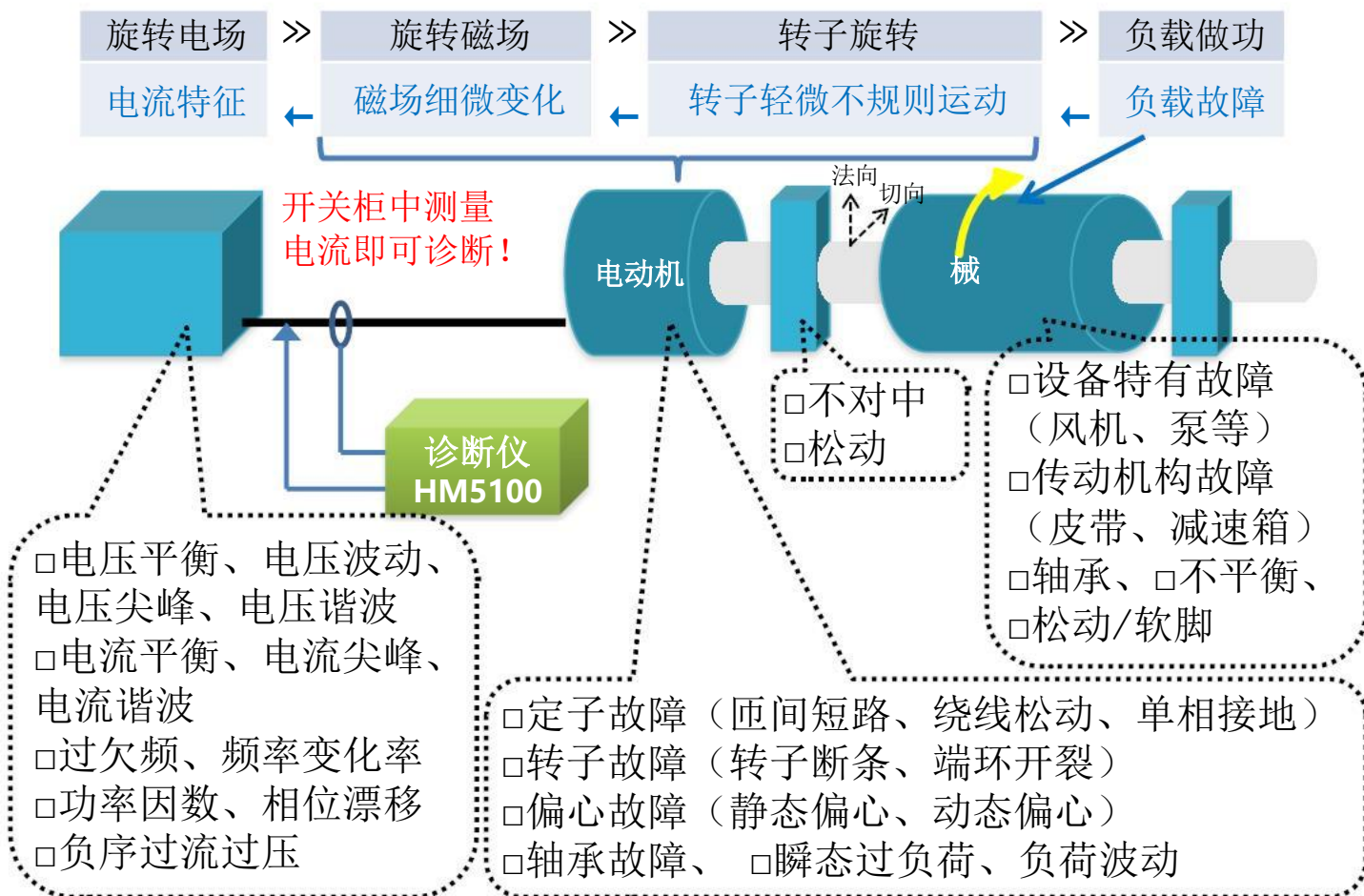
- HM5100 安装在电机开关柜内。
- 根据“电机铭牌信息”、“电机详细参数”、“设备参数”事先配置HM5100。
- HM5100 高速高精度采集运行设备的电流、电压，内部完成数据分析和故障诊断，直接报出电机拖动系统的故障。
- 各故障类型分为**危险（红）**、**警告（黄）**、**注意（蓝）**、**正常（绿）**的告警级别。



电机拖动系统故障诊断原理 及 功能

- ❖ 三相交流电产生旋转的电场，旋转电场在定子线圈中产生旋转的磁场，旋转磁场带动转子产生旋转的力，旋转的力带动负载做功
- ❖ 故障信息逆向传递：负载故障造成转子产生不规则运动，电动机转子与定子绕组之间的磁场受到影响，在电流里出现故障所对应的特征。

- ❑ 异常检测：
发现异于正常运行的状态
- ❑ 故障诊断：
哪里？啥毛病？有多严重？



电机拖动系统监测诊断仪（简称：电拖诊断仪）HM5100 为电拖诊断系统的核心设备，通过非侵入的感应方式高速采集电源和电机之间的动力电缆中的电流、电压信号，进行频谱、谐波等分析，诊断电机拖动系统各组成部分的故障。

诊断过程不需人工介入，直接报出左图所列各类故障及其严重程度。

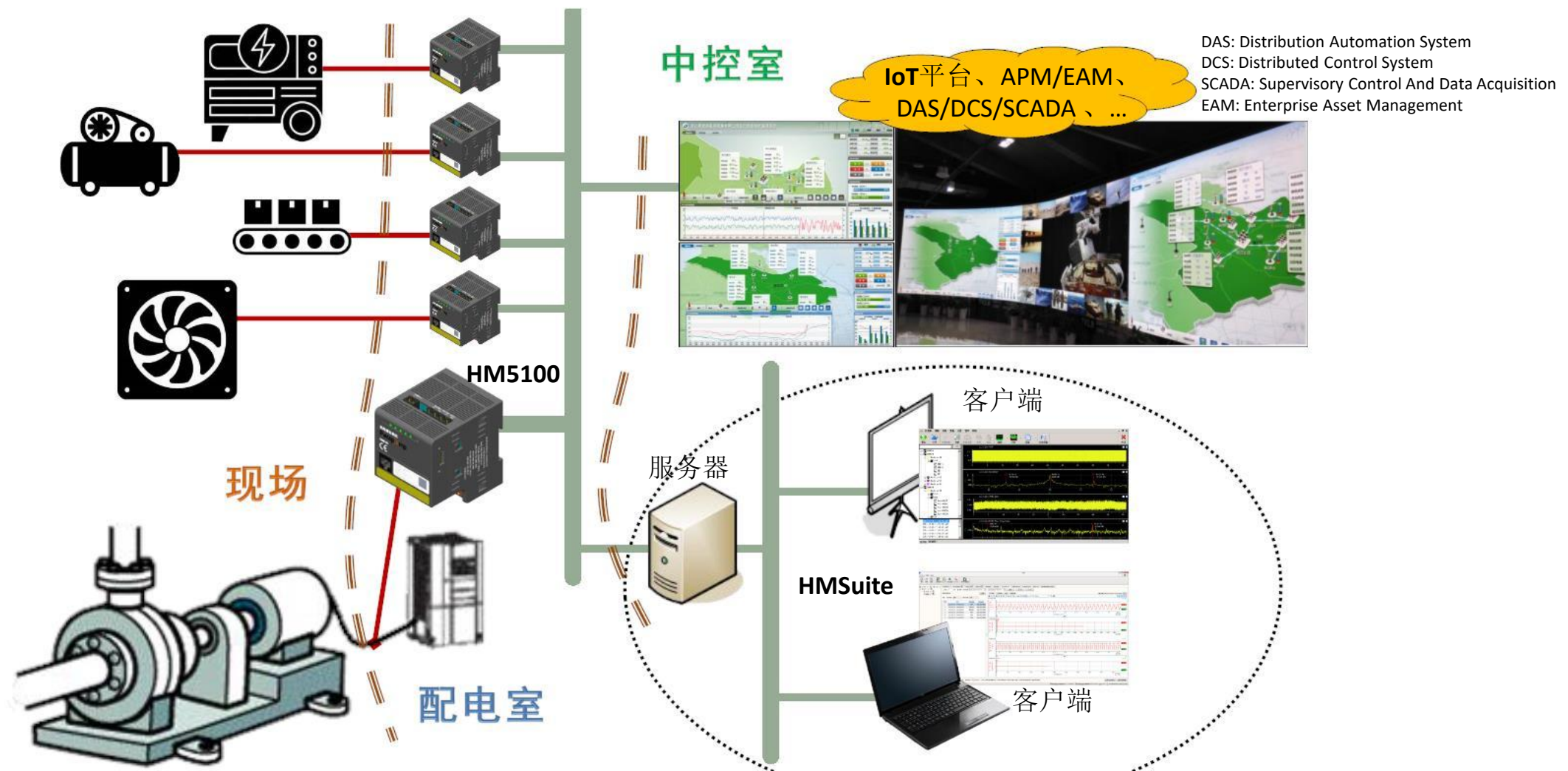


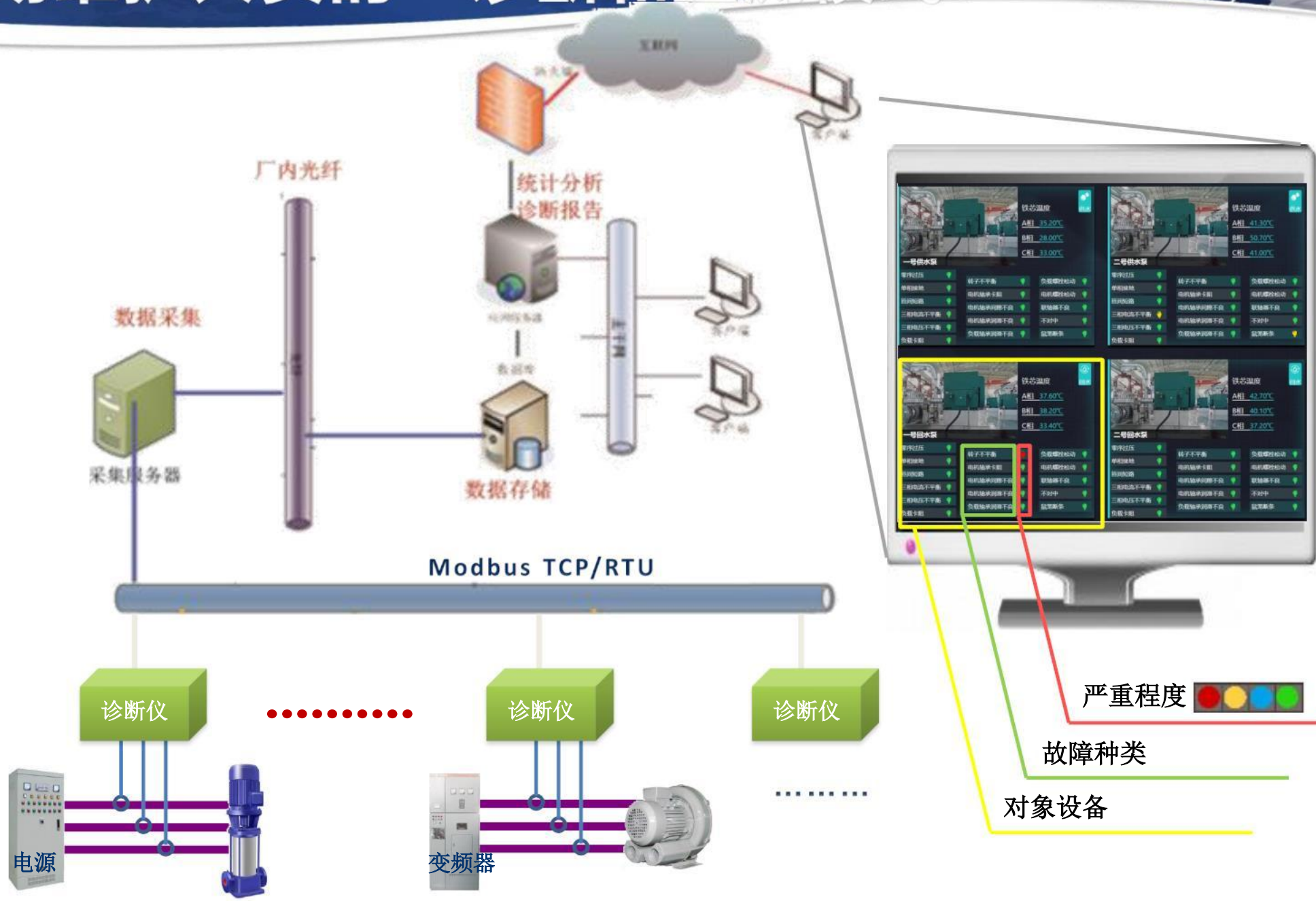
电拖诊断系统的构成示意图

❖ 一对一（一台诊断仪HM5100监测一台设备）

❖ 以太网通讯，开放协议

- ❖ 可接入IoT平台、资产管理系统等
- ❖ 自带C/S监测分析软件 HMSuite

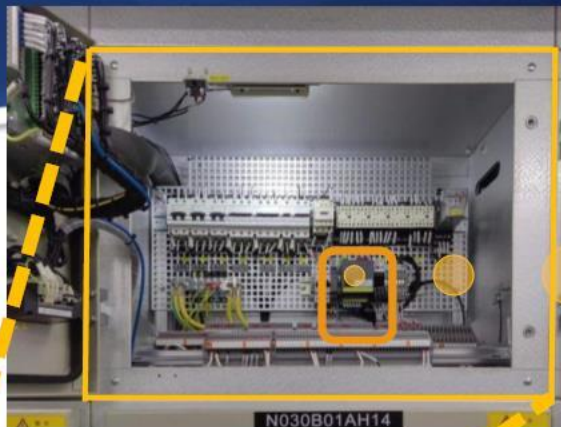






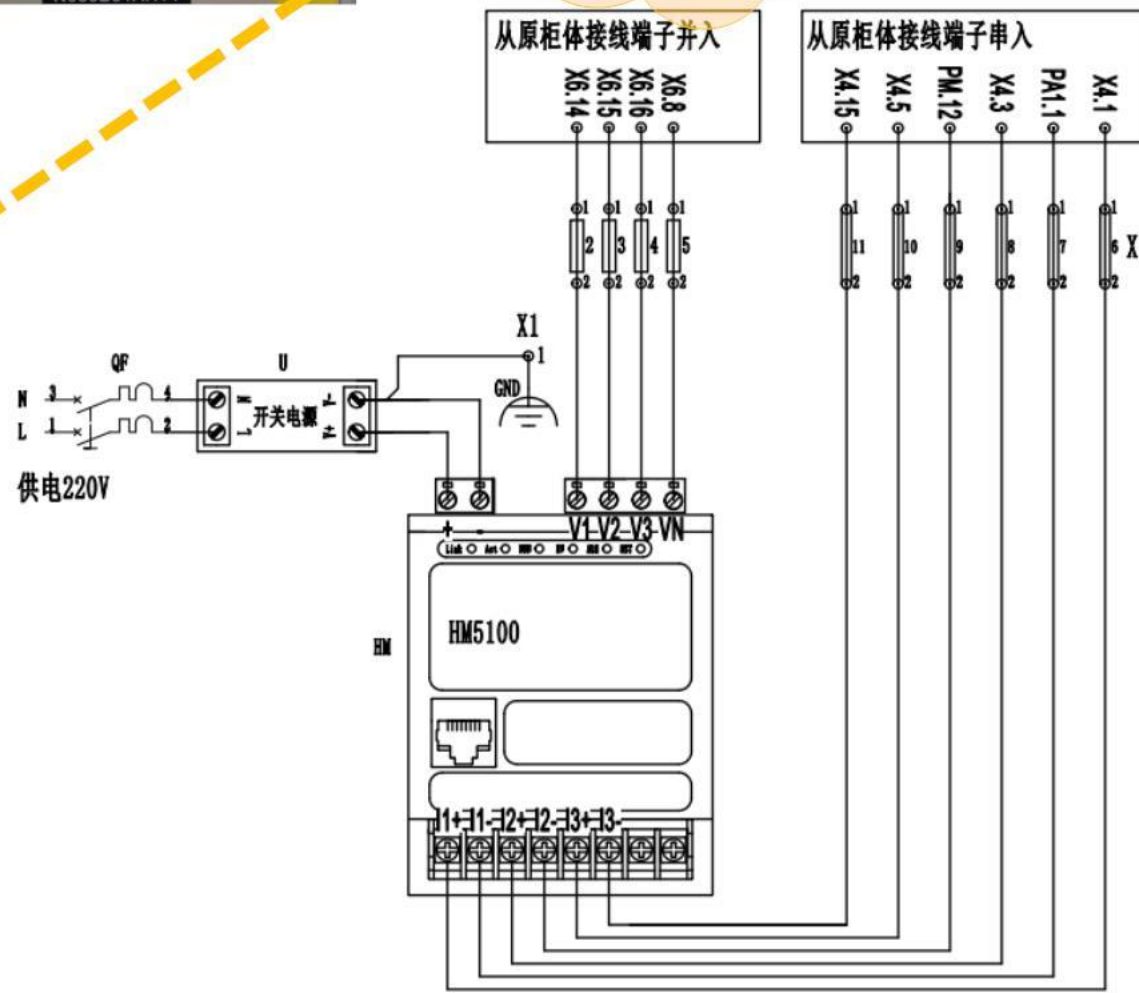
安装示例

- ❖ 可安装在开关柜的仪表室，也可独立组屏。
- ❖ 本页图例为串入中压测量仪表回路的原理图及安装照片。



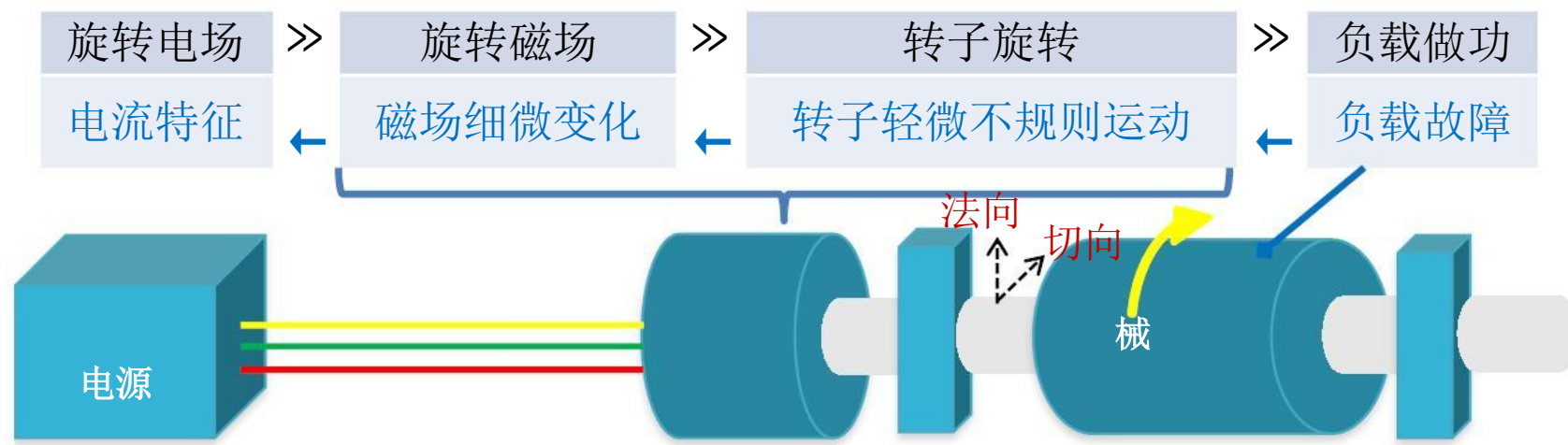
紧凑设计

- 宽: 72mm
 高: 90mm
 厚: 90mm





电拖系统诊断仪原理

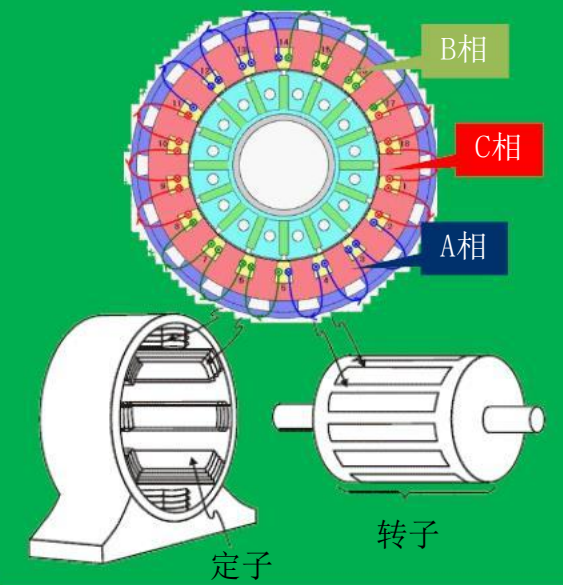


❖两种力会引起电流的变化：垂直于轴的径向力（法向力），在旋转方向的切线方向的扭力（切向力）

- 负荷的变化影响扭力的变化
负荷的变化也可以理解为阻力的变化，例如：介质的粘度、密度的变化，被加工部件的硬度、厚度的变化，抖动、颤动等
- 机械部件的损伤、安装的偏差等，在旋转的过程中体现为径向力的变化
例如：叶轮、叶片的损伤，轴承部件的损伤，定子/转子的偏心、负载和电机之间的不对中等，均造成转子的旋转轨迹不是理想的正圆

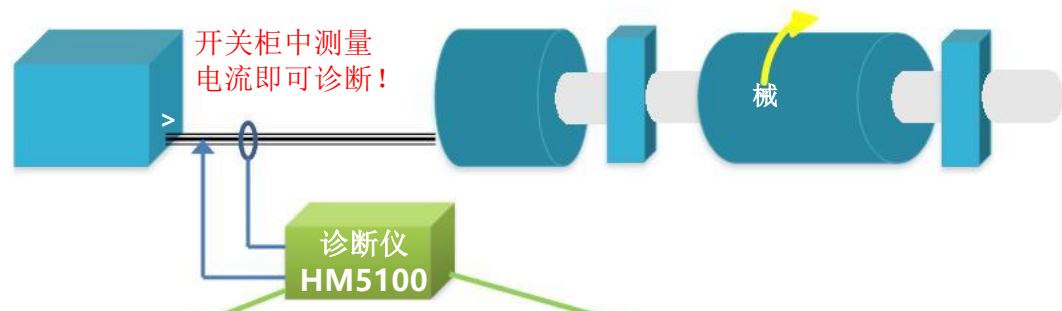
旋转体的非连续性使径向力的变化体现为不同的电流变化模式，与“组件的数量”或“组件之间相互作用关系”相关。例如

- 泵的叶轮、风机的叶片等不连续的质量
- 电机的转子条之间、定子槽之间的不连续
- 轴承的滚动体与内圈、外圈、保持架之间相互作用的不连续



每个定子绕组、每根转子条均可视为单独的个体，随着旋转 绕组与转子相对关系的发生变换，体现为磁场的规律性变化。

电拖系统诊断仪原理



高速采集

16kS/s采样率, 1秒钟采集
16,000组三相电流/电压

精细监视

精确的谐波和频谱分析的基础

实时在线分析

设备内无时延
计算谐波及频谱
第一时间获取设备运行特征

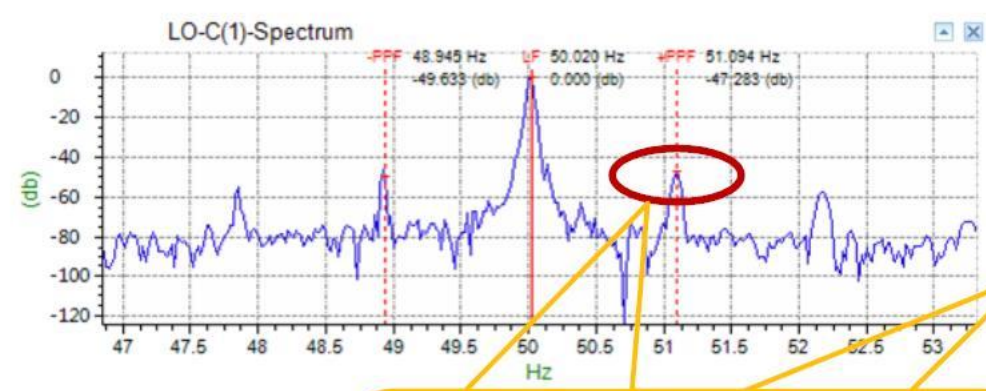
模型库

丰富且可扩展的电机及
拖动设备的故障模型
全面覆盖典型故障

- ❖ 基于故障机理模型，利用高速采集及数据分析技术，进行电驱动旋转设备故障诊断的非侵入式技术。
- ❖ 结合机器学习等AI技术，实现 工艺/工况、设备、故障的有机结合。
- ❖ 以机理模型为基础，因此不需针对特定厂家。即基于电机及旋转设备的数学模型。各厂家产品符合相关规律。
 - [例] 电机转子条异常（如右下图），会在工频频点的两侧出现边带，边带的幅值（相对基波的db值）体现了故障严重程度。
 - [例] 同样泵的叶轮损伤、柱塞泵泵头异常等，其运动过程中也会产生特定频点的特征。

设备类型例

泵
风机
压缩机
输送机
离心机、搅拌机
空气处理机组（AHU）
冷冻机、冰机
挤压机、膨胀机
发电机
振动筛
提升机
磨机、破碎机
其他电机拖动设备
.....



CAT No.	FL/Fp dB	FL/Fp 比率	Fp/FL 百分比%	转子状态评估
1	>60dB	>1000	<0.10	优
2	54-60	501-1000	0.10-0.20	良
3	48-54	251-501	0.20-0.40	转子条有出现裂纹的迹象
4	42-48	126-251	0.40-0.79	转子条裂纹可能在发展或高阻节点问题
5	36-42	63-126	0.79-1.58	两个条裂纹或断条和高阻节点问题
6	30-36	32-63	1.58-3.16	多个条裂纹或断条和端环问题指示：滑环和节点问题
7	<30dB	<32	>3.16%	多个断条和端环开裂：严重问题很多

51.049Hz的边带特征值达到了-47.283db，处于疑似故障的区间【-48db~-42db】。

目前该特征已经超过-48db的故障基准值，需引起注意。

※此处为说明原理，将HM5100内部的处理图示化。实际使用时频谱分析均在HM5100内部自动完成，不需人工介入。

部分技术指标

电压输入	4 路 V1/V2/V3/VN	
最大 VT/PT 原边	1000 kV AC	
最大连续电压	277 V L-N / 480 V L-L	
尖峰系数	3	
阻抗	> 5 MΩ	
频率范围	5 ~ 120 Hz	
负荷	< 0.2 VA (240 V AC L-N)	
电流输入	3 路 I1/I2/I3	
额定电流 (In)	1 A	5 A
最大连续电流	2 A	10 A
过电流	10 A (1s)	50 A (1s)
尖峰系数	3	3
阻抗	< 5 mΩ	< 5 mΩ
频率范围	5 ~ 120 Hz	5 ~ 120 Hz
负荷	< 0.02 VA (2 A AC)	< 0.5 VA (10 A AC)
测量精度	误差	精度范围
电流	±0.2% 读数	10%In ~ 200%In
电压	±0.2% 读数	10 ~ 440 V L-N 5 ~ 120 Hz
频率	±0.05% 读数	50% Un ~ Umax 10% In ~ Imax
有功功率	±0.5% 读数	5%In ~ 200%In PF = 1
无功功率	±1% 读数	5%In ~ 200%In PF(sin) = 1
视在功率	±0.5% 读数	5%In ~ 200%In PF = 1
功率因数 (PF)	±0.005	0.5 感 ~ 0.8 容 25 ~ 400 V 10%In ~ 200%In

传感及精度

- ✓ 低压直接接入，高压通过PT变换；电流通过CT接入。
- ✓ 推荐使用0.2级的CT和PT；当串入现有测量CT二次回路使用时，0.5级CT亦可。故障诊断基于相对基波的变化，精度要求可适当放宽。
- ✓ 采样频率16kS/s。

合规及抗扰

- ✓ EMC同时满足双体系要求
 - 测量、控制和实验室用的电设备（IEC 61326-1:2013 / GBT 18268.1-2010）
 - 量度继电器和保护装置（IEC 60255-26:2013 / GBT 14598.16-2002 / GBT 14598.20-2007）
- ✓ 充分考虑强电、变频等苛刻应用场景，部分抗扰规格有提升。

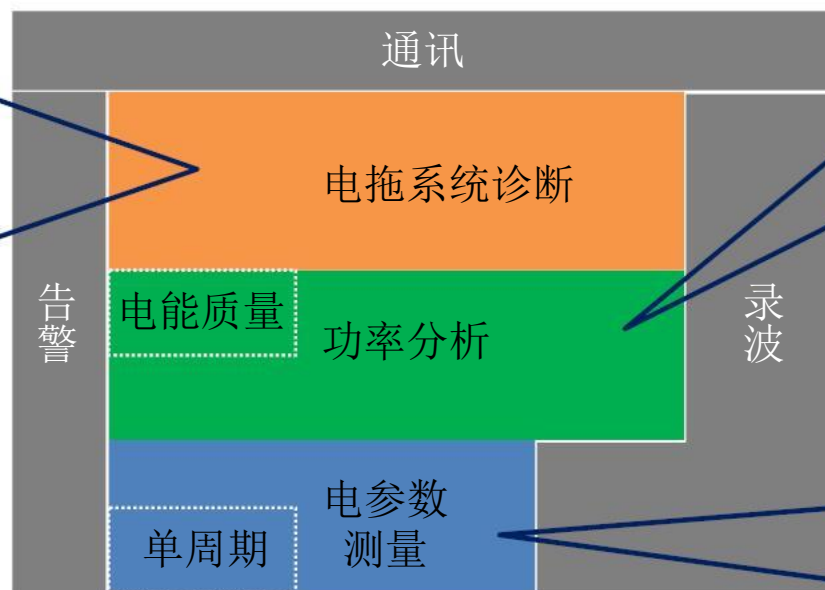
EMC（电磁兼容性）	
产品标准	IEC 61326-1, IEC 60255-26
静电放电抗扰性	IEC 61000-4-2
辐射抗扰性	IEC 61000-4-3
快速瞬变抗扰性	IEC 61000-4-4
电涌抗扰性	IEC 61000-4-5
传导扰动抗扰性	IEC 61000-4-6
工频磁场抗扰性	IEC 61000-4-8
脉冲磁场抗扰性	IEC 61000-4-9
阻尼振荡磁场抗扰性	IEC 61000-4-10
震荡波抗扰度	IEC 61000-4-18
辐射和传导发射性	EN 55011(CISPR 11) A 类
安全性	
测量类别（电压和电流输入）	CATIII 277V L-N / 480V L-L
安规	IEC 61010-1, IEC 61010-2-30
机械影响	
振动	IEC 255-21-1, IEC 60068-2-6
冲击、碰撞	IEC 255-21-2, IEC 60068-2-27
产品规格	
功率测量和监控装置（PMD）	IEC 61557-12
电能质量测量	IEC 61000-4-30

主要特点<机·电 全功能>



= 故障诊断 × 功率分析 (+ 电能质量) × 负荷性能分析 × 精确测量 × 保护告警 × 波形记录

电机	电气	定子故障：匝间短路、绕线松动、单相接地 转子故障：转子断条、端环开裂 偏心故障：静态偏心、动态偏心
	机械	松动、轴承异常、不平衡
机械负载		各类机械负载的特有故障（风机叶片、泵叶轮等）、松动、轴承异常、不平衡
传动		不对中、皮带异常、齿轮箱异常
电源		电压平衡、电压波动、电压尖峰、电压谐波、电流平衡、电流尖峰、电流谐波... ※参照电能质量监测和谐波分析
负荷匹配		负荷振荡、过负荷（谐波降额、不平衡降额等）



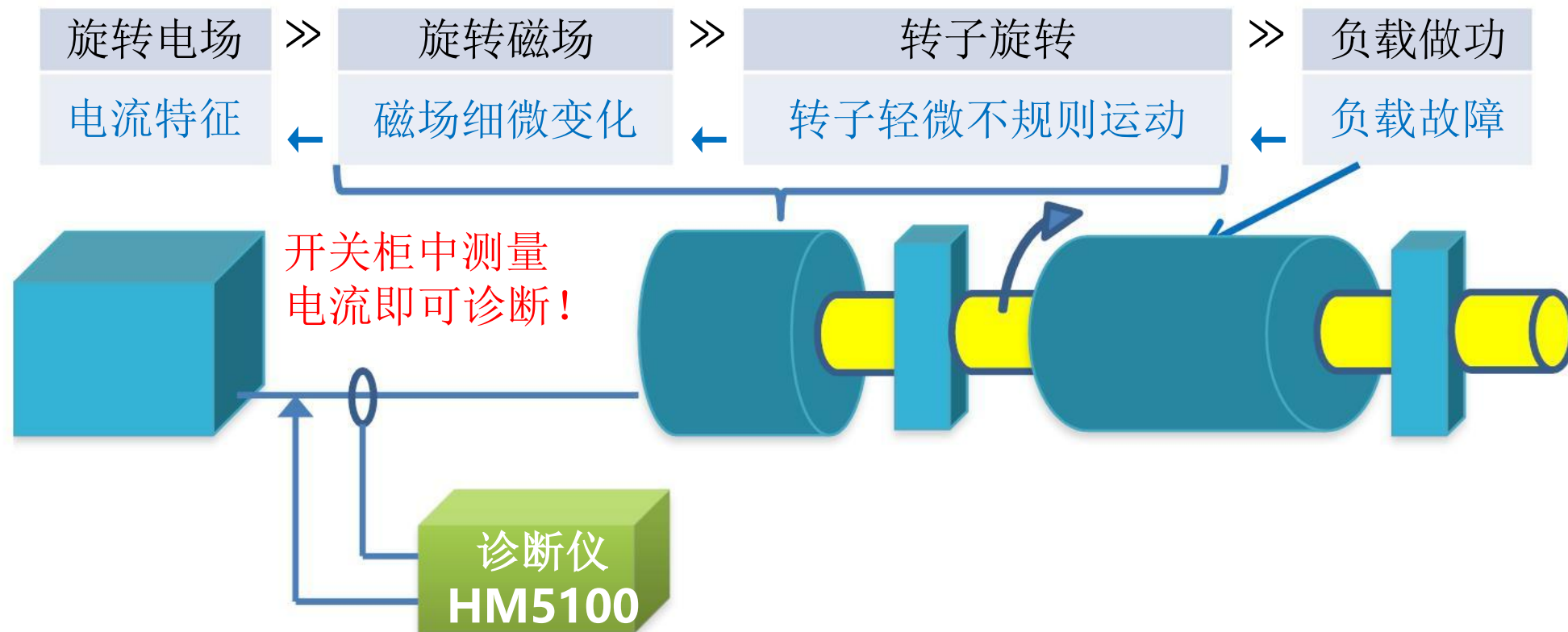
HM5100的功率分析功能覆盖了5Hz~120Hz的频率范围，全面支持变频应用。
在基础电参数测量以外，对基波、谐波提供了体系化的测量支持，对电能质量进行监测，同时覆盖供电系统和用电设备。

电参数测量可分为常规测量和单周期高速测量。
常规测量以最短50ms、最长60s的信号进行电参数计算；而单周期高速测量在40~70Hz频率范围可达到半周期的更新速率，在5~40Hz和70~120Hz频率区间实现单周期的更新速率。

主要特点<线传感：驱动链上各部件>

系统性诊断方法，
权威诊断电气问题，
反映机械问题，
区分电源·电机·负载的耦合问题

- ❖ 点传感：振动、应变片、热电偶等
- ❖ 线传感：电气特征信号分析、光纤温度传感、局放等
- ❖ 面传感：红外热像仪、声学成像仪等

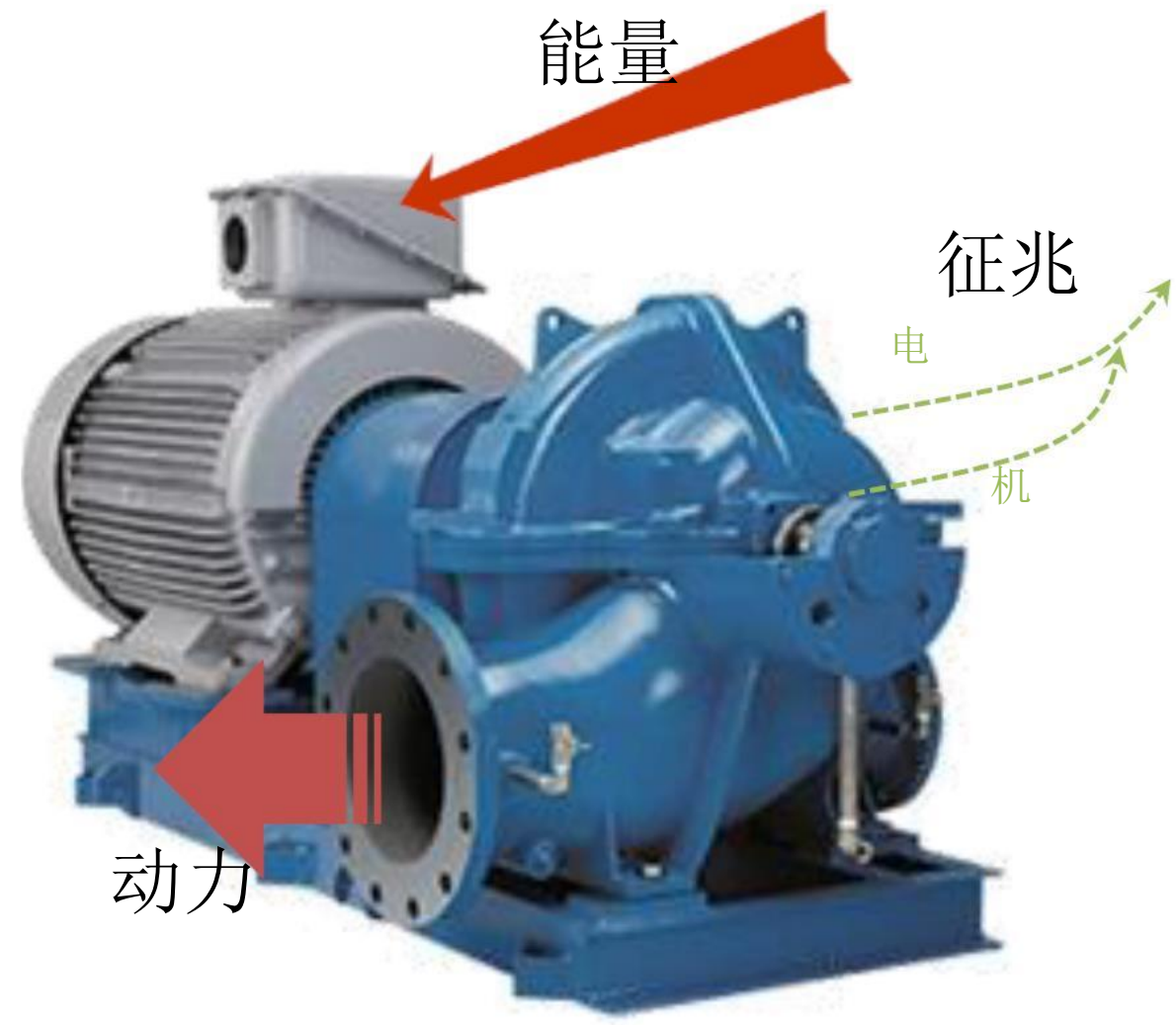




主要特点<天然的工况识别能力>

通过电压、电流、频率、相位等识别运行工况，减少漏报、误报。

- ❖ 工况不同→运行状态不同→征兆不同
- ❖ 功率、转速、转矩等是电拖系统诊断的基础，同时天然地描述了设备的运行工况。



主要特点<良好的工程性>

- ✓ 不受现场环境恶劣、防爆要求等制约
- ✓ 将地域分散的电机集中在一处监测、大幅减轻施工负担
- ✓ 避免检维修、大修时的拆卸、重新安装





安,稳,长,满,优

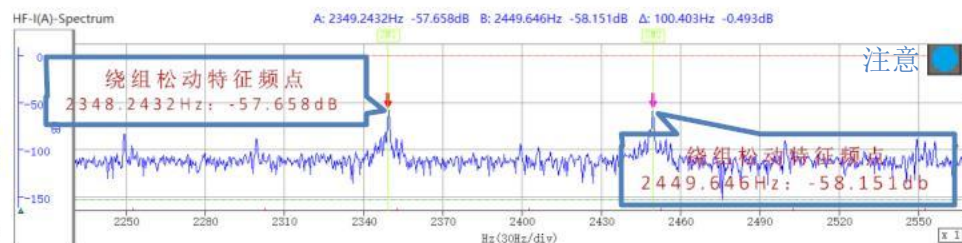
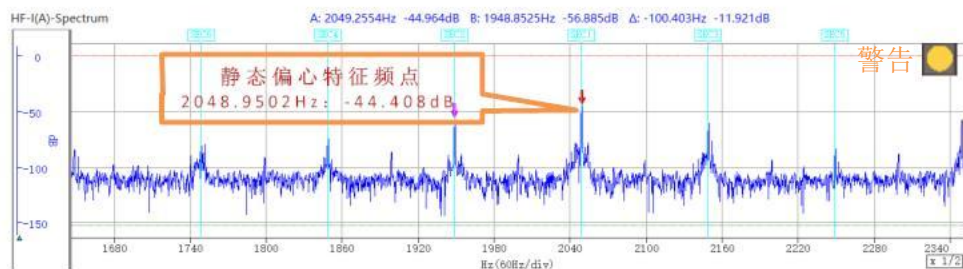
＜安＞ 提升整体安全水平	✓ 防止灾难性故障：如放任不管早期的设备故障会带来重要资产的扩大损伤，进一步还会危害人身安全。 ✓ 减少人员暴露在危险环境的风险：生产环境复杂，且有些设备的位置还处于高处或危险场所，在线监测及故障诊断可减少工人在潜在危险环境中接触大型危险机器来降低风险和提高安全性。
＜稳、优＞ 减少不可预见的生产中断	✓ 通过提前预知设备故障，合理安排生产计划，避免因为非计划停车造成的生产机会损失。 ✓ 同时避免因为非计划停车产生不合格产品。
＜长、满＞ 延长设备使用寿命	✓ 根据告警级别合理安排设备的检维修计划，将问题消灭在初期。 ✓ 做到通过加强维护避免轻微故障的发生，通过对轻度故障的及时维修避免故障扩大化和严重化。例如：长期的不对中带来密封和轴承问题；频繁负荷波动加剧轴系、转子的疲劳。
＜优＞ 增强计划性、减轻运维负担	✓ 精准定位到故障的部位/组件，提升故障诊断效率。 ✓ 及时预警和精准定位，使检维修有的放矢，合理安排检维修计划和备品备件计划。
＜优＞ 提升设备运行效率和数字化智能化管理水平	✓ 设备的异常/故障带来能量的损耗，及时消缺可节能降耗。 ✓ 通过对于电能质量（谐波、不平衡等）的监测，及时发现电力系统造成的系统降额，避免设备低效运转。 ✓ 细致监测及分析瞬时功率、瞬时扭矩等的变化，避免双电机同轴驱动、多电机驱动的不匹配问题，避免控制逻辑的不匹配。 ✓ 利用录波功能记录故障前后的细节，可进行深度故障原因分析及改善。

一例：维修造成泵的二次 & 三次故障

概要

某石化企业更换了富胺液循环泵的电机电轴承，上线投运后一段时间后发现噪声增大。经perspAmp检测，诊断为静态偏心达到警告级别，同时绕组松动也达到注意级别。再次拆解检修，确认定子楔条破碎，且有明显碰摩痕迹。确定为更换轴承重新装机时未消除偏心，投运后的定转子碰摩损坏槽楔所致。

perspAmp诊断



富胺液循环泵（10年龄）

工频50Hz

功率：355kW

电压：6kV

额定转速：2980rpm

电机轴承：NU219+6219/NU217



故障确认

再次拆解后，发现多处定子楔条破碎（见右图红色箭头所指）；并可见明显碰摩痕迹（见右图橙色椭圆处）。

结合perspAmp诊断结果可知，更换轴承后，转子安装时发生倾斜，产生静态偏心（二次故障、派生故障）。投运后首先发生碰摩，进而损坏楔条，损坏处的定子绕组固定力不足发生松动（三次故障）。这与静态偏心的告警级别（警告）相较绕组松动的告警级别（注意）更为严重的诊断结果一致。

