

# 使用手持式测试工具进行预测性维护

## 技术应用文章



数字式万用表

因设备故障而造成的未经计划的停产,每年会使制造厂商们损失其收入的 3%。对于年收入为 10 亿美元的厂商来说,这就意味着 3000 万美元的潜在节省,相当于底线利润额。如果一个公司具有 1 亿美元的净收入,那就相当于 30% 的利润降低。

在一个竞争极为激烈的年代,没有人能承受得起让这些金钱从手中溜掉。

为进行维修而有计划地安排停产是非常经济高效的方法。通过有计划的停产,维护管理人员能够确定:

1. 如何利用人员;
2. 是否库存中具有维修用的适宜备件;
3. 如何将生产设施停止运行的时间降到最低程度。

诀窍是确定哪些设备需要维修,何时需要维修,否则在停产时,技术人员的时间和部件成本可能仍然失去控制。

预测性维护 (PdM) 计划将定期测量重要设备上的关键指标,并随时间对该信息进行跟踪,从而帮助技术人员预测出何时需要维修。

本技术应用文章介绍了可以使用数字式万用表、钳形表、数字式红外测温仪和绝缘电阻测试仪收集和跟踪的 PdM 测量值。本系列中的其他技术应用文章介绍了热成像仪和电能质量分析仪的 PdM 应用。

### 通过预测性维护,实现成本节约

预测性维护计划可提高性能、提高生产效率、缩短停产时间以及降低维护和库存成本。美国联邦能源管理计划 (FEMP) 的研究估计,预测性维护与例行维护相比可节约 8% 至 12%,与未经计划的停产相比可节约 30% 至 40%。

一些独立进行的调查报告了工业预测性维护计划所带来的以下平均节省数字:

- 投资回报: 10 倍
- 维护成本降低: 25% 至 30%
- 故障消除: 70% 至 75%
- 停产时间缩短: 35% 至 45%
- 产量增加: 20% 至 25%

### 工具和计划的整合

PdM 计划可从高度复杂精密的连续在线监视和自动报警,一直到依赖于检查路线和

### 使用手持式测试工具进行 PdM 测量

设备	关键指标	测量	测试工具
不间断电源 (UPS)/配电装置 (PDU)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 间歇脱扣</li> <li>● 过程中断</li> </ul>	有效值电压,有效值电流,频率 (Hz),连接电阻,数据记录读数随时间发生的异常。	IR, DMM
变压器	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 过热</li> <li>● 嗡嗡声</li> </ul>	温度,中线对地连接阻抗,电压平衡,电流平衡,松动的接头。	IR, DMM, CM
配电盘 / 开关柜	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 间歇脱扣</li> <li>● 断路器过热</li> </ul>	电压平衡,电流平衡,数据记录读数随时间发生的异常,松动的接头,温度。	IR, DMM, CM
控制装置 (可调速驱动器、分断装置)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 过程异常</li> <li>● 系统性能的改变</li> </ul>	电压平衡,电流平衡,冲击电流,电压突降,连接电阻,数据记录读数随时间发生的异常。	IR, DMM, CM
照明配电盘	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 闪烁的照明灯</li> <li>● 嗡嗡声</li> </ul>	电压平衡,电流平衡,冲击电流,电压突降,连接电阻,数据记录读数随时间发生的异常。	IR, DMM, CM
电机和其他设备 (减速器、泵、风机、冷却器、空调装置、发电机)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 过热</li> <li>● 间歇脱扣</li> </ul>	冲击电流,对地绝缘电阻,温度,铭牌额定值,过载,电压平衡,电流平衡,电阻,电机起动电容器连接。	IR, IRT, DMM, CM

关键词: 红外测温仪 (IR)、数字式万用表 (DMM)、绝缘电阻测试仪 (IRT)、钳形表 (CM)。

注意: 这些建议测量不是完整的 PdM 测量参数。

手动测量的传统离线计划。

PdM 监视工具在复杂程度上也存在很大不同：从数字式红外定点测温仪到热成像仪、振动分析仪和电能质量测量工具，再到固定安装和联网的传感器。调查用工具包括手持式数字万用表、钳形表和绝缘测试仪，以及专用的电机电路测试仪。

许多设施根据其设备及运行规模对测量工具进行混合搭配。所不同的是，技术人员将传统上用于进行故障排查的工具用在了预测性维护计划当中。

## 测量指南

预测性维护测量与故障排查测试大同小异。您所寻找的都是潜在故障的迹象，因此您获得的都是与故障模式有关的测量值。

1. 对于每种设备类型，识别潜在故障以及相关关键指标。
2. 确定怎样的测量可降低出现问题的可能性。
3. 确定需要对设备进行测量的频率。
4. 收集并跟踪结果，观察趋势，并根据需要开展维修。



红外测温仪

## 温度

红外测温仪是一种低成本的监视工具，可在设备运行过程中对特定部件进行快速、频繁的测量。使用您在设备方面的知识来识别关键高温点，跟踪这些温度读数，将它们与运行限值进行比较，并观察以后的趋势。

例如，对电机上的轴承外壳、断路器开关柜中的开关以及所有设备上的电缆接头进行扫描。为获得最佳测量值，在一个离目标尽可能近的安全位置进行测量，确保没有测量一个反射表面，并对发射率进行补偿。

## 对地绝缘电阻

小心：在测试电缆和电机之前，先将电子控制装置断开 - 高电压测试设备的误用可能会将它们破坏。

针对负载和接头定期进行以下绝缘电阻测试，可帮助检测出即将发生的设备故障。

- 对起动器上的线路和负载进行接地测试可发现起动器、分断装置的输入电路以及电机和和起动器绕组的负载线路的对地电阻。
- 一般阈值：交流设备可在不低于 2 兆欧的对地电阻下安全运行，直流设备可在不低于 1 兆欧的对地电阻下安全运行。
- 当在起动器的负载支路之间测量三相电机的电阻时，您应看到很高的电阻，并且任何两相之间的测量值大致相等。

注意：使用绝缘电阻测试仪测量对地绝缘电阻时，需要将测试的部件或电缆从电源系统断开 - 将这种情况纳入有计划的停产中。

## 电能质量

### 直流和交流电源电压

定期在重要设备上测量电压以确认负载正获得处于铭牌额定值误差范围内的稳定电压是值得的。过高或过低的电压都会带来可靠性问题以及设备故障。



兆欧表绝缘电阻测试仪

精确测量受谐波影响的电压需要使用一个真有效值数字式万用表；精确测量可调速驱动器 (ASD) 的电压需要使用一个低带宽滤波器。一个数字式万用表也可用于检查电源系统中的电压平衡状况。记录型数字式万用表可用于监视性能随时间的改变，并可针对即将发生的故障向您发出警告。

## 电阻

小心：电阻测量必须在电路电源关闭时进行。否则，仪表或电路可能会损坏。

可以使用一个数字式万用表来检查大多数接头的电阻。电阻越高，接头的性能就越差，这是电源电压降低、恼人的脱扣以及潜在设备故障的一个标志。

- 高分辨率数字式万用表也可用于测量继电器和断路器触头的电阻 - 随着触头性能的下降，电阻会升高。
- 红外测温仪也可用于识别高电阻接头 - 与良好接头相比，它们表现为高温点。

数字式万用表说明：大多数数字式万用表可测量低至 0.1  $\Omega$  的电阻，一些万用表可测量高达 300 M $\Omega$  的电阻。为了进行精确的低电阻测量，使用数字式万用表的相对值 (REL) 功能以消除测试线电阻的影响。

## 直流和交流电流

小心：在使用数字式万用表测量电流以后，不要忘记在进行下一次电压测量之前，将测试线移回到电压挡。

负载将随着老化而吸收略微高一些的电流。定期测量电流可帮助您跟踪设备的可靠性。使用一个钳形表或带有电流钳的数字式万用表来测量电流。

## 电压平衡

大于 2% 的电压不平衡可能会使设备性能降低，并引起提前发生故障。使用数字式万用表来检查各相之间的电压，以得到用于输送来自供电公司电能的保护装置和开关柜处以及高优先级设备处的电压降。

电压不平衡可使用下式进行计算。

平均电压 = (相 1 电压 + 相 2 电压 + 相 3 电压) / 3

相 1 上的电压不平衡 % = [(相 1 电压 - 平均电压) / 平均电压] × 100

注意：熔断器和开关两端的电压降也可显示出电机处的不平衡以及根故障点处的过热。在您认为已发现问题原因之前，要使用一个测温仪进行核查。

## 电流平衡

设备过热的另外一个根本原因是电流不平衡。使用钳形表或数字式万用表上的交流电流钳来检查每相上流动的电流。为了确定平均电流，将所有三相的电流加在一起后再除以 3。然后，通过将每相上的电流减去平均电流来计算不平衡百分数。超过 10% 的电流不平衡可能是一个问题。

平均电流 = (相 1 电流 + 相 2 电流 + 相 3 电流) / 3

相 1 上的电流不平衡 % = [(相 1 电流 - 平均电流) / 平均电流] × 100

## 冲击电流

如果电机运转不正常或电路发生意外脱扣，则在启动时使用一个钳形表或一个可捕获冲击电流的数字式万用表来检查冲击电流。冲击电流可能会高达正常运转电流的 12 倍（远远高于断路器额定电流），只要电路没有过载，这个高电流就不会使断路器脱扣。冲击电流的评估取决于随时间对该电机的冲击电流测量值进行比较。



钳型表

## 安全性和测试工具额定值要求

在开始使用数字式万用表或其他测试工具进行预测性维护测量之前，确保您已了解所使用工具的限制，以及伴随该工具的安全预防措施。

- 选择一个安全等级为 1000 V CAT III / 600 V CAT IV 的数字式万用表和一个安全等级为 600 V CAT III 的钳形表。
- 选择一个可测量真有效值、电阻最低挡为 0.1 欧姆或更低、电容挡可达 9999 微法以及可测量频率的数字式万用表。如果您要随时间对数据进行跟踪，则选择一个具有数据/事件记录功能并可快速记录最小值/最大值的数字式万用表，它需要具有足够的存储器能力、很长的电池寿命、一个光学端口和用于将测量结果下载到计算机上的软件。
- 测量典型的工业和商用电机时，请选择一个具有最低 500 V 输出并可进行几千兆欧姆电阻测量的绝缘电阻测试仪。
- 确定在温度测量过程中您与设备之间的最小安全距离，并使用这个距离来确定红外测温仪必须支持的距离与光点直径比。50:1 的距离与光点直径比允许在 8 英尺范围内进行精确测量，具体距离取决于目标物体的发射率。
- 确保所用测试探头上的电压额定值与测试环境相符。正像某些数字式万用表测试那样，绝缘电阻测试通常需要使用高压探头。
- 如果必须在三相环境中进行带电测量，则需要佩戴适宜的人身防护用品 (PPE)，使用三点测试法，如果可能，将一只手放在衣袋中以防止电流转移。

## 三点测试法：

1. 测试一个已知带电电路。
2. 测试目标电路。
3. 再次测试带电电路。

通过这种方法，可以验证测量之前和之后您的仪表是否工作正常，并确保您获知电路是否带电。