

第 4 章

对电磁兼容的故障分析和判断方法简述

钱振宇

对于产品的电磁兼容性设计和电磁兼容性诊断是不可偏废的两个方面：

电磁兼容性设计是早期预防，而电磁兼容性故障诊断和处理是后期补救。所以“先天不足，后期补救”是我们开展故障诊断和处理的主要目的。但是我们不能期望不经任何前期考虑的产品就能取得好的补救方案，反倒是常常会延误了最佳的产品上市时机，甚至是带着问题交付用户使用。

产品出现电磁兼容问题常常是难以避免的，问题是故障出现的多少。经过前期电磁兼容性设计的产品，即使在后期故障检测中出现了问题，相信也比从来没有考虑过电磁兼容设计的产品要强得多，所耗费的代价要小得多。

后期补偿的经验可以经过总结后用到下一产品的电磁兼容性设计中去，形成良性循环。因此电磁兼容性设计的内容是可以总结和提高了。

总之，我们不能利用后期故障诊断和处理来代替前期的电磁兼容性设计。

4.1 故障诊断的方法

不管什么原因，只要系统或设备出现工作不正常，就是发生了故障。电磁兼容性的故障除了部分出现器件或部件损坏外，大部分故障是软故障，就是重新通电之后，故障现象也就消失了。

诊断故障的基本思路就是断定是否为电磁兼容性故障。有时电磁兼容性故障与可靠性故障并存，最典型的便是瞬态电磁脉冲冲击引起的元器件损坏，这种现象比较普遍，表面上是可靠性问题，实质上是电磁兼容问题。

对故障处理的一般要求是故障的准确定位，这是发现故障的根本；其次是故障机理分析，只有彻底了解了故障机理，才能完全解决故障问题。

电磁兼容性故障除了采用分析和试探外，可以充分利用检测手段，特别是利用电磁兼容性测试仪器、频谱仪和宽带示波器等。但在某些场合，分析和综合是解决电磁兼容故障更为有效的手段。

4.2 故障信号的探测

引起电磁兼容性故障的信号可能是设备正常工作的有用信号（对于被干扰设备来说，它是有害信号），也可能不希望有的信号，即设备运行时附带产生的杂散信号。

根据电磁干扰信号传播的途径，可以分为传导干扰和辐射干扰，也可能是两者的综合。

一般探测设备由探测头和监测仪器组成。探测头可以是宽频带的电流钳，从导线上拾取能量，直接探测传导干扰。探头也可以是一些小的偶极子天线，用来探测电磁场辐射情况。

监测仪器一般有两种，时域监测的用宽频带示波器，频域监测的用频谱仪，这两种仪器使用的针对性很强，对不经常发生的脉冲干扰，主要用宽带示波器，并且最好有瞬态触发和记忆功能，遇到尖峰干扰能够记忆保存。

通常认为确认了干扰信号，电磁兼容问题就容易得到解决。

常用的故障定位方法有：

清除故障确认法

在已经确认干扰现象的条件下，逐步撤去部分设备（即让部分设备不加电，退出工作），并观察干扰部位的波形。如果撤去设备后，干扰现象消除，并且波形也发生变化，则说明干扰可能就来自撤出的设备。然后比较两种波形，可以发现多出的波形可能就是干扰信号。

改变状态确认法

改变状态确认法有两种方法，一种是用相近的设备进行替代（这两种设备的技术性能有所不同）；另一种是改变工作方式，如由工作模式1改为工作模式2，如果故障得到消除，则干扰信号就可能存在于这两种模式工作的差别中。

直接监测法

用探测设备直接测量设备工作的波形。当发现异常的波形信号时，则可以确认干扰信号的存在。

只是这种干扰确认法比较复杂，经常要将干扰的探测与分析结合在一起。

试探法

该方法是在发现故障后，但无法确定干扰源的复杂情况下使用。假定干扰源来自若干设备，还假定干扰的传播途径，并对干扰源和传播途径进行工程上的整改，然后再行联机试验，若故障消除或得到改善，说明试探法是取得效果的，在经过多次后，故障可能完全消除。这种方法有较大随意性，有时效率也不高，但对某些电磁干扰，如降低传输线干扰电平是行之有效的方法。

小结：

故障的定位和机理分析是电磁兼容性故障诊断的重要内容，故障定位通常采用故障排除法、故障干扰信号的探测和追踪、故障综合法和试探法。前一种方法借鉴于可靠性分析基本方法，第二种方法是电磁兼容性标准测量的延伸，并应考虑电磁兼容性故障的特点和外场（现场）试验的条件。在前两种方法不能奏效时，只能应用综合法和试探法。电磁兼容性诊断其最终的目的是要排除电磁兼容性故障，因此不管是分析法还是试探法，其严密性和精度不是主要的，核心是解决问题。故障出现后，也不排除采用预测分析法，因为所有电磁干扰并不都是可以探测的。应用计算和分析也可以进行故障定位。

附录：系统故障的现场检测例（以变频调速系统为例）

1- 故障的判断

根据故障发生的时间来进行判断。

故障是在接通变频器的时候才发生

可能造成故障的原因有：

变频器的输出走线是否规范（例如，信号电缆有没有与变频器的输出电缆并行走线等）

处理意见：

- 将电动机的电缆局部地分开；
- 在电动机和信号电缆上加屏蔽，以降低两者间的感应；
- 在电动机电缆上加接正弦波或 dv/dt 的滤波器；
- 提高敏感器件的抗扰性。

变频器电源侧的噪声超出正常范围

处理意见：

- 设法减小变频器电源这一侧的电气噪声。

故障和变频器的接通与否无明显关系

可能造成故障的原因有：

属于长期性质的故障（主要反映为低频性质的故障）

处理意见：

- 将模拟信号电缆的屏蔽层一端接地；
- 检查等电位结点和接地，如有必要时应予改进；
- 用高频电流探头和示波器来分析故障信号；
- 如果发送的故障信号不能再现时，应设法通过干扰模拟器加一个模拟的故障信号至被试系统（详见本附录的“现场故障检测”）

属于偶尔发生的故障

A.有硬件失效

a.仅仅为界面上的器件

- 检查等电位的连结点 and 接地情况；
- 检查浪涌保护器件的情况；
- 检查信号的质量，如有无信号反射，造成信号的畸变；
- 检查电源电压。

b.凭经验认为在整个系统里有硬件失效

- 用电源记录仪来记电网电压的情况；
- 检查电源的相位；
- 检查功率因数补偿。

B.无硬件失效

通过故障模拟来进行检查。为此用一个干扰模拟器，将干扰送到被试系统（或设备），然后用心观察所发生的情况；

- 当有少量干扰注入时，已经产生故障，则凭经验判断，很可能是电磁兼容问题；
- 即使加大试验电压，仍无任何反应，则很可能不是电磁兼容的问题（至少不是这一项模拟试验的电磁兼容问题）；
- 当配合进行其他干扰试验时，仍有故障发生，这仍可能是电磁兼容问题。

2- 现场故障检测

主要用模拟现场可能有的干扰情况进行电磁兼容故障的检测。

常用的方法有：

脉冲群的现场试验

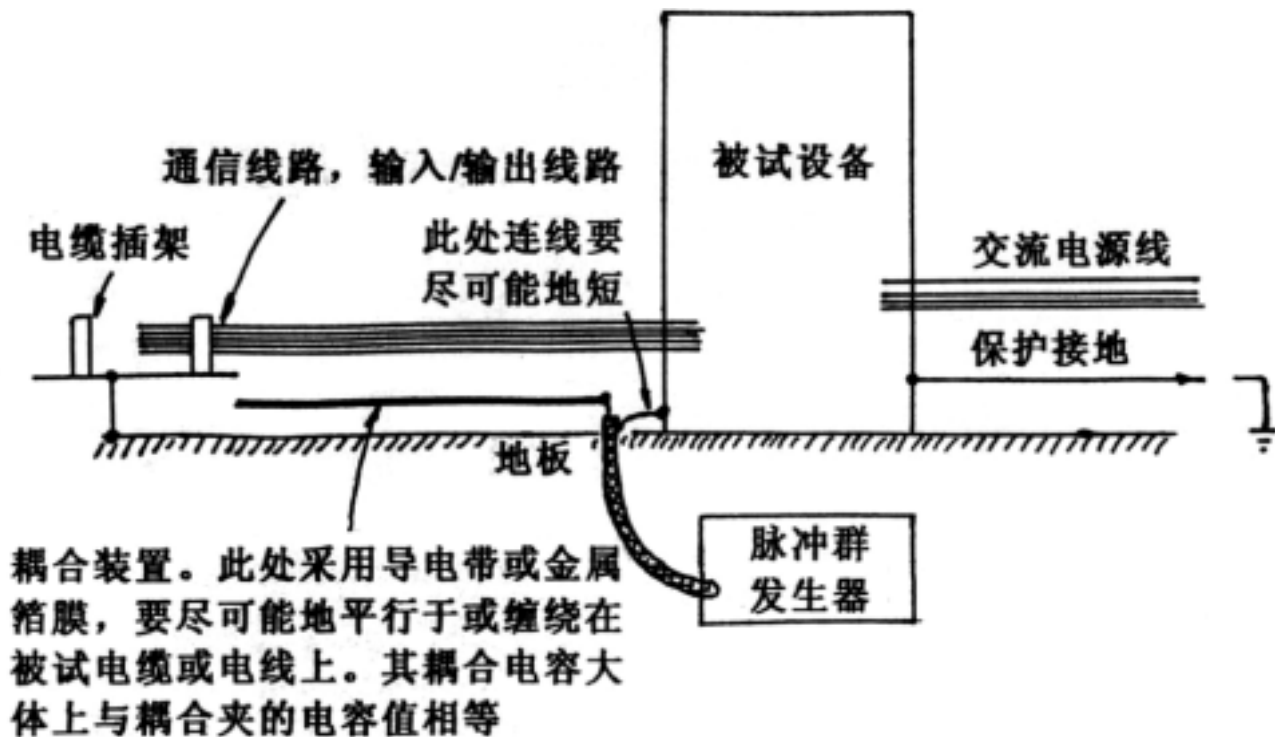
主要模拟在电网中低能量、传导性质的脉冲干扰。

试验电压：150V ~ 4.4kV；

谐波频率的范围：2.5kHz ~ 200MHz。

试验方法：

·考虑到现场安装情况的复杂性，建议脉冲群发生器输出用一根1m长的电线与被试电缆并行捆绑（耦合电容大约是100pF），向被试设备注入脉冲（见下图）。有条件时，也可用电容耦合夹向被试设备注入脉冲。



- 起始测试电压为150V。
- 在每个电压下运行30s。
- 以300V为增量，逐渐升高试验电压。
- 观察试品，在故障发生时将试验停下来。
- 改变极性和试验频率，重复以上试验。

试验评估（不一定符合标准的要求）：

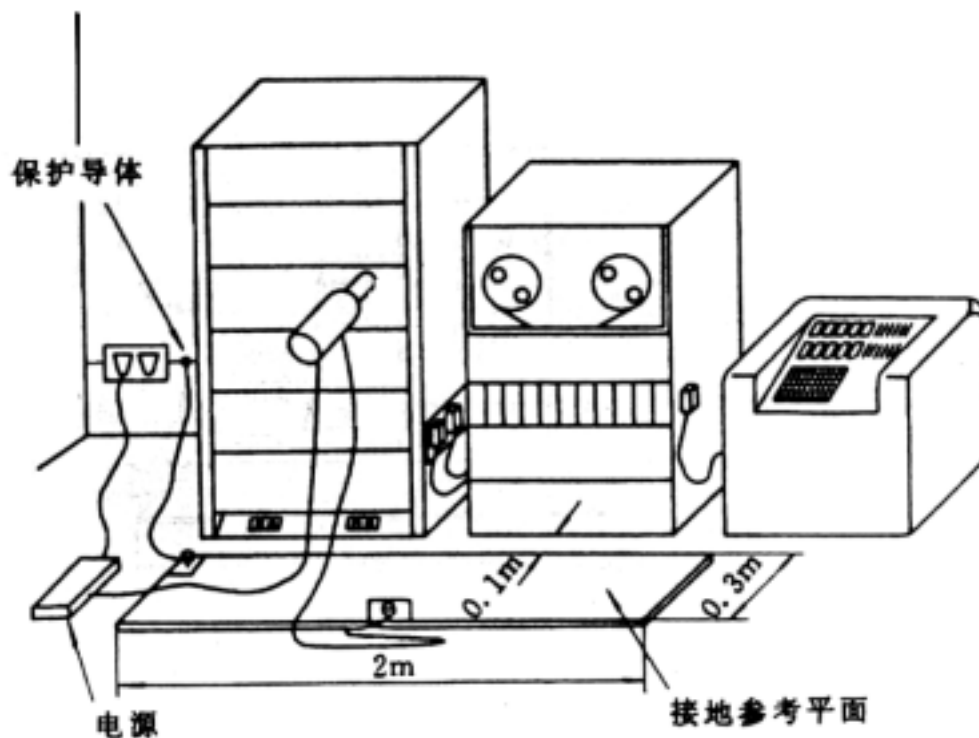
- < 1.2kV的，判为不够，应提高设备的抗干扰能力。
- > 2.5Kv的，通常认为已可以。
- > 3.8kV的，则认为很好，一般不可能是由于抗脉冲群干扰能力不够而引起设备故障。

静电放电的现场试验

主要模拟人体对设备的放电。详细配置与布局见下图所示。

试验电压： $300\text{V} \sim 16\text{kV}$ ；

谐波频率的范围： $0 \sim 800\text{MHz}$ 。



试验方法：

- 试验起始电压为**500V**。
- 放电电极要垂直于试品表面。
- 在每个测试点上要停留**5s**。
- 以**300V**为增量，逐步提高试验电压。
- 在试验中密切注意试品反应。
- 要在所有可以接触到的试品表面放电（包括按钮和开关）。
- 试验中，机柜的门应处在关闭位置。
- 一种极性试验完毕后，再改变另一种极性进行试验。

试验评估（不一定符合标准的要求）：

- < **3kV**的，肯定不够（要设法提高其抗静电干扰的能力）。
- > **8kV**的，通常认为已经可以了。
- > **14kV**的，很好，如果有电磁兼容问题，一般不是设备的抗静电干扰能力不够造成的。

用移动电话进行现场辐射抗扰度试验

用移动电话进行现场辐射抗扰度摸底试验是属于近场试验（试验距离 $< \lambda/10$ ）。由于移动电话的频率比较单一，所以这个仅仅是一个非常普通的定性试验。模拟试验的方法见下图所示。

- 在近场试验中，场强与距离的 $1/d^2$ 或 $1/d^3$ 成正比。
- 对狭缝、键盘、显示器和未屏蔽的电缆等试验时，要经过适当的衰减。
- 当场强远大于 $10V/m$ 时，可能引起试品的失效。

