

ECG 的输入阻抗及噪声

IEC 针对心电图机相关的医疗测试标准一共有三本，其中在 IEC 60601-2-25 201.5.3 cc) 的条文中要求测试信号的精确度必须达到 $\pm 1\%$ 。尽管标准中没有明确说明，但此项测试的精神显然包括噪声在内。如果某项测试要求待测 ECG 精确地在 $\pm 5\%$ 的范围内能精准再现测试信号，但如果测试信号有 $\pm 20\%$ 的噪声，则执行该测试就没有意义了。

有些工程师可能会将环境（共模）噪声视为独立的问题，这个假设是有问题的。由于 ECG 需要在充满噪声的复杂环境中工作，所以它们应具备抑制共模噪声的能力。但如果在实务上认为在正常的“噪声”环境中进行测试就可以代表现实世界的测试结果，这显然是个错误。主要原因有两个：首先，对 ECG 进行抑制噪声（包括共模噪声）的能力的测试；其次，为了客观地进行测试，应该要从低噪声环境开始，然后用已知且准确的方式添加包括噪声在内的测试信号，测试才有代表性。

因此，尽管标准中没有任何说明、注释、要求或方法来降低噪声，但这个精神其实在使用测试信号 $\pm 1\%$ 的精度要求中，显然已经充分呈现。特别是，大多数测试信号约为 1mV，这意味着 10 μ V 的噪声就会被当作是有影响的。降低噪声常用的方法包括在 ECG、电缆和测试设备下面使用接地板，并将 ECG 设备接地（PE 或 FE）和测试电路接地端同时连接到接地板上。

输入阻抗测试是迄今对噪声最敏感的测试，有时常规的测试步骤是还不足够的。对噪声高度敏感的原因是不平衡阻抗大，如果想要了解为什么如此，可以回顾有关 CMRR 测试的文章，该文章解释了 CMRR 确实是流过不平衡阻抗泄漏电流的函数，这非常有用。因此，不平衡阻抗的大小直接地影响了 ECG 上 CMRR 噪声的大小。

对于 CMRR 测试，不平衡为 51k Ω ，而对于输入阻抗测试，不平衡为 620k Ω ，大约大了 12 倍。这意味着输入阻抗测试对噪声的敏感度是 CMRR 测试的 12 倍。

我们可以做一些球拍计算(ball park calculation)来说明这一点。如果说在 CMRR 测试中，ECG 的纪录是 3 mm，在输入是 10 Vrms 共模电压时，以电压计算即是 0.3 mVpp。

在输入阻抗测试中，典型测试电压为 3.2 mVpp（40 mm 通道宽度的 80% @ 10 mm / mV），因此 1% 的误差约为 0.03 mVpp，是上述 CMRR 结果的 1/10。由于设置对噪声的敏感度高 12 倍，这意味着输入阻抗测试中的共模电压必须小于：

$$V_{cm} = 10 \text{ Vrms} / 10 / 12 = 0.083 \text{ Vrms} = 83 \text{ mVrms}$$

带有电线的浮动电路可以很容易地从环境中吸收 2~10 Vrms 的共模电压，并且靠近测试区域的人群往往会使情况更糟。因此，要将其降至 83 mVrms，可能需要一些特殊的屏蔽。



其他方法可能包括在测试装置上方（特别是对于 ECG 电线）添加屏蔽层，在测试过程中让测试人员触摸接地板，和/或使交流电源电线尽可能远离测试区域。增加屏蔽材料的厚度也有帮助：使用非常薄的铝箔有时帮助不大，但通常使用 1mm 厚的铝板即可。

尽管在 IEC 60601-2-25 和 IEC 60601-2-27 中未指定，但也可以打开 AC 滤波器来消除 50 或 60Hz 噪声。交流滤波器会降低共模噪声，在 0.67Hz 时不会受到影响，而在 30Hz 时可能会稍微降低信号。例如，由于有交流滤波器，您可能需要 3.5mVpp 才能在 ECG 上获得 32mm 的结果。由于输入阻抗测试是按比例操作的，因此只要在整个测试过程中打开滤波器，测试结果就仍然有效。

最后，值得一提的是，有些环境噪声相对低，而在某些环境下却充满难以置信的噪声。电路中 620kΩ 的输入阻抗测试会藉由最坏情况进行测试，可检查不同测试站点的噪声水平，对于选择一个低噪声的测试站点来完成所有性能测试将会有很大帮助。

(This application note is copied with permission from [MEDTEQ](#))

Contact WhaleTeq

+886 (2) 2596 0701

service@whaleteq.com