

ECG 的輸入阻抗及雜訊

IEC 針對心電圖機相關的醫療測試標準一共有三本，其中在 IEC 60601-2-25 201.5.3 cc) 的條文中要求測試信號的精確度必須達到 $\pm 1\%$ 。儘管標準中沒有明確說明，但此項測試的精神顯然包括雜訊在內。如果某項測試要求待測 ECG 準確地在 $\pm 5\%$ 的範圍內能精準再現測試信號，但如果測試信號有 $\pm 20\%$ 的雜訊，則執行該測試就沒有意義了。

有些工程師可能會將環境（共模）雜訊視為獨立的問題，這個假設是有問題的。由於 ECG 需要在充滿雜訊噪聲的複雜環境中工作，所以它們應具備抑制共模雜訊的能力。但如果在實務上認為在正常的“雜訊”環境中進行測試就可以代表現實世界的測試結果，這顯然是個錯誤。主要原因有兩個：首先，對 ECG 進行抑制雜訊（包括共模雜訊）的能力的測試；其次，為了客觀地進行測試，應該要從低雜訊環境開始，然後用已知且準確的方式添加包括雜訊在內的測試信號，測試才有代表性。

因此，儘管標準中沒有任何說明、註釋、要求或方法來降低雜訊，但這個精神其實在使用測試信號 $\pm 1\%$ 的精度要求中，顯然已經充分呈現。特別是，大多數測試信號約為 1mV，這意味著 10 μ V 的雜訊就會被當作是有影響的。降低雜訊常用的方法包括在 ECG、電纜和測試設備下面使用接地板，並將 ECG 設備接地（PE 或 FE）和測試電路接地端同時連接到接地板上。

輸入阻抗測試是迄今對雜訊最敏感的測試，有時常規的測試步驟是還不足夠的。對雜訊高度敏感的原因是不平衡阻抗大，如果想要了解為什麼如此，可以回顧有關 CMRR 測試的文章，該文章解釋了 CMRR 確實是流過不平衡阻抗洩漏電流的函數，這非常有用。因此，不平衡阻抗的大小直接地影響了 ECG 上 CMRR 雜訊的大小。

對於 CMRR 測試，不平衡為 51k Ω ，而對於輸入阻抗測試，不平衡為 620k Ω ，大約大了 12 倍。這意味著輸入阻抗測試對雜訊的敏感度是 CMRR 測試的 12 倍。

我們可以做一些球場計算(ball park calculation)來說明這一點。如果說在 CMRR 測試中，ECG 的紀錄是 3 mm，在輸入是 10 Vrms 共模電壓時，以電壓計算即是 0.3 mVpp。

在輸入阻抗測試中，典型測試電壓為 3.2 mVpp（40 mm 通道寬度的 80% @ 10 mm / mV），因此 1% 的誤差約為 0.03 mVpp，是上述 CMRR 結果的 1/10。由於設置對雜訊的敏感度高 12 倍，這意味著輸入阻抗測試中的共模電壓必須小於：

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

帶有電線的浮動電路可以很容易地從環境中吸收 2~10 Vrms 的共模電壓，並且靠近測試區域的人群往往會使情況更糟。因此，要將其降至 83 mVrms，可能需要一些特殊的屏蔽。



其他方法可能包括在測試裝置上方（特別是對於 ECG 電線）添加屏蔽層，在測試過程中讓測試人員觸摸接地板，和/或使交流電源電線盡可能遠離測試區域。增加屏蔽材料的厚度也有幫助：使用非常薄的鋁箔有時幫助不大，但通常使用 1mm 厚的鋁板即可。

儘管在 IEC 60601-2-25 和 IEC 60601-2-27 中未指定，但也可以打開 AC 濾波器來消除 50 或 60Hz 雜訊。交流濾波器會降低共模雜訊，在 0.67Hz 時不會受到影響，而在 30Hz 時可能會稍微降低信號。例如，由於有交流濾波器，您可能需要 3.5mVpp 才能在 ECG 上獲得 32mm 的結果。由於輸入阻抗測試是按比例操作的，因此只要在整個測試過程中打開濾波器，測試結果就仍然有效。

最後，值得一提的是，有些環境雜訊相對低，而在某些環境下卻充滿難易置信的雜訊。電路中 620kΩ 的輸入阻抗測試會藉由最壞情況來進行測試，可檢查不同測試站點的雜訊水平，對於選擇一個低雜訊的測試站點來完成所有性能測試將會有很大幫助。

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

Contact WhaleTeq
+886 (2) 2596 0701
service@whaleteq.com