

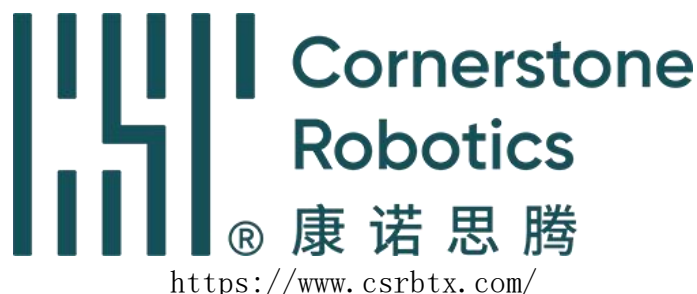


图 1 手术机器人导航系统用屏蔽罩

※医疗 EMI/EMC 屏蔽的重要性介绍——客户痛点

在密集部署电子设备的现代医院（如 ICU、手术室、影像中心），电磁环境极其复杂。医用级机器人 EMC 解决方案不仅要实现外部医疗设备高频干扰抑制，还要避免自身成为干扰源，从而确保多设备协同工作的稳定性，提升诊疗效率。

※康诺思腾手术机器人屏蔽罩协同设计



为何手术机器人需要专业屏蔽？手术机器人的导航系统通常包含光学/电磁定位传感器、高速图像处理单元、无线通信模块等，自身就是复杂的电磁辐射源和敏感体。所以手术机器人导航系统屏蔽设计需要有宽频带高效屏蔽效能：

1. 低频干扰抑制：抵抗手术室内丰富的 50/60Hz 工频干扰（来自各类电力设备）、开关电源噪声以及电机（如机器人关节、手术床）产生的磁场。

2. 高频干扰抑制：屏蔽外部射频干扰（如 Wi-Fi、对讲机、其他医疗设备），同时严格抑制内部高频噪声（如 CPU、GPU、高速总线时钟）向外泄漏，避免干扰敏感的定位传感器和外界设备。

Sentire 思腾机器人需在 4K 3D 内窥镜成像系统中保持信号纯净性，避免低高频电路辐射干扰，同时需要高强度、优异的耐腐蚀性和灭菌耐受性。李斯通过定制化屏蔽罩设计，确保设备在手术室中稳定运行，避免信号中断或误动作风险。BOSI 屏蔽罩设计策略：

1. 材料选择：安全 + 高效 + 可灭菌

采用不锈钢（SUS316L）材质，耐高温高压灭菌，适用于可重复消毒设备（如手术器械手柄、内窥镜主机）；通过 ASTM D4935 测试，屏蔽效能（SE）通常需 ≥ 60 dB（30 MHz–1 GHz）；通过 EMC 预兼容测试，满足 IEC 60601-1-2 医疗设备标准。

2. 结构设计：零泄漏 + 高可靠性

拉伸结构，避免铆接/螺丝缝隙导致泄漏；接触面平整、无氧化，平面度达 0.05MM，接缝处的缝隙必须小于最高干扰频率波长的 1/100 至 1/50，增加导电氧化层镀可焊镍提升接触导电性，也可以避免掉屑，同时进行钝化处理，进一步增强耐腐蚀和耐磨性，并满足外观要求。

3. 接地策略：低阻抗 + 单点 vs 多点

必须有低阻抗、单点或多点（根据设计）的良好接地路径，确保干扰电流能被有效导走。

4. 与 PCB 协同设计

在 316L 屏蔽罩的内侧特定区域，额外贴合一层高磁导率材料（如坡莫合金薄片），形成复合屏蔽。

5. 可制造性与维护性

通过自动检测与包装系统进行卷带包装，支持自动贴装（SMT）

BOSI 协同客户进行了屏蔽罩优化并协同仿真，并进行了 EMC 预兼容测试，最终确认了屏蔽罩的最终设计方案。



图 2 医疗屏蔽罩定制实物图

孛斯特约日本碍子(NGK)、日本原田(HARADA)、德国代傲(DIEHL)、瑞典山特维克(Sandvik)、日本同和(DOWA)、JX(日矿)等国内外材料厂商,协同客户进行产品设计;依托德国进口CNC微型打样机,实现样品微米级精度的24小时快速打样,通过精密模具和高速冲床实现批量生产与打样的一致性,利用视觉检测系统实现了对关键尺寸(如平面度、孔径、位置度)的100%在线全检,通过非标自动化包装线为精密的引脚和表面提供最佳保护;孛斯通过温度、湿度、振动、腐蚀等一系列量化的可靠性保障测试模拟产品整个生命周期,提供屏蔽效能、电气性能等测试报告;通过IATF16949和ISO13485流程管控,实现PPAP一次性100%通过,实现孛斯的敏捷交付。

※总结与展望

建议在设计早期就进行EMC预兼容测试(Pre-compliance Test),并联合孛斯工程师进行协同仿真(如ANSYS HFSS或CST),利用孛斯快速打样能力,进行性能预验证,避免后期整改导致上市延迟。