



贵州省地方计量技术规范

JJF (黔) XXX—XXXX

超声内窥镜校准规范

Calibration Specification for Ultrasound Endoscope

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

贵州省市场监督管理局 发布

超声内窥镜校准规范

Calibration Specification
for Ultrasound Endoscope

JJF (黔) XXX—2025

归口单位：贵州省市场监督管理局

主要起草单位：贵州省计量测试院

毕节市市场监督管理局检验检测中心

参加起草单位：贵阳市公共卫生救治中心

铜仁市人民医院

南京中医药大学

本规范委托贵州省计量测试院负责解释

本规范主要起草人：

赵才贤（贵州省计量测试院）

黄 宁（毕节市市场监督管理局检验检测中心）

谢小艳（贵州省计量测试院）

参加起草人：

赵 谦（贵州省计量测试院）

孙 力（贵阳市公共卫生救治中心）

吴志祥（铜仁市人民医院）

王育贤（南京中医药大学）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(3)
5.1 探测深度.....	(3)
5.2 侧向分辨力.....	(3)
5.3 轴向分辨力.....	(3)
5.4 盲区.....	(3)
5.5 切片厚度.....	(3)
5.6 横向几何位置精度.....	(3)
5.7 纵向几何位置精度.....	(4)
5.8 回撤方向的几何位置精度.....	(4)
5.9 模拟病灶影像.....	(4)
6 校准条件	(4)
6.1 环境条件.....	(4)
6.2 测量标准及其他设备.....	(4)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 校准项目.....	(4)
7.2 校准方法.....	(5)
8 校准结果表达	(8)
8.1 校准结果处理.....	(8)
8.2 校准记录与证书内页、不确定度评定.....	(9)
9 复校时间间隔	(9)
附录 A 校准原始记录格式	(10)
附录 B 校准证书内页格式	(12)
附录 C 横(纵)向几何位置精度测量不确定度评定示例	(14)
附录 D 超声仿组织体模结构与功能	(17)

引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》等基础性系列规范进行制定。

超声内窥镜校准规范

1 范围

本规范适用于声工作频率不超过 40 MHz 医用超声内窥镜及经由内窥镜管道伸入人体内的超声探头的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 639—1998 医用超声诊断仪超声源检定规程

JJF 1034—2020 声学计量术语及定义

GB 9706.218—2021 医用电气设备 第2-18部分：内窥镜设备的基本安全和基本性能专用要求

GB 10152—2009 B型超声诊断设备

YY/T 0906—2013 B型超声诊断设备性能试验方法配接腔内探头

YY/T 0937—2022 超声仿组织体模的技术要求

YY/T 1676—2020 超声内窥镜

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

下列术语和定义适用于本规范。

3.1 超声内窥镜 ultrasound endoscope

超声探头位于内窥镜前段部分，即可实现对腔道内壁的光学观察，同时具有对目标组织内部进行超声成像功能的仪器。

3.2 超声换能器 ultrasonic transducer

将其他形式的能量转换成超声信号或能量，或将超声信号或能量转换成其他形式能量的器件。

3.3 超声视野角 angle of ultrasound visual field

显示装置屏幕上显示的超声图像的扇形度。

3.4 超声仿组织材料 ultrasonically tissue-mimicking (TM) material

在特定超声频段内，其超声的传播速度（声速）、反射系数、背向散射系数和衰减特性类似于软组织材料，简称TM材料。

3.5 体模 phantom

也称模体，由超声仿组织材料和其中嵌埋的一组或多组靶结构所构成的性能检测装置。

3.6 环阵探头 annular array probe

将换能器配置为一组同心圆环的相控阵探头，允许声束沿着轴线聚焦到不同深度。

3.7 探测深度 depth of penetration

体模中能够明确成像的纵向线形靶群中最远靶线与声窗之间的距离。

3.8 侧向分辨力 lateral resolution

在体模的规定深度处，扫描平面中垂直于超声波束轴的方向上，能够显示为两个清晰回波信号的两靶线之间的最小间距。

3.9 轴向分辨力 axial resolution

在体模的规定深度处，沿超声波束轴方向能够显示为两个回波信号的两个靶线之间的最小间距。

3.10 盲区 dead zone

体模扫描表面（声窗）与最近的、能明确成像的体模靶线之间的距离。

3.11 回撤方向 pullback direction

超声换能器径向回撤时的方向。

3.12 切片厚度 slice thickness

在规定的体模深度处，垂直于扫描平面方向上显示超声信息的仿组织材料的厚度。

4 概述

超声内窥镜通过将微型超声探头安装于内窥镜顶端，以便在图上显示端目视观察体腔内病变外部形态的同时，对腔壁组织进行实时超声成像，获得目标组织各层次结构的组织学特征信息。由主机、控制面板、内径管道、超声检查探头、操作部件、图像显示装置等构成。超声检查探头按成像技术可分为单阵元探头和相控阵探头，按功能可分为凸阵探头、环阵探头和经内镜微探头等。工作频率通常在5 MHz～

20 MHz范围内。构成示意图见图1。

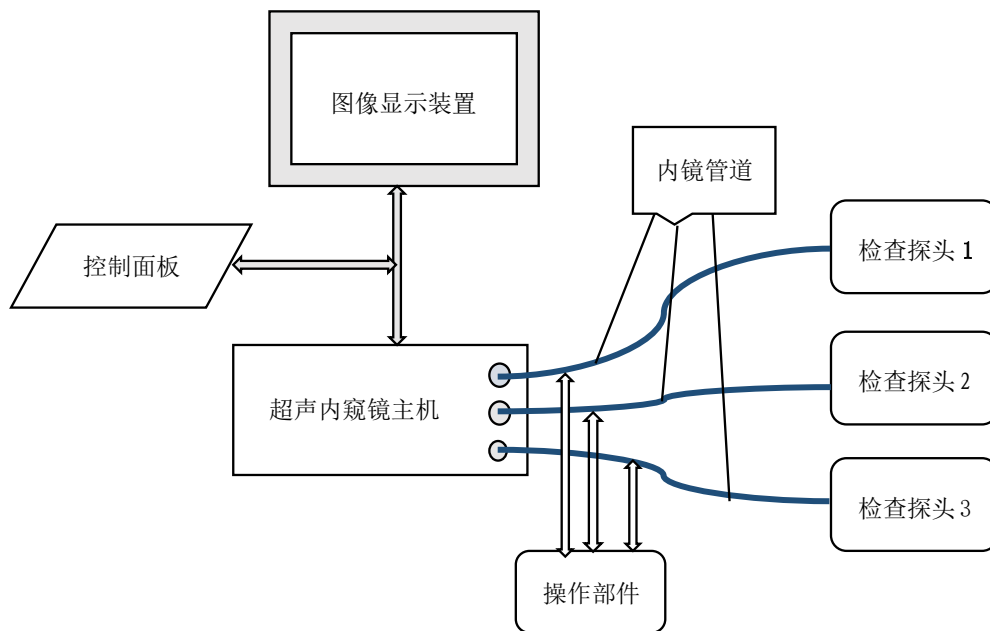


图1 超声内窥镜的构成示意图

5 计量特性

5.1 探测深度

最大探测深度应符合制造商公布的要求。

5.2 侧向分辨力

探测深度 ≤ 40 mm时,侧向分辨力应 ≤ 1 mm;探测深度 > 40 mm时,侧向分辨力应 ≤ 2 mm。

5.3 轴向分辨力

探测深度 ≤ 40 mm时,轴向分辨力应 ≤ 0.5 mm;探测深度 > 40 mm时,轴向分辨力应 ≤ 2 mm。

5.4 盲区

标称频率 < 9 MHz时,盲区应 ≤ 3.0 mm;标称频率 ≥ 9 MHz时,盲区应 ≤ 2.0 mm。

5.5 切片厚度

若适用,切片厚度应符合制造商公布的要求。

5.6 横向几何位置精度

单阵元旋转探头应 $\leq 10\%$;环阵探头和凸阵探头应 $\leq 5\%$ 。

5.7 纵向几何位置精度

单阵元旋转探头应 $\leq 10\%$ ；环阵探头和凸阵探头应 $\leq 5\%$ 。

5.8 回撤方向的几何位置精度

若适用，应符合制造商公布的要求。

5.9 模拟病灶影像

若适用，应符合制造商公布的模拟病灶影像的要求。

注：以上指标不作为合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(10\sim 40)^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度： $\leq 85\%$ 。

6.1.3 供电电源：电压： $(220\pm 22)\text{V}$ ；频率： $(50\pm 1)\text{Hz}$ 。

6.1.4 其它：周围无明显影响校准设备正常工作的机械振动、电磁辐射干扰等。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准为超声仿组织体模（以下简称体模），应根据不同超声探头类别，配备合适的体模。

超声仿组织体模技术要求见表 1。超声仿组织体模结构与功能见附录 D。

表 1 超声仿组织体模技术要求

参数名称	技术要求		
	高频体模	腔内体模	切片体模
尼龙靶线直径	$(0.1\pm 0.02)\text{mm}$	$(0.3\pm 0.05)\text{mm}$	$(0.3\pm 0.05)\text{mm}$
尼龙靶线位置公差	$\pm 0.1\text{mm}$	$\pm 0.1\text{mm}$	$\pm 0.1\text{mm}$
中心孔径	/	$\Phi 12.5\text{mm}$ 、 $\Phi 3\text{mm}$ 、 $\Phi 4\text{mm}$ 等	/
散射靶片层厚度	/	/	$\leq 0.4\text{mm}$
TM 材料声速	$(1540\pm 10)\text{m/s}[(23\pm 3)^\circ\text{C}]$		
TM 材料声衰减系数斜率	$(0.70\pm 0.05)\text{dB}/(\text{cm}\cdot\text{MHz})[(23\pm 3)^\circ\text{C}]$		

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目一览表见表 2。

表 2 校准项目一览表

序号	校准项目
1	探测深度
2	侧向分辨力
3	轴向分辨力
4	盲区
5	横向几何位置精度
6	纵向几何位置精度
7	回撤方向几何位置精度
8	模拟病灶影像
9	切片厚度

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

外观及功能正常性检查，应满足以下要求：

a) 超声内窥镜的产品名称、型号、出厂编号（序列号）、制造厂商等标识应清晰可见。

b) 超声内窥镜的功能按键和操作控件应标识清晰，功能正常。

c) 超声内窥镜主机、超声测量探头、配件、显示装置应结构完整，无影响正常工作和妨碍读数、测量的缺陷以及机械性损伤。

7.2.2 校准连接

开启被校超声内窥镜，将探头（超声换能器）对准体模特定深度处的靶群区域，探头与体模的连接示意图见图 2。对于凸阵（线阵）探头，用高频体模进行测量；对于环阵探头，用腔内体模进行测量。探头与体模之间添加超声耦合剂或去离子水，保证探头超声波的良好透射性。

设置合适的工作条件，通过调节控制面板上的深度、增益、聚焦和视野角等功能键，保持靶线图像清晰可见，冻结图像进行测量。

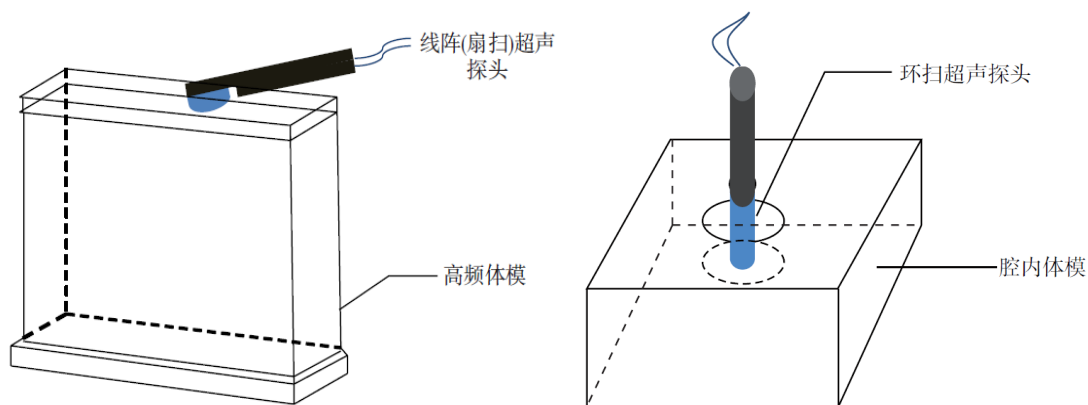


图2 探头与体模的连接示意图

7.2.3 探测深度

将探头对准体模特定深度处的纵向深度靶群区，保持靶线图像清晰可见，微动探头，观察能分辨出的最远靶线图像，该靶线与声窗的距离为探测深度。

7.2.4 侧向分辨力

将探头对准体模特定深度处的侧向分辨力靶群区，保持靶线图像清晰可见。微动探头，观察可分开显示为两个回波信号的两靶线之间的最小距离，即为该深度处的侧向分辨力。对被校超声内窥镜能够显示的所有靶群，逐一进行测量。

7.2.5 轴向分辨力

将探头对准体模特定深度处的轴向分辨力靶群区，保持靶群图像保持清晰可见。微动探头，观察可分开显示为两个回波信号的两靶线之间的最小距离，即为该深度处的轴向分辨力。对被校超声内窥镜能够显示的所有靶群，逐一进行测量。

7.2.6 探测盲区

将被校超声内窥镜的探头对准体模盲区靶群，使靶线图像保持清晰可见。调整探头位置，找出距探头最近且其图像能被分辨的靶线，此靶线与声窗之间的距离即为该探头的探测盲区。

7.2.7 横向几何位置精度

a) 将被校超声内窥镜探头对准体模横向线形靶群区，保持靶群图像清晰可见。冻结图像，利用被校超声内窥镜的测距功能，从视野可见的第一根靶线开始直至最后一根靶线，进行逐段测量。

b) 若探头的横向视野大于 40 mm，按照横向每 20 mm 测量一次距离；若横向视野不大于 40 mm，按照横向每 10 mm 测量一次距离。

c) 按式 (1) 计算各测量点的几何位置精度, 取最大值作为测量结果。

$$G = \frac{|M - T|}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

G ——几何位置精度, %;

M ——超声内窥镜测距功能的测量值, mm;

T ——被测靶线之间的实际距离, mm。

7.2.8 纵向几何位置精度

将被校超声内窥镜探头对准纵向线形靶群区, 冻结图像, 从视野可见的第一根靶线直至最后一根靶线逐段进行测量。若纵向视野大于 40 mm, 按照纵向每 20 mm 测量一次距离; 若纵向视野不大于 40 mm, 按照纵向每 10 mm 测量一次距离。按式 (1) 计算各测量点的几何位置精度, 取最大值作为测量结果。

7.2.9 回撤方向的几何位置精度

将被校超声内窥镜探头对体模的回撤方向几何位置精度靶群, 设置合适的工作条件, 缓慢移动探头回撤, 保持靶群图像清晰可见。冻结图像, 利用超声内窥镜的测距功能, 测量回撤区域的中间位置处两个距离已知靶线间距。按式 (1) 计算回撤方向的几何位置精度。

7.2.10 模拟病灶影像

将被校超声内窥镜探头对准模拟病灶靶群, 微动探头使各模拟病灶图像全部清晰可见, 记录能分辨的最小模拟病灶的直径作为模拟病灶影像。

7.2.11 切片厚度

a) 将被校超声内窥镜探头对准散射靶薄层, 扫描平面垂直于体模声窗, 保持扫描平面与体模声窗的交线平行于散射靶薄层, 切片厚度的测量示意图见图 3。

b) 设置合适的工作条件, 调整扫描平面与散射靶薄层的交线使之定位于特定深度。冻结图像, 利用超声内窥镜的测距功能测量散射靶薄层成像的宽度。

c) 按式 (2) 计算该深度的切片厚度。

$$t = x / \tan \alpha \quad (2)$$

式中:

t ——切片厚度, mm;

x ——散射靶薄层成像宽度, mm;

α ——散射层与声窗的夹角，°。

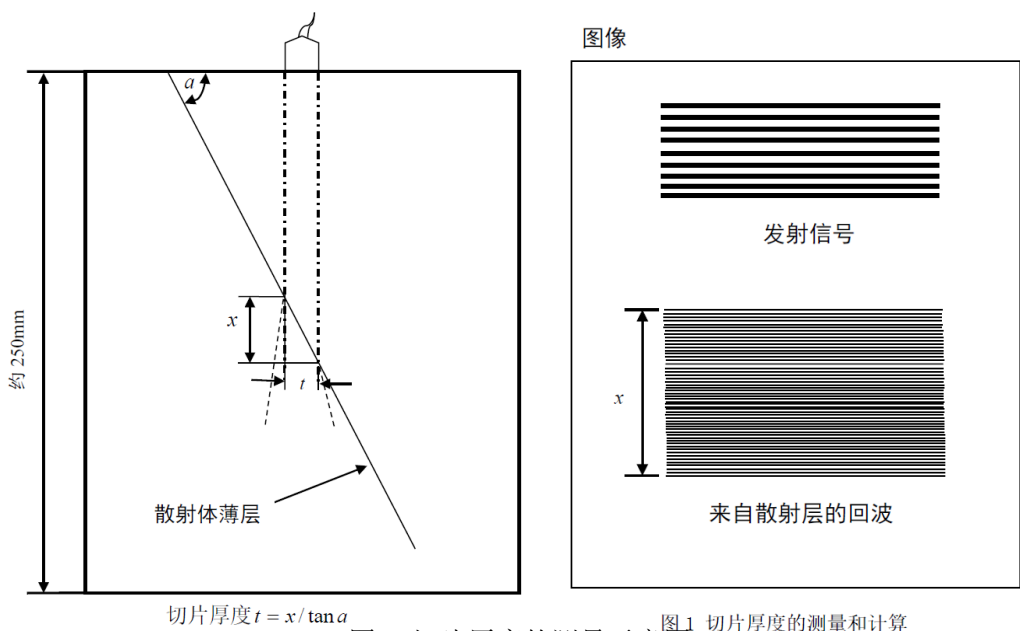


图 3 切片厚度的测量示意图

图 1 切片厚度的测量和计算

d) 应在最大探测深度的约 $\frac{1}{3}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{2}{3}$ 处分别进行测量，取最大值作为该探头的切片厚度。

8 校准结果表达

8.1 校准结果处理

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如证书编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性或应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校样品有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

8.2 校准记录与证书内页、不确定度评定

校准原始记录格式见附录 A, 校准证书内页格式见附录 B, 横(纵)向几何位置精度测量不确定度评定示例见附录 C。

9 复校时间间隔

复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的, 委托单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔不超过 12 个月。

附录 A

校准原始记录格式

证书编号: XXXX-XXXX

委托单位			委托单位地址		
仪器名称			规格型号		
出厂编号			制造厂商		
环境条件	温度: °C, 湿度: %RH		校准地点		
校准依据					
计量标准器名称	测量范围	不确定度或准确度等级 或最大允许误差	溯源机构及溯 源证书号	有效期至	

超声探头类型: ☐ 凸阵 ☐ 环形 ☐ _____

规格型号: _____ 标称工作频率: _____ MHz

1. 外观及功能正常性检查

☐ 符合要求 ☐ 不符合要求 (不符合性说明: _____)

2. 探测深度: _____ mm。

3. 侧、轴向分辨力 (mm)

深度	10	30	50
侧向分辨力			
轴向分辨力			

4. 盲区: _____ mm (标称频率 < 9 MHz); _____ mm (标称频率 ≥ 9 MHz)

5. 横向几何位置精度

实际距离 / mm			
测量值 / mm			
几何位置精度 / %			
最大值 / %			

6. 纵向几何位置精度

实际距离 / mm			
测量值 / mm			
几何位置精度 / %			
最大值 / %			

7. 回撤方向的几何位置精度

标称值_____mm；测量值：_____mm；几何位置精度：_____%。

8. 模拟病灶

清晰可见直径_____mm 的模拟病灶影像。

9. 切片厚度

夹角 α			
探测深度 / mm	$\frac{1}{3}d$	$\frac{1}{2}d$	$\frac{2}{3}d$
测量宽度 x / mm			
计算值 t / mm			
最大值 / mm			

测量不确定度：

校准员：

核验员：

校准日期： 年 月 日

附录 B

校准证书内页格式

证书编号：XXXX-XXXX

校准机构授权说明				
校准所依据/参考的技术文件（代号、名称）				
校准地点及环境条件：				
温度		相对湿度		
地点		其他		
测量标准及其他设备				
名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	溯源机构及溯源证书号	有效期至

第×页 共×页

证书编号：XXXX-XXXX

校准结果

探头类型：规格型号：标称工作频率：

校准项目	校准结果			
外观及功能性检查				
探测深度（mm）				
分辨力（mm）	深度	10	30	50
	侧向			
	轴向			
盲区（mm）				
横向几何位置精度（%）				
纵向几何位置精度（%）				
回撤方向的几何位置精度（%）				
模拟病灶分辨力（mm）				
切片厚度（mm）				

测量不确定度：

第×页 共×页

附录 C

横（纵）向几何位置精度测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量依据

JJF (黔) XX—XXXX 超声内窥镜校准规范。

C.1.2 测量环境

环境温度：(10~40)℃。

相对湿度：≤85%。

供电电源：电压：(220±22)V；频率：(50±1)Hz。

其它：周围无明显影响校准设备正常工作的机械振动、电磁辐射干扰等。

C.1.3 测量设备

测量设备为超声仿组织体模，技术要求为：

TM 材料声速：(1540±10) m/s[(23±3)℃]

尼龙靶线位置公差：±0.1 mm

C.1.4 测量对象

超声内窥镜。

C.1.5 测量方法

将被校超声内窥镜的探头对准超声仿组织体模横（纵）向线形靶群，使靶群图像保持清晰可见。冻结图像，利用被校设备的测距功能，从视野可见的第一根靶线开始直至最后一根靶线，按照横（纵）向每 20 mm 测量一次距离。按式 (C.1) 计算横（纵）向几何位置精度，取最大者作为测量结果。

C.2 测量不确定度评定

C.2.1 测量模型

测量模型按公式 C.1 建立。

$$G = \frac{|M - T|}{T} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中：

G ——横（纵）向几何位置精度，%；

M ——超声内窥镜测距功能的测量值, mm;

T ——被测靶线之间的实际距离, mm。

各影响量的灵敏系数(绝对值)计算公式见 C.2 和 C.3。

$$|c(M)| = \left| \frac{\partial G}{\partial M} \right| = \frac{1}{T} \quad (\text{C.2})$$

$$|c(T)| = \left| \frac{\partial G}{\partial T} \right| = \frac{M}{T^2} \quad (\text{C.3})$$

各输入量的标准不确定度见公式 C.4 和 C.5。

$$u_1 = |c(M)| u(M) \quad (\text{C.4})$$

$$u_2 = |c(T)| u(T) \quad (\text{C.5})$$

u_1 、 u_2 相互独立且互不相关, 由此可得合成标准不确定度

$$u_c(G) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (\text{C.6})$$

C.2.2 标准不确定度来源分析

横(纵)向几何位置精度测量过程中, 标准不确定度主要来源以下方面:

- a) 超声仿组织体模(简称体模)靶线位置误差引入的标准不确定度 $u(T)$;
- b) 测量重复性引入的标准不确定度 $u(M_1)$;
- c) 由于操作者主观性测量导致位置定位不准确引入标准不确定度 $u(M_2)$ 。

C.2.3 各输入量标准不确定度分析与评定

C.2.3.1 体模靶线位置误差引入的标准不确定度

体模靶线位置公差为 ± 0.1 mm, 估计为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则体模靶线位置误差引入的标准不确定度为:

$$u(T) = \frac{|MPE|}{\sqrt{3}} = \frac{0.1 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{ mm}$$

C.2.3.2 测量重复性引入的标准不确定度

将探头对横(纵)向线形靶群区域, 在规定的设置条件下, 保持靶群图像清晰可见, 利用超声内窥镜的测距功能, 在特定深处按照横(纵)向每 20 mm 一次测量已知靶线间距离。测量数据见表 C.1。

表 C.1 测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/mm	20.2	20.0	19.9	19.6	19.8	20.1	19.8	20.2	20.2	19.7

由表 C.1 计算测量平均值： $\bar{M} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 19.95 \text{ mm}$ 。

$$\text{测量重复性 } s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \approx 0.22 \text{ mm}。$$

由于测量过程中以单次测量的值计算，则测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u(M_1) = s(x) = 0.22 \text{ mm}$$

C.2.3.3 主观性判断导致测量位置定位不准确引入的标准不确定度

根据实际测量经验，操作者主观性判断导致测量位置定位不精确引起的位置偏差最大变化估计为 $\pm 0.1 \text{ mm}$ ，估计为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则主观性判断测量位置偏差引入的标准不确定度为：

$$u(M_2) = \frac{0.1 \text{ mm}}{\sqrt{3}} \approx 0.058 \text{ mm}$$

由于 $u(M_1)$ 和 $u(M_2)$ 相互独立且互不相关，则：

$$u(M) = \sqrt{u^2(M_1) + u^2(M_2)} \approx 0.23 \text{ mm}。$$

C.2.4 合成标准不确定度

标准不确定度汇总见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度汇总表

不确定度影响量	不确定度来源	标准不确定度符号	标准不确定度
测量标准相关	超声仿组织体模靶线位置误差	$u(T)$	0.058 mm
测量者相关	测量重复性	$u(M_1)$	0.22 mm
	主观性判断导致测量位置定位不准确	$u(M_2)$	0.058 mm

由于标准不确定度 $u(T)$ 、 $u(M)$ 相互独立，互不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c(G) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{[c(M)|u(M)]^2 + [c(T)|u(T)]^2} \approx 0.012 = 1.2\%$$

C.2.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则横（纵）向几何位置精度测量的扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = k \times u_c(G) = 2 \times 1.2\% = 2.4\%。$$

附录 D

超声仿组织体模结构与功能

D.1 高频体模

高频超声仿组织体模适用于凸阵或线阵探头，高频体模结构图见图 D.1。

$A_1 \sim A_4$ 为轴向分辨力， $B_1 \sim B_4$ 为横向分辨力，C 为盲区靶群，D 为纵向靶群，E 为横向靶群， $F_1 \sim F_3$ 为仿囊病灶（直径 2.0 mm、4.0 mm、6.0 mm）。

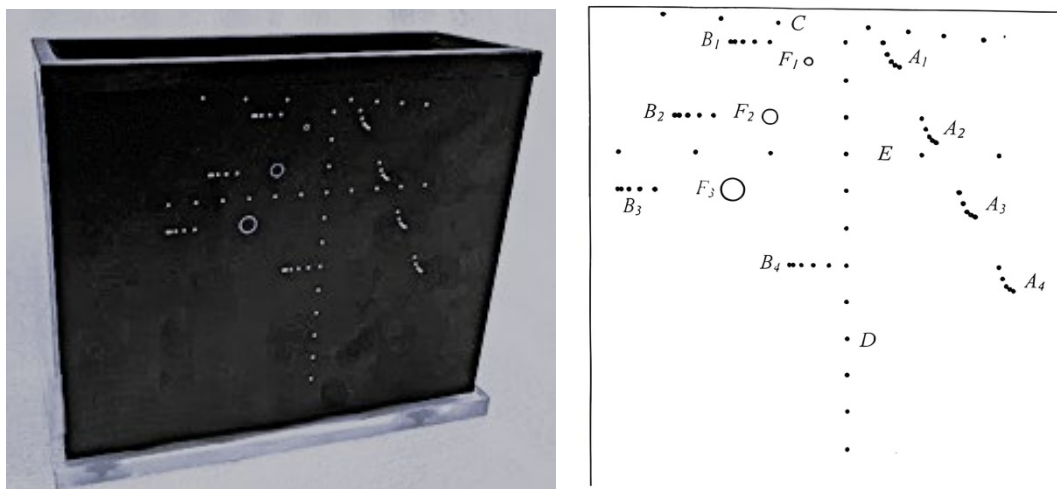


图 D.1 高频体模结构图

D.2 腔内体模

D.2.1 规格

腔内体模适用于环形扫描超声探头，常用的腔内体模有 $\phi 12.5$ mm、 $\phi 4$ mm、 $\phi 3$ mm 等。可根据探头大小可以选择合适的体模。

D.2.2 $\phi 12.5$ mm 腔内模体

$\phi 12.5$ mm 腔内模体结构图见图 D.2，各靶线（群）区域功能如下：

- a) A 为盲区靶群，深度分别为（2、3、4、5、6、7、8、9）mm。
- b) $B_1 \sim B_3$ 为轴（侧）向分辨力靶群，分别位于距中心扫查孔下边缘 10 mm、30 mm、50 mm 处，两相邻靶线中心侧向直线距离依次为（4、3、2、1）mm，其轴向分支中两相邻靶线中心距扫查孔中心半径差值分别为（3、2、1、0.5）mm，水平距离均为 1 mm。

- c) $E_1 \sim E_3$ 为侧向分辨力靶群，距中心扫查孔下边缘（10、30、50）mm，两相

邻靶线中心侧向距离为 0.5 mm。

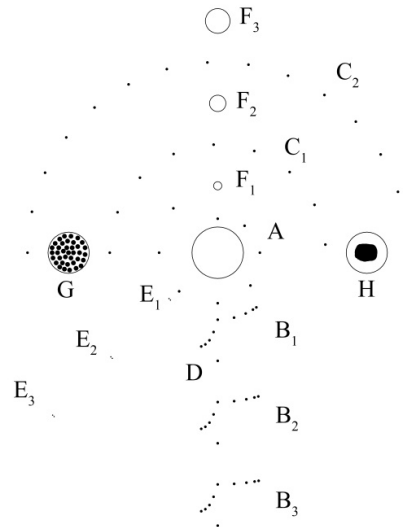


图 D.2 $\phi 12.5$ mm 腔内模体结构图

d) $C_1 \sim C_2$ 为侧向靶群，分别位于距中心扫查孔上半部边缘（20、40）mm 处，每群中靶线中心侧向距离（两靶线之间的直线距离）为 10 mm。

e) D 为纵向靶群，分别位于距中心扫查孔正下方边缘（10、20、30、40、50、60）mm 处，相邻两线中心距离均为 10 mm。

f) $F_1 \sim F_3$ 为仿囊结构，直径分别为（2、4、6）mm。柱轴均与靶线平行，轴心分别位于距离中心扫查孔正上方边缘（10、30、50）mm 处。

g) G 为仿肿瘤，距离中心扫查孔边缘（25~35）mm 之间，直径 10mm，柱轴与靶线平行。

h) H 为仿囊与结石。仿囊呈圆柱形，距离中心扫查孔边缘（25~35）mm 之间，直径 10 mm，柱轴与靶线平行；仿结石为不规则形，位于仿囊中部，最大尺寸约（4~6）mm。

D.2.3 $\phi 4$ mm 腔内体模

$\phi 4$ mm 腔内模体结构图见图 D.3。探查孔 O_1 、 O_2 为通孔通道，位于体模上面板，距离声窗 60 mm 及 120 mm 处，探查孔 O_3 为贯穿左右面板的通道，腔内探头可以从左右侧面板插入进行扫查，可以进行回撤方向分辨力及回撤方向几何位置精度测量。

a) A 为盲区靶群，深度分别为（1、2、3、4、5、6、7、8）mm。

b) $B_1 \sim B_4$ 为轴侧向分辨力靶群，其侧向分支分别分布在距中心探查孔 O_1 边缘

(5、10、20、30) mm 的圆弧上，两相邻靶线中心侧向间距（两靶线之间的间距弦长）依次为（3、2、1、0.5）mm；其轴向分支中两相邻靶线均在以探查孔 O_1 中心为圆心的半径上，相邻靶线中心距探查孔中心半径差值分别为（0.5，1，2，3）mm。

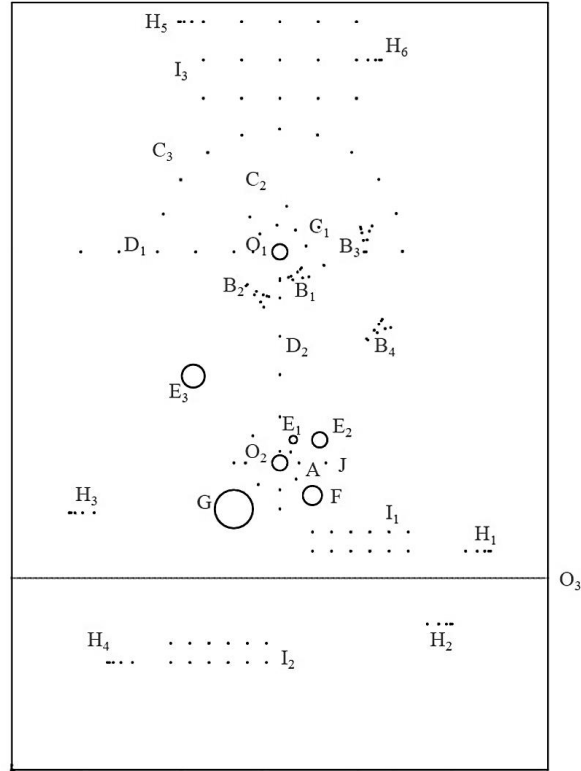


图 D.3 $\phi 4$ mm 腔内模体结构图

c) $C_1 \sim C_3$ 为侧向靶群，分别位于距中心探查孔 O_1 上半部边缘 5 mm、10 mm、30 mm 处。其中 C_2 、 C_3 靶群中靶线中心侧向距离（两靶线之间的直线距离）为 10 mm。 C_1 靶群中靶线中心侧向距离（两靶线之间的直线距离）为 5 mm。靶线分布于围绕探查孔中心半径为 7 mm、12 mm、32 mm 的圆弧上。

d) D_1 、 D_2 为纵向靶群，横向靶群 D_1 位于距中心探查孔 O_1 左侧边缘（5、10、20、30、40、50）mm 处；纵向靶群 D_2 位于距中心探查孔 O_1 正下方边缘（5、10、20、30）mm 处。

e) J 为图像几何畸变靶群，分别位于距中心探查孔 O_2 边缘 10 mm 处上下左右成正方形的四个顶点上。

f) $H_1 \sim H_4$ 为探查孔回撤方向分辨力靶群，位于距中心探查孔 O_3 边缘（5、10、15、20）mm 处，每组靶群的分辨力自探查孔从内向外分别为（3、2、1、0.5）mm。

g) H_5 、 H_6 为声窗回撤方向分辨力靶群，分别布置在声窗下 5 mm 及 10 mm 深度处。 H_5 靶群的分辨力自声窗从右向左分别为（3、2、1、0.5）mm； H_6 靶群的分辨力

辨力自声窗从左向右分别为(3, 2, 1, 0.5) mm。该组靶群也可作为线阵超声探头的侧向分辨力靶群使用。

h) I_1 、 I_2 为探查孔回撤方向几何位置精度靶群。 I_1 靶群位于距中心探查孔 O_3 通道边缘(5、10) mm 处, I_2 靶群位于距中心探查孔 O_3 通道边缘(15、20) mm 处。每组靶群的靶线间距为 5 mm。

i) I_3 为声窗回撤方向几何位置精度靶群, 在声窗下 5 mm、15 mm、25 mm 深度处, 靶线间距为 5mm。

j) $E_1 \sim E_3$ 为仿囊病灶, 直径分别为(2、4、6) mm, 柱轴均与靶线平行, 轴心分别位于距离中心扫查孔正上方边缘(5、10、30) mm 处。

k) F 为仿肿瘤拟病灶, 轴心距离中心扫查孔边缘 10 mm 处, 直径 5mm, 柱轴与靶线平行。

l) G 为仿囊与结石模拟病灶。仿囊呈圆柱形, 距离中心扫查孔边缘(5~15) mm 之间, 直径 10 mm, 柱轴与靶线平行; 仿结石为不规则形, 位于囊之中腰, 最大尺寸约(4~6) mm。

D.3 切片厚度体模

切片厚度体模见图 D.4。散射靶片层与声窗间夹角为 70° , 靶线数为 19, 相邻靶线间距为 10 mm。



图 D.4 切片厚度体模

