



中华人民共和国医药行业标准

YY/T 1766.1—2021

X 射线计算机体层摄影设备图像 质量评价方法

第 1 部分：调制传递函数评价

Image quality evaluation methods for computed tomography system—
Part 1: Modulation transfer function evaluation

2021-03-09 发布

2022-04-01 实施



国家药品监督管理局 发布

前 言

YY/T 1766《X 射线计算机体层摄影设备图像质量评价方法》分为两部分：

——第 1 部分：调制传递函数评价；

——第 2 部分：低对比度分辨率评价。

本部分为 YY/T 1766 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由国家药品监督管理局提出。

本部分由全国医用电器标准化技术委员会医用 X 射线设备及用具分技术委员会(SAC/TC 10/SC 1)归口。

本部分起草单位：辽宁省医疗器械检验检测院、上海联影医疗科技有限公司、飞利浦医疗(苏州)有限公司沈阳分公司、上海西门子医疗器械有限公司、航卫通用电气医疗系统有限公司、明峰医疗系统股份有限公司、东软医疗系统股份有限公司、佳能医疗系统研究开发(大连)有限公司、深圳安科高技术股份有限公司。

本部分主要起草人：王建军、孙智勇、周培、梁健、李翔、田毅、张国庆、魏东、王斌、梁铁城、周洪亮、徐丹、柳晶波、张龙达。

引 言

空间分辨率,又称高对比度分辨率是 CT 扫描装置图像性能的重要指标。

历史上该指标的测试主要通过目测高对比度线对或小孔的主观测试方法。主观的评估方法受限于人眼的观察能力,无法准确描述 CT 性能。因此,MTF—频率域曲线客观评估方案被各大厂商用来进行 CT 评估。

现有标准(如 YY/T 0310)空间分辨率测试项的测试方法描述为:用 MTF 方法对空间分辨率进行检测,但目前缺少对 MTF 测试方法的详尽准确的描述。使得业内不同厂商在评价空间分辨率测试项时做法是存在差异,各厂商获得的空间分辨率的测试结果可比性较差。

基于上述现状,本部分给出了针对 CT 扫描装置的空间分辨率,采用调制传递函数的测试手段和评价标准为目的提出的。

该方法标准的实施必将使得 CT 行业内空间分辨率的评价统一和标准化。

X 射线计算机体层摄影设备图像 质量评价方法

第 1 部分：调制传递函数评价

1 范围

YY/T 1766 的本部分适用于全身及专用 X 射线计算机体层摄影设备(以下简称 CT 扫描装置)。本部分规定了 X 射线 CT 扫描装置的空间分辨率的调制传递函数(MTF)评价方法。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 10149—1988 医用 X 射线设备术语和符号

3 术语和定义

GB/T 10149—1988 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空间分辨率 spatial resolution

当物体和背景衰减值的差远大于噪声时,计算机体层摄影设备在显示图像中能分辨出不同物体的能力。

注 1: 通常物体和背景之间的衰减系数的差别造成相应 CT 值有数百 HU 单位的差别被视为足够大。

注 2: 高对比度分辨率是空间分辨率的另一种称谓。

[GB/T 19042.5—2006,定义 3.17]

3.2

点扩散函数 point spread function; PSF

在特定平面或轴线方向上,成像系统对足够小的目标所成图像上的目标像素值分布。

3.3

调制传递函数 modulation transfer function; MTF

系统的点扩散函数进行傅里叶变换后的模量。

3.4

感兴趣区域 region of interest; ROI

某一时刻在图像上划出的特别感兴趣的图像的局部部分。

[GB/T 19042.5—2006,定义 3.15]

3.5

CT 运行条件 CT conditions of operation

所有主导 CT 扫描装置运行的可选参数。

注 1: 包括例如标称体层切片厚度,螺距系数,滤过,峰值 X 射线管电压,以及 X 射线管电流和加载时间,或电流时间积。

注 2：某些 CT 运行条件在曝光过程中可能会有所变化。
注 3：CT 运行条件包括由系统根据用户选择的参数生成的参数。
[IEC 60601-2-44:2009+AMD1:2012+AMD2:2016,201.3.202]

4 CT 扫描装置空间分辨率的调制传递函数(MTF)定量评价

4.1 试验概述

4.1.1 试验器件

试验应使用具有以下结构和功能的模体,对于给定目标物,进行空间分辨率 MTF 评价:
模体包含试验器件的最小区域 ROI 应为均质材料构成,其均质材料的 CT 值应与试验器件有足够高的对比度。
用以评价 XY 平面的空间分辨率的模体(见图 1)采用的试验器件是金属丝。其中,金属丝的材质密度不低于铝(2.7 g/cm^3),金属丝直径 D 不大于 0.3 mm 。

注 1：参考符合美国医学物理学家协会(AAPM)标准的 CT 体模(AAPM 第 1 号技术报告《用于 CT 扫描仪性能评价和质量保证的模体》)。
注 2：Catphan 700 型模体中的 CTP682 模块中的金属丝是一个合适用于评价 XY 平面 MTF 的试验器件,参考[7]。



图 1 评价 XY 平面 MTF 模体示意图

用以评价 Z 轴的空间分辨率的模体(见图 2)采用的试验器件是金属薄片。推荐使用合适尺寸的金
属薄片。其中,薄片的材质密度不低于铝(2.7 g/cm^3),薄片的厚度 T 不大于 0.1 mm 。
注 3：QRM-SSP 模体中的金属薄片是一个合适用于评价 Z 平面 MTF 的试验器件,参考[8]。

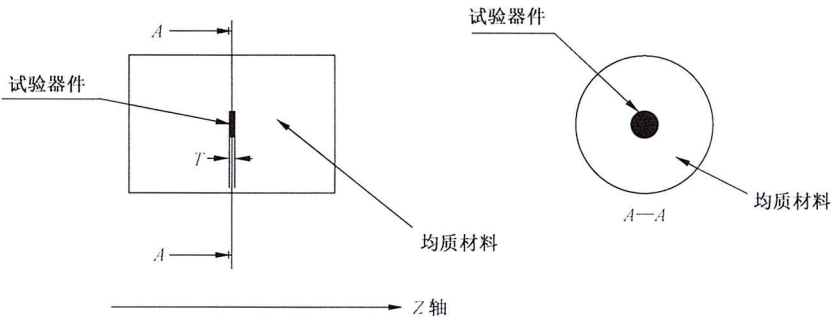


图 2 评价 Z 轴 MTF 模体示意图

4.1.2 试验条件

4.1.2.1 几何位置

试验器件的轴线应平行于扫描等中心轴线。

在进行 XY 平面的空间分辨率评价试验时,试验器件应当置于扫描中心 $30\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$ 处。

在进行 Z 轴的空间分辨率评价试验时,试验器件应当尽可能置于扫描中心。

4.1.2.2 运行条件

应在下述条件下进行试验:

厂商在随机文件中披露空间分辨率测试指标对应的 CT 运行条件(含扫描参数和重建参数)。

使用随机文件所描述的 CT 运行条件进行扫描。

4.1.3 试验原理

CT 扫描装置的空间分辨率反映了 CT 扫描装置分辨空间上紧密靠近的高对比物体的能力。空间分辨率通常分别在 XY 平面和 Z 轴上测量。系统的空间分辨率通常用调制传递函数(MTF)来表征,MTF 反映了系统的幅频响应特性,其不同频率处的数值代表了对应频率下的输出信号和输入信号幅度之比。

一个系统的 MTF 可通过计算其点扩散函数(PSF)的傅里叶变换的幅值得到。点扩散函数可视为系统的冲激响应,通过引入一个空间上的冲激信号作为输入,测量系统输出的频率成分得到。对于 CT 扫描装置,输入的冲激信号可由一个在待测空间上尺寸足够小、密度与背景差别足够大的物体来提供。

4.2 试验方法

4.2.1 试验步骤

4.2.1.1 XY 平面 MTF

试验时,模体的摆位参照 4.1.2.1 几何位置的要求。

使用如 4.1.2.2 所述的 CT 运行条件对包含试验器件的模体部分进行扫描并重建图像。

4.2.1.2 Z 轴 MTF

试验时,模体的摆位参照 4.1.2.1 几何位置的要求。

使用如 4.1.2.2 所述的 CT 运行条件对包含试验器件的模体部分进行扫描并重建图像。

注:推荐使用螺旋扫描模式。

4.2.2 MTF 的计算方法

4.2.2.1 XY 平面 MTF 的计算方法

CT 扫描装置 MTF 可以通过计算其 PSF 的傅里叶变换的幅值得到。按照 4.2.1.1 的方法,可以得到一系列包含试验器件的重建图像,基于重建的 DICOM 图像进行分析:

- 在图像中,以试验器件中心为中心,提取 ROI 得到二维的 PSF;
- 将二维 PSF 进行修正(去除背景引起的波动干扰),得到修正后的 PSF;
- 将修正后的 PSF 进行二维傅里叶变换,获取幅值得到二维 MTF;
- 将二维 MTF 以其频率的零点为原点,进行 360° 的极坐标变换,沿角度方向取平均得到平均的 MTF;

- e) 将一维 MTF 按直流幅度进行归一化,得到归一化的 MTF 曲线(示例见图 3);
- f) 通过归一化的 MTF 曲线可得到若干幅度对应的频率值。常用的 MTF 10%和 MTF 50%分别代表归一化 MTF 曲线上幅值为 0.1 和 0.5 处对应的频率值。

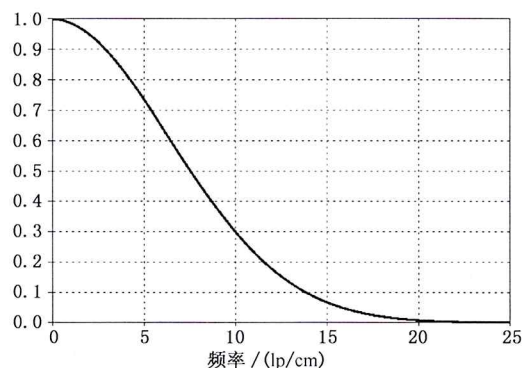


图 3 归一化的 MTF 曲线

注 1: 在提取的 ROI 区域内,应只包含金属丝及均匀背景,无其他物体。

注 2: MTF 0%通常是通过拟合的方法得到,随拟合方法不同结果波动较大,并且对于临床没有直接的意义,因此本部分不推荐采用 MTF 0%来进行空间分辨率的评价。

4.2.2.2 Z 轴 MTF 的计算方法

按照 4.2.1.2 的方法,可以得到一系列包含试验器件的重建图像。

- 在图像序列中,以试验器件中心为中心,在试验器件范围内提取 ROI,获取序列中每张图像同坐标区域 ROI 的像素均值,组合在一起可以得到 Z 方向的一维 PSF;
- 将一维 PSF 减去背景得到修正后的 PSF;
- 将修正后的 PSF 进行傅里叶变换,获取幅值得到一维的 MTF,并按直流幅度进行归一化,得到归一化的 MTF 曲线;
- 通过归一化的 MTF 曲线可得到若干幅度对应的频率值。

4.3 结果表达

4.3.1 XY 平面 MTF 的结果表达

在表述 XY 平面 MTF 的测量结果时,应采用表 1 进行记录,若 XY 平面 MTF 的测量方法与本部分建议的测量方法不同,请详细说明。

表 1 XY 平面 MTF 的结果表达

测试项目	标称值/(lp/cm)	测量值/(lp/cm)
XY 平面 MTF	MTF 10%:	
	MTF 50%:	

注 1: 影响 XY 平面 MTF 的因素有很多,其中起关键影响的参数包括球管焦点大小、前准直宽度、重建卷积核、重建视野和重建矩阵,以及特殊扫描模式(比如飞焦点,梳状过滤器等)。因此,这些参数在评价 XY 平面 MTF 时应予以记录。

注 2: 球管焦点大小,来源于 IEC 60336。

4.3.2 Z 轴 MTF 的结果表达

在表述 Z 轴 MTF 的测量结果时,应采用表 2 进行记录,若 Z 轴 MTF 的测量方法与本部分建议的测量方法不同,请详细说明。

表 2 Z 轴 MTF 的结果表达

测试项目	标称值/(lp/cm)	测量值/(lp/cm)
Z 轴 MTF	MTF 10%:	
	MTF 50%:	

注 1: 影响 Z 轴 MTF 的因素有很多,其中起关键影响的参数包括球管焦点大小、前准直宽度、重建卷积核、重建层厚、重建视野和重建矩阵,以及特殊扫描模式(比如飞焦点,梳状过滤器等)。因此,这些参数在评测 Z 轴 MTF 时应予以记录。

注 2: 球管焦点大小,来源于 IEC 60336。

参 考 文 献

- [1] ISO 11421:1997 Optics and optical instruments—Accuracy of optical transfer function(OTF) measurement
 - [2] IEC 60336:2005 Medical electrical equipment—X-ray tube assemblies for medical diagnosis—Characteristics of focal spots
 - [3] AAPM Report No.1 Phantoms for performance evaluation and quality assurance of CT scanners(1977)
 - [4] Introduction to the optical transfer function, by C.Williams and O.Becklund, 1989, John Wiley & Sons, New York
 - [5] P.F.Judy, “The line spread function and modulation transfer function of a computed tomographic scanner,” MedPhys, vol.3, pp.233-236, Jul-Aug 1976
 - [6] R.T.Droege and R.L.Morin, “A Practical Method to Measure the MTF of CT Scanners,” Med Phys, vol.9, pp.758-759, 1982
 - [7] <https://www.phantomlab.com/catphan-phantoms>
 - [8] <http://www.qrm.de/content/products/imagequality/ssp.htm>
-

中 华 人 民 共 和 国 医 药
行 业 标 准
X 射线计算机体层摄影设备图像
质量评价方法
第 1 部分:调制传递函数评价
YY/T 1766.1—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

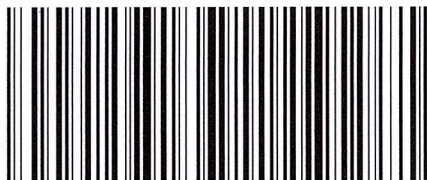
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 12 千字
2021 年 3 月第一版 2021 年 3 月第一次印刷

*

书号: 155066 • 2-35410 定价 18.00 元



YY/T 1766.1—2021

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107