图 23 实际 CT 系统的理论和实验 CDD 曲线(常数 c 为 8.5)

8 精度和偏差

8.1 CT 图像可用于定量测量。可以从 CT 图像得到工件细节尺寸和形状、细节对比度、壁厚、涂层厚度、材料的绝对密度以及平均原子序数等。

8.2 CT 的使用需要了解相关的精度。偏差的性质和大小主要取决于扫描设备、扫描参数、工件及感兴趣区域的细节。

8.3 在实际中,通过对同一细节进行重复扫描,可以确保影响结果的所有因素都被考虑到,例如:光子的统计涨落、探测器的漂移、线状伪影、点扩展函数的区域差异、物体摆放的位置等,从而获得最佳的测量精度。

8.4 不同图像之间的测量值存在差异的原因之一是存在未校准的系统响应,例如在不同的图像间的增益变化和位置偏移。这类差异可以通过在图像中引入校准材料来去除,即将校准材料对应的测量值作为标准值。通常将与被测物体材质类似的校准材料放置于物体旁,与被测物体同时扫描成像。

8.5 除了随机误差外,任何细节的测量都可能产生固定的偏差。这可能是由于图像中的伪影,或是测量算法中使用了错误的假定导致的。当已知被测物体的实际参数后,就可以在运算中消除偏差。

8.6 确定 CT 测量精度和偏差的最佳方法就是对具有已知细节的对象进行重复扫描并进行测量,然后对测量结果的分布进行分析,这和其他无损检测方法是类似的。一旦限定了检测系统、检测对象和扫描条件,只要图像中没有引入特殊伪影,就可以估计被测物体的尺寸、组成和结构的精度和偏差。



GB/T 29034-2012

版权专有 侵权必究

*

书号:155066·1-46470

定价: 30.00 元



中华人民共和国国家标准

GB/T 29034—2012

无损检测 工业计算机层析成像(CT)指南

Non-destructive testing—Guide for industrial computed tomography(CT) imaging

2012-12-31 发布

2013-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

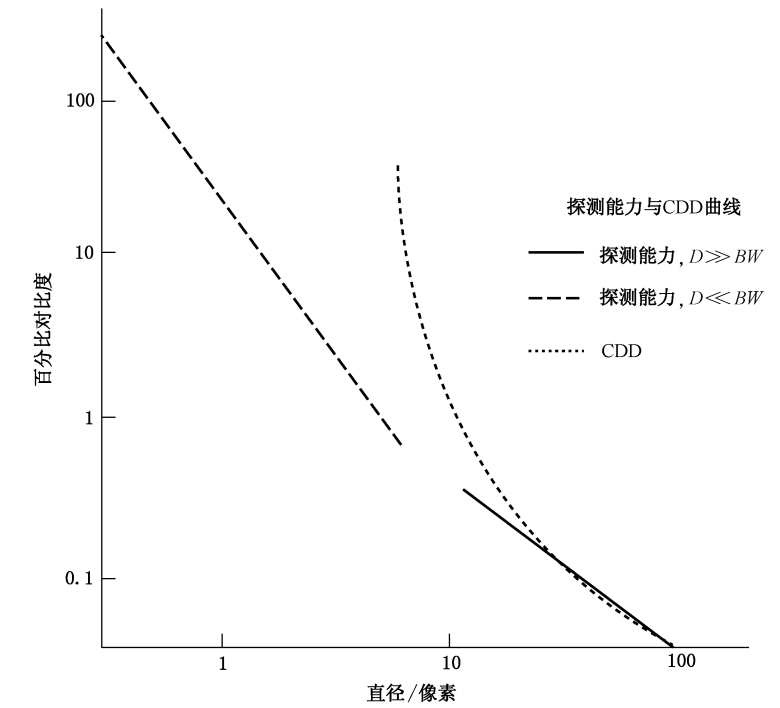


图 22 探测能力和 CDD 曲线的实例

7.6.3 性能检验

对于一个指定材料和尺寸的圆柱体,同样可以根据式(17)、式(19)和式(21)画出探测能力曲线和 CDD 曲线。通过式(12)和式(13)可以计算出圆柱体中心位置处噪声与信号的比值 σ/μ_b 。使用如图 20 所示的小圆柱体,可以用实验方式计算出系统的 MTF(1/2D)。图 23 显示了一个半径为 2.54 cm 的铁圆柱,平均能量为 0.8 MeV 的 CT 系统的 CDD 曲线的理论值和实验值。理论和实测的 MTF 曲线如图 20 d)所示,图中理论值与实验值是比较吻合的。因为圆柱体相对较小,散射引起的噪声影响不大。对于较大的圆柱体,散射引起的噪声增大,曲线将上移。

中华人民共和国
国家标准
无损检测 工业计算机层析成像(CT)指南
GB/T 29034—2012

*

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(100013)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
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 2 字数 54 千字
2013 年 6 月第一版 2013 年 6 月第一次印刷

*

书号: 155066·1-46470 定价 30.00 元

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

$$(\Delta\mu)_e = \frac{\Delta\mu D^2}{(BW)^2} \approx \frac{\sigma\Delta p}{BW} \times 100\% \quad [D \ll BW] \quad \dots\dots\dots(18)$$

根据式(18)可计算百分比对比度,见式(19):

$$\frac{|\mu_t - \mu_b|}{\mu_b} \times 100\% \approx \frac{\sigma BW \Delta p}{D^2 \mu_b} \times 100\% \quad [D \ll BW] \quad \dots\dots\dots(19)$$

CT检测中,不仅需要看到单个细节的特征,还需要把相邻的两个细节分开。式(15)可以用来估计一对宽度为 D ,间距为 $2D$ 的细节的可辨识度。在50%的检测概率下,有效对比度与细节宽度之间的关系曲线称为对比度-细节-定量曲线(CDD曲线)。从图19可知, $(\Delta\mu)_e$ 是真实对比度与系统MTF的积,可用式(20)表示:

$$(\Delta\mu_{CDD})_e = \Delta\mu_{CDD} \times \text{MTF}\left(\frac{1}{2D}\right) = \frac{\sigma\Delta p}{D} \quad \dots\dots\dots(20)$$

从式(20)可以得出 $\Delta\mu_{CDD}$,除以 μ_b ,可求出百分比对比度,见式(21):

$$\frac{|\mu_t - \mu_b|}{\mu_b} \times 100\% = \frac{\sigma\Delta p \times 100\%}{\text{MTF}\left(\frac{1}{2D}\right) D \mu_b} \quad \dots\dots\dots(21)$$

比较式(19)和式(21)可以发现,区分宽度为 D 、间距为 $2D$ 的两个相邻细节所需的对比度要大于检测出宽度为 D 的单一细节所需的对比度。细节越临近,空间频率越高,MTF值也越小,两者之间的差距就越大。从式(21)还可以看出空间分辨率和材料间的线性衰减系数差异的关系,材料间的线性衰减系数差异越小,空间分辨率越低。

7.6 性能预测与检验

7.6.1 系统探测能力

式(17)和式(19)可以用来预测任意CT系统的探测能力。对比度是 μ_b 的函数,而 μ_b 取决于射线的平均能量 \bar{E} 、像素尺寸 Δp 、细节相对于等效射束宽度 BW 的大小以及噪声 σ 等。对于平行束CT系统, σ 由公式(9)和公式(10)根据采样间隔 s 、投影数 V 、圆柱体半径 R_0 以及光子数 n 确定。根据这些参数可以作出系统探测能力曲线,预测CT系统的性能。

7.6.2 性能预测

图22是系统探测能力和CDD曲线的实例,数据是根据0.8 MeV的射线源照射半径为2.54 cm的铁圆柱获得的。图22采用对数坐标,纵坐标为对比度,横坐标为检测对象的直径,其中实线表示直径 $D \gg BW$ 的物体的探测能力曲线,短划线表示直径 $D \ll BW$ 的物体的探测能力曲线。该图可以用来预测一个直径为 D 、线性衰减系数为 $\mu_t(0.8 \text{ MeV})$ 的细节能否在铁圆柱的中心被探测到。如果坐标点位于曲线右侧,检出概率大于50%,如果位于曲线左侧,则无法被检出。当细节厚度 h 小于CT切片厚度 t 时,百分比对比度应乘以比例 h/t 。

图22中同时用点线绘制了理论CDD曲线,根据坐标点相对于CDD曲线的位置可以确定宽度为 D 、间距为 $2D$ 的两个细节的识别概率,如果它位于曲线右侧,则相邻的细节至少能以50%的概率被检出。

目 次

前言	V
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 概述	1
4.1 目的	1
4.2 CT原理	1
4.3 CT的优势	2
4.4 CT的局限性	3
4.5 系统性能	3
4.5.1 概述	3
4.5.2 空间分辨率	4
4.5.3 密度分辨率	4
4.5.4 统计噪声	4
4.5.5 伪影	4
5 CT技术基础	4
5.1 概述	4
5.2 物理基础	5
5.3 数学基础	7
5.3.1 CT图像	7
5.3.2 雷当变换	7
5.3.3 求解方程组重建图像	7
5.3.4 迭代重建算法	8
5.3.5 解析重建算法	9
5.4 扫描方式	9
5.4.1 概述	9
5.4.2 一代扫描	9
5.4.3 二代扫描	9
5.4.4 三代扫描	9
5.4.5 四代扫描	11
5.4.6 锥束扫描	11
5.4.7 螺旋扫描	12
6 系统基本组成	12
6.1 概述	12
6.2 射线源系统	13