



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

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.gb168.cn

服务热线: 010-51780168

010-68522006

2013年6月第一版

*

书号: 155066·1-46470

版权专有 侵权必究

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

- 6.3 探测系统..... 13
- 6.4 机械扫描系统..... 13
- 6.5 数据采集传输系统..... 13
- 6.6 控制系统..... 14
- 6.7 图像处理系统..... 14
- 6.8 辐射安全防护系统..... 14
- 7 性能指标..... 14
 - 7.1 概述..... 14
 - 7.2 对比度..... 14
 - 7.2.1 对比度的定义..... 14
 - 7.2.2 对比度差..... 14
 - 7.3 分辨力..... 15
 - 7.3.1 概述..... 15
 - 7.3.2 PSF 的简单近似 15
 - 7.3.3 采样对 PSF 的影响 16
 - 7.3.4 MTF 曲线 17
 - 7.3.5 CT 系统 MTF 的理论描述 18
 - 7.3.6 MTF 曲线绘制 18
 - 7.4 噪声..... 19
 - 7.4.1 概述..... 19
 - 7.4.2 噪声对重建的影响..... 19
 - 7.4.3 噪声的估计..... 19
 - 7.4.4 噪声对对比度的影响..... 20
 - 7.5 CDD 曲线 21
 - 7.6 性能预测与检验..... 22
 - 7.6.1 系统探测能力..... 22
 - 7.6.2 性能预测..... 22
 - 7.6.3 性能检验..... 23
- 8 精度和偏差..... 24

- 图 1 CT 图像与传统射线照相的比较 2
- 图 2 CT 的工作原理图 3
- 图 3 射线与物质的相互作用 5
- 图 4 射线与物质的三种相互作用的比较 5
- 图 5 射线与物质的三种相互作用的示意图 6
- 图 6 Lambert 定律示意图 6
- 图 7 射线扫描示意图 8
- 图 8 一代扫描 10
- 图 9 二代扫描 10
- 图 10 三代扫描 10
- 图 11 四代扫描 11
- 图 12 锥束扫描 11

图 13	螺旋扫描	12
图 14	工业 CT 系统组成示意图	13
图 15	细节在背景材料上的理想 CT 扫描结果	15
图 16	CT 系统射线束几何描述	15
图 17	定性表示对比度差为 $\Delta\mu$ 的细节通过 CT 检测后的图像	16
图 18	细节在背景材料上的实际 CT 扫描结果	17
图 19	宽度为 BW 的 PSF 与宽度为 D 、间距为 $2D$ 的周期性细节的卷积结果	17
图 20	由圆柱体 CT 图像获得 MTF 的过程	19
图 21	含噪声情况下细节在背景材料上的实际 CT 扫描结果	20
图 22	探测能力和 CDD 曲线的实例	23
图 23	实际 CT 系统的理论和实验 CDD 曲线(常数 c 为 8.5)	24

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)提出并归口。

本标准起草单位:重庆大学 ICT 研究中心、中国兵器科学研究院宁波分院、上海泰司检测科技有限公司、重庆真测科技股份有限公司、南昌航空大学、中国人民解放军重庆通信学院、北京航空综合技术研究所。

本标准主要起草人:程森林、王珏、倪培君、邬冠华、曾理、刘荣、张祥春、段晓礁、沈宽、安康。

引 言

工业计算机层析成像(CT)作为一种先进的无损检测技术,已广泛地应用于航天、航空、军工、铁路、铸造、机械、船舶、石油、化工、核工业等领域。本标准对工业 CT 系统的基本组成和性能参数评价方法的建立,具有指导意义。

无损检测 工业计算机层析成像(CT)指南

1 范围

本标准给出了与工业计算机层析成像(CT)检测相关的物理基础、数学基础和扫描方式,讨论了工业 CT 系统的基本组成部分,规定了 CT 的基本性能参数,阐述了表述和预测系统性能的方法。

本标准是关于工业 CT 成像理论和应用的入门指南。

本标准适用于工业 CT 技术与系统的研究、开发、设计、生产和使用。

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 12604.11 无损检测 术语 工业计算机层析成像(CT)检测

3 术语和定义

GB/T 12604.11 界定的术语和定义适用于本文件。

4 概述

4.1 目的

本标准介绍了工业 CT 成像的基本原理和 CT 系统性能参数的定义以及系统性能参数与系统性能指标之间的关系。用户在判断 CT 系统的适用性、预测系统性能或开发新的扫描方法时可以参考本标准。

由于 CT 技术在不断发展,应用范围在不断扩大,应用情况十分复杂,因此,本标准不讨论具体的检测技术,如扫描参数的选择,扫描过程的实现和数据分析方法等。

4.2 CT 原理

CT 是一种射线检测方法,所得到的图像是物体的线性衰减系数的分布图。线性衰减系数描述了射线衰减的瞬时变化率。射线衰减是由于射线与被测物体的相互作用造成的。射线峰值能量低于 1.02 MeV 的 CT 系统中,主要的相互作用是光电效应和康普顿散射。光电效应主要依赖于吸收介质的原子序数和密度,在低能时起主要作用,康普顿散射主要依赖于材料的电子密度,在高能时起主要作用。

线性衰减系数与材料密度的比例关系是 CT 图像能反映物体密度分布的物理基础。但是线性衰减系数还与射线能量有关,这种特性有时会掩盖 CT 图像中的密度差异,但有时也会增强具有相似密度的不同材料的对比度。

图 1 显示了 CT 图像与传统的射线照相的区别。从图 1 可以看出,传统的射线照相检测对象特性时存在影像叠加,无法确定被测物体的空间位置。CT 图像从不同的角度对物体进行检测,可以得到更精确的位置信息。传统的射线照相中,切片平面“P”上的信息投影成一条直线“A-A'”,而 CT 图像可