



中华人民共和国国家标准

GB/T 23909.3—2009

无损检测 射线透视检测 第3部分：金属材料 X 和 伽玛射线透视检测总则

Non-destructive testing—Radioscopic testing—
Part 3: General principles of radioscopic testing of
metallic materials by X- and gamma rays

2009-05-26 发布

2009-12-01 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 射线透视检测
第 3 部分:金属材料 X 和
伽玛射线透视检测总则
GB/T 23909.3—2009

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

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 17 千字
2009 年 9 月第一版 2009 年 9 月第一次印刷

*

书号: 155066·1-38441 定价 16.00 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)68533533

前 言

GB/T 23909《无损检测 射线透视检测》分为三个部分：

- 第1部分：成像性能的定量测量；
- 第2部分：成像装置长期稳定性的校验；
- 第3部分：金属材料 X 和伽玛射线透视检测总则。

本部分为 GB/T 23909 的第 3 部分。

本部分修改采用 EN 13068-3:2001《无损检测 射线透视检测 第3部分：金属材料 X 和伽玛射线透视检测总则》(英文版)。

本部分根据 EN 13068-3:2001 重新起草。

考虑到我国国情，在采用 EN 13068-3:2001 时，本部分做了一些修改。有关技术性差异如下：

- 删除规范性引用文件 EN 12544-1、EN 12544-2 和 EN 12544-3；
- 将其余规范性引用文件改为我国标准。

本部分由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)提出并归口。

本部分起草单位：山东山大奥太电气有限公司、上海英华检测科技有限公司、广东盈泉钢制品有限公司、上海材料研究所、通用电气检测科技有限公司、上海艾因蒂克实业有限公司。

本部分主要起草人：孔凡琴、张光先、陈仁富、曾祥照、李博、章怡明、张瑞。

引 言

GB/T 23909 的本部分规定了对工件进行射线透视检测的基本技术,以及对工件进行经济的重复检测。这些技术是建立在工件检测的公认准则和基本理论的基础上。

本部分的目标是定义一个尽可能接近射线照相标准的射线透视技术。由于特殊的差异,有一些基本偏差。

- 1) 在对图像增强器系统和胶片技术进行有限固有不清晰度比较时,需要仔细处理像质计。因此,每一次测量时都需要额外介绍双线型像质计的使用。最大允许不清晰度要由工件厚度来定义,也要计算允许的几何不清晰度。由于技术和经济的原因,表 4 和表 5 中的较小厚度允许等于符合标准的双倍不清晰度。使用较低的最大管电压来加强对比度,以满足最小线型像质计值,且会对空间分辨力的限制产生一个补偿。因为线型像质计对检测小细节是比较传统的,所以没有定义任何阶梯孔型像质计值。
- 2) 通过对比度增强来补偿有限空间分辨力,要求在应用中必须使用图像积分。因而,对于金属材料,表 5 定义的图像质量是基于已进行积分的射线透视检测图像。实时检测会有益于基于动态检测原理的定向结构的识别,并且宜经常被应用作为系统和位置优化的第一步。射线透视对轻合金检测的广泛应用,证明了表 4 中对应用领域的特殊限制是正确的。表中 SA 级检测能通过实时射线透视完成,SB 级检测只需要附加图像积分。使用者可以依靠检测问题来决定是否应用表 4 或表 5。

无损检测 射线透视检测

第3部分:金属材料 X 和伽玛射线透视检测总则

1 范围

GB/T 23909 的本部分规定了使用射线透视技术,对金属材料和制品实施以探伤为目的的工业 X 和伽玛射线透视的通用规则。

本部分不涉及不连续的验收准则。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 23909 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相(GB/T 3323—2005,EN 1435:1997,MOD)

GB/T 5677 铸钢件射线照相检测(GB/T 5677—2007,ISO 4993:1987,IDT)

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证(GB/T 9445—2008,ISO 9712:2005,IDT)

GB/T 23901.1 无损检测 射线照相底片像质 第1部分:线型像质计 像质指数的测定(GB/T 23901.1—2009,ISO 19232-1:2004,IDT)

GB/T 23901.3 无损检测 射线照相底片像质 第3部分:黑色金属像质分类(GB/T 23901.3—2009,ISO 19232-3:2004,IDT)

GB/T 23901.5 无损检测 射线照相底片像质 第5部分:双线型像质计 图像不清晰度的测定(GB/T 23901.5—2009,ISO 19232-5:2004,IDT)

GB/T 23909.1 无损检测 射线透视检测 第1部分:成像性能的定量测量(GB/T 23909.1—2009,EN 13068-1:1999,MOD)

GB/T 23909.2 无损检测 射线透视检测 第2部分:成像装置长期稳定性的校验(GB/T 23909.2—2009,EN 13068-2:1999,MOD)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于 GB/T 23909 的本部分。

3.1

标称厚度 nominal thickness

t

被检范围内材料的标称厚度。

不必考虑制造公差。

3.2

穿透厚度 penetrated thickness

W

以标称厚度为基础算出的射线束方向上材料的厚度。

3.3

源尺寸 source size

d

射线源的尺寸,或 X 射线管的焦点尺寸。

3.4

焦点至探测器距离 focus to detector distance

FDD

射线束方向上测出的射线源至探测器之间的距离。

3.5

焦点至工件距离 focus to object distance

FOD

沿射线束中心线测出的射线源至射线源一侧的被检工件之间的距离。

3.6

有关空间分辨力的术语(见附录 A)

几何不清晰度 geometric unsharpness

U_g

固有(屏)不清晰度 inherent (screen) unsharpness

U_i

总不清晰度 total unsharpness

U_t

3.7

系统参量(见附录 A)

几何放大比 geometric magnification

M

3.8

闪烁 blooming

光过照射或在高强度对比度区域形成条纹。

4 射线透视检测

4.1 射线透视技术级别

射线透视技术分为两级:

SA 级:基本技术;

SB 级:优化技术。

当 SA 级技术的灵敏度不够时,则使用 SB 级技术。

经合同各方同意,可采用比 SB 级技术更优的,包含所有适当检测参数和提高了射线透视系统最低要求的技术规范。

射线透视技术的选择,应征得合同各方同意。

4.2 射线透视检测系统的最低要求

用于射线透视检测的设备,根据测试系统质量要求可以不同。三类射线透视测试系统被定义。GB/T 23909 的本部分定义了应用于特殊目的最小系统类别。

分类的标准是固有探测器不清晰度以及 GB/T 23909.1(见表 1)一致的,在几何放大下测得的变形和均匀性。应在 100 kV 下通过 6 mm 钢盘测量这些值。此外,为了长期稳定性,必须校验固有探测器不清晰度。应按 GB/T 23909.1 和 GB/T 23909.2 进行测量。

表 1 射线透视检测系统的最低要求

参 数	系统分类		
	SC1	SC2	SC3
固有探测器不清晰度 U_i 优于	0.4 mm	0.5 mm	0.6 mm
变形 $V_{d,i}$ 优于	5%	10%	20%
均匀度 $H_{d,i}$ 优于	10%	20%	30%

这些特征应在信噪比优于 50、变形和均匀度在 75% 的图像域上测量。

不能满足系统类别 SC1~SC3 的系统不符合本部分。

5 概述

5.1 电离辐射的防护

警示：人体任何部位受到 X 射线或伽玛射线照射都可能严重损害健康。无论在何处使用 X 射线设备或放射源，均应遵循相应的法规要求。只要使用电离辐射，就应严格遵循地方、国家或国际的安全防护规定。

5.2 表面准备和制造阶段

通常，表面不需做准备，若表面缺欠或覆盖层有可能使不连续难以检出时，则该表面就应打磨光滑，或该覆盖层应予去除。

5.3 射线透视图像的标识

如果记录归档是必需的，应在被检工件的每一部分附有清楚的标识。标识的图像应出现在射线透视图像的任何感兴趣区域之外，并且应保证这一部位被明确标识。在必需存档的文件中，应保证每一个图像被清晰标示。

另外，可以通过电子手段插入一个记号或参考码到图像、图像头或参数文件里来完成射线透视图像的标识。这个参考码应作为射线透视图像的一部分来存储。

5.4 标记

为使每个射线透视图像准确定位，必要时，被检工件上应打上永久性标记。

若材料的特性和/或其使用条件不允许打上永久性标记，可将位置准确记录在草图上。

5.5 图像的重叠

一个区域用两个或多个图像/视频帧检测时，为确保射线透视检测到整个被检范围，它们应充分重叠。为此，可在工件表面上放置用于验证的高密度材料的标记，使标记显示在每个图像上。

5.6 人员资格

应由有资格和能力的人员来实施射线透视检测，推荐按 GB/T 9445 或等效标准来认证取得该资格。

6 射线透视图像的推荐技术

6.1 检测布置

任何情况，检测布置都应通过制定的应用标准来决定。

6.2 射线透视成像设备

系统的成像性能应符合 GB/T 23909.1 和 GB/T 23909.2。

6.3 射线束的对准

射线束应指向被检区域的中心，并垂直于工件表面，除非能证明某些检测的最佳显示可用其他射线方向获得。在后一种情况下，允许采用合适的射线束方向。

经合同各方同意，也可选用其他射线透视检测方法。其他检测的布置，可参照相关检测标准进行。

6.4 滤光片和准直器的使用

为了减少散射线和闪烁的影响,直接射线应尽可能的被准直到处于检测状态下的部分。散射线应通过准直器、滤光板和屏蔽来减少。

6.5 管电压的选择

要得到好的探伤灵敏度,X射线管电压宜尽可能低。管电压的最大值对应于表2给出的铝和轻合金的穿透厚度,以及表3中的钢。

表2 铝和轻合金的最大X射线管电压

穿透厚度/ mm	最大X射线管电压/ kV
5	45
10	50
15	55
25	65
35	75
45	85
55	95
70	110
85	125
100	140
120	160

表3 钢的最大X射线管电压

穿透厚度/ mm	最大X射线管电压/ kV
1.2~2.0	90
2.0~3.5	100
3.5~5.0	110
5.0~7.0	120
7.0~10	135
10~15	160
15~25	210
25~32	265
32~40	315
40~55	390
55~85	450

如果使用微焦点设备,使用一个稍微高的管电压是必须的。应增加几何放大比达到需要的像质计灵敏度(见表4和表5)。但是宜注意的是过高的管电压会损失缺陷检测灵敏度。

通过合同双方同意,可按GB/T 3323和GB/T 5677使用伽玛射线源。

6.6 图像数据的采样

图像被看作由光子流引起统计变化的电子信号。在电视屏幕的可视化显示中,它在图像上显示为光子噪声。可通过增加成像输入屏的光子数,或对图像信号积分降低噪声。

应对图像进行积分或平均直到达到需要的图像质量,及直至无法提高图像质量为止。

应使用像质计(IQIs)来控制图像质量。推荐使用 GB/T 23901.1 和 GB/T 23901.5 定义的像质计。

按 GB/T 23901.1 的线型像质计和按 GB/T 23901.5 的双线型像质计,作为穿透厚度的函数,不同的应用中,最小要求的可见线在表 4 和表 5 中给出。

像质计应被固定在被检工件靠近射线源面上(当焦点尺寸大于固有探测器不清晰度)或物体朝向探测器面上近似 45°的角度(当焦点尺寸小于固有探测器不清晰度时)。另外,在相同的检测系统条件下,像质计线和双线应可见。

表 4 铝和轻合金的系统性能

检测级别	SA		SB	
系统类别	SC3		SC2	
像质计	线号	双线号	线号	双线号
穿透厚度	—	—	—	—
5 mm	W12	8D	W16	10D
10 mm	W11	7D	W14	9D
15 mm	W10	7D	W13	9D
25 mm	W9	7D	W12	9D
35 mm	W8	7D	W10	9D
45 mm	W7	7D	W9	9D
55 mm	W6	7D	W9	9D
70 mm	W5	7D	W8	9D
85 mm	W5	7D	W8	9D
100 mm	W5	7D	W8	9D
120 mm	W4	7D	W7	9D

注:对轻合金检测,SA 级别是基于实时连续检测,这种检测覆盖了,尤其是覆盖了标准小焦点 X 射线管(0.1 mm、...、1 mm 焦点尺寸)。

SB 级别是基于为了获得更高几何分辨力和对比度灵敏度的非连续检测。

表 5 金属材料检测 SA 级和 SB 级的系统性能(不包含铝和轻合金)

检测级别	SA		SB		测试类别
系统类别	SC3		SC2		系统类别
像质计	线号	双线号	线号	双线号	像质计
穿透厚度/mm	—	—	—	—	穿透厚度/mm
1.2~2.0	W17	11D	W19	13D	~1.5°
2.0~3.5	W16	10D	W18	12D	1.5~2.5°
3.5~5.0	W15	9D	W17	11D	2.5~4.0°
5.0~7.0	W14	8D	W16	10D	4.0~6.0°

表 5 (续)

检测级别	SA		SB		测试类别
系统类别	SC3		SC2		系统类别
像质计	线号	双线号	线号	双线号	像质计
穿透厚度/mm	—	—	—	—	穿透厚度/mm
7.0~10	W13	7D	W15	9D	6.0~8.0
10~15	W12	7D	W14	9D	8.0~12
15~25	W11	7D	W13	9D	12~20
25~32	W10	7D	W12	9D	20~30
32~40	W9	7D	W11	9D	30~35
40~55	W8	7D	W10	9D	35~45
55~85	W7	6D	W9	9D	45~65
^a 在 SB 级别中,达到需要的几何放大比是困难的。在合同双方的协议下,当厚度范围达到 6.0 mm,要求的双线号可能会减少一个。					

表 5 中的 SA 级别和 SB 级别是基于 GB/T 23901.3。

注:人眼已经有接近 0.2 s 的积分时间。单个视频帧的图像质量会比电视屏上的图像质量差。

6.7 图像存储和处理

检测完后,图像应作为原始数据在外部存储器上存储。设备应适于长期存储以满足测试文档的要求。

为了加强缺陷的可识别性或自动评价,射线透视图像能得到进一步数字图像处理。为了图像质量测试,只允许图像积分、对比度和亮度调整。

合同双方必须达成协议,是否应存档原始数据、仅处理过的图像或两种同时存档。

6.8 图像观察条件

应在较暗室内的监控器上评估射线透视图像。

7 检测报告

若有必要,应对每个射线透视图像或成组图像编写检测报告,给出所使用的检测技术以及其他有助于较好理解结果的特殊情况等信息。

报告格式和内容宜在特定的应用标准中规定或由合同各方商定。如果检测仅按 GB/T 23909 的本部分进行,则检测报告应至少包括下列内容:

- a) 检测公司名称;
- b) 唯一的报告编号;
- c) 工件;
- d) 材料;
- e) 制造阶段;
- f) 标称厚度;
- g) 射线透视技术、级别和系统级别;
- h) 标记系统(若有使用);
- i) 所使用的射线源、设备及其型号和焦点尺寸;
- j) 管电压和管电流或源活度;
- k) 射线束的对准(如果没有标称物);

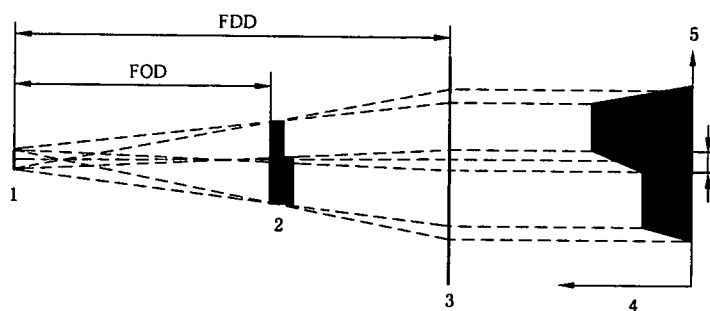
- l) 所使用的滤光片和准直器；
- m) 所使用的积分时间、焦点至探测器距离和放大比；
- n) 像质计类型和位置；
- o) 像质计类型和读数；
- p) 图像处理规范(若有使用)；
- q) 存储数据的数据格式和文件名；
- r) 与本部分的一致性；
- s) 与商定标准的任何偏差；
- t) 责任人姓名、资格和签名；
- u) 检测日期和报告日期。

附录 A

(资料性附录)

检测布置 几何不清晰度和几何放大比之间的关系

图 A.1 显示了 X 射线投影的放大。



- 1——焦点；
2——试样；
3——探测器；
4——强度；
5——位置。

图 A.1 X 射线投影的放大

几何不清晰度 U_g 通过焦点到探测器的距离 FDD、射线源到物体间的距离 FOD, 以及射线源焦点尺寸 d 来计算:

$$U_g = d \times (FDD - FOD) / FOD \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

或:

$$U_g = d \times (FDD / FOD - 1) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

几何放大比 $M = FDD / FOD$:

$$U_g = d \times (M - 1) \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

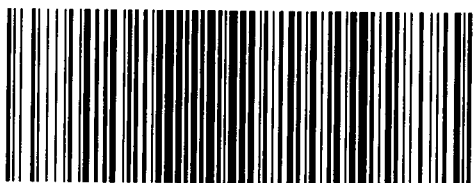
可观察到的最小不连续受两种类型的不清晰度控制, 几何不清晰度 U_g 和固有探测器不清晰度 U_i 。两者共同规定着射线透视系统的不清晰度 U_t 。它等于几何不清晰度和固有不清晰度平方和的平方根:

$$U_t = \sqrt{U_g^2 + U_i^2} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

如果使用了光学几何放大比 M_{opt} , 则可得到系统的理论最小不清晰度 U_t (对于 $d \geq 0.1 \text{ mm}$):

$$M_{opt} = 1 + (U_i / d)^2 \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

任何偏离理论 M_{opt} 值都会增加系统不清晰度。



GB/T 23909.3-2009

版权专有 侵权必究

*

书号: 155066 · 1-38441

定价: 16.00 元