



中华人民共和国国家标准

GB/T 19348.1—2014
代替 GB/T 19348.1—2003

无损检测 工业射线照相胶片 第 1 部分：工业射线照相胶片系统的分类

Non-destructive testing—Industrial radiographic film—
Part 1: Classification of film systems for industrial radiography

(ISO 11699-1:2008, MOD)

2014-06-24 发布

2014-12-31 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 抽样和贮存	2
5 试验方法	3
5.1 准备	3
5.2 梯度 G 的测量	3
5.3 颗粒度 σ_D 的测量	3
5.4 ISO 速度 S 的测量	5
5.5 其他仪器和程序	5
6 分类限值	6
参考文献	8
表 1 梯度、梯度/噪声比和颗粒度的限值	2
表 2 对应于 D_0 以上的底片密度 $D=2$ 时所需要的剂量 K_s 确定的 ISO 速度 S	5

前 言

GB/T 19348《无损检测 工业射线照相胶片》分为两个部分：

- 第1部分：工业射线照相胶片系统的分类；
- 第2部分：用参考值方法控制胶片处理。

本部分为 GB/T 19348 的第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 19348.1—2003《无损检测 工业射线照相胶片 第1部分：工业射线照相胶片系统的分类》，与 GB/T 19348.1—2003 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 增加了规范性引用文件(见第2章)；
- 修改了部分试验方法(见第5章；2003年版的第4章)；
- 修改了分类限值(见第6章；2003年版的第5章)。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 11699-1:2008《无损检测 工业射线照相胶片 第1部分：工业射线照相胶片系统的分类》。

本部分与 ISO 11699-1:2008 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
 - 用我国标准 GB/T 19348.2 代替了 ISO 11699-2(见第1章和 5.2)；
 - 用我国标准 GB/T 27025 代替了 ISO/IEC 17025(见 5.5)。

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：上海泰司检测科技有限公司、上海电气核电设备有限公司、上海材料研究所、中国商用飞机有限责任公司上海飞机设计研究院、上海市工程材料应用评价重点实验室、锐珂亚太投资管理(上海)有限公司。

本部分主要起草人：许遵言、余晓鸣、金宇飞、冯剑飞、章怡明、丁杰、谢佳军。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 19348.1—2003。

无损检测 工业射线照相胶片

第 1 部分:工业射线照相胶片系统的分类

1 范围

GB/T 19348 的本部分的目的是确定胶片系统的性能。

本部分适用于工业射线照相(无损检测)胶片系统与规定的铅增感屏组合的分类。其目的是为了保持射线照相的影像质量(受胶片系统的影响),从而与其他标准如 ISO 5579、ISO 17636 和 EN 12681 的要求相符。

本部分不适用于荧光增感胶片的分类。本部分中胶片系统的测量仅限于一个选定的辐射质量以简化程序。胶片的性能会随着辐射能量而不是胶片系统质量等级而变化。

评定照相处理的其他方法在 GB/T 19348.2 中有规定,当给出工作条件时,可以通过这些方法来控制胶片系统的性能。

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 19348.2 无损检测 工业射线照相胶片 第 2 部分:用参考值方法控制胶片处理 (GB/T 19348.2—2003, ISO 11699-2:1998, IDT)

GB/T 27025 检测和校准实验室能力的通用要求 (GB/T 27025—2008, ISO/IEC 17025:2005, IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

胶片系统 film system

胶片和胶片处理的组合。胶片处理方法按照胶片制造商和/或冲洗药品制造商的说明书进行。

3.2

胶片梯度 film gradient

G

胶片特性曲线上某一光学密度 D 处的斜率。

3.3

颗粒度 granularity

σ_D

射线照相底片上迭加在物体图像上的随机密度波动。

注:在 GB/T 19348 的本部分中所给出的限值与所确定的射线能量和所规定的增感屏有关。

3.4

特性曲线 characteristic curve

曝光量常用对数 $\log K$ 和光学密度 D 之间关系的曲线。

3.5

单向密度 specular density

当通过微密度计透镜的光线透过胶片时,定量测量的胶片黑化程度(光学密度)。

3.6

漫射密度 diffuse density

密度计定量测量的胶片黑化程度(光学密度)。

注:进入胶片后面半球的所有透射光线和散射光线之和。

3.7

信/噪比 signal/noise ratio

工业射线照相底片局部胶片密度在该密度水平上相对于颗粒度 σ_D 的比值。

注:它与梯度/噪声比对应。

3.8

ISO 速度 ISO speed

S

已处理胶片在达到规定的漫射光学透射密度 $D(D - D_0 = 2, D_0$ 是片基和灰雾密度)时吸收剂量 K_s 的倒数, K_s 的剂量单位是戈瑞(Gy):

$$S = \frac{1}{K_s} \dots\dots\dots(1)$$

3.9

胶片系统类别 film system class

按表 1 中给出的限值对胶片系统划分的类别。

3.10

梯度/噪声比 gradient/noise ratio

G/σ_D

梯度 G 与颗粒度 σ_D 的比值。

注:它和信噪比直接相关。确定信号的所有其他参数,如调制转换函数或射线能量等均被认为是常数。

4 抽样和贮存

对产品技术规范而言,重要的是样片评定的结果与用户所得到的平均结果相符。这就要求按 GB/T 19348 的本部分所规定的条件,定期的对几个不同批号的产品进行评定。评定之前,为了模拟产品正常使用的平均贮存期,样品应按制造商的推荐贮存一段时间,按此方法选择和贮存样片,其目的是为了保证样片的特性能够反映出用户在使用时所得到的特性。

表 1 梯度、梯度/噪声比和颗粒度的限值

胶片系统类别	最小梯度 G_{min}		最小梯度与噪声比 $(G/\sigma_D)_{min}$	最大颗粒度 $\sigma_{D,max}$
	$D=2(D_0$ 以上)	$D=4(D_0$ 以上)	$D=2(D_0$ 以上)	$D=2(D_0$ 以上)
C1	4.5	7.5	300	0.018
C2	4.3	7.4	230	0.020
C3	4.1	6.8	180	0.023
C4	4.1	6.8	150	0.028
C5	3.8	6.4	120	0.032
C6	3.5	5.0	100	0.039

5 试验方法

5.1 准备

样片应用钨靶管的 X 射线机曝光。管子的固有过滤,加上尽可能紧靠靶位置的铜滤板,应提供相当于 (8.00 ± 0.05) mm 铜过滤当量。调节 X 射线管电压直至获得铜板厚为 (3.5 ± 0.2) mm 的半价吸收值。通常 220 kV 左右的电压可满足此要求。

胶片系统应包括 0.02 mm 到 0.04 mm 的前、后各一张铅增感屏,如果使用单面涂层胶片,乳剂层应面向 X 射线管,且应保证胶片与增感屏的良好接触。

应注意确保样片没有由于曝光设备(如不均匀射线束过滤器、已损坏或者有缺陷的铅增感屏)或者胶片处理系统引起的密度波动。在曝光过程中和结束后,胶片处理之前,维持样片的温度为 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$,湿度为 $(50 \pm 20)\%$ 。胶片处理所使用的化学药品和程序应与测量梯度和颗粒度时的相同,并且完全按照规定使用和记录。

使用制造商认证过的胶片测试片,按照 GB/T 19348.2,用规定的显影时间和显影温度,测试规定的洗片系统。速度指数 S_x 应在制造商证书规定的 $\pm 5\%$ 内。显影温度可以偏离证书规定值的 $\pm 1^\circ\text{C}$,以调节 S_x 使其在制造商证书值的 $\pm 5\%$ 以内。获得的 S_x 和显影温度应记录在检测报告中以形成文件。此检测应每天在已曝光的用于分类的胶片处理之前和之后,用相同温度和显影时间进行。

如果无法获得制造商的证书,胶片测试片应由使用者根据 GB/T 19348.2 制造和校准。

5.2 梯度 G 的测量

梯度 G 与 $D - \log_{10} K$ 曲线有关。在 GB/T 19348 的本部分的范围内, G 由 $D - K$ 曲线上,密度 $(D - D_0)$ 处的斜率 dD/dK 计算而得,即:

$$G = \frac{dD}{d \log_{10} K} = \frac{K}{\log_{10} e} \cdot \frac{dD}{dK} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

K ——密度 $(D - D_0)$ 时需要的剂量,单位为戈瑞(Gy);

D_0 ——未曝光并已处理的胶片包括片基(灰雾度和片基密度)的光学密度。

$D - K$ 曲线近似于一个三次方的多项式。为获得一个可靠的曲线,要做一系列曝光以使在 D_0 以上的密度 1 和 4.5,能提供至少 12 个均匀分布的测量点。多项式逼近应包括 1 和 4.5 内的所有测量值。对于数值逼近(适用于程序),不能包括零值。至少用不同的样片进行 6 次梯度测量以确定梯度 G 的平均值。使用的密度计要定期校准,范围要达到漫射密度 $D \geq 4.8$ 。校准时,要使用一个经认证的胶片密度阶梯片,它由 C3 或更高等级(C1 或 C2)的双面涂层的 X 射线胶片制作而成。

注:当 $D > 4$ 时,密度计的测量精度受到限制,要在整个量程范围内进行仔细的校准修正。由于多项式逼近程序的特点,密度值在 $D > 4$ 时的小偏差会对 $D - D_0 = 4$ 处 G 值的精度产生很大的影响。

在置信度为 95% 的水平下,对于片基密度和灰雾度以上 $D = 2$,测量的梯度平均值(G_2)的最大不确定度为 5%,对片基密度和灰雾度以上 $D = 4$ 的梯度(G_4),最大不确定度为 7%。

确定胶片系统的测量实验室,要定期参加能力测试。新的胶片,根据 GB/T 19348 的本部分曝光,应用于所有参加测试的实验室和每个定期测试。

5.3 颗粒度 σ_D 的测量

颗粒度是用一台微密度计直线或环形扫描一张定值散射光学密度的底片来测定的。测定时,应对双面乳剂层进行记录,此意指:微密度计的聚焦深度必须包括二层。

颗粒度值根据漫射密度来确定。

如果光学密度作为单向光学密度来测量,应利用漫射密度-单向密度曲线,在颗粒度样片的平均密度值处将其转化为散射光学密度。每一等级的漫射密度应用校准过的密度计测量。

使用有一系列阶梯密度的胶片来绘制该曲线,胶片用与颗粒度样片同样的胶片类型、曝光和处理技术来制备。用相同的微密度计设置扫描样片。对于一个指定的微密度计增益设置,一般可以测量一个有限范围的密度。一系列阶梯密度应在该范围内。

校准应使用漫射密度-单向密度曲线,该曲线在漫射密度 1.5 和 2.8(包括灰雾度和片基密度)之间至少有 5 个值。转换可以在 $\log(\text{漫射密度})-\log(\text{单向密度})$ 曲线的线性回归分析基础上进行。应使用测定的系数将单向密度值转化为漫射密度值。

转换应在标准偏差 σ_D 的数值确定之前进行,标准偏差是对颗粒度的测量。 σ_D 按式(3)计算:

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

测量胶片的漫射密度应在超过灰雾度和片基密度的 $\bar{D} = 2.00 \pm 0.05$ 处进行。测定的 σ_D 值以该胶片的超过灰雾度和片基密度的平均漫射密度值 \bar{D} 为基础来修正。修正的 σ_D ($\sigma_{D,corr}$) 按式(4)计算:

$$\sigma_{D,corr} = \sigma_D \cdot \sqrt{(2/\bar{D})} \quad \dots\dots\dots (4)$$

作为一种替代方法,不同密度水平的三个或更多的样片可以在 1.8 到 2.2 的范围内进行测量,超过灰雾度和片基密度的漫射密度 2.0 的颗粒度值可以通过对颗粒度曲线的线性回归分析获得,该曲线是超过灰雾度和片基密度的漫射密度的平方根的函数。

射线照相底片上的扫描长度至少应为 116 mm。微密度计的圆形测量光圈直径应为 $(100 \pm 5) \mu\text{m}$ 。一个 $88.6 \mu\text{m} \times 88.6 \mu\text{m}$ 的正方形光圈和一个直径为 $100 \mu\text{m}$ 的圆形光圈面积相同。它测得的颗粒度与直径 $100 \mu\text{m}$ 的光圈测得的相同。

测定的 $\sigma_{D,corr}$ 值根据实际测量的圆形光圈直径 d_A (单位: μm) 进行修正。 σ_D 的修正值 ($\sigma_{D,corr,a}$) 根据式(5)计算:

$$\sigma_{D,corr,a} = \sigma_{D,corr} \cdot \frac{d_A}{100} \quad \dots\dots\dots (5)$$

如果使用微密度计的矩形光圈, σ_D 的修正值 $\sigma_{D,corr,b}$ 根据式(6)计算:

$$\sigma_{D,corr,b} = \sigma_{D,corr} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot A_A}{\pi \cdot 10\,000}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

A_A 为光圈面积,单位: μm 。

微密度计的扫描路径可以为线性或圆形。如果为圆形,扫描路径的半径应不小于 16 mm。无论哪种情况,整个扫描长度应不小于 116 mm。

为了限制低频噪声,微密度计测得的数据应在转换成漫射密度后用高通滤波器过滤,滤波器的空间截止频率为每毫米(3 dB)0.1 线对。这应通过测量的扫描值减去平滑的测量扫描值来实现。平滑应使用宽度为 6.0 mm(0.1 mm 距离 61 个值)的矩形窗函数的卷积来获得。在此情况下,扫描的步长为 $100 \mu\text{m}$ 。为了进一步计算 σ_D ,过滤后不得使用最开始和最后的 30 个数据点。过滤按式(7):

$$D_{i,filter} = D_{i,meas} - \frac{1}{61} \sum_{j=-30}^{30} D_{i+j,meas} \quad \dots\dots\dots (7)$$

由于胶片上的人为缺陷,如灰尘或其他失真的原因,导致扫描过程中测量的数据可能有误差,因此过滤后的扫描应划分成 n 组,长度为 1.9 mm(0.1 mm 距离 20 个值),组的间距为 0.1 mm。应对每个组测定 σ_D ,至少应使用 55 个组。根据尺寸,将计算的 σ_D 值重排,中心值为所有组的中间值。如果有 55 个组,中间值为第 28 个值。中间值 $\sigma_{D,med}$ 应乘以 1.079 得到平均无偏估计 σ_D 。

注 1: k 为一组内持续观测的次数, C 是 $\alpha=0.5$, 自由度为 $k-1$ 的卡方分布的临界值。对于 σ_D 估值,中间值 $\sigma_{D,med}$

乘以 $\sqrt{(k-1)/C}$ 。20 次观测的情况下,中间值 $\sigma_{D,med}$ 乘以 1.017 9 用于统计修正。

注 2: 数据点数和组数的增加,有利于降低结果的不确定度。如果用 1.017 9 作为修正值,不能修改 1.9 mm 组长(加上组的间距 0.1 mm)和统计修正。

组中扫描数据的细分、 σ_D 的确定和中间程序有固有的过滤效应,其等同于已叙述过的扫描数据的高通滤波。因此,如果应用了中间程序,高通滤波可以省去。测定的颗粒度值偏差会小于 $\pm 1.5\%$ 。

至少在不同的样片上测量 6 次,以估算颗粒度的平均值。在置信度 95% 的水平下,测定的颗粒度平均值其不确定度不会超过 $\pm 10\%$ 。

确定胶片系统的测量实验室,应定期参加能力测试。新的胶片,根据 GB/T 19348 的本部分曝光,应用于所有参加测试的实验室和每个定期测试。

5.4 ISO 速度 S 的测量

ISO 速度是对应于灰雾度和片基密度 D_0 以上的散射光学密度 ($D - D_0 = 2$) 进行评定的,并按表 2 所给的值确定。

5.5 其他仪器和程序

除了以上所叙述的,如果其他测量仪器和相应的程序可以提供相同的结果,也可以用于胶片的分类。

——对于梯度 G_2 , 不确定度小于 5%, 置信度为 95%;

——对于梯度 G_4 , 不确定度小于 7%, 置信度为 95%;

——对于颗粒度, 不确定度小于 10%, 置信度为 95%

用于胶片系统分类测试方法的 5.1 到 5.4, 应符合 GB/T 27025 的要求。

表 2 对应于 D_0 以上的底片密度 $D = 2$ 时所需要的剂量 K_s 确定的 ISO 速度 S

$\log_{10} K_s$		ISO 速度 S Gy
从	到	
-3.05	-2.96	1 000
-2.95	-2.86	800
-2.85	-2.76	640
-2.75	-2.66	500
-2.65	-2.56	400
-2.55	-2.46	320
-2.45	-2.36	250
-2.35	-2.26	200
-2.25	-2.16	160
-2.15	-2.06	125
-2.05	-1.96	100
-1.95	-1.86	80
-1.85	-1.76	64
-1.75	-1.66	50
-1.65	-1.56	40

表 2 (续)

log ₁₀ K _s		ISO 速度 S Gy
从	到	
-1.55	-1.46	32
-1.45	-1.36	25
-1.35	-1.26	20
-1.25	-1.16	16
-1.15	-1.06	12
-1.05	-0.96	10
-0.95	-0.86	8
-0.85	-0.76	6
-0.75	-0.66	5
-0.65	-0.56	4

6 分类限值

胶片系统的分类由第 5 章规定的限值来确定。

为了确定胶片系统的类别,胶片系统的参数应满足表 1 中按系统类别给出的梯度、颗粒度和梯度/噪声比的所有限值。

下列程序应用于胶片系统的分类:

所有在 $(D-D_0=2)$ 和 $(D-D_0=4)$ 处测得的 G 平均值应超过或等于表 1 中系统类别的最小值。如果在 $(D-D_0=2)$ 处的梯度/噪声最小平均值, $(G/\sigma_D)_{\min}$, 大于或等于表 1 中的最小值, 则在 $(D-D_0=2)$ 和 $(D-D_0=4)$ 处的 G 平均值可以低于表 1 值的 $\pm 5\%$ 。

如果在 D_0 以上 $D=2$ 的 $(G/\sigma_D)_{\min}$ 平均值大于或等于表 1 中的最小值, 考虑到测量不确定度, 测定的颗粒度平均值可以超过表 1 中规定值的 10% 。

注 1: $(D-D_0=2)$ 处的 $(G/\sigma_D)_{\min}$ 值决定了胶片在观片灯上观察时人类对缺陷的识别能力。 G 值的增加补偿了颗粒度的增加, 就像降低的颗粒度在一定范围内补偿了低的 G 值。另外, 表 1 中选择的 $(D-D_0=2)$ 对应的 $(G/\sigma_D)_{\min}$ 总是大于 $(D-D_0=2)$ 对应的 G/σ_D 商。

注 2: 胶片处理行为的变化会导致 $(D-D_0=2)$ 和 $(D-D_0=4)$ 处的 G 值和 σ_D 发生改变, 从而导致系统误差。但是, 胶片处理对 $(D-D_0=2)$ 处的 G/σ_D 商的影响没有 $(D-D_0=2)$ 和 $(D-D_0=4)$ 对应的 G 值和 σ_D 大, 因此, $(D-D_0=2)$ 对应的 G/σ_D 的不确定度要小于 σ_D 的不确定度。

分类仅对完整的胶片系统有效。通常, 5.1 中描述的对 X 射线的分类可以应用于其他辐射能量、用其他增感屏以及不用增感屏的胶片和单面涂层胶片。

鉴定证书应包含下列信息:

- 依据 GB/T 19348 的本部分;
- 日期;
- 在灰雾度和片基密度以上, $D=2$ 和 $D=4$ 对应的梯度测量值;
- 在灰雾度和片基密度以上, $D=2$ 对应的颗粒度测量值;
- 在灰雾度和片基密度以上, $D=2$ 对应的 G/σ_D 的计算值;
- 在灰雾度和片基密度以上, $D=2$ 对应的剂量 K_s ;

- g) 处理条件:
- 手动或自动;
 - 冲洗药品型号;
 - 显影时间;
 - 显影温度;
- h) 按表 1 的等级。

参 考 文 献

- [1] ISO 5579, Non-destructive testing—Radiographic examination of metallic materials by X- and gamma rays—Basic rules
 - [2] ISO 17636, Non-destructive testing of welds—Radiographic testing of fusion-welded joints
 - [3] EN 12681, Founding—Radiographic examination
-

中华人民共和国
国家标准
无损检测 工业射线照相胶片
第1部分:工业射线照相胶片系统的分类
GB/T 19348.1—2014

*

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)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 1 字数 18 千字
2014年8月第一版 2014年8月第一次印刷

*

书号: 155066·1-49788 定价 18.00 元



GB/T 19348.1—2014

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