

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 1219—2018

数字射线 CR 检测

Digital Ray Computed Radiography

2018 - 12 - 26 发布

2019 - 01 - 26 实施

陕西省市场监督管理局

发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般要求 2

5 工艺技术及控制要求 4

6 检测记录和报告 8

7 检测后零件的处理 9

附录 A（资料性附录） 系统分辨率/图像不清晰度测试 10

附录 B（资料性附录） 显示器屏幕测试图 12

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国航发西安航空发动机有限公司提出。

本标准由陕西省市场监督管理局归口。

本标准起草单位：中国航发西安航空发动机有限公司。

本标准主要起草人：马龙、王婵、郭乃鹏、王克广、任健、周笔文、杨戈、刘畅。

本标准由中国航发西安航空发动机有限公司负责解释。

本标准首次发布。

联系信息如下：

单位：中国航发西安航空发动机有限公司

电话：029-86154126

地址：陕西省西安市未央区凤城十路

邮编：710021

数字射线 CR 检测

1 范围

本标准规定了数字射线CR检测的术语和定义、一般要求、工艺技术及控制要求、检测记录和报告、检查后零件的处理等要求。

本标准适用于金属铸件及焊接接头的数字射线CR检测,其它材料及其制件的数字射线CR检测可参照使用,所使用的X射线能量应不超过450kV。

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。

GBZ 117 工业X射线探伤放射防护要求

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GB/T 23901.5 无损检测 射线照相底片像质 第5部分:双丝型像质计 图像不清晰度的测定

ASTM E1647 射线检验对比度灵敏度测定方法

ASTM E2002 射线检测图像总不清晰度测定方法

BS EN ISO 19232-5 无损检测 射线照相影像质量 第5部分:双丝型像质计图像不清晰度的测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

存储荧光成像板 storage fluorescence imaging plate, IP板

一种以聚酯纤维为基体用以替代胶片实施射线照相检测的柔性板,其上涂有铕、钡、氟化合物等稀土类荧光物质。

3.2

存储荧光成像板扫描器 fluorescent imaging plate reader, IP板扫描器

能够恢复IP板中存储的信息,并将此信息转换为数字信号以便于随后通过视频显示器观测的设备。

3.3

计算机射线照相系统 computed radiography system, CR系统

由IP板、IP板扫描器、显示器和软件等组成的系统。

3.4

信噪比 signal-noise ratio, SNR

信号强度平均值与在信号强度处噪声（强度分布）标准偏差的比值。SNR取决于辐射剂量和CR系统的特性。

4 一般要求

4.1 CR 系统

CR系统类别依据系统产生的图像信噪比进行划分，具体类别见表1。宜使用IP I /Y以上CR系统。

表1 计算机射线照相系统类别

CR 系统类别	SNR
IPs/Y	$SNR \geq 130$
IP I /Y	$65 \leq SNR < 130$
IP II /Y	$52 \leq SNR < 65$
IP III/Y	$43 \leq SNR < 52$

4.2 技术分级

- 4.2.1 射线 CR 检测技术分为 A 级和 B 级两个等级，A 级为基本技术，B 级为优化技术。
- 4.2.2 无特殊指明时，应选用 A 级技术。若 A 级灵敏度不能满足要求时，应选用 B 级技术。
- 4.2.3 当 B 级规定的条件（如射线源至物体的距离）无法实现时，供需双方协商同意可选用 A 级所规定的条件，由此造成的灵敏度损失可通过采用更高类别的 CR 系统补偿，也可通过增加曝光时间补偿（增加 1 倍所需的最短曝光时间，相当于 SNR 乘以 1.4）。如果补偿后的灵敏度可达到 B 级技术要求，可认为是按照 B 级技术检测的。

4.3 人员

从事检测工作的人员应按行业标准取得技术资格证书，各级人员只能从事与其技术资格等级相应的工作。

4.4 环境条件

4.4.1 检测场所

检测场所（包括射线机房和外场检测场所）的放射卫生防护条件应符合GB 18871和GBZ 117的要求。

4.4.2 评定室

- 4.4.2.1 评定室应整洁、安静、通风良好，不应有引起计算机屏幕上反射的外来背景光，无过量灰尘。
- 4.4.2.2 评定室内光线应暗而柔和，评定区域光照度不应超过 30lx，并应至少每半年检查一次。

4.5 设备与器材

4.5.1 X 射线机

应根据被检材料种类、最大透照厚度、射线照相技术级别等因素，选择适宜的X射线机。

4.5.2 IP 板扫描器

- 4.5.2.1 应能扫描所用 IP 板的最大规格尺寸，并能够通过图像扫描分辨率选择调整读取图像的质量。

- 4.5.2.2 数字图像位数应不少于 12bit。
- 4.5.3 软件
 - 4.5.3.1 应包括窗宽/窗位调整、图像局部放大、任意区域灰度直方图、尺寸测量等功能。
 - 4.5.3.2 应支持添加并保存注释，且不对原始图像数据有任何更改。
- 4.5.4 显示器
 - 4.5.4.1 宜选择灰度显示器，最大亮度不低于 250cd/m²；若用彩色显示器，最大亮度不低于 150cd/m²。显示器的最大亮度与最小亮度之比不小于 250:1
 - 4.5.4.2 显示器像素数不少于 300 万，灰度不少于 8bit，像素间距不大于 0.250mm。
- 4.5.5 IP 板
 - 4.5.5.1 应根据被检测对象的尺寸、结构特征和检测要求配备合适类别和不同尺寸的 IP 板。
 - 4.5.5.2 应保持干净，并按照制造商推荐的方法进行清洁。
 - 4.5.5.3 装载 IP 板的暗袋/暗盒应由对射线低吸收的材料制成，不对数字图像质量或灵敏度造成影响。
- 4.5.6 像质计
 - 4.5.6.1 应使用与被检件相同或射线吸收特性相似的材料制作，并符合相关标准。当客户有特殊要求时，应根据客户要求配备相应像质计。
 - 4.5.6.2 当没有与被检件材料射线吸收特性相似的像质计或厚度在像质计使用范围之外时，使用表 2 的射线等效系数进行换算，至少要达到 2%的影像质量水平。

表2 射线等效系数

X 射线能量 KV	低碳钢	黄铜	钛合金	镍合金	不锈钢
70	13.0	19.0	10.0	16.0	14.5
80	12.0	18.0	9.5	15.5	13.5
90	11.0	17.5	9.0	15.0	13.0
100	10.5	16.5	8.5	14.0	12.5
110	10.0	16.0	8.0	13.0	11.5
120	9.0	15.0	7.5	12.0	10.5
130	8.0	14.0	7.0	11.0	9.5
注：在不同能量下不同材料以铝为基准的等效系数。					

- 4.5.6.3 应配备用于测试和评价 CR 图像分辨率的双丝像质计，双丝像质计应满足 GB/T 23901.5、EN 19232.5 或 ASTM E2002。
- 4.5.6.4 应配备对比度灵敏度像质计，对比度灵敏度像质计应满足 ASTM E1647 的要求。
- 4.5.6.5 像质计应无破损、折断、变形等。

4.5.7 增感屏

- 4.5.7.1 应采用金属增感屏，增感屏应平整、无划伤、破损、翘曲等。
- 4.5.7.2 增感屏与 IP 板之间应紧贴，其间不应有绒线、纸屑等异物。

4.6 检测时机

- 4.6.1 所有零件的射线检测，应在质量标准所要求能够检测缺陷尺寸的最合适制造工艺阶段进行。
- 4.6.2 被检测区域不得有多余的材料。
- 4.6.3 射线检测后若加工厚度大于 50%时，应重新检测。

5 工艺技术及控制要求

5.1 检测工艺卡

- 5.1.1 对批量生产的零件，应根据检测要求编制数字射线 CR 检测工艺卡，应包括以下内容：
 - a) 零件名称、零件类别、图号及材料牌号；
 - b) 用示意图或照片表示出零件、射线源、IP 板、像质计的透照布置；
 - c) 射线机型号与焦点尺寸；
 - d) IP 板型号、增感屏类型及厚度、滤波板材料及厚度；
 - e) 显示器型号；
 - f) 透照部位厚度、焦距、管电压、管电流及曝光时间；
 - g) 射线照相技术级别；
 - h) 不清晰度、灵敏度；
 - i) IP 板扫描器型号、IP 板扫描参数；
 - j) 初始图像灰度范围；
 - k) 图像处理方法；
 - l) 像质计材料、类型；
 - m) 检测方法标准、验收标准；
 - n) 签署及其他认为必要的事项。
- 5.1.2 检测工艺卡应由 II 级及以上人员编制，并经 III 级人员审核或批准。工艺卡格式可根据零件特点自行设计。
- 5.1.3 实际检测时应按工艺卡的规定进行透照，必要时允许检测人员在下列范围内调整检测参数：
 - a) 透照电压不超过 $\pm 15\%$ ；
 - b) 曝光量不超过 $\pm 15\%$ ；
 - c) 透照电压不超过 $\pm 5\%$ 且曝光量不超过 $\pm 10\%$ 。

5.2 透照技术

射线检测透照布置、透照方向、最小焦距、一次透照的最大有效区、透照厚度、像质计的放置与数量、标记放置等应符合相关标准。

5.3 IP 板、增感屏选择

- 5.3.1 应根据供货商说明选择合适类别的 IP 板。
- 5.3.2 宜依据表 3 和表 4 选择 CR 系统类别、增感屏的材料和厚度。

表3 钢、铜和镍基合金射线照相所适用的 CR 系统类别和金属增感屏

X射线能量En kV	透照厚度 mm	CR系统类别		金属增感屏材料和厚度 mm	
		A级	B级	前	后
En≤50	—	IP I	IPs	—	—
50<En≤150	—	IP II	IPs	Pb0. 1	Pb0. 1
150<En≤250	—	IP II	IP I	Pb0. 1	Pb0. 1
250<En≤350	≤50	IP II	IP I	Pb0. 2	Pb0. 2
	>50	IP II	IP II	Pb0. 3	Pb0. 3
350<En≤450	≤50	IP II	IP I	Pb0. 3	Pb0. 3
	>50	IP II	IP II	Pb0. 3	Pb0. 3

表4 铝合金和钛合金材料射线照相所适用的 CR 系统类别和金属增感屏

X 射线能量 En kV	CR 系统类别		金属增感屏材料和厚度 mm	
	A 级	B 级	前	后
≤50	IP II	IPs	0	0
50<En≤150			0	0
150<En≤250			Pb0. 02	Pb0. 02
250<En≤450			Pb0. 1	Pb0. 1

5.4 系统空间分辨率/图像不清晰度

- 5.4.1 用双丝像质计测试系统空间分辨率/图像不清晰度，测试方法可参照附录 A。
- 5.4.2 图像不清晰度应符合表 5 的规定。

表5 图像不清晰度

产品类型	最大图像不清晰度 mm
铸件和铸件补焊	≤0. 26
薄板焊接	≤0. 13

5.4.3 评定系统空间分辨率/图像不清晰度时可调整图像大小、对比度、窗宽/窗位，不能采取其他图像处理方法。

5.5 像质灵敏度

- 5.5.1 检测图像上应能清晰显示出检测工艺卡所要求丝号的像质计影像，且图像评定区上所要求的丝长应能清晰可见至少 10mm。当评定区的长度小 10mm 时，像质计丝应在整个部位可见。
- 5.5.2 对于金属材料，单壁透照且像质计置于源侧时，其像质计灵敏度应符合表 6 的规定。
- 5.5.3 对于管径小于 100mm 的环形焊缝采用双壁双影透照法，且将像质计分别置于被检焊缝源侧或 IP 板侧表面时，其像质计灵敏度应符合表 7 的规定；其中像质计置于 IP 板侧的像质要求，也适用于管径不小于 100mm，采用双壁单影法将像质计置于 IP 板侧时的情况。

表6 金属材料单壁透照时的像质要求

应发现的最细线号	线径 mm	透照厚度 T_A mm	
		A级	B级
19	0.050	—	$T_A \leq 1.5$
18	0.063	$T_A \leq 1.2$	$1.5 < T_A \leq 2.5$
17	0.080	$1.2 < T_A \leq 2$	$2.5 < T_A \leq 4$
16	0.100	$2.0 < T_A \leq 3.5$	$4 < T_A \leq 6$
15	0.125	$3.5 < T_A \leq 5$	$6 < T_A \leq 8$
14	0.16	$5 < T_A \leq 7$	$8 < T_A \leq 12$
13	0.20	$7 < T_A \leq 10$	$12 < T_A \leq 20$
12	0.25	$10 < T_A \leq 15$	$20 < T_A \leq 30$
11	0.32	$15 < T_A \leq 25$	$30 < T_A \leq 35$
10	0.40	$25 < T_A \leq 32$	$35 < T_A \leq 45$
9	0.50	$32 < T_A \leq 40$	$45 < T_A \leq 65$
8	0.63	$40 < T_A \leq 55$	$65 < T_A \leq 120$
7	0.80	$55 < T_A \leq 85$	$120 < T_A \leq 200$
6	1.00	$85 < T_A \leq 150$	$200 < T_A \leq 350$
5	1.25	$150 < T_A \leq 250$	$T_A > 350$
4	1.60	$T_A > 250$	—

表7 环形焊缝采用双壁透照时的像质要求

应发现的最细线号	线径 mm	透照厚度 T_A mm			
		A 级		B 级	
		源侧	IP 板侧	源侧	IP 板侧
19	0.050	—	—	$T_A \leq 1.5$	$T_A \leq 1.5$
18	0.063	$T_A \leq 1.2$	$T_A \leq 1.2$	$1.5 < T_A \leq 2.5$	$1.5 < T_A \leq 2.5$
17	0.080	$1.2 < T_A \leq 2$	$1.2 < T_A \leq 2$	$2.5 < T_A \leq 4$	$2.5 < T_A \leq 4$
16	0.100	$2.0 < T_A \leq 3.5$	$2.0 < T_A \leq 3.5$	$4 < T_A \leq 6$	$4 < T_A \leq 6$
15	0.125	$3.5 < T_A \leq 5$	$3.5 < T_A \leq 5$	$6 < T_A \leq 8$	$6 < T_A \leq 12$
14	0.16	$5 < T_A \leq 7$	$5 < T_A \leq 10$	$8 < T_A \leq 15$	$12 < T_A \leq 18$
13	0.20	$7 < T_A \leq 12$	$10 < T_A \leq 15$	$15 < T_A \leq 25$	$18 < T_A \leq 30$
12	0.25	$12 < T_A \leq 18$	$15 < T_A \leq 22$	$25 < T_A \leq 38$	$30 < T_A \leq 45$
11	0.32	$18 < T_A \leq 30$	$22 < T_A \leq 38$	$38 < T_A \leq 45$	$45 < T_A \leq 55$
10	0.40	$30 < T_A \leq 40$	$38 < T_A \leq 48$	$45 < T_A \leq 55$	$55 < T_A \leq 70$
9	0.50	$40 < T_A \leq 50$	$48 < T_A \leq 60$	$55 < T_A \leq 70$	$70 < T_A \leq 100$

5.5.4 下列情况可不使用像质计：

- a) 检查零件或组件内的多余物时；
- b) 判定射线检测缺陷是否排除，可以用一张图像和像质计说明最终情况；
- c) 判断不同材料之间的细节对比度；

d) 确定零件结构。

5.6 对比度灵敏度测试

5.6.1 应使用符合 ASTM E 1647 要求的对比度灵敏度像质计测定系统对比度灵敏度。

5.6.2 在首次使用时，应进行对比度灵敏度测试，随后每月测定一次。

5.7 显示器测试

5.7.1 每周应进行一次显示器灰度测试，显示器应可清晰显示满足相关标准的灰度图像(参见附录 B)，且每个灰度都易于被测试者分辨。

5.7.2 显示器最大亮度应满足本标准 4.5.4.1 条的要求，每月使用经校准的亮度计测量一次。

5.8 影像灰度

有效评定区内的数字图像灰度应控制在CR系统最大灰度范围的20%~80%之间。未曝光成像板灰度值不应超过500。

5.9 IP 板一致性测试

5.9.1 根据设备及实际检测对象，制作 IP 板一致性测试试块，编制 IP 板一致性测试工艺卡，推荐透照布置见图 1。试块图像灵敏度应满足工艺卡要求，灰度值应覆盖高、中、低三个灰度范围，如 16bit 数字图像，灰度值应在 45000、25000、15000 左右，每次测试试块位置应保持不变。

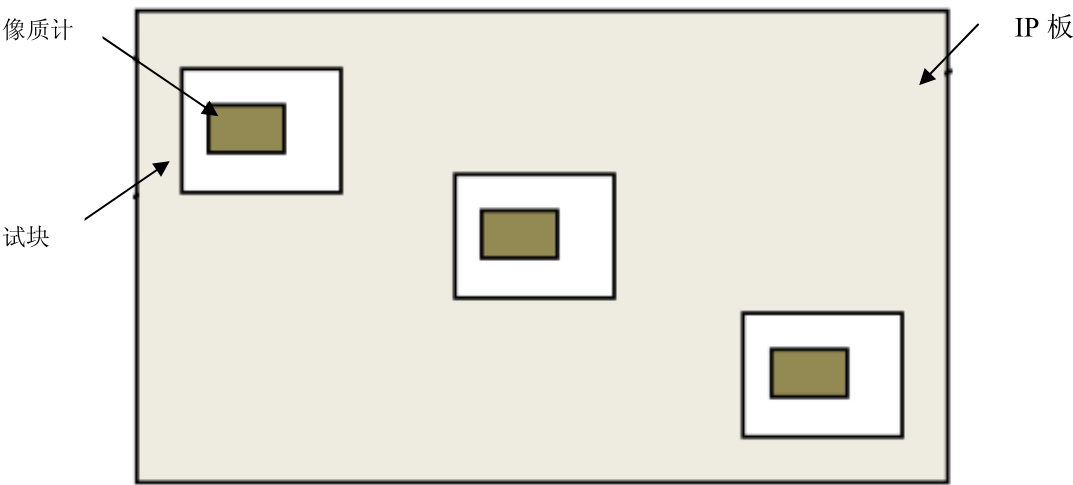


图1 IP 板一致性测试透照布置

5.9.2 首次使用时应选择一块新 IP 板按本标准 5.9.1 条的要求进行测试，并作为标准图像。IP 板在投入使用后应每月进行一致性测试，试块部位灰度值与标准图像相差应在±5%以内。

5.10 散射线

5.10.1 散射线会对射线检测的影像产生不利影响，在任何情况下都应防护散射线。

5.10.2 在曝光期间，应对 IP 板的背散射防护进行监控。每张 IP 板背侧都应放置一个铅字“B”，要求至少 12.7mm 高，1.6mm 厚，放置于 IP 板后方并且在被检测区域内。如果出现一个亮的铅字“B”的影像，则认为防护不足，应重新检测并采取有效措施来防止散射线的影。当出现暗的“B”字或无铅字“B”显示时，则认为背散射防护合格。暗的“B”字影响到射线检测区域的评定时，应重新检测。

5.11 数字图像读取

曝光后的IP板应及时扫描，间隔时间应不大于6h。

5.12 数字图像擦除

IP板在使用前应进行擦除处理。

5.13 数字图像评定

5.13.1 评定人员进行图像评定前应至少需要用 1min 的暗适应时间。

5.13.2 进行图像评定前，评定人员须首先核对以下信息：

- a) 图像灰度是否满足工艺卡的要求；
- b) 标记是否完整和正确放置；
- c) 不清晰度和灵敏度是否满足工艺卡的要求；
- d) 是否有影响评定的其他影像；

5.13.3 若对评定或影像清晰度有合理的怀疑，应重新检测。

6 检测记录和报告

6.1 图像保存

6.1.1 检测图像应编号，并以 DICONDE 格式保存，保存期限至少为 5 年。

6.1.2 必要时，检测图像应及时备份。

6.2 记录格式

检测记录的格式可根据被检件特点自行设计。除检测工艺卡所规定技术条件外，还应包括下列内容：

- a) 原始记录编号；
- b) 零件编号及数量；
- c) 检测图像编号、图像质量和灵敏度；
- d) 评定结果；
- e) 检测者和审核者及日期等。

6.3 检测报告

6.3.1 检测报告应包括下列内容：

- a) 原始记录编号、报告编号；
- b) 零件名称、零件类别、图号、编号及数量；
- c) 材料牌号；
- d) 检测方法标准和验收标准；
- e) 超标缺陷的类型及尺寸或级别；
- f) 评定结论；
- g) 评片者、审批者及日期等。

6.3.2 应由Ⅱ级或Ⅲ级射线检测人员按质量验收标准或技术条件对符合要求的图像进行评定和审核，并签发检测报告。

6.3.3 检测报告应归档保存，保存期限可根据相关规定执行。

7 检测后零件的处理

7.1 不合格件

不合格件应按相关质量控制程序文件要求进行标识、隔离和处理。

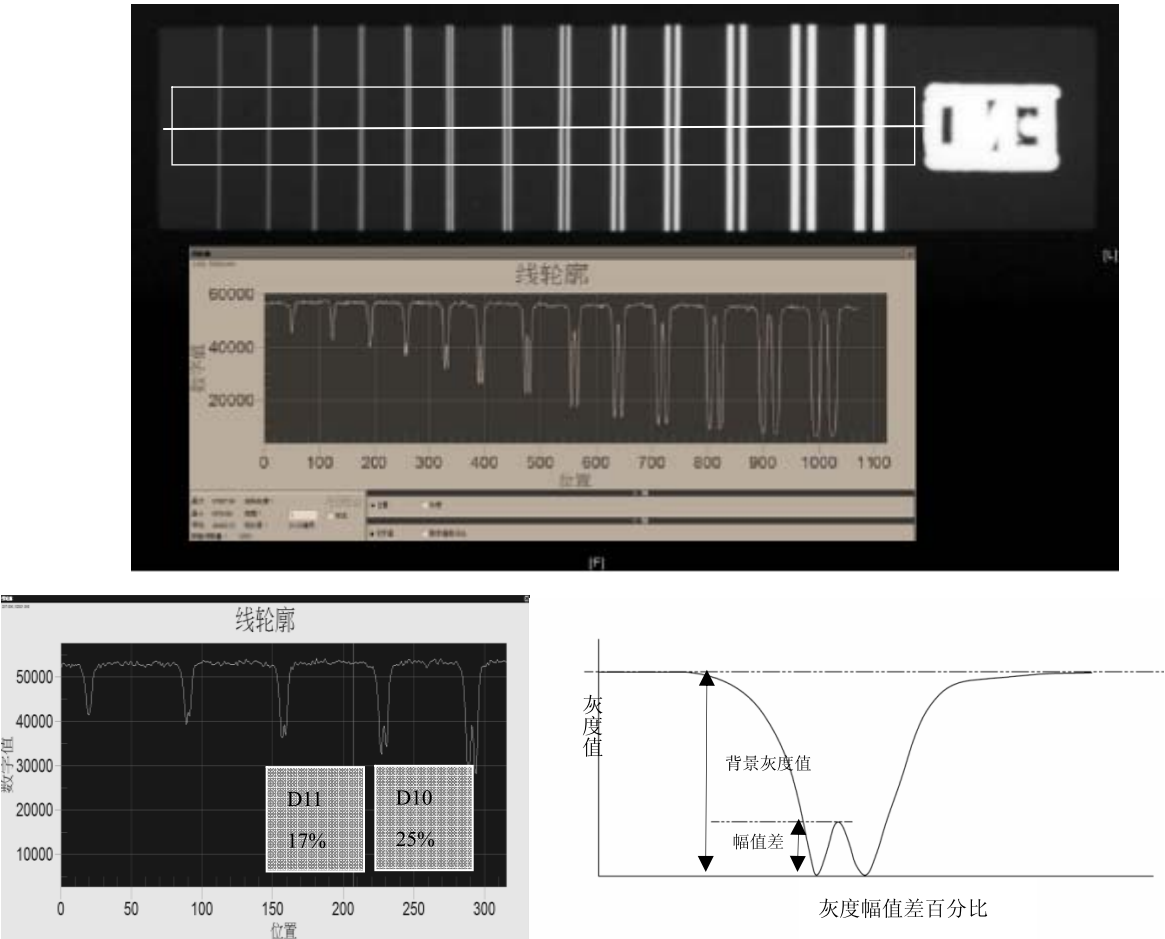
7.2 合格件

合格件应做出适当标记。

附录 A
(资料性附录)
系统分辨率/图像不清晰度测试

A.1 系统空间分辨率/图像不清晰度

- A.1.1 应使用符合GB/T 23901.5、EN 19232.5或ASTM E2002要求的双丝像质计测定系统空间分辨率/图像不清晰度。
- A.1.2 须测定与扫描方向垂直、平行两个方向的系统空间分辨率。若使用两个双丝像质计，透照时两个像质计相互垂直放置，其中一个像质计与扫描方向成 $2^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 放置；若使用一个像质计，则双丝像质计在两次曝光中分别与扫描垂直方向、平行方向成 $2^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 。
- A.1.3 确定数字图像中双丝像质计可识别的最后一个线对。可识别最后一个线对的判定方法为：首先沿双丝像质计图像中部（线对长度方向的30%~60%部位）绘制一条直线，直线宽度不小于21个像素，得到该直线的灰度曲线，灰度幅值小于背景灰度值20%的第一个线对，被认为是该图像中可识别的最后一个线对（如图A.1中为第11个线对）。



图A.1 可识别线对测试方法

- A. 1. 4 空间分辨率/图像不清晰度与可识别线对的对应关系见表A. 1。根据A. 1. 3确认可识别的最细一个线对丝号作为不清晰度测试的结果。
- A. 1. 5 垂直和平行两个方向不清晰度较大的值，作为系统空间分辨率。
- A. 1. 6 应在首次使用时，测定系统空间分辨率，随后每月测定一次。

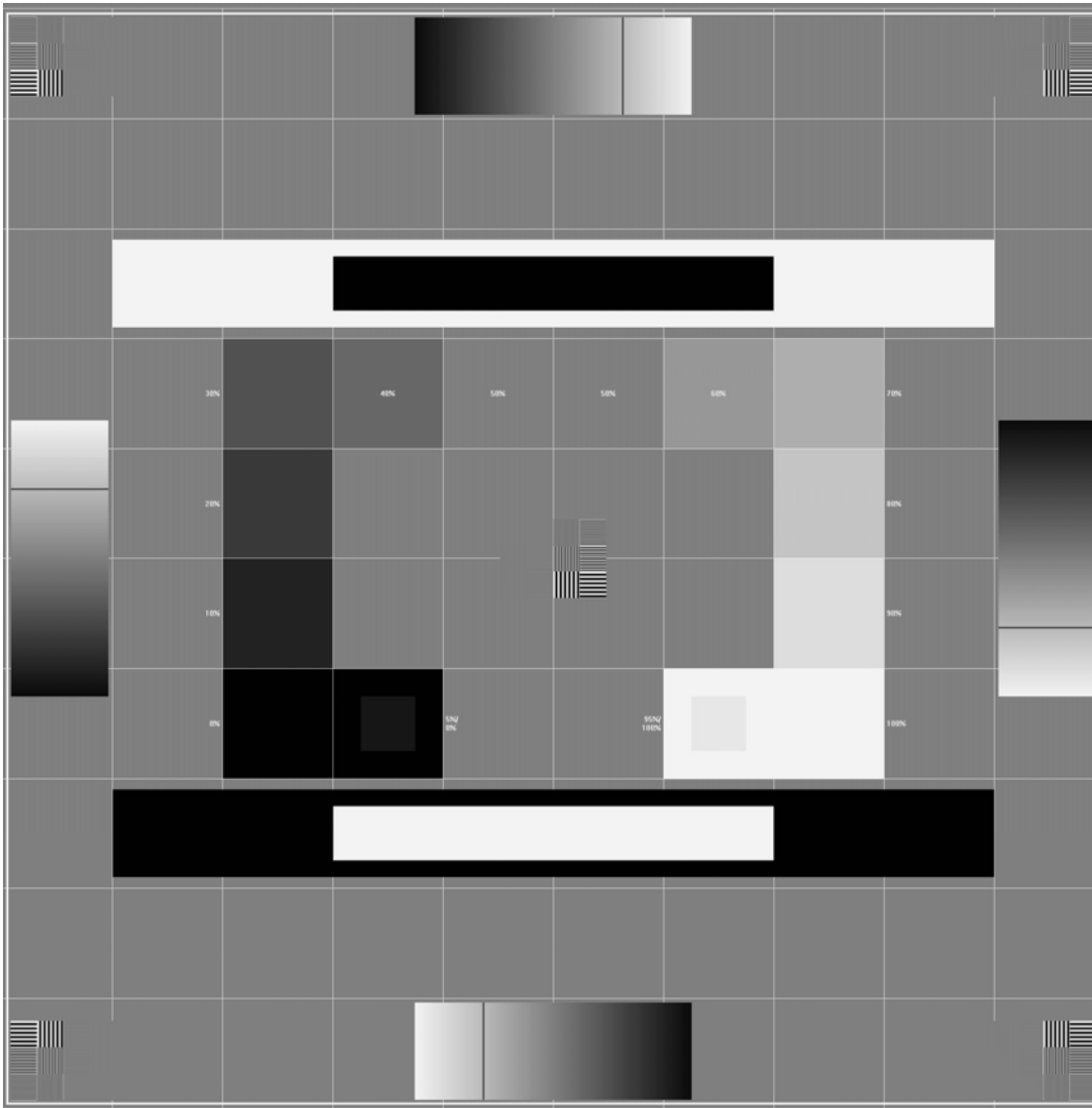
表A. 1 线对编号对应的图像不清晰度和线径

线对编号（D 代表双丝）	线径和间距 d mm	对应的不清度	空间分辨率 lp/mm
13D	0. 050	0. 10	10. 0
12D	0. 063	0. 13	7. 94
11D	0. 080	0. 16	6. 25
10D	0. 100	0. 20	5. 00
9D	0. 130	0. 26	3. 85
8D	0. 160	0. 32	3. 13
7D	0. 200	0. 40	2. 50
6D	0. 250	0. 50	2. 00
5D	0. 320	0. 64	1. 56
4D	0. 400	0. 80	1. 25
3D	0. 500	1. 00	1. 00
2D	0. 63	1. 26	0. 79
1D	0. 800	1. 60	0. 63

附 录 B
(资料性附录)
显示器屏幕测试图

B.1 显示器屏幕测试

显示器屏幕测试图见图B. 1。



图B. 1 SMPTE RP133 显示器屏幕测试图