

微剂量 X 射线安全检查设备

1 主题内容与适用范围

本标准规定了微剂量 X 射线安全检查设备的技术要求和试验方法,是设计、制造和验收此类设备及制定产品标准的基本依据。

本标准适用于各种微剂量 X 射线安全检查设备。

2 引用标准

GB 191 包装储运图示标志

GB 2423.1 电工电子产品基本环境试验规程 试验 A:低温试验方法

GB 2423.2 电工电子产品基本环境试验规程 试验 B:高温试验方法

GB 2423.3 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ca:恒定湿热试验方法

GB 2423.5 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ea:冲击试验方法

GB 2423.10 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Fc:振动(正弦)试验方法

GB 6833.3 电子测量仪器电磁兼容性试验规范 静电放电敏感度试验

GB 6833.4 电子测量仪器电磁兼容性试验规范 电源瞬态敏感度试验

GB 6833.5 电子测量仪器电磁兼容性试验规范 辐射敏感度试验

GB 6833.10 电子测量仪器电磁兼容性试验规范 辐射干扰试验

3 术语

3.1 X 射线安全检查设备 X-ray security inspection system

通过检测穿过被检物品的 X 射线的强度分布或能谱分布,对被检物作出安全判定的设备。

3.2 微剂量 X 射线安全检查设备 micro-dose X-ray security inspection system

单次检查的照射量小于 $1.29 \times 10^{-7} \text{C/kg}$ (0.5 mR) 的 X 射线检查设备。

3.3 脉冲式微剂量 X 射线安全检查设备 pulse micro-dose X-ray security inspection system

被检物在整个检查过程中,只接受单次脉冲射线辐照的设备。

3.4 点扫描式微剂量 X 射线安全检查设备 flying spot micro-dose X-ray security inspection system

利用飞点扫描的原理,被检物在每一瞬间,在垂直射线方向的截面上,只有一个斑点接受射线辐照的设备。

3.5 线扫描式微剂量 X 射线安全检查设备 linescan micro-dose X-ray security inspection system

利用线扫描的原理,被检物在每一瞬间,在垂直射线方向的截面上,只有一个条形区接受射线辐照的设备。

3.6 能量分辨型微剂量 X 射线安全检查设备 multi-energy X-ray inspection system

根据不同原子序数的物质元素对 X 射线的能谱吸收特性不同的规律,能对被检物品的材料构成作出显示的设备。

4 产品分类

依照设备的工作原理分:脉冲式、点扫描式和线扫描式;

依照 X 射线的发射方向分:水平式和垂直式;

依照设备显示内容不同分:能量分辨型和非能量分辨型。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 在间断发射 X 射线(发射 10 s,停发 10 s)的情况下,设备连续工作时间应不少于 12h。

5.1.2 具有传送系统的设备,应具备大通过率的连续检查能力。

5.1.3 X 射线源应在设备的内部实现自冷却。

5.1.4 设备应具有保护接地。

5.1.5 工作环境条件

环境温度:5~40℃;

相对湿度:不大于 80%;

大气压力:86~106 kPa;

工作场地:清洁干燥,周围不得有腐蚀性气体。

5.1.6 设备的外观应完好,表面应平整光洁、色泽均匀,无明显机械损伤、镀层不应有起泡损坏现象,金属件应无锈蚀现象,塑料件应无起泡、开裂现象。所有调节和控制机构必须安装正确、操作灵活。面板上标记、字迹要清楚。

5.1.7 外盖板的安装、拆卸应方便。框架应有足够的强度和刚度。装有高压油箱的框架,在正常搬动中不应产生变形或损坏。设备应装有滚轮和支脚,滚轮转动应灵活,支脚应牢固。

5.2 性能指标

5.2.1 穿透力

应能穿透不小于 6 mm 厚的钢板。

5.2.2 空间分辨力

在空气背景下,应能分辨标称直径为 0.254 mm(AWG 30#)的单根铜线。

5.2.3 灰度分辨力

在所有灰度阶梯下,应能分辨标称直径为 0.404 mm(AWG 26#)的单根铜线。

5.2.4 单次检查照射量

应不大于 2.58×10^{-8} C/kg(0.1 mR)。

5.2.5 泄漏射线的照射量率

应低于 1.29×10^{-7} C/(kg·h)(0.5 mR/h)。

5.2.6 材料分辨能力(仅能量分辨型)

能量分辨型设备应能有效地区分被检物的材料组成,同时能对所判定的有机物、无机物以及介于这两类材料之间的物质或这两类材料的混合物赋予不同的颜色。

对有机物的分辨能力用聚甲基丙烯酸甲酯的厚度来表示,对等效于 130 mm 以下的聚甲基丙烯酸甲酯的被检物能赋予有机物颜色。

对无机物的分辨能力用钢的厚度来表示,对等效于 7 mm 以下的钢的被检物能赋予无机物颜色。

5.2.7 系统噪声

应不大于 70 dB。

5.3 设备保护要求

5.3.1 应在 X 射线发射区装有安全防护连锁装置,一旦连锁断开,X 射线应立即停止发射。

5.3.2 应设有钥匙开关和二次电源起动开关。

5.3.3 应装有急停开关,一旦紧急情况发生,能立即切断设备供电电源。

5.3.4 设备和 X 射线发生器应具有过电压和过电流保护功能。当 X 射线源的电压或电流超过规定值的 70%~10%时,能自动切断高压。

5.3.5 应具有过热保护装置,当机箱温度或当 X 射线管的冷却液(油或水)的温度超过规定值时,能自动停止发射 X 射线。

5.3.6 应有明显的射线发射显示装置。

5.4 辐射防护要求

5.4.1 X 射线产生器、X 射线通道、探测器及检测通道的防护铅板应有足够的厚度,以确保泄漏照射量率满足 5.2.5 条的要求。

5.4.2 单次检查照射量超过 $2.58 \times 10^{-9} \text{ C/kg}$ (0.01 mR) 的设备,检测通道出入口要加铅门帘防护。铅门帘的材料是含铅的橡胶或塑料,其铅当量不小于 0.35 mm 厚的铅板。

5.5 电气安全要求

5.5.1 绝缘电阻

电源插头或电源引入端与外壳或外壳裸露金属部件之间的绝缘电阻,在正常环境条件下不应小于 100 M Ω ,湿热条件下不应小于 2 M Ω 。

5.5.2 抗电强度

a. 低压回路应能承受表 1 规定的抗电强度试验,历时 1 min 应无击穿或飞弧现象。

表 1

额定电压, V		试验电压 kV
直流或正弦交流有效值	交流峰值合成电压	
60~130	85~184	1.0
130~250	184~354	1.5
250~600	354~933	2.0

b. 高压回路的抗电强度应符合表 2 的规定。

表 2

试验条件	试验电压, kV	试验时间, min
不带 X 射线管	$1.10 \times$ 额定电压	1
带 X 射线管	$1.05 \times$ 额定电压	1

5.5.3 漏电流

漏电流的极限值见表 3。

表 3

设备类别	漏电流 I_1 , mA	漏电流 I_2 , mA
直接连接保护接地端子的设备	5(峰值)	
间接连接保护接地端子的设备	5(峰值)	0.7(峰值)

5.6 电磁兼容性要求

抗干扰要求应符合 GB 6833.3、GB 6833.5 的各项规定和 GB 6833.4 的 1.1 和 1.3 条规定。

辐射干扰要求应符合 GB 6833.10 的各项规定。

5.7 可靠性要求

在正常工作条件下,设备的平均无故障时间 MTBF (θ_1)应不小于 2 000 h。

5.8 电源适用范围

电源电压在额定电压的 $\pm 15\%$ 范围内,设备应能正常工作。

5.9 环境适应性要求

5.9.1 环境要求

a. 气候环境要求见表 4。

表 4

试验项目	严酷等级	试验方法	整 机			具有独立功能的电器部件		
			试验时间 h	恢复时间 h	检查项目	试验时间 h	恢复时间 h	检查项目
低温 Ab	0±3℃	GB 2423.1	16	4	5.2.1~	2	2	检查项目 和方法由 产品标准 规定
高温 Bb	+45±2℃	GB 2424.2	16	4	5.2.6	2	2	
恒定湿热	93±3%				5.5.1			
Ca	+40±2℃	GB 2424.3	48	4	5.5.2	48	4	
低温贮存	-40±3℃		16	4		16	4	

b. 机械环境要求见表 5。

表 5

试验项目	严酷等级	整 机		具有独立功能的电器部件	
		试验方法	检查项目	试验方法	检查项目
振动试验 Fc	频率范围:10~55Hz(正弦)	—	5.2.1~5.2.6	GB 2423.10	检查项目 和方法由 产品标准 规定
	振 幅:0.15mm				
冲击试验 Ea	振动方向:X、Y、Z 方向各 10min	—		GB 2423.5	
	峰值加速度:147m/s ²				
运输试验 (或模拟运输)	持续时间:11ms、Z 方向				
	冲击次数:18 次				
	试验里程:200km				
	公路级别:三级公路				
	行驶速度:20~40km/h				

5.9.2 微剂量 X 射线安全检查设备为大型机电产品,在不具备对整机进行环境试验时,允许对具有独立功能的电器部件分别按 5.9 条的环境要求进行试验。其电器部件的技术指标应满足设备指标要求。

5.9.3 初始测量、中间测量和最后测量时检查项目及要求的。

5.9.3.1 在进行低温、高温试验的中间测量时,检查项目为 5.2.1~5.2.6 条,性能指标应符合 5.2.1~5.2.6 条要求。进行恒定湿热环境试验时不做中间测量。

5.9.3.2 在进行低温、高温、恒定湿热、低温贮存试验的最后测量时,检查项目为 5.2.1~5.2.6 条性能指标应符合 5.2.1~5.2.6 条要求。

5.9.3.3 在进行机械环境和运输试验时,检查项目为 5.2.1~5.2.6 条,指标应符合 5.2.1~5.2.6 条要求。

5.9.3.4 具有独立功能的电器部件,经 6.7 条环境适应性试验后,装入整机对整机进行 5.2.1~5.2.6 条指标测试,其性能指标应符合 5.2.1~5.2.6 条要求。

5.9.3.5 经过气候和机械环境试验后,不应出现锈蚀和机械损伤现象。

5.9.4 恒定湿热环境试验完后,立即进行绝缘电阻和抗电强度的测试。测试方法按 6.8.1 和 6.8.2 条,测试结果应符合 5.5.1 和 5.5.2 条要求。

6 试验方法

6.1 除另有规定外,全部试验的环境条件均为正常大气条件。

环境温度:15~35℃

相对湿度:45%~75%

大气压力:86~106 kPa

6.2 试验用主要仪器和工具

电离式剂量仪:最小量程不大于 0.1 mR

高灵敏度剂量仪:最小量程不大于 0.02 mR/h

穿透力测试卡:附录 A

空间分辨力测试卡:附录 B

灰度分辨力测试卡:附录 C

材料分辨能力测试卡:附录 D

声级计:频率范围 25 Hz—8 kHz

6.3 外观检查

检查 5.1.6 和 5.1.7 条时,采用实物与设计文件核对、观察及手动等方法进行。

6.4 性能指标测试

6.4.1 穿透力的测试

将穿透力测试卡放在检测区中间位置,测试卡平面垂直于射线的方向,设备正常运行,目测显示器上穿透力测试卡的 X 射线图像,图像显示的数字最大值即为设备能穿透钢板的厚度值,应符合 5.2.1 条要求。

6.4.2 空间分辨力的测试

将空间分辨力测试卡放在检测区中间位置,测试卡平面垂直于射线的方向,设备正常运行,目测显示器上分辨力测试卡的 x 射线图像,能分辨的铜线线径应符合 5.2.2 条要求。

6.4.3 灰度分辨力的测试

将灰度分辨力测试卡放在检测区中间位置,测试卡平面垂直于射线的方向,设备正常运行。目测显示器上灰度测试卡的 x 射线图像,在所有灰度阶梯下,能分辨出铜线的线径应符合 5.2.3 条要求。

6.4.4 单次检查照射量测试

将电离式剂量仪置剂量档调零后,放在检测区中间位置,连续运行 10 次,从累积数求平均值应符合 5.2.4 条要求。

6.4.5 泄漏射线的照射量率的测试

系统处于 x 射线发射状态,在距机壳 5 cm 的任一点,用高灵敏度剂量仪测得的泄漏射线的照射量率应符合 5.2.5 条要求。

6.4.6 材料分辨能力的测试

将材料分辨能力测试卡放在检测区中间位置,测试卡阶梯面垂直于射线的方向,设备正常运行,目测显示器上各测试卡的图像颜色,应符合 5.2.6 条要求。

6.4.7 系统噪声的测试

传送带处在满负荷下运行,用声级计在离开系统 0.5 m 处任一点,测量噪声应符合 5.2.7 条要求。

6.5 设备保护要求的试验

6.5.1 连锁开关试验

切断发射区的任一连锁开关,X射线应能立即停止发射,X射线发射指示灯灭。

6.5.2 紧急停机试验

压下急停开关,应能立即切断设备供电电源,电源指示灯灭。

6.6 电源适用范围试验

在交流 50 Hz,电压为 187 V、220 V 和 242 V 三个电压点上各试验 15 min,设备的性能指标应符合 5.2.1~5.2.6 条要求。

6.7 环境适应性试验

按表 4 和表 5 的要求及 GB 2423.1~GB 2423.3、GB 2423.5 和 GB 2423.10 规定的试验方法进行。

6.8 安全要求试验

6.8.1 绝缘电阻

用 1 000 V 兆欧表,测量设备电源插头或电源引入线端与外壳或外壳上的裸露金属零部件之间的绝缘电阻。电源开关置接通位置,电源插头不插入电网。施加 1 000 V 试验电压,稳定 5s 后,读取的绝缘电阻值应符合 5.5.1 条要求。

6.8.2 抗电强度

在电源插头或电源引入线端与外壳或外壳上的裸露金属零部件之间施加额定功率不小于 500 V·A 的可调试验电压,试验电压以 200 V/min 的速率加至表 1 规定值并保持 1 min,试验结束后应符合 5.5.2 条要求。

6.8.3 漏电流试验

6.8.3.1 试验准备

将受试设备置于试验场地,并搁置 12h 以上,搁置期间不得开机。

6.8.3.2 漏电流试验

试验时工作电压为电源标称电压的 110%,设备的电源开关置于接通的位置。电流表的标称内阻为 2 k Ω (包括附加的串联电阻),按图 1 和图 2 分别连接、分别测量供电电源各级与连在一起的所有可触及导电部分(包括测量接地端子)间的漏电流,测得的值不应超过表 3 规定的值。

a. 与保护接地端子直接连接的设备的对地漏电流 I_1 的试验,见图 1。

b. 与保护接地端子间接连接的设备的对地漏电流和外壳漏电流 I_1 、 I_2 的试验,见图 2。

6.9 电磁兼容性试验

按 GB 6833.3、GB 6833.5、GB 6833.10 和 GB 6833.4 的 3.1 和 3.4 条规定的试验方法进行,设备应能正常工作。

6.10 可靠性试验

6.10.1 试验方案

可靠性鉴定试验:按照附录 E(补充件)的试验方案 4:6 进行。

可靠性交收试验:按照附录 E(补充件)的试验方案 4:7 进行。

6.10.2 试验要求

整个试验过程中,X射线发射 10 s,停发 10 s,试验时间延续到能作出合格判断为止。每台样品的试验时间不能低于平均每台样品试验时间的一半。

试验期间,发生 k 次失效时,累积相关试验时间 T_k 按下式计算:

$$T_k = \sum_{j=1}^n tk_j$$

式中： n ——受试样品总数；

tk_j ——第 k 次失效时受试样品中的第 j 台样品的相应时间读数。

到判决点没有发生任何一次失效时，累积相关试验时间 T 按下式计算

$$T = nt$$

式中： n ——受试样品总数；

t ——到判决点时的受试样品相应试验时间。

6.10.3 失效判别依据

6.10.3.1 致命故障

- a. 产品外壳带电；
- b. 产品有明火燃烧苗子。

6.10.3.2 严重故障

- a. 无图像；
- b. X 射线不发射；
- c. 控制系统失效；
- d. 传送系统不工作；
- e. 单次检查剂量超过规定值；
- f. 射线泄漏超过规定值。

6.10.3.3 轻度故障

- a. 指示灯坏，烧熔断丝；
- b. 系统噪声超过规定值。

7 检验规则

7.1 检验分类

设备的检验分为：

- a. 鉴定检验；
- b. 交收检验；
- c. 例行检验。

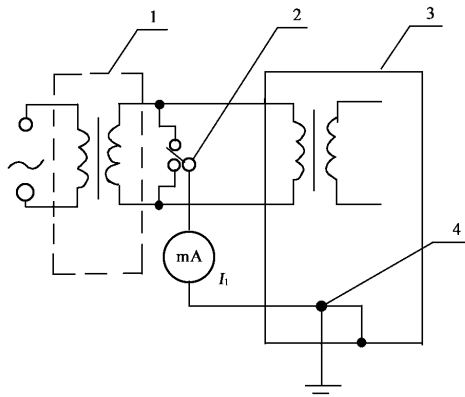
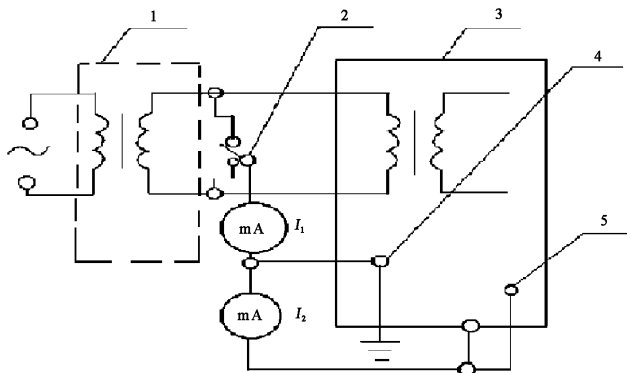


图 1 与保护接地端子直接连接的设备泄漏电流 I_1 、测量电路

1—隔离变压器；2—转换开关；3—可触及导电部分；4—保护接地端子

图2 与保护接地端子间接连接的设备泄漏电流 I_1 、 I_2 测量电路

1—隔离变压器；2—转换开关；3—可触及导电部分；4—保护接地端子；5—测量接地端子

7.1.1 鉴定检验项目按表6规定,在设计定型和生产定型时,均应进行鉴定检验,样品数量不少于2台。

表1

序号	项目	技术要求	试验方法	不合格分类	鉴定检验	交收检验	例行检验
1	外观	5.1.6 5.1.7	6.3	C	① √	√	√
2	穿透力	5.2.1	6.4.1	B	√	√	√
3	空间分辨力	5.2.2	6.4.2	B	√	√	√
4	灰度分辨力	5.2.3	6.4.3	B	√	√	√
5	单次检查照射量	5.2.4	6.4.4	A	√	√	√
6	泄漏射线的照射量率	5.2.5	6.4.5	A	√	√	√
7	材料分辨能力	5.2.6	6.4.6	B	√	√	√
8	系统噪声	5.2.7	6.4.7	C	√	√	√
9	电气安全要求	5.5	6.8	A	√	√	√
10	电磁兼容性要求	5.6	6.9	B	√		√
11	可靠性要求	5.7	6.10	B	②		
12	电源适用范围	5.8	6.6	B	√		√
13	环境适应性	5.9	6.7	B	√		√

注:①表中“√”者表示进行的项目。

②可靠性试验在生产定型时作。

7.1.2 交收检验的项目按表6规定,在生产时对准设备进行全数检验。

7.1.3 例行检验的项目按表6规定,每2a进行一次。样品应在交收检验合格品中随机抽取,样品数量不少于2台。

7.2 判定规则

按表6规定的项目、顺序、技术要求、试验方法和不合格分类判定样品是否合格,如果有一项不符合要求,则判为不合格品。

7.3 不合格品的处置

7.3.1 发现A类不合格品时应立即停止生产,并在相应的范围内采取措施,清除不合格品的因素后再提交检验,如涉及已出厂设备,应立即通知使用单位运回反修或到使用单位修理。

7.3.2 发现 B 类不合格品时应立即停止检验,分析原因,消除不合格品的因素后再提交检验。

7.3.3 发现 C 类不合格品时应停止对该台设备的检验,消除不合格品的因素后再提交检验。

8 包装、标志、贮存和运输

8.1 包装要求

8.1.1 包装箱应采用框架木箱或多层板框架木箱。主机要固定在箱体上。包装箱要防潮、防震。

8.1.2 包装箱内应装使用说明书、装箱单等技术文件。

8.2 标志要求

8.2.1 在设备的适当位置上应有下列标志:

- a. 产品型号、生产日期、编号、商标和厂家;
- b. X 射线产生器的型号、编号;X 射线管管号、标称电压和标称电流;部件上要有检验合格标志;
- c. 机架上标出叉车插位标记。

8.2.2 包装箱上应有下列标志:

- a. 产品型号、名称、数量及标准号;
- b. 合同号;
- c. 箱体外形尺寸(单位:cm);
- d. 装箱毛重(单位:kg);
- e. 装箱日期: 年 月;
- f. 到站及收货单位;
- g. 发站及发货单位。

8.2.3 包装、储运图示标志

在易见处应有防潮、防震、严禁倒置、吊起等标志或字样。标志图示按 GB 191 的规定。

8.3 贮存要求

8.3.1 设备的贮存环境条件

环境温度: $-40 \sim +70^{\circ}\text{C}$

相对湿度:不大于 80%

8.3.2 存放设备的库房应清洁干燥,周围不得有腐蚀性气体。设备应在包装箱内。

8.4 运输要求

8.4.1 包装好的设备可用空、海、陆交通工具运输。运输过程中应避免雨、雪的直接淋袭。

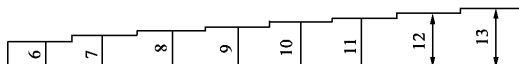
8.4.2 设备在车站、码头中转时,应存放在库房内。

附录 A

穿透力测试卡

(参考件)

穿透力测试卡是由钢材材料制成。钢板的一面呈阶梯状,另一面粘有 3 mm 厚度的铅字,铅字表示的数字和钢板的厚度相对应,见图 A1。



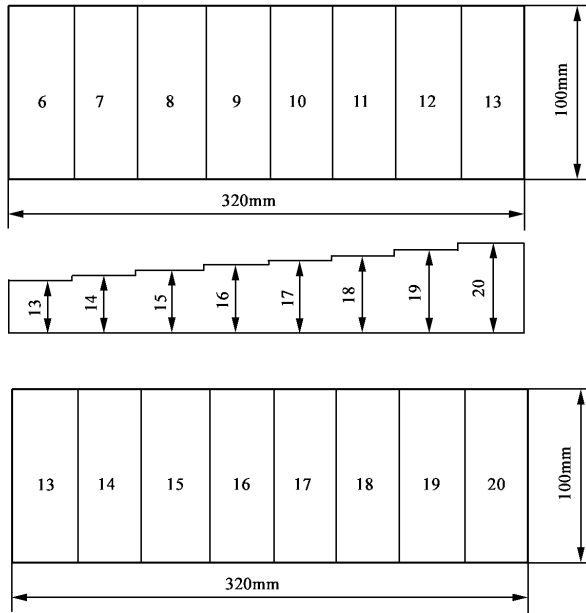


图 A1

附录 B

空间分辨力测试卡

(参考件)

空间分辨力测试卡是由一组线径不同的铜线,焊在厚度为 1.5 mm 的单面玻璃纤维覆铜板上,形状呈 S 状、均匀分布,见图 B1。图上黑框部分为铜皮,其余部分没有铜皮,数字为 3 mm 厚的铅字,数字表示线号。线号和线径的对应关系见表 B1。

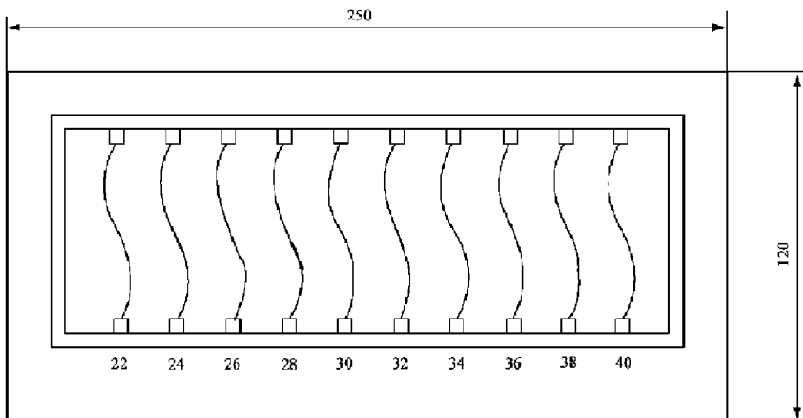


图 B1

表 B1

线号 (AWG)	线径 (mm)	线号 (SWG)	线径 (mm)
22	$\phi 0.643$	22	$\phi 0.711$
24	$\phi 0.511$	24	$\phi 0.559$
26	$\phi 0.404$	26	$\phi 0.457$
28	$\phi 0.320$	28	$\phi 0.376$
30	$\phi 0.254$	30	$\phi 0.315$
32	$\phi 0.202$	32	$\phi 0.274$
34	$\phi 0.160$	34	$\phi 0.234$
36	$\phi 0.127$	36	$\phi 0.193$
38	$\phi 0.101$	38	$\phi 0.152$
40	$\phi 0.080$	40	$\phi 0.122$

附录 C

灰度分辨力测试卡

(参考件)

灰度测试卡是用合金铝制成的阶梯型测试卡,见图 C1。测试卡的一面呈阶梯状,另一面附有线径不同的、呈正弦波形状的一组镀锡铜线,线号用数字表示,线径如图 C1 所示。这组铜线是夹在厚 1 mm 的有机玻璃之间。

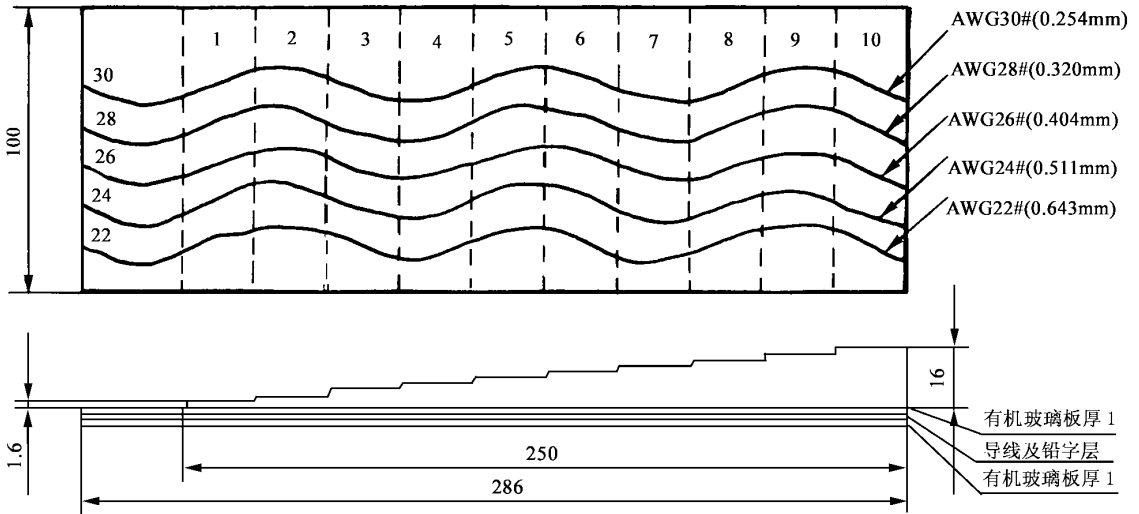


图 C1

附录 D

材料分辨能力测试卡

(参考件)

材料分辨能力测试卡,分有机物测试卡 and 无机物测试卡。

D1 有机物测试卡

有机物测试卡是由丙基酸类物质制成的阶梯型测试卡,见图 D1。

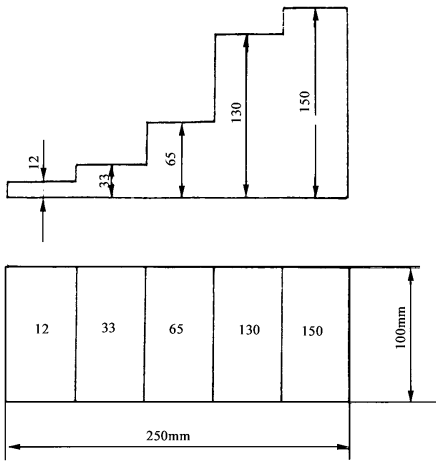


图 D1

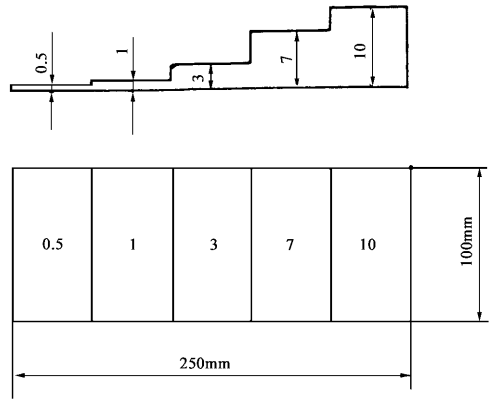


图 D2

D2 无机物测试卡

无机物测试卡是由钢材制成的阶梯型测试卡,见图 D2。

附录 E

序贯试验方案

(补充件)

E1 术语

E1.1 可靠性鉴定试验:为验证产品能否在规定的条件下满足规定的可靠性要求的试验。

E1.2 可靠性交收试验:为验证产品连续生产过程中生产的产品能否在规定的条件下满足规定的可靠性要求的试验。

E1.3 MTBF:指产品的平均无故障工作时间。

E1.4 m_1 :指不可接受的 MTBF 值。

E1.5 m_0 :指规定可接受的 MTBF 值。

E1.6 D_m 指鉴别比,即 m_0 与 m_1 的比值, $D_m = m_0 / m_1$

E1.7 α :生产方风险率,即产品的 MTBF 真值等于 m_0 时,而被拒收的概率。

E1.8 β :使用方风险率,即产品的 MTBF 真值等于 m_1 时,而被接收的概率。

E2 试验方案的判决标准表

表 E1 试验方案 4:6 的判决标准表

($\alpha=0.20, \beta=0.20, D_m=2.0$)

相关失效率	累积相关试验时间(m_0 的倍数)	
	拒收(小于或等于)	接收(大于或等于)
0	—	1.40
1	—	2.09
2	0.35	2.79
3	1.04	3.48
4	1.73	4.17
5	2.43	4.87
6	3.12	4.87
7	3.81	4.87

注:相关失效率数大于或等于 8,一律拒收。

表 E2 试验方案 4:7 的判决标准表

($\alpha=0.20, \beta=0.20, D_m=3.0$)

相关失效率	累积相关试验时间(m_0 的倍数)	
	拒收(小于或等于)	接收(大于或等于)
0	—	0.89
1	—	1.44
2	0.12	1.50

注:相关失效率数大于或等于 3,一律拒收。