



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 933—1998

γ 射线探伤机

Apparatus for Gamma Radiography

1998—05—12 发布

1998—12—01 实施

国家质量技术监督局 发布

γ 射线探伤机检定规程

Verification Regulation of Apparatus for Gamma Radiography

JJG 933—1998

本检定规程经国家质量技术监督局于 1998 年 05 月 12 日批准，并于 1998 年 12 月 01 日起施行。

归口单位： 全国电离辐射计量技术委员会

起草单位： 上海市计量测试技术研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

刘树林 （上海市计量测试技术研究院）

谭永康 （上海市计量测试技术研究院）

目 录

一 概述	(1)
二 技术要求	(1)
三 检定条件	(2)
四 检定项目和检定方法	(3)
五 检定结果的处理和检定周期	(4)
附录 A 术语	(5)
附录 B γ 探伤机常用放射源的某些特性	(6)
附录 C 透照灵敏度的测试条件	(7)

γ 射线探伤机检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的用透照法进行无损检测的 γ 射线探伤机的检定。常用的 γ 放射性核素有⁶⁰Co、¹³⁷Cs、¹⁹²Ir 和¹⁷⁰Tm 等。

一 概 述

1 用途和构造

γ 射线探伤机（以下简称 γ 探伤机）是利用射线无损检测方法，探测材料、构件或设备内部缺陷的一种装置，主要由密封 γ 放射源及其容器、照射头和遥控装置 3 个部分组成。

2 原理

γ 放射源发出的射线透照被检物时发生减弱，在被检物的缺陷部位和其他部位射线减弱的程度不同。根据这一原理可采用射线照相将焊接件、铸件等被检物中的缺陷显现出来，以确定缺陷的位置、大小、形状和种类。

3 分类

3.1 γ 探伤机按照源容器的可移动性分为手提式、移动式和固定式 3 种。

3.2 γ 探伤机按照放射源从安全位置转换到工作位置的方式分为 2 类。第 I 类利用放射源在源容器内的转动或源容器屏蔽闸的开启使探伤机处于出束状态，所发出的 γ 射线通常是准直的；第 II 类采用机械传动、电动或气动等方法将放射源从源容器中抛射出来，经由输源管传送到照射头进行照射，所发出的 γ 射线有准直的，也有非准直的。

二 技 术 要 求

4 一般要求

4.1 γ 探伤机的机械、安全等性能应符合相应标准的要求。

4.2 在 γ 探伤机的源容器上应有醒目的、永久性的电离辐射标志，并注明该容器所允许的某一特定核素的最大活度值。

4.3 在 γ 探伤机的合适部位上或随带技术文件中，必须说明该机所用 γ 放射性核素的标称活度值及其测量日期。

5 等效活度

密封 γ 放射源的等效活度不得大于源容器所允许的最大活度值，并且与经过修正的标称活度值相差应不超过 ±15%。

6 重复性

用单次测量相对标准偏差表示的有用射线束输出量的重复性应不大于 3%。

7 辐照场的均匀性

在离开放射源一定距离并与有用射线束中心轴线相垂直的平面上，距中心点 5 cm 范围内空气比释动能率的变化应不超过 ±5%。

注：对于非准直射线，“中心轴线”是指放射源中心至选定参考点的连接线。（下同）

8 透照灵敏度

在附录 C 确定的照射条件和胶片处理条件下， γ 探伤机对指定厚度的钢平板试块的透照灵敏度应不超过表 1 规定的值。

表 1

放 射 源	试块厚度 mm	透照灵敏度 (%)
^{60}Co	40	≤ 2.0
^{137}Cs	20	≤ 2.0
^{192}Ir	20	≤ 2.0
^{170}Tm	5	≤ 3.2

三 检 定 条 件

9 电离室剂量计

测量空气比释动能的范围至少应为 1~100 mGy，校准因子的扩展不确定度不大于 5% ($K=2$)。

10 钢平板试块

用 A_3 钢制成，厚度误差不超过 ± 0.1 mm，表面粗糙度 R_a 不大于 $6.3 \mu\text{m}$ 。

11 照相胶片及其冲洗、测读设备

包括射线照相胶片、暗室设备、观片灯和黑度计等。

12 其他计量器具

检定所需的其他计量器具列于表 2。

表 2

器具名称	测量范围	最小分度值
温度计	0~50 $^{\circ}\text{C}$	0.5 $^{\circ}\text{C}$
气压计	86~106 kPa	0.1 kPa
尺	0~1 m	1 mm
计时器	0~1 000 s	0.01 s

13 环境条件

γ 探伤机的检定可在计量检定实验室也可在使用现场进行。检定时的环境条件应能

保证 γ 探伤机和剂量计正常工作。

四 检定项目和检定方法

14 等效活度

14.1 正确安置 γ 探伤机, 使处于工作位置的放射源离地面高度约为 1.5 m, 并呈水平出束状态。

14.2 将剂量计的电离室放置在有用射线束中心轴线上离开放射源一定距离处。距离的选择应满足点源条件, 并使测量位置上环境散射辐射的贡献不超过总空气比释动能率的 5%, 一般取为 1 m。

14.3 用电离室剂量计测定空气比释动能率。至少测量 3 次, 求出测得值的平均值。

14.4 按 (1) 式计算 γ 放射源的等效活度。

$$A = \frac{l^2}{\Gamma_\delta} \bar{M} \cdot N_k \cdot K_{TP} \cdot K_S \quad (1)$$

式中: A —— γ 放射源的等效活度, Bq;

l ——放射源中心至电离室中心的距离, m;

Γ_δ ——该 γ 放射性核素的空气比释动能率常数, $\text{m}^2\text{Gy Bq}^{-1}\text{s}^{-1}$;

$\bar{M}$ ——剂量计测得值的平均值, divs^{-1} , 其中 div 表示分度值;

N_k ——剂量计的空气比释动能校准因子 Gydiv^{-1} ;

K_{TP} ——空气密度修正因子, 其值由温度 T (单位 K) 和气压 P (单位 kPa) 按 (2) 式计算:

$$K_{TP} = \frac{T}{293.2} \frac{101.3}{P} \quad (2)$$

对于密封型电离室, $K_{TP} = 1$;

K_S ——环境散射辐射修正因子。

计算得出的 A 值应符合本规程第 5 条的要求。

15 重复性

15.1 将剂量计的电离室固定在有用射线束中心轴线上离开放射源约 60 cm 处, 选定合适的照射时间, 连续开探伤机 10 次进行重复测量。

15.2 按 (3) 式计算单次测量的相对标准偏差 V :

$$V = \frac{1}{\bar{M}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (M_i - \bar{M})^2}{10 - 1}} \times 100\% \quad (3)$$

式中: M_i ——第 i 次测得值;

$\bar{M}$ ——10 次测得值的平均值。

用 V 值表示的重复性应不大于 3%。

16 辐射场的均匀性

16.1 将剂量计的电离室放置在有用射线束中心轴线上的某一点 P ，该点至放射源中心的距离约为 60 cm。测量 P 点的空气比释动能率。

16.2 在通过 P 点并与有用射线束中心轴线相垂直的平面上，选取均匀分布且与 P 点的距离均为 5 cm 的 4 个点，分别测量这些点的空气比释动能率。

16.3 上述 4 点空气比释动能率与 P 点的空气比释动能率的比值都应落在 0.95~1.05 的范围之内。

16.4 辐射场的均匀性也可采用胶片剂量法测定。

17 透照灵敏度

17.1 将厚度为表 1 规定值的钢平板试块放置在辐射场中，使射线束中心轴线垂直于平板，并且大致通过试块的中心部位。放射源至待放照相胶片的距离根据附录 C 的表确定。

17.2 在平板试块中部对着放射源的一面贴放线型像质计，背面贴放夹带铅增感屏的照相胶片。胶片的类型以及像质计和增感屏的规格应符合附录 C 的要求。

17.3 选取合适的照射时间进行曝光，使经过暗室处理后得到的底片黑度为 1.8 ± 0.3 ，本底灰雾度不超过 0.3。

17.4 按附录 C 规定的条件进行胶片处理和测读。从底片上能分辨出来的像质计的最小钢丝直径与钢平板试块的厚度之比（用百分比表示）即为透照灵敏度，其值应满足本规程第 8 条的要求。

五 检定结果的处理和检定周期

18 检定结果的处理

18.1 按本规程检定合格的 γ 探伤机发给检定证书，检定不合格者发给检定结果通知书。

18.2 经检定所有项目均符合技术要求的判为合格，第 14、15 和 16 条 3 个项目中有一项或一项以上不符合要求的，判为不合格。

18.3 仅第 17 条一项不符合技术要求的，按用户实际使用的照射条件和胶片冲洗条件重新测定透照灵敏度。如仍不符合要求，判为不合格；重测后符合要求的视为合格，但在检定结果中必须说明实际使用的条件。

19 检定周期

19.1 使用 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 或 ^{170}Tm 放射源的 γ 探伤机的检定周期为 1 年；使用 ^{192}Ir 的 γ 探伤机检定周期为半年。

19.2 检定项目中等效活度属于首次检定项目，其他项目在首次检定和随后检定中均为必检项目。

19.3 更换放射源或经过可能引起性能显著变化的修理后的 γ 探伤机应重新检定。换源后的重新检定应包括等效活度的检定。

附录 A

术 语

1 等效活度

某一放射源的等效活度等于在相同距离处，与它产生相同空气比释动能率的同种放射性核素的点源的活度。

2 最大活度值

为保证 γ 探伤机的正常工作和辐射安全，在源容器内允许安装的某一特定核素的放射源的活度上限值。

3 照射头

在选定的工作位置上放置 γ 射线探伤用密封放射源的装置。

4 工作位置

使用 γ 探伤机进行照射时密封放射源所处的位置。

5 安全位置

γ 探伤机停止工作时密封放射源在屏蔽容器内所处的位置，也称储存位置。

6 空气比释动能率常数

发射光子的放射性核素，其空气比释动能率常数 Γ_{δ} 是 $L^2 K_{\delta}$ 除以 A 所得的商，其中 K_{δ} 是距离活度为 A 的该核素的点源，在 L 处由能量大于 δ 的光子所造成的空气比释动能率，即：

$$\Gamma_{\delta} = \frac{L^2 K_{\delta}}{A}$$

单位为 $\text{m}^2 \text{ Gy Bq}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。

7 透照灵敏度

用射线透照法能够检测到的被检物沿射线方向的最小缺陷线度与透照厚度的比值，以百分比表示。采用像质计测出的透照灵敏度往往高于发现被检物缺陷实际能达到的灵敏度。

附录 B

 γ 探伤机常用放射源的某些特性

^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{192}Ir 和 ^{170}Tm 4 种放射源的半衰期 $T_{1/2}$ 、 β 射线能量 E_β 、光子能量 E_γ 及空气比释动能率常数 Γ_δ 推荐值列于下表。

核 素	$T_{1/2}$ (d)	E_β (MeV)	E_γ (MeV)	Γ_δ ($\text{m}^2\text{Gy Bq}^{-1}\text{s}^{-1}$)
^{60}Co	1 925.3	0.31	1.17, 1.33	8.61×10^{-17}
^{137}Cs	11 050	0.5	0.662	2.17×10^{-17}
^{192}Ir	74.3	0.6	0.31, 0.60	3.08×10^{-17}
^{170}Tm	129	1.0	0.052, 0.084	1.97×10^{-19}

附录 C

透照灵敏度的测试条件

透照灵敏度是表征射线探伤机发现被检物内部缺陷能力的一项重要指标，其值不仅与被检物及其缺陷的特征有关，而且受到照射条件和胶片处理条件等诸多因素的影响。用线型像质计测定 γ 探伤机的透照灵敏度应在本附录规定的条件下进行。

1 源至胶片距离

放射源至照相胶片的距离按下表确定：

放 射 源	源至胶片距离 cm	铅增感屏厚度 mm	线型像质计规格
^{60}Co	60	0.3	$\text{FE}_{1/7}$ 和 $\text{FE}_{6/12}$
^{137}Cs	60	0.1	$\text{FE}_{6/12}$
^{192}Ir	60	0.1	$\text{FE}_{6/12}$
^{170}Tm	30	0.03	$\text{FE}_{10/16}$

2 平板试块

钢平板试块的厚度及其误差应分别符合本规程第 8 条和第 10 条的要求。如为非标准试块，其长度和宽度应分别不小于 15 cm 和 10 cm。

3 照相胶片

采用 3 型工业射线胶片，即中等颗粒、中等感光速度的胶片。

4 铅增感屏

采用前后屏厚度均为上表规定值的铅增感屏。

5 线型像质计

线型像质计的工艺技术应符合 GB 5618—1985 的要求，测定 ^{60}Co γ 探伤机的透照灵敏度应同时使用 2 组像质计，测定 ^{137}Cs 、 ^{192}Ir 或 ^{170}Tm γ 探伤机只需使用 1 组像质计。这些像质计的规格列于上表。

6 胶片处理

根据胶片型号选用合适的显影液和定影液。显影温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，显影时间约 5 min（手工冲洗）。

7 底片观察

底片观察条件应符合有关标准的要求。

附加说明：本检定规程经全国电离辐射计量技术委员会审定通过。