JJG

**中华人民共和国国家计量检定规程**

 **JJG933－XXXX**

**γ射线探伤机**

**Apparatus for gamma radiography**

(征求意见稿)

XXXX－XX－XX发布 XXXX－XX－XX实施

**国家市场监督管理总局** 发布

γ射线探伤机检定规程

JJG 933-202X

替代JJG 933-1998

Verification Regulation for Apparatus

for gamma radiography

 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

辽宁省计量科学研究院

 本规程委托全国电离辐射计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

韩 刚（上海市计量测试技术研究院）

陶 成（辽宁省计量科学研究院）

 参加起草人：

 忻智炜（上海市计量测试技术研究院）

綦 心（辽宁省计量科学研究院）

目 录

[引 言 II](#_Toc435700001)

[1 范围 3](#_Toc435700002)

[2 引用文件 3](#_Toc435700003)

[3 术语和计量单位 3](#_Toc435700004)

[3.1 术语 3](#_Toc435700005)

[3.2 计量单位 4](#_Toc435700006)

[4 概述 4](#_Toc435700007)

[5 计量性能要求 4](#_Toc435700008)

[6 通用技术要求 5](#_Toc435700009)

[6.1 外观 5](#_Toc435700010)

[6.2 标识 5](#_Toc435700011)

[7 计量器具控制 5](#_Toc435700012)

[7.1检定条件 5](#_Toc435700013)

[7.2 检定项目 6](#_Toc435700014)

[7.3 检定方法 6](#_Toc435700015)

[7.4检定结果的处理 8](#_Toc435700016)

[7.5 检定周期 8](#_Toc435700017)

[附录 A 检定记录推荐格式 9](#_Toc435700018)

[附录 B 检定证书内页信息及推荐格式 11](#_Toc435700019)

[附录 C 检定结果通知书内页信息及推荐格式 12](#_Toc435700020)

[附录 D γ射线探伤机常用放射源的特性 13](#_Toc435700021)

## 引 言

 γ射线探伤机是常用的无损探伤设备，用于管道、铸件等机械件的无损检测，其计量性能直接影响检测质量结果的准确可靠，关乎辐射安全。

JJF 1002-2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑制定本规程的基础性规范。本规程的修订以GB/T 14058-2023《γ射线探伤机》， GBZ 117-2022 《工业探伤放射防护标准》为主要技术参考。

与JJG 933-1998相比，除编辑性修改外，本规程主要技术变化如下：

1．增加了探伤机源容器外表面一定距离处周围当量率的技术要求；

2．更新了探伤机分类；

3．其他检定器具中增加了周围剂量当量率仪，删除了黑白密度计、像质计；

4．删除了透照灵敏度要求；

5．附录中增加了常见的放射性核素75Se、169Yb，删除了不常用核素137Cs；

JJG 933-1998 γ射线探伤机检定规程于1998年12月发布。

本规程为首次修订。

γ射线探伤机检定规程

## 1 范围

本规程适用于γ射线探伤机的首次检定、后续检定和使用中检查。 本规程适用于采用密封放射源放射的γ射线进行工业射线照相的探伤机产品，按照其容器的可移动性分为：便携式γ射线探伤机(P)、移动式γ射线探伤机(M)和固定式γ射线探伤机(F)，第三类具有往往用于高活度放射源。不适用于源组件不需要离开源容器的γ射线探伤机。

## 2 引用文件

本规程引用下列文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1035-2006 电离辐射计量术语及定义

GB/T 14058-2023 γ射线探伤机

GBZ 117-2022 《工业探伤放射防护标准》

上述凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单位）适用于本规程。

## 3 术语和计量单位

## 3.1 术语

JJF 1001-2011、JJF 1035-2006界定的及以下术语和定义适用于本规程。

3.1.1 等效活度 equivalent activity

 在距某个源中心一定距离处的空气比释动能率，如果一个相同放射核素的已知活度的点源在同样距离处的空气比释动能率，则某个源的等效活度即相当于点源的活度。

3.1.2空气比释动能率常数 Γδ air kerma rate constant

发射光子的放射性核素的空气比释动能率常数Γδ是$l^{2}\dot{K}\_{δ}$除以*A*而得的商，即

$$Γ\_{δ}=l^{2}\dot{K}\_{δ}/A$$

式中：$\dot{K}\_{δ}$----距离活度为*A*的该核素的点源$l$处由能量大于δ的光子所造成的空气比释动能率。

单位：Gy·m2·Bq-1·s-1。

## 3.2 计量单位

3.2.1 [放射性]活度：贝可[勒尔]； 符号：Bq。

3.2.2 [源]空气比释动能率：*K* 符号： Gy·min-1。

3.2.3 周围剂量当量率使用的计量单位为希[沃特]每小时，符号：Sv·h-1。

## 4 概述

γ射线探伤机由密封放射源及其容器、照射头和控制装置组成。 通过测量材料中的因缺陷或者材料不同存在影响γ射线的吸收来探测缺陷或者结构。γ射线探伤机主要应用于无损检测。

## 5 计量性能要求

γ射线探伤机的计量性能要求见表1。

表1 γ射线探伤机的技术要求

|  |  |
| --- | --- |
| 计量性能 | 技术要求 |
| 等效活度 | 与标称的出厂活度误差不超过±15%。 |
| 辐射场均匀性 | 小于20% |
| 复现性/输出辐射的稳定性 | 不超过±10% |
| 最大周围剂量当量率 | 不超过表2相应的要求 |

表2 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 探伤机类别 | 探伤机代号 | 最大周围剂量当量率mSv/h |
| 离源容器5cm处 | 离源容器表面100cm处 |
| 便携式 | P | 0.5 | 0.02 |
| 移动式 | M | 1 | 0.05 |
| 固定式 | F | 1 | 0.1 |

## 6 通用技术要求

## 6.1 外观及标识

γ射线探伤机外观应有醒目的、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，不应有影响正常工作的机械损伤，控制面板或系统界面上所设置的功能键都能完成该键指令下的功能。应具有生产厂家、规格型号以及出厂编号等清晰标识，以及在合适的部位上或随带的技术文件中必须说明该机所用γ放射核素的标称活度及其装源日期。

## 7 计量器具控制

## 7.1 检定条件

7.1.1 计量标准

（1）剂量计

 X、γ射线剂量计，测量范围为（0.1~10）Gy/min,校准因子相对扩展不确定度不大于5.0%。

（2）其他检定用设备

表3 其他检定用设备

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 测量范围 | 最小分度值 |
| 温度计 | 0℃~50℃ | 0.5℃ |
| 气压计 | 86kPa~106kPa | 0.1kPa |
| 周围剂量当量率仪 | (1.0×10-4~101)mSv/h | 0.1μSv/h |
| 测距设备 | 1mm~2000mm | 1mm |

7.1.2 环境条件

（1） 环境温度：（0～35）℃；

（2） 相对湿度：不大于 90%；

（3） 周围无明显影响正常工作的机械振动和电磁干扰。

## 7.2 检定项目

 γ射线探伤机首次检定、后续检定和使用中检查项目见表4。

表4 检定项目一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检定项目 | 首次检定 | 后续检定 | 使用中检查 |
| 外观及标识 | + | + | + |
| 等效活度 | + | - | - |
| 辐射场均匀性 | + | - | - |
| 复现性/输出辐射的重复性 | + | + | + |
| 周围剂量当量率 | + | + | + |
| 注：“+”为需检定的项目，“-”为不需检定的项目。 |

## 7.3 检定方法

7.3.1外观及标识

目测与通电检查γ射线探伤机是否满足本规程第6章的要求。

7.3.2等效活度

安置γ射线探伤机的照射部件，使得处于工作位置的放射源离地面大于1.2m，并呈水平出束状态，示意图见附录E。

将剂量计的探测器放置于有用射线束中心轴线上离开放射源100cm处（可根据现场条件适当调整），并使得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%。

用剂量计测量空气比释动能率，至少测量3次，求出测得值的平均值。

按照（1）式计算γ放射源的等效活度。

$A=\frac{l^{2}}{Γ\_{δ}}×\overline{\dot{M}}×N\_{k}×K\_{TP}$ （1）

式中：*A* ----γ放射源的等效活度，Bq；

 $l$----放射源与电离室中心的距离，m；

 $Γ\_{δ}$----该放射性核素的空气比释动能率常数，

 $\overline{\dot{M}}$----剂量计测得值的算术平均值，Gy/min；

 $K\_{TP}$----空气密度修正因子，如果探测器为自由空气电离室，其值由温度*T*（单位℃）和气压*p*（单位kPa）按下式计算：

$$K\_{TP}=\frac{273.15+T}{293.15}∙\frac{101.3}{p}$$

7.3.3 复现性/输出辐射的重复性

 测量步骤同7.3.2，重新出束5次以上，测量1次，如式（2）用单次测量相对标准偏差*V*表示其复现性/输出辐射的重复性：

$$V=\frac{1}{\overline{\dot{M}}}∙\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}\left(M\_{i}-\overline{\dot{M}}\right)^{2}}{n-1}} （2）$$

式中：$M\_{i}$-----第i次的测得值，Gy/min；

 $\overline{\dot{M}}$----剂量计示值的算术平均值，Gy/min；

7.3.4辐射场的均匀性

 将剂量计的电离室放置在有用射线束中心轴线的某一点*P*，该点至放射源中心距离约为100cm，测量*P*点的空气比释动能率。

 在通过*P*点并于有用射线束中心轴线想垂直的平面上，选取均匀分布且与P点的距离均为5cm的4个点，分别测量这些点的空气比释动能率。均匀性*U*按下式计算：

$$U\_{i}=|\frac{M\_{i}-\overline{\dot{M}\_{p}}}{\dot{M}\_{p}} | (3)$$

 式中：$M\_{i}$-----4个测量点的测得值，Gy/min；

 $\dot{M}\_{p}$----剂量计中心轴线上P点测得值的算术平均值，Gy/min；

 均匀性$U=U\_{max}$。

7.3.5 表面周围剂量当量率

 将γ射线探伤机的放射源收回源容器中，使用X、γ周围当量率仪，源容器表面选择不少5点（包含出源口附近），对其5cm处和100cm处进行重复测量，取各测量点中周围剂量当量率最大值作为表面周围剂量当量率。

## 7.4检定结果的处理

按本规程检定合格的γ射线探伤机发给检定证书（推荐内页格式见附录B）；检定结果中有一项不符合本规程的技术要求即为检定不合格，检定不合格的γ射线探伤机发给检定结果通知书（推荐内页格式见附录C），并注明不合格项目。

## 7.5 检定周期

γ射线探伤机的检定周期一般不超过1年。新装源、更换放射源、影响射线束部件经修理之后必须进行进行检定。

## 附录 A

检定记录推荐格式

1. 被检仪器信息：

型号： ；仪器编号 ；制造厂 。

1. 检定环境条件：

温度： ℃；相对湿度： %；气压: kPa。

3、检定结果

1. 一般检查：探伤机类别 便携式(P) 移动式(M) 固定式(F)

源容器标志：电离辐射标志 ，容器最大允许活度 ，

购买日期： ，放射源核素： ，活度： Bq，

测量日期： ，现活度标称值： Bq。

1. 等效活度：本底（漏电流）：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 时间 | 距离 | 测量读数（单位 ） |
|  |  |  |  |  |  |  |

活度测量值： Bq，测量值与标称值的误差： %。

1. 复现性/输出辐射的重复性

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 时间 | 距离 | 测量读数（单位 ） |
|  |  |  |  |  |  |  |

 复现性/输出辐射的重复性： %。

1. 辐照场均匀性：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 中心 | 左5cm | 右5cm | 上5cm | 下5cm |
|  |  |  |  |  |

辐照场均匀性： %。

1. 表面周围剂量当量率

离源容器表面5cm处（mSV/h）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |

离源容器表面5cm处最大周围剂量当量率： mSv/h。

离源容器表面100cm处（mSV/h）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |

离源容器表面100cm处最大周围剂量当量率： mSv/h。

## 附录 B

检定证书内页信息及推荐格式

|  |  |
| --- | --- |
| 检定项目 | 检定结果 |
| 等效比活度 *A* （Bq） |  |
| 复现性/输出辐射的重复性*V* % |  |
| 辐射场均匀性 % |  |
| 表面周围剂量当量率最大值5cm处 |  |
| 表面周围剂量当量率最大值100cm处 |  |

## 附录 C

检定结果通知书内页信息及推荐格式

|  |  |
| --- | --- |
| 检定项目 | 检定结果 |
| 等效比活度 *A* （Bq） |  |
| 复现性/输出辐射的重复性*V* % |  |
| 辐射场均匀性 % |  |
| 表面周围剂量当量率最大值5cm处 |  |
| 表面周围剂量当量率最大值100cm处 |  |

 其中， 的检定结果不符合检定规程的技术要求（该项目的技术要求为 ），故判定为检定不合格。

## 附录 D

γ射线探伤机常用放射源的特性

60Co、192Ir、75Se、169Yb、170Tm五种放射源的半衰期T1/2、γ射线能量Eγ及空气比释动能率常数推荐值：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 核素 | T1/2(d) | Eγ(MeV) | Γσ(Gy·m2·Bq-1·s-1) |
| 60Co | 1925.3 | 1.17,1.33 | 8.53×10-17 |
| 192Ir | 73.8 | 0.206~0.612 | 3.18×10-17 |
| 75Se | 119.8 | 0.097~0.401 | 1.34×10-17 |
| 169Yb | 32 | 0.063~0.308 | 1.28×10-17 |
| 170Tm | 128.6 | 0.051~0.084 | 1.50×10-19 |

 注：数据来自于IAEA 的ICRP 107。

## 附录 E

测量示意图

辐射场均匀性示意图