



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 43618—2023/ISO 23159:2020

---

## 无损检测 工艺塔伽马射线扫描方法

Non-destructive testing—Gamma ray scanning method on process columns

(ISO 23159:2020, IDT)

2023-12-28 发布

2023-12-28 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 人员资格 .....	2
5 电离辐射防护 .....	2
6 设备要求 .....	2
7 现场工作执行 .....	3
8 数据处理和报告 .....	4
附录 A (资料性) 检测人员建议 .....	7
附录 B (资料性) 密封放射源及其活度的选择 .....	9
附录 C (资料性) 扫描设备 .....	11
附录 D (资料性) 扫描设备的准备 .....	12
附录 E (资料性) 源的选择—探测器扫描方向 .....	14
附录 F (资料性) 扫描数据的解释 .....	16
参考文献 .....	24

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件等同采用 ISO 23159:2020《无损检测 工艺塔伽马射线扫描方法》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)提出并归口。

本文件起草单位：上海材料研究所有限公司、湖北三江航天江北机械工程有限公司、北京航天特种设备检测研究发展有限公司、机械工业兰州石油化工设备检测所有限公司、上海电气凯士比核电泵阀有限公司、航天智造(上海)科技有限责任公司、上海航天设备制造总厂有限公司。

本文件主要起草人：蒋建生、王晓勇、苑鸿志、丁杰、曹恒、刘凯、张玉福、许红、徐国珍、徐薇、黄隐、韩丽娜、林红来、吕延达、马君。

## 引 言

伽马( $\gamma$ )射线扫描是一种非侵入性的无损检测方法,广泛应用于石化和化工厂的故障排除及诊断。伽马射线扫描提供了处理工艺塔和容器内部在线状况的方法。伽马射线扫描已被证明是一种识别工厂和工艺问题的方法,节省大量成本。伽马射线扫描法是在工艺过程中不间断进行的检测方法。

用伽马射线扫描方法解决问题的好处是多方面的,如提高安全性、防止环境污染和节约成本。

伽马射线扫描是以射线透射技术为基础的。当伽马射线穿过塔时,透射射线束的强度与射线束所通过的材料路径长度和密度相关。适宜的伽马源和探测器在塔外部相对的另一高度上对齐。当伽马源和探测器沿塔一起同步移动时,在相应位置测量辐射强度。由此获得源—探测器的数据显示出随位置变化的辐射强度或材料密度的分布情况。详细分析这些数据,能够评价塔的内部结构和工艺状况。

# 无损检测 工艺塔伽马射线扫描方法

## 1 范围

本文件描述了伽马射线扫描法用于工业中工艺塔故障排除和检测的无损检测方法。本文件适用于各种分离过程的工艺塔和管道的检测。这包括具有不同托盘结构和填充层的塔。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

ISO 5576 无损检测 工业 X 射线和伽马射线 术语 (Non-destructive testing—Industrial X-ray and gamma-ray radiology—Vocabulary)

注：GB/T 12604.2—2005 无损检测 术语 射线照相检测 (ISO 5576:1997, IDT)

## 3 术语和定义

ISO 5576 界定的术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 塔 column

通过蒸馏或萃取用于促进液体混合物分离的立式圆柱形容器。

### 3.2

#### 除雾器 demister

通常配备汽液分离容器以加强去除蒸汽流中夹带的液滴或薄雾的装置。

[来源：ISO/TR 27912:2016, 3.25]

### 3.3

#### 降液管 downcomer

在塔(3.1)内将液体从一个托盘输送到低处下一个托盘的装置。

### 3.4

#### 雾沫夹带 entrainment

被流体输送的雾、雾滴或颗粒。

[来源：ISO/TR 3857-4:2012, 2.37]

### 3.5

#### 液泛 flooding

由于蒸汽沿塔(3.1)向上流动的过快速度阻碍了液体流动而扰乱蒸馏塔正常运行的现象。

[来源：ISO 1998-4:1998, 4.10.052]

### 3.6

#### 发泡 foaming

在蒸馏塔(3.1)中产生高界面的液-气接触的液体膨胀。

3.7

**网格扫描 grid scanning**

为核查填充物和液体/蒸汽通过填充层或托盘结构层的分布质量,穿过填充层塔(3.8)的相等象限以网格模式进行的四个或更多个独立扫描的系统。

3.8

**填充层塔 packed bed column**

确保混合物的两种或多种组分的分离而具有一个或多个填充层或托盘结构层的塔(3.1)。

3.9

**渗出 weeping**

蒸汽施加的压力不足以支撑托盘上的液体通过穿孔从一个托盘泄漏到下一个托盘的现象。

4 人员资格

检测人员应证明接受过附加的伽马射线扫描方法培训,并具有相关资格。

注:检测人员的建议见附录 A。

5 电离辐射防护

**警告——**人体任何部分暴露于电离辐射都可能对健康造成严重伤害。在任何使用放射源的地方,本文件的使用者有责任确定放射源的使用符合辐射防护法规的安全要求和规章。

从国际原子能机构通用安全要求<sup>[9]</sup>中获得更多的信息。

6 设备要求

塔扫描所需的设备包括以下:

——合适的密封放射源;

注 1:密封放射源的选择指南见附录 B。

——合适的放射源支架,用于放射源在塔上升高或降低;放射源支架宜提供准直线束,宜清晰地标识射线束从放射源支架发射出的位置,见附录 C;

——合适的辐射探测系统(包括数据采集系统),用于在设定的测量时间内测量和记录工艺塔上不同高度的辐射强度;

注 2:例如探测器为 NaI 晶体。典型尺寸为 5 cm×5 cm(2 in×2 in)。

——合适的装置(例如计算机及软件),用于将显示数据转为扫描文件;

——合适的已校准的辐射剂量监测器,用于监测辐射水平,确保辐射安全;控制区域边界的等效剂量率按国家放射防护法规确定;

——警戒“控制区”的隔离物和警告标识;

——将放射源从运输容器安全转移到用于扫描的放射源支架的操作工具。

设备在运输到现场前应经过测试,应采用安全包装运输到工作现场,以确保良好的工作状态。

在满足国家规定和国际规定的情况下,密封的放射源应用经批准的贴有标签和备有证明文件的 A 型容器运输到现场。

注 3:这些规定包括以下内容:

——车载设备;

——特种驾驶人员资格;

——特种人员防护设备；

——运输许可。

应准备一份核查清单,在装运前应核查所有项目。示例见附录 D。

## 7 现场工作执行

### 7.1 塔的机械设计及工作许可

工作执行前,3级人员宜与客户就工作目标和扫描程序达成一致。3级人员将开展以下工作:

——获取塔的直径和壁厚的详细资料,以及托盘或填料层的详细信息;

——获得显示塔内部特征位置的总布置图;

——确保有合适和安全的通道,便于项目组操作塔待扫描的区域;

——确保有足够的资源进行工作,并能在现场使用合适的密封放射源。

机械设计文件应包含以下内容:

——选择合适的参考(零)点(人孔、外部管道等);

——确定内外部结构的所有位置并与零点关联;

——编制塔的特征列表,示例见表 1;

表 1 塔的特征

工艺类型	塔的类型	塔的标识	塔壁材料	内径	公称壁厚	塔高
				$D_i$	$t$	$h$
				mm	mm	mm
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

——显示降液管和液体流动的方向;

——确保从当地主管获得合适的工作许可(取决于 3 级或 2 级人员到达工作现场);

——检查工作现场;

——确保有安全通道;

——目视检查运输容器外观;

——目视检查放射源支架;

——通过监测确认放射源的存在;

——有任何异常情况立即向 3 级人员报告,应由 3 级人员决定采取必要的措施。

### 7.2 执行扫描

项目组将按照各方达成一致的方式进行扫描。如与达成一致的扫描程序发生偏离,应与客户协商一致后由 3 级人员批准。

用电脑或笔记本记录每间隔 5 cm(或根据托盘之间的距离确定的其他间隔)的计数率(即每个时间间隔的计数)。在表中记录计数率或剂量,示例见表 2。

注 1: 确定计数率测量时间间隔的示例见附录 B。

注 2: 选择放射源(探测器扫描方向)的示例见附录 E。

表 2 沿塔高记录计数率

标高	每个时间间隔的计数 <sup>a</sup>	备注 <sup>b</sup>
mm		
.....	.....	.....

<sup>a</sup> 计数时间应记录在记录文件中。  
<sup>b</sup> 有关障碍物或外部结构的观察结果应在备注中注明,以利于对数据的解释。

## 8 数据处理和报告

### 8.1 数据处理和存档

在表格中记录的辐射探测器获得的计数率测量值,应采用图形表示(扫描曲线图)。伽马射线扫描曲线图提供了塔内部情况的信息,即内部结构、损伤和液相/气相分布。托盘塔的典型伽马扫描曲线图见图 1,填充层工艺塔的典型伽马扫描曲线图见图 2。解释扫描曲线图,得出塔的运行状况结论。不同状态扫描曲线图解释的示例,见附录 F。

注:客户根据提供的报告确定下一步的行動措施。

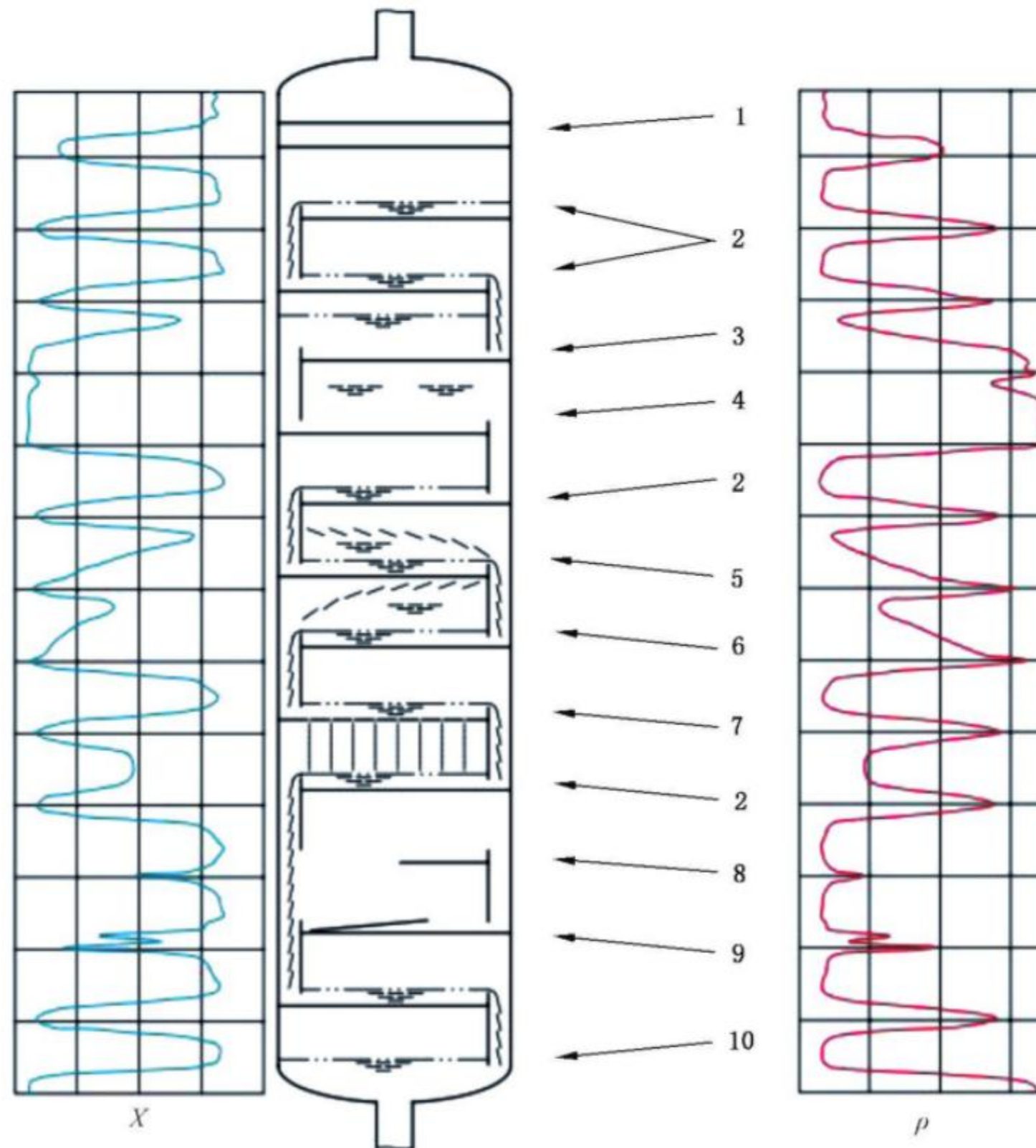


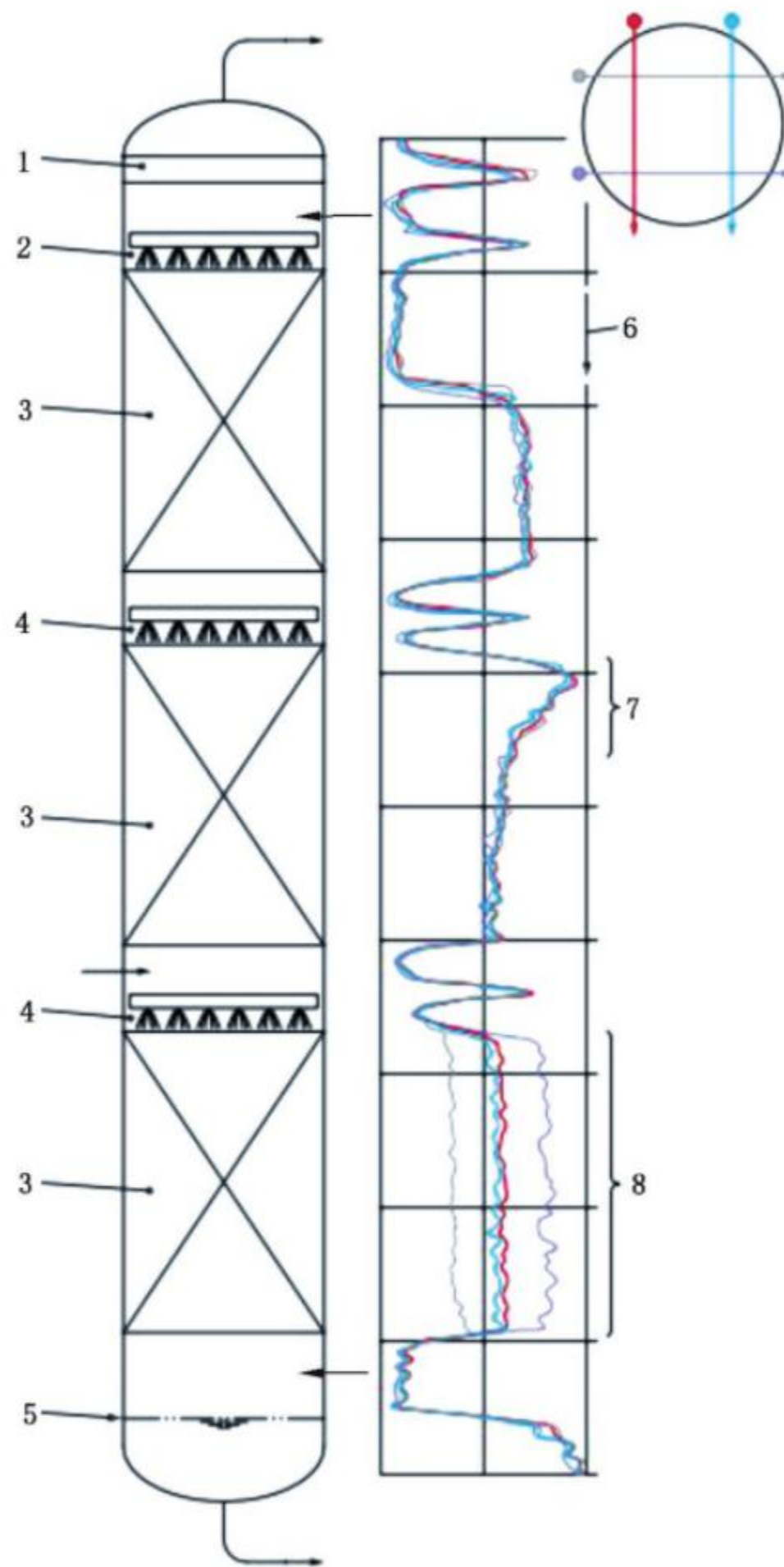
图 1 托盘塔的典型伽马射线扫描曲线



标引序号说明：

- |          |                     |
|----------|---------------------|
| 1——除雾器；  | 7 —— 渗出托盘；          |
| 2——常规托盘； | 8 —— 缺失托盘；          |
| 3——高液位；  | 9 —— 碎片；            |
| 4——液泛；   | 10——基层；             |
| 5——轻微发泡； | X —— 每个计数间隔；        |
| 6——重度发泡； | $\rho$ —— 密度(任意单位)。 |

图 1 托盘塔的典型伽马射线扫描曲线 (续)



标引序号说明：

- |            |              |
|------------|--------------|
| 1——除雾器；    | 7 —— 填充物污染；  |
| 2——液体分配器；  | 8 —— 液体喷淋不良； |
| 3——填充层；    | 灰色——扫描 1；    |
| 4——液体再分配器； | 紫色——扫描 2；    |
| 5——基层；     | 蓝色——扫描 3；    |
| 6——填充物缺失；  | 红色——扫描 4。    |

图 2 填充层塔的典型伽马射线扫描曲线

## 8.2 报告

扫描结果在合同各方约定的时间内以书面报告形式向客户确认。报告包含对塔的详细说明以及对扫描参数的描述。报告应至少包括以下内容：

- 检测机构名称；
- 合同信息；
  - 客户名称；
  - 合同编号；
  - 合同日期。
- 塔的参考信息和特征；
  - 见表 1 和表 2。
- 执行扫描检测；
  - 密封放射源和活度；
  - 探测器类型和品牌；
  - 测量时间和探测器设置(例如高伏值、阈值)；
  - 源—探测器距离和扫描布置；
  - 数据采集硬件和软件；
  - 塔和装置的照片或图示。
- 与本文件的任何偏离；
- 绘制扫描曲线图；
- 解读扫描曲线图；
- 扫描日期和报告日期；
- 责任人的姓名和签字；
- 附录。

**附录 A**  
(资料性)  
**检测人员建议**

**A.1 总则**

为了使塔的扫描有效进行,在工作开展前宜对检测人员资格和职责进行以下确认。

**A.2 3级人员(项目经理)**

3级人员负责工作全过程的策划与执行。策划包括确定工作范围,配备足够培训后胜任岗位的人员和资源。3级人员对以下内容负责:

- 确保遵守所有保护工作人员、公众与环境的法律法规;
- 负责解释检测数据;
- 在约定的期限内向客户提供报告。

为执行伽马射线扫描操作,3级人员具备以下能力:

- a) 具备根据现有标准、规范、技术规格书评价和解释扫描结果的能力;
- b) 具有充足的产品工艺技术实践知识以选择合适的扫描程序,在没有其他可用的评价方法时协助制定验收条款。

3级人员应被授权以下工作:

- a) 全面负责检测团队和合同管理工作;
- b) 审查编制工艺文件的正确性,批准作业指导书和程序文件;
- c) 解释标准、技术规格书和程序文件;
- d) 执行并监督各等级检测人员的全部工作;
- e) 为各等级检测人员提供指导。

**A.3 2级人员(资深现场检测人员)**

2级人员在现场负责执行3级人员指令,并负责按照规定的工作范围在现场安全开展工作。

2级人员具备根据本文件执行伽马射线扫描的能力,并应得到雇主以下授权:

- a) 选择使用合适的扫描方法;
- b) 确定扫描方法应用的限制条件;
- c) 将检测标准、技术规格书和程序文件转化为符合实际工作条件的作业指导书;
- d) 设置并验证设备状态;
- e) 检测执行和监督;
- f) 根据适用的标准、规范或工作程序解释和评定结果;
- g) 执行并监督1级人员的所有工作;
- h) 指导1级人员;
- i) 报告检测结果。

**A.4 1级人员(初级现场检测人员)**

根据具体的工艺塔和工作范围,由一名或多名1级人员负责安全有效地执行高级人员的指示。

1级人员在2级人员或3级人员的监督下,具备根据作业指导书进行伽马射线扫描的能力。1级人员可由雇主授权按作业指导书执行以下工作:

- a) 设置伽马射线扫描设备；
- b) 执行检测；
  - 1) 检查测试设备的功能是否正确；
  - 2) 关注记录任何对扫描曲线有影响的外部因素。
- c) 根据书面作业指导书记录检测结果；
- d) 报告检测结果。

1 级人员不应负责选择检测方法或技术,也不应负责解释检测结果。

委托方宜向测试服务方提供充分的资料,以使检测工作能够以商定的方式安全有效地进行。委托方给予测试服务方合适的帮助和协助,并宜提供安全通道和签发适当的工作许可。











