

GBZ 117—2015 工业 X 射线探伤放射防护要求

1 范围

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置(以下简称 X 射线装置或探伤机)进行探伤的工作。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

工业 X 射线探伤装置 industrialX-rayradiographyfacilities

包括 X 射线管头组装体、控制箱及连接电缆在内的对物体内部结构进行 X 射线摄影或断层检查的设备总称。X 射线探伤装置按照 X 射线发射的方向和窗口范围可分为定向式和周向式;按安装形式可分为固定式和移动式。

2.2

工业 X 射线探伤室探伤 industrialX-rayradiographyinspecialroom

在探伤室内利用 X 射线探伤装置产生的 X 射线对被测物体内部结构进行检查的工作过程。

2.3

工业 X 射线现场探伤 industrialX-rayradiographyonsite

在室外、生产车间或安装现场使用移动式 X 射线探伤装置对物体内部结构进行 X 射线摄影检查的工作过程。

2.4

工业 X 射线 CT 探伤 industrialX-raycomputedtomography

使用工业 X 射线 CT 装置, 以二维断层图像或三维立体图像的形式, 展示被检测物体内部结构、组成、材质及缺损状况的工作过程。

3 工业 X 射线探伤装置放射防护的性能要求

3.1 设备技术要求

3.1.1 X 射线管头组装体

3.1.1.1 移动式或固定式的 X 射线装置管头组装体应能固定在任何需要的位置上并加以锁紧。

3.1.1.2 X 射线管头应设有限束装置。

3.1.1.3 X 射线管头窗口孔径不得大于额定最大有用线束射出所需尺寸。

3.1.1.4 X 射线管头应具有如下标志：

- a) 制造厂名称或商标；
- b) 型号及出厂编号；
- c) X 射线管的额定管电压、额定管电流；
- d) 焦点的位置；
- e) 出厂日期；
- f) 电离辐射标志。

3.1.1.5 X 射线装置在额定工作条件下, 距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合表 1 的要求。

表 1 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率

管电压 kV	漏射线空气比释动能率 mGy/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

3.1.2 控制台

3.1.2.1 应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示, 以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

3.1.2.3 控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口, 当所有能进入探伤室的门

未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压; 已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。

3.1.2.4 应设有钥匙开关, 只有在打开控制台钥匙开关后, X 射线管才能出束; 钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

3.1.2.5 应设置紧急停机开关。

3.1.2.6 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

3.1.3 连接电缆

对于移动式 X 射线装置, 控制器与 X 射线管头或高压发生器的连接电缆不应短于 20m。

3.1.4 产品说明书

产品说明书应至少包含以下内容:

- a) X 射线装置的型号、规格和主要技术指标;
- b) 距 X 射线管头表面 5cm 处和距离焦点 1m 处的最大泄漏辐射剂量率;
- c) 在典型工作条件(管电压、管电流、常用探伤工件等)下, 探伤装置周围等剂量曲线示意图。

3.2 X 射线探伤装置的检查和维护

3.2.1 运营单位的日检

每次工作开始前应进行检查的项目包括:

- a) 探伤机外观是否存在可见的损坏;
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损;
- c) 液体制冷设备是否有渗漏;
- d) 安全联锁是否正常工作;
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行;
- f) 螺栓等连接件是否连接良好。

3.2.2 运营单位的定期检查

定期检查的项目应包括:

- a) 电气安全,包括接地和电缆绝缘检查;
- b) 制冷系统过滤器的清洁或更换;
- c) 所有的联锁和紧急停机开关的检查;
- d) 机房内安装的固定辐射检测仪的检查;
- e) 制造商推荐的其他常规检测项目。

3.2.3 设备维护

3.2.3.1 运营单位应对探伤机的设备维护负责,每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。

3.2.3.2 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测。

3.2.3.3 当设备有故障或损坏,需更换零部件时,应保证所更换的零部件都来自设备制造商。

3.2.3.4 应做好设备维护记录。

4 工业 X 射线探伤室探伤的放射防护要求

4.1 防护安全要求

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全,操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区,与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足:

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平,对职业工作人员不大于 $100\ \mu\text{Sv}/\text{周}$,对公众不大于

$5\ \mu\text{Sv}/\text{周}$;

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\ \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足:

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时,探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3;

b) 对不需要人员到达的探伤室顶,探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\ \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置,并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射,关上门不能自动开始 X 射线照射。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。

4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间,以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别,并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳,确保出现紧急事故时,能立即停止照射。按钮或拉绳的安装,应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签,标明使用方法。

4.1.11 探伤室应设置机械通风装置,排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次。

4.2 安全操作要求

4.2.1 探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外,还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时,剂量仪报警,探伤工作人员应立即离开探伤室,同时阻止其他人进入探伤室,并立即向辐射防护负责人报告。

4.2.2 应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率,包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时,应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

4.2.3 交接班或当班使用剂量仪前,应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作,则不应开始探伤工作。

4.2.4 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置,如准直器和附加屏蔽,把潜在的辐射降到最低。

4.2.5 在每一次照射前,操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下,才能开始探伤工作。

4.2.6 开展探伤室设计时未预计到的工作,如工件过大必须开门探伤,应遵循5.1、5.3、5.4、5.5的要求。

5 工业X射线现场探伤的放射防护要求

5.1 X射线现场探伤作业分区设置要求

5.1.1 探伤作业时,应对工作场所实行分区管理,并在相应的边界设置警示标识。

5.1.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区。如果每周实际开机时间明显不同于7h,控制区边界周围剂量当量率应按式(1)计算:

$$K = 100 / t \dots\dots\dots (1)$$

式中:

K ——控制区边界周围剂量当量率,单位为微希沃特每小时($\mu\text{Sv/h}$);

t ——每周实际开机时间, 单位为小时(h);

100——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值, 即 $100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

5.1.3 控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌, 探伤作业人员在控制区边界外操作, 否则应采取专门的防护措施。

5.1.4 现场探伤作业工作过程中, 控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小, X 射线探伤机应用准直器, 视情况采用局部屏蔽措施(如铅板)。

5.1.5 控制区的边界尽可能设定实体屏障, 包括利用现有结构(如墙体)、临时屏障或临时拉起警戒线(绳)等。

5.1.6 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 的范围划为监督区, 并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌, 必要时设专人警戒。

5.1.7 现场探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时, 应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

5.1.8 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置, 以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

5.2 X 射线现场探伤作业的准备

5.2.1 在实施现场探伤工作之前, 运营单位应对工作环境进行全面评估, 以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。

5.2.2 运营单位应确保开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。

5.2.3 应考虑现场探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响(如烟雾报警器等)。

5.2.4 现场探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划, 应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等, 避免造成混淆。委托方应给予探伤工人充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

5.3 X 射线现场探伤作业安全警告信息

5.3.1 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别,并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。

5.3.3 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

5.3.4 应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。

5.4 X 射线现场探伤作业安全操作要求

5.4.1 周向式探伤机用于现场探伤时,应将 X 射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器(仅开定向照射口)。

5.4.2 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素,选择最佳的设备布置,并采取适当的防护措施。

5.5 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测

5.5.1 开始现场探伤之前,探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员,并防止有人进入控制区。

5.5.2 控制区的范围应清晰可见,工作期间要有良好的照明,确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到,应安排足够的人员进行巡查。

5.5.3 在试运行(或第一次曝光)期间,应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。

5.5.4 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前,应对剂量仪进行检查,确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间,便携式测量仪应一直处于开机状态,防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

5.5.5 现场探伤期间,工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪,两者均应使用。

6 放射防护检测

6.1 检测的一般要求

6.1.1 检测计划

运营单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定,并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。

6.1.2 检测仪器

用于 X 射线探伤装置放射防护检测的仪器,应按规定进行定期检定,并取得相应证书。使用前,应对辐射检测仪器进行检查,包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

6.1.3 检测条件

检测应在 X 射线探伤装置的限束装置开至最大,额定管电压、管电流照射的条件下进行。

6.2 X 射线探伤室的检测和检查

6.2.1 探伤室周围辐射水平的检测

6.2.1.1 周围辐射水平巡测

探伤室的放射防护检测,特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测,以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意:

a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定并关注天空反散射对周围的辐射影响;

b) 无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时,应巡测墙上不同位置及门上、门四周的辐射水平;

c) 设有窗户的探伤室,应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平;

d) 测试时,探伤机应工作在额定工作条件下、没有探伤工件、探伤装置置于与测试点可能的最近位置,如使用周向式探伤装置应使装置处于周向照射状态。

6.2.1.2 定点检测

一般应检测以下各点:

a) 通过巡测,发现的辐射水平异常高的位置;

b) 探伤室门外 30cm 离地面高度为 1m 处,门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周;

- c) 探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处, 每个墙面至少测 3 个点;
- d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层外 30cm 处, 至少包括主射束到达范围的 5 个检测点;
- e) 人员经常活动的位置;
- f) 每次探伤结束后, 应检测探伤室的入口, 以确保 X 射线探伤机已经停止工作。

6.2.1.3 检测周期

探伤室建成后应由有资质的技术服务机构进行验收检测;投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。

6.2.1.4 结果评价

X 射线探伤装置在额定工作条件下, 探伤室周围辐射水平应符合 4.1.3 和 4.1.4 的要求。

6.2.2 探伤室的安全检查

对正在使用中的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置, 以及出束信号指示灯等安全措施, 当同时使用多台探伤装置时, 每台装置均应与防护门联锁。

6.3 现场探伤的分区及检测要求

6.3.1 使用移动式 X 射线探伤装置进行现场探伤时, 应通过巡测确定控制区和监督区。

6.3.2 当 X 射线探伤装置、场所、被检物体(材料、规格、形状)、照射方向、屏蔽等条件发生变化时, 均应重新进行巡测, 确定新的划区界线。

6.3.3 在工作状态下应检测操作位置, 确保操作位置的辐射水平是可接受的。

6.3.4 在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率, 确保其低于国家法规和运营单位制定的指导水平。

6.3.5 探伤机停止工作时, 还应检测操作者所在位置的辐射水平, 以确认探伤机确已停止工作。