

团 体 标 准

T/ CIRA 53—2023

多焦点分布式 X 射线管

Multi-beam X-ray tube

(非正式发布稿)

2023 - 10 - 31 发布

2023 - 12 - 31 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类	2
5 技术要求	2
6 试验方法	4
7 检验	6
8 标志和随机文件	7
9 包装、运输及贮存	7

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。

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。

本文件由中国同位素与辐射行业协会提出并归口。

本文件起草单位：新鸿电子有限公司、同方威视技术股份有限公司、清华大学。

本文件主要起草人：陈志强、唐华平、张丽、高河伟、金鑫、潘劲松、李亮、何武、王彪。

多焦点分布式 X 射线管

1 范围

本文件规定了多焦点分布式X射线管的分类、技术要求、试验方法、检验、标志、随机文件、包装、运输和贮存等。

本文件适用于多焦点分布式X射线管，不适用单一焦点X射线管。

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。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.3—2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.21—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验M：低气压

GB/T 12078—2012 X射线管总规范

GB/T 26594 无损检测仪器 工业用X射线管性能测试方法

SJ/T 10624 X射线管寿命试验方法

YY/T 0063 医用电气设备 医用诊断X射线管组件 焦点特性

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多焦点分布式 X 射线管 multi-beam X-ray tube

在一个真空腔体内，可以从多个不同的物理位置，分别独立可控地产生X射线的射线管。

3.2

标称 X 射线管电压 nominal X-ray tube voltage

加于X射线管阳极和阴极之间的电位差。

3.3

焦点标称值 nominal focal spot value

在规定条件下测量的与X射线管有效焦点尺寸有特定比例的无量纲数值。

3.4

有效焦点数量 number of effective focal spots

可工作于标称X射线管电压和X射线管电流的所有焦点数量总和。

3.5

焦点间距 distance between focal spots

相邻焦点的中心在焦点排列方向上的距离。

3.6

X射线管电流 X-ray tube current

入射在X射线管靶上的电子束平均电流。

3.7

X射线管脉冲电流 X-ray tube pulse current

脉冲模式工作时，入射在单个焦点位置的电子束电流。

3.8

电流脉冲宽度 current pulse width

脉冲模式工作时，在一个电流脉冲内，电流值等于脉冲上升沿50%峰值处和脉冲下降沿50%峰值处之间的时间间隔。

3.9

电流脉冲上升时间 current pulse rising time

脉冲模式工作时，在一个电流脉冲内，电流从设定值的10%上升到设定值的90%所需要的时间。

3.10

电流脉冲下降时间 current pulse dropping time

脉冲模式工作时，在一个电流脉冲内，电流从设定值的90%下降到设定值的10%所需要的时间。

3.11

电子控制系统 electronic control system

对X射线管的各个焦点进行控制的电子设备。

3.12

漏电流 leakage current

在施加标称X射线管电压、各焦点为非工作状态时产生的管电流。

3.13

固有滤过 inherent filtration

辐射束从辐射源组件或其部件射出之前，通过不可移开的物质时，该物质产生的等效滤过。

4 分类

4.1 按阴极类型分类：

- a) 热阴极多焦点分布式 X 射线管；
- b) 冷阴极多焦点分布式 X 射线管。

4.2 按焦点排布方式分类：

- a) 直线型多焦点分布式 X 射线管；
- b) 弧线型多焦点分布式 X 射线管。

5 技术要求

5.1 外观质量

外观应完好整洁，表面不应有明显凹痕、划伤、裂纹、变形、毛刺等缺陷。金属表面应无锈蚀，表面涂层不应有明显的气泡、流挂、漏涂、龟裂、底漆外露、脱落和其他损伤。

X射线管表面标志和字符应清晰可辨。

5.2 性能指标

5.2.1 标称 X 射线管电压

X射线管可工作于标称X射线管电压。

5.2.2 X 射线管电流

X射线管在标称X射线管电压下工作，X射线管电流值达到标称值。

5.2.3 焦点标称值

用于工业应用和医疗应用的X射线管，分别按照GB/T 26594和YY/T 0063规定的方法测量，所测结果应不大于焦点标称值。

5.2.4 有效焦点数量

有效焦点数量不少于标称值。

5.2.5 焦点间距

X射线管的各焦点间距的平均值与标称值的偏差应小于5%，标准差应小于平均值的10%。

5.2.6 剂量率一致性

在相同的设定电压和电流下，同一焦点多次出束和不同焦点分别出束，剂量率的标准差应不大于平均值的3%。

5.2.7 漏电流

漏电流应不大于X射线管电流标称值的2%。

5.2.8 电流脉冲宽度、脉冲上升时间和脉冲下降时间

电流脉冲宽度与设定值的偏差应不大于2%，电流脉冲上升时间和脉冲下降时间应不大于相应的标称时间。

5.2.9 工作寿命

X射线管在标称X射线管电压、标称X射线管电流状态下能正常工作时间应不少于5000小时。

5.2.10 固有滤过

X射线管应标明其固有滤过的材质和厚度。

5.2.11 性能指标的标识

性能指标应在产品说明书中标明。

5.3 功能要求

5.3.1 焦点控制连接

X射线管可以通过控制电缆与电子控制系统连接，连接方式应符合相关标准，安全可靠，易于维护。

5.3.2 高压电缆连接

X射线管可以通过高压电缆与高压电源相连，连接方式应符合相关标准，安全可靠，易于维护。

5.3.3 多焦点工作

X射线管的各个焦点应具备独立可控的工作特性。

5.4 冷却介质要求

- 5.4.1 自然冷却的 X 射线管应在满足其使用要求的条件下稳定运行。
- 5.4.2 强制风冷的 X 射线管，冷却装置应达到产品要求的散热要求。
- 5.4.3 强制油冷的 X 射线管，其冷却油的介电强度应不小于 35 kV/2.5 mm，凝点不高于-45℃。

5.5 电气安全要求

X射线管应具有可供连接保护接地导线的保护接地端。

5.6 工作环境适应性

5.6.1 低温

X射线管应经受6.5.1低温试验。试验时，测试其X射线管电流应符合5.2.2的要求。

5.6.2 高温

X射线管应经受6.5.2高温试验。试验时，测试其X射线管电流应符合5.2.2的要求。

5.6.3 恒定湿热

X射线管应经受6.5.3恒定湿热试验。试验时，测试其X射线管电流应符合5.2.2的要求。

5.6.4 低气压

X射线管应经受6.5.4低气压试验。试验时，测试其标称X射线管电流应符合5.2.2的要求。

6 试验方法

6.1 测试设备要求

X射线管试验用的各种设备应符合电气设备的规定标准，每台设备应在校验有效期内。

6.2 外观质量检查

采用目视等方法进行检查，判定结果应符合5.1的要求。

6.3 性能试验

6.3.1 标称 X 射线管电压

对X射线管施加标称X射线管电压，应在2 s内将电压升至标称值，且在标称的X射线管电流工作状态维持时间不少于3 min。

6.3.2 X 射线管电流

对X射线管施加标称X射线管电压，通过电子控制系统使各焦点正常工作，且工作状态维持时间不少于3 min，记录高压电源反馈的电流值。

6.3.3 焦点标称值

工业用和医用的X射线管焦点尺寸的测试方法按照GB/T 26594和YY/T 0063中规定的测试方法进行测试，也可以使用平板探测器取代胶片参照GB/T 26594和YY/T 0063中规定的测试方法进行测试。测试焦点数量应不少于X射线管有效焦点数量的50%，统计各测试数据的平均值。

6.3.4 有效焦点数量

统计能在标称X射线管电压和X射线管脉冲电流下进行工作的所有焦点数量。

6.3.5 焦点间距

焦点间距的计算公式如式（1）、式（2）和式（3）所示：

$$E = \frac{N}{M} \dots\dots\dots (1)$$

$$D1 = \frac{S1}{E} \dots\dots\dots (2)$$

$$D2 = \frac{S2}{E} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

E —— 放大倍数；

N —— 光阑至胶片或探测器的距离，单位为毫米（mm）；

M —— 焦点至光阑的距离，单位为毫米（mm）；

$D1$ —— 1号焦点与2号焦点的间距，单位为毫米（mm）；

$S1$ —— 1号焦点到2号焦点的光斑中心间距，单位为毫米（mm）；

$D2$ —— 2号焦点与3号焦点的间距，单位为毫米（mm）；

$S2$ —— 2号焦点到3号焦点的光斑中心间距，单位为毫米（mm）；

测试焦点数量应不少于X射线管有效焦点数量的50%，统计焦点间距的平均值和标准差。

6.3.6 剂量率一致性

6.3.6.1 单个焦点的剂量率一致性：将剂量仪的探头放在待测焦点射线束中心线上，X射线管以标称X射线管电压和X射线管脉冲电流参数工作，当剂量仪有稳定的指示后读取剂量率值。测量10次，统计剂量率值的平均值和标准差，标准差应不大于平均值的3%。

6.3.6.2 多个焦点的剂量率一致性：在相同的剂量仪探头与焦点距离及射线出射角度下，X射线管以标称X射线管电压和X射线管脉冲电流参数工作，当剂量仪有稳定的指示后读取剂量率值。测试焦点数量应不少于X射线管有效焦点数量的50%，每个焦点测一次，统计剂量率值的平均值和标准差，标准差应不大于平均值的3%。

6.3.7 漏电流

X射线管加载标称X射线管电压，各焦点为非工作状态，记录高压电源反馈的电流值。

6.3.8 电流脉冲宽度、脉冲上升时间和脉冲下降时间

对X射线管施加标称的X射线管电压，各焦点工作于标称的X射线管脉冲电流，使用示波器读取高压电源反馈的电流脉冲信号，计算电流脉冲宽度、脉冲上升时间和脉冲下降时间。

6.3.9 工作寿命

X射线管的工作寿命的测试方法按照SJ/T 10624中规定的方法进行。

6.3.10 固有滤过

X射线管的固有滤过的测试方法按照GB/T 26594中规定的方法进行。

6.4 功能检查

按X射线管操作手册进行操作，检查5.3的各项功能是否符合要求。

6.5 工作环境适应性

6.5.1 低温

按GB/T 2423.1—2008试验Ae进行。除非另有规定，试验温度为0℃±2℃，保温2h。

6.5.2 高温

按GB/T 2423.2—2008试验Be进行。除非另有规定，试验温度为40℃±2℃，保温2h。

6.5.3 恒定湿热

按GB/T 2423.3—2016试验Cab进行。除非另有规定，试验温度为 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，湿度为 $93\%\pm 3\%$ ，持续时间为2 h。

6.5.4 低气压

按GB/T 2423.21—2008试验M进行。除非另有规定，试验气压为 $55\text{ kPa}\pm 2\text{ kPa}$ ，持续时间为2 h。

7 检验

7.1 检验分类

检验分逐批检验和周期检验。

7.2 检验项目

不同类型检验的检验项目按表1的规定执行。

表1 检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	逐批检验	周期检验
1	外观质量	5.1	6.2	●	●
2	标称X射线管电压	5.2.1	6.3.1	●	●
3	X射线管电流	5.2.2	6.3.2	●	●
4	焦点标称值	5.2.3	6.3.3	●	●
5	有效焦点数量	5.2.4	6.3.4	●	●
6	焦点间距	5.2.5	6.3.5	—	●
7	剂量率一致性	5.2.6	6.3.6	—	●
8	漏电流	5.2.7	6.3.7	●	●
9	电流脉冲宽度	5.2.8	6.3.8	●	●
10	电流脉冲上升和下降时间	5.2.8	6.3.8	—	●
11	工作寿命	5.2.9	6.3.9	—	●
12	固有滤过	5.2.10	6.3.10	—	●
13	功能检查	5.3	6.4	●	●
14	工作环境适应性	5.6	6.5	—	●

注：“●”表示是进行检验的项目，“—”表示是免测项目。

7.3 逐批检验

7.3.1 逐批检验的要求

产品出厂前都应进行逐批检验，检验合格获得出厂报告后方可出厂。

7.3.2 逐批检验的判定

逐批检验项目全部合格，该产品判为合格；检验过程中如有不合格项，应退回返修，返修后可再提交检验。复检时，重新检验所有应检项目，如仍不合格，该产品判为不合格。

7.4 周期检验

7.4.1 周期检验的要求

在以下情况之一时，应进行周期检验：

- 连续正常生产时每两年进行一次周期检验；
- 国家质量技术监督部门提出质量监督检查时；
- 如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 逐批检验结果与上次周期检验有较大差异时；
- 新生产、转产或停产后复产时。

7.4.2 周期检验的样品

按照GB/T 12078—2012中规定的周期检验的方法进行抽样。

7.4.3 周期检验的判定

周期检验的项目全部合格，该批产品判为合格；周期检验中如发现不合格项，允许对产品的相关部件进行调整或更换后重新检测，若不合格项经过两次调整后仍不合格，该批产品判为不合格。

8 标志和随机文件

8.1 标志

8.1.1 产品标志

产品应在显著位置设置以下清晰永久性标志：

- a) 产品型号及名称；
- b) 制造企业名称；
- c) 制造日期及出厂编号。

8.1.2 包装标志

产品外包装上应标明产品型号、名称等标志以及包装储运标志，包装储运标志应包含“向上”、“轻放”、“防潮”等字样和标志应符合GB/T 191的相关规定。

8.2 随机文件

8.2.1 随机文件应至少包括操作手册、维修手册、产品合格证、产品说明、装箱清单。

8.2.2 应在随机文件中对产品的警告性说明和警告性符号（标在产品上的）进行解释。

9 包装、运输及贮存

9.1 包装

包装箱内应有防震防潮的措施，能满足运输贮存的需要。

9.2 运输

防止冲击、剧烈震动和潮湿。

9.3 贮存

9.3.1 贮存环境

产品应能在下列环境条件下长期贮存：

- a) 环境温度范围：-40℃~70℃；
- b) 相对湿度范围：5%~95%（不结露）；
- c) 大气压力范围：55 kPa~106 kPa。

9.3.2 贮存要求

产品应存放在通风良好、无腐蚀性气体、无强烈机械振动、无冲击及强磁场作用的室内。包装件放置方法应符合各包装件外包装上注明的要求。