三维 X 射线显微镜

技
术
协
议

甲方：中国工程物理研究院物资部

乙方:奥影检测科技（上海）有限公司

2022年4月

三维 X 射线显微镜技术协议

甲方：中国工程物理研究院物资部

乙方：奥影检测科技（上海）有限公司

甲乙双方经过协商，甲方拟向乙方购买三维X射线显微镜（又称显微工业CT系统），经双方确认达成以下协议。

1 设备名称

三维 X 射线显微镜，型号：AX-3000CT 系列双源工业 CT

2 数量

1 台。

3 设备使用环境

1) 额定电源：380 V/45 kW；
2) 接地电阻：可靠接地；
3) 温度：10℃~40℃；
4) 湿度：5%RH~70%RH；

4 总体指标

设计制造一套三维 X 射线显微镜系统，用于焊缝、材料内部微小缺陷检测。实现焊接件焊缝的内部微缺陷直观三维成像，表征样品中的焊缝缺陷微孔洞及微裂纹等、深度剖面三维结构、界面特征等。该装置使用 X 光机作为射线源，属于射线类装置，该装置的整体辐射防护要求应该遵循《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定。三维 X 射线显微镜的总体要求包括：

1) 设备运行时不产生额外放射性废物，无环保风险；
2) 设备需配备有安全联锁装置与急停控制功能，防止人员受到意外辐射；
3) 该装置需配置满足辐射防护要求的铅房，特别是主射线方向，不得有射线泄露，铅房外剂量小于 1μSv/h；
4) 实现对 6 mmHR-2 不锈钢的射线穿透；
5) 实现 1.5μm 的空间分辨率；
6) 最大样品检测尺寸 350 mm；

7) 单次扫描高度 350 mm；

8) 总体外形尺寸：不超过 3200 mm × 1500 mm × 2000 mm；

9) 供货期：合同签订后 5 个月内。

5 技术要求

5.1 总体性能指标

1) 穿透厚度：6 mm HR-2 不锈钢；

2) 空间分辨率： 1.5 μm；

3) 最大检测样品尺寸：350 mm；

4) 样品台承重：25kg；

5) 单次扫描高度：350mm；

6) 最大容纳样品尺寸：直径 600mm，高度 800mm。

7) 密度分辨率：≤0.8%。采用国标盐水法测量。

5.2 各分系统性能指标

5.2.1 X 射线源系统

1) 透射式纳焦点 X 射线源

a) 型号：FOME 160.010 TT

b) 生产厂商：FineTec Finefocus Technologies

c) 管电压调节范围：30-160 kV；

d) 空间分辨率： 250 lp/mm（德国 QRM 分辨率测试模体）；

e) 最大管功率：80 W；

f) 管电流：0.05-0.5 mA；

g) 最小物距：0.6 mm；

h) 靶材料：钨；

i) 高压一体化设计，无需高压电压电缆，免维护；

j) 射线张角 170° ；

k) 射线窗口：0.4 金刚石。

2) 反射式微焦点 X 射线源

a) 型号：FOME 225.03Y RT

b) 生产厂商：FineTec Finefocus Technologies

c) 压调节范围：30 kV-225 kV；

d) 管电流：0.05 mA-3.0 mA；

e) 最小焦点尺寸：4 微米，空间分辨率 100 lp/mm（德国 QRM 分辨率测试模体）；

f) 最大靶功率： 500 W；

g) 最小物距：4.4 mm；

h) 靶材料：钨；

i) 射线张角：40°；

j) 配置微焦点射线管周向靶

1. 周向靶与微焦点靶可切换；
2. 周向靶长度 100 mm，直径 50 mm;
3. 射线方向：周向 360°；
4. 具有管内水冷系统。

k) 配置微焦点射线管垂直定向靶

1. 定向靶、周向靶、常规微焦点管头可切换；
2. 定向靶长度 100 mm，直径 50 mm；
3. 射线方向：垂直于地面；
4. 射线角度：±30°；
5. 具有管内水冷系统；

3) 透射式 X 射线源与反射式 X 射线管可自动切换。

5.2.2 探测器系统

1) 探测器有效尺寸：432 mm×432 mm；

2) 探测器品牌： VEREX；

3) 像素数量：2880×2880；

4) 像素尺寸：150μm；

5) A/D 转换：16 bit；

6) 闪烁体材料：CsI。

5.2.3 机械系统

1) 射线源、探测器和样品转台均安装到花岗岩构架上，以确保系统的运动精度和重复定位精度。

2) 机械系统软件具有二次开发功能，开放底层开发模块。

3) 机械系统软件品牌为派克 ACR9000，支持 8 轴联动。

4) 源到探测器的距离为 500~1200 mm 可调。

5) 放大倍率 X 轴：

行程：1000 mm；

定位精度：优于 20μm；

重复精度：优于 10μm。

6) 样品台垂直方向 Z 轴：

行程：600 mm；

定位精度：优于 20μm；

重复精度：优于 10μm。

7) 平移轴 Y 轴：

行程：400 mm；

定位精度：优于 20μm；

重复精度：优于 10μm。

8) 探测器焦距移动行程 DX 轴：

行程：700 mm；

定位精度：优于 20μm；

重复精度：优于 10μm。

9) 样品转台：

行程：360° 任意分度；

定位精度：不低于 15″；

重复精度：不低于 3″；

转台轴向跳动：10 μm 以内；

转台径向跳动：10 μm 以内。

10) 控制台设有监控显示器，可实时观测设备内部的运行情况。

11) 设备样品门接入安全联锁系统。

12) 控制台以及机柜外侧设有紧急停止按钮。

5.3.4 X 射线防护系统

1) 采用铅钢夹心结构，铅不外露，一体式铅屏蔽外壳，设备环境剂量小于 1μcGy/h。防护需满足国

家的相关辐射防护规范。

2) 射线安全系统应包括：门安全联锁、射线报警灯、急停开关且需满足在操作 225 kV 射线系统时满足国家标准。

3) 具备门机连锁装置，射线开启后，样品门无法打开；样品门不关闭，射线无法开启。设备外壳和操作台均设置急停开关，设备外部具有警报灯。

5.3.5 软件系统

a)控制软件

1) 操作系统 Windows 10；

2) CT 配置应用（调节 CT 的各个扫描参数）；

3) CT 扫描应用（CT 数据采集和同步控制）；

4) 实现探测器相关参数的调节和校正；

5) 实现 DR 图像实时预览；

6) 可对图像进行窗宽窗位调节；

7) Windows 风格用户界面（整合如上应用）；

b)重建软件

1) 具备自动/手动重建可选功能；

2) 具备标准的 FDK 重建功能；

3) 具备射束硬化、环形伪影等图像修正功能；

4) 重建预览；

5) 重建数据兼容 VG Studio MAX 三维可视化软件；

6) 提供核心软件源代码并可执行（射线源控制 SDK 及代码示例、探测器控制 SDK 及代码示例、数据采集 SDK 及代码示例、运动控制 SDK 及代码示例、重建 SDK 及代码示例等）；

7) 提供三维数据可视化软件 VG Studio 3.5(通过 PTB 认证)，软件一年免费更新升级服务。

8) 重建 2048×2048 矩阵图像，1440 张投影，重建时间小于 5 min。

9) 积分时间 1.0 秒，获取 1800 张投影，扫描时间 30 min。

5.3.6 计算机系统

1) 控制电脑配置：

a) 双 CPU，Intel E5-2620 系列 4 核；

b) 内存：三星 32G；

c) 显卡：NVDIA GT710，显存 2G；

d) 硬盘：固态硬盘 500G；高速 SSD 硬盘 8TB；

e) 显示器：优派 VX3276-2K-HD-3,31.5 英寸。

2) 图像重建工作站：

a) 双 CPU，Intel E5-2680 系列 8 核；

b) 内存：三星 256G；

c) 显卡：NVDIA GTX3070，显存 16G；

d) 硬盘：固态硬盘 500G；高速 SSD 硬盘 8TB；

e) 显示器：戴尔 S3221QS 31.5 英寸液晶显示器。

6 随机备件

滤波片：Cu、Al、Mo 各 1 套；

钨灯丝：3 只；

密封圈：1 套；

高压绝缘硅胶：1 只；

保险丝：1 套；

维护工具：1 套。

7 技术资料

1) 设备装箱单、设备使用说明书、系统操作说明书、送货单各 2 份；

2) 设备装配结构图、各系统电气接线图、设备安装维护手册、设备安全操作规程各 2 份、设备出厂合格证 1 份。

8 安装调试

1) 子系统：由乙方选择场地进行安装调试，采购人可安排 1-2 人全程参与。

2) 总体系统：由采购人指定现场并提供水、电、气等条件，由乙方在采购人现场进行免费安装、调试和终验收，并进行现场操作培训。

3) 乙方负责产品的卸货（卸货后，厂内运输到位所产生的费用，由甲方负责）、就位、安装、调试，乙方负责产品装卸、运输、就位及安装过程中人员及设备安全，在上述过程中发生人身伤亡及财产损失的，由乙方承担全部责任。

4) 乙方参加安装调试人员的食宿、差旅费由乙方自理。

9 人员培训

1) 操作人员：乙方在采购人现场或采购人指定场所进行操作培训，使采购人操作人员熟练掌握系统的使用。

2) 运行维护人员：乙方负责培训采购人不少于 2 名工作人员（费用包含在报价中），内容包括设备的基本原理、操作、维修保养等知识，使其能够独立安全操作、调整使用、日常维修维护和快速排除故障。培训时间视采购人人员掌握情况而定。

3) 主要课程包括：设备用途及设计原理图简介；X 射线管的维护和保养技术；设备的安装调试方法；设备的操作与使用方法；软件的操作与使用方法；设备的故障排查和维修技术；其它有关技术问题。

10 验收

10.1 预验收

乙方自检合格后，提前一周通知采购人采购部门并组织相关人员进行设备的预验收。合同设备的预验收程序按照以下要求进行：

1) 预验收成员组成：由乙方和采购人相关人员组成。

2) 预验收地点：乙方现场。

3) 验收依据：双方签署的技术文件。

4) 预验收主要内容：

- 外观质量、规格型号标识；
- 设备硬件、指标检验；
- 技术资料清点。

5) 问题处理：在预验收中出现的问题，由乙方解决，或双方协商解决。

6) 预验收报告：预验收合格后，双方应签署预验收报告。

7) 预验收中所需的工件材料由乙方提供。

8) 预验收在得到采购人代表认可后，视为预验收合格，双方签订《预验收报告》。

10.2 终验收

1) 清点验收

➢ 当产品到达交货地点后，双方立即组织双方验收人员共同按合同产品供货清单及产品装箱单对合同产品连续进行清点验收，直至清点完毕。主要有设备技术说明书、设备操作手册、出厂合格证明、货物装箱清单、设备电气原理图、设备安装维护手册、设备安全操作规程、设备原产地的认证证书的纸质版各 2 份和电子版 1 份。

- 提供零部件、主要配件、易损件清单，清单中包括零部件名称、规格、数量及制造厂商。
- 若清点数目与合同产品供货清单及设备装箱单不符或合同产品损坏，乙方应在双方约定的时间内补齐或更换，由此发生的所有费用由乙方承担。
- 双方确认合同产品清点验收合格后，双方共同签定《清点验收报告》。
- 乙方向采购人提供出几何精度和精度检测报告一份、检测标定用的试块（具有法定机构校准合格证明文件）、提供验收用的测试卡和模拟试件（包括空间分辨率测试卡、密度分辨率测试卡，且具有法定机构的合格证明文件）。

2) 安装调试后的验收

设备安装调试完毕后的验收为终验收，由合同设备的采购人组织进行，乙方代表参加。主要验收内容有：

- 外观质量；
- 附件、配件和工具；
- 主要性能指标测试；
- 系统校准及功能测试；
- 系统空间分辨率和密度分辨率等指标测试；
- 技术资料；
- 签署验收报告。

注：分辨率测试：分辨率达到 1.5μm 为合格，如有 1.5μm 分辨率的测试标准件则实测，如没有 1.5μm 的标准测试样品，则根据 MTF 曲线推导，但测试的点必须包含 2μm 的分辨率点。

3) 验收应执行的相关标准

验收应执行以下标准：

GJB9712 《无损检测人员的资格鉴定与认证》

GJB5311 《工业 CT 系统性能测试》

GJB5312 《工业射线层析成像(CT)检测》

ISO15708-1 无损检测 辐射方法 计算机层析成像 第一部分：术语

ISO15708-2 无损检测 辐射方法 计算机层析成像 第二部分：原理、设备和样品

ISO15708-3 无损检测 辐射方法 计算机层析成像 第三部分：操作和解释

ISO15708-4 无损检测 辐射方法 计算机层析成像 第四部分：认证。

11 售后服务

1) 设备在采购人现场正式验收合格后才视为正式交货。设备保修期为正式交货之日起一年内。

2) 在保修期内，乙方在设备出现各类故障时需及时提供维修服务（费用包含在报价中）。对非人为造成的各类零件损坏，应及时免费更换。所更换部件的三包期应从更换之日起重新计算。设备发生故障时，乙方应在 2 天内到达采购人现场。

3) 保修期外，设备发生故障时，乙方应在 5 天内到达采购人现场，并积极协助采购人完成维修任务。保修期外维修只收取零部件工本费，并提供终身服务。

12 其他事宜

1) 未尽事宜双方进一步协商解决。

2) 本协议一式 6 份，甲方 4 份，供方 2 份，自双方签字之日起生效。

甲方：中国工程物理研究院物资部　　乙　　方：奥影检测科技（上海）有限公司

采购方（委托）代表：　　法人（委托）代表：

日期：　年　月　日　　日期：　年　月　日