



法国 MRX X 射线应力分析机器人 X-RAYBOT 优势说明

宁波经略海洋科技有限公司

2023 年 5 月 9 日

目录

一、法国 MRX 便携式 X 射线应力分析机器人 MRX X-RAYBOT	2
便携式 X 射线应力分析机器人 MRX X-RAYBOT 简介	2
设备相对优势介绍	6
设备综合优势介绍	12

一、法国 MRX 便携式 X 射线应力分析机器人 MRX X-RAYBOT

便携式 X 射线应力分析机器人 MRX X-RAYBOT 简介

1、设备基本情况

法国 MRX 便携式 X 射线应力分析机器人 MRX X-RAYBOT，采用了体现最新技术的 X 射线管和硅微带线阵探测器，并采用先进的激光摄像三角测量法定位测试点，能够快速测定残余应力，测量精度满足欧盟标准 EN15305。仪器为便携式，既可用于实验室，也可以用于现场，能够自动完成一个或多个工件上的多点测量，例如测定焊缝及其热影响区的应力分布。仪器高度集成，满足社会上相关的辐射安全及防护标准，外形简洁，操作便捷，是测量速度最快、测试方法最全、测试功能最多、自动化程度最高的测定残余应力的优选设备。

法国 MRX 公司生产的 X-Raybot 型应力分析仪该仪器配置 Cr, Mn, Cu 三种靶材，可用于钢铁材料、铝合金、高温合金、钛合金、铜合金等金属材料及其零部件的残余应力检测，以及钢中残余奥氏体含量检测。

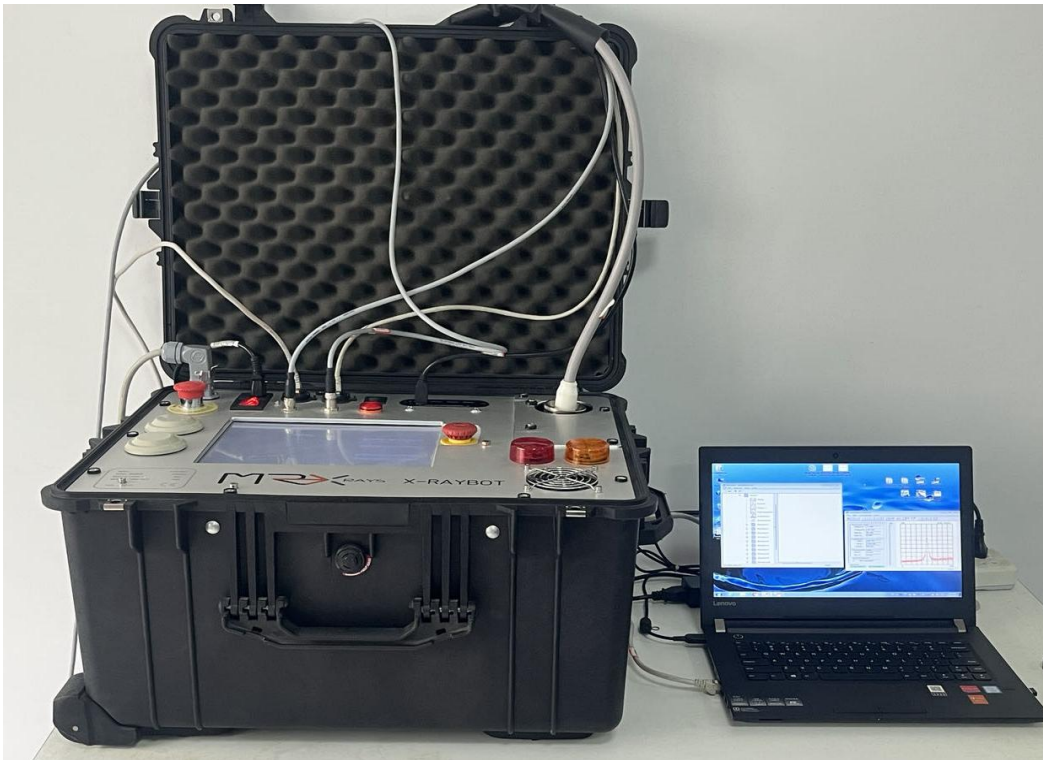
X-Raybot 应力分析仪具备激光摄像三角测量系统自动定位。激光摄像三角测量系统：高清摄像机自动采集激光图像，根据在测试点部位采集到的激光图像，软件自动计算标定距离，机器人可识别工件的形状，测试点位置，自动调节角度与方向、对测试工件任意位置的法线方向进行测量。

X-Raybot 应力分析仪可实现同倾法、侧倾法、 ϕ 摆动法、 Ψ 摆动法等，用户可自由切换。

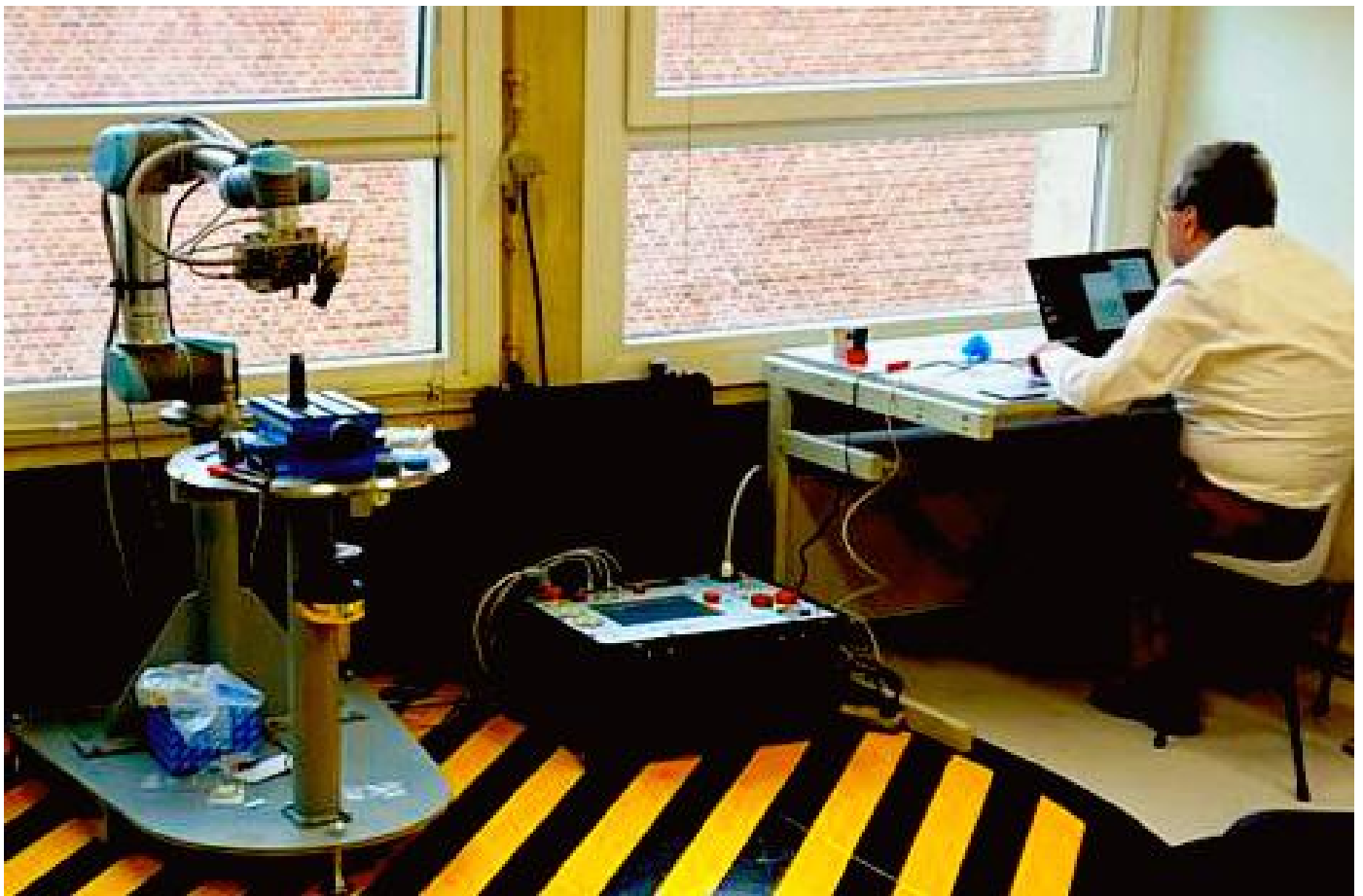
X-Raybot 应力分析仪执行的相关标准：ASTM E915-2010；EN 15305-2008；GB/T7704-2017。



三种型号可选



控制箱、笔记本电脑、控制面板



2、基本特点

- 可折叠高精度 6 轴机器人(实验室/现场两用)。
- 多种测试方法可选:标准的侧倾法, 同倾法, 摆动法。
- 激光/摄像三角测量系统(全球品牌独有): 激光/摄像三角测量系统完美解决不规则曲面工件如发动机叶片, 齿轮(齿根 R 角), 弹簧等不规则工件的应力测试难题。
- 设备功能: 金属材料的残余应力测试、残余奥氏体含量测试、自动多 φ 角方向测量、主应力及剪切应力分析; 三维应力张量分析;
- 测角仪: ψ 角范围: $-45^{\circ}\sim 45^{\circ}$; 2θ 范围: $120^{\circ}\sim 170^{\circ}$; φ 角范围: $0\sim \pm 180^{\circ}$;
- 设备标配 Cr 靶 X 射线管, 可选配 Cu 靶、Mn 靶。用户可自行更换 X 射线管。用户更换靶材后无需人工校准, 可直接进行测试, 更换靶材仅需 5 分钟即可。
- 自然风冷 X 射线管: 采用自然风冷陶瓷低辐射 X 射线管(功率 25W), 无需恒温水箱冷却, 采用自然风冷系统, 可以 24 小时不间断工作运行。

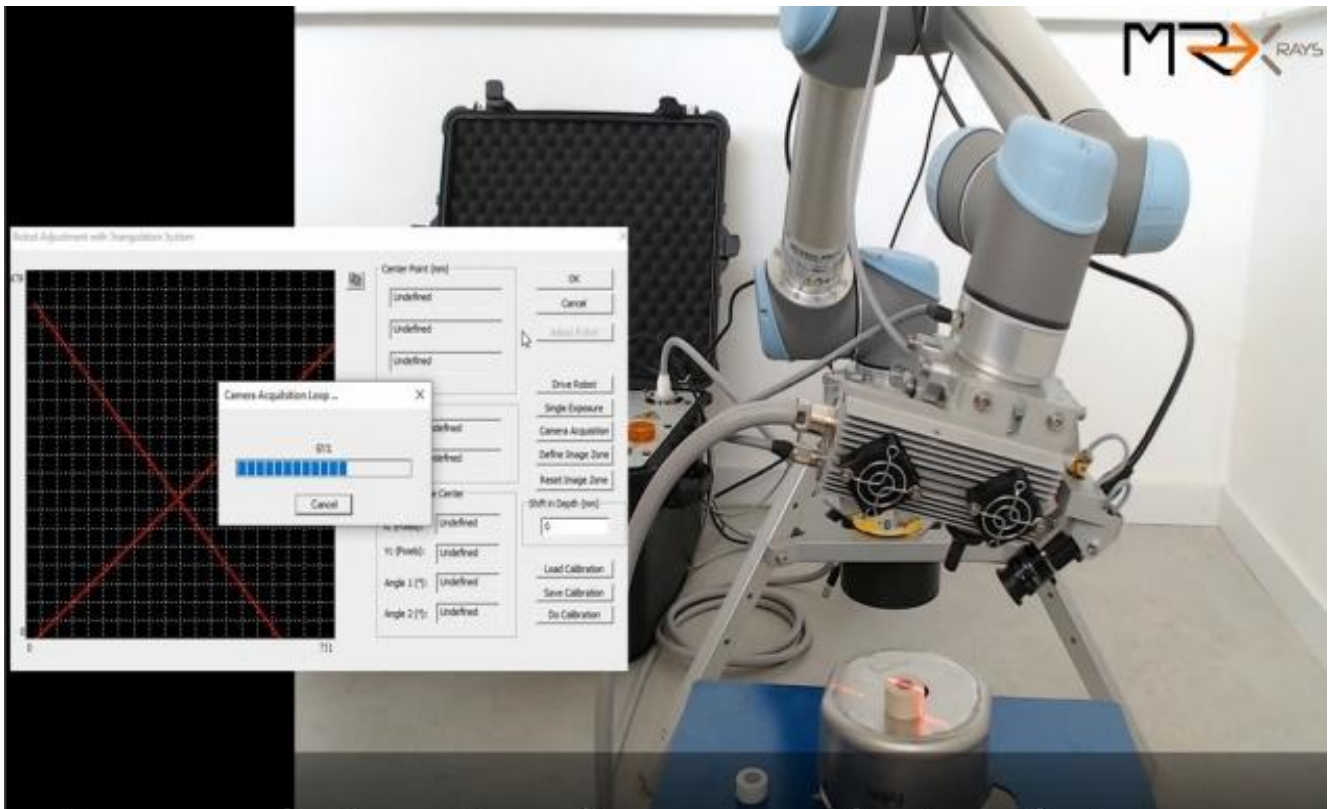
3、技术参数

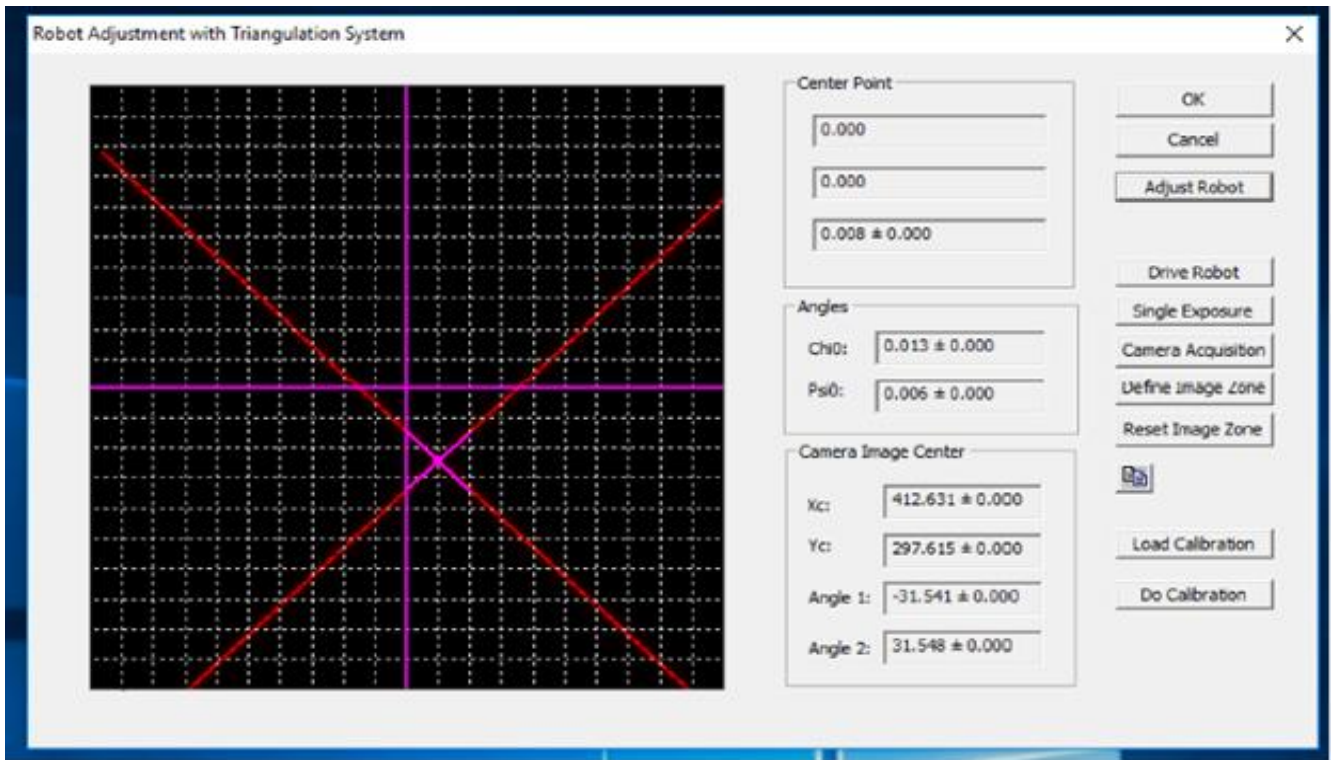
控制器尺寸 (mm):	79.4×61.5×44.4
控制器重量:	25Kg
运输箱尺寸 (mm):	80×58.1×48.2
运输箱重量:	25Kg (包括全部系统)
PC 电脑:	windows 系统安装专用软件。
电缆:	高压电缆, 探测器电缆, 机器人电缆
X 射线管靶材:	Cr/Mn/Cu (备选)
高灵敏度纯 Si 探测器:	探测角度范围 20-35 度。
测试点定位:	采用两束激光和一个相机, 三角测量法定位。
准直管直径:	0.5, 1, 2, 和 4mm
4 种定峰方法:	重心法, 拟合法 (6 种模型), 中点法, 最大值法。
电源:	220V, 16A, 50Hz
高压发生器:	35W
X 射线管电压:	25kV
电流:	1-2mA

设备相对优势介绍

1、激光/摄像三角测量系统(全球品牌独有)

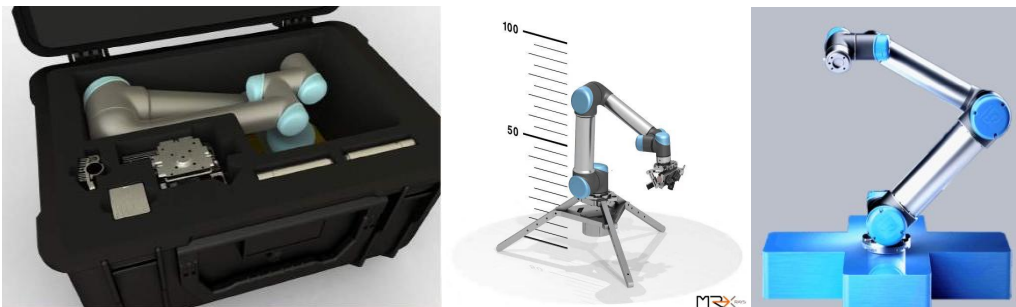
- ✓ 拥有全球独有的激光三角测量系统, 高清摄像机自动采集激光图像, 根据在测试点部位采集到的激光图像, 软件自动计算标定距离, 机器人可识别工件的形状, 测试点位置, 自动调节角度与方向、对测试工件任意位置的法线方向进行测量 (注意: 其它品牌应力仪只能依靠人工对点, 人工手动找到测试区域的最高点位置进行测量, 人工主观判断测试位置, 测试误差大)。
- ✓ 激光/摄像三角测量系统完美解决不规则曲面工件如发动机叶片, 齿轮 (齿根 R 角), 弹簧等不规则的工件的应力测试难题。
- ✓ X-RAYBOT 应力分析机器人用于疲劳试验时在线应力测试案例。备注: 法国 X-RAYBOT 应力分析机器人是目前全球品牌应力仪设备里唯一能实现在线测试的设备
- ✓ 设备可以适用软件进行自动校准功能, 无需手动调节测角仪机械部件。
- ✓ 设备标配 Cr 靶 X 射线管, 可选配 Cu 靶, Mn 靶。用户可自行更换 X 射线管。用户更换靶材后无需人工校准, 可直接进行测试, 用户更换靶材仅需 5 分钟即可





2、可折叠高精度 6 轴机器人(实验室/现场两用)

- ✓ 机器人可折叠，运输轻便
- ✓ 适用于实验室检测工作也方便携带到现场进行应力检测，自由度大，只要机械臂能运动到的地方，就可以进行自动检测，检测姿态多样。



3、自然风冷 X 射线管

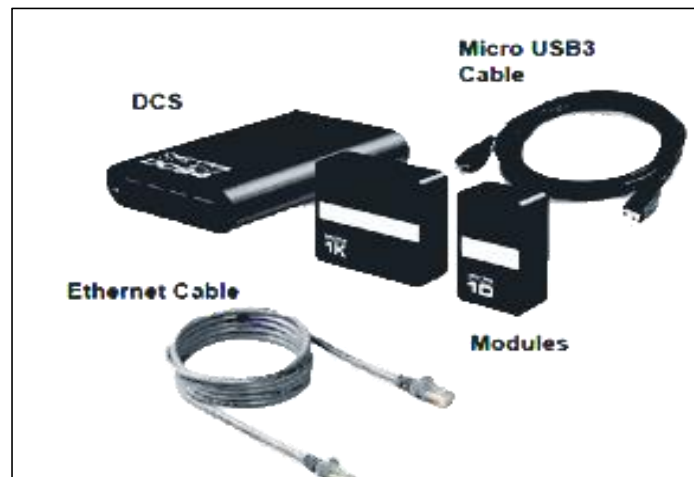
采用自然风冷陶瓷低辐射 X 射线管(功率 25W)，无需恒温水箱冷却,采用自然风冷系统，可以 24 小时不间断工作运行。

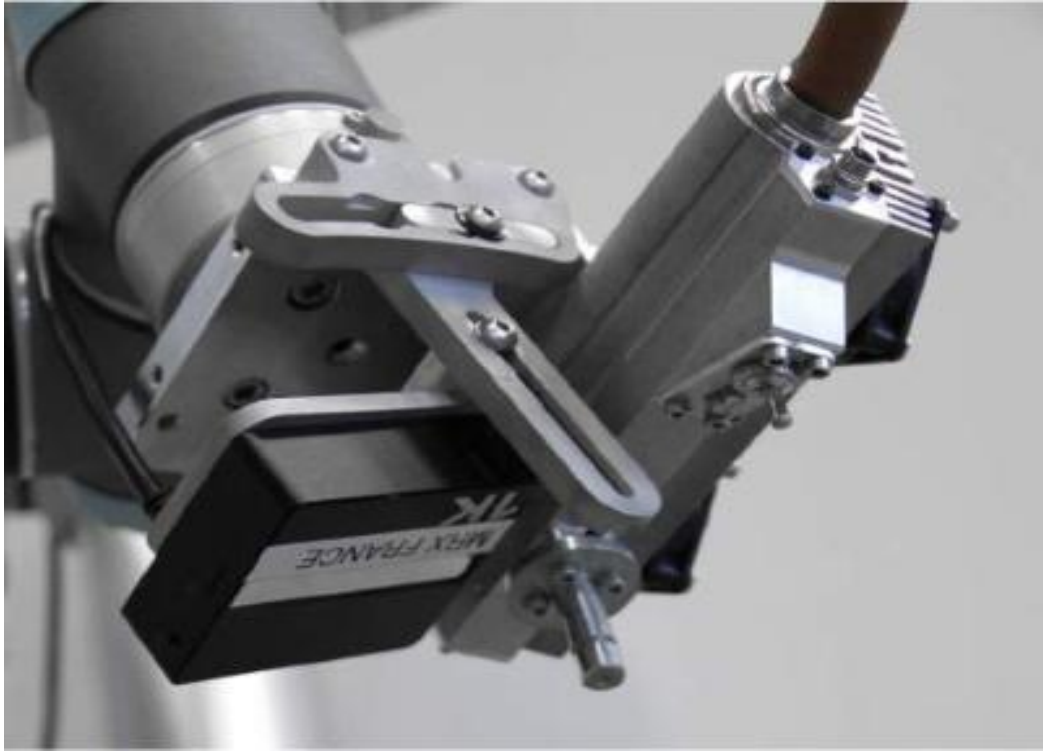


4、高分辨率固体线阵 X 射线探测器

X-Raybot 应力分析仪配置有 1 个高分辨率 X 射线探测器，该 X 射线探测器采用的是瑞士 DECTRIS 公司生产的 1K 型探测器。该探测器通道数为 1280 个通道。探测时间快、分辨率高、抗干扰、免维护等特点。该探测器的主要参数如下：

- 探测器厚度：320 μm
- 探测器长度：8 mm
- 选择动态：24 bit
- 能级：4-40 keV
- 频率：25 Hz
- 能量分辨率：687 eV
- 外观尺寸：70×62×22 mm





测角仪（集成探测器，X 射线管，覆盖的角度范围在 20~35 度，调节探测器至样品的距离可以改变覆盖的角度范围。）

5、强大专业的应力分析软件/残余奥氏体分析软件

- 多种测试方法可选：
 - 标准的侧倾法（Psi Mounting）
 - 同倾法（Omega Mounting）
 - 摆动法（Oscillations Psi/Phi）
- 多种定峰方法可选：
 - Maximum of peak / Middle point / Centroid / Fitting
- 多种应力计算方式可选：
 - Linear fitting
 - Elliptical fitting
 - Sig33=0 （triaxial fitting sig33=0）
 - Triaxial fitting fixed 2θ)
- 多种峰形拟合方式可选：
 - Gauss / Lorentz / pseudo-Voigt / pseudo-Voigt1 / Pearson7 / Voigt

测试功能:

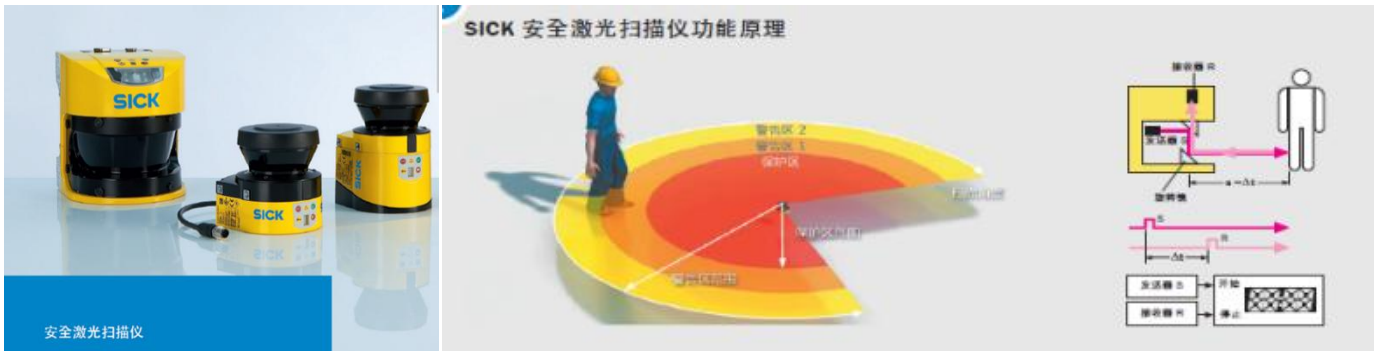
- 剪切应力测试

- 主应力与主应力方向测试
- 应力张量测试
- 残余奥氏体含量测试
- 自动多点连续测试:
- 自动线性多点测量 (stress line)
- 自定点阵式多点测量 (stress map)

6、S300mini SICK 智能激光扫描安全系统

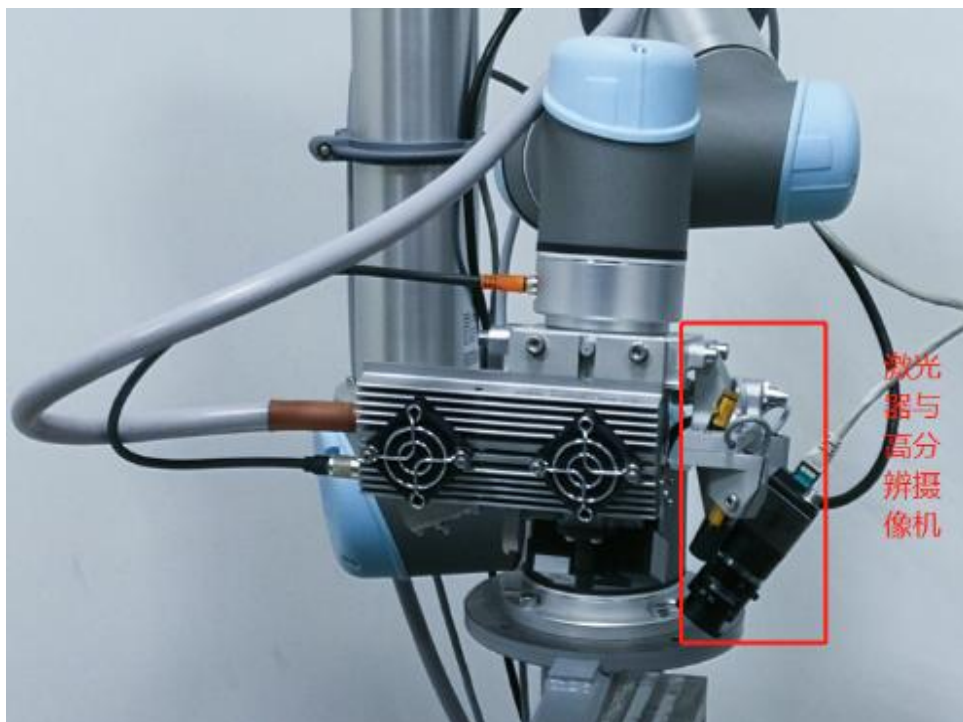
X-Raybot 应力分析仪配置有 S300mini SICK 智能激光扫描安全系统 1 套。该激光扫描安全系统具有如下功能：

- 1、进入辐射区候自动感知，X 射线自动关闭，离开辐射区，X 射线自动开启，自动继续进行测量工作。
- 2、可以检测手，腿或身体的任何部位，并可设置分辨率和范围。
- 3、270°的扫描角度即可进行全面的安全保护。历经考验的安全技术可最大限度确保可靠性。



7、激光器与高分辨摄像机 1 套

X-Raybot 应力分析仪配置有激光器与高分辨摄像机 1 套。用于测试时自动高精度定位。



8、数据采集模块系统 1 套

X-Raybot 应力分析仪配置有数据采集模块系统 1 套。该数据采集模块采用单光子计数、抗辐射、免维护等特点，是目前全球全新一代最具先进性的固体线阵探测采集系统。



设备综合优势介绍

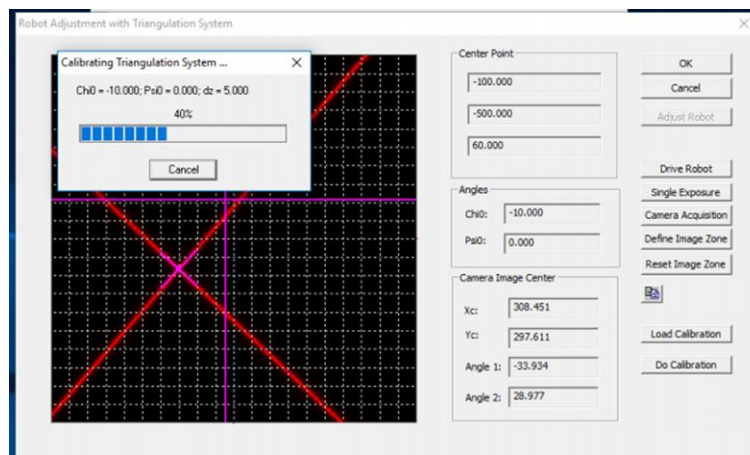
1. 设备硬件

1.1 机器人系统具有测量精度的优势

X-Raybot 采用可折叠智能六轴机器人，具有紧急制动功能，可通过软件及硬件实现。残余应力测试对高度敏感，产品结合高精度机器人及激光摄像三角定位聚焦系统，可以精准定位，激光定位精度小于 30 微米。



X-Raybot 外观（控制箱及机器人）



激光三角定位计算

1.2 机器人定位及自动对点功能优势

X-Raybot 是目前市场上最智能的应力测量设备，其自动定位和多角度测量功能遥遥领先于其他同类产品，如下图曲面样品自动定位。



自动定位示意图

X-Raybot 的设计理念是先进而缜密完备的，测试精度高，数据可靠。机器人的功能发挥到极致，不论被测点是平面、倾斜面、圆弧面上的任一点，它都能识别该点的表面法线，然后自动确定测角仪的入射角度和距离。有了这一功能就特别便于各种实际工件的现场测量。例如图中的铁道轨头上表面边缘位置的检测，此表面是曲面，其边缘位置与水平面成一个角度，如在这个位置设置一个测量点，仪器在定位时其软件可以根据摄像头和激光采集到的图像判断改点的法线方向然后自动垂直对准它。此功能对于现场测量极其有用，因为一般现场测量时操作者不能随意摆弄被测件，而是想办法让仪器去对准被测件，这时自动垂直对准功能就派上了大用场。另外此功能是目前各国应力仪所没有的，一般需要使用磁吸式数显量角器测量，然后再用此量角器测量仪器与水平面之间的角度，最后人为计算仪器对被测点的入射角。问题是磁吸式数显量角器只能测量平面，对于曲面被测面来说就无能为力了，没有了入射角测量也就无从谈起。

1.3 种 X 射线管

X-Raybot 设备可提供 Cr、Mn、Cu 等多种型号靶材，射线管功率 ≤ 25 W，采用风扇空冷微型换热模式满足冷却要求，可连续 24 h 不停机工作，设备具有过热保护系统；X-Raybot 设备换靶非常方便；并提供直径 0.5 mm, 1mm, 2mm, 3mm 等多种型号准直管。

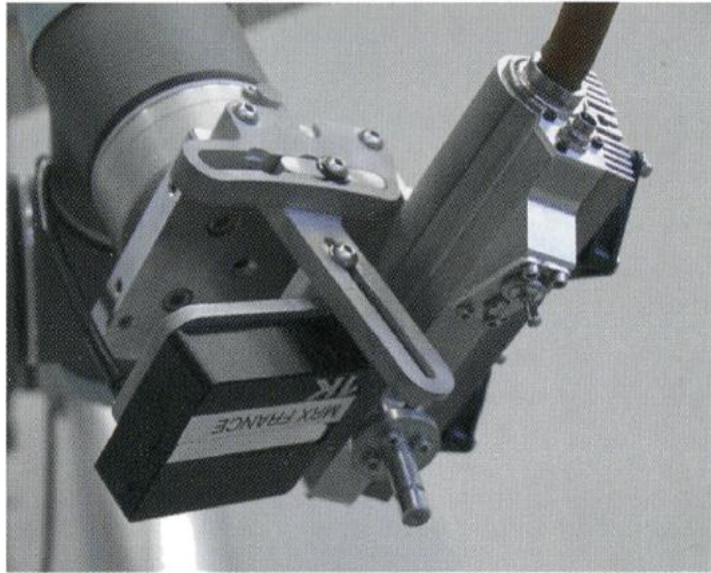
1.4 探测器

测角仪采用瑞士 DECTRIS 纯硅高感应固体线阵列探测器，通道数 1280；光敏面积大于 8×64 mm² 覆盖角度范围 $20^\circ \sim 35^\circ$ ，依据衍射条件以及样品几何尺寸可以自主调节探测器位置。

1.5 测角仪

调节探测器在测角仪轨道位置，可以实现 2 θ 测量范围 $110^\circ \sim 170^\circ$ 要求。 机器人靠近机头的一节是可以 360° 旋转的可以使实现 φ 角的范围满足 $0^\circ \sim \pm 180^\circ$ 的要求。X-Raybo 设备利用 t 可折叠智能机器人实现强大的角度设定功能，单

次测量所涵盖的 ψ 角范围为 $-45^\circ \sim 45^\circ$ 。



测角仪

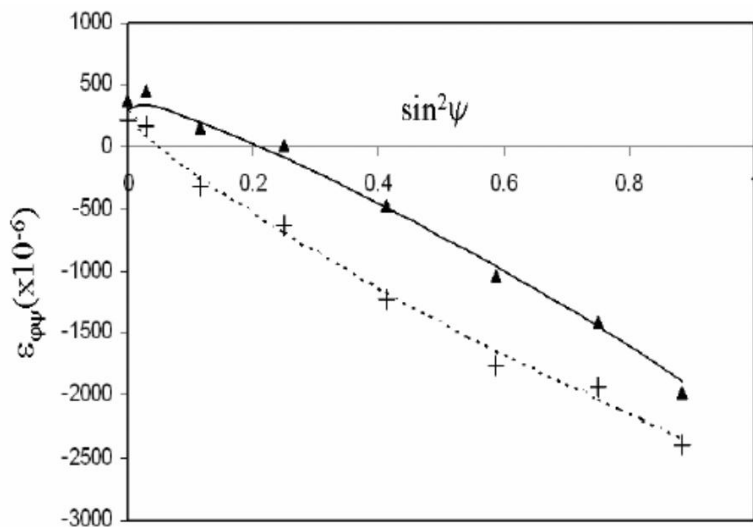
2 软件特点

软件主要分为两部分，一部分为 RobotAcq ， 主要实现机器人、激光三角定位、X 射线管、激光安全感应器等数据采集功能的实现，另外一部分为 StressDiff， 主要是测试点设置及 ψ ， ϕ 测试， 可以实现设备零应力自动校对。

2.1 剪切应力和正应力测量优势

机器人靠近机头的一节是可以 360° 旋转的可以使实现 ϕ 角的范围满足 $0^\circ \sim \pm 180^\circ$ 的要求， 这使 X-Raybot 可以测量被测面内任何多角度（ ϕ 角）的正应力和剪切应力， 并能自动计算出主应力方向， 而这一切都可以在仪器的一次运行中完成。这种功能如果不使用机器人是很难达到的， 市面上其它品牌仪器都是通过对样品台施加转盘实现的， 而转盘的精度一般无法保证并且只能在实验室使用。

X-Raybot 通过可折叠智能机器人实现强大的角度设定功能， 单次测量所涵盖的 ψ 角范围为 $-45^\circ \sim 45^\circ$ ， 在足够大的正负 ψ 角范围内采集数据对于测量应力是必须的， 因为一般来说被测物品均为三维应力状态， 根据 X 射线测量原理， 被测物品表面某方向的应力由“应变- $\sin^2\psi$ 曲线”计算而来，“应变- $\sin^2\psi$ 曲线”如下图所示：



待测应力由于三维剪切的在其应变图像成分裂状态，由“▲”拟合而成的实线代表正ψ角范围的采集结果，由“+”拟合而成的虚线代表负ψ角范围的采集结果，而要测量的正应力由两条曲线的平分线的斜率计算而来，三维剪切应力由两条曲线的分裂程度计算而来。因此要想准确计算应力必须要在足够大的正负ψ角范围内采集数据才可。X-Raybot ψ角范围从-45°运行到+45°。

2.2 残余奥氏体测量优势

使用 X 射线方法测量残余奥氏体必须要采集两个衍射峰：①2θ峰位为 156°的α相衍射峰，对应于 Cr 靶 (211) 晶面；②2θ峰位为 128°的γ相，对应于 Cr 靶 (220) 晶面。X-Raybot 机头上的 2θ调节模块，可以使仪器方便的在 110°~170°的 2θ范围内采集数据，完整的涵盖了两个衍射峰，测量结果精确可靠。

3 产品功能特点总结

- 1、探测器为最大亮点，瑞士 DECTRIS 的硅微带探测器 1280 通道，其特点：单光子计数，低噪声；免维护，无限寿命。
- 2、高精度小型 6 轴机器人，功能强大
 - (1) 侧倾法 (ψ法) 和同倾法 (ω法) 两便，对各种不同形状的试件适应能力强；
 - (2) 多ψ角测试，提高测试精度；
 - (3) ψ摆动法、φ摆动法解决粗晶材料的应力测试；
 - (4) 能在一定范围内连续进行多点测试；
 - (5) 残余应力测定、剪切应力测定、主应力与主应力方向测定,残余奥氏体含量测定。
- 3、配备 Cr、Mn、Cu 靶 X 射线管，适用于钢铁、铝合金、镁合金、奥氏体不锈钢、高温合金、钛合金、铜合金等材料。
- 4、X 射线管的冷却系统免除了冷却液和管线。
- 5、采用激光摄像三角测量法定位测试点。机器人可快速准确的移动，系统可以记录待测点到另一个测试点的路径，避免移动工件或设备。
- 6、轻便的包装运输单元，便于携带，适用于各种形状的尺寸的大中型工件的现场测试。
- 7、高度软件集成功能、机器人控制软件、X 射线发生器操作软件、衍射曲线采集软件、安全快门控制软件。
- 8、MRX 新型 X 射线衍射残余应力分析机器人采用最新技术的 X 射线管与硅微带固态探测器，机器人采用了先进的激光摄像三角测量法定位。能快速的自动的连续的测试多点的残余应力。

宁波经略海洋科技有限公司

地 址：浙江省宁波市高新区聚贤路 587 弄 15 号 2#楼 033 幢 12-1-13

联系人：占登望

手 机：15071677936

网 站：<http://www.po-tech.com.cn>

邮 箱：210497162@qq.com

MRX RAYS

MRX 法国

MRX-RAYBOT

X 射线衍射残余应力分析机器人



<http://www.po-tech.com.cn>

MRX RAYS MRX-RAYBOT

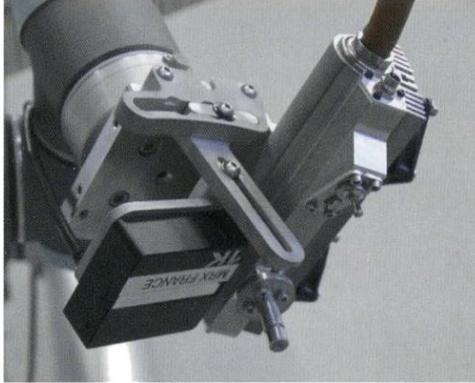
Robot for residual
残余应力分析机器人

The X-Raybot is a robot
机器人+测角仪
goniometer dedicated

X射线衍射分析
determination by X-ray
测定残余应力
diffraction

本仪器为法国 MRX 品牌的新型X射线衍射残余应力分析机器人。本仪器采用了体现最新技术的X射线管和硅微带线阵探测器,并采用先进的激光三角测量法定位测试点,能够快速测定残余应力,测量精度满足欧盟标准EN15305要求。本仪器为便携式,既可用于实验室,也可以用于现场;能够自动完成一个或多个工件上的多点测量,例如测定焊缝及其热影响区的应力分布。机器人应力仪高度集成,满足社会上有关的辐射安全及防护标准。仪器外形简洁,操作便捷,是测定残余应力的优选设备。

测角仪



测角仪采用了纯 Si 固体探测器，其灵敏度是气体探测器的 7 倍。覆盖的角度范围在 $20^{\circ} \sim 35^{\circ}$ ，调节探测器至样品的距离可以改变覆盖的角度范围；沿测角仪圆按照预设值调整探测器位置可适应不同材料、晶面、辐射和衍射角的最佳匹配。

X 射线管的冷却系统免除了冷却液及管线的累赘。

测试点定位

采用激光三角测量法定位测试点。机器人可快速准确地移动。系统可以记录待测点的坐标，然后自动完成多点测量。

对于外形复杂的工件，可以教导机器人学会从一个测试点到另外一个测试点的路径，避免移动工件或者设备。



MRX-Raybot 功能特点

MRX-Raybot X射线残余应力分析机器人是目前所有品牌自动化程度最高、测量方法最全、数据处理方式最多的设备，主要特点如下：

- 1、激光/摄像三角测量系统（全球品牌独有）
 - (1) 依靠激光三角测量系统,采用软件实现设备零应力自动校准;
 - (2) 依靠激光三角测量系统,机器人可自动识别工件的形状和测试点的表面法线方向,可自动调节测角仪的角度与方向;
 - (3) 采用激光三角测量系统标定测试点,标定距离精确到微米级。
 - (4) 机器人可连续自动多点测试自动生成应力分布云图;
- 2、测试软件功能强大
 - (1) 8种测量方法可选:
 - 标准的侧倾法
 - 同倾法
 - 摆动法 (Psi 摆动/Phi 摆动)
 - 掠射法
 - 混合法 (Mixed mounting)
 - Constant penetrat
 - 固定 ω 法
 - 固定 χ 法
 - (2) 4种定峰方法可选
 - 最高顶点法 (maximum of peak)
 - 中点法 (middle point)
 - 重心法 (centroid)
 - 拟合法 (fitting)
 - (3) 4种应力计算方式可选
 - 线性拟合 (linear fitting)
 - 椭圆拟合 (elliptical fitting)
 - 三维拟合 $\sigma_{33}=0$ (triaxial fitting $\sigma_{33}=0$)
 - 三维拟合 fixed 2θ (triaxial fitting fixed 2θ)
 - (4) 6种峰形拟合方式可选
 - 高斯拟合 (gauss)
 - 洛伦兹函数 (Lorentz)
 - pseudo-Voigt 函数
 - pseudo-Voigt1 函数
 - Pearson7 函数
 - Voigt 函数
 - (5) 3种测试点运动坐标模式可选
 - 线性模式 (Cartesian)
 - 圆柱模式 (Cylindrical)
 - 球形模式 (Spherical)

包装运输

轻便的包装运输单元，便于携带，适应于各种形状和尺寸的大中型工件的现场测试。