

 四川艺精科技集团有限公司  
Sichuan Yijing technology group co., LTD



**短波长X射线体应力无损分析仪产品手册**  
Short wavelength X-ray non-destructive internal stress analyzer product manuals

中国·四川·江油

## 产品介绍

普通X射线应力分析仪只能获得材料表层的应力，为了无损测定内部应力，发达国家采用中子源产生的中子和高能同步辐射装置产生的短波长X射线来测定材料、工件的内部应力，并将该技术用于相关基础研究和工业产品的研发，但是这两种技术分别需要核反应堆和高能同步辐射装置作为光源，造价昂贵且只能在装置所在地进行分析，其应用受到限制。

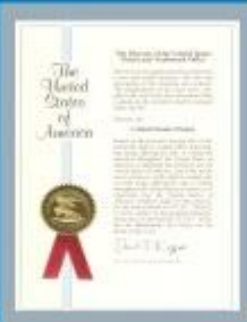
本仪器利用X射线管发射的短波长X射线，可以测试数十毫米材料、工件的内应力，并能达到最新国际标准 EN15305-2008无损测定材料、工件表面/内部（残余）应力的要求，已在应力分析领域得到推广应用。本仪器相关技术已获得中国、美国的发明专利，并得到国家科技部重大科学仪器设备开发专项的支持，项目编号2012YQ130234。编写了中国工程物理研究院标准：ZWB449-2015《短波长X射线应力无损分析仪规范》、ZWB448-2015《短波长X射线应力测量方法》。



短波长X射线体应力无损分析仪

## 授权的发明专利

ZL 2008 1 0069876.6/，一种X射线准直器装置，中国专利授权  
 ZL 2004 1 0068880.2/ US 7 583 788 B2，短波长X射线衍射测量装置及方法，中国、美国专利授权  
 一种单向应力加载装置，ZL201420528201.4  
 短波长X射线应力分析软件，登记号0967033



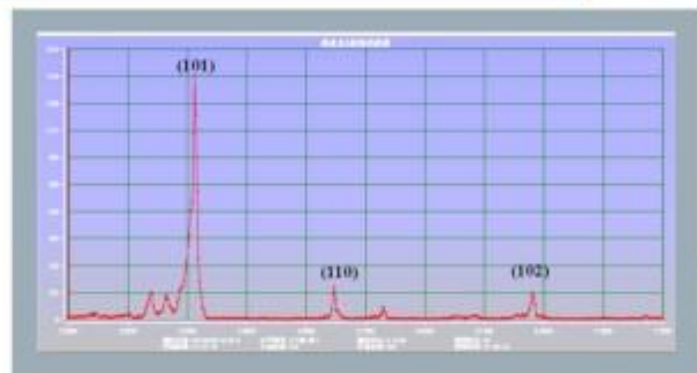
## 现有应力测试方法的特点

特性	机械法		应力敏感特性法		晶体衍射法			
	盲孔法 及剖分法	裂纹柔度法	超声法	磁性法	常规应力 仪法	中子衍射法	高能同步辐射短 波长X射线衍射法	短波长特征 X射线衍射法
适用材料	固体			磁性	晶体			
是否破坏	有损	有损	无损	无损	无损	无损	无损	无损
表面/内部	表面	内部	内部	内部	表面	内部	内部	表面/内部
定性/定量	定量	定量	定性	定性	定量	定量	定量	定量
标准情况	有	无	无	无	有	有	制定中	企业标准
主要优缺点	设备简单/有损	设备简单/有损	设备简单/定性	设备简单/定性	设备普遍 仅能测表面	能测内部 设备稀少	能测内部 设备稀少	能测内部 设备能普及



## 短波长X射线体应力无损分析方法的验证

仪器实验结果验证：用短波长X射线体应力无损分析仪进行了二氧化硅粉末的衍射实验，其实验结果和衍射数据库标准卡片相吻合。



标准SiO<sub>2</sub>粉末的衍射谱

配备了小型单向应力加载装置，方便对应力仪的标定工作，结果表明：对于铝材料，当应力小于120MPa时，本仪器的应变误差小于6%。

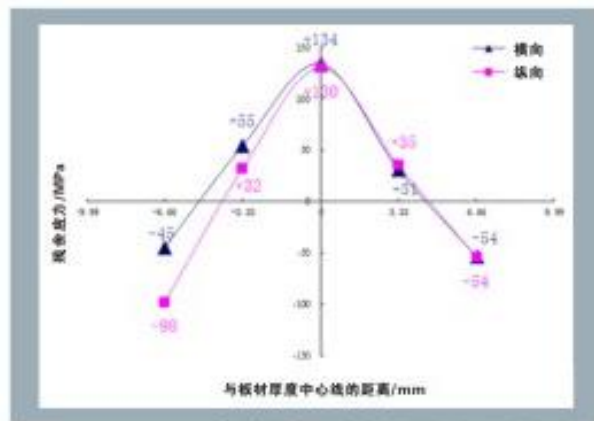


压力环 kgf	单向加载装置 kgf	载荷偏差 kgf
49.6	50.0	0.4
101.0	100.0	-1.0
152.9	150.0	-2.9
203.4	200.5	-2.9
252.4	248.4	-4.0
300.8	296.4	-4.4
349.4	348.1	-1.3
396.3	395.6	-0.7

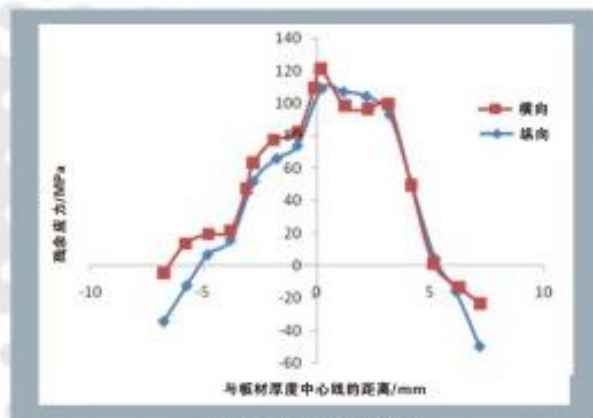
单向应力加载装置标定

## 与法国LLB G42中子衍射应力站的测试结果比较

针对同一块20mm厚 淬火铝板，分别采用本仪器和法国LLB G42中子衍射应力站进行了应力测量。



本方法测试结果



中子衍射测试结果

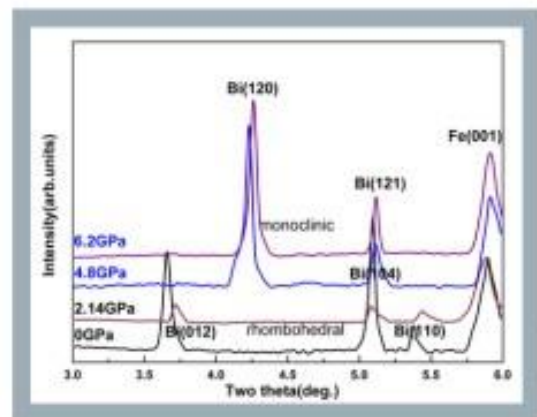
本仪器结果和中子衍射数据结果十分吻合，满足国际最新标准EN15305-2008对无损测量材料（工件）表面或内部残余应力的要求。



## 短波长X射线体应力无损分析方法的应用

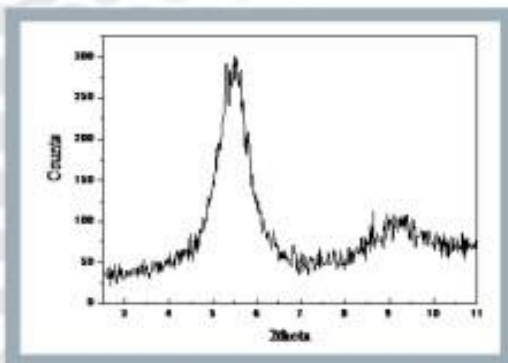
### 静高压相变测试

在本仪器光路中添加高压附件，测试了金属Bi随压力变化的衍射图谱，观察到金属Bi菱方相向单斜相的相转变。证实了该仪器实验方法在高压相变领域研究的可行性。

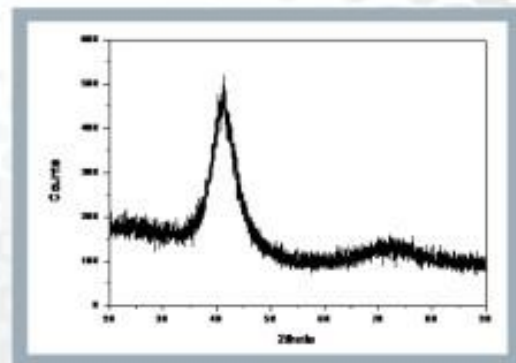


金属Bi静高压测试结果

### 钇基非晶块的物相分析

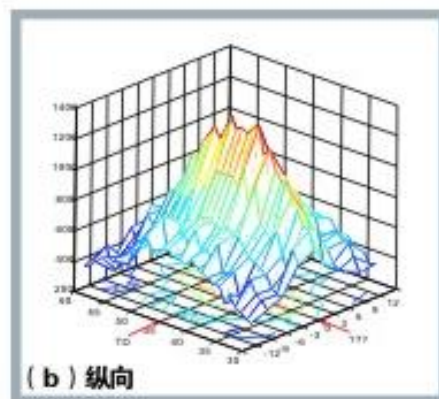
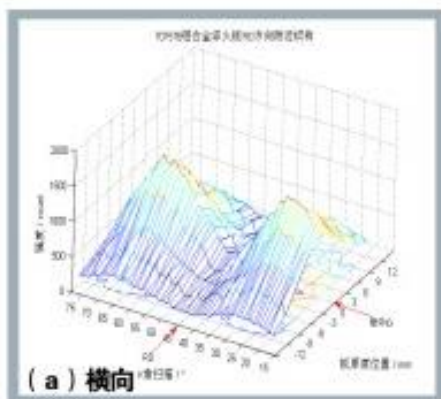


本仪器测试结果



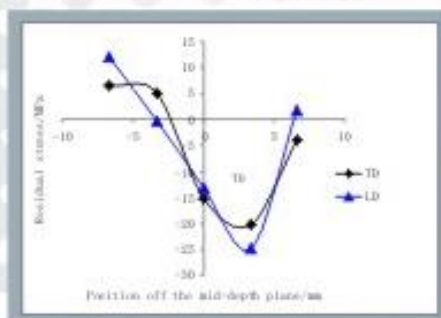
常规衍射仪测试结果

## 淬火铝板织构测定结果

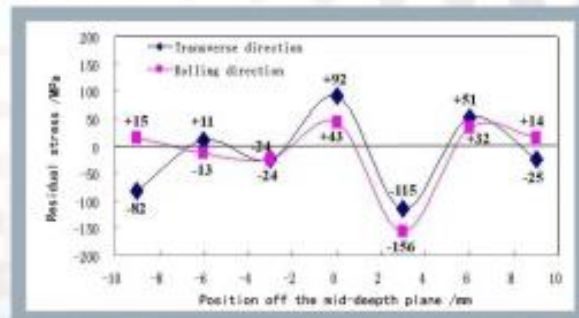


30mm厚7075淬火铝合金(111)晶面衍射强度沿厚度的分布

## 预拉伸铝板内部残余应力测定结果



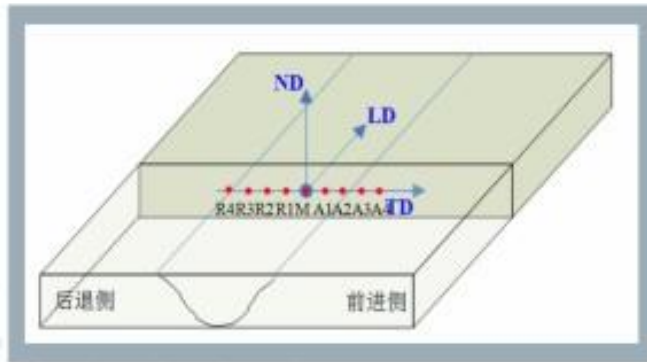
美国20mm厚7075-T651铝板残余应力沿厚度的分布



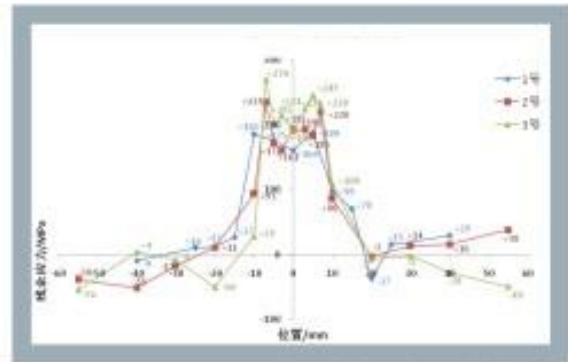
国产25mm厚2024-T351预拉伸铝板残余应力沿厚度的分布



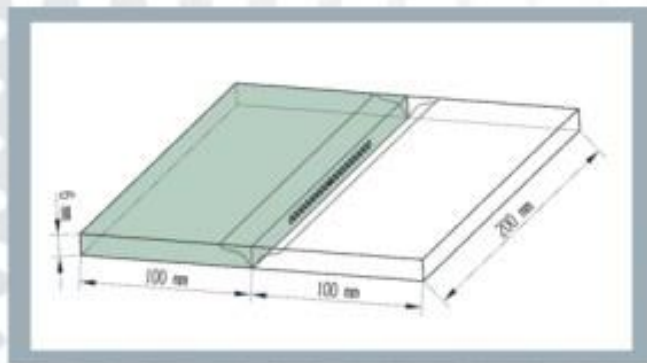
## 6mm厚2024-T351铝板搅拌摩擦焊接头内部残余应力测定



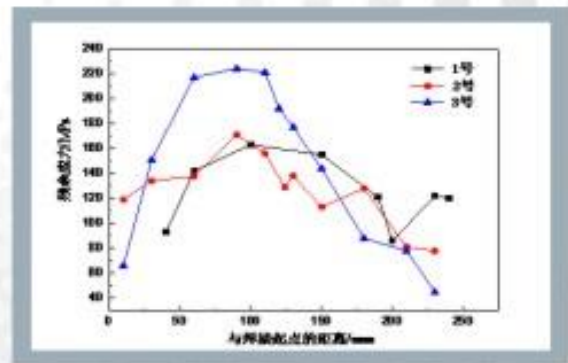
内部应力测试点分布



焊板纵向(LD)残余应力沿横向(TD)的分布

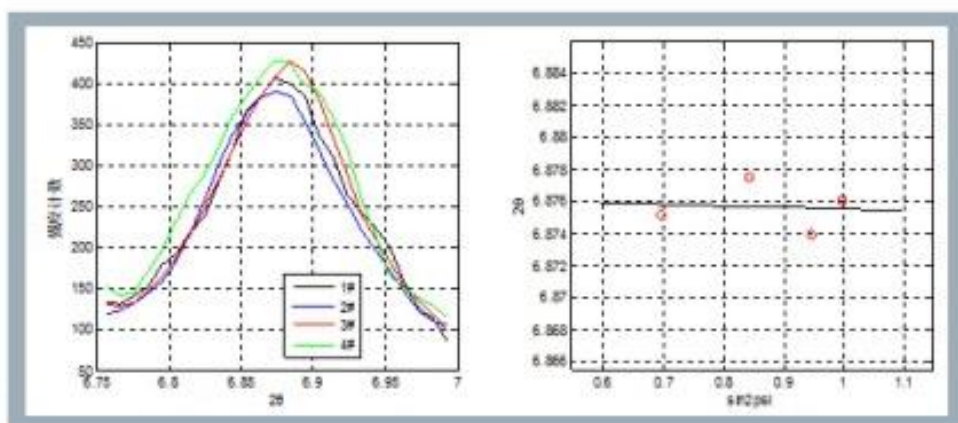


焊接接头中心的纵向残余应力分布





## 金属镀块样品残余应力测定



## 应用领域

### 材料/工件内部应力、物相、织构测定

#### 工件变形

- \* 焊接应力导致的变形;
- \* 机械加工零件变形;

#### 疲劳破坏

- \* 飞机机体及其承载构件;
- \* 弹簧;

#### 结构失稳

- \* 特殊多层材料壳体的安全评定;
- \* 承力结构件;

#### 涂层剥落

- \* 大推力航空发动机涡轮叶片及涂层;
- \* 重载齿轮面复合涂层;



## 主要技术指标

- \* 重金属靶X射线管最大功率3kW
- \* 无应力铁粉残余应力测定误差小于20MPa
- \* 可测50mm铝当量厚度的样品
- \* 衍射体积可调，最小为 $0.1 \times 0.5 \times 2.0$  (mm<sup>3</sup>)
- \* 仪器综合稳定度优于1%

## 根据用户需求定制产品

### XL系列X射线应力分析仪

项目	固定式	固定式	固定式	移动式	便携式
X射线源	Cr/Cu/Co/W/U靶 450kV	Cr/Cu/Co/W/U靶 225kV	Cr/Cu/Co/W/U靶 160kV	Cr/Cu/Co/W/U靶 160kV	Cr/Cu/Co/W/U靶 30kV
测角仪精度	0.0001°	0.001°	0.001°	0.001°	0.001°
X射线能量 分辨探测系统	1%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
计算机	台式	台式	台式	笔记本	笔记本
测控、分析软件	全功能	全功能	常用功能	常用功能	常用功能



## >>> 公司简介

---

四川艺精科技集团有限公司是中国工程物理研究院下属的军转民高科技企业，集团以中物院强大的科技资源为依托，致力于现代高科技产业发展和传统产业改造。主要投资于光机电技术产业，无损检测技术产业、核子仪器、新材料、宽带网络营运等具有高成长性的高科技领域，形成了在同行业中具有领先优势的高能工业CT、短波长X射线体应力分析仪、核子仪器等高科技产品。集团现有10家控股、参股公司，总资产3.47亿。



研制单位：四川艺精科技集团有限公司  
地址：四川省江油市德胜南路87号  
电话：0816-3620138/15228389868  
传真：0816-3620138  
邮编：621700  
邮箱：[scm xp2011@163.com](mailto:scm xp2011@163.com)