

# SMX-225CT FPD HR 检测汽车发动机缸体孔隙率

SMX-004

**摘要：** 本文介绍运用 inspeXio SMX-225CT FPD HR 微焦点 X 射线 CT 系统检测汽车发动机缸体的孔隙率。汽车发动机缸体的全部扫描，清晰的观察到内部的结构及铸件中孔隙，运用 VG 软件孔隙率分析模块对发动机缸体进行孔隙率分析。通过岛津独有技术——对感兴趣区域进行放大扫描，观察缸体周围缺陷。

**关键词：** 微焦点 X 射线 CT 系统 发动机缸体 铸件 孔隙

汽车发动机是由几个气缸组成的发动机，在其内部，有几个相同的单缸排列在一个机体上，共用一根曲轴输出动力，主要作用是将化学能转换为机械能。

汽车发动机基本原理是利用汽油或者柴油化学能转换为热能时，密封汽缸内混合气体燃烧膨胀，从而推动活塞做功，将热能再转变为机械能。由于发动机发热量很大，在缸套外的水套中布满冷却液，用来降低发动机温度。水套及其缸套周围部分是用铝铸件压铸而成，在压铸过程中，产生孔隙等缺陷。如果孔隙

超过一定的数量，冷却液进入铸件中，引起发动机故障。因此，需要检查铸件中的孔隙，计算整个发动机缸体的孔隙率，以判断是否合格。在缸套和压铸件的结合部分，还需要看是否有间隙缺陷。使用微焦点 X 射线透视已经没有办法满足观察要求，此时需要使用专用工业微焦点 X 射线计算机断层扫描 (CT) 系统观察确定。本文介绍运用 inspeXio SMX-225CT FPD HR 的微焦点 X 射线 CT 系统检测汽车发动机缸体孔隙率。

## ■ 实验部分

### 1.1 仪器

inspeXio SMX-225CT FPD HR 微焦点 X 射线 CT 系统



### 1.2 分析条件

X 射线 CT 检查分析条件 1:

测试电压：220KV

测试电流：200 $\mu$ A

图像尺寸：1024pixels\*1024pixels

扫描时间：20min

SDD：1200mm

SRD：877.627mm

Number of Views：1200

Number of Averages：1

Voxel Spacing：0.459mm/voxel

Exposure(ms)：1000.000

Acquisition Mode：Fine

X 射线 CT 检查分析条件 2:

测试电压：220KV

测试电流：200 $\mu$ A

图像尺寸：1024pixels\*1024pixels

扫描时间：20min

SDD：1200mm

SRD：297.837mm

Number of Views：1200

Number of Averages：1

Voxel Spacing：0.156mm/voxel

Exposure(ms)：1000.000

Acquisition Mode：Fine

## ■ 结果与讨论

### 2.1 样品外观图

本次检测的汽车发动机缸体外观图如图 1。外观尺寸是长 320mmX 宽 320mmX 高 280mm。本测试分两次：第一次扫描整体发动机缸体；第二次扫描发动机缸体单缸缸体。



图 1 汽车发动机缸体外观图

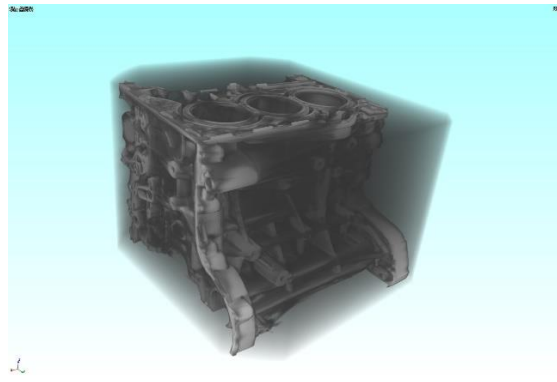


图 2 汽车发动机缸体 3D 图

### 2.2 发动机缸体 CT 观察

由于 inspeXio SMX-225CT FPD HR 的接收部分使用 16 英寸的平板检测器，采用 OFFSET 扫描技术，最大的 CT 扫描范围为  $\phi 400 \times H300\text{mm}$ ，因此整个发动机缸体可以整体扫描。使用 Shimadzu 微焦点 X-ray CT 系统 inspeXio SMX-225CT FPD HR 扫描发动机缸体，使用 3D 处理软件 VGSTUDIO MAX (Volume Graphics GmbH) 显示 CT 图像的立体渲染图 (VR) (图 2)。

通过观察 CT 图像，发现不同部位有孔隙，通过截取 3D 图像，直观观察发动机缸体内部孔隙。如下图 3、图 4。

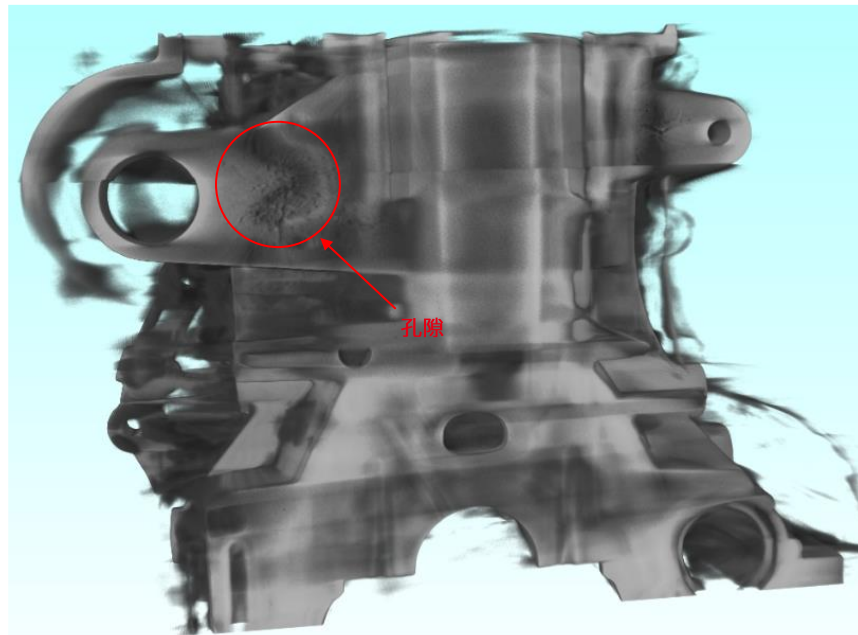


图 3 发动机缸体 3D 截面图 (有孔隙)

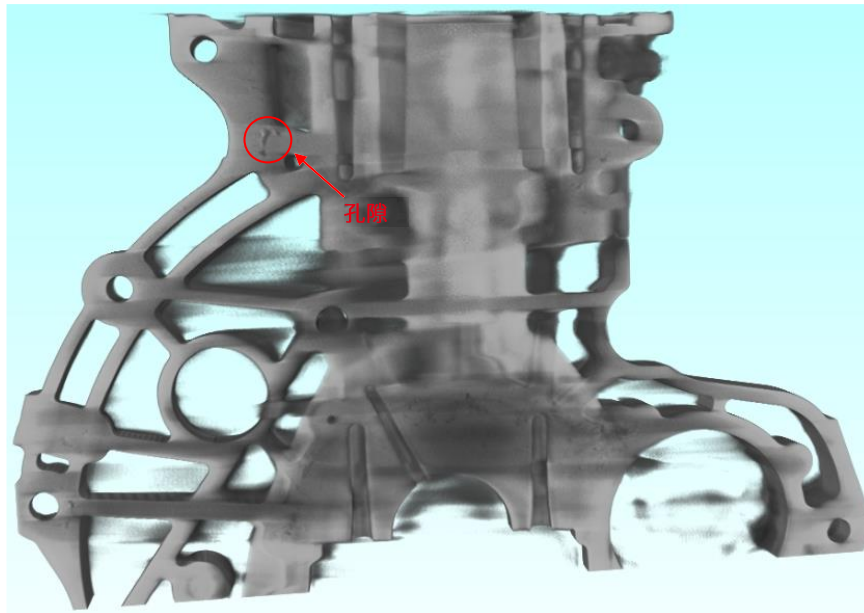


图 4 发动机缸体 3D 截面图 (有孔隙)

通过岛津独有技术—对感兴趣区域放大 CT 扫描 (点击软件上 X、Y、Z 及 SOD 按钮, 设备各轴相应运动, 准确对准需要测试的位置, 如虚线区域), 更清楚关注区域细节。因此通过刚扫描的整体发动机缸体的 CT 数据, 对每个缸体单独放大扫描, 观察缸体附近的结构及缺陷 (图 5)。

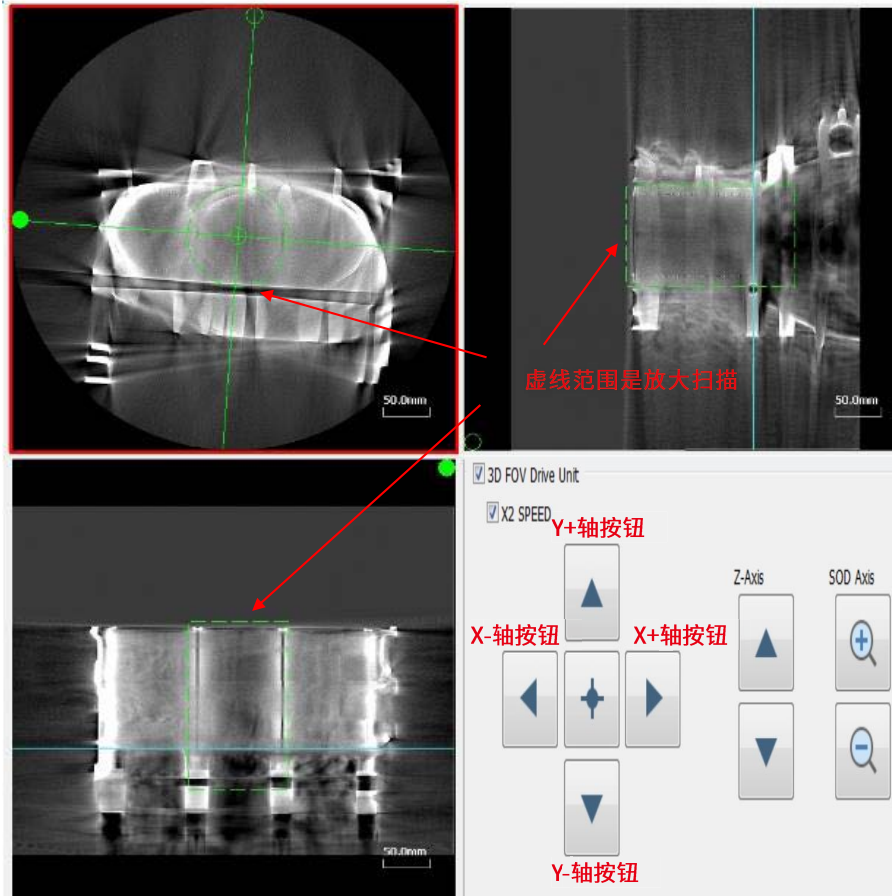


图 5 感兴趣区域放大 CT 扫描

通过放大扫描后，清晰得出单个缸体 CT 图像。发现在缸体附近铸件有孔隙，并测量孔隙长度为 12.708mm, 如图 6 所示。缸体和铸件的结合部分无孔隙，结合完好，通过虚拟切割后立体展示剖面（图 7）。

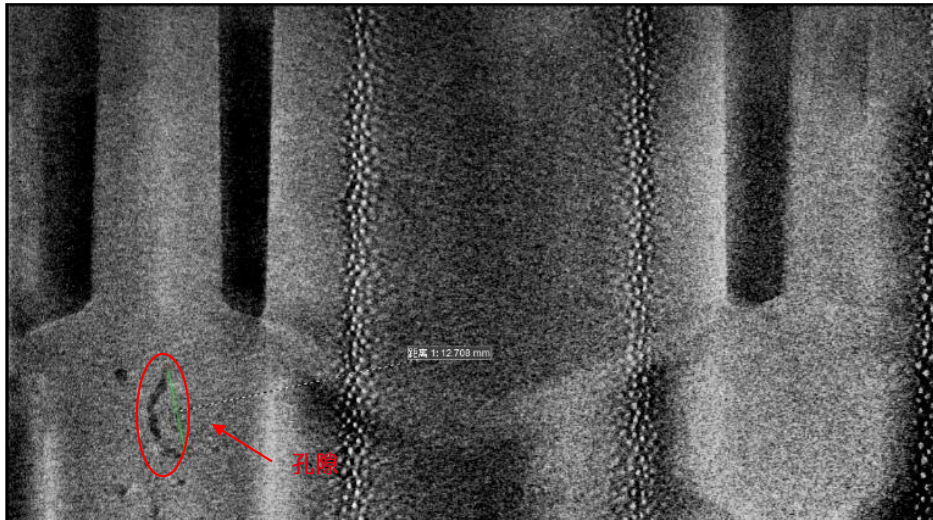


图 6 单个缸体 CT 截面图

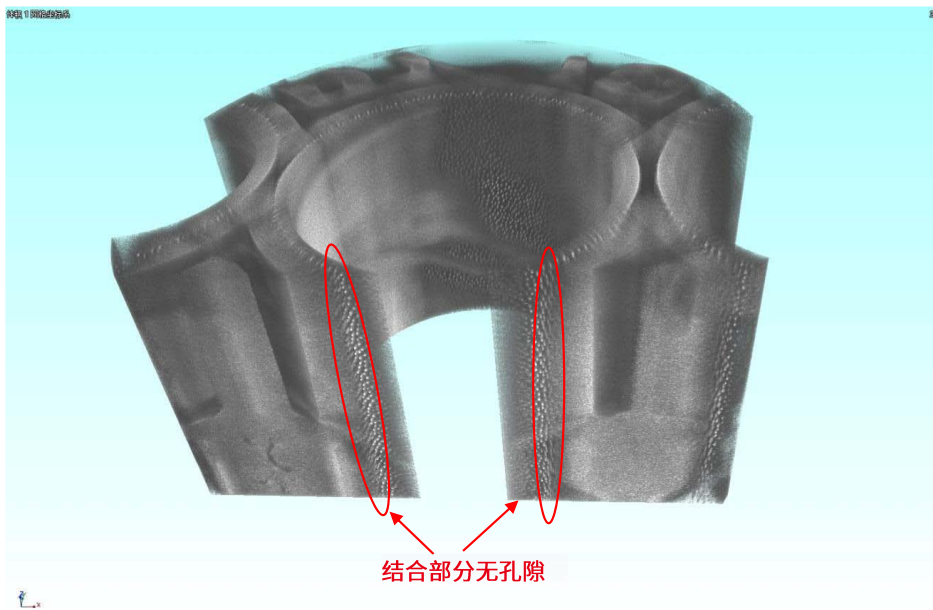


图 7 单个缸体 3D 截面图

### 2.3 发动机缸体孔隙率分析

使用专用软件分析孔隙缺陷，计算出孔隙缺陷分布效果图（图 8）。并用不同颜色标准不同大小体积的孔隙。最大孔隙体积是  $49.1224\text{mm}^3$ 。图 9 是发动机缸体 CT 孔隙缺陷统计图，统计出材料总体积是  $7700700\text{mm}^3$ ，孔隙缺陷总体积  $2599.2322\text{mm}^3$ ，孔隙缺陷百分比 0.03%。

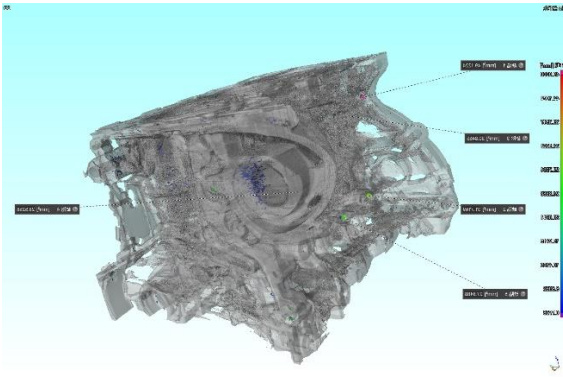


图8 发动机缸体 CT 孔隙缺陷分布图

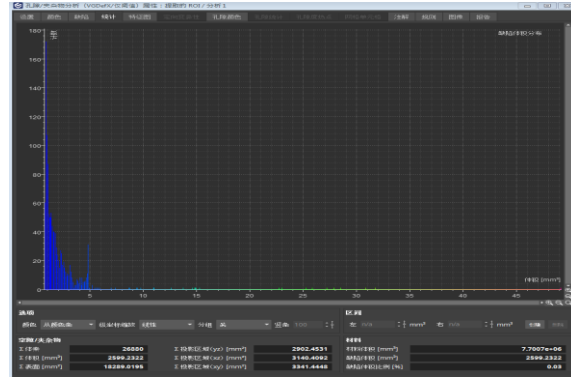


图9 发动机缸体 CT 孔隙缺陷统计图

## ■ 结论

采用岛津公司的 inspeXio SMX-225CT FPD HR 微焦点 X 射线 CT 系统检测汽车发动机缸体，不仅能扫描整个汽车发动机缸体，检测发动机缸体的内部结构。还可以放大检测汽车发动机缸体的单个缸体，检测单个缸体的结构及缺陷，并对孔隙进行长度测量。使用专业分析软件对汽车发动机缸体进行孔隙率分析，有助于产品质量管控及产品研发。

岛津应用云

