

固体核径迹自动测量系统及其主要应用

骆亿生 周 郁 王兴功

(北京放射医学研究所 北京 100850)

摘要 图象分析技术在固体核径迹自动测量中有着重要的作用,特别是在径迹参数测量方面更具显著特点。本文阐述了固体核径迹自动计数和参数测量的方法及其主要的应用领域。

关键词 固体核径迹,图象分析,参数测量

中图分类号 TL490.15

固体核径迹自动测量方法有火花计数器、径迹自动测量仪等,利用图象分析技术^[1]也可实现核径迹的自动测量^[2]。近年来,计算机技术的迅速发展,大大推动了图象分析技术的发展。计算机硬件的发展使图象分析的硬件成本大幅度下降,而计算机软件的发展使图象分析系统更为实用与普及。软件开发针对固体核径迹的不同应用领域和实际测量情况,开发出一系列用于各种目的的固体核径迹测量软件,从而形成了不同目的的固体核径迹测量系统,如径迹密度测量、径迹参数测量等。加上利用计算机实行自动控制,使径迹测量实现了全自动化。

1 固体核径迹测量系统的原理与方法

光学显微镜下的光学图像,经装在显微镜上的 CCD 摄像机摄像,变成模拟图像,送入图像采集卡,图像采集卡将模拟图像转换成数字图像,送入计算机内存,通过图像分析处理,实现径迹的计数和径迹参数的测量。

1.1 固体核径迹测量系统的硬件

利用图象分析技术实现固体核径迹测量的硬件部分主要由光学显微镜(或特制的平台与光学成像系统)、CCD 摄象机、图象采集卡、计算机和打印机等组成。对自动测量系统,还需要有自动位移平台和自动位移控制器。图 1 是全自动固体核径迹测量系统的示意图。

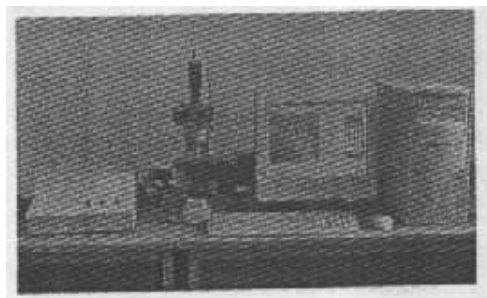


图 1 径迹测量系统示意图

Fig. 1 Picture of nuclear track automatic measurement system

1.2 固体核径迹测量系统的软件

由于目前微型计算机 CPU 运算处理器速度的提高、计算机内存容量的增大及 WINDOWS 软件平台的发展,使图像分析系统的硬件大大简化,使原来只能在专用图象处理装置上运行的图象分析软件(因为要利用图像采集卡硬件的处理功能),现在可在微型计算机的 WINDOWS 环境下运行,使图象分析软件更实用,操作更简单更方便。

2 图象分析技术在固体核径迹测量中的应用

2.1 径迹的识别计数^[3]

图象处理的特点之一是它可对物体进行各种参数的测量,如面积、周长、形状因子(即椭圆度)、长轴、短轴、物体的灰度及灰度层次的分布等。因此,只要能对径迹用一些参数进行描述,则当对物体参数测量完成后,判别其是否满足径迹条件的要求,对符合条件者判为径迹,否则视为杂物。其识别计算步骤如下:

①径迹的判别参数设置 径迹的判别参数设置可通过对部分径迹实测后获得。目前利用图象分析技术进行核径迹测量的系统,都具有通过交互方式(采用鼠标点击物体)对单个物体进行参数测量的功能,并对测量结果进行保存,当测量一定数量的径迹后,执行统计分析软件,程序根据测量结果综合分析获得径迹判别的参数,并写入文件中,在实际测量中,程序自动调入该参数文件,对测量的物体进行识别。

②图象获取 通过调整显微镜的焦距,使图象质量最佳后进行图象获取。

③图象预处理 图象预处理包括 图象的增强、图象去噪、图象二值化和去除非径迹杂物。

④物体测量 对通过预处理后的图象进行标记测量,统计出共有多少物体及物体的位置,为单个物体的参数测量作准备。

⑤物体参数测量及径迹识别 对物体逐个进行各种参数测量,测量完成后,执行径迹识别程序,对被测量物体进行识别,对符合条件者判为径迹,否则视为杂物。

⑥结果输出 对所有物体测量识别完成后,结果可通过打印机输出,或保存于文件中。

目前自动核径迹测量系统对于径迹密度 >1000 计数/ cm^2 ,其测量重复性误差小于 5%,测量一个视场所用时间(包括自动位移在内) $<6\text{s}$ 。

2.2 径迹参数测量

在研究重带电粒子的行为,粒子的能量分布,粒子的电荷分布,地质定年的径迹测量中,主要是通过测量重带电粒子所形成径迹的面积、长轴、短轴、径迹的深度等参数来进行的。

参数测量是图象处理最突出的优点,如果对测量系统进行了准确的标定,则物体参数测量的误差可小于 1%。在径迹参数测量中,主要采用交互方式,即通过鼠标选择物体。对于径迹面积、周长和椭圆度,只要将鼠标的光标选中该径迹即可。对于径迹长轴和短轴的测量,为了保证测量结果的准确,设计了交互方式,通过鼠标操作在径迹的长轴方向画出径迹的长轴,然后通过上、下、左、右四键,改变长轴的起止位置与长度,直至最佳拟合,按确定键确认后,程序在长轴的中点自动产生垂直的短轴,再通过上、下键改变短轴的长短,直至最佳拟合为止。如果测量系统装有聚焦控制机构,则可以完成径迹深度的测量。径迹深度测量的原理是 通过聚焦机构先将焦点调至径迹的上表面,按确定键,则通过数显获取上表面时的读数,移动鼠标,将其中心位于径迹上表面的中心,按左键获取径迹上表面中心的位置参数;控制聚焦机构将焦点调至径迹下表面,按确定键,获取下表面时的读数,通过控制鼠标,获取径迹下表面中心的位置

置参数。由上下焦平面的读数,可获得径迹的深度;由径迹上下表面中心的位置数据,可获得径迹中心距离,通过几何计算,即可得到径迹入射深度参数。

把所测径迹的各种参数保存于文件中,以便利用这些参数对入射粒子进行分析。

2.3 实现自动控制

自动控制主要为:平台的位移控制与聚焦控制;平台的定位控制。当采用V/O卡与自动控制的硬件连接后,只需编制一个控制软件,即可实现自动控制。操作人员只要将相关的参数输入后,计算机通过分析处理,即可按照预定的要求实现控制,直至满足条件后停止。

2.3.1 平台的位移控制与聚焦控制 对于径迹自动计数控制,只要输入被测量径迹片的长(mm)和宽(mm)及长方向和宽方向各需要测量的视场数后,程序根据对测量系统定标系数(即一个视场的长度与宽度),便可分别计算出在长方向相邻两视场的位移偏移量(Δ_L)和宽方向相邻两视场的位移偏移量(Δ_W)。然后程序按照设置与计算的参数,对被测量径迹片进行均匀分布取样测量。在径迹自动计数中主要是控制平台的位移与聚焦。

2.3.2 平台的定位控制 在位移控制中加入坐标的记录使系统可实现重定位或对称性定位功能。平台的定位控制主要应用于两方面:①高能重带电粒子特别是能穿透若干层径迹片的宇宙射线测量;②需要同时测量自发与诱发径迹片中径迹的地质年代测定。

2.4 数据的处理与结果的输出

可以采用多种现成软件,对测量数据进行统计处理,并根据测量结果绘制各种图表。也可以根据实际需要编制数据处理软件,以实现测量数据的结果输出。

3 自动核径迹系统的主要应用

3.1 氡的测量

氡照射可引发癌症。在室、坑道和洞库内氡监测中,采用CR-39固体核径迹探测器,是较好的测量方法之一。将CR-39固体径迹探测器布放于室、坑道和洞库内一段时间,收回后经化学蚀刻,用固体核径迹自动测量系统进行测量得到迹密度和被测场所的氡浓度水平。

3.2 核孔膜微孔的均匀性测量

用重离子照射制成的核孔膜,在医学和生物学中得到了广泛应用,对核孔膜质量的评价主要是两方面:微孔分布的均匀性和孔径的大小。采用固体核径迹自动测量系统可以很容易的实现这两种测量。测量时,把每一个视场的计数保存于数据文件中,把每个近似圆形的径迹,记录其面积、圆度和长、短轴等参数,并保存于径迹参数文件中。测量完成后,通过对视场的计数文件的数据分析,获得径迹分布均匀性的统计结果;通过对径迹参数文件数据的分析,获得径迹大小与圆度分布的统计结果。分析结果可以表格形式或直方图形式给出。

3.3 中子剂量的监测

目前在中子个人剂量监测中没有一种十分理想的探测器,CR-39固体核径迹探测器目前也用于中子个人剂量监测和环境监测中。通过测量在CR-39探测器中的径迹计数,可以估算中子的通量;通过测量中子与CR-39探测器中的H、C、N和O相互作用产生的反冲核径迹参数,可以获得入射中子能谱数据。由中子通量和能谱数据即可获得中子剂量。

3.4 宇宙射线粒子强度和能量分布的研究^[4]

在研究宇宙射线粒子时,采用CR-39固体核径迹探测器是较好的方法之一。由于有些宇宙射线粒子能量非常高,能穿透几cm至十几cm厚的CR-39探测器,因此在对宇宙射线

的观察中,通常将若干片 CR-39 固体核径迹探测器叠加在一起。测量时需要入射到径迹片上的每一个宇宙射线粒子,进行跟踪测量,以确定每个宇宙射线粒子的能量。如果没有自动定位径迹测量系统,则这种测量的工作量和难度都将是无法想像的。但若采用带有自动定位系统的径迹测量系统,这种测量将相对容易得多。

对多片径迹片的测量方法如下:首先对最上一层的径迹片进行全部扫描测量,记录观察到的每个径迹的绝对座标,保存于数据文件中;对第二层的径迹片,以第一片的径迹位置为依据进行测量,若在第一片某径迹位置附近在第二片仍有径迹,则认为该径迹是宇宙射线穿过第一片径迹片后所形成的,将该位置保存于数据文件中,作为下层径迹片跟踪测量的依据;如果某径迹位置附近没有径迹,则认为宇宙射线穿在上一层径迹片被阻止。对第三层径迹片的测量以第二层的数据文件为参考……。由此看出,越到下面层的径迹片,跟踪测量的数据越少。测量完成后,将每片测量的数据进行坐标归一化处理,就可获得宇宙射线粒子的有关数据。

3.5 地质年代与地质热力史研究

在地质定年中,需要分别测量自发与诱发径迹片中的径迹参数和径迹计数,两种径迹片中的颗粒位置是对应的,因此,在测量中必须保证两径迹片的测量位置及大小一致,由人工定位比较困难,自动控制方法可以很容易地保证两径迹片测量位置及大小的一致性,其方法是将两径迹片固定在一载玻片上,然后将载玻片放在自动位移平台上,在低倍镜下,通过调整平台,在两载玻片上分别对称标记几个位置,当完成后,计算机根据标记的位置计算出对称中心,并将载玻片自动位移至参考中心点。然后将显微镜调至高倍镜下,对其中一径迹片的颗粒进行径迹测量,在测量过程中,计算机自动将每一测量点的坐标保存于文件中。当测量另一径迹片时,根据记录的坐标参数和对称性,自动将平台位移至所对称测量的位置完成径迹的测量。测量完成后,可通过自发径迹和诱发径迹密度估算地质年龄;通过对于径迹参数的统计处理,获得地质热力史的有关参数。

参 考 文 献

- 1 Kenneth R. Castleman, 数字图象处理. 1996, 北京:清华大学出版社, 1998
Kenneth R. Castleman, Digital Image Processing. Beijing: Qinghua University Publishing company, 1998
- 2 Amith M J, Leigh-Jones P. Nucl Tracks, 1985, 10(3): 395-400
- 3 骆亿生, 陈迪, 周郁. 核技术, 1996, 19(10): 590-593
LUO Yisheng, CHEN Di, ZHOU Yu. Nucl Tech, 1996, 19(10): 590-593
- 4 任国孝, 荆贵茹. 用 CR-39 测量卫星上的 LET 谱. 第六届全国固体核径迹探测器会议论文, 1998
REN Guoxiao, JING Guiru. LET Spectrum Measurement on comet by CR-39 solid state nuclear detector. Processing of 6th Nation Congress on Solid State Nuclear Detector. 1998

Nuclear track automatic measurement system and its main applications

LUO Yisheng ZHOU Yu WANG Xingong
(Beijing Institute of Radiation Medicine, Beijing 100850)

Abstract

Image analysis technique is very important in automatic measurement of nuclear track especially in measurement of track parameter. This paper describes the methods of automatic counting and parameter measurement by the technique in solid state nuclear detector as well as its main applications.

Key words Solid nuclear track detectors, Image analysis technique, Parameter measurement
CLC TL490.15