

图像分析技术在固体核径迹测量中的应用

骆亿生 陈迪 周郁

(北京放射医学研究所 北京 100850)

摘要 介绍利用图像分析技术研制的一套固体核径迹自动测量系统的硬件组成及其软件的主要功能。还介绍了该系统性能测试结果和应用情况,并对该系统在径迹测量的准确性、重复性和测量的速度等性能和特点进行了讨论。

关键词 固体核径迹, 自动测量系统, 图像分析

由于图像分析技术能测量物体多种参数,测量准确度高、速度快,且通过测得的参数还能进行识别处理,因此其应用范围越来越广。图像分析技术在固体核径迹测量中的应用也十分广泛,主要用于径迹的计数和径迹各种参数的测量。传统的人工观测径迹的方法效率低,工作人员易于疲劳。特别是对径迹参数的测量,其效率更低^[1]。80年代起国外不少实验室就开始研制固体核径迹测量的图像分析系统^[2-5],而我国至今仍用人工观测。为了解决固体核径迹自动计数和参数测量问题,我们利用图像分析、自动控制和模式识别技术,研制了一套核径迹图像全自动测量分析系统,实现了对固体核径迹的自动判别计数和径迹各种参数的测量。

1 图像分析系统的组成

固体核径迹全自动计数和参数测量的图像分析系统由硬件和软件两大部分组成。

1.1 硬件部分

无论是固体核径迹的计数还是参数的测量,其要扫描测量的径迹片都有一定大小的面

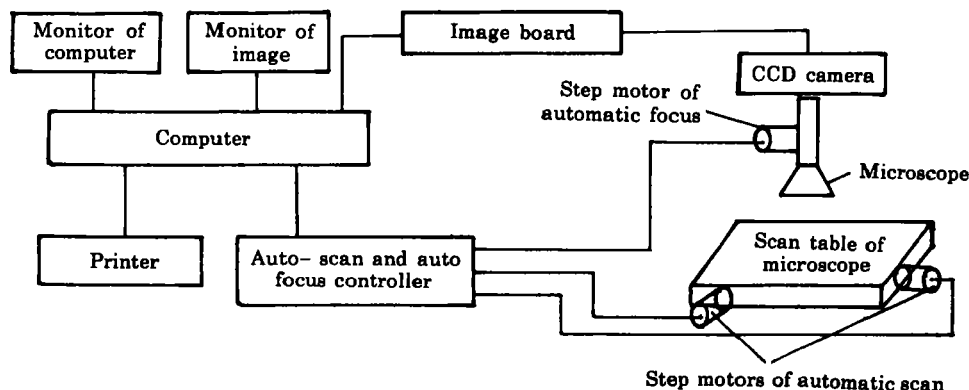


图1 全自动固体核径迹测量系统示意图

Fig.1 Block diagram of the full automatic track measuring system

积,小径迹片的测量面积约 1cm^2 ,而大径迹片的测量面积可为几十 cm^2 甚至几百 cm^2 ,要对这样大的面积进行扫描计数,如果没有自动位移径迹片的自动扫描平台,则测量仍是不方便

的,因此,我们研制的用于固体核径迹测量的图像分析系统由以下部分组成:(1)具有自动扫描平台和自动聚焦装置的光学显微镜;(2)自动聚焦和自动扫描控制器;(3)CCD摄像机;(4)图像采集板;(5)计算机(AT 486/33MHz)及其显示器;(6)图像监视器;(7)打印机。该系统能完成对核径迹的显示、获取、识别处理和结果输出。图1是硬件部分的示意图。

该系统中大部分硬件从国内市场购买。自动聚焦和自动扫描控制器则是我们研制的,聚焦精度可达到 $0.2\mu\text{m}$ 左右,扫描平台的位移精度可达到每步 $2\mu\text{m}$ 。完全能满足自动测量对显微镜聚焦与位移的要求。

1.2 软件部分

由于被测粒子的种类、入射方向和密度不同,或者由于径迹片的背景不好(气泡多)以及划痕所致阴影的影响,使有些径迹在二值化处理后,形状发生很大变化,甚至严重失真,给径迹的判别带来困难。要准确判别径迹,不可能使用一个通用测量程序,而必须根据测量的粒子种类不同编制不同的径迹测量程序。尽管测量各种径迹的程序不同,但程序的基本结构相同,即径迹自动计数程序主要由控制参数输入部分、自动扫描与自动聚焦部分、图像预处理部分、径迹的参数提取与判别计数部分和结果输出部分组成。

1.2.1 控制参数输入。为了使程序能够适用于不同径迹密度和因不同化学蚀刻条件而形成的不同大小径迹的测量,需要人工输入2组参数:(1)控制参数,包括显微镜物镜的倍数、一个径迹片要测量的实际大小、径迹片的行和列扫描的视场数;(2)判别限制参数,包括径迹面积与投影长度(X 方向与 Y 方向)的最大值与最小值、径迹的椭圆度的最大值与最小值、径迹内部的大空洞与小空洞数目、径迹的最小边缘数目、二值处理的方式与修正阈值等,为计算机提供自动控制和判别径迹的依据。

1.2.2 自动聚焦与扫描。自动聚焦程序的工作原理是在 Z 方向上先向一个方向连续位移获取二幅图像,对其灰度值进行统计计算,若后一幅的图像质量比前一幅的好,则继续向这一方向位移获取新的图像,进行统计计算,直至图像质量比前一次的差为止,然后退回到前一次的位置;若后一次获取的图像质量比前一次的差,则反方向位移,重复上述步骤,直至图像质量最佳为止。自动扫描是当对径迹片某一面进行图像获取及完成径迹判别计数后,根据输入的控制参数,控制显微镜自动扫描平台上的步进电机移至径迹片的另一个位置,再进行图像获取与径迹计数……,直至扫描视场数达到预置数为止。

1.2.3 图像预处理。完成图像获取、图像增强、图像二值分割,根据输入的判别限制参数去除视场中过小、过大的非径迹杂物以及对保留下来的目标物体进行周边平滑处理等。

1.2.4 参数提取与判别计数。对经过预处理后留下的目标物体逐个进行参数提取、计算及判别,以确定其是否为径迹或重叠径迹,对是径迹者则进行计数,对不是者则不计数。对重叠径迹,则还应进行拟合处理,以判别其是2个径迹的重叠还是3个径迹的重叠。

1.2.5 结果输出。测量结束后,根据测量结果、输入的显微镜物镜倍数和测量的视场数,自动计算出每个径迹片的径迹密度,根据用户要求可保存于计算机的数据文件中或通过打印机打印输出。

2 结果与讨论

要有效地实现对核径迹的自动测量,从软件方面说,主要是如何正确地判别径迹与各种

杂物，以及如何对重叠径迹进行判别计数，而且这种处理必须能以较快的速度进行，否则就没有实用价值。为此，我们利用氡及其短寿命子体在CR-39固体核径迹探测器上所形成的径迹，对所研制的全自动核径迹测量系统进行了性能测试，同时还进行了刻度和比对。

2.1 测试结果

2.1.1 径迹密度测量的准确性。经蚀刻后的径迹片，既在光学显微镜下进行人工计数，又用本系统进行自动计数，对每个径迹片两者各重复计数5次，计算出各自的平均值进行比较，以说明本系统对径迹密度测量的准确性。测量结果列于表1。对表1的自动计数测量与人工计数结果经统计学检验表明，利用所编制的专用软件对不同径迹密度径迹片的自动测量结果与人工计数的结果，在小于10%的误差范围内是一致的。

表1 自动读数(A)与人工读数(B)的比较
Table 1 Comparison between automatic counting (A) and manual counting (B)
Tracks · cm⁻²

径迹片编号 Track sheet No.	A		B		$\frac{B-A}{A}$ /%
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	
Rn1	1355	77	1344	62	0.8
Rn2	1416	65	1460	62	-3.0
Rn4	1619	148	1576	160	2.7
Rn85	2004	85	2048	94	-2.1
Rn237	2243	116	2411	82	-7.0
Rn201	3138	64	3312	159	-5.3
Rn214	4159	108	4016	128	3.6
Rn203	4647	102	4553	79	2.1
Rn211	5852	116	5608	292	4.4
Rn57	9104	113	9453	390	-3.7
Rn260	9252	112	9518	192	-2.8

2.1.2 系统的刻度和比对。本系统于1992年在核工业总公司衡阳六所标准氡室(国家二级计量站)进行刻度和比对，刻度条件列于表2，用两个不同氡浓度照射刻度径迹片，由自动径迹计数计算出的刻度系数为5.33径迹 · cm²(kBq · m³ · h)⁻¹。为了检验自动测量系统对径迹密度测量的正确性，还用标准氡室照射了比对径迹片，由比对径迹片测得的径迹计算的氡浓度为106.8 ± 3.4Bq · cm³，而标准氡室的氡暴露量为115.6 ± 4.3Bq · cm³，两者的相对偏差为7.6%。

表2 CR-39在标准氡室的刻度条件
Table 2 Calibration condition of CR-39 in Standard Radon Room

暴露时间 Exposure time/h	T/℃	相对湿度 Relative humidity/%	暴露氡浓度($\bar{X} \pm SD$) Density of exposure Rn/Bq · m ⁻³
27	20	37	480 ± 17.3
72.2	20	37	4670 ± 182.3

2.2 讨论

本系统软件部分具有以下特点：

1) 在图像预处理方面:(1)采用了阈值自乘增强算法,即对大于某阈值以上的图像进行增强,这样可提高目标物体与背景的反差,便于图像分割;(2)采用自动判别分割阈值法,加快分割速度;(3)根据用户输入的径迹的最大与最小面积、投影长度等限定参数,去除过小与过大面积的非径迹物体,以尽量减少要判别计数的目标物体的数目。

2) 在径迹的判别计数方面:除了采用了物体的面积、周长、投影长度和形状因子等参数外,还增加了以下几种判据:(1)对跟踪的目标物体计算其内部的空洞个数及空洞面积,以区别径迹和气泡;(2)径迹投存面积与实测面积之比、投影周长与实测周长的比值等;(3)开口物体的深度;(4)物体边缘的光滑度;(5)对重叠径迹的拟合。由于增加了这些判据和处理方法,使判别计数的准确性大为增加,同时对绝大多数重叠径迹进行识别计数。

本自动测量系统已用于我所在清华大学实验反应堆上大动物模型中的中子剂量分布的测量、某军区部分营区与坑道和某部队部分洞库内环境氡及其短寿命子体的测量。

致谢 人工径迹计数和所用的径迹片均由尚兵同志完成和提供,在此谨致谢意。

参 考 文 献

- 1 朱润生. 固体核径迹探测器的原理和应用. 北京:科学出版社, 1987:216
- 2 Chambaudet A, Fellmann D, Rebetez M, *et al.* Nucl Tracks Radiat Meas, 1984; 8:207
- 3 Pollock R W. Nucl Tracks, 1986; 1:637
- 4 Majborn B. Radiat Prote Dosim, 1986; 17:153
- 5 Chambaudet A, Berger F, Klein D, *et al.* Nucl Tracks Radiat Meas, 1991; 19:247

Image analysis technique applied to solid track measurements

Luo Yisheng Chen Di Zhou Yu

(Beijing Institute of Radiation Medicine, Beijing 100850)

Abstract

Introduced are the hardware and main functions of the software for a set of full automatic solid nuclear track measuring system using the image analysis technique. Various tests have been made and some applications are presented. Some characteristics of the system, such as the track measuring accuracy, reproducibility and speed of measurement are discussed.

Key words Solid nuclear tracks, Full automatic measuring system, Image analysis