

二维多丝室探测器读出方法的优化

温志文 祁辉荣 王艳凤 孙志嘉 张余炼 王海云 张建 欧阳群 陈元柏 李玉红

Readout method for two-dimensional multi-wire proportional chamber

Wen Zhi-Wen Qi Hui-Rong Wang Yan-Feng Sun Zhi-Jia Zhang Yu-Lian Wang Hai-Yun Zhang Jian Ouyang Qun Chen Yuan-Bo Li Yu-Hong

引用信息 Citation: *Acta Physica Sinica*, **66**, 072901 (2017) DOI: 10.7498/aps.66.072901

在线阅读 View online: <http://dx.doi.org/10.7498/aps.66.072901>

当期内容 View table of contents: <http://wulixb.iphy.ac.cn/CN/Y2017/V66/I7>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

一维丝室气体探测器衍射像差的修正方法研究

Modified method for diffraction aberration of one-dimensional wire chamber

物理学报.2015, 64(8): 082901 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.082901>

高增益型气体电子倍增微网结构探测器的性能研究

Study on the performance of a high-gain gas electron multiplier-MicroMegas chamber

物理学报.2013, 62(12): 122901 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.62.122901>

micro-bulk 工艺 micromegas 的研究

The study of micro-bulk micromegas

物理学报.2012, 61(9): 092901 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.61.092901>

用于反应堆中子 γ 射线混合场测量的涂硼电离室性能

Performances of a boron-lined ionization chamber used in neutron/ γ -ray mixed field of reactors

物理学报.2012, 61(8): 082901 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.61.082901>

光通信用雪崩光电二极管 (APD) 频率响应特性研究

Frequency responses of communication avalanche photodiodes

物理学报.2011, 60(7): 072902 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.60.072902>

二维多丝室探测器读出方法的优化*

温志文¹⁾²⁾³⁾ 祁辉荣^{2)3)†} 王艳凤²⁾³⁾ 孙志嘉²⁾³⁾ 张余炼¹⁾²⁾³⁾
王海云²⁾³⁾⁴⁾ 张建²⁾³⁾ 欧阳群²⁾³⁾ 陈元柏²⁾³⁾ 李玉红¹⁾

1)(兰州大学核科学与技术学院, 兰州 730000)

2)(核探测与核电子学国家重点实验室, 北京 100049)

3)(中国科学院高能物理研究所, 北京 100049)

4)(中国科学院大学, 北京 100049)

(2016年10月11日收到; 2016年12月4日收到修改稿)

中国散裂中子源将建设一台基于³He气体的二维多丝室, 作为多功能反射谱仪束线的中子探测器. 基于已有的研究, 为优化选择二维多丝室探测器的丝结构, 本文研究了三种不同的丝结构, 并采用重心读出方法和数字读出方法进行了探测器的性能测量, 得到了满足多功能反射谱仪探测器需求的读出方法. 实验结果表明: 对同种丝结构的二维多丝室探测器, 重心读出方法的位置分辨和成像性能都好于数字读出方法; 基于重心法读出的多丝室探测器位置分辨率可以达到约160 μm, 基于数字读出方法的多丝室探测器位置分辨率可以达到约400 μm. 优化设计的丝结构为: 基于重心读出法的阳极丝间距1.5 mm、读出通道间距4 mm, 基于数字读出法的阳极丝间距1.5 mm、读出通道间距2 mm. 优化设计的丝结构均能满足谱仪的位置分辨要求.

关键词: 二维多丝室, 重心读出方法, 数字读出方法, 位置分辨

PACS: 29.40.Cs, 29.40.Gx

DOI: 10.7498/aps.66.072901

1 引言

基于高气压³He气体的二维多丝室中子探测器具有探测效率高、位置灵敏、大面积的特点^[1], 广泛应用于中子的位置探测. 一台有效面积为200 mm × 200 mm的高气压³He气体的二维多丝室中子探测器正在为中国散裂中子源多功能反射谱仪设计建造. 探测器的位置分辨由中子次级粒子的电离重心到中子核反应位置的距离和探测器的本征位置分辨决定, 可由SRIM软件计算中子次级粒子在2.5 atm C₃H₈中引起的位置偏差约为1.4 mm, 而面积为200 mm × 200 mm的二维多丝室探测器的本征位置分辨为百微米量级, 所以多功能反射谱仪探测器的位置分辨的要求为小于或等于2 mm; 探测器单通道的计数率要求为10 kHz, 整

个面积的计数率要求为200—500 kHz; 对中子的探测效率由³He的气压和厚度决定, 6 atm和1.5 cm厚的³He气体对2 Å中子达到约75%的探测器效率, 对于确定波长的中子的鉴别由测量中子能量信息分析得出. 多功能反射谱仪探测器对经过样品反射中子的位置测量, 通过分析中子的反射位置信息可获得各种薄膜材料的表面和截面结构. 二维多丝室探测器常采用的读出方法有延迟线法^[2]、重心法^[3]和数字法^[4]. 延迟线法优势在于一个读出平面只需两个读出通道, 缺点在于计数率只有100 kHz量级^[5], 不能满足多功能反射谱仪探测器200—500 kHz的计数率要求, 且大面积探测器使用延迟线法容易出现信号振荡和反馈现象, 造成读出信号质量较差, 影响数据质量. 而重心法和数字法都能满足其计数率要求. 重心法相对数字法具有更好的位置分辨及精确的电荷能量信息, 得到中子的

* 国家自然科学基金(批准号: 11675197, 11275224)和国家自然科学基金青年基金(批准号: 11305187)资助的课题.

† 通信作者. E-mail: qih@ihep.ac.cn

位置信息和能量信息,而数字法具有计数率高、数据传输量小和电子学系统简单的优势^[6],但无法实现电荷信息的精确测量.多丝室核心探测器由一定结构的二维多丝组成,不同的丝结构对应的位置分辨和读出方法的选择需要优化选择.本文通过测试三种丝结构二维多丝室探测器,研究重心读出方法和数字读出方法在位置分辨和成像方面的性能.

2 读出方法的介绍

2.1 重心读出方法

重心读出方法通过测量每一个读出通道的感应电荷量,选取至少3个着火通道的事例,使用重心法的公式(1)将着火通道的几何位置乘以该通道的感应电荷权重得到入射粒子的位置.式中: x 为入射粒子的位置, Q_i 为第*i*个读出通道测量到的感应电荷量, b_i 为第*i*个读出通道的本底, x_i 为第*i*个读出通道的几何中心位置.因此该方法具有位置分辨高的优点,但数据传输流量大、电子学系统处理复杂.单次事例的相关多条感应电荷相加和可以得到对应入射粒子的总电荷量,即粒子能量.

$$x = \frac{\sum(Q_i - b_i)x_i}{\sum(Q_i - b_i)}. \quad (1)$$

2.2 数字读出方法

数字读出方法判断每一个读出通道的电荷信息或电压信息是否超过设定的甄别阈值,通过(2)式求得超过阈值读出通道的几何中心位置,获得入射粒子的位置.式中, x_i 为着火通道的几何中心位置, N 为着火通道数.所以该方法具有计数率高、数据传输量小和电子学系统简单的优点.数字读出方法要求过阈值的读出通道不能过多,因为离中心位置越远的读出通道信噪比越差.由于无法得到每个条上的精确电荷信息,因此无法得到粒子能量信息.也由于阈值选取与电荷权重无关,因此可以实现高事例率的时间触发获取.

$$x = \frac{1}{N} \sum x_i. \quad (2)$$

2.3 读出方法与丝结构的关系

无论是重心读出方法还是数字读出方法,阳极丝间距和读出通道间距都是影响它们位置分辨和

成像性能的主要因素.一方面,阳极丝间距与二维多丝室探测器增益的正比关系影响探测器的位置分辨和成像;另一方面,由于阳极丝间距的调制作用,二维多丝室探测器在垂直于阳极丝方向的位置分辨不会超过阳极丝的间距.对于重心读出方法,已有文献介绍,当读出通道间距过大,为6 mm时,探测器的位置分辨随粒子入射位置的改变呈周期性变化^[7],位置分辨率变化幅度达到80 μm左右;当读出通道间距降为4 mm,探测器的位置分辨随入射位置的改变才没有明显变化.这是重心法的本身特性造成的,着火通道的感应电荷重心位置并不等于该着火通道的几何中心位置.因此重心法的通道间距设计不应超过4 mm.对于数字读出方法,探测器成像的像素大小为读出通道间距的1/2,所以读出通道的间距越小,数字法成像的像素越高,根据数字法位置分辨率的估算公式 $D/\sqrt{12}$ (D 为读出通道间距),位置分辨在一定范围内的与通道间距成正比.根据已有的4 mm读出通道间距的研究,读出通道的信号和噪声的幅度分别约为200 mV和15 mV.一般信噪比10/1为基本要求.因为读出平面的感应电荷面积和总量一样,所以着火通道的感应电荷量与通道间距成正比.当读出通道间距降低,着火读出通道的信噪比也将降低,甚至低于10/1的基本要求,从而重心法和数字法的位置分辨都将受影响.

3 丝结构设计

二维多丝室探测器基本结构如图1所示,主要由阴极平面、两个读出平面和一个阳极平面组成,阳极平面位于两读出平面中间.

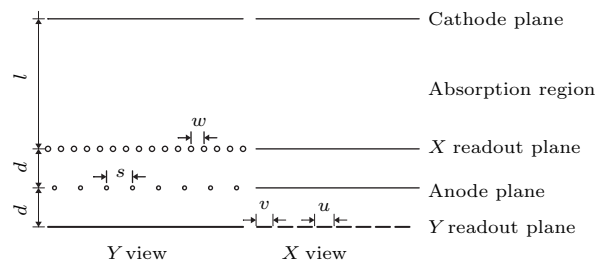


图1 二维多丝室探测器的结构示意图

Fig. 1. Diagram of 2D multi-wire proportional chamber.

阳极丝间距*s*的设计应在满足探测器增益的要求下,保持尽量小则可以减少阳极丝间距的调制作用问题.实验测试的二维多丝室探测器采用的工作

气体均为90%Ar+ 10%CO₂, 使用⁵⁵Fe X-ray放射源进行探测器性能的测量. ⁵⁵Fe X-ray放射源在该工作气体内产生的原初电子数约为200个. 对于二维多丝室探测器, 雪崩放大后产生的电荷量通常要达到100 fC量级才能得到较好的信噪比, 有利于后续的电子学系统处理. 假设阳极平面能收集到50%电荷量, 探测器的增益*G*要求如(3)式计算所得约为10⁴.

$$G = \frac{100 \times 10^{-15}}{0.5 \times 200 \times 1.6 \times 10^{-19}} \approx 10^4. \quad (3)$$

二维多丝室探测器的增益主要与其3个结构参数有关, 包括阳极丝直径、阳极丝间距和阳极平面到读出平面间距. 图2是在探测器的阳极丝直径为15 μm, 阳极平面到读出平面间距为4 mm的条件下, Garfield软件模拟探测器在不同阳极丝间距下的增益: 在阳极丝间距为1 mm情况下, 探测器的增益在阳极高压3000 V下都小于10⁴, 二维多丝室探测器在阳极丝高压超过3000 V将进入放电区; 当阳极丝间距为1.5 mm时, 阳极丝高压2300 V, 探测器增益达到10⁴; 当阳极丝间距2 mm时, 阳极丝高压1950 V, 探测器增益达到10⁴. 为了满足多功能反射谱仪2 mm的位置分辨, 阳极丝的间距不能超过2 mm. 探测器工作在越高的增益情况下, 阳极丝在高电压下更容易老化. 因此实验中设计的二维多丝室探测器的阳极丝间距选择1.5 mm和2 mm. 同样, 1.5 mm和2 mm的阳极丝间距也能满足基于高气压³He气体二维多丝室中子探测器约50的增益需求.

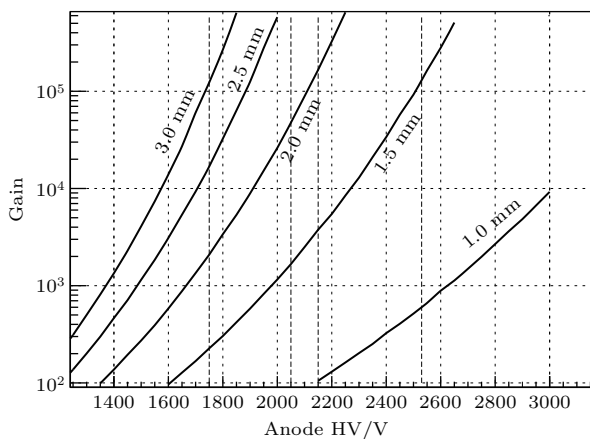


图2 不同阳极丝间距的增益模拟结果

Fig. 2. Simulations of the different anode wire's pitch.

由于读出丝间距的设计与读出通道的数量有很大关系, 因此设计有4, 2, 1.5 mm三种情况. 三

种不同丝结构的二维多丝室探测器具体参数如表1所列. 整个阳极丝平面占一个通道, 总通道数由阳极丝平面和两个读出通道数相加. 阳极丝的直径与探测器的增益成反比, 因此设计的三种结构探测器阳极丝直径都是15 μm, 15 μm的阳极丝在提供高的增益同时, 也能承受施加的25 g张力. 阴极丝的直径都是50 μm, 施加的张力40 g. 两读出平面到阳极平面的间距与探测器的增益成反比, 而且与平面的感应电荷宽度成正比. 设计的三种结构探测器的两读出平面到阳极平面的间距都是4 mm, 在能够满足探测器的增益同时, 也能满足读出平面内至少三个通道着火.

表1 三种探测器的结构参数

Table 1. The structure parameters of three kinds of detectors.

探测器	结构A	结构B	结构C
阳极丝间距	2 mm	1.5 mm	1.5 mm
读出丝通道间距	4 mm	4 mm	2 mm
读出条通道间距	1.5 mm	1.5 mm	1.5 mm
总通道数	184	184	234

4 实验测量及分析

位置分辨和成像能力是二维多丝室探测器的重要性能指标, 是决定探测器设计成功与否的关键. 实验中测量三种丝结构二维多丝室探测器的位置分辨和成像能力.

4.1 计数坪区的测量

为了得到三种二维多丝室探测器的工作电压, 需要测量它们的坪曲线. 表2为测量得到的三种二维多丝室探测器的坪曲线结果. 从表2可以看出, 探测器的坪区电压与探测器的阳极丝间距有关, 阳极丝间距增加, 对应的坪区电压也提高. 从图2探测器的增益模拟结果可以看出, 在测量到的坪区电压内, 阳极丝间距为1.5 mm和2 mm的增益均在10⁴附近, 满足探测器的增益需求.

表2 三种探测器的坪曲线测量结果

Table 2. Curves of the three structures.

探测器	结构A	结构B	结构C
坪区	1750—2050 V	2150—2450 V	2230—2530 V
坪长	300 V	300 V	300 V

4.2 位置分辨测量

实验中使用 ^{55}Fe X-ray 测量探测器的位置分辨, 得到的是探测器的本征位置分辨. 可以通过 (4) 式计算探测器对中子的位置分辨. 中子次级离子在 2.5 atm C_3H_8 中产生的位置偏差约为 1.4 mm, 所以 2 mm 的中子位置分辨要求, 决定探测器的本征位置分辨不能超过 1.43 mm, 由误差传递公式可以得出位置分辨率 (δ) 不能超过约 600 μm . 下面三种结构探测器的位置分辨都是通过 ^{55}Fe X-ray 放射源, 穿过宽为 200 μm 、厚 10 mm 的铝块准直狭缝进行测量. 平行于阳极丝方向的位置分辨通过狭缝垂直于阳极丝方向放置, 由读出条测量得到; 垂直于阳极丝方向的位置分辨通过狭缝平行于阳极丝方向放置, 由读出丝测量得到.

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_e^2 + \Delta x_{\text{ion}}^2}, \quad (4)$$

式中, Δx 为探测器对中子的位置分辨, Δx_e 为探测器的本征位置分辨, Δx_{ion} 为中子核反应产生次级离子带来的位置偏差.

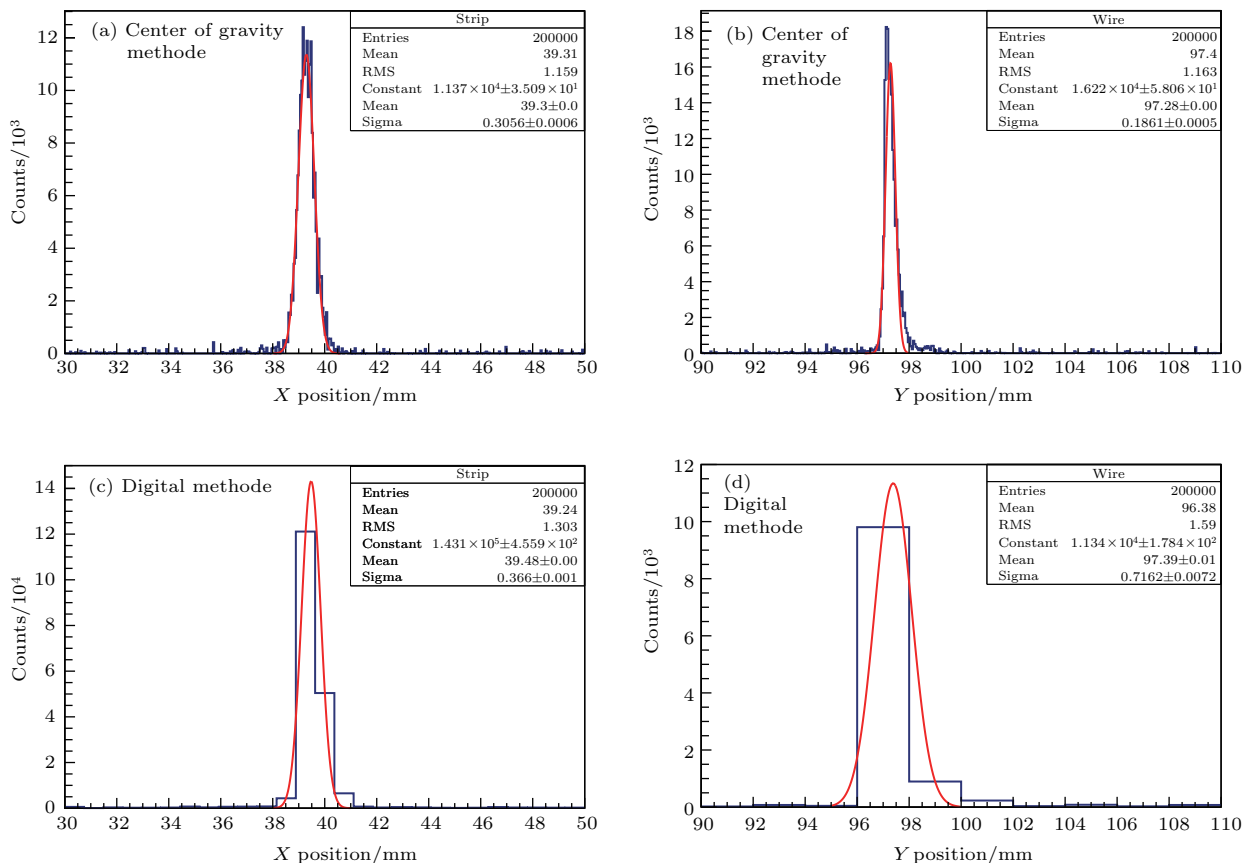


图3 (网刊彩色) 结构 A 二维多丝室探测器重心法和数字法测得的二维位置分辨 (a) 重心法测得平行于阳极丝方向的位置分辨; (b) 重心法测得垂直于阳极丝方向的位置分辨; (c) 为数字法测得平行于阳极丝方向的位置分辨; (d) 数字法测得垂直于阳极丝方向的位置分辨

Fig. 3. (color online) Position resolution of the structure A with two methods: (a) X-resolution with CGM; (b) Y-resolution with CGM; (c) X-resolution with DM; (d) Y-resolution with DM.

图3为采用重心法和数字法测量结构 A 二维多丝室探测器的二维位置分辨. 阳极高压设为 2000 V, 阴极高压设为 -1200 V. 图3(a)和图3(b)分别为用重心法测量平行于和垂直于阳极丝方向的位置分布, 通过高斯拟合得到平行于和垂直于阳极丝方向的本征位置分辨率分别为 306 μm 和 186 μm . 图3(c)和图3(d)分别为用数字法测量平行于和垂直于阳极丝方向的位置分布, 通过高斯拟合得到平行于和垂直于阳极丝方向的本征位置分辨率分别为 366 μm 和 716 μm . 显然, 该结构二维多丝室探测器数字读出法在垂直于阳极丝方向的位置分辨不能满足谱仪的要求.

图4为结构 B 二维多丝室探测器的二维位置分辨测量图. 高斯拟合后得到的位置分辨率数值如表4所列. 测量的高压条件为: 2350 V 的阳极丝高压, -1200 V 的阴极高压. 图4(b)的位置分布右边有较长的尾巴, 原因是狭缝放置的位置与阳极丝方向未平行导致的. 该结构探测器使用数字法在垂直于阳极丝方向不能满足谱仪的位置分辨要求.

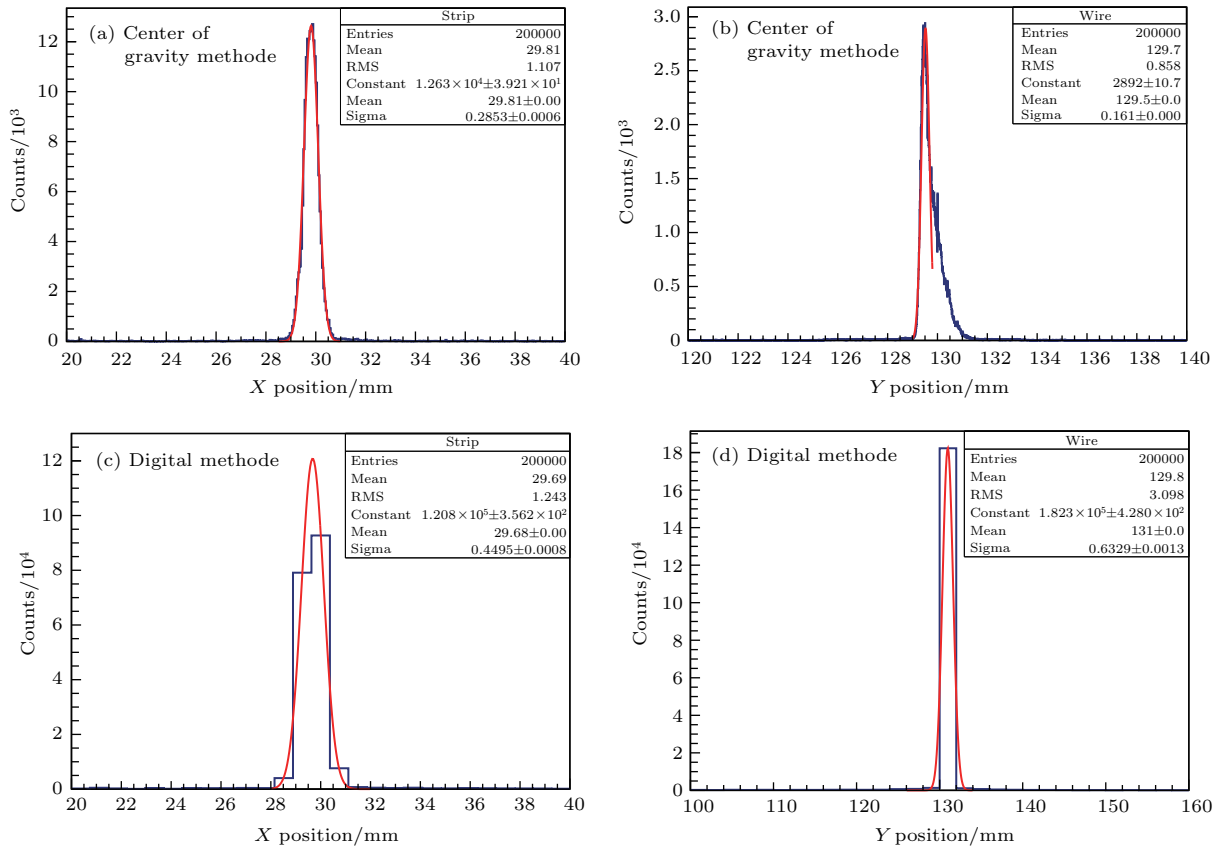


图 4 (网刊彩色) 结构 B 二维多丝室探测器重心法和数字法测得的二维位置分辨 (a) 重心法测得平行于阳极丝方向的位置分辨; (b) 重心法测得垂直于阳极丝方向的位置分辨; (c) 为数字法测得平行于阳极丝方向的位置分辨; (d) 数字法测得垂直于阳极丝方向的位置分辨

Fig. 4. (color online) Position resolution of the structure B with two methods: (a) X-resolution with CGM; (b) Y-resolution with CGM; (c) X-resolution with DM; (d) Y-resolution with DM.

图 5 为结构 A 二维多丝室探测器的二维位置分辨测量图. 阳极高压设为 2500 V, 阴极高压设为 -1200 V. 位置分辨率的测量结果如表 3 所列, 该结构探测器使用重心法和数字法都能满足谱仪的位置分辨要求.

表 3 三种结构探测器使用重心法和数字法测量到的二维位置分辨率

Table 3. Position resolution of the different structure with two methods.

探测器	重心读出法		数字读出法	
	读出条/ μm	读出丝/ μm	读出条/ μm	读出丝/ μm
结构 A	306	186	366	716
结构 B	285	161	450	633
结构 C	289	159	408	478

表 3 为三种结构探测器使用重心法和数字法测量到的二维位置分辨率. 比较三种结构探测器读出条使用重心法测量的位置分辨率结果: 阳极丝间距从 2 mm 到 1.5 mm 变化, 重心法在平行于阳

极丝方向的位置分辨率并没有改变. 比较三种结构探测器读出丝使用重心法测量的位置分辨率结果, 读出通道间距从 4 mm 变为 2 mm, 重心法测量的位置分辨率并没有明显的变化. 比较读出条和读出丝使用重心法的位置分辨测量结果可以看出, 垂直于阳极丝方向的位置分辨率好于平行于阳极丝的位置分辨率, 这主要是由于二维多丝室探测器的电场特性造成的, 雪崩限制在阳极丝附近很小范围内, 但垂直于阳极丝方向的位置分辨受到阳极丝间距的调制, 如图 6 所示, 该方向的真实位置分辨等于阳极丝的间距. 总之, 三种结构探测器使用重心法都能满足谱仪 2 mm 的位置分辨要求. 对于重心读出法最优的丝结构为: 阳极丝间距 1.5 mm, 读出通道间距 4 mm. 读出通道间距越大, 探测器电子学负担越小. 从表 3 数字读出法的测量结果可以看出, 在读出通道间距 1.5, 2 和 4 mm 三种情况中, 位置分辨率与读出通道间距成正比关系. 当读出通道间距不超过 2 mm 时, 可满足谱仪 2 mm 的位置分辨要求.

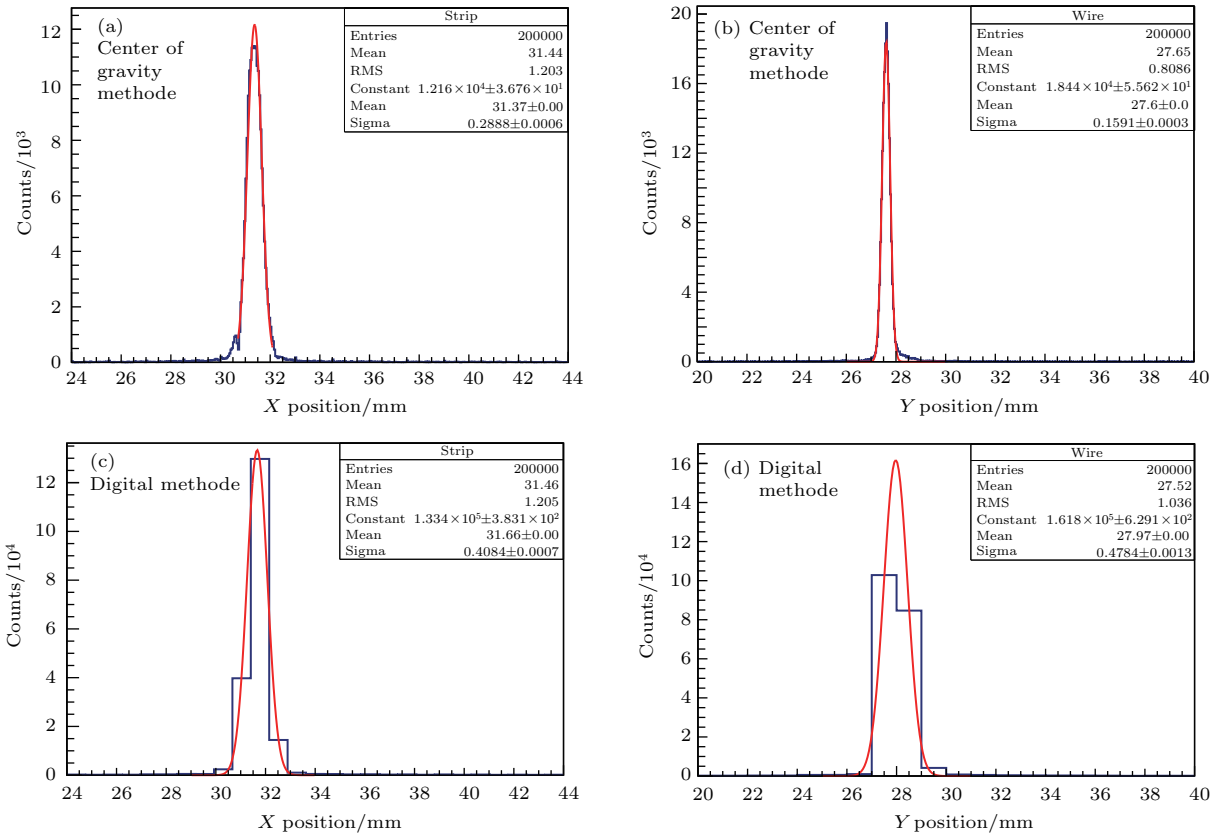


图5 (网刊彩色) 结构C二维多丝室探测器重心法和数字法测得的二维位置分辨 (a) 重心法测得平行于阳极丝方向的位置分辨; (b) 重心法测得垂直于阳极丝方向的位置分辨; (c) 为数字法测得平行于阳极丝方向的位置分辨; (d) 数字法测得垂直于阳极丝方向的位置分辨

Fig. 5. (color online) Position resolution of the structure C with two methods: (a) X-resolution with CGM; (b) Y-resolution with CGM; (c) X-resolution with DM; (d) Y-resolution with DM.

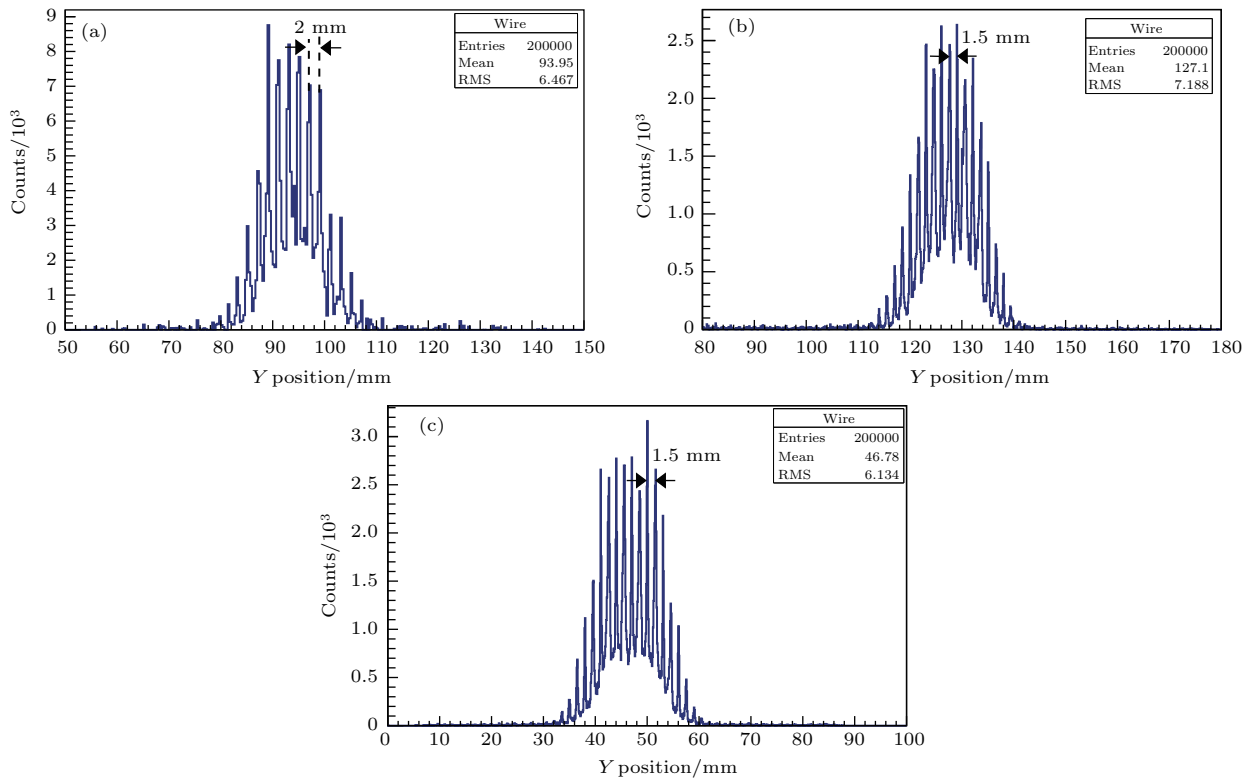


图6 三种结构探测器重心法垂直于阳极丝方向的位置分辨 (a) 结构A; (b) 结构B; (c) 结构C

Fig. 6. The position resolution with the center of gravity method in X direction: (a) Structure A; (b) structure b; (c) structure C.

4.3 成像测量

为了测试二维多丝室探测器的成像能力, 制作了一个回字镂空的铝板, 回字每边狭缝宽度为 $200\ \mu\text{m}$, 厚度为 $10\ \text{mm}$, 其余参数如图7所示. 使

用直径约为 $3\ \text{mm}$ 的 ^{55}Fe X-ray 放射源, 对准回字狭缝, 多次移动放射源测量回字的每一边成像. 图8为三种丝结构二维多丝室探测器使用重心读出方法的成像结果, 图9为使用数字读出方法的成像结果.

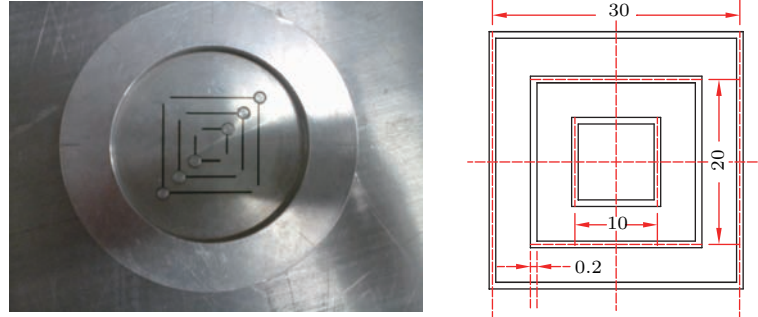


图7 探测器成像回字实物图和结构图
Fig. 7. Diagram of the collimator.

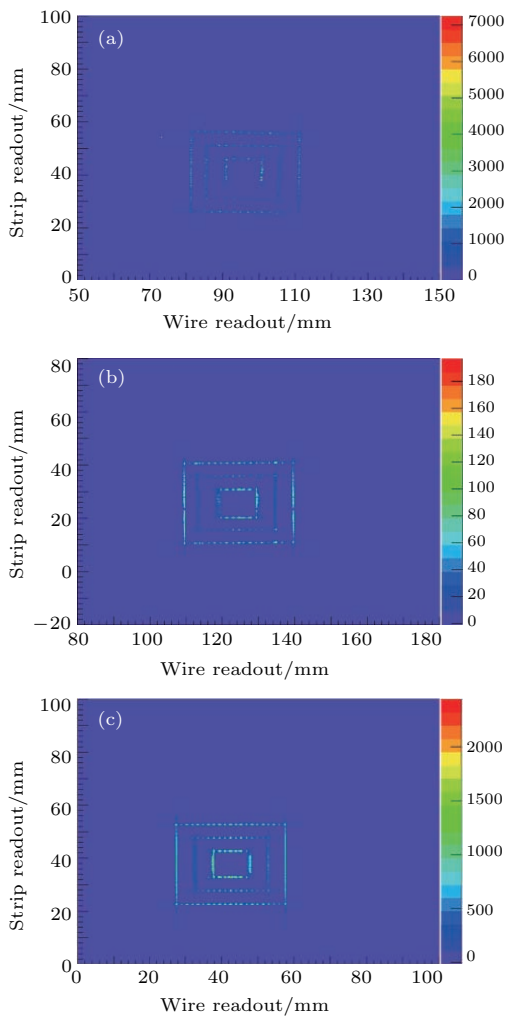


图8 (网刊彩色) 三种结构探测器使用重心法的回字成像图
(a) 结构A探测器; (b) 结构B探测器; (c) 结构C探测器
Fig. 8. (color online) The images with the center of gravity method: (a) Structure A; (b) structure B; (c) structure C.

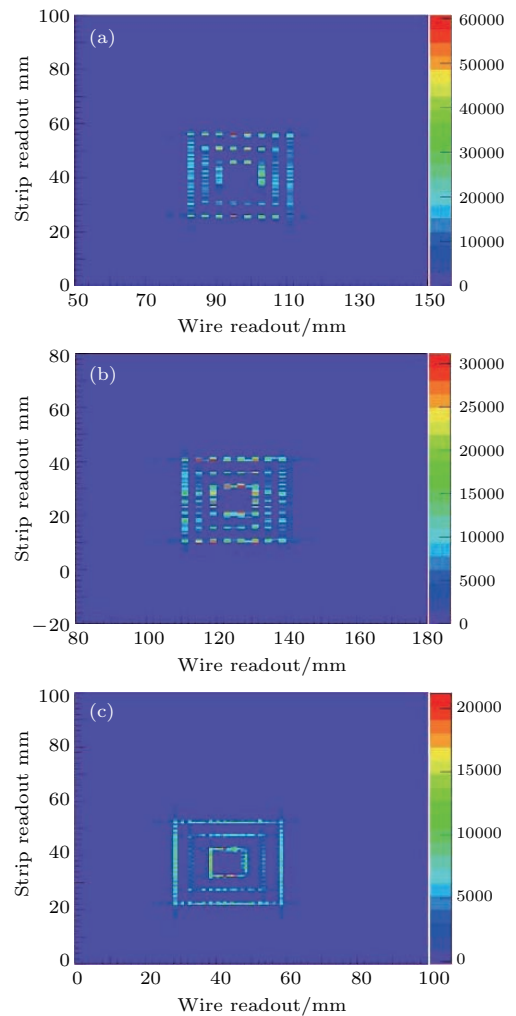


图9 (网刊彩色) 三种结构探测器使用数字法的回字成像图
(a) 结构A探测器; (b) 结构B探测器; (c) 结构C探测器
Fig. 9. (color online) The images with the digital method: (a) Structure A; (b) structure B; (c) structure C.

从图 8 可以看出, 三种结构探测器使用重心法都具有较好的成像能力. 三种结构探测器的读出通道间距都设为 1.5 mm, 从图 9(a), 图 9(b) 和图 9(c) 可以看出, 该方向的成像即图中的水平方向, 每一边都出现 2—3 条相邻边的成像. 当通道间距为 2 mm 时, 从图 9(c) 的垂直方向边成像可以看出, 每一边都出现 2 条相邻边成像; 当通道间距为 4 mm 时, 从图 9(a) 和图 9(b) 的垂直方向边可以看出, 每一边的成像基本上都只出现一条边的成像. 所以数字读出方法的成像要求读出通道应大于 2 mm.

5 结 论

本文通过模拟和分析, 设计了三种不同丝结构的二维多丝室探测器, 通过重心法和数字法分别测量了探测器的二维位置分辨和成像性能. 可得出以下结论: 阳极丝间距影响探测器的增益, 但 2 mm 到 1.5 mm 的阳极丝间距的变化, 并不会使重心法测量平行于阳极丝方向的位置分辨变差; 1.5 mm 阳极丝间距的二维多丝室探测器使用重心读出方法, 对中子的探测拥有好于 2 mm 的二维位置分辨; 读出通道间距从 4 mm 到 2 mm 的变化, 对重心法

测量到的位置分辨没有明显的影响; 读出通道间距依次从 4 mm, 2 mm 到 1.5 mm 的改变, 数字法测量到的位置分辨逐渐变好; 设计的三种丝结构探测器使用重心法在位置分辨方面都能满足谱仪 2 mm 的位置分辨要求, 同时也具有很好的成像性能; 结构 C 二维多丝室探测器使用数字法可满足谱仪 2 mm 的位置分辨要求, 但由于读出通道间距过小, 成像性能较差. 因此, 中国散裂中子源的多功能反射谱仪二维多丝室探测器选择重心法读出.

参考文献

- [1] Orban J, Cser L, Rosta L, Török Gy, Nagy A 2011 *NIMA* **632** 124
- [2] Li X L, Zhang Y L, Qian H, Xu Z Z, Wang X L 2008 *Chin. Phys. C* **36** 519
- [3] Radeka V, Boie R A 1980 *Nuclear Instruments and Methods* **178** 543
- [4] Fonte P 1994 *NIMA* **348** 338
- [5] Sitar B, Stubbs R J, Breare J M 1976 *Nuclear Instruments and Methods* **134** 267
- [6] Tian L C, Sun Z J, Qi H R, Tang B, Lü X Y, Chen Y B, Ouyang Q 2013 *Nucl. Phys. Rev.* **30** 42
- [7] Wang X H 2009 *Ph. D. Dissertation* (Beijing: University of Chinese Academy of Sciences) (in Chinese) [王小胡 2009 博士学位论文 (北京: 中国科学院大学)]

Readout method for two-dimensional multi-wire proportional chamber*

Wen Zhi-Wen¹⁾²⁾³⁾ Qi Hui-Rong^{2)3)†} Wang Yan-Feng²⁾³⁾ Sun Zhi-Jia²⁾³⁾
Zhang Yu-Lian¹⁾²⁾³⁾ Wang Hai-Yun²⁾³⁾⁴⁾ Zhang Jian²⁾³⁾ Ouyang Qun²⁾³⁾
Chen Yuan-Bo²⁾³⁾ Li Yu-Hong¹⁾

1) (School of Nuclear Science and Technology, University of Lanzhou, Lanzhou 730000, China)

2) (State Key Laboratory of Particle Detection and Electronics, Beijing 100049, China)

3) (Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

4) (University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

(Received 11 October 2016; revised manuscript received 4 December 2016)

Abstract

A two-dimensional multi-wire proportional chamber detector based on ^3He gas is developed for meeting the multi-functional reflection spectrum detection requirements of China Spallation Neutron Source (CSNS). Based on the previous researches in our laboratory, three different wire structures are studied for optimizing the wire readout structure of the two-dimensional multi-wire proportional chamber detector, and the performances of the detectors are measured by two readout methods: the center of gravity readout method and the digital readout method in this paper. The selected method could satisfy the requirement of multifunctional reflection spectrum instrument. Finally, the results indicate that the position resolution and the imaging capability obtained by using the center of gravity readout method should be better than by using the digital readout method. The position resolution could reach to about $160\ \mu\text{m}$ by using the center of gravity readout method. While the position resolution of the detector could be obtained to be about $400\ \mu\text{m}$ by using the digital readout method. Re-designed and compared with each other are the three different wire structures: 1.5 mm of the anode wire pitch and 4 mm of the readout strip pitch with the center of gravity readout method, 1.5 mm of the anode wire pitch and 2 mm of the readout strip pitch with the digital readout method. Both of the optimized designs of the wire structure could meet the requirement of the position resolution for the reflection spectrum device.

Keywords: two-dimension multi-wire proportional chamber, center of gravity readout method, digital readout method, position resolution

PACS: 29.40.Cs, 29.40.Gx

DOI: 10.7498/aps.66.072901

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 11675197, 11275224, 11305187).

† Corresponding author. E-mail: qih@ihep.ac.cn