

• 综 述 •

多丝正比室和漂移室

李 忠 珍

本文扼要地介绍和评价了近年来国际上多丝正比室和漂移室发展的主要成果和动向。

一、引 言

六十年代末期,为适应高能物理研究的需要,在该探测技术领域里,发展了两种气体电离型探测器:多丝正比室和漂移室。它们不仅兼有径迹探测器和电探测器的特点,而且还具有以下优点:用较低费用获得高探测效率和好的空间和时间分辨,几何形式和大小比较任意,具有可用的能量分辨,能与计算机配合进行实时在线处理。它们不仅广泛应用于高能物理实验中,近年来还陆续用于分子生物学、核医学、天文学、低能核物理和重离子物理中,并使这些领域的工作取得了不同程度的突破和进展。

二、多丝正比室

1. 几何结构 多丝正比室(见图1)一般由三个电极组成,阳极居于两个阴极之间,阴极和阳极间的距离 L 叫极间距离,约4~10 mm。阳极由一组平行的金属丝组成,丝的直径 d_a 约20~30 μm ,丝距 s_a 约2~3 mm,两个阴极面既可由均匀导电膜做成,也可由平行的金属丝组成。如果由金属丝组成时,丝的直径 d_c 约50~100 μm ,丝距 s_c 约0.5~1 mm。阳极处于高电位,阴极处于低电位,计数气体一般由惰性气体加有机气体进行流气。

2. 定位原理和读出方法

(1) 一根丝一个放大器法。带电粒子穿过多丝正比室时产生电离,由于电场的存在,电子向阳极漂移,在邻近阳极丝附近的高电场区产生碰撞电离,形成雪崩。由于正离子(起主导作用)的运动致使在阳极丝上产生负脉冲,与此同时在邻近丝上产生感应的正脉冲。利用单极性放大器可记录产生雪崩的阳极丝的位置^[1]。利用一根丝接一个放大器的定位方法所获得的位置分辨受阳极丝距的影响。高能物理实验中主要应用这种方法。

(2) 阴极耦合延迟线法。图2表示阴极耦合延迟线的读出方法的示意图。为了简化,与阳极丝排列

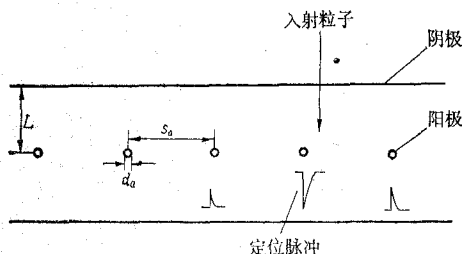


图1 多丝室结构和定位原理示意图

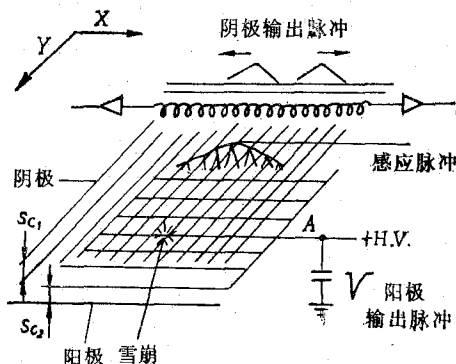


图2 阴极耦合延迟线读出方法示意图

平行的另一组阴极丝面没画出。

外来粒子在阳极丝 A 上产生雪崩, 与此同时在雪崩相对应的阴极丝上产生感应正脉冲分布, 正脉冲分布的包络线极大值就是雪崩在这个方向的位置。如果在阴极丝组引出处放一根扁平的延迟线^[8], 通过电容耦合使感应的正脉冲向延迟线两端传播, 测量感应正脉冲在延迟线两端的时间差就可以确定雪崩在 X 方向的位置, 同理可定出在 Y 方向的位置。用 ^{56}Fe 准直源, 在垂直于阳极丝的阴极位置, 谱线半宽度 (FWHM) 达到了 $125\text{ }\mu\text{m}$ 的水平^[8]。由此可了解到, 用阴极耦合延迟线方法对低能中性粒子 (X 射线和中子等) 在一个室内能方便地获得二维成像, 而且垂直于阳极丝面的定位精度高。这种方法和一根丝一个放大器方法相比具有如下优点: 电子线路简单, 定位精度较高, 对低能粒子在一个室内能方便地获取二维成像; 其缺点是: 由于耦合使输出脉冲幅度变小, 需要放大倍数更大的电子线路, 定位精度受室大小的影响, 计数容量约 10^4 次/秒。这种方法较适于低能中性粒子的二维定位。

(3) 新重心法。以上两种方法各有优缺点。人们希望能保留其优点而克服其缺点。为了这个目的西欧中心的 G. Charpak 组从 1972 年开始进行了一系列研究工作^[5,6], 于 1977 年利用新重心法获得了满意的结果。

过去一般认为放电过程中多丝正比室的雪崩是围绕阳极丝发展的, 但 1977 年 G. Charpak^[6,7] 和 J. Fischer^[8] 各自从实验上都证明了雪崩不是围绕阳极丝发展而是局部的。

雪崩是否围绕阳极丝发展与多丝正比室定位有着密切的联系。图 3 表示的多丝正比室与上面介绍的相同, 所不同的是将阴极丝每六根一组连在一起 (称为阴极带), 这种接法可以节省放大器, 对室的性能

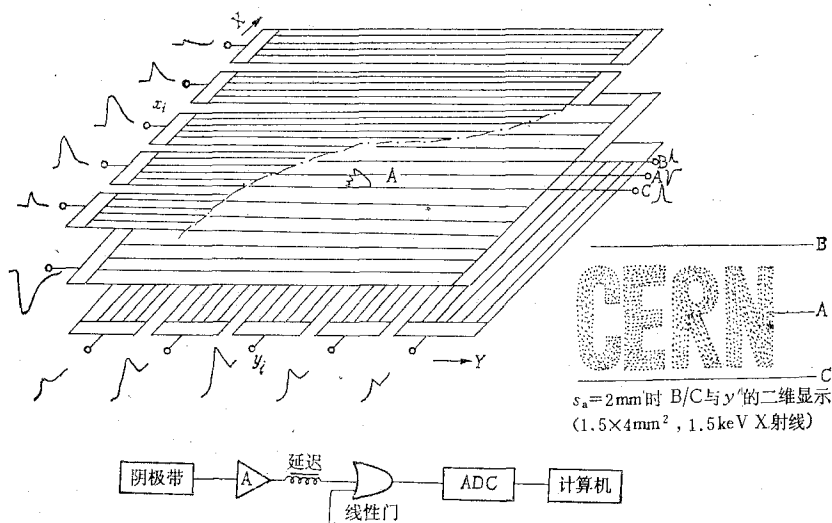


图 3 新重心法二维显示和测量线路方框图

$$x' = \frac{\sum x_i X_i}{\sum X_i}, \quad y' = \frac{\sum y_i Y_i}{\sum Y_i}.$$

和定位精度都没影响。当外来粒子在多丝室的第 A 根阳极丝上产生了雪崩, 假若雪崩是围绕丝发展的, 则在第 A 根丝相邻的两根丝 B 和 C 上产生的感应正脉冲的幅度相等; 如果雪崩围绕阳极丝发展是局部的或者说是方位的, 则加上固定时间门就可记录在 AB 或 AC 间最初电离事件的位置。这就可突破一根丝连一个放大器定位时定位精度取决于阳极丝距的限制, 因而在丝距间定出更精确的方位来。雪崩的精确位置是利用求重心法求出, 重心在 X 和 Y 轴上的座标由下式给出:

$$x' = \frac{\sum x_i X_i}{\sum X_i}, \quad y' = \frac{\sum y_i Y_i}{\sum Y_i}.$$

式中 x_i, y_i 代表阴极带的地址; X_i, Y_i 代表感应阴极上的脉冲幅度。

求重心的电子线路方框图列于图 3 上。用计算机求重心法叫新重心法。1977 年 G. Charpak 组用 1.5

keV X射线源写成 CERN 字样, 在一个阳极丝距 ($s_a = 2 \text{ mm}$) 内用 B/C 和 y' 的二维显示, 得到了清晰的二维成像, 如图 3 所示。

用新重心法定位具有电子线路简单、定位精度高且不受室大小的影响、计数容量大、可以定方位等优点。高能 and 低能物理实验中都可应用。

三、多丝正比室和漂移室的应用

1. 在高能物理中的应用

(1) G. Charpak 室。六十年代末期由于高能物理实验需要快速定位探测器, G. Charpak 在正比计数管的基础上于 1968 年首次制成了多丝正比室^[9]或称 G. Charpak 室。利用一根丝接一个放大器的方法进行读出和定位。由于多丝正比室的大小比较任意(目前有做到几十米²的), 可以快速计数($\sim 10^5$ 次/秒)以及以上介绍的其他特点, 到目前为止, 高能物理实验中几乎全部取代了低计数率($\sim 10^2$ — 10^3 次/秒)的火花室。在有些情况下还取代了闪烁描述仪。由于多丝正比室的空间、时间性能好和有效面积比较任意, 已被用于探测极稀有事件。它还是气泡室的重要辅助设备之一^[10]。总之多丝正比室已成为高能物理实验中重要的不可缺少的探测工具之一。

(2) 漂移室。多丝室出现的第二年, G. Charpak 已注意到利用电子的漂移时间来定位的可能性^[11]。并估计其精度可达 $100 \mu\text{m}$ 左右, 比以上一根丝接一个放大器读出的多丝室的定位精度好得多。漂移室的结构和定位原理示意图如图 4 所示。

最简单的漂移室结构与多丝室相同, 只是丝距更大, 一般在 $5 \sim 10 \text{ cm}$ 间。当带电粒子穿过漂移室, 在阳极丝上测量电子到达的漂移时间(通过塑料闪烁器 S 提供零时间信号)即可达到定位的目的。

漂移室和多丝室都是定位探测器。由于漂移室比多丝室具有更多优点: 丝距大结构简单, 电子线路较少, 定位精度高, 价钱便宜, 近年来在高能物理实验中, 在计数率不太高的情况下有用漂移室取代多丝室趋势^[12]。但在低能物理实验中, 由于漂移室在定位时需附加一零时间信号的塑料闪烁器, 限制了它的应用。

2. 在高能物理以外的应用

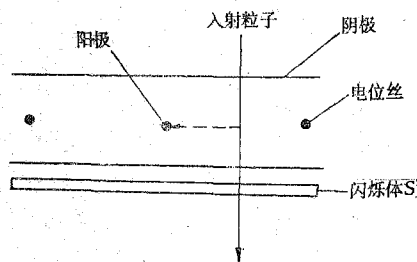


图 4 漂移室的结构和定位原理示意图

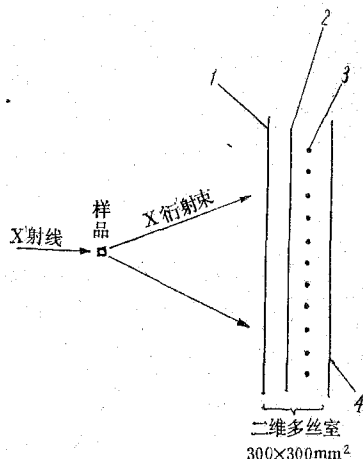


图 5 用多丝室测量蛋白质结构的示意图
1——前阴极, $12.5 \mu\text{m}$ 蒸铅 Mylar 膜; 2——150 根 $\phi 25 \mu\text{m}$ 阳极平面, $s_a = 1 \text{ mm}$, X; 3——300 根 $\phi 125 \mu\text{m}$ 后阴极, $s_c = 1 \text{ mm}$, Y; 4——5 mm 厚钢板 (-80 V)。

近年来多丝正比室在高能物理以外的广泛应用和发展是电离探测器发展的重要趋势。

(1) 首次用多丝室研究蛋白质结构。我们知道, $5 \sim 30 \text{ keV}$ 这段能区是用 X 衍射来研究分子结构的重

要能区,而多丝室研究生物大分子结构是在此领域中最有成效的应用。由于完成一种生物大分子结构的分析需要获取的衍射点很多(约 $10^4 \sim 10^6$),如果采用传统的衍射仪则完成一种分子结构分析的周期太长(约几个月)。而多丝正比室具有效率高、面积大的特点,采用阴极耦合延迟线读出方法可使数据获取时间比普通衍射仪快 100 倍^[13]。

美国加州大学 C. Cork 于 1973 年^[14]首次用二维多丝室进行 X 衍射分析蛋白质结构,其实验安排如图 5 所示。他们用 8 keV X 射线打在样品上,利用 $300 \times 300 \text{ mm}^2$ 的多丝室收集衍射数据,用阴极耦合延迟线方法进行读出,这样的实验安排得到了样品数据收集率比标准衍射仪高 10 倍的结果。用 ^{55}Fe 在 X、Y 方向获得的位置线谱半宽度(FWHM)分别为 2.5, 2.56 mm。为了提高收集率,第二年用氩代替氦气流,入射窗由涤纶膜改成 1 mm 厚的铍窗,使收集率提高三倍^[15]。随后,把室的极间距离由 4 mm 改成 8 mm,把氩气压由一个大气压改成 5 个大气压,使收集率比标准衍射仪快 50 倍,他们打算用两个多丝正比室同时收集数据,比较方便地使收集率又提高一倍。这样,用多丝正比室来进行低能 X 衍射研究蛋白质分子结构获得的数据收集率比标准衍射仪快 100 倍。

与此同时,西欧中心的 G. Charpak 组采取了独创的新方法来提高对 γ 的探测效率而不使多丝室的空间分辨变坏。他们用的是同步辐射源,其强度比一般实验室用的高 $10^3 \sim 10^4$ 倍。在 4~25 keV 间可调。为了适应这段能区的全部工作,用半径为 10 cm 的球形漂移室来获得 X 射线高效率的光电转换而不使空间分辨变坏,在漂移室下利用二维多丝室进行成像。1974 年他们首次用带球形漂移区的二维多丝室^[16,17]来研究生物大分子等工作^[16],使数据收集率比标准衍射仪快 10^3 倍,他们采用了类似新重心法的读出方法。A. R. Faruqi^[18]用同步辐射源和多丝室进行肌肉的动态实验得到了用普通衍射仪无法完成的 10 ms 的时间分辨结果。

由以上实验结果充分证明,由于多丝室和带球形漂移区的多丝室用于低能 X 衍射(5~30 keV)研究生物大分子结构,使完成生物大分子结构的数据获取率达到了比标准衍射仪快 100 到 1000 倍的新水平,给生物分子结构的快变化实验开辟了新的途径。

(2) 在核医学方面。27 keV~1 MeV 的 γ 射线是核医学应用的重要能区。核辐射成像是用于诊断的重要手段之一。各种类型的 NaI 相机是 γ 成像的常规仪器。

(i) 充高压氩气多丝室。多丝室应用于低能 X 射线的研究中,由于气体的光电转换效率较高,可以在一个室中方便地获取二维成像。随着光子能量的增加,气体转换效率显著下降,而光电子的射程随之而增加,造成多丝室的探测效率降低和空间分辨变坏。所以在核医学中利用多丝室进行成像的关键问题在于解决在较高 γ 能量时气体的探测效率和空间分辨随能量升高而变坏的问题。在能量小于 100 keV 以下,充高压氩气的多丝室较好的解决了以上两个问题。典型的例子如卢瑟夫实验室的 A. Horsman 利用 ^{158}Ga 衰变成锗时放出的 42 keV X 射线来测量骨骼密度的实验:室的厚度为 1.6 cm,充氩气加异丁烷时获得的空间分辨比现有的 NaI 方法更满意,价钱比它更便宜^[19]。正如美国 S. V. Kaplan 等人^[20]指出的,多丝正比室配延迟线读出成像对低能($<100 \text{ keV}$, 最好 22~60 keV)放射性同位素成像提供了高灵敏、高分辨、价格低廉的另一种 γ 相机。能量低于 100 keV 的多丝室相机已广泛用于核医学中。

(ii) 将固体转换器与多丝室联合做成正电子湮没相机。100 keV~1 MeV 的 γ 能区是核医学成像最感兴趣的能区。具有独特优点的正电子湮没成像就是这个能区的典型代表。

正电子湮没成像研究病变部位的原理示意图 6 所示。由正电子湮没而产生的两个 511 keV γ 射线,以互成 180° 的反方向射出,在待测的病变部位上、下各放一个二维多丝正比室,用符合的方法测出两个 γ 射线位置的连线,许多连线的交点,就能定出相应病变部位的位置,病变部位各断层上的任何交点都得由计算机进行处理。可以看出,这种成像不象一般 γ 成像需加准直孔,又具有进行空间成像(或叫分层成像)的独特优点。

1975 年美国加州大学 V. Perez-Mendez 等人^[21]设计的正电子湮没相机,对 10 名脑瘤病人进行照相,判断出八名为脑瘤患者。

多丝室制成的临床诊断的正电子湮没相机给核医学的分层照相提供了一种新的工具。但它与 NaI 相

机相比,在效率 η 和成像时间 T 上还有一段差距; η_M 与 η_S 各为10%和50%; T_M 和 T_S 各为30分钟和1~5分钟。

近年来,西欧中心组试制了新型固体转换器,估计探测效率可提高至20%,成像时间可缩短至5~10分钟^[22]。日本利用液氙作介质的漂移室是解决在较高 γ 能量成像时,多丝室随 γ 能量升高而探测效率降低和空间分辨变坏的途径之一^[28]。

(3)在天文学方面。在天文学中对20~200 keV X射线的观察,由于强度弱,需要在高空进行长时间的探测,这类工作要求探测器具有大面积和低本底。带固体转换器的高压充氙多丝室很适合这个要求。1975年意大利天文学空间实验室^[24]从西西里岛横过大西洋到英国的高空科学试验气球中第一次采用了两个900 cm²带蜂窝状固体转换器的多丝室进行了三至六天的探测。他们从实验室工作和这次天空飞行试验得出以下结论,即充高压氙气多丝室较常规NaI装置具有更多的优点:重量轻,价钱便宜,能量分辨更高,实验的安排更可靠和麻烦较少。

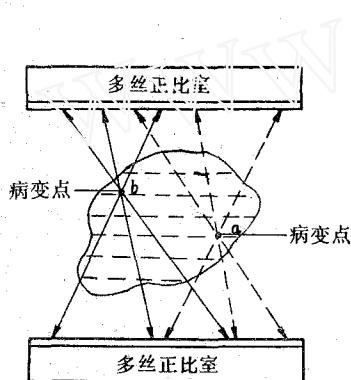


图6 用正比室进行正电子湮没层照相

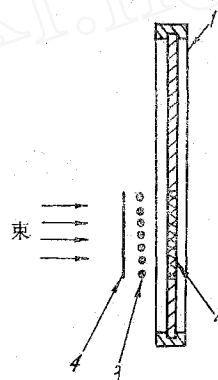


图7 配Q3D磁谱的1m长螺旋线型多丝室示意图

1——螺旋延迟线, ϕ 50 μ m铜丝绕成, 螺距 $\rho=1$ mm, $t_a=1.4$ ns/mm; 2——E探测器, 6 mm 塑料闪烁体; 3—— ϕ 20 μ m 阳极丝, $s_a=3$ mm, $L=3$ mm; 4——前阴极, 25 μ m 蒸铝薄膜。

(4)在低能核物理方面。在低能核物理中多丝室的应用有着广阔的前途。原则上说凡是正比管应用的场所多丝室都可取代,犹如单道分析器用多道分析器去代替一样。同样,不同充气和不同几何结构也可以得到不同的应用。如充 ^3He ^[25]和 BF_3 ^[26]的高压多丝室用于慢中子有关的测量中。充高压氩多丝室用在快中子探测方面^[27]以及用具有大立体角的圆柱形多丝室对裂变有关参数进行测量^[28]等等。下面举几个多丝室用于低能核物理方面的典型例子。

(i)用于大立体角高分辨磁谱仪中的焦面探测器。1972年为了适应多丝室位置灵敏探测器的特点, H. B. Engl^[29]为低能带电粒子工作专门设计了新型的Q3D磁谱仪。它的特点是大立体角、高分辨。它的焦面设计长度一般在25~250 cm,高度在1~5 cm,与之相匹配的焦面探测器要求位置分辨在0.5~1.0 mm,计数容量约 10^4 次/秒。这种细长形的焦面并以一维多丝室与之相配是近年来多丝室在低能核物理应用方面的一个重要例子。在这类工作中,简便而有成效的是采用螺旋线结构的多丝室(见图7)。为了减少散射,螺旋线的一部分作为焦面探测器的后阴极,前阴极一般采用镀铝薄膜,阳极丝一般由1至数根丝组成。如果粒子在探测器内产生了雪崩,可由记录感应正脉冲到达绕线两端的时间差而获得位置信息。

美国Los Alamos实验室E. R. Flynn 1973年首次制成25 cm长的螺旋线结构多丝室的焦面探测器^[29]。用准直的 ^{55}Fe 源与焦面成 37° 时的位置分辨好于0.33 mm (FWHM),计数率至 10^5 次/秒时没观察到峰位的移动。

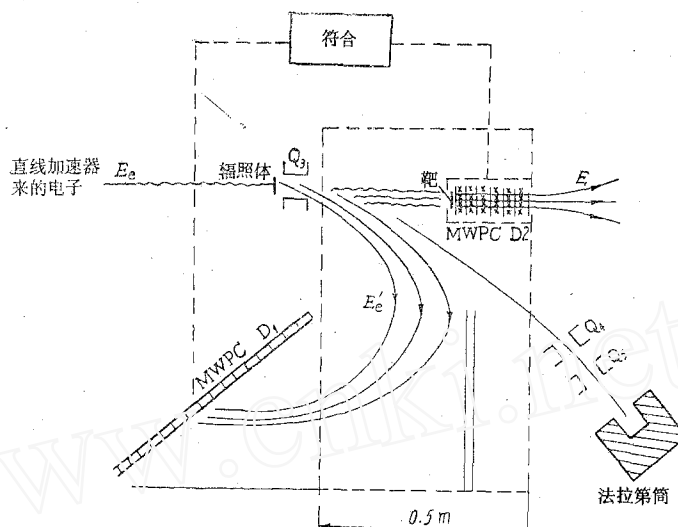


图 8 用多丝室标记韧致辐射示意图

除了位置读出外，为了有效地用符合测量扣除本底及进行粒子鉴别，该探测系统还配有能量损失 ΔE 探测器和能量 E 探测器。在大部分结构中， ΔE 信息是从多丝室的阳极引出^[80]。到目前为止已作出 1 m 长、位置分辨约 1 mm 螺旋结构的焦面探测器^[81]。

用新重心法读出一维多丝室用于焦面探测较螺旋结构和现有其他焦面探测器具有更多优点：结构和电子线路较简单，位置分辨好，计数容量大，位置分辨不受室大小的影响。

(ii) 标记韧致辐射的能量。我们知道，由于韧致辐射是连续谱，因此用韧致辐射进行光核反应[如 (γ, f) 或 (γ, n)]的激发函数测量是很困难的，因为无法知道反应产物是什么能量的 γ 产生的。如果能将剩余的 β 与其伴随的韧致辐射的反应事例符合并同时定出剩余 β 的能量，就可以知道任何一个反应事例是什么能量的韧致辐射产生的。加拿大 J. C. Krin^[82]的这种实验安排如图 8 所示。为了定出在焦面中韧致辐射单色装置出来的电子的位置并定出其能量，采用了丝距 3 mm，长约 30 cm 的一维多丝正比室 D1，用多丝正比室 D2 探测韧致辐射入射在靶 T 上产生的裂变碎片，将 D1 和 D2 进行符合，这样可以定出引起任一裂变事例相应的韧致辐射能量。

(5) 在重离子物理方面。近年来人们对重离子核反应的兴趣越来越大，为此作了很多努力来发展新探测技术，以期能够对有关的反应产物进行充分的识别。图 9 所示的实验示意图即为典型例子之一。在该实验中对产物的飞行时间和位置进行了测量。它由一个二维漂移室(DC)提供 X, Y 方向信号和一个平行板雪崩探测器(PPAD)提供时间信号，二者组成一个整体。对 30 MeV O_2 离子的位置分辨 (X, Y 方向) 均小于 0.55 mm(FWHM)， ΔE 谱分辨 (FWHM) 约为 12%，时间分辨 (FWHM) ≈ 180 ps。

DC 和 PPAD 组合的探测器^[88]提供了精确、快速的位置灵敏探测系统，容易建立和运行，价钱便宜。

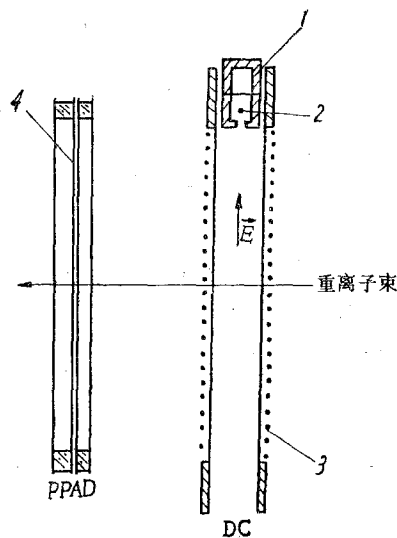


图 9 漂移室与平板雪崩室组成的重离子探测系统

1— 10×10 mm 延迟线， $\phi 70 \mu\text{m}$ 铜丝；特性阻抗 $Z_0 = 2.2 \text{ k}\Omega$ ， $t_d = 5.3 \text{ ns/mm}$ ，给 Y 位置；2——正比丝 $\phi 20 \mu\text{m}$ ，由漂移时间给 X 位置， ΔE 信号；3——电位丝；4——平板电极， $6 \mu\text{m}$ 蒸铝 Mylar 膜，两平板距 1.6 mm， t 信号。

探测器具有高的探测效率，能工作在很大的立体角和较高的计数率，这些特点特别适于重离子识别系统的应用。

四、结 束 语

十年来多丝室广泛而迅速地应用于高能物理以外的许多领域，是电离探测器发展的重要趋势。1978年在维也纳专门召开了一次多丝室和漂移室用于生物学和医学的会议^[84]，在会上决定于1980年召开下次多丝室和漂移室的国际会议。

多丝正比室的产生和发展实质上与对定位核心——雪崩的认识和应用紧密联系着。从以上的介绍可以把多丝室从产生到发展大致分成三个阶段(见表1)。

表1 多丝正比室在定位方面的一些进展

日 期	1968 年 开 始	1972 年 开 始	1978 年 开 始
方 法	一根丝接一放大器(数字)	阴极耦合延迟线读出(模拟)	新重心法读出(数字)
最好的分辨率 σ (FWHM)	$0.3 s_a$ ($s_a \geq 2 \text{ mm}$)	$\sim 125 \mu\text{m}$ (5.9 keV, X 射线, 垂直面)	$\sigma = 45 \mu\text{m}$ (1.5 keV, X 射线, 垂直面) $\sigma = 150 \mu\text{m}$ (5.9 keV, X 射线, 平行面)
特 点	(1) 线路复杂; (2) σ 受丝距影响; (3) 计数容量大; (4) 定位是局部的。	(1) 线路简单; (2) 输出信号小; (3) 定位精度较高; (4) 定位受室大小影响; (5) 计数容量较低。	(1) 除放大器外不需要特别仪器; (2) 定位精度高; (3) 定位是局部的; (4) 可发展定方位; (5) 计数容量大。
应 用	主要用于高能物理实验中	主要用于低能中性粒子的二维成像中	高能物理和低能物理实验中均可应用

在国内，对多丝室的已有成果要进一步巩固和发展。多丝室在国外有些领域已成为常规探测器，在国内仅仅对高能实验用的多丝室和低能实验用的小型一维和二维室进行了一些工作，应用也还只是开始，与国际情况相比，还有一段差距，必须迎头赶上。

参 考 文 献

- [1] G. Charpak, *Ann. Rev. Nucl. Sci.*, **20**, 196 (1970).
- [2] V. Perez-Mendez et al., *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **NS-21**, 45 (1974).
- [3] J. L. Laoy, *Nucl. Instrum. Methods*, **119**, 483 (1974).
- [4] G. Charpak, CERN 73-4.
- [5] G. Charpak, CERN 73-11.
- [6] G. Charpak, *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **NS-25**, 122 (1978).
- [7] G. Charpak, *Nucl. Instrum. Methods*, **148**, 471 (1978).
- [8] J. Fischer et al., *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **NS-25**, 794 (1978).
- [9] G. Charpak, *Nucl. Instrum. Methods*, **62**, 262 (1968).
- [10] G. Charpak, *Nature*, **270**, 479 (1977).
- [11] G. Charpak, *Nucl. Instrum. Methods*, **80**, 13 (1970).
- [12] G. Charpak, CERN, Geneva-23, June 1976.
- [13] G. Charpak, *Nucl. Instrum. Methods*, **156**, 1 (1978).
- [14] C. Cork et al., *J. Appl. Cryst.*, **7**, 319 (1973).
- [15] C. Cork et al., *ibid.*, **7**, 719 (1974).
- [16] G. Charpak et al., *Nucl. Instrum. Methods*, **122**, 307 (1974).
- [17] G. Charpak et al., *ibid.*, **141**, 449 (1977).
- [18] A. R. Faruqi et al., *ibid.*, **156**, 19 (1978).
- [19] A. Horsman, *ibid.*, **135**, 235 (1976).
- [20] S. N. Kaplan et al., *Nucl. Instrum. Methods*, **106**, 397 (1973).
- [21] V. Perez-Mendez et al., *ibid.*, **156**, 33 (1978).

- [22] A. P. Jeavons, *ibid.*, **156**, 41 (1978).
- [23] T. Doke et al., *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **NS-26**, 40 (1978).
- [24] E. Costa, *Nucl. Instrum. Methods*, **156**, 57 (1978).
- [25] J. Alberi et al., BNL 19487 (1975).
- [27] R. Allemann et al., *Nucl. Instrum. Methods*, **126**, 29 (1975).
- [27] A. Bamberger et al., *ibid.*, **156**, 107 (1978).
- [28] P. Glässel et al., *ibid.*, **141**, 111 (1977).
- [29] E. R. Flynn, *ibid.*, **111**, 67 (1973).
- [30] *ibid.*, **128**, 35 (1975).
- [31] *ibid.*, **162**, 262 (1979).
- [32] J. C. Krin et al., *ibid.*, **121**, 449 (1974).
- [33] A. Breskin et al., *ibid.*, **148**, 275 (1978).
- [34] Proceedings of the Wire Chamber Conference, Vienna, Austria, Feb. 14-16, 1978; *Nucl. Instrum. Methods*, **156**, 1-354 (1978).
- [35] H. A. Engl, *Nucl. Instrum. Methods*, **132**, 161 (1973).

“全国核技术讨论会论文选编”征订启事

反映国际上核技术研究与应用最新动态,反映我国核技术、同位素与射线最新科研成果的“全国核技术学术讨论会论文选编”将于1981年2季度在《核技术》增刊(1)上与读者见面。这是我国同位素工作者、原子能应用工作者和广大科技人员的一个好消息。“论文选编”选题广泛、内容丰富、反映科研成果新颖,全国各地邮局均可预订,每册定价0.80元。请注意1981年第2季度邮局“报刊目录”。如订阅有困难者可以直接向编辑部预订,但需另加邮资发送费(印挂)0.15元。编辑部地址:上海市8204信箱,邮政编码201849;银行账号为:人行上海市嘉定县支行40793002,中国科学院上海原子核研究所。

《核技术》编辑部