

一个用于粒子-粒子关联实验的 四参量在线分析系统

孙祖训 文克玲 姚锦章
卢慧筠 戴能雄 孙汉城

(中国科学院原子能研究所)

摘 要

提出了一种用于粒子-粒子关联实验的四参量在线分析方法,并按此法建立了一套谱仪系统.描述了方法的基本原理.介绍了谱仪系统(包括靶室及探测器装置、电子学线路及计算机在线分析程序等)的细节,并给出了该系统在三体反应实验中的应用,最后对方法作了讨论.

一、引 言

在轻核反应中,除终态为二体的反应外,往往还有终态为三体以至更多体的反应,这类反应统称为多体终态反应^[1].通过多体终态反应的研究可得到一般二体反应得不到的有关核力、核结构及核反应机制的信息,因此日益受到广泛重视^[2,3].

对于三体反应,要得到反应运动学的全部知识,需测出三个粒子的九个动量分量.但由于能量守恒及动量守恒,使所需测量的量减为五个.故只要同时测出其中两个出射粒子的方向和能量,就可实现“运动学完全”的测量.这就要求进行粒子-粒子关联实验.

三体反应中出射粒子可以是质子、中子、氘核、氚核、 He^3 核、 α 粒子以至重离子等等,各粒子也可以有复杂的能谱.为测定某一特定的三体反应道,常常需要采用带电粒子鉴别技术,以挑出特定的粒子.常用的带电粒子鉴别技术有 $\Delta E-E$ 法及飞行时间法等^[4].因此实验中不仅要测出两个粒子的能量,而且要通过 ΔE 或飞行时间的测量来鉴别其种类.这就提出了四参量分析的任务.

一种方法是利用电子学模拟线路将四参量约化为两参量^[5,6].以 $\Delta E-E$ 法为例,先用模拟线路从时间相关的 ΔE_1-E_1 及 ΔE_2-E_2 等四个信号中挑出两种特定粒子,再将所挑出粒子的能量 E_1 及 E_2 信号送入多道分析器进行二维数据获取.此法好处是死时间较短,可以在实验过程中随时与二维数据接触以监视实验的进程.但不足之处是电子学线路较多,调整较烦;对 ΔE 探测器分辨率要求较高;此外一次获取只能得到三体反应中特定粒子间的关联数据,而不能得到全部可能终态的有关信息.

随着计算机技术的发展,1970年前后开始较多地采用事件记录法(event by event)^[7,8],即先将每事件的四个或更多个参量依时间先后按一个个事件排列的方式获取到计算机的一个缓冲区内,该缓冲区记满后程序将启动直接存取通道并以同样方式自动把数据倒入磁带或磁盘上,与此同时继续用另一缓冲区获取,如此反复,直到一轮获取结束,实验完后再对磁带或磁盘上的数据进行离线处理,此法死时间较短,可得到全部可能终态的信息,但离线处理工作量大,且实验过程中不便于与实验结果接触。

实际上,在三体反应关联实验中,符合计数率往往较低,这时可采用计算机在线分析法。Kühn等^[9]在 $H^2(p, 2p)n$ 实验中采用先将三参量的数码混编成一个长标码,然后送入计算机进行在线处理的方法,所用计算机字长为24位,因此,三参量的二进制数码分别为6、6及12位,这只能在能量分辨要求不高时采用(当然,用昂贵的大型计算机可弥补这一缺点),此法好处是能进行在线分析,实验过程中可随时监视结果,但死时间较长,且不能同时得到终态的全部信息,在线分析法还可与事件记录法结合起来^[10],但这样死时间会更长。

为了能用小型计算机对三体反应粒子-粒子关联实验进行在线分析,同时避免模拟线路法的不足,本文提出了一种四参量在线分析的新方法,并按此法建立了一套谱仪系统,该系统由靶室及探测器装置、电子学线路及计算机在线获取程序等三部份组成,以下先描述方法的基本原理,然后介绍谱仪系统的细节,并给出该系统在三体反应实验中的应用,最后对方法的主要问题作一些讨论。

二、基本原理

本方法主要采用小型计算机进行四参量在线分析,粒子鉴别采用 $\Delta E-E$ 法,因此第一步是设法将两路望远镜的输出信号 ΔE_1 、 E_1 、 ΔE_2 及 E_2 等四个参量送入计算机,所采用的TRIDAC-C多道分析器——计算机数据处理装置的基本框图如下:

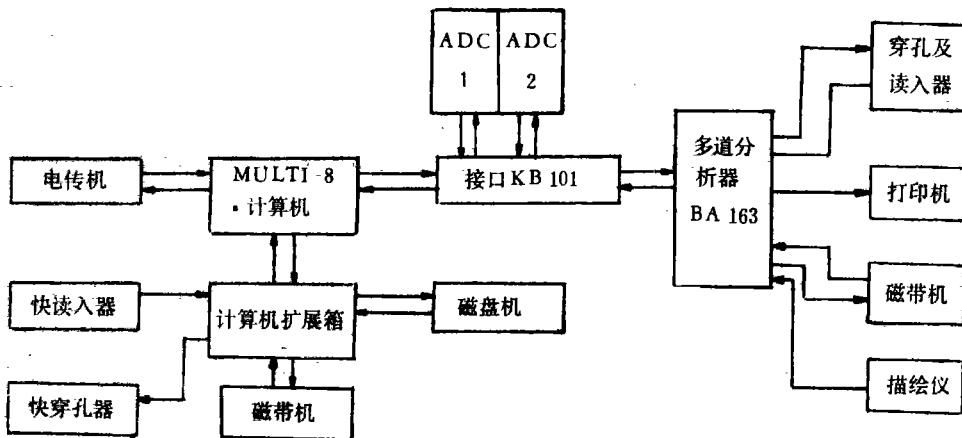


图1 数据处理装置框图

上图中,BA 163多道分析器的内存为4096道,每道容量 2^{16} 。CT 103模数变换器

的钟频为 200 兆赫, 变换容量为 16384, MULT I-8 型小型计算机存取周期为 $1.1\mu\text{s}$, 加法定点运算时间为 $5\mu\text{s}$, 内存为 32 K 字, 字长为 8 位, 可取 4 倍字长。接口只有二维混编标码功能, 即只能将两个 ADC 的输出数码混编成长标码送入计算机, 每维标码精度为 16 位。

将四参量送入计算机的一个办法是: 可先用附加接口将它们两两混编, 约化为两参量后再送入计算机, 但这样将降低能量精度。这里我们利用 ADC 及接口均备有缓冲寄存器的特点, 并考虑到三体反应符合计数率一般较低的情况[对 $E_d = 9\text{MeV}$ 的 $\text{Li}^6(d, 2d)\text{He}^4$ 反应, 每路计数率为 500 个/秒时, 符合计数率(包括偶然符合在内)不大于 3 个/秒], 采用了串行编队输入法, 即先用电子学线路将 ΔE_1 及 ΔE_2 信号按一定时延排成一队, 同时将 E_1 及 E_2 信号按相同时延排成另一队, 然后分别输入 X 及 Y 轴 ADC, 再通过接口进入计算机。这种编队对 ΔE 路及 E 路均可用双脉冲发生器的周期性双脉冲信号模拟。测定结果表明, 只要双脉冲信号间隔大于 $50\mu\text{s}$, 则不会有计数漏失。

计算机程序通过 X 及 Y 轴 ADC 可识别 E 及 ΔE 信号, 但还无法识别 E_1 及 E_2 信号。为此采用了标记脉冲法, 即对 E_1 信号附加一标记脉冲 U , 同时调整线路增益使 E_2 信号最大不超过 U 。这样在程序中附加一定判据就可判明: 凡大于 U 的信号必为 $E_1 + U$ (随后可减去 U 得 E_1), 小于 U 的信号必为 E_2 。故四参量得到了完全的识别。

这组信号送入计算机后, 程序先处理 $\Delta E_1 - E_1$ 信号, 利用文献 [11] 所发展的光笔点制表——查表法挑选出特定粒子, 处理时间为 $192\mu\text{s}$ 。在 $\Delta E_1 - E_1$ 信号到达 $80\mu\text{s}$ 后 $\Delta E_2 - E_2$ 信号通过 ADC 进入并保存于接口的缓冲寄存器内。等 $\Delta E_1 - E_1$ 处理完毕后调入 $\Delta E_2 - E_2$ 信息再采用同样方法处理, 然后将特定粒子的 $E_1 - E_2$ 关联信息送入二维多道分析器存储及显示, 由此实现四参量在线粒子鉴别获取。

三、实验装置

1. 靶室及探测器装置

束流由 1.2 米可变能量迴旋加速器引出后经四极透镜聚焦及偏转磁铁偏转 13° , 然后通过准直系统进入一个直径 40 厘米高 20 厘米的小靶室。准直器内有两个光阑, 距离为 50 厘米, 入口光阑直径 $\phi 6$, 出口光阑直径 $\phi 4$, 束流角散度约为 $\pm 0.5^\circ$ 。核反应所用薄靶放于靶室中心。在靶室上方与水平面成 15° 角装有一根管道, 监督器可安放在管道末端, 在不破坏真空的条件下管道可在水平面绕靶心转动。

与靶室同心放有一刻有角度的圆盘, 两个 $\Delta E - E$ 望远镜探测系统安放在圆盘周围, 其中一个望远镜可在不破坏真空的条件下绕靶心转动。图 2 给出了实物照片。 ΔE 探测器采用 $25 - 35\mu$ 的金硅面垒型薄探测器, E 探测器采用耗尽层为 $1 - 3\text{mm}$ 的锂漂移硅探测器或电阻率为 $2000\Omega\text{-cm} - 3000\Omega\text{-cm}$ 的金硅面垒型探测器。在 ΔE 探测器前所加光阑直径为 $\phi 5$, 探测系统角分辨为 $\pm 0.8^\circ$ 。

先对靶室系统进行束流对光, 再用光学对光束刻度固定望远镜 ($\Delta E_1 - E_1$) 的角度零点。然后利用 $D - D$ 弹性散射两个出射氦核在实验室系中夹角 θ_{12} 等于 90° 的特点刻度可动望远镜 ($\Delta E_2 - E_2$) 的角度零点。 $D - D$ 弹性散射两个出射氦核的角关联函数如图 3

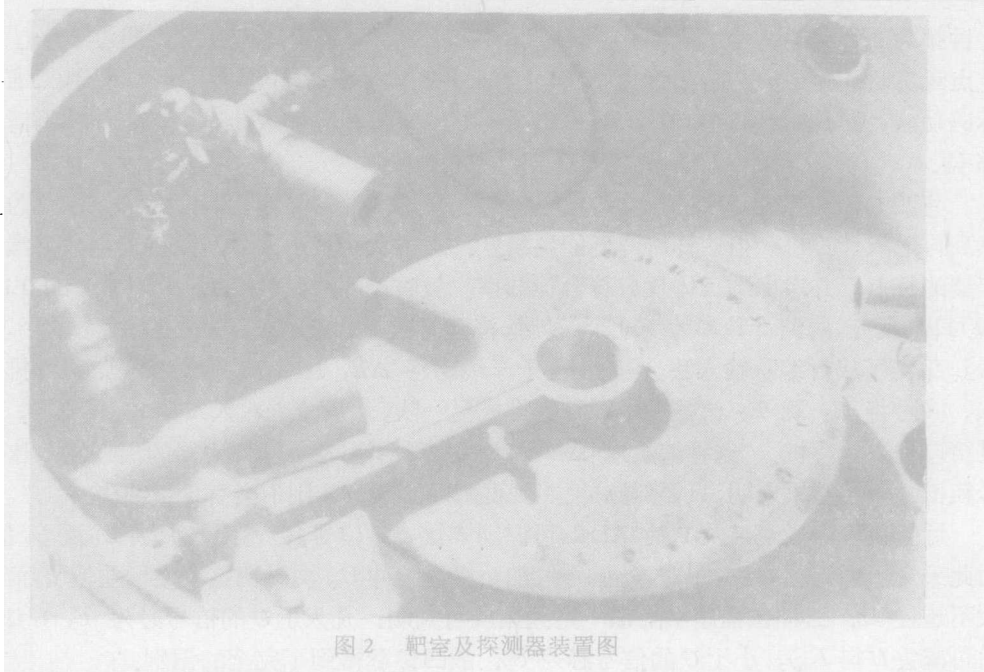
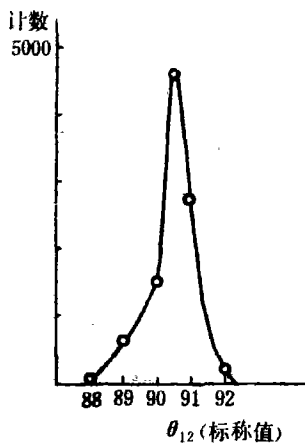


图2 靶室及探测器装置图

所示。图3表明, θ_{12} 标称值有 0.5° 的系统偏差, 这是可动望远镜指示值的系统偏差、两望远镜共面性误差及圆盘与靶室偏心误差所造成的, 实验时对此作了校正。

2. 电子学线路

电子学线路框图如图4所示。从 ΔE_1 (及 ΔE_2) 探测器引出脉冲信号经电荷灵敏前置放大器放大后送入两个并联的主放大器。电荷灵敏前置放大器是一个低噪声并联电容负反馈高增益倒相电压放大器^[12]。噪声水平远低于束流能散度。主放大器均采用 JBF-1

图3 $D(d, d)D$ 角关联函数

型通用线性放大器。最大线性输出幅度为 10 伏, 积分非线性小于 0.3%。 ΔE 路的两个主放大器一个起幅度放大作用, 输出送至线性门, 其微分及积分时间常数均取为 $1\mu s$; 另一个用作滤波放大器, 所给较快信号送恒比定时甄别器定时, 微分及积分时间常数分别取为 $0.1\mu s$ 及 $0.05\mu s$ 。恒比定时甄别器原理框图如图5。其中 Δt 单稳态单元的作用是: 当快符合电路有脉冲输出时将反馈一封锁信号使单稳态单元触发, 导致与非门关闭 Δt 时间 ($200\mu s-1ms$)。这样可保证串行编队的正常进行。定时器输出再经毫秒级延迟单元及驱动单元送入快符合线路。

快符合线路为 JFH-3 型通用插件, 分辨时间在 2—100 ns 内连续可调。

在两路探测器上同时产生的信号到达快符合线路输入端时可能已非同时, 我们调快延迟单元 FD 使其保持同时到达。实际调整中先采用时幅变换器(图4中虚线部份)测出三体反应粒子-粒子关联的时间谱。如计数率太低, 可利用 $D(d, d)D$ 反应测散射氘与反冲氘关联的时间谱。为使关联时间峰落入时幅变换器线性

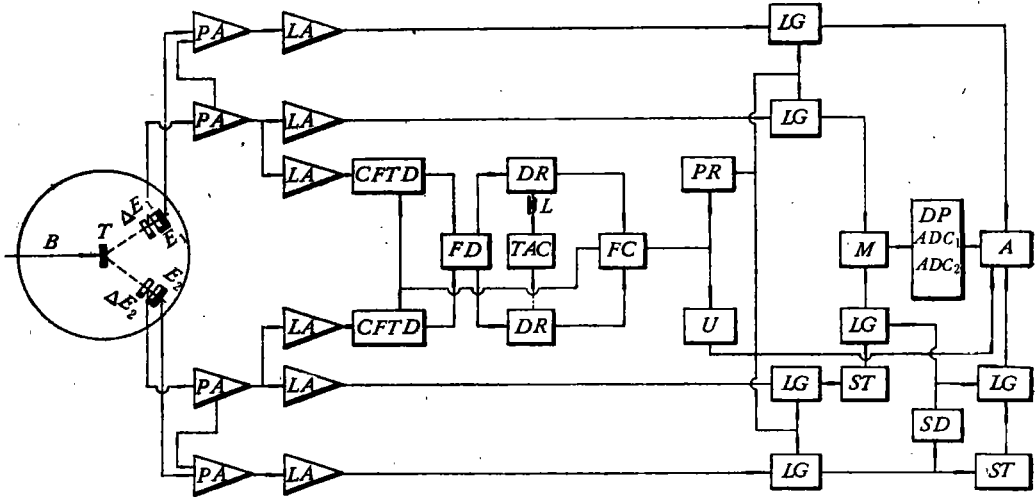


图 4 四参量在线分析谱仪

B — λ 射束, T —靶, ΔE —全耗尽半导体探测器, E —硅锂半导体探测器, PA —前置放大器, LA —线性脉冲放大器, $CFTD$ —恒比定时甄别器, FD —快延迟单元, DR —驱动器, TAC —时幅变换器, FC —快符合线路, LG —线性门, PR —倒相器, U —标记脉冲成形电路, ST —展宽器, SD —慢成形单元, M —混合器, A —相加器, DP —多道-计算机系统

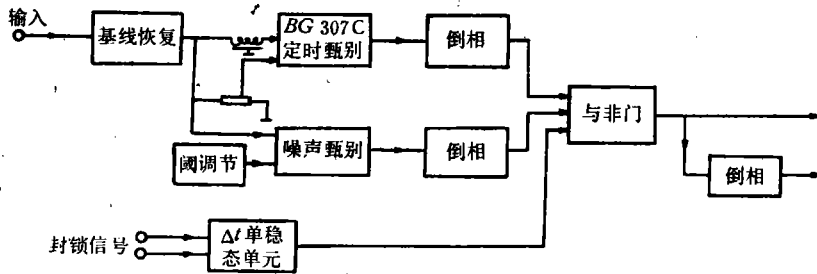


图 5 恒比定时甄别器原理框图

区,停止路采用了较大时延。图 6 给出了由 9MeV 氘引起的 $D(d, d)D$ 反应所得到的时间谱,偶然符合峰呈周期性变化,其峰间距离与加速器高频周期 105 ns 相等。叠加在偶然符合峰上的窄峰是终态粒子-粒子关联真符合事件的时间谱,峰宽约为 20 ns。然后将快符合分辨时间放在 2—5ns, 调延迟单元,测出用快符合输出作门控信号的关联事件时间谱,如真符合峰位在原处则时延调好。实验中可利用脉冲产生器信号同时送两路作为标准来经常校验快时间路的工作状态,但事先要测出脉冲产生器信号相应的时间峰与真实事件峰之差,以便校验时修正。

快符合输出负信号经倒相后作线性门的门控信号,同时触发一单稳态给出宽度为 $3\mu s$ 幅度为 2 伏或 4 伏的标准方波用作标记脉冲 U 。

与此同时从 ΔE_1 (及 ΔE_2) 电荷灵敏前置放大器引出一负信号送入 E'_1 (及 E'_2) 电

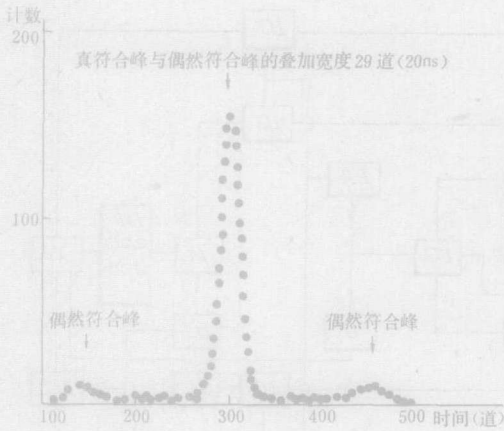


图6 ${}^6\text{Li}(\alpha, 2\alpha)\text{D}$ 反应符合计数时间谱
($\theta_1 = -\theta_2 = 42.4^\circ$)

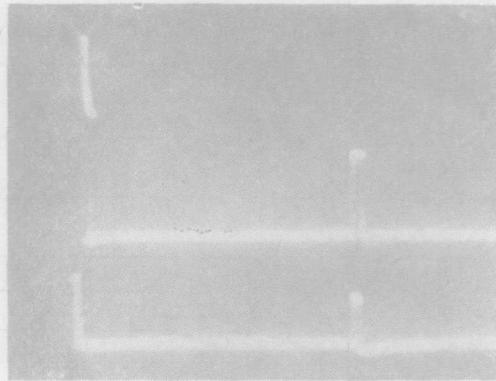


图7 ΔE 及 E 路脉冲波形图(上一行脉冲依次为 $E_1 + U$ 与 E_2 , 下一行依次为 ΔE_1 与 ΔE_2)

荷灵敏前置放大器输入端以实现 $E = E' + \Delta E$ 加法运算及放大^[2]。E 信号经 JBF-1 型主放大器放大后送入线性门。线性门均采用台阶过零连续可调的桥式对称门。线性范围为 0.1—10 伏, 积分非线性小于 0.3%。当有门控信号时 ΔE_1 、 E_1 、 ΔE_2 及 E_2 等四个信号即可通过相应线性门。 ΔE_2 及 E_2 信号过门后输入线性脉冲慢延时单元, 即先将 ΔE_2 及 E_2 信号展宽到 $83\mu\text{s}$ 再送线性门, 门控信号由延时单稳提供, 时延为 $80\mu\text{s}$ 。然后用混合器将 ΔE_1 与 ΔE_2 混合并送 X 轴 ADC, 用相加器将 E_1 与 U 相加并与 E_2 混合送 Y 轴 ADC。这样即完成四参量快慢符合及串行编队。展宽器线性范围为 0.5 伏—10 伏。在调整线路时主放大器信号在保证线性的条件下尽量放大, 以充分利用线性门及展宽器的线性范围。在混合器及相加器后为满足输入 ADC 的幅度不得大于 5 伏的要求再作适当衰减。图 7 给出了加标记脉冲后 ΔE 及 E 路的混合信号编队波形图。左上方信号即为 $E_1 + U$ 信号。

四、四参量在线粒子鉴别获取方法和程序

1. 在线获取方法和步骤。

采用电子学线路将四参量串行编队送入计算机后将依靠计算机应用程序进行在线获取和处理。我们利用 MULTI-8 型小型计算机的汇编语言及机器语言自编了一套四参量在线获取和处理程序。该程序主要包括 AQ 、 BQ 、 CQ 、 DQ 等四种获取子程序及 $R1$ 、 $R2$ 、 $W1$ 、 $W2$ 等四种读写光笔点数字阈表的子程序, 此外还编了读写磁带、打印及穿孔输出等数据转移子程序等。以上子程序的意义及实验中的一般步骤如下:

首先通过人机对话调用一维获取子程序 BQ (XY 格式可取 1024×1 , 2048×1 或 4096×1)。利用 BQ 可测定粒子束能量及刻度 $\Delta E + E'$ 的线性。

再调用 AQ 子程序进行光笔点制表操作^[4]。 AQ 子程序是二维获取程序, 格式为 128×32 ($\Delta E \times E$)。用光笔勾出相应于每一 E 道的 ΔE 能谱的不同粒子峰之间的谷点, 然

后写入计算机内存。对 $\Delta E_1 - E_1$ 用 $R1$ 子程序写入内存某区；对 $\Delta E_2 - E_2$ 用 $R2$ 子程序写入内存另一区。如需要，可用 $W1$ 及 $W2$ 子程序将 1# 路及 2# 路光笔点表读入多道分析器并显示。在作两路光笔点表时电子学线路完全按图 4 连接。作 $\Delta E_1 - E_1$ 光笔点表时将快符合线路开关拨向 ΔE_1 单路自符合，同时去掉给 ΔE_2 及 E_2 线性门的门控信号；对 $\Delta E_2 - E_2$ 路则反之。这样可保证制表时的线路增益与 $\Delta E_1 - \Delta E_2$ 两路符合时的线路增益相同。

然后再调用一维获取子程序 BQ ，测出 E_1 和 $E_1 + U$ 的一维能谱，由两能谱相应峰位之差可求得 U 的标码。为检验光笔点表是否正确，可调用 CQ 子程序（格式为 1024×4 ）测出 1# 路及 2# 路各类粒子的一维能谱，以判断粒子分辨的好坏。

上述步骤完成后即可调用 DQ 子程序（格式为 64×64 ）进行四参量在线粒子鉴别获取。这时 E_1 需加上 U 并在调用 DQ 子程序的人机对话中将 U 的标码输入。

2. DQ 子程序的流程框图及获取过程中实验条件的监测。

四参量在线粒子鉴别获取子程序 DQ 的流程框图如图 8。

由于三体反应实验中真符合计数率往往很低，故必须采用某种手段监视整个实验的过程，以便随时了解电子学线路及程序工作是否正常。为此在程序中安排了六个监测道，通过这些道的计数变化可监测整个系统的工作。以 ${}^6\text{Li}(d, 2d){}^4\text{He}$ 的氘-氦关联测量为例。从框图可看出，首先分析 $\Delta E_1 - E_1$ 。先判断 E 路标码是否大于 U ，如小于 U 则第一道计数增一，否则程序继续，减去 U 后得 E_1 。

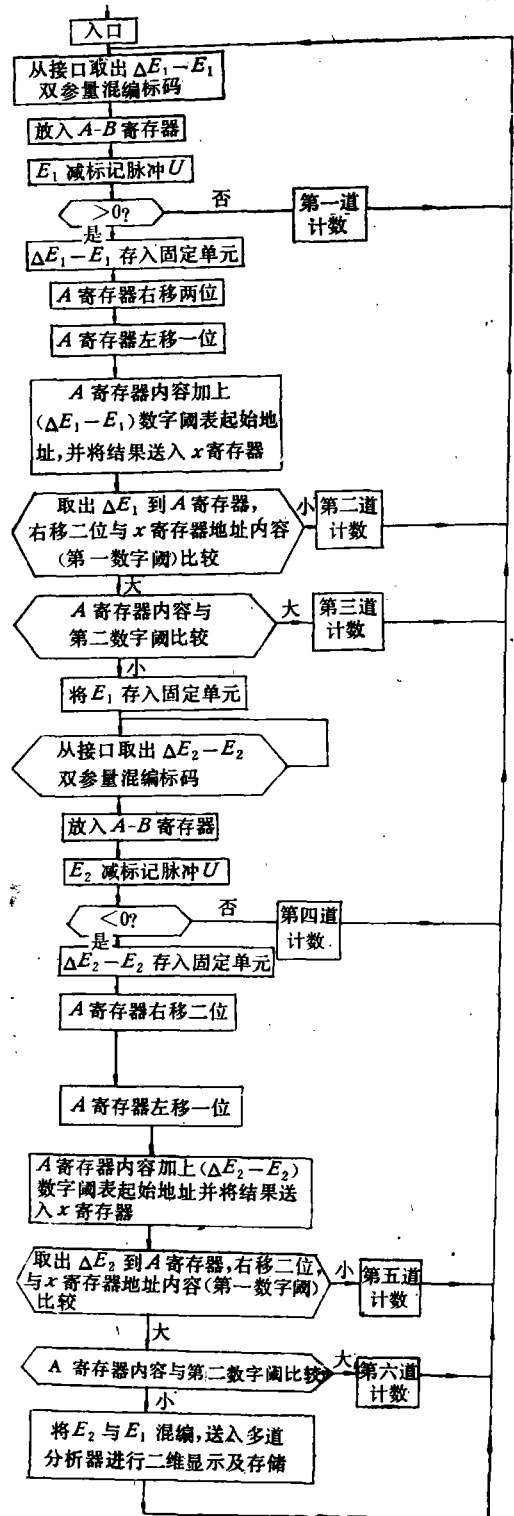


图 8 四参量在线粒子鉴别获取程序流程框图

再判断相应于 E_1 的 ΔE_1 是否大于 $(\Delta E_1)'$ ($(\Delta E_1)'$ 与 $(\Delta E_1)''$ 均为光笔点标定的数字阈, 落在 $(\Delta E_1)'$ 与 $(\Delta E_1)''$ 之间), 如 $\Delta E_1 < (\Delta E_1)'$ 则第二道计数增一, 随后程序返回入口, 紧接着分析 E_2 , 故不满足大于 U 条件, 第一道计数再增一并返回入口; 如 $\Delta E_1 > (\Delta E_1)'$ 则程序继续, 再判断 ΔE_1 是否小于 $(\Delta E_1)''$, 如 $\Delta E_1 > (\Delta E_1)''$ 则第三道计数增一, 随后与前步过程同, 第一道计数又增一再返回入口; 如 $\Delta E_1 < (\Delta E_1)''$ 则鉴别出该粒子是氘, 其能量 E_1 可寄存于某址. 然后程序继续分析 ΔE_2-E_2 . 先判断 E 路信号标码是否小于 U , 如大于 U 则第四道计数增一, 程序返回入口; 如小于 U 则程序继续. 以下同分析 ΔE_1-E_1 情况, 只是对 ΔE_2 要用 $(\Delta E_2)'$ 及 $(\Delta E_2)''$ 光笔点表. 当 $\Delta E_2 < (\Delta E_2)'$ 时第五道计数增一; 当 $\Delta E_2 > (\Delta E_2)''$ 时第六道计数增一. 上述判断全部通过后即得到一个氘-氘关联事件(包括真符合与偶然符合), 此时可将 E_1 与 E_2 标码合并再转送二维多道分析器显示及存储. 四参量在线粒子鉴别至此操作完毕, 程序返回入口.

显然, 当 $N_1 \cong N_2 + N_3$ 及 N_4 较小时系统工作较好(其中 N_i 为第 i 道计数), 此时程序主要由于粒子鉴别落选而返回入口, $E_1 + u$ 与 E_2 错位情况较少. N_5 与 N_6 应比 N_2 及 N_3 小得多, 因仅 $1^{\#}$ 路是氘时才可能分析 $2^{\#}$ 路. 由此六道的计数是单调下降的. 六道道址 (x, y) 分别为 $(32, 63)$ 、 $(34, 63)$ 、 $(36, 63)$ 、 $(38, 63)$ 、 $(40, 63)$ 及 $(42, 63)$ 等. 通过这些道的计数显示即可随时监测系统工作情况, 这对长时间获取低计数率数据是较重要的.

五、在三体反应实验中的应用

用这套谱仪系统对 9MeV 氘引起的 $\text{Li}^6(d, 2d)\text{He}^4$ 、 $\text{Li}^6(d, tp)\text{He}^4$ 和 18MeV α 粒子引起的 $\text{Li}^6(\alpha, 2\alpha)\text{D}$ 、 $\text{Li}^6(\alpha, \alpha d)\text{He}^4$ 、 $\text{Li}^7(\alpha, 2\alpha)\text{T}$ 、 $\text{Li}^7(\alpha, \alpha\text{Li}^6)n$ 及 $\text{F}^{19}(\alpha, 2\alpha)\text{N}^{15}$ 等三体反应作了“运动学完全”的测量, 研究了准自由散射、准自由反应和级联衰变过程^[14].

图 9 是在对称准自由角度对 $(\theta_1 = -\theta_2 = 39.3^\circ)$ 条件下得到的 9MeV 氘引起的 $\text{Li}^6(d, 2d)$ 反应的二维显示照片. 两个坐标轴分别是两个出射氘核的动能. 图 10 是同



图 9 $\text{Li}^6(d, 2d)\text{He}^4$ 二维显示

一结果的立体显示照片。图 11 是向 E_2 轴投影得到的 $d-d$ 符合能谱。在通过 Li^6 的 2.184 MeV 激发态的两个级联衰变峰之间是准自由散射峰（入射氘与 Li^6 核中氦集团的散射）。我们得到的准自由峰的峰位、宽度以及截面值与 Miljanic^[14] 的结果一致。这说明本文的方法与装置可以成功地用于三体反应研究。

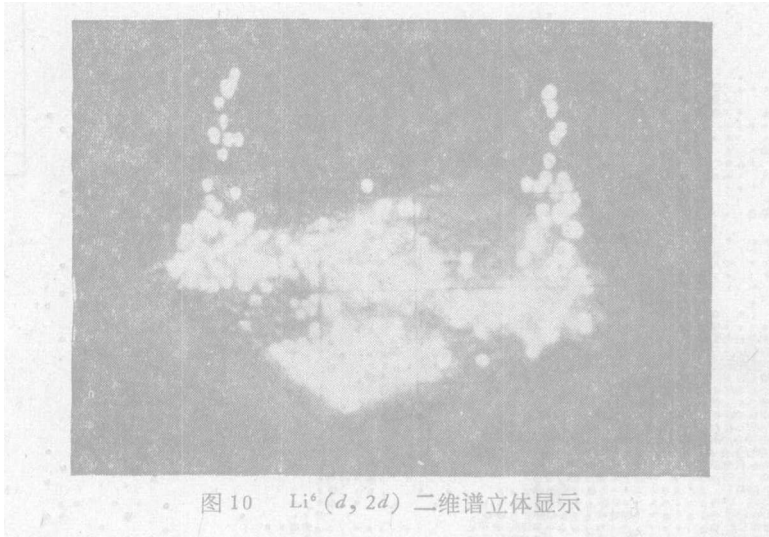


图 10 $Li^6(d, 2d)$ 二维谱立体显示

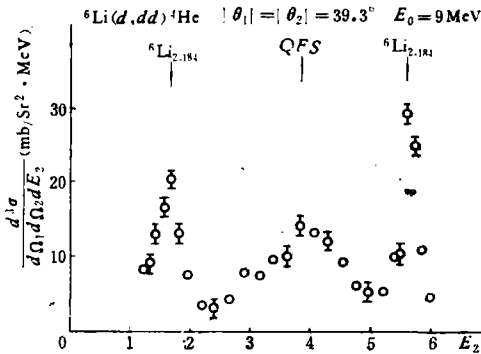


图 11 $Li^6(d, 2d)$ 的符合谱 (QFS 为准自由散射峰)

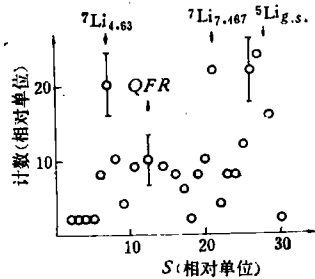


图 12 $Li^6(d, tp)He^4$ 二维谱向运动学轨迹的投影 (QFR 为准自由反应峰)

图 12 是在准自由反应角度对 ($\theta_i = 35.9^\circ, \theta_p = -65.2^\circ$) 条件下测得的 $Li^6(d, tp)He^4$ 反应的 $t-p$ 符合二维谱向运动学轨迹的投影。横坐标是轨迹长度 s (相对单位)。可以看到经 Li^7 的 4.63 MeV 态与 7.467 MeV 态以及 Li^5 基态的级联衰变, 还有准自由反应峰 (入射氘与 Li^6 内氦集团发生反应产生氦与质子)。此准自由峰的截面较低, 峰值截面只有 1 毫靶/球面度²·百万电子伏。

图 13 是用 18 MeV α 粒子轰击 Li^7 同位素丰度为 99.994% 的 Li^7F 靶, 在 $\theta_1 = -\theta_2 = 33.1^\circ$ 条件下, 测量两个电荷 ≥ 2 的粒子所得到的二维能谱。在两个粒子能量之和较高的区域有明显的 $Li^7(\alpha, 2\alpha)T$ 反应的轨迹。它的内侧有较弱的 $F^{19}(\alpha, 2\alpha)N^{15}$ 反应的轨迹。有趣的是, 在低能区有两个交叉的环状轨迹, 这是 $Li^7(\alpha, \alpha Li^6)n$ 反应的轨迹。

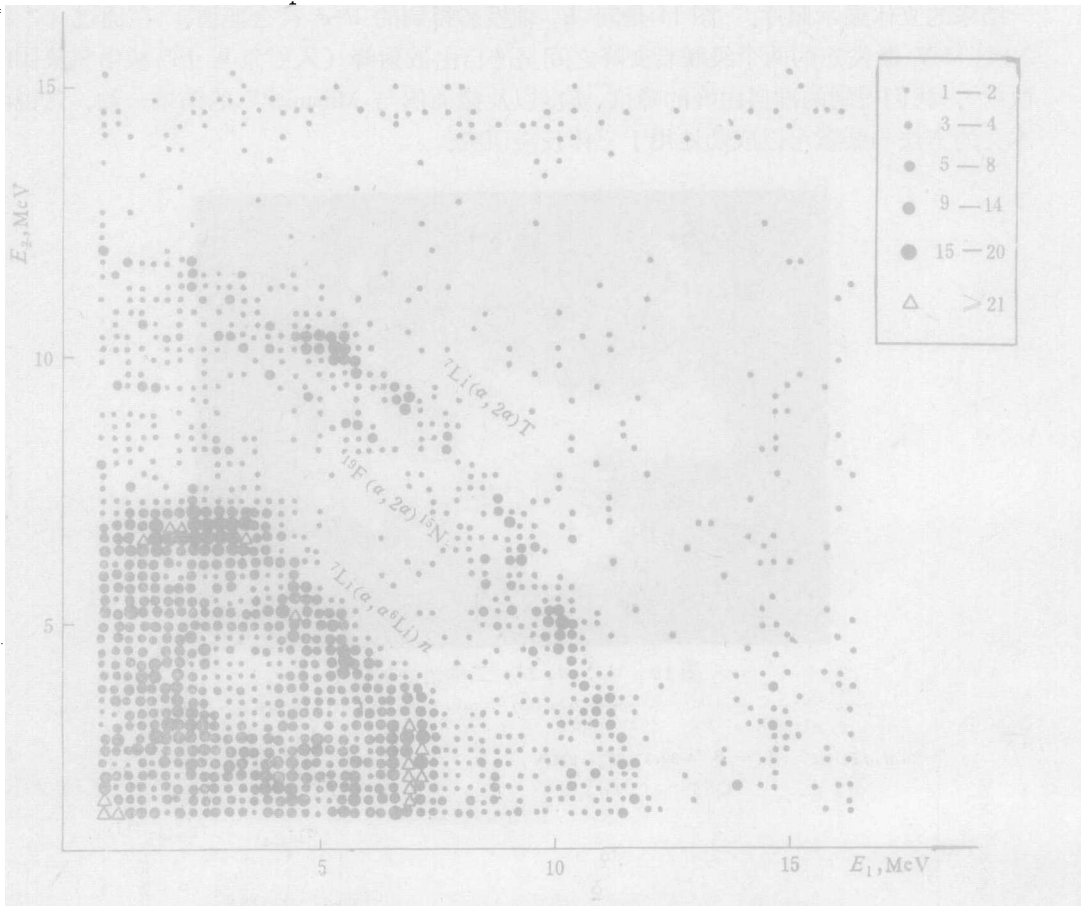
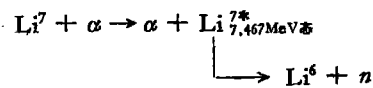


图 13 ${}^7\text{Li}(\alpha, 2\alpha)\text{T}$ 、 ${}^{15}\text{F}(\alpha, 2\alpha){}^{15}\text{N}$ 、 ${}^7\text{Li}(\alpha, \alpha\text{Li}^6)\text{n}$ 二维谱

环状轨迹两端的峰是经下列过程形成的:



此结果表明,我们可以在一个实验中同时测量不同反应道的分支比。

六、讨 论

1. 粒子鉴别问题. 当 ΔE 探测器分辨率欠佳时在一定条件下仍可采用切断近似法^[4]. 但如超出误差范围则不宜用该法. 此时作为数字阈的光笔点位置应取得尽量包含所要求粒子峰的全面积.

由于三体反应运动学轨迹的特点, E_1 较大时相应于 E_2 较小或反之, 因此 ΔE 探测器即使不足够薄也总有一路望远镜系统有粒子鉴别. 在作数字阈表时只需将未穿透 ΔE 探测器的粒子轨迹也包括进去即可. 例如 ${}^7\text{Li}(d, 2d)\text{He}^4$ 反应, 入射氘能量为 9 MeV 时为测出通过 ${}^7\text{Li}^6$ 2.184 MeV 激发态之级联衰变氦峰, 一路望远镜系统的最低氘能要测到

1.0 MeV. 如这一路采用粒子鉴别则 ΔE 探测器厚度应为 10μ . 但实践证明, 因另一路氘能相应为 6.1 MeV 而有较好的粒子鉴别, 故采用 35μ 的 ΔE 探测器也得到了较好的粒子鉴别效果.

2. 计数漏失问题. 四参量在线粒子鉴别获取程序的处理时间对 ΔE_1-E_1 部份为 $192 \mu s$, 总共为 $506 \mu s$, 快定时器占用封锁时间如取为 $520 \mu s-1ms$, 则全部系统死时间 T 可按此时间计算. 如计数漏失要求小于 1%, 则对 $T = 520 \mu s$ 及 $1ms$ 最大符合计数率分别不得大于 20 个/秒及 10 个/秒. 如占用封锁时间取为 $200 \mu s$, 则因 ADC 及接口都有缓冲寄存器, 故最大符合计数率还可加大. 对四参量分析, 一组事件即要占用 ADC 及接口的两个缓冲寄存器, 故可接单缓冲寄存器计算计数损失. 对输入脉冲按泊松分布的情况, Porge 的计算结果^[15]为: 计数漏失要求小于 1% 时, 最大符合计数率可达 700 个/秒. 实际上在测量中最大符合计数率往往不超过 10 个/秒, 因此计数漏失可以忽略.

参 考 文 献

- [1] G. C. Phillips, Proceedings of the first international conference on clustering phenomena in nuclei, IAEA(1969), 73.
- [2] Proceedings of the Second International Conference on Clustering Phenomena in Nuclei. Maryland uni. (1975).
- [3] Few body dynamics, Proceedings of the VII international conference on few body problems, Dehli (1976).
- [4] F. S. Goulding, B. G. Harvey, *Annual Rev. of Nucl. Sci.*, 25(1975), 167.
- [5] R. G. Roos et al., *Phys. Rev.*, 176(1968), 1246.
- [6] A. K. Jain et al., *Nucl. Phys.*, A216(1973), 579.
- [7] S. T. Emerson et al., *Nucl. Instrum. & Methods*, 52(1967), 229.
- [8] R. E. Warner et al., *Nucl. Phys.*, A192(1972), 341.
- [9] B. Kühn et al., *Nucl. Phys.*, A247(1975), 21.
- [10] K. Sagara et al., *Nucl. Phys.*, A273(1976), 493.
- [11] 孙祖训, 核反应实验数据的在线粒子鉴别获取(待发表).
- [12] 文克玲, 叶彬奇, 一个 $\Delta E - E$ 带电粒子鉴别系统(内部资料).
- [13] 姚锦章等, 氘和 α 与 Li^6 核的准自由散射(待发表).
- [14] D. Miljanic et al., *Nucl. Phys.*, A215(1973), 221.
- [15] K. G. A. Porge, *Nucl. Instrum. & Methods*, 125(1975), 125.

AN ON-LINE FOUR-PARAMETERS ANALYSIS SYSTEM FOR PARTICLE-PARTICLE CORRELATION EXPERIMENT

SUN ZU-XUN WEN KE-LING YAO JIN-ZHANG LU HUI-JUN

DAI NENG-XUONG SUN HAN-CHENG

(Institute of Atomic Energy, Academia Sinica)

ABSTRACT

An on-line four-parameters data acquisition and processing method for particle-particle correlation experiment is proposed. Using this method an analysis system has been set up. The detection devices, electronics and a program of a minicomputer are described. Finally the application of this system to several experiments of three body reaction is illustrated.