



郁 忠 强

侦查凶犯——普查和筛选

设想在一个大城市中，发生了一起严重的凶杀案件，现场留下了一些疑点，群众提供了不少的破案线索。公安部门紧急行动起来，要求迅速地在这几百万人口的城市中查出这个作案的凶犯。如何侦辑凶犯呢？在公安人员面前有两种不同的方法。第一种方法是普查全市每个人的档案和行踪，一个人一个人地审查，将每个人的情况和设想中的案犯作比较，逐个回答是或不是，几百万人被审查完毕，最终就能找出这个凶手。我们暂且将这种方法称为普查法。第二种方法是根据已经掌握的线索逐步排除掉那些不可能作案的人。譬如说，根据线索知道，作案的人是一个青年男性，那就可以从几百万人口中排除掉老人、中年人、妇

女、小孩，这就只剩下几十万人了，再根据另一个线索，知道作案的人身高不可能超过一米七，这就又可以从这几十万青年中排除掉一大批身高超过一米七的人，这就只剩下了几万人，……，就这样，一步一步地缩小范围，最后，被怀疑的对象也许只剩下了很有限的几个人或几十个人了。这时，公安人员就可以对这些很少的嫌疑犯进行稍详细的审查了，经过非常严格的判别后，水落石出，凶犯最终查出。我们可以称这种方法为筛选法。显然，公安部门不会采用第一种方法，那是一种十分笨拙的方法。为了不贻误时机，及时破案，公安部门一定会采取第二种方法。

高能物理实验是研究粒子间的相互作用，数据记录和分析和上述破案情况十分相似。以正负电子对撞机实验为例，贮存环中的正电子束团和负电子束团相

对撞,有可能发生相互作用产生次级粒子.通常用一个很复杂的探测器放在对撞点处,记录对撞产生的次级粒子,从记录到的数据中可以分析出粒子相互作用的性质,发现新粒子和新现象.但问题是正负电子对撞时发生相互作用的几率很微小,譬如说,对撞数百万次才有可能产生一次好事件,而绝大部分的对撞不发生相互作用,形成很大的本底.在实验上就提出了一个十分严重而又困难的问题,如何在这几百万次碰撞中找到这个好事件.将这个好事件的所有信息都记录下来,便于以后详细的分析.和上述侦查案犯不同的只是:破案要在几百万人中找一个坏人,而实验上是要在几百万次碰撞中找出一个好事件.

正负电子对撞实验中,我们同样不能采用破案的第一种方法,也就是说,在实验上没有必要将每次碰撞产生的信息都记录下来,然后再在这大量的数据信息中找出极少的好事件.就目前的实验技术而言,也不可能全部记录下来.对撞机中,正负电子每秒大约对撞一百万次,即两次对撞之间的时间间隔只有1微秒,现代的记录设备包括快电子学和计算机技术都不可能在1微秒内将成百上千个探测器单元的数据信息记录下来.可能采取的方法也只能是上述第二种方法——筛选法.在实验上称为触发判选.根据物理上的要求和好事件的特征,对所有的对撞事件进行逐级判选,尽可能多地排除掉无用的本底事件,将可能的好事件记录下来,提供进一步作物理分析.

先易后难 逐级筛选

在破案过程中时间是极宝贵的,公安人员必须不失时机地掌握侦破工作的发展进程,贻误时机常常会给工作带来极大的困难.在实验数据的判选过程中,判选时间同样重要.判选一般是由电子学的各种逻辑电路完成的,数据信息通过逻辑电路进行判选总要耗费一定的时间,要想对每次碰撞都进行判选,判选的时间必须小于束团两次碰撞之间的时间间隔,即小于束团对撞的一个周期.假如判选时间大于束团对撞的一个周期(小于二个周期),那么,紧跟在该次碰撞后面的第二次碰撞就将丢失,不可能得到判选.换句话说,判选系统进入了死时间,假如判选时间大于二个周期,那么,紧跟在被判选的该次碰撞后面的两次碰撞都将丢失,不能得到判选.系统的判选时间越长,引起的死时间越大,输入的被判选的事件率越高,引起的死时间越大.高能物理实验中要求判选系统引起的死时间越小越好,死时间的存在相当于对撞机有效亮度的减小.我们知道,对撞机的亮度是它的最重要的指标之一,人们总是采用各种措施尽可能地提高亮度.在实验上应该尽可能地充分利用亮度,所以在设计触发判选系统时应尽可能地减小死时间,保证收集到尽可能多的好事件.

要想排除掉大量的本底,要选用较多的和复杂的判选条件,而这样势必引入较大的死时间,这是一件十分矛盾的事情.解决这个矛盾的有效办法是进行分级判选,选用判选条件由简到繁,先易后难.首先用最简单的判选条件对大量的事件进行判选,让事件率降低后再选用较为复杂的判选条件进一步排除本底.这样,引入的死时间就可以大为减小.

判选的分级

在正负电子对撞实验中,一般分三级判选.第一级判选的判选时间小于对撞机正负电子对撞的周期,将不引入死时间.经过第一级判选后,事件率将下降1至2个数量级,然后进入第二级判选.第二级判选的判选时间大于一个对撞周期,小于二个对撞周期,这将引入很小的死时间.经过第二级判选后,事件率再下降2至3个数量级,然后进入第三级判选.第三级判选的判选时间即使长达几十个对撞周期,引入的死时间也将很小.经过三级判选后,事件率一般能降到每秒5次以下,这就可以将这些好事件的候选者的数

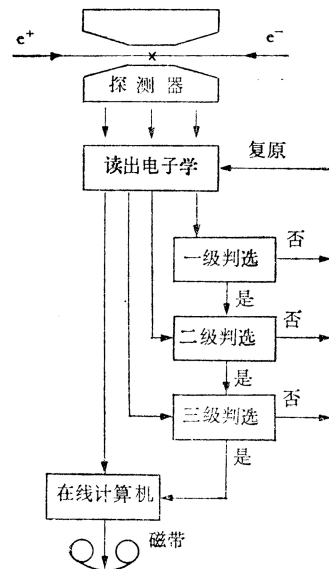


图1 正负电子对撞实验三级触发判选示意图

据信息记到磁带上,提供给物理工作者作物理分析,他们将磁带拿到计算中心的大计算机上作详细的离线分析.下面给出了分级触发判选的示意图.

判选的物理依据

根据被研究的物理问题和探测器的结构,根据被研究的好事件和本底事件在时间关系、几何学关系和动力学关系方面的不同,可以提供许多触发判选的物理依据.选用合适的判选条件就可以组成一个十分理想的触发判选系统,满足数据采集和分析的要求.下

面例举一些常用于触发判选系统的物理依据。

(1) 时间关系。在正负电子对撞实验中，好事件产生的次级粒子在探测器中产生信号，获得这些信号的时间是和对撞时间相关联的。也就是说，只有在对撞时产生的信息才有可能好事件，不是在对撞时产生的信息肯定不是好事件，它可能来源于宇宙线或其它来源的本底。在实验上可以利用贮存环高频同步信号或束流信号作为对撞的参考时间，当探测器的信号和这个参考时间在时间上有关联时，被认为可能是好事件，否则认为是本底事件，用快电子学的门电路实现。

设正负电子束团的对撞周期为 1 微秒，以对撞时间为参考开 50 毫微秒的时间门，就可以排除掉 95% 的宇宙线本底。而好事件不会损失。

用作时间判选的信号一般取自闪烁计数器，因为闪烁计数器的响应较快，在毫微秒的数量级。实现时间判选的电子学线路很简单，可以在很短的时间内完成，所以该判选条件可以作为一级判选条件，不引入任何死时间。

(2) 寻找径迹。在径迹室中，好事件的次级带电粒子将形成径迹，而且径迹一定通过对撞原点。我们可以在一个平面的投影上寻找径迹，也可以将击中点的三维坐标都考虑进去，进行三维空间的寻迹。假如，根据事件的数据信息，寻找不到径迹，或者寻找到的径

迹不通过原点，那么认为该事件是本底事件，予以排除。在研究不同的物理问题时，还可以考虑不同的径迹数目，径迹的最低动量，径迹的原点离对撞点的距离等条件。在电子学上也可以用很多门电路来实现，但当径迹室单元很多时，要用成千上万个门电路，这就必须采用中规模或大规模集成电路实现。最常用的是随机存取存储器(RAM)或可编程逻辑矩阵(PLA)。

(3) 能量条件。根据能量守恒定律，正负电子对撞发生相互作用产生的次级粒子总能量应该和相撞的正负电子的总能量相等。假定测到一个事件的总能量比对撞的正负电子总能量小得很多，认为该事件不是好事件，有可能是宇宙线或气体本底形成的，予以排除。在实验上是将次级粒子在簇射计数器中的能量沉积全部相加起来，然后通过一个能量阈值，低于这个阈值的事件作为本底排除，高于这个阈值的认为是好事件。

除了上述这些条件外，还可以有许多其它的条件。例如，事件的共线性，共面性，角度的关联，能量的平衡等等。

在一个触发系统中究竟选择那些物理条件作为触发判选的根据，要视探测器的物理目标，贮存环的条件，用于触发判选的计数器类型和结构，在线计算机和计算中心的能力，甚至还要考虑到实验组的人力和经费。总的原则是在满足物理要求前提下达到最经济。