

# 顶层子的发现

郑志鹏

1984年7月在莱比锡召开的第二十二届高能物理会议上,西欧核研究中心的UA-1实验组报告了他们找到了六个顶(t)层子存在的实验数据并给出顶层子的质量范围:30—50 GeV/c<sup>2</sup>.这一实验结果引起了参加会议的来自世界各地的一千多名代表的热情关注和浓厚的兴趣.同时,代表们也对UA-1组在短短一年多的时间内,继发现了W<sup>±</sup>、Z<sup>0</sup>后又获得这一重大成果表示祝贺.

兴奋之余人们会提出这样的问题:实验结果可靠性如何?他们是用什么方法、在什么条件下获得这样的结果?

对撞机产生千千万万个粒子,根据它们在各种类型的探测器中的不同“表现”来区分粒子的类别;通过电子学仪器的触发条件以及计算机的筛选,挑出人们所感兴趣的事例.UA-1组寻找顶层子的过程是这样的:首先找正、反质子对撞产生的W(带电中间矢量玻色子):

$$p\bar{p} \rightarrow w + x$$

其中x为其它带电粒子.然后再追寻w衰变为t、b层子的事例,例如w<sup>+</sup>→t $\bar{b}$ , (w<sup>+</sup>→t $\bar{c}$ 过程的几率要小一个数量级,因为t和c不是同一代,是一个所谓卡皮玻压抑过程).

顶层子t发生半轻子衰变:

$$t \rightarrow l^+ \nu b$$

其中l<sup>+</sup>是轻子,在这里是e<sup>+</sup>或μ<sup>+</sup>;ν是中微子,在这里是ν<sub>e</sub>或ν<sub>μ</sub>.将上述过程合写在一起(以w<sup>+</sup>为例):

$$\begin{array}{l}
 p\bar{p} \rightarrow w^+ + x \\
 \quad \quad \quad \downarrow \\
 \quad \quad \quad \rightarrow t\bar{b} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \downarrow \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \rightarrow l^+ \nu b \\
 \quad \quad \quad \quad \quad (l^+ = e^+ \text{ 或 } \mu^+)
 \end{array}$$

$\bar{b}$ 和b则为两个带头粒子,分别各产生一个喷注;e或μ都在探测器中留下径迹;ν虽然不能直接看到径迹,但可以量能器中确定ν携带的“丢失能量”.

因此关键是寻找一个电子(或μ)加上两个喷注的事例,同时测出它们(包括中微子)的能量、动量.选择其不变质量为80 GeV/c<sup>2</sup>左右(w的质量范围),以确保是由w衰变的.

为了确认是电子,用了如下的选择条件:

1) 在簇射计数器中,一个单元或两个相邻单元被击中,并记录到能量E≥12 GeV,并观察纵向簇射发展的形状.

2) 在中心探测器中选大横动量P<sub>T</sub>的径迹.

3) 在簇射计数器及中心探测器中测量到的电子的位置、角度及能量都要对上号,互相吻合.

4) 在强子量能器沉积能量<0.2 GeV.

μ的选择条件如下:

1) 在中心探测器及μ计数器中都有带电的径迹,而且两种探测器测量到的位置、角度都要对上号.

2) 在簇射计数器中留下最小电离.

喷注的选择条件为:在强子量能器中有信号的一组强子并且用“群集”算法判断其为喷注.

中微子带走的“丢失能量”是根据电子(或μ)的能量及喷注在强子量能器的总能量及动量守恒关系得到按照上述的触发、筛选条件,一共选出了:

3个e+2喷注的事例;3个μ+2喷注的事例.

分别将这6个事例中的电子(或μ)、中微子、二喷注的能量确定并给出不变量质量谱,得峰值质量为80 GeV/c<sup>2</sup>左右,可确认它们是从W衰变的.然后再将这6个事例的第二喷注(即相应于t衰变的)、电子(或μ)、中微子的能量给出不变量质量谱——顶层子的质量谱,其分布从30—50 GeV/c<sup>2</sup>,峰值在40 GeV/c<sup>2</sup>附近.

总共只有6个事例,这些事例是否来自本底呢?

UA-1组对可能造成的本底进行了仔细的分析、计算.造成电子误判而产生的本底有如下几个来源:①π<sup>0</sup>误认为e,因为π<sup>0</sup>衰变成2γ,γ在电磁量能器中与e的行为是一样的.虽然中心漂移室可分开带电与不带电的,但在大量产生的π<sup>+</sup>、π<sup>-</sup>有可能与π<sub>0</sub>混淆.经过计算,这样的本底应很小;②带电强子误认为e,加上①的因素事例数小于0.1;③不是顶层子直接产生的而是中间过程转换出来的电子,这样的本底<0.02事例.所有的本底贡献<1事例.

造成μ误判而产生的本底有如下几个来源:①强子穿透吸收层而在μ计数器中留下信号,将强子误认为μ;②强子衰变过程中产生的μ(如K→μν);这两项造成的本底贡献<1事例.

从上述分析看出:本底比观察到的事例数要小得多.已观察到的6个事例不能用w衰变成b、c等已发现的层子来解释,而他们认为观察到的正是第六个层子——顶层子.

UA-1期望收集更多的数据,获得更多的顶层子的事例,从而得到更加确信无疑的结果.

另外,在大会上同一对撞机上工作的另一个小组UA-2组报告了他们的一些新的结果.他们也利用与UA-1组相似的方法寻找顶层子,但尚未得到肯定的结果.人们期待UA-2组早日得到有关顶层子的实验结果,无疑这将对UA-1组关于顶层子发现实验十分重要的检验;与会一些代表建议,在积累更多数据的基础上,希望UA-1组用w衰变产生顶层子以外的方法检验顶层子的存在.当然,这是一项很合理的建议.