

## 高 兵

祖国的西南，乌蒙群峰之中，有一个宇宙线实验站，一批工人、干部、年轻的科技工作者，在党的领导下，坚持以阶级斗争为纲，努力改造世界观，为发展祖国的高能事业，终年战斗在那里。一九七二年，他们找到了一个可能的重质量荷电粒子事例。这个事例引起了中外物理学界的广泛重视，受到广大工农兵的热情关心。现在，让我们一起去作一次有趣的参观旅行吧！

从昆明出发，汽车行驶半日，进入了小江河谷。顺着峡谷远眺，只见乌蒙群峰重重叠叠，一直排到了白云深处。甘蔗田和高大的英雄树掠窗而过，汽车开到了一片较为开阔的谷地。河谷那边，好一派巍峨的山势，山腰以上云雾缭绕，高低莫测。据说，在晴朗的天气，从这里可看得见山顶的积雪和井架。可今天，我们只好驱车向那白云深处进军了。人们不禁会问，为什么要离开春光常在的昆明，到这云雾山中来建立实验站呢？让汽车在雾区顽强地攀登，我们可以从容地议论一下这个问题。

远自一九一一年，人类就确知有一种来自宇宙空间的高能粒子流（主要是质子、氦核及其他各种裸核），在时时袭击着我们的地球，这就是“宇宙线”。它不仅给人们带来了天文学和地球物理学的信息，而

且很快就成了传统的“粒子炮弹”，帮助人们轰开原子核这坚固的“碉堡”，去探索微观世界的秘密。人们正是从这里开辟了高能物理研究工作。原初宇宙线一进入大气层，由于它们与空气中的氮、氧等原子核相碰撞，经由强作用、弱作用、电磁作用以及别的未知的作用机制，就以大气为舞台，描绘出一幅幅壮丽

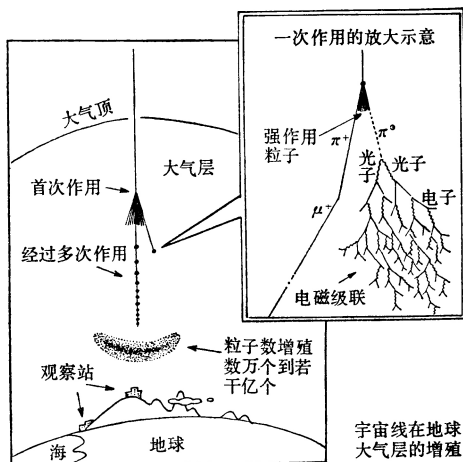
本”粒子都是首先在宇宙线中发现的。但是由于宇宙线成份复杂，能量不单一，尤其是粒子流太弱，作定量的工作比较困难。所以，自五十年代以来，不同类型的高能加速器相继建成，打破了宇宙线作为高能粒子流的唯一提供者的局面。今天，在加速器中被加速的粒子已达到四千亿( $4 \times 10^{11}$ )电子伏能区。

即使这样，宇宙线也没有失去它的先锋带头作用，它是高能物理研究工作的“一条腿”。

由于地球大气层的存在，使得宇宙线的强度和能谱强烈地依赖于当地的大气深度（或高度），这样，能量大于一百亿电子伏的质子，在云南宇宙线实验站的高度将比海平面的多十几倍，更高就会更多。所以，只要我们的课题主要是与高能强作用粒子打交道，为着缩短实验周期和取得足够的统计数，就必须在可能的条件下往高处奔。使用高空飞机、气球、

探空火箭，甚至卫星和飞船，都可以使我们获得更大流强的高能量宇宙线粒子。尤其是我国幅员辽阔，社会主义建设日新月异，建立宇宙线高山站的条件是非常优越的。

汽车披云破雾，在山壁上盘旋了两个小时，到达了山脊地区。回首下望，失却了来时路径，只见茫茫云海，如絮如涛，静静地填塞在千山



多彩的画面，衍生出许许多多名目各别的子孙，最后以“广延大气簇射”的形式，射到地面上来。正如千姿万态的植物存在于地球的各个角落一样，各种粒子，各种作用机制、转化规律和现象，都没有例外地在这个广阔的舞台上“亮相表演”。历史上，正电子、 $\mu$ 子、 $\pi$ 介子、 $\kappa$ 介子、 $\Delta$ 超子、 $\Sigma$ 超子、 $\Xi$ 超子等“基

万壑之间。远方山峰或如孤岛静卧，或如巨轮欲航，或似砥柱中流披雪擎天！我们惊喜地凝望这气势非凡的云海，忘却了路途的疲劳。忽然有人叫：“到了！”汽车转弯处，“头顶青天，脚踏云海，胸怀祖国，放眼世界。”十六个大字霍然展现在我们眼前。迎面小山头上有一群建筑物，这就是我们旅行的目的地——中国科学院云南宇宙线实验站。

水池上上扬起数十条水柱，空压机发着有节奏的轰鸣。我们穿过满列着电器开关柜和控制柜的“电机房”，旁经亮着红灯的“电容间”和“恒温间”，径直到实验大厅，看正在工作的云雾室。巨大的磁铁座落在二楼上，磁云雾室就在它的怀抱里。磁云室的两侧，各装有四支高压脉冲氙灯，拍照时，它们在不到万分之一秒时间内，迸发出强烈的闪光，瞬时光强相当于一支近三亿瓦的日光灯的光亮。我们被邀请到楼上磁铁跟前，透过照相用的斗形孔，看见磁云室象一个巨大的铜框玻璃面的“匣子”，里面除了整齐布列着的几排金属丝之外，好象空无一物。这时，值班员一按电钮，只听一声巨响，我们看见云室里有几道“白线”生长起来又消散开去。随着几次有规律的“长鸣”，细雾渐次化作越来越大、越稀疏的小雨点，纷纷落向底部，云室又云开雾霁空无一物了。我们刚才见到的“白线”就是宇宙线吗？不，那是带电宇宙线粒子的“足迹”。为了弄明白工作人员怎样用这宏观的仪器，去和微观世界打交道，我们不妨边走边议。

### 大自然的启示

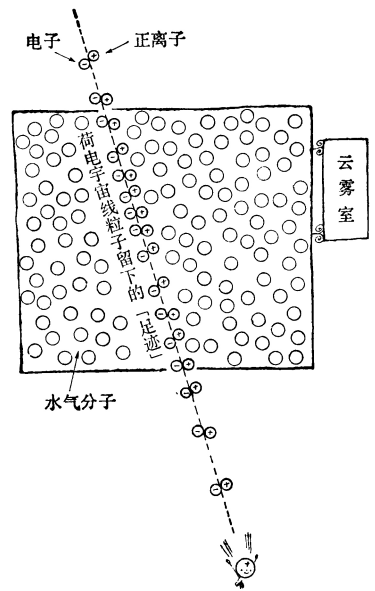
由于宇宙线粒子很小，大多数宇宙线粒子都有很高的能量，它们以接近光速的高速度在飞行着，我们看不见它，也不能捕捉住它来静止地加以研究，人们只能用它与物质作用的次级效应来间接探知它是否“已经路过”或显示它留下的“足迹”。云雾室就是一种显示粒子“足迹”的探测器。它发明于一九二二

年，是个老资格的仪器。 $e^+$ 、 $\mu^\pm$ 、 $\kappa^0$ 、 $\Lambda$ 、 $\Xi^-$ 等“基本”粒子的发现，就是它立下的功劳。那么，它是怎样显示宇宙线粒子径迹的呢？让我们先来看看大自然的启示。

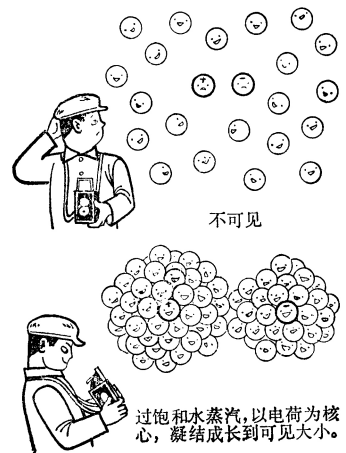
在我们来时的路上，茫茫云海曾给我们留下难以忘怀的印象。可这奇特壮丽的景象为什么不出现在人群密集的山下，却往往只见于高山深谷之间呢？原来，云的生成需要两个条件：一是丰富的水蒸汽和尘埃，二是足够的低温。在低层大气中绝不缺少飞扬的尘埃，峡谷下面的水蒸汽又特别丰富，就是缺少必要的低温；而在它上面更高一点的地方，这二个条件比较容易具备一些。那些很细小的水汽分子，低温下在空气中变得过饱和，纷纷向它们近旁的尘埃颗粒上扑去，从而迅速以尘埃为凝结核心，成长为可见大小的雾粒。许多雾粒的密集就是我们常见的云朵。云朵的大量生成加上稳定的气流条件，就可能堆积形成云海。要是气温再度降低，雾粒还要越裹越大，最后变作重过空气浮力的雨点而降落地面。云雾室就是利用了雾珠生成的道理来实现微观粒子“足迹”再现的。

### “足迹”的再现

云雾室是一个密封的容器，里面充有稀有气体和混合液体，这些液体在常温下以饱和蒸汽的形式，不可见地弥漫在室内，这好比是自然界的空气和水蒸汽。我们知道，多数宇宙线粒子是带电荷的，它们经过云雾室时，将逐一把它的能量的很小一部分传递给路过的气体原子，使之游离为一对正负离子，从而在它飞行过的地方留下一条离子柱，这就是它在云室中的“足迹”。为了显现这条足迹，云雾室中要异常的干净，绝不允许有灰尘和油类大分子存在。要使宇宙线粒子走下的“足迹”成为水珠独一无二的凝结中心。还必须适时地为它制造一个比在灰尘上结雾所需更大的过饱和度——更低的低温。这是用一个突然



的绝热膨胀(快膨胀)来实现的。刚才我们听到的那声“巨响”就是快膨胀动作造成的。工作人员的一个重要任务就是调节膨胀比，把过饱和度和控制到刚好使以离子为凝结中心的雾珠能成长到可见大小，而室内别的小雾珠则得不到充分生长的程度。这样，只要让所选择的带电宇宙线自己来触发云雾室的膨胀和照明照相系统，就能逼真地拍摄下在粒子所留下的离子柱上长成的水珠链所表示的粒子径迹。为了减少不相干的宇宙线粒子造成的本底和准备下一次拍照，在平时要经常用强大的电场去清扫在云室中生成的不



相干的离子，用几次慢膨胀把上次快膨胀遗留下来的雾珠扫除掉。这就是我们刚才看见的一排排金属丝和听见的一声声“长鸣”的作用。

### “足迹”给我们的信息

云雾室拍摄的照片，能给我们那些“基本”粒子世界的信息呢？一幅照片中有因果关联的径迹间的相对空间关系，就包含着这次事件的作用和转化规律的信息。如果能将其中的每一条径迹所代表的粒子弄清楚，这对于整个事例的分析是最好不过的了。为了辨认粒子，需要测出它的电荷、速度和质量，最要紧的是质量。云雾室能直接显示其径迹的都是带电粒子。磁云雾室有一个强大的磁场，通过径迹被偏转的方向可以判定其电荷的正负。从径迹的每单位长度上的水珠数(称“游离密度”)可以得到粒子的电荷和速度的消息。如果再能测出与粒子质量有关的另一个物理量，例如动量，就能计算出粒子的质量。我们知道，带电粒子在垂直于磁力线的平面上通过，磁场与电荷间的作用力将起到一个“向心力”的作用，使粒子的轨道在磁场区弯曲成圆弧形。对这种弧形的曲率进行测量，就可以得到动量的消息。但是高山站工作中经常碰到的具有一百亿电子伏/C动量的单电荷粒子，它在七千奥斯特恒定磁场中的弯曲，只相当于一个半径约50米的圆弧，在云室中部份的弧矢才将近一厘米，在照片上就不到半毫米了。所以，要得到粒子动量的测定值，还需要在工具显微镜下作细致的测量，校正种种误差，并借助于电子计算机进行数学处理，与理论曲线相拟合，经过

“去粗取精，去伪存真，由此及彼，由表及里的改造制作工夫”，才能把粒子动量的信息较可靠地取出来。现在，云南站的同志们，用对云室径迹实行动量和水珠同时测定的方法，在一定的条件下能较好地 把电子、 $\pi$ 介子、质子以及重粒子等分辨开来。一九七二年，他们用大磁云雾室找到一个重要事例，经过测量和计算，很可能是一个质量大于一百亿电子伏的单电荷重粒子。

磁云雾室虽然能独立进行质量测定，但是由于其最大可测动量和游离误差的限制，不能在任何情况下把粒子的质量测的很准。为了增加数据，从而增加工作的可靠性，在磁云室的正下方设置了一个“下云室”。里面放了十三块金属板，这相当于给进入下云室的粒子布置了约1.7个核作用长度和十几个辐射长度的作用物质，来看看它通过时将有 什么情况发生。一般说，在这个下云室中，强作用粒子应该产生 $\pi$ 介子或其他强作用粒子，电子就必然通过产生光子和光子又变成电子与正电子，这样循环反复而发展成电磁簇射。 $\mu$ 介子则除了损失能量将不产生什么作用。这样，根据粒子在下云室的行为表现，可以帮助判断其性质或者得到能量、寿命下限等新的辅助参数。因此，上、下二云雾室统一控制、同时拍照，可以在测量分析中再排除一些疑点，从而更多更准地取出微观世界的物理信息来。

### 不断革新

大型电磁铁是这里最庞大的设备，而为它服务的设施就多了。立在二楼的磁铁重175吨，磁级上装

有内冷式大线圈。为了供应线圈直流电流，配备了两间“电机房”，其中的大功率硅设备及其附属设备，取代了以往的直流发电机系统。这是上海整流器厂的工人同志们在文化大革命后，特地为高山站制造的。那些内冷式大线圈，云室两侧的大型闪光灯和一大批高压大电容等，都是六十年代初期，我国工人阶级在毛主席自力更生方针的指引下，蔑视帝修反的垄断、封锁，相继为高山站研制生产出来的，是大跃进的产物。为了保证磁场持续而稳定的工作，最近还修建了一个大水池，有跌水、混水和扬水设施。在三千多米的高山上能够常年维持这样一个大磁场，还是高山站工作中没有先例的事情。这是山区工人、贫下中农、解放军和高山站的同志们共同劳动的成果。这次，我们不便详细去参观恒温控制系统，因为那里正在紧张地进行着改进工程。但是我们已经清楚地看到了，这里装备着的以大型云雾室组为中心的一系列设备，正是在党的领导下，在工农兵的热情关怀和各有关单位的大力协同下，不断革新，从无到有，它充分显示了群众办科研的优越性。

我们离开了紧张工作着的实验室，外面正是丽日兰天的好天气。回首我们刚才参观过的地方，“头顶青天，脚踏云海，胸怀祖国、放眼世界”十六个大字显得格外分明，格外亲切。这个完全用我国自己的设备和技术武装起来的高能物理实验园地，作为独立自主、自力更生的例证，文化大革命的成果之一，正在发展壮大着。在汽车就要把我们载离这个深山白云间的科研园地的时 候，我们预祝战斗在乌蒙山巅的战友们，~~在党的领导下，继续为祖国的建设事业作出新的贡献。~~坚持开门办科研的方向，走与工农兵相结合的道路，发扬艰苦奋斗的传统，为重粒子事例续写出新的篇章，为我国的高能事业作出贡献！

