



日本宇宙线考察散记

丁 林 垵

在中日和平友好条约签定、邓付总理即将访日的大好形势下，我们中国科学院宇宙线物理考察组来到一衣带水的邻邦——日本。在四个星期的时间里，先后参观、访问了东京大学宇宙线研究所及所属明野观测站、乘鞍观测站、东京大学宇宙航空研究所及所属三陆大气球观测站，以及理化所、早稻田大学、京都大学、大阪市立大学、神户大学和名古屋大学的宇宙线研究机构，会见了日本宇宙线界的老朋友，又结识了许多新朋友，增进了彼此的友谊，实地了解了日本宇宙线研究的状况和经验。

(一)

中日两国人民的友好往来源远流长。中日两国宇宙线研究者的交往也至少可以追溯到二十多年前。1957年，日本宇宙线研究者渡濑、关户、藤本、镰田随朝永振一郎教授来华访问，曾到云南落雪站参观。渡濑先生已于去年五月去世，这次我们会见了其他三位老朋友。他们怀着深情回忆了当年张文裕、力一、肖健等同志对他们的友好接待。关户先生已经退休，特意赶来参加聚餐，还把二十一年前访华时拍摄的照片制成幻灯，放给我们看。尽管色彩已不十分鲜艳，但其中的一人一景我们都非常熟悉，倍觉亲切。镰田教授拿出了他珍藏的访华照片集，在其中，我们考察组组长霍安祥同志，才二十几岁哩。这生动地说明，

时光虽已流逝，年事虽已变迁，但两国人民的友谊却是历久不衰的。

西村纯教授是现任日本宇宙线研究者会议主席，是一位知名科学家。他开创了乳胶室，又开创了具有日本特点的大气球工程，对日本宇宙线研究的发展作出了很好的贡献。他去年访华时，曾对我国宇宙线研究提过一些中肯的建议。这次他听说我们正在试放气球，又详细介绍了气球试制阶段的经验。在我们回国前夕，还特意派他的助手送来气球材料检验的样品和有关资料。西村教授积极促进日中两国宇宙线研究的交流和合作，给我们留下了很深刻的印象。

在日本朋友中，还应该特别提到岬晓夫助教和太田周助教授。他们出席1966年北京暑期物理讨论会以后，就积极参加日中友好运动，争取恢复两国邦交。两国建交后，他们又不断与我院联系，力主实现两国宇宙线研究的合作。共同攀登科学的高峰。由于“四人帮”的破坏，他们的来信得不到答复，但他们并不灰心。这次我们见到了太田先生（岬先生不在日本），真是一见如故，分外亲切。我们介绍了我国人民在华主席为首的党中央领导下，正在为实现四个现代化而奋斗的大好形势，对朋友们多年的努力表示深切的感谢。

乘鞍宇宙线观测站设在海拔2770米的乘鞍山上，我们去山上参观，该所事务所长奥田先生亲自驾

车来接我们上山。在离开乘鞍站的前夜，日本朋友演唱民歌表示惜别。奥田是当地歌手，那晚兴致又极高，一连唱了好几首歌。陪同我们上山的棚桥教授已五十多岁，这天也和着乐曲，边歌边舞。情景动人，难以忘怀。有诗为证：

秋高气爽访乘鞍，
主宾欢叙情谊长。
老友伴行不辞劳，
新朋绍介实周详。
犹记来途忆旧谊，
更喜别前续新章。
不畏崎岖共攀峰，
人民友好世代传。

(二)

日本宇宙线研究的历史比较久，力量比较强，许多研究成果居于世界前列。

三十年代，仁科芳雄首先在理化所开始了宇宙线研究活动。

战后，日本的原子核研究被禁止，许多核科学家转到宇宙线方面来。到五十年代，日本的宇宙线研究已相当活跃，分为一次线（即原初宇宙线，当时主要是宇宙线强度的观测和研究）和二次线（即次级宇宙线，主要是高能相互作用的研究）两个主要的领域。

六十年代至七十年代，由于高空气球、火箭和人造卫星的发展，日本原初宇宙线的研究更趋活跃，在许多单位陆续形成了专门的研究集体。宇宙线强度的连续观测已坚持了三十年。除此，又开辟了许多新的领域。从直接测定原初宇宙线的质量、电荷、能谱，到X射线、 γ 射线、红外线天文，从陨石、宇宙尘，到宇宙线生成核素，都做出了许多成果。但是，由于日本的气球受到国土的限制，飞行时间较短，人造卫星也正处在发展阶段，这个领域的研究正在迈向更大的规模和更高的水平。

宇宙线超高能现象的研究，直到目前，在日本一直是一个受到很

大重视，投入了主要力量的学科分支。这方面的工作做得很多，主要有乳胶室、广延大气簇射、超高能 μ 、 ν 三个方面。

乳胶室是在乳胶迭基础上发展起来的一种超高能探测器，它可以记录能量高于 $1\text{TeV}(=10^{12}\text{eV})$ 的粒子。在日本，用乳胶室来研究超高能现象受到了广泛的重视。他们把乳胶室放在飞机或气球上以记录超高能强子引起的作用；把乳胶室放在地下以记录超高能 μ 子引起的作用；把很大面积的乳胶室放在高山上作长达一年的记录。后者，成为当前研究 10^{13} — 10^{15}eV 能区现象的主要手段。日本用乳胶室研究超高能现象在下列几方面取得的成果比较突出：

1. 通过大量事例的统计分析，发现 10^{14}eV 附近的强相互作用不完全服从标度规律；

2. 发现了 Centauro 型事例，表明在 10^{15}eV 能区，可能存在一种特殊的相互作用，其特点是次级粒子多重数高，平均横动量大，正反核子对大量产生，而很少产生 π 。

3. 发现了 Titan 型事例，它的作用能区也是 10^{15}eV ，主要特点可能在于横动量大，多重数低。他们认为可能是部分子—部分子硬碰撞的结果。

近几年，日本宇宙线研究者正

在实行一个雄心勃勃的计划，就是将 10^{15} — 10^{18}eV 宇宙线超高能作用产生的粒子“一网打尽”。他们在明野村新建了一个一平方公里的广延大气簇射(简称EAS)阵列。目前世界上共有二十几个EAS阵列在工作，但布置一个这样大的、能同时探测EAS的电子成分、 μ 子成分、强子成分和契伦柯夫光的阵列，这还是第一个。这就是他们称做“一网打尽”的原因。他们想通过多种成分的同时观测，减少分析实验结果时的任意性，以进一步研究原初宇宙线的能谱、成分和超高能核作用的特征。

μ 子和中微子的研究在日本也很受重视。日本建造了一台世界上最大的 μ 子磁谱仪(叫做 Mutron)，最大可测动量为 $10\text{TeV}/c$ 。他们利用超高能 μ 子直接产生电子对几率随能量增大的性质，试制了对产生谱仪(Pair Meter)。他们还在印度的深矿井里做 μ 子和中微子实验，找到了几个可能是中微子作用产生重轻子的事例，还记录到了可能是中微子和电子作用产生的电磁簇射事例。

(三)

过去几十年，宇宙线研究给“基本”粒子物理提供了重要的材料。几乎所有的稳定粒子及其基本性质都是在宇宙线研究中发现的。随着

加速器能量不断提高，宇宙线高能研究不断向更高的能区挺进。超高能宇宙线流强极弱，即使使用面积很大的探测器作长时间的观测，也只能得到为数不多的事例。超高能作用又大都发生在大气高层，人们在地面观察到的是已经复杂化的次级过程。这些因素，使一些人对宇宙线的实验结果不大重视，存在种种非议。但令人惊异的是：在如此不利的条件下得到的宇宙线实验结果，大多数都成了后来加速器实验的响导。日本宇宙线科学家多年来顽强地、充满信心地坚持超高能区宇宙线的科学实验，他们作出的许多贡献，受到各国科学家的重视。最近，美国高能物理学家请他们去讨论，为下一步设计更高能量的加速器提供依据。

日本宇宙线研究的主要力量是放在实验上。他们比较注意探测仪器的工作，创造了不少适于作超高能探测的实验装置。日本发达的工业也为科学家提供了大量现成的产品。当他们在物理上有了想法，安排实验比较快。所以，他们的物理思想也可以比较快地得到检验。而我们过去花过多的精力去安装线路，加工设备等等，使单项实验的周期拖得很长，效率很低。希望有关部门采取措施，切实解决实验条件这一重要问题。

我们看到，日本宇宙线研究的队伍比较精干。一个所四、五十人，一个室几个人至十几个人，做了许多工作，他们选拔科研人员比较严格，因而一般科研人员的基础理论和基本训练都比较扎实。同时，他们的宇宙线研究分布在许多大学和研究所，交流频繁，合作密切。东京大学的宇宙线研究所是全国共同利用的单位。这种体制，有助于形成不同特色的研究集体，也有利于集中资金建造某些必要的大型设备。这些方面都是值得我们借鉴的。

(四)

我国的宇宙线研究在五十年代



与日本的差距不算很大。由于林彪、“四人帮”的干扰、破坏，差距拉大了。今天，在英明领袖华主席的领导下，我们要把失去的时间夺回来，在有条件的领域迎头赶上去。

近几年，高山乳胶室研究给出的信息很吸引人。我们应该不失时机地把 10^{14} — 10^{15} eV 能区的现象作为主要努力目标之一，认真作些研究，把大面积高山乳胶室作为当务之急搞起来。一九七二年，我们曾经找到一个可能的重质量荷电粒子事例，由于仪器的限制，至今还没有得到进一步的结果。我们应当用乳胶室把找重粒子、找层子以及研究新型相互作用的工作继续做下去。

更高能量的加速器出来之后，乳胶室工作的能区就缩小了，但是，广延大气簇射有广阔的天地可供驰骋。应该准备条件，特别是注意研制大面积的、价廉的、效率高的计数器探测系统。一旦条件成熟，就容易上。

还有宇宙线超高能 μ 、 ν 的探测，既可研究 μ 、 ν 本身在超高能区的作用性质，也可研究超高能强作用中产生粲粒子及其它新粒子的规律，特别是研究中微子的意义更大，因为它直接来自宇宙，可以研究天体物理的有关问题。这个领域的工作应该受到更多的重视。

如果说宇宙线高能物理的研究愈来愈受限制的话，“山穷水尽疑无路，柳暗花明又一村”，宇宙线天体物理则是一个新的储量丰富的宝藏，极待开采。要开采这种宝藏，一靠核物理探测手段，二靠运载工具。所以要把运载工具搞起来。没有它，只能“望天兴叹”。

总的来说，宇宙线主要是做探路工作的。探路很重要。就像一场大的战斗，总要有侦察部队了解敌情；一项宏伟工程，少不了地质尖兵踏勘钻探。我们学日本及其他国家宇宙线同行的经验，学他们的先进技术，目的只有一个：洋为中用，作好我们的“侦察”、“踏勘”工作。