

# 2016 威海暑期学校结业报告

题目：关于未来粒子物理实验中量能器  
的思考

姓名：张俊斌

单位：中国科学技术大学

导师：刘树彬

专业：物理电子学

Email: [junbin@mail.ustc.edu.cn](mailto:junbin@mail.ustc.edu.cn)

# 关于未来粒子物理实验中量能器的思考

首先，很荣幸能参加了第二届威海高能物理暑期学校，不仅让我能够在威海这个美丽的海滨城市度过炎热的夏天，更重要的是拓宽了视野。从清华大学高原宁教授的报告中我了解到了中国高能物理的发展历史短暂，成果颇丰。但我们远远不满足这些，目前国内高能物理学界还没有率先提出一个新物理模型，并开展实验。这次暑期学校邀请了国内外知名的教授专家给我们带来很多精彩的报告，虽然这些报告更偏重理论和数据分析对我一个电子专业的学生来说，完全听懂是件困难的事，不过这些报告给自己相对熟悉的领域带来一些思考。

目前来看研究粒子物理主要是两种手段，一是研究已经存在粒子，比如宇宙射线、暗物质粒子的直接探测（默认假设暗物质粒子存在）；二是用对撞机“制造”粒子来研究，无论哪种，粒子物理实验都是价格不菲，尤其是第二种。我甚至怀疑过对撞物理的未来，怀疑对撞物理学家带错方向，永远在花更多的钱不断追求更庞大、更高能的对撞？很快我就消除了怀疑，很多人都会应被时代的局限性而对未来产生焦虑，就像当初世界上第一个重达 30 吨电子管计算机发明之后，当初谁能料到如今计算机不是重达 100 吨而是可以随身携带。记得 CEPC 计划刚提出时我是持反对的态度，不想让中国政府花重金参考 LHC 建造一个规模更大的对撞机，去追求前途并不明朗的新物理。换句话说，如果当初有人花重金造了第二台 50 吨的电子管计算机，而后出现半导体革命，我希望不是我们造了这台计算机。后来我不这么想，科学发展永远不可能等来万事俱备，你来收割。如果中国的粒子物理学家不能方便地开展更多的最前沿粒子物理实验，就只能跟在别人后面做些修修补补的工作。我们的确需要一台前沿的对撞机，如果我们做到了，粒子物理实验新的技术革命很有可能出现在中国。

从现代的粒子实验来看，对撞物理一般用最高能的强子对撞来发现新物理，用低本底的轻子对撞来精确测量。不管是哪一种，随着粒子物理实验手段的发展和物理目标的提出，对下一代能量器提出一个需求，希望对物理事件中的各个喷注(jet)（图 1 所示），的能量进行精确的测量，传统量能器特别是强子量能器的精度很差，导致 jet 能量测量的精度较差。新一代粒子流量能器及粒子流算法提出带电强子由径迹探测器测量，光子由电磁能量器测量，中性强子由强子量能器测量。这种量能器和算法能够提高 jet 的测量精度，主要原因是因为粒子流量能器的高颗粒度的特性，能够有效的分辨量能器中粒子的成分。

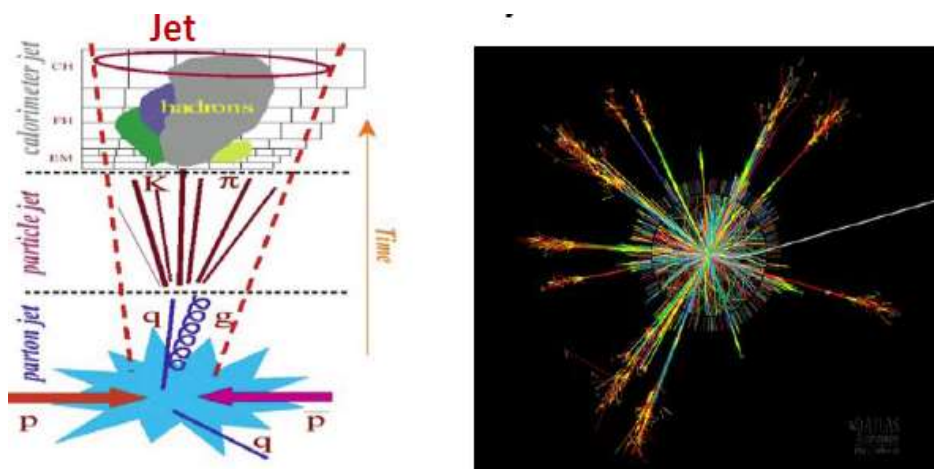
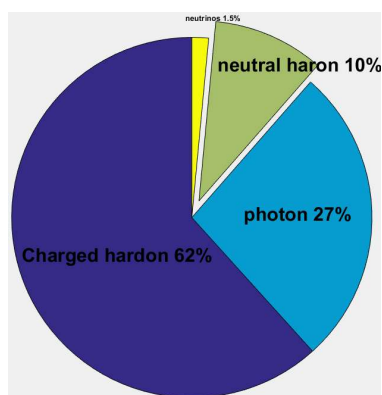


图 1

由于量能器的高粒度的特性，电磁量能器能区分光电子和强子，而强子量能器能区分出带电和中性强子。粒子流算法（PFA）提出在 jet 能量中，带电粒子由径迹探测器测量，光子有电磁量能测量，中性强子由强子量能器测量。从而提高 jet 能量测量的精度。



- Charged particles – tracker
- Photons – electromagnetic calorimeter
- Neutral hadrons – hadronic calorimeter

图2 jet 能量分布

不过高颗粒度的量子器也面临着诸多的挑战：

- 读出电子学的厚度，尽量减小量能器的体积和减小探测死区。
- 海量通道数，带来读出的压力。
- 功耗、散热，通道数巨大且空间狭窄，如何降低功耗和散热。
- 数据压缩，海量通道如何逐步压缩后传到 DAQ 后端。

我相信这些困难肯定会被克服，在国内研制一套粒子流算法的高粒度量能器为 CEPC 最终的建设提供一定技术积累。