在高能对撞机上寻找超出标准模型的新物理是粒子物理实验的重要前沿。作者基于ATLAS实验，利用量能器的信息寻找长寿命的粒子，选题具有重要科学意义。作者提出了一种新的神经元网络方法，有效提升了信号与本底的区分，非常出色。论文也有一些值得进一步改进的地方。

摘要： “位移喷注”是什么意思？

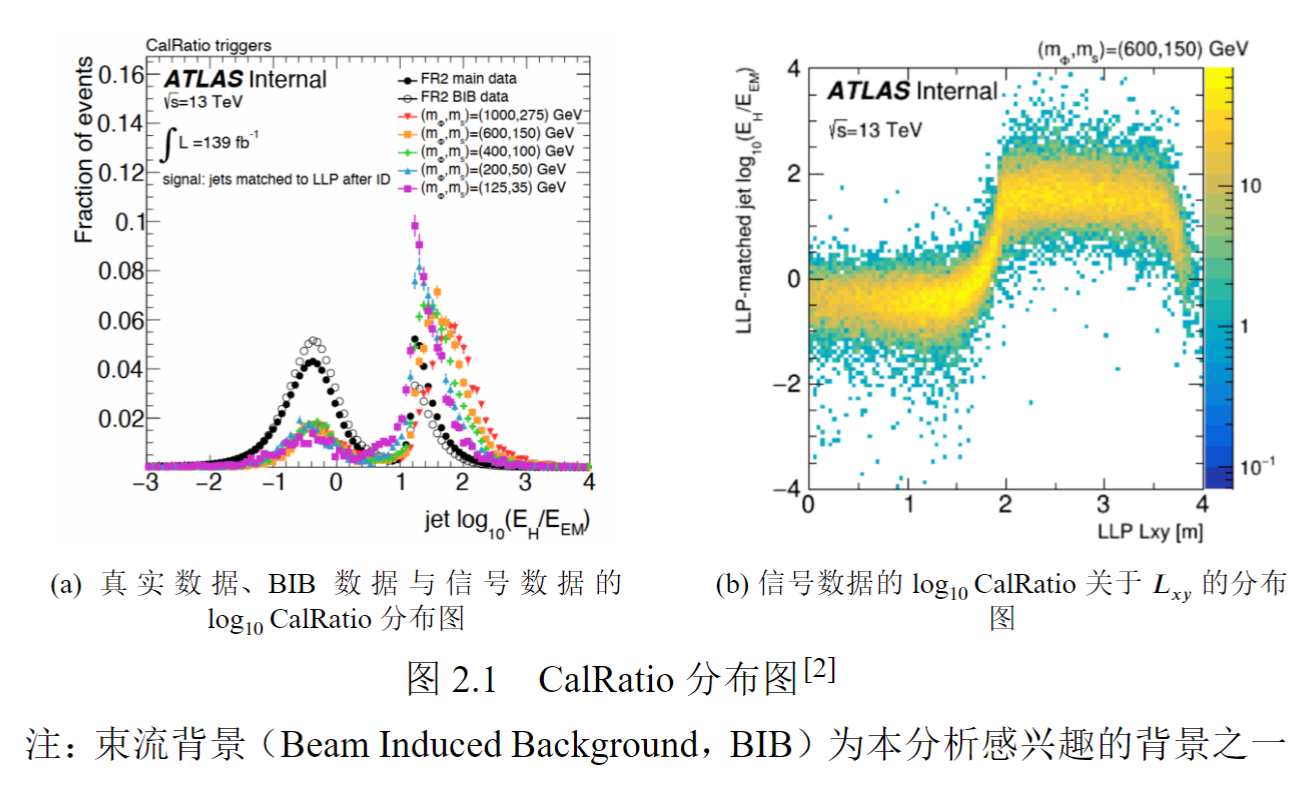
摘要写的过于技术细节，缺乏物理。

改成：

本论文基于 ATLAS 探测器量能器信息，提出并实现了一种多阶段训练的神经网络分类架构，用以识别由长寿命粒子衰变产生的位移喷注。喷注除了要满足位移喷注的衰变顶点偏移初级顶点的要求外，还需满足喷注宽度窄、强子量能器能量沉积的比例显著等有别于信号与背景特征的要求。论文使用图神经网络对喷注产生的径迹、量能器、μ 子谱仪信息进行特征提取，实现了对信号与背景的有效区分。同时网络训练过程中引入控制区域喷注信息，牺牲一定信号识别能力的同时有效减小了由真实数据与模拟数据之间的差异带来的网络预测分数分布差异。该方法相较于 ATLAS 实验在 Run 2 分析中使用的一维卷积加上 LSTM 网络，将背景区分能力提升了三倍，同时有效减小了在真实数据与模拟数据之间的错误建模。

图2.1：什么叫“探测器数据“？ ”BIB“是什么？ “不同的信号数据”？正文缺乏必要的交待。

“探测器数据”改成“真实数据”，加了说明BIB的图注，“不同的信号数据”删去了“不同的”，两张关于Lxy的分布改成一张。



2.1节绝大部分是技术细节，物理背景介绍过少，而且一上来就展开这么详细的技术细节，不是很合理。也许可以把技术性部分单独作为一节，放在本章末尾。

只保留了说明LLP概念的一段，剩下关于信号LLP在探测器的特征放到了这章的最后一节。

3.1 “内部径迹探测器的覆盖范围可达 |𝜂| < 2。 ”只到2吗？

改成2.5

P14：最好能给出signal 的代表性费曼图。或者把4.1.2节提前。没有先介绍信号如何产生就开始介绍“信号数据”，结构不合理。

把费曼图、信号通道的介绍提前，把“模拟数据”小节和“探测器数据”小节对调。

P21：为何一定要用神经元网络？

在NN的第一段加入：

相较于同为分类器的 BDT，NN 作为高容量模型，当选取了合适的网络结构和超参数后，NN 具有更强的函数逼近能力（Universal Approximation Theorem）。与之相对，BDT 依靠集成弱学习器（浅树）来降低分类的偏差和方差，但其单棵树的分裂方式和叶子统计无法像神经网络那样灵活地近似任意复杂函数，特别在数据量极大、特征空间高维时，深度网络往往能获得更优泛化性能。

图5.8 数据与MC仍然存在差别，文中缺乏相关的讨论。而且是否只需要看这个BIB score变量就足够了，是否需要关注其它的变量的modelling？

对图5.8的讨论加入：

尽管图 5.8(b) 中的比值分布仍然存在一定偏差，但是从图 5.7 中得到的无法拒绝原假设的结论可以知道这样的偏差是可以接受的。并且同样的结论对于信号预测分数、QCD 预测分数也成立。

“同时相较于 RNN 有大约三倍的分类性能提升”是否理解提升主要来自哪里？

对ROC的说明加入：

由于分析使用了与 RNN 相同的输入变量和训练集，ROC 的结果说明改变网络架构使得 GNN 拥有比 RNN 更强的特征提取能力，能够更好地捕捉到信号与背景之间的差异。

第六章：下一步计划呢？

下一步计划评估 GNN 在信号区域不同数据集的表现（根据 LLP 的质量划分），考察信号鉴别能力与系统误差。并且尝试用 Run 3 数据集进行训练，评估GNN 在新数据集上的表现，探究与 Run 2 数据可能存在的差别。