

# 文献汇报

庄胥爱. LHC实验中超对称粒子及暗物质的寻找[J]. 现代物理知识,2013(1):47-54.

朱宸正. 博士学位论文—ATLAS 实验单轻子和双陶子末态超对称粒子寻找[D]. 北京. 中国科学院大学,2021.

# 内容介绍

- 《LHC实验中超对称粒子及暗物质的寻找》
- 汇报内容主要包括SUSY (Supersymmetry) 理论相较于标准模型的重整化性质、目前基于LHC运行数据分析SUSY理论存在可能的研究方案原理进展。
- 《ATLAS 实验单轻子和双陶子末态超对称粒子寻找》
- 汇报内容为通过 $\tilde{\tau}$  粒子直接产生过程的寻找过程归纳超对称粒子寻找的一般方法、流程。

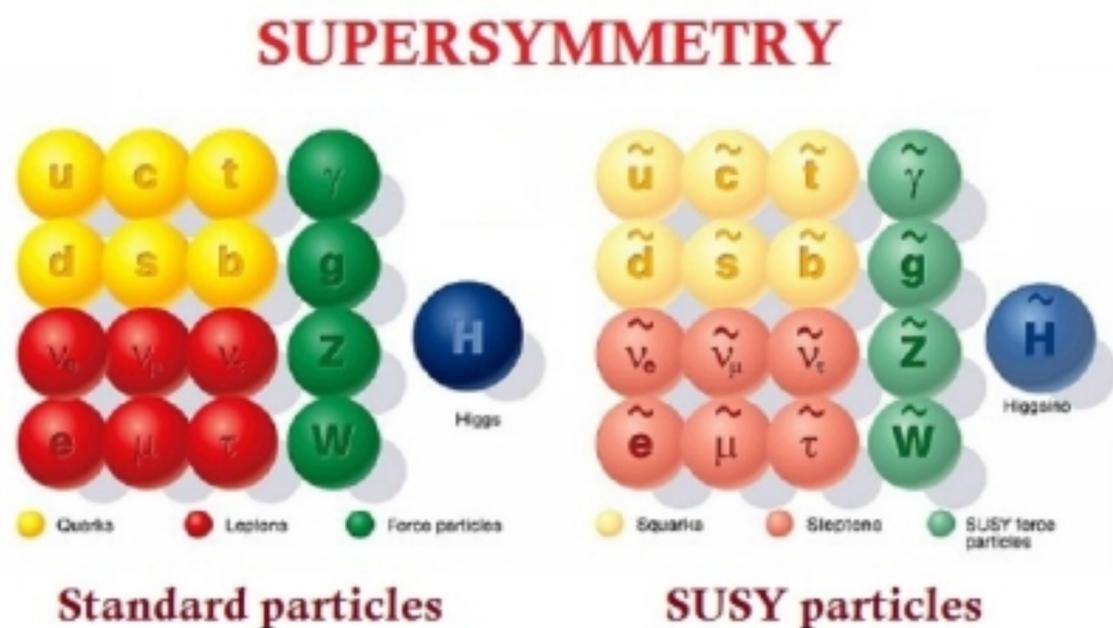
# 研究背景

## 标准模型存在不足

- 目前为止，标准模型在电弱能区的成功，高能区存在问题；
- 如希格斯质量的二次发散问题、规范等级问题；
- 实验方面，标准模型无法解释中微子振荡问题、无法对暗物质的起源进行一个很好的解释。

# 研究背景

## 标准模型与超对称模型示意图



三代费米子

	I	II	III	
质量→	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
电荷→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
自旋→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
名字→	<b>u</b> 上夸克	<b>c</b> 粲夸克	<b>t</b> 顶夸克	<b><math>\gamma</math></b> 光子
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
夸克	<b>d</b> 下夸克	<b>s</b> 奇夸克	<b>b</b> 底夸克	<b>g</b> 胶子
	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b><math>\nu_e</math></b> 电子中微子	<b><math>\nu_\mu</math></b> $\mu$ 子中微子	<b><math>\nu_\tau</math></b> $\tau$ 子中微子	<b><math>Z^0</math></b> Z 波色子
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	$\pm 1$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
轻子	<b>e</b> 电子	<b><math>\mu</math></b> $\mu$ 子	<b><math>\tau</math></b> $\tau$ 子	<b><math>W^\pm</math></b> W 波色子

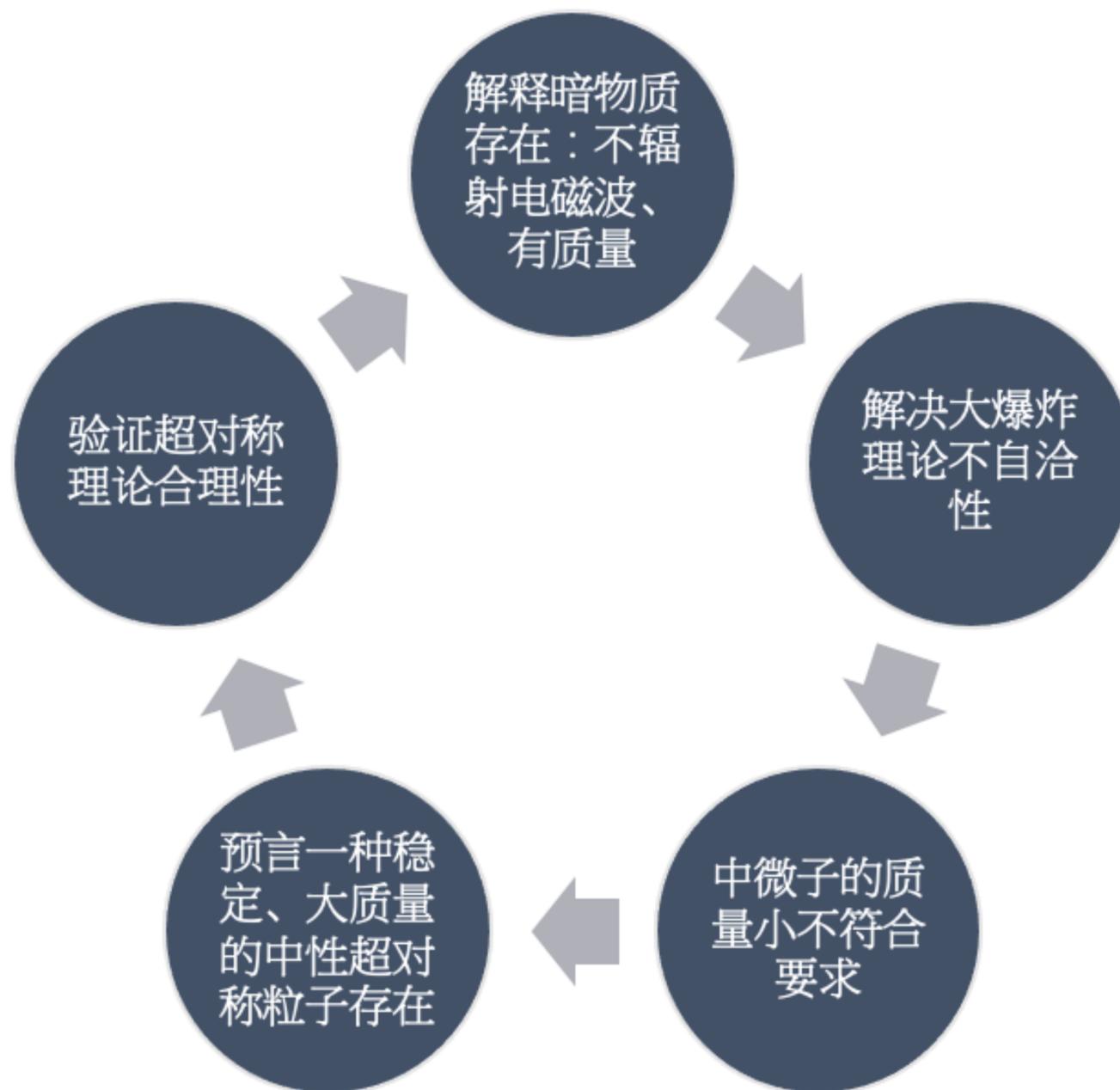
# 研究背景

## LHC实验中超对称粒子及暗物质的寻找

- 超对称模型能够在包含引力相互作用的同时统一自然界三种相互作用力；
- 对标准模型进行超对称化后，基于超对称的大统一模型可以很好的促使三个规范耦合常数收敛合一。

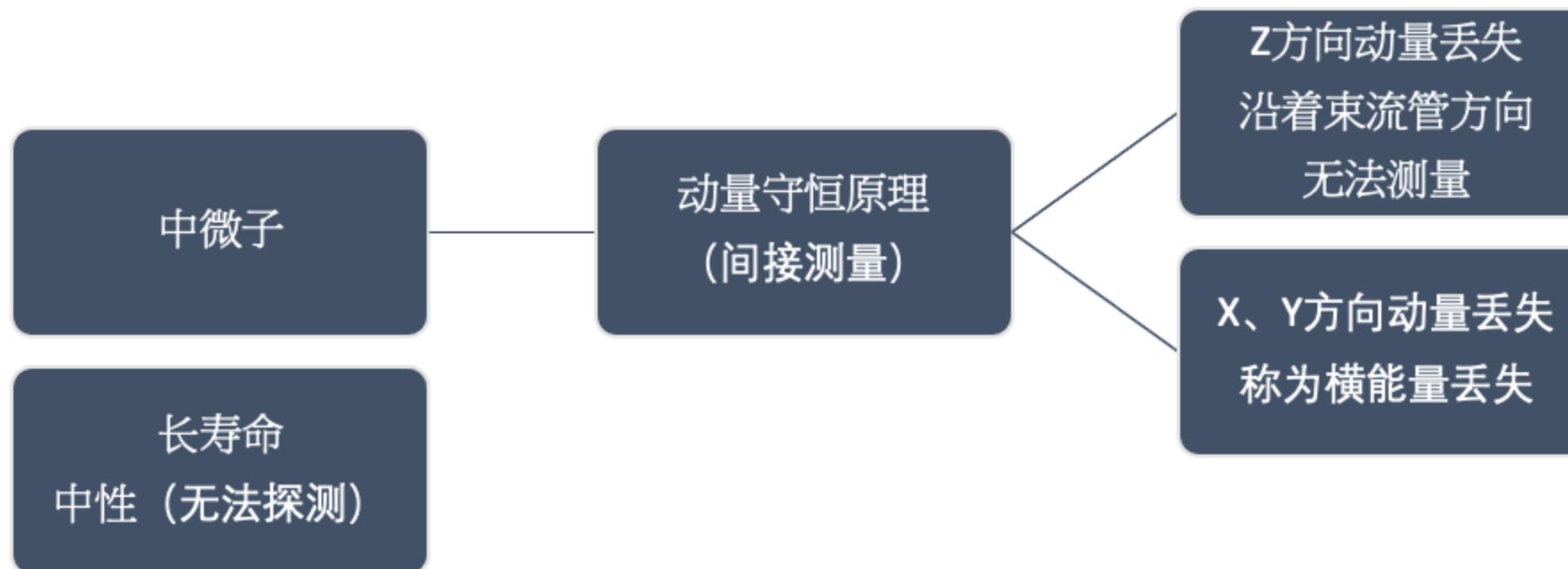
# 研究方案

## 暗物质与SUSY理论



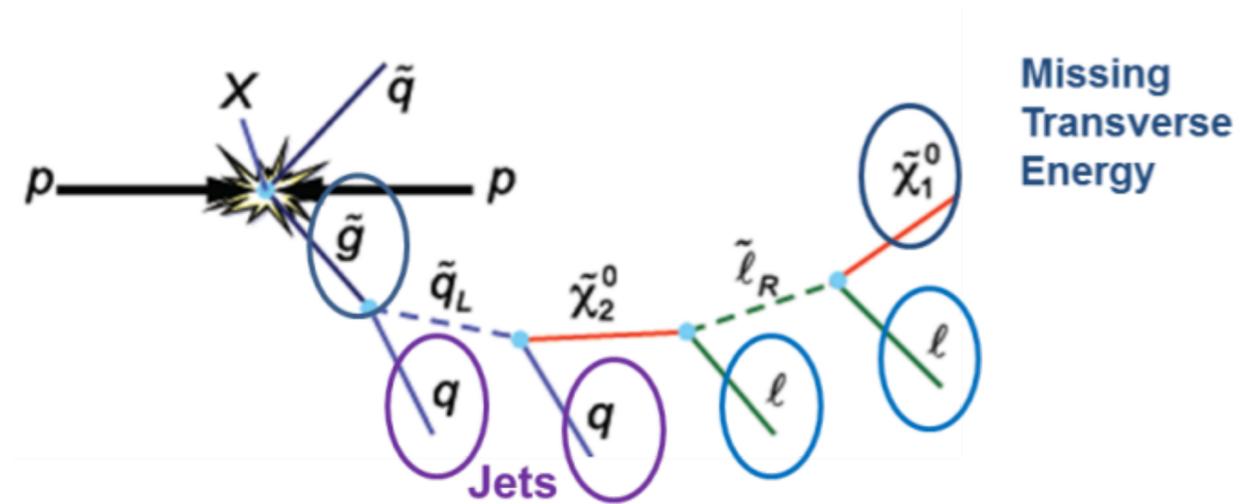
# 研究方案

## ATLAS 实验中超对称粒子的寻找



# 研究方案

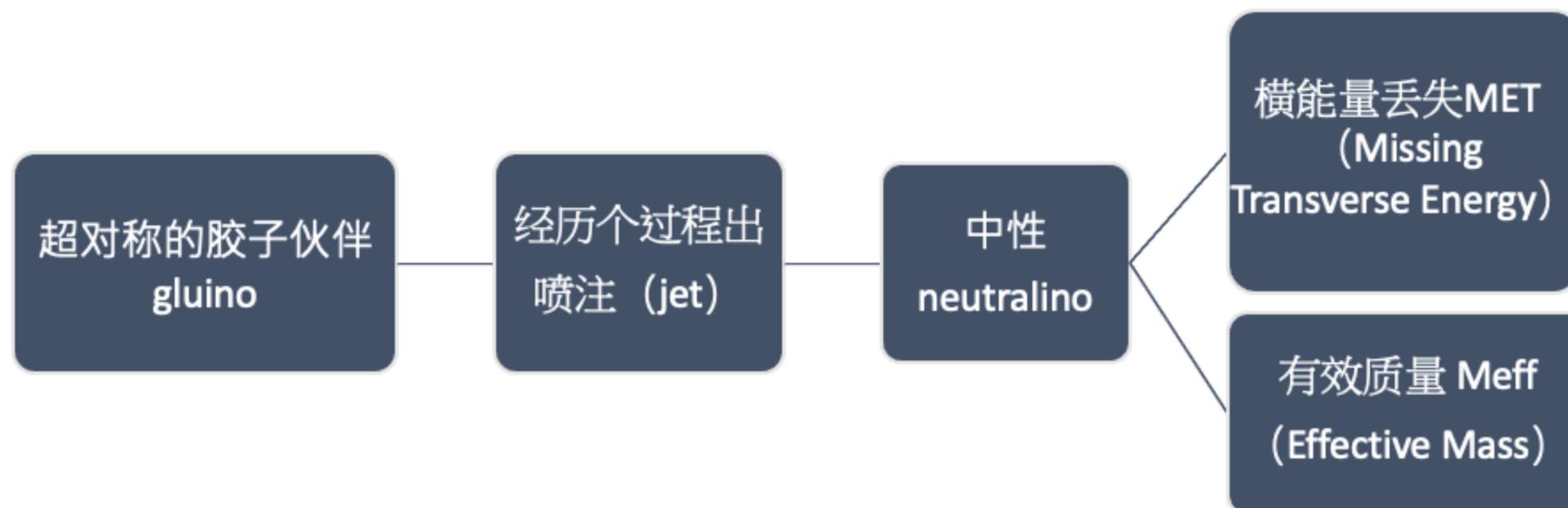
## 质子-质子对撞后超对称粒子成对产生及衰变过程



R 宇称守恒下质子-质子对撞后超对称粒子成对产生  
超夸克  $q_{\tilde{}}$  和 gluino  $g_{\tilde{}}$  对产生

# 研究方案

## 宇称守恒下质子-质子对撞后超对称粒子寻找



# 研究进展

## 在LHC上寻找超对称粒子的进展

- ATLAS 实验从 2010 年开始到 2012 年底获取的 7 TeV数据和 8 TeV的数据于 2014 年分析结束；
- 研究人员给出了不同超对称粒子已排除的质量下限；
- 2015 年对撞机的能量升级到 14 TeV，已获取更多数据；
- 2022年7月4日，希格斯粒子发现十周年，LHC宣布开始第三次取数。

# 研究背景

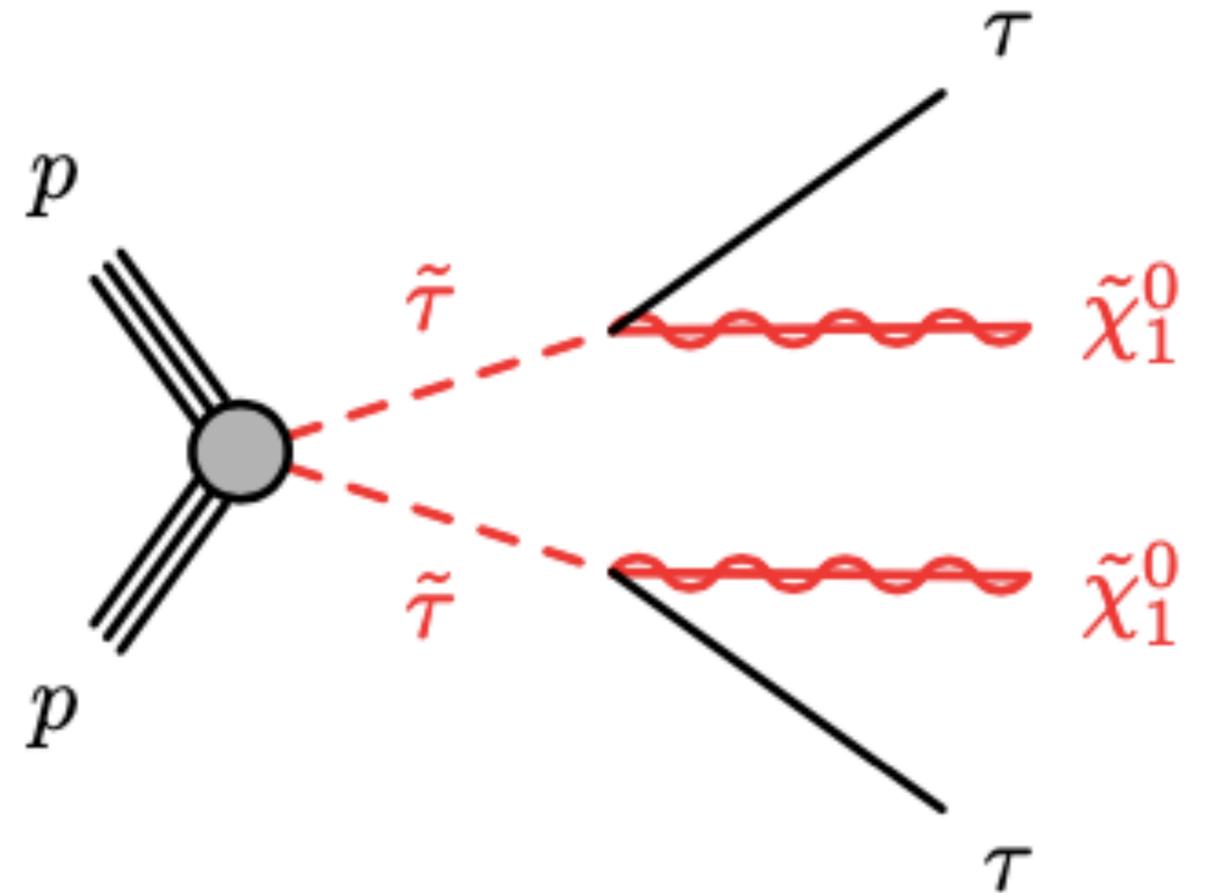
## ATLAS 实验单轻子和双陶子末态超对称粒子寻找

- 电弱相互作用产生的超对称粒子寻找逐渐成为了 ATLAS 超对称粒子寻找的主要目标；
- 已有研究对  $\tilde{\tau}$  进行直接寻找并排除了  $\tilde{\tau}$  质量小于 86 GeV 的质量区间；
- ATLAS 排除了  $\tilde{\tau}$  质量为 109 GeV， $\tilde{\chi}_1^0$  质量为 0 GeV 的质量点；
- CMS 排除了  $\tilde{\tau}$  质量小于 150 GeV 的质量区间。

# 研究背景

## $\tilde{\tau}$ 粒子直接产生和衰变的简化模型

- 一对电荷相反的  $\tilde{\tau}$  粒子对由  $pp$  对撞直接产生；
- 随后每一个  $\tilde{\tau}$  粒子都衰变为一个标准模型  $\tau$  粒子以及最小超对称粒子  $\tilde{\chi}_1^0$  (LSP)。



# 事例选择

## 提高信噪比

- 选择重建粒子（顶点测量、动量测量、径迹外推与匹配）；
- 对选择的基准粒子进行进一步的去重合；
- 选择触发器。

# 信号区定义

## 提高信号样本显著性

- 根据信号本底特征使用一些可以压制本底过程而对信号影响不大的筛选条件进行事例初选；
- 进一步约束信号和本底不同动力学变量的选择条件。

# 本底估计

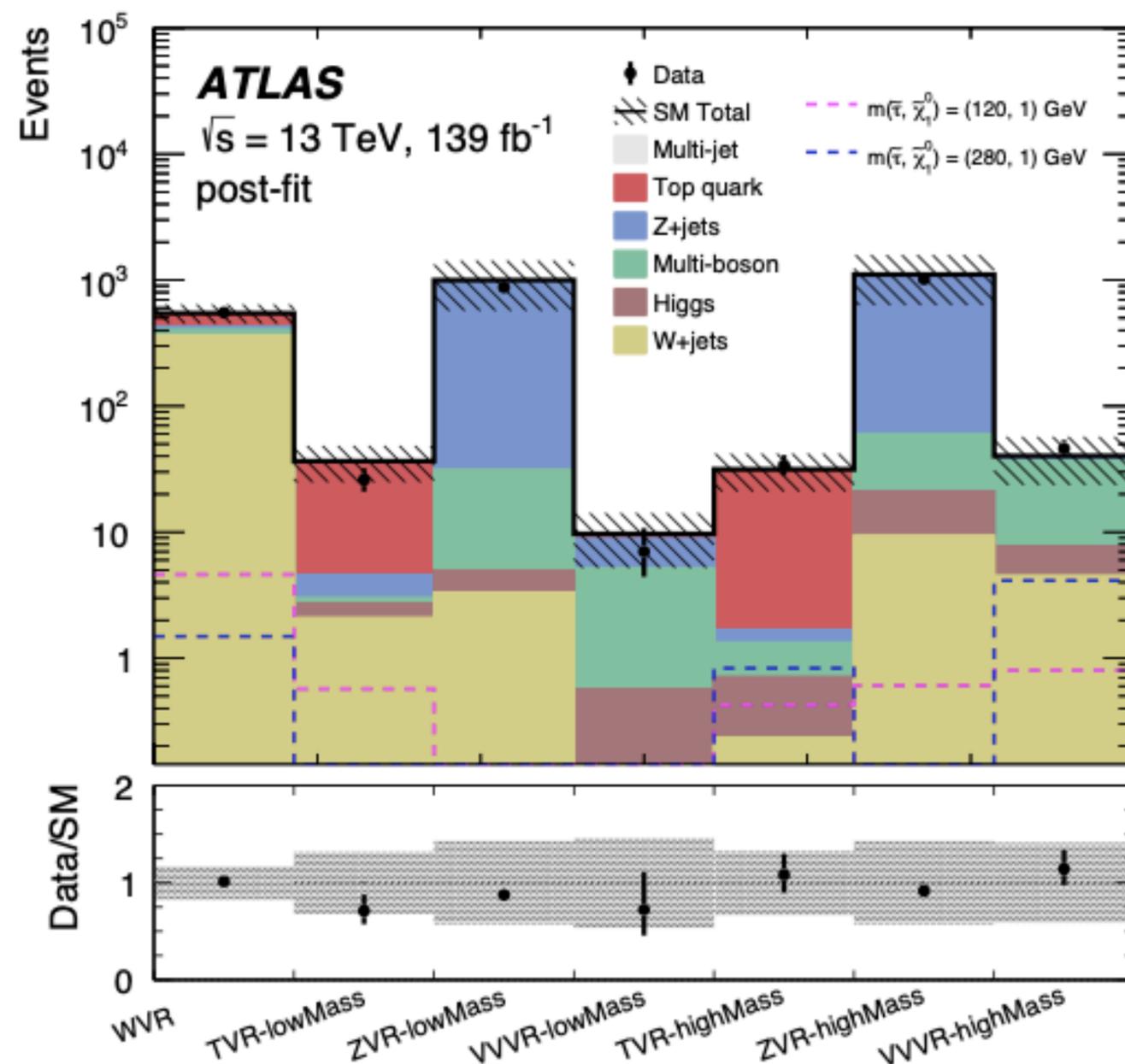
## 判断结果及分析准确性

- ATLAS 的  $\tau$  鉴别能够很好的去除 fake  $\tau$  ；
- Multi-jet 本底的产生截面极高，Multi-jet 过程是此分析中的一个主要本底；
- 定义 W+jets 本底统计量高且占主要贡献的控制区(WCR)，在控制区与真实数据进行拟合得到修正 W+jets 本底事例数的修正系数；
- 使用验证区(WVR)来验证本底拟合的准确性；
- 进行本底拟合后各个验证区的预期本底和真实数据的对比，判断信号在这些区域中的贡献。

# 本底估计

## 验证区的预期本底和真实数据事例数

- 预期本底数与真实数据符合较好；
- 信号在这些区域中的贡献可以忽略；
- 这些本底的 MC 估计是准确的。



# 系统误差分析

## 提高结论准确性

- 实验误差
- 理论误差
- 本底估计方法带来的误差

# 结果分析

## 使用拟合来进行新物理模型的寻找和排除分析

- 纯本底拟合(Background Only Fit)
- 模型无关拟合(Model-independent Signal Fit)
- 模型相关拟合

# 本周工作进展

**2022.7.3-2022.7.9**

1. 注册高能所账号及集群账号
2. 阅读文献

**谢谢！**