

CCAST 博士后面试

姓名：梁诗怡

博士后导师：庄胥爱

单位：中国科学院高能物理研究所 实验物理中心

2025年1月11日

目录

◆ 个人简介

◆ 研究背景及意义

◆ 博士阶段研究成果

◆ 博士后研究计划

个人简介

■ 教育经历

- 2016 – 2020 中山大学 本科
- 2023 – 2024 欧洲核子研究中心 访问博士生
- 2020 – 2025 中国科学院高能物理研究所 博士

■ 论文发表

■ 期刊文章

1. Search for pair production of squarks or gluinos decaying via sleptons or weak bosons in final states with two same-sign or three leptons with the ATLAS detector [JHEP02(2024)107]
2. Search for direct production of winos and higgsinos in events with two same-charge leptons or three leptons in pp collision data at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector [JHEP11(2023)150]

■ 国际会议文章

3. Search for pair production of squarks or gluinos decaying via sleptons or weak bosons in final states with two same-sign or three leptons with the ATLAS detector [ATLAS-CONF-2023-017]
4. Search for direct production of winos and higgsinos in events with two same-sign or three leptons in pp collision data at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector [ATLAS-CONF-2022-057]

■ 公共文章

5. Reconstruction, Identification, and Calibration of hadronically decaying tau leptons with the ATLAS detector for the LHC Run 3 and reprocessed Run 2 data [ATL-PHYS-PUB-2022-044]

■ 待发表文章

1. Reinterpretation of searches for supersymmetry models with long-lived particles using the ATLAS experiment at the LHC [ANA-SUSY-2020-23]
2. Search for electroweakinos and staus with a compressed mass spectrum in events with di-tau and a highly energetic jet. [ANA-SUSY-2022-19]

个人简介

■ 学术报告

■ 国际会议报告：

1. Search for pair production of squarks or gluinos decaying to sleptons or W/Z bosons with two same-sign or three leptons final states using 139 fb⁻¹ ATLAS data, 深度非弹性散射及其相关学科国际研讨会 (DIS2023)
2. Search for pair production of squarks, gluinos or electroweakinos with two same-sign or three leptons final states at 13 TeV with the ATLAS detector, 第八届中国LHC 物理研讨会 (CLHCP 2022)
3. Summary of the latest recommendations, ATLAS Tau and HLeptons Workshop 2023
4. Tau Identification SF measurement in Ztt Signal region (Run2 + Run3), ATLAS Tau and HLeptons Workshop 2024
5. Strong and Electroweak SUSY searches in SS/3L final states in ATLAS, 第十届中国LHC 物理研讨会 (CLHCP 2024)
6. Search for electroweak SUSY production in 2-tau final state and reinterpretation in models with variable RPV coupling, 第十届中国LHC 物理研讨会 (CLHCP 2024)

■ 国际会议海报：

7. Search for the direct production of charginos and neutralinos in final states with tau leptons in 13 TeV pp collisions with the ATLAS detector, 2022中国物理学会高能物理分会

■ ATLAS合作组批准报告：

8. Search for pair production of squarks or gluinos decaying via sleptons or weak bosons in final states with two same-sign or three leptons with the ATLAS detector, for the publication of JHEP02(2024)107

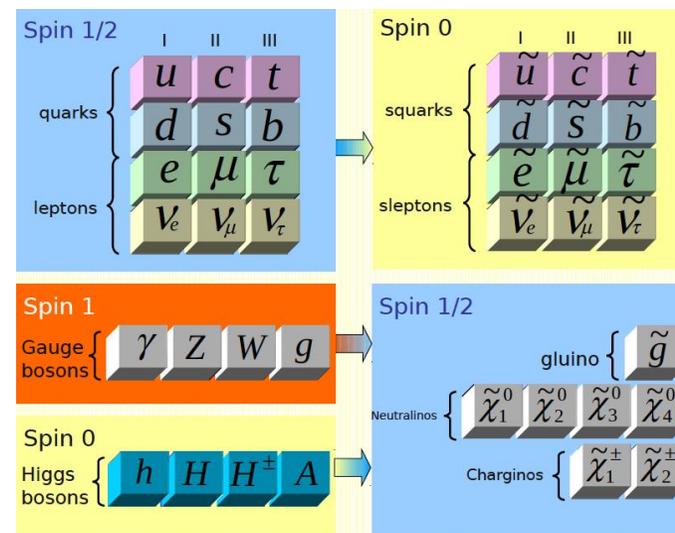
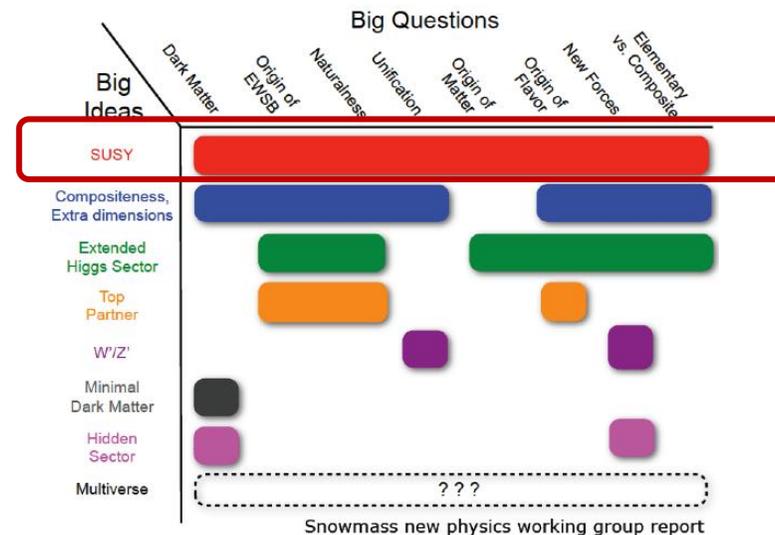
研究背景及意义

■ 标准模型已基本完备，但仍存在无法解释的问题

- 未能解释暗物质来源。
- Higgs质量的fine-tuning问题。
- 强相互作用，电弱相互作用，引力相互作用耦合常数不统一。

■ 最小拓展的超对称模型（Minimal Supersymmetric Standard Model, MSSM）是解决这些问题的有力候选者

- 可解释暗物质来源。
- 对相互作用常数的修正，解决规范等级问题。
- 统一三种相互作用。
- 如果超对称粒子存在于 TeV 量级，可在 LHC 实验中大量产生，寻找超对称粒子是LHC实验最主要的物理目标之一。



博士阶段研究成果

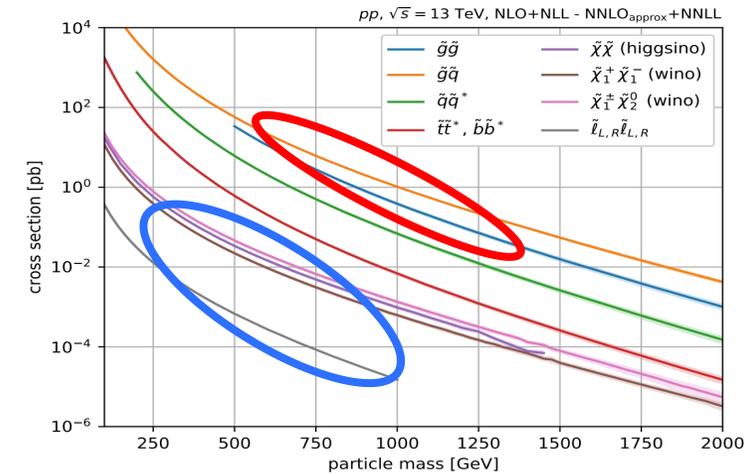
■ 研究内容包括物理分析(1-4)以及探测器性能研究(5):

1. 在ATLAS上寻找同号双轻子或三轻子末态的超胶子和超夸克
2. 在ATLAS上寻找同号双轻子或三轻子末态的电弱相互作用超对称粒子
3. 在ATLAS上在双tau末态寻找紧致电弱相互作用超对称粒子
4. SS/3L和0L末态R宇称破缺模型 (RPV GG LQD/RPV GG UDD) 的诠释
5. tau鉴别效率修正

■ 本人的工作涵盖了 **SUSY** 的大部分研究方向

- 强相互作用(1)和弱相互作用(2,3)超对称粒子的寻找
- R宇称守恒(1-3)和破缺(1,2,4)的 SUSY 模型的研究

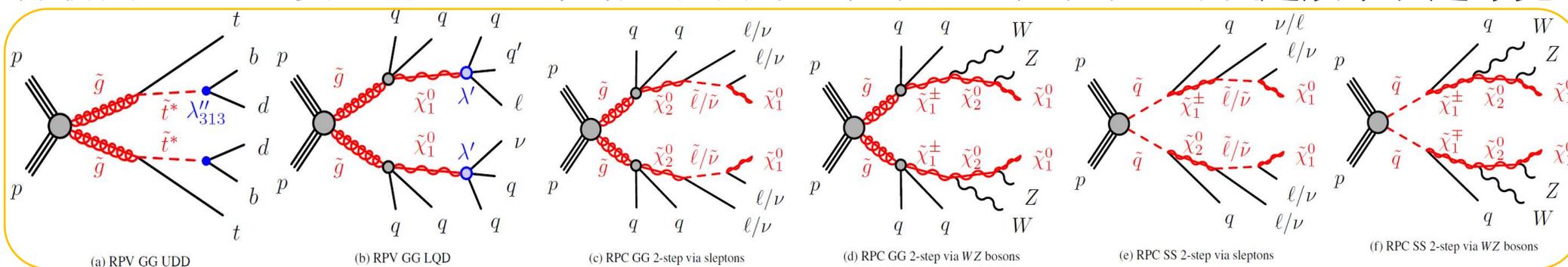
■ SUSY寻找末态包含了ss/3l 多轻子末态和双tau末态等**多个黄金衰变道**



博士阶段研究成果:

1.在ATLAS上寻找同号双轻子或三轻子末态的超胶子和超夸克

➤ 本分析用 ATLAS 实验的 Run2 数据，在同号双轻子和三轻子末态寻找超胶子和超夸克。



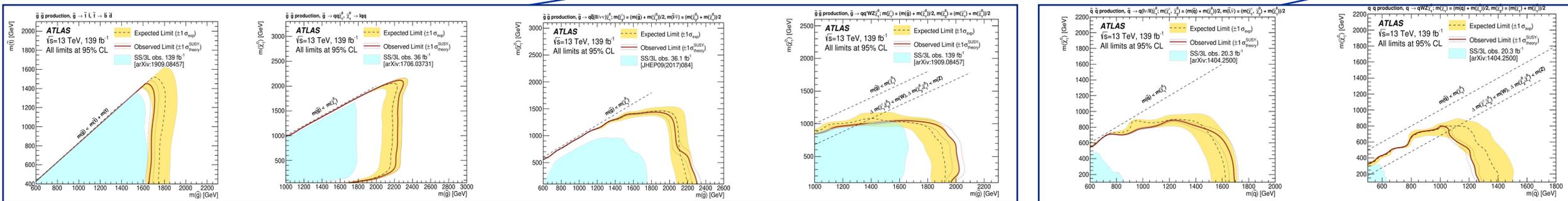
➤ 强相互作用产生的超对称粒子有**较高的产生截面**，同号双轻子和三轻子末态**标准模型本底极低**，是超对称研究的**黄金衰变末态**。本分析包含了**R宇称守恒和破缺模型**的研究。

- 本人是该研究的**主要分析者**以及**note编辑**，代表合作组给了该分析的unblinding**批准报告**。
 - 负责**GG 2-step via WZ信号模型**的所有分析，包括：信号区定义、本底估计、排除限的拟合和计算信号强度；
 - 负责**GG 2-step via slepton信号模型**的本底估计，排除限的拟合和计算信号强度；
 - 负责所有分析道理论误差所需样本的产生和理论误差计算；
 - 负责所有分析道的Hepdata。

博士阶段研究成果:

1.在ATLAS上寻找同号双轻子或三轻子末态的超胶子和超夸克

- 结果: 对信号模型拟合超对称粒子质量参数空间的排除限
 - 给出了LHC实验SS/3L末态相关超对称粒子**最强的质量排除限**。
 - 在LSP无质量的假设下, 对超胶子质量的排除限达到2.2 TeV, 对超夸克质量的排除限达到1.7 TeV。
 - RPC模型的 **超胶子质量排除限**比以前**提升了约500 GeV**; **超夸克质量排除限**相比Run1**提升约600-800 GeV**。



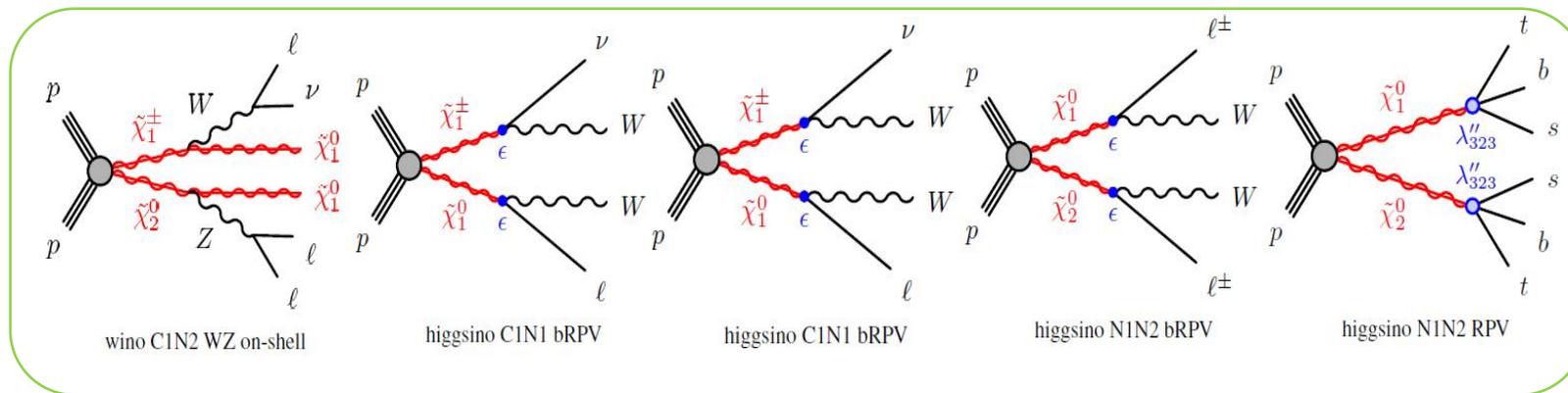
- 已发表 **一篇国际会议文章 ATLAS-CONF-2023-017**和 **一篇期刊文章 JHEP02(2024)107**。

- 由于在**ATLAS**超对称的突出贡献, 本人被邀代表**ATLAS**合作组在深度非弹性散射及其相关学科国际研讨会 (**DIS2023**) 上报告该研究结果。

博士阶段研究成果:

2.在ATLAS上寻找同号双轻子或三轻子末态的电弱相互作用超对称粒子

➤ 本分析用 ATLAS 实验的 Run2 数据，在同号双轻子和三轻子末态寻找电弱相互作用超对称粒子。



➤ 同号双轻子和三轻子末态**标准模型本底极低，是超对称研究的黄金衰变末态**。本分析包含了**R宇称守恒和破缺**模型的研究。

➤ 本人是该研究的**重要分析者**，以及**note编辑**

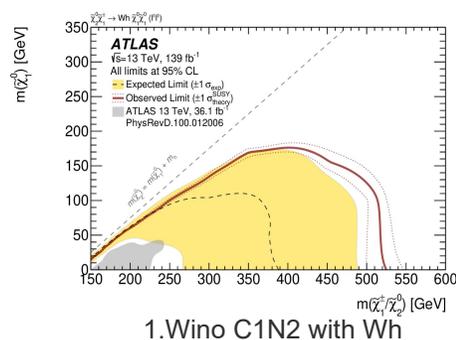
- 负责全组所有分析道**理论误差**所需样本的产生;
- **理论误差**计算;
- 所有分析道的Hepdata。

博士阶段研究成果:

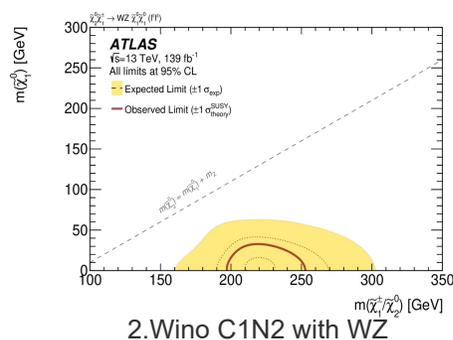
2.在ATLAS上寻找同号双轻子或三轻子末态的电弱相互作用超对称粒子

➤ 研究结果: 给出了信号模型拟合超对称粒子质量参数空间的排除限

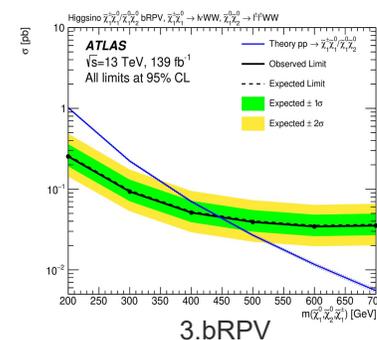
1. 在bino无质量的假设下, Wino C1N2 with Wh信号模型对wino-like的C1/N2质量的排除限达到**525 GeV**, 相较于**ATLAS**和**CMS**以前的排除限 (**240 GeV**和 **300 GeV**) 有很大的提高。
2. Wino C1N2 with WZ信号模型对wino-like的C1/N2质量的排除限达到**260 GeV**, 是**ATLAS**首次研究。
3. 相互作用拉格朗日量含有双线性项的**RPV**模型是**首次**在电弱相互作用超对称粒子的产生中研究, 该模型中质量小于**440 GeV**的higgsino-like的C1/N2/N1被排除。



1. Wino C1N2 with Wh



2. Wino C1N2 with WZ



3. bRPV

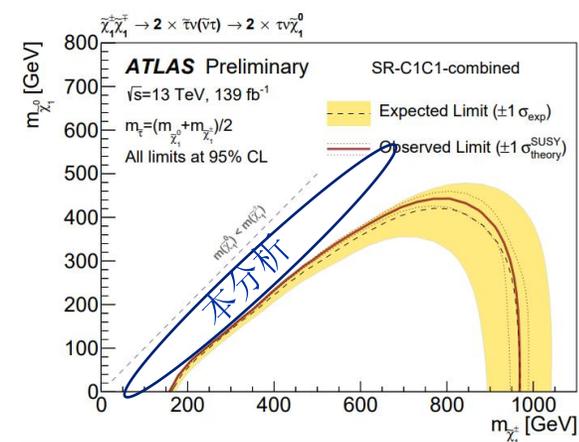
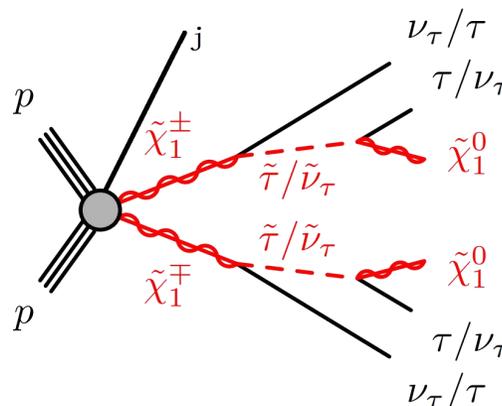
➤ 已发表**一篇国际会议文章**ATLAS-CONF-2022-057和**一篇期刊文章**JHEP11(2023)150

➤ 研究结果由本人在**CLHCP2022**上报告。

博士阶段研究成果:

3.在ATLAS上在双tau末态寻找紧致电弱相互作用超对称粒子

- 本分析用ATLAS Run2的全部数据和Run3的早期（22年-23年）数据寻找Chargino-1和Neutralino-1质量间隔小的参数空间（Compressed region）的Chargino-1对产生过程。
- **EWK Compressed scenario** 提供的暗物质遗迹密度符合现有的观测结果，也有助于解释**muon g-2**的实验超出，而此前的研究对于 Compressed region的排除能力不强，所以在Compressed region中寻找超对称粒子有重要意义。
- 该课题是高能所提出的**原创性课题**，是**ATLAS实验首次研究**。
- 本人**负责该研究的全部分析**，以及**note编辑**
 - 信号样本的产生和检查
 - 本底样本MC modeling检查
 - 研究信号区优化
 - 本底估计
 - 统计解释



博士阶段研究成果:

3.在ATLAS上在双tau末态寻找紧致电弱相互作用超对称粒子

➤ 分析难点及解决办法:

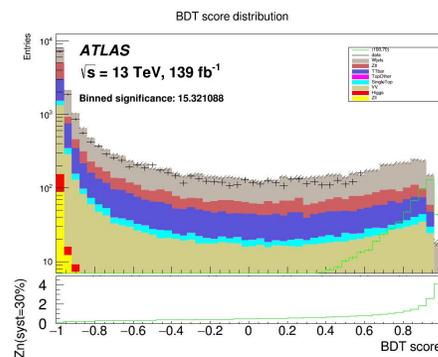
- 信号产生散射截面小。
- 紧致参数空间导致末态含soft tau，而目前对soft tau的重建和刻度校准的研究都比较缺乏。
- 将利用**机器学习的方法提高信号灵敏度**，并努力**提高soft tau的性能**。

➤ 进展:

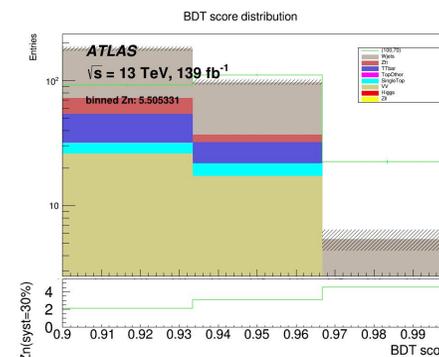
- 已完成信号样本的产生和检查，本底样本MC modeling检查等。
- 标准模型本底估计良好。
- **初步结果表明有很好的信号显著性。**

➤ 预计今年发表一篇国际会议文章/期刊文章。

Pre-selection
lep-had channel:nTaus ≥ 1 ; nLeps = 1
MET ≥ 200 ; pass MET trigger
1 \leq nBaseJet \leq 8
Opposite-sign lepton-hadronic tau pair
bveto
jet pt > 100 GeV



score distribution of test set and data
(blind with events with score > 0.6)

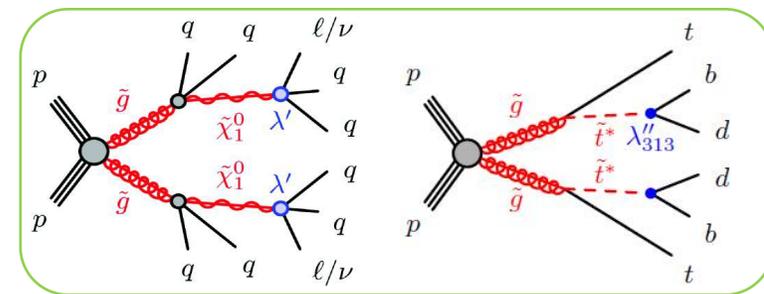


score distribution with score > 0.9

博士阶段研究成果:

4.SS/3L和0L末态R宇称破缺模型 (RPV GG LQD/RPV GG UDD) 的诠释

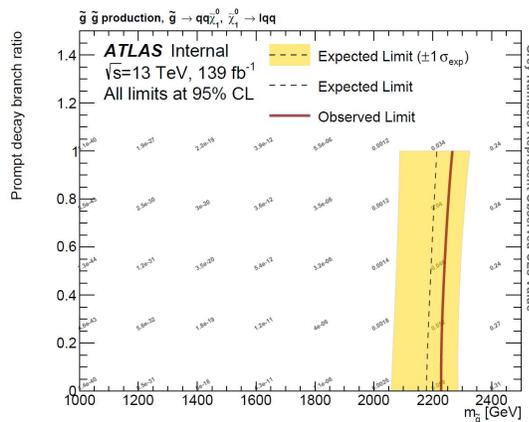
- 本分析用ATLAS Run2的数据, 使用同号双轻子或三轻子末态 (SS/3L) 寻找RPV GG LQD信号的信号区和零轻子 (0L) 末态寻找Gqq信号的信号区, 对SUSY模型的RPV衰变LQD顶点和UDD顶点的耦合强度进行约束。
- 此前大部分寻找SUSY信号的研究都只关注LSP稳定的情况或LSP寿命极短的情况, 对R宇称破坏的SUSY模型实验约束较弱, 很大的参数空间没有被排除。本分析专注于LSP的LQD顶点和UDD顶点, 研究了顶点耦合强度不同导致LSP寿命或超胶子衰变分支比不同的SUSY信号。
- 是RPC-RPV分析首次研究LQD顶点。
- 本人是该研究的主要分析者以及note编辑
 - 产生了不同LSP寿命和超胶子衰变分支比的一批RPV GG LQD信号样本
 - 产生了不同LSP寿命的RPV GG UDD信号样本
 - 取得了RPV GG LQD信号点在SS/3L分析的信号区的拟合结果
 - 研究了LQD顶点耦合强度对LSP寿命或超胶子衰变分支比的影响



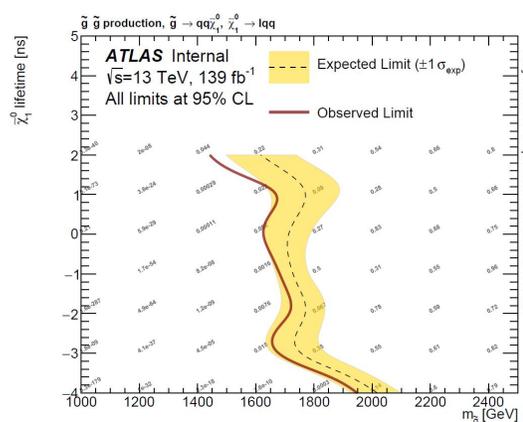
博士阶段研究成果:

4.SS/3L和0L末态R宇称破缺模型 (RPV GG LQD/RPV GG UDD) 的诠释

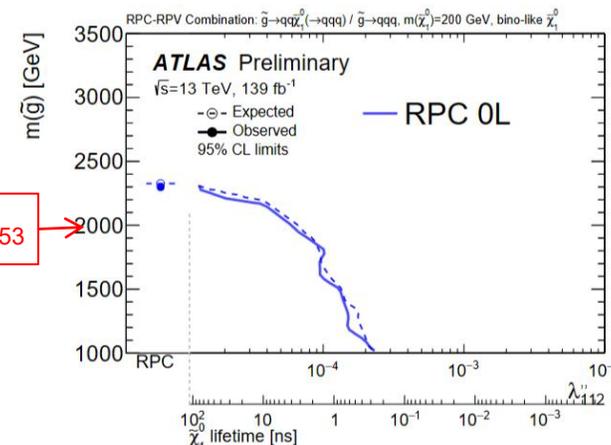
- 进展: 已完成SS/3L末态寻找GqqLQD信号的信号区的拟合; 正在进行0L末态寻找Gqq信号的信号区的拟合和撰写内部文章的GqqLQD模型的RPC-RPV分析部分。
- 研究表明现有的信号区**对RPV模型有很好的信号灵敏度**



RPV GG LQD: 超胶子或通过LSP的RPV衰变或直接RPV衰变的分支比-超胶子质量的参数平面的排除限



RPV GG LQD: LSP衰变时间-超胶子质量的参数平面的排除限



RPV GG LQD: LQD耦合强度-超胶子质量的参数平面的排除限

- RPV GG LQD模型和RPV GG UDD模型的RPC-RPV分析内容已写入RPC-RPV分析的内部文章。
预计今年投稿期刊文章。

博士阶段研究成果:

5.tau鉴别效率修正

- 本分析用ATLAS Run2 的数据，在Z->tau tau衰变道提取R22样本的tau鉴别效率修正因子，对tau鉴别效率进行修正以使蒙卡模拟更接近真实实验数据，作为tau recommendation。
- 本人是此分析的**主要分析者**，负责开发与维护该方面的软件分析框架。
- 进展：
 - 本人已用ATLAS Run2 2018年的数据得到R22蒙卡样本的tau鉴别效率修正因子的**Run2、Run3的tau pre-recommendation**
 - 计划用ATLAS Run2 的全部数据得到tau鉴别效率修正因子的Run2的tau full-recommendation。
- Run2、Run3的tau pre-recommendation结果被写入官方工具包中供给分析组使用。发表了一篇**公共文章**（ATL-PHYS-PUB-2022-044），计划今年发表一篇**期刊文章**。

tau ID鉴别效率修正因子

- 相关工作本人给了**两次国际会议报告**。

tau ID SF	e-τ channel		μ-τ channel	
	1p	3p	1p	3p
Loose	1.038 ± 0.005	1.073 ± 0.014	1.005 ± 0.012	0.977 ± 0.016
Medium	1.047 ± 0.007	1.094 ± 0.017	1.007 ± 0.016	1.000 ± 0.022
Tight	1.052 ± 0.009	1.120 ± 0.019	1.011 ± 0.024	0.999 ± 0.031

博士后研究计划

- 在ATLAS上在SS/3L strong末态寻找超对称粒子 (Run2+Run3)
- 在ATLAS上在双tau末态寻找紧致电弱相互作用超对称粒子 (Run2+Run3)
- tau鉴别效率修正
- 开展CEPC上寻找smuon对产生过程的研究

博士后研究计划:

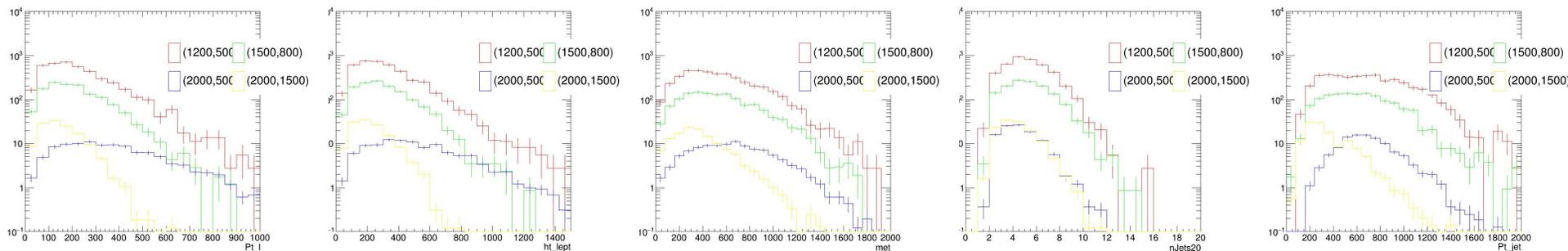
1.在ATLAS上在SS/3L strong末态寻找超对称粒子 (Run2+Run3)

➤ 目的: 同号双轻子或三轻子末态可有效压低标准模型本底, 有利于超对称粒子的寻找。同号双超夸克对产生截面比异号双超夸克对的产生截面大, 可用于Run2+Run3的分析。

➤ 工作:

➤ 预研: 研究有利于提升信号显著性的SUSY参数设置。

➤ 信号样本的产生、检查

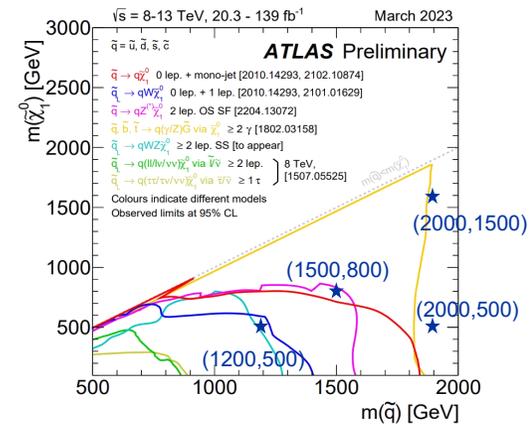
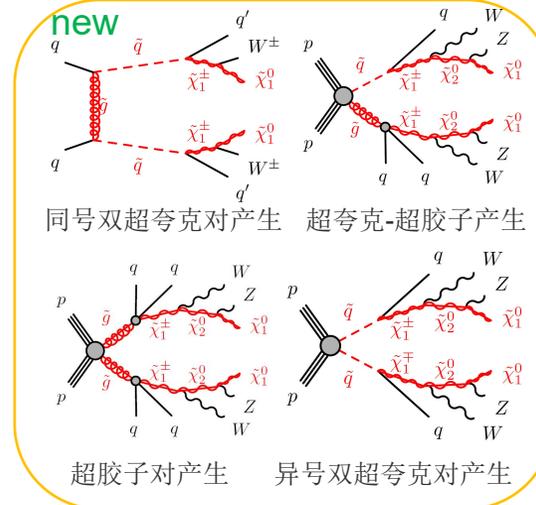


同号双超夸克对信号在同号双轻子或三轻子末态筛选下的分布

➤ 策略: 用信号样本进行分析寻找有无超出标准模型信号, 若无, 则拟合LSP质量-超夸克质量-超胶子质量的参数排除限。

➤ 进展: 信号样本产生完成。

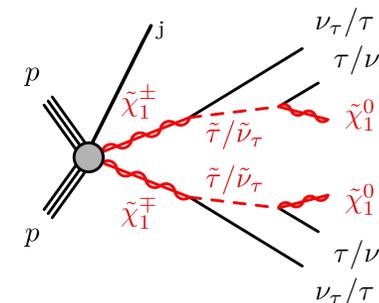
➤ 计划: 定义新信号区, 用Run2+Run3的数据进行分析。



博士后研究计划:

2.在ATLAS上在双tau末态寻找紧致电弱相互作用超对称粒子 (Run2+Run3)

- 本分析用ATLAS Run2和Run3的全部数据寻找Chargino-1和Neutralino-1质量间隔小的参数空间 (Compressed region) 的Chargino-1对产生过程。
- 本人**负责**该研究的**全部分析**, 以及**note编辑**
 - 信号样本的产生和检查
 - 本底样本MC modeling检查
 - 研究信号区优化
 - 本底估计
 - 统计解释
- 计划: 使用更新的机器学习算法, 使用最新的GNTauID和Run2和Run3的全部数据, 进一步提高信号显著性。



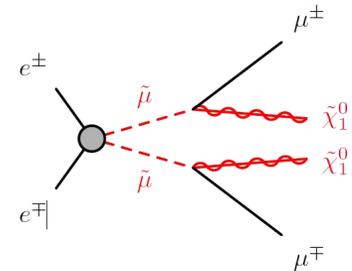
博士后研究计划:

3.tau鉴别效率修正

- 目的: 在 $Z \rightarrow \tau \tau$ 衰变道提取tau鉴别效率修正因子, 对tau鉴别效率进行修正以使蒙卡模拟更接近真实实验数据, 作为tau recommendation。以增进对ATLAS探测器的 τ 相关性能的了解, 便于在后续的新物理研究中利用末态含tau的事例
- 计划:
 - 完成Run2 R22的tau鉴别效率修正recommendation
 - 继续对Run3以及以后的运行和更新版本的蒙卡样本开展tau鉴别效率修正
 - 研究GNtauID对新物理研究的提升

博士后研究计划:

4.开展CEPC上寻找smuon对产生过程的研究

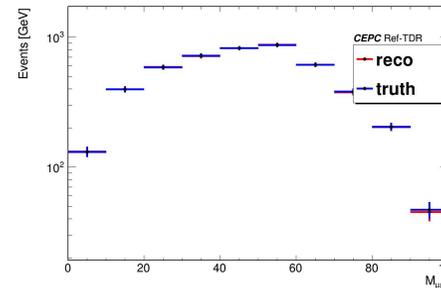
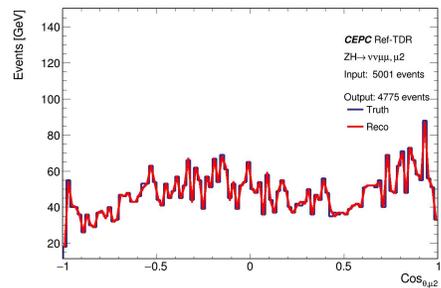
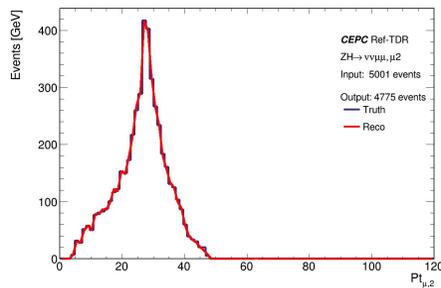
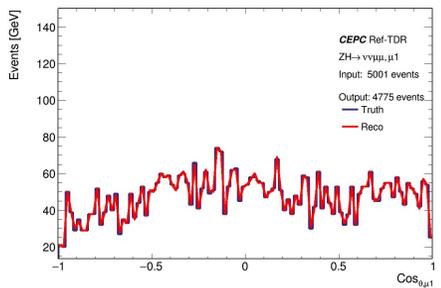
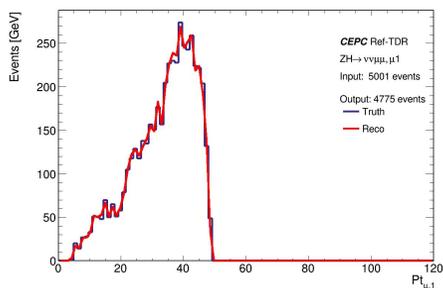
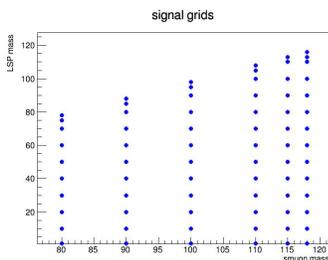


➤ 目的：在CEPC上寻找smuon对产生过程，探寻CEPC在新物理发现上的潜力，检验和帮助优化CEPC探测器的粒子重建算法。

➤ 工作：

➤ 信号样本的产生、检查

➤ 进展：



(smuon mass,LSP mass)[GeV]=(115,70)信号点的动力学变量分布

➤ 策略：分析不同超对称粒子质量参数设置的smuon对产生过程在CEPC上的事例的特点，研究CEPC在新物理发现上的潜力。

时间安排

- 在ATLAS上在SS/3L strong末态寻找超对称粒子（Run2+Run3）
 - 2026年发表会议文章，2027发表期刊文章
- 在ATLAS上在双tau末态寻找紧致电弱相互作用超对称粒子（Run2+Run3）
 - 2025年发表会议文章，2026发表期刊文章
- tau鉴别效率修正
 - 2025年提交Run2 R22的recommendation，2026-2027年提交Run3 recommendation
- 开展CEPC上寻找smuon对产生过程的研究
 - 2025年写入CEPC RefTDR，2026-2027年开展其它CEPC相关工作