



中国科学院高能物理研究所

Institute of High Energy Physics Chinese Academy of Sciences



2022年5-8月考核报告

报告人：赫明旭

导师：黄燕萍

实验物理中心 高能量物理组

目前正在参与LHC上ATLAS的物理分析工作:

- 使用 $Z \rightarrow ee$ 事例刻度电子的能量
- 寻找高质量 $Z\gamma$ 本征态
- Higgs自耦合性质的联合测量

电子能量刻度

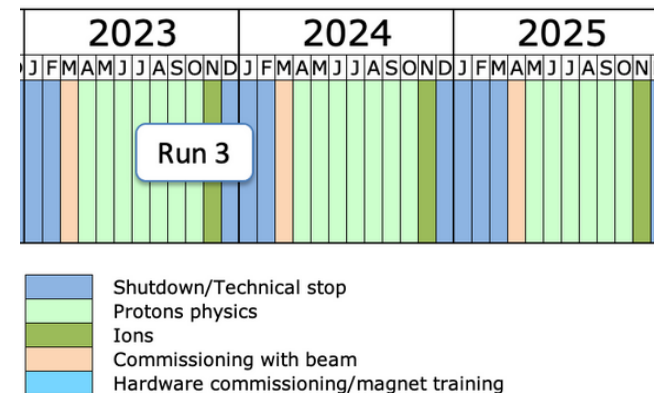
研究背景

- LHC的Run 3已经在七月开始运行取数
- 为接下来的Run 3分析准备，ATLAS的离线软件Athena已经升级到了Release 22

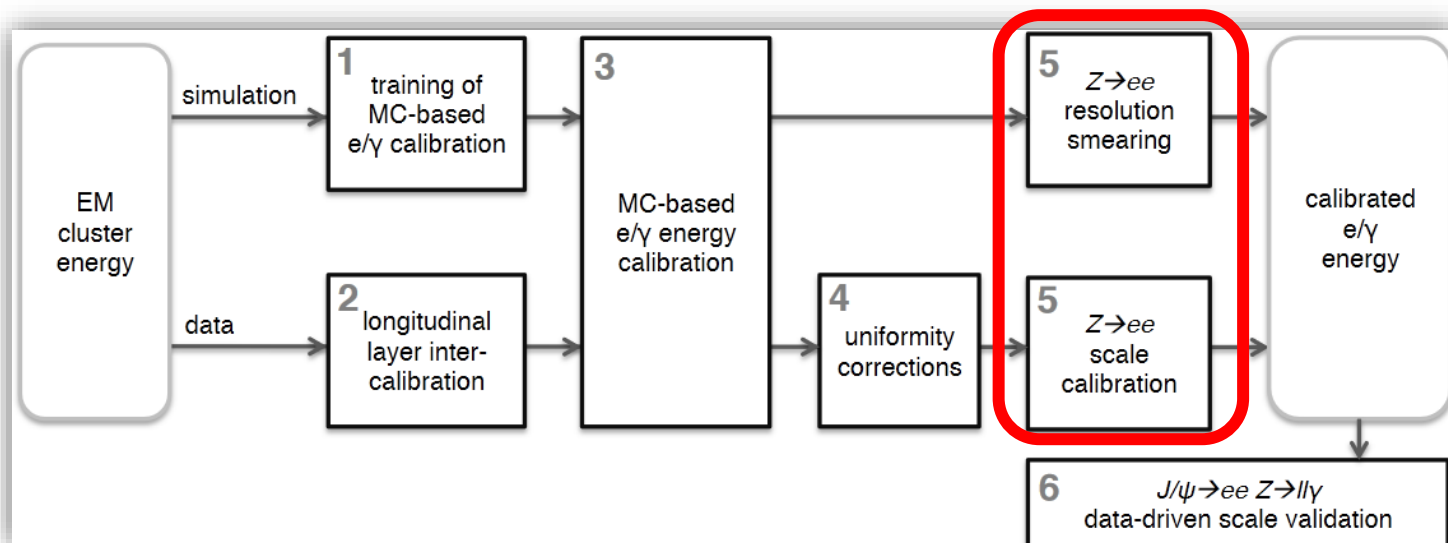
研究动机

- 用 $Z \rightarrow ee$ 事例修正真实数据和MC模拟数据的差别
- 为Run 3提供电子的能量刻度因子 (α) 和能量展宽常数项 (C) 的预推荐值

Run 3取数计划



电子光子能量刻度流程



能量刻度因子和展宽常数项的定义

The scale factor α is the relative energy scale difference between data and MC
 The constant term C smears the MC energy resolution to the one of data
 Propagate the electron energy scale at object level to the di-electron mass shape agreement between data and MC

Definition of α :

$$E^{data} = E^{MC} (1 + \alpha(\eta))$$

$$\alpha(\eta_1, \eta_2) = \frac{\alpha(\eta_1) + \alpha(\eta_2)}{2}$$

$$m_{ee}^{data} = m_{ee}^{MC} (1 + \alpha(\eta_1, \eta_2))$$

Definition of C :

$$\left(\frac{\sigma(E)}{E}\right)_{data} = \left(\frac{\sigma(E)}{E}\right)_{MC} \oplus C(\eta)$$

$$C^2(\eta_1, \eta_2) = \frac{C^2(\eta_1) + C^2(\eta_2)}{2}$$

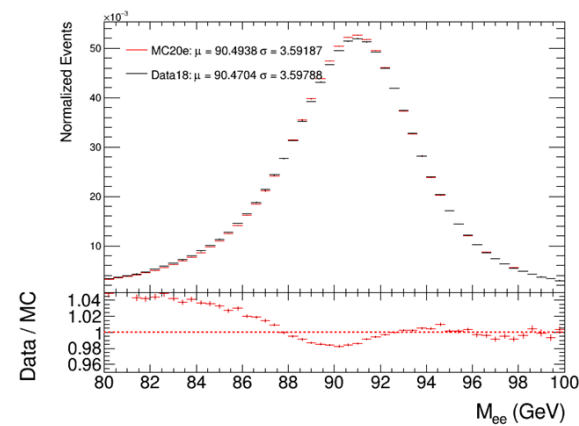
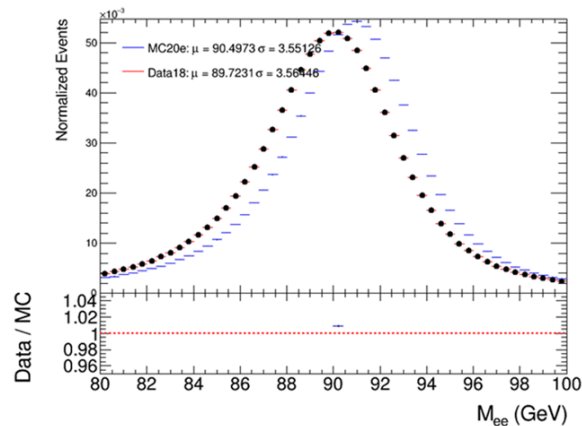
$$\left(\frac{\sigma(m)}{m}\right)_{data}^2 = \left(\frac{\sigma(m)}{m}\right)_{MC}^2 + \frac{C^2(\eta_1, \eta_2)}{2}$$

电子能量刻度

研究进展

- 这项工作是我的资格认证 (QT)
- 使用Release 22重新处理的数据, 算出了 α 和 C
- 在考虑了四种系统误差后, 取得了初步的预推荐结果
- 在分析的会议中给了五次报告

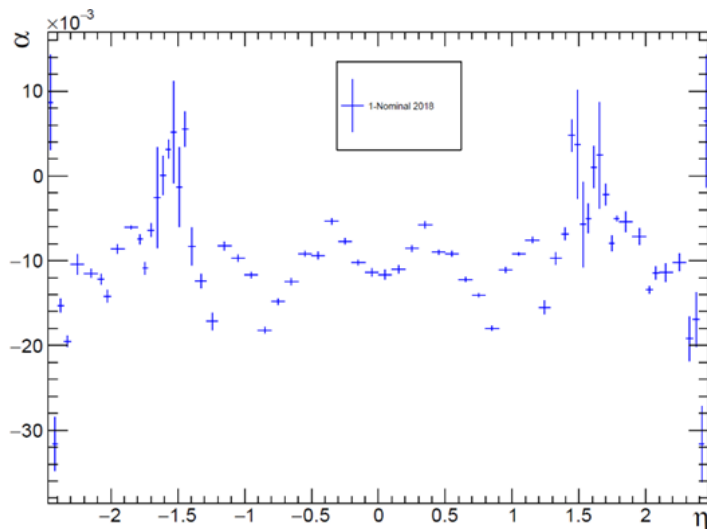
经过刻度前后的双电子不变质量谱



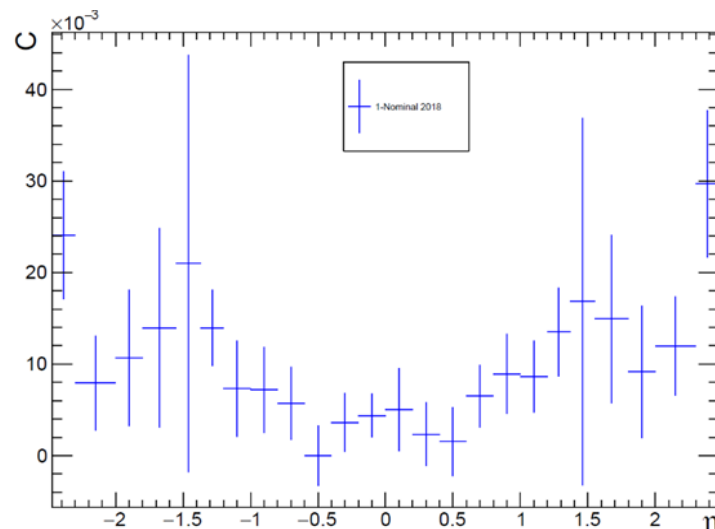
考虑的系统误差

- Four systematic source are considered:
 - Electron ID: **tight** likelihood ID rather than medium
 - Mass window: mee in **[87, 94.5 GeV]** rather than [80, 100] GeV
 - The envelope of the 17 and 18 results
 - The energy difference between MC20 (for Run 2 data) and MC21 (for Run 3 data)

在64个 η 区间测量能量刻度因子



在24个 η 区间测量能量展宽常数项



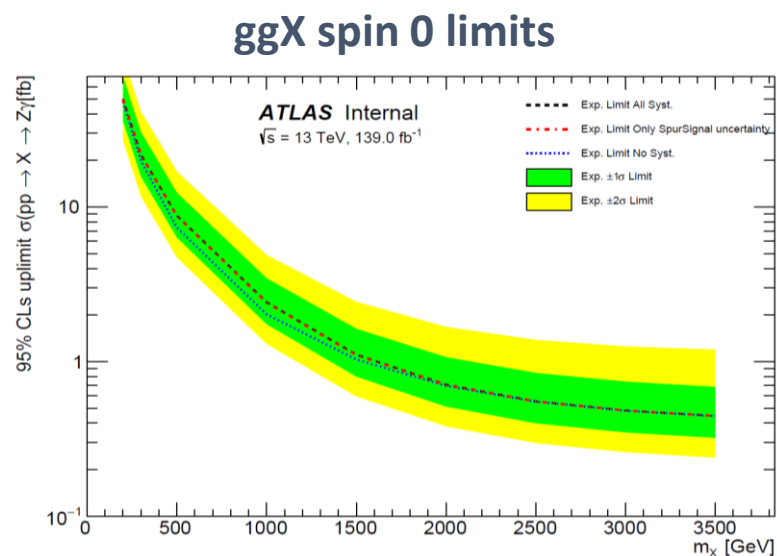
寻找高质量 $Z\gamma$ 本征态 X

研究动机

- 通过寻找高质量 $Z\gamma$ 本征态找到超出标准模型的新物理
- 用 $Z(\rightarrow ll)\gamma$ 末态寻找寻找此窄本征态 X

研究进展

- 分析的流程和研究方法已经初步确定，得到了初步的统计学结果
- 所有的结果已经收入到Internal note中：[CDS entry](#)，本人负责note的编辑工作
- 7月28号作了[EB request报告](#)，目前EB已经组建，即将召开第一次EB会议
- 在分析的会议中给了15次报告，在approval meeting中给了两次EB request报告



8/31/2022



ATLAS Note

ANA-HIGG-2018-44-INT1

28th July 2022



Draft version 0.1

**Search for heavy resonances in di-lepton plus
photon final states in 139 fb⁻¹ of pp collisions at \sqrt{s}
= 13 TeV with the ATLAS detector**

Yanping Huang^a, Shan Jin^b, Fabio Lucio Alves^b, Kunlin Ran^a, Nadezda Proklova^c, Mingxu He^a, Gangcheng Lu^a, Phuti Rapheeha^d, Gaogalalwe Mokgatitswane^d, Xifeng Ruan^d

^aIHEP, Beijing, China

^bNanjing University, Nanjing, China

^cUniversity of Pennsylvania, Philadelphia, USA

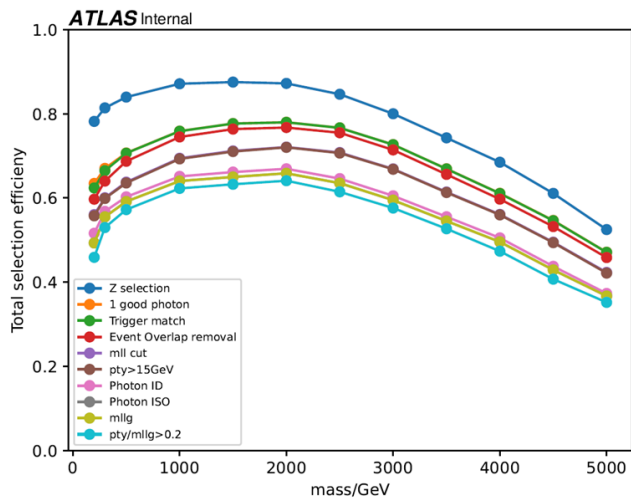
^dUniversity of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa

$X \rightarrow Z\gamma$ 中 $e\gamma$ 道的研究

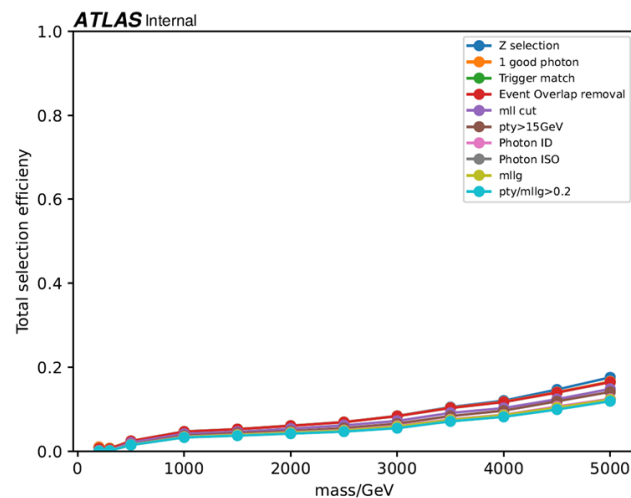
研究进展

- 对于超高质量的 $Z\gamma$ 事例，通过MC发现其中 $Z \rightarrow ee$ 过程较低动量的电子有一定几率没有被重建为电子，取而代之的是被重建成光子
- 因此这个分析想通过 ee 事例和 $e\gamma$ 事例重建Z玻色子，以提高Z的重建效率
- 在通过所有的选择之后，相比于只用 ee 事例，加入了 $e\gamma$ 事例在5 TeV的 $Z\gamma$ 本征态信号中相对提高了**26%**的选择效率，对于3.5 TeV的 $Z\gamma$ 信号有**8%**的提升

ee 事例的选择效率



$e\gamma$ 事例的选择效率



此研究已经写入到note中

84 **1 Executive Summary**

85 **1.1 Version 0.1**

86 List of updates implemented:

87 **• Add more descriptions about $e\gamma$ events in the selection challenge section**

88 • Main change in the organization of the description of the selection of the objects and the event selection;

89

90 • Addition of the summary table for the object selection;

91

92 • Change the label to $e + \gamma$ events: previously referred to as $e + \gamma$ channel;

93

94 • Additional informations on how the trigger strategy is applied on the analysis;

95

96 • Improvement on the description of the $e + \gamma$ events treatment in the overlap removal procedure;

97

98 • Check on stitching samples (Sherpa $V + \gamma$ NLO) for the photon relative p_T studies;

99

100 • Clarification on the fudge factors and comparisons on different shower shapes variables using $\gamma\gamma$ events;

101

102 • New plots added for the signal parametrization in the $\mu\mu$ channel;

103

104 • Clarification on the background function selection.

Higgs自耦合性质的联合测量

研究动机

- Higgs与矢量玻色子和费米子的耦合已经通过单Higgs的产生和衰变过程被发现，但是**Higgs的自耦合**还没有被实验所证实

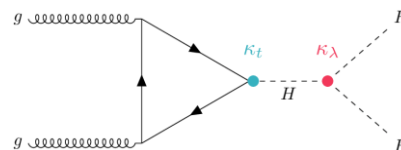
- 通过对自耦合的modifier $\kappa_\lambda \equiv \frac{\lambda_{HHH}}{\lambda_{HHH}^{SM}}$ 的限制来研究Higgs自耦合的性质

- 在ATLAS实验中Higgs的自耦合可以通过**双Higgs产生过程**被直接证明

$$\sigma_{ggF}(\kappa_t, \kappa_\lambda) \propto |\kappa_t^2 \mathcal{A}_1 + \kappa_t \kappa_\lambda \mathcal{A}_2|^2$$

$$\sigma_{VBF}(\kappa_\lambda, \kappa_V, \kappa_{2V}) \propto |\kappa_\lambda \kappa_V \mathcal{A}_1 + \kappa_V^2 \mathcal{A}_2 + \kappa_{2V} \mathcal{A}_3|^2$$

例如:

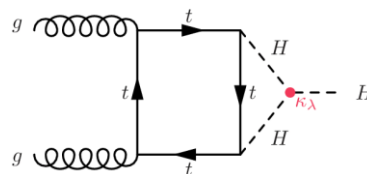


- 也可以通过NLO电弱修正的**单Higgs产生和衰变过程**间接证明

$$\mu_{if}(\kappa_\lambda) = \mu_i(\kappa_\lambda) \times \mu_f(\kappa_\lambda) \equiv \frac{\sigma_i(\kappa_\lambda)}{\sigma_{SM,i}} \times \frac{BR_f(\kappa_\lambda)}{BR_{SM,f}}$$

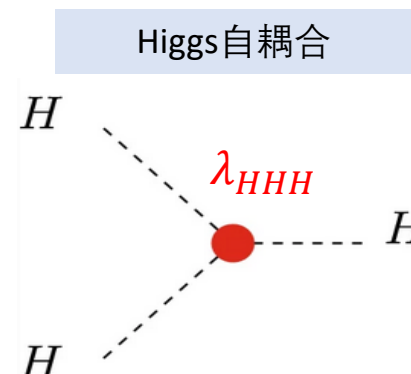
Production
$\mu_i(\kappa_\lambda, \kappa_i) = \frac{\sigma_i^{BSM}}{\sigma_{SM}} = Z_H^{BSM}(\kappa_\lambda) \left[\kappa_i^2 + \frac{(\kappa_\lambda - 1)C_1^i}{K_{EW}^i} \right]$
Decay
$\mu_f(\kappa_\lambda, \kappa_f) = \frac{BR_f^{BSM}}{BR_f^{SM}} = \frac{\kappa_f^2 + (\kappa_\lambda - 1)C_1^f}{\sum_j BR_j^{SM} [\kappa_j^2 + (\kappa_\lambda - 1)C_1^j]}$


例如:




- 这个分析使用了ATLAS收集到的**126-139 fb⁻¹全部Run 2数据**

- 首次使用全部Run 2数据对三个最主要双Higgs衰变道进行联合测量
- 首次使用全部Run 2数据对单Higgs和双Higgs过程进行联合测量





ATLAS CONF Note
ATLAS-CONF-2022-050
3rd July 2022



Constraining the Higgs boson self-coupling from single- and double-Higgs production with the ATLAS detector using pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV

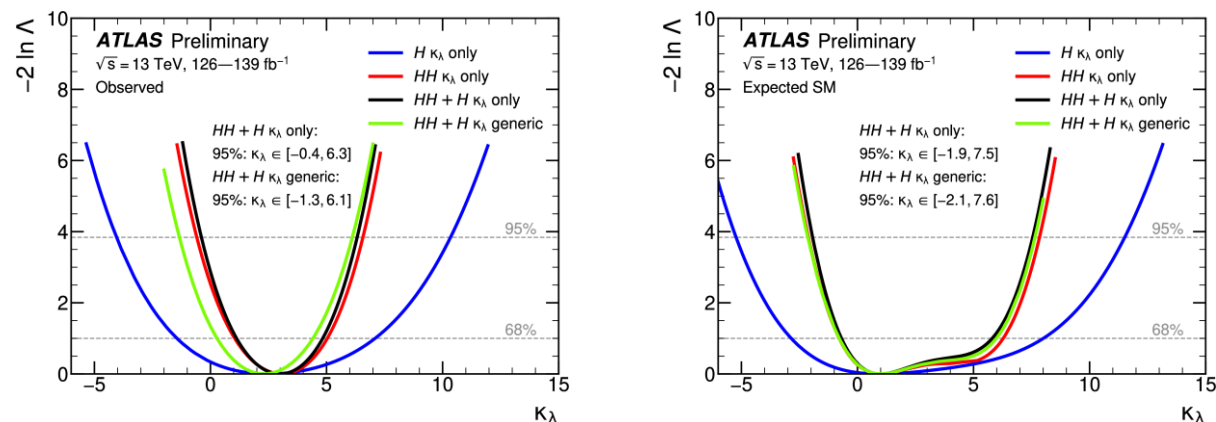
The ATLAS Collaboration

Higgs自耦合性质的联合测量

研究进展

- 首次使用全部Run 2数据对单Higgs和双Higgs过程进行联合测量
- 完成了所有的测量，并发表了[CONF Note](#)
- 引入单Higgs过程减小了测量结果对模型的依赖
- 给出了截至目前对Higgs自耦合最严格的约束
- 在分析的会议中给了三次报告
- 在八月的[全国高能物理大会](#)中给了[海报](#)

Observed and expected value of the test statistics ($-2 \ln \Lambda$) for κ_λ



Observed value and 95% CL limits of κ_λ

Combination assumption	Obs. 95% CL	Exp. 95% CL	Obs. value ^{+1σ} _{-1σ}
<i>HH</i> combination	$-0.6 < \kappa_\lambda < 6.6$	$-2.1 < \kappa_\lambda < 7.8$	$\kappa_\lambda = 3.1^{+1.9}_{-2.0}$
Single- <i>H</i> combination	$-4.0 < \kappa_\lambda < 10.3$	$-5.2 < \kappa_\lambda < 11.5$	$\kappa_\lambda = 2.5^{+4.0}_{-2.9}$
<i>HH</i> + <i>H</i> combination	$-0.4 < \kappa_\lambda < 6.3$	$-1.9 < \kappa_\lambda < 7.5$	$\kappa_\lambda = 3.0^{+1.8}_{-1.9}$
<i>HH</i> + <i>H</i> combination, κ_t floating	$-0.4 < \kappa_\lambda < 6.3$	$-1.9 < \kappa_\lambda < 7.6$	$\kappa_\lambda = 3.0^{+1.8}_{-1.9}$
<i>HH</i> + <i>H</i> combination, $\kappa_t, \kappa_V, \kappa_b, \kappa_\tau$ floating	$-1.3 < \kappa_\lambda < 6.1$	$-2.1 < \kappa_\lambda < 7.6$	$\kappa_\lambda = 2.3^{+2.1}_{-2.0}$

总结

➤ 电子能量刻度

- 在考虑了四种系统误差后，取得了初步的预推荐结果
- 在分析的会议中给了五次报告

➤ 寻找高质量 $Z\gamma$ 本征态 X

- 分析的流程和研究方法已经初步确定，得到了初步的统计学结果
- 所有的结果已经收入到Internal note中：[CDS entry](#)，本人负责note的编辑工作
- 7月28号作了[EB request报告](#)，EB已经组建
- 在分析的会议中给了15次报告，在approval meeting中给了两次EB request报告

➤ Higgs自耦合性质的联合测量

- 首次使用全部Run 2数据对单Higgs和双Higgs过程进行联合测量，给出了截至目前对Higgs自耦合最严格的约束
- 完成了所有的测量，并发表了[CONF Note](#)
- 在分析的会议中给了三次报告，在八月的[全国高能物理大会](#)中给了[海报](#)

