



季度考核报告

报告人：沙其雨

导师：方亚泉/李刚

报告日期：2023.4

研究工作(2023.1-2023.4)

- ATLAS上Di-higgs $\gamma\gamma$ +multilepton末态的研究
- ATLAS上低质量 $Z' \rightarrow \mu\mu$ 的研究
- 量子机器学习
- 利用机器学习方法研究quirk的非螺旋轨道
- 文章工作:
 - CEPC上探测希格斯粒子的CP性质
 - ATLAS上HGTD的MUX64芯片的批量测试与可靠性测试

ATLAS上Di-higgs multilepton的研究

本人主要工作:负责 $\gamma\gamma + \text{multilepton}$ 末态的全部研究与相关内容的撰写（多次在ATLAS di-higgs multilepton会上进行报告）

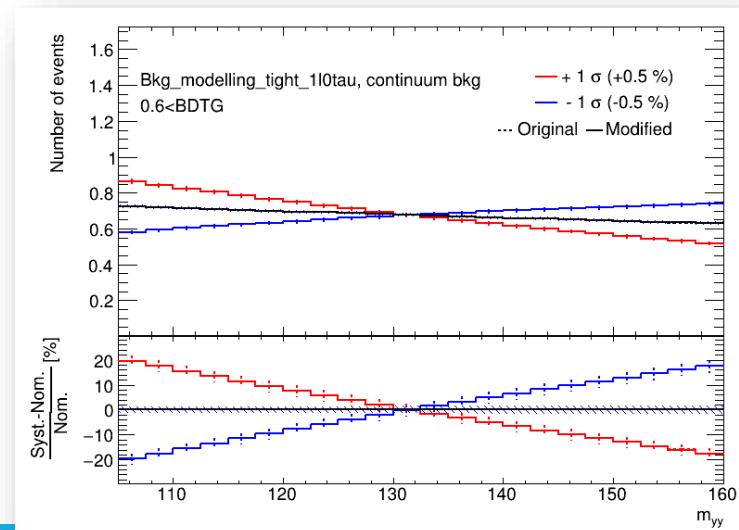
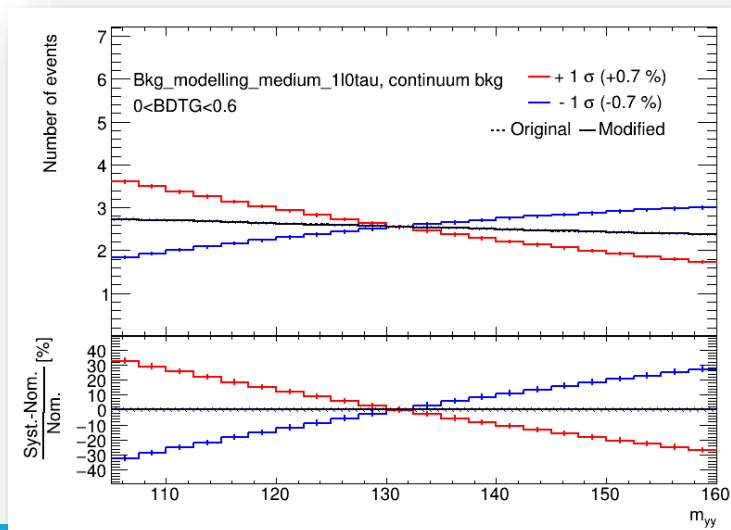
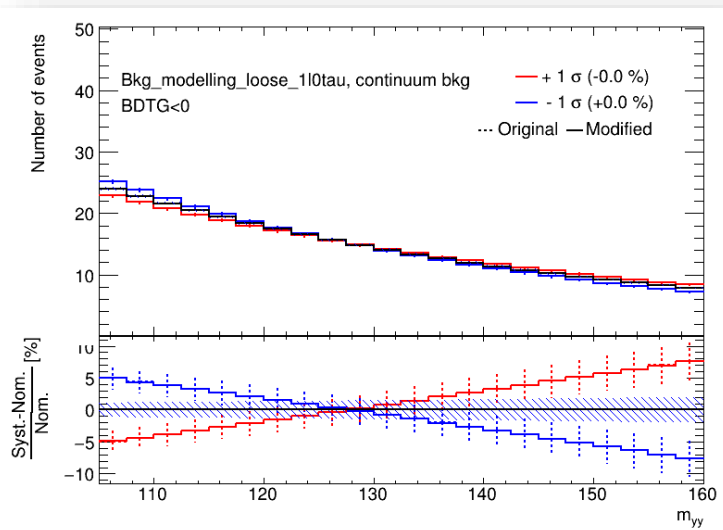
本季度工作进展1:

- 完成了全部理论误差的计算。
- 修改了本底模型误差的计算方式并重新给出本底模型的误差值。
- 代表HH multilepton组做了 [unblinding approval closure](#) 报告，回答完全部action items并在传阅slide后正式揭幕。

Channel	Process	Parton Shower (%)	PDF + α_s (%)	QCD Scale (%)
$\gamma\gamma+1\ell 0\tau_{\text{had}}$	HH signal	2.51	4.46	+13.03 -12.26
$\gamma\gamma+0\ell 1\tau_{\text{had}}$	HH signal	1.18	4.53	+13.15 -12.35
$\gamma\gamma+2L$	HH signal	2.85	4.47	+13.03 -12.33
$\gamma\gamma+1\ell 0\tau_{\text{had}}$	Single Higgs	8.45	5.86	+3.73 -3.82
$\gamma\gamma+0\ell 1\tau_{\text{had}}$	Single Higgs	9.34	5.98	+10.49 -7.10
$\gamma\gamma+2L$	Single Higgs	9.78	5.35	+9.09 -7.67

Table 61: Summary of theoretical uncertainties for the $\gamma\gamma + ML$ channel.

$\gamma\gamma + 1l0\tau_h$:



ATLAS上Di-higgs multilepton的研究

本人主要工作:负责 $\gamma\gamma + \text{multilepton}$ 末态的全部研究与相关内容的撰写 (多次在ATLAS di-higgs multilepton会上进行报告)

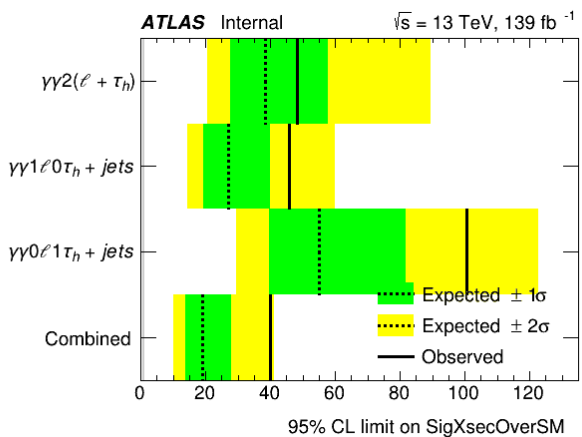
本季度工作进展2:

- 完成揭盲后的分析。在百分之95的置信水平下，测量到的截面上限观测值和期望值分别为标准模型的预言值的18.67和39.98倍。
- 代表HH multilepton组做了unblinded results报告。

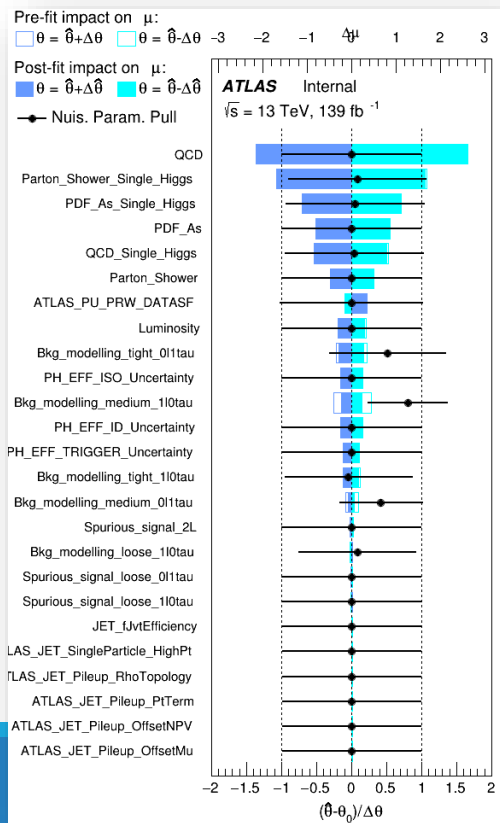
- Upper limit with all sys uncertainties:

	-2σ	-1σ	Expected	$+1\sigma$	$+2\sigma$	Observed
$\gamma\gamma+1\ell 0\tau_{\text{had}}$	14.32	19.23	26.68	39.53	59.17	45.70
$\gamma\gamma+0\ell 1\tau_{\text{had}}$	29.25	39.27	54.50	80.98	121.70	100.50
$\gamma\gamma+2L$	20.51	27.53	38.21	57.76	89.47	48.36
Combined	10.02	13.46	18.67	27.48	40.66	39.98

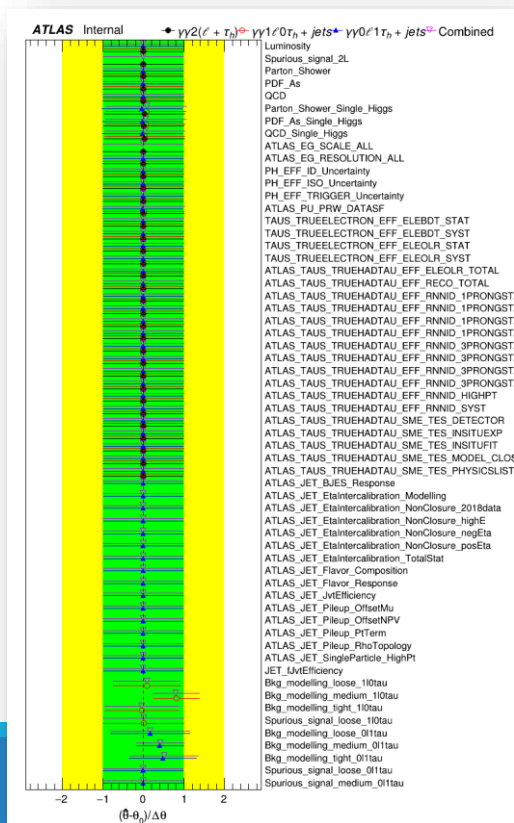
■ Combined results:



■ Sys Ranking:



- Sys Pull:



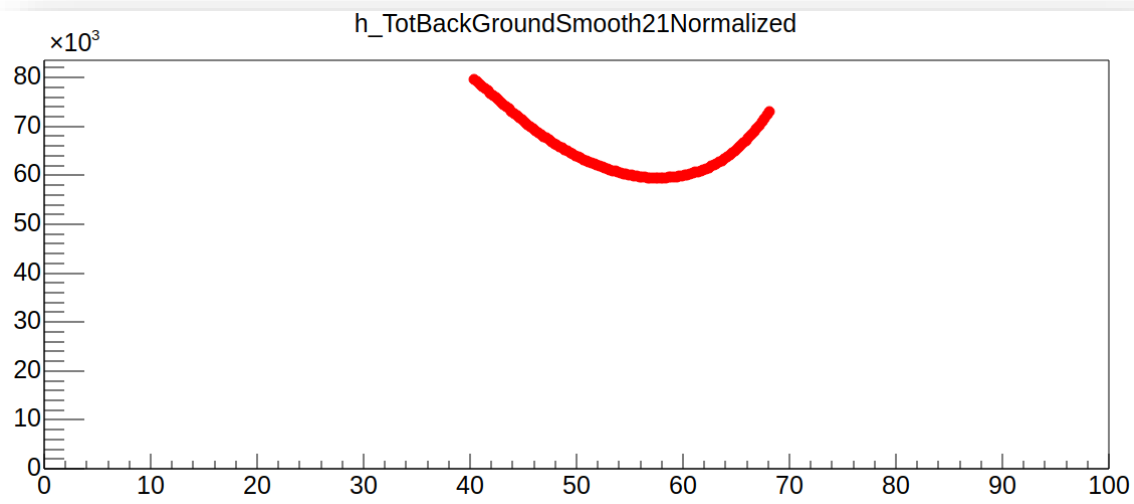
ATLAS上低质量 Z' $\rightarrow \mu\mu$ 的研究

本人主要工作: 负责使用高斯过程建立本底模型, 计算信号强度的上限。

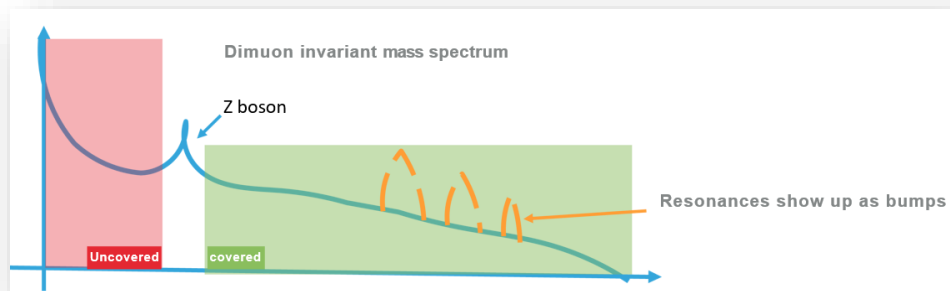
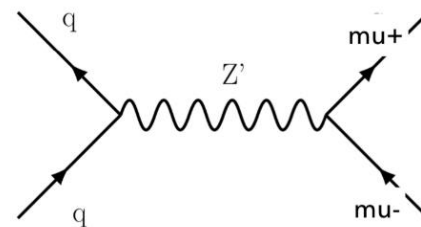
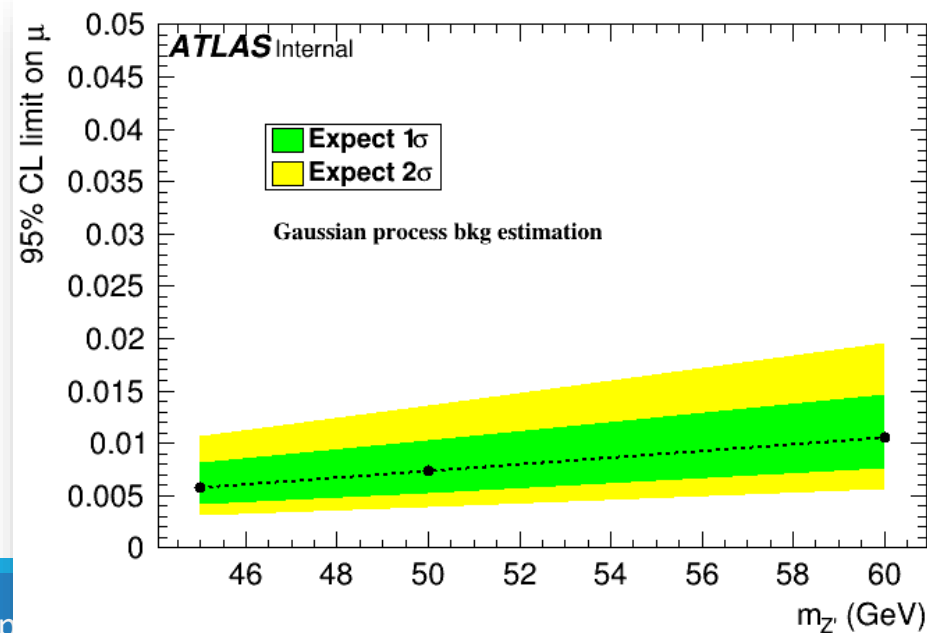
本季度工作进展与计划:

- 使用高斯过程 (Gaussian process) 对本底进行建模。
- 构建分析框架, 将高斯过程的本底模型纳入框架, 并计算信号强度的上限。
- 下周将代表di-muon组在HLRS会议上进行进展报告, 预期在未来1-2个月内申请EB。

◆ 高斯过程对本底进行建模:



◆ 不同质量点下的信号强度的上限:



该研究目的是将量子计算运用到高能物理分析中，以期得到比经典的机器学习更好更快的结果。

本季度工作进展：

- 基于6个量子比特的 $qq\gamma\gamma$ 末态研究，使用IBM/本源真实量子计算机与模拟量子计算机进行运算：
- 根据编辑意见修改了文章，对量子特征图进行了更多的优化（诸如尝试了更多种类的旋转，深度和纠缠等）。
- 已投稿Symmetry（共同第一作者）。

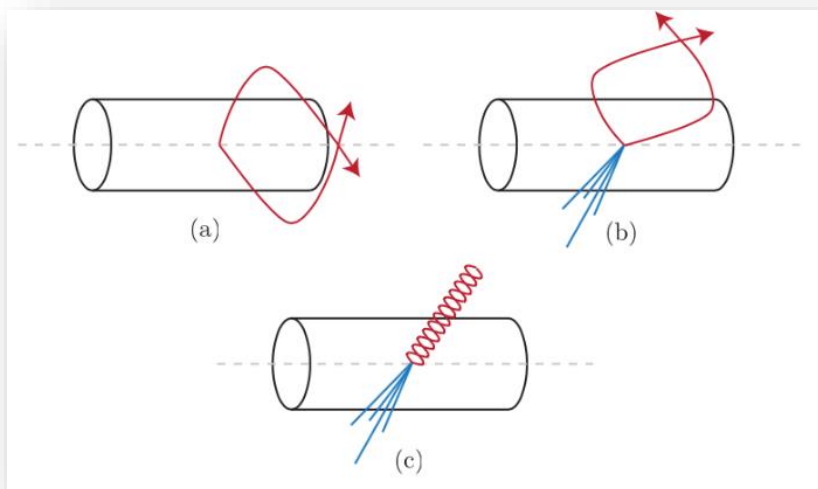
Rotation	Depth	Events	Best AUC	Variation
$R_z(2 \cdot \vec{x}_i) + R_y(\vec{x}_i)$	2	5000	0.935	0.009
$R_z(\vec{x}_i) + R_y(\vec{x}_i)$			0.933	0.015
$R_y(\vec{x}_i) + R_x(\vec{x}_i)$			0.932	0.015
$R_z(\vec{x}_i) + R_z(\vec{x}_i)$			0.932	0.014
$R_y(\vec{x}_i)$			0.928	0.008
$R_z(\vec{x}_i)$			0.928	0.008

- 参与了一些量子机器学习研究的调研工作与前期准备
- 基于24量子比特的CEPC H to bb/cc/gg 末态的研究
- Quantum particle transformer

利用机器学习方法研究quirk的非螺旋轨道

- 文献调研与相关知识的学习。
- 基于现有的**Exa.TrkX算法**尝试运用GNN方法去研究quirk的非螺旋轨道。

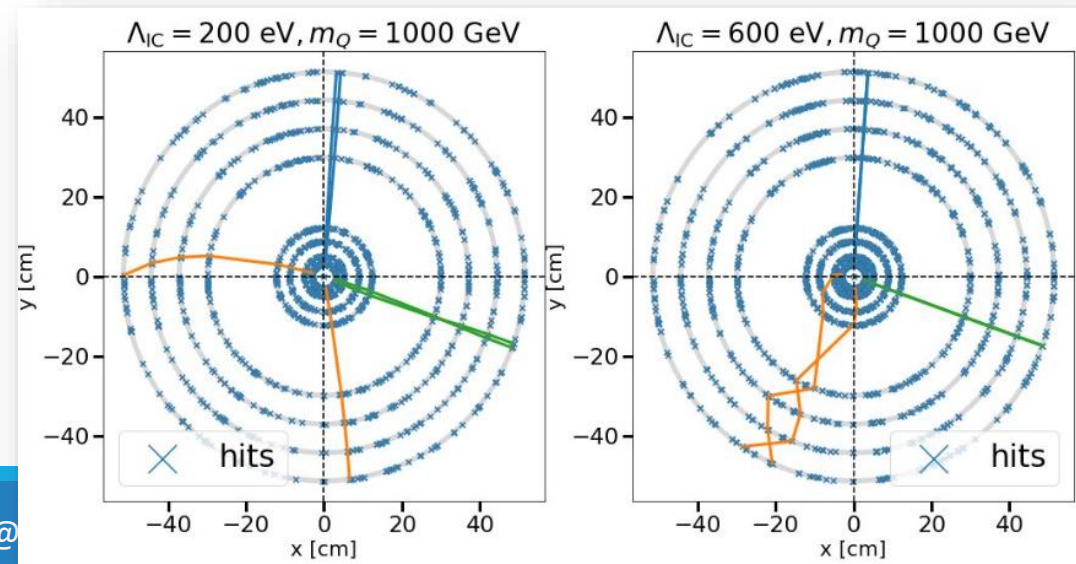
Quirk: 类似于夸克的粒子，没有束缚态和强子化。限制尺度明显小于最小质量的quirk ($\Lambda \ll m_Q$)



Quirk 命中
(向下看ATLAS桶部的视角):

目前的进度与计划

- 用MG5产生了一批Quirk并做了命中绘图与收集数据:
 - 探测器每次命中的列表 (位置, 命中的粒子ID。)
 - 事件中所有粒子的列表 (粒子ID以及其他一些有用的信息)
- 尝试将quirk径迹的数据进行一些转换以匹配ExaTrkX算法。



本人主要工作: 参与quirk track的制作, 修改现有算法满足需求

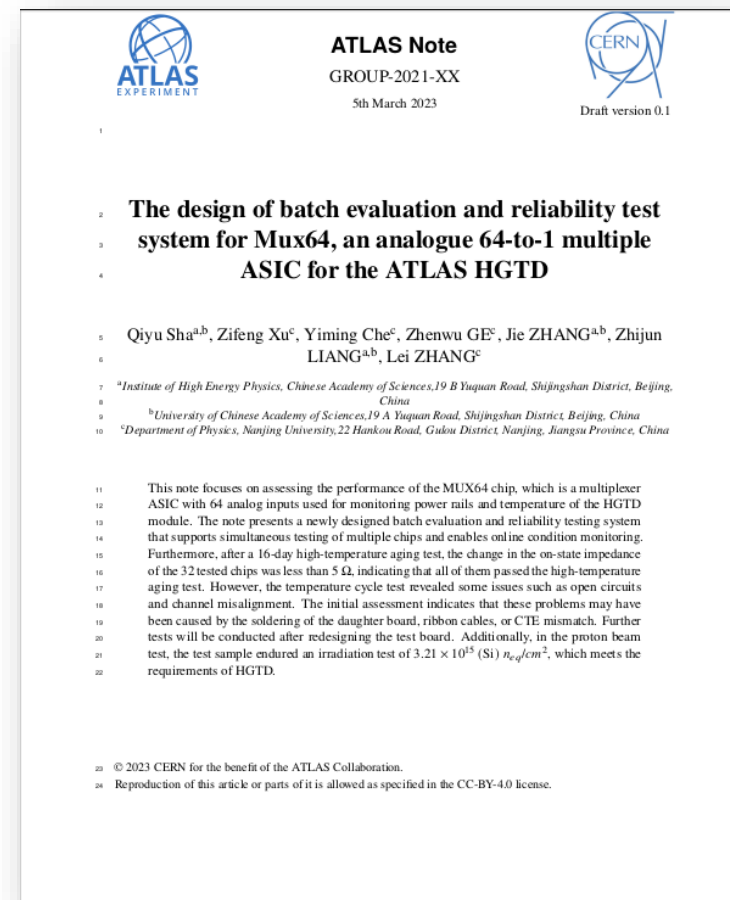
文章工作

CEPC上探测希格斯粒子的CP性质：

- 撰写一篇会议文章（Higgs potential），已被接收（将在Nuclear and Particle Physics Proceedings上发表）

ATLAS HGTD上Mux64芯片的批量测试与可靠性测试：

- 完成一篇会议文章（TWEPP），已被JINST接收且发表。
- 基本撰写完QT Note，正远程参与Mux64芯片的X光测试并等待该测试结果补完QT note。
- 在HGTD mini week 上做了 QT final report.



总结

- 作为主要贡献者参与ATLAS Di-higgs multilepton 的分析，负责 $\gamma\gamma + \text{multilepton}$ 末态的全部研究与相关内容的撰写。
 - ◆ 在ATLAS di-higgs multilepton组内做了多次报告，该分析已正式揭盲并给出揭盲结果，代表HH multilepton组做了 [unblinding approval closure](#)和 [unblinded results](#)报告。
- 作为主要贡献者参与ATLAS上低质量 $Z' \rightarrow \mu\mu$ 的分析并计划在未来1-2月内申请EB。
- 作为主要贡献者参与量子机器学习的研究。
 - ◆ 已投稿symmetry (共一)。正在对新的量子机器学习课题进行调研
- 作为主要贡献者参与quirk的非螺旋轨道的相关研究。
- CEPC上探测希格斯粒子的CP性质：完成一篇会议文章，已被NPPP接收
- 作为主要贡献者完成对ATLAS HGTD上的MUX64芯片的批量测试系统的设计和可靠性测试。
 - ◆ 基本完成QT note并在HGTD mini week上做了 [QT final report](#).
 - ◆ 一篇会议文章已被jinst接收且发表。

谢谢！