

中国科学院“粒子物理前沿卓越创新中心” 2019年度考评报告

报告人：梁志均

报告时间：2019年12月7日

1. 个人基本情况

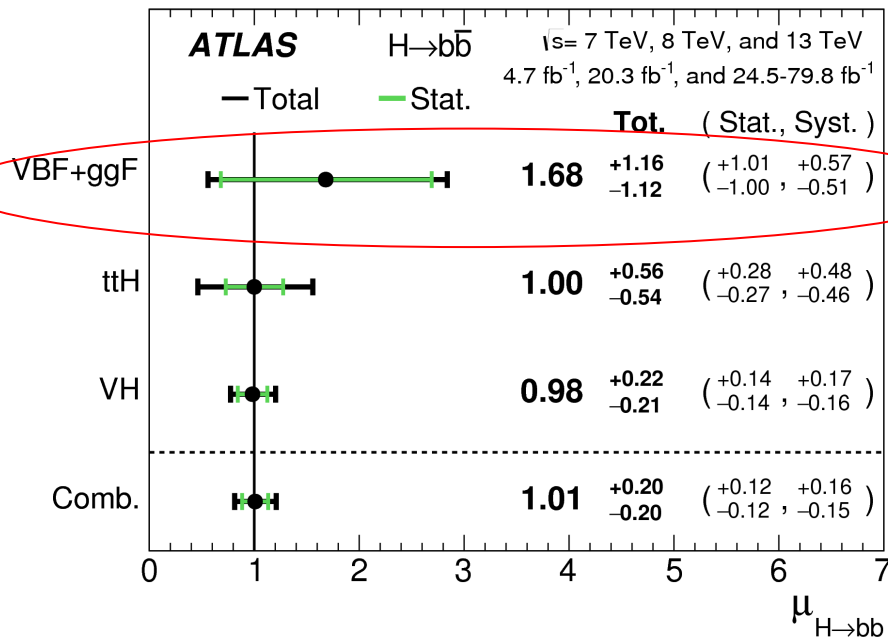
- 2000/9 - 2004/7：中山大学物理系，学士，物理学
- 2004/9 - 2011/7：中山大学物理系，博士，物理学
- 2010/7 - 2014/1：英国牛津大学物理系，博士后
- 2014/2 - 2016/2：美国加州大学圣塔克鲁斯分校，博士后
- 2016/2 - 至今：中国科学院高能物理研究所，副研究员
- 2018年获得科学院百人计划择优支持

2019年进展

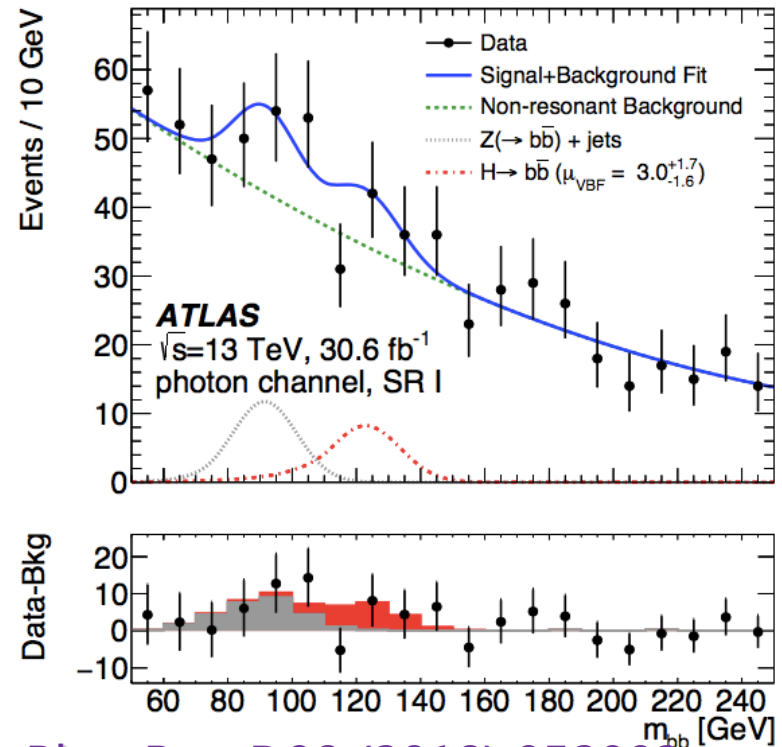
- 2019年各项工作总结
 - 成功申请4项新的经费（主持3项）
 - 发表5篇文章（1篇待发表）
 - 8个国际会议报告（3篇会议论文集）
- ATLAS实验上的希格斯物理分析（VBF模式 $H \rightarrow bb$ ）
 - 获得2019年基金委面上基金的支持
- CEPC物理上负责电弱物理（Z pole, WW runs）
 - CEPC上W玻色子质量投稿到EPJC
- ATLAS高颗粒度高时间分辨探测器
 - 所研发国产传感器在时间分辨率达到世界先进水平
- CEPC的顶点像素探测器
 - 完成整机结构的初步工程设计

成果1：发现希格斯玻色子主要衰变道 ($H \rightarrow b\bar{b}$)

- 2018年ATLAS与CMS实验发现 $H \rightarrow b\bar{b}$ 的重要成果，各国媒体均有报道
 - 是2018年度美国APS评为年度10大亮点之一
 - 本人担任ATLAS的VBF模式 $H \rightarrow b\bar{b}$ 分析负责人，贡献 2.1σ 的观测显著度
 - VBF模式 $H \rightarrow b\bar{b}$ 是ATLAS三个 $H \rightarrow b\bar{b}$ 分析组的之一 (VH, VBF, ttH)。
- 2019年，本人继续在full run2 分析中担任VBF $H \rightarrow b\bar{b}$ 分析的负责人analysis contact
 - 本人博士后刘波担任文章编辑 (paper editor)
 - Full run2的文章将在未来数月发表



Phys. Lett. B 786 (2018) 59



Phys.Rev. D98 (2018) 052003⁴

成果1：希格斯玻色子主要衰变道 ($H \rightarrow b\bar{b}$)

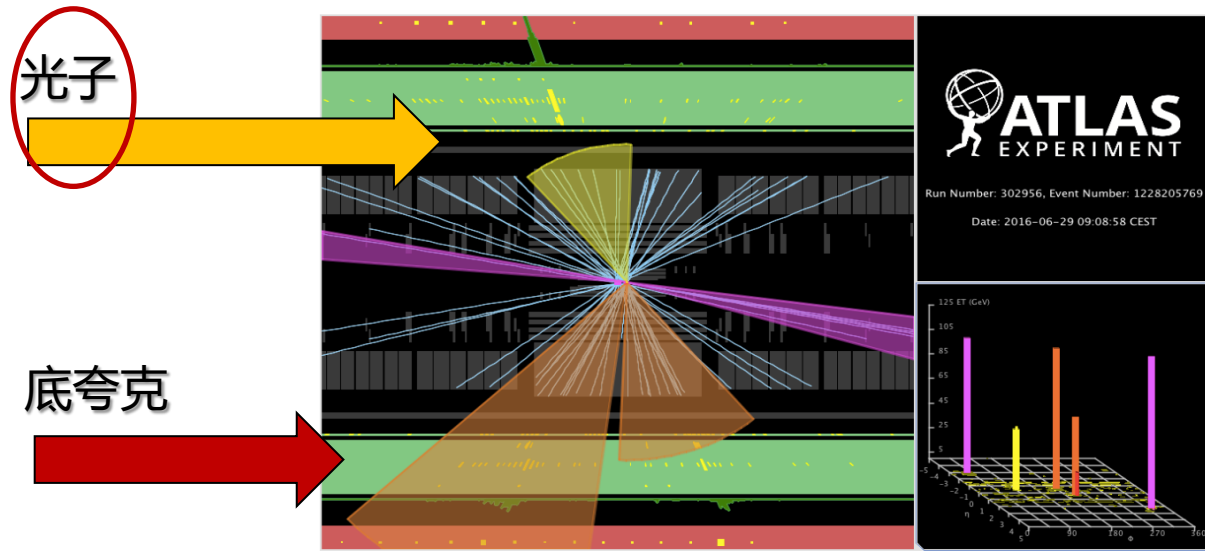
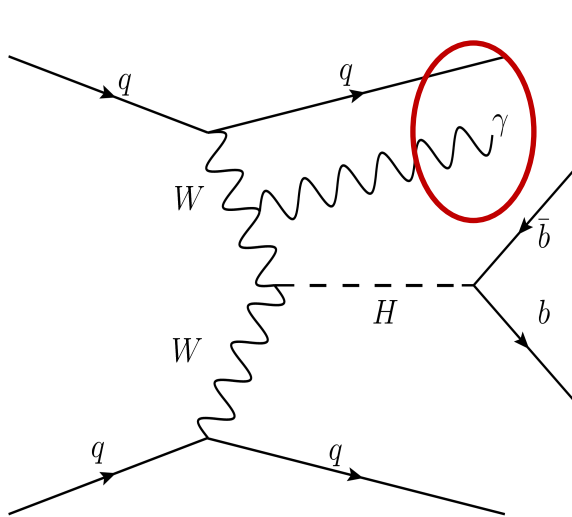
- **创新研究方案**：本人在ATLAS首次在VBF $H \rightarrow b\bar{b}$ 末态提出高能光子末态方案。
- **创新优势**：显著提高信噪比一个量级，解决系统误差大的问题
- 该方案得到**2019年自然科学基金委的面上项目支持**

5位基金委评委都肯定本人方案的
创新性与有效性

通讯评审意见：

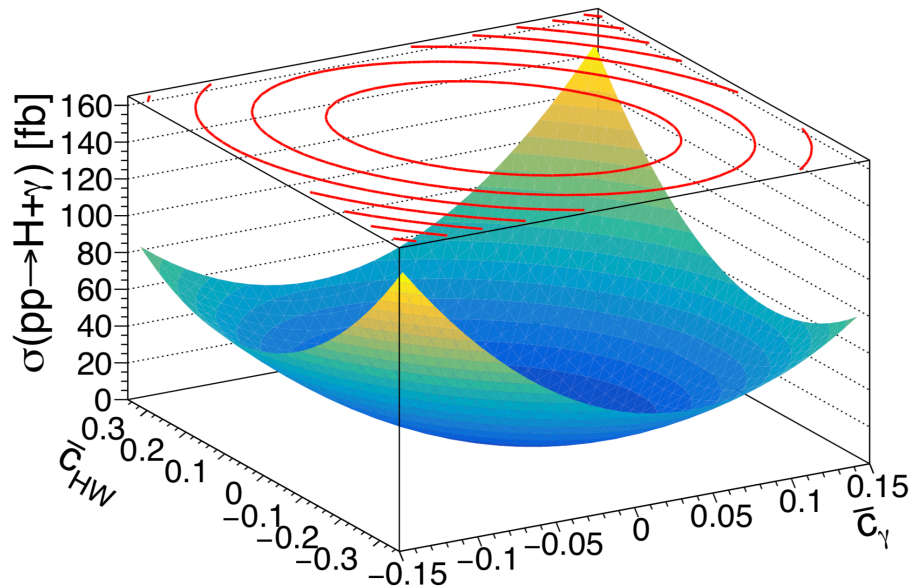
他们提出的方法以鉴别 b jet 是很有创新性的。提出在VBF中寻找 $H \rightarrow b\bar{b} + \gamma$ 的末态，由于这个高能光子的出现，有效压低胶子-jet 本底，提高了信噪比。这是他们首次提出的。

项目批准号	11875278	项目负责人	梁志均	申请代码1	A050508
项目名称	在ATLAS实验上通过矢量玻色子融合过程寻找希格斯玻色子的底夸克对衰变				
资助类别	面上项目	亚类说明			
附注说明					
依托单位	中国科学院高能物理研究所				
直接费用	66.00 万元	起止年月	2019年01月 至 2022年12月		



成果2：在 $H\gamma$ 末态寻找新物理

- 意义：探索希格斯玻色子内部结构，与寻找其与光子反常耦合。
- 成果：完成一篇文章
 - 利用ATLAS已发表数据做interpretation
 - 用 $H\gamma$ 末态研究希格斯玻色子的反常耦合上限。

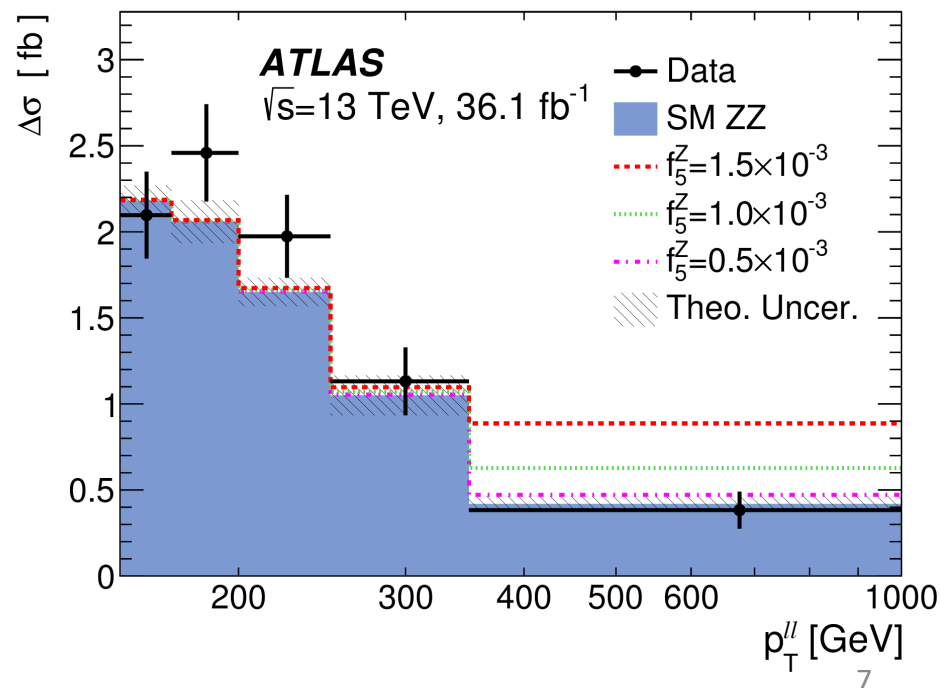
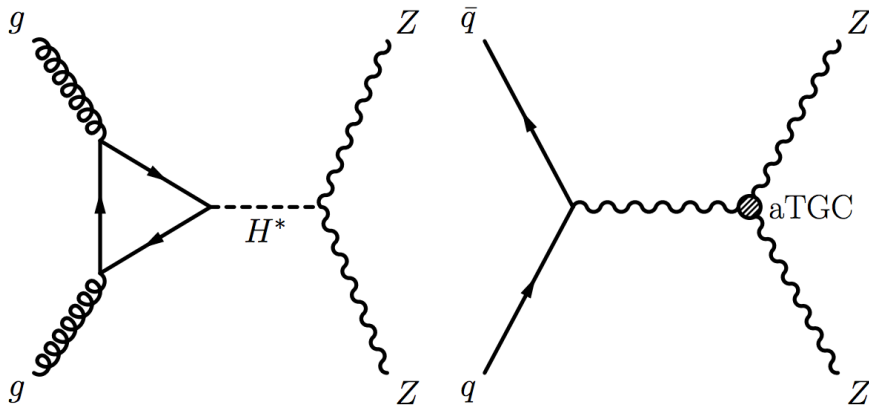


Chinese Physics C Vol. 43, No. 4 (2019) 043001,
石辽珊, 梁志均, 刘波 (作者均为本人团队成员)

成果3: ATLAS实验上探索反常双玻色子耦合

- 利用ATLAS run2数据在 $ZZ \rightarrow ll\nu\nu$ 上探索反常双玻色子耦合上
 - 比run1的灵敏度提高数倍
 - 本人团队刘波在该分析起了主要作用
 - 负责所有统计分析, 信号提前, limit setting 在ATLAS电弱物理组给了重要的approval talk
 - 文章发表在JHEP上

JHEP 10 (2019) 127



成果4: CEPC的电弱物理研究

- 成果: 主导了CEPC中Z pole 与WW runs上电弱物理测量精度的研究
 - 本人担任CEPC概念设计报告电弱物理章节的编辑
 - 在多个国际高能物理会议 (EPS2019, IAS2019等)上报告了该结果
 - 2019年投稿CEPC上W质量测量的文章 (首篇CEPC-Fcc joint paper)

CEPC上W玻色子质量的测量文章投稿EPJC, 待发表 arXiv:1812.09855 (沈培迅, 李刚, 梁志均) EPJC审稿人评价正面

the authors present some of the issues in helpful analytic ways that lead at times to valuable insight

Observable	m_W	Γ_W
Source	Uncertainty (MeV)	
Statistics	0.8	2.7
Beam energy	0.4	0.6
Beam spread	–	0.9
Corr. syst.	0.4	0.2
Total	1.0	2.8

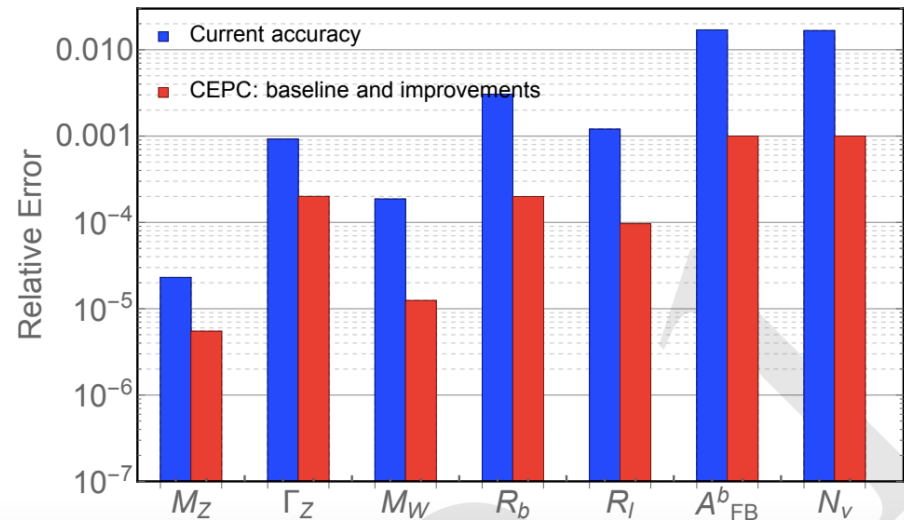
CEPC概念设计报告电弱物理上总结图

11.2: W and Z boson physics

Maarten Boonekamp,²⁰ maarten.boonekamp@cea.fr,

Zhijun Liang,¹ zhijun.liang@cern.ch,

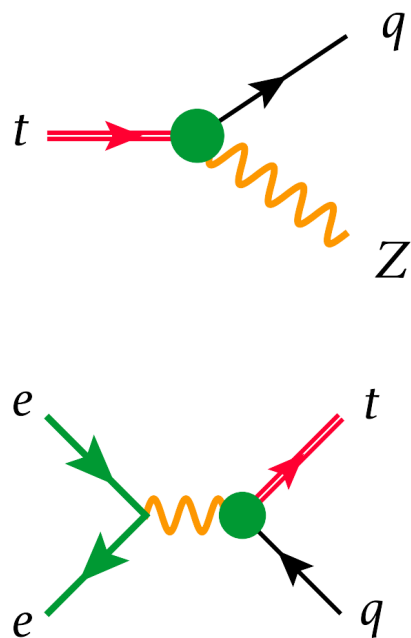
Fulvio Piccinini,^{1b} fulvio.piccinini@pv.infn.it



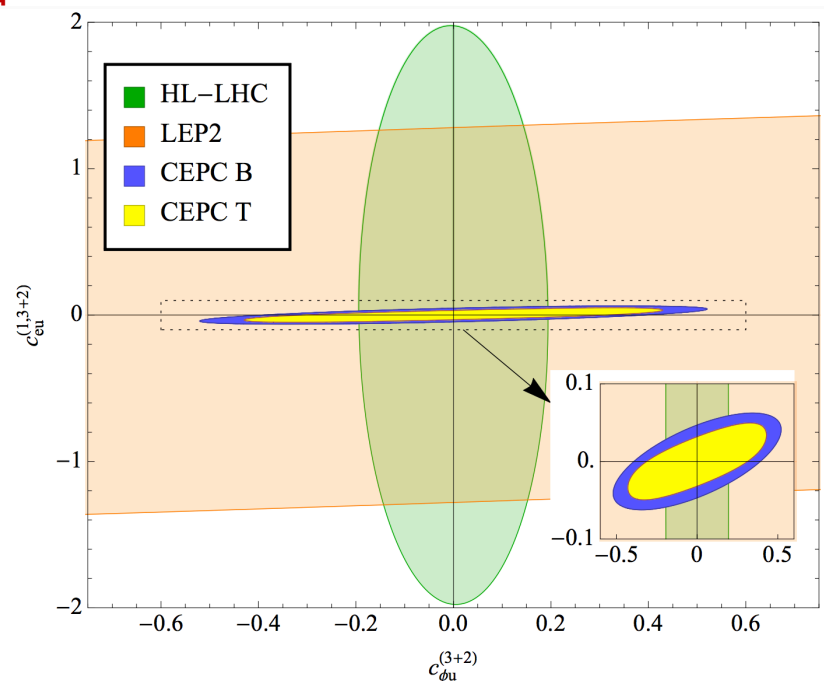
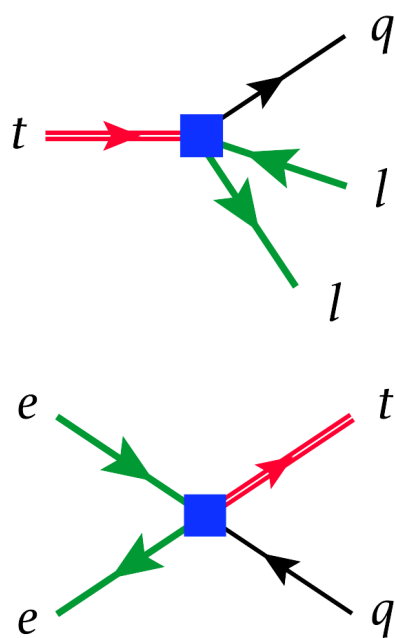
成果5: CEPC上四费米子反常耦合研究

- 探索CEPC上single top 与新物理寻找的潜力
 - 四费米子反常耦合的灵敏度比LHC要高一个量级
 - 与理论室张岑合作发表文章，本人团队石辽珊是第一作者

两费米子反常耦合



四费米子反常耦合

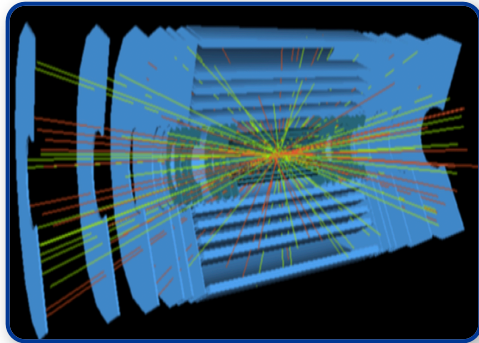


Probing the top quark flavor-changing couplings at CEPC,
Chin.Phys. C43 (2019) no.11, 113104, 本人团队石辽珊是第一作者

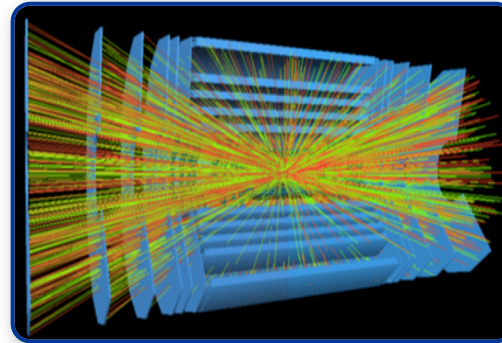
成果6： ATLAS实验高颗粒度高时间分辨探测器

- **研究目标**：把粒子到达时间的测量精度提高3个数量级（25纳秒→30皮秒），解决高亮度LHC对撞事例堆积问题，显著提高希格斯测量的精度。

目前的ATLAS探测器

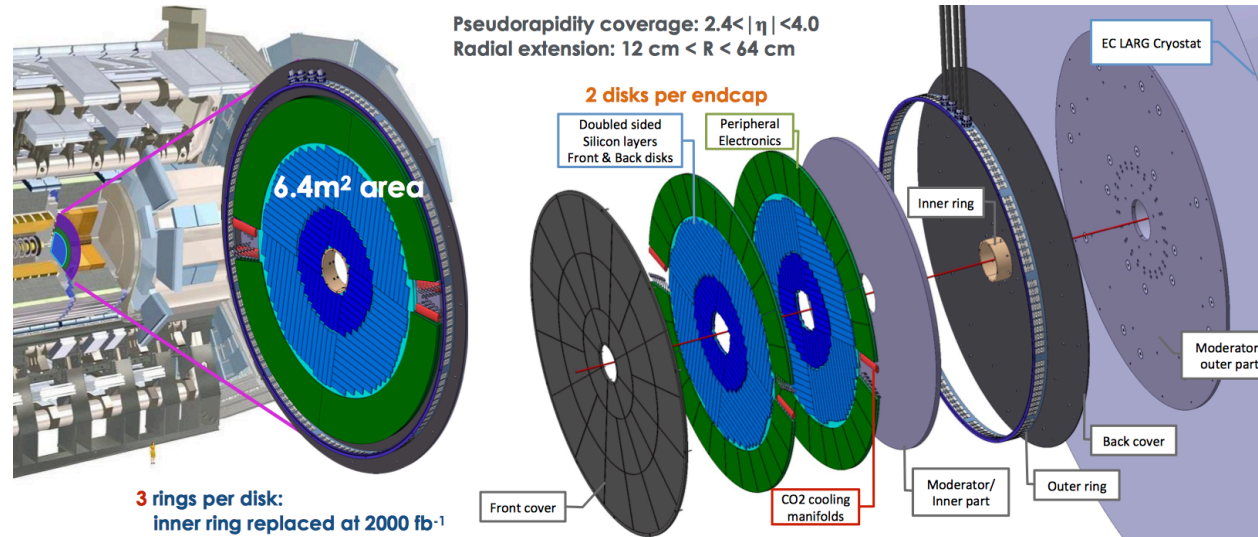


高亮度LHC升级后的ATLAS探测器



ATLAS实验高颗粒度高时间分辨探测器

Pseudorapidity coverage: $2.4 < |\eta| < 4.0$
Radial extension: $12 \text{ cm} < R < 64 \text{ cm}$



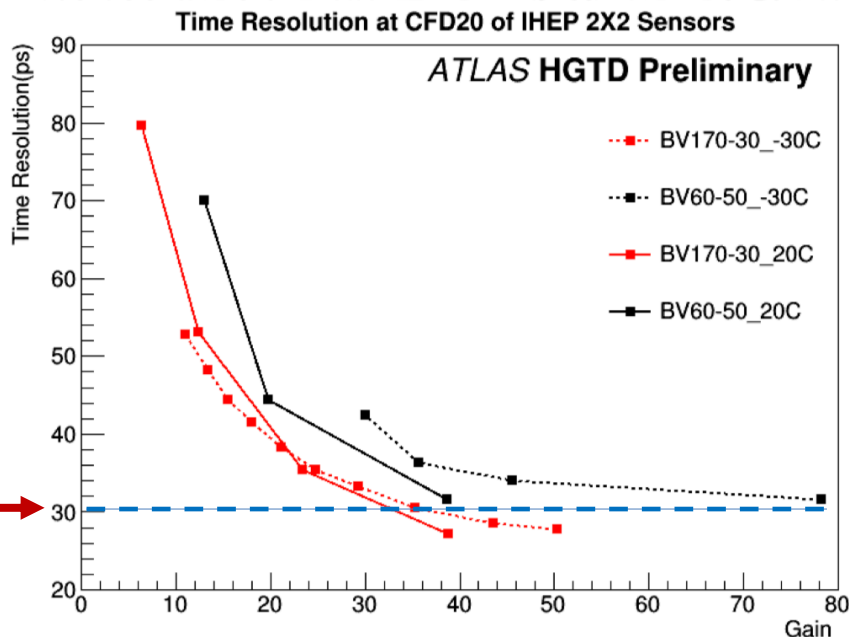
- 6.4平方米的探测器
- 30皮秒时间分辨
- 抗200MRad电离辐照
- 能承受 $2.5 \times 10^{15} \text{ neq/cm}^2$ 的等效中子通量的辐照

成果6: ATLAS实验高颗粒度高时间分辨探测器

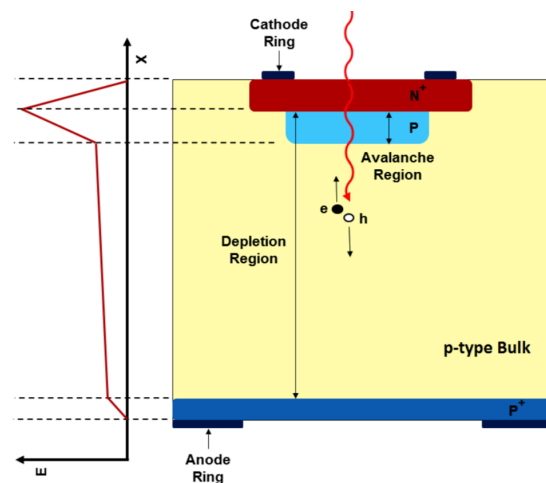
- 本人主导首批国产LGAD超快传感器研制（与北师大合作）
 - 得到核探测核电子学国家重点实验室的自主课题的支持
- 在束流测试中证实该传感器有30皮秒的时间分辨
 - 达到世界先进水平，日本滨松公司LGAD性能相当

所研发的
5x5 像素
国产超快传感器

所研发的传感器达到30皮秒的时间分辨



LGAD超快传感器原理

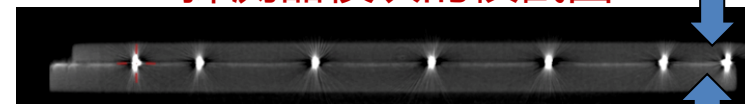


成果6： ATLAS实验高颗粒度高时间分辨探测器

- 担任该ATLAS实验 HGTD探测器技术设计报告 (TDR)的编辑
 - 与西班牙IFAE的Sebastian教授一起负责探测器模块章节
- 本人带领团队研制出ATLAS实验高时间分辨探测器首批 (也是目前唯一) 的探测器模块
 - 高能所模块的性能是TDR中的主要结果

高分辨传感器

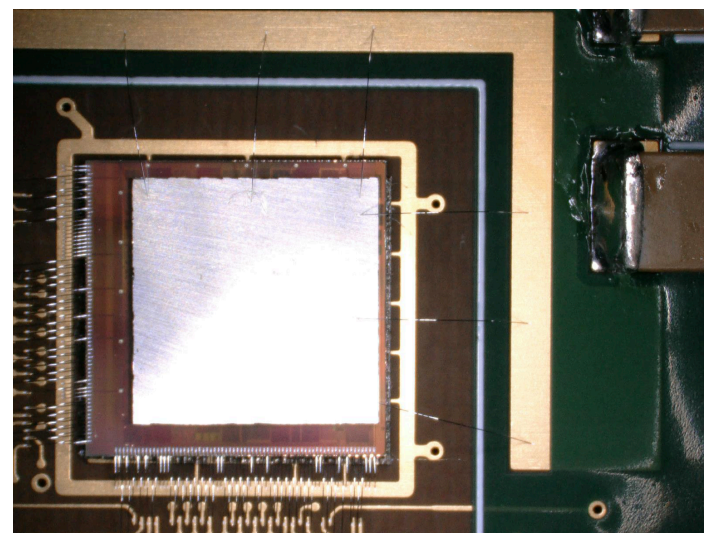
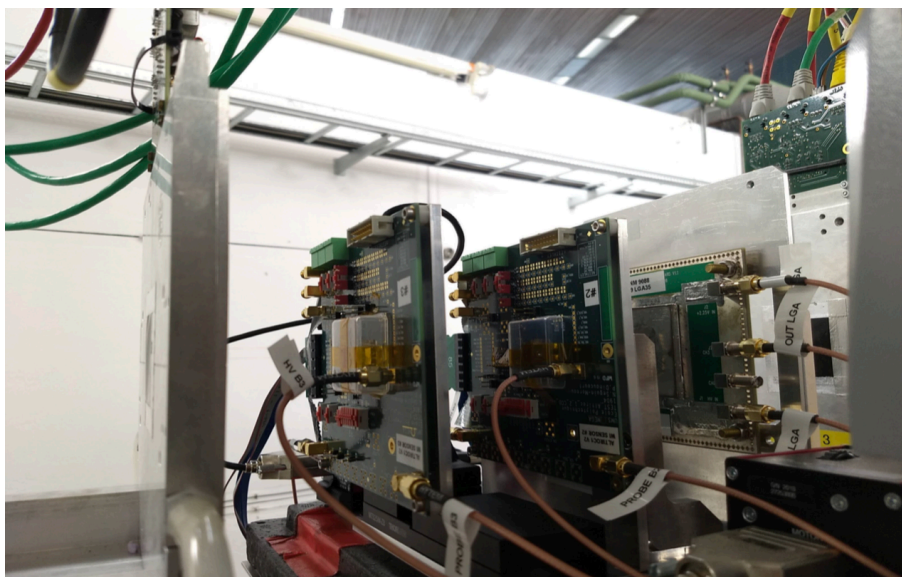
探测器模块的横截面



超快ASIC芯片

采用国产传感器的HGTD模块

所研制的探测器模块在ATLAS实验束流测试中

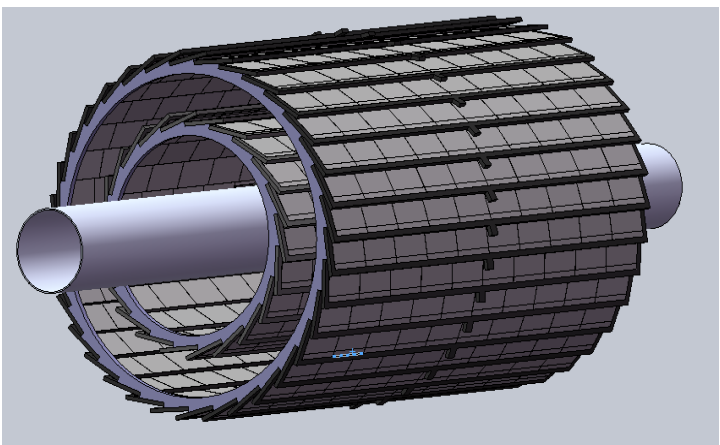


成果7： CEPC硅径迹原型机研发

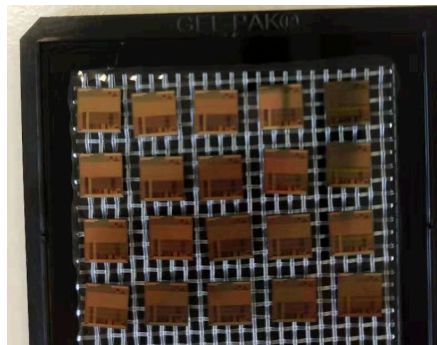
作为核心骨干，参与CEPC科技部第二期国家重点研发项目

- 课题2：研制世界领先的硅径迹原型机（1200万课题经费）
 - 探测器的空间分辨要求为3-5微米，研制三层完整的顶点探测器
 - 采用CMOS图像传感器技术，抗辐照的要求为大于1Mrad总电离剂量
- 本人负责原型机整机设计与芯片辐照测试
 - 本人博后樊云云将利用国重的X光辐照仪搭建辐照测试平台
 - 与付金煜合作设计原型机的机械支撑结构

CMOS顶点探测器机械支撑结构设计
(与付金煜合作)



项目组所研发的
太初CMOS传感器



调试校准X光辐照仪



经费情况 (1)

负责 (或参与) 的科研/工程项目、经费情况

项目名称	项目类别	项目总经费	本人负责的经费	项目申请人	项目参与成员	本人角色	起止时间
CEPC的物理与探测器研发	中科院百人计划择优支持项目	330万	330万	本人	5	主持	2019-2021
寻找希格斯玻色子的底夸克衰变	基金委面上项目	66万	66万	本人	5	主持	2019-2022
抗辐照超快传感器研发	核探测与核电子国家重点实验室自主项目	20万	20万	本人	6	主持	2019年
ATLAS实验phase2探测器升级	基金委与CERN国际重大项目	3350万 (待公示)	640万	刘衍文	10	参与, ATLAS超快时间探测器高能所负责人	2020-2024

经费情况（2）

3.1负责（或参与）的科研/工程项目、经费情况（续）

项目名称	项目类别	项目总经费	本人负责的经费	项目申请人	项目参与成员	本人角色	起止时间
高能环形正负电子对撞机关键技术验证	科技部国家重点研发计划	3145万	300万	Joao da Costa	42	参与，负责课题2硅径迹探测器整机研发	2018-2023
ATLAS 实验run2物理分析	科技部国家重点研发计划	2000万	100万	金山	20	参与，负责课题1中重希格斯粒子的寻找	2018-2022
在ATLAS探测器精确测量希格斯玻色子性质与新物理的寻找	基金委与CERN国际重大项目	800万	75万	金山	10	参与，负责希格斯玻色子的底夸克衰变道研究	2016-2020

2019年发表文章列表

本人（或本人团队成员）作出主要贡献的文章

序号	题目	刊物/出版社名称	作者
1	Construction of the new silicon microstrips tracker for the Phase-II ATLAS detector	Nucl.Instrum.Meth. A 924 (2019) 265-269	ATLAS collaboration
2	Constraining anomalous Higgs boson coupling in $H+\gamma$ production	Chinese Physics C Vol. 43, No. 4 (2019) 043001	石辽珊, 梁志均, 刘波 et al
3	Measurement of ZZ production in the $\ell\ell\nu\nu$ final state with the ATLAS detector in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV	JHEP 10 (2019) 127	ATLAS collaboration
4	Probing the top quark flavor-changing couplings at CEPC	Chin.Phys. C43 (2019) no.11, 113104	石辽珊, 张岑
5	Data-taking strategy for the precise measurement of the W boson mass with threshold scan at circular electron positron colliders	投稿EPJC（待发表） arXiv:1812.09855	沈培迅, 李刚, 梁志均, 刘波, 石辽珊 et al

学术交流情况

8个国际会议报告，内容包括ATLAS与CEPC的物理与探测器研发

- Hiroshima conference on tracking detector ,日本广岛 , 2019年12月18日
IHEP-NDL LGAD ultra-fast timing sensor R & D
- CEPC international workshop 2019 : 北京 , 2019年11月18-20日
Timing detector R & D for CEPC
- 国际顶点探测器会议 (Vertex2019) : 克罗地亚 , 2019年10月
ATLAS high granularity timing detector
- 19th Lomonosov Conference: 俄罗斯莫斯科, 2019年8月
Higgs Physics at CEPC
- 欧洲高能物理会议 (EPS2019) , 比利时 , 2019年7月
Electroweak physics at CEPC
- The 27th International Workshop on Weak Interactions and Neutrinos,
意大利巴里 , 2019年6月
Higgs boson couplings to quarks at the ATLAS experiment
- CEPC workshop EU Edition 2019 , 英国牛津, 2019年4月17日
Z pole physics at CEPC
- 香港IAS高能物理会议 (IAS2019) , 中国香港 , 2019年1月
Electroweak physics at CEPC

奖励与学术任职

获得科技奖励情况

序号	获奖时间	获奖项目名称
1	2016年12月	获得中国科学院粒子物理前沿卓越创新中心第三届青年优秀人才奖
2	2018年12月	获得中国科学院粒子物理前沿卓越创新中心第五届青年优秀人才奖
3	2018年	获得科学院百人计划的择优支持

学术类任职

序号	任职组织名称	担任职务	起止时间
1	Elsevier的《Nucl.Instrum.Meth. A》	审稿人	2017-至今
2	Elsevier的《Measurement》	审稿人	2016-至今

人才培养

◆ 培养博士后情况

姓名	获得的科研成果（论文、专利、科研奖励等）	本人起到的作用
刘波	2019 发表 ATLAS 实验 ZZ 双玻色子过程测量文章 2016年卓越中心赵忠尧优秀博士后	合作导师
樊云云	2019年卓越中心赵忠尧优秀博士后 2019 年中国科学院特别研究助理	合作导师
石辽珊	2019 年发表希格斯+光子的新物理寻找的文章	合作导师

◆ 培养学生情况

年份	培养学生数量	学生成果
2019	3（在读）	崔涵在 ATLAS 像素探测器校准上起主导作用

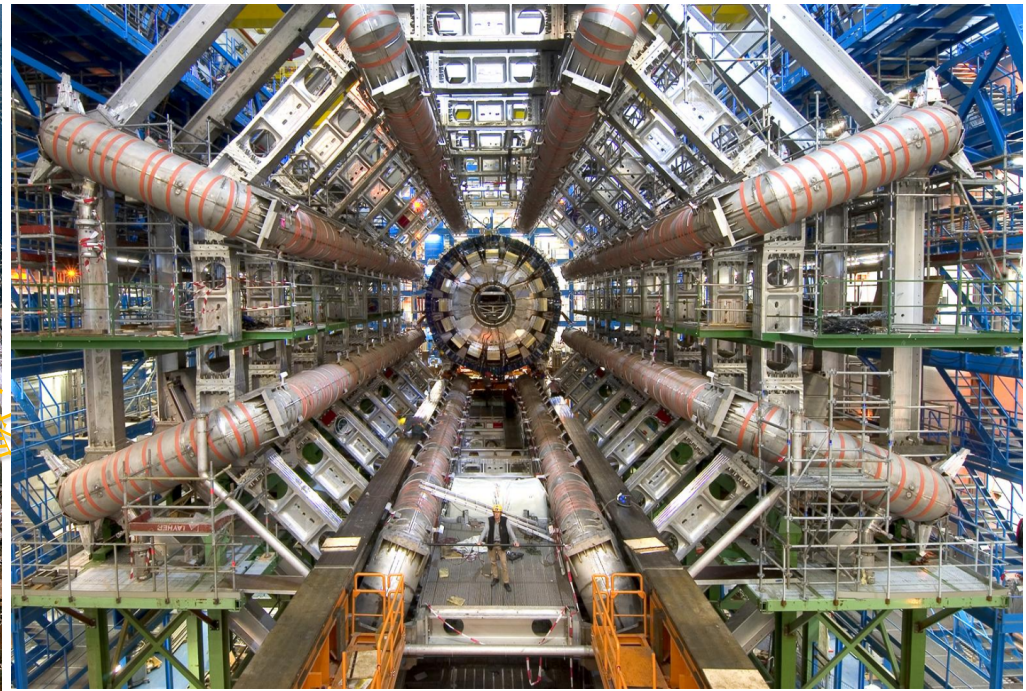
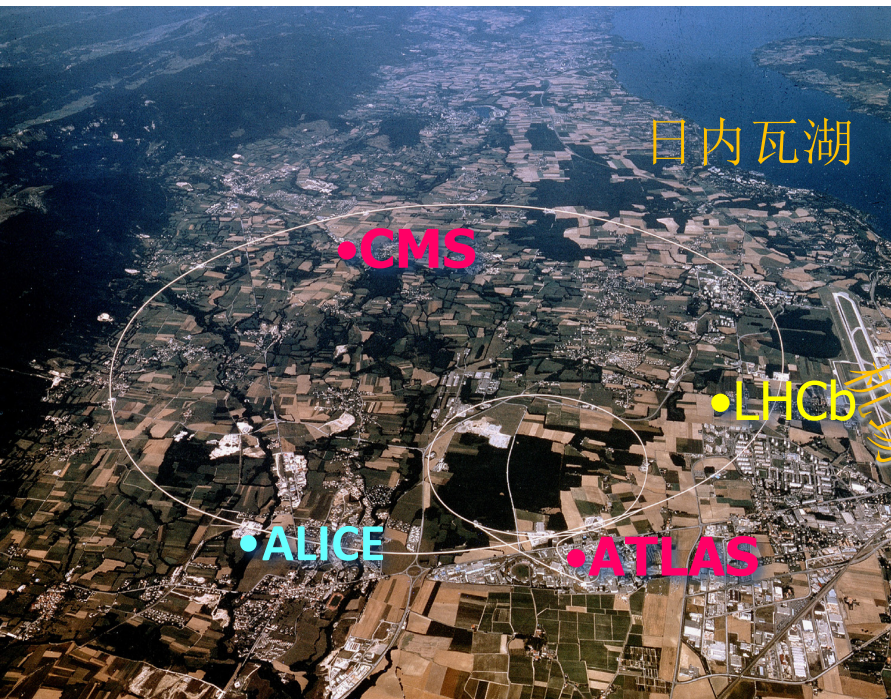
小结

- 2019年各项工作总结
 - 成功申请4项新的经费（主持3项）
 - 发表5篇文章（1篇待发表）
 - 8个国际会议报告（3篇会议论文集）
- ATLAS实验上的物理分析
 - 担任重要分析VBF模式 $H \rightarrow bb$ 的负责人
 - 在ATLAS发现 $H \rightarrow bb$ 的重要成果中起了主要作用
 - 获得2019年基金委面上基金的支持
- CEPC物理上负责电弱物理（Z pole, WW runs）
 - CEPC上W玻色子质量投稿到EPJC
- ATLAS高颗粒度高时间分辨探测器
 - 所研发国产传感器在时间分辨率达到世界先进水平
 - 担任HGTD探测器TDR的编辑
- CEPC的顶点像素探测器
 - 完成整机结构的初步工程设计



Thanks !

大型强子对撞机与ATLAS实验



大型强子对撞机

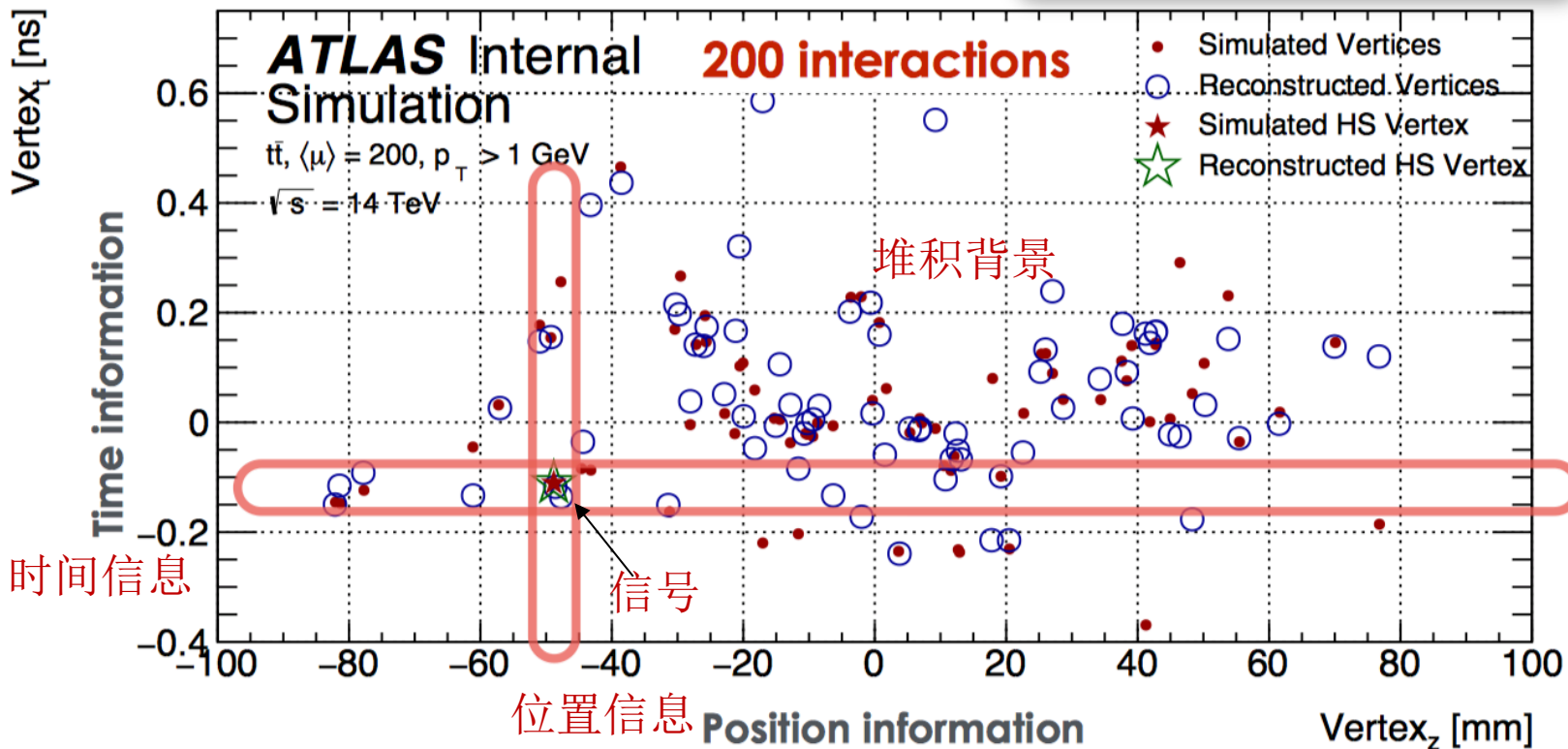
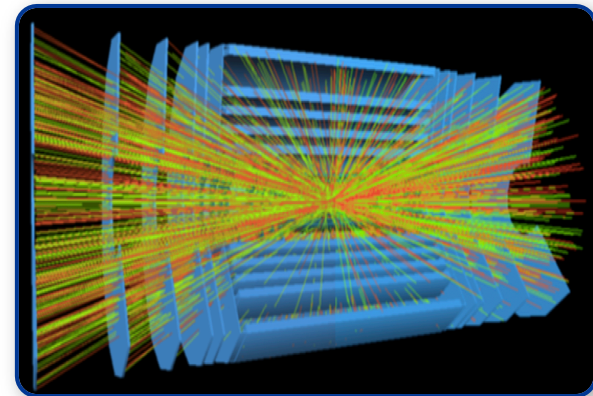
- 周长**27km**，总投资**40亿美元**
- 世界能量**最高**的加速器
- 质心系能**14TeV** ($14 \times 10^{12} \text{eV}$)
- 位于瑞士与法国边境

ATLAS探测器

- 大约**3000人**的一个实验组
- **6层楼高** (**25米**) 的大型探测器
- 探测对撞产生粒子能量与动量

立项依据：高时间分辨硅探测器的研制

- HL-LHC下，每次对撞堆积事例数高达200 → 堆积背景
- 顶点探测器提供的位置信息不足以区分堆积事例
- 科学目标：要精确测量希格斯玻色子
 - 必须同时精确测量时间信息与位置信息
 - 研发高时间分辨硅探测器势在必行



发现希格斯玻色子主要衰变道 ($H \rightarrow b\bar{b}$)

项目批准号	11875278	项目负责人	梁志均	申请代码1	A050508
项目名称	在ATLAS实验上通过矢量玻色子融合过程寻找希格斯玻色子的底夸克对衰变				
资助类别	面上项目	亚类说明			
附注说明					
依托单位	中国科学院高能物理研究所				
直接费用	66.00 万元	起止年月	2019年01月 至 2022年12月		
通讯评审意见: <1> H 到 $b\bar{b}$ 的衰变道是标准模型的Higgs 粒子的主要衰变道之一。但由于背景复杂，直接测量的信噪比太低，所以到今天这个道的测量仍没有完成。由于H 与夸克的耦合正比于夸克的质量，top 夸克太重，Higgs只能衰变成两个虚top 夸克，使测量没有太多的优势。只有到 $b\bar{b}$ 的到才是最合适的测量道，得到的数据对真正认识Higgs 性质意义重大，是精确检验标准模型的关键。然而，到今天仍没有数据出现。申请者提出的用高能光子作辅助，提高b-jet 的判别率是很好的办法，也许可能四年内完成大于 5个标准偏差的显著度发现Higgs 与正反夸克对的耦合的目标。这是很有意义的。 他们提出的方法以鉴别b jet 是很有创新性的。提出在VBF中寻找 $H \rightarrow b\bar{b} + \gamma$ 的末态，由于这个高能光子的出现，有效压低胶子-jet 本底，提高了信噪比。这是他们首次提出的。					

奖励与学术任职

获得科技奖励情况

序号	获奖时间	获奖项目名称
1	2016年12月	获得中国科学院粒子物理前沿卓越创新中心第三届青年优秀人才奖
2	2018年12月	获得中国科学院粒子物理前沿卓越创新中心第五届青年优秀人才奖
3	2018年	获得科学院百人计划的择优支持

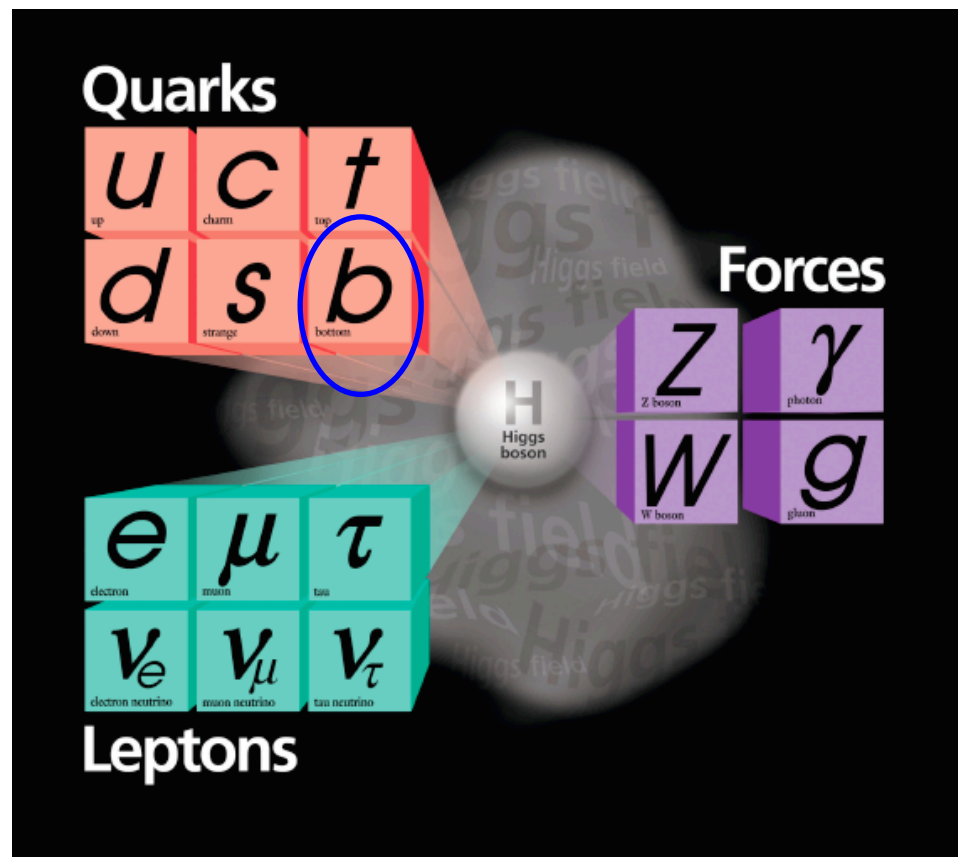
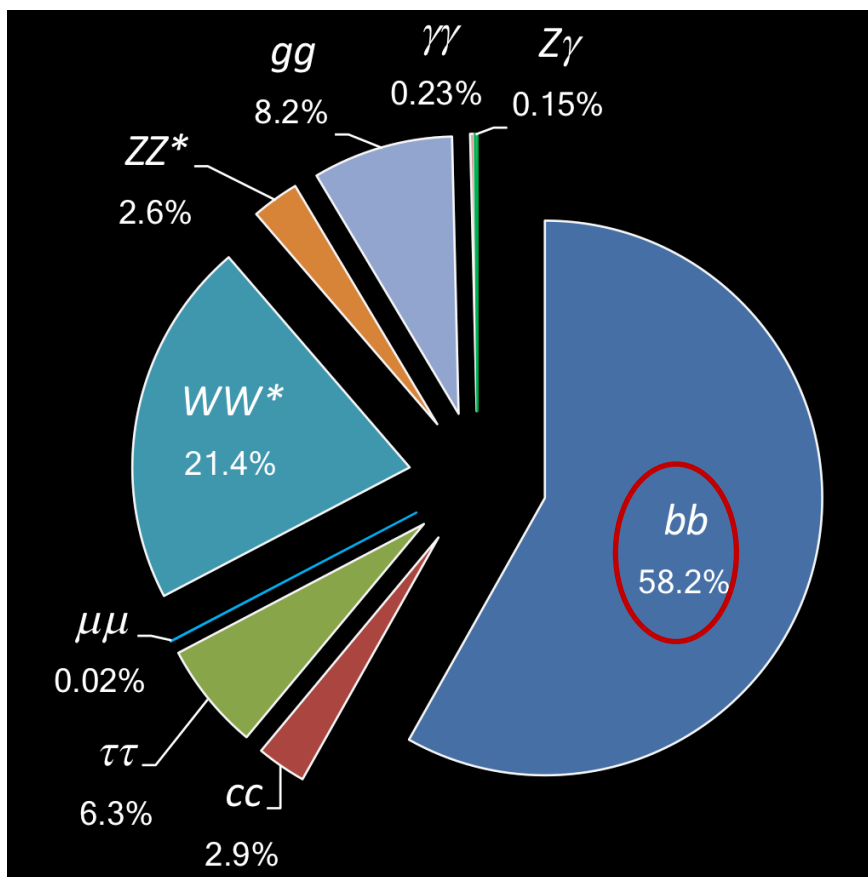
学术类任职

序号	任职组织名称	担任职务	起止时间
1	Elsevier的《Nucl.Instrum.Meth. A》	审稿人	2017-至今
2	Elsevier的《Measurement》	审稿人	2016-至今

3.任副研究员以来工作完成及成果

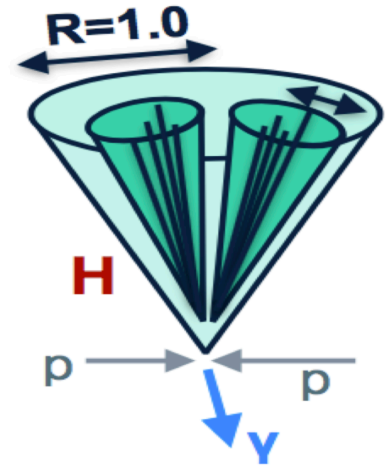
成果1：发现希格斯玻色子主要衰变道 ($H \rightarrow bb$)

- **意义**：底夸克对是希格斯玻色子的最主要衰变
- **难点**：背景多，是信号千万倍以上。



3.任副研究员以来工作完成及成果

成果2：在玻色子+光子末态寻找新物理



- **意义**：探索Higgs内部结构，与寻找其与光子反常的耦合。
- **瓶颈**：高能区，希格斯的衰变产物容易混淆，效率低。
- **创新点**：用喷注微结构的新方案，提高灵敏度。
- **成果**：2018年，主导实验上首次希格斯+光子末态寻找新物理的呼吁。

2017年，主导用新方案在Z玻色子+光子末态寻找新物理的成果。

ATLAS实验组主页对首次希格斯+光子新物理寻找的专题报道

新方案大大提高高能区信号灵敏度
Phys. Lett. B 764 (2017) 11

Searching for forces beyond the Standard Model

By ATLAS Collaboration, 8th May 2018

Phys.Rev. D98 (2018) , 032015

The ATLAS collaboration is continuing to scour the wealth of data provided by the LHC for any signs of physics beyond the particles and interactions described by the Standard Model. One approach is to search for new forces in addition to the Standard Model's electroweak and strong interactions. Such forces could be propagated by new massive bosons playing the role the W and Z bosons have in mediating the electroweak force.

A recent ATLAS measurement extends searches for new bosons up to masses about 70 times the mass of the Z boson. The search examines events where the postulated boson (X) would decay into an energetic photon plus a W or Z boson. ATLAS is well suited for detecting such events, initially selecting an energetic photon and subsequently identifying highly-boosted W/Z bosons from their decays to quark-antiquark pairs. The mass of the X boson can be obtained directly from the decay products and evidence for the X boson would appear as an excess of events above background. Alas, no such excess is observed, allowing improved limits to be set

