



中国科学院高能物理研究所

Institute of High Energy Physics Chinese Academy of Sciences

# 粒子物理前沿卓越中心考核报告

梁志均

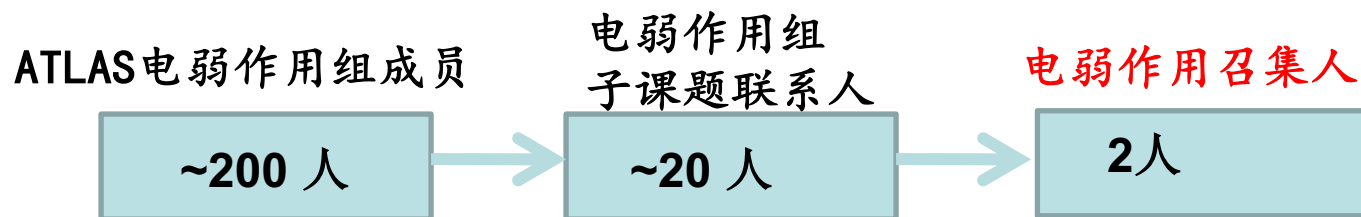
中国科学院高能物理研究所

# 个人简介

- 本人从事粒子物理高能量前沿的研究
- 在ATLAS国际实验上工作超过10年
- 近5年在国际杂志发表文章10篇以上，引用超过300次。
  
- 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
  - 2016年2月，入选高能所“百人计划”
  - 2016年12月，获得卓越中心青年优秀人才奖

# 回国前在ATLAS实验中担任职务

- 曾担任ATLAS实验电磁作用与弱作用组召集人。2012-2013
  - 其中50位教授，70多个博士后，80多名博士生。
  - 他们来自世界各地顶级的大学与研究所。



- 带领ATLAS电弱物理组发表文章超过10篇。
  - 三篇发表在Phys.Rev.Lett 上，引用过百次。
  - 其中一篇首次发现三玻色子过程（被PRL编辑推荐）
  - 本人在ATLAS首次提出这个测量，并主导其分析

Editors' Suggestion



Phys.Rev.Lett 上编辑推荐

Evidence of  $W\gamma\gamma$  Production in  $pp$  Collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV and Limits on Anomalous Quartic Gauge Couplings with the ATLAS Detector

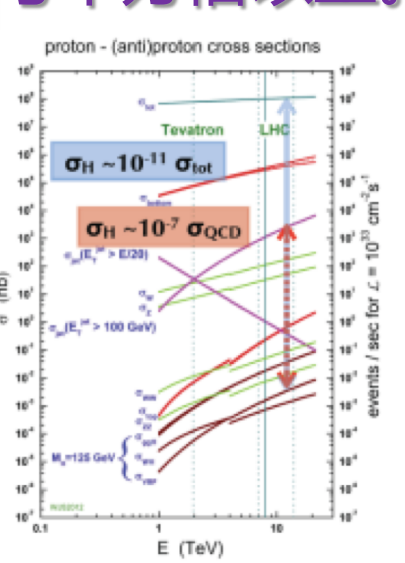
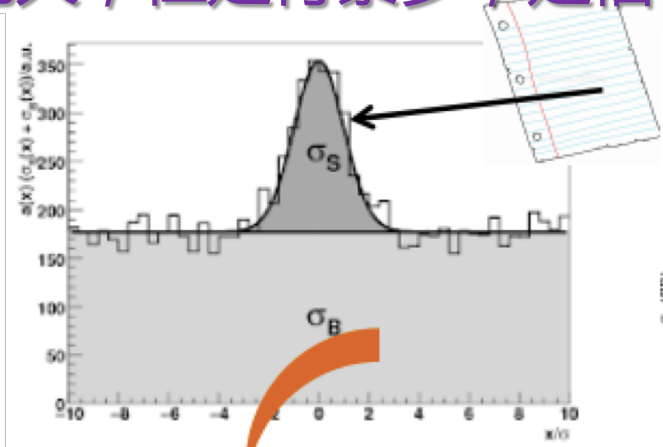
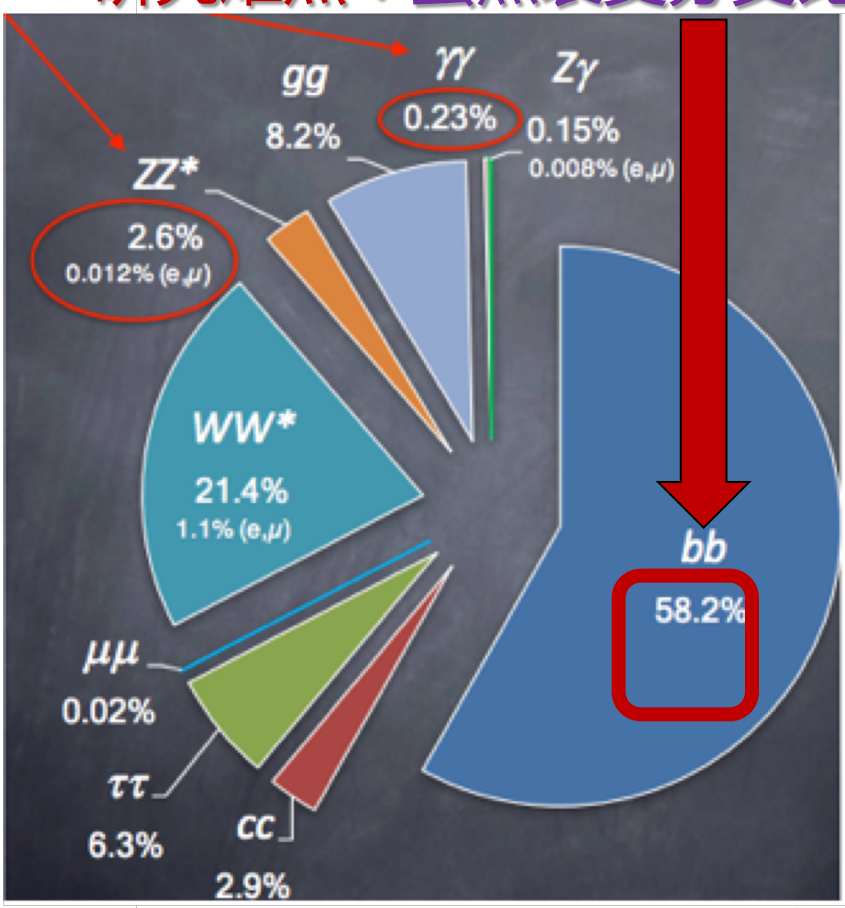
G. Aad *et al.* (ATLAS Collaboration)

# 2018年度进展

- 在国际杂志发表文章 **4篇**
  - ATLAS物理分析工作 **3篇**
    - VBF  $H \rightarrow bb$ 分析：主导贡献，分析负责人 (analysis contact)
    - $H \rightarrow bb$  observation：主要贡献，三个分析其中一个的负责人
    - 玻色子+光子末态寻找新物理：主导贡献，分析负责人
  - ATLAS硅微条探测器硬件 **1篇**
    - 第一作者，通讯作者，主导贡献
- 成功申请经费**4项**
  - 主持一项自然科学基金面上项目
  - 作为核心骨干成员参与3项
- 国际会议报告**4个**
- 撰写CEPC的概念设计报告的电弱物理章节。

# 课题1：寻找希格斯玻色子的主要衰变道

- 意义：底夸克对是希格斯玻色子的最主要衰变，亟需精确测量。
- 研究难点：虽然衰变分支比大，但是背景多，是信号千万倍以上。

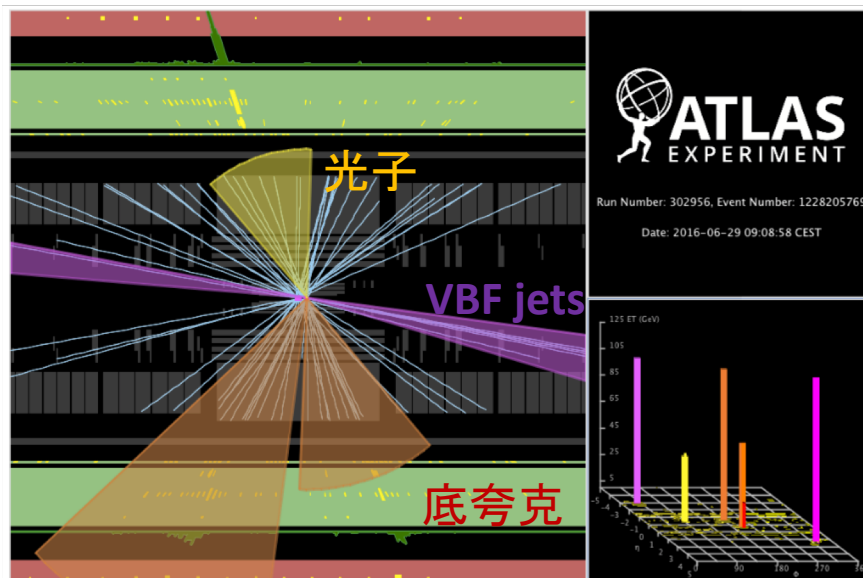
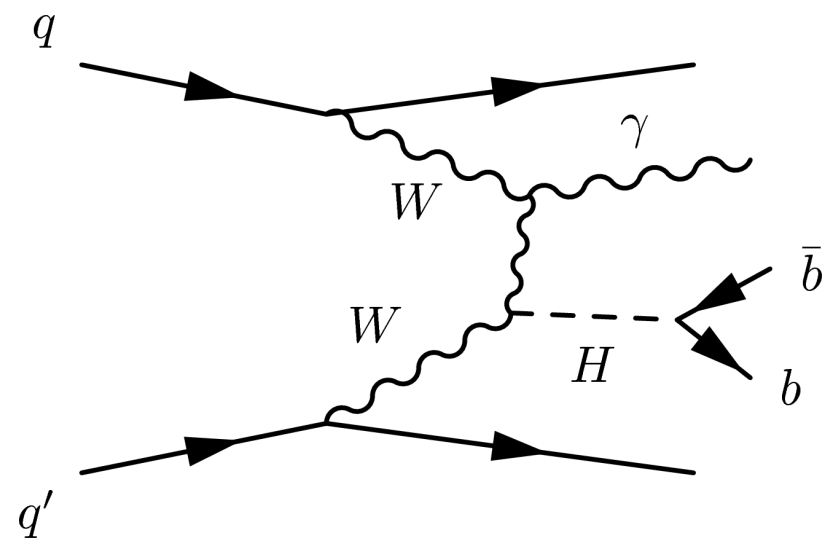


Need to reconstruct an individual quark  
 Need to identify the flavor of the quark  
 SM background is 10 orders of magnitude higher

# 创新点：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首次提出高能光子末态方案。
- 创新优势：压低胶子背景，显著提高信噪比。
- 该方案得到ATLAS实验组管理层大力支持。
  - 提供专用信号触发带宽等实验资源，委任本人为该分析负责人

技术路线( $36\text{fb}^{-1}$ )	传统技术路线	本课题提新技术路线
信号数	340	21
背景事例数	35090	146
信噪比	$\sim 1\%$	20%

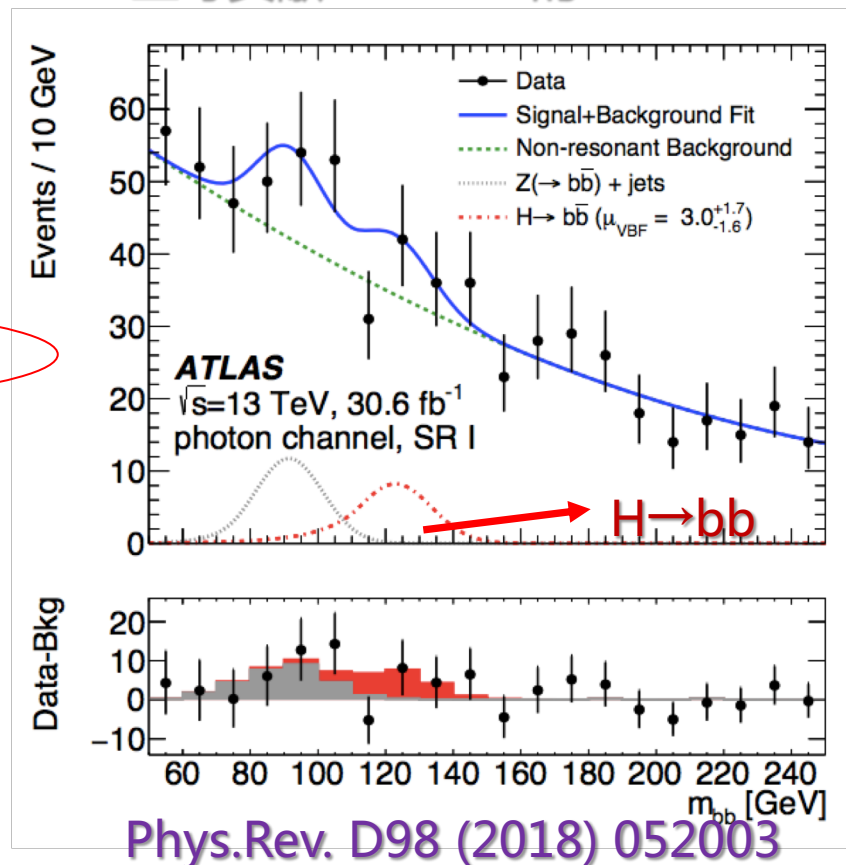
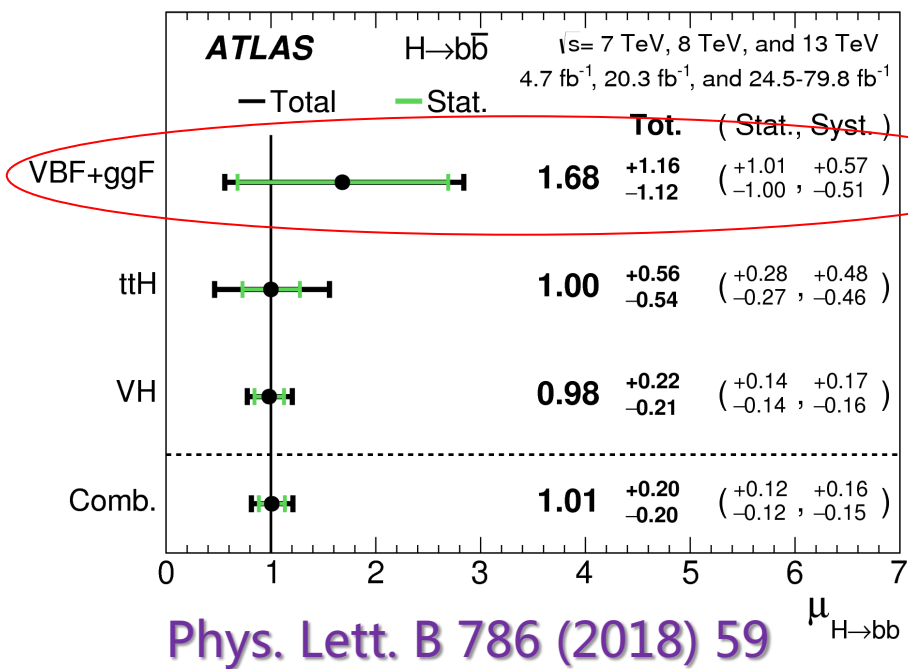


# 课题1：希格斯玻色子主要衰变道 (H->bb)

- ATLAS与CMS实验发现H->bb的重要成果，各国媒体均有报道
  - 是本年度高能量前沿最重要成果之一，中国组多个单位做直接贡献
  - 本人担任ATLAS的VBF H->bb分析负责人，三个H->bb分析的一个。
  - 作了该VBF分析组的主导贡献，在ATLAS中给重要报告 (approval talk)

主要贡献：ATLAS 的H->bb observation  
 VBF+ggF道贡献2 $\sigma$  信号显著度  
 联合VBF+ggF, ttH, VH, 信号显著度大于5 $\sigma$

主导贡献：ATLAS 的VBF H->bb



# 课题1：承担项目

- 2018年成功申请基金委面上项目（在百人计划支持下建立的研究基础）
  - 进一步精确测量希格斯玻色子底夸克衰变道
  - 基金委评委们充分肯定本人的创新方法

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>

项目的特色在于通过伴随光子的末态提高信噪比，同时通过光子信号改进触发，具有较强的创新性。

项目的研究目标非常明确，检验新粒子是否为希格斯粒子，同时验证其最主要的正反底夸克衰变道及其分支比测量，内容具体详实，如能按计划进行，则很有希望在项目资助期内实现。研究思路十分清晰，研究方案和技术路线均可行。

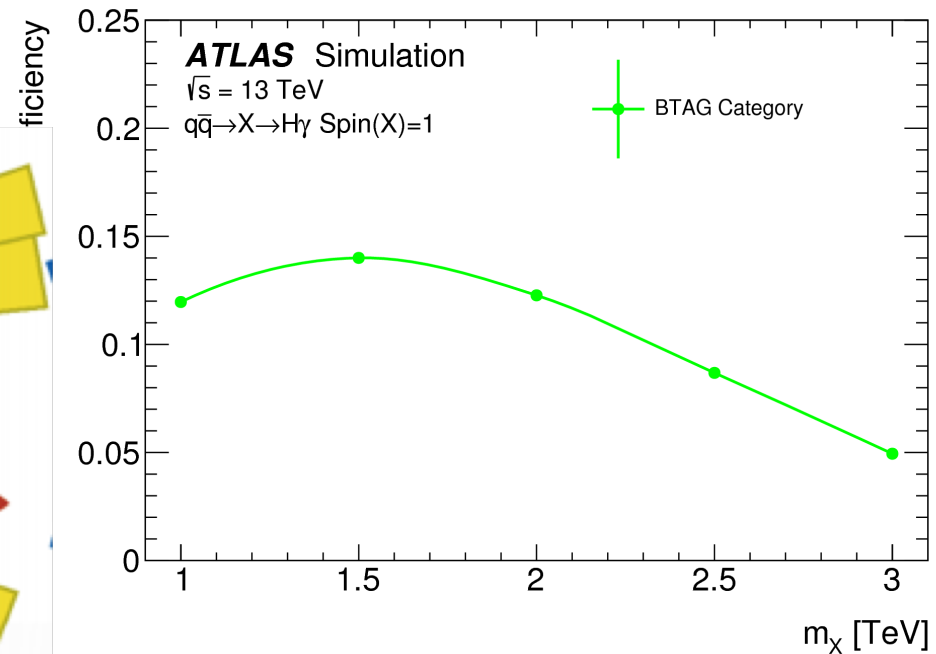
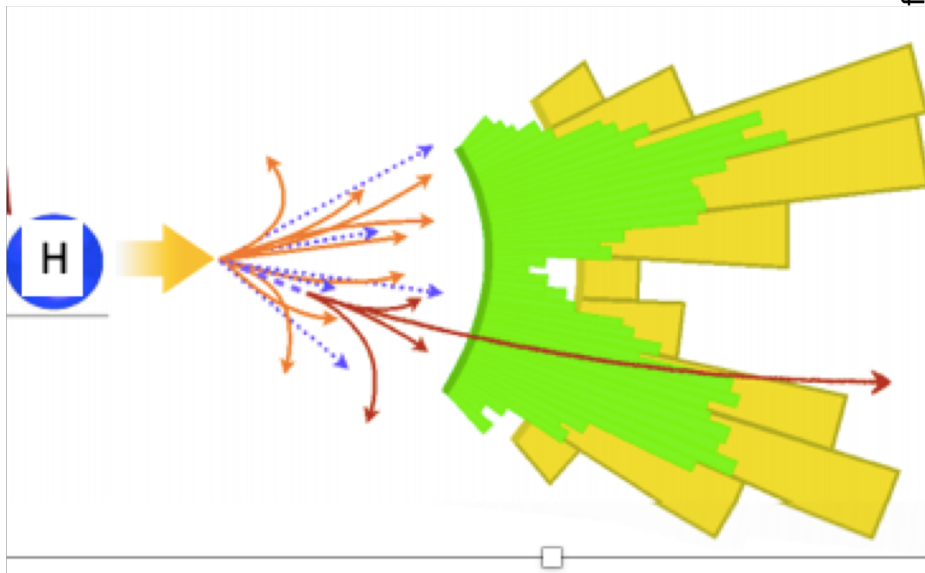
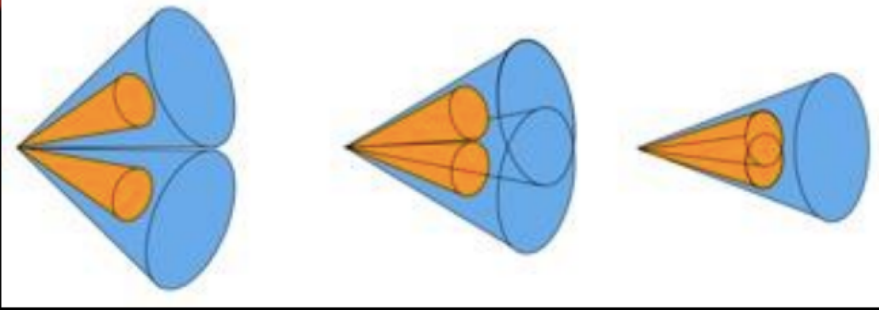
申请人在该研究方向有很好的工作积累，作为分析大组召集人有丰富的物理分析经验，研究能力很强，并有参与相关课题研究的经历。研究队伍人员配置合理，各方面工作经验丰富，具有很大的研究潜力。所在依托单位工作条件完善，能够对该项目的完成提供有力保障。

自然科学基金委的评委  
充分肯定本人的创新方法



# 课题2：在希格斯+光子末态寻找新物理

- **意义**：探索希格斯玻色子内部结构，与寻找其与光子反常的耦合。
  - 利用希格斯玻色子作为工具寻找新物理
- **瓶颈**：高能区，希格斯玻色子的衰变产物容易混淆，重建效率低。



# 课题2：在希格斯+光子末态寻找新物理

- **创新点**：采用喷注微结构以及先进B jet tagger，提高灵敏度。
- **成果**：2018年实验上首次希格斯+光子末态寻找新物理的研究。
- 本人是分析负责人(analysis contact)，做出主导贡献
- ATLAS实验组在主页上对该成果做了专题报道
- ATLAS实验在今年5月LHCC会议上对该成果做了重点展示

## ATLAS实验组主页对本研究的专题报道

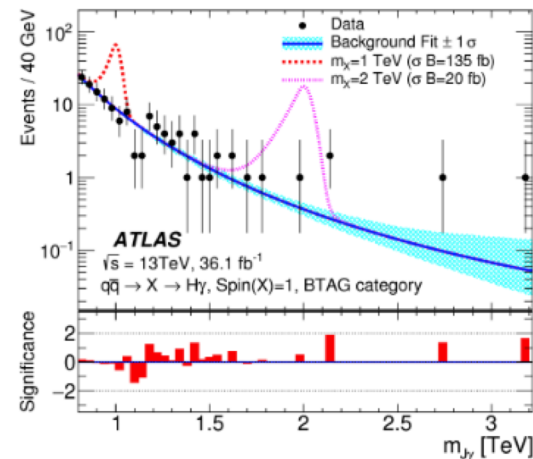
### Searching for forces beyond the Standard Model

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



# 课题3：CEPC电弱物理的研究

- 本人负责CEPC的CDR中电弱物理章节的撰写（第11.2章，20页）
  - 组织团队系统地探索CEPC中电弱物理前景，并开展国际合作
  - 与国际著名专家的Maarten Boonekamp合作研究CEPC上 W mass 测量
  - 与FCC电弱组召集人Fulvio Piccinini合作研究 Z pole 物理量的测量
- 本人在国际高能物理会议ICHEP2018上报告了CEPC 电弱物理的研究。

## 11.2: W and Z boson physics

Maarten Boonekamp,<sup>20</sup> [maarten.boonekamp@cea.fr](mailto:maarten.boonekamp@cea.fr),

Zhijun Liang,<sup>1</sup> [zhijun.liang@cern.ch](mailto:zhijun.liang@cern.ch),

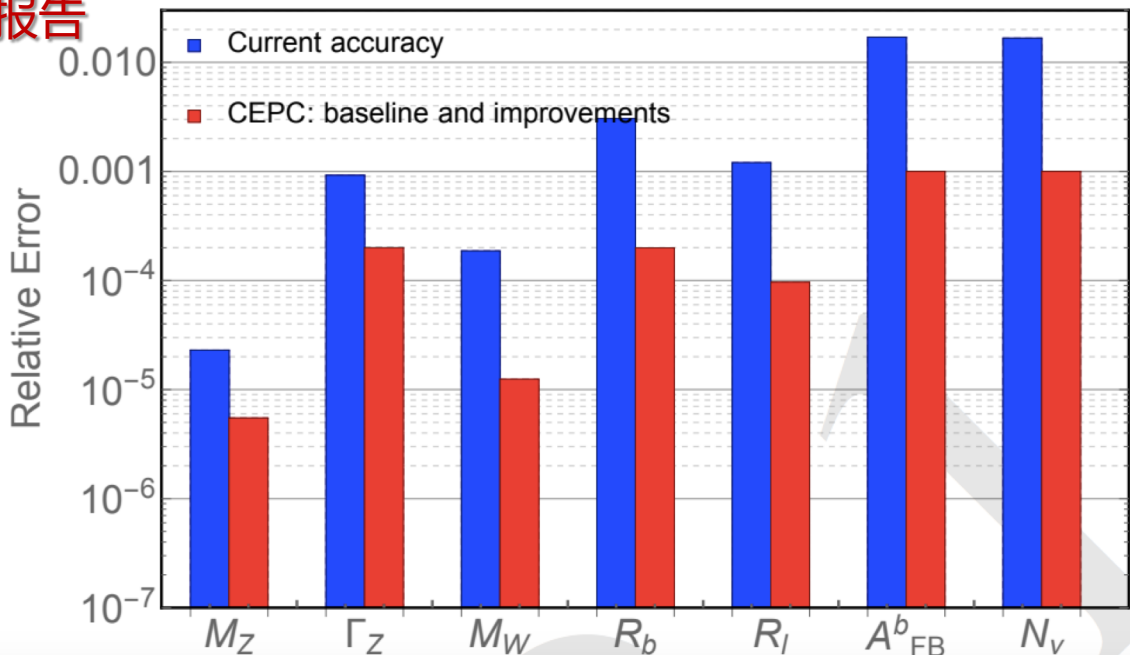
Fulvio Piccinini,<sup>15</sup> [fulvio.piccinini@pv.infn.it](mailto:fulvio.piccinini@pv.infn.it)

本人在ICHEP2018国际会议上做报告



## CEPC对关键电弱作用关键参数的测量精度

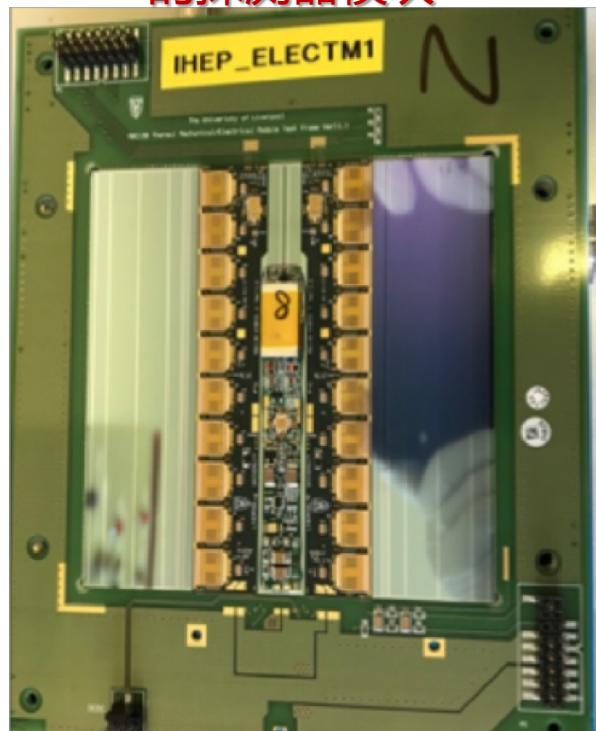
Precision Electroweak Measurements at the CEPC



# 课题4：抗辐照探测器的研发

- 意义：大面积抗辐照硅探测器，是国内亟需的关键技术。
- 本人的贡献是研究硅微条传感器的抗辐照特性
- 参与高能所与卢瑟福实验室的探测器模块研发。
  - 本人写的文章在2018年9月在核物理仪器国际杂志接收。
  - 本人是该文章的第一作者与通讯作者。
  - 本人主要贡献是抗辐照传感器性能研究

高能所团队研发的探测器模块



被核物理仪器国际杂志Nucl. Instrum. Methods A接收  
网页版已经发表在：

<https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.09.014>



## Construction of the new silicon microstrips tracker for the Phase-II ATLAS detector

Zhijun Liang, for the ATLAS collaboration

State Key Laboratory of Particle Detection and Electronics (Institute of High Energy Physics, CAS), Beijing 100049, China

### ARTICLE INFO

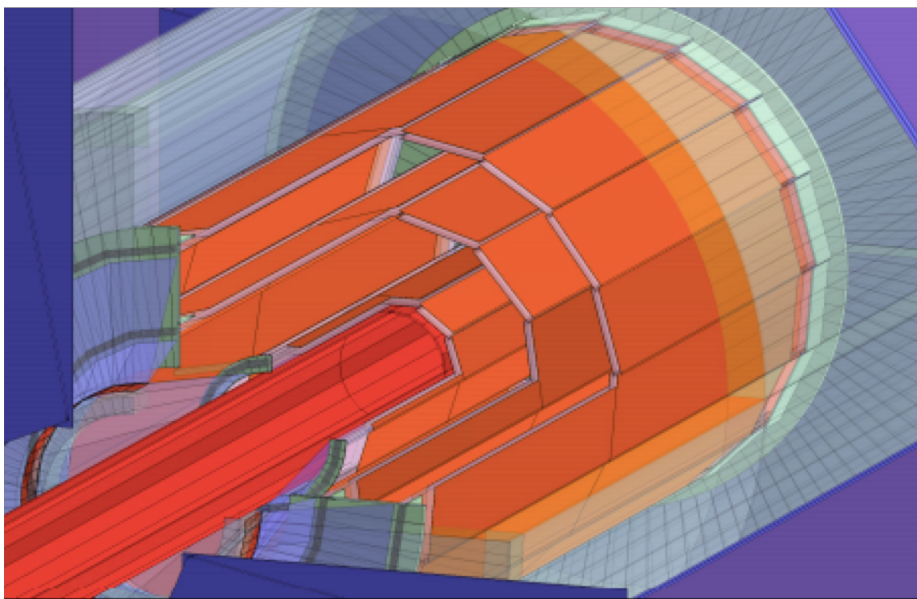
**Keywords:**  
Silicon strips  
ATLAS phase-II upgrade

### ABSTRACT

The Upgrade of the Large Hadron Collider to the High Luminosity LHC (HL-LHC) is scheduled to start operation in less than ten years from now and will result in the delivery of ten times more integrated luminosity to the experiments. To withstand the much harsher radiation and occupancy conditions of the HL-LHC, the inner tracker of the ATLAS detector must be redesigned and rebuilt completely. The design of the ATLAS Upgrade inner tracker (ITk) has already been defined. It consists of several layers of silicon particle detectors. The innermost layers will be composed of silicon pixel sensors, and the outer layers will consist of silicon microstrip sensors. This paper will focus on the latest research and development activities performed by the ITk strips community with respect to the assembly and test of the strip modules and the stave and petal structures.

# 课题4：承担项目

- 作为核心骨干，今年成功申请科技部国家重点研发项目
  - 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
  - 项目负责人Joao Costa充分肯定本人为课题的最主要骨干。
    - 本人负责统筹探测器原型机的研发技术细节。
    - 项目申请阶段，负责主笔课题申请书
    - 参加视频答辩，负责回答硅探测器的问题



本项目3-5微米

ALICE实验升级  
(8~10微米)

ATLAS/CMS实验升级  
(15微米)

空间分辨率

# 承担项目列表

2018年成功申请经费4项：

其中主持一项面上项目，作为核心骨干成员参与3项

1. 基金委面上项目，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，**主持**，66万人民币，**2019年-2022年**
2. 中科院百人计划，**主持**，130万，2016年-2020年
3. 科技部国家重点研发计划，高能环形正负电子对撞机关键技术验证，**骨干**，3145万，**2018年-2023年**
4. 北京科委大装置项目，高能前沿精确测量希格斯性质的研究，**骨干**，500万，**2018年-2019年**
5. 科技部国家重点研发计划，ATLAS 实验run2物理分析，**骨干**，2000万人民币，**2018年-2023年**
6. 自然科学基金委与欧洲核子中心国际合作项目，在ATLAS探测器精确测量希格斯玻色子性质与新物理的寻找，**骨干**，800万人民币，**2016年-2020年**
7. 中科院前沿科学重点研究计划，希格斯实验研究和新粒子、新物理实验寻找，**骨干**，500万，**2016年-2021年**

# 文章列表

作为文章主要作者，在2018年发表4篇文章：

1. Search for Higgs bosons produced via vector-boson fusion and decaying into bottom quark pairs in  $\sqrt{s}=13$  TeV pp collisions with the ATLAS detector, ATLAS Collaboration  
Phys.Rev. D98 (2018) 052003, 本人是分析负责人 (analysis contact), 主导贡献
2. Observation of  $H \rightarrow b\bar{b}$  decays and VH production with the ATLAS detector, ATLAS Collaboration, Phys.Lett. B786 (2018) 59-86, 主要贡献, VBF  $H \rightarrow b\bar{b}$ 的负责人
3. Search for heavy resonances decaying to a photon and a hadronically decaying Z/W/HZ/W/H boson in pppp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector, Phys. Rev. D 98 (2018) 032015, 分析负责人 (analysis contact), 主导贡献
4. Construction of the new silicon microstrips tracker for the Phase-II ATLAS detector, 已被Nucl. Instrum. Methods A接收, 第一作者与通讯作者

# 会议报告与会议任职

## 4个国际会议报告：

1. 国际高能物理大会(ICHEP2018)：首尔，2018年7月4日-14日  
**Electroweak physics at CEPC**
2. CEPC罗马国际workshop, 罗马，2018年5月  
**Z pole Electroweak physics at CEPC**
3. 高能物理未来对撞机国际研讨会(IAS 2018), 香港，2018年1月23日-26日  
**Electroweak physics in future collider**
4. 62nd ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop on High Luminosity Circular e+e- Colliders (eefact2018), 香港，2018年10月  
**Electroweak physics in future collider**
5. 国际径迹探测器会议 ( Hiroshima 2018 )，冲绳，2017年12月  
**Construction of the new silicon microstrips tracker for the Phase-II ATLAS detector (poster)**

## 会议任职

1. CEPC罗马workshop, 罗马，2018年5月，**顶点探测器分会召集人**
2. CEPC international workshop, 北京，2018年11月，**电弱物理分会召集人**



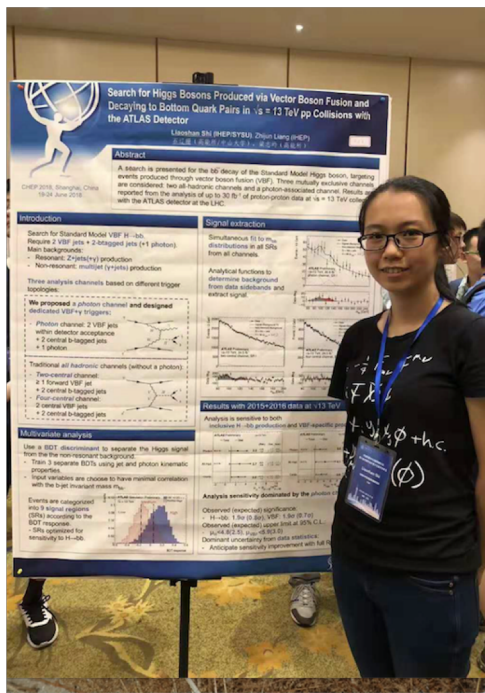
# 人才培养、团队建设

- 培养2名博士后、2名研究生。团队在国际上有很强竞争力。
  - 刘波：获得2017年粒子物理卓越中心“赵忠尧”优秀博士后奖  
2018年开始担任ATLAS的玻色子+光子末态分析的负责人
  - 石辽珊：获得2018年全国高能物理分会学术年会的最佳海报奖。  
在ATLAS希格斯物理组做了重要报告 ( approval talk )

研究生崔涵



石辽珊与她的获奖海报



博士后刘波



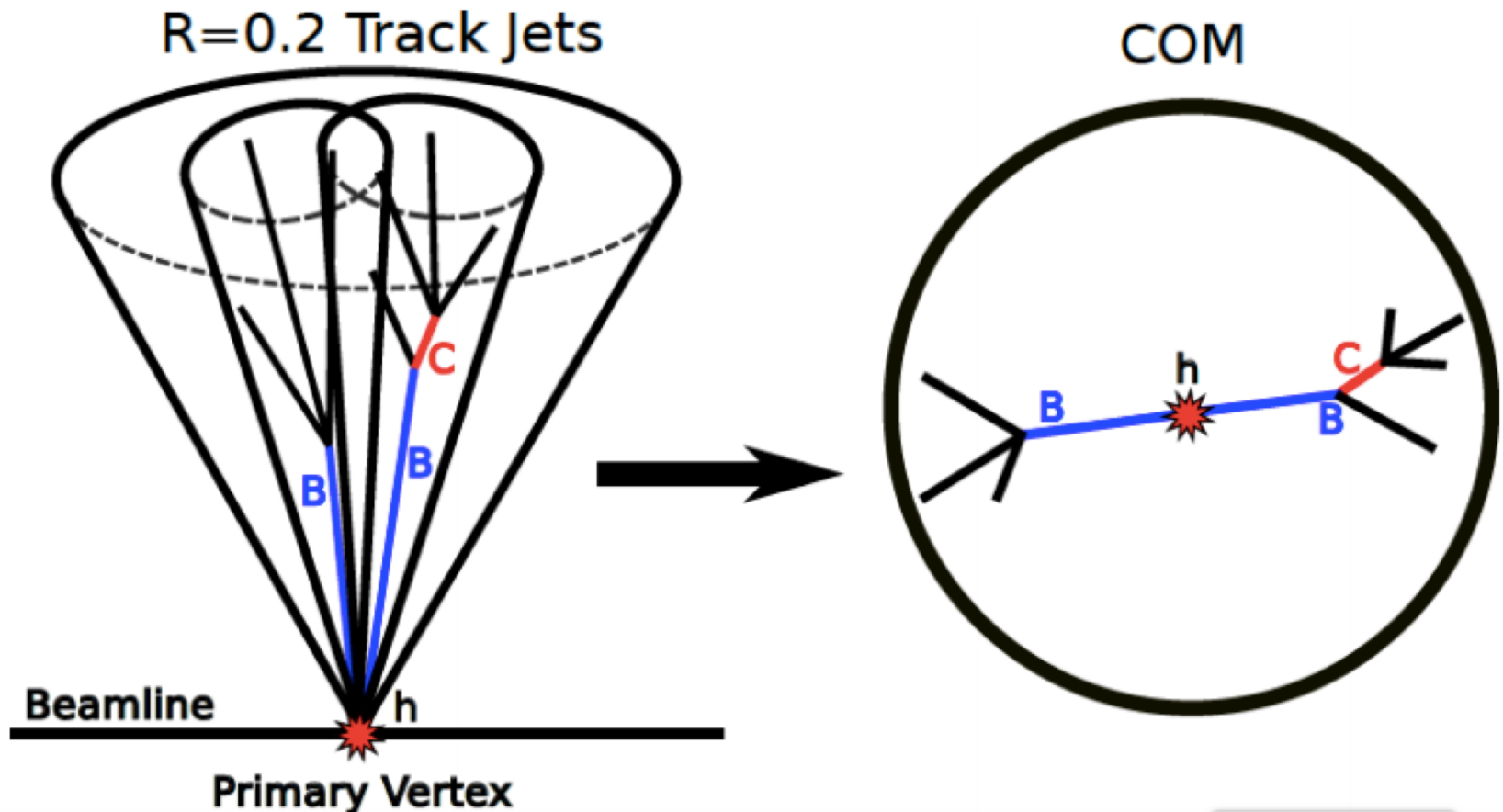
# 总结

- 2018年进展：
  - 在物理分析和抗辐照探测器研究取得重要进展
  - 4篇文章，主导多个ATLAS的分析
  - 成功申请4个新项目，其中主持一项基金委面上项目
  - 4个国际会议报告
  - 撰写CEPC的概念设计报告的电弱物理章节。
- 未来计划
  - CEPC顶点探测器原型机研发
  - ATLAS物理分析与探测器升级项目
  - 撰写CEPC电弱物理的white paper

# Backup: Prospect of future $X \rightarrow H + \gamma$ search

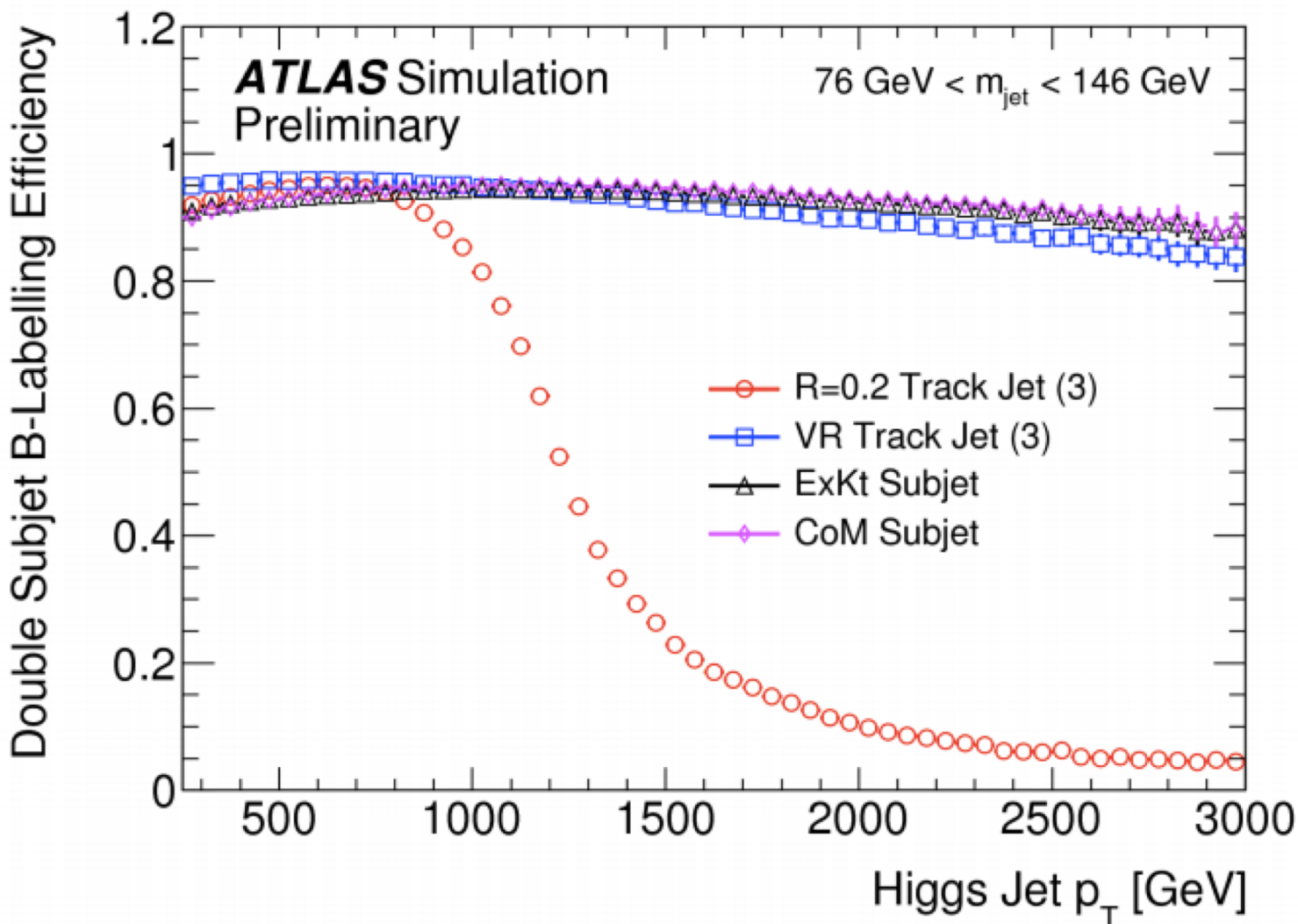
- Development in advanced double b jet tagger

- Boost to the Higgs jet center of mass frame (COM)
- Use Higgs jet constituents to cluster 2 EECambridge subsets
- Use angular separation in COM for track-to-subjet association
- Boost back to the lab frame to apply for b-tagging



# Prospect of future $X \rightarrow H + \gamma$ search

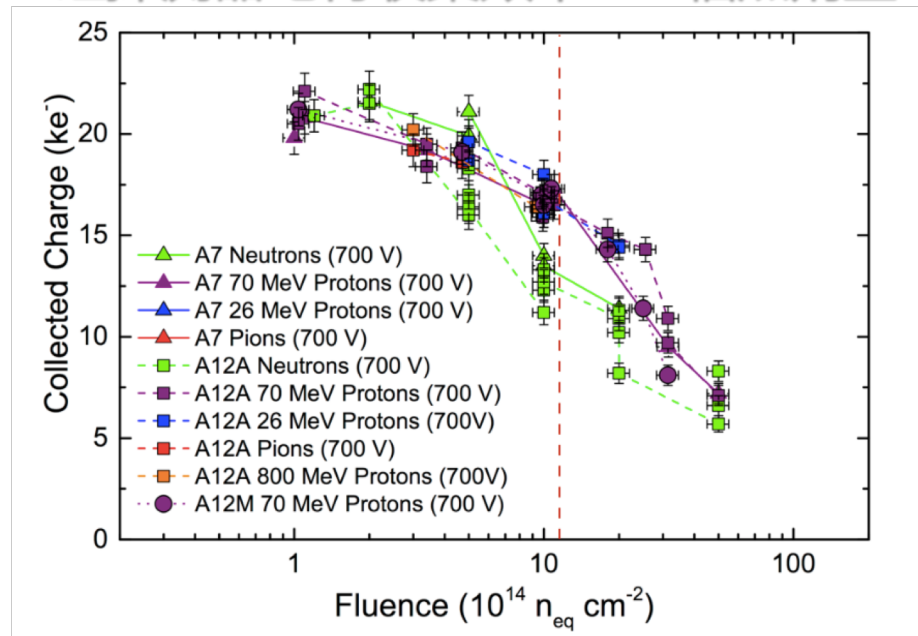
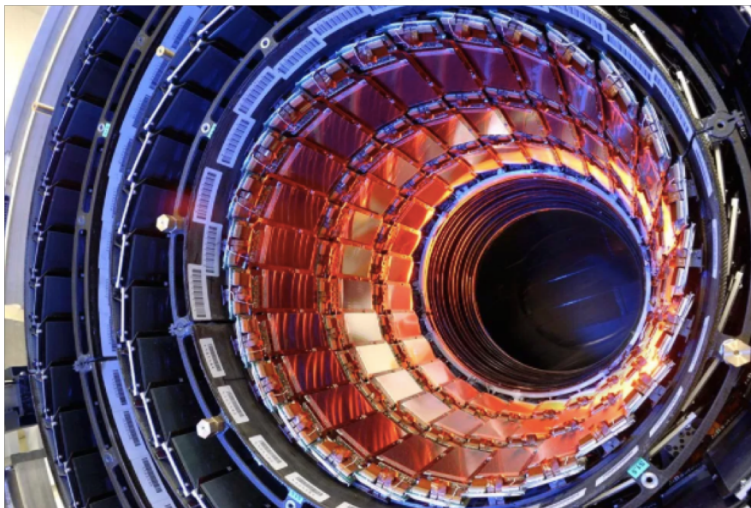
Expect significant improvement in full run-2 dataset  
In double b tagging efficiency



# 如获择优支持后的计划：研发抗辐照探测器

- 目标：研究并掌握抗辐照硅探测器的“卡脖子”关键技术
  - 工作计划：
    - 搭建硅探测器测试平台，研究硅探测器辐照后性能与失效机制。
    - 研制下一代大面积、高精度抗辐照硅传感器。
    - 与国内半导体企业合作，争取研制国产的抗辐照硅探测器。
  - 预期成果：
    - 研制抗辐照探测器原型机，空间分辨率达到3-5微米。
    - 在国际杂志发表多篇高水平文章。
- 硅探测器电荷收集效率 VS 辐照剂量**

典型的硅探测器



# 现有基础和工作条件

- 高能所在办公，实验，人员，国际合作，个人住房等方面给予了重要支持，确保完成工作目标。
  - 提供专用办公用房/计算机/50万元的科研启动经费
  - 提供高性能的计算机集群和存储集群
- 依托核探测与核电子学国家重点实验室，建有150平方米干级洁净间，配有探针台、绑定机等基本设备。
- 高能所在硅探测器设计、流片、测试等主要环节具备很强能力。

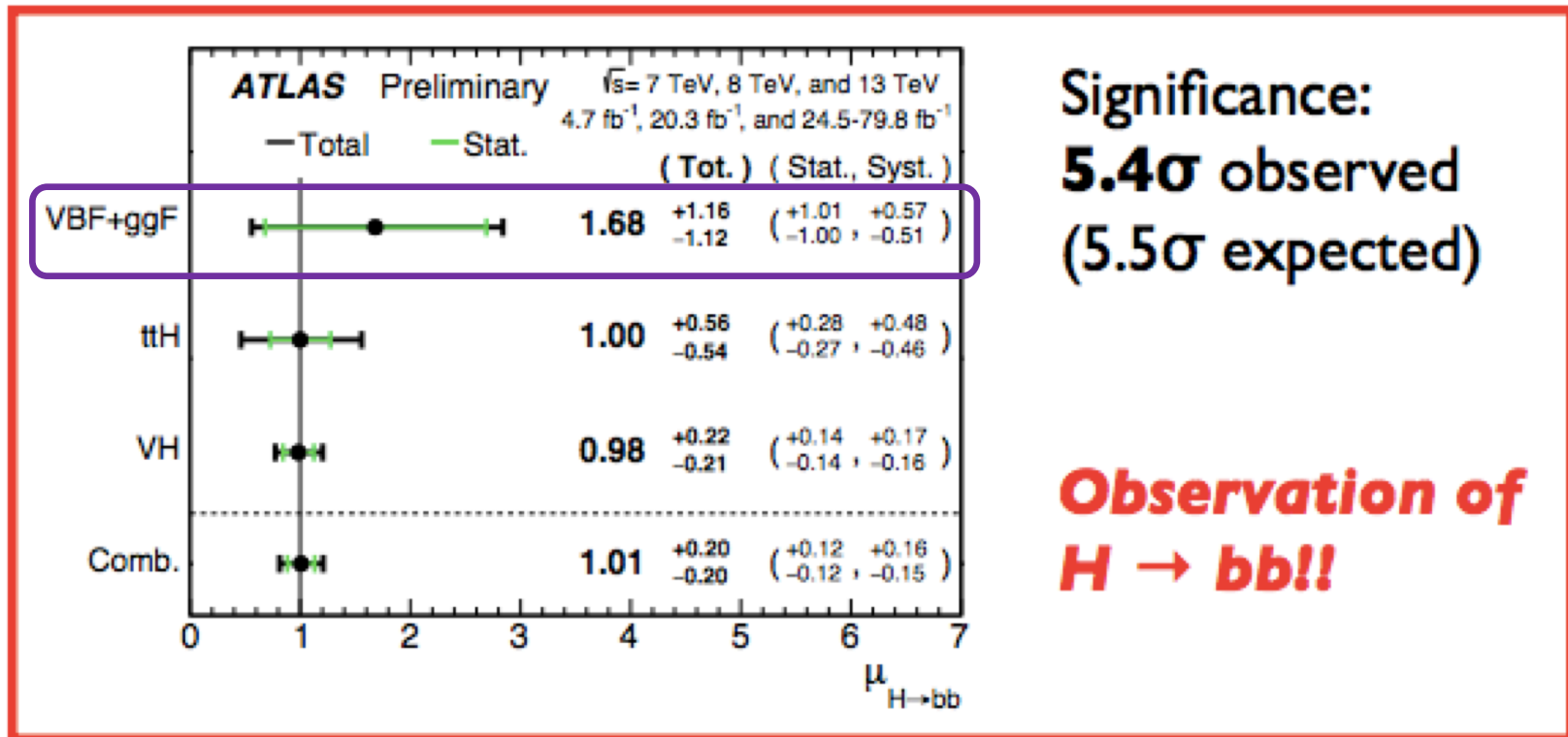


# 希格斯玻色子主要衰变道 ( $H \rightarrow bb$ )

- 本人在今年7月ATLAS实验发现 $H \rightarrow bb$ 重要成果中发挥关键作用
  - 本人担任其中VBF+ggF分析的负责人，三个主要分析的其中一个。
  - 作了该VBF分析组的主导贡献，在ATLAS中给重要报告 ( approval talk )
  - 本人团队还负责信号拟合、背景估计、触发系统设计等工作。

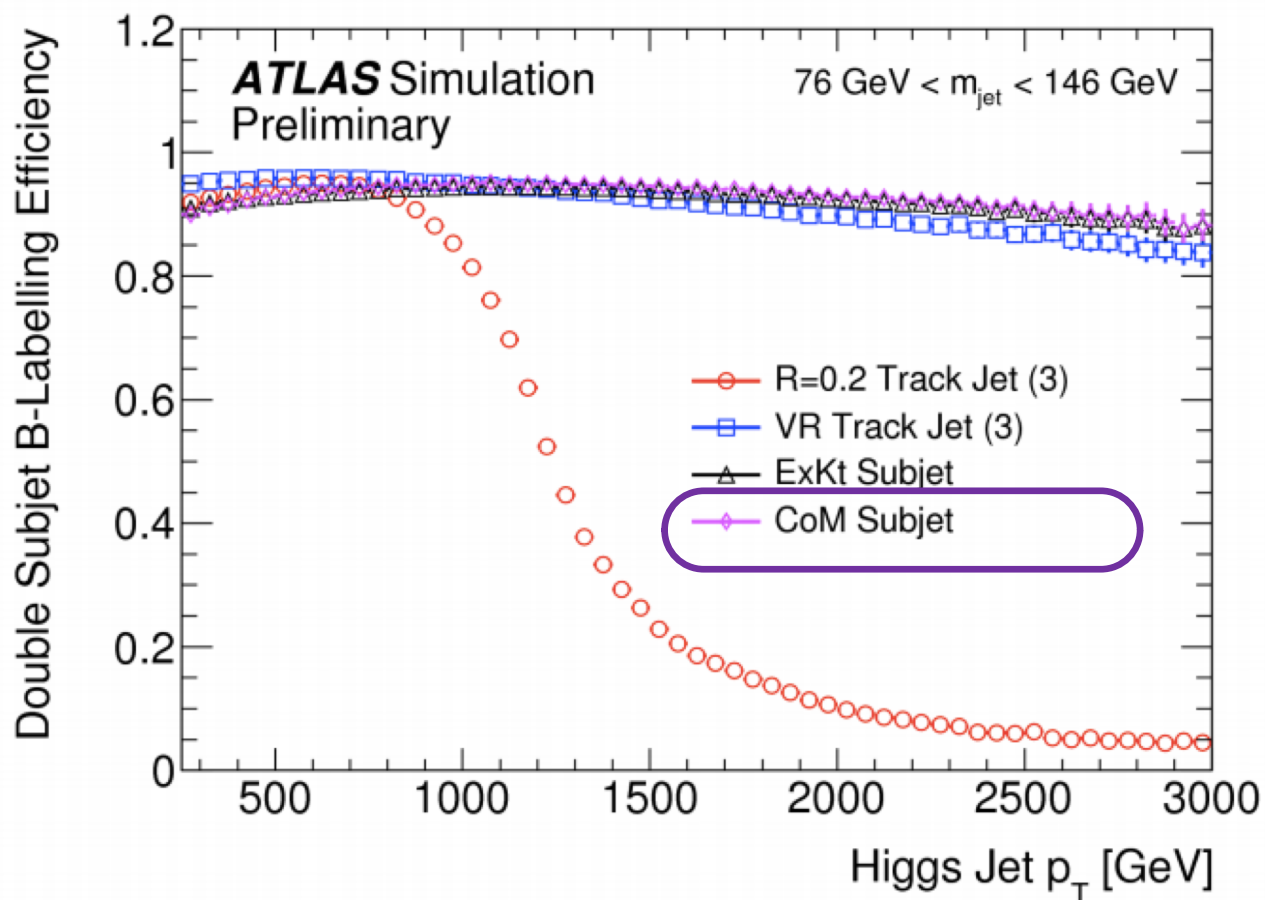
## $H \rightarrow bb$ combination

NEW



# 在玻色子+光子末态寻找新物理

- **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。
- **瓶颈**：高能区，希格斯的衰变产物(H->bb)容易混淆，效率低。
- **创新点**：本人采用喷注微结构的方案，提高信号灵敏度。



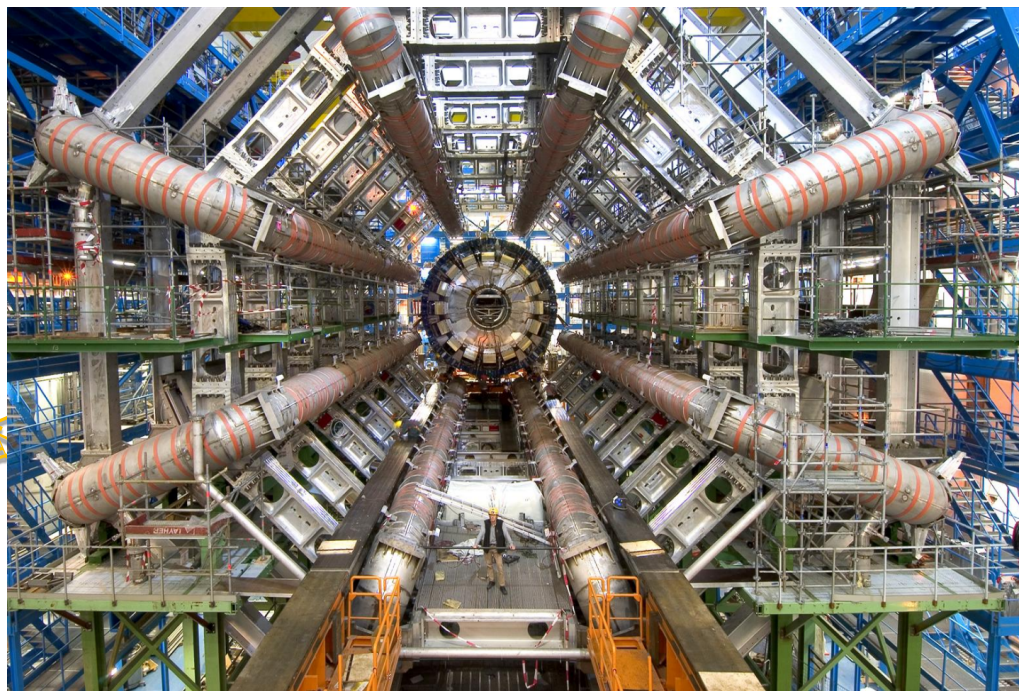


# 大型强子对撞机与ATLAS实验



## 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