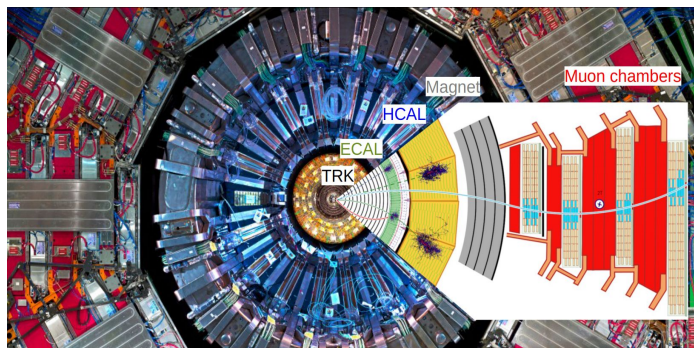
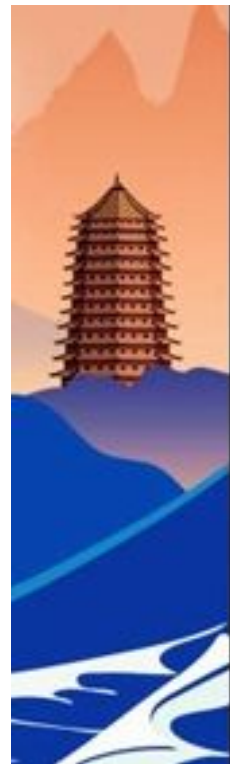


# 北大CMS组的TeV物理实验近期进展

周辰 代表北大CMS组  
2022年7月15日



1. **北大CMS组简介**
2. 物理成果介绍
3. 其它情况介绍
4. 下一阶段计划
5. 总结



# 北大CMS组人员

## 教师 6人:

冒亚军、班勇、李强、王大勇、孙小虎、周辰

## 工程师 2人:

薛志华、马宏骥

## 博士后 5人:

Andrew Michael Levin (MIT博士), Antonios Agapitos (雅典大学博士)

王群(北大-DESY联合博士后->DESY Fellow), Aera Jung (巴黎第七大学博士)

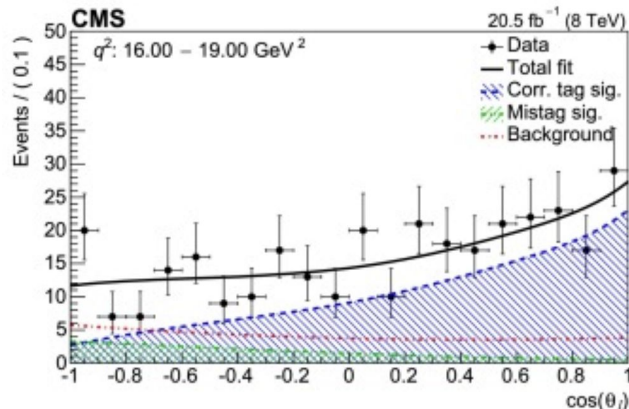
李致源 (Liverpool)...

## 在读学生30+人:

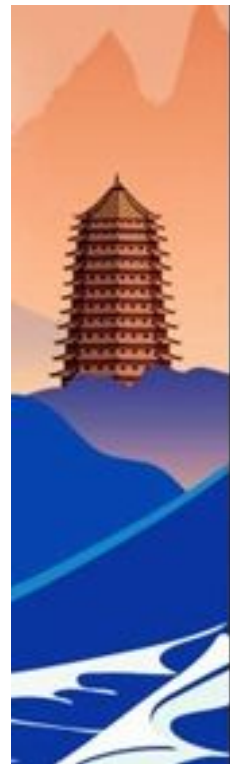
陈城、吕旭东、肖杰、安莹、杨珩、梁子寒、林创新、彭靖、郭启隆、蒋楚翘、秦雪龙、关喆、李聪乔、孟凡强、戴自霖、章立诚、邓森、钱思天、赵宇哲、张轩豪、Rafia Shabbir、李哲、郭波涛、张铭滔、杨天一 ...

# 北大CMS组研究活动

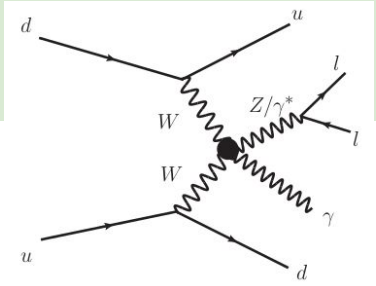
- 北京大学物理学院高能物理实验组自1998年以来参加CMS实验
- 北京大学CMS团队在探测器研发建造(包括RPC缪子阻抗板探测器、GEM微结构气体探测器、MTD超快时间探测器)、物理分析(包括希格斯粒子的探寻与测量、多玻色子物理、味物理、新物理探索)等方面做出一系列重要贡献



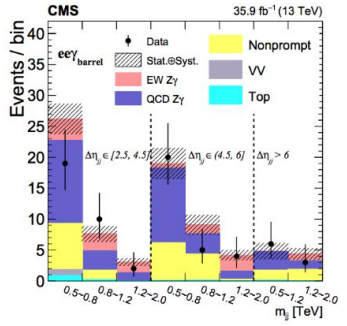
1. 北大CMS组简介
- 2. 物理成果介绍**
3. 其它情况介绍
4. 下一阶段计划
5. 总结



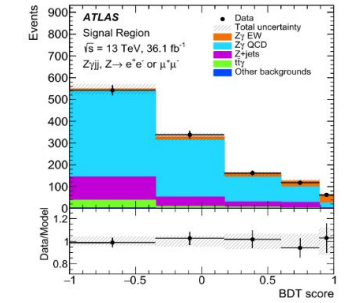
# (1) 矢量玻色子散射: Z+光子



- 中性玻色子散射过程, 对标准模型的深度检验。
- 利用Full Run2对撞数据, 首次发现该过程。



**CMS:** arxiv: 2002.09902 for 13 TeV  
**8 TeV** (19.7 fb<sup>-1</sup>):  
 observed(expected) significance is **3.0σ (2.1σ)**.  
**13TeV** (35.9fb<sup>-1</sup>):  
 observed(expected) significance is **3.9σ (5.2σ)**.  
 aQGC limits and fiducial cross section are also reported  
**Combined** observed(expected) significance is **4.7σ (5.5σ)**.



**ATLAS:** arxiv: 1910.09503 for 13 TeV  
**8 TeV** (20.2 fb<sup>-1</sup>):  
 observed(expected) significance is **2.0σ (1.8σ)**.  
**13 TeV** (36.1fb<sup>-1</sup>):  
 observed(expected) significance is **4.1σ (4.1σ)**  
 Fiducial cross section is also reported

Description	Zgamma + 2 jets production in EWK processes and aQGC
Contact Person	Fengwangdong Zhang (PEKING-UNIV)
HN	SMP-14-018 ↗

**8TeV** [PLB 770 \(2017\) 380](#)

Description	Zgamma vector boson scattering
Contact Person	Meng Lu (PEKING-UNIV)
HN	SMP-18-007 ↗

**13TeV, 2016** [JHEP 06 \(2020\) 076](#)

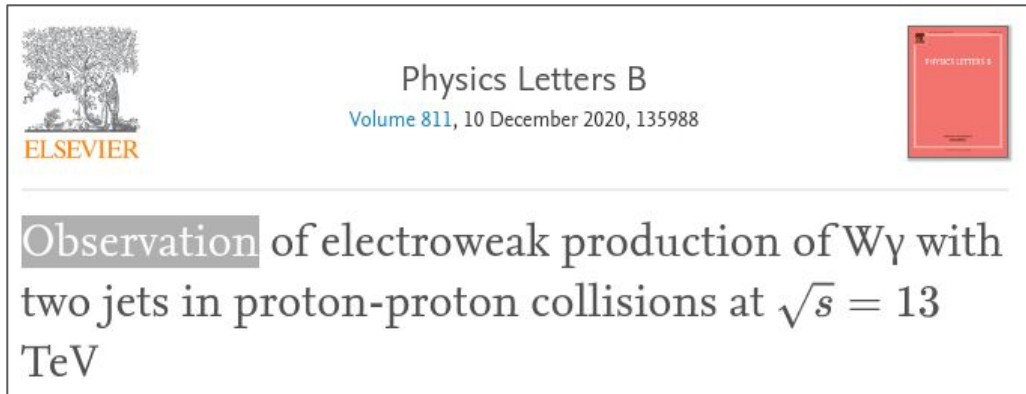
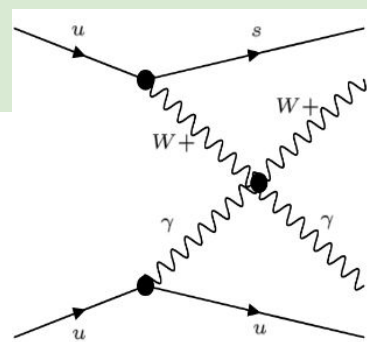
Description	EW Zgamma plus 2 jets at 13 TeV full run 2
Contact Person	Ying An (PEKING-UNIV)
HN	SMP-20-016 ↗

**Full Run2** [Phys. Rev. D 104 \(2021\) 072001](#)

**2021年10月发表**

# 主导性贡献 (2) 矢量玻色子散射: $W+\text{光子}$

- LHC首次发现该新型散射过程
- Full Run2 分析在LHCP2022获得公开！
  - 给出观测(预期)敏感度6.0(6.8)倍标准偏差,
  - 对一批反常四规范玻色子耦合给出世界最强限制



<https://cms.cern/news/lhc-w-photon-collider>

Description	Wgamma + 2 jets production in EWK processes
Contact Person	Daneng Yang (PEKING-UNIV)
HN	SMP-14-011 ↗

8TeV [JHEP 06 \(2017\) 106](#)

Description	Wgamma vector boson scattering
Contact Person	Qianming Huang (PEKING-UNIV)
HN	SMP-19-008 ↗

13TeV, 2016 [PLB 811 \(2020\) 135988](#)

Description	EW Wgamma plus 2 jets at 13 TeV full run 2
Contact Person	Xiaohu Sun (PEKING-UNIV)
HN	SMP-21-011 ↗

Full Run2 **SMP-21-011**



# (3) W+光子联合产生的精确测量

## 自7TeV文章之后, LHC一直没有成功完成该分析

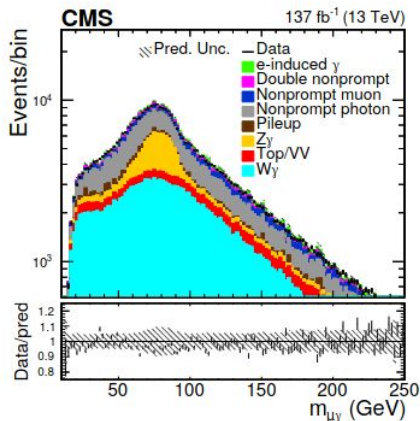
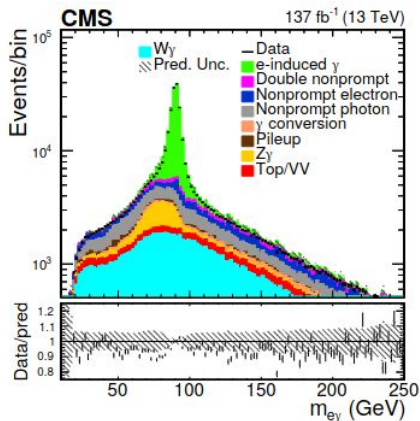
- 高精度测量需要对复杂本底有很好的控制
- 基于m<sub>lγ</sub>分布, 得到Wγ的基准截面:
  - $\sigma = 15.44 \pm 0.05$  (stat)  $\pm 0.84$  (exp)  $\pm 0.12$  (theory) pb
- 理论截面:
  - MadGraph5\_aMC@NLO 0+1 jets at NLO:  $15.44 \pm 1.24$  pb
  - POWHEG with “[NLO competition](#)” scheme:  $22.45 \pm 3.21$  pb

Description	Wgamma cross section
Contact Person	Andrew Michael Levin (PEKING-UNIV)
HN	SMP-19-002 <a href="#">↗</a>

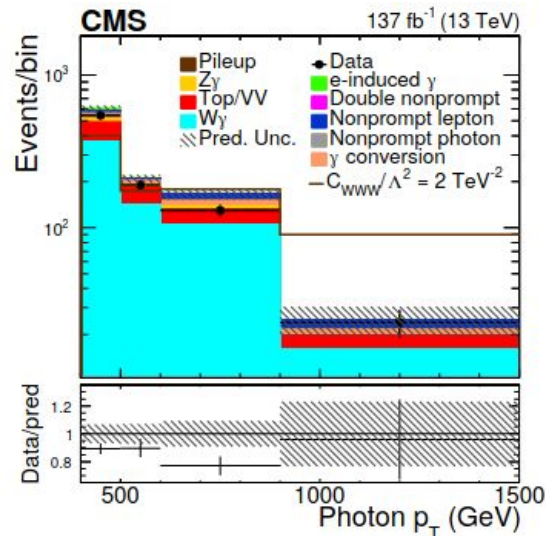
Approval for SMP-19-002 : Wgamma cross section

Speaker: Jie Xiao (Peking University (CN))

Full Run2 [arXiv:2102.02283](#)  
**PRL 126, 252002 (2021)**



北大主导该分析,  
 对6维有效理论算符  
 $C_{www}$ 给出世界最好限制





主导性贡献

# (4) TeV能级三重规范玻色子共振态世界首次寻找

北大担当分析的负责人，建立了4夸克  
喷注的鉴别及校准技术，拓展了CMS新  
物理寻找路径。未来可以应用于

: X->HH->8q, boosted H->WW

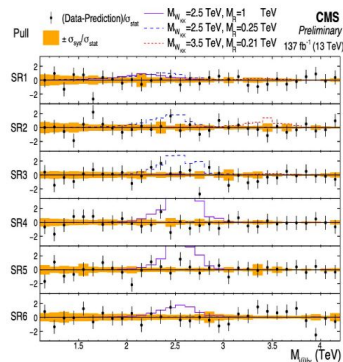
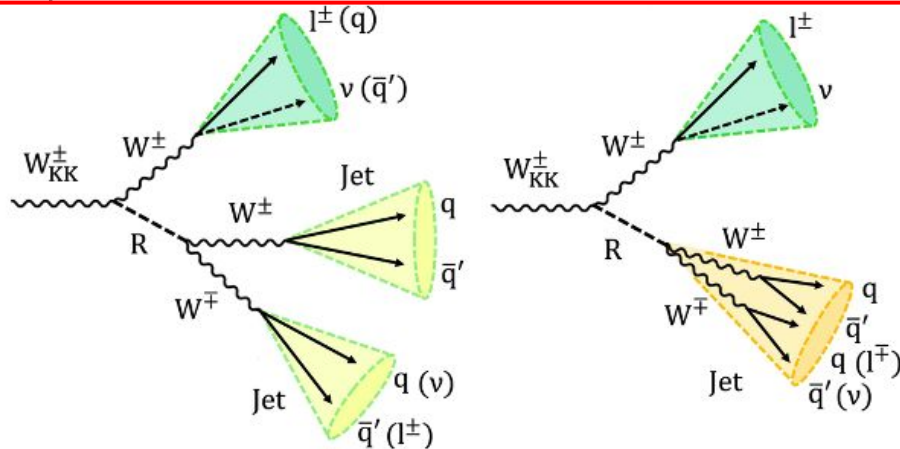


## CMS发布新闻稿予以报道

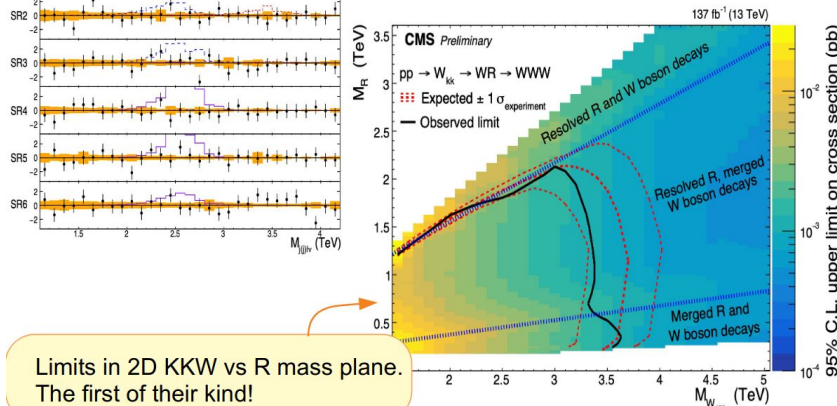
Moriond EW Wednesday: Moriond EWK - Wednesday: afternoon session

16:00 Approval of B2G-20-001: Search for resonances decaying into WV in the single lepton final state

Speakers: Antonis Agapitos (Peking University (CN)), Qiang Li (Peking University (CN)), Xudong Lyu (Peking University (CN))



Combined fit of six signal regions.  
(Shown: pulls in all bins.)

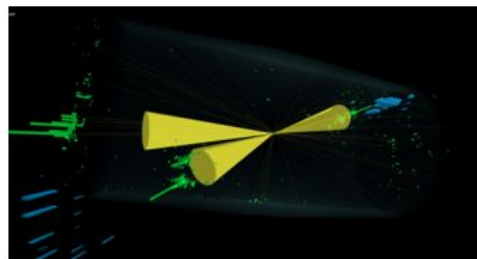
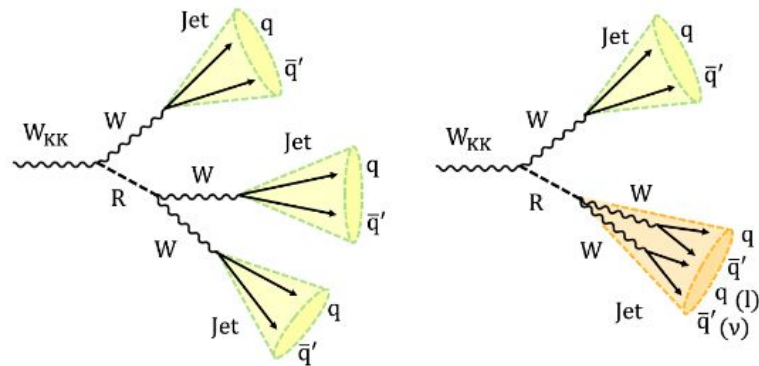
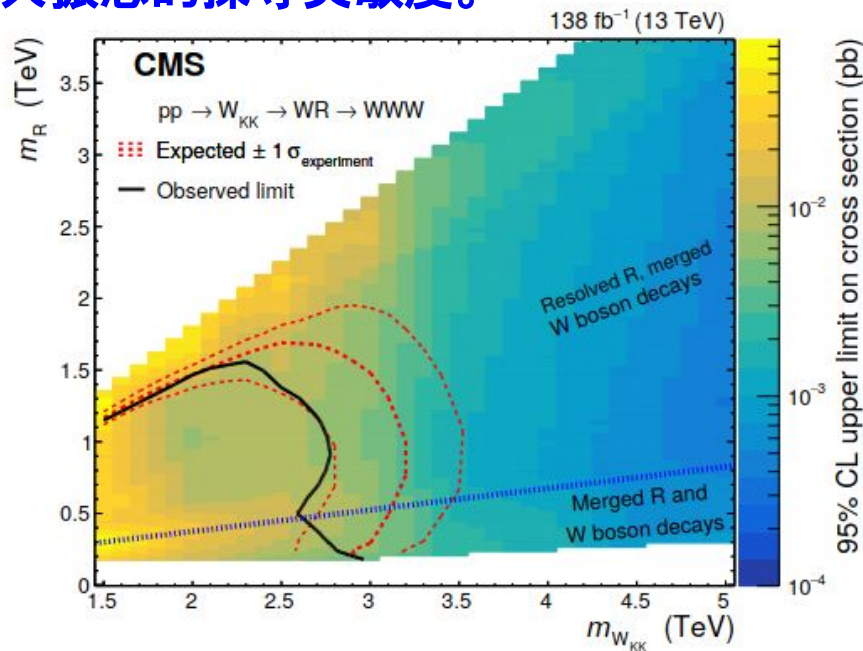


Limits in 2D KKW vs R mass plane.  
The first of their kind!

[arXiv:2201.08476](https://arxiv.org/abs/2201.08476) PRL 129, 0121802 (2022)

# (5) TeV能级三重规范玻色子共振态: 0-lep+1-lep

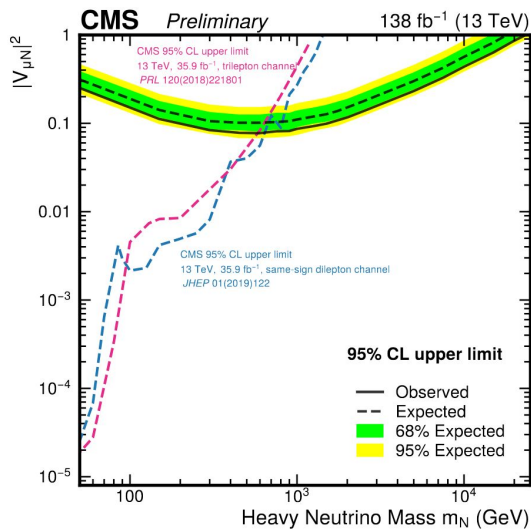
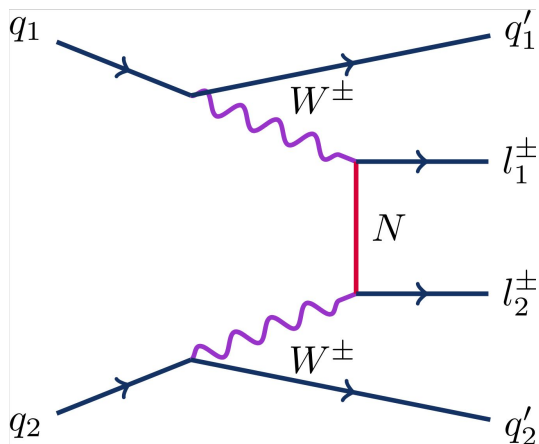
北大担当分析的负责人，通过合并单轻子和全强子道，进一步改进了对三玻色子共振态的探寻灵敏度。



WWW.TRIBOSON.CMS 25 OCT 2021

Apart from the "World Wide Web," three Ws may also have a different interpretation in the LHC era. The standard model of particle physics is a mathematical construct that connects three of the four fundamental forces of nature and classifies all...

北大担当分析的负责人，利用矢量玻色子散射过程探测重Majorana中微子，大大扩展了探测的质量范围直至20余TeV。同时也考虑了中微子质量的五维算子Weinberg算符的诠释，在对撞机上进行了无中微子双缪的 $0\nu\mu\mu$ 实验，给出了对等效马约拉纳中微子质量上限  $|m_{\mu\mu}|$  的观测(预期)值为 10.8 (12.8) GeV。



CERN和《中国科学报》给予新闻报道：

作者：韩扬眉 来源：中国科学报 发布时间：2022/5/10 21:54:35

选择字号： A B C

## 测试“跷跷板模型”，揭示中微子质量之谜

北大CMS合作组对中微子质量的“跷跷板模型”进行了新的测试

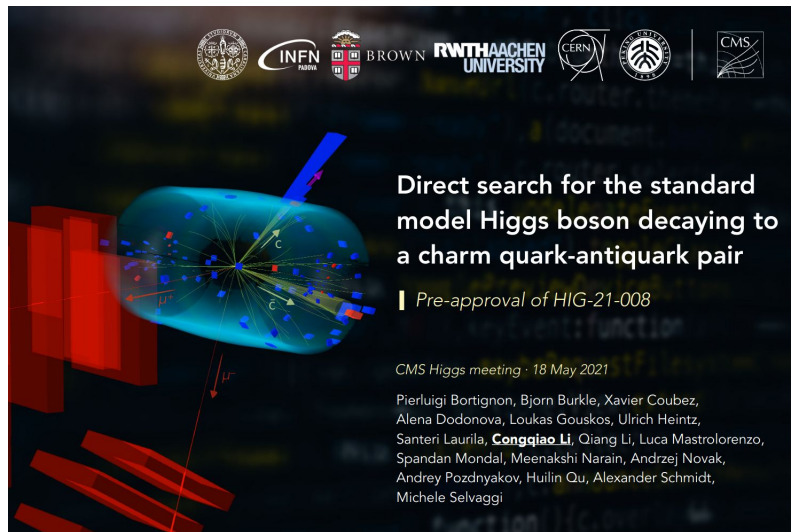
中国科学家关于中微子质量模型探测的研究，近日得到了世界上最大的粒子物理学实验室——欧洲核子中心的特别关注。

大型强子对撞机中国合作组之一、北京大学高能物理CMS组李强团队对解释中微子小质量来源的“跷跷板模型”进行了新的检验，结果为大型强子对撞机的数据挖掘打开了新的窗口。

# (7) Higgs与Charm夸克耦合的探测

北大组与CERN合作开发了基于图神经网络的深度算法标记技术ParticleNet, 用于大动量Higgs->cc的探测, 大幅提高了该分析的灵敏度, 从而在强子对撞机上首次观测到Z玻色子到粲夸克衰变过程, 并获得了**Higgs与粲夸克汤川耦合的最强实验限制, 超过ATLAS同期结果近2倍!** CMS的观测(预期)的95%置信度limit是  $1 < |k_c| < 5.5$  ( $|k_c| < 3.4$ ). ATLAS是 $|k_c| < 8.5$  (12.4)

[arXiv:2205.05550](https://arxiv.org/abs/2205.05550) Submitted to PRL



ParticleNet已经成为  
CMS新物理寻找的  
新标准方法

new  
standards

ParticleNet H→bb calibration

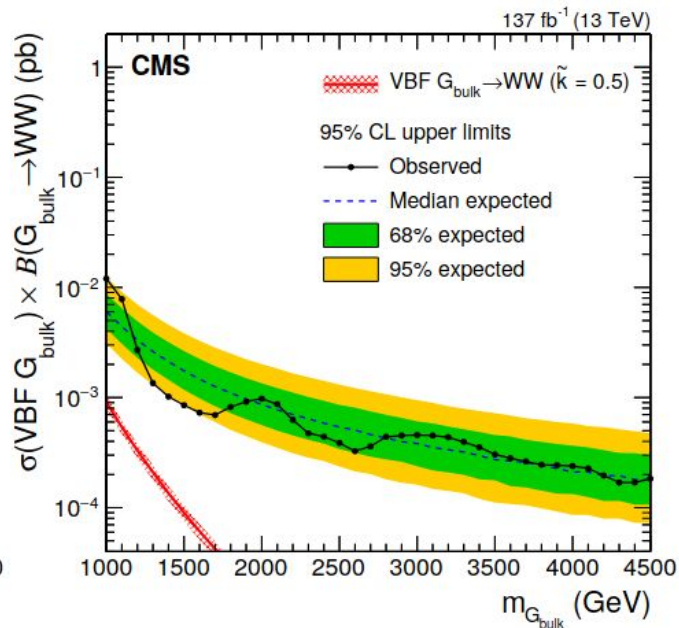
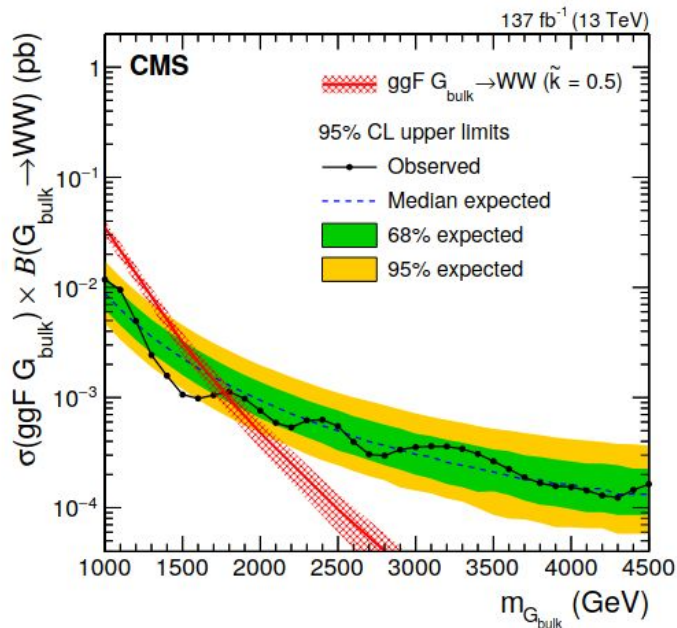
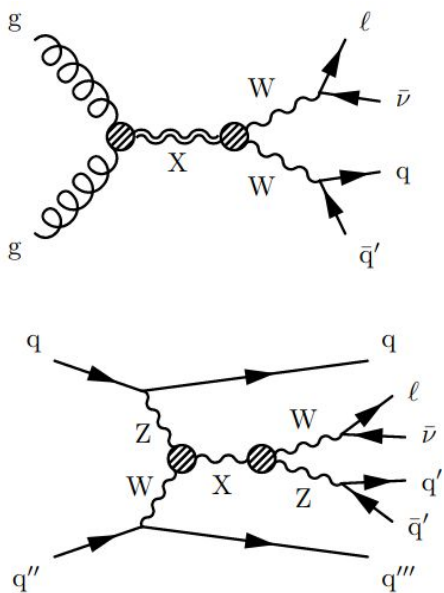
Pierluigi Bortignon (U. Cagliari & INFN Padova), Loukas Gouskos (CERN), Santeri Laurila (CERN), Congqiao Li (Peking U.), Qiang Li (Peking U.), Huilin Qu (CERN), Michele Selvaggi (CERN)

北大组博士生李聪乔给予Hcc分析的预审核报告



# (8) 双规范玻色子共振态寻找

在新物理寻找上，我们参与推动了CMS上的Boosted Jet技术以及双玻色子共振态寻找。北大一直在负责其中的WW/WZ道。[CMS-PAS-B2G-19-002 \(Full Run2\)](#) 在2021年Moriond QCD上得到公开，文章发表于PRD 105 (2022) 032008。  
**1TeV Graviton/W'的截面探测灵敏度均已突破结题指标！**



# 发表合作组有重要贡献的文章 2021年6月以来

## 已发表5篇

## 涉及 5篇PRL

Measurement of  $W\gamma$  production cross section in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV and constraints on effective field theory coefficients, [PRL 126, 252002 \(2021\)](#), 北大担当分析负责人, 承担预审核和审核报告

Measurement of the electroweak production of  $Z\gamma$  and two jets in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV and constraints on anomalous quartic gauge couplings, [Phys. Rev. D 104, 072001 \(2021\)](#), 北大担当分析负责人, 承担预审核报告

Search for heavy resonances decaying to  $WW$ ,  $WZ$ , or  $WH$  boson pairs in a final state consisting of a lepton and a large-radius jet in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV, [Phys. Rev. D 105 \(2022\) 032008](#), 北大担当技术性贡献

Search for resonances decaying to three  $W$  bosons in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV, [arXiv:2201.08476, submitted to PRL](#), 北大担当分析负责人, 承担预审核和审核报告

Search for resonances decaying to three  $W$  bosons in the hadronic final state in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV, [arXiv:2112.13090, submitted to PRD](#), 北大担当分析负责人, 承担预审核和审核报告

## 已投稿待接收4篇

Search for Higgs boson decay to a charm quark-antiquark pair in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV, [arXiv:2205.05550, submitted to PRL](#), 北大担当承担预审核报告

Probing Majorana neutrinos and the Weinberg operator in the same-charge dimuon channel through vector boson fusion processes in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV, [CMS-PAS-EXO-21-003, to be submitted to PRL](#), 北大担当分析负责人, 承担预审核和审核报告

Search for a massive scalar resonance decaying to a light scalar and a Higgs boson in the four  $b$  quarks final state with boosted topology, [arXiv:2204.12413, submitted to PLB](#), 北大担当技术性贡献

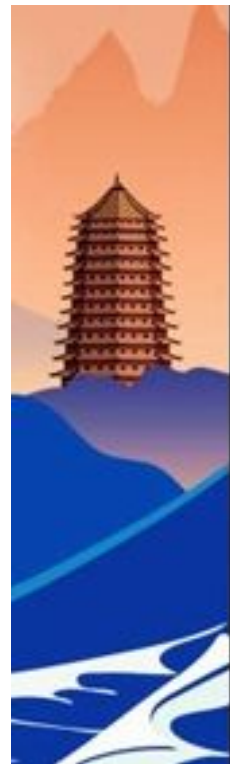
Search for nonresonant pair production of highly energetic Higgs bosons decaying to bottom quarks, [arXiv:2205.06667, submitted to PRL](#), 北大担当技术性贡献



# 发表PAS 2021年6月以来

1. Probing Majorana neutrinos and the Weinberg operator in the same-charge dimuon channel through vector boson fusion processes in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV, **CMS-PAS-EXO-21-003, to be submitted to PRL**, 北大担当分析负责人, 承担预审核和审核报告
2. Measurement of electroweak production of  $W\gamma$  with two jets in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV, **CMS-PAS-SMP-21-011, to be submitted to PRD**, 北大担当分析负责人, 承担预审核和审核报告
3. Azimuthal correlations in Z+jets events at 13 TeV, **CMS-PAS-SMP-21-003, to be submitted to EPJC**, 北大担当分析负责人, 承担预审核和审核报告
4. Seesaw Model Searches Using Multilepton Final States at the HL-LHC, **CMS-PAS-FTR-22-003**, 北大担任审核报告

1. 北大CMS组简介
2. 物理成果介绍
- 3. 其它情况介绍**
4. 下一阶段计划
5. 总结

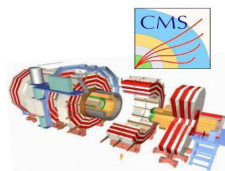


# 代表CMS在国际会议大会报告 2021年6月至今

## 大会报告6个

1. Heavy neutrinos at the LHC – results and prospects, Neutrino2022: XXX International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics, 30 May–4 Jun 2022, Seoul, Video only (Virtual World), Jie Xiao
2. Leptoquark, vector like quark and new resonance searches at CMS and ATLAS, **Moriond/EW2022**: 56th Rencontres de Moriond on Electroweak Interactions & Unified Theories, 12–19 Mar 2022, La Thuile (Italy), Antonios Agapitos
3. Precision measurements of diboson differential and total cross sections, MBI2021: Multi-Boson Interactions 2021, 23–27 Aug 2021, Andrew Levin
4. Searches for heavy BSM particles resulting in boosted final states at CMS, BOOST2021, 2–5 Aug 2021, Xudong Lyu
5. Azimuthal correlations in Z+jet events, REF2021, 15–19 Nov 2021, DESY, Video only, Heng Yang,
6. Boosted jet tagging in CMS MI4Jets2021 6–8 Jul 2021, Congcong Li

### Leptoquark, vector-like quark and new resonance searches at CMS and ATLAS



Antonios Agapitos

On behalf of the ATLAS and the CMS collaborations

# 代表CMS在国际会议大会报告 2021年6月至今

## 分会报告10个

1. EWK: dibosons, LHCP2022, 16-21 May 2022, Virtual (Taiwan), Andrew Levin
2. EWK: tribosons, LHCP2022, 16-21 May 2022, Virtual (Taiwan), Ying An
3. Performance: Boosted algorithms for searches, LHCP2022, 16-21 May 2022, Virtual (Taiwan), Congqiao Li
4. EWK physics: VBS SM at CMS, LHCP2022, 16-21 May 2022, Virtual (Taiwan), Jing Peng
5. Search for heavy resonances decaying to bosons and for new resonances coupling to third generation quarks at CMS, LP2021, 10-14 Jan 2022, Manchester (United Kingdom), Xudong Lyu
6. Searches for heavy resonances decaying into Z, W, and Higgs bosons at CMS, SUSY2021, 23-28 Aug 2021, Qilong Guo
7. Vector boson associated with jets in CMS, EPS-HEP2021: European Physical Society Conference on High Energy Physics, 26-30 Jul 2021, Qun Wang
8. Searches for heavy resonances decaying into Z, W, and Higgs bosons at CMS, EPS-HEP2021: European Physical Society Conference on High Energy Physics, 26-30 Jul 2021, Cheng Chen
9. ATLAS + CMS Searches for Di/Triboson resonances ( $VV/VVV/Vh/Z\gamma/H\gamma, 3\gamma$ ), LHCP2021, 7-12 Jun 2021, Antonis Agapitos
10. Angular analyses of B meson decays at CMS, FPCP2021, 7-11 Jun 2021, Xuelong Qin



二级组别	人员	级别	三级分组	协调人数	服务期限
Release Planning	李强	二级		50+	2020.6-2022.9
B2G物理分析	Antonis Agapitos	三级	Resonance	30+	2020.9-
<b>JETMET</b>	<b>安莹</b>	<b>三级</b>	<b>DQM</b>	<b>30+</b>	<b>2022.2-</b>
<b>产生子组</b>	<b>肖杰</b>	<b>三级</b>	<b>Validation</b>	<b>30+</b>	<b>2021.9-</b>
Jetmet组	赵宇哲, 郭启隆	三级	MC联络人	30+	2020.10-
Jetmet组	李聪乔	三级	Upgrade联络人	30+	2021.9-
B2G组	吕旭东, 郭启隆	三级	MC联络人	30+	2021.1-
标准模型分析组	安莹	三级	电子联络人	30+	2019.9-
标准模型分析组	肖杰	三级	机器学习联络人	30+	2020.6-
标准模型分析组	彭靖、杨天一	三级	MC联络人	5-10	2019.6-



# 承办会议

7月15日

## HEPSummerDays

Friday, July 15, 2022 from 08:00 to 19:00 (Asia/Shanghai)  
at Online, Organized by PKU ( Zoom )  
Cloud

7月25日-27日

## Higgs Potential 2022



HEPSummerDays  
高能物理研讨会 2022  
07.15 JUL.

中国物理学会高能物理分会学术年会将于2022年8月8日至11日在大连召开。期间，大会将安排报告“TeV物理实验进展”介绍大型强子对撞机LHC上ATLAS和CMS实验组近期进展。

为了整合国内团队工作亮点以形成报告，更好地展示国内TeV物理实验团队，将于7月15日在线举办为期一天HEPSummer工作会议，以促进国内高能物理TeV方向的成果汇报、交流。

我们也很荣幸邀请到欧洲核子中心的资深教授Albert De Roeck在此次会议的最后 (17:00-18:00) 给予公众报告，讲述Higgs发现十周年的故事和进展。Albert是Higgs发现时CMS组的Higgs Convener，也曾担任CMS合作组副发言人。

**会议时间** 2022/07/15 09:00 - 18:00

**会议ID** Meeting ID: 390 597 013 (zoom)  
Passcode: 446459

**网址** <https://indico.ihep.ac.cn/event/16983/>

**特邀嘉宾** Prof. Dr. Albert De Roeck

A senior research scientist and staff member of the largest particle physics laboratory in the world, CERN, located near Geneva, Switzerland. Prof. De Roeck is a contact for the CMS experiment to countries in the Middle East region and in South East Asia, and is also a professor at the University of Antwerp (Belgium) and a visiting professor at the University of California Davis, and also teaches at the British University in Cairo (Egypt) and NTU in Singapore.

*I was the Higgs convener when the Higgs was discovered, meaning I was one of the first people that saw we had a discovery. How to describe it... it's sensational. I imagine it's like what people feel when they go to climb Mount Everest and reach the top. I've never done that, so I can't be sure it's the same...*

2022/07/15 17:00 - 18:00

中国·北京

扫二维码  
了解更多会议详情

# Outreach

《中国科学:物理学 力学 天文学》  
中文版2021年第8期出版了北京  
大学物理学院高能物理组CMS实  
验团队的综述文章“大型强子对撞  
机上CMS实验矢量玻色子散射的  
物理研究”

<https://hepani.xyz/>

成功实现高能物理动画演示,  
上千名独立访客。



51卷, 8期: 081001 (2021) | 评述 ● 免费获取

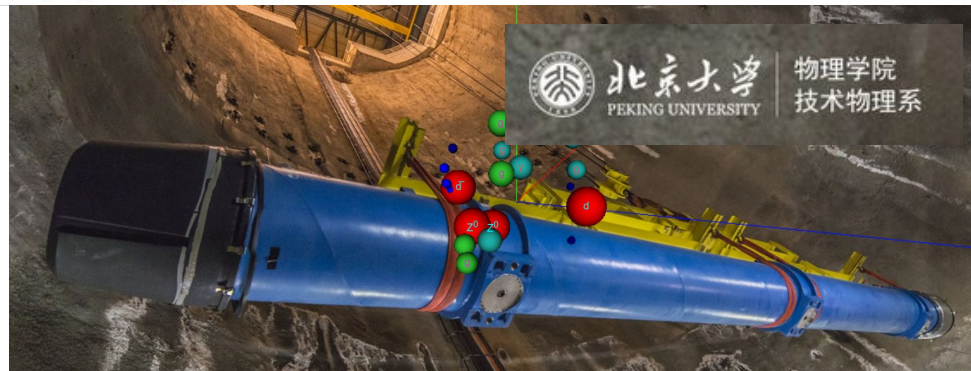
## 大型强子对撞机上CMS实验矢量玻色子散射的物理研究

卢梦\*, 戴自霖\*, 黄迁明, 安莹, 肖杰, 彭靖, 关喆, 冒亚军, 班勇, 李强\*

显示更多 ▾

收稿时间: 2020年09月26日 接受时间: 2020年11月26日 发布时间: 2021年07月09日

<https://doi.org/10.1360/SSPMA-2020-0370>

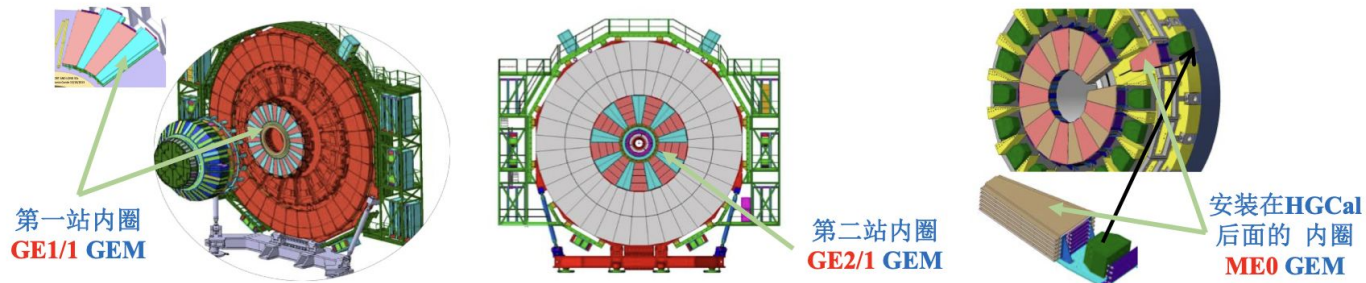


[arXiv:2109.14621](https://arxiv.org/abs/2109.14621) ~accepted by **Computer Physics Communications (IP: 4.39)**

## Collider Animation with Event-time-frame Format

Leyun Gao, Jing Peng, Zilin Dai, Sitian Qian, Tao Li, Qiang Li, Meng Lu

# CMS-GEM 探测器升级项目



升级探测器		GE1/1	GE2/1	ME0
探测器个数*		288 (=2×36×4)	288 (=2×18×8)	216 (=2×18×6)
计划	预研	2013-2017	2014-2020	2014-2021
	批量生产	2017-2019	2020-2022	2022-2024
	安装调试	2018-2022	2022-2024	2024-2026
中国组任务		全部前端电子板GEB的生产测试, 在CERN的探测器组装测试、安装调试	负责设计研发及生产测试全部GEB, 在北大生产1/8 GEM探测器, 在CERN进行组装测试、安装调试	负责设计研发及生产测试全部GEB, 在北大生产1/5 GEM探测器, 在CERN进行组装测试、安装调试

\* (总探测器个数=端部数×每个端部module数×每个module探测器个数)

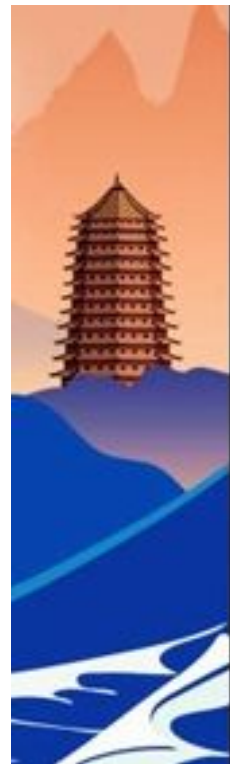
本年度正在进行的项目



# CMS-MTD 探测器升级项目

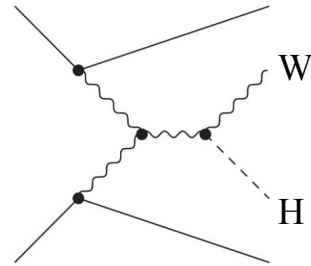
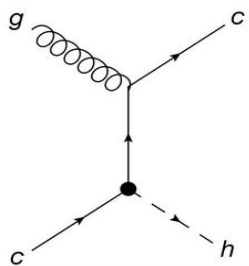
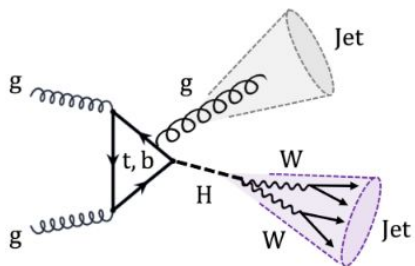
- 最小电离粒子时间探测器MTD是CMS升级中的**全新探测器**，将时间分辨率提高三个量级，是**CMS实验在HL-LHC运行中保持物理敏感度的核心部件**
- 中国CMS于2021年正式加入MTD项目
  - 北大、清华、北航、科大
- 我们迅速建立了MTD实验室SiPM测试平台，并输出重要的前期R&D研究工作，获得了合作组的认可，获批在北京建立组装中心（已有组装中心：意大利一个、美国两个）
  - 已展开工作包括SiPM特性测试、sensor组装流程和测试、test beam、冷却集成等
  - 正在积极建设MTD的组装中心
  - 组装时间线：2023年夏，开始批量组装；2026年夏，结束组装；2026秋，安装在径迹室的冷却腔内

1. 北大CMS组简介
2. 物理成果介绍
3. 其它情况介绍
- 4. 下一阶段计划**
5. 总结



# 下一阶段计划

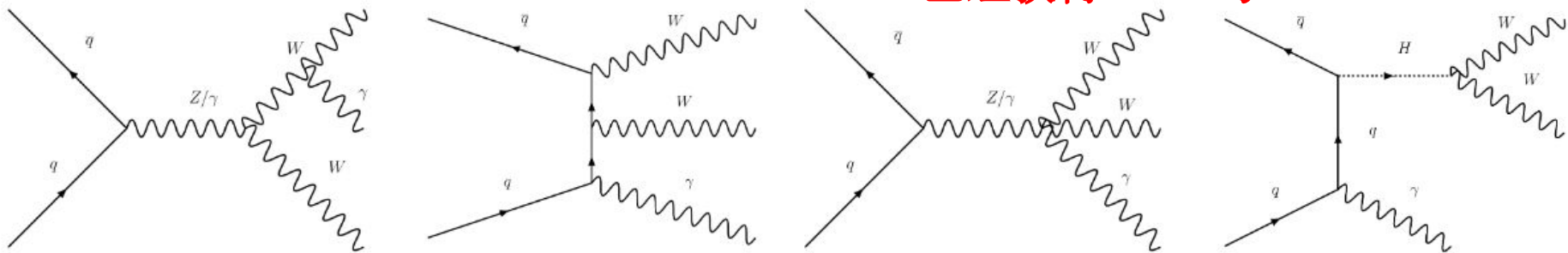
- 继续拓展**三规范玻色子共振态**寻找，利用4夸克喷注探针探寻新物理；
- 进一步拓展**多玻色子标准模型测量**工作，包括WWGamma、WZGamma、极化VBS测量、WGamma精细测量等。
  - **WWGamma已经获得CADI(SMP-22-006)**
- 利用**Higgs探针**，测量Higgs的稀有衰变以及大动量的Higgs信号。



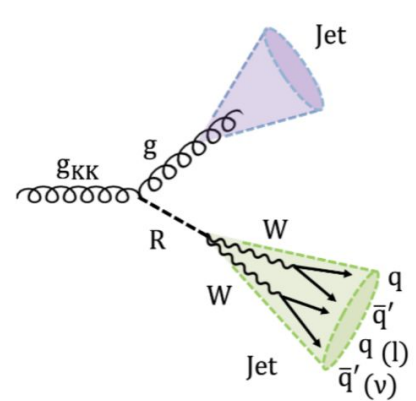


# 正在进行的部分工作: 三玻色子物理

已经获得CADI号SMP-22-006



- 利用Full Run2数据, 有望在5sigma/3sigma水平实现对WWGamma、WZGamma的首次观测;
  - 北大主导, 预期在1年内完成。
  - Higgs与轻夸克的Yukawa耦合;
  - 电弱类型的Axion粒子。
- 新的共振态探寻: **KKgluon**  $\rightarrow$  gluon+WW。

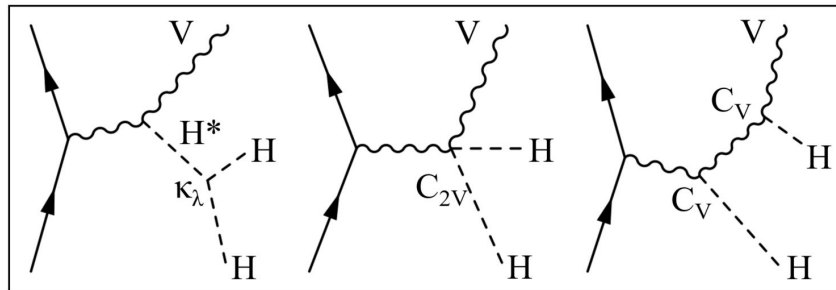


# 正在进行的部分工作: 双希格斯物理研究

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{2}m_h^2 h^2 - \lambda_3 \frac{m_h^2}{2v} h^3 - \lambda_4 \frac{m_h^2}{8v^2} h^4$$

希格斯自耦合对于揭示希格斯场的势能和研究电弱对称破缺机制有重要意义。LHC上双希格斯粒子的产生HH是希格斯粒子自耦合唯一的直接观测手段。

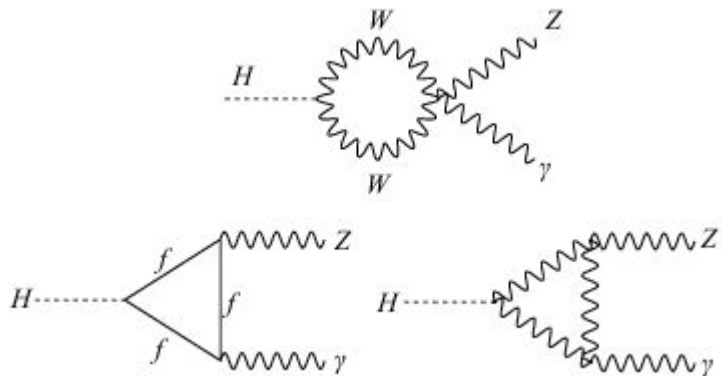
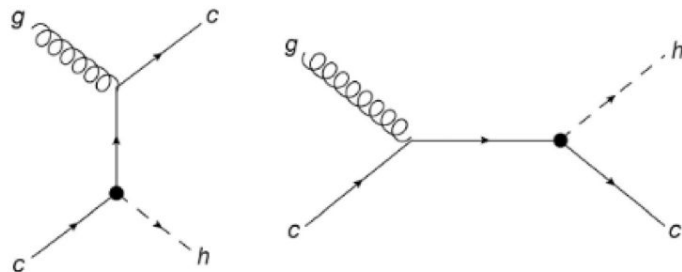
已经获得CADI号HIG-22-006



北大**孙小虎**团队首次**在CMS上提出**vector boson伴随产生的**双希格斯粒子寻找(VHH)**, 该产生模式对于希格斯自耦合的上限更为敏感; 且提供WWHH和ZZHH顶点的独立观测, 这是其它双希格斯粒子产生模式无法涉及的物理参数。正在研究VHH→2v4b, lv4b, 2l4b, 2q4b

# 正在进行的部分工作: 希格斯稀有产生与衰变

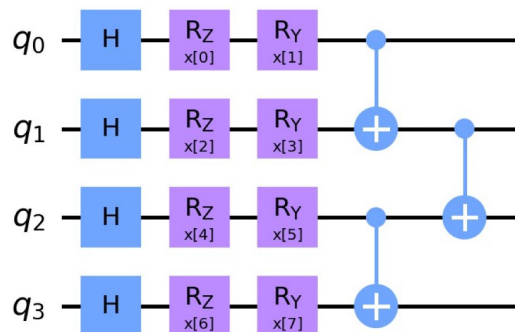
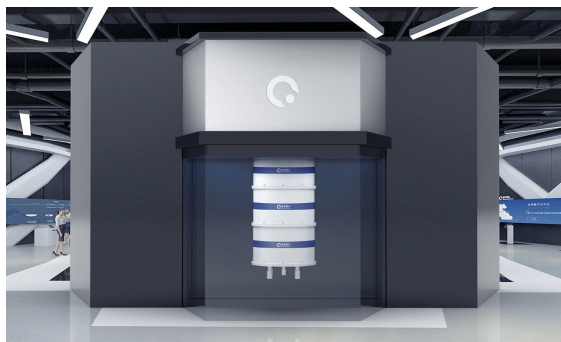
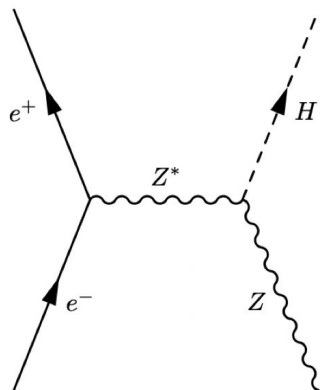
北大**周辰**团队与**李强**团队在CMS上**首次**寻找希格斯玻色子与粲夸克的联合产生, 将提高对希格斯玻色子与第二代费米子的耦合的探测灵敏度。使用  $H \rightarrow \gamma\gamma$ ,  $H \rightarrow ZZ$  等衰变道



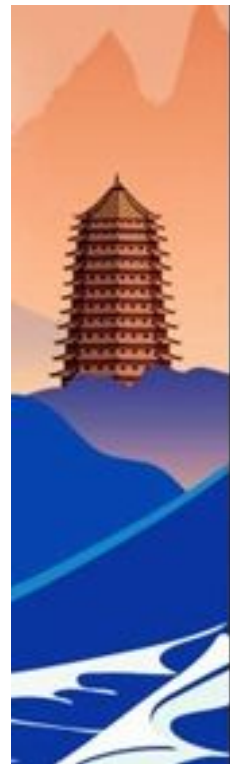
希格斯玻色子到Z玻色子+光子的衰变对超越标准模型新物理敏感 (相关理论文章: Qing-Hong Cao et al. *Phys. Lett. B* 789 (2019) 233 等), 预计在未来几年得到**首个**证据。北大**周辰**团队正在使用机器学习等手段, 提高  $H \rightarrow Z\gamma$  分析的灵敏度。

# 正在进行的部分工作: 量子计算在高能物理中的应用

- 在未来的量子计算机上, 量子机器学习可能会提供相比传统机器学习更快的计算速度和更好的学习能力
- 北京大学周辰团队已与高能所展开合作, 在CEPC物理分析中研究、应用量子机器学习算法, 并尝试使用本土量子计算机硬件



1. 北大CMS组简介
2. 物理成果介绍
3. 其它情况介绍
4. 下一阶段计划
- 5. 总结**



# 总结

- 北大CMS组经验丰富，具有国际竞争力，建立了广泛的国内国际合作。
- 物理分析方面：
  - 继续领跑玻色子散射及相互作用物理研究；
  - 领导完成世界首个三W规范玻色子共振态的寻找 PRL+PRD
  - 利用矢量玻色子散射探测重达~25TeV的重Majorana中微子
  - Higgs与Charm夸克耦合探测获得新突破；
  - **多个工作担当Analysis Contact，国产度高。**
- 探测器升级方面：GEM前端电子学板、GEM探测器生产基地、MTD探测器组装中心等
- 我们将继续努力，争取作出更大贡献！