

中国科学院 “粒子物理前沿卓越创新中心” 2017年考评报告

中科院高能所CMS组 陶军全 (taojq@ihep.ac.cn)

01/12/2017



中国科学院高能物理研究所
Institute of High Energy Physics
Chinese Academy of Sciences



报告概要

● 个人简介

- 2003.9至今，中科院高能所，硕博（2009.4博士学位）、博士后（2009.1-2011.1）、留所工作（2011.1-2013.12助研，2013.12至今副研）
- 参与过阿尔法磁谱仪（**AMS**）实验和CERN/LHC **CMS**大型国际合作组实验
- CMS上主要参与过Bc物理、SM双光子截面测量、Higgs物理和新粒子寻找，为**2012年Higgs粒子的发现**做出贡献
- 主要从事并负责高能所组在**CMS实验**上利用双光子末态进行标准模型Higgs粒子的分析和属性测量、以及在低质量区间寻找新粒子来寻求对标准模型的突破等

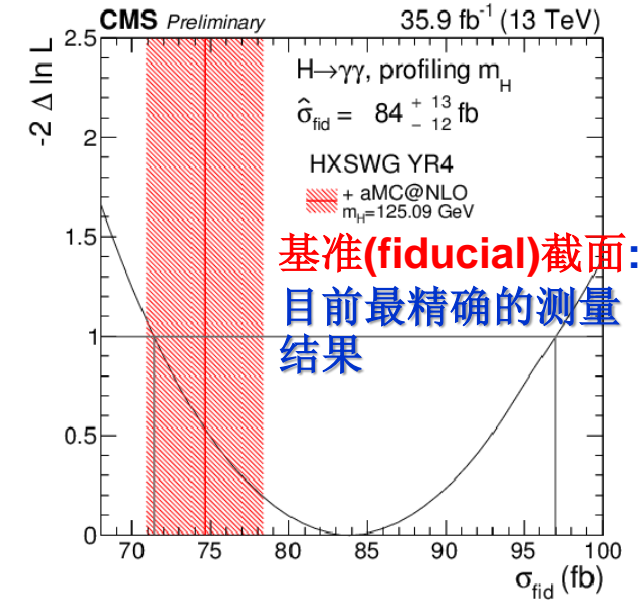
● 过去一年个人工作总结和汇报

- 物理分析
 - ✓ 标准模型希格斯 $H \rightarrow \gamma\gamma$ 的物理分析
 - ✓ 寻找额外非标准模型希格斯 $h \rightarrow \gamma\gamma$ 等新粒子
 - ✓ BSM理论模型解释 $h \rightarrow \gamma\gamma$ 寻找新粒子的实验结果
- 文章和报告
- 科研项目

CMS 希格斯 $H \rightarrow \gamma\gamma$ 物理分析

- **希格斯粒子的发现**是LHC Run1最主要的研究成果；**希格斯粒子的物理分析**是Run2数据分析最优先考虑的物理分析，是**对Run1 Higgs发现结果的直接验证**，可以对Higgs的性质进行**更精确的测量**
- 通过双光子衰变道（ $H \rightarrow \gamma\gamma$ ）寻找SM Higgs的特点是本底很高、信噪比较差，但是具有优异的双光子不变质量分辨率，是Higgs粒子发现的主要贡献道之一，同时也是**LHC上竞争最为激烈的物理分析之一**。
- 高能所组陶军全长期以来参与了 $H \rightarrow \gamma\gamma$ 的数据分析工作，使高能所组**在CMS $H \rightarrow \gamma\gamma$ 物理工作组中占据一席之地**
 - ✓ 在Run1数据分析中，贡献于光子鉴别、光子能量标定、电子排除效率、信号与本底干涉修正等，为Higgs粒子的发现做出贡献
 - ✓ 直接参与了Run2分析框架和双光子事例高阶触发条件（HLT）的发展，负责了光子鉴别和能量重建分辨率的验证，MC簇射修正以及电子排斥效率的研究等
 - ✓ 是 $H \rightarrow \gamma\gamma$ 相关的**多篇CMS文章**的编辑和作者之一

CMS $H \rightarrow \gamma\gamma$ Run2最新结果：基准截面 (HIG-17-015)

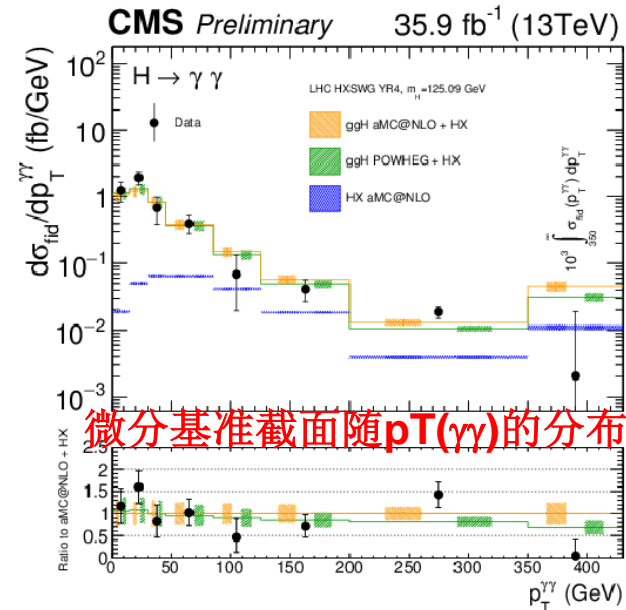


基准(fiducial)截面:
目前最精确的测量
结果

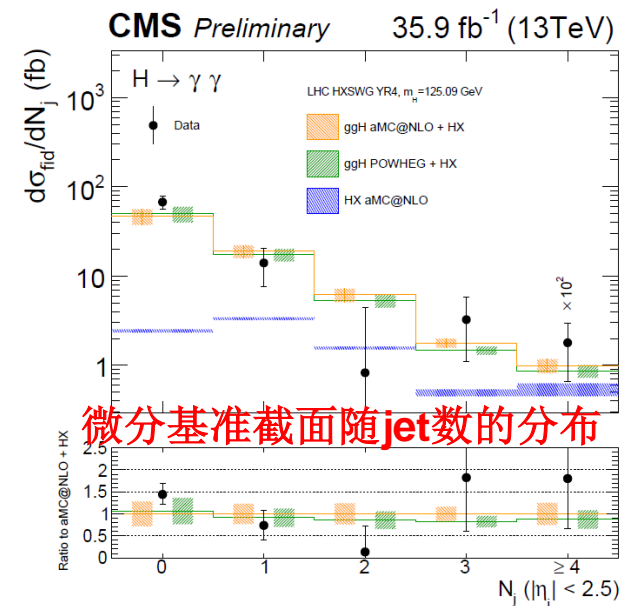
$$\sigma_{\text{fiducial}}^{\text{theory}} = 75_{-4}^{+4} \text{ fb}$$

$$\left. \begin{array}{l} p_{T,1}/M_{\gamma\gamma} > 1/3 \\ p_{T,2}/M_{\gamma\gamma} > 1/4 \\ I_{\text{SO}_{gen1,2}} < 10 \text{ GeV} \\ |\eta_{1,2}| < 2.5 \end{array} \right\}$$

CMS-PAS-HIG-17-015



微分基准截面随 $p_T(\gamma\gamma)$ 的分布



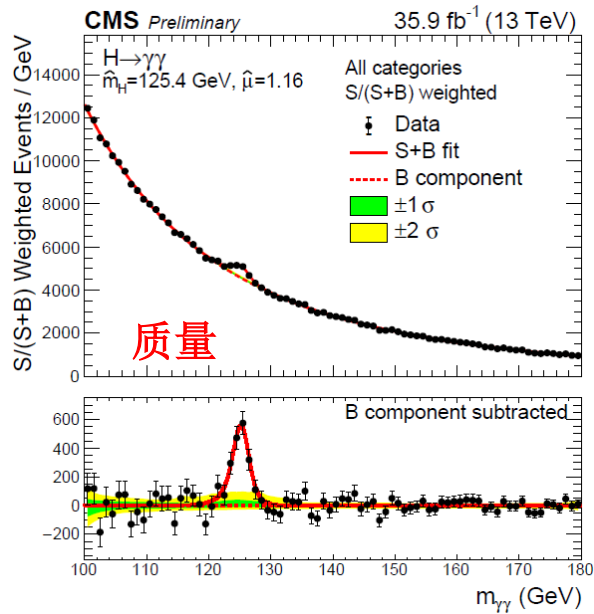
微分基准截面随jet数的分布

➤ 利用2016年13TeV 35.9fb⁻¹的数据，首先测量了**基准截面和基准为分截面**，并与标准模型理论预言进行对比 (HIG-17-015)：在**Moriond17** (2017.03) 上公布

➤ 基准截面测量，给出**目前最精确的结果结果**

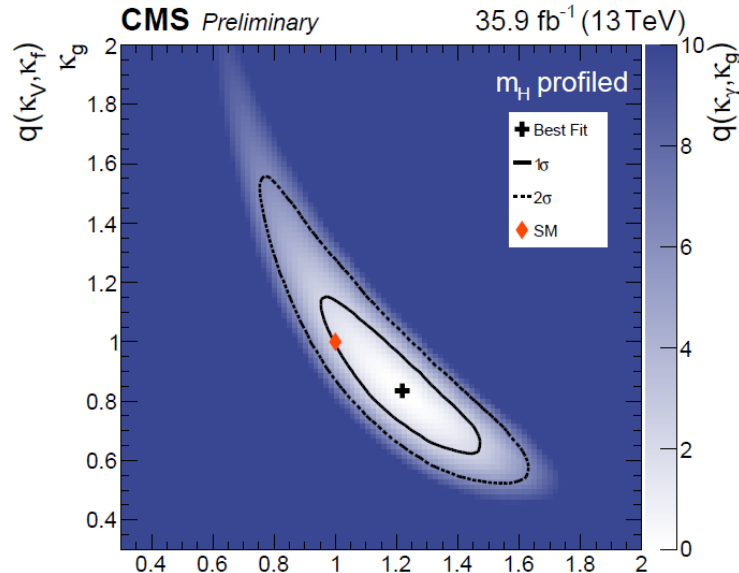
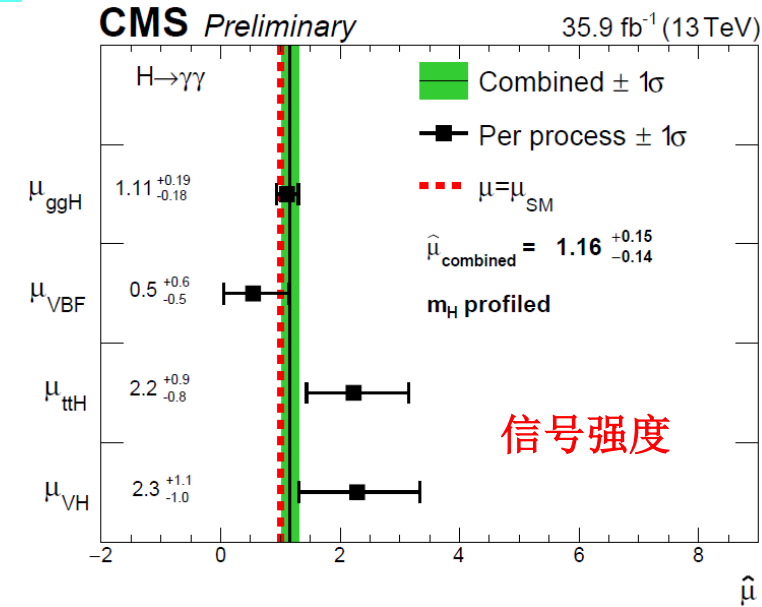
➤ **基准截面和基准微分截面的测量结果与标准模型预言相一致**

CMS $H \rightarrow \gamma\gamma$ Run2最新结果：质量和耦合（HIG-16-040）



125.4 GeV \pm 0.3 GeV

CMS-PAS-HIG-16-040



Higgs与光子和胶子的耦合(k_γ, k_g)

➤ 利用2016年13TeV 35.9fb⁻¹的数据，其次测量了Higgs的质量（125.4GeV）、信号强度（ $1.16^{+0.15}_{-0.14}$ ）、耦合等属性（HIG-16-040）

➤ Higgs性质测量结果与标准模型预期相吻合

➤ 高能所陶军全代表CMS在“LHCP2017”国际会议做了 $H \rightarrow \gamma\gamma$ Run2最新结果（HIG-16-040, HIG-17-015）的会议报告

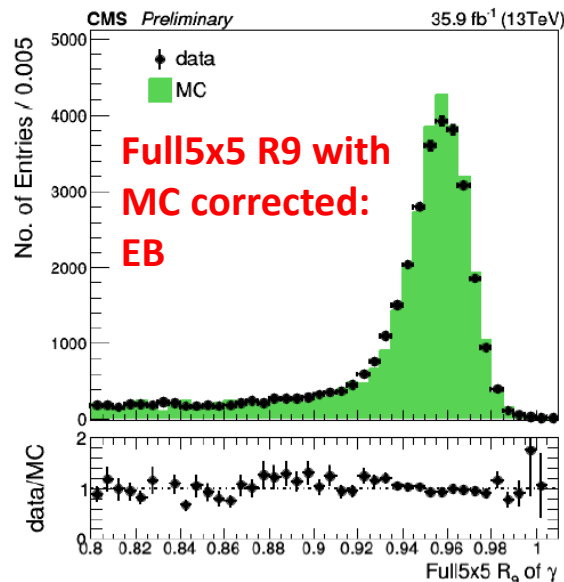
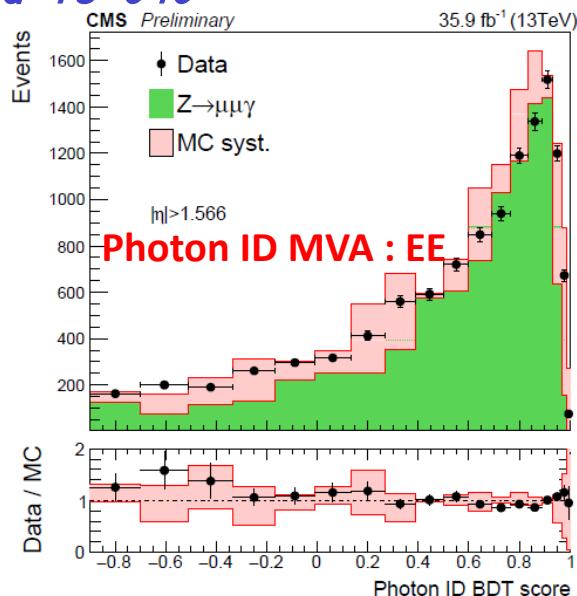
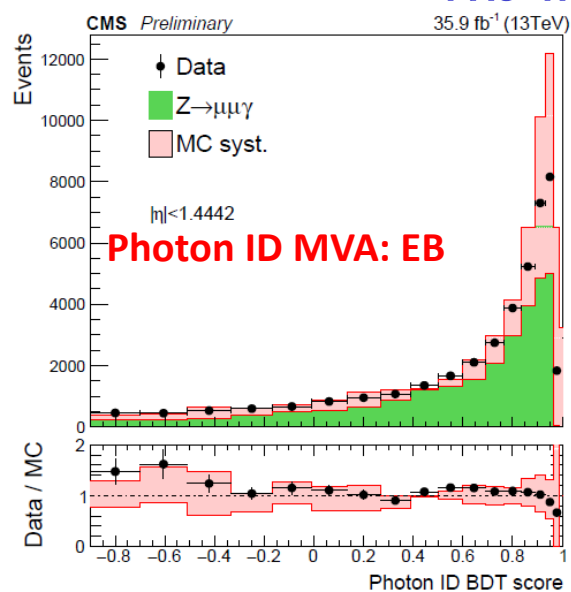
LHCP2017报告:

https://indico.cern.ch/event/517784/contributions/2558844/attachments/1459271/2253512/CMS_Higgs_HighResolution_JTaoIHEP.pdf

CMS Run2 $H \rightarrow \gamma\gamma$: 具体贡献 (1)

- 参与了分析框架 (flashgg) 的发展
- 参与了事例高阶触发条件 (HLT) 的发展
- 利用 $Z \rightarrow \mu\mu\gamma$ 末态光子进行了MC模拟的修正
- 负责了电子排除效率以及数据与MC的修正因子的研究和应用
- 负责光子鉴别输入输出数据与MC分布的验证
- 负责光子能量分辨率的验证
- 研究结果包含在 $H \rightarrow \gamma\gamma$ 分析以及NOTE和PAS中

CMS AN-17-036
PAS HIG-16-040

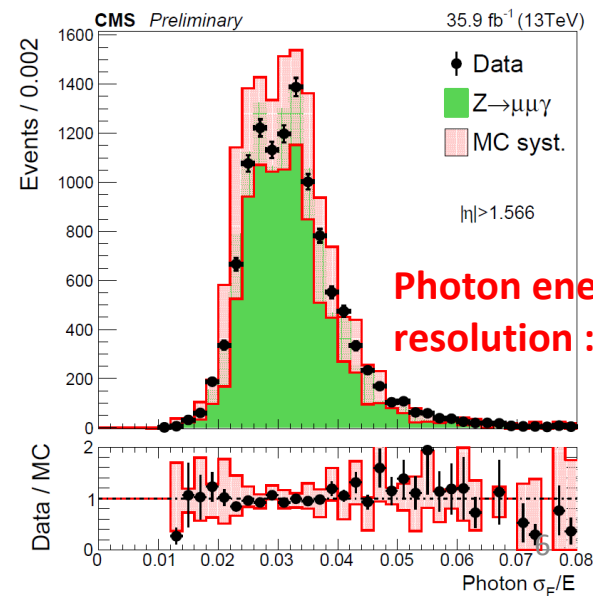
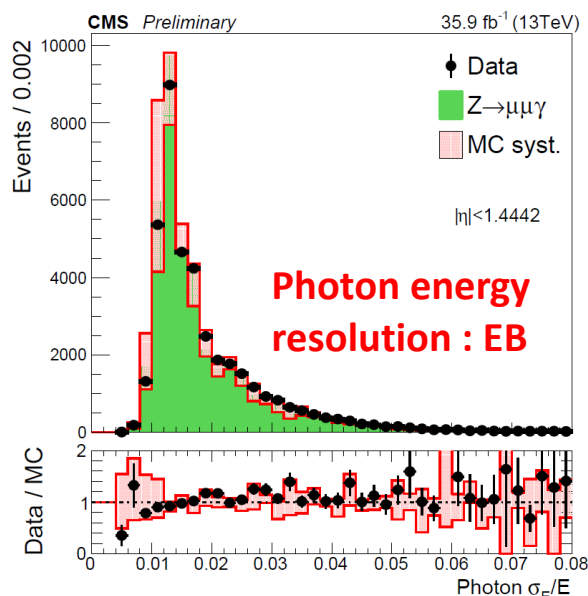


Conversion-safe electron veto efficiencies and data/MC scale factors

	Data		Simulation		Ratio	
	Eff.	Stat.	Eff.	Stat.	Eff.	Unc.
Barrel; $R_9 > 0.85$	0.9928	0.0003	0.9970	0.0005	0.9958	0.0006
Barrel; $R_9 < 0.85$	0.9741	0.0010	0.9795	0.0020	0.9945	0.0023
Endcap; $R_9 > 0.90$	0.9789	0.0009	0.9863	0.0015	0.9924	0.0017
Endcap; $R_9 < 0.90$	0.9360	0.0033	0.9574	0.0055	0.9777	0.0065

CMS AN-17-036
PAS HIG-16-040

AN-17-041
PAS HIG-17-015



CMS Run2 $H \rightarrow \gamma\gamma$: 具体贡献 (2)

➤ 高能所组陶军全是2016年数据多篇 $H \rightarrow \gamma\gamma$ 分析相关的内部文章 (AN-2017/036, PAS HIG-16-040, AN-2017/041, PAS HIG-17-015) 的编辑和作者之一

Available on the CMS information server

CMS AN-17-041

CMS Draft Analysis Note

The content of this note is intended for CMS internal use and distribution only

for Moriond2017

2017/03/10
Head Id: 392728
Archive Id: 392086:392738
Archive Date: 2017/03/09
Archive Tag: trunk

Measurement of the Higgs boson fiducial differential cross section at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the diphoton channel with 35.8fb^{-1}

A. Beschi¹, J. Branson², V. Ciriolo¹, L. Corpe⁴, F. Couderc⁵, M. DeJardin⁵, M. Donega⁶, G. Fasanella⁷, F. Ferri⁵, S. Gascon-Shotkin³, S. Ghosh⁵, Y. Haddad⁴, G. Hanson⁹, C. Jessop⁸, G. Kole², I. Kucher⁵, T. Klijnsma⁶, M. Lethuillier³, M. Malberti⁷, J. Malclès⁵, N. Marinelli⁸, K. Mondal¹³, P. Musella⁶, S. Nourbakhsh¹⁰, M.A. Olmedo Negrete⁹, M. Pieri², A. Purhoidt¹³, E. Scott⁴, T. Tabarelli de Fatis⁴, J. Tao², V.R. Tavolaro⁶, J. Wright⁴, and S. Zenz⁴

¹ INFN Sezione di Milano-Bicocca, Università di Milano-Bicocca, Milano, Italy

² University of California, San Diego, La Jolla, California, USA

³ Université de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1

⁴ Imperial College, London, United Kingdom

⁵ DSM/IRFU, CEA/Saclay, Gif-sur-Yvette, France

⁶ Institute for Particle Physics, ETH Zurich, Zurich, Switzerland

⁷ Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium

⁸ University of Notre Dame, Notre Dame, Indiana, USA

⁹ University of California, Riverside, Riverside, USA

¹⁰ University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota, USA

¹¹ Cornell University, Ithaca, USA

¹² Institute of High Energy Physics, Beijing, China

¹³ Saha Institute of Nuclear Physics

➔ CMS PAS HIG-17-015

Available on CMS information server

CMS AN -2017/036



The Compact Muon Solenoid Experiment

Analysis Note

The content of this note is intended for CMS internal use and distribution only



for LHCP2017

24 January 2017 (v8, 28 April 2017)

$H \rightarrow \gamma\gamma$ at $\sqrt{s} = 13$ TeV with 2016 dataset

$H \rightarrow \gamma\gamma$ Working Group

6.1 Electron veto efficiency and scale factors

27

6.1 Electron veto efficiency and scale factors

• Editors: J. Tao

The effect on the signal photon efficiency of the electron veto requirement has been evaluated from data in a sample of $Z \rightarrow \mu\mu\gamma$ events with high photon purity, selected as described in Section 8.2 and compared with events selected in a simulated sample of Drell-Yan events. Additionally, the $Z \rightarrow \mu\mu\gamma$ event is rejected if the track of the closest μ object to γ shares the same track with an electron present to reduce the very small bias (can be negligible w.r.t the statistical uncertainty) on the photon efficiency due to the effect from the closest μ . The photon from $Z \rightarrow \mu\mu\gamma$ in a mass window 60 to 120 GeV is additionally subjected to the preselection criteria

8.2 Validation with $Z \rightarrow \mu\mu\gamma$

• Editors: J. Tao

A sample of $Z \rightarrow \mu\mu\gamma$ events has been selected in data with very high photon purity (98%). The data sample is based on the di-muon Primary Dataset listed in Section 2.1, with a total integrated luminosity of 35.9 fb^{-1} .

The simulated sample used is the DYJetsToLL listed in Section 2.2.2.

➔ CMS PAS HIG-16-040

寻找非标准模型希格斯 $h \rightarrow \gamma\gamma$ 等新粒子

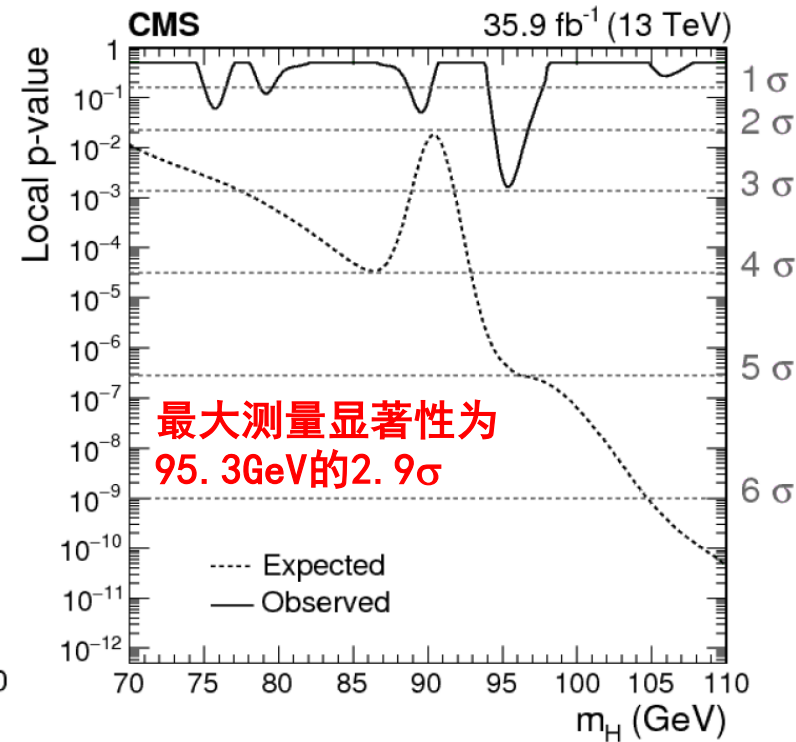
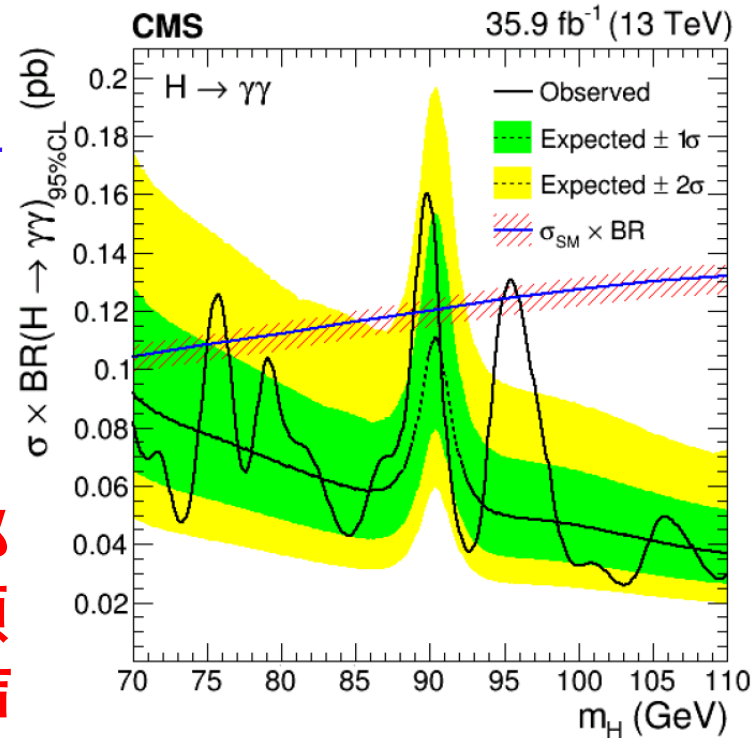
- 目前LHC上对Higgs粒子的属性等的测量结果，与标准模型预言的希格斯粒子十分吻合。但考虑到强子对撞机上比较大的实验误差，还不能排除这个粒子属于其他粒子物理理论模型的可能
- 许多超出标准模型理论（2HDM, NMSSM）预测了多个希格斯粒子的存在，因此寻找额外希格斯粒子是直接寻找新物理的一个途径
- 双光子末态（ $\gamma\gamma$ ）具有优异的双光子不变质量分辨率，是LHC上寻找新共振态的有效过程之一
- 高能所组(陶军全)一直开展Run1和Run2低质量 $h \rightarrow \gamma\gamma$ 的数据分析和相关理论唯象研究工作，在CMS低质量双光子共振态的寻找分析中占主导地位

13TeV低质量额外希格斯到双光子的寻找

➤ 高能所组(陶军全)分别利用13TeV 2015年和2016年的数据,分别开展低质量区间[70, 110]GeV双光子末态的共振态的寻找

➤ 高能所组(陶军全)承担了大部分的研究内容,主导了2016年的数据分析,陶军全做了该分析的全部重要报告,包括期望结果的CMS预审核preapproval报告⁽¹⁾、数据结果的unblinding报告⁽²⁾以及CMS最终审核approval报告⁽³⁾等

➤ 分析结果(PAS-HIG-17-013)已经对外公开,发表文章准备中

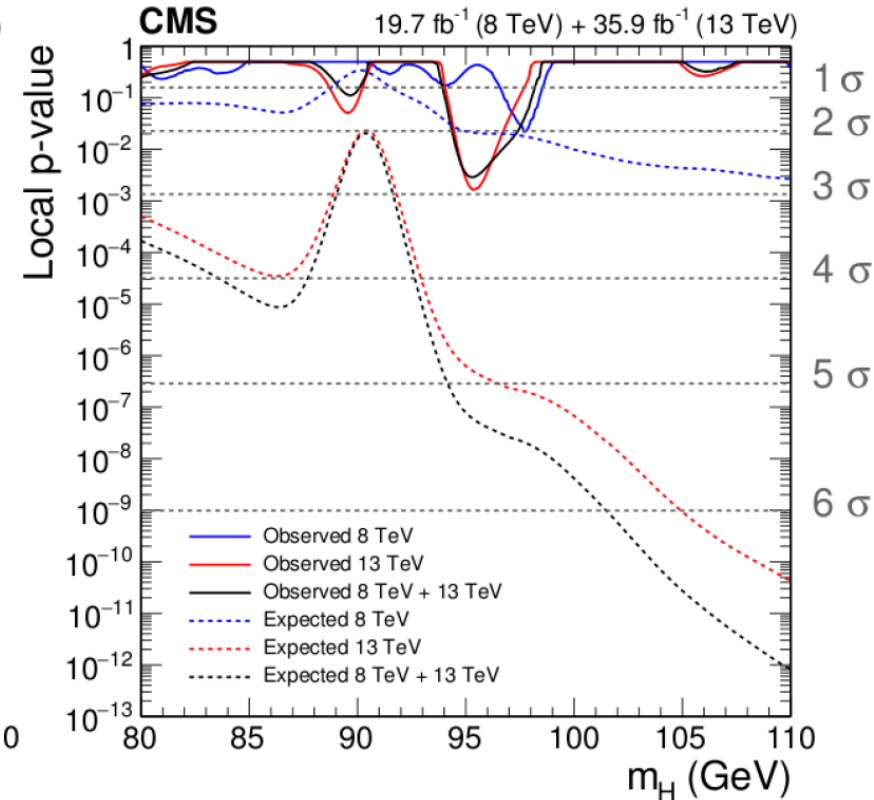
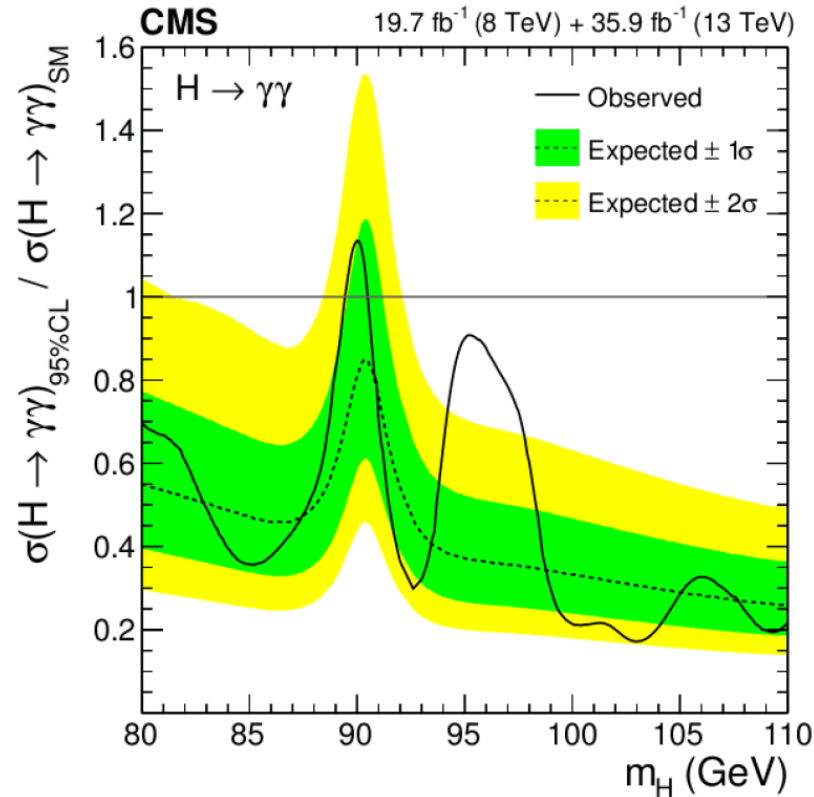


CMS PAS HIG-17-013

- (1) https://indico.cern.ch/event/598433/contributions/2472524/attachments/1410250/2161174/20170214LowMassPreApproval_JTao.pdf
- (2) https://indico.cern.ch/event/628663/contributions/2639873/attachments/1482982/2300559/20170626LowMassFirstUnblind_HggWeekly.pdf
- (3) https://indico.cern.ch/event/655639/contributions/2670497/attachments/1497204/2336863/JTao_HIG17013_Approval.pdf

低质量额外希格斯寻找：Run1 + Run2联合测量

- 结合2012年8TeV 19.7fb^{-1} 和2016年13TeV 35.9fb^{-1} 的数据，高能所组（陶军全）开展了联合测量分析
- 联合测量结果包含在PAS-HIG-17-013中，已经对外公开，发表文章准备中
- 未发现额外小质量希格斯
- 最大观测显著性（右图中黑色实线）为95.3GeV处的 2.8σ



CMS PAS HIG-17-013

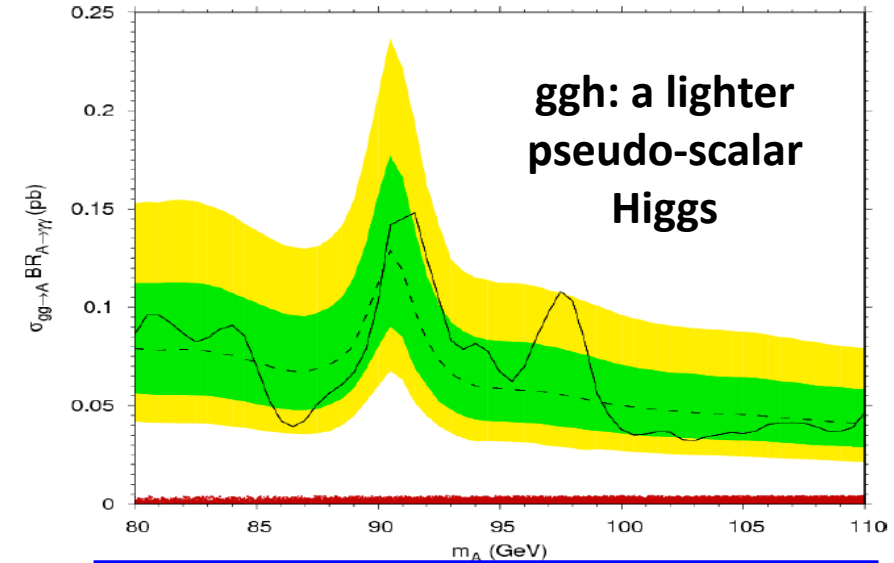
Run1+Run2联合测量得到的截面乘以衰变分支比相对于理论预言的比值的上限（左图）和信号显著性（右图）

132nd LHCC会议（2017.11.30）CMS 6个Physics Highlights之一

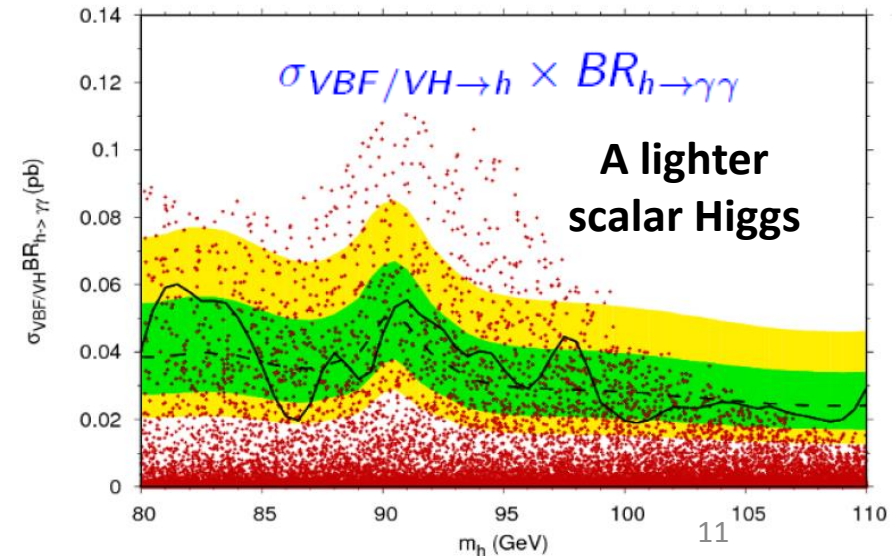
https://indico.cern.ch/event/679087/contributions/2781750/attachments/1567707/2471494/Narain_LHCC_Nov_2017_FINAL.pdf

8TeV测量结果对2HDM模型的限制

- 利用已有实验测量结果，用已有理论模型来对测量结果进行理解或者利用测量结果来限制理论模型，这样的实验与理论的结合，对物理学的发展具有重要的推动作用
- 高能所组(陶军全)使用Two Higgs Doublet Model (2HDM) 模型对8TeV低质量区间寻找双光子共振态的结果(PAS HIG-14-037)进行理解
- 这是首次使用2HDM与LHC实验结果进行对比：**ggh的结果并不能对2HDM参数空间给出任何限制**；陶军全与国外理论专家首次发展了2HDM VBF/VH过程的代码和分析：**8TeV VBF/VH结果有一些能力限制2HDM的参数**
- 结果发表在 *J. High Energy Phys.* 12 (2016) 068 (陶军全等, 2016年12月发表)

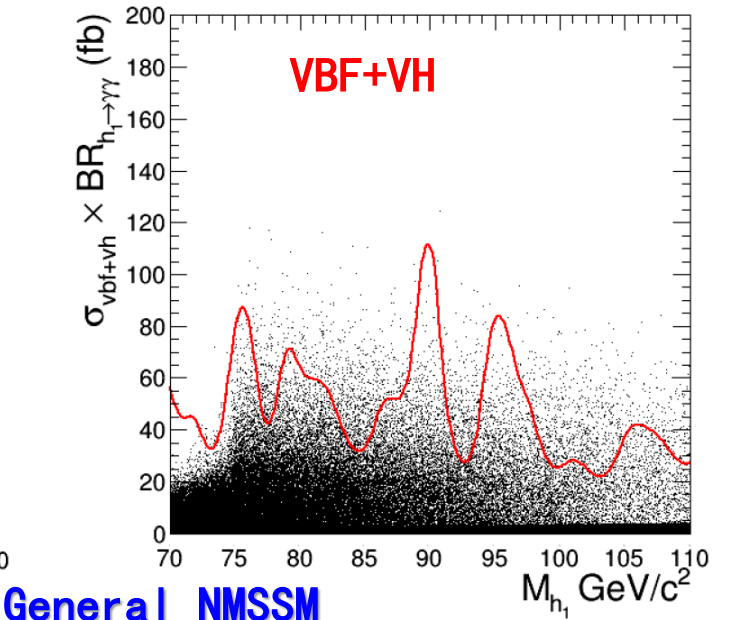
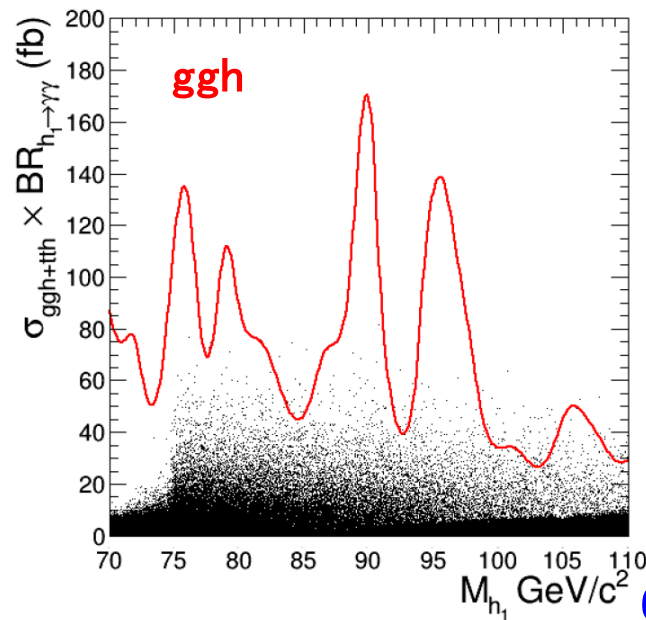
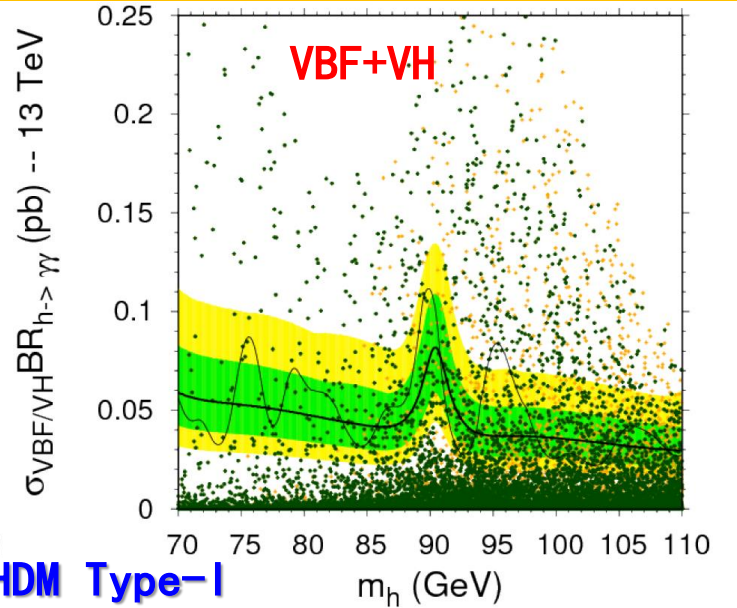
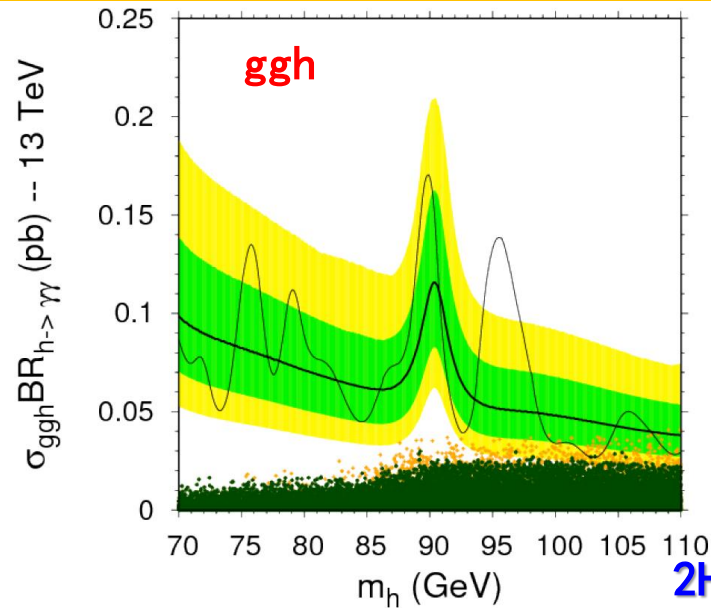


J. High Energy Phys. 12 (2016) 068



13TeV测量结果对BSM模型的限制

- 高能所组(陶军全)继续使用超标准模型(BSM)对13TeV低质量区间寻找双光子共振态的结果(PAS HIG-17-013)进行理解
- 首先继续与国外理论专家合作使用2HDM与实验结果进行对比和理解
- 同时开展次最小超对称标准模型(NMSSM)与实验结果进行的对比和理解
- 初步结果表明:对ggh过程,2HDM和NMSSM对13TeV测量结果不是很敏感;VBF+VH过程,13TeV测量结果可以排除两种流行BSM模型的部分相空间



CMS NOTE : 6篇

新增4篇, 完善2篇

CMS AN-17-041, Measurement of the Higgs boson fiducial differential cross section at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ using the diphoton channel with 35.9fb^{-1} http://cms.cern.ch/iCMS/jsp/openfile.jsp?tp=draft&files=AN2017_041_v6.pdf (主要编辑之一)

CMS AN -2017-036, $H\rightarrow\gamma\gamma$ at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ with 2016 dataset
http://cms.cern.ch/iCMS/jsp/openfile.jsp?tp=draft&files=AN2017_036_v8.pdf (主要编辑之一)

CMS CR-2017/315, Search for rare and exotic Higgs Boson decay modes,
http://cms.cern.ch/iCMS/jsp/openfile.jsp?tp=draft&files=5338_jtao_icfnp2017.pdf (唯一编辑)

CMS CR-2017/197, Higgs boson measurements in high resolution channels with CMS
http://cms.cern.ch/iCMS/jsp/openfile.jsp?tp=draft&files=5338_eprint_jtao_lhcp17.pdf (唯一编辑)

CMS AN-2016/410, Updated results on the search for low mass ($m_{\chi}<110\text{ GeV}$) resonances in the diphoton final state in pp collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ with the 2016 dataset http://cms.cern.ch/iCMS/jsp/openfile.jsp?tp=draft&files=AN2016_410_v10.pdf
(主要编辑之一)

CMS AN-2016/409, First results on the search for low-mass ($m_{\chi}<110\text{ GeV}$) resonances in the diphoton final state in pp collisions at $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ with the 2015 dataset http://cms.cern.ch/iCMS/jsp/openfile.jsp?tp=draft&files=AN2016_409_v1.pdf (主要编辑之一)

CMS PAS : 3篇

3篇, 全部在2017年经CMS同意通过结果对外公开

CMS-PAS-HIG-17-015, Measurement of differential fiducial cross sections for Higgs boson production in the diphoton decay channel in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV <http://cds.cern.ch/record/2257530> 2016年13TeV 35.9fb^{-1} 数据, Moriond17上展示; 高能所组陶军全负责了电子排除效率以及数据与MC的修正因子的研究和应用、负责光子鉴别输入输出数据与MC分布的验证、光子能量分辨率验证等, 是内部NOTE的编辑和作者之一

CMS-PAS-HIG-17-013, Search for new resonances in the diphoton final state in the mass range between 70 and 110 GeV in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ and 13 TeV <http://cds.cern.ch/record/2285326> 2016年13TeV 35.9fb^{-1} 数据, 以及与2012年8TeV 19.7fb^{-1} 结果的联合测量; 高能所组陶军全承担了大部分研究内容, 陶军全作了preapproval和approval报告, 是内部NOTE和PAS的主要编辑和作者之一

CMS-PAS-HIG-16-040, Measurements of properties of the Higgs boson in the diphoton decay channel with the full 2016 dataset <http://cds.cern.ch/record/2264515> 2016年13TeV 35.9fb^{-1} 数据, LHCP2017上展示; 高能所组陶军全参与了分析框架 (flashgg) 的发展、事例高阶触发条件 (HLT) 的发展、利用 $Z \rightarrow \mu \mu \gamma$ 末态光子进行了MC模拟的修正、负责了电子排除效率以及数据与MC的修正因子的研究和应用、负责光子鉴别输入输出数据与MC分布的验证、光子能量分辨率的验证等, 是内部NOTE的编辑和作者之一

单独署名的文章：3篇

2篇会议文集，1篇正式文章

Junquan Tao, Search for rare and exotic Higgs Boson decay modes, [arXiv:1711.05481](https://arxiv.org/abs/1711.05481)

Junquan Tao, Higgs boson measurements in high resolution channels with CMS, [arXiv:1708.09215](https://arxiv.org/abs/1708.09215)

Junquan Tao et al., Search for a lighter Higgs in Two Higgs Doublet Models, J. High Energy Phys. 12 (2016) 068 (2016年12月15发表)

会议报告

国际会议报告：2个

Junquan Tao, "Search for rare and exotic Higgs Boson decay modes with CMS", 6th International Conference on new Frontiers in Physics 2017 (ICNFP2017), 17-26 Aug 2017, Kolymvari, Greece

https://indico.cern.ch/event/559774/contributions/2643780/attachments/1510069/2354483/CMS_Higgs_RareExotic_JTaoIHEP.pdf

Junquan Tao, "Higgs measurements in high resolution channels with CMS", 5th Large Hadron Collider Physics Conference (LHCP2017), 15-20 May 2017, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China

https://indico.cern.ch/event/517784/contributions/2558844/attachments/1459271/2253512/CMS_Higgs_HighResolution_JTaoIHEP.pdf

国内会议报告3个：1个FCPPL + 2个 CLHCP

Junquan Tao, "Highlights of CMS Results", 10th France China Particle Physics Laboratory (FCPPL) workshop, March 27-30 2017, Tsinghua University, Beijing, China

Junquan Tao, "Measurements of Higgs boson production in the diphoton decay channel at 13TeV", CLHCP2016: Second China LHC Physics workshop, 16-19 Dec 2016, Beijing, China

Junquan Tao, "Search for lighter Higgs-boson like resonances in the diphoton final state", CLHCP2016: Second China LHC Physics workshop, 16-19 Dec 2016, Beijing, China

CERN CMS内部报告：26个(speaker – Junquan Tao, 不包括有贡献的他人报告)

过去一年在研项目

- 主持一项**国家自然科学基金委青年科学基金项目**“CMS上通过双光子末态寻找非标准模型希格斯粒子等新共振态”：批准号11505208，2016/01-2018/12，25万元 **主持人**
- 参与**科技部973项目**“大型强子对撞机实验CMS ATLAS和ALICE物理研究”：批准号2013CB837800，2013/01-2017/12，2500万元 **高能所CMS组双光子末态物理分析负责人和协调人**
- 参与**国家自然科学基金委国际合作重大项目**“CMS 实验希格斯性质研究和新粒子寻找”：批准号11661141007，2016.07-2020.12，750万元 **高能所CMS组双光子末态物理分析负责人和协调人**

谢谢!

