

2018年度工作报告

杨勇

上海交通大学

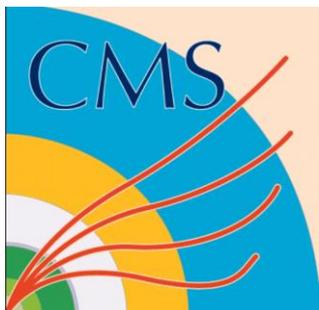
粒子物理前沿卓越创新中心考评

2018.11.23

个人简历：杨勇



- **2001-2005** 中国科技大学，本科，核与粒子物理专业
- **2005-2012** 加州理工学院，博士，LHC CMS实验
 - 7万多块晶体能量精确刻度（CMS成就奖）
 - Higgs双光子道寻找和发现
 - μ^* 寻找
- **2013-2016** 苏黎世大学，博士后，LHC CMS实验
 - 双顶夸克末态暗物质寻找
- **2016.2-** 上海交通大学，参加PandaX暗物质实验



刻度+物理分析为主

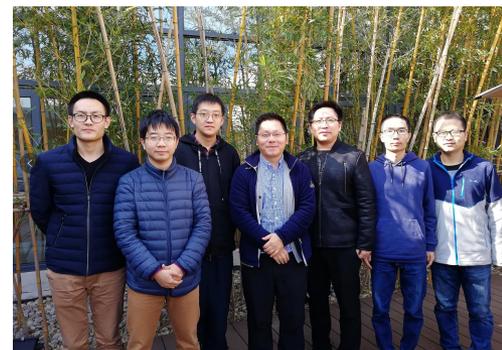


电子学(为主)
+物理分析

本次汇报重点

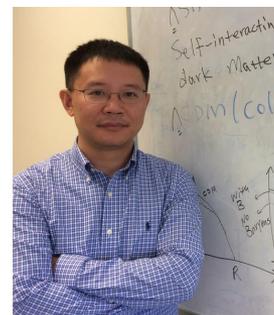
- **PandaX-4T实验 DAQ和电子学研发**
 - 基于商业波形采样插件的DAQ开发
 - 自主研发的波形采样插件
 - 自主研发的触发插件

交大PandaX暗物质实验
电子学和DAQ负责人



- **PandaX-II 自相互作用暗物质粒子的寻找**
 - 自相互作用暗物质理论背景
 - PandaX-II数据对该暗物质的限制
 - PRL 编辑推荐发表

和理论学家的成功合作，
论文通讯作者之一



合作者：
郁海波
(UCR)

PandaX暗物质实验和电子学系统的发展

PandaX-I:
120公斤液氙
(2009-2014)



PandaX-II:
580公斤液氙
(2014-2019)



PandaX-xT:
4吨-30吨液氙
(未来)



实验	光电管数	波形采样插件	触发阈值	数据传输
PandaX-I	183	V1724 (100MS/s)	4电子	单光纤读出
PandaX-II	158	V1724 (100MS/s)	4→2.5电子	单光纤读出
PandaX-4T (未来)	512	V1725B (250MS/s)+自主 研发	单电子	并行光纤读出

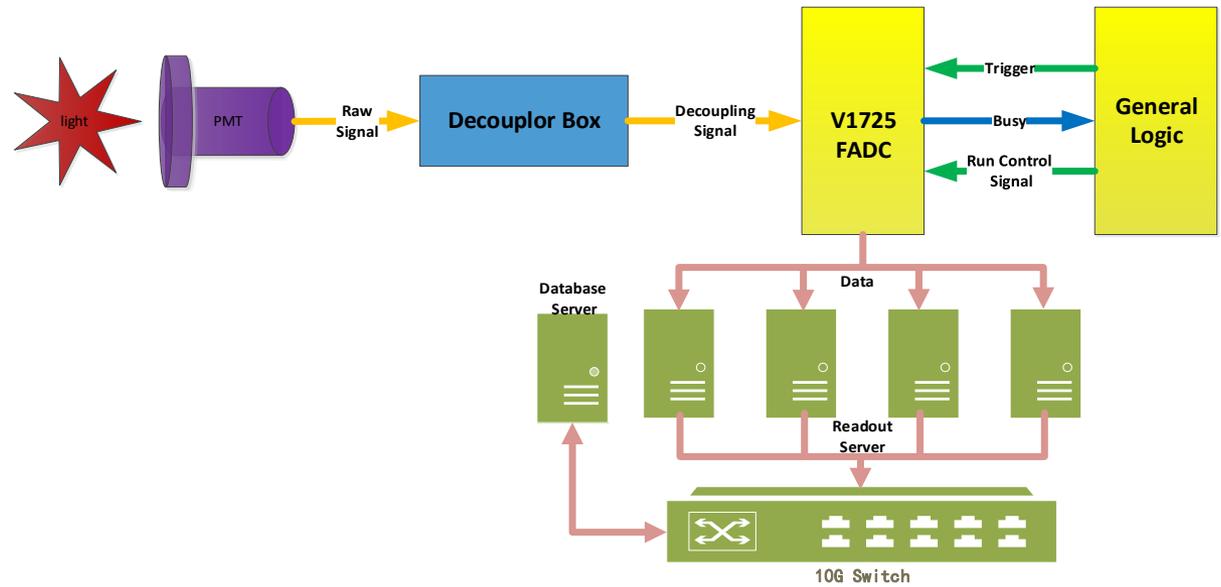
更多通道

更高采样率

更低阈值

更高带宽

主导完成了PandaX-4T原型电子学和DAQ系统开发

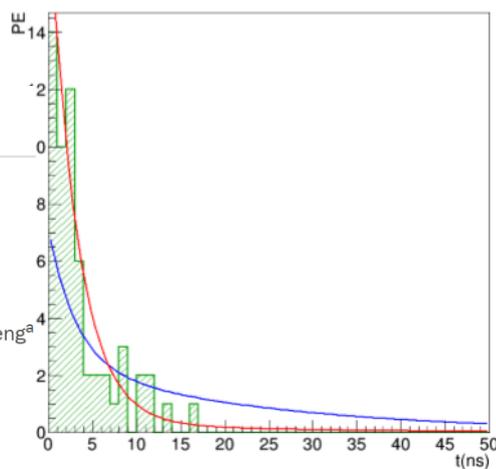


- 初期采用商业Flash ADC插件
 - 16-通道，250MS/s, 14-bit 2Vpp
 - 无法修改FPGA固件，不断和CAEN工程师沟通
- 实现多服务器多光纤并行读出
 - 目前实验采用单光纤读出
- 在交大和山大部署了光电管测试的DAQ系统

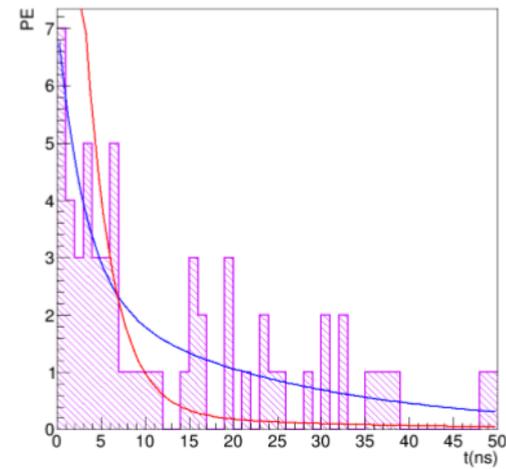
研制更高采样率的波形采样仪器

- 由于氙分子的“单重态”和“三重态”不同退激发时间 (3ns 和 24ns), 暗物质信号与本底中两态比不同
- 可以利用**波形信息**大幅度提高暗物质**信号**和本底的**甄别能力**

信号波形



本底波形



Journal of Instrumentation

Electron Recoil rejection by decay time measurement in large liquid Xenon detectors

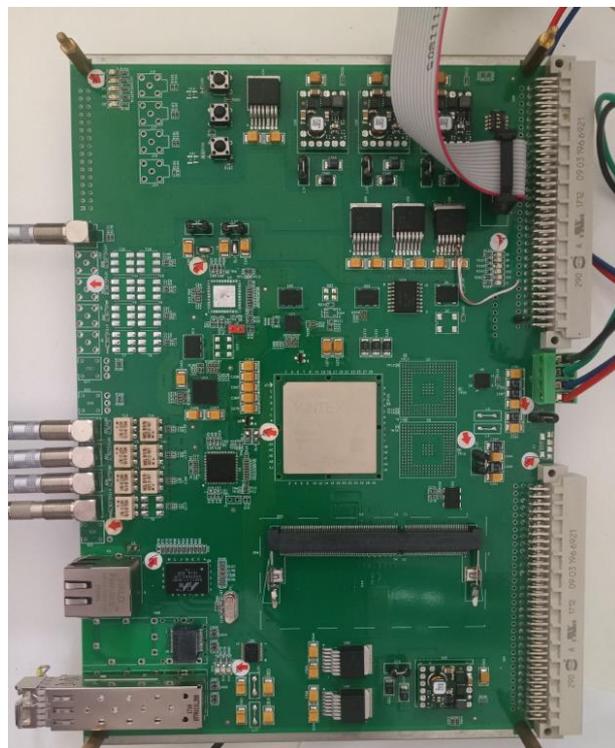
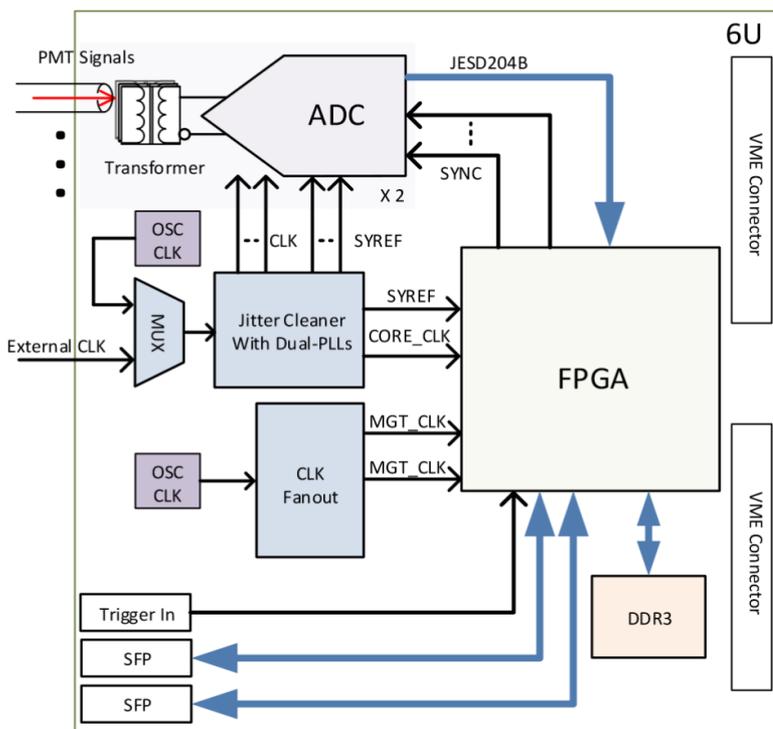
P. Namwongsa^a, A. Banjongkan^a, X. Chen^b, K.L. Giboni^b, X. Ji^b, C. Kobdaj^a, H. Kusano^b and Y. Yupeng^a

Published 18 April 2017 • © 2017 IOP Publishing Ltd and Sissa Medialab srl

Journal of Instrumentation, Volume 12, April 2017

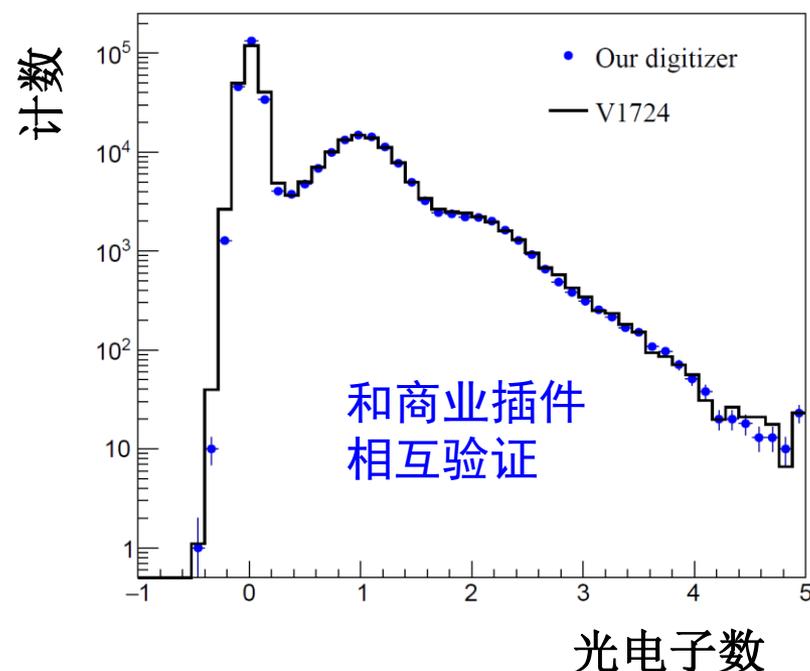
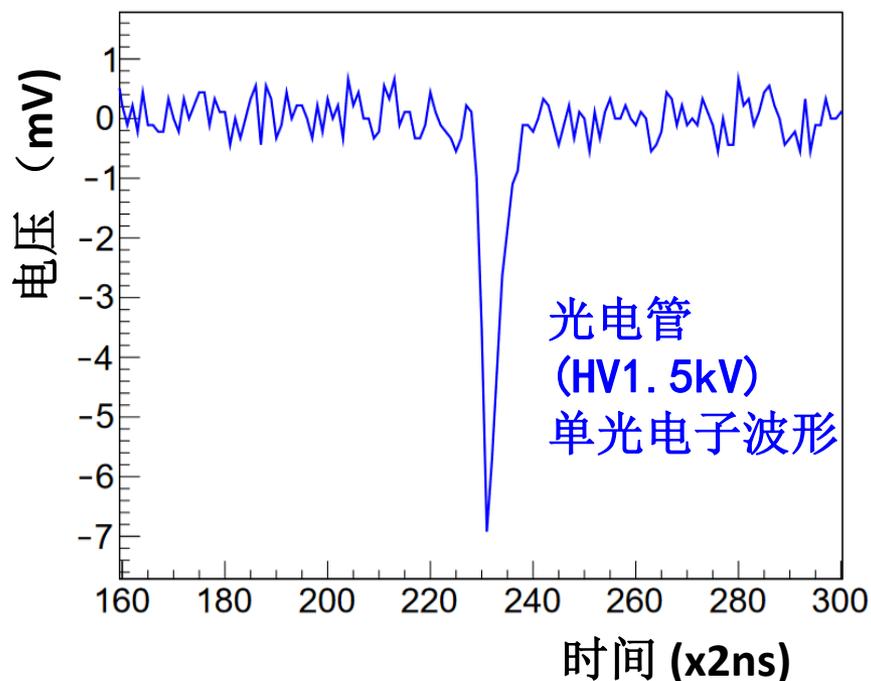
完成研制高速波形采样样机

- 主要指标
 - 8通道, 14-bit, 500 MS/s ADC + FPGA + 千兆光纤传输
- 从零开始, 带领团队
 - 完成自主设计, 硬件调试, FPGA代码编写, 以及和光电管联合测试



完成波形采样样机和光电管联合调试

- 成功采集单光子信号
- 验证了硬件和固件设计
- 下一步目标实现规模化和工程化



再次完成PandaX实验触发系统的升级

PandaX-II
2014-2017

- 触发方式:

所有采样通道的对应TOT的模拟加和,积分,阈值判断

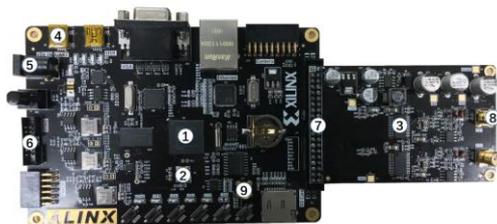
触发阈值:
4个电子



PandaX-II 2017
升级第一步

- 触发方式:

模拟信号采样
+FPGA算法



触发阈值:
2.5个电子

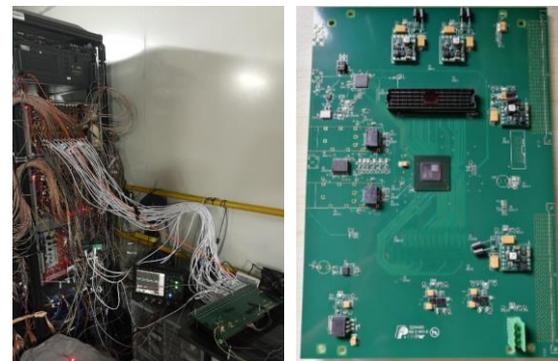
Qinyu wu et. al, Yong Yang(通讯作者),
2017 JINST 12 T08004



PandaX-II 2018
升级第二步

- 触发方式:

采用每通道的TOT数字信号+FPGA算法



触发阈值:
~1个电子 (初步结果)

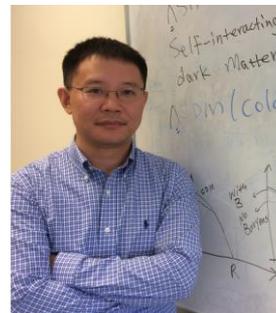
第二部分：物理分析

- PandaX-4T实验 DAQ和电子学研发
 - 基于商业波形采样插件的DAQ开发
 - 自主研发的波形采样插件
 - 自主研发的触发插件

PandaX暗物质实验电子学和DAQ负责人

- PandaX-II 自相互作用暗物质粒子的寻找
 - 自相互作用暗物质理论背景
 - PandaX-II数据对该暗物质的限制
 - PRL 编辑推荐发表

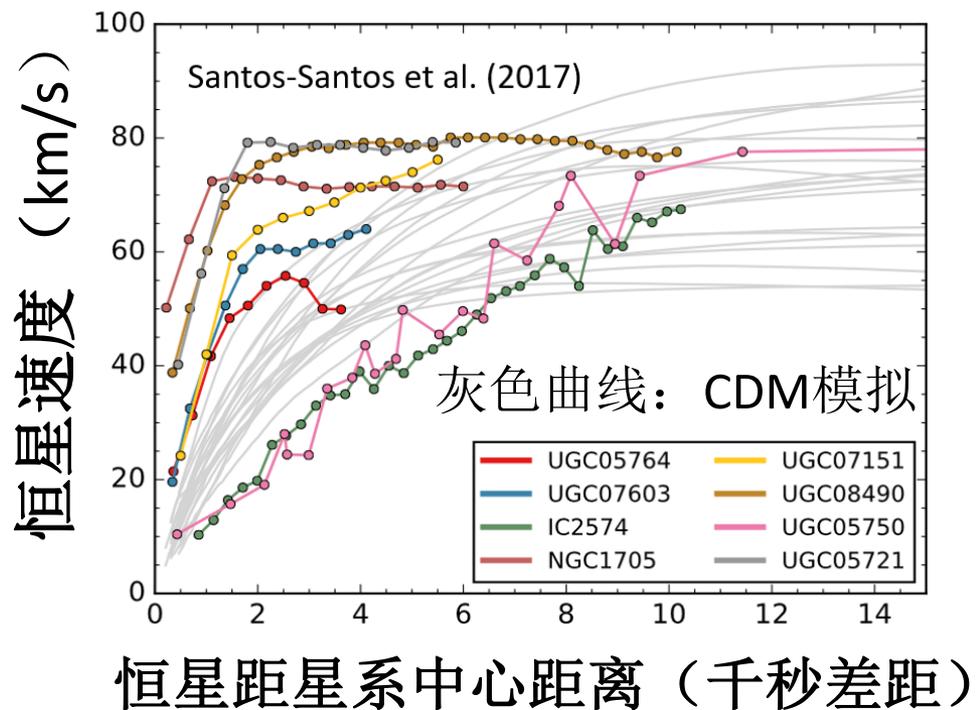
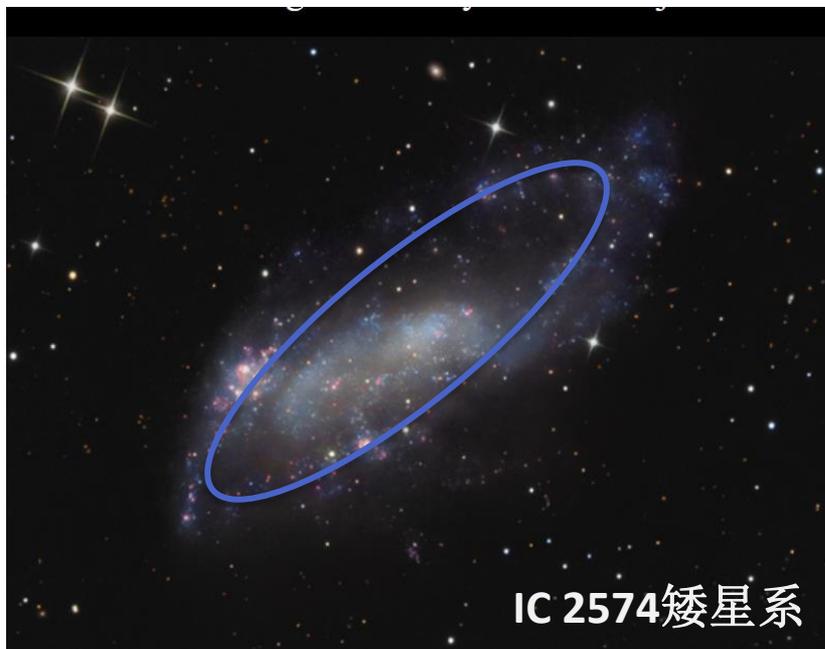
和理论学家的成功合作，
论文通讯作者之一



合作者：
郁海波
(UCR)

冷暗物质模型的危机

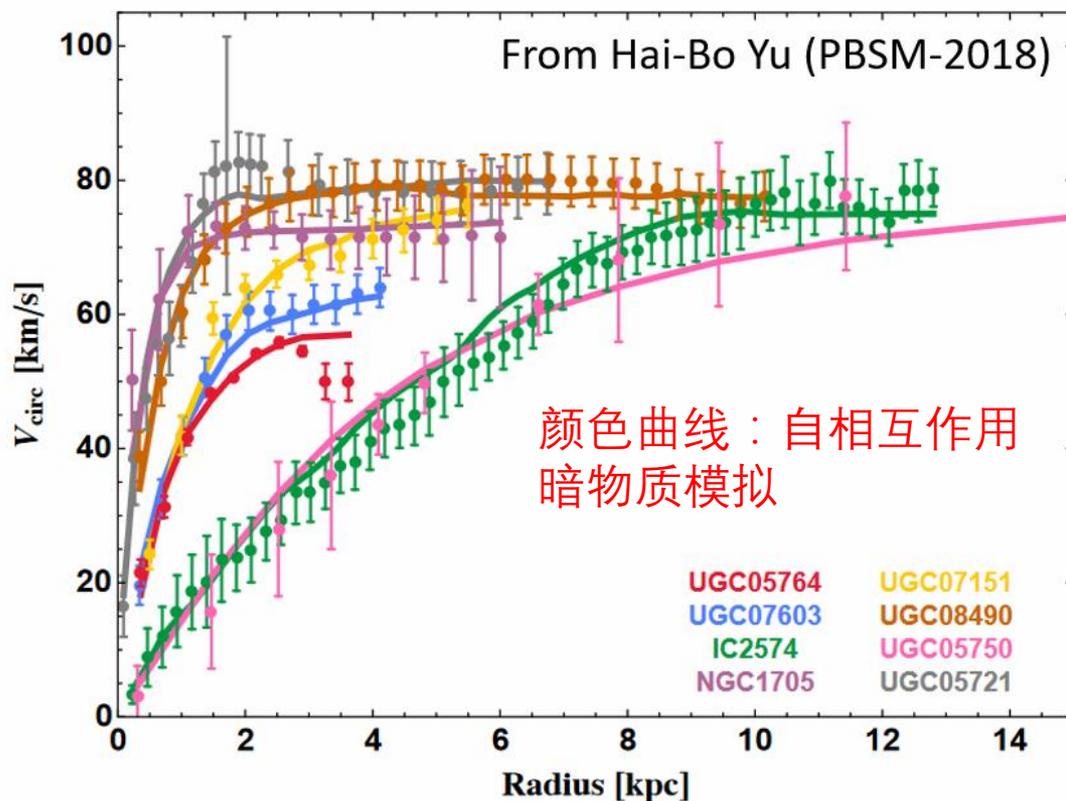
- 冷暗物质模型(以WIMP暗物质粒子为代表)很难解释星系尺度的宇宙结果 (小尺度危机)
- 即便是质量相当的星系, 观测到的恒星旋转速度曲线也很不一样



理论学家提出：暗物质有自相互作用

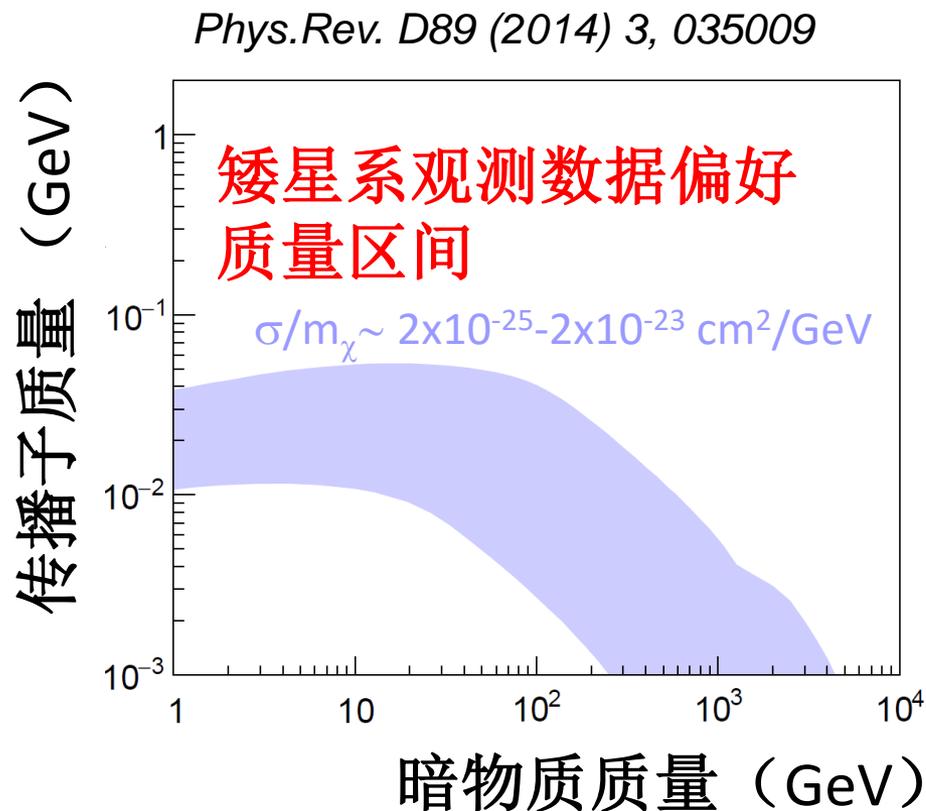
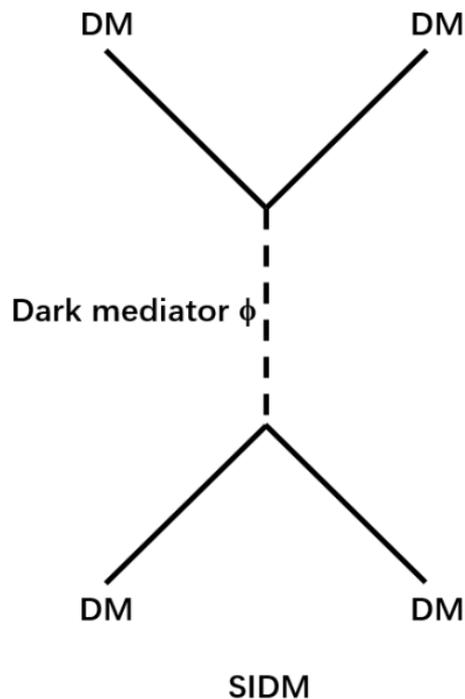
“Self-Interacting Dark Matter Can Explain Diverse Galactic Rotation Curves” , A. Kamada, M. Kaplinghat, A. Pace, and Hai-Bo Yu, PRL 119, 111102 (2017)

- 暗物质在星系内部相互碰撞达到热平衡
- 如果可见物质分布很分散，暗物质热平衡的密度就很低，星系中心的旋转速度就可以很低
- 如果可见物质很集中，引力场把暗物质聚集起来，中心旋转速度就很高



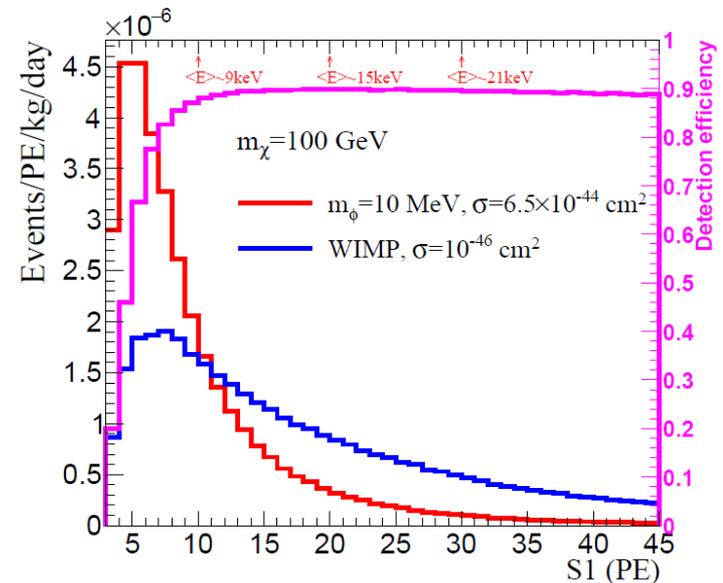
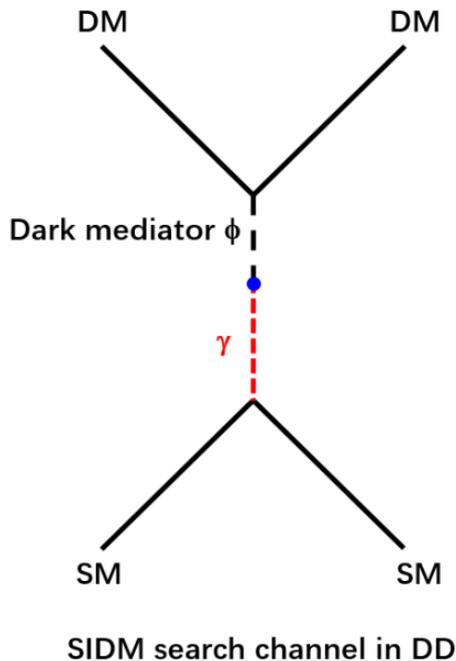
自相互作用暗物质的质量区间

- 暗物质通过一个很轻的传播子 (ϕ) 来相互作用
- 利用天文数据，理论学家们预测了暗物质质量-传播子质量可能存在的参数空间



在PandaX实验上寻找自相互作用暗物质

- 通过传播子和光子等的耦合，自相互作用暗物质有可能在直接探测实验上观测到
- 由于探测器阈值的影响，和WIMP探测相比，探测自相互作用暗物质更为困难
- 这也是前面提到的进一步压低暗物质实验阈值的一个原因

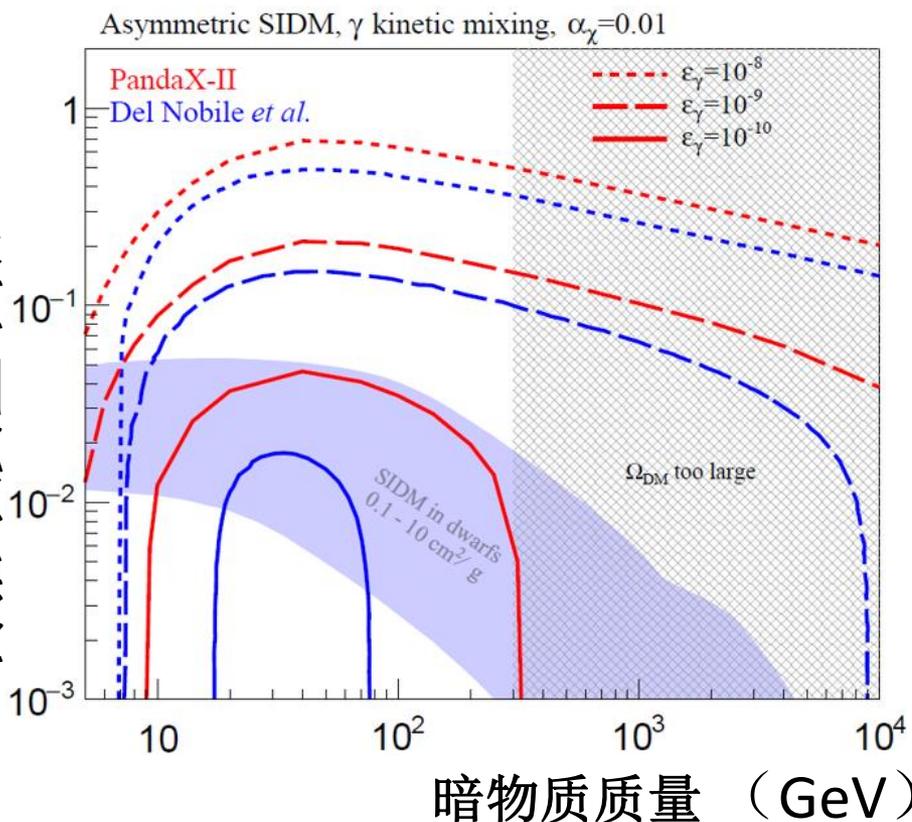


S1光信号的能谱在WIMP模型和自相互作用暗物质模型下的比较

取得了最强的自相互作用暗物质的限制

- 首次由暗物质直接探测实验给出的结果
- 很大程度上“挑战”自相互作用暗物质模型
- 被选为PRL“编辑推荐”（1/6接收文章）亮点发表

传播子质量下限 (GeV)



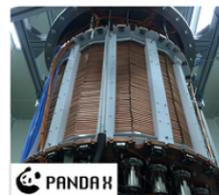
PHYSICAL REVIEW LETTERS

moving physics forward



Dear Sir or Madam,

We are pleased to inform you that the Letter



Constraining dark matter models with a light mediator at the PandaX-II experiment

Xiangxiang Ren *et al.* (PandaX-II Collaboration)
Phys. Rev. Lett. 121, 021304 (2018)

Published 12 July 2018

has been highlighted by the editors as an Editors' Suggestion. Publication of a Letter is already a considerable achievement, as *Physical Review Letters* accepts fewer than 1/4 of submissions, and is ranked first among physics and mathematics journals by the Google Scholar five-year h-index. A highlighted Letter has additional significance, because only about one Letter in six is highlighted as a Suggestion due to its particular importance, innovation, and broad appeal. Suggestions are downloaded twice as often as the average Letter, and are covered in the press substantially more often. If Suggestions were a separate publication, they would have an Impact Factor of 17. More information about our journal and its history can be found on our webpage prl.aps.org.

2018会议报告

12th
International
Conference

Identification of Dark Matter



第十九届全国核电子学与核探测技术学术年会

PandaX 实验

PandaX = Particle and Astrophysical Xenon Experiments

PANDAX 系列实验：基于氙的时间投影室

PandaX-1: 580公斤液氙 (2014-2018)

PandaX-II: 4吨-30吨液氙 (Future)

PandaX-III: 百公斤级 超纯氙高压气氙 (Future)

中国物理学会
高能物理分会

第十届全国会员代表大会
暨学术年会

大会报告

(IDM是暗物质领域
最重要的大会之一)

大会报告

分会报告

(粒子探测分会
召集人之一)

总结

- **2016年回国后，在物理分析上保持良好势头**
 - **2017，2018年作为通讯作者之一各发表一篇PRL，都选为编辑推荐发表**
 - **2018年成功申请到暗物质物理分析的面上项目**
- **在PandaX暗物质实验的建设上,带领交大电子学团队取得了若干良好的进展**
 - **研发了多通道读出电子学和并行读出DAQ系统**
 - **自主研发高速波形采集插件，有望改变PandaX对进口插件的依赖，以及提升信号和本底的甄别能力**
 - **自主研发了极低触发阈值的FPGA插件**
- **未来，继续向本领域专家学习，在暗物质电子学方面做出更踏实的贡献。**

致谢

- 感谢交大PandaX暗物质电子学团队成员们!
- 感谢PandaX所有成员以及理论朋友!
- 最后, 感谢各位专家评委!



PANDA X

