

BESIII现状、老化及升级

董明义

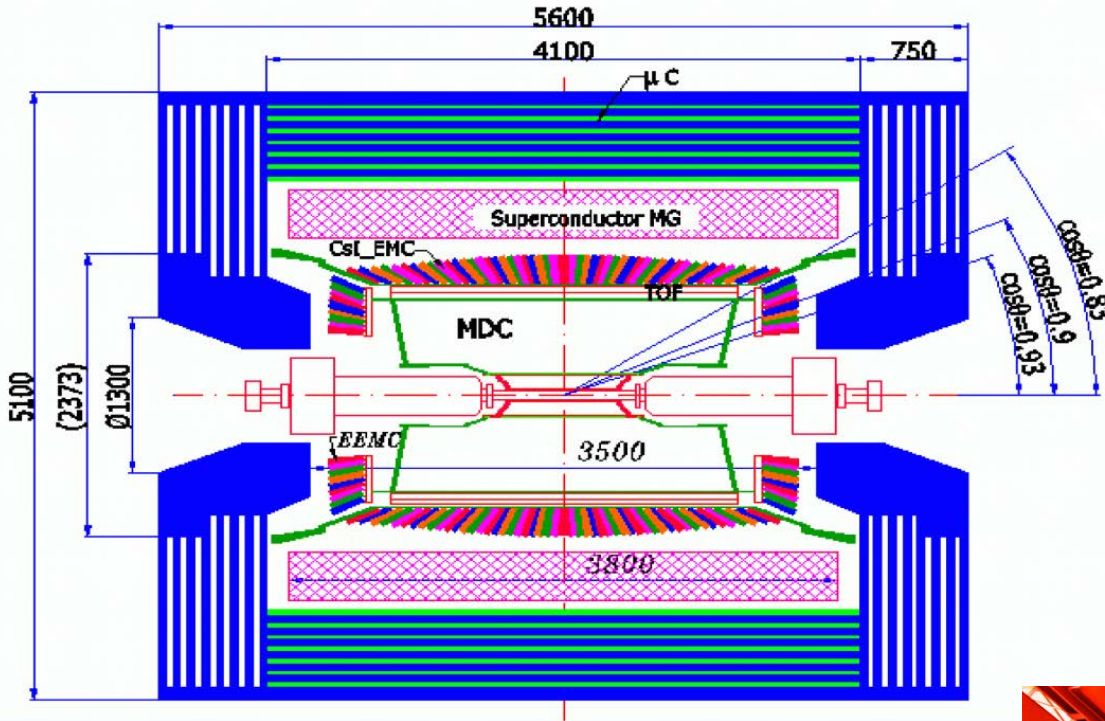
On behalf of the working group

2021.4.25

主要内容

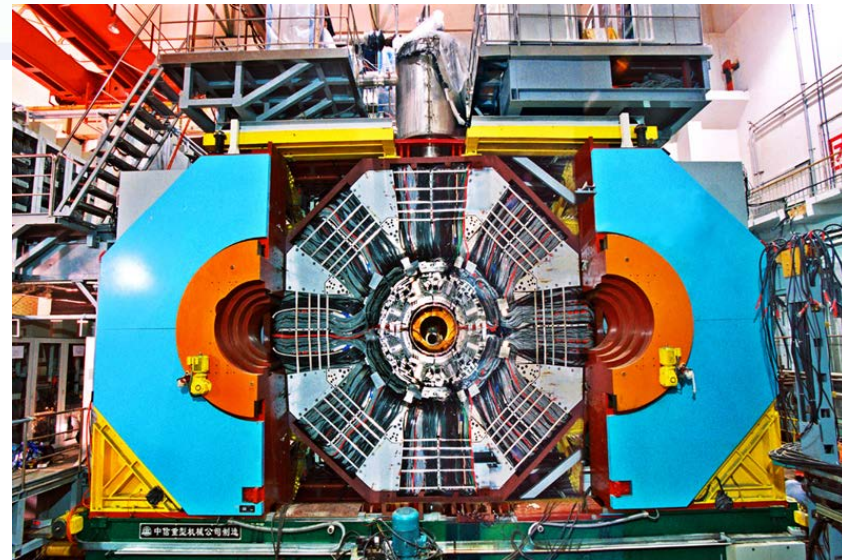
- BESIII探测器简介
- BESIII探测器现状及老化情况
- BESIII探测器未来运行关键问题及升级准备

The BESIII detector



- General purpose detector at BEPCII, $E_{cm} \approx 2-5 \text{ GeV}$, $L_{peak} \approx 10^{33}/\text{cm}^2/\text{s}$
- Versatile researches in τ -charm physics

- 四个子探测器: MDC, TOF, EMC, MUC
- SSM: Solenoid Superconducting Magnet
- Trigger system
- DAQ system
- Slow control system



BESIII performance

Sub detector		Design Performance	Achieved Performance
MDC		$\sigma_{r\phi} = 130\mu m$ $\Delta p/p = 0.5\% @ 1 GeV$ (B=1T) $\sigma_{dE/dx} = 6\%$	$\sigma_{r\phi} = 115\mu m$ $\Delta p/p = 0.47\% @ 1 GeV$ (B=1T) $\sigma_{dE/dx} = 5.2\%$
TOF	Barrel	$\sigma_T = 80 \sim 90 ps$	$\sigma_T = 67 \sim 70 ps$
	Endcap	$\sigma_T = 110 \sim 120 ps$ (before upgrade) $80 ps \sim 100 ps$ (after upgrade)	$\sigma_T = 138 ps$ (before upgrade) $60 ps \sim 70 ps$ (after upgrade)
EMC		$\Delta E/E = 2.5\% @ 1 GeV$ $\sigma = 6 mm/\sqrt{E}$	$\Delta E/E = 2.5\% @ 1 GeV$ $\sigma = 6 mm/\sqrt{E}$
MUC		$\sigma_{r\phi} = 14 mm \sim 17 mm$ $\sigma_z \sim 17 mm$	$\sigma_{r\phi} = 14 mm \sim 15 mm$ $\sigma_z \sim 17 mm$

获取的数据

- Totally about 30 fb^{-1} in 12 year running
- Data sets collected so far include
 - $10 \times 10^9 \text{ J}/\psi'$ events
 - $0.5 \times 10^9 \psi'$ events + $0.7 \times 10^9 \psi'$ events
 - Scan data [2.0, 3.08] GeV; [3.735, 4.600] GeV
130 energy points, about 2.0 fb^{-1}
 - Large data sets for XYZ study above 4.0 GeV about 22 fb^{-1}
 - Unique data sets at open charm thresholds

3.77 GeV $2.93 \text{ fb}^{-1} D\bar{D}$

4.008 GeV $0.48 \text{ fb}^{-1} D_s^+ D_s^-$

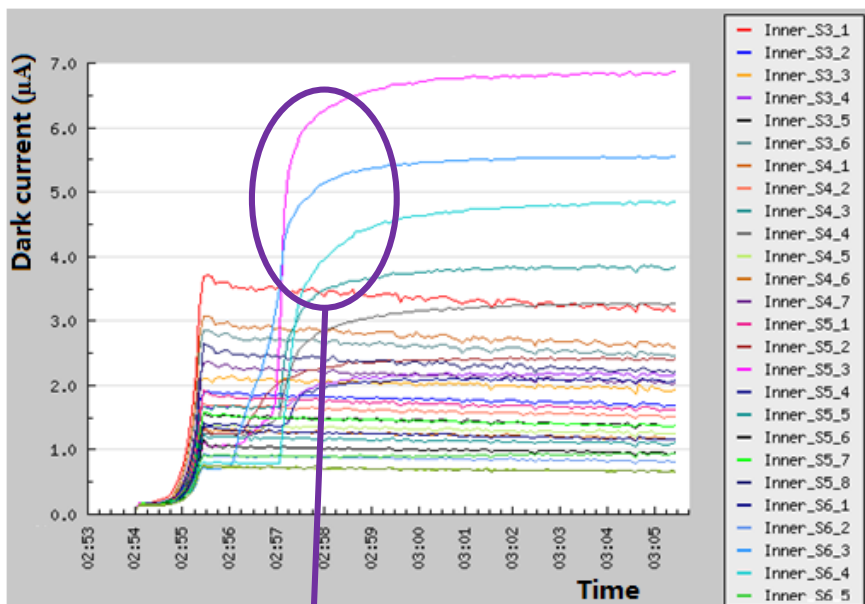
4.18 GeV $3.2 \text{ fb}^{-1} D_s D_s^*$

4.6 – 4.7 GeV $0.6 + 3.8 \text{ fb}^{-1} \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-$

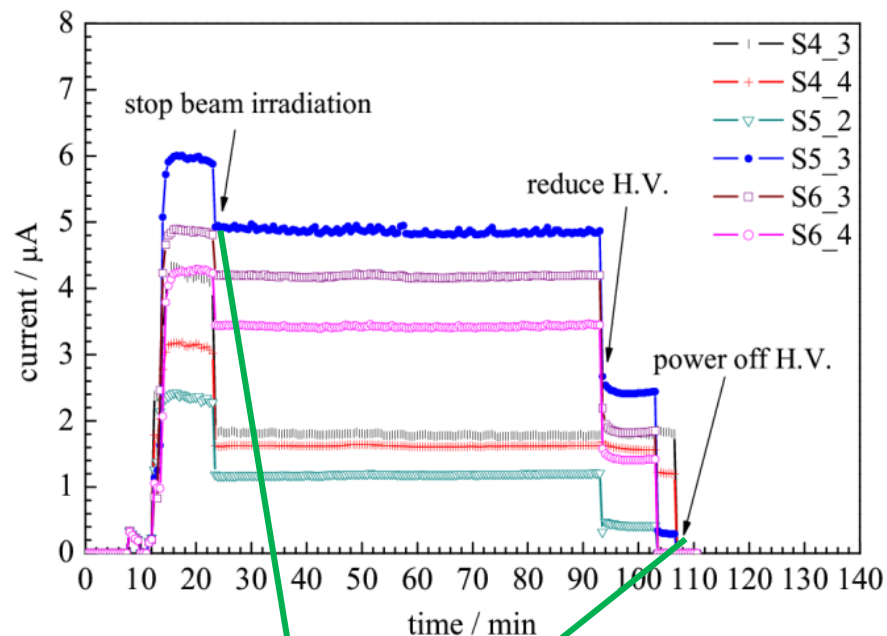
主要内容

- BESIII简介
- **BESIII探测器现状及老化情况**
- BESIII探测器未来运行关键问题及升级准备

MDC 场丝老化



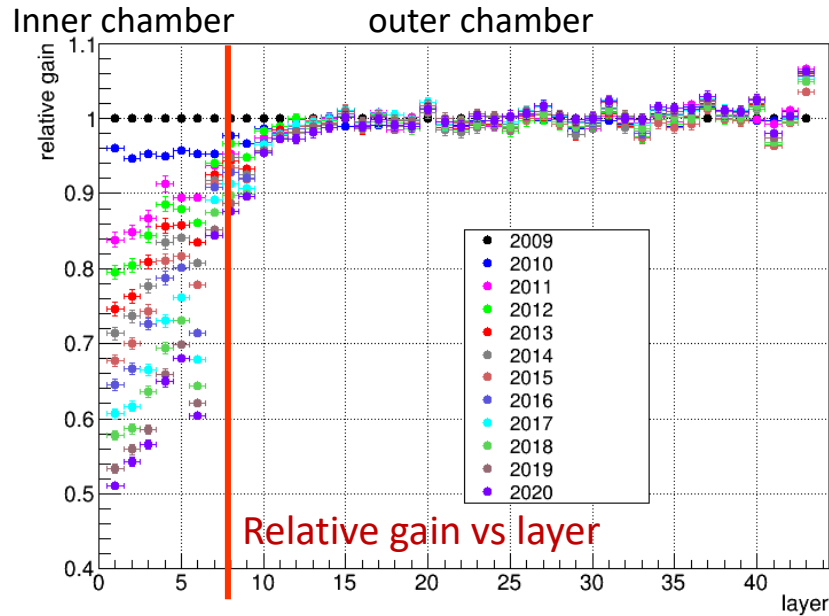
Malter discharge : a self-sustaining local discharge



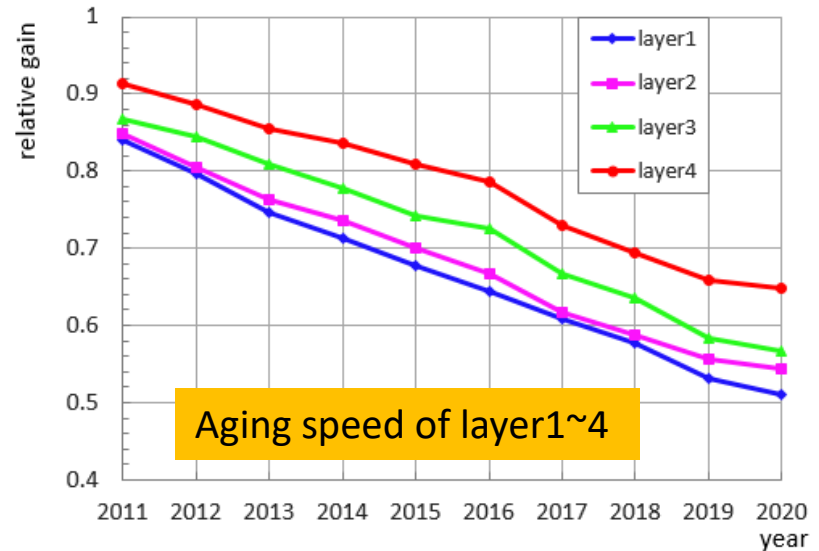
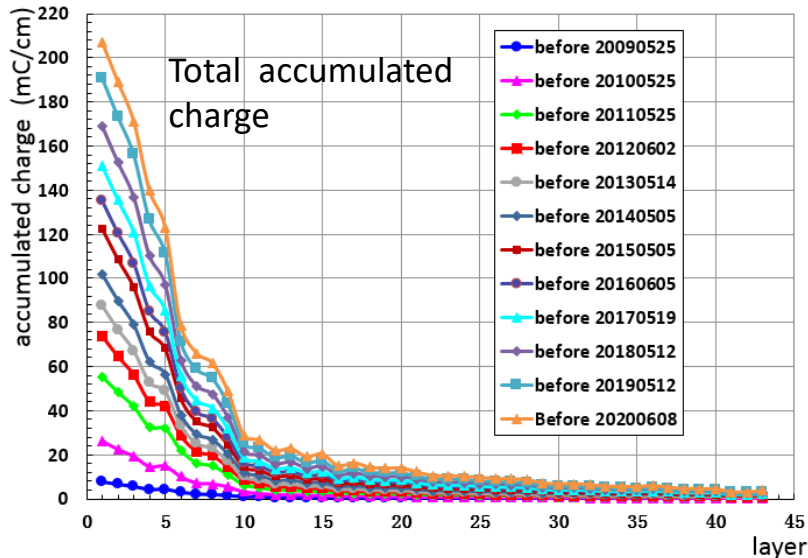
Did not disappear even after stopping the irradiation, until the HV was powered off

- 2012年内室Malter放电, 内室无法工作, 工作气体中添加2000ppm 水蒸气($21 \pm 0.3^\circ\text{C}$)解决放电问题
- 此后没有出现类似放电

MDC 信号丝老化

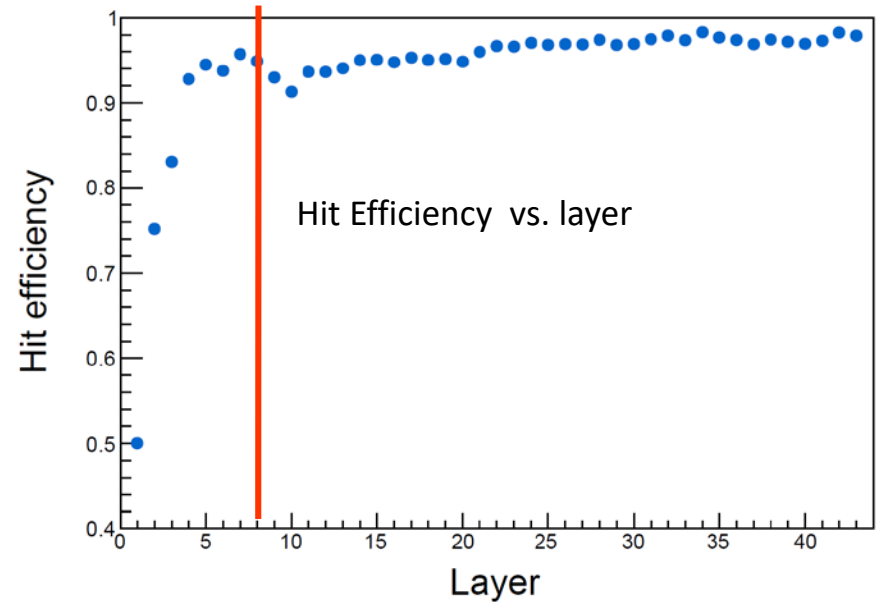
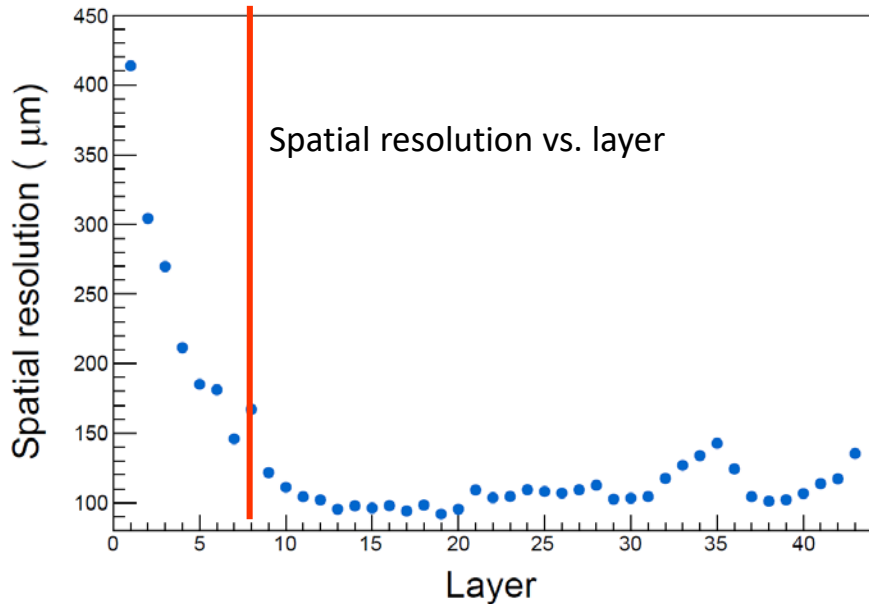


- 前10层尤其是内室增益显著下降
- 第一层增益下降达 49%，累计电荷达216 mC/cm
- 前两层增益降下速度：约 3%-4% /年
- 外室11-43层增益无明显变化



MDC 性能

XYZ at 4.74 GeV



- 内室，尤其前4层丝分辨明显变差，击中效率也明显降低
- 除了老化导致增益变差外，前4层的高压设置也低于正常工作高压（高束流本底所致），分别为96%、97%、98%、99%，对于第一层气体增益降低到31% (6×10^3)
- 外室分辨和效率变化不明显

MDC死道情况

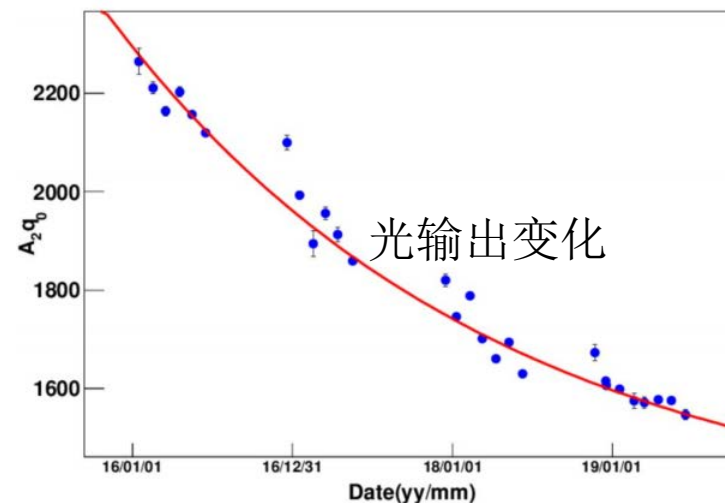
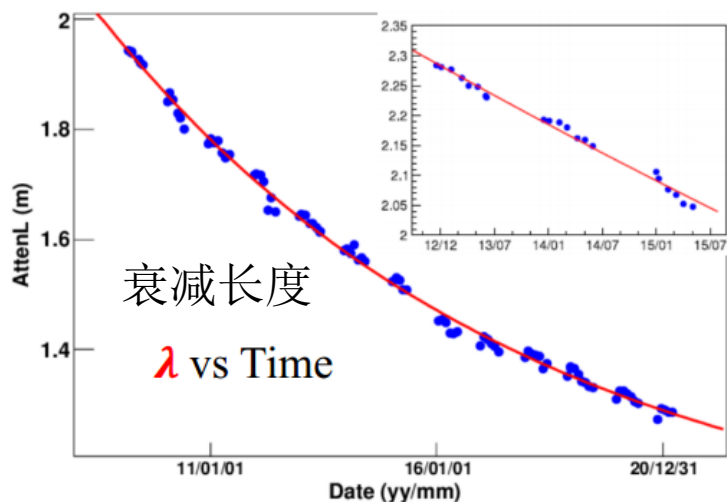
No. of sense wires	No. of Preamp.	Date	Problems
16S11-1~8 (S16-81~88)	E16-11	2010.6.16	Preamp discharge
17S2-5 (S17-13)	W17-2	2009.5.14	preamp dead
20S14-7 (S20-111)	E20-14	2010.1.12	preamp dead
13S11-8 (S13-88)	W13-11	2012.3.23	preamp dead
16S2-6 (S16-14)	E16-2	2012.3.23	preamp dead
29S7-8 (S29-56)	W29-7	2015.9.11	preamp dead
30S19-1(S30-145)	W30-19	2015.12.1	preamp dead (2015.12.1) recovered (2016.12-2017.6) Dead again (2017.12.3)
38S31-6(S38-246)	E38-31	2016.11	preamp dead
42S5-6 (S42-38)	E42-5	2007	sense wire discharge
43S21-8 (S43-168)	W43-21	2015.2.10	sense wire discharge
33S19-1(S33-145)	W33-19	2015.9.24	sense wire discharge
33S19-4(S33-148)	W33-19	2015.9.24	sense wire discharge
36S2-6 (S36-22)	E36-3	2017.12.3	preamp dead
10S3-3 (S10-19)	E10-3	2017.12.3	preamp dead
37S15-7 (S37-119)	W37-15	2017.12.3	preamp dead
35S27-6 (S35-214)	W35-27	2017.12.3	preamp dead
16S2-1~8 (S16-9~16)	E16-2	2019.12.13	preamp noise (powered off)
41S29-5 (S41-229)	W41-29	2020.11.3	preamp dead

- 目前总共32个死道，其中第16层有两个前放板（包含16个通道）不工作
- 主要原因为前放高压部分放电或信号丝本身问题
- 问题前放可以在谱仪端门打开时更换

TOF老化

- 老化导致闪烁体衰减长度和光输出下降，指数衰减趋势
- 通过提高PMT高压来补偿增益，从而保持探测效率

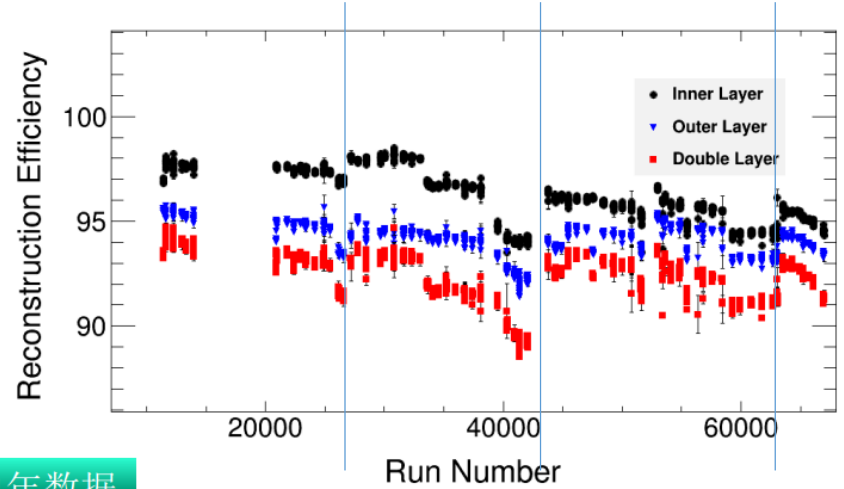
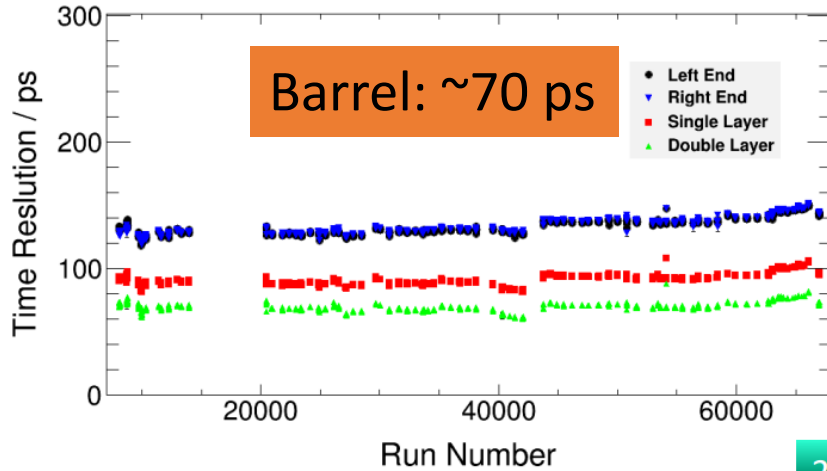
Attenuation Length vs Days



时间	衰减长度 (米)
2009年	1.8
2020年	1.3
2025年	1.2
2030年	1.1

时间	增益	下降为 (/09)
2009年	2025	-
2020年	1150	58%
2025年	1016	50%
2030年	968	48%

桶部TOF性能



2009~2021年数据

桶部TOF历年性能小结

- 桶部TOF分辨变化不明显
- 桶部TOF效率整体呈下降趋势。通过调整高压，保持探测效率

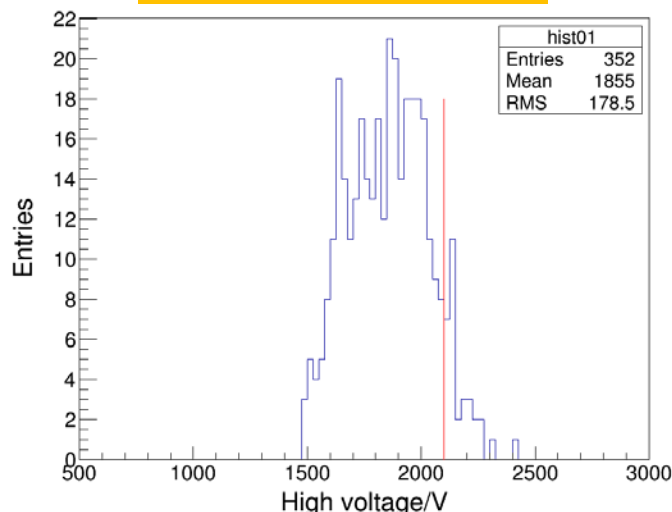
Year(data)	Resolution	Effi/%	Status
2009~2011	67~70	~95%	
2012~2015	67~70	~94%	HV adjusted in 2012
2016~2017	72ps	~94	HV adjusted in 2016
2018~2019	68, 69	~93	
2020~2021	77~78	~93	HV adjusted in 2020

桶部TOF高压调整情况

PMT高压历年调整概况 ($V_{max}=2400V$)

调整时间	平均HV
2009	1788(+0)
2012	1818(+30)
2016	1855(+67)
2020	1886(+98)
2030	1788+200?

高压分布 ($V_{max}=2400V$)



TOF with Plastic Scintillator + PMT

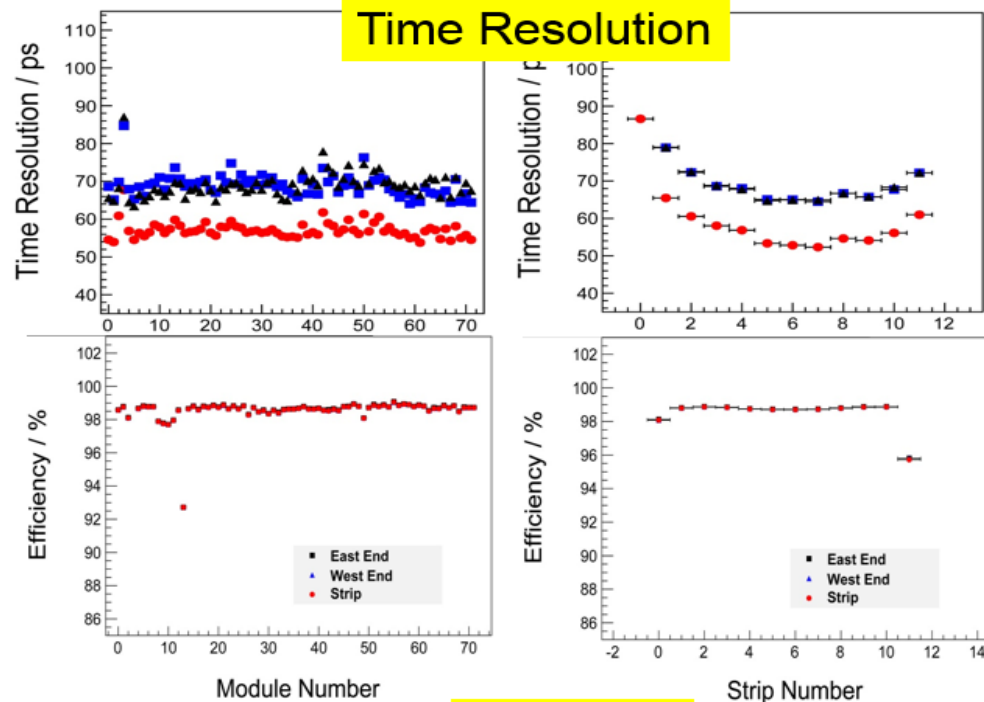
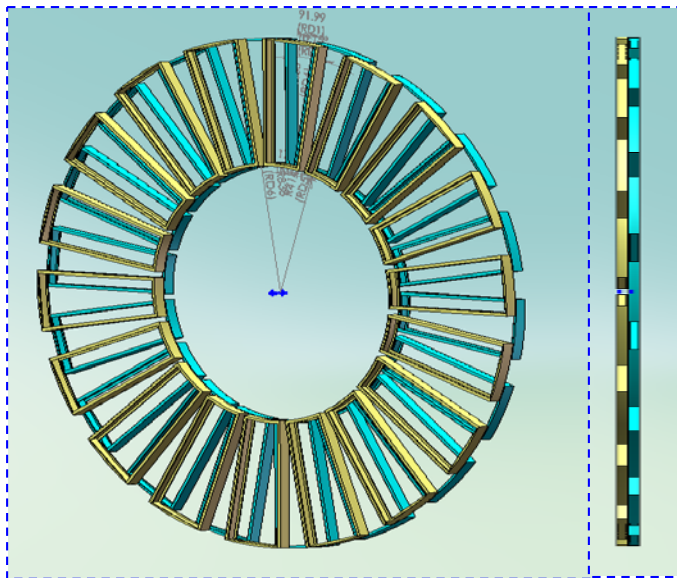
Detectors	Times	Scintillator	Size(LxWxH)(cm)	PMT	Time reso.(ps)	Life time (years)
DELPHI	1990	NE110	350 X 20 X 2	EMI19902KB	1200	11
CLEOII	1992	BC408	280 X 10 X 5	XP2020	139	10
NA49	2000	BC408	(12-48)X(1-1.25) X(1.5-2.4)	R3478	80	11
BELLE	2002	BC408	255 X 6 X 4	R6680	90	8
CDFII	2003	BC408	279 X 4 X 4	R7761	100	9
BESIII	2008	BC408	230X5.7-6.5X5	R5924	67~70	16??

- PMT: 平均输出累计电荷 $30C < 360C$ (Max)
- 以往同类型探测器寿命10年左右, 塑闪和PMT有无寿命临界点?

端盖TOF

- 旧端盖受本底和噪声等影响，分辨约138ps
- 2015年完成升级安装，采用MRPC技术，读出条双端读出
- 几年来工作稳定，性能良好，未出现明显变化

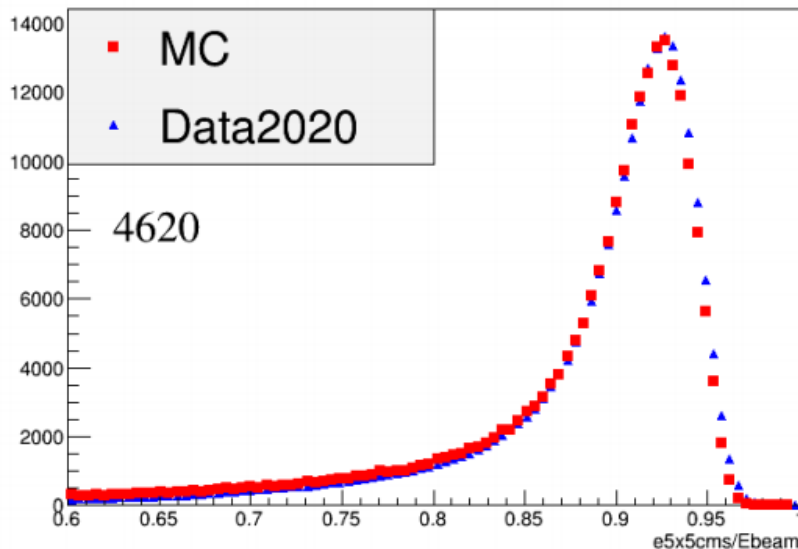
Year	Resolution(ps)
2016	60-70
2018	54
2019	53
2020	60
2021	62



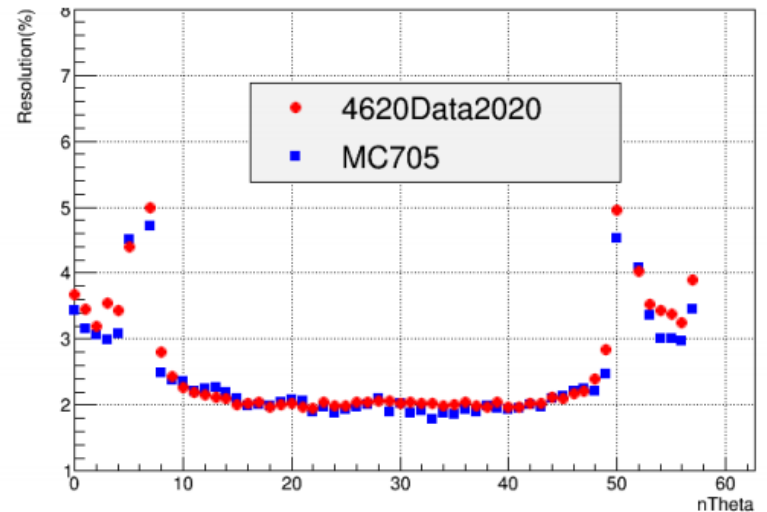
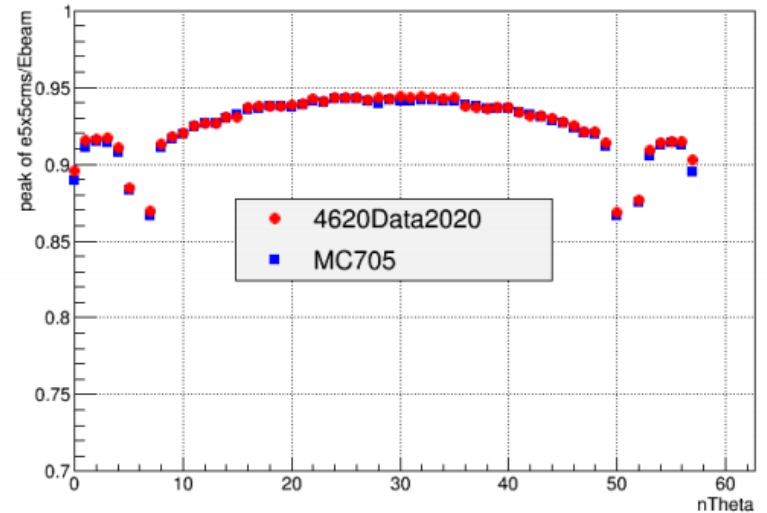
Efficiency

EMC性能

- 利用 Bhabha事例，研究EMC的性能
- 数据和MC很好的符合， EMC 的性能很稳定
- 不同年份的数据（2009, 2012 & 2018 的 J/Psi ）能量分辨基本相同



5×5晶体阵列能谱分布



Energy resolution vs. ThetaID

EMC晶体单元脱胶问题

- 晶体PD脱胶：光产额突然降低 ($\geq 20\%$)
- 2010年夏季检修, (1, 89)@Barrel光产额突然降低 $\sim 65\%$, 电子学增益乘2。
- 2017年夏季检修, 更换了制冷空调, 温度过低导致
- 10 块晶体光产额降低超过20%, 其中4块晶体{(2,103), (2,104),(2,105), (41,97)}光产额降低了 $\sim 60-70\%$, 对这4块晶体电子学增益乘2。
- 到目前27块晶体有PD脱胶现象, 其中5块严重脱胶
- 目前EMC没有出现失效探测单元

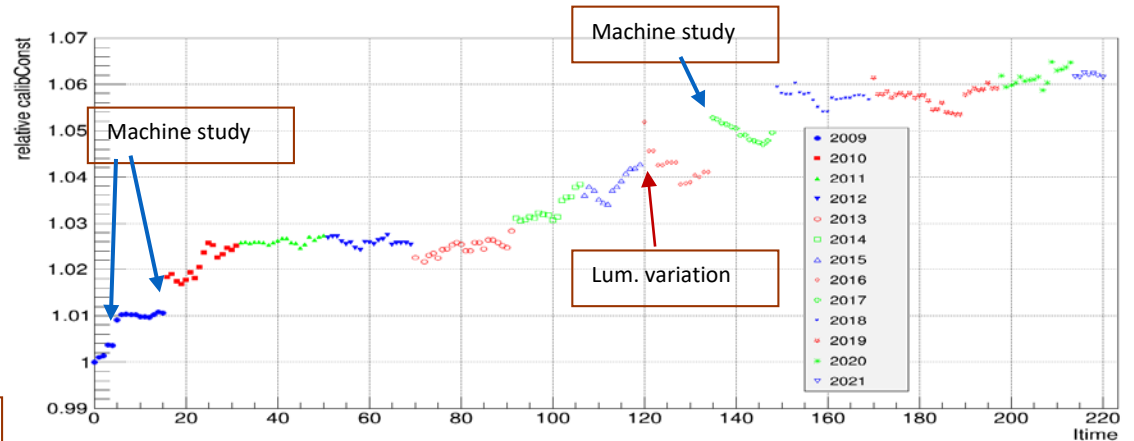
Time	Number of Unglue Crystal (光产额突然降低 $\geq 20\%$)
2009-4~5	1
2009-7~9	14
2010-7~9	2 其中 (1, 89) 降低 $\sim 65\%$
2011-2017	0
2017-2018	10 其中4块晶体降低 $\sim 60-70\%$
2018-2021	0

Total unglued modules: 27
温度控制非常重要

EMC 晶体老化情况

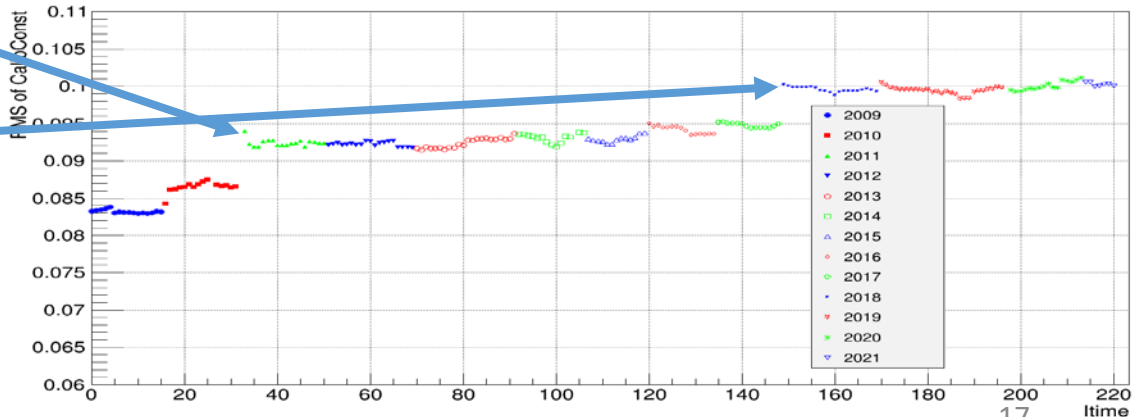
- 晶体单元的辐照损伤可以通过离线刻度系数来评估
- 相对刻度系数: $Relconst = \frac{\text{Average of 6240 calibration constants}}{\text{Average of the first set of calibConst@2009}}$
- The CalibConst is also influenced by the background

近几年,量能器晶体单元性能基本稳定



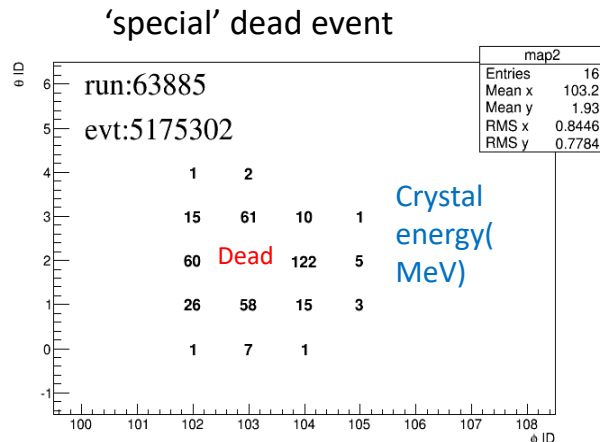
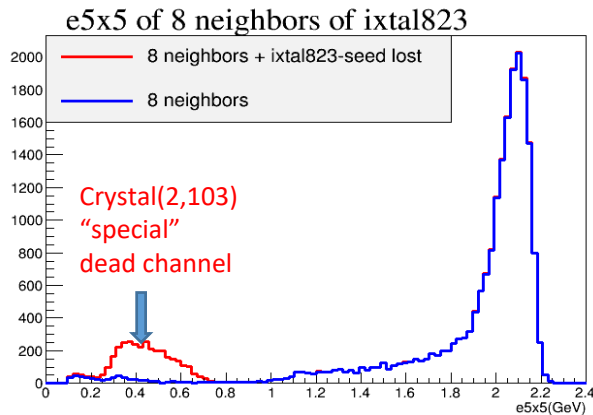
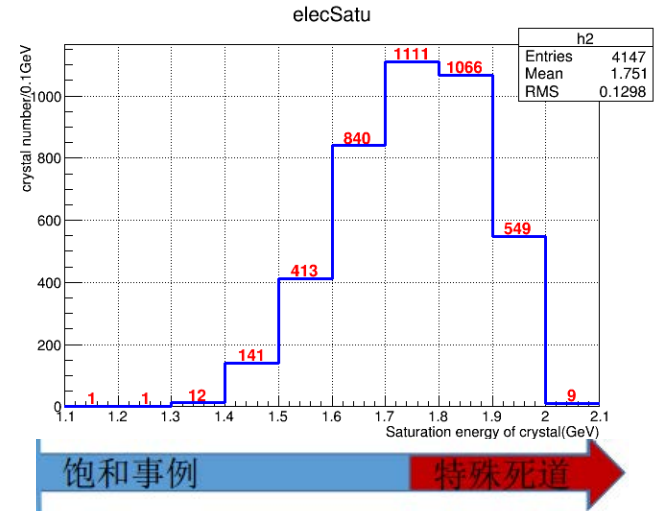
- The crystal (1,89) @ Barrel was PD unglued in the 2010 summer, and its light output decreases ~65%
- 4 crystals (2,103), (2,104), (2,105), (41,97) @ Barrel were PD unglued in the 2017 summer, and their light output decrease ~60%-70%.

Those crystals : electronics gain by 2



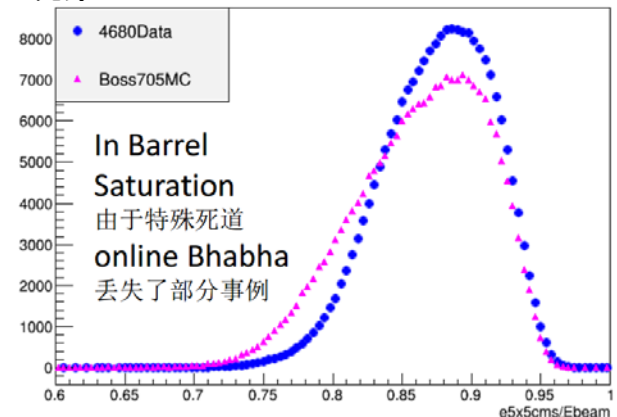
高能量下的dead channel问题

- 高能量下(i.e.4680)晶体单元的信号超过电子学量程后会出现过饱和死道问题，即电子学饱和后其输出可能会丢失，造成该事例下该模块无响应。
- 主要发生在Bhabha 事例挑选，物理事例一般不会出现饱和
- 过饱和死道随能量升高而加剧，需要研究评估对物理的影响



过饱和 → 特殊死道

特殊死道影响高能量簇射，有电子学饱和的簇射出现MC和数据的不一致现象：



MUC电子学问题

- 加速器top-up运行时, 取数中由于电子学的原因, 经常出现一些模块丢失的情况 (west end seg4_layer5, 6, 7,8), 一般通过重新开始新的run, 或者重启MUC VME机箱及低压电源问题模块可以恢复正常
- 在加速器decay模式中, 如 Ψ' 取数, MUC的电子学相对比较稳定, 仅偶尔重启MUC VME机箱及低压电源
- 已与科大进行了沟通, 暑期检查修复相关问题

主要内容

- BESIII简介
- BESIII探测器现状及老化情况
- **BESIII探测器未来运行关键问题及升级准备**

BESIII未来运行及升级考虑

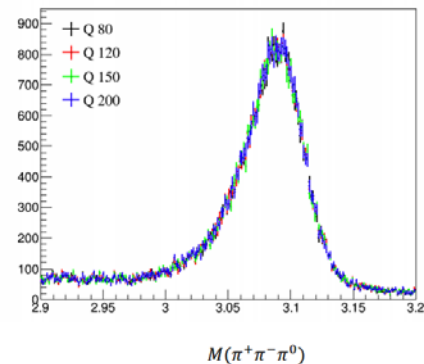
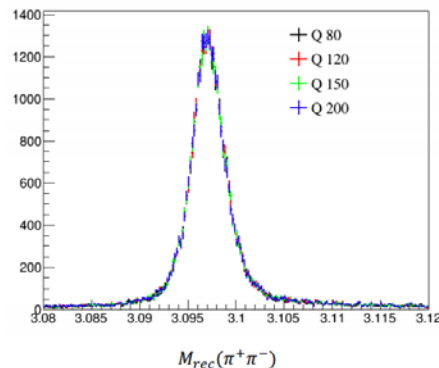
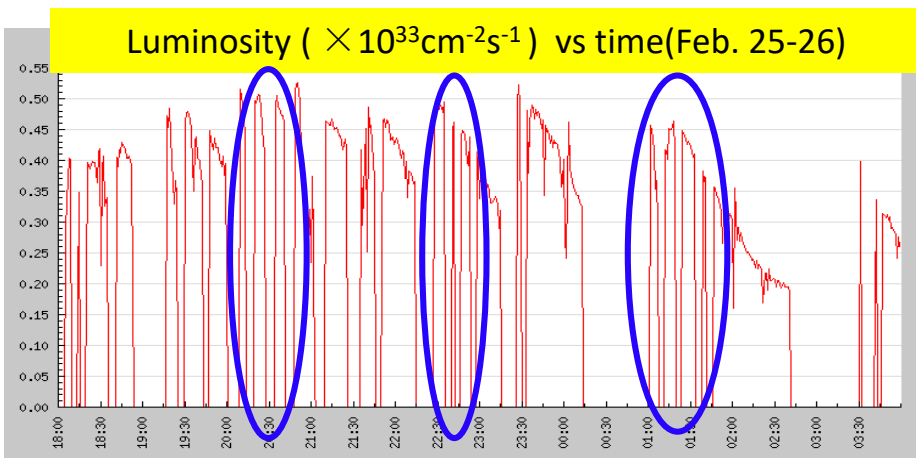
- BEPCII升级到BEPC3, 2.35GeV下,流强提高一倍,亮度提高3倍
- 束流本底随束流流强的变化:增大4倍 (流强影响2-3倍,真空影响1倍),能量变化对束流本底的影响?
- 如何保证BESIII探测器未来10年的运行?尤其是BII升级后的高束流本底下稳定工作?并考虑性能提升的可能以满足物理研究的需求?
- 关键问题、瓶颈、相应的考虑及准备
 - 束流本底
 - 噪声
 - 探测器及电子学元器件老化 (备件)
 - 部分子系统升级考虑及准备

BESIII探测器运行及升级讨论会

- 2月4日，5日上午召开了BESIII探测器mini workshop
 - 13个报告
 - 讨论了BESIII探测器的老化、备品备件，未来10年运行可能出现的问题和应对措施（尤其是BEPCII升级到B3后高能量下的高亮度、高本底运行环境下的运行），以及可能的upgrade proposal。提前布局，以应对风险
- 4月2日BESIII探测器升级讨论会
 - 讨论了以漂移室电子学系统为主要的升级改造内容，其中涉及DAQ及触发系统相应的升级改造，另外讨论了MUC电子学的升级改造，TOF及MDC升级关键技术R&D，以及束流本底研究

束流本底及数据传输问题

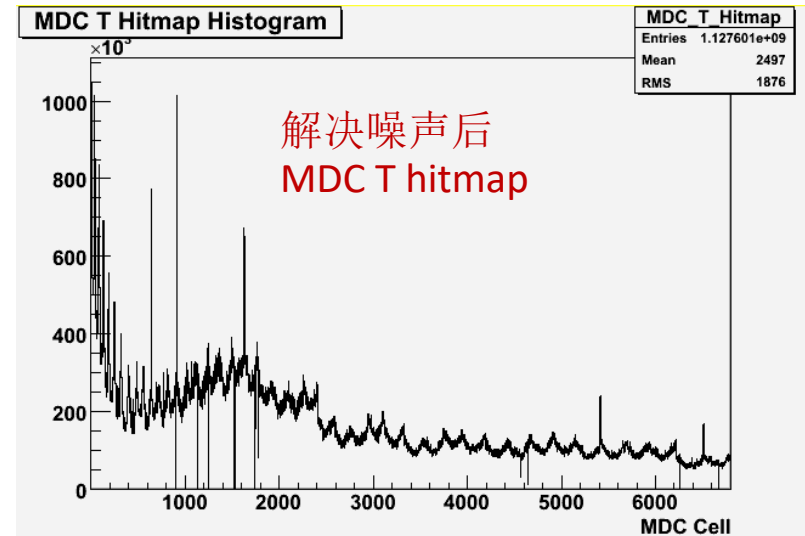
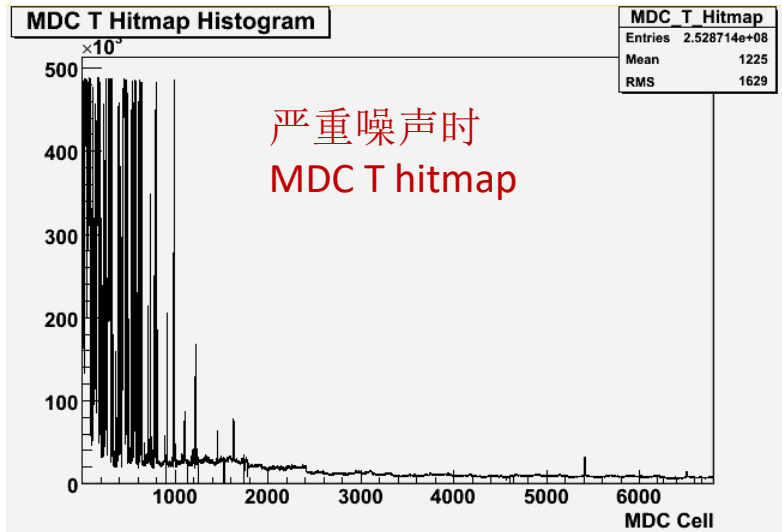
- 束流本底对最内层气体探测器是巨大的挑战, 无法在正常高压下工作
- 束流本底还导致计数率和事例长度增加, 数据传输问题:
 - Psi(2s) 取数开始阶段, DAQ 经常报MDC机箱错误. 损失积分亮度
 - MDC机箱报错与束流本底(流强)有关. MDC数据长度 >10kB/event后出错概率增大
 - 相关实验:
 - 插件、电缆、机箱等更换, DAQ数据传输交换机更换
 - 增加 DAQ处理MDC数据进程 (2->4->16)
 - 增加Q阈值压缩噪声数据研究(80->120,150,200),初步结论对物理没有明显影响
- 需要重点关注本底, 开展模拟, 实验等相关研究



$$\psi(3686) \rightarrow \pi^+ \pi^- J/\psi$$
$$J/\psi \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$$

噪声问题

- 从谱仪开始运行至今，电子学噪声一直都是很棘手的问题
- 不仅影响数据质量，还增加数据传输压力; 严重时，内室无法工作 (occupancy >70%)
- 各种噪声源和降低噪声手段
 - 噪声源处理: DCCT (屏蔽, 远离对撞区), 低温真空泵电源控制器 (更新), 超导磁铁等
 - 地线连接: 谱仪地线, 端盖量能器地线, 加速器4区地线, 低温管道等
- 未来需继续关注噪声, 定位噪声源, 增加抗干扰能力



BESIII探测器整体情况

- 已经运行约13年（2008年开始），部分电子学元器件购买超过16年（2005年之前），未来10年的运行有一定的不确定性及风险
 - 漂移室外室目前运行及性能上没有问题（需重点关注，及相关准备），内室老化严重（增益下降3-4%/年，第一层增益下降约50%），需要更新
 - 桶部TOF闪烁体性能下降（提升PMT工作高压补偿，未来10年 1788+200V，上限2400V。但是否有临界点，不明确。ETOF 2015年完成升级安装，目前运行稳定
 - EMC晶体光输出没有显著变化（PD脱胶的模块除外），目前有27块模块脱胶，需严格控制好温度
 - MUC分辨和效率没有显著变化，需解决top-up模式电子学丢模块问题
 - 小角亮度探测器只有一个前放盒工作，无备件，正在研制
- 所有子系统常规备件基本够用，按计划购买，但为了确保未来10年运行，需要有一些增加或改进的备件（备件部分器件已经停产）
- 所有子系统，尤其是MDC和TOF探测器，需做好充分准备，一旦出现问题迹象（比如漂移室外室丝变化，TOF光输出大幅下降等），马上讨论替代方案

增加和改进的备件

- **TOF电子学**

- 桶部时间电荷测量插件（FEE），需要科大负责维修
- 端盖时间电荷测量插件（TDIG），需要科大增加备件
- 时钟插件（Fclk），快控制插件（Fctrl），需要科大增加备件
- 端盖校准刻度插件（CTTP），NIM插件，需要高能所增加备件

- **EMC**

- 电荷测量插件备件生产已经开始

- **触发系统**

- 21种板卡，更换为核心板的方式，减少复杂核心板卡种类，采用各个子系统分步替换的方案

- **DAQ**

- 前端系统MVME 5500控制器备件三十几个，在线和备件无法确保10年运行，需要进一步考虑后备方案
- 后端系统硬件可按照约十年寿命逐步更新，后端软件预期可再次升级一次操作系统（需要离线软件配合）或者采用容器方案，保持系统不变（需要测试软件是否适配）

- **小角亮度探测器**

- 前放及数据采集板

- **慢控制，气体：**操作系统升级，读出方案升级，连接器更换，气体新增部分备件（包括CGEM气体部分）

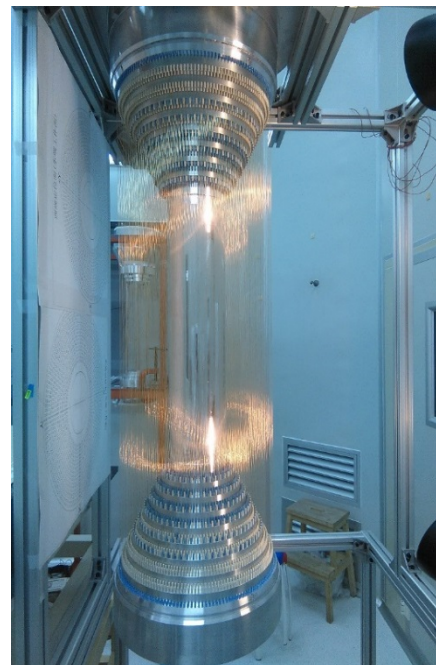
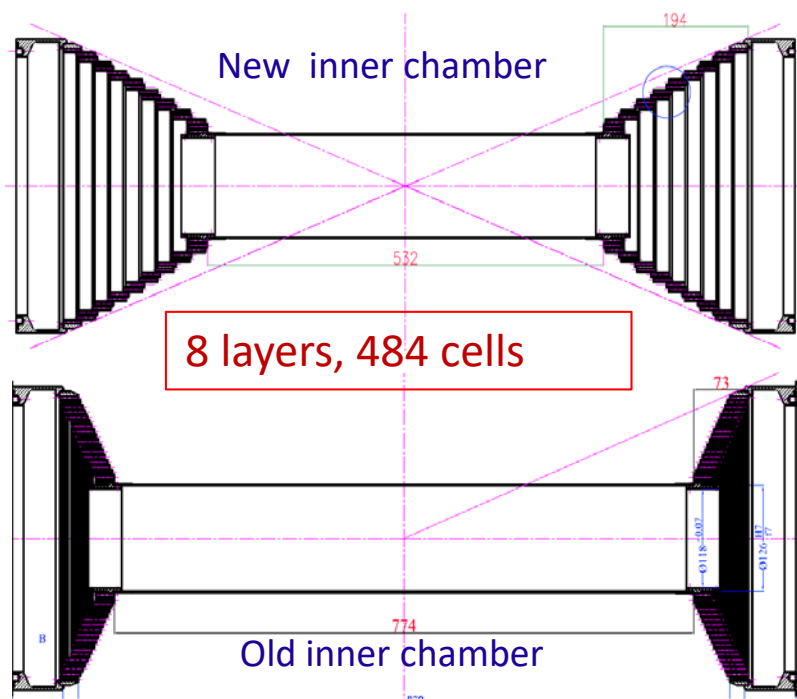
BESIII探测器子系统升级准备及考虑

- 漂移室内室
- 漂移室外室电子学，触发及DAQ
- MUC电子学
- 超导磁铁阀箱等
- 关键技术R&D（TOF等）

MDC内室upgrade

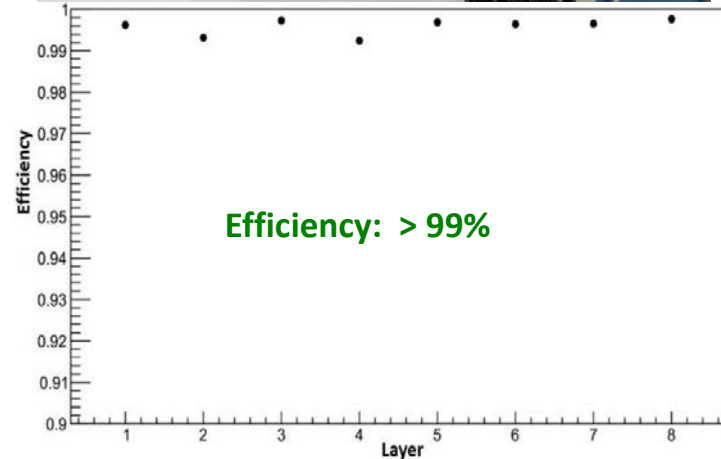
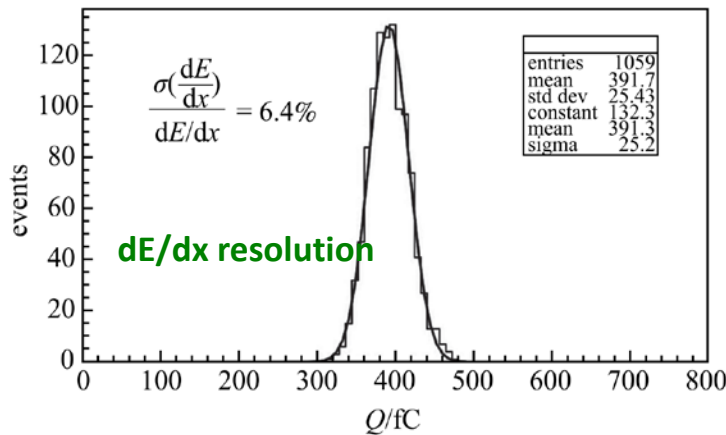
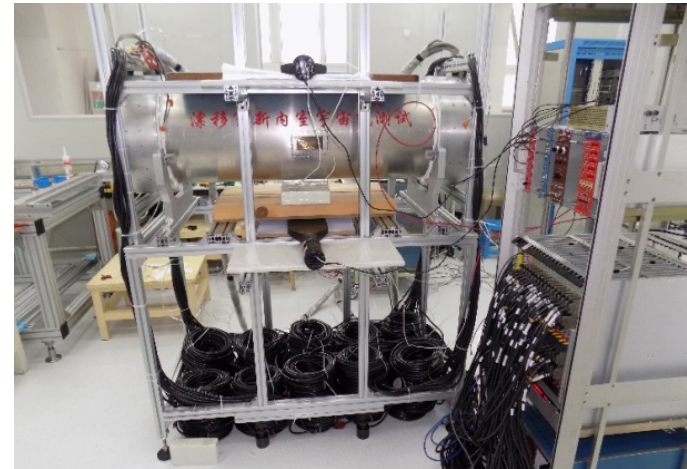
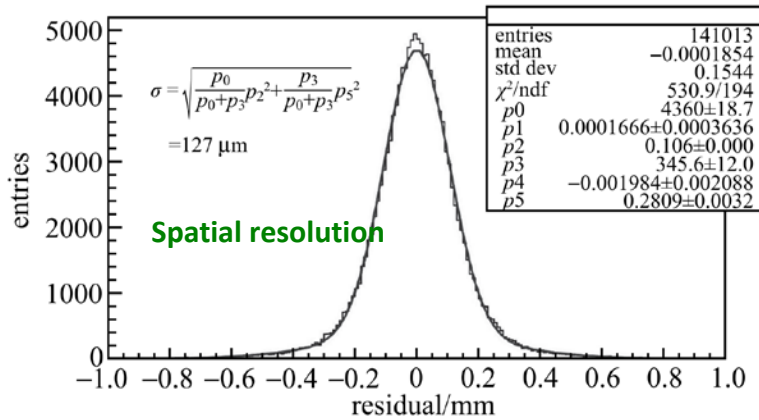
- 漂移室外室：目前运行及性能上没有问题
- 漂移室内室：
 - 新丝室（backup）
 - CGEM（目前正在研制）
 - 硅像素探测器关键技术研究

漂移室新内室



- 设计研制了一个新的漂移室内室，作为漂移室的基本保障
- 根据漂移室老化研究经验，新内室设计中，**缩短有效立体角外丝长的全新台阶型端面板**，减小噪声计数，降低丝电流及断丝风险，并提高z向分辨率

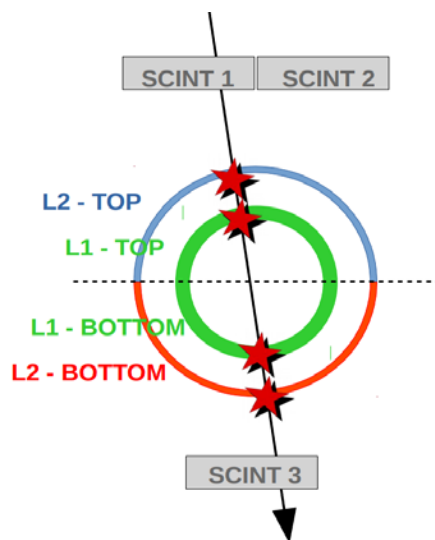
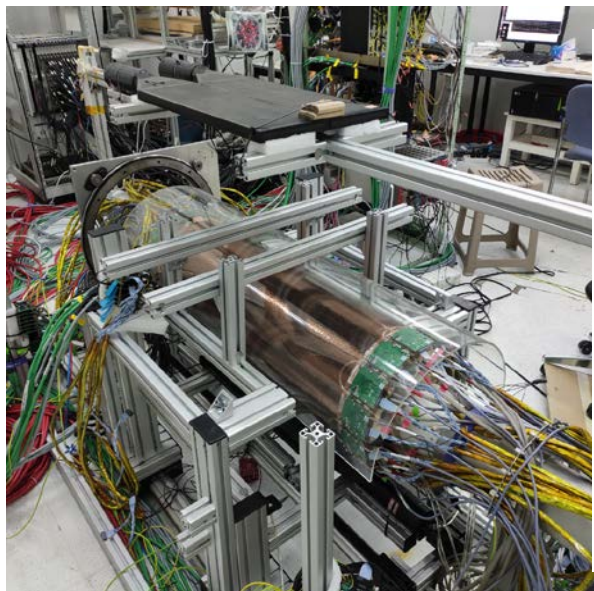
新内室宇宙线测试



- 宇宙线测试结果表明，新内室性能满足BESIII的要求，且由于台阶型端面板设计使斜丝倾角变大，z向分辨提高约13%
- 新内室建造工作圆满完成，2016年底通过科学院组织的评审，为漂移室的重要保障

CGEM内径迹室

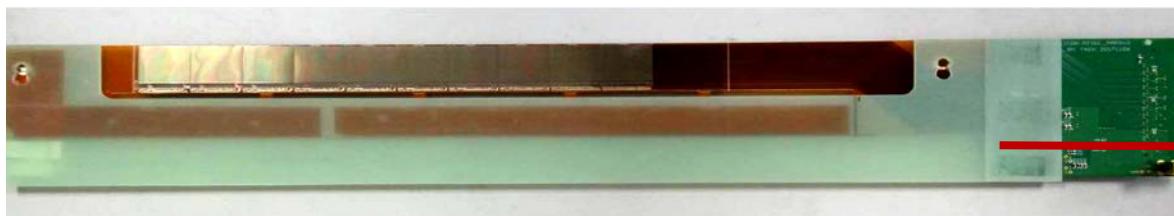
- 中意合作建造一个3层CGEM内径迹室(CGEM-IT)以替换漂移室内室
 - Layer1和layer2在高能所完成组装，进行联调及宇宙线测试，初步结果表明系统基本正常。（存在问题：噪声、漏水、第二层G1电流大等）
 - Layer3建造完成，在意大利进行初步测试时出现了意外，目前进一步检查评估
 - Layer3通过初步测试后运至高能所，组装、宇宙线测试、DAQ，Slow control更换，取数及性能分析
- 已取消2022年夏天安装计划
- 不确定性：建造及整体调试，出现问题的处理，性能是否达到设计目标，安装时间等，立项时并未考虑BII升级后的束流本底情况



Layer3

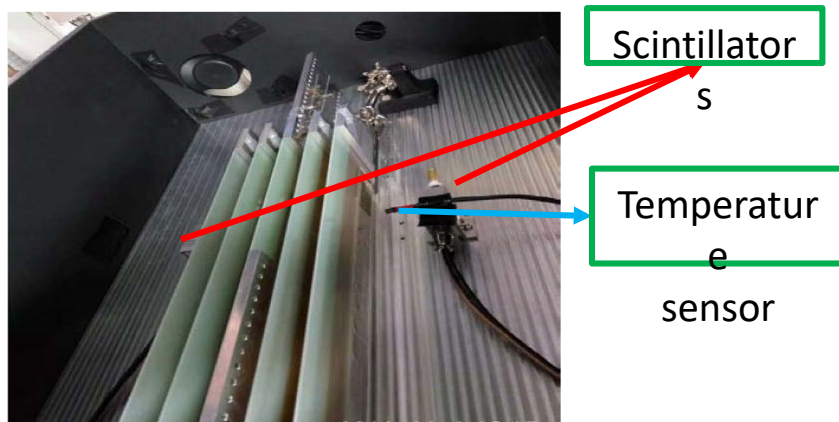
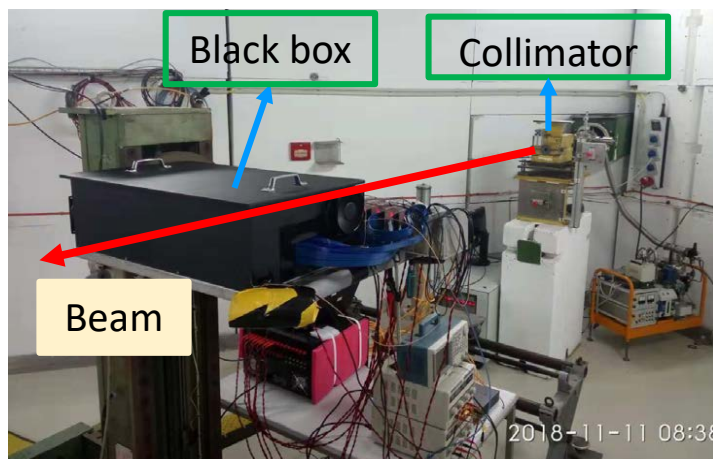
MAPS 探测技术研究

- 以漂移室内室升级为契机，开展MAPS硅像素内径迹探测器的研究，研制1/10漂移室内室规模的硅像素探测器模型，掌握硅像素探测器研制的关键技术及方法
- 完成芯片测试、探测器模块和模型的研制和测试、分析等完整的系统性工作
 - 束流测试结果：模块位置分辨小于 $5\mu\text{m}$ ，探测效率大于96%
 - 芯片间的安装定位精度达到 $10\mu\text{m}$ ，优于STAR顶点探测器的 $50\mu\text{m}$
 - 单个探测模块的质量约为 $0.35\% X_0$

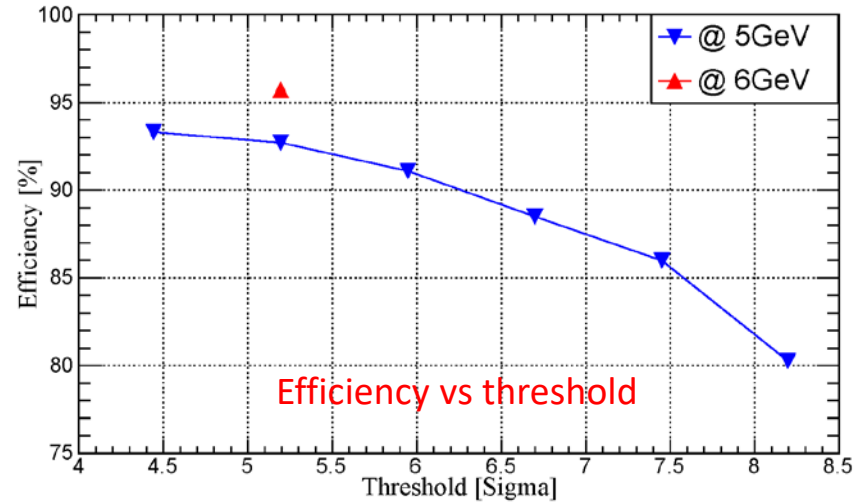
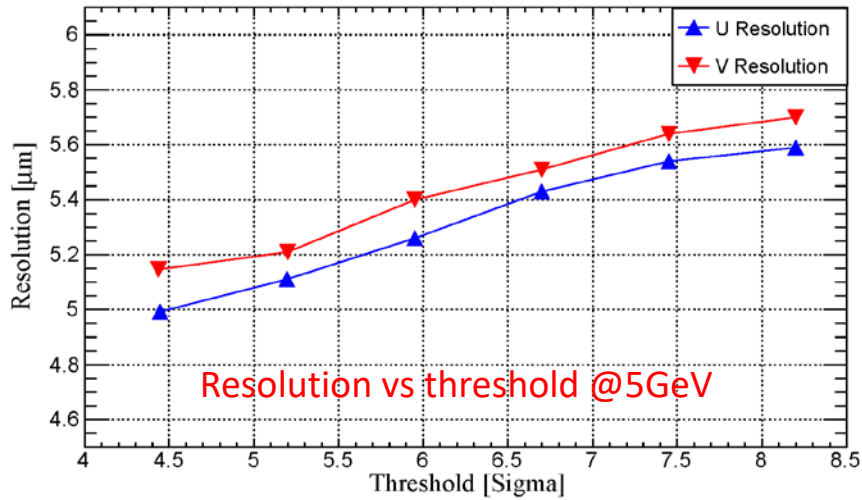


Ladder:

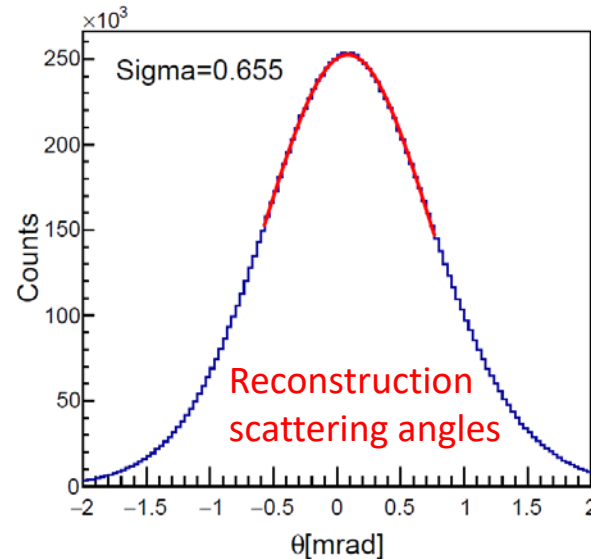
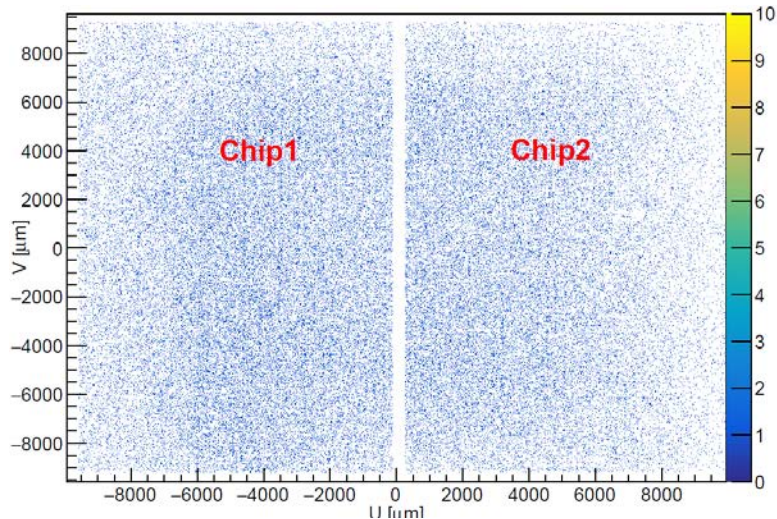
- 10 Mimosa28 chips (thinned to $50\mu\text{m}$)
- Flex cable
- Carbon fiber mechanical support



束流测试



- Spatial resolution: about 5 μm . Maximum of tracking efficiency: 96%
- Updated the readout and DAQ system for next test



- The average gap between neighboring chips is better than 10 μm .
- The material budget is about 0.35% X_0 /ladder (based on Highland formula)
- 优于设计指标

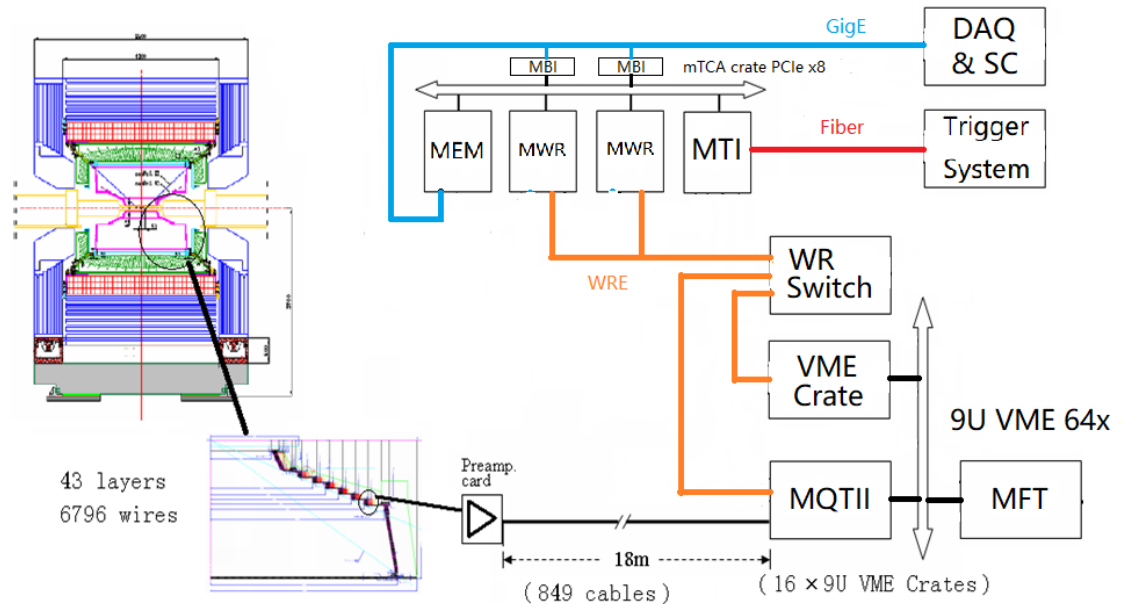
BESIII漂移室电子学升级方案

• 升级要求及计划

- (i) 满足升级前的指标要求
- (ii) 更换不工作的前端放大器
- (iii) 前端电缆保持不动
- (iv) 后端电子学进行升级，以满足加速器亮度提高的要求，并同时解决电子学备件问题
- (v) 整体电子学系统与其他系统接口相应变更

• 系统结构

- 前放、电缆不变，前放与主放之间通过原有18米电缆连接
- 16个9UVME机箱对应两端读出的16个扇区，实现时间电荷的测量
- 1个micro TCA机箱实现对其余16个9UVME机箱的控制和与触发系统的接口



主要升级改动

- (i) **时间电荷测量插件 (MQT)**
 - 32通道, 保持子母板形式
 - 子板上通过1GHz采样+数据处理实现电荷时间测量, 相应滤波成形电路重新设计
 - 在FPGA内嵌入网卡, 数据通过TCP/IP协议传输到DAQ
 - 在母板上配置小白兔电路, 快控制信号及信息反馈通过小白兔光纤传输
 - 远程加载通过网络控制实现
 - 增加板上温度电流监测功能
 - 与前端电缆接口不变
 - 不使用VME背板进行数据传输, 仅使用VME电源
 - Hit信息依旧通过VME背板传输给MTF插件
- (ii) **小白兔交换机 (WR Switch)**
 - 每个9UVME机箱配置一台, 将各插件接口汇总后, 通过冗余光纤连接到mTCA机箱中的两个mWR插件上
 - 直接购买, 不用重新设计
- (iii) **9U VME机箱控制**
 - 采用机箱提供的网络协议, 从机箱网口电连到对应的小白兔交换机
 - 整体主漂电子学慢控系统通过网络接收信息, 无需额外硬件设计
- (iv) **小白兔控制插件 (MWR)**
 - 每个MWR插件可以连接8个小白兔交换机, 冗余配置
 - 通过背板与后插板 (MBI) 连接, 继而连接DAQ网络
 - 通过背板与MTI插件传输数据, 获得快控制信息, 并将前端的快状态信息传输给MTI插件, 继而传输给触发系统
 - 通过背板将数据传输到主漂电子学监测插件 (MEM), 尝试进行智能化实时状态监测
- (v) **MTI插件**: 基于MWR母板, 设计接口子板, 实现与触发系统的连接
- (vi) **MEM插件**: 实验进行电子学系统的实时自动监测
- (vii) **mTCA机箱控制**: mTCA机箱可以直接连接到网络
- (viii) 可能的改进: 小白兔网络通过无线实现

初步计划

- 时间安排
 - 2021年方案设计
 - 2022年硬件设计
 - 2023年小系统测试，整体生产
 - 2024年安装
- 人员安排
- 风险

需进一步讨论！

MUC电子学升级改造

- 解决读出链或者模块丢失问题,尤其是top-up模式下的模块频繁丢失问题
- 解决备件问题
- 方案需进一步讨论
 - 前端电子学 + 读出部分, 逐步更换或一次性更换
 - 保留trigger接口
 - DAQ接口不变或者网络读出

超导磁体失超及慢放电汇总

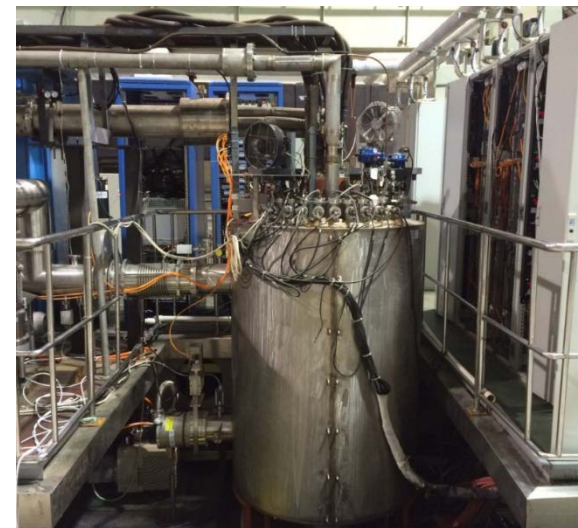
- 超导磁铁提供1 T轴向磁场，工作电流3369 A
- 超导磁体总体运行平稳，近几年部分器件出现老化现象，暂未影响运行。
- 2011~2020年，失超次数共29次，慢放电5次；
- 失超原因：
 - 电网波动：3次
 - 空调故障：1次
 - 低温系统故障：16
 - 真空系统故障：1次
 - SCQ失超：1次
 - 失超探测器：1次
 - 原因不能确定：5次

时间	失超原因	时间	慢放电原因
1	2011/1/13 低温制冷机	2013/3/18	低温系统
2	2011/1/17 低温系统	2016/2/29	SCQ失超
3	2011/5/26 低温系统	2016/4/28	电网波动
4	2011/6/1 低温制冷机	2016/4/29	失超探测器受干扰
5	2012/1/29 低温制冷机	2016/4/30	失超探测器电流引线部分受干扰
6	2012/2/3 低温制冷机		
7	2012/2/14 原因不明		
8	2012/3/24 电网故障低温制冷机		
9	2012/11/15 电网波动		
10	2013/2/10 低温系统		
11	2014/3/12 低温控制系统一空开断开		
12	2014/5/26 原因不明		
13	2015/2/20 低温系统		
14	2015/5/18 中控网络导致低温故障		
15	2015/6/17 低温系统		
16	2016/2/13 低温系统		
17	2016/11/29 失超探测器电流引线部分受干扰		
18	2017/4/13 电网波动		
19	2017/5/13 SCQ失超		
20	2017/11/28 低温系统		
21	2018/3/5 低温系统		
22	2018/3/24 低温系统		
23	2018/5/29 低温系统		
24	2020/1/19 分子泵故障		
25	2020/4/27 低温系统		
26	2020/6/13 电源间空调配电系统空开故障		
27	2020/11/15 原因待确定		
28	2020/12/3 原因待确定		
29	2020/12/29 原因待确定，		

怀疑过渡段超导电缆先失超，待确定。

BESIII超导磁体阀箱备件研制

- 阀箱内的真空度从 $2.2 \times 10^{-2} \text{Pa}$ 持续爬升达到 $3.8 \times 10^{-2} \text{Pa}$
- 过渡段温度近年逐年升高
- 原因是阀箱内的漏点变大，判断漏点来自于低温管路上的低温绝缘子或者双金属接头处；历经多次冷热循环、老化，热传导性能下降



- 维改经费支持，完成阀箱备件的研制。
- 阀箱离线测试结果：临时硅胶密封，灌入低温液体，低温下真空度小于 10^{-4}Pa ，电流引线载流能力达到4000A，过渡段超导电缆运行温度最高点为6.6K。
- 离线测试结果达到设计指标并通过院里验收（2020.12）。

BESIII超导磁体目前问题及计划

- 超导磁体电源：电源已经长年运行15年，部分零部件出现老化和磨损，正在研制备用电源。
- 阀箱备件更换预案：包括外部场地准备，结构拆装顺序及工装准备，电缆及管路更换准备，待完成。
- 失超探测器：无电流时容易受干扰，没有硬件备件，拟更换成基于PLC的失超探测电路，待完成。
- 信号采集系统的更换：原来的采集板出现不同程度的故障，拟采购商用的记录仪进行更换，部分更换。

关键技术R&D

- MDC 内室：硅像素探测器
 - 研发工程级的芯片及ladder，研发stitching CMOS芯片
- TOF
 - LGAD（Low Gain Amplifying Diode）硅超快传感器方案，期望本征分辨30 ps左右
- dN/dx 测量高速电流前放
 - dN/dx 算法提高PID能力，设计基于ASIC的高速电流前放，并在前端实现数字化测量和初级数据处理

总结

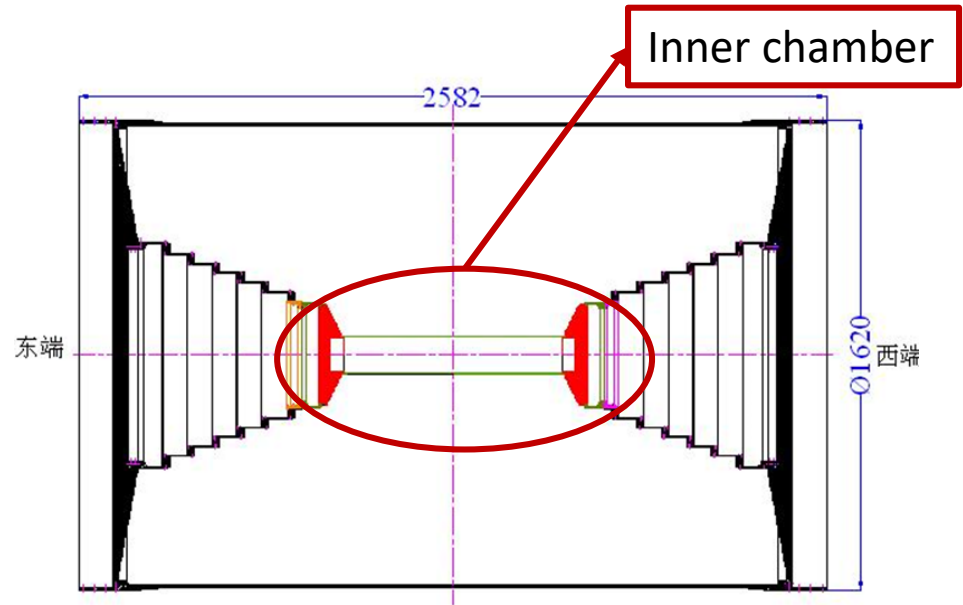
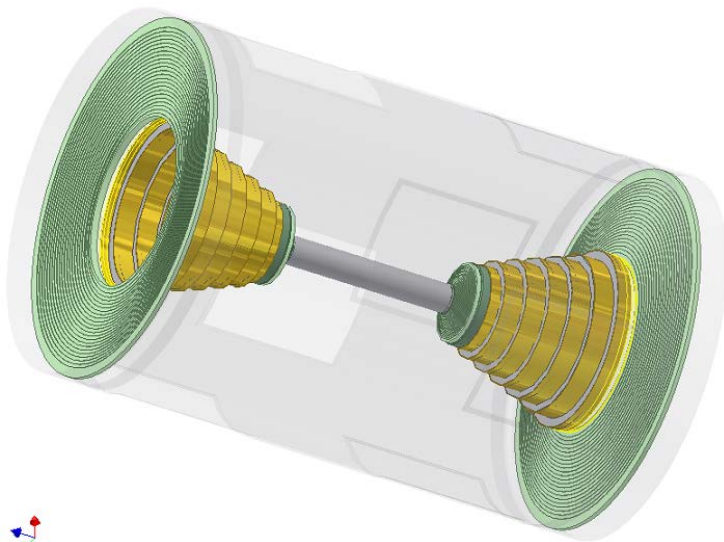
- BESIII高性能运行了13年，运行中解决了噪声、本底等问题，未来需要继续关注并研究噪声和本底问题，尤其是BEPCII升级的本底研究
- 子探测器出现了不同程度的老化，老化研究结果表明，漂移室外室，TOF，EMC和MUC目前的老化没有明显影响探测器性能
- 部分电子学元器件购买超过16年，未来10年的运行有一定的不确定性及风险，同时还存在部分芯片停产的情况。备件的增加和更新，以及替代方案正在考虑和准备
- 漂移室内室、电子学、MUC电子学，超导磁体阀箱、电源、失超探测器和信号采集系统等需要升级或更新，正在准备或者讨论方案和风险评估

子系统	升级	关键技术R&D	
漂移室内室	CGEM	硅像素	新内室备件
漂移室电子学	√		
MUC电子学	√		
超导磁体阀箱、电源、失超探测器和信号采集系统	√		
TOF		LGAD	

谢谢!

BESIII 漂移室

- MDC位于BESIII的最内层
- 测量带电粒子的径迹和动量，测量电离能损 dE/dx ，提供粒子鉴别能力



- 包括内室(8层)和外室(35层)两部分
- 内半径63mm，外半径810mm，有效长度2308m
- 内筒：1.2mm carbon fiber，外筒：11.5 mm CF with 8 windows
- 端面板：18 mm Al (6 个台阶和内室：25 mm Al)

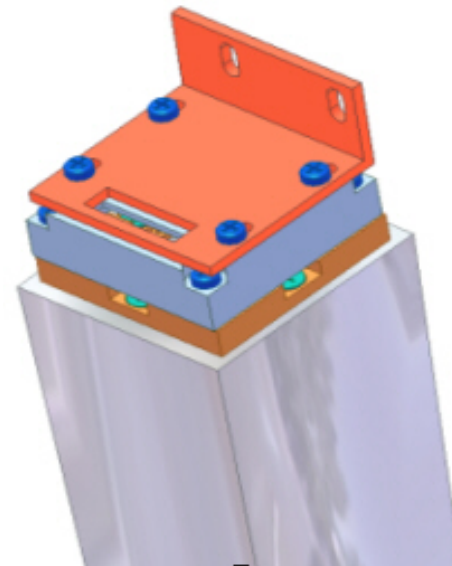
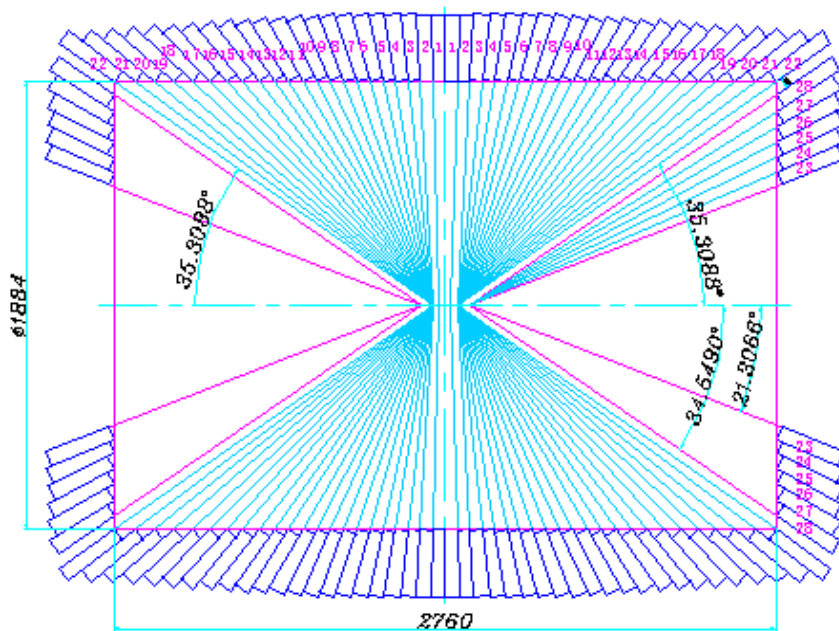
- 19 个直丝层, 24 个斜丝层
- 6796个信号丝单元，21884根场
- 内室单元：12mm × 12mm，
- 外室单元：16.2mm × 16.2mm

TOF

- 测量粒子飞行时间，用于粒子鉴别
- 桶部TOF + 端盖TOF(2)
- 桶部: BC408 scintillator, 2 layers, 176 modules, readout from two ends, Hamamatsu R5924 PMT
- 端盖(旧): BC404 Scintillator, 48 modules for each endcap
- 2015年夏天完成端盖TOF升级,采用MRPC, 2016年6月底工艺测试验收
 - Two layers in each endcap, the thickness of one layer is less than 25mm
 - 36 modules for each endcap, and 72 modules in total
 - 12 strips in each modules, read out from two ends

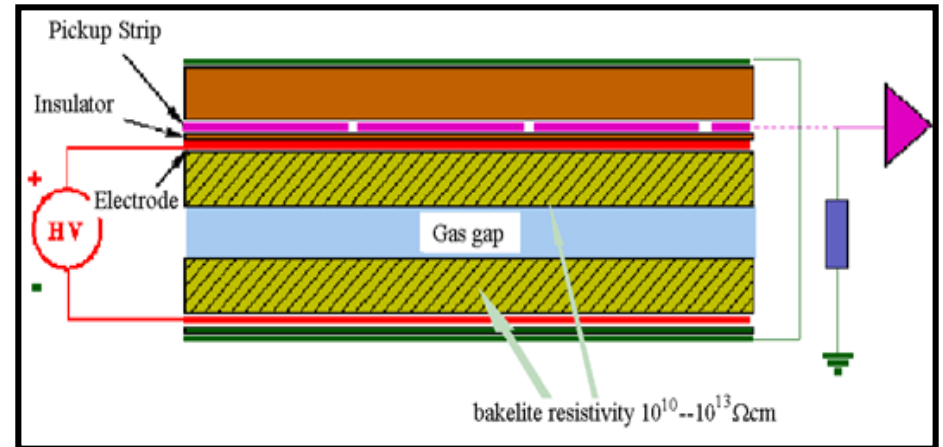
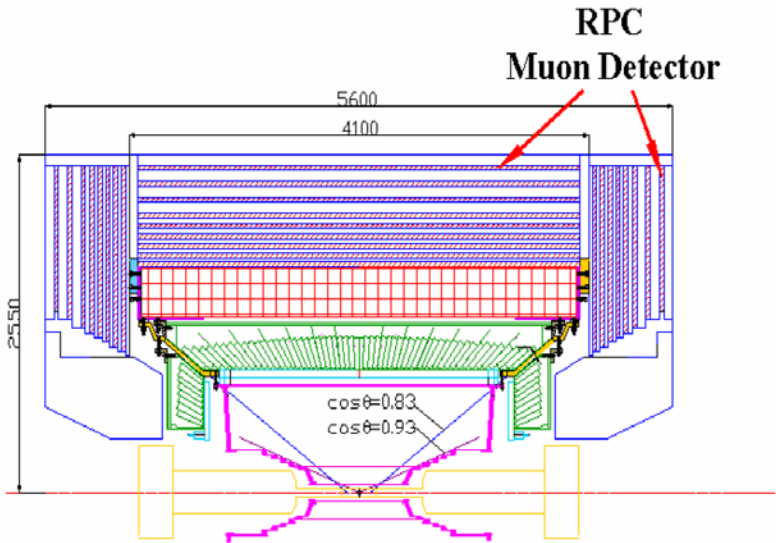
EMC

- 精确测量 γ 和电子的能量和位置
- 桶部+ 2 端盖
- CsI(Tl) crystal + PD readout (Hamamatsu S2744-08)
- 5280 (桶部)+ 960 (端盖) = 6240 晶体单元
- Crystals suspended without supporting wall



CsI(Tl)晶体、
PD (2个)
和前放 (2个)

MUC



- 测量反应末态中的 μ 子的位置和大致飞行轨迹
- 桶部 (9 layers)+ 2 个端盖 (8 layers), μ 探测器和强子吸收体
- 基于阻性板 (RPC) 探测器, 约2000 m² RPC
- 4cm 宽读出条, 约9000 channels
- $\sigma_{r\phi} = 14mm \sim 15mm$, $\sigma_z \sim 17mm$