

滨松 PMT 集装箱系统测试数据分析

Email: zhaor25@mail2.sysu.edu.cn

School of Physics



Outline

① 背景简介

② 数据质量检查

③ 参数计算和结果分析

④ 各个参数的统计结果

⑤ 总结

测试参数以及标准

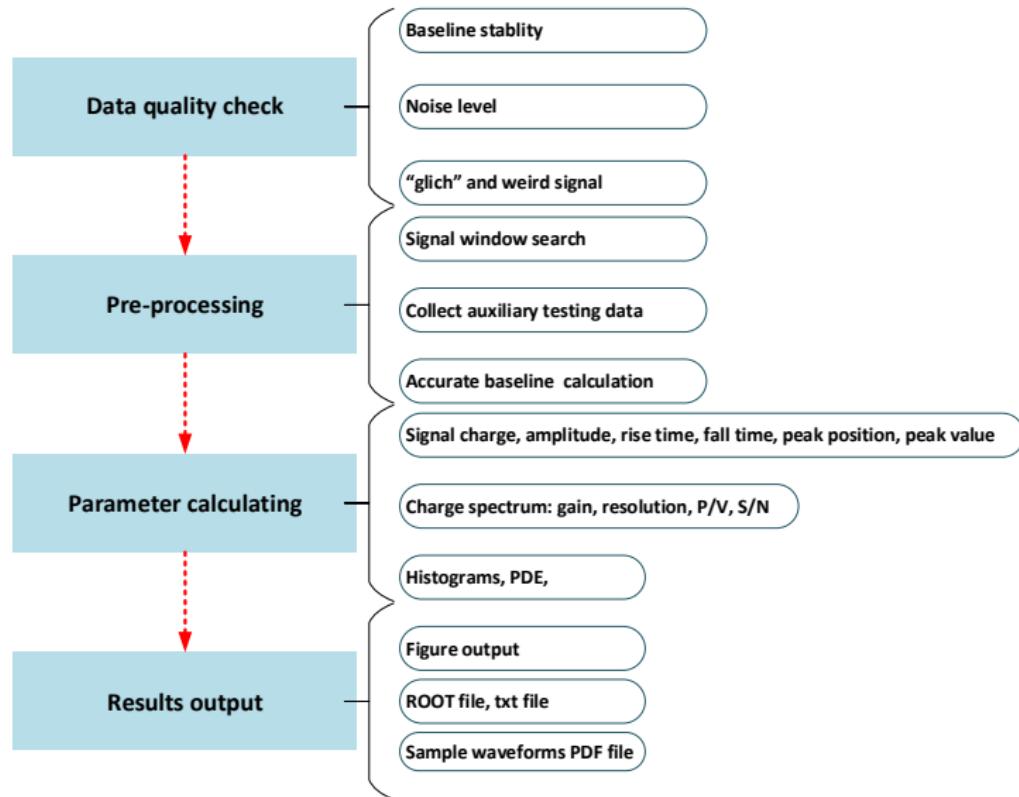
中山测试现场，共收到滨松 PMT5002 支，除去外观不合格的共有 4620 支需要进行性能测试。目前集装箱系统可以测量的参数有：

表：集装箱测量参数及合格标准

测量参数	合同标准
HV@Gain=10 ⁷	<2350 V
PDE	>24%
DCR	<50kHz
PV	>2.5
rise time	<8ns
fall time	<12ns
FWHM	--
resolution	<0.4

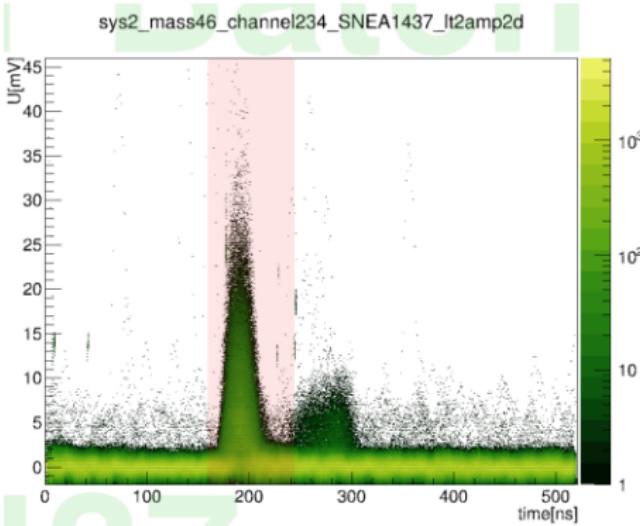
数据分析的主要目标，根据测试数据判定各个参数是否合格，以及每只 PMT 性能有无异常。

测试数据分析流程

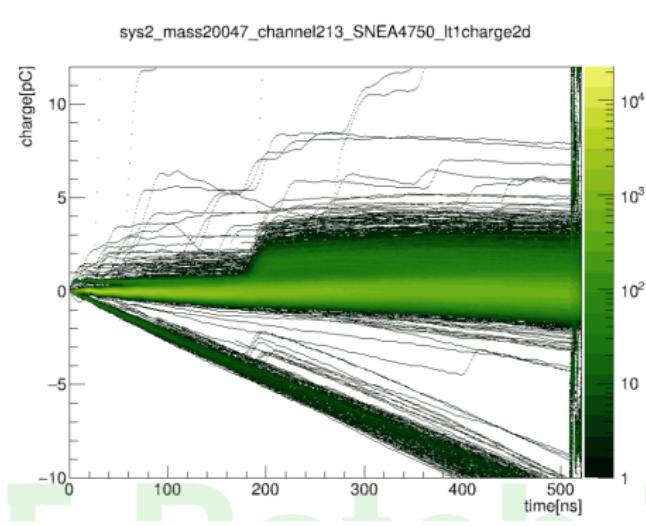


信号波形和数据质量

将一次测试的所有波形叠加，可以快速检验波形的整体质量，左图是波形直接叠加，右图是波形积分叠加。



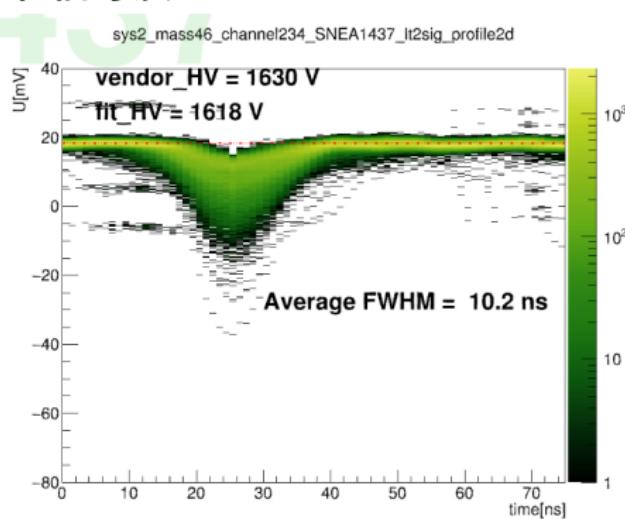
图：所有测试波形叠加



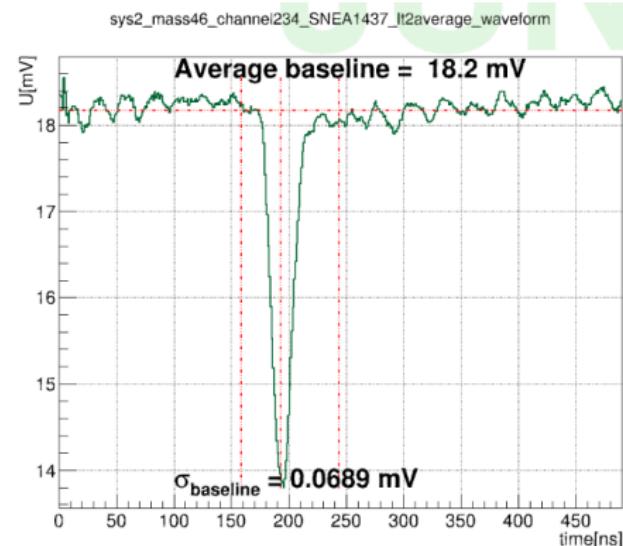
图：所有测试波形积分叠加

信号波形和数据质量

按照每个信号波形的峰值位置，填充二维直方图，可以得到典型的信号 profile，以及可能的高频结构。平均波形可以用来查看信号区间的基线和信号质量。



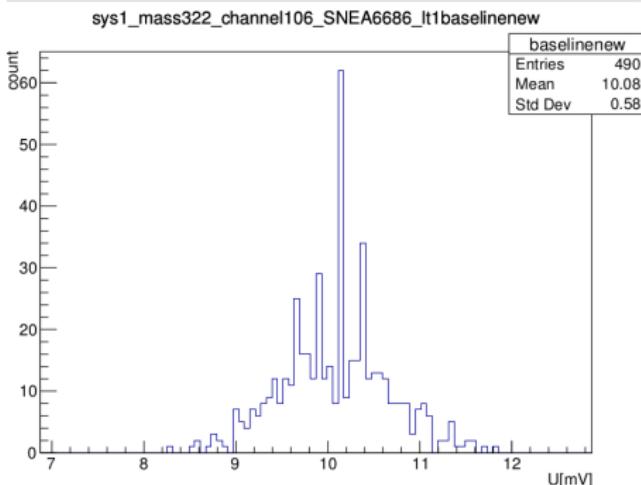
图：所有测试波形按照峰位置值叠加



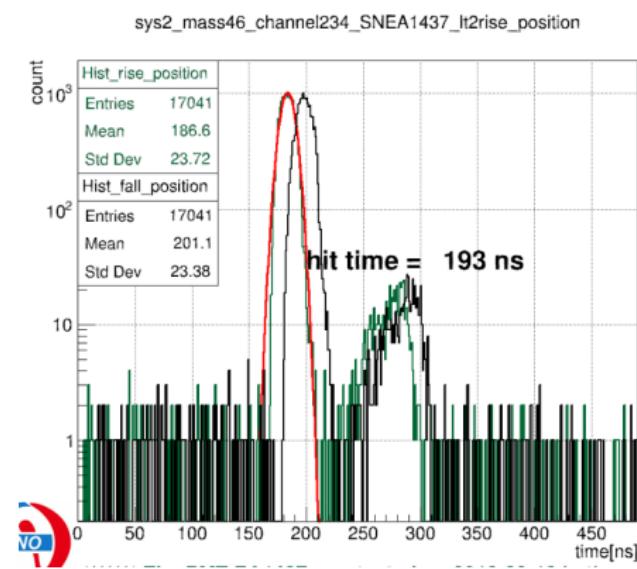
图：平均波形

基线和积分窗口

对于每一个测试波形，将其投影到 Y 方向，选择峰值位置作为信号基线；把每一个波形的过阈时间填充 histogram，峰位置的前 25ns 和后 50ns 选择为积分窗口。



图：波形投影



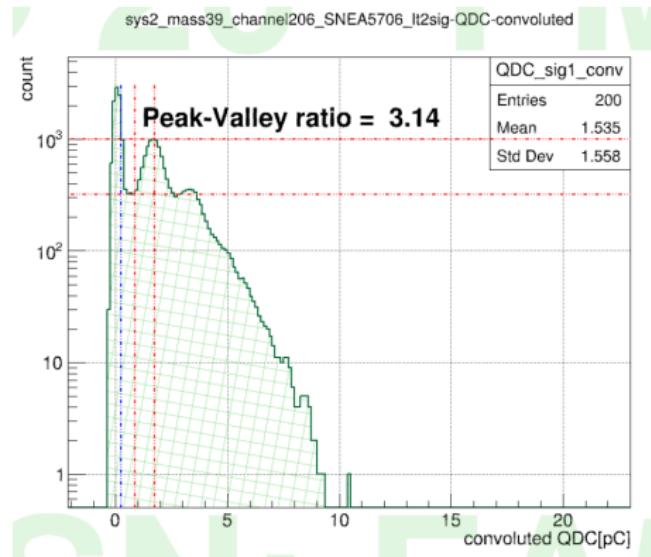
图：信号过阈时间

电荷谱及滤波

在积分窗口内对每个波形进行电荷积分，得到电荷谱，用来计算 Gain,PDE,Resolution,S/N; 对电荷谱进行平均值滤波之后计算 PV。



图：电荷谱



图：平均值滤波之后的电荷谱

参数计算细节

信号波形计算的参数

- $rise\ time = t_{.9rMaximum} - t_{.1rMaximum}$
- $fall\ time = t_{.1fMaximum} - t_{.9fMaximum}$
- $FWHM = t_{+1/2Maximum} - t_{-1/2Maximum}$

电荷谱计算的参数

- $Gain = \frac{Q_{1pe} - Q_{0pe}}{Q_e}$
- $PV = \frac{Peak_{spe}}{Valley_{spe}}$
- $S/N = \frac{\sigma_{0pe}}{Q_{1pe} - Q_{0pe}}$
- $Resolution = \frac{\sigma_{1pe}}{Q_{1pe} - Q_{0pe}}$

PDE 的计算

根据电荷谱可以得到平均光子数 μ_{test} , 刻度数据 $drawer_{factor}$ ¹, 计算出集装箱系统的 PDE 结果:

$$PDE_c = \mu_{test} \times drawer_{factor} \quad (1)$$

利用集装箱系统和扫描站系统的 PDE 线性关联系数 f_{cs} ², 得到最终的 PDE 结果:

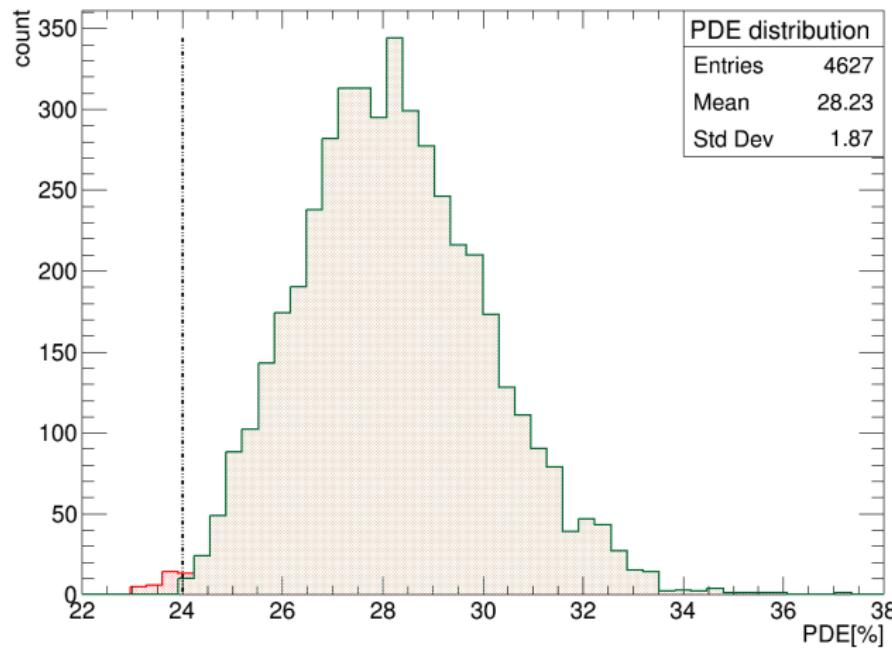
$$PDE = PDE_c \cdot f_{cs} + constant \quad (2)$$

¹集装箱 1 使用每个抽屉的测试过滨松 PMT 的厂家 QE 进行刻度, 集装箱 2 使用选择的刻度管进行刻度。具体细节在 DOCDB 文件 3921

²王俊和王耀光模拟结果, 以及胡航的数据拟合

各个参数的统计结果-PDE

PDE Histogram of Qualified R12860 PMTs



PDE 计算结果的初步对比

对所有测试的 PMT 的 PDE 和测试现场的分析结果进行对比，发现存在少数 PMT 差别较大，需要进一步查找原因。

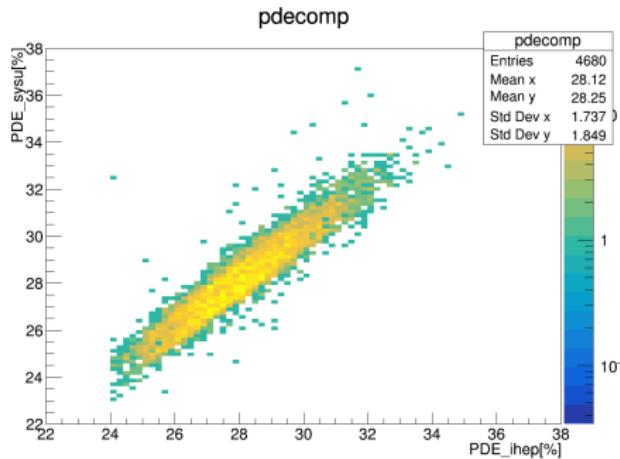


图: PDE 结果的关联对比

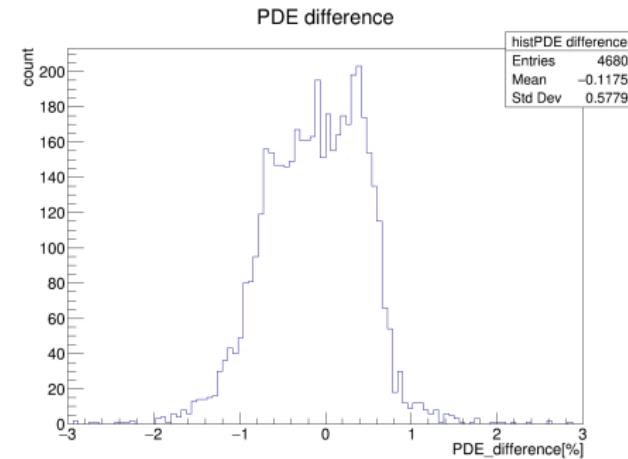
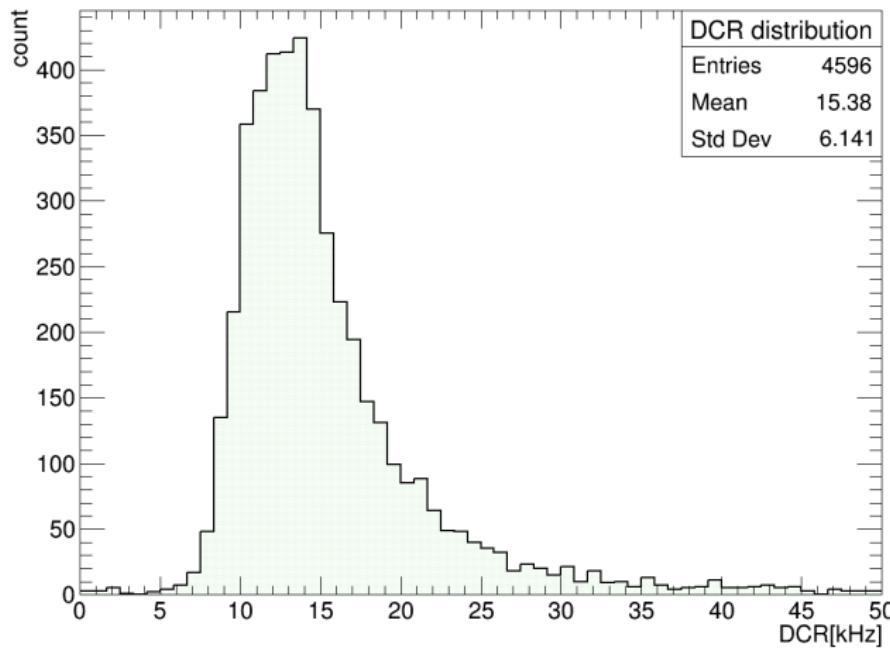


图: 两种分析的差值分布

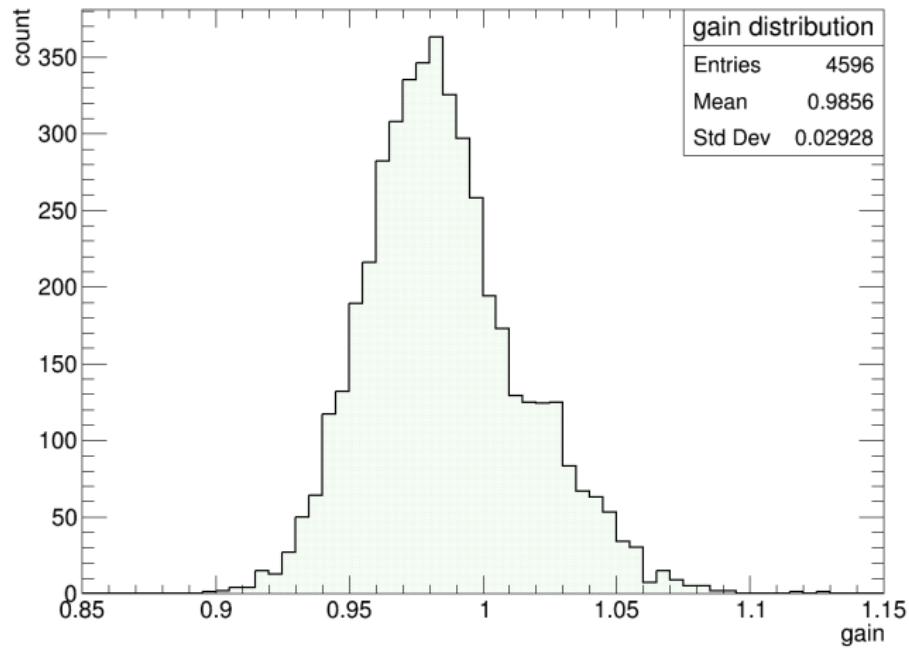
各个参数的统计结果-DCR

DCR Histogram of Qualified R12860 PMTs



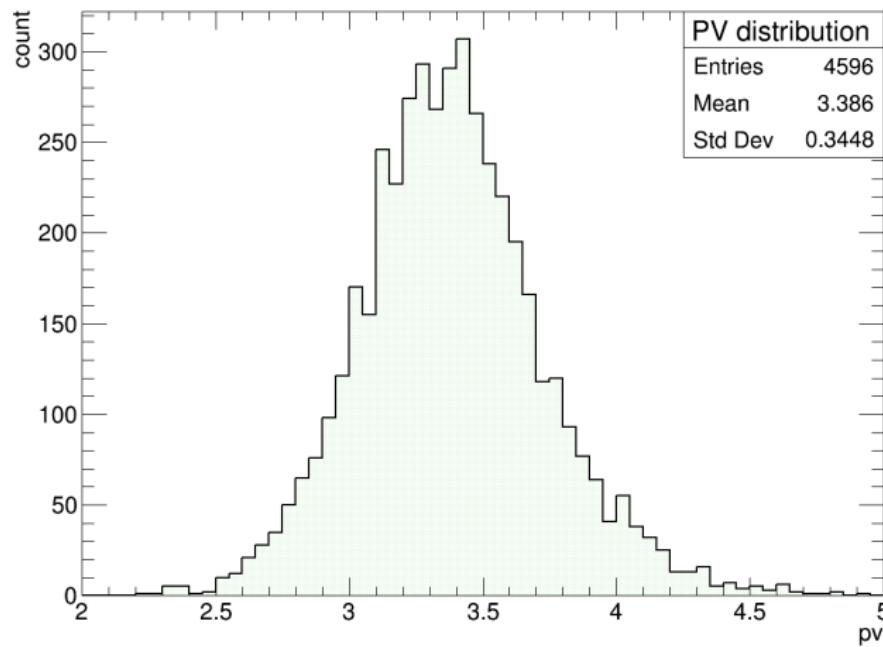
各个参数的统计结果-Gain

Gain Histogram of Qualified R12860 PMTs



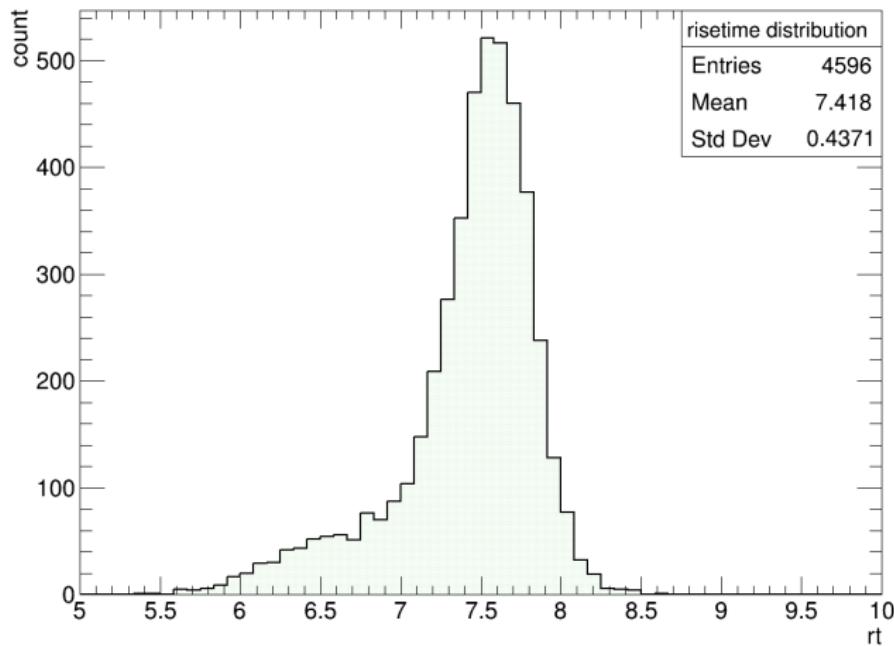
各个参数的统计结果-P/V

PV ratio Histogram of Qualified R12860 PMTs



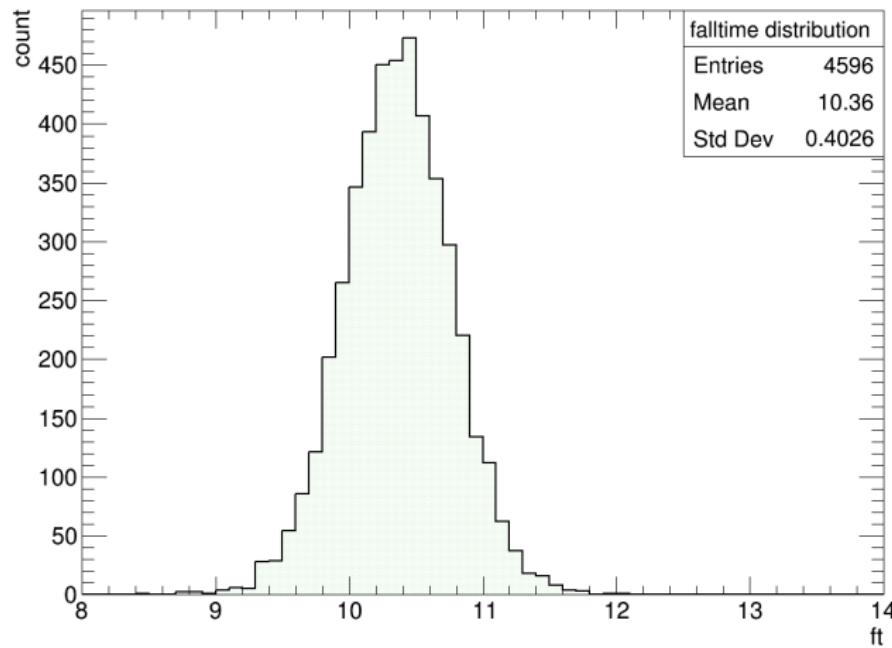
各个参数的统计结果-rise time

Risetime Histogram of Qualified R12860 PMTs



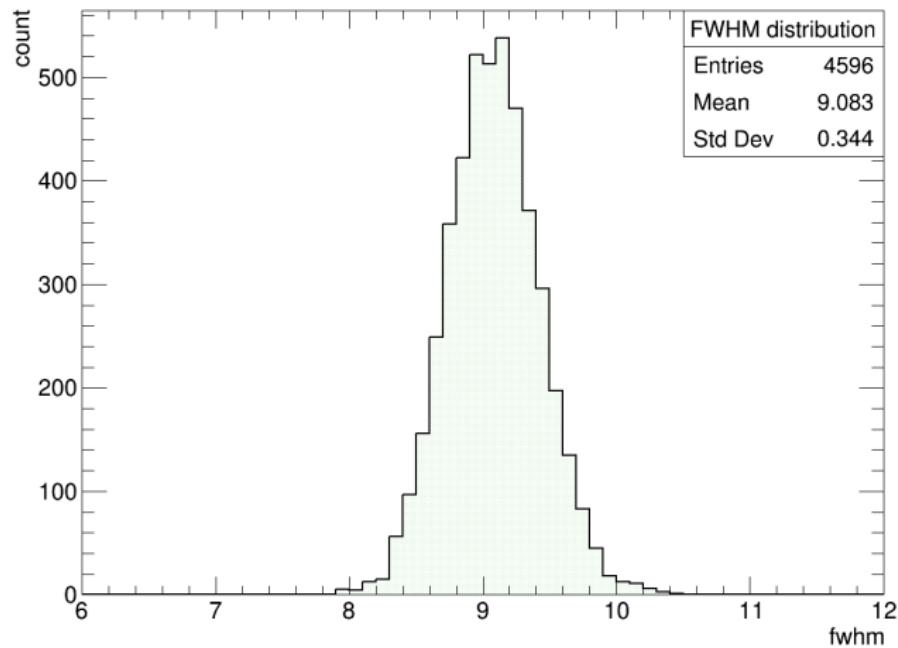
各个参数的统计结果-fall time

Falltime Histogram of Qualified R12860 PMTs



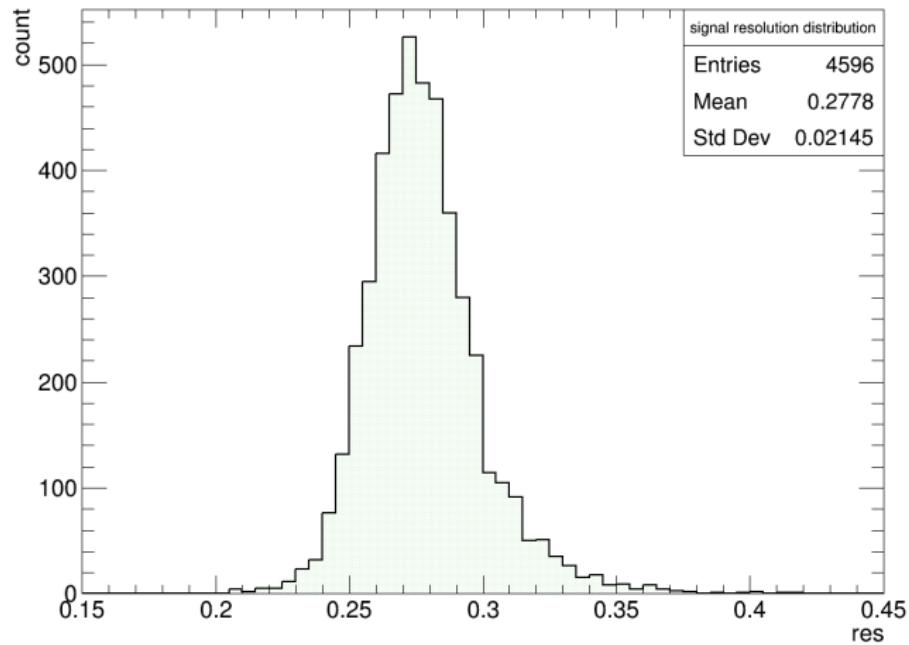
各个参数的统计结果-FWHM

FWHM Histogram of Qualified R12860 PMTs



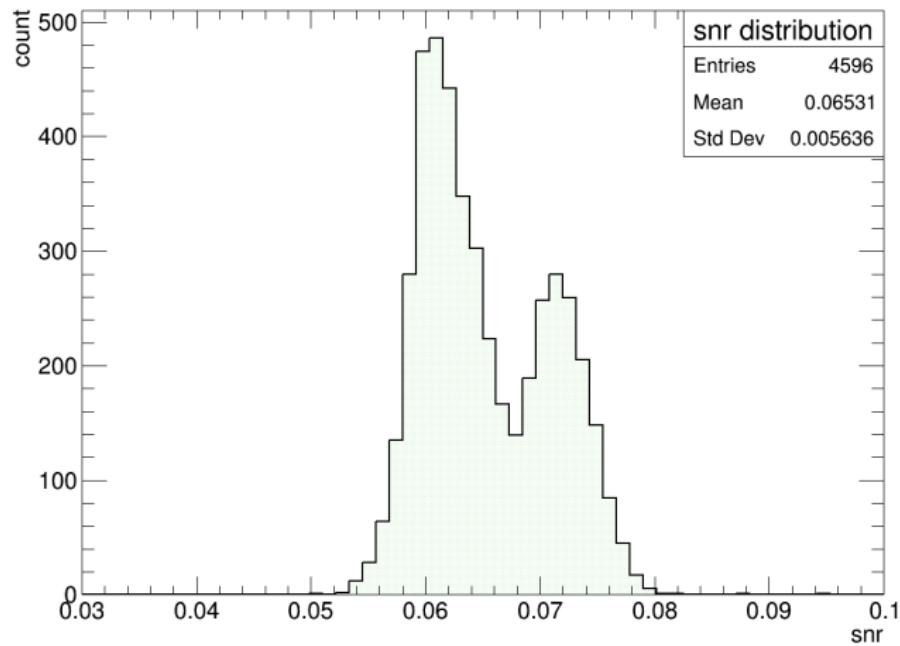
各个参数的统计结果-Resolution

Signal Resolution Histogram of Qualified R12860 PMTs



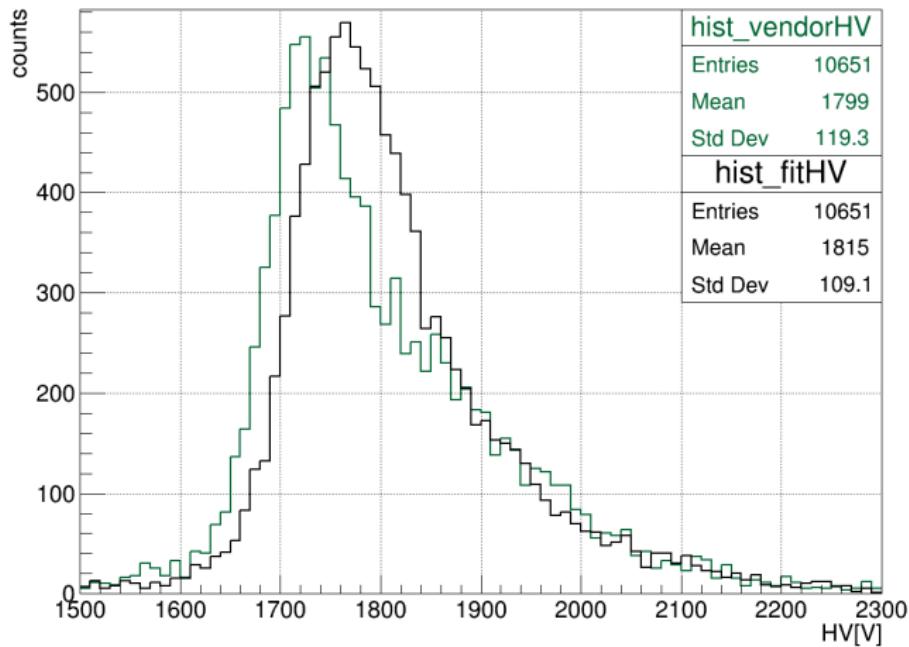
各个参数的统计结果-S/N

SNR Histogram of Qualified R12860 PMTs



各个参数的统计结果-HV

vendor and fit HV of all PMT



测试结果的输出

在完成每一只 PMT 的数据分析之后，输出重要的信息和数据：

- 测试信息：测试时间、集装箱编号、抽屉编号、mass number 等
- 性能测试信息：各种波形图、参数计算的中间 histogram
- 各个参数的计算结果、拟合信息
- 集装箱测试的历史记录、扫描站的测试结果
- 最终合格与否的结论标签

对于每一只 PMT，结合集装箱的多次测量结果以及扫描站复测结果，确保给出正确的最终结论。

测试结果报告-pass

QUALIFICATION TEST REPORT OF 20 INCH PMT

Test Information:

Test Date	Container#	Mass#	Drawer#	Mu	HV vendor	HV container	Gain	Sheet #
20171010	1	25	111	0.88	1670	1670	1.01	0

Parameters of Performance:

Par	Value	Tag	Par	Value	Tag
PDE[%]	27.27	√	Ristime[ns]	7.63	√
DCR[kHz]	10.25	√	Falltime[ns]	10.50	√
PV	3.23	√	FWHM[ns]	9.29	√
TTS[ns]			SNR	0.06	√
AP[%]			Resolution	0.28	√

Test History and Notes:

This PMT was retested due to PDE problem ,
and then passed the test.


[Aux Info]

Table generated date:

20190102

Data quality check:

Scanning Station check:

zhaor25@mail2.sysu.edu.cn

Final Qualification Tag

EA0283

PASS

测试结果报告-reject

QUALIFICATION TEST REPORT OF 20 INCH PMT

Test Information:

Test Date	Container#	Mass#	Drawer#	Mu	HV vendor	HV container	Gain	Sheet #
20171017	1	31	111	0.72	1710	1719	1.04	0

Parameters of Performance:

Par	Value	Tag	Par	Value	Tag
PDE[%]	22.38	X	Ristime[ns]	7.65	√
DCR[kHz]	10.44	√	Falltime[ns]	9.90	√
PV	2.30	X	FWHM[ns]	9.28	√
TTS[ns]			SNR	0.06	√
AP[%]			Resolution	0.28	√

Test History and Notes:

This PMT failed the container test due to low PDE but passed the scanning station test.


[Aux Info]

Table generated date:

20190102

Data quality check:

Scanning Station check:

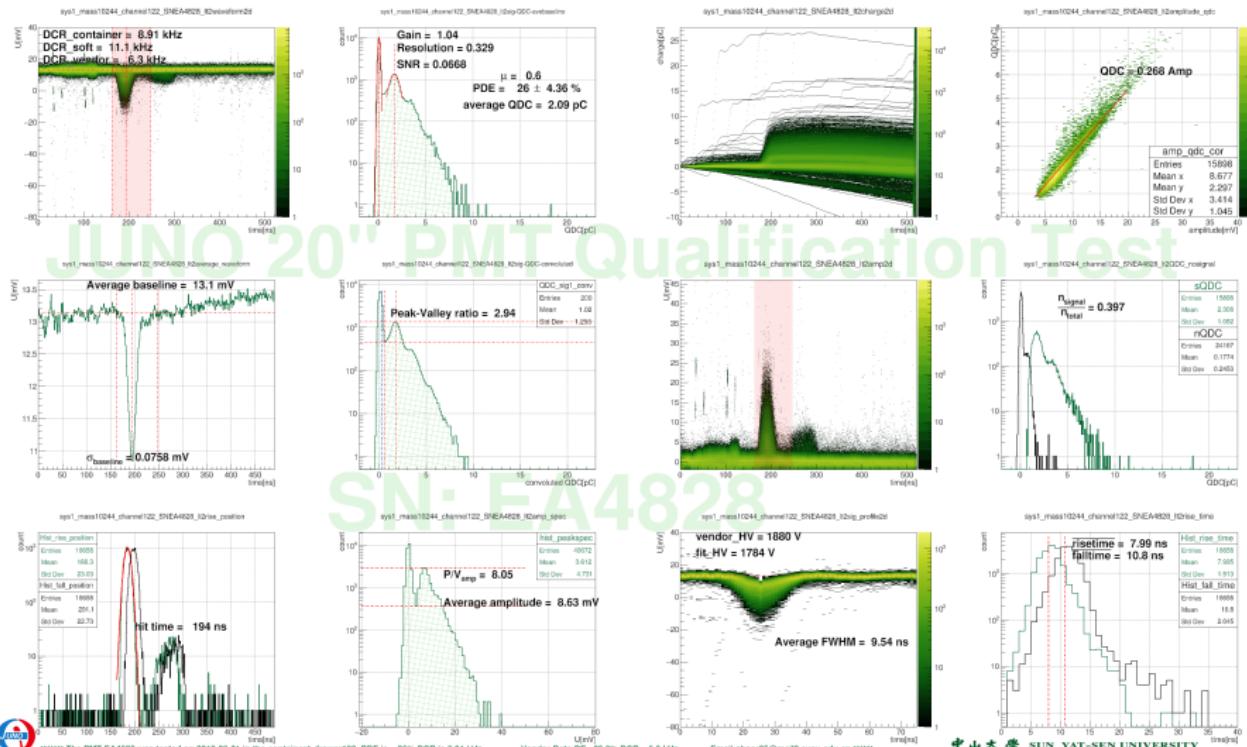
zhaor25@mail2.sysu.edu.cn

Final Qualification Tag

EA0302

REJECT

测试结果报告-数据分析中间结果



赵荣 (中山大学)

滨松 PMT 集装箱系统测试数据分析

中山大学 SUN YAT-SEN UNIVERSITY

2019年1月8日

25 / 35

总结和结论

- 分析测试数据得到每只 PMT 的各个参数测量结果
 - 结合扫描站系统给出每只 PMT 的最终测试结论（是否合格）
 - 保存重要的测试信息和输出结果到 PMT 数据库，所有测试结果³可以直接通过 <http://pmtdb.juno.ihep.ac.cn/>⁴ 查询得到
 - 初步结论：目前现场 5002 支滨松 PMT，382 支外观检测不合格，5 支 HV 不合格，2 支波形较差，24 支 DCR 不合格，9 支 PDE 不合格。

³包含集装测试历史数据

⁴Query::LPMT Tested Reports



谢谢

B.R.U.P

其他重要参数的 check

HAMAMATSU-PMT 的参数对比：

参数 (平均值)	我的结果	测试现场结果
暗计数 (kHz)	17.8	16.6
信号上升时间 (ns)	7.3	6.9
信号下降时间 (ns)	10.36	10.2
峰谷比	3.3	3.9
分辨率	0.28	0.277
高压 (V)	1861	1858
信号半高宽 (ns)	9.08	11.6

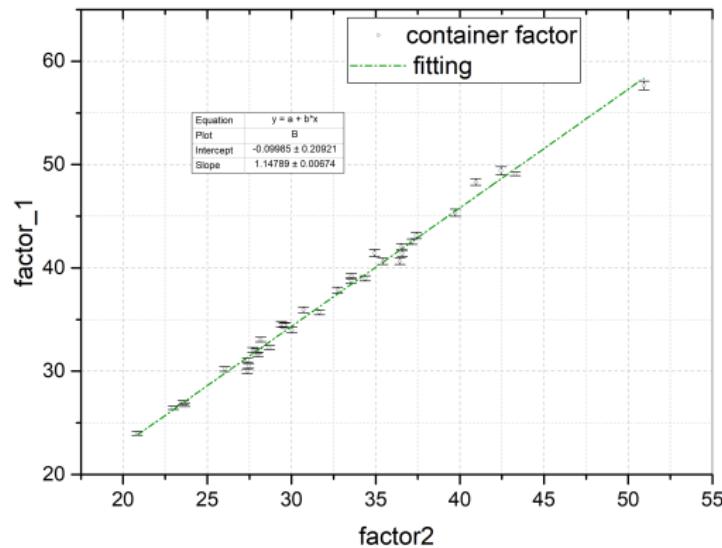
其他重要参数的 check

MCP-PMT 的参数对比：

参数 (平均值)	我的结果	测试现场结果
暗计数 (kHz)	41.4	44.3
信号上升时间 (ns)	3.2	4.6
信号下降时间 (ns)	15.9	16.2
峰谷比	3.19	4.4
分辨率	0.35	0.32
高压 (V)	1783	1784
信号半高宽 (ns)	5.8	7.7

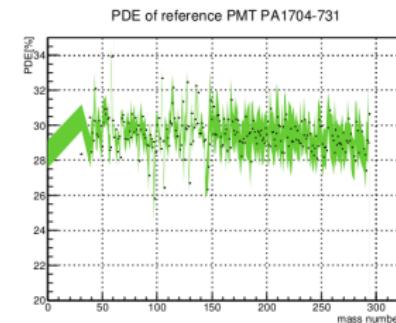
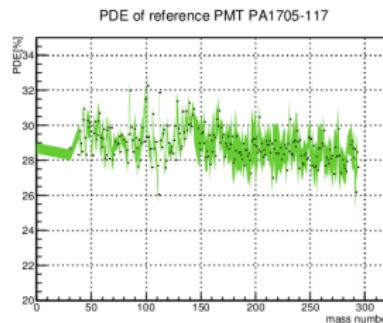
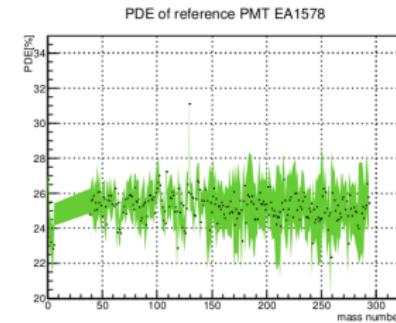
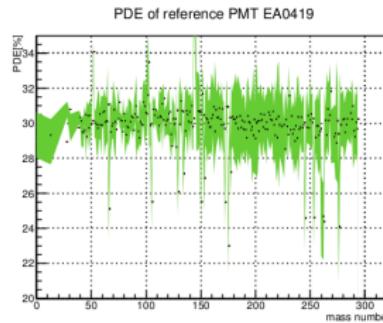
抽屉因子的比较

factor_1 是我的结果， factor_2 是张海琼的结果。 $y = 1.148x + 0.998$



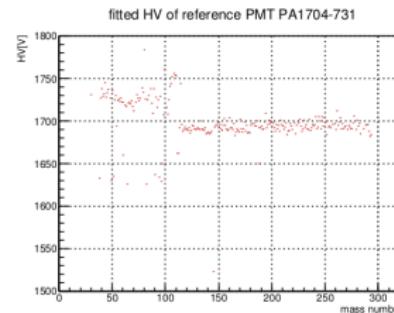
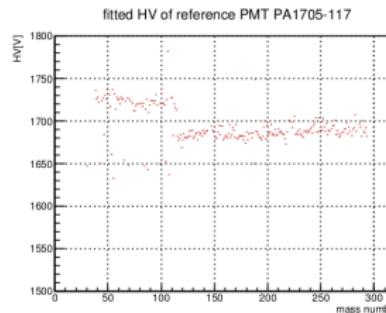
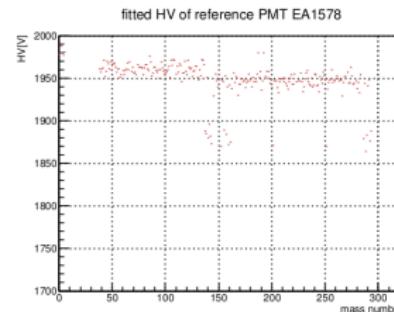
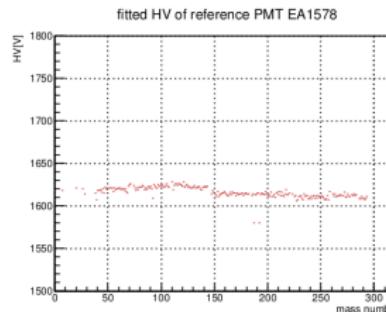
图：抽屉因子和现场使用值的对比

参考管稳定性

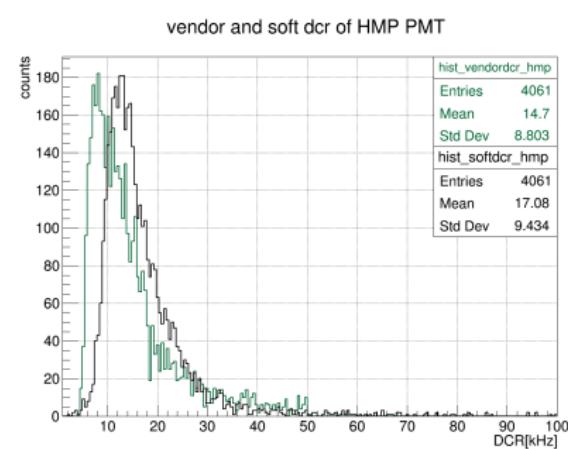
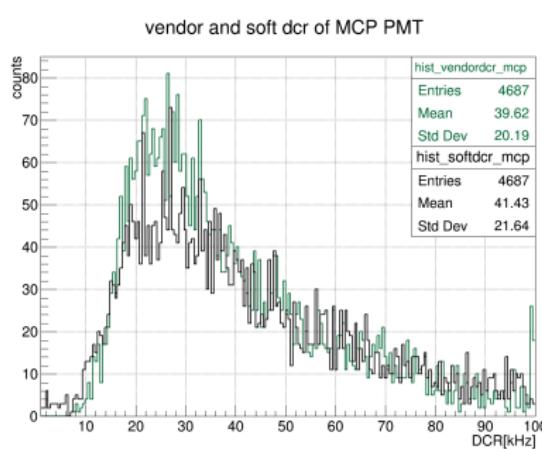


参考管电压稳定性

新DAQ对系统的性能产生了影响，高压平均值发生了变化：



暗计数



上升时间和下降时间分布

