

MDC电子学系统的进展

MDC电子学课题组

17th Workshop

On BESIII Electronics/Trigger/DAQ

USTC, Hefei

April 26, 2006

一. 各部件全面进入投产、测试阶段

1. 前置放大器：（小片 + 主板）

（1）前放小片。

投产10000片。

4层板。底层保留完整地面。

全部焊接测试完毕。

原计划“三防”处理。多次试验，遇到麻烦：

引脚粘附喷涂物，很难清除；

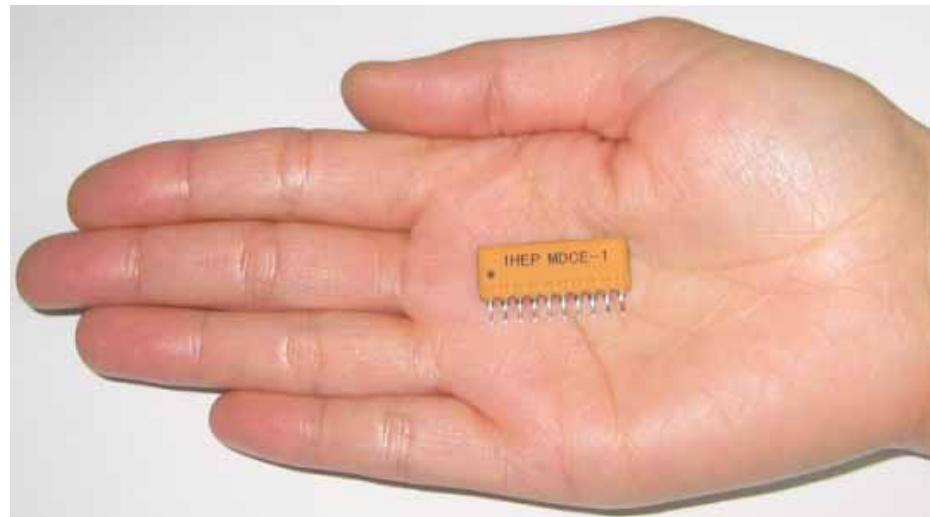
影响焊接质量。容易附着灰尘，影响性能。

放弃三防处理。

几经试验，改用**蘸封**处理。

酚醛液封涂。高温（ 100°C - 150°C ）烘烤~8小时。

全密封。防尘、防潮性能好。



试制40片。

测试结果：蘸封前后性能变化不大。

分2批投产共10000块（4000 + 6000）。

测试结果：32块无波形输出，占0.32%；

~ 100块（占1%）电荷分辨偏大（10-20fc）

仍可用。

原因：不完全由蘸封引起。

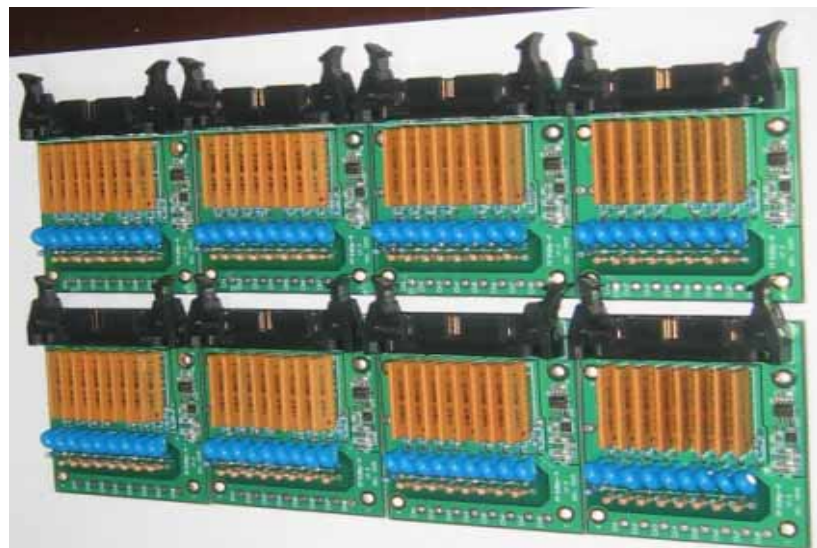
其它性能蘸封前后变化不大。



(2) 前放主板

投产1000块。实需853块。
4月初全部完成装配、焊接。
性能测试在进行中。

内室前放板



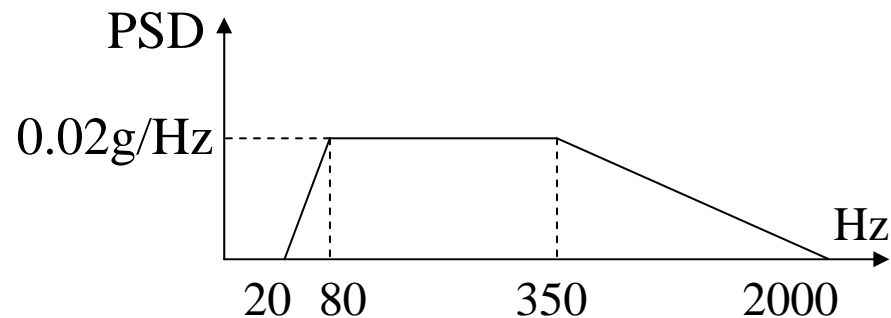
外室前放板



投产过程分8个步骤：

- 前放小片焊装、蘸封、测试。
- 主板焊接。提要求(尤其手工焊接)。首件测试。验收。
- 在测试系统上逐块测试。
发现问题，检修，再测。
- 高温老化实验。通电。55⁰C。时间7昼夜。
2个烘箱同时进行。
定时记录烘箱温度和电压、电流值。
(1-2小时记录一次)
- 再次在测试系统上逐块测试。
检测高温老化的影响。

- 振动实验。
采用军品地面标准。
采用标准梯形波。
PSD值：0.02g/Hz
(~ 4g加速度)



- 振动频率：20 - 2000Hz
- 振动时间：5分钟
- 再次逐块在测试系统上测试，观测记录性能。
- 在512通道小系统上连续运行5天以上（每批64块）。
多次测量记录性能指标。

(3) 前放测试结果

高温老化的影响

72块前放 (576 ch.)。高温老化前性能良好；

7天老化后测试结果：

2 ch 无输出波形 0.35%

4 ch 输出波形不稳定，指标差； 0.7%

10ch Q分辨偏大 ($8fc \leq \sigma_Q \leq 15.3fc$) 1.7%

仍可用 (up to 20fc)。

其它指标正常；

其它通道 各项指标正常。

振动实验对性能的影响

175块前放（1400通道）进行了振动实验。

振动前：测试合格，性能良好。

振动后：各项性能指标变化不大。

未发现虚焊、接触不良等异常现象。

决定取消该项实验。

在512小系统上长期稳定性测试（5 - 6天）结果：

已完成3轮测试。共192块前放板。1536个通道。

测试前：性能良好。

每隔一天测试一次各项指标。观测性能变化。

测试结果：每次测得的指标比较一致，无明显涨落。

表现为性能比较稳定。

2. MQT插件

实需226块。批量投产和测试在进行中。

投产步骤：

试制。

评审会后改进PCB设计，试制2块，测试合格。

小批量投产（等待元器件，滞后2个月）。

3月初，投产20块。

- 测试系统上逐块测试，指标达到设计要求。
- 在512通道小系统上测试。

连续运行3昼夜。系统稳定正常。指标达到要求。

表明无设计上的缺陷/隐患。 决定：

大批量投产。

3月底，交付制板：主板240块，子板960块。

交付制板后，512系统陆续出现一些故障。

江晓山等人努力分析、排查。确认：

在元件面100芯插座，40芯插座，双芯LEMO座引脚有“准短路”现象。短路电阻 $\sim 15 \Omega$ 。

到目前为止：

~ 9块主板、少量子板，不同程度出现此类现象。

与厂方两度共同分析，厂方由不解到确认：

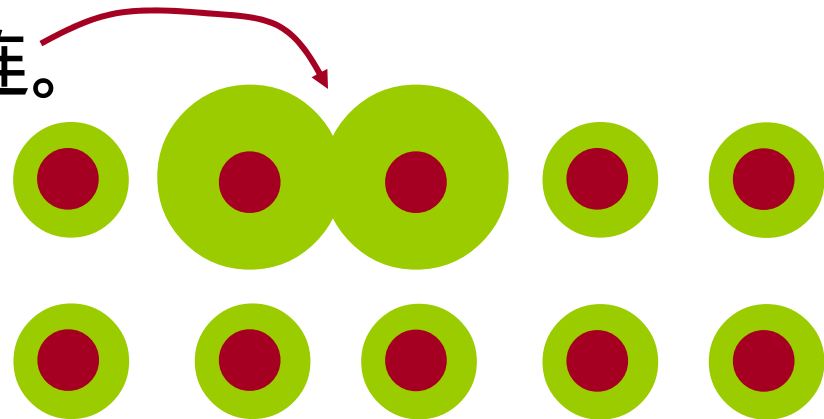
使用了水溶性助焊剂焊接丝所致。

当透锡较深：

助焊剂透过板层，在元件面相连。

一段时间后：

吸收空气水份，形成短路。



06.04.20 主板、子板全部到齐。

下一步？

与厂方讨论决定：

采用松香助焊剂。同时控制焊锡深度。

助焊剂透明，形成保护层，不吸水。不会短路。

已焊的20块主板厂方承认责任。

答应负责解决短路问题。解决方案在选择中。

06.04.21：

随机抽取 20块主板，80块子板。送交先批焊接。

其中手工焊接：厂方50%；自焊50%。

验证焊接质量。

如顺利：

~ 5.12 完成20块长稳测试（“五一”长假加班）。

~ 5.13 开始焊装其余220块。

~ 5.20 焊装完毕。

~ 5.25 开始14轮长期稳定性测试。

每轮 ~ 5天，共需70天。

~ 8.5 全部测试完毕。

~ 7.10 前：首批 8 台机箱在3 # 厅就位；
DAQ调机。

~ 8.10前：另8台在3 # 厅安装就位。

~ 8.15起：安装前放 - 机箱电缆。

与MDC宇宙线实验进度计划相一致。

3. 其它插件

5种：MCC（4块）， MTI（4块）， MROC（21块），
MF-I（14块）， MF-II（21块）
都已投产，基本测试完毕。



MDC宇宙线实验（8月份进行）扇区增加。

时钟与信号产生时刻不同步。

时间测量需采用起始 - 停止方式。

需设计：接口 / 控制插件一块；

闪烁体T0信号检测板一块。

设计制作在紧张进行中。

预期7月底完成。



4. 电缆

多芯电缆实需853根。实际投产900根。

已交付装配。

各类双芯LEMO电缆实需400多根。近期交付装配。

电缆质量控制至关重要。

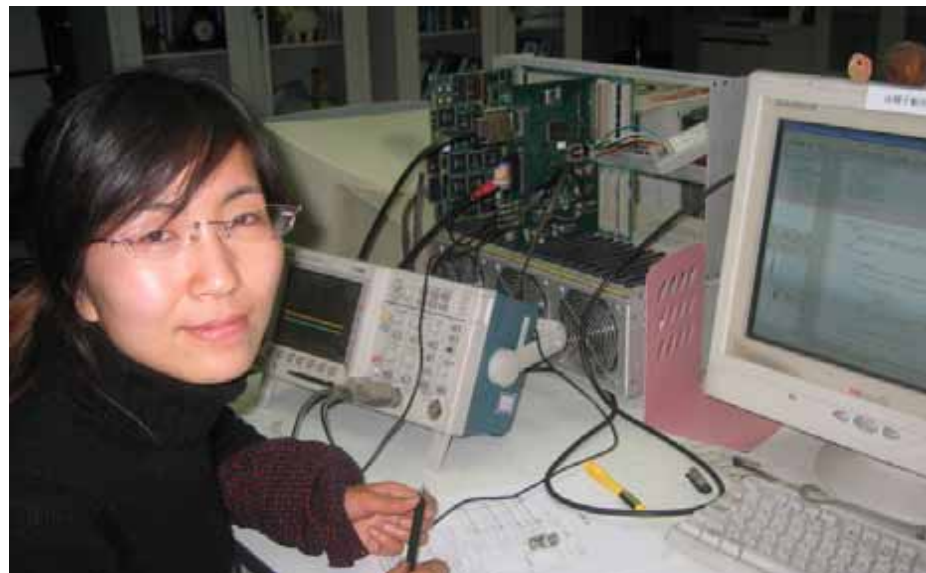
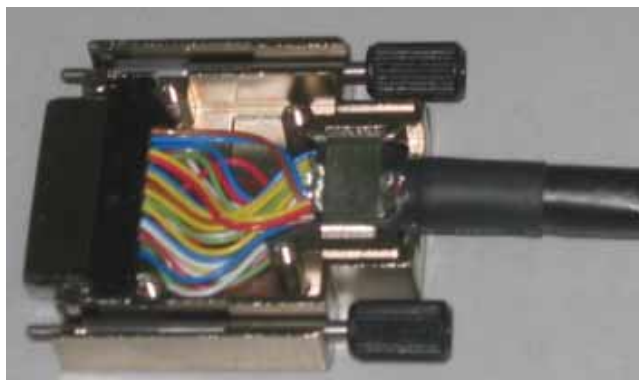
- 1 - 2周去一次天津验收。随时纠正发现的问题。
- 电缆装配方法反复推敲（可靠性，接地屏蔽性能）。

自己拟定装配方案，做试验。

再与工厂讨论。确定最终方案。

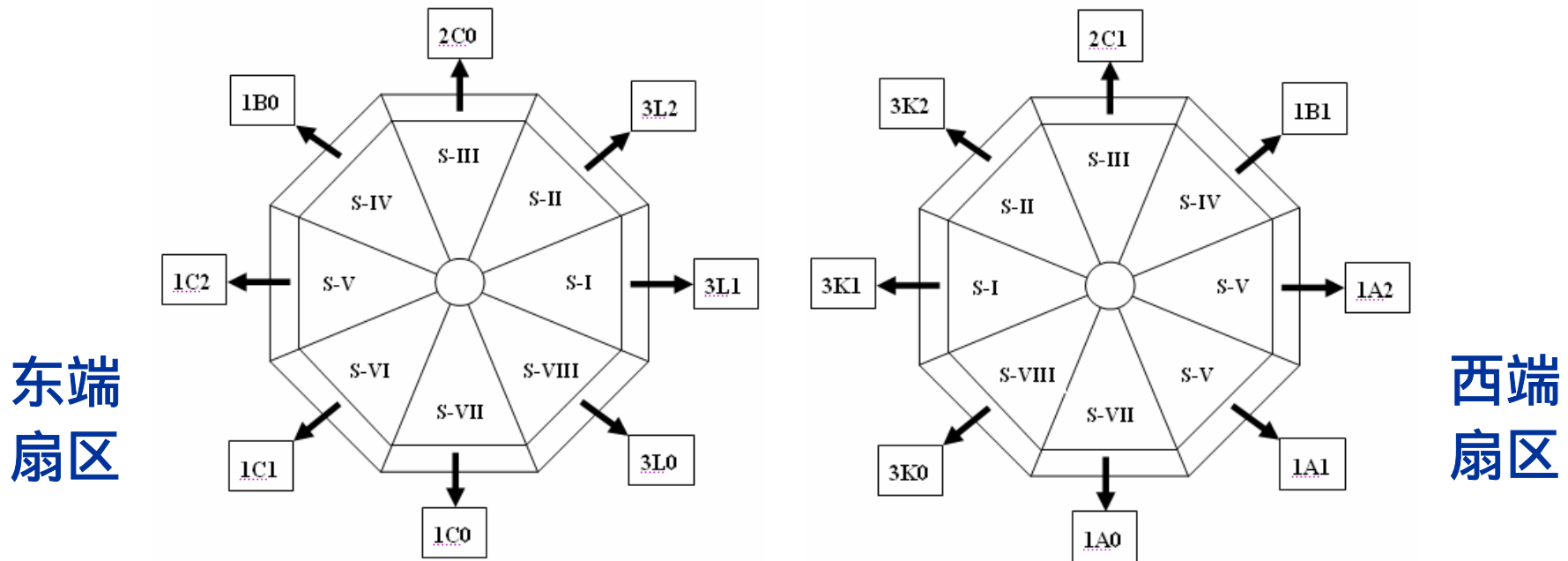
- 寻找一个好厂家（北京日端，专业装配，技术先进）。
- 少量试装，试用。发现问题及时改进。
方案趋于完善，再大量投产。

- 完善测试手段。
工厂先测。
自测验收。设计了专用电缆测试器，逐一测试验收。
(普通通断测试器，多功能通断阻值测试器两种)。
已装配、试用40多根多芯电缆。
至今未发现不可靠等质量问题。



5. 完成端面扇区划分。排定各类电缆走向。 完成各种电缆的编号(70余页)。

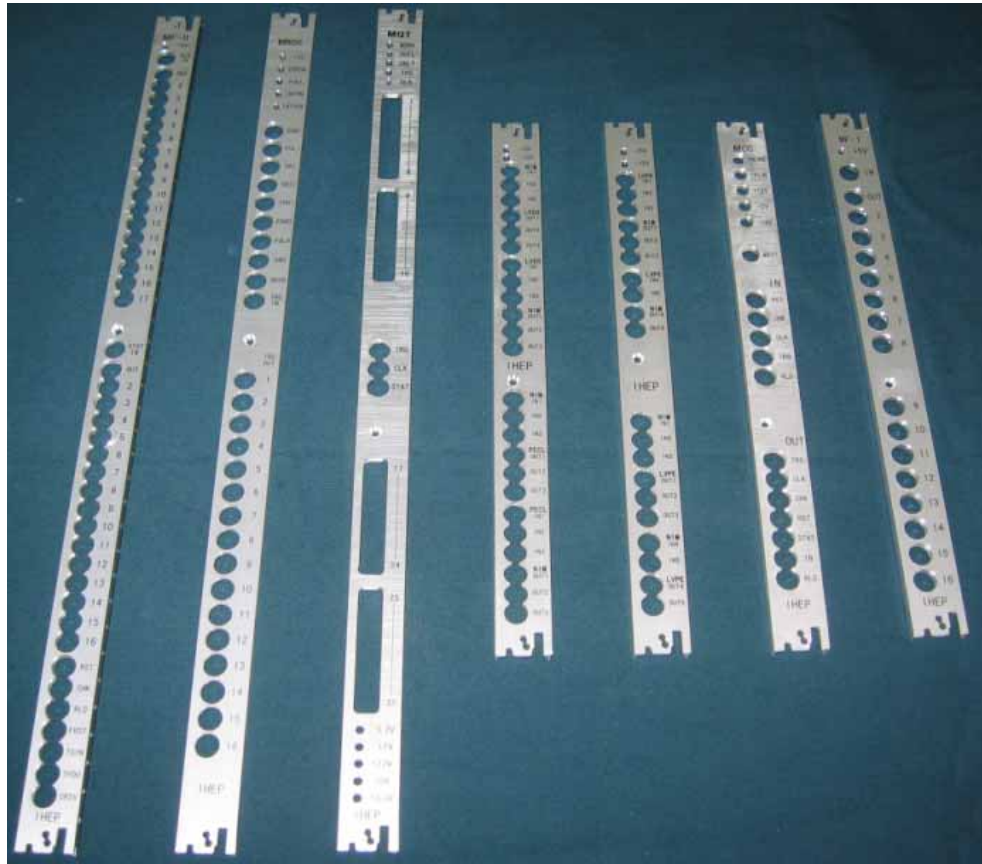
- 扇区划分充分考虑了触发判选和在线的要求。
- 电缆走向充分考虑了就近走线。



- 电缆编号设计充分考虑了简洁、易于识别：
如：CDDC-E26-01→3L1-06-1

6. 基本完成插件面板的设计、加工和印字。

共7种。本色，丝网印刷，字体清晰、牢固。



二. 测试系统

前放和MQT的测试分2级进行。

建立了2级测试系统。

1. 第1级 - 单插件测试系统。建立和完善了2台。

基于VP7的测试系统。使用方便、灵活。

一台专用于测试前放。

一台专用于测试MQT和其它插件。

改进了测试方法。完善了软件测试程序。

任务：● 用于排除故障。

● 10项测试。详细检测、记录性能指标。

短时间测试。

每种电路板分别编号、贴号、建立档案。

留有历史记录，备查。。



第一台测试系统

第二台测试系统



2. 第2级 - 512 通道小系统。建立了 2 套。

基于PPC的测试系统。 电缆长度按全长配置。

一套用于前放性能长期稳定性测试。

每轮检测64块（512CH），运行时间 5天。

每天/隔天检测一次。检测10项性能指标。

重点：观测性能指标随时间的变化（稳定性）。

历史记录。

一套用于MQT和其它插件长期可靠性、稳定性测试。

计划每轮（16块插件）连续运行5天。

重点：观测长期运行的可靠性，是否出故障、死机。

要求：无故障运行时间不少于5天。

首、尾两天对10项指标进行检测，作出历史记录。

24小时不停机。



第一台512系统



右上：第二台512系统在测试

右下：第二台512系统在编程



512通道小系统测试结果

(第二轮512 ch.长期稳定性测试第 5 天测量统计结果)

• 电荷分辨 σ_Q :

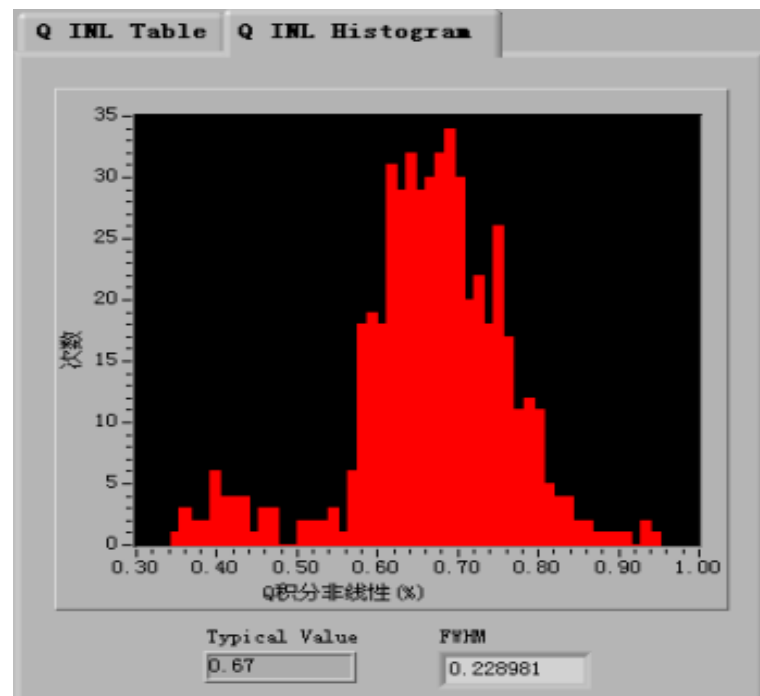
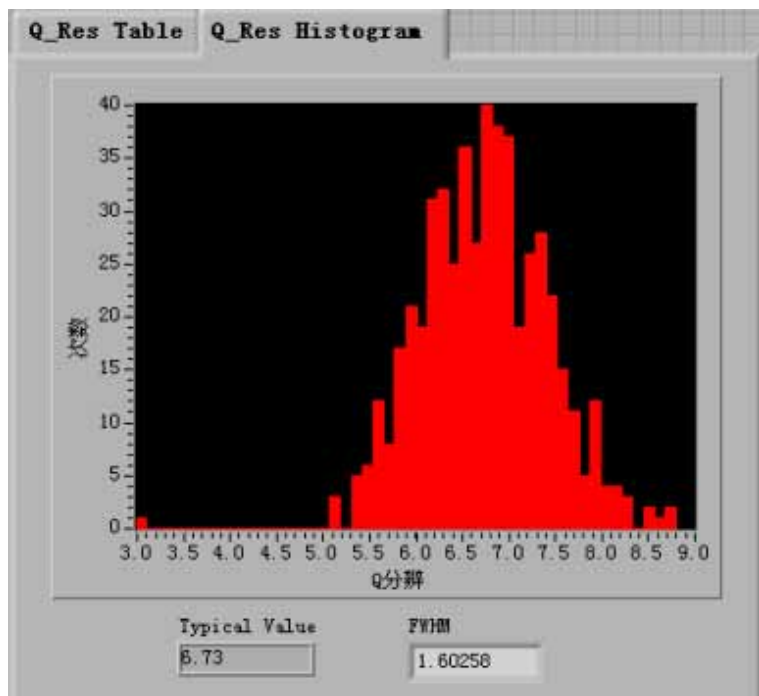
典型值 6.73 fc

设计值 8 fc

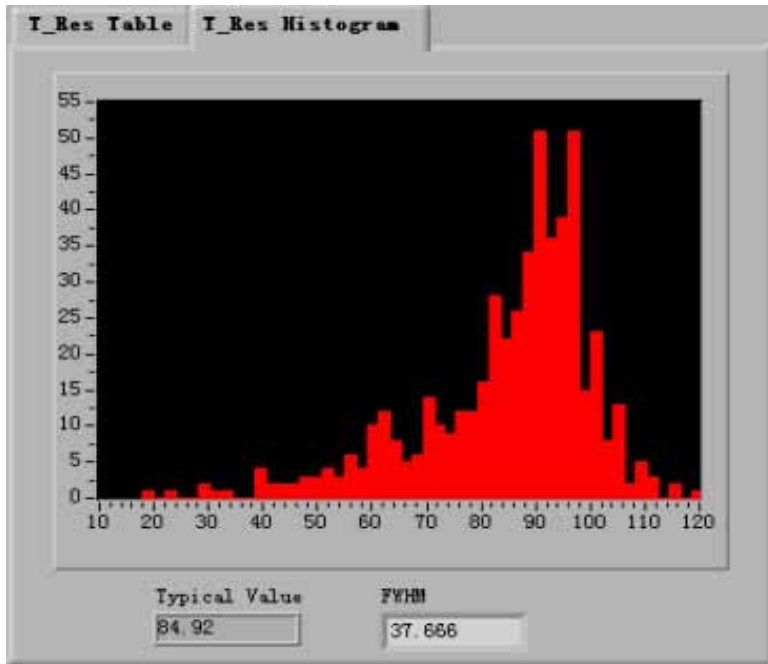
• 电荷积分非线性 :

典型值 0.67%

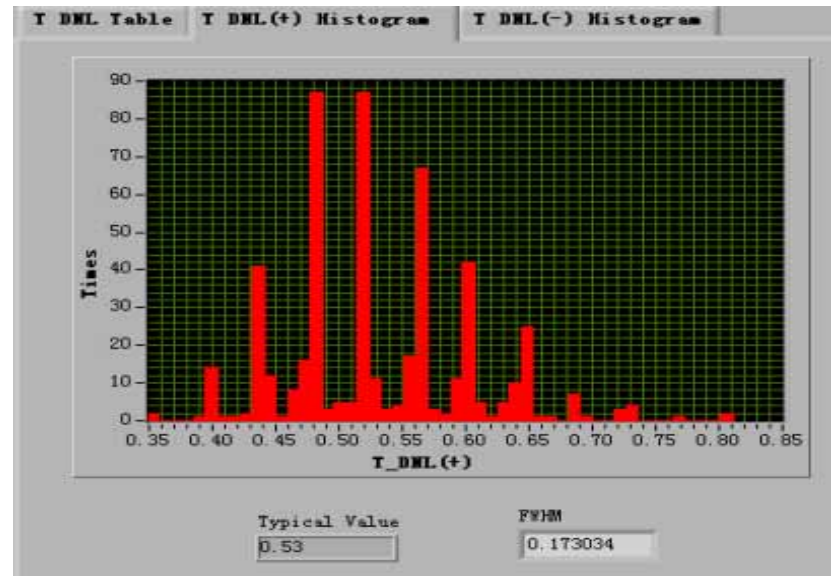
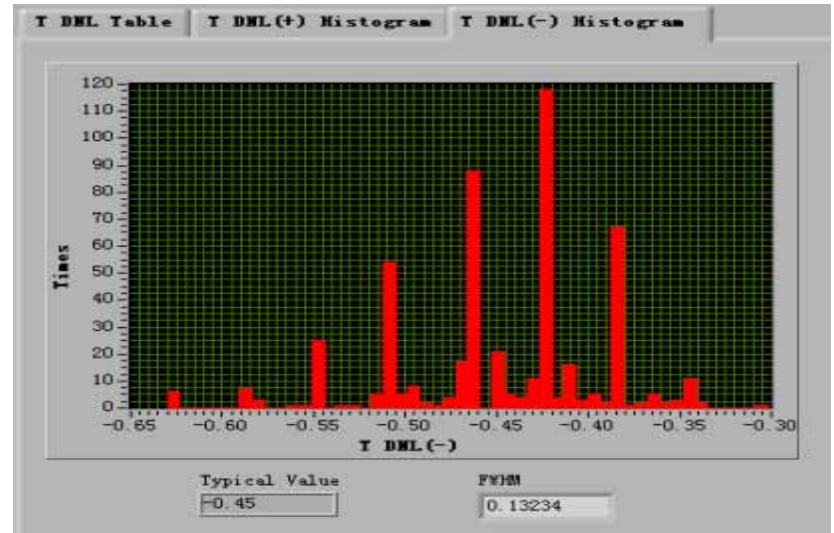
设计值 2%



- 时间分辨 σ_t
 典型值 85 ps
 设计值 0.5ns

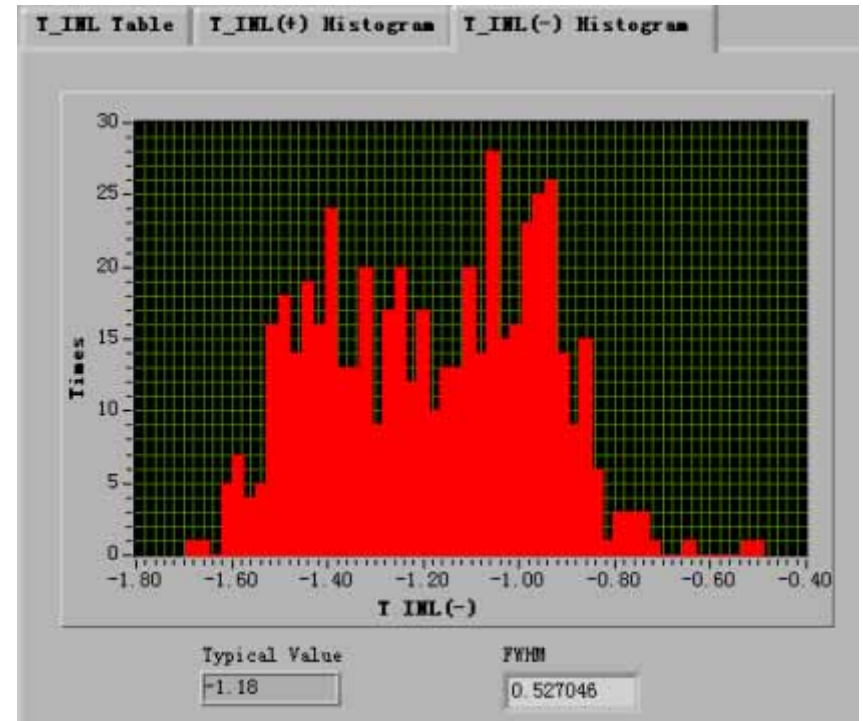
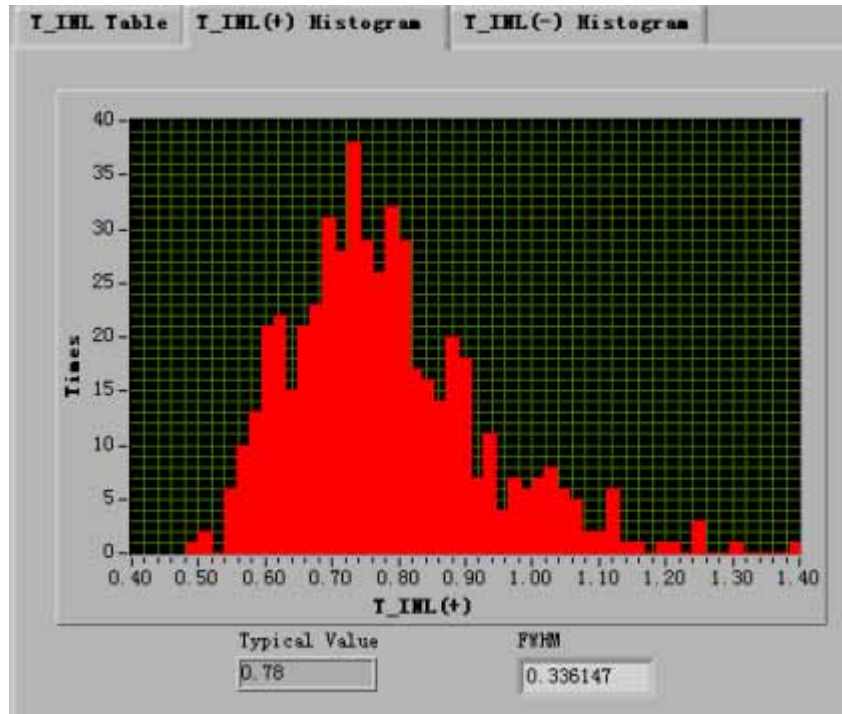


- 时间微分非线性 DNL
 典型值 -0.45 ~ +0.53 bin



- 时间积分非线性（随机触发型）

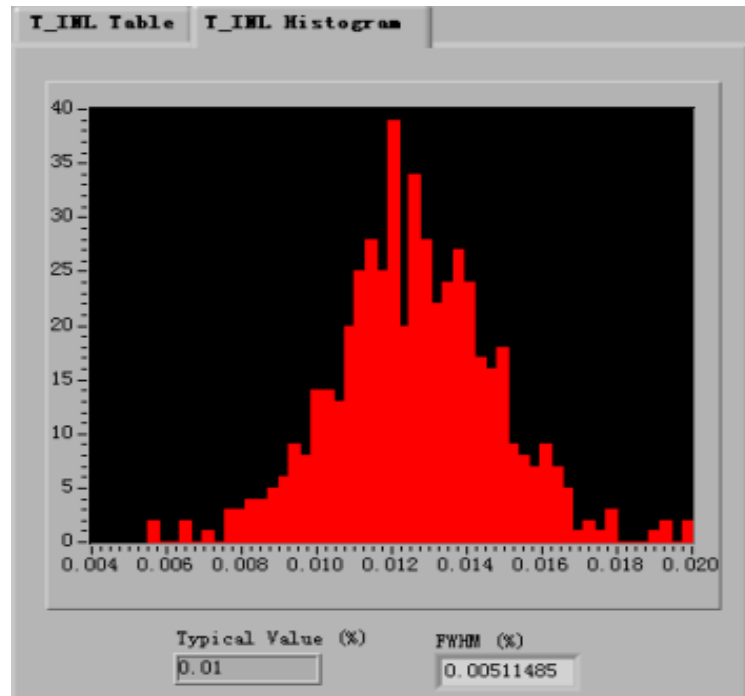
典型值 + 0.78 bin ~ -1.18 bin



- 时间积分非线性（常规型）

典型值 $\leq 0.02\%$
(0-500 ns)

设计值 0.5 %



- 电荷通道串扰

测量方法：512个通道中，511个通道加满刻度信号。
被测的一个通道不加信号。
观测对被测道的影响。

测试结果 $0.78\text{‰} < 1\text{‰}$

- **时间通道噪声水平测试：**

当高、低阈设置在 $\sim 45\text{mV}$,
运行1000次，各道噪声误触发次数为 0。

(高、低阈调节范围 0 - + 4V)

折合到前放输入端，等效输入噪声电压：

$$V_{\text{ref}} < 20\mu\text{V}$$

- **时间通道串扰：**

测试方法：512通道都不加信号。任选一道为被测道。
观测该道噪声误触发为0时需加的阈值 V_1 ；
被测道不加信号，余511道加满刻度信号。
再次观测被测道噪声误触发为0的阈值 V_2 。

测量结果： $V_1=35\text{mV}$ ； $V_2=40\text{mV}$

串扰很小。

● 运行速度

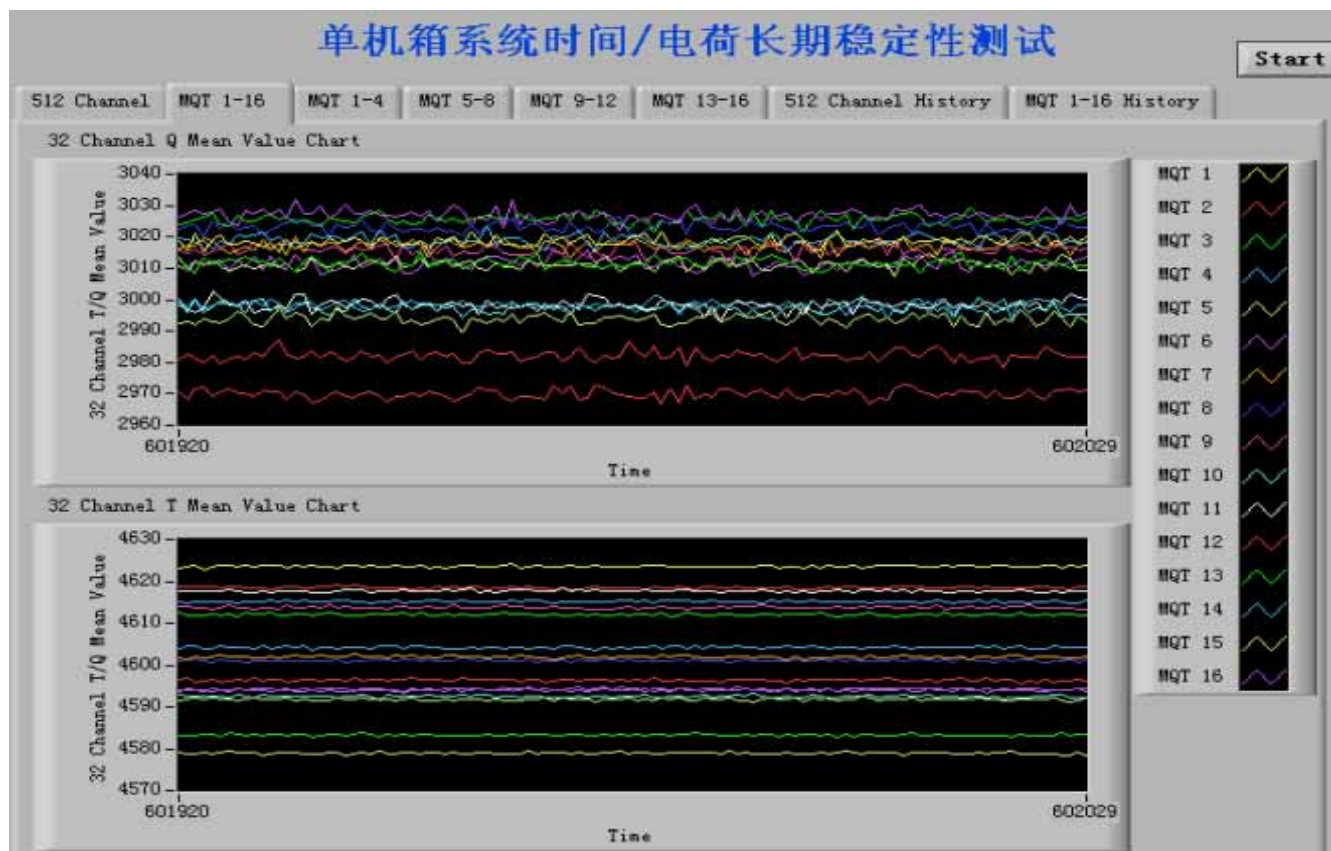
工作条件： 校准刻度方式。512通道全加信号。

Trigger rate：1.3KHz

等效事例率(10%着火)：> 10KHz

VME读出速度：5.8MB/S

● 长期稳定性观测



三. 问题和体会

(1) 在512小系统测试中，发现了一系列问题。

稳定性，死机等。（江晓山另有报告）

(2) 长期稳定性检测很重要。时间要足够长。

第一批MQT连续运行3天后，问题陆续出现。

应确保5天连续运行不出故障。

前放很难更换。故障须通过长稳测试早期排除。

(3) 焊接问题，要充分关注。一次教训。

(4) 工程无小事。须环环把关。

隐患产生于疏忽和认识不足。

四. 下阶段计划

1. 继续完成前放的测试；MQT插件的投产和测试；重点观测长期稳定性、可靠性。
2. 完成大批量电缆的装配和测试。
3. 6800个通道参加MDC宇宙线实验的准备工作。
 - 全系统经受检验。极好的机会。
在大厅安装前多暴露问题，解决问题。
 - 一次只接通相应扇区八个机箱的电源。
更换扇区后接通另八个机箱。
 - 外室和台阶前放板高压信号线的焊接、涂漆和清洁处理；
内室前放板高压信号线的现场焊接和处理。

五. 感谢

- 感谢Trigger、DAQ、技术支持组安排人员参加值班：

王梨兵 陈锡辉 张书华 王 靛 雷广坤

刘英杰 赵旭东 卢云鹤 魏书军 龚文煊

武秋实 李 陆 蒋文奇 乔 巧 王 强

- 感谢DAQ组的支持和合作。
- 感谢慢控制的支持和合作。
- 感谢中心领导的关心和支持。

Trigger后插卡的影响：

1. 对时间

当无此卡，噪声触发率 = 0时的阈 = 40mv；

加6个此卡后，噪声触发率 = 0时的阈 = 50mv。

等效阈(RMS) = 实际阈/800/3

2. 对电荷分辨

影响很小。