

与美国 Canberra 公司进行
技术座谈情况介绍
——核谱多道—计标机系统——

中国科学院上海原子核所图书馆

1978年8月

目 录

- 一、技术座谈概况
- 二、Si(Li)、Ge(Li) 探测 $\square$ 及前置放大 $\square$
- 三、小型多道分析 $\square$
- 四、核谱多道—计标机系统
- 五、低本底 α/β 测 $\square$ 装置、人体剂 $\square$ 分析系统及铀、钍分
段扫描测 $\square$ 系统
- 六、目前国际上多道—计标机系统的生产特点

一、技术座谈概况：

1978年7月20日至21日由中国机械进出口总公司组织有关单位与美国 Canberra 公司进行了三次技术座谈。参加座谈的美方人员有该公司付总经理 R. T. McKernan 及设计工程师 E. Fisher。

在三次座谈中，他们分别介绍了该公司生产的 NIM 系列插件；Ge(Li)、Si(Li) 探测口及前置放大口；小型多道分析口 8100、8180 及 S-30、S-80 系列；核谱多道计标机系统 (QUANTA、SCORPIO、JUPITER) 以及低本底 α/β 测算装置；人体剂算分析系统；铀、钍分段扫描测算系统等，介绍了系统及软件方面的情况，对于在订货合同中存在的一些具体问题在座谈中也进行了较详细的讨论。同时还介绍了国外多道计标机系统的生产特点。

通过座谈，了解到了国际上有关多道计标机系统方面的一些情况以及 Canberra 公司生产的 S-80、JUPITER 等新系列的主要特性。

该公司生产的核子仪口及测算系统主要用于核电站、核燃料生产、核物理研究，低本底环境保护监测，健康物理学以及教育等领域。

技术座谈中，美方所谈及的一些情况，对我们的工作将会有一定的参考价值。

这份技术座谈小结是根据本人技术座谈摘记以及有关资料整理而成，我们对其中的有些提法，领会不一定正确，再加上时间较仓促，文中错误不当之处望读者指正。

二、Ge(Li) 及 Si(Li) 探测口

1. Ge(Li) 探测口：

Canberra 公司是可靠的。高性能的 Ge(Li) 探测口系统的主要供应者，每年向世界各国包装、发运的 Ge(Li) 探头达几百个。

(1) Ge(Li) 探测口的应用：

Ge(Li) 探测口主要用于测算 50Kev - 10Mev 的 γ 射线，当然

特殊型号的 Ge(Li) 探测口可用于测能段，但一般用途的 Ge(Li) 探头不大适合于 $< 50\text{Kev}$ 的谱仪中，原因是探测口表面附近电荷收集效果差，表面存在能易损耗的死层。Canberra 公司提供几何尺寸范围很宽的探测口，并可根据实际需要选择低温装置结构。

(2) Ge(Li) 探测口的几何结构：

目前市场上销售的大众产品有二种：双端式及单端式。如图 (1(a)(b)) 所示。

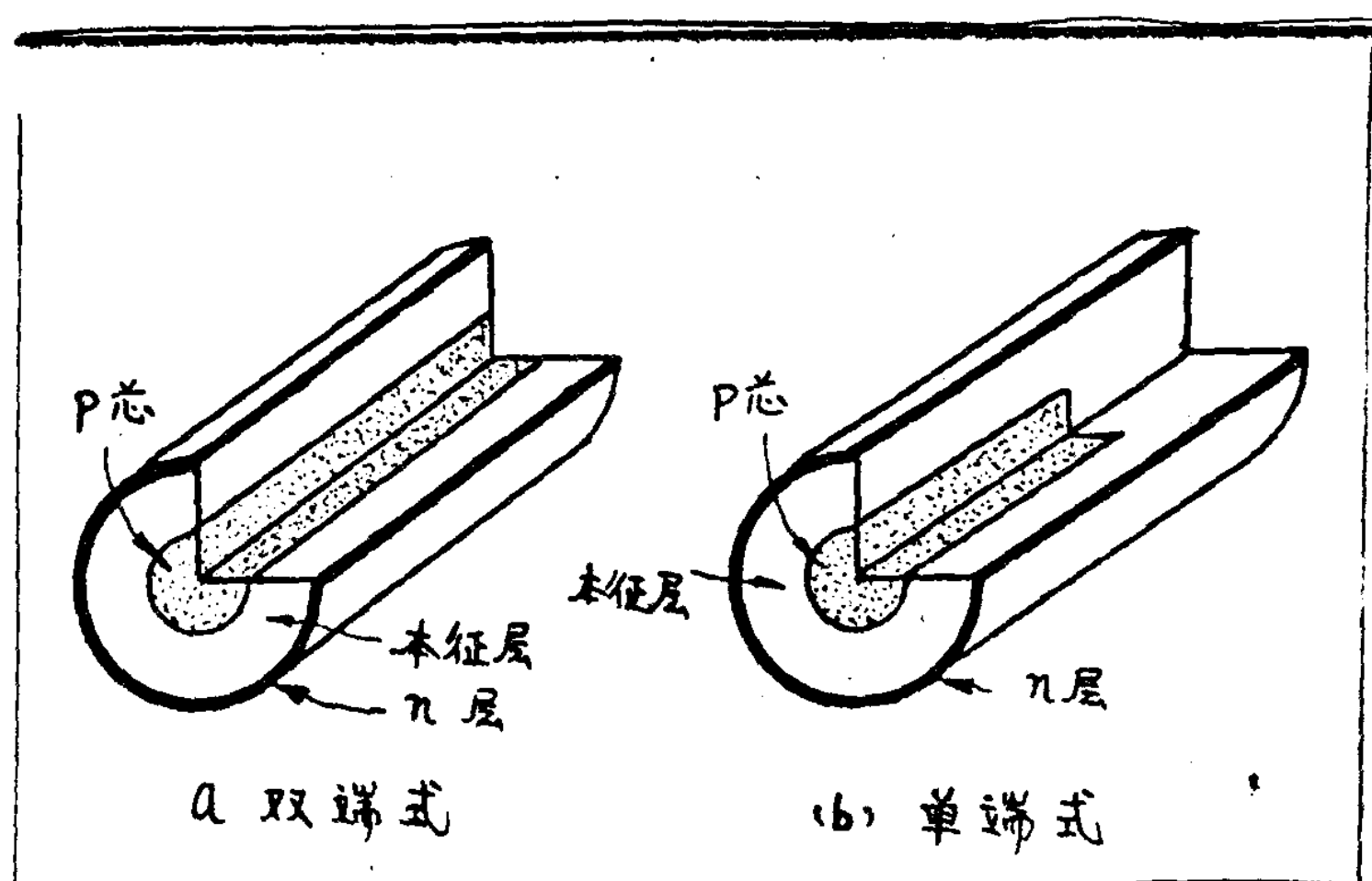


图 1 同轴探测口的典型结构

双端同轴探测口的不足之处是面对样品的头前部中心位置有一个不灵敏的 P-芯。而单端式则提供一个较为一致的有效灵敏区的横截面。当样品远离探测口 ($> 25\text{cm}$) 时，二者区别不大，但当测易封在端帽上的小样品时，这一点就很重要。

另外，在双端同轴探测口中，死层的稳定性对探测口寿命来说会成为一个问题，而单端式则没有这种死层生长的问题。

(3) 在快定时测易中的应用：

在一些实验中需要知道探测口的极限分辨时间。双端式探测口由于

其辐射状电场，能给出比同样的单端式探测口为好的时间特性。后者在闭端有轴向电场分量，因而在这一区域电场的吸引力较小。这二种结构在时间特性上的差异在 $\sim 1\text{ ns}$ 左右 (FWHM)。典型特性见图 (2 a.b)

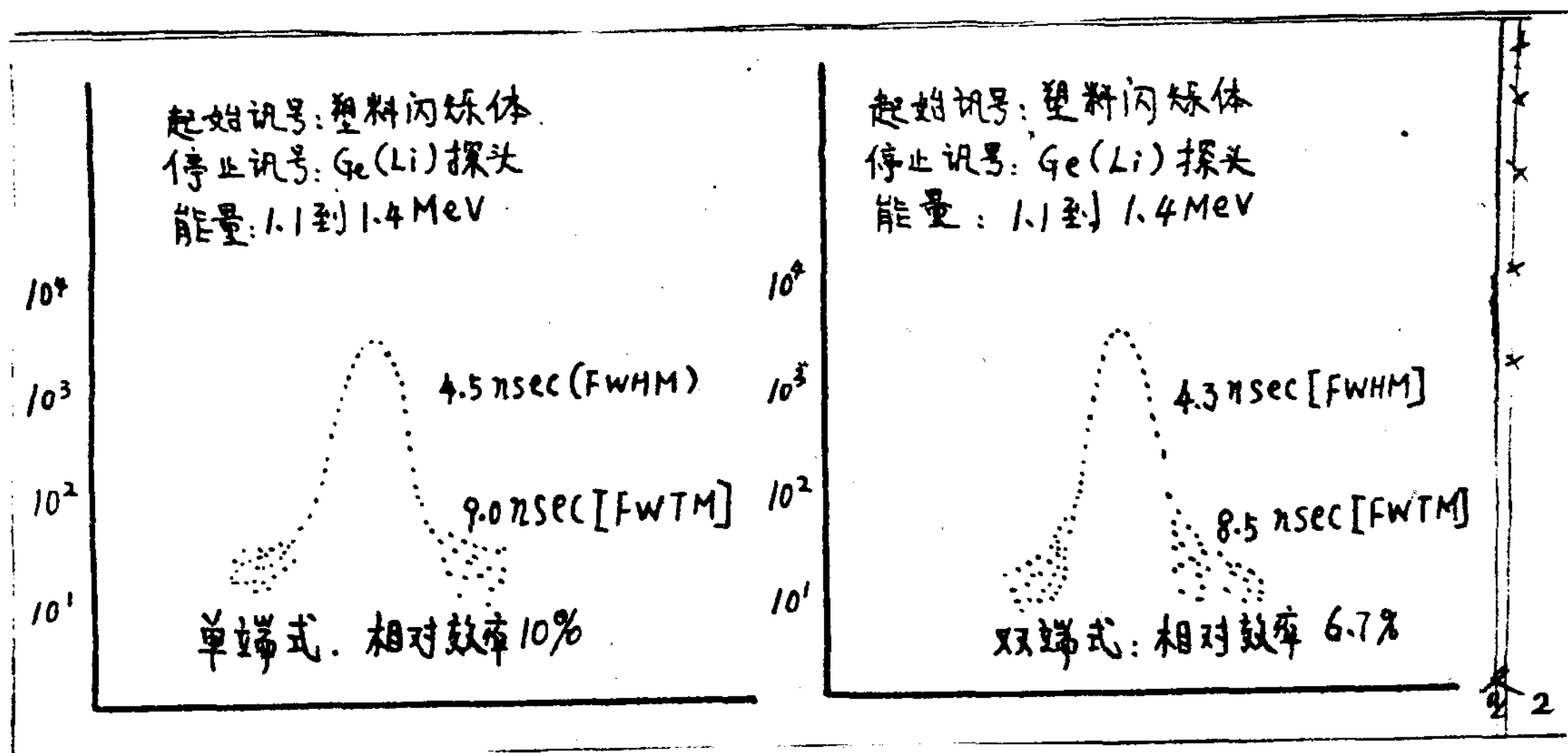


图2 同轴探测口的时间分辨特性

假使要考虑时间特性的话，最好特别指明指标，以保证厂家在不考虑几何选择的情况下提供合适的探测口。

(4) 技术特性:

Ge(Li) 探头的技术指标几乎都是对 Co^{60} 1.33 MeV 能峰来说的。一方面这种源来之容易，另一方面，它有一个 1.17 MeV 的峰可作校正。

① 相对效率:

这是 1.33 MeV 光子用 N. B. S 校正源放在 2.5 cm 远处时的全能峰效率。它要被 $3' \times 3'$ NaI (Tl) 的绝对效率除。用百分比表示。

② 能分辨率 (Kev):

它是在给定能分辨情况下的线宽或峰宽。用 FWHM, FWTM 表示。

③ 能峰对康普顿峰的比:

它定义为峰高被对应的二个边带间康普顿坪值除。对 Co^{60} 来说，IEEE。标准测试方法规定对 $Ge(Li)$ 探测口来说，康普顿坪值是 $1040Kev - 1096Kev$ 。它用比值表示。

④典型的 $Ge(Li)$ 探测口特性指标：

市售的探测口，效率 $10 - 25\%$ ，能量分辨率 $1.8 - 2.1Kev$ (FWHM)。表1，表2，列出了一个正园柱体单端式漂移探测口的指标，其直径为 $53.5mm$ ，P-芯直径 $12mm$ ，闭端对窗口，长度 $43mm$ ，对窗活性区面积 $22.5cm^2$ ，离窗距离 $5mm$ ，最后按装前的面电阻率 $0.10 - 0.15 \Omega/cm$ ，n层厚度 $1.0mm$ 。

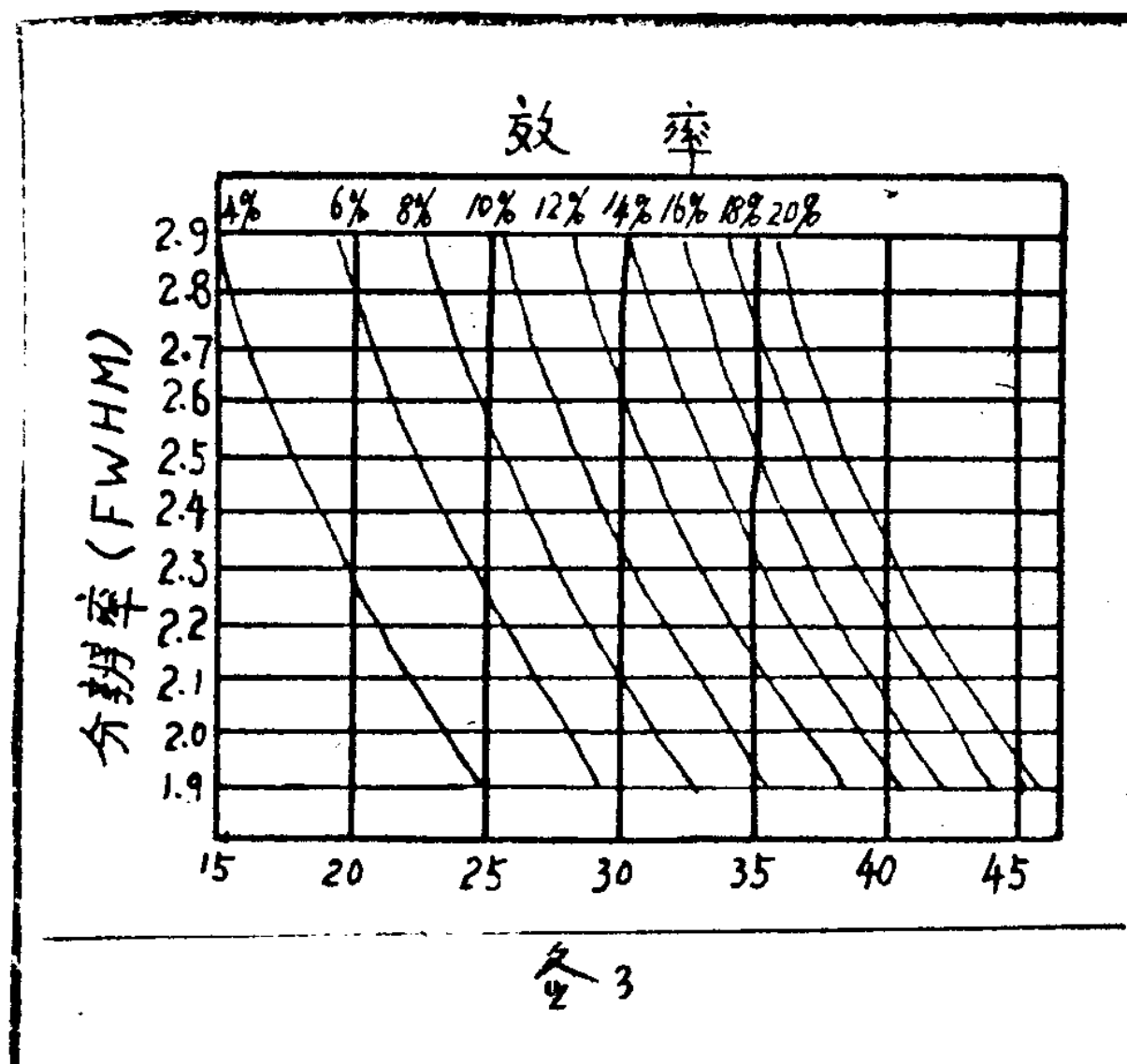
表1 漏电流及电容 (正园柱体单端式漂移探测口)

偏压 (V)	漏电流 (n Amp)	电容 (Pf)
100	0.01	33
500	0.01	28
1000	0.01	21
1500	0.01	21
2000	0.01	18
2500	0.01	18
3000	0.01	18

表2 分辨率及效率 (正园柱体单端式漂移探测口)

放射源	Co^{57}	Cs^{137}	Co^{60}	Th^{232}
能量 (Kev)	122	662	1332	2614
FWHM (kev)	0.95	1.48	1.73	2.71
FTM (kev)	1.78	273	3.45	5.53
峰/康普顿坪值		65/1	45/1	32/1
效率 %			20 %	

图3. 表示了峰/康普顿坪值与探测口分辨率及相对效率之间的函数关系。(能量 1.33MeV)。



(5) Ge(Li) 探头的附属设备。

对所有 Canberra 新探头，配用 2001 型电荷灵敏前放。1786 型液氮监督口，对低于允许的液氮水平给出可听到的及可见的报警讯号。(见图 4)前置放大口有二种结构。2001 为直流耦合，2001 A 为交流耦合。

2001/2001A 前放的设计特点是：① 输入级采用超高阻抗 FET。② 采用极另外补偿技术，输出脉冲后沿时间常数 $50\mu\text{s}$ 。③ 能量—输出幅度转换系数为 $100\text{mV}/\text{MeV}$ 或 $500\text{mV}/\text{MeV}$ 可调。④ 在室温下工作，2001 噪声 $< 600\text{eV}$ (FWHM, $C_s=0\text{pF}$, 主放 $2\mu\text{s}$ 丰高斯成形)。二者之间的差别是由于后者探测口偏置电阻噪声和附加电容引起的。计数率容易： $\text{Co}^{60} 1.33\text{MeV}$ 能峰。 $> 200,000\text{P.P.S}$ ⑤ 上升时间 $< 40\text{ns}$ ($C_s=0-30\text{pF}$)。⑥ 偏置高压 $0-5000\text{VDC}$ ，上升速率不限，因为高压沪波电路有 10S 的时间常数 (沪波电阻 $10\text{KM}\Omega$)，足以保护探测口。⑦ 电荷灵敏度 $2\text{V}/\text{库仑} \times 10^{-12}$ 。

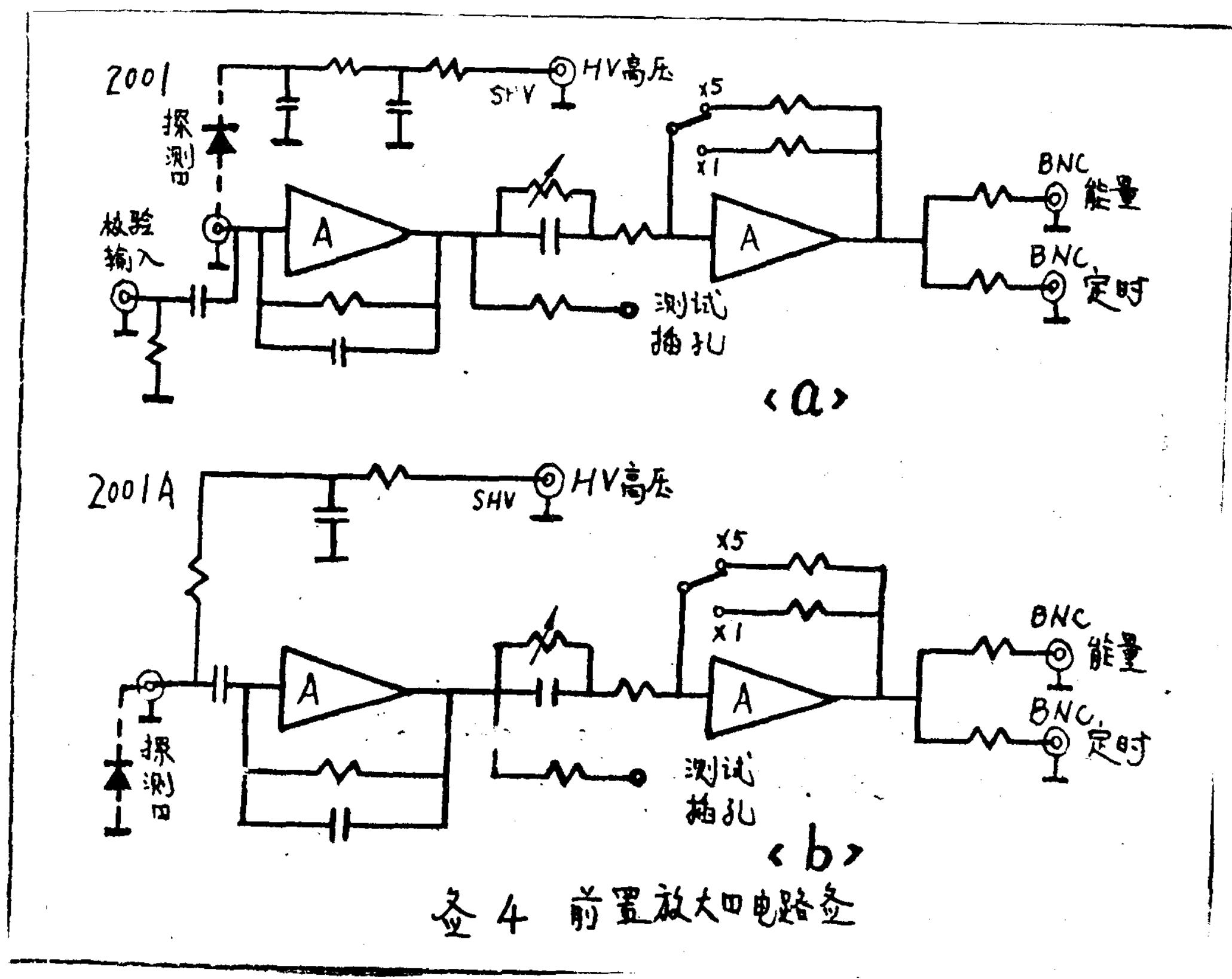


图 4 前置放大器电路

2 Si(Li) 探测器:

Canberra Si(Li) X-射线探测器系 X-射线谱仪系统的核心，是 P 型硅锂漂移或补偿形成的 PIN 器件。Canberra 制造的探测器保证高效率和优良的长期稳定性。

Si(Li) X-射线探头是探测器系统总体的一部分，系统组成包括低温装置、低噪声前放及与它相联系的电子学线路，由于这些因素，探头的性能不能孤立开来阐述，因为系统特性也包括电子线路及低温装置的贡献。

(1)整个装置包括:①各种型式低温装置;②1708型前放;③1713谱仪放大;④1764谱线增强;⑤1785型系统报警;⑥1786型液氮监督;⑦3001或3005型偏置电源。

(2)Si(Li)探测口的典型技术指标如下:

型号	面积 (mm ²)	灵敏深度 (mm)	分辨率 (对 5.9Kev)
7313	10	3	160 ev (FWHM)
7333	30	3	170 ev
7383	80	3	185 ev

FWTM 不大于 2 倍 FWHM。

与 Si(Li) 探头配用的 1708 前置放大,它是输入端 FET 及反馈元件致冷的一种电荷灵敏放大,其余的电子线路部分在室温下工作。1708 是不能和探测口分开单独使用的。为获得低噪声,仪口采用脉冲光反馈形式。1708 配用 1713 半高斯成型的主放大。1708 也采用极另补偿技术,时间常数 50 μ s。电荷灵敏度 $\sim 800 \mu$ V Per kev

3. Canberra 的低温装置:

Ge(Li) 探头用的液氮瓶有 7500 (探测口垂直于地平面); 7600 (探测口平行于地平面); 7905-10, (7905-15) (探测口装于液氮瓶侧面水平方向); 7906-10, (7906-15), 探头装在液氮瓶下面垂直方向上; 7550 按装时则为 45° 倾斜。液氮容量为 10 升, 30 升二种。

Si(Li) 探头配用之液氮瓶有 7901 (水平方向), 容量 5, 7.5, 10, 15 升; 7902 型, 下方垂直按装, 容量 5, 7.5, 10 或 15 升, 以及与 Ge(Li) 通用的 7500, 7600 型。

Canberra 低温装置与不同的地方是, 真空密封采用了金属—金属直接压紧的方式, 它保证了真空的维持, 没有采用塑料、橡胶或

其它衬垫材料，可以避免常见的老化、开裂、漏气等现象。在选用低温装置时，7902，7906-10(7906-15)因导冷棒装在液氮瓶下方，常易引起液氮蒸发时气泡爆裂所带来的振动，使噪声增加。

4. 常见故障：

Canberra生产的Si(Li)探测器一般寿命3-4年。

Ce(Li)，Si(Li)系统常见的损坏事故是FET烧坏。其主要原因是：预热不当；中子损伤；高压使用不当，导冷棒、前置放大器上的水滴引起的放电等。FET本身失效的则并不多见。

三、小型多道分析器：

Canberra公司生产的小型多道分析器可分为便携式(OMEGA-1, 或4100 $\frac{A}{B}$ $\frac{C}{C}$)、小型(810Q, S-30)、智能多道(818Q, S-80)、插件式ADC(8822, 8823)等几类。

型号	OMEGA--I (4100--A, B, C)	8100	S-30	8180	S-80	8822(8823)
类型	便携式	小型	小型	小型智能多道	小型智能多道	内部插入式
附件	放大口/单道 带内部高压 0~3KV	放大口/单道	高斯型谱放大口/基线 恢复口 内部高压0~±2KV 0~2mA	谱放大口 脉冲抗堆积/活时间 校正,基线恢复口	谱放大口 脉冲抗堆积/活时间校正, 基线恢复口	可配外部谱放大口 (8821)
ADC	50 MC 2048道ADC	50MC 4096道ADC 100MC 8192道ADC	50MC 2048道ADC (或100MC)	50MC, 8192道ADC (或100MC)	100MC, 8192道ADC	50MC, 8192道ADC (或100MC)
内存	A挡: 256道(MOS) B挡: 512道(MOS) C挡: 1024道(MOS)	-1K: 1024道 -4K: 4096道(磁芯) -4KS: 4096道(MOS)	1024道 半导体存贮口	1024道 MOS 或4096道 磁芯	65Kb 程序存贮口 6K~48Kb 数据存贮口	可配 存贮口
显示	4.5"(方形)	5"(矩形)	9"大屏幕	5"(矩形)	12"大屏幕	可配显示口
组成 典型 系统	NaI(Tl) γ分析系统	Ge(Li) 高分辨率γ 分析系统 组成QUANTA系统	组成NaI(Tl)和高分 辨率γ分析系统	带微处理机的 Ge(Li) 高分辨率 γ分析系统	组成JUPITER 系 统	组成SCORPIO 系 统

2 系统联结：(图5, 图6)

8100 或 8180 均可以单独操作, 也可以和 SCORP10 相联, 只是和 CPU 的接口不同。8100 可以独立于 CPU 之外单独操作, CPU 和磁盘连接进行分析, 通过二条总线进行串行传递。

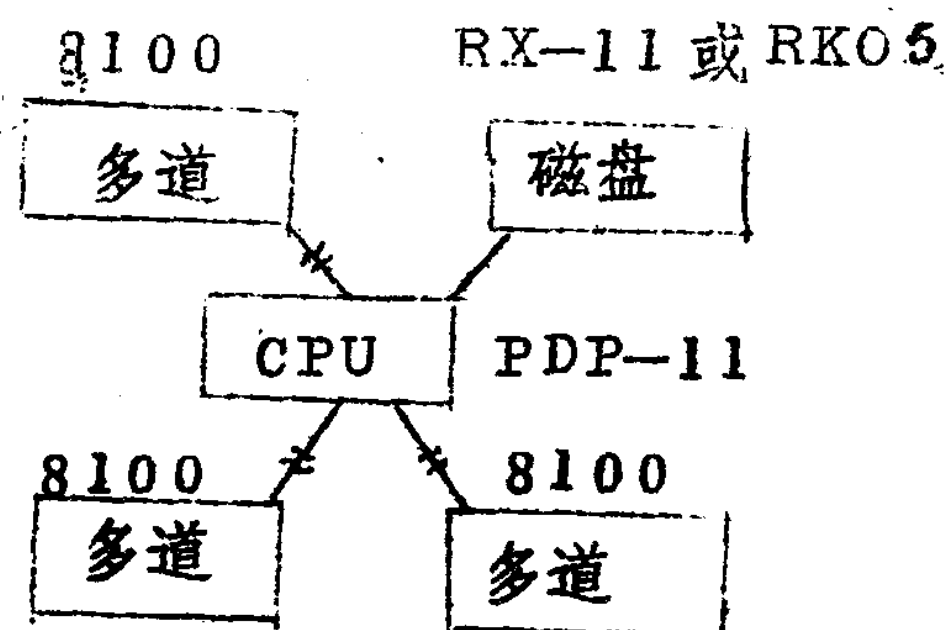


图5 系统联结(8100)

它对4096道获取时间要70秒, 是一个较慢的系统, 但是CPU和8100之间可以相距1千米以上, 进行远距离控制。这样, 可以由CPU控制几台8100, 在CPU不工作时, 8100仍可以独立工作。(联用SCORP10系统则和ADC等硬件必须紧密地放置在一起)。

S-80: 较8100灵活性大得多, 但在变动程序的灵活性上不及SCORP10系统。它带有三只微处理机, 本身就是一个带有微处理机的专用小型计标机系统。

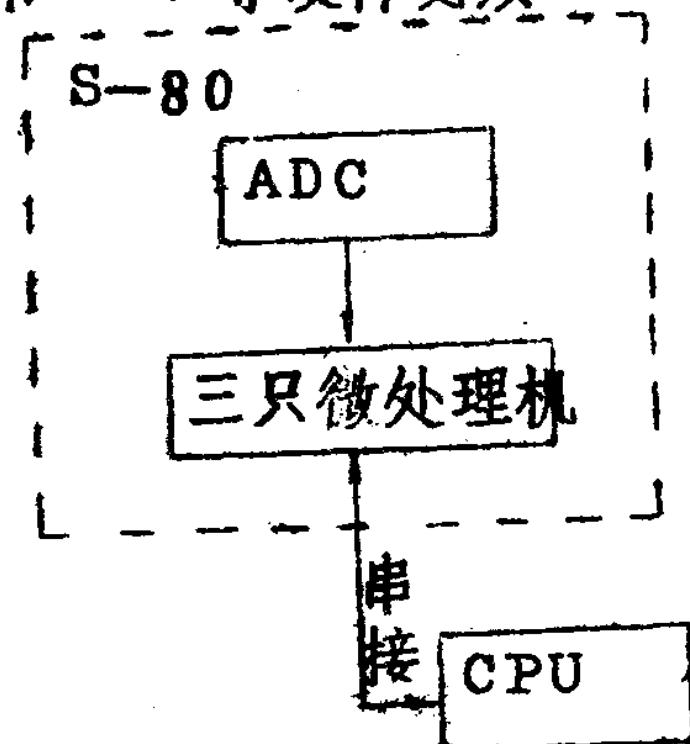


图6, 系统联结(S-80)

标准的S-80可以完成定标、多功能分析, 可以和8只ADC连接进行多路输入工作, (由一只混合器来选择)。比如, 一只ADC用作校正, 另一只ADC用作I/O。

和8100一样, 它也是采用串接传输形式, 有二根总线接到DATANIM。对4096道获取数据的传输速率总共也需要70秒。

3. S-80 智能多道分析器:

包括: (1)模/数转换器及多定标器:

① 100MC 8192道 ADC 模/数转换器

② 20 MC MCS 多定标单元

③ DMA 直接数据通道

- ④全部程序控制电路
- ⑤谱放大口/基线恢复口
- ⑥脉冲抗堆积口/活时间校正口
- ⑦四路输入混合口/选择口

总线:

有主总线 and 显示、获取总线二条总线, 可与 PDP-11 计算机串行相连。

(3)大规模集成电路微处理机:

- ①主控微处理机 (M.C.P.)
- ②显示及获取微处理机 (D.A.P.)
- ③二进制单片微处理机 (E.S.P.)

(4)只读存贮口:

- ①多任务控制及分析只读存贮口 (MTC & A.ROM)
- ②显示及获取只读存贮口 (D.A.ROM)
- ③微码只读存贮口 (μ -Code.ROM)

(5)随机存贮口:

- ①随机程序存贮口 (P.RAM) (容量: 65 Kb)
- ②随机数据存贮口 (D.RAM) (容量: 6K ~ 48 Kb)

特点: (1)具有 8180 智能多道分析口的全部功能。

(2)可与 PDP-11 系列计算机配合构成 JUPITER 系统, 但它采用串接传递形式, 获取速度较慢。

(3)S-80 可以单独使用, 具有智能终端的数据处理能力, 键盘操作方便, 具有较宽的谱分析功能。

(4)可包括谱放大口/基线恢复口, 脉冲抗堆积及活时间校正口, 以构成高分辨率 γ 分析系统。

S-80 基本结构可见(图8)

4, 8080 快速 ADC: (图7)

采用快速并行转换式, 转换时间
7~11 μ s, 平均 9 μ s, 和地址无
关, 可同时转换 8 bit.

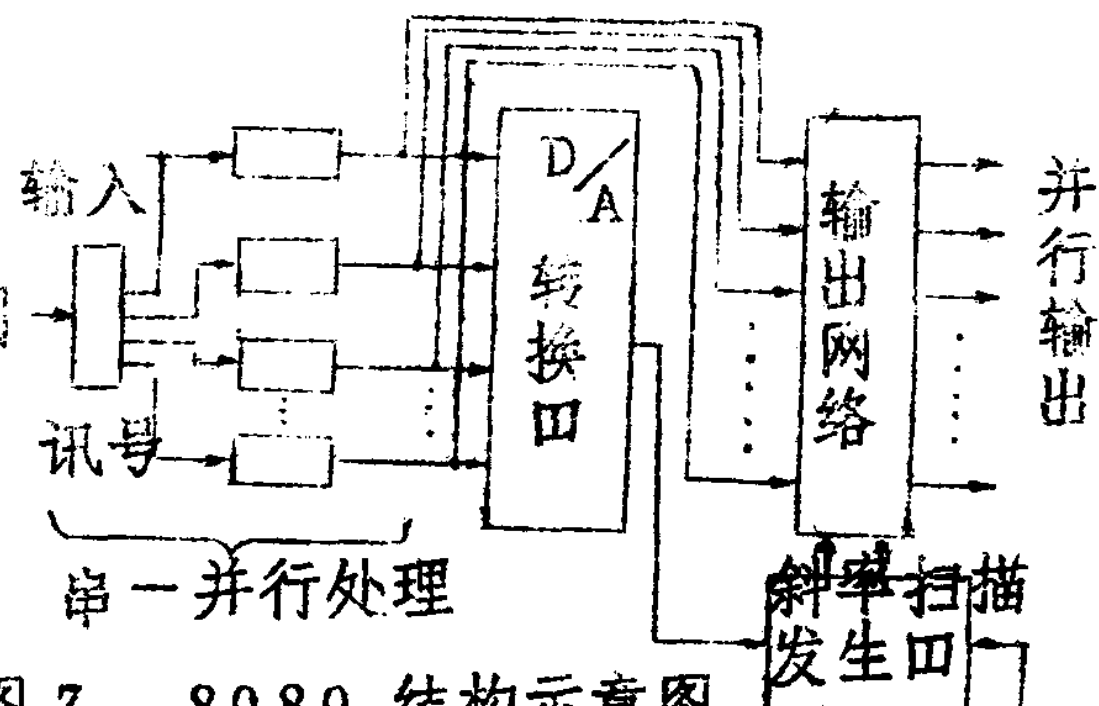


图7 8080 结构示意图

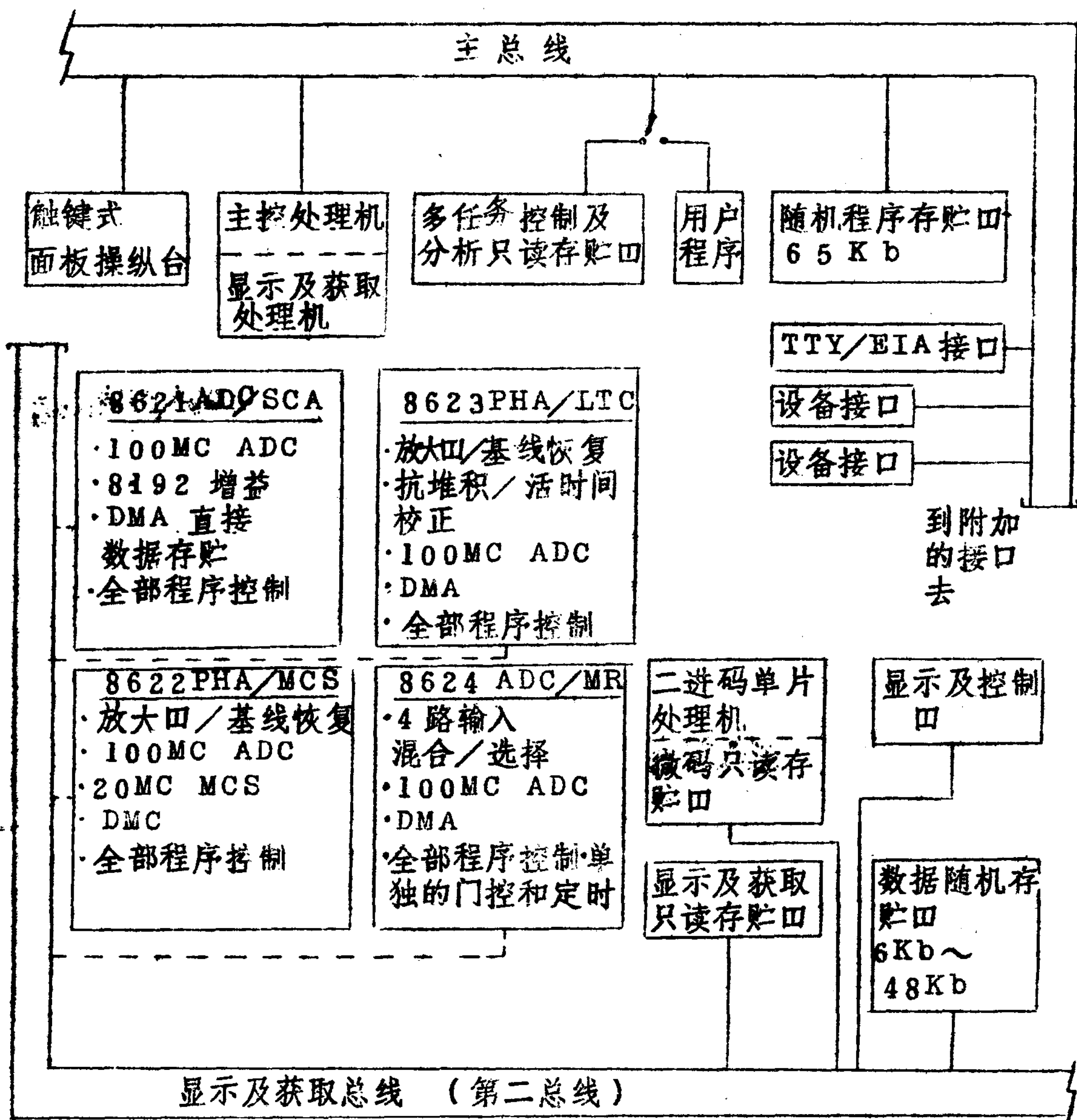


图8 S-80 多道分析器连接逻辑图

5, 小型多道及 ADC 的一些指标:

分类	型号	系统连结	主时钟频率	微分线性	积分线性	漂移 (满刻度)
NIM 系列 ADC	8040	NIM 插件	50 MC	$\pm 0.75\%$	$\pm 0.025\%$	$\pm 0.01\%/^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.01\%/24\text{小时}$
	8060		100 MC	$\pm 0.75\%$	$\pm 0.025\%$	
	8070		50 MC	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.025\%$	
	8070A		100 MC	$\pm 0.75\%$	$\pm 0.025\%$	
	8080	可配系统	(9 μs)	$\pm 1\%$	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.025\%/50\text{KC}$
NIM	8822	配 SCORPIO	50 MC	$\pm 0.75\%$	$\pm 0.025\%$	$\pm 0.01\%/24\text{小时}$
小型 多道	S-30		50 MC	$\pm 0.9\%$	$\pm 0.75\%$	$\pm 0.01\%/^{\circ}\text{C}$
	8100	配 QUANTA 系统	50 M 或 100 MC	0.70%	$\pm 0.025\%$ (8192道)	$0.01\%/^{\circ}\text{C}$ $0.01\%/每天峰位漂移$
智能 多道	8180		50 MC 或 100 MC		$\pm 0.05\%$	$0.05\%/^{\circ}\text{C}$ $0.01\%/24\text{小时}$
	S-80	配 JUPITER 系统	50 MC 或 100 MC		$\pm 0.025\%$	
便携式	OMEGA -1	NaI γ 谱仪	50 MC (2048道)	$\pm 0.5\sim 1\%$	$\pm 0.025\%$	$\pm 2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$

四、核谱多道—计标机系统：

／ SCORP10 { 2000 系列：
 \ 3000

(1) SCORP10—2104 的特点：(图 9)

(1)结构上 CPU 和 ADC 需要紧密地放在一起，不能象 JUPITER 那样把 CPU 和 S-80 各放在相距很远的地方，通过 CPU 来统一控制。

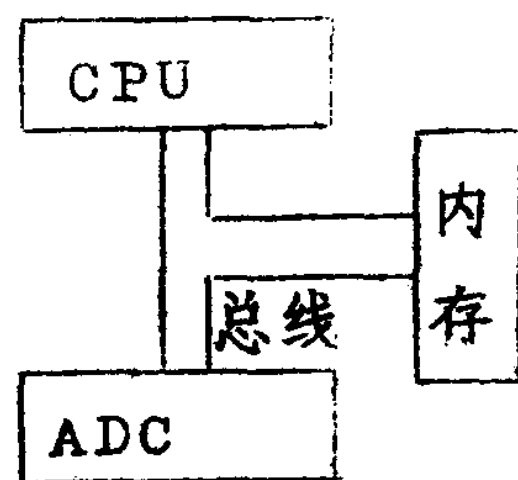


图 9 SCORP10—2000
连接图

(2)用单总线结构，所以数据的获取速度和内存的存取速度是相仿的，可以做到像对内存的读写那样，具有很高的灵活性。

(3) SCORP10 系统的开动，必须以计标机开动为前提，否则无法工作。

(4)总线和 ADC 的电子线路是连在一起的，数据的获取，存贮必须在内存占有一定的空间，这样做的结果，限制了数据的存贮，影响了内存的使用。

2. SCORP10—3204 的特点：(图 10)

(1)采用二条总线的结构，通过总线扩展口和缓存相连，谱数据的存贮可以用缓存，可以得到很快的获取速度，可以进行前／后台操作。

(2)每道的数据可以用 9 条指令来获取，时间约为 $10\sim 20\mu s$ 。

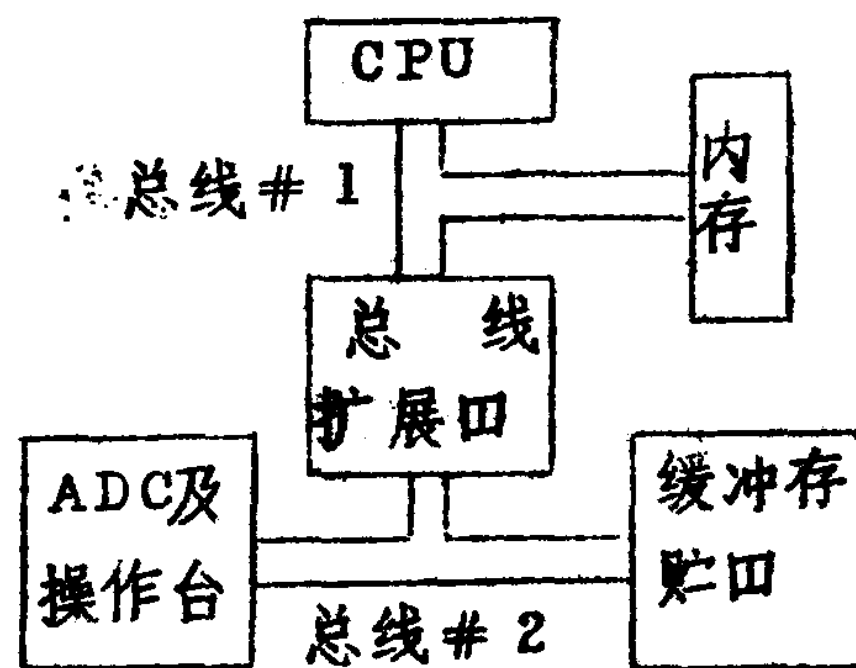


图 10 SCORP10—3000
连接图

所以，SCORP10 系统具有获取速度快，使用灵活，改变程序方便，以及运标功能强等优点，但是它们的硬件（CPU、ADC 及内存等）需紧密地放在一起。用户可以方便地用 FORTRAN 语言编写程序，数据获取也很容易，可以编一个快速程序来控制 MCA。

2 JUPITER 系列:

它是一个分时操作的多结点计标机网络系统。这个系统是由一只或多只多道分析器 (S-80) 和 PDP-11 系列计标机 (-34, -60, -70) 通过串行方式连接而成, 它可接用所有的 DEC 外部设备。

系统的基本结构请见图 11, 图 12。

(1) 可由一只 CPU (PDP-11/34, 11/70) 集中控制, 利用磁盘或磁带对数据进行分析, S-80 微处理机与 CPU 间采用串接结构, 因此获取速度较慢, 但是, 在实验室中, 采用这种串接方式的接口已经是足够强大的了。

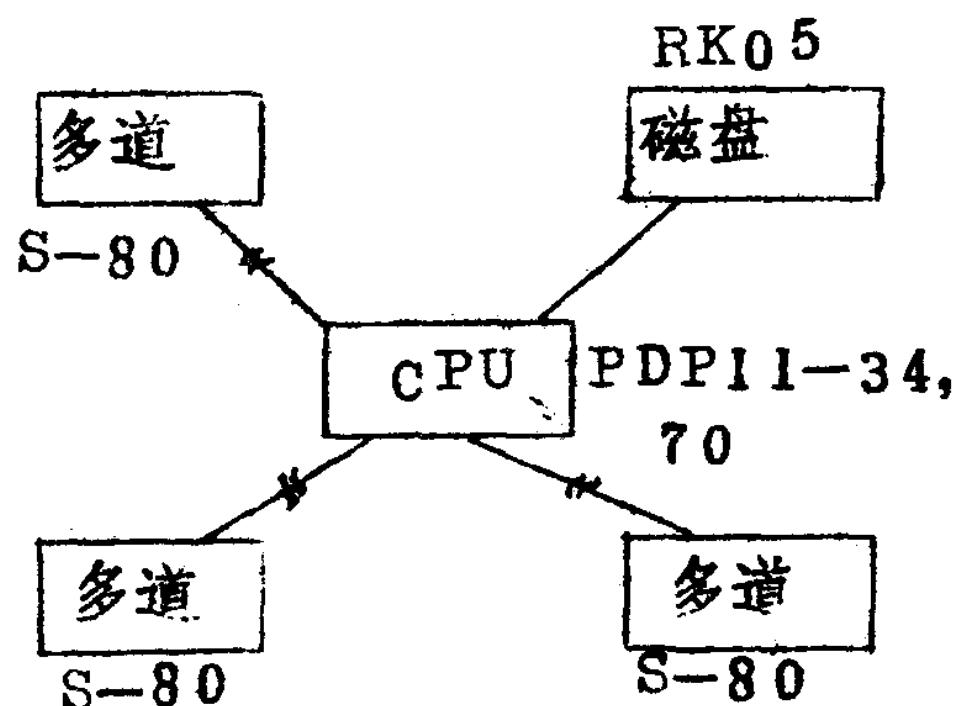


图 11 JUPITER 系列

该公司准备用一年的努力, 搞一个快速接口, 解决其连接问题, 做到 56 k码/分, 以提高数据传输的速度。

(3) 主计标机可配用 PDP-11/03, 04, 34, 35, 45, 60, 70。

(4) 传输距离: 多道和 CPU 之间电缆长度可以超过 1 千米。作为例子, 在荷兰的一个核电厂内, 已安装有这样的系统。多道和计标机分别放置在 2 个建筑物中, 它们相距 1 千米以上, 未发生什么问题。

(5) 系统所连用的软件: 可以采用 RT-11 F/B 实时、前/后台操作系统, 或 RSX-11M 多用户实时操作系统。程序语言可以采用 FORTRAN IV, BASIC 及 CLASS (RT-11)。

专用程序可以采用 RT/TSX 分时谱处理 SPECTRAN-F γ 谱分析软件, 它可以对 Ge(Li) 及 NaI 所测得的 γ 能谱进行数据处理和分析。另外, 还可以配用 ABACOS 专用程序进行人体剂身分析, 配用 CANSCAN 专用程序进行废物扫描分析。

这个新系统克服了 RT/QUANTA 及 SCORPIO 多道—计标机系统所存在的问题——在多用户使用条件下, 所出现的效率低或者不协调。