

影响正比计数管脉冲幅度的气体因素

徐芷菁 张良生 张英平 张家文

(中国科学院高能物理研究所)

摘 要

为了给一个大规模的正比计数管阵列供气,我们用模型测试了气体压强、温度、含氧量及成份的变化对脉冲幅度的影响,并进行了讨论,从而为管子的安排、气路连接、漏气要求、配气误差、允许氧杂质含量以及流量选择提供了设计依据。

一、引 言

本工作是为北京谱仪 μ 子鉴别器正比计数管阵供气系统设计而作的一些模拟实验,目的是研究气体因素对脉冲幅度的影响。因为脉冲幅度的大小实际上影响着 μ 子鉴别器电荷分配轴向定位误差。另外, μ 子鉴别器置于谱仪最外面,由吸收体和正比计数管阵组成,分三层安放,按每天换一个体积工作气体计,一天用气大约 24 m^3 。对这样大的正比计数管阵供气,必须为正比管的安排、气路连接、漏气要求、配气精度、允许氧杂质含量以及流量选择提供设计依据。为此,我们着重研究了气体压强、温度、氧含量及工作气体组份变化对正比脉冲幅度的影响。这方面的研究国外文献均有报导^[1,2]。

二、实验装置

实验中使用的是 $50 \times 50 \times 200$ 方铝管,管上开 $\phi 5$ 小孔,用涤纶薄膜封窗,阳极丝为直径 $47 \mu\text{m}$ 不锈钢丝。阳极丝加正高压,管壁接地。用 ^{59}Fe 的 X 射线源测量计数率坪曲线,选定计数管工作电压为 2.6 kV ,测量电子学框图如图 1。

图 1 中阳极丝信号经前置放大器放大,再通过主放大器在多道上进行分析。所用的前置放大器为 FH-1047 A 电荷灵敏放大器(北京 261 厂生产),主放大器是 FH-1002 A 型线性放大器(北京 261 厂生产),多道是 FH 451 1024 道脉

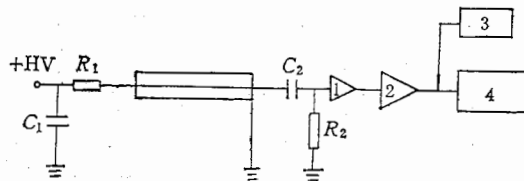


图 1 测量电子学框图

- 1 前置放大器 2 主放大器
3 示波器 4 多道分析器

冲幅度分析器(北京 261 厂生产),使用的放射源是 $100 \mu\text{C}$ ^{59}Fe X 射线源。工作气体是

20% CH₄ + 80% Ar.

三、实验结果

(a) 压力对正比信号脉冲幅度的影响

气体系统如图 2 所示。采用微调阀改变室内气压,从 U 形气压计读出气压,与此同时分别测量不同气压下相应的正比信号脉冲幅度,结果如表 1(a) 和图 3 中黑点所示。

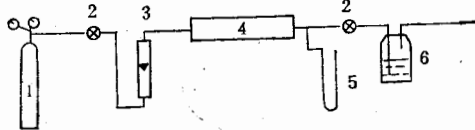


图 2 气体系统

- 1 混合气瓶 2 微调阀
3 流量计 4 计数管
5 U 气压计 6 气体观察瓶

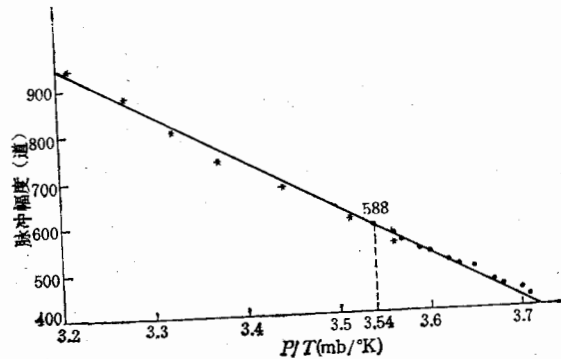


图 3 压力、温度与幅度关系曲线

- 见表 1(a) * 见表 1(b)

(b) 温度对正比信号脉冲幅度的影响

将计数器模型置于恒温箱内,计数器内压力为 1020.4 mb,改变箱内温度,当温度平衡半小时后,测量相应温度下正比脉冲幅度,结果如表 1(b) 和图 3 中星号所示。

表 1(a) 一定温度下,脉冲幅度随压力的变化

Δp (水柱 cm)	2.5	7.8	12.5	17.2	21.5	26.2	30.7	35.1	40.4	44.6	50.0	54.5
p/T (mb/°K)	3.54	3.56	3.57	3.59	3.60	3.62	3.63	3.65	3.67	3.68	3.70	3.71
脉冲幅度(道)	588	573	554	534	523	510	495	480	463	451	439	425

注: p_1 ——测量时的环境压力, $p_1 = 1020.0$ mb; T ——测量时的环境温度, $T = 289^\circ\text{K}$; Δp —— p_1 以上人为增加的压力; p ——计数管内的实际压力; $p = p_1 + \Delta p$ (以 mb 为单位)。

表 1(b) 一定压力下,脉冲幅度随温度的变化

温度	t (°C)	14	18.5	24	29.5	34	39.5	44.5
	T (°K)	287	291.5	297	302.5	307	312.5	317.5
p/T (mb/°K)		3.56	3.51	3.44	3.37	3.32	3.27	3.21
脉冲幅度(道)		550	607	672	735	800	873	939

注: p_1 ——测量时的环境压力, $p_1 = 1017.9$ mb; Δp —— p_1 以上的压力, $\Delta p = 2.5$ cm 水柱; p ——计数管内的实际压力, $p = 1020.4$ mb; $p = p_1 + \Delta p$ (以 mb 为单位)。

由图 3 可以算出，当压力增加 1% 或温度降低 1%，脉冲幅度减小 $(6.1 \pm 0.5)\%$ ，反之，压力减小或温度上升 1%，脉冲幅度增加 $(6.1 \pm 0.5)\%$ （相对于 $p/T = 3.54$ 时的脉冲幅度，因为这时的气压与温度是计数管通常工作状态。）。

(c) 氧含量对正比脉冲幅度的影响

测量框图如图 4。工作气体充入室体，室体的入口与出口分别有增益监测器连续监

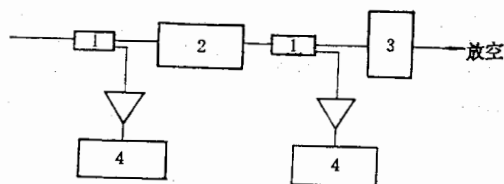


图 4 测量框图

- 1 增益监测器
- 2 室体
- 3 氧分析器
- 4 多道

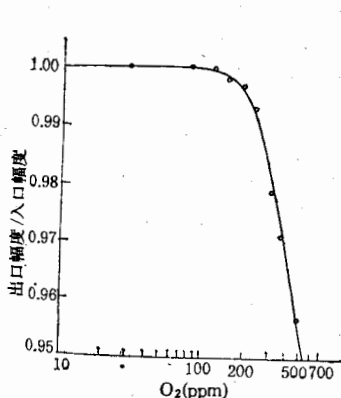


图 5 氧含量与幅度关系曲线

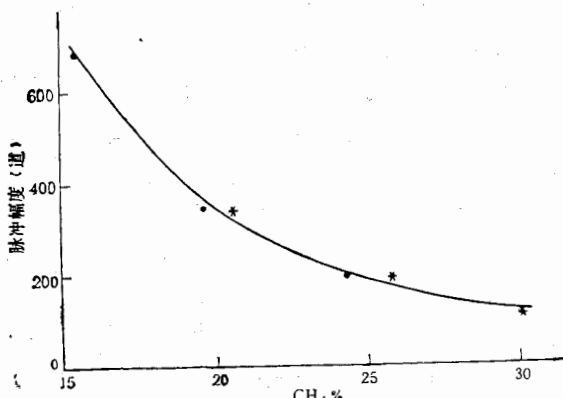


图 6 CH₄ 含量与脉冲幅度关系曲线

- 标准混合气
- * 自配混合气

测脉冲幅度，同时用氧分析仪连续监测系统中氧含量。测量结果如图 5 所示。

由图可见，当氧含量小于 100 ppm 时，气体出口脉冲幅度与入口脉冲幅度之比接近 1，超过这个值时，出口脉冲幅度将随着含氧量增加而越来越降低。

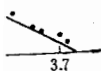
(d) 工作气体中甲烷浓度变化对正比脉冲幅度的影响

²⁴¹Am 计数管所采用的工作气体是 20% CH₄ + 80% Ar。我们将甲烷的浓度从 15% 改变到 25%，并测量不同浓度时的脉冲幅度。结果见图 6。从图可知，当甲烷浓度下降 1%，即从 20% 改变到 19%，脉冲幅度上升将近 17%。

四、讨 论

① 温度、压力对正比脉冲幅度的影响是类似的。温度升高 1%、或压力降低 1%，正比脉冲幅度增加约 6%。反之，则脉冲幅度减小。我们的理解是：无论温度升高，还是压力

，与此同
示。



曲线
(b)

度平衡

0	54.5
0	3.71
	425

以上人为

44.5

317.5

3.21

939

十数管内

降低,均造成气体分子密度变小,气体分子平均自由程增加,这样,虽然电子与气体分子相遇的几率有所减少,但由于电子在一个自由程内可获得更多的能量,作用截面随电子能量上升而增加,最终使作用截面变大,所以脉冲幅度增高。

②氧是负电性气体,在我们的计数管中,电子最长要漂移 2.5 cm,氧的存在造成正比脉冲幅度降低。从实验结果看,若氧含量小于 100 ppm,正比脉冲幅度基本没有损失。氧含量为 500 ppm 时,正比脉冲幅度将损失 5% 左右。所以保证氧含量在较低的水平是必要的。系统中氧含量的高低与探测器的漏气率、工作气体流量以及工作气体原料气中所含氧杂质的多少有关。因此,我们提出系统中用的工作气体原料气氧杂质含量应小于 30 ppm^[3]。并须监测 μ 子系统氧含量,使之小于 100 ppm,以此来选择工作气体合适的流量^[3]。

③工作气体为 20% CH₄ + 80% Ar, 在相同工作电压下,当 CH₄ 浓度从 20% 下降到 19%,脉冲幅度增加大约 17%,由于我们不做脉冲幅度绝对测量,脉冲幅度有些涨落是允许的,但是甲烷配气精度好于 $\pm 0.5\%$ 是必要的。

④测试中还发现,采用在钢瓶中预先混合好的气,测得的 ⁵⁹Fe X 射线脉冲谱分辨率较好(约 14%);如果用纯 Ar 和纯甲烷按流量比边配边用,虽然通过混气罐混合,但测得的能量分辨明显变坏。我们对此现象的理解是:现配的工作气体,还来不及充分混合均匀,因此造成阳极丝附近气体混合比例不同。而正比模式气体放大过程,主要在阳极丝附近微米数量级的区域中进行,如果不同区域中的气体比例不同,就意味着不同的脉冲是在不同比例的气体中形成的,故形成的脉冲幅度不同,造成能量分辨率变坏。可见,气体充分混合对改善能量分辨率是重要的。

参 考 文 献

- [1] D. Bernstein et al., SLAC-PUB-3222; CALT-68-1076(1983).
 [2] A. Arefiev et al., DESY 83-025 (1983).
 [3] D. Bernstein et al., Nucl. Instr. and Meth in Phys. Research, 226(1984), 301.

THE INFLUENCE OF GAS PERFORMANCE ON SIGNAL AMPLITUDE OF PROPORTIONAL COUNTER

XU ZHI-QING ZHANG LIANG-SHENG ZHANG YING-PING ZHANG JIA-WEN

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

In order to provide a large scale proportional counter array with gas, we have measured and discussed the influence of gas pressure, temperature, oxygen contamination and variation of composition on signal amplitude of proportional prototype counters. The result provides experimental data, such as arrangement of counter tubes, gas line connection, leakage rate, allowance variation of composition, allowance of oxygen impurity and flow selection, for gas system design.

带电
漂移
2.2m
利用
方便
1.5 G
主要

分,各
为斜
边位
相同

本