

# 核探测器中混合气配制新方法

王运永 王临洲 孙汉生 胡涛 徐芷菁

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

谢东

(河北师范大学物理系 石家庄 050016)

1992年11月5日收到

## 摘 要

以质量流敏感器件和系统控制器为主要部件,建立起一套新的混合气配制系统,其配比误差小于满量程的1%,动态响应时间小于3s,有很好的长期稳定性,能满足核探测器对混合气体的多种需要。

**关键词** 混合气体,质量流量计,核探测器。

## 1 引 言

在核物理及高能物理实验中,以混合气体为工作介质的气体探测器,如正比计数管、多室正比室、漂移室、时间投影室等有着广泛的应用。探测器的结构确定之后,气体就成为影响其性能的关键因素,而混合气中各组分的配比精度及比分的长期稳定性对输出脉冲幅度、计数率、探测效率、能量损失、漂移速度、能量和动量分辨率乃至整个探测器的长期稳定性都有重要的影响。因此,配制高质量的混合气体在核探测器特别是大型谱仪中是非常重要的。

当前混合气的配制工艺基本上有两大类:分压法和称重法。分压法是当前工业上制取大批量混合气的通用方法,用该方法制取的混合气精确度低,配比误差一般为组分要求值的15%,而且工序多,劳动强度大,废品率高。配制多组分的混合气体难度很大。称重法虽有很高的配比精度,但仅适用于生产少量的“标准气”和“试剂”,难于满足大系统的需要。

在实际应用中,有些混合气内常含有饱和蒸气压较低的气体如异丁烷、正戊烷等。当这种成分在混合气中含量较多,容器内压力较高,环境温度低于确定值时就会液化。利用分压法或称重法制取装瓶时会给运输、贮存和使用带来诸多不便。因此,使用现场实行动态配气十分必要。

最简单的现场动态配气法是用几个浮子流量计把各组分的摩尔比等效成流量比,经过混合后通入探测器中。由于浮子流量计本身的测量误差很大,而且流量又受环境压力

及温度的影响,配比精度及稳定性都不能满足探测器,特别是大系统的需要。

本文介绍一种新的混合气配制法,它以质量流传感器和系统控制器为主要部件,建立起一套动态配气系统,具有精度高、响应时间短、长期稳定性好等特点,还可以用来配制易燃、易爆、有毒及低蒸气压气体的混合气等,满足多方面的需要。

## 2 工作原理

本方法的基本思想是利用测量精度高、长期稳定性好、时间响应快的部件进行流量控制,把混合气中各组分的摩尔比等效成流量比,在低压下进行混合,实现动态配气。流量的精确测量和瞬时修正是本方法的关键所在,它是通过质量流控制器和系统控制器来实现的,因此本方法又简称为质量流配气法。

本文中使用的质量流控制器为 1259B,系统控制器为 247C,均为美国 MKS 公司的产品。质量流控制器 1259B 的核心部分是一个精心设计的层流传感管路和一个独特的温度控制线路,该线路控制传感管路上的电加热器,使其内部保持一个恒定的温度分布。为维持这一恒定的温度分布,当有确定的质量在单位时间内流过传感管路时,需要电加热器提供确定的能量。该能量是单位时间内流过的气体质量(简称质量流)的线性函数。当质量流发生变化时,传感管路上加热器的电压就会发生变化,这个变化的电压信号经过放大和一系列变换之后送到系统控制器 247C 上,247C 将此实际的质量流对应的电信号与预先设置的期待质量流对应的值相比较产生“误差电压”,该“误差电压”信号经过放大和变换之后,输送到与质量流控制器 1259B 进气口相连的一个特制的“无摩擦”正比电磁阀上进行流量调节,把误差消除,使质量流恢复到期待值。整个过程的时间响应小于 3s。为保证质量流控制器的正常工作和系统的安全运转,配气装置中加入一系列的净化和调节部件并配备监测、分析引出口。

质量流控制器的主要参数为:

响应时间:  $\leq 2s$ ;

精确度(包括非线性):  $\leq$  满量程的  $\pm 0.5\%$ ;

工作压力: 最大压力为  $1.035 \times 10^6 Pa$ ;

环境温度:  $0-40^\circ C$ ;

分辨率: 好于满量程的  $\pm 0.1\%$ 。

系统控制器 247C 的功能为: 对 1259B 进行控制;设置各路单元气体(最多四路)的质量流期待值;调节 1259B 零点;显示各路实际流量及预设的期待值;置入气体校正系数;提供外控计算机接入口。

## 3 配气装置

图 1 为质量流配气装置的示意图。图 1(a) 所示的气站部分用来将单元气导入配气装置。从工厂购买的单元气通过紫铜盘管与汇流排 MF1 相连。汇流排用不锈钢管做成,工作压力为  $1.472 \times 10^7 Pa$ ,检验压力为  $2.207 \times 10^7 Pa$ 。从汇流排流过的气体经两

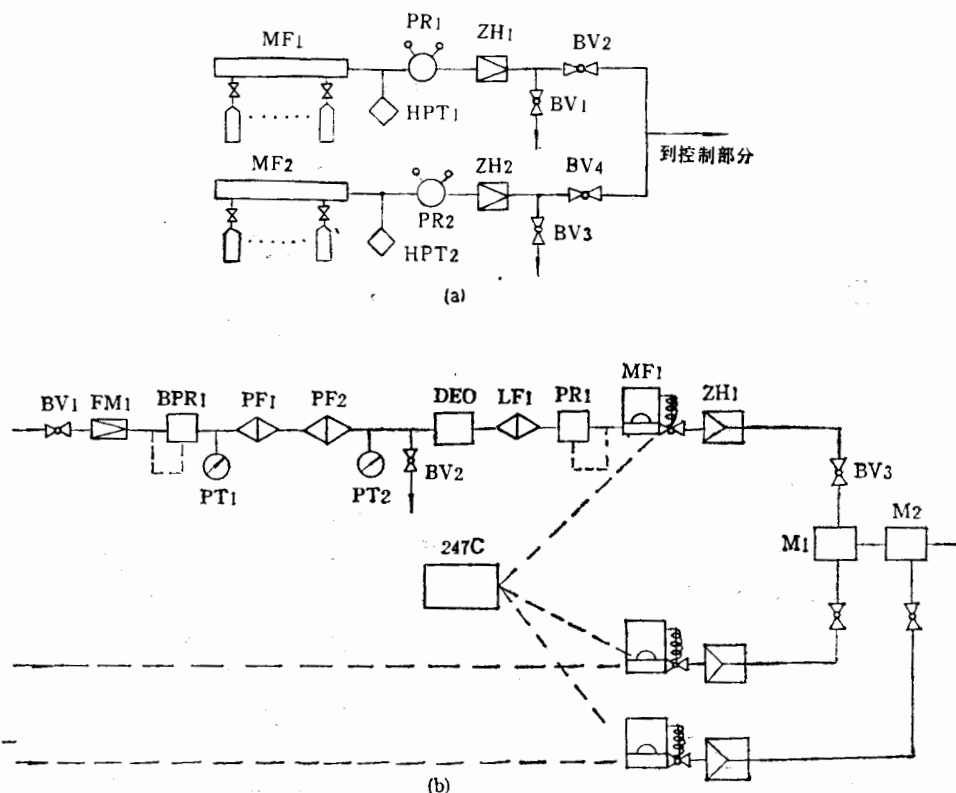


图 1 质量流配气装置的示意图

(a) 气站部分; (b) 控制部分

级压力调节器 PR1 减压到  $1.962 \times 10^5 \text{Pa}$ , 通过单向阀 ZH1 和球阀 BV2 进入配气装置的控制部分。HPT1 是高压监测传感器。BV1 是个球阀, 当该分支汇流排上钢瓶内的气体用完需要更换时, 关闭 BV2 同时将 BV1 打开一下以便把进入汇流排内的空气排出。另一组与 MF1 分支完全相同的分支 MF2 与之并联, 当一支供气时另一支处于准备状态。其它各路单元气的供气方式都如此。

图 1(b) 是配气装置的控制部分。从气站来的单元气经过球阀 BV1、浮子流量指示计 FM1、背压阀 BPR1、尘埃粒子过滤器 PF1 和 PF2 到净化器 DEO。PT1 和 PT2 是压力表, 当这两处的压力差超过一定值时, 表示过滤器已堵塞, 需要更换。BPR1 用来调节管道的压力以消除气流引起的振动, DEO 是根据化学催化原理制成的一个部件, 它可以根据需要除掉  $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}$  及非饱和烃等杂质。LF1 是微量悬浮液体过滤器。净化后的气体经过压力调节器 PR1 进入质量流控制器 MF1, 按预先设置的数值进行流量控制。定量的气体经单向阀 ZH1、球阀 BV3 进入混合器 M1。混合气中的其它成分经过同样的流程进入混合器 M1 和 M2。M1 和 M2 中装有多孔填料, 各组分的单元气在低气压 ( $\sim 1.472 \times 10^6 \text{Pa}$ ) 下进行混合, 再经过缓冲器及管道运输系统进入探测器中。该配气装置还提供取样口以进行分析和监测。每个系统控制器 247C 可以带 4 路质量流控制器, 因而可以配制 4 组分混合气体。如果再用一个 247C 与之串联可以配制多达 8 组

分的混合气体。

## 4 测试结果

系统稳定之后进行了一系列测试,下面给出测试结果。

### 4.1 环境温度与流量的关系

设置 Ar 气流量为 480ml/min, CO<sub>2</sub> 流量为 120ml/min, 从而制取 80% Ar + 20% CO<sub>2</sub> 混合气体, 测量不同环境温度下两种气体的流量。结果如图 2 所示。可以看到当环境温度从 16°C 变化到 25°C 时, Ar 及 CO<sub>2</sub> 的流量均保持不变。图中  $\bar{I}$  为流量平均值,  $\Delta I$  为测量值与  $\bar{I}$  的差。

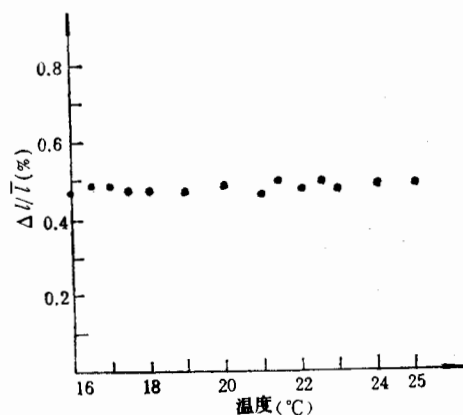


图 2 流量与温度的关系

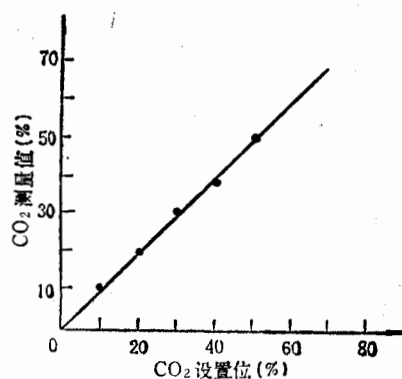


图 3 设置值与实测值的比较

### 4.2 比分的设置值与实测值之间的关系

调节 Ar 及 CO<sub>2</sub> 的流量, 用质量流配气装置分别制取混合比为 90/10、80/20、70/30、60/40、50/50 的 Ar/CO<sub>2</sub> 混合气, 取样之后用气相色谱仪进行分析, 结果如图 3 所示。可以看出设置值与实测值符合得很好且有很好的线性关系。

### 4.3 压力与流量的关系

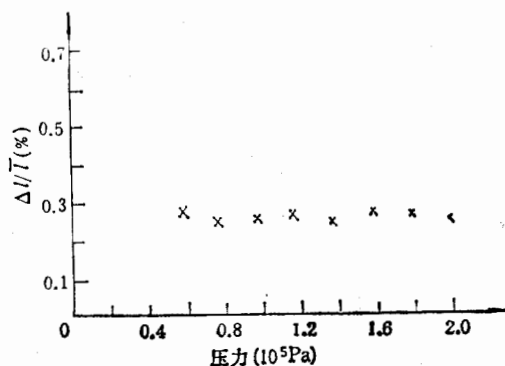


图 4 流量与压力的关系

调节输入的气体流量 Ar 为 480ml/min, CO<sub>2</sub> 为 120ml/min, 制取 80% Ar + 20% CO<sub>2</sub>. 改变 Ar 及 CO<sub>2</sub> 的进气压力, 在系统控制器 247C 上分别读出 Ar 及 CO<sub>2</sub> 的实际流量. 结果如图 4 所示. 可以看到, 当工作压力从  $5.886 \times 10^4$  Pa 变化到  $1.962 \times 10^5$  Pa 时 Ar 及 CO<sub>2</sub> 的流量均保持不变. 图中  $\bar{I}$  为流量的平均值.  $\Delta I$  为测量值与  $\bar{I}$  的差.

## 5 结 束 语

利用质量流配气法可以稳定地、大批量地制取高配比精度的混合气体, 且价格低廉. 本方法的配比精度好于比分的 1%, 系统响应时间小于 3s. 它可以方便地用来配制多组分的混合气. 还适用于制取含有易爆、腐蚀、有毒及低饱和蒸气压成分的混合气体.

感谢中国科学院高能物理所所长郑志鹏同志、前所长叶铭汉同志及李金、郁忠强同志对本工作的大力支持和帮助. 感谢汤有伦、刘冬、孙燕生等同志的大力支持.

## A New Method of Gas Mixture Preparation for Nuclear Detector Use

Wang Yunyong Wang Linzhou Sun Hansheng Hu Tao Xu Zhiqing  
(*Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing 100039*)

Xie Dong

(*Department of Physics, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016*)

Received on November 5, 1992

### Abstract

A new system for gas mixture preparation for nuclear detector use has been constructed with mass flow meter and controller. The accuracy is better than 1% (full scale). the time response is less than 3 seconds. The system has longterm stability.

**Key Words** Gas mixture, mass flow meter, nuclear detector.