

高气压电离室的研制

作者：齐荣

仪控公司



一、高气压电离室研制的出发点（辐射监测）

建立核设施环境 γ 辐射连续监测系统的目的在于实现环境常规 γ 辐射、核事故早期报警及核事故应急的监测。随着近年来随着核电站的兴建及发展正逐步受到核电、环保等有关部门的高度重视，因此研制核设施环境 γ 辐射连续监测系统，为核设施辐射环境监测工作提供可靠的技术保障则具有重要意义。



一、高气压电离室研制的出发点（IC选取）

IC类仪器（高气压电离室）是环境X、 γ 辐射监测中应用最广泛的仪器之一，相比于上述其他几类环境Y辐射监测仪，其优点是稳定性好，本底较低，角响应较好，缺点是低能能量响应特性不好，但其长期稳定性好的特点使其特别适合做 γ 辐射连续监测仪器。当前我国急需研制适用于核设施常规监测和应急监测的，在能量探测限更低、能响特性更好、量程更宽，电子学性能更佳、测量更为准确，型号更加齐全、强抗干扰以及对环境高耐受能力的环境辐射连续监测系统。



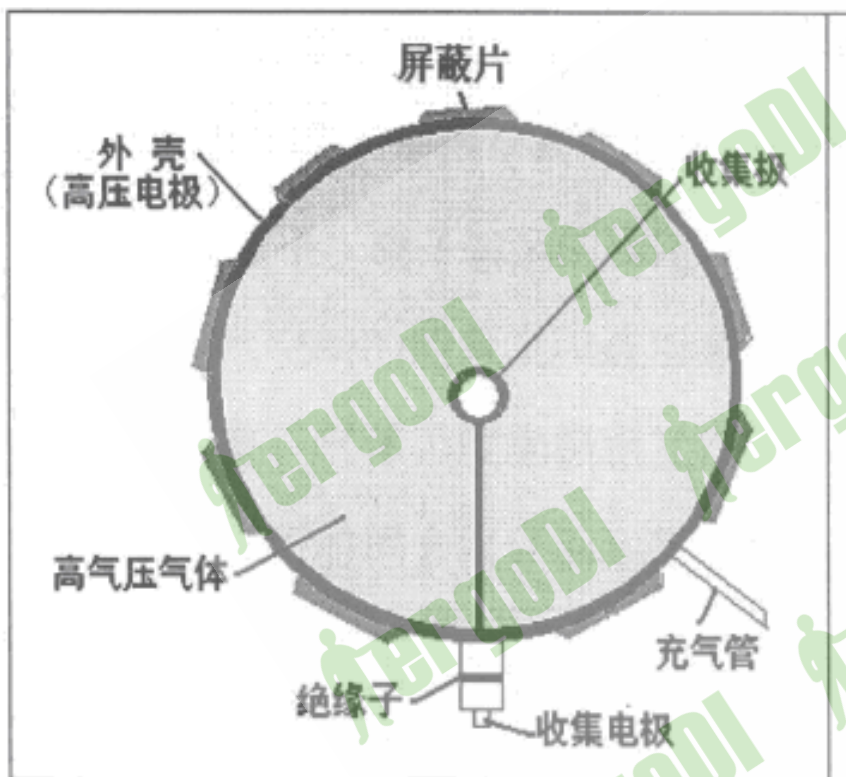
二、高气压电离室工作原理

电离现象是电离辐射与物质相互作用的主要物理效应，电离室是测量电离辐射照射量和剂量的经典仪器。

1、高气压电离室基本结构图

2、高气压电离室工作原理

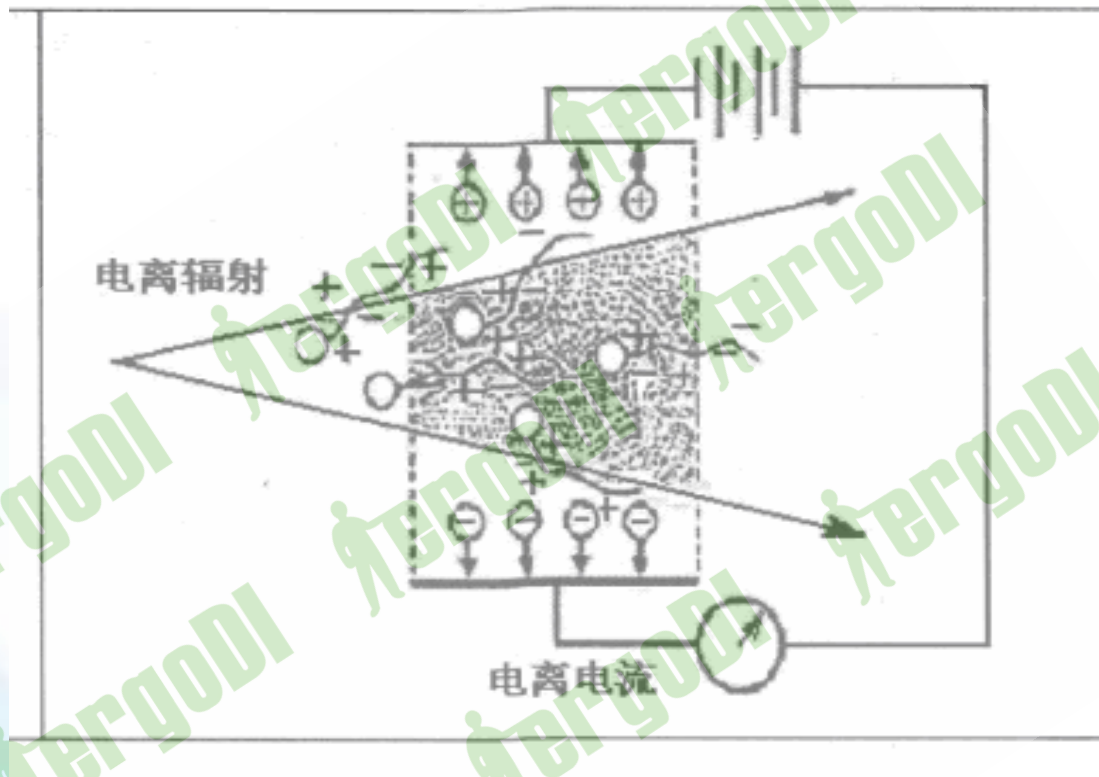




高压电离室基本结构图

密封壳材料：不锈钢
工作气体：高纯氙气
气体压力： $2.5 \times 10^6 \text{Pa}$





高气压电离室工作原理图



三、高气压电离室裸球制作

1、密封壳

- 氩弧焊
- 达到 $1 \times 10^{-8} \text{Pa L/s}$ 或更小的泄漏率
- 结构紧凑，耐压、耐温及耐辐照性能优良

2、工作气体（[高气压电离室充气流程图](#)）

- 高纯氩气
- 气体压力： $2.5 \times 10^6 \text{Pa}$



四、高气压电离室的信号测量

电离室信号测量由一组电子学线路即电离室的信号测量系统来完成。电离室的信号测量系统主要包括以下几个部分，即高压电源、前置放大器、信号调整电路、A/D转换电路和计算机或单片机。



四、高气压电离室的信号测量

1、累计电流前置放大器

- I-V变换技术
- 负反馈技术
- 动电容调制技术
- I-F变换技术
- 累计电流测量极限灵敏度
- 实际前置放大器电路分析



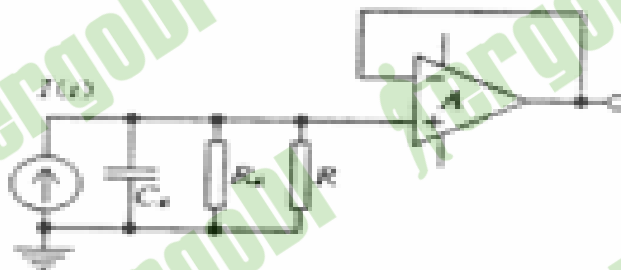
I-F变换技术

I-F变换技术是将电流信号 I 变换为脉冲信号，并使脉冲频率 f 与输入电流成正比，来测量电离室电流。

I-F变换受高性能开关的速度限制，通常用于慢变化信号的测量。

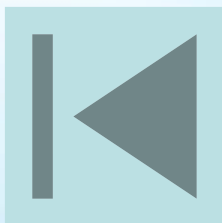


I-V变换技术



I-V变换技术是让待测电离室 $I(t)$ 流过一个高阻 R ，测量电阻两端电压 $V(t)$ ，得到待测电流 $I(t)$ 的值：

$$I(t) = V(t)/R$$



四、高气压电离室的信号测量

2、单片机对信号处理过程的控制



五、高气压电离室的整机性能

由电离室裸球、前置放大电路、电源、高压供应电路、信号采集处理电路及其他附件组装而成的整机。

仪器整机型号统称为 HGYRM-1型 γ 辐射监测仪。



HGYRM-1型 γ 辐射监测仪



五、高气压电离室的整机性能

1、温湿度实验测试结果

- A、整机温度实验数据说明对于放大器而言，温度在正常环境下的变化范围内（ -15°C - 60°C ）对仪器的测量没有明显的影响，在温度很低的情况下会略有增大；
- B、对湿气密封良好的情况下，外界加湿对仪器测量并无明显影响。



整机温度实验数据（-15℃-60℃无加湿）

温度（℃）	平均值 (nGy/h)	温度（℃）	平均值 (nGy/h)
60	90.5	55	97.4
50	102.2	45	103.8
40	106.7	30-20	104.5
20-10	103.2	10-0	120.3
-5	111.8	-10	116.8
-15	124.6		



五、高气压电离室的整机性能

2、电磁干扰实验测试结果

- 静电测试
- 雷击浪涌
- 群脉冲干扰
- 磁干扰等

仪器需要均要求达到工业级指标。



五、高气压电离室的整机性能

2、长期稳定性测试结果

对于环境辐射监测仪而言，长期的室外监测数据结果的准确是非常重要的。



HGYRM-1型 γ 辐射监测仪室外监测数据



五、高气压电离室的整机性能

3、仪器校准及数据

HGYRM-1型 γ 辐射监测仪的校准及刻度是由国防科工委放射性计量一级站给出的。具体可查阅论文。



谢谢！

