

两种大面积塑料闪烁探测器的性能对比及工艺设计

孟丹, 邓长明, 程昶, 任熠, 宋称心, 刘芸, 王志刚

(中国辐射防护研究院, 核电子信息技术研究所, 山西太原 030006)

摘要:介绍了塑料闪烁探测器的基本组成和工作过程, 针对两种不同尺寸、型号的大面积塑料闪烁探测器性能参数进行了对比。简单介绍了整体探测部件的工艺设计。

关键词:塑料闪烁体; 光电倍增管; 分压器

中图分类号: TL812 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258-0934(2009)05-1095-03

塑料闪烁体是一种用途极为广泛的有机闪烁体。它具有制作简便、发光衰减时间短(1~3 ns)、光传输性能好、性能稳定、耐辐射性能好等特点, 被广泛应用于 α 、 β 、 γ 、快中子、质子、宇宙射线及裂变碎片等射线的测量。光电倍增管(PMT)是将光信号转换为电信号, 并将电信号加以放大的器件, 是核物理实验中十分重要的探测器组件, 具有极高灵敏度和超快时间响应, 其主要指标有光电转换特性、电子倍增特性、噪声或暗电流、时间特性等, 在射线测定、环境监测、生物技术、高能物理、工业计测等领域应用广泛^[1]。使用分压器来控制 PMT 倍增极上的电压, 从而提高 PMT 整个管子的性能。通常采用塑料闪烁体+光电倍增管+分压器配合使用测量 γ 射线, 可应用于大面积 γ 射线检测装置, 核电站、核设施等场所车辆、人员及衣物的 γ 射线侦检装置, 大型工具污染测量、反恐放射性测量及放射性材料侦检装置等。^[2]

1 塑料闪烁探测器的基本组成和工作过程

塑料闪烁探测器由塑料闪烁体、PMT 和相应的电子电路三个主要部分组成。图 1 是塑料闪烁探测器组成的示意图。最左边的是一个对射线灵敏能产生闪烁光的塑料闪烁体。当射线进入塑料闪烁体时, 在某一地点产生次级电子, 它使塑料闪烁体分子电离和激发, 退激时发出大量光子, 且这些光子向四面八方发射出去。由于闪烁体周围包以反射物质, 这样光子便集中向光电倍增管方向射出去。PMT 是一个电真空器件, 由光阴极、若干个倍增极和一个阳极组成。闪烁光子入射到光阴极上时, 由于光电效应会产生光电子, 这些光电子受极间电场加速和聚焦, 经过倍增极倍增后, 在阳极上接收到无数个光电子。

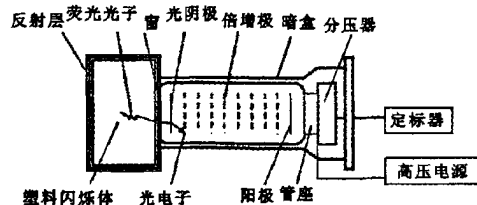


图1 塑料闪烁探测器组成示意图

收稿日期: 2009-01-09

作者简介: 孟丹(1982—), 女, 辽宁辽阳人, 研究实习员, 主要从事核军工、核电站辐射监测系统仪器仪表的开发研制工作。

2 两种大面积塑料闪烁探测器的性能对比

实验对两种大面积塑料闪烁探测器性能进行测试,实验方案见表1所示。

按照 GB/T 14054-1993 标准中要求,本次

表1 实验方案

序号	塑料闪烁体		PMT	分压器	应用仪器
	几何尺寸/mm ³	产地	型号	管座类型	
方案一	1000 × 250 × 50	国内	CR-120	E678-15B	门禁监控系统
方案二	1000 × 500 × 50	国外	CR-120	E678-15B	路面辐射监测仪

由于,在探测器的各项指标中,坪曲线和效率是考核探测器性能的重要因素。因此,在这里我们以这两项指标为切入点,对表1中所列出两种方案的塑料闪烁探测器的性能作比较。

2.1 方案一

由图2可看出,起始电压为350V,坪长为550V~750V,坪斜小于70%/100V,工作高压选取680V。

选用¹³⁷Cs作放射源(置于探测器中部表面,源强45kBq),测量时间10s,测试效率为

15.2%。

2.2 方案二

由图3可看出,起始电压为400V,坪长为700V~900V,坪斜小于50%/100V,工作高压选取800V。

选用¹³⁷Cs作放射源(置于探测器中部表面,源强61.2kBq),测量时间10s,测量效率为17.6%。

总结表2、表3,图2、图3可得出表4所示内容。

表2 方案一本底计数值

高压/V	350	400	450	500	550	600	650	680	700	750	800	850
10s本底计数值	45	178	397	1443	2991	6077	9554	12679	14935	35370	440566	1437805

表3 方案二本底计数值

高压/V	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
10s本底计数值	176	1010	1756	2797	5246	9415	16953	24856	34261	45143	56998	72870	99840

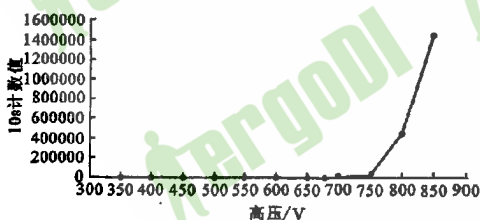


图2 方案一坪曲线

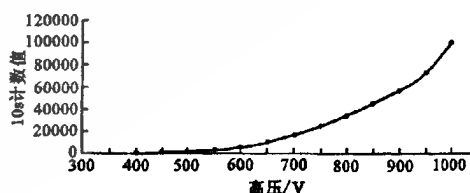


图3 方案二坪曲线

表4 两种实验方案结果比较

序号	起始电压	坪长	坪斜	工作高压	效率	本底计数值比较
方案一	350V	550V~750V	< 70%/100V	680V	15.2%	12679
方案二	400V	700V~900V	< 50%/100V	800V	17.6%	34261

3 整机工艺设计

闪烁探测器整体探测部件采取了一些相应的工艺处理。

为了更好的提高探测效率,对大面积塑料

3.1 塑料闪烁体避光处理

在塑料闪烁体外部表面包裹一层专用黑色特种避光纸,提高避光效果。

3.2 PMT 避光处理

在 PMT 外部表面缠绕一层专用黑色避光胶带,实现 PMT 的完全避光。

3.3 PMT 组件避光处理

将 PMT 和分压器安装于密封暗盒内,且暗盒与塑料闪烁体的连接处用黑色回天 586 密封胶密封。

从而实现大面积塑料闪烁探测器整体探测部件的工艺处理。

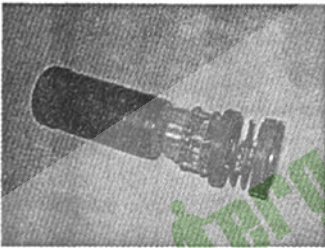


图 4 PMT+分压器

4 总结

通过对两种实验方案的大面积塑料闪烁探测器性能比较来看,起始电压方案一为 350 V 低于方案二 400 V,坪长均为 200 V 两种方案

相当,坪斜方案一为 70 % 100 V 差于方案二 50 % 100 V,工作高压方案一为 680 V 低于方案二 800 V,效率方案一 15.2 % 为低于方案二 17.6 %。在相同实验条件下,方案二即国外产塑料闪烁探测器性能较好。对于塑料闪烁探测器整体工艺的设计方案,是经过多次试验总结出来的,具有一定的可行性。

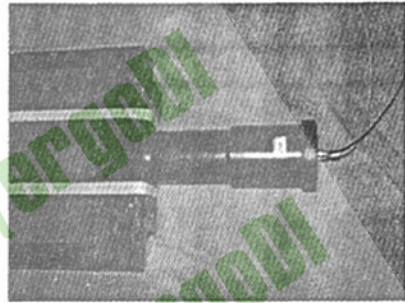


图 5 工艺处理

参考文献:

- [1] 吴治华,等. 原子核物理实验方法[M]. 北京:原子能出版社,1996.
- [2] 孟丹,邓长明,程昶,等. 大面积塑料闪烁体探测模块的性能测试[J]. 核电子学与探测技术,2007,27(4):752-755.

Characteristics Contrasting and Technology Designing for Two types of Large Area Plastic Scintillator Detector

MENG Dan, DENG Chang-ming, CHENG Chang,
REN Yi, SONG Chen-xin, LIU Yun, WANG Zhi-gang

(China Institute for Radiation Protection, Taiyuan, Shanxi, 030006)

Abstract: Two types of Large Area Plastic Scintillator Detector with different size and model were described. The basic construction and working process was introduced. A Characteristics contrasting was made between the two types of Large Area Plastic Scintillator Detectors. The technology designing of the whole detector components was also described here.

Key words: plastic scintillator, photomultiplier tube, voltage divider

两种大面积塑料闪烁探测器的性能对比及工艺设计

作者: [孟丹](#), [邓长明](#), [程昶](#), [任熠](#), [宋称心](#), [刘芸](#), [王志刚](#)
 作者单位: [中国辐射防护研究院, 核电子信息技术研究所, 山西, 太原, 030006](#)
 刊名: [核电子学与探测技术](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
 英文刊名: [NUCLEAR ELECTRONICS & DETECTION TECHNOLOGY](#)
 年, 卷(期): 2009, 29(5)
 被引用次数: 0次

参考文献(2条)

1. 吴治华, 等. 原子核物理实验方法[M]. 北京: 原子能出版社, 1996.
2. 孟丹, 邓长明, 程昶, 等. 大面积塑料闪烁体探测模块的性能测试[J]. 核电子学与探测技术, 2007, 27(4): 752-755.

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [孟丹](#), [邓长明](#), [程昶](#), [任熠](#), [宋称心](#), [刘芸](#), [MENG Dan](#), [DENG Chang-ming](#), [CHENG Chang](#), [REN Yi](#), [SONG Chen-xin](#), [LIU Yun](#) 大面积塑料闪烁体探测模块的性能测试 -核电子学与探测技术2007, 27(4)
介绍了大面积塑料闪烁体探测模块的设计、研制及其组成, 重点介绍大面积塑料闪烁体探测模块的性能测试.
2. 会议论文 [孟丹](#), [邓长明](#), [程昶](#), [任熠](#), [宋称心](#), [刘芸](#) 大面积塑料闪烁体探测模块的性能测试 2006
本文介绍了大面积塑料闪烁体探测模块的设计、研制及其组成, 重点介绍大面积塑料闪烁体探测模块的性能测试.
3. 会议论文 [耿涛](#) DPF中子波形测试技术 2005
本文将主要介绍用于DPF装置中子波形测试的塑料闪烁体-光电倍增管探测器, 并对探测器设计和有关性能参数进行了分析, 通过对DPF中子测量说明该探测器满足DPF装置中子测试要求.
4. 会议论文 [王锋](#), [伍福荣](#), [张恩山](#), [刘伯学](#) 移动物体放射性监视仪探测器的研制 2000
介绍了大面积塑料闪烁体探测器的研制. 主要从探测器材料和光电倍增管两个方面从工程应用的角度介绍了设计思想.
5. 期刊论文 [孙悦](#), [王大元](#), [张修路](#) 核材料检测仪的研制 -四川大学学报(工程科学版) 2004, 36(5)
在原来只适于检测(射线的苯基塑料闪烁体上涂以ZnS薄层, 使之对 γ 射线也有很高的灵敏度. 根据光电转换原理, 采用PC为主控, 并用单片机作为数据预处理, 通过标准串口通讯, 构成硬件冗余模式; 另外, 将传统的直通道设计成直角形, 使之既能检测金属容器, 又能识别强放射性物质; 同时, 在出口端加装了限速/位阻拦装置, 从而解决了 γ 射线-金属双重识别, 反辐射屏蔽和防高速闯入等难题, 大大提高了检测系统的可靠性. PC的数据库操作和远程通信等功能使得本仪器能满足现代高端应用的要求. 实测表明, 本仪器灵敏度高, 可靠性好. 对应于3mg的U235仪器报警响应时间小于0.6s, 而拦截动作响应时间不大于2s.
6. 学位论文 [孙志嘉](#) BESIII飞行时间探测器的研制 2005
对撞机物理在粒子物理领域几十年来的进展中已成为一种占主导地位的高能加速器, 其未来的发展方向: 一是将能量提高; 二是增加加速器亮度, 提高探测器精度. 按照第二种思路来设计的新北京正负电子对撞机(BEPC II)是一个高亮度、多束团的对撞机. 与BEPC II相配合北京谱仪(BESIII)是采用现代探测技术的高质量探测器. BESIII的子探测器-飞行时间探测器(TOF)主要物理目标是粒子鉴别, 其能力大小主要由相同动量粒子的飞行时间差和TOF的时间分辨率所决定.
实验中对于BESIII-TOF设计方案所采用的塑料闪烁体、光电倍增管和包装材料的性能进行了研究和测试, 并通过1:1模型的束流实验得到飞行时间探测器的本征时间分辨率. 实验测量了辐照前后塑料闪烁体的发射光谱、透射光谱和光产额, 同时根据实验束测量的结果(衰减长度、本征时间分辨率等)以及性价比因素, 选择TOF的塑料闪烁体为EJ200, 尺寸为5cm \times 6cm \times 240cm. 研究了利用LED测量光电倍增管单光电子峰; 利用级联 γ 放射源 ^{60}Co 在光阴极窗产生Cherenkov光, 获得光电倍增管渡越时间涨落; 测量了在强磁场下光电倍增管的增益. 通过束流试验研究了塑料闪烁体的材料、塑料闪烁体的厚度以及包装材料与本征时间分辨率的关系. 束流实验的结果显示: 镀铝薄膜包装的EJ200两端通过精细型光电倍增管R5924读出, 实现了对于800MeV的电子本征时间分辨率好于90ps.
通过以上的研究, 最终确定了BESIII-TOF的设计方案, 工作条件, 并达到预期的性能指标, 同时为探测器制造积累了经验.
7. 会议论文 [孟丹](#), [邓长明](#), [程昶](#), [任熠](#), [宋称心](#), [刘芸](#), [王志刚](#) 两种大面积塑料闪烁探测器的性能对比及工艺设计 2008
本文介绍了塑料闪烁探测器的基本组成和工作过程, 针对两种不同尺寸、型号的大面积塑料闪烁探测器性能参数进行了对比. 简单介绍了整体探测部件的工艺设计.
8. 会议论文 [王永昌](#), [袁俊谦](#), [孔祥忠](#) 塑料闪烁体作反符合屏蔽环的Ge(Li) γ 能谱仪 1984
塑料闪烁体作反符合屏蔽环的Ge(Li) γ 射线能谱仪, 由环探测器、主探测器、符合探测器、物质屏蔽和电子线路五部分组成. 环探测器是自制的塑料闪烁体, 由苯乙烯、对三联苯(1%)和popop(0.03%)聚合而成. 外径为500mm, 内径为108mm, 高为500mm, 由九个光电倍增管收集其光脉冲. 主探测器为 ϕ 52.5mm \times 48.5mmGe(Li)探测器, 相对效率20%, 分辨率2KeV. 符合探测器为 ϕ 76mm \times 76mm的NaI(Tl)晶体, 配以EMI19531B光电倍增管. 物质屏蔽的主体是铅室, 其壁厚为10cm, 内腔为100 \times 100 \times 80cm, 内有0.5mm厚的铜皮和0.4mm厚的衬里. 本文描述了电子学线路方块图. 本底谱曲线、能量刻度曲线、有反符合和无反符合的 ^{60}Co 谱, 以及有反符合和无反符合的 ^{60}Co 谱. (王太和摘)
9. 期刊论文 [赵玉达](#), [衡月昆](#), [孙志嘉](#), [吴金杰](#), [王贻芳](#), [ZHAO Yuda](#), [HENG Yuekun](#), [SUN Zhijia](#), [WU Jinjie](#), [WANG Yifang](#) BESIII飞行时间探测器塑料闪烁体性能检测 -核技术2008, 31(4)
北京谱仪(BESIII)重大改造工程中飞行时间探测器所使用的各个塑料闪烁体需要严格测量和质量控制, 包括机械尺寸、有效衰减长度和相对光产额. 我们用宇宙线测量塑料闪烁体的衰减长度时, 利用飞行时间探测器本身的时间信息重建宇宙线的位置和方向, 宇宙线在闪烁体上的光产额通过其两端光电倍增管的电荷信息反应, 这样测量的闪烁体的有效衰减长度统计量大、准确并且快速. 检测结果表明, 闪烁体的各项指标达到了设计要求.
10. 学位论文 [余玉洪](#) CSRm外靶实验装置中快塑料闪烁体阵列型探测器研制 2009
随着HIRFL-CSR工程的顺利完工, 更高能量和更多种类的束流可以用于实验, 大大拓展了可开展的核物理实验研究的内容. 为了更好的利用束流, 促

进核物理实验研究的深入，设计和建造新的大规模探测设备成为必然。

本论文工作针对CSR主环外靶实验终端建设，完成了利用飞行时间方法探测中子和带电粒子的两种快塑料闪烁体探测器阵列的研制。其中中子探测器有效体积为 $1.5 \times 1.5 \times 1 \text{ m}^3$ ，包含252个，两种不同结构的探测单元；每组带电粒子探测器(TOFW)由60个探测单元构成，有效探测面积为 $1.2 \times 1.2 \text{ m}^2$ 。论文工作通过解决材料加工、抛光、粘接、单元包装、测试等一系列工艺难题，完成了中子探测器和三组TOFW探测器的安装和测试。利用宇宙射线测试得到两种类型中子探测单元和TOFW探测单元的平均时间分辨分别为 278 ± 59 、 272 ± 44 和 $258 \pm 51 \text{ ps}$ ，扣除各种因素后，探测单元的本征时间分辨可以达到80、100和150 ps；对后者利用 ^{12}C 重离子束流在线测试，得到本征时间分辨好于70 ps，完全满足设计的要求。

论文工作中还设计完成了探测单元中光电倍增管高压系统的控制和监测系统，并建立了以LED为光源的光刻度系统，用于探测单元的刻度和工作状态的在线监测。在终端现场对探测器进行的初步在束测试表明，两种探测器工作稳定，运行良好，其性能均满足实验需求。

关键词：外靶实验装置，中子谱，TOFW，时间分辨，光刻度系统

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hdzxytcjs200905039.aspx

授权使用：东南大学图书馆(dndxytsg)，授权号：71fa97fb-2a6b-4ded-b79c-9dc5005a8af3

下载时间：2010年8月1日

