

离子收集法测量 α 粒子技术在 α 表面污染测量中的应用初探

刘建忠,王希涛,胡波,刘惠英,韩景泉

(中国辐射防护研究院,太原 030006)

摘要:介绍了离子收集法测量 α 粒子的原理,初步探讨了这种技术将来在 α 表面污染测量工作中的应用前景。

关键词: α 粒子;离子收集;表面污染

中图分类号: TL7 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258-0934(2012)02-0210-03

随着核技术的不断发展和应用,我国的各类核设施的数量增长很快。在这些有表面污染风险的场合, α 、 β 表面污染测量是日常和应急情况下的重要工作之一。

α 粒子在空气中的射程极短,贯穿能力很弱,但又有很强的电离本领,这些特性决定了在直接进行表面污染测量时有很多限制条件:一要采用薄窗探测器;二是探测器与被测表面有距离限制(一般小于3 cm~5 cm);三是被测表面要尽量平整等等。因此对包含不平整或不规则表面的物体,如常用工具、机器零部件、管道内壁等,直接测量其 α 表面污染难以得到准确的结果。

α 粒子在空气中与空气分子相互作用产生电离离子对,可以利用气流将被 α 粒子电离的离子对输送一段距离(几十厘米至数米),通过测量电离电流来估算 α 核素的活度。这种利用离子收集法测量 α 粒子的方法开辟了 α 测量的另一途径,其最大特点是对监测对象的表面形状没有严格要求,在大面积监测、对不同监测对象种类(如固体、气体、液体、土壤等)^[1-5]监

测方面也有很多自身的特点。

本文试就离子收集法测量 α 粒子技术将来在表面污染测量中的应用前景作一粗略的探讨。

1 离子收集法测量 α 粒子简介

离子收集法测量 α 粒子避开了常规 α 探测器必须靠近 α 源的缺点。传统 α 探测器测量示意图如图1所示。一个5 MeV的 α 粒子在空气中的射程大约只有3.5 cm,测量时 α 粒子不仅要穿过空气层还要穿过探测器薄窗才能被探测到,源与探测器间的最大距离一般不能大于3 cm。

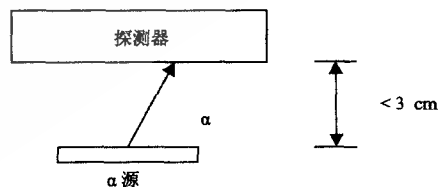


图1 传统 α 探测器测量图

α 离子收集法是利用离子捕集器测量被 α 粒子电离了的空气中的正负离子,其中负离子由中性空气分子俘获下一个自由电子而形成。 α 粒子的电离能力很强,空气中其能量基本上全部都损耗在电离作用中,在空气中每产生一对正负离子大约需35 eV的能量,一个5 MeV的 α 粒子大约可产生 1.5×10^5 个离子对。测

收稿日期:2009-05-11

作者简介:刘建忠(1969-),男,副研究员,从事辐射监测工作。

量这些离子对就可推算出 α 的活度。

α 离子收集法测量 α 粒子一般有两种方法:流气式和静电式。流气式离子收集法测量 α 粒子的原理示意图如图 2 所示。空气流由图的左方吹向右方的离子捕集器并穿过,气流将被 α 粒子电离的离子对载带入离子捕集器,其电极感应出的微弱的电流信号送入高灵敏静电计进行测量,由测得的电流值可推算出 α 源的活度^[6-8]。静电式离子收集法测量 α 粒子的原理示意图如图 3 所示。它是依靠静电场的作用来测量电离电流的,极板上加上高压形成电场,被 α 粒子电离的离子对在库仑力的作用下分别向极板移动,形成电流信号,同样送入静电计测得电离电流进而推算 α 源活度。

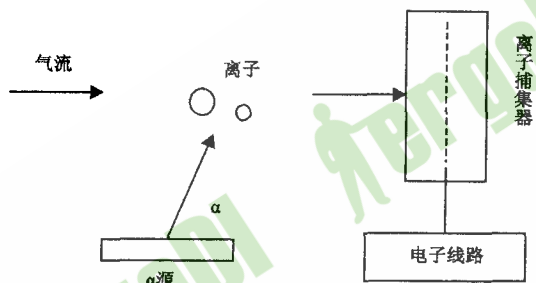


图2 流气式离子收集法测量 α 粒子示意图

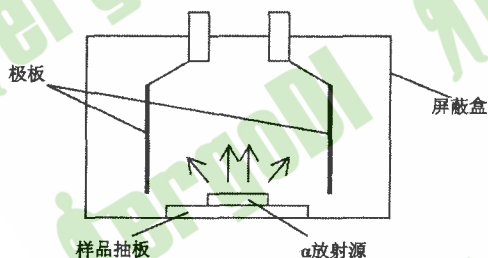


图3 静电式离子收集法测量 α 粒子示意图

用离子收集法测量 α 粒子的最大特点就是测量时不再需要将探测器靠近 α 辐射体,因而给测量工作带来极大的方便,解决了许多传统 α 探测器难以解决或无法解决的实际问题,可以广泛地应用于日常的表面污染测量工作,其优点主要表现在:

- (1) 可监测凹凸不平或不规则的表面,如各种工具表面。
- (2) 可监测小空腔的内表面,如管状或筒状物体的内表面。
- (3) 可监测较大面积的 α 污染物。
- (4) 适合监测常规 α 探测器难以接近的表面。
- (5) 对低能 β 也有较好的响应(如 ^3H , ^{14}C 等)。

2 在表面污染测量中的应用

离子收集法测量 α 粒子有许多自身特点,下面就其在辐射防护领域可能的应用作一探讨:

2.1 固体样品 α 表面污染测量

主要监测对象是被 α 污染的外形复杂的固体物品,如各种工具、机械零部件、个人防护用品等,这些物品的体积和重量一般都不大,可以方便地放入适当的样品室内(也可根据被测物体的情况设计合适的样品室),借助气流将正负离子对载入离子捕集器测量。如图 4 所示。

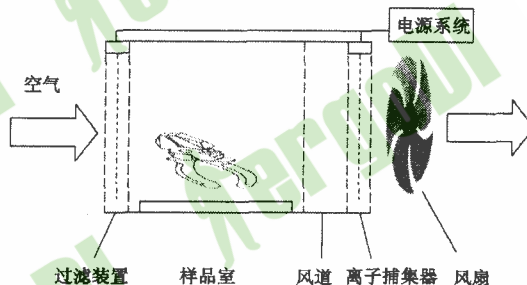


图4 固体样品 α 表面污染测量装置示意图

2.2 片状样品、粉末及液体样品探测器

片状样品、粉末及液体样品探测器探测原理采用静电式的办法收集离子。样品室可设计成抽屉式,下部是一活动抽板,抽板上放有金属样品盘,被测样品置于盘上,如图 5。在极板上加适当的高压,与探测器外壳形成静电场,被样品发射的 α 粒子电离的离子对在电场的作用下向两极漂移,在信号极上形成电流,从而推算出样品的 α 活度。

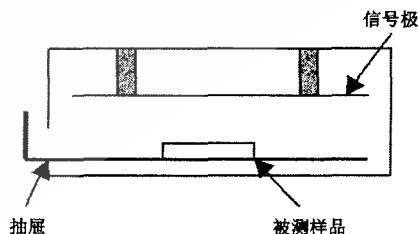


图5 片状、粉末及液体样品 α 探测器示意图

2.3 土壤及墙壁表面污染测量装置

此种探测器也采用静电收集式原理,但其样品室没有底,测量时,将探测器直接扣在土壤、墙壁或其它面积较大的物体表面上,如图 6 所示。这种探测器的灵敏面积可以做得较大,适合大面积表面污染测量。为降低外界空气的

干扰,样品室边缘与被测物体表面接触部份应尽量保持密封。

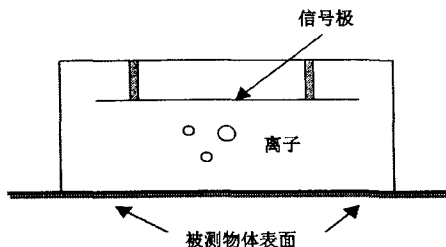


图6 土壤及墙壁表面污染探测器

2.4 管道内壁 α 表面污染测量装置

核设施退役拆除下来的管道中放射性污染测量非常重要,它决定着这些管道的后续处理工序以及废物分类。由于管道内径多样,长度不一,若直接测量 α 表面污染,测量结果难以准确表征表面污染状况,管道内壁的表面污染测量一直是表面污染测量工作中的难题之一。利用通风的办法,将被 α 粒子电离的离子对携带至离子捕集器进行测量,避开了 α 粒子在空气中射程太短缺点,提供了一种测量管道内表面 α 污染的途径,可以给实际测量工作带来很大的便利,如图7所示。

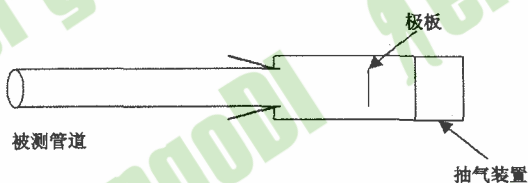


图7 管道内壁 α 表面污染测量装置

2.5 全身探测器

将样品室设计成整体浴室的形状,下部开有空气入口,顶部安装风扇组件和测量极板,用于抽气和测量,侧面设密封门,以便被检测人员出入。

2.6 其它应用

离子收集法测量 α 粒子技术还可以在很

多场合得以利用,如:手臂探测器、废物探测器、工作服探测器、氦探测器等等。

3 结束语

离子收集法是一种新颖的 α 粒子测量技术,可以在辐射防护领域,特别是表面污染测量领域有着广阔的应用前景。离子收集法测量 α 粒子技术有着许多传统探测器所不具备的特点,但由于此种技术还处于研究发展阶段,还有很多问题需进一步研究解决,包括 β 粒子干扰、外界空气干扰、密封问题等。

参考文献:

- [1] MacArthur DW, Allander KS. Long range Alpha Detector [R]. Los Alamos National Laboratory Report, LA - 12073 - MS, 1991.
- [2] MacArthur DW, Allander KS, Bounds JA, et al. Small Long range Alpha Detector (LRiD) with Computer Readout [R]. Los Alamos National Laboratory Report LA - 12199 - MS, 1991.
- [3] MacArthur DW, Allander KS, McAtee JL. Long range Alpha Detector for Contamination Monitoring [R]. Los Alamos National Laboratory Preprint LA - UR - 91 - 3396, 1991.
- [4] MacArthur DW, McAtee JL. Long range Alpha Detector (LRAD) [R]. Los Alamos National Laboratory Preprint. LA - UR - 3398, 1991.
- [5] 韩景泉. 离子收集式 α 探测器[J]. 原子能科学技术, 1998, 32(6): 503 - 509.
- [6] MacArthur DW, Allander KS, Bounds JA, et al. Long range Alpha Detector [J]. Health Phys, 1992, 63(3): 324 - 330.
- [7] Sharpe J. Nuclear Radiation Detectors [Z]. London, Methuen and CO. LTD, 1955, 98.
- [8] Watt DE, Ramsden D. High Sensitivity counting Techniques [M]. Oxford. London: Pergamon press, 1964: 41.

The Basic Discussion of the Application of Ion Collection Method Measuring α Particles in the α Surface Contamination Measurement

LIU Jian - zhong, WANG Xi - tao, HU Bo, LIU Hui - ying, HAN Jing - quan

(China Institute for Radiation Protection, TaiYuan, 030006)

Abstract: It mainly deals with the theory of particle measurement in a method of ion collection and probes the prospect of its application in alpha surface contamination measurement.

Key words: alpha Particle, ion collection, surface contamination