

成型炸药局部密度均匀性的 γ -射线旋转测量装置

田勇 李高强

(中国工程物理研究院化工材料研究所)

摘要 本文简要介绍了成型炸药局部密度均匀性 γ -射线旋转测量装置的结构, 讨论了装置各部分及总体的特点。

关键词 密度 γ -射线 无损检测

引言

局部密度均匀性作为一些特殊功能材料的一个性能指标, 其重要性与日俱增。工业CT虽已具有精确分辨样品中微小密度差异的能力, 并同时具有优良的综合性能, 但工业CT太昂贵, 维护也不易, 因此其使用受到一定限制^[1,2]。

本文所介绍的 γ -射线旋转测量装置主要适合于象炸药这样的低原子序数材料局部密度均匀性的无损检测, 装置简单、紧凑、专用性强。

1 装置的构成及特点

1.1 总体

装置由两大部分构成, 即探测记录部分和机械及控制部分。其结构示意图见图1。

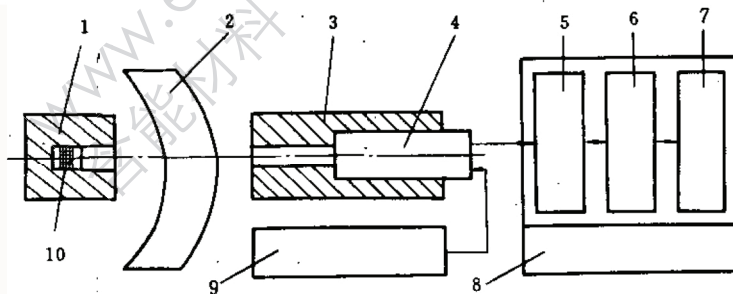


图1 γ 旋转测量装置结构示意图

1——源罐; 2——样品; 3——准直器; 4——闪烁探测器; 5——线性放大器;
6——单道分析器; 7——快定标器; 8——低压电源; 9——稳压高压电源; 10——Am-241源。

Fig. 1 Schema of γ -ray revolving gauge

1——Isotope container, 2——Sample, 3——Collimator,
4——Scintillating detector, 5——Linear amplifier, 6——Single channel,
7——Fast scaler, 8——L. V., 9——H. V., 10——Isotope Am-241.

装置的设计和构成主要考虑了简单实用的原则,力求耗资少而精确度高。根据样品特点和对检测的要求,检测方式采用了射线从样品的内部透射、源和探头固定、样品作绕其对称轴转动和连同旋转盘一起翻转的检测方式,因此装置能根据要求容易地检测到样品的任一部位。

1.2 探测记录部分

探测记录部分由同位素 γ 放射源、闪烁探头、NIM 件、高低压稳压电源、交流稳压电源等组成。其主要特点为:

a. 根据样品不同的成分、密度和厚度,有 300mCi 的 Am-241(主光子能量 59.54keV)和 50mCi 的 Pu-238(平均光子能量 18keV)低能 γ 光子源可供选择,其活性直径分别为 $\varnothing 11\text{mm}$ 和 $\varnothing 9\text{mm}$,这两个源的强度目前看来都是比较大的。由于两个放射源的光子能量均很低,因而大大降低了屏蔽难度,使得整个装置十分紧凑,提高了 γ -射线的探测效率。样品一个部位只需检测 1~6min,即可满足计数统计涨落在置信概率取 95%^[3]时小于 0.05%的要求;

b. 使用了通用 NaI (Tl)闪烁探头,它具有响应时间短、探测效率高、比较稳定、价格低廉、容易匹配等优点,适宜于作中、高计数率 γ -射线测量。当采用 Pu-238 作射线源时,则必须使用薄晶体探头(铍窗);

c. 探测系统的计数长期稳定性是影响系统测试误差的重要因素之一。由于重点关心的是一个样品各部位的密度均匀性,因此至少要求在检测一个样品所需的时间内(因为样品一般不作全扫描检测,通常检测时间小于两小时),探测系统有足够的计数稳定性。本装置采取了多方面的稳定措施,严格选择光电倍增管、较高精度稳压、性能良好的 NIM 件等,从而使探测系统的计数稳定性在两个小时内不小于 0.15%;

d. 探测系统的另一个十分重要的性能是高计数率性能,它对于快速检测而言是至关重要的。为了提高检测速度,除了使用高强度的放射源和提高探头的探测效率之外,探测仪器的每一部分即探测器前置跟随器、主放大器、单道分析器、定标器等都必须具有良好的快速时间响应特点。

1.3 机械及控制部分

机械及控制部分包括单板机、数控箱、步进电机、减速箱、蜗轮蜗杆、旋转盘等,其主要特点为:

a. 转动和翻转两种运动的合成可使样品任一部位得到定点检测或扫描,转动和翻转可同时进行也可分别进行,转动和翻转的速度均约为 30'/s;

b. 旋转盘上可紧固不同直径的卡盘($\varnothing 100\sim 300\text{mm}$),以适应不同半径的样品;

c. 数控操作在单板机上完成。输入的角度显示于单板机数字屏上,并可在执行指令之前调出检查和修改。单板机还设有步进操作,主要用于装置调试,其最小步进量为 1';

d. 在单板机上键入的转动和翻转的最小角度也为 1',实际的转动定位精度为 $\leq 10'$,对于一般的检测要求,此精度是可以满足的。

由于本装置机械部分是在一个旧装置上改装的,有两个重要部分没有能得到改进,其一为射线水平透射检测方式;其二为保留了原来的不平衡的旋转盘及其蜗轮蜗杆翻转方式。前者使得样品的中心位于前后准直器孔中心轴重合线上的调节难度增大,并和后者一

同使翻转产生颤动现象,大大降低了翻转定位精度,难以满足检测要求。这可以说是本装置的最大不足之处。

2 结 论

根据以上的描述,可得出如下几点结论:

- 2.1 从综合性能来看,此装置远不如工业CT,但此装置结构简单、紧凑、操作安全、简便,在置信概率取95%时,可获得 $\leq 0.5\%$ 的计数总误差或相对密度分辨率,而其潜在能力为 $\leq 0.1\%$ 。显然,这一点有助于说明此装置作为专用装置的实用性。
- 2.2 此装置适宜于检测低原子序数材料(例如炸药材料、高分子材料)的局部密度及其均匀性。样品半径50~150mm,厚度从几毫米到上百毫米。且此装置更适宜于样品需作有限部位检测的情形。
- 2.3 此装置所沿用的机械部分有明显不足,除了应重点考虑克服翻转定位误差之外,还应采取射线竖直透射检测方式。
- 2.4 装置的数据获取和处理方面还存在较多不足。

参 考 文 献

- 1 London B, Yancey R N et al. *Materials Evaluation*. 1990, 48(5):604~608
- 2 Halmshaw R, Ridyard J N. *British Journal of NDT*. 1990, 32(1):17~26
- 3 GB 4471-84

Y-RAY REVOLVING GAUGE FOR MEASUREMENT OF LOCAL DENSITY HOMOGENEITY OF EXPLOSIVE CHARGES

Tian Yong Li Gaoqiang

(*Institute of Chemical Materials, CAEP*)

ABSTRACT γ -Ray revolving gauge for measurement of local density homogeneity of explosive charges is introduced, and the main features of the gauge and its parts are discussed.

KEY WORDS density, γ -ray, nondestructive test.