

γ射线与β射线橡胶测厚仪的安全性比较

张朝宗 郭志平

(北京清华大学核能技术设计研究院 100084)

摘要 理论计算结果和实测数据都说明β射线橡胶测厚仪的剂量比γ射线橡胶测厚仪大两个数量级。采用γ射线测厚仪安全可靠,对于β射线测厚仪应认真考虑其安全性。

关键词 橡胶测厚仪,γ射线,β射线,安全性

目前有不少工厂使用了采用Sr-90β放射源的橡胶压延机测厚仪。在我国橡胶行业自动化程度不高的情况下,操作工人必须较长时间在1m甚至更近的距离内工作。这种仪表的射线安全性值得认真研究。若采用Am-241低能γ放射源的橡胶测厚仪,操作工人所受照射剂量预计可减少大约100倍。下面进行具体分析。

1 理论估算

为便于比较,假定β源活度为 $3.7 \times 10^8 \text{ Bq}$,γ源活度为 $1.11 \times 10^9 \text{ Bq}$ 。这是橡胶测厚仪中常用的同位素源强度。首先计算两种放射源在不防护的条件下1m远处的剂量(计算过程略)。计算结果得出,在直接照射的情况下,β射线测厚仪的剂量几乎比γ射线测厚仪大1000倍。

2 实际测量

对两个橡胶厂实际应用的β射线和γ射线反散射橡胶测厚仪进行了实地测量。

β射线反散射探头为德国FAG公司产品,采用了 $3.7 \times 10^8 \text{ Bq}$ 的Sr-90放射源,测量时在探头前方20mm处安装一块厚10mm的钢板,模拟安装在轧辊上的反射条件。用R404型薄窗电离室剂量仪(源盖打开的工作状况)测得数据如下:

方位	距离 mm	空气吸收剂量率 $\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$
切向对缝(90°)	表面	$>1.0 \times 10^{-3}$
探头正后方	800	1.6×10^{-5}
探头斜后方(45°)	800	1.4×10^{-5}

γ射线反散射探头为RG型国内产品,采用了 $1.1 \times 10^9 \text{ Bq}$ 的Am-241放射源,模拟现场情况距钢板28mm,用FJ-347A(源盖打开的工作状况)测得数据如下:

方位	距离 mm	空气吸收剂量率 $\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$
切向对缝(90°)	50	1.1×10^{-5}
	100	2.5×10^{-6}
	300	0.5×10^{-6}
	1000	0.2×10^{-7}
斜后方(30°)	300	0.2×10^{-6}
	1000	0.2×10^{-7}

3 成品性能

采用JB3076-82标准对所试制的起动型蓄电池槽进行了检测。结果表明,NR与LDPE并用生产的蓄电池胶槽的耐酸性、耐电压、落球冲击强度、内应力及热变形均符合

标准的规定。也就是说,采用NR与LDPE并用取代NR或NR与合成橡胶并用生产蓄电池胶槽是完全可行的。

收稿日期 1994-05-11

除了模拟现场情况外还进行了压延机现场的测试,由于篇幅关系,具体数据不再给出。结果与模拟测试是一致的。这些实际测量的结果进一步证实了 β 射线测量仪剂量比 γ 射线测厚仪大100倍以上。

除上述测量外,由实际的测厚仪工作电流也可对吸收剂量进行估计,通常采用的 β 射线橡胶测厚仪,工作电流在 10^{-9} A量级,而采用 γ 射线橡胶测厚仪,工作电流为 10^{-11} A量级。这也说明了 β 射线的剂量要比 γ 射线的剂量约大两个数量级。

3 安全性评价

由前述理论计算可以看出,在不防护的条件下距放射源1m处两种放射源产生的剂量大约差3个数量级。实际应用时一般不会直接照射,但在橡胶测厚应用时,往往不能做到很好的防护或准直。无论采用透射式还是采用反射式几何条件,整个橡胶都是反射物,无法挡掉多余的射线,工人将受到除探测头挡掉的那部分以外的反射线照射。若以相同的几何条件考虑,并且认为反射的射线强度占入射线强度的百分比差不多,则用 β 射线源产生的剂量仍约是 γ 射线的1000倍(实际上 β 射线是带电粒子,其反散射几率比 γ 射线大)。

对Am-241的低能 γ 射线而言,在反散射条件下,根据实测结果在距探测头300mm处切向的剂量率为 $0.5 \times 10^{-6} \text{ Gy} \cdot \text{h}^{-1}$,与直射相比大约小100倍。

我国“放射卫生防护基本标准”规定,放射工作人员受到全身照射年剂量当量不超过0.05Sv,眼晶体受照射可为0.15Sv。公众受到的照射为上述标准的1/10。按每年50周计算,每周40h工作考虑,则工作人员受到的照射不应高于 $2.5 \times 10^{-5} \text{ Sv} \cdot \text{h}^{-1}$,橡胶行业的生产工人显然不宜按照专业放射性工作人员的标准,最好采用公众的标准,即 $2.5 \times$

$10^{-6} \text{ Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。采用Am-241放射源,即便在放射源无防护直接照射的情况下,1m处只是接近公众的标准,0.5m处直射只是专业工作人员的极限剂量率。在设备正常安装时,反散射的条件是相当安全的,在300mm处,8h连续工作受到的照射仅为公众标准的1/5左右,实际工作一般在500mm以外,仅比本底照射高几倍。其安全性应当说是足够好的。

虽然 β 射线主要是表面剂量,但眼晶体允许的剂量也只能比全身照射高3倍。综合起来可以认为,使用 β 放射源时对附近操作工人的照射剂量接近专业放射性工作人员的标准,而且有可能超过专业放射性工作人员实际受到的照射剂量。由此可见,采用Sr-90 β 放射源的测厚仪,射线安全性是应当认真考虑的问题。

目前许多工厂使用的 β 射线测厚仪,据说都通过了射线安全部门的检测。值得注意的是,由于 β 射线的剂量测量及评价都较复杂,有的地方并不具有相应的测试手段,或者由于认识上的原因,或者由于其它原因, β 射线的危险性被忽略了。虽然不少国外设备配有 β 射线测厚仪表,但是国外压延机自动化程度较高,工人往往不必始终在压延机附近停留工作,从而减少了受照射的时间。在这样的条件下,较高的剂量率可以认为是能够接受的。但是对于我国大量使用的压延机自动化程度还不很高的情况,减少同位素仪表对工人的照射自然显得更加重要。我们认为,由于国内橡胶行业采用放射性同位素仪表时间不长,有些问题可能尚未引起注意,如因射线安全注意不够引起放射性伤害,不仅损害工人健康,而且必将影响同位素仪表的声誉,影响其普及推广,造成难以挽回的损失。因此,工厂在选用放射性仪表类型时,事前对射线的安全性有足够了解是十分必要的。

收稿日期 1994-05-03

Comparison of Safety between γ -ray and β -ray Gauges for Rubber Sheet

Zhang Chaozong and Guo Zhiping

(Qinghua University 100084)

Abstract The theoretically calculated results and measured data showed that the radiation dose from β -ray rubber gauge was higher than that from γ -ray rubber gauge by two orders of magnitude. It would be safe to use γ -ray rubber gauge. For β -ray rubber gauge, the safety should be considered carefully.

Keywords rubber gauge, γ -ray, β -ray, safety

天然橡胶产量

kt

国 别	1990 年	1991 年	1992 年	1993 年	1994 年前 5 个月
巴西	29.5	27.3	26.2	27.0	12.0
危地马拉	18.1	18.5	19.0	24.1	10.0
其它拉丁美洲国家	14.0	14.0	14.0	14.0	6.0
喀麦隆	38.3	43.4	43.6	50.0	17.5
科特迪瓦	69.2	70.5	72.3	74.3	28.0
加纳	3.6	5.8	6.0	7.0	3.5
利比里亚	40.0	19.0	28.0	3.0	2.5
扎伊尔	152.0	155.7	126.0	105.0	41.5
其它非洲国家 ¹⁾	1.0	2.0	1.8	2.4	1.4
孟加拉国 ²⁾	1.3	1.1	1.2	1.2	0.5
柬埔寨	32.0	33.0	39.0	40.0	17.0
中国	264.2	296.4	309.0	325.0	137.0
印度	323.5	360.2	383.0	428.1	161.8
印度尼西亚	1262.0	1284.0	1387.0	1301.3	539.2
马来西亚	1291.0	1255.7	1173.2	1074.3	460.7
缅甸	14.9	15.0	15.0	15.0	7.0
巴布亚新几内亚	2.6	2.7	2.6	2.5	1.0
菲律宾	185.4	180.7	172.5	172.0	73.0
斯里兰卡	113.1	103.9	106.1	104.2	43.8
泰国	1271.1	1340.8	1531.0	1569.8	602.6
越南	102.0	88.0	113.0	111.0	38.0
全世界	5260	5360	5600	5470	2150

注:1)中非共和国、加蓬和马拉维;2)截止到下一年3月31日的数据。

王晓冬译自英国“Rubber Statistical Bulletin”,48[12],9(1994)