

北京地区几种辐射加工用剂量计的 首次比对

高衍庸

张仲纶

(北京市计量科学研究所, 北京)

(中国科学院生物物理研究所, 北京)

陈文琇

(北京师范大学化学系, 北京)

摘要 北京地区几种辐射加工用剂量计首次比对结果良好。比对是在五种有希望的剂量体系间进行的。这些剂量体系是D-丙氨酸/ESR, 乳糖/ESR, 谷氨酰胺/LL, 硫酸铈-硫酸亚铈/SP, 和重铬酸钾/SP。先后在两个辐射场中进行照射。剂量测量值和标称剂量值间的平均比值分别为1.005和1.009。偏差分别在 $-0.6\sim+3.1\%$ 和 $+0.6\sim+2.4\%$ 之间变化。剂量测量值和由国际原子能机构(IAEA)执行的国际剂量保证服务计划提供的丙氨酸/ESR (GSF) 剂量计给出的剂量参考值比较, 在3%内符合, 本文对比对结果做了评价。

关键词 相互比对, 剂量计, 辐射加工。

引言

辐射已在工业、农业、医学和生物学等领域中广泛应用。辐射加工技术的安全性和经济性使世界各国对其兴趣日益增加。在这项技术中, 可靠的剂量测量工作是其成败的关键, 是实行一种合理、安全乃至法律上许可的工艺流程的先决条件。所以, 用标准化的辐射剂量测量来实现产品的质量控制是非常重要的。电离辐射吸收剂量的可靠测量是确保电离辐射应用的基础, 直接关系到应用的经济效益和社会影响。因此, 电离辐射计量工作愈来愈受到重视。国际原子能机构(IAEA)为此做出了很大努力, 创建了国际剂量保证服务系统(IDAS)^[1], 为其成员国中的大多数运行的辐照装置服务。

北京计量测试学会电离辐射专业委员会, 组织的北京地区辐射加工用剂量计的首次比对活动, 其目的在于考察北京地区几个单位提供的几种很有前途的剂量计的主要性能。参加比对的剂量计分别属于五个剂量体系, 即D-丙氨酸/ESR、乳糖/ESR、谷氨酰胺/LL、硫酸铈-硫酸亚铈/SP和重铬酸钾/SP。它们分别由中国计量科学研究院(J), 中国科学院生物物理研究所(S)和北京师范大学(BS)提供的。本文对此次比对结果进行了评价, 对通过剂量计间相互比对的方法实现剂量标准化的可行性进行了讨论。由于在文献[2~9]以及其他许多文献中, 对上述各剂量体系做了详尽的介绍和讨论, 所以, 本文不再赘述。

比对方法和实验条件

比对采用各自备好剂量计, 统一照射、分别测量读数, 集中处理数据的方法进行。

参比单位按照照射容器的外形尺寸(外径不大于12 mm)和剂量计中心距支架底部15 mm的要求, 将各自的剂量计封装好备用。其中, 丙氨酸剂量计和乳糖剂量计都是压制而成的小圆柱体,

并封在塑料瓶中。谷氨酸粉末装在外径 6 mm、高度 25 mm 的塑料瓶中。液体剂量计皆用 2 ml 医用中性缩颈安瓿封装。

除一组硫酸铈剂量计没有经过校正外,其它各剂量计均经国家吸收剂量基准-Fricke 剂量计,在 ^{60}Co 射线辐射场中校正过。校正是在标准水模体(300×300×300 mm)中的参考点上进行的。

比对的两次照射是分别在中国科学院生物物理研究所和北京师范大学的 ^{60}Co γ 辐射场中进行的。照射的具体条件如下:

中国科学院生物物理所钴辐射场(S场): (1) 源的活度~1.04 PBq, (2) 源的几何分布和照射的几何位置见图 1。

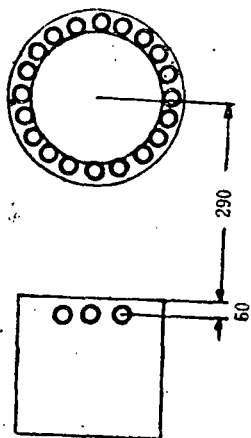


图 1 中国科学院生物物理研究所钴辐射场(S场)

Fig. 1 Cobalt-60 gamma ray radiation field of Institute of Biophysics, Academia Sinica, Beijing, China.

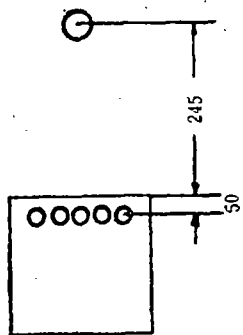


图 2 北京师范大学钴辐射场(BS场)

Fig. 2 Cobalt-60 gamma ray radiation field of Beijing Normal University, Beijing, China

如图 1 所示,钴源是由 20 根棒排列成花篮状。样品放在 300×300×300 mm 有机玻璃制成的水箱的支架上。照射位置距水模体表面 5 cm。距源中心 34 cm。

三个照射位置上的剂量率由国家吸收剂量基准 Fricke 剂量计给出在表 1 中。

北京师范大学钴辐射场(BS场): (1) 源的活度~0.56 PBq, (2) 源的几何分布和照射的几何位置见图 2。

如图 2 所示,钴源是由钴柱叠成的一根棒。样品放在如上的模体中照射。照射位置距源中心 29.5 cm。

由 Fricke 剂量计给出的五个照射位置上的剂量率及标称剂量列在表 2 中。

比 对 结 果

比对结果分别示于图 3、4、5 中。

(1) 参比剂量计的剂量测量值 D_E 和相应照射位置上标称剂量值 D_N 之比。图 3 是属于

五个剂量体系的八组参比剂量计。在 S 场中照射后,各剂量测量值 D_E 和相应照射位置上标称剂

表 1 各照射位置的剂量率和标称剂量(S场)

Table 1 Dose rate and Nominal dose for every irradiation position (S field)

照射位置 Irradiation position	剂量率 Dose rate (Gy/min)*	每次升降源时的附加剂量 Attached dose of every rise and drop of source (Gy)*	标称剂量(1) Nominal dose(1) (Gy)	标称剂量(2) Nominal dose(2) (Gy)
1	39.66	-6.6	2373	7132.2
2	39.83	-6.2	2383.6	7163.2
3	39.52	-6.9	2364.6	7106.7

* 由国家计量院提供。

表2 各照射位置的剂量率和标称剂量(BS场)

Table 2 Dose rate and Nominal dose for every irradiation position (BS field)

照射位置 Irradiation position	剂量率* Dose rate (Gy/min)*	每次升降源时附加剂量 Attached dose for every rise and drop of source (Gy)*	标称剂量 Nominal dose (Gy)
1	20.45	-11.3	2033.7
2	20.60	-11.4	2048.6
3	20.66	-11.4	2054.6
4	20.59	-11.5	2047.5
5	20.30	-11.1	2018.9

* 由国家计量院提供。

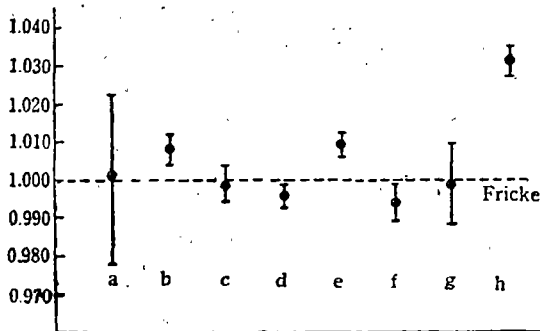


图3 剂量测量值和标称剂量值之比(S场):

a: 丙氨酸/ESR(J); b: 丙氨酸/ESR(S);
c: 乳糖/ESR(S); d: 谷氨酰胺/L.L (S); e: 重铬酸钾(低)/SP(J); f: 重铬酸钾(高)/SP(J);
g: 硫酸铈/SP (J); h: 硫酸铈/SP (BS)。

Fig. 3 Ratio of estimated dose to nominal dose (S field)

a. D-alanine/ESR (J); b. D-alanine/ESR (S); c. Lactose/ESR (S); d. Glutamine/LL(S);
e. Potassium dichromate (L. conc.) (J); f. Potassium dichromate (H. conc.) (J); g. Ceric-cerous sulphate/SP (J); h. Ceric-cerous sulphate/SP(BS)*.

* This dose meter was not calibrated. not calibrated.

量值 D_N 之比的平均值及其标准偏差。其中, 有七组剂量计 $\overline{D_E/D_N}$ 小于 1.010, 另一个为 1.031。八组剂量计的平均比值 $\overline{D_E/D_N}$ 为 1.005, 偏差在 $-0.6 \sim +3.1\%$ 之间。

图4是属于五个剂量体系的六组剂量计, 在BS场中照射后, 各剂量测量值 D_E 和相应照射位置上标称剂量值 D_N 之比的平均值及其偏差。其中, 有五组剂量计的 $\overline{D_E/D_N}$ 小于 1.010, 另一组为 1.024。六组剂量计的平均比值 $\overline{D_E/D_N}$ 为 1.009, 偏差在 $+0.6 \sim 2.4\%$ 之间。

(2) 测量结果的一致性。从两次照射, 14 组剂量的 $\overline{D_E/D_N}$ 来看, 最小值为 0.994, 最大

* 未经校正。

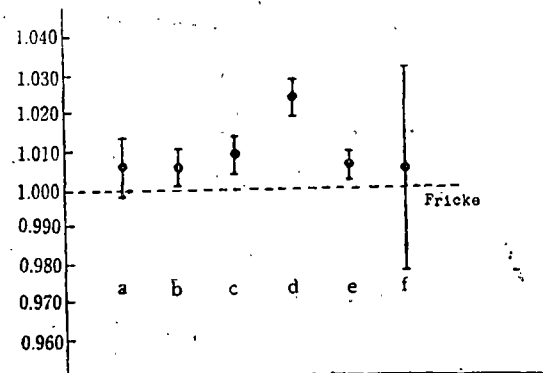


图4 剂量测量值和标称剂量值之比(BS场)

a. 丙氨酸/ESR (J); b. 丙氨酸/ESR (S); c. 乳糖/ESR(S); d. 谷氨酰胺/L.L (S); e. 重铬酸钾/SP(J); f. 硫酸铈/SP(BS)*;

Fig. 4 Ratio of estimated dose to nominal dose (BS field)

a. D-alanine/ESR (J); b. D-alanine/ESR (S); c. Lactose/ESR (S); d. Glutamine/LL (S); e. Potassium dichromate/SP (J); f. Ceric-cerous sulphate/SP.

*This dose meter was

值为 1.031。两者相差 0.037。其中, 12 组测量结果与标称值在 1% 以内符合。测量结果的一致性令人满意的。

表 3 剂量测量值和剂量参考值之比

Table 3 The ratio of estimated dose to reference dose

剂量计 Dose meter	剂量测量值 Estimated dose D_E (Gy)	剂量参考值 Reference dose D_R (Gy)	D_E/D_R Est./Ref.
丙氨酸/ESR D-alanine/ESR (J)	2081	2090	0.996
丙氨酸/ESR D-alanine/ESR (S)	2073.3		0.992
乳糖/ESR Lactose/ESR (S)	2073.2		0.992
谷氨酰胺/LL Glutamine/LL (S)	2103.3		1.006
硫酸铈-硫酸亚铈/SP*(BS)* Ceric-cerous-sulphate/SP* (BS)	2034		0.973
重铬酸钾/SP Potassium dichromate/SP (J)	2067		0.989

* This dose meter was not calibrated.

* 该剂量计未经校正。

(3) 测量结果的精密度。用单次测量结果的标准偏差来评价各剂量计测量结果的精密度。在 14 组剂量计的测量中, 精密度好于 $\pm 1\%$ 的有 11 组, 另外三组剂量计测量结果的精密度分别为: ± 0.011 、 ± 0.023 、 ± 0.027 。

(4) 和 GSF 生产的丙氨酸剂量计的比较。GSF 生产的丙氨酸剂量计是国际原子能机构 (IAEA), 执行的国际剂量保证服务计划为其成员国提供的剂量计。北京师范大学收到了一份, 作为此次比对活动的一部分, 有六组剂量计与收到的丙氨酸剂量计一起, 在 BS 场中的同一照射位置上进行了比较照射。测量结果以重铬酸钾剂量计的测量结果为代表报给 IAEA。表 3 给出的是参加比较的六组剂量计的测量值, 和国际剂量保证服务 (IDAS) 结果的证书中给出的剂量值 (作为参考值), 以及二者的比值。比值的平均值为 0.991, 偏差在 $-2.7\sim +0.6\%$ 之间。

结 语

此次比对取得了满意的结果。证实了参加比对的五种剂量体系的可靠性和实用性。比对结果表明, 对剂量计进行周期校正是必要的。参比剂量计测量结果准确一致, 证明了校正是有效的, 所采用的校正方法是可行的。剂量计间的相互比较是达到剂量标准化的一种有效途径。

参加此次比对活动的有中国计量科学研究院的李承华、高均成; 中国科学院生物物理研究所的孟香琴、刘成祥、郎淑玉、北京师范大学系的吕恭序。此次比对得到了中国计量科学院庞端草同志的热情帮助和指导。生物物理所钴源室、师范大学钴源室诸同志协助照射, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] J. W. Nam International Dose Assurance Service, An IAEA programme for quality control in radiation processing. Topical reports, IAEA BULLETIN, SUMMER, 1986.
- [2] Regulla, D. F. et al., IAEA Technical Report Series, 205, 139 (1981).
- [3] 张仲纶, 刘成祥, 计量学报, 8(3), 194(1987).
- [4] Regulla, D. F. et al., IAEA-TECDOC-321, p. 141 Vienna, (1984).
- [5] 孟香琴 科学通报, 31(13), 1040(1986).
- [6] 孟香琴 科学通报, 31(19), 1500(1986).
- [7] Ettinger, K. V. et al., IAEA Technical Report Series, 205, 153(1981).
- [8] 郎淑玉, 张仲纶, 辐射研究与辐射工艺学报, 4(1), 35(1986).
- [9] P. H. G. Sharpe, et al., Int. J. Appl. Radiat. Isot., 35(3), 647(1985).

(稿件收到日期: 1987 年 6 月 16 日)

SEVERAL DOSE METERS FOR RADIATION PROCESSING ----THE FIRST INTERCOMPARISON, HELD IN BEIJING

Gao Yanyong

(Beijing Metrology Science Institute, Beijing, China)

Zhang zhonglun

(Institute of Biophysics, Academia Sinica, Beijing, China)

Chen Wenxiu

(Department of Chemistry, Beijing Normal University, Beijing, China)

ABSTRACT The results of the first intercomparison of several dose meters for radiation processing, held in Beijing is good enough. Intercomparison was carried out among five promising dose meter systems. They are D-alanine/ESR, Lactose/ESR, Glutamine/LL, Ceric-cerous sulphate/SP, and Potassium dichromate/SP. They had been irradiated in two radiation fields. The mean ratio between estimated dose and nominal dose was 1.005 and 1.009, separately. Overall deviation varied between -0.6% and $+3.1\%$, or $+0.6\%$ and $+2.4\%$, separately. The estimated dose is agreed within 3% with reference dose given by alanine/ESR (GSF), which was provided by International Dose Assurance Service (IDAS), belong to International Atomic Energy Agency (IAEA) programme. This paper has been evaluated the results of the first intercomparison of several dose meters for radiation processing.

KEY WORDS Intercomparison; Dose meter; Radiation processing.