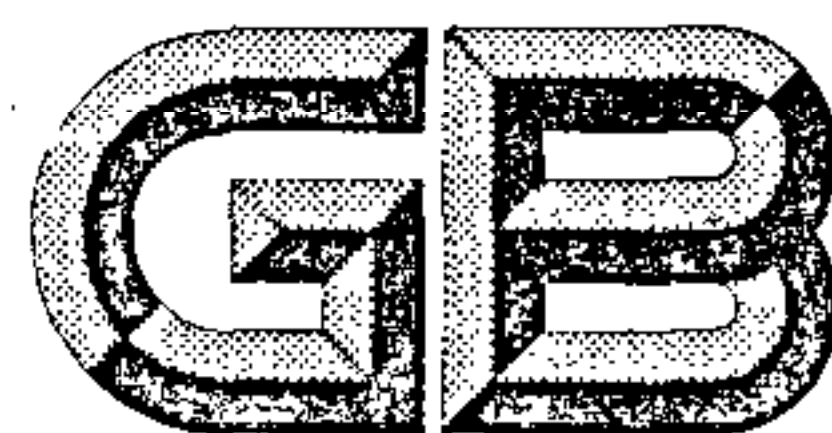


UDC 621.039:681.2
F 85



中华人民共和国国家标准

GB 10264—88

个人和环境监测用热释光剂量 测量系统

Thermoluminescence dosimetry for
personal and environmental monitoring

1988-12-30发布

1989-10-01实施

国家技术监督局发布

目 次

第一篇.....	(1)
1 主题内容与适用范围	(1)
2 测量对象	(1)
3 定义	(2)
4 单位	(4)
5 分类和符号	(5)
第二篇.....	(5)
6 性能要求	(5)
7 检验规则	(5)
第三篇.....	(20)
8 产品合格证书	(20)
9 电源	(20)
10 说明书.....	(20)
11 标志和包装.....	(20)
附录 A 用于个人剂量计的剂量当量转换因数(参考件).....	(21)
附录 B 用于环境剂量计的剂量当量转换因数(参考件).....	(26)
附录 C 从读出值(r)求评定值(E)(参考件).....	(27)
附录 D 置信界限(参考件).....	(27)

GB10264-88 《个人和环境监测用热释光剂量计测量系统》第 1 号修改单

— 9 —

本修改单经国家技术监督局于 1992 年 6 月 29 日以技监国标发(1992)105 号文批准,自 1992 年 10 月 1 日起实施。

- 表 A7 标题中更改数值:“H' (0.07)”更改为“H' (10)”。
- 表 A7 第一行更改数值:“H' (0.07)”更改为“H' (10)”。
- 续表 A7 第一行更改数值:“H' (0.07)”更改为“H' (10)”。
- 表 A8 标题中更改数值:“H' (10)”更改为“H' (0.01)”。
- 表 A8 第一行更改数值:“H' (10)”更改为“H' (0.07)”。
- D2.1 改用新标题:“D2.1 实验标准偏差 (S) 的置信区间”。

刊载于 1992 年第 10 期《中国标准化》

中华人民共和国国家标准

个人和环境监测用热释光剂量 测量系统

GB 10264—88

Thermoluminescence dosimetry for
personal and environmental monitoring

第一篇

1 主题内容与适用范围

本标准规定了个人和环境监测用热释光辐射剂量测量系统、探测器及读出器的分类与符号、性能标准和相应的检验规则,但不包括信息存取及数据处理部分。

热释光剂量测量系统主要由以下部分组成:

- a. 无源器件,指剂量计,它含有一个或多个呈现热释光特性的探测器并配有某种识别方法。
- b. 读出器,用以加热受电离辐射照射过的探测器,同时测量其光输出,以测定相应的辐射剂量。
- c. 其他附加设备及操作程序,用于进行必要的退火、清洗等辅助处理,以保证整个系统的效能。
- d. 数据处理程序,用以将所测光输出转换成剂量和获取结果。

本标准分别制定了检验整个热释光剂量测量系统、探测器或读出器性能的条款。但对上述c、d两项内容的检验未作专门规定,它们只作为热释光剂量测量系统的一部分间接检验。

热释光剂量测量系统性能标准的内容最全面,其设计使得符合本标准的系统能满足现代科技水平对个人和环境剂量测量的要求。

用于单独检验探测器的性能标准仅包括那些明显地、主要取决于探测器,而不受其他检验中必要部件影响的内容。这时,标准仅限于对探测器有意义而与作为一个完整系统使用的其余部件无关。单独检验读出器时,这一原则同样适用。

即使探测器或读出器符合各自的性能标准,也不保证包括这些部分的任何系统能符合热释光剂量测量系统的标准。

2 测量对象

本标准规定热释光剂量测量系统、探测器或读出器用于个人剂量测量时,测量对象是0.015~3 MeV的光子及最大能量为0.5~3.0 MeV的 β 射线;不涉及中子或含有中子的混合场。对于剂量计的中子响应大于光子响应的1%的场合,制造厂应告诫用户并尽可能给出定量资料。本标准中用于个人剂量测量的辐射量是组织内 $7 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 或 $1000 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 深度处的个人剂量当量。附录A(参考件)提供了空气比释动能与个人剂量当量的转换表。

本标准同时规定,热释光剂量测量系统、探测器或读出器用于环境剂量测量时,测量对象是0.03~3 MeV的光子;没有专门说明对 β 或宇宙射线的测量。本标准中用于环境剂量测量的辐射量是周围剂量当量。附录B(参考件)提供了空气比释动能与周围剂量当量的转换表。

在上述情况下,性能是在实验室条件下评价的,未能充分模拟个人和环境剂量测量的实际条件。因

此,将这些性能检验结果应用于实际情况时必须谨慎。

本标准不含对肢端剂量计或中子剂量计的性能要求。

3 定义

3.1 热释光 thermoluminescence

某些物质呈现的一种特性,即被电离辐射或紫外线辐照过的物质受热时发射光。严格讲,这种特性应称为辐射-热释光,通常简称热释光。

3.2 热释光材料 thermoluminescence material

呈现热释光特性的物质。

3.3 热释光探测器(简称探测器) thermoluminescence detector

一定量的热释光材料或热释光材料与非发光材料按一定重量比构成的具有确定重量、形状或尺寸的混合物。

3.4 热释光剂量计 thermoluminescence dosimeter

由一个或多个热释光探测器组成的无源器件。探测器通常装于适用的容器内,以便佩于人体或置于环境中用作评价它所处位置或附近的某种剂量当量。

3.5 热释光剂量计读出器(简称读出器) thermoluminescence dosimeters reader

测量热释光剂量计中探测器发射光的仪器,主要由加热装置、测光装置和有关电子学部分组成。

3.6 热释光剂量测量系统(简称系统) thermoluminescence dosimetry system

由热释光剂量计、读出器和其他附加设备、程序组成,用于评价剂量评定值。

3.7 环境 environment

公众可不受限制地出入的地区。

3.8 环境剂量计 environmental dosimeter

用于测量环境中辐射剂量的剂量计。

3.9 个人剂量计 personal dosimeter

用于测量人体所受辐射剂量的剂量计。

3.10 系统、探测器或读出器的型号 type of system, detector or reader

按相同设计和规格制造,在规定限度内特性彼此相同的剂量计、探测器或读出器。

3.11 一批(探测器或剂量计) batch(of detectors or dosimeters)

按特定设计或规格制造的,性能特征相同且与本标准相应要求一致的探测器或剂量计的集合。

3.12 退火 annealing

为获得正确结果对热释光探测器或剂量计进行的专门热处理。

3.13 准备(或再准备) prepare(or re-prepare)

使用前对剂量计或探测器进行的退火、清洁等常规处理。

3.14 读出 readout

在读出器里加热热释光探测器并测量所发射光的过程。

3.15 读出值 readout value

读出后热释光读出器的指示值,以读出器的输出单位表示,其符号为 r 。

3.16 照射量 exposure

X 或 γ 辐射在质量为 dm 的空气中释放出来的全部电子(正电子和负电子)被空气阻止时,在空气中产生一种符号的离子的总电荷的绝对值 dQ 除以 dm ,其符号为 X 。

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

注:照射量的专用单位伦琴(符号:R)可以暂时使用。它没有专门命名的国际制单位。

$$1R = 2.58 \times 10^{-4} C \cdot kg^{-1}$$

3.17 吸收剂量 absorbed dose

任何电离辐射,授予质量为 dm 的物质的平均能量 $d\bar{E}$ 除以 dm ,其符号为 D 。

$$D = \frac{d\bar{E}}{dm}$$

吸收剂量的单位的专用名称是戈瑞(符号:Gy)。

$$1Gy = 1J \cdot kg^{-1}$$

吸收剂量的专用单位拉德(符号:rad)可以暂时使用。

$$1rad = 10^{-2} J \cdot kg^{-1}$$

在本标准中,吸收剂量以戈瑞数表示,相应的拉德值标在括号里。当不会引起混淆时,术语“吸收剂量”简称“剂量”。

3.18 比释动能 kerma

不带电电离粒子,在质量为 dm 的某种物质中释放出来的全部带电粒子的初始动能的总和 dE_{tr} 除以 dm ,其符号为 K 。

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm}$$

比释动能的单位的专用名称是戈瑞(符号:Gy)。

3.19 剂量当量 dose equivalent

在要研究的组织中某点处的吸收剂量 D ,品质因素 Q 和其他一切修正因数 N 的乘积。其符号为 H 。

$$H = DQN$$

D 和 H 的国际制单位都是焦耳每千克。剂量当量的单位的专用名称是希沃特(符号:Sv)。

$$1Sv = 1J \cdot kg^{-1}$$

剂量当量的专用单位雷姆(符号:rem)可以暂时使用。

$$1rem = 10^{-2} J \cdot kg^{-1}$$

3.20 周围剂量当量 ambient dose equivalent

辐射场中某一点处的周围剂量当量是相应的齐向扩展场在 ICRU 球体内、逆向齐向场的半径上深度 d 处产生的剂量当量。其符号为 $H^*(d)$ 。

注:① 在扩展场里,在所研究的整个体积内,注量及其角分布、能量分布与参考点的实际场具有相同的值。在本标准中,扩展场内的注量及其能量分布同上述扩展场,但注量是单向的。

② 当用 $H^*(d)$ 表示监测结果时,推荐的深度 d 为 10 mm,这时 $H^*(d)$ 可写为 $H^*(10)$ 。

3.21 定向剂量当量 directional dose equivalent

辐射场中某一点处的定向剂量当量是相应的扩展场在 ICRU 球体内指定方向的半径上深度 d 处产生的剂量当量。其符号为 $H'(d)$ 。

注:当用 $H'(d)$ 表示监测结果时,推荐的深度 d 为 0.07 mm,这时 $H'(d)$ 可写为 $H'(0.07)$ 。

3.22 深部个人剂量当量 individual dose equivalent, penetrating

深部个人剂量当量是身体表面某一指定点下面深度 d 处的软组织剂量当量,它适用于强贯穿辐射。其符号为 $H_p(d)$ 。

注:当用 $H_p(d)$ 表示监测结果时,推荐的深度 d 为 10 mm,这时 $H_p(d)$ 可写为 $H_p(10)$ 。

3.23 浅表个人剂量当量 individual dose equivalent, superficial

浅表个人剂量当量是身体表面某一指定点下面深度 d 处的软组织剂量当量,它适用于弱贯穿辐射。其符号为 $H_s(d)$ 。

注:当用 $H_s(d)$ 表示监测结果时,推荐的深度 d 为 0.07 mm,这时 $H_s(d)$ 可写为 $H_s(0.07)$ 。

3.24 评定值 evaluated value

它是要求测量的量值,例如定向剂量当量 [$H'(10)$] 值或空气比释动能 (K_a) 值,由附录 C(参考件)所

列评定因数(F_c)处理读出值(r)而得。其符号为 E 。

3.25 剂量约定真值 conventional true value

它是测量点上要求测量的量,例如定向剂量当量[$H'(10)$]、空气比释动能(K_a)的最佳评定值。其符号为 C 。

3.26 评定因数 evaluation factor

用以将一个或几个读出值(r)转换成要求的评定值(E)的因数或若干因数的集合,见附录 C(参考件)。其符号为 F_c 。

3.27 转换因数 conversion factor

用以将空气比释动能转换成相应的剂量当量的因数,见附录 A(参考件)和附录 B(参考件)。其符号为 F_c 。

3.28 响应 response

评定值与剂量约定真值的商。

3.29 自辐照 self-irradiation

剂量计自身放射性杂质对探测器的辐照。

3.30 体模 phantom

用以模拟人体对 X、 γ 和 β 辐射的散射、吸收的特殊物体。

3.31 零点 zero point

准备后未受辐照的剂量计的评定值。

3.32 读出器本底 reader background

与无剂量计或探测器时的读出值相应的评定值。

3.33 探测阈 detection threshold

剂量计的读出值与其未受辐照的读出值有明显差异(置信度为95%)时对应的最小评定值。

3.34 变异系数 coefficient of variation

一组 n 个测量值 X_i 的标准偏差与其算术平均值 \bar{X} 之比,记作 V ,由下式给出:

$$V = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

3.35 常规检验 routine test

为确定性能是否符合标准,对每套热释光剂量测量系统或每个探测器、每台读出器进行的检验。其符号为 RT。

3.36 质量一致性检验 quality uniformity test

为确保产品质量满足技术要求,用一批产品中若干热释光剂量测量系统、探测器或读出器进行的检验。其符号为 QT。

3.37 型式检验 type test

为测定某种型号热释光剂量测量系统、探测器或读出器的使用性能,以少量产品进行的检验。其符号为 TT。

4 单位

本标准使用国际单位制。同时,加括号标明以暂用单位(rad,rem)表示的辐射量值,也将在适当处使用下列重要的实用单位:

表示时间:年(a)、天(d)、小时(h)、分(min);

表示能量:电子伏(eV)。

5 分类和符号

5.1 系统、探测器和读出器的分类

系统、探测器和读出器均按用途分为个人(记作P)和(或)环境(记作E)几种。

根据要求测量的组织内不同深度的剂量当量,又将用于个人剂量测量的系统、探测器和读出器分为 $7\text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 级[记作($7\text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)]和 $1\ 000\text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 级[记作($1\ 000\text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)]。

根据可测X射线或 γ 射线的能量下限,又将用于环境剂量测量的系统、探测器和读出器分为 30 keV 级[记作(30 keV)]和 80 keV 级[记作(80 keV)],并按其适应的最短使用周期再细分为7天类[记作(7 d)]和30天类[记作(30 d)]。

5.2 系统、探测器和读出器的符号

用于个人剂量测量的系统、探测器和读出器以如下符号表示:

P(以 $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 为单位表示的组织深度)

用于环境剂量测量的系统、探测器和读出器以如下符号表示:

E(以 keV 为单位表示的可测能量下限) (以 d 为单位表示的最短使用周期)

举 例

符 号

用于测量 $7\text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 处剂量当量的热释光剂量测量系统	P($7\text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)
用于各种个人和环境剂量当量的热释光剂量测量系统	P(ALL);E(ALL)
测量的能量下限为 30 keV ,且最短使用周期为1周的环境测量用热释光探测器	E(30 keV)(7d)
用于个人剂量测量的热释光读出器	P(ALL)

第 二 篇

6 性能要求

热释光剂量测量系统、读出器和探测器的性能标准分别概括于表1、表2和表3中。专为系统、读出器和探测器的特定类别规定的性能标准,只适用于相应类别。

7 检验规则

7.1 概要

如果一个读出器和(或)探测器作为系统的部件检验,它们只需要遵循表1中的性能标准而不必按表2、表3内容检验。如果读出器或探测器单独检验,则只需检验表2或表3所列性能标准。在大多数情况下,实际使用的是剂量计而不是探测器,因此仅涉及探测器的标准只有几条。但是必需给出探测器的基本性能,因而对遵循本标准的探测器也应按表3内容给出数据。

表 1 对热释光剂量测量系统的性能要求

序号	性能特征	系统种类	性能要求	检验类别	检验规则条目
1	一批的均匀性	P(ALL) E(ALL)	一批中任意两个剂量计受照10倍于探测阈最大允许限剂量时评定值之差应不大于30%	RT	7.8.1

续表 1

序号	性能特征	系统种类	性能要求	检验类别	检验规则条目
2	重复性	P(ALL) E(ALL)(7 d) E(ALL)(30 d)	一组 n 个剂量计重复测量下列剂量时, 每个剂量计评定值的变异系数应不超过 7.5%; 并且对于全组亦应不超过 7.5%: 10 mSv(1 rem) 50 μ Sv(5 mrem) 200 μ Sv(20 mrem)	TT QT RT	7.8.2
3	线性度	P(7 mg·cm ⁻²) P(1 000 mg·cm ⁻²) E(ALL)(7 d) E(ALL)(30 d)	在下列量程上, 响应的变化应不大于 10%: 0.5 mSv~1 Sv(50 mrem~100 rem) 0.1 mSv~1 Sv(10 mrem~100 rem) 10 μ Sv~100 mSv(1 mrem~10 rem) 30 μ Sv~100 mSv(3 mrem~10 rem)	TT	7.8.3
4	剂量计在各种气候条件下的稳定性	P(ALL) E(ALL)	经辐照的剂量计在贮存周期开始和结束时的评定值之差应不大于: 7% —— 在标准检验条件下贮存 30 d 10% —— 在标准检验条件下贮存 90 d 20% —— 在 50℃、相对湿度 65% 条件下贮存 30 d 20% —— 在 20℃、相对湿度 90% 条件下贮存 30 d	TT QT	7.8.4
5	探测阈	P(7 mg·cm ⁻²) P(1 000 mg·cm ⁻²) E(ALL)(7 d) E(ALL)(30 d)	探测阈应不超过: 0.5 mSv(50 mrem) 0.1 mSv(10 mrem) 10 μ Sv(1 mrem) 30 μ Sv(3 mrem)	TT QT RT	7.8.5
6	自辐照	P(7 mg·cm ⁻²) P(1 000 mg·cm ⁻²) E(ALL)	剂量计贮存 30 d 后, 其零点应不超过: 0.5 mSv(50 mrem) 0.1 mSv(10 mrem) 50 μ Sv(5 mrem)	TT QT	7.8.6
7	残余	P(ALL) E(ALL)	剂量计用约定真值 100 mSv(10 rem) 辐照后, 其探测阈应不超过最大允许限; 并且对于约定真值 2 mSv(200 mrem) 响应的变化应不大于 10%。 剂量计用约定真值 10 mSv(1 rem) 辐照后, 其探测阈应不超过最大允许限; 并且对于约定真值 0.2 mSv(20 mrem) 响应的变化应不大于 10%	TT	7.8.7
8	光照对剂量计的影响	P(ALL) E(ALL)	与存放于暗处的相比, 剂量计受 1 000 W·m ⁻² 辐照度的光照射 1 d 后, 零点变化应不大于探测阈最大允许限; 照射 1 周后评定值的变化应不大于 10%	TT QT	7.8.8

续表 1

序号	性能特征	系统种类	性能要求	检验类别	检验规则条目
9	能量响应 (对光子)	P(ALL) E(30 keV)(ALL) E(80 keV)(ALL)	用下面能量范围的光子辐照,评定值与剂量 约定真值之差应不大于30%: 0.015~3.0 MeV 0.03~3.0 MeV 用能量范围30~80 keV 光子辐照,评定值应 不超过剂量约定真值的2倍,并且用0.08~ 3.0 MeV 的光子辐照,评定值与剂量约定真 值之差不应大于30%	TT	7.8.9
10	能量响应 (对 β 射线)	P(ALL)	用最大能量(E_{max})在0.5~3.0 MeV 范围内 的 β 射线辐照,响应的变化应不大于30%	TT	7.8.10
11	无向性 (对光子)	P(ALL) E(ALL)	入射光子能量为 60 ± 5 keV,入射角偏离正常 方向 0° 、 20° 、 40° 和 60° 时平均评定值与正常方 向入射时的评定值之差应不大于15% 用 ^{60}Co 或 ^{137}Cs 光子以3个互相垂直的方向辐 照剂量计,平均评定值的变化应不大于15%	TT	7.8.11
12	电源电压 和频率的 影响	P(ALL) E(ALL)	在稳定的高(或低)电压及频率下读出的剂 量计评定值与读出器在正常工作条件下读 出的剂量计评定值之差应不大于7%	TT	7.8.12
13	电压瞬变 的影响	P(ALL)	读出器在电压瞬变后读出的剂量计评定值 与它在正常工作条件下读出的剂量计评定 值之差应不大于7%	TT	7.8.13
14	气候条件 对读出器 的影响	P(ALL) E(ALL)	读出器暴露于检验规则规定的温度、湿度条 件之中或之后,其本底变化应小于探测阈最 大允许限的20%;并且评定值与正常条件下 测量的评定值之差应不大于10%	TT	7.8.14
15	振动对读 出器的影 响	P(ALL) E(ALL)	读出器经受正弦振动后,读出的剂量计评定 值与读出器在正常条件下读出的剂量计响 应之差应不大于7%	TT	7.8.15
16	跌落对剂 量计的影 响	P(ALL) E(ALL)	剂量计经1 m 落差跌到水泥面上后,其评定 值与正常条件下的评定值之差应不大于7%	TT	7.8.16
17	跌落对读 出器的影 响	P(ALL) E(ALL)	读出器经1 cm 落差跌到木质面上后,读出的 剂量计评定值与它在正常条件下读出的剂 量计评定值之差应不大于7%	TT	7.8.17
18	漏光对读 出器的影 响	P(ALL) E(ALL)	读出器暴露于 $1\ 000\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 辐照度下,其本 底的变化应不大于探测阈最大允许限的 20%	RT	7.8.18

表 2 对热释光读出器的性能要求

序号	性能特征	系统种类	性能要求	检验类别	检验规则条目
1	读出器稳定性	P(ALL) E(ALL)	相隔24 h和相隔168 h读出的剂量计评定值与初始值之差应分别不大于7%和10%	RT	7.9.2
2	电源电压和频率的影响	P(ALL) E(ALL)	读出器在稳定的高(或低)电压及频率下读出的剂量计评定值与它在正常工作条件下读出的剂量计评定值之差应不大于7%	TT	7.8.12
3	电压瞬变的影响	P(ALL) E(ALL)	读出器在电压瞬变后读出的剂量计评定值与它在正常工作条件下读出的剂量计评定值之差应不大于7%	TT	7.8.13
4	气候条件对读出器的影响	P(ALL) E(ALL)	读出器暴露于检验规则规定的温度、湿度条件之中或之后,其本底变化应小于探测阈最大允许限的20%;并且评定值与正常条件下测量的评定值之差应不大于10%	TT	7.8.14
5	振动对读出器的影响	P(ALL) E(ALL)	读出器经受正弦振动后,读出的剂量计评定值与它在正常条件下读出的剂量计评定值之差应不大于7%	TT	7.8.15
6	跌落对读出器的影响	P(ALL) E(ALL)	读出器经1 cm落差跌落到木质面上后,读出的剂量计评定值与读出器在正常条件下读出的剂量计评定值之差应不大于7%	TT	7.8.17
7	漏光对读出器的影响	P(ALL) E(ALL)	读出器暴露于 $1\ 000\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 辐照度下,其本底的变化应不大于探测阈最大允许限的20%	RT	7.8.18

表 3 对热释光探测器的性能要求和参数要求

序号	性能特征	探测器种类	性能要求	检验类别	检验规则条目
1	一批的均匀性	P(ALL) E(ALL)	一批中任意两个探测器对10 mGy(1 rad)剂量的评定值之差应不大于30%	RT	7.10.2
2	重复性	P(ALL) E(ALL)(7 d) E(ALL)(30 d)	一组 n 个探测器重复测量下列剂量时,评定值的变异系数应不超过7.5%;并且对于全组亦应不超过7.5% 10 mGy(1 rad) 50 μGy (5 mrad) 200 μGy (20 mrad)	TT QT	7.10.3
3	线性度	P(ALL) E(ALL)	必要参数 应给出探测器在下列剂量范围内评定值与剂量约定真值之比和评定值的置信区间: 0.1 mGy~1 Gy(10 mrad~100 rad) 0.03 mGy~0.1 Gy(3 mrad~10 rad)	TT QT	7.11.1

续表 3

序号	性能特征	探测器种类	性能要求	检验类别	检验规则条目
4	能量响应 (对光子)	P(ALL) E(ALL)	应给出探测器对于能量范围为0.015~3 MeV光子的评定值与剂量约定真值之比和评定值的置信区间	TT	7.11.2
5	光照对探测器的影响	P(ALL) E(ALL)	应给出探测器受1 000 W·m ⁻² 辐照度的光照1 d后零点的变化和照射7 d后评定值的变化	TT	7.11.3

7.2 要求测量的量和刻度

表1、表2、表3里给出的性能标准和各项检验结果,一般以剂量约定真值(C)和评定值(E)表示。按ICRU39号报告的定义,在个人和环境剂量测量中这两个参数都应为组织中特定深度处的剂量当量。

在本标准检验规则中,剂量约定真值(C)的不确定度可以忽略。一组评定值(E_{ij} , i 为组号, j 为组内编号)的平均值(\bar{E}_i)的置信区间(L_i)应按附录D(参考件)规定的方法计算。

按表1检验热释光剂量测量系统时,用于计量相关剂量值的单位是希沃特(雷姆),符号 Sv(rem)。按表2检验读出器或按表3检验探测器时,对于各类产品均可使用空气中的戈瑞(拉德),符号 Gy(rad)作计量单位。应该根据附录A(参考件)、附录B(参考件)和附录C(参考件)给出的数据及程序,将读出值转换成评定值。

检验用于环境的热释光剂量测量系统时,剂量计均应在自由空气中辐照。检验用于个人的热释光剂量测量系统的能量响应或无向性时,剂量计均应在体模上辐照(见附录A(参考件))。涉及个人剂量测量的其他项目,因检验结果与体模无关,辐照时可以使用也可以不用体模。

7.3 检验类别

各检验项目,应按表1~表3的指示,分别作为型式检验(3.37条)、质量一致性检验(3.36条)和(或)常规检验(3.35条)进行。型式检验是确定某型号的系统、探测器或读出器的基本性能。质量一致性检验是证实生产或交付的某批系统、探测器或读出器的性能符合相应型号指标。常规检验应对每个系统、探测器或读出器实施。

7.4 检验的简化

一旦某系统完成了型式检验,则对该型号系统中的剂量计所作其他检验可以用该型号系统中的任何一个读出器进行,反之亦然。

对于表1中的第1~4和第8项,如果对不同种类的系统有相同性能要求,而且系统中所用探测器也相同,则可只用一种系统完成检验。

对于表1中的第12~15、17和第18项,由于检验结果与系统中读出器以外的组成部分无关,也仅需用一种或一个类型的剂量计或探测器完成检验,检验结果对具有同型号读出器的所有系统有效。

7.5 各项检验中要求的剂量计或探测器数量

每项检验中要求的剂量计、探测器数量,或在某些情况下要求的试验重复次数按下述原则确定:对性能要求的检验结果具有95%的置信度。为方便起见,对任一项检验可将剂量计数或照射测量次数取为10或20。

7.6 检验条件

除另有说明外,检验均在标准检验条件(表4)下完成。系统、探测器和读出器的检验方式应模拟个人或环境常规剂量测量程序。例如,探测器应经受制造厂推荐的退火、清洁和取放程序。

表 4 参考条件和标准检验条件
(厂家另有说明除外)

影响量	参考条件	标准检验条件
光子参考辐射	按表5规定选用	按表5规定选用
β 参考辐射	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	^{204}Tl
预热时间	30 min	>30 min
环境温度	20℃	18~22℃
相对湿度	65%	55%~75%
大气压力	101.3 kPa	86~106 kPa
电源电压	公称电源电压 U_N	公称电源电压 $U_N \pm 1\%$
电源频率	公称频率	公称频率 $\pm 1\%$
电源波形	正弦波	正弦波,总谐波畸变小于5%
γ 辐射本底	$0.20 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$	$\leq 0.2 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$
外来电磁场	可忽略	小于产生干扰的下限值
外来磁感应	可忽略	小于地球磁场感应的2倍
装置调节器	置于正常工作状态	置于正常工作状态
放射性元素污染	可忽略	可忽略
光照强度	$50 \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$<100 \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

7.7 参考辐射

凡涉及辐照剂量计或探测器的检验,应使用本标准规定的放射源。

用于检验对光子能量响应的参考辐射应从表5中选取。用于检验对 β 射线能量响应的放射源应为 ^{90}Sr (与 ^{90}Y 的平衡体)及 ^{204}Tl 。

对所用放射源的刻度应可溯源于相应的一级或次级标准。

表 5 X和 γ 参考辐射一览表

窄谱组 ¹⁾	
A	B
8.6 keV K 荧光 X 辐射	
9.9 keV K 荧光 X 辐射	
15.8 keV K 荧光 X 辐射	
17.5 keV K 荧光 X 辐射	
23.2 keV K 荧光 X 辐射	33 keV 连续谱的过滤 X 辐射
25.3 keV K 荧光 X 辐射	
31.0 keV K 荧光 X 辐射	48 keV 连续谱的过滤 X 辐射
37.4 keV K 荧光 X 辐射	
40.1 keV K 荧光 X 辐射	
49.1 keV K 荧光 X 辐射	
59.3 keV K 荧光 X 辐射	
	镅-241的59.5 keV γ 辐射
68.8 keV K 荧光 X 辐射	65 keV 连续谱的过滤 X 辐射
75.0 keV K 荧光 X 辐射	
98.4 keV K 荧光 X 辐射	83 keV 连续谱的过滤 X 辐射

续表 5

窄谱组 ¹⁾	
A	B
	100 keV 连续谱的过滤 X 辐射
	118 keV 连续谱的过滤 X 辐射
	161 keV 连续谱的过滤 X 辐射
	205 keV 连续谱的过滤 X 辐射
	248 keV 连续谱的过滤 X 辐射
	铯-137的662 keV γ 辐射
	钴-60的1173和1333 keV γ 辐射
宽谱组 ²⁾	
	45 keV 连续谱的过滤 X 辐射
	58 keV 连续谱的过滤 X 辐射
	79 keV 连续谱的过滤 X 辐射
	104 keV 连续谱的过滤 X 辐射
	134 keV 连续谱的过滤 X 辐射
	169 keV 连续谱的过滤 X 辐射
	202 keV 连续谱的过滤 X 辐射

注:1) A 栏列出的辐射用于剂量计或探测器作为光子能量的函数的响应的试验,因为它们的能谱实质上是线谱,而 B 栏中辐射值是连续的能谱。

2) 只有证明相应窄谱组的照射量率不够时才能将这些辐射用于能量响应的测量。

7.8 热释光剂量测量系统的检验规则

7.8.1 一批的均匀性(RT)

将一批中的全部剂量计准备后以相同的剂量辐照并读出,辐照的剂量约定真值(C)为一恰当探测阈限值的10倍。例如,对于 $P(1\ 000\ \text{mg}\cdot\text{cm}^{-2})$ 剂量计可取为 $1\ \text{mSv}(100\ \text{mrem})$ 。计算每个剂量计的评定值(E)并取出其中的最大值(E_{\max})和最小值(E_{\min})。应有:

$$100 \times \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\min}} \leq 30$$

7.8.2 重复性(TT、QT、RT)

准备、辐照并读出 n 个剂量计,重复10次。每次辐照的剂量约定真值应完全相等,取值如下:

剂量计种类	剂量约定真值
P(ALL)	10 mSv(1 rem)
E(ALL)(7 d)	50 μSv (5 mrem)
E(ALL)(30 d)	200 μSv (20 mrem)

求出每个剂量计的评定值(E_{ij})。

对于10次辐照中的每一次,计算 n 个剂量计的平均评定值(\bar{E}_i)及标准偏差(S_i)。应有:

$$100 \times \frac{S_i + I_i}{\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \bar{E}_i} \leq 7.5 \quad (i = 1 \sim 10)$$

式中, I_i 是 S_i 的置信区间,按附录 D(参考件)的 D2.1 条计算。

计算 n 个剂量中每一个剂量计10次读出的平均评定值(\bar{E}_j)及标准偏差(S_j),这里

$$\bar{E}_j = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} E_{ij}$$

对于 n 个剂量计中的每一个,应有:

$$100 \times \frac{S_j + I_j}{\bar{E}_j} \leq 7.5 \quad (j = 1 \sim 10)$$

式中, I_j 是 S_j 的置信区间, 按附录 D(参考件)的 D2.1条计算。

7.8.3 线性度(TT)

准备、辐照并读出5组剂量计(每组 n 个)。

各组剂量计辐照的剂量约定真值(C_i)分别如下:

P($7 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$): 0.0005; 0.001; 0.01; 0.1; 1 Sv;
(0.05; 0.1; 1; 10; 100 rem)

P($1\,000 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$): 0.0001; 0.001; 0.01; 0.1; 1 Sv
(0.01; 0.1; 1; 10; 100 rem)

E(ALL)(7 d): 0.01; 0.1; 1; 10; 100 mSv
(0.001; 0.01; 0.1; 1; 10 rem)

E(ALL)(30 d): 0.03; 0.1; 1; 10; 100 mSv
(0.003; 0.01; 0.1; 1; 10 rem)

求出每个剂量计的评定值(E_{ij})并计算每组剂量计的平均评定值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。对于每一剂量点, 应有:

$$0.90 \leq \frac{\bar{E}_i \pm I_i}{C_i} \leq 1.10 \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5)$$

7.8.4 剂量计在各种气候条件下的稳定性(TT、QT)

7.8.4.1 长期稳定性

a. 贮存期30 d

准备两组剂量计(每组 n 个)。辐照第2组剂量计, 使已知的剂量约定真值(C)约为10 mSv(1 rem)。

将此两组剂量计同贮存于恒温恒湿箱, 使箱内基本保持标准检验条件。30 d后取出这两组剂量计并以相同剂量约定真值(C)辐照第1组。

将这两组剂量计在标准检验条件下贮存24 h后读出。

求出每个剂量计的评定值(E_{ij})并计算每组剂量计的平均评定值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。应有:

$$0.93 \leq \frac{\bar{E}_2}{\bar{E}_1} \pm I \leq 1.07$$

式中, I 为两平均值比的置信区间, 按附录 D(参考件)计算。

b. 贮存期90 d

重复7.8.4.1 a. 检验, 但将剂量计在恒温恒湿箱内的贮存周期由30 d改为90 d。应有:

$$0.90 \leq \frac{\bar{E}_2}{\bar{E}_1} \pm I \leq 1.10$$

式中, I 为两平均值比的置信区间, 按附录 D(参考件)计算。

7.8.4.2 温度的影响

重复7.8.4.1 a. 检验, 但将恒温恒湿箱内环境条件改为: 温度 $50 \pm 2^\circ\text{C}$; 相对湿度低于65%。应有:

$$0.8 \leq \frac{\bar{E}_2}{\bar{E}_1} \pm I \leq 1.2$$

式中, I 为两平均值比的置信区间, 按附录 D(参考件)计算。

7.8.4.3 湿度的影响

重复7.8.4.1 a. 检验, 但将恒温恒湿箱内环境条件改为: 温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$; 相对湿度90%。应有:

$$0.8 \leq \frac{\bar{E}_2}{\bar{E}_1} \pm I \leq 1.2$$

式中, I 为两平均值比的置信区间, 按附录 D(参考件)计算。

7.8.5 探测阈(TT、QT、RT)

取 n 个剂量计,准备后立即读出。求出每个(未辐照)剂量计的评定值(E)并计算这 n 个剂量计的平均评定值(\bar{E})及标准偏差(S)。应有:

$$t_n \times S \leq H$$

式中,

H 值	系统种类
0.5 mSv(50 mrem)	P(7 mg·cm ⁻²)
0.1 mSv(10 mrem)	P(1 000 mg·cm ⁻²)
10 μSv(1 mrem)	E(ALL) (7 d)
30 μSv(3 mrem)	E(ALL) (30 d)

这里 H 为探测阈最大允许限; t_n 是具有 $(n-1)$ 个自由度的学生分布因数(n 为检验中使用的剂量计数目); S 按附录 D(参考件)计算。

7.8.6 自辐照(TT、QT)

取 n 个剂量计,准备后将它们在本底剂量率已知的地方在标准检验条件下贮存 30 d。

读出每个剂量计并求出评定值(E)。计算 n 个剂量计的平均评定值(\bar{E})及其置信区间(I)。测定贮存期间的本底剂量约定真值(C_b)。应有:

$$(\bar{E} + I) - C_b \leq H$$

式中,

H 值	系统种类
0.5 mSv(50 mrem)	P(7 mg·cm ⁻²)
0.1 mSv(10 mrem)	P(1 000 mg·cm ⁻²)
50 μSv(5 mrem)	E(ALL)

7.8.7 残余(TT)

7.8.7.1 对探测阈的影响

准备、辐照并读出 n 个剂量计。辐照的剂量约定真值,对于 P(ALL)系统应约为 100 mSv(10 rem),对于 E(ALL)系统应约为 10 mSv(1 rem)。

再准备并读出这 n 个剂量计。求出每个剂量计的评定值(E)并计算它们的平均值(\bar{E})及标准偏差(S)。应有:

$$t_n \times S \leq H$$

式中, t_n 的含义及 H 值同 7.8.5 条; S 按附录 D(参考件)计算。

7.8.7.2 对响应的影响

准备、辐照并读出 7.8.7.1 条中用过的 n 个剂量计。辐照的剂量约定真值(C)对于 P(ALL)系统应约为 2 mSv(200 mrem),对于 E(ALL)系统应为 0.2 mSv(20 mrem)。

求出每个剂量计的评定值(E)并计算它们的平均值(\bar{E})及其置信区间(I)。应有:

$$0.90 \leq \frac{\bar{E} \pm I}{C} \leq 1.10$$

注:本项检验实质是将残余剂量限制在辐照剂量的 0.2% 以内。

7.8.8 光照对剂量计的影响(TT、QT)

7.8.8.1 对零点的影响

准备两组剂量计,每组 20 个。将第 2 组以 1 000 W·m⁻² 的辐照度照射 1 d(其间,要保证剂量计的温度维持在 40℃ 以下)。同时,将第 1 组剂量计贮存在环境条件相同的暗处(要保证两组剂量计的温差在 5℃ 以内)。

光照结束时读出所有剂量计。

求出每个剂量计的评定值(E_{ij})并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。应有:

$$(\bar{E}_2 - \bar{E}_1) \pm I \leq H$$

式中, H 值同7.8.5条; I 为两平均值之差的置信区间, 按附录 D(参考件)计算。

7.8.8.2 对响应的影响

准备、辐照两组剂量计(每组20个)。对于 P(ALL)和 E(ALL)系统, 辐照的剂量约定真值(C)均约为 10 mSv(1 rem)。两组剂量计按7.8.8.1方法分别曝光或贮存。7 d 后读出所有剂量计。

求出每个剂量计的评定值(E_{ij})并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。应有:

$$0.90 \leq \frac{\bar{E}_2}{\bar{E}_1} \pm I \leq 1.10$$

式中, I 为两平均值比的置信区间, 按附录 D(参考件)计算。

注: 可用一个氙灯来获得 $1\ 000\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的辐照度。必要时可加合适的滤光片, 使其光谱与明亮的日光(295~760 nm)一致, 也可使用日光灯。

7.8.9 能量响应(对光子)(TT)

7.8.9.1 P(ALL)和 E(30 keV)(ALL)类剂量计

取4组剂量计(每组 n 个), 准备、辐照并读出。对于 P(ALL)和 E(30 keV)(ALL)类剂量计, 辐照的剂量约定真值(C)应约为 10 mSv(1 rem), 所用辐射源如下:

第1组: 15.8 keV X 射线;

第2组: 30~40 keV 的参考辐射;

第3组: 80~100 keV 的参考辐射;

第4组: ^{137}Cs 或 ^{60}Co 。

求出每个剂量计的评定值(E_{ij})并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。

对于每组剂量计, 应有:

$$0.7 \leq \frac{\bar{E}_i \pm I_i}{C} \leq 1.3 \quad (i = 1 \sim 4)$$

注: ① 个人剂量计应在体模上辐照。

② 第1组能量不用于环境剂量计。

7.8.9.2 E(80 keV)(ALL)剂量计

按7.8.9.1对 E(80 keV)(ALL)剂量计完成检验。对于第2组剂量计, 应有:

$$\frac{\bar{E}_2 + I_2}{C} \leq 2$$

对于第3、4组剂量计, 应有:

$$0.7 \leq \frac{\bar{E}_i \pm I_i}{C} \leq 1.3 \quad (i = 3, 4)$$

7.8.10 能量响应(对 β 射线)(TT)

准备、辐照并读出两组剂量计(每组 n 个), 辐照剂量约定真值(C)约为 10 mSv(1 rem), 所用辐射源如下:

第1组: $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$;

第2组: ^{204}Tl 。

求出每个剂量计的评定值(E_{ij})并计算每组的平均评定值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。

对于每一组剂量计, 应有:

$$0.7 \leq \frac{\bar{E}_i \pm I_i}{C} \leq 1.3 \quad (i = 1, 2)$$

7.8.11 无向性(对光子)(TT)

7.8.11.1 个人剂量计

取4组剂量计(每组 n 个),准备后在体模上用能量为 (60 ± 5) keV的X射线或 ^{241}Am 的光子辐照并读出。辐照剂量约定真值(C)约为10 mSv(1 rem)。辐照条件如下:

- 第1组:正常方向入射;
- 第2组:偏离正常方向 20° ;
- 第3组:偏离正常方向 40° ;
- 第4组:偏离正常方向 60° 。

为改变入射角,宜以剂量计为旋转中心,使剂量计和体模一起旋转。辐照时应将 20° 、 40° 、 60° 每一入射角的照射分为等剂量的四个入射方位进行;在每个入射方位上,辐照的剂量为约定真值(C)的 $1/4$ 。每一入射角的四个入射方位按以下方式确定:使射线以规定角度分别从剂量计的上、下方(此二方位同在平面A上)和左、右方(此二方位同在平面B上;平面B垂直于平面A)入射。

求出每个剂量计的评定值(E_i)并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。应有:

$$0.85 \leq \frac{\sum_{i=1}^4 \bar{E}_i}{4\bar{E}_1} \pm I \leq 1.15$$

式中, I 为 $(\frac{1}{4} \sum_{i=2}^4 \bar{E}_i / \bar{E}_1)$ 计算值的置信区间,按附录D(参考件)计算。

7.8.11.2 环境剂量计

准备、分别辐照并读出3组剂量计(每组 n 个)。辐照在空气中进行,剂量约定真值约为10 mSv(1 rem),所用放射源为 ^{60}Co 或 ^{137}Cs 。每两组剂量计受照方向应互相垂直,其中第1组剂量计受正常方向入射;对第2、3组剂量计还应选用对结果影响最大的入射方向。

求出每个剂量计的评定值(E_i)并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。应有:

$$0.85 \leq \frac{\sum_{i=1}^3 \bar{E}_i}{3\bar{E}_1} \pm I \leq 1.15$$

式中, I 为 $(\frac{1}{3} \sum_{i=2}^3 \bar{E}_i / \bar{E}_1)$ 计算值的置信区间,按附录D(参考件)计算。

7.8.12 电源电压和频率的影响(TT)

取5组剂量计(每组 n 个),准备后辐照。辐照剂量约定真值(C)应约为10 mSv(1 rem)。按以下条件读出剂量计:

- 第1组:正常工作条件;
- 第2组:电压低12%,频率低2%;
- 第3组:电压高10%,频率低2%;
- 第4组:电压高10%,频率高2%;
- 第5组:电压低12%,频率高2%。

求出每个剂量计的评定值(E_i)并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。

对于每组剂量计,应有:

$$0.93 \leq \frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_1} \pm I \leq 1.07 \quad (i = 2 \sim 5)$$

式中, I 为两平均值比的置信区间,按附录D(参考件)计算。

7.8.13 电压瞬变的影响(TT)

取3组剂量计(每组 n 个),准备后辐照。辐照剂量约定真值(C)约为10 mSv(1 rem)。按以下条件读出剂量计:

- 第1组:正常工作条件;
- 第2组:电压瞬降后读出(瞬降电压方法:使初始电压为正常值的90%,在1 s内再使电压下降到正常值的80%并保持1 s,然后在2 s内使电压恢复到正常值的90%);

第3组:电压瞬升后读出(瞬升电压方法:使初始电压为正常值的110%,在1 s内再使电压上升到正常值的120%并保持1 s,然后在2 s内使电压恢复到正常值的110%)。

求出每个剂量计的评定值(E_i)并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。应有:

$$0.93 \leq \frac{\bar{E}_i}{E_1} \pm I \leq 1.07 \quad (i = 2, 3)$$

式中, I 为两平均值比的置信区间,按附录D(参考件)计算。

7.8.14 气候条件对读出器的影响(TT)

7.8.14.1 对读出器本底的影响

按以下条件,不使用剂量计或探测器完成9组(每组 n 个)读出周期:

第1组:正常工作条件;

第2组:读出器置于60℃、相对湿度65%的环境后;

第3组:读出器置于35℃、相对湿度65%的环境中;

第4组:读出器置于-10℃、相对湿度65%的环境后;

第5组:读出器置于10℃、相对湿度65%的环境中;

第6组:读出器置于相对湿度90%、温度20℃的环境后;

第7组:读出器置于相对湿度90%、温度20℃的环境中;

第8组:读出器置于相对湿度5%、温度20℃的环境后;

第9组:读出器置于相对湿度5%、温度20℃的环境中。

求出每次读出的评定值(E_i)并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。

对于第2~9组应有:

$$(\bar{E}_i - \bar{E}_1) + I \leq 0.2H \quad (i = 2 \sim 9)$$

式中, H 是受检验系统探测阈的最大允许限,取值同7.8.5条中的 H ; I 是两平均值之差的置信区间,按附录D(参考件)计算。

注:若不使用剂量计或探测器读出器就不能工作,可使用替代物。

7.8.14.2 对响应的影响

取9组剂量计(每组 n 个),准备后辐照。辐照剂量约定真值(C)约为10 mSv(1 rem)。按以下条件读出剂量计:

第1组:正常工作条件;

第2组:读出器置于60℃、相对湿度65%的环境后;

第3组:读出器置于35℃、相对湿度65%的环境中;

第4组:读出器置于-10℃、相对湿度65%的环境后;

第5组:读出器置于10℃、相对湿度65%的环境中;

第6组:读出器置于相对湿度90%、温度20℃的环境后;

第7组:读出器置于相对湿度90%、温度20℃的环境中;

第8组:读出器置于相对湿度5%、温度20℃的环境后;

第9组:读出器置于相对湿度5%、温度20℃的环境中。

求出每组剂量计的评定值(E_i)并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。

对于第2~9组剂量计应有:

$$0.90 \leq \frac{\bar{E}_i}{E_1} \pm I \leq 1.10 \quad (i = 2 \sim 9)$$

式中, I 是两平均值比的置信区间,按附录D(参考件)计算。

注:按以下方法在恒温恒湿箱中获得各检验条件:

a. “置于某气候条件后”读出

温度:将读出器(不带剂量计或探测器,也不通电)置于恒温恒湿箱内,箱内为标准检验条件。以不低于15℃/

h 的速率升温或降温。

保持预定温度 2 h。然后使温度以不低于 15°C/h 的速率恢复到标准条件。读出器在标准条件下贮存 5 h 后接受检验。

湿度：将读出器（不带剂量计或探测器，也不通电）置于恒温恒湿箱内，在指定湿度下贮存 24 h 再移至标准条件中，1 h 后通电。读出器在标准条件下通电 5 h 后受检。

b. “置于某气候条件中”读出

温度：将读出器置于恒温恒湿箱内（通电），箱内为标准检验条件，以不低于 15°C/h 的速率升温或降温。

保持预定温度 2 h。然后在恒温恒湿箱内在该指定温度下完成读出。每个剂量计应恰在读出前引入恒温恒湿箱。

湿度：将读出器置于恒温恒湿箱内（通电），箱内湿度为要求值。恒湿 6 h 后，在恒温恒湿箱内在该指定湿度下完成读出。每个剂量计应恰在读出前引入恒温恒湿箱。

7.8.15 振动对读出器的影响(TT)

取两组剂量计（每组 n 个），准备后辐照。辐照剂量约定真值(C)约为 10 mSv(1 rem)。

按以下条件读出剂量计：

第1组：正常工作条件；

第2组：读出器受振后。

求出每个剂量计的评定值(E_i)并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。应有：

$$0.93 \leq \frac{\bar{E}_2}{\bar{E}_1} \pm I \leq 1.07$$

式中， I 为两平均值比的置信区间，按附录 D(参考件)计算。

注：振动条件如下：读出器正常取向安放（应注意尽量减小其交变振动状态），在垂直方向作正弦振动 1 h，频率 50 Hz，峰-峰振幅 1 mm。

7.8.16 跌落对剂量计的影响(TT)

取两组剂量计（每组 n 个），准备后辐照。辐照剂量约定真值(C)约为 10 mSv(1 rem)。

按以下条件读出剂量计：

第1组：正常工作条件；

第2组：剂量计自由跌落到水泥面上，落差 1 m。

求出每个剂量计的评定值(E_i)并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。应有：

$$0.90 \leq \frac{\bar{E}_2}{\bar{E}_1} \pm I \leq 1.10$$

式中， I 为两平均值比的置信区间，按附录 D(参考件)计算。

7.8.17 跌落对读出器的影响(TT)

取两组剂量计（每组 n 个），准备后辐照。辐照剂量约定真值(C)约为 10 mSv(1 rem)。

按以下条件读出剂量计：

第1组：正常工作条件；

第2组：读出器正常取向并自由跌落到木质面上，落差 1 cm。

求出每个剂量计的评定值(E_i)并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。对于每组剂量计，应有：

$$0.93 \leq \frac{\bar{E}_2}{\bar{E}_1} \pm I \leq 1.07$$

式中， I 为两平均值比的置信区间，按附录 D(参考件)计算。

7.8.18 漏光对读出器的影响(RT)

按以下条件，不使用剂量计或探测器完成两组（每组 n 个）读出周期：

第1组：正常工作条件；

第2组：将读出器暴露于 1 000 W·m⁻² 辐照度（光应投射到除底面外的其他所有方向上；光源条件见 7.8.8.2 条注）。

求出每次读出的评定值(E_{ij})并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。应有:

$$(\bar{E}_2 - \bar{E}_1) + I \leq 0.2H$$

式中, H 是受检系统探测阈的最大允许限,取值同7.8.5条中的 H ; I 为两平均值之差的置信区间,按附录D(参考件)计算。

注:若不使用剂量计或探测器读出器就不能正常工作,可使用替代物。

7.9 热释光读出器的检验规则

7.9.1 概要

在各类读出器的检验中,评定值(E)及剂量约定真值(C)均表示为空气比释动能。检验时可以使用剂量计或探测器。对热释光读出器的性能要求在表2中列出,其中第2~7项的检验规则见7.8.12~7.8.15、7.8.17和7.8.18条。

7.9.2 读出器稳定性(RT)

取4组剂量计(每组 n 个),准备后辐照。辐照的剂量约定真值(C)约为10 mGy(1 rad)。

将所有剂量计在标准检验条件下贮存2周。读出第1组剂量计并以此计算评定因数(F_1)。按以下时间读出其余剂量计:

第2组:紧接第1组;

第3组:第1组读出后24 h;

第4组:第1组读出后168 h。

使用评定因数 F_1 ,求出每个剂量计的评定值(E_{ij})并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。应有:

$$0.93 \leq \frac{\bar{E}_3}{\bar{E}_2} \pm I \leq 1.07$$

$$0.90 \leq \frac{\bar{E}_4}{\bar{E}_2} \pm I \leq 1.10$$

式中, I 为两平均值比的置信区间,按附录D(参考件)计算。

7.10 热释光探测器的检验规则

7.10.1 概要

在各类探测器的检验中,评定值(E)和剂量约定真值(C)均表示为空气比释动能。

7.10.2 一批的均匀性(RT)

将一批中的全部探测器准备后以相同的剂量辐照并读出,辐照的剂量约定真值(C)为一恰当探测阈限值的10倍。该探测阈限值的取值同7.8.5条中的 H 。

求出每个探测器的评定值(E)并取出其中的最大值(E_{\max})和最小值(E_{\min})。应有:

$$100 \times \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\min}} \leq 30$$

7.10.3 重复性(TT、QT)

准备、辐照并读出 n 个探测器,重复10次。每次辐照的剂量约定真值应完全相等,取值如下:

探测器种类	剂量约定真值
P(ALL)	10 mGy(1 rad)
E(ALL)(7 d)	50 μ Gy(5 mrad)
E(ALL)(30 d)	200 μ Gy(20 mrad)

求出每个探测器的评定值(E_{ij}),这里 i 指第 i 次辐照, j 指第 j 个探测器。

对于10次辐照中的每一次,计算 n 个探测器的平均评定值(\bar{E}_i)及标准偏差(S_i)。

对于每次辐照,应有:

$$100 \times \frac{S_i + I_i}{\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \bar{E}_i} \leq 7.5 \quad (i = 1 \sim 10)$$

式中, I_i 是 S_i 的置信区间, 按附录 D(参考件)的 D2.1条计算。

计算 n 个探测器中每一个探测器10次读出的平均评定值(\bar{E}_j)及标准偏差(S_j)。这里:

$$\bar{E}_j = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} E_{ij}$$

对于 n 个探测器中的每一个, 应有:

$$100 \times \frac{S_j + I_j}{\bar{E}_j} \leq 7.5 \quad (j = 1 \sim 10)$$

式中, I_j 是 S_j 的置信区间, 按附录 D(参考件)的 D2.1条计算。

7.11 热释光探测器参数的确定规则

7.11.1 线性度(TT、QT)

准备、辐照并读出5组探测器(每组 n 个)。

各组探测器辐照的剂量约定真值(C_i)分别如下:

P(ALL): 0.0001; 0.001; 0.01; 0.1; 1 Gy

(0.01; 0.1; 1; 10; 100 rad)

E(ALL): 0.03; 0.1; 1; 10; 100 mGy

(0.003; 0.01; 0.1; 1; 10 rad)

求出每个探测器的评定值(E_{ij})并计算每组探测器的平均评定值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。应给出以下参数:

$$\frac{\bar{E}_i}{C_i}; \quad I_i \quad (i = 1 \sim 5)$$

7.11.2 能量响应(对光子)(TT)

准备、辐照并读出4组探测器(每组 n 个)。辐照剂量约定真值(C)约为10 mGy(1 rad), 所用辐射源如下:

第1组: 15.8 keV X 射线;

第2组: 30~40 keV 的参考辐射;

第3组: 80~100 keV 的参考辐射;

第4组: ^{137}Cs 或 ^{60}Co 。

求出每个探测器的评定值(E_{ij})并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。

应给出以下参数:

$$\bar{E}_i; \quad I_i \quad (i = 1 \sim 4)$$

注: ① 辐照均在自由空气中进行。

② 用 ^{137}Cs 和 ^{60}Co 源辐照时, 应保持电子平衡。

7.11.3 光照对探测器的影响(TT)

7.11.3.1 对零点的影响

准备两组探测器(每组20个)。第2组以 $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的辐照度照射1 d(其间, 要保证探测器的温度维持在 40°C 以下)。同时, 将第1组探测器贮存在环境条件相同的暗处(要保证两组探测器的温差在 5°C 以内)。

光照结束时读出所有探测器。

求出每个探测器的评定值(E_{ij})并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。

应给出以下参数:

$$|\bar{E}_2 - \bar{E}_1|; \quad I_1; \quad I_2$$

7.11.3.2 对响应的影响

准备、辐照两组探测器(每组20个)。辐照剂量约定真值约为10 mGy(1 rad)。

两组探测器按7.11.3.1方法分别曝光、贮存。7 d后读出所有探测器。

求出每个探测器的评定值(E_{ij})并计算每组的平均值(\bar{E}_i)及其置信区间(I_i)。

应给出以下参数:

$$\frac{\bar{E}_2}{\bar{E}_1}; \quad I_1; \quad I_2$$

注:光源条件见7.8.8.2条注。

第三篇

8 产品合格证书

凡按第7章规定进行检验并符合本标准的热释光剂量测量系统、探测器和读出器的产品合格证书应包括以下资料:

- a. 生产厂名称和地址;
- b. 检验机构名称和地址;
- c. 检验日期;
- d. 每个受检产品或检验设备的类型、序号或编号及必要的说明;
- e. 对附属检验设备、检验程序(包括校正程序)和检验中采用的转换因数的说明(见第一篇和作为参考件的附录A、附录B、附录C);
- f. 检验类别;
- g. 性能检验报告。当探测器单独检验时,还应提供表3要求的内容。

9 电源

读出器主机应使用单相交流电源并选用下列两种电压之一:

第一种:220V;

第二种:120V和(或)240V。

10 说明书

生产厂应提供一份详尽的使用说明书,帮助用户获得满足本标准要求的测量结果。

11 标志和包装

11.1 热释光探测器的包装应采用清洁而不易脱落纤维的材料,例如光纸、塑料容器。

11.2 热释光读出器外表面上的操作机构应有名称或操作标记。

读出器外表面适当部位应有产品标志,包括制造厂名、产品名称、产品型号或标记、制造日期或编号。

11.3 热释光读出器包装箱的减震设计应保证仪器能承受汽车、火车、飞机、轮船等方式的长途运输。

包装箱上应有“精密仪器”、“小心轻放”和防雨等标记。

附 录 A
用于个人剂量计的剂量当量转换因数
(参考件)

个人剂量计应以组织内下列深度处的剂量当量进行刻度：

7 mg·cm⁻²

1 000 mg·cm⁻²

刻度时应将剂量计置于体模上,用能量为0.015~3 MeV 的各种光子辐照。各类系统对每种选定能量的光子的评定值(E)都必须与体模内适当深度处的剂量约定真值(C)相比较。

当辐照光子源是以无受体时的空气比释动能(K_a)刻度,并且剂量计被置于体模正面照射时:

$$C(7 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}) = F_c(7 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}) \times K_a$$

$$C(1\ 000 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}) = F_c(1\ 000 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}) \times K_a$$

式中, $F_c(7 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2})$ 和 $F_c(1\ 000 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2})$ 是两种深度的转换因数。表 A1~表 A8给出了用于7 mg·cm⁻²和1 000 mg·cm⁻²两种深度处的个人剂量计在一种可用的体模(直径30 cm 的 ICRU 球体)上受平行束源以各种角度入射时的转换因数。这些表只作为可用转换因数的例子,也可采用其他转换因数,这取决于使用本标准的团体、学派。

注:如有适宜数据也可使用其他体模。

表 A1 对于能量为 E 的单能光子,空气比释动能与定向剂量当量的转换因数

E keV	$H'(0.07)/K_a$ Sv/Gy
10	0.95
15	0.99
20	1.05
25	1.13
30	1.22
40	1.41
50	1.53
60	1.59
70	1.61
80	1.61
90	1.58
100	1.55
125	1.48
150	1.42
200	1.34
250	1.32

表 A2 用于 β 辐射的定向剂量当量转换因数

β 射线最大能量 MeV	$H'(0.07)/D_a$ Sv/Gy
0.1	0.10
0.15	0.22
0.2	0.40
0.3	0.72
0.4	1.00
0.5	1.16
0.57	1.22
0.6	1.23
0.7	1.24
0.8	1.25
0.9	1.25
1.0	1.25
1.5	1.25
2.0	1.25

表 A3 对于不同入射光子,空气比释动能与 $H'(0.07)$ 的转换因数

光子系列	平均能量 keV	$H'(0.07)/K_a$ Sv/Gy
过滤 X 参考辐射 (窄谱)	33	1.27
	48	1.53
	65	1.60
	83	1.60
	100	1.53
	118	1.48
	161	1.40
	205	1.34
	248	1.31
过滤 X 参考辐射 (宽谱)	45	1.46
	58	1.59
	79	1.59
	104	1.53
	134	1.45
	169	1.39
	202	1.34
铊 K 荧光参考辐射	15.8	1.00
^{137}Cs	662	1.18
^{60}Co	1 250	1.14

表 A4 对于不同入射光子,空气比释动能与 $H'(10)$ 的转换因数

光子系列	平均能量 keV	$H'(10)/K_a$	
		Sv/Gy	
过滤 X 参考辐射 (窄谱)	33	1.23	
	48	1.67	
	65	1.78	
	83	1.73	
	100	1.63	
	118	1.55	
	161	1.45	
	205	1.39	
过滤 X 参考辐射 (宽谱)	248	1.35	
	45	1.57	
	58	1.77	
	79	1.76	
	104	1.61	
	134	1.50	
	169	1.44	
铍 K 荧光参考辐射	202	1.39	
	15.8	0.36	
^{137}Cs	662	1.18	
^{60}Co	1 250	1.13	

表 A5 对于不同入射角的光子,空气比释动能与 $H'(0.07)$ 的转换因数

光子系列	平均能量 keV	$H'(0.07)/K_a$			
		Sv/Gy			
		0°	20°	40°	60°
过滤 X 参考辐射 (窄谱)	33	1.27	1.28	0.126	1.21
	48	1.53	1.56	1.53	1.47
	65	1.60	1.64	1.60	1.54
	83	1.60	1.62	1.60	1.54
	100	1.53	1.56	1.55	1.51
	118	1.48	1.50	1.50	1.48
	161	1.40	1.41	1.42	1.42
	205	1.34	1.35	1.36	1.37
过滤 X 参考辐射 (宽谱)	248	1.31	1.31	1.31	1.33
	45	1.46	1.49	1.47	1.40
	58	1.59	1.64	1.59	1.53
	79	1.59	1.62	1.60	1.55
	104	1.53	1.54	1.54	1.50
	134	1.45	1.46	1.47	1.46
	169	1.39	1.40	1.40	1.41
铍 K 荧光参考辐射	202	1.34	1.36	1.36	1.37
	15.8	1.00	0.99	0.99	0.99

续表 A5

光子系列	平均能量 keV	$H'(0.07)/K_a$ Sv/Gy			
		0°	20°	40°	60°
^{137}Cs	662	1.18	1.18	1.19	1.20
^{60}Co	1 250	1.14	1.14	1.15	1.17

表 A6 对于不同入射角的光子,空气比释动能与 $H'(10)$ 的转换因数

光子系列	平均能量 keV	$H'(10)/K_a$ Sv/Gy			
		0°	20°	40°	60°
过滤 X 参考辐射 (窄谱)	33	1.23	1.19	1.11	0.97
	48	1.67	1.58	1.57	1.40
	65	1.78	1.73	1.67	1.50
	83	1.73	1.69	1.66	1.50
	100	1.63	1.64	1.60	1.47
	118	1.55	1.57	1.54	1.42
	161	1.45	1.47	1.44	1.35
	205	1.39	1.38	1.37	1.31
	248	1.35	1.34	1.33	1.28
过滤 X 参考辐射 (宽谱)	45	1.57	1.55	1.47	1.29
	58	1.77	1.75	1.65	1.49
	79	1.76	1.71	1.68	1.51
	104	1.61	1.61	1.59	1.45
	134	1.50	1.53	1.50	1.39
	169	1.44	1.45	1.42	1.34
	202	1.39	1.39	1.38	1.32
铯 K 荧光参考辐射	15.8	0.36	0.31	0.25	0.14
^{137}Cs	662	1.18	1.18	1.17	1.16
^{60}Co	1 250	1.13	1.13	1.13	1.12

表 A7 注量与定向剂量当量 $H'(0.07)$ 的转换因数

光子能量 keV	$H'(0.07)$ $10^{-12}\text{Sv}\cdot\text{cm}^2$			
	0°	30°	60°	90°
10	0.070 8	0.039 2	0.002 42	0.000 01
15	0.827	0.684	0.274	0.004 43
20	1.00	0.932	0.604	0.072 7
25	0.906	0.868	0.657	0.172
30	0.773	0.746	0.609	0.223
40	0.608	0.587	0.498	0.242
50	0.518	0.508	0.436	0.239

续表 A7

光子能量 keV	$H'(0.07)$ $10^{-12}\text{Sv}\cdot\text{cm}^2$			
	0°	30°	60°	90°
75	0.505	0.497	0.440	0.262
100	0.610	0.594	0.537	0.342
150	0.885	0.879	0.811	0.549
250	1.50	1.48	1.41	1.03
400	2.38	2.35	2.28	1.76
662	3.69	3.69	3.63	2.99
1 250	6.09	6.10	6.03	5.25

表 A8 注量与定向剂量当量 $H'(10)$ 的转换因数

光子能量 keV	$H'(10)$ $10^{-12}\text{Sv}\cdot\text{cm}^2$			
	0°	30°	60°	90°
10	6.83	6.82	6.47	1.50
15	3.08	3.05	2.97	1.31
20	1.73	1.73	1.69	1.02
25	1.18	1.16	1.12	0.759
30	0.872	0.862	0.830	0.572
40	0.585	0.583	0.556	0.412
50	0.481	0.483	0.464	0.345
75	0.469	0.464	0.450	0.360
100	0.579	0.569	0.554	0.455
150	0.849	0.849	0.852	0.739
250	1.46	1.47	1.50	1.35
400	2.35	2.36	2.42	2.24
662	3.76	3.78	3.84	3.59
1 000	5.25	5.31	5.39	5.14
1 250	6.34	6.25	6.38	6.05

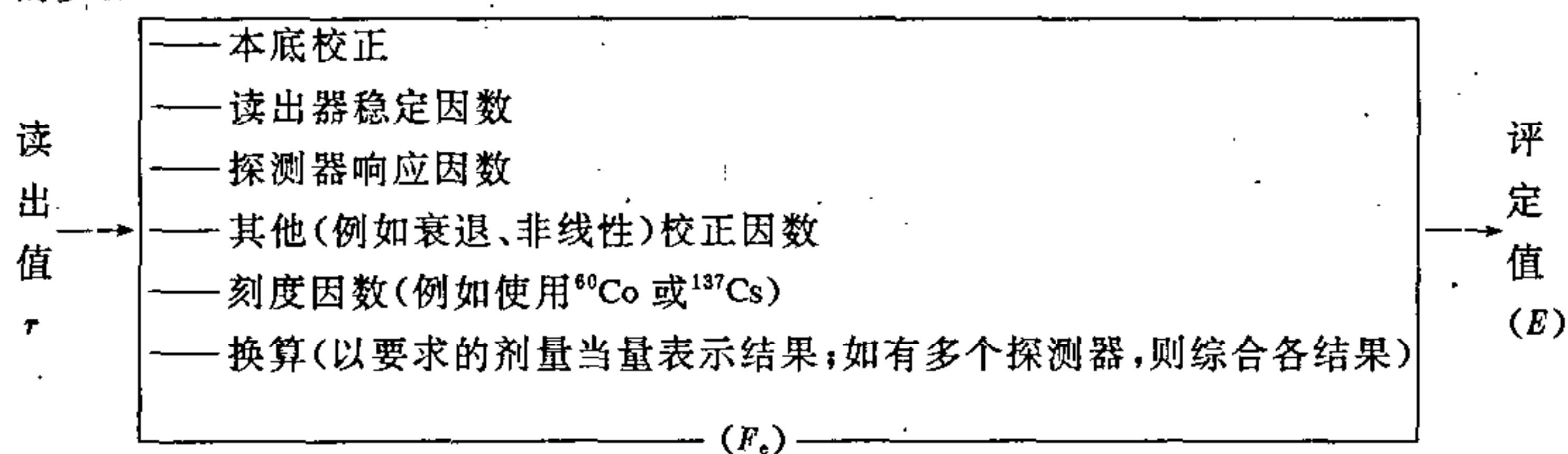
附 录 B
用于环境剂量计的剂量当量转换因数
(参考件)

表 B1 对于能量为 E 的单能光子,空气比释动能与周围剂量当量的转换因数

光子能量 E keV	$H^*(10)/K_a$ Sv/Gy
10	0.01
15	0.32
20	0.60
25	0.86
30	1.10
40	1.47
50	1.67
60	1.74
70	1.75
80	1.72
90	1.68
100	1.65
125	1.56
150	1.49
200	1.40
250	1.35
300	1.31
500	1.23
662	1.20
1 000	1.17
1 250	1.16
3 000	1.13

附录 C
从读出值(r)求评定值(E)
(参考件)

对于一个测量周围剂量当量或组织内指定深度处剂量当量的热释光剂量计,为了求出评定值,至少要有—个(有时是多个)探测器在热释光读出器上被读出。为将读出值(r)转换成最终结果,必须完成若干步程序。程序步骤取决于热释光剂量测量系统及其使用方法。下面的框图作为一个例子列举了应进行的步骤:



对于任何一种特定场合,上述因数中某些可能是不必要的,而其他因数可能必须计入。因此,这里不能给出通用程序。本标准采用一个因数——评定因数(F_0)——取代框图中的整个步骤。

附录 D
置信界限
(参考件)

D1 概要

如果测量值随机不确定度的大小构成该测量值允许误差的重要部分,则必须考虑以多次测量方法处理随机不确定度。测量次数或样品多少应当这样选择:使检验中具有95%置信度的每个平均值 \bar{x} 的置信区间或处于测量误差允许限度以内(检验通过,如图D1中 Δ 点)或处于该限度以外(检验失败,如图中 \circ 点)。若误差允许限度之一, \bar{x}_0 或 \bar{x}_1 ,处于平均值置信区间之中(如图中 \square 点),则必须增加测量次数或增加样品数量以降低平均值 \bar{x} 的置信区间宽度 $2I$,使达到上述两种状况之一,以便明确判断检验是否通过。

在每项检验中,推荐对每个剂量计先做10次测量。如必须降低实验标准误差置信区间宽度 $2I$,则应增加测量次数。

有时,可采用一种方便的方法完成—项(例如包含辐照的)检验,即从—批产品中随机抽取—定数量的剂量计作检验,以代替用同一剂量计作重复测量。这种方法诚可使用,但可能增加检验结果的随机不确定度。

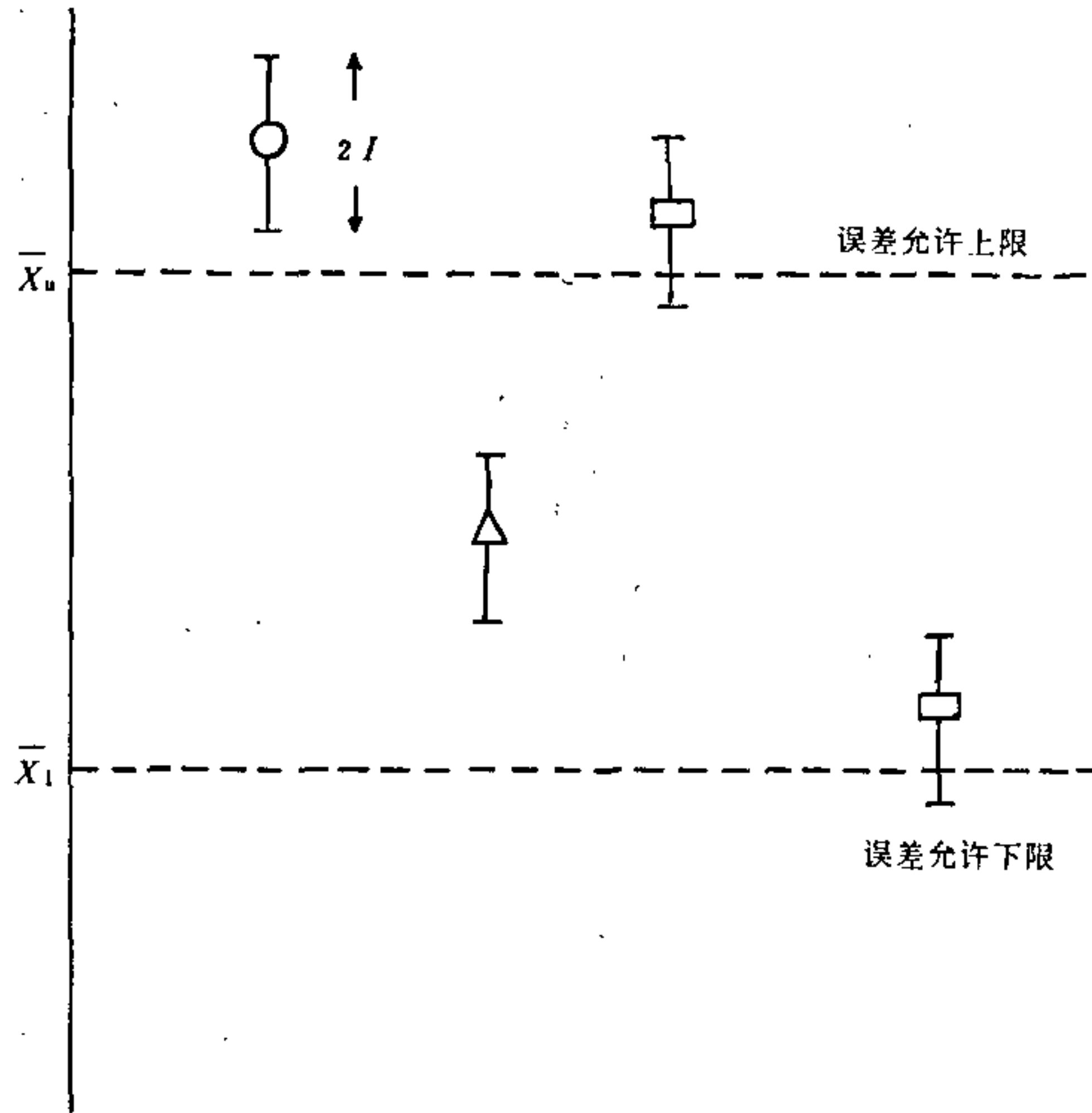


图 D1 若围绕 \bar{X} , 宽度为 $2I$ 的置信区间处于误差允许上、下限 (\bar{X}_u, \bar{X}_l) 之间, 即 $\bar{X}_l + I \leq \bar{X} \leq \bar{X}_u - I$, 则检验通过

D2 置信区间

D2.1 实际标准偏差 (S) 的置信区间

实验平均值标准偏差 (S) 的置信区间是:

$$(S - I_s, S + I_s)$$

式中, I_s 是 S 的置信区间半宽度。若 S 是从 n 次测量中算出, 则具有 95% 置信度的 I_s 上限可按下式计算:

$$I_s = t_n \cdot \sqrt{\frac{0.5}{n-1}} \cdot S$$

例如, 对于 10 个剂量计, 则 $I_s = 0.53 S$ 。

D2.2 平均值 (\bar{X}) 的置信区间

平均值 (\bar{X}) 的置信区间是:

$$(\bar{X} - I, \bar{X} + I)$$

式中, I 是一组测量值的平均值 \bar{X} 的置信区间半宽度, 若从 n 次测量中计算 \bar{X} , 则置信区间半宽度为:

$$I = t_n \cdot S / \sqrt{n}$$

式中, S 是该组测量的标准偏差; t_n 按表 D1 取值。例如, 测量次数为 $n = 10$, 则:

$$I = \frac{2.26}{\sqrt{10}} \cdot S = 0.71 S$$

表 D1 学生分布因子

n	t_n
2	12.71
3	4.30
4	3.18
5	2.78
6	2.57
7	2.45
8	2.37
9	2.31
10	2.26
15	2.15
20	2.09
25	2.06
30	2.05
40	2.02
60	2.00
120	1.98
∞	1.96

D2.3 合成量的置信区间

若量 \bar{X} 是由若干个独立平均值 $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \dots, \bar{X}_k$ 算得:

$$\bar{X} = f(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \dots, \bar{X}_k)$$

而第 i 个平均值 (\bar{X}_i) 的置信区间半宽度为 I_i , 则 \bar{X} 的置信区间半宽度 I 由下式给出:

$$I = \sqrt{\sum_{i=1}^k \left[\frac{\partial f(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \dots, \bar{X}_k)}{\partial \bar{X}_i} \cdot I_i \right]^2}$$

例如:

a. $\bar{X} = \bar{X}_1 \pm \bar{X}_2$, 则 $I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}$

通常 $\bar{X} = \sum_{i=1}^k \bar{X}_i$, 则 $I = \sqrt{\sum_{i=1}^k I_i^2}$

b. $\bar{X} = \frac{\bar{X}_1}{\bar{X}_2}$, 则 $I = \frac{\bar{X}_1}{\bar{X}_2} \cdot \sqrt{\left(\frac{I_1}{\bar{X}_1}\right)^2 + \left(\frac{I_2}{\bar{X}_2}\right)^2}$

c. $\bar{X} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\bar{X}_1 + \bar{X}_2}$, 则 $I = \frac{2}{(\bar{X}_1 + \bar{X}_2)^2} \cdot \sqrt{(\bar{X}_1 \cdot I_2)^2 + (\bar{X}_2 \cdot I_1)^2}$

附加说明:

本标准由全国核仪器仪表标准化技术委员会提出。

本标准由防化研究院第二所负责起草。

本标准主要起草人李元方、毛用泽。

本标准参照采用 IEC 45B(CO)77《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》并结合国内外热释光剂量学目前发展的实际情况编制。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
个人和环境监测用热释光剂量
测量系统

GB 10264—88

*

中国标准出版社出版
(北京复外三里河)

中国标准出版社北京印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 58 000
1990年2月第一版 1990年2月第一次印刷
印数 1—2 000

*

书号: 155066·1-6664

*

标 目 129—13