ICS 13.100

C57

GBZ

# 中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T 145-2002

# 个人胶片剂量计

## Personal photographic dosemeters

## (ISO 1757:1996, EQT)

2002-04-08 发布　　2002-06-01 实施

中华人民共和国卫生部　　发布

# 目　次


前言

1 范围

2 规范性引用文件

3 术语和定义

4 剂量计外貌描述与设计要求

5 分类和命名

6 量

7 性能要求

8 检验方法

9 识别

10 标识和附加说明书

附录A（规范性附录）转换系数和角校正因子

附录B（规范性附录）个人胶片剂量计测得光子剂量的评价

# 前　　言

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定本标准。

本标准等效采用国际标准 ISO 1757:1996《Personal photographic dosemeters》。该国际标准内容完整，技术成熟，结构合理，叙述明确，可操作性强，完全可供我国从事个人胶片剂量监测的工作人员参考和应用。同时，为了适合我国的实际情况，在编制过程中我们对原标准的个别内容作了适当增、改和删。

— 按照汉语习惯对一些编写格式和标准的表述进行了修改；

— 将 ISO 1757：1996 第二章“规范性引用文件”、第三章“术语和定义”进行了删节；

— 将 ISO 1757：1996“附录 C”删去；

— 将 ISO 1757：1996 第三章“术语和定义”原 3.8 条、3.16 条，去其“注”而改作正文；

— 对 ISO 1757：1996 原 8.2.4 条“OD（E）”和“OD（Eref）”增加了解释。

本标准的附录 A、附录 B 是规范性附录。

本标准由卫生部提出并归口。

本标准起草单位：中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所

本标准主要起草人：胡爱英、程荣林、王建超。

本标准由卫生部负责解释。

# 个人胶片剂量计

## 1 范 围

本标准规定了个人胶片剂量计的物理特性，以及检验这些特性的相应方法。

本标准适用于量程自 200μSv 至 1Sv 的个人胶片剂量计，且特别适用于对外照射躯体剂量的测量，包括：

——测定由X或γ射线所致的个人剂量；

——测定由β射线（不论它是否伴随光子辐射）所致的个人剂量。

本标准不适用于：

——附有荧光增感屏的剂量计；

——测定中子或其它粒子的胶片剂量计；

——测定由脉冲辐射源（如加速器）所致个人剂量的胶片剂量计；

——测定光子和中子混合辐射场的胶片剂量计；

——核径迹乳胶。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过在本标准中的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括堪误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

ISO 4037-1:1996, X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy— Part 1: Radiation characteristics and production methods.

ISO 4037-2:1997, X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy-- Part 2: Dosimetry of X and gamma reference radiation for radiation protection over the energy range from 8 keV to 1.3 MeV and from 4 MeV to 9 MeV.

ISO 6980:1996, Reference beta radiation for calibrating dosemeters and dose ratemeters and for determining their reponse as a function of beta radiation energy.

IEC 846:1989, Beta 、X and gamma radiation dose equivalent and dose equivalent rate meters for use in radiation protection.

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

**个人胶片剂量计** personal photographic dosemeter

由置于含一片或多片过滤片的胶片盒内的一枚或多枚照相胶片所组成的剂量计，藉此可由各种过滤片下感光乳胶胶片的光密度测量值求得辐射剂量的量。

注：本标准将“个人胶片剂量计”简称“剂量计”。

**3.2**

**过滤片（器）** filter

剂量计的一部分，它能改变入射到感光乳胶上的辐射的强度。

**3.3**

**透射光密度** optical transmission density

在相同光束几何条件下，开窗通量与样品透射通量之比的常用对数值。

**3.4**

**反射光密度** optical reflection density

在相同光束几何条件下，标准样品绝对反射通量与样品反射通量之比的常用对数值。

**3.5**

**特性曲线** characteristic curve

描述已知能量的给定辐射在给定条件下所得的感光乳胶光密度与指定过滤片下校准量间函数关系的曲线。

**3.6**

**潜影（像）** latent image

受到诸如可见光、紫外光或核辐射等能直接电离或间接电离的辐射作用后在照相乳胶上发生的不可见变化，冲洗后能转化为可见影像。

**3.7**

**潜影稳定性** stability of latent image

不论从潜影形成到乳胶显影间的时间多长，也不论该期间内环境条件（温度或湿度）怎样，在给定光学特性的乳胶上形成的潜影最终能够显像的程度。

**3.8**

**衰退** fading

在乳胶上形成潜影到显影期间潜影（即潜在信息）随时间推移而造成的损失。这种损失受诸如温度和湿度等环境条件的强烈影响。

**3.9**

**负感现象** solarization

通常在高水平辐照情况下产生的、光密度随辐照量增大而减少的现象。

**3.10**

**约定真值（Q）** conventional true value

一个量在感兴趣点上的最佳估计值。

**3.11**

**响应（R）** response

由探测器读数求得的某量估算值M与该量约定真值Q之比。

**3.12**

**照相乳胶的灵敏度（S）** sensitivity of a photographic emulsion

光密度的变化ΔOD与校准量约定真值的相应变化ΔQ之比。

**3.13**

**（标称量程的）下限** lower limit (of the nominal range)

一组未经照射的胶片光密度平均值加上2倍该平均值的实验标准偏差所得的光密度相对应的校准量之值。

**3.14**

**（标称量程的）上限** upper limit (of the nominal range)

相应于感光乳胶灵敏度（S＝ΔOD/ΔQ）为正值、透射光密度不小于0.4$Gy^{-1}$及反射光密度不小于0.2$Gy^{-1}$时的校准量Q之值（已考虑饱和与负感现象）。

**3.15**

**性能系数（P）** coefficient of performance

性能系数（P）描述一组测量值相对于约定真值的偏离。

对一组由n个测量值$x_i$组成的测量列，P值由下式给出：

$$P=\frac{1}{x'}\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-x')}{n}$$

此处$x'$为标准量值的约定真值。

**3.16**

**对照样品** control specimens

与样品试验时所用的类型和批号相同的、作参考用的胶片包、胶片盒或剂量计。

**3.17**

**校准量** calibration quantity

为了确定经单独照射或放在特殊胶片盒内照射后照相乳胶的特性，用以度量照射用辐射之物理量。

**3.18**

**转换系数** conversion coefficient

用于将一个物理量转换成另一个物理量的系数。

## 4 剂量计外貌描述与设计要求

个人胶片剂量计由两部分组成：

a) 胶片包，包括：

— 封装在防护包装材料内的光敏部分，由涂在一层或多层薄基片上的一层或多层感光乳胶组成。胶片防护层在冲洗前不应除去。

— 为保护光敏乳胶不受光照，以及必要时不受外界化学和机械因素影响的防护包装材料。

b) 胶片盒，能放一枚或多枚胶片的小盒，借助此盒能营造实测辐射场及照射条件，且在许多情况下该盒使辐射能量估算成为可能。为避免边缘效应，过滤片面积应足够大。

## 5 分类和命名

### 5.1 分类

量程为200μSv至1Sv的个人胶片剂量计作如下分类。

#### 5.1.1 按辐射能量范围划分的剂量计级别

根据辐射类型和辐射能量范围[在此能量范围内剂量计的响应能满足表1中k）项性能检验要求]的不同，个人胶片剂量计可分成以下五级：

a) 1级：测量能量范围约在250keV至9MeV间的X和γ射线的剂量计。

b) 2级：测量能量范围约在20keV至250keV间的X和γ射线的剂量计。

c） 3 级：测量能量范围约在 20keV 至 9MeV 间的 X 和 γ 射线的剂量计。

d） 4 级：测量最大能量从 0.5MeV 至 4MeV 的 β 辐射的剂量计。

e） 5 级：测量最大能量从 1.5MeV 至 4MeV 的 β 辐射的剂量计。

注：由于光子最高能量已扩展至 50MeV，因此 1 级和 3 级剂量计的响应最好扩展至 50MeV 的响应。

**5.1.2 按水蒸气耐受性划分的剂量计类别**

根据剂量计对水蒸气耐受性的不同，个人胶片剂量计可分成以下两类：

a） W 类：能满足表 1 中 g）项性能（对水蒸汽或/和光化学试剂的耐受性）检验要求的剂量计。

b） Y 类：不能满足表 1 中 g）项性能检验要求的剂量计。

**5.2 命名**

应根据剂量计对辐射类型和能量的适应范围、对水蒸汽的耐受性以及感光乳胶的量，参考国际标准命名个人胶片剂量计。

例如：**个人胶片剂量计 ISO 1757-1-W-3。**

## 6 量

6.1 为了获得和报告表 1 中 a）至 h）各项性能检验的结果，所用的校准量应是空气比释动能或组织吸收剂量，可根据具体辐射类型选择其一。由于这些项目实质上都是相对检验，因此如果未作其它说明，所有照射都可在自由空气中或人体模型上进行。

6.2 当检验结果取决于个人胶片剂量计对辐射能量和辐射入射角响应性能[见表 1 中 k)和 i)]时，该检验结果应当用个人剂量当量（见附录 A）来表示。

## 7 性能要求

7.1 个人胶片剂量计的性能应满足表 1 中各项所规定的要求。

7.2 胶片制造商应对表 1 中 a）至 g）各项照相感光乳胶的性能进行检验，并提供这些性能检验结果的信息。

7.3 胶片盒制造商应对表 1 中 h）项胶片盒的物理性能进行检验，并提供该项性能检验结果的信息。

7.4 负责选定胶片和胶片盒、并将它们组装成剂量计的机构，应对表 1 中 i）至 k)各项的性能进行检验（在多数情况下这些检验是交由指定的性能测试实验室完成的），并提供这些性能检验结果的信息。

## 8 检验方法

### 8.1 一般检验条件

本标准列出的检验方法有时是为评价包括胶片和胶片盒组成的整个剂量计的性能，有时则是仅仅为了评价胶片盒里胶片、胶片盒或胶片上照相乳胶的性能。

**表 1　　个人胶片剂量计性能要求**

| 检验性能 | 要　　求 | 检验方法 |
|---|---|---|
| | | |

| | | |
|---|---|---|
| a) **乳胶光密度均匀性**<br>（属于感光乳胶）<br>本试验旨在确保胶片乳胶的均匀性。 | 1 至 5 级：<br>1)对于每一乳胶样品整个表面上透射光密度和反射光密度测量值的最大值与最小值之差应小于 0.05。<br>2)样品光密度均值的标准差，对透射光密度应小于 0.02，对反射光密度应小于 0.05。 | 8.2.1 |
| b) **潜影稳定性**<br>（属于感光乳胶）<br>本试验旨在检验正常试验条件下潜影的衰退行为，以确保在剂量计正常佩戴周期内保留贮存的剂量信息。 | 试验样品与对照样品比对时得到的偏差应不大于校准量的 10%。 | 8.2.2 |
| c) **抗老化性**<br>（属于感光乳胶）<br>本试验旨在鉴定胶片感光乳胶对使用前非正常保存条件的耐受能力。 | 1)人工老化<br>试验样品与对照样品比对时得到的偏差应不大于校准量的 20%。灰雾本底水平的光密度均值相对于对照样品值的变异系数应不超过 0.10。<br>2)自然老化<br>同 a）和 b）两项要求。 | 8.2.3 |
| d) **光子能量效应**<br>（属于感光乳胶）<br>本试验旨在鉴定不同光子能量对胶片感光乳胶光密度影响的差异。 | 各批胶片导致相同光密度结果的校准量之比值的变化应不大于乳胶标称量程的 10%。 | 8.2.4 |
| e) **标称量程**<br>（属于感光乳胶）<br>剂量计标称量程试验旨在核实对剂量计量程最低要求的满足情况。 | 1)下限<br>校准量下限相应的光密度值，是在灰雾本底光密度均值上至少加上 2 倍灰雾本底标准差。<br>2)上限(已考虑饱和及负感现象)<br>标称量程上限是依据校准量最大值 Q 来确定的，此时感光乳胶的灵敏度 $S = \Delta OD / \Delta Q$ 应为正值,而且透射光密度至少应为 0.4 $Gy^{-1}$,而反射光密度至少应为 0.2$Gy^{-1}$。 | 8.2.5 |

| 检验性能 | 要　　求 | 检验方法 |
|---|---|---|
| f) **光不透明性**<br>（属于底片） | 处理过的试验胶片上应观察不到斑纹或不均匀现象。样品底片有效面积上光密度均值 | 8.2.6 |

| | | |
|---|---|---|
| | 与对照样品光密度均值之差应不超过 3 倍对照样品光密度均值的标准差。 | |
| g) **包装材料的水蒸汽耐受性**<br>（属于底片）<br>本试验仅用于W类剂量计。 | 1)潜影衰退<br>与对照样品相比，其偏差均值应不超过校准量之值的 10%。<br>2)响应变化<br>同上。<br>3)灰雾本底光密度变化<br>与对照样品相比，本底偏差的均值应不超过 0.05。 | 8.2.7 |
| h) **过滤片和塑料盒的质量控制**<br>（属于胶片盒） | 1)材料厚度均匀性<br>对各个过滤片和胶片盒样品而言，因材料厚度变化所致过滤片下面感光乳胶光密度最大值与最小值之差，应小于光密度均值的 5 %。对同一个过滤片或胶片盒样品而言，其光密度均值的标准差应小于光密度均值的 2%。<br>2)过滤片中可能含有的(天然)放射性核素的影响<br>过滤片下胶片样品与标准胶片之间光密度均值之差应不超过 0.05。 | 8.2.8 |
| i) **角响应**<br>（属于剂量计）<br>本试验旨在评估剂量计相对于辐射正常入射（0°）时的角响应。 | 设$H'_p(E,\alpha)$为个人剂量当量(深部或浅表)的约定真值,其中 E 为辐射平均能量,α 为人体模型内测量点的角度；$H_p(E,\alpha)$为剂量计作试验时测得的个人剂量当量。于是，角响应$R(E,\alpha) = H_p(E,\alpha)/H'_p(E,\alpha)$便可求得。这样，比值$R(E,\alpha)/R(E,0)$亦可算出。这些比值应不超出以下变化范围值：<br>1.0±20%　(对 1 和 2 级)；<br>1.0±30%　(对 3 级)；<br>1.0±50%　(对 4 级)；<br><br>5 级不要求实验。 | 8.2.9 |
| j) **剂量计背面照射的影响**<br>（属于剂量计）<br>辐射正常入射时与从背面（即反向）照射时剂量计响应的比较。 | 所有级别。<br>作试验的剂量计，应测量和说明辐射从背面照射与正面照射时其响应的比值。 | 8.2.10 |

| 检验性能 | 要　　求 | 检验方法 |
|---|---|---|
| k) **能量响应** | 1 至 4 级： | 8.2.11 |

| | | |
|---|---|---|
| （属于剂量计）<br>本试验旨在确定剂量计的能量响应。基本上只作为型式试验进行一次，当系统（如过滤片、算法）有重要变化时才重复此实验。 | ① 设$H'_p(E,0)$为平均能量E、辐射在作试验用的人体模型测量点上以垂直照射（0°）时的个人剂量当量约定真值，$H_{p,i}(E,0)$ 为n个剂量计中第i个测得的个人剂量当量值（深部或浅表），则性能系数的绝对值|P|<br>$$\left|P\right|=\frac{1}{H'_P(E,0)}\frac{\sum_{i=1}^{n}[H_{p,i}(E,0)-H'_P(E,0)]}{n}$$<br>应：<br>≤0.10　　(对 1 级)；<br>≤0.20　　(对 2 级)；<br>≤0.35　　(对 3 和 4 级)。<br>② 相对偏差应满足：<br>$$\left|H_{P,i}(E,0)-H'_p(E,0)\right|/H'_P(E,0)$$<br>≤0.30　　(对 1 和 2 级)；<br>≤0.45　　(对 3 和 4 级)。<br>③ 变异系数<br>$$V=\frac{1}{\overline{H}_P(E,0)}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[H_{p,i}(E,0)-\overline{H}_P(E,0)]^2}{n-1}}$$<br>对所有级别的剂量计均应不大于 0.35[式中，$\overline{H}_P(E,0)$ 为 $H_{p,i}(E,0)$ 的平均值]。<br>4 级：<br>仅对浅表个人剂量当量$H_p(0.07)$进行试验。<br>5 级：<br>没要求试验。<br>注：假如精细计算不同过滤片部位的光密度，以满足在感兴趣的辐射能量范围内的性能要求，则这种算法对使用各个剂量计的所有用户应均能有用。 | |

**8.1.1 检验样品及对照样品**

提供检验样品及对照样品（见 3.16 条）的方法应与制造商专用的方法相同。

对照样品应和检验样品一样来自相同制造商的同一批产品，特别要求两者过滤片的数量与材质相同。

根据检验项目不同，可以对整个剂量计，或只对裸露的胶片进行照射。

除另有说明外，应指明检验是否在人体模型上进行。

**8.1.2 预试验条件**

在作任何检验前，待检的或用作对照样品的剂量计均应在室温 20±2℃、相对湿度 45%—75%的大气环境中放置 4—20 h。空气比释动能率本底应不超过 0.25μGy/h。

**8.1.3 正常试验条件**

除非另有说明，应在 20±2℃室温和 45%—75%相对湿度条件下、以正常（垂直）入射角照射进行检验。空气比释动能率本底应不超过 0.25μGy/h

**8.1.4 参考辐射**

**8.1.4.1 1 至 3 级剂量计**

对于X和γ辐射试验，应据表2至表4所列条件选择辐射，以便覆盖待检剂量计的标称能量范围。这些辐射的特性、产生它们的方法及几何条件均可参见ISO 4037-1。

根据所需的能量和剂量率，高能γ辐射的参考射线束（光子辐射能量4MeV至9MeV）可从ISO 4037-1所介绍的如下方法中选择：

a) 用5MeV质子轰击碳靶由$^{12}C(p,p'\gamma)^{12}C$反应获得4.44MeV γ射线束；

b) 用质子轰击氟靶由$^{19}F(p,\alpha\gamma)^{16}O$反应获得6.13MeV γ射线束；

c) 用热中子以及钛和镍经俘获反应获得6MeV和9MeV γ射线束。

照射期间,样品周围空气中应保持电子平衡。如果因环境的原因不能达到这个要求,则应在样品前放置一些合适的建成材料，以确保电子平衡（或在高能电子辐射情况下的短暂电子平衡)。

表2　　窄谱“A”系列[1)]

| 高　压 kV | 平均能量 keV | 附加过滤片厚度[2)]　(mm) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 铅 | 锡 | 铜 |
| 40 | 33 | — | — | 0.21 |
| 60 | 48 | — | — | 0.6 |
| 80 | 65 | — | — | 2.0 |
| 100 | 83 | — | — | 5.0 |
| 120 | 100 | — | 1.0 | 5.0 |
| 150 | 118 | — | 2.5 | — |
| 200 | 163 | 1.0 | 3.0 | 2.0 |
| 250 | 205 | 3.0 | 2.0 | — |
| 300 | 248 | 5.0 | 3.0 | — |
| 注:　1) 窄谱系列特别适用于剂量计的能量响应试验。<br>2) 总过滤包括调整到4mm铝的固定过滤。 | | | | |

表3　　宽谱“B”系列[1)]

| 高　压 kV | 平均能量 keV | 附加过滤片厚度[2)]　(mm) | |
|---|---|---|---|
| | | 锡 | 铜 |
| 60 | 45 | — | 0.3 |
| 80 | 58 | — | 0.5 |
| 110 | 79 | — | 2.0 |
| 150 | 104 | 1.2 | — |
| 200 | 134 | 2.0 | — |
| 250 | 169 | 4.0 | — |
| 300 | 202 | 6.5 | — |
| 注: 1) 当用其它方法不能得到附合条件的辐射强度时才应当用宽谱系列。<br>2) 总过滤包括调整到4mm铝的固定过滤。 | | | |

表4　　放射性核素系列

| 放射性核素 | γ辐射能量(keV) | 半衰期(a) |
|---|---|---|
| $^{241}Am$ | 59.54 | 433 |
| $^{137}Cs$ | 661.6 | 30.1 |
| $^{60}Co$ | 1173.3和1332.5 | 5.272 |

8.1.4.2　4至5级剂量计

在进行下述检验时，照射剂量计的辐射能量应在这些剂量计所涵盖的能量范围内。

用于试验的β辐射应从 ISO 6980 所介绍的辐射中选择，以便覆盖试验剂量计的有用能量范围。

**8.1.5 辐射场强度**

校准用的辐射场强度应大至足以使照射期间潜影的变化可忽略不计。

**8.2 方法**

**8.2.1 乳胶光密度均匀性检验[见表 1-a]**

应对每一批胶片的乳胶作 1.0 光密度检验，并应从下列辐射中选定检验用的合适参考辐射：

a) 1 级：$^{137}Cs$或$^{60}Co$的γ辐射；

b) 2 级：从 8.1.4 款中选定能量范围低于 250keV 的任何参考辐射；

c) 3 级：从 8.1.4 款中选定任何参考辐射。

d) 4 或 5 级：最好选用$^{90}Sr/^{90}Y$源的β辐射（见ISO 6980）。

对每一批产品的乳胶，随机地选取 10 个胶片包照射，得到相应于光密度为 1.0 的校准量之值。对每一个乳胶,在其表面上选取均匀分布的 10 个不同点测量光密度，确定每一个样品光密度最大值和最小值之差，并计算平均值及其标准偏差。

用常规操作方法对同一面胶片表面进行密度测量。

本检验可能会因照射条件和显影方法的不同而受到影响。因此，应将这两个因素的影响控制至最小，以确保检验结果有效。

**8.2.2 潜影稳定性检验[见表 1-b]**

应对每一批胶片的乳胶作本项抗衰退检验。

对每一次乳胶检验，准备 2 组样品，每组 5 个胶片包，各组分别标以字母Ａ和Ｂ以示区别，后者用作对照样品。

用参考辐射（见 8.1.4 款）照射Ａ组。这样， 其光密度值应在检验乳胶特性曲线的准直线部分上。

将Ａ组和Ｂ组样品在正常试验条件下贮藏 30d。贮藏期结束，对未经照射的Ｂ组,像Ａ组那样受到相同校准量值的照射。放置 24h 后，再一起冲洗所有胶片。

**8.2.3 抗老化性检验[见表 1-c]**

**8.2.3.1 人工老化**

应对每一批胶片的乳胶作本检验。

对每一次乳胶试验，准备 8 组样品，每组 3 个胶片包，各组分别标以字母Ａ至Ｈ。将Ａ至Ｄ组样品在温度为 50±1° C、向大气敞开的干燥箱（无去湿剂）里放置 7 d,而将Ｅ至Ｈ组样品在正常试验条件下（见 8.1.3 款）放置。

热处理后 4 —20h 内对Ａ至Ｃ组，以及Ｅ至Ｇ组（对照样品）在以下条件下用一种参考辐射完成照射：

a) Ａ和Ｅ组胶片包所受照射的校准量值相应于乳胶量程的 1/4；

b) Ｂ和Ｆ组胶片包所受照射的校准量值相应于乳胶量程的 1/2；

c) Ｃ和Ｇ组胶片包所受照射的校准量值相应于乳胶量程的 4/5。

对Ｄ组胶片包以及Ｈ组对照样品一起进行热处理，但均不进行照射。

对上述所有胶片同时进行显影，测定照射过的各组胶片的校准量，分别计算试验样品组和对照样品组的校准量平均值，比较这两个平均值。

测定并比较两组未照射胶片的本底光密度的平均值。

**8.2.3.2 自然老化**

取数量足以进行表 1 中 a）和 b）项试验的胶片包，在制造商提供的条件下保存 1 个月。

按 8.2.1 和 8.2.2 款给出的方法完成这些试验。

其试验结果应落在表 1 中 a）和 b）项规定的要求限度内。

**8.2.4 乳胶的光子能量效应检验[见表 1-d]**

应对每一批胶片的乳胶作本检验。

对每一次乳胶检验，准备 2 组样品，每组 4 个胶片包，两组分别标以字母 A 和 B 。 A 组用参考辐射照射， B 组用其能量对乳胶能量响应最大的辐射照射。

a） 1 级和 3 级： A 组用参考 γ 辐射($^{60}Co$或$^{137}Cs$)照射， B 组用 8.1.4 款中能量接近于 60keV的辐射（例如$^{241}Am$的 γ 辐射或 65 keV平均能量的“ A ”系列辐射）照射。

b） 2 级：除了选自 8.1.4 款的参考辐射能量应在 100keV 至 250keV 范围内之外，采用上述同样的方法。

c） 4 级和 5 级：除了选用两种不同的 β 辐射（见 ISO 6980）进行照射外，采用上述同样的方法。

校准量之值应选得恰使光密度大约为 1 。计算两个比值之积[Q(A)/Q(B)]×[OD(E)/OD($E_{ref}$)]，此处Q(A)和Q(B)分别为 A 组和 B 组相应的校准量之值，OD(E)和OD($E_{ref}$)分别为能量响应最大的辐射组和参考辐射组相应的光密度之值。

**8.2.5 标称量程检验[见表 1-e]**

**8.2.5.1 下限检验**

如果为了覆盖量程，使用了一些乳胶灵敏度不同的胶片包，则应对其中最灵敏的乳胶进行本检验。

用下列参考辐射并以校准量下限相应的强度照射 3 包胶片：

a） 1 级和 3 级：$^{137}Cs$或$^{60}Co$的 γ 辐射；

b） 2 级：平均能量为 248keV 的“ A ”系列辐射；

c） 4 级和 5 级：$^{90}Sr/^{90}Y$的 β 辐射。

在正常试验条件下，同时冲洗照射过的胶片以及 10 枚从同一批乳胶胶片中选取的未照射的胶片。测量未照射胶片的光密度，确定这些测量值的平均值及标准偏差。测量照射胶片的光密度，计算平均值。

在对照样品光密度均值上加上 2 倍标准偏差，并与照射样品光密度均值作比较。后者应大于前者。

**8.2.5.2 已考虑饱和及负感现象的上限检验**

如果为了覆盖量程，使用了一些乳胶灵敏度不同的胶片包，则应对其中最不灵敏的乳胶进行本检验。

准备 2 组分别标以组号为 A 和 B 的胶片包，每组 3 个胶片包。照射 A 组，以使其校准量等于上限$Q_{ul}$；照射 B 组，以使其校准量等于上述值加上 0.1Gy即$Q_{ul+0.1}$。根据两组光密度OD的平均值，按下式计算上限灵敏度：

$$S=[OD(Q_{ul+0.1})-OD(Q_{ul})]/0.1$$

**8.2.6 胶片包装纸的光不透明性检验[见表 1-f]**

应随机选取一些胶片包完成本检验。

用光亮度为 1000cd/$cm^2$的氙灯照射胶片包 1 h，胶片包应离光源足够远，以免使胶片的温度超过 30° C,并应使胶片的一面垂直于光辐射。然后，在相同条件下照射胶片包另一面 1 h；再在相同条件下照射胶片包的 4 个边缘各 1 h 。同时冲洗试验胶片和对照样品，并比较它们光密度的斑纹和均匀性。测量每枚胶片 10 个不同点上的光密度，计算每一胶片光密度的平均值及标准偏差，比较这些数据。

**8.2.7 W 类剂量计包装胶片的水蒸汽耐受性检验[见表 1-g]**

只有 W 类剂量计胶片包应进行本项检验。

准备 6 组样品，每组 5 个胶片包，各组分别标以字母 A 至 F ，以示区别。

按下法处理各组胶片：

a) A组：照射后暴露于湿气中；

b) B组：在不与湿气接触的条件下照射，然后放置；

c) C组：在湿气中暴露后再照射；

d) D组：在不与湿气接触的条件下放置，然后照射；

e) E组：暴露于湿气中；

f) F组：不经任何处理。

B、D和F组分别为A、C和E组相应的对照样品。

照射胶片包时(先照A和B组,再照C和D组)应控制照射强度以使所得校准量值大约相当于试验乳胶量程的中间值。作湿气处理时，将A、C和E组胶片包在（38±0.5）℃温度、88%—92%相对湿度的通风橱里放置7 d；不作湿气处理的B、 D和F组对照样品在正常试验条件下放置。

对A和C组的两步操作应抓紧连贯完成。

六组剂量计应同时显影，测定A、B、C和D组的校准量之值，测量E和F组的光密度值。计算每一组结果的平均值，然后计算下述差异：

——A和B组的差异，确定潜影的衰退；

——C和D组的差异，确定灵敏度的变异；

——E和F组的差异，确定本底光密度的变异。

**8.2.8 过滤片的质量控制[见表 1-h]**

应对过滤片材料或胶片盒作本项检验。

**8.2.8.1 过滤片材料均匀性检验**

从制作过滤片的板材上非毗邻地剪取 10 块与过滤片面积相同的样品，将每一块样品分别与 10 个胶片包一起夹住。选用 8.1.4 款中能量处于 33keV至$^{137}Cs$/$^{60}Co$ γ 辐射间的参考辐射(以适合于被试验的过滤片材料),在自由空气中照射这些过滤片－胶片包组合件。

校准量值的选择应使所得的光密度值为 1.0±0.5。

对每一片乳胶，测量均匀散布于表面 10 个不同区域的光密度值，计算每枚胶片单位面积光密度之平均值。无论是过滤片还是胶片盒，只要是新生产的，就应对其中每一种过滤片重复做本检验。

注： 不同的的胶片－胶片盒组合件作本试验也可能产生变异。作为过滤片的存放盒，由于对每个胶片盒实际上通常仅作一次光密度测量，因此为了得到平均结果应从新交货的胶片盒中随机地选取至少 50 个样品进行本检验。

**8.2.8.2 放射性检验**

在过滤片（例如锡或铅过滤片）可能含有放射性物质的情况下，应检验来自这些放射性核素的辐射对于光密度测量的影响。

准备A、B两组胶片包，每组5个。将A组胶片包与过滤片一起放入胶片盒中，或与过滤片夹在一起。将A组和B组（对照样品）在正常试验条件下（见8.1.3 款）按正常的佩带期放置。同时处理两组胶片，测量每片胶片的光密度值，计算各组平均值。比较检验组和对照组胶片的结果。

**8.2.9 剂量计角响应检验[见表 1-i]**

对每一批胶片乳胶试验，剂量计均应置于人体模型上完成照射。辐射入射角应在两个互相垂直的平面上，其中一个平面通过平行于剂量计短边的对称轴，另一个平面通过平行于剂量计长边的对称轴。在每种情况下,照射所用的入射角应固定为 0°、30°、45°和60°；剂量计应放在人体模型上照射；照射距离应恒定且足够大，以照遍整个人体模型表面。

准备7组分别标以字母A至G的剂量计，每组3个。所有剂量计均应以相同的个人剂

量当量值照射，由此产生的光密度值应在乳胶特性曲线的准直线段内。A组以 0° 入射角（正常入射角）照射；B组和C组剂量计各自绕剂量计的长边和短边转动 30° 角后照射；用同样的方法，对D组和E组转动 45° 后照射，对F组和G组转动 60° 后照射。应使用以下参考辐射（见 8.1.4 款）：

a） 1 级：平均能量为 248keV的“A”系列辐射，及$^{137}$Cs或$^{60}$Co的γ辐射；

b） 2 级：平均能量为 65keV的“A”系列或$^{241}$Am的辐射，及平均能量为 248keV的“A”系列辐射；

c） 3 级：平均能量为 65keV的“A”系列或$^{241}$Am的辐射，及$^{137}$Cs或$^{60}$Co γ辐射；

d） 4 级：$^{204}$Tl和$^{90}$Sr/$^{90}$Y的β辐射（参见ISO 6980）；

e） 5 级：没要求试验。

对于给定的辐射能量E，计算入射角为α度时剂量计响应R(E,α)与正常入射(0°)时响应R(E,0)之比。由表A 2 中给出的角校正因子 f (d,E,α) 可求得用于计算响应值的约定真值，深度 d 的取值为 0.07mm 或 10mm。

注：本检验的结果以无量纲的比值表示，是为了避免剂量当量测量中引入绝对误差。

**8.2.10 背面照射影响检验[见表 1-j]**

本检验应在人体模型上完成，并应使用以下参考辐射（见 8.1.4 款）：

a） 1 级和 3 级：$^{137}$Cs或$^{60}$Co的γ辐射；

b） 2 级：平均能量处于 100keV 和 248keV 间的X辐射；

c） 4 级和 5 级：$^{90}$Sr/$^{90}$Y的β辐射（参见ISO 6980）。

准备A、B两组胶片包，每组 3 个。将A组胶片包装入胶片盒内，把它们放在人体模型上照射，照射时离源的距离应恒定，且强度应使所得的个人剂量当量值落在特性曲线的准直线段内。使用相同的胶片盒,取出A组胶片包置换以B组胶片包，将胶片盒翻转 180° 后在同样条件下照射它们（背面照射）。

分别计算剂量计正面照射和背面照射的响应平均值，比较两个平均值。

**8.2.11 剂量计能量响应检验[见表 1-k]**

对于每一批胶片，每一系列辐射，或每一种能量，剂量计都应置于人体模型上在正常入射条件下完成本检验。

应使用以下参考辐射（见 8.1.4 款）照射随机选取的 5 个剂量计， 并使它们所得的个人剂量当量值相同：

a） 1 级：平均能量为 248keV的“A”系列辐射，及$^{137}$Cs或$^{60}$Co γ辐射；

b） 2 级：—— 平均能量为 33keV 的“A”系列辐射：
—— 平均能量为 58keV的“B”系列辐射，或$^{241}$Am γ辐射，
—— 平均能量为 79keV 的“B”系列辐射，
—— 平均能量为 134keV 的“B”系列辐射，
—— 平均能量为 248keV 的“A”系列辐射；

c） 3 级：同 2 级，且再加上$^{137}$Cs或$^{60}$Co的γ辐射；

d） 4 级：$^{204}$Tl和$^{90}$Sr/$^{90}$Y的β辐射（参见ISO 6980）；

e） 5 级：没要求检验。

对于每一类参考辐射，用于这些检验的、人体模型内的个人剂量当量(深部或浅表)约定真值$H'_p(d,E,0)$，应由空气比释动能或组织吸收剂量校准量Q(E,0)按下式求得：

$$H'_p(d,E,0) = Q(E,0) \cdot c(d,E,0)$$

此处 c (d,E,0)为由相对校准量Q(E,0)转换成特定参考辐射在辐射正常入射条件下的个人

剂量当量之加权平均转换系数。附录A给出了随辐射类型（光子，β辐射）及能量E而变化的、在ICRU组织平板人体模型内深度d＝0.07mm和d＝10mm处的c (d,E,0)值。

## 9 识别

剂量计应有简单、唯一、牢固的识别标记。标记的方法不应直接或间接地损伤胶片乳胶的有用部分，也不会以任何方式改变胶片的光密度。

## 10 标识和附加说明书

### 10.1 标识

#### 10.1.1 单片胶片标识

胶片包应有必要的标识，以说明剂量计的来源、失效日期及响应特性。

#### 10.1.2 箱装胶片标识

盛放胶片包的每个箱子（或其它盛放容器）应在所附的标签上标明如下信息：

a) 制造商的名称或商标；

b) 完整的牌号(级别、类别、种类)；

c) 系列号或生产批号；

d) 失效日期。

### 10.2 附加说明书

每个盛放胶片包的箱子或其它包装容器里必须附有说明书，说明书上至少应记有如下信息：

a) 剂量计的全称(见5.2条)；

b) 制造商的名称和商标；

c) 胶片的设计量程；

d) 冲洗方法。

## 附录A
## （规范性附录）
## 转换系数和角校正因子

在本标准中，对大多数检验而言，校准量使用了空气比释动能$K_a$（对光子）和空气吸收剂量$D_a$。但是，对于剂量计的角响应和能量响应检验使用了ICRU推荐的实用量个人剂量当量（深部或浅表）$H_p(d)$。

下面给出了由$K_a$(对光子)和$D_a$(对β辐射)转换成ICRU 组织平板人体模型深度d＝0.07mm和d＝10mm处的个人剂量当量之转换系数 c (d,E, α)。 该人体模型的尺寸为 30cm×30cm×15cm，质量组成为 76.2％氧、11.1％碳、10.1％氢和 2.6％氮，密度为 1 。 转换系数 c (d,E, α)随辐射类型（光子或β辐射）、辐射能量E及辐射入射角α( 0° ~ 60° )而变化。作为一级近似，该转换系数可被分解成如下两部分：

$$c(d,E,\alpha) = c(d,E,0) \times f(d,E,\alpha)$$

式中： c (d,E,0)——辐射正常入射时的转换系数；

f(d,E, α)——深度为 d、能量为 E 和入射角为α时的角校正因子。

表 A1 中的转换系数 c (d,E,0)值,对光子的引自 ISO 4037-2,对β源的引自 ISO 6980。

角校正因子 f(d,E, α)给在表 A2 中，对于光子的值是利用参考文献[1]公布的数据计算而得的，对于β源的值是引自 ISO 6980。应指明的是，这些校正因子强烈受到剂量计至源的距离的影响。

对于光子或β辐射，个人剂量计实际校准或测定响应时，应使用尺寸为 30cm×30cm×15cm 的 PMMA 人体模型。照射时个人剂量计应固定在人体模型的正面。应当说明的是，对于固定在 PMMA 人体模型表面上的个人剂量计的读数，未对该人体模型和同样大小的 ICRU 组织平板人体模型之间反散射的差异进行校正。

注: 参考文献 1:

Grosswendt Ｂ. The angular dependence and irradiation geometry factor for the dose equivalent for photons in slab phantoms of tissue-equivalent material and PMMA. Rad.Prot.Dosim., 1991,35, pp221-235.

表A 1　由空气比释动能至个人剂量当量的转换系数 c (d,E,0)[1)]

| 辐射类型 | 平均能量(keV) | c (0.07,E,0) | c (10,E,0) |
|---|---|---|---|
| **窄谱系列:** | | | |
| A40 | 33 | 1.29 | 1.22 |
| A60 | 48 | 1.57 | 1.68 |
| A80 | 65 | 1.72 | 1.89 |
| A100 | 83 | 1.71 | 1.87 |
| A120 | 100 | 1.67 | 1.80 |
| A150 | 118 | 1.61 | 1.72 |
| A200 | 163 | 1.49 | 1.57 |
| A250 | 205 | 1.42 | 1.48 |
| A300 | 248 | 1.37 | 1.42 |
| **宽谱系列:** | | | |
| B60 | 45 | 1.52 | 1.60 |
| B80 | 58 | 1.65 | 1.80 |
| B110 | 79 | 1.71 | 1.87 |
| B150 | 104 | 1.65 | 1.78 |
| B200 | 134 | 1.56 | 1.66 |
| B250 | 169 | 1.48 | 1.56 |
| B300 | 202 | 1.43 | 1.49 |
| **放射性核素:** | | | |
| $^{241}$Am | 59.54 | 1.72 | 1.88 |
| $^{137}$Cs | 661.6 | 1.21 | 1.22 |
| $^{60}$Co | 1173.3 和 1332.5 | 1.18 | 1.18 |
| **β辐射[2)]** | | | |
| $^{204}$Tl | 240 | 1.12 | |
| $^{90}$Sr/$^{90}$Y | 570 | 1.19 | |

注: 1) 指 ISO 4037-1 定义的过滤X辐射及γ参考辐射在正常入射时的转换系数。
2) 在β辐射的情况下，空气比释动能用空气吸收剂量取代（见 IEC 846）。

**表A 2　用于计算表A1中转换系数 c (d,E, α)的角校正因子 f(d,E, α)**

| 辐 射 | 适用剂量计级别 | α =0° | α =30° | | α =45° | | α =60° | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | d=0.07mm | d=10mm | d=0.07mm | d=10mm | d=0.07mm | d=10mm |
| $^{241}$Am/A65 | 2 和 3 | 1.00 | 0.98 | 0.97 | 0.95 | 0.90 | 0.89 | 0.77 |
| A248 | 1 和 2 | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 1.00 | 0.94 | 0.99 | 0.86 |
| $^{137}$Cs | 1 和 3 | 1.00 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 0.98 | 1.02 | 0.95 |
| $^{60}$Co | 1 和 3 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 1.01 | 0.97 |
| $^{90}$Sr/$^{90}$Y | 4 和 5 | 1.00 | 1.05 | — | 1.13 | — | 1.19 | — |
| 注：表中所列校正因子仅为本标准的试验所需的那些辐射提供的，A65 和 A248 中 的 A 代表“A 系列X射线，数字代表其平均能量(keV)（见 8.1.4 款）。 | | | | | | | | |

# 附录B
# （规范性附录）
# 个人胶片剂量计测得光子剂量的评价

## B.1 概述

B.1.1 为了详细说明个人胶片剂量计所要求的性能特点，第6章具体细分了各方应负的责任：首先是胶片制造商，其次是胶片盒制造商，再次是负责选择胶片、胶片盒和剂量计评价方法的机构的责任。

对每一方详细说明了各自应作的检验。

一旦第三方机构选定了欲用的胶片盒，他们就必须决定剂量评价方法。有很多有效的方法，本附录旨在给出有关信息，并举例推导一个合适的方法。

B.1.2 无过滤照相胶片的光子灵敏性，随辐射能量而明显不同，这是由于不同光子能量引发的不同相互作用过程，以及光子能量经过胶片本身及其包装材料的吸收不同。中等能量X射线与硬γ射线灵敏度之比的典型值在20至50之间。因此，如果这种探测器用于个人剂量监测，必须找到克服这个困难的方法。

胶片通常装在内含一些金属和塑料过滤片的盒子里，这些过滤片改变了位于它们下面的胶片的灵敏度，而胶片的影像可有效地被用来获得入射辐射的信息。因此，应通过胶片灵敏度的校正获得响应的均一性。这类剂量计被称为鉴别式剂量计，因为它们除了可提供剂量外，还可提供照射辐射的品质信息。例如，可利用过滤片下的影像提供辐射类型和能量的信息。

## B.2 辐射品质

剂量计欲测量的辐射品质，会影响到胶片盒的设计、型式试验的方法及评价方法。如果要求测量诸如Hp(10)和Hp(0.07)等ICRU的实用量，那么型式试验应在合适的人体模型上进行，剂量计应设计成能够响应来自剂量计佩带者的反散射。另一个可能是，要求测量空气比释动能，或人体表面组织的吸收剂量。在这种情况下，剂量计应设计成能够响应反散射，并能在合适的人体模型上作型式试验。

## B.3 特性曲线

用胶片剂量计评价剂量的一个要素是胶片乳胶的特性曲线，对于不同品质的辐射，可以用不同的辐射量来描述照射。例如，对诸如$^{226}Ra$、$^{60}Co$或$^{137}Cs$的硬γ辐射应选择空气比释动能这个量，并用最重的过滤片覆盖胶片后测量光密度。这时，由校正后的光密度求得的剂量称之为表观剂量。其次，在更进一步的剂量评价中，所有的光密度均根据特性曲线上的读数转换成表观剂量。

## B.4 剂量计单片过滤片区的响应特性

评价方法的推导是基于剂量计每一片过滤片区能量灵敏度的变化资料。

现用光子照射剂量计后求得$H_p(10)$的例子，对这些资料的获得过程说明如下：

a) 选择一种ISO参考辐射，用标准监督电离室调整好射线束（见图B 1）。

b）应设计好准直条件，使得监督电离室、平板人体模型和剂量计完全被射线束照射到，照射时模型和剂量计离源的距离应至少为 2 m。

c）先不放平板模型和剂量计，对监督电离室在给定入射角 α 条件下测量实际照射期间人体模型前方表面中心点处的空气比释动能$K_a$（见图 B 1）。

d）空气比释动能$K_a$乘以和$H_p(10,\alpha)$相应的转换系数C，而对应的个人剂量当量$H_p(10,\alpha)$可用监督电离室的显示量M（即$K_a \cdot C$）给出。这样，监督电离室单位显示量便相当于量$H_p(10,\alpha)$对应的剂量当量（$K_aC$）/ M，从而可得到监督电离室的校正因数$A=(K_aC)/M$。

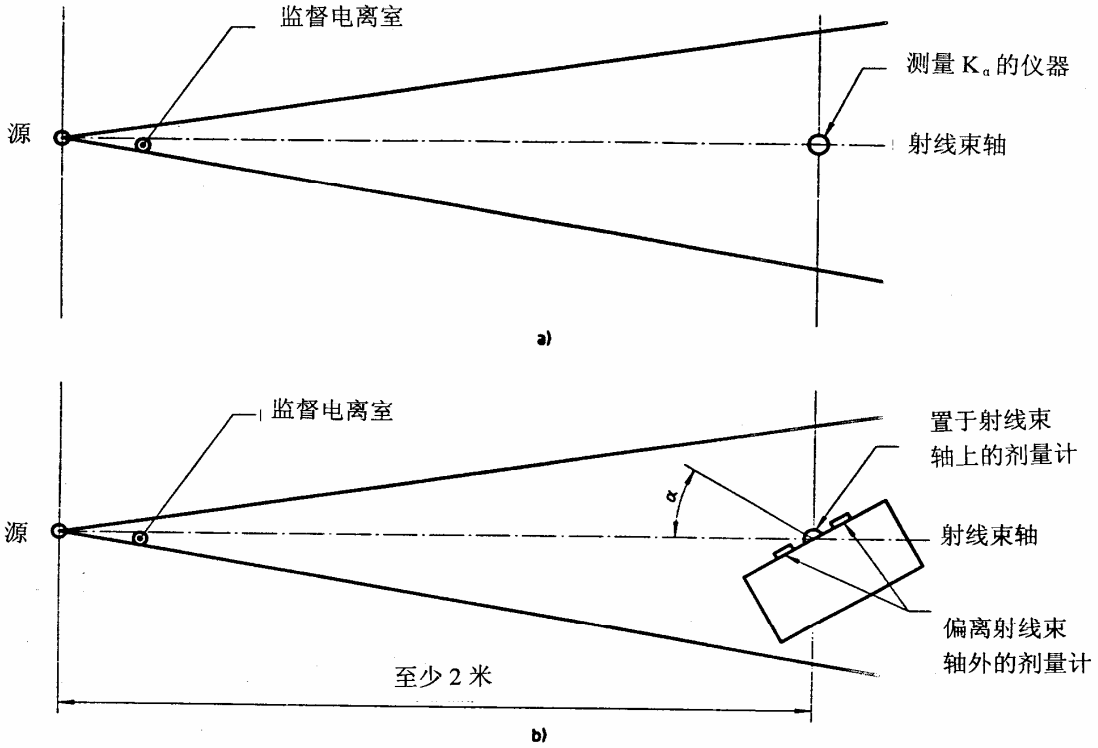


图 B1　剂量计类型实验时的照射安排

e）将平板模型和剂量计置于射线束里，使射线对剂量计的入射角为 α，并使位于射线轴上的剂量计的灵敏体积的中心，与上述 c 款测量空气比释动能之点重合（见图 B1-b）。

f）对剂量计设定一个合适的个人剂量当量值$H_p(10)$，照射剂量计，直至监督电离室的读数M指示为$H_p(10)/A$。

g）处理剂量计，根据特性曲线测定特定过滤片下的表观剂量，将结果与$H_p(10)$的约定真值进行比较。

注：若同时用上法照射多个剂量计，则必须对那些位置偏离射线束轴的剂量计作与源的距离不一致的校正。

建议在照射期的中点时转动一下人体模型，让剂量计以 - α 角度继续接受照射，这样可获得 ± α 对称定位、平均照射的效果。

h）对 ISO 参考辐射，用上述相同方法重复完成要求的整个能量范围内的所有试验。用这个方法和 B.3 章所述的特性曲线，以及用于制备作为光子能量函数的特性曲线的辐射

可获得对应于多个入射角(建议取 0°、20°、40°和 60°)、用$H_p(10)$来表示每一过滤片区的灵敏度曲线。

用同样的方法，借助于量$H_p(0.07)$的转换系数可得到量$H_p(0.07)$的类似曲线。

## B.5 剂量评价方法的指导示例

### B.5.1 求$H_p(10)$和$H_p(0.07)$

这类鉴别式剂量计的精髓是联合使用 4 种过滤片：

1) 用于高能 X 射线的锡/铅组合过滤片（Sn/Pb）；
2) 用于中能 X 射线的都拉铝过滤片(Dural)；
3) 用于低能 X 射线和高能 β 辐射的厚度为 300mg/cm$^2$的塑料过滤片（P300）；
4) 用于低能 β 辐射的厚度为 50mg/cm$^2$的塑料过滤片（P50）。

在低能区、入射角分别为 0°、30°和 60°时这种类型剂量计的 Hp(10) 相对灵敏度数据见图B2。在这一特定情况下，特性曲线是基于被$^{226}$Ra的 γ 辐射照射后Sn/Pb等过滤片区胶片的光密度值绘制的。

有了诸如图 B2 所示的数据，通常可藉经验的或分析的方法导出全部或部分过滤片区表观剂量的线性加和算法，由此可提供$H_p(10)$随光子能量相对一致的响应。用类似的方法同样可得到$H_p(0.07)$的曲线。仍用这同一例子，采用此剂量计可以导出如下算法：

a) 20keV 至 1250keV 能区

$$H_P(10)\text{或}H_p(0.07)=C_n[K_a(\text{Sn/Pb})+0.111K_a(\text{P300})-0.1K_a(\text{Dural})]$$

b) ＜20keV能区（此区$K_a(\text{P300})/K_a(\text{Dural})>4$）

$$H_p(10)=C_n[0.04K_a(\text{P300})]$$

$$H_p(0.07)=C_n[0.3K_a(\text{Dural})+0.61K_a(\text{P50})-0.6K_a(\text{P300})]$$

式中：

$C_n$——依赖于校准核素而变的一个常数：

$C_{137Cs}=1.07$

$C_{226Ra}=1.20$

$C_{60Co}=1.16$

$K_a(\text{Sn/Pb})$——Sn/Pb过滤片区对 γ 辐射的表观空气比释动能，Gy;

$K_a(\text{Dural})$——Dural过滤片区对 γ 辐射的表观空气比释动能，Gy;

$K_a(\text{P300})$——P300 过滤片区对 γ 辐射的表观空气比释动能，Gy;

$K_a(\text{P50})$——P50 过滤片区对 γ 辐射的表观空气比释动能，Gy。

注：1）上述Cn值已校准归一到对$^{137}$Cs γ 辐射的响应为 1.0。

2）以上公式中的常数 Cn 用于过滤片区的表观空气比释动能，它们已经过正常入射条件下自由空气比释动能的校准，而$H_p(10)$和$H_p(0.07)$已归一化成相应于$^{137}$Cs 的 γ 辐射 0° 入射的响应。

对于$^{137}Cs$的γ辐射的响应，在入射角为0°、30°和60°时， 剂量计的$H_p(10)$和$H_p$（0.07)随光子能量的响应特性见图B3。

利用图B3所示入射角为0°、30°和60°值的平均值，可得到图B4 所示的剂量计特性曲线。

与上述所示算法不同的其它方法也是有效的，例如可用两片不同过滤片区下表观剂量之比值来估算辐射能量。此外，也可将校正因子用于单片过滤片区下的表观剂量，以求得评价剂量。

**B.5.2 空气比释动能或体表组织吸收剂量举例**

若剂量计设计成对佩带者身体的反散射能有准确的响应，则剂量计应在人体模型上校准，并用合适的系数将射线束的光子流量转换成人体模型的表面剂量。制备特性曲线时可能需要重复利用每片过滤片区下的响应。因此，算法可导出所求量相对于光子能量和入射角一致的响应。

## B.6 常规校准

需要对每一批胶片和每一种处理（胶片冲洗）方法进行标准化的校准，以维持系统恒定的灵敏度，这就要求对购自供应商的每一批胶片重新绘制特性曲线。

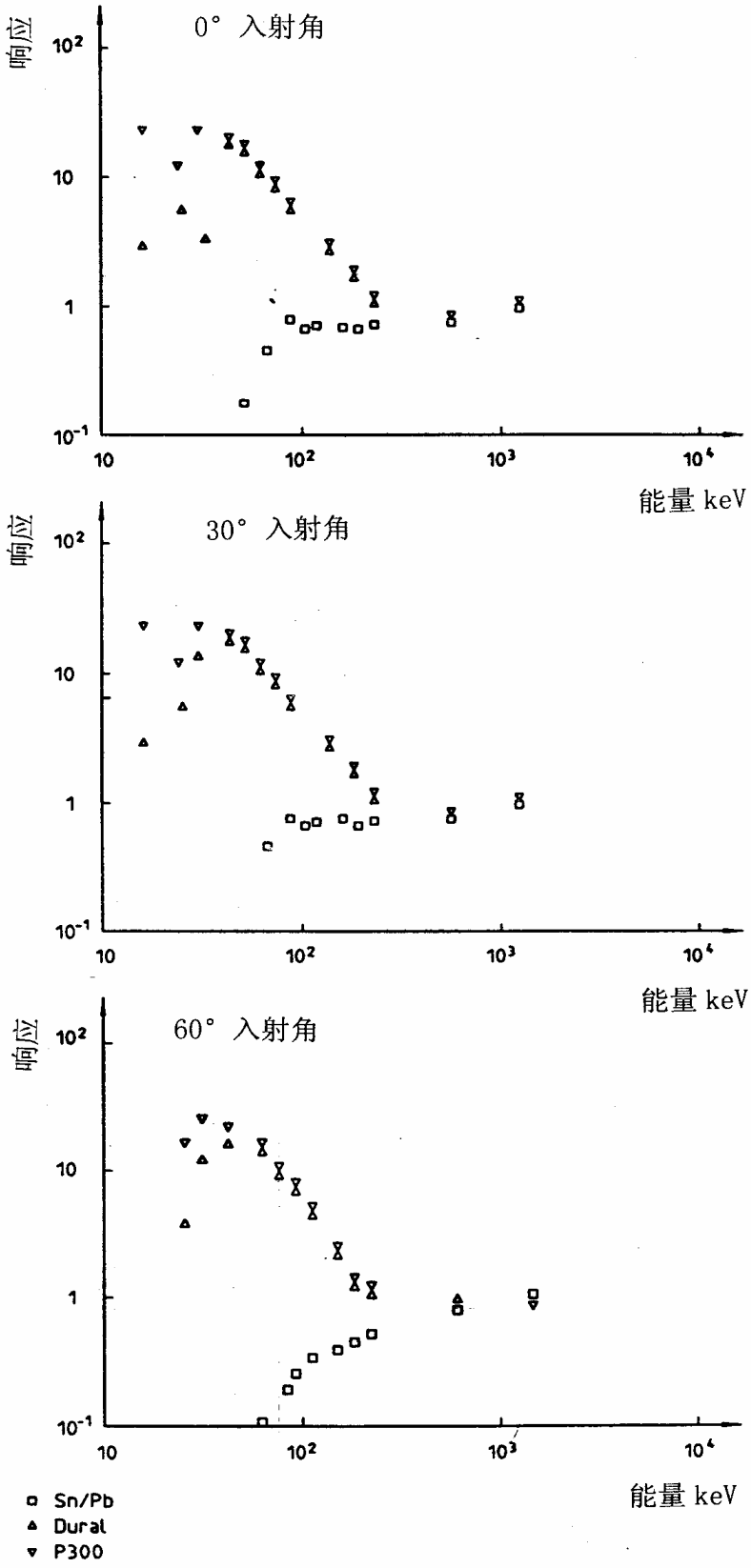


图 B2 0° 、30° 和 60° 入射角时 $H_p(10)$ 的过滤片响应特性

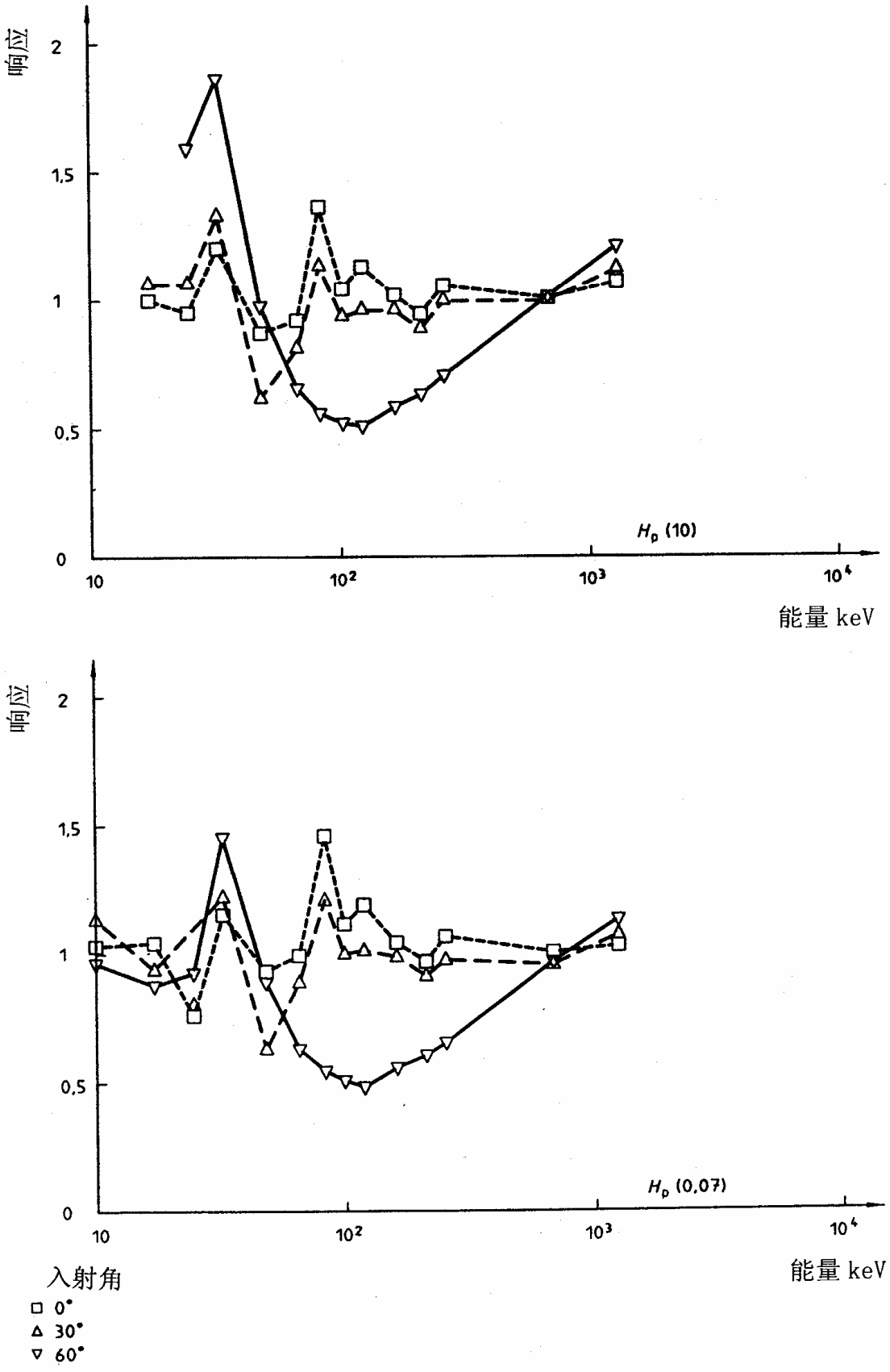


图 B3 相对于 $^{137}Cs$ γ 辐射的剂量计响应 $H_p(10)$ 和 $H_p(0.07)$

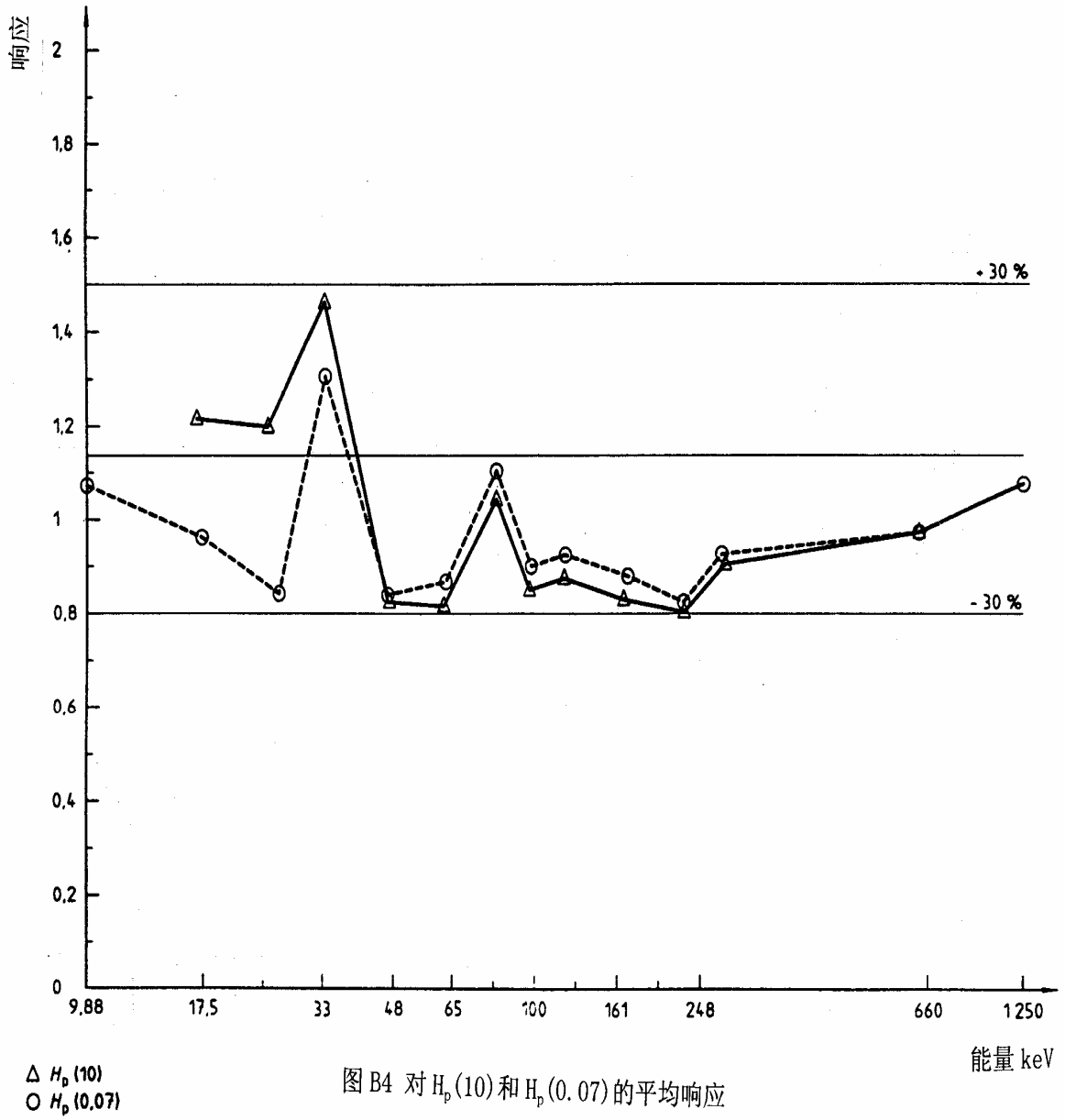


图 B4 对 $H_p(10)$ 和 $H_p(0.07)$ 的平均响应