

GBZ

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ 128—2019

代替 GBZ 128—2016

职业性外照射个人监测规范

Specifications for individual monitoring of occupational external
exposure

2019 - 09 - 27 发布

2020 - 04 - 01 实施

中华人民共和国国家卫生健康委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 监测要求	2
5 监测系统与使用要求	3
6 剂量评价	3
7 质量保证	5
8 记录、档案和报告	6
附录 A（规范性附录） 外照射个人剂量监测系统主要性能要求	8
附录 B（资料性附录） 个人剂量当量到有效剂量的转换系数估算方法	12
附录 C（资料性附录） 职业照射的职业分类和个人监测报告要求	17
附录 D（资料性附录） 职业性外照射个人剂量监测结果年度统计表	20
参考文献	22

前 言

本标准第4章、5.1、5.2.1、5.2.4、5.2.6、5.2.7、5.3.1、5.3.2为强制性的，其余为推荐性的。

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替GBZ 128—2016《职业性外照射个人监测规范》，与GBZ 128—2016相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了部分规范性引用文件（见第2章，2016年版的第2章）；
- 修改了部分术语和定义（见第3章，2016年版的第3章）；
- 修改了外照射个人剂量计基本要求（见5.1，2016年版的5.1）；
- 修改了外照射个人剂量计选择（见5.2，2016年版的5.2）；
- 修改了外照射个人剂量计的佩戴要求（见5.3，2016年版的5.3）；
- 修改了剂量评价一般原则（见6.1，2016年版的6.1）；
- 修改了职业性外照射个人监测评价方法（见6.2，2016年版的6.2）；
- 修改了剂量调查内容及调查表（见8.1.3和附录C，2016年版的8.1.3和附录A）；
- 增加了外照射个人剂量监测系统主要性能要求（见附录A）；
- 增加了个人剂量当量到有效剂量的转换系数估算方法（见附录B）。

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、中国医学科学院放射医学研究所、北京市疾病预防控制中心。

本标准主要起草人：郭文、丁艳秋、胡爱英、张文艺、万玲、翟贺争、张璇、郝述霞、王美娇、陈飞。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 5294—1985；
- GB 5294—2001；
- GBZ 128—2002；
- GBZ 128—2016。

职业性外照射个人监测规范

1 范围

本标准规定了职业性外照射个人监测的要求和方法。

本标准适用于职业性外照射个人监测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 10264—2014 个人和环境监测用热释光剂量测量系统

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GBZ 207 外照射个人剂量系统性能检验规范

GBZ/T 261 外照射辐射事故中受照人员器官剂量重建规范

GBZ/T 301 电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

外照射个人监测 individual monitoring of external exposure

利用工作人员佩戴剂量计对个人剂量当量进行的测量,以及对测量结果的解释。

3.2

个人剂量当量 personal dose equivalent

人体某一指定点下面适当深度 d 处的软组织内的剂量当量 $H_b(d)$ 。

3.3

最低探测水平 minimum detectable level; MDL

用于评价测量仪器探测能力的统计量值,在给定的置信度下,一种测量方法能够探测出的区别于本底值的最小量值。

3.4

异常照射 abnormal exposure

当辐射源失去控制时,工作人员或公众中的成员所接受的可能超过剂量限值的照射。

注：异常照射可以分为事故照射和应急照射。

3.5

调查水平 investigation level

诸如有效剂量、摄入量或单位面积或体积的污染水平等量的规定值，达到或超过此种值时应进行调查。

3.6

名义剂量 notional dose

在个人剂量监测中，当工作人员佩戴的剂量计丢失、损坏或其他原因得不到读数或所得读数不能正确反映工作人员所接受的剂量时，用其他方法赋予该剂量计应有的剂量估算值。

3.7

常规监测 routine monitoring

为确定工作条件是否适合继续进行操作，在规定场所按预先规定的时间间隔所进行的监测。

3.8

任务相关监测 task-related monitoring

为特定操作提供有关操作和管理方面的即时决策而进行的个人监测。

3.9

特殊监测 special monitoring

为了说明某一特定问题，而在一个有限期内进行的个人监测。

4 监测要求

4.1 监测的量和单位

职业性外照射个人监测的量有 $H_p(10)$ 、 $H_p(3)$ 、 $H_p(0.07)$ ：

- $H_p(10)$ ，适用于体表下 10 mm 深处的器官或组织的监测，在特定条件下用于有效剂量评价，单位为毫希沃特 (mSv)；
- $H_p(3)$ ，适用于体表下 3 mm 深处的器官或组织的监测，用于眼晶状体剂量评价，单位为毫希沃特 (mSv)；
- $H_p(0.07)$ ，适用于体表下 0.07 mm 深处的器官或组织的监测，用于皮肤剂量评价，单位为毫希沃特 (mSv)。

4.2 监测类型

外照射个人监测类型可分为常规监测、任务相关监测和特殊监测。

4.3 监测周期或频次

4.3.1 常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月。

4.3.2 任务相关监测和特殊监测应根据辐射监测实践的需要进行。

5 监测系统与使用要求

5.1 个人剂量监测系统基本要求

个人剂量监测系统主要性能要求见附录A。

5.2 剂量计

5.2.1 应根据个人监测的实际情况，分别选择 $H_b(10)$ 、 $H_b(3)$ 和 $H_b(0.07)$ 个人剂量计进行个人监测；若无符合 $H_b(3)$ 定义的商品剂量计，或无校准 $H_b(3)$ 剂量计的条件，可用ICRP推荐的方法用 $H_b(10)$ 或 $H_b(0.07)$ 剂量计的监测结果，可参考GBZ/T 301推荐的方法对 $H_b(3)$ 进行估算。

5.2.2 在仅有光子辐射，而且光子能量 ≥ 15 keV时，宜使用常规光子个人剂量计监测 $H_b(10)$ 。

5.2.3 对于强贯穿辐射和弱贯穿辐射的混合辐射场，弱贯穿辐射的剂量贡献 $\leq 10\%$ 时，一般可只监测 $H_b(10)$ ；弱贯穿辐射的剂量贡献 $> 10\%$ 时，宜使用能识别两者的鉴别式个人剂量计，或用躯体剂量计和局部剂量计分别测量 $H_b(10)$ 和 $H_b(0.07)$ 。

5.2.4 对于中子和 γ 射线混合辐射场，当中子剂量与 γ 剂量的比值不超过10%，可只用光子剂量计测定光子剂量，然后根据光子剂量监测结果和两者粗略比值计算总剂量；当中子剂量与 γ 剂量的比值超过10%，原则上应使用能分别测量中子剂量和光子剂量的鉴别式个人剂量计[中子剂量测量可使用固体核径迹探测器、热释光探测器(TLD)反照率剂量计等]，分别测定中子和光子的个人剂量当量，然后计算总剂量。

5.2.5 从事可能引起非均匀照射的操作时，在工作人员身体可能受到较大照射的部位宜佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

5.2.6 在预期外照射剂量有可能超过剂量限值的情况下（例如从事有可能发生临界事故的操作或应急操作时），工作人员除应佩戴常规监测个人剂量计外，还应佩戴报警式个人剂量计或事故剂量计。

5.2.7 剂量计应具有容易识别的标识和编码，其大小、形状、结构和重量合适，便于佩戴且不影响工作。

5.3 佩戴

5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。

5.3.3 对于5.3.2所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

6 剂量评价

6.1 剂量评价一般原则

6.1.1 按照GB 18871的规定，对职业照射用年有效剂量评价。

6.1.2 当职业照射受照剂量大于调查水平时,除记录个人监测的剂量结果外,并作进一步调查。本标准建议的年调查水平为有效剂量 5 mSv,单周期的调查水平为 5 mSv/(年监测周期数)。

6.1.3 当放射工作人员的年个人剂量当量小于 20 mSv 时,一般只需将个人剂量当量 $H_p(10)$ 视为有效剂量进行评价,否则,估算人员的有效剂量;当人员的眼晶状体、皮肤和四肢的剂量有可能超过相应的年当量剂量限值时,给出年有效剂量的同时估算其年当量剂量。

6.2 外照射个人监测剂量评价方法

6.2.1 职业性外照射个人监测,一般依据测得的个人剂量当量 $H_p(d)$ 进行个人剂量评价。

6.2.2 当放射工作人员的年受照剂量低于相应限值时,职业性外照射个人监测得到的个人剂量当量 $H_p(10)$ 可直接视为有效剂量。当接近相关限值时,如果需要可按式(1)估算有效剂量:

$$E = C_{pE} H_p(d) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

E ——有效剂量中的外照射分量,单位为毫希沃特(mSv);

$H_p(d)$ ——职业性外照射个人监测得到的个人剂量当量,单位为毫希沃特(mSv);

C_{pE} ——个人剂量当量到有效剂量的转换系数,对光子,其值可参考 GBZ/T 261;对光子,可用式(2)计算:

$$C_{pE} = C_{KE} / C_{Kp} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

C_{KE} ——空气比释动能到有效剂量的转换系数,其值参见附录 B;

C_{Kp} ——空气比释动能到个人剂量当量的转换系数,其值参见附录 B。

6.2.3 当按 5.3.3 条佩戴铅围裙外单剂量计时,采用式(3)估算有效剂量:

$$E = 0.1 H_o \dots\dots\dots (3)$$

式中:

E ——有效剂量中的外照射分量,单位为毫希沃特(mSv);

H_o ——铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$,单位为毫希沃特(mSv)。

6.2.4 当按 5.3.3 条佩戴铅围裙内、外两个剂量计时,宜采用式(4)估算有效剂量:

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \dots\dots\dots (4)$$

式中:

E ——有效剂量中的外照射分量,单位为毫希沃特(mSv);

α ——系数,有甲状腺屏蔽时,取 0.79,无屏蔽时,取 0.84;

H_u ——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$,单位为毫希沃特(mSv);

β ——系数,有甲状腺屏蔽时,取 0.051,无屏蔽时,取 0.100;

H_o ——铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$,单位为毫希沃特(mSv)。

注:当估算的有效剂量接近年剂量限值(例如大于 15 mSv)时宜采用 6.2.5 的方法进行评价。

6.2.5 当人员接受的剂量可能接近或超过剂量限值时,如果需要,也可用模体模拟测量的方法,估算出主要受照器官或组织的当量剂量 H_T ,再按式(5)估算有效剂量:

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- E ——有效剂量中的外照射分量, 单位为毫希沃特 (mSv);
 W_T ——受照器官或组织 T 的组织权重因子;
 H_T ——主要受照器官或组织 T 的当量剂量, 单位为毫希沃特 (mSv)。

7 质量保证

7.1 一般要求

- 7.1.1 将质量保证始终贯穿于从监测计划制定到结果评价的全过程。
- 7.1.2 制定完备的个人监测计划, 制定个人监测计划时, 同时制定质量保证计划。
- 7.1.3 质量保证至少达到以下要求:
- 选用符合要求、工作正常的剂量计、设备和仪器;
 - 定期检定/校准和维护使用的设备和仪器;
 - 定期比对选用的测量方法;
 - 按 GBZ 207 的要求进行外照射个人剂量系统性能质量控制;
 - 按本标准的规定进行剂量评价;
 - 按本标准的要求记录和保存监测数据;
 - 对相关人员进行技术培训, 由合格的人员进行监测工作;
 - 积极参与实验室间的相互比对。

7.2 监测系统的质量控制

- 7.2.1 个人剂量监测系统满足 5.1 的基本性能要求。
- 7.2.2 使用能提供本底信息的对照剂量计。
- 7.2.3 为控制使用的个人剂量探测器的分散性, 进行适当筛选。
- 7.2.4 剂量测量系统的质量控制按 GBZ 207 的要求进行。

7.3 实施监测过程的质量保证

- 7.3.1 制定和严格遵守剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程。
- 7.3.2 个人剂量计在非工作期间避免受到任何人工辐射的照射。
- 7.3.3 采用双剂量计监测时, 采取相应措施以保证两个剂量计正确佩戴。
- 7.3.4 在个人监测中, 按下述要求进行数据处理:
- 使用适宜的统计学方法, 以尽量减少数据处理过程中可能产生和积累的测量误差;
 - 注意测量数据有效数字的正确表示, 数据有效数字的位数恰当反映该测量值的准确度;
 - 在现场用复查的方法, 或使用适宜的统计学方法剔除异常数据。在剔除异常数据的同时, 还检查和分析其产生原因, 并记录在案。

7.4 职业性外照射个人监测不确定度的要求

- 7.4.1 当监测的剂量水平接近或超过剂量限值时, 对光子辐射其相对不确定度不超过 50% (95%置信水平), 对电子和能量未知的中子其不确定度的要求可允许更宽些。
- 7.4.2 当监测的剂量水平低于剂量限值时, 对任何辐射, 可进一步放宽对不确定度的要求, 直到相对不确定度不超过 100% (95%置信水平)。
- 7.4.3 不确定度评定的具体方法见 GBZ 207。

8 记录、档案和报告

8.1 记录

8.1.1 一般要求如下：

- a) 记录包括：预处理、测量、校准、个人监测结果、质量保证和剂量评价等内容，必要时包括工作场所监测的结果；
- b) 清楚、扼要、准确地记录完整监测过程；
- c) 采用多种方式备份监测记录，妥善保存原始记录数据。便于在剂量估算方法变化时，对剂量数据的复核；
- d) 准许放射工作人员查询本人职业照射记录；职业健康管理人員查询相关职业照射记录及有关资料。

8.1.2 外照射个人监测结果记录在统一的表格上：

- a) 职业照射的职业分类参见附录 C 的表 C.1；
- b) 常规监测结果的记录和评价报告表的要素参见附录 C 的 C.2 和 C.3；
- c) 工作人员异常结果调查表的要素参见附录 C 的 C.4。

8.1.3 异常结果调查：

当工作人员职业外照射个人监测结果超过调查水平时，按附录C的C.4所示的内容进行调查。

8.1.4 名义剂量的确定：

- a) 当剂量计丢失、损坏、因故得不到读数或所得读数不能正确反映工作人员所接受的剂量时，确定其名义剂量，并将名义剂量及其确定方法记入监测记录；
- b) 根据具体情况合理选择以下方法之一确定名义剂量：
 - 1) 用同时间佩戴的即时剂量计记录的即时剂量估算剂量；
 - 2) 用同时间场所监测的结果推算剂量；
 - 3) 用同一监测周期内从事相同工作的工作人员接受的平均剂量；
 - 4) 用工作人员前年度受到的平均剂量，即名义剂量=前年度剂量×监测周期(d)/365；
- c) 佩戴周期超过3个月的剂量计的记录：其剂量用名义剂量给出，并给出适当说明；报告中可给出实际结果，但必须说明此结果不符合本标准规范。

8.1.5 监测结果小于最低探测水平的记录：当工作人员的外照射个人监测结果小于MDL值时，报告中的监测结果表述为<MDL。为便于职业照射统计，在相应的剂量档案中记录为MDL值的一半。

8.2 档案

8.2.1 个人剂量档案除了包括放射工作人员平时正常工作期间的个人剂量记录外，还包括其在异常情况（事故或应急）下受到的过量照射记录，调查登记参见附录 C 的 C.4。

8.2.2 职业照射个人剂量档案终生保存。

8.3 报告

8.3.1 个人剂量监测技术服务机构在完成一个监测周期的监测任务后，在1个月内出具检测/检验报告，报告包含的要素参见附录 C 的 C.2。

8.3.2 放射工作单位在接到调查登记表后2周内反馈处理意见，个人剂量监测技术服务机构负责检测结果的解释。检测结果确属超剂量照射或未能按时反馈处理意见的，个人剂量监测技术服务机构按照相关法规要求上报至相关监管部门。

8.3.3 个人剂量监测技术服务机构及时按照相关监管部门要求上报监测结果。

8.3.4 需要对个人剂量监测结果汇总和分析时，参照附录 C 和附录 D 进行。

附 录 A
(规范性附录)
外照射个人剂量监测系统主要性能要求

A.1 X、γ 和 β 射线监测用 $H_p(10)$ 剂量计的性能要求

$H_p(10)$ 剂量计的性能要求见表 A.1。

表 A.1 $H_p(10)$ 剂量计的性能要求

试验特性	主要特性, 强制性测量范围/影响量范围	性能要求
非线性的相对响应	$0.1 \text{ mSv} \leq H_p(d) \leq 1 \text{ Sv}$	-9%~+11%
变异系数 (ν) ^a	$H_p(d) < 0.1 \text{ mSv}$ $0.1 \text{ mSv} \leq H_p(d) < 1.1 \text{ mSv}$ $H_p(d) \geq 1.1 \text{ mSv}$	15% [16- $H_p(d)/(0.1 \text{ mSv})$]% 5%
过载、残余效应和复用性	测量范围上限的10倍, 即10 Sv; 剂量计应满足重复使用要求	观察到超出 1 Sv 和残余效应不可导致错误测量; 还应满足变异系数的要求
对平均光子辐射能量和入射角的相对响应 (r)	80 keV~1.25 MeV, 与参考方向呈 $0^\circ \sim \pm 60^\circ$ 角, 当能量低于80 keV时仅取参考方向 (0°)	对 $12 \text{ keV} \leq E_{\text{光子}} < 33 \text{ keV}$: $0.67 \leq r \leq 2.00$ 对 $33 \text{ keV} \leq E_{\text{光子}} < 65 \text{ keV}$: $0.69 \leq r \leq 1.82$ 对 $E_{\text{光子}} \geq 65 \text{ keV}$: $0.71 \leq r \leq 1.67$
对平均 β 辐射能量的相对响应	0.8 MeV	指示值最大为剂量当量 $H_p(0.07)$ 的10%
从剂量计侧面入射的辐射	从 $60^\circ \sim 120^\circ$ 方向入射辐射	指示值小于自由空气中垂直入射照射指示值的1.5倍

注: 表中数据来自 IEC 62387—2012。

^a 变异系数 (ν): 一组 n 个测量值 x_j 的标准偏差 s 与其算术平均值 $\bar{x}$ 之比, 由式 (A.1) 给出:

$$\nu = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中:

ν ——变异系数;

s ——标准偏差;

$\bar{x}$ ——测量值的算术平均值;

n ——测量值个数;

x_j ——第 j 个测量值。

A.2 $H_p(3)$ 剂量计的性能要求

$H_p(3)$ 剂量计的性能要求见表 A.2。

表A.2 $H_b(3)$ 剂量计的性能要求

试验特性	主要特性, 强制性测量范围/影响量范围	性能要求
非线性的相对响应	$0.1 \text{ mSv} \leq H_b(d) \leq 1 \text{ Sv}$	-9%~+11%
变异系数 (r)	$H_b(d) < 0.1 \text{ mSv}$ $0.1 \text{ mSv} \leq H_b(d) < 1.1 \text{ mSv}$ $H_b(d) \geq 1.1 \text{ mSv}$	15% [16- $H_b(d)/(0.1 \text{ mSv})$]% 5%
过载、残余效应和复用性	测量范围上限的10倍, 即10 Sv; 剂量计应满足重复使用要求。	观察到超出 1 Sv 和残余效应不可导致错误测量; 还应满足变异系数的要求。
对平均光子辐射能量和入射角的相对响应 (r)	30 keV~250 keV, 与参考方向呈 $0^\circ \sim \pm 60^\circ$ 角	$0.71 \leq r \leq 1.67$
对平均 β 辐射能量的相对响应 (r_β)	0.8 MeV, 与参考方向呈 $0^\circ \sim \pm 60^\circ$ 角	$0.71 \leq r_\beta \leq 1.67$
从剂量计侧面入射的辐射	从 $60^\circ \sim 120^\circ$ 方向入射辐射	指示值小于自由空气中垂直入射照射指示值的2倍
注: 表中数据来自IEC 62387—2012。		

A.3 $H_b(0.07)$ 剂量计的性能要求

$H_b(0.07)$ 剂量计的性能要求见表A.3。

表A.3 $H_b(0.07)$ 剂量计的性能要求

试验特性	主要特性, 强制性测量范围/影响量范围	性能要求
非线性的相对响应	$1 \text{ mSv} \leq H_b(d) \leq 3 \text{ Sv}$	-9%~+11%
变异系数 (r)	$H_b(d) < 1 \text{ mSv}$ $1 \text{ mSv} \leq H_b(d) < 11 \text{ mSv}$ $H_b(d) \geq 11 \text{ mSv}$	15% [16- $H_b(d)/(1 \text{ mSv})$]% 5%
过载、残余效应和复用性	测量范围上限的10倍, 即10 Sv; 剂量计应满足重复使用要求。	观察到超出 1 Sv 和残余效应不可导致错误测量; 还应满足变异系数的要求。
对平均光子辐射能量和入射角的相对响应 (r)	30 keV~250 keV, 与参考方向呈 $0^\circ \sim \pm 60^\circ$, 当能量低于30 keV时仅取参考方向(0°)	对 $8 \text{ keV} \leq E_{\text{光子}} < 20 \text{ keV}$: $0.67 \leq r \leq 2.00$ 对 $20 \text{ keV} \leq E_{\text{光子}} < 33 \text{ keV}$: $0.69 \leq r \leq 1.82$ 对 $E_{\text{光子}} \geq 33 \text{ keV}$: $0.71 \leq r \leq 1.67$
对平均 β 辐射能量的相对响应 (r_β)	0.8 MeV, 与参考方向呈 $0^\circ \sim \pm 60^\circ$ (对肢体剂量计), 或与参考方向呈 $0^\circ \sim \pm 60^\circ$ (对全身剂量计), 其他能量仅取参考方向(0°)	对 $0.06 \text{ MeV} \leq E_\beta < 0.2 \text{ MeV}$: $0.67 \leq r_\beta \leq 2.00$ 对 $0.2 \text{ MeV} \leq E_\beta < 0.7 \text{ MeV}$: $0.69 \leq r_\beta \leq 1.82$ 对 $E_\beta \geq 0.7 \text{ MeV}$: $0.71 \leq r_\beta \leq 1.67$
从剂量计侧面入射的辐射	从 $60^\circ \sim 120^\circ$ 方向入射辐射	指示值小于自由空气中垂直入射照射指示值的2倍
对全身剂量计: β 剂量存在的指示 ($r_{\beta p}$)	0.8 MeV在 0° 入射	$0.71 \leq r_{\beta p} \leq 1.67$
注: 表中数据来自IEC 62387—2012。		

A.4 剂量计的测量范围、影响量、使用手册及软件等要求

剂量计的测量范围、影响量、使用手册及软件等要求见表A.4。

表A.4 剂量计的测量范围、影响量、使用手册及软件等要求

试验特性	主要特性, 强制性测量范围/影响量范围	性能要求
剂量测量系统测量范围	应至少覆盖表 A.1~表 A.3 中非线性的相对响应给出的最小范围	由制造厂提供型式试验的文件
剂量测量系统最大额定测量时间	最大额定测量时间 $t_{\max}$	由制造厂提供型式试验的文件
非预定辐射对测量的影响	对热中子、 ^{252}Cf 和 $^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O}$ 慢化) 的响应	由制造厂说明响应
使用手册	有关剂量测量系统正确使用信息	制造厂型式试验和型式试验期间核查的记录文件
软件、数据和接口	软件能真实使用, 数据正确并完整	制造厂型式试验和型式试验期间核查的记录文件
混合辐射场的响应	不同辐射质照射	响应在测试辐射质的范围内
注: 表中数据来自 IEC 62387—2012。		

A.5 剂量计和读出器的环境性能要求

剂量计和读出器的环境性能要求见 GB/T 10264—2014 的表6。

A.6 读出器电磁骚扰的性能要求

读出器电磁骚扰的性能要求见 GB/T 10264—2014 的表7。

A.7 剂量计和读出器的机械性能要求

剂量计和读出器的机械性能要求见 GB/T 10264—2014 的表8。

A.8 X、 γ 和 β 剂量计使用的能量范围

X、 γ 和 β 剂量计使用的能量范围见表A.5。

表A.5 X、 γ 和 β 个人监测的剂量计使用的能量范围

监测的量	X、 γ 个人剂量计的能量范围	β 个人剂量计的能量范围 ^a
$H_b(10)$	12 keV~10 MeV	—
$H_b(3)$	8 keV~10 MeV	平均能量 0.7 MeV~1.2 MeV 相应的最大能量 $E_{\max}$ 为: 2.27 MeV~3.54 MeV
$H_b(0.07)$	8 keV~10 MeV	平均能量 0.06 MeV~1.2 MeV 相应的最大能量 $E_{\max}$ 为: 0.225 MeV~3.54 MeV
注: 表中数据来自 IEC 62387—2012。		
^a 常用 β 的平均能量如下: 对 ^{147}Pm 取 0.06 MeV; 对 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 取 0.8 MeV; 对 $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ 取 1.2 MeV。		

A.9 退火要求

为获得正确结果，在监测前应按照使用手册对探测器（或剂量计）进行退火处理。

附 录 B

(资料性附录)

个人剂量当量到有效剂量的转换系数估算方法

B.1 光子个人剂量当量到有效剂量的转换系数估算方法

光子个人剂量当量到有效剂量的转换系数 C_{pE} 用式 (B.1) 计算:

$$C_{pE} = \frac{C_{KE}}{C_{Kp}} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

C_{pE} ——个人剂量当量到有效剂量的转换系数, 单位为毫希沃特每毫希沃特 (mSv/mSv);

C_{Kp} ——从空气比释动能到个人剂量当量的转换系数, 单位为毫希沃特每毫戈瑞 (mSv/mGy), 其值见表B.1和表B.2;

C_{KE} ——空气比释动能到有效剂量的转换系数, 单位为毫希沃特每毫戈瑞 (mSv/mGy), 其值见表B.3。

表B.1 光子空气比释动能到 $H_p(10)$ 的转换系数

光子能量 MeV	垂直入射 (0°) C_{Kp} mSv/mGy	相对于垂直入射的角度修正因子, $H_p(10, \alpha)/H_p(10, 0^\circ)$					
		0°	15°	30°	45°	60°	75°
0.010	0.009	1.000	0.889	0.556	0.222	0.000	0.000
0.0125	0.098	1.000	0.929	0.704	0.388	0.102	0.000
0.015	0.264	1.000	0.966	0.822	0.576	0.261	0.030
0.0175	0.445	1.000	0.971	0.879	0.701	0.416	0.092
0.020	0.611	1.000	0.982	0.913	0.763	0.520	0.167
0.025	0.883	1.000	0.980	0.937	0.832	0.650	0.319
0.030	1.112	1.000	0.984	0.950	0.868	0.716	0.411
0.040	1.490	1.000	0.986	0.959	0.894	0.760	0.494
0.050	1.766	1.000	0.988	0.963	0.891	0.779	0.526
0.060	1.892	1.000	0.988	0.969	0.911	0.793	0.561
0.080	1.903	1.000	0.997	0.970	0.919	0.809	0.594
0.100	1.811	1.000	0.992	0.972	0.927	0.834	0.612
0.125	1.696	1.000	0.998	0.980	0.938	0.857	0.647
0.150	1.607	1.000	0.997	0.984	0.947	0.871	0.677
0.200	1.492	1.000	0.997	0.991	0.959	0.900	0.724
0.300	1.369	1.000	1.000	0.996	0.984	0.931	0.771
0.400	1.300	1.000	1.004	1.001	0.993	0.955	0.814
0.500	1.256	1.000	1.005	1.002	1.001	0.968	0.846

表B.1 (续)

光子能量 MeV	垂直入射 (0°) C_{kp} mSv/mGy	相对于垂直入射的角度修正因子, $H_b(10, \alpha)/H_b(10, 0^\circ)$					
		0°	15°	30°	45°	60°	75°
0.600	1.226	1.000	1.005	1.004	1.003	0.975	0.868
0.800	1.190	1.000	1.001	1.003	1.007	0.987	0.892
1	1.167	1.000	1.000	0.996	1.009	0.990	0.910
1.5	1.139	1.000	1.002	1.003	1.006	0.997	0.934
3	1.117	1.000	1.005	1.010	0.998	0.998	0.958
6	1.109	1.000	1.003	1.003	0.992	0.997	0.995
10	1.111	1.000	0.998	0.995	0.989	0.992	0.966

注：表中的数据来源于GBZ/T 261—2015。

表B.2 光子空气比释动能到 $H_b(0.07, \alpha)$ 的转换系数

光子能量 MeV	垂直入射 (0°) C_{kp} mSv/mGy	相对于垂直入射的角度修正因子, $H_b(0.07, \alpha)/H_b(0.07, 0^\circ)$					
		0°	15°	30°	45°	60°	75°
0.005	0.750	1.000	0.991	0.956	0.895	0.769	0.457
0.010	0.947	1.000	0.996	0.994	0.987	0.964	0.904
0.015	0.981	1.000	1.000	1.001	0.994	0.992	0.954
0.020	1.045	1.000	0.996	0.996	0.987	0.982	0.948
0.030	1.230	1.000	0.990	0.989	0.972	0.946	0.897
0.040	1.444	1.000	0.994	0.990	0.965	0.923	0.857
0.050	1.632	1.000	0.994	0.979	0.954	0.907	0.828
0.060	1.716	1.000	0.995	0.984	0.961	0.913	0.837
0.080	1.732	1.000	0.994	0.991	0.966	0.927	0.855
0.100	1.669	1.000	0.993	0.990	0.973	0.946	0.887
0.150	1.518	1.000	1.001	1.005	0.995	0.977	0.950
0.200	1.432	1.000	1.001	1.001	1.003	0.997	0.981
0.300	1.336	1.000	1.002	1.007	1.010	1.019	1.013
0.400	1.280	1.000	1.002	1.009	1.016	1.032	1.035
0.500	1.244	1.000	1.002	1.008	1.020	1.040	1.054
0.600	1.220	1.000	1.003	1.009	1.019	1.043	1.057
0.800	1.189	1.000	1.001	1.008	1.019	1.043	1.062
1.000	1.173	1.000	1.002	1.005	1.016	1.038	1.060

注：表中的数据来源于GBZ/T 261—2015。

表B.3 单能光子不同入射几何条件下的单位比释动能的有效剂量

能量 MeV	AP mSv/mGy	PA mSv/mGy	LLAT mSv/mGy	RLAT mSv/mGy	ROT mSv/mGy	ISO mSv/mGy
0.01	0.0090	0.0024	0.0025	0.0024	0.0044	0.0038
0.015	0.0485	0.0048	0.0130	0.0122	0.0207	0.0175
0.02	0.130	0.0151	0.0379	0.0332	0.0571	0.0470
0.03	0.423	0.127	0.149	0.121	0.214	0.171
0.04	0.801	0.369	0.319	0.261	0.455	0.361
0.05	1.13	0.633	0.487	0.406	0.688	0.548
0.06	1.33	0.827	0.604	0.513	0.850	0.680
0.07	1.42	0.935	0.668	0.574	0.939	0.751
0.08	1.44	0.974	0.693	0.599	0.963	0.773
0.1	1.39	0.970	0.694	0.605	0.953	0.769
0.15	1.25	0.901	0.658	0.581	0.880	0.715
0.2	1.17	0.865	0.644	0.574	0.842	0.687
0.3	1.09	0.836	0.643	0.580	0.812	0.675
0.4	1.06	0.831	0.653	0.595	0.806	0.678
0.5	1.04	0.833	0.665	0.611	0.807	0.684
0.511	1.03	0.833	0.667	0.613	0.807	0.685
0.6	1.02	0.837	0.678	0.626	0.810	0.692
0.662	1.02	0.839	0.685	0.635	0.813	0.697
0.8	1.01	0.846	0.699	0.652	0.821	0.708
1.0	1.00	0.855	0.720	0.676	0.830	0.725
1.117	0.999	0.861	0.730	0.688	0.836	0.734
1.33	0.996	0.870	0.748	0.709	0.846	0.748
1.5	0.996	0.878	0.761	0.724	0.853	0.759
2.0	0.990	0.894	0.788	0.754	0.867	0.781
3.0	0.977	0.914	0.823	0.792	0.886	0.810
4.0	0.960	0.923	0.839	0.812	0.893	0.824
5.0	0.943	0.927	0.846	0.822	0.893	0.831
6.0	0.924	0.927	0.848	0.825	0.889	0.832
6.129	0.921	0.926	0.848	0.825	0.888	0.832
8.0	0.886	0.922	0.842	0.824	0.874	0.825
10.0	0.848	0.913	0.831	0.816	0.856	0.814
注1：表中的数据来源于ICRP 116—2010。						
注2：前后入射 (AP)，后前入射 (PA)，左侧入射 (LLAT)，右侧入射 (RLAT)，转动入射 (ROT)，各向同性 (ISO)。						

B.2 中子个人剂量当量到有效剂量的转换系数估算方法

中子个人剂量当量到有效剂量的转换系数 C_{pe} 用式 (B.2) 计算：

$$C_{pE} = \frac{C_{\Phi E}}{C_{\Phi p}} \dots\dots\dots (B. 2)$$

式中:

C_{pE} ——个人剂量当量到有效剂量的转换系数, 单位为毫希沃特每毫希沃特 (mSv/mSv);

$C_{\Phi p}$ ——从中子注量到个人剂量当量的转换系数, 单位为皮希沃特平方厘米 (pSv cm²), 其值见表B. 4;

$C_{\Phi E}$ ——从中子注量到有效剂量的转换系数, 单位为皮希沃特平方厘米 (pSv cm²), 其值见表B. 5。

表B. 4 不同能量中子注量到 $H_b(10)$ 的转换系数

中子能量 MeV	$H_b(10, 0^\circ) /$ Φ pSv · cm ²	$H_b(10, 15^\circ) /$ Φ pSv · cm ²	$H_b(10, 30^\circ) /$ Φ pSv · cm ²	$H_b(10, 45^\circ) /$ Φ pSv · cm ²	$H_b(10, 60^\circ) /$ Φ pSv · cm ²	$H_b(10, 75^\circ) /$ Φ pSv · cm ²
0.001	8.8	8.2	7.3	5.4	3.46	1.66
0.002	8.7	8.2	7.3	5.4	3.46	1.67
0.005	9.4	8.8	7.5	5.7	3.59	1.69
0.01	11.2	10.8	9.2	7.1	4.32	1.77
0.02	17.1	17.0	14.6	11.6	6.6	2.11
0.03	24.9	24.1	21.3	16.7	9.8	2.85
0.05	39.0	36.0	34.4	27.5	16.7	4.78
0.07	59	56	53	42.9	27.3	8.1
0.1	91	88	81	67	44.6	13.7
0.15	139	137	126	106	73.3	24.2
0.2	180	179	166	141	100	35.5
0.3	246	244	232	201	149	58
0.5	335	330	326	291	226	102
0.7	386	379	382	348	279	139
0.9	414	407	415	383	317	171
1.0	422	416	426	395	332	180
1.2	433	427	440	412	355	210
2.0	442	438	457	439	402	274
3.0	431	429	449	440	412	306
4.0	422	421	440	435	409	320
5.0	420	418	437	435	409	331
6.0	423	422	440	439	414	345
7.0	432	432	449	448	425	361
8.0	445	445	462	460	440	379
9.0	461	462	478	476	458	399

表B.5 不同入射几何条件下单能中子的单位注量的有效剂量

能量 MeV	AP pSv · cm ²	PA pSv · cm ²	LLAT pSv · cm ²	RLAT pSv · cm ²	ROT pSv · cm ²	ISO pSv · cm ²
0.001	7.54	5.60	2.61	2.21	4.58	3.46
0.002	7.61	5.62	2.60	2.20	4.61	3.48
0.005	7.97	5.95	2.74	2.33	4.86	3.66
0.01	9.11	6.81	3.13	2.67	5.57	4.19
0.02	12.2	8.93	4.21	3.60	7.41	5.61
0.03	15.7	11.2	5.40	4.62	9.46	7.18
0.05	23.0	15.7	7.91	6.78	13.7	10.4
0.07	30.6	20.0	10.5	8.95	18.0	13.7
0.1	41.9	25.9	14.4	12.3	24.3	18.6
0.15	60.6	34.9	20.8	17.9	34.7	26.6
0.2	78.8	43.1	27.2	23.4	44.7	34.4
0.3	114	58.1	39.7	34.2	63.8	49.4
0.5	177	85.9	63.7	54.4	99.1	77.1
0.7	232	112	85.5	72.6	131	102
0.9	279	136	105	89.3	160	126
1.0	301	148	115	97.4	174	137
1.2	330	167	130	110	193	153
2.0	407	235	179	153	254	203
3.0	458	292	221	192	301	244
4.0	483	330	249	220	331	271
5.0	494	354	269	240	351	290
6.0	498	371	284	255	365	303
7.0	499	383	295	267	374	313
8.0	499	392	303	276	381	321
9.0	500	398	310	284	386	327
注1：表中的数据来源ICRP 116—2010。						
注2：前后入射(AP)，后前入射(PA)，左侧入射(LLAT)，右侧入射(RLAT)，转动入射(ROT)，各向同性(ISO)。						

附 录 C
(资料性附录)

职业照射的职业分类和个人监测报告要求

C.1 职业照射的职业分类

职业照射的职业分类见表C.1。

表C.1 职业照射的职业分类

职业分类		代号
1 核燃料循环	铀矿开采	1A
	铀矿加工	1B
	铀富集和转化	1C
	核燃料制造	1D
	反应堆运行	1E
	核燃料后处理	1F
	核燃料循环系统的研究开发	1G
	退役及废物管理	1H
2 医学应用	诊断放射学	2A
	牙科放射学	2B
	核医学	2C
	放射治疗	2D
	介入放射学	2E
	其他应用	2F
3 工业应用	工业辐照	3A
	工业探伤	3B
	发光涂料	3C
	放射性同位素生产	3D
	测井	3E
	加速器运行	3F
	其他应用	3G
4 天然源	民用航空	4A
	煤矿开采	4B
	其他矿藏开采	4C
	石油和天然气工业	4D
	矿物和矿石处理	4E
	其他	4F

表C.1 (续)

职业分类		代号
5 国防活动	核舰艇及支持设备	5A
	其他防卫活动	5B
6 其他	教育	6A
	兽医学	6B
	其他	6C

C.2 职业性外照射个人检测报告（存档版）

职业性外照射个人检测报告（存档版）至少包含以下要素：

- 个人剂量监测技术服务机构名称；
- 检测报告，样品受理编号，检测报告页码；
- 检测项目、检测方法、用人单位、委托单位、检测/评价依据、检测类别/目的、检测仪器名称/型号/编号、探测器；
- 检测结果：编号、姓名、性别、职业类别、剂量计佩戴起始日期、佩戴天数、监测的量；
- 签发人及签发日期；存档版还应包含检测人、校核人、审核人、签发人，签字日期；
- 本周期的调查水平、最低探测水平。

C.3 职业性外照射年剂量检测评价报告

职业性外照射年剂量检测评价报告至少包含以下要素：

- 检测单位名称；
- 年剂量检测评价报告，报告编号，报告页码；
- 检测项目、检测方法、用人单位、委托单位、检测/评价依据、检测室名称、检测类别/目的、检测仪器名称/型号/编号、探测器、监测起止日期；
- 评价结论，检测报告专用章，用章日期；
- 检测结果：编号、姓名、性别、职业类别、本年度监测次数、监测的量；
- 检测人、校核人、审核人、签发人，签字日期；

C.4 职业性外照射个人监测剂量调查登记表

职业性外照射个人监测剂量调查登记表至少包含以下要素：

- 剂量调查登记表；
- 用人单位（盖章），编号；
- 人员姓名、职业类别、本次测量剂量值、剂量计佩戴起止日期；
- 个人剂量计佩戴位置：胸部、头部、手部、其他部位；
- 评价结论，检测报告专用章，用章日期；
- 确定在佩戴个人剂量计期间，是否发生过以下情况：个人剂量计曾经被打开、个人剂量计曾经被水浸泡、个人剂量计曾经被留置于放射工作场所内、曾经佩戴个人剂量计接受过放射性检查、曾经佩戴个人剂量计扶持接受放射性检查的受检者/患者、曾经维修含源装置、铅围裙内外剂

量计混淆佩戴：如果是正常佩戴，是否发生过以下情况：佩戴期间工作量较前期明显增加、其他原因；

- g) 本人及负责人签字，签字日期；
- h) 处理意见（检测单位填写），签字及签字日期。

附 录 D
(资料性附录)

职业性外照射个人剂量监测结果年度统计表

D.1 职业性外照射个人监测结果年度统计表见表D.1～表D.3。

表D.1 放射工作人员职业性外照射监测人数分布表

职业类别	年份	在下列有效剂量 (mSv) 区间内的监测人数									应监测人员总数 N_0 人	受监测人员总数 N_1 人	年集体有效剂量 人·Sv
		<MDL	MDL~	1.0~	5.0~	10.0~	15.0~	20.0~	30.0~	≥ 50.0			
合计													

表D.2 放射工作人员职业性外照射监测年集体剂量分布表

职业类别	年份	在下列有效剂量 (mSv) 区间内的年集体剂量 人·Sv									年集体有效剂量 S 人·Sv	集体剂量分布比 SR_0	个人剂量人员分布比 NR_0
		<MDL	MDL~	1.0~	5.0~	10.0~	15.0~	20.0~	30.0~	≥ 50.0			
合计													

表D.3 年度放射工作人员职业性外照射个人监测汇总表

职业类别	年份	受监测人员总数 N_0 人	可测到受照射人员总数 N_1 人	人均年有效剂量 E mSv/a		年集体有效剂量 S 人·Sv	集体剂量分布比 SR_0	个人剂量人员分布比 NR_0
				每受监测人员	每可测量到受照射人员			
合计								

D.2 放射工作人员职业性外照射个人监测集体剂量分布比、个人剂量人员分布比汇总表见表D.4。

表D.4 放射工作人员职业性外照射个人监测集体剂量分布比、个人剂量人员分布比汇总表

职业类别	集体剂量分布比				个人剂量人员分布比			
	SR_E				NR_E			
	SR_1	SR_5	SR_{10}	SR_{15}	NR_1	NR_5	NR_{10}	NR_{15}
合计								

注1：关于“职业类别”可参见表C.1。

注2：应监测人员总数（ N_0 ），指统计年份内所有受到职业性外照射的放射工作人员总数。

注3：受监测人员总数（ N_1 ），指统计年份内接受了个人监测，并建立剂量档案的放射工作人员总数。

注4：可测量到受照人员总数（ N_2 ），指受监测人员中剂量测量结果超过最低探测水平的那部分人员的总数。

注5：监测率（ R_0 ），指受监测人员总数与应监测人员总数之比，即 $R_0=N_1/N_0$ 。

注6：人均年有效剂量，指统计年分内每个受监测人员（或可测量到受照射人员）全年平均受到的有效剂量，该量与个人危险的水平有关，一般可作为衡量职业性外照射水平高低的一个指标。 $E=S/N_1$ （或 $E'=S/N_2$ ）。

注7：年集体有效剂量，指统计年份内给定辐射源所致给定群体内每个人员所受有效剂量的累计值。按定义见式（D.1）：

$$S = \sum_{j=1}^N N_j \cdot E_j \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

S ——年集体有效剂量；

E_j ——第 j 个工作人员接受的年有效剂量，单位为毫希沃特（mSv）；

N ——受监测人员总数（此处即 N_1 ），单位为人。

实际上， S 通常使用式（D.2）计算：

$$S = \sum_{j=1}^r N_j \cdot E_j \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

S ——年集体有效剂量；

r ——因填写“监测人数分布表”和“年集体剂量分布表”需要而将年有效剂量测定结果人为划分的区间数；

N_j ——第 j 个年有效剂量区间内的人员总数，单位为人；

E_j ——第 j 个有效剂量区间内的人均年有效剂量，单位为毫希沃特每年（mSv/a）。

注8： NR_E 称人数分布比，指年个人剂量超过 E 的工作人员数与受监测人员总数的比值。目前， E 多取15，今后可能会附加较低的值。

注9： SR_E 称集体剂量分布比，指年个人剂量超过 E 的年集体剂量与年总集体剂量的比值。目前， E 多取15，今后可能会附加较低的值。

参 考 文 献

- [1] ISO 15382 Radiological Protection - Procedures for Monitoring the Dose to the Lens of the Eye, the Skin and the Extremities, International Standard, 2015
- [2] IEC 62387 Radiation Protection Instrumentation - Passive Integrating Dosimetry Systems for Personal and Environmental Monitoring of Photon and Beta Radiation, International Standard, 2012
- [3] ICRP, Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposure, ICRP Publication 116, 2010
- [4] ICRP, Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures, ICRP Publication 139, 2018
-