



修正关于 KB6011 型辐射计能量响应的方案

XkXiaoYi Yonaka475

(XiaoYi LAB)

摘要：这是一种用于粘贴式能量补偿的措施，这种措施简单而有效，材料获取方便。通过粘贴特定尺寸的纯铅与纯铜，并配合修改管电压可大幅修正最高 400% 的误差值；对于全能混合场，误差仍差强人意，但以达到最基本的可用状态；由于无法对软件部分的修改，测量波动程度依旧较大。

前言

KB6011 型辐射计不管是在家庭还是辐射爱好者中的普及程度都较高，其中很大一部分人不愿意或没有条件更换更好的现役型正式辐射计，但又有对测量精准度有要求；虽然 KB6011 型辐射计的生产公司声称设备搭载了能量补偿(Energy compensation)措施，但根据测试结果，这些措施并未充分生效。本文提供了一种廉价简便的改进方案，通过对设备进行改造，能够在齐场条件下获得相对良好的能量响应(Energy Response)，并提高本底数值的参考价值。

1 未修改时的能量响应

对于参考值，使用 SAPHYMO 产 MINITRACE CSDF 与日立某内测闪烁体计数器的数值并取平均，使用 LUDLUM 2241 定标器获取计数情况，设备均于 2023 年校准，KB6011 型辐射计测量结果取 10 分钟平均。

Co-60(1132、1173)

- 参考值: $0.23\mu\text{Sv/h}(\pm 5\%)$
- KB6011: $0.24\text{-}0.32\mu\text{Sv/h}$



需要注意的是数值上升缓慢且波动大

Ra-226

- 参考值: $0.22\mu\text{Sv/h}(\pm 5\%)$
- KB6011: $0.98\text{-}1.05\mu\text{Sv/h}$



Cs-137(662)

- 参考值: $0.46\mu\text{Sv/h}(\pm 5\%)$
- KB6011: $0.64\mu\text{Sv/h}$



1.1 表格

核素/条件	参考值	KB6011
CO-60(1132、1173)	0.23 μ Sv/h(\pm 5%)	0.24-0.32 μ Sv/h
RA-226	0.22 μ Sv/h (\pm 5%)	0.98-1.05 μ Sv/h
CS-137(662)	0.46 μ Sv/h (\pm 5%)	0.64 μ Sv/h

表一

由表一可见，此款机型的能量补偿措施并未生效或生效极少，因此，需要研究一种新的能量补偿措施，目标是在 0.1-1.1MeV/0.5 μ Sv 以下误差不高于 \pm 30%；0.1-1.1MeV/0.5 μ Sv 以上，10 μ Sv/h 以下误差不高于 20%。

2 材料与实验过程

2.1 材料

改进方案

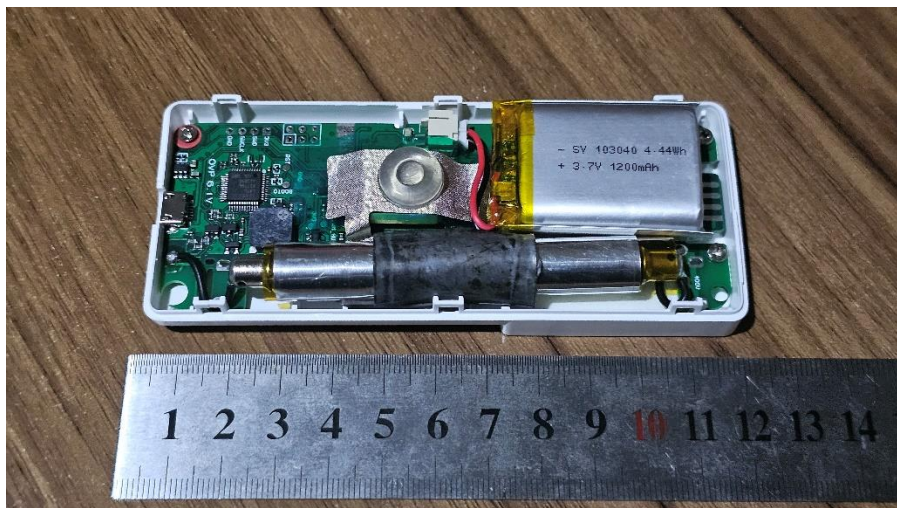
为了实现预期效果，本文提出了一种使用高纯铅作为补偿材料的方案。具体步骤如下：

材料准备：

1. 使用高纯铅作为补偿材料；
2. 将铅板裁剪为 30x23x0.5mm 的尺寸



3. 并将其覆盖在原盖革计数管补偿皮的中部；
若需盖革管背面也获得良好的补偿效果，需要将原有的粘贴片撕下，若有需要可以自行处理，作者认为，考虑到该设备的使用方法与位置，仅贴在正面足以应付大多数使用场景。



2.2 初步测试能响结果:

Cs-137(662)

- 参考值: 0.42/0.75 μ Sv/h (\pm 5%)
- KB6011: 0.41-0.51 μ Sv/h/0.72-0.81 μ Sv/h



Co-60(1132、1173)

- 参考值: 0.22 μ Sv/h (\pm 5%)
- KB6011: 0.17-0.27 μ Sv/h



Ra-226(662)

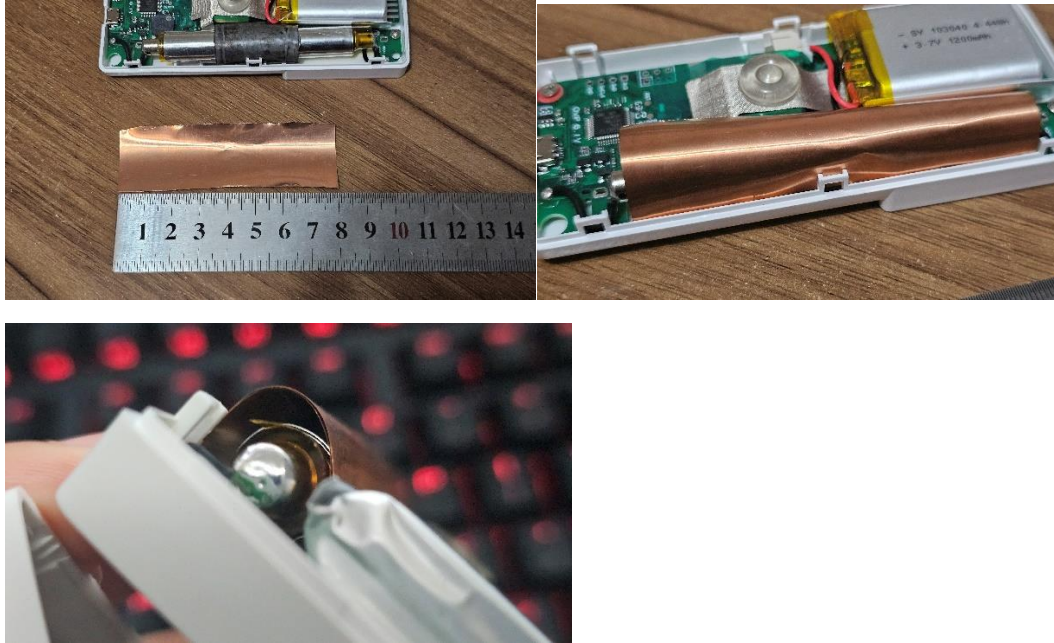
- 参考值: $0.21\mu\text{Sv/h}$ ($\pm 5\%$)
- KB6011: $0.49\mu\text{Sv/h}$



2.3 进一步改进:

考虑到 Ra-226 的测量结果不符合预期, 可能是受到 β 射线的影响, 因此我们继续加装屏蔽材料。具体步骤如下:

- 选用纯铜板作为屏蔽材料。
- 将纯铜板裁剪成 $80\times 25\times 0.05\text{mm}$ 的尺寸, 并安装两层。



改进后的测试结果：

Ra-226

- 参考值：0.21 μ Sv/h (\pm 5%)
- KB6011：0.30-0.35 μ Sv/h

依旧未达到预期，实验做到这里作者才想到到 Ra-226 的光谱复杂性（包含中低高能）本文作者已经尽力优化结果，尽管如此，目前的结果相比之前的高估 200%甚至 300%已经有了显著改善。

2.4 其他

在预期设计时并未考虑到 Am-241 的补偿，但测试发现，本方案对 Am-241 的补偿效果非常好：

Am-241(59)

- 参考值：0.56 μ Sv/h (\pm 10%)
- KB6011：0.46-0.57 μ Sv/h



在未对辐射计进行修改时，对 Am-241 的过响应可高达 300%

核素/条件	参考值	KB6011
Co-60(1132、1173)	0.22 μ Sv/h ($\pm 5\%$)	0.17-0.27 μ Sv/h
Cs-137(662)	0.42/0.75 μ Sv/h ($\pm 5\%$)	0.41-0.51 μ Sv/h/0.72-0.81 μ Sv/h
Ra-226	0.21 μ Sv/h ($\pm 5\%$)	0.30-0.35 μ Sv/h
Am-241(59)	0.56 μ Sv/h ($\pm 10\%$)	0.46-0.57 μ Sv/h
Th-232	0.22 μ Sv/h ($\pm 10\%$)	0.18-0.27 μ Sv/h

表二

参数设定

- ✧ Cf 0.88
- ✧ Voltage V450

结论

通过对 KB6011 型辐射计的能量补偿改造，本文提出了一种使用高纯铅和纯铜板进行补偿的简便方案，显著改善了测量结果的准确性。虽然对于 Ra-226 的测量结果仍有一定误差，但总体而言，该改进方案在满足大多数使用场景的前提下，提高了辐射计的能量响应能力。

不足的是由于固有算法等因素，即使使用补救措施修正能量响应，也不一定会显示正确的数值，而是在一个区间内波动，由于无法修改软件，所以这个问题无法解决；在测量数值时偶见突发大数值，这是因为算法导致的，在使用过程中，尽量延长测量时间并取平均值。

对于本底辐射的测量，本方案测试发现可以获取接近参考数值的结果，但仍然有一些误差，但以达到可用于参考的水平；补偿方案中使用铅覆盖管约 30mm 的长度，对于管的正面测量不过多影响低能 γ 的灵敏度。此外，本方案仅适用于 2023 版本及以下的 KB6011 辐射计，由于 2024 版本更换了补偿材料，作者认为本方案并不一定会生效。希望本文的改进方案能为广大辐射爱好者提供参考，进一步推动家庭辐射监测的精准化和实用化。

2024/6/26 初版

2024/6/28 第一次修改