

两种不同经验公式法计算累积因子的比较

周文明 战景明 郝杰

中国辐射防护研究院 山西 太原 030006

摘要: 目的 根据泰勒公式和伯杰公式计算常用各向同性点源的累积因子,比较两种计算结果。方法 利用泰勒公式和伯杰公式分别计算¹³⁷Cs 和⁶⁰Co 放射源在铅屏蔽设计中的累积因子。结果 对于¹³⁷Cs 和⁶⁰Co 放射源,μd 在 1~20 之间时,利用泰勒公式计算累积因子均大于利用伯杰公式计算累积因子。结论 在辐射屏蔽设计中,μd 在 1~20 之间时,利用伯杰公式计算¹³⁷Cs 和⁶⁰Co 放射源的累积因子所需屏蔽厚度较泰勒公式小。

关键词: 累积因子; 泰勒公式; 伯杰公式

中图分类号: R144.1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2017)04-0424-02

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2017.04.014

屏蔽防护应用极广,在核工程和强源操作中,都要涉及到屏蔽问题。根据核技术工业应用涉及内容,γ 射线源得到日益广泛应用和普及,γ 射线源的放射防护屏蔽设计越来越受到放射卫生防护人员的重视与关注。

当研究宽束 γ 射线在物质中的减弱规律时,累积因子是描述散射光子影响的物理量。在辐射屏蔽设计中,累积因子的计算成为不可或缺的一部分,累积因子计算的差异,直接影响屏蔽设计的准确性。

1 计算方法

在屏蔽设计时,累积因子是一个必须考虑的重要因素。在解决实际辐射防护问题时,采用经验公式法来计算累积因子,可使计算大为简化。在计算各向同性点源的屏蔽计算中,常用泰勒(Taylor)公式和伯杰(Berger)公式两种不同经验公式来计算累积因子。

1.1 泰勒公式

$$B = A_1 e^{-\alpha_1 \mu d} + (1 - A_1) e^{-\alpha_2 \mu d} \quad (1)$$

式中 μ 为线衰减系数, d 屏蔽介质厚度, A₁、α₁、α₂ 为与 γ 能量有关的常数,相关参数取值见表 1^[1]。

表 3 各向同性点源的累积因子计算结果

γ 射线源	计算方法	累积因子								
		μd = 1	μd = 2	μd = 4	μd = 7	μd = 10	μd = 13	μd = 15	μd = 17	μd = 20
¹³⁷ Cs	泰勒	1.30	1.55	1.94	2.38	2.74	3.07	3.29	3.52	3.90
	伯杰	1.27	1.51	1.90	2.33	2.60	2.74	2.79	2.81	2.79
⁶⁰ Co	泰勒	1.42	1.81	2.53	3.49	4.35	5.17	5.71	6.25	7.08
	伯杰	1.36	1.71	2.36	3.21	3.93	4.54	4.89	5.20	5.60

根据表 3 中对¹³⁷Cs 和⁶⁰Co 放射源在不同铅屏蔽

作者简介: 周文明(1989-),男,贵州仁怀人,研究实习员,从事放射防护评价与检测工作。

表 1 用泰勒公式计算各向同性点源的累积因子的有关参数

γ 射线源	能量(MeV)	屏蔽材料	μ(cm ⁻¹)	A ₁	-α ₁	α ₂
¹³⁷ Cs	0.662	铅	0.8479	2.034	0.03257	0.25321
⁶⁰ Co	1.25	铅	0.6302	3.723	0.03417	0.11209

1.2 伯杰公式

$$B = 1 + a \mu d e^{b \mu d} \quad (2)$$

式中 μ 为线衰减系数, d 为屏蔽介质厚度, a、b 为与 γ 能量有关的常数,相关参数取值见表 2^[1]。

表 2 用伯杰公式计算各向同性点源的累积因子的有关参数

γ 射线源	能量(MeV)	屏蔽材料	μ(cm ⁻¹)	a	b
¹³⁷ Cs	0.662	铅	0.8479	0.2838	-0.0576
⁶⁰ Co	1.25	铅	0.6302	0.3735	-0.0243

2 累积因子计算

在屏蔽材料为铅时,根据公式(1)和公式(2),计算¹³⁷Cs 和⁶⁰Co 放射源在不同铅屏蔽厚度下的累积因子,计算结果见表 3。

厚度下的累积因子的计算结果,分别绘出¹³⁷Cs 和⁶⁰Co 放射源在不同经验公式计算下累积因子的比较图,见

图 1 和图 2。

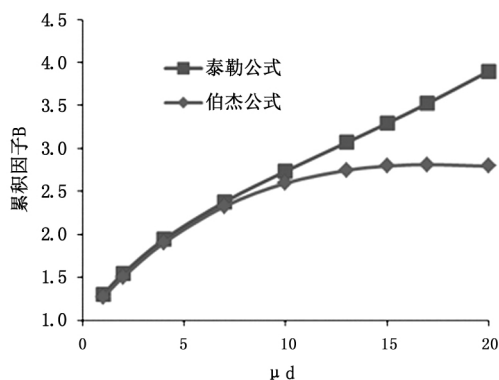


图 1 ^{137}Cs 放射源在不同铅屏蔽厚度下的累积因子

从图 1 可知,对于 ^{137}Cs 放射源, μd 在 1~20 之间时,累积因子随厚度的增加而增大;利用泰勒公式计算累积因子是利用伯杰公式计算累积因子的 1~1.4 倍;在辐射屏蔽设计中, μd 在 1~20 之间时,利用伯杰公式计算 ^{137}Cs 放射源的累积因子所需屏蔽厚度较泰勒公式小。

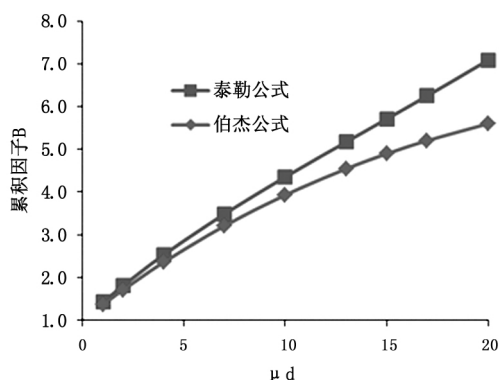


图 2 ^{60}Co 放射源在不同铅屏蔽厚度下的累积因子

从图 2 可知,对于 ^{60}Co 放射源, μd 在 1~20 之间时,累积因子随厚度的增加而增大;利用泰勒公式计算累积因子是利用伯杰公式计算累积因子的 1~1.3 倍;在辐射屏蔽设计中, μd 在 1~20 之间时,利用伯杰公式计算 ^{60}Co 放射源的累积因子所需屏蔽厚度较泰勒公式小。

3 讨论

综上所述,利用泰勒公式和伯杰公式计算累积因子时存在一定的差异。对于 ^{137}Cs 和 ^{60}Co 放射源,分别利用泰勒公式和伯杰公式计算累积因子时,可得出以下结论:①厚度越大,光子在介质中的散射贡献越大,累积因子也越大;②从对比结果可知,在同一屏蔽厚度下,利用泰勒公式计算结果均大于利用伯杰公式计算结果;③在辐射屏蔽设计中, μd 在 1~20 之间时,利用伯杰公式计算 ^{137}Cs 和 ^{60}Co 放射源的累积因子所需屏蔽厚度较泰勒公式小。

参考文献

- [1] 李星洪. 辐射防护基础[M]. 北京: 原子能出版社, 1982. 118 - 129.

收稿日期: 2017-01-20 修回日期: 2017-05-21

摘要编排规范

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2017.04.015

要求 摘要应具有独立性,便于读者获取必要的信息;应着重反应研究中的创新内容和作者的独到观点;中文摘要应用第三人称角度撰写,不加评论和解释。新术语或商务可是汉语译名的术语,可使用原文或在译名后家括号注明原文。字数以 300 字左右为宜。

格式 论著类文章摘要,按照结构式摘要撰写。内容包括研究“目的(Objective)”、“方法(Methods)”、“结果(Results)”、“结论(Conclusion)”四部分。各要素英文小标题应根据实际情况确定单复数。综述类文章摘要,其内容应包括综述的主要目的、资料来源、资料选择、数据提炼、数据综合和结论等。可以写成结构式摘要,也可以写成指示性或报道性摘要。

本刊编辑部