

# γ 谱测量中级联符合效应修正研究\*

周丰群<sup>1;1)</sup> 张义民<sup>2</sup> 罗均华<sup>3</sup> 拓飞<sup>3</sup> 孔祥忠<sup>3</sup>

1 (平顶山学院物理系 平顶山 467000)

2 (北京联合大学生物化学工程学院 北京 100023)

3 (兰州大学现代物理系 兰州 730000)

**摘要** 从基本概念出发推导出了简单衰变纲图、较复杂衰变纲图和复杂衰变纲图的 γ 射线级联符合修正公式, 然后用这些公式计算了 <sup>133</sup>Ba 和 <sup>60</sup>Co 的 γ 射线级联符合修正系数, 同时指出一些文献中所给出的修正公式之不妥。

**关键词** γ 射线 级联符合 修正系数 衰变纲图

## 1 引言

随着核技术的不断发展以及在工业、农业、国防和国民经济其他许多重要部门中的广泛应用, 人们对 γ 射线的测量精度提出了更高的要求. 然而, 在实际的 γ 射线测量中, 放射性原子核所发出的 γ 射线大多是有级联的. 对于有级联的 γ 辐射来说, 辐射中的各条 γ 射线的寿命一般很短, 所以由于探测器分辨时间的限制, 在有些情况下探测器不能分辨级联辐射链中的各条 γ 射线, 从而导致测得的 γ 射线的全能峰计数增加或减少, 而且当与待测的 γ 射线相关的级联链越多或测量立体角越大时, 造成的全能峰计数增加或减少越严重, 直接影响了测量结果的准确性. 对于 γ 射线测量中的 γ 级联符合修正问题, 已有不少文献<sup>[1-6]</sup>进行过讨论, 但在文献[1, 2]中, 只讨论了如图 1 所示的仅有 3 个能级的简单衰变纲图的 γ 级联符合修正问题, 而且所给出的修正公式也值得商榷; 文献[3-5]在对如图 1 所示的仅有 3 个能级的简单衰变纲图进行了讨论(文献[5]中所给出的公式也值得商榷)后, 对有 4 个能级以上衰变纲图的情况, 只是给出一个普遍的级联符合修正系数计算公式, 而这些普遍的级联符合修正公式又各不相同, 加之其中的关系极其复杂, 对于大多数的核科学技术人员来说, 较难理解, 尤其是对于刚刚涉足该领域的年轻的科学工作者来说, 就更难理解. 本文从基本概念出发, 首先推导出如图 1 所示的简

单衰变纲图的 γ 射线级联符合修正公式, 然后推导出较复杂衰变纲图(5 个能级)的 γ 射线级联符合修正公式. 在此基础上推导出复杂衰变纲图( $n$  个能级)的 γ 射线级联符合修正公式, 最后用这些公式计算了 <sup>60</sup>Co 和 <sup>133</sup>Ba 的 γ 射线级联符合修正系数.

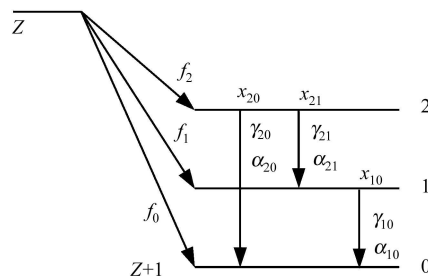


图 1 说明级联符合效应修正系数计算原理的简单衰变纲图

需要说明的是, 在讨论 γ 射线级联符合修正时, 是否考虑级联 γ 辐射的角关联问题, 目前仍有争议<sup>[5, 6]</sup>. 在本文的讨论中, 未考虑 γ 辐射的角关联效应.

## 2 级联符合修正公式的理论推导

在推导级联符合修正公式以前, 首先对级联符合的意义及其修正系数的定义和所用的一些物理量的符号加以说明. γ 射线的级联符合效应可分为两种情况<sup>[4]</sup>: 一是在探测器的分辨时间内, 如果某个级联链

2006 - 09 - 11 收稿, 2006 - 11 - 16 收修改稿

\* 中国核数据中心和平顶山学院高层次人才科研启动经费资助

1) E-mail: zfq@pdsu.edu.cn

中的若干条 $\gamma$ 射线在探测器灵敏体积中消耗了各自的全部能量,而这若干条 $\gamma$ 射线的能量的总和正好与某1条 $\gamma$ 射线的能量相等,结果就使该条 $\gamma$ 射线的全能峰计数增加,该效应称为级联符合的增加效应;二是在探测器的分辨时间内,如果某个级联链中的某一条 $\gamma$ 射线在探测器灵敏体积中消耗了自己的全部能量,而同一级联链中的另一条或几条 $\gamma$ 射线在探测器灵敏体积中消耗了自己的部分或全部能量,结果使该条 $\gamma$ 射线的全能峰计数减少,称为级联符合的减少效应.显然,在级联符合的增加效应中,伴随着某一能量 $\gamma$ 射线全能峰计数的增加,就有同一级联链中的2条或几条 $\gamma$ 射线全能峰计数的减少;而在级联符合的减少效应中,伴随着某一能量 $\gamma$ 射线全能峰计数的减少,不仅会造成同一级联链中的某些能量 $\gamma$ 射线全能峰计数的增加,还会造成本底增加从而使众多 $\gamma$ 射线全能峰计数减少.由于在级联符合效应中,因为级联符合减少引起本底增加进而引起众多 $\gamma$ 射线全能峰计数的减少极小,可忽略,故在本文讨论级联符合修正公式中不考虑.另外,为讨论方便,假定的衰变纲图的任意2个能级间都有 $\gamma$ 辐射,并认为每一级联链中的任一 $\gamma$ 辐射的寿命都在探测器的分辨时间内(即认为只要级联就一定在符合分辨时间以内).实际情况并非都如此,所以在具体计算某种放射性核素的 $\gamma$ 级联符合修正系数时,需要结合具体的纲图,并考虑所用探测器的分辨时间,用下边介绍的方法推导出具体的计算公式.

$\gamma_{ij}$ 表示从*i*能级向*j*能级跃迁时所发出的 $\gamma$ 射线; $P_{ij}$ ,  $\alpha_{ij}$ 和 $x_{ij}$ 分别表示 $\gamma_{ij}$ 的发射率(放射源在单位时间内发射 $\gamma_{ij}$ 的数目)、内转换系数以及与 $\gamma_{ij}$ 对应的分支比; $f_i$ 表示母核衰变到子核的*i*能级的分支比; $\varepsilon_{ij}^p$ 和 $\varepsilon_{ij}^t$ 分别表示所用的探测器对 $\gamma_{ij}$ 的全能峰探测效率和全谱探测效率.而级联符合修正系数 $C_{ij}$ 的定义为<sup>[3]</sup>

$$C_{ij} = \frac{S_{ij}}{S'_{ij}}, \quad (1)$$

式中 $S_{ij}$ 表示不考虑级联符合效应时 $\gamma_{ij}$ 在探测器中形成全能峰的理论计数率,而 $S'_{ij}$ 表示考虑级联符合效应时 $\gamma_{ij}$ 在探测器中形成全能峰的实际计数率.

## 2.1 简单衰变纲图的级联符合修正公式的推导

如图1所示,如果不考虑级联符合效应,则 $\gamma_{20}$ 在探测器中形成全能峰的理论计数率为

$$S_{20} = Af_2x_{20} \frac{\varepsilon_{20}^p}{1+\alpha_{20}} = P_{20}\varepsilon_{20}^p, \quad (2)$$

式中 $A$ 为放射源的活度; $\frac{1}{1+\alpha_{20}}$ 为 $\gamma_{20}$ 的发射率占 $\gamma_{20}$ 所在分支的总跃迁率( $\gamma_{20}$ 光子发射率与内转换

率之和)的比率; $P_{20} = Af_2x_{20} \frac{1}{1+\alpha_{20}}$ 为 $\gamma_{20}$ 的发射率; $\frac{\varepsilon_{20}^p}{1+\alpha_{20}}$ 为探测器探测到 $\gamma_{20}$ 全能峰的计数率与 $\gamma_{20}$ 所在分支的总跃迁率的比率.如果考虑级联符合效应, $\gamma_{20}$ 在探测器中形成全能峰的实际计数率为

$$S'_{20} = Af_2x_{20} \frac{\varepsilon_{20}^p}{1+\alpha_{20}} + Af_2x_{21}x_{10} \frac{\varepsilon_{21}^p\varepsilon_{10}^p}{(1+\alpha_{21})(1+\alpha_{10})} = P_{20}\varepsilon_{20}^p + P_{21}\varepsilon_{21}^p \frac{\varepsilon_{10}^p}{1+\alpha_{10}}, \quad (3)$$

式中 $P_{21} = Af_2x_{21} \frac{1}{1+\alpha_{21}}$ 为 $\gamma_{21}$ 的发射率.式中第2项表示在探测器的分辨时间内,在 $\gamma_{21}$ 与 $\gamma_{10}$ 构成的级联链中的 $\gamma_{21}$ 与 $\gamma_{10}$ 在探测器灵敏体积中消耗了各自的全部能量,结果造成了 $\gamma_{20}$ 的全能峰计数率的增加量.由此可得

$$C_{20} = \frac{S_{20}}{S'_{20}} = \frac{1}{1 + \frac{P_{21}}{P_{20}} \cdot \frac{1}{1+\alpha_{10}} \cdot \frac{\varepsilon_{21}^p\varepsilon_{10}^p}{\varepsilon_{20}^p}}. \quad (4)$$

如果不考虑级联符合效应,则 $\gamma_{10}$ 在探测器中形成全能峰的理论计数率为

$$S_{10} = Af_1x_{10} \frac{\varepsilon_{10}^p}{1+\alpha_{10}} + Af_2x_{21}x_{10} \frac{\varepsilon_{10}^p}{1+\alpha_{10}} = P_{10}\varepsilon_{10}^p, \quad (5)$$

式中 $P_{10} = Af_1x_{10} \frac{1}{1+\alpha_{10}} + Af_2x_{21}x_{10} \frac{1}{1+\alpha_{10}}$ 为 $\gamma_{21}$ 的发射率.

如果考虑级联符合效应,则 $\gamma_{10}$ 在探测器中形成全能峰的实际计数率为

$$S'_{10} = Af_1x_{10} \frac{\varepsilon_{10}^p}{1+\alpha_{10}} + Af_2x_{21} \left(1 - \frac{\varepsilon_{21}^t}{1+\alpha_{21}}\right) \times x_{10} \frac{\varepsilon_{10}^p}{1+\alpha_{10}} = P_{10}\varepsilon_{10}^p - P_{21}\varepsilon_{21}^t \frac{\varepsilon_{10}^p}{1+\alpha_{10}}, \quad (6)$$

式中 $\frac{\varepsilon_{21}^t}{1+\alpha_{21}}$ 为探测器探测到 $\gamma_{21}$ 的总计数率( $\gamma_{21}$ 的全谱计数率)与 $\gamma_{21}$ 所在分支的总跃迁率的比率,显然 $1 - \frac{\varepsilon_{21}^t}{1+\alpha_{21}}$ 为探测器探测不到 $\gamma_{21}$ 率与 $\gamma_{21}$ 所在分支的

总跃迁率的比率; $-P_{21}\varepsilon_{21}^t \frac{\varepsilon_{10}^p}{1+\alpha_{10}}$ 为在探测器的分辨时间内,在 $\gamma_{21}$ 与 $\gamma_{10}$ 构成的级联链中的 $\gamma_{10}$ 在探测器的灵敏体积中消耗了自己的全部能量,而 $\gamma_{21}$ 消耗了自己的部分或全部能量,结果引起 $\gamma_{10}$ 的全能峰计数率的减少量.所以

$$C_{10} = \frac{S_{10}}{S'_{10}} = \frac{1}{1 - \frac{P_{21}}{P_{10}} \cdot \frac{\varepsilon_{21}^t}{1+\alpha_{10}}}, \quad (7)$$

同理可得

$$C_{21} = \frac{S_{21}}{S'_{21}} = \frac{1}{1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1 + \alpha_{10}}}. \quad (8)$$

### 2.2 较复杂衰变纲图(5个能级)的 $\gamma$ 射线级联符合修正公式的推导

如图2所示, 如果不考虑级联符合效应, 则 $\gamma_{31}$ 在

探测器中形成全能峰的理论计数率为

$$S_{31} = Af_3x_{31} \frac{\varepsilon_{31}^p}{1 + \alpha_{31}} + Af_4x_{43}x_{31} \frac{\varepsilon_{31}^p}{1 + \alpha_{31}} = P_{31}\varepsilon_{31}^p, \quad (9)$$

如果考虑级联符合效应,  $\gamma_{31}$ 在探测器中形成全能峰的实际计数率为

$$\begin{aligned} S'_{31} = & Af_3x_{31} \frac{\varepsilon_{31}^p}{1 + \alpha_{31}} x_{10} \left(1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1 + \alpha_{10}}\right) + Af_3x_{32} \frac{\varepsilon_{32}^p}{1 + \alpha_{32}} x_{21} \frac{\varepsilon_{21}^p}{1 + \alpha_{21}} x_{10} \left(1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1 + \alpha_{10}}\right) + \\ & Af_4x_{43} \left(1 - \frac{\varepsilon_{43}^t}{1 + \alpha_{43}}\right) x_{31} \frac{\varepsilon_{31}^p}{1 + \alpha_{31}} x_{10} \left(1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1 + \alpha_{10}}\right) + \\ & Af_4x_{43} \left(1 - \frac{\varepsilon_{43}^t}{1 + \alpha_{43}}\right) x_{32} \frac{\varepsilon_{32}^p}{1 + \alpha_{32}} x_{21} \frac{\varepsilon_{21}^p}{1 + \alpha_{21}} x_{10} \left(1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1 + \alpha_{10}}\right), \end{aligned} \quad (10)$$

故

$$\begin{aligned} C_{31} = \frac{S_{31}}{S'_{31}} = & \left(f_3x_{31} \frac{\varepsilon_{31}^p}{1 + \alpha_{31}} + f_4x_{43}x_{31} \frac{\varepsilon_{31}^p}{1 + \alpha_{31}}\right) / \left[ f_3x_{31} \frac{\varepsilon_{31}^p}{1 + \alpha_{31}} x_{10} \left(1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1 + \alpha_{10}}\right) + \right. \\ & f_3x_{32} \frac{\varepsilon_{32}^p}{1 + \alpha_{32}} x_{21} \frac{\varepsilon_{21}^p}{1 + \alpha_{21}} x_{10} \left(1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1 + \alpha_{10}}\right) + f_4x_{43} \left(1 - \frac{\varepsilon_{43}^t}{1 + \alpha_{43}}\right) x_{31} \frac{\varepsilon_{31}^p}{1 + \alpha_{31}} \times \\ & \left. x_{10} \left(1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1 + \alpha_{10}}\right) + f_4x_{43} \left(1 - \frac{\varepsilon_{43}^t}{1 + \alpha_{43}}\right) x_{32} \frac{\varepsilon_{32}^p}{1 + \alpha_{32}} x_{21} \frac{\varepsilon_{21}^p}{1 + \alpha_{21}} x_{10} \left(1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1 + \alpha_{10}}\right) \right]. \end{aligned} \quad (11)$$

根据纲图和类似的方法可推导出其他 $\gamma$ 射线的级联符合修正公式(限于篇幅略)。

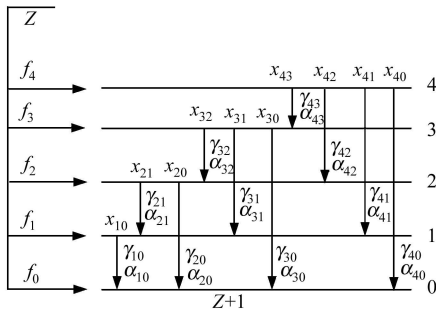


图 2 说明级联符合效应修正系数计算原理的较复杂衰变纲图

### 2.3 复杂衰变纲图( $n$ 个能级)的 $\gamma$ 射线级联符合修正公式的推导

采用与2.1和2.2类似的方法, 不难推导出如图3所示的复杂衰变纲图中任一条 $\gamma$ 射线的级联符合修正公式. 作为例子, 只推导其中具体的某一条 $\gamma$ 射线 $\gamma_{42}$ 的级联符合修正公式.

如图3所示, 如果不考虑级联符合效应, 则 $\gamma_{42}$ 在

探测器中形成全能峰的理论计数率为

$$\begin{aligned} S_{42} = P_{42}\varepsilon_{42}^p = & Af_4x_{42} \frac{\varepsilon_{42}^p}{1 + \alpha_{42}} + Af_5x_{54}x_{42} \frac{\varepsilon_{42}^p}{1 + \alpha_{42}} + \\ & Af_6 \left( x_{65}x_{54}x_{42} \frac{\varepsilon_{42}^p}{1 + \alpha_{42}} + x_{64}x_{42} \frac{\varepsilon_{42}^p}{1 + \alpha_{42}} \right) + \\ & Af_7 \left[ x_{76} \left( x_{65}x_{54}x_{42} \frac{\varepsilon_{42}^p}{1 + \alpha_{42}} + x_{64}x_{42} \frac{\varepsilon_{42}^p}{1 + \alpha_{42}} \right) + \right. \\ & \left. x_{75}x_{54}x_{42} \frac{\varepsilon_{42}^p}{1 + \alpha_{42}} + x_{74}x_{42} \frac{\varepsilon_{42}^p}{1 + \alpha_{42}} \right] + \dots = \\ & Af_4a_4 + Af_5a_5 + Af_6a_6 + Af_7a_7 + \dots + Af_na_n, \end{aligned} \quad (12)$$

式中 $a_4 = x_{42} \frac{\varepsilon_{42}^p}{1 + \alpha_{42}}$ ,  $a_5 = x_{54}a_4$ ,  $a_6 = x_{65}a_5 + x_{64}a_4$ ,  $a_7 = x_{76}a_6 + x_{75}a_5 + x_{74}a_4$ ,  $\dots$ ,  $a_n = x_{n,n-1}a_{n-1} + x_{n,n-2}a_{n-2} + x_{n,n-3}a_{n-3} + \dots + x_{n4}a_4$ 分别表示母核衰变到子核的第4、第5、第6、第7、 $\dots$ 、第 $n$ 能级而向下跃迁时, 探测器测到 $\gamma_{42}$ 全能峰计数的概率. 如果考虑级联符合效应, 则 $\gamma_{42}$ 在探测器中形成全能峰的实际计数率为

$$\begin{aligned}
 S'_{42} = & Af_4 \left\{ x_{42} \frac{\varepsilon_{42}^p}{1+\alpha_{42}} \left[ x_{20} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{20}^t}{1+\alpha_{20}} \right) + x_{21} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{21}^t}{1+\alpha_{21}} \right) x_{10} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1+\alpha_{10}} \right) \right] + \right. \\
 & \left. x_{43} \frac{\varepsilon_{43}^p}{1+\alpha_{43}} x_{32} \frac{\varepsilon_{32}^p}{1+\alpha_{32}} \left[ x_{20} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{20}^t}{1+\alpha_{20}} \right) + x_{21} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{21}^t}{1+\alpha_{21}} \right) x_{10} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1+\alpha_{10}} \right) \right] \right\} + \\
 & Af_5 x_{54} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{54}^t}{1+\alpha_{54}} \right) b_4 + Af_6 \left[ x_{65} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{65}^t}{1+\alpha_{65}} \right) b_5 + x_{64} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{64}^t}{1+\alpha_{64}} \right) b_4 \right] + \\
 & Af_7 \left[ x_{76} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{76}^t}{1+\alpha_{76}} \right) b_6 + x_{75} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{75}^t}{1+\alpha_{75}} \right) b_5 + x_{74} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{74}^t}{1+\alpha_{74}} \right) b_4 \right] + \dots = \\
 & Af_4 b_4 + Af_5 b_5 + Af_6 b_6 + Af_7 b_7 + \dots + Af_n b_n, \tag{13}
 \end{aligned}$$

式中,

$$\begin{aligned}
 b_4 = & x_{42} \frac{\varepsilon_{42}^p}{1+\alpha_{42}} \left[ x_{20} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{20}^t}{1+\alpha_{20}} \right) + x_{21} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{21}^t}{1+\alpha_{21}} \right) x_{10} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1+\alpha_{10}} \right) \right] + \\
 & x_{43} \frac{\varepsilon_{43}^p}{1+\alpha_{43}} x_{32} \frac{\varepsilon_{32}^p}{1+\alpha_{32}} \left[ x_{20} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{20}^t}{1+\alpha_{20}} \right) + x_{21} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{21}^t}{1+\alpha_{21}} \right) x_{10} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{10}^t}{1+\alpha_{10}} \right) \right], \\
 b_5 = & x_{54} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{54}^t}{1+\alpha_{54}} \right) b_4, \quad b_6 = x_{65} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{65}^t}{1+\alpha_{65}} \right) b_5 + x_{64} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{64}^t}{1+\alpha_{64}} \right) b_4, \\
 b_7 = & x_{76} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{76}^t}{1+\alpha_{76}} \right) b_6 + x_{75} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{75}^t}{1+\alpha_{75}} \right) b_5 + x_{74} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{74}^t}{1+\alpha_{74}} \right) b_4 \quad \dots, \\
 b_n = & x_{nn-1} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{nn-1}^t}{1+\alpha_{nn-1}} \right) b_{n-1} + x_{nn-2} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{nn-2}^t}{1+\alpha_{nn-2}} \right) b_{n-2} + \dots + x_{n4} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{n4}^t}{1+\alpha_{n4}} \right) b_4
 \end{aligned}$$

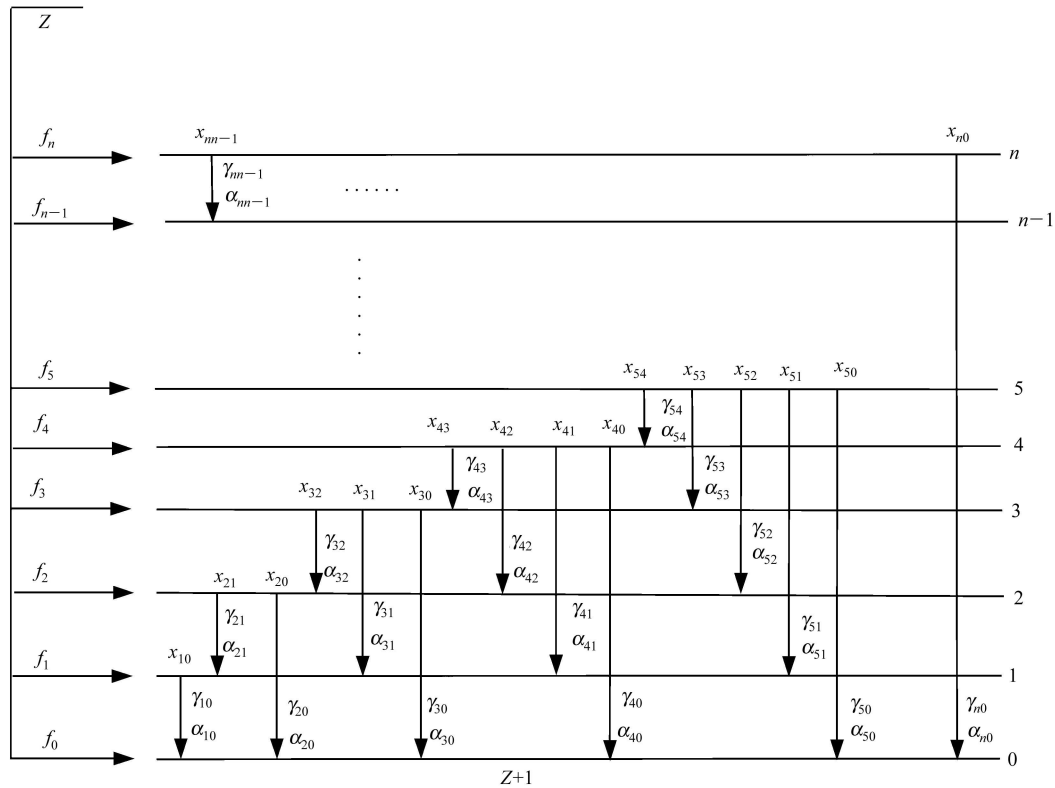


图 3 说明级联符合效应修正系数计算原理的复杂衰变网图

分别表示考虑级联符合效应后母核衰变到子核的第4、第5、第6、第7、 $\dots$ 、第 $n$ 能级向下跃迁时,探测器测到 $\gamma_{42}$ 全能峰计数的概率. 所以

$$C_{42} = \frac{S_{42}}{S'_{42}} = \frac{f_4 a_4 + f_5 a_5 + f_6 a_6 + f_7 a_7 + \dots + f_n a_n}{f_4 b_4 + f_5 b_5 + f_6 b_6 + f_7 b_7 + \dots + f_n b_n} \quad (14)$$

以上所介绍的计算 $\gamma$ 射线的级联符合修正系数的方法,也适用于计算 $\gamma$ 射线与X射线以及与正电子湮没光子的级联符合修正问题,只需将其衰变纲图采用文献[3]的方法加以修改即可. 另外,通过以上的分析与推导可以很容易看出,文献[1,2]和文献[5]中所给出的计算级联符合修正系数的公式的问题之所在.

### 3 $^{133}\text{Ba}$ 和 $^{60}\text{Co}$ 的 $\gamma$ 级联符合修正系数的计算

根据上边介绍的推导级联符合修正系数的方法,编制了可根据不同纲图的具体情况,计算级联符合修

正系数的程序. 用此程序计算了 $^{133}\text{Ba}$ 和 $^{60}\text{Co}$ 源分别放在探测器表面及距表面6cm两个位置处时,它们的 $\gamma$ 射线级联符合修正系数,结果列在表1中. 在计算中所用的纲图及有关参数取自文献[7,8],而 $\gamma$ 射线的全能峰效率和全谱效率用兰州大学现代物理系同轴高纯锗 $\gamma$ 谱仪系统刻度好的峰效率与全谱效率公式求得.

表1  $^{133}\text{Ba}$ 和 $^{60}\text{Co}$ 的 $\gamma$ 射线级联符合修正系数的计算结果

$\gamma$ 源	$\gamma$ 射线能量/keV	级联符合修正系数	
		$\gamma$ 源放在探测器表面	$\gamma$ 源距探测器表面6cm
$^{133}\text{Ba}$	53.16	1.13207	1.02347
	160.50	1.12972	1.02139
	223.10	1.06802	1.01178
	276.38	1.06447	1.01117
	302.71	1.00267	1.00053
	356.04	0.99685	0.98967
$^{60}\text{Co}$	383.83	1.00178	1.00041
	1173.21	1.08968	1.01524
	1332.47	1.09340	1.01582

### 参考文献(References)

- 1 Debertin K, Shotzig U. Nucl. Instrum. Methods, 1979, **158**: 471
- 2 TIAN Yu-Hong, CHEN Feng. Nuclear Electronics & Detection Technology, 1992, **12**(1): 40—43 (in Chinese)  
(田宇弘, 陈峰. 核电子学与探测技术, 1992, **12**(1): 40—43)
- 3 LUO Xiao-Bing, XIA Yi-Jun, LONG Xian-Guan. Nuclear Techniques, 1992, **15**(7): 428—434 (in Chinese)  
(罗小兵, 夏宜君, 龙先灌. 核技术, 1992, **15**(7): 428—434)
- 4 ZHENG Wei-Qiang, LEI Gui-Lin. Journal of Gansu Education College, 1998, **11**(1): 47—52 (in Chinese)  
(郑伟强, 雷桂林. 甘肃教育学院学报, 1998, **11**(1): 47—52)
- 5 SU Qiong. Nuclear Techniques, 2000, **23**(10): 746—752 (in Chinese)  
(苏琼. 核技术, 2000, **23**(10): 746—752)
- 6 Graham J, Mccallum, Graeme E Coote. Nucl. Instrum. Methods, 1975, **130**: 189
- 7 Michael Lederer C, Shirley V S. Table of Isotopes. New York: John Wiley & Sons. Inc., 1978
- 8 Firestone R B, Shirley V S. Table of Isotopes. New York: John Wiley & Sons. Inc., 1996

## Investigation of the Correction for Cascade Radiation Coincidence Summing in the Measurement of Gamma Spectrometry\*

ZHOU Feng-Qun<sup>1,1)</sup> ZHANG Yi-Min<sup>2</sup> LUO Jun-Hua<sup>3</sup> TUO Fei<sup>3</sup> KONG Xiang-Zhong<sup>3</sup>

1 (Department of Physics, Pingdingshan University, Pingdingshan 467000, China)

2 (Biochemical Engineering College of Beijing Union University, Beijing 100023, China)

3 (Department of Modern Physics, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract** The correction formulas of simple, more complex and universal decay schemes about gamma-rays cascade radiation coincidence summing were deduced based on basal concepts. And then using them calculated the correction coefficient of  $\gamma$ -rays cascade radiation coincidence summing of  $^{133}\text{Ba}$  and  $^{60}\text{Co}$ . At the same time, it was pointed out that the correction formulas given in some literatures is improper.

**Key words**  $\gamma$ -ray, cascade radiation coincidence summing, correction coefficient, decay scheme

Received 11 September 2006, Revised 16 November 2006

\* Supported by the Nuclear Data Center of China and Scientific Research Start up Outlay of High-Position Talent in Pingdingshan University

1) E-mail: zfq@pdsu.edu.cn