

EJ/T 287-2000
代替 EJ 287-87
氚内照射剂量估算与评价方法
Dose estimation and assessment method
for internal exposure of tritium
2000-09-20 发布
2001-01-01 实施
国防科学技术工业委员会发布

前 言

本标准是 EJ/T 287—87《氚内照射剂量估算与评价方法》的修订版。在广泛调研国内外文献的基础上，主要参考国际放射防护委员会（ICRP）第 78 号出版物《工作人员内照射个人监测》等资料进行修订的。

在修订 EJ 287—87《氚内照射剂量估算与评价方法》时，已发布了 GB/T 4960.5—1996《核科学技术术语 辐射防护与辐射源安全》、EJ 850—94《氚内照射监测大纲的最低要求》和 EJ/T 1047—1997《尿中氚的分析方法》等国家标准和核行业标准，因此本标准中不再保留原标准 EJ 287—87 中的“术语”、“测量频度及取样方法”等章的内容。将原标准 EJ 287—87 中的“剂量估算方法”一章的内容调整为生物动力学模式、摄入量换算因子和剂量系数、摄入量估算和剂量估算内容，对评价方法也作了适当的修订。

另外，本标准的第 1 章“范围”中，明确指明本标准规定了氚水的内照射剂量估算方法和评价方法。

本标准从生效之日起，同时代替 EJ 287—87。

本标准的附录 A、附录 B 都是资料性附录。

本标准由全国核能标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国原子能科学研究院。

本标准主要起草人：董柳灿、许昌恒。

1 范围

本标准规定了氚水的内照射剂量估算方法和评价方法。

本标准适用于辐射工作人员的氚水内照射剂量估算及评价。

2 规范性引用文件

下列规范性文件中的有关条文通过本标准的引用而成为本标准的条文。下列注明日期或版次的引用文件，其后的任何修改单或修订版本都不适用于本标准，但提倡使用本标准的各方探讨使用其最新版本的可能性。下列未注明日期或版次的引用文件，其最新版本适用于本标准。

EJ 850 氚内照射监测大纲的最低要求

EJ/T 1047 尿中氚的分析方法

3 估算方法

3.1 估算的参数

按 EJ 850 和 EJ/T 1047 的规定，对辐射工作人员尿中氚水活度浓度进行测量，为摄入量和剂量估算提供参数。

3.2 生物动力学模式、摄入量换算因子和剂量系数

3.2.1 生物动力学模式

摄入的氚水迅速地全部被吸收，吸收的氚在全身软组织中均匀分布，尿中氚的活度浓度与人体水中的活度浓度相等，因此只凭单次尿样的氚活度浓度监测结果就可了解取样时被检者体水氚活度浓度。参考人体水的总容积为 42L。吸收的氚的 97% 仍为氚水，其生物半排期

为 10d（全身 A），结合在有机分子内的为 3%，其生物半排期为 40d（全身 B）。表 1 中列出了氚水的生物动力学参数。

表 1 氚水的生物动力学参数

隔 离	吸收量的分数 %	生物半排期 d
全身 A	97	10
全身 B	3	40

3.2.2 摄入量换算因子

摄入量换算因子系指单位摄入量所致的尿中氚的活度浓度。

急性摄入的摄入量换算因子，即单次摄入 1Bq 氚水后 t 时刻的尿中氚的活度浓度，可由下式给出：

$$m(t) = \frac{1}{42} [0.97\exp(-0.06947t) + 0.03\exp(-0.01748t)] \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$m(t)$ ——急性摄入的摄入量换算因子， $Bq \cdot L^{-1}/Bq$ 摄入量；

t ——单次摄入氚水后经过的时间，d。

附录 A（资料性附录）给出了单次摄入 1Bq 氚水后各时刻的尿中氚的活度浓度资料。

慢性摄入的摄入量换算因子，即以 ΔI 的速率连续均匀摄入氚水，在 t 时刻的尿中氚的活度浓度，可由下式给出：

$$m'(t) = \Delta I \{0.3324[1 - \exp(-0.06947t)] + 0.04086[1 - \exp(-0.01748t)]\} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$m'(t)$ ——慢性摄入的摄入量换算因子， $Bq \cdot L^{-1}/Bq$ 摄入量；

ΔI ——连续均匀摄入氚水的速率， $Bq \cdot d^{-1}$ ；

t ——连续均匀摄入氚水的时间，d。

附录 B（资料性附录）给出了以 $1/365 Bq \cdot d^{-1}$ 的速率连续均匀摄入氚水各时刻的尿中氚的活度浓度资料。

3.2.3 剂量系数

剂量系数 $e(50)$ 为摄入某放射性核素单位活度所致的待积有效剂量。摄入氚水的待积有效剂量系数 $e(50)$ 为 $1.8 \times 10^{-11} Sv \cdot Bq^{-1}$ 。

3.3 摄入量估算

3.3.1 急性摄入

急性摄入氚水后 t 时刻测得尿中氚的活度浓度的测量值为 $C_u(t)$ ，由公式（1）可算出对应的 $m(t)$ ，再由下式可算得摄入量 I_1 为：

$$I_1 = C_u(t)/m(t) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

I_1 ——急性摄入氚水的摄入量，Bq；

$C_u(t)$ ——急性摄入氚水后 t 时刻尿中氚的活度浓度， $Bq \cdot L^{-1}$ ；

t ——急性摄入氚水后至采取尿样（即排尿）所经过的时间，d；

$m(t)$ ——急性摄入的摄入量换算因子， $Bq \cdot L^{-1}/Bq$ 摄入量。

3.3.2 慢性摄入

以某一速率慢性摄入氚水，在 t 时刻测得尿中氚的活度浓度测量值为 $\overline{C_u}(t)$ ，由公式（2）可算出对应的 $m'(t)$ ，再由下式可算得摄入量 I_2 为：

$$I_2 = \overline{C_u}(t)/m'(t) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

I_2 ——慢性摄入氚水的摄入量，Bq；

$\overline{C_u}(t)$ ——慢性摄入氚水，在 t 时刻尿中氚的活度浓度， $Bq \cdot L^{-1}$ ；

t ——慢性摄入氚水情况下，从开始摄入至采取尿样经过的时间，d；

$m'(t)$ ——慢性摄入的摄入量换算因子， $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}/\text{Bq}$ 摄入量。

3.3.3 短期内数次相关摄入

短期内数次相关摄入系指某次摄入前数次摄入的氡水尚未排泄到可以忽略不计的程度，此时又发生了该次摄入。在这种第一次摄入后进行监测，第二次摄入后又进行监测，以后再摄入再进行监测，获取历次监测值情况下，按 3.2.2 估算出与各次监测值对应的摄入量换算因子。第一次的摄入量由第一次监测值按 3.3.1 估算。其后各次的监测值必须扣除以前所有各次的摄入对本次监测值的贡献后，再按 3.3.1 估算本次摄入量。总的摄入量为各次摄入量之和。

3.4 剂量估算

由 3.3 估算的摄入量乘以待积有效剂量系数，由下式估算出待积有效剂量。

$$E=I \cdot e(50)=1.8 \times 10^{-11} I \dots\dots\dots (5)$$

式中：

E ——摄入氡水所致的待积有效剂量， Sv ；

I ——由 3.3 估算的摄入氡水的摄入量， Bq ；

$e(50)$ ——氡的待积有效剂量系数， $\text{Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$ 。

3.5 在因事故单次摄入的情况下，若摄入量和所致剂量有可能超过相应摄入量限值和年剂量限值时，应尽可能采用从受照个体测得的有关氡水代谢动力学和剂量估算参数进行摄入量及剂量的估算。

4 评价方法

4.1 依据参考人的资料由 3.3 估算的摄入量值与年摄入量限值进行比较和由 3.4 估算的剂量值与年剂量限值进行比较，依据 3.5 按受照个体的有关资料估算的剂量值与年剂量限值进行比较，进而作出评价。

4.2 对于某一群体，应该估算出集体有效剂量和人均有效剂量，并给出剂量分布情况。若辐射工作人员除了受到氡水内照射外，还受到外照射和其他放射性核素所致的内照射时，则还应计算氡水内照射所致的集体有效剂量占该群体总的集体有效剂量的百分数，进而作出个人剂量评价。

附 录 A

(资料性附录)

单次摄入 1Bq 氡水后各时刻的尿中氡活度浓度资料

表 A1 中给出了按公式 (1) 计算的单次摄入 1Bq 氡水后各时刻的尿中氡活度浓度资料。

表 A1 尿中氡活度浓度

摄入后的时刻 d	尿中氡活度浓度 $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$	摄入后的时刻 d	尿中氡活度浓度 $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$
1	2.3×10^{-2}	20	6.3×10^{-3}
2	2.1×10^{-2}	30	3.3×10^{-3}
3	2.0×10^{-2}	50	1.0×10^{-3}
4	1.9×10^{-2}	70	3.9×10^{-4}
5	1.7×10^{-2}	100	1.5×10^{-4}
6	1.6×10^{-2}	200	2.2×10^{-5}
7	1.5×10^{-2}	300	3.8×10^{-6}
8	1.4×10^{-2}	500	1.1×10^{-7}
9	1.3×10^{-2}	600	2.0×10^{-8}
10	1.2×10^{-2}	700	3.5×10^{-9}

附 录 B

(资料性附录)

以 $1/365\text{Bq} \cdot \text{d}^{-1}$ 的速率连续均匀摄入氡水
各时刻的尿中氡活度浓度资料

表B1 中给出了按公式（2）计算的以 $1/365\text{Bq} \cdot \text{d}^{-1}$ 的速率连续均匀摄入氡水各时刻的尿中氡活度浓度资料。

表 B1 尿中氡活度浓度

时 刻 d	尿中氡活度浓度 $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$	时 刻 d	尿中氡活度浓度 $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$
1	6.3×10^{-5}	200	1.0×10^{-3}
2	1.2×10^{-4}	300	1.0×10^{-3}
3	1.8×10^{-4}	500	1.0×10^{-3}
5	2.8×10^{-4}	700	1.0×10^{-3}
7	3.6×10^{-4}	1000	1.0×10^{-3}
10	5.3×10^{-4}	2000	1.0×10^{-3}
20	7.2×10^{-4}	3000	1.0×10^{-3}
30	8.4×10^{-4}	5000	1.0×10^{-3}
50	9.5×10^{-4}	7000	1.0×10^{-3}
70	9.8×10^{-4}	10000	1.0×10^{-3}
100	1.0×10^{-3}		

—————