

工作人员放射性核素年摄入量限值

国际放射防护委员会第61号出版物

(以一九九〇年建议书为根据)

原子能出版社

国际放射防护委员会第 61 号出版物

工作人员放射性核素年 摄入量限值

(以 1990 年建议书为根据)

国际放射防护委员会第 2 专门
委员会报告
(委员会 1990 年 11 月通过)

李树德 译

原子能出版社

ICRP Publication 61
Annual Limits on Intake of Radionuclides
by Workers Based on the 1990 Recommendations
ICRP, Pergamon Press, 1991
国际放射防护委员会第 61 号出版物

工作人员放射性核素年摄入量限值

(以 1990 年建议书为根据)

李树德 译

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

原子能出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售



开本 787×1092 1/32 ·印张 2.5·字数 53 千字
1991 年 12 月北京第一版·1991 年 12 月北京第一次印刷
印数 1—3000

ISBN 7-5022-0550-0

TL·311 定价:1.65 元

内 容 简 介

国际放射防护委员会在 1990 年 11 月通过了它的新建议书(第 60 号出版物)。为了便于直接应用此新建议书,委员会在本报告中发表了过去第 30 号出版物所载工作人员放射性核素年摄入量限值的修正值。这些修正值是根据新的剂量限值、辐射权重因子和组织权重因子等资料计算出来的。

本书可供从事辐射防护实际工作的人员和科研人员以及大专院校有关专业的师生参考。

目 录

序言.....	(1)
1. 引言.....	(1)
2. 剂量学数据.....	(2)
3. 次级限值.....	(5)
4. 结论.....	(6)
参考文献.....	(6)
附录 A 以 1990 年建议书为根据的次级限值	(8)

序 言

本报告由第 2 专门委员会提出,经 1989—1993 届的委员会在 1990 年 11 月通过。委员会对提供附录 A 的数据的 Keith F. Eckerman 博士表示感激。

在草拟本报告时第 2 专门委员会的成员是:

C. B. Meinhold(主席)

W. J. Bair

O. Matsuoka

A. Bouville

H. Métivier

陈兴安

N. Parmentier

G. Drexler

C. R. Richmond

K. F. Eckerman

J. W. Stather

A. Kaul

D. M. Taylor

I. A. Likhtarev

R. H. Thomas

1. 引 言

(1)委员会提出了新的辐射防护建议书(ICRP,1991),使其考虑到与辐射照射伴有的危害有关的新的生物学知识,这份新建议书取代了以前的第 26 号出版物(ICRP,1977)的建

议书。这些新建议的采纳,使得有必要修改第 30 号出版物第 1—4 部分(ICRP, 1979a, 1980, 1981b, 1988)所载的委员会的次级限值。为了便于直接应用这些新建议,委员会计算出了年摄入量限值(ALI)的新数值,在这些数值中引进了新的剂量限值、辐射权重因子和组织权重因子,以及取自第 30 号出版物的代谢和生物动力学数据。以后还将发表第 30 号出版物的完全新的修订,其中将考虑到新的呼吸道模式,新的参考人报告和新的生物动力学模式。

(2)在这里发表的是用于 1990 年建议书的次级限值,它们是以草拟第 30 号出版物期间收集到的剂量学数据为依据,包括第 48 号出版物(ICRP, 1986)中的资料。本报告包括了对第 30 号出版物的数据所作的某些修改,如附表中所示。

2. 剂量学数据

(3)在草拟第 30 号出版物时,计算了下列剂量学数据: 735 种放射性核素的 1351 个吸入量和 855 个食入量,另有 26 种惰性气体放射性核素的 101 种浸没型照射。虽然第 30 号出版物的补编详细列出了某些剂量学数据(10%的规则*限制了所发表的资料数量)(ICRP, 1979b, 1981a, 1982a, b),在田纳西州的橡树岭国家实验所的剂量学数据档案里还保存着未经删节的数据表。自从第 30 号出版物发表后,委员会已经在第

* 10%的规则是指第 30 号出版物中的一条规则:在计算内照射剂量时,凡靶器官的待积有效剂量小于各个靶器官的待积有效剂量中的最大值的 10%的,可以忽略不计。关于计算实例,可参阅李士骏《电离辐射剂量学》第 248 页,原子能出版社,1981。——译者

56 号出版物(ICRP, 1989)中对某些选录出的放射性核素根据较新的生物动力学资料发表了附加的剂量学数据。然而,这些数据是不完整的,所以在计算次级限值时使用了第 30 号出版物的剂量学数据。

(4)委员会对有效剂量 E 作出的定义是:

$$E = \sum_T w_T H_T$$

式中 w_T 是组织 T 的组织权重因子, H_T 是组织或器官 T 的当量剂量。委员会现在对若干器官(结肠、胃、肝、食管和膀胱)指定了明确的 w_T 值,这些器官在第 26 号和 30 号出版物中构成其余器官的一部分(表 1)。第 30 号出版物的基本剂量学数据没有给出食管的数据;由于通过食管的时间很短,所以用胸腺的剂量作为食管剂量的近似。此外,皮肤不再排除在有效剂量的定义之外。

(5)处理其余组织和器官的方法已经从第 30 号出版物所用的方法中稍作改变。其余组织和器官包括肾上腺、脑、小肠、上段大肠、肾、肌肉(在第 30 号出版物中用作乳腺剂量的近似)、胰腺、脾、胸腺和子宫。

(6)工作人员的待积有效剂量 $E(50)$ 按下式计算:

$$E(50) = \sum_{T=i}^{T=j} w_T H_T(50) + w_{\text{其余}} \frac{\sum_{T=k}^{T=l} m_T H_T(50)}{\sum_{T=k}^{T=l} m_T}$$

式中 $H_T(50)$ 是待积当量剂量, w_T 是组织和器官 T_i 至 T_j 的特定权重因子(表 1 中列出的 12 个因子), m_T 是其余组织 T_k 至 T_l (在表 1 附注中列出)的质量, $w_{\text{其余}}$ 是对这些其余组织指定的 w_T (0.05)。

表 1 ICRP 组织权重因子⁽¹⁾

组织或器官	组织权重因子
性腺	0.20
红骨髓	0.12
结肠	0.12
肺	0.12
胃	0.12
膀胱	0.05
乳腺	0.05
肝	0.05
食管	0.05
甲状腺	0.05
皮肤	0.01
骨表面	0.01
其余	0.05 ^{(2),(3)}

- (1) 这些数值是从一个两性人数相等,并且年龄范围很广的参考群体总结出来的。在有效剂量的定义中,这些数值适用于工作人员,整个群体,和任一性别。
- (2) 为了计算的目的,“其余”包括上列以外的下列组织和器官:肾上腺、脑、小肠、上段大肠、肾、肌肉、胰腺、脾、胸腺和子宫。这个表包括有可能受到选择性照射的器官。表中某些器官是已知为易于诱发癌症的。倘若将来还有其他组织和器官被认明有诱发癌症的显著危险性,那么它们将给以特定的 w_T 值,或者包括在这个附加的其余一类中。后者也可以包括受到选择性照射的其他组织或器官。
- (3) 在少有的特殊情形下,单独一个其余组织或器官受到的当量剂量超过了给以特定权重因子的 12 个器官中任何一个的最高剂量,则应对那个组织或器官给以权重因子 0.025,而对上述其余一类的其他组织和器官的平均剂量给以权重因子 0.025。

(7) 在少有的特殊情形下,计算出某一个其余组织或器官受到的待积当量剂量超过了给以特定权重因子的 12 个器官中任何一个的最高剂量,则对那个组织或器官给以权重因子 0.025 ($w_{\text{其余}}$ 的一半),而对其他的其余组织和器官的平均当量剂量给以权重因子 0.025 ($w_{\text{其余}}$ 的另一半)。工作人员的待

积有效剂量 $E(50)$ 按下式计算:

$$E(50) = \sum_{T=i}^{T=l} w_T H_T(50) + 0.02 \frac{\sum_{T=k}^{T=l} m_T H_T(50) - m'_T H'_T(50)}{\sum_{T=k}^{T=l} m_T - m'_T} + 0.025 H'_T(50)$$

式中 m'_T 是某个其余组织或器官的质量,其所受的待积当量剂量经过计算高于具有特定 w_T 值的任何组织或器官,而 $H'_T(50)$ 是该组织的待积当量剂量。

3. 次级限值

(8)对于职业性照射,1990年建议书限制五年期间的有效剂量为 0.1Sv (平均每年为 0.02Sv),而任何一年的限值为 0.05Sv ,另外规定皮肤和手的当量剂量的年限值为 0.5Sv ,眼晶体的年限值为 0.15Sv 。后者就身体受到的外照射来说是重要的。在内照射的情形下,摄入量的年限值是以待积有效剂量 0.02Sv 为根据的。因此,对任一放射性核素的年摄入量限值(ALI)是将年平均有效剂量限值(0.02Sv)除以摄入这种放射性核素 1Bq 产生的待积有效剂量 $E(50)$ 而得出的。

(9)在第30号出版物中曾经指出,如果任何一种特定物质的行为预期与所用的剂量学模式有显著的差异,则使用的模式应当有所改变,只要可以得到的具体数据表明有理由作出这种改变的话。这个意见在这里仍然适用。

4. 结 论

(10)有效剂量是一个相当坚固的量,所以组织权重因子的改变对于每单位摄入量的有效剂量数值的影响不大。然而,在没有明确的器官当量剂量限值时,权重因子对于在相应于委员会的摄入量限值(ALI)下的摄入所致的器官当量剂量,有着强烈的影响。在1990年建议书中发展起来的ALI在大多数情形下要比以前更严格,然而对有效剂量的限制却是还允许对骨表面(及肾脏)产生的待积当量剂量达到大约1Sv量级的那种摄入量。由于这些沉积在体内的放射性核素所产生的照射要拖延很长时间,所以终生的当量剂量大概不致大到足以导致决定性效应(deterministic effects)的程度。

(11)此外,对于发射 α 粒子的放射性核素,这里计算出来待积有效剂量(或当量剂量),包括着以潜在的随机性效应为依据的权重因子20。这几乎肯定是过高地估计了决定性效应的可能性。

参 考 文 献

- ICRP(1977). *Recommendations of the ICRP*. ICRP Publication 26. Annals of the ICRP 1(3). Reprinted (with additions) in 1987.
- ICRP (1979a). *Limits for the Intake of Radionuclides by Workers*. ICRP Publication 30 Part 1. Annals of the ICRP 2(3/4).
- ICRP (1979b). *Limits for the Intake of Radionuclides by Workers*. ICRP Publication 30, Supplement to Part 1. Annals of the ICRP 3 (1-4).
- ICRP (1980). *Limits for the Intake of Radionuclides by Workers*. ICRP Publication 30, Part 2. Annals of the ICRP 4 (3/4).
- ICRP (1981a). *Limits for the Intake of Radionuclides by Workers*. ICRP Publication 30,

- Supplement to Part 2. *Annals of the ICRP* 5 (1—6).
- ICRP (1981b). *Limits for the Intake of Radionuclides by Workers*. ICRP Publication 30, Part 3 (including addendum to Parts 1 and 2). *Annals of the ICRP* 6 (2/3).
- ICRP (1982a). *Limits for the Intake of Radionuclides by Workers*. ICRP Publication 30, Supplement A to Part 3. *Annals of the ICRP* 7 (1—3).
- ICRP (1982b). *Limits for the Intake of Radionuclides by Workers*. ICRP Publication 30, Supplement B to Part 3 (including addendum to the Supplements of Parts 1 and 2). *Annals of the ICRP* 8 (1—3).
- ICRP (1988). *Limits for the Intake of Radionuclides by Workers*. ICRP Publication 30, Part 4, An Addendum. *Annals of the ICRP* 19 (4).
- ICRP (1986). *The Metabolism of Plutonium and Related Elements*. ICRP Publication 48. *Annals of the ICRP* 16 (2/3).
- ICRP (1989). *Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides*. ICRP Publication 56, Part 1. *Annals of the ICRP* 20 (2).
- ICRP (1991). *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP* 21 (1—3).

附录 A:以 1990 年建议书 为根据的次级限值

表 A-1 工作人员年摄入量限值 ALI(Bq)

核素	吸入			食入	
	类	f_1	ALI	f_1	ALI
氢*					
H-3 (12.35a)	V	1.0	1×10^9	1.0	1×10^9
铍					
Be-7 (53.3d)	W	5×10^{-3}	3×10^6	5×10^{-3}	6×10^8
	Y	5×10^{-3}	2×10^8		
Be-10 (1.6×10^6 a)	W	5×10^{-3}	2×10^6	5×10^{-3}	1×10^7
	Y	5×10^{-3}	2×10^6		
碳**					
C-11 (20.38min)	c	1.0	6×10^9	1.0	6×10^9
	m	1.0	2×10^{10}		
	d	1.0	9×10^9		
C-14 (5730a)	c	1.0	4×10^7	1.0	4×10^7
	m	1.0	3×10^{10}		
	d	1.0	3×10^9		
氟					
F-18 (109.77min)	D	1.0	9×10^8	1.0	4×10^8
	W	1.0	1×10^9		
	Y	1.0	9×10^8		
钠					
Na-22 (2.602a)	D	1.0	1×10^7	1.0	7×10^6
Na-24 (15.00h)	D	1.0	6×10^7	1.0	5×10^7

* 表示蒸汽形式。

** c, m 和 d 分别表示标记的有机化合物, 一氧化碳和二氧化碳。

表 A-1(续)

核素	吸入			食入	
	类	f_1	ALI	f_1	ALI
镁					
Mg-28	D	0.5	2×10^7	0.5	8×10^6
(20.91h)	W	0.5	1×10^7		
铝					
Al-26	D	0.01	1×10^6	0.01	4×10^6
(7.16 $\times 10^5$ a)	W	0.01	1×10^6		
硅					
Si-31	D	0.01	4×10^8	0.01	2×10^8
(157.3min)	W	0.01	4×10^8		
	Y	0.01	4×10^8		
Si-32	D	0.01	3×10^6	0.01	2×10^7
(450a)	W	0.01	1×10^6		
	Y	0.01	7×10^4		
磷					
P-32	D	0.8	1×10^7	0.8	8×10^6
(14.29d)	W	0.8	5×10^6		
P-33	D	0.8	1×10^8	0.8	8×10^7
(25.4d)	W	0.8	3×10^7		
硫					
S-35	D	0.8	2×10^8	0.8	1×10^8
(87.44d)	W	0.8	3×10^7	0.1	7×10^7
	V	1.0	2×10^8		
氯					
Cl-36	D	1.0	3×10^7	1.0	2×10^7
(3.01 $\times 10^5$ a)	W	1.0	3×10^6		
Cl-38	D	1.0	5×10^8	1.0	2×10^8

表 A-1(续)

核素	吸入			食入	
	类	f_1	ALI	f_1	ALI
(37. 21min)	W	1. 0	6×10^8		
Cl-39	D	1. 0	6×10^8	1. 0	2×10^8
(55. 6m)	W	1. 0	7×10^8		
钾					
K-40	D	1. 0	6×10^6	1. 0	4×10^6
(1. 289a)					
K-42	D	1. 0	5×10^7	1. 0	5×10^7
(12. 36h)					
K-43	D	1. 0	1×10^8	1. 0	9×10^7
(22. 6h)					
K-44	D	1. 0	8×10^8	1. 0	2×10^8
(22. 13min)					
K-45	D	1. 0	1×10^9	1. 0	4×10^8
(20min)					
钙					
Ca-41	W	0. 3	7×10^7	0. 3	7×10^7
(1. 4 $\times 10^5$ a)					
Ca-45	W	0. 3	1×10^7	0. 3	2×10^7
(163d)					
Ca-47	W	0. 3	1×10^7	0. 3	1×10^7
(4. 53d)					
钪					
Sc-43	Y	1×10^{-4}	3×10^8	1×10^{-4}	1×10^8
(3. 891h)					
Sc-44	Y	1×10^{-4}	2×10^8	1×10^{-4}	6×10^7
(3. 927h)					

表 A-1(续)

核素	吸入			食入	
	类	f_1	ALI	f_1	ALI
Sc-44M (58.6h)	Y	1×10^{-4}	9×10^6	1×10^{-4}	6×10^6
Sc-46 (83.83d)	Y	1×10^{-4}	3×10^6	1×10^{-4}	1×10^7
Sc-47 (3.351d)	Y	1×10^{-4}	3×10^7	1×10^{-4}	3×10^7
Sc-48 (43.7h)	Y	1×10^{-4}	2×10^7	1×10^{-4}	1×10^7
Sc-49 (57.4min)	Y	1×10^{-4}	7×10^8	1×10^{-4}	3×10^8
钛					
Ti-44 (47.3a)	D	0.01	2×10^5	0.01	3×10^6
	W	0.01	4×10^5		
	Y	0.01	7×10^4		
Ti-45 (3.08h)	D	0.01	4×10^8	0.01	1×10^8
	W	0.01	4×10^8		
	Y	0.01	4×10^8		
钒					
V-47 (32.6min)	D	0.01	1×10^9	0.01	3×10^8
	W	0.01	1×10^9		
V-48 (16.238 d)	D	0.01	2×10^7	0.01	8×10^6
	W	0.01	7×10^6		
V-49 (330 d)	D	0.01	5×10^8	0.01	9×10^8
	W	0.01	2×10^8		
铬					
Cr-48	D	0.1	2×10^8	0.1	9×10^7

表 A-1(续)

核素	吸入			食入	
	类	f_1	ALI	f_1	ALI
(22.96 h)	W	0.1	9×10^7	0.01	8×10^7
	Y	0.1	8×10^7		
Cr-49 (42.09 min)	D	0.1	1×10^9	0.1	4×10^8
	W	0.1	1×10^9	0.01	4×10^8
	Y	0.1	1×10^9		
Cr-51 (27.704 d)	D	0.1	7×10^8	0.1	5×10^8
	W	0.1	3×10^8	0.01	4×10^8
	Y	0.1	2×10^8		
锰					
Mn-51 (46.2 min)	D	0.1	6×10^8	0.1	2×10^8
	W	0.1	8×10^8		
Mn-52 (5.591 d)	D	0.1	2×10^7	0.1	1×10^7
	W	0.1	1×10^7		
Mn-52 M (21.1 min)	D	0.1	1×10^9	0.1	3×10^8
	W	0.1	1×10^9		
Mn-53 (3.7×10^8 a)	D	0.1	4×10^8	0.1	6×10^8
	W	0.1	2×10^8		
Mn-54 (312.5 d)	D	0.1	2×10^7	0.1	3×10^7
	W	0.1	1×10^7		
Mn-56 (2.5785 h)	D	0.1	2×10^8	0.1	9×10^7
	W	0.1	2×10^8		
铁					
Fe-52 (8.275 h)	D	0.1	4×10^7	0.1	1×10^7
	W	0.1	4×10^7		
Fe-55 (2.7 a)	D	0.1	3×10^7	0.1	1×10^8
	W	0.1	6×10^7		