

工作人员的放射性核素摄入量限值

国际放射防护委员会第30号出版物

(第二部分)

原子能出版社

国际放射防护委员会第30号出版物
(第二部分)

工作人员的放射性核素 摄入量限值

国际放射防护委员会第2专门委员会报告

(委员会1978年7月通过)

本报告取代ICRP第2号出版物

董柳灿

陈丽姝 张永兴 校

原子能出版社

1983

ICRP Publication 30

Part 2

Limits for Intakes of Radionuclides by Workers

ICRP, Pergamon Press, 1980

国际放射防护委员会第30号出版物

(第二部分)

工作人员的放射性核素摄入量限值

董柳灿 译

陈丽姝 张永兴 校

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

重庆印制一厂印刷

(重庆枇杷山后街87号)

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本787×1092 1/32·印张37/8·字数86千字

1983年10月第一版·1983年10月第一次印刷

印数 1—4000·统一书号: 15176·489

定价: 0.50元

内 容 简 介

本书介绍了氟、钠、硫、氯等30种元素的代谢模型和年摄入量限值。书中给出的数据应与ICRP第30号出版物第一部分介绍的正文和剂量学模型一起使用。

书后还发表了国际放射防护委员会于1980年在布赖顿会议上的声明和建议。声明中对ICRP第26号出版物的一些重要问题（例如眼睛体的剂量当量限值、危险度的最新估计、氢及其子体的职业性照射以及总危害的评价等等）作了说明。并介绍了委员会及其四个专门委员会今后的工作。

本书可供从事辐射防护、放射生物学和放射医学等有关方面的现场工作人员、科研人员、管理人员及大专院校有关专业师生参考。

致 读 者

ICRP 第30号出版物分几部分出版，每部分都有一份补编。另外，还要单独出版一本关于放射性核素蜕变的报告。

第一部分包括ICRP第30号出版物的正文，它介绍了所应用的剂量估算方法，还列出了具有一些在放射防护方面甚为重要的放射性同位素的21种元素的数据。

其他部分，一旦有了资料就陆续出版。

每部分都有一份补编，它将给出该部分所涉及的每一种放射性核素的详细数据。这些数据引自橡树岭国立实验室编制的一些表格，并直接由计算机打印而成。

ICRP年鉴的订户自然会收到ICRP第30号出版物的所有部分及其补编（每部分及其补编还能单独买到）。但是，为了保证读者能及时收到ICRP所有的出版物，希望读者订购ICRP年鉴。订户订购的书直接由印刷商发送（用飞机发送到北美和日本），这样至少能节省20%的费用。

目 录

绪言.....	1
氟.....	4
钠.....	7
硫.....	9
氯.....	14
氩.....	16
钾.....	17
钙.....	20
铬.....	22
铁.....	26
铜.....	30
锌.....	33
溴.....	37
铷.....	40
钇.....	44
锆.....	48
钨.....	53
铈.....	56
银.....	59
镉.....	62
铟.....	67
氙.....	70
钡.....	72

铼.....	75
钺.....	79
铀.....	82
金.....	86
汞.....	89
铅.....	98
铋.....	103
铊.....	106
附录.....	111
ICRP 第23号出版物正误表.....	112

绪 言

本报告中给出的数据与 ICRP 第30号出版物第一部分^[1]介绍的正文和剂量学模型一起应用。本绪言中涉及的两小节就是ICRP第30号出版物第一部分的有关内容。

自第一部分出版以后，委员会决定（如本报告前面所报道的）将眼晶体的剂量当量限值由每年 0.3Sv 减小到每年 0.15Sv。当考虑放射性惰性气体氡和氡同位素的导出空气浓度（DAC）时，应用了这个新的数值。附录中（本报告的末尾）报道了第一部分给出的一些氡放射性同位素的DAC值的相应变化。

为了推导本部分所考虑的某些元素的放射性同位素年摄入量限值（ALI），下述几点作为对第一部分正文的补充。

1. ^{37}Ar 浸没照射的 DAC

在第一部分第 8.2.3 节中讨论的这些方法，对于发射光子或是发射较高能量电子的惰性气体氡、氡、氡的所有放射性同位素都是适用的。然而， ^{37}Ar 通过电子俘获发射俄歇电子（其能量太小穿不透深度为 70 μm 的皮肤表皮基底层）和能量小于 3keV（这能量仅有一小部分能穿透上述深度）的X射线进行衰变。在这种情况下，按第一部分第 8.2.1 节介绍的以肺部剂量当量率考虑元素氡的方法来限制 ^{37}Ar 的照射是合适的。

2. 吸 收 份 额

钋的代谢数据中, 离开转移隔室的部分元素向红骨髓易位, 红骨髓在第一部分第四章和第七章中尚未考虑作为源器官。对于在体内红骨髓中那部分钋的放射性同位素, 光子的吸收份额取自Snyder等^[2]的结果。对于红骨髓中钋放射性同位素产生的 β 粒子, 假设红骨髓的吸收份额AF ($RM \leftarrow RM$) 等于1。邻近红骨髓的骨表面的剂量当量取作红骨髓的平均剂量, 因此整个骨表面BS (其中仅有一半邻近红骨髓, 参见第一部分第七章第7.2节) 的剂量当量为红骨髓剂量当量的一半。

对于膀胱中金的放射性同位素, 由 β 粒子在膀胱壁中产生的剂量当量取为膀胱包容物剂量当量的一半。光子的吸收份额数值取自Deus等^[3]的结果。

钨和铈这两种元素由转移隔室向胃壁易位, 在第一部分第四章中尚未把胃壁作为一个源器官来考虑。对于这些元素的放射性同位素, β 粒子的吸收份额AF ($胃壁 \leftarrow 胃壁$) 取为1, 光子的吸收份额数值取自Deus等^[3]的结果。

脑是铜和汞这两种元素的源器官。用Snyder等^[4]介绍的方法计算了这些元素的放射性同位素光子的吸收份额AF ($脑 \leftarrow 脑$) 数值, β 粒子的吸收份额AF取为1。

有关每种元素的代谢数据放在放射性半衰期大于10min的该元素的放射性同位素的ALI和DAC数值表之前。

所介绍的代谢模型是该元素的稳定性同位素化合物的代谢模型。本文给出的滞留数据, 在必要时, 已对有关放射性核素的放射性衰变作了修正。因为个体与个体之间胃肠道吸

收的变化相当大,所以 f_1 的数值(稳定元素进入胃肠道之后到达体液的份额)只给出1位有效数字(参见第一部分第六章第6.2节)。对于吸入的情况,对该元素的各种化合物相应的吸入类别(D、W和Y)给出了ALI和DAC的数值(参见第一部分第五章)。

在代谢数据中,用符号 t 表示时间时,除非另有说明,否则它的单位始终是以天表示的。

ALI的数值(Bq)是给出了经口入和吸入途径进入体内的值。需要强调指出的是,吸入的限值是相应的ALI值;仅仅为了方便起见,才给出了40h工作周的DAC数值(Bq/m³),故DAC的数值始终应当谨慎使用(参见第一部分第三章第3.4节)。吸入的ALI和DAC是相应于活度中值空气动力学直径(AMAD)为1 μ m的粒子。至于其他尺寸粒子的数值的修正方法在第一部分第五章第5.5节中介绍,需要的数据在本部分的补编中给出。

如果ALI的数值是依据个别器官或组织的非随机性效应的剂量当量限值来确定的,则满足委员会为限制随机性效应所推荐的年摄入量最大值在ALI下方的括号内给出。适用于非随机性效应限值的器官或组织在上述两个数值下面给出。当ALI是依据随机性效应的限值来确定时,就只给出这个数值(参见第一部分第四章第4.7节)。

这里给出的所有ALI和DAC数值都是适用于职业性照射的成年人,为任何其他目的使用这些值时必须慎重(参见第一部分第九章)。

参 考 文 献

- [1] ICRP Publication 30, Part 1, Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. Annals of ICRP 2, №.3/4, 1979.
- [2] Snyder, W. S., Ford, Mary R. and Warner, G. G. Estimates of specific absorbed fractions for photon sources uniformly distributed in various organs of a heterogeneous phantom. MIRD Pamphlet №. 5 Revised, Society of Nuclear Medicine(1978).
- [3] Deus, S. F., Provenzano, V. and Snyder, W. S. (1977). Specific absorbed fractions for photons emitted in the walls of the GI tract. *Health Phys.*, 33, 191-197.
- [4] Snyder, W. S., Ford, M. R., Warner, G. G. and Watson, S. B. (1974). A tabulation of dose-equivalent for microcurie-day for source and target organs of an adult for various radionuclides. Oak Ridge National Laboratory Report ORNL-5000.

氟 的 代 谢 数 据

1. 代 谢

参考人的数据^[1]:

人体的含氟量	2.6g
骨的含氟量	2.5g
每天从食物和液体中的摄入量	1.8mg

2. 代谢模型

(a) 吸收入血

存在于食物中的氟化物或者包含在饮水中的氟化物很快地而且几乎全部地被吸收^[1]。对于液体中的大多数氟的无机化合物^[2]，上述结论似乎也是正确的，在本报告中对于氟的所有化合物， f_1 值均取为1。

(b) 吸入分类

ICRP关于肺动力学工作小组^[3]把各种不同元素的氟化物指定为D、W或Y类吸入。关于个别元素的氟化物的吸入类别资料，应当参考该元素的代谢数据或者工作小组的报告。

吸入类别	f_1
D	1
W	1
Y	1

(c) 分布及滞留

进入血液的氟很快地沉积在无机骨中^[4-7]，注入后20 min基本上全部沉积下来^[5,8]。

本报告假设进入转移隔室的全部氟瞬时地向骨骼易位。因为本报告考虑的氟同位素中没有一个放射性半衰期是大于120min的，所以为了辐射防护目的，假设沉积在骨骼中的氟长期地滞留在那里是合适的^[5,8]。

3. 估算骨剂量时的同位素分类

本报告考虑的氟同位素中没有一个放射性半衰期大于120min的，所以假设氟沉积在骨骼中之后总是均匀地分布在

骨表面上。

参 考 文 献

- [1] ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man, Pergamon Press, Oxford, 1975.
- [2] Underwood, E. J. Trace Elements in Human and Animal Nutrition Academic Press, London, 1971, pp. 368-406.
- [3] ICRP Task Group on Lung Dynamics (1966), Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract, *Health Phys.* 12, 173-207.
- [4] Wootton, R. (1974). The Single Passage Extraction of ^{18}F in Rabbit Bone, *Clinical Science and Molecular Medicine*, 47, 73-77.
- [5] Costeas, R., Woodard, H. Q. and Laughlin, J. S. (1970). Deposition of ^{18}F from Blood Flowing Through Bone, *J. Nucl. Med.*, 11, 43-45.
- [6] Humphreys, E. R., Fisher, G. and Thorne, M. C. (1977). The Measurement of Blood Flow in Mouse Femur and its Correlation with ^{239}Pu Deposition, *Calcif. Tiss. Res.* 23, 141-145.
- [7] Hall, L. L., Kilpper, R. W., Smith, F. A., Morken, D. A. and Hodge, H. C. (1977). Kinetic model of fluoride metabolism in the rabbit, *Environ. res.* 14, 285-302.

氟同位素的年摄入量限值ALI(Bq)
和导出空气浓度DAC(Bq/m³)(40h/wk)

放射性核素		口 入	吸 入		
			D类	W类	Y类
		$f_1=1$	$f_1=1$	$f_1=1$	$f_1=1$
^{18}F	ALI	2×10^9 (2×10^9) 胃壁	3×10^9	3×10^9	3×10^9
	DAC	—	1×10^6	1×10^6	1×10^6

钠的代谢数据

1. 代 谢

参考人的数据^[1]:

人体的含钠量	100g
软组织的含钠量	68g
骨骼的含钠量	32g
每天从食物和液体中的摄入量	4.4g

2. 代 谢 模 型

(a) 吸收入量

实际上全部钠都被人的胃肠道所吸收^[2], 因此 f_1 值取为

1。

(b) 吸入分类

ICRP 肺动力学工作小组^[3]把钠的全部化合物均指定为 D 类吸入, 在本报告中采用了这种分类。

吸入分类	f_1
D	1
W	—
Y	—

(c) 分布及滞留

人体内钠的生物半排期受饮食中稳定性钠含量的影响很大, 每天摄入量为0.25g时半排期为335d, 而每天摄入量为30g

时半排期则减为5d^[4]。对3个人体的研究表明钠有3种滞留成分^[5]，其生物半排期分别为8.5d、13.5d和445d。在这些情况下，对应于长半排期成分的份额小于钠给予量的0.03%。Vennart^[6]也报道了生物半排期为1100d的钠滞留长半排期成分，约占给予放射性核素的0.35%。

在本报告中，假设钠离开转移隔室向骨骼易位的份额为0.3；假设离开转移隔室的剩余部分钠均匀分布在人体的所有其他器官和组织中；假设沉积在骨骼中的钠中有0.99和0.01份额分别以10d和500d的生物半排期滞留下来；假设沉积在除骨骼以外的人体任何器官和组织中的钠以10d的生物半排期滞留下来。这些滞留函数与所观察到的人体中钠的滞留以及参考人^[1]中给出的器官和组织中含稳定性钠的量是一致的。

3. 估算骨剂量时的同位素分类

钠主要与细胞内液及细胞外液有关联，所以假设钠的放射性同位素沉积在骨骼中之后总是均匀地分布在整个无机骨、骨髓、软骨和关节周围组织中。

参 考 文 献

- [1] ICRP Publication 23, Report of the ICRP Task Group on Reference Man, Pergamon Press, Oxford, 1975.
- [2] Wiseman, G., Absorption from the Intestine, Academic Press, London, 1964, pp.191-198.
- [3] ICRP Task Group on Lung Dynamics(1966), Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract, *Health Phys.*, 12, 173-207.
- [4] Smiley, M. G., Dahl, L. K., Spraragen, S. C., Silver, L.

(1961). Isotopic Sodium Turnover Studies in Man: Evidence of Minimal Sodium(Na^{22})Retention 6 to 11 Months after Administration. *J. Lab. Clin. Med.* 58, 60-66.

【5】 Richmond, C. R. and Furchner, J. E. Estimation of radiation protection guides: Interspecies correlations. In: Proc. of the First Inter. Congr. of Rad. Prot., Rome, Italy(September 5-10 1966) Vol. 11, Pergamon Press, New York (1968), pp. 1417-1431.

【6】 Vennart, J. External Counting. In: Diagnosis and Treatment of Radioactive Poisoning, ST1/PUB65(IAEA, 1963)pp. 3-22.

钠同位素的年摄入量限值ALI(Bq)和
导出空气浓度DAC(Bq/m³)(40h/wk)

放 射 性 核 素		口 入	吸 入
			D类
		$f_1=1$	$f_1=1$
^{22}Na	ALI	2×10^7	2×10^7
	DAC	—	1×10^4
^{24}Na	ALI	1×10^8	2×10^8
	DAC	—	8×10^4

硫的代谢数据

1. 代 谢

参考人的数据^[1]:

全身的含硫量	140g
软组织的含硫量	120g

每天从食物和液体中的摄入量

0.85g

2. 代谢模型

(a) 吸收入血

人的胃肠道对硫的吸收, 对于该元素的有机化合物来说, 其吸收份额一般大于 0.6^[2,3]。根据 Dziewiatkowski^[4]的一些实验, 可以估算出食入 $\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$ 中的 ^{35}S 的吸收份额大于 0.75。胃肠道对元素硫的吸收要比对该元素的无机化合物的吸收少得多^[5]。在本报告中, 对于硫的所有无机化合物的 f_1 值均取为 0.8, 而对于元素状态的硫 f_1 值取为 0.1。

(b) 吸入分类

放射性硫从肺廓清的速率很大程度上取决于被吸入的该元素的化合物。ICRP 肺动力学工作小组^[6]把所有元素的硫酸盐和硫化物指定为 D 类吸入或是 W 类吸入。

关于个别元素的硫酸盐和硫化物的有关分类资料, 应当参考那种元素的代谢数据或者工作小组的报告^[6]。

假设元素硫为 W 类吸入。

为了辐射防护目的, 假设吸入之后进入胃肠道的元素硫和该元素的所有无机化合物的 f_1 值均取为 0.8, 尽管大家公认这对于元素硫或许是一种颇为保守的假设。

吸入分类	f_1
D	0.8
W	0.8
Y	—

还必须考虑 SO_2 、 COS 、 H_2S 和 CS_2 等气体的吸入。根据一篇文献述评, Vennart 和 Ash^[7]得出结论认为, 假设吸