

工作人员的放射性核素摄入量限值：
补编

国际放射防护委员会第30号出版物

(第四部分)

原子能出版社

国际放射防护委员会第30号出版物

(第四部分)

工作人员的放射性核素 摄入量限值：补编

国际放射防护委员会第2专门委员会报告

(委员会1987年9月通过)

本报告取代第30号出版物的某些部分

董柳灿 译

原子能出版社

内 容 简 介

本书是国际放射防护委员会第30号出版物的一个补编。本补编依据ICRP第48号出版物的建议,简要地叙述了铊、钷、钷、铜、铈、铈、铈、铈和钷等元素的代谢数据,介绍了这些元素的同位素的次级限值,即年摄入量限值(ALI)和导出空气浓度(DAC),同时还首次给出了 ^{82}Sr 、 ^{95}Tc 、 ^{95}Tc 、 ^{116}Sb 、 ^{246}Pu 以及 ^{250}Cm 等放射性核素的次级限值。

本书可供辐射防护、放射医学和放射生物学等方面的科研人员、管理人员及大专院校有关专业师生参考。

ICRP Publication 30

Part 4

Limits for Intakes of Radionuclides by

Workers; an Addendum

ICRP, Pergamon Press, 1987

国际放射防护委员会第30号出版物

(第四部分)

工作人员的放射性核素摄入量限值: 补编

董柳灿 译

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

国防科工委印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

☆

开本 $787\times 1092\frac{1}{32}$ ·印张9.5·字数213千字

1991年2月北京第一版·1991年2月北京第一次印刷

印数1—1000

ISBN7-5022-0374-5

X·12 定价: 5.80元

2176/24

绪 言

1977年,委员会在其ICRP第26号出版物中发表了新的辐射防护指导原则。其后要求第2专门委员会,就其1959年作为ICRP第2号出版物发表的“内照射容许剂量”报告编写一个新的文本。这份修订的报告,即工作人员的放射性核素摄入量限值,于1979年至1982年期间按三个部分和补遗作为ICRP第30号出版物发表了。编写第30号出版物主要利用研究参考人、肺动力学、骨组织辐射敏感性以及钷和其他锕系元素化合物代谢的工作组所提出的大量建议。

1981年,委员会设立了一个工作组,对以往在ICRP第19号出版物中评述过的关于钷、铪和3价锕系元素的代谢资料,重新进行审议、修改和补充。特别注意了关于由胃肠道的吸收、在骨骼和肝之间的分布以及在骨骼和肝中滞留的资料。1986年,该工作组的报告作为ICRP第48号出版物发表了,题名为“钷及有关元素的代谢”。因为第30号出版物取决于ICRP第19号出版物中关于钷、铪和3价锕系元素代谢行为的资料,所以提出的这些元素的代谢参数的变更已隐含于ICRP第30号出版物给出的次级限值的数值之中。在ICRP第30号出版物的本补编中,给出了铪、钷、钍、镅、

铍、铜、镓、钼和钆的同位素的次级限值。

还首次给出了在ICRP第48号出版物中没有讨论的若干元素的同位素的次级限值。这些元素的同位素是 ^{82}Sr 、 ^{95m}Tc 、 ^{95}Tc 、 ^{116}Sb 、 ^{246}Pu 以及 ^{250}Cm 。

在本报告编写期间(1986年~1987年)，第2专门委员会的成员是：

C.B. Meinhold(主席) G. Drexler J.P. Moroni

J.O. Snihs

W.J. Bair K.F. Eckerman Y.I. Moskaev

D.M. Taylor

X. Chen A. Kaul N. Parmentier R.H. Thomas

R.H. Clarke O. Matsuoka C.R. Richmond

由原为ICRP第30号出版物进行计算工作而建立的剂量计算工作组负责剂量学计算。在本报告编写期间该工作组成员是：

K.F. Eckerman(主席) L.T. Dillman

M. Cristy R.W. Leggett

该工作组对J.C. Ryman协助完成作为本报告基础的计算工作表示感谢。

献 词

——献给 J. VENNART

委员会对 J. Vennart 无私地指导和领导第 2 专门委员会的工作，为第 30 号出版物和许多其他 ICRP 报告做出的巨大贡献表示真挚的感谢。Vennart 博士对第 2 专门委员会的高明领导，为能圆满完成第 30 号出版物创造了一个良好的研究气氛，而编写这样一份文件需要大量的时间和巨大的精力。Vennart 博士对他自己的工作孜孜不倦，而在专门委员会内部总是欢迎和鼓励更进一步的讨论。他以他的洞察力和对各类论题的广博学识巧妙地指导解决有争议的问题。委员会和第 2 专门委员会对 Vennart 博士表示最深切的谢忱，并谨以第 30 号出版物的本补编敬献给他。

引 言

1979年,国际放射防护委员会发布了ICRP第30号出版物,即工作人员的放射性核素摄入量限值^[1]。1981年,委员会成立了一个工作组,对以往在1972年ICRP第19号出版物^[2]中论述的关于钷、镥和3价锕系元素代谢资料进行审议、更新和扩充。特别注意了有关胃肠道的吸收,在骨骼和肝之间的分布以及在骨骼和肝中的滞留。1986年,该工作组的报告作为ICRP第48号出版物^[3]发布,题名为《钷及有关元素的代谢》。因为第30号出版物强烈地依赖于ICRP第19号出版物,所以在ICRP第48号出版物中叙述的关于钷、镥和3价锕系元素在体内行为的资料,已蕴涵于ICRP第30号出版物中叙述的次级限值的数值之中。ICRP第30号出版物的本补编中,依据ICRP第48号出版物的建议,叙述了镥、钷、镱、铪、铪、铪、铪、铪、铪和钷等一些同位素的次级限值。

除ICRP第48号出版物中所讨论的元素的同位素之外,还叙述了若干个元素的同位素的次级限值。对于这些放射性同位素,在完成元素的剂量计算的时候,还不能获得核素的衰变数据,但是详细的资料后来列入了ICRP第38号出版物^[4]中。由于这个原因,在这里首次叙述⁸²Sr、^{95m}Tc、⁹⁵Tc、

^{116}Sb 、 ^{246}Pu 及 ^{250}Cm 的次级限值。除了后两个放射性核素外，用于这种计算的代谢模型就是 ICRP 第30号出版物中所给出的，并且不作进一步讨论。按照修改的钚和镅的次级限值来介绍 ^{246}Pu 和 ^{250}Cm 的数据。

本报告涉及到数量有限的放射性核素次级限值即年摄入量限值(ALI)和导出空气浓度(DAC)的数值。对于镓、钪、钼、铜、镉、铟、铱和钨，简要地叙述该元素的代谢数据之后就介绍这些核素的次级限值。正文简单地陈述计算中所使用的一些代谢参数，为要深入讨论代谢资料，读者应当查阅 ICRP 第48号出版物。在这里没有讨论计算中所使用的剂量学模型，读者可参考 ICRP 第30号出版物第一部分。对于附加的放射性核素，在这里没有叙述这些元素的代谢模型。那样的资料也能在 ICRP 第30号出版物中找到。本报告的附录中给出了这些放射性核素的剂量学数据；这些数据取代 ICRP 第30号出版物补遗中所包含的数据。

目 录

绪言.....	(I)
献词.....	(IV)
引言.....	(V)
镱.....	(1)
铀.....	(4)
镅.....	(8)
铜.....	(12)
镓.....	(16)
铜.....	(19)
镓.....	(23)
镓.....	(25)
钼.....	(28)
其他放射性核素.....	(30)
参考文献.....	(32)
附录 A.....	(33)
索引.....	(263)

镓的代谢数据

1. 代 谢

镓不是天然存在的元素，不能获得有关其在人体内分布的数据。因此必须依靠动物的数据。最近一个工作组评述了这些数据，他们的报告即 ICRP 第 48 号出版物^[3]为这里所阐述的代谢数据提供了依据。在本报告中只介绍直接适用于计算镓次级限值的资料。进一步的资料可以在 ICRP 第 48 号出版物中找到。

2. 代 谢 模 型

(a) 吸收入血

该工作组审议了关于各种动物的胃肠道对镓吸收的数据。使用硝酸盐的一些早期研究表明，以每千克身体质量几毫克²³⁷Np 管饲大鼠的吸收份额约为 0.01~0.02^[5]。仍然使用硝酸盐的后来一些实验^[6~8]清楚地显示了给予的质量对镓吸收的显著影响。当质量含量在每千克身体质量 22 和 43mg ²³⁷Np 之间时，大鼠的吸收份额大约从 0.01 变化到 0.03。然而，给予的质量仅为每千克身体质量 10mg 时，吸收小于上述份额的十分之一左右。该工作组认为， 10^{-3} 值作为由胃肠道对镓吸收的最佳估计值是合适的。

(b) 吸入类别

该工作组审议了关于吸入镱化合物行为的最近资料，并得出结论，可获得的少量数据与 ICRP 第 30 号出版物^[1]指定所有镱化合物为 W 类吸入是一致的。

吸入类别	f_1
D	—
W	10^{-3}
Y	—

(c) 分布和滞留

关于镱的分布数据表明，它的代谢行为与钍的代谢行为相类似；然而在骨骼中，镱的分布更像钙而不像钍。该工作组建议，假设离开转移隔室的镱的 75% 向无机骨易位，而 15% 向肝易位。镱向性腺组织易位的份额估计为 10^{-5} 每克，该值相当于向睾丸转移的份额为 3.5×10^{-4} ，向卵巢转移的份额为 1.1×10^{-4} 。离开转移隔室的其余部分镱假设以 0.25d 的半廓清期清除掉。

向无机骨易位的镱假定以 50a 的生物半排期排除掉，而向肝易位的镱假定以 20a 的生物半排期排除掉。向性腺易位的镱假定永久留在那里。

3. 估算骨剂量时对同位素的分类

初始沉积在骨中的镱更像钙而不像钍^[9]。尽管如此，镱沉积之后在早期主要与骨表面有联系，它不像碱土元素那样

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

放射性核素		口 入	吸 入
			W 类
		$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-3}$
^{232}Np	ALI	5×10^9	7×10^7 (2×10^8)
	DAC		骨 表 面 3×10^4
^{233}Np	ALI	3×10^{10}	1×10^{11}
	DAC		5×10^7
^{234}Np	ALI	8×10^7	1×10^8
	DAC		4×10^4
^{235}Np	ALI	8×10^8 (9×10^8)	3×10^7 (5×10^7)
	DAC	下段大肠壁	骨 表 面 1×10^4
^{236}Np $T_{1/2}=1.15 \times 10^5 \text{a}$	ALI	9×10^4 (2×10^5)	800 (2×10^5)
	DAC	骨 表 面	骨 表 面 0.3
^{236}Np $T_{1/2}=22.5 \text{h}$	ALI	1×10^8 (1×10^8)	1×10^6 (3×10^6)
	DAC	骨 表 面	骨 表 面 400
^{237}Np	ALI	2×10^4 (5×10^4)	200 (400)
	DAC	骨 表 面	骨 表 面 0.06
^{238}Np	ALI	5×10^7	2×10^6 (6×10^6)
	DAC		骨 表 面 1×10^3
^{239}Np	ALI	6×10^7 (6×10^7)	8×10^7
	DAC	下段大肠壁	
^{240}Np	ALI	8×10^8	3×10^4
	DAC		3×10^9 1×10^6

在骨基质中易于迁移。由于这些原因，镭与其他锕系元素一样，假定它们沉积在骨骼中以后总是均匀分布在无机骨的骨内膜表面上。

铯的代谢数据

1. 代 谢

ICRP 第23号出版物^[10]中没有给出铯的数据。但是，由于核武器试验造成全球性沉降灰污染引起食物和人的组织中有可检测量的铯。还有一些职业性受铯照射的人员体内铯的分布数据。这些有限的有关人的数据，一般来说支持和证实了用动物实验所取得的大量全面的代谢数据。最近一个工作组评述了铯的代谢，他们的报告即ICRP 第48号出版物^[3]增补早期工作组的报告^[2]，并为这里介绍的代谢数据提供了依据。在本报告中只介绍直接适用于计算铯次级限值的资料，进一步的资料可以在ICRP 第48号出版物中找到。

2. 代 谢 模 型

(a) 吸收入血

胃肠道对铯的吸收是很低的。该工作组评述的数据提示， f_1 值比在ICRP 第30号出版物^[11]中假定的值要大得多，但是不大于 10^{-3} 。这个数值可以认为对在摄入方式、化学状

态或物理状态不能精确描述的情况下的辐射防护提供足够的安全系数。对于职业性照射，在食入物质的化学物理状态可以有把握地确定的场合，更小的数值可以认为是合理的。对于不可溶性氧化物即很小(为 nm 量级的)的游离粒子，该工作组仍保留ICRP第 30 号出版物的 10^{-5} 的数值。同样地，对于硝酸铀，该工作组仍保留现行的 10^{-4} 的数值。

该工作组注意到，除非可以有把握地确定食入物质的化学物理状态，否则不允许把铀的吸收数据 f_1 定得超过 1 个数量级。该工作组对于铀化合物的吸收规定三种类别。

化 合 物	f_1
氧 化 物	10^{-5}
硝 酸 盐	10^{-4}
其 他	10^{-3}

(b) 吸入类别

该工作组的结论是，关于吸入铀的行为的最新资料不总是与现行的ICRP肺模型假设相一致，并且注意到呼吸道模

化 合 物	吸入类别	f_1
没 有	D	—
其他化合物	W	10^{-3}
氧 化 物	Y	10^{-5}

型工作组正在考虑这种分歧意见。为了计算次级限值，这里采纳了ICRP第 30 号出版物中对于铀所使用的分类表。没有指定铀化合物为 D 类吸入，而指定 PuO_2 为 Y 类吸入，指定所

有其他普通的钷化合物为W类吸入。

(c)分布和滞留

吸收入血流中的钷主要沉积在肝和骨骼中。该工作组严格地审查了这两个器官的相对沉积,指出“……钷、镅和锔个体之间沉积的变异性是,对于辐射防护目的,ICRP 第30号出版物的骨骼与肝之间的相等分布模型(每个为45%)仍然是一个合适的假设”。而且,该工作组仍保留现在假定的沉积份额,在睾丸中为0.035%,在卵巢中为0.011%^[11],但是要说明这些值给予精确度的不合理影响。

关于滞留参数,该工作组认为“ICRP 第30号出版物中推荐的钷在肝中40a的半滞留期和在骨骼中100a的半滞留期太长了”。该工作组推荐在肝中和骨骼中的半滞留期数值分别为20a和50a。

在本报告中所介绍的计算中,进入转移隔室的钷向骨和向肝易位的份额假设均为0.45。向性腺易位的份额,假设男性为 3.5×10^{-4} 和女性为 1.1×10^{-4} 。沉积在性腺组织中的钷假定永久留在那里,而沉积在肝中的钷假定以20a的生物半排期滞留,沉积在骨骼中的钷假定以50a的生物半排期滞留。

3. 估算骨剂量时对同位素的分类

钷主要沉积在无机骨的骨内膜表面,并且通过诸如再吸收和埋藏这类过程缓慢地在整个无机骨体内再分布^[9]。为此,为了剂量学目的,对本报告所考虑的钷的一切同位素假设它们沉积在骨骼中以后,总是均匀分布在骨表面上。

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

放射性核素		吸 入				
		口 入			W类	Y类
		$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-4}$	$f_1=10^{-5}$	$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-5}$
²³⁹ Pu	ALI	3×10^8	3×10^8	3×10^8	8×10^6	7×10^6
	DAC				3×10^3	3×10^3
²⁴⁰ Pu	ALI	3×10^{10}	3×10^{10}	3×10^{10}	1×10^{11}	9×10^{10}
	DAC				5×10^7	4×10^7
²⁴¹ Pu	ALI	9×10^4	9×10^5	7×10^6	700	2×10^5
		(2×10^5)	(1×10^6)		(1×10^3)	
		骨表面	骨表面		骨表面	
	DAC				0.3	0.7
²⁴² Pu	ALI	5×10^8	5×10^8	5×10^8	1×10^8	1×10^8
	DAC				5×10^4	5×10^4
²⁴³ Pu	ALI	3×10^4	3×10^5	3×10^6	300	700
		(6×10^4)	(6×10^5)	(4×10^6)	(500)	
		骨表面	骨表面	骨表面	骨表面	
	DAC				0.1	0.3
²⁴⁴ Pu	ALI	3×10^4	3×10^5	3×10^6	200	600
		(5×10^4)	(5×10^5)	(4×10^6)	(400)	(600)
		骨表面	骨表面	骨表面	骨表面	骨表面
	DAC				0.1	0.3
²⁴⁵ Pu	ALI	3×10^4	3×10^5	3×10^6	200	600
		(5×10^4)	(5×10^5)	(5×10^6)	(400)	(600)
		骨表面	骨表面	骨表面	骨表面	骨表面
	DAC				0.1	0.3
²⁴⁶ Pu	ALI	1×10^6	1×10^7	1×10^8	1×10^4	3×10^4
		(3×10^6)	(3×10^7)	(2×10^8)	(2×10^4)	(4×10^4)
		骨表面	骨表面	骨表面	骨表面	骨表面

续表

放射性核素		口 入			吸 入	
		$f_1=10^{-3}$	$f_1=10^{-4}$	$f_1=10^{-5}$	W类 $f_1=10^{-3}$	Y类 $f_1=10^{-5}$
	DAC				5	10
^{242}Pu	ALI	3×10^4	3×10^5	3×10^6	200	600
		(6×10^4)	(6×10^5)	(4×10^6)	(500)	(700)
	骨表面	骨表面	骨表面	骨表面	骨表面	骨表面
	DAC				0.1	0.3
^{243}Pu	ALI	6×10^8	6×10^8	6×10^8	1×10^9	1×10^9
	DAC				6×10^5	6×10^5
	ALI	3×10^4	3×10^5	3×10^6	300	700
		(6×10^4)	(5×10^5)	(3×10^6)	(500)	(700)
	骨表面	骨表面	骨表面	骨表面	骨表面	骨表面
	DAC				0.1	0.3
^{243}Pu	ALI	8×10^7	8×10^7	8×10^7	2×10^8	2×10^8
	DAC				7×10^4	6×10^4
	ALI	1×10^7	1×10^7	1×10^7	9×10^6	1×10^7
		(1×10^7)	(1×10^7)	(1×10^7)		
	下段大肠壁	下段大肠壁	下段大肠壁	下段大肠壁		
	DAC				4×10^3	4×10^3

钼的代谢数据

1. 代 谢

ICRP第23号出版物^[10]中没有给出钼的数据。虽然由于核武器试验的沉降灰已造成可检测量的钼的全球性分布,但