



放射性物质运输

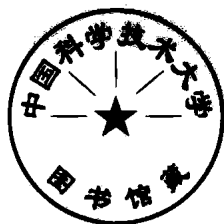
Н·И·列深斯基編 方利民譯

人民鐵道出版社

放射性物质运输

Н. И. 列深斯基 編

方 利 民 譯



人民铁道出版社

1965年·北京

本书共分三章，阐述了放射性物质的基本特性，并结合苏联放射性物质运输规程（ПТРВ-60）及国际放射性物质运输规程（ПБТРМ-61），分述了苏联及国外一些国家运输放射性物质时所颁布的规定和办法。对放射性物质运输包装的要求、分类、包装等级、包装物及空包装的运输条件、包装辐射剂量率及卫生安全要求等，都作了较详细的叙述。在铁道、汽车、船舶、飞机等交通运输工具条件下，如何运输放射性物质也作了介绍。

本书可供我国从事放射性物质的工作人员及运输人员学习，也可供大专院校师生参考。

责任编辑 褚书铭

放射性物质运输

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ
РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

苏联 Н.И.列深斯基 编

国家原子能科学技术书籍出版社

一九六二年莫斯科俄文版

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ В ОБЛАСТИ
АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ

МОСКВА 1962

方利民译

人民铁道出版社出版

（北京市霞公府甲24号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第010号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

书号2025 开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 $4 \frac{3}{4}$ 字数120千

1965年11月第1版

1965年11月第1版第1次印刷

印数 0001—2,000 册 定价（科四）0.60元

譯 者 的 話

我国原子能和平利用事业已取得了伟大成就。放射性物质运输是原子能和平利用工作中的一个重要环节。为了确保运输安全，我国各有关交通运输部门采取了一系列有效措施，制定了一些放射性物质运输规定。经过几年的实践，在运输工作中已取得了一些宝贵的经验。但是，随着我国原子能事业的进一步发展，运输任务和运输量将会相应地增加。这样，将有更多的人需要了解放射性物质运输方面的知识，以进一步作好安全运输工作。

基于上述考虑，我们对苏联出版的“放射性物质运输”一书作了翻译。在翻译过程中，我们对原书的某些章节作了删节，凡有参考价值的部分均予保留。但是，毕竟我国还有自己的特殊情况，真正成功的经验还要靠我们自己去实践、去总结。因此，本书仅供从事原子能和平利用和放射性物质运输方面工作的有关人员参考。

1965年9月

目 录

第一章 放射性物质对人体的影响	1
1. 放射性物质的基本特性.....	1
2. 放射性物质对人体的影响.....	3
3. 天然辐射源的照射剂量.....	4
4. 最大容许照射剂量.....	6
第二章 苏联放射性物质运输规程	9
1. 基本原则.....	9
2. 运输时放射性物质的分类.....	12
3. 运输包装等级.....	17
4. 包装内放射性物质数量的限制.....	23
5. 对放射性物质运输包装的要求.....	24
6. 放射性物质在运输过程中的照射剂量.....	34
一般规定.....	34
聚集器官.....	36
可能的照射剂量.....	39
7. 距包装物的最小距离.....	42
8. 包装物件数的限制.....	51
9. 运输放射性物质包装物的一般条件.....	55
一般要求.....	55
运输前的包装准备.....	56
包装物的标记.....	57
运输前包装物的验收.....	59
包装物的运输.....	61
包装物的卸车及交付收货单位.....	61
10. 放射性物质包装物的飞机运输.....	63
11. 放射性物质包装物的铁路运输.....	69

包装物的货车运输	70
包装物的客车运输	71
12. 放射性物质包装物的汽车运输	72
13. 放射性物质包装物的邮寄	79
14. 放射性物质包装物的海洋和水路运输	80
15. 用铁路、汽车等通用集装箱运输放射性物质包装物	82
16. 未装有放射性物质的空包装的运输	85
17. 包装破损时的处理措施	86
18. 卫生要求	87
第三章 国际放射性物质运输规程	91
1. 放射性物质和运输包装物的分类	91
2. 对运输包装的要求	97
3. 对包装物运输的一般要求	101
4. 放射性物质运输的例外情况	107
5. 强放射源的运输	110
6. 放射性裂变物质的运输	112
按包装物运输一般要求进行放射性裂变物质的运输	113
须有核安全证明书的放射性裂变物质的运输	114
7. 包装物运输和贮存时的特殊情况	124
附录	126
1. 最大容许照射剂量和通量	126
2. α 放射性同位素	127
3. β 放射性同位素	127
4. γ 辐射源	128
5. 辐射危险的标志	128
6. 放射性污染的最大容许标准	129
7. 放射性物质包装物的标签	130
8. 放射性物质包装物航空运输申请书	134
9. 测量仪器	135
10. 邮电部门的标签	135

11. 登记表.....	135
12. 工作房间、实验室设备及手的去污方法.....	136
13. 进入伤口的放射性物质毒性分类.....	138
14. 国际原子能机构规程规定的包装物标签.....	142
15. 国际原子能机构规程规定的运输工具标签.....	144

第一章 放射性物质对人体的影响

1. 放射性物质的基本特性

放射性物质的特性在于它们能发出性质不同、对机体影响亦不相同的各种射线。

α 辐射是流速不大的较重粒子——氦核子流。它可被薄层材料吸收。因此，当它从外部作用于机体时，只有皮肤的表层、眼睛等受到损伤。普通的衣服、眼镜或几十厘米厚的空气层就足以屏蔽这种辐射。

β 辐射是飞行速度很快的轻粒子——电子或质子流。它能贯穿比 α 辐射更厚的材料层，其贯穿深度取决于粒子的能量。 β 射线贯穿机体的深度较 α 射线大得多。但是，防护这种辐射的外部作用也比较简单。当 β 辐射能量为 1 百万电子伏时，可在约 4 米厚的空气层、4.4 毫米左右厚的水层和 2 毫米厚的铝板中被全部吸收。当 β 辐射与密度大的物质相互作用时，可产生韧致辐射，这种辐射的特性与 γ 和伦琴辐射的特性相似。

γ 射线是 γ 量子流，也就是波长很短的电磁辐射。它有很大的贯穿能力，其贯穿程度取决于辐射能量和吸收材料。当能量为 1.25 百万电子伏时， γ 辐射可被厚度为 155 厘米的水层、76 厘米的混凝土、22.6 厘米的铁或 12.3 厘米的铅减弱到千分之一。自然，这种射线的防护要比 α 和 β 辐射复杂得多。

放射性同位素的辐射在物质中引起电离作用，称为致电离辐射。辐射贯穿单位距离深度（毫米、厘米）中的电离越大，在这一途中被吸收的辐射能量也就越大。 α 辐射造成单位途径的电离（线性比电离）最大， β 辐射次之， γ 辐射最小。比电离表示辐射的局部作用，因其全部作用还取决于辐射的贯穿深度和一系列的其他因素。如上所述，在外照射时，如其他条件相近似， γ 射线对机体的总影响比 α 或 β 辐射都大，而且 γ 射线的防护也更复

杂。

中子源通常也属于致电离辐射源。中子辐射是质量与质子质量相近的不带电荷的基本粒子流。这种辐射本身几乎不引起电离,但是它能在物质中造成带 α 、 β 和 γ 辐射的放射性同位素,也就是说,它能间接地引起电离。中子辐射具有比 γ 射线大得多的贯穿能力。为减弱中子辐射需采用特殊材料(石蜡、硼、镉等)。

物质中由于中子辐射作用而感生的放射性强度,决定于通过物质的中子流量和能量。这种放射性,只是在流量值达到和超过 10^{13} 中子/厘米²时,才能对人发生作用;而实际上,在中子辐射源运输过程中是没有这种能量的。 β 和 γ 辐射能量大于8百万电子伏时,也可能造成感生放射性;但是实际应用的同位素的能量不超过3百万电子伏。

因此,在运输放射性同位素和中子源时,它们的辐射可能在受其影响的物质中造成很小的感生放射性,其数值可不加考虑。这样,在运输中就无需将放射性物质包装物同其他货物,其中包括食品、牲畜等分离开来。

根据放射性物质的物理状态和外壳,放射性物质可分为密封式和开放式。

凡是由于本身的物理状态(固体、整块的)或因具有相应的外壳,而不会在预定的使用和磨损条件下扩散到周围介质中的放射性物质,均称为密封式放射性物质或密封式辐射源(或辐射源)。由此定义可以看出,辐射源只能以其产生的外照射对人发生影响。

凡是置于某种外壳和处于某种物理状态中的放射性物质仍然有可能扩散到周围介质(空气、水、设备等)中去的,称为开放式放射性物质或开放式辐射源。

在运输或临时贮存放射性物质时,其近旁会停有运输人员、仓库人员和旅客,有时还会有居民,至于同时运输的货物和行李就更不用说了。自然,在这种条件下运输和贮存开放式辐射源对人、货物和运输工具都会造成不良的后果。仅在放射性物质是密

封式辐射源时，方能更好地保证安全。

根据放射性物质的生产条件，将放射性物质制成辐射源，在许多情况下是不合算的，而在某些情况下也是不可能的。因此，为了保证安全，必须将这些物质装入另外的运输包装内，这些包装物能防止放射性物质在预定的包装物运输和贮存条件下扩散到周围介质中去。

2. 放射性物质对人体的影响

致电离辐射在物质（其中包括人体）中能引起各种变化。通常，与被吸收的辐射能当量的照射剂量愈大，这些变化也愈大。

根据近代科学资料可以认为，完全不引起不良后果的致电离辐射源的最小照射剂量是不存在的。但是，在照射剂量小的情况下，变化将是很小的，不会对受到照射的人及其后代造成显著的后果。小剂量照射所引起的变化与人们日常生活中存在的其他因素（例如，空气中的自然含尘度、日光影响、温度变化等）所引起的变化相比，也大不了很多。在这种情况下可以认为，照射不会造成不能容许的遗传后果，也就是说，对被照射的人的后代，不会造成可能经过许多代才表现出来的不良生物效应。这种照射剂量被定为容许剂量。

由于放射性物质有密封式和开放式之分，它可能影响机体的途径也各不相同。密封式放射性物质只能对机体产生外照射，其照射剂量决定于辐射类型、强度和照射时间。照射的效应取决于整个机体及其各个器官所受到的剂量（各器官对照射的敏感性不同）。

开放式放射性物质不仅可以造成对机体的外照射，而且也可以造成内照射，因为它可能扩散到周围介质中去，然后随同空气、水、食物以及通过皮肤和创伤进入人体。内照射决定于放射性物质的辐射类型、这种物质进入人体的数量及其从人体中排出的速度，各个器官聚集这种物质的能力及其半衰期。内照射的效应决定于整个机体受到的剂量，同时也决定于各个器官所受的剂

量、这些器官的照射敏感性、停止照射后各自恢复功能的能力以及各器官的损伤对整个机体生命力的影响。

各种射线的特点是：进入机体的 α 放射性物质的辐射造成内部器官的极大损伤，因为这些器官没有保护层，特别是那些聚集这些物质的器官更是如此； β 放射性物质的辐射对个别器官产生影响，在许多情况下也对整个机体产生影响；而 γ 放射性物质的辐射主要是对整个机体产生影响，其影响程度与外照射时几乎相同。

在天然条件下，人体内都有极少量的放射性物质，就其数量而言，可以把人看作是放射性强度为 10^{-9} 克镭当量的辐射源。距人1米处的辐射剂量率总计约为 8×10^{-7} 毫伦/小时，即几乎相当于天然辐射源的一百万分之一。

除了对直接接触开放式放射性物质的人员造成外照射和内部照射外，这些物质还能使衣服、人、房间、设备、废水和空气受到放射性污染。如果不采取必要的措施，这些污染还会扩散，从而构成使大量人员遭受外照射和内部照射。

在其他条件相同的情况下，接触开放式放射性物质比接触密封式物质更为危险。因此，如果工作条件允许，应尽量使用密封式放射性物质。

3. 天然辐射源的照射剂量

在人类生存的整个时期内，人们已经受过并且还正在受着天然致电离辐射源的照射，这种辐射源主要是宇宙射线以及土壤、人体和空气中的天然放射性物质。

宇宙射线对人照射的平均剂量随着海拔高度的增加而急剧增长，而且还取决于地区的纬度。这种情况可从表1所列的资料看出。

高度每增加1500米，照射剂量约增加一倍，而在6000米高度上的剂量大约相当于海平面剂量的10倍。

地球上的大多数居民都生活在较低的拔海高度上，此外，人

表 1

各种海拔高度的照射剂量

拔海高度 (米)	剂 量 (毫拉特 / 年)	
	赤道附近	緯 度 50°
0	35	41
1500	44	66
3050	89	128
4580	175	263
6100	340	500

们大部分时间是在能够减弱宇宙辐射的房屋内度过的。因此，处于海平面上的人们的平均照射剂量还要低些，约为28毫拉特/年。

高空飞行时的照射剂量很大，这可能使人产生顾虑，认为驾驶员和旅客乘飞机航行非常危险。然而，实际并非如此。飞机上的每位旅客一生中在空中停留的时间总计不过是几十小时。在6000米高空飞行100小时，宇宙射线的额外照射剂量共为5毫拉特，即相当于海平面上年照射剂量的1/6。假定旅客一年中的飞行时间达20小时，结果是比海平面上的年平均照射总剂量增加1%左右，也就是说，增加如此之少，以致这种额外照射不会造成任何后果。

飞行员飞行1百万公里并在空中停留2000小时，其所受到的额外照射剂量只不过相当于1000毫拉特。即使这一剂量是在4年过程中受到的，那么他的年平均照射剂量也只比海平面上居民受天然辐射源照射的剂量高25%。增加这些照射剂量并不能引起不良的自身后果和遗传后果，因为剂量值是很小的。

飞行员受仪表上发光度盘照射的剂量是很大的。当每块仪表上刻度和指针的放射性强度约为2微居里镭、仪表约有100件、而飞行员与仪表的平均距离是90~100厘米时，其照射剂量一年约为1300毫伦。

第二个重要的天然辐射源是自然界的放射性物质。

土壤中天然放射性物质的照射剂量约为47毫拉特/年，而空

气中（氡和钍射气）的照射剂量约为 2 毫拉特/年。

人体中有天然放射性氡（ H^3 ）、碳（ C^{14} ）、钾（ K^{40} ）和镭（ Ra^{226} ），它们对性腺的照射剂量约为 21 毫生物伦琴当量/年，而对骨骼约为 51 毫生物伦琴当量/年。

这些照射剂量是放射性强度正常地区的平均值。在放射性强度增强地区，这些剂量将大大增加，例如在喀拉拉邦（印度）地区，天然辐射源的剂量达到 830 毫拉特/年，即较一般地区的年平均照射剂量高约 7 倍，而且有关这样强的照射所引起的机体后果和遗传后果的资料尚未引用。

4. 最大容许照射剂量

如前所述，由于存在着天然致电离辐射源，以及由于放射性物质和其他致电离辐射源在医学、科学研究、工业等方面的应用都使人们遭到照射，所以必须经常地努力设法使额外的照射降低到最低限度。无论是照射的遗传后果或机体后果，都必须加以控制。

卫生规章规定了三类照射：

第一类：直接使用致电离辐射源的工作人员的职业性照射。

第二类：在使用放射性物质和致电离辐射源的邻室中的工作人员所受的照射，他们并不直接使用放射性物质和致电离辐射源（这里包括在工作时间内停留在行政管理室和办公室，以及卫生防护带的所有建筑物和露天场地以内的人员）。

第三类：各种年龄居民的照射，这类也包括居住在卫生防护带交界地区的居民，即使其中一部分成年人是属于上述一类的。

根据近代科学资料可以认为，400 生物伦琴当量的照射剂量，对 50% 受此剂量照射的人是致死剂量。但是比这小得多的剂量也可以破坏人体的正常生活机能。

卫生规章规定，在年剂量不超过 5 生物伦琴当量的条件下，任意连续 13 周（一季度）内的一次职业性外照射的最大容许剂量为 3 生物伦琴当量。对于 30 岁以上的人，年照射剂量可破例增加

到12生物伦琴当量（例如，从事事故急救工作时）。如果这一剂量和以前受到的职业性照射剂量超过按公式（1）计算出的最大容许剂量，则余量应通过降低以后的累积剂量来抵销，即今后五年内的累积剂量应与上述公式计算出的剂量相等。

很明显，一次照射所受的最大容许剂量比致死剂量小许多倍。根据最可靠的科学数据，这一剂量不会引起不可改变的机体变化。

长时期职业性照射的总剂量 D 不应超过按下式计算出的数值

$$D \leq 5(N-18) \text{ 生物伦琴当量} \quad (1)$$

式中： N ——计算最大容许剂量的年龄；

18——容许职业性从事致电离辐射工作的起始年龄。

生殖时期定为12年（18到30岁），在此期间内的照射剂量不得大于60生物伦琴当量。这一剂量不会造成机体后果和遗传后果。30岁以后，如继续从事致电离辐射工作，则最大容许剂量有所提高，到50岁时达到160生物伦琴当量。

卫生规章规定全年外照射最大容许剂量为5生物伦琴当量（不得有过度照射），并规定了每周的额定照射剂量（0.1生物伦琴当量）。规章中也列出了各种射线的最大容许辐射剂量率和各聚集器官的内照射最大容许剂量（附录1）。在全身每周所受剂量不超过0.1生物伦琴当量的条件下，对于手臂， β 粒子的照射剂量容许加大9倍，其他各种形式的致电离辐射剂量容许加大4倍。

鉴于职业性照射的最大容许剂量有所降低，可以认为这种照射能造成遗传影响的剂量将低于1毫生物伦琴当量/年，也就是说，仅相当于全体居民的天然照射剂量的百分之一。

对属于第二类照射的人员，即不直接使用放射性物质和其他致电离辐射源而处于可能受其影响的区域内的人员，卫生规章只规定了全年的和一周的全身外照射和个别器官内照射最大容许剂量。这些剂量比职业性操作致电离辐射人员的同类剂量要小90%，也就是说，照射引起机体后果的可能性实际上是不存在

的。对于这些人，遗传后果的可能性也比第一类人员小。

全体居民外照射的年剂量定为0.05生物伦琴当量，即比天然照射的平均剂量小1/2。如果考虑到世界某些地区的天然照射剂量比平均剂量大许多倍，则可以清楚地看出，对居民的额外照射剂量是控制得多么严格。

我们没有谈到内照射的剂量，这是由于在运输放射性物质的预定条件下，不可能产生内照射，因为这些物质处于密封状态。例外情况是事故污染和容器外表面污染，这些问题将在有关章节中加以叙述。

规章中，对于不是职业性从事放射性物质工作，但偶然处于致电离辐射可能影响的区域内的人员，没有规定最大容许照射剂量数值；对全体居民也没有规定这种剂量。这一类人包括绝大多数运输放射性物质的工作人员和旅客。

第二章 苏联放射性物质运输规程

1. 基本原则

运输放射性物质是操作这类物质的一种形式。因此，放射性物质操作规程也完全适用于运输。

1960年，苏联批准和实行了第333-60号“使用放射性物质和致电离辐射源的卫生规章”^①。规章中规定了安全操作各种放射性物质和致电离辐射源所必须遵守的各项基本要求。同时实行了新的致电离辐射最大容许水平（ПДУ-1960），其中规定了最大容许照射剂量（ПДД）和水与空气中放射性物质的最大容许浓度（ПДК）。

在新规章中，安全的基本指标——最大容许照射剂量较以前的容许量低三分之二，而水和空气中放射性物质的最大容许浓度是根据新的最大容许剂量制定的。

几乎在苏联规章付诸实施的同时，公布了国际原子能机构的国际性建议“放射性同位素的安全操作”和“放射性材料安全运输规程”。于是，苏联原实行的255-59号“放射性物质运输暂行卫生条例”和各专业部门的放射性物质运输条例和规程，就显得与新的条例和规程不相适应了，因此，这些条例和规程都经过了修订。

1960年批准和实行的349-60号“放射性物质运输规程”^②是根据333-60号规章和放射性物质运输方面最新的科学数据和实际资料并参考国际条例和建议加以制定的。本章将阐述 ППРВ-60的基本原则并引证提出要求的依据。

ППРВ-60与“放射性材料安全运输规程”^③之间除了有很

① 为使文字简短，以下简称“基本规章”或СП-333-60。

② 为简便起见，349-60号“放射性物质运输规程”以下简称ППРВ-60。

③ 以下简称ПБТРМ-61。

大的共同性之外，也存在着重大的区别，在一系列情况下这些区别带有原则性质。

由于向国外运输放射性物质时，可能按 ПБТМ-61 提出要求，所以在第三章中将阐述这些要求。此外，在 ПБТМ-61 中相当详细地阐述了裂变和释热放射性物质安全运输的条件。由于 ППРБ-60 对这些运输没有规定要求，所以这一问题更加引人注目。

凡与放射性物质运输有某种联系的科研机关、企业、部和主管部门都参加了 ППРБ-60 的编制工作。在编制苏联规程过程中，除了对操作放射性物质提出一般要求外，还考虑了这类物质用各种不同运输方式运输时的特殊条件。

在放射性物质运输过程中同任何接触这种物质的工作一样，保证安全的基本条件是控制它对人的内、外照射剂量，使之不超过各相应照射类别的最大容许量。

放射性物质的运输可以有两种方式——利用专门为这种运输而装备的运输工具，由职业性操作放射性物质的人员管理；利用普通运输工具在一般条件下运输，即在放射性物质装卸、运输和贮存过程中，附近可能既有直接进行上述工作的人员，又有与其毫无关系的人员。

第一种方法适用于大货流运输，因为这样可以经济合理地使用专门运输工具并使受放射性物质影响的人员，基本上只限于职业性操作放射性物质的人员。在放射性物质应用范围很广的时候，采用这种运输方式则受到限制。

第二种方法适于运输小批放射性物质，而且实际上不限件数。但是采用这种方法可能使很多人员受到放射性物质的影响。

在 ППРБ-60 中考虑了采用这两种运输方法的可能性，但是重点放在第二种方法上，因为这种方法使用得最为广泛。

一般说来，采用第二种运输方法时，多数人是偶然停留在放射性物质附近的，停留时间有限。只有几十个人属于例外，即生产和分装这种物质的单位以及运输机构基地仓库的那些固定从事