

# 贫铀：来源、接触和健康影响

## 执行纪要

这篇关于贫铀的科学评审是世界卫生组织对接触化学、物理和生物因素可能带来的健康影响继续评估的一部分。对于居住在使用贫铀军需品的战争地区的人民可能带来的健康影响的关注提出了本篇专著中所提及的很多重要环境卫生问题。

### 目的和范围

本篇专著的主要目的是探讨接触贫铀可能对健康造成的危害；它旨在作为一份案头参考资料，向世界卫生组织会员国提供有用的信息和建议，以使它们能够正确处理贫铀与人类健康的问题。

提供的信息是关于接触贫铀的渠道，急性和慢性摄入的可能途径，从放射学和化学毒性观点来看对健康可能造成的危害以及今后的研究需求。还讨论了摄入溶解度差别很大的化合物的几种途径。

大量使用了有关铀的知识，因为贫铀在体内的作用与其母体元素相同。

### 铀和贫铀

铀是一种天然产生无处不在的重金属，在所有的土壤、岩石、和海洋中以各种化学形式存在。它也存在于饮用水和食物中。人体大约含有90 $\mu$ g的铀，它来自于正常摄入的水、食物和空气；骨骼中含有66%，肝中含有16%，肾中8%，其它组织10%。

天然铀是三种放射同位素的混合物，它们分别以质量数字<sup>238</sup>U（质量为99.27%），<sup>235</sup>U（0.72%）和<sup>234</sup>U（0.0054%）表示。

铀主要用于核动力工厂；大多数反应需要铀，其中<sup>235</sup>U含量最丰富，从0.72%至大约3%。在去除了浓缩部分之后遗留下的铀称之为贫铀。按质量计算，贫铀一般含有大约99.8%的<sup>238</sup>U、0.2%的<sup>235</sup>U和0.0006%的<sup>234</sup>U。

以相同的质量计，贫铀的放射性大约是天然铀的60%。

贫铀还可能产生于已用过的无效核反应堆的再加工。在这种情况下，另一种铀放射性同位素<sup>236</sup>U可能与非常少量的超铀元素钍、镅和镎以及裂变产品锆-99同时存在。这些少量附加元素增加的放射剂量不到1%。这对化学和放射毒性来说都不具意义。

## 贫铀的使用

贫铀出于和平目的有几种应用：在飞机中用于平衡或稳定，用于放射治疗医疗设备中的防护屏以及运送放射性材料的储存器。

由于它的高密度（是铅的两倍），及其它物理特性，贫铀用于穿透装甲板的军需品。它也用于加固军用交通工具，例如坦克。

## 接触和接触途径

人们可以以常规接触天然铀的同等方式接触贫铀—吸入、摄食和皮肤接触（包括受伤嵌入的碎片）。

**吸入**是在战争中使用贫铀军需品期间或之后，或由于风和其它干扰因素使环境中的贫铀再次悬浮在大气中的最可能的摄入途径。事故性吸入也可能由于贫铀储存设备失火，飞机坠毁，或在战场内或附近清洗交通工具而发生。

在大群人口中，如果他们的饮用水或食物受到贫铀的污染则可发生**摄食**。此外，儿童吃土也被认为是一种可能的重要途径。

**皮肤接触**相对来说被认为是不太重要的一种接触方式，因为极少的贫铀可以穿过皮肤进入血液。然而，贫铀可通过开放性伤口或嵌入的贫铀碎片进入全身循环系统。

## 身体滞留

大多数进入身体的铀（大于95%）不能被吸收，通过粪便被排除。吸进血液的铀，大约有67%将被肾过滤并在24小时内排入尿中。

一般0.2%至2.0%在食物和水中的铀被胃肠道吸收。可溶铀化合物较不可溶的更易于吸收。

## 健康影响

贫铀具有化学和放射毒性，可能损及的两个重要器官是肾和肺。对健康的影响取决于个体所接触贫铀的物理和化学性质以及接触的程度和时间长短。

对接触贫铀工人的长期调查报告了根据接触的程度所造成的一些肾功能损伤。然而，也有一些迹象表明这种损伤可能是短暂的，一旦消除过量铀接触的来源，肾功能可恢复正常。

吸入大小在1-

10 $\mu\text{m}$ 的不溶解铀离子有可能存留在肺中并可能对肺造成辐射损伤，如果高至一定剂量的辐射粒子长期滞留在肺中，甚至可能发生肺癌。

贫铀金属直接接触皮肤即便长达数周也不可能产生因辐射引起的红斑（皮肤表面发炎）或其它短期影响。对于有碎片嵌入组织的退伍军人所进行的一项随访调查表明，在尿中可测出贫铀的浓缩物，但是对健康没有明显的负面影响。在装甲车中的军人所接受的辐射剂量根本不可能超过从所有来源体外接受的自然环境中辐射的年平均剂量。

## 关于化学毒性和放射剂量的指南

本专著提出了各种接触类型的容许摄入量，即一生中可发生的摄入一种物质而不会对健康产生太大危害的估量。这种容许摄入量适用于长期接触。对于较高剂量的一次性和短期接触可能能够承受，而不会产生副作用，但是没有量化信息用以评估临时超出多少长期可容许摄入量而不会带来危害。

对于广大公众来说，摄入的可溶性铀化合物每公斤体重每天不应超过0.5 $\mu\text{g}$ 的容许量。不溶性铀化合物对肾的毒性要小得多，每公斤体重每天的可容许摄入量为5 $\mu\text{g}$ 。

大众吸入的可溶或不可溶贫铀化合物能被吸入的颗粒不应超过1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。这一限量是根据可溶性铀化合物对肾的毒性以及不溶性铀化合物的辐射损害而得出。

在有职业卫生措施的工作场所不可能发生工人过多摄食贫铀的情况。

以八小时加权平均值表示的对可溶和不可溶铀化合物的职业接触量不应超过0.05 $\text{m g}/\text{m}^3$ 。这一限量也是以化学影响和辐射接触的结果为依据。

## 辐射剂量极限

辐射剂量极限是对超过自然基础水平的接触而规定的限量。

对于职业接触来说，连续五年平均每年的有效剂量不得超过20mSv，或任何一年中的有效剂量为50mSv。对于肢体（手和脚）或皮肤的等效剂量一年中不能超过500mSv。

一般公众的接触有效剂量一年不应超过1mSv；在特殊情况下，一个单一年的有效剂量可限制在5mSv，但是，连续五年的平均年剂量不能超过1mSv。对皮肤的等效剂量一年中不能超过50mSv。

## 对摄入的评估和治疗

对一般人群来说，不太可能接触大大超过正常基础铀水平的贫铀。当有确凿的理由相信发生了异常的接触时，最好的检验方法是测量尿中铀的浓缩物。

贫铀的摄入量可通过每天尿中的排出量加以确定。利用敏感的质量光谱测定技术可确定贫铀的浓缩物；在这种情况下应有可能评估产生mSv水平剂量的总量。

如果在接触贫铀之后迅速采集粪便样品，对粪便的检查可为摄入情况提供有用的信息。

对胸部进行外部放射检查的应用有限，因为它需要使用专门设备，而且在接触后必须立刻得到检查数据以便进行剂量评估。即便在最佳条件下，可确定的最小剂量也在mSv的10位数内。

对于大量接触贫铀的个体来说，当接触和治疗之间的时间超过几小时之后则没有适宜的治疗方法可用于大大减少体内贫铀的含量。病人应采取对症治疗的方法。

## 结论：环境

只有军事上使用贫铀才可能产生环境中具有同位素浓缩物的严重影响。在使用贫铀军需品的地方对贫铀的测量表明对地层表面的污染只是局部性的（在受影响地点的几十米之内）。然而，有这种污染程度和类型的地方，大量的贫铀很有可能进入供水系统和食物链。应对食物和地下水进行监测并对任何重金属污

染进行适当的测量。世界卫生组织对饮用水质量含铀为 $2\mu\text{g}/\text{l}$ 的标准适用于贫铀。

在存有大量辐射微粒和贫铀污染水平被资深专家视为不能接受的战争受影响地区，可行时，应采取清除行动。可能需要对含贫铀非常高的地区进行封锁，直至贫铀完全被清除。

由于贫铀是一种低放射性金属，对它的处理必须加以限制。有可能将废弃的贫铀加入其它废弃金属中用于再加工产品。对它的处理应遵守对使用放射性材料的相应建议。

### **结论：受污染的人群**

人类摄入可溶性贫铀化合物的限量应以每公斤体重每天的容许量 $0.5\mu\text{g}$ 为基准，对不可溶贫铀化合物的摄入应以化学品的效力和《国际基本安全标准》有关放射保护方面所规定的放射剂量为基准。对贫铀的接触量应控制在专著中对可溶和不可溶贫铀化合物所述的为避免遭受辐射和化学品毒性的危害而建议的水平。

没有必要对生活在战争中曾使用过贫铀地区的人群进行与贫铀可能对健康造成影响方面的筛查和检测。相信自己曾接触过大量贫铀的个体应咨询他们的开业医师，进行检查，对任何症状进行适当治疗并密切注意发展情况。

当儿童在战事地区玩耍时因为捡吃东西可能从被污染的土壤中摄食较多的贫铀，因而受到较严重的贫铀污染。必须注意监视这种类型的接触并采取必要的预防措施。

### **结论：研究**

在知识方面存在着差距，建议在重点领域开展进一步研究，这将有助于进行更好的健康—

危害评估。特别是应开展研究，使我们弄清受贫铀污染的人群在肾损伤方面的程度、可逆性及可能存在着的临界值。对从饮水中接触自然增多的铀含量的人群所开展的调查可提供重要信息。