

民用设备贫铀材料安全管理

苏自强^{1,2}, 廉冰^{1,2}, 康晶^{1,2}, 王雪松³, 陈佳辰^{1,2}, 师新华⁴

(1. 中国辐射防护研究院, 太原 030006; 2. 国家环境保护辐射环境与健康重点实验室, 太原 030006;

3. 包头市生态环境局, 内蒙古 包头 014060; 4. 中核北方核燃料元件有限公司, 内蒙古 包头 014030)

摘要: 随着中国核电事业的迅猛发展,核燃料元件的生产能力持续提升,贫铀的产量也日益增加,且大部分贫铀暂时存放在生产场所。主要介绍了贫铀材料在民用领域的主要应用情况,重点总结了国外关于贫铀材料的安全管理,梳理了弃用民用设备贫铀材料的处理及去向,对各国对于贫铀材料的态度和安全监管情况进行了比较,并提出了我国贫铀材料安全管理的建议。

关键词: 民用设备; 贫铀; 安全管理

中图分类号: X53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)22-0224-06

贫铀,全称为贫化铀,是天然铀在经过浓缩和提纯后,产生核反应堆和核武器所需的²³⁵U的副产品,主要来源于天然铀经过浓缩生产核电厂使用的核燃料元件的过程^[1-3]。随着中国核电事业的迅速发展,核燃料元件的生产能力不断提高,贫铀的产量也日益增加。在我国,大部分贫铀都暂时存放在生产场所,这给临时储存库带来了更大的储存压力。因此,在确保安全的前提下,应该积极拓展贫铀材料在民用领域的应用范围,以充分发挥其屏蔽性能和高密度的优良特性。

1 贫铀的特性及危害

1.1 贫铀的特性

贫铀与天然铀的不同之处在于同位素组成成分所占的比例有很大的不同,天然铀中的²³⁵U的含量约为0.7%,贫铀中的含量为0.2%~0.3%,是天然铀的1/3左右。贫铀是放射性重金属,可发射 α 射线(主要)、 β 射线和 γ 射线(少量)。在人的一个生命周期内,贫铀的放射性水平基本上不发生变化。贫铀的同位素构成如表1所示,与天然铀的构成比较如表2所示。贫铀,尤其是粉末状的贫铀在600~700℃下是能够自燃的。当贫铀燃烧时,高温能使贫铀金属转变成一系列复杂的氧化物,主要是

U_3O_8 、 UO_2 和 UO_3 ^[4-5]。

1.2 贫铀对于人体健康的危害^[5-6]

1.2.1 化学毒性的影响

实验和人体暴露表明,肾脏是受贫铀化学毒性损害最大的器官。贫铀是重金属,可造成化学毒性伤害,溶解的贫铀与体液中的生物分子发生反应,发挥毒性作用。进入血液中的铀有一半左右能够到达器官,早期主要滞留在肾脏,晚期在骨骼内的滞留明显增加。几天内肾脏中的浓度超过每克肾50 μ g就有可能造成肾衰竭,而短期内急剧性摄入使肾脏内浓度超过每克肾1 μ g就有可能造成肾功能紊乱。

1.2.2 放射性的影响

贫铀的放射性气溶胶可以通过呼吸、食入和伤口等途径进入体内,造成内照射伤害。由于贫铀产生的颗粒大部分是可吸入的,因而对健康存在威胁。在急性吸入的情况下,可能造成肺组织损伤,最终导致肺部疾病。吸入贫铀颗粒后辐射暴露最显著的器官是肺和其相关的淋巴结。贫铀还可能造成一些慢性效应,包括致癌、致突变和畸变等。从1991年海湾战争之后,一些癌症经过潜伏期逐渐呈现发病率上升的趋势,参加科索沃战争的17名北约军人发生白血病受到广泛关注。

收稿日期: 2024-05-11

作者简介: 苏自强(1991—),男,河北临城人,硕士,助理研究员,研究方向为辐射环境安全与核安全;廉冰(1982—),男,山东临沂人,硕士,研究员,研究方向为辐射防护及环境保护;康晶(1979—),女,山西太谷人,硕士,研究员,研究方向为辐射防护及环境保护;王雪松(1982—),男,内蒙古包头人,研究方向为环境保护;陈佳辰(1995—),女,山西忻州人,硕士,助理研究员,研究方向为辐射防护及环境保护;师新华(1986—),男,内蒙古包头人,工程师,研究方向为环境工程。

表 1 贫铀的同位素构成

同位素	质量构成/ %	半衰期 α	比活度 Bq/ g	放射性/ mg	活度构成/ %
U-234	0.001	2.44×10^5	2.31×10^8	2.310	15.53
U-235	0.200	7.04×10^8	8.00×10^4	0.160	1.07
U-236	0.003	2.34×10^7	2.40×10^6	0.007	0.05
U-238	99.800	4.47×10^9	1.24×10^4	12.420	83.35
总计				14.890	

表 2 天然铀和贫铀的同位素组成

同位素	天然铀	贫铀
U-234	0.006	0.001
U-235	0.720	0.200
U-238	99.280	99.800

2 贫铀民用方面的应用

由于贫铀具有一系列优良特性,如密度大、中子俘获截面大、熔点较高、辐照稳定、易加工等,特别是对 X 射线的吸收系数很强,因此被视为一种优良的屏蔽材料。贫铀材料可分为贫铀金属材料 and 贫铀化合物材料两大类,其中贫铀金属材料的应用最为广泛^[7-9]。自 1989 年起,美国、俄罗斯、日本、法国等国家开展了贫铀金属材料作为乏燃料及高放废物贫铀屏蔽容器的可行性研究^[10]。采用贫铀材料制作的屏蔽容器相比铅质容器,屏蔽能力强、体积小、作用寿命长。在工业和医疗行业的应用也较为广泛^[11-12],可用于远程治疗设备、近距离放射治疗装置、工业伽马射线照相术、测量仪表、测井设备、容器和包装、直线加速器等屏蔽。中国核电力研究设计院采用贫铀合金经过熔炼、铸造、加工而成的 γ 射线、中子屏蔽体,生产了¹⁹²Ir、⁶⁰Co、⁷⁵Se等几大类贫铀套,应用于工业探伤、医用治疗等领域。此外,贫铀合金还可作为飞机、船舶配重块、高性能陀螺转子、惯性飞轮等,如在大型民航飞机

表 3 贫铀在医疗、工业和科学研究中的典型用途和重量范围^[13-14]

行业	用途	典型重量范围	应用案例
医疗	辐射屏蔽	10~600 kg	远程治疗、近距离放射治疗和扫描单元等放射治疗仪器的贫铀屏蔽
	化学药剂	10~100 g	电子显微镜实验室显影液
工业	辐射屏蔽	10~300 kg	伽马射线照相装置,放射性源容器
	配重	100~500 kg	减振器、飞机、叉车、船舶压舱物
科学研究	辐射屏蔽	10~100 kg	放射性源容器

的转向舵和副翼上就装有数百千克的贫铀作为配重物,也可用于制作游艇的龙骨等。2016 年,中核北方核燃料元件有限公司完成了国内首套 CAP1400 核电屏蔽主泵用贫铀飞轮的组装,进一步拓展了贫铀材料在核电产业中的应用。

综上所述,目前贫铀材料的应用主要是小批量定制且消耗量较小,同时针对贫铀材料在各个领域的应用及实施方式的研究仍显不足。

3 民用领域贫铀的安全管理

在民用领域,贫铀的安全管理至关重要。国际原子能机构要求其成员国对于含有贫铀材料的设备,应当建立详细的库存记录,并定期进行审计和检查。这些记录应当包括设备的类型、数量、位置和状态等信息,以便进行跟踪和管理。此外,应当定期对设备进行维护和检查,确保其处于良好的工作状态,并防止任何潜在的安全风险。记录的信息具体包括:当前位置;设备或容器类型;制造商、型号和序列号;日期;设备文件(尺寸、图纸、许可证);设备和贫铀的总重量;包装信息(类型、尺寸);照片;表面污染调查结果;剂量率测量结果;用户/前用户的信息,如组织、位置、联系方式。

我国采取了一系列严格的法规和标准,以确保核材料的安全使用,包括 1987 年发布的《核材料管制条例》是我国核材料安全监管的主要法律依据。1990 年,国家核安全局、能源部、国防科工委联合发布的《核材料管制条例实施细则》对条例的规定进行了细化。此后,国家核安全局陆续发布了《低浓铀转换及元件制造厂核材料衡算》《核设施实物保护(试行)》《核设施周界入侵报警系统》《核设施出入口控制》等一系列导则。这些共同构成了核材料安全监管的法规框架,规定了核材料(包括贫铀)的生产、使用、运输、贮存和处置等方面的要求。对核材料许可证持有单位要求其必须建立专职机构或指定专人负责保管核材料,建立账目与报告制度,建立核材料衡算制度和分析测量系统,使得核材料收支平衡。许可证持有单位应该对生产、使用、贮存和处置核材料的场所,建立严格的安全保卫制度和防范措施,严防事故发生。对于核材料运输依托单位,在运输核材料时应与公安等有关部门制定运输保卫方案,确保运输安全。

此外,我国还建立了完善的核材料管制执法体系,加强了对核材料管制的监管和执法力度。对于违反相关法规和标准的单位和个人,将依法追究其责任。

4 弃用民用设备贫铀材料的处理及去向

对于弃用的民用设备中包含贫铀材料作为辐射屏蔽材料的情况,其处理及去向需进行严谨的管理选择^[15]。这些选择内容如下。

(1)返回供应商:将含有贫铀材料的弃用设备返回原供应商或者生产商应是首选的管理方式。由于贫铀的半衰期长,贫铀材料作为屏蔽材料在设备的使用周期内,材料不会发生较大的变化。使用方可在购买设备时,与供应商或者生产商签订协议规定,对于废弃的设备返回供应商处理,而不是作为放射性废物进行暂存或处置。涉及放射性物品的运输时,可能会增加如重型设备运输及放射性物品运输产生的额外成本。这些费用应在签订协议之初进行考虑。此外,根据我国放射性物品运输相关法规标准的规定,贫铀材料的运输还必须考虑辐射安全问题。

(2)再利用或循环再利用:再利用是指不经任何修改,直接用于最初目的的使用。循环再利用则是将设备或材料返回原生产商或其他生产商,在用于其他目的的应用前可能会涉及一定的改造。除了管理因素(如库存规模,生产商是否有回收的需求)的影响,成本或经济效益也是考虑再利用或循环再利用的重要影响因素,如包装、运输和退役费用^[16]。由于各国库存的贫铀屏蔽材料相对较少,因此再利用或循环再利用可能会受到一定的限制。

(3)暂存:在选择返回供应商、再利用或者处置之前,贫铀材料需要进行储存。储存应符合国家的相关法律法规要求。根据不同的去向,暂存的时间可能会有所不同。若选择处置,可能会需要长时间的暂存;若选择返回供应商或者再利用,暂存的时间则会大幅缩短。

(4)处置:若将贫铀屏蔽材料作为放射性废物不再使用时,可选择处置来确保其不会对环境 and 公众健康造成影响。由于铀的半衰期较长,因此需要更长的隔离周期来进行安全处理。在处理贫铀材料时,必须采取严格的防护措施,确保工作人员和公众的安全。应当避免任何形式的辐射暴露,并采取适当的措施降低潜在的放射性污染。此外,还需要进行详细的风险评估,以确定对环境和人类健康的可能影响,并采取适当的补救措施以最大限度地减少潜在的损害^[17-18]。

在处理贫铀材料的过程中,还应当与当地社区进行沟通和合作,确保公众了解处理过程和可

能的影响。应当定期举行公开会议,向公众介绍处理进展和影响,并回答任何疑问和关注。此外,还应当与当地政府和监管机构合作,遵守所有适用的法规 and 规定,确保处理过程符合法律要求和最佳实践。

最后,对于任何涉及贫铀材料处理的项目,应当进行全面的环境影响评估。评估应当考虑长期和短期的影响,包括对土壤、水、空气和生物多样性的影响。根据评估结果,应当采取适当的补救措施,以最大限度地减少对环境和人类健康的潜在影响。

5 国外民用贫铀材料处置管理^[19-20]

5.1 澳大利亚

(1)用途:在澳大利亚,贫铀的主要用途包括制作放射源容器以及医疗和工业设备的屏蔽材料等。

(2)暂存场所:在澳大利亚,贫铀作为一种核材料,通常储存在许可场所或特定用户的许可场所内,直至确定其最终处置去向。这些储存场所包括位于悉尼郊区的 ANSTO 基地内的一个专门工程核材料存储设施、澳大利亚国防部位于布里斯班外的放射性废物储存设施,以及一些大学或医院的特定场所。

(3)安全监管:贫铀的监管主要由几个机构共同负责,其中包括国家辐射防护机构(适用于所有非联邦实体,如医院和矿山)和澳大利亚辐射防护和核安全局(ARPANSA)。根据《澳大利亚辐射防护和核安全法》(1998),ARPANSA 是联邦政府在辐射防护和核安全方面的主要权力机构。同时,澳大利亚的运输安全 and 安全监管框架受联邦、州和地区立法共同管辖。而运输安全主要是通过国际原子能机构的《放射性物质安全运输条例》(2008)和《国家危险货物运输法》进行保障 and 监管。对于材料安全,则主要由两个联邦机构管理,即 ARPANSA 与澳大利亚保障和不扩散办公室(ASNO)。这些机构通过《核不扩散(保障措施)法》对核材料的安全进行管理,ASNO 具有发放持有和运输核材料许可证的权力,并负责建立澳大利亚核材料管理数据库,对许可证持有者进行定期检查。

(4)去向案例:自 1958 年以来,ANSTO 基地已经积累了大量的遗留核材料。为了提高效率、减少监管合规负担、节省未来的处置成本,ANSTO 基地在 2008—2011 年期间将多余的核材料库存运往美国。运输的剩余核材料包括钚源、核级石墨、氟化重水和一批贫铀。贫铀被运到位于田纳西州橡树

岭的制造科学公司用于回收利用。

5.2 加拿大

(1)用途:贫铀在加拿大主要用于制造放射源容器、医疗和工业设备的屏蔽材料以及准直器等。

(2)暂存场所:加拿大目前没有集中储存设施,贫铀主要储存在用户的场所内。根据规定,使用过的含有贫铀的设备可以转移给其他持有许可证的用户。

(3)安全监管:为确保核材料的安全,加拿大制定了一系列法规条例和安全措施^[21],制定的法规包括:加拿大核安全委员会法案和法规、核材料和设备法规、《辐射防护条例》、运输和包装法规、《加拿大运输部条例》。

(4)去向案例:使用过的或冗余的含有贫铀的射线设备通常会返回给制造商。法规允许用户在将设备列在用户许可证上时转让给另一个被许可人。在过去,旧的射线装置被送到位于安大略省白垩河的加拿大原子能有限公司核设施中进行长期储存。

5.3 法国

(1)用途:贫铀在法国的用途广泛,医疗领域中,它被用来制作远程治疗的屏蔽材料、准直器,以及近距离放射治疗的后装治疗机。在工业领域中,贫铀也用于准直器、源存储/更换装置,密度、水平和厚度计,以及高放材料的运输容器。此外,贫铀还用于科学研究,比如在实验室中作为样品辐照屏蔽。

(2)暂存场所:目前,法国废弃贫铀的总库存约为 110 t,但没有专门的集中储存设施来储存这些材料。这些贫铀材料储存在用户场所,如医院和制造商的工作场所内。法国的放射性固体废物处置场不允许低中放处置场和极低放废物处置场接收贫铀材料,但允许接收被贫铀玷污的放射性废物。如果接收体积较小的贫铀材料时,需要经过特殊的审批^[22]。

(3)安全监管:法国根据欧洲指令、放射性物质运输条例(ADR)、国家保障和安全处置以及工业安全要求等执行有关辐射安全的法规。事实上,储存废弃贫铀的设施受以下法规监管:基本核设施法规(生态过渡部);法国和国际保障措施(工业部);针对工人、公众和环境的辐射安全条例(卫生部);《放射性物质运输条例》(国际原子能机构);《国防守则》。

(4)去向案例:法国伽马射线照相设备通常可

以返回供应商,但是医用弃用设备只有部分供应商接受弃用设备的贫铀材料。在 1992 年之前,前端燃料循环公司 SICN 还能够回收一些少量的 DU 屏蔽。自 1992 年以来,法国再也没有进一步的贫铀回收服务,到目前为止也没有向其他成员国提供回收服务。评估后,结论为弃用设备中的贫铀屏蔽材料最好的处理方式是回收再利用,尽管这种方式可能需要付出的成本比较高。

5.4 美国

(1)用途:贫铀屏蔽材料在美国被广泛用于各种设备和仪器的屏蔽,包括射线照相相机、A 型和 B 型医用桶、仪表、使用⁶⁰Co 源的辐照器、科学设备、氚吸收剂、医用同位素目标、乘数器、准直器、远程治疗单元等。

(2)暂存场所:美国没有建设存放贫铀屏蔽材料的集中储存设施,这些材料通常储存在各个使用者的场所内,包括美国能源部管理的国家实验室。

(3)安全监管:为了保障安全,USNRC(美国核监管委员会)负责对贫铀的使用、暂存和处置进行监管。这些监管活动遵循 USNRC 或协议国的法规。协议国已与 USNRC 签订协议,授权他们对在其境内使用或拥有的产品、来源或特殊核材料进行许可和检查。

(4)去向案例:美国为用户提供了三个填埋处置地点^[23],包括犹他州克莱夫(Clive)附近的能源方案公司(Energy Solutions)、得克萨斯州安德鲁斯附近的废物控制专家公司(WCS)、内华达州的内华达国家安全场址(NNSS)等,前两个是商业场址,第三个是政府拥有的场址。对于非美国的贫铀屏蔽材料,不能在美国进行填埋处置。位于田纳西州的 MSC 公司拥有 87 万 kg 的贫铀,并且通过核材料管理和保障系统报告所有放射性物质的转移和接收。该公司具备接收国内外客户贫铀屏蔽材料的能力,已为客户回收超过 1 000 t 的贫铀屏蔽材料并作为新的贫铀产品。

5.5 其他国家

土耳其:在土耳其,所有废弃设备中的贫铀屏蔽材料作为放射性废物,将返回原生产商或由土耳其原子能管理局(TAEK)的放射性废物管理部门进行处理,然后送至 TAEK 的集中废物处理和储存设施。目前,对弃用设备的贫铀屏蔽材料进行暂时存放是首选方式。

约旦:在约旦,弃用设备中的贫铀也作为放射性废物,与其他放射性废物一同存放在集中暂存库

中。虽然约旦已制定相关的辐射防护条例,但缺乏放射性废物运输的安全保障手段,因此需要其他国家或国际原子能机构的技术支持。在国际原子能机构专家的协助下,集中暂存库的工作人员于2016年将两个使用贫铀作为屏蔽材料的远程治疗装置拆除并运送至暂存库。

6 结论与建议

综上所述,国内外各个国家由于使用情况、国内相关设施建设情况和安全监管制度建设情况等方面存在差异,使得对民用弃用设备中贫铀材料采取暂存、去向等采取了不同的路线。例如,约旦由于其国内贫铀材料的使用量不大、设备生产商大部分不属于该国、运输和处理技术不完备等原因,将民用设备中的贫铀材料当作放射性废物进行暂存。美国因为大量地使用贫铀,具备生产、运输、回收贫铀的能力,并且专门建立了处置场处理贫铀材料,所以贫铀材料既可以当作核材料暂存和回收,又可以当核废物进行处置。我国和法国具有大量的贫铀材料,且建设的处置场均不能接收贫铀材料,因此国内产生的贫铀材料均暂存在使用场所或暂存库,不同的是,法国的贫铀材料在民用领域应用得更加广泛。

鉴于贫铀材料优良的特性,并考虑国内外对贫铀材料的使用和安全监管情况,对于贫铀材料在民用领域的使用和监管提出以下建议:①在安全监管的前提下,尝试开展贫铀材料在民用领域的应用研究,以充分发挥其优良的密度特性和屏蔽特性,并减少大量集中暂存的风险;②充分发挥我国核材料管制系统在贫铀材料民用的作用,建立贫铀材料民用相关法规体系建设,从法规标准方面进一步保障其安全管理。

参考文献

- [1] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. Background information on depleted uranium[R]. Washington, DC: USNRC, 2017.
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. IAEA safety glossary, terminology used in nuclear safety and radiation protection (2018) [R]. Vienna: IAEA, 2019.
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. IAEA safeguards glossary, international nuclear verification series No. 3[R]. Vienna: IAEA, 2002.
- [4] 商照荣. 贫化铀的环境污染影响及其对人体健康的危害[J]. 辐射防护, 2005(1): 56-61.
- [5] 于水, 赵法. 贫铀武器对人员和环境的影响评价[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [6] 程天民, 李蓉, 栗永萍. 贫铀弹伤害及其医学防护[J]. 解放军医学杂志, 2005(6): 169-170.
- [7] 葛鹏. 贫铀材料的工业应用[J]. 稀有金属快报, 2004(2): 36-37.
- [8] 李韡. 贫铀的利用及其现状[J]. 国外核新闻, 1998(6): 19-21.
- [9] 何凤岐. 贫铀防护 γ 射线探伤装置[J]. 核动力工程, 1986(3): 67-75.
- [10] 李波, 何亚斌, 张小刚. 射线屏蔽用贫铀材料的屏蔽性能研究[J]. 产业与科技论坛, 2022, 21(4): 56-58.
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radiation protection and safety in industrial radiography [R]. Vienna: 1999, IAEA.
- [12] MATVEEV V Z. Design of transport casks with depleted uranium gamma shield and advanced safety[R]. La Grange Park: ANS, 2006.
- [13] 我国首次成功研制核电主泵大型贫铀飞轮[J]. 中国机电工业, 2016(3): 20.
- [14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Safeguards implementation guide for states with small quantities protocols[R]. Vienna: IAEA, 2013.
- [15] 韩滔, 赵敏. 贫铀管理的基本策略[J]. 科技创新导报, 2016, 13(22): 101-102.
- [16] 甘建新, 李江红, 李生利. 中国核科学技术进展报告(第五卷)[M]. 北京: 中国原子能出版社, 2017.
- [17] 李洪辉, 赵帅维, 贾梅兰, 等. 贫铀的处理与处置探讨[J]. 环境科学与管理, 2016, 4(7): 96-100.
- [18] HERTZLER T J, NISHIMOTO D D, OTIS M D. Depleted uranium disposal options evaluation, tech. Rep [R]. Science Applications International Corporation, 1994.
- [19] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Management of depleted uranium used as shielding in disused radiation devices[R]. Vienna: 2023, IAEA.
- [20] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Review of sealed source designs and manufacturing techniques affecting disused source management[R]. Vienna: IAEA, 2012.
- [21] CANADIAN NUCLEAR SAFETY COMMISSION. Fact sheet, depleted uranium, the Canadian regulator's perspective[R]. Ottawa: CNSC, 2009.
- [22] FRENCH NUCLEAR SAFETY AUTHORITY(ASN). French national plan for the management of radioactive materials and waste for 2016-2018 [S]. Montrouge, France: ASN, 2017.
- [23] 伍浩松, 张焰. 美能源部明确贫铀处置地点[J]. 国外核新闻, 2020(6): 21-30.

Safety Management of Civilian Depleted Uranium Materials

SU Ziqiang^{1,2}, LIAN Bing^{1,2}, KANG Jing^{1,2}, WANG Xuesong³, CHEN Jiachen^{1,2}, SHI Xinhua⁴

(1. China Institute for Radiation Protection, Taiyuan 030006, China;

2. Key Laboratory of Radiation Environment & Health of the Ministry of Ecology and Environment, Taiyuan 030006, China;

3. Baotou Ecological Environment Bureau, Baotou 014060, Inner Mongolia, China;

4. CNNC North Nuclear Fuel Element Co. Ltd., Baotou 014030, Inner Mongolia, China)

Abstract: With the rapid development of China's nuclear power industry, the production capacity of nuclear fuel elements continues to improve, and the output of depleted uranium is also increasing, and most of the depleted uranium is temporarily stored in the production site. The main application of depleted uranium materials in civilian fields was introduced. summarizing the safety management of depleted uranium materials abroad, the treatment and destination of depleted uranium materials in discarded civilian equipment were sorted, the attitudes and safety supervision of depleted uranium materials in various countries were compared. Suggestions are put forward for the safety management of depleted uranium materials in China.

Keywords: civil equipment; depleted uranium; safety management