

# 恐怖分子会使用核武器 及放射性武器吗？

克里斯托夫·维尔茨和埃曼努埃尔·埃格 著 / 邓雪芳<sup>\*</sup> 译

## 摘要

对于恐怖分子会不会获取核武器及放射性武器用来攻击大城市这一问题，社会各界给予了极大的关注。本文作者对于获取这些武器所需要的技术性的要求和所将要遇到的困难进行了分析。什么样的困难需要被克服呢？在得不到拥有核武器国家的支持下，恐怖组织自身能否解决这些困难？笔者得出结论，恐怖分子很有可能是得不到核武器的。但是，他们很有可能在今后使用放射性武器。那么，一旦出现这样的袭击，又会造成什么样的后果呢？对此我们将予以讨论。

## 序言

值得庆幸的是，到目前为止还没有发生过使用核武器和放射性武器来进行恐怖主义活动的。但是，在东京使用化学战剂——沙林毒气发动的攻击（1995），美国的炭疽案（2001）和放射性原材料的走私引起了极大的关注。此外，2001年9月11日对美国的攻击显示了具有相当财力

---

<sup>\*</sup> 克里斯托夫·维尔茨和埃曼努埃尔·埃格(Christoph W ilz and Em manuel Egger)是瑞士核武器与生化武器国防机构施皮茨(Spiez)研究室的高级研究员，他们在该机构中负责核问题。

<sup>\*\*</sup> 中国人民大学法学院2005级国际法硕士研究生。

和人力组织的存在,并且,他们有进行最大可能破坏的强烈愿望。

尚未发生核武器恐怖事件是否意味着此种行为在当前或以后都不大可能发生呢?容易的事情会发生,而困难的则不大可能发生。基于此,我们对于恐怖分子使用核武器将面对什么样的技术困难,需要什么样的原材料,恐怖组织要秘密实施这样的工程将会遇到什么样的问题进行了研究。<sup>[1]</sup>这个全面研究是本论文得以完成的基础,而本文本身并不是一篇技术性的论文。

本文的第一部分将集中讨论核恐怖主义的可能性。论文表明,恐怖分子使用核武器不大可能。而相比之下,使用放射性武器则在其能力范围之内。因此,使用放射性武器将可能导致的后果在本文中将被详尽地讨论。

### 恐怖分子会不会使用核武器?

恐怖分子要得到核武器,有两种可能的方式。他们可以建造一种所谓的核武器生产装备,或者他们可以通过秘密窃取或购买的方式获得核武器。在讨论这两种情况之前,我想介绍一下最简单的核武器的运行原理。

#### 核武器的运行原理

一件核武器里存有足够形成多次致命反应的易核裂变的材料。在发生爆炸之前,这些材料都处于次临界的状态。也就是说,这些易核裂变的材料是以这样的方式排列的,即让中子不会自动地发生连锁反应,或者说即便有少许反应,也会在很短的时间内消失。

在发生核爆炸时,这些易核裂变的材料将会以最快的速度处于一个超临界的状态。在最佳时刻,通过从中子源中注入中子,并由此在两个

---

[1] Bernard Anet, Ernst Schmid, Christoph Wirz: "Nuclear terrorism: A threat to Switzerland?" Spiez Laboratory Internal Report, LS2000 - 03, 2000.

进程中开始一种所谓的竞赛,链式反应得以开始。这两个进程是:一方面,在一个超临界的构造系统里,中子的数量和其所释放出来的能量以飞速增长;另一方面,裂变所释放出来的这种能量造成了膨胀,这样就致使这一构造系统重新处于次临界的状态。

如果在系统接近过临界状态之前,连锁反应就发生了,那么,中子的数量的增长就不会那么剧烈,而其所释放出来的能量也将只是最大可能状态之下的一部分。由于裂变是自动的,新的中子将会被连续地释放出来,中子的存在将会导致预先的点燃则是不可避免的。

基于物质从次临界状态转为超临界状态的方式不同这一情况,我们可以将核武器分为两种主要的爆炸装置:枪式和内爆式。

### 枪式核武器

在爆炸之前,这些易核裂变的材料被分成单独的小块,每一块小于一定的规格。在通常爆炸的情况下,这些小块便结合在一起形成一个单独的倾向于几何形的(最好是球状的)超临界的集合体。这些易核裂变的材料的密度不会改变或只是有微小的变化。

由于这个方法非常慢,预燃会急剧降低预先设定的产量,例如,从13,000吨下降到只有几吨。<sup>[ 2 ]</sup> 为了能够达到预定的产量,只有自发裂变率非常低的易核裂变材料才会被使用,如含有大量 U235 的铀。

在广岛投放的核武器主要是基于枪式装置。一个直径大约 10 厘米长约 16 厘米装满铀的圆筒状的塞子被射入到一个中空的铀圆筒当中。两个物质一共大概有 64 千克重,它们平均含有 80% 的 U235。南非也制造了 6 枚枪式炸弹,每枚炸弹含有 55 千克铀,U235 的浓度为 80%。但南非后来拆除了这些炸弹。

---

[ 2 ] Yield 代表所释放的能量,通常用 TNT 千吨表示;一千吨相当于 10<sup>12</sup> 卡路里或 4.19 × 10<sup>12</sup> 焦耳。

## 内爆式核武器

处于次临界状态的球形裂变装药在均匀压缩后其结构将会变成超临界状态。因为临界质量与单位密度成反比,双重的挤压会使半临界质量的物质转变为两倍临界质量。此种压缩可以通过球形内聚爆轰波来完成。为达到此目的,可以使用有着不同速度爆轰波的爆炸反射层。反射层必须被布置在要压缩的球体周围,以使整个表面都被覆盖。

尽管此方法非常快,但预燃仍会减少所预计释放的能量,例如,由 20 千吨 KT 可以减少到 1KT 甚至更少。然而,达到预计能量的几率还是有的,即使易核裂变材料自然裂变的频率并不是很低。这种情况下可能会使用高浓度的铀和钚 Pu(最好是 Pu240 含量比较低)。

在长崎投放的炸弹属于内爆式核武器。这种核武器的核心包含有 6.2 公斤 Pu(约 0.9% Pu240)。

恐怖分子会不会建造临时的核武器装置 (IND)?

### 实施该计划所需要满足的要求

要建造一个临时的核武器装置,就需要一个详细的蓝图,而不仅仅是一个简单的框架。尽管通过公开渠道尤其是通过因特网,可以获得很多有用的关于制造核武器的物理和技术信息。但是,这并不意味着信息就足以制造一个临时的核武器装置。事实上,有很多技术和工程类知识方面的困难需要克服。

据说有的国家曾设计了一款炸弹方案(22 kT 铀爆炸装置)由 Khan 网络卖给了利比亚。除此之外,我还没有听到过其他脱离了政府控制的计划。

即使一个恐怖组织能够得到这样的一个蓝图,他们几乎一定会被迫重新设计。他们不大可能具有与中国在 40 年前一样的易核裂变材料以及一样的爆炸装置。为实施该计划,他们必须首先了解这个计划,他们需要知道做出决定的原因——几乎需要和一个全新的设计一样的知识

和专门技术。那么,得到这些知识又需要付出多大的努力呢?

由美国政府在 1964 年和 1967 年期间实施的所谓的第 N 国家试验可以给我们带来一些启示。三位博士后物理学家在没有获得机密信息的情况下,被要求研发一个可行的核武器设计。他们可以使用劳伦斯(Lawrence)放射实验室的多方面的图书馆资料,并且可以将爆炸案上交给国家进行讨论。为得到试验人员团队的帮助,他们向其详细描绘该实验。此后,一个有着炸弹设计经验的团队进行计算并将实验结果反馈给他们。在两年半的时间里花费了三年的时间人力,他们设计出了一种内爆型的武器,这在后来被认为是可行的。那么这又意味着什么呢?这种炸弹可以释放出 1KT 还是 20KT 的能量?这种炸弹从来没有被制造出来,也没有经过任何测试。

毫无疑问,一个恐怖组织可以花钱请物理学家们去做这样的工作。但是由于一些信息在相关的文献中找不到,所以必须做一些关键性的实验。这要求获取一些很难获得的材料,并且还会带来一些有关保密性的问题。

#### 获得易核裂变材料的困难:

专家们认为,对恐怖组织而言,要制造一种核武器的最大挑战是要获得必需的易裂变的材料。对于枪式的武器,大约需要一种高度浓缩铀的临界物质(见后表格 1);对于内爆型武器,大约需要一半上述质量的高浓缩铀或钚。

通过核反应堆来得到高浓度铀或者产生钚一般不大可能被恐怖组织使用,因为需要付出巨大的努力。要完成这样的工程不可能做到绝对保密。因此,这些可能性都可以被排除。尽管如此,还是存在偷窃或购买被偷窃的裂变物质的可能性。

世界上大多数的核电站采用低浓缩的铀。这些燃料对于制造炸弹并没有什么用处。尽管如此,还有很多核反应堆使用高浓缩铀,即 U235 浓度超过 20% 的铀,这些核反应堆包括民用研究反应堆,试验反应堆和海底推动力反应堆。而且,部分民用的燃料是可以循环再用的。比如,

在产生反应堆时用的钚就可以在新的燃料棒中被再利用。尽管这些民用的易裂变物质并不是制造原子弹的最理想的物质,并且没有一个核国家会使用它,但是恐怖分子就很有可能使用它们。

为了防止民用的易分裂的物质被用作军事用途,国际原子能机构审查那些没有核武器的国家的所有核设备和每一个贮存设备,只要这些国家是《核不扩散条约》(Non-Proliferation Treaty- NPT)的缔约国。国际原子能机构指示这些设备的所有者和操作者应当如何保护这些易裂变物质,而且通过书面记录机构也知道这些易裂变物质存在的地点和数量。检查的频率取决于这些物质一旦被盗可能造成的危险。

有关放射性物质走私的报告可以作为全面、有效地控制易分裂物质的一种方法。国际原子能机构的“已证实的涉及 HEU 和钚的事件清单”显示,1994 年这类事件的发展达到了一个高潮。在这个清单上,所有物质的总量都低于制造核武器的需要。尽管这令人欣慰,但是我们并不清楚被抓住的走私者比例,也不知道自从 1994 年起数量下跌的情况是否是真实的。也许现在的走私者变得更加聪明和狡猾。

制造核武器装备所存在的困难:

即使易裂变的物质和蓝图都存在,要制造核武器装备仍然是一个技术性方面具有极高要求的工程。这主要的是由于它需要大量的易分裂的物质,这对那些可能的制造者来说是一个会威胁生命的事业。

虽然制造一个枪式核武器装备的障碍明显小于制造内爆型核武器,但这些仍然是不能被忽视的。为了制造武器装备中铀的部分,需要一些冶金学专家和设备。以下是他们需要克服的一些实际困难:

- 铀在空气中 150 - 175 时会自燃。
- 铀在化学上是有毒并且是放射性的。和普通铀相比,高浓缩的铀会以每时间单位 100 倍的速度瓦解。
- 当铀从它的熔点降到室内温度的时候经历了两个相变。它的密度由此已增加了超过 8.5%。8.5% 密度的改变导致了大约 18% 的临界质量的改变。

- 要检测出两种次临界物质是否有可能结合在一起是不太可能的。
- 可用来制造反射体的反射物质和热等静压机是受到出口控制的。

以下事例可以证明浓缩的困难,以及由此带来的制造内爆型临时核装备的困难。为了将一升水压缩至其体积的一半或更小,需要巨大的压力,轻微的不对称将会导致喷射,而不是浓缩。因为在固体原子中的约束力和所需要的力相比是非常小的,在这些压力地带的固体,如铀和钚就会表现出液体的特征并且遵循流体力学的规律。

由于很难获取相关专业技术和技术条件(这些要求在很多领域几乎是不可能实现的)、缺乏可以利用的物质、缺乏处理这些物质的相关经验,所以一个非国家组织是不可能成功制造出一个使用压缩技术的内爆型核装置的。

总而言之,成功制造可以使用的核武器需要的还不仅仅是关于核武器运行的知识和易裂变的物质。

恐怖分子有可能偷窃(或者购买被偷窃的)核武器吗?

显然,国际安全取决于那些有核武器的国家是否会严肃认真地履行它们的责任。核武器被放在受到保护和看守的地方或者放在核武器的贮存设备里。一次盗窃将面临很大的风险并需要在人员、经费和组织策划方面付出很多的努力。如果没有内应或者当地的知识信息,一般不太可能会发生偷窃行为。到目前为止,还没有任何关于偷窃被证实的传闻或者相关可信的报道。

有各种类型的安全保障系统确保了绝不会发生不必要的核爆炸。这些安全系统包括:

- 有惯性的开关转换和加速传感器只有在达到最初的标准后才会装点火药。
- 需要高能量的电力脉冲的类型。
- 环境传感装置监控轨道,并且只有从经度到纬度以明显的速率加速时它才会接通。
- 一个气压继电器只有在离地面以上一段明显的高度才会激活

电路。

· 所谓的启动连接装置,它由说很多个可能多达 12 个字节的数字密码组成,只允许有限次数的尝试。这个密码必须由不止一个人输入,也就是说,每个相关的人都只知道整个密码的一部分。

自从 20 世纪 70 年代以来,如果有人不适当地操作这些武器或者试图打开它们,那些在美国为了核武器而设置的安全体系将会摧毁其关键的部分或者使它们变得无效。苏联的核武器方面也有类似的安全保障体系。如果核武器打开的时候没有完全被摧毁并且易分裂的物质可以被分离,那么对于最初的设计来说这个数量是不充足的。为了获得充足的数量,一些武器肯定还会被盗。

这种安全保障体系也确保了要成功使用一个被盗的武器是不太可能的。

恐怖主义分子会使用放射性武器吗?

首先是定义问题,什么是放射性的武器?

放射性武器(或放射发散装置,RDD)是指那些用来向周围环境传播放射性物质的装置,其目的是为了杀伤或拒绝在某一区域使用。有时,当高性能的炸药被用作分散放射性物质的时候,放射性武器被称作“肮脏弹”。

放射性武器不是核武器。即使放射性武器释放出铀或钚 Pu,但这种爆炸效果是由高能烈性炸药引起的;在这种情况下不会有像在核炸弹情况下的核裂变的发生。因此,放射性炸弹所产生的效果只会是使用同样计量的炸药的传统炸弹所产生的爆炸效果。

放射性物质对人类产生的影响

“剂量”是用于描述个人接收放射线的量的术语。计量的单位是西韦特 Sievert (Sv) 的很多小单位,即毫西韦特 millisievert (缩写成 mSv)。〔 3 〕

---

〔 3 〕 1m Sv 等于 100 m rem。

我们基本上能区分由放射性武器所导致的短期影响和长期影响这两种。短期影响有急性病的病症出现或由放射性物质导致的直接的死亡。长期影响则是在受到放射性武器的影响而导致的多年后癌症死亡率的风险加大。要产生急性的放射性武器损害症状的话,至少要接收大约 1000 mSv 的放射线。对于有各种年龄和性别的整片居民来说,因受到长期辐射而导致的癌症死亡人数大概是每西韦特 5% 到 6%。<sup>[ 4 ]</sup> 对于此,我们不知道最低标准是什么。

### 要制造放射性武器有多困难?

恐怖分子要建造放射性武器,就必须通过一定的途径获得足额的放射性物质。放射性原料主要用于医药、工农业以及研究领域。它们可以在医院、医药或工业射线装备、大学甚至家里找到。但并不是所有类型的放射性材料都适合在放射发散装置 (radio logical dispersal device, RDD) 里使用。在大多数情况下,其爆发力不够强以至于不能够产生足够的破坏力。此外,很多放射性原材料是含金属的,并不能被很激烈的爆炸非常有效地扩散。但是,我们并不能完全排除恐怖分子获得足量的合适放射性原材料并且能够在大片区域进行使用的可能。

要安全地处理放射性武器需要放射性原料和辐射保护方面的知识。对于恐怖分子和“自杀式人体炸弹”,我们可以预料安全性考虑和长期的癌症风险并非他们的首要考虑。

关于技术上的可行性,我们必须说建造放射性武器还是非常有可能的。在任何情形下,它都要求有先进的专有技术和计划,采取有针对性的措施并有大量的经费。尽管如此,对于恐怖分子制造放射性武器并没有根本性的障碍。

为了阻止利用放射性原料制造放射性武器,2003 年在奥地利维也纳举行了一个有关放射性原料安全的国际会议,该会议强调了这一担忧

---

[ 4 ] 《联合国科学委员会有关原子能辐射影响的联大报告》,通常被称为 UNSCEAR 2000 报告。

并且呼吁国际社会的关注。这一会议的直接结果就是国际原子能机构的“放射性物质安全行为守则”于2003年得到修订,支持它的“放射性物质的进出口纲要”也于2004年进行了完善并且得到通过,最近还完成了“放射性物质分类安全指南”。超过70个国家已经表示出了要遵从“放射性物质安全行为守则”指引的意愿。

八国集团在2003年埃维昂(Evian)会议上表示要在政治上全力支持国际原子能机构行动,也支持该组织制定的行为准则,并且鼓励所有的国家努力提高辐射源的安全。八国集团2004年在海岛(Sea Island)还表达了对“高危险辐射源进出口指南”的支持,这一指南在国际原子能机构的组织下完成,并随后于9月份在大会上得到通过。联合国安理会1540号决议在其序言中写道,大多数国家都已经采取了与行为守则所规定的建议相符的有效的防御性措施。国际层面的措施都是以保障辐射源安全和减少这些落入恐怖分子手中的可能性为目标的。

## 运用放射性武器的可能情形

### 密封的辐射源

伽玛射线源产生一个有地域限制的放射区,离源头越远,所释放的放射线的强度就会越小。该源头可以被隐藏在一些具有影响的地域,如人口众多的城区或者政府机构所在地,这样的话就可以在短时间内让更多的人遭受放射线的影响。但也不大可能出现这样的情况,即接收到放射线的人员会立即出现急性的放射性物质并发症。但可以预料的是一旦发现,所有曾经靠近该区域的人都会感到恐慌。从长时间来看,接收到放射线的人员患癌症的风险可能会有比较细小的,从统计学角度看来也许是不能检测的增加。一旦发现这样的放射线源头,要将其防护起来并移走是相对容易的。

另外一种方式就是,他们可以利用这样的放射线源头来使一定数量的人员长期遭受放射线的辐射。这种情况下,那些人可能会遭受急性的

放射性物质导致的并发症，甚至是因受到放射线的辐射而导致死亡结果。但是，此类攻击而导致的受害者应当是比较少的。

### 污染食物

通过往食物或饮料里加放射性物质也可以起到污染的作用。例如，在生产工厂或是在运输或销售的过程中投放放射性物质。在这种情况下，主要的危险在于消费者的身体内部受到影响。即使是小剂量和比较轻微的污染，或者是比较小数目食物的污染，对于公众也会造成比较大的影响，并造成较大的经济损失。

### 饮用水的污染

由于大量水的稀释作用，即便是将大量放射性物质投入到供水系统或是分配系统中，也不会导致消费者受到污染的危险。然而，饮用水的最低容许值也许会被超过，并需要对其采用昂贵的治理措施。

### 有放射性材料的爆炸装置

添加了放射性物质的爆炸装置的起爆不仅会导致当地的污染，而且还会扩散到其他地方。这样的装置通常被叫做“肮脏弹”。当地的污染主要是由放射性物质释放引起的。更大范围的污染是由爆炸所释放出来的烟雾剂的扩散所致的。吸入放射性武器所释放的烟雾剂会导致人体内的辐射。受伤的人员受到放射性武器的污染。而受到污染的人员很有可能被送到医院，这样又导致医院受到污染。在这种情况下，要去除污染则会很困难，既费时间又费钱。

### 通过烟雾剂污染空气

通过合适的技术设备，可以容易地制造出可吸入体内的烟雾剂。在一栋公共大楼散布放射性核素，在场人员就会吸入受到污染的空气。此外，烟雾剂的扩散会导致人体表面和大楼地面受到污染。这样的攻击会导致人们由于担心患癌症而产生的恐惧，会导致大楼被封锁一段时间以

确保污染被清除干净,从而导致大量的经济损失和高额的清除费用。

### 使用放射性武器的后果

在某个地域使用放射性武器,该地区就会被放射性物质所污染,尤其是在以上所叙述的后两种情况下。受污染区域的大小及受害的程度,取决于使用什么样的方法来散布放射性物质、放射性物质的多少、天气情况以及其他很多很多的因素。

很典型的情况是,一个地方受到放射性武器污染的程度与离投放放射性武器的地点的远近有关。离得越远,受到污染的程度就越少。投放的时间越长,受到污染的程度也会降低。天气会使放射线从受污染的地域转移到其他地域。此外,物理放射性核种也会有自然的衰退。

数学模型显示在肮脏弹攻击的地域,我们会看到在爆炸的地点所释放的放射线的最大剂量为每小时 10 mSv。当然,这一估算取决于那些假设条件,比如,它的活动、气象条件以及爆炸物量。在投放放射性武器的核心地域,要使一个人出现 5% 的急性放射性武器攻击的病状大约需要 100 个小时。在这种情况下,受影响的居民、服务人员或过路者接收到足够的放射线剂量而遭受到疾病的痛苦或导致死亡实际上是不大可能的。

因此,由放射性武器释放出的放射性物质不大可能会导致急性或严重的公共健康灾难。但是,尽量避免或减少受辐射人群的长期辐射致害结果(癌症或白血球过多病风险的可能增加),还是被证明是必要的。国际放射防护委员会(ICRP)提出了这样的建议,如果预计所有已知辐射源所导致的相关人群遭受放射线的剂量超过每年 10mSv 的话,就应当采取措施。<sup>[ 5 ]</sup>

总体来说,基于受到影响的程度,可以采取以下措施来保护人群:

- 建议在遭受攻击时出门在外的所有的人及时洗澡并更换衣服;
- 临时性地限制外出时间;

---

[ 5 ] 持续照射情况下公众的放射防护,国际放射防护委员会出版物 82,2000 年。

- 暂时躲避在地下室或避难处；
- 限制消费特定农产品；
- 禁止收割农作物、放牧、打猎和捕鱼；
- 临时撤出；
- 重新安置受影响的人群。

躲在室内可以提高大约 10 倍的安全度，也就是说，当外面的放射线的剂量是每小时 1m Sv 的时候，在室内则是每小时 0.1m Sv。撤出只在较短的时间内可以运用，以使民间防护组织得以不受干扰地调查并净化受到影响的地域。当一栋建筑物不足以提供足够的保护或条件的时候，也可以采用撤出的方案。

如果不大可能恢复一个已经受到影响的地域，或是如果恢复太过于昂贵，那我们就应考虑重新安置平民或关闭已经受影响的区域。在放射性污染事件中，以上措施可以减弱甚至完全消除健康公害。因放射线所引发的癌症的风险可以被削弱到这样低的程度，即不会再看到可能由放射线导致的癌症现象出现。如果光是从健康方面的危险看，采取必要的措施也不用太着急，因为几天的迟延并不会导致什么不同的效果。很有可能污染非常微弱，以致于这些措施根本就是多余的。

对于高污染的事件，就可能有必要对受到影响的人群、建筑物和街道进行排污活动，即清除其放射性物质。更换衣服或进行全面冲洗对于清除个人身上的放射性物质来说是足够的了。但如果要清除街道、广场和建筑物上的放射性物质，则会麻烦一点；因为它们必须要用大量的水进行冲洗或擦洗，有时候还要使用吸尘器。基于不同的污染及其表面，以上措施可以清除 10% 到 90% 不等的放射性物质——有时候为获得更好的结果，可以反复地进行上述措施。有的放射性物质可能会和沥青或水泥混合，从而导致以上措施无法奏效。在这种情况下，就有必要将建筑物或街道表面的外层除去，并将其作为放射性的废物加以处理。对于那些无法清除的地域——如花园或公园——表层 20 ~30 厘米的泥土必须被清除掉，这样就会有大量的放射性废物需要处理。

军队、从事保卫和支援工作的机构以及私人公司也可能会被安排从

事这么大规模的任务。在成功进行清除之后,人们可以在几天或几个月的时间内回家。如果清除没有取得成功,则要求毁掉受污染的建筑物,对受污染的人员也要重新予以安置。

大量互相矛盾的辐射防护的建议和法规会损害人们对当局作出明智决策的信心。美国的一项调查表明,大约 40% 的国民将不会听从政府的指导,并尽可能试图逃离受到影响的领域。<sup>[ 6 ]</sup> 2004 年,美国有 6 部法律可以适用于 RDD 清理,而它们规定了不同的剂量标准。<sup>[ 7 ]</sup> 当专家和政界人士在对于一些无法解决的问题进行无休止的争论的时候,公众对于政府的信心就会下降。这样会延迟补救的进程,因而增加 RDD 带来的影响和损失,最终会导致需要采取不必要的昂贵的补救行动来重建公众的信心。

在人口集中的地区,就是全面修复一个范围相对比较小的区域也要花费很大的财力。当地的公司必须暂时停业;许多居民也要撤离出去。除了这些直接支出以外,大部分人都会感受到的不确定和惊恐也会导致巨额的损失。尽管健康风险不是最主要的,但是受到影响的城镇和地区将失去对公众、公司和旅游者的吸引力。在最糟糕的情况下,损失可能会高达好几千亿美元。

## 总结

恐怖分子要想获得核武器是非常困难的。因而,他们使用核武器的可能性很小。建造核武器是一个非常艰巨的任务,对一个国家来说也是这样。在 15 年前,伊拉克试图花费 100 亿美元并雇佣 7000 名工人来建

---

[ 6 ] Roz D, Lasker: Redefining Readiness: Terrorism Planning through the Eyes of the Public, Center for the Advancement of Collaborative Strategies in Health, New York Academy of Medicine, 14 September 2004. .

[ 7 ] D. E lcock, G. A . K lem ic, A .L . Taboas, " Establishing remediation levels in response to a radiological dispersal event" ( or ' dirty bomb ' ) Environ. Sci. & Technol. , Vol. 38, No. 9, pp. 2505 - 2512. .

造核武器工程,然而却以失败告终。此外,《核不扩散条约》作为核不扩散的支柱得到了加强。对于《核不扩散条约》(NPT)的成员国来说,要秘密地制造核武器而不遭到怀疑是比较困难的,尤其是对于那些受1997年《国际原子能机构(IAEA)保障监督协定附加议定书》约束的国家来说。由次国家的团体来秘密发展核武器似乎更加不可能。

防止核扩散的一般机制阻碍了核恐怖主义。因此加强对《核不扩散条约》(NPT)的遵守,减少武器装备,减少危险性易核裂变物资的生产等,将会进一步减少核恐怖主义的风险。

但我们从研究中发现,正好与核武器案相反,一个组织较好的恐怖组织要获得并使用放射性武器,基本上不存在什么难以克服的困难,尽管这样的行为仍然具有对高科技的要求因此有些困难。专家预测在今后的10年内发生这样的攻击的可能性为40%。<sup>[ 8 ]</sup>对于如何应付RDD攻击,大多数国家并没有制定详尽的计划。计划应当包括公共教育,应急反应准备以及确定攻击发生时我们可以承受的污染级别标准。如果专家的这一预测是正确的,那么我们就亟需应对意外事件的措施,以防止出现恐慌并缓和这种事件所可能导致的后果。

## 附录——一些有关核物理的基本术语

以下解释的是了解核武器和放射性武器的原理和机制所要求的一些最重要的术语

### 同位素

原子核由质子和中子组成。质子的数目决定了元素的种类。比如,铀的原子核包含92个质子,而Pu的原子核包含94个质子。一种元素的原子核可以包括不同的中子,这就叫做元素的不同同位素。

---

[ 8 ] Richard G. Lugar: The Lugar Survey on Proliferation: Threats and Responses, June 2005, available at <http://lugar.senate.gov/reports/NPSurvey.pdf> (visited on 12 September 2005).

## 放射性 半衰期

放射性原子核可以发射粒子,而不需要任何外部的影响;通过这种方式它们可以转化为不同的原子核。在  $\alpha$  衰退中,原子核释放出一个粒子,该粒子包括两个质子和两个中子;该原子因而就失去了相应的重量。在  $\beta$  衰退的情况下,原子核释放出一个电子,就是所谓的  $\beta$  粒子;然而,它的重量几乎没有变化。 $\alpha$  衰退和  $\beta$  衰退都是与所谓的伽玛射线相对的,这是一种高能量的电磁放射。一张纸或者是几立方米的空气就可以阻隔  $\alpha$  射线。 $\beta$  射线可由一本薄书所阻隔,而伽玛射线可以穿透一堵墙。

暂时的放射衰退有半衰期的特征,半衰期指的是放射性元素由原有量衰减到一半所需的时间。

## 自然裂变

自然裂变指的是原子核在放射性衰退的时候不是因为外界的影响而发生裂变成两块,极少数情况下是裂变成三块。同时,释放出中子、伽玛射线和能量(以活动粒子的形式出现)。

## 诱导裂变 /链式反应

中子撞击核子,然后则被核子所捕获吸收。然而被某些重同位素所捕获的中子可能会导致核裂变;这就是诱导裂变。

每次裂变中,能导致更多裂变的中子都会被释放出来。这样就会出现所谓的链式反应。易裂变物质由任何能量的中子都能加以分裂并能使裂变链式反应得以持续的同位元素组成。

## 临界质量

一组易核裂变物质的临界质量是指产生一个可持续的核链式反应所需要的量。如果量材料比较多的话,反应就会以幂指数的速度增长,这就叫做超临界。

临界质量并不会永恒不变。最小的临界质量产生于球形的裂变装置,因为此时其面积与容量的比例是最小的。如果从裂变装置中逃离的中子被反弹回来,则临界质量也可以得到减小。此外,临界质量与密度是成反比的。表格 1 显示了 Pu - 239 同位素和铀同位素的不同混合物的临界质量。

表格 1:各种球形裂变装置的裸临界质量(无反射情况下的临界质量)

	临界质量(千克)
Pu 239(最浓状态)	~10
U 235	~48
U 235 (94% ) U 238 (6% )	~52
U 235 (80% ) U 238 (20% )	~70
U 235 (50% ) U 238 (50% )	~160
U 235 (20% ) U 238 (80% )	~800

朱文奇 校