

能源与安全

能源与环境研究所出版 · 美国华盛顿 · 二〇〇四年第一期 · 总第 28 期

河边的核垃圾堆

塞瓦纳河厂址放射性污染物对塞瓦纳河的威胁

阿琼·麦克贾尼
米歇尔·博伊德¹

位于南卡罗莱纳州的塞瓦纳河厂址为美国的核炸弹生产超过三分之一的钚，差不多所有的氚、以及用于武器和非武器目的的其他核材料（钚-238、钚-242 和镅-237）。以往在塞瓦纳河厂址堆积的废物、（对这些废物的）不善管理以及未能实施足够的清洁计划已在该厂址的地下造成了大面积水污染，并对未来该地区包括塞瓦纳河在内的关键水资源保持完好造成风险。当前的废物管理现状是塞瓦纳河厂址有由美国南部最重要河流之一变成高级别核废料囤积地的危险。

塞瓦纳河厂址由美国政府建于 20 世纪 50 年代初。该厂址中最重要的生产设施和大多数污染的来源是五座核反应堆和两个用于处理核材料的大型再处理工厂（称为 F 和 H 谷）。²

塞瓦纳河厂址以废物形式储存的放射性物质比美国其它任何核武器厂址储存的都多。那些放射性物质中的约 99%

在本期内	
核瞄准目标.....	14
术语学习.....	19

被置于 49 个储存在地下的高级别废物储存罐中，它们含



塞瓦纳河厂址氚植物修复计划建造的池塘。

“植物修复是为了消耗土壤和水中的某种污染物而有意图地使用树木和植物.....为了控制受到氚污染的水源，该计划包括一个有意建造的用来停滞和留存受污染的地下水渗流的池塘，以及一个用来将水传递到满是树木和植物的受控成林区域的喷洒灌溉系统。树木和植物具有称为蒸发的自然过程，污染物在这一过程中降解、被吸收或微量地释放到大气中。”
(能源部数字档案)

有卸载自再处理厂的主要废物，包括裂变产物以及钚、铀和其它放射性核素。

最大数量的卸载废物以液态形式进入渗漏池，这些渗漏池也因此受到污染。最大数量的固态放射性废物被称作“低级别”废物，其中包罗万象。

广义而言，对于水资源的主要威胁来自废物中的长半衰期放射性核素，包括高级别废物、掩埋于废物和渗漏池中的放射性废物、以及渗流区³和塞瓦纳河厂址地下地下水中的放射性废物。来自放射性废物的危险性由于存在有毒的非放射性污染物而变得更加复杂。

表 1 显示的是官方对放射性废物数量的估计，既有数量，也有放射性总量。

**表 1：对于塞瓦纳河厂址
来自核武器生产的废物的官方估计**

废物种类	数量 (立方米)	放射性 (居里)
高级别废物 (四舍五入)	144,000	484,200,000
其中：		
泥浆状沉积物	10,600	320,000,000
盐饼与上层清液	133,500	160,000,000
置于罐中的玻璃化废物	1221 个罐子	4,200,000
储存的铀后元素废物	15,000	560,000
掩埋的铀后元素废物	4,530	21,900
低级别废物——		
开放的置放地址 (“活性的”)	680,000	未给出数据
混合的低级别废物 (见注释)	7,300	未给出数据
储存的低级别废物	1,600	未给出数据
总量	~ 852,000	~ 490,000,000

注释：不同的官方出版物引用的关于废物的数字并不一致。以上数据来自 20 世纪 90 年代中期至 2000 年间的不同时期。“混合的低级别废物”是既包含了放射性的又包含了非放射性的危险成分的废物。

在塞瓦纳河厂址，人们用了许多垃圾垫土、沟槽以及用于燃烧的/碎石坑去处置低级别废物、混合废物、铀后元素废物和危险废物。塞瓦纳河厂址中最大、也是受污染最严重的区域之一是掩埋区综合设施，它位于 F 和 H 区的再处理厂之间。其主要用途是处置低级别放射性和混合废物。放射性废物掩埋老区，由于其所含废物的数量巨大、种类繁多，在那里堆积的既有放射的也有非放射性

《能源与安全》

《能源与安全》是一份报导核不扩散、裁军和能源可持续性的时事通讯刊物，由能源与环境研究所 (IEER) 一年发行 4 次。

IEER 地址：6935 Laurel Avenue, Suite 204, Takoma Park, MD 20912, USA

电话：(301) 270-5500

传真：(301) 270-3029

电子函件：ieer@ieer.org

万维网地址：www.ieer.org

能源与环境研究所就广泛的问题向公众和决策者提供有见地的、明确的和稳妥的科学和技术研究报告。该研究所旨在向公共政策事务提出科学的意见，以促进科学的民主化和更健康的环境。

能源与环境研究所成员：

所长：阿琼·麦克贾尼，博士

图书馆员：洛伊丝·查墨斯

簿记员：戴安娜·科恩

对外主管，美国：丽莎·莱德维奇

项目科学家：安妮·麦克贾尼

行政助理：贝特西·瑟洛-希尔兹

科学研究人员：布莱斯·史密斯，博士

感谢我们的支持者

我们衷心感谢我们的资助者，是他们的慷慨资助使我们能够对从事与核武器有关问题的基层组织提供技术帮助、并开展我们的全球对外联络项目。我们的资助者是：Colombe Foundation, Educational Foundation of America, Ford Foundation, John D. and Catherine T. MacArthur Foundation, John Merck Fund, Stewart R. Mott Charitable Trust, New Cycle Foundation, New-Land Foundation, Ploughshares Fund, Public Welfare Foundation, Simons Foundation, 及 Town Creek Foundation。

感谢 C.S.Fund 的慷慨资助，它使我们能够进行有关全球经济的研究。

也感谢赞助能源与环境研究所的《用于民主行动的科学》的读者。深深感激你们的支持。

制作：Cutting Edge Design

编辑：丽莎·莱德维奇

在知识产权得到适当尊重的情况下，我们欢迎重印本《通讯》中的材料。如果能够寄来包含了重印文章的出版物，我们将非常感谢。

的有毒材料，它也许是将来在各种埋藏和燃烧地中最重要的污染源。

塞瓦纳河厂址还用 12 座渗漏池排放几亿加仑受到放射性核素、有机毒性化学物和重金属污染的液体废物。最大数量的液体废物来自两座再处理工厂（F 和 H 谷）和反应堆。表 2 与表 3 提供的资料总结了污染塞瓦纳河厂址水源的最重要渗漏池以及主要的垃圾垫土区、沟槽和坑地。

以前堆积的固体和液体废物已经严重地污染了该厂址操作区的土壤和地下水。地下水露头部分进入当地河流，诸如四里溪（见本页的厂址地图），并经由其流入塞瓦纳河。有的威胁将持续几十年，它们来自氚、挥发性有机化合物、铯-90、汞、镉以及铅等物质。有的威胁将持续千年，远远超过了任何物理或机构控制可以寄以的希望，这种威胁的来源包括碘-129、钨-99、镎-237、铀同位素、以及钚-239。⁴

氚

氚是塞瓦纳河厂址中最随处可见的



图形 1：塞瓦纳河厂址地图，显示了运行中的区域以及地表水体。来源：基于《塞瓦纳河厂址环境报告 2000 年》(威斯廷豪斯塞瓦纳河公司，WSRC-TR-2000-00328)，图形 1-2，第 6 页。

放射性污染物。氚是具有放射性的氢基。在气体状态，氚对人体健康的危险通常很小，因为它可以对人体传递具有实质意义的放射性剂量之前，它已经被呼

表 2：塞瓦纳河厂址污染水源的主要渗漏池总结

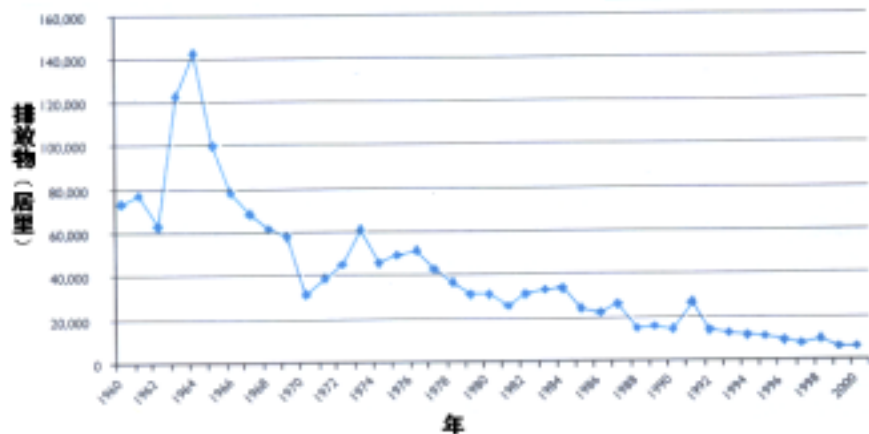
池名	影响的水系	污染物
F 区渗漏池	地下水；露头部分进入四里溪	氚、铀-238、碘-129、铯-90、钚-244、镉-241、钨-99、镉、铝
H 区渗漏池	地下水；露头部分进入四里溪	氚、铯-90、汞
多用途导向器厂园址老区渗漏池	地下水；塞瓦纳河及湿地	三氯乙烯
多用途导向器厂园址新区渗漏池	地下水；塞瓦纳河及湿地	三氯乙烯
M 区渗漏池	地下水带；露头部分进入上三纶溪	三氯乙烯，四氯乙烯
F 区老渗漏池	地下水	氚、碘-129、铀
K 区渗漏池	地下水；露头部分进入印第安墓河支流	氚
R 区渗漏池	地下水	铯-90、挥发性有机化合物
L 区渗漏池	地下水	三氯乙烯、四氯乙烯、氚
P 区渗漏池	地下水；露头部分进入斯蒂尔溪	氚、三氯乙烯
福特大楼渗漏池	地下水	铅、汞、硝酸盐
C 区反应堆渗漏池	地下水	氚、三氯乙烯

来源：《塞瓦纳河厂址环境资料：2000 年》(威斯廷豪斯塞瓦纳河公司，WSRC-TR-2000-00328)；以及《就长期管理递交国会的报告，卷 11—厂址综述》(能源部，EM-0563，2001 年 1 月)。

出体外。但是，氚可以把一个或两个氢原子都置换到水中，并由此使水具有放射性，而这种水的化学特性与普通水无异。由于水对生命至关重要，具有放射性的水会令放射性渗入人体及其器官的各个部分——例如：细胞、DNA 和蛋

白质等。处于有机物质中的氚被称为有机氚（OBT）。有机氚和氚化水都可以渗透胎盘，辐射在子宫里发育的胎儿，从而造成天生残疾、流产等危险和其它问题。此文中讨论的氚，除非另有特别指明，都以氚化水或有机氚形式出现。

图形 2：塞瓦纳河厂址中氚向塞瓦纳河的排放



来源：《塞瓦纳河厂址环境资料：2000 年》（威斯廷豪斯塞瓦纳河公司，WSRC-TR-2000-00328） 第 72 页

释放到塞瓦纳河厂址河流中的氚有

两种排放方式：1) 直接排放；2) 氚从掩埋废物中转移到地下水中，然后其露头部分进入河流。在最初的约 20 年里（20 世纪 50 和 60 年代直至大约 70 年代中期），反应堆和再处理厂是大多数氚排放的来源。在后来的 30 年中，氚转移到地下水中并由此进入地表河流变得越来越重要。废物管理的施行和以往的（废物）堆积现在实质上已成为塞瓦纳河厂址氚排放的全部原因。

通过直接排放和转移这两条途径每年排放到塞瓦纳河厂址河流中的氚从 20 世纪 60 年代的超过 100,000 居里演变为 2002 年的 3,100 居里。图形 2 显示的是塞瓦纳河厂址 1960-2000 年间的氚年排放量。

虽然塞瓦纳河厂址地下浅薄的地下水并未被用作饮用水，但其中的氚仍值得忧虑，因为它进入塞瓦纳河，而这条河是饮用水的取水源地。所有地下水监测

表 3：塞瓦纳河厂址污染水源的主要垃圾垫土、沟槽以及坑地总结

垃圾垫土/沟槽	影响的水系	污染物
掩埋区综合设施 · 放射性废物掩埋老区 · 低级别放射性废物处置设施	四条分开的地下水带 · 西南面的一条沾染了氚，露头部分进入四里溪 · 北面各条的露头部分进入上三纶溪	氚与其它放射性核素，挥发性有机化合物（主要是三氯乙烯），金属
多用途导向器厂园址掩埋区	地下水；排入塞瓦纳河湿地和塞瓦纳河	三氯乙烯；包括铀和镭-226 在内的放射性核素
A 区燃烧/碎石坑	地下水	三氯乙烯，四氯乙烯，甲基氯
C 区燃烧/碎石坑	地下水；露头部分进入四里溪	三氯乙烯，四氯乙烯，氯乙烯，氚（该处的氚来自 C 区的其它来源）
化学、金属及农药坑地	地下水；露头部分进入潘支流	三氯乙烯，四氯乙烯，金属

来源：《塞瓦纳河厂址环境资料：2000 年》（威斯廷豪斯塞瓦纳河公司，WSRC-TR-2000-00328）；以及《就长期管理递交国会的报告，卷 11—厂址综述》（能源部，EM-0563，2001 年 1 月）

井中有超过一半显示,分离区(F和H区)和废物管理区(E、F、H、S和Z区)中氚污染就浓度而言超过饮用水标准。

由于塞瓦纳河厂址的地下水很浅,受到氚

污染的地下水的露头部分进入河流,并由此进入塞瓦纳河。历史上,塞瓦纳河最高的氚浓度就来自四里溪中流入的那些氚。塞瓦纳河相对丰盈的流量稀释了氚(的含量),使其浓度如以上表4所示低于饮用水标准很多。虽然排入塞瓦纳河的大部分氚来自塞瓦纳河厂址,但一家商用核电站——富格特尔厂(Plant Vogtle)也难逃干系。

位于佐治亚塞瓦纳的这条河流的河口附近在2000年的浓度是950微微居/升;2002年略低,为774微微居/升。

表4：塞瓦纳河中氚的平均浓度，2000-2002年，微微居/升

河流长度(说明)	氚浓度(2000年)	氚浓度(2001年)	氚浓度(2002年)
160.0(塞瓦纳河厂址上游)	110	82.3	171
150.4(位于四里溪)	2,220	2,280	2,530
150.0(四里溪河口南部)	2,130	1,230	1,080
141.5(斯蒂尔溪河口南部)	1,420	1,220	1,120
118.8(湿地与塞瓦纳河的南部)	1,180	1,020	1,010

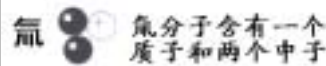
来源：《塞瓦纳河厂址环境资料：2000年》(威斯特豪斯塞瓦纳河公司, WSRC-TR-2000-00328,第69页);《塞瓦纳河厂址环境资料：2001年》(威斯特豪斯塞瓦纳河公司, WSRC-TR-2001-00475,压缩盘);《塞瓦纳河厂址环境报告,2002年》(威斯特豪斯塞瓦纳河公司, WSRC-TR-2003-00026,压缩盘)。

这意味着,塞瓦纳河的全程——从塞瓦纳河厂址的排放点到大西洋——都受到塞瓦纳河厂址氚排放的影响。在过去的一、两年里,厂址南部塞瓦纳河中氚的浓度为当前饮用水安全标准(20000微微居/升)的约5%;也就是说,它完全处于规则的限制之下。由塞瓦纳河水引起成人患癌的风险远低于规则的限制,但这并未消除所有与健康风险有关的实质性问题。

不去说什么将来的(废物)堆积和新处理过程中产生的排放物,塞瓦纳河

关于氚

氚是氢的放射性形式,带有2个中子,导致总原子量为3(1个质子,2个中子)。大多数氚是人造的产物。一些氚由于大气与宇宙射线相互作用而出现在自然界中。由于其相对短的半衰期(12.3年),氚每年衰变约5.5%。



作为一种气体,氚是很轻、很小的原子。因此,除非遇到最高级的工程技术做成的用来阻碍其的滤网,它都可以毫不费力地穿越,并自由地与水和水蒸气中的其它形式的氢基混合。通过替换水中一个或所有两个非放射性水原子,氚形成氚化水。氚化水经常被表示为:HTO或T₂O,那分别取决于水分子中具有一还是两个氚原子。(水被表示为H₂O。)当氚化水是由重水(D₂O)中的一个氚(D)核吸收中子而形成时,它被称为DTO。水的所有含氚形式都具有放射性,它们以化学性质与普通水(H₂O)相同的方式工作。氚的弥散与氚化水在环境中沿着非放射性水移动有关,也与微量的氚很难从普通水中分离出来有关。

在核武器中,氚的主要功能是提升在纯聚变武器和热核武器主要部分中都使用的裂变材料的当量。氚被置放在弹头中可移动、可重新填料的容器中,它增加了核爆炸材料使用的有效性。尽管无法公开获得官方资料,每个弹头据估计平均需要大约4克氚。但是,设计来释放出更多射线的中子弹据估计需要更多的氚(10-30克)。¹

1. 转载自希斯海姆·泽里夫:《能源部决定生产氚的环境、健康、预算和战略影响》(马里兰,塔库玛公园:能源与环境研究所,1996年1月),第1页。网上:<http://www.ieer.org/reports/tritium.html>。

厂址由于过去的（废物）堆积现在就是相当可观的氡的来源地。虽然氡的半衰期比诸如镭-90、铯-137 或钚-238 或镎-237 等其它放射性核素要短，但为期 12.3 年（的半衰期）也长到足够使氡成为将来几十年里塞瓦纳河厂址对塞瓦纳河的主要放射性污染物。鉴于健康风险的性质以及缺乏足够的标准来保护孕妇（见下文），在塞瓦纳河厂址清洁（项目）的首要考虑中应该包括减少氡泄漏和排放的修复措施。

佐治亚州内来自塞瓦纳河厂址的氡

来自塞瓦纳河厂址的氡有以下途径影响佐治亚州：

- 塞瓦纳河厂址将包括氡在内的污染物排放到塞瓦纳河中，河水被氡污染。
- 塞瓦纳河厂址附近的雨水，包括塞瓦纳河佐治亚一侧的雨水，含有不同程度的氡，它们由塞瓦纳河厂址受污染水蒸发而成。
- 佐治亚境内上三统蓄水层中的地下水受到来自塞瓦纳河厂址的氡的污染。
- 塞瓦纳河中的鱼类受到来自塞瓦纳河厂址的氡和其它放射性核素的污染。

所有这些污染都远低于当前规则的限制，包括饮用水的安全限制。

1991 年，佐治亚州伯克县的饮用水水井中发现了氡，该县比邻座落着塞瓦纳河厂址的塞瓦纳河。接下去的调查发现，15 口水井中的氡污染浓度为 500-3500 微微居/升不等。后一个数字几乎是饮用水规则限制的 18 倍。

塞瓦纳河厂址中水蒸发而污染的雨水已经成为佐治亚的一个污染源。一个尚未得出论断的关键性问题是，氡转移到佐治亚是否直接来自塞瓦纳河厂址区域内塞瓦纳河下受污染的蓄水层（称为

跨河流）。对这一问题做出论断极具重要性，因为污染物转移到较深的蓄水层这一情况对于佐治亚和南卡罗莱纳州地下水资源的安全来说是十分严重的事情。

饮用水中的氡

南卡罗莱纳塞瓦纳河厂址附近的城市饮用水系统既使用地下水也使用地表水，28 个系统中有 25 个依赖地下水。但是，用户中的约 57% 依赖 3 个地表水系统。

表 5 显示的是 2000 年饮用水系统提取处水源水中的氡平均浓度。最高浓度表明是饮用水安全限制 20,000 微微居/升的约 5%。这些资料明确显示，饮用水受到来自塞瓦纳河厂址的氡的污染；但污染远在饮用水安全限制允许的范围之内。

氡污染的严重性

负责塞瓦纳河厂址的美国能源部声称，目前的氡污染程度不构成问题，因为氡的浓度一般比美国环境保护署当前法规允许的饮用水最高氡污染限制低 10-20 倍。但是，美国能源部也必须坚持使（污染物）排放“在合理能够达到的情况下尽可能的低”（称为“ALARA”原则）。因此，（污染）程度低于最高限制这一事实并不意味着满足了所有规则的或公众的安全要求。

作为参考，重要的不仅是将污染（程度）与饮用水的安全限制相比，还要将其与原来的自然状态相比。核武器试验之前，湖泊、河流和适合饮用的水体中氡的底版是 5-25 微微居/升。核武器试验大大提升了大气中氡的数量。尽管其

表 5：饮用水系统中提取出的、制成的水中的氡平均浓度，2000 年和 2002 年

净化厂	氡、制成水 微微居/升，2000 年	氡、制成水 微微居/升，2002 年
北奥古斯塔公共水坊（塞瓦纳河厂址上游）	41.2	132
比优福特公共水坊	1,030	824
塞瓦纳市工业与家政水供应厂	950	774

中的大部分已经衰退，但仍有足够数量的来自炸弹试验的氙提高了全球的氙数量。20 世纪 90 年代初，亚特兰大降落的雨水含有约 39 微微居/升的氙。而出于分析的需要，这将被作为“底版”(天然+核试验)——也就是说，即使没有塞瓦纳河厂址的(污染物)排放，也会达到的(氙)含量。氙浓度为 1000 微微居/升时是饮用水安全限制的 1/20，但这也是亚特兰大雨水中氙含量的约 25 倍。

就对成人的辐射剂量而言，环境保护署关于饮用水中氙含量的安全标准在某种程度上要比对其它贝塔射线释放者(的规定)严格。但是，需要强调的是，氙引起的健康风险远远不止引起成年人患癌症那样简单。那些风险还包括非癌症风险，使儿童和发育中的胎儿患癌症的风险，对健康的非癌症影响，以及氙中的有毒非放射性材料造成的并发症。充分考虑到由氙引起的癌症的多样性及其特性，以及癌症以外的危险，这可能要求在相当程度上严格当前的饮用水安全标准。这使得实施有关氙的“ALARA”原则变得更加重要。

由于其化学性质，氙化水可以在人体细胞中替代普通水(人体软组织的约 70%由水构成)。此外，在人体中的氙化水通过被吸收进诸如氨基酸、蛋白质和 DNA 等生物分子可以成为有机氙。

当前的饮用水氙安全标准对儿童和发育中的胎儿的保护没有达到保护成人的标准。当前的辐射保护标准假设，受到贝塔射线辐射(比如来自氙的辐射)所引起的生物损害与整个人体受到伽玛和 X 射线辐射相同。但是，氙的每单位辐射能所造成的患癌风险可能要高得多。2002 年的一项研究得出结论：氙的剂量转换系数，用于成人时根据氙的形式比当前美国规则方针所使用的高出 2-5 倍(关于这些最优化估计，有相当的不确定性)；而当孕妇摄取了氙，(将

该剂量转换系数)用于胎儿时，就高出 4-10 倍，同样具有相当的不确定性。⁵

这些结论显示，鉴于胎儿受到辐射——尤其就有机氙而言——产生严重偏高的患癌风险，饮用水中最大污染程度应该重新评估。由于河流可以而且正被许多人使用，就如与塞瓦纳河有关的案例中显示的那样，将有机氙造成的较高健康威胁置于饮用水标准的考虑中就非常关键了。

其它污染

除了氙以外，其它放射性核素也从掩埋地和渗漏池中转移到地下水中。在该厂址地域的许多地方，地下水中某些放射性核素的浓度高于饮用水标准。当前，这些放射性核素的浓度在厂址中的溪流和塞瓦纳河中都很低。但是，大量的有效来源——也就是说，放射性可以转移到水中的来源——仍保留在掩埋的废物和厂址中受污染的土壤里。

例如，在 F 和 H 区，掩埋地和渗漏池的(污染)转移就导致了地下水受到严重污染，其中以铯-90 和碘-129 尤为严重，它们的半衰期分别为 28.1 年和 1600 万年。地下水中，镭-226、铀同位素、碘-129 以及铯-90(的含量)都严重超过饮用水标准。这些放射性核素中的一些已经从渗漏池下的地下水中转移到四里溪里。流入塞瓦纳河的排放点的碘-129 浓度在 1998 年平均为饮用水标准的 40%。

挥发性有机化合物，尤其是三氯乙烯和四氯乙烯，在整个塞瓦纳河厂址被用作脱脂剂。三氯乙烯是整个厂址中主要的地下水污染物之一。挥发性有机化合物的最高浓度通常出现在渗漏池下。

鱼类受污染的程度

鱼类的生物体内积累某些元素，尤其是铯-137 和汞。到 20 世纪 50 年代中

期，塞瓦纳河中的鱼类，包括鲈鱼、鲤鱼和鳊鱼等，受到塞瓦纳河厂址中活动的影响已经成为事实。

塞瓦纳河中的鱼类（体内）所积累的铯（的浓度）是其在地下水中浓度的约 3000 倍。根据佐治亚自然资源部，为汞订立的指针足够用来保护（免受）铯-137（的影响）。鉴于污染物表现出的多种共存状态，根据汞的指针而限制鱼类消费将可以使来自铯-137 的辐射剂量保持在远低于 1 毫雷的水平上，并由此而远低于任何适用的标准。然而，能源部正将大量剩余的铯-137 和其它放射性核素置于储存罐中，它们在将来可能造成更大的威胁。河里和鱼体内的铯-137 问题应该与碘-129、氡和汞等问题一起加以评估。而且，需要讨论以所捕鱼类为主食者的问题。目前的标准和指针也许不足以保护这些人。

社会研究显示，一些人以在塞瓦纳河中捕的鱼为主要食物，这通常被界定为那些每年消费鱼类达约 50 公斤（110 磅）的人（每周约 2 磅）。1996 年，一项由莫里斯、塞缪尔和本涅迪克学院的学生所进行的调研显示，人们在受污染的塞瓦纳河河口附近捕鱼。⁶1999 年的一项对沿塞瓦纳河捕鱼者进行的调研发现，有些人每年食用超过 50 公斤从塞瓦纳河捕来的鱼。以捕来的鱼为主要食物者来自包括白人在内的各种社会群体，但是两项调研都发现，这一生活习惯在非洲裔美国人之中更加普遍。平均而言，非洲裔美国人比白人食用更多来自该条河流中的鱼。1999 年的调研显示，非洲裔美国人中每天的平均消费量是约 4 盎司，或者说为南卡罗莱纳州卫生与环境控制部建议的最高限制的 4 倍。因此，降低沿塞瓦纳河厂址的塞瓦纳河中的污染是环境正义和保护依赖该河提供食物并将其作为蛋白质重要来源的所有人健康的一项实质性内容。

所谓的对策

塞瓦纳河厂址中废物所含有的放射性超过 99% 在高级别废物中。这些高级别废物中，只有约 1%（约 420 万居里⁷）被从储存罐中分离出来，与熔化的玻璃混合，置放在 1996 年现场运行的高级别废物玻璃化工厂——国防废物处理设施的玻璃柱中。这 1221 个已经置放在那里的玻璃柱被置于钢合金的罐子中，并储存在高级别废物仓库的现场紧急处置中。在中、短期内，这种废物污染当地环境的风险最小。长期而言，它必须被置放到地层深处的存储地去。⁸

能源部还没有决定储存罐中废物的主体将如何处置。原先的废物管理计划采纳于 20 世纪 80 年代。它处置盐和上层清液废物（总量的约 90%），转移走主要的放射性核素（尤其是铯-137），并玻璃化几乎所有的放射性物质。剩下的主要液体将与水泥混合，作为低级别废物称为“盐石”而现场置放。

能源部原先的计划在将铯-137 从盐类废物中分离出来时遇到了严重的技术困难。最初选择的方法——大规模罐中沉淀——于 1998 年被放弃。主要的问题是，剩余的废物产生苯。苯是一种易燃的有毒气体，它出现在罐中增加了放射性废物中发生火灾的危险。

2001 年 7 月，能源部宣布，它已经决定用特殊的有机溶媒加上被称为“苛碱系溶媒萃取”的技术来从盐溶液中提取铯-137。⁹当前，能源部正研究这一技术以及后备技术。废物在被提取出铯-137 之后将被玻璃化。

在其 2002 年 8 月的《决定记录》中，能源部决定继承相同的程序，关闭剩下的 49 个储存罐，就如它到目前为止已经“关闭”了的那 2 个储存罐一样——在将废物的主体部分移走后，将石灰浆填充到储存罐里。遗留在这些罐中的放射

性材料“残渣”含有实质性数量的放射性。根据第 19 号储存罐的“关闭”计划，第 19 号储存罐剩余废物中铯-137 的活性据估计超过 48,000 居里。这高于能源部在《高级别废物储存罐关闭对环境影响的最终声明》中所估计的 F 和 H 区储存罐场地内所有储存罐中剩余废物据估计的铯-137 的活性总量 (9,990 居里)。因此，特殊的个罐规划表明，F 和 H 区《储存罐关闭环境影响声明》中的估计不可靠，并由此应该加以抛弃。

事实上，第 19 号储存罐关闭计划是“以稀释解决污染问题”的哗众取宠的、不合法的和危险的样板。储存罐中剩余废物所具有的辐射浓度据估计比“放射性废物 C 级低级别废物限制”高出 14 倍，这个限制被用来界定允许置于浅层土壤中掩埋的大多数放射性废物。以下四者中的任何一种放射性核素都超出了 C 级限制：钚-238、钚-239、钚-240 和镅-241。储存罐中的剩余物因此是“超过 C 级”的废物，或者换种说法，是铀后废物。这一类别通常需要置放在地层深处的掩埋处。但是，一旦储存罐中的剩余物被大量石灰浆做了稀释，关闭第 19 号储存罐的文件中估计，所产生的废物将是 C 级限制的 0.997 倍——也就是说，它将非常侥幸地处于目前的“低级别”废物规则之下。允许这样的稀释和堆积（放射性废物），可能为稀释甚至更具放射性的废物并将它们留置在河边去严重威胁将来的人们打开方便之门。

尚待腾空的储存罐比目前为止已经腾空的储存罐含有远为多得多的放射性物质。鉴于在估计剩余放射性中正出现的情形恶化的状态，在超过四打的高级别（废物）储存罐中用石灰浆稀释剩余废物，可能导致储存罐中剩留下几十万甚至上百万居里。它代表着巨大数量的放射性。经过一个很长的时期，它将对地下水和包括塞瓦纳河在内的地表水资

源造成严重威胁。

钚是一个值得担心的问题。“腾空”了的第 19 号储存罐据估计含有 30 居里钚-239 和差不多 11 居里钚-240。这一个储存罐中的钚-239/240 存量就达约半公斤。鉴于所有储存罐里的泥浆中仅有约 1% 的放射性物质进行了玻璃化（32,000 万居里中的 420 万居里），而且几乎所有的钚都留存在泥浆中，储存罐场中最后剩余的钚 239/240 也许十分具有实质性影响。此外，储存罐场含有大大超过 100 万居里的钚-238¹⁰，其半衰期为约 87 年。剩余的放射性物质即使是这些储存罐中总含量的百分之一或二，它们在其它放射性核素以外也会留下总量巨大的释放阿尔发射线的钚这种放射性物质。这很危险，而且将对子孙后代构成严重风险。事实上，能源部的高级别废物储存罐关闭政策将把塞瓦纳河厂址变成塞瓦纳河流域的一个巨大的高级别核废物浅地层堆积点。

高级别废物

能源部甚至已经考虑过放弃塞瓦纳河厂址内大多数高级别废物的可能性。这一可能性由能源部于 2001 年 11 月首次提出：

在今日的环境管理项目中，高级别废物是一项单独的成本最大的内容。对于安排在现在进行玻璃化的废物，消除其至少 75% 的需要。对综合设施中的每个高级别废物组别，发展至少二（2）项经论证的、成本合算的解决方案。¹¹

这将有效地将塞瓦纳河厂址、哈特福德和爱达荷国家工程与环境实验室变成高级别核废物浅地层堆积点，它们靠近美国境内最重要的水源中的一些。

作为绕开要求深层地理处置高级别废物的《1982 年核废物政策法案》的一种方法，能源部试图将这种废物从“高级别废物”重新定义为“偶发性出现的废物”。这一规避伎俩于 2003 年被联邦

法庭驳回；能源部正在上诉。结果，看上去的情况将是，用在剩余废物中灌浆的方法关闭塞瓦纳河厂址两座高级别废物储存罐与当前的核废物法律背道而

最重要的发现

1. 塞瓦纳河厂址的水污染：处置废物的做法已经导致塞瓦纳河厂址地表和地下水部分受到严重污染，尤其是氡和三氯乙烯的污染。塞瓦纳河厂址地下水和地表水受污染的程度远高于饮用水在放射性和非放射性有毒材料方面的安全限制。该水体现在不被用于饮用水。
2. 对地区水资源的威胁：由于塞瓦纳河厂址，对于塞瓦纳河，可能也对于该地区的其它水资源的主要威胁来自堆积在浅地层沟渠和池塘中的放射性和非放射性有毒废物，它们污染现场的土壤，受到污染的水从塞瓦纳河厂址的地下水中流到河流中、湿地中、和塞瓦纳河中。在原地将废物封顶和灌浆使该威胁变得更加复杂。
3. 塞瓦纳河的污染：由塞瓦纳河厂址流出受到高度污染的地表水而注入其中的结果是，塞瓦纳河遭到污染，尽管该河巨大的流量稀释了污染物使其很好地处于当前饮用水安全限制的范围之内。
4. 氡污染：氡是氢的放射性同位素，是最常见的地下水和地表水的污染物。在塞瓦纳河厂址郊区的塞瓦纳河中，氡含量的水平是饮用水限制的约 5%。尽管通过稀释使氡含量有某种程度的进一步下降，但在流经佐治亚州塞瓦纳的塞瓦纳河河口的所有水道中所表现出来的氡含量却由于受到塞瓦纳河厂址的影响而上升了。
5. 佐治亚受到的氡污染：佐治亚部分地区的雨水和穿越流经塞瓦纳河厂址的河流的地下水受到来自塞瓦纳河厂址的氡的污染，尽管其远低于饮用水的安全限制。来自塞瓦纳河厂址的受到污染的水蒸发污染了雨水，然后其中的一些飘落到该河的佐治亚一侧。塞瓦纳河下也许有，也许没有，将氡携带到佐治亚地下水中的水道。调查对此尚无结论。到本文写作时（2004 年 2 月初），能源部给佐治亚州用于与塞瓦纳河厂址环境监测的资金被规定于 2004 年 4 月 30 日到期。
6. 氡标准：氡化水对于儿童和发育中的胎儿比对于成年人远为危险得多。最近的研究显示，当前关于氡的饮用水安全标准也许不足以保护孕妇和发育中的胎儿。
7. 以捕到的鱼为主食者：许多人将塞瓦纳河作为其食用鱼的捕捞地——也就是说，作为其食物的主要来源地；这种做法在非洲裔美国人中较普遍。研究已经显示，非洲裔美国籍的渔夫消费的鱼大约是南卡罗莱纳卫生与环境控制部设定的最高限额的 4 倍。这一环境不公正不可能得以纠正，除非塞瓦纳河厂址实施合理和严格的清洁计划——比目前的任何计划都要远为严格许多。
8. 不够的清洁计划：能源部在浅地层堆积废物和将渗漏池封顶的做法不适合对该地区水资源的长期保护。
9. 不安全和不合法的高级别废物管理：能源部正通过灌入石灰浆而“关闭”储存罐，而这些储存罐中的高级别废物则滞留了大量的剩余放射性物质。通过这一做法而在灌浆中留下的残渣的总量，如果扩展到所有 51 个高级别废物储存罐，最终也许可以达到百万或更多居里，其中包括重要数量的钷-238 和钷-239。在已关闭的两个储存罐（17 和 20）中，释放阿尔法射线的钷同位素的浓度大大超出放射性废物浅地层处置所允许的最大限额；规则通常要求将那些废物处置到深地层的储藏库中。这意味着，灌浆被用来造成高级别废物事实上在塞瓦纳河厂址浅地层堆积；换句话说，能源部处置高级别废物（的方法）仿佛它们是低级别废物一般。这种做法违背 1982 年的《核废物政策法案》。即使这一做法被宣布为合法，它在长期也将对塞瓦纳河构成严重威胁。第 19 号储存罐的关闭计划是能源部政策危险性的另一个例子。它将制造出另一个事实上的高级别废物堆积——剩余的废物比浅地层掩埋允许的放射性废物的最高限制高出 14 倍多。能源部计划用石灰浆稀释废物以至于其最终结果可以在低级别废物限制下悄悄生存下来。允许这种稀释和灌浆可能为稀释甚至更具放射性的废物并将它们留在河边威胁长远将来的人们打开方便之门。

驰。在法庭驳回了它的重新分类企图后，能源部试图从国会得到重新界定废物的授权，但到本文写作时(2004年2月初)尚未成功。

即使这种做法被法庭判为合法或通过新的立法而合法化，它也不安全。在靠近水源的地方处置如此大量的长半衰期放射性核素是不安全的，将带来严重的，从某种程度上说，是无法计算的风险，这远远大于能源部储存罐关闭政策正已造成的风险。

仅仅从对储存罐中的高级别废物灌浆这一角度不足以理解对地下水和地表水的长期威胁。鉴于过去对废物灌浆的经验，这些污染物可能比预期的更快地滤出并进入地下水，从而增加地下水中现有污染物的数量。而且，就地对储存罐中的废物灌浆会使剩余的废物形成一种在其泄漏时很难被复原的状态。灌浆还会使修复渗流地带变得更加困难。能源部承认：

就所有实践目标而言，储存罐关闭(的效应)具有不可逆转性。如果以后发现[对剩余放射性核素库存的]估计做得并不适当，或不适当地评估了其表现，能源部也很难将[采用灌浆做出的]关闭恢复回去。¹²

埋在地下废物

塞瓦纳河厂址进入20世纪70年代后将铀后元素埋入地下，并在其后继续通过浅地层置放来处置低级别废物。(在塞瓦纳河厂址)有个占地195英亩(78公顷)的巨大区域被称为“掩埋地综合设施”，那里堆积着放射性和放射性与非放射性混合的危险废物。包括了58英亩涉及混合废物的区域在内，这一设施的部分已经关闭和封顶。另有25英亩也在封顶。由于那些是危险材料，这被要求并正受《资源保留和恢复法案》的规范。

地面封顶的目的是减少水渗入，并由此减少从掩埋的废物和受污染的渗流层滤出而进入地下水的污染物。它们不

是修复已经受到污染的地下水的方法。在封顶的土壤中种上了植物以提升土壤水分蒸发蒸腾损失总量，并因此能减少水的渗入。但是，植物也减少了径流，因而可能在有时候增加水的渗入。不管如何，封顶是短期的权宜之计，而不是长期的修复之法。物理和生物过程也可能降低夯实的土壤封顶的长期表现。这些过程包括：干湿循环、土壤流失、根茎侵入、蠕虫滋生以及寄居动物等。

人们尚未很好地理解物理、化学和生物过程介入而导致放射性核素在长期内散布到环境中的途径。例如，使用黏土作为放射性核素的阻止物假设离子交换会将废物中的金属阳离子束缚在土壤中。在现实生活的各种环境中，就比如当腐败的叶子产生的有机物加速了放射性核素的移动时，这一假设显得令人怀疑。至于生物过程和放射性散布之间的联系，有个研究探讨了可以怎样将细菌用来为修复目的而聚积放射性。但是，如果在受控环境下细菌可以用于修复目的，那么在绝不防止微生物向环境散播(污染)的自然条件下，它们同样可以很有效地散布放射性。相似地，将树用作吸收受氚污染的水——这一被塞瓦纳河厂址使用的技术(见封面图片)对树种长期的生长完整性构成威胁，这一点尚未得到很好的认识。

能源部正在进行的用地表浅层排列无序的、不符合规范规定的沟渠处置低级别废物的做法可能导致两个将潜在地严重污染地下水的问题。第一，处置低级别废物增加了土壤中废物的存量，它们以后可能转移到地下水和地表水中。第二，继续开凿沟渠导致现有的污染物被进一步赶至蓄水层。由于雨水在沟渠中聚积并向下渗漏，它们可能溶解废物中的化学物质并将它们转移到蓄水层，而且再次导致渗流层受到污染。作为一个在放射性材料方面具有自己制订规则

的权力的部门，能源部尚未被要求对沟渠中持续性堆积放射性废物提供技术合理性解释。

远期的问题

能源部滥用了它对该块土地的所有权。对放射性废物的堆积没有规则限制已经造成了周期性的危险，它们远远超过了维持厂址控制的任何想象。有足够的例子显示，在几十年里，厂址将失去控制；在同样的时间框架内，会丧失对严重危险的机构性记忆。例如，美国陆军将有关化学武器的有毒材料（包括砷）堆积在正位于美国首都的美利坚大学附近，而在一、二十年中，在这些堆积物之上或附近建起了住宅。

能源部关于塞瓦纳河厂址的计划依

赖于使用机构性控制来保护人类健康和环境。塞瓦纳河厂址的总体清洁战略是，将巨大数量的废物和污染物留在原处，对它们灌浆并/或封盖，然后宣布厂址已经完成清洁，并假设这种机构性控制可以有效地防止该厂址在无意中被发掘。

能源部认识到，目前对于象塞瓦纳河厂址这类地方的计划将污染物留在原地会产生永久性（或几世纪或几千年）的风险。“永久性”这一词意味着恒久的或无限的时间段——当然要远远长久于有记录的历史。能源部的假设是，可以与当前的边界和机构性控制相符的国家安全（或任何其它说法）为理由继续对塞瓦纳河厂址进行永久性的联邦控制。但这种假设显然没有事实的或分析的根据。

最重要的建议

1. 能源部应该紧急制定计划以回收掩埋的废物和高度受到污染的土壤，以便尽最大限度地缩小长期污染水的主要源头。
2. 能源部应该停止对高级别废物储存罐中剩余的放射性物质灌浆，以使塞瓦纳河附近不留下大量的放射性物质。它应该做出承诺，从储存罐中移走放射性物质，并通过将这些罐子从该地移走、使这些罐子退出使用来达到更安全和可逆储存的目的。这一论点不是说每一居里留存（的放射线）都是可逆转的，但是，辅以适当的努力和时间，逆转是较彻底（的解决办法）。尽管通过移走来使储存罐退出使用将花费几十年时间，但这值得，因为这降低了对该地区水资源的威胁。
3. 能源部应该恢复给佐治亚州的环境监测资金，并增加这一经费。
4. 佐治亚和南卡罗莱纳州以及联邦政府应该做出努力，通知那些依赖捕捞之鱼为主要食物者大量食用这类鱼的危险性，并努力减少这种危险。对居住在塞瓦纳河沿岸的居民，尤其是非洲裔美国人的饮食习惯需要做更彻底的研究。在做这些工作时应该注意让当地人参与，比如：具有历史传统的黑人学院，佐治亚和南卡罗莱纳州，当需要技术援助时则有总部在亚特兰大、得到联邦政府足够资金支持的美国疾病控制与预防中心。
5. 美国政府应该提供充足的资金，进行足够彻底的地质调查，以结论性地解决放射性是否通过塞瓦纳河下的水道转移进入佐治亚地下水这一问题。如果大量剩余的放射性物质滞留在塞瓦纳河厂址，它还应该提供资金，对图兹卡卢萨蓄水层受到的长期威胁进行独立调查。理解该地区深层蓄水层受到塞瓦纳河厂址废物的威胁非常关键。
6. 国家科学院低级别放射线效应小组（称为 BEIR VII 小组）应该将氡的无致癌风险、氡对孕妇和发育中的胎儿的威胁、以及氡辐射与非放射性有毒物质相结合的风险放在一起全面地加以讨论。
7. 当前的水受到氡污染的标准应该重新验证并更加严格化，以便保护孕妇和发育中的胎儿；在给予胎儿的生长有赖于母亲这一事实应有的尊重的情况下，保护两者都很重要。
8. 应该在塞瓦纳河的水体和鱼类中更加广泛地对碘-129 加以监测。应该研究塞瓦纳河受到碘-129 污染对健康的影响，包括它对孕妇的影响以及转移给公众会产生的后果。

根据国家研究理事会于 2000 年对长期监管所做的一项研究：

掩埋和储存罐中废物修复委员会发现，关于能源部有意依靠长期监管中的许多方面在目前条件下是有问题的……

[……]

在其它事情上相同，[但]减少污染物优先于污染物隔离和失败几率很高的强行实施监管措施。

[……]

本委员会相信，能源部做此规划者在工作中的假设一定是，关于污染物隔离的许多障碍以及留有废物的厂址中的许多监管措施最终会失效，而我们目前对于废物在环境媒介中长期行为的大多数知识最终可能是错的。在这些厂址中做出规划和加以实施必须以认识到潜在可行性和不确定的方式推进。¹³[着重号原有]

能源部正有系统地在塞瓦纳河厂址（和其它地方）打压这一建议。其结果是本国最宝贵的水资源中的一些正面临长期的威胁。这种局面必须扭转。

¹ 本文基于能源与环境研究所由阿琼·麦克贾尼和米歇尔·博伊德撰写的同名报告（马里兰，塔库马公园：能源与环境研究所，2004 年 3 月）。我们感谢吉姆·维纳，他为该报告做出了许多贡献，包括他在开始为密苏里州工作前作为能源与环境研究所的顾问撰写了初稿的部分内容，以及他在之后非常详尽地审阅了该报告并提供了有益的建议。米歇尔·博伊德以前是能源与环境研究所的全球对外协调员和成员科学家，现任职于“公众市民”组织，担任关键的大众能源与环境项目中核项目的法律代表和经理人。该文署名作者本人对文章的内容负责。提议中的钚燃料处理、铀处理以及可能出现的制造被称为钚芯的钚弹芯的巨型新厂所引起的额外风险在这一关于塞瓦纳河厂址的研究中没有涉及。参考资料见于原报告。

² 能源部已经关闭了 F 谷，但 H 谷仍将继续运行直至 2008 年。

³ 渗流区是地表与地下水位之间的土壤。

⁴ “机构控制”一般是指司法上可强制执行的措施，象水的使用限制、分区库存、或禁止采井等，其意图是影响人的行为以防止或减少受到放射性或有毒物质的污染。机构控制有别于物理控制，后者指工程性障碍或阻遏系统等。

⁵ 英文“As low as reasonably achievable”的首字母缩写。

⁵ 能源与环境研究所演算的结果，其数据来自：哈里森等：“用于普通民众吸收氙的氙化水和有机氙形式的剂量系数的不确定性”，《辐射保护剂量测定法》（98：299-311，2002）。

⁶ 米尔顿·莫里斯和玛丽·琳达·塞缪尔：“有关塞瓦纳河厂址附近社区中以鱼为主食/消费品者的情况调查”（本涅迪克学院，南卡罗莱纳州哥伦比亚市），1996 年 11 月 26 日，第 29，89 页。见对第 10 和第 21 项问题的回答。本涅迪克学院是南卡罗莱纳州哥伦比亚市的一所历史悠久的黑人学院。能源与环境研究所感谢玛丽·琳达·塞缪尔博士为我们提供这些研究资料，并在能源与环境研究所的研讨班上就该主题做报告。

⁷ 考尔德韦尔等：《高级别废物系统规划审议 13（U）》（封面标题：塞瓦纳河厂址高级别废物系统规划：废物固定化），HLW-2002-00025，2002 年 3 月，第 80 页。

⁸ 能源部正大刀阔斧地推进将尤卡山变成本国核废料存储地的计划，但是这一计划遭到大多数内华达人的反对，正由美国核规则委员会审议，并被许多技术问题所困扰。能源与环境研究所已经得出结论，这个地址很糟，应该重新规划一个地理处置方案。（见《用于民主行动的科学》，第 7 卷第 3 期，1999 年 5 月。网上地址：http://www.ieer.org/sdfiles/vol_7/7-3/index.html。）

⁹ 美国能源部，塞瓦纳河运营办公室，“能源部宣布可以获得经补充的《最终环境影响声明》，并指认倾向的盐处理替代方案”，SR-01-09，2001 年 7 月 20 日。

¹⁰ 能源部当时负责塞瓦纳河厂址的合同商——杜邦公司列出的数据是，1986 年储存罐场的钚-238 含量为 150 万居里。到 2003 年，这将衰变为约 130 万居里。见麦克贾尼、阿尔法雷兹和布莱克韦尔德：《逃避致命问题：公司误管美国的核武器生产》（华盛顿，特区：环境政策研究所），1987 年 9 月，表 1，以及相关讨论。

¹¹ 杰西·罗宾逊，能源部负责环境管理的助理部长，《环境管理优先项目》（致管理办公室主任、预算与评估、首席财政长官的备忘录），2001 年 11 月 19 日。

¹² 美国能源部，塞瓦纳河运营办公室，《减缓储存罐关闭条件下钚效应的技术》SR00-251，[Aiken, SC]。网上：www.srs.gov/general/sci_tech/stcg/Needs/00-251.htm。最近的更新是 2001 年 11 月。

¹³ 国家研究理事会，放射性废物管理董事局，地质科学、环境与资源委员会：《美国能源部遗留废物的厂址的长期机构性管理》（华盛顿，特区：国家学院出版社，2000 年，第 3-5 页）。

核瞄准目标：最初 60 年

阿琼·麦克贾尼¹

1943 年 5 月 5 日，曼哈顿计划的军事政策委员会首次会面讨论这种新生的原子炸弹的潜在使用对象。曼哈顿计划的科学家们此前一心希望的是得到这种炸弹来狠狠教训希特勒，但这一会议首次发出官方信息，政府开始用宽广得多的眼光看待该计划：那种武器不仅可以用来威慑纳粹，而且可以用来掌控和维持战后美国主导的新世界秩序。

在 1943 年 5 月 5 日和 1944 年 12 月初之间，(原子)炸弹获得了绝对权力和优先地位的合理性。这一权力在 1945 年 8 月 6 日的运用孕育了一个军事上、政治上、社会的、道德的和法律的怪物，它的本性只有到现在才逐渐显露出来。没有建立起由单个掌控原子弹管理者监控和维持的长期和平，相反，原子弹使绝对权力的阐释形象化了，激起了更大的暴力，滥用人权，并为了要获得和管理这种武器而濒临全球灭绝。然而，核武器等于全面控制这一等式到现在仍然有人信奉，而随着在军备控制方面最近出现倒退迹象，这种态度导致的威胁正在上升。

全球政治争纷已经超过了曼哈顿计划启动时所有人所考虑的。哈罗德·尤瑞是(曼哈顿)计划中一位重要的科学家，他相信如果希特勒获得原子弹，“战争将在两星期内结束”。在那时，在独裁者的闪击军团穿越欧洲的震耳欲聋的轰鸣声中，就是不能让希特勒垄断这一武器——与其发展相关的其它问题都是次要的。如果美国获得了对这种炸弹的垄断权，事情会变得怎样？这种绝对权力对其掌控者会产生何种影响？那些领导人对其社会以及对世界会做些什么？

直到 1943 年 5 月 5 日，这些次要问题的答案才开始秘密形成。核炸弹开始创造完全属于它自己的以核材料与核能力为中心的战略版图。在那次会议上，军事政策委员会的五位成员——科学研究与发展办公室主任凡内瓦·布什、国家防务研究委员会主席詹姆斯·B.柯纳特、W.R.朴内尔海军上将、威尔海姆·斯塔将军、以及曼哈顿计划领导人莱斯利·格罗夫将军——将德国排除在第一打击目标之外，理由是，如果该炸弹没有爆炸，该国凭着其先进的科学能力可能使用未爆炸的裂变材料来制造它自己的原子弹。他们决定，取而代之的是瞄准驻扎在太平洋特鲁克岛上的日本舰队。这样，如果原子弹没有爆炸，它就会沉到太平洋底。²

核炸弹项目成了其自身的理由。

只有曼哈顿计划的官员出席了那次历史性的会议。第二次世界大战的指挥官们没人到场。(与会者)没人服务于军事政策委员会，也没有证据表明征询了该委员会的意见。事实上，不管是道特·艾森豪威尔将军，还是道格拉斯·麦克阿瑟将军，在首个瞄准目标被决定时都甚至不知道曼哈顿计划。而且，曼哈顿计划的科学家，包括汉斯·本思和里奥·兹拉德这样的移民，都对这一秘密决定毫不知情，继续在核武装的希特勒将造成威胁的推动下工作。

1944 年期间，美国对德国的原子情报工作收集到越来越多的证据表明，德国没有有效的核炸弹计划。1944 年 12 月初，当美军已部分进入德国时，这一点就确定了。洛斯·阿拉莫斯的一位移民自波兰的科学家约瑟夫·罗特布拉特于那时辞职，但他是孤孤单单地离开了该计划。

到 1945 年 1 月，曼哈顿计划内的圈

内人已经清楚，希特勒将在原子弹制造出来之前被打败。直到那时，科学家们才认识到，日本将是目标。一些科学家试图制止对城市使用原子弹；但大多数人没有这样做。

核炸弹项目已经成了它自身的理由。炸弹既然制造了，就是要用的。（核武器开发的）庞大开支需要有个说法，而开展这一威慑计划是为了作为以防万一的手段这一实际情况是不够的。科学与工程工作必须通过进行核试验得到证明。核炸弹破坏性威力的技术问题必须通过它们使用于（攻击）城市而得到解答。核炸弹的威力必须向全世界，尤其是向苏联展示。

美国可以用垄断核炸弹来将世界重新安排为它想要的样子，这种观点由第二次世界大战期间的战争部长亨利·L·史廷生正式提出。在弗兰克林·D·罗斯福总统去世后，史廷生受命向杜鲁门总统简报有关曼哈顿计划的情况。1945年4月25日，史廷生告诉杜鲁门，“如果适当使用这一武器的问题可以解决，我们将有机会把世界引入一种模式，在这种模式中世界和平和我们的文明可以得救。”

“适当使用”的首批试验是轰炸广岛和长崎。在那些轰炸后战争迅速走向终点，这为美国创造了军事上彻底取得胜利的氛围。这模糊了苏联对日宣战（1945年8月8日）在日本投降决定中也发挥的作用，也模糊了日本在7月已接近投降的事实。战后，官方公告中有关巨大数量美国人的生命得到拯救的说法言过其实，与战争中军方对死亡人数的官方估计沾不上边儿。但是，在残酷战争终止时的惊魂甫定中，美国人相信了这种说法。就这样，与轰炸的惊恐伴随着，诞生了对原子弹威力的贪念。

在曼哈顿计划的反纳粹目标被其它破坏性目标替代那天的六年后，核炸弹

仍然是运用权力的有用手段这种观点得以传播。冷战结束的12年之后，北朝鲜正威胁进行核战争。奥萨玛·本·拉登已公开宣布其核野心，并引用广岛来为其妄杀无辜的决心提供理由。印度和巴基斯坦正恶狠狠地向对方施加核威胁，而同时，它们的军队则受到宗教和民族主义激情的煽动，在冰封的山中边界线上怒目相对。

俄罗斯和美国之间有4000枚弹头处于一触即发的警戒状态，可以在几分钟内发射，从而使全世界处于彻底灭绝的边缘。它们坚持认为，这是必须的，尽管冷战很久以前已经结束，尽管出现过那样的事情：1995年1月，当挪威发射的用于科学目的的火箭被苏联当作美国的核发射时，该政策将世界引向几分钟内由于误算将爆发全面核战争的境地。

世界现在面临着一个严峻的问题：掌控灭绝权力者是否会将它凌驾于法治、正义、人权和民主、战争法和环境保护之上，甚至不顾不要去加重核恐怖主义和事故性核战争危险的常识？

伤亡

在1944年12月初，当已经清楚德国没有名副其实的核弹项目时，美国尚未开始大规模地分离钚。美国制造高浓缩铀的项目远没达到其足够制造至少一枚炸弹的目标。

但是，与宣布曼哈顿计划成功并将其结束相反，格罗夫将军加快了它的进程。他已经决定，原子弹要在“一直”是目标的对日使用前准备停当，而对日使用的时间格罗夫将军宣布为1945年4月。1945年初用燃烧弹摧毁日本城市的大规模空中轰炸被一架飞机掷下一枚原子弹所能制造的决定性恐怖所取代。这也对苏联传达了一个信息。斯大林明白这条信息；在广岛事件之后，他命令苏联核弹项目加快至极速。

核机构在它们所在之处以国家安全的名义败坏了法治和民主。1989年，当冷战走向尾声时，美国能源部副部长 W. 汉森·莫尔批评前任政府以“不受法律管辖的秘密操作”运营核武器机构。他说，政府及其合同商用这样一种观点看待核弹生产厂，那就是“这是我们的事业，这是国家安全，其他人别多嘴。”³“其他人”显然意味着美国人民。

拥有核武器的政府一直将它们自己的工人、市民和士兵置于危险之中。例如，在美国，原子能委员会及其合同商部分掩盖高度危险的工作条件以拒绝工人们（要求）的危险职位津贴。在苏联，斯大林使用奴隶。苏联反应堆与钚分离厂中的许多工人受到大剂量辐射。

拥有核武器的政府使居住在（核）试验和（核）生产设施下风向的居民受到毒害。它们掩盖其行为，对其人民撒谎。通过对内华达和哈萨克斯坦的大气进行检测，核大国使它们的人民害病，却同时坚称那些尘埃不会伤害他们（这被称为“再教育”，其目标用卷入试验项目的美国军事官员的话说是纠正“现在如此猖狂的歇斯底里和危言耸听情结”）。

在向公众再次保证核试验未造成任何放射性危险的同时，军方正在关注的是作为一种战争武器而进行核爆炸后将放射性污染作为恐怖手段加以使用。参谋长联席会议对 1946 年在比基尼（环礁）进行的（核）试验的评估是生动的注解：

一枚或多枚（核）炸弹在一座现代城市上空爆炸并将其笼罩在烟雾之下，我们无法在脑海中对降落在该城之上的多种灾难加以足够的想象。在受污染地区的幸存者中，一些人由于放射性病害而注定只能生存几小时，一些人能生存几天，还有些人能生存几年。……除了这一时刻的这种恐怖，几千人会受害于死亡（来临）以及死亡何时到来不确定性的恐惧。⁴

在 20 世纪 50 年代美国（核武器）生产高潮之际，丹佛市上风向 16 英里处的洛基平台每天制造约 10 枚钚弹芯。然而，20 世纪 50 年代中期，美国的一份战略核战争计划宣称要使用约 750 枚核炸弹。那被理解为足够将俄罗斯变成“两小时后（弥漫）硝烟和放射线的废墟”。⁵苏联人做得更绝；他们顶峰时的（核）武库有 40000 多枚（核）炸弹。

大规模的核武器项目在美国开始时是作为冷战宣传的一部分。⁶在竞争着去制造比夷平地球上每个城市所需的更多的（核）炸弹和竞争着令原子（技术）看上去（用于）和平（目的）之间，世界上现在有了约 2000 吨钚，足够制造约 400000 枚核炸弹——如果使用高技术设计的话，可以制造得更多。这些钚的约四分之一是经分离的，适合用于（制造核）弹。其余的可以用化学过程加以分离。北朝鲜正在这样做，将其武器计划恶劣地用核电项目加以伪装。美国与俄罗斯正在其废物管理项目中分离钚。英国、法国、日本和印度正在商业（核）电的名义下做这件事，尽管日本一位高层政治人物已经声称，日本可能获得其商业钚，并用其制造一、二千枚（核）炸弹。

在冷战结束后，大国坚持拥有核武器的决心依然毫无变化。美国已经指出包括北朝鲜在内的七个国家为潜在的核（打击）目标。在《核态势审议》中将北朝鲜点名为（打击）目标明显地破坏了美国-北朝鲜之间 1994 年的协议，根据该文件，美国同意“向朝鲜民主主义人民共和国[北朝鲜]提供政策保证，美国不威胁或使用核武器。”北朝鲜也部分破坏了这一交易中它承诺的内容。

五个主要的核国家也是联合国安理会的常任理事国，他们坐在那里决定几十亿人的命运。他们都破坏了《核不扩散条约》下关于消除核武器和采取不可

逆措施达成这一目标的承诺。不满意于因为破坏其条约承诺而将世界处于核深渊的边缘，他们也想批评他人，尽管有些国家在这么做时也许是因为大国间在现实中的竞争而看上去比其他国家更加战战兢兢。

自 1943 年 5 月 5 日制定打击目标的会议以来，历史被用与核武装可以通过其绝对权力而带来和平与安全这一谬误相关的例子检验了一次又一次。

在古巴导弹危机期间，美国和苏联几乎毁灭彼此以及世界上的其它国家，但是，在一小段的希望之期奉献给世界一部禁止大气层（核）试验的条约后，这两个国家继续扩大其（核）武库，接受核战争可以获胜的理论。

核武器经常被用来威胁无核武器国家。在 1954 年美国中央情报局策划的危地马拉军事政变开始之前，（美国将）核轰炸机置于警戒状态，并将它们派往尼加拉瓜。那场军事政变随着时间的推移（共）导致 200000 多人死亡。核威胁在石油政治中也发挥作用，其中包括 1958 年的伊拉克-黎巴嫩危机。石油与核弹现在在当今世界危机的中心致命地交织在一起。

美国打破了它长期坚持的诺言，搁置了《全面禁止核试验条约》。与核有关的官僚机构克服了冷战结束（带来的不利影响），将它们自身置于一种新的、普遍化的、无限的战争（形式）中，现在看上去开始试验甚至将在战时使用（核）武器，而不顾当巨大数量的核材料在世界上出现时可能出现的灾难性后果。

核危机交织在一起——潜在的印度-巴基斯坦-北朝鲜-美国-中国-诱导而出的核恐怖分子——看上去开始压倒《核不扩散条约》。鉴于中东地区日益增

加的不公正性、暴力和愤怒情绪，它很可能由于恶化的以色列-巴勒斯坦危机以及以色列的核武装问题而在不久后加入核热点的名单。

我们将永远无法确定所有（核）弹材料的状况。例如，在美国，洛斯·阿拉莫斯国家实验室与能源部在该实验室放射性废物中的钚含量问题上意见相左。洛斯·阿拉莫斯的衡算显示出来的结果比能源部的多出 765 千克（约值 150 枚炸弹）。这一差异在 1996 年被认知，但至今尚未解决。对于俄罗斯军用钚衡算的精确性，所有人都在猜测。

与仅有一架轰炸机飞越城市上空所制造的恐怖不同，我们现在面临的恐怖是，每一条货轮的集装箱内都可能装着一枚可以摧毁一座城市的核弹。

即使我们可核查地消除了所有核武器——这既是可以期望的，也是技术上可能做到的——第一次

（核）试验在技术上的成功产生了持久存在的知识和不安全性。

相信恐怖工具可以威慑恐怖是幻觉。那种武器常常激起去掌控它的欲念。威慑政策一直是扩散的主要推动力。对德国掌握（核）弹的恐惧导致了美国的（核）弹，这反过来又产生了苏联的（核）弹与中国的（核）弹……世界上远超过半数的人口现在生活在拥有核武器国家或核武器国家的盟国中。总体上，有 44 个国家拥有制造核炸弹的技术能力。

历史的评判

中国已故总理周恩来被问到他对法国革命的历史重要性的看法时，他回答说：“现在下结论为时过早。”莫汉达斯·甘地对曼哈顿计划及其以轰炸广岛和长崎而向全世界所做的可怕亮相所做

**相信恐怖工具可以
威慑恐怖是幻觉。那种武器
常常激起去掌控它的欲念。
威慑政策一直是
扩散的主要推动力。**

的反应则要直接得多。在谴责了日本军国主义分子的“罪行”和“不足取的野心”之后，甘地预计美国可能有一天发现自己为核恐怖所困：“对实施毁灭的国度的灵魂产生了何种影响还为时过早，无法做出判断……不将他自己或其代表置于关押奴隶的牢笼中，奴隶主将无法抓住奴隶。”

冷战留下了巨大的核深渊，尽管冷战本身已经结束。此外，宏大的差距正在世界的核景观中生成。

亨利·史廷生关于可以“适当使用”（核）炸弹的建议是错误的。（核弹）掌握在任何人手中都不可能是绝对安全的。这种真实的危险继续存在，那就是世界上的大部分地区由于美国或俄罗斯的计算失误而可能在任何 15 分钟之内变成含有放射性的焦土。印度和巴基斯坦可能夷平对方的城市——他们可以获得的决策时间是 5 分钟，也许更少。东亚由于美国与北朝鲜的冲突可能再次见识到核（武器）的恐怖。核武器丢失的危险正在上升。

温斯顿·丘吉尔于 1955 年 3 月谈到氢弹时评论道：“也许，经过一个极端可笑的过程，我们已经走到这样一个阶段，在这段历程中，安全是恐怖的顽强之子，生存是毁灭的孪生兄弟。”但是，几乎没有什么“安全”；它远远称不上核恐怖的“顽强之子”，无论在全球范围内还是地区范围内都是如此。

在代理人战争中已经死了几百万人。对于他们来说，核时代带来的是死亡，而不是安全，部分是由于欧洲人过于害怕再彼此开战这一事实。尽管冷战结束了，代理人战争的暴力活动仍在继续。事实上，威胁走上核道路的全球恐怖主义问题直接来自于这些战争中的一些。核炸弹决定一切这种信息已经从文明世界的首都传递到阿富汗的山洞里。

自（轰炸）广岛以来，尤其在美国，

曼哈顿计划已经成为耀眼的成就的象征——这一技术上的凯旋结合了人类的聪明才智、官僚机构的组织能力、经济实力的支援以及对目标一心一意的追求。经常性地可以听到这种说法“我们要组织一项曼哈顿计划以解决[写上你的重大问题]”。然而，科学的聪明才智是不够的。失去道德和政治的依托，没有为子孙后代着想，科学上的聪明才智可能导致混乱、暴力，而在核武器问题上，则是毁灭。

掌控恐怖武器的国家不是（解决）这一恐怖问题的答案。只有从象甘地和小马丁·路德·金这样的领袖们身上获得启示的全球民主运动才能克服暴力的和对环境具有毁灭性的核时代的支柱。艾尔伯特·爱因斯坦强调必须改变人类的思维方式，以便这个社会能够应付（核）炸弹的影响。甘地展示了达成这一目标的方式：“我们必须变为我们希望在世界上看到的那种转变”。

¹ 该文首发于 2003 年 5/6 月《原子科学家公报》，可以在网上查看：http://www.thebulletin.org/issues/2003/mj03/mj03makhi_jani.html 或 http://www.thebulletin.org/issues/2003/mj03/mj03makhi_jani.pdf。

² 阿琼·麦克贾尼：“‘始终’是目标？”《原子科学家公报》，1995 年 5/6 月，第 23-27 页。

³ T. R. 雷德：“武器工厂将健康、安全列为首要考虑；能源部将生产放在次要位置”，《华盛顿邮报》，1989 年 6 月 17 日。

⁴ 美国参谋长联席会议：“对原子弹作为一种军事武器的评估：参谋长联席会议十字路口行动评估董事会的最终报告”（1947 年 6 月 30 日），文件号 JCS/1961/7，记录组别 218，当代军事分部，国家档案馆，华盛顿，特区。十字路口行动于 1946 年 7 月在比基尼环礁进行，以实施第二次世界大战后首次核试验。

⁵ 战略空军指挥部，核战争简报，1954 年 3 月 18 日。引用出现于：戴维·阿伦·罗森伯格，“‘两小时后（弥漫）烟雾和放射线的废墟’：有关美国与苏联核战争计划的文件，1954-55 年”，《国际安全》，第 6 卷第 3 期，（1981/1982 年冬），第 3-38 页。

⁶ 阿琼·麦克贾尼和斯科特·塞勒斯卡：《核电骗局》（纽约：Apex 出版社，2000 年）。

与蛋顶博士一起提高术语能力

贝塔射线释放者

- 生产及散发计算机软件测试版的人。
- 贝塔-贝塔兄弟会中一名浮夸成员的绰号。
- 在放射性衰变过程中放出电子或阳离子（相似于电子，但带有正电荷的微粒）的放射性核素。

剂量转换系数

- 剂量在变更宗教时用光的仪式。
- 与某个特定个人一口气可以完成的算术总数成反比。
- 一个数值，通常以西韦特/贝克雷尔为单位（Sv/Bq），它使人们可以将吸入的放射性转换为等量的剂量。通常是吸入每单位的剂量。每种放射性核素有其特定的剂量转换系数。例如，假设中某人每年从饮用水中获得的氡剂量可以计算为：[饮用水中的氡浓度，贝克雷尔/升]x[水的消费率，升/年]x[氡化水（HTO）的剂量转换系数，西韦特/贝克雷尔]=[饮用水中氡的有效剂量等量物，西韦特/年]。

离子转换

- 买卖电子和质子的市场。美国殖民月球和火星的官方计划中所设想的经济的基础。
- 分子假日季节期间的传统（项目）。
- 两种不同的分子交换被称为离子的带电荷的原子或原子组的过程。

自然底版射线

- 在“Godzilla”，“Them!”和“Class of Nuke ‘Em High’”等影片中使用的电影布景的类别。
- “苛瑞拉”彩色笔盒中最新的色彩，带点黄色的银紫，在暗处会发光。
- 宇宙射线和地球上的天然放射性核素对

外释放出的射线，以及来自例如天然存在的钾-40等的对内辐射。在海平面上，每年约达80-90毫雷，并随海拔上升而增加。（更多信息请参见，能源与环境研究所《用于民主行动的科学》第4卷第1期，1995年冬，有关天然与人造射线的“工具箱”，网上：http://www.ieer.org/sdafi les/vol_4/4-1/c-fold.html。）

露头

- 后院花园的同意词。
- 粉刺严重发作的技术名称。
- 地下水转变为地表水之处。在塞瓦纳河厂址，地下水在几处露头而进入当地的河流。也可参看“渗流线”。（来源：<http://www.cdc.gov/nceh/radiation/savannah/Glossary.pdf>）

渗漏池

- 拟议给规划中的滑雪场的名称，那地块现在在美国能源部核武器生产设施占据着。（将受放射性污染的土地转变为休闲场所是能源部“加速的基于风险的最终状态表现管理长期库存关闭计划”的关键部分。）
- 最高级的婴儿尿布的凝水性。
- 在塞瓦纳河厂址，用来从厂址现场接受液体废物的不规则排列的凿开的碗状区域。根据设计，它们允许液体渗入地下，由此至少在短期内减少了释放到厂址中河流内液体的总量。塞瓦纳河厂址的第一个渗漏池于1954年投入使用。（资料来源：<http://www.cdc.gov/nceh/radiation/savannah/Glossary.pdf>）

答案：C, C, C, C, C, C

能源与环境研究所通讯地址：

6935 Laurel Avenue, Suite 204

Takoma Park, MD 20912, USA

