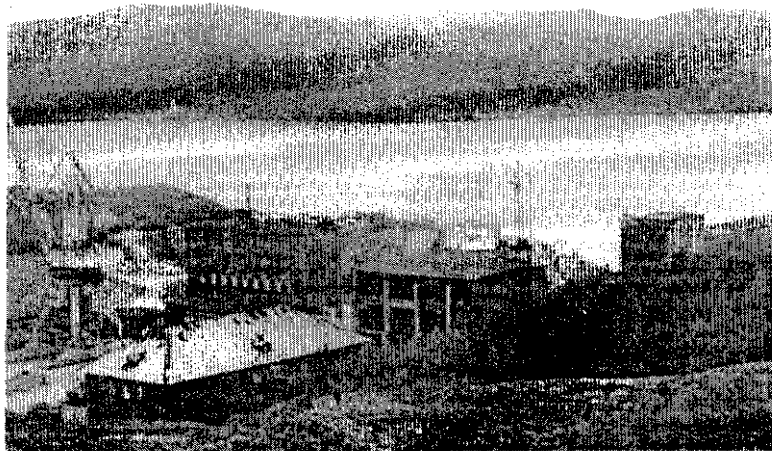


能源与安全

能源与环境研究所出版·美国华盛顿·一九九九年第三期

俄罗斯的液态放射性废物：一个没有止境的问题



位于俄罗斯西北部 Andreeva 湾的海军放射性废物设施。这是俄罗斯北方舰队用于乏核燃料集中和放置固态和液态放射性废物的最大储存设施。

瓦列里·布拉托夫*

俄罗斯原子能部曾就核能与核能综合设施中环境情况稳定的前景发表了措辞积极的宣言，但俄罗斯公众却越来越担心与核废料有关的问题，这些问题正不断突出。几年前，迫于科学家、环境保护者和居住在核设施附近的人们的强烈压力，某些有关放射性燃料和其它放射性废物的体积和活性的信息才披露出来。

这些官方公布的信息包括了与液态废物有关的信息，详见第 4 页表 1。这些废物存放在处于许多政府机构监管之下的设施内，它们绝大多数是长期以来生产核武器、运

行核电站和进行再处理的结果。从第 4 页表 1 中可以看出，在俄原子能部所属存放地点存放的所有废物中，液态废物在体积和活性上都占 85-90%；在俄国防部所属存放地点存放的废物中，液态废物的体积占 50-60%，放射性占 20%；在俄运输部和国家国防工业委员会监管的场地，液态废物的体积也占到 60-70%。

然而，该表有几处重要的省略。开采铀矿产生的和“氦”设施（贮存中、低度废物的地方）内的废物，难以归为固体或液态。另外，关于地下核爆炸产生的废物的信息，也几乎没有。该表中也没有包括被注入三处地下核设施的液态废物。俄

在本期内

法国核废物的深层地下贮存.....	10
北约轰炸对生态和健康造成的影响	16
核条约最新情况	20

原子能部还意图拒绝对从其前身——中型机械建造部——继承来的那部分最危险的废物，包括贮存在水箱、公共水库和水池中的废物，承担责任。¹

液态废物的多样性——既包括其放射性和成分，也包括其贮存形式——值得特别注意。液态废物基本上根据其来源、污染的基本形式、辐射程度(低、中和高)以及与盐的饱和程度进行分类。有些液态废物存放在金属和水泥的箱体里，有些是贮存在地面的水池和水库里，大量则被注入地下的层状收集器里(参见下页表格)，有些甚至被贮存在舰只和驳船上。

已试过许多管理技术来处理液态放射性废物。已使用的方法包括提纯和浓缩，然后固化，随后再沥青化或水泥化。对中等放射性废物(含超铀元素)和高等放射性废物，使用的技术是用矿物样的基质把废物包裹起来，和将放射核素与熔化的玻璃混合并将混合物倒入金属罐。这些技术广泛借鉴了国际经验，正在核电站和马亚克工厂获得开发。²从非核运用中所开发的技术，正在莫斯科和列宁格勒的“氦”低放射废物设施中用于处理核废物(包括液态废物)。在那里处理的废物体积相对较大，莫斯科的设施每年接收 2,000 立方米液态废物。

对核电站来说，处理液态废物仍是一个急迫的问题。核废物产生的数量取决于反应堆的类型：以石墨为减速剂的 RBMK 型反应堆每年产生 10 万立方米的液态废物；VVER 型轻水反应堆每年产生的液态废物为 4-13.5 万立方米。全世界每年总共产生 170 万立方米的液态废物。这些废物的绝大部分被认为无

《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, 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: <http://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
图书馆员: 洛伊丝·查墨斯
簿记员: 戴安娜·科恩
项目科学家: 安妮·麦克贾尼
对外协调员: 丽莎·莱德维奇
全球对外协调员: 米歇尔·博伊德
行政助理: 贝特西·瑟洛-希尔兹
项目科学家: 希斯汉姆·泽里夫

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为从事有关核武器问题的基层组织提供技术援助，并开展我们自己的全球对外项目。我们的资助者是 W. Alton Jones Foundation, John D. And Catherine T. MacArthur Foundation, Public Welfare Foundation, C. S. Fund, Rockefeller Financial Service, John Merck Fund, Ploughshares Fund, Unitarian Universalist Veatch Program at Shelter Rock, Town Creek Foundation, Beldon II Fund, Turner Foundation, CarEth Foundation, Janelia Foundation 和 Stewart R. Mott Charitable Trust.

制作: Cutting Edge Graphics

主管编辑: 丽莎·莱德维奇

本期英文版于 1999 年 7 月出版。

害，而流入公共水库。核电站的液态废物池含有离子交换树脂、受污染的过滤材料、废物处理淤渣和消除污染的溶液等。

至 1995 年 1 月 1 日，俄罗斯的核电站已贮存了 15 万立方米的液态放射性废物（参见第 5 页表

2)³。据官方消息，俄罗斯没有一座核电站拥有处理液态废物的合适设施。处理中心仅处于计划阶段，液态废物贮存设施的工作能力几乎饱和。某些核电站还正在考虑向地下层状贮存器中注入低放射度和中放射度的废物。

俄罗斯液态废物的浓度和放射性内容

车里雅宾斯克地区的马亚克^a

- 高浓度废物：放射性为 2.58 亿居里的 11,120 立方米溶液和放射性为 1.31 亿居里的 18,650 立方米浆状物贮存在下列容器内：
 - 20 个容积各为 300 立方米的容器；
 - 20 个容积各为 1,100 立方米的混凝土储罐；
 - 61 个含硝酸物质的储罐。
- 放射性为 2 亿居里的约 1,700 立方米高放射性液态废物已玻璃化。
- 中度放射性液态废物被放在第 2、3、4、10 和 11 号水库，总面积为 84 平方公里，放射性总量为 3.94 亿居里。
- Karachai 湖（第 9 号水库）放射性达 1.2 亿居里。
- 人工湖 Staroe Boloto 盛有 35,000 立方米液态废物，其放射性为 200 万居里。

在托木斯克 Oblast^b 的西伯利亚化学工厂。

- 第 1 和 2 号水池面积为 75,000 平方米，盛有放射性为 1.26 亿居里的 18 万立方米的液态废物。有迹象表明，废物中含有大量钚。对这两处水池的补救措施包括向其中填土。
- 地下贮存（向深层井灌注）：3,300-3,600 万立方米。低放射性废物的深度为 240-290 米，中度和高度放射性的深度为 310-940 米。废物的最初放射性估计为 11 亿居里。

克拉斯诺亚斯克地区的采矿和化学工厂

- 钢制储罐（300 立方米或更大）存有 6,500 立方米液态废物，放射性 1.1 亿居里。
- 四座水库，放射性为 5,000 居里。
- 四个开口水池，盛有 5 万立方米废物，放射性为 2 万居里。
- 地下贮存设施“severnny”。自 1963 年起，有 450 万立方米液态废物被注入地下 190-475 米处，放射性为 7 亿居里。

季米特洛夫格勒的国家核反应堆研究所^b

- 注入了放射性为 9 万居里的 200 万立方米液态废物。

注：

- a 数字根据放射性衰减期修正过，并包括铯-90 和铯-137 的衰变产物。
- b 数字未根据放射性衰减期修正。
- c 另有估计认为，最初放射性为 10 亿居里，目前放射性为 450 居里。

表 1: 储存在俄罗斯联邦各部有关场地的放射性废物^a

废物来源	废物种类	体积(立方米)	放射性(居里)	储存地
原子能部				
提取和开矿	矿石和矿石尾砂 (低度)	1.0×10^8	1.8×10^5	尾砂储存和堆积
铀浓缩和燃料 制造	液态和固态(低度)	1.6×10^6	4.0×10^3	尾砂储存, 仓库和场址
核反应堆中的 能源生产	液态浓缩物(中度)	1.5×10^5	4.2×10^4	储罐、核电站储存设施
	固态(低、中度)	1.2×10^5	1.0×10^3	核电站的储存设施
	硬化/固化(中度)	1.6×10^4	1.0×10^3	核电站的储存设施
燃料再处理和 武器材料的生 产 ^b	液态(高度)	2.5×10^4	5.7×10^8	在托木斯克-7、克拉斯 诺亚斯克-26、马亚克 (车里雅宾斯克-65)三 地的储罐
	玻璃化的(高度)	9.5×10^3	2.0×10^8	马亚克的储存设施
	液态(低、中度)	4.0×10^6	7.0×10^6	储罐, 水库, 水池
	固态(低、中度)	1.0×10^8	1.2×10^7	现场地上储存
国防部				
核潜艇操作	液态(低度)	1.4×10^4	1.8×10^3	在岸和离岸基地
	固态(高度)	1.3×10^4	8.0×10^2	在岸储存设施
交通部				
原子能破冰船 和集装箱船的 运行	液态(低度)	3.9×10^2	0.6	在岸储存设施
	固态(低度)	1.36×10^3	2.1×10^2	在岸储存设施
	固态(低度)	1.04×10^2	2.0×10^4	在岸储存设施
联邦国防工业委员会				
核潜艇的建造 和使用	液态(低度)	2.5×10^3	5.0×10^2	在岸和离岸基地
	固态(低度)	1.5×10^3	1.0×10^2	现场储存设施
建筑部				
放射性材料的 使用	液态、固态和固化 废物, 经压缩的电 离辐射材料	2.0×10^5	2.0×10^6	“氧”设施

资料来源:《原子能公共信息中心简报》1996年第6期,第14页。

a 我们删去了原文中的“总计”。原文中,数额一栏的总计为 $\sim 2.4 \times 10^5$ 立方米,放射性总计为 $\sim 2.1 \times 10^9$ 居里。但这两个数字并不等于这两栏数字的总和,我们无法确定得出这两个数字的根据。

b 液态废物的数字没有包括注入地下或其它排入环境中的废物的庞大数字(见上页表格)。

乏燃料与液态核废料:“一对孪生兄弟”

俄罗斯原子能部承诺核燃料封闭循环,这包括再处理经辐照的燃料的政策,这就产生了大量的液态废物。在放射化学设施里贮存的这些液态废物的体积,经计算目前包

括 25,000 立方米的高放射性废物(贮存在钢制储罐里)和 4 亿立方米中、低放射性废物(贮存在储罐、水库和水池里)。中、高度放射性液态废物是通过蒸发来浓集的,并以浓缩物、浆状物、离子交换树脂和过滤材料形式存放在不锈钢和加固的混凝土储罐中。一部分中度放

射性的浆状物已水泥化和沥青化。低放射性废物数量极大，对其全部进行处理简直不可能。对贮存这些废物的水池和水库采取的补救措施，是通过向其填充水泥块、石料、土、碎石和泥来完成的。

至 1995 年 1 月 1 日，俄罗斯的乏燃料估计有 9,335 吨，放射性达 46.5 亿居里。减去 6,100 吨 RBMK 型反应堆的燃料棒（尚未再处理），还剩 3,500 吨，其中包括 1995 年 1 月至 1998 年 8 月产生的 270 吨，

这些废料正在“马亚克”（车里雅宾斯克-65）RT-1 站等待再处理。再处理 1 吨乏燃料，将产生 45 立方米高放射性、150 立方米中放射性和 2,000 立方米低放射性液态废物。

在过去几十年里，人们用许多不同的方法来处理高放射性废物。从 1949 年 3 月至 1951 年 11 月，马亚克（当时的一座军事设施，为制造核武器生产铀）的高放射性再处理废物被注入了捷恰河。在这期间，含 280 万居里的放射性废料被

表 2: 储存在俄罗斯各核电站的液态废料

核电站	数量(千立方米)	放射性(千居里)
库尔斯克	48.0	13.5
斯摩棱斯克	14.0	4.1
Novovoronezh	7.7	2.2
卡列宁	2.6	0.8
Kola	65.0	19.0
Balakovo	2.7	0.8
Beloyarsk	4.9	1.4
Bilibin	0.7	0.2
列宁格勒	11.5	资料缺乏
总计	157.1	>42

表 3: 经马亚克 RT-1 乏燃料再处理产生的放射性废料状况

废物种类	电厂运行整个期间				评论
	(1978-1993 年)	1994-1995 年	1996-2000 年	2000 年以后	
高放射性	11,050 立方米在储罐中 (~3 百万居里); 1,700 立方米在玻璃化块料中 (2 亿居里)	玻璃化块料中有 510 立方米	玻璃化块料中有 300 立方米	玻璃化块料中有 72 立方米	储存在地上特殊设施中，最终将存放于一定地质构造中
中放射性	19,000 立方米浆状物 (在储罐中: 1.4 亿居里)	16,000 立方米液态 (排入 Karachai 第 9 号水库)	2,000 吨沥青化块料	1,000 吨沥青化块料和水泥块料	地上设施，与沥青化物质共同装于筒内 (200 升)
低放射性	部分净化后倒入水库中	500,000 立方米 (净化后注入死水库)	用净化水循环处理		用离子交换过滤器处理
固态 (大多为低放射性)	50,000 吨 (未经处理)	3,000 吨 (未经处理)	压密废物 (焚烧, 挤压), 使体积下降 5-10 倍		地面现场混凝土储存设施

来源: 《原子能公共信息中心简报》，1996 年第 10-11 期，第 30 页。

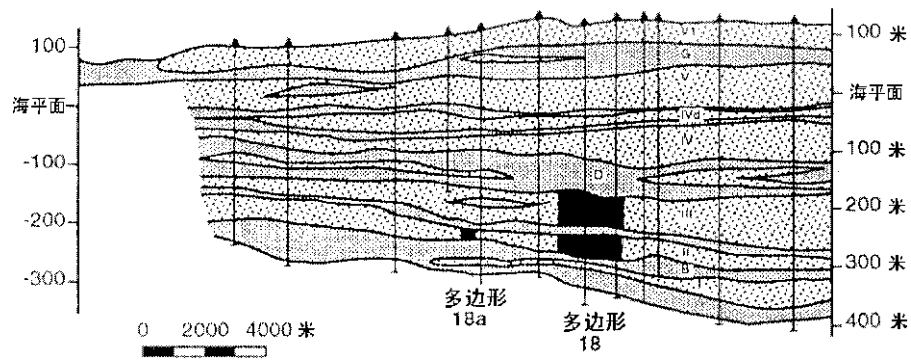
排放到了河中，导致 41 个居民点 12.4 万人受到不同程度的辐射。向捷恰河倾到低放射性和中放射性液态废物的活动，一直持续到 50 年代中期。

1951 年后，高放射性液态废物被存放在储罐里。1957 年，其中 1 个储罐发生了爆炸，产生了灾难性环境后果。爆炸发生后，人们开始研究把废物注入地层。马亚克的地质条件被认为不适合这种废物处理方法，但在 60 年代后期，俄罗斯在三处设施大规模使用这种深井注入方法：托木斯克、格拉斯诺雅斯克、季米特洛夫格勒（参见下图中的数字）。在面积为 24 平方公里的液态废物贮存场地，共有 4,600 万立方米含 20 多亿居里裂变产物的

废物被注入地下收集层。由于放射性衰退，这些废物的放射性已降低，目前估计约为 8 亿居里。同放射性废物一同注入地下的还有其他有毒废物。

这种处理方法的支持者保证，深层地下贮存液态废物是经过仔细和全面研究的，并且得到了很好的监督。⁴参考意见已提交给了保证放射性废物贮存安全地质方法的部际委员会（俄罗斯科学院副院长 N. P. Laverov 任主席）。参考意见称，深层地下贮存液态废物可以接受，并且充分安全。⁵许多地质学家对此有争论，甚至 Laverov 也曾说过“直接处理液态废物明显要比处理固态废物更危险。因此，将液态废物固体化在目前是提高其贮存安全性的

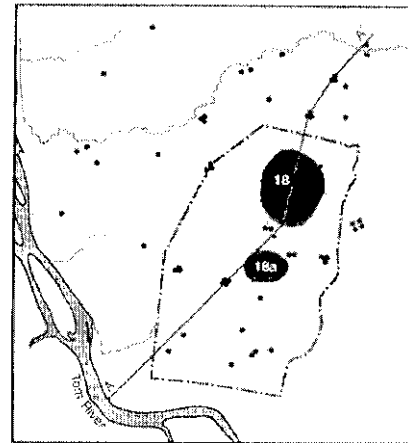
托木斯克-7的注入区域（多边形）

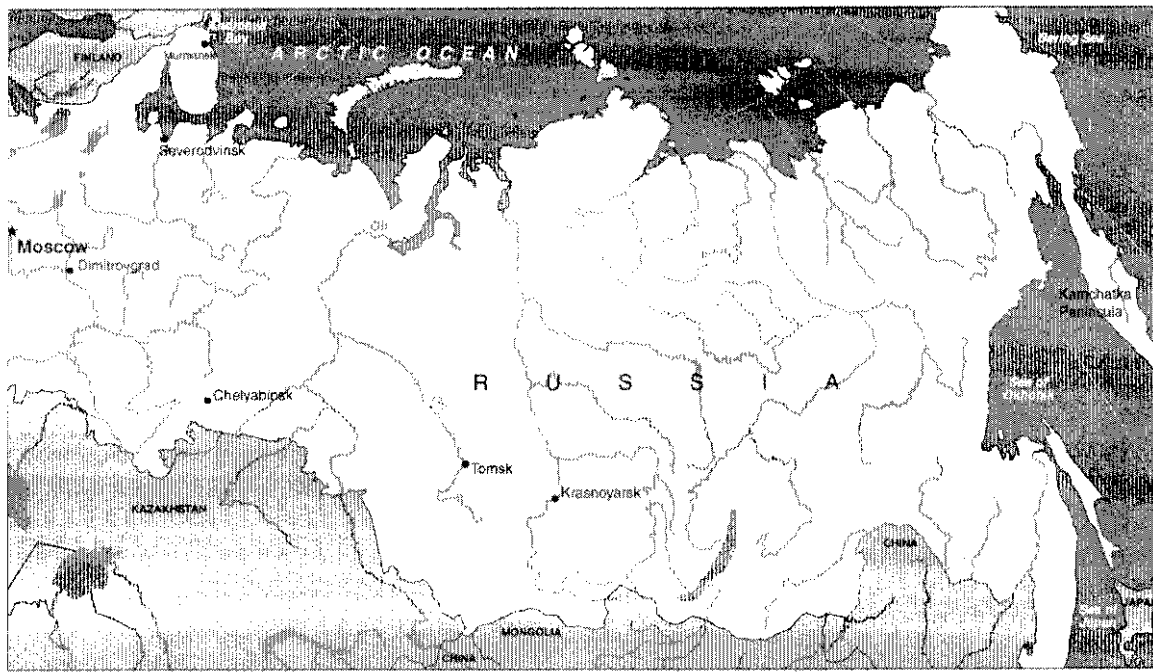


托木斯克-7的注入多边形显示了两个注入区域和低、中、高度放射性液体废料分层注入计划的横截面。

重印获得允许：唐. J. 布拉德利，《核幕后：前苏联的放射性废料管理》（俄文版，哥伦布：Battelle出版社，1997年），第 211页。

- KEY
- 注入区域
 - 多边形地区边界
 - 观察井
 - Ⓜ 地层标志





来源: 唐·J. 布莱德利:《核幕布背后: 前苏联的放射性废物的管理》(俄亥俄州, 哥伦布市: Battelle 出版社, 1997 年); 《世界地图集》第六版(牛津大学出版社有限公司: 纽约市), 1998 年。

通常做法。”⁶

科学界无法获得有关向地下注入放射性废物的信息, 也没有作出对这一技术的独立专业分析。对人们的询问作出的答复通常是: “对向地层深处注入废物的研究正在进行, 包括对某些‘保护技术’的研究”。^{7, 8} 据说讨论这些“会对选择最理想的原子能开发方式产生消极影响,” 甚至会对“做好军事准备”产生消极影响⁹。其他掩盖这种活动的规模的原因是(不幸的是, 这是非常真实的事实): 用其他处理废物管理的方法来替代向地下注入液态废物的方法, 需要巨额财源和投资。⁷ 向地下注入不同放射程度的液态放射废物的活动仍在继续, 这违反了环境保护法。

直到最近, 马亚克仍在把高放射性液态废物蒸发、分馏, 然后玻璃化。到目前为止, 已处理了近 13,000 立方米, 生产出了 2,188 吨

玻璃化物质。由于超过设计寿命已经 1 倍时间, 玻璃化设施的熔炉已于 1997 年关闭, 最危险的高放射性液态废物又被放到储罐里贮存。由于财政和环境原因, 建立新的玻璃化设施的被迫推迟。

中放射性的废物在马亚克通过蒸发得到浓集, 并置于地面的水库中。臭名昭著的 Karachai 湖就是这样一个水库。在再处理仅 150-200 吨乏燃料过程中就有含 1.2 亿居里的废物被倒入该湖。由于 Karachai 湖地区的形势已十分险恶, 现还不清楚今后中放射性再处理废物将如何处理。另外还有含数以亿居里的中放射性废物被排放在其他水库里(参见第 5 页表 3)。

马亚克的各级水库里已聚集了 4 亿立方米的低放射性废物, 有 30 万居里的长寿命放射性核素在释放贝塔射线。水库的水向地下水的渗透(每年 1,000 万立方米)已污染了

350 万至 500 万立方米体积的水，其放射性为 90 万居里。污染已扩大到 Mishelyak 河方向方圆 10 公里、深 100 米的范围。铯-90 污染正以每年 84 米的速度扩散，钴-60 污染每年扩散 51 米。^{7, 9}

这些水库的渗露和由类似于 1998 年春夏某些地区发生洪水的水灾所造成的库水外溢，可能会突破级联水库的最后一道堤坝，并把 2 亿多立方米的污水注入捷恰河水系。据估计，含 2.15 亿居里的放射性水将流入鄂毕河（捷恰河汇入的一条西伯利亚主要河流，它流入北冰洋）。

考虑到目前已聚集在那里的废物，马亚克再处理额外乏燃料的能力已降低。首要任务应是利用积累的经验 and 现存技术处理现有的废物。

海军作战和地下核爆炸

使用核能的其他两个领域：核潜艇和地下核爆炸，已产生了大量的液态废物。在核废物处理能力不足的俄北方和远东地区，军用和民用核舰（船）队的核潜艇的运行，提出了一系列紧迫的问题。⁸ 由于停止向海洋倾到液态废物，废物已逐步在这些地区累积起来。¹⁰ 最近一次向日本海倾到液态废物（400 立方米，放射性为 0.38 居里）发生在 1993 年 9 月。

海军设施每年产生的液态放射性废物总量为 1 万至 1.2 万立方米。其中，40% 来自太平洋舰队。废物的特定放射性为每公斤 10^{-7} 至 10^{-2} 居里，其中 10% 废料的放射性在 10^{-3} - 10^{-2} (0.001-0.01) 居里/升。

军事舰队产生的液态废物的一部分 (1,000-1,500 立方米) 在摩尔曼斯克的“Atomflot”液态废物处理工厂进行处理。北德文斯克的潜艇建造中心收集了 2,500 多立方米的液态废物，其贮存罐都已贮满。Andreeva 湾建有 5 个地下液态废物储罐。¹¹

“Onega”和“Amar”这两个运输船是被指定用来向岸上的提纯工厂（凝结和蒸发）运输液态废物的，提纯物贮存在特殊的储罐里。但是，处理海军液态废物的计划已经中止：海岸上的设施没有建造，运输船上的处理设施没有工作。如果一座新的提纯工厂投入运行的话，“Atomflot”船可以满足民用的和北方舰队的需要。每年额外处理 6,000 立方米废物将有助于解决北方地区所有核动力舰船产生的液态废物问题——财政支持是唯一所需要的。

摩尔曼斯克造船公司有 5 艘核技术服务船，它们是“Imandra”号（有 12 个液态废物储罐），“Lotta”号，“Lepse”号（有一个液态废物储罐）和“Volodarskii”号浮动贮存设施，以及“Serebryanka”号船，用于液态废物贮存和作为浮动辐射监测和控制点。核潜艇由几十艘驳船为其提供服务。

从太平洋舰队收集的各种放射程度和盐化作用程度的液态核废物的总量已达 8,000 立方米。上述 5 艘船中有 3 艘已装满，另有一艘已不使用。还有 4 个贮存乏燃料和液态放射性废物的浮动设施和一些小船只也已爆满。岸上的贮存设施，

主要是 Sysoev 湾 Shkotovo-22 场地三个正老化的贮存罐，同样已装满。在普里莫尔和堪察加有临时的液态废物贮存设施。¹²

随着国际社会的帮助，包括芬兰、挪威和日本提供的金融援助，俄海军舰队液态放射性废物带来的最严重的问题正被提上日程。

地下核爆炸在地隙中形成的液态废物问题，实际上仍未引起人们的注意。对这一问题进行的研究将表明，集中有大量污染物的地隙及其周围地区应归为长期放射性核废料地点。¹³这些地方的泄漏已影响了普里开姆、萨哈(亚库塔)、阿斯特拉坎和秋明地区。

结论

俄联邦“1996-2005 年放射性废物与乏燃料管理、使用和贮存”计划已确定，现有的废物管理能力已不足以处理和可靠隔绝现存的和新产生的乏燃料液态废物。不仅再处理乏燃料在增加液态废物，而且核电站的退役和拆除也产生同样的后果。即将退役的核电站数量不仅将大幅增加，但俄政府目前还未考虑这一因素。

由于不具备确保现存乏燃料的环境和安全贮存的手段，俄原子能部公开提倡对乏燃料进行再处理。但如本文指出的那样，俄政府在液态废物管理方面，还没有制订统一的政策。

* 瓦列里·布拉托夫是独立研究俄罗斯放射性废物问题的知名专家。他是放射生态学家国际联盟、俄罗斯地理学会和西伯利亚生态基金的成员

¹ 《原子能公共信息中心简报》，1997 年第 7-8 期，第 15 页。

² V. I. 布拉托夫编：《放射性废料：环境问题和管埋，文献目录评论》第 1-3 部分(新西伯利亚，俄罗斯科学院，1998 年)。

³ 《原子能公共信息中心简报》，1996 年第 7 期，第 21 页。

⁴ 《液态放射性废物的深层地下储存》，(莫斯科：IzdAT)1994 年，第 256 页。

⁵ 《原子能公共信息中心简报》1996 年第 6 期，第 17 页。

⁶ 《公民倡议》，1998 年第 1 期，第 2 页。

⁷ V. 拉林。《原子能公共信息中心简报》1998 年第 2 期，第 37-50 页。

⁸ V. F. 门什科夫，《核控制》，1997 年第 32-33 期，第 31-38 页。

⁹ Bellona 工作论文，1995 年第 4 期，第 35 页。

¹⁰ 《与在俄罗斯联邦领土接壤的水域处置放射性废物有关的事实和问题》，莫斯科，1993 年，第 108 页。

¹¹ V. F. 门什科夫，《核控制》，1997 年第 32-33 期，第 31-38 页；Yadernaya Bezopasnost, 1997 年，第 2 期，第 4 页。

¹² J. 汉德勒，“太平洋舰队：放射性废物，核潜艇运行，潜艇事故与核燃料安全”，《绿色和平报告》，1995 年，第 51 页。

¹³B. A. 巴库林：“Perm Prikamya 石油产区的地下核爆炸：放射性方面：在城市和工业化地区与发展矿物燃料贮存有关的安全问题”，叶卡捷琳堡：UroRAN, 1997 年，第 420-427 页。

法国核废物的深层地下贮存

玛丽·比尔德·戴维斯¹

1998年12月法国政府宣布，决定建立两个“实验室”，研究对核废物进行地下存处。作出这一决定，经历了十分漫长且颇有争议的过程。

寻找贮存地点的第一轮行动开始于1987年5月，当时法国政府在法国找出了四个地质特性适于深层地下贮存高放射性长寿命核废物的地区，它们是纳维布安的花岗岩地层地区、埃纳省锡索纳北部的黏土地区、安省附近的盐碱滩地区和瑟格雷西南部的页岩地区。原计划于1987年年中至1990年年底对这四个地区进行研究并选定一个地下“实验室”的地点。当时还计划在1995年左右，在地下实验室建造完毕并认为合适之后，就将要求政府授权把它变成实际储存设施。如果一切顺利的话，政府将于2000年左右批准在该设施存放废物。²

但一切都不顺利。法国政府1987年发表声明之后不久，各种抗议组织就如雨后春笋般地在上述四个地区发展起来。反对活动并不局限于请愿、调研及和平示威。例如，1988年11月在安省，示威者夺取了掘土机和视听设备，袭击并围

堵了“国家废物管理机构”（ANDRA），并在一个公共广场焚烧了夺来的文件。同日，1,000人举行了游行。该市的市长在媒体面前把此次事件形容为对ANDRA计划的“自然反应”。安省的官员、农民和商人担心选择本地作为废物存放地点将毁坏布雷斯鸡的美名，这种鸡传统上一直是法国市场上最好的。³

1989年12月20日当通往ANDRA所选场地的道路被封锁后，市民们仍在继续表达其“自然反应”，并把30,000升猪粪撒在了被选定要探索的地区。⁴在纳维布安，ANDRA不得



不动用直升机来进行勘测，因为示威者已系统地切断了地面勘测路线。ANDRA 当局曾在 1988 年 10 月举行的一个核工业会议上表示，由于示威者的活动，当年它能在该地点工作的时间减少了 48%。⁵

最严重的示威发生在瑟格雷。1989 年 12 月，数千人举行的示威活动同警察发生了暴力冲突。如同在其它地方一样，ANDRA 的财产遭到损毁。1990 年 1 月 20 日，包括其它三处地点的代表在内的 15,000 人在昂热举行了游行。此时，正如一份议会报告指出的那样，“为了阻止事态造成损失，Michel Rocard 总理不得不让工作暂停一年”。⁶1990 年 2 月，总理公布了一份关于所有三处地点的工作的备忘录，并要求成立一个独立咨询机构，研究废物问题并将决策提交议会。⁷

随着 1991 年 12 月 30 日通过的一份法案，法国议会使核废物处理计划重新启动。该法案要求政府通过同时采取如下行动，以解决高放射性和长寿命废物的处理问题：

- 进行长寿命同位素分离和嬗变的研究；
- 研究可逆或不可逆深层地下贮存的可能性，尤其通过建立地下实验室来从事这种研究；
- 研究在地面上包装和储存上述废物的方法。

实验室场址将在同地方官员和公众磋商后选定，把实验室变成真正的贮存地还另外需要立法。在法律颁布不超过 15 年之前，即在 2006 年年底以前，政府必须向议会提交一份报告，评估所进行的研究，并且如果合适的话，制定一项法案，授权建立一

法国放射性废物的种类

法国国家评估委员会根据废物中含有同位素的放射性、特点和半衰期，将废物划分为三种类型。

A 类：中、低放射度废物，主要含有中、低度的贝塔和伽玛射线和少量的阿尔法射线 [300 年后阿尔法放射性不超过 3.7 吉贝克雷尔 (GBq)/吨 (0.1 居里/吨)]

B 类：中、低放射度废物，含有长寿命放射性核素，主要是大量的阿尔法射线 [阿尔法放射性超过 3.7GBq (0.1 居里/吨)，但贝塔和伽玛放射性少于 370GBq/吨]

C 类：高度放射性废物，包含大量裂变产物、激活产物和光化物。这主要是玻璃化的废物。乏燃料也被视为高放射性废物 (无上限)

法国把 A 类废物作地表贮存。国家废物管理机构 (ANDRA) 在两个地方对此进行处理：一处是在 Manche 的贮存中心，现已存满；另一处是在 l'Aube 的贮存中心，目前正接收废物。对 B 类和 C 类废物正进行临时贮存，等待进行地质处理；它们存放在现场，或者存放在几个临时贮存设施里，其中有名的是在 Cadarache 的阿尔法释放型废物设施。

针对含有放射性低于 100Bq/克的人工放射性核素和放射性低于 500Bq/克的天然放射性核素的物质 (称为甚低度废料)，目前基本上没有对此进行处理的规章。核装备安全理事会目前正在制定比当前使用的更精确的废物标准，包括四个档次：“甚低度、低度、中度和高度。”每个档次又分成“短寿命”和“长寿命”。

资料来源：玛丽·比尔德·戴维斯：La France nucléaire: matières et sites (WISC-Paris, 1997)；Commission nationale d'évaluation, Rapport d'évaluation no. 1, June 1995.

贮存放射性废物的岩石类型

岩层类型	优点	缺点
结晶岩 (如: 花岗岩)	<ul style="list-style-type: none"> • 机械强度高 • 热稳定性高 • 通常不易产生化学反应 • 可以阻止放射性核素运动 	<ul style="list-style-type: none"> • 可能有很强的渗透性、多孔性 • 遇应力易碎 • 无数裂面和节理 • 通常具有复杂的地质构造
粘土	<ul style="list-style-type: none"> • 低渗透性 • 具有塑性(自我封闭) • 极少裂面 • 可以阻止放射性核素运动 • 易挖掘 	<ul style="list-style-type: none"> • 最适合的粘土层在地面附近 • 与其相邻的沉积物供道路用 • 可能是碳氢源岩石
盐碱地	<ul style="list-style-type: none"> • 低渗透性 • 干燥 • 具有塑性(自我封闭) • 极少(如果还有)长寿命裂面 • 热稳定性高 • 热传导性高 • 易挖掘 	<ul style="list-style-type: none"> • 可能含有腐蚀性盐水 • 可能是一种廉价资源 • 盐层可能移动 • 意外发生的水灾可能会卷走所有盐份

根据《放射性废物——什么是下一步?》的许可重印。(伦敦: 议会科学技术办公室, 1997年11月)第77页。

处地下贮存设施。⁸

1992年12月, 政府指定议会技术选择评估办公室副主任克里斯琴·巴特里来确定实验室的各候选地点。每一所实验室在十五年内将每年收到6,000万法郎(约1,000万美元)的资金, 并在政府投资基础设施方面享有优先权。另外, 候选实验室所在地方还将得到大量昂贵礼物。⁹

约30个部门(地区)自愿报名, 在经过地质评估后, 巴特里把候选地区缩减至十个。他逐一访问了这十个候选地区。

在1994年公布的一份他提交给政府的报告中, 巴特里选定了四个部门作为最后的候选对象: Gard, Haute-Marne, Meuse 和 Vienne。这四个地区的政府理事会对建立实验室都全票或几乎全票赞成。巴特里选择实验室的标准基于“经济”和“社

会”因素考虑。换言之, 就是选择那些能从建立实验室中在高技术方法受益最多的地区。¹⁰

由于 Haute-Marne 和 Meuse 交界地区被称作 Est de la France,¹¹ 所以, 候选地点减少到三个。其中, Gard 和 Est de la France 是粘土地区, Vienne 为花岗岩地区。

尽管到目前还没有受到暴力威胁, 但在每一处地点的反对活动已立刻出现, 并在目前选定的地点持续下去。在 Gard, 葡萄酒生产者联盟由于担心建立实验室会损坏其葡萄酒的声誉而发起反对活动。他们援引了农业部门的一份报告, 该报告指出实验室所带来的主要风险是将损害葡萄酒的声誉, 并可能造成严重的经济后果。¹²

两个官方的法国科学家和工程师组织的研究结果支持掩埋放射性废物

反对者的某些论断。1991 年颁布的法案要求建立一个国家评估委员会，以估价处理高放射性、长寿命废物研究的现状，并每年由政府向议会提交报告。在 1998 年 6 月提交的一份有关可逆和不可逆贮存的特别报告中，国家评估委员会建议，中、低度阿尔法污染废物应深埋在地下，但高放射性废物应存放在地上或在地表下长期贮存。¹³

而且，国家评估委员会在 1996 年的一份报告中对 Vienne 的花岗岩地区表示了强烈的保留，因为它判断存在着这样的危险：即存放高放射性废物的花岗岩层和饮用水、灌溉水的储水层液体间将会发生循环。¹⁴在 1997 年的报告中，国家评估委员会指出，实验室地点的负面影响“现在看来不可能避免，它导致本委员会对此事的态度已超出了在第二份报告中所表示的保留”。¹⁵巴特里则不同意这一观点，在议会技术选择评估办公室的一份报告中，他批评国家评估委员会侵犯了他认为应该属于自己的权利。¹⁶

核保护与安全研究所在阿韦龙省图纳米尔隧道发现了一个断层地区。该研究所当时正在那里研究粘土作为填埋媒介的合适性。研究者们看到水在某些断层内流动。该研究所 1997 年年度报告指出，粘土的传输机制尚不清楚。¹⁷

当局 1997 年在拟议中的三个实验室的每一处进行公共质询，并且发现每处实验室的建造都符合了公众利益。当时法律要求政府选择两处地点。1998 年 12 月，默兹省被选为建

设一个研究粘土的实验室的地点。研究者将研究深达 400 至 500 米的地层，该实验室将于 2002 年底前完工。加尔省被选为研究地表下贮存核废物的地点。对花岗岩进行研究的地点没有选定，因为维埃纳省肯定不合适，新的地点还在寻找。

在法国发展地质贮存核废物的过程和目标问题上，仍然存在着严重的分歧。深层地下贮存废物的反对者争辩道，如果将来技术进步足以找到更好的解决方法的话，废物应该可以回收。绿党争辩道，政府的决定是政治性的，是迫于核工业界的巨大压力作出的。他们担心政治压力将迫使两处实验室中的一处成为永久贮存地点。进而，他们担心，由于靠近法国边境，默兹省可能成为欧洲其他国家特别是德国倾倒废物的垃圾场。

¹ 玛丽·比尔德·戴维斯是 Yggdrasil 研究所主任，以及 the French Centre de documentation et de recherche sur la pax et les conflits (CDRPC) 的副主席。她就商业和军事核问题写了许多书和文章。

² Stockage en profondeur des déchets radioactifs. Présentation et contexte des travaux de reconnaissance géologique préliminaires (Conseil Supérieur de la Sureté et de l'Information Nucléaire) Mai 1987, La Gazette Nucléaire, no. 75-76, mai 1987, pp. 19-20.

³ 卡林·雷恩，“核燃料”，1988 年 10 月 17 日。

⁴ *Silence*, 1990 年 2 月，第 25 页。

⁵ 安·麦克拉克兰、卡林·雷恩，“核燃料”，1988 年 10 月 17 日，第 6-7 页。

⁶ Christian Bataille, Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, Rapport sur la gestion des déchets nucléaires à

haute activité, Assemblée Nationale, No. 1839 (1990).

⁷ 安·麦克拉克兰, “核燃料”, 1990年2月19日, 第5页。

⁸ *Journal Officiel*, January 1, 1992.

⁹ Hélène Crié and Michèle Rivasi, *Ce nucléaire qu'on nous cache* (Paris: Albin Michel, 1998), pp. 219-21.

¹⁰ Quatre Départements en quête de laboratoires, *L'Environnement Magazine*, January-February 1994.

¹¹ *Les Echos*, July 5, 1995.

¹² *Midi Libre*, 25 January 1995; *Le Vigneron*, June 13, 1996.

¹³ Commission Nationale d'Evaluation, *Réflexions sur la réversibilité des*

stockages (June 1998), pp. 39-40.

¹⁴ Commission Nationale d'Evaluation, *Rapport d'évaluation, no. 2* (June 1996), pp. 61-62.

¹⁵ Commission Nationale d'Evaluation, *Rapport d'évaluation, no. 3* (September 1997), p. 88.

¹⁶ Christian Bataille and Robert Galley, Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, *L'aval du cycle nucléaire, Tome I: Etude générale*, Assmeblée Nationale no. 978 (1998), pp. 125-129.

¹⁷ Institut de Protection et de Sureté Nucléaire, *Rapport scientifique et technique 1997*, p. 152.

从巴尔干危机看核危险

Vladimir Iakimets¹

自从1999年3月24日北约开始轰炸南斯拉夫以来,全球核危险,特别是美俄之间的核危险,就与巴尔干危机交织在一起。为了避免任何政治猜测,我把俄罗斯境内由这场战争引发的与核武器有关的发展情况概括一下。

- 据俄罗斯新闻机构塔斯社报道,几位俄政治家宣称应在白俄罗斯重新部署战术核武器。(3月25日)
- 针对北约轰炸南斯拉夫,乌克兰议会要求放弃该国的“无核武器”地位。(3月26日)
- 联合国安理会否决了俄罗斯呼吁立即停止对南斯拉夫使用武力并立即恢复谈判的议案。(3月26日)
- 轰炸开始后几天内,俄正式宣布暂

停与北约的合作,从布鲁塞尔召回其代表,并要求北约代表离开莫斯科。

- 俄总参谋长 Anatoly Kvashnin 宣称:“如果俄罗斯继续生存遇到了问题,那么俄将使用其武装部队拥有的任何资源,包括核武器。”(3月31日)
- 俄杜马国防委员会主席 Roman Popkovich 建议将包括首先使用核武器的可能性包括在国家安全政策中。(3月31日)
- 俄国防部长 Igor Sergeyev 称:“鉴于形势发展,俄将不得不修改其进一步削减军队员额的计划”,塔斯社(4月7日)。
- 俄杜马支持由南斯拉夫领导人提出的俄南统一的观点。(293票对54票)(4月16日)
- 俄抵制北约首脑会议。(4月22-23

日)

- 俄杜马外交委员会主席 Vladimir Lukin 在 4 月末称：“你们必须明白，如果我们想给你们制造麻烦，我们就能做到。有人会，我们不知道是谁，从舰只或潜艇向美国发射导弹，并在美国头上爆炸核武器。电磁脉冲会毁灭你们所有的能力。”（来自美国国会议员柯特·韦尔登 5 月 18 日的演讲）
- 在俄安全委员会召开的一次绝密会议上，叶利钦总统签署一项法令，要求研制、部署和使用战术武器。（4 月 29 日）
- “就让克林顿一不小心发射导弹吧，我们将立即回敬。真是如此的厚颜无耻！对一个主权国家发动战争，不经过安理会，不经过联合国。”叶利钦言论，摘自《华盛顿邮报》5 月 7 日。

很明显，北约未经联合国安理会授权决定轰炸南斯拉夫，进一步危害了自冷战结束后不久就一直在迅速恶化的世界核局势。这场核危机变得如此严重如此突然是因为发生了一系列不利的事态，其中首推联合国安理会被置之不顾。这些不利事态中有些是北约和/或美国根据条约义务采取行动造成的，或者是它们鉴于俄罗斯作为冷战的一部分已垮台而采取行动造成的，对这一点在俄罗斯政府内外一直并将继续这样认为。

例如，俄罗斯人坚信苏联前总统戈尔巴乔夫曾获得过这样的谅解：如

美国部署在欧洲的核武器的数量

比利时	10
德国	45
希腊	10
意大利	30
荷兰	10
土耳其	15
英国	30
总数	150

来源：威廉·阿金等，《盘点：全球核武器部署 1998》，自然资源保护理事会，华盛顿特区，1998 年 3 月。

果允许德国统一并且让统一后的德国保留在北约内，北约的边界就不会向东发展。这种观点曾得到西方消息人士的支持。美国前驻俄大使杰克·麦特洛克在 1999 年 4 月的《纽约时报》上撰文也指出过这一点。但是，德国和平统一后，北约扩大了，苏联没有反对。

进而，在争论北约扩大时，俄罗斯得到保证，北约是一个防御性的跨大西洋组织，未经联合国授权，永远不会对任何主权国家发动军事进攻（据北约官员称，这类军事进攻按规定是不可能的）。然而，这样的事在南斯拉夫发生了。

这类事件的发生使俄罗斯人不可能再相信北约的承诺了。因此，尽管北约一再宣称，它未曾计划在其新成员领土上部署常规或核力量，但俄罗斯不会相信这种保证。

对俄罗斯人而言，北约扩大尤为麻烦，因为约 150 枚美国核弹及相关的轰炸机仍部署在欧洲非核国家（见本页表格）。由于没有正式协议能够阻止这些武器被转移到离俄罗斯边界更近的北约新成员的领土上，俄罗斯的忧虑大大加深了。在无核国家部署

这些武器,根据《核不扩散条约》(NPT)第一条和第二条来看,也令人置疑,《核不扩散条约》阻止有核与无核国家分享核武器(参见第22页《核不扩散条约》第一和第二条内容)。根据《核不扩散条约》,向北约新成员扩散核武器更令人反对。如果俄罗斯与其他国家开始签定分享技术协议,特别是这些协议中包括可不经联合国安理会授权而对第三方采取行动的内容时,美国将如何反应?

美国宣布部署国家导弹防御系统(NMD)进一步使这些事态的发展复杂化和恶化。在一个充满核武器的世界里,这些都是具有挑衅性的,因为它们可以被看作是首先使用核武器战略的一部分。鉴于美国的口头保证现在对俄罗斯而言已几乎毫无意义,美国部署NMD的努力将有悖稳定。如果未经俄的明确同意,任何在俄罗斯眼中违反1972年《反弹道导弹条约》而部署的国家导弹防御系统,都会产生如同因北约未经联合国授权轰炸南斯

拉夫所产生的反应一样严重的核回应措施。

在3月24日以前就已经很困难的条件下一直提倡核裁军的我们现在发现没有了理由。鉴于俄常规力量的不足,北约东扩和北约绕过联合国安理会采取行动,俄罗斯国内任何人都难以阻止核武器发挥新的并且更大的作用,除非西方采取实质行动,不仅对俄政府还要对俄人民作出新的保证。

在这方面应采取的第一步是美国将其核武器从欧洲调回本土。这将使已经开始的北约东扩对俄产生较小的威胁,并且营造一种使人们相信美国与欧洲盟国合作并不针对俄罗斯的现实。这是实现核安全和世界安全的最低要求。我希望美国能够迅速实施。

¹ Vladimir Iakimets, 博士, 是位于莫斯科的俄罗斯科学院系统分析研究所成员。本文仅代表个人观点。

北约轰炸南斯拉夫对生态和健康造成的影响

自从1999年3月24日北约与南斯拉夫战争开始以后,能源与环境研究所收到许多读者的垂询,他们问北约轰炸工业设施和变电站造成有毒化学物质散发到空气、土壤和水中,对生态和健康会造成何种影响。一个例子是对位于多瑙河边的潘切沃化学工厂的轰炸。能源与环境研究所没有潘切沃和其他被炸设施存放的化学品

类型和数量的独家资料,但已整编了一份现有的最好的资料,以答复读者的垂询。我们使用的信息来源包括新闻报道、化学工业资料、化学品对于健康和环境影响的数据以及南斯拉夫当局的声明,以确保现场发现的化学品类型与被炸设施的类型相一致。有关潘切沃化学品的工业用途及其对健康的影响详见表2(第26-27页),存

放在遭北约轰炸的变电站的 PCBs 的影响也在该表中。

潘切沃

潘切沃工厂是一座生产综合石化产品、化肥和聚氯乙烯的工厂，1999 年 4 月遭北约多次轰炸。据报道，厂内的化学品贮存箱向空气、土壤和水中散发了大量的氨气、氯化乙烯和氯乙烯（参见表 2，第 26-27 页）。另据报道，还释放了 1000 吨水银、800 吨盐酸、3000 吨氢氧化钠和 250 吨液态氯（参见《纽约时报》99 年 7 月 14 日，第 1 版）。

含氯化学品的燃烧产生了其他有毒副产品，如 Dioxins。据报道，还发现了碳酰氯的痕迹，碳酰氯是一战中使用过的极其危险的一种化学战剂，它也作为普通工业化学品使用。



目前还不清楚是该工厂贮存有碳酰氯还是由其他化学品燃烧产生出的副产品。

轰炸该工厂造成有毒气体进入潘切沃及其邻近地区。有利的风向似乎阻止了立即发生大规模伤亡。工厂受到了十分严重的污染，以至于轰炸发生后 1 个多月后采访该工厂的西方记者们仍感到“呼吸潘切沃的空气极不舒服”（参见 5 月 24 日全国公共广播

表 1. 位于贝尔格莱德的南斯拉夫研究反应堆的说明

反应堆种类	一座 6.5 兆瓦研究反应堆 一座零功率研究反应堆
减速剂/冷却剂	重水 (D ₂ O)
临界日期	1959 年 12 月 28 日 (研究反应堆) 1958 年 4 月 29 日 (零功率反应堆)
目前状况	1984 年关闭 (研究反应堆) 运行中 (自 1997 年起) (零功率反应堆)
燃料	高浓铀 (6.5 兆瓦反应堆在 1976 年从低浓铀转变过来)
浓缩程度	80%
燃料来源	苏联
未辐照燃料中高浓铀的数量	50 千克
略经辐照燃料中高浓铀的数量	10 千克
乏燃料中低浓铀/高浓铀的数字	5000
安全保障	国际原子能机构

资料来源：美国能源部，Argonne 国家实验室，国际核安全中心 (<http://www.insc.anl.gov>)；戴维·奥尔布莱特：“南斯拉夫核爆炸材料的状况如何？”《ISIS 政策论文》，科学与国际安全研究所 (ISIS)，1999 年 4 月 21 日 (<http://www.isis-online.org>)；朱迪斯·米勒：“巴尔干危机：核安全”，《纽约时报》，第 A12 版，1999 年 5 月 5 日。

报道)。《纽约时报》7月14日报道说，潘切沃人已受到莫明病症的侵袭，例如头痛、皮疹和流产增多。

由于大火产生的有毒气体一般可以散发很远，因而可以影响广阔的地区，包括北约的某些成员国。进而，由于火势可以持续数小时乃至数日，有毒气体可以随不同的风向四处传播，这与短期意外泄露向一个主要方向散发不同。

为防止造成该地区大规模空气污染，该工厂当局向附近的一条通向多

瑙河的河道排放了一些化学品，包括剧毒氯化乙烯。到5月24日，氯化乙烯沉积在河底，未流进多瑙河(氯化乙烯不溶于水并且密度高于水)。多瑙河是沿河地区的南斯拉夫、罗马尼亚、保加利亚和摩尔多瓦数以百万计人口的饮用水源。河水中的污染物还会加剧损害下游由Djerdap 1号和2号大坝围起的两座水库的生态系统。南斯拉夫和罗马尼亚拥有水库发电系统的部分所有权。

表3 保加利亚的电力生产

电力生产(1996估计)	416亿千瓦时
人均电消费量(1996估计)	5000千瓦时
总装机容量(1996)	12000兆瓦
火力电站	7400兆瓦(62%)
核电站	3760兆瓦(31%)*
水电站	840兆瓦(7%)
核电站运行者	国家电力公司
核能规划部门	和平利用核能委员会

*太平洋西北国家实验室的国际核能安全计划指出：“1997年，核能提供了该国电力的45%，但是，有时这一份额上升到近50%，这是因为矿物燃料电站和水电站生产不出预期的电量。”
(<http://insp.pnl.gov:2080/?profiles/ceec/bulgaria-intro>)

注释：一个电力系统为了可靠地发电，不发生断电和电压不足，其发电容量需要比最大用电负荷高出约20%。

表格4 位于保加利亚kozioduy的核反应堆

反应堆	反应堆型号	净输出	最初临界	投入商业使用时间
第一座	VVER-440/230	400兆瓦	6/1974	12/1974
第二座	VVER-440/230	400兆瓦	8/1975	12/1975
第三座	VVER-440/230	400兆瓦	12/1980	1/1981
第四座	VVER-440/230	400兆瓦	4/1982	8/1982
第五座	VVER-1000	910兆瓦	11/1987	9/1988
第六座	VVER-1000	910兆瓦	6/1991	12/1993

反应堆供应方：Atomenergoexport(苏联)

反应堆种类：压水堆

减速剂：轻水

燃料：低浓铀

燃料供应方：苏联

乏燃料管理：储存。过去的乏燃料已送往俄罗斯再处理。但是，新的再处理协议尚未达成，原因是在价格和运输路线方面发生争议并遇到了反对。

来源：太平洋西北国家实验室(<http://atom.pnl.gov:2080/>)；Oleg Bukharin：私人谈话，1999年6月15日；迈克·麦利奥特：私人谈话，1999年6月17日。

变电站和低铀

北约轰炸南斯拉夫的变电站，以此摧毁该国的供电系统。这些变电站中有些含有 PCBs。由于具有持久毒性，PCBs 的生产和使用已被广泛禁止。

北约在南斯拉夫使用了穿透装甲的低铀炮弹(DU)。低铀炮弹也被用于伊拉克。低铀是一种放射性有毒重金属，可以着火并能转化成一种雾状氧化物。附近的人呼吸了这种氧化物微粒会对肺产生辐射。在南斯拉夫和伊拉克，低铀炮弹都是在存在化学污染的情况下使用的。参加过 1991 年海湾战争的美国部队中有七分之一的人患有一种或多种症状，这些症状统称海湾战争综合症。尽管这些症状不可能由低铀炮弹单独造成的，但它发挥了作用。各种污染物混合在一起，其危害是令人担忧的。

核安全与核扩散

北约轰炸还增加了核安全与核扩散风险。首先，位于贝尔格莱德附近的一所小型核研究所有两座研究用反应堆(较大的一座已关闭多年)和大量贮存的核废物(见第 17 页表 1)。如果一枚炸弹误中该地特别是击中废物贮存区，将严重危害环境和公众健康。而且，可以用于制造武器的高浓铀仍存放在该地。在轰炸期间，国际原子能机构中止了对该设施的调查。这些调查活动旨在确保约 60 公斤的高浓铀(足以制造一到两枚核弹，具体由设计决定)没有被转移。

第二种核危险与保加利亚的 6 座核反应堆有关。Kozloduy 电站在多瑙河南斯拉夫段的下游(有关保加利亚核电计划参见第 18 页的表 3 和表 4)。由于多瑙河内的污染物干扰电站

的凝结冷却系统，该电站在运行存在着潜在的危险。例如，氯化乙烯会污染反应堆的冷却水入口和水泵系统。四个反应堆是同一种老式设计(VVER440-230)，特别容易发生意外。国家科学院 1995 年在一份报告中指出：

VVER440-230 反应堆没有抑制器，这是其与国际标准在安全上的一个主要区别。VVER440-230 的早期型号在设计上没有西方国家反应堆具有的抗较大地震和冷却水减少的功能，安全系统有欠缺，不具备在不利条件下帮助反应堆运行的紧急运行程序和训练模拟器，也极少遵循诸如国际原子能机构的标准之类的国际上接受的安全标准……因此，某些 VVER-440-230 反应堆已关闭(俄罗斯、美国还有前东德的)。[参见国家科学院：《过剩武器用钚的管理与处理：与反应堆有关的选择》<国家科学出版社>华盛顿特区，1995 年，第 136 页]

除了这些反应堆具有的固有设计缺陷外，自 90 年代初以来，人们已在 Kozloduy1-4 号反应堆上花费了 1 亿多美元用于改进反应堆在物质条件和运行方面的严重不足。国际社会也提供了援助，以提高安全性、改善其他物质条件以及改进运行和管理。尽管如此，欧盟一直在敦促尽早关闭这些反应堆，这样，1 号和 2 号反应堆将于 2002 年或更早的时间内关闭，3 号和 4 号反应也将比原计划的 2010 和 2012 年早几年关闭。

表格来源：国家公共电台，“All Things Considered”节目，1999 年 5 月 24 日；美国科学家联盟公共利益报告，1999 年 5 月/6 月，第 12 页；克里斯·赫奇斯：“受到北约轰炸的塞尔维亚小镇担心有毒化学品的影响”，《纽约时报》，1999 年 6 月 14 日。

核危险一直都在增加而不是减少，这主要是由于某些核条约使然。下面将提供《民主行动的科学》1998年10月双月刊出版的核条约集的最新情况。

北约首脑会议

情况： 北约首脑会议在北约轰炸南斯拉夫期间于1999年4月22-24日在美国首都华盛顿举行。北约成员国和除1个国家外的所有其他“伙伴国”参加了会议。北约的“伙伴国”俄罗斯抵制这次会议。北约成员国和伙伴国表示在第21页的地图上。会上提出了北约的新战略概念。下面的内容援引自该文件：

主要核含义： (1) 北约决定可以在其成员国防御边界以外地区采取行动；(2) 北约通过如下声明，降低了其不太可能使用核武器的语调：

... 北约通过外交和其他手段解决危机的能力，以及如果必要，发动成功的常规防御作战的能力，已显著提高。因此，对使用核武器左思右想的时代已离北约很遥远了... 北约将根据当前安全形势的最低要求在欧洲保留足够的(核)次战略力量；

(3) 北约不排除在与俄罗斯更近的新成员国家部署核武器；(4) 美国将保留在欧洲的核武器。“部署在欧洲的美国常规和核力量对与北美洲不可分割的欧洲安全至关重要”；(5) 在任何冲突中，北约保留首先使用核武器

的权利：

为保护和平，防止战争和任何形式的专制，北约在可预见的将来将在欧洲保持一支适度的核和常规力量混合部队，并在必要时进行更新，尽管是保持在最低限度的充足水平上... 北约的常规力量本身不足以确保有效的威慑。核武器发挥了独特的作用，它使侵略盟国的风险不合算和不可接受。因此，它们对维护和平至关重要。

评论： 北约决定在境外采取行动激化了美俄紧张局势，特别是在北约在未将进行人道主义干预提交安理会的情况下决定轰炸南斯拉夫的背景下，更是如此。三个北约伙伴国(哈萨克斯坦、塔吉克斯坦和吉尔吉斯斯坦共和国)与中国接壤。各种事件包括北约在南斯拉夫采取的行动加剧了中美之间的紧张局势。北约保留首先使用核武器权并极其看中核武器增加了人们的忧虑：其他国家会认为，这传递着一种信息，即核威慑是理想的安全政策，由此破坏核不扩散。

参考资源： 美国政府的北约首脑会议网址：
<http://nato50.gov>。上面引述来源于北约的新战略概念，参阅：
<http://nato50.gov/text/99042411.htm>

核不扩散条约(NPT)

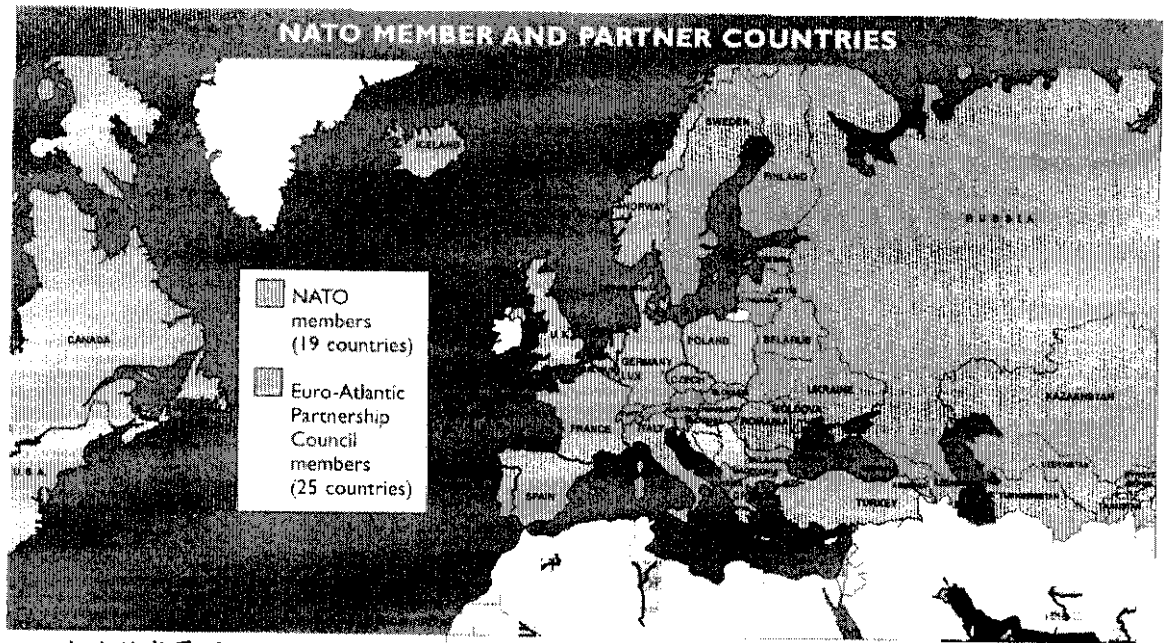
情况： 核不扩散条约预备委员会会议于1999年5月在纽约举行，目的是为该条约186个签字国将于明年

审议 NPT 作准备。(除古巴、印度、以色列和巴基斯坦外的所有国家签署并认可该条约)约 107 个参加预备委员会会议的国家就审议大会的某些程序达成一致, 该审议大会将于 2000 年 4 月 29 日-5 月 19 日在纽约召开。

主要核含义: 与会国未能就审议大会日程达成共识。特别在是否和如何讨论作为 NPT 缔约方的五个核大国的核裁军义务以及在中东建立无核区的问题上无法取得一致。NPT 预备委员会会议之后, 在联合国大会上就核裁军举行的讨论仍旧处于僵持状态。进而, 各国在签署一份禁止生产核武器用裂变材料的条约上也无法取得进

展。中国和俄罗斯想要裁军大会建立一个“阻止外层空间军备竞赛”的特别委员会, 美国则对此表示反对。同其他事情一样, 南斯拉夫战争显示出作为五角大楼“新军事革命”一部分的卫星定位和精确制导非核武器的用处(参见裁军双月刊 SDA 第 6 卷第 4 期和第 7 卷第 1 期, 1998 年 10 月)。

评论: 到目前为止, 为审议 NPT 所作的准备没能为在该条约核裁军条款(第 VI 条)达成一致确立框架, 这预示着核不扩散机制面临凶险。尽管其在核领域占有压倒性优势, 北约仍坚持在欧洲保留核武器, 把这作为其“威慑”战略的一部分, 这就引出了



19 个北约成员国

- | | |
|-------|-----|
| 比利时 | 卢森堡 |
| 加拿大 | 荷兰 |
| 捷克共和国 | 挪威 |
| 丹麦 | 波兰 |
| 法国 | 葡萄牙 |
| 德国 | 西班牙 |
| 希腊 | 土耳其 |
| 匈牙利 | 英国 |
| 冰岛 | 美国 |
| 意大利 | |

25 个欧洲-大西洋伙伴关系理事会成员国

- | | | |
|-------|---------|--------|
| 阿尔巴尼亚 | 哈萨克斯坦 | 斯洛伐克 |
| 亚美尼亚 | 吉尔斯坦共和国 | 斯洛文尼亚 |
| 奥地利 | 拉托维亚 | 瑞士 |
| 阿塞拜疆 | 立陶宛 | 瑞典 |
| 白俄罗斯 | 马其顿 | 塔吉克斯克 |
| 保加利亚 | 摩尔多瓦 | 土库曼斯坦 |
| 爱沙尼亚 | 罗马尼亚 | 乌克兰 |
| 芬兰 | 俄罗斯 | 乌兹别克斯坦 |
| 格鲁吉亚 | | |

其 它 核 条 约 和 问 题

名称	现状	意义	评论
START II	俄未批准	促进军备裁减 陷入僵局	俄杜马审议批准该条约前，美国开始轰炸伊拉克和南斯拉夫
START II 以外的裁 减军备条 约	美俄原则上达成一 致	鉴于俄无力维 持庞大武库， 将进一步增加 双方的信任	由于俄指挥和控制基础设施日益恶化，如不能就进一步削减军备迅速取得进展，将增加核危险。美俄谈判即将恢复。
停止裂变 材料生产 条约	在联合国裁军大会 上陷入僵局	不能签定条约 将允许有核国 家继续生产裂 变材料	关于裂变材料的谈判在程序问题上陷入僵局，这掩盖着各方更深层的分歧。五大核武器国家以及印度、以色列和巴基斯坦参加了会议。
美俄裂变 材料合作 条约	美国提供了资金， 在保证安全方面取 得的进展缓慢，但 有关工作仍在进行	继续进行联合 工作是核安全 方面为数不多 的亮点之一。	俄 1998 年 8 月的卢布崩溃以及随之而来的日益恶化的经济形势影响了进展。
ABM 条约	美国正迫使俄接受 对该条约的修改。 叶利钦总统已同意 予以考虑，但俄国 内阻力很大。	修改条约允许 建立弹道导弹 防御将对核裁 军前景带来十 分严重的负面 影响。	弹道导弹被视为危险的，是因为它向拥有者提供了第一次核打击能力。中国对此特别脆弱，因为它只拥有不超过 24 枚可以打到美国的战略核弹头（美国则有 6,000 枚可以打到中国的核弹头）。尽管这是美俄之间的条约，但违反或修改该条约会对美中关系并且可能对美俄关系产生负面作用。

一个更突出的老问题。如果核武器对北约的威慑战略作出了“独特”贡献，为什么其他国家要继续放弃核武器？如果考虑到美国、俄罗斯、英国、法国还有北约未能严格保证决不对 NPT 缔约方中的无核武器国家威胁使用或使用核武器，那么这个问题就变得特别突出。这些“消极安全保证”作为 1995 年无限延长 NPT 进程的一部分，已在当年就许诺给了无核国家。在所有有核国家中只有中国明确承认国际法院的建议性观点，即 NPT 要求有核国家真正实现全面核裁军，这一现实正加剧核不扩散出现危机。

Acronym 研究所的吕蓓卡·约翰逊指出，“NPT 预委会未能采纳任何有意义的建议，这表明，国际关系和

核 不 扩 散 条 约 文 本

第一款：本条约的每一个有核武器国家缔约国承诺，不向任何接受方直接或间接转让任何核武器或其它核爆炸装置以及对此类核武器或核装置的控制权；不以任何方式援助、鼓励或诱使任何无核武器国家生产或取得核武器或其它核爆炸装置或对此类核武器或核爆炸装置的控制权。

第二款：本条约的每一个无核武器国家缔约国承诺，不直接或间接接受任何转让方提供的核武器或其它核爆炸装置或对此类核武器或核爆炸装置的控制权；不生产或取得核武器或其它核爆炸装置；不寻求或接受任何有关核武器或其它核爆炸装置生产的帮助。

军备控制领域的危机正在日益加深。此次预委会会议也表明无核国家与五大有核国家之间在理想和想法上的裂痕在日益扩大……”

参考资源: 参见<http://www.acronym.org.uk/>

全面禁止核试验条约 (CTBT)

情况: 在所有有核国家中, 只有英国和法国批准了该条约。印度、巴基斯坦和朝鲜尚未签署该条约。1999 年秋, 将召开一次会议, 促进该条约的批准。五大有核国家和印度都在寻求执行某种形式的“库存管理资格”计划(参考 SDA 双月刊 1998 年 10 月期, 第 6 卷第 4 期, 第 7 卷第 1 期), 美国和法国正在建造巨型激光聚变设施, 用于进行热核爆炸, 尽管《全面禁止核试验条约》第一款禁止所有核试验并要求缔约方阻止其管辖领域内的核试验。美国批准 CTBT 与执行一项广泛的库存管理计划联系在一起。

主要含义: CTBT 不能生效、继续谋求执行设计新式武器能力的贮存库存管理计划以及建造用于进行违反 CTBT 第一款规定的核试验的激光聚变设施都将削弱一项长期寻求并很难实现的目标, 这一目标对实现持久的核不扩散和核裁军至关重要。

评论: 库存管理计划以及包括美国在内的许多国家迟迟不批准 CTBT

进一步削弱了人们对有核国家履行其核裁军义务的信心。

参考资料: 参加“减少核危机联盟”网站 (<http://www.crnd.org>) 和能源与环境研究所网站 (<http://www.ieer.org>)。

上 两 期 答 案	
以下是《能源与安全》1998 年第 4 期“Atomic Puzzler”栏目——“伽马的新工作”的答案:	
1.	2.72×10^{-12} 焦耳/反应
2.	2.72 兆焦耳
3.	更多
4.	是
5.	12.951b. TNT
6.	更多
以下是《能源与安全》1999 年第 1 期“Atomic Puzzler”栏目——“伽马在实验室”的答案:	
1.	2.56×10^{11} 次分裂/秒
2.	8.07×10^{18} 次分裂/年
3.	4.52×10^{19} 兆电子伏特/年
4.	2.80×10^{20} 克分子/年
5.	36.16 毫克/年
6.	18.08 毫克/千克(一年)
7.	是

**It pays to increase your jargon power with
Dr. Egghead**

ANDRA

- a. 挪威人名“Anders”的阴性形式;
- b. 一个埃及单词,意思是“and Ra”;
- c. 影片《幽灵威胁》中 R2D2 爱上的那个女性机器人;
- d. 法国国家废物处理机构。

Bituminization

- a. 减少小型物品数量的过程;
- b. 两个小肿块结合在一起;
- c. 特别为岗位工人制作的热狗;
- d. 在核废物处理中,将液态放射性废物溶合在沥青类物质中。

PCBs

- a. 酸豆、胡萝卜和甘蓝首字母的缩写;
- b. 美丽冷酷的大野蜂的首字母缩写;
- c. B 类型个人计算机首字母缩写;
- d. 多氯化联苯,是一类人造化学品,以润滑和绝缘性著名,用于变电站和其它电力设备。美国于 1977 年禁止生产,原因是证据表明该类化学品可聚集在环境中并对人体健康造成危害,包括皮疹以及对皮肤和神经系统的损害,还有肝癌。

Teratogenic

- a. 斯堪的纳维亚探险者 Togenik 发现的陆地“Terre a Togenik”;
- b. 进行过遗传改造的泥土;

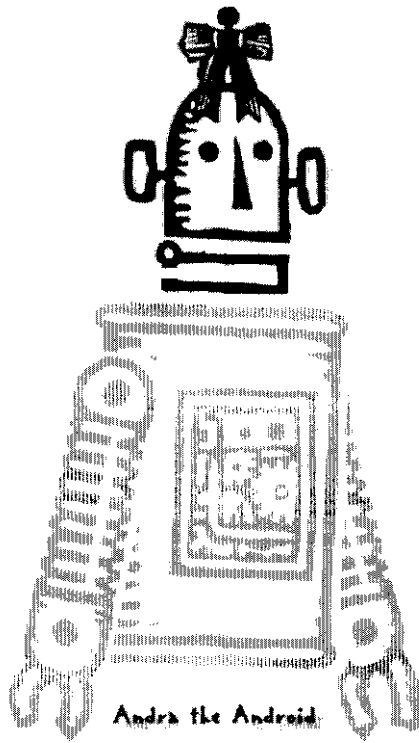
- c. 用于描绘总是“吃灰”的人的一个词语;
- d. 描述一种通过损伤胎儿造成生育缺陷的物质。

VVER

- a. 能源与环境研究所的旧称;
- b. 电视节目“急症室的故事”的俄国版本;
- c. 财经分析家常用词:非常非常高的回报;
- d. 压水反应堆俄语首字母缩写。已造了好几种类型。老式的 VVERs 称作 VVER 440/230,不具二次控制系统。

Waste injection

- a. 冲洗厕所的同义词;
- b. 一种家庭用具,它可以提高家庭垃圾处理能力 250%;
- c. 一种自我损害的用药习惯;
- d. 俄国的一种核废物处理活动,涉及向深层地下注入放射性和其它有害液态废物。俄罗斯在其三处设施,即托木斯克、Krasnoyarsk 和季米特洛夫格勒,进行大规模废物注入地下的活动开始于 60 年代末,一直持续到现在。过去,美国也进行了废物注入,主要是能源部在田纳西的橡树岭设施进行。

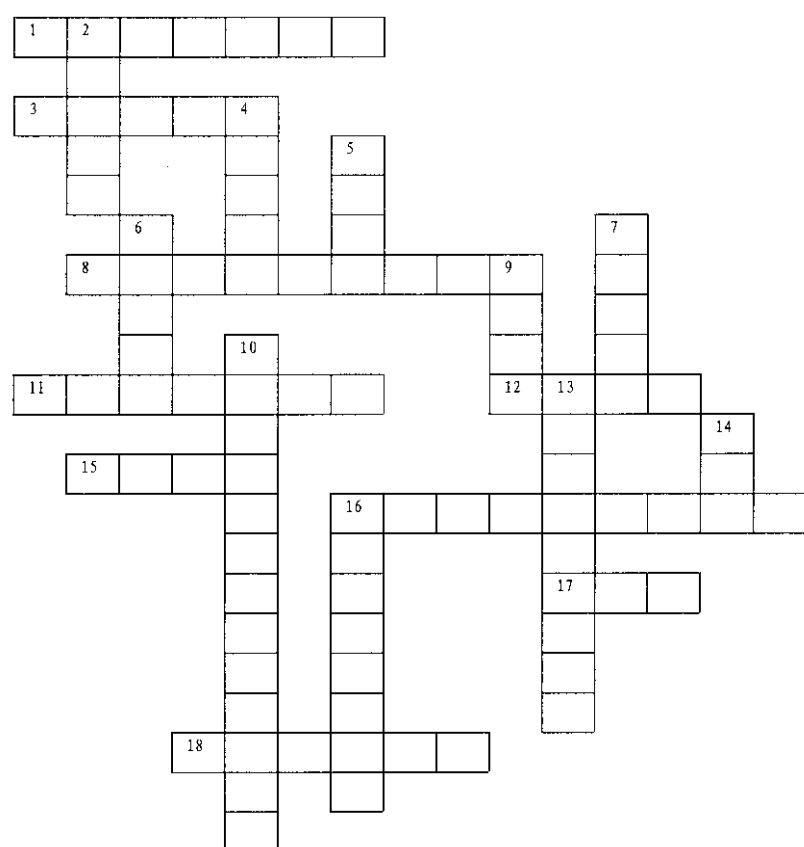




伽马回来了！秃头博士信赖的狗——伽马曾在新墨西哥州 Carlsbad 附近的废物隔离试验区揭幕时充当市民检查员，现在回来了。尽管事实是废物隔离试验区在没有达到所要求的允许下（见《为民主的科学》第 7 卷第 2 期，1999 年 1 月）也许就会接受危险的废物，废物隔离试验区还是开张了，伽马对此很愤怒，因此它为《能源与安全》的读者制作了一个特殊的填字游戏。

横向：

1. 用来固化液态放射性废物的物质
3. 它们被用来储存液态放射性废物
8. 俄罗斯液态放射性废物管理方法
11. 坚硬的岩石，被认为适于用来对



放射性废物作地质贮存

12. 美国联邦机构，它为纵向 16 之类的化学品执行横向 17
15. 俄罗斯核反应堆类型
16. 马亚克是生产这种用于俄罗斯核武器项目要素的地址
17. 基于一段时间平均辐照水平的浓度限制
18. 在法国找到横向 11 的地方

纵向：

2. 在它的领土上保留 30 件核武器，因为它是纵向 9 的成员
4. 横向 11 材料的替代型号
5. 受到美国和法国激光聚变项目威胁

6. 法国负责放射性废物管理的国家机构
7. 美国联邦机构，建议对纵向 16 之类化学品实行横向 17
9. 纵向 2 是其成员
10. 将液态废物固化为玻璃柱的过程
13. 来自聚变产物的污染正从马亚克散播开来，使 Mishelyak 河有受污染的威胁
14. 在南斯拉夫核研究所出现的核武器用材料
16. 这种第一次世界大战时化学战剂的横向 17 限制是 0.1ppm

上期答案见第 23 页。

报道称北约轰炸南斯拉夫变电站和潘切沃石化工厂所产生的某些化学品及副产品特性*

化学品名称	用途	特性	对健康的影响	美国立法†
氯NH ₃ (同类别: 无水氨, 氨水)	用于肥料、合成纤维, 塑料和炸药	• 易燃, 腐蚀性, 带刺激性气味的无色气体 • 溶于水	• 接触可以刺激眼、鼻、口腔和呼吸系统黏膜造成大面积永久性损伤, 其中包括严重的肺和胃肠疼痛, 并可以造成死亡的肺积液	• OSHA PEL: TWA 50 ppm • NIOSH REL (空气中): TWA 25 ppm; ST 35 ppm • NIOSH IDLH: 300 ppm
据报道潘切沃工厂释放量达 15,000 吨				
氯化乙烯 C ₂ H ₂ Cl ₂ (同类别: 1,2-氯乙烷, 1,2-氯乙稀, 二氯乙烯, 二氯乙烷)	用于生产氯乙烯和其他化学品, 用于溶解动物脂肪、灰尘和胶水, 用于含铅汽车除铅。	• 一种带香甜气味的高度易燃、易爆、透明和油腻的人造液体 • 微溶于水 • 燃烧产生有毒气体包括盐酸, 氯乙烯和碳酰氯	• 美国健康和人员服务部已认定 1,2-氯乙烯可能致癌 • 接触可刺激皮肤、眼睛、鼻子、喉咙和肺, 并导致恶心、呕吐、皮炎、头痛、头晕、肺水肿。 • 食用和呼吸大剂量会损害心脏、中枢神经系统、肝、肾和肺, 长期影响尚不清楚。 • 动物实验表明, 接触该物质造成神经系统损坏、肾病、免疫功能低下和胃、肺、乳腺癌。	• OSHA PEL: TWA 50 ppm; C 100 ppm; 每三个小时中 5 分钟最大量为 200ppm; • NIOSH REL (空气中): TWA 1 ppm; ST 2 ppm • NIOSH IDLH: 潜在职业致癌 50 ppm • BPA 饮用水限量: 0.005 ppm
报道称潘切沃释放量达 14,000 吨				
碳酰氯 COCl ₂ (同类别: 氯化碳酰, 氯化氯甲酰基)	一战中作为化学战剂。工业上用于生产聚胺脂类、合成泡沫类、杀虫剂、除草剂、药品和燃料。	• 具有腐蚀性, 不然, 与黄色气体和压缩液化气体相比无色, 有湿草味 • 加热超过摄氏 300 度时, 产生氯化氢、一氧化碳和氯化物气体。 • 与水发生反应, 产生腐蚀性、刺激性和有毒气体。	• 对眼睛、皮肤和呼吸系统有腐蚀性 • 短期接触和吸入会造成肺水肿, 长期接触会造成肺纤维化 • 高强度接触会致人死亡	• OSHA PEL: TWA 0.1 ppm • NIOSH REL: TWA 0.1 ppm; ST 0.2 ppm • NIOSH IDLH: 2 ppm
有报道称在潘切沃发现了该化学品的痕迹				

* 当上述化学品燃烧时, 还形成了许多其他的化学品, 其中包括氯气、一氧化碳、氯化氢(盐酸)以及呋喃。在本表中我们没有列举燃烧产生的这些副产品的影响, 至于碳酰氯, 目前尚不知道是潘切沃的工厂地区作为一种化学原料贮存在那里, 还是因为氯乙烯燃烧释放出来的。

† 尽管国家职业安全与健康研究所(NIOSH)和职业安全与健康管理局(OSHA)是由国会于1970年职业安全与健康法案创立的(1970年职业安全与健康法案), 但它们却是责任各异的不同机构。OSHA是劳工部的机构, 职责是制定和实施工作场所安全与健康法规。NIOSH隶属健康和人员服务部, 职责是为防止与工作有关的疾病和创伤进行调研和提出建议。(资料来源: NIOSH 网站: <http://www.cdc.gov/niosh/about.html>, 1999年6月28日)

化学名称	用途	特性	对健康的影响	美国立法*
多氯联苯类物质 PCBs (某些多氯联苯混合物的工业贸易名称叫亚老哥尔)	多氯化联苯类物质是人造化学品的一个大家族, 包含209种毒性各异的混合物。由于其具有绝缘性, 被用作电力设备的制冷剂 and 润滑油。由于该类物质聚积在环境中并会对人体健康带来灾难, 美国已于1977年停止生产。 南斯拉夫变电站被轰炸后释放出的数量尚不清楚。	• 在黄色油性液体或固定固体面前清澈光亮 • 可燃, 但不自燃 • 某些多氯联苯类物质在水中产生有毒气体, 包括氯化物和氯化二苯并呋喃	• 美国健康与人类服务部认为多氯联苯类物质可能是致癌剂。 • 接触会对人体的生殖和发育产生影响。 • PCBs 可以通过母乳传给婴儿 • 某些PCB混合物短期可造成眼睛、鼻和喉咙, 长期可造成痤疮类损害并损伤皮肤和神经系统 • 动物实验表明导致肝癌以及甲状腺和胃损伤	• OSHA PEL: TWA 0.5 或每立方米空气 1 毫克, 取决于具体 PCB 混合物中氯的含量; TWA 0.5 毫克每立方米皮肤 • NIOSH REL: TWA 0.001 毫克/立方米空气 • NIOSH IDLH: 潜在职业致癌 5 毫克/立方米 • 食品、蛋类、牛奶、禽脂、鱼和水生贝壳类动物的 FDA 限量: 0.2 至 3 ppm • EPA 饮用水限量: 0.0005 毫克 PCB/升水
氯乙烯 C_2H_3Cl (同类似物: 氯乙烯, 一氯乙烯)	氯乙烯用来生产聚氯乙烯, 是用于生产包括水管、包装物、电线外包皮、装潢和家具等的各种塑料和乙烯产品的一种树脂。 美国 1974 年已禁止使用氯乙烯作雾状推进剂及用于药品和化妆品。 据报道清除释放的数量达 1,500 吨。	• 高度易燃, 易爆, 易反应, 无色的液体或气体, 带点甜味 • 微溶于水 • 在火中产生有毒气体, 包括一氧化碳、一氧化氮和氯化氢气体	• 美国健康和人类服务部认为氯乙烯对人致癌, 接触它会致人肝癌 • 呼吸大量该物质可导致头晕、晕厥和死亡 • 在氯乙烯环境下工作, 可致人肝、神经系统和免疫系统损伤 • 动物实验表明长期接触该物质可损伤精子和睾丸, 伤害未出生婴儿并造成流产	• OSHA PEL: TWA 1 ppm; ST 5 ppm • NIOSH REL: “最低可发现水平” • NIOSH IDLH: 没有数据提供 • EPA 要求氯乙烯在饮用水中的含量不超过 2 ppm

缩写:

ATSDR: 有毒物质和疾病登记署, 是美国健康和人类服务部下属机构, 受国会指导, 在考察环境中有毒物质对健康的影响上发挥独特作用, 包括考察有关危险物质的信息的发展和传播。
C: 最高值, 在一个轮班内, 不可以超过该值。
EPA: 美国环境保护署。
FDA: 美国食品和药品管理局。
Mg/m³: 毫克/立方米
NIOSH IDLH: 直接危害生命和健康, 美国国家职业安全与健康研究所定。
NIOSH REL: 国家职业安全与健康研究所建议的接触限度, 以每周工作 40 小时, 每个工作日工作 10 小时为依据。

OSHA PEL: 职业安全与健康管理局允许的接触限度, 以每周 40 小时, 每个工作日工作 8 小时为依据。

PCB: 多氯联苯

ppb: 十亿分之一

ppm: 百万分之一

ST: 短期 (5 分钟) 接触限度。

TWA: 一定时间内的平均数, 即一定时间内, 通常 8-10 小时的工作轮班, 吸入气体所造成的接触限度。接触限度也可用其它特定时间段来表示: 例如 10 分钟, 15 分钟, 1 小时等。