

重访戈亚尼亚： 将为放射性废物建最终处置库

为 1987 年事故废物最终处置作决定要考虑一系列技术的、社会的和政治的问题

A. S. Paschoa,
A. Tranjan Filhøe
和
J. J. Rosenthal

1987 年 9 月 13 日,发生了一连串不幸事件。世人后来简称之为“戈亚尼亚事故”。

当时,巴西戈亚斯州戈亚尼亚市一个被废弃的门诊所的远距放疗机防护罩中的带屏蔽铯-137 强放射源,被人拆走。接着,源盒被打破,源组合件残余部分被当作废金属卖给废金属收购商。该收购商注意到此废金属在暗处发蓝光。一些人着了迷,一连几天,亲友纷纷来看稀罕。一些谷粒大小的源碎片最后被拿到几家屋中,另一些被散落到该城各地。到有关部门发现事故的严重性并采取对策之时,许多人已因外照射和内照射受到大的辐射剂量。最后,伤员中 4 人死亡,28 人辐射烧伤。多处住房和公共场所被污染。为了去污不得不拆毁 7 处住房和各种其他建筑物,清除大片表土。共产生约 3500 立方米放射性废物。

Paschoa 先生曾任巴西国家核能委员会(CNEN)辐射防护与核安全部主任,现为里约热内卢卡托利卡地区彭蒂菲西亚大学物理系副教授。Tranjan Filho 先生是 CNEN 的戈亚尼亚项目协调员,Rosenthal 先生是 CNEN 在戈亚斯州的地区负责人。本文是根据一篇附有较详细参考文献的论文编写的。读者可通过 CNEN(Rua general Severiano 90, Botafogo Rj, Brazil)向作者索取论文。关于这起事故的详细报告《戈亚尼亚放射性事故》已于 1988 年由 IAEA 发表。

当时,巴西政府主管部门在当地居民和国内外志愿人员帮助下作出巨大努力,减轻了该事故的后果。受过照射的人在一些特别中心得到去污。所有被污染的器具、玩具、衣服等物件都作为放射性废物处理,并存放在一个临时贮存场地。

破碎的铯-137 源残余部分被送往戈亚斯州所属的一个保健中心,并被放在一把椅子上。当时,放射源旁的辐射照射率约为 10 希/小时(Sv/h),距源 1 米处为 0.4 Sv/h。1987 年 10 月 1 日,放射源连同椅子一起用混凝土屏蔽起来。





巴西主管部门在一只麻袋中,发现 1987 年戈亚尼亚事故所涉那个小而强的放射性铯-137 源的残留部分。他们把残留部分放在一把椅子上,并用混凝土屏蔽起来。这次事故产生放射性废物约 3500 立方米。废物被包装在一些专用容器内,并送往戈亚斯州一场地作暂时贮存。目前,巴西主管部门正处于为放射性废物最终处置库的选址与建造作决定的过程中。(来源:CNEN)



与戈亚尼亚事故所涉放射源类似的远距放疗用铯-137 源的典型密度,约为 3 克/厘米³。据此估计,事故所涉源的初始体积仅约 24 立方厘米。在发生事故时,该源活度为 50.9 太贝可(TBq)或 1375 居里。该源被破碎后所产生总的放射性废物量差不多相当于其初始体积的 15 万倍,其总活度为 47—49.6 TBq 或 1270—1340 居里。

在过去的 5 年中,巴西主管部门一直参加有关戈亚尼亚事故所产生放射性废物永久处置库的选址和建造的全面决策过程。本文简要介绍这一决策过程的一些重要方面。文中涉及从进行环境影响评估到举行公众听证会和辩论等多项活动。所谈内容涉及的不仅有技术方面考虑,还有社会、政治及道德等方面。

处置库选址

戈亚尼亚事故产生的放射性废物,被临时贮存在戈亚斯州离戈亚尼亚市中心约 23 公里的阿巴迪亚村附近的一个场地上。该场地由面积各为 60×18 平方米的 6 个混凝土平台组成。废物放在这些平台上。

巴西有关放射性废物处置的法规要求是,必须封隔放射性废物,以保护现在的和将来的人类与环境。这些法规符合国际上认可的那些有关放射性废物地下处置的概念,即 IAEA 推荐的那些概念。巴西国家核能委员会(CNEN)在确定戈亚尼亚事故所产生放射性废物最终处置库选址程序时,已经考虑了这些概念和一些法律要求。

概括地说,选址程序包括以下 4 个阶段:

- 选址程序把整个戈亚斯州列为“重点区”,并考虑了该州的技术、社会政治及经济等条件;

- 进行地区考察,确定初步入选的地区,排除不符合条件的地区。分析了各种详细的地图,而所考虑的因素涉及每个地区的人口统计、矿区、地形、水文条件、生态系统、地震活动性、生物保护区,以及其中是否包括国家公园或州公园,或印第安人保

留地。总之,已筛选出 189 个初步入选地区;

- 为选出适宜的地区,对初步入选地区作了进一步评价。利用详细的地图,在自然地理和地质方面进行了分析,以便在岩性和大地构造调查的基础上排除一些地区。于是,筛选出 18 个适宜地区;

- 在对适宜地区进行“实地”考察后,筛选出 3 个候选场地。考察采用的方法涉及地质学,土地和资产的利用,含水层深度,土壤特性及运输要求等方面。这 3 个候选场地到临时贮存场地的距离,分别为 400 米、74 公里和 100 公里。

这 3 个候选场地已上报戈亚斯州政府,以便最终选定一个场地。预计州政府可能选定最近的一个场地,以最大限度地减小在运输贮存放射性废物的重而大的容器过程中发生事故的可能性。戈亚斯州各主管部门从这一重要运输因素和戈亚尼亚城市的发展趋向出发,考虑了这 3 个场地。此后,这些主管部门与 CNEN 共同决定,开始对最靠近临时贮存场地的那个场地进行环境影响评价。

放射性废物处置标准

已有若干国家,颁布低放废物和中放废物的处置标准。(见附表。)不过人们公认,将辐射防护标准适用于放射性废物的长期处置,有不少困难。各国主管部门,特别是在他们处理放射性废物处置问题时,对正当化、最优化以及个人剂量限值这三条原则有不同的解释。例如,个人剂量限值的标准便有一个从 0.10 mSv/y 到 1.0 mSv/y 的范围。各国为封后处置库制订的管理控制标准也不相同。

巴西采用的个人剂量限值为 0.3 mSv/y。根据 IAEA 为建议确定导出免管浓度时所用的掩埋方案及核素返回途径,这相当于约为 87 Bq/g 的铯-137 浓度。然而,这些方案和途径是一般性的,因此必须建立一个有关特定场地的环境模型供在采用具体的放射性废物免管浓度值前进行计

算之用。至于戈亚尼亚事故的放射性废物,就免管浓度而论,巴西所采用的限值(87 Bq/g)将不会有大的变化。然而,目前采取的措施可能有所改变。

现在贮存在戈亚斯州阿巴迪亚场地的戈亚尼亚事故放射性废物,已被分成5组。(见右表。)每组废物的体积和平均浓度的确定,依据的是从放射性废物的方法推算出的数据,并假定平均密度为1700公斤/米³。

巴西专家在考虑每组废物平均浓度的同时,计算了每组废物衰变到低于或等于87 Bq/g的浓度水平需要的时间。他们算得,全部放射性废物变为放射学上无害的东西用不了360年。平均浓度最高的放射性废物虽然必须在整个360年内保持封隔,但其仅占全部废物体积的1.5%。最大一组废物(几乎占废物总体积的一半)的平均浓度低于87 Bq/g,可在技术上认为是免管的。

目前,第2和第3组废物(合计约占全部废物体积的40%)已被重新封装在园柱形混凝土容器内。临时用的屏蔽也被重新封装在一只较大的金属桶内。

正在进行的讨论

在为戈亚尼亚事故产生的放射性废物建造最终处置库展开的决策过程中,已与各种专业协会、社会团体、学术团体等进行了大量的解释性讨论和辩论。这样的讨论目前正在戈亚尼亚市等地继续进行。

在所有场合,讨论除涉及技术问题外,还涉及道德和社会政治等方面的考虑。这些方面都很重要,因为要一劳永逸地解决处置问题,必须对各种因素作必要的平衡。这座处置库将必须保持完好300多年。

在作最后决定之前,还有许多工作要做。目前正在根据巴西法规,做环境影响评估工作,随后将提出一份总结报告以征求公众意见。要建造戈亚尼亚事故废物处置库之类的新设施,必须得到联邦、州和市政府的批准。

暂存在戈亚斯州阿巴迪亚地区的放射性铯—137 废物

废物组	体积 (立方米)	占总体积 百分比	平均浓度 (千贝可 /千克)	衰变时 间(年)
5	51	1.5	3.21×10^5	356
4	429	12.8	1.43×10^4	221
3	578	17.2	1.45×10^3	122
2	769	22.9	3.2×10^2	57
1	1 534	45.6	26.9	0

注:衰变时间指达到87 Bq/g或更低浓度所需年数,该值是巴西为这些废物定的免管水平。

某些国家曾采用或正采用的放射性废物处置标准

	剂量(1mSv/y)	控制(年)	说 明
法国	1.00	300	曾根据个人剂量1mSv/y导出α平均浓度370 Bq/g
德国	0.30	没有	安全分析必须以保守的假设为基础
巴西	0.30	未定	要求最优化
美国	0.25(全身) 0.75(甲状腺) 0.25(任何其他器官)	不详	也可要求全身年剂量0.5mSv及法定控制期限100年
瑞典	0.10	1×10^4	低、中放废物贮存在福尔马克附近一个岩洞处置库中
瑞士	0.10	没有	对估计集体剂量或分析费用/利益无要求
英国	0.10	300	要求最优化;来自1mSv/y辐射照射的假设的年死亡风险为 10^{-5} 。

注:剂量指个人剂量当量限值,后者通常据现实迁移模型求出。控制指封库后的管理控制时间。资料来源:数据部分引自“The Development of Criteria for Radioactive Waste Disposal”, by K. P. Wagstaff, Radioactive Waste Management Criteria, INFO-0158, Canadian radiation Protection Association Workshop, Toronto, Ontario (1985)。

尽管有这样一些内在的困难,但与决策过程相关的这许多轮讨论、辩论及公众听证会,对戈亚尼亚事故废物处置库能为公众所接受具有头等重要的意义。总之,从道德标准或社会和政治经验来看,科学家和工程师们依靠他们自己的力量来决定这类事情,未必比社会其他部分更好。 □