

放射性废物管理设施与 Y2K

一些安全措施

ERNST WARNECKE

以计算机为基础的系统，广泛应用于放射性废物管理中，例如在设施运行和数据处理中。Y2K 问题的潜在严重性和影响范围，为确保采取措施始终保持安全运行提出了挑战。

以计算机为基础的系统故障问题，通常用一般的安全方法，如提供多样性和冗余性加以处理。依靠这种方法不太可能解决 Y2K 问题，因为为了预防故障而可能已经安装的备份系统也有可能发生故障，即所谓“共因故障”。因此，在废物管理设施内需要对 Y2K 问题进行评估。幸运的是，在放射性废物管理中，对导致故障的过程或活动的响应在很多情况下将是缓慢的，从而为在任何放射学后果发生之前解决这一问题提供了更多的时间。在解决 Y2K 问题时虽然可以将该过程的这种特性考虑在内，但并不能因此而忽视 Y2K 问题。

IAEA 为做好 Y2K 准备工作提出的主要指导文件，尽管主要是针对核电厂的，但介绍了一些可广泛应用于其他核设施和许多工业设施的方法。文件特别涉及了 Y2K 问题评估、补救措施、应急计划和监管考虑。文件是遵循全面涵盖与综合设施相关的 Y2K 问题的思路起草的。

在放射性废物管理中，设施和活动的类型可能是多种多样的，其范围从高放后处理废物的玻璃固化，到短寿命放射性核素的医疗应用中产生的废物的衰变贮存。在各种放射性废物管理设施和活动中，对计算机的需求和计算机的使用也是多种多样的。其范围可能从完全计算机化的过程到特别是在简单的放射性废物管理程序或步骤中完全没有计算机的应用。在其援助成员国的活动中，IAEA 一直集中精力提供有关放射性废物管理设施

和活动对 Y2K 问题的脆弱性的指导，以支持各国为解决 Y2K 问题进行的努力。

废物类型。放射性废物管理涉及广泛的各种役期和复杂程度的设施内的同样广泛的材料、过程和活动。一些过程是连续的，而另一些则涉及间歇处理或机械操作。这些过程虽然可被自动控制或排序，但由于过程的缓慢特性，经常依靠或广泛使用人员执行操作。

出于处理的需要，放射性废物经常按其物理形态（气态、液态和固态）或具有的放射学危害（高放废物、低放废物和中放废物）加以分类。放射性废物，由于其自身的化学组成，可能会表现出一些非放射学特性，如自热、自燃或产生氢气。这些因素

Warnecke 先生是 IAEA 辐射与废物安全处职员。

以及这些废物是否已被整备,将决定与放射性废物相关的潜在危害。

过程评估

放射性废物管理过程和废物包生产,通常以很专门的方式进行,以满足国家的、监管机构的和客户的要求。此外,设备和工厂的运行将在很大程度上取决于将被处理的放射性废物的类型和数量等特性。它还取决于审议中的过程是构成一个研究设施、一个辅助过程,还是构成一座独立的废物处理设施。鉴于设施和活动有这样宽的范围和放射性废物有不同的潜在危害,应当使用一套系统化方法确定出那些可能易受 Y2K 问题影响的废物类型和过程。

因此,指导的提供只能是一般性的。实践中,受监管机构监督的工厂营运者,需要评估每个单独的设施或活动,并将各个过程和控制系统的特性考虑在内。安全分析报告(每个设施都应当已经有一份这样的报告,作为其许可证申请程序的基础),将成为就相关危害和故障的潜在后果评估 Y2K 问题,以及评估与各个设施运行相关的危险的依据。

在所设设施内涉及以计算机为基础的系统的场合,

其故障将非常可能已经作为安全分析的一部分得到考虑。不过,与 Y2K 问题相关的“共因故障”不大可能已经得到解决。因此,有关 Y2K 问题的调查应着重于使用日期和时间功能的安全相关过程控制或其他设备。为了达到可靠全面的理解,掌握供应商信息并予以核实是重要的,这在很多情况下是必不可少的。

玻璃固化。玻璃固化是一项通常用来将乏燃料后处理产生的高放后处理废物溶液转化为适于贮存和处置的稳定的形式的工艺过程。这些过程的重要特征有:高辐射水平、相应的生热、熔融过程的高温和这种废物中所含的一些放射性核素的高挥发性。

要实现安全运行,控制、测量和报警设备间正确的相互作用是必不可少的。工艺设备的故障或控制系统的失效,可能导致工艺物流或产品达不到预先制定的规格要求。诸如设备的电力供应等过程参数的不稳定或偏差,可能导致玻璃组成不符合规格要求,或者浇注速率会影响产品的长期稳定性。熔化器或高放密封容器的溢流,可能造成小室或设施的沾污。顶盖焊接工艺的故障,就不能确保高放废物密封容器不漏。废气处理系统的功能

障碍,可能造成易挥发的放射性核素和 NO_x 等化学上有毒物质的回收不足,以及随后的环境释放。

在为这一工艺过程处理 Y2K 问题时,应当优先考虑那些可能造成废气处理系统故障、熔化器和高放密封容器溢流、以及玻璃产品不符合规格要求等的以计算机为基础的系统。

乏燃料整备。被宣布为废物的乏燃料的整备,是后处理和高放后处理废物的随后玻璃固化的替代方法。整备主要涉及一些再包装活动。这些活动一般纯属机械性质,不是为影响燃料棒完整性而进行的。如果事先做了准备以防止在系统发生故障的情况下燃料棒完整性受到损害,预计不会因存在 Y2K 问题而发生安全问题。预计,在关键的 Y2K 日期,不会有乏燃料整备设施运行。

沥青固化处理。沥青固化工艺,广泛用于固化包括核电厂和后处理设施在内的燃料循环设施所产生的放射性废物。通常,各种组成的低放和中放废物都用沥青固化。

障碍可能导致不满足规格要求的废物沥青固化体。废气系统的故障可能会导致放射性废物回收不足。在容器的挤压和装填中,温度控

制对于避免可能造成设施沾污的火灾和其他热反应来说十分关键。

为此种工艺处理 Y2K 问题时,应当优先注意那些可能导致温度控制、废气系统和进料调整故障,以及造成不正确的供料/沥青流量的以计算机为基础的系统。

焚烧。焚烧是一种能有效减少液态和固态有机放射性废物体积的工艺。完全燃烧要求高达 1200℃ 的温度、适当的进料速率,以及一个能够保留放射性核素和化学上有毒的化合物,特别是二氧杂芑、氯化氢、SO₂ 和 NO_x 的废气处理系统。

温度和进料速率缺乏控制可能导致不符合规格要求的灰产物,并可能影响废气系统正常工作的不受控制的放热反应。这种故障有可能使放射性物质、腐蚀性和有毒化合物向环境释放。

处理此种工艺的 Y2K 问题时,应当优先注意那些可能导致温度控制、进料速率和废气系统故障的以计算机为基础的系统。

干燥。干燥工艺用来降低固态放射性废物中的液体含量或湿度。它还用于固化放射性废物溶液或悬浮液以生产固态产物。所需的热能可由电、蒸汽或其他介质提供。真空技术的应用使干燥可以在较低温度下进行,从

而避免热敏感化合物的可能的降解。干燥工艺中产生的蒸气将被冷凝。安装通风和废气系统以避免任何不可接受的环境释放,并且预防可能导致放热反应的危险空气/气体浓度的发生。

相关工艺参数的控制中的故障,可能导致不符合规格要求的产物。过热、着火或爆炸造成的通风和废气系统的损坏,可能导致放射性核素的环境释放和设施被污染。

处理此种工艺的 Y2K 问题时,应当优先注意那些可能导致温度控制、进料速率和废气系统故障的以计算机为基础的系统。

水泥固化。水泥固化是几乎所有类型核设施产生的固态和液态低放和中放废物固化中最常使用的工艺。现正被应用的水泥固化工艺的范围很宽:从手工工艺到高度自动化工艺,从直接操作工艺到遥控操作工艺。考虑的放射性废物的范围是,从近零污染物到被高度污染或有相应辐射水平的被活化的成分。

根据放射性废物的性质,使用不同的工艺。就固态放射性废物(如燃料包壳、废屑或拆除的工艺部件)而言,这些物质可被简单地置入一个容器(例如金属桶)中,并用水泥或混凝土覆盖以使基

体材料填充这些固体物质间的空隙。

液态放射性废物或沉淀物通常作为悬浮液被混合到加入水泥中,做成均匀产物。这种废物的水泥固化中采用的步骤,因应用的工艺的类型而各不相同。

在几乎所有情况下,发生放热反应和着火或爆炸的可能性都不大。也不会有气载危险物质或放射性核素的严重释放。只有乏燃料后处理产生的燃料包壳易于自燃,需要保存在水下待以后进一步处理。这些工艺步骤的低温和主要是机械性特征以及十分简单的特性,确保在水泥固化工艺应用中不会有重大危害发生。在部件或控制装置发生故障情况下出现的进料和基体材料比例失调,可能导致产生不符合规格要求的产品。这种情况下,产品可能不具备预期的机械特性或甚至不固化。

处理此种工艺的 Y2K 问题时,应当优先注意那些可能导致化学组成和进料/基体比例控制故障的以计算机为基础的系统。

压实。压实工艺适用于范围广泛的固态放射性废物。固态放射性废物(它将最终进入金属桶)被置入压力管,并以强力压成小块。放射性废物所带水分受压排出,并被收集起来。只要不用于

压实易爆、自燃或类似的危险物质,这种工艺便不会引起特别的危害。找不出哪个重要安全系统是易受 Y2K 问题影响的。

乏燃料后处理后的铅锡合金残壳压实时情况会有不同。在这种情况下,必须把 Y2K 注意力放在系统惰性化上,以避免发生可能会影响通风和废气系统的最终自燃的风险。该系统的障碍可能导致设施的污染或放射性核素的环境释放。

其他工艺。在放射性废物管理中,蒸发、离子交换和沉淀等工艺可被用作处理步骤,构成整个液态放射性废物处理方法的一部分。设备故障产生的安全问题可能有设备腐蚀、放热反应的风险,或如果存在有机物质会产生辐解气体释放。

在处理 Y2K 问题时,应当注意废物热处理工艺,并应优先考虑那些控制温度和放射性废物流中的有机成分的以计算机为基础的系统。

贮存和处置

贮存设施中可能存有未经整备的等待进一步处理的液态或固态放射性废物。由于贮存过程的静态特性,不会发生数量和废物形态的变化,因而危害只能是由贮存的放射性废物的固有性质引

起的。含有弥散固体的液态放射性废物,可能易受固体沉降的影响。沉降固体很难从贮存罐中去除。

因此,根据放射性废物的类型,必须注意:

- 通风,以防形成爆炸性空气/气体混合物或腐蚀性物质达到不可接受的浓度;

- 使系统冷却,以避免化学组成变化、达到过高温度的,或由于溶液蒸发达到临界浓度;

- 系统的惰性化;和

- 对系统进行搅拌或施以脉冲,以提供均匀溶液并避免弥散固体的积累。

经过整备的放射性废物的贮存,通常涉及设计用于贮存并经检验符合贮存要求的废物包。唯一需要进一步考虑的废物类型是发热的固态高放废物。在所有已知的情况下,这种废物都是用带有不依赖能动系统的自然对流的非能动冷却系统贮存。

在处理放射性废物贮存中的 Y2K 问题时,应当优先考虑那些控制贮存设施内与安全相关的能动系统(如强制通风系统、惰性化、溶液搅拌或脉冲系统,以及监控被贮存的放射性废物的系统)的,以计算机为基础的系统。

处置设施。将被永久性处置的放射性废物和相关的处置设施,是依照能使其安

全运行的方式设计的。它们尤其能在不需要能动安全措施的情况下,长期无人值守。现在尚未发现可信的由 Y2K 问题引起的辐射照射情景或放射性核素环境释放的可能性。

排放和清洁解控

排放是指放射性核素在监管限值以内向环境中的释放。清洁解控是指在放射性核素浓度或量如此之低以至于任何相关的潜在辐射照射都非常小的情况下,把废物从监管控制中解除出来。

气态物质的环境排放,是作为电厂正常运行的一部分,与电厂及其废气系统的运行一起进行的。

废气系统的重要性,已结合放射性废物处理设施评估予以强调。

液态放射性废物向海洋环境、河流或污水系统中排放,通常以分批方式进行。排放前,要对溶液仔细分析并查明其符合监管要求。应当通过设计和建造,预防意外排放。

某些情况下,排放或清洁解控的决定是根据(例如)衰变计算作出的。这种情况下计算取决于日期。这些计算由于 Y2K 问题而有可能出错,从而导致意外的排放或清洁解控。

在处理排放和清洁解控方面的 Y2K 问题时,应当优先考虑那些用于进行衰变计算或类似的废物放射性核素存量计算的以计算机为基础的系统。

监测和分析

除以计算机为基础的系统直接用于放射性废物管理设施或活动的在线控制之外,计算机还被用于工艺的离线监测和分析。放射性废物管理工艺的所有方面的数据都被收集、使用和储存,包括放射性废物存量记录、一项工艺中特定阶段的关键性能参数、废物包在一项工艺中的位置及其在一座贮存或处置设施内的位置等。数据还被用于诸如进行衰变评估以作出废物分离决定等的计算,以及进行在线测量仪器的校准中。

保证这些数据的准确度、正确性和可检索性,是确保放射性废物管理的安全的

一个关键部分。只要有以计算机为基础的系统被用于收集、计算和储存这些信息,就有这些以计算机为基础的系统受到 Y2K 问题冲击的可能性和数据丢失或被破坏的风险。

在处理这种 Y2K 问题时,应当优先考虑那些用于以离线方式支持放射性废物管理工艺(如数据的计算和贮存)的以计算机为基础的系统。对这些以计算机为基础的系统应当就其 Y2K 问题脆弱性进行评价,并且在受到其影响时,应当考虑拟订补救策略以确保数据不会丢失或遭到破坏。

交流经验

本文介绍了通过 IAEA 今年早些时候出版的技术文件《处理放射性废物管理设施 2000 年问题的安全措施》和《做好 2000 年准备:基本过程》向国家主管部门提供的更加详细的导则。

通过这些及其他途径,使国家主管部门和国际主管组织已经认识到,放射性废物管理设施中 Y2K 问题造成的辐射照射的潜在可能。鼓励世界各地的监管部门去保证其放射性废物管理设施的注册者和许可证持有者实施系统行动,以确定出可能受到 Y2K 问题影响的放射性废物管理设施和活动,并根据这些指导文件采取补救措施。如有需要,这些监管部门可要求 IAEA 就做好 Y2K 准备提供援助。

此外,正在鼓励所有的国家主管部门,以及放射性废物管理设施的注册者和许可证持有者及时交流有关 Y2K 问题的信息和经验。

为了促进更广泛的合作,IAEA 曾于 1999 年 7 月早些时候,组织了一次旨在交流有关放射性废物管理和核燃料循环设施的 Y2K 问题的安全措施的信息的国际工作会议。 □