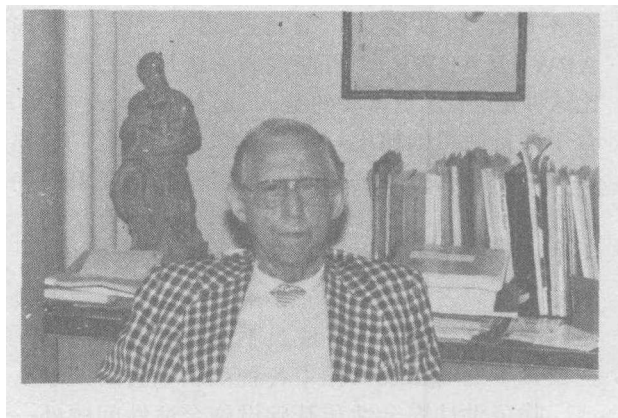




核能与核安全

NUCLEAR ENERGY AND NUCLEAR SAFETY

米尔顿·S·普利斯特

此文是作者应主编孟昭英教授之约，专为本刊撰写的。

——编者——

美国航天飞机“挑战者”号失事和苏联切尔诺贝利四号核电厂爆炸，发生严重火灾，这两大事件鲜明地提出了将先进技术应用于新的领域将会遇到的问题。虽然本文只涉及苏联核电厂爆炸引起的问题，但文中很多观点也适用于“挑战者”号灾难事件。

在讨论本文将提出的要点之前，我们应提出并回答两个普遍关心的问题。第一个问题是“中国会碰到核电厂的安全问题吗？”我相信回答是十分肯定的，因为我确信在某个时候核电必将是中国能源的重要组成部分。第二个问题是“核能可达到可接受的安全程度吗？”同样，我确信回答也是肯定的，但是还必须作相当的工作，才能达到我所谓“可接受”的程度。当然，何谓“可接受的”，其含义是需要予以阐明的。若全面展开关于“可接受的安全程度”的讨论，势必会偏离本文的主要目的。但大致说来，“可接受”的含义应是，与环境造成的其他危害相比，核能对公众所造成的危害必须是很小的。下面，我想强调指出涉及核电站安全问题的几个主要因素。当人们联系到一个核电厂来考虑这些因素时，存在着两种与众不同的特点。对此，尽管大家都已很熟悉，但仍必须时时铭记于心。第一，当一个已经启用了的核电厂，不论因何种原因中断运转时，它是要继续释放能量，释放残存热量的。如不及时予以输导、转移，这些热和能将对工厂设施造成严重损害。第二，一个核电站，——如“切尔诺贝利”四号电站或其他类似的电站，它们的发电量均超过3000兆瓦，突然中断运转时其残热的产生率相当于电

站全功率热能生产率的6%以上。所以，这种中止运转的电站，仍将产生大量的能量，若不及时转移这些能量，核电站的核芯将受到严重的损害，甚至遭致摧毁。更严重的是，这些残生热将造成原子裂变。确实这种剩余热会衰减，但热衰减率很慢。例如，中断运转6000秒钟后，衰减率仍约为电站运转功率的1%。^{*}关于一个3000兆瓦核电站所产生的放射性，人们很容易得出量的概念。首先要指出的是，一克 ^{235}U 裂变产生的能量差不多是1兆瓦-日，因此，一个3000兆瓦核电厂每日需用3公斤的 ^{235}U 。这样可以算出，这样一个核电厂每年约有1吨裂变产物。我们也可以从另一个角度将上述的数量概念与爆炸一个裂变武器所释放的放射性作个比较。通常都知道，一个这样的核武器，从数量级看，包含10公斤裂变物质，如果效率达到100%，其爆炸所产生的裂变产物相当于核电厂一天或两天产生的放射性物质。不言而喻，这些放射性物质必须与周围环境隔绝开来，因此，很明显，确保核电站的运转安全是件攸关根本的大事。

现在，我们可以考虑为达到所企望的核安全，所需的一些特殊措施。这时，应该注意，我们谈的是美国的特定设计。在美国有两种设计，都是轻水反应堆。一种是压水反应堆（PWR），另一种是沸水反应堆（BWR）。不需要解释，为什么在讨论中作这种限制，因为对这类反应堆已有丰富的经验。在一些国家也已建成了一大批这类反应堆，我相信取得的经验也都是很好、很宝贵的。在建造新的这类核电厂时，通常都

米尔顿·S·普利斯特（Milton S. Plesset）美国核反应堆安全措施咨询委员会主席。

^{*} 衰变热功率与核电站运转功率之比例适用于已持续运转、供电35000小时，但 ^{235}U 尚未耗尽的核电站。运转时间较短时，这一比例当然也较小。

会不断地加以改进。最近提出了“先进”模式（即APWR及ABWR），可能代表着进一步的改进。但是比这种先进技术更重要的是，运转的绝大多数时间合于准备使用的核电厂。这意味着，核电厂的建造者要有一个精明强干的班子。由他给出所要求的确证电厂设计已经完整的评价，并证明设计是合适的。这样一个班子必须具有全面的才干，因为，必须指出，严格的核部分只占核电厂的一小部分，而核电厂的大部分是匹配，这就要求班子成员不仅要熟悉核部分，而且也要善于处理土建工程中各种难以预料的问题。

除了设计安全性和基础设施合适性问题外——它们的重要性是显而易见的——，还有另外一个有时会遭到忽视的重要领域，即核电站的建设质量达不到必须的要求。一个明显的原因是由于所建设的主体工程十分浩大，使建筑工人和各级监督人员认识到坚持设计和规范要求的重大意义可能成为重要问题，因为工作中忽略了应有的责任心，会给工厂结构的完善性及公众的健康和安全带来严重的后果。笔者在这里特别强调的质量要求，实际上应是所有建站工作人员——包括各级各层的人员——应具有的一种社会责任感。

再有一点，我想论及的是核工厂的维护和操作问题。维护和操作似乎有点不相干，但实际是有关联的。许多工厂的厂主，住住出于利益的考虑，倾向于雇用缺少全面训练的操作人员。十分明显，之所以会出现这种情况，是因为核工厂在其运转的绝大多数时间里，几乎无需什么专家给予照看。只有当某种远远超一般工人所能胜任处理的，意想不到的事故发生时，才需要有一位对整个工厂系统十分了解，又懂得如何处置非常情况的工程师予以及时处理。此外，用模拟器经常对工人作熟练性培训，也是益多费少的。

作为工厂主，当然必须认识到操作人员应有的责任感和对他们的严格要求，但还必须要有对整个工厂进行定期维护、保养的强烈意识。一台设备，用上四、五十年，一般是不成问题的，但是这并不意味着机器关键部件也不需要定期更换。因此，有计划地进行细致的检查维护和保养对核电厂安全无疑是极其必需的。

作定性论述，本文的最后一点意见是关于核工厂意外中断运转，即反应堆的“急停”事故的。在正常运转中，核电厂内耗功率是靠核电厂自身供应的，这点切不可忽视。当核电厂突然“停机”时，这些内耗功率的能源也就中断了，例如，如果没有备用能源装置，输送冷却介质的冷却泵就要停止工作。因为电工厂是与一个电网联系的，可以由此获得电原。但是这种电网还必须有足够的可靠性以确保供电。然而，这类电网很可能也会因同样原因而中断供电。可见，一个可在紧急状态下对出事核发电机供电的现场电站，例如，由一组柴油发电机供电是十分必要的。由于核电厂“急停”的情况是极其少见的，因此，这些后备电源必须定期地检修，并且要保证迅速供电。

最后，我想为这篇为非专家撰写的有点过于概括的短文作一概括性的小结。我在本文中试图说明的是，对核电厂要作特殊的，周密的考虑，尽管核电厂问题对一些人来说，可能尚不是当前面临的急迫问题。我再三强调核安全要求，其含义十分明确，即达到核安全的过程，是一个贯穿于整个设计，建厂，操作和维护诸环节，并对他们不断进行考虑，评审的过程。这样一种考察和评审，需要专家们随时地，警觉地提出各种可能出现的问题，并逐一予以核查。他们应常常设想，“假如……，怎么办？”如果对所有这些问题都能找到一个满意的答案，那么，我们就有充分的理由使核电厂达到既能长期，安全、经济、可靠地运转，又能使广大公众获益这一预期的目的。

（蔡德诚 译）

（上接第56页）

究组大约在三年前就开始研究将RIS直接应用于地质找矿——特别是应用于勘探某些稀贵金属和有色金属隐伏矿工作的可能性。这是一个很有意义的应用基础研究开发课题，受到中国地质和有关领导部门的重视与支持。著名的科学家孟昭英教授、王大珩教授和谢学锦教授担任了课题的学术顾问，指导研究工作。

从地质界需求的角度以及从RIS具有的特点和潜力来看，这项技术可能的优点是：

- （1）具有超高的探测灵敏度和选择性；
- （2）不要求对样品进行复杂的化学预处理；
- （3）可以解决地质界已有的各种常规方法（如X-射线荧光光谱、ICP光谱仪等）难以测量或不能测量的一些元素的超微量测量问题；
- （4）既可测出样品的统计平均量，也可进行矿物的微区分析（包括同位素比值的微区分析）。

这些特点如能实现，则对于地质科学和直接找矿的工作具有重大的实际意义和科学价值。

当然，应予指出，RIS应用于地质科学技术领域中是遇到了一个条件极其苛刻的“用产”。这是由于地质样品的形态多样，化学成分及性质极其复杂；而其对于探测灵敏度与选择性火要求，对数据精度及获取的速度与数量的要求又很高。它遇到的基体干扰效应极严重。这些因素使课题的研究工作具有可以想象的高难度。但是，如果解决了这些“难点”，则将大大推动RIS在其他一些高科技领域中的应用工作，并增强它的科学的生命力。

显然，从课题具有的科学价值和可能产生的效益来看，我深信为此而付出的重大代价是十分值得的。中美两国有关单位的人士对于开展这方面的合作研究工作也抱有积极和乐观的态度。

（陈颀延 译）