

核电厂实绩：保持不断进展的势头

核电厂实绩一直在稳步提高，各国正采取积极行动
以确保不断取得进展

核动力是当今许多国家能源结构中的一个成熟部分。为了加强它的作用，一些国家核主管部门愈来愈重视提高电厂实绩的各个方面。电厂实绩越好，不仅电力的有效产量将越高，而且还将对核电厂的安全性、经济竞争性和环境有利性越有信心。

电厂的技术和经济实绩的一个基本指标，称为能量可利用因子(EAF)。它是电厂在一定期间的净能量生产率，是该电厂在这个期间连续运行的条件下可能生产的最大能量的百分数。根据报给IAEA动力堆情报系统(PRIS)的数据，过去10年里世界核电厂的EAF一直在稳步提高，已从1989年的70.1%提高到1995年的76.8%。(见第10页图)。

实绩的另一个量度与所谓的能量损失有关。尽量减少这种损失可达到的程度，是电厂运行良好程度的一个指标。能量损失有的是可计划的(即可通过管理加以控制)，有的是不可计划的，通常与因换

料、维护或试验等原因而停役有关。在过去3年里，世界核电厂的能量损失一直在减少。这表明核电厂在维护和管理方面在不断改进。

总的说来，维护和管理方面之所以有种种改进，主要是因为电力公司从过去经验中汲取了教训。但同时，各国采取的、经常通过IAEA技术计划起作用的各种积极行动，也起到了重要作用。

各国为提高电厂实绩和安全性而采取的积极行动

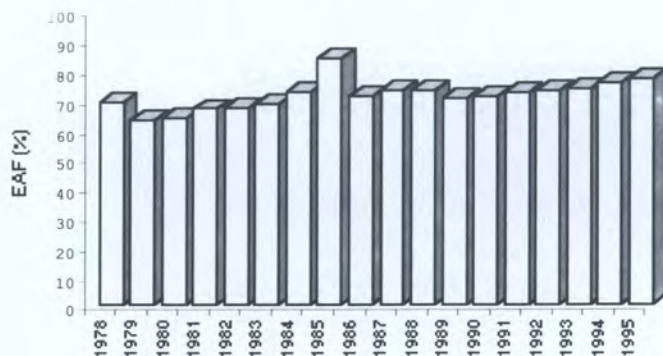
机构成员国采取的许多积极行动的重点，是改进核电厂的运行、维护和管理。这些改进也使这些电厂的安全水平有了提高。积极行动可分为如下五个方面：

增加生产。这包括采取步骤，通过确立高的期望值和对可立即纠正的缺陷毫不姑息的态度，使电厂设备器材保持在良好状态；通过更有效的规划，以减少计划停役的持续时间；酌情进行在役维护，减少计划停役的持续时间和费用；及通过采取措施，例如执行长期的修改/改进计划、利用现代化监测设备、培训电厂工作人员和汲取其他类似机组的经验反馈等，降低故障停役的频度。

Boris
Gueorguiev
和K. V.
Mahadeva Rao

Gueorguiev 先生是 IAEA 核动力和燃料循环处核动力工程科科长，Rao 先生是该科职员。为本文提供素材的还有 Fausto Calori 先生、Nestor Pieroni 先生、Thomas Mazour 先生、Vladimir Neboyan 先生和 Rejane de Spiegelberg Planer 女士。

世界核电厂能量可利用因子



照片:核电厂提供全世界电力的约 17%。(来源:德国贡德雷明根核电厂)

减少工作负荷。这包括采取步骤,通过修改或删除多余的要求,避免不必要的监管负担;监测电厂设备的状况,作为预防性维修最优化的基础;利用那些能够根据故障的安全和运行后果和造成故障的性能退化机制,确定对设备的要求的维护监测和分析技术。

改进工作程序。这包括做出更好的短、中和长期工作规划和安排;利用计算机化信息管理系统来支持工作计划,和保存有关包括备件管理在内的设备史、费用管理和核算的资料;使用分级工作管理方法,即根据每项活动的重要性和复杂性来设计管理方法;以及进行维修后试验,以检查设备和系统的性能是否符合设计要求。

提高生产率。这涉及通过如下措施提高人的工作效率:提高工作人员的能力,和设计更好的工作程序以促进职员工作和有效领导;通过利用专门为减少接口、提高工作乐趣和雇员道德而设立的一个组织结构内的一些多学科小组,创造更好的协同工作气氛;共享不同机组和厂址之间的各种人力资源;共享数据和经验;共享昂贵设备和备件存货;及共享培训计划和设施;外购/包出维护和运行设施所需的支持性服务(不包括电力公司的主要的运行和维护任务);改善管理以减少工作人员的职业辐射剂量,最大限度地减少污



染,及最大限度地减少维护活动产生的放射性废物量。

度量实绩。这包括制定客观的、看得见的、可测量的及与结果而不是与努力有关的实绩量度;使用标准检查程序,包括与最佳电力公司比较工作实绩;找出最好的做法;以及执行一项旨在不断提高实绩的计划。

应该指出,这些方面都没有明确地涉及电厂安全问题和质量保证问题,这两个问题已理所当然地受到核电公司的重视。人们认识到,安全和质量是对成功利用核电的基本要求,是核电厂工作人员进行的每项每次活动的不可分割的一部分。经验表明,为提高核电厂运行和维护计划的效率与有效性,以及提高其执行的质量所做的努力也已使电厂诸系统的安全性和可靠性得到改进。

IAEA 活动的重点

在国际一级,IAEA 一直积极地参与与改善核电厂的运行有关的若干关键领域的活动,包括下述类型的活动:

建立有效的质量保证计划。实现电厂实绩持续提高的一个主要手段,是建立有效的质量保证(QA)计划。机构已更新了其安全标准,以反映以实绩为基础的 QA

的新概念。这项工作是机构与成员国合作用了 5 年时间完成的,其具体结果是修订了“核安全标准质量保证法规”及其 14 个相关的“安全导则”。

在修订过程中,IAEA 利用了一些国家和 3 个组织(欧洲委员会、欧洲原子论坛和国际标准组织)的最新经验和大量资源。所有文件经过 IAEA 成员国的认真审议后,已于 1996 年 3 月被核准。

核设施采购活动的管理。对承包者提供的服务和供应需要进行有效的管理和控制,以确保质量和安全。经验表明,不这样做就会产生一些困难。这个问题已在 IAEA 有关拉丁美洲、亚洲与太平洋地区和东欧的 IAEA 地区技术合作项目的框架内得到讨论,并已在 IAEA 的运行安全检查组(OSART)计划名下进行的多次出访中得到重视。

为满足需要,机构已就在利用供应者/承包者时对控制质量和安全管理问题的作法提出了指导性建议。它还为核设施的高层经理、一线经理和一线监督员,出版了一本有关这个问题的技术文件。

电厂寿期管理。随着电厂设备和主要系统日趋老化,核电厂寿期管理和寿期延长成为人们越来越关心的两个重要问题。IAEA 在这一领域的活动目标有两个,一是促进有助于了解和监测影响主要系统和部件老化机制的信息和经验交流,一是提供技术指导。

一个有关反应堆压力容器一次喷嘴的广泛协调研究项目,已于 1996 年完成。所做工作包括老化过程的分析、监测这种过程所用的方法、减轻其后果的措施,及知识空白的确认。研究结果找出了影响部件性能的各种因素。目前,有关建立核电厂寿期管理和电厂重要部件的国际数据库的工作已经开始。其第一部分涉及反应堆压力容器材料,第一组数据中有关反应堆压力容器材料性能的数据约 1500 条。

电力公司—监管部门接口的管理。电力公司和监管部门之间的接口的管理有

诸多困难,因而在许多场合需要加以改进,然而至今还没有具体导则可用。由于这个问题事关电厂安全性,因此 IAEA 曾召集一些核电公司经理和监管部门官员组成专家咨询组研究这一问题。咨询组除找出了一些好的做法和改进的机会外,还找出了普遍的问题所在。好的做法与下列情况有关:监管部门有独立性;监管部门的作用和职责明确;采用非规定性的监管方法;有明确的交流程序;经常举办电力公司和监管者会议;在培训和评价研究与发展结果等方面联合开展活动;以及建立提供监管服务的标准。

监管职能管理中的质量保证。把正式的 QA 要求适用到监管职能,是提高核电厂实绩必须涉及到的一个敏感问题。它曾是 1996 年机构组织的一次专业人员会议的主题,现在正引起越来越多的注意。

那次会议的主要结论如下:履行监管职能中遇到的一般困难(如缺少工作程序和标准、无可适用的文献系统以及极差的通信实践)表明,需要有一个 QA 计划。在将 QA 适用于监管职能的过程中遇到的若干限制因素已被确认,包括对变动的正常阻力;引入 QA 带来的对额外资源(人力资源和财政资源)的要求;以及一种错误的认识,即系统化的运作将限制创造性、判断力和效率。会上专业人员还就为此拟定具体导则的必要性达成共识。

对运行的技术支持。提高核电厂实绩方面的一个关键因素是向运营单位提供的技术支持(TS)服务的质量和组织。为就此问题提供指导,IAEA 已编写一份介绍若干国家好的做法的技术文件。TS 的核心功能是定期审查电厂程序,看其是否与管理指示、不断改进和变化了的电厂状况一致。审查除核实和确认记录和信息系统外,还应包括核实和确认新的或变更后的程序。TS 还应起到探知不足之处、确定其根本原因,以及确定防止再次发生的纠正办法的有效计划的作用。它还应涉入许可证审批文件的编纂,包括因改进而引起的

修订工作。

除日常涉入外,TS 职员还应处理一些长期问题。这些问题涉及:电厂运行的最佳化;运行经验的反馈以便能从此电厂和别处类似电厂发生的事件中汲取经验教训;对设备鉴定计划的监督;以及对电厂寿期延长计划的监督。

计算机和相关系统。在过去 10 年里,已经越来越需要处理控制和仪表系统的过时问题,改善人的行为,和遵守日益严格的监管要求。因此,一些核电厂已经用数字系统替换了老化的模拟系统,并引入了综合性的和可存取的信息数据库和管理系统。这些系统有助于运行和维护,使质量保证和生产率有了全面改善。信息和通信技术方面的进展已帮助电力公司通过使计算机资源一体化和提高信息可利用率以满足电厂职员和公司经营战略的需要,更有效地运营电厂。为满足当前对控制和仪表系统现代化的需要,机构于 1996 年实施了一个旨在全面评价现代化问题的项目。

在核电厂的运行和维护中使用计算机的主要目的是:提高安全性和减少投资风险;减少运行和维护费用;提高电力生产;以及提高雇员的生产率。计算机能够带来许多好处,包括便于引入复杂的防护和联锁功能;自动控制用其他方法不易控制的电厂工况;配备复杂而快捷的计算设施,以便对可提高安全性和经济性的反应堆工况进行在役评价;以及利用电视摄像机显示电厂工况,从而缩小控制板尺寸和提高运行有效性。

为帮助控制室操作员,正在使用许多计算机化支持系统。这方面的实例为各种显示器。它们以图形显示供监视用的临界参数或运行数据。在电厂维护方面,为减少设备故障已开发多种计算机化支持系统。它们能够加速故障探测和诊断过程,及提供改进有计划的设备维护的

能力。为有助于规划例如换料和分析事故的根本原因,已开发了一些其他类型的系统。

1995 年,IAEA 建立了一个有关计算机化支持系统的全球性数据库。有关操作员支持系统的数据库的第一次版本已于 1996 年完成,并分发给核电厂、设计单位和其他感兴趣的机构。

未来的方向和任务

为支持核电发展和提高电厂实绩,需要在全世界一级采取更强有力的积极行动。在近期内,IAEA 正计划强调一些对决策核能在国家能源计划中的作用有重要意义的问题。相应的活动将涉及国家主管部门,和国家为加强地区合作以便有效利用现有专业知识和资源而开展的工作。

中心任务将是支持不断地提高核电厂的运行实绩和可靠性。这将涉及进一步加强管理制度和更多地共享世界范围的运行经验和资料。就 IAEA 而言,它的工作就是继续扩大其与动力堆运行和电厂寿期管理有关的数据库。

机构还将通过一项协调研究计划,重点开展确保反应堆压力容器结构完整性的工作。这将涉及制定一个试验小样品用的统一程序,以获得供分析裂纹出现可能性用的数据。其他活动将面向培训,即按照技术进展及与私有化和规模缩小相关的结构调整与改组,对核电厂工作人员进行的培训。

在过去的岁月里,IAEA 及其成员国的核电公司已采取若干积极步骤提高核电厂的实绩,并取得了良好结果。今后若干年的一项重要任务将是,确保核电厂不断改进和采取新的积极行动,不断提高全世界核电厂的经济竞争性、可靠性和安全性。□