

检查核动力厂的运行安全

关于国际原子能机构几项国际计划的报告

Ferdinand L. Franzen

虽然新订购核动力厂的速度显著下降，建造中的核动力厂也不多，但并网的核动力厂总数一直在稳步增加。这就促使人们把核安全工作的重点，从核动力厂的设计、建造转移到运行上来了。同时，人们越来越认识到，仅仅照章办事是不够的，必须使运行安全方面达到优秀的程度，才能使公众支持核动力的新发展。就国际原子能机构（IAEA）来说，它正在不断开拓一些有助于其成员国和运营单位达到这一目标的计划。本文主要介绍其中的运行安全检查组（OSART）、运行安全指标计划（OSIP）、重大安全事件评价组（ASSET）和事故报告系统（IRS）这四项计划。

OSART：运行安全检查组

机构通过派遣专家向成员国提供核安全方面的咨询和援助，已成为传统。1982年，IAEA建立了OSART计划。按照该计划，国际专家小组对特定核动力厂的运行安全实践进行为期3周的深入检查。工业化国家最初的意图是通过该计划向发展中国家提供补充的技术援助，但很快就意识到它们也能从OSART的检查中获益。现在，工业化国家的邀请数已超过了发展中国家，尤其是切尔诺贝利事故之后。OSART的检查不是对设计进行评审，也不是管理部门为核对是否遵守国家要求而进行的那种检查，而是同运营单位的工作人员充分地交换如何加强安全工作的情况。

OSART通常处理运行安全方面的8个重要问题：(1)工厂的管理、组织和行政工作；(2)人员培训和资格审查；(3)运行；(4)维护；(5)技术保障；(6)辐射防护；(7)化学以及(8)应急计划和应急准备。OSART将某一工厂的实践与别的工厂使用得比较成功的实践进行比较，着眼于实际效果；也就是说，它并不强求采用经过考验的某种方案，而是允许有助于工厂管理部门探索加强安全性的多种方案存在。

OSART小组一般由10—12位专家组成，他们的核工作经验累积起来能达到100—200年。为了给特定类型的反应堆提供具体的专门知识，经常要从核动力厂、电力公司和政府管理部门聘请一些顾问。这类专家一般应正在担任或一直在担任核动力厂的高级职务，要有总计10年以上的核工作经验。部分小组成员来自IAEA的工作人员，以保证各次检查的口径一致。典型的比例是非机构成员占三分之二（以前占半数），IAEA工作人员占三分之一。

小组成员应具备良好的调研能力，并能自如地运用OSART的工作语文（英语），可能的话还懂一点当地的语言。对于被检查的每一个问题，小组成员先认真阅读文件熟悉工厂的具体情况，尔后检查运行结果，察看运行人员进行准备和实际执行的情况，与运行人员交谈以便澄清自己的印象。在整个出访期间，每一位专家定期把他的意见和结论告诉他的对方。小组应每天记录工作的进展情况，并整理出详细的技术要点。还要编写汇报提纲，重点记录所得出的主要结论。这些主要结论将成为向有对方参加的总结会上提出的报告的基础。

每个OSART小组的组长由机构工作人员担任。他负责小组与电力公司和工厂管理部门及政府管理部门的全面协调和联络，负责培训小组成员，以及负责

Franzen先生是核安全处工作人员和OSART计划协调员。本文作者对A.Kenneke先生、R.Palabrica先生、V.Tolstikh先生、B.Thomas先生及其它人员的支持和帮助，表示感谢。

领导该小组的工作,以保证检查过程协调地进行。回到维也纳机构总部后,组长还要编写 OSART 报告,通过正式渠道提交有关国家的主管部门。

根据机构《安全丛书》文件、各国的适用规章和 OSART 的经验编写的书面细则,能保证各次检查的口径一致。该细则并不包含可适用于此类检查过程的任何准则,但有助于小组把注意力集中在该工厂运行安全计划中的关键部分。这样,每位专家在与小组其余成员就国际上现行的做法进行商讨后,便能判断这样一种运行安全计划的各项目标是否正在实现。

截至 1987 年 12 月,已派出 23 个 OSART 小组,它们的检查结果已经如实地向有关国家的主管部门报告。(见附表。)虽然许多早期的报告尚未获准散发,但 1986 年以来的大部分报告已通过机构提供或已可以提供给有关各国。

此外,有关首批 18 个 OSART 小组的主要结论的一份总结性报告,目前正在编写中。简言之,所有这些检查都已证实,这些核动力厂正在由充分了解自身对运行安全所负责任且经验丰富、富有事业心的工作人员管理和运行着。

尽管没有发现对环境或对公众的风险达到不可接受的程度,但这些小组还是推荐了一些能增加运行安全的实用办法。还有一些建议,或表示支持正在进行的的活动,或旨在使工作更有成效。被访问过的所有工厂,对小组的建议都是积极响应的,有的甚至在检查任务尚未完成时就开始采取行动。

各工厂在履行各种重要职能的质量方面,差别很大。例如,由于缺乏能保证每项活动按预定要求完成的、系统化和结构严谨的方案,因而某些工厂曾发生操作不一致的现象,这说明需要加强监督活动和提高操作的标准化程度。

每个被检查的工厂都有一些值得其他工厂仿效的长处。因此,小组成员不单贡献自己的专门知识,而且还可以带回一些值得推荐的做法。在 OSART 小组找出的各种缺点中,许多是早已知道的,运行人员也提出过各种解决办法。这些解决办法纳入 OSART 小组的推荐意见以后,常常有助于获得解决这个问题所需的资源和管理部门的支持。

到目前为止,OSART 小组已出访检查过压水堆(PWR)、沸水堆(BWR)和压力管式堆(PTR),并已收到出访检查铀诺克斯堆和苏联设计的 VVER 堆的邀请,最后还有可能出访检查其它堆型。OSART 计划在扩大核安全领域的国际合作方面是卓有成效

的,邀请数目的日益增长(1988 年 12—15 次)和众多的国家派出专家和观察员参加这一活动就是证据。(见附表。)

1988—1989 年间,对捷克斯洛伐克、日本、匈牙利、联合王国和苏联的出访实现以后,OSART 计划就能伸展到了世界上的所有地区——东方的和西方的国家,工业化的和发展中的国家,因此核安全的国际性质将被进一步显示出来。经验表明,核工业界内部的这种自愿合作,正在加快推广优等安全实践的步伐,提高全世界核动力厂的运行安全水平。

OSIP: 运行安全指标计划

为了支持 OSART 计划,机构于 1985 年开始致力于用客观的工厂专用数据来补充主观的判断,这些数据有可能帮助 OSART 小组的专家们确定应作深入调查的关键问题,而把意义较小的问题留待作简单处理。

运行安全指标的制订和运用,在本计划中是相互紧密联系的,这些活动涉及到活跃在这一领域内的许多有经验的顾问。(许多有核动力厂在运行的国家正在开展类似的活动。)

一组已确定的指标涉及运行、监视和维护之类的在线活动,用反应堆安全的行话来说,则是工作人员的安全、环境保护和运行可靠性。另一组指标涉及运行经验的处理之类的非在线活动,其中包括找出安全问题、分析直接起因和根本原因,以及落实加强安全的措施等。

举例来说,反应堆的安全性可分解成与下列因素有关的若干宏观指标:(1)所报告事件的安全意义;(2)正常运行中的安全裕度;(3)安全功能的无效性和(4)可靠性;(5)安全系统和安全部件的不可利用性;(6)人因对安全功能可靠性的影响;(7)安全功能监视测试的完备性和(8)有效性;(9)设备老化的过渡过程;以及(10)腐蚀问题。为了补充这些和其它一些宏观指标,现已有了更详尽的指标。

1986 年 12 月,在加拿大的布鲁斯核电站举行了一次验证运行安全指标的演习。自那以后,一直在快速汇集供这些指标使用的数据,作为提供给出访皮克灵核电站(加拿大)、卡尔弗特·克利夫斯核电厂(美国)、菲利普斯堡核电厂(德意志联邦共和国)和阿尔马拉斯核电厂(西班牙)的 OSART 小组的先期资料中的一部分。OSART 成员及他们的工厂对应方所获得的经验,正被用来改进这一工具,使

OSART 小组和运营单位能够借助它来确定和追踪运行安全方面的一些关键参数。

ASSET: 重大安全事件评价组

ASSET 是 IAEA 的一种新业务。设立它是为解决 OSART 出访核动力厂过程中经常发现的问题: 如监测活动未能在设备损坏前发现事故隐患, 对异常事件的根本原因缺乏系统分析。搞清楚了根本原因, 才能指导改进监视活动的工作, 提高它们的有效性。

ASSET 应成员国的请求, 派遣由相关技术学科、分析技术和人—机衔接方面的专家组成的小组对以下两类问题进行调查: (1) 具有重大安全意义的特定事件, 目的是评价已计划的纠正措施的适宜性和完备性; (2) 有普遍意义的运行安全问题, 其中包括特定事件、人因故障、监视活动、辐射剂量和废物产生量。

ASSET 的基本工作方法分为五步: (1) 检查事件本身, 包括检查探测行动和纠正行动; (2) “失效树”分析 (串联框图), 确定先兆因素和直接起因; (3) “弱点树”分析 (并联框图), 确定起作用的因素或根本原因, 例如对设备、操作者的工具装备和人员资格的监视活动方面的弱点; (4) 审查在消除直接起因和缓解根本原因方面所吸取的教训; (5) 核对已计划的或已执行的纠正措施并提出相应的修改意见。

1986 年, ASSET 第一次派专家组出访。这个由运行、分析方法学、运行经验反馈、人—机衔接和人的因素方面的专家组成的小组, 在出访南斯拉夫克尔什科核电厂期间, 调查了有安全意义的几起事件。其中包括: 厂外第二电源丧失, 反应堆冷却剂系统意外减压, 反应堆容器法兰盘内密封圈泄漏, 仪表用压缩空气泄漏引起安全壳压力增高, 以及柴油发电机保护系统失灵。此外, 还对 1983、1984 和 1985 年向管理当局报告的与安全有关事件进行了统计分析。

ASSET 小组的结论是, 该厂为消除所找出的直接起因已采取了相应的措施, 通常是更换已损坏的零部件, 修订维护程序 (发现装置有缺陷时) 或修订运行程序。当然, 若该小组认为消除根本原因的措施还不够全面, 就会对如何改进监视活动 (例如, 对仪器仪表和控制设备的监视) 和运行经验反馈 (包括, 例如, 影响辅助系统的一些事件) 提出补充建议。此外, 还讨论了制定应急运行程序问题, 以便妥善处理全厂断电、失去工业用水和失去仪表用压缩空气之类

的事件。

IRS: 事故报告系统

异常事件是核工业界运行经验反馈的主要来源。这些事件包括设备的自发故障和通过监视活动与维护活动发现的偏差。成员国中正在运行的 400 多座动力堆, 时常发生这类事件。搜集、评价和转告从这类事件中吸取的教训, 是加强运行安全这一持续不断过程中的重要组成部分。

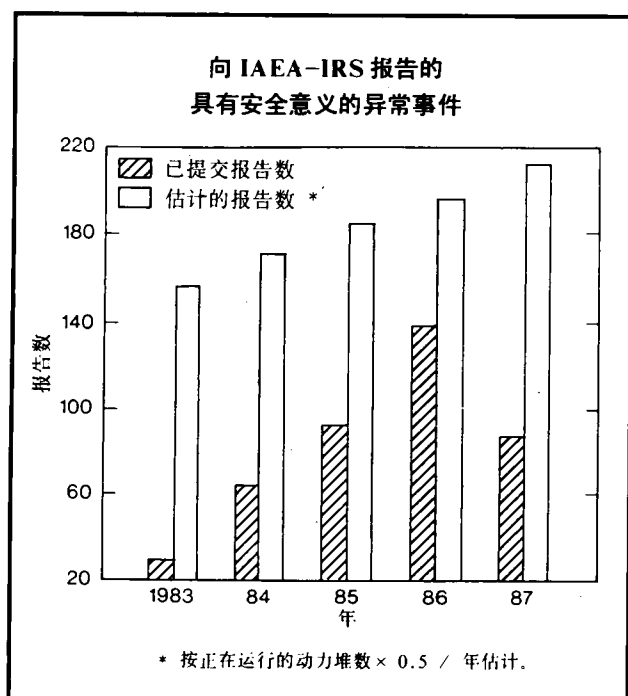
为便于全世界自由交换与安全有关事件的情报资料, 在经济合作与发展组织核能机构 (NEA/OECD) 的配合下, IAEA 经办了一个事故报告系统 (IAEA-IRS)。成员国的协调员负责向 IAEA-IRS 提交本国的报告, 并接收 IAEA-IRS 其它的所有报告副本, 以便进一步散发。为保证交换的情报资料只用于公务目的, 订有相应的协议。

通过这一系统传递的情报包括: 基本数据 (事件、电力公司/工厂、日期、报告类别), 事件的具体描述 (系统/部件故障情况、过去的事件、后果), 安全评价, 已采取或计划采取的纠正措施, 根本原因和吸取的教训, 以及代码形式的监测数据表 (使得关键数据能利用计算机贮存和检索)。

报告分为如下几类: (1) 放射性材料泄漏或受到辐射照射; (2) 安全重要物项的质量下降; (3) 设计、建造、运行 (包括维护 and 监视)、质量保证或安全评价方面的缺陷; (4) 有普遍意义的问题; (5) 需要采取或导致采取大量重要措施的事件; (6) 具有潜在安全意义的事件; (7) 直接或间接影响安全运行的其它人为或自然原因引起的异常事件; 以及 (8) 可能使公众特别感兴趣的事件。

可以根据异常事件与安全性的关系和发生的频率, 把异常事件表述成: 与安全无关事件——0.5—1 次/周; 与安全有关的事件——0.5—1 次/月; 具有重大安全意义的事件——0.5—1 次/年。这些数字是多年平均的结果, 对单个机组来说不一定有代表性。但它们可以说明, 在核动力厂/电力公司分析过的全部事件中, 只有一部分值得向本国的情报系统报告 (第二组和最后一组事件), 值得向 IAEA-IRS 报告的更少 (仅最后一组事件)。截至 1987 年 10 月, IAEA-IRS 系统内有 400 多份报告, 因此, 这只是各国的或区域的报告系统中全部数据的一小部分。

在过去几年中, IAEA-IRS 已从意外事件或事故



的情报资料交换站, 发展成收集、处理、评价和传播核动力厂内发生的各种偏差、意外事件和事故的情报资料合作网。这里所说的偏差包括进行监视和维护活动时发现的偏差。

改进该系统, 并以运行经验反馈的形式最佳地利用该系统的工作, 由一个代表各个参加成员国的技术委员会主管。该委员会每年至少开会一次, 讨论成员国报来的事件, 作出普遍适用的结论, 并向运营单位和管理当局提出需由它们实施的推荐意见。该委员会也可以就它认为在国际上具有特别意义的事件提出报告。对该系统头三年 (1983—1985 年) 的报告所做的评议发现:

- 报告质量参差不齐, 特别是关于事件的描述、

各国参加 IAEA-IRS 的情况 (截至 1987 年 12 月)

参加方式	国 家
全面参加	阿根廷、巴西、保加利亚、捷克斯洛伐克、芬兰、德意志民主共和国、匈牙利、印度、大韩民国、荷兰、巴基斯坦、西班牙、联合王国、苏联和南斯拉夫
通过 NEA-IRS 参加	比利时、加拿大、法国、德意志联邦共和国、意大利、瑞典、瑞士和美国
通过会议参加	日本
预计参加国(核动力厂开始运行后参加)	墨西哥、菲律宾

根本原因的分析、对工厂运行所造成影响的分析以及已采取的纠正措施等方面的质量:

- 报告的事件中仅 8 % 具有“高度”的安全意义, 22 % 具有“中等”意义;
- 主要原因是设计缺陷 (18.7 %) 和运行差错 (17.5 %);
- 对工厂运行的主要影响是反应堆事故保护停堆 (53.2 %);
- 故障的主要类型是单一故障 (40.1 %), 多重故障或共同起因故障的发生频率较小。

对具有高度安全意义事件的评价确认, 下列几个问题是重要的安全问题: 水淹或水喷淋引起的系统交互作用; 电的系统交互作用; 不同系统的多重故障; 共同起因的故障; 维护差错; 以及操作员的错误。然而, 这种评价需要附加很多工程方面的判断, 因为数据库规模有限 (总共只有 169 份初始报告和 29 份后续报告), 报告质量相差悬殊, 反应堆类型多种多样, 而且运行实践各不相同。

IAEA-IRS 开办以来的头五年中, 几乎有关的全部成员国都参加了这一系统。拥有运行中核动力厂的成员国, 除两个国家外, 目前都已直接参加或通过 NEA-IRS 参加了该系统。此外, IAEA-IRS 已同 NEA-IRS 建立了密切的合作关系, 并且打下了有利于进一步改进的牢固基础。改进报告质量 (这是做出透彻评价的先决条件) 和鼓励更加完整地报告具有安全意义的异常事件, 是未来最优先考虑的问题之一。

专家们定期地深入讨论向 IAEA-IRS 报告的事件, 这是评价事件的安全意义、确定应吸取的教训及估价这些教训是否广泛适用所不可缺少的。为了与 IAEA-IRS 的目的和现实相适应、帮助拓宽其使用面、检验各种发展趋向以及满足特定的需要, 也许还需要编制补充性的细则和手册。运行经验反馈方面的国际合作也需要不断扩大, 以避免工作重复, 允许成员国使用尽可能多的数据, 以及加强世界性的评价能力。

密切合作

本文简要地介绍了机构的四项计划, 这些计划反映出各成员国准备在核安全方面更加密切地进行合作。在 OSART 计划已成为一项最显眼和发展得最迅速的计划的同时, 人们期望所有这四项计划在可预见的将来能继续搞下去, 彼此互相支持, 使之更加完善、效率更高, 并可适应不断变化的需求。