

技术安全发展中的若干问题

苏联 Valerij A. Legasov 院士* 在 1987 年发表的一篇文章中, 论述了工业安全和技术安全方面的若干问题。现摘录如下:

“当今安全方面的特有趋势是, 虽然每个孤立事件(飞机、火车或轮船的失事, 水坝、化工厂或核工厂的毁坏)的发生几率在减少, 但一旦出事, 其后果的严重程度普遍大大增加。实际上, 40 年代发生的数十起飞机失事只造成数十人死亡; 虽然今天的飞机失事次数普遍大大减少, 但一次失事就可造成数以百计的人员伤亡。火灾早就一直伴随着人类, 但随着石油化学工业和燃气动力的发展, 它已开始与破坏规模和受影响面积大得多的爆炸结伴……”

“也许有人会问, 尽管人们在努力增加技术的可靠性, 为什么事故还照样发生? 为什么事故后果的严重程度在增加? 在设计各种复杂的现代化生产手段和机器时, 人们总是设法使其可靠性尽可能地高。这里所说的高, 当然是从我们对它们可能具有的各种危险的性质, 以及防止此种危险的技术经济措施的现有认识水平上说的。一般说来, 要不是设备制造方面有缺陷, 单个部件和装置的可靠性有限, 或由材料变动、实验操作或单纯的人为差错等情况引起的对预定运转方式的偏离, 那设计的技术规范连同操作规章制度本来是可以保证工厂或机组安全运转的。设计师和项目工程师们知道这样一些问题不可避免, 所以总是设置各式各样的系统, 以便在正常的运转方式被违反时阻止可能出现的事故。但保护装置本身的可靠性和有效性也是有限的, 也会受技术故障和使用不当的影响。于是再设置第二套系统, 有时还设置第三和第四套重复的备用系统; 所有这些冗余系统只是减少事故的发生几率, 但却使机器和工艺变得更复杂和更费钱。虽然这种作法可以减少具有灾难性后果的设备故障和人为差错的几率, 有时也能使其减到很低的水平, 但永远减不到零。只有在完全没有蕴藏能量、没有化学活性或生物活性组分的系统中, 几率才可能达到零。”

“许多具有潜在危险的现代化生产手段, 都是按照重大灾祸估计发生几率为 10^{-4} 数量级设计的。这意味着, 由于各种情况的不幸组合, 考虑到机械设备、

仪器仪表、材料和人员的实际可靠性后, 估计工厂每运行 10 000 年可能发生一起工厂毁坏事故。如果只有一座工厂, 那么很可能在它存在期间不会出危险。如果有 1000 座这样的工厂, 那么人们可以预料, 每十年就会有一座工厂遭到破坏。最后, 如果这类工厂的数目接近 10 000 座, 那么从统计学上看, 每年就可能有一座工厂出事。由此我们可以了解到我们所讨论问题的一个侧面。一座根据现有技术手段和遵照法规要求设计的工厂, 在小批量生产时一般是相当可靠的; 而在大批量生产时, 虽然工厂本身并没有变化, 但从统计学上看, 它的可靠性就大大降低了……”

“事故后果严重程度的增加, 也与现代科学技术进步的性质有关。我们社会的能量密集度在不断增加。既充满能量又使用危险物品的工厂日益普遍。出于经济上的考虑, 人们正在不断提高这些工厂的单位产出。对基本的工业机械设备和运输网的压力正在增加, 而且越来越大。单就动力生产领域来说, 全世界每年就生产、运输、贮存和使用着上百亿吨标准煤当量的燃料。这部分易燃可燃燃料的数量, 就其所含能量来说, 已经与全世界生产第一枚核武器以来积累的全部库存核武器相当。此外, 由于在燃料品种方面转向更广泛地使用液化气体燃料, 生产和使用这些燃料的企业规模同时增加, 从而明显地增加了发生大规模爆炸性火灾的风险……”

“另一个增加工业风险水平的重要因素, 是不同类型工厂和工业的分布密度增加, 它们在事故期间的相互作用也增加。为了追求最大经济效益和最大限度地利用给定地区先前在动力、运输和社会环境方面的投资, 人们往往在没有对各式各样企业的相互关系和相互作用进行充分分析的情况下, 就将它们集中在同一地区。一座工厂的事故有可能不波及邻近工厂, 这样的事故就不那么可怕; 但如果不是这样, 那所造成的损失将增加许多倍……”

“统计资料的详细分析表明, 虽然 60% 以上的事事故可归因于人为差错, 但花在工业安全方面的资源的最大部分却用在完善技术控制措施和预警系统上了。只有航空工业与众不同, 从历史上看, 其重点一直放在人员选择、用模拟器进行培训和再培训、医学监护、纪律训练、物质刺激、舒适的工作条件、开发作为机组人员和地勤人员的备用保险装置的自动辅助系统……只是 70 年代初以来, 其它行业的活动才促使他们认真地设法运用和完善驾驶员的经验。人们通

* Valerij Alekseevich Legasov 是苏联科学院主席团成员、院士和 I. V. 库尔恰托夫原子能研究所第一副所长。1986 年 8 月, 他是参加机构于切尔诺贝利核电厂事故后召开的“事故后讨论会”的苏联代表团团长。

常谈到人的因素和人—机相互关系时，总是把问题归纳为人员的纪律和培训、人员的责任心以及正确执行操作须知和命令等。当然，所有这一切都是十分重要的。但对紧急情况的深入研究揭示，问题的核心在管理部门，那里的人的因素才是最重要的。原来，这些操作须知本身或者不是很准确，并且没有预先想好（在某些情况下确实也无法预先想好）异常运行方式下的行动准则，或者没有进行核对以判断这些操作须知是否已被正确理解。许许多多的事例表明，纪律松弛和技术差错直接原因是现成的习惯做法，未同有经验的专家保持有效的联系，缺乏必不可少的培训和对运行人员潜力的了解不够，以及对不正确行动的后果缺乏清楚的认识。

“在我们的经济活动中，具有潜在危险工业的高度集中，促使人们用一种在性质上是全新的方法来解决基本安全问题。这种新观点首先必须依靠寻求最佳地解决人—机相互关系问题的研究工作，其次要依靠使这些研究成果以适当的速度付诸实施。提供带有先进计算装置的模拟器，减少提供的信息量和改变信息表示方式，增加帮助操作人员的自动或半自动辅助系统的数量，采用可预防未认可程序的技术保护系统，用遥控诊断装置严密监视设备状况——所有这一切都必须成为任何大型综合系统的常规组成部分。

“从 70 年代末以来，许多国家都建立了综合性工业安全研究中心。它们自己安排的任务主要是：收集整理全世界的经验，研究先前未知的那些因素的作用，教育人民和揭示最危险的事例……”

“科学技术的进步已证明它有强大的能力和巨大的潜力，为了使它今后可以继续为人类服务，重要的是各个学科的专家都应当共同为更安全更可靠地利用其成就而努力。由于问题的复杂性和为解决这些问题所需学科的多样性，这项工作不仅必须在负责技术开发的常规研究所内进行，而且必须在为研究综合性工业安全而专门建立的中心内进行。安全研究视野的扩大和组合各种技术系统的新方法的出现，将使今后的技术发展带有较小的风险成为可能。此外，我们必须认识到，我们生活在充满技术的世界中，这种生活已把一种特殊的责任放到了每个社会成员的双肩上。米哈伊尔·戈尔巴乔夫 1986 年 5 月 14 日在苏联电视上的讲话中说：“对我们来说，切尔诺贝利的教训无可争辩地说明了这样一个事实：科学技术革命的进一步发展，将要求高度重视技术的可靠性、安全性，并要高度重视纪律、秩序和组织问题。事事处处都必须高标准严要求。”



瑞士贝兹瑞-1的控制室。

法国检查反应堆设备的情景。(来源：《法国核通讯》，1986)

