

## 展望安全评价和风险管理的作用

### 统一的系统分析有助于改善工业风险的管理

Antonio Novegno 和 Ephraem Asculai

采用现代化技术取得了巨大成效，与此同时，世界对环境和严重事故的关切也日益增长。虽然工业化已导致各国估计寿命的惊人增加，但也对人类环境产生了有害的影响，增加了工业和社会风险。

在工业革命的初期，人们很少考虑工业化对人类及环境的影响，包括对工作人员和广大公众的健康和福利所产生的影响。环境效应是最近，主要是 20 世

\* Novegno 和 Asculai 先生是机构核安全处可靠性和风险评估科的工作人员。

纪后半叶才加以注意的问题。

有史以来，人类都不得不与各种自然灾害相共存。除了常常造成巨大生命损失的那些灾难外，其他不太严重的事故也往往造成经济损失和人员伤亡。

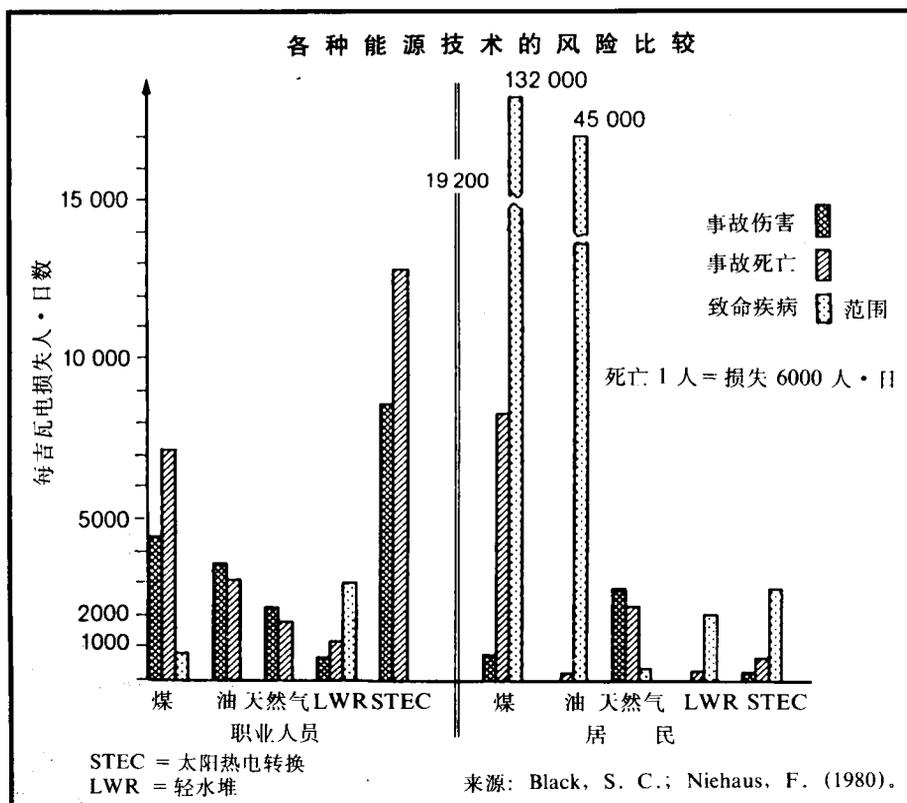
总起来看，这些事故是造成意外死亡的更加主要的原因。因此，也许有必要把注意力放在预防影响比较深远的大事故上（参看附表）。

现代技术对公众健康最重要的影响，是由于包括能源生产系统在内的大型工矿企业中心附近的公众长期暴露在污染释放物中而造成的。

#### 后果严重的几起工业事故，1976—1986 年

事 故	后 果
• 1976 年 7 月 10 日，意大利的塞韦索一座化工厂中发生的化学反应，引起 0.5—10 公斤剧毒的二噁英爆炸，毒品散布面积为 18 平方公里。	1000 多人被迫疏散，没有造成死亡。由于二噁英引起皮疹（氯痤疮）从而伤害了许多儿童。远期效应是流产和土壤污染。
• 1978 年 7 月 11 日，西班牙拉拉皮塔的圣卡洛斯一辆 38 吨卡车超载，装了约 45 立方米的易燃丙烯气体，撞上一露营地的墙上后爆炸，产生了 30 米高的火焰。	215 人死亡。
• 1984 年 2 月 25 日，巴西的库巴坦一根管道损坏，汽油泄漏并爆炸，产生了一个巨大的火球。	至少 500 人死亡。
• 1984 年 11 月 19 日，墨西哥的墨西哥城圣胡安·伊斯瓦特佩克储存设施中盛有液化气的容器爆炸（大型气体爆炸）。	452 人死亡，4248 人受伤。约 1000 人仍下落不明，看来已死亡。
• 1984 年 12 月 17 日，印度的博帕尔从生产防治虫害用物质的石油化工厂逸出一种有毒气体（甲胍）。这种有毒气体蔓延到面积为 40 平方公里的地区。	2500 人中毒致死，同一数量级的人生命垂危。约 150 000 人必须接受医院治疗。长期效应有失明、永久性精神异常、肝和肾损伤，以及胚胎畸形等。
• 1986 年 4 月 26 日，苏联的切尔诺贝利切尔诺贝利核电站 4 号机组发生功率骤增，引起蒸汽爆炸，反应堆毁坏，从反应堆燃料中放出的放射性核素造成严重环境污染。	31 人致死，203 人因急性放射病住院治疗，135 000 人撤离。苏联欧洲部分的最大待积有效集体剂量当量估计为 $2.9 \times 10^7$ 人·雷姆。

注：本表部分资料引自 S. Chakraborty, "How quantifiable are catastrophic risks.", *Risikountersuchungen als Entscheidungsinstrument* (1985).



互相影响和作为一个整体影响同一环境时，也应对它们实行这种办法。

### 对各种能源系统风险的比较研究

在最近的十年中，各种能源技术对健康和环境的影响，已经成为关于能源系统的公开辩论中的一个重要议题。对核、煤、油和水电动力的风险和影响的比较研究，可用来正确评价能源引起的危害。

比较研究的主要目的是给能源规划人员提供科技资料，使他们能对做出国家级或国际级的能源系统决策有影响的各因素中的一个方面有所了解。

早期的研究首先集中在能源生产中所涉及的各种风险的某些具体问题上，然后集中在概念框图、方法学问题和数据可利用性方面。前不久，选中了如核风险、二氧化硫排放量、酸雨、煤中的放射性和低水平辐射等具体问题。最近，又对各种健康损害、各种持续影响和罕见事故的后果进行了定量化和比较研究。

为发展能够模拟气态污染物大范围弥散现象以及污染物通过地面食物链浓缩的模型，进行了巨大的努力。由于缺乏对流行病学的广泛研究，限制了建立评价各种各样健康损害所必需的剂量-效应关系。风险比较方面的某些问题仍然还没有解决，主要是因为缺乏数据，健康和环境比较研究的复杂性，数据的不确定性，以及缺乏方法和数据处理方面的知识。

由于能够从这种一般的比较中得出的结论极其有限，较近期的研究只试图对各种能源供应技术进行比较（见附图）。

然而，尽管在这些评价中包含了较大的不确定性，但所得出的一般结论是可信的，它能明确地显示出各种能源系统按风险大小排列时的先后次序。因此，重要的是要认识到，对各种能源所作的风险比较的最主要价值不在于获得总体方面的结果，而在于在所研究的各种燃料循环中找出风险的主要贡

除了容易觉察的那些环境问题外。目前正在出现一些也许具有极为深远和全球性影响的新问题，包括：影响林业和农业的“酸雨”问题；对各种材料有重大经济影响的氮的氧化物（NO<sub>x</sub>）问题；大气中的氟代烃和二氧化碳的浓度问题，这两者可能对全球的气候产生持久而严重的影响，并影响后代人的寿命和体质。

由现代技术引起的环境问题，实际上也是一种与安全相关的问题，因为只有经济和社会影响而不涉及安全的环境问题是很少的。这对于事故释放物及其对环境的影响更加明显，因为它们通常都是由安全相关设施的设计不合理或者由安全和安全相关系统的故障造成的。

对环境的这两种影响（日常的工业生产的影响和事故释放的影响），它们是相互关联的。控制一种风险必然影响到另一种风险。例如，增加环境安全性，也许意味着给必须生产、安装和维护附加的安全相关设备的工人带来更多的职业性风险。

因此，管理这些风险需要采用一种统筹性的方法，它应能通盘考虑一切原因和可能的后果。不仅应对单个工厂或单工序实行这种办法，而且当大型工矿企业和整个区域的各种作业位置极为靠近，或有可能

献者。

认识到这样的事实也是重要的，即有关不同能源系统的风险/影响的定量比较，对于制定国家能源规划的决策者不可能产生强烈的影响。事实上，一个国家在确定本国的“能源结构”时，往往有许多其他因素以一种复杂的方式起着作用。这些因素包括：能源需求，国际贸易，工业发展，经济状况，收支平衡状况，供应可靠性，基建费用等等。因此，有人认为，重点放在风险管理上的风险/影响分析，也许能在制定一国的公用事业规划这一级起到重要作用，在这种场合下，必须从国家或地区的角度选择具体的技术设备和厂址等。

### 从风险比较到“风险管理”

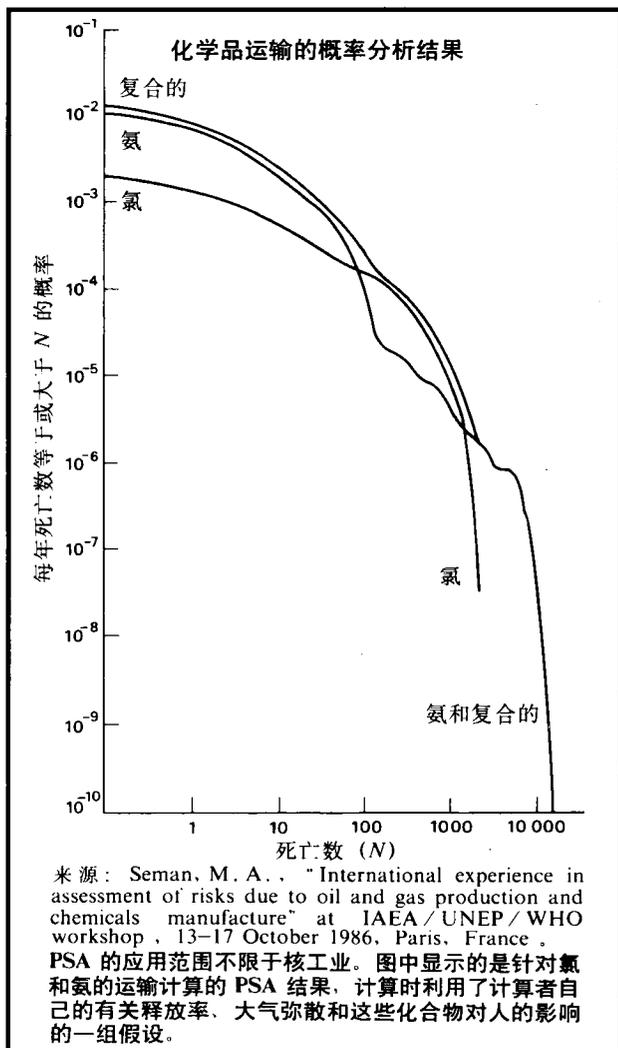
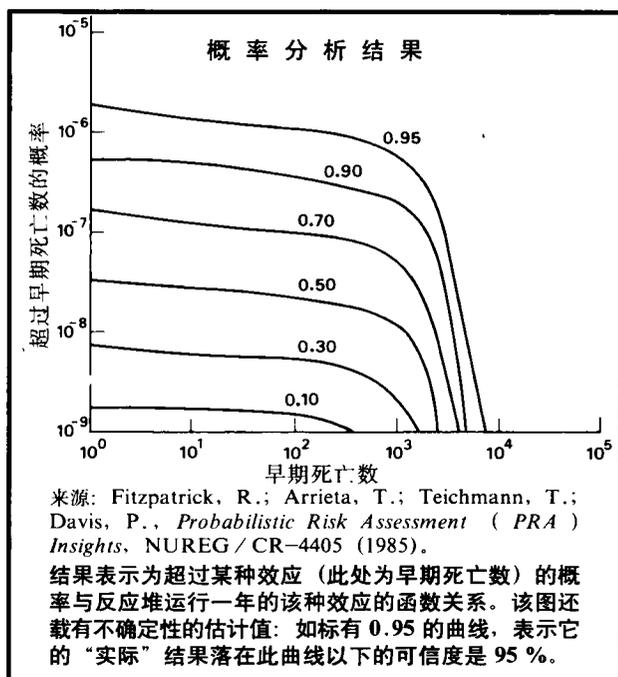
作为能源系统风险比较研究的自然发展，并由于以上所说的总体考虑，最近几年重点已从风险比较转移到风险管理。

对参考工厂的风险进行比较，可正确评价风险，然而这种资料还不足以判定一座工厂是否足够安全。将一切风险都减小（或增大）到对每个人或整个社会来说都相同的这种想法，不可能是合理的安全政策的目标。相反，下面的做法看来倒是合理的，即只要容易办到，较小的风险也要进一步减小；如果进一步降低风险太困难（或太花钱），则相当高的风险（只要与其他风险相比还说得过去）也可以让其保持原来的水平。从整体角度解决这个问题的一种方法是费用-效果分析（有关成果方面的实例见第36页附图）。

国际原子能机构积极提倡采用这一类方法，并于1983年开始执行一项协调研究计划（“减少不同能源系统的风险的费用-效果比较”）。其主要目的是在成员国范围内，对一定数目的采用费用-效果分析方法进行专题研究的国家风险评价研究项目进行协调。

在这项工作中，有15个成员国正在与机构合作\*。至今，已经用第一次协调研究计划（CRP）会议期间确定的方法学框图完成了18项专题研究。这些研究主要涉及有关核燃料循环（铀矿，电站，放射性材料运输，废物处置）的各种设施和操作。还有10种专题研究正在进行，并将于该协调研究计划结

\* 第二次研究协调会议的报告可向本文作者索取，1988年可望得到最终报告。



束之前完成。

在进行此种专题研究时，已经证实，在风险管理技术领域内，减小风险的费用—效果分析法，对于评价和确定在大型工业系统中最优分配防护和安全资源的办法来说，是一种适宜的方法。

**安全性和严重事故的风险管理**

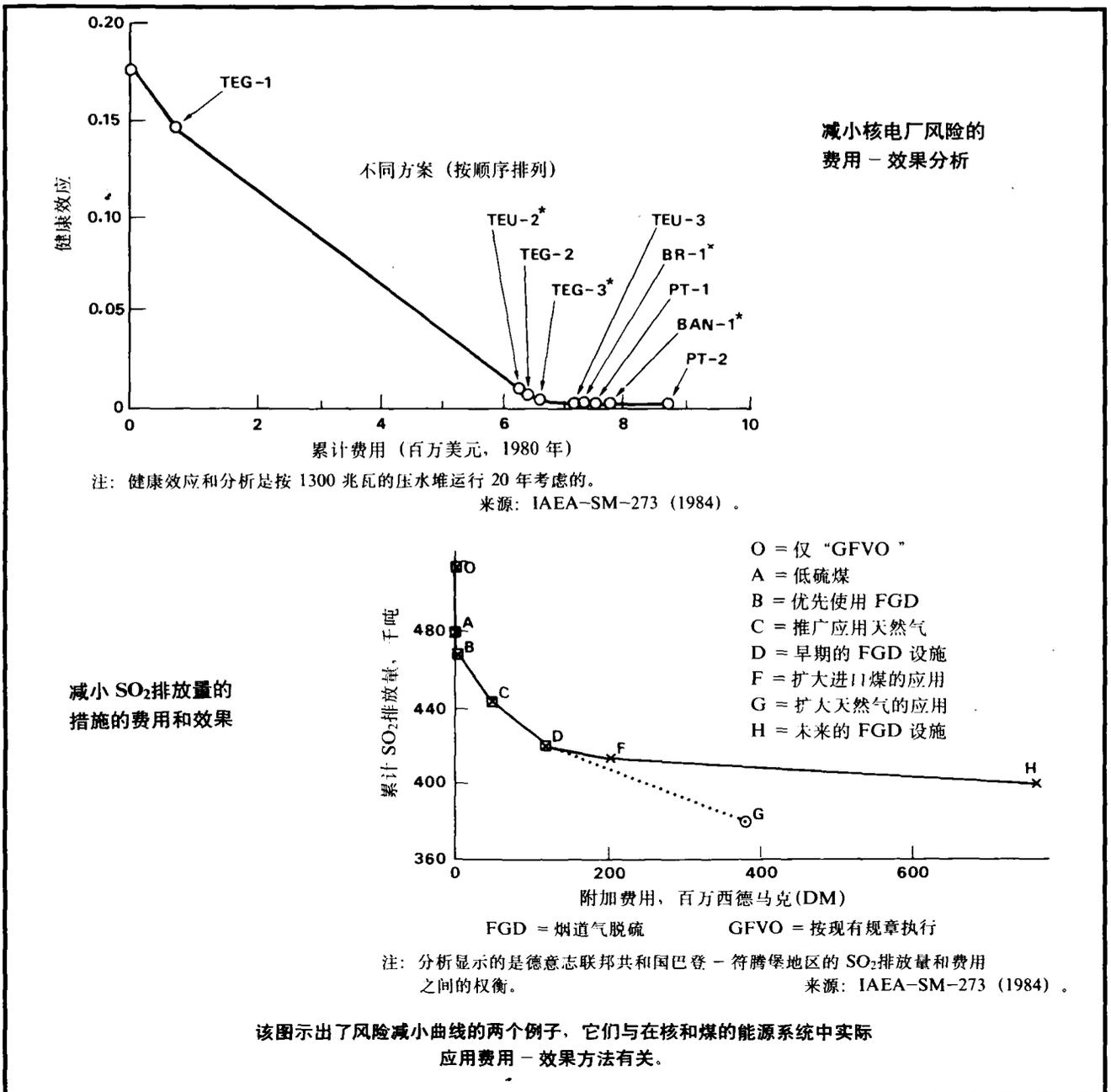
核能领域的风险评价和风险管理比较完整，也许是风险评价和风险管理方面的最好实例。

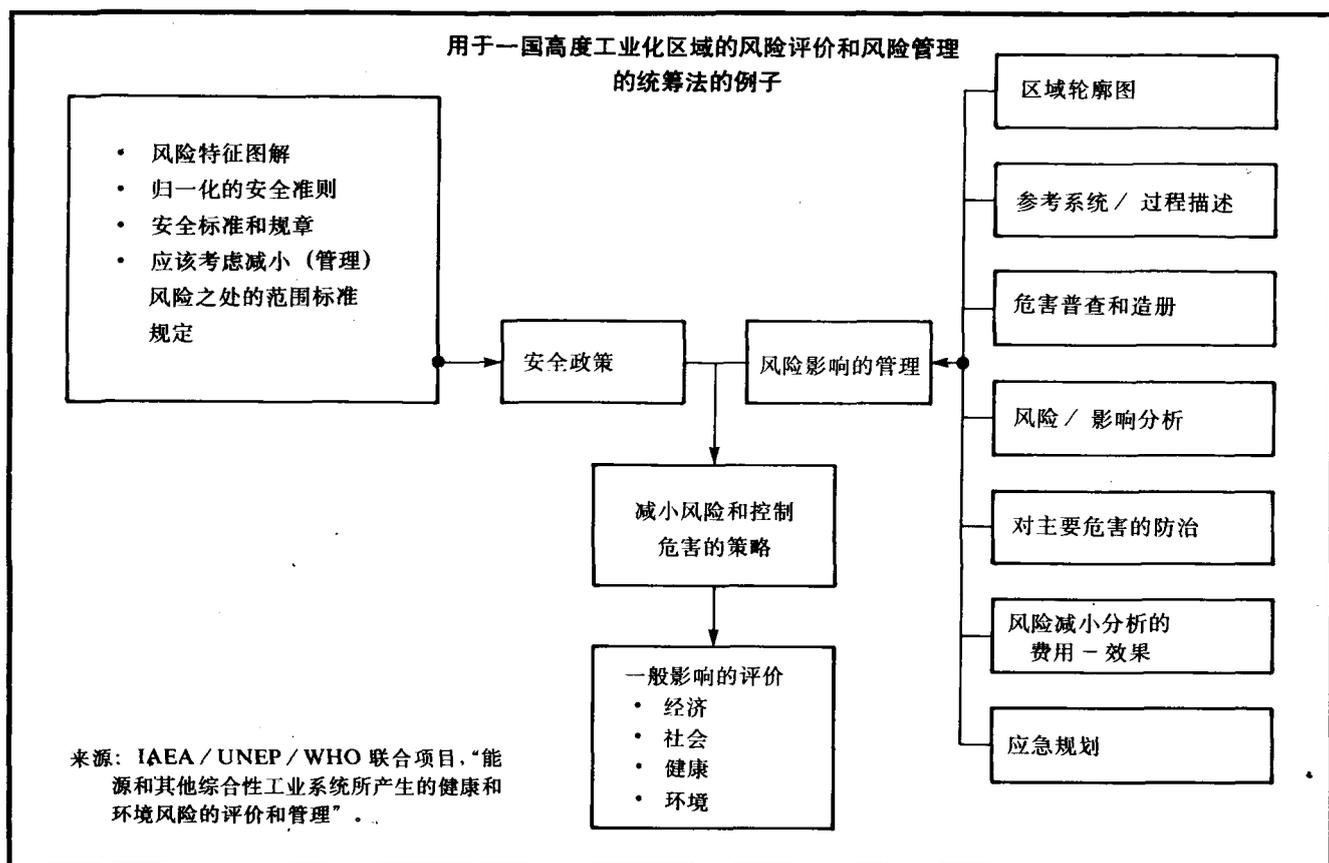
对于每座核电厂，都要进行完整的环境影响研

究。这包括研究电厂运行的安全性和评价工作人员的职业风险，还包括计算排向环境的放射性常规释放量，公众受照量的预期水平，以及评价放射性事故性大量排向环境的后果。

有两种方法可用于计算核电厂事故所造成的环境后果。传统的方法称为“确定论”法。这种方法利用预先设想的“设计基准事故”（DBA），按保守的大气条件计算其后果，然后与紧急情况期间的容许照射水平标准相比较。

比较新的一种方法是概率安全评价法（PSA）。





这种方法并不设定单个事故的情景，而是设想一组情景及估算的此类事件的发生概率。根据这组设想，计算各种环境后果，分别考虑早期的和潜在的死亡，早期的和潜在的致病，以及经济代价等；计算时要考虑可能的气候条件、人口分布和土地利用情况等。所得结果以事件的发生概率和引起的后果来表示。此外，概率法可以估算并示出分析的不确定性。PSA 的应用范围不限于核工业（参看第 35 页的曲线图）。

很明显，这样一种分析方法有它的独到之处，尽管还没有被正式采用。它增加了对电厂在异常工况下的行为，人-机相互关系，以及对各种安全功能、系统和部件相对重要性的认识。这是一种新增加的培训工具，可用于许多目的，包括为操纵员的计算机辅助手段或模拟机设计培训用的各种事故情景。当然，除了可产生这些定性的知识之外，PSA 也提供定量的估算值。

当然，PSA 不能取代知识贫乏的状况，但它有助于找出资料的空白处。如何把这些定量结果充分地用起来，这很有必要也是大家所希望的。为此，应建立一套概率安全准则（PSC），应该将 PSA 的结果与之

相对照并据此对风险进行管理。

### 向统筹化和区域性方法发展

灾难性工业事故的近期事实，如博帕尔、切尔诺贝利和不久前瑞士巴塞尔发生的化学事故，已经鲜明地表明，必须找出、评价和管理来自大型工业活动的风险，以便使安全性尽量提高，而使对工作人员、一般公众和环境的有害影响尽量降低。因此，有必要针对一个国家内的工业高度发达地区发展一种用于风险评价和风险管理的统筹法。

在最近几年中，各国和若干国际组织中的安全决策者，都觉得有必要明确规定和实行与技术活动风险有关的统一的“安全政策”。

欧洲共同体委员会（CEC）已通过了有关大型有害设施、工业企业产生的空气污染和其他风险的若干“指令”。其主要目的是在欧洲国家给工业设施制订一种管理重大风险 / 影响的共同政策。由于技术和经济原因，这些设施一般都集中在一个国家的有限地区内。

一些工业化国家——美国、法国、德意志联邦共

和国、荷兰、瑞典——近年来已经在较大的工业化区域进行风险评价研究方面的专题研究。因此，以风险管理为重点的定量风险分析，已成为做出有关管理和保护公众健康和环境影响的高层次决策的一个重要方面。

在工厂这一级，风险管理不可能解决决策过程中涉及环境影响、健康和社会经济效应这样一些复杂而多重的问题。应该设法把风险的评价和处理的覆盖范围扩大，使之包括设有不同的工业设施，且减小风险的目标也不同的地区。切尔诺贝利事故和巴塞尔事故已表明，这样的地区也许要覆盖属于不同主权国家的区域。例如，必须这样来设计工业化区域的应急计划（风险管理过程中的重要组成部分），使该计划具有一定的灵活性并能应付该地区可能发生的一切严重事故。

#### IAEA / UNEP / WHO 的联合项目

风险管理政策意味着规定定量的安全准则和标准，制订一些细则和程序，以及发展一种使分配安全基金的决策最优化的合理方法。因此，区域性方法看来最适合于处理技术风险管理中的复杂问题。在这方面，国际原子能机构（IAEA）已经与联合国环境规划署（UNEP）和世界卫生组织（WHO）商定，共同着手进行一个联合项目，评价和管理能源和其他大型工矿系统所引起的健康和环境风险（参看第 37 页附图）。该方法是统筹性的，它要考虑有关决策过程中的复杂而多重的目的，所依据的原则是最优分配用于减小风险的资源。这项新的研究工作将通过在发展中国家和发达国家中进行专题研究来完成。这项工作试图为各国高度工业化区域的风险决策建立一套统一的系统化程序。

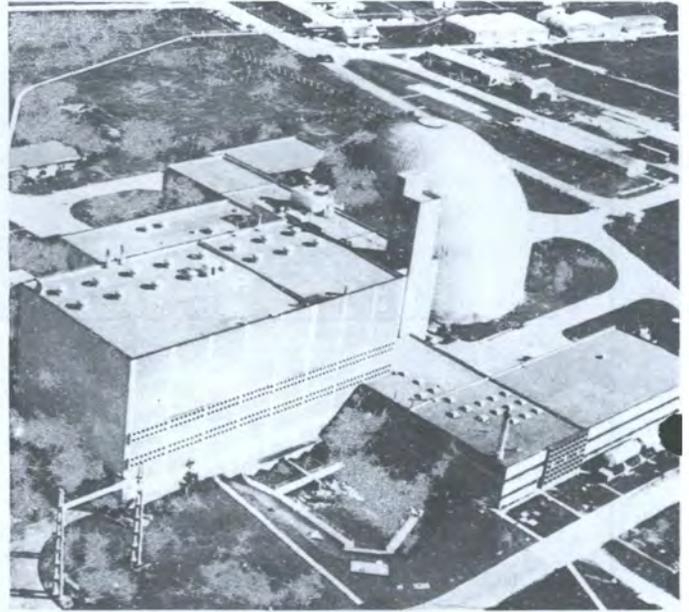
该项目有四项主要活动：

- 利用将在成员国进行的一些专题研究的结果，制订一份供风险管理和危害控制用的程序方面的导则；

- 建立并运行一个情报系统，收集、评价和分发有关各种方法的情报，需要时包括健康和环境效应方面的情报；

- 培训风险管理和危害控制方面的工作人员；

- 在国家一级推广风险管理和危害控制的方法，推广制订能源生产和利用规划的程序，并推广其他的复杂技术。



阿根廷阿图查-1 692MWe 核电厂。

#### 发展中国家的核动力（截至 1986 年 12 月 31 日）

	正在运行的		正在建造的		计划的	
	机组数	净装机总容量 (MWe)	机组数	净装机总容量 (MWe)	机组数	净装机总容量 (MWe)
阿根廷	2	935	1	692	2	不详
巴西	1	626	1	1245	1	1245
保加利亚	4	1632	2	1906	2	1906
中国	—	—	1	288	2	1800
古巴	—	—	2	816	—	—
捷克斯洛伐克	7	2799	9	5508	—	—
埃及	—	—	—	—	2	1000*
匈牙利	3	1235	1	410	2	1900
印度	6	1154	4	880	4	880
伊拉克	—	—	—	—	1	400
伊朗伊斯兰共和国	—	—	2	2400	—	—
大韩民国	7	5380	2	1800	2	1800
利比亚阿拉伯联合酋长国	—	—	—	—	2	816
墨西哥	—	—	2	1308	—	—
巴基斯坦	1	125	—	—	1	900
波兰	—	—	2	880	10	8430
罗马尼亚	—	—	3	1980	1	660
中国台湾	6	4918	—	—	4	4120
泰国	—	—	—	—	1	900
土耳其	—	—	—	—	1	不详
南斯拉夫	1	632	—	—	1	1000

\* 只是单个机组的装机容量。

来源：原子能机构动力堆情报系统 (PRIS)