

能源与环境

追求更安全、更清洁的发展

世界为追求更安全、更清洁的发展，在过去十年里克服了许多大的障碍，结果却看到更多的问题出现。迄今反响较大的一个大问题是：各国政府如何驱动和策划这种追求，使之持续到下个世纪？

这一反响起因于 25 年前发生的一些事件。当时，在斯德哥尔摩召开的国际人类环境大会提请世人关注许多科学实验室探索的环境问题，而且第一批石油冲击又使能源发展前景动摇和失色。90 年代，这一系列复杂问题似乎成为全球会议的中心议题：1991 年赫尔辛基会议提出日益增长的电力需求问题；1992 年里约热内卢地球首脑会议提出严峻的环境威胁问题；1994 年开罗会议提出世界人口增长率问题；1996 年伊斯坦布尔会议提出过度拥挤的大城市的问题和罗马会议提出饥饿问题；以及 1997 年纽约会议对地球首脑会议回顾时所提出的问题。不久将于 1997 年 12 月初在京都召开会议，讨论全球变暖这一复杂问题。各国政府希望制定全球气候变化条约，并将召开会议讨论其条款规定。

苏联解体后欧洲发生的巨大政治变化，使所有这些问题趋于复杂。这些变化打开了前苏联集团国家的能源、环境和安全问题的窗口。

有关所有这些方面的首要信息是，虽然已取得一些重要进展，但还不足以庆贺。在这一政治、环境和经济变动中，确保可持续发展将不是容易的、快的或代价小的事。

对 IAEA 来说，这些广泛的需求是构筑更强有力的法律和技术基础以支持那些正在利用或打算利用核能方案的国家保持安全、清洁和有竞争力的核能发展的依据。各国也试图更明确地证明，各种核技术可以帮助解决特定的能源和环境问题。为这种新基础所构筑的主要平台包括：

- 为核动力、辐射应用和放射性废物管理的重要领域服务的，被加强了的和更加一体化的全球安全制度。该制度涵盖新的法律协议和被加强了的安全服务。（见第 31 页方框。）

- 在以下方面向各国提供更加专业化的技术支持：实现更好的核电厂实绩；升级改造或拆除较老的机组；开发

先进型动力堆；管理存量越来越多的核乏燃料；以及在特定条件下比较总的能源和电力方案。

- 技术援助和研究项目，目的是帮助更多的国家建立和改进其核及辐射技术安全使用的监管基础设施，和提高所有领域内的废物管理能力。

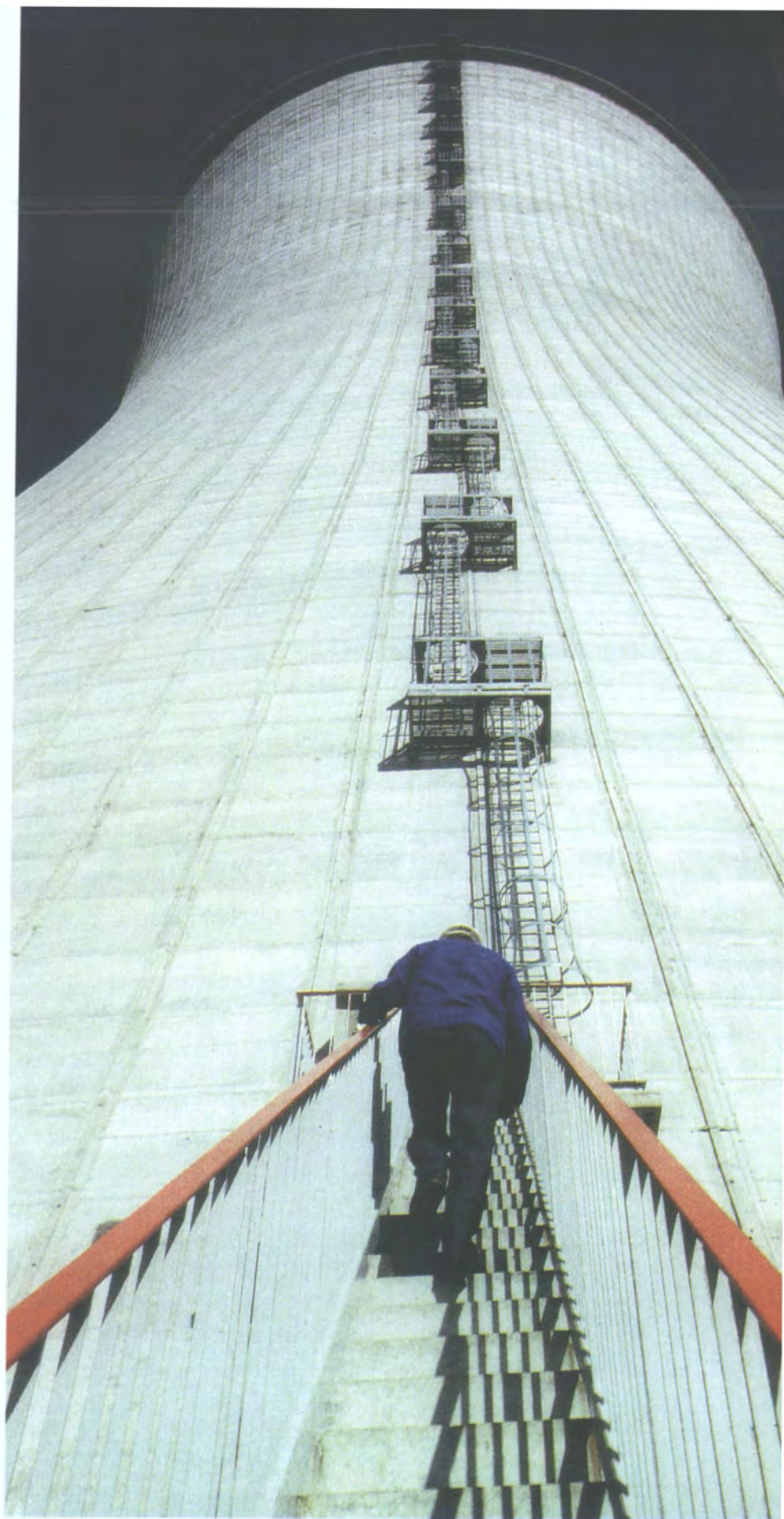
- 对与过去核实践产生的“历史性”放射性废物有关的评估和以核为基础的技术在气候变化、环境污染和海洋生态威胁研究中的特定应用的科学支持。（见第 37 页方框。）

当 1986 年这 10 年开始时，26 个国家正准备庆祝核动力经验方面的一个里程碑：他们的 397 台发电机组总的商业运行经验接近 4000 堆·年。然而，4 月发生的切尔诺贝利事故改变了一切，给 IAEA 带来一段难捱的时光。事故发生后的 5 个月内，在国际社会关注下参

照片：向法国比热伊核电厂顶部攀登。法国大多数家庭、商业和工业依靠核电。（来源：Setboun/Rapho Agence de Press Photographique）

与机构工作的有关国家作出其首次响应：它们商定并通过了有关核安全问题的两项新的全球法律协议，发表了有关此次事故的首次权威性报告，并开始实施扩大安全服务和援助的计划。在整个10年中，法律和技术安全制度得到了加强，而且今日有更多新的内容仍然在考虑中。同样重要的是，社会、健康、食品、环境和核等方面的科学家曾通力合作，澄清切尔诺贝利事故的实际的和潜在的后果。（见第24页。）

从核动力发展的角度来看，这起事故对少数几个国家运行中的为数不多的苏联设计机组有着根本性影响，而其技术上的负面影响，则象其落下灰一样远远超越国境。吸取的教训渲染了确保整个工业范围内“安全文化”的必要性。由于商业和环境原因，加强安全网和帮助赢回在许多国家失去的公众支持的措施很快获得势头。有几个国家的工业界和政府试图逐渐放弃他们的核电计划，而另一些国家则暂停或推迟了建造和计划好的项目。从记录来看，大多数国家政府比较长远地和有保留地看待这个问题，保留支持核



有多严重？

评估全球变暖威胁的严重性——和评价现有的和可能的响应措施——多年来一直是科学家的艰巨任务。到90年代中期，有过一个国际科学共识：参加国际气候变化小组(IPCC)研究工作的2500名专家发表一份报告，给出一个谨慎但直截了当信息：如果能源技术保持不变，需求大大增加，那么下个世纪平均温度可能上升1—3.5℃。这可能引起海面上升50 cm及接踵而来的沿海低地和热带岛屿被淹，气候悬殊扩大以及森林和庄稼地遭到破坏。IPCC的观点虽引起质疑，但一直未被改变。

这个问题是复杂的，而

且预测值带有相当大的不确定性。为更充分地认识和量化这一不断变化的气候情景，科学家需要大量的数据及得力的分析工具和模型。其中包括同位素技术。采用同位素技术，科学家可通过测量冰芯、古地下水、湖泊沉积物来研究历史记录，并根据所得结果估计人类活动的影响。这些资料有助于预测对森林生态系统、沙漠化和水资源的潜在影响，以及洪水和干旱可能发生的情景。就精密确定温室气体大气预算，尤其是它们的源和汇，从而预测和判定气候变化的影响而言，同位素技术也是不可或缺的手段。

一些长期研究，也在追踪碳在海洋和湖泊迁移和沉降的情况。IAEA科学家在过去10年里利用其设在摩纳哥的实验室，加强了调查碳从其源到海洋不同深度的迁移的工作，即收集沉降海洋粒子和用同位素方法对其进行分析的工作。

为支持研究，总部设在日内瓦的世界气象组织(MWO)和IAEA运行着一个用于追踪和分析降水中主要同位素的全球网。到90年代中期，该网包含来自世界450多个地点的数据。

IAEA支持的另一一些计划使一些专家参与评估全球变暖威胁的响应措施，并经常向其提供以计算机为基础的工具供他们

电的安全推广使用或使该方案处于备用的步骤。

到90年代中期，核电的前景似乎更加暗淡。但是核电的光明仍在——所需电力的相当一部分是由核能提供的。根据提交给机构数据库的报告，自1986年以来，每年都有大约5台新的核电机组——共47座——投入运行。核电在世界总发电量中的份额一直比较稳定，在90年代只是略微有所上升，到1997年达到17%。目前，

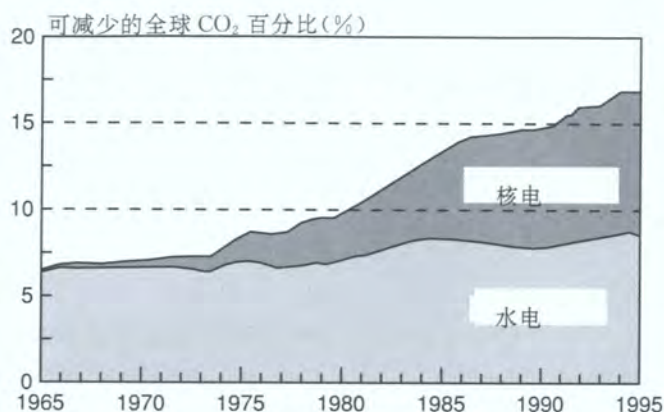
与以往相比更多的国家利用核能发电的份额占其总发电量的1/4或1/4以上——1996年有17个国家，比10年前多了7个(其中包括新独立的国家)。到1997年，有440多台核电机组在31个国家运行。这些机组生产的电力比10年前苏联各种能源来源生产的电力多约50%。

尽管在过去的那几年里，预测家所预测的整个能源前景曾令人感到沮丧，但

到了1997年，预测表明，世界能源需求会迅速增长并持续到下个世纪。分析学家说，为赶上日益上升的人口增长和经济增长，发展中国家的能源需求增长将是最快的。据世界能源会议预测，从较长期来看，今后25年内世界各地的能源需求可能攀升50%—75%。任何增长率都将继续与化石燃料燃烧密切相关。1997年，化石燃料继续提供着所使用的商业能源总量的近85%。化石燃料燃烧发电的同时，还向大气中



核电和水电可减少的 CO₂ 排放量



分析时使用。为支持各种能源方案,尤其是发电用能源方案的比较性评估,一个称为 Decades 的多机构项目于 90 年代启动。过去 10 年报道的比较性研究的结果表明,与烧大量煤发电的国家相比,广泛采用核动力和

水电的国家的 CO₂ 排放量低得多。在全球范围内,核能发电量约占世界电力的 17%。这一产量已帮助一些国家避免了相当数量的 CO₂ 排放,使 1995 年世界总的 CO₂ 排放量减少约 8%,或大体上和水电帮助

减少的 CO₂ 排放量一样多。

除核电外,IAEA 项目还帮助开发诸如地热能之类的其他“清洁”能源。在萨尔瓦多和菲律宾等国家,机构支持的项目一直在帮助评估和进一步开发地热资源。人们借助核分析技术曾可靠地评估萨尔瓦多古火山内部深处的温度和液体流动情况,并找到一些有开发潜力的新的地热田。获得的数据有助于节省若干百万美元的钻探费用和其他费用。萨尔瓦多地热生产预期使石油进口费用减少约 900 万美元。——基于 Klaus Froehlich, Lucille Langlois 女士, Jane Gerardo-Abaya 女士, Florin Vladu, David Kinley 和 Murdoch Baxter 的报告。

释放 CO₂ 和其他温室气体。两种主要的备选方案,即不排放碳的水电和核电,在总能源中所占的比例不足 15%。目前,所使用的能源总量中仅有约 1% 来自太阳能和其他可更新能源。由于环境问题和明显的全球变暖现象引起人们的密切关注,越来越多的人想知道我们还有什么锦囊妙计,目前能够做些什么。(见上面方框。)

在过去 10 年的能源市场中,政治和经济的变化也一直影响着人们的思想和市

场发展方向。尽管节能和其他提高效率的措施对抑制总的能源增长率有所贡献,但有关研究仍然发现,电力消费和经济增长是并行的。

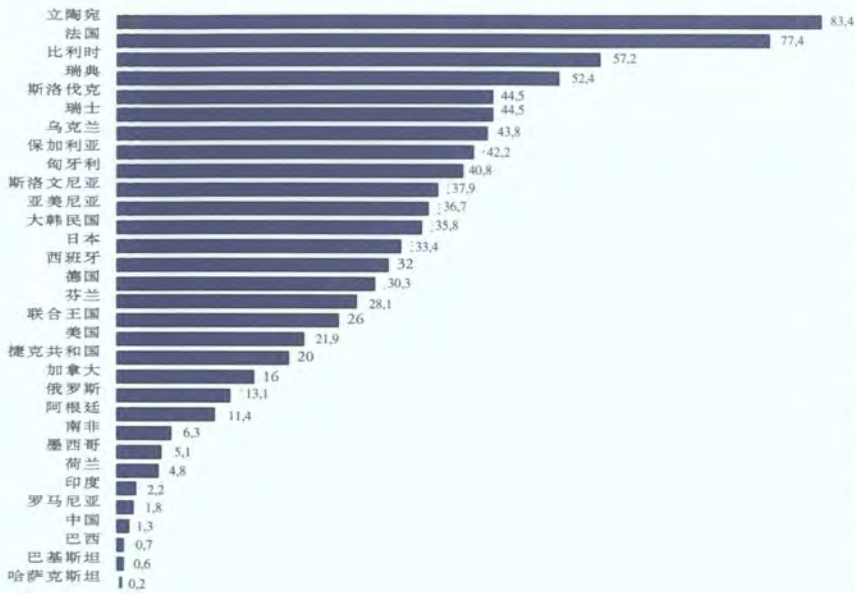
随着这 10 年的发展,出现了其他变化。它们影响了能源趋势,包括核电的趋势。在一些工业化国家,一些“最低成本”发电方案在逐渐解控的电力市场中变得更为重要。引出的一个结果是,对核电厂实绩的政治和经济压力增大。在其他一些处于更不景气时期的国家,核工业界

的中心任务是保留一批拥有必要的专门技术和运行经验的人员。在市场取向经济正在起步的国家,经济来源成为问题:为训练有素的核电厂人员筹措每月的工资成为超越国界的能源和安全问题。

在世界范围内,到 90 年代中期,核工业界接近达到另一个里程碑:它们的核电机组运行经验累积接近 8000 堆·年。

在发展中国家,核电发展趋势仍然扑朔迷离。一些

截至 1997 年 1 月的核电占总发电量的份额(百分比)



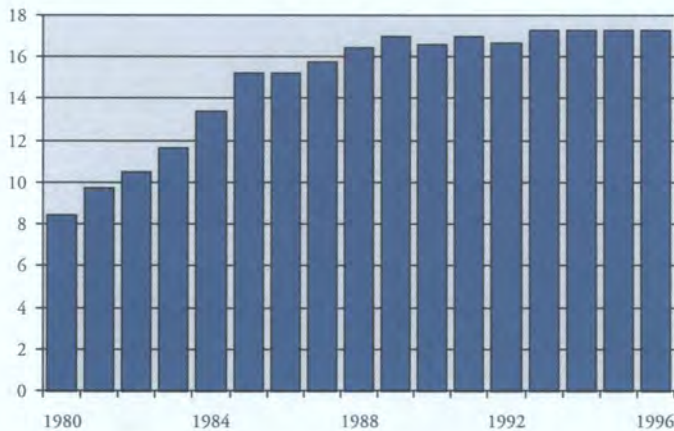
元(不包括利息)。这个金额仅占那 10 年中每年花在武器系统方面的所有费用的约 60%。即使现在,发展中国家的发电容量依然短缺。任何能源项目尤其是资本密集型的核电项目的筹资,是一个难题。在发展中国家中,10 家约有 7 家用不上电。

在整个 90 年代,世界银行、IAEA 和其他组织都在努力解决这一筹资问题,并实施了一些特殊项目和计划,以帮助有关国家确定和评价各种不同类型的筹资办法。一些切实可行的方案被提出,并用在一些国家。

还有一些专家致力于克服许多发展中国家核电发展的另一个障碍:与国家电网容量相比,典型商用核电机组容量太大。他们还审议了对较小型发电机组的需求和市场。俄罗斯、阿根廷和其他发展中国家,成为较小型核动力堆的潜在供应者。此类较小型动力堆的更多应用的可能性被研究,虽然应用主要在为居民点和工业需求供热或为淡化设施提供动力等非动力方面。(见第 20 页方框。)

核电增长情况

1980—1996 年,占总发电量的百分比



国家如一些亚洲国家大量投资核电厂建设,以便使自己摆脱对外国供应(主要是石油)的依赖和花费或摆脱对煤的严重依赖。在过去 10 年里,中国用电量平均以每年 10% 的速度增长,并计划建造 16 座大型煤电和核电机

组以帮助满足下个世纪的需求。

在 1986 年这 10 年开始时,世界银行曾在 IAEA 的一次会议上估计说,为满足发展中国家预计不断增长的电力需求,到 1995 年底需要在电力方面投资 5220 亿美

总之在经济方面,研究结果表明核动力可与有竞争力的燃料相匹敌。与其他组织一起所做的分析表明,核电成本与煤电大致相同,在某些与天然气的相同。核电

(下转第 33 页)

安 全 第 一



在过去 10 年里一些里程碑已经达到,另一些里程碑也接近达到,从而加强了全球核和辐射安全的法律框架。许多国家实施了机构主持制定的一些新的国际协议,这些协议从法律上责成这些国家达到和保持高的安全水平。在过去的 10 年中,许多国家的主管部门也愈来愈多地从机构经过长期工作提出的建议性安全标准中借鉴一些指导性原则,或将其完全纳入自己的法规中。这些标准中有一些在 90 年代进行了重新修订或制订。

得到 IAEA 支持的这些国家今后面临的挑战,将是有效地履行这些法律协议,并保证更严格地遵守既定

的安全标准,这些安全标准的目的是为了帮助各国避免发生严重事故造成损失。在工业辐射加工设施中,过去 10 年发生了若干起涉及工人的严重事故,而这些事故本来是可以避免的。在两份新的报告中,IAEA 的专家们分析了最近发生的几起最严重的事故,并提请人们注意从这些事故中应吸取的具体教训。

加强的法律框架包括:

●《核安全公约》。各国于 1996 年通过了这一责成各国达到并维持高的安全水平的里程碑协议。各国有责任在陆基核电厂监管、管理和运行的主要领域达到国际标准。公约的一个中心内容是

采用外部同行评审程序,评审有关各国为履行其义务而采取的措施的本国报告。第一次评审会议预定于 1999 年 4 月举行。至 1997 年 8 月,已有 40 个国家加入该公约,包括几乎所有拥有核动力计划的国家。有 65 个国家已签署该公约。

●《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》。这项由各国在 IAEA 经过 2 年的磋商制定的公约,于 1997 年 9 月在维也纳外交大会上通过。它涵盖在民用方面的应用,并责成缔约国采取适当的措施以确保放射性废物和乏燃料得到安全的和与环境相容的管理,并防止发生有放射学后果的事故。它包括召开定期会议对国家报告进行同行评审。

●《修订核损害民事责任 1963 年维也纳公约的议定书》和《补充筹资公约》。各国于 90 年代在 IAEA 对这两个均用来修订核责任国际制度的文件反复进行商讨。在 1997 年 9 月的维也纳外交大会上,各国通过了这两个文件。

●《核事故及早通报公约》和《核事故或辐射紧急情况援助公约》。这两个公约是在 1986 年切尔诺贝利事故后几个月内被通过的。第一个公约为那些可能涉及超越国境的放射性落下灰的潜在严重核事故,规定及早报警和

通报制度。可以直接或通过 IAEA 向受影响国家通报。IAEA 建有应急响应系统,作为它的联络点。顾名思义,援助公约规定各国有义务促进紧急援助并向 IAEA 通知本国可提供援助的专家、设备及其它物资。截至 1997 年 8 月,已有 78 个国家加入通报公约,74 个国家加入援助公约。

●《核材料实物保护公约》。该公约于 1987 年生效。它涉及国际核运输中的物质的安全问题,规定缔约国有责任确保在其领土内的或在其船舶及飞机上的核材料得到实物保护。1992 年,在维也纳召开第一次审议大会。会上各缔约国重申了其承诺。各缔约国还坚信,该公约为下述两方面的全球合作提供了适当的框架:被窃核材料的保护、追回和返还;对涉及核材料犯罪行为者适用刑事制裁。截至 1997 年 8 月,已有 57 个国家加入该公约。

IAEA 的建议性核和辐射安全标准包括:

●《国际电离辐射防护及辐射源安全基本安全标准》(BSS)。90 年代中期达到了一个里程碑,即经过 IAEA、世界卫生组织(WHO)和其它三个组织的空前国际努力,推出了经修改的全球辐射标准。BSS 涉及对大范围活动的一般要求和详细要求,是过去 10 年中积累的大量新科技资料的结晶。这些

标准吸收了国际放射防护委员会(ICRP)1990 年引入工作人员和公众辐射剂量下限值的推荐意见,还包含了该委员会的下述建议:应该考虑一个以上辐射源造成的照射,包括事故的潜在危害。还有一系列支持文件作为对 BSS 的补充,这些文件为这些标准的应用提供了具体指导性意见。

●《核安全标准》(NUSS)。作为该领域内的一个支柱,广泛的 NUSS 建议性规范和导则,涉及的是核电厂。有关课题涉及政府组织、选址、设计、运行和质量保证。在过去 10 年中对 NUSS 规范和一些导则进行了修改,采取的措施包括 1996 年发表的 15 份有关质量保证的文件。针对研究堆的设计与运行,机构还制订了单独的安全标准。

●《放射性废物安全标准》(RADWASS)。这些通过 90 年代初开始的一项计划拟订的标准,借鉴机构自其成立以来颁布的有关废物管理的许多安全文件。它们涵盖与安全管理有关的许多课题,包括来自核设施、医院、工业和研究部门的废物的贮存和处置;还涵盖废物排放、设施退役和环境恢复问题。这份于 1995 年颁布的重要文件为放射性废物的安全管理提出了基本方针和概念。目前在一些支持性文件中,对这

些基本方针和概念进行了详细说明。

●《放射性物质安全运输条例》。该建议性条例于 1961 年首次颁布,所规定的一些基本规则现在大部分已为世界各国实际运输所有放射性物质所采用。该条例的目的是保护公众、运输工人、财产和环境在放射性物质运输期间免受辐射照射影响。其修订版于 1996 年出版,考虑了 ICRP 1990 年提出的推荐意见和机构的《基本安全标准》,还提出了用于空运的新的货包类型,这种类型的货包与现有的货包相比必须满足更严格的标准,并制定了支持该条例的若干安全导则。

对 机构所有的标准来说,它们的总的水平近年来普遍得到提高。90 年代中期,在新成立的核安全司的领导下,开始启用一种更新的和更加统一的制订和修订过程。还建立了 5 个相互关联但彼此独立的咨询组。每个组由约 15 名成员组成,均为高级政府官员。其工作是从经协调的授权范围角度,审议和指导安全标准计划。——基于 IAEA 辐射与废物安全处处长 Abel Gonzalez 和机构法律处工作人员的报告。

照片:德国的一座核电厂。核电厂占该国电力的 30%。

(上接第 30 页)

的一个方面——相对低的燃料成本——在 90 年代出现好转。铀市场明显回升。有关铀资源底数和产量的全球评估也变得更加全面。在 IAEA 的一次技术会议上,来自俄罗斯和前苏联集团其他国家的重要数据首次被提供。

由于 IAEA 在核动力领域中的参与,过去 10 年不断发展的经济和环境现实变成新的挑战与机遇。总的说来,技术计划越来越贴近电厂安全、实绩和与废物相关的问题。

一个首要目标是帮助更多的国家在机构国际标准的框架内建立更好的安全与可靠的核运行能力。

在过去 15 年内,机构在与核安全有关的培训和硬件支持方面提供的技术援助项目共投资 1 亿美元。这些援助主要提供给 17 个正在利用或考虑利用核动力的发展中国家。机构的技术援助包括,帮助它们建造培训核电站运行人员用的现场培训模拟机。第一台建在匈牙利,使用了德国和波兰闲置机组的剩余部件。90 年代初,机构最早指出了保加利亚科兹洛杜伊电厂的缺陷。这些发现促进了通过 IAEA 不断扩大的安全计划提供的援助。机构还呼吁各方需要共同加大

努力,来解决该电厂和其它中东欧类似电厂中的问题。在保加利亚,技术援助此后已扩展到地震评估方面,在其它几个国家也是如此。其目标是帮助确保核电机组能够承受住地震的冲击,甚至能承受住震级高于过去 10 年间日本反应堆成功经受住的那次地震。

重要的是,在过去 10 年中通过机构的努力,已帮助在一些核电厂建立了更好的预防性维护和运行管理措施。通过实施使培训方法和仪表系统达到现代化的计划,上述工作已从切尔诺贝利型机组扩展至其它堆型机组。对相当大比例的电厂事故进行了同行评审和技术分析,以便“吸取教训”。IAEA 支助或发起的全球信息网和与各国监管系统结合的安全服务,是有利于开展上述活动的重要因素。

在世界范围内,整个 90 年代核电厂的运行实绩有所提高。机构的评估跟踪一个通用的指标——“能量利用因子”。它表示机组实绩与其容量的接近程度。该因子在 90 年代增加近 7%,到 1996 年平均接近 80%。另一个指标——机组停役能量损失——下降至 5% 以下,与化石燃料电厂的大致相等。运行中的主要堆型——轻水

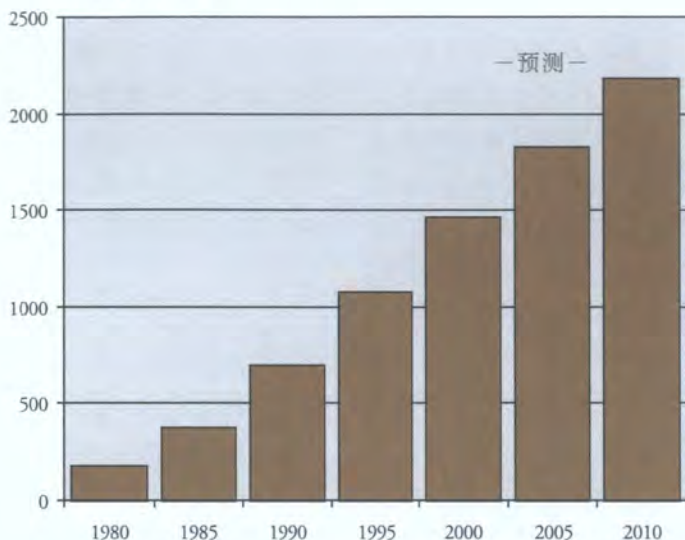
堆的核燃料的运行性能也有改进。90 年代,IAEA 支助的燃料研究扩大到 26 个国家和 3 个国际组织。燃料性能研究方面的技术援助,已经扩大到东欧一些新独立国家并涉及到在那里运行的反应堆使用的燃料类型。

众所周知,在这 10 年中一些国家已引入了下一代发电机组。新型设计的共同目标包括更大的可靠性,更好的经济性和更高的安全性。不同类型先进核电机组研究与发展方面的年投资额,1996 年已增至约 20 亿美元。主要精力集中在既吸收现有机组的最好特性又增加其它一些特性的“渐进”型概念上。到 1996 年,在远东、欧洲和北美一些类型的先进反应堆已投入运行或即将运行,而其它类型还要花费更长的时间进行开发和论证。IAEA 的先进反应堆设计开发国际工作组在这项合作活动中起了重要作用。专家们定期召开会议以交流经验,并就研究需要尤其是涉及发展中国家和工业化国家的研究人员之间的技术和信息联系的需要,向机构提出建议。在过去 10 年中,日本、法国和欧洲核研究中心(CERN)对另一种类型的未来核能系统产生了更大的兴趣。这种系统依靠称为加速器的能产



总的钚产生量

按年分列(吨)



生高能质子流的机器,其吸引力在于与裂变反应堆技术结合,有望在利用核燃料发电的同时消除钚和长寿命放射性物质。

核燃料循环“后端”出现的一些新的现实问题意味着不得不对其进行调整。管理量愈来愈大的乏燃料成为许多国家的紧迫问题,也成为机构工作中优先考虑的一个问题。1985年,世界上乏燃料累积存量约为30000吨重金属。现在估计到世纪之交其存量将为现在的6倍,机构的分析家预测在那之后其存量将会稳步增加,尽管速度将会放慢。虽然这些废物的量相当大,但与化石燃

料电厂产生的大部分被排入环境的废物相比,则要少得多且更易于与环境相隔离。乏燃料要么进行后处理,要么整備以便封隔于专设贮存设施中。在这种设施中存放较长时间后,其放射性水平会大大降低。为支持各国在燃料安全贮存和管理方面的努力,IAEA扩大了其技术、研究和咨询服务。服务对象主要是开始启用贮存设施的国家,和研究乏燃料在贮存设施条件下存放50年后的变化的国家。

为了接收大多数类型的放射性废物,到1997年已开放或已规划建设更多的专设处置场地。但是,政治决定使高放废物和乏燃料专设深地质处置库建造计划的实施放

慢。(见第39页方框。)

从其它方面来看,这一令人忧虑的问题源于某些人所称的“钚经济”。冷战结束后,一些核武器被拆除,一些钚有控制地进入民用市场。美国已宣布50吨钚属于多余。有人认为,俄罗斯也将释出同样多的钚。总的说来,人们的担心主要由于下述因素而加重:为重新使用钚而使后处理工业得到发展,和更多能够烧钚的快中子增殖反应堆推迟商业化。这些因素均促使全球钚存量不断增加。(见图。)

通过IAEA采取的行动包括:建立数据库和采用一套方法跟踪存量并可靠地预测它们;制定细则以安全处理和贮存大量分离钚;从不同燃料循环概念角度,建立一套方法以处理与核扩散有关的问题。IAEA一直在促进协调用于防止从武器中拆出的钚可能重新用于武器和保护公众免受其辐射所需要的管制措施。

其它问题则只是由该工业逐渐老化引起的。到90年代中期,一些国家在核动力作为商业能源应用方面已达到40年,许多核电机组已经有几十年的年龄。人们对《金融时报》所称的“核老年科学”重新产生兴趣。世界上有100多台机组接近40年这一退役年龄。它们有许多被指定退役,退役过程涉及场

地清理和恢复。其它的正在更新和升级以便将其寿期延长约 20 年。更多的国家开始通过 IAEA 的渠道寻求一些指导原则,以学习核工业中在“寿期延长”方面正在采取的最佳作法和在退役与场地恢复方面所获得的经验。重要的是,机构最近颁布了有关这类活动的临时细则,以便更充分地阐明其安全标准。

在这些问题中,与老化有关的问题还影响到世界几百座研究堆。这些堆主要用于科研及医疗和其它领域用同位素的生产等活动。这些堆大多数建于 60 年代。

研究堆设施乏燃料的处置和安全贮存不仅是一个特殊的技术问题,也是政治问题。目前约有 60 个国家在运行研究堆。当这些研究堆大多数在 25 年前建成时,人们曾设想将其乏燃料最终运回其国外供应商,主要是美国和前苏联。

90 年代中期,机构为评估研究堆状况和帮助运营者确定及采取补救措施的工作有所加强。这方面的工作包括实况调查组出访、培训班和关于乏燃料最佳贮存方法的技术咨询服务。它还包括与美国、俄罗斯和其它国家的政府主管部门就可能采取的进一步措施进行合作。美国已制定一项计划以回收其以前为研究堆提供的燃料产

生的乏燃料。随着这十年临近结束,人们鼓励俄罗斯联邦主管部门也采取同样的行动。

现 阶段的前景是什么? 在这十年结束以前这一点已显而易见:核动力的前景和相关的 IAEA 计划的未来都依赖于几个关键的因素。正如 David Fischer 在其关于机构史的著作中写到的那样,这些因素包括:

- 未来对电力的需求,尤其是经济增长趋势最强劲的亚洲的需求。
- 燃化石燃料和核燃料发电的相对成本。
- 北美和西欧大多数国家电力需求停滞。在上述大部分国家中,唯一迅速增加的发电能源是天然气。
- 维持核能(包括其废物产物)优良的安全记录以消除切尔诺贝利事故留下的记忆。
- 说服公众相信放射性废物能够被处置好,且不会危及后代健康。处置技术虽已成熟,但缺少公众信任。
- 最后是世界将如何认真地面对全球变暖的威胁。全球变暖主要由化石燃料产生的“温室气体”引起的。这种情况在北美和西欧尤其如此。在那里,除法国外,除非采取坚决措施限制利用化石燃料发电,否则看来核能计划不

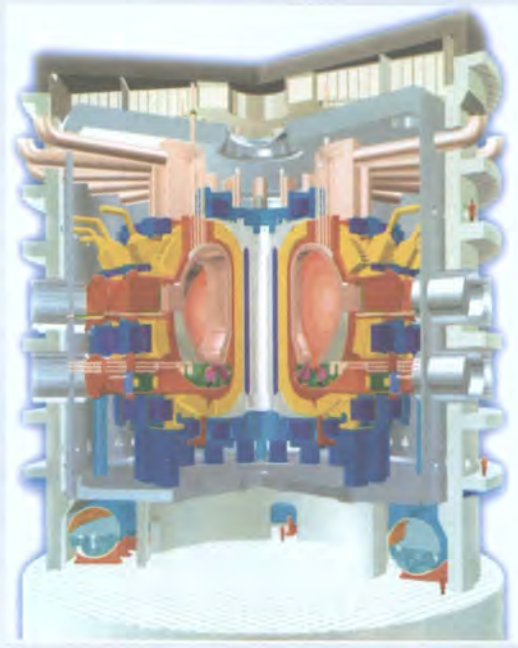
可能得到发展。在两个亚洲国家,即中国和印度也是如此。那里的能源消费和煤炭燃烧,在下一个世纪看来会有大量增加。

Fischer 先生认为,从全球来看,如果拒绝核方案,世界能源发展将会偏离正确航向。气候变化政府间委员会(IPCC)是评估温室气体对世界气候影响的主要国际机构。他指出,虽然 IAEA 向该委员会提供过大量材料,但 IAEA 1994 年曾公开发表下述见解:该委员会 1994 年所做的草案评估未能“充分反映核能在满足能源需求及同时减少二氧化碳排放量方面可能做出的潜在贡献。”随后,经济合作与发展组织(OECD)国际能源机构负责人在联合国会议上发言指出,“最近 25 年,核能(已)在减少 OECD 国家能源经济的碳密集度中起到相当重要的作用。”

Fischer 先生得出结论说,尽管如此,“……过去这些年的情况表明,说服几乎所有有关国家,尤其是如印度和中国等发展中国家的政府和能源主管部门支付减少二氧化碳排放量所需的费用,以及说服公众相信核能是解决全球变暖问题的可行方案之一将是一项困难的任务。IPCC 不承认核能的这种潜在有益作用,是这方面的另一潜在因素。”

过去 10 年,世界一些最优秀、最聪明的科学家小组,承担了使世界更接近于论证核聚变动力的重要技术任务。核聚变是太阳和星球的动力能源。在机构支持下,这一领域的国际合作在 80 年代末通过日本、俄罗斯、欧洲联盟和美国的四方倡议得到扩大。称作国际热核实验反应堆,或 ITER(见图:注意该模型规模可参比其前面站立的人)的这一合作项目是为证实聚变作为有潜在安全和环境上可接受的能源在科学上、尤其是技术上的可行性而建立的。聚变的主要燃料——氘和氚,分别取自海水和储量丰富的锂——和其最终产物即惰性气体氦,既无毒、无放射性,也不会导致“温室效应”。1990 年末,科学家们成功地完成了 ITER 托卡马克聚变堆的概念设计。两年以后,他们开始了工程设计阶段。这一阶段的大量工作,将占去这 10 年的大部分时间。到目前为止,四方还未正式承诺建造这个聚变装置,一些技术和财政问题已经出现。除 ITER 项目外,国际上正在研究其它聚变概念,其成果是通过 IAEA 支持的全球会议、研究计划和 IAEA 的科技杂志《核聚变》加以记录和分享的。如果技术和经济上的障碍能被克服,这 10 年的巨大努力,

提供能源的“小太阳”



可能使聚变发电的希望更接近于在 21 世纪的市场上得到成功验证。
—— 基于 Thomas Dolan, Franz-Nikolaus Flakus 和 David Fischer 的报告。

世界目前为更安全、更清
洁的能源发展所做努力
将导向何方,仍待观察。也许
超导或商业热核聚变(见上
面方框)会比现在所预计的
更早得以实现。科学家——
如在 IAEA 支持下由联合国
教科文组织(UNESCO)在意
大利运作的国际理论物理中
心的科学家——也许会在太
阳能或其它有希望的能源方
面取得突破,就象他们几十
年前实现核能的商业应用

一样。
对于 IAEA,它在今后
若干年中不断发展的作用几
乎肯定会受本文开头提出那
个大问题——各国政府如何
决定驱动和策划今后的能源
发展——的答案的影响。其
中 12 月份将于京都举行的
有关气候变化会议,也许有
助于确定一个重要战线的推
进速度。——Lothar Wedekind
基于汉斯·布利克斯博士、
Victor Mourogov、Zygmund

Domaratzki、Morris Rosen、
Juergen Kupitz、Poong-Eil
Juhn、John Cleveland、Boris
Guerguiev、K.V. Mahadeva
Rao、Iain Ritchie、Candace
Chan-Sands 女士、Bela J.
Csik、Viktor Arkhipov、
Noboru Oi、James
Finucane、Arnold Bonne、
Royal Kastens、Lucille
Langlois 女士、Leonard
Bennett、Evelyne Bertel 女
士和 David Fischer 的报告。

足迹遍布全球

在过去 10 年中,许多国家要求机构提供评价放射学状况和环境污染威胁方面的科技专门知识。最引人注意的是对 1986 年切尔诺贝利事故的响应。(见第 24 页。)在 90 年代初期到中期,一些国家为响应某些严重关注的问题,曾请求机构提供援助。

● 1991 年海湾战争结束后,IAEA 海洋环境实验室的科学家们应邀来到科威特沿海地区,调查和分析油田大火造成的污染危害,那场大火烧掉了 5 亿桶原油。在权威科学杂志《自然》上首次发表的世界环境评估报告中刊载了此次调查的初步结果。出人意料的是,这些结果表明,在火源周围约 400 公里的范围内都受到了最严重的油气污染。到 1992 年,油污染物降解,仅剩下稳定的化合物,而且污染水平下降到 1991 年的一半。到 1993 年下降的速率开始变慢,据说是商业油轮恢复航行和由此产生的“经常性”漏油造成的。海中油污染物的浓度 1991 年 8 月最高,当时的试验表明对海洋幼虫具有很大的毒性,这一影响到 1993 年才大大

减小。这件事证明了核技术可以与其他方法有效地结合起来追踪油污染的起源和移动,并有助于评估损害情况。

● 在里海和黑海沿岸地区、泰国和其他国家,机构小组在这 10 年中遇到了其他一些问题。例如在里海地区,为了找出里海海面不断上升的原因和找到防止海水淹没城市和耕地的方法,机构向 5 个国家提供了环境监测活动方面的援助。机构的另一个全球性项目涉及同瑞典国际开发署合作用同位素方法研究威胁海岸地区环境和渔民生计的农药流放问题。

大约 80% 的海洋污染是由人类在陆地上的活动(污水排放、工业废物和化学污染物)引起的。1995 年,成员国通过了一项全球行动计划,被誉为是使人与海洋之间保持更加“可持续的相互作用”的第一个计划。完成这一艰巨任务可能要利用机构的专门知识。已筹划了十几种方法,利用这些方法机构的专门知识或许有助于这一行动计划的实现。

● 在东欧和中欧国家,对铀



矿开采和水冶产生的放射性污染的认识已提高;这种污染已成为危害健康和环境的一个严重问题。在 1993 年和 1995 年,机构开始致力于帮助这些国家评价污染情况,并采取卓有成效的补救措施着手恢复被污染的土地。截至 1997 年,有 15 个国家参加了两个补救项目的工作,其部分成果已由机构发表。在保加利亚、捷克共和国和斯洛文尼亚等国家机构已开始实施一些新的项目。

● 在北极海洋,通过 1993—1996 年间实施的一个内容广泛的项目,评估了倾倒在新地岛核试验场附近浅水域中的放射性废物对健康和环境的潜在影响。这些废物包括 6 座潜艇反应堆中的乏燃料和 1 座破冰船反应堆燃料组件中的乏燃料。在国际海事组织的支持下,机构根据其在《伦敦公约》中承担的有关防止倾废污染的义务,发起了一项研究,有 14 个国家的 50 多名专家参加了这一项目。该项研究发现,倾倒的废物对当地典型人群组的放射学风险不论现在还是将来都很小。该项研究还得出如下结论:单从放射学情况来看,没有理由实施补救行动计划。专家们认为,应当考虑进行有限的环境监测,以便探知倾倒的高放射性废物的状况的任何变化。在 90 年代中期,机构的海洋科学家还应要求对太平洋西北地区过去的放射性废物倾倒场地的研究工作提供支持。他们参加了由日本、大韩民国和俄罗斯共同组织的两次科学考察。考察报告预期今年发表。

● 1994 年在哈萨克斯坦,机构的一个专家小组对称为塞米巴拉金斯克的前核试验场进行了评估。令人担心的是居住在试验场外面但邻近试验场边界的约 4 万人所处环境的放射学状况,核试验产生的放射性烟羽曾屡屡从其

上空飘过。专家小组发现,这些定居点的居民并没有放射学风险之虞。不过,专家小组还注意到,距试验场非常近的地方一直没有受到限制,而且正在重新成为居民点。该小组认为这些地区的辐射水平相当高,因此有理由敦促主管部门出于安全原因禁止人们在那里定居。

● 这 10 年来,主要是欧洲和北美国家,要求加强对住宅和其他建筑物中天然氡水平的关注的呼声很高。世界各国通过 1990 年在伊朗召开的关于高水平天然辐射的国际会议对这一问题的认识有了进一步的提高。来自 30 个国家的专家出席了这次由机构、世界卫生组织及其他机构联合组织的会议。在 90 年代初期,机构和欧洲国家发起了一项为期 5 年的氡研究计划,在分析方面支持国家的监测活动。50 多个国家参加了 51 个单设项目,对从户外、工作场所和住宅中测得的氡测量值进行了实验室分析。

● 1995 年末,成立了由来自 7 个国家、机构、世界卫生组织和联合国原子辐射效应科学委员会的专家组成的一个咨询小组,旨在评定从位于比基尼环礁的前核试验场疏散的那些马绍尔群岛人提出的问题。比基尼人在 40 年代中期核试验开始之前曾经回到马绍尔群岛定居。过去几

十年的科学放射学研究以及最近他们重新定居的方式,都没有能使他们确信他们可以安全地返回环礁居住。咨询小组得出的结论是,可以采取技术上和财政上可行的补救措施,遵照国际放射防护原则,让比基尼人重返家园。如果要采取这样的补救措施,该小组建议对食品进行监测,以保证该对策的有效性。为解决比基尼人担心的问题,由机构支持的进一步活动正在考虑之中。

● 对南太平洋穆鲁罗瓦和方阿陶法环礁上的前核试验场现在的和将来的放射学状况的评估工作始于 1996 年,由法国提出并主要由其资助,目前在由全球专家组成的国际咨询委员会的指导下进行。9 个国家的 11 个实验室参与陆地样品的分析;6 个国家的 6 个实验室参与海洋样品的分析。1996 年 7 月进行了取样和监视活动。机构的塞伯斯多夫实验室及其海洋环境实验室的科学家积极参加了监测和分析工作。正如咨询委员会在今年的若干次会议上所报告的那样,研究工作正在按计划进行,将于 1998 年上半年完成。

——基于 IAEA 文件和 Kirsti Sjoebloom 女士、Gordon Linsley、Murdoch Baxter、Candace Chan-Sands 女士、Pier Roberto Danesi 和 Jasimuddin Ahmed 提供的报告。

核废物处置之路

论证放射性废物贮存和处置的安全性这项任务,过去 10 年来一直比较艰巨,因为要解决人们关注的许多问题。这些问题大多数来自政治上的若干决定,即推迟建造或使用为处理高毒性和放射性乏燃料及核废物而专设的处置库的计划的决定。一些国家开展了耗资巨大的净化活动,以消除过去在军用和民用领域进行的废物贮存和处置作法造成的影响。然而,大多数国家却在验证解决实际存在的和已被认识到的问题方面,悄无声息地取得了较大的技术进展。

IAEA 在 90 年代中期所作的一项调查表明,有关经验正被推广应用。目前全世界有 100 多个处置设施,用于低中放废物(LILW)的就有专设地下处置室、地质处置库,等等。另外还有 42 个处置库处于开发阶段。它们全都依赖于多重防护措施和运行与制度管理。机构的工作重点在于通过技术出访、研究计划、安全服务和其他途径促进成熟技术和方法的传播,向各国提供援助。在建立地区性多国用处置库(即场地设在一个国家,接收来自其他国家的废物)方面,机构同一些感兴趣的国家继续开展工作,并确认和报告



了这一方法的“利弊”。

在高放废物和乏燃料处置方面,验证计划虽然进展缓慢但却在向前推进,其原因往往是由于技术上和政治上审查时间太长。面临这一处置问题的大多数国家目前并不打算开始建造深层地质处置库,要到下个世纪很久才会这样做。这并不意味着累积的废物会堆积成山。在几乎所有这些国家中,核废物被包容在专设的中间贮存设施里,使其安全冷却数十年。机构在这 10 年中提供的技术援助包括,支持有关下述方面的广泛的联合研究计划:在处置库条件下的高放废物形式及包容容器的性

能,和用于其他类型废物的地下处置设施的安全评估。

美国的废物隔离中间工厂(WIPP)现正处于最后的政府审批阶段,机构在其支持的为期 6 个月的国际评估活动中对 WIPP 的实绩进行了科学研究分析,之后开创了新的工作局面。这一评估活动是在与 OECD 核能机构共同组织下,于 1996—1997 年由地质、环保、核安全和辐射安全领域的专家进行的。他们的报告对这一科学研究成果给予了肯定,并认为这些成果在技术上是可靠的。该中间工厂用于永久地处置国防相关活动产生的钚和其他长寿命废物,包括被污染的工具和衣物。该中间工厂建在新墨西哥州某地深度超过 1000 米的地下。如果能得到美国环保局和新墨西哥州环保部的批准,该工厂计划于 1998 年 5 月开始接收废物。

——基于 *Kyong Won Han*、*Jorma Heinonen*、*Candace Chan-Sands* 女士和 *Arnold Bonne* 的报告。

照片:安全包容放射性废物的防护措施之一就是所谓的玻璃固化。用玻璃将高放废物固化,是处置前的一个防护步骤。图为正在将熔融玻璃从白金坩埚注入钢条模具。

我们周围的世界：今昔对比

1972 1997

人口

世界人口为 38 亿，其中发展中国家人口占 70%。

城市化

约 38% 的人生活在城镇，居民人数超过 1000 万的城市只有 3 个。

2 亿多辆汽车（大多数在工业化国家）加剧当地污染。

每年约有 160 亿吨 CO₂ 释放到大气中，这种气体与全球变暖有关，大气中的 CO₂ 浓度为 327ppm。

淡水

每年使用淡水约 2.6×10^{12} 吨，大部分用于灌溉。

能源结构

化石燃料占世界能源结构的 94%。

电力约占能量生产总量的 21%。人均年消费量约为 1400 kWh。按地区计，人均年消费量北美约为 8200 kWh，西欧 3100 kWh，东欧 2800 kWh，拉丁美洲 565 kWh，东南亚 396 kWh，非洲 240 kWh，中东和南亚 143 kWh。世界总发电量约为 5000 TWh，其中核电接近 2%（80 TWh）。

各国用于军备和军队的费用为 8360 亿美元（1995 年价格）。5 个公开核武器国家共进行了 57 次核试验。到今年年底，共有 70 个无核武器国家加入《不扩散核武器条约》（NPT），该条约于 1970 年 3 月开始生效。

世界人口达 58.5 亿，比 1972 年增加 20 亿，每年增加 8100 万。发展中国家人口约占 80%。

约 47% 的人生活在城市及近郊，居民人数超过 1000 万的城市有 18 个，其中有 13 个在发展中国家。

空气污染

工业化国家和发展中国家的汽车达 5 亿辆，许多城市的污染已达到有害水平。跨国界污染已成为一个地区性和全球性问题。

地球和 CO₂

燃烧化石燃料和其它能源产生的 CO₂ 量每年约有 230 亿吨。大气中的 CO₂ 浓度超过 360ppm，比 100 年前高 20%。

淡水的的使用增长了近三分之二，每年达 4.2×10^{12} 吨。水问题严重：14 亿人——世界人口的五分之一——缺少安全饮用水，世界人口的十分之一缺少适当的卫生用水。

化石燃料占世界能源结构的 90%，比 1991 年增加 3%，自 80 年代以来一直呈上升趋势。

电力

电力约占能量生产总量的三分之一。90 年代中期世界人均年消费量达 2200 kWh。按地区计，差异仍然悬殊，消费量为：北美 13000 kWh，西欧 5400 kWh，东欧 4200 kWh，拉丁美洲 1500 kWh，东南亚 1200 kWh，非洲 500 kWh，中东和南亚 500 kWh。总发电量约为 13000 TWh，核电所占份额约为 17%，达到 2200 TWh。

军备控制

全球军费开支约 8000 亿美元。在 1996 年通过全球禁止核试验条约之前的几个月里，又进行了 7 次核试验，使 1945 年以来报道的核试验总数超过 2040 次。军备开支继续削减，但俄罗斯和美国还存有约 6000 枚战略核弹头。截至 1997 年 7 月，NPT 成员国达到 185 个，包括 180 个无核武器国家和 5 个公开核武器国家。根据联合国报道，由于军费开支削减产生了超过 9000 亿美元的“和平收益”，但这笔剩余资金是否正用于社会和经济的发展却难以追踪。