

核能、核技术与可持续发展

焦志延 编译



中国环境科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

核能、核技术与可持续发展/焦志延编译. - 北京:中国环境科学出版社, 1998.4

ISBN 7-80135-462-1

I. 核… II. 焦… III. ①核能-应用-远景 ②核技术应用-远景 IV. TL99

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 04766 号

中国环境科学出版社出版发行
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)
化学工业出版社印刷厂印刷
各地新华书店经售

1998 年 4 月第 一 版 开本 787×1092 1/32
1998 年 4 月第一次印刷 印张 3 1/2
印数 1—1000 字数 78 千字

ISBN 7-80135-462-1/X·1278

定价:7.00 元

内容简介

本书详细地阐述了核能、核技术与可持续发展的相互关系,突出地介绍了核能作为未来能源的作用及环境影响,核技术在 21 世纪的开发与应用,同时也附录了一些有关核辐射的安全、管理公约。

本书适合从事核能、核技术管理、科研及环境管理的领导及科技人员阅读,也可供有关专业的大专院校师生阅读。

目 录

一、前言	(1)
科学技术与环境	(1)
核能与可持续发展	(1)
辐射的危险度	(2)
辐射防护与核安全原则	(3)
国家与国际规程和监督	(4)
核武器	(5)
报告的目的及框架	(5)
二、能源利用及环境	(6)
能源利用及环境影响	(6)
电能及环境	(7)
核的选择:经济及环境	(10)
放射性废物的安全管理及处置	(12)
目前的现状	(12)
海洋放射性废物处置	(15)
退役	(16)
放射性废物国际间越境转移	(16)
核能的安全性	(17)
现状及未来趋势	(17)
核及辐射事故的应急响应	(19)
三、核技术的应用及 21 世纪议程	(21)
保护大气层	(21)
管理薄弱的生态系统	(22)
推行可持续发展的农业	(24)

鼓励全面的虫害管理	(25)
保护海洋	(27)
保护淡水资源的质量和供给	(28)
满足基本健康需要	(30)
加强对有毒化学品的环境管理	(31)
鼓励废物减量和处理	(33)
四、核能利用的国际法律框架	(34)
核安全公约	(35)
五、附图	(36)
六、附件	(50)
附件 1, 及早通报核事故公约	(50)
附件 2, 核事故或辐射紧急情况援助公约	(57)
附件 3, 核安全公约	(68)
附件 4, 放射性废物管理原则	(83)

一、前言

科学技术与环境

科学和技术经常有缺陷,带来一些不需要的环境变化,这是真实的:它们提供我们希望达到的前所未有的、期待的居住和生活的标准的同时,这些活动——无论是故意的还是偶然的——也增加了危害,恶化及破坏着为我们提供粮食的自然环境的能力。

核能与可持续发展

世界环境与发展委员会(WCEO)题名为《我们共同的未来》的报告中,提出“可持续发展”。可持续发展应满足“目前的需要不能损害后代满足他们自己所需要的能力”。我们努力去改善现代的生活标准,但我们不能因这样的行动,让后代继承一个穷困的、危害了的世界。国际原子能机构(IAEA)于1989年向联合国全体会议提交了一份报告,作为向世界环境与发展委员会的响应,在这份报告中国际原子能机构回顾了它在可持续发展中的贡献。

这个报告,按 IAEA 全体会议通过的要求已(全体会议决议 XXXV554)送交联合国环境与发展大会(UNCED)秘书长,其主要内容也集中在核能对可持续发展的贡献与其利用

所带来的问题。

核动力经常被认为是核能应用的最重要的领域——也是最引起争论的——本报告一开始就这个题目做了实质性的讨论。因为孤立地就发电问题讨论核动力意义不大——尤其是环境上——本报告对核能的选择与其他选择进行了比较,并且考虑了能源保护。核动力的优点和问题必须与其他能源选择,如化石燃料或可更新的能源来比较。核事故的风险必须与来自其他电源的事故对生活 and 健康的风险相比较。放射性废物问题必须与其他类型能源产生的废物所导致的问题相比较,例如:化石燃料所产生的二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物。

这个报告也描述了核技术怎样在农业和水文上应用来帮助食品生产和解决环境问题,怎样在工业上用同样的技术帮助减少废物,增加效率和改善产品质量,以及辐射和放射性同位素怎样帮助满足基本的健康需要。

辐射的危险度

辐射的风险已成为在公众中过于关注的问题,对于任何“核的”——无论核动力或核技术的应用,例如在医学上的使用都是如此——真正的风险,怎样与每天生活中的其他风险比较方面缺少客观判断能力。世界卫生组织(WHO)估计每年全世界由于农药死亡 15000 人,并还有 100 多万中毒病例。公众对这些数字似乎并不关心,必然可以作出假定:这些伤亡是可以接受的,因为农药的利用对食品生产极为重要。

现在全世界核电占电能的 17%,这是很重要的贡献,与水电占的比例是同样的。尽管如此,辐射的风险仍然被许多人做为放弃利用核能的理由。事实上,我们生活在自然存在

的放射性本底之中,而人造的附加辐射却是相当小的。最重要的人造辐射贡献,约 30% 是来自 X 射线,来自核动力的所有活动的人造辐射贡献数量很小,约 0.006%。核动力工厂的事故所产生的对公众的各种后果都仔细的研究过了,这样的风险在核科学和技术的发展中早已认识到了,并且已经制定出保护人员、社会和环境的基本原则,基本原则适用于现代和后代。

辐射防护与核安全原则

核科学和技术在所有应用与活动中,辐射防护和安全的基本原则是预防的,充分建立在科学的基础上,并且被广泛的接受,现在这些原则已成了控制其他人类活动产生的污染和影响的指导性资料。这些原则的广泛应用无疑会有助于可持续发展。这些重要的原则摘要如下:

1. 所有可能引起暴露放射性的实践活动必须是正当的,在给出的限值之内风险保持在尽可能低,并且在安全上最优化的。对于辐射,在没有科学证据证明不是如此前,慎重的假定不存在一个小于它就没有危险的阈值。

2. 风险限值还必须保证远离放射性源的人员及子孙后代的安全。

3. 安全措施必须是基于纵深防御概念上,规定数个保护水平,诸如用连续的包容屏障防止放射性物质的事故释放。安全措施还必须是基于综合的安全评价以及通过质量保证和全体人员的特有的训练来维持。

在国际水平上,有好几个不同的机构参与了制定防护原则,阐述实践标准和评价辐射对公众的影响。国际辐射防护

委员会(ICRP)是一个科学团体,20年代后期,就开始了有关基本防护原则的工作,而且定期地检查这些原则。IAEA 协同其他政府间组织如 WHO 和国际劳动组织(ILO)制定实践标准。IAEA 也对这些标准的应用进行审议并提出劝告。联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)定期地收集有关资料并且评估来自各种放射源的剂量。

虽然有先进的、慎重的各项防护原则,像其他人类活动那样,在核活动中难免发生事件及事故。各种组织的参与是为了保证一个公共的目的,从一些难免的事件和事故中学到经验,使这些经验广泛传播以此帮助人们防止重复出现事故,使将来更安全。

国家与国际规程和监督

政府和国家的职权是负责保证在他们的领土上安全利用原子能,主要是通过立法和监督。虽然国际上采用的有关核能利用的大多数原则和标准在法律上对各国不具有约束力,但是国家的立法在很大程度与国际的标准相一致,并经常是直接采用或参照这些标准。但是在核利用领域不断出现的条约式的国际法规对参加国则是有约束力的。切尔诺贝利事故后,制定了《核事故及早通报公约》和《核事故及辐射应急救援公约》,并且它们已被广泛采用。《放射性废物的国际间越境转移的实践规程》于1990年采用,而且期望着变成一个正式的有约束力的协定。核安全公约也已颁布,它有约束力作用,它是针对核动力反应堆安全的。于是,虽然核能利用的主要法规和监督是国家的,一个国际的核法律的体系正在形成,这个体系不进行强制性的监督,但是对与安全有关的事情实行

国际检查和咨询服务。这个报告的最后部分主要介绍核能利用的国际法律框架。

核武器

在人们的头脑里常把核动力和核武器联系起来。这可能是多数人为什么在核问题上持反对态度,为什么有时提出放弃核技术,特别是核动力以便减少核武器扩散风险的原因。实际上即便关闭世界上所有核动力工厂,核武器也不能完全消失,制造核武器的科学也不会消失。最好的途径是逐渐引向成功的办法,即寻求在有核国家强制减少其核武器库,在无核国家广泛支持不扩散核武器。出现在伊拉克的这种局面对于核不扩散是一个退步,但这件事也反映在中东实现无核区,以及加强 IAEA 检查系统工作的必要。

报告的目的及框架

像联合国其他组织一样,IAEA 检查了怎样可持续发展,并已经促进此项行动。现在报告的目的是看看核动力如何贡献于可持续发展,如何为将来能源需求作出贡献。报告开始部分描述了民用核燃料循环活动和民用放射性废物处理处置活动如何与可持续发展的要求相一致。第二部分描述了核技术在改善我们环境知识和改善我们保护环境的能力方面的作用。这部分的结构与 21 世纪议程一致,以便使报告更好地符合为 UNCED 准备的文件和建议。

二、能源利用及环境

能源利用及环境影响

在本世纪的后十年,人类将增加约 10 亿人,总计达 60 亿人口。这个增长数相当于从耶稣诞生到 1900 年间的增长人口数。耶稣诞生时地球上约有 3.5 亿人口。除了局部地方的和区域的环境质量变坏和破坏、对可持续增长潜力产生不利影响外,在全球规模上人为的环境变化已成为明显的,并可能有严重的不良影响。

世界上使用的能源量在增长,尽管进行了保护能源的努力,但预测表明对能源的需求仍在继续增长。从 60 年代开始,全部的原始的能源在稳步增长,反映出人口增长和经济结构的影响。在 1973 年~1979 年间,石油价格的冲击下,以后的几年增长速度降低了,但是基本趋势似乎不大可能变化。但是从 70 年代初起,地区间有了很大的不同。经济合作与发展组织(OECD)的国家的能源消费水平持平,在发展中国家整个消费稳步增长(图 1)。1974 年~1989 年,OECD 国家每人能源消费几乎没增加,但国内产品总量人均增长 36%,这意味着在这个期间原始能源利用率的增长,可是电的利用与 GDP 增长有着密切的关系,这也表明效率增加部分是通过把原始能源改变为最后利用的电能实现的。发展中国家,占世界人口的 75%,原始能源利用仅 31%,电力生产占世界的

24%，但他们这两方面需求的增长很快。特别是在电能利用上有急速上升的趋势。

世界上能源利用已达到如此的水平，环境影响的重要性已经超越了地方的和区域的规模。酸雨问题就是化石燃料燃烧的排放物所引起的。在欧洲、美国北部地区、相当多的发展中国家，特别是中国认识到了酸雨问题已经有几十年了。

今天，关于继续不断增加使用化石燃料，主要关系是二氧化碳排放问题，以及对世界气候环境的影响。1988年在多伦多举行的世界大气变化大会上，最初选的目标，或许有些武断，目标规定到2005年减少二氧化碳排放量大约是1988年的20%。近来，政府间天气变化研讨会(IPCC)强调了来自化石燃料二氧化碳排放引起的温室效应以及引起全球气候变化的重要性。

UNCED21世纪议程提出，从环境保护的角度，需要转变能源系统，这种转变要在能源生产和消费模式上改变，要特别考虑发展中国家和经济主要依赖于生产、输出和消费化石燃料的国家。很明显对能源的将来需求供给问题，每个国家，各自的或与其他国家联合的，必须作出某些长期影响的决定。有几个国家政府已保证减少碳的排放，尽管已承认这是要付出努力才能完成的，并且须通过能源方面的强有力的决策。

电能及环境

电是非常纯净的，二次的能源形式，用起来也是有效的，方便的和比较安全的，并各个地区的电能需求都在增加，其后果是为了发电而需要更多的原始能源。尽管希望尽力实现能源保护，电的利用在OECD国家中将在1990年至2010年间

预计增长大约 60%。在发展中国家期望增长约 150% (图 2)。电的利用是与生活质量紧密联系的。在发展中国家电的需求增长特别大是很自然的,目前在那里每人的电消费仍旧是很低的(图 3)。

确定能源和电的生产系统必须总是以比较现有的不同选择为基础,并要考虑能源保护。从前,经济因素起主要作用,最便宜能源很可能被认为是最好的能源。这种情况已经发生很大变化,经济因素依然是重要的,但是 70 年代石油价格的冲击使得人们认识到估价将来能源的可获得性和原始能源供应的价格都是必要的。能源已独立地成为相关因素。并且随着人们增强对能源生产和应用所引起的环境后果的了解和关心,不同选择的环境价值现在必须加以考虑。但这不是件容易的工作。

1991 年 5 月,IAEA 与其他 10 个国际间组织在赫尔辛基召开了电和环境的专家研讨会。这个研讨会对供电服务中环境和健康因素以及经济因素进行了全面的评估。

在能源保护方面,研讨会指出“单独改善效率将不能消除供电设施投资需要”。

许多其他研究者也提到保护将能弥补一部分对电增加的需求。如果保护会阻碍能源服务,则是不利于发展需要的。

关于环境和健康因素必须加以考虑,这次研讨会结果如下:

“在发电的能源计划中综合比较对环境的和健康的影响将是很有意义的,它超出了传统的通用作法。首先对全部的燃料循环引起的环境的和健康风险的考虑,把作决定提升到至少在全部能源的水平上。

第二点,来自不同能源系统、全球尺度的电力的生产意味

着必须考虑能源体系之外的因素

第三点,许多健康影响(例如长期限或延期效应)和环境的影响的时间尺度(例如不可逆转的生态系统的损害)意味着这个周期必须比传统的 7 至 10 年设计基础长得多。(图 3)

在不同发电系统间的风险估值的比较上,整个的循环过程都要被考虑进去,(就是从燃料提取和制成以及废物处置)要保留有关的不完全的定量的资料,尤其是非核的系统在健康和环境的影响,研讨会声明如下:

“在常规运转状态下,核动力及可更新能源系统处于健康风险谱的较低端,煤和油的能源系统处于健康风险谱的较高端。”

“来自核的、石油、天然气的严重事故的人类健康风险在大小上处于同一个量级,比水电事故的风险要小 2 个量级。”

IAEA 很早就制定了一项帮助制定计划和决定是否扩大发电系统的详细方法,核方法主要根据经济角度考虑。IAEA 与许多其他组织一起正在修改这些方法,目的是把环境的和健康的影响反映在不同能源体系的选择和评估中。

对应每千瓦小时发电健康和环境的有意义的成本值,今天还找不到。使一些风险评价定量化,如与化石燃料有关的天气变化,是一个困难的问题,我们对燃烧煤和油所引起的污染对人体健康影响的认识不足又使问题复杂。但是,随着对环境现象的科学知识不断增加,健康和环境影响的经济评价不断改善,风险评价技术会不断进步。政策的阐述必须能够足够的灵活,以适应其变化及在相当长的时期里,有关的政策仍然是强有力的。

核的选择：经济及环境

核动力已经在世界上的电力供给上(图 4.5)扮演了一个值得注意的角色,并且在一些国家内成为主要电力来源(图 6)。关于核动力前途的考虑必须也是在将它与可替代能源比较的基础上提出,这种比较要考虑经济和资金,性能和可靠性,抗变动能力,可用性和供应价格,以及环境和健康的影响。

最近核能机构的(OECD \ NEA)和 IAEA 等许多研究指出核动力工厂在许多国家与其他替代能源相比是完全有竞争力的。但在一些国家有丰富的化石燃料廉价可用,或电网太小不适于供应大的核电设施,在这些国家核动力不具竞争力。

工业化国家中,在电能生产领域某些管理体制的改变,包括私有化,将使筹资建发电厂更加困难和昂贵(核电厂、水电和其他大规模可更新能源工厂和带烟道气体净化设备的燃煤电厂)。在短期内可能对这些选择不利。核动力工厂由私营企业建造运行,例如,芬兰、日本和瑞典所显示那样核动力仍具竞争力,在返回应用资金率方面,私有的与公有一样好。

从供应价格和能源供应变化的独立性的观点考虑,相对进口的化石燃料,核能有着明显的优点。理由是核动力厂只需要少量的燃料(图 7),而且能比较便宜地获得。工厂的所有者,可以如此容易的、经济的贮藏几年后工厂所需要的燃料,这一点已经是许多企业的实际情况了。

核动力工厂在正常运行引起很小的环境损害,比那些排放二氧化碳、二氧化硫和氮氧化物的电厂是有益的。在这点上核电厂可以帮助减少酸雨和限制温室气体的排放。

法国在 1980 年至 1992 年期间,电产量翻了一翻,核能占

了统治的角色,从图解说明可以看出减少二氧化碳排放已达到的程度(图 8)。

对排放因子,即单位能源消费所释放的二氧化碳进行比较表明,在减少温室效应方面,核电和水电有作用。在能源供给上,水电和核电占了比例大的一些国家,如法国、挪威和瑞典,二氧化碳排放因子较低。中国和美国化石燃料占了高的份额,所以二氧化碳排放量就高。(图 9)

从 1965 年到 1993 年,由于利用水电,使全世界减少二氧化碳排放的百分数略有所增加,从 6.4% 到 8.6%,而利用核电可避免 CO_2 量排放量从 0.2% 上升到 8%(图 10)。如果运行核电厂由燃煤工厂所代替,那么二氧化碳的排放就要增加 7%,也就是额外要增加排放 53 亿吨(换算成碳)。

1990 年 IPCC 的一个文件介绍,IAEA 估计,如果以目前世界上建立新核电厂的能力,2000 年到 2010 年间每年上网 4000MW(e)(约每年 40 个新核电厂),到 2010 年二氧化碳的总排放量将比相应的燃煤电厂的排放量要低 12.7 亿吨,减少了生产电部分的近 30% 的排放量。在 1984 年和 1985 年,全世界每年新增核电容量为 31000MW(e),按此,预计的增加是不切实际的。

在许多国家,公众非常关心核能并反对核能的引进及发展。关心主要集中在事故的危險,放射性废物的处理和核武器扩散。关心的前两点直接关系到环境保护问题,这些问题在下部分讨论。

放射性废物安全管理及处置

目前的现状

核电以及放射性同位素在农业、工业、科研和医学上的应用中产生的放射性废物,已成为政府、科学家和公众关心的课题。专家们在这个领域的观点是,管理废物已有了安全技术。早在 60 年代,政府和国际间组织,包括 IAEA 就开始努力发展和执行放射性废物安全管理和处置的标准、准则、指南的实践。在这个领域积累了差不多 30 年的经验。关于国际上放射废物管理的现状和进展的一些基本资料如下。

几乎世界上所有的国家,包括那些没有核电的国家,都产生某些种类的放射废物。这些废物的产生,来自以下五个主要方面的民用活动:

1. 为核燃料循环目的铀和钍矿的开采以及冶炼;
2. 有关核燃料循环的运转,如铀转化及浓缩,燃料精制和乏燃料的后处理;
3. 核电厂的运行;
4. 核设施去污和退役;
5. 在农业、工业、研究和医学上放射性同位素的应用。

所产生的废物的种类依据其物理特性和体积有很大不同。由核电厂产生的废物放射性活度量最大,不过,放射性废物的体积量还是很小的,当它与来自化工工业(危险的或有毒的废物)或是和燃烧化石燃料的电厂产生的废物体积量相比是少的(图 11)。燃煤、燃油工厂排放大量的废物经烟囱进入生物圈,剩余的在陆地上处置,核电厂产生的废物与它们不