

各种能源方案的比较

机构间 DECADES 项目的进展情况报告

HANS-HOLGER ROGNER 和 ARSHAD KHAN

提 供充分而付得起的能源服务,是可持续发展的一个基本组成部分。这方面所面临的挑战是开发能最好地支持发展并改善生活质量的能源服务,对发展中国家来说尤其如此,与此同时,还应尽量减少人类活动对健康和环境的影响。

制订和实施电力部门的可持续战略的必要性已在多次国际论坛期间被反复强调。如关于电力和环境问题的高级专家学术会议(赫尔辛基,1991年)、联合国环境与发展大会(UNCED,里约热内卢,1992年)、世界能源理事会第16次大会(东京,1995年)和前不久举行的联合国气候变化框架公约缔约国第三次大会(日本京都,1997年12月)都强调了这一点。

UNCED通过的《21世纪议程》强调,应把环境和发展问题纳入决策过程中。政府间气候变化小组(IPCC)的《第二份评估报告》强调,应综合评估旨在减轻全球气候变化危害的各种缓解方案

和和实施能够促使人们使用最有利于环境的能源转换技术的适当政策。

在京都大会上,与会国通过了《关于气候变化公约的议定书》,其目标是要在2008—2012年之前减少6种温室气体的总排放量。该议定书要求工业化国家将其总的温室气体排放量减少5.2%。

九十年代初,在全球的这种氛围下,国际原子能机构(IAEA)和8个国际组织联合发起了一项机构间项目,即DECADES项目。(见第4页方框。)其目的是加强用于比较评估不同的能源来源和转换技术的数据库和成套方法。

本文着重介绍该项目迄今所取得的进展,同时说明其计算机工具的一些示例应用和概述IAEA成员国已进行的比较性事例研究。

计算机工具

通过DECADES项目开发的一些数据库和软件已被有效地应用于许多比较性评

估研究中。

不同电厂的比较。已对几种类型电厂(常规电厂及正在开发的电厂)的净发电效率值进行了比较。(见第3页图表。)可以指出,基于天然气的常规技术,其发电效率可以明显地提高,而其他常规技术的预期提高值似乎很小。不过,采用不同的燃烧过程和先进的动力循环的新技术,最终定会超过现行技术的最好成绩。

发电效率数据受所使用燃料的特性、电厂的维护和当地的其他条件的极大影响。电厂的发电效率因国家而异,许多国家的电厂的发电效率,低于这里提供的以煤、石油和天然气为燃料的发电技术的值。对以化石燃料为燃料的各种类型的电厂的CO₂排放因子也进行了比

Rogner先生系IAEA核能司规划与经济研究科科长,Khan先生系该科的职员。该科的Florin Vladu先生和Vladimir Kagramanian先生也给本文提供了素材。

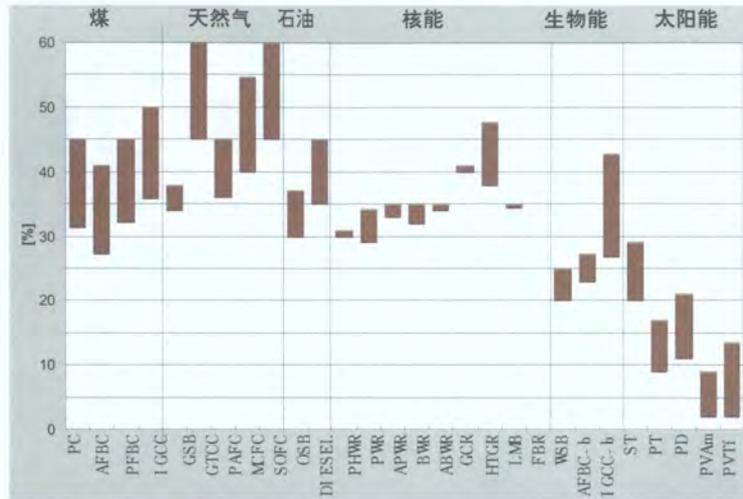
较。这些电厂的规模相同(500兆瓦),且燃煤电厂使用类似的煤。结果表明,燃煤电厂排放的CO₂最多。这些技术显示出由于发电效率的变化引起的CO₂排放量的变化差别很大。

CO₂的排放量取决于燃料中的碳含量(煤最高、天然气最低)、发电效率、不同设计中所包含的污染控制措施和其他因素。排放因子假定使用可获得的最好技术和优质燃料。对其他的污染物质(包括SO₂、NO_x和微粒)也能进行类似的比较。

使用DECADES数据库在电厂一级进行的比较性经济评估表明,核电在许多国家中是一种具有竞争力的发电选择。对几个国家中的不同类型机组的总投资要求进行了比较。(见第4页图表。)正如所预计的那样,每单位机组容量的总投资因国家而异,但类似技术的变化幅度不大。

对不同的能源链的比较。对固体、液体、气体、水力、核能、风能、太阳能和可再生能源发电途径的最大和最小温室气体排放量进行了比较。如果考虑包括发电的上游和下游在内的整个能源链,则核电排放的二氧化碳只有现在使用化石燃料链的40至100分之一。(见第5页图表。)来自核能链的温室

各种发电工艺技术的净发电效率比较



化石燃料:PC=粉煤;AFBC=大气流化床燃烧;PFBC=加压流化床燃烧;IGCC=一体化气化联合循环;GSB=天然气蒸汽锅炉;GTCC=燃气轮机联合循环;PAFC=磷酸燃料电池;MCFC=熔融碳酸盐燃料电池;SOFC=固体氧化物燃料电池;OSB=石油蒸汽锅炉;DIESEL=柴油发电机。

核动力:PHWR=加压重水反应堆;PWR=压水反应堆;APWR=先进压水反应堆;BWR=沸水反应堆;ABWR=先进沸水反应堆;GCR=气冷反应堆;HGCR=高温气冷反应堆;LMR=液态金属反应堆;FBR=快中子增殖反应堆。

生物能和太阳能:WSB=木材蒸汽锅炉;AFBC-b=使用生物能的大气流化床燃烧;IGCC-b=使用生物能的一体化气化联合循环;ST=太阳能;PT=抛物面槽;PD=抛物面反射器(斯特林材料);PVAm=光电非晶体;PVTf=光电薄膜。

气体排放量,大部分产生于提取、加工和富集铀时使用的化石燃料,以及生产建造反应堆和燃料循环设施所需的钢材和水泥时使用的燃料。这些排放量与直接使用化石燃料发电所产生的排放量相比是微不足道的,但仍可以通过提高能源效率进一步减少。例如,铀富集阶段的这类改进包括使用能源密集度较低的工艺(诸如离心或激光同位素分离工艺)代替气体扩散工艺。在化石燃料

链中天然气的不确定性最大,其主要原因在于有关天然气钻井、提取和运输期间释入大气的甲烷量的假设不同。

可以指出的是,就核电而言,为保证安全和用于放射性废物管理与设施退役的费用已被内在化。这就是说,它们已包括在核电的价格里。另一方面,其他发电途径对环境健康的有害影响所引起的费用尚未全部内在化,其部分原因是难以将这

些有害影响量化。

电力系统的扩大。
DECADES 的计算机工具可被用来制定环境影响小、费用最低的发电系统扩大计划,或分析某一特定项目是否与某一国家或地区的坚定、长期和费用最低的发展规划相适应。这些计算机工具还可以叠代方法用于研究可减少环境负担的费用最低的方法(例如,使该系统以最少的费用达到减少 SO₂ 或温室气体排放量的目标)。

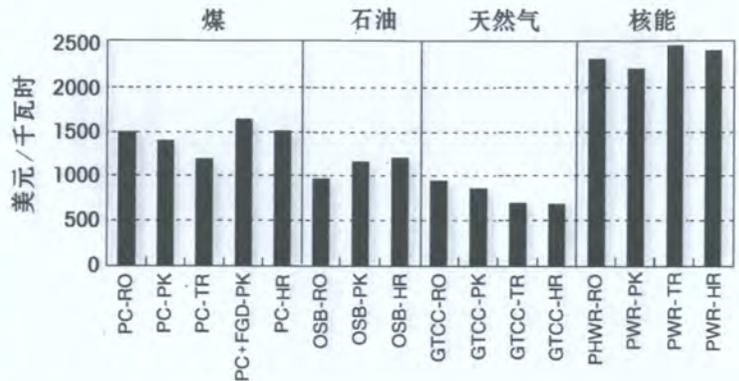
使扩大计划优化时,要考虑基本投资费用、运营维护费用、燃料费用、燃料库存费用和内部使用的能源费用。一旦制定了最佳的扩大计划,该软件就可以针对该系统所包含的每种能源链逐年地和逐步地计算出向空中排放的气体量、土地要求和固体废物的产量,从而计算出整个发电系统的这些参数的总量。

事例研究

在 DECADES 项目的第一阶段,就电力部门的备选战略和政策的比较性评估进行了 22 项国家事例研究,IAEA 通过协调研究计划(CRP)提供了支持。

这些事例研究试图确定能以可接受的费用满足环保目的(尤其是减少大气排放)的发电战略。这些研究涉及

电厂一级的投资费用



注:RO=罗马尼亚;PK=巴基斯坦;TR=土耳其;HR=克罗地亚。
各种工艺技术缩写词的含义见第 3 页图注。(来源:CSDB)

的问题范围很广。它们包括评估核电在减少温室气体排放量方面的潜在作用;征收 CO₂ 税和/或限制排放对未来发电结构的影响;以及电力部门的私有化与解除管制对发电系统扩大战略的影响。

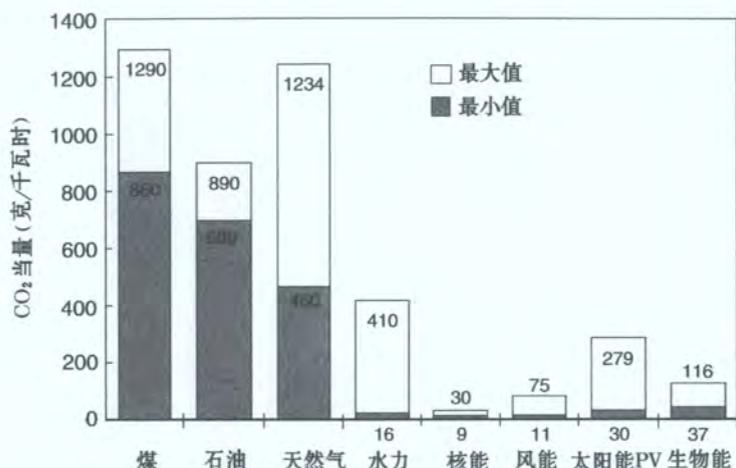
通过提高属于不同能源

链的已有设施的效率,可以明显地减少排放量和其他环境负担。改造现有电厂,尤其是增添污染控制技术,常常成为可缓解当地空气质量和地区性酸化影响的费用效果较好的措施。通过热电联供提高能源系统的总效率,被许多国家视为是费用效果较

同心协力作

九个国际组织在 1992 年联合开创了一个“关于供比较性评估不同发电能源来源用的数据库和成套方法”的机构间项目,简称 DECADES。它们是 IAEA、欧洲委员会(EC)、联合国亚洲及太平洋地区经济与社会理事会(ESCAP)、国际应用系统分析研究所(IIASA)、世界银行(IBRD)、经济合作与发展组织核能机构(OECD/NEA)、石油输出国组织(OPEC)、联合国工业发展组织(UNIDO)和世界气象组织(WMO)。该项目的目的是帮助制定可持续的能源战略,因为它是电力部门制定规划和进行决策中的一个不可或缺的部分。该项目已建立了几个技术数据库,开发了分析工具,并且给发展中国家提供了进行比较性评估研究方面的培训和支持。DECADES 的计

整个能源链的 CO₂ 当量排放量



好的方案,尤其是已建立了集中供热网的地区。

大多数涉及扩大装机容量的事例研究证明,就减少 SO₂、NO_x、CO₂ 以及其他温室气体而言,核动力是费用效果较好的。例如,在罗马尼亚,事例研究考查了靠天然

气扩大和靠核能扩大两种方案。该研究发现,在扩大电力系统时,使用核电厂可以大幅度减少 CO₂ 排放量,而扩大该系统所需的总费用却不会明显增加。对天然气方案而言,虽然与以煤为主的方案相比 CO₂ 排放量有所减

少,但在所研究的时期内,这种排放量仍然明显增加。在上述两种方案中,SO₂ 排放量都减少,但靠核能扩大的方案的 SO₂ 排放量较靠天然气扩大的方案减少近 30%。

一些事例研究还表明,虽然不使用核电也能实现减少 CO₂ 排放量的目标,但使用核电会明显地降低费用。还可以指出的是,执行环境保护措施和政策有可能增加燃化石燃料电厂的发电成本,因为它们必须遵守这方面的条例。此外,全球气候变化问题正在使许多国家考虑有关政策(例如征收碳税),这必然会影响到发电用化石燃料的竞争力。就罗马尼亚的事例而言,基于加速使用核电降低 CO₂ 所需的费用约为 5 美元/吨 CO₂ 或 18 美元/吨碳,该值处于 IPCC《第二份评估报告》报道的 0 美元至 120 美元/吨碳这一范围的下限附近。

在多数事例研究中,使用天然气联合循环的动力厂——从发电效率(55%或更高)、投资要求和建造周期短的角度看,这种动力厂具有很强的吸引力——被认为是扩大电力系统的候选方案。当考虑这种方案时,亦需要考虑其他的一些因素。这样的因素包括:依赖进口的国家需考虑的供应的可靠性,天然气价格波动的可能性,

好能源规划

计算机工具由数据库和分析软件组成。它们可用于在国家一级、地区一级和国际一级评价不同的发电技术、能源链和系统的技术、经济和环境特点之间始终存在的种种折衷方案。

目前已开发了两类技术数据库:参考技术数据库(RTDB)和国别数据库(CSDB)。RTDB 为使用化石燃料、核能和可再生能源发电的能源链提供一整套包罗万象的和已协调一致的技术、经济和环境数据。它包括约 300 种工艺技术的数据,按照它们的成熟程度分类。CSDB 储存着不同国家或不同地区的发电工艺技术数据,可供使用 DECADES 分析软件或其他制定国家规划的工具进行事例研究用。有 25 个以上的国家已开发了 CSDB,总共包括 2500 多种工艺技术。

以及天然气燃烧过程中产生的二氧化碳及天然气生产和运送过程中泄漏的甲烷对温室气体排放量的贡献。

通过这项协调研究计划已建立的合作(涉及到具有不同科学背景和来自不同国家的专家)已证明是极有价值和极有成效的。

尤其是面临类似困难(诸如数据采集、技术描述、燃料链的定义和比较,以及发电系统分析方面的困难)的不同小组间的合作和信息与经验交流,已导致制定和实施解决此类问题的共同方案。专家们在发电系统分析、宏观经济和环境影响评估等领域进行了工作,产生了一种认识,即在综合评估各种备选方案的范围内有必要协调各种各样的问题及其轻重缓急,例如,减轻当地的与全球的环境影响和处理好经济、社会和供应可靠性问题。

DECADES 的第二阶段

DECADES 项目的第二阶段(1996—2000年)是集中精力推广现行的计算机工具,给用户如何应用这些工具的培训、支持各国研究和开发新的分析能力。

DECADES 的计算机工具将被扩充,以便更加全面地处理决策过程中的影响评价问题及影响指标的一体化

问题。现时正在加强的事宜包括更准确地说明健康与环境损害以及外部费用,加强监管分析的能力,需求方的管理选择,使用多种燃料的机组和热/电联合系统。

对于从各种能源来源和转换技术的源到服务的整个过程的比较性评估,是开发可持续的能源供应战略的关键。DECADES 项目为进行这种评估提供了必要的成套方法和工具,向 IAEA 成员国推广这些活动和成果的工作是一个不断进行的过程。在美国阿贡国家实验室(1995年和1996年)、波兰(1996年)和巴西(1997年)举办过关于使用 DECADES 计算机工具的跨地区讲习班。在加拿大、美国、联合王国、巴西和大韩民国也举办过研讨会和讲习班。参与这些活动的机构成员国的研究机构、组织和大学表现出了浓厚兴趣,这充分说明了 DECADES 的这套办法的有用性。

基于 DECADES 的比较性评估研究表明,核电在经济上是可以与其他的基本负荷发电方案相竞争的,并且其排放的 SO_2 、 NO_x 和 CO_2 量明显地低于任何燃化石燃料的选择。在已建立了合适的基础设施的国家,即使天然气要进口,也倾向于使用天然气发电方案。就燃煤电

厂而言,它们对于拥有廉价供应源的国家或许是有吸引力的。然而,由于更加严格的环保条例和标准要求安装污染控制装置和执行温室气体排放量的限值,其经济竞争力就可能成为问题。大多数可再生能源为有益于环保的发电系统提供了令人感兴趣的前景。然而,除常规的水力发电外,用这些可再生能源大规模发电的潜力或许会受到某些地区的实际条件的限制。此外,近期和中期内,与用作基本负荷发电的化石燃料和核电相比较,再生能源在经济上不大可能具有竞争力。

为了帮助更多的有兴趣从事其自己的研究的国家,IAEA 有意加强其在能源比较性评估领域的客观分析能力。预计将与能源领域的其他组织(包括核能机构、欧洲委员会、世界银行、石油输出国组织和国际能源机构等)进行更密切的合作。IAEA 还将继续在联合国系统内从事客观地考察所有能源方案的工作。

IAEA 打算以它的比较性评估分析的结果为基础,积极地参与编制 IPCC 小组的《第三份评定报告》。在今后的二三年里,该报告将为解决气候变化和减轻温室气体问题的政策方案提供重要的科学依据。 □