

建立比较评估能源的能力 扩大动力基础

BRUCE HAMILTON, GUENTER CONZELMANN 和 DUY THANH BUI

对国家能源系统的分析现已到了前所未有的复杂程度。除了未来能源需求、技术性能和成本存在着不确定性外,能源规划者和决策者还遇到了环境保护、可持续发展、解除管制和市场放开之类的问题。与此同时,用于能源投资项目的公营部门资金正在逐渐减少。

IAEA 为其成员国提供了一项全面的技术援助与合作计划,它涵盖了与核能和平利用有关的许多不同领域。在能源比较评估领域,援助的目标是加强国家在详细制定可持续能源供应与使用模式方面的能力。援助方式有 3 种,即:

- 推广适合于发展中国家特殊需要的最新方法和决策工具;
- 提供在模型运用、解释结果并将其转变为决定或决策方面的培训;和
- 与要求援助的成员国合作进行国家研究。

分析能源的方法和工具

长期以来,IAEA 一直



Hamilton 先生和 Bui 先生是 IAEA 核能司规划与经济研究科职员, Conzelmann 先生是美国阿贡国家实验室国家与国际研究部经理。

照片:IAEA 正在向计划扩大发电系统的许多国家提供援助。

为就如何最好地满足一国的能源需求做出明智决定提供适当的数据、信息和分析工具。

20 世纪 70 年代和 80 年代的最低成本规划 在 20 世纪 70 年代初,IAEA 就开始支持开发和运用成员国用于分析核动力的潜在作用的电力系统分析工具。由于预计电力的未来需求是决定是否需要核动力的一个重要因素,所以早期的努力包括开发能源需求分析模型(MAED)。发展中国家利用这种模型准备预测与其国民经济与工业发展目标 and 可能性相一致的电力需求。

IAEA 与能源经济法律问题研究所(IEJE,法国格勒诺布尔)和国际应用系统分析研究所(IIASA,奥地利拉克森堡)合作开发了 MAED。该模型为探讨社会、经济、技术和政策的变化对能源需求长期演变的影响提供了灵活的模拟体系。此外,还特别强调对电力需求的预测,不仅要考虑年度总要求,还要考虑全年电力需求的时时分布。这种结果是任何动力系统扩大分析必不可少的输入。

为确定最经济的发电系统长期扩大方案,设计了维也纳自动系统规划包(WASP)。WASP 模型是田

纳西流域管理局(TVA,美国)于 1972 年为 IAEA 开发的,一直是 IAEA 进行电力领域规划时采用得最普遍和使用时间较长的工具。

必须指出,WASP 是在大多数国家认为电力是一种战略性利益期间开发的。这些国家建立了负责电力生产、输送和分配的单一纵向联合电力公司。在这种电力系统结构下,可用相当直接的方式分析系统的运行和扩大。可以根据最低可变成本将机组调度情况模型化,可将系统可靠性要求作为制约因素加以考虑,可以根据全系统最低成本贴现值制定扩大计划,核动力及其他发电方案的作用可以根据其相应的寿期成本来确定。

20 世纪 90 年代的财务分析、环境负担评估及能源系统的一体化分析 在日益放开的电力和金融市场中,为发电能力吸引投资与垄断条件下的国有电力公司所采取的投资战略差别很大。为了帮助满足能源规划者和决策者不断变化的需求,IAEA 与里昂信贷银行(法国巴黎)和巴基斯坦原子能委员会(PAEC,巴基斯坦伊斯兰堡)的工作人员合作开发了财务分析软件 FINPLAN。

在判断某一投资项目或计划的合理性时,利用 FIN-

PLAN 可以根据财政体制考虑的某些“比率”来评价动力扩大计划的财务后果。另外,FINPLAN 还有助于确定将产生投资回报的电力销售价格。根据模型提出的预测把价格对汇率、需求的波动、以及国内外货币可预见的通货膨胀率等因素的敏感性都考虑在内。此外该模型还考虑了简化的税收因素(包括考虑利率折扣的收入计算),过去报道的损失,可能的分期偿还率和比例税率。

一套用于能源与环境分析的计算机工具的开发工作是在 1993 年在 IAEA 的联合机构间不同发电能源比较评估的数据库和方法计划(DECADES)范围内开始的。这些工具包括可用来求得不同发电技术、链和系统在技术、经济和环境等方面的折衷的数据库和分析软件。

已开发出两种技术数据库,以便提供有关发电能源链的全面、可靠和最新的信息。参考技术数据库包含有涵盖使用化石燃料、核动力和可再生能源发电的能源链典型设施的技术、经济和环境数据。国别特定数据库存有一国或一个地区为利用 DECADES 分析软件进行个案研究所需的专门数据。

能源与动力评价程序(ENPEP)是由美国阿贡国

比较评估：分析越南的能源未来

通过 1997 年启动的一项 IAEA 技术合作项目，越南一国家工作组利用广泛的计算机工具分析了该国能源的发展状况。该小组运用能源与动力评价程序(ENPEP)预测能源和电力的需求(利用能源需求分析模型即 MAED)；确定发电系统的最佳长期扩大方案(利用维也纳自动系统规划软件包即 WASP)；以及估算与发电有关的环境负担(利用 ENPEP 模块 IMPACTS)。

越南正迅速地从农业经济迈向工业经济，在过去几年中经济大幅度增长，预期会持续增长到 2020 年。加上城市化的加速、生活水平和消费水平的提高，预计电力需求将迅速上升。国家电力领域专家估计，到 2020 年互联系统的年峰负荷将从 1995 年的 2.75GWe 上升到 24.32GWe。假设平均年增长率为 9.1%，研究阶段开始时增长率较高(达到 11.5%)，结束时较低(6.7%)。这主要归因于工业、服务业和城市家庭方面电力需求的迅速增长。

发电系统扩大研究的结果表明，在此参考情景下，水电和天然气将满足该国绝大部分的电力需求。不过，水电、石油和煤的比例预计在 1995—2020 年期间将大幅度下降，天然气和核电比例将大大增加。水电的总装机容量从约 70% 下降到约 52%，石油发电能力从约 9% 下降到 2%，煤从 16% 下降到 9%。另一方面，燃天然气复合循环机组预计从 5% 增加到 29%。这一显著增长必然以该国的天然气储量为基础，已探明的储量估计为 6 太立方英尺(Tcf)，可能的天然气储量高达 10 Tcf。预计第一台核电机组将于 2017 年开始运行，到 2020 年核电总装机容量将达到约 2500MWe，占总发电装机容量的 7.7%。

该国家小组还将从 WASP 得出的电力系统扩大最佳配置引入到 ENPEP 的环境模块 IMPACTS 中，以估算未来的发电温室气体排放量。该模块根据 WASP 预计的燃料消耗及其一个数据库中已有的标准排放因数计算大气污染物排放量。结果表明，与发电有关的 CO₂ 排放量急剧增加。燃煤发电

机组的排放量由于燃煤发电的初步扩大，将持续增加，直至 2007 年。

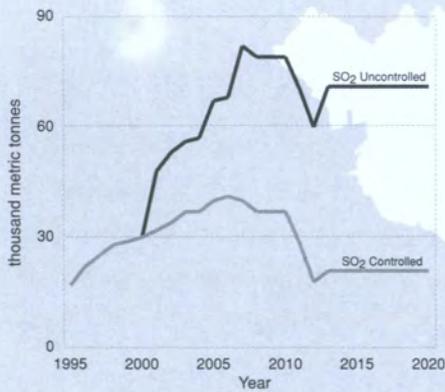
在研究阶段后期，由于现有煤电机组将退役，大量的水电项目和燃天然气复合循环机组预期投入使用，同时于 2017 年启动核电这一趋势将发生明显变化。到 2020 年，天然气将占越南动力部门 CO₂ 排放量的 61%。

预计该国南部和北部的排放量有明显不同。越南的燃煤机组大多位于北方，因为该国煤储量的绝大多数是在北部，这也是北方地区 SO₂ 排放量高(到 2020 年将达到 83%)的原因。在预测阶段后期观察到，由于 2007 年后老的和效率不高的煤电机组的退役和更换，北方 SO₂ 排放量将大幅度下降。另一方面，石油和天然气储量均位于南部地区(主要是近海地区)，促使燃天然气发电强劲增长。这种状况说明了南方预计到 2020 年将产生约 62% 的 CO₂ 排放量和 70% 的氮氧化物排放量的原因。

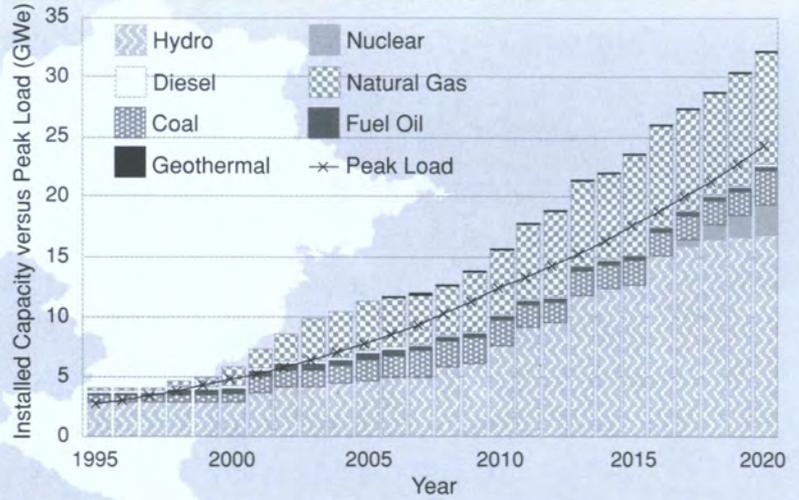
该国家小组还分析了执行越南关于限制颗粒物(PM)和二氧化硫的空气污染管理的效应。为控制 PM，小组考虑使用静电除尘器，这对现有机组来说，控制效率达 97%，对新机组，控制效率达 99%。为使新的煤电机组满足 SO₂ 排放率限值，国家专家考虑使用干烟道气脱硫法，这对燃国产低硫无烟煤(即硫含量为 0.52%)的新的煤电机组来说，控制效率为 70%，对燃进口烟煤(硫含量为 1.62%)的新的煤电机组，控制效率为 90%。然后利用 IMPACTS 模块，估算全系统符合空气管理要求的费用。

分析的一个重点是，在越南北部地区限制 SO₂ 排放的预期效应。结果表明，在研究阶段结束时，排放量将从 71000 吨减少到 21300 吨。就整个国家来说，在研究阶段，由于安装了脱硫工艺设施，共减少排放 858000 吨 SO₂。这些减少量的贴现成本(10% 贴现率)总计 1.804 亿美元。结果是每减少 1 吨 SO₂ 的排放，需贴现约 210 美元。估计 PM 和 SO₂ 的总的环境达标贴现成本为 2.82 亿美元。

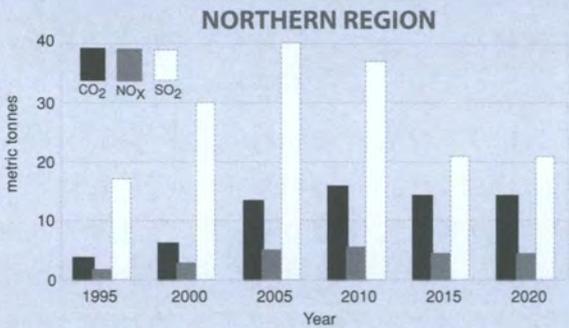
SO₂ EMISSIONS WITH AND WITHOUT ENVIRONMENTAL CONTROLS IN NORTHERN VIETNAM



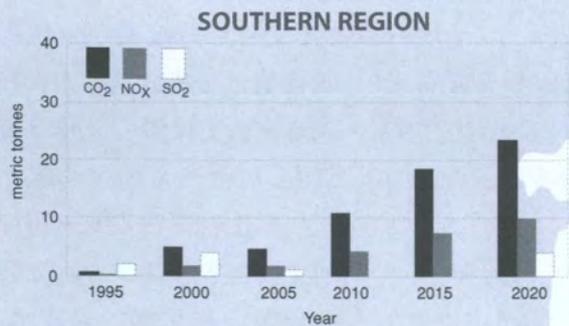
VIET NAM ELECTRIC SYSTEM EXPANSION (REFERENCE SCENARIO)



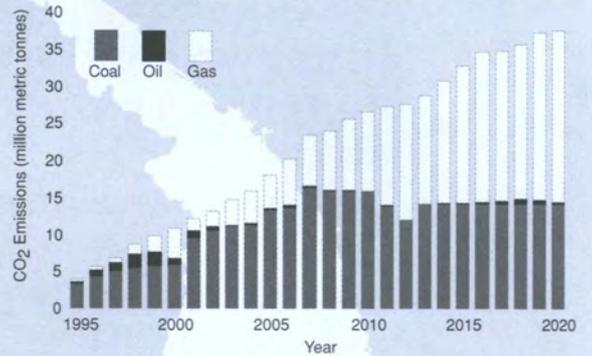
PROJECTED REGIONAL EMISSIONS FROM ELECTRICITY GENERATION IN VIET NAM



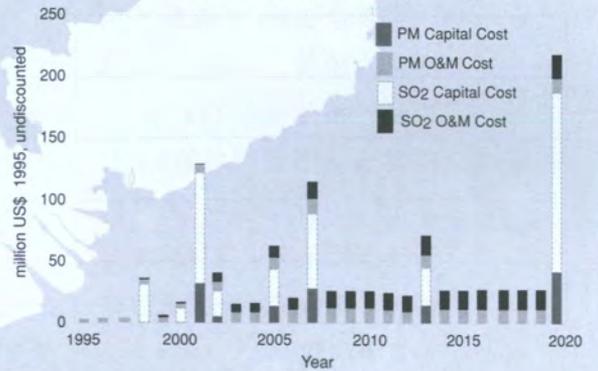
CO₂: times 10⁶ tonnes
 NO_x: times 10³ tonnes
 SO₂: times 10³ tonnes



PROJECTED CO₂ EMISSIONS IN VIET NAM FROM THE ELECTRIC POWER SECTOR



PROJECTED COSTS OF ENVIRONMENTAL COMPLIANCE IN VIET NAM (PARTICULATE MATTER AND SO₂)



家实验室(ANL)开发的,后来移交给 IAEA,供其向成员国推广。ENPEP 载有一套供一体化能源/电力系统规划和将环境负担量化使用的分析工具。其中的一个模块 BALANCE,被用于跟踪能量在从能源提取、经加工转换、到满足和平能源需求(例如供热、运输、电器)这一整个能源系统中的流动情况,采用基于市场的模拟方法预计未来的能源供需平衡。然后将这一分析结果传到另一个模块 IMPACTS,以计算与不同能源领域发展情景有关的环境负担(例如空气污染、固体废物的产生、土地使用、水污染)。

旨在可在个人计算机上使用的这个软件包的最新版,为在计算机屏幕上检查和修改具有代表性的能源网络而提供的已得到极大改善的图表用户界面。它还提高了评价温室气体(GHG)缓解情况的能力。

满足 2000 年以后不断变化的需求 为满足 IAEA 成员国不断变化的需求,还需要进行不懈的努力;尤其是,从 21 世纪议程、市场解除管制和私有化角度解决详细制订可持续能源发展战略等重要问题。

2000 年,机构将完成用

于估算和评价与发电有关的外部成本的简化方法(B-Glad)的开发工作。该程序是专为缺少详细数据且不能支付昂贵的分析费用的发展中国家使用而设计的,可在个人计算机上操作,仅需要输入最少量的数据。尽管 IAEA 的其他能源模型可以估算不同能源方案的环境负担水平,但 B-Glad 模型用来分析污染物的扩散和迁移,估算相关的健康和环境效应,并评价这些效应。B-Glad 还包含一个决策辅助模块,以便在比较各种能源方案时运用多重标准决定分析。

最后,鉴于电力市场最近发生的变化,IAEA 已开始实施一项旨在重新设计其 WASP 扩大规划方法的工作。随着世界各地电力系统重建工作的开始,各国电力公司正在进行不同程度的私有化,允许独立的电力生产者加入该系统,开放以竞标为基础的电力市场,以鼓励竞争。

目前,机构的 WASP 模型很难解决在重建后的市场中出现的许多问题。在 1999 年底,IAEA 开始了开发电力系统规划工具的努力,以便更好地帮助有关国家解决如何使用现有核电机组在新的

电力市场中能够参与竞争和新的核电机组如何适应长期发展计划等相关问题。

能源分析方面的培训

培训是 IAEA 建立能力活动的一个重要部分。自 1978 年以来,来自 73 个国家的 1000 多名专家参加了 IAEA 组织的地区和跨地区能源规划培训班。1999 年举办了 3 个这种培训班。

在—项地区(亚洲)发电方案比较评估项目名下,在巴基斯坦伊斯兰堡组织了一次培训班,其目的是在私有部门参与增多和电力领域资金有限的基础上帮助进行动力领域的合理规划和决策。培训重点是,在判定低成本电力系统扩大计划是否具有足够的资金和能否满足国家空气污染物排放限值时,如何运用 IAEA 的电力系统规划工具分析不同发电技术和独立电力生产者(IPP)合同。

在意大利的里亚斯特举办了一期欧洲地区培训班“为支持可持续能源发展而对核动力与其它发电方案和战略进行比较评估”。培训重点是,每个参与国家小组如何从事比较评估研究。研究的主要内容包括:(1)建立载有能源设施和燃料的技术、经济和环境特征的国别专门

数据库；(2)描述整个发电能源链在相关费用、空气污染物排放、固体废物产生和土地使用方面的特性；(3)制定最低成本电力系统扩大计划；以及(4)估算可选择的电力系统扩大战略的环境负担水平。

利用能源与动力评价程序(ENPEP)进行能源与核动力规划研究的跨地区培训班,是在美国阿贡国家实验室举办的。这期培训班的目的是,在一体化能源/电力规划和与不同能源领域发展前景有关的环境负担的量化方法方面对来自发展中国家的专家进行培训。这期培训班的主要内容包括:与国家能源系统规划有关的概念和术语的概述,能源链的特征描述,能源—经济—环境规划之间的相互关系,通过节能措施减少能源需求的可能性,资源要求与能源系统的环境效应的评价,GHG 缓解评价方法,利用ENPEP进

行国家研究,以及研究报告的编写和说明。

除了这些培训活动外,还在越南组织了一次国家清洁发展机制(CDM)与核动力研讨会,以提高越南对《京都议定书》下的灵活机制的认识,以及探讨核动力是否适合作为越南 CDM 技术。还为此目的在捷克组织了一次地区《京都议定书》联合执行机制研讨会,在维也纳为 IAEA 常驻代表团组织了一次信息研讨会。

国家能源研究

IAEA 于 1997 年制定的技术合作战略表示,与成员国的技术合作应逐渐促进有形的社会经济效应,以成本效益显著的方式直接对实现每个国家主要可持续发展的优先考虑项目做出贡献。

有几个成员国已要求 IAEA 帮助加强国家在可持续能源发展方面的能力。1999 年,IAEA 通过在巴西、

保加利亚、克罗地亚、捷克共和国、埃及、立陶宛、墨西哥、摩尔多瓦、波兰、斯洛文尼亚、苏丹和越南等国实施的国家项目为各国提供了援助(见第 10 和 11 页方框和图),以评价核动力及其他能源方案在其电力供应系统的未来扩大中的作用,同时适当考虑技术、经济和环境问题。在欧洲、东亚和太平洋地区的地区项目还满足了成员国在可持续能源发展比较评估方面的需要。

在 20 世纪 90 年代初期,大多数项目集中于确定核动力在一国最经济的电力系统扩大战略中的作用。最近的项目包括以市场为基础的能源系统研究和环境负担的评价。预期今后这方面的项目将逐渐集中于通过估算外部成本进行发电方案的更全面的成本核算,评价核能在缓解温室气体排放方面的优点,以及分析核动力在私有化电力市场中的作用。□