

拉美和加勒比地区的能源战略与核动力： 使发展持续下去

今后数十年间扩大核能的作用
可以帮助该地区满足日益增长的电力需求

拉丁美洲和加勒比海地区的人口占世界的 8%，他们的一次能源总消费量约占世界一次能源生产量的 6%。在今后几十年内，该地区——如同世界上大部分发展中地区一样——将面临着对能源特别是对电力的需求日益增长的形势。

未来的能源需求量将取决于许多因素，但人口增长与生活方式的变化可能是主要的推动因素。即使人均能源使用量保持在目前这种比较低的水平上，人口的增加也将导致能源需求量的上升。以墨西哥城、圣保罗、里约热内卢、布宜诺斯艾利斯和波哥大等百万千万人级的大城市为中心的城市化的进程，很可能会继续下去。这势必增加对能源特别是对电力的需求；还将产生更为紧迫的环境问题，因此要求采取效率更高和环境适宜的能源政策。

由于该地区的能源强度——每单位国内生产总值(GDP)的能源消费量——比较高，所以不管是工业部门还是民用方面，在提高能源效率方面都有相当大的潜力。通

过技术改进和自我克制的政策，大幅度的节能是可能的。然而，该地区的 GDP 构成往往是高耗能的，经济结构的改变也相当费时。因此，即使实施提高效率和节能计划，这种能源强度也将保持稳定，或继续缓慢地上升。此外，能源效率的改善需要投资，筹集资金可能比较困难。像世界上其他的发展中地区一样，该地区的资金来源有限，而社会与经济的发展和偿还过去的贷款所需的资金又较多。

因此，预期该地区的一次能源消费量，将以高于世界平均水平的速度继续增长。此外，商业能源的需求量将以更快的速度增加，因为它们将逐步替代非商业能源。世界能源委员会(WEC)设想的各种情景表明，拉美和加勒比地区的一次能源消费量，自 1990 年到 2000 年将增加 0.25 到 0.7 倍，具体数字取决于经济与人口的增长率及能源效率与需求量管理工作的相应成就。在 2000 年到 2015 年间，按照 WEC 设想的低情景，该地区的能源消费量将翻一番，按高情景将增加两倍。(见下页表。)

过去，该地区的电力需求量一直比一次能源总需求量增长得快。由于迅速城市化和工业化，预计这种趋势将继续下去。该地区人均电力消费量远低于世界平均水平。在民用方面，对电气设备的需求远未达到饱和水平。农村地区的电气化是提高生

E. Bertel 和
P. Molina

Bertel 女士和 Molina 先生是 IAEA 核动力处职员。本文是以在拉丁美洲和加勒比海地区能源大会(ENERLAC '93)上宣读的一篇论文为基础改写的。这次大会是 1993 年 6 月 15—18 日在哥伦比亚首都圣菲—德波哥大召开的，其要点见本期第 19 页。

	1995年	2000年	2010年	2015年
人口总数(百万)	460—507	505—560	560—625	632—775
GDP(10亿1980年美元)	861—1075	995—1465	1925—2150	1810—3730
人均GDP(1980年美元)	1801—2337	1949—2960	2072—3839	2335—5696
一次能源消费量(Mtoe)	417—495	466—660	640—965	826—1830
人均一次能源消费量(kgoe)	872—1076	941—1333	1075—1661	1307—2607

注: toe=吨石油当量; kgoe=千克石油当量。

WEC设想的拉美和加勒比地区的情景

活质量所必需的,更有必要增加发电和输电的容量。工业部门的结构演变可能有利于发展先进的工艺技术和现代化的生产工艺,但耗电量要比传统工业多。

即使平均的人均电力消费量保持在现有水平上,到本世纪末,仅人口增长这一项将要求增加电力供应量约60太瓦小时每年(TWh/a)。然而,人均电力消费量增加的可能也较大,即使它仍将处在比目前世界工业化地区达到的低得多的水平上。在这种情况下,可以预料今后10—15年间该地区的电力总消费量将翻一番,在21世纪的头10年达到1000 TWh/a以上。因此,即使提高能源效率和搞好需求管理的政策取得相当大的成就,电力部门仍将面临着增加发电装机容量的巨大压力。就这点来说,值得指出的是,80年代,扩大该地区电力供应系统的投资计划由于缺少资金而未能实现。为弥补这种拖延,对有必要建造新电厂的压力必将增加。

环境考虑

扩大拉美和加勒比地区的发电系统,将为发展环境方面更温和的能源供应工艺技术提供机会。在该地区的某些国家中,核动力已有一定程度的发展。自然资源、科学知识以及工业基础设施等条件都已具备,并且有可能加强,以支持把广泛利用核动力作为一种可持续的电力供应选择。

当使用最新的技术进行装备时,用于发电的所有大型燃料循环都能以相对较低

的健康与环境风险提供电力。但是,应仔细评估电力供应的各种选择,并在考虑了整个燃料循环的总影响后才能部署。

关于化石燃料,其影响除了向大气排放氮的氧化物、二氧化硫、二氧化碳和各种微粒外,还包括排放废水、排放固体废物及造成其他的健康和环境负担。就可再生能源和核动力来说,相关的工业活动和在电厂设备的制造与电厂建设以及各种燃料循环过程中所使用的化石燃料,都能导致类似的环境效应,虽然总的说来它们的效应要小一些。核动力还引起人们担心其安全与放射性废物管理。所有这些负担都应予以监测,尽可能使其减小,并应在评价各种选择时综合地加以评估。

在拉美和加勒比地区,正如世界其他地区一样,环境问题,连同技术与经济的优化,都将成为制定和实施可持续的电力供应战略的关键参数。电力供应的可靠性要求开发当地的、本国的和本地区的能源,并要求以煤、天然气、核能以及可再生能源替代石油。从高含碳量燃料(如煤和其他固体燃料)转向低含碳量燃料(如天然气)或非化石能源(如核能),将有助于电力部门减少温室气体的排放量。

同样值得注意的是,用电力替代其它形式的能源一般可降低能源强度,从而改善天然资源的总体管理和节省能源。鉴于电力的效率较高,尤其是在工业部门,在最终用户的能源消费量中增加电力份额,即使保持同样的经济活动水平和改善生活方式,也能使能源的总用量减少。此外,由于电力的使用总的说来是清洁和安全的,用它替代其他能源能减少与能源的消费有关的健康和环境影响。

拉丁美洲的电力供应

水力是拉美和加勒比地区的主要电力来源。水电占总供电量的66%以上,由于它是可靠的当地能源,今后将继续起到重要作用。然而,水电的发展将受到限制。限制因素包括大坝的环境问题和与小水电设施

阿根廷。有两套核电机组正在阿图查和恩巴尔斯运行,它们都是加压重水反应堆(PHWR)。阿图查机组的装机容量为 350 MWe,于1974年并网。650 MWe 的恩巴尔斯核电机组于1984年开始商业运行。这两套机组都由阿根廷核能委员会(CNEA)经营,分别从德国和加拿大进口。1992年,阿根廷核电厂提供的电力占该国总发电量 6.6 TWh 的 14%。第三套机组阿图查-2号正在阿图查建造,是从德国进口的 600 MWe PHWR,预期 1995年初开始商业运行。

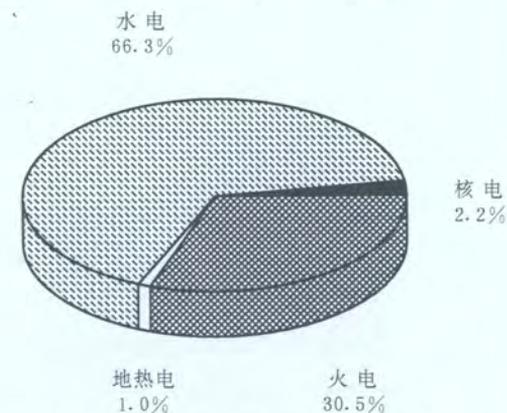
巴西。有一套核电机组即安格拉-1号正在运行,它是从美国进口的 630 MWe 压水堆(PWR)。1992年,它供应的电力占该国总发电量的 1%弱,第二套机组安格拉-2号是从德国进口的 1250 MWe 压水堆,目前正在建造,预期 90年代后期开始商业运行。

墨西哥。拉克纳维尔德的第一套机组是从美国进口的 650 MWe 沸水堆(BWR),于 1990年开始商业运行。1992

年,它提供了 4 TWh 的电力,占该国总发电量的将近 4%。第二套机组与第一套机组堆型相同,并建在同一厂址,目前正在建造,预期 1994年开始商业运行。

古巴。有两套 400 MWe 压水堆(WWER-440型),是从前苏联进口的,自 80年代中期以来一直在建造,预期 90年代中期开始商业运行。

电 力 消 费 量



来源: *Energy Statistics*, OLADE, SIEE, Version No. 4, July 1992。

有关的局部影响问题;以及从适宜建水电站的地点向工业区和城镇用户输电所造成的成本和环境负担。此外,水电是资金高度密集型产业,在该地区的大多数国家中,资金的筹措也许是个难题。

使用煤炭或天然气的火电厂,技术成熟,经济上有竞争力。但人们对燃烧化石燃料的环境影响的担心越来越大,已导致开发先进的、污染受到控制、效率更高的技术,因而减少了每单位发电量的二氧化碳和其他气体的排放量。这方面已取得重大进展。这些先进技术已经在拉丁美洲的一些国家中使用,倘若给予优先考虑,就可以在整个区域内进一步推广。

在拉美和加勒比地区,地热发电占总发电量的 1%。将来,生物燃料可能成为一种有前途的能源。尽管它的发电潜力有限,且与燃烧有机化合物相关的环境影响远不

是能忽视的,但在该地区内这种选择可能是有意义的。这尤其是在农村地区;在大城市中,它也可能带来一些附带的好处,例如,有助于城市垃圾可持续的管理和处置。其他的可再生能源,像光电能源或风力能源,预计在今后 20年内不会对该地区的电力供应作出重大贡献。这是因为这些能源仍需要进行大量的开发工作,方能达到商业示范和经济上有竞争力的阶段。

核电占该地区供电量的 2%左右。在该地区,这种技术仍处于早期的发展阶段。只有 4个国家——阿根廷、巴西、古巴和墨西哥——拥有运行中的或建造中的核电厂。(见方框。)

拉美和加勒比地区的铀产量仍然比较小,这与当前铀市场不景气有关。只有阿根廷和巴西这两个国家继续开采本国的铀资源。可是,该地区已探明的和未勘探的铀资

拉美和加勒比地区的核动力与电力消费量

源相当多,目前那里有 10 多个国家正在开展勘探工作。

阿根廷、巴西和墨西哥已在核燃料循环工业方面开展了一些活动。这些活动主要包括铀矿开采与矿石加工,转化与燃料制造,浓缩服务以及重水生产等。现有的这些工业基础设施,加上在核研究和核科学其它领域所做的努力,可以成为在该地区将核动力作为国产能源进一步加以推广的基础。

核动力的前景

在世界范围内,核动力是能够大规模推广应用和用于基荷发电时具有竞争力的、可能性最大的非化石能源。核能发电是具有竞争力的,当化石燃料的发电成本中附加上环保费用后,核能发电的相对竞争力将增大。

然而,核动力是一项要求很苛刻的技术,尽管一些发展中国家已经在运营一些核电厂和打算实施核动力计划,但一直主要在工业化国家中发展。安全与放射性废物管理问题已引起人们的关切,必须予以解决。公众的认可是实施大规模核动力计划的先决条件。设计人员正在研制先进的反应堆,这些先进反应堆是建立在由目前这一代反应堆的运行积累起来的大量经验基础之上的。此外,毋庸置疑,新一代核动力厂将更加适合发展中国家的要求,例如规模较小和运行维修较容易。

在拉美和加勒比地区,核动力的更广泛发展必将为加强能源供应的可靠性、发展先进的工艺技术以及实行环境较温和的电力供应战略作出贡献。由于该地区有可能生产天然铀和提供燃料循环服务,核动力的发展定能有利于该地区保持其化石燃料的出口量,并使其利用本地区资源的能源供应多样化。

发展核计划所需的工业基础设施以便本国能最大限度地参预,这涉及到加强该国的许多工业部门。它们包括建筑业、设备制造业以及提供材料与服务的行业。虽然

还需要进口一些设备和转让一些技术,但拉美和加勒比地区核计划的实施,必将得益于那里已经获得的专门知识和经验。

就拉美和加勒比地区,尤其是大气污染已引起人们担忧的人口稠密地区而言,核能在环境影响方面的优越性将比较明显。可以预料,提高供电、输配电和最终使用的效率,将会在该地区环境温和的能源战略中起重要作用。发展可再生能源也是非常重要的,尤其是农村地区。

当然,核动力有可能起到重要的作用。IAEA 最近的预测表明,到 2010 年,拉美和加勒比地区核能发电总装机容量可能增加 2 倍或更多,达到约 6—8 吉瓦电(GWe)。到那时,核动力有可能提供该地区供电量的 2.5%到 3%。(见下页表与图。)

IAEA 的服务与支助

一个国家若要开始采用核动力,必然有一个全面规划和决策的过程。这一过程以一系列相互有关的研究为基础,包括能源供应/需求分析,经济与财务分析,以及基础设施与人才的要求与可获得性评估。

当核动力在某个成员国中成为一种有生命力的选择,因而准备制订在其能源供应系统中引入核动力的规划时,IAEA 就向它们提供制订此类规划所需的资料 and 支助。评估核动力选择的生命力时,必须考虑该国特有的社会与经济条件。

IAEA 已开发并可提供方法学和计算机化的工具,并可给感兴趣的成员国提供进行此种研究的帮助。这些研究涉及的范围:从分析核选择总体生命力的预可行性研究,核计划的详细可行性研究,直至最后的核动力厂规划和实施。可供使用的模型有 MAED(能源需求分析模型)、WASP(维也纳自动系统规划程序包)、VALORAGUA(专门为水电比例较大的系统设计的程序)、FINPLAN(分析电力扩大计划财务问题的模型)和 ENPEP(能源与动力评价计

划)。ENPEP 提供制订能源与电力规划同时考虑健康与环境影响的一体化方法。为了使成员国可以利用这些模型,IAEA 不断给来自各国许多单位的专家提供如何使用这些工具的大量培训。机构还提供进行可行性研究、评标以及财务分析等方面的帮助。由于拉美和加勒比地区的专家们参加了 IAEA 的培训计划和技术援助项目,该地区可从事核动力规划的专业队伍已壮大。(见下页表。)

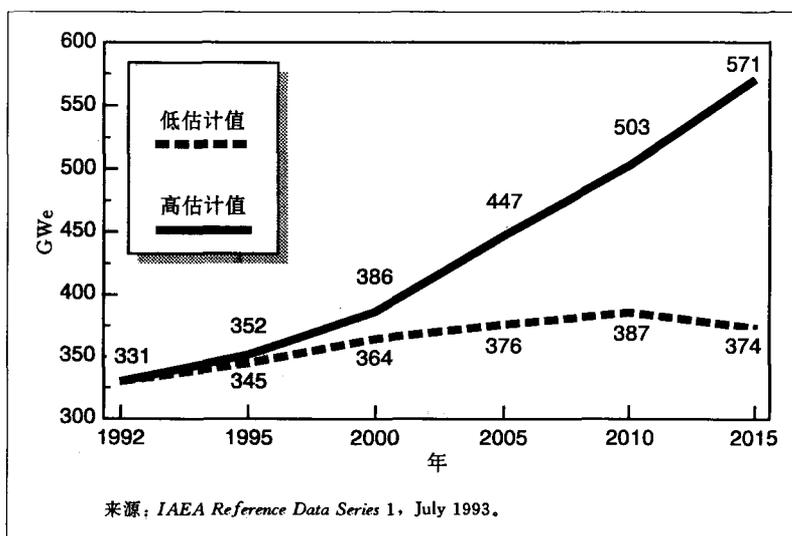
IAEA 开发的这些方法学和模型已传播给拉丁美洲地区的一些国家。至今,拉美和加勒比地区的 18 个国家已得到 WASP 模型;6 个国家已得到 ENPEP 模型;3 个国家已得到 MAED 模型;3 个国家已得到 VALORAGUA 模型。泛美开发银行(IDB)和拉丁美洲能源组织(OLADE)也在使用这些模型。

国家审管部门负责对核动力厂和燃料循环设施进行安全评价。为加强世界各地核设施的安全性,IAEA 已设立了许多研究项目,并正在应各国请求提供支持其审管部门所采取行动的服务。IAEA 有关核动力厂的安全标准、导则和实施办法,可给各国审管工作提供许多推荐意见,并可作为安全分析、审议和评价的参考框架。机构还提供有关各种安全课题的培训计划,以提高工作人员从事此类工作的能力。

搞好协调的必要性

过去几十年间,核动力已为环境适宜的能源战略作出了巨大贡献,并且有潜力在电力供应结构中占据更大的份额。拉美和加勒比地区存在着进一步发展核动力的机会,因为该地区的人们对环境问题的担忧正在增加,而且自然资源和工业基础设施允许更大规模地推广应用核动力。对可用于发电的各种能源的综合分析表明,核能是环境最温和的能源形式之一,甚至比水力和其它可再生能源好得多。

在拉丁美洲地区,基于对不同选择的



年份	北美	拉丁美洲	西欧	东欧	非洲	中东和南亚	东南亚和太平洋地区	远东	世界合计
1992	113.6	2.2	120.7	43.9	1.8	1.7	0	46.6	330.7
1995	115.7	2.9	122.2	51.3	1.8	1.9	0	55.7	351.6
	115.7	2.9	122.0	46.7	1.8	1.9	0	54.1	345.2
2000	118.1	5.6	128.8	56.4	1.8	3.7	0	71.1	385.6
	116.9	4.8	126.2	48.9	1.8	2.7	0	62.8	364.1
2005	121.1	7.6	138.2	79.6	1.8	5.0	0.6	93.5	447.3
	119.9	4.5	122.6	52.1	1.8	2.9	0	72.5	376.3
2010	122.0	8.2	154.0	89.5	5.0	7.5	3.2	113.4	502.9
	117.9	6.4	116.0	59.6	1.8	3.7	0.6	80.9	387.0
2015	147.1	10.5	167.8	100.8	5.0	8.2	4.4	126.7	570.6
	119.3	7.1	97.7	53.9	0	5.7	1.2	88.9	373.8

注: 数据按 GWe 计,上行与下行数字分别代表高估计值与低估计值。
来源: IAEA Reference Data Series 1, July 1993.

核动力装机容量预测值

跨地区培训班	举办期数	参加人数*
发展中国家以核能为重点的能源规划	8	250 (65)
用于核电规划的电力需求预测(MAED)	3	94 (21)
制定电力系统扩大规划(WASP)	9	227 (61)
考虑核动力发展的一体化能源与电力规划(以ENPEP程序包为重点)	2	70 (24)

* 括号内数字为拉美和加勒比地区的参加人数。

IAEA 有关能源、电 力和核动力规划的 培训班

综合对比分析,核能可在可持续的能源战略中占有一席之地。进行这种对比分析时,除考虑能源供应可靠性和经济竞争力方面的问题外,还要考虑健康与环境问题。该地区的社会与经济发展给采用革新性质的政

策和先进技术提供了机会。当某个国家根据该国特定的社会经济条件认为核动力是一种有生命力的选择时,IAEA 能不断地提供资料 and 支助,以增强这些国家实施核动力计划的能力。

核动力的未来发展,无疑将取决于社会的认可程度,后者又取决于世界特别是工业化国家的认可程度。尽管业已证明核电厂在正确运行时是安全的,但开发安全性更好的先进反应堆和采取确保放射性废物得到安全管理和处置的措施,将成为关键性的因素。核动力能在减轻来自电力部门的环境负担方面作出贡献,值得科学界和工业界共同努力促进它的推广应用。 □



危地马拉的一个农
贸市场。(来源:J.
Marshall, IAEA)

1993年6月15—18日,在哥伦比亚的圣菲—德波哥大举行了拉丁美洲和加勒比海地区能源大会(ENERLAC '93)。这次大会是根据拉丁美洲能源组织(OLADE)的倡议组织的,因为有必要在世界地缘政治和经济环境框架内分析该地区的能源部门应如何发展的各种选择。会议由哥伦比亚政府主办,该国总统 Cesar Gaviria Trujillo 博士宣布大会开幕。

大会包括4大议题:世界地缘政治和能源市场;经济改革和能源部门;能源、环境和可持续发展;关于能源部门和私营部门的倡议。

能源供应。会上宣读的论文表明,该地区的能源供应情况使人们不必担心能源资源的可获得性。然而,尽管可采取节能和提高利用效率等措施,但预计能源需求会继续增长。为了满足这种需求,需要向能源部门特别是电力部门投入大量资金。该地区电网和天然气网的互联将继续有待加强,它们将在提高能源供应系统的效率方面起重要作用。

石油占该地区能源供应量的50%以上。该地区打算保持其石油净出口者的地位。为提高石油产品的生产能力以满足国内需求和向国际市场出口,需要向炼油部门投资。该地区丰富的天然气被认为是一种有吸引力的替代能源,能够更加大规模地开发以满足本地区市场需要和向世界出口。煤炭对该地区能源供应的贡献很有限;不过,它在哥伦比亚、墨西哥和巴西是一种重要的能源,将继续加以开发,重点放在煤炭精炼技术上。在该地区的大多数国家里,水力仍将是电力供应的主力。值得指出的是,生物燃料约占该地区能源供应量的20%,并预计将会得到进一步的发展,并会利用先进的加工和燃烧生物燃料制品的技术。

在该地区的有几个国家中,核动力被视为一种中长期的替代能源。就此而论,IAEA在应成员国的请求帮助它们开展有关的研究与开发活动以及评价核选

择的生命力与可行性方面的作用是相当重要的。

经济因素。该地区正在进行的经济改革,包括能源和电力部门的私有化,预计将改善能源的生产、分配和最终利用的技术经济表现。事实证明,政府过去执行政策与经济的优化相去甚远;原则上旨在使提供的服务能为所有人负担得起的收费标准政策,导致一些公司收益较差和对投资缺乏刺激。目前,能源部门需要巨大的投资,这么多的投资是不可能单靠该地区本身筹集到的。

能源部门的私有化和向外国投资者开放,理应给基础设施现代化以及使其适应该地区能源尤其是电力的生产和分配的需要提供部分资金;当然,国际上的各种开发银行的支持肯定也是必要的。由于私人投资者会从成本优化的角度确定他们的方针,因此能源部门经济改革的结果应该能提高效率和改善自然资源的管理。但是,关于私营部门是否愿意从长远的角度执行可持续的战略,一些发言者表示担心;有人特别强调,该地区各国政府在能源部门的规划和决策方面应继续起领导作用,以便确保短期的经济优化和长期目标(例如能源独立性与环境保护)之间正确地保持平衡。

环境考虑。在拉美和加勒比地区,如同世界各地一样,人们对评估能源战略的环境影响越来越感兴趣。会上提出的有关这一问题的论文数量说明了这点。这些论文报道了环境影响监测方面的研究成果,对能源部门废物排放量的现状及其趋势的分析结果,以及对能减轻或缓解环境影响的替代战略的分析。有人强调,尽管该地区确实存在着污染问题,但拉美和加勒比地区各国属于世界上人均二氧化碳排放量最低的国家之列,这主要归因于水电在发电量构成中占有很大的份额。会上提出把节能和需求量管理措施作为保持低水平排放量的优先考虑选择,并把重点放在以经过精炼的化石燃料作为燃料的技术上。