

能效系列



节电刻不容缓

2011年更新

信息报告

SARA BRYAN PASQUIER

2011

国际能源署

国际能源署（IEA）是一个自治机构，创立于1974年11月，其使命有两重：通过对石油供应的实际中断做出集体响应来促进其成员国的能源安全；提供权威的研究和分析方法，以确保其28个成员国和其他国家有可靠，经济和清洁的能源。

国际能源署在其成员国之间开展全面的能源合作计划，每个经济体都有义务持有相当于其90天净进口的石油库存。国际能源署的目标包括：

- 确保成员国获得可靠、充足的各种形式能源供应；特别是，在石油供应中断时要通过维持有效的应急响应能力来实现。
- 促进在全球范围内推动经济增长和环境保护的可持续能源政策，尤其是要减少导致气候变化的温室气体的排放。
- 通过采集和分析能源数据改善国际市场的透明度。
 - 支持全球能源技术协作，保障未来能源供应并减轻其环境影响，包括通过改善能源效率以及开发和推广低碳技术。
 - 通过和非成员国、产业界、国际组织及其他利益相关者进行接触和对话找到全球能源挑战的解决方案。

国际能源署的成员国包括：

澳大利亚
奥地利
比利时
加拿大
捷克
丹麦
芬兰
法国
德国
希腊
匈牙利
爱尔兰
意大利
日本
韩国
卢森堡
荷兰
新西兰
挪威
波兰
葡萄牙
斯洛伐克
西班牙
瑞典
瑞士
土耳其
英国
美国



International
Energy Agency

© OECD/IEA, 2011

International Energy Agency

9 rue de la Fédération

75739 Paris Cedex 15, France

www.iea.org

请注意本出版物在使用和分发时有具体限制。相关条款请参照：

www.iea.org/about/copyright.asp

欧洲委员会也参与了国际能源署的工作。



节电刻不容缓

2011年更新

信息报告

SARA BRYAN PASQUIER

本信息报告供能效工作组使用，由能效与环境处起草。本报告代表了IEA秘书处的观点，但不代表IEA单个成员国的观点。如欲了解更多信息，请联系能效与环境处 sara.pasquier@iea.org

2011

目录

目录	4
前言	6
致谢	7
总述	8
概述 近期发生的电力紧缺	10
2011 年日本电力紧缺	10
2008 年美国阿拉斯加州朱诺市电力紧缺	11
2008 年新西兰电力紧缺	13
2008/09 年南非电力紧缺	13
2007/08 年智利电力紧缺	14
减轻电力紧缺的步骤	16
第一步 分析电力紧缺的原因和持续时间	16
电力紧缺的原因	16
预计持续时间	17
第二步 寻找节能机会	17
第三步 采取需求侧节能工具包	18
价格信号	19
行为改变和信息宣传	21
技术替代	23
拉闸限电	23
市场机制	25
电力紧缺应急管理中的其它问题	26
结论和建议	30
附件 全面案例分析	32
2011 年 日本	32
2008 年 美国阿拉斯加州朱诺市	39
2008 年 新西兰	46
2008/09 年 南非	50
2007/08 年 智利	53
参考文献	57

图片

图 1. 采用应急节能计划实现的预计节电情况	8
图 2. 2008 年 4 月雪崩前后阿拉斯加州朱诺市日常用电情况	12
图 3. 2007/08 年度智利电力需求增长	15
图 4. 受 3 月 11 日地震和海啸影响的区域	32
图 5. 夏季高峰时段预计每小时负荷曲线（所有行业）	33
图 6. 按家用电器类型区分的每小时家庭用电需求预测	34
图 7. 家庭用电领域节能建议	36
图 8. 办公楼节能信息工具包	37
图 9. 阿拉斯加州朱诺市地理位置	39
图 10. 阿拉斯加州朱诺市节能活动标志	41
图 11. 调查反馈 你是从哪里获得的节能信息？	42
图 12. 阿拉斯加州朱诺市 2008 年 4 月雪崩前后每日用电情况	43
图 13. 阿拉斯加州朱诺市居民采取的节电行动	44
图 14. 与 Minzone 和 EMzone 对应的水力发电储备（2007—2008 年）	46
图 15. 与上一年相比的工业需求响应	47
图 16. 中央系统中的智利长期储能设施	53
图 17. 智利 2007/08 年电力需求增长率	55

表格

表 1. 节能方案在近年出现的电力紧缺事件中发挥的重要作用	10
表 2. 电力紧缺类型	16
表 3. 2005—2011 年电力紧缺类型和原因	17
表 4. 需求侧电力紧缺管理工具	19
表 5. 信息宣传活动中经常介绍的节能措施	22
表 6. 常用技术替代	23
表 7. 不同限电策略的优缺点	24

前言

长时间的电力紧缺会造成电力供应不稳定，增加电力成本，进而破坏经济活动。在《节电刻不容缓》（2005）一书中，IEA 介绍了一些国家通过实施应急节能计划减轻电力紧缺负面影响的案例。这些计划使用了拉闸限电、价格信号以及信息宣传等一系列工具鼓励和推动消费者减少浪费能源的行为，将用电时间推迟到非高峰时段，用高能效技术替代老旧技术。经过努力，各国均实现了节能，幅度从法国的 0.5% 到巴西的 20% 不等。

《节电刻不容缓》一书出版当年，电力紧缺仍在持续。2011 年中期，日本经历了历史上最为严重的一次电力紧缺。这份 IEA 信息报告对之前的相关文献进行了更新，重点介绍了近来在日本、美国、新西兰、南非和智利发生的电力紧缺。报告借助案例分析对众所周知的三项节能计划进行了强调：（1）了解电力紧缺原因和持续时间；（2）寻找节能机遇；（3）采取一揽子需求侧管理办法。本报告为应急节能计划良好实践提供了洞见，并对政府如何通过交流、价格、限电和技术工具实现更快节能提供了建议。报告还介绍了可实现持续节能的应急措施。

Richard A. Bradley
能效与环境处处长

致谢

本信息报告的主要作者是 IEA 能源政策分析师 Sara Bryan Pasquier，在此，特别感谢《节电刻不容缓》（IEA，2005）一书的作者 Alan Meier 提供的专业信息，以及负责撰写限电与市场机制部分的 IEA 能效分析师 Grayson Heffner。特别感谢日本能源经济研究所（IEEJ）的 Yukari Yamashita、日本经产省（METI）提供的日本案例分析、奥克兰大学 Bart van Campen 提供的对新西兰和智利的案例分析、劳伦斯伯克利国家实验室（LBNL）的 Alan Meier，以及加州大学戴维斯分校的 Wayne Leighty 提供的针对阿拉斯加州朱诺市的案例分析。来自能效和节能局（EECA）的 Sea Rotmann 和 Andrew Robertson 参与了新西兰的案例分析，来自世界银行的 Luiz Maurer 博士参与了南非的案例分析。

在此，我们对 IEA 工作人员 Robert Arnot、Philippine de T'Serclaes、Rebecca Gaghen、Nigel Jollands、Jung-Ah Kang、Vida Rozite、Marilyn Smith、Laszlo Varro 的辛勤工作表示衷心的感谢。同时，还要感谢 IEA 能效与环境处处长 Richard Bradley、可持续能源政策与技术处主任 Bo Diczfalusy 全程监督报告的编写工作。

总述

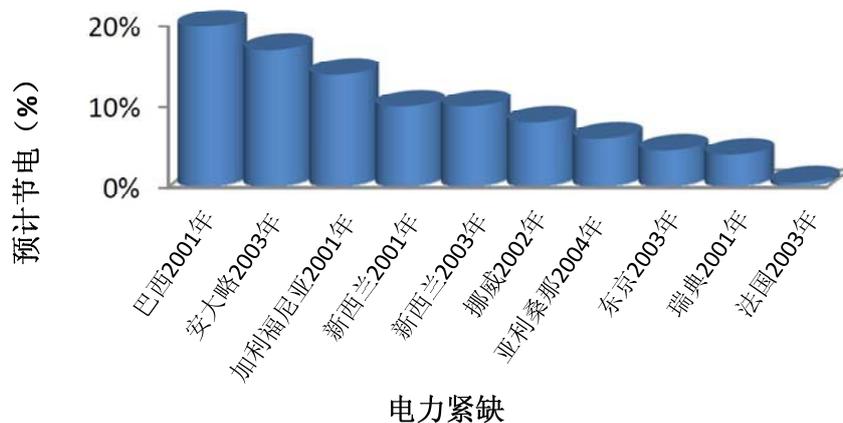
当用户需求超过可用电力时就会发生电力紧缺。用于发电的能源供应不足将导致电力紧缺，同样，发电不足、输电和配电能力不足也会导致电力紧缺。

长时间的电力紧缺会造成电力供应不稳定，增加电力成本，进而削弱经济竞争力。电力紧缺对经济的影响很大。仅 2007 年，切负荷即给巴基斯坦经济造成数十亿美元的损失（Burki, 2009）。2009—2010 年发生在埃塞俄比亚的电力紧缺导致该国国民生产总值（GDP）损失 1.5%（Tsehaye *et al.*, 2010）。2003 年 8 月加拿大安大略省发生夏季断电后，GDP 下跌了 0.7%（加拿大统计局，2003）。

长期电力紧缺对环境的影响也很大。由于经常面临切负荷引起的强制限电或彻底断电，消费者不得不购买价格高昂的现场发电设备，但此类发电设备所使用的燃料（如柴油）会造成空气污染（ESMAP, 2010）。

IEA 的分析表明，如果采用正确的节能战略，许多由电力紧缺导致的负面影响是可以避免的，或是降到最低程度。在 2005 年出版的《节电刻不容缓》一书中，IEA 介绍了一些国家通过实施应急节能计划减轻电力紧缺负面影响的案例。这些计划使用了拉闸限电、价格信号、技术替代和信息宣传等一系列工具鼓励节能，这些工具推动和促使消费者立即减少浪费能源的行为，将用电推迟到非高峰时段，用高效技术替代老旧技术。由于采用了上述节能计划（图 1），各国均实现了节能，幅度从法国的 0.5% 到巴西的 20% 不等。（图 1）

图 1. 采用应急节能计划实现的预计节电情况



资料来源：摘编自 IEA, 2005

电力紧缺在许多国家蔓延。在《节电刻不容缓》一书出版当年，电力紧缺在全世界几乎所有国家都发生了。由于存在政治、监管和经济上的障碍，政府和能源公司难以实现近 16.6 万亿美元的投资，用于满足未来 25 年每年 2% 的用电需求增长，这将导致电力紧缺持续存在（IEA, 2010）。开发应急需求侧节能计划，作为额外供电保障，是许多政府应该考虑的有效策略。

很少有研究对应急节能计划进行分析，或介绍这一领域的良好实践。这份 IEA 信息报告为现有文献增加了新的内容，重点介绍了近来发生在日本、美国、新西兰、南非和智利的电力紧缺问题初步研究成果和结论。报告借鉴了世界银行以及其它机构的近期研究，目的在于：

- 强化既定的电力紧缺诊断大纲，寻找节能机遇，选择一揽子节能措施；
- 强调实施应急节能计划的良好实践。

本报告对于政府、学术界、私营领域和民间团体的利益相关方均有重要意义，有助于他们宣传、制定和实施电力政策，特别是应急节能计划。

概述 近期发生的电力紧缺

以下表格列出了近年来发生在日本、美国、新西兰、南非和智利等国的电力紧缺危机案例，从中我们可以看出，快速动员电力终端用户采取节能措施，以及投资节能技术的重要意义（表 1）。本报告在附件中提供了更为详尽的案例分析。

Page | 10

表 1. 节能方案在近年出现的电力紧缺事件中发挥的重要作用

	2011 年 日本 电力紧缺	2008 年 阿拉斯加州朱诺市 电力紧缺	2008 年 新西兰 电力紧缺	2008/09 年度 南非 电力紧缺	2007/08 年度 智利 电力紧缺
降低用电 (%)	在夏季用电高峰时段大多数行业减少 15% 的用电量	所有行业减少 25%—40% 的用电量	家用领域减少 3.6%—6.7% 的用电量	主要涉及的工业企业，减少 20% 的用电量	尽管 GDP 实现增长，但电力需求却未提高
大致持续时间	自 2011 年 3 月以来	6 周	2008 年 6—7 月	2008 年 1 月—2009 年年底	几个月
提高电价		X	X	X	X
要求行为改变	X	X	X	X	X
技术更新	X	X (仅指更换节能灯)	X	X	X
拉闸限电	X	X		X	X
燃料替代		X	X	X	
日光照明的节电时间					X

2011 年日本电力紧缺

2011 年 3 月 11 日，日本东部遭受了强烈地震和海啸袭击，造成日本境内多个大型核电站长时间停止运行。截至 2011 年 3 月 21 日，据日本能源经济研究所 (IEEJ) 估计，此次地震和海啸袭击造成的机组停机容量超过 27GW (IEEJ, 2011)。由于无法满足负荷侧用电需求，日本东京电力公司 (TEPCO) 被迫实施拉闸限电，由此造成了巨大的经济和社会损失。随着 4 月天气转好以及热电厂逐步恢复运行，东京电力公司才得以解除拉闸限电措施。

为避免夏季用电高峰时段可能出现的因用电需求超过电力供应导致的停电紧张局面，日本政府决定实施节能战略。2011 年 3 月 13 日，日本政府当局成立了“电力供需应急响应指挥中心”，负责领导全国的应急节能工作。该中心由日本内阁官房长官直接领导，统筹各政府利益相关方，指导各方协调工作，其中包括隶属于日本经济省 (METI) 的自然资源与能源厅 (ANRE)，以及日本国家公共安全委员会。

日本政府最初面临的挑战包括：因缺乏行业或终端用户的具体负荷数据，难以确定哪些部门可以更加有效地节约能源从而避免停电。为了解决这一问题，日本政府召集了由研究人员、政府官员和东京电力公司工作人员组成的团队对电力负荷曲线进行评估，预测各个行业的节能潜力，并制定节电具体建议。

2011 年 5 月，日本政府宣布夏季节电战略，公布了修订后的电力节能目标，即：促进大多数行业节电率¹达到 15%。同时，政府将向某些终端用户，如医院、养老院和学校提供特别补贴。

2011 年 6 月，本报告付印之时，日本政府的节能战略主要包括以下措施：针对大型工业企业的强制性限电措施、信息宣传活动和节能援助。

对于用电量超过 500kW 的企业，日本《电力事业法》第 27 条授权政府可以限制此类用户的用电量。每天 9:00—20:00，上述用户必须比去年同期（2010 年 7 月 1 日—9 月 22 日）削减 15% 的用电量，未达到该目标的用户将面临每小时高达 100 万日元（约 12500 美元）的罚金。

许多大型工业企业甚至中小型企业（SMEs）均表示将调整作息制度及工作时间以达到节能目标。此外，日本经济省驻当地办事处和商业协会还向中小企业派遣了注册电气工程师，提供相关的节能建议。企业采取的其他措施还有：远程办公，转移企业经营活动至不受地震和海啸灾害影响的地区，给予员工更长的夏季休假。

在日本经济省自然资源与能源厅（ANRE/METI）的领导下，相关单位成立了一个政策制定团队和一个宣传顾问团队，主要负责筹备一项多层次的节能宣传活动。活动内容包括：通过网站、各大火车站以及电视台发布和展示峰值功率/供需平衡关系的预测，通过 Super Coolbiz 鼓励人们选择清爽的休闲服装，宣传节电技巧，在家庭中开展节电竞赛，对达到预定节电目标的家庭和商业用户给予奖励²。

截至本报告发稿，日本的夏季节电活动仍然面临以下三大挑战。首先，日本当前的能源使用效率已达到很高水平，大多数“触手可及”的节能方案均已广泛采用。因此，日本可能将不得不采取进一步的节能行动。其次，由于监管措施不足，目前尚不清楚中小企业和家庭用户将在何种程度上削减电力需求。最后，每隔 13 个月，核电站需要暂时停机做例行维护。在维护工作完成重新开机运行时，能源部门必须与地方长官达成一致意见。其中，已有几位地方长官表示，他们不希望核电站再度上网发电，此举可能会进一步加剧电力紧缺的严重程度和持续时间。

2008 年美国阿拉斯加州朱诺市电力紧缺

阿拉斯加州朱诺市的电力供应 90% 以上来自于 60 公里以外的水力发电站。2008 年发生的雪崩切断了朱诺市与水电站之间的输电线，迫使电力部门立即切换到备用柴油发电机组。随后，柴油发电机组几乎承担了该市所有电力供应，直到 6 周之后输电线完成修复。

2008 年，柴油价格一度达到历史高位，相比于水力发电成本高出很多。因此，每发一度电（1kWh）的成本由雪崩前的 0.11 美元/kWh 提高到 0.50 美元/kWh。

朱诺市政府意识到，防止电费飞涨的唯一办法就是让广大用户减少用电。朱诺市政府率先间隔关闭了路灯照明，以及公共建筑物中的某些用电设备和照明。

¹日本政府当局最初宣布工业企业须达到 25% 的节能目标。因东京电力公司估计，到 2011 年 7 月底，将增加 53.8 GW 的供电能力，因此，当前的节电目标被重新调整为 10.3%。

²截至本报告发表时，具体奖励计划仍在制定中。

经朱诺市政府批准，朱诺市经济发展理事会（JEDC）在全市范围内开展了一场声势浩大的节能活动。此次节能活动的宣传口号为“朱诺拔掉插头”，该活动旨在向广大终端用户宣传如何快速、安全、节约地用电。这一大众宣传活动的成本相对较低，且易于实施（如：通过广播、报纸和互联网）。

事实上，本次节能活动的成效远远超过预期。朱诺市的用电量在 6 周之内下降了 40%，从雪崩之前的大约 1000MWh/天降至 600MWh/天以下（图 2）。其中一个原因是天气转暖，日光照明时间延长，气温升高，用电量随之下降。不过，尽管包含天气原因，朱诺市用电量比上一年度仍然减少了 25%—30%（考虑到历史增长率和天气因素后的调整数字）。

节能措施的广泛采用是用电量显著下降的重要原因。同时，此次电力紧缺危机也使整个社会意识到，应减少照明和电器的使用，调低控温器温度设置，采用晾衣绳晾干衣物，缩短淋浴时间。调查显示，朱诺市 50%—80% 的家庭已主动采取上述行动节约用电（Leighty and Meier, 2011）。

无论是节能，还是防止断电，朱诺市采取的应急节能措施均非常成功。特别值得一提的是朱诺市家庭直至危机即将结束也未遭遇任何电价上涨困扰。在节能的同时，用户仍只需按雪崩前较低的费率支付电费。

图 2. 2008 年 4 月雪崩前后阿拉斯加州朱诺市日常用电情况



资料来源：摘编自阿拉斯加电灯和电力公司（Alaska Electric Power & Light）提供的原始数据。

不过，在高效节能家电领域的投入并未在最终成果中发挥突出作用。朱诺市的地理位置相对独立，缺少高效的节能电器。在所有低成本的节能技术措施中，换装节能灯是目前为止最受欢迎的节能措施——超过 70% 的家庭选择了这一方案。约 10% 的家庭安装了防风条，不到 5% 的家庭选择安装新型保温材料。

在雪崩发生一年之后，由雪崩导致的用电削减仍有 1/3 未回升至雪崩之前，这表明，至少某些由雪崩促成的节能行为是持久有效的。解决更为长期的电力紧缺可能需要采用不同的策略，朱诺市的案例表明，即使没有价格高昂的大规模技术替代设备，大范围的、可持续的节能措施仍然行之有效。

2008 年新西兰电力紧缺

2008 年，新西兰遭遇了一场干旱导致的电力紧缺。最初阶段，新西兰采取的措施是：允许电力批发市场价格上调。不过，那个时候，新西兰的出口产品在国际市场上价格较高，产品具有较大的利润空间，因此，上调后的工业电价并未按预期目标大幅度减少用电需求（Hunt and Isles, 2009）。

旱灾进一步恶化，高昂的电价却没能削减工业用电需求，新西兰政府转而尝试在家庭和商业用电领域推广节能。新西兰政府发起并开展了一场节能宣传活动，包括在报纸、电视、广播、公共交通和网站上投放节能宣传广告，还建立了一个专门的网站，用于及时发布电力新闻、用电信息反馈、地区节电效果对比，以及水电站蓄水水位和流量信息。

多项研究表明，由于采取了上述一系列措施，新西兰的电力需求开始下降。据估计，全国范围，家庭和小型商业领域，由室温调整节约的用电量达到 3.6%（Transpower, 2008，经 Blackwell 引用，2009）—6.9%（VAN Campen, 2010）。

由于此次节能活动时间较短，效果似乎还不足以对电力需求产生结构性影响。根据 2008 年调研得出的结论，人们主要通过关闭电灯和燃料转换行动响应节电号召（Blackwell, 2009）。由于 66% 的新西兰家庭拥有多种取暖资源，许多家庭放弃使用电力，改用替代燃料如木材或燃气（天然气或液化气）获得部分供暖（新西兰国家统计局）。

2009 年，新西兰政府经过审议得出结论，在干旱危机过程中，家庭在节电方面可以发挥极为重要的作用。但是，审议也提出警告，无偿自愿的节能活动对于电力市场将会产生道德风险；过于频繁的使用，会导致电力用户产生厌倦甚至反感情绪（ETAG, 2009）。为了防止出现这种情况，新西兰电力局正在制定一套默认的需求响应机制，以期在未来节能活动中对受影响家庭进行补偿。由于有限的水电资源储量，新西兰特别容易受到短期干旱的影响，因此，鼓励家庭节约用电可以作为降低工业用电需求的补充，从而有效地保证电力供应。

2008/09 年南非电力紧缺

2008 年 1 月，南非遭受到了一场非常严重的电力紧缺。此次电力紧缺是由于用电需求日益增长，发电量相对不足、电站停机维护，以及计划外发电机停运等综合原因造成的。

在此次电力紧缺危机发生之前，由于具有可靠及充足的电力供应支撑，南非一直保持着持续的经济增长。随着国内经济不断增长，2006 年用电量相对于 1994 年增加了 60%。然而，在电力领域的新增投资却未能跟上电力需求增长的步伐。

为了应对 2008 年 1 月的电力紧缺，南非国家电力公司 Eskom 和南非政府（包括能源部 [DoE]³和国家电力管理局[NERSA]）实施了拉闸限电及其它措施，防止电力系统崩溃。上述措施在整个经济体系中被广泛应用，特别是在工业领域。为满足南非预期的电力需求增长（在 5—7 年内将超过 12GW），Eskom 公司启动了一项大型电厂建设项目，其中包括两座新的火力发电厂（ESMAP，2011）。

截至 2008 年中期，Eskom 公司和南非政府公布了一项节能计划（PCP）以期削减 10% 的用电峰值需求（约 3000MW）。最初，该计划主要是针对一些大型工业用户，其用电占全国用电总量的 58%（IEA，2010C），矿场和冶炼厂是节能的重点。2008 年，由于采取了该节能计划以及全球经济危机的影响，南非金矿和铂矿以及金属冶炼厂的电力消耗降低了 1500MW。2009 年，Eskom 公司继续对所有大型工业用户推广此项节能计划（Energy Tribune，2009）。目前，Eskom 公司建议南非全国前 500 位电力消费用户签署一份强制性节能方案（ECS），在发生严重电力紧缺时，实现 10% 的节能目标（以 2006 年为基线）。该节能方案要求所有参与者确立基线，安装监测和检验设备。南非能源部（DoE）目前正在制定一项针对该节能方案的政策，为南非政府的最终决定提供政策依据。

虽然，家庭用电仅占南非全国用电总量的 20%（IEA，2010C），但是，该领域在控制电力峰值需求方面发挥着至关重要的作用。家庭用户通常在清晨和傍晚用电最多（ESMAP，2010），因此，节能工具的设计应针对上述高峰时段。

其中一项工具是“电力警告”信息，每天 17:30—20:30 每隔 30 分钟在互联网或电视上发布电力紧缺的实时信息。电力警告信息让市民了解已经采取了及时的措施减少用电高峰负荷。根据 Eskom 公司的统计，每条信息意味着超过 500MW 的削减，绿色警告信息则意味着略低于 100MW 的削减（当系统中仅存有限应变时）。

4900 万人行动（2011 年 3 月由 Eskom 公司、南非政府和商业合作伙伴共同推出）是另一项针对家庭和商业用户的信息宣传活动。该举措旨在鼓励 4900 万南非人将节能作为民族认同感和民族文化的一部分。行动倡议企业和媒体共同向社会传播重要的节能信息，例如“关掉电源”。

在没有电视的地区，通过路演及示范项目开展创新的宣传活动。对于家庭用电领域，南非政府和 Eskom 公司实施了各种方案，向家庭提供高效照明技术、太阳能热水器、安装充气式淋浴喷头和煤气热水炉隔层。

2007/08 年智利电力紧缺

2007/08 年度，智利由于旱灾、从阿根廷进口的天然气中断，以及热电站燃料转换技术出现问题，遭遇了一场电力紧缺。

智利政府在国家能效计划（Programa Pais Eficiencia Energetica，简称 PPEE）框架内实施了一揽子措施，避免了电力中断，措施包括公共宣传活动和节能灯分发方案。另外，在需求

³ 能源部（DOE）的前身是矿产及能源部（DME）的一部分。自 2009 年，南非矿产及能源部（DME）被划分为两个部，分别是矿产资源部和能源部。

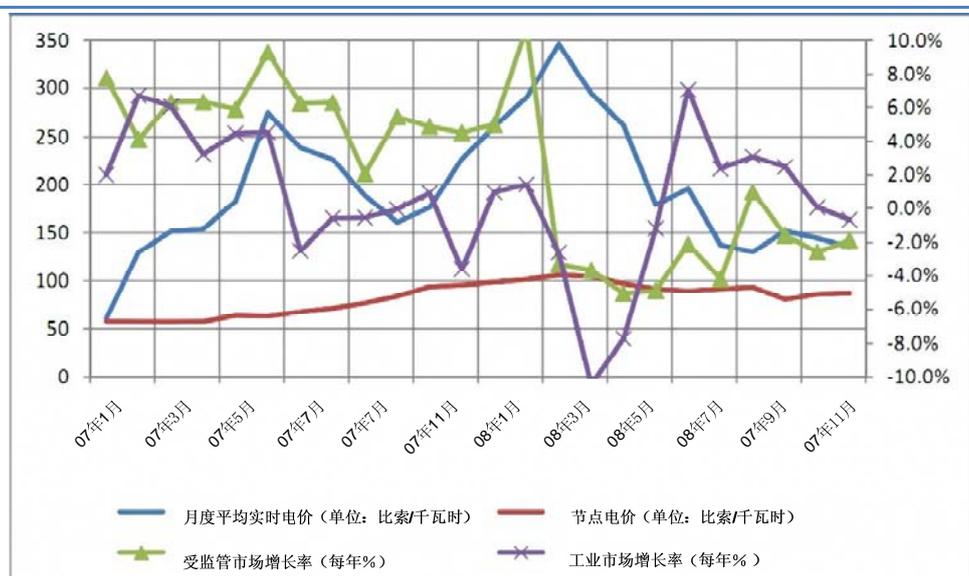
侧，智利政府制定了长期融资计划进行能效投资，并推行限电，延长日光照明时间，建立节能财政激励机制。对供应侧，智利政府新增了许多备用涡轮机组和发动机，更换联合循环燃气涡轮机（CCGTs），以柴油为燃料进行发电。

价格手段在应对危机方面发挥着至关重要的作用。由于智利的电力市场相对自由开放，电价随着进口天然气需求的增加而提升。相对于受管制的用电需求，工业/不受管制的用电需求将更快受到抑制，而节约出来的部分可用于应对干旱和天然气短缺（图3）。

为最大程度降低价格上涨带来的负面经济影响，智利政府向受影响人群提供了社会保障体系。政府临时性降低了汽油税，通过直接下调电费的方式向最易受影响的40%人口提供财政支持，并向最贫穷的用户提供额外的资金补贴。

上述节能措施使智利2008年用电需求基本保持平稳，经济增长率达到3.2%。这与以往用电增长超过GDP增长幅度的情况完全不同。

图3. 2007/08年度智利电力需求增长



资料来源：摘编自 CNE 提供的原始数据。

减轻电力紧缺的步骤

当前电力紧缺突出表明，政府在制定节能计划时，应采取既定的三个步骤：

- 第一步 在设计节能计划前，先分析电力紧缺原因和持续时间。** 每次电力紧缺都有不同的特征，不是所有的节能计划均适用于每次危机。
- 第二步 寻找节能机会，** 包括以最低的经济、社会和政治成本在行业和终端用户中实现节能。
- 第三步 采用全面、平衡的需求侧节能工具包。** 这些工具包括拉闸限电、价格信号、信息宣传、技术替代和市场机制等。

第一步 分析电力紧缺的原因和持续时间

对电力紧缺的原因和持续时间进行分析将决定最终采用何种节能措施。在某些情况下，电力紧缺的原因（如输电线断供）将有助于政府对预计的持续时间（修复时间）进行评估，在另外一些情况下（如干旱）则无法预测电力紧缺将持续多久。

电力紧缺的原因

电力紧缺可能由多种因素引起，包括能源输出、发电、输电或配电不足/受限。两大类主要约束，即能源约束和容量约束，给我们提供了有用的框架对电力紧缺类型进行定性（表 2），在过去几年中，人们经常采用以上两种手段控制用电，有时甚至将两种手段合并使用（表 3）。

表 2. 电力紧缺类型

约束类型	定义	原因
能源	需求超过可用于发电的输入能源	干旱导致水力发电量减少 燃料或供给中断
容量	运行的基础设施不能满足高峰时段需求。	电站故障 输电或配电容量损失。高峰时段需求增长超过了容量。

了解电力紧缺原因对确定采取何种节能措施十分重要，不同措施的有效性因电力紧缺的性质有所不同（IEA，2005）。对一个面临容量短缺（高峰时段出现电力紧缺）的国家，节电重点应为降低关键时段的电力消耗。例如，许多日本企业将运营时间调整到用电需求较低的晚间和周末，这种负荷转移有助于降低高峰时段的用电需求，但不会降低整体电力消费。

表 3. 2005—2011 年电力紧缺类型和原因

国家/州	年份	原因	约束
阿拉斯加	2008	雪崩切断输电线	容量
孟加拉	2005	需求增长, 投资不足	容量
智利	2007/08	干旱、燃气短缺、电站故障	能源/容量
中国	2007	干旱	能源
埃塞俄比亚	2009/10	需求增长, 投资不足	容量
日本	2011	地震/海啸引发电站故障	容量
新西兰	2008	干旱	能源
巴基斯坦	2007	需求增长, 投资不足	容量
南非	2008	需求增长, 投资不足	容量

对于因干旱/燃料中断等原因引起的电力紧缺, 如: 2007/08 年度智利电力紧缺, 政府必须采取措施减少整体用电量。有效的节能措施包括: 关闭非必要照明、减少洗澡时间、调整控温器温度设置等。

预计持续时间

计算电力紧缺的预计持续时间有助于确定采取何种应对政策。有些措施能够快速降低需求, 但只在短时间内起作用。其它一些措施则需要较长时间才能发挥作用, 但可实现长期节能。在阿拉斯加州朱诺市, 政府知道电力紧缺将随着输电线的修复而结束, 短期措施足以缓解危机。最终, 输电线在 6 周内修复, 危机就此解决。在智利和新西兰, 政府对于干旱无能为力, 因而更加注重采用中短期节能措施避免电力紧缺。在日本和南非, 长期容量约束导致的电力紧缺需要通过一系列的需求和供应侧解决方案加以应对。

不同的措施在短期、中期和长期均能发挥作用, 达到节能目标。

- **短期、无成本或低成本转型:** 关闭电灯、拔掉不使用的电器插头, 在一天的不同时段用电;
- **中期、中等成本转型:** 安装门窗防风条, 采用节能灯, 购买可编程的控温器;
- **长期、基础设施和政策转型:** 对窗户和建筑物外围进行改进, 提高建筑规范中的能效要求。

第二步 寻找节能机会

在规划电力紧缺应对策略时, 政府应尽快以最低的经济、社会和政治成本找到最能实现节能的领域。

由于每个国家的经济结构、气候环境和社会实践均不同, 各国的节能机遇也存在很大区别。例如, 新西兰和南非的经济结构差异很大, 在新西兰, 工业用电占 37%, 家庭用电占 33%

(IEA, 2010c)。在南非，工业用电比例更高（58%），而家庭用电比例则较低（20%）。因此，两国的应急节能计划必然存在很大不同。

了解行业终端耗电的具体数据有助于寻找节能机会。IEA 建议各国收集主要消费领域的具体用电数据，包括用电时间的变化。这些数据需要几年之内才能收集完整，重要的是要不断收集，并在可能发生危机之前进行。例如，在 2007/08 年度电力紧缺危机发生前进行的用户调查就帮助智利政府了解到电力紧缺期间应针对哪些行业采取措施，以及采取何种措施。

在日本，能源公司没有公布具体行业的负荷曲线，因此无法判断哪些行业需要节能以及需要节约多少能源。日本政府需要组织专家对负荷曲线进行评估，预测各行业的节能潜力，制定具体的节能建议。如果人们在电力紧缺期间就已经获得了这些数据，节能计划或许可以更快地实施。

一旦了解了行业和终端电力用户消费情况，政策制定者就可以采取具体措施。在智利，预计照明和制冷用电量占家庭用电量的 60%，因此，节能计划应侧重这两个终端领域。

用电时间在一些面临容量约束问题的国家尤为重要。在南非，家庭用电主要集中在清晨和傍晚（ESMAP, 2010），这种用电模式与容量约束时间一致，因此，高峰时段节电将成为有效的容量约束型电力紧缺补救措施。

实施前，对优先领域即将采用的节能措施进行可行性和实用性检验。法规、基础设施和政治现实有可能导致一些工具或措施在某些领域无法实现或无效。例如，新西兰的家电领域有很大的节能潜力，但由于采用固定电价，价格信号无法影响家庭用户的行为。另一个例子中，由于朱诺市的大部分家庭已经采用了替代供暖基础设施，因此，该地区家庭能够使用其它燃料加热空间或水，从而节省了电力。这些例子反映出定价体系和节能措施应具有一定的灵活性。

第三步 采取需求侧节能工具包

电力紧缺分析反映了全面危机管理的重要性，包括处理电力供应与需求措施。供应侧措施包括能源生产损耗和消除输电瓶颈（ESMAP, 2010）。本文重点关注了以下 5 个主要的需求侧工具（表 4）：

- 价格信号；
- 行为改变；
- 技术替代；
- 拉闸限电；
- 市场机制。

这些供应侧工具相互补充，经常同时使用以减轻电力紧缺。例如，拉闸限电经常与价格信号一同使用，信息宣传对技术替代常常起到强化作用。措施的综合使用取决于电力紧缺状况和节能机遇。

表 4. 需求侧电力紧缺管理工具

措施	描述	前提要求
价格信号		
工业电价	通过价格反映危机强度	能够调整价格、预付费系统和电表
家用电价	通过价格反映家庭用电紧张程度	能够调整价格、家庭用电价格弹性数据、政治意愿、分时电价、智能电表
行为改变		
信息宣传	提高公众意识、提倡主动节能措施	能够选择/协调媒体和信息
技术替代		
替代照明	用效率更高的灯泡（节能灯、发光二极管、交通信号灯、街灯等）代替低效灯泡	需要通过宣传活动、资金计划、分配渠道和机制销毁老旧灯泡
家电和设备更换	更换低效家电和设备	需要通过宣传活动、资金计划、分配渠道和机制销毁报废家电
拉闸限电		
自愿限电	主动减少用电	根据用户类型以及与之对应的经济影响设定合理的削减额度，并对此进行分析
强制限电	强制限电	根据用户类型以及与之对应的经济影响、社会安全保障和对违反行为的惩罚措施设定合理的削减额度，并对此进行分析
切负荷	采取有计划的断电措施	容易实施，但可能引起大范围不可预计的经济损失，应作为最后的限电工具
负荷控制	分时电价，或分配电流限制器，或实行家庭用电控制	需要确定终端用户控制、可行的控制算法和补偿
市场机制		
双边电力配额交易	大型能源用户通过配额交易削减负荷	需要合同机制、第三方仲裁、验证和补偿基础
二级市场	通过柜台或其它机制在多个终端用户间进行削减负荷交易	需要建立交易柜台或柜台交易市场机制、合同、第三方仲裁和验证基础

资料来源：摘编自 ESMAP，2010

价格信号

提高电价可以让用户认识到电力紧缺的严重性，向用户提供激励机制可以降低消费。有关价格弹性的文献有助于对价格信号可能导致的节能量进行预测。价格弹性预测来自于各种市场

状况，替代价格方案认为，价格在短期内翻倍将节约 10—20%的电能（Neenan and Eom 2008）。

价格信号在某些情况下可以更好地促进节电。终端用户的价格信号应当与批发市场机制绑定，以确保通过价格反映供求状况。许多自由化的市场均在批发市场与大用户之间保持着直接的关联，但很多市场对小型用户（家庭用户和商业用户）却没有建立这样的关联。在新西兰，自由化的电力市场借助电力紧缺推高实时电价，这样做经常导致针对大型工业用户的零售价提高。对于家庭用户和商业用户却不是如此，因为他们受益于管制电价或固定电价。

政府应保证零售电价的结构和水平（以下简称为电价），推动用户合理用电并在提高能效方面进行投资。在拉丁美洲大部分国家，累进电价——即电价随消费水平变化——让穷人也能负担最低用电费用。对于累进电价，其最低消费价格有一个限值，超过限值将按更高的价格收取费用。为保证适当的激励机制，使电力获得有效利用，初始的累进电价应高于可直接避免的用电成本（ESMAP, 2010）。

影响电价改变的行政、政治和技术障碍可能导致无法在短期紧急情况下大幅提高电价。即使电价提高也会出现进一步的延迟，因为小型用户只会不定期地在他们收到每月电费单时才了解价格信号。这种延迟可能会限制价格信号在短期危机爆发时发挥作用。

由于容量约束产生的电力紧缺通常利用错时价格信号解决。当需求达到顶点、可能发生电力紧缺时，这些价格信号将鼓励用户一天或一年中的不同时段错峰用电（IEA, 2004），不同的定价选择将会降低高峰时段的用电需求：

- **分时电价（TOU）**，是指根据预设时段分别制定不同的电价水平，时段划分方式包括将每天、或者每周和每季度划分为多个时段。
- **实时（RTP）电价**，是指最终用户支付的电价与电力批发市场的每小时现货价格直接挂钩。
- **尖峰电价（CPP）**，是指一种综合了分时电价和实时电价的定价机制，即在合同规定的需求高峰天数（具体日期不详）以外采用分时电价费率，在需求高峰时段采用较高的电价费率。

为保证 RTP、CPP 这样的动态定价方案发挥作用，必须采用计量、通信和数据处理系统等技术。直到目前，除大型能源用户外，只有少数用户采用了上述技术。

在基于市场的电力系统中，电力紧缺可能导致价格飞涨。价格上涨虽然可以减轻电力紧缺危机，但对于低收入家庭却是破坏性的。在确保满足贫困人口的最低用电需求外，还需结合基于市场的定价，使用直接或间接补贴，通过拉闸限电措施促进节能。在智利，政府允许电价上涨，但同时采用直接补贴方式对贫穷的用户提供了保护。

行为改变和信息宣传

经验表明，推动行为改变（通常通过信息宣传等工具）可以取得更大的节能效果，特别是针对持续时间较短的电力紧缺，效果更为突出。信息宣传可用于普及对电力紧缺的认识以及推动大范围的节能行动，包括调整用电时间，减少甚至停止用电。信息宣传可对所有其它的需求侧工具形成补充和强化。

当确定对用户采用何种节电措施后，政府应谨记，用户在电力紧缺时期比平时更容易接受由此带来的不便（IEA, 2005）。行为改变只是暂时需要，但直到电力紧缺结束，信息和意识宣传却可以不断展示节能行为带来的持久回报。

信息宣传对促进节能行为十分有效。可以很快设计并展开宣传，通过多媒体（电视、收音机、报纸、路演和网络）强化宣传效果，影响大批用户。

在设计和实施信息宣传时，政府应注意四个方面：分析行为改变的决定性因素；确定目标群体；选择最有效的交流渠道；说明事态的紧急性，保持乐观态度（Mikkonen *et al.*, 2010）。

分析行为改变的决定因素：信息宣传旨在改变某些行为，包括用电习惯和投资行为（Hammer *et al.*, 2010）。为此，宣传必须通过提升意识、促进问题理解、改变社会准则和态度等手段推动行为改变。

巧妙设计宣传用信息，避免将问题归咎于用户，是促进节能的一个重要因素，要说服用户认识到自身行为能够带来改变。

向用户解释哪种措施能够迅速节电，这对其采取行动十分重要。如果电力紧缺发生在高峰时段，那么宣传活动应向公众说明何时节电。许多用户需要提前了解能源现状，之后才能采取行动。如果宣传活动意在让用户减少备用电源，那么，就要先向其解释什么是备用电源，如何切断备用电源。

确定目标群体：政府应当确定信息宣传所针对的群体（Kyung-Hee, 2007）。目标人群可以是任何人，包括小学生（智利）或工商业专业人士（南非）。目标群体决定了信息宣传的很多方面，包括用于交流的信息和渠道。

信息宣传经常试图“向所有人提供所有信息”。这类宣传的效率要低于那些有针对性的宣传活动，并导致资源的非充分利用（Mikkonen *et al.*, 2010）。

选择交流渠道：不论是发达国家，还是发展中国家，类似电视这样的传统大众媒体仍然是宣传节能信息最常用的渠道（Mikkonen *et al.*, 2010）。一些发展中国家，如南非，在没有电视的地区以路演和示范项目进行宣传。

保持乐观情绪并说明事态紧急：多项研究表明，宣传活动要注重把节能说成是“有意义的、可行的”，而不是“剥夺自我的繁重任务”（Hummer *et al.*, 2010）。

在 2008 年的电力紧缺期间，阿拉斯加州朱诺市开展了一次乐观积极的信息宣传活动，活动被称为“朱诺拔掉插头”。活动向人们传达的信息是：节电是良好公民行为的一部分。这对

人们的心理产生了很大影响，有助于消除人们对未知问题的恐惧心理，采取具体行动减少高电价带来的影响。

智利的信息宣传活动“良好能源行动”（*Iniciativas con buena energia*）在电力紧缺时期不断发展。一开始，活动要求人们采取紧急行动应对能源危机。在危机即将结束时，活动转为传达更积极的信息，感谢人们参与活动，采取节能措施（Mikkonen *et al.*, 2010）。

以往的活动表明，可以采取广泛的措施实现节能目标（表 5）

表 5. 信息宣传活动中经常介绍的节能措施

可行措施	相关行业	约束类型
重新设定控温器，减少取暖或制冷需求	所有行业	能源/容量
关闭不必要的照明	所有行业	能源/容量
关闭未使用电脑，或启动使用中电脑的电源管理功能	所有行业	能源/容量
关闭室外装饰照明，减少“安保”照明	所有行业	能源/容量
从电取暖转为燃料取暖	所有行业	能源/容量
减少洗澡时间和次数	家用行业	能源/容量
不用时，拔掉热浴盆插头	家用行业	能源/容量
不用时，拔掉热水器插头	家用行业	能源/容量
放弃使用烘干机，改用晾衣绳晾干衣物	家用行业	能源/容量
采用更高效的洗碗方式	家用/商用	能源/容量
采用更高效的洗衣方式	家用/商用	能源/容量
减少过滤泵工作循环	家用/商用	能源/容量
降低热水器蓄水温度	家用/商用	能源/容量
正确控制锅炉的热水循环泵	家用/商用	能源/容量
拔掉冷库、二级冰箱和其它家电的插头	家用/商用	能源/容量
调整运行时间（洗衣机、烘干机和洗碗机）	公共/商用	容量
降低电梯和升降机运行速度	公共/商用	能源/容量
间隔关闭路灯	公共领域	能源/容量
车流较少时将交通信号灯转为闪烁	公共领域	能源/容量
将供水和污水泵工作时间调整到高峰时段以外	公共设施	容量
将用电密集型设备和工业生产用电计划调整到高峰时段以外	工业领域	容量
防止压力气体系统出现泄漏	工业领域	能源/容量
更换电机系统的皮带驱动	工业领域	能源/容量
在某些临界时段采取关闭方案	工业领域	能源/容量
将生产活动调整到电力紧缺以外的时间段	工业领域	能源/容量

资料来源：摘编自 IEA, 2005 和 ESMAP, 2010

经验表明，每次电力紧缺均有自己的特点。信息宣传活动中推广的节能措施应充分考虑电力紧缺的状况及节能机遇，包括如何用电以及何时节电。定期收集与能源消费有关的数据，对宣传活动的组织者将更有帮助，使其更好地确定宣传信息和听众群体。将信息宣传与其它工具，如，价格信号和鼓励购买高效节能技术结合起来，提高整体节能效果。

技术替代

当判断电力紧缺可能长期存在时，投资于高能效或需求响应技术可以对价格信号和信息宣传进行补充。技术替代所需时间比行为改变更长，但却可以更加可靠、更加持续地实现节约用电。

某些情况下，非应急的能效改进措施同样可以用于应急技术替代项目。这些改进包括受过训练的员工、配电网络、安装服务和资金分配。

一些可靠的技术替代应急措施包括：

- 采用节能灯，特别是节能紧凑型荧光灯泡（CFLs）和发光二极管（LED）；
- 采用新的、高能效技术替代老旧设备（电冰箱、交通信号灯）；
- 对现有设备进行翻新/调整以提高能效；
- 在选定的设备和器材上安装负荷控制设备。

表 6. 常用技术替代

测量	领域
安装充气式淋浴喷头	家庭
家电替代	家庭、商业
CFL、LED 替代	所有领域
安装直接负荷控制设备	家庭、商业
电机更换	工业、商业、公共领域
路灯和交通信号灯更换	公共领域

资料来源：摘编自 IEA，2005 和 ESMAP，2010

2011 年日本电力紧缺使 LED 照明灯的销量创下记录。LED 照明灯销量现已占到 40%，是危机发生前的两倍，首次超过了白炽灯销量。

拉闸限电

拉闸限电让政府通过控制能源供应量或供应时间，以及强制用户控制消费并实施处罚等方式，直接影响电力消费（表 7）。拉闸限电可以具体化，例如，管理部门确定什么时间，针对哪些用户，降低多少用电量（ESMAP，2010），也可以比较宽泛，如针对整体地理区域、经济活动或负荷类型。拉闸限电通常是强制性的，但也可以转为自愿。可以针对不同用户采用不同方式（家庭、商业、工业、公共领域等）。为实现效率和成本效益的最大化，拉闸限电应设

立激励机制，帮助用户降低最低价值消费（ESMAP，2010）。价格信号通常与拉闸限电一同使用，简言之，拉闸限电是一种灵活的工具，能够不断调整以减轻不同程度的电力紧缺。

拉闸限电会影响经济活动和民生，因此，对用户和经济均会产生一定程度的负面影响。但是，某些情况下的拉闸限电策略比另一些办法更为可取。因为比较容易理解和接受，而且能够确保公平，通过配额或授权进行的拉闸限电是比较常用的方法。在限电消费中，整个终端用户级别（如家庭或商业）均按规定削减相同用电量，违者将遭到惩罚。另一种拉闸限电策略被称为切负荷，也经常采用，但应注意尽量避免使用此种方法。切负荷实施方便，通过切断向用户群的供电即可避免系统瘫痪。但这种限电方式会引起经济损失、降低系统可靠性，破坏商业道德（Heffner，2009）。依靠切负荷还会产生负面的环境影响，会迫使用户投资于价格昂贵且污染较大的柴油发电设备以防不时之需。

表 7. 不同限电策略的优缺点

限电策略	优点	缺点
局部断电	便于实施	不可预测、效率低、不受欢迎
通过限额或授权进行消费限电	基本平等、便于解释和实施	效率低、对易受影响群体可能造成损害
基于市场的限电（配额和交易）	高效、可持续、将影响降到最低程度	难以实施、需要强大的领导力和良好的技术实力
激励/奖励机制（如加州的 20/20 返还行动）	平等、可持续、鼓励节能投资	短期之内成本较高

资料来源：摘编自 Heffner，2009

限电消费已被证实在多种情况下具有良好的灵活性和弹性。在日本，政府宣布了 2011 年夏季限电方案，并公布了在多个领域实现 15% 的节电目标⁴。一些易受影响的终端用户，如医院、疗养院、公共运输、污水和供水设施被要求达到 5—10% 的削减目标。对消费超过 500kW 的行业，《电力事业法》第 27 条授权政府对此类用电进行限制。政府要求这些行业在 9:00—20:00 用电量较去年同期（7 月 1 日—9 月 22 日）减少 15%，达不到目标，每小时罚款 100 万日元（约 12500 美元）。

2001 年，巴西实施了“配额系统”，要求各级用户根据基线水平，按年度削减每月用电量。如果用户几个月不执行配额就会遭到处罚。不同用户级别对应不同的基线，最小的家庭用户除外。这种配额系统加上其它的需求侧工具，在 9 个月的时间里实现电力消费减少 20%（Maurer, Pereira and Rosenblatt, 2005）。

⁴日本政府当局最初宣布工业企业须达到 25% 的节能目标。因东京电力公司估计，到 2011 年 7 月底，将增加 53.8 GW 的供电能力，因此，当前的节电目标被重新调整为 10.3%。

市场机制

市场机制可以与其它需求侧工具相结合以降低成本、提高效率，减少电力紧缺管理的经济影响。例如，提供双边交易方式或二级用电权买卖市场补充和改善限电方案。这样的市场机制让大型能源用户能够行使其用电优先权。对于愿意支付更多或低于限电量以获得补偿的大型能源用户，这种交易是更具经济效益的解决方案，比采用固定基线针对所有用户更为有效。巴西基于市场的管理方式对配额系统是一种补充，该项措施已被证明能够减少 2/3 限电对 GDP 的影响（从 2.4% 降至 0.8%）（Heffner, 2009）。⁵

Page | 25

2001 年加利福尼亚州电力危机期间推出的 20/20 返还项目是另一个市场机制典范。这种简单、独创的市场机制帮助那些减少 20% 以上年均夏季月用电量的用户少支出 20% 的电费。该项目的特点是简单易行、自动参与，针对所有用户级别。总的来说，几乎 1/3 的用户至少在一个月内收到了返款。更多的用户也因此受到鼓舞而努力减少用电。分析表明，该项目节电量占到加州总体节电的 1/3，而成本只有同期批发电价的 1/3（Goldman, Eto and Barbose, 2002）。

⁵在双边交易中，一个能源用户可以购买另一个能源用户的部分或所有用电权。有组织的二级市场使各方面能源用户均可买卖用电权。

电力紧缺应急管理中的其它问题

本报告介绍的案例为制定和实施应急节能方案的良好实践提供了额外的洞见。

Page | 26

不要排斥中立组织

电力紧缺可能带来经济困境，需要用户做出牺牲。其结果会导致民间团体内部或在利益相关方、政府和电力公司之间产生针对电力紧缺起因和补救方式的政治争论。这种争论或相互指责会导致敌意，拖延决策时间，并降低作为社会或国家责任的节能积极性。为此，指定一个中立的、非政治性的群体领导节能活动，比政府或电力公司主导该行动更为有效。

在阿拉斯加州，朱诺市经济发展理事会（JEDC）组织了节电宣传活动。该中立组织担任着领导角色，可有效化解政治上的敏感问题，允许私营电力公司低调发展，专注于输电线的修复工作。JEDC 集合了一群城市领导者，包括商人、教会长老、非盈利组织、政治家和学校代表，他们形成了一个共同的声音。阿拉斯加成功降低能耗，应部分归功于“朱诺拔掉插头”媒体宣传活动传达的积极、乐观信息，宣传活动将节电描绘成良好市民行为的一部分。

让人们了解……终点就在不远的前方

如果用户了解到电力紧缺只是短时的，他们将更愿意参与节能行动。在朱诺，电力公司每日通过网络提供输电线维修的最新进展照片，显示新近空运到位和已经安装的电塔。这些不断更新的照片让人们了解，电力公司正在为结束危机做出努力，同时表明，距离危机结束已经不远了。

案例分析还显示，在媒体宣传期间，提供定量的非价格信号很重要。在一些干旱导致能源约束的国家，如：智利和新西兰，提供发电水库每日水位或剩余供电可持续时间等信息都非常有效。

在一些面临容量约束的国家，规定在一天中的某些时段降低能耗或断电也是十分有效的措施。南非采用了一套创新的电力报警信息系统，提供关于电力紧缺的实时信息，向用户推荐应立即采取的节电措施。这些信息每天 17:30—20:00 在电视台的主要频道滚动播放，每隔 30 分钟一次，同时还通过网络向外界发布信息。这些信息告诉公众针对容量约束需要采取的措施。据南非电力公司 Eskom 的研究，对于局部暂时限电警报（系统高应变），每条信息平均带来超过 500MW 的用电削减，绿色警报（低应变）则带来将近 100MW 的用电削减。

短期危机可能带来长期节能效果

案例分析表明，长期节能可以来自于行为改变、安装更高效的技术设备，以及对能效和节能给予更多的政治关注。

在阿拉斯加州朱诺市，在输电线完成修复，市长宣布危机结束后，电力消费迅速反弹，不过，并未回升至原来的水平。电力紧缺后的消费水平比电力紧缺前降低了 10%。虽然部分应归功于采用了能效更高的技术（如换装节能灯），但分散在朱诺各处的家庭无法获得更多其它形

式的高能效技术。大部分的长期节能来源于电力运营和行为改变，如：调低热水器储水槽加热温度，以及养成节能习惯等。

日前，在朱诺市进行的一项调查确认了一些长期存在的节能习惯。许多家庭还在减少闲置房间的取暖。不过，也有半数受调查家庭在用晾衣绳晾干衣物过程中，不再拔下未使用的洗衣机的电源插头。

在一些电力紧缺案例中，能源使用水平的长期下降反映了由电力危机导致的经济下滑。

新西兰在 2008 年电力紧缺危机结束时，家庭用电需求一直保持低迷。这很可能是由经济危机造成的。虽然电力紧缺没有促成行为改变和长期节能，但它确实使电力市场和能效成为一个政治上优先考虑的问题。从那时起，政府加强了对住宅保温和高效空间取暖的补贴计划，这些政策将引导长期的节能行为。

在智利，电力紧缺结束后，即使经济增长了 3.2%，但用电水平一直保持平稳。在危机到来的前几年，智利的用电增长通常超过 GDP 增长幅度。例如，在 1990—2003 年，智利年均 GDP 增长为 5.8%，而同期的电力消费增长为 8.2%。

经历多重电力紧缺可能带来更快的用电削减……或危机疲劳

针对一国发生多次电力紧缺是否会引发更快的节能或危机疲劳，案例研究提供了不同结论。但是，导致高电价的电力紧缺看起来确实会带来更多的节能效果。

在阿拉斯加州朱诺市，2009 年 1 月发生了第二次雪崩，输电线再次被切断。由于已有充分的心理准备和应对经验，全市用电量迅速减少 10%（Golden, 2009）。虽然，即时的节能成果非常好，但是，整体效果却不如 2008 年那样理想，主要有三个方面原因：供电中断发生在当年最冷的月份，人们需要用电取暖；由于只有一个电塔受损，电力中断时间较短；柴油发电成本低于 2008 年。

在智利，早年的电力紧缺（1998—1999）导致监管做出重大调整，并由此带来提高能效和节能的国家项目。2008 年发生电力紧缺时，电价上涨，节能活动随之启动。电力紧缺发生前几年对节能潜力进行的研究使政府有充分的准备做出反应。

新西兰在 2008 年电力紧缺前经历过数次能源危机（1992、2001 和 2003 年），虽然，2008 年的节能活动使家庭用电实现削减，但程度却低于过去几次危机。频繁要求用户节能会带来风险，特别是在政治高度敏感的情况下，这样做可能导致用户抵制或无动于衷。如果用户在电力紧缺管理中扮演固定角色，那就需要采取市场信号和经济激励机制。

高价格带来的威胁与实际涨价同样有效

在阿拉斯加州朱诺市，价格信号在初始阶段是通过媒体和口头形式传播的，不是通过高昂的电费单。实际上，监管机构不允许电力公司征收高昂电费，直到输电线修复前几周才这样做。这就意味着，居民只会在危机即将结束时才注意到电费增加。尽管如此，朱诺的电力消费在 6 周内下跌了 40%，虽然部分应归因于春季来临，天气变暖，但与上一年同期相比，减少幅度仍然保持在 25—30%。

由此，我们可以得出很多结论，其中之一就是，高价格对节能构成的威胁可能与实际高价同样有效。此外，人们表现出的节能行为，不仅因为价格上涨，还因为他们希望做良好市民，通过节能帮助社区减轻危机。由于朱诺是个较小的、独立的行政区，这种良好市民动机比其它地方更加强烈。

相比之下，新西兰家庭采用固定价格可变量合同，在干旱时期不显示上涨的批发价格信号。2008 年电力紧缺期间，一些电力公司尝试通过向“地方行动”提供经济资助，刺激自愿节电行为，在一定程度上实现节能目标。与那些没有社区激励机制的活动相比，这些计划并未带来明显的节能效果（Blackwell, 2009）。

技术是任何需求侧管理战略的重要组成部分

案例分析显示了需求侧工具的重要性，它可以在电力行业提高效率 and 弹性。用高效技术取代老的、低效率技术（如设备、照明、建筑），对可持续的电力行业发展战略极为重要。尽快部署一些影响力大的高效技术，如发光二极管和节能灯，将成为电力紧缺危机管理的关键。

实际上，节能灯已被证明是最有效的需求侧战略，可以帮助发展中的经济体修补电力紧缺带来的损害。世界银行的研究发现，家庭和小型企业可以快速、大范围地采用节能灯，以减轻容量约束和能源约束。节能灯对减轻高峰时段的容量约束特别有效，因为家庭照明时间通常正是电力高峰时段（Heffner, 2009）。

节能灯替代项目还带来了其它效果，包括降低用户电费，避免高成本的高峰时段发电。节能灯的平均成本只有柴油发电机成本的 1/20。最终，节能灯的推广减少了温室气体排放，还可用于碳融资（Limaye, Sarkar and Singh, 2009）。

为确保成功，节能灯项目必须将灯泡交付到用户手中，并确保仍在使用的白炽灯从日常生活中退出。项目执行人需要确认营销、分销和配送渠道。分销可以通过很多渠道完成，包括通过电力公司、非盈利组织或无政府组织。需求侧管理团队是采购体系的组成部分，负责提高用户意识、监督项目进展、开展影响评估、处理碳融资机遇以及实施监测和质量控制协议（Limaye, Sarkar and Singh, 2009）。

用户反馈系统

类似智能电表这样的用户反馈系统是非常有用的应急需求响应工具，它们可对消费进行具体的错时监测。用户反馈系统可以带来很多好处，包括更好地了解用户的行为，进行动态定价，提供需求响应平台。

多数电力终端用户不清楚自身用电情况以及电费组成。用户反馈系统可以改变这一切。它可以提供持续的、具体的反馈，使能源使用情况清晰可见，便于终端用户理解和控制自身消费（IEA，2010b）。智能用户示范项目已经表明，错时定价可使高峰时段的需求平均降低15%。该研究显示了信息与用户行为之间的关系，即更具体、更频繁的信息可以带来更好的节能效果。

多年来，电力公司提供的负荷限制器和负荷控制开关，在需要管理负荷时关闭空调、热水器等技术。智能电表可以在危急情况下关闭某些预先选定的设备（如：洗衣机或洗碗机）。

结论和建议

没有哪个国家能避免电力紧缺的困扰：电力紧缺可能在任何时候发生，并由多种因素促成。但是采取精心设计的应急节能计划，电力紧缺的经济和社会影响可以降低到最低程度。IEA 建议，政府应在危机发生前为应急节能战略做好基础工作，并在此过程中考虑如下问题：

- 在该国背景下，最可能发生哪一类电力紧缺？

政府在制定能源领域应急方案时应把电力紧缺的原因和结果考虑在内。如果一个国家高度依赖电力，而电力又受该国气候条件（如：新西兰、智利），或燃料进口影响（如：智利），那么，电力紧缺规划就显得特别重要。政府应当考虑电力紧缺可能的范围和持续时间，并制定临时计划管理电力需求，直至危机结束。

如果电厂位于断层带或易受海啸袭击的地区（如：日本），输电线穿越雪崩地区（如：阿拉斯加），或需求增长超过供应投入（如：南非），政府首脑应考虑用电高峰时段由于容量约束造成的电力紧缺。在此情况下，应采取措施切断一天中特定时段的电力需求。

- 能源如何使用，何时使用，如何实现应急节能？

了解终端用户的需求对寻找应急节能机遇至关重要。系统收集指示信号，并根据行业和子行业整理需求曲线，这将有助于制定长期能源政策，提高危机时的反应速度（如：智利）。详细了解用户和终端负荷曲线以及节能措施的潜力将避免在选择和实施有效应急节能方案时出现延迟（如：日本）。

在制定临时限电方案时，用电数据十分有用。出现危机时，这些限电方案可以迅速调整以反映电力紧缺的持续期和破坏性。

- 哪些措施能在最短时间内以最低的成本获得最大的节能效果？

一旦政府对用电情况，如什么人由于什么原因在何时用电有了全面掌握，具体的节能措施就可以确定下来。如果一个国家有重工业，面临高峰时段容量约束，将工业生产活动调整到夜间和周末就会收到明显效果（如：日本、南非）；如果一个国家的家庭用电消费较高，那就要要求家庭改变行为，如缩短洗澡时间、用晾衣绳晾干衣物，将闲置房间的照明关闭，将带来显著的节能效果（如：阿拉斯加、新西兰）。一些措施可能一夜之间就能发挥作用，另一些则可能需要几周或几个月。类似切负荷这样的措施应尽量避免采用，除非作为最后的手段（如：日本、南非）。

- 哪几种应急节能工具相结合（价格信号、信息宣传、技术替代、拉闸限电、市场机制）最有用？

不是所有节能工具均能在各国立即被采用。政府应考虑国家的具体情况（机构框架、技术和人力），决定采取何种节能措施。例如，相关法规不够完善或缺少电表等基础设施可能妨碍某些行业电价上涨或动态定价（如：阿拉斯加、新西兰、智利和南非）。通过技术替代手段，

采用高效照明、家电和设备可能节能效果有限（如：日本），节能效果与无法采用高能效产品的地区一样（如：阿拉斯加）。

如果政府提前注意限制条件，就能事先制定临时规定，并令其在电力紧缺时生效。例如，日本在 2011 年电力紧缺前通过的《电力事业法》，其中第 27 条即授权政府在危机发生时限制大型企业（超过 500kW）用电。

- 谁负责管理应急节能行动？哪些利益相关方将向领导者提供帮助，如何提供？

案例分析表明，负责规划、实施和监管应急节能活动的机构以不同模式存在，且独立于政府和能源企业，只要具有足够的能力，获得政府和利益相关方足够的授权和支持，它们的工作就会非常有效（如：阿拉斯加）。

在电力紧缺发生前，政府应考虑这类机构的存在形式和职责，并就这些机构的角色和工作内容与其进行讨论。这将有助于应急管理团队在危机发生后立即开展工作。

附件 全面案例分析

本附件展示了自 2005 年以来的五个电力紧缺案例具体分析。

Page | 32

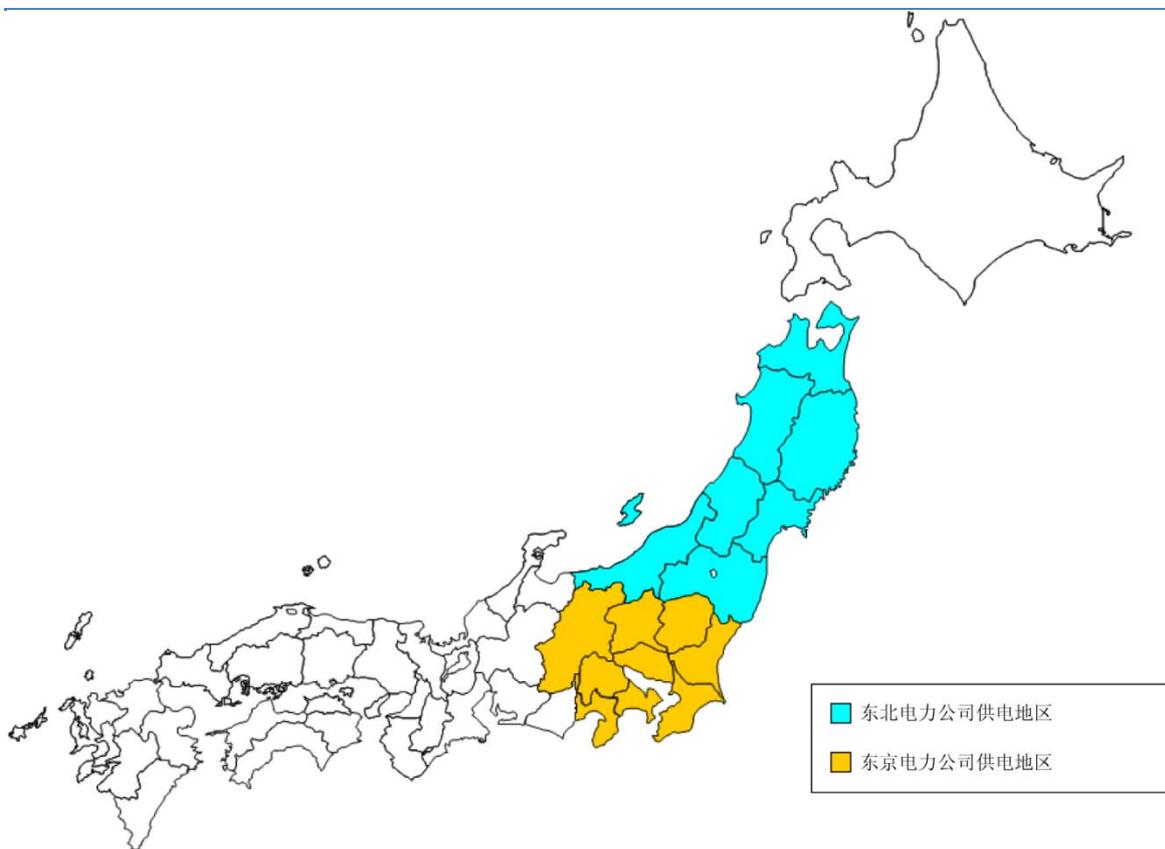
2011 年 日本

山下由佳里 (Yukari Yamashita)，日本能源经济研究所

背景资料

2011 年 3 月 11 日，一场地震及海啸袭击了日本东部。导致数个大型热核电站长时间失灵。截至 2011 年 3 月 21 日，预计损失电力超过 27GW (IEEJ, 2011)。

图 4. 受 3 月 11 日地震和海啸影响的区域



资料来源：IEEJ, 2011

2011 年 3 月 断电

由于无法满足用电需求，东京电力公司 (TEPCO) 被迫采取轮流断电，造成了巨大的经济和社会损失。

断电造成交通系统混乱，对铁路系统的供电能力下降到正常水平的 20%。警察在没有交通信号灯的条件下指挥交通，使路上车辆陷入拥堵。由于交通问题，许多公司出于安全考虑，要求员工呆在家里。

断电给医院和居家病人也带来挑战。这些易受影响的群体同样没能免于断电造成的影响，他们依赖的医疗设备因断电而无法工作。

虽然能源公司尝试制定断电解决方案，但由于断电很少发生在指定时间或可预测的时间段内，因此，这给工业、商业和家庭活动带来了不确定性。

所幸 2011 年 4 月气候改善，热电厂恢复运转，轮流断电的做法得以停止。

虽然断电造成的经济和社会影响尚未得到评估，但是日本社会一致认为应不惜一切代价避免轮流断电。

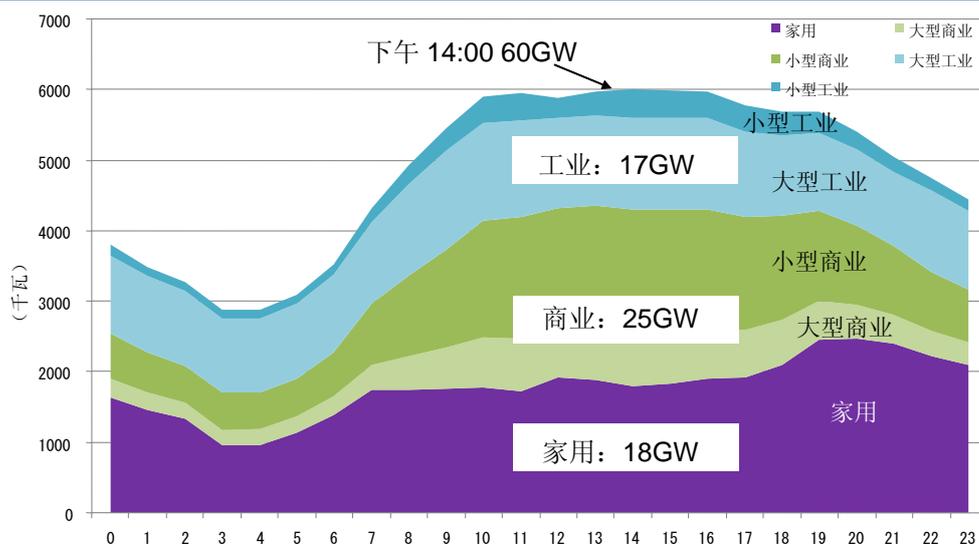
夏季节电战略

日本政府决心避免出现进一步断电情况，决定在夏季高峰用电月到来之前实施节能战略，防止用电需求再次超过供应。

2011 年 3 月 13 日，日本政府设立了电力供需应急响应指挥部，领导应急节能行动。该指挥部负责协调各部门的参与活动，其中包括日本经产省自然资源与能源厅（ANRE/METI），并由内阁官房长官领导。

政府面临的初期挑战是能源公司无法提供具体行业负荷曲线，因此无法判断哪些行业需要节能和节约多少能源才能避免断电。为解决这一问题，政府组织了研究人员、政府官员和东京电力公司（TEPCO）工作人员召开会议，预测负荷曲线，对各行业的节能潜力进行评估，制定节电具体建议。

图 5. 夏季高峰时段预计每小时负荷曲线（所有行业）



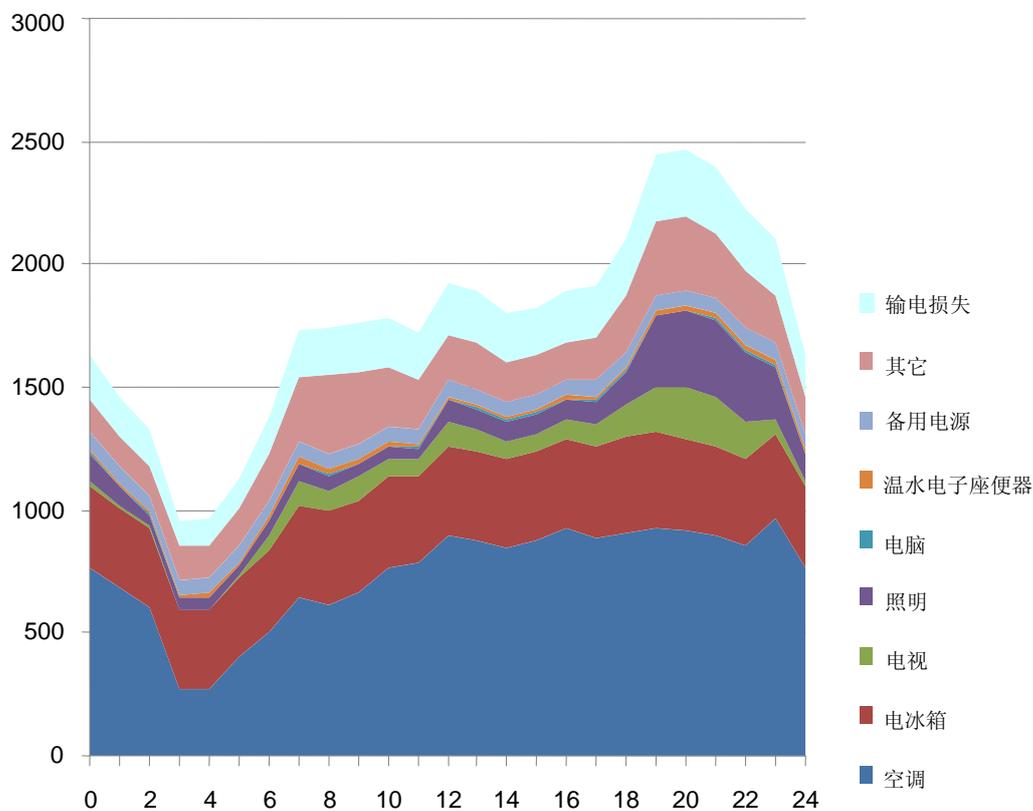
资料来源：ANRE/METI, 2011⁶

⁶ IEEJ 暂定译文

对八个商业子行业进行了预测，包括办公大楼、批发和零售、超市、医院/诊所、酒店、饭店、学校和制造厂，并借助对占用面积、家电扩散和使用的假设对家庭用电领域进行预测。

图 6. 按家用电器类型区分的每小时家庭用电需求预测

Page | 34



资料来源：ANRE/METI, 2011⁷

5 月份，政府公布了夏季节电战略，并要求多数行业实现节电 15% 的目标。对某些终端用户，如医院、疗养院、公共运输、污水厂和供水厂等行业，节电目标设为 5—10%。⁸

根据预测的负荷曲线，针对每个行业均提出了具体建议。在公布之前，政府需要保证这些建议不会破坏安全或违法环境法规。一些有关噪音和震动的法规在夏季也适当放宽，以便企业将运行时间调整到夜间。

2011 年 6 月这份报告向媒体公开时，日本政府的节能战略包括如下要素：大企业强制限电、信息宣传和技术节能援助。

对于用电量超过 500kW 的企业，日本《电力事业法》第 27 条授权政府可以限制此类用户的用电量。每天 9:00—20:00，上述用户必须比去年同期（2010 年 7 月 1 日—9 月 22 日）削减 15% 的用电量，未达到该目标的用户将面临每小时高达 100 万日元（约 12500 美元）的罚金。

⁷ IEEJ 暂定译文

⁸ 日本政府当局最初宣布工业企业须达到 25% 的节能目标。因东京电力公司估计，到 2011 年 7 月底，将增加 53.8 GW 的供电能力，因此，当前的节电目标被重新调整为 10.3%。

许多大型企业，甚至中小企业（SMEs）均将注意力集中到调整工作和运行时间以实现节能目标。企业采取的其他措施还有：远程办公，转移企业经营活动至不受地震和海啸灾害影响的地区，给予员工更长的夏季休假。

图 7. 家庭用电领域节能建议

家用节电单

请检查你是否在家中采取了以下节电措施

自然资源与能源厅

	家用节电行动建议	节能效果		核对情况
		降低比例	节电量	
空调	① 设定室温28摄氏度	10%	130W	<input type="checkbox"/>
	② 使用“sudare “或” yoshizu”（用藤条或苇叶制成的日式遮阳板）减少阳光照射	10%	120W	<input type="checkbox"/>
冰箱	③ 关闭空调使用风扇 <small>※ 忌用除湿模式，减少频繁开关机，因为这会增加用电。</small>	50%	600W	<input type="checkbox"/>
	④ 将冰箱温度从强转为中等，减少开关冰箱次数，控制冰箱内放置的食品量	2%	25W	<input type="checkbox"/>
照明	⑤ 白天关灯，减少晚间照明	5%	60W	<input type="checkbox"/>
电视	⑥ 使用节能模式，调低亮度，不使用时关闭 <small>※ 从标准模式转为节能模式，减少1/3的观看时间</small>	2%	25W	<input type="checkbox"/>
温水电子座便器	⑦ 关闭坐圈加热和热水功能 <small>两者任选其一或一起减少</small>	>1%	5W	<input type="checkbox"/>
电饭煲	⑧ 白天做好饭并储存在冰箱里，不要在电饭煲里保温	2%	25W	<input type="checkbox"/>
备用电源	⑨ 不使用的家电要拔掉插头	2%	25W	<input type="checkbox"/>
不在家时也可以使用④、⑦、⑧、⑨				
节电超过15%以上（节电总量）		%	W	
! 小心中暑，节电要保持灵活性和舒适性				

※ 以上所列之节电效果是对减少的用电量的预测，如果家庭成员在家，上述预测量会在14:00的1200W基础上变化（ANRE预测）

资料来源：ANRE/METI, 2011⁹

⁹ IEEJ 暂定译文

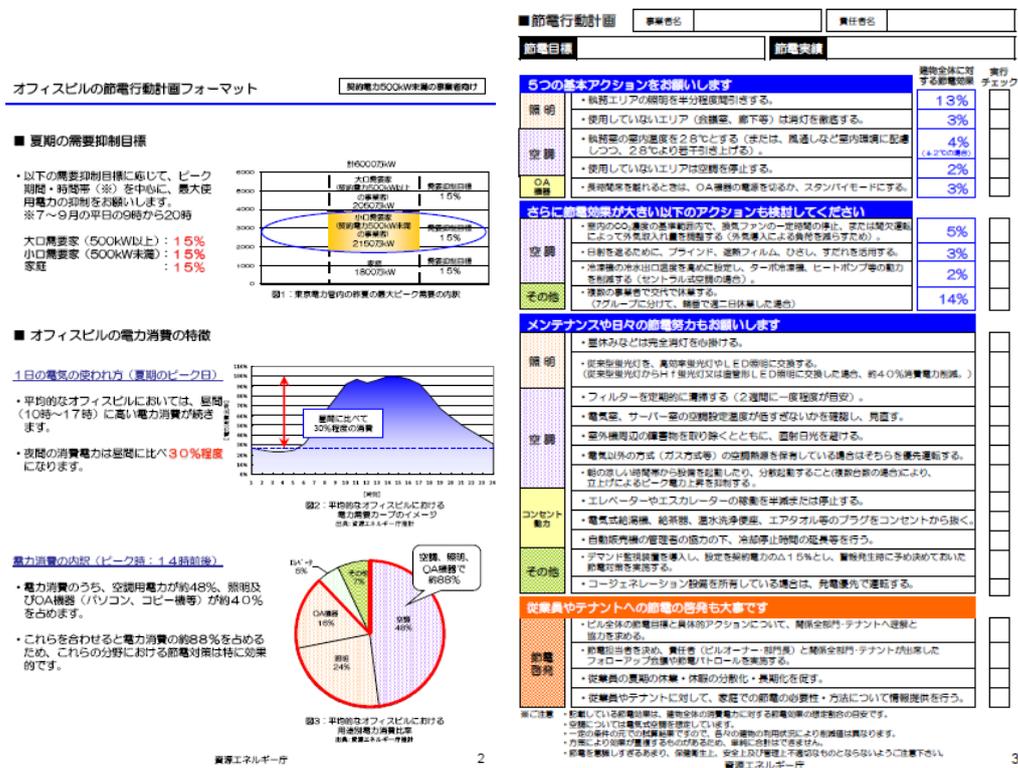
信息宣传

由日本经济省自然资源与能源厅（ANRE/METI）领导的一支政策制定团队和一家公关公司负责准备多角度的节能信息宣传活动。主要包括在网站、主要火车站和电视上宣传峰值功率/供需平衡的预测，通过 Super Coolbiz 活动推出更加清爽的休闲服装，公布节电小贴士，在家用领域组织节电竞赛，对实现节能目标的家庭或商业用户提供奖励。¹⁰

技术援助

日本经济省（METI）驻当地办公室和企业协会组织了注册电力工程师与协议用电低于500kW 的中小企业见面会，向企业提供节能建议。中小企业还获得了有针对性的节电行动和节能潜力清单。

图 8. 办公楼节能信息工具包



资料来源：ANRE/METI, 2011

结论

在向外界公布的同时，日本夏季节电活动还面临诸多挑战。首先，与其它国家相比，日本的能效已经非常高。其它国家很多比较容易获得的节能效果在日本均已实现。因此，日本需要探寻并采取更加深入的节能措施。

其次，没有监管措施，无法判断中小企业和家庭用户将在多大程度上减少需求。

¹⁰ 本文发布时，奖励性质尚未确定。

第三，每隔 13 个月，核电站要进行定期维护。为实现维护后重新启动，能源公司必须与地方长官达成一致意见。已有几位地方长官表示，他们不希望核电站再度上网发电，这将使电力紧缺进一步恶化。

最后，许多旨在减少高峰需求的节能措施需要将企业运营时间调整到晚间和周末。该调整需要得到多个企业的一致同意，还需要考虑一边工作一边照顾孩子的工人。

2008 年 美国阿拉斯加州朱诺市

Alan Meier (Lawrence Berkeley 国家实验室), Wayne Leighty (加州大学 戴维斯分校)

背景资料

阿拉斯加州首府朱诺市位于该州南部，是一个沿海城市，有 31000 位居民。朱诺市与阿拉斯加州其它地区被高山、冰川及河水分隔开，进入该市只能通过海路或飞机（图 9）。食品和多数其它供给每周从华盛顿州的西雅图市（距该市南部 1400 公里）通过驳船运来。夏季，游轮经常在朱诺停泊，为其带来 50 多万游客。

图 9. 阿拉斯加州朱诺市地理位置



资料来源：摘自大英百科全书，2010

朱诺市的主要机构包括政府部门和旅游公司，还有一些小型渔业公司。朱诺很小，无法为地方电视台提供支持，但当地的媒体十分活跃。大部分用电来自于家庭和商业用户。虽然很多家庭有双燃料（油或木柴）取暖能力，但 20%的家庭使用电力取暖。电费是许多朱诺家庭的主要财务支出。

朱诺超过 90%的电力来自于水电站，其中 85%经过一条独立的输电线从该市南部 60 公里处的水库输送过来。一家私营电力公司 Alaska Electric Power & Light (AEL&P) 负责发电、输电和配电。AEL&P 是一家小型电力公司，对节能项目没有运作经验，只储备了一些柴油发电机以防水力发电出现故障。

2008 年 4 月 16 日，一场雪崩切断了水库与朱诺间的电力供应。修复工作至少需要 3 个月。柴油发电机迅速启动，从当天开始，朱诺的电力供应完全依靠柴油发电机。事件发生时间很不凑巧，柴油价格正处于历史最高位。向用户提供一度电（1kWh）的成本从 11 美分/kWh（该市正常的水电价格）上涨到 50 美分/kWh，是原来的近 5 倍。

Page | 40

该公司立即提出将上涨的发电成本转嫁给用户，但是，最初的政治讨论拖延了这一过程。市政府意识到，许多市民无法承担如此高昂的电价，担心这样做会影响城市经济（Golden 2009）。在此情况下，朱诺首先尝试将成本转移给州或联邦政府，这样做至少在一定程度上是被允许的，因为阿拉斯加有对乡村燃料供应提供补贴的传统。但是，与朱诺不同的是，获得这类补贴的乡村均在边远地区，缺乏其它的廉价供给。因此，该州多数政治家反对发放补贴。由于市民对私营的 AEL&P 的这一行为表示愤怒，争议变得更加复杂。

与此同时，市民在没有任何具体计划或项目支持的情况下开始自发地节省电力（Skinner 2008）。他们争相到商店购买节能设备，很快买光了商店里的保温用具、节能灯和可开闭式电源盘。就连晾衣绳也买光了。朱诺的居民知道，电费将上涨到原来的 5 倍，因此调低了控温器的温度设置，改用烧柴炉，关闭电灯并拔下家电插头。机场作为朱诺第三大用电终端关闭了午夜至太阳升起前的跑道照明，整个机场在此期间被关闭。雪崩后的几天内，用电需求下降了 10%，虽然用电量下降主要归功于天气转暖和自然光照增加，但仍需采取更多的节能措施降低成本和断电风险（Yardley 2008）。通过能效措施降低用电的技术门坎比较有限，因为供给只能通过每周从西雅图驶来的驳船补充。此外，可实现大量节电的技术设备需要更长的时间订货、发货和安装。

朱诺制定节能计划

朱诺市政府意识到，避免电费大幅上涨的唯一办法就是立即减少用电。该市开始研究具体实施战略，尤其关注依靠电力取暖和获得热水的家庭（占 40%），已经没有时间对这些家庭进行保温处理、安装替代加热系统或更换低效家电了。此外，这些人许多非常贫穷，负担不起这样的投资。一些人基本不会说英语，甚至不了解雪崩，更不会意识到电费可能上涨。

由于该市对这种计划外的电价上涨没有预算，市政府对自身的电费负担也产生了担忧。朱诺请求美国能源部（DOE）向该市派出专家，对应急节能项目提供建议。¹¹

朱诺经济发展理事会（JEDC）在节能活动中身先士卒。由于政治形势很敏感，需要一个中立的组织扮演领导角色。出于同样的原因，电力公司需要保持低调。JEDC 组织了城市的领导者，包括商人、非盈利福利组织领导人、教会长老、政治家和学校代表，他们形成了一个共同的声音。最初一项工作就是宣传节电，活动口号是“朱诺拔掉插头”，并配有活动标志（图 10）。

¹¹专家 Alan Meier 在美国能源部（DOE）收到请求后几天之内即抵达该市。

图 10. 阿拉斯加州朱诺市节能活动标志



资料来源：朱诺经济发展理事会，2008

“朱诺拔掉插头”活动旨在传达积极乐观的信息，避免受到特定群体的批评。信息中最重要的部分在于宣传节能是良好市民行为的一部分。商店橱窗上纷纷张贴印有“朱诺拔掉插头”标识的广告。主要工作之一就是向家庭提供如何快速、安全节电的可靠建议。第二是告诫家庭避免采取可能导致反作用的节能措施。例如，居民们接到警告，不要调高冰箱和冷柜中的控温器，任何小错误均可能导致大量食品腐烂变质。活动对人们的心理也起了很大的作用：驱散了居民对未知问题的恐惧，促使他们针对高电费采取具体行动。

该市还需应对旅游季节对能源的影响，旅游季节在输电线完成修复前就会到来。近 50 万名游客需要了解电力紧缺状况，以便参与到节电行动中。还要考虑与多个电网连接以确保向游轮的额外供电。¹²

需要制定单独的策略以实现州和联邦政府办公室的节电。员工通常比管理层更愿意接受节电措施，这值得深思。在管理层制定出政策之前，办公室人员已经主动关灯并拔下用电设备的插头。

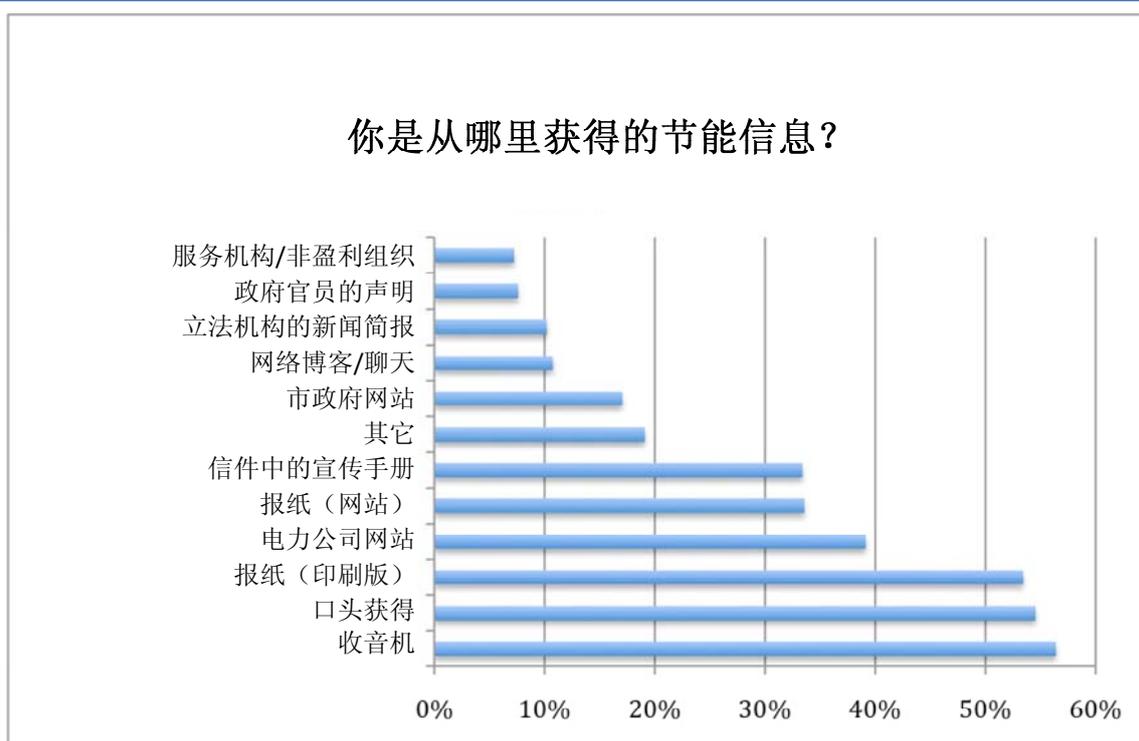
朱诺市政府也因此制定了宏伟的节电目标。路灯是最明显的节能目标。工人们迅速对路灯重新布线，关闭相隔的路灯。污水处理系统和供水系统是三大市政用电系统中的两个，这些设施用电量，由此形成了反直觉的节电建议：市民应当既节约热水也节约冷水。节约的每一升冷水和热水均可减少市政用电，首先是节约供水系统的用电量，然后是节约污水处理系统的用电量。

AEL&P 电力公司通过网络每天向公众更新输电线的修复情况，向公众展示空运来的新电塔及安装信息。这些不断更新的信息告诉人们，危机即将过去。

¹²正常情况下，游轮需要从朱诺市的电网获得电力，以减少对大气的污染。

用户从多种来源获得信息。雪崩发生 10 个月后，人们组织了一次调研（Leighty and Meier, 2011），调研并不具有严格的代表性，但样本范围（从 30000 居民中收到 539 个答复）和人口统计数字表明，调研总体上反映了家庭用电领域的观点。三个主要信息来源——收音机、口头传播和报纸——在重要性上几乎相等（图 11）。从某种程度上说，这次电力中断反映出朱诺独特的地理位置带来的影响，也说明了及早进行信息宣传的必要性。重要的是，节电建议能够通过多种途径进行传播，覆盖大范围的人口，鼓励人们采取节能措施。

图 11. 调查反馈 你是从哪里获得的节能信息？

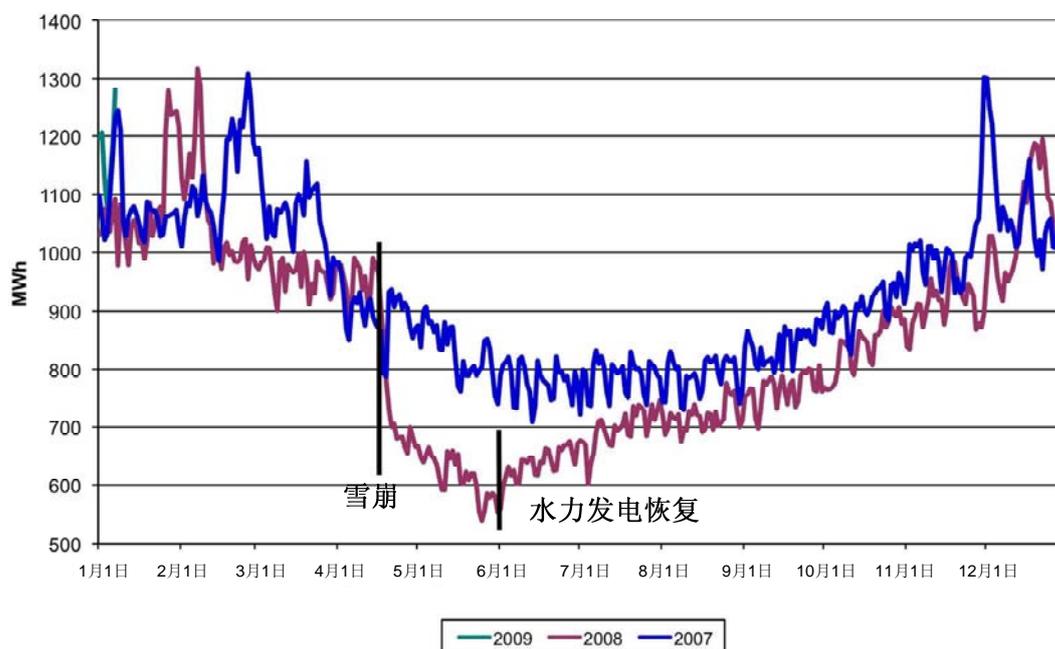


资料来源：Leighty and Meier, 2011

朱诺市的用电量在不到 6 周的时间里下降了 40%，从雪崩前的 1000MWh/天下降到 600MWh/天（图 12）。用电量下降的部分原因是由于春季到来，气候变暖，白天变长。尽管如此，与上一年同期相比，节能率已超过 25%，如果对历史增长、气候调整和某些工业用户的用电行为进行假设，节能率本有可能达到 30% 以上。

有趣的是，朱诺市居民直到危机即将结束时才注意到电费单上的电价提高了。监管机构不允许 AEL&P 将高电费转嫁给用户，直到输电线修复前几周才可以这样做。因此，大多数的节能行为发生时，用户仍在按较低的、雪崩发生前的标准支付电费。价格信号最初通过媒体和口头形式传播，而不是通过提高电价。

图 12. 阿拉斯加州朱诺市 2008 年 4 月雪崩前后每日用电情况



资料来源：摘编自阿拉斯加电灯和电力公司（Alaska Electric Power & Light）提供的原始数据

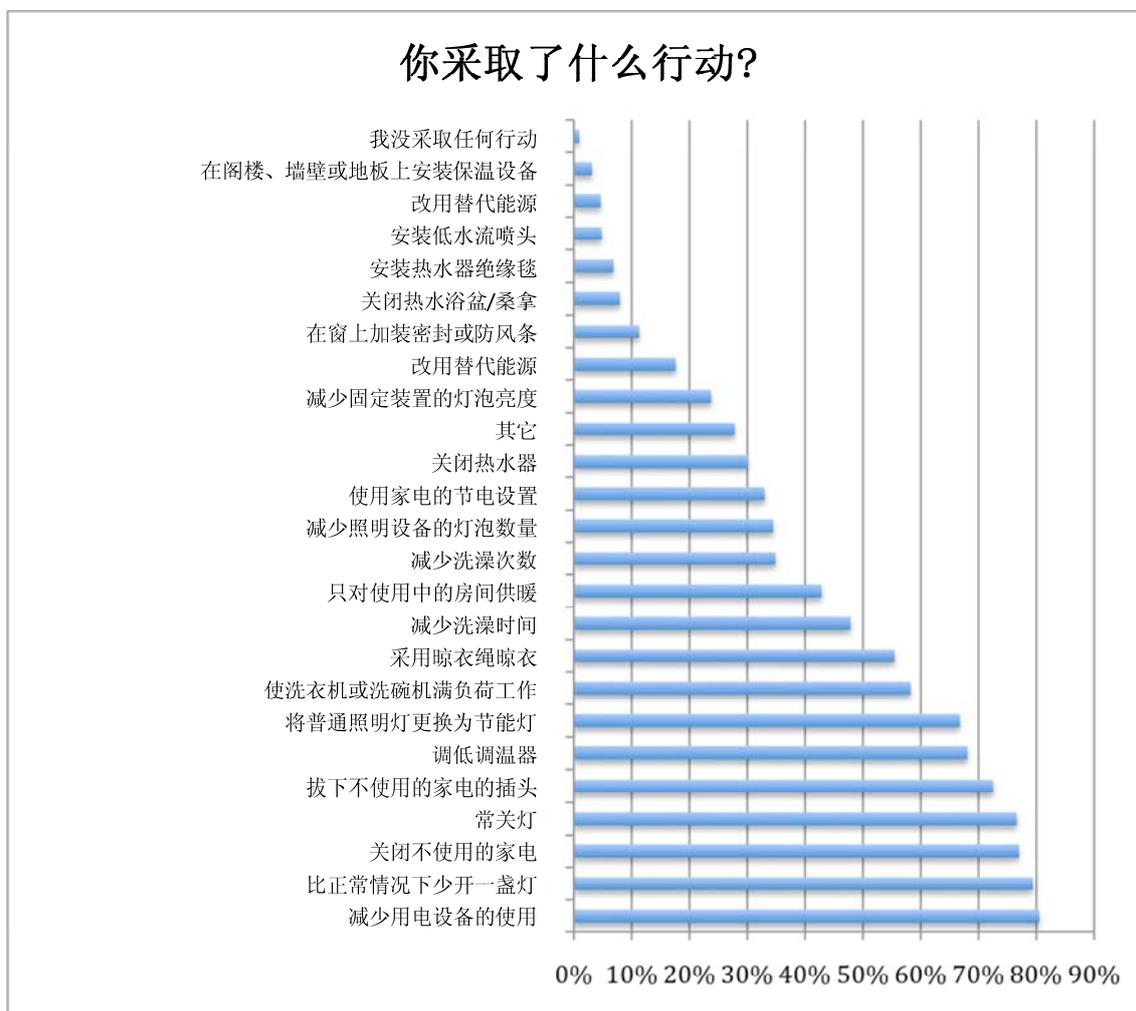
多数节电是通过行为改变实现的，而不是通过大量购买节能材料或新型设备。最受欢迎的措施是减少照明和家电使用，其中包括缩短洗澡时间，满负荷使用洗衣机和洗碗机，减少使用衣物烘干机。

朱诺市大部分家庭使用木柴取暖（此外还使用煤气或电）。尽管如此，只有 15% 的家庭选择了替代燃料。选择木柴的比例较低，反映出烧柴取暖的不便。

只有不到 10% 的受访者使用了防风条，不到 5% 的受访者安装了保温设备。由于危机持续时间较短，朱诺市在突发事件情况下缺少保温设备和材料，且不具备专业的安装人员，这些因素无疑阻碍了人们采用高效节能措施。据报告，居民们未在其能效改进措施上投资。

只有三种低成本节能措施被采用，即低水流喷头、热水器绝缘毯和节能灯。三者中，换装节能灯是目前最受欢迎的节能措施，70% 的家庭选用了这一方法。

图 13. 阿拉斯加州朱诺市居民采取的节电行动



资料来源：Leighty and Meier, 2011

危机结束

2008年6月1日，输电线修复，水力发电也得到恢复。修复工作比预期提前了6周，原因是天气转好，电力公司保守估算了较长的修复时间。市长立即宣布结束紧急状态（即使额外的燃料成本尚未完全处理）。虽然，朱诺市的经济在危机期间没有增长，但是也没有出现电力紧缺导致企业破产的事件。

危机过后，朱诺市用电量迅速反弹，但并未回升至原有的水平。2007年和2008年的差距在缩小，不过，仍节约了10%的电力。由于冬季情况不同，经济状况存在波动，再加上矿场和大客户的大量用电需求，无法对节能效果做出准确预测。在较长时期内，节能率最低为5%，最高可达到15%。用电量在雪崩前后的不同表现出通过改进技术（特别是换装节能灯）、较长时间内改变用电方式（如降低热水器储水槽的温度设置），以及养成新的节能习惯所取得的节能效果。不论根本原因是什么，雪崩使朱诺市的用电需求发生了永久性下降。

调研还提供了一些线索，涉及哪些节能习惯在危机之后会继续保持，哪些节能习惯会消失。例如，半数的受访者放弃使用晾衣绳，家电不用时也不会再拔下插头。但对闲置房间，人们已习惯减少对其供暖。

朱诺市民对自身取得的成就非常自豪。一些人还了解到巴西的节电行动，这是迄今为止最为成功的节电项目。让他们特别高兴的是，自己亲身参与的节电行动已超过了巴西的记录。

2009 年 1 月，第二场雪崩再次切断输电线，电力消费立即减少了 10%（Golden，2009）。这次情况略有不同：电力中断发生在最冷的月份，但由于只有两座电塔受损，电力中断的时间较短。此外，柴油的价格大幅下跌，因此电力替代的成本也不高。尚未采取进一步的节能措施，输电线即已修复。

结论

朱诺市用电减少了 25%，这在电力紧缺管理战略中是十分迅速和有效的，并且，在此过程中，未采用强制性限电或切负荷措施。电价上涨到原来的近 5 倍虽是一项刺激措施，但节能主要是通过居民自愿的行为改变实现的。节能习惯的养成获得了显著的节电效果，主要原因是新技术设备无法在短时间内安装到位。与采用经济或监管工具的项目相比，依靠用户行为改变的项目因价格低、效果易见、适于大众媒体宣传（虽然用户也可以马上回到原来的习惯中）相对容易实施。全市范围的危机促使人们穿戴更加保暖的衣物，关闭电灯，改变一些以往不愿改变的生活方式，这些做法为全社会所接受，属于爱国行为。但是，要实现更为长期的节能，技术替代必须为节能行为提供补充。

一年后，危机导致的节电行为 1/3 的仍然保持下来，说明至少某些危机导致的行为改变还在持续。应对长期电力紧缺和可能的气候变化需要不同的策略，但是朱诺市的案例说明，只要采取正确的环境、激励机制和策略，大量节能是可以实现的。

2008 年 新西兰

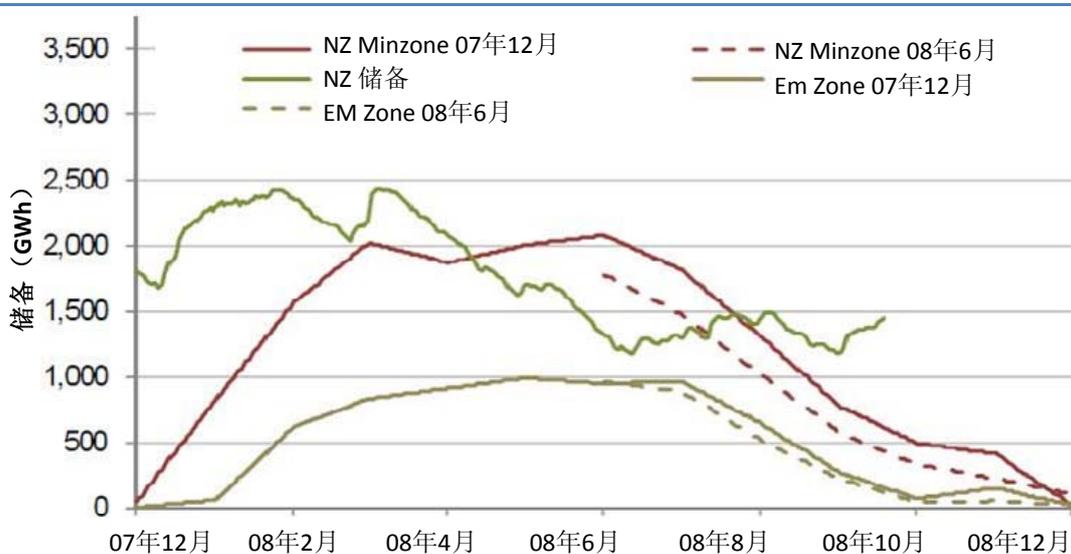
Bart van Campen, 奥克兰大学, Sea Rotmann 和 Andrew Robertson, 新西兰能效和节能局。

背景资料

由于大旱耗尽水源供给并引发能源约束, 新西兰在 2008 年出现了大规模电力紧缺。虽然干旱在电力紧缺真正出现前已经结束, 但是政府仍鼓励用户减少用电需求以降低风险。

新西兰的电力市场由两个相连的岛屿组成, 主要采用水力发电。根据水文情况, 水力发电可达到年度发电量的 60% (约为 42000GWh pa, 装机容量 9500MWe)。其它发电来自热能 (天然气、煤、石油等)、地热和风力。大部分水力发电和电力储存位于南岛, 而需求主要集中在北岛。冬季用电需求达到顶峰, 不过, 在此期间, 湖泊的流量却在减少, 这导致主要湖泊的水力发电储备有限 (约 3600GWh, 占年度需求的 8%, 相比之下, 天然水流量变化范围在每年 21000—27000GWh 之间)。新西兰在冬季干旱时容易受能源约束影响 (如 1992、2001 和 2003 年), 而不是高峰时段的容量约束。2008 年的“冬季干旱危机”是自 2003 年确立新治理形式以来的首次重大危机。¹³

图 14. 与 Minzone 和 EMzone 对应的水力发电储备 (2007—2008 年)



资料来源: Hunt and Isles, 2009

2008 年是特别干旱的一年 (是自 1931 年以来气候最干燥、流量最低的一年, 测量期为 2007 年 11 月—2008 年 6 月。流量在 2008 年 6 月以后的几周/几个月得到恢复)。2007 年

¹³在保持整体市场的同时, 2003 年, NZEM 的协调和监管活动从行业的自觉监管框架下转移到一个独立的中央政府机构进行集中协调 (电力委员会)。2008 年危机发生后, 监管框架再次发生变化。

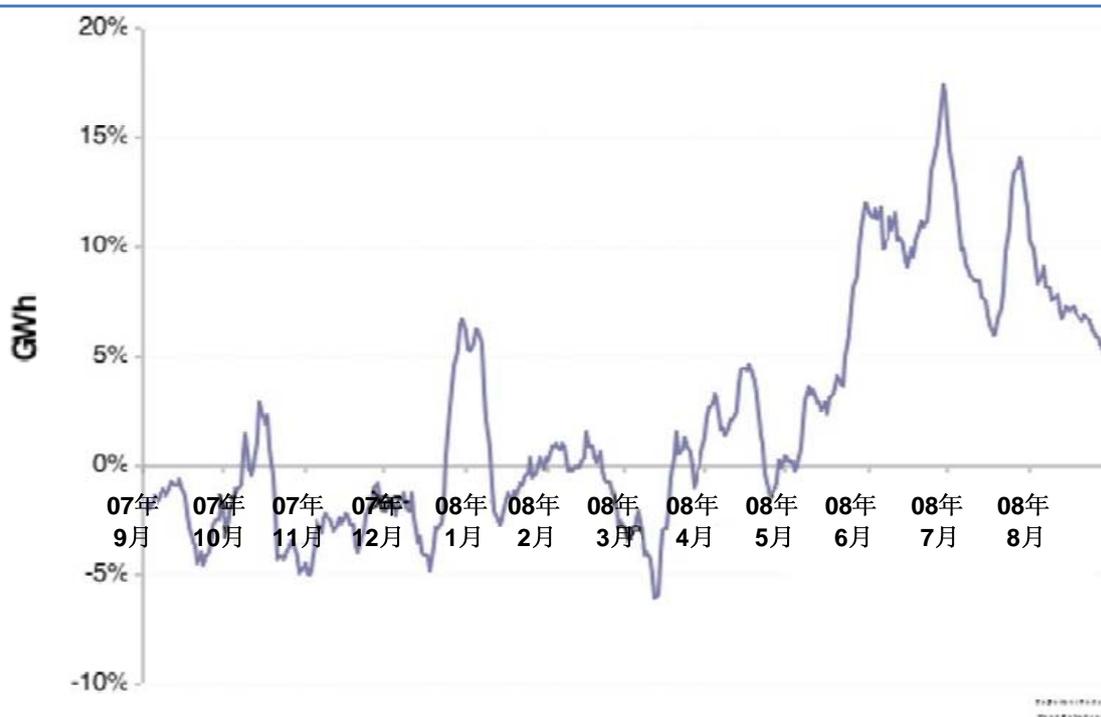
9/10 月以来，北岛和南岛间的高压直流输电线（HVDC）被部分放弃，一家老旧的热力发电站（New Plymouth，约为 300MW）也被关闭，情况更加复杂。¹⁴

电力委员会每年发布一套电力储存参数/图表，监测干旱时期的变化，¹⁵其中有两个触发级别（最低水位区[Minzone]和应急区[EMzone]）¹⁶，表示委员会的协调和干预计划，确保供电安全。2008 年 4 月 10 日，国家电力储存低于 Minzone 级，但到了 2008 年 7 月 12 日，又恢复到更新后的 Minzone 以上。自 2008 年 6 月，南岛的 Minzone 是关键性参数因两岛之间的高压直流输电线被部分放弃，限制了向南岛输送电能。电力储存水平低至南岛 Minzone 以下，直到 2008 年 9 月 2 日才有了改变。¹⁷

市场和大型用户的反应

对即将到来的电力紧缺的最初反应来自于市场各方。从 2008 年初，电力批发价就开始上涨，热电输出增加，主要用户开始减少需求。许多大型用户注意到，2008 年上半年，商品价格飞涨，这缓和了需求降低带来的影响。额外的订单使其不愿将用电需求降到正常值以下（Hunt 和 Isles，2009）。

图 15. 与上一年相比的工业需求响应



资料来源：Hunt and Isles，2009

¹⁴该电站获得许可，从 2008 年 6 月开始部分重启运行，容量为 100MW。

¹⁵电力委员会解散，从 2010 年 11 月 1 日起由电力局取代。

¹⁶ Minzone 表示当年任何时间内需要的最低蓄水水平。以确保一旦出现 60 年一遇的枯水事件，预期需求将得到满足，所有可用的热电站满负荷运转。EMzone 表示蓄水级别有 10%的短缺风险。

¹⁷请注意，最初的 2008 年冬季的 Minzone 和 EMzone 是在 2007 年底设立的，当时尚不清楚高压直流输电线是否能在 2008 年冬季到来之前恢复上网供电（来源：冬季评论，2008）

当 2008 年 4 月 11 日储水量低于 Minzone 时，电力委员会对其加强了监测，从 4 月到 6 月中旬，155MW 的柴油储备发电站（Whirinaki）在多数时间里被调用（促使节点电价达到 200—289 新元/MWh）¹⁸。

6 月初，储水量级别开始接近 EMzone，电力委员会开始准备其它应对措施，一旦确认需要切负荷，委员会就会与电网公司和系统运营商探讨临时安排。电力委员会还开始准备采购额外的储备能源。¹⁹根据零售商提供的信息，电力委员会与几个最大的电力用户探讨了可能采取的需求回购协议。电力委员会还针对未来的短期能源储备，以需求回购或应急发电资源储备的形式制定了请求建议书（RFP），最终并没有采购更多的储备容量，因为水流量得到恢复，额外的市场措施也已被采用。²⁰

家庭 — 用户反应

家庭用电占新西兰年度电力消费的 33%（MED，2008），但是冬季高峰时段的用电则占到 52%（国会环境委员会主席，2009，第 13 页）。家庭用电主要是为了取暖，从而成为节能的重点。

按照 2001—2003 年度的实践，电力行业在干旱最严重时期组织了大众媒体宣传活动（2008 年 6 月 15 日—7 月 27 日）。活动包括在报纸、电视、收音机、公共交通和网站上进行宣传。电力行业还开设了一个网站（www.powersavers.co.nz），发布内容包括各种新闻、用电数据反馈、地区节能对比，以及水电站的水位和流量信息。

多项研究表明，这些措施促使用电需求下降。通过对家庭和小型商业领域进行温度调节，预计将节能 3.6%（Transpower，2008，Blackwell 引用，2009）—6.9%（van Campen，2010）。

这些活动的结果与 2001 年和 2003 年的节能活动结果一样，由于冬季的家庭用电占全国用电需求的 50%（国会环境委员会专员，2009），虽然时间短暂，但节能效果非常显著。

或许是由于时间短暂，节能活动似乎对需求没有产生结构性或持久性影响。审慎的节能措施大多局限在官方活动期间。Blackwell（2009）根据 2008 年的调研和 2001 年早些时候的一些研究得出结论：多数人对活动的反应是关灯和使用其它燃料。虽然，现在还缺少能够证明这一点的证据，但人们似乎已经开始从用电取暖转向使用木柴或燃气（天然气或液化天然气）等替代燃料取暖，66% 的新西兰家庭拥有多种资源用于室内取暖（新西兰国家统计局）。

¹⁸水位低于 Minzone 后，现有情况将通报 Transpower 和电力委员会做出监测和相应准备；超过 EMzone 时的应急流程（包括潜在的轮流断电）。

¹⁹大型企业削减现有用电量后，主要从现货市场而非通过合同/对冲购买部分电力需求。

²⁰其它协调/市场措施包括：重新调试一台 New Plymouth 机组（100MW，6—8 月），操作员身穿石棉防护服；推进新的 Kawerau 地热项目（从 7 月 21 日的 80MW 提高至 8 月 1 日的 106MW）以及 Ngawha 地热项目（6 月起达到 15MW）。

结论和经验教训

大众媒体的宣传活动会促使家庭自愿减少用电。水力发电系统，特别是在水位不断下降的情况下，根据以往的经验教训，应采取充分协调的响应策略。新西兰应对电力紧缺采取的策略，其优势包括：

- 市场的主要参与者（监管机构、电力公司、输电、配电、零售商和大型用户）均在事件发生前采取了应对计划和策略；
- 对“何时出现问题”有清醒的认识，Minzone 和 EMzone 的界定让所有人均能准确了解情况；
- 用市场推动那些受现货价格影响的大型用户做出理性的响应；
- 主动发布信息，推动灵活的节电措施，公布了水电储备和输出数据，便于所有人了解情况；
- 监管机构、电力供应商和用户通过紧密合作推动行业行动计划。

最理想的方式是由电力行业 and 用户一起管理行动，在需要对供需响应进行管理时提供资金激励。保持家庭取暖来源的多样性已被证明可以很好地抵御干旱造成的电力紧缺。

政府在 2009 年对电力市场进行了审查，并注意到家庭对旱季危机期间的节电行动贡献很大。但是，没有任何补偿、完全免费的自愿活动虽然会产生很大帮助，但如果频繁使用则会给电力市场带来“道德危机”，引起用户警觉甚至厌恶（ETAG, 2009）。因此，电力管理机构正在制定未来活动中对家庭进行补偿的默认机制（对家庭的默认回购），电力零售商应当指定各种方案（如家用可变价格合同），一旦未来发生干旱，可以补偿受到节能活动影响的家庭。就像挪威 2002—2003 年的情况那样，对家庭采用可变定价合同可以降低他们的长期需求，很好地促进旱季供求平衡。由于新西兰水电储备有限，特别容易受到干旱影响，因此，鼓励家庭节电可以作为降低工业用电需求的补充，从而有效保证电力供应。在危机期间，电力供应和降低工业用电需求均将面临挑战。

2008/09 年 南非

Luiz Maurer（世界银行）和 Sara Bryan Pasquier（IEA）。

背景资料

2008 年 1 月，南非遇到了一场非常严重的电力紧缺。此次电力紧缺是由于新增发电量供应延误造成的，同时，维修停机和锅炉管道泄漏造成的电站故障，再加上劣质煤炭供应造成的计划外发电机停运，均使危机进一步恶化。

电力紧缺发生前，由于有可靠及充足的电力供应支撑，南非一直保持着持续的经济增长。随着经济增长，2006 年南非的用电量较 1994 年增加了 60%。不幸的是，南非在电力供应领域的新增投入却未能赶上电力需求增长的步伐。

为了应对 2008 年 1 月出现的能源短缺危机，南非国家电力公司 Eskom 和南非政府（包括能源部[DoE]²¹和国家电力管理局[NERSA]）迅速采取了一系列拉闸限电和其它措施，防止电力系统发生崩溃。上述措施已在整个经济体系中广泛应用，尤其对于工业企业。以下是南非国家电力公司系统调度员依次采取的步骤，以保持整个国家的电力供应系统的完整性（南非政府报告，2008）：

- 以额定最大出力运行所有可用的发电机；
- 需求市场的积极参与（对削减用电量的用户给予奖励）；
- 在电力系统（因为柴油成本较高）中引入天然气发电厂；
- 使用应急备用水资源发电；
- 对可中断合同的用户，关闭其电力供应；
- 切负荷。

节能措施

工业领域

2008 年中期，Eskom 公司试图通过一项节能计划（PCP）减少 10% 的高峰需求（大约 3000MW）。该节能计划最初主要是针对一些大型工业用户，其用电量约占南非全国用电量的 58%（IEA，2010C），特别将矿场和冶炼厂作为节能重点。

2009 年 1 月，Eskom 公司报告称，电力需求下降了 1500MW，下降的主要原因是该节能计划的实施和全球经济危机导致南非金矿、铂矿及金属冶炼厂的产量下降。2009 年，Eskom 公司继续对所有大型工业用户开展此项节能计划（Energy Tribune，2009）。

²¹能源部（DOE）的前身是矿产及能源部（DME）的一部分。自 2009 年以来，南非矿产及能源部（DME）被划分为两个部，分别是矿产资源部和能源部。

目前，Eskom 公司建议南非全国前 500 位最大的电力用户签署一份强制性的节能方案（ECS）。根据该节能方案的规定，在发生严重电力紧缺的情况下，强制性地达到 10% 的节能目标（以 2006 年为基线）。该节能方案要求所有参与者设立自身基线并安装相应的监测和检验设备。

家用领域

行为改变。虽然家庭用电仅占南非全国用电总量的 20%（IEA, 2010c），但该领域在控制电力峰值负荷需求方面发挥着至关重要的作用。峰值负荷需求往往是社区家庭在容量短缺时面临的主要难题。在南非，家庭通常在清晨和傍晚消耗更多的电量（ESCOM, 2008）。因此，节能工具的设计应针对这些用电高峰时段，以达到节能目的。

电力警告信息是南非实施的一项削减电力峰值负荷的手段。它可以提供电力紧缺的实时信息，并在每日的 17:30—20:30 每隔 30 分钟通过互联网或电视发布一次。电力警告信息让市民了解到已采取即时措施减少用电高峰负荷。

电力警告信息包括以下四个状态级别，每一级均要求所在地区的用户采取相应的具体措施：

- 绿色：表示电力系统承受有限应变。该信息要求用户必须将节电作为其日常生活的一部分。
- 橙色：表示当前电力系统的用电需求不断增加。该信息提示用户应关闭一些非必要的耗电设备，包括滚筒式烘干机、洗碗机、贮水池水泵，以及不必要的照明。
- 红色：显示电力系统的应变正逐渐增加，切负荷迫在眉睫。该信息要求用户关闭煤气热水炉、火炉、微波炉、电水壶、电热水器、空调和不必要的照明。
- 褐色：表示最严重的情况，一般是整个国家电网出现了极端的负荷应变，并且系统正在切负荷。该信息要求用户关闭所有不必要的电器、照明和娱乐设施（如电视）。

根据 Eskom 公司的统计数据，每条限电警告信息意味着超过 500MW 的负荷削减，而绿色警告信息则意味着略低于 100MW 的负荷削减（当系统仅存在有限负荷应变时）。

另一个针对家庭和商业用户的信息宣传活动是 4900 万人行动，该活动由 Eskom 公司、南非政府和商业合作伙伴于 2011 年 3 月共同推出，旨在鼓励 4900 万南非人将节能作为其民族认同感和民族文化的一部分。行动倡议企业和媒体共同向社会传播重要的节能信息，例如“关掉电源”。

为了在没有电视的地方传播节能信息，南非通过路演以及示范项目来开展各种创新宣传活动。

技术替代。对于家用领域，南非政府和 Eskom 公司正在实施相应的解决方案，向广大家庭提供高效照明技术、太阳能热水器、安装充气式淋浴喷头和煤气热水炉隔层。

例如，在 2004 年，Eskom 公司推出了一项国家计划，在某些地区推广使用紧凑型节能灯取代白炽灯。到目前为止，已累计更换了 1800 万个紧凑型节能灯。最近，在 Western Cape、Northern Province、Gauteng 和 Free State 已更换了近 400 万个紧凑型节能灯。

逐步推进节约用电

Page | 52

南非仍然受到容量约束的影响，因此，需要在本报告介绍的需求侧措施基础上寻找更多的解决方案。南非已经制定了能效战略，不但可以获得更加持久的节能，还能减少南非经济的碳强度（南非目前是全球第 11 大温室气体排放国）。

南非推行的能效战略主要包括：

- 设定短期、中期和长期能效目标以支撑该国经济的持续增长。
- 培养民族意识，将电力视为一种非常宝贵的商品，必须合理使用。
- 通过适当的立法促进高效能源的使用。
- 避免使用低效率的设备。
- 制定有关建筑物的能效要求。
- 对能效项目提供资金支持以及建立节能机制。
- 确保 Eskom 公司和所有电力利益相关方保持有效的合作关系，其中包括南非国家能源局、能源部和国家能源监管局。
- 加快对能效项目的评估、审批和实施。
- 制定和实施家庭用电分时电价系统（TOU）。
- 在能效实施过程中确立 Eskom 公司和南非政府的领导地位：
 - 确定、实施和跟踪有助于提高内部能效的项目。
 - 实施员工计划，以确保员工在工作场所和家庭中采取节能措施。
 - 承诺对政府建筑物进行能效改进。
- 遵循南非政府 ASGIS - SA 目标，在工业企业取得突破，获得最佳的短期效益。

确保 Eskom 公司有效管理其能效计划（ESMAP，2010）。

2007/08 年 智利

Bart van Campen（奥克兰大学）和 Sara Bryan Pasquier（IEA）。

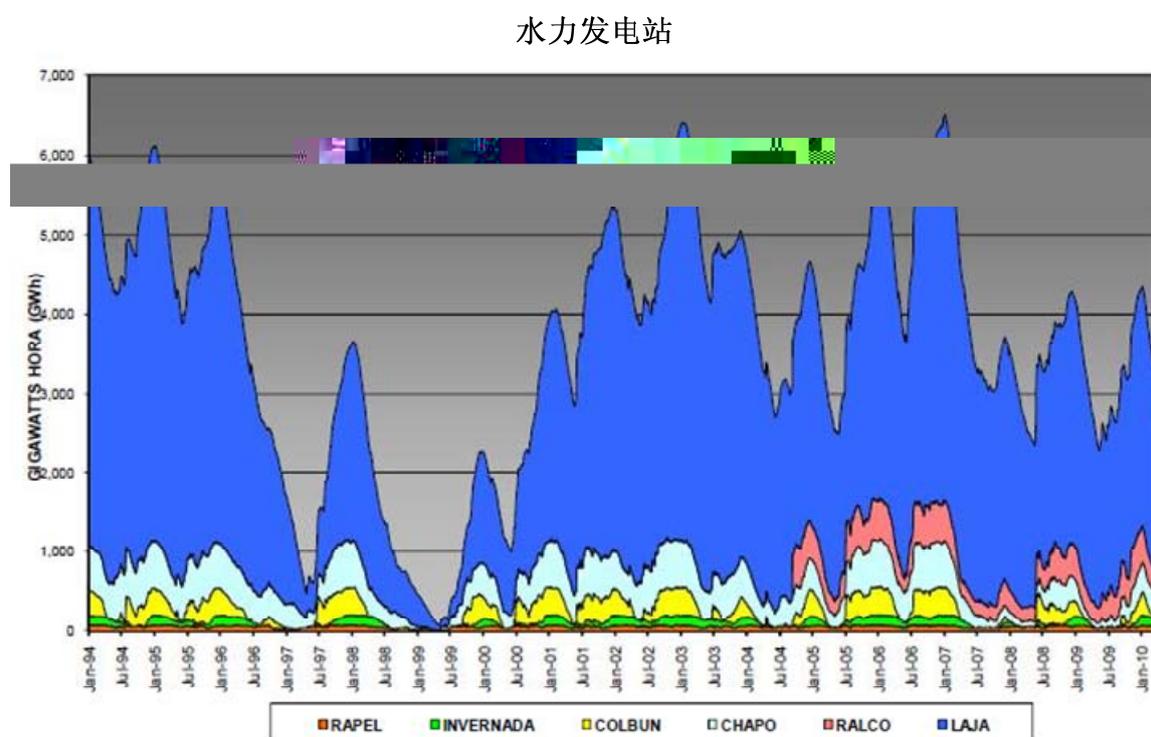
背景资料

2007/08 年度，智利由于旱灾、自阿根廷进口的天然气中断以及某些技术原因导致了一场电力紧缺。

干旱使智利的水电储备容量降低了 38%。因此，水电站发电量在智利总发电量中所占的份额从 2006 年的 70% 下降到 2007 年的 53%（ESMAP，2010）。与此同时，来自阿根廷的天然气进口量平均每天 2500 万立方米，仅为合同进口量的 9%。这导致多个采用双燃料发电的电厂开始使用柴油，从而增加了维护成本和故障率。

图 16 显示了智利的主要长期水电储存设施 — Laja 湖。该湖拥有超过 6000GWh 电力储存（其它湖泊的电力储存总计约为 2000GWh）。自 2007 年以来，由于干旱以及从阿根廷进口天然气受到越来越多的限制，智利的湖泊水位开始下降，2007—2008 年夏季，智利湖泊的水位没有恢复到正常水平，从而导致了 2008 年电力紧缺。

图 16. 中央系统中的智利长期储能设施



资料来源：CNE，2009

2007/08 年度电力紧缺并不是智利遭遇的第一次电力紧缺。1998/99 年度同样发生过由干旱导致的水力发电量减少。而水力发电量的减少引发了 1998 年末和 1999 年上半年的停电事故和电力紧缺（Maurer，2005）。智利通过立法赋予政府在电力紧缺情况下采取限电措施的权力。虽然在 1998 年 9 月政府即被建议制定一部限电法案，但直到 1998 年 11 月，为避免在国

内遭到政治抵制，政府并未采取这一措施。在当时也未采用任何引起用电需求降低的价格信号，特别是家庭及商业电价还受到监管。

1999 年的危机表明，现行的监管和市场框架未能向发电厂提供足够的激励机制，促使其增加备用发电装置，避免干旱导致的电力紧缺。智利政府在 1999 年修订了其在 1982 年发布的电力改革法案，使干旱不再被认定为一种不可抗力，与此同时，将不满足电力供应合同规定的罚金大幅提高（IEA，2005）。

智利的能效计划

1990—2003 年，智利国民生产总值（GDP）年均增长率达到 5.8%，二次能源消费总量增长率达到 5.1%。在此期间，智利的电力消费平均增长率达到 8.2%。为了减轻电力部门面临的消费增长压力，2005 年，智利经济部颁布了第 336 号令 — 启动国家能效计划（PPEE）。PPEE 旨在向智利各部门提供能效计划、政策和行动指导。

2005 年，PPEE 制定了国家能效战略。在 2007—2008 年的能源危机爆发之前，PPEE 就已经展开了多项针对公用设施、建筑业、工业、采矿业和家庭用电领域的电能消耗测量以及节能潜力研究。这些研究有助于智利政府确定采取何种措施缓解当前的电力紧缺危机。

2008 年发生的电力紧缺也为 PPEE 赢得了政治支持。其预算从 2006 年的 100 万美元增加到 2009 年的 3400 万美元（IEA，2009）。从一开始，PPEE 最为重要的一个特点就是与私营部门建立了稳固而良好的合作关系。

2007/08 年度智利电力紧缺应对方案

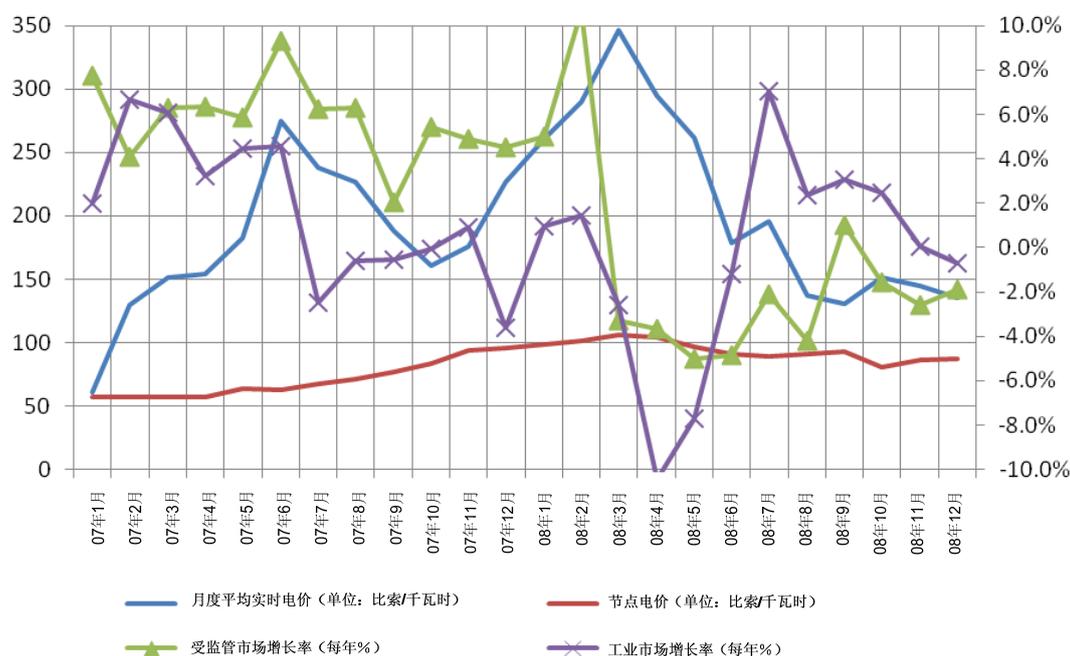
当 2007/08 年度发生能源危机时，由于此前以及危机期间智利政府实施了一揽子能效解决方案，避免了电力供应、家庭和商业天然气供应中断。危机期间，PPEE 主导推广了诸多能效措施及公共宣传活动，并向尚未开发的市场投入了数以万计的紧凑型节能灯，使 2008 年用电量基本保持稳定，经济增长率达到 3.2%。如前所述，在能源危机的前几年，智利的电力需求增长通常超过 GDP 的增长幅度。

价格信号

对于智利政府而言，或许应对此次能源危机的最有力的工具就是价格信号。由于智利电力市场相对自由开放，其电价与国际天然气和电力市场的浮动保持一致。价格的上涨抑制了需求的增长，有利于避免更大的危机。

图 17 显示了月度平均实时电价（蓝色）和节点电价（红色）增长率（左标线：单位：比索/千瓦时）。由图 17 可以明显看出，工业/不受管制的用电需求可以更为迅速地应对干旱和天然气短缺带来的影响，并呈现相对较高的实时电价（蓝色）。受管制的（家庭及商业用电）用电需求不直接与实时电价挂钩，但与节点电价（红色）相关的 6 个月的电费相联系，因此，表现为明显的延迟。

图 17. 智利 2007/08 年电力需求增长率



资料来源：摘编自 CNE 提供的原始数据。

自 2007 年 1 月起，实时电价增长迅速，与实时电价部分相关的合同型工业用电需求增长相应下降（注意，这发生在贸易繁荣发展的中期，一直持续到 2008 年底，即工业的机会成本较高）。

直至 2008 年年初的危机高峰时期，市场上电力需求增长并未受实时电价影响，不象工业用电需求那样出现较大的降幅。之后，受监管市场上的电价以 6 个月为基础出现提升（参见图 17 中的节点电价），再加上节电宣传活动以及节能灯的推广使用，这些因素共同促成了 2008 年 2 月电力需求增长的骤然下降。此次需求增长的下降一直持续到旱灾高峰期过后。但是，随着湖泊水位的上升，工业用电需求也逐渐回升。

2008 年中期过后，随之而来的全球金融危机导致了电力需求增长的进一步放缓。据报道，2009 年和 2010 年的全球金融危机以及持续的天然气供应短缺导致了较高的电价，使需求增长相对放缓。

为了尽量减少价格上涨对经济造成的负面影响，智利政府实施了多项措施，其中包括：

- 向燃料价格稳定基金注资 12.6 亿美元。
- 暂时降低汽油税。
- 向易受影响的群体提供电费和其它补贴。

财政手段

智利政府还利用财政工具制定长期的能效措施。例如，智利生产促进协会（CORFO）主要针对工业企业，特别是小型企业，制定了长期融资（长达 12 年）计划，促使其投资于能效领域。计划采取的财政工具包括优惠信贷额度、担保基金和风险资本。

避免拉闸限电的直接措施

为了避免拉闸限电而采取的其他措施包括：

- 将 4 月份纳入高峰期进行测量；
- 实施限电法令（降低电压 — 水电储备）；
- 启动节能宣传活动（“节能从现在开始，感谢您的参与。”）；
- 延长日光照明时间以节约用电；
- 安装备用涡轮机组和发动机组；
- 通过技术转换形成联合循环燃气涡轮机，使用柴油发电；
- 鼓励受监管用户减少用电，向其提供财政激励。

长期节能措施

在过去五年中，智利政府还实施了诸多其它政策促进商业、家庭、工业（特别是采矿业）和运输业制订长期能效方案。值得注意的是，智利政府在 2008 年宣布，将通过以下四个步骤完善能效政策（IEA，2009）：

1. 建立完整的能效制度框架。
2. 建立适当的知识库。
3. 提高所有行业的能效。
4. 提供能效激励机制，特别是针对电力市场的激励机制。

近年来，负责改进能效方案的机构不断发展演变。国家能效计划（PPEE）隶属于智利国家能源部以及新成立的智利能效局（简称 AChEE）。而 AChEE 是一家公私合营机构，其职责包括制订一项为期十年的能效行动计划，为提升能效制定激励机制和支持工具，以及在培训课程中介绍能效问题。

结论

最近，智利出现的电力危机引起了人们对能效政策的重视。在 2007/08 年度电力紧缺危机发生前，智利政府用于鼓励提高能效的主要手段主要是确保高效的能源定价机制（IEA，2009）。现在，智利政府已建立起一个专门的能效机构，在整个经济体系内实施一整套能效政策，同时还加大了对能效项目的投资。

参考文献

- ANRE/METI (Agency for Natural Resources and Energy within the Ministry of Economy, Trade and Industry) (2011), *Estimation of Demand Structure for Summer Peak Day in TEPCO Service Area*, May 2011, available at http://www.meti.go.jp/english/electricity_supply/pdf/20110325_electricity_prospect.pdf.
- Benavente, J.M., A. Galetovic, R. Sanhueza and P. Serra (2005), "The Cost of Residential Electric Shortage in Chile: An Estimation Using the Demand Curve", *Revista de Analisis Economico*, Vol. 20, No. 2, available at <http://ssrn.com/abstract=1262483>, accessed 28 January 2010.
- Blackwell S. (2009), *Electricity Conservation in Context: A Mixed Methods Study of Residential Conservation Behavior During an Electricity Shortage in New Zealand*, Victoria University of Wellington, New Zealand, pp. 79-82.
- Encyclopaedia Britannica, Map of Alaska (2010), available at <http://media-2.web.britannica.com/eb-media/99/64599-004-1912873A.gif>.
- Burki, S. (2009), "Cost of Power Outages to the Pakistan Economy", 11 May 2009, *Daily Dawn*, available at <http://news.dawn.com/wps/wcm/connect/dawn-content-library/dawn/in-paper-magazine/economic-and-business/cost-of-power-outages-to-the-economy-159>.
- CNE (Comisión Nacional de Energía de Chile) (2005), *Programa País Eficiencia Energética (PPEE)*, available at www.ppee.cl/.
- CNE (2009), Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, *Las Energías Renovables No Convencionales en el Mercado Eléctrico Chileno*, Santiago de Chile, 2009, available at http://www.cne.cl/cnewww/export/sites/default/05_Public_Estudios/descargas/ERNC_mercado_electrico_chileno_baja_resolucion.pdf.
- Consumer Institute (2009), *New Way to Buy Power*, available at www.consumer.org.nz/news/view/new-way-to-buy-power.
- Dahlbom B., H. Greer, C. Egmond and R. Jonkers (2009), "Changing Energy Behaviour: Guidelines for Behavioural Change Programmes", Intelligent Energy Europe, 2009, Spain.
- ESMAP (Energy Sector Management Assistance Programme) (2010), *Central America Regional Programmatic Study for the Energy Sector: Managing An Electricity Shortfall - A Guide for Policymakers*, World Bank, Washington, DC.
- ESMAP (2011), *Best Practices for Market Based Power Rationing Implications for South Africa*, World Bank, Washington, DC.
- Energy Tribune (2009), *South Africa Power Improves, Rationing at Mines Remains*, 26 January 2009, available at <http://www.energytribune.com/articles.cfm?aid=1252>.
- Electricity Technical Advisory Group (ETAG) (2009), *Improving Electricity Market Performance – Discussion Paper: A Preliminary Report to the Ministerial Review of Electricity Market Performance*, Wellington.
- Golden, K. (2009) "This Time, We Know the Drill", *Juneau Empire*, 14 January 2009, available at http://juneauempire.com/stories/011409/loc_377248952.shtml.
- Goldman, C., J. Eto and G. Barbose (2002), *California Customer Load Reductions During*

the Electricity Crisis: Did they Help to Keep the Lights On?, LBNL-49733, Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, May 2002, Berkeley, CA.

Heffner, G., L. Maurer, A. Sarkar and X. Wang (2009), "Minding the Gap: World Bank's Assistance to Power Shortage Mitigation in the Developing World," *Energy Policy* Volume 35, Issue 4, April 2010, Pages 1584-1591.

Hummer J., J. Harris, R. Firestone and P. Thompson (2010), "The Time for (Behavior) Change is Now, Applying Social Marketing Principles to Residential Energy Efficiency Programs", International Energy Program Evaluation Conference, 10 June 2010, Paris.

Hunt D. and J. Isles (2009), "Review of Winter 2008 and the Period Leading into Winter", Report commissioned by Electricity Commission, available at www.electricitycommission.govt.nz/consultation/winter08.

IEEJ (Institute of Energy Economics Japan) (2011), *Impacts of East Japan Great Earthquake on Power Supply*, available at <http://eneken.iecee.or.jp/data/3752.pdf>.

IEA (International Energy Agency) (2004), *The Power to Choose: Demand Response in Liberalised Electricity Markets*, OECD/IEA, Paris.

IEA (2005), *Saving Electricity in a Hurry*, OECD/IEA, Paris.

IEA (2009), *Chile Energy Policy Review*, OECD/IEA, Paris.

IEA (2010b), "Smart Grid Customer Policy Needs", Workshop Report, Washington DC.

IEA (2010c), *Electricity Information*, OECD/IEA, Paris.

IEA (2010d), *World Energy Outlook 2010*, OECD/IEA, Paris.

JEDC (Juneau Economic Development Council) (2008), *Lessons Learned Commission Report: Juneau Hydroelectric Power Crisis*, October 24 Draft, Juneau: Juneau Economic Development Council, available at <http://jedc.org/unplugged/>.

Kyung-Hee, K. (2007), *Overview on Public Benefit Campaigns to Promote Energy Conservation and Energy Efficiency*, UN Forum on Energy Efficiency and Energy, available at www.un.org/esa/sustdev/sdissues/energy/op/forum_dec07/background2.pdf.

Leighty, W. and A. Meier (2011), "Accelerated electricity conservation in Juneau, Alaska: A study of household activities that reduced demand 25%." *Energy Policy* 39 (5) (May), available at [2299-2309. doi:10.1016/j.enpol.2011.01.041](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.01.041).

Leighty, W. and A. Meier (2010), *Short-term Electricity Conservation in Juneau, Alaska: A Study of Household Activities*, paper presented at American Council for an Energy-Efficiency Economy (ACEEE) Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, August 15-20, Pacific Grove, CA.

Limaye, D., A. Sarkar and J. Singh (2009), *Large-Scale Residential Energy Efficiency Programs Based on Compact Fluorescent Lamps (CFLs): Approaches, Design Issues, and Lessons Learned*, the World Bank Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP), December 2009, available at www.esmap.org/esmap/sites/esmap.org/files/2162010114742_CFL_Toolkit_Report_Rev_Feb_15_2010_Final_PRINT_VERSION.pdf.

Maurer, L., M. Pereira and J. Rosenblatt (2005) *Implementing Power Rationing in a Sensible Way: Lessons Learned and International Best Practices*, Energy Sector Management Assistance Programme, World Bank, Washington, DC, available at <http://www.teqs.net/PowerRationing.pdf>.

- Mikkonen, I., L. Gynther, K. Hamekoski, S. Mustonen and S. Silvonen (2010), *Innovative Communication Campaign Packages on Energy Efficiency*, World Energy Council, ADEME, Motiva, 2010, available at www.worldenergy.org/documents/ee_case_study_communication.pdf.
- Neenan, B. and J. Eom (2008), *Price Elasticity of Demand for Electricity: A Primer and Synthesis Intern*, An Electric Power Institute (EPRI) White Paper for the Energy Efficiency Initiative, EPRI, January 2008, Palo Alto, CA.
- Niederberger, A. (2007), *Overview of Policies and Measures to Promote Household Equipment Efficiency*, Background Paper, UN Forum on Energy Efficiency and Energy Security for Sustainable Development: Taking Collaborative Action on Mitigating Climate Change, 17-18 December 2007, Seoul, Republic of Korea, available at www.policy-solutions.com/Publications%20pdf/UN%20ee%20Forum%201207.pdf.
- Parnell, R. and O. Popovic-Larsen (2005), "Informing the Development of Domestic Energy Efficiency Initiatives: An Everyday Householder-Centred Framework", *Environment and Behavior*, Vol. 37, No.6, pp. 787-807.
- PCE (Parliamentary Commissioner for the Environment) (2009), *Smart Electricity Meters: How Household and the Environment Can Benefit*, Parliamentary Commissioner for the Environment, Wellington, New Zealand, available at <http://www.pce.parliament.nz/publications/all-publications/smart-electricity-meters-how-households-and-the-environment-can-benefit>.
- Skinner, G. (2008), "Electric Usage Drops 20 percent", *Juneau Empire*, 23 April 2008, available at http://juneauempire.com/stories/042308/loc_271344651.shtml
- South African government (2008), *National Response to South Africa's Electricity Shortage*, January 2008, available at http://www.info.gov.za/otherdocs/2008/nationalresponse_sa_electricity1.pdf.
- Statistics Canada (2003), *Canadian Economic Accounts*, 28 November, available at www.statcan.ca.
- Statistics New Zealand, available at http://www.stats.govt.nz/browse_for_stats.aspx.
- Tsehaye, E., S. Tamiru and E. Engida (2010), *Economy-wide Impact of Electricity Shortage: A CGE Analysis*, Newsletter: Ethiopia Strategy Support Program II (ESSP-II), July-August 2010, available at www.edri.org.et/Documents/IFPRI-ESSP%20II%20newsletter%20July-August2010.pdf.
- Tokman, M.R. (2009), *The Energy Crisis and Its Lessons, The Case of Chile*, Ministry of Energy Power Point Presentation, Chile, available at http://siteresources.worldbank.org/INTENERGY/Resources/335544-1232567547944/5755469-1239633250635/Marcelo_Tokman.pdf
- van Campen, B. (2010), *Efficiency and Fuel Switching in Norway and New Zealand's Residential Electricity Sector During Droughts*, 33rd International Association for Energy Economics (IAEE) Conference, 2010, available at <http://docs.business.auckland.ac.nz/Doc/fficiency-and-fuel-switching-in-Norway-and-NZs-residential-electricity-sector-during-droughts.pdf>.
- World Bank (2008), *Mainstreaming Carbon Finance and Clean Development Mechanism (CDM), Large Scale CFL Deployment Programs*, World Bank, Washington DC, available at <http://www.energyrating.gov.au/pubs/2008-phase-out-session4-sarkar.pdf>.



International
Energy Agency

Online bookshop

Buy IEA publications
online:

www.iea.org/books

PDF versions available
at 20% discount

Books published before January 2010
- except statistics publications -
are freely available in pdf

International Energy Agency • 9 rue de la Fédération • 75739 Paris Cedex 15, France

iea

Tel: +33 (0)1 40 57 66 90

E-mail:
books@iea.org



International
Energy Agency

9 rue de la Fédération
75739 Paris Cedex 15

www.iea.org

