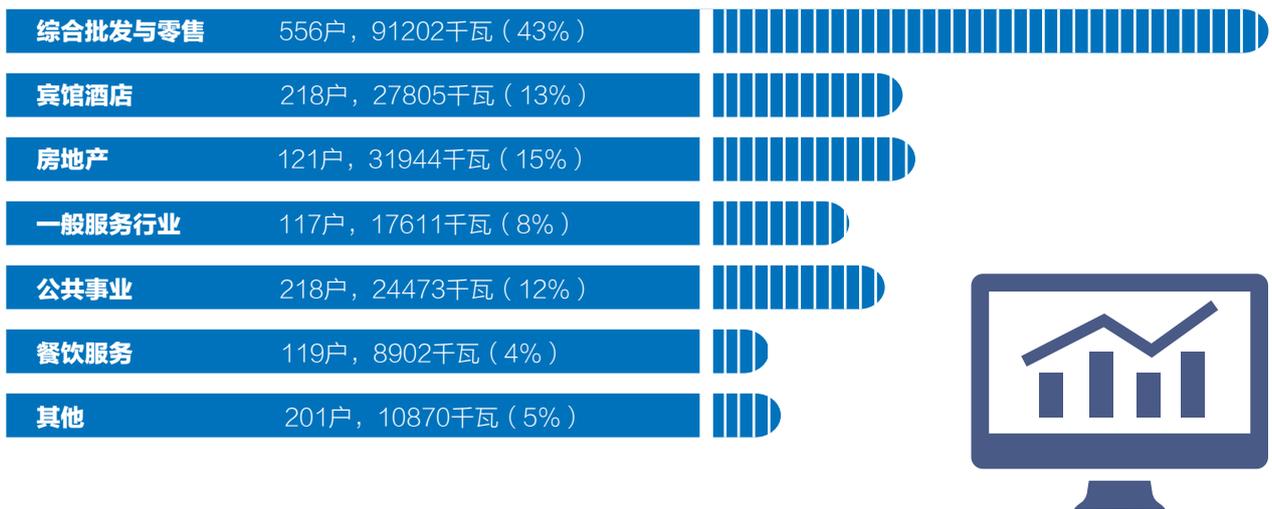


电力需求侧响应：动中求静

文 / 本刊记者 杨青

2016 年江苏省首次需求侧响应用户空调负荷分布

空调用户1550户，响应量212807千瓦



陈兵正在算账。他刚刚从江苏省经济与信息化委员会开会回来，看着电费单，对照省里下发的补贴标准，能返 100 多万元。

“这是今年夏天我们参加电力需求侧响应获得的补贴。”满面笑容的陈兵介绍这笔钱的来历时，掩饰不住兴奋和激动。

陈兵是南京钢铁集团公辅事业部生产质量处处长。南钢集团参加

了江苏省 2016 年首次全省范围的电力需求侧响应。

这次活动包含约定响应和实时响应两种方式，参与用户总计达 3154 户。其中，约定响应全部为企业用户，包含普通用户 248 户、负荷集成商 24 家；实时响应以空调负荷为主，共有 1871 户参与，包含非居民空调用户 1550 户、居民用户 321 户。经统计，实际约定响应负

荷为 331 万千瓦、实时响应负荷为 21.39 万千瓦，合计达 352 万千瓦，远远超过了美国 PJM 电力市场创下的单次需求响应减少负荷最大 164.1 万千瓦的历史纪录，位列世界第一。

供需等式的难题

用多少电，发多少电，保持供需平衡，是电力系统运行的简单说法。但实际操作起来并不简单。尤

其是近年来，随着产业结构的调整和人民生活水平的提高，我国电力消费增速加快，用电量的变化曲线波动越来越剧烈。

一整天、一整年，最大用电量和最小用电量之间的差距正在逐步拉大。尤其是在夏季白天，空调用电负荷不断攀升，用电尖峰越发明显。这因素加大了发电量匹配用电量的难度，导致季节性电力紧缺。

根据国网江苏省电力公司发布的数据，2013年江苏全省最高负荷达到8191万千瓦，成为国家电网公司系统首个负荷超过8000万千瓦的省级电网，其中空调负荷“贡献”了1/3的负荷量，约2008万千瓦。2014年江苏最高负荷达8206万千瓦，空调负荷为2250万千瓦；2015年全网用电负荷达到8480万千瓦，空调负荷2700万千瓦，占比达到31.84%。到2016年，全省用电负荷更是6次刷新纪录，达到9238万千瓦，空调负荷则超过3000万千瓦。

面对这种形势，如何科学合理地发电以满足不断上升的用电需求，确实是一道难解的数学题。

“虽然江苏电网用电尖峰负荷不断‘创新’，用电峰谷差已经超过了2000万千瓦，但持续时间并不长，仅仅占了全年用电小时数的0.28%~0.26%。”国网江苏电力营销部市场处副处长杨斌点出的问题很关键。

电力负荷是动态变化的。随手关了空调，又用微波炉热热饭，都

会引起负荷的波动。为了让电力系统稳定运行，通常会通过调节发电量来迎合用电量的变化，以期达到平衡。

如果为了这一年中几个小时的高峰再增加发电能力，面临的则是电力供应能力在大部分时间中的过剩，造成社会和环境资源的浪费。

既然“供”不能增加，就要在“需”上做文章。这是等式的基本算法。

在电力需求侧做文章，需要人为地降低用电尖峰负荷，这就要让用电量反过来迎合发电量。这一迎合的方式通常是由各级政府和相关部门主导的有序用电。

有序用电采取错峰、避峰、轮休、让电、负控限电等一系列措施，避免无计划拉闸限电，将季节性、时段性电力供需矛盾给社会和企业带来的不利影响降至最低程度。从经济学的角度看，有序用电的目标就是将有限的电力资源最有效地加以利用，使社会效益最大化。

南钢集团是江苏省的用电大户，也是有序用电的重点对象。对于负责企业能源管理的陈兵来说，对这一措施并不陌生：“我们坚决响应政府的要求，在用电高峰的时候调整生产线，总比负荷太高造成整个电网不安全，最后大家都停电要好得多。”

用户虽然理解，但行政化的有序用电仅仅是电力需求侧引导性的管理。要有效降低尖峰负荷，又减

少用户损失，让更多的人感觉不到影响，则需要更高效、更有力的市场化机制。

更友好地降负荷

电力需求侧响应是指在用电高峰时段或系统安全可靠存在风险时，电力用户对价格信号或激励机制做出响应，自觉、自愿地调整其用电设备负荷以满足电力系统可靠性、动态优化平衡及系统性节能减排的市场参与行为。对电力用户来说，响应措施要更加自觉、友好。

江苏省2016年7月26日实施了当年首次全省范围的电力需求侧响应，响应负荷达352万千瓦。这意味着，一旦预测电力供应出现不超过350万千瓦的缺口，江苏电网依靠市场化的电力需求侧响应即可实现供需平衡，保障正常生产生活。

市场化模式的需求侧响应机制最早出现在美国，是为了应对电网突发状况，保障电网稳定性。在我国，2011年1月开始实行《电力需求侧管理办法》。2012年10月，财政部、国家发展改革委联合发布《关于开展电力需求侧管理城市综合试点工作的通知》（财建[2012]368号），确定的首批试点城市名单为：北京市、江苏省苏州市、河北省唐山市、广东省佛山市。中央财政安排专项资金，按实施效果对综合试点工作给予适当奖励，对通过需求侧响应临时性减少的高峰电力负荷，每千瓦奖励100元。

2015年3月发布的《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》（中发[2015]9号）中，明确指出要积极开展电力需求侧管理和能效管理，发挥市场机制的作用，促进电力供给侧和需求侧的平衡。

同年4月7日，国家发改委、财政部印发《关于完善电力应急机制做好电力需求侧管理城市综合试点工作的通知》（发改运行[2015]703号），要求试点城市在2015年夏冬两季用电高峰及供应紧张时实施需求响应，吸引用户主动减少高峰用电负荷并自愿参与需求响应，以更加市场化的方式保障电力供需平衡。

这一年，江苏开始探索在全省范围内实施负荷管理由行政手段向市场化转变。并于8月4日由国网江苏电力成功组织实施了首次全省电力需求侧响应，实际参与用户513家、参与集成商8家，合计减少负荷超过160万千瓦。

用电大户南钢集团也在这一年首次参加了电力需求侧响应，完成响应量两万千瓦，获得了补贴，尝到了甜头。2016年南钢集团完成电力需求响应量大幅提高，达7.2万千瓦。陈兵介绍：“我们接到要实施电力需求响应的通知后就开始全面准备，还做了详细方案，哪些短时非必要设备是可以关停的，都提前摸了底，所以这次有效降低用电负荷量大大增加了。参与电力需求侧响应不但可以获得经济补贴，更重要的是配合电网柔性削峰，缓

解了供需矛盾。”

越来越多的企业主动调整生产计划，参与了江苏省2016年电力需求侧响应。溧水天山水泥公司按计划关停了生产区内的循环风机和生料研磨电机，并调慢研磨机，实际判定响应12100千瓦，超额完成了响应目标。

溧水天山水泥公司生产科科长丁景义对此次电力需求侧响应工作非常满意。“通过合理调整厂内生产计划，短时间内在不影响整体生产计划的前提下完成自主负荷下调，给企业带来了相应的经济补贴，配合江苏电网完成削峰工作，给整个电网的安全运行做了贡献。”丁景义说，“这是利己利人的好事。”

工业用户的增加，让政府和电网企业看到了实施电力需求侧响应的潜力。但相对于工业用户对电力的刚性需求，非工业用户的潜力则更加巨大，大功率非生产电力设备的参与更加“无声”。

微负荷响应的海量效应

2016年预测最高用电负荷的前一天，国网江苏电力通过网站、APP、短信和电话4种方式向企业用户发送邀约，并与其双向互动，实施约定响应；对参与实时响应的企业用户，由国网江苏电力或负荷集成商依据事先签订的协议，通过短时调节用户空调用电降低负荷；居民用户则通过“智电生活”APP与国网江苏电力签订电子协议的方

式参与实时响应，其响应负荷均为空调负荷。

胡佳琪对电力需求侧响应的作用深有体会，他是一家电力负荷集成商的工程部总监，为南京中央商场提供电力咨询服务。中央空调是商场内的耗电大户，南京中央商场通过对空调的柔性控制，在规定时间内，有效降低了负荷，完成了电力需求侧响应。

在电力需求侧响应的时间内，南京中央商场将夏季的空调设定温度提高了2℃，整个商场的用电负荷下降了800千瓦，但胡佳琪实地了解到“并没有顾客和售货员反应商场内变热了。”

2016年江苏的首次电力需求侧响应，实施空调柔性控制改造的中央商场、东方商城等全市38家大型综合商业体及宾馆、饭店、商场均有参与，有效削减空调负荷0.8万千瓦。柔性调节空调负荷对这些单位经营没有造成任何影响。

家住张家港市永联村钢村嘉园永琪园4幢的陆大姐是第一批参加电力需求侧响应的居民客户。

“关半小时空调，供电公司还倒给我钱，多好的事！”陆大姐在电力需求侧响应的时段里可以选择调高空调温度，但她直接关了空调，生活并没受影响。

越来越多的居民用户自愿参与到电力需求侧响应的试点活动中来，以居民大功率电器为主的海量微负荷将逐渐成为电力需求响应的主力

军。在2016年8月14日至19日的两次居民电力需求响应中，响应成功用户分别为3064户和4520户，响应负荷分别为1807千瓦和2666千瓦，充分体现了海量微负荷参与需求侧响应的巨大潜力。海量微负荷以智能化方式参与电网互动，有效地提升了电网的运行弹性，使电网运行更加安全、经济、高效。

客户体验仍需提升

“未来的发展方向必然是需求侧响应的自动调节。即不必用户自己动手操作，这样更加友好，也更能激发用户参与的积极性。”董立军说着话随手点开江苏省电力需求侧管理平台的网页。页面上跳出大大的公告栏，介绍电力需求侧响应，并引导如何参与。

董立军是江苏省一家电力负荷集成商的负责人，公司成立多年，为4000多家企事业单位提供配用电等能源监测与综合能源管理服务。2016年，董立军的公司组织客户参与响应79.96千瓦，占江苏省总响应量的23%，在8家负荷集成商组织的响应量中占到了38%。

董立军关注更多的，是如何让

▽ 清洁发电比例的提高、分布式电源的增多增加了发电侧的波动。



电力需求侧响应更加便捷，提升客户的使用体验。要做到这些，目前还有许多工作要做。

他将之总结为“需要建立成熟的商业模式”：即如何鼓励客户参与、

客户响应所得从何而来、如何有效快速操控客户的可调设备参与响应等等。

其实，江苏省很早就开发了专门的需求侧响应平台作为需求响应

系统，管理模式为由政府主导，电网公司具体组织实施，负荷集成商、电力用户参与。实施项目类型包括约定需求响应、实时需求响应两种。通过两种方式执行自动需求响应，一是通过负荷集成商间接开展；二是由需求侧响应平台直接组织部署能量管理系统的非工空调用户参与响应。补贴核发按照降低的电力负荷大小，补贴标准均为每千瓦100元人民币，补贴资金来自尖峰电价年度增收金额。

“尖峰电价年度增收的电费专款专用，经江苏省经信委和物价局核定后全部用于奖励参与电力需求侧响应的用户。企业用户以电费抵扣方式获得补贴，居民用户则获得国网江苏电力发放的电费红包。”杨斌介绍了目前江苏省电力需求侧响应实施模式。

然而，尖峰电价增收金额却无法预知。每年尖峰时段的长短、用电量都不一样，最终产生的费用是否能够匹配用户参与需求侧响应所应得的补贴？这二者也是一个动态的等式。董立军认为可以通过“设立专项资金池以及实施更加灵活的电价机制”来解决。但资金池如何设立、如何管理、其中的资金从何而来等一系列问题依然待解。

美国和欧盟国家目前的电力需求侧响应措施已较为成熟，智能计量装置和可控装置的推广普及，以及灵活的电价机制推动了需求侧响应在这些国家的广泛推广。

▽ 空调负荷已成为夏季尖峰负荷的“主力军”。



尤其是美国，是世界上实施需求侧响应项目最多、种类最齐全的国家，各家公司实施基于时间和空间差异的动态电价机制，通过这一机制，将反映生产成本的电力价格信号传递给终端消费者，让一部分消费者承载这种价格信号，使得资源配置更为有效。最常用的基于时间的价格机制有分时电价、关键峰荷电价和实时电价，这3种需求侧响应机制在美国都有较好的实践。

电力需求侧响应就是通过让用户参与电网管理而促进他们改变能源消费习惯，这项措施在我国刚刚起步，作为智能用电、能源互联网的重要组成部分，要健康发展，还有很多工作要做，更需要政府、企业、用户、市场细细磨合。

双向调节求平衡

2016年12月，北京正在遭遇入冬以来最持久的一次雾霾天气。和北京“同呼吸共命运”的还有天津、河北、山西、陕西、河南等11个省市。

坐落在北京北五环外清河镇的中国电力科学研究院，在此次雾霾中也没有了以往相对市区空气质量稍好的优势。中国电科院用电与能效研究所副所长闫华光正在办公室修改电力需求侧响应的相关报告。

在说到江苏省积极推广电力需求侧响应的做法和经验时，他侃侃而谈。“电力需求侧响应远不止治疗电网‘尖峰病’这一个功能。”闫华光是业内专家，深度参与相关

行业标准的制定。

实施需求侧响应还可以延缓新增发电投资，节约大量资产和资源。闫华光算了一笔账，以2016年江苏削减352万千瓦的电力需求响应为例，就相当于少建一座352万千瓦的发电厂，可延缓电厂和电网配套投资合计约300亿元。

他指着窗外浓浓的雾霾补充说，更为重要的是电力需求侧响应还能提高新能源的消纳，有效缓解能源和环境危机。

需求侧响应打破了电力供需平衡关系的传统思维。用电负荷实时波动，较难预测，因此长期以来总是根据负荷的高低来调节发电量的多少。然而，随着清洁发电比例的不断提高、分布式电源的不断增多，发电侧也由原来的稳定精密操控变得波动而难以控制。

风力和光伏发电的不可控和间歇性，增加了电力供需平衡的难度。电源的不确定性增加了，传统的调节电力供应满足电力需求的方式已经无法适应高比例清洁能源接入的需求。

同时，用电侧负荷的变化也在加大，负荷种类增多。但电动汽车、空调、电储热设备等可调、可控、可变的负荷也在增加，这就为调节电力负荷提供了发挥更大作用的空间。

此外，用户侧分布式发电结合储能装置的发展，进一步拓展了需求响应的领域。分布式发电用户可

以通过需求侧响应措施将自身的电能供应给当地电网，作为参与电网管理的一种手段，而不仅仅是削减负荷。

“电源和负荷要能够双向调节，才能保证大的电力系统的平衡。”说到这里，闫华光拿起笔在纸上三两下画出一个简易的电力供需系统图。“这就是我们现在说的源—网—荷友好互动，需求侧也能够参与调峰，通过调节需求侧也可以达到削峰填谷的作用。”

在闫华光的描述中，需求侧响应和智能用电、能源互联网密不可分。用他的话说，就是源端多能互补，受端柔性可调。“源端和受端相互配合，双向互动。用电高峰时，一些非必要设备在不影响用户使用的情况下可以自动关停或者削减负荷运行；在用电低谷时，一些电储能等设备可以自动工作。”如此，整个电网才能处于一种动态的平衡中。

闫华光还就如何促进电力需求侧响应发展提出了一些建议，如机制上，建立灵活售电侧电价机制，激励用户参与积极性；政策上，制定和细化参与者补贴标准，设立专项资金；技术上，建立信息化系统，提升设备智能化、自动化水平；标准上，建立统一的需求响应信息交互标准，设立设备、系统之间的互联互通。只有这样，电力需求侧响应这一利国利民、意义深远的能源供需变革的战略举措，才能在更大范围、更广领域推广实施。🌱