电厂

灵活部署的发电厂是否符合预期?

就在几年前，一种高度灵活、迅速升温、快速循环的联合循环发电厂在市场引起轰动，但它们真的像传说中那么神奇吗？虽然这仅有的几座发电厂由于经验不足仍处于摸索过程，但初步效果令人鼓舞。

文 | Thomas W. Overton, JD

图 加州洛迪能源中心是第一座使用西门子的 Flex Plant 技术的美国发电厂，在运营前两年，这座发电厂总计运行 380 天，运行率达 94%

洛迪能源中心（LEC）是一座296 MW的1×1联合循环电厂，它位于斯托克顿北部和圣华金三角洲东部的加州洛迪。从外表看，它与其他大大小小的为加州独立系统运营商（CAISO）电网供应电力的联合循环发电厂没什么不同。

实际上这座发电厂可不简单。它在2012年11月开始投入商业运营，当年就获得《电力》杂志“顶级发电厂奖”，且不说过去获得的那些荣誉。LEC是第一个采用新一代联合循环设施的发电厂，这种设施的特点是在保持高效率和低排放的同时，快速启动和升温。

LEC由加州北部功率机构（NCPA）运营，由NCPA和当地的一个公共电力机构联盟共有。西门子交付的这个总包工程工厂是一个Flex发电厂30，它基于西门子的SCC6-5000F气轮机建造，与一个Nooter Eriksen三重压力再热热回收蒸汽发电机（HRSG）匹配使用，而且这个HRSG配备了一个一次性本森高压段、高容量蒸汽温度调节和一个全负荷蒸汽旁路系统。

LEC也利用创新的管道预热策略，

一套西门子的 SPPA-T3000 控制系统和一台汽轮机压力控制器，而且通过使用辅助蒸汽保持真空使电站得到优化，这座发电厂像传统 3×1 发电厂一样配备了许多分析师和系统。

另一座西门子 Flex Plant 发电厂，即 NRG 的双机组、550 MW 的 El Segundo 能源中心于 2013 年投入运营。另外还有两座发电厂，Power Funds 公司的 Temple I 和 Sherman 发电厂（都昌 2×1 758 MW 的发电厂）于 2014 年在德州投入运营。

作为连续循环任务的中间环节，由于集成快速启动功能，LEC 的管理效率高达 57% 以上，启动时间为发电厂此前的一半。冷启动下的升温速度为 13.4 MW/min，在 10 min 左右的时间内，发电厂的输出可以达到 150 MW，快速升温率意味着它能在 23 min 内达到 CO 标准，在 40 min 内达到 NO_x 标准。

随着 CAISO 逐渐增加可再生能源发电量，这个性能也变得越来越重要。加州已经建立了全国最高的可再生能源州标准，到 2020 年为 33%。州长 Jerry Brown 在 1 月份宣布，他希望到 2030 年将这个数字进一步提高到 50%，这意味着该州的燃气发电厂能产生各种风能和太阳能发电。

但这有用吗?

至少想法是好的，不过 LEC 和这些新建的高度灵活的发电厂真的像宣传的那样吗?

这个问题值得探讨。2012 年国家可更新能源实验室和 Itertek APTECH 的一项研究认为，从基本荷载快速升温启动会使普通联合循环电厂的运行和维护费用大大提高。更糟糕的是，随着可更新能源发电对能源利用领域的渗透，这些成本在进一步增长。

按照电厂经理 Michael DeBortoli 的话，至少对于 LEC 来说，答案是肯定的。他在 1 月份的一次访谈中告诉《电力》杂志："它没有辜负我们的期望。"

迄今为止，电厂运行状况良好，我们循环运行许多次，每天启动和停机许多次，一切顺利。" DeBortoli 承认，关于新设计中的实验品的数量，他们确实有一些顾虑。"作为全国第一家采用这种新技术的公司，我想我们会遇到一些问题，不过迄今为止，工厂的运行始终符合期望。"

LEC 自从上线以来就成为主力。从 2012 年 11 月～ 2015 年 1 月底，该发电厂应完成了 380 次启动，尽管还有两次计划内停机，但这真是令人鼓舞。在此期间，它的运行率达到 94%。

工厂定期从 165 MW 的最低负荷逐渐增加到最高输出。"这基本上在 10 min 内实现，燃气轮机以最大升温速度运行。" DeBortoli 说。

而且之后 HRSG 上没有任何过度磨损。"本森技术是一个一次性 HP 部分，我们对此没有任何问题。"DeBortoli 说，"我们所有旁路阀门一直运行正常。"在本森的一次性自然循环设计中，锅炉汽包由一个薄壁外业务分拆器所取代，这个改变使温度过渡更快，化学控制更简单。

LEC 的维护经理 Rafael Santana 说："令人惊讶的是这方面基本没遇到问题，我们在 HP 汽轮机控制阀方面当然也遇到一些小问题。说它的快速启动容易出问题，不如说这是一个设计缺陷，启动次数越多，问题越严重。"

燃气轮机的表现令人满意

"我们已经进行了多次计划内停机的检查，并在今年年初对涡轮进行了检查。所有组件看起来都很新，所以我们把它们返厂维修，而不是换掉。虽然发电厂要求进行更多循环操作，但这对工厂员工来说很常见。在我看来，没有多大区别，正常维护运行间隔和以前一样。" Santana 说。

成长的小烦恼

关于任何发电厂，这里有一个学习曲线。西门子在第一年向 LEC 提供远程监控，从罗里达州奥兰多的服务中心使用网络工具来跟踪运行参数，这样西门子就能使 LEC 在不运行时以最优方式进行反馈。"一开始有一些增长，例如将余热锅炉的水位向旁路阀门进行适当微调。"LEC 工厂工程师 Jeremy Lawson 说。

由于循环范围有限，缺少支持，低音挡板越来越松，余热锅炉有时会中断运行。在运行开始后几个月，1 号预热器管支架上的一个管包出现不明显的泄漏。后来这两个问题都得到了纠正，没有再出现过。

工厂也遇到了中间压力排放管附近汽轮机的高温行程（ST）问题，这个问题通过改进 ST 启动和加载得到解决。DeBortoli 的人员还找到一些方法来进一步减少发电厂原本已经很低的 CO 排放。通过与西门子合作，发电厂员工调整进口导叶（IGV）的参数、流量和定位。"我们最后关闭 IGV，直到 50 MW 才开启。"这些调整，再加上使升温率提高了 13.4 MW/min，达到最大值，从而每次启动减少 35 lb(1 lb = 0.453 kg) 的 CO 排放。

总之，这只是其中一些方面，让运营商明白，哪些有用，哪些没用，Santana 说："但总体来说，我认为我们还没有对逻辑或运行进行实质性修改。" DeBortoli 说道："整个过程就是我们想要的。这并不是说，我们从现在开始持续改进，我们只是从小事着手而已。"

向前看

加州能源市场出现一些不确定性和变化，特别是当地旱情对水力发电造成影响，DeBortoli 说："LEC 期望随着它们的生产能力不断提高，需求也在扩大，现在市场情况波动很大，所以我们也不知道未来几个月的形势。"

2013 年 7 月，总经理 Ken Speer 把 LEC 的经验比作"驾驶一辆法拉利，而不是一辆雪佛兰"。当谈到是否实现理想的角色时，LEC 及其兄弟工厂 El Segundo 显然已经达到目标。MM