



数字化转型：助力发电企业 解锁潜在价值



麦肯锡长期服务于全球电力行业，目前已帮助 300 多家火电厂（国内近 50 家）实施了多种优化，包括配煤综合效益提升、精益运营提效降本、数字化诊断和转型等诸多项目。过往案例显示，全面、彻底的数字化转型，不但有助于传统发电企业降本增效，更能提高其企业管理水平和行业竞争力。

当前，全球电力行业格局正经历空前剧变：环保、碳排放和能源安全的压力日益增大；可再生能源的供应愈发多样、竞争逐渐激烈；储能成本稳步下降，进一步加速了新能源的普及；微网系统和相关应用的成熟让分布式发电得到越来越广泛的推广；智能大电网的建设也逐渐加快。新冠疫情暴发后，电力整体需求受企业停工影响而下滑，以欧洲为例，据麦肯锡估算，2020 年欧洲全年用电量将比疫情前预测减少 5%~10%。电力需求的下降将带动电力批发价格的下滑，这势必严重影响到传统发电企业的短期现金流。面对这些压力，曾经叱咤业界的传统电力巨头再也无法高枕无忧。但剧变之下，它们也迎来了深刻而彻底的转型机遇。

放眼国内，火电行业面临严峻的生存挑战：电力政策对能耗和排放的要求愈发严格；小机组的政策性关停并转逐渐加速；发电小时数常年处于低位；煤价、气价、电价等外部因素的变化也进一步加剧了火电厂的经营压力。从行业结构上看，中国承诺在 2030 年左右实现二氧化碳排放达到峰值，以逐步摆脱对化石能源的依赖。从技术结构上看，国家政策要求现役/新建电厂大幅降低每千瓦时的平均能耗；同时为加快清洁煤电体系的建

设，全国所有具备改造条件的燃煤电厂须尽早实现超低排放。从市场情况来看，近年来某些地区的电煤价格稳步增长；同时，为了鼓励工商业的发展和电力零售业的市场化，煤电、气电标杆上网价格在一些地区亦有下降。近期形势上，受新冠疫情的影响，全国电力需求在第一季度下降 6.5%，负荷的整体下降，叠加火电发电优先级别低的特点，使传统发电企业的利润空间进一步压缩。

虽然火电行业的发展势头整体趋缓，但近年来“新基建”和“特高压”的推进，有望在短期内对火电建设起到一定带动作用；同时，在未来相当长的一段时期内，火电企业的现有资产与新增投入仍然将为其持续创造价值。根据麦肯锡的预测，到 2035 年，全球将仍有超过 35%的装机容量为火电。从经营角度来看，虽然健康、可持续的成本结构日益受到发电企业的重视，但许多传统电厂的整体运营仍有较大提升空间，以下为三项最主要的运营管理挑战：

01 端到端降本

目前，大多数火电企业都通过商务谈判等手段在一定程度上降低了燃料采购价格，但仍然较难实现全面、系统的端到端降本。举例而言，为了达成供电煤耗目标，生产部门会要求采购优质动力煤；而采购部门为了完成降本目标，则会寻求同煤种的更低价格。如此往复，便会影响煤质的稳定性，从而干扰生产目标的达成。

02 保持最佳设备运营水平

目前，利用小时数和负载偏低已经成为电力行业的新常态，而火电企业也很难在不同场景下始终如一地保持最佳设备运营水平。举例而言，为了降本，机组交付验收时往往只做标定煤种在 80%~90%高负荷下的调试，而不做其它煤种或较低负荷下的调试。因此，火电企业缺乏机组在其它非标定高负荷工况下的参考参数以及调试经验，无法有效应对当前新常态下的工况条件。

03 运用精益理念以及先进的管理方法

在日常的运行和维护中，发电企业往往会忽视精益理念以及先进的管理方法，从而错失捕获可观收益的机会。例如有些火电厂为了节约成本，往往会选择价格相对较低的外部维修团队，从而导致维修停机时间延长。

近年来，全球电力行业开始大力投资数字化建设。2014 年至今，全球数字电力基础设施及软件领域投资额的年均增速超过 20%。许多全球领先的发电企业已通过成功的数字化转型有效提高了自身竞争力，通过部署包括大数据、机器学习、增强现实等大数据工具，在运营、安全等方面获得了显著提升。数字化建设将催生敏捷而精悍的跨功能团队，有效帮助发电企业在高度不确定的环境中灵活调整生产节奏；数字化建设还可以帮助能源企业重塑价值链，优化工作流程。同时在一些电厂资产即将退休之际，培养员工的优质技能。

麦肯锡曾帮助多家发电企业开展运营转型和重工业数字化转型，过往经验表明，在行业竞争日益加剧的背景下，数字化转型有助于发电企业实

现卓越运营，抢占市场先机。转型举措主要包括以下三种：

1，实施端到端燃料综合效益优化，并且利用高级分析和机器学习对价值链开展整体优化，包括从采购、物流、燃料库存管理、发电生产、设备管理与维护到上网议价等各个环节。

2，通过数字工具有效提升设备效率，降低设备漏损。梳理各环节的关键价值漏损点，结合设备运行工况、管网状态、工艺参数情况，全面导入并实施电厂能效提升杠杆；并利用资源配置及实施引擎系统，在电厂中加速推广改善杠杆，从而有效降低能耗、节约成本。

3，通过优化管理体系提升运营稳定性、改善电厂安全。优化、精益管理机制，捕捉运营降本增效机会，针对权责配置、指标设计、目标设定、绩效对话和结果运用等多个环节开展具体分析，以持续实现降本增效。

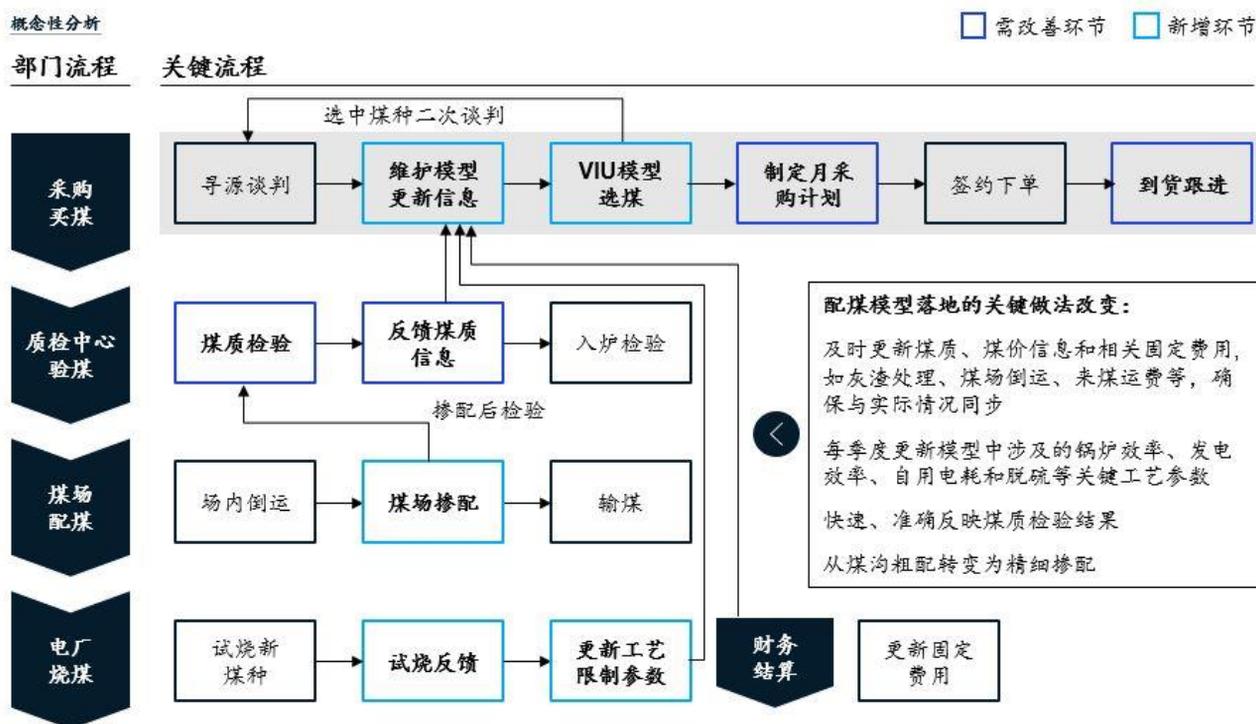
过往经验显示，综合实施以下三大举措的发电企业通常可将综合供电成本降低 4%~8%。

举措一：燃料综合优化

燃料综合优化囊括了整个价值链，包括从采购、物流、燃料库存管理、发电生产、设备管理与维护到上网议价等各个环节的优化。面对复杂的输入与输出元素，可引入神经网络算法对多元变量进行非线性优化，从而发现各元素间的重要关联，以追求综合效益的最大化。以煤电为例（见图 1），燃料的综合优化有助于促使采购、煤场、生产运行各部门高度协同合作，

有效监控和追踪价值链各个环节的指标。

图1 配煤流程：模型的落地实施需要各部门在现有流程的基础上纳入新增环节并改善部分现有做法



McKinsey & Company

资料来源：匿名客户案例

以麦肯锡服务过的一家国内领先电厂为例，其平均供电煤耗数据业内领先，但各机组的供电煤耗波动却超过 5%。通过原燃料综合效益优化，该电厂实现了精益配煤掺烧：通过大数据模型并结合机组现状，准确识别市场上适合该型锅炉的煤炭组合的定价套利空间，从而实现买煤、验煤、储煤、掺配等四大环节的优化以及整体经济效益的提升。

为保证系统有效运行，该电厂遵循端到端的改善思路，综合调整了如下五个相关环节：

选煤：对煤源进行全面梳理和参数分析；明确设定选煤的约束条件；

科学计算最佳配比。

配煤：由专门的机构及人员利用专用设备精细配煤；保证在各项指标实现均匀掺配。

用煤：设定明确清晰的掺配目标参数；预先检验，确保入炉煤符合要求；根据入炉煤的实际参数优化操作。

考核：设定明确的配煤考核指标；对燃烧效果进行持续检测和分析。

激励：将配煤掺烧效益与绩效挂钩；制定配煤掺烧的相应激励制度。

该电厂用了 3 个月时间改进项目，总共识别出改进潜力近 3 亿元人民币，快速落袋年化收益近 1 亿元人民币。

举措二：设备效率优化

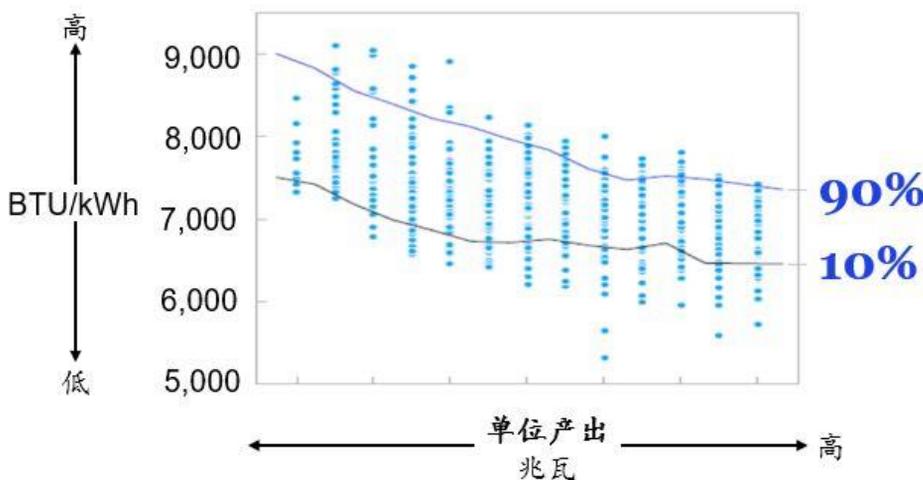
火电企业利用机器学习等高级数据分析方法，通过对设备、操作各环节的关键参数进行高级分析和寻优，找到不同负荷区间的最佳操作参数搭配；并通过对配风量、喷嘴角度等细节参数的控制，尽可能优化能耗，实现不同负荷下的降本增效。数字工具和高级分析技术的引入可帮助企业了解能耗及效率变化的原因，相应制定有针对性的行动，并持续监控改进。

以一家欧洲领先的燃气电厂为例，我们收集了该电厂一整年的生产数据，并对 1600 个变量进行了测试。结果显示，常见因素（如单位产量、环境温度、相对湿度和管道阻燃操作）的变化仅能解释 25%左右的耗热变

化，另外 75%左右的变化则是由一系列容易被忽视的因素所致，包括冷却塔设置点、入口气体温度和 MVAR（兆伏安培活性）设置点等（见图 2）。这些发现以及后续的针对性改进，每年为该企业节省了约 200 万欧元的运营成本。

图2 高级分析有助于确定改善的范围和可能的举措，以提高设备效率

燃机耗热vs产出



只有不到25%的耗热波动的原因可以被合理的解释:

- 单位产出
- 环境温度
- 相对湿度
- 管道阻燃操作

McKinsey & Company

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=1_34002

