

炼化企业电气节能措施及经济效益分析

何腾鸿（中国石化海南炼化化工有限公司，海南 洋浦 578101）

摘要：在工业领域，炼化企业发挥着重要作用。炼化企业属于能源消耗型企业，电气能源损耗占据生产能耗的 20% 以上。节能减排理念下，炼化企业应落实电气设备节能改造，有效降低能源损耗，提高能源利用率，创造更大的经济效益。基于此，文章以炼化企业为主，以电气节能改造为研究重点，首先，从企业发展、经济效益、生态效益等角度阐述了电气节能改造的意义，其次，探讨了电气节能措施在炼化企业中的运用，如稳定电压、改良照明系统、选用优质变压器、无功功率补偿等，最后，深入分析了电气节能改造的经济效益。

关键词：炼化企业；电气节能；经济效益

现如今，节约能源已成为企业不可妥协的责任，对于炼化企业这一高耗能型企业而言，节能改造势在必行。通过节能改造，既能够提高电气设备的运行效率和能源利用率，又能够减少损失，增加经济效益。所以，在介绍电气节能措施的同时着重分析了节能改造的经济效益。

1 炼化企业电气节能改造的意义

从经济效益的角度分析，炼化企业节能措施的选用，是以生产需求为根据，致力于满足生产需求，创造更高的经济价值，有助于促进企业经济利润的提高。此外，节能措施的运用也能够提高能源利用率，降低因能源损耗产生的成本，以此增加经济效益。以某公司为例，通过节能改造，每年约可节约电费 128.6 万人民币以上。从生态效益的角度分析，电气设备节能改造可推动生产模式创新，提高能源利用率，降低能源损耗，避免能源浪费，以此降低炼化生产对生态环境的不良影响。从企业发展的角度分析，电气节能改造能优化设备性能，提升设备的应用价值，增加生产效率。企业通过数据分析掌握电气设备运行状态，根据实际情况调整设备运行方案，以此保障生产效益的最大化。此外，根据实际需求选用节能措施，既可以满足企业生产需求，又能够减少能源的浪费，降低成本支出，增加经济效益。同时也有利于企业形象的树立，获得社会大众的支持。

2 炼化企业电气节能措施

2.1 稳定电压

炼化企业生产需要大量的电力输送，电缆受电阻等因素影响，易引发电力损耗。电阻损耗会造成输电量的增加和电能的不必要损耗，从而造成电费支出的增加。为实现电气设备节能运行，炼化企业应从节能、经济两个角度入手，优化供电方案，通过提高电导率

降损的方式，提高电气设备的节能性。

在选择导线时，可以选择铜质导线。此外，优化供电系统节能改造，提高供电系统应用水准，为创造更高的经济效益奠定基础。炼化企业也要保障电压的稳定性，通过数据的精准计算，明确电气设备最优化的运行方案，以此为据，调整运行参数。定期收集和分析变压器电压数据，考虑供电半径的设计方案，通过不断优化提高供电的稳定性。

2.2 改良照明系统

在炼化企业生产中，照明系统必不可少。《建筑照明设计标准》中就照明节能提出了对应要求和规范。炼化企业应根据标准中的相关规定，改进照明系统。

①关于照明方式，炼化车间多以采用一般照明为主，因在同一个场所，不同区域有着不同的照明要求，所以，为保障照明效果，需在分区的基础上差异化设计照明方案。施工时，可选用混合照明。但要求企业根据每个区域的实际需求选择反射形式以及控制照明功率密度值；②关于控制方式：在炼化生产车间，灯具控制开关数量应 ≥ 2 个，与此同时也要控制光源数量，在保障控制效果的基础上，有针对性地选择部分光源的控制模式；③关于照明光源的选择：需综合考虑色温、显色、年限、价格等多种因素，同时也要保证所选照明光源能够满足场景照明需求。炼化企业在保障照明方式合理的基础上，也要适当地增加节能型照明设备的数量，比如 LED 光源等。在不影响企业正常运营的前提下，也可以适当地选用智能照明设备，包括但不限于声控感应灯。以此有效降低照明能耗。

2.3 选用优质变压器

变压器是炼化生产中不可或缺的电力设备之一，其运行效果影响着能源节约效果。在炼化生产中，涉及大量变压器的使用，高利用率使得每一台变压器都

需要长期保持运行状态。为满足节能降耗的生产需求,既需要炼化企业及时更换老旧变压器,又需要企业根据生产需求合理配置优质变压器,使其性能、质量等能够满足生产所需的电量供给需求。为实现变压器节能,也可以选择降低高次谐波。因谐波的振动频率是大量电能损耗的形成原因,所以,可通过选择加装有缘或无缘的滤波装置降低高次谐波,谐波危害降低,能够保障设备正常运行,从而有助于减少能耗,保障电力系统正常运行。

2.4 无功功率补偿

无功功率的补偿方式有两种,一种是设备补偿,通过增加功率因数,实现节能,一种是人工补偿。一方面,企业为提升电气系统自然功率因数,需打造无任何补偿设备的条件。一般情况下,降低无功功率消耗具有一定的可行性。这种处理方式既能够避免投入成本,又能够根据需求提高功率因数。实际操作时,炼化企业可选择同时使用同步/异步电动机。此外,也要保证电机、变压器的使用具有科学性,科学调整维护检修方案。也可以通过选用高次谐波数 $<15\%$ 的电子镇流器等。另一方面,企业需根据电气节能需求加装补偿装置,以人工补偿的方式提高自然功率因数。

3 电气节能的经济效益分析

从理论的角度分析,炼化企业电气节能措施能够为企业发展带来经济效益,促进其持续发展。为此,分析了稳定电压、照明系统节能改造、选用节能电气设备、谐波处理、无功功率补偿等节能措施产生的经济效益。

3.1 基本情况

据相关数据统计,炼化企业平均每个月需保证电气设备运行120小时左右,在运行期间,会产生的大量能耗。以某个炼油厂为例,10kV母线电压损耗为336V/100kW,变压器损耗为818 kW/10kV;低压配电系统功率因素为0.97,配电变压器功率为515kW,电能损耗为2476kW/h。

为保证电气节能改造效果,需从各个方面入手,合理地选用各种节能措施。具体表现为针对不同类型的电气设备,选择对应合适的节能改造措施,以此降低设备运行能耗。根据不同的电气设备类型,采用不同的节能改造措施,降低电气设备运行过程中的损耗。

3.2 稳定电压的经济效益

根据三相电力线路有功功率损耗公式得出,在线路输送负荷既定不变的前提下,有功功率耗损与线路

线电压平方呈现反比关系。以配电变压器供电电压6kV为例,当选用10kV的供电电压时,会出现64%的降低功率损耗百分率。

假设,炼化企业年最大负荷利用小时、年最大负荷耗损小时分别为5000h、3500h,功率因素、2500kVA配电变负载率分别为0.85、85%,电缆参数包括电阻值 $0.1597\Omega/\text{km}$ 、长度3km、电缆电压值10kV,电价 $0.07\text{元}/\text{kW}\cdot\text{h}$,若使用10kV的供电电压,那么,利用公式: $\Delta P_L = 3I^2 R \times 10^{-3} = \frac{S^2 R}{U^2} \times 10^{-3}$ 求得减少损耗 ΔP_L ,即 $\Delta P_L = 38.64(\text{kW})$; $L_c = \frac{2500 \times 0.85}{\sqrt{3} \times 6} = 204.5$

(A)求得配电线路电流;最后,求得可节约电费 $\Delta C_n \approx 9.4(\text{万元})$ 。也就是说,通过稳定电压,企业能够减少约9.4万元的支出,即节能措施的经济效益约为9.4万元。

3.3 照明设备节能改造的经济效益

对照明设备的节能改造主要是从优选光源、调整控制方式等层面入手。对于企业庞大的生产车间而言,传统照明系统耗电量大,每年需要支出大笔经费用于支付电费。使用LED灯具等节能型照明设备,则可节约上万元经费。

假设:在企业生产车间内,为满足生产照明需求,安装了功率为400W的照明灯具45套,每套灯具的光通量大约为35500lm,驱动功率为15%,现对其进行节能改造,需用功率为230W的LED灯57套,现光通量为28000lm。按照每年250天进行计算,可获得减少损耗数,即 $\Delta P_c = 7.23(\text{kW})$;获得节约电费数,即 $\Delta C_n \approx 3.03(\text{万元})$ 。

在此基础上,选用自动控制模式取代以往的控制模式,针对不同时间,动态调整实际照度值等,在满足生产照明需求的基础上可进一步提升节能效果。

3.4 选用节能电气设备的经济效益

除了选用LED灯具选用传统照明灯具外,也可通过使用节能电气设备达到降低能耗、提升产品应用价值,获得节能效果。选用节能电气设备,包括合理选用节能型变压器和电动机两个方面。

第一,选用节能型变压器。因变压器是电气系统是不可或缺的组成部分,为达到良好的节能效果,不仅需要考虑变压器的节能型,还要求关注设备的品质,确保其性能、质量等符合相关要求,以此延长变压器使用年限,保障节能的持续性。

一般情况下,运行中的变压器形成的损耗主要

体现在两个方面，一个是空载损耗，一个是负载损耗。在分析选用节能型变压器的经济效益时，需要先明确有功功率损耗、无功功率损耗。在计算环节涉及两个公式，一个是针对有功功率损耗的公式： $\Delta P_T = \Delta P_0 + \beta^2 \Delta P_K$ ；一个是针对无功功率损耗的公式： $\Delta Q_T = \Delta Q_0 + \beta^2 \Delta Q_K$ 。其中， ΔP_0 、 ΔQ_0 、 ΔP_K 、 ΔQ_K 分别表示变压器空载损耗 (kW)、空载无功损耗 (kvar)、变压器的负载损耗 (kW)、负载无功损耗 (kvar)。

优质硅钢片 + 改进铁心结构是降低空载损耗的一种方案。目前，市场上常见的节能型变压器采用了高牌号电工钢带、非晶合金铁心，一定程度上降低了单位重量空载损耗。二者磁通密度不同，分别是 1.7T 时约为 0.85W/kg、1.2T 时为 0.20W/kg。

假设：节能改造前，变压器相关参数为： $\Delta P_0=3.45\text{kW}$ 、 $\Delta P_K=26.0\text{kW}$ ；节能改造后，变压器相关参数为： $\Delta P_0=1.80\text{kW}$ 、 $\Delta P_K=20.3\text{kW}$ 。则可获得变压器年电能节约量，即 $\Delta W_T=28867.9 (\text{kW} \cdot \text{h})$ ；年节约电费数，即 $\Delta C_N \approx 2.02$ (万元)。

第二，选用节能型电动机。有数据表明，全国用电量的六成是电动机提供的。所以要大力推广节能型电动机。三相异步电动机采用了新材料、新工艺，有效降低了能损，同时也保障了电动机的运行效率。在计算节能型电动机时，涉及的公式为： $\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} \times 100\%$ 。其中， P_2 、 ΔP 分别表示电动机输出轴功率 (kW)、电动机损耗 (kW)。

假设：年工作时间 250 天，选用与以往功率同为 90kW，效率为 95% 的节能型电动机，相较于以往效率维持在 92% 的电动机，可节约能耗 $\Delta W_M=15362.7 (\text{kW} \cdot \text{h})$ ，可节约费用为 $\Delta C_N \approx 1.08$ (万元)。

3.5 谐波处理的经济效益

第一，谐波处理可降低电气设备的无功损耗，通过提高功率因数降低能耗，减少电费支出。第二，谐波处理也能够延长电气设备的使用寿命，降低设备故障率、更换率，延长电气设备的耐久性和使用年限，从而有利于降低企业的采购成本以及因设备故障造成的停产损失等。第三，谐波处理也能够改善电气设备的运行环境。稳定的运行环境能够降低故障率，减少设备停机时间，以此提高设备运行效率和企业的生产效率。第四，因谐波处理能够避免设备发热、振动，所以可以避免设备的频繁维修，既能够降低维修难度，又能够减少维修费用支出。第五，通过谐波处理，可

以改善电能质量，降低振动等对供电质量的影响。第六，通过谐波处理可有效规避因谐波引起的设备损坏等问题，进而避免企业出现因设备故障而造成的生产中断问题，以此规避经济损失。第七，谐波处理可以有效规避因谐波污染引起的罚款、法律纠纷等问题。

以某企业为例，在节能改造前，因谐波污染企业面临经济损失和法律纠纷，每月被罚款 2 万元，后期安装了谐波处理装置，通过滤波处理，提高功率因数，既避免了不必要的经济支出，又获得了奖励收入，此外，谐波处理也进一步提升了系统电压的稳定性，缩短了生产周期，降低了有功电量，形成了明显的节能效果。

3.6 无功功率补偿的经济效益

在国家现行的《低压成套无功功率补偿装置》《功率因数调整电费方法》等相关文件中明确提出功率因数标准是 0.9，执行该标准进行调整，通过提高功率因数，可减少电费的缴纳，对于部分功率因数 > 0.9 的用户，还可以获得一定的奖励费用。动态无功功率补偿装置主要降低补偿点至发电机之间的供配电的损耗。从理论的角度分析，就地动态无功功率补偿的节能效果最佳。随着市场越来越关注节能、提倡节能，补偿无功功率以提高功率因数成为节能降本的首选。按照力率进行罚款可引导用户认识到节约用电的重要性。

无功功率补偿也能够降低输电线路、变压器的损耗。有效的无功功率补偿，可有效降低系统电流。假设电力系统自然功率为 0.7，通过加装补偿装置的方式将功率因数提高到无限接近于 1，此时电流会有所下降，其数值在 30% 左右，耗损可降低 51%。多数企业的自然功率因数维持在 0.7，若将数值提升到 0.95 以上，可有效降低线损率，节约有功电度。针对石油炼化行业，因线路长且复杂，所以可通过增加无功补偿设备的方式有效降低运行电流和线路损耗等，从而获得节能效果。

4 结论

综上，在节能减排理念的影响下，炼化企业有责任落实电气设备的节能改造，通过根据设备类型选择对应节能措施的方式降低能耗，减少成本支出，增加经济效益。

参考文献：

- [1] 成振杰. 企业电气节能措施及效益分析 [J]. 电气技术, 2020, 21(5): 68-71, 102.
- [2] 杨智森. 电气节能措施在石油化工企业中的应用 [J]. 化工管理, 2024, (05): 36-38.