

# 罐区储运工艺优化与节能降耗研究

陈 强<sup>1</sup> 朱靖靖<sup>2</sup>

1. 浙江石油化工有限公司 浙江 舟山 316000

2. 浙江鼎盛石化工程有限公司 浙江 舟山 316000

**摘要：**在全球能源结构转型与“双碳”目标背景下，大型石化企业的节能降耗已成为提升核心竞争力、实现可持续发展的关键路径。作为炼化一体化项目中承上启下的重要环节，常压罐区的能耗水平直接影响全厂的能效表现。本文以浙江石油化工有限公司4000万吨/年炼化一体化项目一期工程的炼油常压罐区为研究对象，严格依据其基础设计文件中的《节能专篇》，系统梳理并深入分析其在工艺流程、设备选型、能量利用、水资源管理及智能化控制等方面的系统性节能设计理念与具体措施。研究表明，该罐区通过采用内浮顶罐、氮封系统、VOCs回收、高效机泵、变频调速、优化伴热方案、紧凑式平面布置以及先进的自动控制系统等一系列源于设计文件的综合技术手段，成功将年综合能耗控制在 $12.37 \times 10^8$  MJ/a。本研究不仅验证了现代大型石化企业罐区节能技术的集成应用成效，也为同类项目的规划、设计与运营提供了可借鉴的范式和理论支撑。

**关键词：**常压罐区；储运工艺；节能降耗；能量综合利用；工艺优化

## 引言

石油化学工业是国民经济的重要支柱产业，同时也是能源消耗和碳排放的大户。随着我国“碳达峰、碳中和”战略目标的提出，以及国家对高耗能行业能效水平的日益严苛要求，石化企业面临着前所未有的节能减排压力。在此背景下，如何从源头设计入手，系统性地挖掘节能潜力，成为新建或改扩建项目的核心议题。在炼化一体化项目中，储运系统扮演着至关重要的角色。它不仅是上游装置产品（中间品或成品）的缓冲与储存中心，更是为下游装置稳定供应合格原料的枢纽。其中，常压罐区因其储存介质种类繁多、数量庞大、操作频繁，其能耗构成复杂，涵盖了电能（机泵运行）、蒸汽（维温伴热）、仪表风、氮气以及水资源等多个方面<sup>[1]</sup>。因此，对常压罐区进行精细化的节能设计，具有巨大的现实意义和经济效益。浙江石油化工有限公司4000万吨/年炼化一体化项目作为世界级的超大型炼化基地，其一期工程的基础设计充分体现了“安全、环保、高效、节能”的先进理念。本文将该项目中的《炼油常压罐区节能专篇》为核心依据，系统梳理并深入分析其在储运工艺优化与节能降耗方面的创新实践，旨在提炼出一套适用于现代大型石化基地的罐区节能方法论。

## 1 项目概况与能耗基准

### 1.1 装置概况

本研究聚焦的炼油常压罐区位于浙江省舟山市岱山县，是浙石化4000万吨/年炼化一体化项目一期工程的重要组成部分。该罐区为新建项目，年操作时数为8400小

时。其主要功能是接收、储存来自上游炼油装置（如常减压、催化裂化、延迟焦化、芳烃联合等）生产的各类中间产品，并向下游生产装置（如加氢裂化、重整、歧化等）稳定输送合格原料。罐区规模宏大，共设置9个独立的罐组和9个配套泵区，总计74座储罐，总容积高达82.7万立方米。储存的介质种类极其丰富，涵盖了轻质油品（如石脑油、汽油、柴油、甲苯、对二甲苯等）、重质油品（如渣油、蜡油、催化油浆）以及污油（轻污油、重污油）和甲醇等化工原料。

### 1.2 能耗指标分析

准确的能耗基准是衡量节能效果的前提。根据专篇提供的数据，该罐区的主要公用工程消耗及能耗指标如下：（1）公用工程消耗：平均小时耗电量（380V+10kV）约为2883 kW·h；平均小时低压蒸汽消耗量为34 t/h（最大45 t/h），主要用于重质油品的维温储存、检修和蒸汽吹扫消耗；平均小时热水消耗量为66 t/h（最大80 t/h），用于苯、对二甲苯等易结晶物料的维温伴热；此外，氮气、仪表风等也存在持续消耗。（2）综合能耗：经核算，该罐区年综合能耗合计为 $12.37 \times 10^8$  MJ/a。这一数据为后续评估各项节能措施的贡献度提供了量化基准。如此庞大的能耗体量，凸显了实施系统性节能优化的必要性和紧迫性。

## 2 储运工艺优化策略

工艺流程的合理性是节能降耗的根本。本项目在工艺设计层面，采取了多项针对性强、效果显著的优化策略。

### 2.1 储存方式与罐型选择的优化

针对不同物料的物理化学特性,本项目采用了差异化的储存方案。对于汽油、石脑油、柴油、芳烃等轻质油品,普遍采用内浮顶罐,以有效减少蒸发损耗。而对于渣油、蜡油、催化油浆、重污油等重质油品,则选用固定顶罐,并配套相应的加热设施以维持其流动性。特别地,对于苯、对二甲苯等易结晶物料,设计文件明确要求按25℃进行维温储存,并采用热水盘管加热;而渣油、蜡油等则采用蒸汽加热器进行维温,充分利用了全厂的低压蒸汽资源<sup>[2]</sup>。值得注意的是,所有需要维温的储罐均设置了温度远传至DCS系统,实现了对储存温度的集中监控与管理,确保维温过程精准高效,避免过热造成的能源浪费。此外,对于甲醇等特殊化工原料,也根据其特性选用了合适的内浮顶罐进行储存,体现了设计的全面性和针对性。

## 2.2 氮封与VOCs综合治理

为保障油品质量并抑制爆炸风险,本项目对几乎所有储罐均设置了氮封系统。更为关键的是,各罐组产生的呼吸气(含VOCs)通过密闭管道统一收集后,被送至VOCs处理设施进行集中处理,达标后方可排放。这一设计彻底杜绝了无组织排放,是实现环保与节能双重目标的核心措施。通过这种密闭收集与集中处理的方式增加同类物料VOCs联通,不仅大幅削减了VOCs排放总量,也有效回收了宝贵的烃类资源,减少了因蒸发造成的物料损失,直接转化为经济效益。该VOCs治理系统是全厂环保设施的重要组成部分,其设计处理能力与罐区的呼吸气产生量精确匹配,确保了系统的高效稳定运行。

## 2.3 流程简化与倒罐操作优化

在流程设计上,本项目遵循了简洁高效的原则。需要倒罐操作时,直接利用同种物料的输送泵完成,避免了额外设置专用倒罐泵。同时,各罐组均设有地下污油罐系统和抽罐底油泵,用于密闭回收泵区排污和罐底杂质。回收的罐底油优先返回同类产品罐,杂质则送至相应的污油罐,最大限度地减少了物料损失<sup>[3]</sup>。此外,除有毒性的芳烃产品罐外,其他油罐均设有油罐自动切水器。该装置能够智能判断油水界面,在有水时才开启排水,有效防止了因人工切水不及时或误操作导致的油品随污水流失,进一步提升了物料收率,降低了污水处理负荷。这种从物料接收、储存、转移到残液回收的全流程闭环设计,显著提升了罐区的整体运行效率和资源利用率。

## 3 节能降耗关键技术措施

在确立了优化的工艺框架后,本项目通过一系列具体的技术措施,将节能理念落到实处。

### 3.1 高效机电设备的应用

本项目在设备选型上严格贯彻节能原则,所有用电设备均选用符合国家能效标准的高效、节能型电机。产品输送泵和大流量装船泵,选用高效节能泵,配有1大2小,VOC撬装设备,采用变频系统,以实现按需供能,避免能量浪费。通过变频调速,机泵的输出功率能够与实际工艺需求实时匹配,显著降低了因阀门节流或工况偏离额定点而产生的无效能耗,尤其在部分负荷运行时,节能效果更为突出。这种“以电定用”的精细化电力管理模式,是降低罐区最大能耗单元——机泵系统——运行成本的关键。

### 3.2 能量系统的精细化管理

能量利用的精细化管理体现在多个方面。首先,根据物料特性和全厂热力系统规划,科学选择了伴热介质:苯、对二甲苯等物料采用95℃的热水伴热,而非更高品位的蒸汽,实现了低品位热能的高效利用。其次,设计文件明确规定罐区用汽等级为4级,仅在开车、停车或故障等非正常工况时使用,主要用于消防和吹扫,严格限制了高品质蒸汽在正常生产中的滥用。最后,对所有需要维温的设备和管道,均采用优质保温材料进行绝热,以减少散热损失。这种分级、分质的能量利用策略,确保了高品位能源用在刀刃上,低品位能源得到充分利用,形成了梯级利用的良性循环。例如,热水伴热系统利用了全厂低温余热,而蒸汽加热则作为特定重油维温的必要手段,两者分工明确,互为补充。

### 3.3 平面布置与电气设计的协同节能

装置的物理布局对能耗有直接影响。本项目设备及管道布置紧凑合理,有效缩短了物料输送距离,从而减少了沿程压力损失,降低了机泵的扬程需求和相应能耗。同时,新建的罐区变电所尽可能靠近装置负荷中心,显著减少了供电线路的长度,从而有效降低了线路传输损耗(线损)。这种从宏观布局到微观细节的全方位考量,使得整个罐区的固有能耗降至最低,体现了“被动式节能”与“主动式节能”相结合的设计思想。

### 3.4 水资源的节约与循环利用

在水资源管理方面,本项目在生产给水进装置处加装了计量表,并设置了切断阀,以严格控制一次用水量,杜绝了“长流水”现象。除有毒性的芳烃产品罐外,其他油罐均设有油罐自动切水器。该装置能精准分离油水,只在有水时才开启排水,极大减少了含油污水的排放量和其中溶解的轻烃损失。所有污水均执行清污分流原则,分别进入含油污水系统和清净下水系统,送至全厂污水处理系统进行分类处理。通过对新鲜水用量的精确计量和控制,以及对含油污水的源头减量,本项目有效降低了

全厂的水耗和水处理成本，践行了循环经济的理念。

### 3.5 先进的自动控制系统

本项目通过采用先进的分布式控制系统（DCS）和安全仪表系统（SIS），实现了对罐区液位、温度、压力、氮封压力、机泵状态等关键参数的实时监控和自动调节。这套系统能够确保各子系统始终在最优工况下运行，例如可根据液位自动启停机泵，根据环境温度自动调节伴热系统负荷，避免了人为操作的滞后性和不精确性，从而提升了整体用能水平。自动化控制不仅是安全生产的保障，更是实现精细化、智能化节能管理的核心工具，它将人的经验固化为程序逻辑，确保了节能措施能够全天候、无偏差地执行<sup>[4]</sup>。通过DCS系统，操作人员可以在中央控制室对全罐区的运行状态一目了然，实现了高效、集约化的管理。

### 4 节能效果综合评估与预期

通过上述多层次、全方位的节能措施集成应用，本项目炼油常压罐区的节能效果是系统性和可量化的。从直接能耗角度看，高效电机、变频技术、优化的伴热方案和良好的保温措施，直接降低了电能和热能的消耗。从间接效益角度看，内浮顶罐和VOCs回收系统大幅减少了物料蒸发损失，相当于节约了上游装置的加工能耗；自动切水器和清污分流减少了污水处理量和难度，节约了水处理环节的能耗和药剂成本；紧凑布置和优化的电气设计则降低了系统运行的固有损耗。最终，所有这些措施共同作用，将这个拥有74座储罐、年操作8400小时的超大型罐区的年综合能耗成功控制在 $12.37 \times 10^8$  MJ/a。这一成果充分证明了在项目基础设计阶段就将节能理念融入每一个细节的重要性。它不仅是一个能耗数字，更是对“预防为主、系统集成、精细管理”这一现代节能思想的

成功实践。

### 5 结语

本研究通过对浙石化4000万吨/年炼化一体化项目一期工程炼油常压罐区的深入剖析，得出以下结论：首先，节能降耗不能依赖单一技术，而必须从工艺、设备、能量、水、自控等多个维度进行系统性规划和集成优化，系统性思维是核心。其次，采用内浮顶罐、氮封等源头控制措施，比单纯依赖VOCs末端处理更能从根本上减少能耗和排放，源头削减优于末端治理。再次，无论是伴热介质的精准选择、蒸汽等级的严格划分，还是自动切水器的应用，都体现了精细化管理在节能中的巨大价值。最后，先进的自动控制系统不仅是安全生产的保障，更是实现动态优化、持续节能的重要工具，智能化是未来方向。展望未来，随着物联网、大数据和人工智能技术的发展，罐区的节能降耗将迎来新的机遇。例如，通过建立数字孪生模型，可以对罐区运行进行仿真和预测性优化；利用AI算法，可以更智能地调度机泵运行和伴热负荷，实现能耗的进一步深挖。然而，无论技术如何演进，本项目所体现的“在设计源头植入节能基因”的理念，将始终是建设绿色、低碳、高效现代化石化基地的基石。

### 参考文献

- [1]刘义霖.石油化工罐区投用实践与研究[J].山东化工,2024,53(22):218-220.
- [2]钱峰.石油化工储运罐区计量管理应用[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(07):52-54.
- [3]王道远.石油化工储罐区管道工艺与配管工艺[J].辽宁化工,2020,49(07):865-866+878.
- [4]韩雷.浅谈石油化工储罐区管道工艺与配管工艺[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(02):190-192.