

## 压缩空气站节能改造项目的实施与成效分析

宋佳 廉花 龙小梅 郝哲夫 牟津慧

中国五洲工程设计集团有限公司, 北京 100053

**[摘要]** 压缩空气站节能改造项目的实施与成效分析是一个涉及工业能源管理和环境保护的重要课题, 该项目针对现有压缩空气站进行改造, 旨在提高能源利用效率、减少能源消耗, 并降低对环境的负面影响。本篇文章首先对压缩空气站进行能源审计, 评估当前的能源消耗情况和潜在的能源浪费问题。通过对设备运行状况、系统配置和管道网络的分析, 确定了改造的关键点和优化策略。并分析了压缩空气系统的主要设备, 采取了一系列的技术措施来改善压缩空气站的能源效率, 包括安装变频驱动器以调整压缩机的速度和运行时间, 优化管道布局以减小能量损失, 改进冷却系统以提高散热效果等, 最终分析压缩空气站节能改造项目实施的成效。所以, 本篇文章通过技术措施的应用和系统优化, 能源消耗得到了降低, 生产效率和环境保护都得到了提升, 为其他类似工业能源改造项目提供了有益的借鉴和经验。

**[关键词]** 压缩空气站; 节能改造项目; 实施成效

DOI: 10.33142/sca.v6i7.9588

中图分类号: TH45

文献标识码: A

## Implementation and Effectiveness Analysis of Energy-saving Renovation Projects for Compressed Air Stations

SONG Jia, LIAN Hua, LONG Xiaomei, HAO Zhefu, MOU Jinhui

China Wuzhou Engineering Group Corporation Ltd., Ltd., Beijing, 100053, China

**Abstract:** The implementation and effectiveness analysis of the energy-saving renovation project for compressed air stations is an important topic related to industrial energy management and environmental protection. This project aims to improve energy utilization efficiency, reduce energy consumption, and reduce negative impacts on the environment by renovating existing compressed air stations. This article first conducts an energy audit of compressed air stations to assess the current energy consumption and potential energy waste issues. By analyzing the equipment operation status, system configuration, and pipeline network, the key points and optimization strategies for the transformation were determined, and analyzed the main equipment of the compressed air system, adopted a series of technical measures to improve the energy efficiency of the compressed air station, including installing variable frequency drives to adjust the speed and operating time of the compressor, optimizing pipeline layout to reduce energy loss, improving the cooling system to improve heat dissipation, and finally analyzed the effectiveness of the energy-saving renovation project implementation of the compressed air station. Therefore, through the application of technical measures and system optimization, this article has reduced energy consumption, improved production efficiency and environmental protection, and provided useful reference and experience for other similar industrial energy transformation projects.

**Keywords:** compressed air station; energy-saving renovation projects; implementation effectiveness

### 引言

压缩空气是许多工业领域的重要能源之一, 然而, 传统压缩空气站在能源利用方面存在着很大的潜力。为了提高工业能源效率、减少能源消耗, 并对环境产生更小的影响, 压缩空气站的节能改造成为一个迫切的课题。本文旨在探讨压缩空气站节能改造项目的实施与成效分析。首先, 我们将对现有压缩空气站进行能源审计, 评估其能源消耗情况和潜在的能源浪费问题。基于能源审计的结果, 我们将确定改造的关键点和优化策略。本文的研究将为压缩空气站节能改造项目提供有益的参考和指导。通过实施优化措施, 我们期望能够减少能源消耗、提高能源利用效率, 并在环境保护方面发挥积极作用。最终, 这将为工业领域的能源管理和可持续发展做出重要贡献。

### 1 压缩空气站能源消耗和潜在的能源浪费问题分析

#### 1.1 压缩机效率低下

传统的定速压缩机在无负载或部分负载情况下仍然以满负荷运转, 这导致了能源的浪费, 因为压缩机的能耗与其运行时间和负载有关, 当运行负载较低时, 能耗相对较高。在某些应用场景下, 压缩空气需求存在波动性, 导致压缩机频繁启停, 频繁启停不仅影响设备寿命, 还会增加能源消耗。每次启动时, 压缩机需要消耗较多的能量来达到工作状态, 而停机后又会有能量损失。一些压缩空气站使用的压缩机设备可能已经老化, 技术水平较低, 效率较低, 这些旧设备通常采用较低效的工作原理和技术, 导致能源的浪费。并且传统压缩空气站中, 压缩机往往没有自适应控制功

能，它们通常以固定的速度和运行时间工作，无法根据实际需求进行调整，这导致了能源在非高效负载下的浪费<sup>[1]</sup>。

### 1.2 管道漏气和压降损失

管道漏气和压降损失是压缩空气站能源消耗和潜在的能源浪费问题之一。管道系统中常常存在气体泄漏现象，导致能源的浪费，漏气可能是由于管道连接松动、密封件老化或损坏等原因引起的，漏气会导致压缩机不断运行以补充丢失的气体，增加了能源的消耗。管道系统中存在过长、内径过小、弯头过多等问题，会导致压降损失，当气体通过狭窄通道或弯头时，会产生摩擦和阻力，从而降低气体的压力，为了保持所需的工作压力，压缩机需要提供更高的输出压力，增加了能源的消耗。管道的布局和设计也会影响能源利用效率，不合理的布局可能导致气体流动不畅，增加了阻力和能量损失。例如，过长的管道长度、复杂的支管结构等都会对能源利用产生负面影响<sup>[2]</sup>。

### 1.3 过度冷却和热回收未利用

传统压缩空气站中，冷却系统通常设置过保守，导致过度冷却现象，过度冷却会使压缩空气的温度降低到远低于实际需要的水平，浪费了大量的能量，冷却系统中的制冷剂或冷却介质也可能存在能源浪费的问题。压缩空气站产生的废热可以被回收利用，转化为其他有用的能源形式，如加热水或蒸汽。然而，许多传统压缩空气站并没有充分利用这种热能回收的机会，导致热能的浪费。一些压缩空气站的冷却系统效率较低，无法有效地散热，可能由于冷却器尺寸不合适、清洁不当或通风不良等原因，导致冷却系统的性能下降，进而增加了能源消耗。并且一些压缩空气站缺乏专门的能量回收设备，无法有效地捕捉和利用废热，这使得大量的热能排在排放出去之前被浪费掉，增加了能源消耗。

### 1.4 停机和空载时长过长

压缩空气站在某些情况下可能会出现停机，如生产间歇期或设备维护保养，然而，如果停机时间过长，将导致能源的浪费，停机期间，压缩机、冷却系统等设备仍然保持运行，但没有实际的生产需求。空载指压缩空气站在没有实际工作负荷的情况下运行，例如在工作间隙或工作低谷期间，如果空载运行时间过长，能源将被无效地消耗。某些压缩空气站可能缺乏合理的开启和关闭策略，这意味着它们在实际需要之前就开始运行，或者在实际需要之后才停止运行，这将增加能源的浪费和消耗<sup>[3]</sup>。

## 2 压缩空气系统的主要设备分析

### 2.1 空压机

空压机是压缩空气系统中不可或缺的设备之一，其性能和效率直接影响整个系统的工作效果和能源消耗。空压机设备内主要包括以下几个部分，如压缩机头是空压机的关键组成部分，负责将大气中的空气吸入并通过机械方式将其压缩，常见的压缩机头类型包括螺杆式、活塞式和离心式等，根据不同的应用需求选择适当的类型。电动机是驱动空压机运转的动力源。电动机的功率大小与压缩机的

容量和性能密切相关，常见的电动机类型有交流电动机和直流电动机，功率范围从几千瓦到几十千瓦不等。控制系统用于监测和调节空压机的运行状态，以确保稳定的压缩过程和安全运行，控制系统可以自动启停空压机，调整工作负荷，实现能效优化和节能控制。由于压缩过程会产生大量热量，冷却系统用于散热，防止压缩机过热，常见的冷却系统包括空气冷却和水冷却，通过散热器或冷却器来降低温度。滤清系统用于去除空气中的杂质和油分，确保压缩气体的质量和纯净度，滤清系统包括前置过滤器、后置过滤器和油分离器组件，可以根据需求选择不同级别的过滤器<sup>[4]</sup>。

### 2.2 干燥器

干燥器是压缩空气系统中的重要设备，用于去除压缩空气中的水分和湿气，确保供应给终端设备的空气质量符合要求。吸附式干燥器是常见的干燥器类型之一，采用吸附剂（通常为活性炭或分子筛）来吸附空气中的湿气，通过循环操作，吸附剂在饱和后再进行脱湿，确保持续的干燥效果，吸附式干燥器适用于较低压力露点要求的应用场景。制冷式干燥器利用制冷循环原理将空气冷却至露点以下的温度，使水分凝结成液态并排出系统，这种类型的干燥器适用于较高压力和较低露点要求的应用，如精密仪器、医疗设备等。膜式干燥器使用特殊的薄膜材料，通过渗透和扩散作用将水分分离出来，它不需要额外的能源消耗，具有较低的维护成本和较小的占地面积，膜式干燥器适用于对空气质量要求较高且压力较低的应用。热再生式干燥器采用两个干燥器轮流运行的方式，一个干燥器吸附脱湿，另一个通过加热再生，将吸附剂中的湿气释放出去，这种干燥器通常用于大型工业应用，能够实现连续供气和高效的除湿效果。

## 3 压缩空气站节能改造项目的实施

### 3.1 能源审计和评估

对现有压缩空气站进行能源审计，评估能源消耗情况和潜在的能源浪费问题，且能源审计和评估是压缩空气站节能改造项目的重要起点，它有助于全面了解现有能源消耗情况和潜在节能潜力。收集与压缩空气站能源消耗相关的数据，包括电力消耗、燃料消耗、运行时间、负载情况等，可以通过查阅记录、仪表测量、监控系统数据等方式获取。对压缩空气站的能源流程进行详细分析，确定能源输入和输出的各个环节，了解能源消耗的主要来源和利用方式，找出存在的问题和潜在的能源浪费点。对压缩空气站设备的能源利用效率进行评估，比较实际能源消耗与理论能耗之间的差距，分析设备的运行效率和性能表现。还能够对不同工作负荷、时间段和设备运行状态下的能源消耗进行分析，识别出能源消耗的高峰期、低效运行时段和异常消耗情况，并确定其原因。基于能源审计和评估结果，提出具体的改进建议和措施，包括安装变频驱动器、管道修复和优化、冷却系统改进、热回收利用、设备更新等<sup>[5]</sup>。

### 3.2 设定目标和制定计划

设定目标和制定计划是压缩空气站节能改造项目的

重要步骤,它们有助于明确改造项目的方向和具体实施措施。根据能源审计和评估的结果,结合企业实际需求和可行性考虑,确定节能改造的目标,目标可以是减少能源消耗的百分比、降低特定能源指标、提高设备效率等。根据节能目标和项目的复杂程度,制定详细的时间表和阶段性计划。将改造项目分解为可管理的阶段,确定每个阶段的时间节点和关键任务。评估所需的人力、物力和资金资源,确定所需的技术专家、工程师和其他人员,并对所需的设备、材料和外部服务进行评估和计划。并且根据能源审计的结果和改造目标,选择适当的技术措施和方案。这可能涉及到安装变频驱动器、改进管道布局、更新冷却系统、引入热回收设备等。

### 3.3 技术措施的实施

根据能源审计的结果和目标要求,采取一系列技术措施来提高压缩空气站的能源效率。设定目标和制定计划是压缩空气站节能改造项目的重要步骤,它们有助于明确改造项目的方向和具体实施措施。首先,将变频驱动器(VFD)安装在压缩机上,以调整压缩机的运行速度和输出能力,VFD根据实际需求自动调整压缩机的负载和功耗,避免空载运行和过度能耗。进行管道系统的检查,修复漏气点并优化管道布局,使用密封件、管道固定夹等措施确保管道连接紧密,并减少压降损失和能源浪费。其次,优化冷却系统,以减少过度冷却和能量损失,可以选择更高效的散热器、冷却风扇和冷却介质,并确保冷却系统清洁和良好的通风。还要安装热交换器、热泵或其他热回收设备,将压缩空气站产生的废热转化为有用的能源形式,如加热水或蒸汽。也可以安装高效过滤器和分离器,确保压缩空气中的固体颗粒、液态水和油污被有效去除,以提供干燥和纯净的压缩空气。最后是对压缩空气站的控制系统进行升级和优化,引入智能控制和自适应调节技术,有助于实时监测和调整压缩机的运行状态,最大限度地提高能源利用效率。应该根据需要,考虑更新老旧设备或升级为更高效的设备,选择符合能效标准和需求的新型压缩机、电动机和其他关键设备<sup>[6]</sup>。

### 3.4 监测和分析

监测和分析是压缩空气站节能改造项目实施过程中的重要环节,它有助于评估改造效果、发现问题,并为后续优化提供参考。确定适当的监测指标,例如能源消耗、压缩机运行时间、压力波动等,这些指标应与节能目标和改造措施相一致,并能够反映能源效率的变化。根据选定的监测指标,安装相应的监测设备,如电能表、压力传感器、温度传感器等,确保监测设备的准确性和可靠性,以获取真实可靠的数据。对采集到的数据进行分析 and 对比,比较改造前后的能源消耗、工作负荷、压力稳定性等指标,通过分析结果,评估改造项目的效果和节能潜力。基于数据分析和结果比较,评估改造项目的性能和节能效果,编制详细的报告,汇总改造项目的成果和效益,并向相关部

门和管理层进行沟通和汇报。

### 4 压缩空气站节能改造项目实施成效分析

压缩空气站节能改造项目的实施成效主要体现在以下几个方面,第一,能源消耗减少。改造项目通常会引入更高效的设备和技术,从而降低压缩空气站的能源消耗,通过比较改造前后的能源使用情况,可以评估改造项目在节能方面的成效。第二,运行成本降低。改造项目可以提高压缩空气站的运行效率,减少维护和维修成本。此外,节能改造还可能带来降低噪音和振动、延长设备寿命等优点,进一步降低运营成本。第三,碳排放减少。由于能源消耗减少,改造项目可能导致压缩空气站的碳排放量减少,通过测量碳排放减少的程度,可以评估改造项目对环境的影响。第四,政策和法规遵从。如果改造项目符合特定的政策和法规要求,如能源管理标准或环保要求,其实施成效可得到相应的认可和奖励。第五,投资回报率。对于节能改造项目,还应考虑投资回报率。通过比较改造项目的成本和节能效益,可以评估项目的经济可行性和回报周期。综合考虑以上因素,可以对压缩空气站节能改造项目的实施成效进行全面分析和评估。

### 5 结语

本文对压缩空气站节能改造项目的实施与成效进行了深入分析和研究。通过能源审计、技术措施的应用以及数据监测与分析,我们验证了节能改造项目的有效性和成果。从实施的角度来看,我们采取了一系列的技术措施来提升压缩空气站的能源利用效率,包括变频驱动器的安装、管道布局的优化和冷却系统的改进等。这些措施的实施为节能改造项目的成功提供了坚实的基础。压缩空气站节能改造项目的实施与成效分析为工业能源管理和环境保护提供了有益的参考。通过节能改造,我们可以实现能源消耗的降低、生产效率的提高,并对环境产生更小的负面影响。这将进一步推动可持续发展的目标,并为未来的节能改造项目提供宝贵的经验和启示。

#### [参考文献]

- [1]李婷. 浅谈压缩空气站设备及管道系统设计[J]. 工程建设, 2020, 52(8): 43-47.
  - [2]刘睿超. 优质本体着色玻璃与压缩空气站管网互通控制技术[D]. 江苏:长兴旗滨玻璃有限公司, 2020.
  - [3]钮惠祥. 压缩空气站节能改造项目的实施与成效分析[J]. 工程技术研究, 2020, 5(3): 29-30.
  - [4]吴国蓁. 基于 PLC 的压缩空气站多用途远程控制系统设计[J]. 科技与创新, 2017(24): 105-106.
  - [5]臧垒, 王建广, 康虎等. 某型压缩空气站自动监控报警器系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(3): 76-79.
- 作者简介: 宋佳(1980.3—), 女, 毕业院校: 哈尔滨工业大学, 所学专业: 热能工程, 当前就职单位: 中国五洲工程设计集团有限公司, 职称级别: 高级工程师。