

工艺压缩机在煤化工 PSA 制氢能耗优化中的影响探索

刘景辉

河南龙宇煤化工有限公司 河南 永城 476600

DOI:10.12238/etd.v4i3.6865

【摘要】：随着煤化工行业的快速发展，PSA 制氢技术作为其中的关键环节，其能耗问题日益受到关注。工艺压缩机作为 PSA 制氢过程中的重要设备，对整个制氢过程的能耗具有显著影响。如何通过优化工艺压缩机的运行，降低煤化工 PSA 制氢的能耗，成为当前研究的热点问题。本文以某项目为例，分析了工艺压缩机的工作原理及在 PSA 制氢中的应用，并探讨工艺压缩机在煤化工 PSA 制氢能耗优化中的影响，以期为企业和研究机构提供有益的参考。

【关键词】：工艺压缩机；煤化工；PSA 制氢能耗

中图分类号：TQ54

Exploration of the Influence of Process Compressor in the Optimization of Energy Consumption of PSA Hydrogen Production in Coal Chemical Industry

Jinghui Liu

Henan Longyu Coal Chemical Co., Ltd., Henan Yongcheng 476600

Abstract: With the rapid development of the coal chemical industry, the energy consumption of PSA hydrogen production technology, as a key link, has attracted increasing attention. As an important equipment in the PSA hydrogen production process, the process compressor has a significant impact on the energy consumption of the entire hydrogen production process. How to reduce the energy consumption of PSA hydrogen production by optimizing the operation of process compressors has become a hot issue in current research. Taking a project as an example, this paper analyzes the working principle and application of process compressor in PSA hydrogen production, and discusses the influence of process compressor in the optimization of energy consumption of PSA hydrogen production in coal chemical industry, in order to provide a useful reference for related enterprises and research institutions.

Keywords: process compressor; coal chemical industry; PSA hydrogen production; energy consumption

工艺压缩机在煤化工 PSA 制氢过程中扮演着重要的角色。随着能源需求的不断增长，煤化工工艺被广泛应用于氢气生产领域。然而，该过程中存在能耗高和操作成本昂贵的问题。因此，对工艺压缩机及其在 PSA 制氢中的影响进行探索和优化，具有重要的理论和实际意义。

1 工程概述

在某大型煤化工项目中，工艺压缩机作为 PSA 制氢工艺流程中的核心设备，对整个生产过程的能耗具有显著影响。本项目旨在探索工艺压缩机在煤化工 PSA 制氢能耗优化中的具体影响，通过优化工艺压缩机的运行参数和性能，降低 PSA 制氢的能耗，提高企业的经济效益。

2 工艺压缩机的工作原理及在 PSA 制氢中的应用

2.1 工艺压缩机的技术原理

工艺压缩机是一种重要的工业设备，广泛应用于各种化工生产过程中，其主要作用是将气体压缩至所需的压力，以满足生产工艺的需求。工艺压缩机的工作原理主要基于物理学中的气体动力学和热力学原理。当气体进入压缩机时，它

会首先被吸入压缩机的进气室。然后，气体被引导通过压缩机的转子，转子上的叶片会推动气体向前移动，同时气体也会因为转子的旋转而加速。在这个过程中，气体的动能会增加，而其压力也会相应地增加。这就是气体动力学中的一个基本原理，即气体的压力和速度是相互关联的。当气体通过压缩机的转子后，它会进入压缩机的排气室。在排气室中，气体会被进一步压缩，直到达到所需的操作压力。在这个过程中，气体的温度也会上升，这是因为气体在压缩过程中会释放热量，这是热力学中的一个基本原理，即气体在压缩过程中会对外做功，同时也会释放出相应的热量。最后，压缩后的气体会被排出压缩机，进入后续的工艺流程。在整个过程中，工艺压缩机需要精确地控制气体的压力和流量，以确保工艺过程的稳定和高效。

2.2 工艺压缩机在 PSA 制氢流程中的作用

在 PSA (Pressure Swing Adsorption, 变压吸附) 制氢过程中，工艺压缩机的作用至关重要。PSA 制氢是一种高效的氢气生产技术，它利用特殊的吸附剂在压力变化下对混合气

体中的氢气进行选择性吸附和分离,在这个过程中,工艺压缩机的主要任务是将原料气压缩至一定的压力,以满足 PSA 系统的操作需求。

具体来说,工艺压缩机的工作原理是将原料气吸入,然后通过压缩机的转子,使气体压力升高,从而达到 PSA 系统所需的操作压力。这个过程需要精确的控制,以确保气体压力和流量的稳定,从而保证 PSA 系统的效率和氢气的纯度^[1]。在 PSA 制氢过程中,工艺压缩机的性能直接影响到氢气的产量和质量。如果压缩机的压缩比、转速等参数设置不当,可能会导致气体压力不稳定,进而影响氢气的分离和提纯效果。因此,选择合适的工艺压缩机,并对压缩机的运行参数进行优化,是 PSA 制氢过程中的一项重要任务。此外,工艺压缩机还需要具备高度的可靠性和稳定性,以应对 PSA 制氢过程中可能出现的各种突发情况。例如,如果压缩机突然停机,可能会导致气体压力骤降,从而影响氢气的生产。因此,工艺压缩机的维护和保养也是 PSA 制氢过程中的一项重要任务。

2.3 工艺压缩机的能耗分析

工艺压缩机的能耗分析是评估其性能和效率的重要环节,压缩机的能耗主要由两部分组成:一是驱动压缩机运行的电机消耗的电能,二是压缩机本身在压缩过程中产生的热量,这两部分能耗的大小直接影响到压缩机的运行成本和环保性能。电机的能耗主要取决于压缩机的负载率和电机的效率。负载率是指压缩机在实际运行中达到的设计负荷的比例,如果负载率过低,电机的能耗就会增加。电机的效率则取决于电机的类型和运行状态,一般来说,变频电机由于其能够在不同的负载下调整运行速度,因此具有更高的效率^[2]。压缩过程中产生的热量是由于气体在压缩过程中内能的增加,这部分热量如果不能及时散发出去,会导致压缩机的温度升高,影响其正常运行。因此,压缩机的散热系统设计是否合理,也是影响其能耗的重要因素。

3 工艺压缩机对 PSA 制氢能耗的影响分析

3.1 工艺压缩机运行参数与能耗的关系

工艺压缩机的运行参数对其能耗有着直接的影响,压缩比、转速、负载率等,它们都会影响到压缩机的能耗。压缩比是指压缩前后气体的压力比,压缩比越大,压缩机的能耗也就越大。这是因为气体在压缩过程中需要克服更大的阻力,同时也会产生更多的热量。因此,在设计压缩机时,需要根据实际的工艺需求,选择合适的压缩比,以达到既满足工艺要求,又降低能耗的目的。转速是影响压缩机能耗的另一重要参数^[3]。一般来说,转速越高,压缩机的能耗也就越大。

这是因为转速的提高会导致电机负荷的增加,从而增加电机的能耗。因此,通过调节压缩机的转速,可以在一定程度上控制其能耗。负载率是指压缩机在实际运行中达到的设计负荷的比例,如果负载率过低,电机的能耗就会增加。这是因为电机的效率与其负载率有关,负载率越低,电机的效率也就越低。因此,通过提高压缩机的负载率,可以降低其能耗。

3.2 工艺压缩机效率与能耗的关系

工艺压缩机的效率与能耗之间存在密切的关系。通常情况下,压缩机的效率越高,所需的能耗就越低。这是因为高效率的压缩机可以在较低的能耗下完成同样的压缩任务,而低效率的压缩机则需要更多的能量来达到相同的压缩效果。因此,提高工艺压缩机的效率是降低能耗的重要途径之一。这可以通过改进压缩机的设计、提高制造精度、优化运行参数等方式来实现。通过提高压缩机的效率,不仅可以降低能耗,还可以减少对环境的影响,为实现绿色、低碳的氢能生产提供有力支持。同时,关注工艺压缩机效率的变化,及时发现和解决潜在的问题,也是降低能耗的重要措施之一。在 PSA 制氢过程中,选择高效率的工艺压缩机,并对其进行合理的维护和保养,可以有效地降低能耗,提高整个工艺的经济性和环保性。

3.3 工艺压缩机对 PSA 制氢总能耗的影响程度

工艺压缩机在 PSA 制氢过程中的作用至关重要,其对 PSA 制氢总能耗的影响程度也非常大。PSA 制氢过程主要包括气体压缩、吸附分离、解吸再生和气体排放四个步骤,其中气体压缩是最主要的能耗环节。

在气体压缩过程中,工艺压缩机需要将原料气压缩至一定的压力,以满足 PSA 系统的操作需求。这个过程需要消耗大量的电能,因此,压缩机的效率直接影响到 PSA 制氢的总能耗。如果压缩机的效率高,那么其在压缩过程中的能耗就会相对较低,从而降低 PSA 制氢的总能耗。反之,如果压缩机的效率低,那么其在压缩过程中的能耗就会相对较高,从而增加 PSA 制氢的总能耗。此外,压缩机的运行参数,如压缩比、转速等,也会影响到 PSA 制氢的总能耗。例如,过大的压缩比会导致压缩机的负荷增加,从而增加能耗。因此,选择合适的压缩比,以及优化压缩机的运行参数,也是降低 PSA 制氢总能耗的重要途径。

4 煤化工 PSA 制氢能耗优化技术探索

煤化工 PSA 制氢技术是一种高效、环保的氢气生产方式,然而其能耗较高的问题一直制约着该技术的进一步发展和应用。因此,对煤化工 PSA 制氢能耗优化技术进行探索具有重要的现实意义。

4.1 优化吸附剂

PSA 制氢技术是一种常用的气体分离技术，而吸附剂作为其核心组成部分，对于 PSA 制氢的能耗具有重要影响。为了降低 PSA 制氢的能耗，优化吸附剂的性能显得尤为重要。在本工程中，通过以下几种方式来优化吸附剂的性能，其一，改进吸附剂的制备方法。吸附剂的制备方法对其性能具有决定性的影响，因此，改进制备方法是必要的。可以通过调整原料配比、优化热处理制度等方式来提高吸附剂的纯度、比表面积和孔径分布等性能指标，从而提高吸附剂的吸附性能。其二，调整吸附剂的孔径分布。孔径分布是影响吸附剂性能的重要因素之一，通过调整孔径分布可以提高吸附剂的选择性吸附能力，在本工程中，可以采用物理或化学方法对吸附剂进行改性，以实现对其孔径分布的有效调控^[4]。其三，提高吸附剂的吸附容量也是降低能耗的有效途径。吸附剂的吸附容量越高，所需的循环次数就越少，从而降低了能耗。可以通过选用高性能的吸附剂、增加吸附剂的装填量等方式来提高其吸附容量。

4.2 改进工艺流程

工艺流程的改进是降低 PSA 制氢能耗的重要环节。通过优化和改进工艺流程，可以显著提高生产效率并降低能耗。一方面，采用多级吸附工艺，传统的单级吸附工艺可能导致吸附剂在部分填充时达到饱和，从而影响吸附效果。通过引入多级吸附，可以延长吸附剂的使用寿命并提高其利用率。每个吸附级可以独立运行，也可以根据需要串联或并联，以满足不同的生产需求。另一方面，循环吸附工艺的运用。循环吸附工艺可以充分利用吸附剂的吸附容量，减少吸附剂的消耗和再生次数，通过将部分吸附剂循环回吸附塔，可以延长其使用寿命并提高整个过程的效率，适用于需要连续生产或处理大量气体的场景。此外，还可以考虑采用先进的控制系统来优化工艺流程。通过实时监测和调整工艺参数，如压力、温度和流量等，可以确保 PSA 制氢过程的稳定运行，并减少不必要的能耗，控制系统还可以集成报警和故障诊断功能，以便及时发现和处理问题。

4.3 强化设备节能

设备作为 PSA 制氢技术的关键组成部分，其节能性能对整个制氢过程的能耗具有直接影响。为了降低 PSA 制氢的能耗，强化设备的节能性能是必不可少的。一方面，选用高效节能的压缩机。压缩机是 PSA 制氢过程中的重要设备之一，其能耗占据了整个制氢过程的很大一部分。因此，选用高效节能的压缩机是降低能耗的关键。在本工程中，应优先选择能效高、稳定性好的压缩机，同时根据实际需求合理匹配压

缩机的规格和型号。另一方面，优化设备结构。设备结构的优化可以降低能耗和提高生产效率。例如，改进吸附塔的结构，使其更加紧凑、气流更加均匀，从而减少流动阻力，降低能耗。此外，合理布置管道和阀门，减少不必要的流体阻力，也能够达到节能的效果。此外，提高设备能效也是降低能耗的有效途径。这可以通过定期对设备进行维护和保养来实现，确保设备在最佳状态下运行。同时，加强设备的保温和密封性能，减少热损失和气体泄漏，也能够提高设备的能效。另外，根据本工程合理配置设备也是节能的关键。在满足生产需求的前提下，尽量选择能效高、容量适中的设备，避免设备的过大或过小。通过合理配置设备，可以更好地平衡能耗和生产效率之间的关系。

4.4 采用先进的控制系统

随着科技的不断进步，控制系统在工业生产中的应用越来越广泛。对于 PSA 制氢过程而言，采用先进的控制系统对其进行实时监控和调节，能够显著提高整个过程的稳定性、可靠性和能效。

先进的控制系统主要借助了智能控制技术和模糊控制技术等先进的控制方法。智能控制技术能够通过实时的数据采集和算法分析，对 PSA 制氢过程进行精细化控制，确保整个过程处于最佳状态。而模糊控制技术则模仿人类的决策过程，对不确定或模糊的信息进行处理，使控制系统更加适应各种复杂和动态的制氢环境。通过这些先进的控制方法，PSA 制氢过程的能效得到了显著提升。整个过程的稳定性也得到了加强，减少了因过程波动而产生的各种问题。同时，由于这些控制系统能够根据实时数据进行调整，因此能够及时应对各种突发状况，确保 PSA 制氢过程的连续性和可靠性。此外，这些控制系统还具有降低能耗的优点。通过精细化的控制，能够避免不必要的能源浪费，从而降低 PSA 制氢过程的总能耗。这对于推动氢能产业的发展具有重要意义，也是实现可持续发展的重要途径之一。

5 结束语

工艺压缩机作为煤化工 PSA 制氢中的核心设备，对能耗的影响不容忽视。通过优化工艺压缩机的运行参数、提高压缩机的效率以及采用先进的控制策略，可以有效降低 PSA 制氢的能耗。同时，还需要综合考虑工艺压缩机的选型、维护以及与 PSA 制氢工艺的匹配等因素，以实现整个系统的能耗最优。未来，随着技术的不断进步和应用实践的深入，工艺压缩机在煤化工 PSA 制氢能耗优化中的作用将更加突出，为实现高效、环保的氢气生产提供有力支持。

参考文献：

[1]费志雄,王玉莉,申迎峰等.工艺压缩机在石油化工PSA制氢能耗优化中的应用研究[J].能源研究与利用,2023(01):35-39.

[2]邢万坤,邢雪.工艺用压缩机节能技术探讨[J].压缩机

技术,2013(04):95-98.

[3]吕运容,陈学东,高金吉等.我国大型工艺压缩机故障情况调研及失效预防对策[J].流体机械,2013,41(01):14-20.

[4]邢万坤,邢雪.工艺压缩机热力复算的 Excel 解析法[J].压缩机技术,2010(06):32-34.