

# 空压站的节能与智能化管控研究

农胜祥

云南铜业股份有限公司西南铜业分公司 云南 昆明 650102

**摘要:** 本文针对空压站的节能与智能化管控进行了深入研究。首先分析了空压站能耗的主要问题,包括选型不当、控制方式落后、管路损耗泄漏和余热浪费等。随后探讨了高效空压机的选型、变频技术的应用、智慧空压站改造、供气管网优化和余热回收技术等节能措施。在智能化管控方面,研究了智能控制系统的构建、数据采集与监控、远程监控与故障预警以及智能调度与优化控制等技术。通过案例分析,验证了这些节能与智能化管控措施的有效性,为空压站的能效提升和智能化转型提供重要参考。

**关键词:** 空压站; 节能; 智能化管控

## 1 空压站能耗问题分析

### 1.1 空压机的选型不当

空压机的选型是影响空压站能耗的关键因素之一。在实际应用中,往往存在选型不当的问题。一些企业为了应对高峰期的用气需求,会选择功率较大、容量偏高的空压机,而在非高峰期,这些大型空压机仍然以较高的能耗运行,导致能源浪费。另外,选型时若忽视了空压机的能效指标,如比功率、绝热效率等,也可能导致能耗过高。这种选型不当不仅增加了企业的运营成本,也加剧了能源资源的消耗。

### 1.2 控制方式落后

目前许多空压站仍然采用传统的控制方式,如人工调节加载和卸载状态,这不仅响应速度慢,而且难以实现对空压机的精准控制。落后的控制方式往往导致供气压力波动大,空压机频繁启动和停止,从而增加了能耗。缺乏智能化的控制系统也使得空压站的能效难以得到持续优化。

### 1.3 管路损耗泄漏

空压站的管路系统是空压机与用气设备之间的桥梁,其状态直接影响到空压站的能耗。管路损耗和泄漏是空压站能耗损失的重要原因之一。由于管道设计不合理、安装质量不达标或长期使用后的磨损,管路内部可能会出现阻力增大、流量减少的情况<sup>[1]</sup>。同时,管网接头处若密封不严,也会导致气体泄漏。这些管路损耗和泄漏都会使得空压机的输出压力降低,从而需要更多的能耗来维持供气压力的稳定。

### 1.4 余热浪费

空压机在运行过程中会产生大量的热能,这些热能若不能得到充分利用,就会成为一种能源浪费。空压机的余热主要来源于其压缩过程中的机械能和电能的转

换。在压缩过程中,气体分子间的距离缩小,分子间的碰撞和摩擦会产生热量。此外,电机在运行过程中也会产生一定的热量。这些余热若不能通过有效的手段进行回收和利用,就会白白流失到空气中,造成能源的浪费。同时,空压机的散热系统也会消耗一定的电能来维持其正常运行,进一步增加了能耗。

## 2 空压站节能技术研究

### 2.1 高效空压机的选型

高效空压机通常具有较低的能耗比和较高的绝热效率,能够在保证供气质量的同时,最大限度地降低能耗。在选型过程中,应考虑空压机的实际工作需求,包括用气量、用气压力、用气时间等因素。通过精确计算,选择合适的空压机型号和规格,避免选型过大或过小导致的能源浪费。此外,高效空压机的维护成本也相对较低,由于其内部结构设计合理,减少了故障发生的概率,从而降低了维修和更换部件的费用。高效空压机的选型还需关注其能效指标;能效比、绝热效率等是衡量空压机能效的重要指标。在选择时,应优先考虑具有较低能耗比和较高绝热效率的空压机。同时,还需关注空压机的噪音水平、振动情况等指标,确保其运行稳定、可靠。在实际应用中,高效空压机的选型应结合企业的实际情况进行。通过对比分析不同型号空压机的性能参数、价格、维护成本等因素,选择最适合企业需求的空压机。同时,还需考虑空压机的可扩展性和升级能力,以便在未来需求变化时,能够方便地进行扩容或升级。

### 2.2 变频技术的应用

变频技术在空压机领域的应用,为空压站的节能提供了有力支持。变频空压机能够根据实际需求调整电机转速,从而实现了对供气压力和流量的精准控制。相比传统定频空压机,变频空压机具有更高的能效和更稳定的

运行性能；变频技术的应用使得空压机能够根据系统负荷的变化自动调整工作状态。当系统负荷较低时，变频空压机能够降低电机转速，减少能耗；当系统负荷增加时，变频空压机则能够迅速提高电机转速，满足供气需求。这种自动调节功能不仅提高了空压机的运行效率，还避免了因频繁启动和停止而造成的能源浪费。另外，变频空压机还具有软启动功能，能够在启动过程中逐渐增加电机转速，避免了对电网的冲击和设备的损坏。同时，变频空压机还能够实现远程监控和故障诊断，方便运维人员及时发现问题并采取处理措施。

### 2.3 智慧空压站改造

通过引入智能化技术和先进的管理理念，实现对空压站运行状态的实时监测和智能控制，提高空压站的能效和运行管理水平。通过安装传感器、采集器等设备，实时监测空压机的运行状态、供气压力、流量等参数。同时，利用云计算、大数据等技术手段，对这些数据进行分析处理，为运维人员提供决策支持。在控制方面，智慧空压站采用先进的控制算法和策略，实现对空压机的智能控制。例如，根据系统负荷的变化自动调整空压机的运行状态；根据供气压力的变化自动调整压缩机的转速；根据环境温度的变化自动调整冷却系统的运行状态等。这些智能控制功能不仅能够提高空压站的能效和运行稳定性，还能够减少运维人员的工作量和工作强度。运维人员可以通过互联网远程访问空压站的监测系统，实时了解空压站的运行状态和故障信息。当出现故障时，系统能够自动发送报警信息给运维人员，并提供故障诊断和建议处理方案。这些功能大大提高了运维效率和处理故障的速度<sup>[2]</sup>。

### 2.4 供气管网优化

优化供气管网结构、减少管网损耗和泄漏是提高空压站能效的重要途径之一。供气管网的优化可以从以下几个方面入手：一是合理布置管网结构，减少管道长度和弯头数量，降低管网阻力；二是选用高效节能的管道材料和附件，如采用内壁光滑、阻力小的管道材料，安装节能型阀门和调节装置等；三是加强管网维护和检修工作，及时发现并处理管网泄漏和故障问题。在管网优化过程中，还需关注管网压力的稳定性和流量的均匀性；通过安装压力传感器和流量计等设备，实时监测管网压力和流量变化。同时，利用智能控制系统对管网进行自动调节和控制，确保管网压力和流量的稳定性和均匀性。

### 2.5 余热回收技术

余热回收技术是一种有效的节能手段，特别适用于

空压站这类有大量热能产生的场所。空压机在运行过程中，由于气体的压缩和电机的运转，会产生大量的热能，这些热能如果不加以回收利用，就会白白浪费掉。而余热回收技术正是将这部分热能进行回收，转化为可以利用的能源，从而提高空压站的能源利用效率。余热回收技术通常包括热交换技术、热转化技术和余热制冷制热技术等。在空压站中，这些技术可以应用于多个环节。例如，在空压机的冷却系统中，可以安装热交换器，将冷却水中的热能回收，用于加热其他介质或供暖。这样不仅可以减少冷却水的使用量，还可以降低供暖系统的能耗。在空压站中，可以利用回收的热能驱动发电机或其他动力设备，从而为空压站或企业其他部分提供电力或动力支持。这种技术不仅实现了能源的再利用，还减少了对传统能源的依赖，有助于保护环境。在实施余热回收技术时，需要考虑多个因素。首先，需要确定回收的热能类型和数量，以及可以应用的回收技术和设备。其次，需要考虑回收系统的稳定性和可靠性，确保回收过程不会对空压站的正常运行产生影响。最后，还需要考虑回收系统的经济性和可维护性，确保回收系统的投资回报和长期稳定运行。为了最大化余热回收技术的效果，可以采取以下措施：一是加强空压站的运行管理，确保空压机的稳定运行和合理调度；二是优化余热回收系统的设计和运行参数，提高回收效率和稳定性；三是加强设备的维护和检修工作，及时发现并处理设备故障和安全隐患；四是加强技术研发和创新，探索更为高效、可靠的余热回收技术和设备。

## 3 空压站智能化管控研究

### 3.1 智能控制系统的构建

空压站的智能化管控首先需要构建一个稳定、高效、可扩展的智能控制系统。该系统应当基于先进的工业物联网技术、云计算、大数据分析等，实现对空压站所有设备的实时监控、数据分析、故障诊断与预警、远程调度与优化控制等功能。智能控制系统的构建需要考虑空压站的实际情况，包括设备的种类、数量、布局以及工艺流程等。系统应采用模块化设计，便于后期维护和升级。同时，系统应具备高度开放性，能够无缝集成空压站各类传感器、执行器、PLC控制器等硬件设备，确保数据的准确性和时效性；在软件层面，智能控制系统应提供直观的用户界面，方便运维人员实时监控空压站的运行状态。系统还应具备强大的数据分析功能，能够实时分析设备的能耗、效率、故障模式等关键指标，为运维人员提供决策支持<sup>[3]</sup>。系统还应支持报警和预警功能，当设备出现故障或异常时，能够自动触发报警，并

通过短信、邮件等方式通知相关人员。

### 3.2 数据采集与监控

通过在空压站的关键位置安装传感器和执行器，系统能够实时采集设备的运行数据，如压力、温度、流量、振动等。这些数据经过处理和分析后，将实时呈现在用户界面上，方便运维人员了解设备的运行状态。为了确保数据的准确性和可靠性，系统应采用高精度传感器，并定期进行校准和维护。同时，系统还应具备数据备份和恢复功能，以防数据丢失或损坏；另外，系统还应支持数据的历史查询和趋势分析，帮助运维人员发现设备的运行规律和潜在问题。除了实时监控外，系统还应具备数据记录和报告功能。运维人员可以根据需要设置数据记录的频率和格式，并生成详细的报告。这些报告可以用于设备的维护、优化和故障排查等方面。

### 3.3 远程监控与故障预警

远程监控功能使得运维人员能够在任何时间、任何地点对空压站进行实时监控和管理。通过智能控制系统的用户界面，运维人员可以实时查看设备的运行状态、报警信息和能耗数据等。这大大提高了运维的效率和灵活性。故障预警功能则是基于大数据分析技术的；通过对空压站运行数据的实时分析，系统能够预测设备的故障趋势和潜在问题，并提前触发预警。当设备出现故障时，系统能够自动定位故障点，并给出处理建议。这大大降低了设备故障对生产的影响，提高了空压站的稳定性和可靠性。为了实现远程监控和故障预警功能，智能控制系统需要采用先进的网络通信技术和数据加密技术。这可以确保数据在传输过程中的安全性和完整性，防止数据被窃取或篡改。

### 3.4 智能调度与优化控制

智能调度功能使得系统能够根据生产需求和设备状态自动调整空压机的运行数量和频率。当生产需求增加时，系统能够自动启动更多的空压机或提高空压机的频率以满足需求；当生产需求减少时，系统则能够自动关闭或降低空压机的频率以节约能源。通过对空压站运行数据的实时分析和预测，系统能够自动调整空压机的进出口压力、温度等参数，实现能耗的最小化和效率的最大化。同时，系统还能够对冷却系统、干燥系统等其他辅助设备进行智能控制，确保整个空压站的能效最大化。为了实现智能调度与优化控制功能，智能控制系统需要采用先进的算法和模型预测技术，并结合空压站的

实际情况进行定制开发。另外，系统还应具备高度的自适应性和可扩展性，能够根据生产需求和设备变化进行动态调整和优化。

## 4 案例分析

以某制造企业的空压站为研究对象，该空压站原有3台固定转速空压机，总装机功率为450kW。通过能耗分析发现，该空压站存在设备选型过大、运行效率低、余热浪费严重等问题。针对这些问题，实施了以下节能与智能化管控措施：将2台固定转速空压机替换为变频调速空压机，保留1台作为备用；安装余热回收装置，将空压机余热用于生产用水的加热；优化压缩空气管道系统，修复泄漏点，增加储气罐容量；部署智能化管控系统，实现数据采集、监控、诊断和远程控制功能<sup>[4]</sup>。

实施上述措施后，空压站的能耗显著降低。通过对比改造前后的能耗数据，发现空压站的总能耗降低了约25%，年节约电费约50万元。余热回收系统每年可节约天然气费用约15万元。智能化管控系统的应用提高了设备运行效率，减少了维护成本，预计每年可节约维护费用约10万元。另外，智能化管控系统还带来了其他方面的效益。通过实时监控和预警，设备故障率降低30%，生产中断时间减少40%。远程控制功能使得管理人员可以随时掌握空压站运行状态，提高了管理效率。能耗数据的自动采集和分析为企业的能源管理决策提供了有力支持。

## 结束语

综上所述，空压站的节能与智能化管控是提高能源利用效率、降低企业运营成本的重要手段。通过实施高效空压机的选型、变频技术的应用、智慧空压站改造以及余热回收技术等节能措施，可以显著降低空压站的能耗。未来，随着技术的不断进步和应用，空压站的能效和智能化水平将不断提升，为企业创造更大的经济和社会价值。

## 参考文献

- [1]黄晓冠,刘建华,夏志刚,龚高成.一种空压站集控及变频节能改造方案[J].电子测试,2021,32(08):94-96.
- [2]刘玉亭王纪成.空压站节能管控系统开发研究[J].现代制造技术与装备,2019,55(04):35-36.
- [3]李庆伟.空压站联网远程监控PLC系统改造[J].工业控制计算机,2020,33(05):150-151.
- [4]罗正锐.空压站节能管理与物联网技术应用[J].电子技术(上海),2022,51(12):350-351.