### 1.2.1国内研究现状

空压机在我国的经济建设中应用越来越广泛，针对现在大部分的生产厂家和现场操作人员没有认识到空压机巨大的节能潜力，对空压机节能的重视也远远不够。空压机的控制通常是简单的启停机控制，虽然能够达到工业目的，但是频繁的启停造成了很大的能源浪费，也加大了空压机的机械损耗。针对于这一现状，国内众多的学者和工程专业人员在各方面展开了积极的研究。

郭鹏[6]等研究了压缩机气缸的内部热力工作过程，建立气缸内的气体运动参数变化的数学模型，对缸内气体的瞬时参数压力场、速度场、平均质量等的变化情况进行了研究。此外，对于各种热力学参数变化的检测，他们搭建了压缩机试验台，对压缩机运行过程中测得的温度、压力、流量、转速、功率等参数进行分析和计算，通过数值模拟结果，对比实际和理论的压缩机工作过程。

孔德文[7]等将现场总线技术应用于螺杆机空压机群的控制系统设计，提出螺杆空压机群联动控制的控制策略，给出了控制系统架构方式、硬件和软件设计、压力控制算法，完成对空压机数据的实时采集、实时显示、历史数据查询和数据存储等功能。将其应用于空压机群的联动控制上，很大程度的提高了空压机的运行效率，为企业中的空压机群的节能运行提供了可行的控制方案，具有一定的应用价值。

王红[8]等针对压缩机较多的运行在变工况条件下，比如大气温度和压力变化巨大的情况下，压缩机的工作性能会发生改变，压缩机的轴功率、排气温度、排气质量流量等参数会发生变化。通过建立螺杆压缩机工作过程的数学模型，提出了计算螺杆压缩机阴阳转子受力的方法，得出在变工况下力矩和转速的关系，对比理论过程与实践过程的差别，对工业现场的螺杆压缩机运行具有一定的指导意义。

张业明、蔡茂林[9]针对生产企业 对气动系统逐步加大节能措施的现状，提出基于流量供给的气动节能理念，将传统压力控制转为流量控制，阐述了基于流量供给的气动节能理论，研究了面向压缩机群控制的新型节能智能控制器的流量控制、台数控制、预测控制、和学习控制四个功能，分析了各功能的关系，给出了智能控制器的软硬件结构。

何凤有[10]针对空压机供气系统具有大滞后特性及系统稳定性差的问题，研究了一种基于模糊控制器的空压机恒压供气系统设计。该系统结合了传统PID控制和模糊控制技术研究了模糊PID控制器，完成了整个系统自整定参数，实现恒压供气的目的，提高系统可靠性和稳定性，具有一定的节能效果并且故障率有所下降。

史世坤[11]对现有空压机系统进行深入研究，建立空压机系统数学模型，分析影响能耗主要因素；对压缩后的输气管道进行压损原理分析，阐述室内外气象条件与调节旁通流量的关联因素；通过对城市气象参数的统计分析，选择计算的标准工况，分析能耗并进行数据比对，得出系统的节能比例。

傅烈虎[12]等人在转变速工况的条件下进行了压缩机的性能实验，分析了容积系数、压力系数、温度系数和泄漏系数对容积效率的影响以及定义式；提出容积系数主要与压缩机的结构尺寸和吸、排气压力比有关，压力比的变化对容积系数构成以多变膨胀指数为幕的指数影响；转速变化对压力系数构成二次影响；温度系数和泄漏系数同时受到与压力比和转速的影响。以压缩机的吸气和排气的压力比以及转速为变量，用实验数据拟合压缩机的容积效率，拟合公式具有一定的可信度。

周大寒[13]等人对空压机群控节能策略实用性进行深入研究，研究了单台空压机和多台空压机节能的控制策略，通过实验对比传统控制方法和该文章优化后的控制方法，此外搭建了空气压缩系统实验台，该实验台以西门子PLC为核心，实时的采集空压机系统的温度、压力、流量等数据量，用C#开发了相关的上位机软件，能进行实时的数据读取和记录，动态分析空压机各个参数的变化已经控制策略的节能效果，为进行空压机节能实验提供了良好的平台以及基础的数据。

赵前程[14]等人以螺杆空压机为研究对象，在系统组成的基础上分为储气罐子系统、电机子系统、压力控制子系统；电机子系统采用三相感应电机转子磁场定向控制模型，分别进行了电机 控制和普通加卸载控制模式下的数值仿真分析，说明变频控制策略使系统具有良好的动态和静态性能，使压力比较精确得控制在给定值附近。

王盛慧[15]等人详细的解释了空压机恒压控制过程中诸多参数之间的相互关系，建立了空压机时变系统模型，提出基于串级控制的广义预测控制策略，该策略已经被成功的应用在了空压机调节系统。该文的结果表明控制策略能够消除不确定的干扰和非线性的其他因素，有效的提高了系统的稳定性和可控性。

除了以上的对空压机节能方面的研究之外，国内还有很多的学者和工程人员致力于空压机的节能研究，包括恒压控制、变频控制器、空压机模型优化、空压机群控调度策略等方面，使人认识到空压机节能的可行性，了解空压机节能带来巨大的经济效益和社会效益，推广和优化空压机的使用。

### 1.2.2国外研究现状

在空压机的节能优化方面，许多国外的学者和工程人员也做了非常多的研究工作，包括压缩机工作机理分析和压缩机节能控制器的研发等。

德国凯撒空压机公司是世界上最大的空压机生产及空气压缩解决方案的公司之一，该公式研制的SIGMA系列的三种控制器处理空气生产控制问题。该系列智能控制器能够智能的分析运行数据，模拟可选的行动方案并且自主的选择空压机控制策略。它能够智能的控制空压机的启停，并且计算空闲即变频器损失，使现有的空压机站能够实现最大的能源利用率。

瑞典的阿特拉斯科普柯集团是著名的跨国公司，旗下生产的空压机及配套产品远销世界各地，阿特拉斯研制的ES中央控制器就是用来优化压缩空气系统，ES中央控制器可连接所有的压缩机设备，能够降低系统压力并且稳定压力，实时的监测系统对于压力的需求，发挥变速驱动的优势，高效的节约能源。

另外一家空压机生产的巨头英格索兰公司近期发布全新变频微油螺杆空压机，R系列的RS30n和RS37n变频微油螺杆机。通过先进的变频驱动技术，这两款压缩机气量增加了15%，能耗降低了35%，此外还提升系统的可靠性，一般的机组启动时的电流是正常工作情况下的8倍，而这两种空压机有效的限制启动电流，减少启动瞬间对电网的冲击并且降低了空压机启动时的电流。新一代R系列微油螺杆机配合Xe系列控制器能够达到控制整个空压机系统的效果，Xe7.0能够联合控制多台空压机并自适应运动速度。

空压机系统具有巨大的节能潜力，国外相关领域的很多学者也专注于空压机节能的研究，在多方面有了成果。

Susanne[16]在MATLAB/SIMULINK中建立了空气压缩系统的动态仿真模型，把整个系统分为产气单元、储气罐、冷却器三个主要部分，对每个部分都给出了详细的数学描述，文中还给出了模拟结果和实际结果的对比，完成参数的修正以及仿真效果的评估，实现了标准螺杆空压机组的动态仿真模型。

N.Seshaiah[17]研究了喷油双螺杆机，在完善气体和标准热力学关系的基础上进行数学分析，通过实验获得模拟系统所需要的系数，并在以空气为介质的情况下进行压缩机的性能试验，最后还研究了空压机运行和设计的参数对容积效率的影响。

H.H.Nguyen[18]研究了天然气管道选择压缩机策略，目的是为了尽量减少运行成本，提出了三种自动化技术，混合整形线性规划、遗传算法和专家系统，智能的启停压缩机去满足用户的需求，基于天然气管道的参数值对以上自动化技术的优缺点进行比较。

R.Saidur[19]介绍了在节能策略下的空压机能源利用情况，对比使用高效电机、变频代替非变频、防漏、高效喷嘴等节能策略来分析节能情况，企业可以根据自身的情况选择最适合的节能策略，在经济上是可行的。

Richard Adamson[20]讨论了低温空气分离装置和压缩机组的稳态优化策略的开发，使用混合整数线性规划实现，证明在满足客户需求的同时来提高稳态下的现场效率，通过压缩机的分布和压缩网络的最佳负载分布来实现，压缩机的精确功率模型可以比较准确的预测压缩机现场的功率模型。

Gholamreza[21]研究了压缩机工作过程中吸入的水分对需要高品质空气客户设备的危害，说明空气在压缩前必须经过适当的干燥，并且研究了一种热量再生的干燥剂结合空压机的余热利用，这样就某种程度上节能了。该应用可以改变传统的耗电、风冷、圧缩热等风干系统，在干燥的同时还能起到冷却作用，经济效益十分显著。

Marwan[22]根据SRM(Svenska Rotor Maskiner)开发的一种新型带水冷双螺杆压缩机，介绍了该压缩机热力学过程的数学模型，运用特殊的离散化方法来研究空压机在高温情况下的工作过程。模型中的压力和焓变作为主要量去计算转子耗能和连续性方程，并且在空压机真实工作过程中的压力泄漏、注水和热量损失等情况也能够通过建模来对比分析，结果表明注水冷却能够减少压缩机故障，提高压缩机的工作效率。

Jan Tommy[23]把对压缩机角速度的控制扩展到压缩机防喘振的工作中，提出了一种低阶离心压缩机模型，其中状态是质量流量、升压和转速；使用与压缩机串联的紧耦合阀来稳定喘振线左侧的平衡，最终推导出阀压降和阀芯速度的控制器。

以上的研究包含了气体压缩过程的热力学研究、压缩机工作状态的变化、压缩机模型的仿真、压缩机操作优化、压缩机节能方向等多个方面，目标是追求压缩机性能稳定和节能。除了以上研究之外，在压缩机节能方面还有很多其他的学者做了很多出色的工作。

[6]往复式压缩机工作过程模拟计算及试验研究。

[7]基于现场总线的螺杆空压机群控制系统设计与实现

[8]螺杆压缩机变工况工作过程模拟和性能分析。

[9]面向压缩机群控制的新型节能智能控制器的研究。

[10]基于模糊PID控制器的空压机恒压供气系统的设计。

[11]工业空气压缩机系统节能技术研究。

[12]汽车空调用压缩机变转速工况容积效率研究。

[13]空气压缩系统节能控制与实验台开发。

[14]空压机压力控制系统建模与动态特性研究。

[15]空压机时变模型的建立与预测控制方法的研究。

[16]Dynamic modeling of compressors.

[17]Mathematical modeling of the working.

[18]A comparison of automation techniques for optimization.

[19]A review on compressed-air energy use and energy savings.

[20]Steady-state optimisation of a multiple cryogenic air separation unit and

[21]Energy saving opportunities in air drying process in high-pressure.

[22]Modelica-based modeling and simulation of a twin screw compressor.

[23]Centrifugal Compressor Surge and Speed Control.