

# 空压机远程控制系统的應用

李姣<sup>1</sup>, 王森敏<sup>1</sup>, 任建超<sup>2</sup>, 丁承惠<sup>1</sup>

- (1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司动供总厂, 内蒙古 包头 014010;  
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司安全管理部, 内蒙古 包头 014010)

**摘要:** 文章介绍了包钢动供总厂空压站远程集控系统的组织架构、动力管网智能调控系统的应用情况。通过对空压机工艺性能的探索, 研究出一种适用于空压机远程控制的自动调控系统。该控制系统在空压机的性能控制、防喘振控制以及回路解耦控制中的应用, 可以使空压机在远程运行中更加稳定、安全。

**关键词:** 空压机; 防喘振控制; 性能控制; 回路解耦控制

中图分类号: TP277; TH45

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2023)03-0072-04

## Applications of Remote Control System for Air Compressor

Li Jiao<sup>1</sup>, Wang Sen-min<sup>1</sup>, Ren Jian-chao<sup>2</sup>, Ding Cheng-hui<sup>1</sup>

- (1. Power Supply General Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;  
2. Safety Management Dept. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** In the paper, it is introduced the organizational structure of remote centralized control system for air-compress station in Power Supply General Plant of Baotou Steel and applications of intelligent control system for power pipe network. A type of automatic control system suitable for remote control of air compressor is developed through exploring the processing properties of air compressor. Its applications in the performance control, anti-surge control and loop decoupling control of air compressor could make air compressor stabler and safer in remote operation.

**Key words:** air compressor; anti-surge control; performance control; loop decoupling control

空压站的职责是通过空气动力管网为炼铁、炼钢、轧线等用户提供普通压缩空气和无油无水压缩空气。动供总厂空压站建成运行时间均已超过十年, 控制系统采用就地控制柜, 只能现场去查看参数, 调整工况, 操作设备启停, 工作强度大、效率低。站与站之间是信息孤岛, 没有信息化平台, 无法及时提供全面、准确的现场实时生产信息和历史数据追溯。当外网用户用气量出现较大波动或运行过程中

由于空压机自身性能变化产生不稳定工况时, 空压机防喘振阀和入口导叶就会进行调节, 造成机组分散率增加, 导致空压机出口压力的不稳定甚至喘振。随着工厂对智能化、自动化需求增加, 空压站现有控制系统及各系统的架构技术落后, 设备老化, 已不能满足当前运行、管理需要, 亟需对现有系统进行改造。现包钢动供总厂空压机控制系统通过采用先进的自控调节技术, 可以精确的调控空压机, 实现了空

压机组可以在任何工况下自动调节运行,减轻了操作人员的劳动强度,提高了自动化、智能化水平,实现节能降耗。

## 1 空压机远程控制系统简介

该空压机远程控制系统可应用在不同厂家、各种型号的空压机控制场合。空压机是一种能够将空气压缩后储存并释放能量的设备,其工作原理与汽车发动机类似。在掌握空压机的基本原理之后,需要开发一套专门的软件来实现空压机的远程控制,包括监测空压机的运行状态、控制空压机的启停以及数据的采集和处理。同时,还需要掌握数据处理技术,对采集到的数据进行处理,以便更好地了解空压机的运行状态和性能表现。深入研究空压机的控制策略和优化方法,提高空压机的效率和性能,并且保证其安全可靠地运行。

## 2 空压机远程控制系统结构

为实现无人值守和远程集中调控的操作模式,建立空压站数据采集和机组远程控制系统,各空压站需新增一套控制系统和一套工程师兼操作站。其中包括空压站循环水系统、干燥系统、机组循环水系统、补水系统等。对各空压站的数据通过网络进行互连,送至集中调控平台实现空压站内空压机和公辅系统的远程启停和状态监控,实现各空压站内机组的远程一键启停、机组防喘振控制、机组排气压力调节、机组运行状态和数据远程监控、多机组并联负荷分配等功能。通过通讯协议完成所有空压站控制系统的数据采集和通讯,获取机组和辅助系统的实时数据,完成所有空压站空压机组的远程启停、远程压力设定、空压机数据监控;通过集中调控系统实现各空压站及机组的远程智能调控。

动力管网智能调控控制模式分为单机组、子站、全厂调控三级模式。各空压子站设置独立数据采集和控制系统。

一级单机组模式,升级替换原机组控制系统和自洁式过滤控制系统,以实现各台空压机组的远程启停、数据监控以及远程压力设定等要求。二级空压子站模式,每个空压站内设置独立子站控制系统,实现空压子站内多台空压机的数据采集、机组群控、负荷分配、辅助系统等控制要求。各空压站设置独立工程师兼操作站,以实现站内机组和辅助系统启停操作和监控。三级全厂智能调控模式,集中调控

室内设置集中调控系统,由集中调控系统根据获得的各空压站控制系统数据,利用集中调控平台操作站设定各站压力需求,由集中调控系统下达指令到各子站,进行全厂调控。

## 3 空压机远程控制系统设计

空气经吸风室过滤后,去除一定的灰尘和杂质进行入空压机。气体经空压机压缩、冷却后一部分进入普通压缩空气管网送往用户;另一部分进入干燥器吸附,达到合格的露点后进入无油无水压缩空气管网送往用户。空压机供出压力的稳定性直接影响用户的使用。

空压机的驱动类型主要有汽轮机驱动或电机驱动。本次介绍的驱动类型为电机驱动,如图1所示。机组运行时,空压机的调节是在设定机组出口压力后,通过用户使用的压力和流量进行入口导叶的调节,以满足用户用气需求。当管网压力高于设定出口压力时,机组利用放空阀的调节来实现防喘振保护。

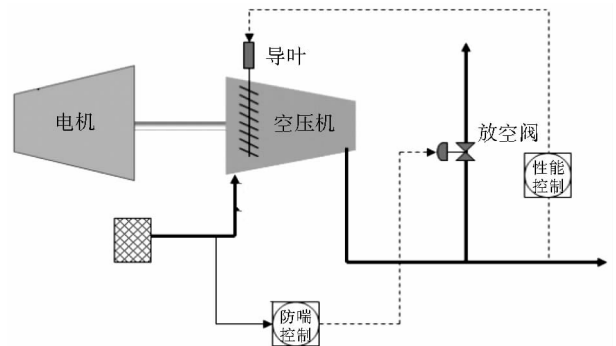


图1 空压机控制原理图

空压机远程控制系统针对空压机的性能控制、防喘振控制以及回路解耦控制进行设计。

### 3.1 性能控制

如图2所示,空压机的性能控制回路采用出口压力算法控制,针对空压机性能,空压机出口压力控制输出至机组入口导叶进行调节。

空压机性能控制针对不场景分为自动、手动控制。当进行自动控制时,操作人员可根据用户需求选择空压机压力调节或流量调节,空压机控制系统根据机组当前设定的压力或流量自动调节导叶、放空阀的开度。除此之外也可以通过设置电流上下限来调节导叶开度,当电机驱动型的空压机电流超限

时,通过减小导叶开度来降低电流避免机组过流跳车。如空压机性能控制回路出现信号故障时,控制系统可自动切换为手动控制模式。手动控制模式通

过系统画面手动调节导叶、放散阀的开度。自动模式或手动模式任一模式信号出现故障,系统可自动切换控制模式来保证机组正常运行。

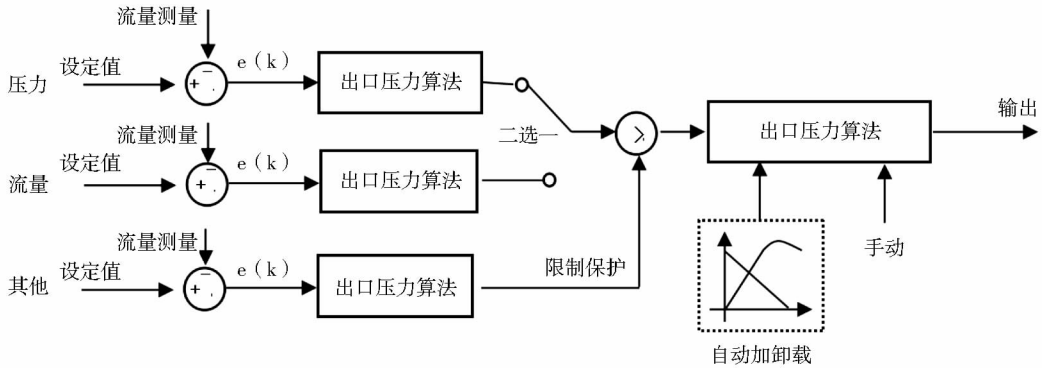


图 2 性能控制回路原理图

### 3.2 防喘振控制

离心式空压机的喘振是指在运行中出现的噪声和振动,通常是由于空压机负荷过重引起的,在整个系统中发生了周期性的轴向低频大振幅的气流振荡现象。导致空压机喘振的原因有:空压机进气量过大或负荷过重;空压机曲轴弯曲或不平衡,导致震动和噪声;空压机油液不足或油质不好,导致机械部件磨损和故障;空压机安装位置不稳定,地基不牢固,导致震动和噪声。

为了解决空压机喘振问题,可以采取以下措施,降低空压机的进气量或负荷,以减轻空压机的负担;定期检查和维护空压机的机械部件,确保其运转良好;更换适合的油液,并按照规定定期更换;稳定空压机的安装位置,确保地基稳固。

空压机不仅要在设计工况下工作,而且还要在与设计工况不同的更广的范围内工作<sup>[1]</sup>。对于空压机喘振问题,需要通过合理的维护和保养来避免。同时,定期进行检查和维护是非常必要的,以确保空压机的正常运行。

本次设计的控制系统主要解决由于空压机内气体流向脱离轨迹导致压力波动或排气温度增加所引起的喘振。它受空压机的转速、入口导叶调节、各级排气温度等因素的影响。所以空压机防喘振控制需采集空压机入口压力、出口压力、入口温度和出口温度等,利用机组测量数据和性能参数计算出该机组的工作点和防喘振控制线,判断和避免机组发生喘振。

图 3 中空压机的喘振线是通过空压机喘振性能测试用防喘振流体计算生成预期性能曲线。为防止

喘振发生,防喘振控制器在喘振线右侧设置了一个可变的的安全余量,通过安全余量生成空压机喘振控制线。

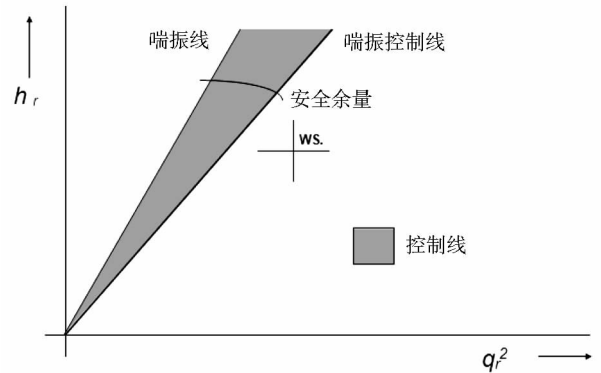


图 3 防喘振坐标系

#### 3.2.1 出口压力响应算法

当机组的即将发生喘振工况时,它的工作点会接近或到达喘振控制线的左侧,出口压力响应算法会输出信号将喘振阀打开,此时工作点会回到安全区域,直至回到喘振控制线的右侧。空压机出口压力响应算法适用于较小、平缓的扰动,实现防喘振保护。

#### 3.2.2 阶跃响应算法

阶跃响应算法是在出口压力响应算法的基础上,在喘振控制线左侧新增一条阶跃响应线 b,如图 4 所示。当机组的即将发生喘振工况时,工作点先到达或越过阶跃响应线 b 时,防喘振控制器将快速打开防喘振控制阀。阶跃响应算法适用于较大、激烈的扰动,实现防喘振保护。

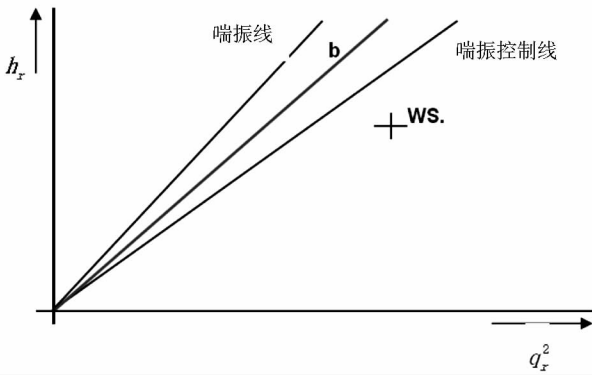


图4 防喘振坐标

### 3.2.3 限制控制算法

除了以上两种算法,为防止空压机超出设定压力,分别设置空压机进口压力低限和出口压力高限,

通过防喘振阀调节进行超限保护。当进口压力高(或低)于高(或低)限设定时,通过限制控制算法自动调节防喘振阀进行增压或泄压的操作,从而降低机组因进出口超压导致跳车事故。

### 3.3 解耦控制

对于空压机机组,性能控制是利用增大或减小空压机的入口导叶开度来满足压力需求。但是当空压机进入喘振调节时,性能控制会调节空压机的入口导叶减小流量或降低出口压力,两个控制回路是互相反作用的,从而造成系统的不稳定,使机组更容易发生喘振。

针对这种情况,性能控制器和喘振控制器会平衡两种控制响应,通过解耦控制来实现两个控制回路协调工作,使工艺工况更加稳定。图5为解耦控制原理图。

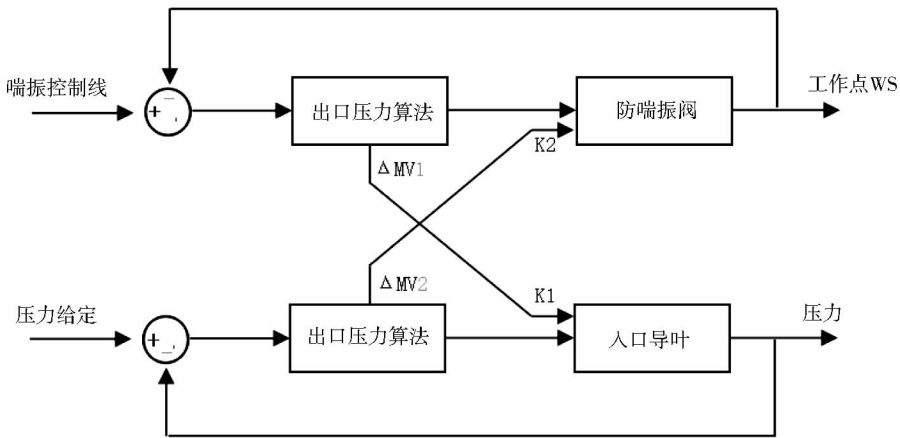


图5 解耦控制原理图

解耦控制算法对于多段空压机同样适用。如两段空压机,当高压段工作点触碰到喘振控制线,防喘振阀打开时会造成低压段喘振,而低压段为避免进入深喘区域会将防喘振阀同时打开,这就会造成高压段入口流量减少,也使其向喘振方向移动或进入更深的喘振区域造成段间喘振。而解耦控制通过性能控制与喘振控制之间的平衡和协调可以避免此现象发生。

## 4 空压机远程控制系统应用效果

空压机远程控制系统实现了性能控制、解耦控制、防喘振控制的全自动调节。基于空压机自动控制系统的运行,通过对动力管网集中调控,可提高空气动力管网系统整体的管理和调控水平,大大改善

和提高了各空压站自动化程度,减轻人员劳动强度,提高劳动生产率,同时为包钢智能工厂建设奠定基础。

## 5 结束语

空压机远程控制系统的應用降低了离心式空压机的喘振频次,使空压机运行安全性得到提高。并且通过对空压机组喘振系统、运行状态的可视化建设,提高了调控效率,降低了压缩空气放散,使空压机运行更加节能。

### 参 考 文 献

[1] 李化治. 制氧技术[M]. 北京:冶金工业出版社,2007.