

供风装置平稳经济运行分析与思考

李雁翎（中国石油天然气集团有限公司辽阳石化分公司，辽宁 辽阳 111003）

摘要：详细介绍了影响供风装置平稳经济运行的因素，针对各机组特点，提出不同调节模式，采用不同机组与干燥器组进行匹配的措施综合进行调控，并对以后生产运行提出一些建议。

关键词：压缩机；调节；干燥器

1 概述

供风装置作为公用工程生产装置，主要为各化工装置提供仪表风和公用风。其是否稳定、经济运行直接影响化工装置的用能需求，平稳运行是首要任务，而挖潜增效，节能降耗是我们更需要提升的工作任务之一。

供风装置工作原理是，空气经过过滤器过滤掉机械性杂质后进入透平空气压缩机，压缩后进入微热再生干燥器，经过干燥除尘脱水生产出合格的仪表风或公用风。

供风装置主要由循环水系统，空气压缩组和干燥器组三个子系统组成。三个子系统互相联系，互相制约。循环水系统主要由晾水塔、清水泵及各冷却水管线，轴流风机等组成；压缩机组包括三台离心式空气压缩机；干燥器组包括十六台干燥器。

循环水系统主要设备包括一间钢结构冷却塔，处理水量 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ；三台离心式水泵，流量 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，采用两台运转一台备机的运行方式。装置所需的循环冷却水，经水泵加压后送给各压缩机冷却器，回水进冷却塔，冷却降温然后进入吸水池，做为水泵的吸入水源。压缩机组由三台处理空气量均是 $20000\text{m}^3/\text{h}$ 的离心式空压机组成。这三台空压机随着辽化装置的生产需要逐渐建设投产。5#空压机1987年6月运行，7#空压机2008年9月运行，8#空压机2012年6月投入运行。干燥器组是随着空压机组配套建设投产，共8组干燥器，4组处理量小些，为5#供风系统仪表风和公用风干燥器（每组处理量为 $5000\text{m}^3/\text{h}$ ），4组处理量大些，为7#供风系统、8#供风系统干燥器（每组处理量为 $10000\text{m}^3/\text{h}$ ）。供风装置总生产能力为仪表风和公用风总送出量 $60000\text{m}^3/\text{h}$ ，可根据生产需要，通过各调节阀组，调整仪表风或公用风的送出量。

2 循环水系统

循环水主要作用为冷却工作介质，在各级气体冷却器中冷却压缩后的空气，达到等温压缩，减少压缩功耗。同时循环水也用于冷却润滑油，润滑油主要保证压缩机组各部轴承的润滑，形成具有承载能力的油膜，润滑油将各部轴承的热量带走，在油冷却器中与循环水换热。因此循环水在供风装置中起着十分重要的作用。

循环水系统平稳运行，一方面要提供保证机组运行的水压，水泵吸水在叶轮中在离心力作用下，提高压力送至上水管线。确保水泵正常工作，首先必须保证7#水场吸水池水位，而吸水池水由水塔大水池回水通过联通

管线回至吸水池中，在水塔大水池回水与联通管线处过滤网必须及时进行清理，否则回水不畅，极有可能造成水泵汽蚀现象。由于水塔自然蒸发及运转风机降温及其他水量损失，要及时进行补水，由自动补水装置实现，在达到上限时停上补水，下限时开始补水。自动补水系统要定期进行校验。另一方面，要提供满足机组运行的要求的一定温度的循环水，这一要求的实现由回水回晾水塔自然喷淋及运转轴流风机实现，轴流风机正常运转是保证夏季平稳运行的措施。

循环水系统经济运行，主要体现于运转一台变频泵和一台工频泵，从而达到随时根据水压，变频泵自动调整电机转速，调整电流，节约电耗。另一方面则体现于运转两台空压机时，可以将备用机组上水阀关闭，稍微关小回水塔阀门的措施，减少水系统中的循环水量，从而降低清水泵的输出负荷及减少循环水处理药剂费用。

3 压缩机组

3.1 机组组成

压缩机组主要由主机和辅机组成。主机包括压缩机组本体，辅机主要是润滑油系统。压缩机组平稳运行，一方面是机械部分运转正常，气封等无泄漏，否则由于泄漏，机组排气量减少，生产能力下降。另一方面油系统工作正常，提供一定的油压和一定温度的润滑油，当油压下降时，联锁系统好用，备泵立即启动保证油压需要，从而保证各部轴承温度、振动在允许范围内，否则机组难以平稳运转。

3.2 根据机组本身设计特点及生产日期，采取不同的调节模式

5#空压机为一台已运行三十多年的机组，吸入阀为手动调节，在调节机组负荷时，采取去现场手动调节吸入阀开度，根据电流变化进行吸入气量的调整，且由于设计年代限制，无喘振方面的数据，如最小电流，最小流量，喘振曲线等，在实际生产中最高电流不超过 290A ，最低电流不低于 250A ，从而达到经济运行目的。放空阀为一台手动阀门，另一台电脑手操器控制，正常运行时，手动放空阀全关，自动放空阀全关，机组处于全量送出状态，管网压力高时由其他机组进行放空调整。

7#空压机为一台较为先进的机组，吸入阀虽为手动阀，可以在电脑上进行操作调节吸入阀开度，根据喘振曲线及最小流量进行调整，最小流量不小于 $20000\text{m}^3/\text{h}$ ，

电流不超过 320A，放空阀为自动阀，可以通过设定机组出口压力，调节机组的放空量。当此机组运行时，管网压力高时一般通过此机组进行自动放空。

8# 空压机是三台机组中最先进的机一台，吸入阀和放空阀均为自动控制，由设定程序进行自动调整，在运行时调整控制模式，进行节流模式和基本模式的选择，调整最小电流及满载电流，及出口压力设定值进行调整，电流最高设定为 290A，出口压力目前运行状况下最高设定为 820kPa。

3.3 根据气温及用户用量进行综合式调整

夏季气温高，含水量大，空气体积流量小，宜采用开大吸入阀开度的形式进行调整，增大入口流量，如开大 5# 空压机或 7# 空压机吸入阀开度的措施，增大加工空气量。冬季气温低，空气较干燥，空气体积流量相对增大，为保证机组安全运行，在满足生产需要的情况下，在不超过机组最大电流的前提下，尽量关小吸入阀。

根据化工装置用量变化及管网压力情况进行各空气压缩机组和控制阀的调整。

在化工装置用量增大，管网压力下降时，需增大空气入口流量，开大吸入阀，提高 8# 空压机主电机电流的设定值或提高 7# 空压机出口压力设定值的方式提高送出量；当出现 7# 空压机放空时，调高该机组出口压力设定值，减少放空量。或者根据下游装置仪表风、公用风用量变化情况，调整 PIC-501 阀仪表风压力设定值的方式。根据生产需要设定仪表风压力，当压力高于设定值时，此阀自动开大，公用风送量增加，公用风压力随之上升，反之关小，公用风送量减少，多供仪表风，保证仪表风供出压力。同时根据一期、二期供风管网压力情况，降低仪表风设定值，提高二期供出风量，保持整个管网经济合理运行。在实际生产中，无论正常生产运行还是紧急情况处理，保证仪表风压力是重中之重的事情。紧急情况下，将此阀打至手动位置，全关 PIC-501 调节阀，保仪表风压力，保化工装置仪表用风。

根据空压机机组电机电耗量及送出风量进行合理匹配。在各化工装置精细调整公用工程用量的运行工况下，一般可以采取 5# 空压机与 8# 空压机组合方式进行供风，与 7# 空压机相比，同样的供风量，5# 空压机每小时约节约 30A 的电流，同样的供风产量，节约电量的效益是相当可观的。

空压机组的平稳经济运行，与机组进行计划与状态检修，更换气封油封等零部件，转子叶轮作动平衡，调整各部轴承装配间隙，清洗各级冷却器与油冷却器等有密切关系。对于各供风机组，要进行计划检修，解决机组存在的制约生产的瓶颈问题，以良好的设备运转状态保证运行平稳。针对机组存在的关键问题开展有针对性的检修，这样达到事半功倍的作用，即使是使用时间很长的机组，通过科学的检修也会提高机组的生产能力，这在 5# 空压机的检修中得以充分的体现。同时为保证机组的生产能力，必须定期每半年或根据阻力情况，更

换滤筒或过滤元件，以保证吸入空气量充足，减少吸入阻力，避免空气压缩机组出现喘振现象。

为保证空压机组正常运行，各级气体冷却器气侧有排放阀，排放冷却后的冷凝水，为保证经济运行，根据季节变化，定期排放冷凝水，或微开排放阀，这样可减少排放风量损失。

4 干燥器组

4.1 干燥器结构

干燥器组主要包括除油器、干燥器、除尘器，切换阀，逆止阀，电加热器，喷射器，消音器等。干燥器组两台为一组，一台工作，用于吸附压缩空气中的水份，另一台再生，约 8% 干燥后空气同时通过喷射器吸人大气形成混合气体进行加热再生，由程序器进行切换阀开关及电加热器启、停控制，接着转为干燥后空气冷吹再生阶段。由程序控制进行干燥器的再生，充压，并联，卸压，切换过程。

各干燥器是随着空压机的建设而配套投产的，仪表风和公用风干燥器原是为 5# 供风系统配套使用，1997 年投入使用，7# 干燥器组是 2008 年投用，配套于 7# 空压机，8# 干燥器组于 2012 年与 8# 空压机一起建设投产。原各干燥器组是分开运行的，但由于设计原因，原 7# 干燥器组由于没有旁路，当一组干燥器出现故障时，7# 空压机需要放空一半的风量，这样造成大量的浪费，因此在原仪表风和公用风干燥器和 7# 干燥器之间铺设一条连通管线，加装联通阀，这样各供风系统均可单独运行或与其他供风系统并联运行，各干燥器系统也可互为备用。5# 供风系统与 7#（或 8#）供风系统可以通过打开联通阀，实现干燥器之间的互为备用。当一组干燥器出现故障时，投用其余的干燥器组，实现经济合理运行。

4.2 干燥器平稳运行的影响因素

4.2.1 干燥器内的吸附剂

吸附剂根据使用周期要求或使用效果，定期进行更换。工作时吸附压缩后的空气，再生时脱附掉吸附的水分，使其具有再次吸附的能力。再生为微热模式，电加热器能否正常工作，直接影响再生温度的高低，主要观察投用的电加热器电流是否达到规定值，一般为 75A 左右，太低则为炉管损坏或电气元件损坏。通过观察再生曲线，电炉温度曲线均可判断电加热器工作是否正常。

4.2.2 各切换阀动作是否正常

如果切换阀不能正确打开或关闭，如三通阀不能按 PLC 程序按指定的方向打开，一方面干燥器可能无再生气通过，无法进行再生的加热阶段，另一方面干燥器无冷吹气体，未进行冷吹，出现仅加热不冷吹或一直冷吹的故障，这些均直接影响干燥器内吸附剂的再生，再生效果不好，直接影响仪表风、公用风的露点指标。

4.2.3 仪表电气系统的影响

以上切换阀不动作的原因，一般为仪表系统故障，或为仪表气源压力低，过滤器堵塞，另一方面为电磁阀故障，不能正确传递输出信号，或是电气各信号传输过

程中的故障。由于各干燥器系统控制均为就地控制，为 PLC 程序控制，当程序故障或继电器故障时，程序或信号传递错误，阀门不动作。

4.2.4 逆止阀泄漏与否的影响

每台干燥器有四台逆止阀，干燥后空气出口阀两台，再生气入口阀两台。在运行时经常逆止阀泄漏，主要表现为逆止阀阀板下沉、脱落或胶圈脱落，如果为干燥后空气出口阀泄漏，干燥器卸压时仍有些余压，而再生气入口阀泄漏时，泄漏量小时，再生风量用手感知可以察觉出风量有所增加，当阀板脱落时，大量的干燥后空气从再生排放口直接排放，严重的跑风现象就会发生。因些逆止阀泄漏问题一直是影响生产的瓶颈问题。现在一部分干燥器上采用了挂胶挡板逆止阀板，通过改变密封形式，改变以往手工粘胶圈，使用时间短及密封不好的弊端，极大地减少了泄漏损失，每组干燥器均增加供风量 $1000\text{m}^3/\text{h}$ 。

4.2.5 除油器、除尘器过滤元件阻力大小

除油器是安装是干燥器前的设备，主要清除压缩空气中的油，除尘器安装在干燥器组之后，除去经干燥器后的压缩空气中的粉尘，如吸附剂的粉沫等。当除油器或除尘器过滤筒堵塞时，空气经干燥器组后阻力增大，压降增加，如压力降过大，压缩后空气经干燥器后的压力与管网压力基本一致或低于管网压力时，干燥器后的风产品无法供出，该组干燥器的投用，只是增加了电能消耗，没有产生，以往曾出现多投用一组干燥器供风量不变的情况。干燥器前的除油器及干燥器后的除尘器压差数值是工艺控制的一个主要指标，接近报警值进行更换过滤筒或清理过滤元件，以减少压降。

在生产实际中，当出现干燥器组出现故障时，再生不好，分析露点不合格，或是现场或是运行曲线出现电加热器温度上不来或是冷吹温度上不来时，一方面排查原因，进行检修电加热器或是逆止阀仪表切换阀检修等，另一方面工艺需要对此组干燥器进行几个周期的强制再生，关闭干燥器出口阀，使干燥器内吸附剂内吸附的水份得到较为完全的解吸，否则可能出现产品质量不合格，产量也达不到要求。

5 压缩机组与干燥器的投用与切除

根据运行的压缩机组，投用适量的干燥器组。一方面干燥器吸附剂再生时，需消耗电能进行再生，少投用干燥器就会少消耗电能，另一方面再生时需要一定量的干燥后空气，作为再生气使用，这样减少了产品的供出量。压缩后空气经干燥器吸附剂时也会产生一定的压降，这些因素需要同时兼顾的情况下，合理进行匹配，投用比机组出口风量稍微有一定余量的干燥器组，运行两台空压机时，投用三大组两小组的运行模式，既保证干燥后仪表风、公用风露点合格，同时保证供风量满足生产需求，保质保量供出动能。

为进一步调优及挖潜增效，对目前存在的供风系统能耗较大，大部分损失基本都在干燥器再生损耗上，且

干燥器耗能较高的问题。改变运行方式，按夏季（每年的 5 月至 9 月）公用风供湿风，冬季（其余月份）公用风供干燥风模式运行，实现增加供风量，节约干燥器用电，增加经济效益的目的。

原 5# 空压机公用风供湿风联通阀 F7-2 恢复投用，暂停 5# 供风系统两组公用风干燥器，关闭公用风干燥器组的出口阀和总出口阀，通过 7# 空压机与 5# 空压机干燥器联通管线及常开 F5-3B、F5-3A 阀实现各大机组供风管线互通互备，通过 ZF-4 阀自动及手动调整功能保证仪表风压力的同时实现协同保证公用风的供应。

6 建议

根据目前供风管网的需要，供风装置目前存在很多制约影响其平稳生产的因素。

①其控制系统建议由 PLC 改为 DCS 系统，提高其控制的自动化水平，提高查询历史数据和实时数据方便与可操作性，便于监盘和对工艺参数进行调整；

② 5# 空压机，7# 空压机，8# 空压机这些压缩机组送出阀改为自动阀，减轻操作人员的工作强度，同时提高应急操作能力，紧急情况下能够快速关闭此阀门，减少管网压力波动事件的发生；

③循环水系统建议增加一台备用水塔及风机，以保证机组夏季平稳运行。由于供风装置担负着向各化工装置提供仪表风的任务，如果这台风机故障，循环水温过高，从而引发空压机组联锁停车，则可能造成化工装置大面积停车，这一隐患急待解决；

④将仪表风干燥器、公用风干燥器组运行数据如电炉温度，干燥器压力，罐下部温度等参数引至控制室，便于监盘，随时监控干燥器的运行情况；

⑤将 5# 空压机、7# 空压机这两台压缩机组主电机电流引至电脑中，便于随时监控电流，保证机组安全、经济运行；同时在调整机组负荷时随时观察电流等建议措施有待实施；

⑥将仪表风干燥器、公用风干燥器各逆止阀改为挂胶挡板式的逆止阀，减少逆止阀故障率，减少维修次数和降低维修费用，同时减少风量泄漏损失，这是一举多得的经济运行措施；

⑦在 7# 供风系统干燥器与 8# 供风系统干燥器入口管线上加装一台阀门，用于检修 7# 或 8# 干燥器，否则当一组干燥器入口阀损坏时无法切除，给整个供风装置的平稳运行带来影响。

供风装置的平稳经济运行，是一个系统工程，是环环相扣的，需要我们重视每个环节，认真操作，加强监盘，从循环水系统的平稳供给，保证压缩机组的正常运行及生产效率，压缩后空气经干燥器后，减少风量消耗与损失，保质保量地供出仪表风和公用风这些公用工程产品。在生产运行中，既保证装置运行平稳，又要在生产允许的情况下进一步优化，提质增效，这是企业发展的根本。