

Optimization Design of Air Compression Station System

Jianguo Deng Fengping Wen

Ningxia Sinochem Lithium Battery Material Co., Ltd., Zhongwei, Ningxia, 755000, China

Abstract

Based on the analysis of the new energy industry's demand for compressed air quality and energy consumption, combined with the company's on-site air pressure transformation cases, this paper analyzes and designs the process requirements, the selection of air compressor and air post-treatment equipment, and the control and control of dew point. Centrifugal compressor and oil-free variable frequency screw compressor are selected for air compressor. The equipment of the post-treatment system uses the zero-gas consumption compression hot dryer for water removal drying, the dew point and the compression dryer for interlocking compressed air drying, and at the same time adds three stages of filtration to solve the problem of compressed air containing oil and dust. Through testing and analysis, the dew point and cleanliness of compressed air meet the requirements, and the energy consumption is greatly reduced. Meet the new energy industry process for air pressure system cleanliness and energy consumption control requirements.

Keywords

new energy; compressed air; oil-free compressor; zero gas consumption; cleanliness

空压站的系统的优化设计

邓建国 文风平

宁夏中化锂电池材料有限公司, 中国·宁夏 中卫 755000

摘 要

论文通过对新能源行业对压缩空气品质、能耗的需求分析,结合公司现场空压改造的案例,从工艺需求、空压机及空气后处理设备选型、露点控制进行分析设计,空压机选用离心式压缩机、无油变频螺杆式压缩机,后处理系统设备选用零气耗压缩热干燥机进行除水干燥,露点和压缩干燥机进行连锁进行压缩空气干燥,同时增加三级过滤,解决了压缩空气含油、含尘的问题,通过测试分析,压缩空气露点、洁净度均满足要求,同时能耗大幅降低,满足了新能源行业工艺对空压系统洁净度和能耗管控要求。

关键词

新能源; 压缩空气; 无油压缩机; 零气耗; 洁净度

1 引言

压缩空气是化工、新能源等行业最重要的公用工程之一,特别是新能源行业压缩空气与产品接触的工况,产品的品质与压缩空气的品质有着直接的关系,一般的压缩空气系统,主要采用的微油螺杆式空压机,配套缓冲罐、冷干机、变压吸附式干燥机、过滤器进行除油除水,整体压缩空气的气耗在 10% 以上,特别是压缩空气里面含油,造成环境和产品的污染,因此优化空压系统设计,对于满足新能源行业对压缩空气的品质要求至关重要。

2 空压系统的能耗

影响空压系统能耗的因素有很多,归结起来主要是由空压机的效率、空压站的压力与末端使用设备所造成的管网

的压力降、管网末端压力与使用压力的压力降、空压系统干燥所造成的气体损耗、空压系统的压缩空气泄漏、压缩空气的使用露点值,这些因素都是空压系统能耗损耗的重要因素。

2.1 管网压力降

空压系统在传输过程中存在压力降,合理的控制压力降有利于节能降耗,当压力降增加时,为使使用端获得足够的压力,空压机出口必须通过增加压力来满足使用端的需求,压力降每增加 0.01MPa,功耗相应增加 0.3%~0.5%,其中影响压力降的主要因素管道规格尺寸、管道长度、阀门仪表等组件,按照国标要求,工作压力低于 1.6MPa 的压缩空气管道系统,从空气压缩机出口到最不利点的压力损失不宜超过空气压缩机排气压力 10%,因此合理地选择管径规格及管路设计至关重要。

2.2 管网压力

在现有的设计过程中,管网没有进行压力分级设置,而是简单采用高压供气,用气段降压来满足不同的压力需

【作者简介】邓建国(1983-),男,中国陕西渭南人,本科,工程师,从事工艺、设备研究。

求,在降压增加过程中,无形中造成能量损失;同时当需求侧用气量变化引起管网压力的随机波动,为了避免机组的频繁启停,往往设定一个很宽的压力变化范围进行连锁,造成空压机频发加卸载和管网压力波动,增加了系统的能耗,通过理论计算和实际检测,空压机压力每增加 0.1MPa,能耗增加 4%~8%。

通过以上分析可以得出结论,简单地通过提高压缩空气压力来满足使用端不同的用气需求,会大大增加空压系统的能耗。

2.3 系统气耗

由于压缩空气中含有大量的水分,当压缩空气进行压缩时,露点温度就会降低,产生的大量水分,同时由于工艺用气一般都需要使用 -40℃干燥的压缩空气,来满足工艺及仪表用气,因此需要通过干燥的后处理系统来获得符合工艺需求的压缩空气。

常规的后处理是经过冷干机、吸附干燥机及过滤器的系统组合,第一步先通过在冷干机冷却来排放冷凝水进行初步干燥,第二部通过吸附干燥机来进一步干燥来满足工艺的用气对露点的要求。在整个的泄压、吹扫过程中,需要消耗大量的压缩空气,通过测试,这两个阶段的损耗气量在空压机总气量的 8%~15% 之间,增加了系统的能耗。

2.4 压缩空气的露点

湿空气被压缩后,水蒸气密度增加,温度也不断升高,压缩空气冷却时,相对湿度便增加,当温度继续下降到相对湿度达 100% 时,便会有水滴从压缩空气中析出,这时的湿度就是压缩空气的“压力露点”,简单地讲就是在压力状态下,水蒸气凝结成水时的温度。

出口的露点值越低,吸附干燥的时间会越长,增加了系统的电耗和压缩空气的损耗,在满足工艺需求露点的情况下,通过露点和 PLC 程序的连锁控制来调整压缩空气反吹的气量和电加热的工作时间,可以减少压缩空气的损耗,同时降低电加热器的电耗。

2.5 空压机余热回收

根据全生命周期评价,空压机消耗的电能有 80%~90% 转化成热的形式散失掉了。空压机的电热消耗除去辐射到环境中存于压缩空气自身的热量外,剩余 94% 的能量均可以采用余热回收的方式加以利用。余热回收就是通过换热器等合适的手段将空气压缩过程中产生的热量回收用来加热空气或水,典型的使用如辅助采暖、工艺加热和锅炉补水预热等,通过合理改进,50%~90% 的热能可以回收并利用,安装热能回收装置可以将空压机运行温度有效控制在最佳运行温度,使润滑油工作状态更良好,空压机排气量会增加 2%~6%^[1]。

3 空压系统的节能优化设计

以下以某公司空压系统改造为例,从空压机选型、压

缩空气后处理系统设计、系统的洁净度设计进行系统的设计论述。

3.1 工艺要求

工艺要求空压系统的气量为 18000m³/h,其中需要工艺用气 15000m³/h,流量波动为 8000~15000m³/h,压力 0.8MPa,空气洁净度要求无油,且灰尘颗粒含量小于 0.5um;仪表用气 3000m³/h,压力 0.7MPa,仪表用气波动范围 1000~3000m³/h,用气压力 0.7MPa,工艺压缩空气、仪表压缩空气的常压露点值都要求压力露点在 -40℃以下,满足工艺对于低露点压缩空气的使用要求。

3.2 工艺需求分析

工艺用气、仪表用气的压力分别在 0.8MPa、0.7MPa,用气压力接近,且工艺用气量 15000m³/h,远远大于仪表用气的 3000m³/h,因此压缩空气的设计按照大于 0.8MPa 进行空压机进行选择,仪表用气、工艺用气由于压力比较接近,因此可以考虑使用一个空压系统管网进行设计;工艺用气在 8000~15000m³/h 进行波动,仪表用气在 2000~3000m³/h 进行波动,波动范围较大,因此在压缩机选型时需要考虑通过变频等手段来机型空压气量的调节;除此之外,对于压缩空气的露点、清洁度方面的要求,需要从节能、材质选择、制作工艺要求等方面,通过综合设计,来满足工艺的用气需求;余热回收方面,由于整个工艺没有特别的要求,因此尽可能地还是通过空压系统自身的选型设计进行优化。

3.3 空压机设计选型

通过对工艺系统的能耗分析和工艺用气的需求分析,得知在进行空压系统的设计需要从以下方面着手进行空压系统的设计,考虑到系统压力损耗系统,空压系统的出口压力大于 $0.8 \times 1.1 = 0.88\text{MPa}$,空压机的额定压在满足大于 0.88MPa 就可以满足工艺需求,考虑到工艺对系统洁净度管控的要求,空压要选择无油形式的压缩机或离心式空压机,额定压力 $\geq 0.9\text{MPa}$,空压机为整个空压系统提供压缩空气,从而确保空压系统从本质上没有油污的产生;考虑到后端工艺用气的波动,压缩机压缩空气总量设计按照 1.1 倍进行考虑,即设计压缩空气量 $Q = 18000 \times 1.1 = 19800\text{m}^3/\text{h}$;由于工艺用气在 8000~15000m³/h 进行波动,仪表用气在 2000~3000m³/h 进行波动,用气系统用气量波动范围为 10000~18000m³/h,因此离心式压缩机选用 2 台 8000m³/h 的离心式空压机和 1 台 4000m³/h 变频无油螺杆式空压机,系统波动范围小于 10000~12000m³/h 时,采用 1 台离心式空压机和变频无油螺杆式空压机系统运行;当系统波动范围大于 12000~16000m³/h,选用 2 台离心式空压机运行的模式,当运行范围在 16000m³/h 以上工况运行时,采用 3 台设备同时运行的模式。

3.4 空压机后处理系统

压缩空气中的三种主要的杂质是固体颗粒、水和油,它们相互影响(如固体微粒在油或水中凝聚成较大颗粒,油

和水形成乳状液),有时又在压缩空气设备的管道里面沉淀或凝冷(如油气或水蒸气)。压缩空气中还存在其他杂质,如微生物和气态杂质,因此空压系统需要通过后处理系统使压缩空气满足工艺的使用要求。

目前常用的后处理系统有以下几种方式。

第一种是微油螺杆式空压机流程:

空压机→空压缓冲罐→一级过滤器→冷干机→二级过滤器→干燥机→三级精密过滤器

其中,一级精密过滤器过滤精度 5 μ m,二级精密过滤器 1 μ m,三级精密过滤器 0.01 μ m。

第二种是无油螺杆式、离心式空压机流程。而无油螺杆式空压机后备系统可选择以下两种流程设计:

①空压机→空压缓冲罐→一级过滤器→冷干机→二级过滤器→干燥机→三级精密过滤器。

②空压机→压缩热干燥机→一级精密过滤器→二级精密过滤器→三级精密过滤器。

其中,一级精密过滤器过滤精度 5 μ m,二级精密过滤器 1 μ m,三级精密过滤器 0.01 μ m。

第一种压缩空气后处理系统主要是因为采用的是含有压缩空气,因此必须通过过滤器、冷干机除油除水后才能够采用吸附式干燥进行吸附干燥,如果不进行除油、除水,油会附着在吸附干燥剂表面,造成吸附干燥剂失效,从而影响空压系统干燥的正常运转。

第二种压缩空气后处理系统,由于采用的无油螺杆式空压机、离心式空压机,因此可以直接使用加压后的高温压缩空气进行吸附干燥,减少了吸附干燥过程中电加热过程中电的损耗,同时气体的损耗可以做到无气耗,从而可以使能耗提高 15% 左右。

综上所述,由于本次无油螺杆式空压机和离心式空压机,后处理系统可以选用零气耗压缩热干燥机进行压缩空气的干燥,同时通过考虑到压缩热干燥剂可能有少部分干燥剂杂质颗粒进入空压系统,因此在压缩空气末端设置精密过滤器,精度为 0.01 μ m,来满足清洁度管控的要求。

3.5 空压系统的露点控制

空压系统的露点值要求在 -40℃,由于一年四季空气的湿度不同,夏天空压站所在地区的湿度在 85% 以上,冬天的空气湿度在 20% 以下,由于空气湿度的不同,在夏天空气湿度在 85% 时,采用压缩热干燥系统,其露点值只能达到 -30℃,需要增加电加热再生,而在冬天露点值能够达到 -55℃,完全满足工艺要求^[1];因此为了后处理系统可以全年满足使用要求,在选择零气耗压缩热干燥系统时,必须配备电加热干燥系统来满足夏天环境的使用要求;同时由于一年四季湿度的变化,出口露点的波动比较大,因此此次设计过程中出口加一个露点检测仪与 PLC 系统进行精准连锁控制,从而使系统在满足工艺要求的同时,又能达到节能的一个效果。

3.6 洁净化的设计

①空气压缩机:为了保证压缩空气的品质,空压机需选用无油螺杆式空压机或离心式空压机,本次选用离心式压缩空气压缩机,可以保证过程中不含有油污,满足压缩空气对于气体品质的要求。

②冷干机、干燥机:本次选用的零气耗压缩热干燥机,为了保证整个压缩空气的品质,与空气接触的压缩热干燥机的设备筒体,采用抛光 304 不锈钢材质,在干燥机的出口设置精密过滤器,过滤器滤径小于 0.01 μ m,过滤器采用抛光 304 不锈钢材质,并设置压差显示,满足压缩空气对品质的管控要求。

③一级、二级、三级过滤器、精密过滤器:过滤器应选择过滤油水的精密过滤器,外壳选用 304 不锈钢材质,过滤器设置压差计,其中一级、二级、三级空压机房精密过滤器需设置自动排水装置,滤芯选用非金属材料,外壳采用抛光 304 不锈钢材质,所有与气体接触的自动排水阀不得含铜锌材质,调压阀过滤器,调压阀过滤器应选用经过专业处理的调压阀过滤器,过滤精度 $\geq 5\mu\text{m}$ ^[3]。

④压缩空气管道应当选用抛光洁净管道,管道直接连接尽可能地采用卡扣式连接,在不得不进行焊接的情况下,要进行表面焊缝的清理,保证管道及焊缝表面的平整光滑,确保在使用过程中没有异物的产生。

3.7 实施效果

通过测试,压缩空气后处理系统采用零气耗压缩热干燥机,在夏天在湿度在 85% 的工况下,启动电加热器,压缩空气露点可以达到 -40℃,在空气湿度低于 65% 工况时,不启动电加热器,露点能在 -40℃ 稳定运行,同时由于系统 PLC 的精确控制,能耗降低了 15% 以上;在空气洁净度方面,由于过滤器选用的是 0.01 μ m 的过滤,粒径大于 0.1 μ m 的杂质颗粒都可以被过滤,因此压缩空气纯度等级达到了 CLASS0 级;湿度和液态水等级方面,压力露点值在 -40℃,达到了 2 级的指标;油等级方面,由于空压机系统不含油,达到 0 级的含油指标要求,因此空压系统在空气洁净度、系统能耗管控方面,均满足了工艺需求。

4 结语

对于新能源行业空压系统的设计,要充分考虑空压机后处理设备的选型、系统压力及气体损耗、自控化控制及清洁度管控设计等问题,只有充分分析工艺需求,从实际情况分步进行系统化针对性设计,才能满足新能源行业对于压缩空气洁净度及系统能耗管理的要求。

参考文献

- [1] GB 50029—2003 中华机械工业联合会.压缩空气站设计规范[M].北京:中国计划出版社,2003.
- [2] ISO8573-1 压缩空气第1部分:杂质和纯度等级[S].
- [3] 中石化上海工程有限公司化工工艺设计手册[M].五版.北京:化学工业出版社,2008.