

空压站设备节能措施

黄文华

(紫金铜业有限公司, 福建 龙岩 362004)

[摘要] 介绍某大型铜冶炼厂空压站设备及运行现状,从工艺和设备方面,总结空压站长期运行中采取的节能措施,为冶炼企业空压站设备选型、节能降耗提供一定的参考依据。

[关键词] 空压站;离心空压机;节能降耗

[中图分类号] TF351

[文献标志码] B

[文章编号] 1008-5122(2022)04-0055-04

DOI:10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.04.012

0 前言

某铜冶炼厂采用国际先进工艺蒸汽干燥、闪速炉熔炼、PS转炉吹炼、阳极炉火法精炼及电解精炼工艺生产99.00%阳极铜和99.39%阴极铜。生产过程中,需要使用大量压缩空气作为动力源^[1],需配套空压站进行供气。在近年的运行中,空压站暴露出压缩空气单耗高、排空浪费、管道压力损失大、维修费用高等诸多问题。本文主要介绍该冶炼厂空压站在运行过程中采取的各项节能降耗措施及取得的成效,旨在为同行业提供一定的参考。

1 空压站

1.1 空压站机组配置

空压站主要配备有离心空压机4台、压缩热干燥机4台、无油螺杆机1台、微热干燥机1台,具体配置见表1。根据生产需要,离心空压机3用1备,无油螺杆机作为事故(停电)应急使用。

1.2 空压站工艺

空压机站采用三级压缩、二级中冷工艺^[1]。原料空气经自洁式空气过滤器过滤后,进入第一级压缩机进行压缩(由自动运行的进气阀门控制)。初次压缩后,气体进入第一级中间冷却器,去除其中的热量和冷凝水。冷却干燥后,气体进入第二级压缩

机进行压缩,然后进入第二级中间冷却器,再次进行冷却和干燥。最后,气体进入第三级压缩机,压缩至设计排气压力后,进入干燥机系统进行除湿处理,经缓冲储气罐后进入工厂用气系统,详细工艺如图1所示。

1.3 空压站运行存在问题

因冶炼企业的生产特性,空压站的供气具有不稳定性,总供气流量波动大(19 500~32 500 Nm³/h),且无规律可言。离心空压机主要作用是为主线提供合格的压缩风供生产使用,为保证主线的生产,离心空压机必须采用3用1备的运行模式。根据实时统计,离心空压机每天约1/3时间处于23 000 Nm³/h低流量供应时间,造成主设备放空阀打开,大量空气放空,致使能源浪费。同时由于冶炼企业空气中带酸性气体,离心空压机故障率高,维修成本增加。空压站成本分析如图2所示。

由图2可以发现,运行成本在离心空压机长周期生产成本中占据决定性的地位,占比高达79%。因此,如何通过精细化管理,对空压站能耗深入挖潜,提高能源使用效率,全方位降低空压站运行费用是急需解决的问题。

2 节能降耗措施

为了进一步对空压站开源节流,降低能耗,通过统计生产数据,针对压缩设备特性,从工艺、设备等方面进行调控。

2.1 工艺方面

2.1.1 采用恒压进气节流模式

结合压缩设备运行模式多样性,合理利用离心空压机设计的产气能力调节范围(75%~105%),

[收稿日期] 2022-02-12

[作者简介] 黄文华(1989—),男,福建上杭人,机械工程师,主要从事设备管理工作。

[引用格式] 黄文华.空压站设备节能措施[J].有色冶金节能,2022,38(4):55-58.

表1 空压站配置

设备名称	铭牌型号	功率/kW	数量/台	气量/ $\text{Nm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$	压力/MPa	电压/V	生产厂家
自洁式过滤器	MFS-400	—	3	400	—	—	华晟净化
1#—3#离心空压机	P600	1 119	3	150	0.85	10 000	复盛易利达
干式过滤器	5 × 2 903	—	1	500	—	—	英格索兰
4#离心空压机	C100075	1 268	1	200	0.85	10 000	英格索兰
无油螺杆机	SM132	132	1	21.4	0.85	380	英格索兰
压缩热再生吸附式干燥机	PHCS-5 500	30	3	150	0.85	380	纽曼泰克
压缩热再生吸附式干燥机	SDXY-150	30	1	150	0.82	380	山立
微热再生干燥机	PE-750	9	1	21.2	0.85	380	纽曼泰克
杂用储气罐	20/1.0	—	2	20 m^3	1.00	—	上海申江
仪用储气罐	2/0.8	—	1	2 m^3	1.00	—	上海申江

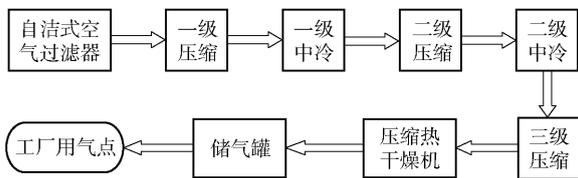


图1 空压站工艺流程图

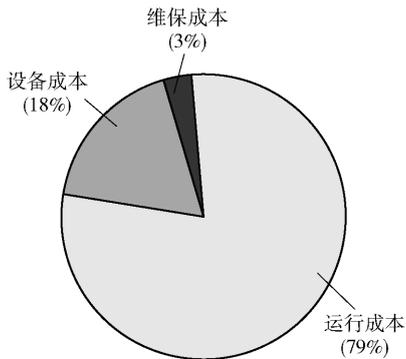


图2 空压站生产成本分析图

减少不必要的满载浪费。压缩机的运行模式包括恒压基本模式、恒压进气节流模式、空-重车(间歇或称 ON-OFF)模式、自动双重模式。针对外网用气量大波动情况,将3台 $150 \text{ Nm}^3/\text{min}$ 离心空压机的运行模式由恒压基本模式改成恒压进气节流模式,使设备额定电流由 69 A 降低至设定的最低电流 59 A,电机负荷从 1 100 kW 降至 960 kW,减少压缩机在低流量供应时间的空气放空浪费,并能在用气量增加时自动调节入口的导叶开度,增加产气量。

恒压进气节流模式是在满足厂用空气系统需求情况下,通过控制进气阀开度,实现进气节流,以减少马达电流消耗。这种控制模式与恒压基本模式类似。进气控制阀可以实现空气节流直达到最小电

流设定点。假如此时厂用系统需求量继续下降,卸荷阀将自动调节以保持设定压力。该控制模式原理如图3所示。

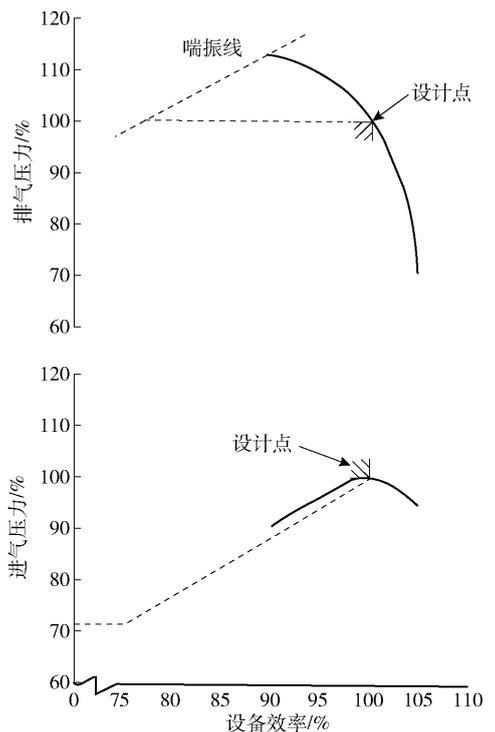


图3 恒压进气节流模式控制原理图

2.1.2 调整最小运行电流

调整运行模式后,主线生产所需的压缩空气量波动范围仍在设备可调节范围之外,在低流量运行时,仍存在较大放空现象。对离心空压机设计的产气能力调节范围(75%~105%)继续深入挖潜,在保证设备无损伤、不喘振的前提下,将最低运行电流从 59 A 缓慢降至 53 A,使最低电机负荷从 960 kW 降至 840 kW。

2.1.3 降低离心空压机排气压力

通过降低离心空压机的压力值来实现空压机的节能减排。大量的数据表明,离心空压机排气压力每降低0.1 MPa,总运行能耗可降低8%。在不影响压缩空气管网压力的前提下,将出口压力设定值由0.85 MPa降至0.79 MPa,由此可降低4.8%总运行能耗,即对于总运行能耗1 000 kW·h,可降低能耗48 kW·h。这对于大功率设备来说,节能效果相当显著。

2.1.4 采用机组群控节能

在用气量大并且负荷波动大的场合,使用多台离心空压机并列运行,多采用统一调配单台设备产气能力,实现多台机组均衡产气的节能方式^[2]。由于受管道布置、压缩机效率等影响,多台离心空压机同时运行时,有些负荷高,有些负荷低,导致负荷高的离心空压机拼命做功,负荷低的离心空压机排空浪费。由于现场无集控装置,必须采取一些管控措施:1)将1#离心空压机的出口管由U型走向改成直接走向,消除最大管阻;2)利用排气压力设定,针对多台设备的阻力情况,设置不同的排气压力来消除出口管阻和压阻,使多台离心空压机负荷均匀,达到节能的效果;3)调整阀门动作速率,改造多台设备的反应设备,均衡负荷。

以2018年生产数据为例,按电费0.5元/kW·h,计算采取上述4项工艺措施后3台离心空压机连续生产355 d节省的电能:(1 100 - 840) × 3 × 24 × 355 × 80% × 0.5 = 265.8万元。

2.1.5 安装中冷器自动疏水装置

有效做好中冷器的管理工作,以及循环水质水温管理,控制离心空压机能耗。压缩空气经中冷器冷却产生的冷凝水^[3]常年通过排水阀排放,排水阀为手动阀,须靠人工调整,运行人员无法准确调整冷凝水排放开度,造成大量的压缩空气浪费,因此对中冷器排水安装零损耗自动疏水装置进行改造^[4],实现自动疏水。

根据现场实际统计,自动疏水装置每40 min排放一次,排放一次的时间为5 s,每天排放36次,共排放180 s,也就是3 min。空压站压缩空气成本按0.08元/Nm³计,经核算,中冷器自动疏水改造每年可减少约1 634 Nm³压缩空气排放,节省成本约14.3万元。

2.1.6 调整干燥机运行模式

为充分利用离心空压机的排气热能,在设计选

型时,压缩站选用了压缩热吸附式干燥机。利用干燥机设备特性,调整干燥机运行模式,减少气量浪费。针对外网所需空气露点为-40℃,而干燥机露点长时间处于-60℃以下,将干燥机运行模式更改为露点模式,大大延长了干燥机单塔干燥时间,冬天空气干燥时效果尤为明显,切换时间由原来的240 min延长至600 min以上,干燥剂的再生频率降低,由原来的每天6次减少到平均2.4次,一方面减少了干燥剂再生时的压缩空气浪费,另一方面节约电加热器的耗能。

据核算,调整干燥机的运行模式可节省费用约7.4万元。

2.2 设备方面

2.2.1 做好基础管理工作

建立健全空压站设备管理制度,包括技术台账、点检制度、检修标准化、备品备件管理等;按规范全面实行计划检修,编制空压设备检修保养项目,做好检修全过程质量验收及对检修效果总结分析,对不合理的进行改造提升,确保设备稳定安全可靠运行。

2.2.2 更换机械式过滤器

现有离心空压机入口过滤器为机械式过滤器,由于厂区空气常年含有酸性气体,而机械式过滤器只能去除颗粒杂质,无法过滤酸性物质。机组运行时,空气在压缩后析出水分,酸性气体遇水后形成弱酸,对机组内管道、零配件造成酸性腐蚀,情况比较严重。空气流走时将锈渣剥落,形成机械杂质冲击,导致叶轮局部受损,叶轮在短周期内积碳^[5],引起转子振动上升,需对离心空压机压缩部分进行解体、清洗叶轮(清洗周期成倍缩短),最终导致离心空压机平衡失效,需返厂做动平衡试验,修复不平衡量。离心空压机保养费用较高,每台保养一次的费用约为10万元。且叶轮与蜗壳间隙逐渐增大,导致离心空压机效率下降明显,能耗增大。

针对上述问题,进行铜银测试片腐蚀试验,确认空气成分,将离心空压机入口的机械式过滤器改造为干式化学过滤器。其主要原理是在过滤器中间段增加化学填料以过滤空气中的H₂S、SO₂等硫化物,即形成初效空气过滤+化学过滤+中效空气过滤的干式三级过滤方式,将空气中的酸性气体去除,减缓酸性气体对内部管道和设备本体的腐蚀,保证设备的安全可靠运行,延长设备的维修周期,同时保证为外网提供不含酸性气体、合格的压缩空气。

2.2.3 外接干燥气源

离心空压机蜗壳及附属管道受酸性气体的侵蚀,产生锈垢,锈垢容易被吸入叶轮,在叶轮上粘结,造成叶轮积碳问题^[5],导致主设备转子动平衡破坏,振动上升,不利于设备安全运行,且造成主设备维修成本增加。通过外接干燥气源对叶轮反吹加温,防止停机后潮湿空气残留在叶轮上造成的积碳问题,大大延长了离心空压机的检修周期,减少设备的维修成本。

3 结束语

空压站节能措施实施后,既节省电耗,节约电费,还降低了设备故障率和维修成本,使空压站系统更加安全可靠地运行。在大力提倡节约能源的今

天,这些措施的实施推广对企业“碳达峰”和“碳中和”工作开展具有重要的意义,有利于提高企业的核心竞争力。

[参考文献]

- [1] 王书敏,何可禹. 离心式压缩机技术问答[M]. 北京: 中国石化出版社,2006.
- [2] 周芸. 造船厂离心空压机群节能运行关键技术研究[D]. 上海交通大学,2016.
- [3] 刘明庆. 离心空压机中间冷却器概述[J]. 风机技术, 2009(3):33-34.
- [4] 赵慧娟,祁超. 空压机安装零耗气排水阀的节能实践[J]. 棉纺织技术,2018,48(1):73-75.
- [5] 李明伦. 大型离心空压机结垢原因分析及处理措施[J]. 压缩机技术,2019(2):52-54,24.

Energy Saving Measures of Air Compressor Station Equipment

HUANG Wen-hua

Abstract: This paper introduced the equipment and operation status of air compressor station system of large copper smelter, and summarized the energy-saving measures taken in the long-term operation, so as to provide some reference for the equipment selection, energy saving and consumption reduction of air compressor station in smelting enterprises.

Key words: air compressor station; centrifugal air compressor; energy saving and consumption reduction