

贴片法在透平膨胀机检修安装中的应用

刘永龙,王仲杨,张志男

(白银有色集团股份有限公司 铜业公司,甘肃 白银 730900)

[摘要] 本文介绍了白银有色集团股份有限公司铜业公司制氧车间 20 000 Nm³/h 制氧系统增压透平膨胀机在使用过程中及检修安装时出现的问题以及相应的处理方法,通过对设备的故障分析及工作原理来提高检修质量,提高设备的运行可靠性,达到高效率稳定生产的目的。

[关键词] 间隙;检修;膨胀机;结构原理;故障分析

[中图分类号] TB653 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2022)02-0033-03

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.02.008

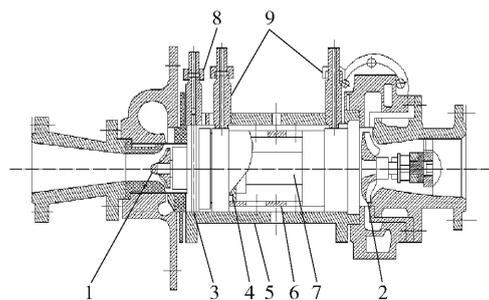
0 引言

白银有色集团股份有限公司铜业公司(以下简称“白银铜业”)经过数次技术改造,发展成为阴极铜 180 kt/a,硫酸 550 kt/a 的大型铜冶炼企业。白银铜业 20 000 Nm³/h 制氧系统通过自洁式过滤器将原料气体吸入,并将机械杂质、尘埃等过滤后,进入透平空压机进行多级压缩。预冷系统的空冷塔将压缩后的气体进行预冷,预冷后的气体进入纯化系统去除气体中的二氧化碳及水分,纯化后的气体再经过透平膨胀机、主换热器及精馏塔得到产品氧气。供气系统提供白银炉、转炉、卡尔多炉用氧。20 000 Nm³/h 制氧系统拥有 1[#]、2[#]两台透平膨胀机,其在整个制氧空分设备中起着关键作用,空分塔内的冷量绝大部分由膨胀机提供,膨胀机主要起着制冷作用。

1 透平膨胀机的结构及原理

透平膨胀机由主体、膨胀端、制动器(增压端)、润滑系统、气封系统、保护系统组成。白银铜业采用的是离心式-轴流单级反动膨胀机,其结构简单、焓降大、转速高、效率高等特点,其结构如图 1 所示。透平膨胀机的工艺流程为:纯化后的一部分空气进入增压端压缩后,再进入板式换热器并与反流气

体换热降温至 -120 ℃ 左右进入膨胀端;冷却后的气体在膨胀端经过等熵膨胀的过程对外做功,焓值下降,从而使温度与压力进一步降低,气体温度接近液化温度后直接进入分馏塔下塔;膨胀端主要是气体膨胀将热能转化成机械能的过程,而增压端是利用膨胀端所产生的机械能对气体进行压缩。此过程可视作绝热可逆过程,效率远大于节流膨胀。



1. 膨胀机 2. 制动风机 3. 密封套 4. 轴承 5. 外筒体 6. 轴承套 7. 转子 8. 密封气接头 9. 润滑油接头

图 1 透平膨胀机结构图

具体工作原理为,透平膨胀机膨胀端将来自上游的高压气体膨胀为低温、低压气体,连续不断将热能转化为机械能。高速气流使叶轮旋转,再通过由轴承支撑的转轴将机械能传递给增压端制动消耗。工作介质在透平膨胀机的通流部分中膨胀获得动能,并由工作轮输出外功,从而降低了膨胀端出口工作介质的内能和温度,如图 2 所示。工作介质先经增压端增压,再冷却后进入主换热器,然后在膨胀端绝热等熵膨胀产生空分装置所需的冷量,与此同时产生的机械功又为增压端所利用。当气体具有一定的压力和温度时,具有由压力而体现的势能和由温

[收稿日期] 2021-10-12

[作者简介] 刘永龙(1975—),男,甘肃古浪人,高级工程师,大学本科,主要从事有色冶炼烟气制酸及工业废水处理和有色冶金设备技术管理工作。

[引用格式] 刘永龙,王仲杨,张志男.贴片法在透平膨胀机检修安装中的应用[J].有色设备,2022,36(2):33-35.

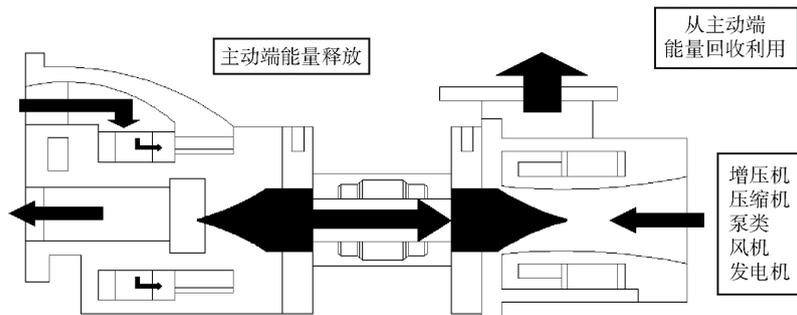


图2 透平膨胀机工作原理图

度所体现的动能,这两种能量总称为热能。膨胀机将气体在膨胀端内进行绝热等熵膨胀对外做功消耗气体本身的内能,使气体的压力和温度大幅度降低达到制冷与降温目的。

2 透平膨胀机主要技术参数

白银铜业制氧系统于2011年建成投产,使用的透平膨胀机主要技术参数如下:

型号	PLPK-313/7.28 × 0.38
流量	312 m ³ /min
进口压力	0.891 MPa
出口压力	0.138 MPa
进口温度	-113 ℃
转速	18 700 r/min

经增压机增压后的空气在主换热器内被反流气体冷却至-120℃左右,进入膨胀机绝热膨胀降温,产生空分装置所需的冷量,与此同时产生的机械功用来驱动增压机。

3 透平膨胀机检修故障分析

20 000 Nm³/h 制氧系统透平膨胀机经过长期运行,近期出现膨胀效率偏低的情况,该膨胀机设计转速为18 700 r/min,实际运行最大转速只能达到约16 000 r/min,膨胀效率仅为75%~80%之间,该问题一直制约着制氧系统整体运行的工作效率,所以如何提高膨胀机运行效率和转速显得非常重要,经过对膨胀机检查分析及加强实际操作,均不能有效提高运行效率,膨胀机在后期运行时出现震动及声音异常的情况,所以决定对膨胀机进行解体检查。解体后拆下转子发现,膨胀轮及膨胀端蜗壳内T型密封均磨损严重,而且膨胀轮外沿出现缺口,叶轮及转子已无法继续使用。通过分析认为,造成该故障的主要原因为叶轮与T型密封之间的安装尺寸过

小,在运行中叶轮与密封一直处于刮蹭状态,随着设备的使用周期增长,各处磨损的加剧,最终导致叶轮被拉伤。制约膨胀机工作效率的主要原因为转子安装间隙不合理导致。那么,对于此类高转速、高精密的设备叶轮与T型密封的配合安装间隙就非常重要,叶轮与T型密封的安装间隙必须控制在0.10~0.15 mm之间,才能使膨胀机的效率达到最理想的状态。安装间隙不能过大也不能过小,太小容易损伤T型密封导致漏气,或者损坏叶轮,造成动平衡失效,使机体震动过大;如果叶轮与轴封安装间隙过大,转速无法达到设定转速,而且运行时一部分高温气体会直接从此间隙处流走,直接与经过膨胀的低温气体混合,发生气体碰撞,进一步影响并制约膨胀效果,大幅影响膨胀机的膨胀效率。

4 透平膨胀机故障问题

(1)在以往的检修安装时一直采用压铅丝测机壳间隙的方法,是在转子与膨胀机机壳的接触面用压铅丝的方法来测量安装间隙,但用该方法测量结果存在一定的不准确性,因为通过该方法测得数据为间接数据,不能够直接反应密封与叶轮的實際间隙,存在过大的误差,对于该类安装精度较高的设备通过该方法,只能反应出叶轮与T型密封的安装是否有间隙、叶轮与密封是否出现安装的刮蹭,而不能够反应出间隙的实际尺寸。

(2)检修20 000 Nm³/h 制氧系统1#膨胀机时,在安装膨胀机新的转子时发现,将转子外壳螺丝紧固后,与T型密封挤住,没有转动间隙,拆除后经过对备件的仔细检查后发现膨胀端叶轮无法安装到轴根底部,存在安装缝隙,无法与轴肩贴合,用塞尺测量发现有间隙为0.65 mm,拆下后与原叶轮对比,发现原叶轮的轴孔安装位置倒角为0.75 mm,而新叶轮的轴孔倒角为0.25 mm。而且由于新轴的叶轮安

装轴肩处存在圆弧角,使新叶轮无法安装到底,导致叶轮安装位置靠前。这样,新叶轮的安装尺寸比旧叶轮的安装尺寸大了 0.65 mm。

(3)在检修时对轴进行尺寸核准后发现该轴的膨胀端安装尺寸,也就是轴肩到轴头的距离比图纸大了 0.50 mm,使安装带来较大困难。由于叶轮与轴的尺寸偏差导致新的一套转子的安装尺寸比原转子大了 $0.65 + 0.50 = 1.15$ mm,直接导致在实际安装时安装尺寸偏差过大,无法正常安装,叶轮与 T 型密封会直接接触。

5 透平膨胀机间隙控制改进方案

通常采用的机壳压铅丝测量间隙方法,在实际操作中转子与机壳接触面安装之间是通 O 型圈密封,由于橡胶具有回弹性,弹性量随着螺栓的压缩紧固增大,导致测量的不确定性,这严重制约着检修的质量与进度。实际工作中,采用该方法不能有效地解决间隙控制的难题。

为了短时间内完成转子及叶轮的安装问题,如何找出安装尺寸间隙,并使安装间隙符合设计要求。为了保证叶轮与 T 型密封有合适的间隙,针对该问题经研究决定在转子与机壳压盖密封圈前面加装垫片(正常情况下此处不必加装垫片,直接安装即可),但是制作安装垫片的厚度困扰着检修正常进行,因为转子与密封的间隙在机壳里,无法观测,只能经过安装尝试后纠正,通过盘车发现转子与 T 型密封均不接触,但其间隙尺寸又无法测量。

经过反复探讨最终决定采用“贴片压装法”,取用厚度 0.25 mm 的贴片,刚好在可以测得 0.15 mm 的间隙的范围内,于是用贴片剪成小片均匀贴至 T 型密

封上压间隙试装,试装后测得贴片厚度为 0.23 mm,所以转子与机壳之间的垫片只需去掉 0.10 mm 即可,通过用白色布胶带贴片找间隙的方法,快速又直观地测得了间隙,不仅加快了检修进度,也确保了检修质量,测得此处间隙为 0.14 mm,符合设计要求,仅试装三次可以直观明了的解决控制间隙的问题。

6 改进后效果

透平膨胀机运行效果良好,而且膨胀机的转速能够达到设计转速,膨胀效率由原本的 80% 上升至 95%,从而降低制氧系统主要的耗能设备空压机电流,经测算每天可节省电量约 0.2 万 kW·h。

7 结语

膨胀机作为制氧系统的关键设备,工作效率的高低直接影响着制氧系统的生产,所以检修质量尤为重要。采用该“贴片压装法”简便又直观地反映出叶轮间隙,确保了检修质量,又极大提高了检修进度。并且该方法也可推广运用到其他类似精密设备或大型风机的叶轮与蜗壳内部设备的间隙测量控制中,也可以运用到其他密闭空间的间隙控制,找正安装中,不但能够保证设备的检修质量,有效提高设备运行效率,而且还可以提高检修安装工作效率,延长设备使用周期,降低检修费用。

[参考文献]

- [1] 徐炳华,杨学熊,夏上惠. 流体输送设备的自动调节[M]. 北京:化学工业出版社,1982.
- [2] 张策. 机械原理与机械设计[M]. 北京:机械工业出版社,2011.
- [3] 李化治. 制氧技术[M]. 北京:冶金工业出版社,2009.

Application of Coating Method in Maintenance and Installation of Turbo-expander

LIU Yong-long, WANG Zhong-yang, ZHANG Zhi-nan

Abstract: This paper introduces the issues occurred to the booster turbo-expander of the oxygen making system ($20\ 000\ \text{Nm}^3/\text{h}$) in the oxygen making plant of Copper Company of Baiyin Nonferrous Metals Group Co., Ltd. during use, maintenance and installation, and the corresponding solutions to improve the maintenance quality and the operation reliability of the equipment through the failure analysis and working principles of the equipment, so as to achieve high-efficiency and stable production.

Key words: gap; overhaul; expander; structural principle; fault analysis

