

气体轴承透平膨胀机安装与应用

贵州有机化工厂

顾连福

1. 气体轴承透平膨胀机的工作原理

气体轴承用气体作润滑剂，在轴与轴承之间构成气膜，使活动面与静止面避免直接地接触，这就是气体轴承的原理。用压缩空气在膨胀机内绝热膨胀直接产生冷量获得低温，并使空气在空分塔中节流液化，同时补偿空分设备中的各种冷量损失，透平膨胀机

是利用气体轴承作为转动支承元件，这就是气体轴承透平膨胀机的工作原理。

2. 气体轴承透平膨胀机构件介绍

为了更好地了解透平膨胀机各部件的作用与性能，首先对该机主要构件（图1）作一下简要说明。

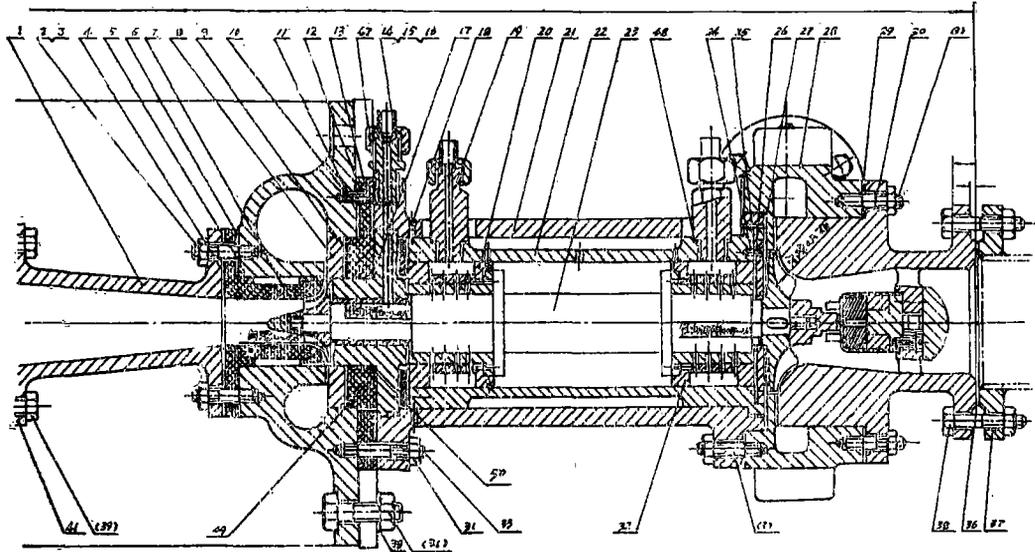


图1 透平膨胀机总装图 (PLK 8.33×2/20-6-2型)

主构件:

1. 扩压器, 5. 蜗壳, 6. 调节垫圈, 7. 内扩压器, 8. 导流器, 9. 调节垫圈, 10. 螺钉, 11. 绝热板—I,
12. 调节垫圈, 12. 绝热板—II, 14. 接头, 17. 密封套, 18. 左端板, 19. 管接头, 20. 左轴承, 21. 外筒体,
22. 轴承套, 23. 转子, 24. 螺钉, 25. 垫圈, 26. 限位密封板, 27. 垫圈, 28. 风机蜗壳, 30. 风机进口管, 32. 右轴承, 36. 垫圈, 37. 风机进口法兰, 41. 垫圈, 47. 垫圈, 48. 垫圈, 49. O型密封圈, 50. O型密封圈

件⑳、㉑左、右轴承是属于静压多排气孔类气体轴承，该轴承由轴承体(3Cr13)，轴承衬(TSQ-A)组合而成，加工精度要求很高，是透平膨胀机的关键另件，作用是支承转子。

件㉒转子是由伞形螺母(2Cr13)，工作轮(LD5)，主轴(40Cr)，风机叶轮(LD5)，风机螺母(3Cr13)，键(45#钢)组合而成，加工精度 $R_{z_{max}}$ 为 $0.2\mu m$ ， $R_{z_{min}}$ 为

$0.1\mu m$ ，装配后做动平衡试验其重心偏移不大于0.5微米，用作高速旋转转动件。

件⑦内扩压器是由环氧玻璃布料加工而成，同心度要求较高，它与工作轮的间隙，直接影响到绝热膨胀效果的好坏。

件⑧导流器(2Cr13)用于高压进气喷嘴节流。

件⑰密封套(LD5)内孔挂锡合金衬里，用于防止膨胀后压力空气向转子内泄漏。

件④⑨, ⑤⑩型密封圈(硅橡胶)主要防止气、冷量泄漏损失。

3. 气体轴承透平膨胀机的安装

(1) 外观检查

① 在膨胀机安装前, 首先检查一下表面有无锈蚀, 碰伤情况。

② 检查外部各几何尺寸, 记录原始测量数据。件⑬Ⅱ*绝热板与⑭壳体周边间隙在一般情况下最小保证0.05~0.1毫米。其目的是为了保证件④⑨及件⑤⑩型圈密封高压端进、排气体。间隙最好控制在 0.3 ± 0.05 毫米, 周边间隙应保证基本平行一致, 误差不要超过0.03毫米。

③ 注意外部连接各件“记”符号情况, 如没有可以考虑自己标注。

(2) 解体清洗组装

① 首先外部壳体的拆卸。在件⑮处拆除(在绝热板⑬处即可分开成两体), 检查程序是:

工作轮是否能用手轻轻转动, 无塞、阻现象。

检查件⑦内扩压器内口上有没有摩擦痕迹, 设备在制造厂家短时试车时, 是否有被高速拉伤(一般是微轻的擦伤)如有此情况, 必须将内扩压器孔上作局部修整。具体做法是: 可用断锯片(新口)将此迹刮去, 然后用0*以上细砂布在表面砂平整, 最后用300*金相砂纸在整个接触口表面上光一遍。

原始压量: 用0.5毫米保险丝制成大, 小两个圈, 在工作轮根部设一道, 在离外轮边2~3毫米处设一道, 工作要求间隙0.1~0.15毫米, 但应考虑到该工作轮是由手工加工成型, 有一定的几何公差(图纸设计要求跳动小于0.015毫米, 实测均在 0.03 ± 0.01 毫米内), 压量时应将膨胀机处于垂直位置, 一般是用件⑳蜗壳作底座, 转子部份处于下面, 在工作轮上加2道保险丝, 然后用件⑤蜗壳轻压, 要求周边间隙均匀下降, 用14*

~17* 权口扳手把紧即可(周边间隙可控均匀误差在0.03毫米内), 工作轮间隙可在件⑥处用钢纸垫调整。压量后计算工作轮与内扩压器实际间隙时, 要注意加上转子向右位移量0.05~0.06毫米, 也就是工作轮与内扩压器压量间隙读数为0.15~0.21毫米。

检查件⑧导流器表面是否光滑, 能否与件⑥平面紧贴, 另外能否在蜗壳内自由转动。检查件⑪绝热板—I是否贴平, I板外径要小于Ⅱ板内径, 只要能在Ⅱ板内套中轻轻转动即可。此时应把件④⑨和⑤⑩拿开, 以免损坏。但在装配时千万记住一定要把它装上。

② 膨胀机的清洗与组装

采用挥发性较强的清洗剂如98%酒精、四氯化碳等, 即能洗清污物, 又能脱脂。

气体轴承清洗及表面检查是透平膨胀机组装运行的关键工作之一。气体轴承一般需在盛满液槽容器内来回摆动, 发现有脏物时, 最好用通针(可以用医用针灸用针稍加磨制, 要求 $\varnothing < 0.30$ 毫米)逐个在洗液中畅通, 如碰到个别烧堵, 可以用刮刀将其表面轻轻挑去, 通针通出后表面全部用金相砂纸来回砂几下, 清洗完后用 $0.15 \sim 0.2 \text{ MPa}$ 空压气体吹除干净, 表面不得有污迹水份, 并搁置在无纤维布上备用。

转子轴清洗注意与气体轴承接触面要光滑, 无明显车磨道迹。气封螺纹要将氧化物用挂锡合金药液物清洗干净, 空气吹净备用。

为了确保装配后的透平膨胀机一次成功, 首先应对转子作起浮试验。方法是将㉓转子轴, 件㉔、㉕左、右轴承(左右轴承的装配要注意运动方向, 风机轮端应是顺时针向记号), 件⑯、⑰左端板, 限位密封压板, 按拆卸时反向装配在件㉖轴承套和件㉗外筒体内, 再装上件⑱密封套, 最后装上工作轮和风机轮(注意记符号相同), 然后接上件⑲管接头, 即可开始试验。在做试验前还需测定一下转子轴向间隙量(要求0.09

~0.13毫米)。如果大于间隙允许值可在件⑳右轴承端面加垫片来调整,如果小于间隙允许值可在件㉑处调整。在件㉒接头处连通气源,气源压力为0~0.6Mpa。缓慢开开气源,一般在0.03~0.05Mpa即可使转子旋转,方向呈风机端向逆时针。转子的转动气压要从0.03~0.6Mpa任一压力,机身呈任何方向时无停、碍阻现象,并且转速越来越快。出现异常情况,一般是由于气动轴承平行度、垂直度以及粗糙度的问题,或转子轴台阶平面不够光滑,有些可能是气体轴承烧后有一层铜膜粘在其表面,必须用金相砂纸打磨光滑、平整。如试起浮时发现喘振异响,这是转子动平衡不良引起,必须对转子重新作动平衡试验。在试起浮合格后,即可作整体装配。

4. 透平膨胀机的总装配

为了确保件㉓筒体与件㉔蜗壳两端面的平行,建议采用整体式组装。

(1) 检查件㉓与件㉔端面间隙基本要求误差在0.03毫米之内,并间隙量与压量时应该相等,要求差值±0.02毫米(否则会影响制冷效果)。最后在件㉕、㉖处于冰箱柜内联接,在件㉗、㉘处于进口管相连。

(2) 测速头(即件㉙风机进气管)的连接,在测速头与件㉓筒体连接前需要对风机叶轮与件㉚风机进口管进行压量,要求间隙是0.5~0.8毫米,可以偏向0.8毫米,在件㉛处调整垫量。压量工作可以在总装试起浮后进行。最后连接风机进口风管,风管入口可用汽车专用过滤器来代替过滤装置。

5. 试压、开车、运转、停车

(1) 透平膨胀机总装前,需对冷箱内所有管路进行清洗,吹除干净,特别是各焊接口焊渣等杂物要敲打吹除干净,并进行管路试压,试压要认真仔细,泄漏量的大小对制冷量的损失影响较大。各压力表也要脱脂冲除干净。不可用油润滑。在试开车后还要进

行一次在件㉜、㉝处的气密性试漏,待全部合格后,方可用保温材料来填充保温箱内。

(2) 试开车是在上述各部均已完成后,即可作开车准备,连续操作顺序如下:

- 1、调节气体轴承压力0.4~0.6Mpa(表压),确认一下转子是否起浮,观察、手感均可;
- 2、全打开风机出口阀;
- 3、确认膨胀机进口截止阀处于关闭状态,全开膨胀机出口截止阀;
- 4、缓慢打开膨胀机进口截止阀,逐渐使膨胀机进口压力上升,注意转速不得超过额定转速,也不许超压运行;
- 5、调节密封气压力至0.6Mpa(略高于膨胀后压力0.02~0.04Mpa即可)。

(3) 透平膨胀的正常运转需按如下几点要求进行:

- ① 按正常操作条件要求调节各执行装置于额定值。

- ② 为了加快冷却速度,该类型透平膨胀机是两台先后共同工作,正常时转入单独一台操作运行。由于进气管公用,故由两台运转转入一台运转时,要密切注视另一台以防超速,操作过程要缓慢进行。对于停车一台膨胀机,轴承气压仍应保持0.1~0.2Mpa供气,以防杂质进入及锈蚀。

- ③ 透平膨胀机在长期运转过程中有冰和干冰附着喷嘴,会造成喷嘴堵塞,使透平膨胀机效率降低,需要切换,加温吹除。吹除时轴承供气和密封气要照常工作,膨胀机进出口截止阀要关严,吹除阀要全开。

- ④ 为了确保空分装置透平膨胀机长期、高效率运行,空分油水分离放异应每30~40分钟进行一次。

(4) 透平膨胀机的停车工作应按如下要求进行:

- ① 正常停车时逐渐关闭透平膨胀机进口阀,再关出口阀。当转速表为零时,关闭密封气,并将轴承气压力降至0.2Mpa。

- ② 紧急停车一般是出现极不正常现象(转速、压力、温度、流量),以及有异常

的震动、噪音、气体轴卡住、突然停车等，应立即关闭膨胀机进口阀及纯化器进口阀。

6. 安装注意事项及其要点

气体轴承透平膨胀机是一种非常精密的高速转动机械设备。要用好它，应该做到“精、洁、细”。在本设备的安装调试工作中，务必要抓住几个关键步骤，首先是工作轮与内扩压器的间隙测定（即压量），要认真细致地去做，这是直接关系到设备的正常运转、工作效率的高低。其次气体轴承的清洗工作要耐心、仔细逐眼清通，表面粗糙度要确保。总之把这两项心脏件能如实做好，其它工作只要认真地按顺序、技术要求去做，那么一切工作都迎刃而解了。鉴于本设备的精密要求，建议透平膨胀机的清洗、拆装工作应该有一个比较清洁的工作场所，有条件的可以配备有指示、可调节气源2个，必要时准备一套专用修理工具。

另外几点事项要引起重视和注意：

① 一般情况下，转子的起浮在 $0.03\sim 0.05\text{Mpa}$ ，但长期使用磨损后，转子起浮需要 0.1Mpa 左右，在 0.15Mpa 以上才能起浮就应考虑气体轴承的修理和更换了。

② 转速表是否动作。一般情况下，进口截止阀左旋 5° 左右，转速表即可有反应转速指示，如开启达 15° 还没有反应需立即关闭截止阀，检查转速表接线柱有无问题，

表是否好用。

③ 截止阀需缓慢开启，刚开车时，可开到了3万，6万转递加，间断1分钟，无异再加速，确认或熟练后可以连续开启，大概在 $30\sim 40$ 秒左右可完成一台开启过程。另外，外部进气阀不能在透平膨胀机运行中突然开大，以免冷箱操作盘失控超速，使气体轴承烧坏。

7. 结束语

气体轴承是一种先进技术，在国外已作为一种比较成熟的技术在机械、电子、仪器、航天航空、医疗器械、药品工业、食品轻纺、矿山冶金、交通与能源等各个领域的广泛运用。国内也已经在多种行业中得到推广运用。但是在我省机械行业尚未引起人们的注视，认识和运用就更差了。本文赘述的目的也是在于引起省内同行们的注视，把这种先进的技术早日广泛地推广运用。其次对那些正在需要引进运用，或首次使用该技术的同仁们提供一些经验，对那些尚未接触过，手中又无这类技术资料的人来说，是会有益的。由于我们也是首次引进、使用，在工作中积累、总结了一些肤浅的认识和看法，仅供大家参考，起一个抛砖引玉的作用，愿它能为我省的工业发展作一点小小的贡献。

本文经我厂高级工程师章志江同志审阅、修改，在此表示感谢！

《国外金属热处理》征订启事

本刊是国内唯一的热处理综合译刊，本刊向广大读者提供内容丰富，新颖而有价值的国外热处理的技术经济信息，及时反映国外热处理的最新成果和发展趋势。包括理、材料、工艺、设备、性能、测试、专利、信息、摘译、题录、现场经验、考察报告、知识讲座、学术活动等。

本刊还开展以下各项业务：(1) 刊登各种内容、形式的广告；(2) 提供各种技术咨询和技术服务；(3) 代译热处理外文资料；

(4) 代订代购本刊各期刊物；(5) 其它。热诚欢迎各界人士和用户来函来人联系以上业务。

本刊为双月刊，定价1.5元/期，全国公开发行，代号44—23，各地邮局均可订阅，也可直接向编辑部订购。

编辑部地址：南昌市丁公路797号（江西省机械科研所内），开户银行及账号：南昌市四交办6089041。