

卧式多级离心式高压氨泵在大尿素装置中的应用

李海英

(中石化股份公司九江分公司化肥厂 332004)

摘要 介绍卧式多级离心式高压氨泵及泵用干气密封首次应用于大化肥氨气提法尿素装置的情况。对试车中遇到的干气密封频繁损坏、轴振动、泵输出量逐渐下降等原因进行了系统分析。通过多次改造,达到了长周期运转的目的,填补了该泵种在国内外应用的空白。

关键词 离心式高压氨泵 干气密封 应用 故障分析 改造

我厂从意大利 Snamprogetti 公司引进的年产量 52 万 t 氨气提法尿素装置中采用了意大利 Nuovo Pignone 公司制造的卧式多级离心式高压氨泵。它是 Nuovo Pignone 公司为氨气提法尿素工艺开发的一种大流量、大功率、高压、高转速的离心泵,在氨气提法尿素生产装置上的应用在国内外尚属首次,干气密封用于这种工况的泵也属首例。

2 台泵(1 开 1 备)在顺利通过了以液氨为介质的单机试车后,于 1996 年 10 月 1 日正式投入联动试车运行,分别运行 10 及 245 min 后因密封泄漏严重、振动大而联锁跳车,被迫轮流抢修。在投料初期的 2 个月内,A、B 两泵累计开停车 23 次,共运行 207 h。其间更换密封 8 次,泵整体拆装 3 次,但投用率仅 14%。经分析故障主要表现为干气密封频繁泄漏、轴振动大、泵输出能力下降。因 2 台氨泵无法连续运转,整个化肥装置处

于频繁的开停车状态,给工厂造成了严重的经济损失。

至 1998 年 3 月止,经过多次改造,2 台泵目前已可满足系统长周期运行的需要。在改造完成后的运行中,没有因氨泵故障造成停车的记录。

1 卧式多级离心式高压氨泵的主要结构和参数

泵型号为 4X10-DDHF-10,筒形结构,转子置于水平剖分的内缸体中。10 个叶轮均分为 2 组,采用背靠背结构。2.2 MPa、40 的氨从驱动端一侧的叶轮进入,经 5 级叶轮加压后,通过内缸体上的连通管进入非驱动端的第 6 级叶轮,再经 6~10 级叶轮增压至 22.5 MPa 后由泵中部排出,输送能力达 115 m³/h。泵的转速为 7 500 r/min,功率为 1 150 kW,通过膜片式联轴器与齿轮箱联接。内缸与泵壳端盖间由热补偿垫片进行密封。

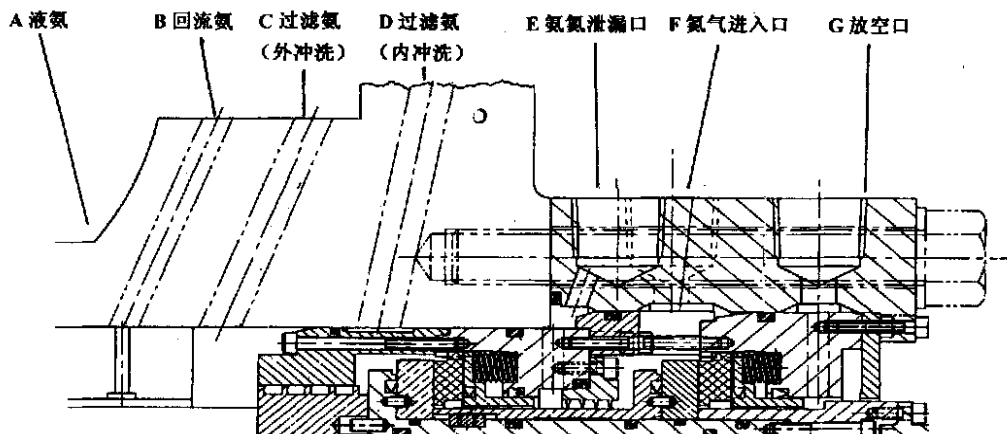


图 1 干气密封结构示意图

泵两侧的轴密封采用英国 John Crane 公司生产的 T28VL 型双密封面的串联式干气密封。动环材质为 SS410 + WC,静环用石墨环。以液氨及

氨气作密封介质,具有输送介质不受密封介质污染的特点。液氨(图 1 中 A 侧)经迷宫密封减压至 1.7 MPa,一部分排至 V-105 液氨贮槽内(图 1 中

B),另一部分经过泵汲螺旋轮进入密封室内。泵汲螺旋轮利用反向旋转的特性,一方面用来减少大量介质进入密封室,另一方面降低密封腔内的压力。外密封面的密封介质为氮气(图 1 中 F),两密封面间泄漏的氨和氮排出(图 1 中 E)至 T-104 密闭排放罐内。

2 试车中暴露出的问题及原因分析

2.1 干气密封频繁泄漏的原因分析

(1) 工艺介质中夹带机械杂质

干气密封的工作原理为:泵静止时,动、静环在弹簧力作用下相接触,保证静态密封;泵启动时,由于动环表面上的一系列对数螺线槽作用,介质顺着螺线槽向内流动至密封堰处压力增大,同时液氨在动、静环间高速旋转的摩擦热的作用下变为气态氨,使动静环分离产生约 $3\ \mu\text{m}$ 间隙,此时密封堰处气膜的压力与弹簧力和流体静压力相平衡。当工况发生变动使动、静环间隙减小时,由于螺线槽密封堰的作用,气膜压力将增大,从而保持动、静环分开状态;反之,当动、静环间隙增大时,气膜压力将变小,使动、静环处于一个新的动态平衡中,确保了动、静环的非接触状态,从而实现干气密封的长寿命、长周期运转特点。

在合成氨装置投产初期,氨合成采用铁系催化剂。在反应初期,会带出一些细小的催化剂粉末。新安装的管道由于吹扫、冲洗的不彻底也会带出一些杂质。虽然在氨进入尿素界区设有 $40\ \mu\text{m}$ 的过滤器,但密封解体后,发现表面沉积有大量铁锈粉。对其进行电子显微分析,颗粒在 $30\sim 300\ \mu\text{m}$ 之间,证明此过滤器的精度满足不了干气密封的介质精度要求。由于有大于 $3\ \mu\text{m}$ 以上的颗粒进入动、静密封面间,使动环表面的螺线槽磨损,无法形成气膜,引起密封失效。

(2) 工艺介质中夹带甲铵成份

在氨气提法尿素工艺中,给终存在一部分回流氨,并有少量甲铵夹带其间。甲铵有较强的腐蚀性,一方面其结晶体进入密封面后会使其密封失效,另一方面密封件材料因不抗甲铵腐蚀,也会使其密封失效。对沉积在密封表面的垢层用 X 射线进行散射分析,发现含有 Cr 79.75%,Fe 16.85%,Mn 2.47%,以及 Ca、S、Si 微量。垢层中 Cr 主要来自动环基体腐蚀。垢层中无 Ni、W 成份,这表明

产物不是来自硬质合金层。对动环进行电子显微镜扫描分析,显示基体与复层间有分离现象。基体腐蚀使复层产生起皮现象,由于动、静环间间隙较小,起皮将使动、静环发生摩擦,从而使密封失效。

设计选材时,没有考虑有甲铵成份,所以选用的基体材料 SS410 不耐甲铵腐蚀。

(3) O 形密封环材料使用有误

选用的 O 形密封环在液氨中发生蠕变,使密封失效。

(4) 引入干气密封的过滤氨压力不足

针对液氨较脏会使密封损坏的情况,增加了密封外冲洗系统,即从泵入口引入一部分氨,先经过 $6\ \mu\text{m}$ 过滤器再进入密封室的外侧(图 1 中 C 口),该压力(2.2 MPa)大于泵体内经密封套减压后的压力(1.7 MPa)。改造后投入运行仅 6.3 h 就因密封泄漏严重而停车。从拆检情况看,滤芯已胀破。为此,在 $6\ \mu\text{m}$ 过滤器前串联了 1 组 $5\ \mu\text{m}$ 过滤器,再次投运 10.7 h,又因密封压差高停车。拆检发现滤芯完好,但密封面已磨损,表面仍然有铁锈沉积物。

经分析后认为,引入密封处的冲洗氨由于先经过过滤器,进入密封室时压力已低于或接近 1.7 MPa,无法阻挡工艺氨进入密封室,所以使密封室处于有杂质的液氨环境中。

2.2 轴振动大的原因分析

频谱分析表明,振动的主要频率为 1 倍频。结合拆检的情况分析,振动主要由以下方面引起。

(1) 轴系对中及轴与壳体不同心

复查泵与齿轮箱的对中情况,与要求值相比:水平相差 0.28 mm,垂直相差 0.25 mm。从 B 泵拆检后半周磨损的迹象分析,转子的回转中心与壳体几何中心存在偏心情况。这种情况的振动表现与不平衡引起的振动相似。

(2) 泵进出口管道的影响

与泵连接的管道采用固定支撑,在运行中因受热胀冷缩的影响,管道的伸长收缩无余地,因而对泵施加的应力过大,使泵体发生移位,引起对中超差。

(3) 轴刚度的影响

经拆检发现 3 根转子在运行后跳动值均超差,分别为 0.23、0.29 和 5.00 mm,校正后经运行

其跳动值再次超差。用普洛尔法对轴进行刚度核算得知:当间隙为 2 倍的 API 标准间隙时,第一临界转速为 9 720 r/min,满足 API 标准要求。但其转速与运行转速余度不大,在受到摩擦等外力后,抗变形能力不足,轴颈偏细。另一方面热处理不当使轴发生时效作用产生弯曲。

(4) 工艺介质中杂质的影响

工艺介质中的大颗粒杂质进入叶轮与壳体间的耐磨环时,因此处间隙小,首先在入口侧引起磨损及卡涩,使轴振动值超差,并引起轴变形,导致跳动值超差。

2.3 泵输出能力下降的原因分析

从解体内缸的腐蚀部位及情况分析,造成此现象主要由以下原因引起。

(1) 内缸材料的影响

内缸为 A352LCB 碳钢材料,当氨中夹带甲铵时,甲铵对碳钢有较强的腐蚀作用。耐磨环为 AISI316STHLLITED 不锈钢材料,对甲铵有良好的耐蚀作用。因而腐蚀在内缸中发生,而耐磨环完好。

(2) 泵端盖内的热补偿垫片压缩量的影响

从内缸腐蚀的部位及流体冲刷的痕迹分析,夹带甲铵的液氨进入中分面缝隙产生缝隙腐蚀,并伴有高压侧向低压侧高速流动对中分面产生冲刷的现象,至使缝隙逐渐变大。

为验证此现象,在泵出口侧管口处用百分表监测内缸及端盖回装情况,并在 Nuovo Pignone 的工作车间对内缸进行了模拟加载试验,证实当热补偿垫片压缩值高于 15% 以上时,内缸中分面产生内张口现象。此前的回装值为 25%,必然造成内缸中分面产生缝隙。

(3) 内缸结合部位硬度值的影响

经检测,内缸结合部位硬度值小于 140 HB,表面偏软,不耐流体冲刷。

3 改造措施

3.1 对干气密封及系统的改造

(1) 将密封冲洗口由 C 改为 D(见图 1),使过滤后的氨直接引入动、静环处,在泵吸螺旋轮的反向旋转作用下进一步增压,抵制泵中工艺氨侵入密封室中,确保干气密封处于干净介质环境中。

(2) 通过对过滤器的 4 次改造,使过滤器容

积增加了 40 倍,过滤精度由 6 μm 改为 2.5 μm 。

(3) 将密封回流氨管线加大 1 倍,回流口改在较低压力处(E-107 入口)排放,从而达到增大回流氨的目的。

(4) 将泵吸螺旋轮间隙放大 0.20 mm,以减轻螺旋轮的磨损。

(5) 将动环材料改为整体碳化硅,其抗甲铵的化学腐蚀性较碳化钨强,而且强度和耐磨性也高于碳化钨,可增强抗腐蚀及磨损的能力。

(6) O 形密封环改用乙丙橡胶,同时直径缩小 1 mm。

(7) 将尿素界区的氨过滤器过滤精度由 40 μm 提高到 10 μm ,以减少介质中杂物进入泵内。

(8) 泵入口管增加 200 目锥形过滤网,并加装差压报警装置,以截留入口碳钢管生成的铁锈及系统产生的甲铵结晶体等杂物。

3.2 轴的改造

(1) 将叶轮处轴颈加粗 7 mm,干气密封处轴颈加粗 2 mm,轴承处轴颈保持不变。

(2) 严格控制叶轮组装时的加热温度,避免叶轮内侧过热产生塑性变形。

(3) 将中间轴套及轴端两侧轴套由迷宫形改为光滑形,同时间隙增大 0.10 mm,使轴套起一个辅助轴承的作用,提高轴的刚度。

(4) 叶轮与壳体耐磨环间隙放大 0.10 ~ 0.15 mm,并增加了耐磨环的硬度,以提高叶轮与口环的抗咬合能力。

(5) 改善管道支撑条件,将固定支撑改为滑动支撑结构。

(6) 回装中严格控制转子在壳体、填料函、轴承中的同心度,确保同心良好,并进行良好的轴系对中调整。

3.3 对内缸的改造

(1) 采用 ASTM A352 GR. CA6NM mod 铬合金钢替代碳钢,以提高内缸抗甲铵腐蚀的能力。

(2) 调整泵体端盖内的热补偿垫片的数量,使垫片的压缩量控制在垫片厚度的 15%,以保证内缸中分面在运行中始终处于紧密的贴合状态。

(3) 将内缸结合部位的硬度提高了 160 HB,增强内缸体抗流体冲刷的能力。

4 结论

高压 (22 MPa)、高转速 (7 500 r/min)、大流量 (115 m³/h)、大功率 (1 150 kW) 的卧式多级离心式高压氨泵以及干气密封系统系首次应用于氨气提法尿素的生产工艺中,在试车运行中暴露出的诸多问题,经改造后 3 年多的运行,表明新的高压氨泵运行可靠,可满足装置长周期运行的需要,填补

了国内外使用的空白。

卧式多级离心泵与常规使用的往复泵和立式高速 (21 000 r/min) 离心泵相比较,具有运行平稳、运行周期长、检修维护量小、维护费用低等许多优点,是大工业生产用泵的发展方向。

(收稿日期 2000 - 07 - 26)

饱和塔自控液位计的改造

安阳化学工业集团公司新系统 (年产合成氨 12 万 t、尿素 24 万 t) 于 1999 年 1 月投产后,由于饱和塔自控液位计问题,使系统长时间处于不稳定运行状态。

1 存在的问题

该液位计 (图 1) 属差压式,具体工艺参数如表 1 所示。

表 1 改造前液位计工艺参数表

项目	参数
型号	1751DP4S12M1B3D1
本体材质	碳钢镀铜
液位范围 (mm)	250 ~ 700
隔离介质	水
隔离介质密度 (kg/m ³)	1 000
测量范围 (Pa)	0 ~ 4 172
迁移范围 (Pa)	- 11 683
刻度范围 (0% ~ 100%)	- 11 683 ~ - 7 511

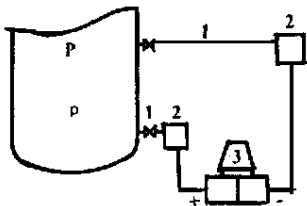


图 1 改造前液位测量示意图

1. 导压管 2. 隔离罐 3. 变送器

(1) 该液位计的导压管和变送器发生堵塞是导致液位计失灵的主要原因。

(2) 为防止导压管在冬季发生冻结,导压管上有伴热管。但由于伴热管的存在,极易在导压管或隔离罐内产生气泡,使液位指示出现大幅度波动而无法指导操作。

(3) 每次开车前,均需向隔离罐内重新罐水,不利于开车的顺利进行。

(4) 该液位计的测量范围太小。当现场玻璃

液位计指示正常液位时,该液位计指示液位可能已是满液位或空液位,不利于生产操作。

2 改造措施

(1) 借用脱碳工段一分离器上的双法兰式差压变送器液位计,在原液位计导压管开口处开 DN80 的孔,自制短节法兰。

(2) 将液位计的测量范围扩大至 ~ 1400 mm。改造后的液位计 (图 2) 参数如表 2 所示。

表 2 新液位计主要工艺参数

项目	参数
型号	1151DP4S22S1M1B3Q4
本体材质	316SS
液位范围 (mm)	0 ~ 1 400
隔离介质	硅油
隔离介质密度 (kg/m ³)	934
测量范围 (Pa)	0 ~ 12 978
迁移范围 (Pa)	- 13 076
刻度范围 (0% ~ 100%)	- 13 076 ~ - 98

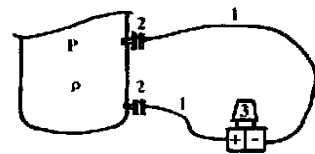


图 2 新液位计液位测量示意图

1. 毛细管 2. 法兰式测量头 3. 变送器

3 改造后的效果

(1) 由于新液位计导压系统为膜盒、毛细管和测压室组成的封闭系统,被测介质不进入毛细管和变送器,因此彻底解决了堵塞问题。

(2) 新液位计不需要伴热管,杜绝了液位计指示值大幅度波动的现象。

(3) 开车时不再需要重新填充隔离液。

(安阳化学工业集团公司合成氨车间 455133

杨瑞华 李 敏)

Keywords yellow phosphorus dearsenification industrial experiment

Influence of Organo-Potash Fertilizers and Amino Acid-Complexed Micronutrient Fertilizers on Yield and Quality Effect of Flue-Cured Tobacco

Fan Yaoting, Ruan Boyang, Wang Wenzhou et al.

Abstract A study is made of the influence of organo-potash fertilizers as base manures and for foliar dressing and amino-acid micronutrient fertilizers with rare earth elements for foliage dressing on the phytological properties and photosynthesis of the tobacco plant and the yield, output value and quality of the tobacco leaves. The experimental results indicate that, when organo-potash fertilizers are used as base manure and are sprayed as foliar fertilizers during vegetation and amino-acid micronutrient fertilizers with rare earth elements are used for foliar dressing during maturity, the yield and output value of the tobacco leaves can be increased by over 10%, and the potassium content and quality of the leaves are greatly improved.

Keywords organo-potash fertilizers rare earth elements amino-acid micronutrients flue-cured tobacco

Study of Dissolving-out Behavior of Calcium from Potassium Calcium Fertilizer

Zhu Yunqin, Feng Yuegang, Liao Ming'e et al.

Abstract A study is made of the dissolving-out behavior of calcium from a potassium-calcium fertilizer under different conditions through experimentation, thus providing a basis for the use of the potassium-calcium fertilizer.

Keywords potassium-calcium fertilizer calcium oxide dissolving-out behavior

Use of Horizontal Multi-Stage High-Pressure Centrifugal Ammonia Pumps in Large Urea Units

Li Haiying

Abstract A presentation is given on the use for the first time of the horizontal multi-stage high-pressure centrifugal ammonia pump and dry-gas seals for pumps in the large urea unit based on the ammonia stripping process. A systematic analysis is made of the causes for the frequent damage of dry-gas seals, axle vibration and gradual decrease in pump delivery encountered during the test run. After several renovations, the objective of long-term operation is achieved, and the gaps of the use at home and abroad of this type of pump are filled.

Keywords high-pressure centrifugal pump dry-gas seals use trouble shooting renovation

Measures of Technical Renovation in Gasification Section

Wang Guoxiang, Zou Hong, Feng Wenmei and Wang Jie

Abstract A description is given of several effective measures and

advanced technologies for the technical renovation of the gasification section, with emphasis on the energy conservation process of continuous running of the gasification system designed to make gas intermittently. It is pointed out that automatic control is an effective measure for increase in capacity and decrease in consumption.

Keywords gasification technical renovation measures energy saving

Development of Model THL - I Grate for Ø 600 Coal Gasifier

Xu Yongzheng

Abstract On the basis of the summing-up of the problems in the grate for the Ø 600 gasifier, the Model THL - I Ø 600 grate has been designed and developed, thereby solving effectively the problems in the original grate and obtaining good results in production and use.

Keywords grate structure development

Technical Renovation by Elimination of Balancing Stage from 4M20 Hydrogen-Nitrogen Compressor

Ge Xiumin, Sheng Guangzhen and Jiang Hua

Abstract The renovation is presented by the elimination of the balancing stage from the 4M20 compressor extensively used in the small-scale nitrogenous fertilizer plants at present. After the renovation the output is increased, the production is stabilized, and satisfactory results are obtained.

Keywords hydrogen-nitrogen compressor technical renovation

Development and Use of Technology for New Type of Formed Coal

Wang Lijun

Abstract With the binder, strength and ash fusion point as technically difficult points, a technological process for a new type of formed coal has been developed through study for several years. This formed coal can be used in the production of chemical fertilizers or as coal for boilers and for civil use and is an effective route for the utilization of coal and coke fines, clean-up of the environment and full utilization of the resources.

Keywords formed coal binder development use

Selection of Dust Collectors in Phosphatic and Compound Fertilizer Plants

Li Hongri and Yu Liegen

Abstract By comparison of the bag dust filter with the cyclone dust collector in design and actual operation it is suggested that the phosphatic and compound fertilizer plants should replace the bag dust filter with the cyclone dust collector in line with the characteristic that the dust is liable to absorb moisture.

Keywords phosphatic and compound fertilizers dust collectors selection