

VF-1.25/200A 型压缩空气干燥设备设计研究

朱毅 卢松 牛伟恒

(徐州空军学院航空四站系,江苏徐州 221000)

摘要: 本文针对空气压缩机存在的生产高压空气露点超标问题,设计研制了具有无热再生、操作简单、切换周期长等优点的新型压缩空气干燥设备,同时介绍了压缩空气干燥设备的设计思路、设备选择、工作过程、结构优化等。

关键词: 空气压缩机;空气干燥设备;变压吸附

中图分类号:TK173,TH138.5

文献标识码:A

文章编号:1008-0813(2010)10-0031-04

Design of VF-1.25/200A Air Drying Equipment of Compressed-Air

ZHU Yi LU Song NIU Wei-heng

(Department of Air Fourstations Management, Xu Zhou Air Force College, Xuzhou 221000, Jiangsu)

Abstract: The dew point of pressure-air produced by compressed-air equipment in commission is over proof, to solve this problem, designation of a new style compressed air drying equipment is talking about in this article. The equipment has many merits, such as, non-thermal regeneration, simple operation, long switching period, and so on. This article also introduces the developing idea, equipment choice, working process, structure optimism of the compressed air drying equipment.

Key Words: compressed-air equipment; air drying equipment; pressure swing adsorption

0 引言

压缩空气作为飞机气动系统、蓄压系统、起落架以及应急系统的工作介质,在航空工业中使用较为普遍,需求量也较大。压缩空气在生产上主要依靠空气压缩机,目前使用的 VF-1.25/200 型空气压缩机是将环境空气四级压缩后,经冷却、除水后得到干燥洁净的压缩空气。该型压缩机的排气量为 $1.25\text{m}^3/\text{min}$,额定排气压力为 20.0MPa 。

1 设计综述

VF-1.25/200A 型变压吸附式压缩空气干燥设备是

收稿日期:2010-05-17

作者简介:朱毅(1982-),男,汉族,江苏省溧阳市人,徐州空军学院航空四站系助教,硕士研究生,研究方向为气体流体装备设计。

(上接第 22 页)

3 结论

该文对轴向柱塞马达柱塞副的泄漏流量进行了分析,并采用某型号的马达参数作计算,得到配合间隙对泄漏流量的影响,得到该型号马达选择间隙范围为 $0.02\sim 0.03\text{mm}$ 是合理的。最后还指出了影响配合间隙的主要因素有温度和高压油的液压力,为今后的柱塞副设计提供了借鉴。

参 考 文 献

[1] 张力,项辉宇,等.斜盘式轴向柱塞泵摩擦副分析[J].机床与液压,2007(6).

针对 VF-1.25/200 型空气压缩机拖车存在的产品高压空气露点超标、控制电路复杂、维护和故障排除难度较大等问题,在原机型的基础上进行的改进型设计。通过研制具有无热再生、操作简单、切换周期长等优点的新型压缩空气干燥设备,力求以最小的改动实现最佳的效果,满足飞机所需的高压冷气露点要求。

2 VF-1.25/200A 型变压吸附式压缩空气干燥设备设计

2.1 设计思路

(1)把分子筛看作当量的均匀连续介质,且其物理参数不随吸附量及温度的变化而发生变化。

(2)床内气体可视理想气体。

(3)沿床轴向压力损失可以忽略。

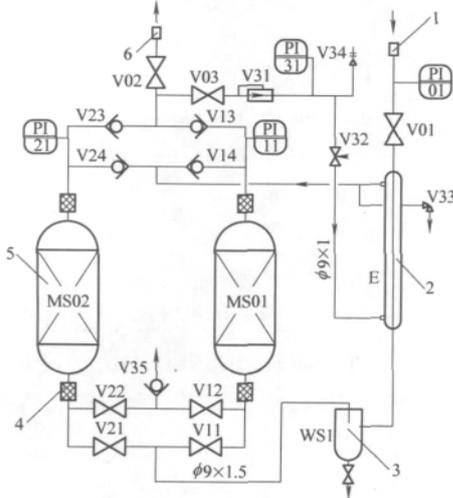
- [2] 许菁,刘振兴.液压与气动技术[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [3] 胡新华.轴向柱塞泵静压支承球铰副及柱塞副的理论研究[D].浙江工业大学硕士学位论文,2003(5).
- [4] 章宏甲,黄谊.液压传动[M].北京:机械工业出版社,1999.
- [5] 许耀铭.油膜理论与液压泵和马达的摩擦副设计[M].北京:机械工业出版社,1987.
- [6] 宋连荣.液压与气动[M].北京:化学工业出版社,2009.
- [7] 马宪亭.液压与气压传动技术[M].北京:化学工业出版社,2009.

(4)床沿径向无浓度梯度和温度梯度。

(5)将空气分为干燥空气和水蒸气,忽略各组分分压力对设计的影响。

2.2 设备选择

VF-1.25/200A型变压吸附式压缩空气干燥设备设计时基于变压吸附理论,通过大量水蒸气冷态、热态实验观察物料颗粒运动和料幕状况,分析筒体填充率、含湿量及排列方式对干燥性能的影响规律。在设备选定上,采用吸附塔、过滤器、换热器、油水分离器、减压阀、低压安全阀、干燥气体取样阀,以及供操纵用的阀门、仪表等设备元件,设计流程如图1所示。



1-进气接头 2-换热器 E 3-油水分离器 WS1
4-过滤器 5-吸附塔 MS02 6-排气接头
图1 变压吸附式压缩空气干燥设备设计流程

2.3 工作过程设计

以吸附塔 MS01 吸附工作,吸附塔 MS02 脱附再生为例,工作过程设计如下:

从空气压缩机拖车排出的压缩空气,经连接导管由进气接头进入干燥设备。当进气压力 PI-01 达到 12MPa 时,经压缩空气输入总阀 V01 进入换热器、加热吸附塔脱附再生用的空气后,进入油水分离器分离游离态的水分,再经截止阀 V11 由下向上进入吸附塔 MS01, 压缩空气中的水蒸气被硅胶吸附。在吸附塔 MS01 的上部,干燥的压缩空气被过滤固体颗粒后,经止回阀 V13 排出。其中绝大部分压缩空气经截止阀 V02 调节后灌充到贮气设备中。调节 V02 的目的,是保持吸附塔的工作压力稳定在 15.0MPa 附近。

从吸附塔 MS01 排出的干燥压缩空气中,有一部分作为吸附塔 MS02 的再生气体,由截止阀 V03 控制,经减压阀 V31 减压到 0.2MPa,再经气量调节阀 V32 调节,在流量调节过程压力进一步降低。为提高吸附塔的

再生效率,降压后的再生用气体进入换热器的夹层,吸收进吸附塔前压缩空气的热量部分。从换热器排出的低压气体,经止回阀 V24 进入吸附塔 MS02,由上向下对吸附剂脱附再生,最后经截止阀 V22 和止回阀 V35 排入环境中。

在下一个生产过程,吸附塔 MS02 吸附工作,吸附塔 MS01 脱附再生。空气压缩机拖车排出的压缩空气经 V01 进入换热器,进入油水分离器,再经截止阀 V21 由下向上进入吸附塔 MS02,经止回阀 V23 排出。其中绝大部分压缩空气经截止阀 V02 调节后灌充到贮气设备中。吸附塔 MS02 排出的干燥压缩空气中,有一部分作为吸附塔 MS01 的再生气体,由截止阀 V03 控制,经减压阀 V31 和气量调节阀 V32 后,进入换热器的夹层,经止回阀 V14 进入吸附塔 MS01,由上向下对吸附剂脱附再生,最后经截止阀 V12 和止回阀 V35 排入环境中。

2.4 吸附塔容积设计计算

吸附塔是用来存放吸附剂的容器,吸附剂的数量由加工空气量和吸附器的连续工作时间决定的。在吸附塔容积设计上,首先要确定干燥设备的技术指标,进而求得一个工作过程吸附剂的数量,根据吸附剂的数量决定吸附塔容积。

(1)工作条件。

该干燥设备用来干燥 VF-1.25/200 型空气压缩机拖车制得的高压空气,考虑到设备开机制冷时间一般在 3~4h,确定吸附器连续工作时间为 4h。VF-1.25/200A 型变压吸附式压缩空气干燥设备的技术指标见表 1。

表 1 VF-1.25/200A 型变压吸附式压缩空气干燥设备的技术指标表

项目	指标	备注
加工空气量	75m ³ /h	压缩机排气量为 1.25 m ³ /min
工作压力	15MPa	充瓶最高压力为 15.0MPa
工作温度	310K	环境温度取 37℃
吸附剂	硅胶(吸水量 5%, 堆密度为 450kg/m ³)	
吸附器连续工作时间	4h	
干燥后压缩空气露点	213K 以下	达到飞机用冷气露点要求

(2)吸附剂数量。

查“不同压力下压缩空气中饱和含湿量图”,得 15.0MPa,310K 时压缩空气中饱和水蒸气量为 6×10⁻⁴kg/kg。则 310K 时空气密度为:

$$\rho_r = \rho_0 \frac{T_0}{T} = 1.293 \times \frac{273}{310} = 1.139 \text{kg/m}^3$$

因而,吸附器一个周期 4h 加工空气中所含水蒸气量为:

$$G_{H,0}=V\rho_1d=75\times 4\times 1.139\times 6\times 10^{-4}=0.20\text{kg}$$

根据经验,硅胶对水分的设计吸附量(质量百分比)为5%~8%,在此取5%,则单塔需要硅胶数量:

$$M_s=\frac{0.205}{0.05}=4.1\text{kg}$$

考虑经再生后吸附能力下降,取备用系数为20%,则单塔硅胶数量为:

$$M=M_s120\%=4.1\times 1.2=4.92\text{kg}$$

以上计算中,由于15.0MPa、213K时压缩空气中的饱和水蒸气量与15.0MPa、310K时压缩空气中的饱和水蒸气量相比甚小,故忽略不计。

(3) 吸附塔容积。

工作条件下实际空气体积:

$$V_1=\frac{p_0V_0}{p}=\frac{0.1\times 75}{15}=0.5\text{m}^3$$

吸附塔内空塔气体线速度 ω 取为0.01m/s,考虑气量有20%的变动,则吸附塔直径为:

$$D=\sqrt{\frac{4V_1\times 1.2}{3600\pi\omega}}=\sqrt{\frac{4\times 0.5\times 1.2}{3600\times 3.14\times 0.01}}=0.15\text{m}$$

选用的粗孔硅胶堆密度为450kg/m³,则单塔填充硅胶所占容积:

$$V_f=\frac{4.92}{450}=0.011\text{m}^3$$

因而,吸附塔内硅胶床层高度为:

$$h=\frac{V_f}{0.785D^2}=\frac{0.011}{0.785\times 0.15^2}=0.623\text{m}$$

为了加工的方便,选择材料为35CrMo的 $\phi 140\times 5$ 无缝钢管制作吸附塔,确定塔体总长度为900mm,两端收口后有效长度为820mm。

(4) 再生过程计算。

查“不同压力下压缩空气中饱和含湿量图”,得0.1MPa、310K时压缩空气中饱和水蒸气量为 2.5×10^{-2} kg/kg。所需再生空气量:

$$\frac{0.205}{(2.5\times 10^{-2}-6\times 10^{-4})\times 1.139}=7.37\text{m}^3$$

占加工空气量的比例为:

$$\frac{7.37}{75\times 4}\times 100\%=2.46\%$$

3 VF-1.25/200A型变压吸附式压缩空气干燥设备结构研究

在对实验得出的结论深入分析的基础上,对VF-1.25/200A型变压吸附式干燥设备的结构进行了优化设计,从而设计出了具有优化结构的干燥设备。

3.1 排列方式优化

排列方式直接影响压缩空气在干燥机内的运动状况,进而影响干燥效果。换热器距离分子筛过远会增加跑冷损失,过近会使空气产生相对运动,冲击压力过高,形成较差的料幕分布,严重影响分子筛吸附工作。针对这种状况,确定VF-1.25/200A型变压吸附式干燥设备优化排列方式为周向等间距排列,以分子筛和换热器间间隔为基础设置其他设备元件的位置,发散式布置。

3.2 换热器换热面积优化

根据经实验和理论模型确定的换热系数,利用自主开发的工程设计软件确定出满足不同干燥所需的最小换热面积,以期达到更高的热效率。

3.3 筒体壁厚及变形量优化

根据VF-1.25/200A型变压吸附式干燥设备的设计方法和计算公式,得出最小壁厚,再根据实际使用经验和腐蚀裕度的要求,确定干燥设备的筒体壁厚,支撑部分的筒体壁厚。针对上述壁厚进行剪力和弯矩的计算,做出干燥设备筒体的剪力图和弯矩图,校核弯曲应力和剪应力,均在许用范围内,能够满足强度要求。并对干燥设备的轴线挠度、悬伸端挠度进行计算,其变形量均在允许范围内(<0.3mm/m)。

4 VF-1.25/200A型变压吸附式压缩空气干燥设备的特点

(1) 采用变压吸附技术,克服了现有干燥设备需要把吸附剂取出再生干燥的缺点,降低了操作复杂度,保证了持续工作时间。再生气体由干燥的压缩空气经节流后取得,流量小,不需电炉加热,不耗电。

(2) 延长切换周期,吸附塔连续工作长达4h,在一个生产过程中不需要切换,减少了频繁切换产生的空气量损失和吸附剂磨损及高压放气对吸附剂再生的影响。

(3) 设置气体取样口,检测露点的压缩空气从低压端取出,方便取样和控制流量。

(4) 尾气流量小,带走的热能少,并且随着产品目标湿度的降低,使从干燥设备携带出的粉尘大为减少,将污染控制在很小的范围。

5 结论

经实验检验,设计出的VF-1.25/200A型变压吸附式压缩空气干燥设备去除水分效果较好,压缩空气出吸附塔露点可达-60℃,确保高压空气露点 $\leq -55^\circ\text{C}$ 的要求,能更好地发挥其效能。

泵用机械密封的选型研究

张艳芝 谷群 严爱芳

(湖南石化职业技术学院,湖南岳阳 414012)

摘要:本文针对石油化工行业中的机泵,如何合理选用机械密封,确保机泵安全、稳定、长效地工作,从机械密封的结构特点、机械密封的最新技术动态和机械密封选用原则三方面进行了一个比较全面的分析。

关键词:泵;机械密封;选型

中图分类号:TB42

文献标识码:A

文章编号:1008-0813(2010)10-0034-03

Analysis of the Technical Factors in Pump Mechanical Seal Sizing

ZHANG Yan-zhi GU Qun YAN Ai-fan

(Hunan Petrochemical Vocational and Technical College, Yueyang 414012, China)

Abstract: This paper, in petrochemical industry, on the reasonable selection of mechanical seals, to ensure pump security stability, long-lasting work, carried out a comprehensive analysis from the structural characteristics of mechanical seals, mechanical seal on the latest technology and dynamic mechanical seal selection of the three principles of Pump mechanical seal.

Key Words: pump; mechanical seals; selecting

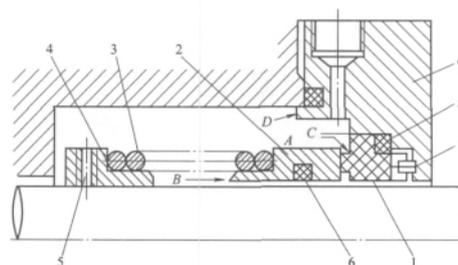
0 引言

泵用机械密封在石油化工行业中得到了普遍的应用,然而,如何更好合理地使用好机械密封,在保证长期安稳工作的前提下,适当降低企业成本,就有必要对机械密封的技术因素有一个比较全面的了解,才能正确地选用好机械密封。

1 机械密封的结构分析

机械密封是靠一对或数对垂直于轴作相对滑动的端面在流体压力和补偿机构的弹力(或磁力)作用下保持贴合并配以辅助密封而达到阻漏的轴封装置。

常用机械密封结构如图1所示,防转销固定在压盖上以防止静止环转动,旋转环和静止环往往还可根据它们是否具有轴向补偿能力而称为补偿环或非补偿环。



1-静止环 2-旋转环 3-弹性元件 4-弹簧座 5-紧定螺钉
6-旋转环辅助密封圈 7-防转销 8-静止环辅助密封圈 9-压盖

图1 机械密封结构原理图

(1) 旋转环与静止环的材料及比压分析。

在液压泵的正常操作中,旋转面和静止面之间因填料盒中的液体所产生的压力而使其保持在密封状态,在起动和停机时,泵体内无液体压力时,动静环的压力由弹簧或者波纹管产生的压力维持。

大部分机械密封的设计采用较软的材料来制作旋转面(动环),如碳材料;较硬的材料作静止面(静环)如陶瓷、不锈钢或更硬的材料制作,例如碳化钨或碳化硅。

收稿日期:2010-03-29

作者简介:张艳芝(1970-),湖南石化职业技术学院,高级工程师,教研室主任,研究方向:机械设计与制造。

参 考 文 献

[1] Stefan Tessorf,Rafiqul Gani,Michael L.Michelsen. Modeling, simulation and optimization of membrane-based gas separation systems. Chemical Engineering Science 54 (1999)943-955.

[2] I.A.A.C.Esteves,J.P.B.Mota. Simulation of a new hybrid

membrane/pressure swing adsorption process for gas separation. De-salination 148(2002)275-280.

[3] Huang M R. Oxygen enrichment across blend membranes of bipyridine and ethyl cellulose. J Appl Polym Sci, 2003.

[4] Strathmann H. Membrane processes for sustainable industrial growth. Membrane Technology, 1999.