

用以混合气体中二氧化碳吸收的 旋转填充床设计

杨启明,戴莉斯,代 婷

(西南石油大学机电工程学院,四川 成都 610500)

摘要:利用超重力技术在混合气体中分离二氧化碳,设计了一种立式旋转填充床。给出了整体结构以及转子、轴、机体和其他相关的轴系零部件结构设计过程,进行了电机的选择以及相关危险截面和零件的校核,证明了该设计的正确性与可行性,并提出了今后进一步研究的重点。

关键词:超重力;旋转填充床;传质系数;设计

中图分类号:TQ050.2

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2013)03-0097-03

Rotating packed bed design for absorption of carbon dioxide in mixed gas

YANG Qi-ming, DAI Li-si, DAI Ting

(School of Mechatronic Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

Abstract: A vertical rotating packed bed is designed based on the application of high gravity technology in the separation of carbon dioxide in the mixed gas. The design process including the design of the overall structure, the rotor, the shaft, the body and other related parts of the shafting structure, are given. The selection of motor and the examination of dangerous sections and parts are performed. The validity and feasibility of the design have been proved. The focus of further research has been put forward.

Key words: high gravity; rotating packed bed; mass transfer coefficient; design

旋转填充床也被称为超重力反应器,在超重力环境下,气-液、液-液两相及液-固两相物质可在比地球重力场高达数千倍的超重力环境下产生流动接触,使得相间传质速率将比传统的塔器提高1~3个数量级,极大强化了微观混合和传质过程,从而有效地促进了石油化工生产的反应过程^[1]。以立式旋转填充床为例,其特征是强制气流由填充床的外缘周边进入转子填料,自外向内做强制性流动,最后由中间流出。液体自液体进口管引入,并由轴中的一个静止分布器喷射入转子,进入转子的液体在离心力作用下自内向外通过填料流出。在此过程中,液体被填料分散、破碎形成极大的、不断更新的液滴。曲折的流道又加剧了液体表面的更新,在转子内形成了极好的传质与反应条件,使气、液相间发生高效的逆流接触,增强了设备的传质速率和处理能力^[2]。

1 设计研究内容

工艺条件:本次设计主要目的是利用超重力旋转填充床进行混合气体中二氧化碳的吸收。工作原理为通过弱酸(CO_2) \rightarrow 弱碱(有机胺) \rightarrow 可溶性盐

达到吸收 CO_2 的目的。

立式旋转填充床虽然比卧式结构大,垂直高度高,但它结构简单,占地面积小,性能优异。相比卧式可以避免因两端支承受力不均而产生剧烈摇晃、易导致断裂等问题。而且立式旋转填充床的动平衡稳定性较好,液体易于实现均匀分布,传质系数较高,因而对于 CO_2 气体的吸收效果应该较好,所以

表1 旋转填充床具体设计参数

设计内容	设计参数
设计压力	常压
工作介质	含二氧化碳混合气
额定工作温度/ $^{\circ}\text{C}$	25
设计工作温度/ $^{\circ}\text{C}$	40
CO_2 的体积分数/%	5~20
气体流量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	20
液体流量/ $(\text{L} \cdot \text{h}^{-1})$	100
超重力因子	23~100
吸收液中NEA(一乙醇胺)的质量分数/%	10~30
相对密度(20°C)/ $(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	1.014~1.019
电机转速	可调

收稿日期:2012-09-24

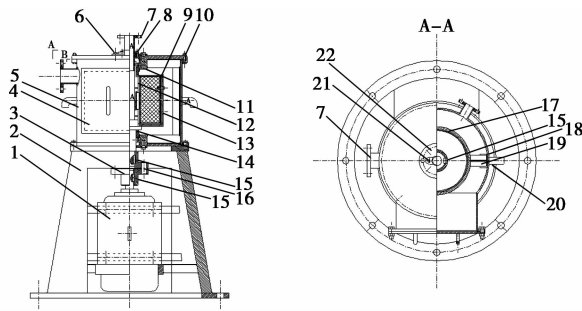
作者简介:杨启明(1948-),男,教授,博士生导师,主要从事机械设计及理论、摩擦学、现代设备管理与过程安全工程方面的教学和科研工作,028-83032795, yqm2795@126.com。

本设计选用立式旋转填充床。具体设计参数如表 1 所示。

2 结构设计

2.1 整体结构

旋转填充床将板式塔的固定生产设备转变为高速旋转的运动装置,大幅度减少了建设传统塔器的投资费用,大大缩小了设备体积,减少了占地面积,开、停车容易,且降低了能耗,能快速而均匀地实现微观混合与分离,为此要求设备具有良好的密封性,提高了设备的加工工艺和密封性要求^[3]。基于上述分析,进行了本设计的整体结构设计,如图 1 所示。



1—电机;2—底座;3—联轴器;4—门;5—壳体;6—轴承端盖螺栓;7—法兰;8—密封圈;9—转子盖螺栓;10—机体盖螺栓;11—轴承;12—轴;13—滤网螺栓;14—轴套;15—键;16—销;17—转子;18—槽钢;19—角钢;20—吊耳;21—管板螺栓;22—轴承盖

图 1 旋转填充床整体结构

此外,根据北京化工大学的李振虎等^[4]对旋转填充床的气相压降进行的分段模型化和实验研究,将气体流经旋转填充床的压降分为 5 部分:气体进入时的进口阻力、气体流经外腔时的压降、气体流经填料的压降、气体流经内腔的压降、气体流经气体出口管的局部阻力,因此,针对设计的整体结构对气体流经旋转填充床各部分的压降进行了计算。在此略去具体计算过程。

2.2 转子结构设计

由于旋转填充床是在强大的离心力作用下进行气液传质的,转子需要高速旋转,在结构设计时既要保证其安装拆卸方便,也要保证其密封有效,则转子和轴的设计成为整体结构设计中的重点。

根据表 1 的设计参数要求,设计计算确定了转子的尺寸:外径 $D = 400 \text{ mm}$,内径 $d = 130 \text{ mm}$;底面是完整的圆形底盘,侧面是均匀分布的 4 根支撑条;轴安装于转子中间,轴为部分中空轴,中空部分直径为 $\phi 100 \text{ mm}$;转子布置于轴外部并与轴间相对固定,转子与轴间安装了一种丝网状填料;为保证转子的刚度和填料的固定,在转子外缘周围也均匀分布了 4 根支撑条,其结构如图 2 所示。转子上部用压盖填料密封,根据所处理介质的量,取转子高度为 300 mm ,转子材料为 42CrMo ,填料采用不锈钢丝网填料。电机转速 $n = 600 \text{ r/min} = 10 \text{ r/s}$ 。

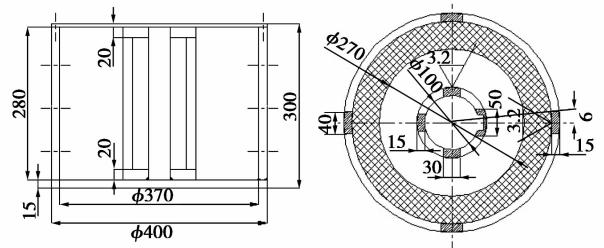


图 2 转子结构设计图

2.3 轴的结构设计

因为 40Cr 调质处理后具有良好的综合力学性能,考虑到旋转填充床的轴为低速转轴,因而确定选用采用 40Cr 作为轴的材料。

根据计算得轴径 $d \geq 26.6 \text{ mm}$,取轴径 $d = 60 \text{ mm}$ 。

图 3 所示为所设计轴上各轴段的基本尺寸参数。考虑到转子轴承不仅要承受径向力还要承受较大的轴向力,所以选择角接触轴承 7016C/DB ,背靠背布置。

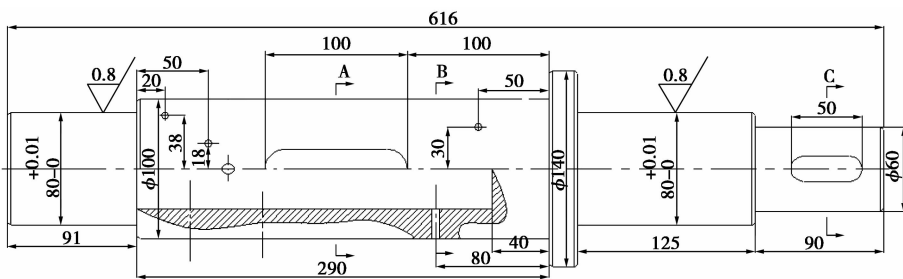


图 3 轴结构设计图

考虑输入液体通道,将轴加工为半空心轴,以保证液体通过轴端进入,从孔中喷出,借助离心力通过填料丝网完成 CO_2 的吸收工作。各参数如图 4 所示。

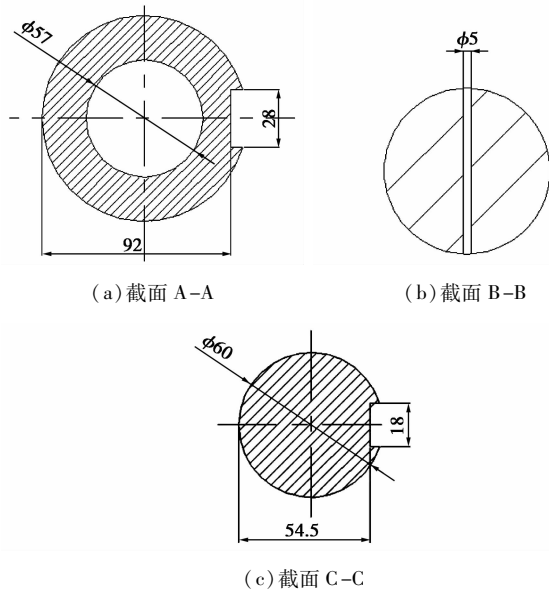


图 4 截面校核

对轴进行受力分析,以及危险截面校核。与联轴器连接截面仅承受扭矩,即只考察其抗扭截面系数。危险截面校核数据^[5]如表 2。

表 2 截面校核 MPa

校核截面	计算值	可取范围值
开键槽截面	σ 31.05	$[\sigma_{-1}]$ 70
开径向孔截面	σ 30.09	$[\sigma_{-1}]$ 70
与联轴器连接截面	τ_T 3.94	$[\tau_T]$ 35 ~ 55

考虑重力的作用仅需考虑转子的重力影响,且由计算可知转子的重力数值相对较小,而轴的强度计算安全系数较大,在此略去有关重力对轴强度影响的计算。由校核得知,轴的强度与刚度符合要求,

安全。

2.4 其他零部件的选择与校核

进行了其他零部件的校核,如电机型号的校核。取型号为 YD180L-816 型 YD 系变极多速三相异步电动机,额定功率 12 kW。经计算,此型号电机适用。

此外,还进行了其他零部件材料的选择,如 HL-YA60 * 90/YA50 * 90 联轴器、板式平焊法兰、55/32 热轧不等边角钢、80/43 槽钢,以及带钝边单 V 形坡口、I 形坡口的焊接加工工艺等。

3 结语

根据以上设计及分析,可以得出以下结论:

(1) 所设计的旋转填充床从理论上证明了该设计的正确性与可行性,并绘制出了旋转填料床的 1 套完整图纸。

(2) 所设计的旋转填充床具有结构简单、体积小、重量轻、加工方便、易于装配等优点。

需要进一步完善的工作:

(1) 该设计还需进一步进行动平衡校核。

(2) 在可能条件下进行小样机实验,以检查与验证理论设计可能忽略的问题,进一步优化设计。

参考文献

- [1] 闪俊杰,刘润静,杜振雷,等.超重力技术在精馏中的应用[J].现代化工,2008,28(s1):521-821.
- [2] 吴元欣,朱圣东,陈启明.新型反应器与反应器工程中的新技术[M].北京:化学工业出版社,2007:109-139.
- [3] 陈建峰.超重力技术及应用:新一代反应与分离技术[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [4] 李振虎,郭锴,陈建铭,等.旋转填充床气相压缩特性研究[J].北京化工大学学报,1999,26(4):5-10.
- [5] 濮良贵,纪名刚.机械设计[M].8版.北京:高等教育出版社,2006. ■

东华能源与陶氏化学公司签署了 40 万 t/a 聚丙烯项目技术许可协议

东华能源与陶氏化学公司(“陶氏”)的全资子公司联合碳化物化学品及塑料技术有限公司签署了一个 40 万 t/a 聚丙烯项目技术许可协议,这将是 中国东部沿海地区,中国聚丙烯市场中心的第一个陶氏 UNIPOL 聚丙烯装置。东华能源的聚丙烯项目通过从他们上游的丙烷脱氢装置中获得的丙烯来生产均聚物,抗冲共聚物和无规共聚物。

目前,全球已有 48 套转让自陶氏功能塑料技术转让和催化剂业务部的 UNIPOL 聚丙烯装置投入生产运行。UNIPOL 聚丙烯工艺是一种可生产全范围聚丙烯产品的全气相工艺,其设计简单、产品质量稳定均一、能效高,无需溶剂处理、分离、回收设施。流化床反应器辅以高效的 CONSISTA™ 催化剂和 SHAC™ 催化剂系统,为均聚物、无规共聚物和抗冲共聚物的生产提供灵活性。(汪珊菲)