

一种浮头式管板换热器的设计

南通中集大型储罐有限公司 张海峰 南通醋酸纤维有限公司 唐平

[摘要]浮头式换热器由于浮头可以自由移动,无温差应力,易于拆接、抽管,是目前最为广泛使用的换热器之一。本文依据给定的技术条件设计出了一种浮头式管板换热器,对浮头式换热器的技术特点和基本结构进行了介绍,并对其工艺进行了设计与计算;在此基础上,较为详细地阐述了换热器主要零部件的选型及设计。

[关键词]浮头 换热器 设计

1.引言

过程设备在生产技术领域中的应用十分广泛,是在化工、炼油、轻工、交通、食品、制药、冶金、纺织、城建、海洋工程等传统部门所必需的关键设备,而换热设备则是广泛使用的一种通用的过程设备。在化工厂中,换热设备的投资约占总投资的10%~20%;在炼油厂,约占总投资的35%~40%^[1]。在工业生产中,换热器的主要作用是将能量由温度较高的流体传递给温度较低的流体,是流体温度达到工艺流程规定的指针,以满足工艺流程上的需要。此外,换热器也是回收余热、废热特别是低位热能的有效装置。例如,高炉炉气(约1500℃)的余热,通过余热锅炉可生产压力蒸汽,作为供汽、供热等的辅助能源,从而提高热能的总利用率,降低燃料消耗,提高工业生产经济效益。

随着我国工业的不断发展,对能源利用、开发和节约的要求不断提高,因而对换热器的要求也日益加强。目前常用的换热器种类有浮头式、固定板式和U形管式,其中以浮头式换热器最多。浮头式换热器的设计、制造、结构改进及传热热力的研究十分活跃,一些新型高效浮头式换热器相继面世^[2-4]。

2.浮头式管板换热器的技术特点

管壳式换热器是把换热器与管板连接,再用壳体固定。固定管板式换热器和浮头式换热器都属于管壳式换热器。固定管板式换热器的两端管板,采用焊接方式与壳体连接固定。浮头式换热器的管子一端固定在一块固定管板上,管板夹持在壳体法兰与管箱法兰之间,用螺栓连接,管子另一端固定在浮头管板上,浮头管板夹持在用螺柱连接的浮头盖与钩圈之间,形成可在壳体内自由移动的浮头,故称为浮头式换热器。因此当管束与壳体受热伸长时,两者互不牵制,因而不会产生温差应力。浮头部分是由浮头管板、钩圈与浮头端盖组成的可拆联接,因此可以容易抽出管束,故管内管外都能进行清洗,也便于检修。由上述特点可知,浮头式换热器多用于温度波动和温差大或壳程介质易结垢的场合,尽管与固定管板式换热器相比其结构更复杂、造价更高^[5]。

3.浮头式管板换热器的设计

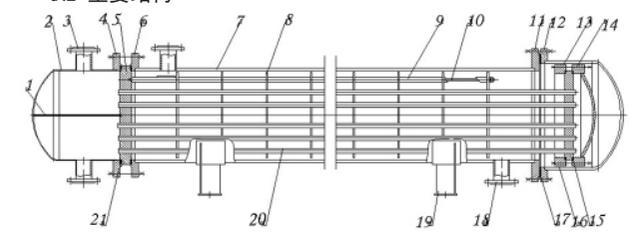
3.1 设计主要技术参数

本文设计的浮头式换热器所的主要技术参数如表1所示。

表1 浮头式换热器主要技术参数

干空气		循环水	
气体介质进口温度(℃)	180	循环水入口温度(℃)	15
气体介质出口温度(℃)	50	循环水出口温度(℃)	40
气体介质压力(MPa)	7	循环水压力(MPa)	0.4
流量(kg/s)	6.944	流量(kg/s)	8.718

3.2 主要结构



1分程隔板 2固定管板 3循环水进口 4管箱法兰 5固定管板 6固定管板 7壳体 8折流板 9定距管 10拉杆 11外头盖法兰 12外头盖螺栓 13钩圈 14浮头管板 15浮头管板 16浮头管板 17外头盖螺栓 18气体出口 19壳底 20换热管 21管箱垫片

图1 浮头式换热器结构

本文设计换热器是一种浮头式管板换热器,其主要由封头、管箱接管、管箱法兰、垫片、管板、筒体法兰、补偿圈、筒体、折流板、换热管、拉杆、鞍座、分程隔板等零部件组成。本文设计的浮头式管板换热器结构如图1所示。

3.3 工艺设计与计算

在换热器设计中,首先应根据工艺要求选择适用的类型,然后计算换热所需要的传热面积。工艺设计中包括了热力设计以及流动设计。

选择被冷却的干空气走壳程,被加热的循环水走管程。这是因为:被冷却的流体走壳程可便于散热,而传热系数大的流体应走管程,这样可降低管壁的温差,减少热应力,同时对于浮头式换热器,一般是将易结垢流体流经管程。依据换热器的设计手册,对浮头式管板换热器的换热器传热面积、压力降与换热器壁温等进行设计与计算^[2-4]。设计计算获得的换热器规格参数详见表2。

表2 浮头式换热器规格参数

DN (mm)	管长 (m)	管程数	换热管规格	计算传热面积 (m ²)	管程出入口公称直径 (mm)	壳程出入口公称直径 (mm)
600	6	2	φ 25×2.5	60	116	116

3.4 结构设计

在确定换热器的换热面积等规格参数后,应进行换热器主体结构以及零部件的设计和强度计算,主要包括壳体和封头的厚度计算、材料的选择、管板设计、浮头盖和浮头法兰的设计,还有主要零部件(如管箱、壳体、折流板、拉杆等)和主要连接(包括管板与管箱的连接、管子与管板的连接、壳体与管板的连接等)的设计。

3.4.1 壳体与管箱

由于所设计的换热器属于常规容器,并且在工厂中多采用合金钢制造,故在此综合成本、使用条件等的考虑,选择Q345R为壳体与管箱的材料。在此基础上,依据设计手册对壳体与管箱的厚度进行设计计算。得到壳体设计厚度为14.6mm,名义厚度为16mm;由于前端管箱与后端管箱的形式和其内介质环境不同,故此时将前端管箱和后端管箱的设计厚度也有所不同。前端管箱设计厚度为2.71mm,名义厚度为5mm;后端管箱设计厚度为2.71mm,名义厚度为5mm。

3.4.2 换热管

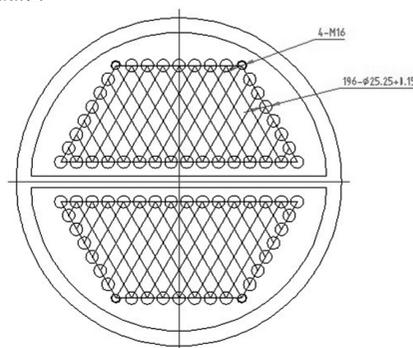


图2 管板及排管图

换热管的规格为φ 25×2.5,材料选为20号钢。由于正三角形排列排列紧凑,管外流体湍流程度高,故本文设计的换热器换热管的排列方式采用正三角形排列。查GB151-1999可知,换热管的中心距S=32mm;分程隔板槽两侧相邻管的中心距为80mm;同时,由于换热管间需要进行机械清洗,故相邻两管间的净空距离(S-d)不宜小于6mm。排管时

须注意 拉杆应尽量均匀布置在管束的外边缘 在靠近折流板缺边位置处布置拉杆。拉杆中心至折流板缺边的距离应尽量控制在换热管中心距的 $(0.5 \sim 1.5) \sqrt{3}$ 范围内。排管图如图 2 所示。

管箱作用是将从管道输送来的流体均匀地分布到换热管和把管内流体汇集在一起送出换热器,在多管程换热器中管箱还起改变流体流向的作用。由于所设计的换热器是双管程,故管箱选择为有隔板的安置形式。换热管与管板的连接方式有强度焊、强度胀以及胀焊并用。

3.4.3 管板

管板是管壳式换热器最重要的零部件之一,用来排布换热管,将管程和壳程的流体分隔开来,避免冷、热流体混合,并同时受管程、壳程压力和温度的作用。

由于浮头式换热器要求管束能够方便地从壳体中抽出进行清洗和维修,因而换热器固定端的管板采用可拆式连接方式,即把管板利用垫片夹持在壳体法兰与管箱法兰之间。固定管板厚度设计采用 BS 法进行设计,获得固定管板厚度为 88mm。浮头管板的厚度不是由强度决定的,这里按结构取 60mm。管板结构如图 2 所示。

3.4.4 折流板

设置折流板的目的是为了提高壳程流体的流速,增加湍动程度,并使管程流体垂直冲刷管束,以改善传热,增大壳程流体的传热系数,同时减少结构,而且在卧式换热器中还起支撑管束的作用。常见的折流板形式为弓形和圆盘—圆环形两种,本文采用的是单弓形折流板,选用单弓形折流板,上下方向排列,这样可造成液体的剧烈扰动,增大传热膜系数。

为方便选材,可选折流板的材料选为 Q345R,由前可知,弓形缺口高度为 120mm,折流板间距为 300mm,数量为 13 块。查 GB151-1999 可知折流板的最小厚度为 5mm,故此时可选其厚度为 6mm。同时查 GB151-1999 可知折流板名义外径为 $DN-4.5=600-4.5=595.5\text{mm}$ 。由于浮头式换热器经常拆装管束,间隙可允许比固定管板式换热器的间隙大 1mm,所以取 594mm。

一般应使管束两端的折流板尽可能靠近壳程进、出口管,其余折流板等间距布置。本台换热器折流板排列示意图如图 3 所示。折流板上的管孔大小按照 GB151 规定,管孔直径取 25.8mm。

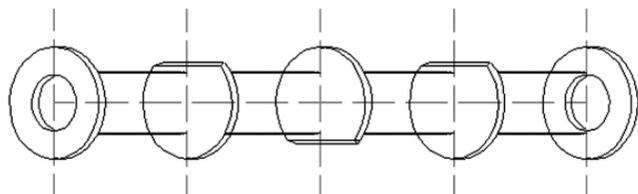


图 3 折流板排列示意图

3.4.5 拉杆与定距管

由于此时换热管的外径为 25mm,因此选用拉杆定距管结构。拉杆一端用螺栓拧入管板,每两块折流板之间的间距用定距管确定,最后一块折流板用两个螺母锁紧固定。拉杆具体尺寸如图 4 和表 3 所示:

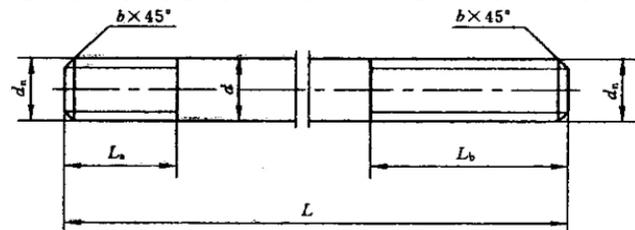


图 4 拉杆尺寸图

表 3 拉杆的参数

拉杆的直径	拉杆螺纹公称直径 d_n	L_a	L_b	b	拉杆的数量
16	16	20	≥ 60	1.5	4

其中拉杆的长度 L 按需要确定,这里取 $L=3880\text{mm}$ 。杆应尽量均匀布置在管束的外边缘。对于本台换热器拉杆的布置可参照零件图。

定距管的规格同换热管,其长度同实际需要确定。本台换热器定距管的尺寸为 $\phi 25 \times 2.5$, $L=292\text{mm}$,共有 52 根。

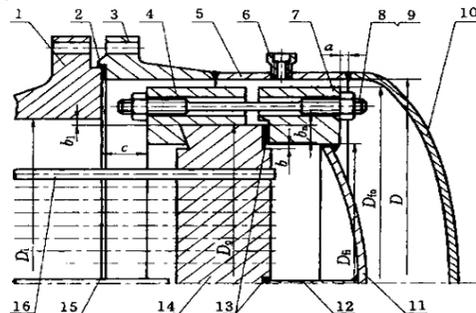
3.4.6 防冲板

本文设计的防冲板外表面到圆筒内壁的距离,应不小于接管外径

的 $1/40$ 防冲板的直径或边长,应大于接管外径 50mm,防冲板的最小厚度 碳钢为 4.5mm,不锈钢为 3mm。采用 U 形螺栓将防冲板固定在换热管上。

3.4.7 钩圈式浮头

本台浮头式换热器浮头端采用 B 型钩圈式浮头,其详细结构如图 5 所示,B 型钩圈结构如图 6 所示。浮头盖采用了无折边球形封头。浮头盖上无折边球形封头的计算按外压球壳计算。依据 GB151 方法计算,选用 Q345R 为材料,封头 $R_i=490\text{mm}$,封头外侧为 115°C 的热空气,内侧为 27.5°C 的循环水,取壁温 50°C ,设计的无折边球形封头名义厚度 $S_n=20\text{mm}$ 。



1—外头盖侧法兰;2—外头盖垫片;3—外头盖法兰;4—钩圈;5—短节;
6—排气口或放液口;7—浮头法兰;8—双头螺栓;9—螺母;10—封头;
11—球形冠形封头;12—分程隔板;13—垫片;14—浮动管板;15—挡管;16—换热管

图 5 浮头结构

3.4.8 分程隔板

由于是双管程换热器,故此处需要用到分程隔板。分程隔板采用与封头、管箱短节同等材料,除密封面外,应该满焊于管箱上。查 GB151-1999 可知,分程隔板槽槽深 $\geq 4\text{mm}$,槽宽(对于碳钢)为 12mm,对于 $DN \leq 600$ 的换热器分程隔板的最小厚度为 8mm。

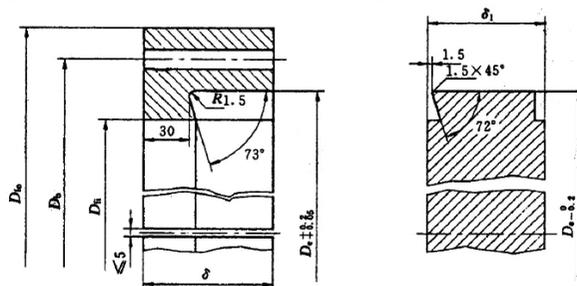


图 6 钩圈和浮头管板

3.4.9 鞍座

依据 JB/T4712-92,选择鞍座的型号为 DN600、 120° 包角重型带垫板鞍式支座。

4. 结语

浮头式换热器由于浮头可以自由移动,不会产生温差应力,易于拆联接、抽管束,适用于温差大或壳程介质易结垢的场合,是目前最为广泛使用的换热器之一。本文设计换热器是一种浮头式管板换热器,其主要由封头、管箱接管、管箱法兰、垫片、管板、筒体法兰、补偿圈、筒体、折流板、换热管、拉杆、鞍座、分程隔板等零部件组成。本文对浮头式换热器的技术特点进行了介绍,对换热器的工艺进行了设计与计算,得到了的换热器规格参数,在此基础上,对换热器的壳体、管箱、换热管、管板、折流板、拉杆、定距管、防冲板、钩圈式浮头、分程隔板、鞍座等主要零部件结构选型与设计进行了较为详细的阐述。

参考文献

[1]董其伍.换热器[M].北京:化学工业出版社,2008.
[2]钱颂文编.换热器设计手册[M].北京:化学工业出版社,2002.
[3]Spence,J.,Tooth.A.S.Pressure Vessels Design:Concepts and Principles[S].Oxford:Ald-en Press,UK,1994.
[4]郑津洋,董其伍等.过程设备设计[M].北京:化工工业出版社,2010.
[5]秦叔经,叶文邦等.换热器[M].北京:化学工业出版社,2003.