

节能技术

相变换热技术在油气集输加热设备中的应用

苏海鹏

(华油惠博普科技股份有限公司 北京 100120)

摘要 油气集输加热设备多年来一直采用传统的管式炉和水套炉(火筒式加热炉),随着传热理论与技术的不断发展和进步,传统加热炉的不足之处在实际应用中逐渐显现出来,应用中不但影响工艺系统的正常运行,还存在一定的安全隐患。将相变换热技术应用于加热设备,可很好地解决传统加热设备存在的不足。文章介绍了相变加热炉的工作原理和工程实例。实践证明,相变加热炉应用于油气集输加热过程,具有良好的发展前景。

关键词 相变换热 油气集输 加热炉

1 前言

传统的管式加热炉和水套炉,以其加热均匀,相对效率较高等优势,在油气集输工程中得到广泛的应用。随着能源日趋紧张以及各油气田能源政策的调整,传统的管式炉和水套炉,以其水容量大、升温慢、外型尺寸大、钢材耗量大、成本高、耗能高等缺点,将逐渐被新一代加热设备所取代。一方面,随着传热理论与技术的不断发展和进步,将相变换热技术应用于加热设备而得到应用的相变加热炉,不但有效的解决了传统加热炉运行的不稳定性 and 存在的安全隐患,同时相变加热炉在制造、运行成本和热效率方面比传统加热炉有很大的优势,近几年在油气田集输工程中得到快速的发展和应用。

2 相变加热炉工作原理及特点

加热炉采用相变换热技术,即将加热炉壳体内封闭空间分为气化空间和相变空间,通过燃料的燃烧加热热媒水产生饱和蒸汽,饱和蒸汽上升到相变空间与低于饱和温度的换热管接触,凝结放出相变热,即气化潜热,将热量通过换热管传递给管内被加热介质,蒸汽冷凝放热后冷凝回气化空间,如此循环往复的将热量传递给换热管内被加热介质。

相变加热炉通常采用蒸汽横掠水平管进行换热,在相变换热过程中,蒸汽的凝结通常有膜状凝结和珠状凝结(如图 1 所示),然而在实际工程应用

中,由于珠状凝结不能够长久的保持,一般认为蒸汽的凝结主要是膜状凝结。因此,相变加热炉从设计的观点出发,为保证凝结效果,只能以膜状凝结的相关计算公式作为设计的主要依据。相变加热炉主要特点是炉内热媒温度基本保持不变,并在相对较小的温差下,达到较高强度的放热和吸热的目的,因而加热炉外形尺寸相对缩小。

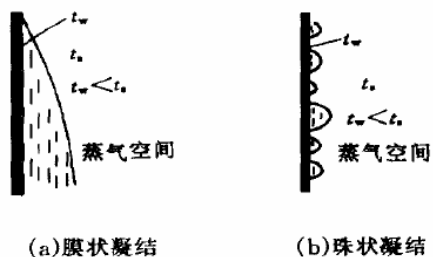


图 1 两种凝结形式

3 相变加热炉的工程应用

3.1 相变加热炉的优化设计

相变加热炉借鉴锅壳式工业锅炉的设计理念,对加热炉结构和受热面布置进行优化设计,主要体现在以下几个方面:

(1) 燃烧室采用波型炉胆(如图 2 所示)、锥形炉胆和回燃室组合件,取代传统加热炉的火筒。采用波型炉胆后,有效增加受热面,强化传热,提高了整个炉胆的柔性,防止炉胆在较高温度下产生较大的膨胀量破坏结构的完整性。波型炉胆两端采用锥形炉胆,可以缩小回燃室和加热炉的整体尺

寸, 并可以布置足够换热面的烟管, 一般情况下, 加热炉外径可减小 100~200mm。增加回燃室可以使燃料得到充分的燃烧, 从而提高燃料利用率和加热炉效率。

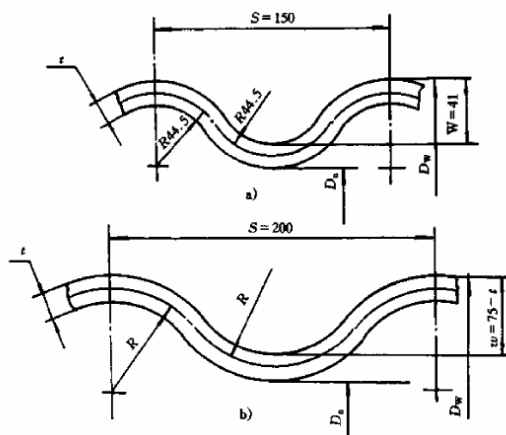


图 2 波型炉胆结构简图

(2) 炉胆和对流烟管采用轴对称结构布置(如图 3 所示), 保证烟气流动的均匀性和稳定性, 有效节省受热面用钢材。

(3) 考虑到烟管和管板连接处的热应力和机械应力的作用可能产生的管板裂纹及烟管穿孔, 在设计过程中, 结合燃烧机的火焰长度和直径曲线图确定炉胆的结构尺寸, 将回燃室烟气出口温度控制在 1000℃, 对烟管和管板连接处的焊缝进行有效地耐火保护, 防止出现管板裂纹, 增加了加热炉的使用寿命, 同时适当降低进入烟管和管板处的烟气温度。

(4) 燃烧室采用全湿背式结构布置(如图 3 所示)。加热炉燃烧室及受热面采用低位设计, 完全浸没于热媒水中, 这样有利于将温度最高的燃烧室浸没于水中, 使加热炉水位的安全范围增大。

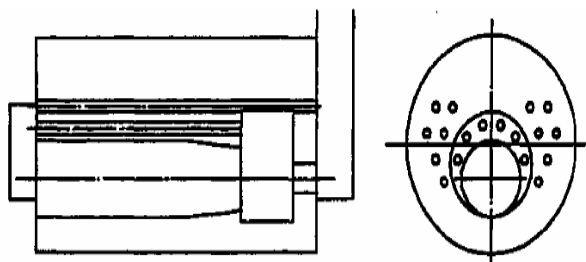


图 3 湿背式结构简图

3.2 工程应用实例

相变加热炉在应用过程中, 我们分别开发设计了真空相变加热炉、带压相变加热炉, 按结构形式有一体式(带压相变、真空相变)相变加热炉、分体式相变(带压相变、真空相变)加热炉。为了叙述方便, 我们在这里以应用比较广泛的真空相变和

分体式相变加热炉作为讨论的主要内容。

(1) 真空相变加热炉的工程应用

实际工程应用中, 我们将加热炉壳体设计压力 $< 0.1 \text{ MPa}$ 定义为真空相变, 壳体设计压力 $> 0.1 \text{ MPa}$ 定义为带压相变加热炉。在结构形式上两者是相同的, 仅仅根据换热负荷和用户对设备结构要求的不同, 考虑选择一体式或是分体式。换热器可根据实际情况或用户要求选择蛇形管式和列管式结构。

如图 4 为一体式真空相变加热炉结构图, 真空相变加热炉在标准状态下, 炉体真空度为 0.08 MPa , 换热器所在的上部空间既是相变空间, 也是真空室。加热炉启动后, 燃料燃烧产生的热量通过炉胆和烟管传给热媒水, 使热媒水在炉内负压状态下蒸发成蒸汽, 与在真空室内的换热器进行相变换热, 然后凝结水回流到气化空间, 如此往复进行, 完成传热过程。

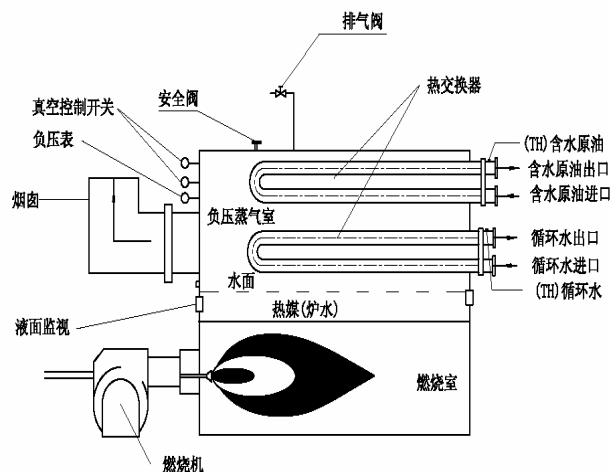


图 4 一体式真空相变加热炉结构简图

真空相变加热炉在运行的过程中, 炉体的内部压力始终处于 $-0.02 \sim 0.08 \text{ MPa}$ 的真空状态下。炉内的热媒水是完全脱氧的纯净水, 无腐蚀、无水垢, 另一方面, 加热炉在运行过程中, 热媒水始终处于饱和状态, 不会发生低温腐蚀现象, 从而使加热炉寿命长相对较长, 因此安全性能相对较高, 没有安全隐患。

真空相变加热炉在设计中采用模块化结构, 设备结构紧凑, 安装简便, 设备体积小, 使产品易于运输、安装, 与相同负荷的传统加热炉相比较, 是一种高效、节能、环保、低成本类产品, 根据实际应用, 一台 1000 kW 真空相变加热炉一天可节省燃料油约 0.64 吨。

(2) 分体式相变加热炉的工程应用

由于换热负荷和用户对设备结构要求的不同,

我们开发设计了分体式相变加热炉,既可采用真空相变,也可采用带压相变。如图 5 所示为一分体相变加热炉。这种型式的加热炉在吉林油田和大港油田达到了广泛的应用。

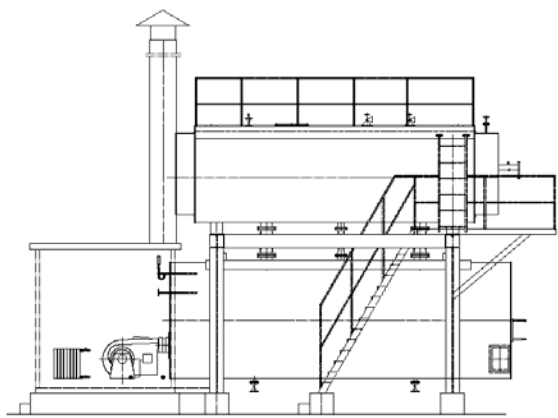


图 5 分体式相变加热炉外形图

加热炉主要由炉体和换热器组成,炉体结构借鉴锅壳式锅炉工业锅炉的设计理念,换热器结构可采用列管式、蛇行管式,还可应用标准型式换热器。蒸汽通过专门的管路进入上部换热器壳体,在换热器壳体内完成相变换热过程,然后通过冷凝管路返回下部炉体内。分体式相变加热炉在设计时充分考虑了设备荷重和安装现场的条件、风载和换热器运行振动等因素,为保护下部炉体不承受外加载荷,以免造成炉体受损,采用了无受力分体结构方案,即炉体与换热器之间只进行汽水介质的能量传输,换热器的重量则通过钢结构传递给地基,而炉体完全不受外部载荷,炉体与换热器采用金属波纹管法

兰软连接。炉体和换热器可以根据使用情况分别进行更换,有效地提高了设备整体的使用寿命,降低了投资和运行成本。

4 结束语

采用相变换热技术,有效地克服了传统加热炉存在的缺陷,可以很好地取代传统加热炉进行油田地面集输系统油气水及其混合物的加热,适合油田油气集输的生产和经营管理要求与发展趋势。真空相变加热炉,属于常压类容器,简化了报批、年审等手续,操作无需持证。同时真空加热炉以其高效、节能、经济,具有体积小、升温快,热效率高、安全可靠、管理方便的优势,目前已经在各大油田得到了广泛的应用。

参考文献

- [1]赵钦新,惠世恩.燃油燃气锅炉[M].西安:西安交通大学出版社,2000
- [2]陶文铨,杨世铭.传热学(第三版)[M].北京:中国高等教育出版社,2000
- [3]油田油气集输设计技术手册编写组.油田油气集输设计技术手册[M].北京:石油工业出版社,1994

作者简介 苏海鹏(1978—),2002年毕业于哈尔滨理工大学热能工程专业。华油惠博普科技股份有限公司,工程师。长期从事热能工程和油气田地面工程装备的研发设计工作。

(上接第 39 页)

环经济、节能减排工作力度,积极构筑第四条循环经济生态链——净化水生态产业链。投资 1.17 亿元,建成了目前全国化肥行业规模最大、工艺最先进的污水处理工程。

该工程是 2006~2007 年度淮河流域重点工业废水治理工程。项目由华东理工大学工程设计研究院设计,主体处理工艺采用 A/O 生化处理工艺及超滤、反渗透除盐水工艺。主要针对鲁南化肥厂排放的工业废水和生活污水进行集中处理。设计日处理污水 2.6 万 t,其中 2 万多 t 进行回收利用,回收利用率达 75%以上。项目于 2007 年 4 月建成投用,废水排放指标优于《山东省南水北调沿线水污染物综合排放标准》要求,每年可减排 COD 1800 余 t、氨氮 550 余 t、节约用水 500 多万 t。

3.2 采用洁净煤技术,完成双结构调整工程

2006 年,国家国债资金支持的总投资 14.83 亿元的原料及动力双结构调整项目开工建设。项目建设规模为年产合成氨 24 万 t,尿素 40 万 t,2008 年 7 月 1 日气化炉一次投料成功,全线流程打通,运行良好。

项目建设中,企业通过“五个优化”,实现了“五个节约”:通过优化方案,比同类型装置节约投资 5 亿元;优化土地使用布局,节约用地 400 余亩;优化人力资源配备,新项目实现了未增加一个机构、未增加一名干部、未增加一个人员编制;优化技术路线,节能降耗成效明显,根据初步设计计算,吨合成氨能耗 1350kg 标煤,与以煤为原料的大型氮肥装置能耗相当;优化项目组织,建设周期大幅缩短。