

新型上升管蒸发器的结构与应用

徐睿峰

华泰永创(北京)科技股份有限公司 辽宁 鞍山 114000

摘要:近年来,焦炉荒煤上升管的余热再循环工艺,重新被国内外各大焦化公司引进并采用。本篇重点阐述了新型上升管制冷装置的材质、构造,同时梳理归纳了近年来焦化公司采用上升管设备的现状。简要阐述了上升管余热利用装置的热力特点。

关键词:荒煤气余热利用;节能减排;上升管蒸发器

1 焦炉荒煤气余热利用技术

焦炉荒煤余热利用技术是以一种以利用荒煤中的显热量,进而达到节能减排、增加效益的环保新工艺。炼焦荒煤对显热的处理,必须通过二个“坎”:一是荒煤高温的极限“坎”,荒煤高温既不得低于四百五十℃,也不得超过八百℃;二是换热器设备的高性能“坎”,导热材质的高

效稳定性,具有极强抗热应力,不发生物理、化学质变,也就是说上升管生产操作管理所忌讳的“三怕”:怕漏水、怕挂焦油、怕生长多层石墨^[3]。

1.1 现有的荒煤气余热回技术比较

目前已尝试的荒煤气余热回收方法及优缺点如下表1.1所示^[3-5]:

表1.1 几种焦炉余热利用技术方法优缺点比较

序号	余热利用方法	技术优点	存在的问题
1)	上升管汽化冷却技术	投资少运行成本低	易漏水,表面结焦
2)	导热油夹套技术	技术安全性高	造价高、导热油长期处于高温状态易质变
3)	热管式换热技术	安全性好,蒸汽压力可调	热管表面易结焦
4)	荒煤气直接热裂解技术	能耗高	回收热消耗能源过多
5)	氮气换热技术	安全性好,不易结焦	氮气热容小,热效率底下
6)	余热锅炉技术	可余热发电	实际不可行
7)	半导体温差发电技术	余热利用效率高	发电模块效率不稳定

以上的荒煤余热再利用技术方案虽各有各的技术优点,但在实际工程使用中却都具有一些不足之处。新型开发的关键技术,如“半导体温差发电技术”、“氮气换热技术”以及“余热锅炉技术”有待进一步开发,其中“导热油夹套管技术”虽曾于近期在徐州华裕煤气公司得到广泛应用,不过现在却已经停用。国外一直热衷研发的“荒煤气直接裂解技术”和国内一直在研究的“热管换热技术”近期均无重大研究成果和科技发展。

1.2 上升管汽化冷却技术的介绍

上升管的水会冷却技术,已于20世纪70年代初期在北京首钢、太钢等焦化厂有了应用,其基本原理是将用水在经过上升管的火山作用峰下连接一个环状夹套,水流进入夹套中与荒烟气换热具体流程主要是将在软水箱的温度为9℃以下的经变软处理后的水,流通过给水泵直接吸入汽包。汽包内部是由管子和上升管之间的夹套中相通,水由汽包中开始,从上升管的下端流入,从

上升管的夹套内吸取荒煤气传给下管壁的热蒸发,随后产生的汽水混合物从上升管的上端流过进入汽包,在汽包内实现了汽水分离,并形成相应压强的热蒸气(一般为0.4~0.7MPa)进入蒸汽管网^[4]。而早期的焦炉上升管工艺,由于并未能完全解决上升管的手头字焊缝拉裂、渗水、漏汽的问题,以及上升管表面焦油和多层石墨之间的吸附缺陷,而未能被结焦业界所普遍认可,加之一九八四年北京某焦化厂由于失误操作所导致的大爆炸事件而搁置物之下三十余年后。在这三十多年的时间内,随着人类对上升管表面结焦问题的研究和企业环境保护压力日益增大,加之对其余焦炉余热再利用工艺技术的完善,焦炉上升管余热处理技术再次被人们关注了起来。通过新功能材料,加上新工艺制造出的焦炉式上升管蒸馏机具,备抗渗漏、放挂焦油结石墨、长久耐烧的优点,能够克服在传统上升管蒸馏汽化技术中出现的容易渗漏,表面容易结焦的问题。

1.3 上升管蒸发器结构分析

新近发现的上升管蒸发器余热利用方法，和早期的上升管蒸出方法在热能系统中并没有什么太大的区别，但是新上升管蒸发器和过去上升管蒸出装置却截然不同，如图1.对比传统蒸发汽化上升管装置构造和新型上升管蒸发器的构造，人们可以到上述二种余电回收设备在构造、材质上都存在着显著的区别。当蒸发汽化上升管的内套管水压过大或泄漏时，水分就很易泄漏入焦炉。而新型上升管蒸发器具备抗渗漏、放挂焦油结石墨、长久耐烧的特性。它是由内涂料、内管、内管套管、外套管、汽水空气、荒煤气空间和保温材料空间等组成。和荒煤气直接联系的也不仅是外套管而是内涂料，它是涂在管道表面上的一层抗结焦问题陶瓷材料。

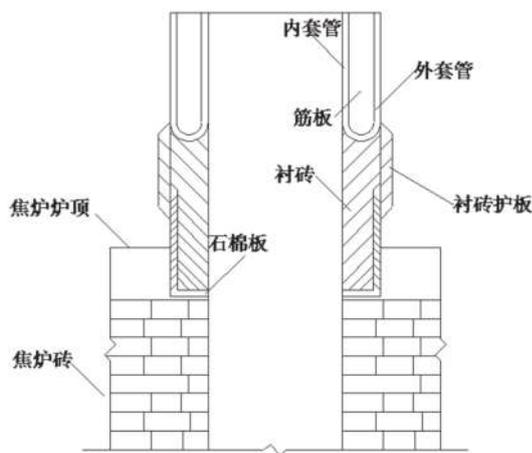


图1.1 汽化上升管装置结构图

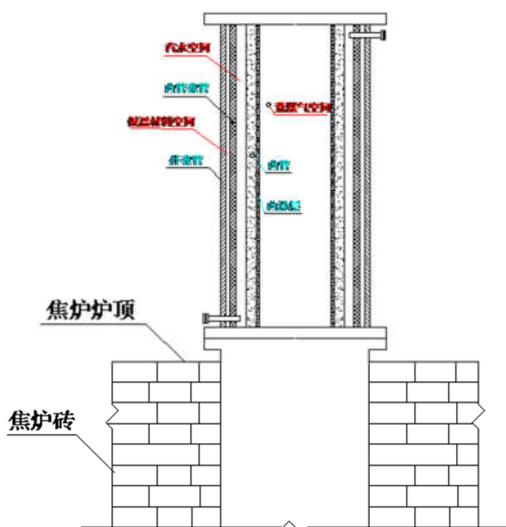


图1.2 上升管蒸发器结构图

近年来发现的结构复合陶瓷都有耐高温、耐冲击、耐腐蚀、高硬度的结构特性，由岩英(SiO_2)、 Cr_2O_3 、

Al_2O_3 、 CaO 等组成的结构复合陶瓷，都对控制结焦问题有着不错的功效，但Fe、Ni、Mn、Cu等微量元素也有对促进结焦问题的影响。故内涂层材料的主要成分是由有抑制热结焦效应的复合陶瓷为主导，配加了一定量的有较大热膨胀性能的高温黏贴剂，使其高温下涂于合金层表面构成纳米传导性的传热层。该层材质能够很好地应对上升管内长期高温和复杂的物理化学热侵蚀环境，也能够很良好的避免套管内的水分迅速渗透到炉口。内管套管层同样也是由无缝钢管所组成的构造型式，处于内管和内管套管空间之间的汽水空间，是荒煤余热再利用体系的关键部件。为增加荒煤的换热效率，并增加汽水空间的总容量，在靠近汽水空间一侧的内管一般使用双螺线结构，不但因为双螺旋管换热器内管束的热膨胀应力较小，而且因为它的换热面积也较一般列管式换热器的传热面积高的多。布置在保温空间中的保温材料，能够有效抑制热能向外扩散，进而显著改变了原有外套管表面温度过高的问题。而外套管的材质则为不生锈钢，保护了上升管的基本结构。

2 上升管余热利用技术的现状

新型焦炉上升管蒸发器的问世，极大的推动了这项技术在各大焦化公司中的广泛应用和发展。特别是在近三年内，该技术如雨后春笋般搬的被引进了国内大中型焦化公司。据统计至二零一六年六月，中国国内只有三家焦化公司正在利用上升管蒸发器，开展荒煤余热利用。

2.1 国内近期投产的上升管项目

表2.1 近期国内上升管余热回收项目的主要企业

序号	企业	焦炉炉型	投产时间
1	河北旭阳焦化有限公司	130孔5.5m捣固焦炉	2018年11月
2	山东石横特钢有限公司焦化厂	81孔5.5米捣固焦	2018年2月
3	安阳钢铁股份有限公司	6.0米焦炉	2017年4月
4	广东韶钢松山股份有限公司焦化厂	110孔4.3米焦炉	2018年1月
5	新余钢铁焦化厂	126孔6.0米焦炉	2017年8月
6	马鞍山钢铁股份焦化厂	50孔6.0m顶装焦炉	2017年7月

近十八个月内，完成了焦炉上升管及余热利用项目的国内单位，如图二点一所示。项目由华泰永创工程(北京)科技有限公司设计的河北旭阳焦化有限公司2×65孔五点五m捣固焦炉上升管余热利用项目，采用泰晋环保工程技术(上海)有限公司研制生产的最先进上升管蒸发器工艺，于二零一八年11月11日成功投入，目前工作情况良好，产生零点七Mpa饱和蒸汽的热流量已达到十四t/h。

2.2 一般工艺流程

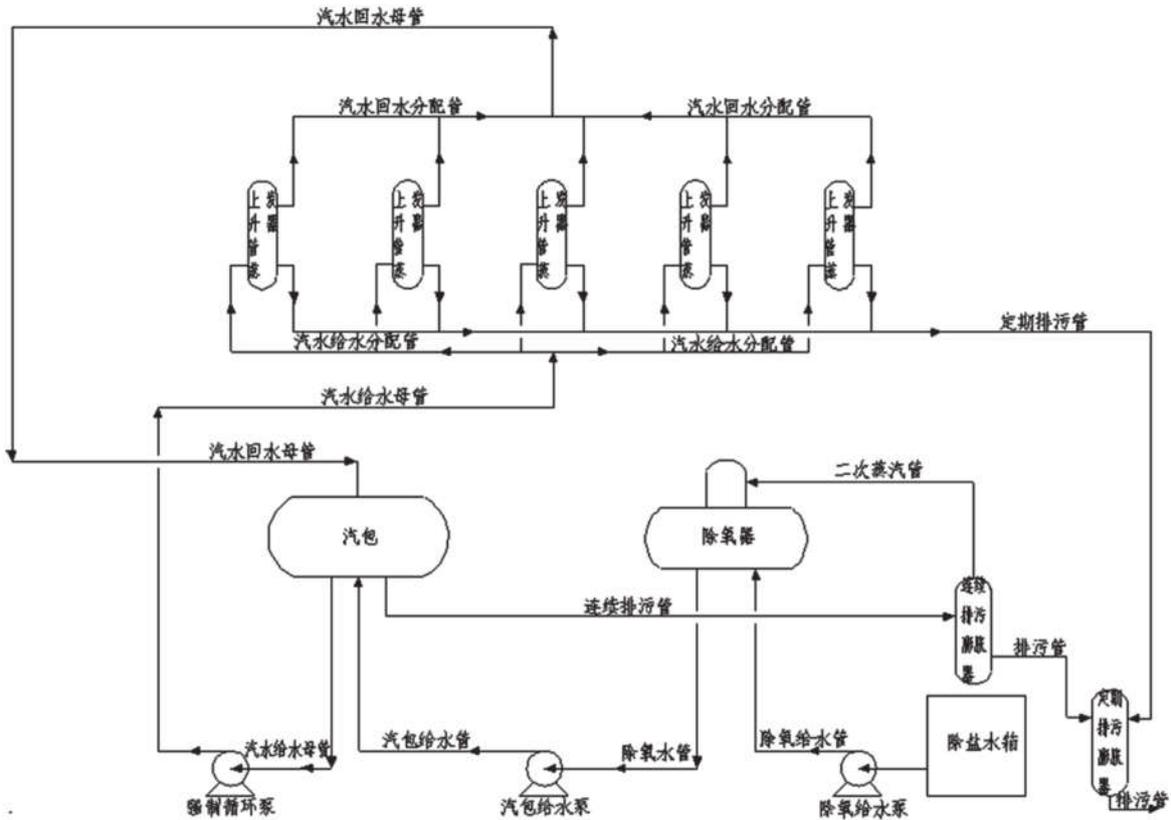


图2.1 焦炉上升管余热回收项目的工艺流程图

流程如图2.1所述:将厂区的除盐水直接送至除盐水箱内,在水箱中设置贮水和缓冲系统后,除盐水箱中的盐水再经由除氧给水泵直接送至除氧器中,除盐水经过除氧器除氧后,用汽包型的给水泵进行吸高汽包。汽包内的除盐水后,再通过汽包型给母亲水管任其自流至强制循环泵中再进口。而强制循环泵则是把来自汽包的完全饱和水,输送至每条上升管换热器二侧。水从上升管换热器中吸荒煤气能量后,成为汽水混合物,后经由汽包回水管再输送到汽包。汽水混合物在汽包中的汽水溶解后,形成0.6~0.8MPa的完全饱和汽水并送入整个厂区汽水管网信息系统,余水再返回之前的汽水体系中继续汽水系统。

3 热力系统

3.1 上升管的循环方式的选择

循环方法指整个上升管的循环方法可分成自然循环和强制循环,自动循环方法是指通过汽水混合液和水之间的密度差,引起水与汽水混合液之间的交替运动的循环方法。简单的自然循环像没有往往具有较少的初期投入与较低的使用成本,但这种密闭式循环汽包和上升管

间需要适当的高度,并不能提高换热速度。强迫密闭式循环,是指通过对循环水泵机械压力的强迫控制,使炉液循环流动换热。

3.2 汽包的选择与设计

上升管系统汽包的作用实现汽水分离并维持一定的储水量,使利用热力系统运行稳定。为保证产生品质合格的低压蒸汽,汽包需要一定空间的蒸汽容积。蒸汽的品质和汽包的蒸汽空间负荷强度 R 有关。在其他条件相同的情况下, R 越小则蒸汽品质越有保证。但是汽包中的蒸汽容积 V 一般表达为:

$$V = 1000 \times DV'' / R$$

式中: D 为汽包蒸发量, t/h ;

V'' 为工作压力下饱和蒸汽比容, m^3/kg ;

R 为蒸汽空间负荷强度, $m^3/(m^3 \cdot h)$ 。

因为升管余热循环的过程所产蒸汽的压力变化相当大,而蒸汽的容量也不可选择得太小,因此一般 R 值约为二百。早期建设的上升管余热利用装置,在三钢焦化厂和邯钢焦化厂的建设中,每二个焦炉均建立了一个焦炉荒煤余热利用装置,对于汽包容积的估算,是按照每单

位时间生产蒸汽容积的1.2~1.3倍考虑的。在一般情况下能够适应蒸汽回收分离的要求，但因为不能考虑备用汽包，所以一旦汽包的工作设备发生了问题而需要大修或高压容器年检时，就需要把余电回收系统整体关停，所造成的荒煤余电已无法使用了，而上升管的蒸发器也就又被干烧。近期正在投产的几个企业中，包括旭阳焦化厂和韶钢焦化厂的上升管余热利用工程，大多都采用了一炉一包、两包串联连接互备的工艺操作方法。每台焦炉都对应着一座能够承载二台焦炉蒸气流量的汽包，平时并联工作，在检修或特殊情况时能够用一个汽包连接二个焦炉蒸气流量，从而做到了不停产的鉴定维护，并确保了余电蒸汽回收持续平稳。

3.3 汽水循环倍率的确定

汽水循环倍率是上升管热力系统的重要参数，它表示进入余热回收系统中的水量需要经过多少次循环才能全部变成蒸汽，它等于循环流量G与蒸汽流量D的比值：

$$K = G/D$$

式中：G为单位时间内进入循环回路的水流量，t/h；

D为汽包蒸发量，t/h。

依据《余热锅炉设计与运行》中循环倍率取值，针对强制循环循环倍率取8~20，为保证系统安全运行取上限20甚至更大。对汽包工作压力 < 1.5MPa、蒸发量 < 15t/h

自然循环上升管循环系统，其循环倍率取100~200。

结语

利用新技术、新材料和新工艺而生产的上升管蒸发器，可以彻底解决了过去上升管“易漏水、易结焦挂石墨、不耐烧”的弊端，在实际工程使用中，也有着相当高的余热利用效果。为确保上升管系统的有效、安全和稳定地工作，所有新型上升管蒸发器以及相应的热力系统都采用了强制密闭式系统，并同时安装了双汽包以保证最大的热循环倍率。

参考文献

- [1]孙宝东，钱葵娟，李明珠.炼焦余热资源回收利用技术研究[J].冶金能源，2015，34（5）：24-27.
- [2]杨仕杰，郁鸿凌，林友斌，沈丹丹，王美清，陈梦洁.一种焦炉上升管荒煤气余热回收方法及试验[J].能源研究与信息，2013，04：214-217.
- [3]姚礼鹏.炼焦荒煤气上升管余热回收研究[D].河北工程大学.2016.
- [4]张宇晨，孙业新.焦炉上升管荒煤气显热回收技术探讨[J].冶金能源，2011，30(3)：46-48.
- [5]郑文华.焦化厂余热回收利用技术[J].2013年干熄焦技术交流研讨会论文集，2013.