

焦炉烟气余热回收技术的应用及效益分析

杨 珺（河北峰煤焦化有限公司，河北 邯郸 056202）

摘 要：炼焦过程中会产生大量废烟气通过烟囱排往大气，排烟温度 280-300℃ 左右，具有较大的余热回收价值，如果加以回收利用将可以取代燃煤锅炉产生的一部分蒸汽，节约部分煤炭资源。建一套热管余热锅炉装置，在不影响焦炉正常运行的前提下最大限度地利用余热，余热锅炉的过程控制采用集中控制原则，基本实现自动化为目标，将放空的焦炉热废气热能利用起来用作产生 0.8MPa 的饱和蒸汽，这样不但可以解决公司内部部分用热问题，降低用热成本，同时多余蒸汽还可以供给生产、生活和采暖用热，为企业增加部分收益，提高了企业经济效益。

关键词：废烟气；焦炉烟气；余热回收；热管余热锅炉；焦炉；废气

1 引言

目前，国家持续加大产业结构调整和环境保护力度，着力增强自主创新能力，提升产业层次和技术水平，大力发展循环经济、低碳经济。

在当前节能减排生产的大力号召下，对煤炭焦化所产生副产物的再利用具有极大意义。同时，在煤炭焦化生产过程中还会产生大量烟道气，烟道气若未经有效处理任意排放至空气中不仅会造成周围区域环境的污染，而且还会导致热能资源的浪费^[1-3]。焦化行业的余热余能利用及环境保护，也被摆在了十分重要的位置。

以年产 90 万 t 焦炭焦炉为例，生产中焦炉炭化室加热后产生的废气量 150000Nm³/h，温度 280-300℃ 左右，具有较大的余热回收价值。目前焦化行业的余热回收项目造价大幅度降低，同时余热回收效率大幅度提高。

对焦炉烟道废烟气余热进行回收利用，建设一套热管余热锅炉装置，将产生的蒸汽并网可供厂区内的生产和生活使用。余热锅炉运行后，不仅减少了焦炉烟气废热的排放，同时带来很好的经济效益和社会效益。

烟道气成份如下：

如果这些余热不进行回收利用，浪费了宝贵的能源，也污染了环境。因此采取措施，对焦炉产生的废气进行余热回收利用，对有效降低能耗，推动实现可持续发展战略具有十分重要的现实意义。既可以回收目前随废气排放的余热能源，为企业生产及生活用汽，还可以为企业降低生产成本，是一项节能减排的好项目。而且大大减少了大气中有害物质的污染，环境优势十分重要。

2 工艺流程

2.1 烟气流程

在地下主烟道翻板阀前开孔，将主烟道路热烟气从地下主烟道路引出，经余热回收系统换热降温后，将热烟气降至约 160-170℃，经锅炉引风机再排入主烟道翻阀后的地下烟道（或烟囱侧面原有预留门），经烟囱排空。

具体烟气流程见图 1：

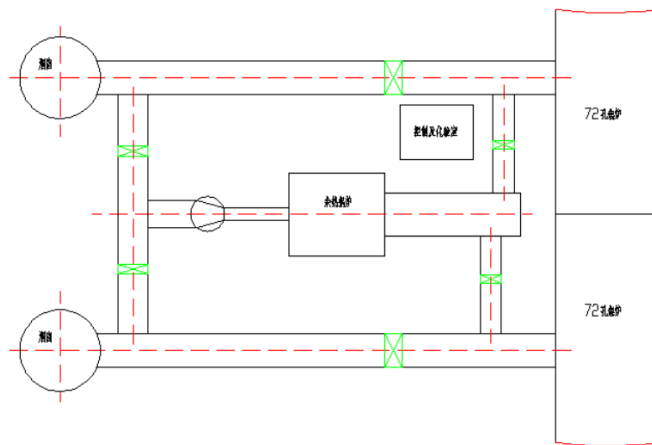


图 1 烟气流程图

2.2 余热回收系统的组成

该系统由软化水处理装置、除氧器、水箱、除氧给水泵、锅炉给水泵、中温热管蒸气发生器、软水预热器、低温热管蒸气发生器、汽包、上升管、下降管、外连管路和控制仪表、锅炉引风机等组成，并且互相独立。

2.3 汽水流程

工业软化水经过软水泵进入除氧器除氧，除氧水一部分由给水泵输入热管软水预热器预热到后进入汽

包,水通过下降管进入中温热管蒸汽发生器,水吸收热量变成饱和水,饱和水再经上升管进入汽包,在汽包里进行水汽分离,形成 0.8MPa 的饱和蒸汽,送至蒸汽总管或用户。

3 热管余热锅炉装置技术特点

热管余热锅炉系统主要为热管蒸发器、热管省煤器、蒸汽聚集器及汽水管路组成。系统采用高效传热元件—热管,较一般余热回收装置有许多明显优点。

3.1 热管余热锅炉的核心部件是热管

热管通过密闭真空管壳内工作介质的相变潜热来传递热量,其传热性能类似于超导体导电性能,它具有传热能力大,传热效率高的特点。典型的重力热管如图 1 所示,在密闭的管内先抽成真空,在此状态下充入少量工质。在热管的下端加热,工质吸收热量汽化为蒸汽,在微小的压差下,上到热管上端,并向外界放出热量,且凝结为液体。冷凝液在重力的作用下,沿热管内壁返回到受热段,并再次受热汽化,如此循环往复,连续不断地将热量由一端传向另一端。由于是相变传热,因此热管内热阻很小,所以能以较小的温差获得较大的传热功率,且结构简单,具有单向导热的特点,特别是由于热管的特有机理,使冷热流体间的热交换均在管外进行,并可以方便地进行强化传热。

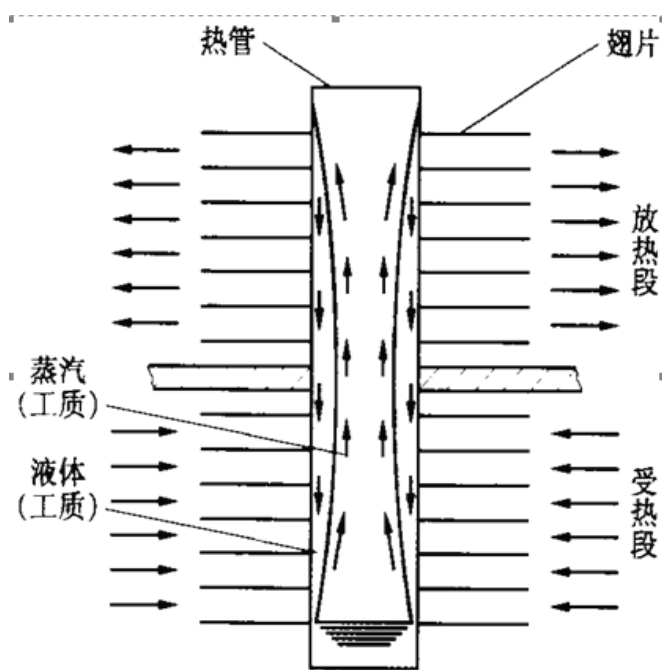


图2 重力热管原理图

3.2 系统工作原理

余热锅炉系统包含热管蒸发器（采用镍基钎焊热管）和热管省煤器（镍基钎焊热管），烟气先经过蒸发器，后经过省煤器。

①各段换热设备之间有过渡段连接，过渡段上设有膨胀节（以满足设备的热膨胀）和人孔（供设备安装和停炉检修时使用）。每套装置平台均留有通道，以便设备安装和维修需要；

②热管蒸发器是由若干根热管元件组合而成。其基本结构及工作原理如图 2 所示。热管的受热段置于热流体风道内，热风横掠热管受热段，热管元件的放热段插在汽—水系统内。由于热管的存在使得该汽—水系统的受热及循环完全和热源分离而独立存在于热流体的风道之外，汽—水系统不受热流体的直接冲刷。热流体的热量由热管传给水套管内的饱和水（饱和水由下降管输入），并使其汽化，所产蒸汽（汽、水混合物）经蒸汽上升管到达汽包，经汽水分离以后再经主汽阀输出。这样热管不断将热量输入水套管，通过外部汽—水管道的上升及下降完成基本的汽—水循环，达到将热烟气降温，并转化为蒸汽的目的。

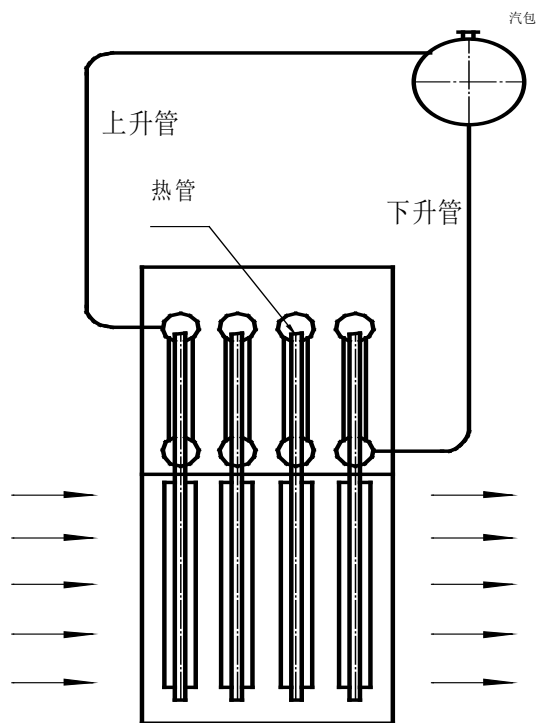


图3 热管蒸发器工作原理

③热管省煤器也是由若干根特殊的热管元件组合而成，热管的受热段置于烟气风道内，热管受热，将

热量传至夹套管中从除氧器进来的除氧水,加热到150℃以上,送至汽包。

3.3 较一般余热锅炉优点

①采用热管作为传热元件,整个汽水系统的受热及循环完全和热流体隔离而独立存在于热流体烟道以外,这就使本系统有别于一般余热锅炉;②设备中热管元件间相互独立,热流体与蒸汽发生区双重隔离互不影响,即使单根或数根热管损坏,也不影响系统正常运行,同时水、汽也不会由于热管破损而进入热流体;③采用镍基钎焊技术,根据烟气特点,设计采用镍基钎焊翅片,表面具有致密不锈钢合金层,防低温下酸露腐蚀;④设计时调节热管两端的传热面积可有效地调节和控制壁温,防止低温酸露点腐蚀;⑤操作简单、维修方便、工作可靠,整个系统的热量输送过程不需要任何外界动力,故障率低,效率高;⑥整个系统中热管蒸发器和热管省煤器均采用积木式模块化箱体结构设计,全部受压元件的组焊均在厂内完成,分段出厂,现场吊装,减少现场安装焊口,缩短现场安装量,节约安装费用。

4 经济效益分析

年产90万t/a焦炭焦炉配置两台余热锅炉可产生压力0.8MPa,温度174℃的饱和蒸汽8t/h。年产蒸汽量(按8000h计算): $8t \times 8000h = 6.4 \times 10^4 t/a$ 。

4.1 蒸汽单价核算

以额定蒸发量为75t/h的中温中压锅炉为例,设计每小时燃烧煤20.2t/h,实际燃烧19t/h,每吨蒸汽耗煤量为0.25t,煤价格500~700元/t,按平均600元计算。

每月燃烧煤费用: $19t/h \times 600元/t \times 24 \times 30 = 820.8$ 万元;

每月设备运转电费: $40000kWh \times 0.7元/度 \times 30天 = 84$ 万元;

每月除盐水水费: $80t/h \times 24h \times 30天 \times 8元/t = 46.08$ 万元;

每月人工费:定员109人,每月30万元;

每月折旧、大修和摊销费用:85万元;

每月备品备件、材料费用:10万元;

每月拉灰、渣费用:3万元;

每月脱硫费用:12万元;

其他费用(教育、检验、办证):8万元;

总计每月费用:1098.88万元;

每月生产蒸汽量: $75 \times 24 \times 30 = 54000t$;

吨蒸汽费用: $1098.88 \times 10000/54000 = 203$ 元;

每年可收回投资 $8t \times 8000h/a \times 203元/t = 1299.2$ 万元/年。

4.2 运行成本

软水 $8 \times 6 = 48$ 万元;

人工费: $3 \times 4 = 12$ 万元;

维护费:5万元;

电费: $377.5 \times 8000 \times 0.6 \times 60\% = 108.72$ 万元;

设备折旧费(按10年计): $658/10 = 65.8$ 万元;

合计: $48 + 12 + 5 + 108.72 + 65.8 = 239.52$ 万元(考虑设备折旧);得知,年收益为 $1299.2 - 239.52 = 1059.68$ 万元。

5 结论

年产焦炭90万t焦炉,在炼焦过程中产生的大量废烟气通过烟囱排往大气,排烟温度280~300℃左右,具有较大的余热回收价值,该余热现没有被回收利用,如果加以回收利用将可以取代公司现有燃煤锅炉产生的一部分蒸汽,节约部分煤炭资源。

将放空的焦炉热废气热能利用起来用作产生蒸汽,这样不但可以解决公司内部部分用热问题,降低用热成本,同时多余蒸汽还可以供给生产、生活和采暖用热,为企业增加部分收益,提高了企业经济效益。社会效益、经济效益显著,既利国利民,又利于企业的自身生存和发展。

参考文献:

- [1] 王晓飞.焦炉烟道气余热回收的实施及效益分析[J].山西化工,2021(05).
- [2] 张忠坚,陶权,刘昌亮.基于4C技术的糖厂锅炉烟道气余热回收控制系统设计[J].食品工业,2015(4):218-220.
- [3] 牛泽群.焦炉余热利用技术状况及发展方向[J].节能技术,1996(01).
- [4] 姜威.焦炉荒煤气余热回收技术应用分析[J].山东化工,2018,47(6):109-109.
- [5] 尹珩宇,樊俊杰,邓加晓,等.焦炉多余热回收系统的分析及优化[J].化工进展,2019(11):1-8.
- [6] 王焕顺,李利军.捣固焦炉烟道余热锅炉的应用[J].冶金自动化,2013(S1):133-136.
- [7] 瞿圣,王慧.焦炉废烟气余热回收利用经验探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2018(32):97.

作者简介:

杨璐(1985-),女,汉族,河北省衡水人,煤化工工程师,工程硕士,研究方向为化工工艺。