

利用余热的一种新型的重油加热系统

马家驹 盛惠渝 (哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

〔提要〕 本文论述了一项新型重油加热系统专利的设计构思、工作原理、参数选取的实质,分析了其能耗水平,与电加热方法的对比。本系统的特点是利用余热和低品位汽增焓。结论是在蒸汽压力低于0.6MPa的中小企业中的工业炉窑上代替电加热是合理的。

主题词 重油加热 余热利用

一、问题的提出

通常,重油必需被加温到其精度低于 5°E 才能有效地燃烧。由于工业用重油品质愈来愈低,这个温度已高到 $130\sim 160^{\circ}\text{C}$ 。

重油加温已有多种方法实现。其中用饱和蒸汽通过多种形式的换热器作直接凝汽式加温是简易的办法,但是其所需的0.6MPa以上的蒸汽压力却是众多的中小企业所往往不具备的。电加热方法有电能利用较方便的优点,但它直接消耗大量高层次能源——电能;其次,由于通常电热元件局部温度过高,易使重油产生胶结、焦化等问题,导致实际工作可靠性差。

为此,要求我们寻求一种在上述实际条件下比较简单、可靠、符合节能要求的重油加热系统。

二、解决问题的途径

我们面对的问题环境可归纳如下。

1. 加热重油至 $130\sim 160^{\circ}\text{C}$ (温升 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$)。
2. 厂动力网蒸汽压力常低于0.4MPa甚至低至0.04MPa,该低压蒸汽流量往往亦有较大限制。
3. 这本身是一项节能技术,应尽量利用工业炉窑余热。
4. 重油在过高温度下易胶结焦化。其它不少可以设想的加热重油方案也被

筛选排除在外了。例如由于安全原因显然不宜将重油管道置于炉窑烟道内直接加热。如果为这些炉窑增设余热锅炉自产汽,则过份复杂,而且多数这类情况是容量规模太小而不现实的。

最后,我们构想并实现了目前这个将低品位汽利用炉尾余热增焓,再以它为介质来二次加热重油的新方案,较好地适应了前述4项相互制约的环境条件。

三、热系统要点

图1是系统原理简图。

系统的实质要点是:(1)由于目标温度超过了可用介质(低压饱和汽)的饱和温度,故只有使用过热汽,即这里蒸汽主要是作为一种载热介质被利用。(2)也因此,加热器必须有一部份中间排汽,否则加热器内温度不可能高于饱和温度。(3)过热汽本身并不是一种最好的载热介质,为了降低介质耗量必须提高介质的载热率,也即必须提高过热温度。(4)重油遇到过高温度易于胶结焦化,为此还必须再减温。(5)解决以上矛盾我们运用一个本质为引射器的减温器,将排出的低温汽引射混合回去,达到减温和再利用的目的。(6)排汽潜热应予再利用。

四、能源利用分析

1. 系统热平衡

图2是简化的热流图。图上括号中是我们某产品的实例值。从中可看出重油获得的有效热主要来自烟气温度的汽化潜热即是利用低品位汽作介质的代价

了。然而，如果实施了按我们设计应有的排汽热利用（如重油管道伴热，车间浴室及取暖等生活用热），则能量利用即更趋完善了。

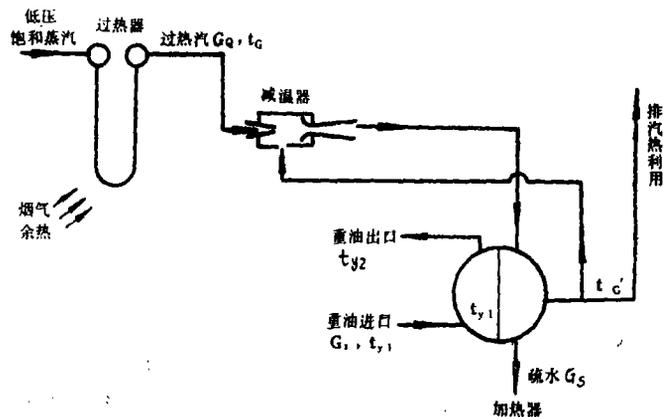


图1

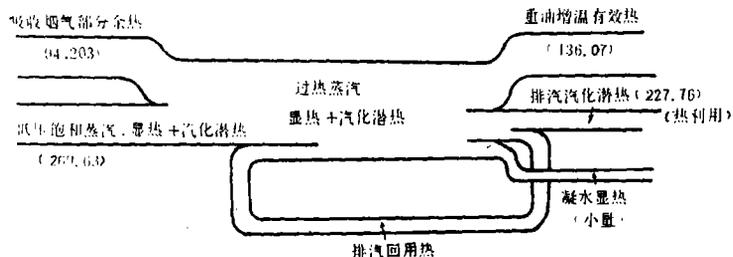


图2 热流图

从热平衡可以导出系统主要性能参数汽耗率等的关系式，并从中了解选取系统主要参数的实质。为了突出要点，这里简化和忽略了某些相对微小的参量。

按取得和供给的热平衡有：

$$G_Z \cdot C_y \cdot (T_{y2} - T_{y1}) = G_Q \cdot C_Q \cdot (T_G - T_{G'}) + G_S \cdot r_Q \quad (1)$$

式中： G_Z, G_Q, G_S 相应为重油，过热蒸汽及凝水流量（公斤/小时）

C_y, C_Q 相应为重油及蒸汽的平均比热（千焦/公斤·K）

T_{y2}, T_{y1} 相应为重油出口及进口温度（K）

$T_G, T_{G'}$ 相应为过热蒸汽温度及

系统中间排汽的温度（K）

r_Q 为水蒸汽汽化潜热（千焦/公斤）

关于（1）式右边的两项可写出下面两个式子：

$$G_S \cdot r_Q = G_Z \cdot C_y \cdot (T_{y'} - T_{y1}) \quad (2)$$

$$G_Z \cdot C_y \cdot (T_{y2} - T_{y'}) = G_Q \cdot C_Q \cdot (T_G - T_{G'}) \quad (3)$$

式中： $T_{y'}$ 为饱和汽可合理地实现的加热重油温度。显然它与设计的（也即可用的）中间排汽压力 p' 有关。

如果从严，暂不计入中间排汽的热利用的效益，姑且可作如下定义：

$$\text{汽耗率 } g_{QZ} = \frac{G_Q}{G_Z} = \frac{(T_{y2} - T_{y'})}{(T_G - T_{G'})}$$

$$\frac{C_y}{C_Q} \text{ (公斤汽/公斤重油)} \quad (4)$$

$$\text{凝水率 } g_{QS} = \frac{G_S}{G_Z} = \frac{(T_{y'} - T_{y1}) \cdot C_y}{r_Q} \text{ (公斤汽/公斤重油)} \quad (5)$$

$$\text{排汽率 } g'_{QZ} = \frac{G_Q}{G_Z} - \frac{G_S}{G_Z} = g_{QZ} - g_{QS} \text{ (公斤汽/公斤重油)} \quad (6)$$

如果考虑排汽中有50%得到了热利用, 则可合理地认为:

有排汽利用的汽耗率

$$g^*_{QZ} = \frac{(G_Q - G_S) \cdot 50\% + G_S}{G_Z} = 0.5g_{QZ} + 0.5g_{QS} \text{ (公斤汽/公斤重油)} \quad (7)$$

在实际问题中, T_{y2} , T_{y1} , T_G' , $T_{y'}$, P' , C_y , C_Q , r_Q 等参数都是在相当窄的一定范围内的。因而, 从 (4) 可见为了降低汽耗率达到较好水平, 如前已提及, 应该尽可能提高过热温度 T_G 。

以如下一组常见参数作为例子:

取 $t_{y2} = 140^\circ\text{C}$, $t_{y1} = 75^\circ\text{C}$, $t_G' = 110$

$^\circ\text{C}$, $t_{y'} = 95^\circ\text{C}$, $C_y = 2.0934$ 千焦/公斤, K , $C_Q = 2.0097$ 千焦/公斤 K , $r_Q = 2250$ 千焦/公斤

取 $t_G = 500^\circ\text{C}$

则: 汽耗率 $g_{QZ} = 0.1202$ 公斤汽/公斤重油; 凝水率 $g_{QS} = 0.0186$ 公斤水/公斤重油; 排汽率 $g'_{QZ} = 0.1016$ 公斤汽/公斤重油; 有排汽利用的汽耗率 $g^*_{QZ} = 0.0694$ 公斤汽/公斤重油。

2. 综合能耗

这里从社会总能耗的角度折合成标准煤耗来考察一下, 并与电加热方法进行比较。

综合能耗对本系统应为 $g_{QZ} \cdot x_Q$, 电加热系统为 $C_y \cdot (T_{y2} - T_{y1}) \cdot x_D$, x_Q , x_D 相应为蒸汽和电的等价标煤耗。

我们引用 1985 年国内平均供电标煤耗 x_D 数据 0.431 公斤标煤/千瓦·时^[4], 并假定电功率 100% 转变为重油的有效热。并按照一般低压锅炉效率 70% 折合产汽标煤耗 x_Q 为 0.1306 公斤标煤/公斤汽。综合能耗参照比较数据如表 1。

表 1 综合能耗比较

	本 系 统		电加热系统
	不计排汽利用	有排气热利用	
能源标煤耗	0.1306 公斤标煤/公斤汽	0.1306 公斤标煤/公斤汽	0.431 公斤标煤/千瓦·时
能 耗	0.1202 公斤汽/公斤重油	0.0694 公斤汽/公斤重油	0.0378 千瓦·时/公斤重油
综合煤耗	0.0157 公斤标煤/公斤重油	0.0091 公斤标煤/公斤重油	0.0163 公斤标煤/公斤重油

五、结构设计上对主要设备过热器、加热器和减温器都作了精心构思, 从而保证了系统的要求^[1]。

六、结论

1. 这个系统的构思及其主要设备的设计较好地满足了生产要求和设计目标。投运结果表明符合设计要求, 安全可靠, 使用简单, 节能显著, 为用户所欢迎, 并已通过了实用新型专利初审合格。

2. 从综合能耗比较, 本系统也可与电加热相当或略优于电加热。当有适当的排汽热利用时, 则将大大优于电加热。更由于其它一些如前述的优点, 本系统替代电加热是合理的。

3. 最后, 我们认为一个系统的生存, 首先决定于它对生产实际需要的满足, 这点已经为本系统已被有关工厂所不断接受所证实。自 1987 年首套系统 在无锡钢厂投运

后,性能满意、简单可靠,节约能源,支持了生产。受到了该厂领导、技术人员和工人的欢迎。至今在该厂已推广五套。该厂三轧车间对 1988 年运行本系统的效果总结说:重油消耗从原 54公斤/吨钢降至 47公斤/吨钢,年节油 600多吨,相对于电加热来说则节电 14 万度。现在其它地区三个钢厂亦已推广。本系统是适宜于厂蒸汽供应压力在 0.6MPa 以下的中小企业。

本系统的开拓工作还有尤国英、陈新海、吕根林同志参加。

参考文献

- [1] 实用新型专利.申请号 88215005.7
- [2] JN03 系统测试报告.无锡钢厂,联合测试组
- [3] 张管生.科学用能原理及方法.国防工业出版社,1986
- [4] 邱大雄等.五个行业企业节能分析.全国能源管理与节能新技术学术交流会论文集.学术期刊出版社,1988.9
- [5] 宋之平、王加蒙.节能原理.水利电力出版社,1985
- [6] 陈听宽.节能原理与技术.机械工业出版社,1988
- [7] 工业企业能源的利用和节约.北京出版社,1988

A New Type of Heavy Oil Heating System Based on Wasted heat Utilization

Ma Jiaiu, Sheng Huiyu

(Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute)

abstract

A new type of heavy oil-heating system for which a patent has been granted is presented in this paper with a brief description of its unique design philosophy, working principles and parameter selection. The energy consumption level of the system has been analyzed and compared with that of an electrical heating method. The specific features of the said system is the utilization of exhaust gas heat and the increase in enthalpy of low grade steam. The authors came to the conclusion that it is rational to use this system to replace the electrical heating method in industrial furnaces of medium size enterprises where steam pressure is lower than 0.6 MPa.

Key words: heavy-oil heating, waste heat utilization