

文章编号: CN23 - 1249 (2007) 01 - 0034 - 03

水泥工业纯低温余热发电的现状与展望

李宇鑫

(哈尔滨哈锅锅炉容器工程有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150046)

摘 要: 余热锅炉的选型原则, 所设计制造的窑头及窑尾余热锅炉简图及设计参数。

关键词: SP锅炉; AQC锅炉选型原则; 设计参数

中图分类号: TK229. 92 **文献标识码:** A

Present Status and Prospect on Pure Cold Heat Recovery Steam Generation in Cement Industry

Li Yuxin

(Harbin HBC Boiler Container Co. Ltd., Harbin 150046, China)

Abstract: This article introduces the choice principle of HRSG, schematic drawing and design parameter of designed kiln proof and kiln bottom HRSG

Keywords: SP boiler; choice principle of AQC boiler; design parameter

0 引 言

水泥工业是个传统的高能耗行业, 就目前国内最先进的生产线工艺, 仍有大量的 350 以下的余热不能完全被利用, 其浪费的热量约占系统总热量的 30% 左右。因此, 回收熟料生产过程中的余热, 用来供热或发电是非常现实又节能的途径。

1 余热发电工程

完全利用水泥生产中产生的废气作为热源的纯低温余热发电工程, 整个热力系统不燃烧任何

一次能源, 在回收大量对空排放造成环境热污染的废气的同时, 所建余热发电工程不对环境造成任何污染。

由于能将废气中的热能转化为电能, 可有效的减少水泥生产过程中的能源消耗, 具有显著的节能效果。同时, 废气通过余热锅炉降低了排放的温度, 还可有效的减轻水泥生产对环境的热污染, 具有良好的经济效益和社会效益, 因此余热发电项目具有很好的推广和应用价值。到 2005 年底我国日产 2000 吨及以上熟料生产线的产能占新干法熟料总产能的 75.33%。据专家分析其热量可利用情况见下表。

表 1 窑头窑尾锅炉总有效利用热量表



项目	单位	一般值	最小值	最大值
窑头窑尾锅炉总有效利用热量	106kJ/h	104.6	75.1	120.6
单位有效利用热量	kJ/kg熟料	502.1	360.5	578.9
有效发电功率	kW	6102	4380	7035
吨熟料发电能力	kWh/t熟料	29.3	21.03	33.8

收稿日期: 2006 - 12 - 31

作者简介: 李宇鑫 (1978 -), 男, 辽宁丹东人, 2001年毕业于沈阳化工学院化工机械专业, 助理工程师, 现从事于锅炉设计及工艺工作。

表 2 不同规模水泥生产线主要技术经济指标

序号	技术名称	单位	2500	5000
1	装机容量	MW	3.0	6.0
2	平均发电功率	kw	2.6	5.7
3	年发电量	104kw/h	1820	3990
4	小时吨熟料余热发电量	Kwh/t	25	27.5
5	年平均发电成本	元/kwh	0.10~0.15	0.10~0.15
6	工程总投资	万元	2200	4200
7	投资回收期	年	3~4	3~4

表 3 主要技术经济指标与国外比较

名称	国产技术和装备	国外技术和装备
吨熟料发电量	24~36kw/h	28~39kw/h
自用电率(%)	<8	<9
年运行时间(小时)	7500	7500
供电成本(元)	约 0.15	约 0.2
单位千瓦投资(原)	约 7000	约 18000
劳动定员(人)	16	16

2 纯低温熔合利用余热锅炉的选型原则

哈锅工程公司按哈锅业务划分与委托,承担对水泥的纯低温余热锅炉技术的研制工作,并确定了对纯低温综合利用余热锅炉的选型原则:

新型干法窑外分解水泥生产的废气排放温度一般在 250 ~ 400 之间,烟气量一般在 $10 \times 10^4 \sim 30 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{h}$ 之间。

例如,某水泥厂 2500 t/d 水泥生产线的篦冷机所排出的废气量约 $V_r = 165300 \text{Nm}^3/\text{h}$, 温度约 380 左右,相当于废气中含 $Q_1 = 20431080 \text{Kcal/h}$ 的热量,这一热量相当于 700 t/d 中空回转窑的窑尾所排放废气的总热量 Q_2 (废气量约 $71593 \text{Nm}^3/\text{h}$, 温度约 850),先假设该水泥厂另有一水泥生产线存在废气源排放点,其排烟温度为 850 ,当热量 $Q_2 = Q_1$ 时,评价其二者的热能回收价值。

假设二个废气气源点的压力均是常压,且接近于理想气体,取环境温度 $T_0 = 25$,计算它们

各自所含的火用

$$E_1 = Q_1 \left(1 - \ln \frac{T_1}{T_2} \right) = Q_1 \left(1 - \frac{298}{653 - 298} \ln \frac{653}{298} \right) = Q_1 \times 0.3037$$

$$E_2 = Q_2 \left(1 - \frac{T_0}{T_1 - T_0} \ln \frac{T_1}{T_2} \right) = Q_2 \left(1 - \frac{298}{123 - 298} \ln \frac{1123}{298} \right) = Q_2 \times 0.64796$$

可见虽然二者的热量相等,但其火用的含量 E_2 是 E_1 的一半还多,所以热量 Q_1 和热量 Q_2 相比,热量 Q_1 的回收价值和潜力不如热量 Q_2 所以在热量 Q_2 的情况下回收废热(余热),应该采用次中压或中压锅炉产生较高品质的蒸汽,然后用作动力或发电,热量 Q_1 只能用来预热锅炉给水或制成热水锅炉用作采暖或制冷。

上述的分析法是火用平衡的分析法。根据热力学第二定律,确认自然过程具有方向性和不可逆性,亦即实际自然界发生的热过程都是不可逆过程,这就给种种形式的能量之间相互转换规定了限制,因而各种形式的能量转换成有用功(火

用)的能力是不同的,也即各种形式能量中的火用含量部分是不同的,火用是能量中能够转换成有效功的那部分能量。针对举例工厂的实际情况及其附属装备(如汽轮发电机组)的实际能力,确定这台余热锅炉(AQC余热锅炉)为次中压锅炉,即生产工作压力为 2.45 MPa,额定蒸汽温度为 350 ±5 的上段(蒸发段)和生产部分给锅炉给水加热、部分供闪蒸汽用的下段(热水段)的结构形式。

AQC余热锅炉在设计工况下,烟气流量为 165300Nm³/h,烟气温度为 380 ,AQC余热锅炉排烟温度约为 110 ,其他参数如下:

名称	符号	单位	数值
额定工作压力	Pe	MPa	2.45
额定蒸汽温度	Tn		350
额定蒸发量	De	t/h	~16
锅炉给水温度	tg _s		223
锅炉总的进水量	Q	t/h	45.856(含省煤器段)

3 窑头及窑尾余热锅炉简图及设计参数

以下是我们按上述余热锅炉的选型原则,所设计制造的窑头及窑尾余热锅炉简图及设计参数:

2500t/d水泥线用余热锅炉 SP炉的参数(HG - F6285 - SP):

总烟气量: 180000 ~ 195000 Nm³/h

入锅炉烟温: V = ~350

出锅炉烟温: V = ~220

锅炉工作压力: Pe = 1.35 MPa

蒸汽温度: t_n = 320

锅炉蒸发量: D = 20t/h

2500t/d水泥线窑头用余热锅炉 AQC炉的参数(HG - F11000 - AQC):

总烟气量: 80000 ~ 100000 Nm³/h

入锅炉烟温: V = 250 ~ 360

出锅炉烟温: V = 90 ~ 100

锅炉工作压力: Pe = 1.35 MPa

蒸汽温度: t_n = 310 ~ 320

锅炉产汽量: D = 7.5 ~ 8 t/h

热水段: 进水水温: 56

出水水温: 180

通水量: 28 t/h

4 水泥总体布置

我们引进和合作开发的技术要点主要是水泥厂的总体布置。热力分析及热平衡方法,余热锅炉(AQC, SP),闪蒸器,汽轮机等技术。

针对水泥厂纯低温余热综合利用,按照前述火用平衡法的原则,在目前的窑尾及窑头的废气温度的前提下,所设计的余热锅炉的介质为水的时候,完全能够产出低参数的蒸汽来发电,见图 1。

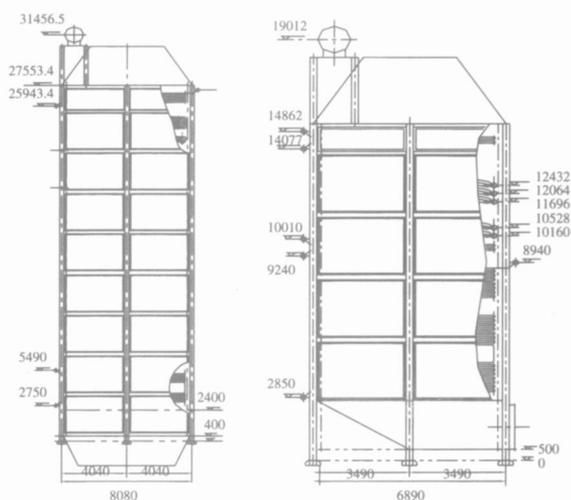


图 1 HG - F6285 - SP锅炉 HG - F11000 - AQC锅炉

在不久的将来,水泥行业的生产工艺进一步发展,水泥生产的热耗进一步降低,水泥生产线的窑头及窑尾所排出的废气温度进一步降低至 270 时,所配置的余热锅炉(以水为介质时)只能制成热水锅炉或采暖或制冷,另一方面其后(窑头、窑尾)所配置的余热锅炉的介质采用低沸点的(有机或无机)液体时,配以特殊(介质)的汽轮发电机来发电,使锅炉排出温度低于 90 或更小,使余热利用率进一步提高。这一技术和领域的开发与涉足,符合国家长期科技开发规划,符合建立和谐社会的需要,是再生能源、循环经济、提高能源利用效率,利国利民,提高企业经济效益的主要途径,必须下功夫抓好,并加以推进落实。

(编辑:刘宝珍)