

- plant uprated in ship conversion. *Diesel & Gas Turbine Worldwide*, 1998, 30 (8).
- [8] Farmer R. GE launches LM2500+ rated at 29 MW and 38% thermal efficiency. *Gas Turbine World*, 1994, 24 (3).
- [9] Brady C. Gas turbines offer cruise ship pay-off. *Marine Log.*, September 1988.

燃煤气的闭式 STIG 循环中气化系统能量转化效率的研究

(哈尔滨工业大学) 尚德敏 陈安斌 王永青
(辽宁能源总公司) 刘铭 何健勇

[摘要] 针对燃煤气的闭式 STIG 循环, 给出气化系统能量转化效率的计算式, 计算三种典型气化炉分别采用高温干法和常温湿法净化系统的能量转化效率, 同时分析能量转化效率对整个循环系统热效率的影响。

关键词 STIG 循环 煤的气化 能量转化效率

中图分类号 TK123

1 引言

自 70 年代石油危机以来, 为了节约石油, 世界各国纷纷采取措施把部分燃油机组改为燃煤机组。但直接燃煤带来了严重的环境污染问题, 为了解决这些环境问题, 世界各国投入了大量的人力、物力开发先进的清洁燃煤发电技术。目前世界上正研制和开发的、比较先进的燃煤发电技术是整体煤气化联合循环和增压流化床联合循环^[1]。而 80 年代以来, 注蒸汽燃气轮机 (STIG) 循环以其高效率、高比功的特点, 以及在变工况性能、污染控制等方面的优越性而倍受重视^[2]。闭式 STIG 循环采用水回收装置, 将注入燃烧室的水蒸气回收利用, 解决了 STIG 循环的水耗问题^[3]。如果闭式 STIG 循环所用的燃料改为净化后的煤气, 那么这种燃煤气的闭式 STIG (IGCSTIG) 循环将不仅具有 STIG 循环的优越性能, 而且解决了燃煤的环境污染问题, 是很有发展前途的新型循环。燃煤气的闭式 STIG 循环装置图如图 1 所示。

煤在气化炉中形成粗煤气, 经过热交换器, 降温放热以加热给水产生回注用蒸汽, 再经过脱硫、除尘变为洁净煤气, 作为循环所用的燃料进入燃烧室。在燃烧室中煤气与压缩空气燃烧后与注入的蒸汽混合, 达到燃气轮机入口温度, 再在涡轮中膨胀做功。余热锅炉利用燃气轮机排气来加热处理过的

水, 使之变为过热蒸汽, 注入燃烧室。从余热锅炉出来的排气再经过给水加热器和冷却冷凝器, 将排气中的水蒸气冷却冷凝, 回收的水经过水处理后经水泵加压进入给水加热器预热, 然后送往余热锅炉。这种循环是燃煤气的闭式 STIG 循环。

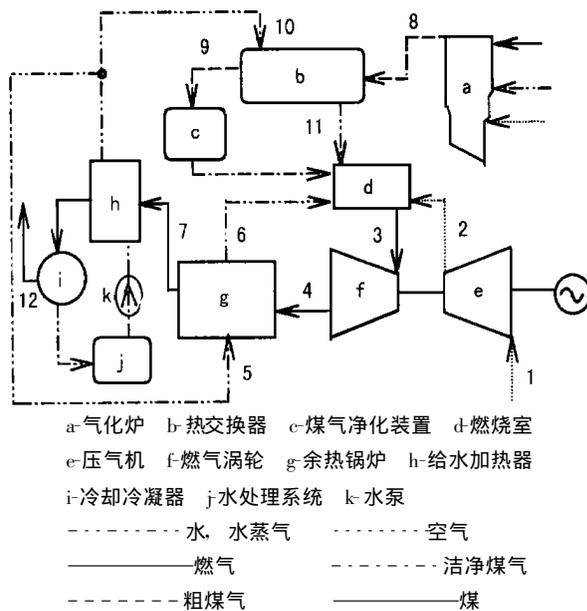


图 1 燃煤气的闭式 STIG 循环系统图

在燃煤气的闭式 STIG 循环中, 燃气轮机组及余热锅炉的系统和设备基本上是成熟的, 与燃油的闭式 STIG 循环相比, 所不同的主要是煤的气化和净化系统及其设备。煤气化的能量转化效率直接影响循环热效率, 因而有必要对循环中气化系统能量转化效率作进一步的研究。

2 煤的气化净化系统简介

煤的气化是由气化炉来完成的, 就气化炉的床型而言, 共有三种气化炉装置, 它们是: 喷流床气

化炉、流化床气化炉和固定床气化炉⁴。

喷流床气化炉的特点是使用颗粒很小的煤粉。通常反应物(煤粉、氧/空气和水蒸气)以很高的速度通过一个或多个燃烧器喷入气化炉。气化炉炉膛中火焰核心部位的温度最高可达 2000℃。在这么高的温度下,粗煤气中不可能含有很多煤焦油和酚类物质,后处理工作较简单。由此产生的粗煤气中主要含有 CO、H₂、CO₂ 和水蒸气。离开气化炉的热煤气温度介于 1200℃~1400℃之间。属于喷流床气化炉的炉型有: Prenflo (Pre) 炉、Texaco 炉、Destec 炉、K-T 炉、Shell 炉和 CE 炉等。

流化床气化炉的特点是使用 8~10 mm 以下的小煤粒,它们在流速较高的气化剂的带动下可以悬浮起来,使整个煤层的体积发生膨胀。煤粒在煤层中会发生类似于布朗运动那样的不规则运动,在床层中还会有许多气泡涌出,犹如在液体中发生沸腾现象那样。在这种物料的相互运动中,炉床的温度趋于均匀一致,细小的煤粒很快会发生气化反应。根据煤种的不同,煤层的温度一般控制在 815℃~1038℃之间。煤气的主要成分是 CO 和 H₂, CH₄ 的含量一般少于 2%。属于这种炉型的气化炉有 KRW 炉、U-Gas 炉和高温的温克勒 (HTW) 炉等。

固定床气化炉用炉篦来承接煤块。通常要求煤粒的尺寸控制在 6.35~38.00 mm 之间。气化剂与煤及其残渣是彼此逆向流动的。煤是从气化炉的炉顶加入的,进入的煤在固定床内要经过几个温度逐渐升高的区域,完成不同的反应过程。煤气中酚类和焦油的含量较多,需要复杂的多级净化处理。煤气中 CH₄ 的含量较多,有利于提高煤气的发热量。离开气化炉的煤气温度一般在 370℃~590℃之间。属于这种炉型的气化炉有鲁奇 (Lurgi) 炉和液态排渣鲁奇 (BGL) 炉等。

由气化炉得到的粗煤气中含有相当一部分灰分、硫分、氮分、碱金属盐以及卤化物,它们以不同尺寸的尘粒、H₂S+CO₂、NH₃+HCN、钠盐和钾盐的蒸气以及 HCl+HF 等形式存在于粗煤气中,不仅会导致燃气涡轮的腐蚀、磨蚀和结垢,还会造成因燃煤而带来的污染问题。因而粗煤气在进入燃气轮机之前,必须经过净化处理。目前,粗煤气的净化系统主要有“常温湿法净化系统”和“高温干法净化系统”两种⁴。前者技术相当成熟,后者则正在研制开发中。

常温湿法净化系统的工作过程如下:粗煤气首

先经过旋风分离器或中温的陶瓷过滤器进行初步除尘;然后在文氏洗涤器中进一步清出细灰,同时清除碱金属化合物、卤化物和氮化物;之后再经过 MDEA 等脱硫吸收塔、再生塔以及 Claus 制硫装置,除去 H₂S+CO₂,同时获得无素硫;最后通过煤气饱和器对洁净煤气进行加湿,作为循环所用燃料。

通常进入旋风分离器的粗煤气的温度为 200℃~250℃,文氏洗涤器后无尘煤气的温度为 150℃左右,进入 MDEA 等脱硫吸收塔时,煤气的温度为 38℃。因此,使粗煤气从气化炉出口的高温状态逐渐降温至上述温度时,必须注意对煤气显热的利用问题,否则,煤气化的能量转化效率会明显降低。

在常温湿法的除灰脱硫过程中,粗煤气需反复降温,因而煤气化系统的能量转化效率降低。为此,人们就希望改用高温干法的净化系统,以充分利用粗煤气的显热。高温干法粗煤气净化系统的工作过程如下:首先,粗煤气经过旋风分离器和高温陶瓷过滤器进行初步除尘和精除尘;之后进入喷 NaHCO₃ 的吸收设备,以除去碱金属化合物和卤化物;然后经过钛酸锌等的高温脱硫吸收塔、再生塔以及制硫装置,除去 H₂S+CO₂,同时获得硫元素或硫酸副产品;最后经过煤气饱和器加湿即可作为循环所用燃料。整个高温干法的净化过程通常在 500℃~600℃的条件下进行。

3 气化系统能量转化效率的计算与分析

冷煤气效率和热煤气效率是衡量气化炉工作性能好坏的重要指标。冷煤气效率 η_l 定义为气化生成煤气的化学能与气化用煤的化学能之比。煤气、煤的化学能可采用相应的低位发热量。

显然,提高气化炉的冷煤气效率意味着把煤中所蕴藏的化学能更多地转化为煤气的化学能,有利于提高循环系统的供电效率。

热煤气效率 η_r 定义为气化生成的煤气的化学能与气化炉和热煤气显热利用系统中产生的蒸汽之焓值增量二者之和与气化用煤的化学能之比。“蒸汽之焓值增量”是指显热利用系统中产生蒸汽的焓值与其给水的焓值之差。

热煤气效率与热煤气显热利用系统的设计有密切关系,热煤气显热利用得越充分,热煤气效率也

越高。

针对燃煤气的闭式 STIG 系统, 本文采用能量转化效率 η_e 来评价煤所含化学能的有效转化程度, 它定义为气化生成煤气的化学能及燃烧前的焓值与显热利用系统中产生蒸汽之焓值增量的和, 减去供气化炉的氧气和空气及水蒸气的焓值, 再减去供净化系统用水或水蒸气的焓值, 所得结果与气化用煤的化学能之比。

燃煤气的闭式 STIG 循环装置中的气化和净化

表 1 不同气化炉的气化指标

炉 种	煤气发热量 (kJ/kmol)	每产生 1000 m ³ 煤气耗煤 (kg)	粗煤气的容积组成 (%)					
			H ₂	CO	CO ₂	N ₂ +Ar	H ₂ S	CH ₄
Pre 炉	231 672	411	26.0	59.59	3.73	0.96	0.72	0.0
KRW 炉	178 927	443	17.9	42.5	36.4	0.4	0.9	1.9
BGL 炉	288 558	476	28.3	57.3	3.0	4.2	0.0	7.2

表 2 为气化炉与净化方法不同时, 气化系统能量转化效率的计算结果。由于 BGL 炉气化的粗煤气温度较低, 不宜采用高温干法净化, 因此表中只列出了五种系统的配置。计算时采用的参数指标如表中所示。由表 2 可以看出, 不同气化炉采用不同的净化方法, 气化系统的能量转化效率也不相同, 喷流床气化炉—Pre 炉的能量转化效率最高, 流化床气化炉—KRW 炉的能量转化效率最低, 而固定床气化炉—BGL 炉的能量转化效率居中。这是因为 Pre 炉每产生 1000 m³ 煤气耗煤相对较少, 且煤气的发热量较高, 因而能量转化效率较高; 而 KRW 炉耗煤相对 Pre 炉较多且发热量又较小, 所以能量转化效率较低; BGL 炉虽然耗煤较多, 但煤气发热量较大, 因而能量转化效率居中。

如果不采用显热回收装置来回收气化炉出口高

表 2 气化系统的能量转化效率

参 数	Pre 炉	Pre 炉	KRW 炉	KRW 炉	BGL 炉
	常温湿 法净化	高温干 法净化	常温湿 法净化	高温干 法净化	常温湿 法净化
气化炉出口温度, °C	1300	1300	980	980	430
净化系统入口温度, °C	200	550	200	550	200
燃烧室入口煤气温度, °C	40	540	40	540	40
显热回收装置入口水温, °C	20	20	20	20	20
显热回收装置出口蒸汽温度, °C	1280	1280	960	960	410
能量转化效率	0.900	0.913	0.832	0.852	0.880

表 3 显热回收装置能量转化效率的影响

参 数	Pre 炉	Pre 炉	KRW 炉	KRW 炉	BGL 炉
	常温湿 法净化	高温干 法净化	常温湿 法净化	高温干 法净化	常温湿 法净化
采用显热回收装置的能量转化效率	0.900	0.913	0.832	0.852	0.871
不采用显热回收装置的能量转化效率	0.793	0.839	0.743	0.807	0.850
能量转化效率降低的百分比%	11.89	8.21	10.69	5.28	2.41

设备可以采用多种配置, 不同配置下的能量转化效率是不同的。下面主要分析三种典型的气化炉 (Pre 炉、KRW 炉和 BGL 炉) 分别采用常温湿法和高温干法净化系统的能量转化效率。

由于气化炉的不同, 气化后产生的粗煤气成份以及每千克煤产生粗煤气的摩尔数也不一样, 这些因素都将影响气化系统的能量转化效率。表 1 给出了三种不同气化炉的气化指标。表中粗煤气的容积组成取自文献 [4]。

温粗煤气的显热, 则能量转化效率明显降低, 如表 3 所示。由表 3 可以看出, 如果不采用显热回收装置, 不同气化系统的能量转化效率均有不同程度的降低, Pre 炉降低得最多而 BGL 炉降低得最少。这是因为 Pre 炉气化温度最高, 因而可回收的显热最多, 如果不回收显热, 能量转化效率降低最多; 而 BGL 炉气化温度较低, 粗煤气的显热较少, 如果不回收这部分显热, 对能量转化效率的影响也不大。从表中也可看出, 采用高温干法净化时能量转化效率的降低相对常温湿法少, 说明如果气化系统没有显热回收装置, 应尽量采用高温干法净化。

4 气化系统能量转化效率对影响

气化系统能量转化效率的高低对循环系统热效率有显著的影响。图 2 画出了在初温 1300 °C 以及其它条件相同的条件下, 采用不同气化系统的 IGCSTIG 循环热效率与压比关系的曲线。热效率的计算方法参见文献 [5]。图中实线为采用常温湿法净化的系统, 虚线为采用高温干法净化的系统。由图中可以看出, 当系统采用常温湿法净化时, 整个循环系统热效率的高低依次为 Pre 炉、

利用车床加工螺纹管技术

(黑龙江省古城内燃机配件厂锅炉分厂) 姜波 王喜林 王录生 陆林
(九三农垦管理局) 魏迅

[摘要] 介绍了利用 C630 车床加工螺纹管的工装结构、工艺及检验方法。

关键词 车床 加工 螺纹管

中图分类号 TG 506 TG62

1 前言

螺纹管是一种新型高效传热元件, 用做锅炉烟

管, 其结构见图 1, 因螺纹管内螺纹的存在, 在烟气流通过程中有效地破坏了烟气的“边界层”, 使得烟管的传热系数有了很大的提高, 一根螺纹管用在锅炉上可以代替 1.8—2.2 根光管烟管, 因而可以节省大量的钢材。但螺纹管的加工比较难, 一般的厂家都采取专机轧制, 本文介绍的是利用 C630 车床, 加一套简单的工装便可以加工出合格的螺纹管。

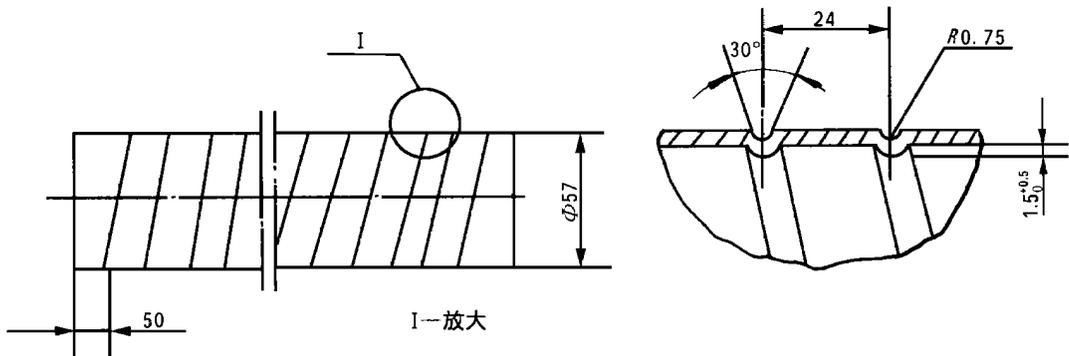
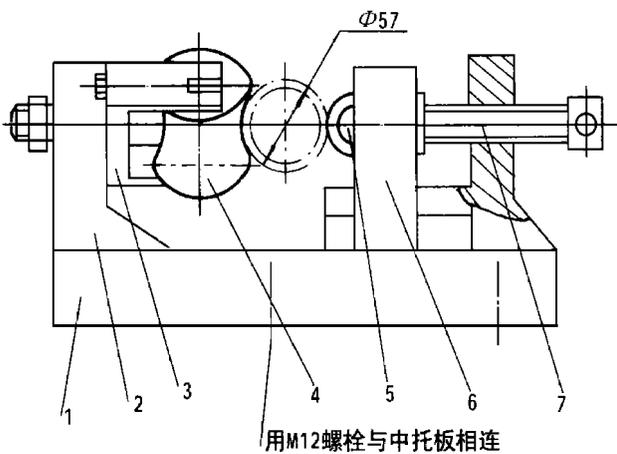


图 1 Φ57 t=24 螺纹管



用M12螺栓与中托板相连

1—底板 2—胎体 3—支承轮架 4—摩擦支承轮

5—压轮 6—压轮架 7—进刀丝杠

图 2 螺纹管加工工装示意图

2 工装简介

下面以加工 Φ57 管, 螺距为 24mm 的螺纹管工装为例, 介绍工装结构。

螺纹管加工工装结构见图 2, 此套工装的底板安装在中车床的中托板上, 底板与胎体间用燕尾槽相连, 工作时胎体可以横向滑动。其压轮结构见图 3, 用 T10 钢制造, 表面淬火 HRC60~65, 其刃部与螺旋线外表剖面尺寸一致, 支承轮结构见图 4, 其表面为单叶双曲面结构, 工作时支承在管子上, 以消除压轮工作时的压力。该曲面与管子接触为一条线, 这条线在图 5(b) 中为圆弧 B'C'。

因: 工作时支承轮的中心线在图中的 A—A'