

回收中低温废热的油·氟里昂循环发电系统

(日) 电气书院编

直接接触热交换器是作为工业技术研究院月光计划的一个组成部分而被研制的。油·氟里昂循环发电系统就是它的一个应用实例。在上述发电系统中,油·氟里昂(多元醇油脂·氟里昂 R113)的混合液吸收工业系统排出的中低温废热(200~400℃),然后借助于氟里昂·兰金循环,经济地把它以电力和功率的形式进行回收,这样就形成一个双流体低沸点介质循环发电系统。

本系统的基本布置方式如图1所示。

昂被蒸发,变成氟里昂蒸汽来驱动汽轮机。油加热器内的油并不蒸发,仅在油加热器内循环。

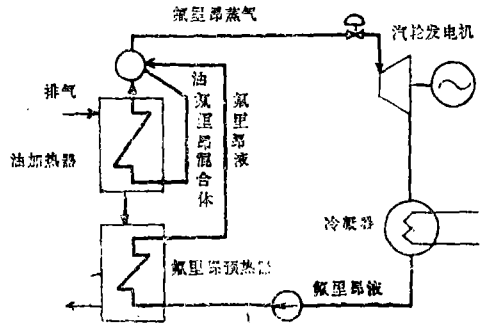


图2 油·氟里昂循环示意图

由于氟里昂质量大,并且在低温下具有蒸发特性,因此能在较低的温度下通过涡轮机回收巨大的能量。它在涡轮机内膨胀后仍是干燥的。

多元醇油脂能与氟里昂液完全混合,当氟里昂一达到饱和温度,作为蒸汽能很容易从混合液中分离出来。

多元醇油脂具有大的蓄热效果,在短时间内加热氟里昂的同时,能抑制氟里昂在高温下的恶化。

表1列出了各种载热介质的物理特

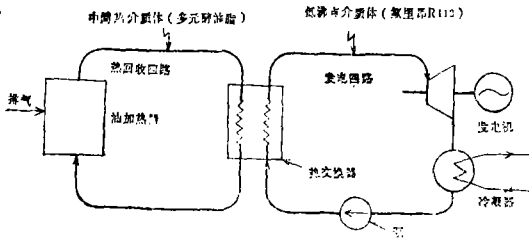


图1 油·氟里昂循环发电系统的基本布置图

1. 循环原理

本系统的概要布置如图2所示

在从排气吸收热的油加热器中,充填以油和氟里昂的混合液,加热后,只有氟里

核工业部第五研究设计院 周治湖 译自《电气设备节能设计的实际》,日本电气书院编著,1984.1,余永清校

性,图3所示为氟里昂R113兰金循环。

表1 载热介质的物理特性

	多元醇脂	氟里昂 R113
分子式	$C(CH_2-OOCR)_4$	$CC_2F-CC_2F_2$
分子量	735	187.38
沸点	无	47.6℃
可燃性	难燃性	不燃性
发火点	400℃	无
引火点	227℃	无
比容 积	—	135.5cm ³ /g(47.6℃)
	1.13(20℃)	0.639cm ³ /g(25℃)
比 热	—	0.913J/g℃(25℃)
	1.88J/g℃	0.674J/g℃60℃

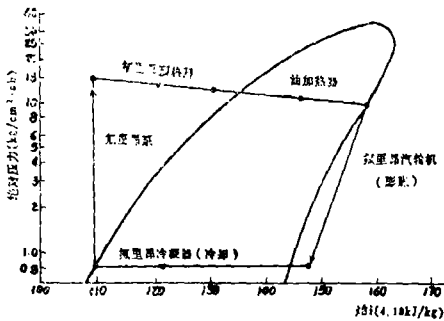


图3 氟里昂R113兰金循环

2. 特征

油·氟里昂循环发电系统的特征

(1) 可适用于高温热源(400℃)用中间载热介质(多元醇油脂·耐热400℃)回收废热,对低沸点介质(氟里昂R113,耐热度140℃)进行热交换,使用了性能稳定的廉价介质。

(2) 设备的小型化

把低沸点介质直接混入到中间载热介质中,借助于直接接触的热交换只使低沸点介质蒸发而进行热交换,从而使热交换器得以小型化。

(3) 整个机组所需功率较小

由于本系统的废热回收回路采用了自然循环形的油加热器,可降低整个机组所需的功率。

(4) 可使回收功率平滑化

一般来说,废热源的温度和流量是一起变动的,通过中间载介热质(多元油醇脂)的蓄热作用可使所回收的功率平滑化。

3. 功率回收效率

图4所示为本系统的标准设计的功率回收效率,本图表中所示的排气,为加热空气(比热 $C_p=0.2468$)。举了流量 $G_0=48000Nm^3/h$ 的例子。

在标准设计中,当排气温度不到

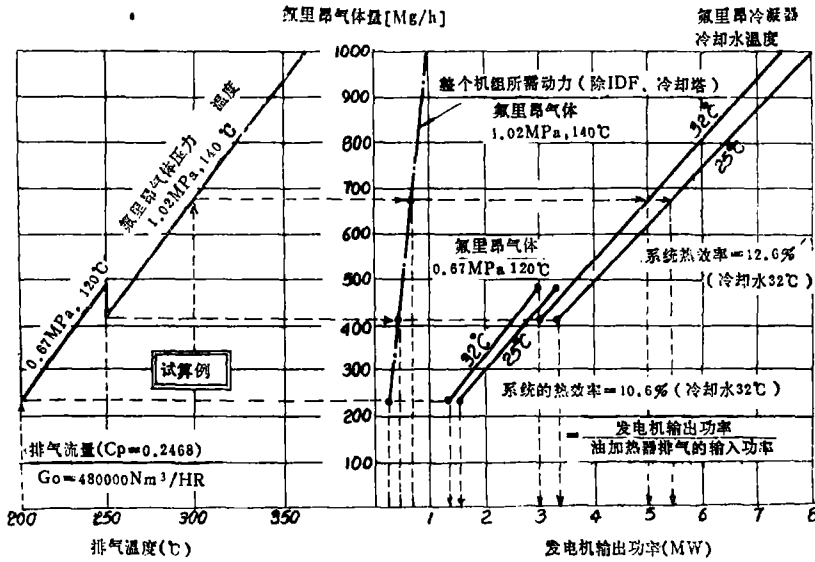


图4 动力回收效率试算图

250℃、氟里昂循环中的气体压力为0.67MPa、温度为120℃、氟里昂冷凝器冷却水温度为32℃的条件下，系统热效率（发电机输出功率/油加热器排气输入功率）将是10.6%。当排气温度在250℃以上，氟里昂气体压力、温度分别为1.02MPa、140℃时，系统的热效率为12.6%。

下面，举例来概略试算排气作为加热空气时的发电量。

《试算例》

设：排气温度：300℃

排气流量： G_1 为600 000m³/h

根据图4功率回收试算图，氟里昂气体压力为1.02/MPa，温度为140℃。

氟里昂气体流量则为680Ms/h。

冷却水温度：32℃（注：在使用冷却塔的条件下），发电机输出功率：

试算图上的读数 N_0 ：5000kW

排气热源的输出功率 N_1 ：

$N_0 \times G_1 / G_0 = 6250kW$ （注：试算

图中的排气流量 $G_0 = 48000Nm^3/h$ ）

整个机组所需功率：

$700kw \times G_1 / G_0 = 875kW$

发电量为6250 - 875 = 5375kW

4. 发电机组的组成

发电机组如图5所示。油加热器和向油加热器输送预热氟里昂液的氟里昂预热器均被布置在排气烟道内，通过油加热器后的氟里昂气体被送到氟里昂汽轮机，膨胀后，在氟里昂冷凝器内冷凝成氟里昂液，氟里昂液再由泵抽送至氟里昂预热器，这样巡回一周。

5. 发电机组的机器结构

油加热器，氟里昂预热器如图6所示那样，是一组合结构，在排气入口侧烟道上有气体入口导流器，油加热器的上部鼓筒和下部鼓筒之间，沿垂直方向配置有上升加热管；在鼓筒的外侧设有降水管。

氟里昂预热器在侧面有联箱，沿联箱在水平方向配置有氟里昂预热管，把经氟里昂泵抽送来的44℃的氟里昂液预热到130℃后再供给油加热器，在氟里昂预热器的气体出口侧也设有导流器。

油加热器上部鼓筒如图7所示，通过

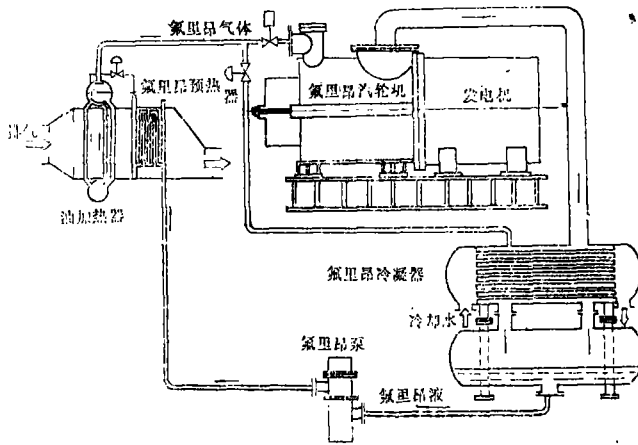


图5 发电机组构成

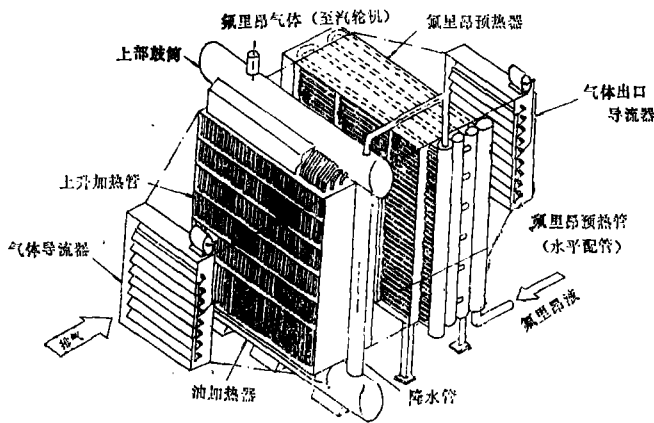


图6 油加热器氟里昂预热器构造

氟里昂预热器预热后所提供的氟里昂液完全混合于多元醇油脂内，然后，通过降水管往下流入下部鼓筒，在上升加热管内经排气加热后，在油液中仅是低沸点的氟里昂被蒸发，用旋风分离器进行气液分离，接着，用除雾器彻底地除去水分后，将氟里昂气体送到汽轮机。

氟里昂汽轮机发电机如图8所示，它与氟里昂冷却发电机完全构成一体，防止了氟里昂泄漏到大气中。由于汽轮机的轴封是非接触形，轴承润滑油使用的是用在油

加热器内的多元醇油脂。这样，氟里昂气体即使泄漏到轴承箱内也无关紧要。另外，通过轴承排出的多元醇油脂，由于是采用了一个用氟里昂泵出口的氟里昂液冷却的油冷却器来进行冷却，这样就构成了用氟里昂液对轴承损失进行热回收的系统。

氟里昂冷凝器如上述图5所示，冷凝器容器同滞留氟里昂液的容器是分隔开的；氟里昂液滞留容器能够容纳整个系统的全部氟里昂量。

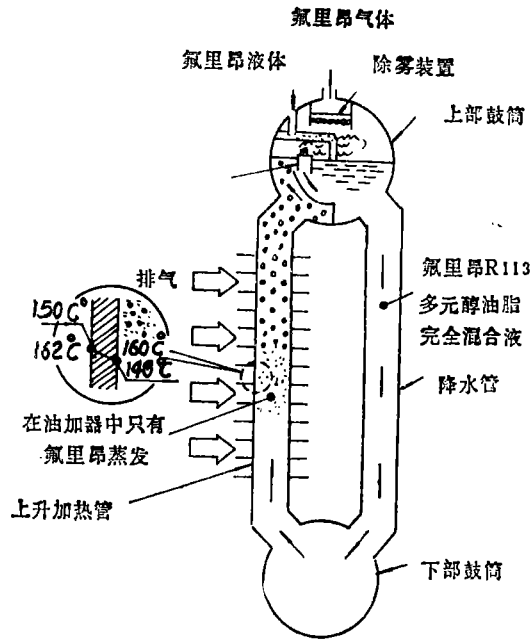


图7 油加热器内氟里昂蒸发状况

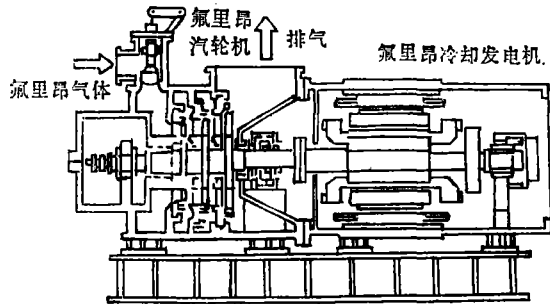


图8 氟里昂汽轮发电机

6. 油·氟里昂循环发电机组实例

图9 所表示的是本系统发电机组热量平衡的实例。排气是加热空气。排气比热

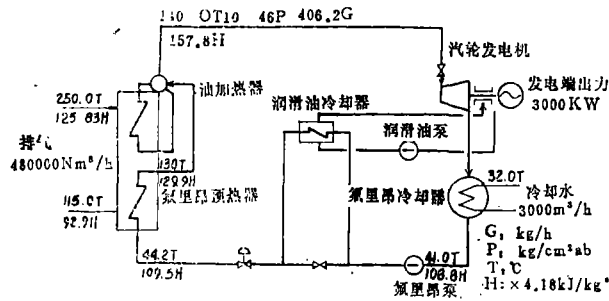


图9 油·氟里昂循环发电系统3MW热量平衡

$Cp = 0.2468$ 。本发电机组的主要机器的技术条件如下。

(1) 油加热器、氟里昂预热器

形式：垂直管布置，油加热器，氟里昂预热器，组合形。

▲ 加热侧的气体条件

流量：480 000 m³/h

入口温度：250℃

出口温度：115℃

压力损失：980.67Pa（包括导流器压力损失）。

气体组成：加热空气（24%湿度）

▲ 油加热器技术条件

回收热量：14 000kW（热量）

加热面积：约12 500m²

氟里昂液入口温度：130℃

氟里昂气体出口温度：140℃

氟里昂气体流量：406.2t/h

▲ 氟里昂预热器技术条件

回收热量：9 500kW（热量）

加热面积：7 900m²

氟里昂入口温度：44.2℃

氟里昂出口温度：130℃

(2) 氟里昂汽轮机

形式：轴流式3级单流凝汽式汽轮机。

发电机输出功率 3 000kW

▲ 氟里昂入口蒸汽条件

流量：406.2t/h

压力：980.6kPa ab

温度：140℃

排气压力：86.3kPa ab

转速1815rpm

(3) 发电机

形式：全闭式氟里昂冷却感应发电机

容量：3 800kVA

输出功率：3 300kW

效率：约87%

电压：6 600V

频率：60Hz

极数：4P

新技术新产品信息

R88—23 传热试验台 试验对象：各种热交换器。采用管内凝结放热方式，求取管外放热系数、测试仪表精良，试验结果准确可靠，精度高。常用风量：8000m³/h，风压1500mm水柱，冷凝用汽量1000kg/h，特殊要求可按具体情况酌情安排。试验件可按工业产品实际结构设计，

按全尺寸取样，其结果可直接用于设计和生产。亦可按用户要求，对特殊传热管组进行试验研究，并设计各种热交换器。本试验台对国内外有代表性的肋管换热器进行过系统的试验研究。

（如需以上技术请与本编辑部联系）