

汽轮机拖动与电机拖动的区别

李广庆

(山西兰花科创化肥有限公司)

摘要: 本文叙述了大型氨厂为了提高热效率而采用汽轮机驱动机械设备,而后对汽轮机驱动和电机驱动的运行费用作了对比,指出为了节能应该合理利用汽轮机。

关键词: 合成氨; 汽轮机; 凝汽式; 背压式; 电机; 节能

自六十年代中叶开始出现的大型氨厂,最重要的特点是大型化、单系列,采用离心式压缩机代替往复式压缩机,并回收生产过程中的余热产生高压蒸汽,供应工厂自身所需能量的大部分,从而使每吨产品氨的能量消耗降低。

合成氨工厂需要两种形式的能量,一种是热能,用于各种冷热交换设备;另一种是机械能,亦即推动各种转动设备的能量。通常所说的动力或能量,往往单指机械能而言,其实是不全面的。在老式工厂里,热能来自锅炉,用蒸汽作为加热介质,而机械能大多利用电能转换而得。作为动力部门的锅炉房和配电站是独立于工艺车间之外的。后来,在有生产余热之处,设置了一些热回收设备,如废热锅炉等,但没有形成一个完整体系,而且所产生的蒸汽都是低等级的,只供加热或作为工艺原料,与现代氨厂有着原则上的区别。

合成氨生产是高耗能的工业部门,如何更有效地利用余热,降低原料和燃料的消耗,提高设备效率,已成为现代合成氨技术发展的主要方面。

在现代大型氨厂中,水蒸汽既是工艺原料、加热介质,又是动力工质(蒸汽透平)。而蒸汽大部分取自工厂本身错综复杂的能量回收系统,其热量过剩区与热量需要区之间的热交换,使合成氨工艺流程与蒸汽动力系统紧密结合、相互交织。这就需把生产各阶段可以回收的热量统筹安排,根据热量的多少、温度的高低,逐级把水变成高温高压的过热蒸汽。过热蒸汽首先去推动蒸汽透平,提供工厂所需要的机械能(压缩机和泵)。从透平排出的压力较低的蒸汽,又可分为不同等级而分别作为工艺原料和加热介质。最后,还把各处的蒸汽冷凝液回收,经处理后返回锅炉,从而构成了全厂的蒸汽动力循环。为了平衡全厂的能量收支,补充余热回收之不足,尤其是作为尿素企业,需要增设锅炉系统以供不足。

大型氨厂通常所说的透平是蒸汽透平的简称,是英文 turbine(涡轮)的音译,又叫蒸汽轮机或汽轮机,是以蒸汽为工作介质(或称工质),利用高速气流推动叶轮转动,从而把蒸汽的热能变成机械能的一种能量转换设备。

汽轮机按热力过程可分为凝汽式汽轮机、调整抽汽式汽轮机和背压式汽轮机三种方式。透平排出的乏汽可以高于常压,叫背压式透平;也可以低于常压,叫凝汽式透平,凝汽式透平必须有冷凝真空系统,乏汽先进入一台表面冷凝器(水冷却器),由于蒸汽冷凝时体积减少而形成负压,漏入的不凝气用蒸汽喷射器抽出,背压式透平不需要这套系统。

透平与化工厂常用的电机相比,有哪些特点呢?

第一,转数高,可达每分钟一万转以上,因此便于直接带动回转的离心式压缩机,不需增速装置。

第二,改变转数容易,只需改变进汽量就可以了,而通常的电机就无法做到这一点,所以透平的调节更为平稳,但它不具备电机启动快和操作简便的优点。

第三,运行安全,不存在火花防爆问题,对电网的依赖性小,使装置运行可靠性增大。

第四,合理利用工厂余热,综合利用能量。这是大型氨厂采用透平作为原动机,从而使

合成氨成本大幅度下降的主要原因。

第五，辅助设备及管线多。当然，电气设备可取消一些。

第六，开停机操作比较复杂。开车时需要排凝、暖机、暖管，以及启动油路系统、真空系统、汽封系统等。设备的保温、防冻等要求也是不可少的。

第七，单级小透平效率低，投资比相同容量的电机高。但若工艺系统需较多的低压蒸汽时，则采用小背压式透平的经济合理性尚需具体评价。

下面对汽轮机拖动与电机拖动的运行费用情况作一简单分析：

例 1：一合成氨厂合成气压缩机额定功率为 7189kw，汽轮机拖动，采用凝汽式，汽轮机额定功率为 7908kw，相对效率为 74%，进口蒸汽参数：压力 50barA，温度 410℃，焓值 3221.1kJ/kg；排出蒸汽参数：压力 0.19barA，温度 59℃，焓值 2461.7kJ/kg；额定蒸汽消耗值为 4.741kg/kwh，总蒸汽消耗为 37.5t/h。

表冷器消耗的循环冷却水量计算：

温度为 59℃时水的焓值为 245.7 kJ/kg，排出蒸汽焓值为 2461.7kJ/kg，循环冷却水温差以 8℃计，则一吨排出蒸汽需循环冷却水量为：

$$(2461.7-245.7) \div 4.1868 \div 8 = 66 \text{ 吨}$$

为了简便，以下计算一吨排出蒸汽需循环冷却水量均以 70 吨计，一吨循环冷却水的成本以 0.2 元计，一吨蒸汽的成本以 120 元计，则汽轮机的运行费用为：

$$37.5 \times 120 + 37.5 \times 70 \times 0.2 = 5025 \text{ 元/小时}$$

该压缩机如果采用电机拖动，一度电分别以 0.35 元和 0.5 元计，电机效率以 95%计，则电机的运行费用为：

$$7189 \div 95\% \times 0.35 = 2649 \text{ 元/小时}$$

$$7189 \div 95\% \times 0.5 = 3784 \text{ 元/小时}$$

采用电机比采用汽轮机一年（以 8000 小时计）可节约运行费用为：

$$\text{电价为 } 0.35 \text{ 元/度时：} (5025-2649) \times 8000 = 1900 \text{ 万元}$$

$$\text{电价为 } 0.5 \text{ 元/度时：} (5025-3784) \times 8000 = 993 \text{ 万元}$$

上述汽轮机如果采用背压式或抽汽式，运行成本又是如何呢？

1、采用背压式汽轮机拖动的运行费用：

汽轮机额定功率为 7908kw，相对效率为 74%，进口蒸汽参数：压力 50barA，温度 410℃，焓值 3221.1kJ/kg；排出蒸汽参数：压力 6barA，温度 201.2℃，焓值 2852.9kJ/kg；额定蒸汽消耗值为 9.779kg/kwh，总蒸汽消耗为 77.3t/h。抽出的 6barA 蒸汽可作为造气工段或其它工段加热使用，这里需考虑全厂的蒸汽平衡问题。

蒸汽做功需要的热量占蒸汽有用热量的比例（这里，蒸汽可利用的最终状态以压力为 6barA 的蒸汽冷凝液为准，此时，蒸汽冷凝液的焓值为 670 kJ/kg）：

$$(3221.1-2852.9) \div (3221.1-670) = 14.4\%$$

则该汽轮机采用背压式的运行费用为：

$$77.3 \times 14.4\% \times 120 = 1336 \text{ 元/小时}$$

2、采用调整抽汽式汽轮机拖动的运行费用：

汽轮机额定功率为 7908kw，效率为 74%，进口蒸汽参数：压力 50barA，温度 410℃，焓值 3221.1kJ/kg；抽出蒸汽参数：压力 6barA，温度 201.2℃，焓值 2852.9kJ/kg；排出蒸汽参数：压力 0.19barA，温度 59℃，焓值 2461.7kJ/kg；抽出蒸汽量占总蒸汽消耗的 1/2 时，共需蒸汽 50.5t/h，抽出蒸汽量为 25.25 t/h，凝汽量为 25.25 t/h，则总运行费用为：

$$25.25 \times 14.4\% \times 120 + 25.25 \times 120 + 25.25 \times 70 \times 0.2 = 3820 \text{ 元/小时}$$

抽出蒸汽量占总蒸汽消耗的 3/4 时，共需蒸汽 61.1t/h，抽出蒸汽量为 45.8 t/h，凝汽量为 15.3 t/h，则总运行费用为：

$$45.8 \times 14.4\% \times 120 + 15.3 \times 120 + 15.3 \times 70 \times 0.2 = 2842 \text{ 元/小时}$$

抽出蒸汽量为 60 t/h 时，共需蒸汽 68.4t/h，凝汽量为 8.4 t/h，抽汽量占总汽量的 88%，则总运行费用为：

$$60 \times 14.4\% \times 120 + 8.4 \times 120 + 8.4 \times 70 \times 0.2 = 2162 \text{ 元/小时}$$

把以上几种方式的运行费用情况进行列表比较如下：

压缩机拖动方式	类型	蒸汽消耗 (吨/小时)	运行费用 (元/小时)
汽轮机拖动	凝汽式	37.5	5025
	调整抽汽式 (抽汽量占 50%)	50.5	3820
	调整抽汽式 (抽汽量占 75%)	61.1	2842
	调整抽汽式 (抽汽量占 88%)	68.4	2162
	背压式	77.3	1336
电机拖动	电价为 0.35 元/度		2649
	电价为 0.5 元/度		3784

以上计算是简便计算，不可能很准确，但作为定性判断是完全可以的。从上表可看出，汽轮机只有在背压式和调整抽汽式（必须是凝汽量比较小）的情况下，运行费用是比较低的，比电机拖动占优势；如果采用凝汽式汽轮机，与电机拖动相比，是没有任何优势的。