

# 节水技术在大型煤制油项目中的应用

李俊诚

(内蒙古伊泰集团有限责任公司, 内蒙古鄂尔多斯017000)

**摘要:**结合煤制油工艺过程特点,分别通过原料煤含水的回收、降低循环冷却水在循环过程中的水损耗以及废水处理后再利用3个方面讨论了不同节水技术在大型煤制油项目中应用的可行性和随之带来的节水效果。说明了节水技术的应用还可为煤制油项目带来能源效率的提高和减少废水外排对环境的影响等效益,为降低煤制油项目水耗、平衡并解决煤制油项目与水资源以及环境的矛盾提供了多种有效手段。

**关键词:**煤制油;节水;循环水;废水处理

**中图分类号:**TQ536

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-4320(2015)02-0146-03

## Application of water-saving technologies in indirect coal liquefaction project

LI Jun-cheng

(Inner Mongolia Yitai Group Co., Ltd., Ordos 017000, China)

**Abstract:** The feasibility and water-saving effects via different water-saving technologies applied in indirect coal liquefaction project, including recovering water from feed coal, reducing water-consumption in recirculating cooling water system, treatment and reuse of wastewater, are discussed. The application of water-saving technologies in indirect coal liquefaction project can both improve the energy efficiency and decrease the environment issues from discharge of wastewater. It provides more effective means to balance the relationship between coal liquefaction project and water resource/environment.

**Key words:** indirect coal liquefaction (CTL); water-saving; in recirculating cooling water; wastewater

随着全球不可再生的石油资源日趋紧张和交通运输领域对能源需求的不断上涨,世界各国都在积极开发各种石油替代燃料的制备技术。目前,较为成熟的石油替代燃料发展途径主要有天然气基燃料、煤基燃料和生物质合成柴油等3大类。由于我国人口众多,化石能源人均占有量均低于世界平均水平,其中煤炭人均占有量为世界平均水平的79%,天然气和石油人均占有量更仅为世界平均水平的6.5%和6.1%<sup>[1]</sup>。基于我国“富煤、贫油、少气”的化石能源蕴藏特点,煤基燃料制备技术是较为适宜我国化石能源结构的石油替代燃料技术的发展途径<sup>[2]</sup>。近年来,中科合成油技术公司、神华集团、兖矿集团等均在煤基燃料制备技术领域取得了较大的进展<sup>[3]</sup>,多项技术处于世界领先水平。

同时,我国煤炭资源和水资源分布极不均衡,煤炭资源大多分布于缺水的西部地区<sup>[4]</sup>,昆仑山-秦岭-大别山一线以北地区煤炭资源量占全国总量的90%以上,而水资源仅占全国总量的21%。而水资源缺乏地区往往也面临地表水环境容量有限的问题。因此水资源和水环境问题已成为制约煤制油项目乃至整个煤化工产业发展的瓶颈,迫切需要应用高效先进的节水技术和措施降低单位油品的水消耗量及消除废水排放对当地水文地质条件的影响。在

大型煤制油项目的设计过程中除了通过全厂优化整合降低耗水需求外,还可通过几个手段实现节水目标:一方面根据煤制油的物料特点采用高效的水回收技术,最大限度地将原料煤中的水分回收,利用水资源;其次,应用先进的节水技术,减少水损失,降低水耗;另外,通过对不同装置的废水进行分类处理、分级控制,按各类废水的性质及处理要求设置处理回收系统,并将处理达标后的水回用,最大限度提高废水回用率。从而最终使得煤制油项目的每吨油品耗水量从由12~13 t大幅度降低到约6 t的国际领先水平,促进煤制油产业健康有序发展。

## 1 原煤含水回用技术

煤制油、煤化工项目的原料——煤炭中含有相当比例的水分(通常为18%~30%),而能效较高、煤种适应性较好的干煤粉加压气化技术对煤粉的水含量通常要求在3%左右以便于输送和反应。通常煤粉干燥采用热风炉直接干燥的模式,不仅耗费大量的燃料气,而且蒸发的水分直接排放到大气中不能回收利用。通过采用蒸汽预干燥技术,利用煤制油工厂副产的大量低品位蒸汽对含水原料煤进行间接换热干燥,受热后原料煤中的水分蒸发后经收集可以完全回收利用。以伊泰集团在建的200万t/a

的煤制油项目为例,煤耗约为 800 万 t/a,以原煤含水量 24% 计算,通过蒸汽预干燥技术将原煤干燥到含水 10%,每年可回收水量为 112 万 t,吨油耗水可降低 0.56 t,效果相当可观。

## 2 循环水节水技术

煤制油项目反应过程伴随大量的放热,需要大量循环冷却水将工艺介质冷却下来。目前,传统开式冷却塔的循环水系统是将与工艺物料进行间接换热返回的吸收热量后的回水经冷却塔顶的水分布器均匀喷洒至填料自上而下流动,同时空气在塔顶风机作用下自填料底部向上流动,在填料中进行逆流接触换热对回水进行冷却,冷却后的水经水池收集后由循环水泵提压后送工艺装置循环使用,如图 1 所示。循环水冷却过程中由于蒸发、风吹、排污等造成水损失约为循环水总量的 1%~3%,需要大量的新鲜水进行补充以维持循环水系统的运行,而其补充水消耗占全厂新鲜水总消耗的 60% 以上,是煤制油项目的最大耗水用户。因此,针对工艺特点采用技术可靠、节水效果好的循环水节水技术,降低循环水系统补充水量,是降低煤制油水消耗的重要途径之一。

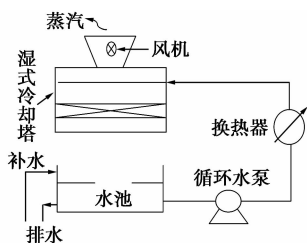


图1 传统开式冷却塔流程示意图

### 2.1 消雾型节水冷却塔

消雾型节水冷却塔工作原理与传统开式冷却塔相似,主要是在冷却塔内的收水器上方设置冷凝模块,该装置可以提高从侧进塔的干空气和从填料层上升的湿热空气的有效混合,从而使得经过收水器后的水蒸汽实现冷凝,冷凝水滴流经填料后由水池收集,实现节水目标,流程如图 2 所示。同时塔侧需要设置一空气百叶的控制开关,以控制通过热盘管的空气量,该百叶窗在冬季除雾运行时打开,而在夏季正常运行时可以关闭,通过冷凝模块的冷凝作用进行消雾和节水,采用该技术可实现较传统开式冷却塔节水 20% 的效果。在煤制油项目中,消雾型节水冷却塔可用在气化、变换、硫回收、酸水汽提、低温甲醇洗、油品合成加工、罐区等介质含油、含灰水的

单元,利用冷凝模块的工作,实现一定程度的节水效果。

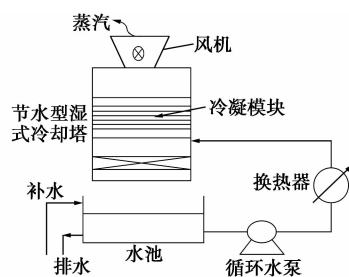


图2 消雾型节水冷却塔流程示意图

### 2.2 闭式增湿型冷却系统

闭式增湿型冷却系统是基于空冷器开发的一种循环水节水工艺,循环水与工艺物料进行间接换热后返回冷却系统,经由散热翅片管束组成的空冷器冷却后循环使用,空冷器的空气入口处增加了一组增湿单元,在夏季等干球温度较高的时段,增湿单元通过高压微细雾化喷嘴将除盐水进行喷雾化水,使空气进口的相对湿度增加,从而降低空冷器入口空气的温度,使得传热推动力温差增大,从而提高空冷器的传热能力,流程如图 3 所示。闭式增湿型冷却系统的循环水完全是一个密闭系统,没有水的损失,仅是在夏季等高温环境下启动增湿单元工作时才有少量喷雾水的损耗,与传统开式冷却塔技术相比,该技术节水效果非常明显,达 90% 以上。在煤制油或煤化工项目中,闭式增湿型冷却系统可用在大型压缩机组的冷却水上,换热介质不易对密闭的循环水系统造成污染,保证闭式增湿型冷却系统的长期稳定运行。

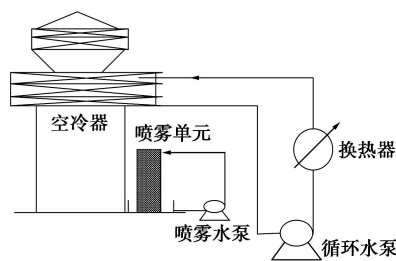


图3 闭式增湿型冷却系统流程示意图

### 2.3 干湿结合闭式冷却塔

干湿联合式冷却器也是基于空冷器开发的一种循环水节水工艺,其由上部的翅片干式空冷管束和下部湿式空冷管束组成,在翅片空气预冷管束和蒸发冷却管束之间设有喷淋水系统,下部湿式空冷管束在气温高时可喷淋水湿式运行。循环水与工艺物料进行间接换热后返回冷却系统,进入干湿联合式

冷却器上部的翅片空气预冷管束进行部分冷却,然后进入可被直接喷淋的蒸发冷却管束进一步冷却后经泵加压循环使用,喷淋水经水池收集后由循环水泵提压后循环使用,流程如图 4 所示。与传统开式冷却塔技术相比,该技术节水效果明显,达 60% 以上。在煤制油或煤化工项目中,干湿联合式冷却器可用在换热介质,不易对密闭的循环水系统造成污染,保证干湿联合式冷却器的长期稳定运行。

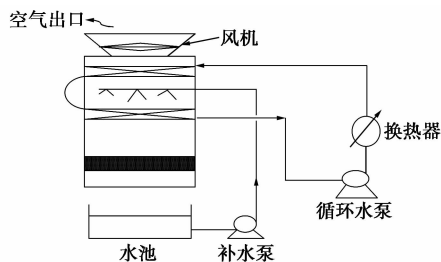


图 4 干湿结合闭式冷却塔流程示意图

### 3 废水处理回用技术

按照污水分质、分类处理的原则,通过设置含油污水处理系统、含氰污水处理系统,采用 A/O 法处理、生化处理、过滤反渗透和蒸发器机械蒸发等方式,处理煤炭间接液化制油所产生的大部分废水并最大化地变废为宝进行回用,代替新鲜水的补充,提高废水回用率 97% 以上。

#### 3.1 污水处理回用

生产、生活污水经生化处理后,经气浮池进一步脱除水中悬浮物后,由自清洗过滤器预处理后进入超滤单元,由超滤膜过滤去除水中的大分子有机物,再经反渗透单元去除 97% 的无机盐,得到溶解性总固含量(TDS)和电导率都达到回用要求的回用水,作为循环水补充水等循环使用。

#### 3.2 含盐废水浓缩回用

含盐废水浓缩回用技术是将浓盐水的含盐量尽可能提高,从而将废水中的水尽可能取出回用。通过在含盐废水中加入石灰乳与水碳酸盐反应生成  $\text{CaCO}_3$  和  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  沉淀,降低水中的硬度和碱度,同时结合絮凝剂的投加使得具有巨大表面积的新生成  $\text{CaCO}_3$  和  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  沉淀物在沉淀过程中大量吸附含盐废水中的悬浮物、胶体等杂质。同时,加入适量酸调节 pH 去除含盐废水中残余的过饱和  $\text{CaCO}_3$  和  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,防止后续过滤时产生结晶。含盐废水经中空纤维膜进行过滤后可去除水中所有悬浮或胶状颗粒物后经反渗透(RO)单元处理,透过反渗透膜部分经收集得到回用水,未透过反渗透膜

部分被浓缩至较高盐含量的高含盐水。

#### 3.3 高含盐水处理回用

高含盐水处理回用技术主要是将高含盐废水中的水通过蒸发、结晶方式进一步取出回用,同时减少或避免浓盐废水排出对环境的污染,最终实现污水“零排放”。高浓盐水通过蒸汽加热的方法进一步使得水分气化后冷凝收集得到洁净回用水,剩余部分形成浓缩后的高含盐水,可回收浓盐水中 80% ~ 90% 的水分。剩余的浓盐水进入浓盐水结晶系统得到含盐结晶。

### 4 结论

(1) 蒸汽预干燥技术对含水原料煤进行间接换热预干燥,将原料煤中的水分蒸发后收集回收利用。在降低燃料气消耗的同时,吨油耗水可降低 0.56 t (以原煤含水量 24% 干燥到 10% 计)。

(2) 消雾型节水冷却塔可实现循环水冷却塔消雾和节水的功能,较传统开式冷却塔节水达 20%,适用于煤制油项目中换热介质含油、灰水等杂质的单元。

(3) 闭式增湿型冷却系统、干湿联合式冷却器都是基于空冷器开发的密闭循环水节水工艺,节水效果非常明显,分别达 90% 和 60% 以上。适用于煤制油项目中换热介质不易对密闭的循环水系统造成污染的单元。

(4) 生产、生活污水经生化处理、超滤、反渗透处理后,可去除 97% 的无机盐,得到溶解性总固含量(TDS)和电导率都达到回用要求的回用水。

(5) 含盐废水浓缩回用技术通过中空纤维膜和反渗透(RO)处理,可将浓盐水的含盐量大幅提高,从而将废水中的水取出回用。

(6) 高含盐水处理回用技术将高含盐废水中的水通过蒸发、结晶方式进一步取出回用,同时减少或避免浓盐废水排出对环境的污染,最终实现污水“零排放”。

### 参考文献

- [1] 江泽民. 对中国能源问题的思考[J]. 上海交通大学学报, 2008, 42(3): 345-359.
- [2] 唐宏青. 我国煤制油技术的现状和发展[J]. 化学工程, 2010, 38(10): 1-8.
- [3] 周从文, 林泉. 费托合成技术应用现状与进展[J]. 神华科技, 2010, 8(4): 93-96.
- [4] 陈鹏. 中国煤炭性质、分类和利用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001. ■