

丙烷制冷装置在天然气处理厂的应用

王晓强^{1,2}, 解永刚¹

(1. 长庆油田公司第二采气厂, 陕西 榆林 719000 2 西安石油大学, 陕西 西安 710065)

摘要:原料天然气具有反凝析现象,在管输过程中压力降低、温度降低会析出液体,不能满足产品天然气 -13°C 水露点和烃露点要求,需要对天然气进行脱油、脱水处理。榆林天然气处理厂选择丙烷制冷工艺,选用美国约克公司生产的螺杆式丙烷压缩机,2005 年底投产,经过一年的运行,效果良好。对丙烷制冷装置投产到试运行阶段出现的问题及解决进行了介绍。

关键词:脱油;脱水;丙烷;螺杆式压缩机;制冷

文章编号: 1006-5539(2008)06-0052-03 **文献标识码:** B

从气井采出的天然气进入集气站,经过节流、注醇、分离、过滤后,通过集气干线进入天然气处理厂,原料天然气具有反凝析现象,在管输过程中压力降低,温度降低会析出液体,不能满足产品天然气 -13°C 水露点和烃露点要求,需要对天然气进行脱油、脱水处理。

榆林天然气处理厂采取低温冷凝工艺进行脱油、脱水。低温冷凝工艺是在一定压力下,将天然气冷却至较低温度,利用天然气中各组分的挥发度不同,使其部分组分冷凝为液体,并经分离设备使之与天然气分离的过程。

根据榆林气田实际情况,以控制外输天然气水、烃露点达到用户要求为目的,仅需采用外加冷源制冷方式,将天然气冷凝至 $-20\sim-30^{\circ}\text{C}$ 脱除水、液烃即满足要求。

榆林天然气处理厂选用的制冷剂为丙烷。丙烷常温工况下,无色无味,易燃易爆,是一种环保、健康的冷剂,蒸发潜热小,单位容积制冷量小,制冷温度适合在 $-35\sim-40^{\circ}\text{C}$ 之间。

1 丙烷制冷装置

丙烷制冷装置是提供冷量的核心设备,能够把原料天然气冷却至 -25°C 。它包括压缩机、辅助系统、蒸发器、控制系统等,压缩机选用螺杆制冷压缩机,运行可靠,性能稳定,调节范围为 $10\%\sim 100\%$ 无极调节,可实行手动与自动控制两种方式。

丙烷压缩降温循环是所有循环系统中最为主要的循环,此循环的目的是通过降低天然气温度,从而将天然气中的水和部分烃类物质脱除。其循环过程见图 1,压缩机把由丙烷蒸发器蒸发而来的丙烷蒸气压缩,(压缩后丙烷蒸气压力在 1.0 MPa 左右,温度在 70°C 左右)。丙烷蒸气在油分离器中将携带的润滑油分离后进入蒸发式冷凝器,由风冷或水冷冷却后(冷却过程中丙烷蒸气转化为丙烷液体)流至空冷下方的热虹吸贮罐内,再流向丙烷系统贮罐(此时贮罐内压力为 0.8 MPa 左右,温度在 23°C 左右)。接着,丙烷液体经过经济器流向满液蒸发器底部,丙烷液体在入口处节流后压力迅速降低,温度降至 -35°C 左右。低温丙烷液体与高温天然气换热后成为低压丙烷蒸气,蒸气再经压缩机压缩,开始下一次循环^[1]。

此循环中涉及压缩机、满液蒸发器、冷凝器等设备,下面对它们逐一介绍。

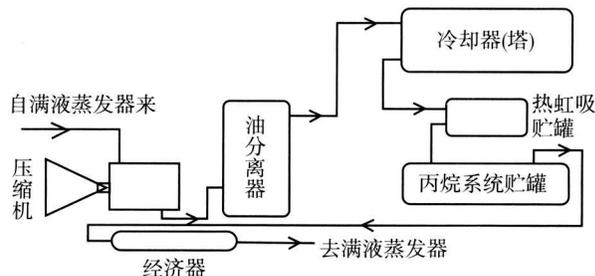


图 1 丙烷压缩流程

收稿日期: 2008-07-03

作者简介: 王晓强(1974-),男,山东临清人,工程师,学士,主要从事设备管理工作。电话:(029)86502056

1.1 压缩机及其相关原理

我们选用压缩机是螺杆式压缩机, 较活塞式压缩机有以下优点: 体积小、重量轻、零件小; 活塞式压缩机为往复式机器, 有一定的震动。螺杆式压缩机主要由定子、转子组成, 在转子的末端连接一螺杆, 由转子带动其旋转压缩气体。由于功率需求大, 压缩机的工作电压要求为 10 kV。

1.2 油分离器

由于压缩机螺杆必须用润滑油润滑, 这使得丙烷蒸气中含有部分润滑油, 这部分润滑油经油分离器分离后循环再利用。在油分离器中, 丙烷蒸气自上方排出, 润滑油聚集在下方, 用自身压力压向油冷却器, 经冷却后再循环利用。

1.3 冷却器(塔)

冷却器由风机、高压盘管、水池等组成。风机转动时是以空气作为冷凝介质; 水泵启动时, 水自盘管上方向下喷淋, 水为冷凝介质; 风机和水泵可同时开启以达到更好的冷凝效果。风机和水泵的启停可以用排气压力的高低来自动控制。

1.4 油路系统

丙烷压缩机组总共有两套油路系统: 蒸发器回油系统、压缩机组润滑油循环系统和润滑油冷却系统。

1.4.1 蒸发器回油系统

丙烷循环过程中, 在油分离器中丙烷气体与润滑油分离, 经过长时间的循环, 在油分离器中会有很少部分润滑油被丙烷气体携带到空冷中, 随着丙烷的循环, 润滑油进入满液蒸发器, 为了保证整个制冷循环系统的安全、可靠, 需将满液蒸发器中的润滑油回收至压缩机中, 见图 2。

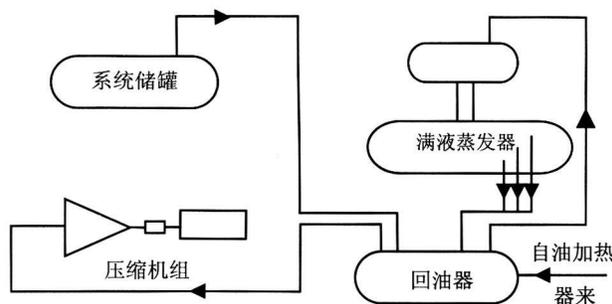


图 2 回油系统流程图

1.4.2 压缩机组润滑油循环系统

由于螺杆压缩机内部的各个部件在工作时相互摩擦, 为了保证压缩机能够长时间安全、可靠的运行, 需要在压缩机内注入一定量的润滑油对各工作部件进行润滑。初次启动压缩机前, 将润滑油加入油分离器中, 压缩机正常工作后, 油分离器中的润滑油流向油冷却器, 与液体丙烷进行换热, 降低自身温度后经油过滤器后进入压缩机, 当丙烷气体被压缩后, 携带润滑油共同进入油分离器, 开始下一次循环。循环过程见图 3。

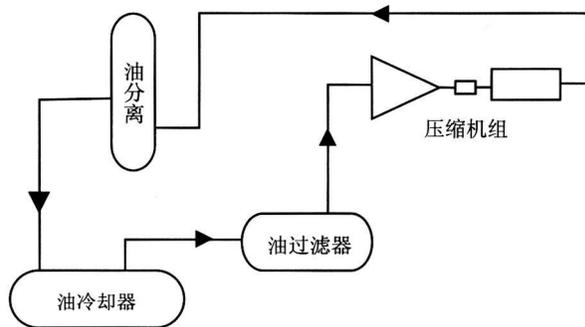


图 3 压缩机润滑油循环过程

1.4.3 润滑油冷却循环系统

由于压缩机排气时将丙烷蒸气和润滑油一起排入油分离器中, 这部分润滑油经油分离器进入油冷却器, 在油过滤器中过滤后, 返回到压缩机内。在油分离器中润滑油的温度高达 70°C , 为保证压缩机的正常运转必须将油温降至 50°C 左右, 这就是润滑油冷却循环的作用。

1.5 热虹吸贮罐

虹吸是一种自然现象, 利用液体管段两端间的压差使水流向低端。在本循环系统中, 由于低端(油冷却器)的液体被气化, 并且和高端(热虹吸贮罐)连通, 使得低端与高端形成压差, 且换热后蒸气混合物的密度大大小于液体丙烷的密度, 这就为液体制冷剂(丙烷)的持续流动制冷提供了动力, 这就是热虹吸的工作原理。其工作过程, 见图 4。

热虹吸贮罐中的丙烷液体因自身高度产生压差而流向油分离器, 丙烷液体在油分离器中与润滑油换热, 使得润滑油温度降低, 自身温度升高并转化为丙烷蒸气(气化率没有达到 100%)。由于其蒸气(或蒸气混合物)的密度大大地小于液态丙烷的密度, 由此在油分离器的进出口产生了一个压差, 此压差为丙烷液体的持续流动提供了动力。热虹吸贮罐中的蒸气再返回至冷却器冷却。

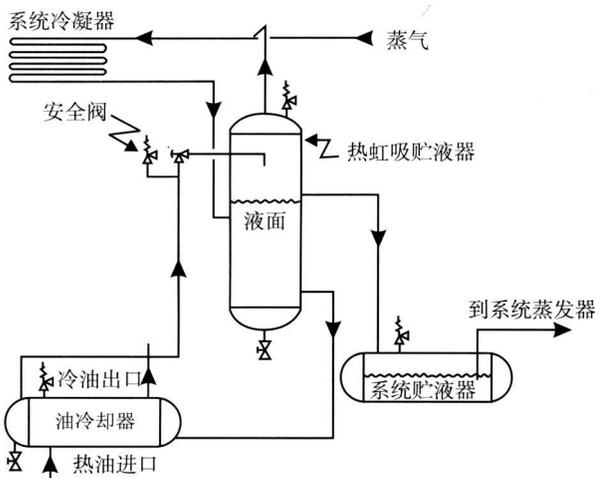


图4 热虹吸工作过程

2 开工投产过程中应注意的问题

我们在丙烷制冷装置开工投产过程中遇到了一些问题,通过共同努力,问题均得到了解决,总结我们的经验对开工过程中的注意要点作一分析:

a 在开工前吹扫阶段,在吹扫流程上应注意保护主要装置,进行分段吹扫,以免焊渣、流砂进入压缩机造成螺杆快速磨损,或进入蒸发冷凝器影响冷却效果。

b 在丙烷制冷装置投运之前,整个系统要经过试压、试漏、抽真空、丙烷充装等重要工序,试压、试漏合格是基本要求,如果出现问题就会造成返工、工期延长、增大安全隐患等许多问题。丙烷制冷装置的试压、试漏未合格之前,不能进行抽真空和丙烷充装。

c 丙烷充装之前必须进行抽真空 (-0.08 MPa) 作业,目的有三个方面:一是可以对试压、试漏结果进一步检验,如果存在漏点,真空度无法保持;二是管线里的水份在负压下会充分挥发,而水份的存在对丙烷制冷装置的运行会产生严重影响,丙烷在系统循环过程中的最低温度可以达到 -35°C ,如果系统中存在水份,会在低温部位结冰,堵塞管线;三是如果不进行抽真空直接充装丙烷,一方面系统内有空气会降低丙烷纯度,而影响制冷效果,另一方面丙烷与空气混合压缩,存在爆炸危险。

d 充装丙烷时不能马上启泵快速充装。在准备充装丙烷时,由于系统处于负压(抽真空)状态,如果马上启泵快速充装,高压丙烷液体进入系统会迅速膨胀,温度迅速降低至制冷 -35°C 以下,如果系统存在水份会造成结冰堵塞管线,另外容器、管线迅

速降温会造成金属快速收缩,管线或设备会被拉裂或者连接部位损坏,所以必须先缓慢打开丙烷槽车与系统储罐的连接阀门,当系统压力与槽车压力平衡以后,再启泵进行丙烷充装。

e 丙烷制冷装置开工时,天然气流程已改正常。丙烷压缩机前期应该用手动控制,使丙烷循环量慢慢增加,这时容易出现因丙烷循环量低,造成压缩机进口吸气压力低而停机保护,为了克服这个问题,必须打开热气旁通,见图5补充热丙烷 (35°C , $1 \sim 1.2 \text{ MPa}$),以增加丙烷蒸发量,保证吸气压力不低于 110 kPa ,使压缩机运转平稳。

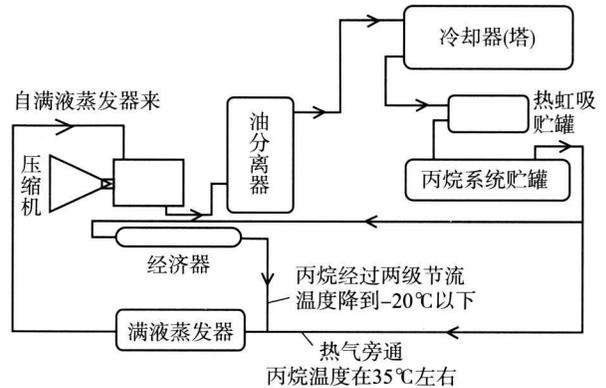


图5 丙烷循环流程

f 在开工时我们还遇到了热虹吸储罐循环不起来,机油温度过高的问题,一直找不到原因。经过我们仔细检查分析发现,热虹吸储罐丙烷气体返回管线在经过管架时有一个“U”形弯,丙烷容易冷凝,而热虹吸循环系统压差很小,流速低,丙烷气体携带的冷凝液会在“U”形弯逐渐积聚,当丙烷凝液积聚到将“U”形弯底部管线灌满时,热虹吸循环系统压差无法推动液柱,热虹吸循环就无法继续。找到了原因,我们用一段直管替换了“U”形弯,问题就得到了解决。

3 运行效果

从现场运行效果看,丙烷压缩循环制冷低温天然气处理工艺技术先进,运行平稳,制冷效果良好,制冷后天然气温度达到 $-23 \sim -25^\circ\text{C}$,符合设计要求,达到了天然气低温处理的条件。

参考文献:

- [1] 晁琼箫,常玉龙,张宏伟,等.丙烷压缩循环制冷低温天然气处理工艺技术在榆林气田的应用[J].石油化工应用,2006,25(4):32-36