运转中的中压带液透平膨胀机装置

龙 泽 智

（川西北矿区）

采用透平膨胀机制冷回收轻烃，是目前天然气加工工业中颇有前途的工艺方法。早在七十年代初，国外在天然气加工领域就采用了这种技术。膨胀机装置的发展很快，1975年美国仅有13套，到1981年就增加到236套，近几年，新建和改建的轻烃回收装置90%以上采用了膨胀机。其它国家也相继建设了膨胀机回收轻烃装置。我国于1981年，在四川气区采用四川空气分离设备厂制造的CL-503中压带液透平膨胀机，回收天然气中的C_3以上的烃组份。1983年通过技术鉴定，膨胀机制冷温度达－83.0℃,丙烷回收率（冷液）＞70%（在贫气条件下），丁烷回收率（冷液）＞90%（在贫气条件下），膨胀机出口带液量达到6%(重量)。目前机组运转正常。

透平机组的概况

膨胀机组由本机、供油装置、安全设施和调节系统组成。

机组在设计过程中，解决了大焓降、高转速、机器叶轮叶型，和风机匹配及加工工艺问题；选择了承载力强，供油方便的止推轴承；装备了控制调节系统和安全设施，保证了机组在中压和带液条件下能长期稳定运程。

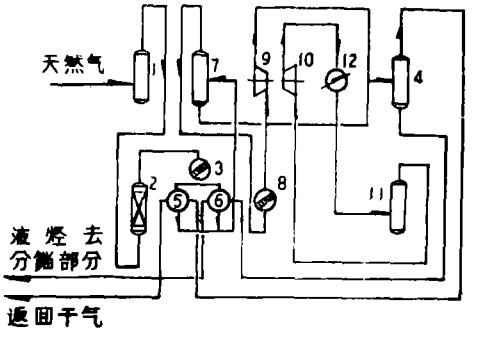
透平膨胀机为卧式单级径流向心式，其制动风机为单级径流离心式，透平膨胀机和制动风机的叶轮，装在同一轴上，采用轴向装配式。

润滑系统为非防爆型供油，由齿轮油泵，冷却器、过滤器，油压容器及油箱组成。按规范其位置需远离装置。为避免停电或偶然出现故障时因系统停止供油而使机器发生事故，油压容器在上述情况时，可持续供油1分钟。

膨胀机入口设有遥控气动薄膜调节阀，正常运转时用以调节原料气流量，发生事故时可切断气源，紧急停车。为了防止透平膨胀机因事故而损坏．设有油压，轴承温度、冷却水流量和透平膨胀机转速的报警、停车联锁装置。

工艺流程及主要运转参数

工艺流程组织的好坏，直接影响透平膨胀机的长期稳定运行和轻烃的回收率。该装置的工艺流程如图所示。



膨胀机制冷回收轻烃原理流程图

1.分离器1；2.干燥器； 3.过滤器1；
4.分离器2；5.换冷器1；6.换冷器2；
7.分离器3；8.过滤器2；9.膨胀机；
10.制动风机；11.平衡罐；12.冷却器。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

来自井场的原料气，其组成如表1所示，经重力和旋风分离除去固体杂质、水和油滴，通过常温固体吸附剂，将饱和水脱至5ppm以下，再经过滤器1除去气体携带的粉尘。

原料气组成 表 1

气体组分	原料气（分子%）	返回干气（分子%）
N_2	0.356	0.342
CO_2	0.499	0.154
C_1	90.740	95.160
C_2	5.930	3.800
C_3	1.590	0.239
iC_4	0.304	
nC_4	0.327	
iC_5	0.105	
nC_5	0.0677	
C_6^+	0.0702	
合计	99.939	99.995

经上述分离、过滤、干燥的天然气分成两股，分别和来自分离器2顶部的冷气和底部的冷液在换冷器1和换冷器2中，换冷至－50℃左右，由分离器3分离出凝液，而气体经过滤器2滤除直径0.1毫米以上的粒子，再进入膨胀机等熵膨胀，温度进一步降至－83℃左右。冷凝析出的液体与膨胀后的气体及分离器3底部来的液体一并进入分离器2，分离器2顶部出来的干气，经换冷器1复热至常温出装置。分离器2底部液体和原料气换热后送至气体分馏部分，生产丙、丁烷等产品。

为平衡和消耗膨胀功，在增压端装有制动风机，引平衡罐中天然气经风机增压和冷却再回平衡罐循环使用。

主要运转参数如表2所示。其中，膨胀机进出口压力和冷凝温度的选择至关重要。本装置设计时，用计算机作了方案比较，出口压力以管输压力为基准，冷凝温度确定为－50℃。

主 要 运 转 参 数 表 2

天然气处理能力（万标米³/日）	8.72
膨胀机进口压力（公斤力/厘米²）	38.6
膨胀机出口压力（公斤力/厘米²）	18.4
膨胀机进口温度（℃）	－57.0
膨胀机出口温度（℃）	－82.8
天然气进冷箱温度（℃）	28.3
干气出冷箱温度（℃）	24.3
膨胀机转速（转/分）	44500

运转中出现的问题及解决措施

1.加强分离和过滤

透平膨胀机在试验过程中，曾发生多次转速波动，折机检查发现，前轴承的止推面均有一定程度的磨损，喷嘴流道被固体粒子堵塞，相邻的叶轮盖板冲刷严重，其原因是原料气分离和过滤不好，固体粒子进入透平膨胀机，影响机器转子的平衡精度，破坏了轴承的正常工作，引起转子轴向窜动。后来，加强了原料气的分离和过滤，使装置处于稳定运转。实践证明，加强分离和过滤以保持原料气干净，是保证膨胀机长期稳定运转的重要方面。

2.保证原料气的含水量低于5ppm

装置开车之初，机组曾在气流含水量为50～300ppm状态下运转，膨胀冷冻凝出的水形成固体冰粒，冻结在流道表面，水和烃类形成的固体水合物，严重破坏了转子的动力性能，损坏喷嘴、叶轮叶片。当机组在气流含水量为2000ppm条件下运转时，机器发生的异常震动和响声，迫使装置停工。后来用加热炉代替蒸汽加热器，干燥器的再生条

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

件得到了显著改善，保证了干燥器出口气流含水量低于5ppm，使装置恢复平稳运转。

3.维护仪控系统的正常工作

装置运转过程中，曾因控制系统的气源自控失灵而导致一次严重的设备事故，前后轴承破坏，前后叶轮部分叶片变形。其原因是突然停电，供油系统停止供油，而气源的自控调节阀没有及时切断气源，机器在严重缺油的状况下仍继续运转，而导致此次事故。膨胀机的仪控系统，除保证正常调节外，还要求出现故障时，能及时报警和自动停车。这需要选用性能良好的仪表和可靠的设计。仪表维护人员要加强检查并及时排除故障。

正常操作要点

本装置的核心设备是精度较高的透平膨胀机，因而在操作中要弄清原理、精心操作。通过机组运转实践，总结出下列操作要点：

1.严密监视膨胀机的运行。转速、轴承温度、油压、密封气的供排压力要控制在正常操作点；要观察、监听机组运转状况，如遇故障要及时排除。当机组出现不寻常震动，异常噪音，突然散发大量烟雾，转速大于58000转/分，机组供油压力低于1公斤力/厘米^2，电力供应中断等故障，又无法及时排除时，应立即停车检查。

2.经常检查仪控系统是否处于良好状态，特别注意对易于失灵而造成事故的系统进行巡回检查，及时消除事故隐患。

3.加强原料气的分离、过滤和干燥，保证原料气清洁、干燥。

4.膨胀机出口压力受管输压力的限制、采用调节膨胀机入口压力，膨胀量及转速的方法，实现制冷量的调节。

5.转速的调节是由膨胀机入口调节阀和制动风机出口调节阀开度来实现，当膨胀机入口调节阀开度已达100%，机器仍未达到所需转速时，则用风机出口调节阀补充调节。

6.注意系统加温。装置除裸冷和启动前进行全系统加温以排除积聚在系统内的水分和杂质外，经过一段时间的运转以后，还必须进行系统加温，排除膨胀机、换热器、分离器、过滤器等设备及管道、阀门中积聚的冰、干冰、烃类水合物等杂质，以保证装置的稳定运行和安全操作。系统加温必须用干燥的气体，注意更改流程，控制加热器出口温度，在加热途中不能停顿，过程速度不能太快。本装置在运转中曾几次发生冻堵，均采用停车、启动加热系统的办法加以解决。

有待改进的问题

1.本装置采用同轴风机制动，没有利用气体在膨胀机中发生膨胀降温所作的膨胀功。为提高膨胀机经济效益，宜采用同轴增压机代替制动风机来增压干气，提高干气外输压力，把浪费的膨胀功加以利用。

2.系统冷量的平衡和利用是膨胀机设计中的一个基本环节。本装置回收的液态烃，虽然经过换冷复热，回收了部分冷量，但出装置的冷液温度仍很低。需要进一步改进换冷流程和换冷设备。

3.尽管膨胀机装置的各项工艺参数都远传并集中到控制室的一块表盘上实行集中控制，但是操作参数的巡检和过程控制没有采用微处理机，不能适应生产需要。

4.原料气和产品的分析虽然采用了气相色谱技术，但过程都是非连续的，宜采用在线色谱，使过程连续指示和记录。

5.进入透平膨胀机的气流含水量的多少，直接影响膨胀机组的动力性能，测定和控制气流露点是维持机组长期稳定运行的重要方面，因此需设置露点指示仪在线连续分析和指示。

（本文收到日期 1984年10月日5）

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

about critical flow quantity, critical flow rate, contrast flow quantity, contrast flow rate which are necessary to the continuous water withdrawal through the flow string with different diameters and the rational flow string formula that should be selected when the contrast parameter <1.

The author also works out the solving programme for TI-59 computer and designs and draws up the nomogram of mathematical mode. The evident economical results have been obtained from practice of optimizing the flow string for water withdrawal in gas production in Southern Sichuan and from studying the gas-water two-phase flow characteristics through vertical pipe.

NGI Vol.5 No.1 1985

渗硼技术在三牙轮钻头上的应用

李建伟　王伯勤

渗硼是近代发展起来的一项新的表面硬化技术。本文介绍了渗硼的方法和步骤以及渗硼钻头的使用效果。

《天然气工业》　第5卷　第1期　1985

Application of Boronization Technique to Three Roller Bit

Li Jianwei, Wang Boqin

The boronization is a new surface hardering technique developed recently. The process and steps of boronization and the use results of boronized bits are presented in this work.

NGI Vol.5 No.1 1985

天然气压能利用的探讨

龙　庆　晏

本文讨论了综合利用高压天然气潜在压能的各种途径。利用压能可以提高低压天然气压力；制低温回收凝析油；发电；高压气举排水；推迟低压气增压时间。建议研究、制造利用压能的成套设备，更好地开发利用天然气压能。

《天然气工业》　第5卷　第1期　1985

A Discussion on the Pressure Energy Utilization of Natural Gas

Long Qingyan

This paper discusses the comprehensive utilization of various ways of the potential pressure energy of high pressure natural gas. By using pressure energy, the low natural gas pressure can be risen, the condensate is recovered at low temperature, the electricity is to be generated, the water withdrawal can be carried out by high pressure gas lift, as well as the time for increasing pressure of low pressure gas is retarded. A complete set of researching, making and utilizing pressure energy is suggested for further developing and utilizing natural gas pressure energy.

NGI Vol.5 No.1 1985

克劳斯－斯科特组合系统总酸气组成计算与讨论

王　开　岳

本文通过适当简化，从装置的物料平衡导出计算克劳斯－斯科特组合系统内总酸气中硫化氢浓度的简化公式，对所得结果作了讨论，并将数据绘成了关系图。

《天然气工业》　第5卷　第1期　1985

Calculation and Discussion of Total sour Gas Composition in Clus-Scott Composite System

Wang Kaiyue

Through suitable simplicity, the simplified formula of calculating H_2S concentration in total sour gas in Clus－Scott composite system can be derived from the material balance of the equipment. The result is discussed and the relation diagram is drawn out according to the data, in this paper.

NGI Vol.5 No.1 1985

运转中的中压带液透平膨胀机装置

龙　泽　智

本文对国产CL-503中压带液透平膨胀机制冷回收轻烃装置的运行情况作了总结。介绍了膨胀机概况、工艺流程、主要运转参数、运转中出现的主要问题及解决措施，并提出了正常操作的要点和进一步提高膨胀机经济效益的意见。

《天然气工业》　第5卷　第1期　1985

Median Pressure Carrying Liquid Turbine Expander in Operating

Long Zezhi

This article concludes the operating situation of the home-made CL－503 median pressure carrying liquid turbine expander refrigeration equipment for light hydrocarbon recovery. The general situation of the expander, its technology process and important operating parameters, the problems in operating and their solving approach are stated in this paper. The main points in normal operation and the suggestion of raising economic profit of the expander are presented also.

NGI Vol.5 No.1 1985

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net