

移动式煤层气压缩装置的应用分析

钟子健

(中国船舶重工集团公司第七一一研究所, 上海 200072)

摘要:提出了一种采用螺杆压缩机作为增压装置,燃气发动机作为驱动装置的移动式煤层气增压装置的形式。介绍了该装置的结构、工作原理及性能特点,最后对其在应用中应注意的问题做出了分析。

关键词:煤层气;螺杆压缩机;燃气发动机

中图分类号:TD163.1

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2009)12-0073-02

Application analysis on mobile unit for coal-bed methane compressing

ZHONG Zi-jian

(Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 200072, China)

Abstract: A mobile unit is put forward which is made up of screw compressor as boost device and gas engine as its deicing drive, respectively. Moreover, the structure of this kind of unit the operating principle and the performance character is introduced. The problems which should be paid regards in the application process are analyzed in the end.

Key words: coal-bed methane; screw compressor; gas engine

煤层气,俗称煤矿瓦斯,是一种非常规的天然气。它是与煤伴生、共生的气体资源,其主要成分为甲烷。当前,合理开发利用煤层气越来越受到各国的重视,煤层气的开发利用不仅可解决煤矿安全生产问题,而且是缓解能源紧张、改善能源结构的重要途径,并已成为保护大气环境的必然趋势。

我国目前煤层气回收利用形式主要是瓦斯发电,其主要集中在气源集中或管网较为发达的大型国有煤矿和煤层气产业基地。而相对较为偏远、气源较小、分布面积较大的中小型煤矿的瓦斯回收利用装置相对落后,基本没有瓦斯回收,瓦斯气体全部被直接放空或者直接燃烧。因此,开发针对气井特点,具有灵活性、经济性的小型煤层气回收装置是解决中小煤矿煤层气利用问题的发展方向。回收的瓦斯可以高效集输的方式向较远地区输送。

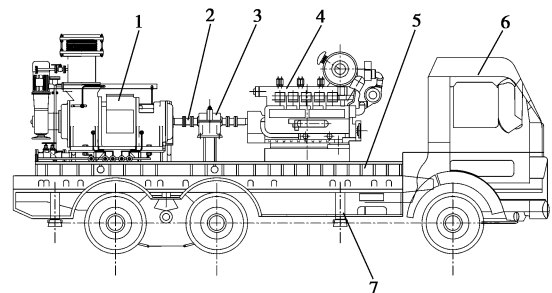
1 移动式煤层气压缩装置

1.1 结构形式及工作原理

以螺杆压缩机作为煤层气增压压缩装置,气体发动机作为增压压缩机的驱动装置,整套机组为移动式结构的煤层气压缩装置,是一种十分符合我国煤层气回收特点要求的煤层气压缩装置形式。

图 1 为以载重汽车为移动设备的移动式煤层气压缩装置组成示意图,该装置主要包括螺杆压缩机、燃气发动机、调节控制系统及用于连接上述部件

的油路、管路、以及电气开关、仪器仪表等,螺杆压缩机与燃气发动机通过弹性联轴器和离合器连接,整套装置采用车载形式。



1—螺杆压缩机;2—弹性联轴器;3—离合器;4—燃气发动机;
5—机组底盘;6—载重汽车;7—机组支撑装置

图 1 以载重汽车为移动设备的移动式煤层气压缩装置组成示意图

实际运行时,煤层气(瓦斯)先经过前置过滤器进行过滤、除尘,再进入螺杆压缩机。在螺杆压缩机中,煤层气被压缩,并由喷液系统对煤层气进行喷液冷却,压缩后的气体由压缩机出口压出,经过高效气液分离器除去液体后输出。压缩机的驱动装置为燃气发动机,其燃气气源可直接取自煤层气。整套机组为车载形式,可根据需要实现灵活移动。

1.2 性能特点

该移动式煤层气压缩装置具有以下性能特点:
(1) 采用湿式螺杆压缩机组作为压缩装置。

装置采用湿式螺杆压缩机组,能适应较低的吸气压力,对湿压缩不敏感,变工况适应性强,当煤层气中含有水分及液化重烃或杂质时,都不会影响机组正常工作。特别适应我国煤层气的储藏以欠压煤储层为主、井口回收的煤层气气源不稳定并含有固体杂质的特殊工况条件。

(2)采用燃气发动机作为驱动装置。装置采用燃气发动机作为压缩机驱动装置,可直接利用煤层气作为燃气驱动,调节方便,经济环保。燃气发动机热效率高(35%~37%),燃料气消耗量低(0.25~0.30 m³/kWh)^[1]。

(3)采用移动式结构。采用车载形式,具有移动性、灵活性的特点,可根据需要在各井口之间实现灵活移动。开采期结束后,可在不同气源地重复安装使用,装置利用率高。

(4)装置整体性能。整套装置结构简单,体积小、易损件少、振动小、平衡性能好,且技术成熟,可靠性高。机组能耗低,适应野外环境,可安全、长周期、高效率、低成本连续运行。现场的电气设备、仪器仪表均采用防爆型,可确保机组的安全运行。

2 移动式煤层气压缩装置的应用分析

2.1 应用领域

由于煤层气是一种非常规天然气,与常规天然气的开采相比有较为明显的差异。我国煤层气的储藏以欠压煤储层为主,从煤矿中抽放排出的煤层气压强通常与大气压强相同,因此煤层气在被抽采后,往往需先经过增压后才能进一步作为燃料发电,民用燃气等回收利用,或进一步经深冷液化回收,以槽车储存运输。移动式煤层气压缩装置即可应用于该压缩环节,如图 2 所示。

目前国内外专门针对煤层气压缩设计的气体压缩机较少,大多采用天然气压缩机改造后用于煤层气压缩,而驱动装置多采用电机驱动或燃气发动机。如国内天然气田采用的燃气发动机——往复式压缩

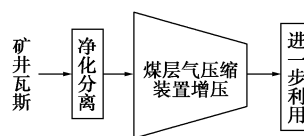


图 2 煤层气回收利用流程示意图

机组,其热效率可达到 35% 左右^[2],但机器笨重,投资和安装费用高,辅助设备较复杂,振动大。川局成都天然气压缩机厂研制的车载式天然气压缩机也是活塞式压缩机,而且主要面向天然气压缩领域。

未来以螺杆压缩机、燃气发动机为主要组成形式的移动式煤层气压缩装置在煤层气压缩领域的优势将会日益凸现:一方面,随着螺杆压缩机技术的不断发展,其在轻烃回收领域的应用不断增加,我国国内厂家已经研制出专门针对煤层气介质的螺杆压缩机产品,为煤层气的压缩提供了更为高效和安全的保证。另一方面,其移动灵活的特性特别适应我国中小型煤矿中煤层气开采抽放气井大面积分布、不集中、气源不稳定的特点,因此,该类装置在我国煤层气压缩领域的应用将不断深入。

2.2 应用设计中需考虑的问题

为确保移动式煤层气压缩装置能安全、稳定地运行,在实际应用设计过程中还应考虑以下几个方面的问题:

(1)车载式煤层气压缩装置的安全性和可靠性。因为煤层气中混有空气或氧气,组分、温度、压力变化范围很大,如在爆炸极限范围内压缩时会发生危险(甲烷在空气中的爆炸极限体积分数为 5.0%~15.0%),随着压力的变化爆炸范围也在变化,而且压力越高危险性越大。因此必须建立 1 套煤层气爆炸极限计算方法和检测设备,在检测、控制的基础上,研究合适的系统技术来解决。

(2)燃气发动机的供气稳压。燃气发动机的供气由煤层气提供,由于煤层气中甲烷浓度、压力、温度等的变化,会影响燃气发动机煤层气压缩装置的

(下转第 76 页)

(上接第 72 页)

参考文献

[1] 化学工程手册编辑委员会. 化学工程手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1989.
 [2] 柳巍. 超重力并流除尘技术[D]. 北京: 北京化工大学, 2004.
 [3] Keyvani M, Gardner N C. Operating characteristics of rotating beds[J]. Chemical Engineering Progress, 1989(9): 48-52.
 [4] 张海峰. 旋转床除尘技术的研究[D]. 北京: 北京化工大学, 1996.

[5] 简弃非. 同心环波纹碟片填料超重力旋转床流体力学与传质特性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 1997.
 [6] 潘朝群, 邓先和. 多级雾化超重力旋填料床的特性及应用[J]. 硫酸工业, 2007(6): 31-38.
 [7] 邓先和, 黄思铭, 邓颂九. 气体轴流型旋转填料床气液传热传质装置: 中国, ZL97212054.8[P]. 1998-08-19.
 [8] 杨涛, 黄之初. 一种新型油烟净化设备净化机理与应用研究[J]. 能源与环境, 2005(3): 67-69.
 [9] 宋云华, 陈建铭. 旋转填充除尘技术的研究[J]. 化工进展, 2003(5): 499-502. ■

该厂喷涂工序主要包括喷漆和烘干,共有喷漆室和烘干室各 2 间,在生产过程中产生大风量低浓度的挥发性有机废气。本试验选取喷漆室 II 产生的废气为处理对象,废气量为 $750 \text{ m}^3/\text{min}$,废气主要成分为苯、甲苯、二甲苯、乙苯等。

1.2 分析方法

试验中以处理前后废气中苯、甲苯、乙苯、对(间)二甲苯、邻二甲苯浓度的变化为指标来评价系统运行的效率,采用热脱附-气相色谱联用仪(TD-GC, TD: QUI-0002; GC: 2010, 岛津)检测。废气中总挥发性有机物(T-VOCs)浓度以苯、甲苯、乙苯、对二甲苯、邻二甲苯 5 种物质浓度总和计。

1.3 中试工艺流程及主要装置介绍

1.3.1 工艺流程

旋转浓缩-蓄热氧化(RC-RTO)系统工艺流程如图 1 所示,设备主要由旋转式浓缩单元(RC)和蓄热式氧化单元(RTO)2 部分组成。有机废气处理工艺流程分为预处理、吸附、脱附和氧化 4 个阶段。喷涂车间的有机废气先经过滤预处理去除颗粒物之后,进入 RC 单元进行吸附处理,经吸附净化的气体直接排放(称为 RC 单元排气);吸附于 RC 单元吸附

剂上的有机成分用通过热交换器加热的热空气进行脱附,浓缩成高浓度的有机废气进入 RTO 单元,浓缩废气中的 VOCs 在氧化室经高温氧化分解成 CO_2 和 H_2O ,经热交换器降温排放(称为 RTO 单元排气)。

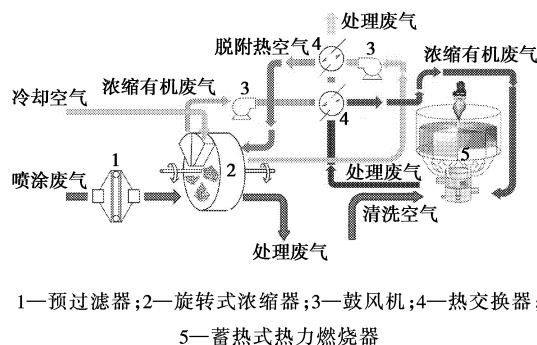


图 1 RC-RTO 系统工艺流程示意图

1.3.2 主要装置

(1) 旋转式浓缩单元。旋转式浓缩单元采用转盘式设计,选用疏水性瓦片式沸石分子筛作吸附剂,整个吸附转盘由 6 个吸附块组成,6 个吸附块交替工作。当 1 个吸附块达到吸附饱和之后,即被旋转进入脱附单元,在脱附单元,吸附在吸附剂上的有机物经高温热空气脱附,有机废气被浓缩,吸附剂再生。

(上接第 74 页)

稳定运行,甲烷体积分数降至 40% 时为燃气发动机利用的下限,必须通过控制技术,使装置能适应煤层气浓度、压力、温度等的大范围变动,保证压缩装置的稳定运行。气体发动机与螺杆压缩机匹配方案示意图如图 3。

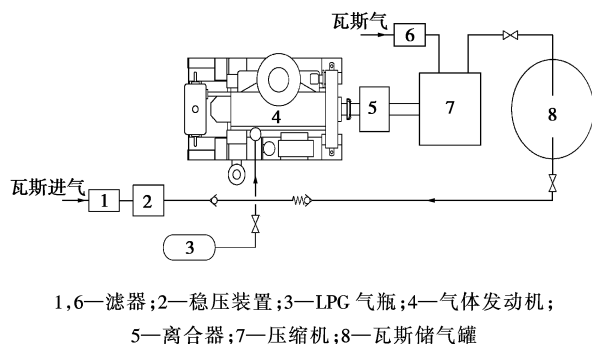


图 3 气体发动机与压缩机匹配方案简图

(3) 燃气发动机与车载式煤层气压缩装置的匹配特性。由于压缩装置使用燃气发动机进行驱动,在启动瞬间,由于螺杆压缩机的启动扭矩较大,要保证螺杆压缩机的启动,控制压力稳定,必须解决装置匹配问题,包括优化设计计算、燃气发动机和螺杆压缩机的选型。螺杆压缩机启动扭矩较大,可考虑通过离合器的方式与气体发动机连接,启动时离合器

脱排,发动机空载启动,待发动机工作稳定后再将离合器接排。

3 结语

我国的煤层气产业化发展已经成为必然的趋势,随着国家扶植政策的出台和煤层气开发利用技术的成熟,煤层气的产业化将在近 2 年得到飞速的发展,市场的需求增长迅速。这为移动式煤层气压缩装置产品的产业化创造了良好的条件。另一方面,我国中小型煤矿煤层气的利用现状也迫切需要灵活、经济的煤层气压缩装置产品。

采用螺杆压缩机作为增压装置,燃气发动机作为驱动装置的移动式煤层气增压装置,只要解决好安全性和可靠性、燃气发动机的供气稳压以及压缩机与发动机的匹配特性等问题,可应用于我国中小型煤矿煤层气的回收利用环节,并具有显著优势,应用前景广阔。

参考文献

- [1] 宣建寅,王银亮,祖丙河.天然气增压压缩机组的选择[J].油气田地面工程,2004,23(10):34-35.
- [2] 张建杰.压缩机与驱动机选用手册[M].北京:石油工业出版社,1992. ■