

调压站内天然气热值自平衡技术

罗 东 晓^{1,2}

1.广州市煤气公司 2.华南理工大学

罗东晓.调压站内天然气热值自平衡技术.天然气工业,2009,29(5):101-103.

摘 要 由于天然气产地及生产工艺的不同,不同气源的天然气其热值、组分及燃烧特性参数存在着较大差异。传统调压方式并不能调配调压站出站天然气的热值和燃烧特性参数,对于进入调压站的热值较高的天然气,出站后的气源难以完全满足管网要求。为此,提出一种新颖的调压站内天然气热值自平衡技术,对于热值较高的天然气,依靠高压天然气降压过程中“与生俱来”的压力能,通过透平膨胀机膨胀降压,同时驱动压气机生产压缩空气掺混于降压后的天然气中,有效降低天然气的热值,使高热值天然气的燃烧特性参数能满足管网要求,以解决进入天然气管网各气源热值不相同带来的难题。详细介绍了实施该技术的设备构成、原理及工作过程,并对相关系统、实施效果等进行了分析。该技术对采用多种气源供气的城市燃气企业具有现实的指导意义。

关键词 天然气 热值 调配 透平膨胀机 压力能回收

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.05.024

1 问题的提出

为了提高天然气气源供应稳定性和可靠性,拓展气源采购范围,降低采购成本,城市燃气企业通常采用多气源(管输天然气、液化天然气)同时对同一管网供气,构成多气源供应格局。天然气因为其产地、生产工艺、来源的不同,导致其热值、组分及燃烧特性参数存在较大差异。管输气热值一般较低,而 LNG 热值较高,两者通常相差 8% 左右,有时甚至达 12%(4.2 MJ/m³)。

而作为统一的城市天然气管网,所供应的用户是多种多样的,情况复杂。既有对天然气组分、热值要求不太严格的锅炉等工业用户,也有对组分、热值相当敏感的一些特殊用户,比如电视机显像管及玻璃薄壳管加工企业等,其对温度控制精度要求很高,希望燃气组分和热值相对平稳。此外,还有众多的拥有各种不同品牌燃气用具的居民用户,天然气汽车用户、燃气轮机用户等。尽管各类用户对天然气气质稳定性的具体要求有所不同,但有一点却是共同的——力求进入管网的各类天然气热值相同、燃烧特性相符^[1]。

如果组分、热值差异较大的天然气同时进入一个管网,将有可能出现如下问题:

- 1)居民用户选用的是类别相同、品牌不同的燃具,将导致管网内不同方位用户因燃烧不同热值的天然气,燃具的实际热负荷有所不同。
- 2)因管网各气源间的“分界面”处于动态变化之中,导致部分用户(两种气源交汇点)使用的气源种类会反复变化。
- 3)同网用户同一价格,导致结算不公平,损害部分使用低热值天然气消费者的利益。
- 4)部分对燃气组分、热值要求严格的特殊用户,使用热值变化的气源会影响其产品质量。

2 技术思路

一般来说,城市燃气企业的多路天然气气源均是从不同方位进入接收门站,经过过滤、计量、调节、加臭等环节后进入天然气高压输配管网,此时天然气的压力一般较高。来自高压管网的高压天然气除部分直接供应高压用户外,大部分则需要通过设在城市各个区域的调压站调压,比如减至中压 A 级制(0.2~0.4 MPa)后供应统一的城市中压输配管网,

作者简介:罗东晓,1961 年生,教授级高级工程师;广州市煤气公司副总工程师,中山大学、华南理工大学教授;从事天然气高效利用及新能源技术研究工作。地址:(510060)广州市环市东路 416 号。电话:(020)87787253,13501520589。E-mail:ldx2005@vip.sohu.com

然后供给中压用户或通过低压调压装置减压后供给居民用户和公建、公商、公福等用户使用。

蕴含着大量压力能的高压天然气,大多数情况下需要在调压站通过调压设备进行降压处理。采用这种传统的调压方式,天然气自身蕴含的压力能在调压设备降压过程中被白白损失掉了,而且降压过程还产生大量的噪音;另外,由于设备急剧降温,还将有可能对调压及管道设备运行造成威胁甚至损害。同时,这种传统调压方式并不能调配调压站出站天然气的热值和燃烧特性参数,各个调压站的出站天然气热值不一致,燃烧特性参数也难以完全满足管网要求。因此,需要实施一种新技术,能够确保各个调压站出站天然气的热值和燃烧特性满足用户需求。

对于热值较高的天然气(比如 LNG)采取降热值措施,使其保持与基准气(占总气源比例最高的低热值气源,比如管输天然气)热值一致,即:在调压站安装一套装置,取代传统的调压设备,充分利用天然气降压过程中的压力能,在解决调压问题的同时,实现热值(包括燃烧特性)的调配(降低)自平衡,这可以同时解决上述诸多问题^[2]。这就是调压站内天然气热值自平衡技术的基本思路。

3 调压站内天然气热值自平衡技术

3.1 基本原理

调压站内天然气热值自平衡技术基本工艺流程如图 1 所示。它利用透平膨胀机代替传统调压设备将高压天然气降压^[3],并将此过程的压力能转化成驱动能,带动压气机生产压缩空气^[4-5]掺混到已降压的高热值天然气中,使调压站出站天然气热值得以降低,其压力等各项技术参数均与目标值一致。一般情况下,此过程不需要外部动力驱动压气机,而是回收利用“与生俱来”的天然气压力能。

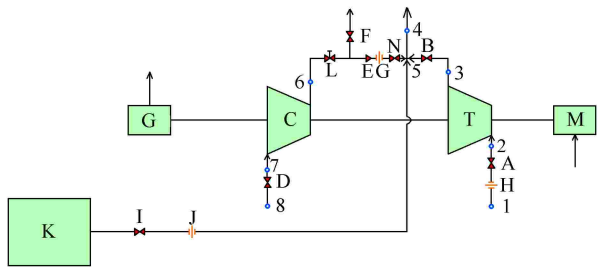


图 1 基本工艺流程示意图

注:T.透平膨胀机;M.外部电力驱动的电动机;C.压气机;G.发电机;K.外部电力驱动的空气压缩机;1、2.高热值天然气入口;3.透平膨胀机出口;4.产品气检测点;5.气体混合点;6.压气机出口;7、8.空气入口

3.2 系统工作过程与运行模式

3.2.1 工作过程

高压、高热值、常温天然气(比如气相 LNG),经过流量计 H 后,由调节阀 A 调节流量后进入透平膨胀机 T,利用其本身携带的压力能降压膨胀做功,带动透平膨胀机 T 的涡轮旋转。膨胀做功后,3 处的天然气压力、温度均下降,通过调节阀 B 调压(有时还可通过某些装置升温,比如加热器、压气机冷却水回水等)后,在 5 处再与温度、压力较高的压缩空气掺混,形成 4 处的热值、压力、温度及燃烧特性均符合要求的“LNG+AIR”混合气(产品气)。

透平膨胀机 T 同轴驱动压气机 C 转动,从大气 8 处吸取空气并压缩至一定压力,温度、压力同时升高,成为 6 处的压缩空气。经过紧急切断阀 L、止回阀 E、流量计 G 后,由调节阀 N 调节流量后,在掺混点 5 处与 LNG 混合。经压缩后的高温空气与降压膨胀做功后的低温 LNG 混合后正好相互交换热量,使得 4 处的混合气(LNG+AIR)热值降低,压力及燃烧特性符合城市中压管网要求。

3.2.2 运行模式

系统还包括发电机 G 与透平膨胀机 T 的涡轮联动,由外部电力驱动的电动机 M 驱动同轴的压气机 C 运转。1 处的高压 LNG 驱动透平膨胀机 T 所产生的有效功(净输出功) W_T 与由外部电力驱动的电动机 M 输出的有效功 W_M 之和,等于驱动压气机 C 压缩相应流量空气所需要的功 W_C 、发电机 G 发电做的功 W_G 及其他损耗所需要的功 W_f ,即: $W_T + W_M = W_C + W_G + W_f$ 。

当透平膨胀机 T 净输出功 W_T 大于压气机压缩所需空气的功 W_c 与损耗功之和时,电动机 M 空载或停运,多余的能量驱动发电机 G 旋转做功,发出的电力供调压站作为站用电自用;当透平膨胀机 T 净输出功 W_T 小于压气机 C 压缩所需空气的功 W_c 与损耗功之和时,发电机 G 停运,电动机 M 通过外部电力补充其所需要的能量,电动机 M 充当“补能”角色,在用足 LNG 压力能的前提下,起补充能量之作用。此时,电动机 M 与透平膨胀机 T,共同驱动压气机 C 运转。

4 系统相关说明

4.1 备用外部压缩空气供应系统

考虑到主体装置检修等因素,系统还设置有外部空气供应系统,包括安装在调压站非防爆区域的电动空压机 K、外部压缩空气控制阀 I、外部压缩空

气供应流量计 J, 通过管道将压缩空气送至 5 处与 LNG 掺混, 同样可在 4 处形成符合要求的“LNG+AIR”混合气(产品气)。

外部空气补充回路可弥补压气机 C 自产空气不足的问题, 此时停运电动机 M。此外, 该空气补充回路还可用于当主体装置处于故障状态(比如透平膨胀机检修)时, 与备用调压设备一道, 实现调配 LNG 热值和燃烧特性之目的。

4.2 冷却水能量回收装置

该回收装置包括通过管道形成回路的压气机水冷系统和透平膨胀机外壳的水冷夹层。压气机 C 采用水冷系统, 经过压气机 C 后的高温冷却水由管道被送入透平膨胀机 T 外壳的水冷夹层, 直接与低温的涡轮膨胀机外壳换热降温后, 再循环返回进入压气机 C 水冷系统, 用于对压气机轴承等温升部位降温, 同时可起到适当提高 3 处 LNG 温度的作用。

4.3 压力自动调节系统

为了确保 4 处混合气的压力恒定, 设置有压力自动调节系统。自动控制系统通过控制调节阀 A、B 的开度, 调整进入掺混点 5 处的 LNG 流量, 进而确保 4 处的产品气压力符合要求。

4.4 产品热值调控

自动控制系统通过调节压气机风量进口控制叶片 D 和放散阀门 F 的开度, 进而调整在掺混点 5 处的空气掺混量, 确保 4 处的产品气热值符合要求。4 处的检测装置对混合气热值(燃烧特性)参数进行实时监控, 同时可以检测产品气压力、组分、热值、氧气含量等参数。中央处理器接收检测数据并运算出压缩空气掺混流量, 再输出指令控制空气掺混量; 压气机进气控制叶片 D 和放散阀门 F 按中央处理器的输出指令动作达到适合的开度, 对压缩空气进气流量或放散流量进行调节, 确保掺混点 5 处与 LNG 掺混的空气量符合要求, 进而确保 4 处混合气热值恒定。

4.5 安全连锁装置

当监测到 4 处混合气热值低于某一设定值、同时氧气含量高于某一设定值时(两套不同的检测装置共同实现对一个参数的监测), 表明空气掺混量过大, 控制系统失灵, 为安全起见, 安全连锁控制系统动作, 驱动紧急切断阀 L 关闭, 切断空气供应, 确保装置安全可靠运行。止回阀 E, 可确保 LNG 不会窜入压气机空气系统。压气机 C 在低负荷工作状态有可能出现喘振现象, 当 LNG 流量低时空气放散阀 F 能够确保压气机 C 仍然在高于某一负荷状态下运行, 避免喘振现象发生, 多余的空气量通过放散阀 F

放空; 发电机 G 出现故障时, 也通过此放散阀 F 平衡系统负荷。

5 实施效果分析

5.1 特点

该装置能显著节能, 同时可以省却常规调压设备的投资, 消除运行过程中产生的噪音及其相关管道、设备由于急冷而存在的安全隐患, 具有投资省、运行成本低、安全可靠、操作方便灵活等特点。

5.2 重质组分凝结问题

依据相关计算机软件对某调压站 LNG 气源进行模拟, 结果表明: LNG 在透平膨胀机内膨胀做功后的压力、温度均下降。以其组分计算, LNG 膨胀做功后的温度远高于其重质组分的凝结温度(露点温度), 符合“国标”要求, 不具备凝结条件。况且, 从降压膨胀做功到与后续掺混点 5 处与压缩空气混合, 其间的过程极短, 即便具备条件, 凝结也难以实现。可见, 调压过程不存在天然气中重质组分在透平膨胀机内或管道内液化问题。待到天然气与空气混合, 天然气与空气的混合气体露点温度即刻大幅度降低, 更不存在天然气重质组分(C_2^+)凝结问题。

5.3 混合气安全性

依据可燃气体爆炸极限计算公式, 对于上述调压站气源进行核算, 其爆炸极限为 4.49%~14.50%。

按照 GB 50028—2006《城镇燃气设计规范》的要求, 可燃气体允许混入的空气量必须确保可燃气体高于爆炸极限 2 倍以上, 即可燃气体含量必须高于 29%, 空气含量必须低于 61%, 而系统中最大空气含量为 12%, 安全性完全有保证。况且, 混合后气体温度一般低于常温, 压力也不高, 安全性能完全能够得到保障。

参考文献

- [1] 赖元楷, 罗东晓. 统一天然气热值标准是中国天然气工业发展的需要[J]. 城市燃气, 2005(7): 7-12.
- [2] 罗东晓, 欧翔飞. 液化天然气燃具基准气的选择[J]. 煤气与热力, 2006(2): 31-33.
- [3] 段长贵, 王民生. 燃气输配[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [4] 黄钟岳, 王晓放. 透平式压缩机[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [5] 清华大学热能工程系动力机械与工程研究所, 深圳南山热电股份有限公司. 燃气轮机与燃气—蒸汽联合循环装置[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.

(修改回稿时间 2009-03-31 编辑 何明)