

中低压采气厂集输系统的能耗特点与节能措施研究

张 瀛 (中国石油化工股份有限公司华北油气分公司, 河南 郑州 450007)

张 希 陈 曦 (西南石油大学, 四川 成都 610500)

摘 要: 在双碳政策背景下, 随着气田开发进入中后期, 井口压力下降, 导致采气厂集输系统能耗需求不断增加, 对节能减排构成了新的挑战。通过对三个典型中低压采气厂的调研, 本文分析了加热炉、压缩机与泵机组等主要耗能设备的能耗特征及其存在的问题并提出了一系列节能措施, 旨在通过技术创新和管理优化, 降低能耗和碳排放, 提高系统能效, 促进中低压采气厂的绿色可持续发展。

关键词: 中低压; 气田集输系统; 节能降碳

0 引言

双碳政策背景下, 我国对清洁能源的需求日益增长。天然气作为一种清洁、高效的能源, 是推动我国经济高质量发展的重要能源保障。为改善我国天然气对外依存度高的问题, 我国不断加大天然气的勘探开发力度。2023年, 我国天然气产量达到2324亿立方米, 同比增长5.6%。但另一方面, 随着气田开发逐步进入中后期, 气井井口压力逐渐降低, 含水饱和度逐渐降低, 往往导致气田产量的大幅度下降。为保证气田的正常生产、提升产量水平, 中低压采气厂不得不采用增压集输的模式, 这也对节能降碳工作带来了较大的挑战^[1]。本文在对三个中低压采气厂进行调研的基础上, 对其集输系统的能耗特点及节能措施进行了研究。

1 中低压采气厂集输系统的能耗需求与典型设备分析

采气厂的集输系统是一个复杂而庞大的系统, 涉及到井场、集气站、增压站、处理厂、集输管网等多个部分, 共同承担着天然气采集、汇集、分离、计量、脱水脱烃脱硫等功能。就中低压采气厂而言, 其主要的能耗需求及能耗设备来自于加热与增压两个方面。

1.1 加热能耗需求与典型设备

一般而言, 在天然气开采和集输过程中, 需要采用加热设备对天然气进行加热, 以防止节流降压后水合物的生成。但对于中低压采气厂而言, 由于其井口压力本身较低, 节流的降温过程并不显著。但另一方面, 中低压采气厂往往伴随着较高的含水量, 在低温环境下, 也容易出现冻堵的情况进而影响集输效率。同时, 在脱水脱硫的过程中, 也存在工艺需要而产生加热需求。因此, 中低压采气厂也往往需要加热天然气, 以改善流动性、提升管道输送效率、提升天然气

质量。

目前, 我国采气厂集输系统使用的加热设备主要以水套加热炉为主, 也有部分采气厂使用电伴热进行加热。以调研采气厂为例, 其采用的加热炉均为水套炉, 额定功率包括: 150kW、200kW、250kW 与 450kW。

1.2 增压能耗需求与典型设备

增压是中低压采气厂的主要能耗需求。受地质构造、储量等的影响, 中低压采气厂井口压力较低, 容易出现天然气流动不畅甚至停滞等情况。这不仅影响管道的正常输送, 还会极大地影响天然气产量甚至发生生产事故。为维持天然气在管道中的流动, 采气厂往往需要增设一些加压设备。

天然气增压的主要设备为压缩机。采气厂会根据气田的井口压力、管线布局、输送距离等情况, 选择在净化厂或者在集输干线上进行集中增压, 或是在集气站、井口等位置进行分散增压。在对鄂尔多斯盆地三家采气厂进行调研时发现, 中低压采气厂压缩机数量普遍较多, 部分采气厂压缩机台数甚至达到近80台。在具体的设备选型中, 采气厂多采用往复式单级压缩机或三级压缩机; 从动力源上看, 主要有电驱压缩机和燃驱压缩机两类; 同时, 采气厂也会根据集输气量的规模进行压缩机规格的选择, 额定功率从110kW到3000kW不等。

1.3 其他能耗需求与主要设备

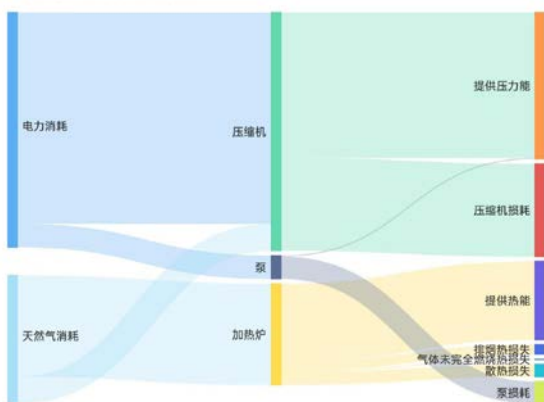
中低压采气厂集输系统的其他耗能设备主要包括锅炉、注醇泵、循环泵、排水泵、回注泵、卸水泵等。从数量上看, 泵类设备占比最大, 主要用于抑制水合物生成、脱硫介质输送、排出气田集输系统中的积水或积液或将处理后相关液体介质重新注入到地层中

等。从耗能情况看,由于泵机组额定功率较压缩机普遍较低,在中低压采气厂的实践中,泵机组的电能消耗量占比较小。

2 中低压采气厂集输系统主要耗能设备的能耗特征分析

为进一步清晰中低压采气厂集输系统的能耗特征,本文结三个典型采气厂的主要耗能设备的相关数据,对其能量来源、流动与损耗过程进行了分析。

一厂耗能设备能流图



从上图的能量流动过程中可以看出,中低压采气厂集输系统的能源消耗中电能占比大于天然气消耗。从流向上看,电力能源主要流向压缩机和泵机组。天然气的主要消耗设备则是加热炉。

从设备能耗占比上看,压缩机最大,加热炉次之,泵类占比最小。大部分压缩机为电驱压缩机。压缩机在运行过程中需要消耗大量的电能来驱动其内部的机械部件,从而实现气体的压缩和输送。而加热炉则主要用于对气体提供热能,以提高其温度和压力来防止管道和设备的冻堵,从而满足后续处理或输送的要求。泵类设备在能耗中占比较小,主要用于注醇、注水与污水外输等环节中,其消耗的能源类型为电能。

从能源利用与损耗情况看,大部分电能与气能最终转化为有效的压力能与热能,但能量的损耗比例仍然较大。从占比看,能量损耗主要由压缩机产生,其后为加热炉及泵损耗。一般而言,压缩机在运行过程中,由于设备的运转部件之间存在摩擦,导致能量以热的形式散失。而加热炉的能量损失则主要表现在燃烧过程中的排烟损失、天然气未能转化为热能的未完全燃烧损失及设备表面的散热损失。泵类设备的能量则是由于泵的效率过于低下导致的大比例损耗。

3 中低压采气厂集输系统能耗的典型问题分析

结合前述能耗特征分析,本文在深入调研的基础上,发现中低压采气厂集输系统能耗存在的典型问题如下。

3.1 集气站单位综合能耗差异大,能效水平较为参差

本文对 94 个集气站的能耗数据进行分析后发现,其单位综合能耗平均值为 $89.43\text{kgce}/104\text{m}^3$,总体能耗水平较高。其中,最高单位综合能耗 $627.93\text{kgce}/104\text{m}^3$,最低值为 $4.62\text{kgce}/104\text{m}^3$,波动区间较大。进一步分析后发现,能耗较低的站点往往集输气量较大或进站压力较高。这意味着,除进站压力等客观因素外,各站点单位能耗高低与该集气站的集输气量也存在较大的关系。这也反映出集气站在设置与规划上的不足,集气站分布的合理性有待提升^[2]。

3.2 能耗压力逐年增加

为了维持中低压气田的产量水平,采气厂往往需要持续增设压缩机等大型耗能设备,进而呈现出能耗量的持续增加。以调研的采气厂为例,与 2020 年相比,2023 年集输耗电量增加 $1329.04\text{kW}\cdot\text{h}/\text{h}$,集输耗气量增加 $54.84\text{m}^3/\text{h}$ 。伴随气田压力的进一步递减,其集输系统的能耗问题将更加严峻,需要采取更有效的节能措施来应对这一挑战。

3.3 压缩机节能水平存在提升空间

压缩机效率低下是中低压采气厂集输系统中最突出的能耗问题之一。压缩机作为最主要的耗能设备,其运行效率直接影响到整个系统的能耗水平。压缩机能效测试结果显示,测试的 86 台电驱压缩机中,合格 77 台,合格率 89.5%,达到节能评价值的 56 台,节能率 65.1%。而 5 台燃气压缩机整体效率较低,达到国家合格标准的仅有一台,整体合格率 20%。这种低效率不仅增加了电能或天然气的消耗,还导致了额外的运营成本。总体来看,压缩机节能空间较大。考虑到集输系统电耗占比高且压缩机可能持续需求大的现实情况,提升压缩机效率是鄂北气田节能降碳的重点改进方向。

3.4 加热炉热效率不足

加热炉热效率也普遍存在着热效率不高的问题。调研数据显示:三个中低压采气厂加热炉平均热效率为 78.04%。依据 SY/T 7319-2023《气田生产系统节能监测规范》评价,热效率、排烟温度、空气系数、炉体外表面温度与环境温度差值^[3]均合格的只有 44 台,合格率为 27.3%。这一问题不仅增加了天然气的消耗,也直接增加了集输系统的碳排放总量。

3.5 泵类设备效率低下

从调研数据上看,注醇泵、转水泵和回注泵的效率普遍偏低。其中注醇泵的问题尤为突出,所有的注醇泵均未达到限定值,远低于行业标准。泵的低效率主要与额定排量、实际排量、设备老化、维护不当等原因有关。泵的低效率会导致电能消耗量大,同时也限制了集输系统的整体能效水平。

4 中低压采气厂集输系统节能措施分析

针对中低压采气厂集输系统能耗存在的典型问题,本文提出了相应的节能措施如下。

4.1 优化能源结构,提升绿电占比

中低压采气厂集输系统的能耗主要由耗电设备产生,但其天然气能耗仍较高。对比电耗设备与气耗设备的效率数据不难发现,天然气能量利用效率整体较低,燃驱压缩机与电驱压缩机的效率更是存在着显著的差别。因此,优化能源结构,提升电耗设备占比,是降低能耗的有效途径。

此外,绿电作为一种清洁、可再生的电力资源,是降低气田集输系统能耗、实现绿色低碳发展的重要途径。采气厂应积极探索和利用绿电资源,以减少对传统电力的依赖。通过加大风能、太阳能等可再生能源的投资力度,在集输系统周边建设风力发电和光伏发电设施,对集输系统部分电耗进行绿电替代,可以更好地实现碳强度的下降。

4.2 提升压缩机效率

压缩机作为集输系统中的关键设备,其运行效率直接影响到整个系统的能耗水平。因此,提升压缩机效率往往成为中低压气田集气站节能降碳的重点内容。典型的措施包括更换高效节能型压缩机,调节优化压缩机进出口压力、进出口温度,合理设置平均压缩比水平、余隙调节等^[4]。此外,定期对压缩机进行维护保养,减少机械摩擦损失和热损失,也是提高压缩机效率的有效途径。

4.3 减少加热炉的使用,提升热效率

对于中低压气田而言,往往伴随含水率的提升,在冬季时,也存在着明显的加热需求。因此,提升热效率也是节能措施的重要一环。一方面,可以优化加热炉的运行参数,通过调整加热炉的燃烧参数、控制空气系数、配风比等,提高加热炉的热效率^[5]。同时,加强加热炉的运行维护,定期清理加热炉内部的积灰和结垢,保持加热炉的良好运行状态。另一方面,还可以考虑采用更高效的电伴热加热方式。这类加热方

式往往具有加热速度快、热效率高、易于控制等优点,可以部分或全部对加热炉进行替代。

4.4 泵类调整与替换

在采气厂集输系统中,大部分泵类功率较少、耗电不高,但考虑到其数量众多且效率普遍较低,因此可以成为节能的重要抓手。对于现有泵机组,可以通过对其运行参数的精细调整来降低能耗。例如,根据集输气量的变化灵活调整泵的转速和流量,避免泵在低效区运行。同时,定期对泵进行维护保养,确保其处于良好的工作状态,也能有效降低能耗。其次,对于一些能耗较高的老旧泵机组,可以考虑进行更新换代。在经费允许的情况下,采气厂可以考虑用少量大泵替代多个小泵或考虑更换电机来获取更好地节能效果与长期效益。

5 结语

在双碳政策背景下,提升中低压气田集输系统的能效已成为保障我国天然气产业可持续发展的重要任务。通过对中低压采气厂集输系统的能耗特点进行深入分析,本文提出了多项节能措施,主要包括优化能源结构、提升绿电比例、提升压缩机效率、电伴热替代以及泵类设备调整等,以帮助中低压采气厂集输系统降低能耗,提高能源利用效率。未来,随着天然气在我国能源结构中的比重不断增加,采气厂应持续加强节能技术研发与应用,推动能源结构优化升级。此外,政府及相关部门也应加强政策引导和支持,鼓励采气厂加大节能投入,增强节能意识,共同推动我国天然气产业的可持续发展。

参考文献:

- [1] 易冬蕊,梁裕如,张成斌,等.延安气田低产井区地面集输节能降耗技术研究[J].石油工程建设,2020,46(03):46-49.
- [2] 张颜如.高含水油田集输系统节能措施应用分析[J].石油石化节能与计量,2023,13(12):39-43.
- [3] 袁铖,胡超,蒋芙蓉,等.大竹天然气净化装置节能实践[J].石油石化节能,2021,11(11):35-38+9.
- [4] 李卫伟,李鹏,王恒,等.原油集输系统能效评价及节能潜力分析[J].数学的实践与认识,2023,53(09):109-120.
- [4] 宫立明.气田加热炉节能提效技术研究[J].石油石化节能,2022,12(08):52-55.

作者简介:

张瀛(1997-),女,汉,河南漯河人,硕士研究生,助理工程师,现主要从事油气田环保技术研究工作。