

# 天然气长输管道输气站工艺流程改造分析

杨雨萱（山东莱克工程设计有限公司，山东 东营 257051）

**摘要：**长输天然气管道输气站设备多，工艺流程复杂，易发生火灾、爆炸等安全事故，造成严重的财产损失和人员伤亡。在天然气长输管道输气站工艺流程改造中，要综合考虑多种因素对工艺流程改造质量、安全等方面的影响，制定科学有效的改造计划并有序进行，在保障场内安全和自身安全的基础上，力争高质量完成输气站工艺流程改造工作。文章立足天然气长输管道输气站，介绍了工艺流程、基本功能，分析了天然气长输管道输气站的危险因素，探讨了工艺流程改造方案。

**关键词：**天然气长输管道输气站；工艺流程；改造

## 0 引言

社会经济的飞速发展提高了各行各业的能源需求，其中，天然气成为了工业生产中不可缺少的重要资源。在天然气长输管道系统中，输气站是重要组成部分之一，负责天然气计量、调压输送等多项重要工作。为了进一步满足多样化的能源需求，充分发挥输气站在天然气长输管道系统中的作用，需要进行工艺流程改造。

## 1 天然气长输管道输气站概述

### 1.1 分类

管道输气站是为了应对天然气、石油等能源运输而建立的各种类型工作站，分为压气站、调压计量站和储气库三类。第一，压气站。根据所处位置的不同可以将输气站分为起点压气站、中间压气站和终点压气站。起点压气站负责为天然气提供压力能，同时完成气体净化、气体计量、气体混合等多项作业，中间压气站主要是为在输送过程中消耗了压力能的天然气增压，终点压气站会将加压后的天然气送入到地下储气库中。第二，调压计量站，主要负责调节天然气输送压力、测量天然气流量，部分情况下还负责检测气体质量。第三，储气库主要为了实现输气均衡、提高管道利用率、保证天然气输送安全而建立的作业站，包括地下储气库、埋地高压管束储气库等。

### 1.2 工艺流程

以压气站为例，工艺流程主要包括输气工艺、机组控制和辅助系统。第一，输气工艺。在输气工艺部分会经历净化、计量、增压、清管器接收及发送、安全放空与紧急截断管道等多个过程。第二，机组控制，包括启动、超压保护、防喘振循环管路等。第三，辅助系统。辅助系统是多个功能系统的组成，如冷却系统、自动控制系统等<sup>[1]</sup>。

若是中间压气站，一般情况下会配置三台离心式压气机，将其中的机组1和机组3并联，机组2备用，或是将机组2与其他两个机组串联。并联时，先去除气体中的固体颗粒，然后由并联机组增压，在冷却后输往下一个作业站。串联时，先除尘天然气，而后增压、冷却、再增压、再冷却，最后将冷却后的天然气输往下一个作业站。若天然气不需要增压，则不需要打开除尘区进口阀，可以直接打开越站旁通管路，让天然气越站直接输往下一站。

### 1.3 风险因素

首先，管道输气站面临着火灾爆炸的风险。站内分布的高压管道等设备具有极高的易燃易爆风险，一旦泄露将会引起严重的火灾和爆炸问题。其次，存在管道泄露风险。天然气长期管道输气站内的管道输送系统普遍存在老化、磨损等问题，容易出现管道渗漏或是泄漏等问题，是严重的安全隐患。然后，天然气长输管道输气站存在的风险会威胁员工以及其他人员的生命财产安全。最后，天然气长输管道输气站涉及多方利益，若是出现火灾、爆炸、管道渗漏、泄漏等问题，会在引起生命财产损失的同时面临着如何应急处理的问题，若是应急体系不健全，应急处理不及时会导致多方主体利益受损，面临着赔偿等一系列事后处理问题<sup>[2]</sup>。

## 2 改造案例

以某天然气长输管道输气站增加分输流程的改造项目为例。待改造的输气站作为清管站被投入使用，根据市场需求的变化，现在需要对其进行工艺流程改造，增加该输气站的分输流量，改造后输气站的分输流量要相较于改造前每年增加0.5亿方。改造时，参考其他输气站的运行情况，由于调压后计量会影响计量精准度，所以，在改造该输气站时，采用先计量后

调压的方式搬移分输流量,此外,考虑到冻胀、冰堵等问题,所以在改造的过程中决定增加加热系统。

### 3 天然气长输管道站场工艺流程改造

#### 3.1 明确改造重点与难点

首先,该管道输气站的工艺流程改造是在站内施工。由于管道输气站内部建筑结构、地下管网分布相对复杂,导致改造作业受到空间布局影响,作业面临着新增设备如何布置的问题。其次,由于是对已有的输气站进行工艺流程改造,所以为了达到预期的改造效果,拆除某输气站中的已建流程,因此,面临着如何搬运站内设备并进行管道封堵的问题,若是封堵不及时、封堵材料使用不恰当导致天然气泄漏等会引起严重的安全事故。然后,站内改造施工需要考虑各风险因素的影响,如何避免动火点引起安全事故需要解决的重点问题。如何保证改造工程的安全性是工艺流程改造中需要重点关注的内容之一。此外,如何协调工作也是改造过程中需要重点考虑的内容。

为了保障天然气长输管道输气站工艺流程改造的安全性、合理性,在正式改造施工前,需要组织施工队伍以开会的形式讨论施工方案,确定开工顺序,制定人员、设备、技术等方面的协调方案。结合站内实况分析和总结改造工程中可能遇到的安全问题以及其他隐患,调整施工规划,制定应急预案,以实现安全化施工。明确各岗位负责人,落实各岗位工作,完善有关制度,强化管道输气站工艺流程改造的制度保障。

#### 3.2 分析计量调压与加热装置安装顺序

通过调查其他管道输气站的运行情况了解到,若是先对输送至的天然气进行调压,会因为调压前后的温差过大而导致计量处的实际工作温度偏低,最终造成流量计量的精准度失真。为了避免这一情况,在改造该管道输气站时,需要慎重考虑计量装置与调压装置的安装顺序。

##### 3.2.1 实况分析

通过实地调查发现,该管道输气站需要满足用户群体天然气温度高于 $5^{\circ}\text{C}$ 的要求。在该前提下,利用专业软件进行的计算分析,其结果显示若是运输至的天然气温度不高于或是等于 $27^{\circ}\text{C}$ ,那么经过调压装置调压后的天然气温度将无法满足用户需求,也就是说,调压后的天然气实际温度低于 $5^{\circ}\text{C}$ ,而此时加热装置处于一直运行的状态。在压气站中,埋于地下深处的天然气长输管道会接收来自地下的温度,此时,进站天然气的温度大约与地温相近,大约会保持在 $20^{\circ}\text{C}$ 左

右。综合来看,要想计量调压后的天然气温度满足用户要求,需要在改造的过程中增加加热设备,且保障在计量调压的过程中,加热装置始终处于运行状态。

通过调查发现该管道输气站在设计时将主流程的管线温度范围设定在了零下 $20^{\circ}\text{C}$ ~ $-70^{\circ}\text{C}$ 之间。经过软件计算分析后发现,若是进站天然气温度在 $6^{\circ}\text{C}$ 以下,那么经过调压后的天然气温度将会低于设定的最低管道温度值,也就是说,管道材料满足低温状态,所以,要求加热装置安装在调压装置前。

##### 3.2.2 方案设计与对比

针对实况分析结果,设计出了多种安装方案,一种是将加热装置安装在调压装置和计量装置之前,一种是将加热装置安装在计量装置和调压装置之前,一种是将计量装置安装在加热装置和调压装置前。

三种工艺流程改造方案中,第一种对原有分输流程的改动最小、材料浪费最少,但加热装置的使用存在较大的安全风险,比如当进站天然气温度较低且加热装置故障时,会引起短时间内调压后天然气温度骤降的问题,此时,调压后天然气的最低温度会低于管材设定最低温度,严重影响后续计量精准度。此外,计量装置安装在调压装置后,也会导致计量精准度受调压后天然气流量不稳定影响,造成测量精度失真,同时也会对计量装置造成损伤,导致寿命下降。第二种相较于第一种,消除了低温对计量精准度以及对计量装置寿命的影响,同时也不会因为调压后流速不稳定导致计量精度失真,但容易出现调压后天然气温度低于设定最低温,存在管材损坏的风险。第三种对原有分输流程的改动是最大的,在分别安装计量装置、加热装置以及调压装置时需要加汇有关材料。另外,该改造方案中计量装置的工作温度范围要大于第二种。

经过分析三种安装方案后,决定在改造的过程中加热装置的安装位置先于计量装置,最后安装调压装置,实现天然气的先计量后调压。

通过分析加热装置、计量装置以及调压装置的安装顺序,有利于保障天然气长输管道输气站新增工艺流程的有效性,同时也能够弥补原有分输工艺的不足,提高工艺流程改造后的实用性和合理性。所以,在天然气长输管道工艺流程改造中需要根据站内实际情况做好加热装置、计量装置以及调压装置安装顺序的分析和对比工作,选择出最佳的安装方案,以此保障改造效果和质量。

### 3.3 加热装置的选择和安装

#### 3.3.1 加热装置的必要性

我国天然气长输管道经常出现冰堵、冻胀等问题,既影响了天然气的输送温度,同时也容易引起严重的安全问题。若是天然气进站温度过低会影响计量精准度,损害计量装置的使用寿命。为了提高计量精准度,保障改造后的分输流程合理、实用,要科学选择加热装置并合理安装。

在执行加热装置先于计量装置,最后安装调压装置的安装方案的基础上,需要根据冰堵类型等实际情况合理选择加热装置。经常出现的冰堵现象会造成管道输气站设备堵塞,严重影响管道的正常运行以及管道质量<sup>[3]</sup>。比如,在站场内调压节流的过程中便容易引起冰堵,主要原因是经过调压后温度会降低,析出水分后会形成水合物,冰堵的产生对设备本身的安全运行会造成威胁,同时也会影响用户的使用。所以,要科学选择天然气装置并进行安装,让加热装置在天然气计量调压时始终运行。

#### 3.3.2 加热装置型号的选择

表1 传统水套加热炉与真空相变加热炉的性能对比表

| 项目类型 | 传统水套加热炉  | 真空相变加热炉                                |
|------|--|--|
| 换热方式 | 对流换热   | 相变换热                                   |
| 换热效率 | 70-85%   | 90% 以上                                 |
| 热负荷  | 150-1200kW/ 每台   | 额定热负荷值: 800kW                          |
| 设备占地 | 同等规模下, 较大  | 同等规模下, 较小                              |
| 安全性  | 采用间接加热, 由热水筒加热水, 再由水加热油盘。这种加热方式在油气泄露时具有较高的安全性, 能够有效避免泄露的油气直接接触明火, 引起火灾爆炸 | 采用负压冷凝加热的方式进行加热, 真空运行, 设置了多种安全措施, 安全性高 |
| 造价   | 80-90 万元   | 150-160 万元                             |
| 升温速度 | 较慢   | 快                                      |
| 运行维护 | 水分易蒸发, 要及时补水; 除垢清洁难度较大   | 不容易结垢, 没有腐蚀风险, 运行稳定, 使用寿命偏长            |

管道输气站场加热装置的选择需要先计算出站内不同工况下产生的加热负荷数据, 了解不同加热设备的优缺点, 经过对比后选择出适合的加热装置。传统

水套加热炉和真空相变加热炉在换热方式、换热效率、热负荷、设备占地、安全性、造价、升温 and 运行维护等方面体现出的特点不同, 其对比结果如表1所示。

传统水套加热安全、使用寿命长, 而真空相变加热炉的特点是安全、舒适。加热装置要结合各自的特点和优势并根据自身的需求进行选择。一般情况下, 真空相变加热炉更适用于大功率的应用场景中。

#### 3.3.3 加热装置的安装

加热装置的布置和安装要遵守国家现行规范标准, 要参照《石油天然气工程设计防火规范》(GB50183—2004) 中的相关要求。明火装置在站内的布置和安装位置要保障与其他工艺设备之间存在科学的安全距离, 同样适用于加热装置安装位置的选择。选择安装位置时, 考虑运输相关设备的便捷度, 同时也要综合考虑包括站场面积等其他相关条件。

#### 3.4 做好技术对接工作

在实地考察完作业场所, 制定和调整改造方案后, 设计方要按时与施工方进行技术对接, 让施工方掌握技术要点以及各环节的工程要求, 从而保障改造质量。天然气长输管道输气站工艺流程改造质量关系着输气安全, 所以在改造的过程中要严格检查各环节的施工质量, 一旦发现问题, 立即停工, 并组织人员进行返工。

## 4 结论

天然气长输管道输气站的工艺流程改造工程相对复杂, 在正式施工前, 要总结和归纳改造过程中可能出现的问题和影响因素, 制定有针对性的应对方案, 经过充分分析后选择出最优的应对方案, 结合改造现场的实际情况优化有关设计, 以免出现后期变更造成工期延缓、材料浪费等问题, 重点关注工艺流程改造的安全性问题, 从而保证天然气长期管道输气站工艺流程改造的经济性、安全性以及合理性。

#### 参考文献:

- [1] 刘振宇. 天然气长输管道分输站场的设计策略 [J]. 化工管理, 2023(8):142-144.
- [2] 王迪. 天然气长输管道站场主要风险及管理措施 [J]. 好日子, 2020(20):00047-00047.
- [3] 王晓强. 天然气分输站场加热设施选型研究 [J]. 四川化工, 2023, 26(2):45-48.

#### 作者简介:

杨雨莹 (1992-), 女, 汉族, 山东东营人, 工程师, 本科, 主要从事: 油气储运工程。