

# CNG 减压点供站设计案例研究

李银莉 (贵州燃气热力设计有限责任公司, 贵州 贵阳 550000)

**摘要:** 燃气安全问题在燃气使用需求快速增长的情况下, 备受关注。然而, 近期接连发生的多起燃气爆炸事故, 让人民群众生命财产安全面临巨大冲击, 全国燃气安全形势依然严峻, 安全事故频发。有效促进燃气行业安全、稳定、长远发展, 必须提供安全可靠的燃气供应。CNG 减压点供站其自身建设周期短, 投资灵活, 经济效益良好的特点, 可在中小城镇、工业企业以及应急调峰气源中得到广泛应用。本文根据实际应用案例进行分析、设计选型, 并提出设计与实际应用中的指导意见。

**关键词:** CNG; 气源; 供应站; 输送; 设计; 案例分析

## 1 引言

随着我国天然气用气急剧攀升, 加之俄乌战争等外部因素影响, 天然气气源紧张, 特别是在每年供暖期, 用气量大幅攀升, 压缩天然气点供站的建设实施解决了特殊时期天然气使用失衡问题, 也解决了中小城镇、工业企业用户供气、应急调峰、保障气源等问题, 弥补管道不发达地区、工业重点城镇等目标市场的供气需求。

本文案例以 CNG 减压点供站为主要叙述对象。在贵州省天然气气源丰富充足, 如正安、道真、六盘水、普定、都匀等地都有压缩天然气气源、CNG 加气站遍布大部分大中城市, 省内页岩气井周边也有 CNG 母站, 压缩 CNG 减压站主要按应用用途分为中小城镇气源、工业生产用气源和城市应急、调峰备用气源三大类气源。

## 2 应用

### 2.1 中小城市气源的应用

目前国内大城市的天然气管网已经随着城镇化的推进而形成规模, 但国内中小城镇数量众多, 且分散不均衡, 以及大城市周边较偏远的地方天然气普及率还比较低。为了中小城镇使用上清洁、高效的天然气, 建设压缩天然气点供站是形势推动下的较优的解决办法。

### 2.2 工业用户的应用

由于工业企业的地理条件, 在管道天然气暂时通达不到的区域, 压缩天然气供应是工业供气的新方式, 压缩天然气是一种经济合理的工业燃料。

### 2.3 应急调峰气源的应用

为保障供气, 解决天然气供应的季节不均匀问题, 用压缩天然气作为储备调峰气源。也可在管道出现供气故障时, 也可作为临时应急气源。

## 3 案例设计

根据 CNG 减压点供站设计实例, 提出设计技术方案, 本文以 50000Nm<sup>3</sup>/h CNG 减压供气站为例。

### 3.1 设计方案

#### 3.1.1 总平面布置

生产区主要包括气瓶车位 1 个, 卸气柱 2 个, 减压撬一个、回车场、锅炉撬。站区四周设 2.0m 高实体围墙加 0.5m 高防护网。本案例总几何容积为 18m<sup>3</sup>, 标准状态下的同质量的天然气体积约为压缩天然气的 250 倍, 一辆 18m<sup>3</sup> 的气瓶车运输的容积为 4500m<sup>3</sup>, 本案例是新建压缩天然气供应站, 按照总储气容积为 5000m<sup>3</sup>, 无固定的压缩天然气储气设施, 压缩天然气气瓶车总几何容积小于 18m<sup>3</sup>, 等级为四级站。为节省投资, 缩小占地面积, 直接在进口设置回车场, 气瓶车固定车位宽度不小于 4.5m, 长度约 12~18m。本次设置的气瓶车固定车位为 4.5 × 18m。

#### 3.1.2 工艺简介

CNG 减压点供站主要工艺流程: 压缩天然气气瓶车运输至减压站压缩天然气气瓶车固定车位, 经过卸气柱将进口压力为 20MPa 的压缩天然气输送至减压站, 在站内经过过滤、一级换热将压缩天然气的温度加热至 60℃, 加热后的压缩天然气经一级调压至 2.5MPa, 减压后进入二级换热 (流量小于 500 方/时无需二次换热)、将天然气加热至 15℃左右, 加热后进入二级调压装置经过二次减压, 将天然气压力调节到与站外市政管网匹配的压力, 本案例站外为中压天然气管网, 故二级调压出口设计压力为 0.4MPa, 温度约 5℃, 调压后的天然气经过滤 - 计量 - 加臭流程后进入城镇燃气输配系统。减压点供站工艺流程如图 1 所示, 其中 CNG 减压点供站内可将加热、过滤、调压、计量、放散、加臭全部集成为撬装供气装置。详见图

2。

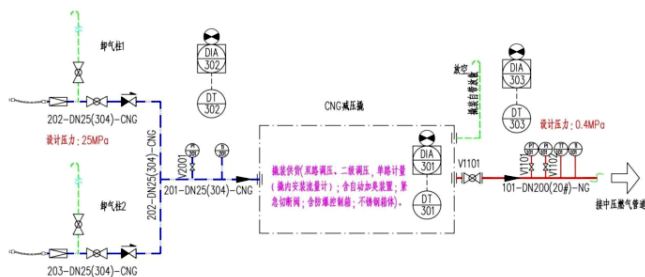


图1 减压点供站工艺流程图

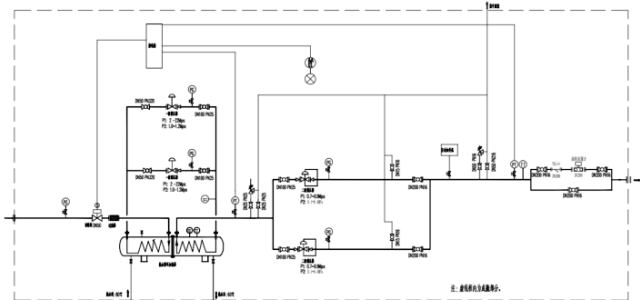


图2 减压撬内工艺流程图

### 3.1.3 主要工艺设备

① 1台 5000Nm<sup>3</sup>/h CNG 减压撬, CNG 减压撬自带超压切断和放散管; ② 2台卸车柱。

### 3.1.4 设计参数

减压站进口的燃气管道设计压力: 25MPa, 工作压力为 20~22MPa, 减压站出口的燃气管道设计压力: 0.4MPa, 运行压力: 0.1~0.36MPa。设计温度: -20~50℃。换热器: 换热介质运行压力 ≤ 22MPa, 设计压力 25MPa, 一级出口设计温度 60℃, 二级出口设计温度 15℃。调压器: 一级调压前介质运行压力 ≤ 22MPa, 设计压力 25MPa, 一级调压后设计压力为 2.5MPa, 二级调压后设计压力为 0.4MPa。设计规模 5000Nm<sup>3</sup>/h。

### 3.1.5 设备选型

#### 3.1.5.1 卸气系统

卸车由高压软管、快装接头、拉断阀、止回阀、放散管、高压不锈钢球阀、紧急切断阀组成。目前常见的 CNG 运输罐车不同规格的卸气接口均为 DN25, 因此常用的卸车高压软管均为 DN25, 长度约 5m。采用快装接头连接 CNG 运输罐车与高压软管。

#### 3.1.5.2 过滤换热系统

压缩天然气在减压过程是一个吸热过程, 需要大量热量供给, 若不能及时提供所需热量, 就会出现挂霜、结冰现象, 严重时会产生管道冰堵, 导致管道、设施受损而发生意外。热交换主要分为水浴热交换、

蒸汽热交换、电热交换三种形式。

本案例采用的是水浴换热, 站内设置燃气热水炉通过热水为压缩天然气减压提供热量交换。换热器材质选用 0Cr18Ni9Ti, 为提高换热效率, 节省空间, 一级、二级换热管可置于同一腔内。过滤、换热部分主要设备高压过滤、换热器。加热部分主要设备加热器、燃气锅炉、热水泵等, 本案例采用燃气锅炉。

#### 3.1.5.3 调压系统

本案例所选调压器要求手动 / 自动调压功能、无启闭压力、精度高, 流通能力大, 自带超压自动切断功能及远传功能。主要设备有一级调压器、二级调压器、高压紧急切断阀、放散阀。

#### 3.1.5.4 计量系统

##### 流量计的选型计算

本案例所需计量的标准状况流量为 5000Nm<sup>3</sup>/h, 工作压力为 0.1~0.36MPa, 工作温度为 -10~50℃, 忽略压缩因子的变化, 流量计选型计算:

$$\text{工况流量} = \frac{\text{标况流量} \times 101.325 \times (\text{工作温度} + 273.15)}{\text{工作压力} \times \text{标况温度}}$$

根据公式计算:

$$Q_{\max} = 5000 \times 101.325 \times (273.15 + 50) / (100 + 89.33) \times 293.15 = 2949.72 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\min} = 5000 \times 101.325 \times (273.15 - 10) / (360 + 89.33) \times 293.15 = 1012.13 \text{ m}^3/\text{h}$$

因用户使用的不均匀性, 采用超声波计量较准确, 但费用较高, 本案例采用 DN200 涡轮流量计。

#### 3.1.5.5 加臭系统

因天然气是无色无味的特性, 不易察觉是否发生了泄漏, 为了使用安全, 必须设置加臭设施。本案例设置一台储罐容积 60L, 自动加臭功能的加臭机, 在减压撬内集成。

#### 3.1.5.6 控制系统

本案例为有人值守站, 设置了值班室和休息室等, 但 CNG 减压点供站可设置为无人值守站, 在安全运行的基础上实现连续稳定供气, 燃气公司须配备巡检维护人员负责无人值守站巡检维护和事故处理工作。

CNG 减压点供站设置站内设置 PLC 控制系统, 主要对温度压力的控制, 以及联动紧急切断系统, 管道设置紧急切断阀, 调压阀自带切断和超压放散功能, 进出口设置温度压力的就地显示器及变送器, 传输至控制室, 实现减压站无人值守, 远传监控及操作。同时, 采集运输车辆 GPS 定位和场站视频监控, 对减压

设备运行情况和周边状况实时监控,及时合理的调配压缩天然气,最大限度的提升效率。减压撬内,卸车区和减压撬出口均设置远传报警器探头,信号统一传输至控制室主机。

### 3.1.6 管径壁厚设计选型

卸气柱的压缩天然气管道管材选用不锈钢管,材质 06Cr19Ni10,站内的天然气管道选用无缝钢管,材质 20#,根据《工业金属管道设计规范》中相关规定进行管径计算:

#### 3.1.6.1 管径计算公式

$$D=0.0188[W_0/v\rho]^{0.5}$$

式中:

D-管道内径, m;  $W_0$ -质量流量, kg/h; v-平均流速, m/s;  $\rho$ -流体密度, kg/m<sup>3</sup>。

#### 3.1.6.2 管道厚度计算公式

$$t_s = \frac{PD_0}{2([\sigma]^E_j + PY)}$$

$$t_{sd}=t_s+C \quad C=C_1+C_2$$

式中:

$t_s$ -直管计算壁厚 (mm); P-设计压力 (MPa);  $D_0$ -钢管外径 (mm); -在设计温度下的材料需用应力 (06Cr19Ni10 取 137MPa, 20# 取 130MPa);  $E_j$ -焊接接头系数 (100%无损检测取 1.0, 局部无损检测取 0.85);  $t_{sd}$ -直管设计厚度; C-厚度附加量之和 (06Cr19Ni10 取 0.5mm, 20# 取 2.0mm);  $C_1$ -厚度减薄附加量;  $C_2$ -腐蚀或腐蚀附加量; Y-系数 (取 0.4)。

#### 3.1.6.3 壁厚计算结果

本案例管道壁厚计算结果详见表 1:

表 1 管道壁厚计算表

公称直径 mm	外径 mm	设计压力 MPa	材质	计算壁厚 mm	选择壁厚 mm
DN25	32	25	06Cr19Ni10	3.125	4.0
DN50	57	0.4	20#	2.088	3.5
DN200	219	0.4	20#	2.337	7.0

根据计算的管内径及相应制管标准,选择相应的管径,并在相应的设计基础参数下,将气体管道流速控制在 15m/s 以内。本案例管材压缩天然气管材全部采用 06Cr19Ni10 不锈钢管,不锈钢管应符合 GB/T14976-2012《流体输送用不锈钢无缝钢管》的相关规定;经减压撬之后的站内管道,采用材质性能符合《流体输送用无缝钢管》(GB/T8163-2018)要求的 20# 无缝钢管。

#### 3.1.7 焊接及焊缝的检验

本案例管道和设备连接采用法兰或焊接连接。

焊缝经外观检查合格后,采用 AB 级技术对焊缝进行 100% 射线照相检验,合格后,再采用 B 级技术进行对焊缝进行 100% 超声波复检。

#### 3.1.8 吹扫与压力试验

①管道安装完毕并检验合格后,分段用压缩空气对管道进行吹扫;②架空管道在支吊架安装完毕并检验合格后,进行强度试验和严密性试验,埋地管道在下沟回填后,进行强度试验和严密性试验。压缩天然气管道强度试验压力为 37.5MPa,是设计压力的 1.5 倍,试验介质为洁净水。严密性试验压力为设计压力 25MPa,试验介质用压缩空气。

### 4 设计建议

①根据规范消防与给水排水要求,新建设的独立压缩天然气减压站,等级推荐选择四级站或五级站时可以不设置消防水系统。选择站址时最低防洪设计标准为 20 年一遇的洪水重现期;②压缩天然气供应站内工艺管道的设计应符合《工业金属管道设计规范》的相关规定,但不属于压力管道范畴的压缩天然气管道,在设计减压点供站时,可充分考虑压力监督检查的要求,选用管径 50mm 以下的管材;③按照规范要求卸气装置须设置拉断阀、紧急切断阀和放空阀,建议增加止回阀。卸气柱的高压放散管必须高于建(构)筑物或距其 10m 以内的露天设备平台 2m 以上,且离地面高度 5m 以上。根据防雷接地的要求,放散端壁厚须大于 3.5mm;④压缩天然气运输罐车单车运输量较小,非常适合小规模用气市场,但受运输规模和距离的制约较大,液化天然气运输罐车单车运输量较大,但液化和气化的流程都较复杂,设备多,安全间距较大,投资费用较高,相对比之下,压缩天然气减压点供站有非常显著的优势;⑤考虑压缩天然气储量、设备特性、道路状况、人员技术水平等因素的影响,以及工程投资、销售价格和运营的可比性,压缩天然气的有效输送范围在 150km 左右;⑥压缩天然气减压点供站采用撬装供应技术,建设成本低,投资灵活,投产速度快,设计建议多点气源、多路联动、多条管道成环等措施,保障平稳的供应运行。

#### 参考文献:

- [1] 徐博,金浩,向悦,段天宇,张愉.中国“十四五”天然气消费趋势分析[J].世界石油工业,2020(03):67-69.
- [2] GB51102-2016.压缩天然气供应站设计规范[S].北京:国家质量监督检验检疫总局,2016.