

# CNG 加气站压力提升的技术研究和经济性分析

武汉齐达康环保科技股份有限公司：方红星

## 一 提问

将 CNG 加气站（以下简称“加气站”）系统压力提高到 35MPa，储气瓶组压力提高到 35MPa，车载瓶压力提高到 30MPa，现有的加气站如何改造？新建加气站如何建设？其经济性如何？

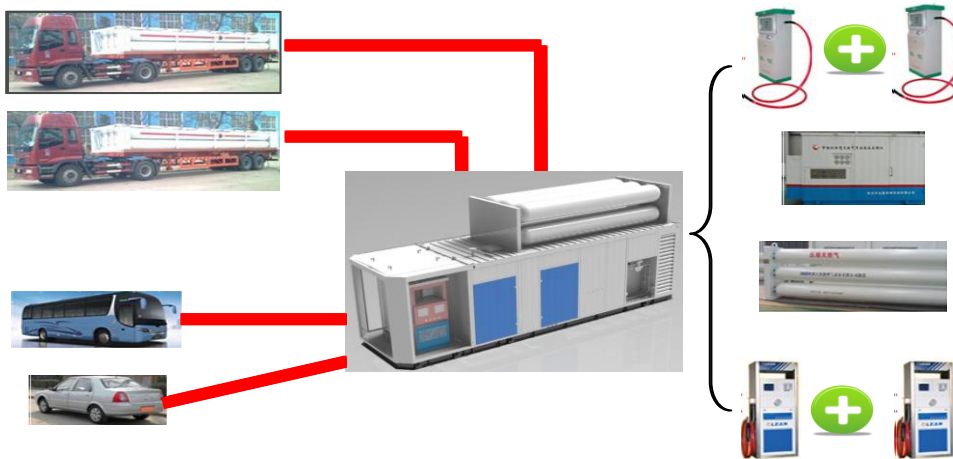
## 二 现有加气站改造方案

### 2.1. 改造技术路线：

加气站内卸气柱、压缩机、储气瓶组、加气机等设备压力等级提升的技术，已经在各相关企业以企业标准或国家（行业）标准的形式得以实现，加气站建设只是将这些设备有效利用而已。将在用或在建的加气站原有的系统压力保持在 25MPa 不变，新增系统压力按 35MPa 设计。加气车辆按车载瓶的压力不同分为两个区，载 20MPa 车用瓶的车辆在 20MPa 加气区，载 30MPa 车用瓶的车辆在 30MPa 加气区，各区采用不同的加气枪，不能通用，以示分开，确保安全。

### 2.2. 现有模块化设备介绍

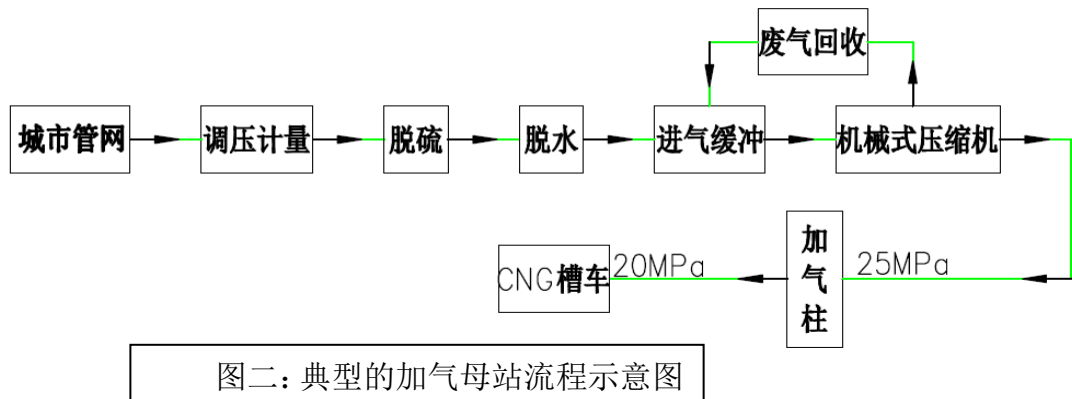
说到加气站改造，不得不先提到一种设备：模块化集成加气橇装设备（集成式 CNG 加气站）。在 GB50156《汽车加油加气站设计与施工规范》2014 版实施后，集成式加气设备就应运而生，这种设备现在已普遍使用，效果也很理想：建站周期大大缩短，建站也更加简单。



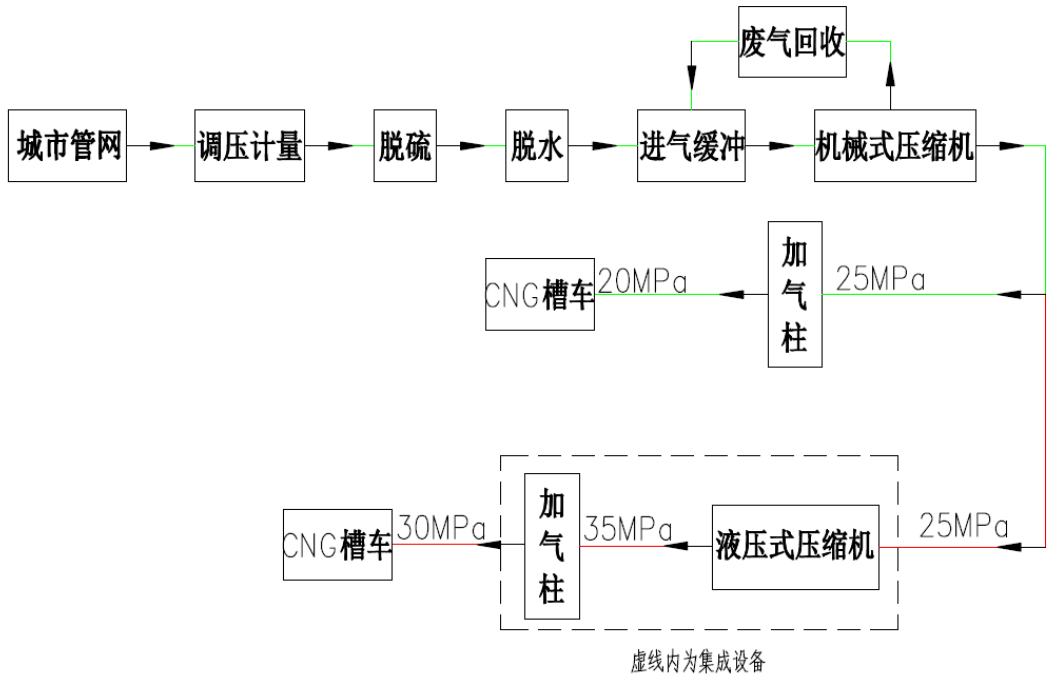
图一：模块化集成加气橇装设备

图一中的模块化集成加气设备包含六大功能模块：卸气功能（能连接一台或两台 CNG 槽车）、增压功能、储气功能（含中、高压瓶组）、顺序加气功能、售气功能（含一台至四台售气机）、防爆 PLC 控制功能。可根据客户需求，选择其中的任何功能集成安装设计，能实现：一台设备即是一个 CNG 加气子站。其所用的增压设备为液压压缩机，液压压缩机在提高排气压力、降低故障率、降低气体泄漏率等方面，较传统机械压缩机有极大的优势。有了这种集成化设备，使加气站改造变得简单。

### 2.3. 加气母站改造:

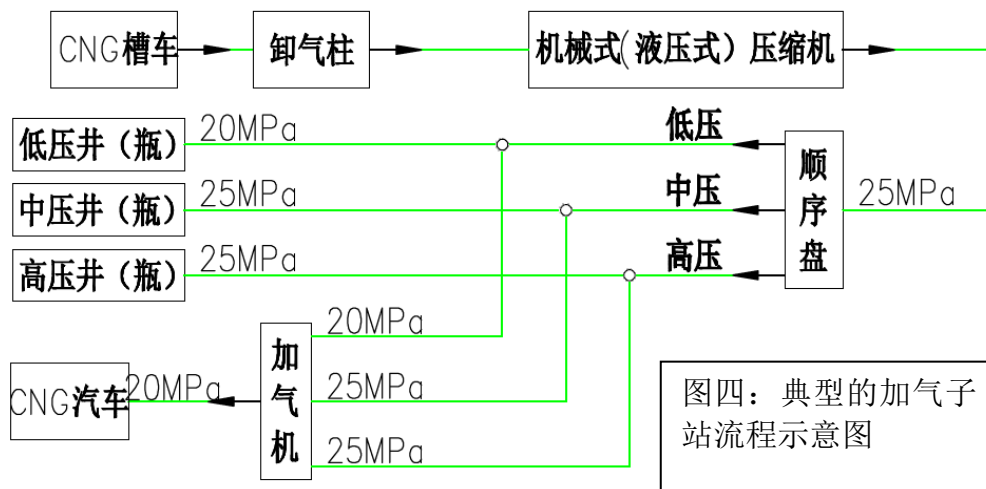


图二是典型的加气母站流程示意图，只是系统设计压力最高为25MPa。当加气站内需要增加35MPa加气系统，给30MPa的CNGV加气时，只需在压缩机的高压出口增加一套模块化集成加气设备即可（如图三：改造后的CNG加气母站流程示意图），原来的系统及设备照样给20MPa的CNGV加气。对压缩机、特别是液压压缩机来说，将天然气压力从15—25MPa增压到35MPa，是一件很容易的事情，且由于储气瓶组采购成本大大降低，在加气站增加一套3方或6方瓶组的成本不大，集成后对加气站改造的周期大大缩短，除了在新的系统与原系统管道对接需要停止加气外，几乎不影响现在加气站对外售气。



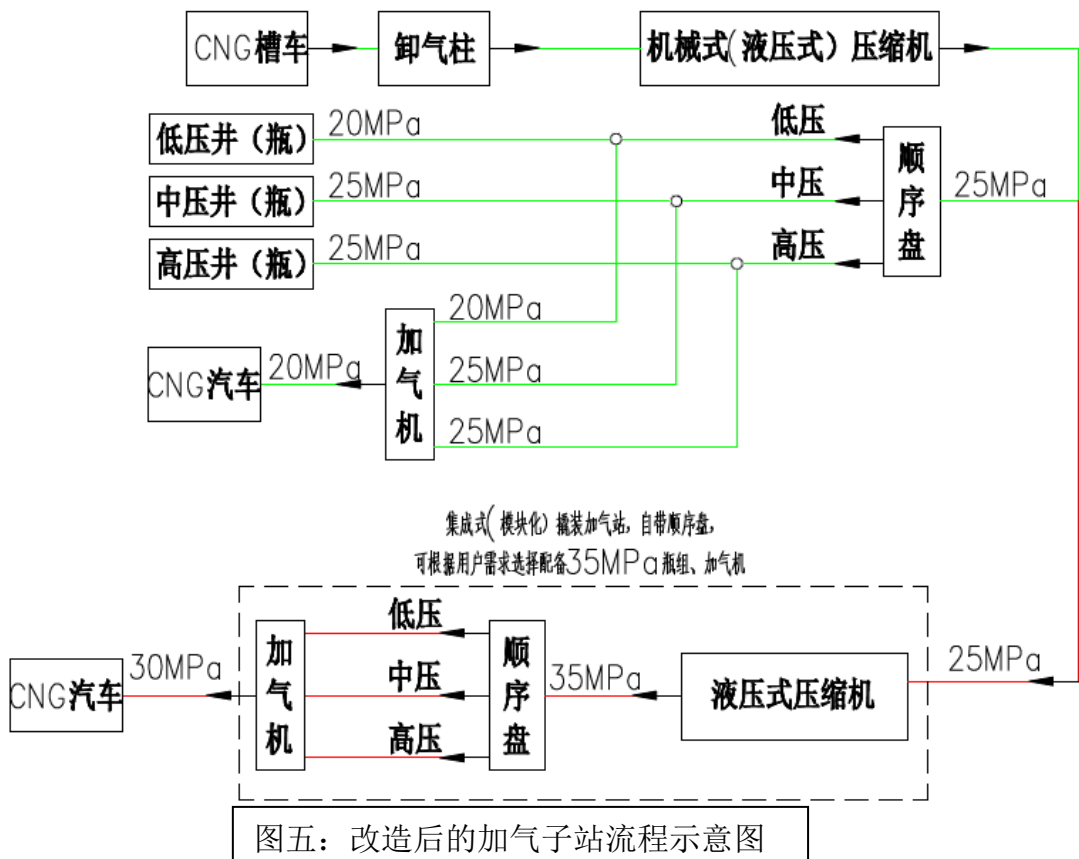
图三：改造后的CNG加气母站流程示意图

### 2.4. 加气子站改造



图四：典型的加气子站流程示意图

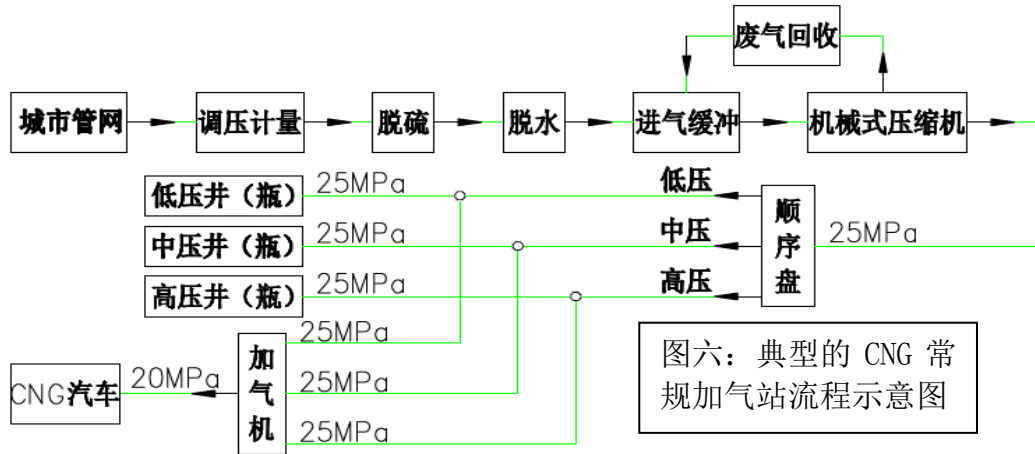
图四是典型的加气子站流程示意图，只是系统设计压力最高为 25MPa。当加气站内需要增加 35MPa 加气系统，给 30MPa 的 CNGV 加气时，与加气象站一样，只需在压缩机的高压出口增加一套模块化集成加气设备即可（如图五：改造后的 CNG 加气子站流程示意图），原来的系统及设备照样给 20MPa 的 CNGV 加气。



图五：改造后的加气子站流程示意图

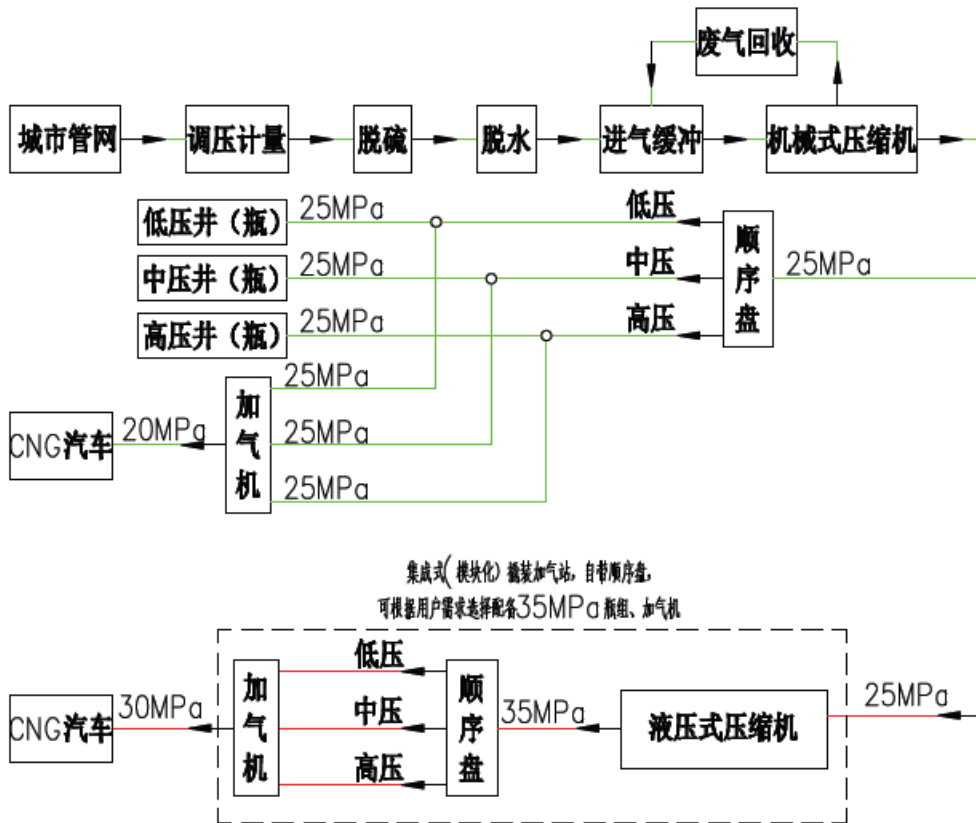
## 2.5. CNG 加气站常规站改造

图六是典型的 CNG 常规加气站流程示意图，只是系统设计压力最高为 25MPa。当



图六：典型的 CNG 常规加气站流程示意图

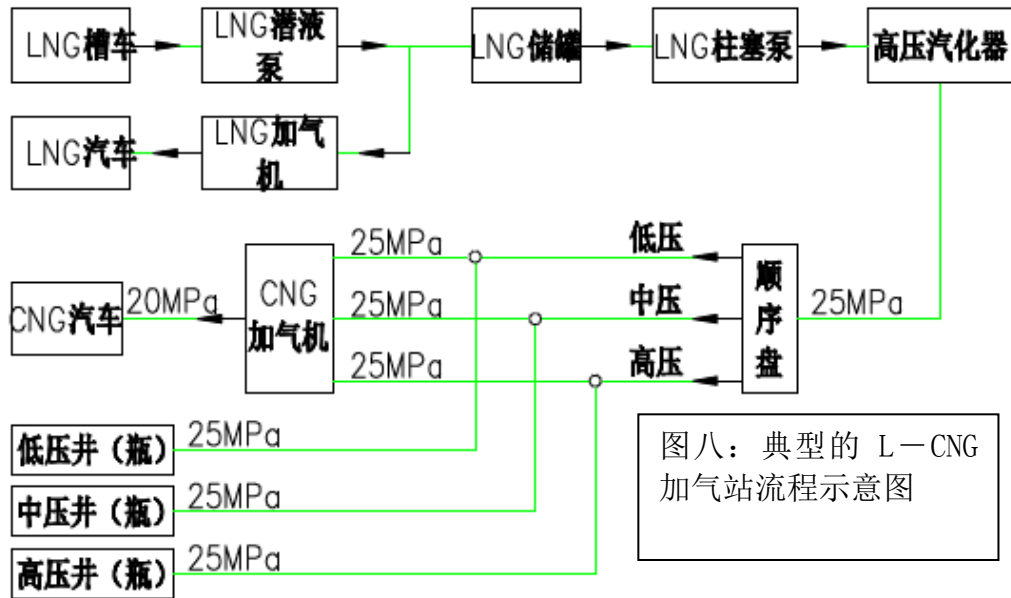
加气站内需要增加 35MPa 加气系统，给 30MPa 的 CNGV 加气时，与加气母站和子站一样，只需在压缩机的高压出口增加一套模块化集成加气设备即可（如图七：改造后的 CNG 常规加气站流程示意图），原来的系统及设备照样给 20MPa 的 CNGV 加气。



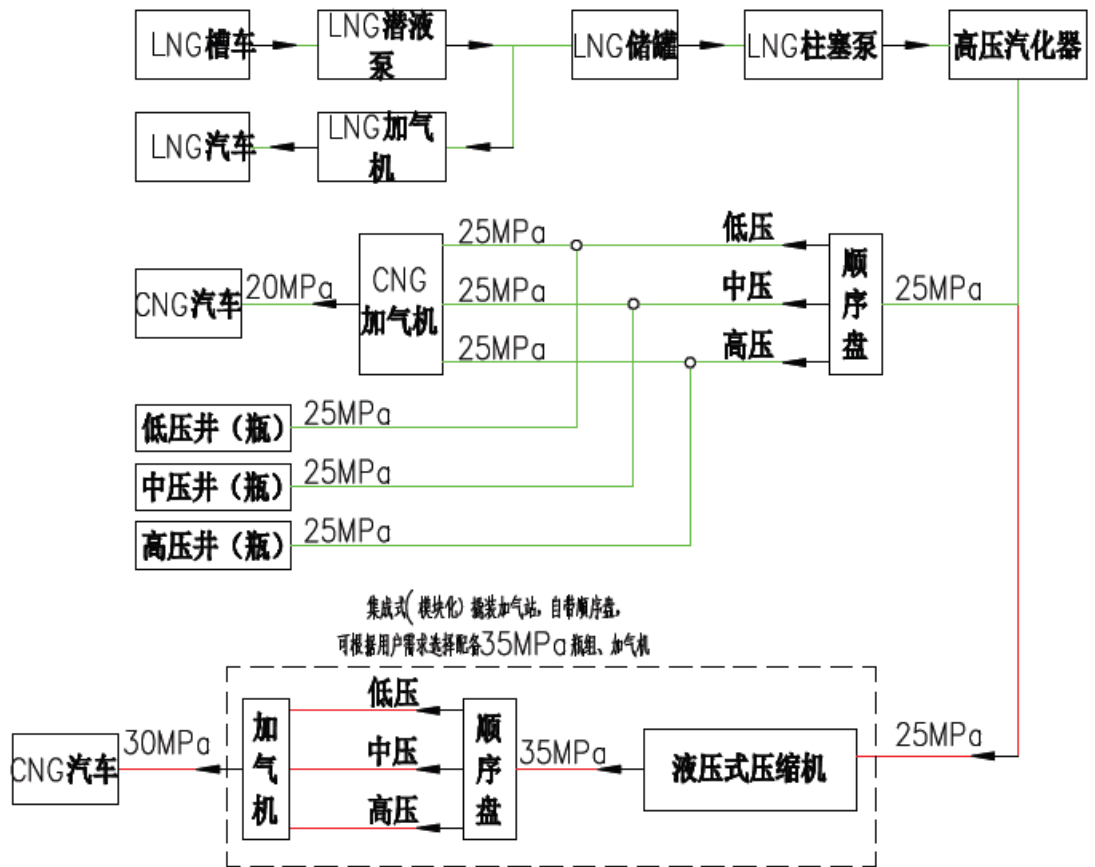
图七：改造后的 CNG 常规加气站流程示意图

## 2.6. L-CNG 加气站改造

图八是典型的 L-CNG 加气站流程示意图，只是系统设计压力最高为 25MPa。当加气站内需要增加 35MPa 加气系统，给 30MPa 的 CNGV 加气时，与加气其它种类加气站一样，只需在压缩机的高压出口增加一套模块化集成加气设备即可（如图九：改造后的 L-CNG 加气站流程示意图），原来的系统及设备照样给 20MPa 的 CNGV 加气。



图八：典型的 L-CNG 加气站流程示意图



图九：改造后的 L-CNG 加气站流程示意图

### 三 新建加气站方案

新建的系统压力为 35MPa 的加气站又分别与图二、图四、图六、图八一样，只不过系统压力由 25MPa 提高为 35MPa 而已。当然，对 20MPa 的 CNGV 与 30MPa 的 CNGV 应区别对待，应强制区分在不同的售气机上加气，就象给汽油车加油的 92#与 95#应强制区分开来一样。只需将售气机的加气程序稍作改动即可。即给 20MPaCNGV 加气时，用 20MPa 的加气程序，同样的售气机，如果设置在 30MPa 的加气区，则用 30MPa 的加气程序。

### 四 改造后的经济效益和社会效益

#### 4.1. 加气效率提升。计算依据如下：

- 加气的流速取决于压差，压差越大，流速越高，加气则越快；
- 提高压力限值后，加气时间将有所增加。现有加气站，将空瓶加气到 20MPa，与提高压力限值后的加气站，将 10MPa 加气到 30MPa 相比，两者压差均为 20MPa，所需加气的的时间基本一样。因此，CNGV 加气时间只是增加 CNGV 车载瓶内压力从 0 增压到 10MPa 所需的时间；
- 提高压力限值后的加气站，将 35MPa 气体把空瓶（瓶的容积 80 升）从 0 加到压力为 10MPa，13 秒。即全部加气时间比原来增加 13 秒
- 从下表中可以看出，CNGV 进站加气时间 13.5 秒/方提高到 10.4 秒/方，节省时间 23%，同时，加气站因每方气的加气时间缩短，也节省人工成本 25%.

车载瓶压力限值	20MPa	30MPa	备注
加气时间（秒）	150	163	
从进站到出站时间（秒）	270	283	
加气量（方）	20	27.2	
充气枪每方气的加气时间（秒）	7.5	5.99	加气站节省人工成本 25%
司机每方气的站内时间（秒）	13.5	10.4	司机每次加气节约时间 23%
说明：20MPa 的时间是实际测量时间，30MPa 的时间是理论推测			

#### 4.2. 运输成本减少

- 前提：18 方水容积槽车、运输距离 100 公里。平均每趟能槽气 3700 方（总气量约 4200 方，槽车卸气到 4MPa 时的卸气量），平均成本约 0.35 元/方（武汉、气温 25℃）；每天 10 万方（母站），需 27 车次；
- 压力限值提高到 30MPa 后，在槽车的重量等级不变的情况下，平均每趟能运气 5200 方（总气量 5700 方），只需 19.2 车次，平均成本 0.25 元/方；节约运输

成本 29% .

运输效益分析表		
槽车压力 (MPa)	20	30
槽车容积 (方)	18	18
运气量 (Nm <sup>3</sup> )	3700	5200
每天 10 万方运输车次	27	19.2
百公里运费 (元/方)	0.35	0.25

#### 4.3. 加气站改造费用

##### 4.3.1. CNG 加气站提高压力改造方案

前面的分析中已有说明：只需增加一台集成撬（设计压力 35MPa）即可。改造过程中，可以先将改造区与生产区隔离开，改造管路及安装准备好，只是在施工处理最后一个焊点时，加气站停止对外售气。时间从第一天晚上 9 点到第二天早上 9 点，加气低谷段，且有预先通知，对加气站经营影响不大。

##### 4.3.2. 增压撬技术参数

考虑到液压增压撬需与前面的机械压缩机联动，因此其最大排气量不能低于前面的机械压缩机的排气量，因此液压压缩机的最大排气量应该涵盖此范围。下表中的技术参数可以适用于大多数的加气站改造。

增压撬技术参数			
序号	要求内容及指标	数值	
		充 25MPa 槽车	充 30MPa 槽车
1	进气压力 (MPag)	3.0~30.0	
2	环境温度 (°C)	-40~40	
3	进气过滤精度 (μm)	5	
4	排气压力 (MPag)	30	35
5	最大排气量 (Nm <sup>3</sup> /h)	2900	2700
6	噪音 db (A)	≤75	
7	增压方式	液压驱动	
8	冷却方式	全风冷	
9	油箱容积 (L)	600	
10	增压电机总功率 (kW)	37	
11	机组总功率 (kW)	≤42	
12	机组外形 (长×宽×高 mm)	3000×2500×5000	

13	运输尺寸(长×宽×高 mm)	3000×2500×2800
----	----------------	----------------

#### 4.3.3. 改造所需设备及费用估算:

CNG 加气站提高压力所需设备及费用估算				
	设备名称	内容 (规格)	数量	价格
1	液压增压集成撬	一撬双机: 两台 18.5kW 主电机, 总排量 4000 方/小时, 可根据前端机械压缩机的排量, 自动控制电机的开启。含 1 方缓冲瓶、2 台加气柱、防爆 PLC 控制柜	1	75 万
2	电缆	长度现场定	1 组	1.5 万
3	球阀	PN35、DN25	1	2000
4	钢管	φ 34x5	50 米	3000
5	土建施工	电缆沟开挖及恢复, 气管沟开挖及恢复, 压缩机水泥基础等项目		2 万
6	设备吊装	一次到位		1000
7	管线安装	含人工、射线探伤		3 万
共计				82.1 万

#### 4.3.4. 改造后运行成本

- 电费成本: 原来只需增压到 25MPa, 改造后需要增压到 35MPa, 除了一次性改造投资外, 在设备运行过程中, 电量也会增加。折算到每方气增加的电费成本为: 小时耗电量/小时排量。即:

$$42\text{kW}\cdot\text{h}/2700=0.0156 \text{ 度电/方 (约 } 0.016 \text{ 元/方)}$$

- 加气站节省人工成本: 由于加气枪每方气的加气时间节省 25%, 则加气站人力成本可节省 25%, 以武汉为例, 加气站的加气量为 15000 方/天, 加气操作人力成本为 3500 元/月 (含社保), 加气量不变的情况下, 可以节省 2 人 (昼夜), 约 7000 元/月, 折算到单位成本为:

$$7000/(15000\times 30)=0.016 \text{ 元/方}$$

## 五 总结:

- 1 压缩机是加气站提高压力限值的增压设备, 出口压力达 35MPa 的机械压缩机有较多的生产厂家, 液压压缩机的出口压力有 50MPa (用于氢气压缩) 甚至更高。瓶组、加气机、卸气柱等可以按国家相关压力容器(瓶)标准, 根据需求达到 35MPa。能够满足加气站压力限值提升需求, 技术可靠;
- 2 加气站建设, 老站采用增加一台集成撬装设备 (含缓冲、增压、计量) 的方法完成改造, 方便可靠, 新建站则直接按 35MPa 系统压力设计安装。可将 20MPa 车载瓶与 30MPa 车载瓶按不同加气区分开, 并用不同的加气嘴强制区分, 技术可行;



- 3 加气站提高压力限值改造后，增加设备投资 80 多万，电耗成本增加约 0.016 元/方。司机每次加气节约时间 23%，加气站节省人力成本 0.016 元/方，节省运输成本 29%，15000 方/天的加气子站年节省 54 万元，可以在 18 个月内收回成本。至于母站和常规站的投资成本则是无法收回。但由于压力限值提高，天然气终端客户群将会大大增加，加气站的效益也会相应增加。