

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2016.12.004

# 压缩天然气 (CNG) 汽车加气站 危险可操作性研究分析 (HAZOP)

□ 南京赛福特安全评价认证有限公司 (210009) 吴 靖

**摘 要:** 本文采用国际通用的危险可操作性研究分析 (HAZOP) 方法, 对CNG加气站可能出现的参数与操作的偏差进行研究, 分析造成偏差的原因、后果, 并为CNG加气站提供有效的非正常状态下的应急处置措施, 对防止生产安全事故的发生具有积极作用。

**关键词:** 压缩天然气 加气站 危险可操作性研究 偏差 处置措施

## 1 压缩天然气 (CNG) 汽车加气站发展现状

压缩天然气 (以下简称CNG) 是城市短途营运车辆理想的替代能源, 与汽油相比, 具有价格低廉、清洁环保等优点, 在四川、重庆等西部地区早已成为城市出租车和公交车的主要燃料。

苏南地区由于受天然气气源制约, 起步较晚, 特别是苏州地区, 至2009年4月才建成了第一座CNG汽车加气站。但随着川气东送、西气二线的相继贯通, 如东LNG的登陆, 苏南气源瓶颈问题得到了根本解决。至2015年底, 苏州全市 (不含昆山) CNG汽车加气站已建成投产的有30座 (包括L-CNG), 全年加气量总计11 516万Nm<sup>3</sup>。仅苏州城区使用CNG的车辆就超过4 000辆。

## 2 压缩天然气 (CNG) 汽车加气站事故类型

由于天然气属于易燃易爆的气体, 在CNG汽车加气站中的天然气又处于高压状态 (最高可达25MPa), 在运营过程中存在泄漏危险, 可能引发人员伤亡、火灾、爆炸等事故。

CNG汽车加气站主要工艺设备为压缩机, 存在机

械伤害、振动、噪声等危害。

CNG汽车加气站车辆往来频繁, 存在车辆伤害。此外还存在触电、腐蚀及自然灾害。

## 3 危险可操作性研究分析 (HAZOP) 简介

危险可操作性研究分析 (HAZOP) 是一种用于辨识工艺过程危害及操作性问题结构化的分析方法。其方法的本质就是通过对设备参数和操作步骤进行分析, 按规定的方式系统地研究每一个节点偏离设计工艺条件的偏差, 分析可能导致这些偏差的原因、后果和防范措施, 并提出处置措施。

HAZOP分析法是系统工程的一种体现, 通过使用引导词对所有工艺节点可能出现的偏差进行分析, 尽量避免遗漏。

## 4 压缩天然气 (CNG) 汽车加气站压缩机危险可操作性研究分析 (HAZOP)

### 4.1 确定工艺单元

本文研究对象为苏州市宝带西路CNG汽车加气站, 该加气站为CNG子站, CNG由气瓶管束车运至站

内，连接至卸气柱，先由CNG气瓶管束车直接通过加气机给汽车加气，当压力降低后，再由储气瓶组给汽车加气，如果系统压力降至20MPa以下，则压缩机自动启动，为汽车加气，并将系统压力升高至22MPa。加气过程由优先顺序控制盘控制。

主要工艺单元有4个，分别为卸气、压缩、储气、加气。主要操作单元为卸气与加气，压缩与储气单元的正常运行通过各种运行参数体现。

#### 4.2 引导词

表1 HAZOP分析常用引导词表

引导词	含义	说明
No (空白, 无)	对设计意图的否定	设计或操作要求的指标或事件完全不发生
Less (减量)	数量减少	同标准值比较, 数值偏小
More (过量)	数量增加	同标准值比较, 数值偏大
Part of (部分)	质的减少	只完成既定功能的一部分
As Well As (伴随)	质的增加	在完成既定功能的同时, 伴随多余事件发生
Reverse (相悖)	设计意图的逻辑反面	出现和设计完全相反的事或物
Other Than (异常)	完全替代	出现和设计不相同的事或物

#### 4.3 确定分析对象

- (1) 卸气操作
- (2) 压缩机吸气总管压力、排气总管压力、润滑油温度、润滑油压力、供电电压
- (3) 加气操作

#### 4.4 HAZOP分析

将每一个引导词冠于每一个需要研究的对象前，组成有意义的偏差，而后由了解该CNG加气站设备、技术、工艺和安全的专家组成分析组，逐条分析这些偏差产生的原因、后果，提出防范措施和处置措施。列于表2中（忽略对安全影响不大的偏差）。

### 5 分析结果的应用

HAZOP分析表是集专业人员的智慧，事先形成一套完整的偏差或异常情况原因和处置措施对照表，因此该对照表有较强的针对性，可以用于指导CNG加气站操作人员在偏差或异常情况下对照查找并采取有效的应急处置措施，防止生产安全事故的发生，对保障CNG加气站安全稳定运行具有良好的指导作用。同时HAZOP分析表也可以作为新员工的培训教材以及应急救援预案中的内容。

表2 CNG加气站HAZOP分析表

参数	引导词	偏差意义	原因	后果	防范措施	处置措施
卸气操作	空白	卸气前未关闭放空阀	未按操作规程操作	高压天然气排空、伤人、伤设备、火灾	放空管管口不能朝向有人或设备的地方 储气瓶阀和卸气阀上贴警示标签“打开阀前必须确保放空阀关闭”	立即关闭（储气瓶阀）放空阀 若发生伤人或伤设备事件，按事故处置程序处置
	减量	接口密封不严	密封垫圈老化卡套损坏未定期检查	天然气泄漏 高压天然气喷出、伤人、伤设备、火灾	定期检查卸车软管密封垫圈和卡套，保证完好 打开储气瓶阀后使用便携式天然气检测仪检漏 卸车软管安装有安全带防止崩脱后甩动伤人	立即关闭储气瓶阀，打开放空阀，待压力与大气压平衡后，卸下软管，更换接头 若发生伤人或伤设备事件，按事故处置程序处置
		卸气后储气瓶压力低于安全值	卸气柱压力传感器及联锁装置失灵	压缩机吸气无法达到正常工况，对压缩机有一定损伤	压缩机有压力低限联锁停机功能	立即停止卸气 检修卸气柱压力传感器及联锁装置
	过量	卸气前储气瓶压力超过20MPa	储气瓶在母站超压充	压缩机不启动 压缩机前安全阀起跳	压缩机压力传感器和联锁装置 压缩机吸气总管安全阀	手动放空储气瓶压力至20MPa以下

(续表)

参数	引导词	偏差意义	原因	后果	防范措施	处置措施
卸气操作	部分	卸气(后)时未关闭储气瓶阀	未按操作规程操作	储气瓶内剩余气体被放空 空气进入储气瓶	(拆卸卸气软管)放空前确认储气瓶阀处于关闭状态 发现放空时间过长,立即关闭放空阀,并检查储气瓶阀是否关闭	立即关闭储气瓶阀,若发现储气瓶压力已降至大气压,应告知长管拖车单位,检测瓶内氧含量,并决定是否需要进行置换
		卸气后未打开放空阀	未按操作规程操作	无法脱开卸气软管	拆卸卸气软管前确认管路内的压力已降至大气压	打开放空阀平衡内外压力
		卸气后未脱离	未按操作规程操作	拖车启动拉断卸气软管	拖车尾门开启与刹车联锁 拖车启动前检查拉断阀	卸开软管 若发生拉断事故,按事故处理程序处置
	伴随	卸气软管中残存空气	首次使用或长时间停用后使用未进行排空气操作 长时间开启放空阀	充入汽车气瓶的天然气的纯度降低	设备第一次使用或长时间停用后应进行置换 压力表回零后关闭放空阀	发现放空阀长时间开启,应立即关闭放空阀,再次使用卸气柱时,应先用天然气置换(排尽)软管中的空气
		卸气时拆卸软管	未按操作规程操作	无法脱开卸气软管	卸气时应挂“正在卸气”牌	无法拆卸软管时检查是否正在卸气
		卸气时打开放空阀	未按操作规程操作	高压天然气喷出、伤人、伤设备、火灾	放空管管口不能朝向有人或设备的地方 卸气时应挂“正在卸气”牌	放空气啸叫声超常时应立即关闭放空阀,检查是否正在卸气 若发生伤人或伤设备事件,按事故处置程序处置
	相悖	卸气后先打开放空阀后关闭储气瓶阀或卸气阀	未按操作规程操作	储气瓶内剩余气体被放空	发现放空时间过长,立即关闭放空阀,并检查储气瓶阀是否关闭 放空阀上贴有警示标签“打开放空阀前必须确保储气瓶阀和卸气阀关闭”	立即关闭储气瓶阀和卸气阀
	异常	卸车软管损坏	磨损 过度拉伸、弯折 未定期检查	高压天然气喷出、伤人、伤设备、火灾	定期检查卸车软管,保证完好 拖车停车位应保证储气瓶软管接口与卸气柱之间的距离在2m~3m范围内,使用时应保持软管有一定弧度,不允许拉伸或弯折 卸车软管安装有安全带防止崩脱后甩动伤人	立即关闭储气瓶阀,打开放空阀,待压力与大气压平衡后,卸下软管,更换软管 若发生伤人或伤设备事件按事故处置程序处置
		车辆滑动	未拉手闸 未垫防滑块 拖车尾门开启与刹车联锁损坏	撞击卸气柱 拉断卸气软管	车辆与卸气柱之间设有防撞柱 车辆进站停稳后应拉手闸并垫防滑垫,站内接车人员应检查拉断阀	立即关闭储气瓶阀和卸气阀并制动车辆。 若发生撞击或拉断卸气软管事件,按事故处置程序处置

(续表)

参数	引导词	偏差意义	原因	后果	防范措施	处置措施
卸气操作		雷击等恶劣天气	恶劣天气	引起卸气柱、流量计故障 引发火灾爆炸事故	电气系统防雷接地 供配电系统防浪涌	立即关闭储气瓶阀和卸气阀，打开放空阀，待压力与大气压平衡后，卸下软管检修或更换受损设备 若引发火灾、爆炸事件，按事故处置程序处置
		地震等自然灾害	地震	高压天然气喷出、伤人、伤设备、火灾	拉断阀	立即关闭储气瓶阀和卸气阀，打开放空阀，待压力与大气压平衡后，卸下软管。 若发生伤人或伤设备事件，按事故处置程序处置
压缩机吸气总管压力	空白	无压力	压缩机吸气总管阀门未开	压缩机无法启动	压缩机入口压力低限联锁	打开阀压缩机吸气总管
	减量	压力低	拖车储气瓶压力低	压缩机无法启动	压缩机入口压力低限联锁	停止卸气
	过量	压力高	拖车储气瓶超压	压缩机无法启动 压缩机前安全阀起跳	压缩机压力传感器和联锁装置 压缩机吸气总管安全阀	手动放空储气瓶压力至20MPa以下
压缩机排气总管压力	减量	压力低	进气压力低 压缩机故障	汽车气瓶加不足气	压缩机故障自检与报警及联锁停机	停止卸气 压缩机停机、卸载并检修
	过量	压力高	压缩机不停机	安全阀起跳 管路或设备损坏 天然气泄漏	压缩机出口压力传感器和联锁装置 安全阀	手动急停压缩机并卸载 若发生管路或设备损坏，按事故处置程序处置
	异常	压力波动大	压缩机故障	压缩机振动大，管道接口可能被震松动，引起天然气泄漏	压缩机振动保护开关 出口缓冲罐	立即停机、卸载并检修
润滑油温度	减量	油温低	环境温度低	气缸磨损大	润滑油预热	立即停机、卸载，检查润滑油预热系统是否正常工作
	过量	油温高	润滑油进油量偏小 油冷系统故障 压缩机轴向力过大，摩擦热过大 润滑油变质	烧坏轴瓦	压缩机油温传感器与停机联锁 定期保养润滑油泵并清洗油冷却器 定期检查油质，并按时更换	立即停机、卸载，依次检查润滑油泵、油冷系统、压缩机轴瓦间隙，查明原因并进行相应处理
润滑油供油压力	空白	润滑油无压力	润滑油泵出口阀门关闭 油泵故障不工作	油温高 烧坏轴瓦	压缩机油温传感器与停机联锁 定期保养润滑油泵	检查润滑油管路阀门是否打开 立即停机、卸载并检修润滑油泵
	减量	润滑油压力低	油泵故障	油温高 烧坏轴瓦	压缩机油温传感器与停机联锁 定期保养润滑油泵	立即停机、卸载并检修润滑油泵
	过量	润滑油压力高	油泵故障	漏油 气缸摩擦增大	定期保养润滑油泵	立即停机、卸载并检修润滑油泵
	异常	压力波动	油泵故障	气缸摩擦增大	定期保养润滑油泵	立即停机、卸载并检修润滑油泵

(续表)

参数	引导词	偏差意义	原因	后果	防范措施	处置措施
供电电压	空白	停电	限电 变配电设备故障 电缆中断	无法卸气	卸气柱、压缩机、加气机等设备停电后电磁阀自动回座	按操作规程停止设备运行, 卸载, 脱离, 等待送电后再按操作规程进行正常操作 检修变配电设备或电缆
	减量	电压低	电网故障 变配电设备故障	压缩机无法启动 损坏压缩机电机	压缩机电压低限连锁停机 配电柜低电压报警与跳闸	压缩机立即停机、卸载并切断电源, 检查变配电设备或与供电部门联系
	过量	电压高	电网故障 变配电设备故障	压缩机无法启动 烧坏压缩机电机	压缩机电压高限连锁停机 配电柜高电压报警与跳闸	压缩机立即停机、卸载并切断电源, 检查变配电设备或与供电部门联系 若压缩机电机烧坏则需检修或更换
	相悖	反相	接线错误	压缩机无法启动 压缩机电机反转	压缩机电极接线错误报警	立即切断电源, 检查接线是否错误
	异常	电压波动	电网故障 变配电设备故障	损坏压缩机电机	压缩机电压高、低限连锁停机 配电柜异常报警与跳闸	压缩机立即停机、卸载并切断电源, 检查变配电设备或与供电部门联系
加气操作	减量	接口密封不严	密封垫圈老化 卡套损坏 未定期检查	天然气泄漏 高压天然气喷出、伤人、伤设备、火灾	定期检查加气软管密封垫圈和卡套, 保证完好 加气罩棚安装并定期检查 定可燃气体检测探头	立即关闭气瓶阀和枪阀, 卸下软管, 更换接头 若发生伤人或伤设备事件, 按事故处置程序处置
		加气前气瓶压力低于安全值	气瓶放空	气瓶进入空气	加气前检查气瓶压力	不允许充装, 检测瓶内氧含量确定是否需要置换
	过量	加气后气瓶压力超过20 MPa	加气机压力传感器设定值高 加气机压力传感器和连锁失灵	损坏气瓶或引起爆炸	加气的时应注意观察压力表	立即停止加气, 关闭气瓶阀和枪阀, 卸下软管, 气瓶放空排气, 检修加气机压力传感器和连锁装置 若因为加气机压力传感器设定值问题, 应请厂家调整 若发生爆炸事故, 按事故处置程序处置
	部分	加气前枪阀手柄指向放空	未按操作规程操作	气瓶内的气体被排空	连接加气软管前必须确认枪阀手柄指向关闭	立即旋动枪阀手柄至关闭
		加气后未关闭气瓶阀	未按操作规程操作	气瓶内高压气体被放空	拆卸加气软管前确认气瓶阀处于关闭状态 发现放空气啸叫声异常, 立即将枪阀旋转至关闭, 并检查气瓶阀是否关闭	立即关闭气瓶阀
		加气后枪阀未旋至放空	未按操作规程操作	无法脱开加气软管	拆卸加气软管前确认管路内的压力已降至大气压	枪阀旋至放空平衡内外压力
		加气后未脱离	未按操作规程操作	汽车启动拉断加气软管	车辆启动前检查拉断阀	卸开软管 若发生拉断事故, 按事故处理程序处置

(续表)

参数	引导词	偏差意义	原因	后果	防范措施	处置措施
加气操作	伴随	加气软管中残存空气	首次使用或长时间停用后使用未进行排气操作 枪阀长时间指向放空	充入气瓶的天然气纯度降低	设备第一次使用或长时间停用后应进行置换 压力表回零后将枪阀旋转至关闭	发现枪阀长时间指向放空,应立即旋至关闭,再次使用时,应先排尽软管中的空气
		加气时拆卸软管	未按操作规程操作	无法脱开加气软管	加气时禁止非专业人员操作	无法拆卸软管时检查是否正在加气
		加气时旋转枪阀至排空	未按操作规程操作	高压气体被放空	加气时禁止非专业人员操作	发现放空气啸叫声异常,立即将枪阀旋转至关闭
	异常	加气软管损坏	磨损 过度拉伸、弯折 未定期检查	高压天然气喷出、伤人、伤设备、火灾	定期检查加气软管,保证完好 汽车应尽可能靠近加气机,使用时应保持软管有一定弛度,不允许拉伸或弯折	立即关闭气瓶阀,枪阀旋至放空,待压力与大气压平衡后,卸下软管,更换软管 若发生伤人或伤设备事件,按事故处置程序处置
		车辆开动	未拉手闸 驾驶员启动	拉断加气软管	车辆进站停稳后应拉手闸,加气工应提醒驾驶员拉断阀	立即制动车辆关闭气瓶阀和枪阀 若发生拉断加气软管事件,按事故处置程序处置
		雷击、暴雨等恶劣天气	恶劣天气	引起加气机故障 引发火灾爆炸事故	电气系统防雷接地 供配电系统防浪涌 加气机防雨罩	立即关闭气瓶阀,枪阀旋至放空,待压力与大气压平衡后,卸下软管 检修或更换受损设备 若引发火灾、爆炸事件,按事故处置程序处置

本文HAZOP分析表并不能十分全面地分析CNG加气站运行过程中的各种偏差、原因以及处置措施,所以在应用过程中还应根据实际情况不断进行评价与改进,结合实际情况不断完善,最大效果起到预防事故的作用。

参考文献

1 陈网桦. 安全评价师(第2版), 中国劳动社会保障出版社, 2010

工程信息

## 山东齐济天然气高压输气管网开工

2016年10月25日,山东齐济天然气高压输气管网暨齐河首站工程奠基仪式在齐河县华店镇举行。

齐济天然气高压输气管网是由山东济华港润燃气有限公司投资建设,总长28.2km,在起点齐河华店首站与中石化济青二线天然气输气管线连接,并

穿越黄河与济南市燃气管网联通,将建设3座场站,2座阀室。工程建成后可实现年供气量30亿m<sup>3</sup>,将保障供应齐河县全境及周边县市用气需求及济南市经营区域气源增长新需求,进一步促进融合发展,惠及两地民生。  
(本刊通讯员供稿)