

车用压缩天然气脱水

王协琴*

(四川石油管理局)

王协琴. 车用压缩天然气脱水. 天然气工业, 1999; 19(6): 75~78

摘 要 车用压缩天然气(CNG)能否达到汽车使用要求,在天然气硫含量、热值等符合商品天然气规定指标的前提下,关键在于脱水。CNG的含水量达不到要求,CNG加气站和CNG汽车就无法正常运行,甚至可能导致危害极大的事故发生。因此,通过什么脱水方式将CNG中的水含量脱到合格是至关重要的。鉴于我国地域辽阔,油气分布广,全国性管网未形成,加之各油气田处理方式各异等原因,致使我国当前送往燃料市场的商品天然气的含水量随地区不同和季节变化而不相同。因此,在设计CNG加气站时,必须根据具体情况正确、合理地设计CNG脱水系统。介绍了CNG脱水的必要性,脱水深度的确定,低压、中压、高压脱水方法说明,工艺流程、主要设备特点,以及最佳脱水方案选择等。最后指出,CNG脱水系统成败的关键在于设计,只有正确的设计才能保证CNG脱水系统的安全、正常运行,从而保证CNG加气站和CNG汽的安全、正常运行。

主题词 天然气 汽车 脱水 工艺流程 设备 分析

CNG 脱水的必要性

天然气在加压、降温过程中,当达到其水露点时,其中的气相水就会以游离水的形式析出,如果又处在其水合物生成线以下区域时,天然气中的烃类组分还要和水生成水合物。因此,CNG中的含水量脱不到要求时,将带来以下危害:

1) 在CNG储存压力和较低环境温度下,或在储

存压力下减压温降时,生成水合物,堵塞管道、气瓶嘴、充气嘴以及汽车供气系统减压阀等,使加气站在较低环境温度下不能实现正常加气,汽车在寒冷气候条件下无法启动和运行。

2) 当环境温度等于或低于0℃时,析出的游离水将结冰而冻结系统的设备和管道。

3) 已符合酸性环境的一个条件,只要CNG中的硫分压超过0.00035 MPa,加气站内的接触CNG的

口注入下行到井底时间,其主要影响因素是井深、缓蚀剂运动粘度等。对于水溶性缓蚀剂,自注入到排出约需30 h。

4) 在产气量大于气井连续带液的最小气量条件下,产气量对水溶性缓蚀剂加量及维持时间影响不大。

5) 峰七井目前采用泵注CT2—4缓蚀剂的加注方式,每次注入25 kg CT2—4缓蚀剂(按1:3稀释,加除氧剂)可控制腐蚀速率在0.03 mm/a以下,保护周期约10 d左右。

6) 对于平衡罐加注条件下缓蚀剂的加注工艺、加注量、防护性能及不同条件下的防腐措施还应进

一步试验认识。

7) 对不同区块的井和条件差异大的井的防腐方案的制定必须对自身井况、缓蚀剂各项物化性能(溶解性、乳化性、缓蚀率、运动粘度等)、加注方法进行综合考察,制定相应的防腐方案。

参 考 文 献

- 1 ASTM: Designation G31—72 standard practice for laboratory immersion corrosion testing of metals
- 2 SPE Production Engineering, February 1992

(收稿日期 1997-04-05 编辑 王瑞兰)

*王协琴,1942年生,高级工程师,现任《天然气工业》杂志社副社长、副主编,四川省天然气汽车专家组成员;中国石油和石化工程研究会研究员。地址:(610051)四川省成都市府青路一段3号。电话:(028)6011178、3358727。

金属设备、管道就达到了硫化氢应力开裂(SSC)条件^[1],这是十分危险的,一旦加气站和(或)汽车载压力容器发生SSC,其后果就不堪设想。另外,即便硫分压达不到SSC条件,但由于游离水的存在,也要产生严重的内壁腐蚀。

因此,无论对CNG加气站还是对CNG汽车来说,将CNG的含水量脱到符合标准是至关重要的。

脱水深度的确定

根据美国消防协会(NFPA 52)1992年版,参照美国汽车工程学会(SAE)J1616的气质标准,推荐在储存压力下的水露点至少要低于CNG加气站的最低环境温度 5.6 (10°F)。我国石油天然气行业标准《汽车用压缩天然气》(SY/T 7546—1996)则规定,车用CNG的水露点要低于最高操作压力下最低环境温度 5 ,二者基本一致。因此,CNG的脱水深度应根据CNG加气站所在地区的最低大气温度来确定,其表示方法为储气瓶储气压力下的水露点(PDP),也可用CNG中的残余水含量来表示。譬如,冬季最低大气温度为 -20 的地区,加气站CNG的PDP必须低于 -25 ,其残余水含量应低于 8.5 mg/m^3 (20 、 101.325 kPa ,下同)。只要将CNG的含水量脱到符合标准,无论是CNG加气站

还是CNG汽车都不会发生因CNG含湿量引起的有关问题。还要指出的是,不管是夜间加气的“慢加气”还是白昼加气的“快加气”^[2]都要严格执行脱水深度的规定。

脱水方法

CNG脱水属深度脱水,几乎都采用分子筛作脱水剂。分子筛脱水分单塔脱水和双塔脱水两类。单塔脱水的特点是,其使用后的含水分子筛是定期送往专门的地方进行再生的,从而大大简化了系统,但是,只适用于家庭或只备有少数几辆轿车的小单位的车辆加气。对商业CNG加气站而言,加气车辆多,加气量大,因而脱水系统都要自备再生系统,所以几乎都采用双塔脱水。

按脱水系统在CNG加气站工艺流程中的位置分为低压脱水(又称为压缩机入口级脱水)、中压脱水(又称为压缩机中间级脱水)、高压脱水(又称为压缩机末级出口脱水)3种方式,这3种方式都可达到CNG脱水要求。

1. 低压脱水

脱水系统放置在压缩机一级入口处,采用闭式回路进行循环再生,其工艺流程见图1。

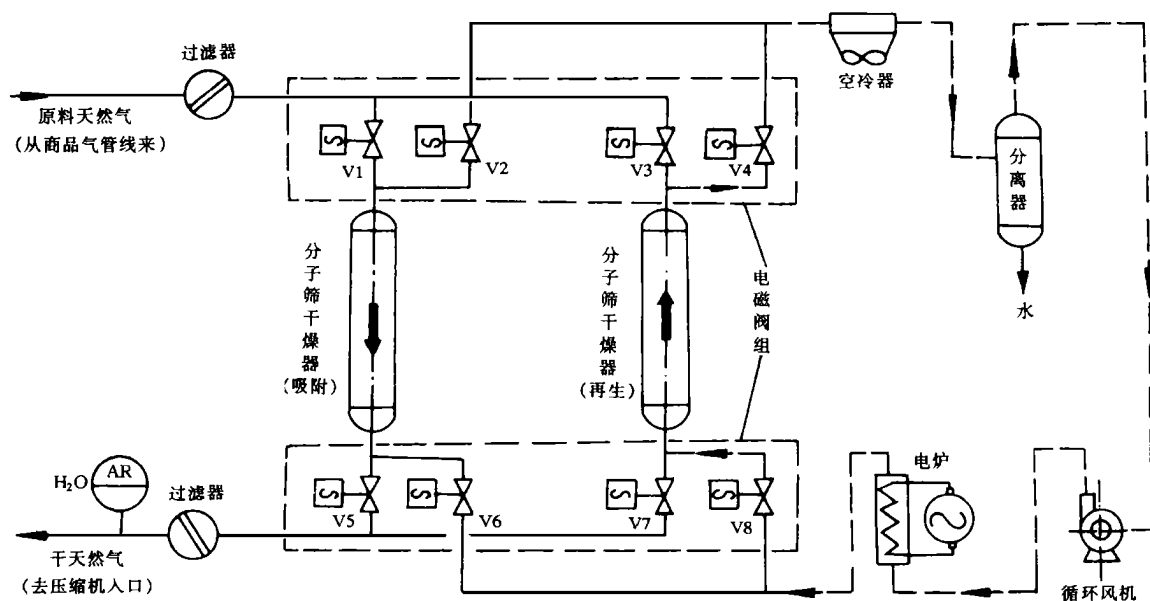


图1 CNG加气站低压脱水工艺流程

从图1可见,再生后分子筛的残余水含量取决于再生气的含水量及再生操作条件,而再生气的水

含量则取决于大气温度,无论采用水冷还是空冷都是如此。在未采取防冻技术措施的情况下,是不可

能将再生气冷却到 0 的,设计上至少要保证冷却温度不低于 3~5 。同时,在压缩机入口处脱水,因其压力低,若要使 CNG 达到储器在储存条件下的 PDP 值低于冬季最低气温 5 ,则要求低压脱水后的 PDP 要大大低于储存条件下的 PDP。为了有效、经济地实现低压脱水后 CNG 的 PDP 值折算到储存条件后能满足要求,正确、合理的设计是十分关键的。

经反复计算,对一座日加气能力为 10 000 m³ 的 CNG 加气站,当使用的原料天然气的含水量达到国际管输标准时,即含水量为 0.112 g/m³ (7 lb/10⁶ scf) 时,压缩机入口压力为 0.3 MPa 的低压脱水系统的部分设计计算结果如下:分子筛干燥器内径,200 mm;分子筛装填量,18.8 kg;吸附压力,0.3 MPa;吸附时间,16 h;再生压力,0.3 MPa;再生温

度,288 ;再生时间,16 h;循环再生气量,10 m³/h;PDP,小于 -60 ;电炉功率,2 kW。

将 0.3 MPa 条件下采用低压脱水所算得的 PDP 值折算到 25 MPa 条件下的 PDP 值,是能够满足我国广大地区 CNG 脱水要求的。尚需指出的是,随我国商品天然气市场的规范化和各项制度的健全,对进入商品气输气管线(网)的天然气含水量将严格按国际管输标准进行控制,因此,低压脱水将是 CNG 加气站的主要脱水方法。

2. 中压脱水

脱水系统根据压缩机一级入口压力的高低,放置在压缩机的一级或二级出口处,原则是,要保证脱水压力低于 0.4 MPa,采用开式回路再生,再生气返回压缩机一级入口,其工程流程见图 2。

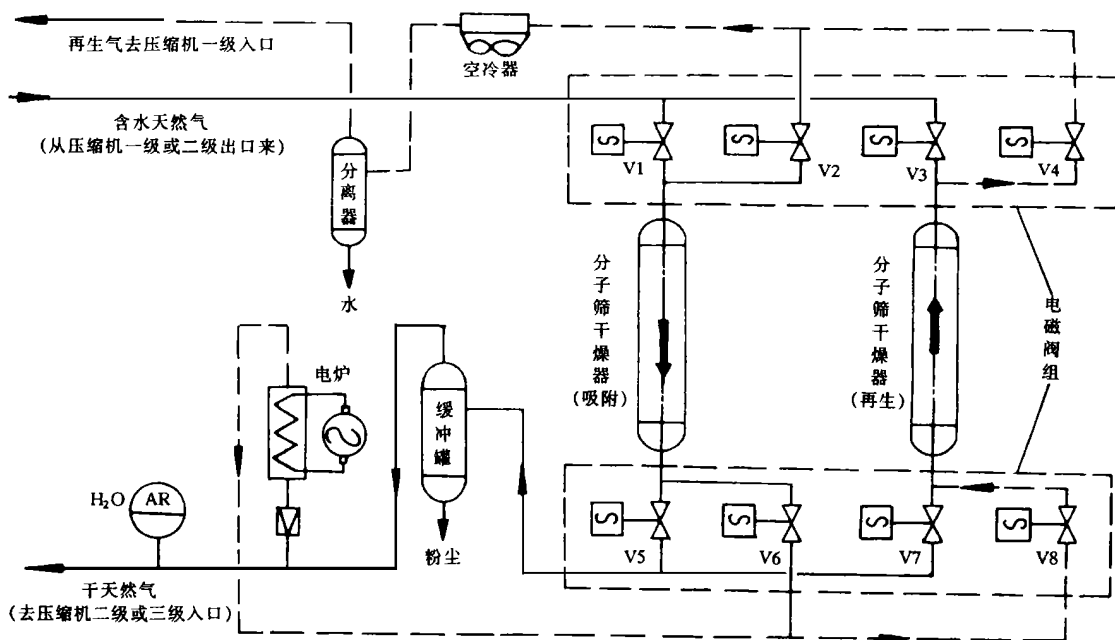


图 2 CNG 加气站中压脱水流程

该法采用脱水后的中压干气再生,如果要考虑在压缩机停运状态下再生,则需要从储气系统引出高压产品气,经减压后作再生气。由于再生气为干气,且是开式回路,所以可控制很低的分子筛残余含水量,从而可使产品气获得很低的水露点,能满足 CNG 脱水需要。

3. 高压脱水

脱水系统放置在压缩机最后一级出口处,脱水在储存 CNG 的压力下进行。其工艺流程和中压脱水差不多,但只能采用高压产品气减压后再生,和中压脱水一样,能满足 CNG 脱水需要。

脱水方法选择

1. 低压脱水

原料天然气含水量达到国际管输时,最适合选用低压脱水。在这种场合,选用低压脱水具有以下优点。

- 1) 整个脱水系统压力等级很低,设计、制造、检验、运行、维护管理等都十分简便。
- 2) 安全性很好,几乎不需要设置任何安全放空系统。
- 3) 产品气产率为 100%,这是因为不需要将产品

气用于再生,所以产品气无耗损的缘故。

4) 属非饱和状态脱水,设备尺寸小,能耗低。每天处理 $10\,000\text{ m}^3$ 、水含量达到国际管输标准的天然气的 CNG 低压脱水系统,其分子筛干燥器直径仅为 200 mm,电炉功率也只有 2 kW(见前计算结果)。

5) 由于在天然气进压缩机前就已将其中的水除去,因此有利于大大降低压缩机的故障率,增长压缩机的无故障运行周期。

6) 避免了分子筛干燥剂被压缩机润滑油污染。

7) 易于实现在线分析和全自动化操作,特别有利于实行撬装化,从而大大减小占地,很适合城市建站使用。

8) 一次投资费小,安装快捷。整个脱水系统可全部在制作工场组装完毕,现场的工作量仅是系统就位,以及水、气管道和少许电缆的连接。

2. 中压脱水

原料天然气水含量高或在极其寒冷的地域建站,应选用中压脱水。在原料天然气水含量高出国际管输标准很多的场合(当前,这种情况在我国是很多的,甚至水含量有时还要波动),如果采用低压脱水,则设备相当庞大,电耗也很高,显然是很不经济的,但如果采用中压脱水,就可大大减少天然气的水负荷,保持较小的设备尺寸和电耗,而又使系统压力等级增加得不多;在极其寒冷的地域,要使脱水深度符合极其寒冷环境温度的需要,采用低压脱水就需要在回路中增设致冷设施,这无疑将使系统复杂化,而且也不经济,但如果采用中压脱水,便可十分方便地解决极其寒冷环境温度的问题。

另外,由于中压脱水压力等级不高,通常吸附压力都低于 4.0 MPa,因此,仍能很容易地实现在线分析和自动化操作。设计、制造、检验、安装、维护管理也不复杂。

但是,中压脱水存在,含水天然气要进入压缩机低压级缸(一级或一、二级缸),对低压级缸的内部部件带来损害;润滑油污染分子筛干燥剂;脱水系统与压缩机本体直接关联,使操作相对复杂等缺陷。

3. 尽量不采用高压脱水

高压脱水用于天然气含水量高的场合,具有设备尺寸小、电炉功率低、用以再生的产品气耗量小等优点。

但由于整个脱水系统的主要部分处于高压下,因此存在以下明显缺点:

1) 设备压力等级高,设计、制造、检验、运行、维修要求都很高。

2) 存在的温度和压力反复交变的条件比中、低压脱水苛刻,发生材料疲劳破坏的速度比中、低压水来得快。至今,国内还没有对 CNG 高压脱水设备进行过疲劳试验,因此对这个问题是心中无数的。

3) 由于吸附压力与再生压力差得很大,切换阀门在温度和压力反复交变作用下,发生内漏,导致高、低压串气,很不安全。如果因误操作导致高低压串气就更危险了。在此必须强调指出,设置的安全阀是不能当作放空手段使用的。安全阀必须严格按照国家安全规程进行管理。

4) 含水天然气进入压缩机,对各级气缸的内部部件带来损害,对高压级的损害尤其大。如果硫化氢含量超标,就会使高压级冷凝器和水分离器达到硫化氢应力腐蚀开裂条件。

5) 压缩天然气中所带机油要污染分子筛干燥剂,从而导致干燥剂脱水能力迅速下降。

6) 由于干燥器系高压设备,且尺寸小,筒体上不能开手孔,因此更换分子筛干燥剂就特别困难。

7) 难以实现在线分析和自动化操作。

8) 一次投资费高。

因此,一定要根据制作 CNG 的原料天然气含水量的具体情况来选择脱水方法,要尽量不采用高压脱水。应该指出,当前我国 CNG 加气站的脱水系统大多数仍在采用以空气干燥知识和经验为基础的高压脱水方式,这是很难适应车用 CNG 脱水要求的。

CNG 脱水装置成败关键

正确确定脱水方法,正确选用脱水设备的关键在于设计。设计单位和具体设计人是否具有丰富的天然气方面的知识和是否具有 CNG 脱水方面的经验则是实现正确设计的保证。任何不正确的设计,包括运用空气干燥的知识和经验来指导和设计 CNG 脱水系统都只会给用户(CNG 加气站和 CNG 汽车)带来无限烦恼和麻烦,甚至造成危害。另外,政府主管部门强化对包括脱水系统在内的 CNG 加气站的审批则是保证 CNG 汽车事业安全、快速发展的必不可少的行政管理和监督手段。

参 考 文 献

- 1 Sulfide stress cracking resistant metallic for oil field equipment. NACE standard MR-0175-91
- 2 王协琴. 车用压缩天然气加气站的高压储气. 天然气工业, 1998; (2)

(收稿日期 1999-04-26 编辑 王瑞兰)

A STUDY OF INJECTION TECHNOLOGY AND EFFECT MONITORING OF CORROSION INHIBITOR CT2 - 4 AT WELL FENG - 7 IN EAST SICHUAN

Gu Tan and Kang Li (Research Institute of Natural Gas Technology, Sichuan Petroleum Administration). *NATURAL GAS IND.* v. 19, no. 6, pp. 72 ~ 75, 11/ 25/ 99. (ISSN 1000-0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: The corrosion-preventing technology by using corrosion inhibitor is of great significance for resolving the corrosion prevention problem in oil and gas fields. In recent years, different types of the inhibitors used in oil and gas fields have been developed, obtaining a good result, but the investment in the research on practical use of inhibitor in production, optimum injection volume, state of inhibitor in downhole, applied surroundings and protection effect, etc., was very few, thus, the knowledge of these factors was relatively superficial, which seriously restricted the further research on the inhibitor and its wide application and made working out the corrosion-preventing plan have a certain blindness and the corrosion prevention problem more complicated. For resolving this problem, the practicable injection volume of the inhibitor, the effective protection period for production casing and the controlling concentration of the inhibitor in medium, etc. were deduced by using the method of combining the residual concentration of the inhibitor with the results of corrosion coupon. Through experiment, some new understandings of applied technique of the inhibitor have been obtained, to expect giving a reference to the research on the corrosion-preventing applied technique by using the inhibitor; and a reference to working out the corrosion-preventing plan.

SUBJECT HEADINGS: Sichuan gas field, Corrosion control, Corrosion inhibitor, Testing, Analysis

Gu Tan, born in 1970, graduated from Sichuan Union University in 1995. Now he is engaged in the research on metal corrosion and its prevention. Add: Linyuchang, Luzhou, Sichuan (646002), China. Tel: (0830) 3890168 —424324

DEHYDRATION OF COMPRESSED NATURAL GAS USED AS VEHICLE FUEL

Wang Xieqin (Sichuan Petroleum Administration). *NATURAL GAS IND.* v. 19, no. 6, pp. 75 ~ 78, 11/ 25/ 99. (ISSN 1000-0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: The key that whether the compressed natural gas (CNG) used as vehicle fuel could meet the requirements of a vehicle in use is dehydration on the promise that sulfur content and heating value of the natural gas accord with the set indexes

of commercial natural gas. If the water content in CNG is not up to the standard, the CNG-filling station and CNG vehicle are disable to run, even extremely dangerous accidents will be caused. Thus, how dehydration way will be adopted to enable the water content to be up to the standard is extremely important. Owing to the reasons that the territory of China is vast, the oil and gas distribution is wide, the country-wide pipe network is not formed and the processing ways are different in different oil and gas fields, etc., the water content in the commercial natural gas supplied to fuel market is different with the difference of regions and the variation of seasons. For this reason, in designing a CNG-filling station, the dehydration system for CNG must be correctly and rationally designed in the light of the concrete conditions. The necessity for dehydration of CNG, the determination of dehydration degree, the directions of the low, medium and high pressure dehydration methods, the technological process, the characteristics of the main equipments and the selection of optimum dehydration plan, etc. are introduced in this paper. Finally, it is pointed out that the key to success or failure for CNG dehydration system depends on the design, because only a correct design can guarantee the CNG dehydration system to run safely and normally, and so do the CNG-filling station and CNG vehicle.

SUBJECT HEADINGS: Natural gas, Automobile, Dewatering, Technological process, Equipment, Analysis

Wang Xieqin (senior engineer) was born in 1942. Now he is director of the *Natural Gas Industry Journal* agency and deputy editor in-chief of the editorial department of this journal, member of the NGV specialist group in Sichuan Province and research fellow of "the Petroleum and Petrochemical Engineering Research Society of China". Add: No. 3, Section 1, Fuqing Road, Chengdu, Sichuan (610051), China. Tel: (028) 6011178, 3358727

DEALKYLIZATION OF RAW LPG USED AS VEHICLE FUEL

Zhang Niannan, Li Xuhui, Zhong Weilong and Wang Yunbo (Lanzhou Petroleum Machinery Research Institute). *NATURAL GAS IND.* v. 19, no. 6, pp. 79 ~ 81, 11/ 25/ 99. (ISSN 1000-0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: In order to prevent environmental pollution, LPG is being used or is planned to be used as vehicle fuel in many cities in China. But the existence of alkene in LPG has an effect on the quality in use. The carbon formed after alkene was