

CNG子站用液压式压缩机的技术应用

□ 上海燃气工程设计研究有限公司 (200135) 孙永康

摘 要: 该文阐述了CNG加气子站用液压式天然气压缩机的工作原理, 通过与现有压缩设备的性能对比, 进而分析液压式压缩机的应用优势, 结合应用现状, 提出了进一步的改进设想。

关键词: CNG 加气子站 液压式压缩机

Application of Hydraulic Compressors for Secondary CNG Filling Stations

Shanghai Gas Engineering Design & Research CO.LTD Sun Yongkang

Abstract: The paper expounds the principle of hydraulic gas compressors used at the secondary CNG filling stations. Compared with the existing compression equipment performance, the paper also analyzes the advantages of hydraulic compressors and proposes the further improvement ideas according to the application status.

Keywords: CNG secondary filling station hydraulic compressor

1 CNG加气子站的现状

国内的车用CNG技术相对起步较早, 上世纪90年代已步入成熟发展期。由于天然气替代车用燃油后, 经济性较好, 发动机输出等值功率时的燃料成本可降低60%~80%, 同时又减少了碳氢颗粒物的排放, 故CNG汽车的发展规模不断扩大, CNG加气站的数量也不断增长。

截止2013年末, 国内CNG加气站已达3 018座(含LNG/CNG复合站355座), 其中, 加气子站占绝大多数, 达到2 000座以上(其余为母站和标准站), 分布于全国30余个省市自治区, 山东、新疆、四川、河南、重庆、陕西等地的加气站数量均超过100座^[1]。

近期除各地出租车和公交巴士等运营车辆持续保持CNG用气增长外, 部分省市(如河北、河南和安徽等)已先行试点私车油改气, 故车用CNG需求正大幅增长, 在此新一轮CNG加气子站的配套建设期中, 其核心工艺设备——压缩技术也迎来技术的升级换代^[2]。

2 子站压缩技术的换代

目前, CNG子站压缩技术已发展至第三代。

第一代技术采用机械(活塞)式压缩机, 通过多个气缸通过串联实现增压, 子站吸气压力一般为4.0MPa~6.0MPa, 排气压力25MPa, 故常采用3级压缩^[3]。由于单缸压缩比高, 机身体积庞大, 耗电量多及噪声



图1 机械式压缩（左），液压平推压缩（右）

高（ ≥ 90 dB(A)），冷却系统复杂。最早采用进口机组，建站成本高，后期国产化后成本大幅降低，但部分国产机组制造水平不高，气缸泄漏严重，设备维护的费用和人工成本较高。目前，该技术已发展至无油润滑。

第二代技术采用液压平推，通过油泵将高压油注入槽车气瓶，排气压力20MPa，具有耗功率小（节能）、占地紧凑、建站成本低的优点。缺点是，油和气在拖车气瓶内直接接触，外输气含油量高，易堵塞管路，甚至影响发动机效能；其次，须用双侧开孔的专用气瓶，槽车配套成本高，且液压管路须逐一与气瓶连断，操作复杂；又由于采用瓶内整体置换，用油量和存油量较大，且必须采用昂贵且易挥发的专用添加剂，损耗和维护成本较高。

第三代技术即本文介绍的液压式压缩机，本质仍为活塞式，其技术核心在于紧密的制造工艺，将气缸内分成4个腔体（两气两油），密封要求极高，中间两部分的液压油缸将气缸分成上下两部分（图2），通过油泵对上下油缸的抽注，实现对上下气缸的压缩。既具有二代技术同样优异的节能特点，又避免了油气接触造成的外输气携油，且可采用普通液压油，油箱很小，噪声很小，运行维护费用低，是目前最先进的子站压缩技术。

以下通过各项指标及综合得分来比较各代压缩技术的性能优劣，见表1。

比选可见，液压式的各项性能均优于前两代，具有较明显的技术经济优势。

3 工作原理及特性

液压式压缩机的气缸结构复杂，其分隔和密封



表1 各代CNG子站压缩技术的对比

序号	机械式	液压平推	液压式
技术沿革	第一代	第二代	第三代
技术得分			
能耗	能耗高（1）	节能耗油（2）	节能节油（3）
携油	无油（3）	高含油（1）	微含油（2）
占地	占地多（1）	占地少，油箱大（2）	占地少（3）
维护	费用高（1）	费用较高（2）	费用低（3）
噪音	高（1）	低（2）	低（2）
拖车	普通（2）	专用（1）	普通（2）
综合得分	9	10	15

注：单项评分，三档性能分别得3分、2分、1分，二档性能分别得2分、1分

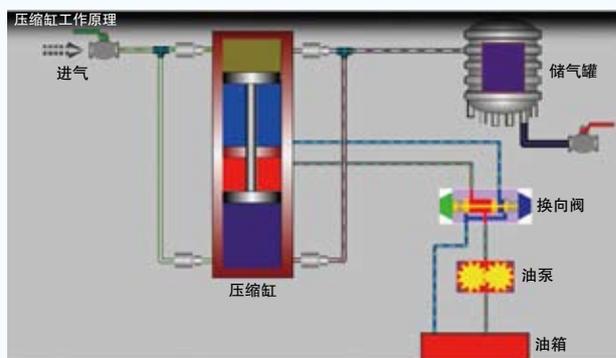


图2 液压式压缩系统原理图

需要先进的制造工艺作保障。图2所示，特殊设计的“工”字活塞将气缸分隔为上下部分（立式），活塞内是油腔（图2中红色和蓝色），活塞外是气腔（图1中绿色和紫色），油气两相不直接接触（液压平推为直接接触）。

气缸工作时，进气阀门打开，通过左侧上下的两个单向阀实现上下气腔两侧同时供气，再启动油泵输配油路，蓝色油腔充油，红色油腔抽油，由于上下气腔压力不变，蓝色油腔升压，红色油腔降压，故活塞上行，压缩上部气腔，一个压缩行程完毕后，通过定位感应，经油路换向阀切换，蓝色油腔抽油，红色油腔充油，活塞下行，进而压缩下部气腔，之后通过换向阀的切换实现上下气腔的依次压缩气体。

由于液压式压缩机是封闭结构，活塞整体位于缸内，故相对于被压缩气腔的另一侧气腔也处于带压状态，其带压压力与槽车压力有关，初始卸车时槽车压力极高，接近20MPa，故相比于环境背压的第一代机械式压缩机，该活塞克服背压的回程作用力大大减小，故液压式压缩机可行使较小的压缩功率或单位功率压缩更多气体，从而实现节能和效能提升，但随着压缩过程中槽车压力（最低取压3.0MPa）的逐步下降，压缩机节能量也逐渐降低，如果整个槽车的取压过程是稳定的，那么节能率可达到50%，这既降低了站内变配电配套的投资，也节省了长期运行费用。

由于液压式气缸分隔较多，且上下气缸叠置（常规采用立式），故气缸较长，且压缩比例较高（活塞行程较长），故从工程应用考虑，为满足立式撬装和CNG压缩，必须采用两级压缩（图3），当槽车初始压力较高时，由于此时压缩比小，气缸A可旁通不运行，只由气缸B单独工作；当槽车压力下降至气缸B单级不能满足出口设定压力时，气缸A加入运行，两级气缸串联工作；当槽车压力降至3.0MPa以下，吸气端切断，替换槽车气源，重复气缸B单级运行的上述

流程。

4 液压式技术的应用情况

目前，国外的液压式压缩机应用已较普遍，而国内此方面的制造技术也日趋成熟，已有多个压缩机厂家具备气缸制造和系统总成的能力（如齐达康、金鑫等），2012年以前就已有多座采用国产机组的示范站投运。

2010年之后是国产液压式压缩机技术广泛普及应用的时期，国内有200多台采用液压式压缩机的CNG子站投运，且已成为新建子站的首选技术，如：河北沧州、黑龙江哈尔滨、江苏邳州、江西南昌、吉林榆树、新疆乌鲁木齐等省市采用液压式压缩机子站，运行效果和节能率都十分理想。

5 技术改进设想

尽管第三代的液压式压缩机相比之前的两代技术，在技术经济性上取得了较大突破，且已国产化，但仍有几方面需要改进，譬如机组的压缩比（单缸）、适用性和可靠性等，这些都需要通过改进机械设计和制造工艺。

（1）提高压缩比（减少气缸数）

对置压缩可对气缸两侧的行程及直径进行差异化设置，从而实现CNG槽车吸气压力较低时，通过气缸两侧的串联压缩来提高压缩比。当吸气压力较高时，气缸两侧可恢复并联压缩，压缩气量也可显著增加。

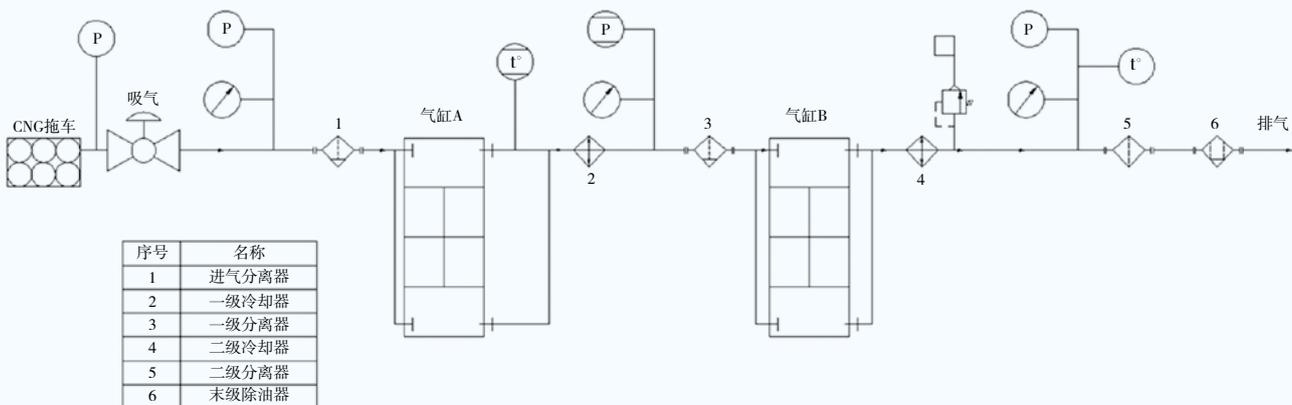


图3 工程应用的两级液压式压缩系统

因此,提高单缸压缩比可减少一个气缸(见图4),在维持节能效率的同时,节约设备投资和减少占地面积,及减少动设备及其维护费用,还可在吸气高压时,提供额外的压缩气量。

但气缸差异化设置对设备制造的要求较高,且单级气缸需满足串并联运行,对活塞云顶控制也提出了更高的要求。

(2) 提高适用性

鉴于目前的液压式气缸压缩比有限(或限制于立式气缸的高度),最低吸气压力必须大于3.0MPa,只适用于CNG子站,不适用于0.1MPa~0.8MPa中压和次高压城市管网作为气源的标准站。

因此,在通过单个气缸串联压缩、即“提高压缩比”的前提下,理论上通过两个气缸的四级压缩可实现从城市管网的压力取气,或也可尝试采用卧式气缸来提高压缩行程。

(3) 提高可靠性

这方面主要针对国产机组,由于国产液压式压缩机的规模化应用才不到5年时间,而高压CNG和对置运行对气缸的耐久及密封要求很高,相比进口机组一般高达20 000h免维护运行的硬指标,国产机组一般只能做到5 000h左右(个别可达到8 000h),在可靠

性方面有所差距;同时国产机组的运行噪音也较高,这些都需要从设计制造领域进行综合改进及优化。

6 结语

液压式压缩机通过内置液压动力源以及精密的对置气缸结构设计,实现了CNG子站压缩的技术换代,由于技术优势突出,国产化应用逐渐普及,但也应看到,此类压缩方式在机械设计制造领域仍有改进空间,在不远的未来,或许更多的机组改进设想还将随着CNG的广泛应用以及需求多元化而不断提出,并不断得以实现。

参考文献

- 1 安迅息/息旺能源. 中国分省天然气加气站数数据年度分析报告(2013-2014)[DB]. 2014: 4
- 2 宋晓琴. 国内外CNG加气站的发展趋势[J]. 油气储运, 2003; 22(8): 1-3
- 3 陈海松,王贵川,袁侨等. CNG加气子站压缩机系统的设计[J]. 压缩机技术, 2011; 19(4): 29-31

工程信息

南宁旧区气改推出优惠措施

2014年6月21日,南宁推出老旧小区“气改”先施工后付款等多项优惠措施,为普及天然气助力。

新措施改变了过去先付2 300元费用后施工,现在居民只需先缴500元,待施工完成后,付清余款即可通气。同时,还启动低成本改造,只要灶具使用年限不超过8年,改装费只需几十元。对罐装气没用完的用户,按市场价回收钢瓶和剩余气量。

南宁出台的优惠措施还包括先施工后报装、增加小区现场报装活动的频度、对已通气小区现场报装给予优惠等。今年以来,南宁中燃公司已启动



40个老旧小区“气改”工作。

(本刊通讯员)