

CNG 站压缩机的节能优化改造

郭 丹 张元国 段明盛 彭海涛

(中国石油西南油气田公司华油公司)

摘 要 压缩机吸气压力低会造成压缩机运行效率低,影响 CNG 站能耗。通过对华油公司下属华阳鸿运 CNG 站压缩机各级气缸的缸径进行改造,一级缸径 $\Phi 155$ mm 扩为 $\Phi 175$ mm,二级缸径 $\Phi 102$ mm 扩为 $\Phi 105$ mm,三、四级缸径 $\Phi 78$ mm 扩为 $\Phi 80$ mm。对比分析改造前后的压缩机排气量和耗电量,得出改造后压缩机实际产能同比增加 42%、节电率最高可达 31.5% 的结论。改造后压缩机安全运行,283 d 即可收回改造费用。

关键词 CNG; 压缩机; 气缸; 改造; 节能

中图分类号: TE974

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2013)05-0014-03

0 引 言

华油公司压缩天然气站(CNG 站)中有 69% 的气源压力低于压缩机额定吸气压力。吸气压力偏低,影响压缩机的吸气效率,造成 CNG 站能耗增高。由于气源压力满足不了压缩机设计工况要求,可以通过对压缩机进行适当的技术改造,调低压缩机的额定吸气压力,调整各级间压缩比,提高压缩机排气量,降低 CNG 站单位产品能耗。

1 气源压力对压缩机能耗的影响

1.1 气源压力情况

华油公司 CNG 站的气源压力为 0.1~1.4 MPa,其中 65% 以上的加气站气源压力低于 0.4 MPa。气源压力最高的为长寿桃花 CNG 站,其气源压力值为 1.4 MPa;气源供应紧张的成都地区,CNG 站供气压力普遍偏低^[1],部分 CNG 站在中午和傍晚民用气高峰时段不得不选择停产,气源压力最低的为郫县站和温江站,其气源压力低值不足 0.1 MPa。

1.2 压缩机额定吸气压力情况

华油公司 CNG 站的压缩机额定吸气压力为 0.3~1.5 MPa,额定吸气压力为 0.3 MPa 的加气站有 11 座。各 CNG 站气源压力与压缩机额定吸气压力变化规律基本一致。经过统计,有 69% 的 CNG 站的气源压力低于压缩机额定吸气压力。由于吸气压力偏低,影响了压缩机的吸入量,降低了压缩机的吸气效率。

1.3 进气压力、压缩机额定吸气压力与单位能耗关系

平均进气压力接近于压缩机额定吸气压力的 CNG 站,用电单耗相对较低,平均进气压力越低于压缩机额定吸气压力,用电单耗越高。华油公司部分 CNG 站压缩机气源管线平均进气压力远低于压缩机额定吸气压力,造成压缩机运行效率低下,CNG 站能耗明显增高。

2 CNG 站压缩机技术改造原理

CNG 站压缩机属于往复式活塞式压缩机,都有气缸、活塞和气阀,压缩气体的工作过程可分为膨胀、吸入、压缩和排出四个阶段^[2]。针对气源压力满足不了压缩机设计工况要求的情况,可以通过扩大压缩机气缸直径的方式来调整压缩机工况,提高压缩机运行效率,降低单位产品能耗。一方面,行程容积与气缸直径成正比,在压缩机电机转速、活塞行程、进气压力等指标参数恒定的情况下,通过扩大缸径的方式能够增大压缩机的排量。另一方面,因为 CNG 站实际进气压力长期低于压缩机额定进气压力,压缩机本身设计的各级压缩比在机器运转过程中会出现偏移(升高),压缩机各级间负荷不均,没有实现合理分配,在进行压缩机气缸改造过程中可以兼顾对各级压缩比的调整,计算并优化压缩机各级的压缩比^[1]。

3 CNG 站压缩机技术改造

3.1 华阳鸿运 CNG 站压缩机基本情况

本文对华油公司下属华阳鸿运 CNG 站进行了

CNG 压缩机技术改造。压缩机基本情况如表 1 所示。

表 1 华阳鸿运 CNG 站压缩机基本情况

编号	1 [#]	2 [#]
规格型号	ZW-2.5/3-250JXB	ZW-4.25/3-250AJX
数量/台	2	1
额定进气压力/MPa	0.3	0.3
排量/(m ³ /h)	533	950
投用时间	2002 年	2008 年

3.2 压缩机改造方案

3.2.1 压缩机原始设计状态

选择 2[#] 压缩机作为改造对象。该压缩机原设计状态为立式三列四级压缩,气缸无油润滑,其中一级缸径 Φ155 mm,二级缸径 Φ102 mm,三、四级缸径 Φ78 mm,排气量 200~300 m³,容积流量 2.5 m³/min,即 533 m³/h,轴功率 106 kW,使用时间约 10 a。

3.2.2 压缩机实际运行状态

由于 10 a 间该地区用气量的增加,用气环境发生了很大变化,进气压力平均只有 0.18 MPa,远低于 0.3 MPa。理论计算值为:进气压力为 0.22 MPa 时,排气量应是 430 m³/h;进气压力为 0.2 MPa 时,排气量应是 400 m³/h;进气压力为 0.18 MPa 时,排气量应是 380 m³/h。因为该机使用年限较久,内泄漏较严重,因此,该机的实际排气量比理论计算值还低 10%~20%。实际排气量为:进气压力为 0.22 MPa 时,实际排气量 350~390 m³/h;进气压力为 0.2 MPa 时,实际排气量 320~360 m³/h;进气压力为 0.18 MPa 时,实际排气量 300~340 m³/h;当进气压力再降低时,排气量将减少得更多。

3.2.3 压缩机改造参数

当进气压力降低时,要增加压缩机的流量,在原压缩机电机不变的情况下,仅能用扩大容积流量的方法来解决,机械方面也要考虑克服内泄漏的问题,并要参考原机的实际机械状态^[3]。相关参数如下:

缸体:一级缸径 Φ155 mm 扩为 Φ175 mm,二级缸径 Φ102 mm 扩为 Φ105 mm,三、四级缸径 Φ78 mm 扩为 Φ80 mm。

内泄漏:扩大缸径的同时克服了由于缸径磨损造成的内泄漏问题。

最高排气温度:≤138℃。

3.3 其他问题的说明

◆ 改造压缩机是完全依照 JB/T 10298—2001《汽

车加气站用天然气压缩机》、GB 50156—2012《汽车加油加气站设计与施工规范》、JB/T 9105—1999《大型往复式活塞压缩机技术条件》、GB/T 3853—1998《容积式压缩机验收试验》、JB/T 7665—2007《通用机械噪声功率级现场测定 声强法》、GB/T 7777—2003《容积式压缩机机械振动测量与评价》、GB 3836.1—2000《爆炸性气体环境用电气设备》的规定来执行。改造后的活塞环、支承环、活塞杆使用寿命保证 10 000 h,缸体 20 000 h 以上,所有改造部分保修期 1 a。

◆ 改造后,压缩比发生了变化,但各级进气压力都不超过原机压力,故原机的各级安全阀、压力容器,不必调换。由于压缩比加大,使各级排气温度有所提高,但冷却器的冷却能力能保证,故不必加大冷却器。CNG 站应根据原出厂文件及有关规定定期对冷却器进行清洗试压。

4 压缩机改造前后能耗分析

华阳鸿运 CNG 站日常进站压力波动情况如表 2 所示。

表 2 华阳鸿运 CNG 站日常进站压力波动情况

时间段	进气压力范围/MPa	运行情况
7:00~8:00	0.10~0.15	生产
8:00~11:00	0.10~0.15	生产
11:00~13:00	<0.10	停产
13:00~17:00	0.15~0.18	生产
17:00~19:00	<0.10	停产
其它时段	0.20~0.22	生产

根据上述情况,压缩机运行的进气压力区间主要 在 0.10~0.22 MPa 之间,选择在不同时段实施 20 min 数据监测录取,20 min 范围内进气压力和储气压力相对变化值较小,监测数据的参考价值更大,能够准确反映出压缩机在不同工况情况下的单位能耗。通过对 2[#] 压缩机改造前后单独运行数据统计,得出不同进气压力和不同储气压力条件下 2[#] 压缩机单独运行数据。改造前后排量及能耗对比结果如表 3 所示。

4.1 改造后实际产能同比增加 42%

根据 2[#] 压缩机改造前后排量对比分析,当进气压力最低储气压力最高时,压缩机排量从 100

m³/20 min 增加到 155 m³/20 min, 排气量增幅为 55%; 当进气压力最高储气压力最低时, 最高排量从 129 m³/20 min 增加到 181 m³/20 min, 排气量增幅为 40.3%。

表 3 压缩机改造前后能耗对比

一级进 气压力/ MPa	储气 压力/ MPa	排量/ (m ³ /20min)		增加 率/ %	耗电量/ (kW·h/m ³)		节电 率/ %
		前	后		前	后	
0.16	16	111	159	43.2	0.222	0.167	24.7
	18	109	159	45.9	0.242	0.176	27.3
	20	107	158	47.7	0.258	0.186	27.9
	22	104	157	51.0	0.278	0.196	29.5
	25	100	155	55.0	0.308	0.211	31.5
0.18	16	120	170	41.7	0.219	0.164	25.1
	18	118	169	43.2	0.237	0.174	26.6
	20	116	168	44.8	0.255	0.183	28.2
	22	113	167	47.8	0.275	0.193	29.8
	25	108	165	52.8	0.304	0.209	31.3
0.2	16	129	181	40.3	0.204	0.162	20.6
	18	127	180	41.7	0.217	0.171	21.2
	20	124	179	44.4	0.233	0.180	22.8
	22	121	178	47.1	0.249	0.190	23.7
	25	116	176	51.7	0.276	0.205	25.7

考虑到两个重要因素: 一是该机年久失修, 内泄漏较严重, 达到了 10%~20%, 改造后, 缸体、活塞、活塞环等全部更换, 解决了内泄漏严重的问题; 二是改造后压缩机运行初期, 监测到的排气量数据偏高, 活塞环等零部件经过一段时间磨合后, 排量会有一个正常的下降空间。即使有这两个因素的影响, 改造后压缩机排气量增幅至少也在 20% 以上。

2# 压缩机改造前平均每天运行约 10 h, 生产压缩天然气约 2 460 m³, 改造后可生产压缩天然气约 3 500 m³, 产能同比增加 42%。在销售量不变的情况下, 平均每天可减少运行时间 3 h。

4.2 改造后单位天然气耗电量节约 20% 以上

压缩机改造前耗电量 0.204~0.308 kW·h/m³, 改造后耗电量 0.162~0.211 kW·h/m³, 实现节约用

电 0.042~0.097 kW·h/m³, 节电率超过 20%, 最高可达 31.5%。

4.3 改造后最高进气压力不能高于 0.2 MPa

通过对压缩机改造后的数据监测, 压缩机在进气压力 0.2 MPa 时, 即可接近压缩机额定功率。因此, 该站必须监控进气压力变化情况, 避免进气压力高于 0.2 MPa 时, 压缩机可能会连锁保护而自动停机。换言之, 若进气压力长期高于 0.2 MPa (额定吸气压力的 2/3), 压缩机是不适合改造的。

在生产运行过程中, 当进气压力高于 0.2 MPa 时, 必须停机, 切换未改造压缩机, 以保证安全生产。

5 结束语

本次压缩机改造费用 45 860 元, 改造前 2# 压缩机单位能耗为 0.22 kW·h/m³, 平均每日耗电量为 770 kW·h, 电费 808 元 (鸿运站平均电价为 1.05 元/(kW·h))。保守按照耗电量节约 20% 计算, 每天可节省 162 元, 283 d 可收回改造投入的费用。压缩机经过改造后半年内连续运行, 运行期间安全平稳, 无任何异常。通过压缩机缸径改造, 达到了节能提效的目的。

参 考 文 献

[1] 朱小华, 王龙龙. CNG 压缩机的能耗与节能分析[J]. 天然气技术, 2008, 2(4): 56-59.
[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] 张莎丽. CNG 压缩机的能耗分析[J]. 江汉石油科技, 2010, 20(1): 55-57.

(收稿日期 2013-08-30)
(编辑 石津铭)

