

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2012.09.004

天然气门站管网压力能回收利用技术研发与应用

□ 深圳市燃气集团股份有限公司(518040) 安成名

摘 要: 高压天然气在调压的过程中会产生很大的压力降, 释放大量的能量。如果能采用适当的方式回收利用这部分压力能, 将在很大程度上提高能源利用率和天然气管网运行的经济性。本文介绍了西气东输二线某门站高压天然气压力能回收利用情况, 分析了本项目所解决的关键技术难题, 指出了该项目的示范意义, 并对其应用前景进行了展望。

关键词: 天然气门站 压力能 发电

1 引言

随着天然气管网的建设, 当前世界的输气管道发展的总趋势是: 长运距、大口径、高压力和网络化。输气管道向更高输送压力的方向发展是一个趋势, 也在一定程度上反映了一个国家输气管道的整体技术水平^[1]。目前, 世界上部分国家陆上输气管道的最高设计压力为: 美国12MPa, 前苏联7.5MPa, 德国和意大利8MPa, 中国10MPa^[2]。我国“西气东输”管道、陕京线及二线系统和冀宁联络线输气管道的设计输气压力都达到了10MPa。即将建设的西气东输二线管道, 设计压力可以达到12.0MPa, 我国长输管道技术正在向世界先进技术迈进^[3]。

由高压输气干线输送来的高压天然气, 在各城市的天然气接收门站、调压站都需要根据下游用户的供气压力要求进行降压, 然后才能够供应给普通用户(如城市燃气用户、公商用户等)使用^[4]。所以各城市的天然气接收门站或接收门站后都设有调压站。

高压天然气在调压站内调压, 一般采用一级调压或者二级调压的方式。一级调压是指直接将超高压天然气或高压天然气降压到0.2MPa~0.4MPa(表压)的中压标准; 而二级调压是指先将超高压天然气或高压天然气调压到1.6MPa~2.0MPa(表压)左右, 然后再

进一步调压至0.2MPa~0.4MPa(表压)的中压标准。中压天然气通过城市中压燃气管网进入小区或各楼栋, 借助于各小区的调压装置(如调压箱、调压站、调压井、调压柜等)将压力降低到2.5kPa(表压)左右供用户使用^[5]。

高压天然气在调压的过程中会产生很大的压力降, 释放大量的能量, 但这部分能量的利用在国内尚未引起足够的重视^[6]。如果能采用适当的方式回收利用这部分压力能, 将能在很大程度上提高能源利用率和天然气管网运行的经济性^[7]。“十一五”期间我国重点推进的十项节能工程之一是余热余压利用工程, 随着城市天然气应用力度的逐渐增加, 天然气管网的发展, 高压天然气的压力能回收利用技术将具有广阔的发展空间, 具有现实意义。

本文介绍了西气东输二线某天然气门站压力能回收利用情况, 对本门站高压天然气压力能回收利用项目进行了研究, 分析了该项目所解决的关键技术难题, 指出了本项目对其他西气东输Ⅱ线门站的示范意义, 并对其应用前景进行了展望。

2 项目的背景情况

西气东输二线深圳某门站通过开发及建成管网压

力能回收利用技术及其示范装置，充分地利用天然气门站在调压过程中所产生的压力能进行发电，可满足本门站生产、办公设施用电，多余电力可驱动压缩机制冰，同时还可回收调压后的低温天然气所蕴含的冷量进行制冰，并通过该示范装置的示范作用，进一步完善和推广该技术的工业应用，建立成熟的天然气门站压力能回收利用系统。其原理如图1所示。

3 工艺流程开发及设计

根据西气东输二线求雨岭门站的现场条件，各压力等级管线位置的实际情况，确定该门站压力能发电/制冰示范装置的压力等级为4.0MPa调压至1.6MPa。采用透平膨胀机发电后，所发电力驱动制冰机制冰。天然气的流量为 $1.5 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{h}$ ，压力为4MPa，调

压后的天然气压力为1.6MPa，温度为20℃。制冷剂R134a经压缩机压缩温度升高，分为两股：其中一股制冷剂R134a与-29℃的低温天然气换热，温度降低后节流，温度降低，进入制冰机制冰；另一股制冷剂R134a经压缩机压缩后温度升高，经循环水系统冷却后节流，温度降低，进入制冰机制冰，制冰后的制冷剂R134a温度升高，完成制冷剂循环。循环水经泵升压后，冷却制冷剂R134a。

天然气高压能所发电量主要用于满足该门站生产、办公设施用电，多余电力可驱动压缩机制冰。设计天然气管网压力能高效利用的流程图如图2所示。

从图2可以看出，高压管网天然气经节流阀节流后温度降低，再经透平膨胀机进一步膨胀，温度降低至-29℃；-29℃的低温天然气与制冷剂R134a换热，天然气的温度升高至2℃后，并入下游天然气管网。

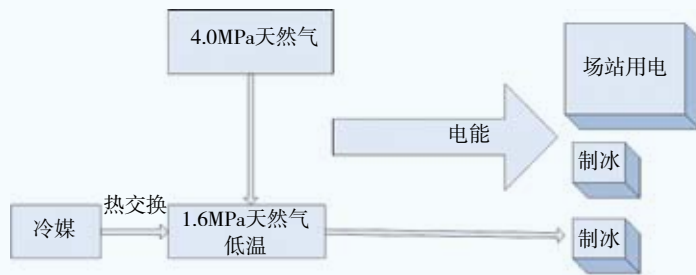


图1 西气东输II线深圳某门站天然气压力能回收技术原理图

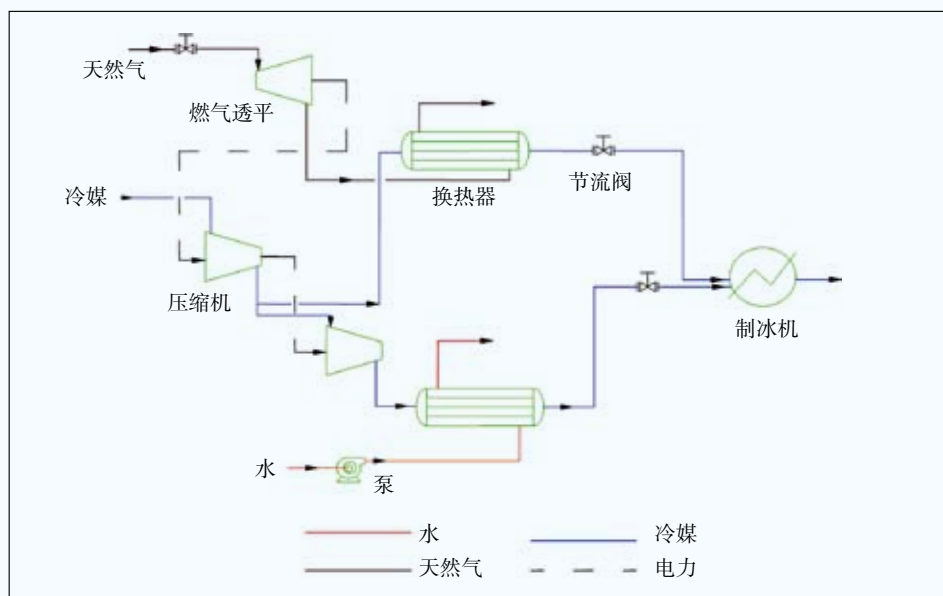


图2 天然气管网压力能高效利用流程图

4 关键技术解决

4.1 膨胀机与发电机之间的衔接与匹配

本项目中膨胀机流量 $15\ 000 \pm 15\% \text{Nm}^3/\text{h}$ ，进出口压力约为4.0MPa、1.6MPa，进出口温度分别为30℃、-20℃，工作转速为 $25\ 000 \pm 5\% \text{r}/\text{min}$ 。膨胀机进口压力在30℃，低于3.8MPa，转速将得不到保证。温度对转速影响可通过气量调整过来，其出口温度也会相应变化。

发电机采用三相异步交流发电机，规格为6 000V—50Hz，工作转速为1 500r/min。可以看出膨胀机的转速与发电机的转速之间存在较大差异，如何实现膨胀机与发电机之间的较好衔接与转速匹配是技术核心。本项目在膨胀机与发电机之间接入高速减速器和联轴器以降低转速，增加转矩，带动发电机转动，成功地解决了膨胀机与发电机之间转速不匹配的问题，实现了国内首例天然气门站压力能发电技术，填补了国内天然气门站压力能发电技术空白。

4.2 防爆发电设备技术要求高

本项目中天然气的处理量为 $15\ 000 \pm 15\% \text{Nm}^3/\text{h}$ ，规模较大，设备在运转过程中将会产生大量的热，另外，天然气的进口压力较高，这些条件对设备的耐热、耐压、密封性等都提出了较高的要求。膨胀机正常工作转速为 $25\ 000 \pm 5\% \text{r}/\text{min}$ ，转速较大，在运转过程中如果工作轮的叶片有磨损，或者在叶轮内有杂质冻结，这时将破坏转子的动平衡，由此引起过大的振动，甚至导致设备无法正常运行。本项目采用单级卧式撬装化发电装置，该装置设计压力为4.5MPa，以干气密封气系统进行密封，采用润滑油系统来促进润滑、加强散热、减少膨胀机的摩擦损失，在膨胀机内也起到防止泄漏和减少噪音的作用，也是国内第一例能满足此规模天然气处理量的压力能发电装置。

4.3 变工况分析

在设备运行过程中，天然气流量会在标准值上下波动，由文献调研结果可知，透平膨胀机在负荷波动超过 $\pm 20\%$ 后，其效率严重下降。因此，本文中以各透平膨胀机的负荷波动 $\pm 20\%$ 为界限，低于20%负荷波动，各膨胀机的效率维持不变，高于 $\pm 20\%$ 负荷波动以异常工况处理。表1为4.0MPa调1.6MPa方案负荷波动 $\pm 20\%$ 对各换热器的换热效果的影响（换热器面

积一定）。

从表1中可以看出，在天然气流量在 $\pm 20\%$ 以内波动时，本项目中各换热器均可以满足天然气的调压及加热要求，即天然气负荷波动在 $\pm 20\%$ 以内时，方案的操作弹性为20%，满足设计要求。

表1 负荷波动对各换热器换热效果影响 (°C)

天然气流量	HX01		HX02	
	进口	出口	进口	出口
120%	74	31.3	-29	-1.7
110%	74	30.4	-29	-0.5
100%	74	30	-29	0.8
90%	74	29.1	-29	1.6
80%	74	28.7	-29	2.8

5 主要设备

综上所述，确定4.0MPa调1.6MPa为本项目推荐方案，本项目每小时可发电200kW，其中可供办公楼日常用电为50 kW；本方案可提供-16℃的制冷剂R134a约9t/h，可制冰3.3t/h，每天约80t。

本项目每小时发电约200kW，若每年以8 600h计，年节电量为172万kW。若以每kW电力0.85元计，则本项目每年可得收入146.2万元。项目采用的主要设备和参数如下：

表2 示范装置设备主要参数

序号	名称	技术参数	数量	功能	备注
1	透平发电机	240kWh	1	发电	定制
2	压缩机	1-3bar; 3-9bar	2	压缩制冷剂	定制
3	制冰机	制冰能力80t/天	1	制冰	定制
4	制冷剂储罐	20m ³	1	储存制冷剂	采购
5	换热器	换热面积900m ² 热负荷700kW	1	取冷和冷却 制冷剂	定制
6	泵	功率1.6kW, 扬程30m	1	冷媒循环	采购

6 结论与展望

通过该装置的示范研究作用，掌握天然气门站管网压力能发电技术，可以在全国范围内类似规模的天

加强CNG加气站的细节设计

□ 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院 (100191) 王海霞

摘要: 加气站的设计已呈模块化, 在提高设计速度的同时, 也带来了一些问题, 如只讲速度, 忽视质量, 特别是细节方面的设计, 这些看似微小的环节在投产时会给业主造成材料浪费、资金二次投入及延误投产等状况。本文总结了相关工程实例中出现的问题, 分析其原因及解决方案, 并提出了杜绝类似现象发生的措施。

关键词: 压缩天然气 (CNG) 加气站 细节设计

自1998年首个标准压缩天然气 (CNG) 加气站在中原油田设计投产以来, CNG加气站已走过了14年的历程, 在此期间, 无论是设计工艺还是相应的设备、施工水平都在不断提高, 特别是近些年来, 大型压缩

天然气加气母站的相继投产, 更是为压缩天然气的广泛应用提供了宽广的舞台。

纵观加气站的发展史, 可以发现, 其主要的工艺流程基本变化不大, 主要是设备的更新换代较快。站

然气门站进行推广和应用, 实现科技成果转化, 对提高国内天然气门站能源利用效率和天然气门站管网运行的经济性具有重要意义。

随着我国天然气产业的发展, 西气东输一线、二线的陆续建成投产, 我国高压天然气管网的建设已经逐步成型; 其中西气东输一线的年供气能力已逾120亿 m^3 , 西气东输二线设计的年供气能力为300亿 m^3 ^[8], 若不考虑高压天然气输送过程中由于补充压力而造成的天然气损失, 仅西气东输一线、二线4.0MPa调1.6MPa这一压力等级即可回收802亿kW, 相当于约30万t标煤, 节能效果显著, 市场应用前景良好。

参考文献

1 刘雯, 邹晓波. 国外天然气管道输送技术发展现状[J].

石油工程建设, 2005; 31 (3): 20-23

2 余洋. 中国油气管道发展现状及前景展望[J]. 国际石油经济, 2007; 15 (3): 27-29, 33

3 杨惠雯. 浅析西气东输二线长输管道设计[J]. 中国高新技术企业 (中旬刊), 2011; (1): 70-72

4 邵华. 燃气调压站的安全装置及其安全性分析[J]. 煤气与热力, 2009; 29 (6): 43-46

5 姚黎明. 城镇燃气设计规范的建议[J]. 油气田地面工程, 2004; 23 (3): 58

6 陈绍凯, 李自力, 雷思罗等. 高压天然气压力能的回收利用技术[J]. 煤气与热力, 2008; 28 (4): 31-35, 40

7 徐文东, 郑惠平, 郎雪梅等. 高压管网天然气压力能回收利用技术[J]. 化工进展, 2010; 29 (12): 2385-2389

8 吴宏. 西气东输管道工程介绍 (上) [J]. 天然气工业, 2003; 23 (6): 117-122