

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2014.10.002

北京天然气管网压力能发电潜能研究 及应用前景分析

□ 北京市燃气集团有限责任公司 (100011) 李夏喜 荆亚州 高岷 王硕 韩立信 严琳
□ 华南理工大学 (510640) 徐文东 袁丹

摘要: 文章简述了城市天然气管网压力能应用技术的发展过程和最新成果,以2013年北京天然气供应工况为基础,对北京天然气管网压力能发电潜能进行了模拟计算和分析,结合企业发展需求和国家节能减排政策展望了北京天然气管网压力能发电技术的五方面应用前景。

关键词: 天然气管网压力能 发电潜能 节能减排 应用前景

Research and Application Prospect Analysis of Power Generation Potential of Beijing Pressure Energy of Natural Gas Pipe Networks

High Pressure Pipe Network of Beijing Gas Group

Li Xiayi, Jing Yazhou, Gao Min, Wang Shuo, Han Lixin, Yan Lin
South China University of Technology Xu Wendong, Yuan Dan

Abstract: The article outlines the development of technology and the latest achievements of the city pressure energy of Natural-gas pipe networks' applications. As the basis of Beijing gas supply conditions in 2013, through simulating and analyzing power generation potential of Beijing pressure energy of Natural-gas pipe networks, combined with the needs of development of enterprise and the national policy of energy-saving and emission-reduction, it puts forward five application prospects of utilizing the Beijing pressure energy of Natural-gas pipe networks to generate electricity.

Keywords: pressure energy of natural gas pipe networks power generation potential energy-saving and emission-reduction application prospect

1 引言

近年来我国管道燃气事业迅猛发展,根据“十二五”发展计划至2015年城镇燃气管道总长度

达到60万km^[1]。2013年北京燃气供应量达到了91.4亿m³,运行管线长1.95万km。天然气长输管线往往通过高压方式到达终端用户^[2-4],如“西气东输”和“陕—京二线”等输气压力都达到10MPa,然后经城

镇燃气管道降压工艺与用气设备匹配。传统的降压方式不仅将蕴含的压力能浪费掉，还因为急剧降温对管道及设备运行安全构成威胁。采用特定的新工艺和装置进行压力能发电，回收巨大的压力能，是目前燃气行业节能新技术，具有消除设备安全隐患、经济性较大等优点，应用到北京天然气管网不仅可以解决偏远调压场站、调压箱缺电问题，还能替代或减少办公场所的市政用电，为企业节能降耗开辟新的能源途径，为北京地区节能减排、保护环境做出贡献。

2 城镇天然气管网压力能发电技术

城镇天然气管网压力能发电技术是利用高压天然气在降压过程中产生很大压力降释放的能量驱动发电机发电，该技术不仅可以提高天然气的能源利用率，还增加了城镇天然气管网运行的经济性^[5]。

城镇天然气管网压力能发电技术可根据研究时间、适用范围、技术特点、技术成熟程度等条件划分为4个阶段，每个阶段技术特点如表1。

第一阶段城镇天然气管网压力能发电技术最早文献研究于上世纪六七十年代，最早采用大型膨胀机用于开发石炭系气藏的高压能。龙庆晏^[6]及其研究人员利用4.0MPa的进口压力，2.0MPa的出口压力，日处理7万m³~10万m³气流量设计研究的特制发电机发出电流15A、电压230V、功率3.5kW的电能，其效果相当于当时1台TQ-4-1/230型汽油发电机的供电能力，该技术受一些因素影响未得到推广，但无疑是综合利用气

田压能的途径之一。

第二阶段城镇天然气压力能发电技术是利用膨胀机在大型调压站发电。在该阶段城镇天然气管网压力能发电技术经过科研攻关和技术攻关，在发电规模和发电性能上均有所突破。国外成功建站的是日本东京电力公司采用高压天然气管网压力能直接膨胀发电利用技术（见图1），建设了一座发电能力为7 700kW的示范站。国内比较典型的是王松岭^[7]等提出了针对天然气管网压力能利用的联合循环系统，开拓了一种回收天然气管网压力能用于联合循环发电的新思路。

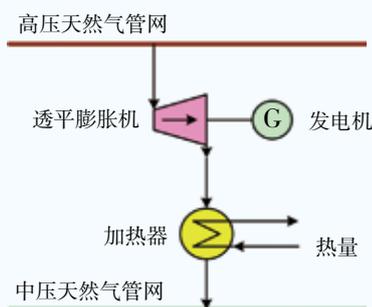


图1 天然气压力能膨胀发电流程图

第三阶段城镇天然气管网压力能发电技术基本实现了在不同规模天然气调压站发电。国内研究学者不断研究不同发电规模的工艺理论，使发电技术更能迎合实际需要。例如华南理工大学的徐文东教授研发的利用管网压力能发电与制冰和小型天然气管网压力能发电工艺两项专利。同时国内首个天然气管网压力能利用与发电制冰示范站—留仙洞天然气压力能发电

表1 城镇天然气管网压力能发电技术发展阶段表

阶段	研发时间	适用范围	主要设备	技术特点
第一阶段	1960年~1970年	气藏、天然气埋藏较深的地方	大型膨胀机	受当时设备条件和研发条件影响，发电工艺粗糙，发电效率较低，成本较高，同时存在安全隐患，可作为科学研究，不适宜推广。
第二阶段	1990年~2000年	大型城镇天然气调压场站	透平膨胀机	设备效率能达到70%，成本较高，需要匹配10倍高速比减速箱，国外有成功建站实例，国内处于理论研究阶段。
第三阶段	2000年~2010年	可在不同规模调压场站使用	小型透平膨胀机	设备效率达到80%，部分实现国产化，成本有所降低，工艺体积逐渐减小，但不能脱离润滑油系统，理论研究成熟，有成功建站经验。
第四阶段	2013年~至今	调压站、调压箱、调压柜等小型设施中	流体马达	新型设备，全部实现国产化；无油结构，无冷却系统，可实现气体/液体/油/含杂质的混合流体；转速低，体积小，功率突破最小100瓦极限；发电拥有较高的自控系统，发电稳定、安全，具有大规模推广价值。

别有53处，其余为发电1 000kW级别以下；最大发电量为运行六所阎村门站7 090kW，最小发电量为运行运行三所管辖内的方热次高压A站69kW。

3.2 实际瞬时工况压力能模拟计算

通过调研北京燃气调度中心调压站数据，对2013年12月26日18:30瞬时工况值进行计算。由图3分析得：北京燃气99个调压站总发电量为140 355kW。其中可发电2 000kW级别有13处，可发电1 000kW的有17处，其余为发电1 000kW级别以下；最大发电量为运行一所辖区内的采育门站14 672kW，最小发电量为运行六所西郊高压B门站1kW。

2.3 典型调压站实地调研计算

为精准修正压力能计算值，减小计算偏差，通过科学合理的筛选方法对99个调压站进行了筛选，对筛选出来的5个对象进行了实地调研，确定了压力能利用的波动下限值。

通过以上3部分内容的计算，精确得到了北京天然气可利用压力能的总量：

北京天然气高压管网分公司99个调压站压力能利用潜力期望值为16亿kWh，实际可利用的瞬时工况压力能值为12.29亿kWh，实地调研可利用值为1.85亿kWh。

除此之外，北京燃气还有数量可观的调压箱、调压柜等设施，蕴藏丰富的压力能资源。开发调压箱/

表3 实地调研压力能计算表

	瞬时压力能 N _(s)	实地可利用 压力能N _(y)	可利用量 N _(y) /N _(s)
次渠门站	3 890 kW	1 334 kW	34.29%
北郊高压B	3 400 kW	1 334 kW	39.24%
南湖渠高压B	1 400 kW	1 117 kW	79.79%
瀛海高压A调	7 060 kW	200 kW	2.83%
阎村门站	17 317 kW	1 000 kW	5.77%
总计	33 067 kW	4 985 kW	15.08%
计算	12.29亿kWh	1.85亿kWh	15.08%

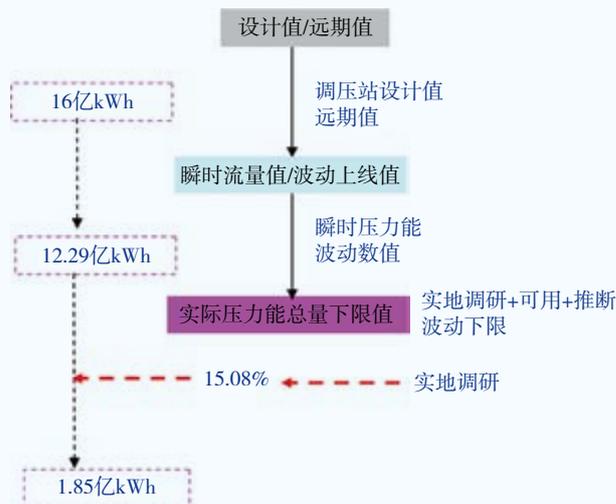


图4 北京天然气管网压力能发电潜能计算结果

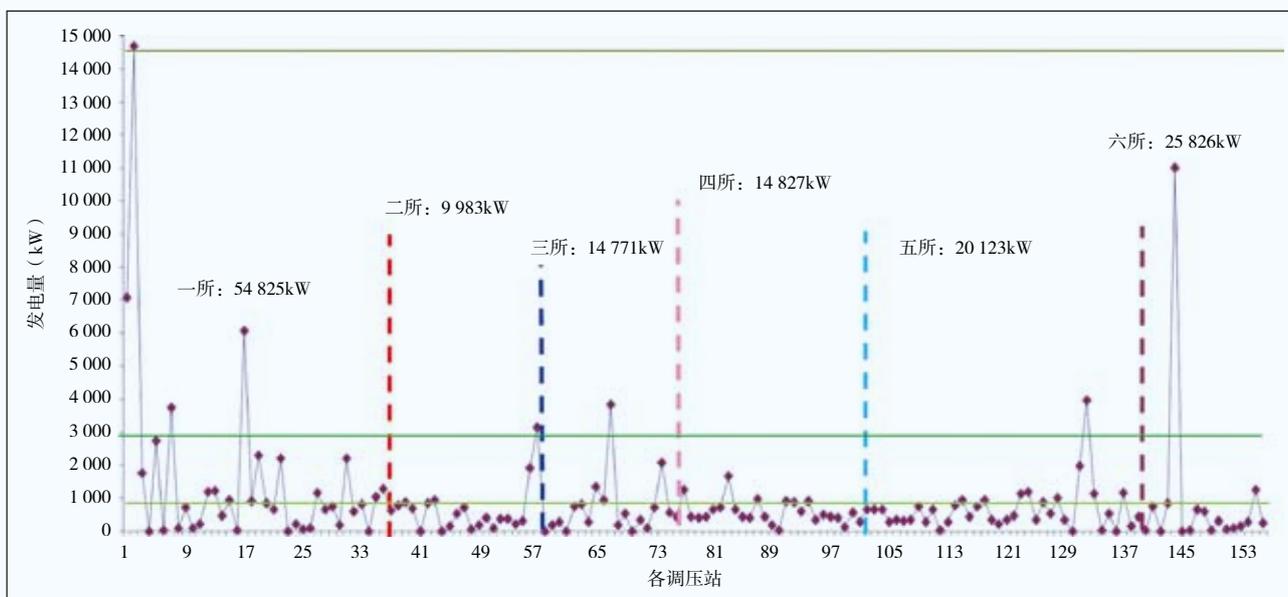


图3 实际工况下北京天然气99个调压站发电量图

柜压力能资源需要对天然气压力能发电工艺、设备等进行小型化处理，需要配合专业的设备生产商共同进行开发研究。

4 应用前景分析

通过以上调研分析计算，北京天然气高压管网分公司99个调压站可利用的压力能发电总量为1.85亿kWh，而2013年北京燃气高压分公司总用电量为400万kWh，其中包含六个运行所用电量270万kWh，从理论分析来看能够完全满足公司用电。新型天然气管网压力能发电技术的大规模推广有广阔的应用前景和市场价格，主要表现在以下几个方面：

4.1 解决北京燃气偏远场站生产及辅助生产用电

根据实地调研北京燃气高压公司6个运行所调压站、调压箱有无市电情况如表4。

表4 运行所调压站、调压箱有无电情况调研统计表

运行所站	调压站无电数量	调压箱无电数量	无电总数量
运行一所	3	0	3
运行二所	10	4	4
运行三所	1	3	4
运行四所	1	6	7
运行五所	2	7	9
运行六所	0	0	0
合计	17	20	37

根据调研统计：6个运行所调压站/箱总共有37个处于无电情况，其中包含8个无供电设施，部分站箱应用了太阳能供电方式。调压站内用电包括生产用电和辅助生产用电两部分。生产用电设备包含：防爆电灯、防爆风机、伴热带、监控设备、电动阀门、信号远传设备等，辅助生产用电设备包含：空调、电脑等一系列办公设备等。不存在办公需求的调压站一般用电较少，例如华源西里调压站用电规模在5kW左右，目前调研处于无电状态的调压站均属于此种类型。由于地处偏远等原因，调压站没有电能，所有用电设备均无法正常使用，这不仅存在生产安全隐患，同样远传参数采集无法实现，阻碍了管道管理水平的提高。

新型天然气管网压力能发电技术的应用可以使调压站得到电能，所有用电设备正常使用，消除安全隐患的同时，可以实现远程数据采集和控制。同时由于该技术拥有自动控制系统，可以实现无人看守正常运作，远程控制等功能，极大提高了天然气管道运行管理水平，促进了企业发展。

4.2 为管网关键设备工况监控提供电源，为实现“智慧燃气、智能管网”服务

目前城市燃气管网的关键设备由于电能短缺无法使用工况监控设备，同时部分太阳能供电设备容易受到天气影响，无法保证提供稳定电源，导致监控系统时断时续，监测数据不连贯。城镇天然气管网压力能发电技术彻底克服了以上缺陷，能够解决很多电动及监控设备的用电难题，使诸多研究突破限制瓶颈，为大力推动城市燃气实现“智慧燃气、智能管网”提供良好平台。

4.3 为北京燃气企业节能降耗，缓解北京地区空气污染

随着用气量不断上升和运行管线的不断增长，2013年北京燃气高压分公司1月~11月累计消耗天然气59万m³，折合标煤为746t，累计电力消耗363万kWh，折合标煤454t。随着能耗的不断增长，公司即将成为北京市能耗重点单位，同时将面临政府能耗审计部门的严格检查和强制性的节能减排，为此，节能减排工作已经受到领导高度重视，列入集团公司的重点工作。新型天然气管网压力能发电技术大规模应用可以为分公司节省大量能源消耗，同时可替换大部分以天然气为能源的锅炉等设备。该技术每1kWh的发电量便可减少0.785kg二氧化碳排放，可以真正为降低PM2.5、缓解北京地区空气污染多做贡献。

4.4 为北京燃气集团绿源达分公司CNG加气站提供电能，降低集团能耗

北京绿源达分公司主要负责北京地区压缩天然气（CNG）和车用液化天然气（LNG）的生产、采购、运输销售等业务。压缩天然气（CNG）的生产工艺是将0.3MPa~0.8MPa低压天然气经过压缩机升压到25MPa，再通过控制系统按高、中、低压顺序储存到储气钢瓶内。工艺中的压缩机功率较大，需要大量电能。通过调研很多高压场站周围均有CNG加气站，以北郊站和南湖渠站为例，北郊站4台压缩机及附属设

备每年用电达200万kWh,折合标煤250t,南湖渠站4台压缩机总功率为1 800kW,每天的用电总量达8 000kWh,折合每年标煤达300t。2个调压站均可利用调压站内高压天然气压力能进行发电,发电规模完全能够满足压缩机的用电量,为集团大规模推广提供了广阔的应用平台。

4.5 迎接电力制度改革,为北京地区谋福利

我国目前电力改革正在提速。2013年3月1日国家电网公司发布《关于做好分布式电源并网服务工作的意见》,这是继支持分布式光伏发电并网后,国家电网公司将支持范围扩大至太阳能、天然气、生物质能、风能、地热能、海洋能、资源综合利用发电等类型分布式电源。该《意见》对分布式电源的界定:位于用户附近,所发电能就地利用,以10kV及以下电压等级接入电网,且单个并网点总装机容量不超过6MW的发电项目。并且针对所有分布式电源并网,国家电网公司再次就提供优惠并网条件、加强配套电网建设、优化并网流程、简化并网手续、提高服务效率等措施做出了承诺。这些都为新型天然气压力能回

收发电技术打开了一扇大门,解决了以往压力能回收发电无法上网的难题,铺平了技术发展的道路。

参考文献

- 1 天然气发展“十二五”规划. 2012
- 2 罗东晓. 高压天然气压力能回收利用技术研究[C]. 2007年中国科学技术协会年会论文集, 2007: 845-849
- 3 安成名. 天然气门站管网压力能回收利用技术研发与应用[J]. 城市燃气, 2012; 9: 25-28
- 4 杨艳利. 天然气管网压力能制冷技术及应用研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2007
- 5 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
- 6 龙庆晏. 天然气压能利用的探讨. 天然气工业, 1985
- 7 王松岭, 论立勇, 谢英柏等. 基于天然气管网压力能回收的联合循环构思[J]. 热能动力工程, 2005; 20(6): 628-631

安全管理消息

秦皇岛市燃气总公司推广使用安全性更高的新型瓶阀

由于天然气汽车使用的是高压易燃的气体燃料,如何提高天然气汽车所装载的燃气钢瓶的安全性能尤为重要。近日,秦皇岛市燃气总公司向燃气汽车使用客户推广使用一种新型的具有限流关闭功能的气瓶阀,可以防止高压天然气泄漏,有效降低事故发生。

目前,天然气汽车供气装置所采用的结构设计中,广泛使用的储气瓶阀门均为手动瓶阀,必须人工操纵才能起到其关闭的功能。在天然气汽车使用过程中一旦出现意外事故或车祸时,如果造成高压管路断裂、接头松脱或配件损坏,极易造成高压天然气气体大量泄漏,扩大事故危害。

国内外专家为了提高燃气汽车专用装置系统

安全进行了大量研究实践,推出了一种新型气瓶阀,该瓶阀加装了一套防泄漏保护装置来自动关闭气瓶阀。当汽车燃气高压系统发生损坏故障,瓶阀内外产生一定压差,导致天然气瞬间大量泄漏时,防泄漏保护装置能自动关闭储气瓶阀门,从而起到防止高压气体泄漏作用。由于该瓶阀在危险产生时不需要人工操作,既可以保证有效地阻断天然气储存源头,避免可燃介质继续外泄,防止火灾发生;又可以避免人员直接手动操作瓶阀可能带来二次伤害,远离车辆闪爆或高压伤人等危险因素,最大程度地保护车辆的使用安全以及司机、乘客们的生命安全。

(程灵 赵楠)