

燃气管道内置发电装置设计与分析

□ 北京市燃气集团有限责任公司 (100035) 张辉 王一君 李夏喜

□ 华南理工大学 (510006) 徐文东 熊凡凡 朱军

摘要: 本文引入微电网概念,介绍了目前影响燃气行业智能化发展的瓶颈问题,就该瓶颈问题,开发了一种燃气管道内置发电装置,并进行了实验测试和数据分析。结果显示:当燃气流速为 $8\text{m/s}\sim 15\text{m/s}$,压力大于 0.4MPa 时,均可输出 1W 以上的功率,该管道内置发电装置可普遍适用于正常工况下的高中压燃气管网。管道内置发电装置在燃气管网上的广泛应用将促进智能管网、智慧燃气、智慧城市的发展。

关键词: 管道内置 发电 微电网 智能管网

The Design and Analysis of Gas Pipeline Built-in Power Generation Device

Zhang Hui, Wang Yijun, Li Xiaxi, Xu Wendong, Xiong Fanfan, Zhu Jun

Abstract: This paper introduced the concept of micro power grid and introduced the current bottleneck problem, affecting the intelligent development of gas industry. Against the problem, a gas pipeline built-in power generation device has been developed, and the experiment test and data analysis have been done. Results showed that when the gas flow rate is $8\text{m/s}\sim 15\text{m/s}$, and pressure is greater than 0.4MPa , more than 1W power can be output. The device can be widely used in the pipeline of high and medium pressure gas pipeline network under normal working condition. The development of the device will promote the development of the intelligent network, wisdom gas and city.

Keywords: Built-in pipe generation micro power grid intelligent pipeline

1 引言

目前,部分天然气场站和输送管道处于偏远地区、无人值守的状态^{[1]-[2]},无法对整个管网进行智能化建设。该场站或输送管道牵拉市电或锂电成本较

高,有些场站采用太阳能供电,但受季节、气候、光照等因素的限制,不能保证稳定供电,导致监控系统时断时续,监测数据不完整。为了解决以上问题,笔者开发了一种管道内置发电装置,供燃气管道、调压站、调压箱及其他用电设施用电,促进了智能管网的建设。

2 燃气管道内置的发电装置

参照风力发电的原理,笔者设计了一种燃气管道内置发电装置,如图1所示,该装置包括叶轮、发电设备、接管式外壳和接线出口。高中压的管道燃气推动叶轮转动,带动发电设备,发出的电力通过接线出口引出至管道外部供电设备使用。在这个过程中,压力能转化为动能,动能再转化为电能。接线出口和接管式外壳具有防爆性和密封性。

该装置外形呈管道状,以管段的形式替换某段原有管段,装置前后直接连接燃气管道,当接管式外壳的直径与燃气管道直径相差太大时,在两者之间设置变径管,接口之间都用法兰连接。该装置具有易安装、体积小、占地面积小,便于运输等优点。

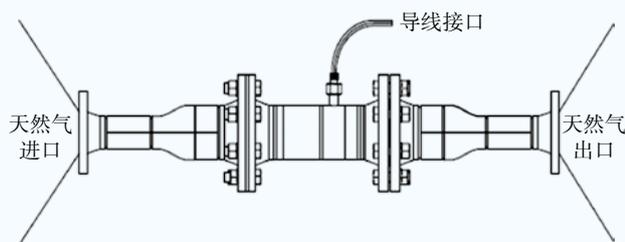


图1 燃气管道内置发电装置

防爆发电机安装在接管式外壳内部,通过一个焊接在接管式外壳内测的发电机套筒固定防发电机的轴向自由度;发电机套筒上方有螺纹孔和配套螺栓,通过旋入螺栓的深度来调节套筒空间大小,用于固定防爆电机的径向自由度;叶轮与防爆电机转轴采用螺纹连接,叶轮安装时旋转方向与叶轮工作时的旋转方向同向,这样避免了叶轮在工作过程中松动。

根据天然气管网高压高流速和低压低流速的特点,叶轮分为高压管道叶轮和低压管道叶轮,当管道压力 $\geq 1.6\text{MPa}$ 时,宜选用高压管道叶轮,9叶片,叶片沿轮毂均匀排列;当管道压力 $< 1.6\text{MPa}$ 时,宜选用低压管道叶轮,3叶片,叶片沿轮毂均匀排列。

叶轮叶片为平底机翼型,考虑气流在叶片表面压力分布,叶片叶顶安装角为 $7^\circ \sim 9^\circ$,叶片叶底安装角为 $18^\circ \sim 20^\circ$,叶片在叶根处不重叠。

导线接线出口采用高压密封接线柱,导线一端与发电机相连,一端焊接在高压密封接线柱内输入端的

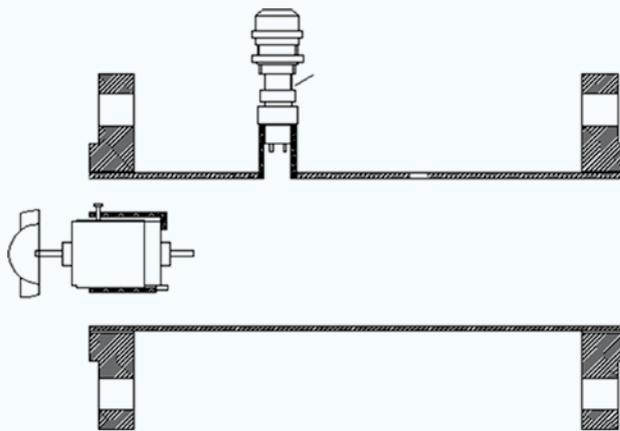


图2 燃气管道内置装置截面图

金属接口上。接管式外壳表面开内螺纹接口,输入端的高压密封接线柱与接管式外壳表面用螺纹连接。接管式外壳外导线一端与稳压器相连,一端和高压密封接线柱的输出端金属接口相连。

接管式外壳前后直接连接燃气管道,燃气流过叶轮时的压力带动叶轮旋转,叶轮与防爆发电机转轴相连,带动转轴旋转发电。导线连接稳压装置,将不同流速下发出的电压稳定在设置范围内。从而实现了压力能到电能的转化。

3 实验数据分析

利用压缩空气进行实验测试,装置测试工艺流程图如图3所示,具体实验测试流程如下:

管道内置发电装置进出口均选用DN89管道进行法兰连接,由截止阀K1调节控制进入装置的空气流量,经流量计计量后进入管道内置发电单元,然后再经过截止阀K2流出测试工艺区。测试过程中由P1和T1观测进入管道内置发电单元的压力和温度。发出的电力经过逆变后为24V DC,一部分进行负载测试,另外一部分储存至蓄电池组内。

调节K1、K2开度,控制进入测试工艺区空气的流量和压力,测量0.2MPa、0.4MPa和0.8MPa压力下,流速分别为8m/s、10m/s、12m/s、14m/s、16m/s下的输出功率。计算公式见(1)和(2):

$$Q=A*V \quad (1)$$

Q —体积流量;

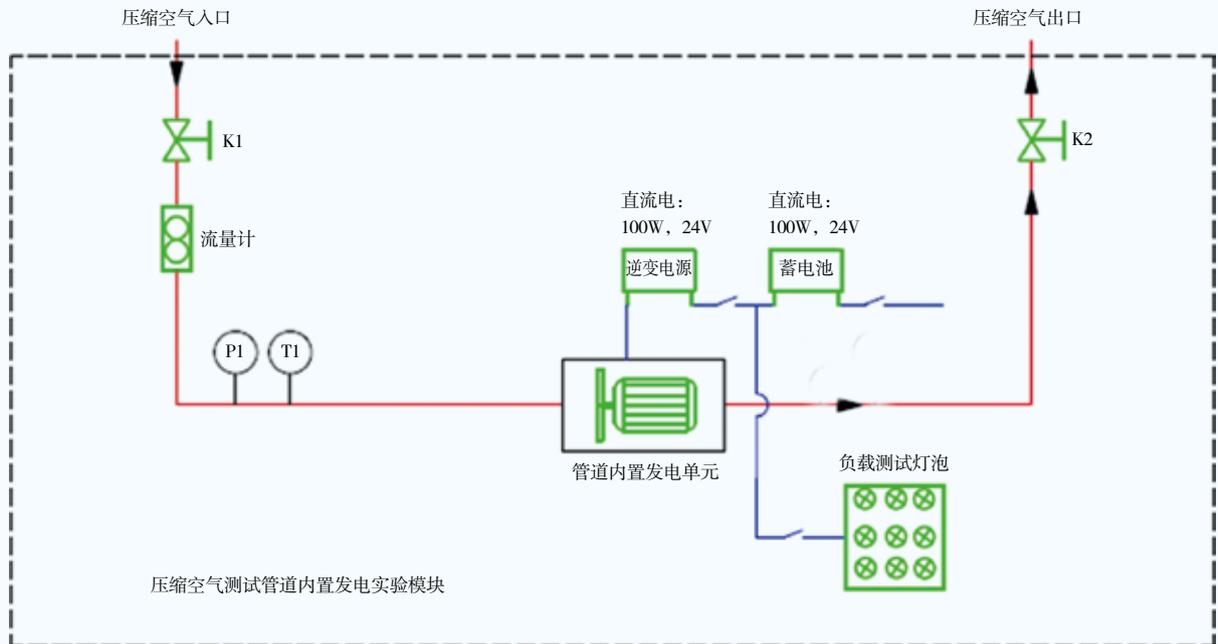


图3 燃气管道内置发电装置测试工艺流程

A —流通截面积；

V —流速；

$$P_w = \frac{\rho}{2} C_p (\lambda, \theta) A_r v_w^3 \quad (2)$$

P_w —从气流中获得的机械功率；

ρ —气流密度；

C_p —功率系数，0.4左右；

λ —叶尖速比；

θ —桨距角；

A_r —风轮扫略面积；

v_w —风速。

核算测试流速 V 对应的流量 Q ，以便实验过程中，通过调节流量来控制进入管道内置发电单元气体的流速，并记录流速、流量，进口压力，进口温度和输出功率等参数。记录数据如表1所示，测试温度 $28.7^\circ\text{C} (\pm 0.4^\circ\text{C})$ 。

表1 不同压力和流速下管道内置发电装置测试
(空气介质) 功率(W)

	8m/s	10m/s	12m/s	14m/s	16m/s
0.2MPa	1.24	2.39	4.31	6.79	10.48
0.4MPa	2.42	4.85	8.57	13.52	20.8
0.8MPa	4.89	9.61	16.9	27.2	40.92

在上述实验中，当流速和压力相同的情况下，将流体的密度从空气换成甲烷密度，可近似求得在甲烷流体在此工况下的输出功率，见表2。

在燃气高中压管网中，燃气的流速为 $8\text{m/s} \sim 15\text{m/s}$ ，从表2可看出，当压力大于 0.4MPa 时，流速在 8m/s 以上的燃气气流均可输出 1W 以上的功率。常见仪表的工作功率多数 $\geq 1\text{W}$ ，故该管道内置发电装置可普遍适用于正常工况下的高中压燃气管网。

表2 不同压力和流速下管道内置发电装置测试
(天然气介质) 功率(W)

	8m/s	10m/s	12m/s	14m/s	16m/s
0.2MPa	0.73	1.42	2.56	4.04	6.23
0.4MPa	1.43	2.88	5.09	8.04	12.37
0.8MPa	2.91	5.71	10.05	16.18	24.34

4 结语

燃气行业的智能化水平直接反映着行业的发展水平，制约着企业运营安全、客户满意度、企业经济效益等。但目前，燃气行业部分设施处在偏远地区无法牵拉市电，阻碍了设备的数据采集与远程监控，给安全生产构成了威胁。

管道内置发电装置可以有效地解决以上难题，内置发电装置分为固定式和移动式两种，以固定式为主，其中管道内置固定式发电装置可广泛应用在高中压管道上，供智能供气、调峰、监控与数据采集、决策支持、巡检、用气服务及未来用户发展等方面大量的数据、资料有机地整合，实现基于GIS的网状资产统一管理；管道内置移动式发电装置可以为管道完整性管理服务，在管道内为中小型内监测器供电，增加其续航能力，大大提高管道内监测器的应用范围。管道内置装置的应用将专业的燃气企业管理知识与先进的信息技术融合，建立企业管理数学模型，全面提升我国城市燃气企业的信息化管理水平，促进燃气公司从供应商向服务商的转型，营造更好的用户体验。

总之，管道内置发电装置利用天然气在输送过程中的余压，解决了高中压燃气场站/管道固有的缺电/少电实际难题，为长输管线自控仪器设备的数据采集、监测与控制提供了电力保障，促进智能管网、智慧燃气、智慧城市的发展。

参考文献

- 1 RUBIO C J, SIDDIQUI A S. Shape of the microgrid [C]//2001 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Columbus: IEEE, 2001: 150-153
- 2 LASSETER B. Microgrid: distributed power

generation[C]//2001 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Columbus: IEEE, 2001: 178-193

3 LASSETER R H. Microgrids[C]//2002 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. New York: IEEE, 2002: 305-308

4 武星, 殷晓刚, 宋昕等. 中国微电网技术研究及其应用现状[J]. 高压电器, 2013; 49(9): 142-143

5 杨新法, 苏剑, 吕志鹏等. 微电网技术综述[J]. 中国电机工程学报, 2014; 34(1): 57-59

6 刘振亚. 中国电力与能源[M]. 北京: 中国电力出版社, 2012: 174-174

7 盛万兴, 杨旭升. 多Agent系统及其在电力系统中的应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007: 2-8

8 徐青山. 分布式发电与微电网技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011: 1-10

9 王成山, 肖朝霞, 王守相. 微电网综合控制与分析[J]. 电力系统自动化, 2008; 32(7): 98-103

10 鲁宗相, 王彩霞, 闵勇等. 微电网研究综述[J]. 电力系统自动化, 2007; 31(19): 101-102

11 Xiayi Li, Hui Zhang, Wendong Xu, Linlin Xing, Wei Duan. Simulation and optimization of micro power generation process by utilizing urban natural gas pipeline pressure energy[J]. Advances in engineering research, 2015; 17: 1155-1160

12 张辉, 李夏喜, 徐文东等. 天然气高压管网余压冷电联供系统研究[J]. 煤气与热力, 2015; 35(7): A35-A37

工程信息

西北大型液化天然气生产基地落户陕西榆林市佳县

2015年11月6日，法国ENGIE集团中国公司与陕西厚德同兴投资有限公司在榆林签约成立合资企业，将在榆林市佳县榆佳工业园区建造西北地区大型的LNG（液化天然气）生产基地，日处理100万m³液化天然气。

据了解，该项目分两期建设，总投资14亿元，

其中一期投资6亿元，计划2016年底建成试生产，二期预计投资8亿元。项目建成后，将达到每日100万m³液化天然气处理量，届时将成为西北地区大型的LNG产业基地，榆林也将成为中国内陆LNG调峰中心。

(本刊通讯员供稿)