

我国煤层气利用工程监测与分析

樊金璐¹,任世华¹,郝继锋²,关北锋²

(1. 煤炭科学研究总院,北京 100013;2. 煤炭科学技术研究院有限公司,北京 100013)

摘要:煤层气作为一种非常规天然气,其利用还处在初级阶段。针对我国煤层气利用工程利用效率不高、经济效益等问题,对煤层气利用工程进行了能效监测,分析了低浓度煤层气发电、中高浓度煤层气发电、煤层气液化工程能源利用情况,提出了工程改造建议。针对煤层气利用存在的煤矿分散、煤层气供应不稳定、不重视节能等问题,提出进行余热利用、提高项目经济性、发展基础设施和加大科技投入等发展建议。

关键词:煤层气;发电;液化;工程监测

中图分类号:TD984 文献标志码:A 文章编号:1006-6772(2015)04-0104-03

Monitoring and analysis of CBM utilization projects in China

FAN Jinlu¹, REN Shihua¹, HAO Jifeng², GUAN Beifeng²

(1. China Coal Research Institute, Beijing 100013, China; 2. Coal Science and Technology Research Institute Co., Ltd., Beijing 100013, China)

Abstract: In order to improve the production efficiency of coalbed methane (CBM) utilization projects in China, the CBM utilization situation in power generation and liquefaction were analyzed. The dispersed coal mines distribution, unstable CBM supplication, serious energy waste dragged the efficiency of CBM utilization projects. To solve these problems, the paper provided that, improving exhaust heat utilization efficiency, strengthening infrastructure construction, increasing science and technology investment would be the applicable.

Key words: coalbed methane; power generation; liquefaction; project monitoring

0 引 言

煤层气的开发利用可以增加清洁气体能源供给,同时有助于改善煤矿安全生产,减少温室气体排放^[1]。国家十分重视煤层气开发利用,“十二五”以来,先后出台《煤层气(煤矿瓦斯)开发利用“十二五”规划》、《煤层气产业政策》、《关于进一步加快煤层气(煤矿瓦斯)抽采利用的意见》等一系列政策支持煤层气的开发利用。我国煤层气开发利用处于增长状态,但进展缓慢,利用率偏低^[2-3]。2014年,煤层气(煤矿瓦斯)抽采量达到170亿m³、利用量77亿m³,其中地面抽采37亿m³;井下抽采量133亿m³,利用率33.83%^[4]。2015年2月3日,国家能源局发布《煤层气勘探开发行动计划》,提出到

2020年,煤层气(煤矿瓦斯)抽采量力争达到400亿m³,煤矿瓦斯发电装机容量超过400万kW,民用超过600万户。

煤层气利用工程的不断发展是实现煤层气产业发展目标的关键。我国煤层气主要利用工程有民用、发电、液化等,其中发电利用量约占总利用量的50%^[5-6]。我国煤层气利用技术不断进步,但是煤层气利用工程还处于发展初期,总体上存在利用效率不高、经济效益差等问题^[7-9]。对煤层气利用工程进行工程监测与节能分析,可以提高煤层气利用的能源效率及经济性,促进煤层气产业的发展。本文重点对煤层气发电、液化工程进行监测与分析。

1 低浓度煤层气发电工程监测

以重庆某低浓度煤层气发电站为例,该电站利

收稿日期:2015-03-04;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.04.027

基金项目:国家科技重大专项资助项目(2011ZX05040)

作者简介:樊金璐(1986—),男,安徽淮北人,研究实习员,硕士,从事洁净煤技术及能源经济等方面研究工作。E-mail:fan@cct.org.cn

引用格式:樊金璐,任世华,郝继锋,等.我国煤层气利用工程监测与分析[J].洁净煤技术,2015,21(4):104-106,111.

FAN Jinlu, REN Shihua, HAO Jifeng, et al. Monitoring and analysis of CBM utilization projects in China[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(4):104-106,111.

用周边矿区抽采的低浓度煤层气(甲烷浓度 13% ~ 15%),一期(已建成)采用 8 台 500 kW 国产低浓度机组进行发电,二期计划再安装 8 台设备。监测期间,有 7 台机组正常运行,1 台(8 号)处于检修状态。测试期间,煤层气平均压力为 87.2 kPa,平均温度为 24.6 °C,累计发电量 150905 kWh。煤层气发

电机组的主要运行参数见表 1。

从表 1 可看出,各机组平均功率在 334 ~ 361 kW;机组发电效率在 27.81% ~ 28.18%,单位煤层气(纯量)发电量为 2.79 ~ 2.83 kWh/m³,发电效率较低;各机组烟气温度 487 ~ 516 °C,烟气未进行余热利用。

表 1 低浓度煤层气发电 72 h 运行分析

项目	1 号	2 号	4 号	5 号	6 号	7 号
燃用煤层气(纯量)/m ³	24952	25960	24019	25967	25142	24865
单位煤层气(纯量)发电量/(kWh·m ⁻³)	2.81	2.82	2.83	2.80	2.80	2.79
机组平均功率/kW	346	361	334	361	349	345
发电平均效率/%	28.02	28.12	28.18	27.93	27.95	27.81
烟气平均温度/°C	516	508	492	511	487	496

煤层气发电尾气是很好的热源,应对余热进行合理利用。该电站离居民区较远,周边无供热需求。考虑在电站二期建设时增加余热发电设备,16 台机组产生的烟气量可以带动约 800 kW 余热发电机组^[10],需增加投资约 250 万 ~ 300 万元,每年可产生效益约 200 万元,2 a 内可以收回全部投资。

2 中高浓度煤层气发电工程监测

以山西某煤层气发电站为例,该电站利用从周边矿区抽采的中高浓度煤层气(甲烷浓度 40% 左右),采用内燃机-蒸汽轮机联合循环方式发电。装机为 60 台 1.8 MW 燃气发电机组,12 台 6 t/h 余热锅炉和 4 台 3 MW 汽轮机发电机组,分别布置在 4

个单元厂房。为了充分利用燃气发动机的缸套水的余热,每台机组配置 1 台板式换热器,向矿区供暖。

在监测期间,一单元余热主要用来供热,二单元、三单元、四单元余热用于发电。对全厂发电和供热情况进行分析,结果见表 2。结果显示,4 个单元内燃机发电效率在 35.94% ~ 36.16%;一单元热电联产效率为 73.10%,二单元、三单元、四单元联合循环发电效率为 38.96% ~ 40.77%,全厂发电效率为 38.81%,综合热效率为 48.66%,厂用电率 3.82%。由于冬季供暖的原因,煤层气电站面临季节性气源不足的问题,导致内燃机机组时开时停,蒸汽轮机长期低负荷运行,电厂内燃机发电效率和综合发电效率均低于电站设计值。

表 2 中高浓度煤层气发电 72 h 运行分析

项目	一单元	二单元	三单元	四单元	全厂
内燃机发电量/kWh	1516981	1316282	1241532	888308	4963103
总发电量/kWh	1516981	1493156	1345284	993908	5349329
供热量/GJ	5623	0	0	0	5623
输出能量/GJ	11084.13	5375.36	4843.02	3578.07	24881
煤层气用量(纯量)/万 m ³	42.26	36.75	34.64	24.65	138.3
内燃机发电效率/%	36.02	35.94	35.96	36.16	36.01
发电效率/%	36.02	40.77	38.96	40.45	38.81
综合效率/%	73.10	40.77	38.96	40.45	48.66
单位瓦斯发电量/(kWh·m ³)	3.59	4.06	3.88	4.03	3.87

根据监测数据分析结果,该煤层气电站应增强煤层气供应的保障,提高运行的负荷率和稳定性,减少机组关停及低负荷运行造成的设备损耗,电厂的经济性也会提高。同时对余热进行合理的规划利

用,提高蒸汽轮机的负荷率和蒸汽的利用效率。可将电站综合发电效率从目前的 38.81% 提高到 42%,按照年利用纯量瓦斯 2 亿 m³ 计算,每年可以多发电 6000 万 kWh,增加收入 3360 万元。

3 煤层气液化工程监测监测

以山西某煤层气液化项目为例,该项目利用高浓度煤层气(甲烷浓度92%左右)制液化天然气。项目采用混合制冷流程工艺,日处理煤层气30万 m^3 ,根据设计资料及运行数据分析,项目主要耗能设备为煤层气压缩机和制冷剂压缩机^[11],年用电量分别占全厂用电量的16%、80%,应作为重点监测对象。

1)煤层气压缩机组。原料气压缩单元的主要目的是提升煤层气的压力。根据SY/T 6637—2012《天然气输送管道系统能耗测试和计算方法》进行计算,该压缩机组能效59.7%~62.35%。

2)制冷剂压缩机组。制冷剂压缩单元主要是为液化冷箱提供冷量,压缩制冷剂能力为37400 m^3/h ,为煤层气液化装置配套。与煤层气压缩机组计算方法相同,该压缩机组能效59.49%~61.74%。

根据SY/T 6837—2011《油气输送管道系统节能监测规范》的相关要求,电驱压缩机能效应达到75%以上,测试期间,煤层气压缩机组和制冷剂压缩机组效率较低。

3)综合分析。由于冬季煤层气供暖、气源不足,监测期间处于低负荷运行期。负荷不同,厂用电量也随着变化。单位煤层气耗电量与日处理规模的关系如图1所示。从图1可看出,单位产品耗能随负荷率提高而下降,当日处理量约30万 m^3 时,单位煤层气耗电量平均为0.523 kWh/m^3 ;当日处理量约10万 m^3 时,单位煤层气耗电量平均为1.233 kWh/m^3 ,单位产品能耗为满负荷时的2倍多。

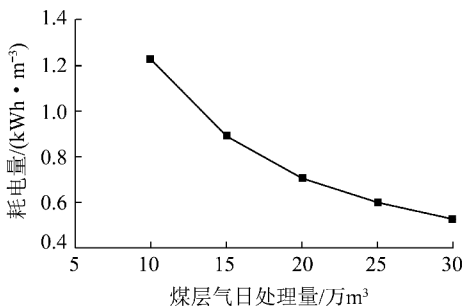


图1 单位煤层气耗电量与日处理规模的关系

因此,首先应提高煤层气液化运行负荷,维持较高负荷运行,可以考虑西气东输管道的天然气作为补充气源,提高煤层气液化运行的负荷率和稳定性。针对目前存在的压缩机效率较低问题,应采取加装变频器、无功补偿等措施降低单位产品耗能。改造

可节约用电15%~20%。按年用电量 $4.88 \times 10^7 \text{kWh}$ 计算,每年可以节约用电732万~976万 kWh ,节约电费366万~488万元,2a内可以回收投资^[12-13]。

4 存在问题

1)煤矿分散不利于瓦斯利用。我国煤矿分布较广,很多煤矿周边居民较少,对煤层气发电、供热等需求较少,输送管网、储配站等基础设施投入不足,抽采出来的零散煤层气直接排空,影响煤层气利用率。

2)煤层气供应不稳定。我国很多煤层气工程气源供应不够稳定,气量和浓度波动较大。特别是冬季,由于首先要保证民用气,很多工业用气难以保证,造成发电、液化等工程负荷较低、停开机频繁等,影响了利用工程的经济效益。

3)国产设备技术水平有待提高。我国不同浓度煤层气发电技术逐渐成熟,技术研发和装备水平不断提高。但是与国外发电机组相比,我国煤层气发电机组存在发电效率较低、机组运行不稳定等问题,仍需加大研发力度,提高技术装备水平。

4)不重视节能与余热利用。我国煤层气利用项目不重视余热利用,很多水泵、压缩机、空压机等设备运行效率较低,影响整体利用效率。

5 发展建议

1)提高煤层气利用项目的经济性。通过提高机组运行负荷、充分利用余热可以提高煤层气发电工程综合效率;烟气余热可以用来供热或发电,能效可以提高10%以上;建议国家降低上网发电门槛,提高对低浓度与极低浓度煤层气发电项目电网电价补贴。

2)发展输送管网、储配站等基础设施。近几年我国瓦斯抽采量大幅上升,形成一定的规模,具备了煤层气管网、储配站等基础设施发展的条件,应统筹各公司和区块的多种气源,就近利用并将规模较大的气源并入主干管网,输送至终端用户。

3)加大科技投入,提高煤层气利用水平。提高煤层气发电、煤层气液化技术的发电效率、适应性以及稳定性;在低浓度和极低浓度瓦斯利用方面加大研发力度,以提高瓦斯利用量和利用率;加大分布式煤层气利用装备的研发,充分利用零散煤层气。

(下转第111页)

85.26% 降到 76.23%, 变化幅度较小, 可见酸改性半焦的循环使用效果良好。

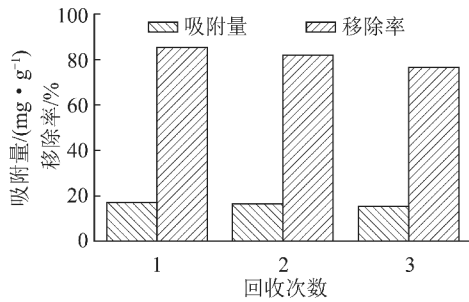


图7 酸改性半焦使用次数对染料废水去除率的影响

3 结 论

1) 通过化学活化法制备酸改性半焦, 对染料废水有较好的吸附和循环利用性能。

2) 改性半焦对 RhB (初始质量浓度分别为 60、70、80 mg/L) 的饱和吸附量为 20.6117、24.6431、29.6227 mg/g; 对 AF (初始质量浓度分别为 20、40、60 mg/L) 的饱和吸附量为 19.4856、39.2050、58.2229 mg/g。

3) 分别用准一级动力学方程、准二级动力学方程、颗粒内扩散方程研究了改性半焦对罗丹明 B 和酸性品红的吸附动力学行为, 其中准二级动力学模型能很好地描述 2 种染料的吸附行为。

参考文献:

[1] 李家珍. 染料、染色工业废水处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 1997.

[2] 刘 琰. 常温常压催化湿式氧化工艺处理染料废水的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.

[3] 李红亚. 催化湿式过氧化氢氧化法处理模拟染料废水的研究[D]. 西安: 西北大学, 2008.

[4] Meng F P, Yi H C. Application of different adsorbents on dyeing wastewater treatment[J]. Materials Review, 2009, 23(13): 69-73.

[5] 孙会青, 曲思建, 王利斌. 半焦的生产加工利用现状[J]. 洁净煤技术, 2008, 14(6): 62-65.

[6] Mahmoodi N M, Salehi R, Arami M. Binary system dye removal from colored textile wastewater using activated carbon; Kinetic and isotherm studies[J]. Desalination, 2011, 272(1): 187-195.

[7] Rajeshkannan R, Rajasimman M, Rajamohan N. Decolourization of malachite green using tamarind seed; optimization, isotherm and kinetic studies[J]. Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 2011, 17(1): 67-79.

[8] Tan I A W, Ahmad A L, Hameed B H. Adsorption of basic dye on high-surface area activated carbon prepared from coconut husk; equilibrium, kinetic and thermodynamic studies[J]. Journal of Haz-

ardous Materials, 2008, 154(1/3): 337-346.

[9] Sathian S, Radha G, Shanmugapriya V, et al. Optimization and kinetic studies on treatment of textile dye wastewater using Pleurotus floridanus[J]. Applied Water Sci, 2013, 3(1): 41-48.

[10] Sathian S, Rajasimman M, Radha G, et al. Performance of SBR for the treatment of textile dye wastewater; optimization and kinetic studies[J]. Alexandria Engineering Journal, 2014, 53(2): 417-426.

[11] Banerjee S, Chattopadhyaya M C, Srivastava V, et al. Adsorption studies of methylene blue onto activated saw dust; kinetics, equilibrium, and thermodynamic studies[J]. Environmental Progress and Sustainable Energy, 2014, 33(3): 790-799.

[12] Geethamani C K, Ramesh S T, Gandhimathi R, et al. Alkali-treated fly ash for the removal of fluoride from aqueous solutions[J]. Desalination and Water Treatment, 2014, 52(19/21): 3466-3476.

[13] 惠世恩, 梁 凌, 范庆伟, 等. 玉米秸秆热解特性的实验研究及动力学分析[J]. 热力发电, 2014, 43(4): 69-75.

(上接第 106 页)

参考文献:

[1] 黄盛初, 刘文革, 赵国泉. 中国煤层气开发利用现状及发展趋势[J]. 中国煤炭, 2009, 35(1): 5-10.

[2] 申宝宏, 刘见中, 赵路正. 煤矿区煤层气产业化发展现状与前景[J]. 煤炭科学技术, 2011, 39(1): 6-10.

[3] 靳贝贝. 我国煤层气开采利用存在的问题及建议[J]. 中国国土资源经济, 2014(11): 66-69.

[4] 方君实. 做好煤炭科学发展大文章[EB/OL]. [2015-02-04]. <http://www.chinacoal.gov.cn/templet/3/ShowArticle.jsp?id=65413>.

[5] 吴立新, 赵路正. 煤矿区煤层气开发利用制约因素与发展建议[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(5): 24-27.

[6] 申宝宏, 陈贵锋. 煤矿区煤层气产业化开发战略研究[M]. 北京: 中国石化出版社, 2013: 122-130.

[7] 翟 成, 林柏泉, 王 力. 我国煤矿井下煤层气抽采利用现状及问题[J]. 天然气工业, 2008, 28(7): 23-26.

[8] 樊金璐, 吴立新, 王春晶, 等. 中国煤层气发电技术发展和应用现状[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(1): 1-4, 8.

[9] 刘文革, 余小素. 我国煤矿区煤层气发电技术及潜力分析[J]. 中国电力, 2004, 37(4): 17-19.

[10] 毛庆国, 陈贵峰, 谢 华. 我国煤矿区煤层气发电方案分析[J]. 中国煤层气, 2009, 6(5): 32-34.

[11] 张存森. 煤层气液化流程及技术现状[J]. 煤气与热力, 2008, 6(9): 12-14.

[12] 高相家, 陈 放. 螺杆空压机变频节能改造的经济分析和技术方案[J]. 压缩机技术, 2009(3): 19-23.

[13] 马太玲, 袁保惠. 灌排泵站变频调速适用性及经济性分析[J]. 排灌机械, 2001, 19(2): 19-21.