

# 煤矿煤层瓦斯气发电综合利用与 环境影响分析

王 健

(安徽省淮北市环境科学研究所,安徽淮北 235000)

摘要:某煤矿煤层瓦斯储量为 25.8 亿  $\text{m}^3$ ,瓦斯的直接排放不仅浪费大量的能源,而且会污染周围大气环境。该煤矿利用煤层瓦斯气进行发电,不仅减少对大气环境的污染,而且对企业具有较好的经济效益,有利于企业和社会的可持续发展。

关键词:煤矿;瓦斯;发电

中图分类号:TD712.6,TM917 文献标识码:B 文章编号:1006-8759(2010)02-0033-03

## 0 前言

某煤矿煤层瓦斯储量为 25.8 亿  $\text{m}^3$ ,瓦斯涌出量为 180~240  $\text{m}^3/\text{min}$ ,瓦斯的直接排放不仅浪费大量的能源,而且会污染周围大气环境。该煤矿决定综合利用煤炭开采过程产生的瓦斯气,就地建设一座自备电站,为煤矿生产提供电力。该电站的建设不仅大大缓解了煤矿生产的用电压力,提高企业竞争力,而且减少了瓦斯对大气环境的污染,避免资源的浪费,有利于煤炭工业实现可持续发展。

## 1 生产工艺流程

本工程采用低浓度瓦斯细水雾输送技术,该技术是利用水位自控式水封阻火器、瓦斯管道专用阻火器及瓦斯与细水雾混合输送等技术,实现低浓度瓦斯的安全输送供给瓦斯发电机组发电。在低浓度瓦斯水雾输送系统的始端先安装水位自控式水封阻火器,通过雷达监控水面实现自动补水和放水,保持水位不变,提高输送系统的安全可靠性能。水位自控式水封阻火器后安装两路丝网过滤器(一开一备),过滤器前后安装防腐压力表测试过滤器前后压差,当压差超过 0.5 kPa 时,须切换到另一路。丝网过滤器之后接瓦斯管道专用

阻火器,该阻火器的安全阻火速度可以达到 1 210  $\text{m/s}$ ,可有效阻火,从根本上保证了系统的安全可靠性。为维修方便,在瓦斯管道专用阻火器后面安装通用波纹膨胀节;通用波纹膨胀节后面安装低温湿式放散阀,当管道内瓦斯压力超过设定值时放散阀可自动打开。在低温湿式放散阀后面安装防爆电动蝶阀,在防爆电动蝶阀后接着安装第一个水雾发生器。在瓦斯总管接第一台发电机组前安装一个溢流脱水水封阻火器,该水封阻火器利用瓦斯输送管道内水雾发生器释放的水实现自动补水。在该水封阻火器前 20 m 处设置最后一个水雾发生器,中间进气管线上每隔 20 m 左右布置一个水雾发生器,本工程安装了 4 个水雾发生器。每台低浓度瓦斯发电机组配套一套旋风重力脱水装置,脱水后的瓦斯经手动蝶阀和瓦斯专用阻火器后供发电机组发电。瓦斯做功后排气温度在 550  $^{\circ}\text{C}$ ,利用针形管换热器回收余热产生热水用于洗浴。

工艺流程如下:

抽放泵站→闸阀→水位自控式水封阻火器→丝网过滤器→瓦斯管道专用阻火器→低温湿式放散阀→防爆电动蝶阀→水雾输送系统→溢流式脱水水封阻火器→流量计→进气支管→闸阀→旋风重力脱水器→手动蝶阀→发电机组→电能

工程设置了余热回收系统:燃气发电机组的尾气从机组内部排出的过程中携带有大量的热

量,排气温度在 550 ℃左右。将机组尾气引至针形管换热器回收,产生 95 ℃左右热水引入水水换热器换热后,与来自矿区的自来水进行换热,产生 65 ℃热水,供矿区职工洗浴使用。

在煤矿瓦斯抽放过程中,瓦斯的压力和甲烷的浓度在不断变化,本项目采用了以下国家专利和实用技术,解决了燃烧控制和浓度变化问题,确保发电安全、顺利进行。

### 1.1 空燃比自动调节技术

煤矿抽排瓦斯过程中浓度和压力不稳定,瓦斯发电机组采用电控混合技术对发动机的空燃比进行实时控制。发动机自动实时监控燃烧状况,由中央控制单元发出指令,执行器调整燃气通道,从而改变燃气进气量,达到自动调节混合比的目的,使发动机空燃比始终保持在理想状态,整个调整过程自动实现,显著提高对燃气浓度变化的适应能力,瓦斯浓度在 9%~100%之间变动时,机组都能适应。

### 1.2 低压进气技术

针对瓦斯压力低的特点,该发电机组采用先混合后增压技术设计使机组对燃气的压力要求较低,只需要燃气进气压力达到 300 mmH<sub>2</sub>O 以上即可达到机组的使用条件,不需要增加加压装置,减少投资。未采用此技术的发电机组需要增加加压装置,这样不仅增加了投资,同时也增加了机组故障点、安全隐患,并消耗了电力。

### 1.3 稀燃技术

机组通过合理匹配配气系统,调低空燃比,利用燃烧室技术在局部形成点火能量相对优势,尔后实现多点点火,增大了点火能量,提高燃气燃烧速度,实现了稀薄燃烧,降低了机组热负荷,提高了机组对燃气的适应性和机组的热效率,其动力性和可靠性大大提高。未采用此技术的机组,对燃气的潮湿性较为敏感,表现为点火困难或点火不连续。

### 1.4 燃烧自动控制技术

通过此项技术,可将机组的排气温度控制在 550 ℃以下,显著降低热负荷,明显提高机组运行可靠性,特别是具有避免爆震发生的作用。未采用此技术的机组一般是凭人的感官和经验来调整机组运行状况,机组运行时排气温度会超过 650 ℃,其关键部件的寿命大大降低,不能满足机组长期

运行的要求。

### 1.5 数字点火技术

点火系统由 ECU、火花塞、高压线、高压点火线圈等部分构成。根据不同类型的燃气机,或燃气机的不同工况,从软件上调整点火能量和点火时间,保证燃气燃烧充分,机组可靠运行。此点火系统尤其适合多缸机型,使每个气缸都能在最佳状态工作,发挥机器的最佳性能。

### 1.6 增压中冷技术

发动机针对瓦斯的特性合理匹配增压器和中冷器,增加了燃气进气量,提高了发动机功率。与稀燃技术结合,实现燃气稀薄燃烧,减少燃气后燃与爆震倾向,降低热负荷,改善排放,提高了燃气的动力性、经济性。

### 1.7 电子调速技术

选用美国 WOODWARD 电调系统,该系统是当前世界最先进的大功率调速系统,经过 20 多年燃气机研发经验和国内外机组的使用验证,该调速系统的使用性能优越,具有高稳定性和反应快速等优点,适合多台机组并车或并网时使用,可达到精确的速度控制,使机组调速率稳定。

### 1.8 TEM 全电子控制技术

利用 TEM (全电子控制技术) 系统对瓦斯浓度、发动机缸温、排温、混合器转角、监控仪测量参数、电量参数进行采集记录与故障报警,并能自动调节混合器控制阀开度,使机组始终处于最佳工作状态。进气总管装甲烷传感器,符合煤矿防爆要求。TEM 系统还可以根据用户的需要实现信息远传和远程监控。

### 1.9 防回火技术

针对瓦斯的特点,采用专用的干式阻火器,用于发动机的三处阻火点,防止发动机回火。此专用阻火器通过了国家消防总局的批准。

## 2 燃气发电机组选型

选用 8 台 500 GF1-3 RW 内燃机瓦斯发电机组,发电功率为 4 000 kW。全套装置包括:瓦斯发动机、发电机、空气过滤器、机组辅助系统、瓦斯调压装置、机组系统同期控制屏等装置。

## 3 工程实施后对环境影响分析

本工程瓦斯在燃气发动机内燃烧做功,产生的废气中主要污染物为 CO、非甲烷总烃(NMHC)、

NO<sub>x</sub>,通过离地 6 m 高排气筒排放。

每 1m<sup>3</sup> 纯瓦斯可发电 3 kWh,按单台发电机组持续运行功率按 420 kW 计算,机组额定连续纯瓦斯消耗量(单台)140 m<sup>3</sup>/h,8 台机组消耗瓦斯总量为 1 120 m<sup>3</sup>/h。空燃比为 15:1,单台 500 GF1-3 RW 机组正常工作发电功率为 420 kW 时废气量为 2 240 m<sup>3</sup>/h,参照《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法(中国 III、IV、V 阶段)》(GB17691-2005)中附录 G 计算程序示例,CO、非甲烷总烃(NMHC)、NO<sub>x</sub> 的比排放量见表 1。

表 1 主要污染物的比排放量 g/(kW·h)

	一氧化碳(CO)	非甲烷碳氢化合物(NMHC)	氮氧化物(NO <sub>x</sub> )
排放量	2.83	0.244	1.93
阶段标准	5.45	0.78	5.0
EEV(环境友好汽车)	3.0	0.40	2.0

由表 1 可知,废气中污染物的排放量小于阶段标准值,同时也低于 EEV(环境友好汽车)排放限制(非强制性标准,但属于鼓励类),废气排放对环境的影响较小。

## 4 效益分析

### 4.1 环境效益

(1)环境效益。甲烷和 CO<sub>2</sub> 都是产生温室效应的气体,甲烷的温室效应是 CO<sub>2</sub> 的 21 倍,本项目环境效益是减少温室气体的排放,每年减排的温室气体按 CO<sub>2</sub> 计,按以下公式计算:

消耗甲烷的减排量:

$$\text{减排量} = \text{甲烷量} \times 0.716 \times 21$$

式中:甲烷量为发电机组每年的消耗量,8 064

000 m<sup>3</sup>/a(140×8×24×300=8 064 000,单台机组额定连续纯瓦斯消耗量 140 m<sup>3</sup>/h);

0.716 为甲烷的比重,kg/m<sup>3</sup>;

21 为减排 1 t 甲烷可折算成 21 t 的 CO<sub>2</sub>。

每年减排 CO<sub>2</sub> 的量=8 064 000×0.716×21/1 000=121 250 t。

甲烷燃烧后产生 CO<sub>2</sub>,相应的排放量为:

项目排放 CO<sub>2</sub> 的量=8 064 000×0.716×44/16=15 878 t

项目建成运行后每年减排 CO<sub>2</sub> 量为 121 250-15 878=105 372 t

### 4.2 经济效益

经济效益为发电、余热回收和运作 CDM(清洁发展机制)的收入。

项目每年发电 2.42×10<sup>7</sup> kWh,电厂自用电 5.06%,每年可供煤矿的电量为 2.3×10<sup>7</sup> kWh,电价 0.55 元/kWh,电价收入 1 265 万元。

余热回收折合标煤 2361.6 t/a,按 420 元/t 计算,收入 99.2 万元。

CO<sub>2</sub> 的买卖价格为 80 元/t,每年减排的 CO<sub>2</sub> 销售带来的收入为 842.98 万元。

合计年经济效益为 2207.18 万元。

综合以上分析,本项目的环境效益和经济效益均较好。

## 5 结语

本瓦斯发电系统建成后,年发电量为 2.42×10<sup>7</sup> kWh,可大力回收煤层瓦斯气,提高煤矿的整体资源利用水平,同时减轻了对大气环境的污染,为企业的可持续发展奠定了良好的基础,具有较好的经济效益、社会效益和环境效益。

(上接第 32 页)

量偏高,并面临扩容改造的问题。除了上文提到的几种改造思路外,如果含硫量增加不是特别大,且原有吸收系统裕余量容许时,可以对吸收塔进行局部改造,如只增加喷淋层(在技术可行的前提下甚至不需对吸收塔加高)和氧化风机等。总之,针对项目的具体情况,通过理论计算和科学论证,提出切实可行的方法。

## 参考文献:

- [1] 周至祥,段建中,薛建明,等. 火电厂湿法烟气脱硫技术手册[M]. 北京:中国电力出版社,2006.
- [2] 阎伟平,刘忠,王春波,等. 电站燃煤锅炉石灰石湿法烟气脱硫装置运行及控制[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [3] 金新荣. 湿法烟气脱硫装置运行中存在问题及解决措施[J]. 电力设备,2006,12(7):73~75.