

煤层气发电的可行性研究

赵玉龙

(山西兰花大宁瓦斯发电有限公司)

摘要: 煤层气的抽采、回收和科学利用是煤炭企业安全生产、节能减排的重要举措。本文以山西兰花大宁煤层气发电项目为依据进行研究。研究表明,做好煤层气的安全回收和发电利用,不仅可以为煤矿安全生产保驾护航,还实现了变废为宝、节能减排、保护环境等多重效益。这充分证明了利用煤层气资源发电是其综合利用最具经济和社会效益的途径之一。

关键词: 煤层气; 发电; 节能减排; 可行性

引言

近年来我们国家对煤层气的抽采和开发利用更加重视,国家还专门制定了针对煤层气发电企业的扶持和补助政策。因此很多煤矿企业非常希望投资煤层气发电项目,但是有关煤层气发电的相关书籍、资料非常少。本文针对煤层气发电的工艺流程、相关问题和经济效益等进行分析,希望能够对煤层气发电企业的投资建设、生产运行提供一定帮助。

1 概述

近年来,我们国家面临着矿井安全事故频发、节能减排和能源紧缺等重大问题。而煤层气(瓦斯)是煤矿安全生产中的三大灾害之一,而且也是一种温室气体,但同时又是一种清洁能源。如果通过回收,并加以科学利用,即可减少煤矿安全事故,又可实现资源多样化,缓解能源紧缺现象,同时还可以实现节能减排的目的。因此,近年来我国加快了开发利用煤层气(瓦斯)的步伐,并坚定了开发利用煤层气的决心。与此同时,国家能源局将于近期出台的煤层气“十二五”整体规划中提出,“十二五”期间煤层气的开采量是“十一五”期间的两倍多,达到210亿 m^3 。企业的开采补贴和发电补贴将会在“十一五”的基础上有较大幅度提高;发改能源【2007】721号、发改价格【2006】7号及发改办价格【2011】5号等文件都对煤层气发电企业给出了具体的扶持和优惠政策;晋价商字【2011】13号文件“关于煤层气(煤矿瓦斯)发电上网电价有关问题的通知”要求,从2011年1月1日起,将山西省煤层气(煤矿瓦斯)电厂上网电价由每千瓦时0.380元,统一提高为每千瓦时0.509元;煤层气发电属于CDM减排项目,因此还可以获得联合国碳减排收益,这些政策对煤层气发电企业来说都是利好消息。目前世界最大的煤层气发电厂寺河瓦斯发电厂就是一个成功的案例,它充分证明了利用煤层气资源发电是可行的。本文是以山西兰花大宁发电有限公司煤层气发电项目为依据讨论煤层气发电的特点和所取得的经济效益。

2 煤层气资源的特点

2.1 煤层气是一种优质高效清洁能源

煤层气俗称瓦斯,是一种以吸附状态存在于煤层与煤伴生的非常规天然气,其成分与常规天然气相同。在常温下热值为34—37MJ/Nm³(折纯),与天然气热值相当。燃烧时只产生微量的烟尘和氮氧化物气体,没有酸雨危害,是一种洁净的一次气体燃料和宝贵的化工原

料，有着良好的开发利用前景。故可知，煤层气不仅是一种优质气体燃料，而且还是一种清洁能源。

2.2 可开采的煤层气资源很丰富

我国煤层气资源储量丰富，分布广泛。据煤炭科学院西安分院估算，我国陆上煤田埋深 2000m 以上范围内，煤层气资源储量约为 30—35 万亿 m³，与我国的天然气资源总量大致相当，因此可以说它是我国经济可持续发展的战略能源。煤层气资源的分布与煤炭资源分布状况基本一致，据统计资源储量大于 1 万亿立方米的地区有鄂尔多斯盆地、沁水盆地、北华北盆地、南华北盆地、准格尔盆地、吐一哈盆地、滇黔桂地区等。

近年来的研究和勘探表明，山西省蕴藏着丰富的煤层气资源，而且可采性好、浓度高。据估算埋深 2000m 以上的煤层气资源的储量占全国煤层气资源总量的三分之一左右，尤其是沁水和河东煤田煤层气储量最为丰富，其煤层气资源的储量约分别为 6.85 万亿立方米和 2.84 万亿立方米。

3 煤层气发电的特点

3.1 选址及气源情况分析

煤层气是煤矿开采过程中抽采出来的一种有害气体。因此电厂应选建在煤层气储量大，浓度高且已建有或即将建设固定抽采系统的煤矿附近。还要对所选煤矿的煤层气储量进行科学论证，避免简单粗放的评估导致电厂因煤层气资源不足而长期不能满负荷运行。煤矿都有开采年限，因此还要考虑所选煤矿的开采年限问题，避免煤层气发电厂因煤矿资源枯竭而提前破产。随着煤矿的开采，煤层气的产量和浓度都会成下降趋势，因此要对所选煤矿的煤层气品质进行分析，选择合理的燃气发电机组以延长电厂运营时间。

3.2 煤层气的流量、浓度和压力具有一定的波动性

煤层气电厂所用煤层气均为低浓度的，这些煤层气是煤矿在采掘的过程中抽采的，而煤矿的采掘具有间隙性、波动性，同时受地质状况和井下通风量大小、通风管道漏风量大小等多种因素影响，煤层气的浓度和抽采量会不断发生变化。目前市场上煤层气发电机组均不能适应煤层气浓度的快速变化，浓度的快速变化会导致机组跳机。如果在抽放站和燃机之间建设煤层气储气柜，可以在一定程度上缓解浓度和流量变化带来的影响。由于煤层气抽采是煤矿的附属产业，是为煤矿安全生产服务的。这就决定了煤层气的抽采必须以服务煤矿安全生产为前提，煤层气又不可能像煤炭一样进行大量储存，这也导致煤层气发电企业资源供应的不稳定性和被动性。

煤层气在抽采的过程中，其流量和浓度会不断发生变化，这势必会引起供给燃气发电机组的煤层气压力波动，由于燃机对气压波动较敏感，因此会导致燃机连锁跳机。如果煤层气预处理设备的压力调节性能好，且在管路上增加稳压设备可以在一定程度上解决压力波动问题。煤层气中粉尘、煤粉等杂质含量高，如果预处理系统的过滤效果不好，则会使煤层气滤网堵塞，煤层气供给量不足而导致燃机跳机。同时，这些杂质还会沉积在燃机中冷器、阻火器和活塞头等部位，引起中冷器冷却能力下降，阻火器的通流量不足，活塞头部产生积碳，导致燃机无法满负荷运行，经常发生爆缸，甚至无法运行等更为严重的问题。以山西兰花大宁煤层气电厂为例，燃机对煤层气的参数要求如下：

项 目	技 术 参 数
燃气压力	14~32kPa
燃气压力最大波动率	10%
燃气温度	5~45℃
相对湿度	≤ 80%
冷凝物、升华物	0
颗粒	< 10 微米
CH4 含量	25%—55%

3.3 煤层气的储存和预处理

煤层气从矿井下抽上来以后，首先输送到煤层气储气柜内。储气柜可以起到储存作用，还可起到稳压和均匀浓度的缓冲作用。煤层气储气柜分湿式和干式两种，湿式气柜具有用钢量少，与干式气柜相比机械加工构件少，施工难度低，但由于存在水封装置，柜体易锈蚀，维护费用较高。干式气柜是借助内部大面积活塞升降来恒定调节输出压力，安装精度及构件加工精度高，施工难度大，但占地面积小，贮存压力高，稳定性好，使用寿命长，节省钢材，环境污染少。

储气柜容量大小的选择，储气柜的容量一般应能满足全厂燃机运行 1 个小时左右。由于从矿井下抽采的煤层气湿度大，粉尘含量高，如果不经过处理直接利用，势必会对管道、设备造成腐蚀，甚至导致燃机无法运行。因此煤层气进入燃机前需要进行预处理，即进行干燥、脱水、除尘并加压输送。预处理设备压力调节性能的好坏直接影响燃机的稳定运行。

以山西兰花大宁煤层气电厂为例，预处理的工艺流程：原煤层气→初级过滤器→冷干除湿设备→罗茨鼓风机→精密过滤器→阻火器→燃机。

3.4 煤层气回收具有一定的危险性

煤层气为易燃易爆物质，属甲类火灾危险品，其主要成分为甲烷，不属于毒性气体，且对人体无害，但浓度过高时会导致空气中含氧量明显降低，而使人窒息。

在常温常压条件下，甲烷在空气中浓度在 5%~16% 时遇火即爆炸，这个爆炸极限会随着温度、压力等环境因素和含氧量的变化而变化。甲烷与空气混合物的温度越高，则爆炸极限的范围会越大，即爆炸下限会降低而爆炸上限升高。混合物的原始压力越大，爆炸极限范围也会扩大，尤其是爆炸上限会显著提高。此外，甲烷与空气混合气的含氧量、容器几何尺寸等因素对混合气体爆炸界限均产生影响。

由于煤层气在抽采过程中会混入空气，因此其氧气含量会较高，而煤层气中甲烷浓度会相应降低，容易达到爆炸极限。因此要将煤层气安全的用于发电，煤层气的安全运输成为一个关键环节。

煤层气的管道输送存在的最大的风险就是煤层气输送过程中发生泄漏事故，而煤层气泄漏所造成的毒性危害相对较小，但引发的爆炸和火灾的危险性很大。所以对于煤层气管道的设计，必须选择密封性可靠，煤层气管道的所有焊缝必须进行 X 射线检查，严防煤层气泄漏。对煤层气管道经过的室内，必须在房顶合理均匀布置 CH₄ 检测仪和报警装置。室内还必须要有通风装置，且风机的启动必须和瓦斯报警装置实现连锁。在供气管路与容易产生火花的设备之间应加装阻火器，煤层气管道的连接处应做好可靠的跨接线，整个管道上应有多处

可靠的接地。预处理进口前主管道上应加装盲板阀和速关阀，在管道的末端、预处理系统的出口、燃机的进口等处还必须设置放散装置，放散口应高于周围建筑至少 3 米。在煤层气管道的合适位置还应设置充氮口，便于气体置换时使用。

3.5 煤层气发电工艺流程

以山西兰花大宁煤层气电厂为例，大宁煤矿抽放站通过水环式真空泵抽采的煤层气先输入两个 1.5 万立方米的储气柜内，再通过煤层气管道进入预处理系统，经预处理系统处理后，先经过一个 50m³ 的稳压罐，再由管道分别输送至燃气内燃机组燃烧做功发电。燃机排出的高温烟气进入余热锅炉，余热锅炉产生压力 2.5MPa、温度 400℃ 过热蒸汽进入汽轮发电机组做功发电，余热锅炉排出的低温烟气经烟囱排向大气。这与国产燃气发电机组将做过功的尾气直接对空排放相比大大提高了效率。

兰花大宁煤层气发电厂装机容量为 8×4MW 燃气内燃发电机组配 4×4.38t/h 余热锅炉+3MW 组合快装凝汽式汽轮发电机组，建成投产后具备 35MW 的发电能力。以山西兰花大宁煤层气发电厂的德国道依茨 TCG2032 型燃气内燃机为例，一台此燃气内燃发电机组能够产生 20799Nm³/h 温度为 461℃ 的尾气，两台此燃机的尾气即可满足一台 EGS4.38-2.45/400NSV 型余热锅炉的需要，余热锅炉产生的蒸汽用来发电或者供暖均可。流程图（如图 1）。

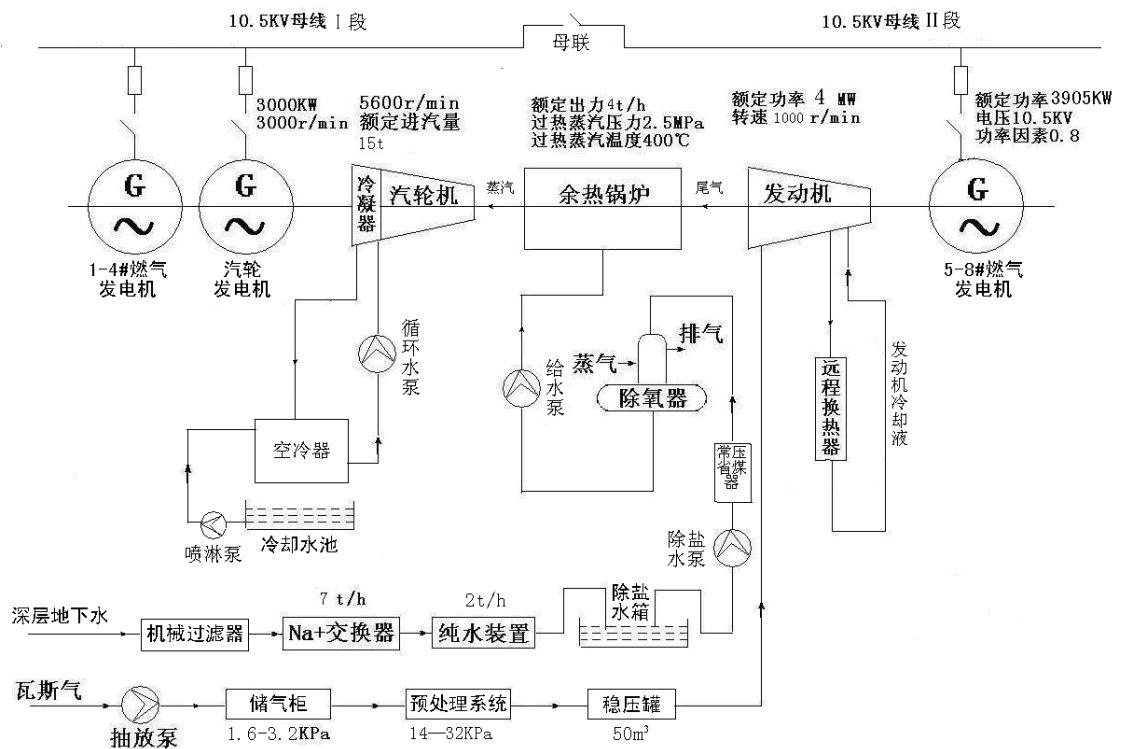


图 1

4 煤层气资源回收利用的节能成果和经济效益

4.1 节能成果

节约和合理利用能源是国家在经济发展和各项工程建设中的一项重要方针政策。本项目节能成果如下：

1) 本工程选用德国道依茨燃气发电机组，此机组采用低氮燃烧技术，即稀薄燃烧技术、精确的空气/燃气比控制技术及充气密度控制技术等，这大大控制了 NO_x 的生成，NO_x 排

放值 $<500\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。山西兰花大宁煤层气电厂每年可消耗 5400 万 M^3 (折纯) 煤层气, 避免了直接排空造成的环境污染问题, 同时相当于节约 81270 吨标准煤。

2) 一般小容量的燃气内燃发电机组均为单循环发电运行, 机组尾气直接对空排放, 发电效率仅为 29-30%。本工程选用的主机设备为德国道依茨生产的 TCG2032V16 燃气内燃发电机组, 该机组安装两台涡轮增压器, 燃机 A、B 两侧缸燃烧后的尾气分别推动这两个涡轮增压器旋转, 用来提高进气压力。这不但实现了余热利用, 还提高了机组效率。发电机额定功率为 3905kW, 润滑油消耗量仅为 $0.296\text{g}/\text{kWh}$, 发电效率为 41.78%, 机组单机容量大、发电效率高, 维护周期长。中修运行时间不少于 32000 小时, 大修运行时间不小于 64000 小时。

本工程属燃气—蒸汽联合循环, 是由燃气内燃发电机组、余热锅炉、快装式汽轮发电机组组成。燃气内燃发电机组排出的烟气温度高达 461°C , 为了回收利用余热, 在每 2 台机组后配套一台余热蒸汽锅炉, 4 台余热锅炉产生的新蒸汽再拖动 1 台 3MW 凝汽式汽轮发电机进行发电, 使能源得到了充分的利用, 使得余热联合循环发电效率得到进一步提高。

3) 余热锅炉汽水系统增加常压省煤器系统。来自汽轮机的冷凝水先送至锅炉的常压省煤器, 在余热锅炉尾部与烟气进行换热, 将排烟温度降低至 150°C 以下, 尽量减少热损失。将补给水加热到 120°C 左右, 再送入除氧器进行除氧处理, 提高了整个系统的热效率。

4.2 经济效益

根据大宁矿抽放站统计资料, 现阶段每年抽放的煤层气约 $14716.8 \times 10^4\text{m}^3$ (折纯), 现有发电机组和供暖锅炉仅用掉 $4813.2 \times 10^4\text{m}^3$ 煤层气 (折纯), 利用率仅 32.7%, 其余 67.2% 的煤层气约 $9903.6 \times 10^4\text{m}^3$ (折纯) 被直接排入大气, 不仅严重浪费资源, 而且造成温室效应。

本项目年消耗煤层气约 $5368 \times 10^4\text{Nm}^3$ (折纯), 相当于年节约标煤量为 8.83 万吨。年发电量约为 2.452 亿度, 按山西省煤层气发电最新电价每千瓦时 0.509 元计算, 每年可实现销售收入约 1.248 亿元人民币。同时每年还可减少 CO_2 排放当量 87.1 万吨, 通过联合国 CDM 审批后, 每年可获得碳减排收益约 6000 万元, 实现了经济效益、社会效益和生态效益的多方共赢。

5 结论

利用煤层气发电是实现节能减排, 降耗增效, 发展低碳经济的重要组成部分。国家正在制定的“十二五”煤层气发展规划即将出台, 国家对于煤层气发电行业不但给予政策扶持, 还给予电价补偿。煤层气发电技术已经成熟, 煤层气发电行业前景广阔, 煤层气发电行业正如雨后春笋般迅速成长。目前晋城地区正在运行煤层气发电厂有寺河 120MW 瓦斯发电厂, 卡特彼勒 G3520C 型机组 60 台; 山西兰花大宁 35MW 煤层气发电厂, MWM(道依茨)TCG2032V16 型机组 8 台; 山西金驹煤电化股份有限公司成庄 20MW 瓦斯发电厂和王台 42MW 瓦斯发电厂, 分别安装卡特彼勒 G3520C 型机组 10 台和 21 台。正在筹建的煤层气电厂有端氏中能明秀 120MW 煤层气发电厂, MWM(道依茨)TCG2032V16 型机组 28 台; 胡底 150MW 瓦斯发电厂, MWN(道依茨)TCG2032V16 型机组 38 台; 和瑞 45MW 煤层气发电厂, 卡特彼勒 G3520C 型机组 21 台。

由此可见, 煤层气发电厂不但符合国家产业政策, 且技术可行, 具有较好的社会、环保和经济多重效益, 故其发展前景广阔。

参考文献

- [1] 冯文光. 煤层气藏工程. 科学出版社, 2009
- [2] 孙茂远. 煤层气开发利用手册. 煤炭工业出版社, 1998

- [3] 孙粉锦.煤层气勘探开发理论与技术.石油工业出版社,2010
- [4] 花景新.燃气应用技术.化学工业出版社,2009