

阳泉矿区矿井煤层气利用发展现状

朱英战

(阳泉煤业(集团)有限责任公司 煤层气开发利用分公司 山西 阳泉 045000)

摘要:针对阳泉矿区煤层气抽采量较大的特点,阳煤集团积极推动矿井煤层气利用:将煤层气作为民用燃料,用于发电;开发了燃气中央空调和大型燃气锅炉;用于氧化铝焙烧。煤层气的利用提高了煤层气的利用率,节省了燃料煤,减少了煤渣和SO_x的排放量。提出了煤层气利用过程中应注意的问题:解决好大型燃气锅炉煤层气燃烧装置与燃气的适配性;发展大工业项目,真正实现以用促抽的良性发展循环等。

关键词:煤层气利用;煤层气发电;燃气锅炉;燃气中央空调;氧化铝焙烧

中图分类号:TD845 **文献标志码:**A **文章编号:**0253-2336(2013)10-0070-03

Development Status of Mine Coalbed Methane Utilization in Yangquan Mining Area

ZHU Ying-zhan

(Coalbed Methane Development and Utilization Branch, Yangquan Coal Mining Group Corporation Limited, Yangquan 045000, China)

Abstract: According to the features of the large quantity coalbed methane drainage in Yangquan Mining Area, Yangquan Coal Mining Group actively promoted the utilization of mine coalbed methane. The coalbed methane was applied to the domestic fuel and the power generation. The gas - fired central air conditioning and the large gas - fired boiler were developed. The coalbed methane was applied to the alumina calcination. The utilization of the coalbed methane could improve the utilization rate of the coalbed methane, could save the fuel coal and could reduce the coal cinder and SO_x emission quantity with obvious social and economic benefits. The paper provided the problems to be noted in the utilization process of coalbed methane. The suitability between the combustion device of the large gas - fired boiler and the fuel gas should be well solved. The development of a large industrial project could realize the benign development circulation with the gas utilization to promote the gas drainage.

Key words: coalbed methane utilization; coalbed methane - fired power generation; gas - fired boiler; gas - fired central air conditioning; alumina calcination

0 引言

矿井煤层气已成为威胁矿井安全的重要因素^[1-2]。另外,煤层气又是一种资源,据2011年全国煤层气资源评价成果,煤矿区煤层气井下抽采量 $9.1 \times 10^9 \text{ m}^3$,约占全国煤层气产量的79.8%;全国地面煤层气产量 $2.315 \times 10^9 \text{ m}^3$,全国煤矿区地面煤层气产量 $1.306 \times 10^9 \text{ m}^3$,占全国地面煤层气产量的56.5%。阳泉矿区煤层气资源丰富,煤层气资源量约 $6.448 \times 10^{11} \text{ m}^3$,2006年仅阳泉煤业(集团)有限

责任公司(简称阳煤集团)目前井下抽采的矿井煤层气已达 $3.76 \times 10^8 \text{ m}^3$,约占全国煤矿抽采量的1/6,因而阳泉矿区被国家列为煤层气开发的重点突破区域之一。阳煤集团通过多年试验研究和探索,在老区生产矿井中全面推广了本煤层抽采技术和多种邻近层瓦斯抽采技术。在钻孔抽采邻近层瓦斯技术成功的基础上,又创造性地试验并推广了顶板岩石高抽巷抽采邻近层瓦斯技术和布置伪倾斜高抽巷解决综放工作面初采期间瓦斯涌出技术。2011年阳泉生产区抽采矿井煤层气量达 $1.167 \times 10^9 \text{ m}^3$,占全国

收稿日期:2013-06-26;责任编辑:朱拴成

基金项目:国家科技重大专项资助项目(2011ZX05041-004)

作者简介:朱英战(1960—),男,河北饶阳人,工程师,现任阳煤集团煤层气开发利用分公司总经理。E-mail:mcqkflyfgs@163.com

引用格式:朱英战.阳泉矿区矿井煤层气利用发展现状[J].煤炭科学技术 2013 41(10):70-72 41.

井下抽采量的 13%。笔者以阳煤集团为例,分析了其煤层气利用现状,并提出了相关建议。

1 矿井煤层气利用现状

目前,我国矿区煤层气利用工作取得了很大进展,但是依然面临一些问题和挑战,如抽采的大量煤层气浓度偏低,体积分数为 5%~30%,煤层气在压缩、集输过程中存在安全隐患等,严重制约了矿井煤层气的大规模利用,致使矿井煤层气的利用率多年一直保持在 30% 左右。煤矿区煤层气利用途径主要有民用燃料、发电、工业用燃料、压缩天然气(CNG)、液化天然气(LNG)、汽车燃料等。

阳煤集团的矿井煤层气甲烷体积分数约 41%,低位发热量为 14~15 MJ/Nm³。2012 年,生产区抽采矿井煤层气量达 11.67 亿 m³,利用量达 6.80 亿 m³,利用率达 58.3%,远高于全国水平。阳煤集团煤层气利用规划到 2015 年,井下瓦斯抽采量规划达到 7.7 亿 m³/a,利用率力争达 85% 以上。

1.1 煤层气作民用燃料

阳煤集团自 1958 年起就将矿井煤层气用于职工食堂及锅炉燃料等。1970 年,敷设简易利用系统,将矿井煤层气供至少数居民用户。1986 年,以矿井煤层气为主要气源的阳泉市城市燃气利用系统建成投运。1992 年,南庄、大阳泉煤矿井下矿井煤层气并网投运。阳煤集团已建立了完备的矿井煤层气储存及利用系统。其中,地面已建成储气柜 7 座,总储配能力 18 万 m³,总装机容量 2 140 kW,最大输配能力 4 280 m³/min,稳定输配能力 180 万 m³/d。此外,正在建设储配站 6 座,建成后将新增储气能力 18 万 m³。阳泉矿区煤层气运营管网遍及市(矿)区大街小巷,其中老矿区已形成三纵三横利用管网,管路总长达 520 余 km,区域调压站 53 座,城镇燃气用户突破 13 万户,公福及工商用户 1 200 户,现已成为全国利用矿井煤层气规模最大的城市。

1.2 煤层气发电

阳泉矿区煤层气地质储量大、抽排量多,且随着煤炭产量的逐年增长,仍有大量 30% 以上体积分数的矿井气可利用,同时实施 CDM 项目(煤层气减排)。2005—2007 年,阳煤集团先后投资建设贵石沟(11.4 MW)、神堂嘴(12.2 MW)、虎尾沟(5.4 MW) 3 座煤层气发电站,安装发电机组 13 台,总装机容量 29 MW。据统计 2012 年发电项目利用煤层

气 2.41 亿 m³,发电 3.01 亿 kW·h。此外 2013 年 8 月,阳煤集团首座低浓度矿井煤层气发电项目——寿阳区域开元低浓度矿井煤层气发电项目(10 MW)正式投产并网发电,预计年消耗低浓度矿井煤层气 2 400 万 m³(折纯)。

1.3 煤层气供冷供热应用

随着国家对环保工作要求的进一步加强和城市燃气利用技术日益成熟、燃烧设备逐步现代化,将矿井煤层气应用技术引入工业领域已成必然趋势^[3~4]。但由于受到气候条件、生产衔接、地质构造等因素影响,矿井煤层气抽采存在气量、浓度不稳定的特点,由此引起的燃烧热值也随之变化,甚至跨度非常大,大型燃烧设备很难适应该条件,由此给大规模工业化利用带来较大困难。为解决这一难题,阳煤集团多年来不断摸索和试验,先后开辟了燃气中央空调、大型燃气锅炉等煤层气供冷供热的工业化应用,推动了煤层气在工业方面的发展。

1) 燃气中央空调开发。通常采用燃气作为驱动能源的空调用冷热源设备及空调系统,简称燃气空调。当前在我国建筑空调行业中提倡采用燃气空调,因燃气空调可消减夏季峰值电力^[5~6],缩小冬高夏低的供气峰谷差(5:1),提高城市燃气管网利用率,降低供气成本。2002 年,阳煤集团与空调公司在燃气中央空调开发上合作。2003 年 5 月,在集团公司机关办公楼(建筑面积 8 000 m²;层高 7 层;固定办公人员约 500 人,属大型综合性办公场所)进行了燃气中央空调安装试用。阳煤集团办公大楼燃气直燃型溴化锂吸收式冷热水机组,采用矿井煤层气燃烧热作为驱动热源。燃气通过燃烧器进入烟管式高压发生器燃烧,以加热烟管式的中间溶液产生高压冷剂蒸汽,将燃气热能转化为高压冷剂蒸汽的潜热。因燃气温度较高,采用双效型溴化锂吸收式循环。直燃机为中央空调工程中的专用冷(热)源设备,按吸收的双效制冷循环制取 7 ℃ 冷水,直接用制冷剂(水)蒸汽的冷凝热制取 60 ℃ 热水。由于采用双效循环,驱动热源被直接和间接二次利用,因而其热利用的热力系数较高。实践表明:该燃烧器性能稳定,燃烧充分,煤层气浓度范围宽。在实际运行时,制热消耗的燃气比设计计算值节约 10%。

安装燃气中央空调利用矿井煤层气供暖(或制冷)后,每年 5 个月采暖期、3 个月制冷期消耗矿井煤层气近 10 万 m³。由此改善了过去燃煤取暖成本

高、效率低、污染环境等弊端,经济和社会效益均十分显著。又相继在阳煤科技楼、阳煤总院急救大楼等大型场所安装9台燃气中央空调并顺利投入运行,年利用矿井煤层气5 000万m³,由此不仅节约了大量油、电、煤资源,夏季富余矿井煤层气也得到了充分利用,消减了夏季峰值电力,较大限度地保护了环境,改善和提高了市民生活质量。

2) 大型燃气锅炉的开发。在成功开发燃气中央空调后,为了最大限度地发挥矿井煤层气的环保作用,降低供热成本,阳煤集团于2005年对承担机关区域采暖工作的南区燃煤锅炉进行气化改造。燃气锅炉改造与燃气中央空调最大的不同之处是燃气锅炉燃烧功率约为燃气中央空调的10倍。阳煤集团选用傲达系列燃气锅炉,将原南区5台总负荷30t燃煤蒸汽锅炉拆除,安装2台3t燃气锅炉和1台4t燃气锅炉。燃气锅炉采用矿井煤层气作为燃料,炉前供气压力20kPa。锅炉炉体采用全“湿背”三回流程,克服了后烟箱受高温烟气冲刷易烧坏的缺点,改善了锅炉运行环境,提高了锅炉热效率和使用寿命。燃烧器的燃烧方式为全自动2段火调节燃烧。该燃烧器工作稳定、噪声低、燃烧充分、节约燃料、降低污染、环境效益好。

南区燃气锅炉自2005年9月投运以来运行稳定,取得了较好的经济和社会效益。该项目节约了大量煤炭资源,大幅减少了由于燃煤而向大气中排放的SO_x等有害物,每年还可减少煤渣4 000t,保护了生态环境,同时降低了运行成本,减小了工人的劳动强度,为企业进一步发展创造了条件。2005年以来,阳煤集团先后组织对集团部分大型燃煤锅炉进行了改造,主要是:二矿K₄燃煤锅炉改造,安装3台20t燃用煤层气锅炉,最大流量12 000 m³/h,年利用煤层气约3 600万m³;三矿七尺煤燃煤锅炉改造,安装3台10t燃用煤层气锅炉,最大流量6 000 m³/h,年利用煤层气约1 800万m³。2009年以来,在集团外生产矿先后新安装12台大型燃用煤层气锅炉并陆续投入运行,主要是:平舒矿安装5台(4台15t,1台10t)燃用煤层气锅炉;新大地矿安装3台(2台10t,1台4t)燃用煤层气锅炉;寺家庄矿安装4台10t燃用煤层气锅炉。

3) 氧化铝焙烧。2005年8月阳煤集团开工建设80万t/a氧化铝焙烧项目。该项目将煤炭、热电、煤层气、氧化铝、电解铝、铝型材一整条生产链进行

了有效衔接,极具竞争优势。根据设计工艺要求,在国内首次采用矿井煤层气作为燃料对氧化铝进行焙烧。该项目一期年产40万t氧化铝工程已于2007年11月建成投产,日利用煤层气约36万m³,年利用煤层气约1亿m³;二期年产70万t氧化铝工程竣工在即,届时亦将新增利用量1.2亿m³。

2 煤层气利用建议

1) 解决好矿井煤层气燃烧装置与燃气的适配性是推广大型燃气锅炉的关键。目前,我国矿井煤层气抽采方式基本上是本煤层和采空区抽采为主^[7],抽采量和抽采甲烷浓度不断变化。而只有燃气各种参数稳定才能保证大型工业设备工况稳定。显然矿井煤层气不具备这一条件。因此应设计燃烧器在甲烷浓度波动(±5%)时仍然能正常燃烧。主要解决方法是对燃烧全过程随时监控,燃烧变化后及时调整配风系统,保证燃烧装置正常工作。

2) 将矿井煤层气利用的安全问题放在首要位置。燃气设备中的易燃易爆气体一旦泄漏,将造成人员伤亡和财产损失。因此,安全系统选型尤为重要。阳煤集团开发的大型燃气锅炉燃烧器前的稳压装置、快速切断阀以及其他阀等组件选择国外先进产品;锅炉电控选择了当时国内较为先进的HW-PLM-3Q仿触屏设备,安装监测监控系统对锅炉运行情况进行不间断控制,同时在锅炉操作间内屋顶部高位安装甲烷探测报警安全探头,对整个操作间实行全方位监测。

3) 良好的管理措施是保证工业用户设备正常运行的基础。矿井煤层气内含水蒸气,遇冷后会大量凝结聚集在管道系统最低点。一定条件下,可能引起压力波动,严重影响燃烧设备正常运行。因此,在燃烧装置和输配系统原始设计时,应充分考虑这一因素,尽量采用技术手段弥补,使得燃烧装置在压力波动(±200 Pa)时能正常工作。并且缩短一级调压设备与燃烧设备的距离,提高一级输配压力。并应加强输配系统的管理工作,做到勤巡查、勤排水,确保输配系统畅通。

4) 煤层气主要利用途径最优顺序:城市居民用气—大工业用气—低浓度煤层气脱氧富集提纯液化—开发气代油项目—煤层气发电。近年来,阳煤集团矿井煤层气利用快速发展,供气结构已经发生
(下转第41页)

深度分为3~10 m浅部围岩和10~18 m深部围岩。①深部围岩在工作面前方105 m处开始垂直应力显现,并随着与工作面距离的减小而增大,到工作面后方留巷5 m处,围岩深度15 m处达到最大垂直应力26.75 MPa,随后垂直应力突然下降。②浅部围岩在工作面前方80 m处开始垂直应力显现,垂直应力增加速度大于深部围岩。在工作面前方20 m左右浅部围岩垂直应力峰值达到一个较平衡阶段,随工作面推进垂直应力值变化较小。③自深、浅部围岩垂直应力受工作面推进影响,开始发生变化,到工作面后方留巷5 m范围内,深、浅部围岩应力均达到峰值区,即出现双峰值现象,分别集中在围岩深度15和6 m附近。④峰值转移。深部围岩在出现最大垂直应力值26.75 MPa后,垂直应力峰值发生转移,与浅部的垂直应力峰值发生重合,峰值点仍然在6 m深围岩附近围岩处;浅部垂直应力高峰区范围向深部扩大,工作面后方留巷90 m处,峰值有向深部转移至9~12 m的趋势。另外,12和9 m深围岩应力上升速度最大。

2)水平应力显现规律:①深、浅部围岩的水平应力基本上都是在工作面前方100 m处开始显现,并随着与工作面距离的减小而逐渐增大,深部围岩水平应力在工作面前方20 m处增大速度变大,直到工作面后方留巷30 m处,15 m深处围岩增大到50.2 MPa;②浅部围岩的水平应力增速小,在邻近工作面时达到峰值后开始降低。

工作面后方留巷1 000 m范围内断面尺寸基本保持3.5 m×2.0 m,有效保证通风断面在6 m²以上,非回采侧煤帮未出现大范围下滑、挤出等变形。

5 结语

根据长期矿山压力观测的结果表明,充填墙体完好未发生明显裂隙、旋转等破坏现象,未向巷道里发生明显位移。模拟结果表明留巷前后非回采侧煤帮上方煤体部分破坏最为明显,出现应力集中和大范围的塑性区。掘进期间的2 m的锚固区基本被破坏,需要提高围岩的承载性能。减小煤帮的变形量,可通过提高煤帮的支护阻力,从而增加煤层黏聚力、内摩擦角,减小极限平衡区的宽度。通过优化墙体宽度和煤帮侧两大关键部位的补强控制非回采侧煤帮的变形破坏。现场采用高强钢绞线配合11号工

字钢梁对煤帮补强。非回采侧煤帮三排走向锚索梁分别距底板800、1 500和2 400 mm施工,该措施对控制帮部非均匀变形极为关键,取得了良好效果。

参考文献:

- [1] 何满潮,袁和生.中国煤矿锚杆支护理论与实践[M].北京:科学出版社,2004:50~100.
- [2] 华心祝.我国沿空留巷支护技术发展现状及改进建议[J].煤炭科学技术,2006,34(12):78~81.
- [3] 袁亮.低透气煤层群首采关键层卸压开采采空侧瓦斯分布特征与抽采技术[J].煤炭学报,2008,32(12):1362~1367.
- [4] 康红普,牛多龙.深部沿空留巷围岩变形特征与支护技术[J].岩土力学与工程学报,2010,29(10):1977~1984.
- [5] 郭育光,柏建彪,侯朝炯.沿空留巷巷旁充填体主要参数研究[J].中国矿业大学学报,1992,21(4):1~11.
- [6] 杨百顺.顾桥矿深井开采沿空留巷顶板控制技术研究[M].徐州:中国矿业大学出版社,2008:3~5.
- [7] 张璞,张农,许兴亮等.高地应力破碎软岩巷道强化控制技术研究[J].采矿与工程安全学报,2010,27(1):13~18.
- [8] 王卫军,冯涛.加固两帮控制深井巷道底鼓的机理研究[J].岩石力学与工程学报,2005,24(5):808~811.
- [9] 王卫军,侯朝炯,柏建彪等.综放沿空巷道顶煤受力变形分析[J].岩土工程学报,2001,23(2):209~211.
- [10] 柏建彪.沿空掘巷围岩控制[M].徐州:中国矿业大学出版社,2006:10~100.
- [11] 孙恒虎,赵炳利.沿空留巷的理论与实践[M].北京:煤炭工业出版社,1993:20~100.

(上接第72页)

质的变化,发展大工业项目已成必然趋势,下一步需继续探索新工艺、新技术、新项目,拓宽矿井煤层气利用渠道,真正实现以用促抽的良性发展循环。

参考文献:

- [1] 崔荣国.国内外煤层气开发利用现状[J].国土资源情报,2005,(11):22~26.
- [2] 孙茂远.煤层气资源开发利用的若干问题[J].中国煤炭,2005,31(3):5~8,27.
- [3] 孙茂远.中国煤层气开发利用现状及产业化战略选择[J].天然气工业,2007,27(3):1~5.
- [4] 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):6~10,56.
- [5] 孙文哲.燃气中央空调缓解缺电压力[J].制冷技术,2004(2):31~33.
- [6] 饶孟余.中国煤矿区井下煤层气抽放及利用[J].煤炭科学技术,2002,30(1):61~63.
- [7] 韦善阳,江彬,陈伟.地面打钻抽采煤层气方式探讨[J].煤炭科技,2009(3):21~22.