

煤层气低成本开发地面技术探讨

葛劲风 张萌萌 朱友庄 (中油(新疆)石油工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830026)

摘要: 由于煤层气低产、低压等特点, 开发成本较高, 再加上国内针对煤层气开发的相关优惠政策较少, 参与煤层气开发的商业企业数量较少, 高成本的煤层气开发, 成为制约我国煤层气快速发展的主要瓶颈。本课题通过对煤层气两相流集输、除尘设备等关键技术和设备的研究, 确定采用非金属管材集输、模块化橇装化工艺设备是实现这一目标的较好的工艺技术路线, 可有效降低地面工程投资; 同时, 可进一步优化地面工程设计, 提高煤层气综合开发效益。

关键词: 煤层气; PE 管; CNG; 橇装化; 模块化

1 煤层气简介

煤层气主要成分为甲烷, 赋存在煤层中, 俗称“瓦斯”, 部分游离于煤孔隙中或溶解于煤层水中的烃类气体, 以吸附在煤基质颗粒表面为主。其热值与天然气相当, 1m^3 纯煤层气的热值相当于 1.13kg 汽油、 1.21kg 标准煤, 热值是通用煤的 2-5 倍, 是煤的伴生矿产资源, 属非常规天然气, 是优质洁净能源和化工原料。

煤矿瓦斯事故是煤矿安全生产的最大威胁之一。当煤层气在空气中的浓度达到 5%-16% 时, 遇明火就会爆炸, 这是煤矿瓦斯爆炸事故的根源。我国瓦斯事故频繁, 每年因瓦斯灾害造成的死亡人数达 2000 人以上。仅通过最近十五年的统计, 因瓦斯爆炸事故而死亡的人数约占煤炭行业工伤事故死亡人数的 30-40%, 占重大事故的 70-80%, 直接经济损失超过 500 亿元。

我国国有煤矿高瓦斯和瓦斯突出矿井占总矿井数的 46%, 瓦斯事故造成的人员伤亡和巨大经济损失, 在社会上形成很大负面影响。要想从根本上防止煤矿瓦斯事故的发生, 应在采煤之前先采出煤层气, 此有利于改善煤矿的安全生产条件, 还能减少矿井建设费用, 从而使煤矿瓦斯爆炸率降低 70%-85%, 提高煤矿行业的生产效率和经济效益, 改善煤矿行业的社会形象。

煤层气(甲烷)是一种温室气体, 其温室效应在全球气候变暖中的份额为 15%, 仅次于 CO_2 , 其温室效应是 CO_2 的 20-24 倍。我国是煤炭生产大国, 煤层气可采资源总量约 10 万亿 m^3 , 其中准噶尔盆地可采资源量约为 8000 亿 m^3 。只要采煤就会向大气中排放煤层气。据联合国 1994 年统计, 我国每年因采煤向大气排放的甲烷气体达 $190 \times 10^8 \text{m}^3$, 居世界第一, 约

占我国工业生产中甲烷排放量的三分之一, 已引起国际社会的普遍关注。且由于近年来煤炭产量剧增, 这一问题更加突出。因此为了避免因采煤造成的煤层气这种不可再生资源的浪费, 为了改善大气环境、减少温室气体排放, 开发和利用煤层气存在非常重要的意义。

气体能源作为人类经济社会发展的三大支柱之一, 将在世界经济可持续发展的战略中具有举足轻重的作用。

随着我国国民经济的快速发展, 对能源的需求越来越大, 特别是国内油、气供需缺口也在急剧增大。资深专家很早就提出, 作为我国常规中最现实可靠的替代能源, 21 世纪是煤层气大发展的时代。为了在一定程度上改善我国的能源结构, 增加洁净的气体能源, 合理开发利用煤层气存在重要作用, 其可以现实、有效地弥补我国常规油气在地域分布和供给量上的不足。

任何一个新产业的形成与发展都与其他行业密切相关, 开发利用煤层气也将对相关产业起到推动作用。煤层气产业是一项庞大的系统工程, 煤层气生产基地的建设将带动钢铁、水泥、运输、电力、化工、生活服务等相关产业的发展, 对增加就业机会, 促进当地经济的发展, 均能起到至关重要的作用。

2 煤层气地面技术现状

煤层中的天然气有游离状态、吸附状态和溶解状态三种状态。煤层气主要以吸附形式存在, 其中大部分裂缝空间被水饱和。煤层气吸附在煤颗粒内表面, 每个煤层都能在一定的压力下吸附一定量的甲烷, 以煤颗粒本身对甲烷分子的吸引力和外部静水压力等对这一吸引力的强化作用作为吸附的动力。不同压力下的典型煤的吸附曲线如下图 1 所示。

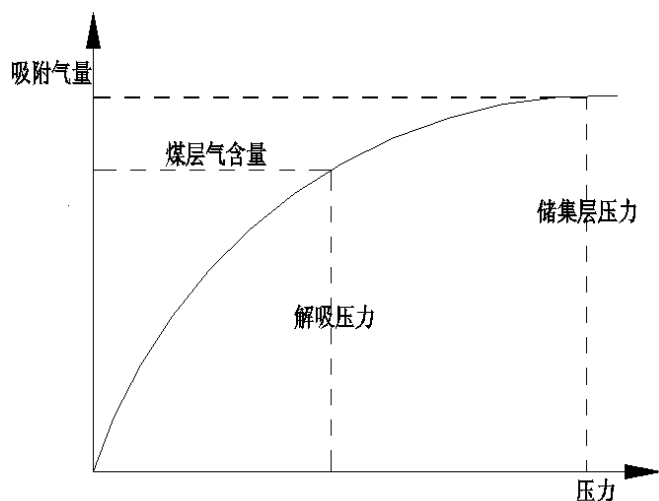


图1 煤在不同压力下的典型吸附曲线

从上面典型吸附曲线可以看出,若将煤层中甲烷解吸出来,则需采取降低煤岩储层压力,当储集层压力低于解吸压力,煤层中吸附的甲烷将被解吸为游离甲烷。

煤层水是通过其与临界解吸压力的相互关系而影响煤层气的产出,储集层中煤层水的含量决定煤岩储集层压力的高低,同时储层水饱和程度的降低还可以增加气体的相对渗透率,煤层气产出过程中,气与水的产量变化关系见图2。

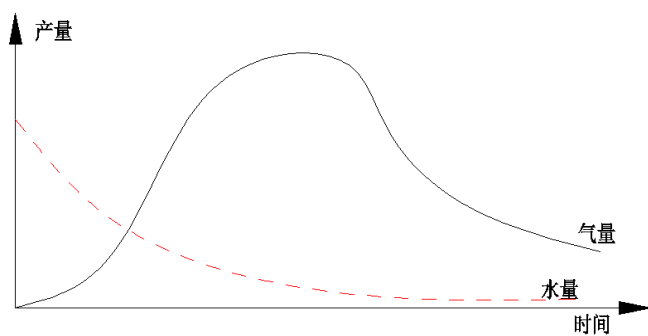


图2 煤层气产出过程气与水的产量变化关系图

从图2可以看出,采气全过程都需要进行排水作业,排水采气是贯穿整个煤层气产出全过程,煤层气采出过程中主要成分为甲烷(含有少量的 C_2 、 N_2 、 CO_2 等其他组分)和水,煤层气井口压力较低,采出的煤层气集输具有低压、多相流的特点。

美国开发的煤层气田大都采用湿气输送、低压集气、低点分液、集中增压、集中处理工艺,气井生产压力范围0.3–1.0MPa,井口生产温度为 $20^{\circ}C$ – $25^{\circ}C$,

在井场设置低压分离设备和储水罐,井口来气、水进入低压分离器,分离出来的气进入到采气管道利用自压输送至集气站,分离出来的水进入到储罐,利用泵提升至水管道进入水处理中心,井场至集气处理站建有气、水两条输送管道。由于湿气输送,需根据沿程地形特点,在低点设置分水器,采出水集中处理排放或回灌地层。

美国针对煤层气开发的速度及规模居全球首位。整体而言,国内与美国的煤层气开发技术没有原则性的出入,但美国煤层气的开发在经济支撑上强于国内,因此常规处理措施能够顺利实施,但在国内则无法实现。这一点决定了需要在借鉴的同时,自主探索适应中国国情的煤层气低成本开发成套技术。

国内煤层气集输方面基本上都采用井场气水分离、湿气输送、低点集液、低压集气、集中增压的集气工艺技术,在井场设置储水池,油管出水进入到储水池内储存集中拉运或利用水管道输送到水处理厂处理,气进入到采气管道进入到集气增压站增压处理后外销。经过多年的总结,也初步形成了井口→采气管网→集气站→处理站的低压集气、多井单管串接、集中增压处理的地面工艺技术。并针对下游不同用户对气质的具体要求,开展了简易露点控制、空冷动态露点控制、空冷+外冷露点控制模式的前期工作。成套橇装设备在国内煤层气开发地面工程中正逐步推广,橇装设备的推广范围涉及到井场装置、站场处理装置等。

由于煤层气低产、低压等特点,开发成本较高,再加上国内针对煤层气开发的相关优惠政策较少,参与煤层气开发的商业企业数量较少,高成本的煤层气开发,成为制约我国煤层气快速发展的主要瓶颈,实现煤层气快速开发的前提除确保有先进的地下开采工艺技术以外,还得配套有先进的地面集输工艺技术。由于煤层气的产出全过程都需要排水采气,地面集输系统应结合现场地形地势、低压、湿气输送及采出水量等综合考虑、优化地面集输系统,而目前沿用现有的气田集输模式进行地面设计,显然已不能满足煤层气开发的需要。

3 技术发展方向

3.1 煤层气低成本开发地面集输技术及模块化设备集成

制约煤层气开发利用的主要因素之一是投入与产出之间的差异,煤层气“低成本”战略贯穿整个开发

过程。采用气田常规技术及设计根本无法实现低成本开发。从源头控制,研制满足工程实际需求的简易设备、仪表,追求“精简”,以此降低工程投资。

非金属管材的筛选应用,设备简易基础的处理及验证,装置实用防腐技术、民用材料的实验性使用、检测仪表基础模块的集成,煤层气气动设备的实验性使用等,通过多途径实现低成本开发。

3.2 煤层气除尘技术及特殊、关键设备研发

煤层气中煤粉的脱除程度对后续工艺设备,尤其是压缩设备的使用寿命影响很大,而目前无有效的简易手段实现深度脱除。对于接近常压进站的煤层气而言,应开展低压降或低能耗煤粉脱除设备的研发。

从目前资料看,煤层气中的粉尘主要是由超细煤粉颗粒组成,通常在 $0.2\mu\text{m}$ – $10\mu\text{m}$ 之间,通常的分离技术,如重力分离和旋风均难以脱除。

根据国外经验,除尘设备主要有无动力除尘、喷水雾、或泡沫除尘这三种层次的选择:采用无动力除尘,首选是防尘,采用无动力除尘适合大部分场合中的粉尘,至少要先采用无动力除尘预处理,其是通过采用局部密闭,使产生的粉尘、烟尘在其中循环消耗其动能后,粉尘就大部分自然沉降下来。这类机械防尘、除尘在国外被称为无动力除尘。

除此以外,也可采用辅助式除尘,如喷水雾或泡沫除尘。直接喷水雾可以使粉尘颗粒润湿,相互粘接、凝聚、长大,然后就容易于气体分离。实践经验证明,由于喷雾技术的进步,通过喷雾这种除尘方式可以去除 $10\mu\text{m}$ 以上的粉尘接近100%、 $1\mu\text{m}$ 以上的粉尘接近90–95%。

逐步开展高效低能分离方法、高效旋风分离元件、高效过滤分离元件、水浴或泡沫喷淋方式、设备结构以及撬装装置的研究。

针对煤层气采出水中所含游离气体对流量计的计量精度影响大但又无有效的低成本的处理方式这一现存问题,开展煤层气简易计量设备及脱气技术研究,研制简易适用的计量设备,并提出经济、简捷的脱气方式,是未来研发的重点内容。

3.3 低压煤层气两相流输送技术研究

低压采气是煤层气开发的特点之一。目前缺少重流与压力流同时存在工况下的应用性研究,工程设计及建设缺少依据,开展低压煤层气两相流输送等应用性理论研究是未来技术发展方向之一。

由于煤层气低压、低产、饱和含水及排水采气的

特性,煤层气集输工艺技术应有别于常规气田采出天然气集输工艺,对低压煤层气两相流输送技术进行研究,对于降低工程投资、促进煤层气快速发展、优化能源结构具有重要意义,低压煤层气两相流输送方面的主要包括以下几个方面。

①煤层气输送过程中,随着沿线输送压力、温度的逐渐降低,煤层气中的饱和含水会被凝结下来,形成气相和液相交替流动,为了更精确的描述气、水介质在管内的流动情况,优化管道规格,更好的掌握流体流动的规律,有必要对多相流进行深入研究;

②由于煤层气采用排水采气工艺,而不同阶段气、水采出量差异较大,可对不同气液比情况下两相流输送进行研究,采用单管将气、水混输技术将大大减少目前采出水拉运的运行费用、降低工程投资,经初步测算,采用该技术可节省工程投资总费用的10%–20%,其经济效益非常显著;

③低压煤层气两相流输送过程中管道压降情况,对于确定管道、分离设备设计压力及压缩机设备的选型具有重要的指导意义。

4 结束语

煤层气开发市场潜力和商业价值巨大,采用撬装化、一体化设备,可有效降低地面工程投资。同时,对煤层气两相流集输、除尘设备等关键技术和设备的研究,可进一步优化地面工程设计,提高煤层气综合开发效益。

参考文献:

- [1] 马治国,尹淮新.新疆煤层气开发中环境影响因素分析[J].煤炭学报,2023(03):15.
- [2] 郑司建,桑树勋.煤层气勘探开发研究进展与发展趋势[J].煤炭科学技术,2022(12):15.
- [3] 渠沛然.煤层气开发有望打开新局面[J].中国能源报,2022(04):26.
- [4] 刘娜娜.基于项目经济评价的煤矿区煤层气开发方案优选[J].中国煤层气,2021(12):15.
- [5] 黄鹤.煤矿区煤层气抽采经济评价技术与应用[J].煤炭经济研究,2019(12):4.
- [6] 王成,姜在炳.煤矿区煤层气抽采项目经济评价方法及其应用[J].煤田地质与勘探,2012,40(5):27–30.

作者简介:

张萌萌(1990–),女,汉族,新疆伊宁人,工程师,大学本科,单位:中油(新疆)石油工程有限公司,研究方向:石油工程与集输处理。