

安全可靠型煤层加砂压裂泵组

谭国政 李志亮 李勇超

宝鸡航天动力泵业有限公司 陕西宝鸡 721001

摘要: 随着压裂工艺的发展,国家对煤层压裂工艺提出了更高的要求。目前,国内大多数煤与瓦斯突出矿井都利用煤矿井下压裂泵组在煤矿井下对煤体、岩体增透压裂,从而降低煤与瓦斯突出事故,但是在压裂过程存在不足之处,即泵组在压裂过程一般采用清水进行压裂,压裂完成后,压裂所产生的裂隙容易闭合,不利于瓦斯沿裂隙释放,影响压裂效果,不便后期抽采,使整个压裂过程工作效率低。所以研制开发更加安全、可靠、高效、节能的设备不仅必要,而且急需。通过对国内某知名油田全充填加砂压裂工艺的考察与分析,我们认为在目前压裂用泵的诸多环境中,急需开发一种新型的、汲取诸多煤矿用泵设备优势于一身的泵型,来提高煤层压裂的安全、可靠、高效的工艺要求。通过反复分析、论证,我们认为,急待开发的泵型应为大排量卧式柱塞浆体输送泵。结合我公司多年研制煤层压裂泵组的经验,在继承和发扬我公司煤层压裂泵组的诸多优点和长处,摒弃其不足之处,再结合油田全充填加砂压裂工艺,取众家之所长,研制了煤矿用煤层加砂压裂泵组,值得大力推广使用。

关键词: 煤矿; 煤层加砂压裂; 煤层加砂压裂泵组; 安全可靠

Safe and reliable coal seam sand fracturing pump group

Guozheng Tan, Zhiliang Li, Yongchao Li

Baoji Aerospace Power Pump Co., Ltd; Baoji, Shaanxi, 721001

Abstract: With the development of fracturing technology, the country puts forward higher requirements for coal seam fracturing technology. At present, most of the coal and gas outburst mines in China use the underground fracturing pump group in the coal mine to crack the coal body and rock mass to reduce the coal and gas outburst accident. However, there are some shortcomings in the fracturing process, that is, the pump group generally uses water to fracture in the fracturing process. After the completion of fracturing, the fracture generated by fracturing is easy to close, which is not conducive to the release of gas along the fracture, affects the fracturing effect, and is inconvenient for the later extraction, making the whole fracturing process low efficiency. So the development of more safe, reliable, efficient, energy-saving equipment is not only necessary but also urgent. Through the investigation and analysis of a well-known domestic oil field full filling sand fracturing technology, we believe that in the current fracturing pump environment, it is urgent to develop a new type of pump, and absorb the advantages of many coal mine pump equipments to improve the safety, reliable, efficient process requirements of coal seam fracturing. Through repeated analysis and demonstration, we believe that the type of pump urgently to be developed should be a large displacement horizontal plunger slurry delivery pump. Combined with our many years of experience in the development of coal seam fracturing pump group, in the inheritance and development of our company's many advantages and advantages of coal seam fracturing pump group, abandon its shortcomings, combined with the full filling sand fracturing technology of oil field, take the strengths of the family, we developed coal seam sand fracturing pump group for coal mine, which is worthy of being widely used.

Keywords: coal mine; Coal seam is fractured with sand; Coal seam sand fracturing pump group; Safe and reliable

随着煤矿压裂工艺的发展,国家对煤层压裂工艺要求也越来越高,更加安全可靠的煤层压裂设备也成为瓦斯突出煤矿的重中之重。

1 国内外概况和发展趋势

目前,国内大多数煤与瓦斯突出矿井都利用煤矿井下压裂泵组在煤矿井下对煤体、岩体增透压裂,从而降低煤与瓦斯突出事故。但是在压裂过程存在不足之处,即泵组在压裂过程一般采用清水进行压裂,压裂完成后,压裂所产生的裂隙容易闭合,不利于瓦斯沿裂隙释放,影响压裂效果,不便后期抽采,使整个压裂过程工作效率低。

通过对重庆、山西等诸多瓦斯突出的煤矿企业的调研,我们发现,这些企业对流程中远距离、高压、压裂完成后有利于瓦斯沿压裂间隙释放,且压裂完成后能更好的巩固煤层,防止坍塌的设备更加需求。

另一方面在国内许多煤矿生产中存在“冲击地压”现象,即由于人为开采导致地壳分布不均造成的矿震现象,对煤矿安全生产造成极大的隐患。通过分段定向大流量压裂后使不稳定的地壳组织重新达到新的平衡,使矿震突出地区避免发生多次矿震,在煤矿安全生产方面起到极为重要的作用。

为了实施新的压裂工艺,要求对岩体、煤体实施增透压裂,使冲击地压迅速建立平衡,同时保证提高压裂效率、降低劳动强度,利用煤矿井下加砂压裂泵组输送不同砂比、不同粘度的压裂液,完成加砂压裂施工就成为势在必行的发展趋势。

通过对国内油田全充填加砂压裂工艺的考察与分析,以及对我公司煤层压裂泵组的诸多优点和长处的了解,我们认为,在目前压裂用泵的诸多环境下,需要开发一种新型的汲取诸多煤矿用设备优势于一身的设备,来填补这一空白。通过反复分析、论证,我们认为开发煤层加砂压裂泵组势在必行。

煤矿井下加砂压裂系统涉及到煤矿井下压裂工艺。国内各煤田针对性使用煤矿井下压裂泵组对煤矿安全上

产、提高生产效率起着至关重要的作用。加砂压裂工艺将替代以往的普通压裂工艺作为煤矿井下压裂作业的主导工艺。

以新的压裂工艺需求进行研制开发的的全新夹砂压裂系统具有以下特点:

(1) 整个加砂压裂系统由几个相互独立的撬座单元组成,每个撬座可独立移运,到达作业地点后,再将各个撬座单元板车用支腿调平,头尾刚性连接,达到作业状态。

(2) 整个加砂压裂系统撬座基本配置为:泵撬+动力撬+控制撬+清水泵撬+混砂撬。

(3) 煤矿井下加砂压裂系统其基本特征是砂比可调,可调整水砂比例,根据压裂作业需要满足高压小排量、大排量小压力等不同工况需求。

(4) 煤矿井下加砂压裂泵组为国内最大流量(理论流量2466L/min)压裂泵。

该系统的研制与开发,达到国内领先水平,具有广阔的市场前景

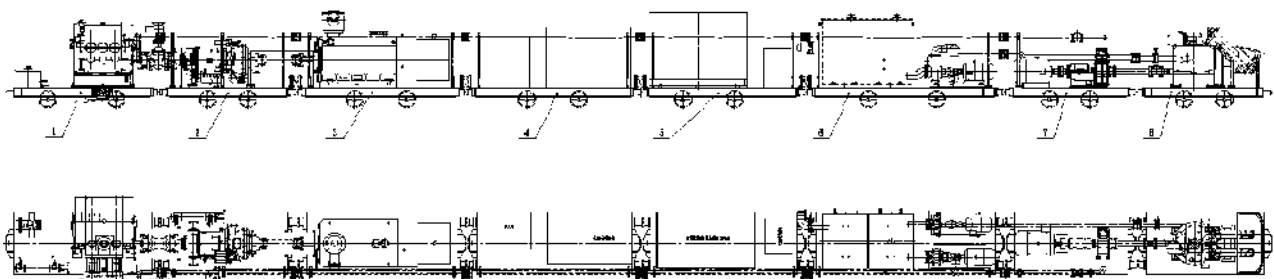
2 煤层加砂压裂泵组的研制

2.1 总体要求

- a. 适合远距离、大流量、高压、连续作业工况;
- b. 运行平稳、可靠;
- c. 远程控制系统、信号检测与保护功能;
- d. 利于瓦斯沿压裂间隙释放;
- e. 压裂完成后能更好的巩固煤层防止坍塌;
- f. 体积小、承载能力大、适应井下空间小、通风差、工作环境恶劣的工况;
- g. 方便移动运输。

2.2 设计方案

根据上述要求,结合我公司多年研制生产煤层压裂泵的经验,在继承和发扬我公司煤层压裂泵的诸多优点和长处,摒弃其不足的基础上,再借鉴油田全充填加砂压裂工艺,博众家之长研制开发了煤层加砂压裂泵组。见泵组结构简图(附图一):



附图一 泵组结构简图

煤层加砂压裂泵组主要技术参数

名称：煤层加砂压裂泵组
 型号：BYW(S)-30/1000
 排出压力：0 ~ 30MPa
 最高冲数：234.5rpm
 排出流量：578 ~ 2450L/min
 柱塞直径：φ 152.4mm
 行程：203.2mm
 配载功率：1000kW

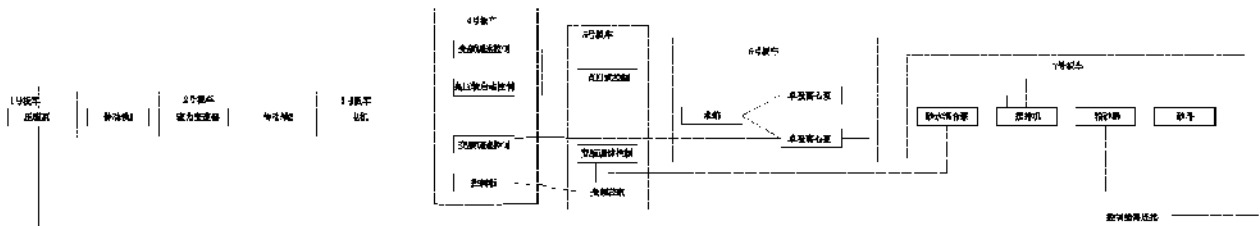
2.3 适用范围

研发煤层加砂压裂泵组就是为了解决各大煤矿瓦斯突出情况，从而降低煤与瓦斯突出事故。作为煤层压裂设备加砂压裂泵组既可避免煤与瓦斯突出事故，又可更好的巩固煤层防止坍塌，使煤矿煤层压裂设备上了一个新水平。

项目满足了煤炭工业提出的“安全生产，增加清洁能源供应，促进可持续发展”的方针。有效提高了煤矿安全生产、降低消除煤与瓦斯突出，同时改善能源结构。遏制煤矿瓦斯灾害，减少采煤过程中的甲烷排空。起到了绿色环保作用。技术处于国内领先、填补空白项目。具有很好的经济效益和社会效益，对发展新型高效节能技术提供了一个新的发展方向。

3 煤层加砂压裂泵组结构简述

基于现有油田地面压裂成熟工艺，选用体积小、承载能力大、能下井、能适应井下复杂环境的柱塞泵为输送加砂液的核心设备。煤层加砂压裂泵组主要由供水系统、混砂系统、泵送系统、远程控制系统、管汇系统、板车组合系统以及预留压裂液添加系统等组成。见工艺流程图（附图二）：



附图二 工艺流程图

为适应煤矿井下环境，并方便整体组装和移动运输，并根据设备大小，同时考虑井下巷道的特殊性（如狭窄、拐弯等），将以上设备布置在八个相互独立且可在井下轨道上移运的矿用平板车上，每个平板车为一个撬座，可独立移运。到达作业地点后，将柱塞泵旋转90度，再将各个板车快速拼装。压裂泵输送系统成为刚性连接系统，来达到作业状态。

混砂系统：主要由砂斗、螺旋输沙器、搅拌桶、搅拌机、输砂泵以及相关电动阀门与管汇系统组成，为压裂系统提供稳定的0 ~ 20%不同浓度的水砂混合液。既能保证在高砂比砂浆情况下混合的完全性和连贯性，又能够保证小砂比和小流量时混合液的混合，防止了混合时不均匀性。

泵送系统：主要由隔爆电机、液力变速器、柱塞泵、联轴器、电控换挡系统、电动阀门、安全保护装置等组成，是确保为压裂工艺系统提供不同排量、不同压力下清水、加砂液顺利进入煤层压裂孔的核心装备。

远程控制系统：包括变压器柜、系统控制柜、操作控制电脑、信号传输系统、信号采集系统等部分，实现压裂工艺系统的远程操控等功能需求。煤层加砂压裂泵组数据监测系统中压力传感器、排出电子流量计安装在

压裂泵组上，温度变送器和油压变送器安装于液力变速器上，转速变送器安装于压裂泵组动力端外挂齿轮箱上，电磁阀、电动调压阀安装于板车上。数据监控系统是针对煤矿井下压裂工程的技术要求和功能，为煤矿井下压裂成套装备配套的先进控制系统，本控制系统由我公司自主研发设计，信号检测和控制由远程矿用隔爆兼本安计算机操控，具有较高的使用安全性、可靠性和人性化设计工艺。

管汇系统：包括清水压裂管路、加砂压裂管路、压裂液添加系统管路、各板车分离拼装后快速链接管路以及清水压裂、加砂压裂、辅助压裂液压裂等不同工况的管路切换系统。功能：为加砂压裂系统提供各种工况下的通道可控、畅通。

板车组合系统：鉴于压裂泵组的庞大与复杂，整体系统拆分成八组板车单元，每节平板车分别配四套螺旋支腿部件。平板车底座便于整机吊运及上下井与到达作业面后的快速组装。

预留压裂液添加系统：未对压裂液的运行参数提出明确规定，但鉴于我公司在油田行业油井压裂工艺中携砂剂的成熟经验，在混砂撬班车上预留压裂液配比箱以及添加的计量泵系统，在控制单元预留控制端口，以便

在项目试验阶段随时添加。

4 煤层加砂压裂泵组在煤矿使用时具有的优点

(1) 系统集成模块化设计。整套系统由执行模块、传动动力模块、智能控制模块集成,彼此独立,且又具有优越的成套集成性,这种“化整为零、化零为整”的模块设计完全满足煤矿井下压裂工艺要求。

(2) 智能化矿用远程数据监控闭环系统。对设备压力、流量、油压、油温、转速等信号进行逻辑计算监护,处理即时信息,实施程序保护。在压裂作业中数据实时采集,自动绘制压力流量三维曲线,利于分析压裂工况及地质结构。远程控制区域与作业面距离可达到5公里,实现了煤矿压裂工艺的安全作业。

(3) 利于瓦斯沿压裂间隙释放。就该设备而言,是目前国内煤矿功率和流量的部分设计参数最大的压裂设备,煤体的透气性系数显著提高,瓦斯流量增加明显,大幅提高瓦斯的抽采率。采用此工艺技术可大大提高煤矿生产安全性、快速高效地抽取瓦斯气体,变废为宝,降低煤尘产生量,节约了各大煤矿采气成本。

(4) 压裂完成后能更好的巩固煤层防止坍塌。相较于注水压裂,加砂压裂实际效果更为显著,压裂完成后,细砂粒可对已压裂煤层有效支撑,加固裂隙,防止煤层坍塌,裂隙闭合。

(5) 远程气动调速传动系统。将气动调速控制技术应用于设备传动控制系统,显著提高传动效率。压力、流量在液力变速器5种档位的范围调节下,更能自动适应不同深度、不同岩体、不同地应力的需求,提高系统压裂裂缝延伸效果,适应不同地域煤矿地质环境。

(6) 组装、移运方便。因煤矿井下特殊环境的影响和制约,该泵组将所有设备安装于八个矿用平板车上,板车与板车的连接、管路之间的连接全部采用柔性接头,方便井下拆卸、运输。

(7) 设备运行平稳、可靠,无漏油、漏液现象,不污染环境,易损件寿命长、故障率低、检修方便。

5 实施效果

煤层加砂压裂泵组研制成功后,已于2019年在山

西某煤矿井下运行,结果表明:对煤层的压裂效果完全达到了煤层及岩层压裂工艺要求,完全满足西南地区特殊煤层的压裂特点,达到了预期效果,使煤层的透气性持续增加,瓦斯弹孔抽采量显著提高,最高影响半径超过60米,同时有效降低了煤与瓦斯突出危险性,降低煤尘产生量,节能效果显著,具有很好的经济效益和社会效益。



装配现场的煤层加砂压裂泵组

6 结语

煤层加砂压裂泵组是借鉴我公司近二十年来煤层压裂泵组的成熟技术,自主研发设计的专门针对煤矿井下压裂工况的泵组,主要用于煤矿井下压裂及注水、井下加砂注水等作业。

产品满足煤炭工业提出的“煤与瓦斯共采绿色开采技术,推进煤与瓦斯突出和高瓦斯矿井瓦斯综合治理”的方针。有效提高了煤矿安全生产、降低消除煤与瓦斯突出,既可避免煤与瓦斯突出事故,又可更好的巩固煤层防止坍塌,同时改善能源结构,遏制煤矿瓦斯灾害,减少采煤过程中的甲烷排空,起到了绿色环保作用。

泵的液力端经改造后亦可输送强腐蚀性介质,技术处于国内领先地位,具有很好的经济效益和社会效益,对发展新型高效节能技术提供了一个新的发展方向,使煤矿煤层压裂设备上了一个新台阶。

参考文献:

[1]中国矿业大学瓦斯组.煤和瓦斯突出的防治[M].北京:煤炭工业出版社,1979:55-56.

[2]刘明举,任培良,刘彦伟,等.水利冲孔防突措施的破煤理论分析[J].河南理工大学学报,2009,28(4):142-145

[3]夏仕柏,赵文武,刘彦伟,等.水力冲孔快速消突效果分析[J].煤矿安全,2010,2:105-107