



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104832149 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 12

(21) 申请号 201510248281. 7

(22) 申请日 2015. 05. 16

(71) 申请人 太原理工大学

地址 030024 山西省太原市迎泽西大街 79 号

(72) 发明人 赵金昌 卞德存 闫东 薛荣芳

(74) 专利代理机构 太原科卫专利事务所(普通合伙) 14100

代理人 朱源

(51) Int. Cl.

E21B 43/26(2006. 01)

E21B 28/00(2006. 01)

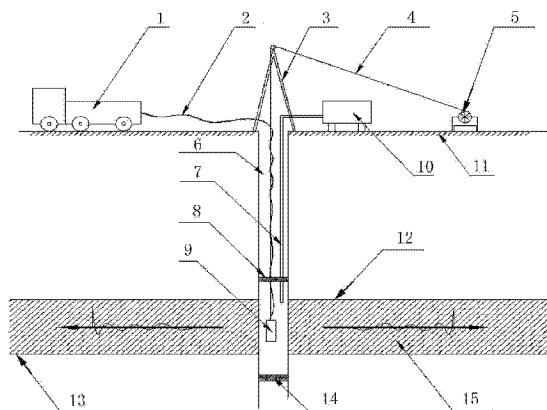
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种电脉冲辅助水力压裂的非常规天然气储层增透方法

(57) 摘要

本发明涉及非常规天然气储层增透方法,具体为一种利用高压电脉冲辅助水力压裂的天然气储层增透方法,包括以下步骤:在非常规天然气储层中钻孔,通过绞车下放放电电极至欲增透储层位置;储层钻孔封孔并通过注水管向储层钻孔内注水达到设定静压;利用放电设备通过放电电极进行脉冲放电;放电过程结束后,排空注水储层钻孔,接入天然气抽采设备,然后通过抽采设备采集天然气。本发明创造性地将高压脉冲放电与水力压裂技术集成,利用高压脉冲放电的空化效应和水激波的瞬时加载作用来达到改变天然气的赋存状态、增加储层裂隙、弱化强度、改善渗透性,进而提高天然气抽采效率的目的。同样在非常规天然气抽采中也具有非常广阔的应用前景。



1. 一种电脉冲辅助水力压裂的非常规天然气储层增透方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 在储层位置钻地面非常规天然气井筒 6,通过绞车 5 下放放电电极 9 至欲增透储层位置;

2) 通过上部封孔器 8 和下部封孔器 14 将欲增透储层部位封孔,然后利用高压水泵 10 通过注水管 7 向封孔内注水达到设定静压;

3) 针对不同的地质环境,选择不同的放电参数及加载模式,利用高压电源车 1 通过放电电极 9 对储层进行可控脉冲放电加载;

4) 放电过程结束后,排空注水储层钻孔,接入天然气抽采设备,然后通过抽采设备采集天然气。

## 一种电脉冲辅助水力压裂的非常规天然气储层增透方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及非常规天然气储层的增透方法,具体为一种电脉冲辅助水力压裂的非常规天然气储层增透方法。

### 背景技术

[0002] 非常规天然气资源,是指尚未充分认识、还没有可以借鉴的成熟技术和经验进行开发的一类天然气资源。主要包括:煤层气(瓦斯)、页(泥)岩气、致密气(致密砂岩气、火山岩气、碳酸盐岩气)等。随着我国经济的不断发展,对能源的需求量也越来越大。非常规天然气能源的开发和利用引起了当今社会广泛关注。作为发展中的大国,中国正处于经济和社会发展的关键时期,迫切需要大量的优质、清洁能源。天然气具有高能源利用率和低CO<sub>2</sub>排放量的特点,是当前一段时期内较为理想的清洁能源,可广泛应用于城市燃气、汽车燃料、发电厂和加工厂等工业燃料,以及生产各种化工产品。与常规天然气相比,包括煤层气、页岩气等在内的非常规天然气资源储量更高,据权威估算,世界非常规天然气资源量,约为常规天然气资源量的4.56倍。因此非常规天然气勘探开发潜力无限,是我国新能源发展的重要方向,对于保护大气环境、缓解国内能源紧张、调整能源结构等都具有重要的意义。

[0003] 然而由于非常规天然气资源的埋藏、赋存状态与常规天然气资源有较大的差别,其主要的特点在于资源的“低品位”。目前我国绝大多数正在开采的高瓦斯矿井煤层属低透气性煤层。煤层透气性差、煤质偏软,从而导致了煤层气抽采率低下、抽采钻孔极易堵塞的问题,造成煤层气开发困难。对于国内储量丰富的页岩气资源,目前还没有广泛地勘探与开发,其根本原因是由于页岩气是充填于页岩裂隙、微细孔隙及层面内的天然气,其储层的渗透率很低(一般小于1mD)、气流的阻力比传统天然气大得多,页岩气井钻井完成后,只有少数天然裂缝特别发育的井可直接投入生产,90%以上的井需要经过酸化、压裂等储层改造才能获得比较理想的产量。而所谓致密气,一般是指渗透率小于0.5mD的天然气资源,包括致密砂岩气、火山岩气、碳酸盐岩气。这些非常规天然气资源都具有相同的特点,那就是储层渗透性差,完井后均需要通过人工的方法对储气层进行结构改造,提高储层透气性。

[0004] 目前使用较为广泛的储层增透技术主要有以下几种类型:传统水力压裂技术、水压爆破致裂增透技术、高能气体压裂技术、氮气泡沫压裂技术、水力喷射压力技术等。这些方法都有一定局限性,尤其是对于水资源的浪费和地下水系的污染问题,都严重制约了压裂效果,同时,上述压裂方法对吸附状态的甲烷的影响甚微。这些都严重制约了我国非常规天然气的开采和利用。

[0005] 传统水力压裂增透技术是目前比较常用的一种增透技术,它的基本原理是通过在欲抽采的非常规天然气储层中注入由高压水泵提供的高压水,在水压的作用下将储层岩体破裂形成贯通的裂缝,然后将混入石英砂或其他支撑剂及凝胶的压裂液注入储层裂隙中,压裂液中细小而坚硬的支撑剂颗粒在卸压后可以继续支撑住裂隙,进而提储层的渗透性。但该技术的水压加载速度慢、压力上升时间长、峰值压力低( $\leq 15\text{MPa}$ ),只能形成一条垂直于最小主应力方向的裂纹,而且裂纹仅沿原生弱面扩展,不能生成垂直于层面的裂纹,使裂

纹不易相互联通, 试验及模拟证实该技术在储层中产生的裂缝数量很少, 不能显著增加储层的透气性, 同时, 由于非常规天然气在储层中大部分是以吸附的状态存在的, 传统水压致裂技术对于吸附气体的影响甚微, 因此对于提高非常规天然气的抽采效果也非常有限。

[0006] 水压爆破致裂增透技术是指在钻孔内, 以水为不耦合介质进行不耦合装药。爆破时, 药柱爆轰后产生侧向膨胀, 炸药的爆轰波在药卷周围的水中形成冲击波。冲击波作用于孔壁后迅速产生反射, 反射波到达分界面后水体便达到准静态压力状态。随后水中的准静态压力与反射波共同作用, 使孔壁产生振动、变形直至开裂。从而达到增加储层裂隙, 提高渗透性的目的。水压爆破致裂增透技术是利用炸药爆破的方式来增加储层渗透性的, 因此每次其加载过程是瞬时的, 且不具有周期加载的特性。同时, 由于炸药的爆炸压力远高于围岩的屈服强度, 导致钻孔壁严重破碎垮塌, 形成残余“应力笼”。不利于在较大范围内提高储层的透气性。

[0007] 高能气体压裂技术就是指将燃烧剂和推进剂制成的压裂弹下放到目的层(储层), 在承压条件下引爆压裂弹, 利用其装药爆燃时产生的高温、高压气体, 对储层实施瞬时冲击加载, 在钻孔周围形成多条放射状裂缝, 改善储层的透气性的一种压裂技术。高能气体压裂的固井质量差, 容易造成井壁坍塌, 钻孔堵塞, 造成抽采设备下放困难, 不能提高抽采效率。而且由于化学反应产生的能量有限, 所形成的裂缝规模还远不及水力压裂, 裂缝延伸长度一般只有 3~8m。而且不能加支撑剂, 因此压裂形成的裂缝有效作用期较短。加之对井的要求较高, 不适宜于低渗透性的储层。高能气体压裂是一个复杂的燃烧过程, 其设计参数的选择复杂, 目前尚无定量的认识, 因此必须根据本地区的实际情况对选井选层提出要求。

[0008] 氮气泡沫压裂技术及水力喷射压裂技术对施工设备要求较高, 压裂成本大, 仅适用于一些埋深较浅的储层, 且工艺过程较为复杂, 不易于大面积推广使用。

## 发明内容

[0009] 本发明为了解决现有的非常规天然气储层增透技术不能有效提高储层的透气性的问题, 提供了一种电脉冲辅助水力压裂的非常规天然气储层增透方法。

[0010] 本发明是采用如下的技术方案实现的: 一种电脉冲辅助水力压裂的非常规天然气储层增透方法, 包括以下步骤:

- 1) 在储层位置钻地面非常规天然气井筒, 通过绞车下放放电电极至欲增透储层位置;
- 2) 通过上部封孔器和下部封孔器将欲增透储层部位封孔, 然后利用高压水泵通过注水管向封孔内注水达到设定静压;
- 3) 针对不同的地质环境, 选择不同的放电参数及加载模式, 利用高压电源车通过放电电极对储层进行可控脉冲放电加载;
- 4) 放电过程结束后, 排空注水储层钻孔, 接入天然气抽采设备, 然后通过抽采设备采集天然气。

[0011] 自 80 年代开始, 高压脉冲放电作为一种低频电脉冲解堵工艺, 在油田开采中已经成功应用, 广泛应用于油井的解堵增产增注中。该技术利用高压脉冲放电产生的压力效应, 使油井周围岩石介质振动, 改造底层原生裂缝并产生新的微裂缝, 解除油层孔道里的沉积物, 从而达到解堵的目的。本方法借鉴这一思路, 创造性地将高压脉冲放电与水力压裂技术集成, 利用钻孔高压注水的良好传能特性, 在静压注水的同时, 在钻孔内实施高压电脉冲放

电,放电电极之间产生具有高密度储能和高膨胀效应的高压等离子体,在水介质中形成水激波和空化效应,水激波冲击载荷经过管道中压力水的传递,作用在非常规天然气储层原生裂隙尖端,在对储层岩性、地应力、原生裂隙等情况进行分析的基础上,通过对放电能量、放电次数、不同能量下放电次序及动(电脉冲)-静(静水压裂)加载组合模式的选择实现对储层的有效可控脉冲加载,使得储层岩体裂隙分叉、扩展,在钻孔周围形成多条放射状裂缝,贯通并延展储层自然裂隙,最终在钻孔周围岩层中形成丰富的立体裂隙网络,起到疏通天然气等流通扩散通道,减少气体运移阻力的目的,同时脉动气泡的空化效应促进了非常规天然气的物态转化(从吸附状态转化为游离状态),有效提高了天然气的抽采效率。

[0012] 本发明带来如下有益效果:

(1) 高压脉冲放电可在短时间内重复进行,克服了传统水压致裂加载速度慢、压力上升时间长的缺点;

(2) 压力水中高压脉冲放电时,等离子通道内的压力可达 1Gpa,其有效作用范围达 60m,影响范围可达 200m;

(3) 可精确压裂处理小范围内的储层,极大地节约了压裂过程中的水及其他能源材料的消耗;

(4) 地面抽采钻孔间距可达到数百米,大大提高单位长度钻孔的抽采效率。

#### 附图说明

[0013] 图 1 为本发明的施工方案图。

[0014] 图中:1- 高压电源车,2- 高压放电电缆,3- 绞车井架,4- 起重钢丝绳,5- 绞车,6- 非常规天然气井筒,7- 注水管,8- 上部封孔器,9- 放电电极,10- 高压水泵,11- 地表,12- 储层顶板,13- 储层底板,14- 下部封孔器,15- 欲增透储层。

#### 具体实施方式

[0015] 一种电脉冲辅助水力压裂的非常规天然气储层增透方法,包括以下步骤:

1) 在储层位置钻地面非常规天然气井筒 6,通过绞车 5 下放放电电极 9 至欲增透储层位置;

2) 通过上部封孔器 8 和下部封孔器 14 将欲增透储层部位封孔,然后利用高压水泵 10 通过注水管 7 向封孔内注水达到设定静压;

3) 针对不同的地质环境,选择不同的放电参数及加载模式,利用高压电源车 1 通过放电电极 9 对储层进行可控脉冲放电加载;

4) 放电过程结束后,排空注水储层钻孔,接入天然气抽采设备,然后通过抽采设备采集天然气。

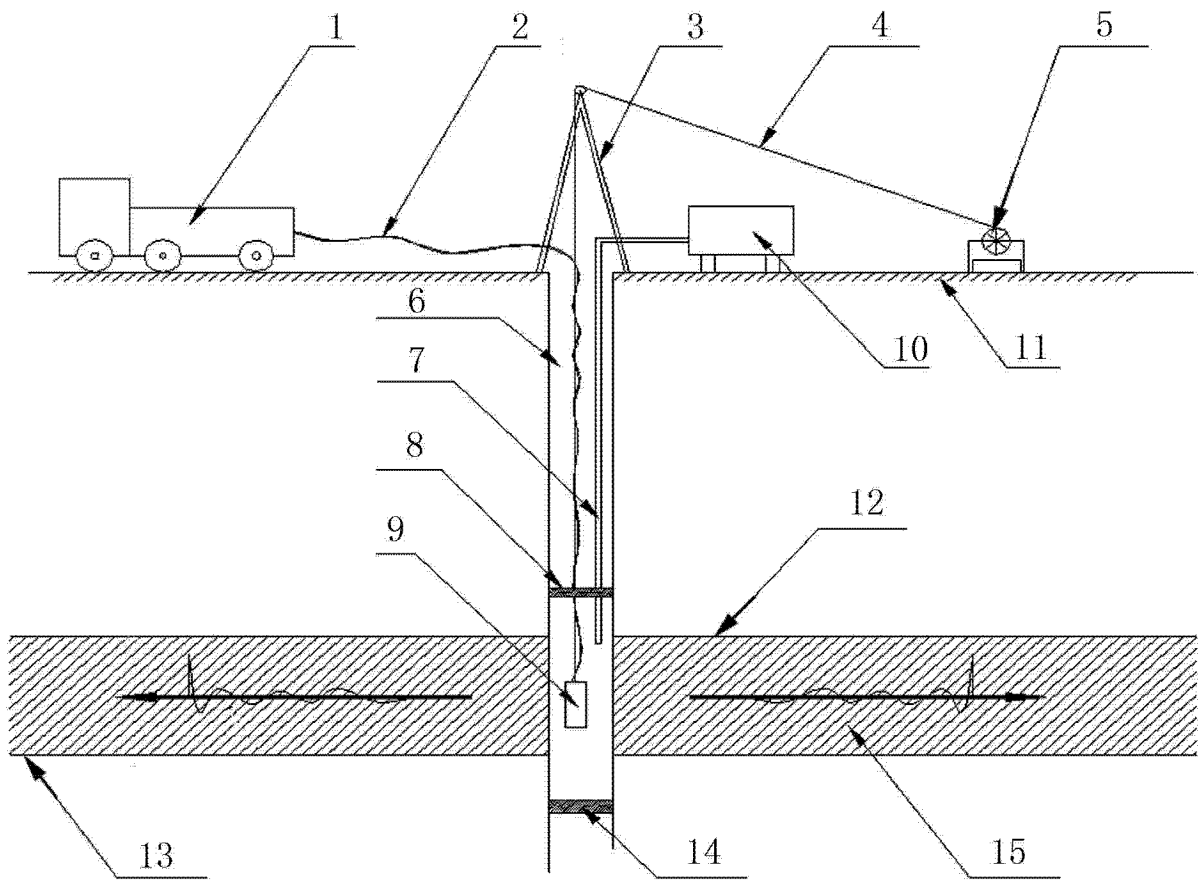


图 1