

Experimental Research on Hole Track Characteristics of Hydraulic Jet in Rock Samples

Yong Chen Hui Zhang

Drilling Technology Research Institute, Shengli Petroleum Engineering Company, Dongying, Shandong, 257017, China

Abstract

For the problem of the hole trajectory characteristics of ambiguous problem during a hydraulic jet, test process is set up and the different sample and a variety of cement are used for hydraulic jet experiment. According to the economic drilling rate and test results, the compressive strength and drillability grade of relevant rock samples are tested to determine the range of compressive strength and drillability grade applicable to water jet technology. By measuring the well trajectory, the trajectory characteristics of the hole in horizontal and vertical directions are analyzed, and the trajectory characteristic curve is provided, which provides the basis for the further research of this technology and the design of water jet well bore.

Keywords

hydraulic jet; trajectory characteristic; drillable grade value

岩样水力射流孔眼轨迹特性试验研究

陈勇 张辉

胜利石油工程公司钻井工艺研究院, 中国·山东 东营 257017

摘要

针对在水射流孔眼工艺过程中孔眼轨迹特性不明确的问题, 搭建试验流程, 采用不同岩样和多种水泥石开展水力喷射试验。根据经济钻速和试验结果, 测试相关岩样的抗压强度和可钻性级值, 确定水射流工艺适用岩样抗压强度范围和可钻级值范围。通过测量井眼轨迹, 分析孔眼在水平和竖直方向的轨迹特性, 提供轨迹特性曲线, 为该技术的进一步研究和水射流井身设计提供依据。

关键词

水射流; 轨迹特性; 可钻性级值

1 引言

径向水力射流钻孔技术是一种低成本微小井眼水平井钻井技术, 近年来在中国和国际上得到了广泛的应用。目前, 中国和国际上的径向水力射流钻孔技术基本都采用套管钻孔、水力喷射破岩的方式, 即先用套管钻孔工具把套管钻穿,

【基金项目】国家科技重大专项“断块油藏高效开发钻井技术”(项目编号: 2011ZX05011-003)资助。

【作者简介】陈勇(1976-), 男, 中国湖北竹山人, 高级工程师, 从事钻井工具研发工作研究。

张辉(1979-), 男, 中国辽宁昌图人, 高级工程师, 从事钻井工程技术研发工作研究。

然后用水力喷射工具在油层中形成径向水平井。喷射钻井技术基于水力破岩原理, 利用高压水射流破碎岩石, 形成直径30~50mm的小孔^[1, 2]。喷射钻井工具包括高压软管和喷头, 软管一端与连续管相连, 一端与喷头连接, 利用连续管将高压软管和喷头通过转向器送到套管钻孔位置, 开启地面高压泵组, 高压水射流经喷头喷射地层, 实现破岩成孔。为了喷射形成较长距离的小孔, 喷射系统具有带动自身前进的自进能力。中国部分生产井、注水井和老井改造实施了水射流工艺, 在取得较好增油增注效果的同时, 也有部分井效果不明显。对于效果不明显的情况, 普遍认为在实施水射流工艺过程中, 喷头带动软管在疏松油层中形成小孔的轨迹特性不明确, 小

孔轨迹可能符合设计要求,也可能偏离设计轨道,从而导致部分井水射流工艺效果不明显。开展岩样水力喷射试验,目的是研究分析水射流工艺中形成孔眼的轨迹特性,进而为水射流工艺设计提供参考,进一步提高水射流工艺效果。

2 试验装置

试验装置如图1、图2所示,主要由高压泵组、高压管汇、储液池、圆钢管、岩样及喷射工具等组成,岩样模拟水射流疏松砂岩地层。

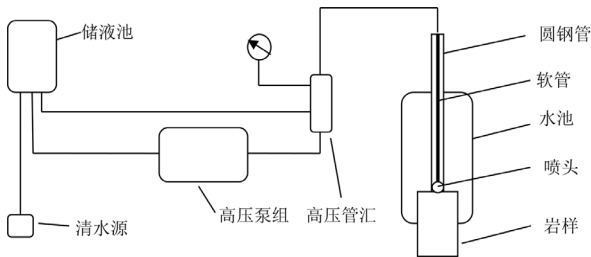


图1 水力喷射成孔轨迹特性试验装置示意图

(1) 高压泵组和高压管汇同现场施工地面设备,高压泵机组的动力源为柴油发动机,柴油机功率145kW,高压泵最高压力70MPa,最大流量90L/min。

(2) 圆钢管提供射流工具前进通道和喷射液及钻屑返回通道,钢管一端紧压在岩样上,喷射返出液充满整个圆钢管,为试验提供淹没条件。

(3) 射流钻头同现场施工应用的钻头,射流钻头上各孔直径相同,侧向向前孔眼扩散角均为 10° ,射流钻头正反流量比为 $3/4$,射流钻头向前有4个孔眼,其中1个是中心孔眼,另外3个孔眼绕中心孔眼均布排列,向后孔眼3个,绕喷头轴心均布向后扩散角 30° ,喷头结构如图2所示。

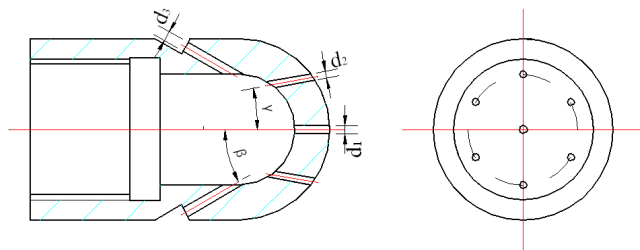


图2 射流钻头结构图

(4) 试验岩样采用地层露头岩石和人造水泥石,露头岩样分别为粉砂岩及风化疏松砂岩,规格为 $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 30\text{cm}$ 的方块各5块,水泥石选用8种(水泥砂浆配比不同),规格 $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 100\text{cm}$ 共40块(每种5块),实物如图3所示。



A 风化砂岩



B 粉砂岩



C 人造水泥石

图3 岩样实物图

3 试验方法

3.1 岩样安装

试验台架平面调整为水平基准面,原钢管端面设定为竖直基准面,岩样紧靠基准面,整齐叠放岩样5块,岩样组固定压紧,减少相邻岩样界面间的干扰,确保岩样组近似均质地层。

3.2 测量准备

岩样在喷射前刻画孔位置测量基准线，5块样品参照竖直基准面和水平基准面整齐叠放，样品高度方向画3条横线，4等分高度尺寸，样品宽度方向画1条纵线，2等分宽度尺寸，每组样品以第一块岩样上纵横刻线交点为喷射起点，喷射完成后，测量每块样品孔中心相对对应纵横刻线交点（喷射起点投影点）的偏移尺寸。

3.3 水力参数

喷射试验参数喷射压力 50~55MPa，排量 54~65L/min（与现场施工水力参数相同），如图 4 所示。

3.4 孔轨迹测量

孔轨迹由喷射起始点和 5 个样品上孔眼位置组成，孔眼位置由 x、y 表示，其中 x 为孔眼中心相对起点横向偏移距离，y 为孔眼中心相对起点纵向偏移距。

3.5 喷射速度测量

测量每块岩样钻穿时间，并计算该岩样平均钻进速度，单块岩样钻进时间从开始喷射计时，岩样间隙出水为止，如图 5 所示。



图 5 喷射破岩岩样

3.6 岩样可钻性级值及抗压强度测定

根据喷射钻进速度情况，选取岩样测定可钻性级值及抗压强度。

4 试验数据及分析

4.1 喷射速度

岩样喷射试验开展 10 组，10 种岩样组各钻 1 孔。其中，5 组岩样钻进速度经济有效，5 种岩样喷射钻孔速度如图 6 所示，可钻性差的岩样钻速慢，可钻性好的岩样钻速快，其中 5 组岩样钻速适中，具有经济钻速的岩样抗压强度小于 15MPa，可钻级值小于 1.1。

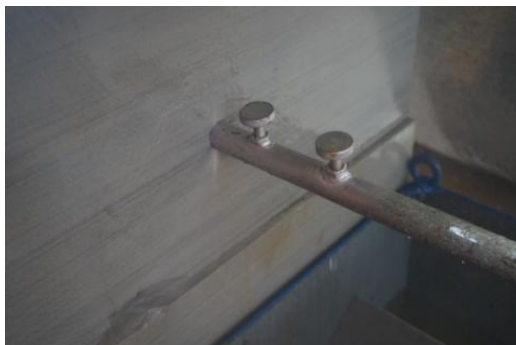


图 4 露头喷射试验

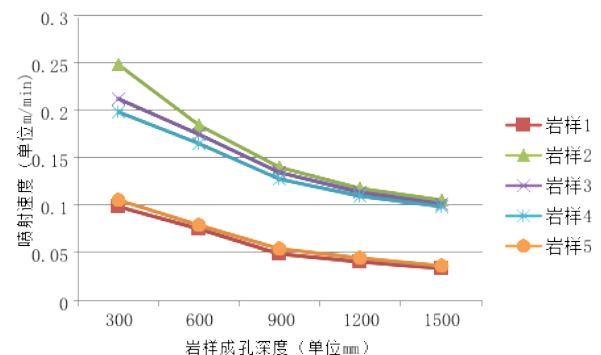


图 6 喷射破岩速度

4.2 孔眼轨迹

(1) 喷射成孔轴向轨迹在水平方向均发生向左或向右方向持续偏转, 偏转方向随机, 偏转比率随长度达到 6.26%, 如图 7 所示。分析原因得出的结果是软管受到已喷射成孔凹凸不平内表面的影响, 喷头喷射方向发生持续偏转。

(2) 喷射成孔轴向轨迹在竖直方向只发生向下持续偏转, 偏转比率随长度达到 2.66%。分析原因得出的结果是软管及喷头受更多受到自身重量影响, 向下发生持续偏转, 如图 8 所示。

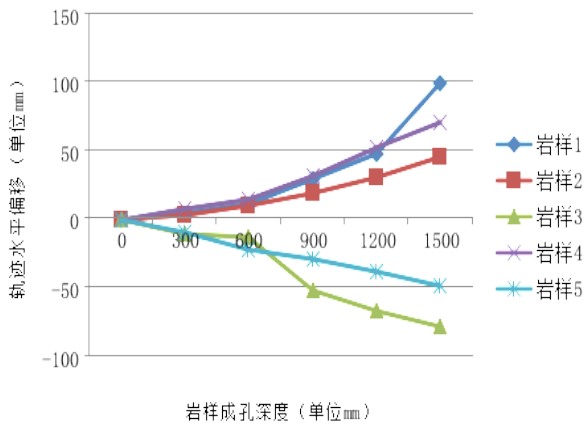


图 7 轨迹水平方向偏离

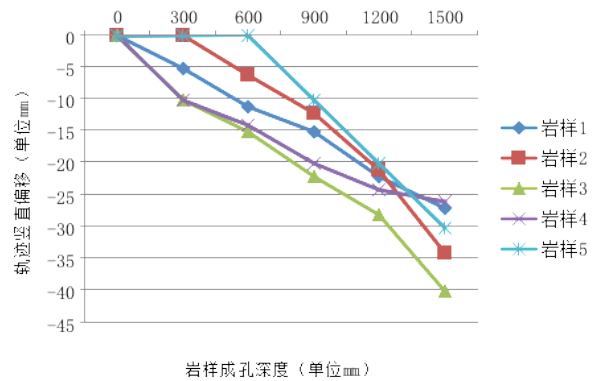


图 8 轨迹竖直方向偏离

5 结语

径向水力射流形成的孔眼轨迹受喷射工具特性、孔内表面质量及岩样软硬程度影响, 具有经济钻速的岩样抗压强度小于 15MPa, 可钻级值小于 1.1, 形成的孔眼轨迹在水平方向发生偏转情况比较随机, 偏转随位移与深度比率达到 6.26%, 在竖直方向受自身重量影响, 一般向下发生持续偏转, 偏转位移与随深度比率达到 2.66%, 同时随深度增加, 前进阻力持续增加, 工具前进动力不变, 喷射钻井能力衰减较快。

参考文献

[1] 蔡文军, 吴仲华, 聂云飞, 等. 水射流径向钻孔关键技术及试验研究 [J]. 钻采工艺, 2016(04):1-4.
 [2] 沈忠厚. 水射流理论与技术 [M]. 东营: 石油大学出版社, 1998.