

文章编号:1001-1986(2006)04-0077-03

# 反循环钻头引射孔倾角的仿真分析

郝树青,殷琨,王清岩,任红

(吉林大学建设工程学院,吉林长春 130026)

**摘要:**介绍了引射装置的工作原理及其在反循环取心钻头体上的应用。运用 FLUENT 流体工程仿真软件对  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$  3 种不同倾角引射孔内部形成的负压进行模拟,得到对应压力分布云图与数值,并根据所得结论制造出带有 3 种角度的引射装置。实验室试验数据与仿真结果比较,二者基本吻合。这说明运用仿真技术对引射结构进行优化设计是可靠的,并且过程简单,与经验法和试验法相比,其成本低,周期短,结论更准确。

**关键词:**引射器;FLUENT 仿真模拟;反循环取心钻头

**中图分类号:**P634.41    **文献标识码:**A

## Emulator analyse on rake angle of injector hole in reverse circulation bit

HAO Shu-qing, YIN Kun, WANG Qing-yan, REN Hong

(College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun 130026, China)

**Abstract:** The article instructs the work principle of the injector device and the applyment in the reverse-circulation sampling bit. Then use the FLUNET fluid engineer emulator software to simulate the onerous formed inside of the injector hole when the obliquity is  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  and  $60^\circ$ . The pressure distributing nephogram and the corresponding numerical value has been gotten. A injector with 3 degrees according the conclusion from FLUENT was designed to experiment in the laboratory. Compare the two values we found that they are anastomose essentially. It shows that using emulator technology to design optimizely is credible and simple, and the cost is lowered, the design cycle is shorten compared with the method through experience and test.

**Key words:** injector; FLUENT emulator simulate; reverse circulation sampling bit

## 1 引言

反循环形成质量的好坏是衡量潜孔锤性能优劣的重要指标。现有的反循环钻头在钻进条件复杂时,反循环难以形成。为解决这个难题,在原有钻头结构基础上增加一级引射装置,来改善反循环形成质量以及钻头体性能<sup>[1]</sup>。只有合理设计该引射装置,找到最优结构参数,才有可能对反循环钻头做优化设计。本文采用 FLUENT 流体工程仿真软件优选影响负压形成条件的引射孔倾角,并与实验结果进行对照。

## 2 引射器工作原理

引射器由工作喷嘴、接受室、混合室及扩散室等部件组成,如图 1 所示。进入装置前,压力较高的工作流体以很高的速度从喷嘴流出,进入接受室,在射

流的紊动扩散作用下,卷吸周围的流体而发生动量交换。被吸走的压力较低的流体叫引射流体。工作流体与引射流体在混合室内混合,进行动量和质量交换,在流动过程中速度渐渐均衡,这期间常常伴随压力的升高。流体从混合室出来进入扩散室,压力继续升高。在扩散室出口处,混合流体的压力高于进入接受室时引射流体的压力<sup>[2]</sup>。

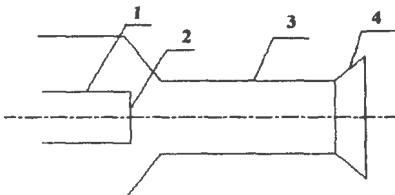


图 1 引射器工作原理简图

Fig. 1 The work principle of the injector

1——工作喷嘴;2——接受室;3——混合室;4——扩散室

收稿日期:2005-11-18

基金项目:吉林省科技发展引导项目(项目编号 200405033)

作者简介:郝树青(1975—),女,山西平遥人,吉林大学在读博士研究生,从事地质工程研究。

### 3 引射原理在反循环钻头体上的应用现状

现有的反循环钻头,根据引射器基本结构,将钻头排风孔设计成引射器的喷嘴,合理设计钻头底部结构,使其较好地构成混合室与扩压室。由于排风孔数量一般为多个,因而形成多喷嘴引射结构。经过潜孔锤后的压气进入喷嘴产生高速射流,对周围流体产生卷吸作用,对外环间隙构成抽吸,多个喷嘴随钻头不断旋转,在孔底形成环状负压区,气体被导流到贯通孔内再行压力恢复<sup>[3]</sup>,这样将有助于反循环的形成。孔底射流携带岩屑沿钻杆中心通道返回地表<sup>[4]</sup>。但是,对于地层极其复杂而且破碎,存在溶洞的情况下,通入的压缩空气从裂隙和空洞漏失,反循环难以形成,须对钻头体结构进行改进。

### 4 新增引射装置的构思

在原有结构基础上,增加一级引射装置(图 2)。由于卷吸作用<sup>[5]</sup>,在中心孔道内再次形成负压区,在一段路程上形成压力差,进入中心孔内的岩心(样)在上下压力差的作用下,得到加速,能更顺利地排出孔外,从而改善反循环形成效果,避免孔底堵塞。

### 5 引射装置的数值模拟与仿真计算

#### 5.1 引射装置流场分析的基本步骤

引射装置内部流场采用 FLUENT 软件进行分析,通入引射器中的气体属于可压缩非定常流,求解过程包括建模、前处理、求解、后处理 4 个步骤。

#### 5.2 计算流体力学通用软件的功能

FLUENT 是一种 CFD 求解器,可求解各种复杂流动,包括不可压缩、弱可压缩和强压缩性流动问题。FLUENT 软件采用适当的数值解法,优化组合计算速度、稳定性和精度等,高效解决各种复杂流动

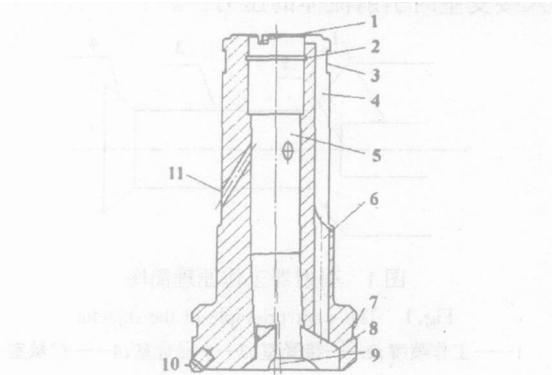


图 2 新型反循环钻头结构图

Fig. 2 Structure of new type reverse circulation bit  
1—卸压槽;2—密封槽;3—卡槽;4—花键;  
5—中心通道;6—喷射孔;7—密封环槽;  
8—渐扩槽;9—偏心孔;10—柱齿;11—引射孔

计算模拟。它有多种求解方法可供选择,并可采取多重网格方法加快收敛速度。因此,可为速度范围很广的流动问题提供高效准确的最优求解方案,还能提供丰富的物理模型,准确预测层流和湍流问题及各种形式的换热、化学反应、多相流以及各种移动网格和网格自适应等问题。

#### 5.3 计算模式

研究以往试验结论,在引射结构侧壁上均布 6 个直径为 5 mm 的孔,通过 solidworks 软件建立引射结构内部流场简化模型导入 GAMBIT,生成四面体网格。并在引射器接收管、混合管和扩压管内壁面生成附面层网格,喷嘴附近网格被加密。在计算中对网格自适应,最终网格数大约为 320 000。

采用 K—epsilon 模型进行计算,对所有壁面取标准壁面函数,对能量及湍流相应方程使用二阶精度迎风格式离散。引射流入口采用压力入口边界、质量入口边界,在出口处采用压力出口,气体密度按理想气体考虑。全场进口压力为 2.8 MPa,进风量 6 m<sup>3</sup>/min,进口质量流量为 0.122 5 kg/s。图 3、图 4、图 5 是引射孔中心线与钻头轴线向上夹角呈 30°、45°、60°时内部流场压力分布图。

#### 5.4 结果分析

从压力云图上可以得出结论:

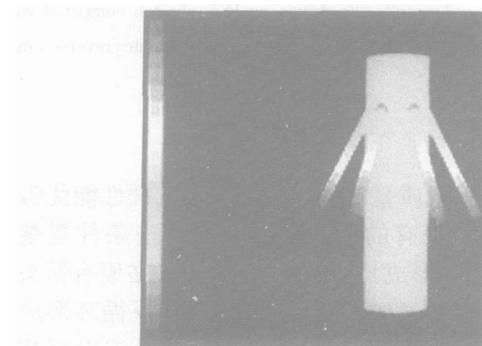


图 3 30°角时的压力分布云图

Fig. 3 Pressure distribute nephogram at angle of 30°

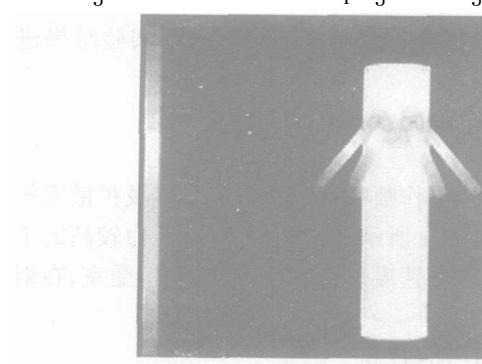


图 4 45°角时的压力分布图

Fig. 4 Pressure distribute nephogram at angle of 45°

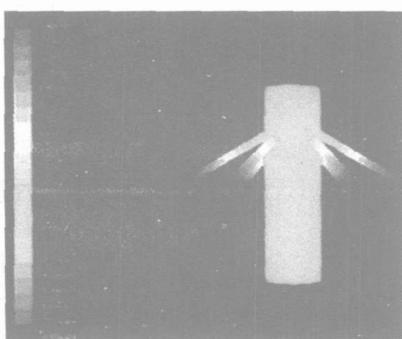


图 5 60°角时的压力分布云图

Fig. 5 Pressure distribution nephogram at angle of 60°

a. 当引射孔中心线与钻头中心轴线夹角成45°角时, 形成的负压最大, 负压区也最大, 即当把引射孔中心线与钻头轴线夹角向上成45°时, 将更有利子循环形成;

b. 研究形成负压区、负压值最大的45°倾角云图及所对应数值, 可以看出, 从孔底到引射孔气流流出部位, 中心通道内一直为负压, 压强变化趋势为在扩压槽结束部位变大, 然后变小, 在引射孔中心线汇聚稍下一点的部位负压达到最大, 之后又变小。

## 6 试验研究

据此设计了同时带有30°、45°、60°3种角度, 孔径均为5 mm的引射器, 如图6所示, 并在实验室进行测试, 得到表1所示数据。表中长度代表伸入引射器中的气压管长度。

从这些数据可以看出, 45°倾角引射孔所形成的负压是最大的; 从孔底到引射孔气流流出部位, 中心通道内一直为负压, 在引射孔中心线汇聚稍下一点的部位负压达到最大, 之后又变小。这与仿真分析结果基本吻合。仿真分析在确定参数上不仅比试验的方法简单而且准确。本试验数据与仿真分析有一定误差, 这是由于实际操作过程中, 存在一些不能满足的条件, 而仿真分析完全是在理想状态下进行的。



图 6 带有30°、45°、60°3种角度的引射器

Fig. 6 Injector with angles of 30°, 45° and 60°

表1 不同倾角引射孔下形成的负压值

Table 1 The negative pressure values in diverse obliquity injected hole

长度/cm	压强/MPa		
	30°	45°	60°
4	0	-0.000 20	正压
5	0	-0.000 49	正压
6	0	-0.000 32	正压
7	0	-0.004 15	正压
8	-0.004 80	-0.006 47	-0.000 83
9	-0.005 12	-0.008 62	-0.001 44
10	-0.006 51	-0.009 91	-0.002 44
11	-0.007 31	-0.010 22	-0.002 47
12	-0.008 22	-0.011 16	-0.010 44
13	-0.012 84	-0.094 31	-0.010 90
14	-0.013 84	-0.094 55	-0.020 00
15	-0.023 93	-0.104 31	-0.020 20
16	-0.028 37	-0.105 31	-0.020 89
17	-0.035 20	-0.114 41	-0.021 93
18	-0.046 57	-0.124 51	-0.042 21
19	-0.106 86	-0.134 12	-0.059 59
20	-0.117 55	-0.144 22	-0.060 00
21	-0.119 16	-0.156 47	-0.050 50
22	-0.097 74	-0.119 93	-0.049 88
23	-0.081 76	-0.111 41	-0.045 88
24	-0.009 71	-0.107 45	-0.043 64

## 7 结论

a. 运用FLUENT流场分析软件对孔径相同、倾角不同引射孔所形成的内部流场进行分析, 表明, 当引射孔中心线与钻头中心轴线向上夹角为45°时, 形成负压最大, 负压区也最大, 从而越有利于反循环的形成。

b. 根据结论制造出实体模型, 在实验室进行试验, 得到的数据与仿真分析结果基本吻合, 说明运用仿真分析技术进行参数优化设计的结论可靠。这为合理设计钻头结构提供了指导。

本次试验仅考虑了在6孔均布、孔径均为5 mm情况下, 不同倾角引射孔所引起的流场分布情况, 对不同孔径、孔的不同分布位置、孔的个数等将在以后的研究中进一步分析。

## 参考文献

- [1] 赵静野, 孙厚钧, 高军. 引射器基本工作原理及其应用[J]. 北京建筑工程学院学报, 2000, 16(4): 12—15.
- [2] 詹军, 殷琨, 于清杨, 等. 风动冲击器活塞冲击末速度的有限元研究[J]. 煤田地质与勘探, 2003, 31(6): 58—60.
- [3] 王福军. 计算流动力学分析—CFD软件原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 185—209.
- [4] 韩占忠, 王敬, 兰小平. FLUENT流体工程仿真计算实例与应用[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2005: 19—2.
- [5] 耿瑞伦, 陈星庆. 多工艺空气钻探[M]. 北京: 地质出版社, 1995: 74—102.