

# 泥浆对水平孔岩屑运移影响分析

张海亮

(中铁十五局集团公司,河南 洛阳 471013)

**摘要:**泥浆的主要功用之一是通过自身的循环,有效地清除钻孔内破碎下来的岩屑,特别是对于水平孔,可以避免砂床的形成,减少钻孔内的事故。结合室内实验及相关工程应用,采用水力学的方法,对泥浆中影响水平孔岩屑运移的各种参数进行了分析,提出了建立室内实验评价系统的总体构架。

**关键词:**泥浆;水平孔;岩屑;运移

**中图分类号:**P634.6   **文献标识码:**A   **文章编号:**1672-7428(2009)05-0016-03

**Analysis on Influence of Mud to Cutting Movement in Horizontal Hole/ZHANG Hai-liang** (China Railway 15 Bureau Group Corporation, Luoyang Henan 471013, China)

**Abstract:** Drilling mud can clean out the cuttings by its circulation, especially for horizontal hole, it can avoid the sand-bed formation and reduce downhole troubles. Based on the laboratory experiment and engineering application, analysis was made on various parameters which affect cutting movement in horizontal hole with hydraulics, and suggestion was made to establish the overall framework for laboratory experiment evaluation system.

**Key words:** mud; horizontal hole; cuttings; movement

## 0 引言

在水平钻孔施工过程中,有效地排除破碎下来的岩屑,不仅能够保证成孔工艺的顺利进行,同时对维护孔壁和泥浆性能的稳定都具有极为重要的意义<sup>[1,2]</sup>。

随着钻进时间的增加,破碎下来的岩屑一部分随着泥浆的循环流动被排出,而另外一部分则由于自身重力的作用将不断下沉,该过程一般分为3个阶段,如图1所示。

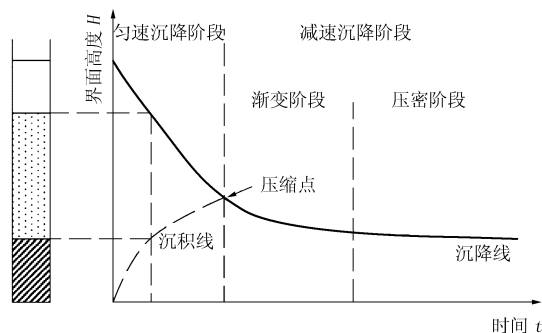


图1 岩屑沉降过程曲线图

随着岩屑沉降量的不断增大,其沉积程度也不断增强。在松散复杂地层中,还会形成“抱管”状态,如图2所示,也必将增大岩屑的水平运移阻力,使岩屑水平受力情况变得更为复杂。

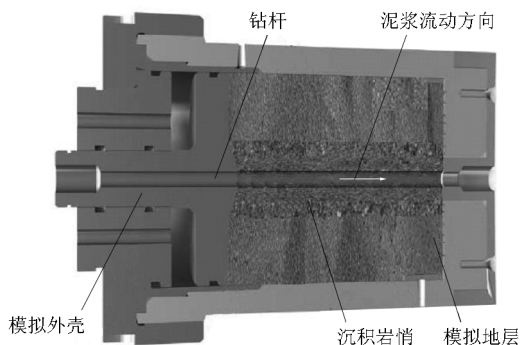


图2 模拟岩屑抱管示意图

## 1 力学分析

破碎下来的岩屑在水平孔中的运移动力主要来自于2个方面,一是泥浆流动时,作用在岩屑颗粒上的粘附拉力,带动岩屑翻滚使其脱离周围其它钻屑;另一种是泥浆的举升力,该力将孔壁底面的岩屑浮起,垂直送入贴近孔壁的流动层之中。为了简化分析,笔者取单颗粒、球形岩屑作为研究对象。

设  $F$  为泥浆的抬举力,  $G$  为单颗粒重力,当  $F \geq G$  时,岩屑将悬浮于泥浆中,为岩屑的进一步运移提供条件。当  $F < G$  时,岩屑将不断沉降,直至沉积于钻孔底部。在这两种状态下,岩屑所受到的运移阻力是有很大不同的,如图3所示。

收稿日期:2009-03-31

作者简介:张海亮(1966-),男(汉族),山西曲沃人,中铁十五局集团公司副总经理、高级工程师,铁道工程专业,从事铁道工程建设工作,广东省乐昌市人民中路139号中铁十五局武广客运专线项目经理部(512200)。

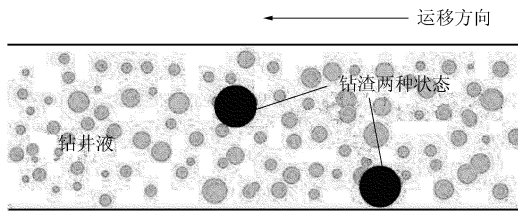


图3 岩屑两种状态示意图

当单体岩屑悬浮于泥浆中时,其受力情况主要取决于泥浆的性能及钻进工艺情况。性能良好的泥浆体系一方面可以对岩屑起到稳定的悬浮作用,另外一方面可以减少其水平运移阻力,因此,对泥浆的剪切稀释作用要求比较高<sup>[2,3]</sup>。同时,为了提高运移速度,要求钻进时,保证足够的泵量和压力,受力情况如图4所示。

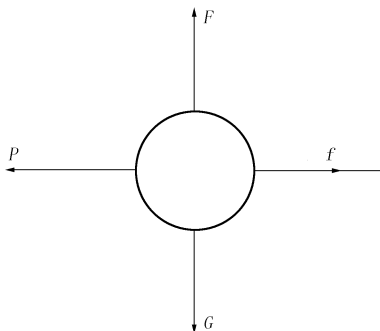


图4 岩屑悬浮受力示意图

图4中, $P$ 为泥浆的作用力,主要与泵的压力有关; $f$ 为单体阻力。

$$P = P_1 + P_2$$

$$f = f_1 + f_2$$

式中: $P_1$ ——泥浆对单体岩屑的截面冲力; $P_2$ ——泥浆对单体岩屑的截面粘聚力; $f_1$ ——考虑群渣效应时,岩屑之间的聚合力; $f_2$ ——泥浆对岩屑产生的运移阻力。

由于在运移  $d_t$  时间内  $P_1 \gg P_2$ ,故可近似认为  $P = P_1$ 。

根据牛顿力学第二定律,可得:

$$md_v/d_t = P - f_1 - f_2$$

$$v = [(P_1 - f_1 - f_2)g/G]t$$

当岩屑沉积于钻孔底部时,单体岩屑所受的阻力将大大提高,从工艺上而言,这种情况不可避免,因此,从机理上分析是十分必要的。如图5所示,单体阻力  $f$  不再唯一,其矢量值不仅与泥浆的性能有关,还与岩屑颗粒的级配有很大关系<sup>[4]</sup>。当级配良好时,岩屑所受的阻力值将增大,反之,将会减小,同时,由于泥浆中高分子化合物的作用,这种沉积效应

将会更为明显。

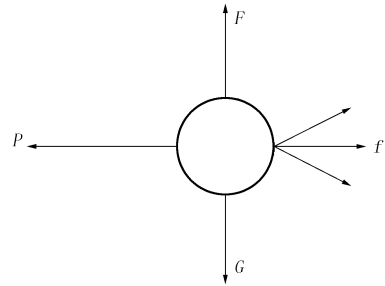


图5 岩屑沉积受力图

同前面分析的一样,此时岩屑的水平运移速度为:

$$v = [(P_1 - f_x)g/G]t$$

其中

$$f_x = \mu G$$

$\mu$ 为静力摩擦系数。假设单体岩屑密度为  $\rho$ ,半径为  $r$ ,则:

$$v = \frac{[P_1 - (4/3)\pi r^3 g \mu]g}{(4/3)\rho \pi r^3 g}t$$

即:

$$v = \frac{3P_1}{4\rho\pi r^3}t - \mu g t$$

## 2 泥浆影响因素分析

通过前面的理论分析,笔者结合室内相关实验和工程实例,对水平孔岩屑运移的泥浆影响因素进行了量化分析。

### 2.1 孔径影响

笔者采用同样材料、不同直径的管路模拟水平钻孔,得到岩屑开始运移时的最大泥浆流量,如图6所示。

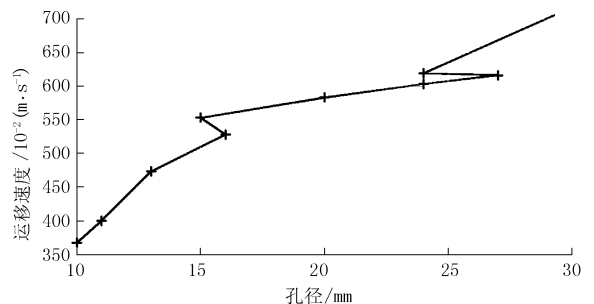


图6 孔径与运移速度关系图

从图6中可以发现,随着孔径的不断增大,岩屑的水平运移加速度也是不断增大的,这主要是由于泥浆的流量增大,使单位时间内的冲量大大提高<sup>[5]</sup>。

## 2.2 岩屑密度影响

岩屑密度增大,使其在水平孔中的运移向沉积状态发展,笔者采用不同密度的岩屑进行运移实验,结果如图7所示。

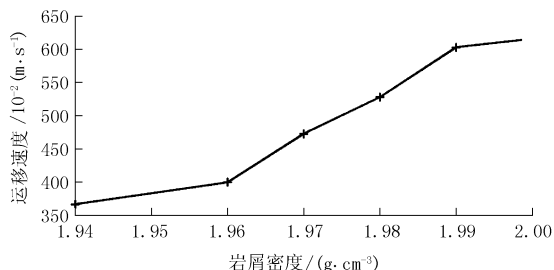


图7 岩屑密度与运移速度关系图

在悬浮状态阶段,岩屑密度的增加会使 $G$ 增大,进而减小 $v$ ;在沉积状态阶段,密度的增加会使 $f_s$ 大大提高,进而影响运移速度。

## 2.3 泥浆粘度影响

尽管泥浆粘度的提高可以有效提高悬浮力的大小<sup>[3]</sup>,使岩屑维持在悬浮状态阶段,但由于粘度提高,使 $f$ 得到很大提升,故运移速度也受到影响,如图8所示。

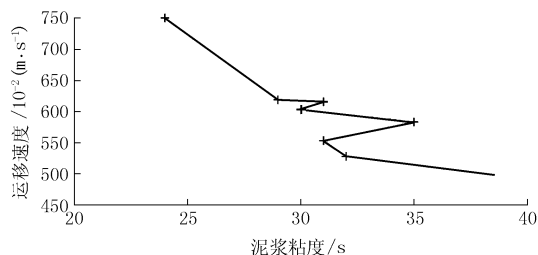


图8 泥浆粘度与运移速度关系图

## 3 模拟平台

实验装置预设计的总长度为6 m,有效测试长度可达5 m。主测试管是由有机玻璃外筒和金属内管组成,其中有机玻璃外筒用来模拟水平钻孔,金属

内管用来模拟钻具,外管壁上开有测压孔,用以联接差压传感器测试环空压降;有机玻璃外筒与内管两端靠法兰盘联结密封,内管通过轴承与钻机油马达及管架联结,通过调节法兰盘及钻机油马达可以实现内管偏心度及转速的变化;装置底座通过铰接连接在滑轮和起升架上,通过控制起升按钮,可使整个装置沿起落轨道实现井斜角 $0 \sim 90^\circ$ 范围内变化调节;循环用岩屑是通过连接在上水管线上的特制加砂装置加入的。试验过程中采用相关传感元件进行动态监测。试验过程中所采用的岩屑是利用实验室废旧岩心及工业用砂,按一定颗粒尺寸比例进行混配后制得的。

为了能够实时掌握内部岩屑的悬浮状态和不同泥浆体系对岩屑悬浮效果的影响,试验中采用数码相机实时记录动态变化过程,用以进一步分析。

## 4 结论

- (1)根据水平孔岩屑的运移状态,提出悬浮状态与沉积状态两个概念;
- (2)对两种状态岩屑受力情况进行了分析;
- (3)通过模拟实验,初步得到了泥浆对岩屑运移影响因素关系曲线;
- (4)提出了室内模拟实验平台的总体结构框架。

## 参考文献:

- [1] 乌效鸣,胡郁乐,李粮纲,等. 导向钻进与非开挖铺管技术[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2004.
- [2] 曾祥熹,陈志超. 钻孔护壁堵漏原理[M]. 北京:地质出版社,1986.
- [3] Quigley M C. Advanced Technology for Laboratory Measurements of Drilling Fluids Friction Coefficient[M]. SPE 19537,1989.
- [4] 孙平贺,乌效鸣. 水平孔钻渣运移机理研究[J]. 非开挖技术,2008,(3).
- [5] 孙平贺,乌效鸣,朱永宜. 松科1井主井眼钻井液悬渣的力学机理研究[J]. 钻井液与完井液,2008,(3).

## 海南2009年工业和信息项目计划总投资约520亿元

**本刊讯** 中央政府门户网站消息:为确保工业经济“保增长、扩投资”总体目标,海南省推出2009年工业和信息重点项目计划。确定重点项目共59个,其中竣工项目7个,续建项目11个,新开工项目20个,预备项目13个,工业园区基础设施项目8个。计划总投资约520亿元(不包括预备项目、工业园区基础设施项目),其中2009年计划完成投资127亿元。

为帮助重点项目早获批、早开工、早投产、早见效,工业经济与信息产业局采取措施,密切与列入投资计划企业的沟通,加大推进项目的工作力度。一是对特别重大的项目,成立工作小组,全力协调解决影响和制约项目推进过程中存在的问题;二是建立了重点项目月度报表制度;三是并对各市县工业主管部门提出要求,加强对列入投资计划企业的服务,跟踪了解项目进度和存在问题。