

# 空气泡沫钻进的设备选择及灌注系统设计

赵长福<sup>1</sup>, 岳翠鸣<sup>2</sup>

(1. 甘肃有色金属地质勘查局工勘院, 兰州 730000; 2. 甘肃有色金属地质勘查局 106 队, 兰州 730000)

[摘要] 在实钻应用的基础上, 论述了选择泡沫钻进设备、机具时应考虑的因素; 介绍了适用的配套设备选择和管汇系统的设计方案。

[关键词] 泡沫钻进 设备选择 管汇设计

[中图分类号] P634.5 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2007)05-0105-03

## 1 概述

空气泡沫钻进是利用空气泡沫代替冲洗液或干空气作冲孔介质的一种钻进工艺和技术方法, 自上世纪 80 年代以来, 在世界勘探业发达国家得到了广泛应用, 但在我国, 还未能得到普遍应用, 也没有可供普遍选用的配套设备和设计加工灌注泡沫的管汇系统方案。这里, 在甘肃南金山和小西弓两金矿区进行空气泡沫小口径金刚石钻进生产研究的基础上, 就设备选择和灌注管汇系统的设计及其考虑因素作一介绍。

### 1.1 设计目的

对灌注系统进行系统的设计, 是为了经济地选用适宜的配套设备, 设计加工能提供满足钻进要求的泡沫介质的管汇; 并对钻进孔内情况进行监控, 适时调节钻进工艺规程, 实现安全、高效的钻进目的。

### 1.2 设计内容

空气泡沫钻进的灌注系统设计, 主要包括两方面的内容: 一是提供形成泡沫介质的动力物质的专用设备(压风机、泡沫液注射泵, 以及增压系统)的选择; 二是灌注管汇的设计。灌注管汇设计主要包括: 泡沫发生器的设计; 气、液介质的计量、监控仪器、仪表的选用; 管路阀门的选用或加工设计及管线耐压和安装设计, 以及管汇储能装置的设计。

## 2 主要钻进设备、动力机及机具的选择

### 2.1 选用原则

1) 深孔的钻进, 钻具接头丝扣应有较好的密封。钻头和取芯钻具, 可根据钻进要求和地层条件

进行选择或进行必要的设计加工。泡沫钻进应杜绝采用单管取芯。

2) 关于钻具及钻孔级配的选择, 应根据地质设计和地层条件尽可能简化钻孔结构, 采用大两级口径开孔, 下表套后, 直接采用要求的终孔口径钻到底。采用  $\phi 75\text{mm}$  以下口径的金刚石钻进浅孔时, 可采用  $\phi 42\text{mm}$  钻杆。采用普通钻杆时, 钻杆柱上部应接防喷接头, 并尽可能使钻杆柱的外平度提高, 接头端部无挂角。

### 2.2 设备选择及配套

由于泡沫钻进的回转阻力小, 护壁效果好, 孔内钻具的工作环境较好, 故在根据孔深等地质要求和施工条件下选择钻机时, 可考虑采用其上限能力值, 使用轻便和性能较好的液压钻机。400m 以内深孔的钻进选择 XY-4 及以下能力的轻型钻机和中压、低风量(压力 3MPa 及以下压力, 风量  $3\text{Nm}^3/\text{min}$  左右)的压风机时, 采用 6135 型 75KW 柴油发电机组即可满足一个机台的生产用电。当采用压力 0.6MPa, 风量  $3\text{Nm}^3/\text{min}$  左右的压风机和增压装置(如吉林大学地质科技开发中心研制的 BWZ 系列)时, 可根据钻进孔深选择增压装置, 并根据钻机、空压机及增压装置的动力选择动力机。

### 2.3 钻进方法及机具的选择

1) 泡沫良好的排岩粉能力、溶垢性和润滑效果, 以及吸收和释放压力能的特点, 有利于绳索取芯和冲击回转钻进发挥作用。因此, 钻进相对较软和破碎地层时宜于采用绳索取芯; 而对硬岩地层及易孔斜地层, 则宜用冲击回转钻进(如使用 YS-74 冲击器等)。若采用双臂反循环连续取芯钻具则能获

[收稿日期] 2007-03-20; [修订日期] 2007-09-07。

[基金项目] 原地矿部基金项目(86019)。

[第一作者简介] 赵长福(1961 年—), 男, 1982 年毕业于河北地质学院, 获学士学位, 高级工程师, 现主要从事勘察施工工作。

得更高的效益。

2) 泡沫作冲洗介质,能从根本上抑制水化地层的膨胀,因此,即使钻进此类地层,仍可选用常规钻头直径。由于泡沫产生的孔内静压极小,易于刻取岩石,在钻进同等级岩石时,泡沫钻进可根据钻进情况选用较大底出刀的钻头,如 7~8 级硬岩石可用合金或复合片钻头。在钻进软硬不均、岩石破碎等较复杂地层时,泡沫钻进宜选用底喷式或多水口(如  $\phi 75\text{mm}$  金刚石钻头可开 10~12 个水口)钻头。

3) 钻进 400m 以内钻孔,若地质设计对岩芯直径无特别要求,主孔段可用  $\phi 59$  或  $\phi 60\text{mm}$  钻头,  $\phi 42\text{mm}$  钻杆钻进。

### 3 泡沫灌注专用设备选择

#### 3.1 压风机

1) 选择压风机的主要依据是地质设计孔深、孔径、地层条件(如静水位、地层涌水量的大小等)及钻进方法。孔深、孔内静水位和涌水量大小,是选择压风机压力的主要考虑因素;而孔径、钻进方法(如全面钻进或取芯钻进,冲击回转钻进,金刚石或合金钻进等)和钻速,以及随孔深和涌水量等引起的压力变化情况,则是选择压风机风量所要考虑的因素。

2) 通过实钻及研究分析,当地层静水位在 20m 左右,涌水量不超过  $5\text{m}^3/\text{h}$  时,采用风压 3MPa,风量  $191\text{Nm}^3/\text{h}$ (南京空压机厂 WP220)的压风机,能够满足  $\phi 75\text{mm}$ ( $\phi 76\text{mm}$ ) 口径,350m 以内孔深金刚石回转钻进和 310m 左右孔深冲击回转钻进的要求(孔深 250m 以下,回次钻前的返泡时间在 15~20 分钟);而当涌水量达  $10\text{m}^3/\text{h}$  时,能实现的有效回转钻进的孔深在 310m 左右。在此涌水量下,当送泡压力达到 3.8MPa 时,冲击钻进所能达到的最大孔深为 346.11m(如原钻进的 ZK1624 孔,在此条件下的时效仅有 0.35~0.45m/h)。综合分析涌水和上返阻力等影响因素,若地层静水位在 100m 以下,且涌水量不超过  $5\text{m}^3/\text{h}$ ,采用该性能的压风机进行回转钻进,有望达到 420m 左右的孔深。因冲击器要消耗 0.3~0.4MPa 的压力,故相同条件下,回转钻进所能达到的孔深要较冲击回转钻进深 30~40m。

#### 3.2 注射泵

从生产应用看,对一般泡沫液(不含膨润土或其含量极低),其注射泵采用 QL 系列清洗泵即可,因该系列泵的压力比较稳定,且重量轻、体积小,又自带电机,具有便利和经济的特点。但其液量可调范围小,在原生产中选用的 QL-270 型泵(整机重

23 公斤,压力 6MPa,最大泵量  $9.3\text{L}/\text{min}$ ),基本可满足  $\phi 76\text{mm}$  以下口径钻孔 400m 以内孔深的钻进。为应对较大涌水和较深孔,以及较大口径孔的钻进,建议采用 QL-380 型泵(最大注液量为  $12\text{L}/\text{min}$ ,压力 6MPa)。对极复杂地层的钻进应采用能够注射比较粘稠的化学浆液或乳化泥浆溶液的泵。

#### 3.3 增压装置的选用

1) 空气泡沫增压泵装置是在原泥浆泵的基础上增加空气室(或气、液混合室),利用低压力风机供气,同时,利用泥浆泵的排出液体作为推动上置混合室内的气、液混合物的动力活塞而进行压送的一种具有较大压缩功能的装置。利用增压泵装置,可采用低压力风机钻进较深孔(如吉林大学地质科技开发中心研制的 BWZ 系列泡沫增压系统,在 0.7MPa 的进气压力下,其压力最高可增至 8MPa),故对深于 500m 钻孔的钻进应尽可能选用增压装置,以便降低动力消耗。

2) 从目前国内已生产的增压泵装置以及前苏联生产使用的情况看,虽然各研究机构所设计的增压系统的基本原理相同,但其气、液混合方式,吸、排气能力(容积效率)等性能却有着较大差别,因此,在选择该类设备时应注意以下几点:

① 增压泵装置所提供的气、液比范围。若气、液比较小,排出泡沫中的含液量较大,就可能使用水困难地区的生产用水难题无法解决;此外,在泡沫液的回收率较低时,也使钻探成本上升较大,并造成较大的污染。

② 气、液混合程度。气、液混合程度与注液方式和其设计结构有着很大关系。若设计为分体注液,且喷射头设计合理,则有望达到稳定的注液量和良好的混合度,同时可控制气、液比。若为增压液柱连锁注液,则其混合度较低,泡沫的稳定性也可能较差。这不仅影响到携带岩粉和护壁性能,在漏失层钻进时也将导致漏失量增大。

③ 进气量和容积效率。容积效率表明了增压装置压缩时的排空能力,即实现一次压缩后,能够将混合室内泡沫(混合物)的多少量送入钻进的孔内。这两个参数看似独立,然后者却会影响前者。当混合室的大小设定后,容积效率越高,其进气量(吸入低压压缩空气的能力)也就越大。因此,在选择增压装置时,对较深孔的钻进要注意选择进气量大和容积效率高的。

### 4 管汇设计

#### 4.1 管汇设计的基本要求

1) 管汇设计不仅要能满足灌注和安全要求,而

且应使系统有较小的压损和良好的密封性。

2) 选择阀和监控仪器、仪表时应考虑其对有机盐类的耐蚀作用和抗激动压力的影响,提高其使用寿命。

3) 系统应功能齐全,但不宜复杂;其加工在满足上述要求的情况下要考虑易于安装和搬迁;故在钻进孔较浅时可采用简易管汇,即不用储气罐和流量计,以减少投入和搬迁工作量。

#### 4.2 泡沫发生器的设计

1) 管汇设计的根本目的就是安全地向孔内提供能满足钻进要求的性能稳定的泡沫。而泡沫发生器作为实现气、液均匀混合并形成泡沫的关键部件的设计是管汇设计的一个主要内容。设计目的—是使气、液达到均匀混合;二是形成稳定结构的泡沫。泡沫发生器主要由射流元件、腔体(起泡室)等组成。

2) 从已使用泡沫发生器看,采用喷射接头为可调换的片状射流注入式泡沫发生器,因实现了液流的径向扩散和气、液垂直切割的混合状态,具有混合度高,起泡快,压力损失小以及结构简单和易维修等特点,是目前较理想的喷射头设计。此外,混合室的直径应在上接头直径的2倍以上,使进入混合室的气体流速下降,利于泡沫结构的形成。

#### 4.3 储能装置(储气罐)的设计加工

1) 管汇储能装置的作用体现在以下几方面:

① 在设备出现故障时,能够利用其储能使供风时间延长数分钟,以防止因设备故障引起孔内事故;

② 由于储有较高能量的气体,可缩短回次钻前的供风时间;

③ 可进一步防止管路中的回流泡沫灌入空压机。

2) 储气罐一般为圆形、并加工成底座支架可拖动的形式。其进气口装止回阀,出口处装截止阀,而在罐底装放余积液体的小截止阀;阀与罐及管路均以法兰连接。其承压能力应在压风机压力的2倍以上。从生产使用情况看,有效容积在 $0.5\text{m}^3$ 左右即可满足小口径钻进的要求。

#### 4.4 计量、监控仪器和阀门的选用

1) 气、液管路的流量测定可用LZZ-40和LZZ-25金属转子流量计或超声波流量计。压力测定应选用测定值在 $0\sim 10\text{MPa}$ 范围、耐腐蚀和抗激动压力性能较好的压力表。孔内情况的监控,目前还没有好的传感系统或监测仪器进行直接的监控显示,只能靠流量计和压力表反映的介质流状态并结合钻进状况,通过分析来判断孔内情况。因此,选择性能良好的流量计和压力表是必要的。

2) 所选用阀门的性能参数要能满足管汇系统的设计压力要求,有较好的耐腐蚀性能;其阀的活动件间的密封性能要好,不应出现漏气现象和动作不灵敏的情况。

#### 5 结语

空气泡沫钻进因兼有水和空气两种介质的相性特征及独特的结构流质特点,钻进效果良好。在我国尚未普及应用该技术方法的情况下,本文通过钻进生产实践,从设备选择和灌注管汇两方面对空气泡沫钻进的灌注系统进行设计,经济地选用适宜的配套设备,设计加工能提供满足钻进要求的泡沫介质的管汇,并对钻进孔内情况实施监控,实现了安全、高效的钻进目的。

#### [参考文献]

- [1] 赵长福. 空气泡沫钻进在小口径金刚石中深孔实钻实验报告[z]. 甘肃玉门:甘肃地矿局探矿一队,中国地质大学,1988-1989.
- [2] 赵长福. 金刚石空气泡沫冲击回转钻进实验与研究技术报告[z]. 甘肃酒泉:甘肃地矿局酒泉地质矿产调查队,地矿部勘探技术研究所,长春地质学院,1990-1992.
- [3] 前苏联地质勘探孔泡沫钻进论文集. 张润华等译,地质矿产部科技司,中国地质矿产信息研究院,1992.
- [4] 许刘万. 水文水井钻探工艺及设备发展情况. 2000,36(4):86-88.
- [5] 徐小兵. 提高高海拔地区钻探效率的几点体会[J]. 地质与勘探,2006,42(3):103-106.
- [6] 李恩海,李波. 钻探设备管理的经济分析与对策. 1996,32(5):63-64.

### SELECT EQUIPMENTS AND DESIGN THE PIPE - LINE SYSTEM TO POUR FLUID IN AIR - FOAM DRILLING

ZHAO Chang - fu, YUE Cui - ming

(Gansu Non - ferrous Metals Geology - prospecting Bureau, Lanzhou 730000)

**Abstract:** Through the practice of using air - foam drilling, the article puts forward the factors considered for selecting equipments and drill tools in air - foam washing - hole drilling. The selecting way for suitable equipments and the design plans for pouring air - foam pipe - line system is introduced.

**Key words:** air - foam drilling; selecting equipments; pipe - line system design