

# 缺水地区地下水多工艺空气潜孔锤钻进技术

郑继天<sup>1</sup> 冉德发

(中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所, 河北 保定 071051)

**摘要:** 多工艺空气潜孔锤钻进, 是干旱缺水地区钻探施工快速、高效的钻进方法。本文从空气潜孔锤钻进、泡沫潜孔锤钻进、复杂地层空气潜孔锤钻进方面介绍了多工艺空气潜孔锤钻进技术及在干旱缺水地区钻探施工的实践经验。

**关键词:** 缺水地区 潜孔锤钻进

空气钻进是以压缩空气或压缩空气的混合物作为冲洗介质, 而起到携带岩粉、冷却钻头、冷却钻具等功效。干旱缺水地区钻探施工用水困难, 空气钻进也就成为钻探首选的方法。目前国内应用较为广泛的有空气潜孔锤钻进、空气泡沫潜孔锤钻进等。

## 1、空气潜孔锤钻进技术

空气潜孔锤钻进是属于空气钻进技术的一个分支。它是把压缩空气即作为冲洗介质, 又作为碎岩能量的一种冲击回转方法。其主要特点是: 钻进硬岩效率高, 钻头寿命长, 回转速度低, 扭矩小、钻压小, 并有防斜作用, 完井后不用再洗井等。

由于空气潜孔锤钻进是以空气为介质的一种钻进方法 因而能有效的解决在干旱缺水供水困难地区拉水打钻成本高, 效率低、施工时间长的问题。潜孔锤钻进是目前提高基岩水文水井钻探效率最有效的方法之一。

空气潜孔锤钻进所需要的设备及机具有: 钻机、空气压缩机、供风管路、钻杆、潜孔冲击器、钻头。连接的方式如图 1 所示。

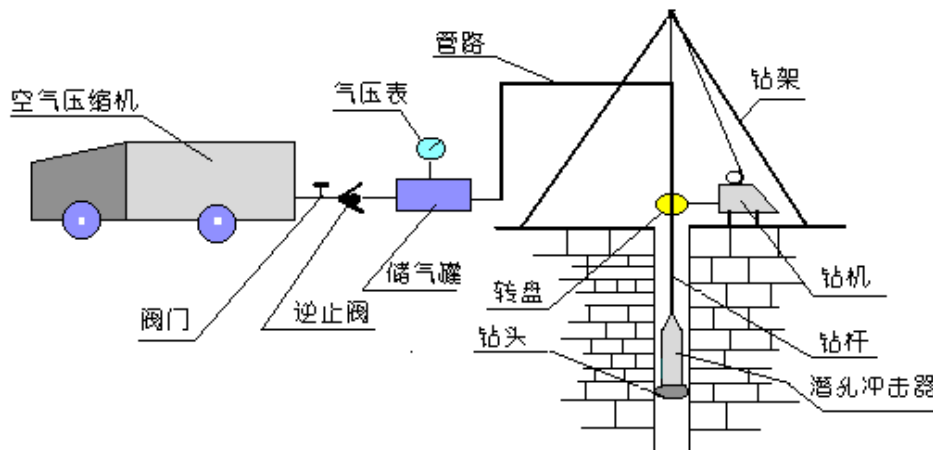


图 1. 空气潜孔锤钻进设备连接示意图空气潜孔锤的钻进技术参数为:

(1) 钻头的转速: 它主要根据岩石性质、钻头直径、冲击器的冲击功、冲击频率来确定。一般直径在 200mm 左右的钻孔, 软岩层 30 - 50r/min、中硬地层 20 - 40r/min、硬岩层

<sup>1</sup> 郑继天, 男, 1956 年 1 月出生, 学士, 高级工程师, 探矿工程专业, 一直从事水文地质钻探技术的研究和推广工作。

10 - 30r/min。

(2) 钻进的轴向压力：它主要与钻头的直径、岩石的性质有关。一般每厘米的钻头直径施加 0.9KN 左右即可。一般 200mm 左右的钻孔最佳的压力范围在 15 - 18KN<sup>[2]</sup>。

(3) 钻进供气量：它主要与钻杆与孔壁之间的环状间隙有关。

$$Q = VK60(D^2 - d^2) / 4$$

Q - 供气量, m<sup>3</sup>/min;

D - 孔径, m

d - 钻杆直径, m;

V - 上返风速, 一般取 V = 15m/s;

K - 系数, 一般取 1.3 左右。

为了充分发挥空气压缩机的功效, 应尽量缩小钻杆与孔壁之间的环状间隙。在满足安装抽水机具的情况下, 尽量缩小孔径。另外加大钻杆外径也是减小环状间隙的有效途径。以使用 89mm 的钻杆为例, 钻进 200mm 左右的井孔, 供气量应在 30m<sup>3</sup>/min 左右; 若换用 114mm 的钻杆, 供气量在 25m<sup>3</sup>/min 即可。

(4) 供气压力：在潜孔锤钻进过程中, 空压机的压力是整个压缩空气流动通道中各种压力损失的总和。干孔段潜孔锤钻进时, 供气压力为潜孔锤的工作压力及管道压力损失之和。孔内有水时, 它主要由孔的深度, 孔内水位埋深、出水量决定。一般在有水的情况下, 供气压力为孔深 (100m 孔深为 1MPa) 的 1.3 倍左右。一般 50m 左右的钻孔供气压力约为 0.65MPa; 100m 左右的钻孔供气压力约为 1.3MPa; 200m 左右的钻孔供气压力约为 2.6MPa。

我所在太行山山区供水井、山东泰安地区供水井、蒙古国图 - 敖锌矿水源地勘探、长江三峡工程诱发地震地下水动态观测井网的施工中, 均采用了空气潜孔锤钻进技术, 施工井孔数百口, 取得了很好的效果。

在蒙古国图 - 敖锌矿东部水源地, 施工孔深 50m、孔径 110mm 的水文观测孔 10 个, 施工孔深 100 - 200m、终孔直径 220mm 的探采结合孔 6 个。选用了 XAS495md 空气压缩机(供气量 27.8m<sup>3</sup>/min, 供气压力 0.7MPa), 3WY3.5 - 25/7 - 25 型空气增压机一台(进气压力 0.7MPa, 进气量 25m<sup>3</sup>/min, 排气压力 2.5MPa, 排气量 25m<sup>3</sup>/min。), 作为探采结合孔的供气设备。

观测孔选用 W - 10/60 型空气压缩机(排气量 10m<sup>3</sup>/min, 排气压力 6MPa)。

观测孔钻进参数：钻头转速 20 - 40r/min, 供气量为 10m<sup>3</sup>/min, 钻进压力 8 - 10KN。

探采结合孔钻进参数为：钻头转速 20 - 40r/min, 钻进压力 15 - 20KN, 供气量 25m<sup>3</sup>/min (浅孔时) 35m<sup>3</sup>/min(深孔时)。

一般 100m 的探采结合孔, 纯钻时间 20h 左右即可完成。

长江三峡工程诱发地震地下水动态观测井网中的观测孔要求, 上部(50 - 100m)下套管, 套管直径 110mm, 钻进过程中每 2m 取岩屑样一次。在观测孔施工的石英闪长岩地层异

常坚硬，若用其他钻进方法很难钻进，而用空气潜孔锤钻速可达 3 - 5m/h。岩屑取样基本能满足对地层的划分。

## 2、空气泡沫潜孔锤钻进技术

为了有效地解决干旱地区钻进时的除尘与取样，排除湿地层钻进的不安全因素，充分发挥空气压缩机对水下深孔钻进的工作效能，采用空气泡沫潜孔锤钻进。这样既可以发挥空气潜孔锤钻进的优越性，又弥补了空气潜孔锤钻进的不足。

在空气潜孔锤钻进过程中使用泡沫剂，可以在气流上返速度(0.6 - 1.2m/s)不大的情况下，借助泡沫携带岩屑上浮，改进和提高气流携带岩屑的能力，以降低对空压机的要求。含有泡沫剂的气流可以携带较大的颗粒上返到地面，保持孔底清洁，减少了岩石重复破碎量，延长钻头寿命。岩屑颗粒外表被泡沫包裹，形成一层保护膜，防止岩屑粘结，不致形成泥包或泥环。泡沫的润滑性能好，可降低钻进扭矩，减少孔内事故。泡沫剂也可以用于裂隙地层和多孔隙地层钻进及不稳定地层钻进。利用泡沫剂处理孔内漏水，降低了空压机压力和风量的要求。

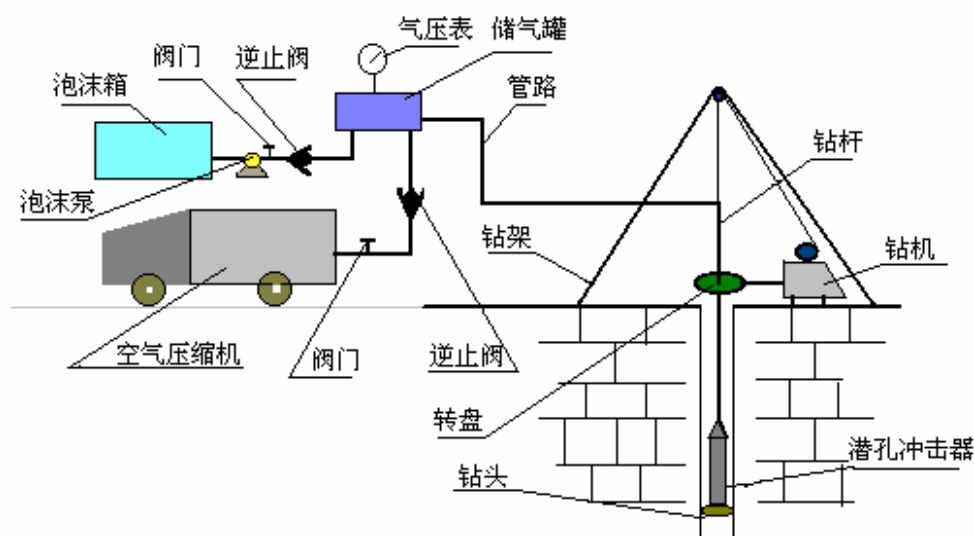


图 2. 泡沫潜孔锤钻进示意图

泡沫剂注入方法可分为连续注入和间歇注入。泡沫泵的压力应比空压机的压力稍微大些，在没有泡沫泵时也可以从钻杆中心孔注入，也能起到一定效果。

泡沫剂的浓度一般为 0.1 - 0.2%，加量视地层及孔内情况而定。

我所研制的 RDL 型高效泡沫剂，由阴离子和非离子表面活性剂及多种助剂在一定条件下复合而成。它发泡性能好，稳定性好，抗钙、盐能力强，无毒无污染。在河北、北京、山西等地 推广应用取得了很好的效果。在泡沫潜孔锤钻进中，能快速携带岩屑上返，避免重复破碎，大幅度提高钻进效率，减少了孔内事故。也可减少空压机开动台数，使钻孔成

本下降。

我所在曲阳县阳平镇钻进户用基岩供水井，井深 50m，. 口径 170mm。我们采用 DPP100 - 5 型钻机，60mm 钻杆，J170 型潜孔冲击器，供气量为 17m<sup>3</sup>/min 的空气压缩机一台。由于空压机气量不足，所以采用泡沫潜孔锤钻进。用手压式农药泵作为泡沫泵。钻进过程中见水后连续向钻具中注入泡沫剂。泡沫剂浓度 4 - 6‰，注入量为 15L/min。取得了很好的效果。

在蒙古国图 - 敖锌矿水源地探采结合孔 (K<sub>4</sub>) 的施工中，由于口径大，含水层浅 (20m 左右)，出水量大 (出水量达 200m<sup>3</sup>/h)。钻进至 150m 后，孔内岩屑沉淀达 4m 多，给潜孔锤钻进造成很大困难。我们采取了间歇注入泡沫剂的方法，取得了很好效果。

注入泡沫剂的方法是：配制高浓度泡沫剂，一般在 3% 左右，在每次加钻杆前从孔内钻杆中心注入。每加一根钻杆 (7m 左右) 注入 50L 左右，每钻进 1 - 2m 放喷一次。

### 3、复杂地层空气潜孔锤钻进技术

地下水钻探中，所遇地层极为复杂。有山前堆积洪积物地层，卵、砾、漂石地层，基岩裂隙，基岩构造破碎带地层等等。

在上述地层施工中，跟管钻进和 MACH 工法被认为比较有效的钻进方法。

为了更有效地发挥潜孔锤钻进硬岩的优势，我所对潜孔锤钻进双回转跟管钻进方法进行了研究。该方法是边钻进边跟管护孔，套管随潜孔锤顺利地跟入。钻进时由两个动力头分别驱动钻杆和护壁套管，钻杆和套管都回转，但方向彼此相反。这种方法对易坍塌的卵、砾、漂石地层很有效，克服了其他护壁方法的不足。但是，由于设备结构复杂，需要双动力头，推广受到限制。另外跟管钻进的深度比较小，也只适于覆盖层部分地层的施工。

MACH 工法是采用空气潜孔锤钻进、泥浆护壁的一种方法。它采用三通道的钻杆，一个通道是用于输送空气供潜孔锤工作，另一通道是排出潜孔锤工作后的废气。第三通道是输送泥浆的，它与钻杆和孔壁之间的环状间隙组成一个循环系统。气路与液路是各自独立的。由于是用泥浆护壁和携带岩屑，孔壁比较稳定。空气潜孔锤的气路是独立的，在含水层钻进时没有背压的影响。而且由于不靠空气携带岩屑所以对空压机的能力要求较低。目前国内仅用于大口径桩基施工，水文钻探还没有使用。

在空气潜孔锤钻进遇到基岩裂隙，基岩构造破碎带时，跑风漏气，岩屑不能顺利排出孔外，甚至孔壁坍塌，无法正常进行钻进。这时需要对孔壁进行固结堵漏。水泥是物美价廉、使用方便的固结材料，无论是干孔还是水下灌注都能取得良好的效果。

例如我们在徐水县小黑山村钻进的孔，在 76m 处遇到构造破碎带，破碎带厚约 5m，出水量在 15m<sup>3</sup>/h。采取了水泥灌注。水泥为 42.5 硅酸盐水泥，水灰比为 0.5 左右。放置一天后用合金钻头钻穿灌注段，再用空气潜孔锤钻进至终孔。再如在唐县干沟村用潜孔锤钻进的孔，钻至 82m 遇大裂隙 (无水)，无法再正常钻进，也是采用水泥灌注的方法解决的。

在水下灌注时，最好选用高标号水泥，或按比例加入早强剂。

在要求不封堵含水层时，可下入带孔套管进行护壁。在破碎段处于很深的位置时，可下入飞管。

#### 4. 结语

多工艺空气潜孔锤钻进的发展为缺水地区水文钻探在硬岩钻进提供了一种快速、高效的钻进方法。但是，空气潜孔锤在钻进过程中，潜孔锤对孔壁的震动较大，干空气不能护壁，所以在水文钻探中受到制约。孔壁稳定的地层没有水，容易钻进；有水的地层破碎，难于钻进。这就给我们提出了需要继续研究的课题，如透水固结材料的研究，粘土地层空气潜孔锤钻进技术，潜孔锤原状取芯钻进技术，MACH 工法在水文钻探中的应用等等。

**参考文献：**耿瑞伦 陈星庆 .《多工艺空气钻探》. 地质出版社.1985 年 10 月

杜祥麟等. 《潜孔锤钻进技术》. 地质出版社. 1988 年 10 月

