

· 高等专科学校教学用书 ·

钻孔冲洗与注浆

GAODENG
ZHUANKE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

冶金工业出版社

D221



ISBN 7-5024-1839-3



9 787502 418397 >

ISBN 7-5024-1839-3/TD · 279(课) 定价13.10元

1-3

高等专科学校教学用书

钻孔冲洗与注浆

长春工业高等专科学校 王文臣 主编

图书在版编目 (CIP) 数据

钻孔冲洗与注浆/王文臣主编. —北京: 冶金工业出版社, 1996

高等专科学校教学用书

ISBN 7-5024-1839-3

I. 钻… II. 王… III. ①钻孔-清洗-高等学校: 专业学校-教材 ②泥浆洗孔-高等学校: 专业学校-教材
IV. ①P634.6 ②TD265.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 06849 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

利森达印务有限公司印刷; 冶金工业出版社出版; 各地新华书店发行

1996 年 10 月第 1 版, 1996 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/32; 13.5 印张; 327 字; 208 页; 1-1300 册

13.10 元

TD2
1

前 言

《钻孔冲洗与注浆》是根据冶金工业部和有色金属工业总公司“八五”教材规划，为三年制高等专科学校钻探工程和岩土与基础工程专业编写的教材。

本书的主要内容有钻孔冲洗、钻孔的护壁与堵漏注浆和利用钻孔进行地基处理注浆等。

向地下钻孔已成为勘查与开采地下资源、工程地质勘察、地基处理和深基础建造等工程中的重要组成部分；而钻孔过程中冲洗钻孔和维护孔壁稳定等的钻孔冲洗工艺，对钻孔施工的生产效率、成本和质量等技术经济指标具有重要影响，有时成为钻孔施工成败的关键性工艺技术。因此，在各种钻孔工程中，钻孔冲洗都占有重要地位和受到普遍关注。钻孔冲洗部分的主要内容有：冲孔方式，冲孔流体的种类，各种冲孔流体的基本组成、配制、性能及其测试、使用方法和应用条件等。学习钻孔冲洗需要有一定的胶体化学和流体力学等学科的基本知识。

注浆包括两个部分，一是钻孔施工中为加固孔壁和阻止孔壁漏失冲孔的液体，向孔内灌注水泥浆或化学浆液，即为钻孔本身的护壁与堵漏注浆；二是利用钻孔向地层内注入水泥浆或化学浆液，以达到对岩土加固、防渗和堵水等目的，成为地基处理的主要方法之一，称为地基处理的注浆法。两种不同目的的注浆，所灌注的浆液材料和灌注工艺是基本相同的，因此，本书将钻孔护壁与堵漏和地基处理注浆合编在第二篇中。注浆部分主要研究在不同的地层和注浆目的情况下，注浆使用的浆液材料和注浆的工艺方法。学习注浆需要有一定的胶凝材料学、高分子化学、岩石学和土质学等方面的基础知识。

钻孔冲洗与注浆是实践性强、涉及范围广、工程条件复杂多变的应用技术科学。本书编写中尽可能结合实际讲清基本概念、基本理论知识和一般性方法，此外，教学中应重视对技术应用能力的培养。

本书由王文臣主编，靖向党编写第三章中的第三节，阮文军和裴向军分别参加第四章和第二章的编写工作。

本书承蒙长春地质学院张祖培，长春勘探技术研究所王贵和和长春工业高等专科学校华祥征对全书进行审阅，并提出宝贵意见，在此深表谢意。

限于编者水平，书中不足和差错在所难免，敬请读者批评指正。

编者

1994.10.20

目 录

第一篇 钻孔冲洗

第一章 钻孔冲洗概述	1
第一节 冲孔的意义与功用	1
一、冲洗钻孔的意义	1
二、冲洗钻孔的功用	1
第二节 冲孔流体的分类	2
第三节 冲孔流体的循环方式	3
一、正循环冲孔	3
二、反循环冲孔	3
三、孔底局部反循环冲孔	5
第四节 冲孔流体发展概况	6
第二章 水及润滑冲洗液	9
第一节 水及其冲孔特性	9
一、水的某些性质	9
二、清水冲孔的性能特点	9
三、清水冲孔的应用范围	10
四、水质	10
第二节 钻具润滑概述	13
一、润滑钻具的意义	13
二、润滑钻具的方法	13
第三节 表面活性剂	14
一、表面活性剂的分类	15
二、表面活性剂的性质和作用	20
第四节 表面活性剂溶液型润滑冲洗液	25
一、阴离子表面活性剂的润滑作用	26
二、常用的阴离子型表面活性剂	26
第五节 乳状液型润滑冲洗液	27
一、乳化油	27
二、乳状液的稳定	29
三、乳状液的破乳及其防治	30
四、乳状液的润滑作用	31
第六节 冲洗液的润滑性能及其测定	32
一、减摩阻性能(摩擦系数)及其测定	32
二、减磨损性能(磨损速率)及其测定	32
三、乳状液的稳定性(抗破乳性能)及其测定	32
第七节 钻具涂抹润滑脂	33

一、涂抹钻具的润滑脂	33
二、润滑脂的涂抹方法	34
第三章 泥浆	35
第一节 概述	35
第二节 造浆粘土	36
一、粘土的组成	36
二、粘土矿物晶胞的基本结构单元和矿物区分要点	36
三、主要粘土矿物的晶体结构与特性	37
四、粘土矿物的化学组成	40
五、泥浆用膨润土的质量评价标准	41
第三节 粘土-水分散体系的物理化学性质	42
一、粘土的水化膨胀	42
二、粘土-水界面上的吸附	42
三、粘土-水界面的双电层	44
四、粘土与有机聚合物的吸附	45
五、粘土-水分散体系的稳定与聚结	47
第四节 泥浆性能及测定	51
一、泥浆的密度(相对密度)和固相含量	51
二、泥浆的流变性	54
三、泥浆的失水与护壁性	70
四、泥浆的胶体率和稳定性	77
五、泥浆的润滑性和泥皮的粘滞性	78
六、泥浆的含砂量	78
七、泥浆的 pH 值	79
第五节 泥浆处理剂	80
一、无机处理剂	80
二、有机处理剂	81
三、惰性材料	89
第六节 泥浆类型介绍	89
一、细分散泥浆	90
二、粗分散泥浆	90
三、不分散低固相泥浆	95
四、抗高温泥浆	99
五、油基泥浆	101
第四章 无固相冲洗液与低密度流体	102
第一节 无固相聚合物冲洗液	102
一、概述	102
二、水溶性聚合物	103
三、无固相冲洗液的性能及其测定	107
四、无固相冲洗液的类型介绍	112
第二节 低密度冲孔流体	117
一、概述	117

二、干空气与雾气	119
三、泡沫	120
四、充气液体	127
第五章 冲孔流体的管理	128
第一节 冲孔流体的选择与压力损失计算	128
一、冲孔流体类型与性能的选用	128
二、金刚石绳索取心钻进冲洗液压力损失计算	130
第二节 冲洗液的现场配制与维护	132
一、冲洗液的现场配制	132
二、冲洗液的现场维护	133
第三节 冲洗液的净化	134
一、自然沉降法	134
二、机械净化法	134
三、化学净化法	136

第二篇 钻孔注浆

第六章 钻孔注浆材料	137
第一节 钻孔注浆概述	137
一、钻孔注浆的目的	137
二、注浆材料的分类	137
第二节 普通水泥	138
一、普通水泥的种类与成分	138
二、硅酸盐水泥的水化与凝结硬化	139
三、硅酸盐水泥的主要技术性能	140
第三节 其它品种水泥	141
一、快硬早强水泥	141
二、油井水泥	142
三、抗硫酸盐水泥	142
四、超细水泥	143
第四节 水泥外加剂	143
一、水泥减水剂	143
二、水泥早强剂	144
三、水泥速凝剂	144
四、缓凝剂	145
五、聚合物增强剂	145
第五节 粘土和砂	145
一、注浆用粘土	145
二、砂	146
第六节 注浆用粒状浆液的性能	146
一、浆液的粘度和可泵期	146
二、浆液的凝结时间	146

三、浆液的可灌性·····	148
四、浆液结石体的性质·····	148
第七节 常用的粒状浆液·····	149
一、水泥浆·····	149
二、水泥粘土类浆液·····	150
三、水泥-水玻璃浆液·····	151
第八节 化学浆液·····	152
一、概述·····	152
二、化学灌浆材料·····	153
第九节 水泥-化学浆液·····	163
第七章 钻孔护壁与堵漏·····	165
第一节 概述·····	165
一、复杂地层的种类·····	165
二、加剧孔内地层复杂的技术因素·····	166
三、防治钻孔坍塌、漏失的基本措施·····	168
第二节 钻孔护壁·····	169
一、防坍性冲洗液·····	169
二、钻孔护壁注浆·····	172
三、套管护壁·····	178
第三节 钻孔漏失防治·····	179
一、钻孔漏失的原因与危害·····	179
二、漏失通道的类型与漏失测量·····	181
三、钻孔漏失的预防·····	185
四、钻孔堵漏·····	186
第八章 地基处理注浆·····	197
第一节 概述·····	197
一、地基处理及注浆法的分类·····	197
二、注浆法的应用范围·····	197
三、地基处理注浆的浆液·····	198
第二节 灌浆法·····	198
一、灌浆方式·····	198
二、灌浆工艺·····	199
第三节 高压喷射注浆与深层搅拌注浆·····	207
一、高压喷射注浆·····	207
二、深层搅拌注浆·····	207
参考文献·····	208

第一篇 钻孔冲洗

第一章 钻孔冲洗概述

钻进过程中,利用某些流体(液体、气体和气液混合物)冲洗孔底的工艺称为钻孔冲洗,或简称为冲孔。冲孔流体进出钻孔的流向和路线称为冲孔循环方式,或简称为冲孔方式。不同的钻进方法和钻进不同地层及不同钻孔目的等,要求有相应的冲孔流体和冲孔方式。冲孔是钻进工艺的重要组成部分,是影响钻进过程的重要因素。

第一节 冲孔的意义与功用

一、冲洗钻孔的意义

以机械力碎岩钻进,只有及时有效地冲洗孔底岩屑和冷却钻头,钻进才能连续进行;孔底被冲洗的程度对钻速和钻头寿命具有重要影响。

某些钻进方法是由冲孔流体和冲孔方式决定的,如空气钻进和反循环钻进等;不同的钻进方法需要有合适的冲孔流体和冲孔工艺才能取得应有的钻进效果。

在钻进孔壁不稳、漏水和井喷等复杂地层时,冲孔流体的合理选用是钻穿这些地层的关键性技术措施。

综上所述,冲孔对保证钻进连续进行和提高钻进效率都具有极为重要的意义。

二、冲洗钻孔的功用

冲孔的基本功用是清洗孔底和冷却钻头,此外,由于钻进方法、钻进的地层和钻进目的的特殊要求,需赋予冲孔以相应的功能。

(1) 清洗孔底、携带和悬浮岩屑 钻头破碎下来的岩屑和岩粉,只有及时地从孔底清除,再经冲孔流体携带到孔外,才能保证钻头连续有效地工作。当冲孔流体停止循环时,由于被流体携带的岩屑在流体的悬浮作用下,而避免因岩屑大量沉于孔底造成埋钻事故。

对冲孔流体携带和悬浮岩屑能力的要求,与岩屑尺寸和单位时间内钻出的岩屑数量等有关。石油钻井中,因所钻岩石较软、进尺快、孔径较大又全面破碎孔底岩石,钻出的岩屑粒粗量大,所以,石油钻井通常采用携带和悬浮岩粉能力强的流体(如泥浆)冲孔。对于岩芯钻探,尤其是小口径金刚石钻进,被破碎的孔底环状面积较小,钻出的岩屑细而少,容易被携带和悬浮,因此,对冲孔流体的携粉能力要求不高,使用清水或者空气冲孔便能顺利排出这些岩粉。钻进深孔时,对冲孔流体携带和悬浮岩粉能力应高于浅孔。

钻进中孔底清洗和孔内岩屑排出的程度与冲孔流体在孔底和上返时的流速、以及冲孔流体的携带岩屑性能等有关,携带岩屑能力强的流体(如泥浆等),可以采用较小的孔内上返流速,而携带能力低的流体(如气体),则必须有很高的上返流速。

(2) 冷却钻头 钻头破岩时,钻头与岩石摩擦产生很大的热量,冲孔流体带走热量使钻头得以冷却而保持稳定的碎岩性能,这是冲孔的又一基本功用。碎岩工具在高于其临界温度条件下工作时,随其物理力学性质的变化,碎岩效率和工作寿命都将随之降低,比如,

人造金刚石钻头在 600℃左右的温度下钻进时,其磨损明显加快,并出现“微烧现象”。高转速钻进时,瞬间中止冲孔,钻头便有可能升温很高,因此使钻头与孔底岩石烧结在一起的事故时有发生。

冲孔流体对钻头的冷却效果,与冲孔流体的比热容和流经孔底时流速等有关。在冲孔流体中,水具有最大的比热容,对钻头的冷却效果最好;空气因比热容值较小,所以在用空气吹洗钻进时,需要以较大的气流速度冷却钻头。

(3) 保护孔壁和实现平衡钻进 这是针对钻进地层的复杂条件,对冲孔提出的功能和要求。钻进各种松散、松软和破碎的地层时,孔壁会出现坍塌、掉块和缩径等不稳定状态,为了使孔壁保持稳定,最主要的技术措施是利用具有稳定孔壁性能的流体冲孔,如用泥浆和高聚物溶液等,在冲孔的同时使孔壁得到保护。

所谓平衡钻进,是指用液体冲孔时,冲孔流体对钻孔某处孔壁的压力(P),与该处地层缝隙内的流体(液体或气体)压力(P_0 —常称地层压力)达到平衡状态($P=P_0$),以此防止井漏或井喷。比如,钻孔过程中常有漏失冲洗液的情况发生,这就是 $P>P_0$ 的结果,此时,如果降低冲洗液的比重和减少冲洗液沿孔壁上返的流动阻力,以此降低 P 使 $P=P_0$ 时,即为防止漏失的平衡钻进。在石油钻井中,为防止井内油气喷出,通常采用增加洗井泥浆比重,实现防止井喷的平衡钻进。有些冲洗液兼有封堵漏失通道、减轻和消除漏失的功能。

(4) 润滑钻具 高转速金刚石钻进,为减少钻具与孔壁岩石的摩擦力,减轻钻具回转时的振动和钻具磨损,需要对钻具采用润滑措施,最常用的润滑钻具方法是向冲洗液中添加润滑剂,使冲孔同时兼有润滑钻具的功能。此外,石油钻井等深孔钻进时,为减轻钻具回转和提升时的摩擦阻力,也同样采用具有润滑性能的冲洗液。

(5) 参与破岩 利用冲孔流体参与破岩的方式,一种是流体直接参与破岩,如石油钻井中,液体在钻头水眼出口以高压喷射的液流直接破碎孔底岩石;另一种方式是通过冲孔流体驱动孔内碎岩工具破碎岩石,如驱动孔内冲击器实现冲击-回转钻进,驱动螺杆钻具和涡轮钻具使钻头回转钻进等。

(6) 输送岩芯或岩样 利用冲孔流体自钻具中心孔道上返的冲孔循环方式,上返的流体同时将钻出的岩芯或岩屑有序地带到地表,这种由冲孔流体输送的、钻具中心孔连续取芯或取样的冲孔方法,具有钻速高和钻探质量好的特点。

此外,冲孔流体连续地将孔底信息(岩屑、温度、油气显示等)传输到地表,提供测控样品和依据。

第二节 冲孔流体的分类

为适应钻进方法和钻孔条件的需要,冲孔流体开发应用的品种随之增多,性能不断完善。常用的冲孔流体按其组成和性能特点,有以下种类:

(1) 清水 清水包括地表水和地下水,容易获得且廉价,清水冲孔对钻头和钻具有很好的冷却性能,又可得到较高的钻速。由于清水对不稳定的孔壁没有保护作用,对钻具的润滑性能较差等特点,因此清水冲孔适于孔壁稳定的地层,钻具转速不高和钻孔不深的钻进条件。

(2) 润滑冲洗液 冲孔的液体中加入润滑剂,使之具有润滑性能的冲洗液,统称润滑冲洗液。润滑剂只改善了冲洗液的润滑性能,以适应于高转速钻进和深孔钻进。在地质钻

探金刚石钻进中, 比较普遍地采用润滑冲洗液, 如油分散于水中的乳状液。

(3) 泥浆 泥浆一般指粘土分散于水中的分散体系, 称之为水基泥浆。分散介质为油的泥浆称之为油基泥浆, 这种泥浆应用很少。

泥浆比清水的粘度大、比重大, 所以泥浆携带和悬浮岩粉的能力强; 泥浆能在孔壁上形成一层泥皮, 对不稳定的孔壁岩石有加固保护作用; 泥浆容易实现较大的比重, 用以防止井喷。泥浆的主要缺点也出自于其中的粘土, 泥浆中粘土含量高, 粘土分散细和泥浆比重大、粘度大时, 钻头的碎岩效率下降; 泥浆中的粘土颗粒对孔内动力钻具有冲蚀、磨损作用; 在绳索取心钻杆内壁易形成泥皮, 影响内管打捞等。泥浆主要应用于孔壁不稳定、钻速快、岩屑多而粗的钻孔。

(4) 无固相聚合物冲洗液 无固相(或称无粘土)聚合物冲洗液, 是高分子聚合物的水溶液。高聚物分子在孔壁上吸附形成的高分子膜, 对不稳定孔壁具有很好的胶结保护作用; 比重小又不含粘土, 所以钻速高。由于无固相冲洗液兼有清水和泥浆的某些优点, 近年来, 在地质钻探中被广泛用于钻进孔壁不稳定岩层。

(5) 空气和气液混合体 空气是随地可取, 最为廉价的冲孔流体, 空气洗井孔底岩石没有孔内液柱的压力作用, 容易被钻头破碎, 所以钻速高。空气对钻头的冷却和携带岩屑的能力很低, 所以必需采取很高流速的气流冲孔, 又当孔内有出水量较大的含水层时, 空气洗井便很难进行。

气液混合体按气体体积与液体体积之比即气液比和混合体的分散体系不同, 气液混合体有“雾”——气液比为 2000~3000, 水呈微珠分散于空气中的分散体系; 泡沫——气液比 50~300, 气体为分散相, 水呈液膜为连续相; 充气液体——气液比小于或等于 50, 气泡分散于液体中的分散体系。泡沫因携带岩屑能力强又可用于有含水层的钻孔, 所以, 与空气和其他气液混合体比较, 泡沫应用较多。空气-泡沫主要用于缺水 and 钻孔严重漏水的地区。

上述冲孔流体可归结为: 液体——应用最多的冲孔流体, 常称为冲洗液或钻井液; 空气和气液混合体。

第三节 冲孔流体的循环方式

冲孔流体进入钻孔又返出孔外, 在孔内流经的路线和流向, 即冲孔循环方式, 有正循环、反循环和孔底局部反循环三种冲孔方式。

一、正循环冲孔

冲孔流体由水泵或压风机经地表管路压入钻杆内孔并流经孔底, 冲洗钻头并携带岩屑沿钻具与孔壁之间的环状间隙(常称外环间隙或外环空间)上返, 从孔口流出后进入地表净化系统, 如图 1-1 所示。

正循环冲孔的循环系统简单, 比较容易实现, 是应用最普遍的冲孔方式。但是, 正循环冲孔对岩心有不同程度的冲蚀作用; 对于大口径钻孔, 外环间隙很大, 正循环冲孔时, 流体沿外环间隙上返速度小, 不利于排除较大的岩屑。

二、反循环冲孔

反循环冲孔, 流体流动方向与正循环相反, 流体是沿钻具中心上返, 进入孔内的流体流经路线有两种方式, 一种是沿钻具与孔壁间隙(图 1-2, a), 另一种是沿双层钻杆之间的

间隙(图 1-2, b) 下流至孔底。

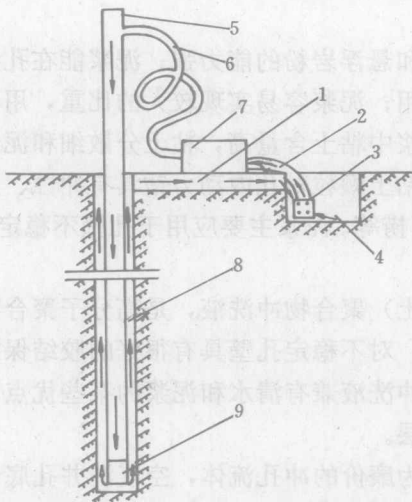


图 1-1 正循环液体冲孔示意图

- 1—循环槽；2—吸水管；3—莲蓬头；
4—水源箱；5—水接头；6—高压胶管；
7—水泵；8—钻杆；9—钻头

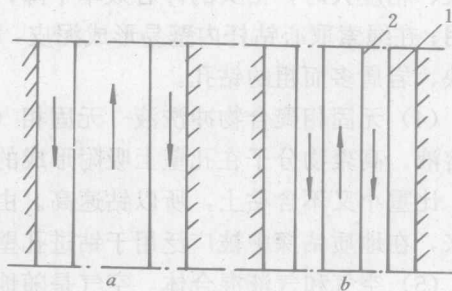


图 1-2 反循环冲孔流体在孔内的流向

- a—单管反循环；b—双管反循环
1—外层钻杆；2—内层钻杆

1. 孔口密封反循环冲孔

孔口密封是孔口套管上头接一密封装置，在孔口处将主动钻杆外环间隙密封住，见图 1-3。水泵送水管头接于密封装置，并与孔外环间隙相通。泵出的冲洗液经孔口进入外环间隙，下流到孔底，冲洗孔底并进入钻头内孔，携带岩屑或岩芯沿钻杆内孔上返，经主动钻杆上头的水接头和回水胶管流出，过筛筛除岩屑和岩芯后，冲洗液流入水源箱。

孔口密封反循环的孔口密封难度大，这是因为被密封的主动钻杆要回转又上下运动，而且，孔口处又是泵入孔内流体的始端，该处流体的压力大，增加了密封难度。目前这种反循环冲孔应用很少，只是在坑道内钻进水平孔，而且孔内不发生严重漏水时，有时得到应用。

2. 泵吸反循环

泵吸反循环冲孔如图 1-4 所示，在整个地面管路内充满水的条件下，启动砂石泵，在泵的吸口处产生负压，对管内液体产生抽吸作用而流入沉淀池，钻杆内液体上升，同时孔内外环间隙液体下流，经钻头进入钻具内孔，携带

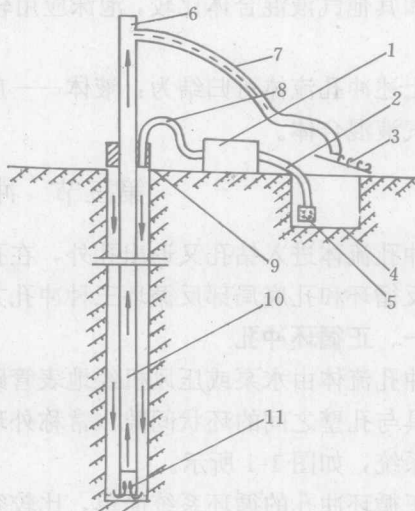


图 1-3 孔口密封反循环冲孔示意图

- 1—水泵；2—吸水管；3—岩屑；4—水源箱；
5—莲蓬头；6—水接头；7—回水管；8—高压胶管；
9—孔口密封器；10—钻杆；11—钻头

岩屑沿钻具内孔上返到地表，沉淀池内的液体沿水沟流入孔内。

泵吸反循环冲洗液沿钻杆内孔上返，因钻杆内孔断面小，冲洗液上返流速高，排粉能力强，所以，泵吸反循环适用于外环间隙大的大口径钻孔，一般钻孔深度在 150m 以内。

近几年来在大口径钻孔施工中，推广应用了泵举反循环，这是把砂石泵安置在孔内，在钻头上部，把钻头破碎下来的岩屑送到地表。同样，进入孔内的冲洗液是从孔口自行流入的。

3. 气举反循环冲孔

如图 1-5 所示，压风机将压缩空气经高压风管 6 和气水接头 1，压入双层管 5 之间的间隙，向下进入气水混合室 3 时，空气只能经内管的许多小孔进入内管中，与管中的水形成气液混合体，因其比重小于孔内的液体，使钻杆内外产生压差，在此压差和气压的作用下，内管的气液混合体上升，经气水接头排入沉淀池 2。池内液体流入孔口，沿外环间隙下流到孔底，经钻头并携带岩屑沿单层钻杆 4 上升，到混合室 3 时被充气，继续上返到沉淀池。

气举反循环能够钻进深孔，但是孔浅（50m 以内）时，管内形成的压差小，钻速低。

4. 双壁管反循环冲孔

双壁管反循环冲孔的流体有气体的，叫双管空气反循环；液体的叫双管水力反循环。它们的流向和流经路线是相同的，如图 1-6 所示。双管空气反循环钻进，钻头为全面破碎孔底岩石，钻出的岩屑随高速气流沿内管上返至地表，被收集作为岩样，故称中心孔反循环连续取样钻进。

双管水力反循环为取心钻头钻进，钻出的柱状岩心随液流沿内管中孔返至地表。

双管反循环冲孔钻进，是目前地质钻探取心（样）钻进中，钻速高、采心（样）率高的钻进方法。

三、孔底局部反循环冲孔

孔底局部反循环是由连接在靠近孔底的钻具中的喷反接头实现的，如图 1-7。喷反接头是一个射流泵，从喷嘴 2 中射出的高速液流，对其周围液体产生“卷吸”作用，周围液体被卷带走

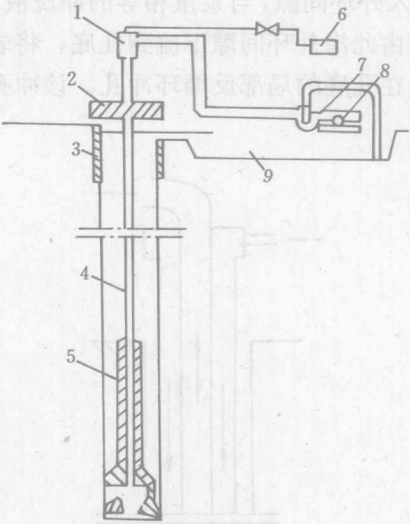


图 1-4 泵吸反循环示意图

- 1—水龙头；2—钻机；3—井口管；
4—钻杆；5—钻铤；6—真空泵；
7—砂石泵；8—电机；9—水源池

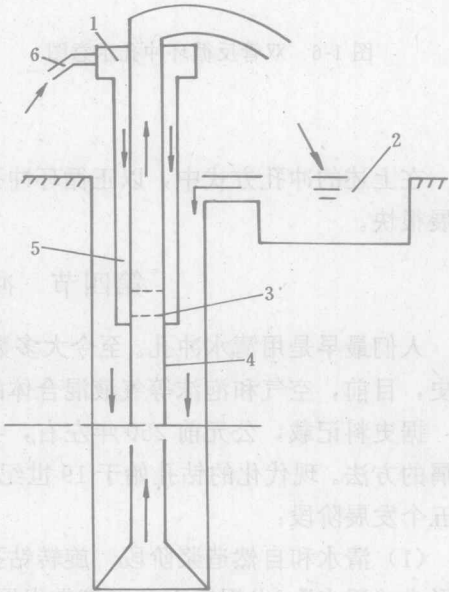


图 1-5 气举反循环冲孔示意图

- 1—气水接头；2—沉淀池；3—气水混合室；
4—单层钻杆；5—双层钻杆；6—高压风管

而使射流四周的压力降低，在压差作用下，管中液体上升，连续被射流卷带走而经扩散管 3 进入外环间隙，与泵量相等的冲洗液由此沿外间隙上返到地表；与射流卷带液量相等的冲洗液由此沿外环间隙下流到孔底，将岩屑带入岩心钻具内，液体继续上升到喷反接头，形成只在孔底的局部反循环冲孔。该冲孔方式主要用于钻进破碎层时提高岩心采取率。

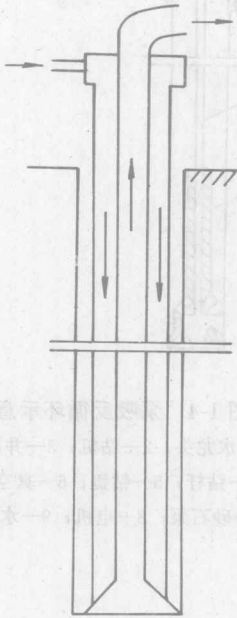


图 1-6 双管反循环冲孔示意图



图 1-7 孔底局部反循环示意图

1—钻头；2—岩心；3—岩心管；
4—扩散管；5—喷嘴

在上述的冲孔方式中，以正循环冲孔应用最多，近些年来，反循环冲孔的研究和应用发展很快。

第四节 冲孔流体发展概况

人们最早是用清水冲孔。至今大多数钻孔工程使用液体冲孔。空气冲孔已有 50 多年的历史，目前，空气和泡沫等气液混合体的推广应用进展很快。

据史料记载，公元前 250 年左右，我国已应用钻孔法凿井取盐，采用向孔内注水排除岩屑的方法。现代化的钻孔始于 19 世纪末，直到目前，液体冲孔的冲洗液体系基本上经历了五个发展阶段：

(1) 清水和自然造浆阶段 旋转钻孔初期使用清水冲孔，钻出的泥质类岩屑混入水中后形成“浑水”，发现它有利于携带岩屑和保护孔壁，但当时还不知化学处理和性能要求，处于清水自然造浆的状况。该阶段为 1904~1921 年。

(2) 细分散泥浆阶段 1921~1924 年。经过使用“浑水”的实践和认识，开始使用粘土进行人工配制泥浆，并且开始掌握了一些简单的化学处理方法，如使用纯碱、单宁等化

学处理剂,使粘土分散得很细,故称为细分散泥浆。同时,开始了对泥浆性能的研究,并有了简单的性能测试方法。可是这种细分散泥浆的性能很不稳定,如有可分散造浆的岩屑侵入,泥浆会很快变稠;孔深温度高时,也会引起泥浆性能的变化等,促使人们去研究解决这些问题。

(3)粗分散泥浆阶段 1942~1966年。通过对细分散泥浆对外界条件十分敏感的研究,认识到泥浆中粘土分散得越细对外界影响越敏感,性能变化越明显。也正是在此阶段的初期,胶体化学领域对胶体的研究中,提出了著名的胶体颗粒的电学稳定理论。在泥浆的研究中出现了用钙盐提供高价阳离子使泥浆中的粘土颗粒变粗的粗分散泥浆。此间开发并应用了大量的有机处理剂,如降粘剂和降失水剂等,开始应用较高分子量的聚合物,如纤维素、淀粉等的衍生物,用于稳定粗分散泥浆并改善其性能。在该阶段内关于冲洗液性能的研究和性能测试方法都有较快的发展,在此期间,石油钻井液中出现了油基泥浆和油包水乳化泥浆,用于钻进油层和极复杂地层。

(4)不分散低固相泥浆阶段 随着钻孔技术的发展和钻孔应用范围的拓宽,对钻孔冲洗液提出了更高的要求,研究工作在不断深入,认识到泥浆中的粘土等固相含量越多、颗粒越细,钻速越低。对此,在1966年前后研制出以高分子聚合物(如分子量100万以上的水解聚丙烯酰胺)处理的不分散低固相泥浆,这种泥浆因高聚物分子的吸附,使泥浆中的粘土不再分散变细,而且,泥浆的性能主要是由高聚物控制,所以,可以把粘土的含量减到很少,从而大幅度地提高钻速。从此,泥浆进入了高聚物、低固相、不分散阶段。到该阶段,泥浆处理剂已发展到16大类200多个品种1500余种商业产品;泥浆性能与测试和泥浆流变学的研究更加深入和日趋完善,出现了泥浆循环过程中对各种性能参数进行自动检测的装置;研制出耐高温(200℃以上)和钻进超深孔(10000m以上)的泥浆。

(5)无固相聚合物冲洗液阶段 1968年以后,石油钻井方面的研究发现,冲洗液中的固相尤其是粘土,不但是提高钻速的最大障碍,而且对油气层会产生较大的损害。

在水文探井方面,泥浆是被限制使用的。由于高聚物在冲洗液中的应用,就使得不用加粘土配制高性能的冲洗液不仅需要而且也成为可能。试验研究和生产实践都已证明,以聚合物为基础的无固相冲洗液能更好地满足提高钻速、钻进复杂地层和深孔的需要。近十多年来,无固相聚合物冲洗液得到很快发展。

应该指出的是,钻孔冲洗液一个新类型的出现,是由于钻孔工艺技术发展的需要,每一种冲洗液都有其合适的应用条件,因此,它们之间不是新的完全淘汰旧的关系,只是性能上的差异和适应条件不同而已,比如,清水至今在合适的条件下仍是合理的冲孔流体;在高压地层中,高密度泥浆仍是平衡地层压力的主要措施。

空气钻进技术的发展已经历了半个多世纪,最初是单一的空气进行正循环冲孔,它可满足无水、缺水及漏水、低压地层的钻进需要。自60年代以来,空气钻进技术逐渐从单一的空气向不同形态的气液混合体转化,出现了泡沫、人工雾和充气液体等。其中的泡沫冲孔得到广泛的应用,目前泡沫钻进最大孔深超过了2000m。

空气潜孔锤钻进自40年代以来,已经成为矿山露天采矿爆破的基本凿孔方法,60年代末被应用到水井及地质勘查工程中,之后这一钻孔方法又在岩土工程和基础工程中得到应用,而且,钻孔直径可达5m。

空气-泡沫钻进在70年代的一个重要成果是双壁管气举反循环中心孔连续取样的回转

或冲击回转的钻进技术，明显地提高了钻进速度和钻探质量。

自 80 年代以来，多工艺空气钻孔受到广泛重视，出现了一些新颖而有成效的钻进方法，扩大了空气钻进技术的应用领域。

我国解放以后，尤其进入 80 年代以来，在钻孔冲洗液和空气钻进等方面都取得了世人瞩目的成就。冲孔技术基本上满足了我国各种钻孔工程发展的需要，并在处理剂的种类、各种冲孔流体的理论研究和性能测试技术等方面，不断缩小与世界先进水平的差距。今后，随着改革开放的深入和钻孔工程应用范围的扩展，必将推动我国钻孔冲洗技术更快地发展。

我国解放以后，尤其进入 80 年代以来，在钻孔冲洗液和空气钻进等方面都取得了世人瞩目的成就。冲孔技术基本上满足了我国各种钻孔工程发展的需要，并在处理剂的种类、各种冲孔流体的理论研究和性能测试技术等方面，不断缩小与世界先进水平的差距。今后，随着改革开放的深入和钻孔工程应用范围的扩展，必将推动我国钻孔冲洗技术更快地发展。

我国解放以后，尤其进入 80 年代以来，在钻孔冲洗液和空气钻进等方面都取得了世人瞩目的成就。冲孔技术基本上满足了我国各种钻孔工程发展的需要，并在处理剂的种类、各种冲孔流体的理论研究和性能测试技术等方面，不断缩小与世界先进水平的差距。今后，随着改革开放的深入和钻孔工程应用范围的扩展，必将推动我国钻孔冲洗技术更快地发展。

我国解放以后，尤其进入 80 年代以来，在钻孔冲洗液和空气钻进等方面都取得了世人瞩目的成就。冲孔技术基本上满足了我国各种钻孔工程发展的需要，并在处理剂的种类、各种冲孔流体的理论研究和性能测试技术等方面，不断缩小与世界先进水平的差距。今后，随着改革开放的深入和钻孔工程应用范围的扩展，必将推动我国钻孔冲洗技术更快地发展。

我国解放以后，尤其进入 80 年代以来，在钻孔冲洗液和空气钻进等方面都取得了世人瞩目的成就。冲孔技术基本上满足了我国各种钻孔工程发展的需要，并在处理剂的种类、各种冲孔流体的理论研究和性能测试技术等方面，不断缩小与世界先进水平的差距。今后，随着改革开放的深入和钻孔工程应用范围的扩展，必将推动我国钻孔冲洗技术更快地发展。

我国解放以后，尤其进入 80 年代以来，在钻孔冲洗液和空气钻进等方面都取得了世人瞩目的成就。冲孔技术基本上满足了我国各种钻孔工程发展的需要，并在处理剂的种类、各种冲孔流体的理论研究和性能测试技术等方面，不断缩小与世界先进水平的差距。今后，随着改革开放的深入和钻孔工程应用范围的扩展，必将推动我国钻孔冲洗技术更快地发展。

我国解放以后，尤其进入 80 年代以来，在钻孔冲洗液和空气钻进等方面都取得了世人瞩目的成就。冲孔技术基本上满足了我国各种钻孔工程发展的需要，并在处理剂的种类、各种冲孔流体的理论研究和性能测试技术等方面，不断缩小与世界先进水平的差距。今后，随着改革开放的深入和钻孔工程应用范围的扩展，必将推动我国钻孔冲洗技术更快地发展。

我国解放以后，尤其进入 80 年代以来，在钻孔冲洗液和空气钻进等方面都取得了世人瞩目的成就。冲孔技术基本上满足了我国各种钻孔工程发展的需要，并在处理剂的种类、各种冲孔流体的理论研究和性能测试技术等方面，不断缩小与世界先进水平的差距。今后，随着改革开放的深入和钻孔工程应用范围的扩展，必将推动我国钻孔冲洗技术更快地发展。

我国解放以后，尤其进入 80 年代以来，在钻孔冲洗液和空气钻进等方面都取得了世人瞩目的成就。冲孔技术基本上满足了我国各种钻孔工程发展的需要，并在处理剂的种类、各种冲孔流体的理论研究和性能测试技术等方面，不断缩小与世界先进水平的差距。今后，随着改革开放的深入和钻孔工程应用范围的扩展，必将推动我国钻孔冲洗技术更快地发展。