

潜孔锤钻进技术

杜祥麟 张茂举 李敦宝 编著

地质出版社

潜孔锤钻进技术

杜祥麟 张茂举 李敦宝 编著

地质出版社

内 容 简 介

潜孔锤钻进技术在采矿领域应用较早,近年来在地质、工程和水井方面也逐渐得到应用,其经济和技术价值已引起人们的注意。但国内这方面的资料尚比较零散,缺乏较系统而完整的读物,本书的主旨即为解决这一问题而作。本书内容有理论分析,但侧重应用,以潜孔锤在地质和工程方面应用为重点,对潜孔锤在地质及工程钻探的应用实例及构成潜孔锤钻进的有关技术操作进行了重点叙述。本书适于从事潜孔锤设计、制造和使用的技术人员阅读,也可供有关院校师生参考。

潜孔锤钻进技术

杜祥麟 张茂举 李敦宝 编著

责任编辑:冯士安

地质出版社出版发行

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本: $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张: 3.8125 字数: 95,000
1988年10月北京第一版 • 1988年10月北京第一次印刷

印数: 1—1850册 国内定价: 1.45元

ISBN 7-116-00337-1/p.293

前 言

潜孔锤钻进技术在国外不但广泛应用于采矿工业部门，且在地质、工程、水井等钻探中使用也很普遍。国内将潜孔锤钻进技术应用于矿山爆破孔钻进已有一段时间并积累了一定经验，但其它领域尚待研究和开拓。作者于1974年和1976年去瑞典和法国考察，看到了几种以潜孔锤钻进工艺为主的钻探设备的施工情况，随后又参与了若干次这方面的国际技术交流活动，从而加深了对这种钻进工艺的认识。尤其是在中硬以上的基岩或卵砾石层钻进，它具有钻进速度快，经济效果好的特点。1978年原地质部勘察技术研究院以潜孔锤钻进基岩水井的科研项目在内蒙古扎鲁特旗试验。通过实践，导致对它的认识的深化。此后，陆续在地质、工程和水文水井钻探中先后使用并引起人们的重视。但国内这方面的资料尚比较零散，缺乏系统而完整的参考资料，为了解决这一问题，作者将已收集到的有关潜孔锤钻进的技术资料以及个人在实践中的体会和有关数据进行整理，草写成册，供从事该项技术工作的同志参考。

因潜孔锤在矿山爆破孔钻进中的应用已有出版物介绍，故本书侧重潜孔锤在地质和工程方面的应用。在地质和工程钻探中分别叙述它在固体矿产、水文水井、工程施工、砂矿、永冻层和卵砾石层中钻进方法，对设备要求等的实例。鉴于钻头、钻杆、泡沫剂和除尘对潜孔锤钻进各有要求，故在有关章节分别予以介绍。空压机为潜孔锤钻进提供动力源，是潜孔锤钻进设备的主要构成部分，对其结构原理及国内外现有空压机的主要性能参数亦予介绍并列表示出。

因潜孔锤钻进与回转钻进方法迥异，故潜孔锤钻进操作技术另辟一章。其中包括若干经验公式和操作守则，可供钻探施工时

参考。

本书撰写过程中蒙于荫平、余之淳、李强、张文佑等同志提供部分资料，特此表示感谢。

由于作者水平有限，在撰写过程中，疏漏和错误难免，望广大读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第一章 风动潜孔锤钻进方法概论	1
第一节 风动潜孔锤钻进发展概况.....	1
第二节 风动潜孔锤钻进特点.....	3
第三节 风动潜孔锤钻进适用的地层类型	4
第四节 设备和器材.....	5
第二章 风动潜孔锤钻进方法的应用	8
第一节 固体矿产钻探.....	8
一、施工实例及其设备.....	8
二、风动潜孔锤全面钻进的地表取样装置及处理程序.....	9
三、潜孔锤钻进的取心钻具.....	11
第二节 基础工程孔钻进.....	12
一、陡坡大口径钻进实例.....	12
二、基岩大口径潜孔锤钻进施工.....	14
三、工程地质孔钻探	14
第三节 卵砾石层钻进.....	16
一、Odex 钻进法.....	16
二、卵砾石层大口径潜孔锤钻进施工.....	17
三、双回转跟管钻进法.....	22
第四节 水文水井潜孔锤钻进.....	24
一、具有代表性的国内钻机.....	24
二、具有代表性的国外设备.....	27
三、潜孔锤双壁钻杆反循环钻进.....	29
第五节 滨海潜孔锤钻进.....	31
第六节 永冻层砂金矿大口径潜孔锤钻进.....	33
一、永冻层钻进用钻具.....	33
二、永冻层钻进地面设备.....	35

第七节 露天及地下矿山潜孔锤钻进的应用	35
第三章 风动潜孔锤及其钻头	38
第一节 潜孔锤的分类	38
一、阀式潜孔锤	38
二、无阀式潜孔锤	39
第二节 钻头的分类及材料	46
一、钻头的分类	46
二、钻头材质的选择	48
第三节 钻头的岩石破碎机理	50
一、岩石破碎机理	50
二、球齿钻头与片齿钻头的比较	51
第四章 潜孔锤钻进用钻杆	54
第一节 常规钻杆	54
第二节 双壁钻杆	55
一、双壁钻杆钻进系统	57
二、含水层双壁钻杆钻探的优越性	59
三、水井钻探用双壁钻杆	61
四、康腊德Mini-200钻机用双壁钻杆	62
五、英格索兰大口径双壁钻杆	62
第五章 空气压缩机	64
第一节 空气压缩机的分类	64
一、活塞式空压机	64
二、螺杆式空压机	65
第二节 常用的几种螺杆式空压机	68
一、国产螺杆式空压机	68
二、英格索兰螺杆式空压机	69
三、阿特拉斯科普科空压机	69
第六章 除尘及样品的采集方法	70
第一节 除尘方法	70
一、干法除尘	70
二、湿法除尘	72

三、孔口装置	74
第二节 样品的采集方法	74
一、旋流器取样	74
二、连续取样装置	75
三、间隔取样装置	75
四、常规取样方法	77
第七章 表面活性剂和聚合物	80
第一节 表面活性剂的特殊用途	80
第二节 常用表面活性剂及其用量	81
一、国产空气钻进用泡沫剂	81
二、国外生产的钻井用泡沫剂	81
第三节 表面活性剂的注射	83
第八章 风动潜孔锤钻进操作	85
第一节 风压的选择	85
一、风压与钻进速度的关系	85
二、强吹排水所需风压	91
第二节 风量的选择及节流塞的作用	92
一、环状间隙的气流速度	92
二、节流塞的作用	93
三、潜孔锤钻进风量的修正	93
第三节 孔底压力及钻头转速的选择	96
一、孔底压力的选择	96
二、钻头的回转速度	97
第四节 钻杆柱的组合	97
第五节 泡沫剂的注射与潜孔锤的维护	100
一、泡沫剂的注射	100
二、潜孔锤的润滑	101
三、钻头的修磨与潜孔锤的维护	104
第九章 孔内事故处理	106
第一节 孔内涌水处理	106
一、小涌水的处理方法	106
二、中涌水的处理方法	108

三、大涌水的处理方法.....	108
第二节 护壁堵漏.....	109
一、常规材料堵漏.....	109
二、套管护壁.....	110
三、化学护壁堵漏.....	111
第三节 钻具事故处理.....	112
一、卡钻事故处理.....	112
二、潜孔锤故障处理.....	112
三、钻头事故处理.....	113
参考文献.....	114

第一章 风动潜孔锤钻进方法概论

第一节 风动潜孔锤钻进发展概况

潜孔锤钻进方法，用联接在钻头或岩心管上的潜孔锤对钻具施加一定压力下并同时回转，予钻头以高频冲击能量，进行孔底冲击回转钻进。在冲击载荷下，岩石发生体积破碎。这种方法比一般回转钻进效率高，孔内事故少，工程成本低。因此风动潜孔锤钻进方法，在一定范围内，尤其是钻进中硬以上岩层，正在扩大其使用范围。

根据岩石破碎的弹性理论，在一定预压下的岩石冲击破碎强度要比无预压情况下低50~80%左右。潜孔锤钻进比无预压下的钢丝绳冲击钻进效率高3~5倍以上。在能量利用上，风动潜孔锤比液动潜孔锤更合理些。因为液动潜孔锤是用水排除岩屑，在钻头与岩石间形成一“水垫”吸收了部分冲击能量。所以风动潜孔锤比液动潜孔锤的钻进速度高10~30%^[13]。

三十年代中期开始发展起来的风动潜孔锤，经过不断改进和完善，已先后在一些工业发达国家得到广泛应用。在五十年代末期已开始使用于深井钻进。在此期间，美国在3000~3500m的深井中，成功地进行了风动潜孔锤的钻进。之后，又在300~400m深的水文水井、工程钻进中推广。在美国有英格索兰（Ingersoll-Rand）和米森（TRW Mission）等数家公司从事制造先进的高性能风动潜孔锤。使这种方法在广泛的范围内已成为基本的钻进方法之一。苏联在干旱、半干旱地区和多年冻土地区的地质钻探中，1975年已有约30万m以上的工作量是用风动潜孔锤钻进完成的。其它如法国、瑞典、日本、澳大利亚和比利时等国也应用较

多^①。

国产风动潜孔锤的使用，已有近二十年的历史。开始主要用于矿山爆破孔的钻进，冶金系统已广泛使用。对潜孔锤的设计也卓有成效，较早的W-220型风动潜孔锤即为本溪铁矿和东北工学院等单位共同研制的。六十年代初，北京地质学院与沈阳风动工具厂协作，曾研制过用于岩心钻探的YQT-60型贯通式风动潜孔锤。^①国内风动潜孔锤的制造厂家主要有嘉兴冶金机械厂和宣化风动工具厂。为风动潜孔锤钻进配套的空压机近几年也有发展，如无锡空压机厂、上海第二空压机厂等均有产品问世。风动潜孔锤在地质勘探工作的正式使用始于1978年，原地质部勘察技术研究院与吉林省水利厅合作，在内蒙古自治区札鲁特旗、吉林省四平市，首先用风动潜孔锤钻凿水井，在Ⅷ~X级的凝灰岩和辉绿岩中钻成了三口水井，其深度分别为50.3、46.5、64m，为我国应用风动潜孔锤钻进基岩水井最早的一次实践。1980年建工部门从美国引进了使用风动潜孔锤的T4W Drillmaster水井钻机。1981年以来，地矿部水文地质工程地质技术方法研究队等单位在河北省山区使用风动潜孔锤打水井，取得了较为成功的经验。1984年我国又用风动潜孔锤进行地震爆破孔钻进，为风动潜孔锤在地质勘探中的应用，又开拓了一个新领域^②。根据近期工业先进国家制造的钻机，其钻进功能中多具有潜孔锤钻进方法。在实际工程承包中，具有潜孔锤钻进功能比不具备这种功能的施工队伍其竞争力显然要大。这充分说明，潜孔锤钻进已成为不容忽视的一种主要钻探方法。预计随着人们对这种钻进方法的认识逐渐深入，将会日益扩大其使用范围。

注^① 风动潜孔锤钻进方法讲义，李敦宝，1980年

② SBQZ-30山地组合钻机说明书

地矿部地质技术经济研究中心，1986年

第二节 风动潜孔锤钻进特点

风动潜孔锤钻进是一种冲击回转空气钻进方法。使用这种方法钻进时，地面的钻机以较低的回转速度回转，对孔底施加较小的压力。同时在孔底利用压缩空气驱动潜孔锤对岩石以一定频率和能量进行冲击，形成冲击回转过程。由于工作介质是压缩空气，所以它具有空气钻进的全部优点，现叙述如下：

(1) 孔底清洗条件好，单次冲击能量较大，钻杆和钻孔直径配合比例适当，故有较高的钻进效率。与金刚石绳索取心钻进相比，可提高2~3倍。在花岗岩中钻进时，其纯钻效率可达20m/h；在石灰岩中钻进，其纯钻效率可达40m/h。

(2) 因钻具转速较低，钻具对钻孔壁的碰击机会较少，又兼这种钻进方法是以高频对孔底冲击，减小了对破碎或倾斜地层的影响，从而保证了钻孔的平直度，不易形成较大的孔斜。使用潜孔锤钻深100m其偏斜不超过1m，即1/100。

(3) 噪音以每增加1m减少6dB的比例下降，使得噪音符合工业和国家标准。

(4) 钻进过程中所产生的粉尘，可以用向压缩空气中加少量水的办法或其他方法予以清除。

(5) 比起回转钻进，潜孔锤钻进所需要的扭矩小的多，它的回转速度也比回转钻进低，一般在10~60r/min范围内。

(6) 由于这种钻进方法是压缩空气驱动孔底的潜孔锤，故与孔口上冲击钻进法相比，后者施加于钻头上的冲击负荷必须经过孔内全套钻杆柱，其冲击功随着钻杆的加长，逐渐被钻杆所吸收，据资料介绍，当孔深在40m左右时，即全部为钻杆所吸收。

(7) 可以用更长的单根钻杆，以便钻孔时减少起下钻具的辅助时间。

(8) 绝大部分的爆破孔都可使用。

(9) 小直径的潜孔锤钻具可钻任何方向的斜孔，它尤其适

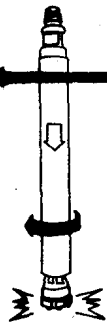
合于矿山开采。

(10) 采用潜孔锤钻进时, 所需钻压小。直径为 150mm 的潜孔锤钻进时, 其钻压只需 14.7kN 左右。这样, 可以用较小的钻机钻凿较深的钻孔。

第三节 风动潜孔锤钻进适用的地层类型

在不同的地层、不同硬度的岩石中钻孔时, 根据 需要和可能, 应采用不同的钻进方法。对于极硬和硬岩地层, 采用潜孔锤钻进方法较为适宜, 因为岩石硬度愈高, 其脆性也愈大。在冲击

表 1-1

钻 井 方 法 选 择 指 南				
地 层 类 型				
原生地层	火成岩和变质岩		沉 积 岩	
举 例	花岗岩 片麻岩 石英岩 玄武岩 深色火成岩 片岩		石灰岩 砂岩 页岩	土、砂、砾石
硬 度	极硬 — 硬		硬 — 软	非固结性
钻进方法	 潜孔锤钻进 镶嵌硬质合金钻头		 回转钻进	
			空气或泡沫回转钻进 — 泥浆回转钻进 硬质合金 — 钢齿牙轮钻头	
直径	小径 101.6 ~ 203.2 mm (4" ~ 8")		小 ~ 中 152.4 ~ 304.8 mm (6" ~ 12")	
深度	浅 7.62 ~ 61 m (50' ~ 200')		浅 ~ 深 7.62 ~ 304.8 m (50' ~ 1000')	

* 1" = 25.4mm; 1' = 304.8mm

负荷作用下，除局部岩石直接粉碎外，在其破碎区的四周产生裂纹，致使接近岩石表面处以较粗的颗粒而碎裂。对于非固结性地层、软岩和硬岩则采用牙轮回转钻进方法较为适宜，因为较软的岩石，脆性小，回转钻进时，通过钻杆的回转和向岩石加压把能量传递到钻头齿上，钻头齿将以压碎、冲击、剪切和切削作用吃入，并破碎岩石形成岩屑，以一定速度钻出钻孔。表1—1列出了潜孔锤钻进和牙轮回转钻进适用地层类型^[11]。

第四节 设备和器材

风动潜孔锤钻进的设备主要由钻机、空气压缩机、潜孔锤、钻杆、除尘器、泡沫剂混合器及注射器等组成。钻进所用的钻机按钻进对象之不同而有所区别，例如：钻进水井多用能够长行程给进的动力头式钻机；钻进地质勘探孔的钻机有时为传统的立轴式钻机，为了适合空气潜孔锤钻进需要，多把立轴输出设计为低转数。有的则直接采用具有长行程、无级变速的动力头式复合钻机。

在施工大口径的工程钻孔时，常使用起重机式打桩钻机（见图1—1）^[10、15]。钻机本身设有液压支持臂，用以支持桅杆、动力头和钻具等，并有绞车用以升降钻具（详见第二章第三节）。

滨海钻探则要将设备放置在船上，并需要一套起重设备，以便将钻机放到海底或提至船上。（详见第二章第五节）。

永冻层钻进设备，钻机部分和地质钻探设备基本相同。但是，为了控制进入孔底压缩空气的温度和防止过多水份进入孔内，设有空气冷却装置和气水分离器。这是和其他钻进方法在设备上的不同之处（详见第二章第六节）。

矿山爆破孔钻进的钻机（也称潜孔钻机），形式多样，有履带式 and 轮胎式，全液压驱动或机械驱动。

空压机为风动潜孔锤钻进的主要设备之一。它为潜孔锤提供风源并使之工作。空压机虽有多种，但目前普遍使用的空压机以

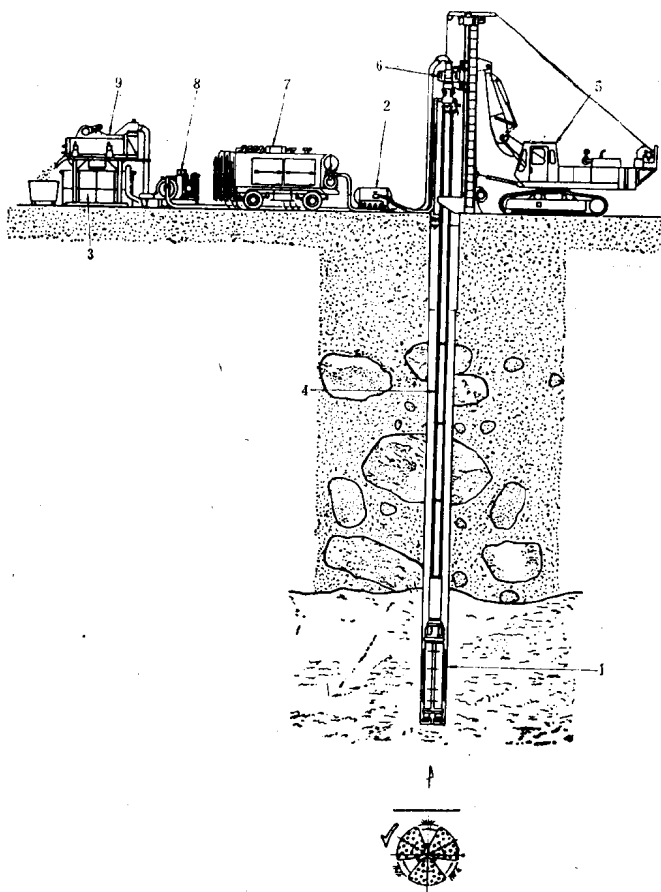


图 1—1 吊车式打桩钻机

1—MACH潜孔锤；2—储气罐；3—泥浆罐；4—反循环钻杆；5—主机；6—动力回转头；7—空压机；8—抽汲泵；9—泥浆振动筛

螺杆式为主，因为它具有重量轻、噪音低、风量大、压力高、体积小等优点。这种空压机有一级压缩和两级压缩两种，视所需压力大小而定。目前，国外这种空压机种类较多，最高风量达 $40\text{m}^3/\text{min}$ ，压力一般为 2.4MPa 。国产螺杆式空压机也先后陆续研制成功。适合地质钻进需要的空压机，压力为 2.5MPa ，风量为

20m³/min即可（详见第六章）。

除尘器是风动潜孔锤钻进的附属设备之一。在地质钻探中多采用旋风式除尘器，因为它结构简单，制造成本低。目前潜孔钻机多配备这种形式的除尘器。地质钻探用旋风式除尘器多选用矿山用的除尘器，有的根据需要自己设计也可（详见第五章）。

泡沫剂混合器和注射装置是专为使用泡沫钻进时而设置的，现无典型结构设计。有的利用搅拌装置与注射装置结合在一起。有的把泡沫剂搅拌和注射装置分开，搅拌办法采取泥浆搅拌器，而用小排量的农用喷药泵注射。两者均可采用。若成批生产，则应设计成专用成套搅拌与注射合一的设备为好（详见第八章第三节）。

潜孔锤是实现钻进的主要部分，因钻进要求不同而有所区别，分离心式潜孔锤和全面钻进潜孔锤。按直径大小可分为不同直径系列的潜孔锤，有单锤的潜孔锤和组合式潜孔锤。在内部结构上也有多种（详见第三章第一节）。

钻杆是潜孔锤钻进必需的钻具，根据钻孔直径大小和钻进工艺的不同，选用不同的钻杆。例如，较大的孔径多采用石油钻杆，小钻孔则可选用地质钻杆。当使用反循环工艺钻进时，则必须采用双壁钻杆。双壁钻杆也因所钻井孔尺寸不同而有所区别。钻杆的具体尺寸及结构详见第四章。

第二章 风动潜孔锤钻进 方法的应用

第一节 固体矿产钻探

采用风动潜孔锤进行固体矿产钻探，可采取岩屑样品，也可采取岩心。近年来，在固体矿产钻探方面有从传统的单纯回转取心钻进法（即金刚石钻进法）向回转与孔底冲击回转钻进法（潜孔锤钻进法）两者复合的发展趋势。这种复合钻进法在美国和澳大利亚均有所发展。在一些深孔施工当中，浅部孔段往往不需要取心，为了节省这段钻孔的费用和加快施工进度，经常使用风动潜孔锤进行全面钻进。孔深可达300~400m，到必要的时候才换用金刚石钻进。使用潜孔锤钻进，有时也需要采取岩心，则使用一种取心钻具和取心球齿钻头。这种钻进工艺效率很高，成本相应下降。

一、施工实例及其设备

在澳大利亚西部的卡姆巴尔达镍矿（Kambalda Nickel），1978年一台风动潜孔锤钻机单班作业年完成1.2万m的工作量，钻孔的平均深度为300m，每米费用为20澳元左右。若用金刚石钻进每米高达200澳元，相当潜孔锤钻进费用的10倍。潜孔锤钻进速度也很快，一个8~10小时的工班，可完成进尺70~80m，最高达200m，在最困难的情况下也能达到每班10m，其效率远远超过金刚石钻进。为了适应多种钻进功能的需要，近年来出现了一种多功能复合式钻机。例如澳大利亚制造的沃曼（Warman）钻机，它具有潜孔锤、金刚石、牙轮钻头、螺旋钻具、双管反循环钻进的功能。Warman 1000型是全液压动力头式钻机，具有较大的给进行程（7.32m），较宽的速度范围，在60~1160r/min