

# 空气潜孔锤跟管钻进技术与应用

赵建勤, 李子章, 石绍云, 王 勇, 罗宏保

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

**摘要:**跟管钻进技术已发展成为对付复杂地层钻进的一种有效方法, 主要介绍空气潜孔锤跟管钻进技术, SP 系列跟管钻具的特点以及空气潜孔锤跟管钻进技术在地质灾害、水电建设、城市高层建筑地基处理、公路、铁道建设工程等复杂地层钻进的应用。

**关键词:**空气潜孔锤; 跟管钻进; 复杂地层; 地质灾害

**中图分类号:** P634.5    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2008)07-0055-05

**Technology of DTH Drilling with Simultaneous Casing and the Application/ZHAO Jian-qin, LI Zi-zhang, SHI Shao-yun, WANG Yong, LUO Hong-bao** (The Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

**Abstract:** Drilling with simultaneous casing technology has been developed to be an effective method to deal with drilling in complicated formation. The paper introduced the characteristics of DTH drilling with simultaneous casing technology, SP series of simultaneous casing drilling tool and the application of DTH drilling with simultaneous casing technology in drilling in complicated formation, such as control of geological hazard, hydropower construction, foundation treatment for urban high-rise building, highway and railway construction.

**Key words:** DTH; drilling with simultaneous casing; complicated formation; geological hazard

## 1 概述

钻探中经常会遇到要穿过复杂的第四系地层, 也经常要对付稳定性差的风化破碎带、裂隙溶洞和松软地层等, 长期以来, 钻探工程技术人员总结了很多宝贵的经验。空气潜孔锤跟管钻进技术作为在潜孔锤钻进成孔过程中逐步发展起来的一种新的钻进技术, 因具有钻进速度快、效率高、干式钻进等优点, 成为近年来对付第四系覆盖层(包括卵砾石层、坡积层、流砂层等复杂地层)非常有效的一门钻进新技术, 并在地质灾害、水电建设、城市高层建筑地基处理、公路、铁道建设工程等复杂地层钻进中得到了广泛的应用, 为工程建设单位解决钻探难题提供了一种新方法。

空气潜孔锤跟管钻进技术从大的方面讲目前主要有 2 类: 空气潜孔锤偏心跟管钻进技术和同心跟管钻进技术。这 2 类跟管钻进技术各有特点, 适用范围也不完全相同。

在国际上, 空气潜孔锤偏心跟管钻进技术有代表性的是最初在卵砾石地层钻进中应用的阿特拉斯·柯普科(Atlas Copco)公司的 Odex 法, 其使用的偏心跟管钻具如图 1 所示, 以及德国斯坦威克(STENUICK DEUTSCHLANO GMBH)公司由 2 个动

力头分别驱动钻杆和护壁套管进行的双回转跟管钻进法即土星法和海王星法等。同心跟管钻进技术在美国英格索兰公司(Ingersolland)应用较早, 图 2 是国外的一种潜孔锤同心跟管钻具, 韩国 TOP DRILL 公司等在这方面也有较多研究。

在国内, 潜孔锤跟管钻进技术是随着潜孔锤钻进技术的引进、消化发展起来的。特别是近年来, 我国的水电站、高速公路、铁路及城市基础设施等建设过程中, 遇到了大量的地质灾害防治、基础加固等复杂地层工程施工, 使潜孔锤跟管钻进技术得到了空前的发展。国际上已经有的潜孔锤偏心跟管钻进技术和同心跟管钻进技术基本上在国内都得到了广泛的应用。

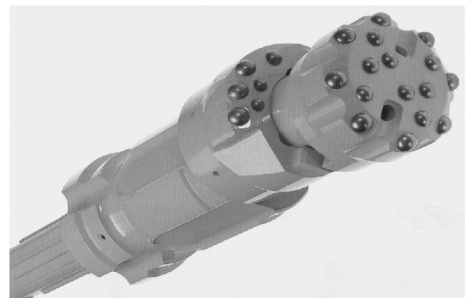


图 1 国外潜孔锤偏心跟管钻具

收稿日期: 2008-05-31

作者简介: 赵建勤(1964-), 男(汉族), 浙江兰溪人, 中国地质科学院探矿工艺研究所教授级高级工程师, 探矿工程专业, 从事钎具、空气潜孔锤跟管钻进技术等方面的研究开发工作, 四川省成都市郫县成都现代工业港港华路 139 号, zjq@cgiect.com。

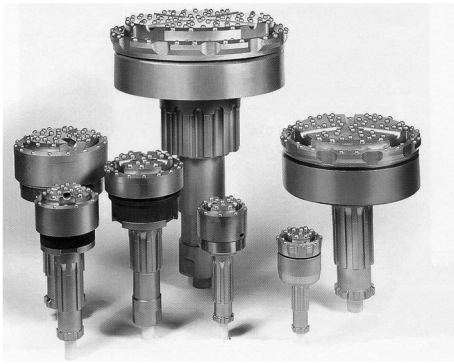


图2 国外潜孔锤同心跟管钻具

我所在潜孔锤跟管钻进技术领域起步较早,自“七五”开始研究以来,特别是“九五”进行的进一步开发、完善,已经形成了与潜孔锤跟管钻进技术相配套的数十种单偏心、双偏心等潜孔锤跟管钻具产品,不仅广泛服务于地质勘察、地质灾害治理领域,还满足了水电站、高速公路、铁路、城市基础设施等建设工程的需要,为我国的国民经济建设做出了贡献。其中,SP系列潜孔锤偏心跟管钻具是与潜孔锤偏心跟管钻进技术配套的代表产品,也是我所的专利产品(专利号:ZL 200320115202.8)。其产品规格有:SP108、SP127、SP140、SP146、SP168、SP178、SP194、SP219、SP245等,SP系列跟管钻具可与常用的冲击器相配套,现大量地应用于各行各业工程建设中。此外,还有SD型、DP型潜孔锤偏心跟管钻具等产品。在空气潜孔锤同心跟管钻进技术方面,我所也有与之相配套的各种类型的同心跟管钻具产品,以及获得国家发明专利的潜孔锤同心跟管取心钻进技术及配套的产品。

## 2 空气潜孔锤跟管钻进系统及工作原理

### 2.1 空气潜孔锤偏心跟管钻进

#### 2.1.1 系统组成

空气潜孔锤偏心跟管钻进系统主要由潜孔冲击器、偏心跟管钻具、管靴、套管等构成。

在潜孔锤偏心跟管钻进系统中,无论是哪种偏心跟管钻具,都是通过偏心跟管钻具钻进时钻出大于套管外径的孔,并当钻进至预定地层,可将跟管钻具收敛,使跟管钻具的最大外径小于管靴、套管的内径,从而从套管内取出跟管钻具,套管则留在地层内保护孔壁。

图3是单偏心三件套跟管钻进系统示意图。单偏心三件套跟管钻具由中心钻头、偏心扩孔钻头、导正器、联接销等组成。

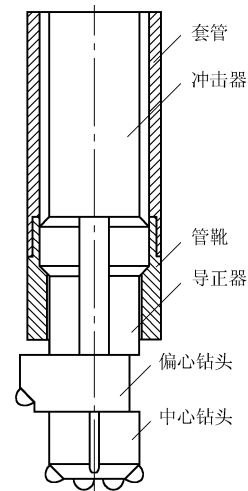


图3 单偏心三件套跟管钻进系统示意图

#### 2.1.2 工作原理

单偏心三件套潜孔锤偏心跟管钻具工作时由钻机提供回转扭矩及给进动力,由空气压缩机提供潜孔冲击器工作的动力和排出岩屑的冲洗介质。正常钻进时,潜孔冲击器工作的动力——空气,由空气压缩机提供,经钻机、钻杆进入潜孔冲击器使其工作,冲击器的活塞冲击跟管钻具的导正器,导正器将冲击波和钻压传递给偏心钻头和中心钻头,对孔底岩石进行破碎。同时,钻机带动钻杆回转,钻杆将回转扭矩传递给冲击器并由冲击器通过花键带动跟管钻具的导正器转动,导正器上有偏心轴,导正器转动时偏心钻头张开,并在开启到设计位置后被限位,使中心钻头、偏心钻头同时随导正器旋转。偏心钻头钻出的孔径大于套管的最大外径,使套管能不受孔底岩石的阻碍而跟进。套管的重力大于地层对套管外壁的摩擦阻力时,套管以自重跟进;当套管外壁的摩擦阻力超过套管的重力时,内层跟管钻具继续向前破碎岩石,直到导正器上的凸肩与套管靴上的凸肩接触,此时,导正器将钻压和冲击波部分地传给套管靴,迫使套管靴带动套管与钻具同步跟进,保护已钻孔段的孔壁。导正器表面开有吹扫岩屑的风孔,也有使孔底岩屑能够排出的风槽。大部分压缩空气经冲击器做功后通过导正器中心孔、偏心钻头和中心钻头达到孔底,冲刷孔底已被破碎或松散的岩石及冷却钻头,并携带岩粉经中心钻头、导正器的排粉槽进入套管与冲击器、钻杆的环状空间被高速上返的气流或泡沫排出孔外,如图4所示。正常钻进时,导正器表面的风孔被套管靴内壁封闭,使绝大部分空气进入钻头工作区,对钻头进行冷却和清洗孔底。提钻吹孔时,只要导正器表面的孔露出套管靴,解除

封闭状态,大量空气将通过此孔进入套管对套管内岩屑进行强力吹除。当钻进工作告一段落,需将钻具提出时,可慢速反转钻具 2 转,偏心钻头又依靠惯性和摩擦力收回,整套钻具的外径小于管靴、套管的内径,即可将钻具提出到进行配接钻杆和套管的位置或将钻具提出孔外,套管留在孔内护壁。

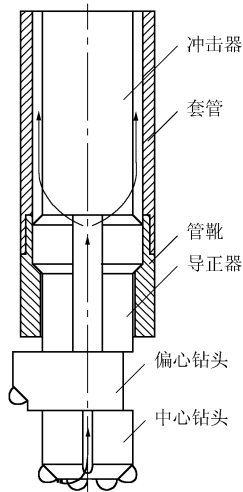


图 4 单偏心三件套跟管钻具岩渣流向示意图

### 2.1.3 钻压的选取

在以冲击为主的潜孔锤偏心跟管钻进工艺中,钻压是一个很重要的参数。当正常钻进时,其钻压从理论上讲由钻具钻压  $P_1$  和跟管钻压  $P_2$  组成。对钻具钻压  $P_1$  来讲,当保持足够钻压时,可防止钻具在冲击时反弹,使钻具紧密地与孔底岩石接触,对有效的传递冲击功,提高破碎效率是十分重要的。实践证明,在一定范围内,随着钻具钻压增大,机械钻速随之增高,但过大的钻具钻压不仅会使钻头冲击刃齿过快磨损,而且容易产生事故。根据实验和生产经验,用于钻进的钻压,以每厘米钻头直径 0.5 ~ 0.9 kN 为宜。跟管钻压  $P_2$  (通过钻具传递给套管的)是决定潜孔锤跟管钻进跟管深度的主要因素,在设计确定潜孔锤跟管深度时,原则上应以钻具或套管允许施加的钻压为依据,对钻具来说:

$$P = P_1 + P_2 \leq S[R] \quad (1)$$

式中: $S$ ——钻具组合中最薄弱环节杆件的断面积(通常是钻杆); $[R]$ ——该杆件材质的许用抗压强度。

从式(1)中即可求解出最大的跟管钻压  $P_2$ 。

对套管来说:

$$P_2 \leq S'[R]'$$

$$P = P_1 + P_2 \leq P_1 + S'[R]' \quad (2)$$

式中: $S'$ ——套管的断面积; $[R]'$ ——套管材质的许用抗压强度。

从式(1)和(2)中可求得 2 个不同值的跟管钻压  $P_2$ ,取其小值作为施加的最大跟管钻压。

在生产中,跟管的阻力  $R_t$  是随着跟管深度的增加而增大的,因此跟管钻压也应大致与之相适应,在设计跟管深度时,应尽可能用跟管钻压达到设计跟管深度。

### 2.2 潜孔锤同心跟管钻具结构及其工作原理

同心跟管钻具结构如图 5 所示,中心钻头的花键与冲击器相连。管靴通过螺纹与套管连接。钻进时,钻机通过钻杆一方面给钻具一个轴向推力,另一方面带动冲击器、中心钻头和环形钻头实现旋转运动。环形钻头与管靴之间通过卡簧实现环形钻头转动而管靴和套管不转动的目的。钻具的轴向传力主要依靠中心钻头、环形钻头、管靴的肩环。套管跟进钻孔完成后,反转钻杆一个小角度就能将钻杆、冲击器、中心钻头一起提出,环形钻头暂留孔内。

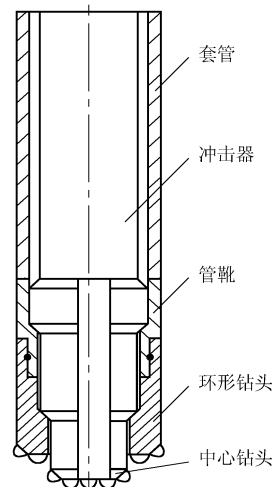


图 5 同心跟管钻进系统示意图

### 3 SP 系列偏心跟管钻具特点

就空气潜孔锤偏心跟管钻进技术和同心跟管钻进技术来说,目前我国各行各业工程建设中应用较广泛的是潜孔锤偏心跟管钻进技术,下面就以与潜孔锤偏心跟管钻进技术配套的 SP 系列潜孔锤偏心跟管钻具为例,讨论有关 SP 系列潜孔锤偏心跟管钻具的特点。

SP 系列潜孔锤偏心跟管钻具主要由中心钻头、偏心扩孔钻头、导正器、联接销系统等组成,如图 6 所示。在该状态时,中心钻头、偏心扩孔钻头、导正器的中心轴线处于同一条中心线上,钻具在管靴、套管内可自由提钻和下钻。当钻具处于工作状态(如图 7 所示)时,其偏心扩孔钻头离开中心轴线,旋至

工作位置,中心钻头和偏心扩孔钻头进行破岩钻进,导正器的凸肩带动管靴、套管进行跟管钻进。

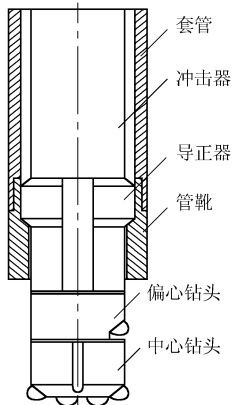


图 6 单偏心三件套跟管钻具收拢状态示意图

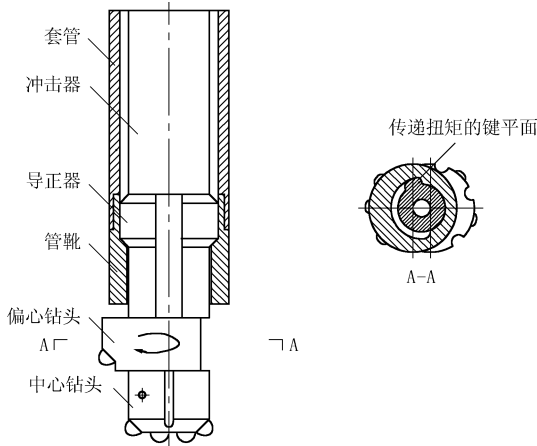


图 7 单偏心三件套跟管钻具工作状态示意图

SP 系列潜孔锤偏心跟管钻具使用过程中须严格遵守操作规程,才能取得较好效果。如每次进行钻孔作业前,须逐一检查偏心跟管钻具、潜孔锤、套管、套管靴等连接是否牢固、可靠,偏心钻头转动是否灵活。选择的钻进参数应以“低转速、低钻压、高上返风速”为原则。钻进过程中,应注意观察套管的跟进情况及孔内排粉情况,并每钻进一定距离即要强吹排粉,以保持孔内清洁。吹孔时,钻具向上提动距离应严加控制。

SP 系列潜孔锤偏心跟管钻具分低风压(0.8 MPa 以下)和中高风压(0.8 ~ 2.5 MPa),主要取决于配套使用的潜孔冲击器。目前在我国大部分地方使用的是低风压跟管钻具,但越来越多使用中高风压跟管钻具是发展趋势。

SP 系列潜孔锤偏心跟管钻具有如下特点。

(1) 钻孔导向性好,钻进速度快。中心钻头与整套钻具处于同一条中心轴线上,起到了较好的导向作用,且中心钻头承担了跟管钻具大多数破岩任

务,仅扩孔部分由偏心扩孔钻头完成,所以跟管钻具钻进速度快。这种具有中心钻头起导向作用的偏心跟管钻具结构对钻孔孔斜有要求的工程更有利,从而能最大限度地满足工程设计的要求。

(2) 扭矩传递合理,钻具工作可靠。SP 系列潜孔锤偏心跟管钻具设计用平键来传递扭矩,当偏心扩孔钻头在展开到最大位置时,其键的侧平面与导正器上键的侧平面有良好的平面接触,大大改善了跟管钻具的受力条件,确保了 SP 系列潜孔锤偏心跟管钻具在设计寿命期内磨损较小,很好地起到了定位和传递扭矩的作用。加之选用了高强度的材料,采用了特殊的热处理工艺,先进的固齿工艺,保证了 SP 系列偏心跟管钻具能满足各种复杂地层跟管的需要。

#### 4 空气潜孔锤跟管钻进技术的应用

随着我国国民经济的飞速发展,空气潜孔锤跟管钻进技术在我国的地震灾害防治、水电建设、城市高层建筑地基处理、公路、铁道建设工程等领域已经得到了广泛的应用。

##### 4.1 在地质灾害防治中的应用

在重视环境保护、改善人类生存环境的今天,由于预应力锚索具有结构简单、质量轻等优点,被广泛应用于防治滑坡、稳定高边坡等地质灾害防治领域。现在,城镇、各大中型水电站、高速公路、重要铁路等的边坡加固都要用到预应力锚索。预应力锚索施工中,钻孔工作是最重要的。由于许多锚索孔要穿过坡积层、弃渣或破碎带,用常规方法往往由于地层太破碎复杂而不能钻出有效的锚孔。潜孔锤跟管钻进方法为钻进垮塌破碎岩土体提供了一种快速、有效、安全的方法。

云南小湾电站左岸山体滑坡抢险工程,该工程在左岸坝肩的开挖施工过程中,在饮水沟及 2 号山脊、高程 1245 ~ 2600 m 之间发现裂缝,之后裂缝范围迅速扩大,观测资料显示,整个堆积体有整体下滑的趋势,情况相当紧急。通过现场勘查,决定对崩塌堆积体进行全面加固,加固主要采用预应力锚索和抗滑桩相结合的形式。根据观测所测得的各个部位不同的变形速度,整个堆积体分成 5 个区域,在这 5 个区域内共布置 2000 余根 1800 kN 及 2000 kN 的网板预应力锚索,要求预应力锚索必须穿过堆积体,进入弱风化岩层,这样,最大钻孔深度达到 75 m,孔向均为下倾 5°,锚索均采用全长无粘结结构,锚固段长度根据施工部位岩层的不同分别为 8 或 10 m。

堆积体地质结构复杂,根据勘探资料显示,堆积体主要由块石、特大孤石夹碎石质粉土或碎石层组成,碎石土不成层,主要填充在块石缝隙之间,堆积体与下伏基岩面之间有一层厚0.15~8.05 m的坡积层,成分以砾石、粉砾为主。堆积体下伏基岩面不规则、起伏较大,基岩岩性主要为黑云花岗片麻岩夹薄层透镜状片岩。堆积体中地下水发育且埋深浅,地下水活动频繁。鉴于该堆积体是由山体崩塌堆积而成的,分选差且无胶结,常规钻进无法成孔,使用潜孔锤跟管钻进技术快速、有效地解决了该工程的钻孔难题,为小湾电站顺利进展创造了条件。

四川丹巴县城边山体滑坡抢险工程,发现时情况已非常紧急,且直接关系到老百姓的生命安危,使用潜孔锤跟管钻进技术解决了这些工程的钻孔难题,并及时地给锚索施加了预应力,为丹巴县城群众人身、财产等的安全做出了贡献。

#### 4.2 在水电站等卵石层帷幕、围堰高压旋喷中的应用

空气潜孔锤跟管钻进技术已广泛应用于修建水电站、水库的帷幕、围堰高压旋喷孔的钻进。对于卵石层及回填物的帷幕、围堰,进行高压旋喷或摆喷作防渗时,遇到的最大问题就是造孔极其困难。如在四川广元紫兰坝电站围堰工程、雅安大兴电站帷幕工程、龟都府电站帷幕工程、甘肃九甸峡水利枢纽围堰工程等都有同样问题,地层既有大孤石,又有卵石、块石,采用其他方法钻进效率极低,成本又高,连工程的最低要求都达不到,采用潜孔锤跟管钻进技术成孔,效率高,成孔质量好,成功地解决了这些工程的难题。

#### 4.3 在城市高层建筑地基处理中的应用

我国很多高层建筑都建在卵石层上,卵石层基坑的边坡支护,特别是深度较大的卵石层边坡支护,多数采用桩、锚结合的方法。一些超深基坑,在卵石层都采用了潜孔锤跟管钻进成孔,安放预应力锚索的技术。此外,近年来,在高层建筑的深基坑中还使用了抗浮锚索新技术,潜孔锤跟管钻进技术为该项新技术的实施创造了较好的条件。该技术在成都市人民南路南延线某高层住宅小区深基坑抗浮锚索孔的施工中得到了良好的应用。

#### 4.4 在公路、铁道等隧洞塌方管棚支护中的应用

在公路、铁道及城市的地下工程建设中,大断面隧洞工程的施工,由于地质情况复杂、施工中未及时支护、放炮震动等原因,经常遇到塌方。一般采用刚度和强度都足以抵挡巨大坍塌体压力的大口径钢套管( $\varnothing 108$ 、127 mm等)超前预支护技术来处理,并取得了较好的效果。潜孔锤跟管钻进的方法可将钢套管连续跟入坍塌体,一次跨过几十米的长坍塌体段,跟进多根管子形成长大管棚,使后续的工作能够顺利进行。

空气潜孔锤跟管钻进技术还应用于公路、铁路的路基、桥基勘察工作,水库大坝和江河堤坝的坝基勘探工作等,而且应用领域还在不断扩大。

## 5 结语

空气潜孔锤跟管钻进技术解决了我国目前地质灾害防治、水电建设、城市高层建筑地基处理、公路、铁道建设工程等领域以前无法解决的大部分复杂地层钻进难题。我所研究、开发的与空气潜孔锤跟管钻进技术相配套的系列潜孔锤跟管钻具由于具有自身的优势,在我国的各行各业工程建设中得到了广泛的推广应用。

随着我国国民经济建设的飞速发展,国家非常重视建设和谐社会,针对近年来频繁发生的自然灾害,国家科技部实施了“十一五”国家科技支撑计划重点项目“重大地质灾害监测预警及应急救援关键技术研究”,我所承担了其中的“地质灾害应急处置快速治理技术与示范”课题,在钻孔效率、设备器具配套等方面对空气潜孔锤跟管钻进技术也提出了更高的要求。通过广大工程技术人员的不懈努力,在完成该项目的研究后,空气潜孔锤跟管钻进技术肯定会上一个台阶,从设备、机具到施工技术等方面一定会更加完善,并全面满足我国国民经济建设工程的需要。

## 参考文献:

- [1] 张国樑,等. 凿岩钎具的设计、制造和选用[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,1989.
- [2] 张祖培,等. 勘探孔空气钻进[M]. 北京:地质出版社,1994.
- [3] 张泽业,唐雪云. 影响空气潜孔锤跟管钻进速度和跟管深度因素的分析[J]. 西部探矿工程,1997,(5).