维普资讯 http://www.cqvip.com

大直径环式组合潜孔锤及钻进工艺研究

王茂森 殷 琨 张晓光
(吉林大学建设工程学院,长春 130026)

[摘 要]论述了大直径嵌岩桩孔钻进的现状、发展趋势,阐述了大直径环式组合潜孔锤的工作原理、结构设计、钻进工艺方法,对设计加工的HC-15型环式组合潜孔锤钻具进行了室内模拟试验,并对试验结果进行分析总结。

[关键词]大直径 环式组合潜孔锤 压气闭式循环 泵吸反循环
[中图分类号]P634.5 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2006)02-0090-04

1 概 述

灌注桩孔嵌岩钻进技术亦即大直径钻孔硬岩钻进技术是国内外钻孔工程界极为关注和竭力研究的难题之一。目前我国应用最广泛的大直径硬岩钻孔施工方法是组合牙轮或滚齿钻头钻进技术。该方法适应地层广,松散地层、硬质地层均可用此类钻头施工,在中硬以软的地层中钻进效果良好,钻进速度快,钻头使用寿命长,施工成本低,因此,近些年发展迅速,钻头类型和质量不断丰富和提高。但随着钻孔直径的增大,钻压需大幅度增加,钻机扭矩和功率大幅度提高,增加施工单位的设备投入。对于中硬以上岩层,组合牙轮或滚齿钻头仍然难于进尺,钻进效率很低,且钻头磨损严重。

国外一些发达国家也致力于大直径硬岩层钻进技术研究。前苏联采用大型石油勘探设备,利用设备的大功率驱动牙轮钻头或实施多头涡轮钻进,在乌克兰顿涅克煤矿通风井施工中已广泛应用,但所用设备十分庞大,无法用于我国的灌注桩孔工程。美国、英国等国采用大直径潜孔锤钻进技术,研制了单头大直径潜孔锤,组合捆绑式潜孔锤等。潜孔锤以其巨大的冲击力能够有效破碎岩石,钻进效率高,尤其对硬岩层保持高的钻速,且不需庞大的钻机。国外应用的大直径潜孔锤大风量和高风压,必须有大风量高风压的空压机设备,我国目前尚难以适应。

2 环式组合潜孔锤工艺方法及结构设计

2.1 施工工艺方法研究

1) 环状断面潜孔锤钻进碎岩

对于硬岩钻进,潜孔锤是一种行之有效的钻进方法。近些年来发展迅速,应用领域不断拓宽,但大直径硬岩钻孔,碎岩面积随孔径平方值增大,全断面钻进必然使潜孔锤碎岩能量大幅度增加,从而使空压机设备庞大,动力消耗高,增加钻进成本。

环状断面钻进可大幅度减小碎岩面积,节省能耗,提高钻效。HC-15型环式组合潜孔锤钻孔直径1.5m,岩心直径1.12m,减小碎岩断面积56%,孔内形成的岩心待钻进成孔后取出。环状断面钻进的小直径潜孔锤数量与钻进效率成正比,选择的数量多,则钻孔速度快。但较多的潜孔锤必然会增加空压机的耗气量。

2) 压缩空气封闭循环

潜孔锤钻进的动力介质是压缩空气,主要由二个参数表征:风压和风量。我国普遍使用的常规空压机风压为0.7MPa、,嵌岩桩孔钻进中,泥浆柱压力随孔深增加,每10米增加一个大气压力以上,桩孔孔深几十米时则液柱压力即达到几个大气压力。钻进中风压消耗取决于液柱压力、潜孔锤工作压力、钻具系统管路压力等几部分。当桩孔孔深几十米时则普通低风压型空压机风压不足,导致潜孔锤无法工作。再则,潜孔锤钻进中随孔深增加,液柱压力变大,使潜孔锤背压渐增,其工作参数同时受到影响,钻进效率降低。因此,普通潜孔锤钻进时,压缩空气为开式循环,背压随孔深而变化。

为解决这一问题,HC-15型环式组合潜孔锤

[收稿日期]2004-12-13;[修订日期]2005-03-16;[责任编辑]陈仁俊。
[第一作者简介]王茂森(1963年-),男,1986年毕业于成都地质学院,获学士学位,副教授,现主要从事勘察工程专业的科研与教学工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

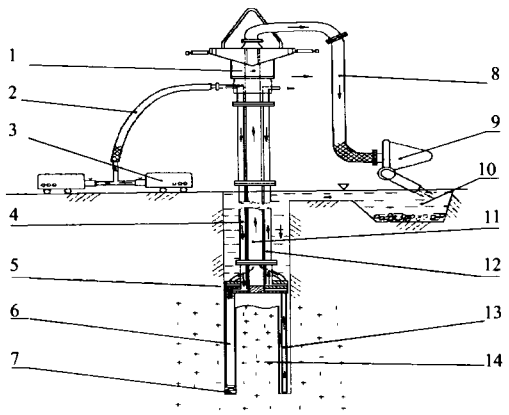

图1　HC－15型环式组合潜孔锤钻具结构

1—水龙头;2—胶管;3—空压机;4—进气管;5—风盒;6—单头潜孔锤;7—钻头;8—排渣管;9—砂石泵;10—泥浆循环池;11—排渣通道;12—排气管;13—吸渣管;14—岩心

采用了压缩空气封闭循环,即压气的进入、排出均在封闭的钻具中完成,压缩空气不与钻孔内的液柱接触,完成封闭循环,从而避免了孔内液柱压力即背压对潜孔锤的影响。压缩空气封闭循环不但有效降低风压,普通低压空压机可以与之配套,而且确保了潜孔锤工作参数稳定,保持良好的工作状态。

3)　泥浆保护孔壁

大直径嵌岩桩孔地层条件,多数上覆地层为松散层,第四系地层、人工回填层等,孔壁疏松,需用泥浆护壁。国外大直径潜孔锤钻进采用纯空气开式正循环方法,为保护钻孔上部松散孔段,常采用护筒方法,成本高,操作复杂。

HC－15型大直径环式组合潜孔锤采用压缩空气与泥浆两种介质各自独立封闭循环方式,互不影响。泥浆介质循环有效平衡地层压力,保护孔壁,尤其是上部松散孔段;压缩空气封闭循环仅为潜孔锤提供动力。

4)　泵吸反循环排渣

大直径潜孔锤钻进,环状断面大,液体介质正循环上返流速低,破碎的岩渣难以悬浮排出,造成钻头的重复破碎或埋钻。反循环钻进方式是解决岩渣屑有效悬浮和及时排出的最好方法,HC－15型环式组合潜孔锤配套使用的钻机为上海探矿机械厂GPS－15、20型工程钻机,该钻机本身具有泵吸反循环功能,完全满足泵吸反循环钻进工艺需求

2.2　环式组合潜孔锤的结构设计

1)　HC－15型环式组合潜孔锤钻具结构及工作原理

HC－15型环式组合潜孔锤钻具系统结构见图1。自上而下依次为:三通道气水笼头、三通道主动钻杆、三通道钻杆、大直径环式组合潜孔锤。钻进中,压缩空气经胶管2由三通道气水笼头—侧通道进入三通道主动钻杆气体通道,再经三通道钻杆—侧的风管进入大直径环式组合潜孔锤上部的风盒与盒的下部空腔,该空腔同时与六只单头潜孔锤6上部的进气口联通,压气进入潜孔锤驱动活塞冲锤往复运动作功。废气进入潜孔锤中部芯管由潜孔锤顶部排入风盒上部空腔,该空腔汇集六只小直径潜孔锤排出的废气进入三通道钻杆另一侧风管,再经三通道主动钻杆、三通道气水笼头另一侧通道排入大气中。压缩空气自空压机3经胶管进入钻具及潜孔锤作功直至三通道气水笼头排气口排出,全过程构成封闭循环,故不受孔深及孔内液柱压力的影响。

钻进中实施泥浆护壁。泥浆池直接与孔口联通,泥浆直接流入孔内,并始终保持与泥浆池相同的液面高度。钻机砂石泵由三通道气水笼头鹅颈管将三通道中心管内的泥浆抽至泥浆池,实施反循环排渣工艺。泥浆由孔内外环间隙运动至孔底,进入环状布置的三只吸渣管13,由风盒上部的圆弧弯管进入三通道钻杆的中心通道,在砂石泵抽吸负压作用下将孔底的岩渣屑排至地表,泵吸反循环排渣能力强,可确保孔底清洁,无沉渣。泥浆反循环系统也为单独封闭的系统,与压缩空气封闭循环系统各自独立,同时工作。

2)　HC－15型环式组合潜孔锤总体结构设计

潜孔锤的总体设计见图2。总体结构设计应满足钻孔工艺需求。上部三通道及结点与三通道钻杆匹配联接,中部为风盒4。风盒由三层钢板焊接而成,形成上下二个空腔。下部空腔用于进气,上部空腔用于排气,分别与三通道钻杆的进排气风管相通。环状空间分布六只单体小直径潜孔锤3、三只吸渣管,三根立柱。三根立柱用于联接风盒和下支撑环2,同时对六只单体潜孔锤和三只吸渣管也起到联接和加强作用,确保环状潜孔锤的刚度和强度。

风盒上下开出六只贯通圆孔,以免提下钻时造成抽吸。下支撑环将六只潜孔锤、三只吸渣管及三只立柱圆周及轴向联接固定,提高整体强度。

3)　单体潜孔锤结构设计

六只单体潜孔锤圆周环状分布,实现环状断面钻进见图3。普通潜孔锤钻头均为圆状,回转碎岩钻进,为单体自转。大直径环断面潜孔锤钻进六只潜孔锤圆周均布,且随钻具回转呈公转方式碎岩,因

维普资讯 http://www.cqvip.com

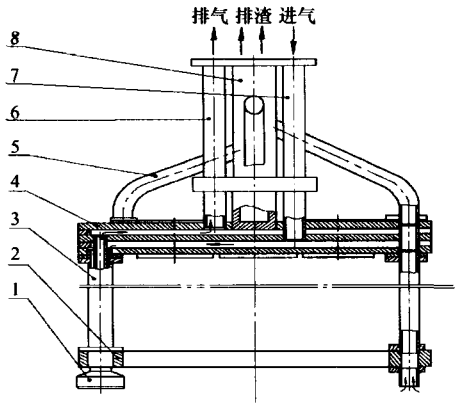

图 2 HC－15 型嵌岩环状取芯潜孔锤结构原理图

1—钻头;2—下支撑环;3—潜孔锤;4—风盒;5—吸渣管;6—排气管;7—进气管;8—中心管(排渣管)

此潜孔锤钻头非圆形,设计为长方形,保证内外圆周有足够齿数碎岩,保证钻头合理寿命。

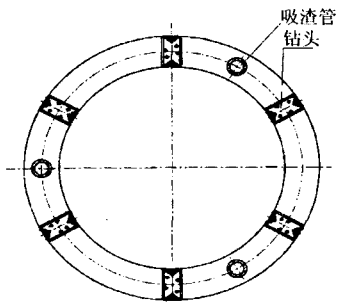

图 3 HC－15 型嵌岩环状取芯潜孔锤底环碎岩原理图

单体潜孔锤内部结构设计呈贯通式。中部贯通孔由芯管实现,前后气室排出的废气由芯管上的二组长圆孔进入芯管内,再由上端排入风盒的上空腔,进入排气通道。潜孔锤上下接头外部均设计为法兰盘,上部与风盒联接,下部与下支撑环联接。钻头与下接头的联接方式采用横销结构,以方便钻头更换。六只小直径潜孔锤同时进气和排气,钻进中应保持配气系统的同步和协调性。风盒的上下气腔结构实现了集中进排气,同时要求每只单体潜孔锤工作中均不应有防空打的排气状态。钻进中某一只潜孔锤出现防空打而直接排气,则使风盒中供气腔的风压急剧下降,压缩空气均由此潜孔锤不工作状态而排气,致使其它五只潜孔锤也不能正常工作。另外,潜孔锤防空打机构的一个重要功能是瞬时大幅度增加风量,以提高排渣能力。而该大直径环式组合潜孔锤施工工艺中排渣采用泵吸方法,不需潜孔锤的强吹孔功能。由此,单体潜孔锤结构设计去掉了防空打机构,以保证钻进中六只潜孔锤均能同步工作。

3 生产试验研究

为进一步验证大直径环式组合潜孔锤整体结构强度、单体小直径潜孔锤的碎岩能力、设备的适配性,并摸索、总结大直径环式取心潜孔锤钻进的工艺方法和技术参数,模拟硬岩地层采用了浇注混凝土的方法。人工挖掘直径约 5m、深度约 6m 的圆柱坑,清底后浇注混凝土,凝固并养生后做为试验用模拟硬地层,检测硬度为 30MPa。

试验设备:

●HC－15 型大直径环式取心潜孔锤及三通道钻具系统;

●GPS－15 型工程钻机,上海探矿机械厂制造;

●VHP－700 型空气压缩机,上海英格索兰公司制造;

●6BS 砂石泵,上海探矿机械厂制造。

钻进工艺:

●潜孔锤冲击回转环状碎岩取心钻进;

●压缩空气封闭循环,泥浆介质(冲洗液)泵吸反循环,二套循环介质相互封闭独立;

●泥浆系统维护孔壁稳定,反循环方式排除孔底渣屑;

●每回次钻进 2m,回次末取出岩心,再行钻进。

钻进参数;

●钻压:3t～5.5t,试验中取了上限值;

●转速:理论转速为 3～5r. p. m,受钻机设备限制,取其最低值为 13 r. p. m;

●气源参数:供气量 17～18 m^3/min,气源压力 0.7 ± Mpa。

钻进试验结果分析

试验钻进进尺 1.9m,累计纯钻进时间 1.483h,每钻进 0.1m 统计一组钻进参数,统计分析见表 1:

表 1 室内实钻钻进参数及钻进效果统计表

	钻压(t)	转速(r. p. m)	风量(MPa)	风压(MPa)	纯钻时(min)	进尺(m)	时效(m/h)
最高时效(m/h)	5.2	13	18	0.72	2	0.1	3.0
最低时效(m/h)	5.5	13	16	0.68	6.5	0.1	0.92
平均时效(m/h)				1.28			

由于在厂区内试验,受作业面积限制,无法开挖泥浆池,泥浆容量所限,只试验了一个回次泵吸反循环。反循环正常,排渣畅通,孔底干净。其它回次试

下转第 96 页

维普资讯 http://www.cqvip.com

作为动力的媒介传递能量，利用地层水作为冲洗液形成孔内局部循环进行钻进，地表水和地下水相互隔开，钻进过程基本不消耗地表水或消耗很少量的地表水，达到了大量节约钻探用水量的目的，同时由于水力脉冲的部分能量传至钻头，又能显著提高机械钻速。

（2）新型球体冲击器结构简单、无易损件经久耐用，并能与现场普通硬质合金钻头配套起来，对于大量遇到的软—中硬岩石，采用普通硬质合金钻头+新型球体冲击器进行回转冲击钻进，可大幅度提高机械钻速并降低成本。

[参考文献]

[1] 俄罗斯自然资源部图拉国立贵重金属与金刚石勘探工艺技术地质科技公司. 提高复杂地质条件下钻探效率与取样效果的技术措施（工作方法推荐书）[M]. 莫斯科：莫斯科出版社，1999.

[2] 耿瑞伦. 应用节水型钻进技术探采西北地区地下水[J]. 探矿工程，2003，4：47～49.

[3] 汤凤林. 岩心钻探学[M]. 武汉：中国地质大学出版社，1997.

STUDY ON NEW TECHNOLOGY OF WATER - SAVING DRILLING AND STEEL BALL PERCUSSION TOOLS

LU Chun - hua[1], YAN Tai - ning[1], H Γ Egorov[2], JINAG Guo - sheng[1], WU Xiang[1]

(1. *Graduate School, China University of Geosciences, Wuhan Hubei* 430074, *China*;
2. *Russia Science Research Institute of Geology, Tula* 300026, *Russia*)

Abstract: A lot of surface water will be consumed in the course of drilling when adopting traditional drilling technology, and the trouble of water shortage often occurs when drilling in droughty area. A new technology of water - saving drilling and its working principle be introduced, the results of tests indicate that drilling with the new water - saving technology can save a great deal of water and improve drilling efficiency. Also the structure and working principle of a new type steel ball percussion tools used for rotary percussion drilling in soft - middle hard formations be introduced based on the new water - saving drilling technology, tests on the new type steel ball percussion tools get the results that penetration rate be enhanced by big percentages and drilling cost be cut.

Key words: water shortage area, water - saving drilling, working principle, steel ball percussion tools

（上接第 92 页）

验未采用泵吸反循环，钻进中从三通道钻杆中心通入压缩空气吹洗孔底沉渣，渣屑只能在孔底附近悬浮沉降，无法排出孔外，因而影响钻进效率。

4 结 论

室内试验表明：

1. 大直径环式组合潜孔锤结构设计合理，刚度、强度满足施工需要，达到了设计要求；

2. 钻具风盒结构、泵吸排渣系统、单体小直径潜孔锤进排气通道及长方形钻头结构等设计合理、新颖；

3. 钻进工艺方法先进：将潜孔锤钻进、环状断面碎岩、泥浆护壁和泵吸反循环排渣、压缩空气封闭循环以及形成大直径岩心等多种方法和工艺融为一体，试验证明该工艺方法可行，成孔工艺可靠；

4. 单体小直径潜孔锤长方形钻头结构及相邻二钻头布齿的互补设计属创新，满足了整体环断面钻进条件，适应了潜孔锤单次冲击能，提高了钻头使用寿命，填补了国内外空白。

[参考文献]

[1] 张祖培，殷 琨，蒋荣庆，孙友宏. 岩土钻掘工程新技术[M]. 北京：地质出版社，2003.

[2] 耿瑞伦，陈星庆. 多工艺空气钻探[M]. 北京：地质出版社，1995.

[3] 蒋荣庆，殷 琨，王茂森. HC 型环状组合式潜孔锤及取芯方法试验研究[J]. 探矿工程，2003.

[4] 第六届全国大口径工程井施工技术研讨会论文集. 全国大口径工程井施工技术协作

FULL DIAMETER RING COMBINATION DROWNING DRIFT AND DRILLING TECHNOLOGY

WANG Mao - sen, YIN Kun, Zhang Xiao - Guang

(*College of Reconstruction and Engineering, Jilin University, Changchun* 130026)

Abstract: Present situation and developing trending of full diameter inset - rock pile drilling have been discussed. Working principle, structural design, and drilling technology of full diameter ring combination drowning drift is introduced. Simulation experiment of designed HC - 15 type ring combination drowning drift is conducted and the testing results are summarized.

Abstract: full diameter, ring combination drowning drift, air injection closed cycle, pump suction reverse circulation