

砂卵石层旋冲挤密钻进机具研究与应用

时元玲¹, 孙友宏¹, 王清岩^{1,2}, 邓树密³

(1. 吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026; 2. 中国航天科工集团, 贵州 贵阳 550009; 3. 中国水利水电第十工程局, 四川 成都 610072)

摘要:针对松散地层自稳能力差,因钻孔掉块、缩径等引起提钻遇卡的问题,设计了PDH-130型新型双向旋冲挤密钻具,利用浮动芯管改变活塞配气行程,实现正向冲击回转挤密钻进及提钻时的反冲击功能。根据现场试验情况,对双向冲击矛结构进行了改进,以满足砂土、砂卵石等复杂地层旋冲挤密钻进施工要求。

关键词:旋冲挤密钻进;双向冲击矛;复杂地层

中图分类号:P634.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)04-0064-03

Research and Application of Rotary-percussion-extruding Drilling Equipment in Gravel with Sand Formation/SHI Yuan-ling¹, SUN You-hong¹, WANG Qing-yan^{1,2}, DENG Shu-mi³ (1. College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun Jilin 130026, China; 2. China Aerospace Science & Industry CORP., Guiyang Guizhou 550009, China; 3. Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610072, China)

Abstract: To deal with the poor self-stability of loose formation and drill tools sticking caused by block-falling and hole shrinkage, new PDH-130 bidirectional rotary-percussion-extruding mole is designed by using the floating core tube to change impact piston stroke and achieve the reverse impact function when normal rotary-percussion-extruding drilling and drill pipe lifting are conducted. On the basis of the field tests, improvement is made on the structure of PDH-130 bidirectional impact mole to meet the construction requirements of rotary-percussion-extruding drilling in sand, gravel and other complex formations.

Key words: rotary-percussion-extruding drilling; bidirectional impact mole; complex formation

0 引言

锚固技术在加固地下建筑物、基坑支护、稳定开挖边坡等工程中应用广泛。松散土层、砂层及砂卵石地层松散、破碎,锚固孔钻进过程中易发生卡钻、埋钻、孔壁坍塌等问题,施工困难,难以形成有效锚固孔。砂卵石地层行之有效的钻孔施工方法主要是跟套管长螺旋回转钻进、跟管冲击回转钻进,但此类钻进方法钻进成本高,跟管深度受限制^[1];冲击回转挤密钻进则多用于松散的土层、砂层锚固孔施工,钻进松散地层无需跟管,钻孔效率高,钻进成本低。

冲击回转挤密钻进(即旋冲挤密钻进)方法主要是在软弱土层中为了提高锚杆的承载能力,减少孔壁坍塌和孔内残留钻渣而使用的一种新型成孔方法^[2]。旋冲挤密钻进成孔过程中,矛头在冲击力、给进力以及回转扭矩的联合作用下,将矛头破碎的岩渣屑挤入地层,集冲击钻进、回转钻进、振动钻进及空气钻进方法的优点于一体,冲击能量大,钻进过程不排渣,钻进效率高,钻孔质量好,对环境无污染^[3,4]。但是,旋冲挤密钻进受地层条件限制,遇砂卵石地层、卵砾石地层、孤石及漂石地层穿越困

难^[5];且松散土层、砂层及砂卵石地层,自稳能力差,成孔后钻孔掉块、缩径、埋钻事故时有发生。为此,提出了一种双向气动潜孔锤,利用潜孔锤浮动芯管改变活塞配气行程,实现正向冲击回转挤密钻进及提钻时的反冲击功能,以解决松散地层提钻遇卡问题。通过设计旋冲挤密矛头结构,以配合潜孔锤克服旋冲挤密钻进穿越砂卵石地层困难的问题。

1 PDH-130型旋冲挤密钻具研制

1.1 新型双向气动冲击矛结构设计

PDH-130型双向气动旋冲挤密冲击矛是以压缩空气驱动、以旋冲挤密钻进为主要施工方法,可实现正反冲击或振动,用于构造复杂地层锚固孔的新型气动潜孔冲击矛^[6]。图1为PDH-130型新型双向气动冲击矛结构图,该冲击矛主要由上接头、逆止阀、配气轴、上轴套、上缸体、上护罩、配气座、芯管、外缸套、内缸套、配气衬套、活塞、复位弹簧、矛头总成等部件组成,其中实现双向冲击功能的冲击器主体部件安装在外缸套内。整机设计充分考虑了进气、配气、排气功能,冲击功换向控制功能,扭矩和轴向力的传递,

收稿日期:2014-01-15

作者简介:时元玲(1990-),女(汉族),山东济南人,吉林大学研究生在读,地质工程专业,研究方向为岩土钻凿设备与机具,吉林省长春市西民大街938号,shiy113@mails.jlu.edu.cn。

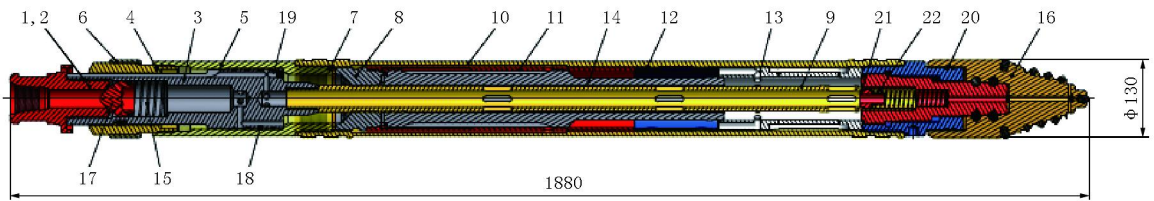


图1 PDH-130 型双向气动旋冲挤密冲击矛结构

1—上接头;2—逆止阀;3—配气轴;4—上轴套;5—上缸体;6—上护罩;7—调整垫;8—配气轴;9—芯管;10—外缸套;11—内缸套;12—内隔板;13—配气衬套;14—活塞;15—复位弹簧;16—矛头总成;17—扁销;18、20—O 形密封圈;19—内六角紧固螺钉;21—弹簧座;22—回程弹簧

冲击矛头的浮动以及各处润滑冷却和密封效果。

上接头用于实现与钻杆的连接,上部设计有 $\Phi 73$ mm 钻杆锁接头螺纹(内扣),下部采用梯形螺纹与配气轴相连,上接头与配气轴之间安装排气逆止阀。钻进过程中,压缩空气推开逆止阀进入冲击矛内部,实现冲击挤密钻进;接卸钻杆过程中,逆止阀在逆止阀弹簧弹力作用下关闭双壁钻具进气通道,有效阻止孔内杂质倒灌进入冲击矛内部。

配气轴在冲击矛工作过程中实现进气、排气的交叉流动,配气轴与芯管之间采用过盈配合联接,配气轴轴向运动时可带动芯管运动。配气轴进气孔、排气孔交叉环形布置在 5 个位置,实现进气、排气交叉流动;5 个滑槽环形布置于配气轴上部,与上轴套内部环形布置的 5 个扁销配合,使冲击器在挤密钻进过程中锁定在正冲击状态;在提钻过程中简单打一小角度反转,使芯管向上浮动,切换至反向冲击状态。

冲击器主体采用中空式潜孔锤结构,具有可更换的内缸和配气衬套,配气衬套与外缸间设置了贮脂槽,使活塞往复运动得到充分的润滑;冲击矛芯管上沿轴向开设 3 组配气孔,实现活塞往复运动过程中前后气室内气体的排出。冲击器外缸两端各设置了一段螺旋凸台,避免成孔过程中壳体与孔壁大面积接触,降低冲击矛发热量。

冲击矛配有浮动冲击矛头,矛头采用模块化设计,便于更换。矛头内部采用加垫方式可将浮动矛头结构改为定矛头,以增强软土地层的挤密效果。冲击矛头端部及表面布置硬质合金球齿,用于冲击破碎或切削地层。矛头体外轮廓为海螺仿生结构,为适应不同的地层,矛头体外轮廓设计为不同的螺旋面。冲击矛头内部设置排气通道,用于冷却矛头体切削齿及表面。

PDH-130 型双向气动冲击矛工作过程如下:冲击矛上接头上与钻杆相连,下与配气轴联接,配气轴与芯管过盈配合联接,芯管与砧座相连,其内腔构成压缩空气排出通道。配气轴与上轴套通过扁销连接,

上轴套、冲击器主体外缸套、内缸套构成压缩空气的进气通道。钻进过程中,压缩空气经钻杆进入 PDH-130 型双向气动旋冲挤密冲击矛的下接头,推开逆止阀进入配气轴内腔,经过配气轴的进气通道进入冲击器主体外缸套与内缸套之间的环状间隙,进入冲击器远离矛头的一腔,推动活塞下行,以一定的速度冲击砧座,冲击行程结束。活塞运动速度方向改变,压缩空气经过配气轴的进气通道进入冲击器主体外缸套与内缸套之间的环状间隙,经由内缸套上所开的进气孔道,进入冲击器靠近矛头的一腔,推动活塞上行至初始位置,如此往复,实现冲击挤密钻进。活塞往复运动过程中,大部分气体经过芯管内腔、配气轴排气通道排出,部分气体通过砧座内腔、矛头内气体通道及矛头端部的排气孔排出,冷却矛头刃齿及矛头体外表面。提钻遇卡时,将冲击矛反转一定的角度,上轴套内部环形布置的 5 个扁销沿配气轴滑槽滑动,配气轴带动芯管向上浮动,冲击活塞往复运动行程改变,冲击器切换至反向冲击状态,即可顺时针旋转钻具并将冲击矛逐步提出孔口。

1.2 新型双向气动冲击矛性能参数及仿真分析

为满足旋冲挤密钻进技术工艺要求,钻进过程中获得足够的冲击能量,具备双向冲击、排渣、排气、冷却等功能,以克服原有冲击器适用领域局限性和设计上的缺陷,PDH-130 型双向气动旋冲挤密冲击矛性能参数为:缸体外径 130 mm,导正螺旋外径 135 mm,刃齿外径 139 mm,总长 1861 mm,总质量 141.92 kg,单次冲击功 500~800 J(正击)、300~500 J(反击),冲击频率 11~16 Hz,活塞质量 16.5 kg,活塞行程 230 mm,工作风压 1.0~1.8 MPa,风量 10~20 m³/min。

2 PDH-130 型旋冲挤密钻具生产试验

2.1 工程概况

2013 年 10 月,PDH-130 型双向旋冲挤密钻进冲击矛在四川省成都市科华中路成都海赋商业中心深基坑内进行了垂直孔旋冲挤密钻进试验。

成都海赋商业中心地块约 87.4778 亩,净用地面积约 58318.54 m²。场区地基自上而下依次为:①第四系全新统人工填土层(Q_4^{dl+ml})、②第四系中下更新统冰水堆积粘性土层(Q_{1+2}^{fgl})及③下伏白垩系灌口组泥岩(K_2g)。第四系人工填土层上为杂填土,层厚 0.8~3.5 m;下为素填土,结构松散,以粘性土为主,层厚 1.4~3.8 m。第四系中下更新统冰水堆积粘性土层,上为粘土,部分地段含有少量卵石,层厚 12.8~14.4 m;下为含粘性土卵石,成分以花岗岩及砂岩为主,卵石粒径 5~15 cm,大者可达 20 cm 以上,磨圆度中等,卵石含量约 50%~60%,层厚 0.90~2.80 m。白垩系灌口组泥岩层,泥质结构,矿物成分以粘土矿物为主,为极软岩。由于卵石土承载能力高(标准值一般为 700~1200 kPa),成都市大部分建筑都已该层土体作为持力层^[7]。试验现场地层情况如图 2 所示。

2.2 试验设备

试验钻探设备为 YG-100A 型全液压双动力履带式锚固钻机,钻进深度 50~150 m,钻孔直径 89~250 mm,电机功率 25 kW。旋冲挤密钻具为 PDH-130 型新型双向旋冲挤密钻具,试验现场如图 3 所示。



图2 海赋商业中心地层情况



图3 PDH-130型旋冲挤密矛头试验现场

2.3 实际生产过程中发现的问题及解决方法

试验初期,冲击矛工作状态良好,但随着钻进深度的增加,进尺速度下降很快。提钻后发现旋冲挤密矛头发热、磨损严重,图 4 为试验用单头螺旋旋冲挤密矛头,从其表面划痕可以看出旋冲挤密矛头体磨损严重,而其表面镶焊的硬质合金球齿相对磨损较小。造成旋冲挤密矛头磨损严重的主要原因是成都海赋商业大厦基坑内试钻遇到了致密的卵砾石层,土层旋冲挤密矛头不适用于卵砾石地层旋冲挤密钻进工况。

此外,将冲击矛解体后,检查发现配气轴浮动传扭结构发生破坏,主要是由于材料选择不合适,



图4 试验用单头螺旋冲击矛头

承载结构安全系数不足所致。

如图 5 所示为旋冲挤密矛头外形,其中(a)为试验用单头螺旋旋冲挤密矛头,适用于土层挤密钻进。为解决卵砾石地层单头螺旋旋冲挤密矛头发热、磨损严重的问题,设计了多头螺旋形面仿海螺旋冲挤密矛头,冲击矛头如图 5(b)所示,以适应砂卵石地层旋冲挤密钻进工况;同时,增大矛头端部径向排气孔的尺寸,并将排气孔布置于螺旋槽内,以确保孔底形成可靠地润滑和冷却流场,防止在致密坚硬地层烧钻事故的发生。

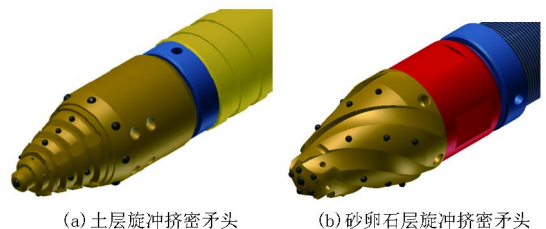


图5 旋冲挤密矛头

为解决配气轴传扭结构破坏的问题,将后部配气轴 5 个扁销传扭浮动控制结构设计成双键传扭、两位浮动控制结构,以提高配气轴承载结构的强度和刚度。同时,将配气轴进气、排气交叉间隔均布通道改为进气、排气通道 6 个两组相邻布置形式,改善了原设计中排风阻力大的弊端。改进后的冲击矛在成都金地钻探机具有限公司进行了新一轮实验,获得了优良的实验效果,最高钻进效率可达 1.5 m/min,钻进时间竟远小于加接一根钻杆的辅助时间。此外,在砂土中的反击功能也进行了测试,效果甚佳。

3 结语

旋冲挤密钻进成孔过程中,矛头在冲击力、给进力以及回转扭矩的联合作用下,将矛头破碎的岩渣屑挤入地层,钻进过程不排渣,钻进效率高,钻孔质量好,对环境无污染。PDH-130 型新型双向旋冲挤密冲击矛,配合不同类型矛头体,可有效实现土层、砂卵石地层旋冲挤密钻进,采用浮动芯管改变

(下转第 78 页)

表 1 新旧钻头充盈系数对比

钻头	日期	桩号	孔深 /m	理论灌 注量 /m ³	实际灌 注量 /m ³	充盈 系数	备注
旧 钻 头	9-12	258	31.00	8.76	13.00	1.48	7~8 m 遇见岩石
	9-12	259	31.00	8.76	12.50	1.42	0~7 m 回填土
	9-13	266	30.50	8.62	12.00	1.40	0~8 m 回填土
新 钻 头	9-14	110	29.50	8.35	10.00	1.20	
	9-16	111	27.00	7.63	9.00	1.18	0~8 m 回填,有
	9-18	117	27.50	7.78	9.41	1.21	石块、砖瓦建筑
	9-18	125	29.00	8.20	10.00	1.12	垃圾

部 0~8 m 为回填土,且含水量大,易塌孔,特别 5~8 m 处局部含有建筑垃圾,个别大毛石。在回填土比较松软以及存在大石块的区域,靠改进钻头难以解决问题。对于这样的地层,无论大直径钻孔还是小直径钻孔,采用哪种钻头都无法完全解决充盈系数问题,只能通过下长护筒的方法解决问题。

钻进之前下长护筒,穿过有石块、建筑垃圾的松散填土层。应用效果见表 2。

表 2 下长护筒工艺后的充盈系数

日期	桩号	孔深 /m	理论灌注 量/m ³	实际灌注 量/m ³	充盈 系数	备注
9-21	128	31	8.76	10.249	1.17	
9-21	129	31	8.76	9.636	1.10	0~8 m 回填,
9-22	133	31	8.76	10.340	1.18	有石块、砖瓦
9-22	135	31	8.76	9.811	1.12	建筑垃圾

从表 2 看出,4 个钻孔平均充盈系数为 1.1425。达到充盈系数降至 1.15 的目标。

4 结语

(1)该项全新的小直径旋挖成孔工艺关键技术为:使用自行设计的 XFK600 防护钻头,绳速控制在 10 m/min 左右,每钻不超过 60 cm,在护筒之外套装大直径的薄壁护筒。小直径灌注桩旋挖成孔工法被评为中国石化集团优秀工法。

(上接第 66 页)

活塞配气行程,可实现正反冲击切换,有效地解决了土层、砂卵石层等松散地层提钻遇卡及防埋的问题。

参考文献:

[1] 楼日新.复杂地层潜孔锤跟管钻进技术研究[D].四川成都:成都理工大学,2007.2-4.
[2] 陈晨.岩土工程施工[M].吉林长春:吉林大学出版社,2004.179-184.
[3] 曹品鲁.潜孔锤冲击挤密钻进机理及挤密钻头的设计与实验

(2)试验数据表明,该技术应用于工程项目可以大幅度降低充盈系数,使充盈系数达到预设目标 1.15 以下。同时钻孔质量提高,塌孔的危险性降低。

(3)稀软、特别松散,以及填有大块石的地层需采用其他技术措施,如钻进之前下长护筒。

(4)该项技术的 3 个部分是一个有机的整体,不能有所偏废。如武汉乙烯试桩工程为粘土砂土互层,上部土层性状良好,使用 XFK600 钻头,该工程的粉砂层的充盈系数仅 1.05 左右,效果十分理想。但由于没使用双护筒的保浆技术,②层粘土(Q₄^{al})却垮塌严重。增设双护筒以后效果非常显著。如果综合、完整地运用本项技术,不仅可以消除安全隐患,充盈系数达到预设目标,质量得到大幅提高,还有助于环保达标,施工效率也会提高。

(5)该技术已推广应用于福建炼油乙烯 C4 联合装置、福建炼油乙烯 40 万 t/年聚丙烯装置、福建炼油乙烯气电联合装置、神华包头煤制烯烃装置、武汉乙烯项目、重庆醋酸乙烯项目、安庆炼化一体化项目等大量重大工程,取得了很好的社会效益和经济效益。

参考文献:

[1] 段新胜,顾湘.桩基工程[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2005.
[2] 宋翔雁.现代基础处理用钻掘设备[J].岩土钻掘工程,1999,17(6).
[3] 黄志文.大型旋挖钻机设计中几个问题的讨论[J].建筑工程,2010,(15).
[4] 周红军.旋挖钻进技术适用性的初步研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(8):39-45.
[5] 王文明.软土地区提高旋挖钻机成孔质量的措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(9):68-71.
[6] 杨明星,王丽仙.旋挖钻孔低粘降失水泥浆配制应用技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(2):64-66.

研究[D].吉林长春:吉林大学,2007.1-6.
[4] 马利东,隆威,苏冬九.CJ-130 型双向气动潜孔锤的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(1):31-33.
[5] 郑治川,邓洪超,卢文阁.冲击回转挤压成孔方法及凸轮型挤压钻头[J].探矿工程,1999,(4):8-10.
[6] Voelkel Gerhard. Drilling Ram Device Having a Pneumatic Drive and a Hydraulic Reversal of the Movement Direction; European Patent Applied, WO2011023350[P].2011-03-03.
[7] 黄润秋,徐则民.西南典型城市环境地质问题与城市规划[J].中国地质,2007,(10):894-960.