

覆盖层绿色钻探新方法——空气潜孔锤取心跟管钻进

李政昭, 吴金生, 钱 锋, 黄晓林

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

摘要:针对覆盖层的特征和钻进特点,结合环境保护对地质勘查的新要求,将常规回转取心钻进与潜孔锤跟管钻进优化组合,形成了一种覆盖层钻探新方法—空气潜孔锤取心跟管钻进。介绍了潜孔锤取心跟管钻进方法的要点;从钻探工程经济性和环保因素,提出以潜孔锤取心钻进为主、解决覆盖层钻进效率低和质量差等技术难题的新思路。

关键词:潜孔锤;跟管钻进;取心;覆盖层

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2016)10-0122-04

New Method for Overburden Green Drilling—Air Downhole Hammer Core Drilling with Casing/Li Zheng-zhao, WU Jin-sheng, QIAN Feng, HUANG Xiao-lin (Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

Abstract: A new combination of core drilling with casing and downhole hammer technology is discussed in this paper, which is designed for the characteristics of overburden drilling combining with the new requirements of environmental protection for geological exploration. In consideration of economic and environmental impacts of drilling projects, this technology is centered on downhole hammer drilling, which can provide a new solution for the problem of low drilling efficiency and poor quality.

Key words: downhole hammer; drilling with casing; core drilling; overburden

浅层钻探,又称覆盖层钻探,是以探明覆盖层,或探明覆盖层一定厚度的地质情况及其他目的所进行的钻孔施工工程^[1]。例如冲击平原地质岩心钻探、滑坡地质调查、河床工程地质和工民建工程地质勘察等,其服务于地质调查、环境保护、水利水电、基础设施建设等领域,浅层钻探工程非常普遍;随环境保护意识的增强,为减少对环境的破坏,国内目前提出并逐渐实施“以钻代槽”的“绿色钻探”理念,促使覆盖层钻探工程规模大幅扩大^[2]。

覆盖层是指覆盖在基岩之上各种成因的松散堆积物和沉积物,主要成因有冰川冰水沉积、河流沉积、湖相沉积、风成沉积等,另有坡积、洪积和工程回填等。地层成因决定了覆盖层胶结差,地层松散,岩层组分复杂,卵石(或块石)、充填物(沙或泥质物)等多种软硬悬殊、性状差异较大的岩土共存^[3]。采用常规的回转取心钻进方法钻进,普遍存在钻进效率较低和岩心采取质量较差等问题^[4]。例如在砂卵石堆积地层,1个30~40 m深的钻孔,一般要7~10天才能完成,而且岩心质量难以保证。这不仅影响地质勘查进度,更为重要的是影响地质勘查的客观评价。长期以来,业界从各种泥浆护壁工艺入手,期待解决孔壁垮塌和取心难题,但收效甚微,这

些难题依然困扰着钻探界;另外,回转钻进因使用泥浆和长时间占用场地等,必然对环境产生不利影响。

笔者结合“绿色钻探”新理念,本着“环保、优质、高效”的原则,针对覆盖层钻孔易垮塌、岩心松散易被泥浆冲失和钻孔漏失等钻进难题,从保护孔壁和保护岩心入手,采用空气钻进原理,将常规的回转取心钻进方法与潜孔锤跟管钻进优化组合,形成了一种有效的覆盖层钻探新方法——空气潜孔锤取心跟管钻进^[5]。该方法采用空气作为冲洗和冷却介质,不需要液态介质(泥浆),对地层稳定性无影响,不会产生渗漏污染地层和地表,并且,施工场地占地面积较小,钻孔施工周期短,对地表植被影响较小,地表植被容易恢复;但钻探施工成本较高,单一口径钻进孔深能力有限。所以,需要在此基础上,从降低施工成本和增强钻进孔深能力方面进行研究,旨在形成一种“环保、优质、高效、合理成本”、实施更容易的钻进方法,为“绿色钻探”的浅层钻探提供有效的技术支撑。

1 潜孔锤取心跟管钻进方法

空气潜孔锤取心跟管钻进,是在空气潜孔锤钻进装备的平台上,将常规双动双管回转取心钻具与潜孔锤同心跟管钻进结合,通过优化设计,优势互补,形成

收稿日期:2016-07-31;修回日期:2016-09-04

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“滑坡勘查潜孔锤取心钻进技术应用”(编号:1212010541202)

作者简介:李政昭,男,汉族,1957年生,教授级高级工程师,长期从事钻探科学技术研究工作,四川省成都市郫县成都现代工业港(北区)港华路139号,lzz@cgiect.com。

一种钻进新方法;其核心技术为潜孔锤取心跟管钻具,应用装备条件主要依托现行空压机、低转速的钻机、空气潜孔锤(冲击器);主要适用于各种覆盖层潜孔钻探,尤其在非泥质(或含泥质较少)的覆盖层,例如砂卵砾石、滑坡堆积、工程回填等堆积地层效果尤为显著,其岩心采取率和钻进效率比回转钻进提高幅度大。目前有 $\varnothing 127$ 、146、168 mm 三种口径系列。

该技术在地质、公路和铁路、水电水利等行业的冲积平原、滑坡、河床、工程回填等覆盖层钻探中进行了试验和推广应用,既充分发挥了潜孔锤跟管钻进护壁效果好和钻进速度快的优越性,又具有使其大幅提高的取心能力,取得了显著的取心跟管钻进技术效果。

1.1 潜孔锤取心跟管钻具

1.1.1 结构原理

潜孔锤取心跟管钻具结构见图 1,主要由套管靴总成、中心钻具和潜孔锤组成。其中套管靴总成由套管钻头、卡环和套管靴组成;中心钻具采用双动双管取心钻具结构类型,主要由上接头、O 形橡胶圈、外管、岩心管、内管短节、取心钻头组成;潜孔锤采用英格索兰 DHD 系列中风压冲击器。取心钻头和套管钻头为冷压镶嵌的球齿硬质合金钻头。

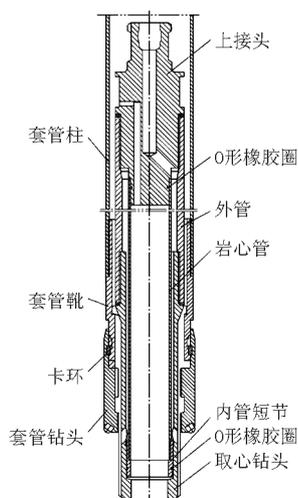


图 1 钻具结构图

套管靴总成与其上部套管柱刚性连接,属于不提升部分。套管靴与套管钻头采用插接,靠弹性卡环悬挂,在套管钻头随取心钻头旋转时,套管靴及其上部套管柱不旋转。

中心钻具直接与潜孔锤连接,组成随钻杆起下的可提升部分,可直接下到孔底与套管靴总成自动寻位(花键付)连接,进行潜孔锤取心钻进,钻进回

次结束,随钻杆被提升到地面,采取岩心后再下入孔底钻进;钻进同时,中心钻具驱动(传递压力和冲击力、传递扭矩)套管靴总成同步随钻延深,跟管与取心钻进同步进行,从而实现潜孔锤取心跟管钻进;利用随钻跟进的套管隔离保护钻孔,维持钻孔安全施工,作为提高钻进效率的必要保证;高压空气经由取心钻头的侧孔向上返,孔底和岩心管内腔无任何冲刷作用,岩心随钻强制进入岩心管内。

1.1.2 钻具主要技术参数(见表 1)

表 1 潜孔锤取心跟管钻具主要技术参数

钻具直径/mm	套管直径/mm	岩心直径/mm	套管跟进深度/m	岩心采取率/%	配套冲击器
127	127	54.5	30~50	≥95	DHD340A
146	146	68	30~50	≥95	DHD340A
168	168	75	30~40	≥95	DHD350R

1.1.3 钻具特点

(1)将潜孔锤跟管钻具与双动双管取心钻具进行组合,既发挥了潜孔锤跟管护壁效果好、钻进速度快的优势,又具有更好的取心能力。

(2)采用同步和同心跟管钻进,钻进稳定性好,有利于采取岩心;钻头采用空气侧喷结构,将高压空气与低压回风通道隔离,避免高压气流直接冲刷孔底,岩心处于岩心管的屏蔽保护下,岩心采取率理论上 100%,岩心无窜层,地层层位清晰。

(3)采用空气作为冲洗介质,从根本上解决了钻探施工(回转钻进)液态冲洗介质漏失对地层稳定性的影响和污染地层,这一特点对滑坡勘察尤为重要。

(4)钻具结构简单,使用简便。

1.2 潜孔锤取心跟管钻进工艺

1.2.1 设备配套

采用钻进能力 50~100 m 的全液压锚固钻机,或具有 20~50 r/min 转速、钻进能力 50~100 m 的立轴钻机;空压机为中风压空压机,如英格索兰 VHP750 型空压机; $\varnothing 73$ mm 钻杆;其它配套器具为常规配置。

套管采用壁厚 6~8 mm 的厚壁管,单根长 1.5 m,左旋螺纹连接。一般回次控制进尺 1.5 m,提钻后加单根套管。

1.2.2 钻进规程参数(见表 2)

1.3 应用情况及效益分析

该技术先后在四川地质工程集团公司的西藏昌都加林村滑坡和夏通街滑坡、中铁二院成都地勘岩土工程有限责任公司的成都地铁 4 号线温江段和

表2 钻进规程参数

钻具规格/mm	钻压/kN	转速/(r·min ⁻¹)	风量/(m ³ ·min ⁻¹)	风压/MPa	回次进尺长度/m
127	2~4	20~40	9~20	1.2	1.5~2.5
146	3~5	20~40	9~20	1.2	1.5~2.5
168	4~6	20~30	18~20	1.5	1.5~2

拉林铁路林芝标段、成都水利水电建设工程公司的大渡河电站、四川通川岩土工程公司的成绵高速边坡治理、铁三院勘察分院浮沱河大桥等单位的勘察工程中应用,完成钻孔100多个,一般孔深30~40 m,最深孔46 m,累计完成钻探工作量3000余米;岩心采取率>95%,岩心层位清晰;钻探效率提高150%以上;施工期间无污染,对滑坡地层稳定无影响、占地场地较小,施工周期短,地表植被基本不受影响。图2是大渡河泸定桥电站SBZK-13孔取得的松散地层的岩心。

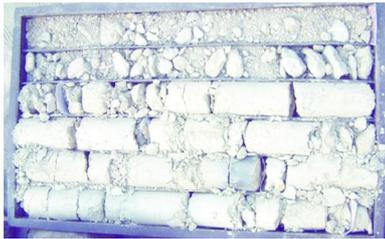


图2 泸定桥电站SBZK-13孔部分岩心

表3是该技术与回转钻进方法的技术经济指标对比,其中,主要技术经济指标均有大幅度提高,但是钻孔施工单位成本却大幅度提高,是常规回转钻进的1.43~1.8倍。虽然潜孔锤取心跟管钻进是直接钻探成本较高,但可通过提高效率的途径,从时间成本上进行弥补(降低),而从提高钻孔质量和对环保方面的考量,其较显著的社会效益是回转方法难以实现的。

表3 主要钻进技术指标对比分析

钻进方法	机械转速/(m·h ⁻¹)	岩心采取率/%	回次进尺/m	台月效率/m	冲洗介质	钻探成本/倍
潜孔锤取心跟管	≥4	≥95	1~1.5	≥400	空气	1.4~1.8
回转取心	≤1.5	≤75	0.3~1.0	≤200	泥浆	1.0

1.4 潜孔锤取心跟管钻进问题分析

尽管潜孔锤取心跟管钻进技术在一定范围获得了较好的钻进效果,但以下问题影响了该技术的广泛应用,这些问题的主要影响因素体现在跟管工艺环节。

(1)空气钻进跟进套管,是靠冲击器将套管强制性打入地层,随钻孔而延深,套管柱同步增长,其

与地层的摩擦阻力逐渐增大,导致跟管深度有限,单一口径一般跟管孔深仅40 m左右。所以,单一口径难以满足超过40 m深的钻孔施工要求;(2)为了满足取心跟管钻进工艺要求,必需1.2 MPa中风压空压机,就钻探经济性而言,相对回转钻进,其钻进孔深能力与配套设备较不协调;(3)为实现跟管与取心钻进同步要求,钻具结构虽然简单,但制造成本较高,分摊的钻具费用在钻进成本上比重较大。

以上问题导致钻探综合成本较高,按照目前覆盖层的定额标准或最终的钻探工程合同价,施工者的利润空间较小,甚至无利润或亏损,如非重点勘察工程或重点勘察控制点,对于一般勘察工程,施工方难以承受这种方法。

2 浅层钻探新思路

2.1 孔深与钻进方法

鉴于回转钻进方法难以满足岩心采取率的现状,覆盖层钻探坚持采用空气潜孔锤取心钻进,可根据不同孔深和地层采用潜孔锤取心钻进,或采用潜孔锤取心跟管钻进,具体根据孔深和堆积层充填物选择钻进方法,见表4。其中,60 m以浅的钻孔无论在地质勘探,还是在工民建等行业的工程地质勘察中,占覆盖层钻探的比重较大,除河床堆积层外,其余类型的覆盖层可直接采用潜孔锤取心钻进,即裸孔取心钻进。

表4 覆盖层孔深分级、地层类型与对应钻进方法

堆积层主要充填物类别	典型覆盖层	孔深/m			
		0~40	40~60	60~80	≥100
泥质	冲积平原、滑坡堆积	D ₁₀₈	D ₁₀₈	D ₁₀₈ 或D ₁₂₇	D ₁₂₇ 或D ₁₂₇ +D ₁₀₈
					+D ₁₀₈ +D ₈₉
砂质	河床	CD ₁₂₇	D ₁₄₆ +D ₁₂₇	D ₁₆₈ +D ₁₄₆	
					+CD ₁₂₇
砂质	强风化堆积体	D ₁₀₈ 或CD ₁₂₇			
备注		浅覆盖层		深厚覆盖层	

说明:(1)“D₁₀₈”—Ø108 mm潜孔锤取心钻进至终孔;(2)“D₁₂₇+D₁₀₈”—先用Ø127 mm潜孔锤取心钻至一定孔深,下Ø127 mm套管;然后采用Ø108 mm潜孔锤取心钻进;(3)“D₁₂₇+D₁₀₈+D₈₉”—先用Ø127 mm潜孔锤取心钻至一定孔深,下Ø127 mm套管,再换Ø108 mm潜孔锤取心钻进,下Ø108 mm套管,最后换Ø89 mm潜孔锤取心钻进;(4)“CD₁₂₇”—Ø127 mm潜孔锤取心跟管钻进;(5)“CD₁₄₆+CD₁₂₇”—先用Ø146 mm潜孔锤取心跟管钻进,再换Ø127 mm潜孔锤跟管取心钻进;(6)“D₁₆₈+D₁₄₆+CD₁₂₇”—依次采用Ø168、146、127 mm潜孔锤取心跟管钻进。

2.2 开展潜孔锤取心钻进研发

以“优质、高效、环保、合理成本”为目标,借助

潜孔锤取心跟管钻进的成功经验,开展潜孔锤取心钻进的研究,其核心建设在于研发潜孔锤取心钻具。主要思路是以降低钻进成本为目标,大力拓展空气潜孔锤钻进在地质勘察领域的应用范围;具体技术方法是基于低风压(0.5~0.7 MPa)和小排量(5~9 m³/min)空压机和轻型钻机的设备条件,本着钻具结构简单、易操作、高寿命和轻便的原则,研发 Ø108 和 127 mm 2 种口径的钻具。

2.3 潜孔锤取心钻具设计

2.3.1 钻具结构原理

潜孔锤取心钻具仍然采用双动双管结构,见图3,主要由上接头、外管、内管、内管短节和取心钻头组成。

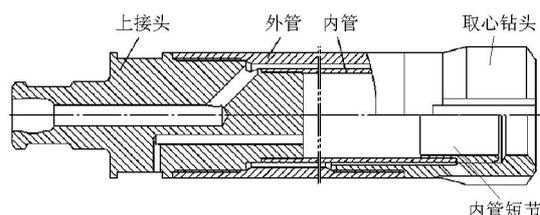


图3 潜孔锤取心钻具结构示意图

上接头与冲击器连接,钻杆通过冲击器带动钻具旋转,冲击能通过接头和外管传到取心钻头,进行冲击回转取心钻进。来自冲击器的高压空气通过接头中心孔、内外管间隙,从钻头侧孔喷射出,清洗钻头和冷却钻具,然后上返。

由于不跟管,冲击能仅用于钻进,可满足任何孔深的取心钻进要求,钻进孔深能力主要于空压机能力和钻机的提升能力。钻进时,岩心处于屏蔽保护,可获得良好的取心质量。

2.3.2 主要技术参数(见表5)

表5 潜孔锤取心跟管钻具主要技术参数

钻具直径/mm	钻头外径/mm	岩心直径/mm	钻孔深度/m	回次长度/m	配套冲击器
108	112	≥54	30~150	1.5~3.0	80型或90型
127	132	≥68	30~100	1.5~3.0	90型

2.4 潜孔锤取心钻进

采用钻进能力50~100 m的全液压锚固钻机,或具有20~50 r/min转速、钻进能力50~100 m的立轴钻机,在满足孔深前提下,其选择原则尽可能轻型(便)化。采用低分压(0.5~0.7 MPa)和小排量(5~9 m³/min)空压机。

采用潜孔锤取心钻具进行钻进。钻进压力10~30 kN,转速20~40 r/min;回次进尺控制在1.5~3 m。

3 结语

(1)实践表明,空气潜孔锤(跟管)取心钻进对于浅层覆盖层钻探是一种钻进效率高、取心质量好、对环境影响小的有效钻进方法。

(2)潜孔锤取心钻进其钻进孔深能力30~150 m,钻进速度快,岩心质量好,对环境影响小、钻探成本低,操作简便、实施容易,适宜含泥质充填物的堆积地层,可广泛用于浅层地质钻探,如“以钻代槽”等。

(3)潜孔锤取心钻进可作为浅层“绿色钻探”的首选方法和优先发展方向。

(4)砂卵石、工程回填等不含或含较少泥质充填物的堆积地层,孔深40 m以浅,潜孔锤取心跟管钻进具有钻进速度快、取心质量好,推荐用于重点地质勘察工程和重点控制点。

(5)采用普通的潜孔锤取心跟管钻具和潜孔锤取心钻具组合,进行“取心—跟管”,即“间歇式取心跟管”钻进,也是一种解决覆盖层钻进的有效方法,其钻进孔深可达到80 m左右。

参考文献:

- [1] 谈耀麟. 覆盖层钻进法综述[J]. 地质与勘探, 1988, (1): 21-22.
- [2] 赵洪波, 何远信, 宋殿兰, 等. 以钻代槽勘查技术方法与应用研究[J]. 地质科技情报, 2014, (5): 204-207.
- [3] 谈耀麟. 潜孔锤钻进技术发展水平[J]. 国外地质勘探技术, 1995, (5): 31-35.
- [4] 吴文飞, 欧汉森. 浅析复杂覆盖层钻探工艺技术及应用[J]. 资源环境与工程, 2013, 27(4): 513-514.
- [5] 李子章, 李政昭, 张道云, 等. 空气潜孔锤取心跟管钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(S1): 158-160, 166.
- [6] 胡时友, 周良宗, 宋军, 等. 加强技术创新和结构调整 服务地质找矿突破战略与地质灾害防治——庆祝探矿工艺研究所成立35周年[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(7): 1-4.
- [7] 丁晓庆, 何龙飞. 气动潜孔锤跟管钻进技术在岩土工程勘察施工中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(1): 17-21.
- [8] 郑英飞, 王茂森, 岳文斌. 气动潜孔锤双冲击跟管钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(5): 38-41.
- [9] 严君凤. 潜孔锤跟管钻进技术在应急抢险中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(7): 84-87.
- [10] 张晓光, 陈一也. 潜孔锤跟管钻进套管断裂分析及结构改进[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(10): 43-45.
- [11] 李冬霜, 王茂森, 梁毅. 洛阳栾川钼矿复杂地层钻进工艺研究与试验[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(6): 10-12.
- [12] 赵建勤, 李子章, 石绍云, 等. 空气潜孔锤跟管钻进技术与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(7): 55-59.
- [13] 郑玉辉. 潜孔锤跟管钻进技术在小浪底水利观测孔工程的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(8): 4-5, 12.
- [14] 石飞轮. 潜孔锤跟管钻进技术在卵石层高压旋喷灌浆工艺中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(10): 27-28, 34.
- [15] 李正昭. 复杂地层金刚石取心跟管钻进技术[J]. 探矿工程, 2003, (S1): 197-200.