

伸缩叠合型柔性(袋)管取心内管的研究与应用

汪发文¹, 邬学农², 徐俊¹, 方波¹, 叶慧¹

(1. 湖北省城市地质工程院, 湖北武汉 430072; 2. 湖北省地质局第八地质大队, 湖北襄阳 441002)

摘要:为解决刚性取心管采取岩心扰动度、水分保真度、取心率难以满足业主及设计部门要求的问题, 研制了伸缩叠合型柔性(袋)管取心内管。通过分析比较柔性取心内管轴向和径向 2 种折叠方式对取心效果的影响, 选用了轴向折叠方式的柔性取心内衬管。柔性取心内管的材质选用添加玻璃纤维丝的聚乙烯塑料。辅之配套使用高胎体底喷钻头、单向性罩爪簧的钻进工艺。通过在 4 种典型钻探项目中的试验, 样品的扰动度 < 5%, 水分保真度 > 95%, 取心率达到了 80% ~ 95%。实践证明, 应用伸缩式叠合型柔性(袋)管取心内管的三重管钻取特殊心样等原状样品, 保真度高, 采取率高, 取心效果良好, 有较好的推广应用价值。

关键词: 柔性取心内管; 三重管; 底喷钻头; 单向性罩爪簧; 心样保真度

中图分类号: P634.4⁺3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2015)01-0049-06

Research on Coring Inner-tube of Flexible Retractable and Foldable Pipe(Bag) and the Application/WANG Fa-wen¹, WU Xue-nong², XU Jun¹, FANG Bo¹, YE Hui¹ (1. Hubei Institute of Urban Geological Engineering, Wuhan Hubei 430072, China; 2. Eighth Geological Brigade of Hubei, Xiangyang Hubei 441002, China)

Abstract: A coring inner-tube of flexible retractable and foldable pipe (bag) has been developed to solve the problems caused by rigid coring tube, such as core disturbance, moisture retention and low core recovery. By the comparison of influence on coring effects by the flexible coring tube with axial and radial folding patterns, the axial one was selected. The flexible coring inner-tube is made of polyethylene plastic with glass wool, and employs the drilling technology with ancillary techniques of high matrix bottom jet bit and single way claw spring cover. In the tests of 4 typical drilling projects, the sample disturbance are lower than 5%, moisture retention higher than 95% and core recovery reaching 80% ~ 95%. The practices show that by the triple-tube equipped with coring inner-tube of flexible retractable and foldable pipe (bag), special rock samples and the undisturbed samples can keep high fidelities and high recovery with perfect coring effect.

Key words: flexible coring inner-tube; triple-tube; bottom jet bit; single way claw spring cover; coring sample fidelity

1 问题的提出

目前国内地质找矿和工程勘察的技术发展现状表明, 最终确定地下矿产资源的埋藏深度、储量、品位及岩土物理力学性质都必须依赖地质钻探原状取样加以验证。随着地质找矿向更深部及更复杂地层方向转变, 工程地质原状样特种取心要求向更精细化方向发展, 对地质钻探取样技术提出了更高的要求^[1]。

目前钻探取心方法通常有单管、双管、三重管等刚性取心管, 是小口径钻探施工的成熟技术。但是刚性取心管存在一个最大的缺点, 即地下取出的心样从刚性管倒出后一般再进行包装试验, 试验前无一例外地受到扰动和水分挥发, 不同程度地影响物

理化学指标化验的准确度及完整度。譬如触变性淤泥、冻土及天然气水合物(又称可燃冰)等特殊心样, 钻取这些样品受到的影响更大。刚性取心管扰动度为 30% ~ 50%, 水分保真度为 70% ~ 90%, 取心率一般为 70% ~ 90%, 有时甚至更低。其物理、化学、力学指标的准确度无法满足业主及设计部门的要求, 这也是钻探工程界的一大难题^[2]。为此, 我们进行了柔性三重管的研制。

2 常用三重管取心钻具

三重管取心钻探是保障心样完整度与准确度的重要手段^[3]。常用的取心钻具有如下几种。

2.1 刚性与半刚性半合管内管^[4]

收稿日期: 2014-06-30; 修回日期: 2014-12-15

基金项目: 湖北省地矿局科研基金资助项目(编号: KJ2013-4)

作者简介: 汪发文, 男, 汉族, 1964 年生, 地勘部总工程师, 教授级高级工程师, 从事岩土工程勘察设计、岩心钻探工作, 湖北省武汉市八一路 463 号地建集团 11 楼, wdkj@sina.com。

主要有PVC半合管、刚性半合管等。基本结构见图1。

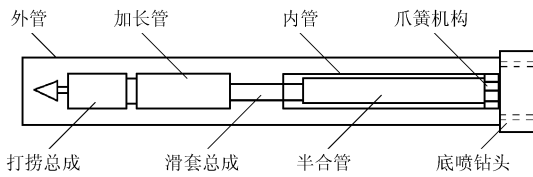


图1 三套管取心钻具结构示意图

2.2 亚麻质纺织布内衬管

结构同图1,内衬管材质为亚麻质纺织布,主要用于特殊岩(土)层,例如粉矿、应力构造带(断层泥)等。

2.3 超长段取心内衬管^[5]

人为地加长取心内管,提高单次提钻取心长度,减少提钻取心的时间间隔。

这3种钻具的共同工艺缺陷是:低取心率、高扰动度,难以保证室内原状样试验的要求。

3 伸缩叠合型柔性(袋)管取心内管的设计

3.1 技术方案

设计加工一种三重管的柔性内管取心钻具,有效解决上述常用钻具存在的问题。再配套使用相应的取心钻头^[6]及取心单向性罩爪簧钻进,使钻探取心样品扰动度 $<5\%$,水分保真度 $>90\%$,取心率达到 $80\% \sim 95\%$ 。

3.2 研究的重点及难点

(1) 肠衣的材质:初步确定材质为复合塑料,以满足刚柔相济,硬而可叠、软而不破的原则,同时又具有优越的抗拉性、抗刺穿性、抗撕裂性,抗缓冲强度也很高。

(2) 钻具的设计与加工,配套的钻头及爪簧系统。

3.3 基本结构及工作原理^[7]

3.3.1 取心内管结构

袋管轴向折叠法如图2所示,袋管径向折叠法如图3所示。

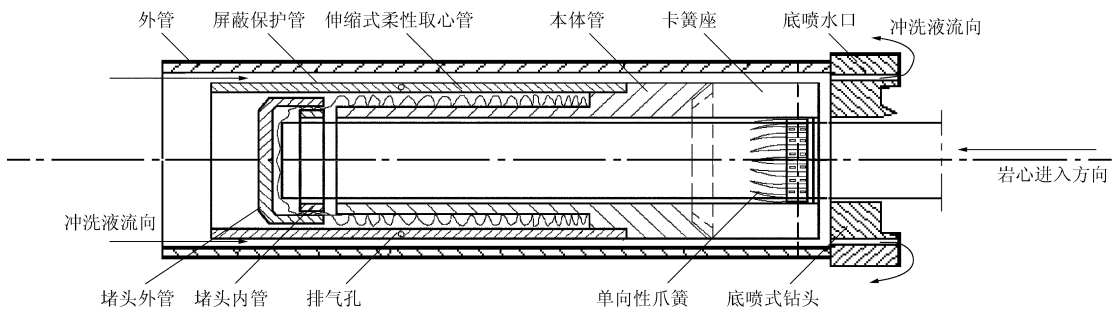


图2 轴向折叠柔性袋管结构图

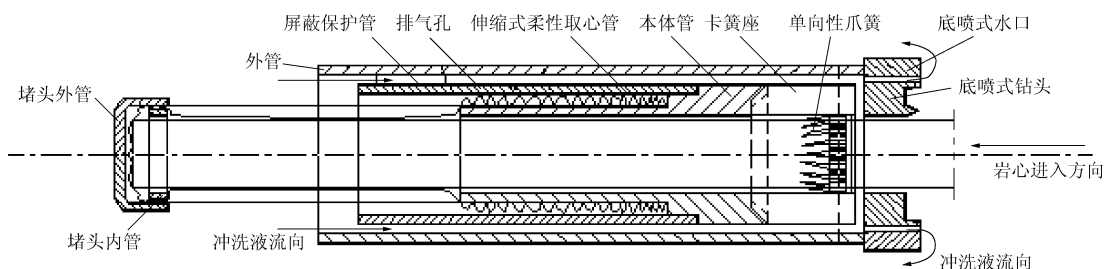


图3 径向折叠柔性袋管结构图

3.3.2 工作原理

如图2所示,本体管与卡簧座丝扣连接后,将柔性(袋)管叠合套入本体管另一端。头部用堵头作双层封闭,再将屏蔽管插入本体管,管内组成安装完毕。

最后将内管总成植入外管中。当岩心(样)经

卡簧进入取粉管中顶升堵头,柔性袋管同步逐次向前伸出直至回次结束。

卸出外管后,心样靠自重脱出,分段截取原状样保存。

3.4 具体实施方案(以径向折叠法为例)

取心管由4部分组成:工具式本体筒、塑料质袋

管、导向堵头、屏蔽式保护管。工具式本体筒与卡簧座丝扣连接,塑料质袋管叠合套入本体筒,上部用堵头封住,堵头同时起导向、防冲和减压作用。屏蔽保护筒设有对称的 2 个排气孔。

如图 4 所示,该装置设在钻杆中。具体结构为:取样钻杆端部连接钻头,钻头上端连接卡簧座,卡簧座内壁设有卡簧。

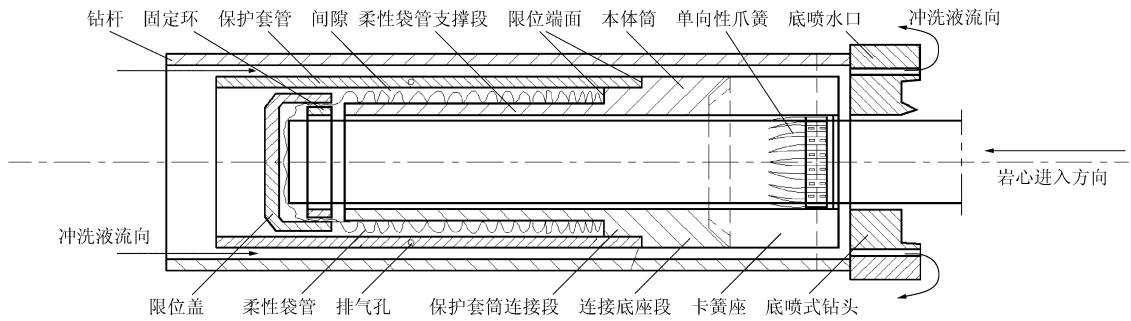


图 4 取心管实施方案图

本装置中的取心本体筒分为 3 段:第一段连接底座段;连接底座段与卡簧座连接,即连接底座段的端面设有锥台槽与卡簧座上的锥台配合连接;第二段为保护套管连接段,保护套管连接段上套设连接有保护套管,连接底座段与保护套管连接之间设保护套管连接段限位端面;第三段为柔性袋管支撑段,保护套管连接和柔性袋管支撑段之间设有柔性袋管限位断面。柔性袋管支撑段与保护套管之间有间隙,折叠的柔性袋管设在间隙中,即套在柔性袋管支撑段上,本实施例中折叠的柔性袋管轴向折叠套在柔性袋管支撑段上。保护套管上开设有排气孔。

经过反复试验,柔性管肠衣材料主要成分为聚乙烯(主材) + 玻璃纤维丝(添加剂) + 其他。成品如图 6 所示。

柔性袋管的端部连接取心盖,取心盖包括柔性袋管端部固定环,与柔性袋管端部固定环连接的心样端部限位盖,柔性袋管端部夹持在柔性袋管端部固定环和心样端部限位盖之间。本实施例中柔性袋管端部从内向外穿过固定环,翻遍后通过柔性袋管端部固定环和心样端部限位盖之间的螺纹被夹持。

图 3 是表示为柔性袋管径向折叠套在柔性袋管支撑段上的示意。图 5 为实物照片。

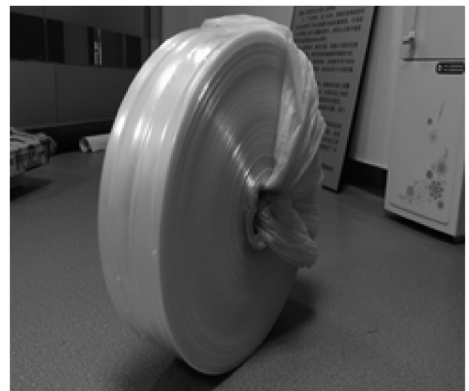


图 6 肠衣成品

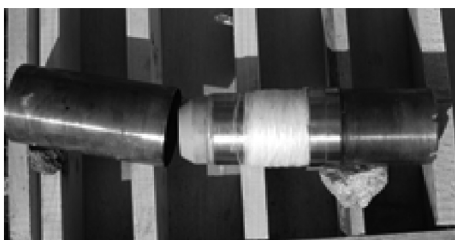


图 5 取心管核心元件组装图

3.5 其它配套工具和材料

3.5.1 肠衣材料

3.5.2 钻头

加工制造的高胎体底喷钻头如图 7 所示。

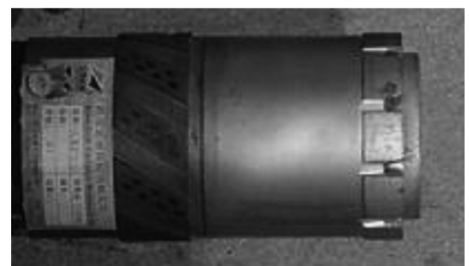


图 7 高胎体底喷钻头

3.5.3 单向性罩爪簧

卡簧为单向性罩爪簧,岩心进去后不能后退(参见图 8)。



图8 单向性罩爪簧

4 生产应用及效果

4.1 鄂州汀祖文斌矿业有限公司三矿区漏采区靶向补充探查

4.1.1 工程概况

鄂州汀祖文斌矿业有限公司三矿区由4个乡镇民营企业小矿整合而成,湖北省城市地质工程院共

承接了8个钻孔,计2700多米。重点是探查漏采区及矿区接壤(或毗邻)空白地段矽卡岩型磁铁矿。矿区采空区较多,且经多年开采,局部塌陷变形不止,山体(或土体)局部存在深层滑移及蠕动、索动。

3年来,先后有3支个体岩心钻探队伍进场施工,因为二层粉矿取心率<30%无法满足业主要求,一个钻孔都没有打成功而不得不中途黯然退场。

4.1.2 对策及措施

通过反复调研及现场踏勘,我们认为施工失败的主要原因是工艺方法选择不当。鉴于此,决定采用普通回转钻进,试用新的取心工艺,即三重管之伸缩叠合型柔性袋管取心钻进。

设备选用XY-44型钻机,BW-250型泥浆泵,绳索取心CNH型钻具,Ø63mm钻杆,以应对复杂地层及提高处理孔内事故的能力。

4.1.3 地层情况

地层岩性详见表1。

表1 矿区地层岩性

岩石名称	层位/m	岩性描述
人工堆积	0.00~5.00	主要为灰褐色亚粘土、灰白色网状高岭土及黄斑状闪长岩角砾
砂层	5.00~35.00	褐黄色,粒度均匀,富含石英和少量云母碎片
角砾岩	35.00~75.00	褐灰色,主要有闪长岩,大理岩角砾组成,岩石风化程度严重
斑状闪长岩	75.00~140.00	浅肉红色,灰白色,斑状—似斑状结构,块状构造,主要矿物成分为长石,石英,角闪石,黑云母等,局部风化严重,岩石硬度较大
白云质大理岩	140.00~280.00	白—灰色,主要由方解石和白云石组成,此外含有少量的石英,粒状变晶结构,块状构造,岩石硬度中等,局部有大量溶腔
磁铁矿	280.00~300.00	黑褐色,灰白色,粒状结构,角砾状,浸染状构造,夹带粉状铁矿石,主要矿物成分为透辉石、方解石、黄铜矿、磁铁矿、次要为黄铁矿
大理岩	300.00~325.00	灰色,主要由方解石和白云石组成,粒状变晶结构,块状构造
磁铁矿	325.00~360.00	黑褐色,粒状结构,角砾状,浸染状构造,夹带粉状铁矿石

4.1.4 试验效果

图9、图10为取出的岩心,覆盖层、人工堆积层松散物取心率达到了98%以上,粉矿取心率>95%,完全满足设计及业主要求。

4.2 黄冈食品工业园G块供水井工程勘察流砂层取样试验



图9 覆盖层取心效果



图10 粉矿取心效果

4.2.1 工程概况

黄冈食品工业园G块拟设计备用供水井7口,集中修建供水管网,分散到每个小园区独立供水。我们应邀对流砂层——主要取水层段作详细的勘察取样及群井抽水试验咨询。

4.2.2 地层情况

地层岩性详见表2。

表2 矿区地层情况

岩石名称	层位/m	岩性描述
杂填土	0.00~3.10	杂填土
砂砾岩	3.10~7.00	强风化黑色砂砾岩,稍密,轻微胶结
流砂层	7.00~12.00	灰黑色流塑砂层
片麻岩	12.00~45.00	中风化灰色片麻岩,片麻状构造,裂隙发育

4.2.3 配套设备

长沙探矿厂生产的百米钻机, BW-150型泥浆泵, 三重管(柔性内衬管)取心钻进, 高胎体底喷金刚石钻头。

4.2.4 试验效果

图11、图12分别为取心过程和取出的流砂层心样。流砂层原状样取心率100%。



图11 取心过程

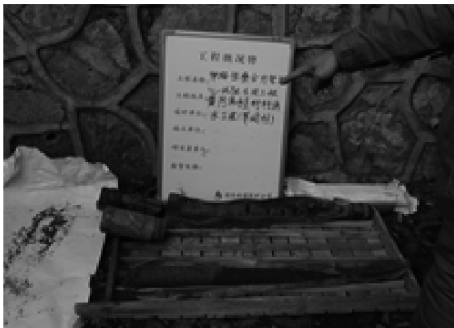


图12 流砂层心样

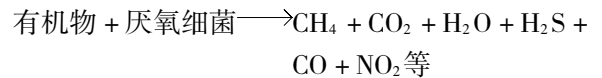
4.3 地铁施工浅层有害气体勘察钻探密闭取样技术的应用

4.3.1 项目背景简介^[8]

武汉地铁二号线汉口火车站—青年路站盾构施工时, 洞口发生不明气体燃烧、施工人员轻度中毒的现象, 严重影响了工程进度。

据区域地球化探资料反映: 该区域在全新世江汉湖群由兴盛到衰退演变的环境条件下, 经历了初、早、中期古河谷充填, 晚期阶地形成、萎缩和湖沼发育等过程。在这一过程中, 大多的生物、有机质源自近万年的地质历史过程沉淀、堆积, 随后被水和泥沙覆盖起来并与空气隔绝, 在厌氧菌的作用下脱水发

酵, 伴随一定的温度与压力, 使这些生物的残骸变成泥炭, 同时产生气态产物, 逐渐形成有害气体。其形成过程可用下式表示:



而原岩土工程地质勘察工作没有对有害气体进行专门的勘探工作。为了有效地掌控有害气体对地铁盾构施工的危害, 必须进行浅层有害气体的专门勘探。勘探工作的一项重要内容是采用钻探密闭取样技术取出原状样淤泥质粘土。

通过对密闭原状样的室内反演测试、理论换算, 再结合现场插管排放监测对比分析, 从而全面了解有害气体的成分、含量、储藏特征、空间分布规律特征等, 最终制定相应的控制措施。

4.3.2 伸缩叠合型取样技术的应用及效果

伸缩叠合型取样技术用于含有气体的淤泥质粘土中取样, 配套使用超前底喷钻头, 没有使用单向性罩爪簧。取心率100%, 样品保真度98%以上, 应用效果良好。

4.4 农业地质湖积淤泥质富硒土(泥)原状样取心技术的应用

4.4.1 项目背景

湖北省地矿局10余年间的农业地层调查结果显示, 湖北省富硒土壤资源十分丰富, 江汉平原汉江流域经济区富硒土壤面积达10086 km², 可作为农产品开发基地的面积达7000 km², 总量大、分布广, 品质优。

硒被认定为人体微量元素中的抗癌之王。在含有富硒元素土壤中生长出来的蔬菜粮食等营养价值极高, 经济效益非常可观。如今市场上1 kg富硒大米售价上百元。在湖泥含有富硒元素的一小型湖泊中人工繁养的水产品, 如富硒螃蟹, 更是身价倍增。这些含硒丰富的地区已经前所未有地被农业部门的专家、领导及有识之士所重视。2013年, 湖北省政府全面启动了“金土地工程”即1:5万比例尺的农业地质地球化学调查工作, 为大规模富硒农业产业园开发建设作好充分的准备^[9]。

汉江流域天门市遍布30几个中小湖泊, 有的湖泊一直人工繁养螃蟹、虾和黑鱼等水产品。据调查, 在富硒地带的××养殖塘内进行富硒产品的养殖试验, 将实验区内的链鱼和生态鳖送到省渔业环境与产品质量检测中心检测, 链鱼的硒含量达到29 μg/

100 g,生态鳖硒含量 25 $\mu\text{g}/100\text{ g}$,明显高于非富硒地带养殖的链鱼与和鳖^[9],被誉为水中“黄金”。为了大规模开发富硒螃蟹、富硒莲子等高端水产品,拟挑选有代表性的湖泊进行化探普查,以摸清富硒湖泊、湖泥及水资源环境家底。

鉴于上述原因,在一些湖泊湖泥中,我们应用了伸缩叠合型柔性化学密闭取样技术,提取了一批大直径的淤泥质原状样。

4.4.2 伸缩叠合型柔性化学密闭取样技术的应用及效果

三重管的最大外径 130 mm,塑料袋管直径 100 mm,共取样 50 多组。

一般单次超长段提取原状样的长度 3~5 m,配套使用超前底喷钻头(没有使用单向性罩爪簧),钻至硬塑状粘性土层再提钻,力求一气呵成。

原状样取心率 100%,样品保真度 98% 以上,完全满足农业地质调查化探的规范及业主要求。

5 三重管(伸缩叠合型柔性袋管取心内衬管)综合使用效果分析

(1) 柔性袋管内衬管取心样品扰动度小,保真度高。在覆盖层(土层、人工堆积层)及粉砂层应用效果良好。

(2) 柔性内衬管与刚性管相比较,成本相应地降低。

(3) 柔性内衬管的三重管取心适合于单次提钻超长段取心施工,能够进一步提高钻进效率。

(4) 不仅可用于小口径岩(矿)心钻探及土层钻进取心,也可以推广应用到其他工程地质勘查。例

如地铁施工深厚流砂层、含硫化氢等有害气体的腐殖质淤泥工程勘察、湖积淤泥层富硒土等特殊地层的勘查,还可以推广应用到煤矿、冻土及海泥、断层泥、可燃冰等稀有矿的钻探施工中。

6 结语

三重管之刚性取心管内层内衬柔性塑料袋管,再通过配套使用相应的取心钻头及取心单向性罩爪簧,钻探取心钻进可以保证达到:取心样品扰动度 < 5%,水分保真度 > 95%,取心率达 80%~95%。值得工程钻探界同行推广应用。

参考文献:

- [1] 张金昌. 地质岩心钻探技术及其在资源勘探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(11): 1-6.
- [2] 张伟. 取心钻进工艺方法的技术经济学分析——施工时间分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(8): 1-3.
- [3] 胥虹. 套管跟进与绳索取心组合钻探技术的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(4): 22-24.
- [4] 石立明. 复杂地层岩心钻探综合治理技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(2): 12-14.
- [5] 张金昌. 深部找矿和深部探测中钻探技术的挑战与对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(2): 1-10.
- [6] 赵尔信, 卓国基, 张传林, 等. 金刚石制品制造工艺及其发展趋势[J]. 探矿工程, 1999, (S1): 187-192.
- [7] 汪发文, 程立文, 吴礼生, 等. 伸缩叠合型柔性袋管取芯内管: 中国, ZL201020658026. 2[P]. 2011-08-31.
- [8] 徐贵来, 樊永生, 刘红卫, 等. 武汉地铁 2 号线汉口火车站一范湖站区间地下有害气体特征分析[J]. 资源环境与工程, 2012, (6): 612-616.
- [9] 彭祚全, 黄开勋, 朴建华, 等. 富有机硒食品硒含量要求[S]. 湖北武汉: 湖北省卫生和计划生育委员会, 2014.