

浅析软煤及煤层气钻探取样工具的结构特征

郭礼士

(湖北煤炭地质局,湖北 武汉 430070)

摘 要:提出了在我国开展软煤及煤层气钻探取样的必要性和对取样工具的特殊要求,在总结提高采取率和取样质量技术途径的基础上,论述并具体分析用于软煤钻探和钻取含气样品的新型钻具结构,得出了取煤样钻具应具有单动、超前、隔水、避振、防脱功能和取气样钻具应在此基础上增加密封、冻结、集气功能的结论。研讨的钻具结构特征对于开展软煤及煤层气钻探取样的同行具有参考价值。

关键词:钻探取样;取样管结构;双层岩心管;软煤;煤层气

中图分类号:P634.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)12-0039-04

Preliminary Analysis on Structure Feature of Drilling and Sampling in Soft Coal and CBM/GUO Shi-li (China National Administration of Coal Geology, Hubei Bureau, Wuhan Hubei 430070, China)

Abstract: The necessities of drilling and sampling in soft coal and CBM in China and the special requirements for sampling tools are put forward. Based on the summary on the techniques of improving recovery rate and coring quality, the paper described and analyzed the structure of new drilling tool for soft coal and gas drilling. Coal sampling tools should have the functions of single action, advance, exclusion of water, anti-vibration and thread off prevention; and besides, gas sampling tools should have more functions of sealing, freezing and gas collecting.

Key words: drilling and sampling; structure of sampling tube; double-wall corebarrel; soft coal; CBM

1 问题的提出

我国是世界上最大的煤炭生产国和消费国,煤炭在国家能源生产和消费结构中的比例占 70% 左右,已探明煤炭储量居世界首位。同时,我国又是仅次于俄罗斯、加拿大的世界第三大煤层气储藏国,2008 年的资料表明,我国 2000 m 以浅的煤层气地质资源量达 36.8 万亿 m^3 。为了解决我国经济高速发展中出现的能源紧缺“瓶颈”问题,国家非常重视煤炭及煤层气资源的勘探、开发。

岩心是反映地下岩层物质成分、组织结构的唯一实物资料。国家投入大量资金进行钻探工作,不仅要求提高钻进效率,更重要的是保证其采取样品的质量。这些样品的质量直接影响着地质构造判断、矿产资源评价以及提交矿产储量的准确性与可靠性。因此,如何从钻孔中取全、取准可靠的实物地质资料是勘探工作的重要任务之一。新颁布的《地质岩心钻探规程》(DZ/T 0227-2010)对岩心的数量及尺寸、岩心的代表性、纯洁性和取心位置的准确性均提出了严格要求。取出的岩心应能反映所钻地层的空间变化特性,避免在取心过程中出现选择性磨损或丢失,导致样品中有效成分(包括所含气体)的人为富集或贫化。我国的煤田地质构造发育、煤

质松软、瓦斯突出,复杂的地质条件给煤田及煤层气钻探取样作业增加了难度。为了获取含气样品必须研制具有特殊结构的取样工具,以防在起钻过程中随着孔内背压降低而泄漏。

在机械回转钻进中,主要从 2 个方面来提高岩心采取率和取样质量:一是在钻进过程中排除或限制岩心从母体上折断之前可能遭受的破坏作用;二是在钻进和提升过程中保护已进入取样管的岩心材料,防止其遭受二次破碎。体现在取样管结构上则表现为:

(1)采用单动双管,使岩心内管在钻进过程中不旋转,减少振动,避免岩心在管内出现自卡或自磨破坏;

(2)借助内管短接和底喷钻头实现内管隔水,借助球阀隔离岩心管上部液柱对岩心的压力,防止冲洗液冲蚀软岩心(砂质粘土和软煤层等),冲走已进入管内的岩心碎块(屑);

(3)借助可靠的卡心元件保证在提升过程中岩心不脱落;

(4)为了钻取含气的岩心(煤心)样品,还应在此基础上增加集气容器及其密封机构。

收稿日期:2011-06-08;修回日期:2011-07-25

作者简介:郭礼士(1969-),男(汉族),江西万载人,湖北煤炭地质局局长、高级工程师,探矿工程专业,硕士,从事钻探工程生产工作,湖北省武汉市武昌区武珞路 465 号,guolishi_gl@126.com。

2 用于软煤钻探的双管钻具结构分析

双层岩心管是保护岩矿心以防破碎的常用技术手段。回转钻进常用的单动双管钻具如图1所示。为了提高钻速、回次进尺和岩心采取率,该单动双管钻具上的金刚石钻头1胎体厚度较小,使孔底环状破碎的体积较小。钻进过程中,冲洗液由异径接头进入内外管间的环状空间,从内管3的岩心卡簧座2下部流出。借助轴承5来实现内管3的单动。钻头1上方装有扩孔器4,以保持孔径并减轻钻具的振动,防止岩心样品遭受二次破坏。

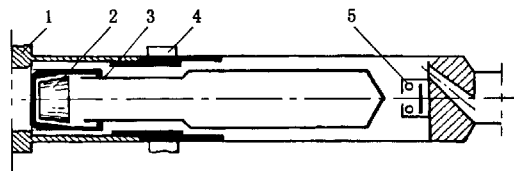


图1 普通双层岩心管基本结构示意图

1—金刚石钻头;2—岩心卡簧座;3—内管;4—扩孔器;5—轴承

为了能在回次结束时顺利拉断岩心,并在起钻过程中可靠地夹持岩心,我国常用内槽式(图2a)、外槽式(图2b)和切槽式(图2c)卡簧。它们主要用于中硬以上质地较致密、结构完整岩石的金刚石钻进或硬质合金钻进。使用这类取心器时,必须十分注意卡簧与卡簧座的锥面之间、卡簧自由内径与岩心外径之间的配合,以保证取心的可靠性。造成这类卡心工具失败的主要原因有:(1)钻遇破碎岩石,小块状岩心的直径可能小于卡簧的卡紧内径;(2)岩石或其中的包裹体致密而坚硬(尤其当钻孔口径较大时),虽然卡簧抱住了岩心但只在岩心表面滑动而无法拉断它;(3)卡簧的刚度、高度与孔底工况不适应,在钻具振动作用下,卡簧无法抱住岩心。为此,又提出了卡箍式卡心机构(图2d),它由卡箍座外壳1和瓣形卡箍2组成。外壳有内锥面,在锥面上部有形成卡箍位移上限的凸台。瓣形卡箍2为阶梯形:上部为与外壳内径相配合的圆柱形,下部有外锥面,向内加厚并刻有棘齿。棘齿的自由内径等于或略大于钻头切削具的内出刃直径,棘齿下部的内锥面将有助于岩心进入卡箍。卡箍用弹簧钢制成并经热处理。回次结束时向上提升钻具,卡箍的棘齿与岩心表面接触并使整个卡箍沿锥面下滑,紧紧卡住岩心。由于卡箍座的内锥度加长了,使卡箍对岩心的抱紧力增大。起钻后,只要往卡箍座外壳上的螺孔3旋入螺钉就可压缩卡箍,方便地从外壳中取出卡箍。

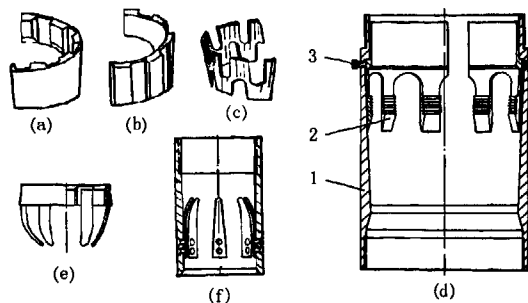


图2 常用卡心工具的结构简图

1—卡箍座外壳;2—瓣形卡箍;3—螺孔

对于机械强度较低的煤层而言,显然普通型单动双管不能满足要求。为此,俄罗斯地质科学院图拉分院钻探技术研究室专门研制了用于煤层钻探的单动双管(图3)。它们的共同特点是装有超前于外钻头的薄壁压筒(小钻头),可超前切入煤层形成圆柱形煤心。

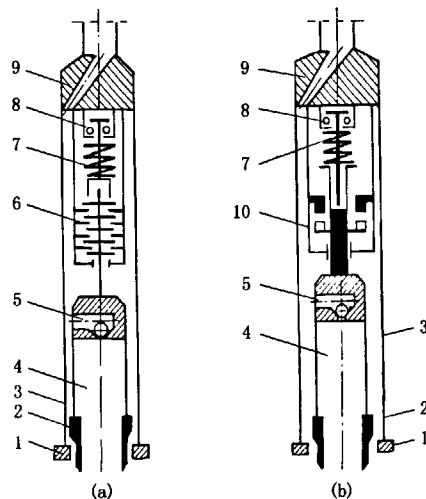


图3 取煤管的基本结构示意图

1—钻头;2—小钻头;3—外管;4—内管;5—单向阀;6—摩擦离合片;7—碟形弹簧;8—轴承;9—异径接头;10—机械振动器

图3(a)所示的软煤取样双管工作原理如下:钻进煤层时,轴向载荷与扭矩经异径接头9和外管3传递给带底喷孔的钻头1,形成环状孔底。冲洗液沿接头9的水路经双管之间流向孔底,然后进入管外空间,把岩屑携至地表并冷却钻头。这时由于小钻头2在煤层中超前切出了煤心,故既隔绝了冲洗液对煤心样品的冲刷,又减轻了钻头回转作用对煤心样品的影响。煤心进入内管4时经单向阀5把其上部的冲洗液排出。该双管内还装有保证单动效果的轴承8和自调节装置。当所钻煤层强度增大时,孔底给小钻头2的反作用力增大,使内管4上移,压缩碟形弹簧7,使小钻头2相对钻头1的伸出量变

小。同时,摩擦离合片6相互压紧,把扭矩传到内管4和小钻头2上,使其与外管一起回转(不一定同步),更容易超前切入强度增大的煤层。如果煤层变软,摩擦片又将相互脱离,仍保持小钻头的超前量,且实现不回转切入。

对于软煤和破碎、胶结性差的岩石可采用簧片式卡心工具(参见图2e)。其簧片从张开到合拢的直径变化最大,有利于保证碎块的采取率。在钻头1内台阶上装有爪簧(参见图2f),当薄壁小钻头2超前于外钻头1时,爪簧被撑开;而提升钻具时,薄壁小钻头2缩回,爪簧便自动收拢封住小钻头底端,从而保证煤心采取率。但如果岩石很软,钢质簧片可能造成煤心的人为破坏,所以必须保持簧片座在钻进过程中不旋转,或者采用较软的铜质簧片。

图3(b)所示的双管用于钻进含有硬夹矸的煤层。其特点是用机械振动器10替代摩擦离合片,当小钻头遇到硬夹矸时,弹簧被压缩,齿状联轴节闭合(其下部与内管和小钻头相连,不旋转;而上部与外管相连,旋转)并经内管向小钻头传递高频振动载荷,使小钻头更容易压入含有硬夹矸的煤层。该双管的其它结构类似于图3(a)所示的双管。

为了更好地保护岩心中的原始层理与结构信息,防止在地表从管内取出岩心时导致的人为破坏,还可以在上述取煤钻具的内管中增加一层薄壁半合管。这时所用钻头的内径必须略小于半合管的内径,以便岩心顺利进入。起钻后,卸开外管后可直接从内管中倒出半合管并放入岩心中。打开半合管就可看到原生态的煤层结构,而且采取率很高。这就是岩心代表性、纯洁性最好的三层管钻具。

3 用于钻取含气样品的特殊钻具结构分析

勘探含有大量甲烷和其它气体的煤田时,经常需要取出保存层序和含气结构的岩心。由于这些气体承受着很大的地层压力,如果使用普通单动双管钻具,在提升岩心时,随着静水压力降低,其中的气体将很快从岩心中泄漏或逸出。等提至地表后岩心中已基本没有气体了。

为了圈定地层的煤层气含量必须研制特殊的取样钻具。其设计思想是:

- (1)直接在孔底对岩心进行机械密封(图4a);
- (2)借助液态碳酸冻结岩心(图4b);
- (3)往地表提升钻具时,收集从岩心中逸出的气体(图4c)。

机械密封式取气样钻具如图4(a)所示。在钻

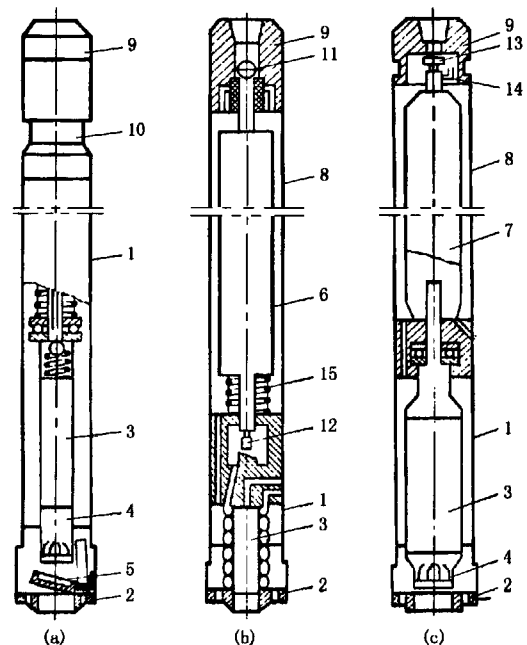


图4 钻取含气体岩心样品的专用钻具示意图

a—机械密封式钻具;b—冻结法钻具;c—集气式钻具;1—取心工具外管;2—底喷式钻头;3—取心内管;4—内钻头;5—铅质封口活门;6—碳酸瓶;7—集气瓶;8—中间外管;9—接头;10—伸缩式内外管接头;11—钢球;12—密封嘴;13—旋塞;14—软管接头;15—弹簧

进过程中,压入式内钻头4超前于外钻头2,这时铅质封口活门5垂直地位于外管1和内管3之间。当内管3充满岩心,开始起钻时,内管3首先被提升,封口活门5砰的一声由垂直状态翻倒至水平状态(这时外管1尚未离开孔底)。然后封口活门紧贴在内钻头4下端。由于此前往钻杆内投入了钢球,在整个起钻过程中岩心内管3和内钻头4被静水柱压力压紧在封口活门5上,直至提升至地表。在内钻头4下端还装有爪簧(参见图2f),可防止起钻过程中煤心脱落。

采用第二种取气样钻具(图4b)钻进时,冲洗液沿接头9的水路经内外管之间流入钻头2的底喷孔到达孔底,携带岩粉并冷却钻头。钻程结束时,取样管3中已充满岩心,往钻杆内投入钢球11并开泵。由于钢球挡住了冲洗液通道,在液体压力作用下,装有碳酸的瓶6向下位移,密封嘴12被尖锐的斜面压破,瓶6中的承压液态碳酸沿缠绕在内管3上的蛇形管流动,把岩心与进入岩心管的气体 and 挥发性液体冻结在一起,然后顺利提升至地表。

与前两种钻具相比,集气式钻具(图4c)的结构特点是,为收集从岩心中逸出的气体设置了一个密封瓶7及其外保护筒——中间外管8。孔底岩层在未被钻取时,其中的煤层气处于稳定状态。岩层被

钻开后,尤其是起钻过程中,由于围压逐渐降低,气体将从岩心中逐渐逸出。该钻具的内管3上设有一管路,逸出的气体将顺着管路进入密封瓶7中并替换出其中的液体。同时,钻程结束时在内钻头4处已形成了被压实的煤心“塞子”并被爪簧托住(参见图2f),可防止在提钻过程中气体逸出和煤心脱落。到达地表后,可在实验室通过旋塞13和软管接头14取出煤层气样品。

4 结语

钻探工作面对的地下岩层性质千差万别,不可能用一种万能的取样工具去应对所有的岩层。必须针对不同的钻探对象研制结构各异的取样工具。为解决我国能源紧缺的“瓶颈”问题,更应重视煤田及煤层气资源勘探所需的特殊结构取样钻具。

煤心是反映地下煤层物质成分、组织结构的唯一实物资料。为保证煤心的代表性、纯洁性和取心位置的准确性,取煤样钻具应具有内管单动、超前、

隔水、避振、防脱落等功能。

我国的煤层瓦斯突出,用于煤层气勘探的取样工具应在前述钻具特点的基础上增加密封、冻结、集气等专用功能,并使两者有机结合起来。

本文分析的含气体样品专用取样工具也可用于石油、天然气钻探。

参考文献:

- [1] 鄢泰宁,孙友宏,彭振斌,等. 岩土钻掘工程学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [2] А. Г. Калинин и др. РАЗВЕДОЧНОЕ БУРЕНИЕ [M]. Москва: НЕДРА,2000.
- [3] Н. В. Соловьев и др. БУРЕНИЕ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН [M]. Москва: Высшая школа,2007.
- [4] 贾明群,王毅,王力,等. 复合排渣钻进技术在松软突出煤层中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(4):23-26.
- [5] 张家军,潘峰. 煤田深孔补采煤心施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):34-35,52.
- [6] 许青海,刘维鹏,白宝山,等. 湖泊相沉积地层大陆环境科学钻探施工技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(5):20-22.

(上接第38页)

泥浆下流动性较普通钻杆要好,而不容易凝固,因此选用绳索取心钻杆灌注时,水泥浆配制水可适当少加一些,能缩短孔内凝固时间。同时,选择人工灌注时较普通钻杆要好,在灌注过程中水泥浆不会被稀释。在较慢的灌注过程中,水泥浆不容易在钻具内凝固。

5.2 建议

(1) 浅孔(0~200 m)水泥浆灌注可选择泵送法,替浆量用时间计算法计算,较为方便,省时省力。

(2) 中深孔(200~700 m)水泥浆灌注,可视工人对灌注工艺的熟练程度和经验,以及钻孔施工的具体情况(孔深、灌注钻具是绳索取心钻杆或普通钻杆),而选择以上两种之一,或任意组合。

(3) 深孔(700 m以深)水泥浆灌注应选择人工

灌注法,替浆量用容积计算法计算,灌注成功率高。

参考文献:

- [1] 贾崇基,蔡公达. 工程流体力学[M]. 四川成都:成都地质学院,1987.
- [2] 张泽业. 工程施工钻探技术[M]. 四川成都:成都地质学院,1987.
- [3] 武汉地质学院,等. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1981.
- [4] 毛雅杰,陈全明. 湘河大泉钒矿复杂地层钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):21-23.
- [5] 谷穗,乌效鸣,蔡记华. 纤维水泥浆堵漏实验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(4):4-6.
- [6] 谢青龙,于殿奎. 白山金英金矿区复杂地层钻进护壁堵漏技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(10):35-35.
- [7] 钱书伟,王如春. 岩心钻探水下灌注水泥方法探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(1):18-21.

勘探技术研究所一项发明专利获中国专利优秀奖

本刊讯 2011年11月8日,国家知识产权局和世界知识产权组织在京举行第十三届中国专利奖颁奖大会。本届专利奖共评选出专利金奖15项,外观设计金奖5项,专利优秀奖177项,外观设计优秀奖35项。国土资源部所属中国地质科学院勘探技术研究所的发明专利“双喷嘴复合阀式液动潜孔锤”(专利号02125436.2)荣获第十三届中国专利优秀奖,是国土资源部在本届获得的唯一一项奖励。

“双喷嘴复合阀式液动潜孔锤”发明创造由勘探技术研究所谢文卫、苏长寿等发明人完成。该专利提供了一种双喷嘴复合阀式液动潜孔锤,当使用的泥浆中固相含量较高时能有效地解决运动零件阻卡问题,提高液动潜孔锤在泥浆中的

工作稳定性。该技术方案可明显简化液动锤的结构、提高其工作可靠性,在现场钻探施工中维护方便,因而更加易于推广应用。实践证明采用该液动锤可大幅度提高钻进效率、延长钻探取心回次长度、减少辅助工作时间和材料消耗。该专利技术解决了我国液动冲击回转钻进技术中关键钻具技术难题,为该技术在我国的广泛应用奠定了基础并走在了世界前列。

根据此专利形成的系列高效液动潜孔锤技术达到国际领先水平,转化成的产品已有近千套应用于生产现场,钻进工作量达百万米以上,取得了显著的社会效益和经济效益。

(勘探技术研究所 苏长寿、谢文卫 供稿)