

# 地质前探轻便高效钻机的研制与应用

韩必武<sup>1</sup>, 姚亚峰<sup>2</sup>, 刘亦洋<sup>2</sup>, 汪芸<sup>2</sup>

(1. 淮南矿业集团有限责任公司, 安徽 淮南 232001; 2. 中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077)

**摘要:** 为了确保煤矿井下采掘工作面施工安全, 防止因地质条件不清造成安全生产事故, 需对施工前方进行地质前探。淮南矿区原来使用的地质前探钻机由于功率太小或搬迁困难, 不能很好地满足地质前探钻孔施工需要。以中煤科工集团西安研究院有限公司生产的 ZDY1200S 型全液压坑道钻机为原型, 对其液压系统和主要零部件进行优化设计, 以满足地质前探的使用要求。经过现场试验, 应用效果良好。

**关键词:** 前探; 坑道钻机; 液压系统; 夹持器

**中图分类号:** P634.3<sup>+</sup>1    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2014)06-0056-03

**Development and Application of the Portable Efficient Drill for Preliminary Geological Exploration/HAN Bi-wu<sup>1</sup>, YAO Ya-feng<sup>2</sup>, LIU Yi-yang<sup>2</sup>, WANG Yun<sup>2</sup>** (1. Huainan Mining Group Corporation Ltd., Huainan Anhui 232001, China; 2. Xi'an Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Corp., Xi'an Shaanxi 710072, China)

**Abstract:** To prevent the accidents caused by unclear geological conditions and ensure the construction safety at mining face, preliminary geological exploration should be done. The originally used underground drilling machine could not satisfy the need of preliminary geological exploration because of the small power and difficult relocation. Taking ZDY1200S full hydraulic underground drilling machine as a prototype, the design of hydraulic system and main components are optimized to meet the application requirements of preliminary geological exploration. The field test proves the good effect.

**Key words:** preliminary geological exploration; tunnel drilling machine; hydraulic system; gripper

## 0 引言

淮南矿业(集团)有限责任公司矿区煤炭资源储量<sup>[1]</sup>大,但是地质条件复杂,煤层松软,透气性低,瓦斯含量大,瓦斯压力高,是全国闻名的瓦斯重灾矿区<sup>[2]</sup>。在工作面巷道掘进时必须严格遵守“探掘”一体化要求,坚持“有掘必探,先探后掘”的原则,并结合掘巷的实际状况进行钻探施工。

为了准确掌握巷道掘进时前方层位可能出现的瓦斯、水、顶底板等灾害情况,确保采掘工作面的施工安全,防止因地质条件不清造成安全生产事故,一般都是通过使用钻机施工前探孔来进行探测。由于前探钻孔施工具有过程短、施工频繁等特点,钻机挪移的工作量很大,因此选择合适的钻机对安全生产和高效施工有着非常重要的意义。淮南矿区选择使用的钻机有小型立式轴式钻机和中煤科工集团西安研究院有限公司研制的 ZDY3200S 型钻机。前者虽然机身轻巧但是功率小,而后者虽然能够满足施工前探孔的孔深要求,但其质量较大,搬运困难。

为了解决上述问题,淮南矿业集团与中煤科工集团西安研究院有限公司合作研发了一款轻便高效、适合淮南矿区地质前探钻孔的钻机。

## 1 钻机设计

中煤科工集团西安研究院有限公司生产的 ZDY1200S 型钻机采用分体式结构,钻孔施工能力适中,钻机可分为主机、泵站和操纵台 3 个部分(见图 1),每个部分的质量较小,各部分之间用胶管连接,摆布灵活、解体性好,主要技术参数为:额定转矩 1200~320 N·m,额定转速 80~280 r/min,钻杆直径 50/63.5 mm,最大给进/起拔力 36/52 kN,主轴倾角 ±90°,主轴通孔直径 75 mm,给进/起拔行程 650 mm,系统额定压力 21/12 MPa,电动机额定功率 22 kW,主油泵排量 0~40 mL/r,副油泵排量 10 mL/r。



图 1 ZDY1200S 型钻机

通过在几个矿井的施工应用,其钻进能力满足地质前探钻孔的需求,但也存在液压系统联动较少、

收稿日期:2014-02-27; 修回日期:2014-05-21

作者简介:韩必武(1973-),男(汉族),安徽六安人,淮南矿业集团有限责任公司安全开采研究管理总院地质院主任工程师、高级工程师,矿井地质与煤田勘探专业,博士,从事煤矿地质与勘探工作,安徽省淮南市洞山中路1号,hndzy7674640@163.com。

夹持器开口量较小和挪移较不方便等问题。根据这些不便,将其进行了如下优化。优化后的钻机如图2所示。

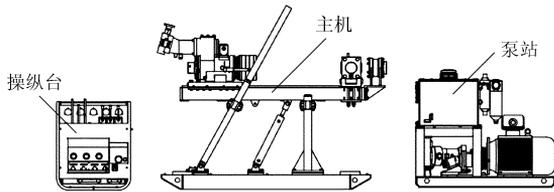


图2 地质前探轻便高效钻机结构示意图

### 1.1 主机

主机由动力头、夹持器、给进装置、机架和扶正器5个部件组成。

动力头是钻机的主要部件,通过斜轴式液压马达经齿轮减速箱将动力传给卡盘;卡盘通过进出高压油实现夹紧或松开钻杆,卡盘的转速和转矩可通过调节液压马达排量实现无级调节。

夹持器采用一种新型弹性元件——氮气弹簧。氮气弹簧是一种以高压氮气为工作介质的新型弹性组件,它具有体积小、弹力大、行程长、工作平稳、制造精密、使用寿命长、弹力曲线平缓以及不需要预紧等优点<sup>[3,4]</sup>,是一种具有柔性性能的新一代的最理想的弹性部件。氮气弹簧的弹力曲线是一条近似水平的曲线,与行程的变化影响不大,相比较而言,普通弹簧与碟形弹簧等金属弹簧的弹力曲线是一根斜线,随着行程增大而显著增大,如图3所示。

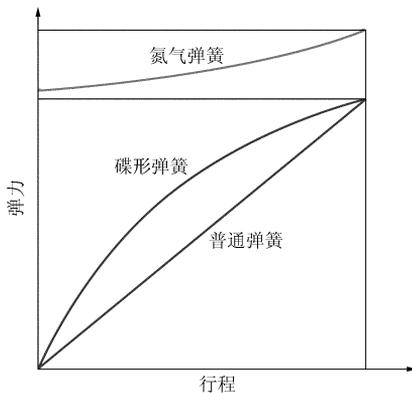


图3 氮气弹簧与金属弹簧弹力曲线比较

用氮气弹簧代替原来的碟形弹簧,在不增加夹持器的外形尺寸的情况下,既保证了原来夹持器的夹紧力,又显著增大了夹持器的行程。夹持器结构如图4所示。

给进装置由给进油缸、机身、拖板和连接装置等组成。给进油缸一端与机身连接,另一端与拖板相连,通过油缸的往复运动带动拖板前进或者后退,

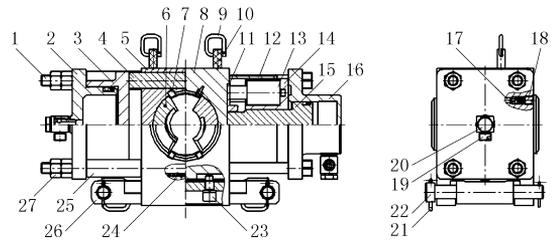


图4 氮气弹簧式夹持器

- 1—螺杆;2—主油缸活塞;3—主油缸体;4—顶柱;5—左卡瓦座;6—卡瓦;7—卡键;8—右卡瓦座;9—插杆拉环;10—插杆;11—垫环;12—弹簧套;13—氮气弹簧;14—弹簧座;15—副油缸活塞;16—副油缸体;17—圆端顶柱;18—紧定螺钉;19—接头体;20—铰接螺栓;21—拉环;22—插销;23—限位螺钉;24—弹簧;25—定位套;26—导轨;27—螺母

实现钻杆的给进和起拔。

机架由底座、调角装置和连接装置组成。底座设计成早船式结构,并给机架底部和上部增加一层防护罩,将其改为封闭式结构。在搬运时这种机架底座与巷道底板的摩擦力较小,对于底板高低不平的状况适应性强,有效地减小了工人劳动强度。另外,在机架的横梁上增加4个挡环,在给进装置安装到机架横梁上后,用挡环进行左右方向的锁定,防止给进装置在装配过程中和钻机使用过程中跑偏,对调角油缸产生附加力,影响调角油缸的寿命,同时可为给进装置拆装定位。

扶正器安装在夹持器前方,以保证打钻时钻杆与钻机动力头主轴的同轴性,扶正器的扶正套可以随着钻杆转动,扶正套与钻杆之间为滚动摩擦,钻杆磨损小,有助于延长钻杆的使用寿命。

### 1.2 操纵台

操纵台是钻机的控制中心,采用全包围油管集成式结构,由液压控制阀、压力表及管件组成。将操纵台内部所有管件设计为胶管连接,提高了配件的互换性,减少了使用中出现的漏油等缺陷。为了防止搬运时井下杂物对胶管和液压阀件的损坏,在操纵台的四周安装有防护板,防护板拆卸简单,维修方便。操纵台接头采用平面密封快速接头,拆卸后由于结合面为平面,可避免外部煤屑进入接头,造成油液污染问题。

### 1.3 泵站

泵站为钻机提供动力,由电机泵组、油箱和冷却器组成。

电机泵组由防爆电动机、联轴器、主泵、副泵等部件组成。主副泵均为斜盘式柱塞泵。联轴器选用梅花形弹性联轴器,承载能力高,使用寿命长,维护方便。

## 1.4 液压系统

液压系统采用回转和给进参数可独立调节的双泵开式循环系统<sup>[5]</sup>,操作功能丰富全面,可实现的工作较多,具有起下钻联动、夹转联动和副泵功能转

换3个功能,不仅方便工人操作还能提高钻机的效率,也特别适合于地质前探钻孔钻进。液压系统如图5所示。

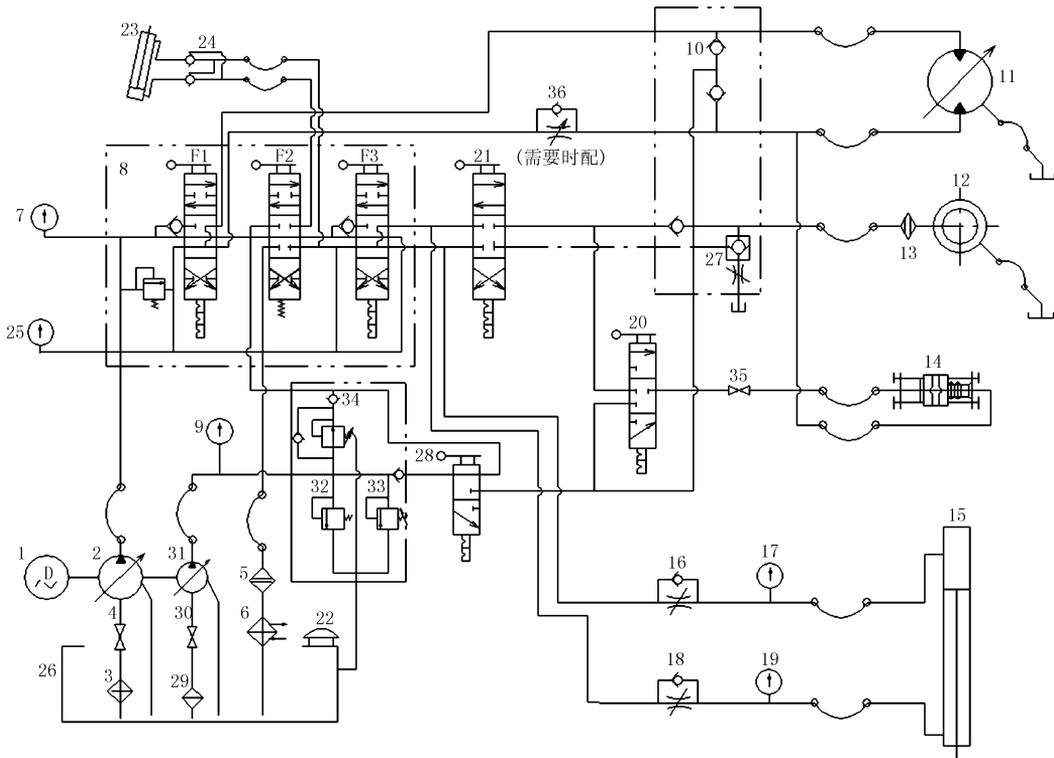


图5 优化后的ZDY1200S型钻机液压控制系统

1—电动机;2—主变量泵;3、29—吸油滤油器;4、30、35—截止阀;5—回油滤油器;6—冷却器;7—主油泵系统压力表;8—多路换向阀;9—副油泵系统压力表;10—单向阀组;11—液压马达;12—液压卡盘;13—精滤油器;14—夹持器;15—给进起拔油缸;16、18、36—单向节流阀;17—起拔压力表;19—给进压力表;20—夹转联动功能转换阀;21—起下钻功能转换阀;22—空气滤清器;23—支撑油缸;24—液压锁;25—回油压力表;26—油箱;27—卡盘回油阀;28—副油泵功能转换阀;31—副泵;32—安全溢流阀;33—溢流调压阀;34—单向减压阀

起下钻联动功能用于控制卡盘、夹持器与给进油缸的联动和分离,应用于起下钻杆的工况。

夹转联动功能用于控制卡盘、夹持器与给进油缸、马达的联动和分离,应用于系统压力较高工况下,此时夹持器供油压力较高,夹持器开口较充分,钻进时不易磨损钻杆。

副泵功能转换阀用于改变副泵给进压力的调节方式,利用副泵供油给进有2种方式,即溢流阀给进和减压阀给进。溢流阀给进适用于钻进所需的回转扭矩较大而给进力较小的工况,减压阀给进适用于钻进所需的回转扭矩较小而给进力较大的工况。

原ZDY1200S型钻机的液压控制系统联动较少,功能单一,操作不便,自动化操作程度低。优化后的液压控制系统,主要增加了夹转联动和卡盘增压功能,在操纵台控制上相应增加了夹转联动功能手把和副泵转换功能手把,丰富了操纵台的功能,提

高了钻机的工作效率,使液压系统的功能更全面,可实现的工作较多,也特别适合于地质前探钻孔钻机。

## 2 试验及应用

钻机试制完成后,在“国家安全生产西安钻机检测检验中心”进行空载、负载和过载等多项试验,测试结果均达到设计要求。

试验地点选在淮南矿业集团潘二矿,共选择了6个地点进行了钻机钻进应用,分别为:12223疏水巷(岩巷)、西二A组煤胶带机上山上段(岩巷)、-530西二至西四新增轨道大巷西二段(岩巷)、12328下顺槽(煤巷)、18224底抽巷联巷(立眼)和18428下顺槽(立眼)。在 $\pm 90^\circ$ 的调角范围内进行了试验,共打控层孔65个,验证孔34个,总深度5453.6 m。

(下转第62页)

表4 主要项目成本对比

主要项目	试产地热井套管	吨套管费用/元	石油套管	吨套管费用/元
管体材料	无缝钢管(20)	4400	无缝钢管(J55)	5200
接箍成本	J55接箍	540	J55接箍	540
其他材料	密封脂等	252		
人工费用	6人/班	95		
综合成本	试产地热井套管	5297	石油套管	6300

注:在螺纹加工车床投资方面,试产地热井套管使用数控改造车床费用仅需12万元;而石油套管专用机床需要77万元。通过降低设备投资,可以较好地控制生产成本。

跟踪了解,发现该套管在接箍控制上紧方面还有待作进一步改进优化。实践应用表明研制的地热井用套管结构参数设计合理,产品材质及性能可靠,能够满足地热井成井要求,同时可适当降低施工成本,提高施工单位的经济效益。

## 5 结语

研制地热井用套管的思路和方法,相对于传统

地热井使用石油套管,在管体材质、生产工艺流程及主要生产设备方面均有不同程度的优化和改善,在保证产品使用性能的前提下,使地热井用套管的综合生产成本降低了20%左右,具有较好的经济效益。该产品的研制、试产和试用实践表明,地热井用套管不仅可以降低地热井施工成本,也为今后进一步探索向其它领域的应用提供了可能性,具有较好的推广借鉴意义。

## 参考文献:

- [1] 李悦,关铎.我国地热资源开发利用优势对比分析[J].水文地质工程地质,2011,(6):1-3.
- [2] 李俊,杨甘生,于好善.不同约束方式下膨胀套管的旋转膨胀有限元分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(1):39-42.
- [3] 王慧岭,程林,朱立强.新型SPT-600拖车钻机的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(6):26-28.
- [4] API spec 5CT,套管和油管规范[S].
- [5] API SPECIFICATION 5B,套管、油管和管线管螺纹的加工、测量和检验规范[S].

## (上接第58页)

现场应用表明,该钻机在地质前探钻孔施工中效率高、完全满足该类钻孔的施工需求,并能方便实现钻机的转运,加快了地质前探钻孔的施工进度。

## 3 结论

(1)地质前探轻便高效钻机操作快捷便利,联动功能提高了钻机操作的自动化程度,使钻孔施工更加方便省时。

(2)夹持器实际张开行程得到了很大提升,扶正器的配合作用,极大地减少了对钻具的磨损;泵站整体强度高、冷却效果好;操纵台防护板对操纵台及操作人员的保护作用明显,漏油现象很少,平面快速接头的使用大大降低了油液污染率;钻机外形尺寸小,质量轻,连接快捷,主机早船式底座使其能较好

地适应高低不平的路况,搬运阻力小,转移方便。

(3)钻机钻进能力适合,性能稳定,维护和保养方便,费用低,安全性高,能保证满足穿煤层并准确控制出煤层位置的要求。

## 参考文献:

- [1] 崔松涛,陆启均.淮南矿业集团煤炭资源开发利用分析[J].煤炭技术,2012,(4):1-5.
- [2] 淮南矿业集团.2009中国煤炭工业发展研究报告[R].安徽淮南:364-368.
- [3] 刘建军.简介模具弹性元件的新秀——氮气弹簧[J].价值工程,2010,(11):87.
- [4] 任雪岩.氮气弹簧的结构及在模具设计中的应用[J].汽车工艺与材料,2000,(12):34-37.
- [5] 姚克,殷新胜,姚宁平,等.ZDY4000S型全液压钻机的设计与应用[J].煤炭工程,2006,(2):77-79.
- [6] 胡海峰,陆惠明.ZDY4000BL型液压钻机履带行走液压系统的设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(5):39-41.

## 湘西北慈页1井成功探获页岩气

国土资源部网站消息(2014-06-17)日前,从中国地质调查局油气资源调查中心在湘西北部署的慈页1井工作区传来消息,技术人员在现场实验室对该井取出的第一筒页岩岩心解析气进行点火并获得成功,证实了湘西北地区页岩气的存在。

慈页1井位于湖南省张家界市慈利县景龙桥乡,其钻探工程在新区—湘西北地区、新层系—下寒武统牛蹄塘组地层取得突破,后期生产井同时采用水平井、分段压裂等新技术方法,将带来湘西北地区页岩气勘探开发思路上的创新。

慈页1井的突破为湖南页岩气勘探打开了一扇窗。据介绍,湖南省页岩气资源量达9.2万亿 $m^3$ ,位居全国第六;湘西北地区页岩气资源量最大,约为4.81万亿 $m^3$ ,占湖南省页岩气资源量近七成。特别是下寒武统牛蹄塘组地层在湖南地区广泛分布,是湖南省重要的页岩气富集层位。慈页1井的成功钻探对本区邻近的龙山、保靖、花垣、桑植、永顺5个页岩气招标区块具有重要的引领和指导作用,有助于推进整个中下扬子地区页岩气勘探开发的进程。