

## CTG - 200 型全液压工程钻机的研制与应用

邱 华, 彭儒金, 戴圣海

(湖南省地勘局探矿机械研制中心, 湖南长沙 410100)

**摘要:**本文针对目前市场上工程钻机施工过程中存在工艺适应性差、钻进效率低、能耗较高等问题,介绍了一种采用负载反馈系统的新型全液压工程钻机——CTG - 200 型工程钻机。其具有适应强、节能降耗、钻进行程长、起拔能力大及自动卸扣等优点。野外地质勘探结果表明,CTG - 200 型全液压工程钻机履带行走平稳,性能稳定,操作简单,给进辅助时间少,钻具提升速度快,拆卸钻具及多角度孔位施工方便快捷,很好地解决了工程施工过程中难以克服的问题。无疑,全液压工程钻机是解决当今钻探市场对钻机高效与节能环保需求的一个新的发展方向。

**关键词:**全液压工程钻机;液压系统设计;无级调速;履带行走;节能;负载敏感阀;变量泵

**中图分类号:**P634.3<sup>+</sup>1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2017)11-0050-06

**Development of CTG - 200 Type Full Hydraulic Engineering Drill and Its Application/QIU Hua, PENG Ru-jin, DAI Sheng-hai** (Changsha Exploration Machinery Factory, Changsha Hunan 410100, China)

**Abstract:** In view of poor technological adaptability, low drilling efficiency and high energy consumption of engineering drill in construction process, a new full hydraulic engineering drill with load feedback system is introduced in this paper, which has the advantages of strong adaptability, energy saving, long drilling footage, large pulling force and automatically screwing. The field geological exploration results show that CTG - 200 type full hydraulic can solve the difficulties in the construction with its characteristics of smooth crawler travel, stable performance, simple operation, short auxiliary feeding time, fast drilling tools lifting, convenient drilling tools removing and convenient construction for different hole positions in multi angles. The full hydraulic engineering drill is a new development direction to satisfy the demand of high efficiency and energy saving in today's drilling market.

**Key words:** full hydraulic engineering drill; hydraulic system design; stepless speed regulation; crawler travel; energy saving; load-sensitive valve; variable displacement pump

### 0 引言

随着工程施工领域的不断拓宽、国家对环保及安全要求的严格控制及劳动力价值的不断提高,施工设备必须通过应用新技术、新工艺,达到提高施工效率及操作的方便性、安全性及工艺适应性等功能。为了满足这种时代进步的要求,国内多家勘探设备制造企业在有条不紊地进行工程钻机的升级换代,即以全液压传动技术逐步取代传统的机械传动,重点突出技术创新、高效节能、绿色可持续发展等优点。

目前,市场上工程钻机存在以下问题。

(1)操作手柄多,操作过程复杂,不利于孔底事故的快速响应,且易出现误操作。

(2)钻机设计功能单一,施工工艺适应性较差,产品竞争能力弱。

(3)液压系统大都采用定量泵——定量马达,

主泵采用齿轮泵,其弊端是系统压力不高,流量脉动和压力脉动较大,造成系统不稳定,容积效率明显过低。

由于是定量系统,液压泵满功率输出,实际需求功率只跟实时钻进工况有关,因此常常会出现功率过剩的现象,造成能源损耗严重,严重时会出现溢流阀高压溢流,液压油过热,导致液压系统失效。

(4)施工过程中,普通工程钻机在遇见松散地层施工时,会出现下放套管难以起拔的现象,严重影响勘探钻进的正常进行。

本文针对以上问题进行探讨研究,研制了一款钻进深度为 200 m 的全液压工程钻机——CTG - 200 型全液压工程钻机。该钻机通过快速移位,提高一次性钻进行程,增大钻进角度调节范围等来提高钻进效率,减轻劳动强度,满足新形势下的市场需求。

## 1 CTG-200型全液压工程钻机的总体结构

### 1.1 钻机的主要性能

针对当前市场上工程钻机存在的问题,本文结合市场实际情况,应用先进的液压技术以及相应的结构设计,很好地解决了以上技术难点。

(1)通过液压操作手柄,即可实现输出转速的无级调节,给进压力、给进速度亦可微动调整,操作相当简单。设计了钻杆自动拆卸装置,降低了钻杆拆卸难度,节省了辅助时间。

(2)通过柔性结构设计,合理的技术参数,可以实现复杂地层的施工钻进。结合先进的负载敏感反馈液压主系统,输出特性随工况变化,高效节能。

(3)通过变幅油缸调节转臂的倾斜角度,调平油缸调节滑移机构与转臂铰接的角度,上述两种角度重叠组合,实现施工多角度调节变化,可以实现钻塔倾角的大范围调节。

(4)动力头采用双马达驱动结构,有效增大输出扭矩与输出转速,并且通过更换系列驱动马达,实现参数的多样变化,满足不同工程施工领域需要,极大地增加了其应用范围。并且在动力头输出轴端配置缓冲结构,在潜孔锤钻进时有效保证了动力头内部结构的冲击损伤。

(5)模块化设计,使钻机配套、应用灵活方便。配置小型液压卷扬机,方便钻具的提升、取心等;配置液压猫头轮,实现标准贯入工艺;配置钻杆置放支架,方便钻杆在工地短距离转移;配置可侧移式托板,方便动力头侧向滑移让开孔口,用以下放套管或者绳索取心。

### 1.2 钻机的外形结构

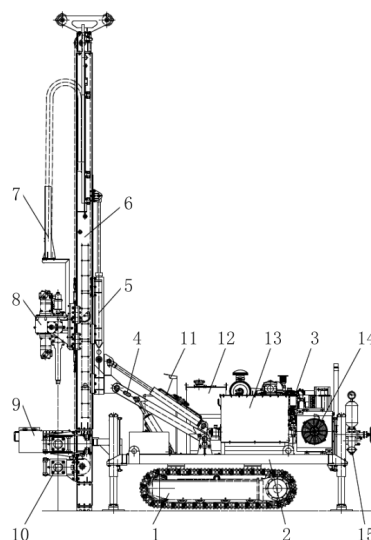
全液压工程钻机主要包括履带底盘、底架、动力总成、变幅转臂、滑移机构、塔架、夹持器总成、液压系统总成等部件。用液压系统控制钻机的所有动作,使之具有节能环保、行程长、起拔力大、提升速度快、自动拆卸钻杆及速度变化范围大等功能,较好地满足了当前钻探市场对工程钻机性能稳定、施工效率高、移位方便快捷及节能环保等要求。钻机外形结构如图1所示。

### 1.3 主要技术参数

CTG-200型全液压工程钻机的主要技术参数如下。

名义钻进深度:200 m

夹持口径:Ø50-Ø150/Ø73-Ø280 mm



1—履带底盘;2—底架;3—动力总成;4—变幅转臂;5—滑移机构;6—钻塔总成;7—拖链总成;8—动力头;9—钻进平台;10—夹持器总成;11—操纵平台;12—柴油箱;13—液压油箱;14—冷却器;15—泥浆泵

图1 钻机外形结构示意图

钻杆规格:Ø50/73 mm × 3000 mm;

Ø89/114 mm × 3000 mm

动力机:柴油机 70 kW@1500 r/min

电动机 55 kW@1480 r/min

动力头最大输出扭矩(低速马达):4400 N·m

动力头输出转速(低速马达):

	低速挡(r/min)	高速挡(r/min)
并联马达	0~47	94~189
串联马达	0~95	189~378

动力头最大输出扭矩(高速马达):2750 N·m

动力头输出转速(高速马达):

	低速挡(r/min)	高速挡(r/min)
并联马达	10~75	151~302
串联马达	10~151	302~604

动力头给进行程:3700 mm

动力头最大起拔力:57 kN

动力头最大给进力:29 kN

桅杆滑移行程:850 mm

桅杆起落角度: -15°~90°

水平孔高度:2.15~2.98 m

系统压力:20.5 MPa

爬坡能力/行走速度:30°/2.4 km/h

工作气压:0.5~2.46 MPa

耗气总量:3.5~30 m<sup>3</sup>/min

总质量:4600 kg

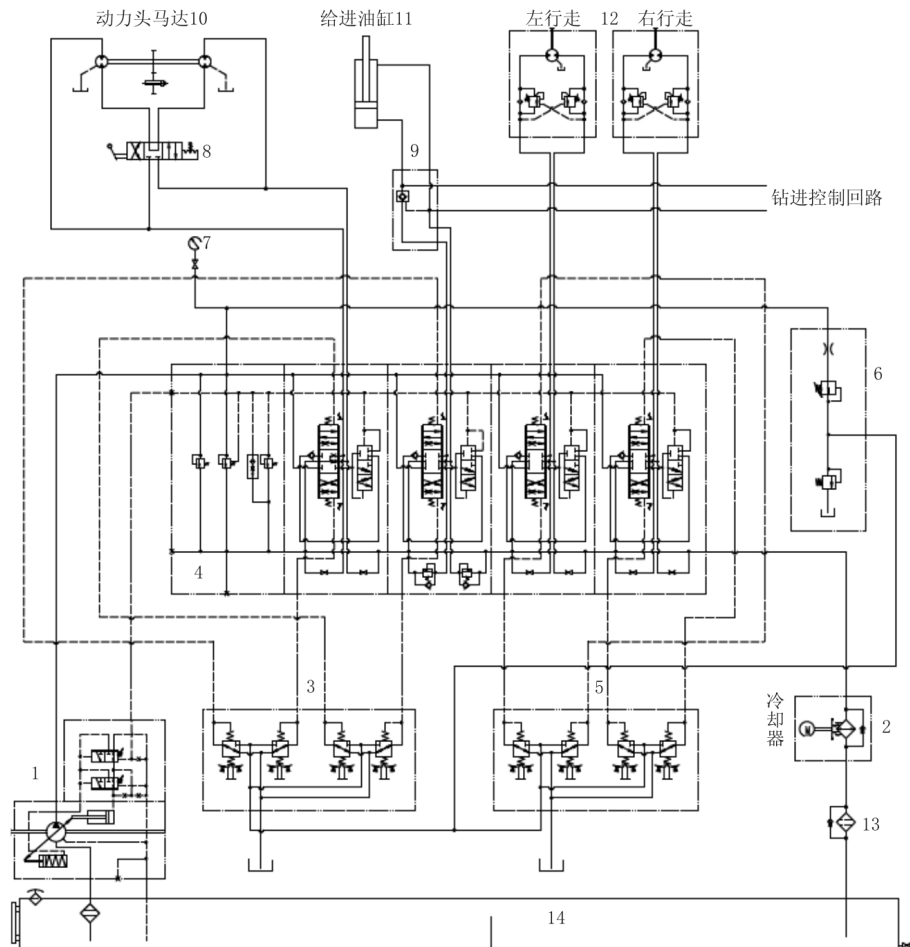
长×宽×高:5850 mm×2200 mm×2500 mm

#### 1.4 钻机的液压系统

钻机液压执行元件主要包括履带行走、变幅油缸、调平油缸、滑移油缸、动力头马达、给进油缸、支撑油缸、侧移油缸、泥浆泵驱动马达等。液压系统通过

借鉴国外同行的先进技术,主泵采用斜盘式轴向柱塞泵,主阀采用流量比例分配阀负荷传感多路阀,先导液控,动力头先导手柄采用摩擦定位,实现无级调速,较好地满足了高效、节能、稳定的工程施工需求。

##### 1.4.1 主油路(见图2)



1—主变量泵;2—冷却器;3—钻进先导手柄;4—负载敏感多路阀;5—行走先导手柄;6—减压阀;7—压力表;8—串并联阀;9—单向液压锁;10—动力头马达;11—给进油缸;12—行走马达;13—过滤器;14—油箱

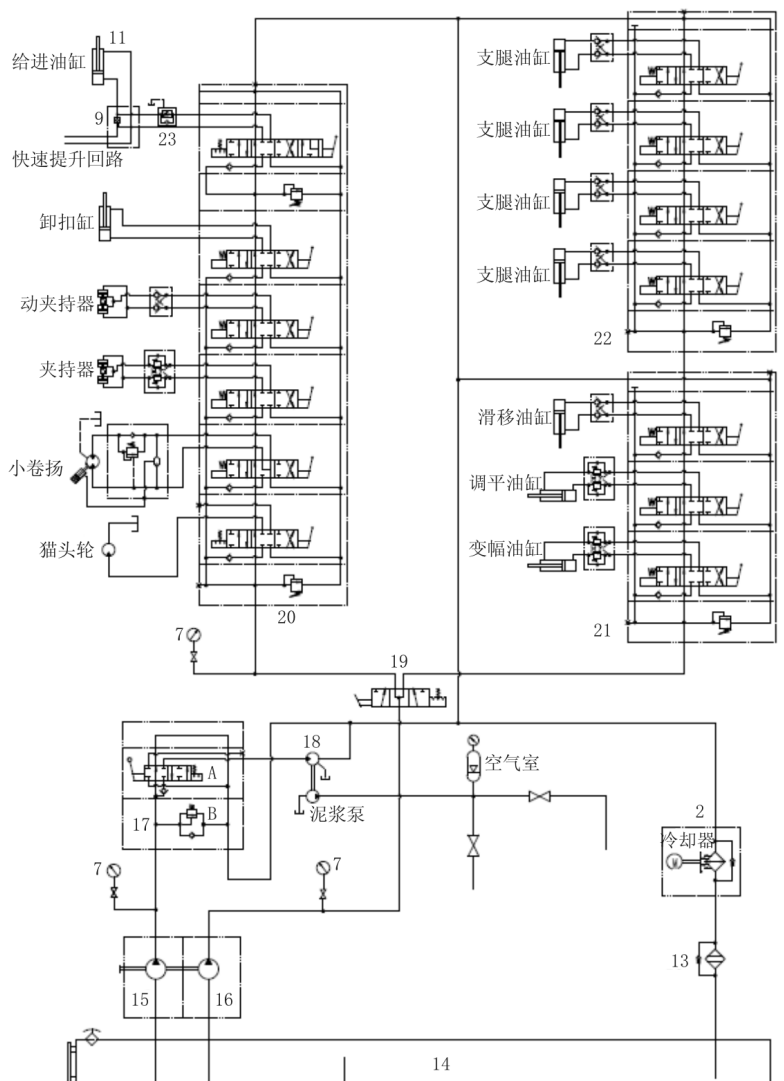
图2 主油路液压系统示意图

主变量泵1+负载敏感阀4实现动力头马达10回转、给进油缸11快速提升和下放钻具以及履带行走马达12旋转,利用远程钻进先导手柄3和行走先导手柄5对负载敏感多路阀4进行操作。动力头配置双马达驱动,通过串并联阀8动作实现双马达的串联和并联动作,较大地提高了钻机的输出扭矩与输出转速,满足不同工况实际需要。给进油缸配置了单向液压锁9,有效地避免了由于油管炸裂或破损时钻具在提升过程中跌落的孔底事故。

主油路采用变量泵—定量马达容积调速回路,无节流溢流和压力损失。主泵是负载敏感恒压

恒流控制,通过多路阀前后的压差变量反馈给泵内负载敏感阀来调节泵的流量输出,且不受负载变化压力的影响。而变量泵的出口压力比负载压力高大约2.5 MPa,且在最高限压范围内自动适应负载的变化,使之适应执行元件的需要。主阀采用流量比例分配负载传感多路阀,与变量柱塞泵、先导控制手柄相组合,实现精确微动控制,高效节能,有良好的抗干扰和抗流量饱和功能,保证工作流量不受负载变化的影响。操纵简单方便,在调节动力头转速时不会造成主系统的高压溢流,造成能量损耗与浪费,有效实现节能功能。

### 1.4.2 副油路(见图3)



15—齿轮泵;16—齿轮泵;17—泥浆泵控制阀;18—泥浆泵马达;19—三位三通阀;20—钻进控制阀;21—辅助控制阀;22—支腿控制阀;23—单向节流调速阀

图3 副油路液压系统示意图

齿轮泵 15 + 泥浆泵控制阀 17 实现泥浆泵的启动停止动作。泥浆泵控制阀 17 的 A 油口控制泥浆泵马达 18 工作, B 油口属于预留油口, 用于潜孔锤施工工艺时吸尘装置马达供油使用, 充分利用系统油路, 实现绿色环保施工需要。

### 1.4.3 钻进油路

齿轮油泵 16 + 三位三通阀 19 + 钻进控制阀 20 实现钻机的钻进、钻杆的夹持与拆卸以及预留等的猫头轮和小卷扬机动作。钻进控制阀的钻进控制负责正常钻进工作, 在给进油路上设置单向节流调速阀 23, 实现钻进速度调节, 满足相应工艺要求; 阀体设置压力调节旋钮, 实现钻进压力调节, 以保障合

适孔底压力。齿轮油泵 16 + 三位三通阀 19 + 辅助控制阀 21 实现钻塔的升降、调平角度, 以及钻塔在滑架机构上的滑移动作。齿轮油泵 16 + 三位三通阀 19 + 支腿控制阀 22 实现底架支腿的支撑动作, 保证底架水平和保护履带底盘在施工时不受损坏。

## 2 全液压工程钻机的节能分析

节能是当今社会对工程施工机械发展提出的更高要求, 本文通过负载反馈系统设计降低工作和待机时能量损失来实现全液压工程钻机节能。

节能, 其实就是系统功率的利用率, 而整个系统

的效率利用可以用一个总公式进行分析表示:

$$\eta = \eta_e \eta_p \eta_a \eta_c$$

式中: $\eta_e$ ——原动机的效率; $\eta_p$ ——液压泵的总效率; $\eta_a$ ——液压执行元件的总效率; $\eta_c$ ——液压回路的总效率。

由上式可知,原动机的效率 $\eta_e$ 、液压泵的总效率 $\eta_p$ 、执行元件的总效率 $\eta_a$ 都是刚性的,在选好系统元件后就无法再进行提高它们的效率,所以,液压回路的总效率 $\eta_c$ 就可以进行合理的优化设计进行改变。

而液压回路的总效率为:

$$\eta_c = \frac{P_1 Q_1}{P_p Q_p} = \frac{P_1 Q_1}{(P_1 + \Delta P)(Q_1 + \Delta Q)}$$

式中: $P_1$ 、 $Q_1$ ——负载的压力、流量; $P_p$ 、 $Q_p$ ——液压泵的输出压力、流量; $\Delta P$ 、 $\Delta Q$ ——损失的压力、流量。

如果回路的损失压力 $\Delta P$ 和损失流量 $\Delta Q$ 增加,则回路的压力效率和回路的容积就要降低。损失压力和损失流量是液压系统能耗的主要原因,液压系统节能设计的实质就是研究在满足输出需要的前提下,使损失压力 $\Delta P$ 和损失流量 $\Delta Q$ 尽可能地减小,从而提高整个系统的效率。

选取图4所示的变量泵与流量比例分配阀负荷传感多路阀匹配,通过X口将负载压力引入,压力差控制变量泵的FR流量阀的阀芯移动,变量缸右端容腔的变化实现排量的调节,则可实现不同负载不同流量的控制,从而可以有效地避免流量与压力的损失。同时,在泵处于待机状态时,还能实现系统低压小流量卸荷,大大减少了动力机的待机能耗和系统发热。

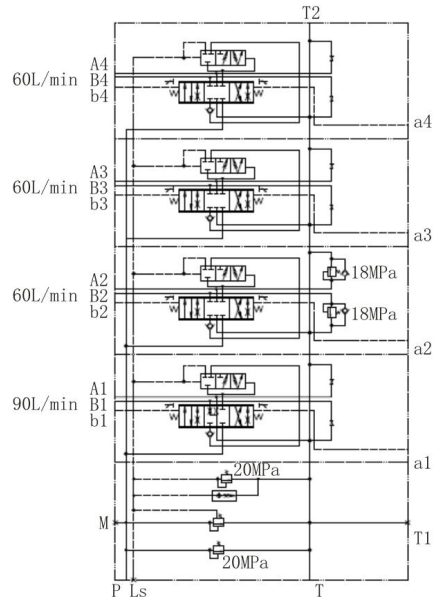
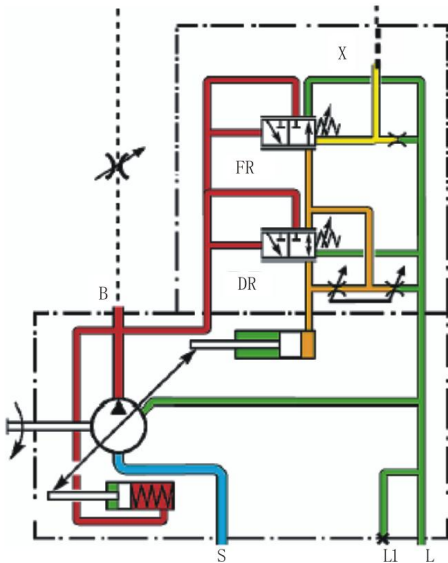


图4 变量泵与多路阀原理图

### 3 全液压工程钻机野外应用效果

在湖南省湘西州永顺县地下溶洞引水工程施工(见图5),钻机配置高转速动力头。该地层为粘土、红砂岩、石灰岩,地质情况相对复杂。采用全面钻进,由于底层复杂使用三翼刮削钻头、金刚石钻头、地质勘探用复合片PDC钻头。由于是水平孔施工,需要考虑钻具的自重影响成孔自然向下倾斜的趋向,因此选取了材质较好的薄壁岩心管。开孔直径150 m,为防止孔口坍塌,下放套管30 m,终孔直径



图5 湘西永顺溶洞引水工程施工

110 m,成孔深度200 m。动力头转速调节在300 ~

500 r/min,给进压力8~12 MPa,泥浆正循环冲洗。在施工时大胆采用套管做钻杆使用进行护壁,施工效果理想,大力起拔套管容易,动力能耗低,节能效果良好。

在湘西州保靖县采石场进行工程爆破孔施工(见图6),钻机未配置动力头侧移、天车。该地层为沉积岩与花岗岩。工地环境恶劣,坡度大,移机困难。采用潜孔锤施工工艺,使用 $\varnothing 75$  mm 钻具,设计孔深15 m,相距10 m一个爆破孔位,钻孔角度多样化,根据地形情况进行调节。辅助配套 $8\text{ m}^3/\text{min}$ ,压力0.8 MPa的空压机,动力头选取低速挡、马达串联输出,提供转速在10~95 r/min连续可调。实际使用转速在60 r/min左右,钻进压力在4~6 MPa,参数的合理调节充分满足潜孔锤工艺要求,钻进速度达到1.1~1.5 m/min,成孔时间大约需要12 min,配合简易的钻进平台,成孔效率很高。



图6 湘西保靖矿山潜孔锤施工

通过对上述野外应用进行分析,CTG-200型全液压工程钻机在性能、可靠性以及节能效果等方面具有如下优点:

(1)全液压工程钻机履带行走平稳,长行程给进辅助时间较少,钻具提升速度快,拆卸钻杆比较流畅,多角度孔位施工便利,很好地解决了当前工程钻机存在的环境适应能力差、钻进效率低的问题。

(2)压力流量复合控制变量泵、比例分配负载传感多路阀、先导控制手柄组合应用的液压系统功率损耗较低,效率远高于常规液压系统,且系统性能稳定,故障发生率极低。

(3)在施工过程中,钻进压力、输出转速等各个参数的变化,都很直观地体现在全液压工程钻机的

钻进平台上,且操作简单方便,大大降低了施工劳动强度,较强地满足了多种施工工艺需求。

#### 4 结语

将负载反馈系统有效地应用于CTG-200型全液压工程钻机,节能降耗效果显著;应用模块化设计,针对不同钻探工艺实现灵活配套。该产品试制完成后,较好地完成了野外地质勘探应用,施工效果良好,钻进效率高,钻杆拆卸尤为方便,动力头输出转速范围大且能精确控制,大大增强了钻机的工艺适应性,产品性能得到了有效地验证。下一步将对钻机进行优化设计与合理整合,形成系列化产品,扩展其应用领域。

#### 参考文献:

- [1] 杨付伟,鲁建军. GYD-20型全液压力头工程钻机的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):34-36.
- [2] 靳益民,高淑芳. GYD-300型全液压力头工程钻机的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(12):23-25,34.
- [3] 高铁军,崔高汉,董朝晖,等. GXY-150型工程钻机的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(4):45-46.
- [4] 刘旭明,吴云上. GW-40型大口径全液压履带式工程钻机[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),1998,(4):33-34.
- [5] 罗诗伟,张联库. HMD-7500型多功能全液压锚固钻机的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(3):44-47.
- [6] 肖志强,刘广,张正元. GBS-55型水平定向钻机液压系统的设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(6):46-49.
- [7] 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.
- [8] 姜继海. 液压传动[M]. 黑龙江哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2007.
- [9] 冯德强. 钻机设计[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1993.
- [10] 王达,何远信,等. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙:中南大学出版社,2014.
- [11] 刘延俊. 液压元件及系统的原理、使用与维修[M]. 北京:化学工业出版社,2010.
- [12] 雷天觉. 新编液压工程手册[M]. 北京:机械工业出版社,1998.
- [13] 张利平. 液压传动系统设计及使用[M]. 北京:化学工业出版社,2010.
- [14] 赵大军. 岩土钻掘设备[M]. 湖南长沙:中南大学出版社,2010.
- [15] 王福平. 岩土工程施工机械[M]. 北京:地质出版社,2002.
- [16] 鄢泰宁. 岩土工程钻掘工程学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [17] 官中范. 液压传动系统(第3版)[M]. 北京:机械工业出版社,1997.