

液压锚杆钻车钻杆自动装卸装置的设计

要海萍

(张家口宣化华泰矿冶机械有限公司 河北 张家口 075100)

摘要: 矿用液压锚杆钻车是以高压油为动力, 进行钻凿锚杆孔的凿岩设备。市场上液压锚杆钻车功能可满足生产需求, 矿用液压锚杆钻车钻杆自动装卸装置可进行钻杆装卸。本文研究设计液压锚杆钻车钻杆自动装卸系统, 阐述液压钻车结构特点, 设计自动装卸系统可实现钻杆自动装卸功能。结合装置工作原理, 确定换杆装置运动过程, 计算装置构件位置关系。用工程设计软件设计装置三维结构实体模型, 对装置进行有限元分析。装置原理简单, 具有推广应用价值。

关键词: 液压锚杆钻车钻杆; 自动装卸装置; 工程机械设计

0 引言

我国每年都会发生多起矿井事故, 因锚固不到位是事故的主要原因之一。液压锚杆钻车用于凿钻矿井锚固孔等, 是机电液一体化的凿岩设备, 也是防止冒顶事故的重要设备。现有液压锚杆钻车功能虽然不断完善, 但是钻车接卸钻杆大多由工人手动进行。人工更换钻杆增加钻孔附加时间, 工人换杆需要在没有锚固顶的地方接卸钻杆, 产生很大安全隐患。矿用液压锚杆钻车钻杆自动装卸装置可以提高钻车自动化程度, 装置不改变钻车原有功能, 装置体积小, 适合配装在液压锚杆钻车上使用, 减轻工人劳动强度。目前关于工程钻机自动换杆系统研究大多针对特定施工场合使用的钻机, 急需开发适合井下使用的液压锚杆钻车自动换杆装置系统。

1 液压锚杆凿岩设备的发展研究

凿岩机械在地下矿产开采中发挥着重要作用。自 20 世纪 70 年代液压凿岩机问世后, 凿岩机械得到了快速发展, 液压凿岩钻车设备被大多数矿山所采用。近几年, 全液压凿岩钻车技术在我国发展比较迅速, 但是我国矿山凿岩设备稳定性不高, 人机工程性差, 导致工人工作时条件恶劣, 自动化程度不高, 不能满足矿山采矿方法钻孔的需要。

凿岩机械根据应用动力可分为气动、电动、液压等类型, 凿岩机械型号表示每种产品名称, 通常由型号与主要参数组成。气动凿岩机是用气压驱动的小直径凿岩设备。气动凿岩机是水电建设的重要施工机具。地下矿山巷道等地下掘进、采矿、锚固工程大多使用液压凿岩机。随着高校对凿岩机械发展技术支持力度的加大, 一些钻机产品性能达到国际先进水平。国产凿岩设备存在油温过高等问题, 相比国外凿岩机械存在很大差距。目前我国矿山设凿岩备使用较为粗放, 设备使用情况不理想, 中小型矿山仍使用多年陈旧设备。

近年来, 大型地下矿山引进国外全液压钻车, 但维修保养困难、配件昂贵, 导致使用成本较高。为此, 开发符合我国国情的高效凿岩设备, 对我国地下矿山的发展具有重要意义。随着液压控制技术的发展和凿岩装置引入凿岩机器人技术。凿岩机器人可以进行自动定位等, 处于凿岩机械发展的前沿水平。我国自 20 世纪 60 年代进行液压凿岩设备研制, 1980 年首台液压凿岩机研制成功, 由于我国机械制造技术水平制约, 大规模生产较少。21 世纪以来, 我国液压凿岩设备产业

产品性能日趋稳定。近年来, 我国对矿山的生产安全越来越重视, 尤其是巷道锚固等方面的安全性, 矿山巷道的锚固深度越来越深, 但受巷道高度限制, 钻凿锚固孔需要采用接钻杆的方式才能到达要求, 目前我国大部分矿山采用人工接卸钻杆的方式进行作业, 作业人员的人身安全堪忧。

随着我国对凿岩机自动换杆装置研究的不断深入, 目前钻杆自动装卸系统以发展出带有盘式钻杆库的自动换杆装置, 带有箱式钻杆架的自动换杆装置等。中国地质大学联合开发工程钻机钻杆库, 阿特拉斯科普柯建筑矿山设备公司研制的钻杆库液压控制系统等是盘式钻杆库。自动装卸钻杆装置采用液压动力, 充分发挥液压技术优势。液压元件具有体积小, 可靠性高等优势, 液压钻车加装装置推广简便易行。

2 钻杆自动装卸系统结构设计

液压钻车应满足对矿井巷道断面钻孔的需要, 提升钻车自动化程度, 提高施工时安全性。凿岩钻机按用途分为工程钻机、坑道钻机等, 按结构分为液压式、动力头式等。对断面进行打孔使用液压动力头式凿岩钻车在巷道进行钻孔。矿用液压钻车包括动力机控制机构等部分, 动力控制机构由操纵台与油箱组成, 执行机构由钻杆夹持器与自动换杆装置等组成。钻车大多在矿井工作, 液压元件具有体积小、传动平稳等优点。

目前使用的液压凿岩钻车大多为一体式结构, 通过钻臂左右上下展开实现钻机工作范围的调整。为适应矿井复杂环

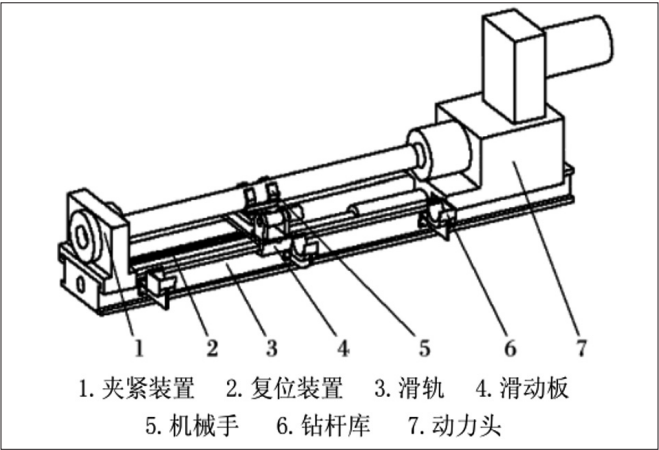


图 1 液压钻车钻杆自动装卸装置

境,钻机钻臂与钻机车架连接,可使凿岩机构垂直于钻车底盘左右、上下展开并且多数布有横轴 360° 旋转机构,通过连接液压管道将钻机与钻车连接。由于钻车在巷道内需要转弯外形尺寸受到限制,钻机的钻臂有时会有 $800 \sim 1600 \text{ mm}$ 的伸缩。钻车工作时会增加可伸缩的支腿,减小钻车工作振动产生位移。

液压钻车钻杆自动装卸系统设计要求具有一定精度,占用空间小,具有较好的强度,通过对类似装置的研究可确定钻杆自动装卸设计方案。如何将钻杆搬运到机架是需要解决的首要问题。本文研究的矿用钻车为小型液压钻车,装卸钻杆的难点是钻杆对接,钻杆架一次可容纳一根钻杆,工人将钻杆放到钻杆架即可。确定装置运杆方式后,自动换杆装置的主要结构确定。机械手设在机架上,设有两个,分别位于滑动板与夹紧装置中间。滑动板可在机架上滑动,机械手关节部位有摆动液压缸,机械手底部液压缸控制张合。装置针对小型液压钻车设计,采用两只机械手抓取钻杆的设计,相比一只机械手抓取钻杆稳定性更好,同时增加了机械手宽度,增大机械手夹紧力能够更好地保证钻杆的稳定性。

3 钻杆自动装卸系统运动与动力分析

矿用液压钻车钻杆自动装卸系统装置的运动分析,包括对关节旋转角度计算、确定各构件位置关系,以及分析装置动力确定构件运动过程等。装置运动构件有滑动板与手臂,可完成对钻杆的夹取及安装。滑动板的作用是承载动力头,换杆过程中,滑动板不运动,与动力头一并沿机架导轨向前运动。由于滑动板前进靠油缸推动,运动速度由油缸速度决定。滑动板速度 $V_{滑}(\text{m/s})$,油缸速度为 $V_{缸}(\text{m/s})$ 。动力头前进运动是油缸钢丝绳结构,油缸行程为动力头的一半,将机械手初始位置设在动力头中间。钻杆长度 l 范围在 $3.0 \sim 4.3 \text{ m}$ 。油缸行程 $s=l/2$, l 为钻杆长度。动力头底座(滑动板)与钻杆夹紧装置有一定空间,机械手爪传动是油缸联动方式,考虑手爪运动行程设计,两手爪顶端宽度应使直径 55 mm 钻杆进入手爪抓取范围。两爪顶部宽度设为 $L=70 \text{ mm}$,手爪张合时间设置为 2 s ,手爪移动速度为 $v=s/t=0.08 \text{ m/s}$,最远点距离为 0.24 m 线段。机械手爪长度应满足确保手爪顶端与底端不产生干涉。

机械手臂功能包括通过旋转关节驱动带动旋转,机械手臂与支座铰接,钻杆架与动力头位于支座两侧,手臂从钻杆架侧翻转至动力头侧。通过对钻杆运动轨迹计算,机械手翻转搬运钻杆过程应缓慢平稳,匀速转动阶段为 3 s 。根据对构件位置关系确定尺寸,支座设置在机架上,支座高度在设计时保证手爪中心与动力头中心轴线重合,得到数值与动力头中心轴线钻机支架高度一致。

4 工程结构设计

液压钻车钻杆自动装卸系统设计完成后,工程结构设计方面需对摆动液压缸进行设计,主要是运用Pro/E软件设计装置三维结构。叶片式摆动液压缸是输出轴能直接输出转矩的回转式液压缸,叶片与转轴固定,叶片带动转轴旋转。叶片式摆动液压缸结构简单,液压缸不适用于高压场合。液压

油从进油口进入,使转子转动。液压缸工作压力较小,缸筒壁厚按公式 $\delta \geq P_{\max} D / 2[\sigma]$ 计算, $[\sigma]$ 为材料许用应力 MPa , $P_{\max}$ 为最高允许压力 MPa , D 为缸筒内径 mm 。

拉伸弹簧安装在滑动板底部,在动力头回撤时拉动滑动板回撤到初始位置,拉簧为滑动板施加拉力保证换杆装置不滑动。钻杆与装置质量为 $M=45 \text{ kg}$,滑动板与机架摩擦系数为 $\mu=0.1$,单根弹簧需承受最大拉力 $2F=Mg \sin \alpha - Mg \cos \alpha \mu$ 。弹簧形变量与滑动板初始位置有关,滑动板位于钻杆中间位置,弹簧刚度计算公式 $K=F/\Delta f$,钻杆长度范围为 $L=1000 \sim 1600 \text{ mm}$,弹簧刚度 $K=F/\Delta f=0.29$ 。随着软件工程技术的发展,成熟的三维造型技术在机械制造等领域得到广泛应用。换杆装置原理设计主要是在尺寸确定基础上,利用三维造型软件进行结构设计,检验机构是否存在干涉,完成对钻杆自动装卸系统的设计。

根据确定的尺寸参数,绘制各构件三维模型。将建立的钻杆自动装卸系统配置到新型钻机支架,钻机由四根液压支柱支撑,拧紧管扣螺栓使钻机固定。利用有限元分析软件对主要构件分析。HyperMesh是开放式有限元处理器,可以高效导入不同格式CAD几何模型,同时具备较强的网格划分能力,划分网格质量高。机械手运动缓慢,对装置极限位置作静态应力分析可知,机械手受力来自抓住钻杆后,机械手夹紧钻杆手爪受到钻杆的反作用力。机械手臂与水平面平行,机械手臂部应力最大。钻杆俯仰角度达最大值 45° ,钻杆重力分解在垂直手臂下方,钻杆重力在轴线方向分力最大。通过分析,不同位置应力最大值为 8.8 MPa ,装置强度满足要求。

5 结语

本文对矿用液压车钻杆自动装卸系统研究设计,实现了对钻车功能的扩展。从整体设计遵循实用经济理念,设计适用于井下施工的小型液压钻车钻杆自动装卸系统。通过对现有液压钻车结构研究,提出新型钻机支架使钻机旋转 360° 。通过对钻机结构分析提出小型液压钻车使用钻杆自动装卸系统设计方案。对液压钻杆自动装卸系统运动过程分析,确定装置主要构件建位置关系,对液压缸进行设计,设计装置与钻车整体装配后的结构模型。通过对机械手危险位置分析,为结构构成设计奠定理论基础。

参考文献:

- [1] 吴军贵,刘海文,陈梦林.液化天然气槽车装卸一体化系统[J].煤气与热力,2021,41(02):15-16+45.
- [2] 刘建良,赵波.8.8m超大采高综采面机电安装成套设备研发和应用[J].中国煤炭,2020,46(08):112-121.
- [3] 张凯,吴鑫,张明柱.煤矿用自动换杆液压钻车的研制[J].煤矿机械,2015,36(10):88-90.
- [4] 陈晨.矿用液压钻车钻杆自动装卸系统研究[D].河南科技大学,2014.
- [5] 陈晨,张明柱,郭蕊.液压钻车钻杆自动装卸装置的设计[J].矿山机械,2014,42(04):18-20.
- [6] 杨建峰,王强,吴应奎,冯国勇.某型艇车装卸液压系统数字仿真研究[J].液压气动与密封,2011,31(06):46-49.