

doi: 10.11799/ce201902031

# 矿用车载式升降平台液压控制系统设计

刘文武

(中国煤炭科工集团太原研究院有限公司, 山西 太原 030006)

**摘要:** 针对煤矿井下大采高巷道类施工项目的工作要求, 提出了矿用车载式升降平台的各项功能, 在此基础上设计了 WC10E(G)-45 矿用车载式升降平台液压系统, 并分别介绍了支腿系统、防触顶系统、举升系统和闭锁系统的工作原理, 对液压元件按要求计算并选型。通过对液压系统回路的合理设计, 改善了液压系统的控制性能, 提高了液压系统的可靠性, 增强了施工作业人员的安全性。

**关键词:** 矿用车载式升降平台; 液压系统; 防触顶系统; 防抖动

**中图分类号:** TD262 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0959(2019)02-0145-04

## Hydraulic Control System Design for Lifting Platform of Mine Car

LIU Wen-wu

(CCTEG Taiyuan Institute, Taiyuan 030006, China)

**Abstract:** In view of the requirements of large mining and high roadway construction projects in coal mine, the functions in lifting platform of mine car are put forward. The hydraulic system of WC10E (G) -45 in lifting platform is designed based on the requirements, and the working principles of leg system, top-avoiding system, lifting system and locking system are respectively introduced. The Hydraulic components are calculated according to the requirements and the type is selected correctly. Through the reasonable design of the hydraulic system circuit, the control performance of hydraulic system is optimized, the reliability of hydraulic system is improved and the safety of the construction workers is enhanced.

**Keywords:** lifting platform of mine car; hydraulic system; top-avoiding system; anti-jitter

近年来煤矿 6~8m 大采高工作面不断增多, 以往在给主巷道及辅助运输巷道打高位侧帮锚杆支护以及布置水管、电缆、指示牌等施工项目时, 主要是通过吊链将部件举升到巷道顶部或搭建临时高空作业台进行施工, 由于工作面长, 施工人员要不断进行重复性的劳作, 效率低、劳动强度大, 同时也存在一定的危险性<sup>[1,2]</sup>。为改善神华神东煤炭集团最新投产的 8m 大采高巷道类施工项目的工作现状, 降低其作业危险性, 简化繁杂的施工工序, 设计了 WC10E(G)-45 矿用车载式升降平台(如图 1 所示), 在补连塔煤矿大采高工作面辅助巷道进行了首次使用, 效果良好, 其在载重、移动和高举升方面都有很好的优势, 避免了很多重复性工作, 减轻了工人

劳动强度, 改善了大采高巷道的工作状况, 保证了综采工作面的高产高效。

### 1 矿用车载式升降平台简介

根据井下施工环境, 要求矿用车载式升降平台可上下升降, 适用于煤矿巷道高度 4~8m, 近水平路面, 举升高度 $\leq 4.5\text{m}$ , 举升重量 $\leq 1000\text{kg}$ 。考虑到施工的安全性, 该设备还应具有触顶保护、过载保护、紧急闭锁、行车闭锁、平台水平检测及调节功能, 能满足大采高巷道各种高空作业施工要求。如图 1 所示, 此车载式升降平台主要由车头及动力源、升降机构、触顶机构、操作台(包含换向阀、紧急闭锁按钮和水平仪)等组成。

收稿日期: 2018-09-26

作者简介: 刘文武(1989—), 男, 山西临汾人, 硕士, 研究方向: 煤矿机械及液压系统, E-mail: 601840946@qq.com。

引用格式: 刘文武. 矿用车载式升降平台液压控制系统设计 [J]. 煤炭工程, 2019, 51(2): 145-148.



$$Q = C_d A_j \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P} \quad (1)$$

式中,  $Q$  为通过节流阀的流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $C_d$  为流出系数, 一般取  $0.6 \sim 0.8$ ;  $A_j$  为节流阀的开口截面积,  $\text{m}^2$ ;  $\rho$  为油液密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $\Delta P$  为节流口的前后压差,  $\text{Pa}$ 。

### 2.3 防触顶液压系统

触顶机构三维模型如图 3 所示, 在平台起升前需先把触顶机构的触顶杆安装到合适的高度(一般为  $2\text{m}$ )。矿用车载升降平台用在煤矿井下巷道内, 因为各巷道高低不同, 当平台在举升过程中遇到升降换向阀失灵或工作人员操作失误时, 平台触顶机构的触顶杆会首先碰到巷道顶部, 此时触顶杆连带的碰撞块会压住凸轮, 凸轮换向阀就会打开并泄压(如图 2 液压原理), 由于系统压力不足, 平台立刻停止上升, 且一直保持在此高度, 从而保障了施工人员的人生安全。

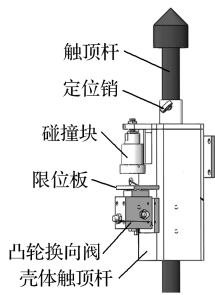


图 3 触顶机构模型

### 2.4 行车闭锁液压系统

行车闭锁就是车辆在行驶中不能升降, 同时平台处于起升状态时车辆不能行驶。如图 2 所示, 当行车闭锁阀 9 处于左位时, 升降液压系统与液压源不通, 升降平台无法升降, 而此时有高压液进入停车制动器进行解制动, 车辆可以正常行驶; 当行车闭锁阀处于右位时, 升降液压系统与液压源接通, 升降平台可以起升或降落, 此时停车制动液液压管路与油箱接通, 压力接近为零, 无法打开停车制动器, 从而让车辆在升降时无法行走。如此设计, 防止了驾驶员在平台起升状态下的误操作, 保证了平台在起升状态时, 车辆绝对不可以行走, 在功能设计上防止了安全事故的发生。

### 2.5 紧急闭锁液压系统

煤矿井下环境复杂, 设计紧急闭锁功能是为了当平台在升降过程中突然遇到障碍物或有突发性事故发生时, 操作人员可以立即按下急停按钮 12(如

图 2 所示), 平台将停止升降, 并保持在此高度。其工作原理是: 在平台升降状态中防爆电磁阀处于通电状态, 阀芯处于右位, 高压液处于封闭状态, 系统可正常工作; 当遇到突发事件时, 按下急停按钮, 防爆电磁阀断电, 阀芯处于左位, 高压液接通油箱, 系统压力趋近于零, 液压系统所有执行机构停在原位, 均无法动作, 再次工作时将急停按钮复位即可, 电磁阀工作表见表 1。当升降平台不工作时, 可将急停按钮按下, 电磁阀断电, 延长电磁阀使用寿命。

表 1 电磁阀工作表

工作状态	急停按钮	24V 电压	系统压力
升降	打开	有	有
非升降	按下	无	无

## 3 主要液压元器件的计算与选择

### 3.1 举升油缸的主要参数确定

升降平台在升降时, 工作机构及 4 个举升液压缸做直线往复运动, 此时单个液压缸必须克服的外负载:

$$F = F_e + F_f + F_i \quad (2)$$

式中,  $F$  为液压缸克服的外负载,  $\text{N}$ ;  $F_e$  为工作负载,  $\text{N}$ ;  $F_f$  为摩擦负载,  $\text{N}$ ;  $F_i$  为惯性负载,  $\text{N}$ 。

根据要求设计最高载重  $1000\text{kg}$  计算, 升降平台单个举升液压缸的最大负载  $F = 171.9\text{kN}$ , 矿用防爆工程车液压源工作压力设定为  $P = 10\text{MPa}$ , 液压缸靠活塞杆受压工作, 举升油缸无杆腔的面积:

$$A = \pi \frac{D^2}{4} = \frac{F}{P} \quad (3)$$

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi P}} \quad (4)$$

式中,  $A$  为举升油缸无杆腔面积,  $\text{m}^2$ ;  $D$  为举升油缸无杆腔直径,  $\text{m}$ ;  $P$  为系统压力,  $\text{Pa}$ ;  $F$  为单个举升液压缸克服的外负载,  $\text{N}$ 。

计算得无杆腔直径为  $0.074\text{m}$ , 圆整后为  $80\text{mm}$ 。由于升降平台下降时有重力起作用, 所以油缸杆径选取常用值  $40\text{mm}$  即可。

### 3.2 液压泵的参数计算

多个液压油缸同时动作时, 液压泵的流量要大于这几个液压油缸所需的最大流量, 并考虑到系统的泄露和液压泵磨损后容积效率的下降, 液压泵的流量:

$$q_p \geq K(\sum q)_{\max} \quad (5)$$

式中,  $q_p$  为液压泵的流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $K$  为系统泄露系数, 一般取 1.1~1.3;  $(\sum q)_{\max}$  为 4 个举升油缸同时动作的最大总流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ 。

液压泵的排量:

$$V = \frac{q_p}{v} = \frac{1.2(\sum q)_{\max}}{v} = \frac{1.2 \times 4 \times \frac{\pi D^2}{4} h}{vt} 10^6 \quad (6)$$

式中,  $V$  为液压泵的排量,  $\text{mL}/\text{r}$ ;  $t$  为平台从开始起升到最大高度的时间,  $\text{min}$ ;  $v$  为发动机转速,  $\text{r}/\text{min}$ ;  $h$  为举升油缸从开始起升到最大高度的伸出量,  $\text{m}$ 。

要求升降平台从开始起升到最大高度的时间为 100s, 发动机怠速时的转速为 1000 $\text{r}/\text{min}$ , 根据最大工作压力和排量, 参照产品样本就可选择液压泵的规格, 最终选择的主要液压元件的型号见表 2。

表 2 主要液压元件规格统计表

序号	名称	型号
1	齿轮泵	CBF-F425-ALPL
2	手动换向阀	DMG-01-L-3C2-10Y
3	节流阀	MSW-01-X-30
4	凸轮换向阀	DCT-01-2B8
5	电磁换向阀	GDFW-02-2B2-D24-A-N9/50
6	行车闭锁阀	DMG-01-2B2-10

在选取液压元件时, 主要考虑元件能承受的最大工作压力和最大流量, 在产品样本中选取能满足系统要求的规格和型号, 阀的额定压力和流量不小于系统的最大工作压力和最大流量, 在选不到合适的元件时, 可以选择通过该阀的实际流量不大于该阀的额定流量的 20% 避免压力损失过大, 引起系统噪声和油液过热, 选择流量阀时还应考虑最小稳定流量<sup>[9]</sup>。

#### 4 工业性试验

矿用车载式升降平台样机如图 4 所示, 该矿用车载式升降平台样机于 2017 年 10 月交付神东补连塔煤矿, 完成现场验收, 并投入使用, 已满 1 年的试用期限, 目前工作情况良好, 其在补连塔煤矿井下试用期间主要用于 6m 高的巷道打锚杆支护, 包括侧壁和顶板支护, 工作过程中会有大量的泥浆流到平台车厢, 每隔一段时间, 需清理一次, 减轻平台载重。现场工作人员对平台的升降高度和液压系统的安全性评价很高, 特别是行车闭锁功能和防触顶功能可以避免因工作人员失误而导致的一些安全事故。通过实践的检验, 此升降平台在升降过程中比

较平稳, 升降速度很人性化, 消除了工作人员的恐惧感, 与以往的搭建平台相比还减轻了工作人员的劳动强度, 增加了工作效率。



图 4 矿用车载式升降平台样机

#### 5 结语

根据煤矿井下的施工特点, 此液压控制系统的设计既满足了升降平台的升降工作要求, 又考虑了升降过程的安全性, 进行了过载保护, 设计了防触顶、行车闭锁和紧急闭锁装置。液压系统具有升降平台运动速度控制功能, 可以有效的避免平台下降过程中的低频抖动现象。

防触顶机构及其液压控制系统设计简单且很有效, 给部分煤矿机械提供了参考, 具有一定的工程价值。行车闭锁和紧急闭锁的设计, 提高了作业过程的安全性, 对于煤矿井下复杂的工况很有实际意义。

#### 参考文献:

- [1] 范文胜. 超大采高工作面回采关键技术研究 [J]. 煤炭工程, 2018, 50(7): 1-4.
- [2] 代贵生, 周海丰. 年产 1400 万 t 大采高工作面关键技术研究 [J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(12): 120-124.
- [3] 闫莉敏, 郑雪苹. 四柱液压升降液控系统设计与 [J]. 机床与液压, 2015, 43(22): 118-119.
- [4] 郭爱军. 井下混凝土搅拌运输车液压系统设计与匹配 [J]. 煤炭科学技术, 2015(11): 85-88.
- [5] 张建明, 刘庆修, 田宏亮, 等. 煤矿井下千米定向钻机液压控制特性分析 [J]. 煤炭学报, 2012, 37(2): 341-345.
- [6] 安四元. 支架搬运车液压驱动系统缓冲装置的设计与研究 [J]. 煤炭工程, 2017, 49(6): 129-131.
- [7] 蒙杨超, 董自安. 曲臂式高空作业车液压系统设计及研究 [J]. 流体传动与控制, 2015(1): 32-35.
- [8] 傅新, 徐明. 锻造操作机液压系统设计与仿真 [J]. 机械工程学报, 2010, 46(11): 49-54.
- [9] 王建成, 宋立伟. 飞机地面升降系统液压系统设计 [J]. 飞机设计, 2016, 36(3): 68-71.

(责任编辑 赵巧芝)