

DOI: 10.3969/j.issn.1001-3881.2014.14.027

## 108 t 矿用防爆车液压转向及倾举系统设计

胡万强

(许昌学院电气信息工程学院, 河南许昌 461000)

**摘要:** 简要阐述了矿用防爆车的作用和工作特点, 介绍一种 108 t 矿用防爆车的液压转向系统和倾举系统, 并对系统重要元件(如倾举油缸、倾举油泵、转向缸、转向器、转向油泵)进行了计算和选型。

**关键词:** 矿用防爆车; 液压转向系统; 液压倾举系统; 元件选型

**中图分类号:** TH137 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-3881(2014)14-090-3

### Design of Hydraulic Steering and Lifting System for 108 t Mine Explosion-proof Vehicle

HU Wanqiang

(College of Electrical and Information Engineering of Xuchang University, Xuchang Henan 461000, China)

**Abstract:** The functions and characteristics of mine explosion-proof vehicle were briefly introduced. The hydraulic steering system and hydraulic lifting system of 108 t mine explosion-proof vehicle were described, the systems' important components (such as lifting cylinder, lifting pump, steering cylinder, steering gear, steering oil pump) were calculated and selected.

**Keywords:** Mine explosion-proof vehicle; Hydraulic steering system; Hydraulic lifting system; Component choice

矿用防爆无轨胶轮车作为现代矿山企业重要的运输工具, 具有防爆可靠、机动灵活、牵引力大、适应性强等特点, 转向系统及倾举系统作为矿用防爆无轨胶轮车重要的传动系统, 主要实现前轮转向及卸载重物等作用, 其性能优劣直接影响着无轨胶轮车的生产效率和安全性能。液压转向系统具有质量轻、结构紧凑、启动平稳以及动作迅速等优点, 能有效缓冲地面冲击, 因而被广泛应用。同样, 为了获得较大的推力以倾举重物, 相比机械倾举系统而言, 液压倾举系统具有无可比拟的优点。

文中结合液压传动技术特点, 主要介绍了一款 108 t 矿用防爆无轨胶轮车, 其转向系统采用全液压转向; 传动系统采用液压驱动, 由防爆柴油机、分动器、液压泵、液压轮边马达组成, 车厢与底盘铰接由液压缸实现升降, 液压缸布置于车厢两侧, 既可实现车厢升降又可实现后底盘的升降, 极大地适应井下的苛刻工作条件, 车的总体布局如图 1 所示。

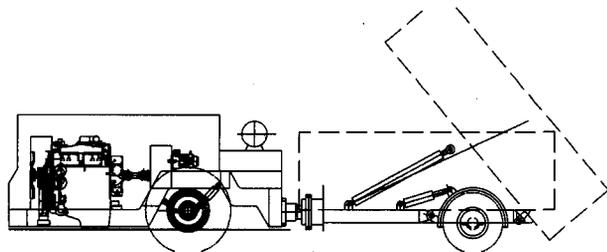


图 1 矿用防爆无轨胶轮车结构示意图

### 1 液压系统设计

根据矿用防爆车系统要求, 拟定的液压转向系统及倾举系统如图 2 所示。

液压转向系统主要由液压泵 1、卸荷溢流阀 2、全液压转向器 3、采用交叉连接的转向油缸 4 等组成。油液经泵 1 进入转向器 3 带动转向器转动, 促使油液进入转向油缸 4, 在油缸活塞上产生足够的压力使车辆转向。

液压倾举系统主要由泵 7、举升分配阀 8、单向节流阀 9、举升速度控制阀 10 和举升液压缸 11 组成。举升分配阀 8 有举升位、保持位、迫降位和浮动位 4 个工作位置。当倾举车厢卸物时, 油液经阀 8 的举升位和阀 10 进入油缸, 产生足够大的压力卸载。如车厢回位, 阀 8 处于迫降位, 利用车厢的重力使其下降, 速度由单向节流阀 9 决定。自卸车在运行中将举升分配阀处于浮动位, 可避免液压回路经常处于高压状态, 使油泵卸荷。

在系统中, 转向时由于转向油路高压作用, 卸荷溢流阀 2 中的油液进入转向器 3, 从而实现转向, 油泵 1 只负责向转向系统供油, 多余流量经转向器中溢流阀溢走。转向动作完成后, 转向油路压力降低, 当举升时, 泵 1 与泵 7 在举升分配阀 8 内合流, 同时向举升液压缸供油。

收稿日期: 2013-05-15

作者简介: 胡万强 (1974—), 男, 硕士, 讲师, 主要从事液压与气压方面的教学与研究工作。E-mail: hwwq@xcu.edu.cn。

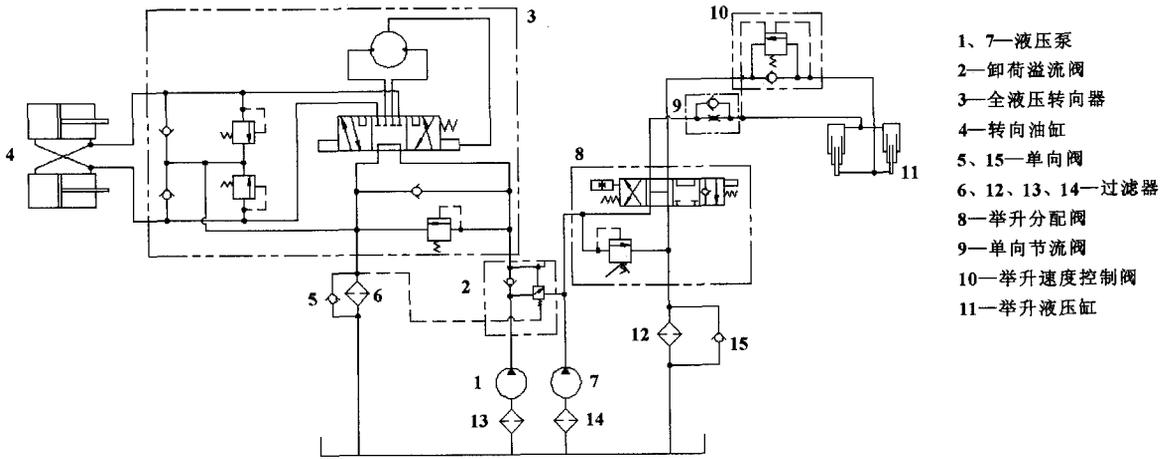


图 2 液压转向及倾举系统液压原理图

## 2 液压倾举系统部分重要元件选型

### 2.1 倾卸油缸

倾举机构采用双缸后倾式卸载，其尺寸示意图如图 3 所示。图中点 A 为倾卸油缸与后车架的铰点，点 O 为车厢与车架铰点，点 E 为油缸与料斗铰接点，点 F 为倾举到位后点 E 位置。

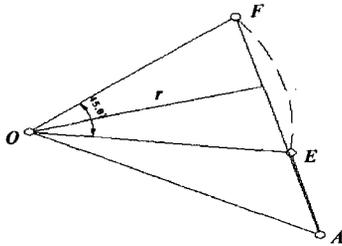


图 3 倾举尺寸示意图

已知：AE = 1 962 mm，AO = 3 960 mm，OE = 2 790 mm， $\angle EOF = 45^\circ$ ，则  $\angle AOE = \arccos \frac{AO^2 + OE^2 - AE^2}{2AO \cdot OE} = 27.41^\circ$ ，达到极限位置时，经计算 AF = 4 097 mm，则液压缸的行程  $s = AF - AE = 2 135$  mm，圆整为 2 160 mm。

倾举缸所需总推力：

$$F'_p = \frac{Gd}{r}$$

式中：G 为车辆满载时的车厢重力，已知车载质量 108 t，自身质量 19 t；

d 为满载时车厢重心距车厢与车架铰接点的距离；

r 为举倾油缸作用力距翻倾铰接点的力臂。

由图 3 可知  $\sin \angle EAO = \frac{OE \cdot \sin \angle AOE}{AE} = 0.6546$ ，

则  $r = AO \cdot \sin \angle EAO = 2 592$  mm，故  $d = 2 340$  mm，代入得  $F'_p = \frac{1 244 600 \times 2 340}{2 592} = 1 123 597$  N，则单个油

缸推力  $F_p = \frac{F'_p}{2} = 561 199$  N，取举升系统的压力  $p =$

20 MPa，则倾举液压缸内径  $D \geq \sqrt{\frac{4F_p}{\pi p}} =$

$\sqrt{\frac{4 \times 561 199}{3.14 \times 20 \times 10^6}} = 0.189$  m，考虑到不利举倾状况，

采用三级液压缸，其具体参数为：第一级  $D_1 = 240$  mm，行程  $s_1 = 720$  mm；第二级  $D_2 = 220$  mm，行程  $s_2 = 720$  mm；第三级  $D_3 = 200$  mm，行程  $s_3 = 720$  mm。选用力士乐公司的 3QTG-240 × 2160 三级伸缩缸，其最大内径 240 mm，行程 2 160 mm，额定压力 25 MPa。

### 2.2 倾举油泵

选取举升时间  $t = 20$  s，泵转速  $n = 1 500$  r/min，油泵流量：

$$Q = \frac{60V}{t\eta}$$

式中：V 为缸容积， $V = \frac{\pi D^2 s}{2} = \pi \times (0.24^2 \times 720 + 0.22^2 \times 720 + 0.2^2 \times 720) / 2 = 165$  L；

$\eta$  为油泵的容积效率，取 0.9。

所以  $Q = \frac{60 \times 165}{20 \times 0.9} = 550$  L/min，故油泵的排量

$q = \frac{Q}{n} = \frac{550 \times 1 000}{1 500} = 367$  mL/r。根据图 2 可知，在倾举时是双泵供油，所以倾举泵选为力士乐公司的 A2FO300/63R-PAB05 型，最大排量为 300 mL/r，最高转速为 1 550 r/min，最大流量为 450 L/min，最大功率为 181 kW。

## 3 液压转向系统部分重要元件选型

### 3.1 转向缸

转向缸最大推力为：

$$F = \frac{M}{r_{\min}}$$

式中:  $r_{\min}$  为最小转向力臂, 根据同类参考, 取值为 110 mm;

$$M \text{ 为转向阻力矩, } M = G_f \sqrt{\frac{B^2}{8} + E^2};$$

$G$  为转向轮荷重, 一般矿用自卸车满载时前轴的载荷为总重的 34%,  $G = (108 + 19) \times 1\,000 \times 9.8 \times 34\% = 423\,164 \text{ N}$ ;

$f$  为摩擦因数, 选取  $f = 0.39$ ;

$B$  为轮胎宽度, 取值 0.83 m;

$E$  为主销偏移距, 一般取 0.3 m。

因此得  $M = 423\,164 \times 0.39 \times \sqrt{\frac{0.83^2}{8} + 0.3^2} = 69\,380 \text{ N} \cdot \text{m}$ , 所以  $F = 630\,725 \text{ N}$ 。

由图 2 得出单个转向缸最大推力为总推力的  $\frac{2}{3}$ , 即  $F_{\text{推}} = \frac{2}{3} \times 630\,725 = 420\,483 \text{ N}$ , 所以单个油缸内径

$$D \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi p}} = \sqrt{\frac{4 \times 420\,483}{3.14 \times 20}} = 163 \text{ mm}, \text{ 圆整为 } D = 200$$

mm。根据相关资料, 选取转向缸往返速比  $\varphi = \frac{D^2}{D^2 - d^2} = 1.5$ , 计算并圆整  $d = 140 \text{ mm}$ 。根据计算结果, 选用 D25WF200/140-150 型液压缸, 额定压力为 25 MPa, 活塞直径 200 mm, 活塞杆直径 140 mm, 行程 150 mm。

### 3.2 转向器

液压转向器是全液压转向装置核心部件, 方向盘转角和转向轮偏转角之间的比例就是通过转向器摆线泵来保证的。如果转向油缸的容积一定, 车轮偏转相同角度时, 摆线泵排量越大, 则方向盘转动圈数越少。因此转向器排量  $q$  是全液压转向器非常重要的参数, 其计算公式为:

$$q = \frac{V}{i\eta}$$

式中:  $V$  为转向液压缸容积;

$i$  为方向盘从一侧转至另一侧的圈数;

$\eta$  为油缸的容积效率。

转向液压缸容积:

$$V = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) s$$

式中:  $s$  为油缸的行程,  $s = 2r \sin \theta$ ;

$\theta$  为转向轮最大转角, 根据参考文献, 取偏转轮最大转角  $\theta = 40^\circ$ 。

转向缸的行程  $s = 2r \sin \theta = 2 \times 110 \times \sin 40^\circ = 141$

mm, 油缸容量  $V = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) s = \frac{\pi}{4} (2 \times 200^2 - 140^2) \times 141 = 6.875 \text{ L}$ 。方向盘的圈数  $i = 7$ , 油缸的容积效率根据机械设计手册取  $\eta = 0.98$ , 代入上式得全液压转向器的排量  $q = \frac{V}{i\eta} = \frac{6.875 \times 10^3}{7 \times 0.98} = 1\,002 \text{ mL/r}$ , 选用萨澳-丹佛斯 (Sauer-Danfoss) 公司生产的 OPSL-1200LS 转向器, 其排量为 1 200 mL/r。

### 3.3 油泵

泵流量计算公式为:

$$Q = qn_{\text{转}}$$

式中:  $n_{\text{转}}$  为方向盘转速, 取  $n_{\text{转}} = 60 \text{ r/min}$ 。

将  $n_{\text{转}}$  及  $q$  代入得油泵流量  $Q = qn_{\text{转}} = 1\,200 \times 10^{-3} \times 60 = 72 \text{ L/min}$ , 则泵排量  $Q_{\text{泵}} = \frac{Q}{n_{\text{泵}}} = \frac{72 \times 10^3}{1\,500} = 48 \text{ mL/r}$ 。选择力士乐公司生产的 A2FO100/61R-PABO 型定量泵, 最大排量为 100 mL/r, 最高转速为 1 450 r/min, 最大流量为 150 L/min, 最大功率为 152 kW。

### 4 结束语

矿用防爆车工作环境一般比较恶劣, 其转向系统和倾举系统工作情况复杂, 采用机械式结构存在结构复杂、零件冲击载荷大等缺点, 文中采用液压转向系统和倾举系统来替代原来的机械式系统, 并对系统部分重要零件进行了计算选型。事实证明, 该设计是科学合理的。

### 参考文献:

- [1] 刘芬, 单根立. 矿用防爆柴油机普通轨道机车液压系统设计[J]. 液压与气动, 2012(9): 22-23.
- [2] 王连洪. 防爆车液压举升系统的建设与仿真[J]. 煤矿机械, 2013, 22(3): 56-57.
- [3] 路雨祥. 液压气动技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [4] 雷天觉. 新编液压工程手册[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1998.

欢迎订阅!

欢迎投稿!

欢迎刊登广告!

<http://www.jcyyy.com.cn>