

## 46. 液压技术在交通运输业中的应用

### 46.1 液压技术在船舶工业中的应用

#### 46.1.1 概述

液压传动在船舶机械中的应用至今已有近二百年  
的历史了。由于液压传动具有许多优点,近半个世纪

以来,随着液压技术的不断发展和完善,同时也随着船  
舶工业的迅速发展,对船舶机械性能的要求也日益提  
高,液压技术在船舶设备中得到越来越广泛的应用。  
船舶用液压机械的基本状况见表 46.1-1。

由于船舶液压设备工作的环境条件比陆上恶劣,

表 46.1-1

| 设备名称 | 舵机 | 可调螺旋桨旋浆 | 侧推进器 | 减摇装置 | 锚机 | 绞盘 | 绞缆机 | 绞网机 | 理网机 | 舱口盖启闭装置 | 艉门机构 | 跳板机构 | 甲板升降装置 | 主机遥控装置 | 阀门遥控装置 | 货油泵遥控装置 | 挖泥工具 | 专用绞车和设备 | 泥门启闭装置 | 提升设备 | 海浪补偿器 | 定位桩 | 声纳拖曳装置 | 雷达天线 | 稳定平台 | 导弹发射装置 | 海上补给装置 | 起吊装置 |
|------|----|---------|------|------|----|----|-----|-----|-----|---------|------|------|--------|--------|--------|---------|------|---------|--------|------|-------|-----|--------|------|------|--------|--------|------|
| 杂货船  | ●  |         |      | -    |    |    |     |     |     | -       |      |      |        |        |        |         |      |         |        |      |       |     |        |      |      |        |        | -    |
| 集装箱船 | ●  | ●       | ●    |      |    |    |     |     |     | ●       | ●    | ●    | ●      |        |        |         |      |         |        | ●    |       |     |        |      |      |        |        | ●    |
| 滚装船  | ●  | ●       | ●    |      | ●  |    |     |     |     |         |      |      |        |        |        |         |      |         |        | ●    |       |     |        |      |      |        |        | ●    |
| 油船   | ●  |         |      | -    |    |    |     |     |     |         |      |      |        | ●      | -      |         |      |         |        |      |       |     |        |      |      |        |        |      |
| 冷藏船  | ●  | ●       |      | -    | -  |    |     |     |     |         |      |      |        | ●      |        |         |      |         |        |      |       |     |        |      |      |        |        | ●    |
| 化学品船 | ●  | ●       | ●    |      | -  |    |     |     |     |         |      |      |        | ●      | ●      |         |      |         |        |      |       |     |        |      |      |        |        |      |
| 客船   | ●  | ●       | ●    | ●    | -  | -  | -   |     |     | ●       | ●    | ●    |        |        |        |         |      |         |        |      |       |     |        |      |      |        |        | ●    |
| 多用途船 | ●  |         |      | -    |    |    |     |     |     | ●       |      |      |        |        |        |         |      |         |        |      |       |     |        |      |      |        |        | ●    |
| 拖船   | ●  | ●       | ●    | -    | -  | -  | ●   |     |     |         |      |      |        |        |        |         |      | ●       |        |      |       |     |        |      |      |        |        |      |
| 挖泥船  | ●  |         |      | -    |    |    |     |     |     |         | ●    | ●    |        |        | ●      |         | ●    | ●       | ●      | ●    | ●     | ●   |        |      |      |        |        | ●    |
| 打桩船  | ●  |         |      | -    | -  | -  |     |     |     |         |      |      |        |        |        |         |      | ●       |        |      | ●     | ●   |        |      |      |        |        | ●    |
| 起重船  | ●  |         |      | -    | -  |    |     |     |     |         |      |      |        |        |        |         |      | ●       |        |      |       |     |        |      |      |        |        | ●    |
| 渔船   | ●  | ●       |      | -    | -  | ●  | ●   | ●   |     |         |      |      |        |        |        |         |      | ●       |        |      |       |     |        |      |      |        |        | ●    |
| 钻井平台 |    |         |      | -    |    |    |     |     |     |         |      |      |        |        |        |         |      | ●       |        | ●    |       | ●   |        |      |      |        |        | ●    |
| 铺管船  |    |         |      |      |    |    |     |     |     |         |      |      |        |        |        |         |      |         |        |      |       |     |        |      |      |        |        | ●    |
| 调查船  | ●  | ●       | ●    | ●    | -  | -  |     |     |     | ●       | ●    |      |        | ●      |        |         |      | ●       |        | ●    | ●     |     |        |      |      |        | ●      | ●    |
| 深潜母船 | ●  | ●       | ●    | ●    | -  | -  |     |     |     |         |      |      |        |        |        |         |      | ●       |        | ●    |       |     |        |      |      |        |        | ●    |
| 舰艇   | ●  | ●       | ●    | ●    | -  |    |     |     |     |         |      |      |        |        |        |         |      | ●       |        | ●    | ●     | ●   | ●      | ●    | ●    | ●      | ●      | ●    |

注：“●”表示基本使用，“-”表示部分使用。

受摇摆、冲击、振动、温度、湿度、盐雾、霉菌、油雾等的  
影响,所以在设计船舶液压系统时还应考虑如下问题:

(A) 应满足表 46.1-2 对倾斜和摇摆、表 46.1-

3 对耐冲击能力、表 46.1-4 对振动和表 46.1-5 抗  
颠簸能力等船用环境条件的要求。

表 46.1-2 船舶的倾斜、摇摆角度

| 环境分类 | 倾斜、摇摆角度 |         | 周 期/s |
|------|---------|---------|-------|
|      | 横摇      | ± 60°   |       |
| I    | 纵摇      | ± 15°   | 3~7   |
|      | 长期纵倾    | ± 15°   | -     |
|      | 短期纵倾    | + 30°   | -     |
|      | 横摇      | ± 45°   | 3~14  |
| II   | 纵摇      | ± 10°   | 4~10  |
|      | 横倾      | ± 15°   | -     |
|      | 纵倾      | ± 5°    | -     |
|      | 横摇      | ± 22.5° | 5~10  |
| III  | 纵摇      | ± 5°    | 3~7   |

表 46.1-3 船舶的耐冲击力

| 分类 | 安装姿态   | 垂 向 |     |     | 背 向 |     |     | 侧 向 |     |     |
|----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|    |        | 0.3 | 0.9 | 1.5 | 0.3 | 0.9 | 1.5 | 0.3 | 0.9 | 1.5 |
| I  | 落锤高度/m | 37° | 67° | 90° | 37° | 67° | 90° | 37° | 67° | 90° |
|    | 摆角     | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
|    | 冲击次数   | 0.3 |     |     | 0.3 |     |     | 0.3 |     |     |
| II | 落锤高度/m | 37° |     |     | 37° |     |     | 37° |     |     |
|    | 摆角     | 3   |     |     | 3   |     |     | 3   |     |     |
|    | 冲击次数   | 0.3 |     |     | 0.3 |     |     | 0.3 |     |     |

表 46.1-4 船舶的振动

| 环境分类 | 振动数据    |             |             |          |
|------|---------|-------------|-------------|----------|
|      | 频 率/Hz  | 位移幅值/mm     | 加速度值/g      | 试验时间/min |
| I    | 1~10    | 1.40 ± 0.14 | -           | 15       |
|      | >10~17  | 0.60 ± 0.06 | -           | 15       |
|      | >17~30  | 0.30 ± 0.03 | -           | 15       |
|      | >30~42  | 0.15 ± 0.02 | -           | 15       |
| II   | 1~30    | 0.30 ± 0.03 | -           | 20       |
|      | >30~50  | 0.15 ± 0.02 | -           | 20       |
|      | >50~110 | -           | 2.00 ± 0.20 | 20       |
| III  | 2~10    | 1.00 ± 0.01 | -           | 20       |
|      | >10~100 | -           | 0.70 ± 0.01 | 20       |

表 46.1-5 船舶的抗颠簸能力

| 等级 | 试验参数         |              |       | 颠簸试验台冲击持续时间<br>/ms |
|----|--------------|--------------|-------|--------------------|
|    | 颠簸加速度值<br>/g | 重复频率<br>/rpm | 总冲击次数 |                    |
| 1  | 10           | 60-80        | 3000  | >16                |
| 2  | 7            | 30           | 1000  | >16                |
| 3  | 5            | 30           | 1000  | >16                |

(B)材料应选用适合于使用水域环境材料。用于军舰上的材料应为冲击韧性  $\alpha_k \geq 50 \text{ Nm/cm}^2$ , 延伸率  $\geq 5\%$  的非脆性材料。

(C)对元件寿命要求

液压泵、马达:  $\geq 3000 \text{ h}$ ;

电磁换向阀、电液换向阀、液动换向阀:  $\geq 10^7$  次;

单向阀、安全阀、减压阀:  $\geq 10^5$  次;

液压缸运动次数  $\geq 2.0 \times 10^5$  次; 累计行程  $\geq 10^4 \text{ m}$ ;

蓄能器应能承受 5 倍的液压系统工作压力;

滤油器应带发讯和堵塞指示装置及设置旁通阀;

油箱一般用不锈钢制作, 若用普通碳钢, 则内壁应涂防锈涂料, 油箱的长度宜大于宽度, 在舰上布置尽量使长度方向沿着船的纵向安装。

(D)对管路的要求。一般情况, 压力小于  $2.5 \text{ MPa}$  的管路采用焊接钢管; 压力大于  $2.5 \text{ MPa}$  的管路采用无缝钢管, 对于超高压的管路则用合金钢管。

硬管最好贴壁敷设或沿设备外形敷设, 尽量减少弯头及穿越船舶中的筋板, 相互平行的管路应保持一定间隔距离并用管夹固定, 随工作部件运动的管路可用软管, 但软管布置应注意防止发生扭转状况。

(E)液压油的选择。除了一般液压系统应满足的要求外, 船舶液压传动系统使用液压油还应考虑下述因素:

- 粘度要适当, 要考虑满足船舶的航行区域, 当跨越纬度较大时, 应使用粘温特性好的液压油, 一般运动粘度为  $(20 \sim 30) \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  ( $50^\circ\text{C}$  时), 粘度指数在 90 以上的液压油;

- 防锈性好。因船舶的液压管路不经常拆装, 液压元件长期处于封闭的油中, 防锈性差的液压油, 易使元件锈蚀, 影响系统工作寿命;

- 凝固点要低, 船舶航行于低温区, 其凝固点低于  $-30 \sim +40^\circ\text{C}$ ;

- 闪点要高, 船舶防火要求很高, 特别是海洋石油平台开发工程船、油轮和军舰, 其闪点至少要高于  $135^\circ\text{C}$ ;

- 某些明火区域工作的液压系统, 如舰艇的飞机弹射器和导弹发射器的液压系统, 潜水作业用的加压舱等液压系统的液压油, 要求用防火性能高的非燃性或难燃性流体作为工作介质。总之, 在选择液压油时, 要考虑系统中主要元件的类型(液压泵对粘度要求较严)工作压力、环境温度、运动速度以及工作机械的不同而有所差异。通常情况, 舵机选用舵机液压油, 甲板上的起货机使用抗磨液压油, 要求较高的减摇鳍装置、调距桨则用航空液压油, 某些易燃易爆区域则采用硅油或难燃油液。

- 对于进口船或出口船则常用制造厂商规定的其他国家的液压油。

- 舰艇液压系统的特殊环境对液压油提出了一些特殊的要求, 如在密闭条件使用时不引起中毒, 尽量不要有明显气味, 粘温性要好(特别是全船液压系统), 一般  $50^\circ\text{C}$  粘度不低于  $20 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $20^\circ\text{C}$  粘度不高于  $65 \text{ mm}^2/\text{s}$  为宜; 在海水作用下不水解等, 这类液压油有美国船用磷酸酯, 常见的如谢鲁留液 (Cellulube) 主要由三芳基磷酸酯组成, Cellulube220 是工业液压系统的主要液压油和空气压缩机的滑润剂, 也适用于舰艇液压系统。美国军用标准 MIL-H-18457 适用于航空母舰的飞机弹射和起飞液压系统。

(F)对于船舶液压系统固体颗粒污染度等级代号的要求如下:

一般液压系统: 供货时不高于 18/15, 运行时不高于 19/16;

比例阀的液压系统: 供货时不高于 15/12, 运行时不高于 16/13;

伺服阀的液压系统: 供货时不高于 14/11, 运行时不高于 15/12。

鉴于船舶使用状况的特殊性,对元件的要求也更加严格。在可燃气氛的场合,电磁阀及电气控制设备应考虑隔爆、防爆的措施。对一般元件都要经过船用条件的严格考核,未经船用环境条件考核的元件,不允许装船使用。于是从70年代起,开始着手船用液压元件的标准化工作,目前已制定了国家标准和船舶行业标准如 GB/T13342-92 船用液压缸通用技术条件、GB/T13852-92 船用液压控制阀技术条件、GB/T13853-92 船用液压泵、马达技术条件以及 CB1168-86 船用控制阀用磁铁技术条件、CB3403-91 船用比例电磁铁、CB1142-85 船用二通插装阀图形符号、基本参数和技术条件等一整套船用液压元件的标准共计70余项,基本上做到船用液压元件标准化自成体系,对船舶液压系统的技术性能和可靠性起着极其重要的推动作用。国家军用标准 GJB2732-1996 舰

船用液压设备通用规范已正式颁布。

为了简化船厂管路安装工作和提高系统工作质量,舰船液压装置普遍采用组装化和集成化,加油路板式、集成块式、叠加阀式和插装阀式等形式。

#### 46.1.2 液压舵机

##### (1) 液压舵机的类型

现代造船行业中,为了保证其航行的准确性,各类船舶的舵机基本上均采用液压传动。液压舵机按其结构特征一般分为如下型式:

往复柱塞式(见图 46.1-1);

往复活塞式(见图 46.1-2);

转叶式(见图 46.1-3);

回转柱塞式(见图 46.1-4);

回转活塞式(见图 46.1-5)。

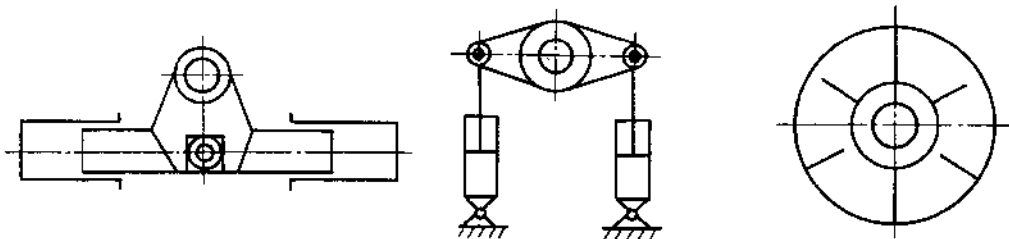


图 46.1-1 往复柱塞式液压舵机 图 46.1-2 往复活塞式液压舵机 图 46.1-3 转叶式液压舵机

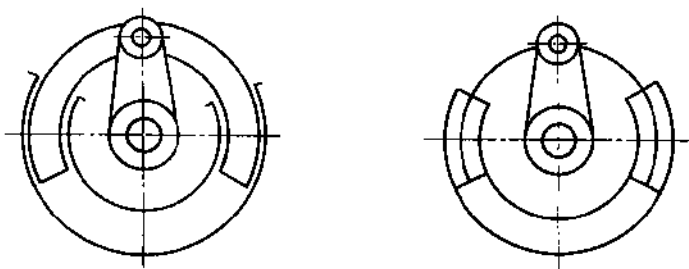


图 46.1-4 回转柱塞式液压舵机

图 46.1-5 回转活塞式液压舵机

舵机的性能参数从  $5\text{kN}\cdot\text{m}$ ~ $2000\text{kN}\cdot\text{m}$ ,舵从一舷  $35^\circ$ 转至另一舷  $30^\circ$ 所需转舵时间为  $28\text{s}$ 。对高机动性的舰艇应不超过  $14\text{s}$ 。对于辅助操舵装置应有足够的强度和力量,在主操舵装置失效时迅速投入工作,并能在最大运营航速的一半,但不少于  $7\text{kN}$ 前进时,使舵从一舷的  $15^\circ$ 转至另一舷  $15^\circ$ 时,转舵时间不超过  $60\text{s}$ 。

常见的舵机液压系统有开式、闭式及专用阀(通常也称为“川崎型专用阀”)系统(专用阀系统其实在开式与闭式系统中均有应用,这里只是为了说明方便而作为独立系统)。

##### (2) 舵机开式液压系统

图 46.1-6 所示为舵机开式液压系统,采用定量

泵供油,换向阀改变转舵方向。系统常设有两套独立的液压泵机组由各自电动机驱动,按需可双泵供油。也可单泵供油,互为备用。三位四通换向阀常以电磁铁远距离控制方式进行操舵。对于小船舵机常利用换向阀中位进行锁舵,而不再设置专用锁舵阀件。溢流阀的主要作用是防止舵机液压缸的工作负荷超载,保护舵设备不受损坏。同时,当舵叶碰到急浪或冰块的冲击,液压缸中的压力急剧升高时,溢流阀打开,使舵叶自动让过一个角度,液压缸、液压阀件、管路和舵设备即可避免过载,这个动作过程称为防浪让舵,故此溢流阀也有防浪阀之称。防浪阀的调定压力稍高于泵出口溢流阀的调定压力。

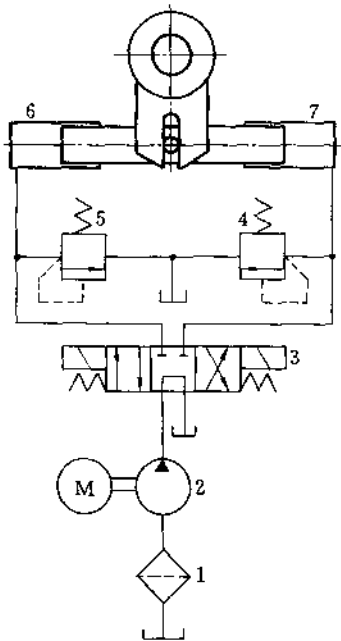


图 46.1-6 舵机开式液压系统

开式液压系统比较简单、价廉、转舵时间快,但换向冲击力较大,易引起液压系统的振动和噪声,油液易被污染,在负力矩工况时不够稳定,一般仅适用于小型船舶的舵机。

### (3) 舵机闭式液压系统

图 46.1-7 为舵机闭式液压系统,整个液压系统由两个相同油路与两对液压缸所组成,可互为备用,也可同时使用,以增加液压系统自身的可靠性。每个油路中有一台变量主泵 2 提供液压能,因主泵的吸排口直接与液压缸的进回油路相连接构成一个闭式循环油

路,故被称作为闭式液压系统。这种系统的转舵时间和转舵方向均由主泵控制,故也称泵控系统。两液控单向阀 5、6 有 3 个作用:①在无操舵信号时锁住液压缸进回油路,以达到锁住舵叶的目的;②在单台主泵工作时可防止液压油对备用泵的干扰;③可防止液压缸回油以便克服负力矩对舵叶的作用。

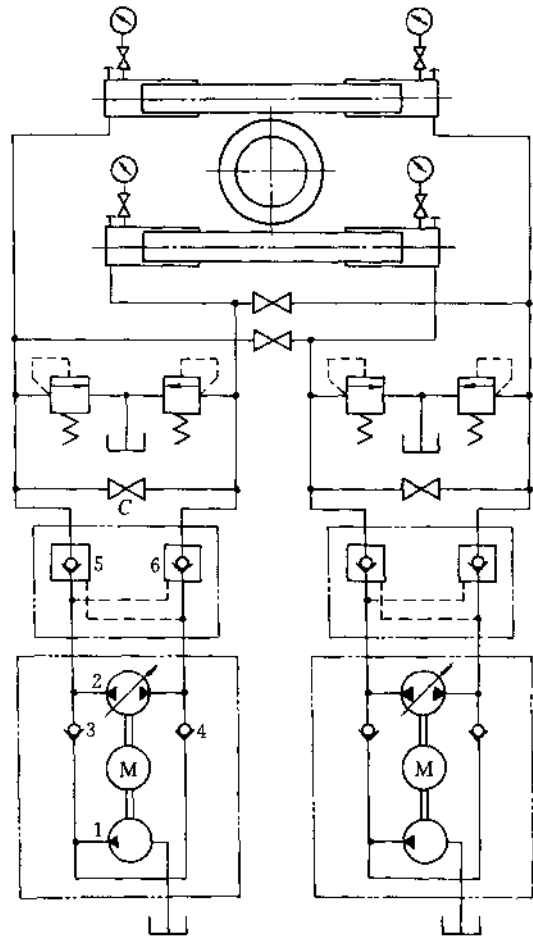


图 46.1-7 舵机闭式液压系统

闭式循环油路不可避免存在泄漏,需要不断补充油液,以改善主泵的吸入性能,故每一主油路均设有一台辅助液压泵 1。它有三个作用:①通过低压选择阀 3 向主油路补油;②向主油泵变量机构提供控制油;③冷却主泵。

闭式液压系统较为复杂,但其操纵性能好,冲击振动小,能量利用率高,油液不易污染与氧化,油箱容积小等特点,是液压舵机最常用的一种驱动系统。

## (4) 舵机专用阀液压系统

图 46.1-8 为舵机专用阀液压系统。专用阀(通常也称“川崎型专用阀”)在舵机开式、闭式液压系统中均有应用,其工作原理与前述开式、闭式系统相似,所不同的是在主油路中加装了一只舵机专用阀。专用阀属三位四通液压阀,在阀芯中又带有单向阀,其实是一种叠加式集成阀。专用阀的主要功能是克服负力矩效应。当液压泵通过换向阀向右侧油腔供高压油时,专用阀右端是高压油,将阀芯右位推入工作位置,舵板向右转动,若此时船底有一股水流与舵叶运动方向一致,此水流的力将使舵叶加速转动。液压缸右腔失压,左腔的油液高速流回油箱,这时,专用阀 C 的阀芯右端失压,在弹簧作用下,阀芯向右移动,当移动到节流阀

位置时,操舵机缸左腔回油通道被节流,回油受到较大阻力,就使转舵速度自动降低,不致在舵机缸右腔内产生吸空现象。D 阀是双向溢流阀,D 阀的调定压力相当于系统的额定压力。当舵板在某种外界原因的阻挡下难以转动时,油压力达到额定压力,油液通过该阀的内部通道进入低压油路,以保证舵机系统不被损坏。

如图 46.1-8 所示有两套电机-泵机组,可以单独使用也可以同时使用。电动机带动柱塞泵 A 转动,高压油通过电磁换向阀 B 的右阀进入专用阀 C,再进入舵机油缸的  $E_1$  腔,  $E_2$  腔与回油箱的油路相通,推动缸的柱塞向右移动,舵叶向右转动。当电磁阀 B 的左阀位工作时,则推动舵叶向左转动。

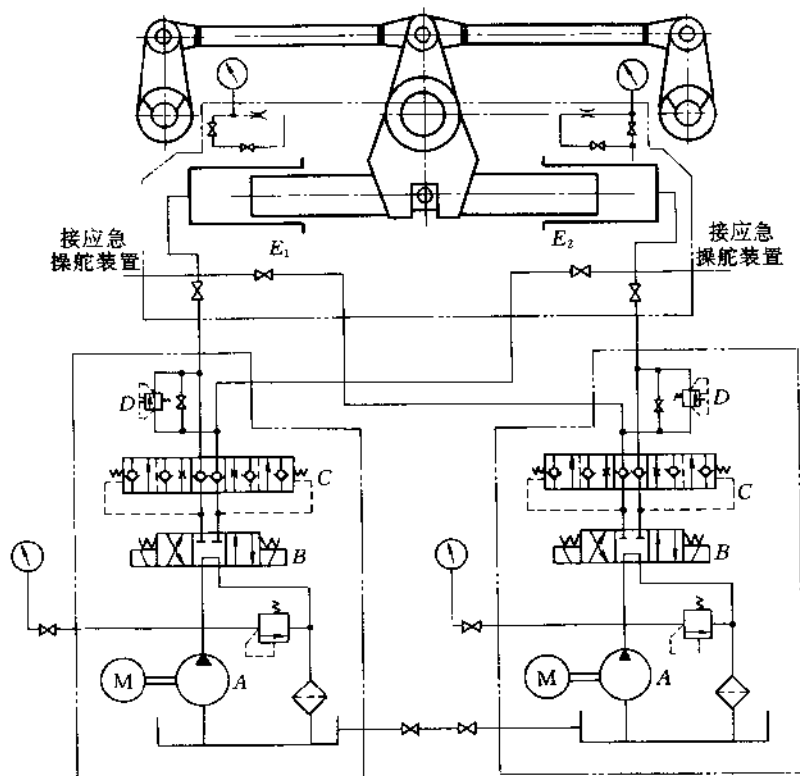


图 46.1-8 舵机专用阀液压系统

当使用自动操舵仪时,根据电罗经输入的航向信号和舵角实时信号来控制电磁阀线圈,进而控制液压系统,使船舶保持在预定航向上。当使用随动操舵仪时,操舵手轮转动到  $\alpha$  度位置上,电磁阀所对应的线

圈接通,舵开始转动。舵轴上连有舵角反馈装置,将实时舵角反馈给操舵仪,当两者相等时,电磁阀线圈断电,电磁阀阀芯在弹簧力的作用下回复到原位,舵叶就停在  $\alpha$  度的位置上,液压泵输出的高压油通过电磁阀

的 M 型通道卸荷。

### 46.1.3 起货机液压系统

#### (1) 起货机的分类

船用甲板起货机通常分为吊杆式和旋转式两大类。

吊杆式一般由三台液压绞车组成：

起重绞车：用于使货物上升、下降；

摆杆绞车：使吊杆能在货舱口和舷外之间来回摆移；

变幅绞车：用来调整吊杆的俯仰角度。

旋转(回转)起货机又称克令吊，是目前较先进的起货设备，但究其原理实质，也是一种单杆支撑式结构，与单杆吊是一样的，所不同的是，它的起重绞车、变幅绞车和旋转液压马达都装在同一平台上，这个平台能绕起货机轴线转动，所以操作方便，工作灵活，比用变幅绞车和旋转绞车好得多，效率高、但成本也高。常见的回转式液压起货机有：瑞典赫格隆起货机，其液压马达是径向柱塞式内曲线低速大转矩壳转式马达；德国利布赫尔起货机，其液压马达是斜轴式轴向柱塞马达，液压马达为常速马达；日本石川岛播磨(IHI)起货机，其液压马达是低速大转矩叶片式液压马达。

常见的起货绞车的液压系统有两种：一种是开式液压系统(也称定量泵、定量马达系统)；另一种是闭式液压系统(也称变量泵、变量马达系统)。

#### (2) 起货机开式液压系统

图 46.1-9 所示开式液压系统是由定量泵 7、定量马达 1、换向阀 5 组成的定量泵、定量马达系统。其工作原理是液压泵 7 自油箱吸油，将排出的压力油供给液压马达 1，驱动液压马达 1 旋转，其回油经换向阀 5 回至油箱。操纵换向阀 5，可以实现液压马达 1 的换向。该系统的特点是系统简单，油液散热好，杂质易沉淀，初置费用低，但是系统中容易进入空气，引起噪声增加，采用换向阀换向冲击力大，操作费力，能耗大。

能耗制动——如图 46.1-9 所示，换向阀 5 在从左位回到中位的过程中，由于外负载的惯性使马达 1 继续朝原方向旋转而呈油泵工况，将油从 A 管排至 B 管。但换向阀已位于中位，将 A、B 两管油路封死，B 管中的压力迅速升高，促使设于 A、B 两管间的双向溢流阀 2(作制动阀用)动作，并将 B 管中的压力油释放至 A 管，以减低 B 管中的瞬时压力值，达到安全保护的目的。因此在开式系统中，马达 1 在制动和换向过程中，外负载的惯性能量不能回收，而消耗在制动阀上。

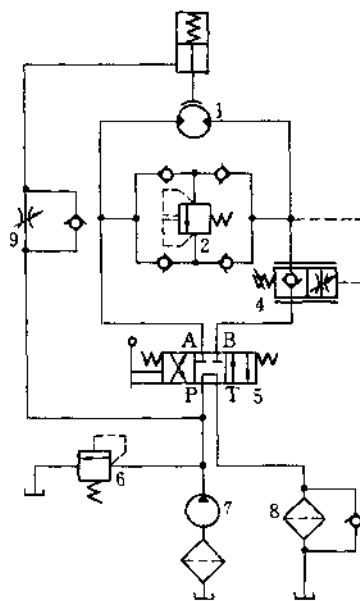


图 46.1-9 起货机开式液压系统

能耗限速——起货机液压系统属单向承载系统。当起货机下降工况时，液压马达 1 呈油泵工况，在外负载的带动下旋转。为了防止负载超速下降，必须在下降工况的油路上设置平衡阀 4，用来限制下降工况时的马达转速。这样就使平衡阀上产生大量的能耗，造成油液发热。所以开式液压系统一般只用于起升能力较小和工作负荷变化小的变幅机构中。

#### (3) 起货机闭式液压系统

图 46.1-10 所示是起货机闭式液压系统。由双向变量泵 8、定量马达 1、安全阀组 2、热油释放阀 4、辅泵 7 等组成。主泵的进、出口与液压马达的进、出口分别用管路连接，形成一个闭合回路。操纵泵的变量机构，可以改变液压马达的方向和转速。由一个溢流阀、梭阀和两个单向阀组成的安全阀组 2，用来限制系统最大的工作压力，起安全保护作用。闭式系统中的油容量少，而且油液在系统中循环使用。为了防止系统油温过高，设置了热油释放阀 4。其工作原理是当 B(A)管为高压时，阀 4 在高压油的作用下位于右(左)位，A(B)管的热油经阀右(左)位和背压阀 5 放出。由于热油释放和系统中各元件泄漏等原因，在闭式系统中常设辅泵向主系统补油，并提供各种控制油和冷却、润滑用油。这些功能由泵 7 完成。

该系统的特点是系统复杂，一台液压泵只驱动一个执行机构，并需设置一台辅泵、热油释放阀和补油

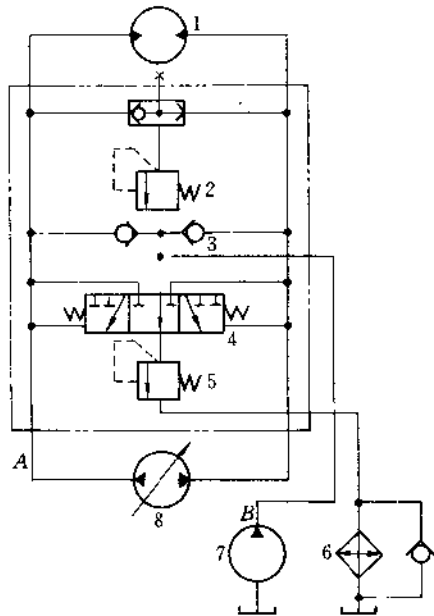


图 46.1-10 起货机闭式液压系统

阀。系统所需的油箱容积较小，结构紧凑，油液不容易与空气接触，但冷却、沉淀条件差。利用改变主泵的排量和方向来控制液压马达的转速和转向，可以实现无级调速和无冲击换向，有利于提高系统工作的稳定性。另外系统能量利用率高。因此闭式液压系统在起货机中得到广泛的应用。

**再生限速**——当出现外负载对系统作功的工况（下降工况）时，液压马达1呈液压泵工况，排出的高压油输给液压泵8，泵8则拖动电动机超速旋转而发电，电能通过电动机电网输给其它电器设备使用。电动机产生的反力矩使液压系统中的油压升高，以平衡负载，防止负载超速下降。

**再生制动**——闭式液压系统在液压马达换向、制动过程中，当泵8的排量逐渐减小时，外负载的惯性力变成主动力，拖动液压马达1以原速运动而呈液压泵工况，促使泵8带动电动机发电，输给电动机电网中的其它负载。这样就使外负载的惯性运动通过液压马达变成油液的压力能，使液压马达的回油压力升高，并使液压马达逐渐减速，达到制动的目的。制动压力由溢流阀限定。

#### (4) 赫格隆型回转式液压起货机

赫格隆型回转式液压起货机是由瑞典赫格隆

(HAGGLUNDS)公司生产。该公司生产的内曲线多作用柱塞式液压马达闻名于世。这种液压起货机在我国各大航运公司的船舶上均有应用，如“海”字、“城”字、“河”字船舶均有应用，在滚装船上也大量采用，国营南京绿洲机器厂已引进技术并批量生产。该型起货机性能好，安全装置完善，大量采用阀组，以简化系统。目前已大量采用比例操纵，降低了操纵力，提高了系统的稳定性，该液压马达为内曲线壳转液压马达直接驱动，能使绞车结构紧凑，低速稳定性好。

图 46.1-11 为双回转式起货机转动示意图。两转塔 A 和 B 既可绕其本身的轴线 I-I 和 II-II 转动，又可同时随中央体 C 绕轴线 III-III 旋转。A、B 为两个转塔，A 转塔上设有外齿轮 a，B 转塔上设有外齿轮 b；a、b 皆与固定大齿圈 C 相啮合。当小齿轮转动时，相应的转塔就将随之绕轴线 III-III 旋转。当需在两个同时转动回转式起货机进行双并作业时 a、b 两小齿轮皆需作同步运动。

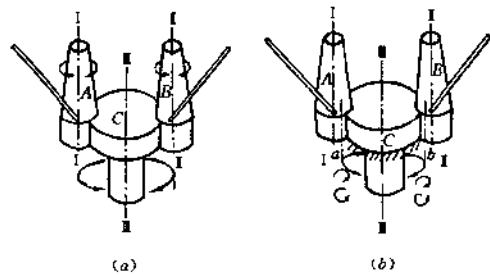


图 46.1-11 双回转式起货机转动示意图

图 46.1-12 是赫格隆 8t 回转式起货机液压系统工作原理图。该液压系统由起升、变幅、回转三部分组成。在起升速度为 90m/min 时，起重量为 3.2t，在起升速度为 45m/min 时，起重量为 8t。

#### A. 起升回路

起升回路采用半闭式系统，主泵为斜轴式变量泵，排量为 300L/min，工作压力为 15~17MPa，由阀组 102 中的阀 3 调定，起升马达采用该公司内曲线壳转式液压马达，可以进行有级调速，额定排量为 11.08 L/r。它利用阀组 102 中阀 5 进行热油释放，热油回油压力为 1.5~1.8MPa，当满负载起升时，先将操纵杆向右偏转，辅泵 c 排出的压力油经阀 111、阀 109 和梭阀 112 后分为两路：一路进入制动液压缸 105，使制动器松开；另一路进入阀组 103 中双速阀（三位四通阀）的左控制腔，使双速阀换向至左位，然后再将操纵杆向



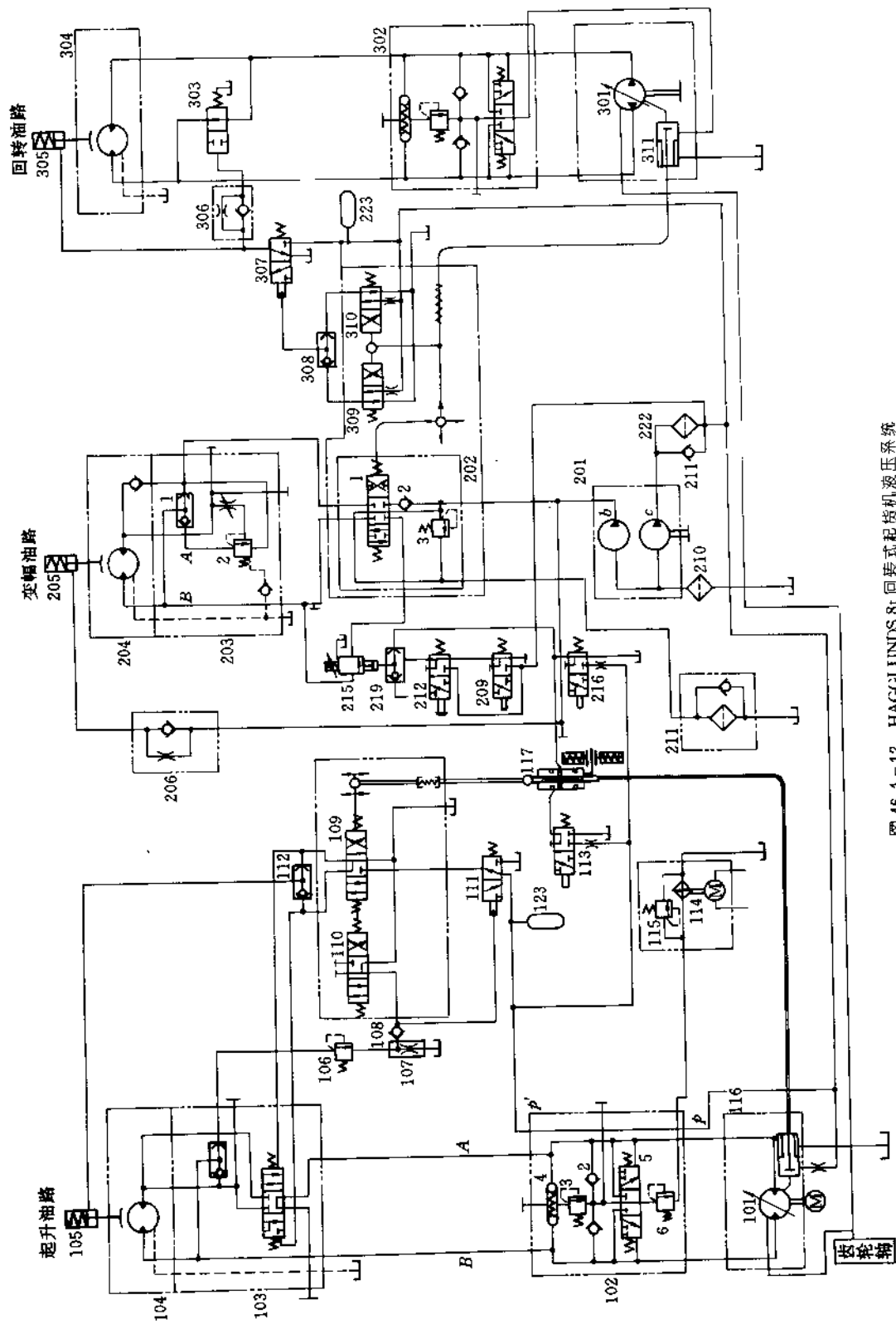


图 46.1-12 HAGGLUNDS 81 回转式起货机液压系统

下压, 泵  $c$  的压力油进入泵 101 的伺服液压缸 117, 使液压缸摆过一个角度, 泵 101 排出的油沿  $A$  管经双速阀左位进入马达的两个进口, 使马达旋转。此工况为满载, 起重量为 8t, 当半负载以下起升时, 先将操纵杆向左偏转, 泵  $c$  排出的油使制动液压缸 105 松开, 双速阀位于中位。泵 101 排出的油经双速阀右位进入马达的一个进口, 使马达的作用次数减半, 这时泵 101 的排量不增加, 也可使起升速度加快一倍, 但起重重量下降至 3.2t。在实际使用中, 如误用高速 (实际负载超过 3.2t),  $A$  管压力上升, 当超过阀 106 的调定值 (14.5 ~ 15MPa) 时, 阀 106 打开, 油液经单向阀 108 推动阀 111 换向至左位, 使双速阀的控制油和制动液压缸的控制油经阀 109 左位, 阀 111 左位回入油箱, 双速阀回中位, 泵 101 经双速阀中位卸荷。马达进口被双速阀封死, 制动器抱闸, 马达停转, 起误用高速档保护作用。当负载下降时, 将操纵杆向上推, 泵 101 向  $B$  管供油, 其它一切相同。在负载下降过程中, 由于货物到位而引起钢索松弛时, 阀 113 被推向右位, 泵  $c$  排出的压力油进入遥控液压缸 117 的上腔, 使操纵杆向下偏转, 促使手柄回中, 停止供油。

#### B. 变幅油路

变幅油路采用开式系统, 双联叶片泵中的泵  $b$  向

变幅系统供油, 泵  $c$  为整个液压系统的辅泵, 提供控制油、补油和制动器用油, 工作压力为 1.5 ~ 1.8MPa。由阀 102 中的阀 6 来调定。当阀 1 在右位时, 泵  $b$  排出的压力油经单向节流阀 206 进入制动液压缸 205, 使制动器松开, 并经阀组 202 的阀 2、阀 1 沿  $B$  管进入马达 204 左腔。马达右腔排出的油沿  $A$  管流动, 打开阀组 203 中的平衡阀 2, 再经阀组 202 中的阀 1 流回油箱, 使吊臂向下变幅。平衡阀可以防止吊臂在重力作用下超速向下移动。平衡阀调定压力为 14MPa。当阀 1 在左位时, 吊臂向上变幅。阀 1 在中位时, 制动器抱闸, 泵  $b$  卸载, 吊臂由平衡阀锁住。

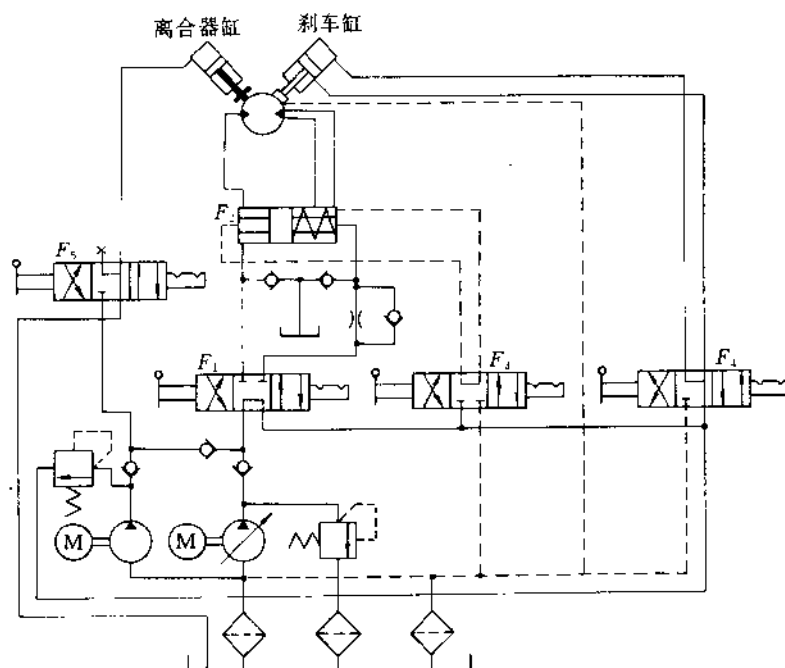
#### C. 回转油路

回转机构惯性较大, 因此采用半闭式油路系统, 使制动过程中能实现“再生制动”, 减少系统发热。变量泵 301 用来使回转机构实现无级调速和换向。阀 303 的作用是消除泵 301 的零位误差。阀组 302 中的安全阀兼作制动阀, 其调定压力为 13.5MPa。

#### 46.1.4 25t 液压舵锚机液压系统

锚机的功能是抛锚和起锚。锚机的受力状态取决于锚和锚链对锚绞车的拉力。锚爪出土时的拉力为起锚时的最大拉力, 锚爪出土后, 收锚速度应快。

图 46.1-13 为 25t 液压舵锚机液压系统。登陆



46.1-13 25t 液压舵锚机液压系统

舰退滩时,主机倒车和拉艮锚同时并举。在起始阶段,两者合力必须克服舰和滩之间的静摩擦力,才能使舰后退。一旦移动,部分海水进入船底和滩头之间,产生润滑作用,摩擦力减少。当船到达全浮状态时,在倒车力作用下船即可迅速后退。为了防止缆绳缠住螺旋桨,此时须高速收缆。液压锚机通常直接用液压马达驱动,现在大型锚机采用径向柱塞马达。主泵提供的压力油,经换向阀  $F_1$ ,进入调速阀  $F_2$ ,然后,进入液压马达。阀  $F_3$  控制有级调速阀  $F_2$ ,在马达运转时,马达的回油路具有一定的背压,抛锚时,液压马达可能被带着反向转动,故在回油路中加一节流阀。

阀  $F_4$  控制锚机主滚筒的刹车缸,刹车缸的弹簧力就能带动刹车带,强迫刹车轮制动。主油管压力油进入其下端时,使刹车带放松。刹车轮呈自由状态。若压力油进入其上端,则更增大了刹车带的制动力。阀  $F_5$  控制液压马达与主滚筒相连接的离合器缸,当主泵工作时,离合器接上,使马达能带动主滚筒旋转。

#### 46.1.5 油船阀门的遥控装置

为了提高海上运输的经济性,油船正在日趋大型化,目前已有几十万吨的油船。货油管通径一般为 600~800mm,设在甲板下面 25m 处。这些管道的阀门只能用液压遥控,现已获得广泛应用。

油船阀门液压遥控系统由以下各部分组成:

**液压泵站** 一般在 500L 的油箱上,装 2 台 15~20L/min, 7MPa 的液压泵,其中一台备用。装卸开始需要多阀同时工作时,两台泵要同时使用,泵通过压力继电器使其工作或停机。泵卸荷时,用蓄能器保持系统压力,通常是用 2~4 台 40L 的蓄能器,额定压力为

5~6MPa。

**操纵装置** 阀的开关是用全液压力式三位四通换向阀操纵。其动作准确可靠。采用电液操纵的特点是,装卸时很容易进行单人操纵控制。舱内及甲板上的阀,采用防爆型。液压管路在甲板上采用总管式,在泵站采用独立液压管式。

为了调整阀的动作时间,在压力管上装有节流阀。阀的动作时间大体上是通径平均每 50mm 为 2s。但在低温工作时,动作时间不能太长。

**阀的驱动机构** 蝶阀、闸阀的驱动机构,用液压缸。

#### 46.1.6 舰船减摇鳍液压系统

减摇鳍是减小舰船横摇的一种主动式减摇装置。舰船在风浪中航行时,装在船舶艏部的鳍翼通过电液随动系统按控制规律转动,使鳍产生相应的升力而形成稳定力矩,以平衡波浪对船产生的扰动力矩,从而减小舰船的横摇角,给舰船上的武装系统、测量电讯设备及有关设备提供一定的稳定基础,也为舰员与乘客创造了较适宜的工作和生活条件。对舰船技术和战术性能的提高起了相当重要的作用。

图 46.1-14 为减摇鳍装置工作简图。船在波浪力矩  $M_B$  的作用下产生一个摇摆角  $\theta$ ,由敏感元件(陀螺仪传感器)测出船的摇摆讯号,经放大器将此信号以及反馈信号加以综合放大,再经电液伺服阀把电信号转换成液压能放大后,通过液压缸驱动变量液压泵的斜盘,泵按控制规律排出压力油,通过转鳍缸使鳍按控制规律回转,由于鳍的转动,在水流的作用下,对船产生一个稳定力矩  $M_{CT}$ ,从而使船舶的摇摆角  $\theta$  减少,起到减摇的作用。

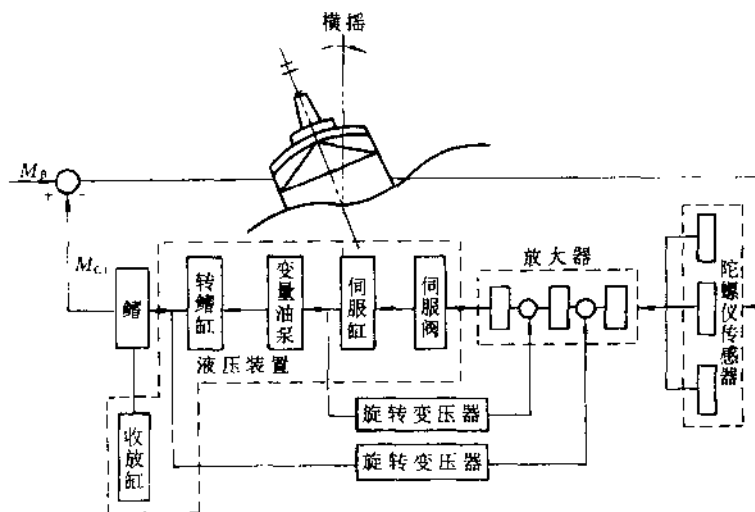


图 46.1-14 减摇鳍装置工作简图

根据液压控制系统,减摇鳍装置可分为阀控和泵控系统。

阀控减摇鳍装置液压系统是用液伺服阀把来自放大器的电信号转换为液压能放大后,液压油直接推动转鳍缸按控制规律回转。这种系统多用于中小型舰船上的固定式减摇鳍装置,其优点是简单可靠,造价

低,便于操纵与维护,缺点是功率消耗大,系统易发热。

泵控减摇鳍装置液压系统如图 46.1-15 所示。该系统多用于大型舰船上的可收放式减摇鳍装置。其优点是功率消耗小,经济性能好,但系统复杂,维护保养困难,造价高。

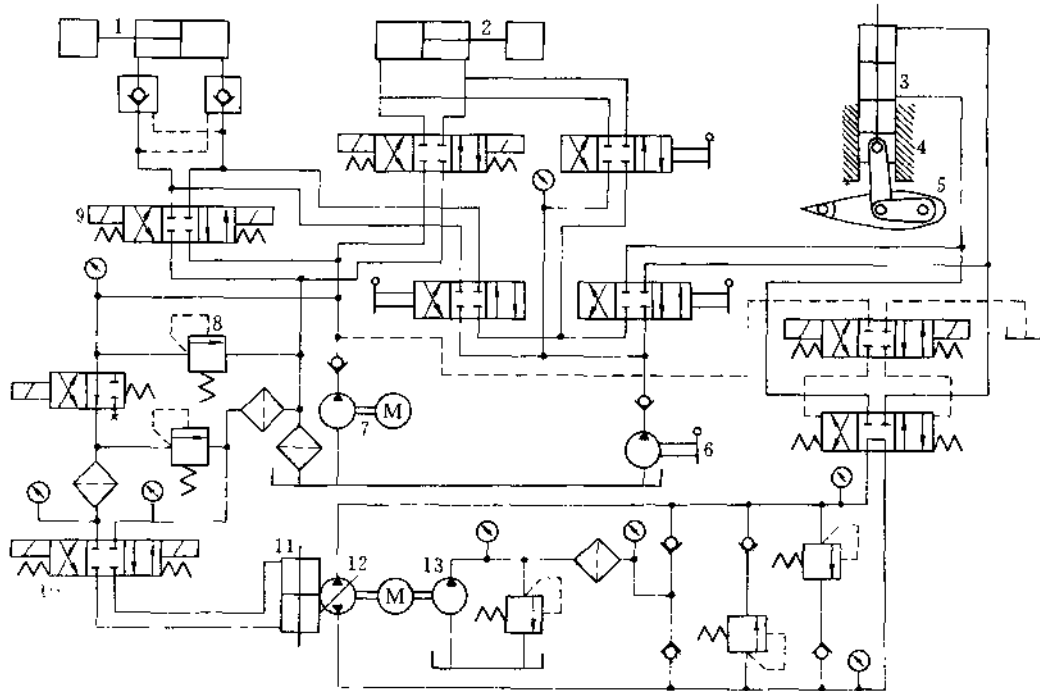


图 46.1-15 泵控减摇鳍装置液压系统

1—收放鳍液压缸;2—定位液压缸;3—转鳍液压缸;4—导向滑块;5—鳍;6—手摇泵;  
7—伺服泵;8—收放鳍高压溢流阀;9、10—换向阀;11—伺服缸;12—主泵;13—补油泵

## 46.2 液压技术在民航业中的应用

### 46.2.1 概述

在现代民航飞机上液压系统已发展成为一个非常重要的大系统。发动机燃油控制器、飞机的飞行操纵系统的传动,都广泛地采用液压系统。在飞机上应用液压来实现传动操作的部件很多,如飞机起落架的收、放系统、前轮转弯机构的操纵系统、飞机在地面滑行时对机轮的刹车系统、飞行时对飞机的减速刹车系统、飞行时为稳定飞机的状态对飞机各舵面的偏转控制几乎都离不开液压传动和液伺控制技术。

飞机液压系统是由液压源部分和液压传动部分组成的。

现用民航飞机液压系统的压力在 12~21MPa 的

范围,在英法合制的协和式飞机上使用的是 28MPa,使该机的液压元件总重量减少了 25%。从减轻飞机重量的角度看,提高系统工作压力比较有利,但压力超过某一限度后,系统元件受力过大,为保证元件的强度,增加元件材料的厚度,又会使系统总重量增加。因此,系统工作压力的提高受到材料、工艺和科学技术水平的制约。

现代民航飞机所用液压系统的特点是:高压、高温、高精度、大流量、多裕度设计、组件集成化和小型化等。将电子数字技术和机械液压控制技术相结合之后,使飞机的液压系统更加可靠和成熟。

在现代民航的机场地面设备中也广泛地采用液压技术。

机场地面设备属于飞机的后勤支援设备或外围辅

助设备,一般在机场特种作业区内固定作业或在机场内作小范围的移动。那些相对固定的设备如登机桥、行李输送转盘等,一般都以电动机作为液压系统的动力源;需移动的设备,特别是要求能自行行走的设备如登机梯、升降平台车、食品车等,其液压控制系统以内燃机为动力。在工作中需直接与飞机接触的设备,要求具有完善的操作、控制功能,良好的高速、低速工作特性,较高的可用度和可靠度,必要时还应具有能根据飞机的状态变化来自动调节设备自身工作状态的功能。如旅客登机桥和升降平台车均要求能在飞机机舱距地面高度发生变化时,设备能随时监测此变化,并自动调节设备的相应工作高度以防止设备与飞机机身碰撞。为此这些设备的液压控制系统均设有相应的伺服控制或比例控制回路,可以准确地进行流量、压力或位置的控制,以达到设备的工作性能要求。

随着计算机的广泛应用、自动控制技术的发展,以及航空业务对整个系统包括地面辅助服务体系的安全性和可靠性的更高要求,机场地面设备的液压系统正向高可靠性、高安全性以及机—电—液一体化的方向发展。目前在许多机场地面设备上已开始使用电子测控器件对关键液压元件的工作状态进行实时监测,在

关键功能回路上设置备用操作回路,以提高设备的可用度和可靠度。

### 46.2.2 波音 777 飞机液压系统

#### (1) 波音 777 飞机概况

装配两台超大推力发动机 GE90(每台推力为 376750N)的波音 777 飞机,于 1995 年 8 月取得飞机适航证。该机有 380 个座位,机身长为 63.73m,机身高 18.45 米,满载最大航程为 8330 公里。飞机的操纵系统和机上设备,采用了先进的电传液压操纵和电脑控制技术。在飞机主要操纵舵面的传动中取消了传统的钢索拉杆式机械传输机构,大大减轻了操纵机构的重量。波音 777 飞机是当今世界上大型宽体双发客机最先进的一类。

#### (2) 波音 777 飞机液压系统组成

波音 777 飞机液压系统的组成如图 46.2-1 所示。波音 777 飞机液压系统是由左、中、右三套独立的液压源和机上液压传动部分组成。三套液压系统额定压力均为 21MPa。所采用的介质为 BMS3-11 型磷酸酯合成液压油,其抗燃性好,自燃点高,为 593℃。但该油有毒性,使用时要注意防护。

三个液压油箱都是封闭增压的,增压空气来自飞

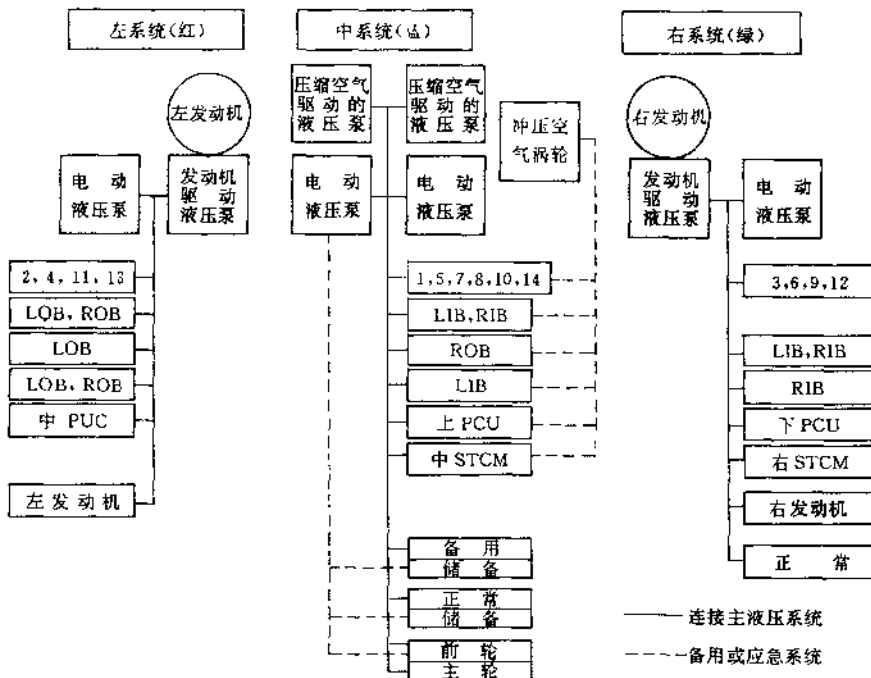


图 46.2-1 波音 777 飞机液压系统组成方块图

机的引气系统。在油箱上还配有:观察孔、取样阀门、温度传感器、容量传感器及释压阀门。当油箱内增压空气压力达到 $0.58\sim 0.6\text{MPa}$ 时,释压阀门打开减压,防止油箱内超压。左、右两个液压油箱相同,每个容量均为 $47.7\text{L}$ 。中液压油箱总容量为 $97\text{L}$ 。

左、中、右三个液压源部分的液压泵有些区别,其中左、右液压源部分基本相似,各有一个主液压泵和一个增压泵,通常主液压泵连续工作,向执行部分供压,而增压泵仅在要求增压时工作。左、右液压源各有一个EDP主液压泵,它是由左、右发动机驱动的轴向式柱塞液压泵,本体净重 $16\text{kg}$ 。当转速为 $3900\text{r/min}$ ,输出压力为 $20\text{MPa}$ (额定输出压力为 $21\text{MPa}$ )。此时流量为 $186\text{L/min}$ ,左、右液压源的增压泵(备用泵),各为一个ACMP电动液压泵,其净重为 $12\text{kg}$ 。由三相交流电动机驱动,电源为 $115\text{V}/200\text{V}, 400\text{Hz}$ ,泵体也是轴向式柱塞液压泵。ACMP输出压力为 $20\text{MPa}$ 时,流量为 $23\text{L/min}$ 。

中液压源部分装配有五个液压泵:两个主液压泵是2个ACMP电动液压泵;两个备用的增压泵是由左、右两台发动机的增压空气驱动的涡轮式液压泵ADP,ADP的泵体部分与EDP泵相同;还有一个由冲压空气驱动的涡轮液压泵,涡轮轴还带动一个应急交流发电机RAT。平时飞行时液压系统正常工作,RAT不工作,它的固定支架收放在右机翼根部,由减阻包皮盖住。当左、中、右三套液压源部分失灵时,在飞机电脑控制下会自动放下RAT固定支架,使涡轮叶片迎来自飞行方向的冲压气流,RAT转动,使应急发电机发电,应急液压泵供压。应急发电机输出 $115\text{V}, 400\text{Hz}$ 三相交流电, $7.5\text{KVA}$ ;应急液压泵在转速为 $4620\text{r/min}$ 时,输出液压力为 $20\text{MPa}$ 、流量为 $38\text{L/min}$ 。在特殊情况下,飞行员可在座舱内,人工控制放出RAT工作。RAT放出时的外形如图46.2-2所示。

### (3) 左、中、右液压源的分工

左液压源负责向主飞行控制系统PFCS(primary Flight control system)和左发动机反推(反喷)装置提供液压。

右液压源负责向PFCS、右发动机反推(反喷)装置和正常刹车系统提供液压。

中液压源负责向PFCS、备份刹车系统、起落架收放系统、前轮转弯系统和增升系统提供液压。

与中液压油箱相连接的应急液压泵RAT,正常情况下它不工作,在飞行时,当三个液压源都出故障的条件下,RAT自动放出,也可在驾驶舱内人工控制将其

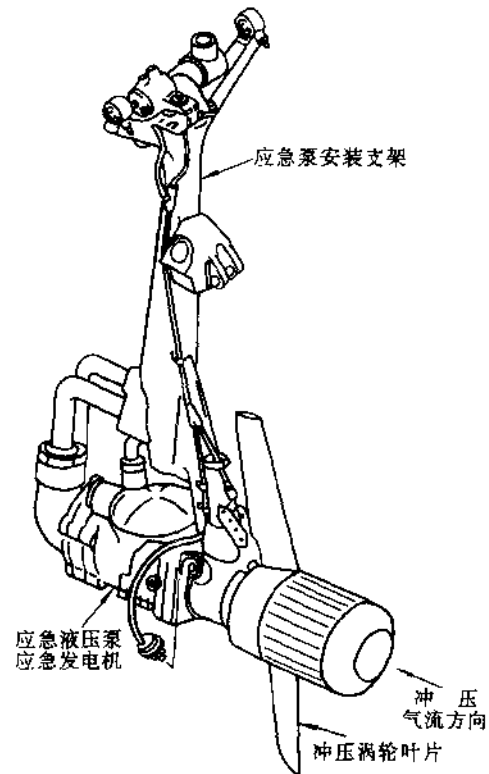


图 46.2-2 RAT 放出时外形

放出。当RAT放出工作时,它负责向主飞行控制系统PFCS提供压力油,同时提供应急电源。

综上所述,左、中、右液压源及应急液压泵应急电源RAT都可向主飞行控制系统提供液压,使飞机操纵系统的可靠性大大提高了。

波音777飞机的各操纵舵面如图46.2-3所示。参照图46.2-1可见,所说主飞行控制系统PFCS是指对方向舵、升降舵、副翼、襟副翼、扰流板及水平安定面配平的控制系統。

波音777飞机液压系统较庞大,其管路附件在飞机上分布面较广,为方便维修,用不同颜色标志以示区别:红色表示左系统;蓝色表示中系统;绿色表示右系统。

### (4) 波音777飞机液压传动部分

飞机上三套液压源分别向应用液压的各传动部分供给液压。波音777飞机液压传动部分有:

- 主飞行控制系统;
- 起落架收、放系统;
- 主起落架刹车系统;
- 地面滑行转弯操纵机构;

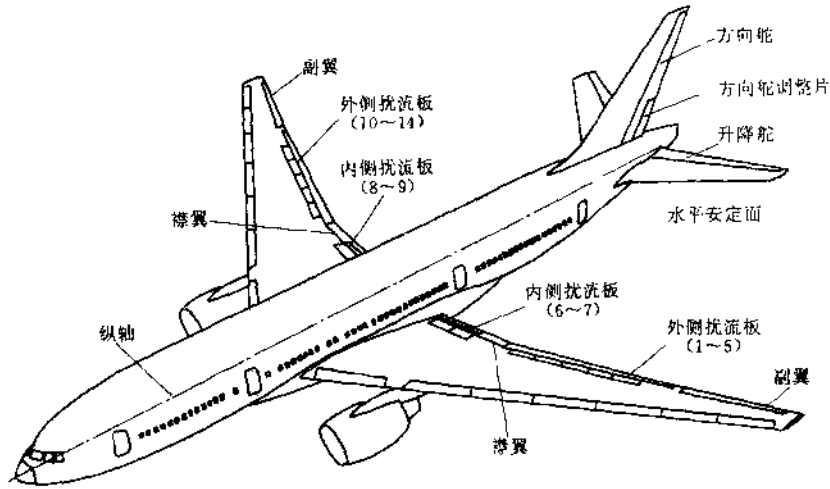


图 46.2-3 波音 777 飞机可操纵舵面

左、右发动机反推(反喷)装置;

飞机增升控制系统(控制前缘缝翼后缘襟翼)。

波音 777 飞机在操纵系统上最大的改进是对各可偏转舵面采用电传控制液压执行部件。取消了传统使用的钢索、拉杆控制滑阀使液压缸动作的操纵机构,采用了被称为“动力控制组件(PCU)”(Power control unit)来对各个舵面实施控制操纵。PCU 是根据电信号、电磁伺服阀门、液压传动机构,复合而构成的“动力控制组件”。因为各舵面对飞机的作用不同、舵面偏转运动规律不同,载荷大小不一,为了适应于不同的舵

面,所以 PCU 的具体组成结构是不同的。

在波音 777-200 型飞机上,方向舵 PCU 用 3 个、升降舵 PCU 用 4 个、副翼 PCU 用 4 个、襟副翼 PCU 用 4 个、扰流板 PCU 共用 14 个,分别控制分布在左、右机翼上的 14 块扰流板的动作、水平安定面配平控制组件 STCM 用 2 个,这些都是电磁液压机复合组件。如襟副翼 PCU 就是由电源伺服阀、液压缸、旁路电磁阀、压差传感器等元件组成,壳体外有液压进油口、液压回油口和连接电子、电磁控制组件的电插头等。襟副翼 PCU 实物外形如图 46.2-4 所示。

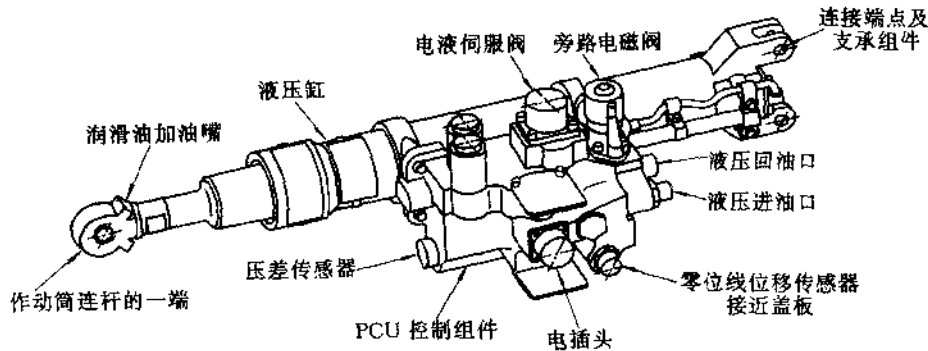


图 46.2-4 襟副翼 PCU 外型

为了说明襟副翼 PCU 动作原理,先不考虑电信号,电子控制电路,假定工作方式选择电磁阀处于“正常方式”位置,电液伺服阀的滑芯就停在中间位置,这时襟副翼 PCU 的液压油功能油路如图 46.2-5 所

示。由此图可见,当电磁伺服阀芯在控制电信号作用下向左或向右移动时,襟副翼液压缸会传动襟副翼向上或向下成比例的偏移。

### 46.2.3 旅客登机桥液压控制系统

旅客登机桥是在候机楼和停放在停机坪上的飞机之间建立的一条行走通道,如图 46.2-6 所示。

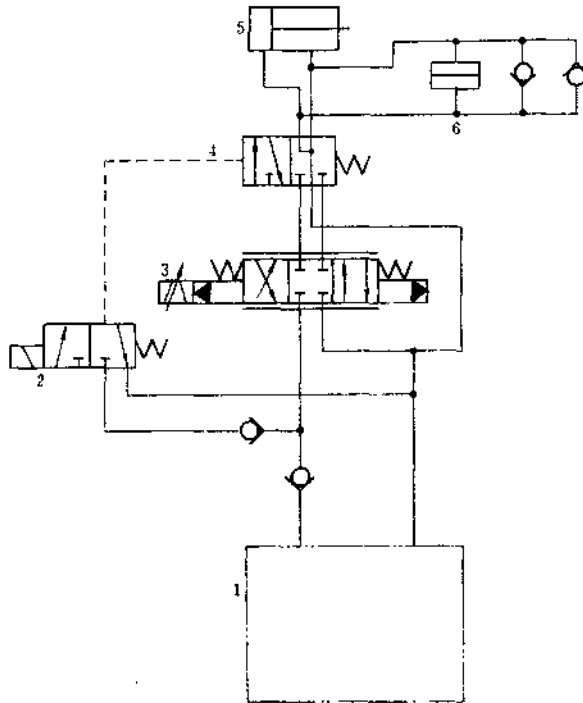


图 46.2-5 襟副翼 PCU 液压油路工作原理

1—液压能源;2—旁路阀;3—伺服阀;4—方式选择阀;5—襟副翼液缸;6—压差传感器;

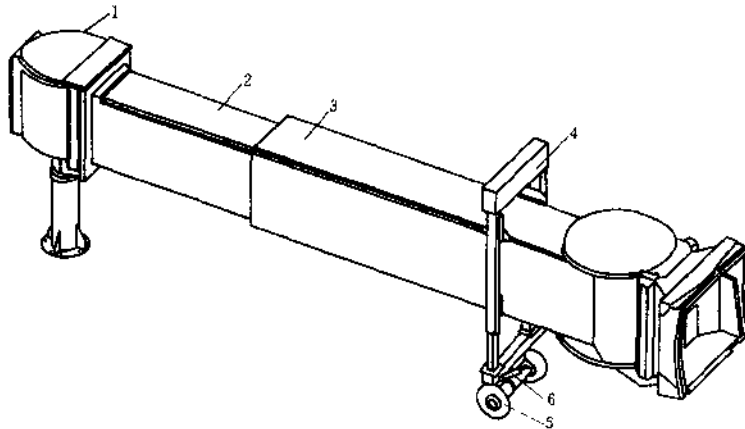


图 46.2-6 旅客登机桥工作结构图

1—旋转平台;2—内通道;3—外通道;4—升降机构;5—行走机构;6—转向机构

(1) 登机桥的动作

旋转平台 1 安装于停机坪地面,旋转平台后端与候机楼连接,前端与内通道 2 铰接。由内通道 2 与外

通道 3 组合成活动通道。外通道 3 依靠几组滚轮套在内通道 2 上,使外通道可以沿内通道的轴线运动,从而调节活动通道的总长度。靠安装在升降机构 4 的两个



立柱内的升降缸推动,可以使活动通道绕旋转平台的铰支点作上下摆动,从而改变登机桥前端的高度以适应不同高度的飞机。当行走机构 5 的行走轮沿活动通道的轴向行走时,活动通道的长度被调整。当转向机构 6 上的转向缸推动行走机构改变行走轮的行走方向至  $90^\circ$  时,行走轮的运动将使登机桥绕旋转平台的中心旋转。当转向机构使行走轮的行走方向处于  $0 \sim 90^\circ$  之间时,行走轮的运动将使登机桥同时改变长度和平面角度。依靠行走轮不同方向的运动和升降机构运动的组合,登机桥得以与停在附近的不同角度、不同高度的飞机实现对接。

#### (2) 登机桥的工作过程

**接机** 控制登机桥从停桥区域出发,通过对长度、角度、高度等参数的调整,使登机桥与飞机舱门对接;

**高度跟踪** 监测飞机因机上载荷的变化(旅客上下和货物装卸)而造成机舱距地面高度的变化,并自动调整登机桥的高度,使登机桥前端与机舱的相对高度不变;

**退出** 接机工作完成,控制登机桥改变长度、角度、高度等参数,退回到停桥区域。

以上为登机桥的一个完整的工作循环,约需 30 分钟,其中接机工况和退出工况约 4 分钟,其余时间为高度跟踪工况。在接机和退回工况时,升降控制回路,转向控制回路和行走控制回路同时工作,液压控制系统为满负荷工作状态。高度跟踪工况时仅有高度控制回路间歇工作(升降缸动作,调整高度 4~6 次,每次 2~3 秒),但要求升降缸保持油压。

(3) 登机桥的供油和保压回路。见图 46.2-7。

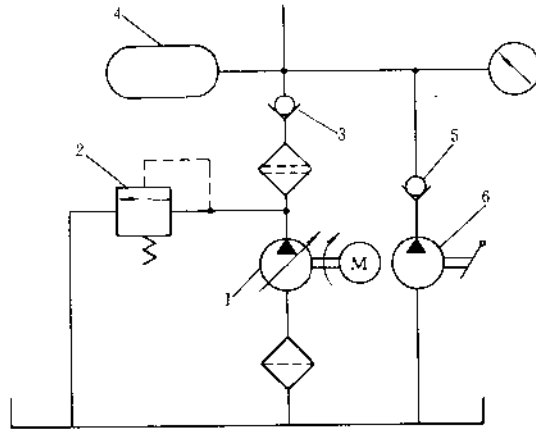


图 46.2-7 登机桥供油和保压回路

1—变量柱塞泵;2—安全溢流阀;3—单向阀;4—蓄能器;5—单向阀;6—手动泵;

用电动机驱动变量柱塞泵 1,以恒压变量方式供油。安全溢流阀 2 在系统油压过高时提供安全保护。在接机工况和退回工况时泵连续供油;在高度跟踪工况,当高度升降回路油压高于最低工作压力并且升降缸不动作时,泵停止运行,依靠蓄能器 4、单向阀 3 和 5 保持系统油压。当升降缸需要工作时,蓄能器首先向升降缸供油,同时由电控系统控制泵起动向系统供油。当升降缸停止工作后,泵随即停止运行。这样既可以提高升降控制回路的动作反应速度,又可以大大降低液压系统的发热量和功率消耗。

为了保证在断电的情况下仍能对登机桥进行操作,使之与飞机脱离接触,不致影响飞机的运行,因此特别设置了手动泵 6。用它在断电时向系统供油,以

便使行走控制回路工作,使登机桥脱离飞机。

#### (4) 登机桥高度升降液压控制回路

此回路有两种工作方式

- 升降缸大行程运动调整登机桥高度直至与飞机机舱高度一致;

- 升降缸小行程间歇运动跟踪飞机机舱距地面高度变化,使登机桥与飞机机舱相对高度不变。

因此升降缸的工作控制有两种方式:

**手动方式** 由控制台通过操作按钮控制比例换向阀 2 使升降缸运动,调整登机桥高度。

**自动方式** 通过高度检测装置监测飞机机舱高度变化,并自动控制升降缸运动使登机桥保持与飞机的相对高度。图 46.2-8 即为高度升降控制回路原理图。

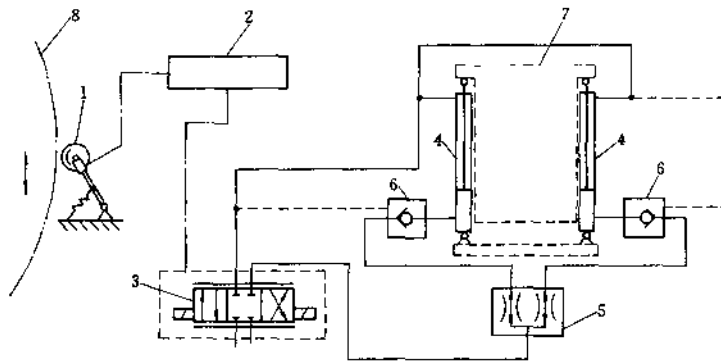


图 46.2-8 登机桥高度升降液压控制回路

1—调平轮;2—比例阀控制器;3—比例换向阀;4—升降缸;5—分流集流阀;6—液控单向阀;7—登机桥 8—飞机机身

调平轮 1 安装在登机桥 7 上,随登机桥上下运动,登机桥与飞机对接后,调平轮即与飞机机身 8 贴紧。当登机桥与飞机的相对高度发生改变时,调平轮在机身上滚动,并向比例阀控制器 2 发出高度方向变化量的信号。比例阀控制器 2 根据调平轮的信号控制比例换向阀 3 的供油方向和流量。分流集流阀 5 保证两个升降缸 4 同步运动。液控单向阀 6 用于防止缸失压下滑。

升量的信号,控制比例换向阀向升降缸下腔提供适当流量的压力油,使登机桥以略快于飞机机身上升的速度上升,此时调平轮开始随着登机桥的上升反向旋转,比例阀控制器根据调平轮的信号同步减少比例换向阀的开口量,使升降缸降低上升速度,直到登机桥上升到与飞机机舱的原相对高度时,调平轮反转回到初始位置,比例阀控制器关闭比例换向阀,升降缸停止上升;飞机机身下降时液压控制系统的工作原理相同。

当飞机机身抬高时,调平轮随之正转一个角度。比例阀控制器根据从调平轮得到的飞机机身上升和上

(5) 登机桥行走、转向液压控制回路(见图 46.2-9)

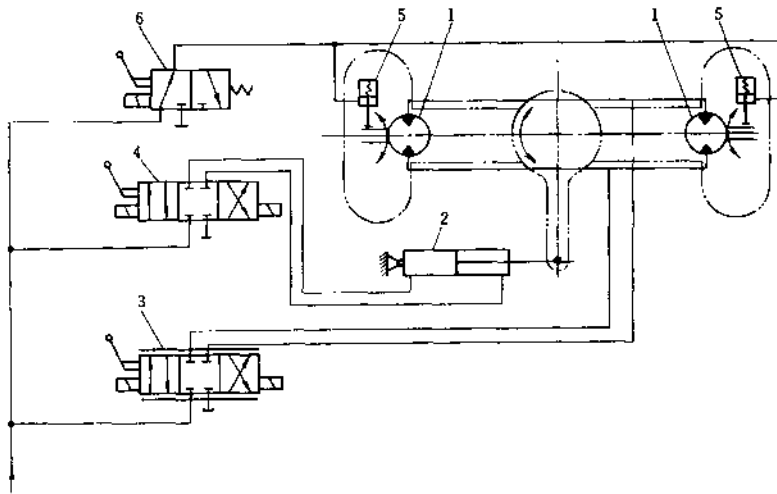


图 46.2-9 登机桥行走、转向液压控制回路

1—车轮马达;2—转向油缸;3—比例换向阀;4—换向阀;5—液压制动器;6—换向阀

换向阀 4 控制转向缸 2 的运动,在转向缸的推动下,行走机构绕中心支点转动使行走轮的行走方向改变。比例换向阀 3 控制两个车轮马达 1 的正反向转动。车轮马达是由轴向柱塞液压马达和齿轮减速器组成,并附有液压制动器 5。车轮马达安装在行走轮的轮圈内。在登机桥的接机工况和退出工况中,行走轮的行走和行走方向的调整一般是同时进行的。在登机桥距飞机很近时,要求先调整行走方向,然后再行走。因此在控制台上由一个操作手柄按操作方向的不同来分别或同时控制比例换向阀 3 和换向阀 4 的动作。根据人的操作习惯,手柄前后推动为控制比例换向阀 3,可以控制行走轮的前后行走;手柄左右推动为控制换向阀 4,可以调整行走轮的行走方向。当手柄向其他角度推动时,可以同时控制比例换向阀 3 和换向阀 4,从而同时操纵行走轮的转向和行走。在登机桥距飞机较远时,要求登机桥以较高速度行走,以缩短接机时间;在登机桥距飞机较近时,要求登机桥以低速行走,以防止与飞机发生碰撞。所以车轮马达由比例换向阀控制,使行走轮的行走速度可以在  $0.05 \sim 0.5\text{m/s}$  的范围内调节。

当行走轮绕旋转平台中心行走时,由于两个行走轮距旋转中心的半径不同,要求它们的行走速度也不同,因此两个车轮马达采用并联供油方式,使油路内能根据每个车轮马达的行走阻力,自动调整分配给每个车轮马达的流量。液压制动器 5 采用弹簧推压制动、油压释放制动的方式,由换向阀 6 控制。开始行走时换向阀 6 比比例换向阀 3 提前  $0.1 \sim 0.2\text{s}$  打开释放制动器,以减少行走轮的起动力。在行走停止时,换向阀 6 与比例换向阀 3 同时关闭,以保证及时制动。用弹簧推压制动可以保证在油压消失时制动立即生效。

为了实现断电时用手操作方式使登机桥后退脱离飞机,换向阀 4、比例换向阀 3 和换向阀 6 均设有应急操作手柄。断电时依靠供油回路的手动泵供油,同时操作换向阀 6 释放液压制动器 5,操作换向阀 4 调整行走轮和行走方向,操作比例换向阀 3 使行走轮后退,即可使登机桥与飞机分离。

#### 46.2.4 机场升降平台车液压控制系统

升降平台车的功能是在低位的航空货物输送车与高位的飞机货舱之间提升货物。由于此类货物通常重至数吨或大至几个立方米,故必须使用升降平台车的升降平台将货物提升到必要的高度并推送入飞机货舱或输送车。由于升降平台车要在停机坪范围内移动,因此升降平台车一般以内燃机作为动力源,并且大多

数采用全液压驱动方式。其主要动作功能有:升降平台车的行走;主平台和桥平台各自独立的升降运动以及安全互锁;货物在平台工作面上的水平运动,包括纵向,横向以及旋转运动等。升降平台车的行走是用液压马达驱动一个工程机械常用的刚性转向驱动桥;平台升降使用液压缸;货物在平台上的水平运动是依靠在平台平面上的多组用液压马达驱动的传送辊。

##### (1) 升降平台车供油回路

图 46.2-10 是某型提升量  $6.8\text{t}$  的升降平台车液压系统供油回路。

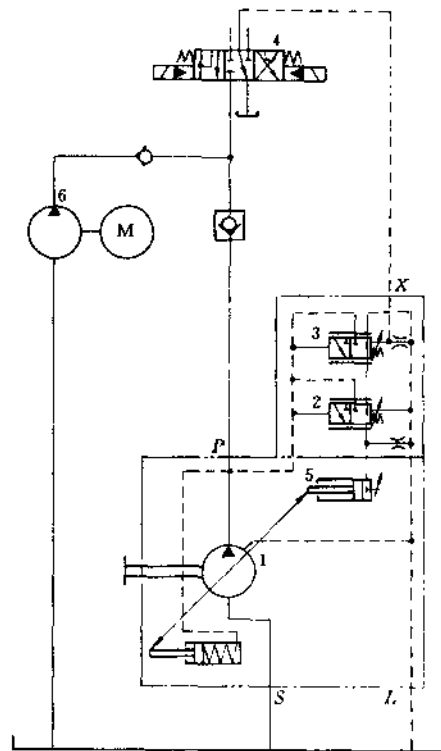


图 46.2-10 升降平台车供油回路

变量柱塞泵 1 由内燃机驱动,泵的流量和压力控制有两种方式:

- 利用内燃机的油门调节,用内燃机的转速同步调整泵的转速,此方式可以调整泵的流量。内燃机转速预调定为怠速和全速两档,在怠速档最高转速为  $600\text{r/min}$ ,在全速档最高转速为  $2200\text{r/min}$ 。泵对应也有两个最高转速。

- 用功率适应回路控制泵的输出流量和压力。当内燃机稳定在某个速度后,如升降平台车各个功能回路均不动作,则控制各个功能回路的换向阀都处于中

位,如换向阀4处于中位,此时泵的压力遥控阀3的遥控油口x泄压,阀3左位工作,阀2也是左位工作,缸5活塞左移,使泵斜盘倾角减小,泵只输出一个最低的压力和最小流量,因而降低了泵的噪声、磨损和功率消耗。当功能回路需要工作时,换向阀4离开中位,阀3的遥控口x压力上升,阀3右位工作,缸5活塞右移,泵恢复工作压力和流量。由泵的功率适应回路控制与内燃机的油门控制两种方式组合,泵在工作时可以输出一个稳定的工作压力和变化的适应需要的流量;在空载时,泵只输出最低压力和最小流量。齿轮泵6是

一个备用泵,当升降平台车的内燃机发生故障时,可用车上的蓄电池供电系统驱动泵6,供液压控制系统进行一些短时的应急操作,以免影响飞机的正常运行。

#### (2) 升降平台车行走控制回路

图46.2-11中的液压马达1的输出轴与升降平台车的前端的刚性转向驱动桥的输入轴相联,通过安装在驱动桥中部的差速器驱动桥两端的行走车轮,液压马达1正反向转动,即可使升降平台车前进或后退。液压马达采用低速径向柱塞马达,以获得较好的低速特性。

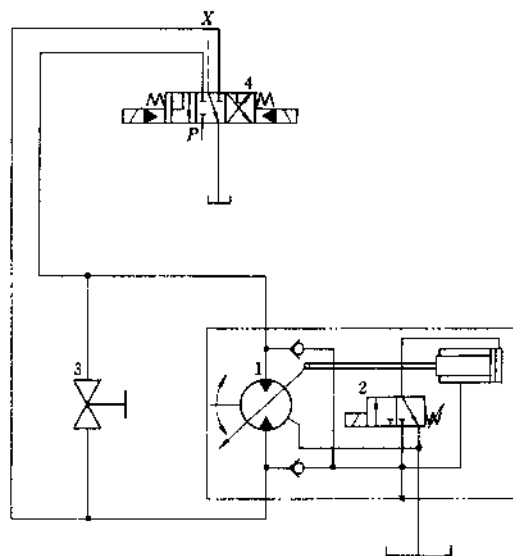


图 46.2-11 升降平台车行走马达控制回路

液压马达的速度调节用液压马达排量调节和内燃机控制液压泵流量两种方法。在液压马达排量控制回路上设置了换向阀2,当阀2处于左位时,马达处于大排量状态,结合内燃机油门调节,使车轮的行走速度在0~5.5km/h范围内无级调速;当阀2处于右位时,马达处于小排量状态,结合内燃机油门调节流量,车轮的行走速度在0~11km/h范围内变化。

当升降平台车因故障不能自己行走而需由其他车辆拖动时,可打开截止阀3,使阀3与液压马达之间构成内部油流自由流动的回路,液压马达可随行走车轮的被拖动而自由转动,从而防止被压马达损坏,并减少升降平台车被拖动时的阻力。

#### (3) 升降平台车传送控制回路

为了使货物能在主平台、桥平台工作平面上作前后,左右的移动以及原地旋转,以使货物能以正确方位

准确送入飞机货舱或货物运输车,在主平台,桥平台的工作平面上的前后左右均安装有多组传送辊,并且分别由多个液压马达驱动。当各组液压马达分别转动或同时转动、或以不同方向同时转动时,均可实现货物的纵、横向移动或旋转。图46.2-12是升降平台车主平台的平面传送控制回路原理图。回路中的九个液压马达分别由6个换向阀控制,构成6个独立的子回路,可根据货物运动方式的需要,使6个换向阀分别或同时换向。为了保证各个液压马达的速度同步,6个独立的液压马达控制子回路之间全部采用串联方式联接,换向阀中位机能采用M型,在某几个阀不动作的时候,整个传送控制回路的其他子回路仍可保持油路连通,正常工作。当货物在平台上运动时,有时会发生个别传送辊被暂时卡死不能转动的情况。为了防止整个传送系统因个别传动辊的卡死而失效,因此在每一个

液压马达的进出油口均安装了交叉溢流阀。当一组传动辊卡死以致与之对应的液压马达不能转动时,油流可经过交叉溢流阀越过这个液压马达而保证整个传送

系统正常工作,而在卡死故障消失后,这一组“子回路”又可自动恢复工作。

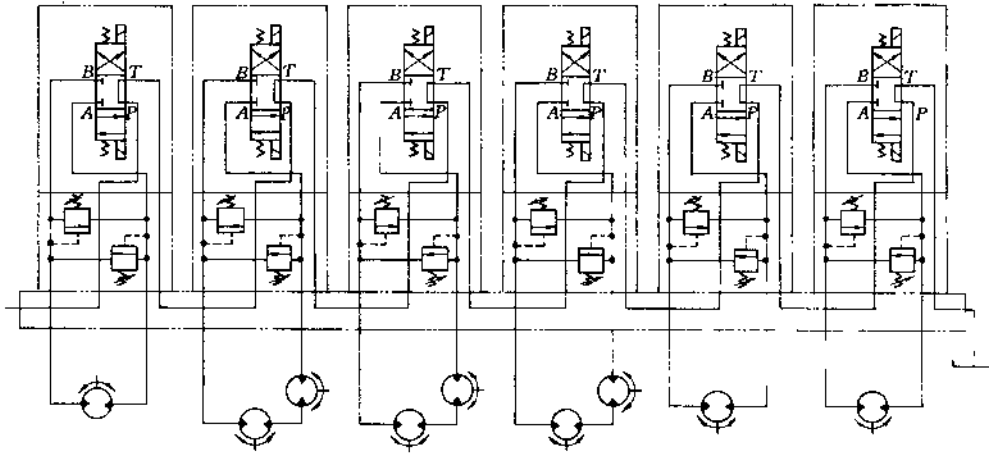


图 46.2-12 升降平台车传送控制回路