

低速大扭矩闭式液压系统研究与设计

Research and Design of Low Speed and Large Torque Closed Hydraulic System

赵崇碧

宁波斯达弗液压传动有限公司, 浙江 宁波 315806

ZHAO Chong-bi

Ningbo STF Hydraulic Transmission Co. Ltd., Ningbo 315806, China

【摘要】在当前的机械制造行业中, 低速大扭矩闭式液压系统得到了广泛的应用, 其对于提升机械产品的设计性能、质量具有重要作用, 但就当前液压元件与原动机的匹配情况来看, 还存在一些问题, 在一定程度上阻碍了低速大扭矩闭式液压系统中液压马达性能的发。鉴于此, 本文从低速大扭矩闭式液压系统工作原理入手, 对其低速大扭矩液压马达、液压泵、原动机的匹配进行探讨, 以供参考。

【Abstract】In the current machinery manufacturing industry, low speed and large torque closed hydraulic system has been widely used. It plays an important role in improving the design performance and quality of mechanical products. But in view of the situation of the hydraulic components and the prime mover, there are still some problems, which hinders the performance of hydraulic motor in low speed and large torque closed hydraulic system to some extent.

【关键词】液压系统; 液压马达; 恒功率; 扭矩; 功率匹配

【Keywords】hydraulic system; hydraulic motor; constant power; torque; power matching

随着我国现代化程度的加深, 各种大型机械设备被研发并投入使用, 在我国经济发展中发挥着重大作用, 这其中包括有船舶甲板机械、矿山机械、工程建筑机械、重型冶金机械、石油煤炭机械、机床、轻工设备、起重运输设备、钻机等设备, 而这些设备的安全使用又离不开液压系统的使用, 由此可见液压系统对于国民经济发展的作用。但是由于低速大扭矩闭式液压系统原动机功率匹配不合理造成功率浪费或功率不足等诸多现象, 而且伴随着功率使用不完全的缺陷, 极大地影响了液压系统性能的发。而低速大扭矩闭式液压系统方案合理设计可以有效弥补这些缺点, 因此, 对于该系统生产厂家来说, 需加大对相关方面的研究, 以显著的提升各类机械设备液压系统的工作效率及功率利用效率。

1 低速大扭矩闭式液压系统概述

低速大扭矩闭式液压系统主要是由HST高压回路以及辅助低压补油回路构成, 其工作原理如图1所示, 变量柱塞泵02上配置低压补油泵03、控制泵04。低压补油泵03通过高压过滤器07, 在由补油单向阀10为HST高压回路提供符合清洁度要求的液压油, 同时液控单向阀13将HST高压回路中的高温液压油经低压过滤器14送入冷却器15置换出高压回

路。过载补油阀12在达到低速大扭矩液压马达11设定压力后实现向反向油路补油, 用以保护液压系统。

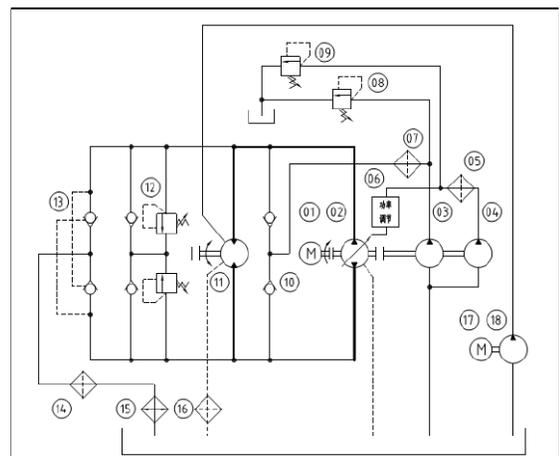


图1 简化液压系统原理图

01原动机(电动机)、02变量柱塞泵、03低压补油泵、04控制泵、05、高压过滤器、06功率调节装置、07高压过滤器、08过载阀(低压补油泵)、09过载阀(控制泵)、10补油单向阀、11低速大扭矩液压马达、12过载补油阀、

13液控单向阀、14低压过滤器、15冷却器、16低压过滤器（冲洗回路）、17原动机（电动机、冲洗回路）、18液压泵（冲洗回路）

由于低速大扭矩闭式液压系统中的液压泵上安装有功率调节装置06, 调节装置响应时间短, 且可实现液压、电子自动恒功率调控（功率设定值可根据需求设定）。功率调节装置可保证只从原动机中取用所需要的功耗, 并可保障设备能够在正常运行过程中有较高的生产效率, 在尖峰负荷时能够提供较大工作扭矩用以克服尖峰负荷。低速大扭矩闭式液压系统在恒功率状态对原动机功率需求相对较小, 且占地空小, 能够提供高输出扭矩或高运行转速。低速大扭矩闭式液压系统区别于以往开式液压系统中为满足高输出扭矩、高运行转速而不得以配置较大功率原动机, 在正常使用过程中原动机功率利用率不足, 降低原动机工作效率, 同时在配置液压系统过程中液压油使用量有明显下降。

以破碎机为例, 当破碎难处理物料时, 原动机输出功率通过液压泵功率调节装置可根据功率设定值自动提供高的输出扭矩, 降低运行速度, 大幅降低破碎机因尖峰负荷过大而造成的反转次数, 并在通过尖峰负荷后快速恢复正常运行速, 保障破碎机正常生产效率, 降低了因尖峰负荷对设备造成冲击损坏。

2 低速大扭矩闭式液压系统液压元件选取

2.1 低速大扭矩闭式液压系统中低速大扭矩液压马达选择

低速大扭矩液压马达排量选择

$$q_m = \frac{2\pi M_m}{\Delta p \eta_m}$$

式中: q_m ——液压马达排量L/r; M_m ——液压马达输出扭矩, N·m; Δp ——液压马达进出口压力差MPa; η_m ——液压马达机械效率;

液压马达使用最大需求流量为

$$Q_m = \frac{q_m n_{max}}{\eta_m}$$

Q_m ——液压马达最大需求流量, L/min; q_m ——液压马达排量, L/r; n_{max} ——液压马达最高转速, rpm; η_m ——液压马达容积效率;

低速大扭矩液压马达形式选择

低速大扭矩液压马达形式以曲轴连杆液压马达、内曲线多作用径向柱塞液压马达、摆线马达、摆缸马达等居多。在闭式液压系统中较常用马达为内曲线多作用径向柱塞液压马达, 因其具有特殊内曲线、多柱塞结构形式, 使具有压力等级高、功率密度大、低速稳定性好、抗冲击性强等诸多优点, 广泛用于闭式液压系统中, 如表1。

2.2 低速大扭矩闭式液压系统中液压泵选择

主液压泵（目前多以轴向柱塞变量泵为主）的额定工作压力

$$P_p \geq P_1 + \Sigma \Delta P$$

P_p ——主液压泵额定工作压力, MPa; P_1 ——液压马达进出口压力差, MPa; $\Sigma \Delta P$ ——从主液压泵出口到液压马达入口之间总的管路损失;

表1 常用内曲线液压马达参数

马达型号	排量	单位扭矩	额定压力	最大压力	额定扭矩	额定转速	最大转速
	ml/r	N·m/bar	bar	bar	N·m	r/min	r/min
HA50-20	1,256	20	250	315	5000	340	340
HA50-25	1,570	25	250	315	6250	298	340
HA50-32	2,010	32	250	315	8000	238	340
HA50-40	2,512	40	250	315	10000	196	298
HA50-50	3,140	50	250	315	12500	170	238
HA70-40	2,512	40	250	315	10000	230	340
HA70-50	3,140	50	250	315	12500	191	272
HA70-60	3,771	60	250	315	15000	166	234
HA70-70	4,400	70	250	315	17500	153	204
HA100-40	2,512	40	250	315	10000	332	340
HA100-50	3,140	50	250	315	12500	272	340
HA100-64	4,020	64	250	315	16000	221	332
HA100-80	5,024	80	250	315	20000	187	264
HA100-100	6,280	100	250	315	25000	162	230
HA140-80	5,024	80	250	315	20000	208	289
HA140-100	6,280	100	250	315	25000	174	234
HA140-120	7,543	120	250	315	30000	153	208
HA140-140	8,800	140	250	315	35000	145	187
HA210-160	10,051	160	250	315	40000	89	128
HA210-180	11,314	180	250	315	45000	85	115
HA210-210	13,200	210	250	315	52500	72	98

主液压泵工作流量

$$q_p \geq K \sum q_{max}$$

q_p ——主泵工作流量, L/min; K ——液压系统泄漏系数, 一般取 $K=1.1$

补油泵工作压力

补油泵工作压力根据闭式液压系统中液压马达需求背压确定, 一般高于背压1.5-2 MPa;

补油泵工作流量

$$q_b = q_c + q_r + q_e$$

q_b ——补油泵工作流量, L/min; q_c ——闭式液压系统泄漏流量, L/min; q_r ——溢流阀开启后溢流流量(闭式液压系统管路较长时液压马达加装过载溢流阀), L/min;

q_e ——热交换阀向外交换热油流量, L/min;

2.3 低速大扭矩闭式液压系统中原动机选择

低速大扭矩闭式液压系统中低速大扭矩液压马达全功率工作几率小, 带载过程中多以高压低速或低压高速工作, 能够有效降低原动机的装机功率, 并可长时间使用原动机工作在高效率区间, 节约能源消耗。

根据设备工况图确定液压马达最大进出口压力差下允许工作转速及液压马达工作压力差下液压马达最高工作转速。按最大进出口压力差下允许工作转速及液压马达工作压力差(液压马达工作压力差确定, 根据液压马达、液压泵高效区间压力进行选择)下液压马达最高工作转速确定液压系统装机功率, 二者取大值。

$$N_i = \frac{\Delta p Q_M}{60 \eta_m}$$

Δp ——液压马达最大进出口压力差或液压马达工作压力差, MPa; Q_M ——液压马达允许工作转速或最高工作转速需求流量, L/min; η_m ——原动机机械效率;

2.4 补油泵中原动机选择方式与低速大扭矩闭式液压系统中原动机选择相同。

低速大扭矩闭式液压系统油箱体积确定

液压系统油箱一般取补油泵工作流量的2-3倍, 即可满足整个低速大扭矩闭式液压系统的运行需求。

2.5 低速大扭矩闭式液压系统中液压过滤器选择。

液压过滤器是液压系统必不可少辅助液压元件, 在闭式系统中合理选用过滤器保障系统液压油清洁度更是重中之重。过滤器在选择过程中不仅要能够满足液压系统耐压、过滤精度, 还需要满足纳污容量要求。

工作油液的黏度对过滤器的通过流量有很大影响。在一定的压差下, 油液黏度愈高, 滤油器允许通过流量愈小, 由于厂家提供滤油器流量-压差曲线是在标准黏度下得出, 因而根据流量-压差曲线确定滤油器通过流量时, 需要将实际工作油液黏度下的系统流量换算为标准黏度下的流量。

标准黏度下的流量确定

$$q_s = f_v q$$

q ——实际系统流量, L/min; q_s ——标准黏度下流量, L/min;

$$f_v = \frac{v}{v' + \sqrt{\frac{v}{v'}}}$$

v ——工作油液实际黏度; v' ——试验时标准黏度

在实际应用过程中选定标准黏度下流量后, 在考虑纳污容量时, 一般取标准黏度下流量的1.5-3倍作为选用过滤器流量。

3 结语

总而言之, 低速大扭矩闭式液压系统设计直接影响机械设备使用稳定性、使用效率, 并能够起到节能降耗作用。低速大扭矩闭式液压系统设计方案中液压元件少、集成度高、无减速器, 合理的设计可有效降低各类机械设备液压系统的后期保养与维护成本。因此, 工作人员需对液压元件的高效工作匹配、驱动功率匹配、过滤系统优化等开展深入分析, 以确保系统功能得以充分发挥, 从而为我国现代化建设注入更好的动力。

参考文献:

- [1] 雷天觉. 新编液压工程手册[M]. 北京理工大学出版社, 1998, 12.
- [2] Rexroth. Control of secondary units A4 VS axial piston units, RE92 055/10.97.