

DOI: 10.3969/j.issn.1001-3881.2013.10.034

YBC-2型飞机地面油泵车液压系统设计

魏晓斌, 朱毅, 张军凯

(徐州空军学院航材四站系, 江苏徐州 221000)

摘要: 在分析 YBC-2 型飞机地面油泵车设计要求和基本回路的基础上, 采用通用多路阀, 并配以专用控制阀和简单电子控制系统, 设计了单系统双输出液压系统, 为今后飞机地面油泵车液压系统开发提供了参考。

关键词: 飞机地面油泵车; 液压系统; 通用多路阀

中图分类号: TH137 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-3881(2013)10-099-3

Design of Hydraulic System for YBC-2 Aircraft Ground Hydraulic Oil Pump Vehicle

WEI Xiaobin, ZHU Yi, ZHANG Junkai

(Department of Four-station Management, Xuzhou Air Force College, Xuzhou Jiangsu 221000, China)

Abstract: Based on analyzing the design demands of YBC-2 aircraft ground hydraulic oil pump vehicle and basic loops, applying universal multi-route valve, professional control valve and simple electric control system, the hydraulic system was designed. It offers reference for future development of hydraulic system of aircraft ground hydraulic oil pump vehicle.

Keywords: Aircraft ground hydraulic oil pump vehicle; Hydraulic system; Universal multi-route valve

1 设计依据

飞机地面油泵车是飞机保障的重要装备, 不论在战争年代还是在和平时期的抗震救灾、抗洪抢险以及民用飞机客流量显著增大的情况下, 如果油泵车设计不合理, 效率低下, 将会直接影响飞机性能, 延误战机起飞或者延缓救援时机。而目前现有的 YBC-1 型飞机地面油泵车结构复杂、冗余, 综合化水平较低, 机动性、通用性差, 如何改进这些弊端, 提升维修保养效率和空运效率, 将是此次飞机地面油泵车液压系统的设计重点。

1.1 YBC-2型飞机地面油泵车液压系统基本设计要点

(1) 具有多执行部件。至少包括泵源、高压输出回路、卸荷循环散热回路、回油及油箱回路、加油回路、油液固体污染度检测设备;

(2) 动力特性要求高。要求大功率输出、大输出力(矩)、高速、高变速指标;

(3) 负载变化大。外负载变化大、多冲击、频率启制动和换向功率需求变化剧烈;

(4) 执行部件可独立动作。各部件动作顺序没有预定的规律;

(5) 操纵特性良好。包括调速特性、独立操纵特性等;

(6) 特殊功能要求。包括锁定、制动、同步等。

主液压系统基本结构如图 1 所示(其中没有考虑液压附件及先导控制部分)。

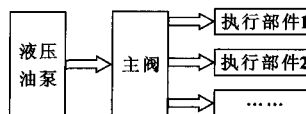


图 1 主系统基本结构

1.2 YBC-2型飞机地面油泵车液压系统设计要点

根据飞机地面油泵车的工作特点, 其液压系统设计需要满足以下要求:

1.2.1 动力性要求

动力性要求是指在保证动力设备不过载的前提下, 尽量充分利用动力设备的功率, 提高飞机地面油泵车的运行效率。尤其是当负载变化时, 要求液压系统与动力设备匹配良好, 尽量提高输出功率。例如, 当外负载较小时, 希望增大油泵的输出流量, 提高执行元件的运行速度。双泵液压系统中就常常采用合流的方式来提高功率利用率。

1.2.2 操纵性要求

当多执行元件共同动作时, 要求能够合理分配液压系统中各个执行元件的流量, 要求其相互间不干涉, 实现理想的复合动作。如果飞机地面油泵车在运行过程中由于液压油泵的油分流供应, 导致一侧速度降低, 形成设备偏向振动, 容易引发事故。另外, 当自循环过程中多执行元件同时动作时, 各个操纵阀都在大开度下工作, 往往会出现系统总流量需求超过油泵的最大供油流量, 这样高压执行元件就会因压力油

收稿日期: 2012-03-08

作者简介: 魏晓斌(1965—), 男, 硕士研究生, 副教授, 主要从事飞行地面保障装备的教学与科研工作。E-mail: wxb1181@126.com。

优先供给低压执行元件而出现压力降低的现象。

1.2.3 节能性要求

飞机地面油泵车通常工作时间长, 能量消耗大, 要求液压系统的效率高, 就要降低各个执行元件和管路的能耗, 因此在油泵车液压系统中要充分

1.2.4 安全性要求

飞机地面油泵车工作条件复杂多变, 负载变化和冲击振动大, 对于其液压系统要求有良好的过载保护措施, 防止油泵过载和因外负载冲击对各个液压元件

2 液压系统设计

2.1 液压系统性能参数设计

在油泵车的性能参数中, 压力、流量和污染度等级是最主要的 3 个参数。其中液压油污染度的分级标准是根据 GJB 420A-95 《飞机液压系统用油液固体污

2.1.1 液压系统压力的设计

依据上述飞机液压系统输出压力等级, 可确定液压系统高压工作压力 p 为 $0 \sim 28$ MPa, 液压系统高压元件及附件压力等级选型应不小于 31.5 MPa。YK2 和波音 747 液压系统回油压力为 0.6 MPa, SF3 液压系统回油压力为 0.35 MPa, 因此可确定液压系统低

2.1.2 液压系统流量的设计

液压系统应能保证两路同时输出飞机实际所需的最大工作流量, 按照波音 747 每路输出 70 L/min 计算, 液压系统输出流量最大应达 140 L/min, 所以液压元件及附件流量选型指标应不小于 140 L/min。

2.2 液压系统回路的设计

2.2.1 泵源

该设备设置主泵和辅泵, 泵源压力 $p = 0 \sim 28$ MPa, 流量 $Q = 0 \sim 140$ L/min。

2.2.2 I、II 路高压输出回路

I 路高压输出回路流量 Q_1 和 II 路高压输出回路 Q_2 在泵源系统流量 Q ($0 \sim 140$ L/min) 的范围负载反馈分配, $Q = Q_1 + Q_2$, 由蓄能器以及 I 路高压输出回路中的单向阀共同调节。

2.2.3 卸荷循环散热回路

插装单向阀用于防止 I 路、II 路高压输出回路压力 p 与 p_1 之间出现干涉。插装电磁卸荷阀用于泵源系统、I 路高压输出回路和 II 路高压输出回路卸荷, 观察液压系统各回路工作流量状况。

2.2.4 回油及油箱回路

油箱容量 140 L, 设计有加油空气滤清器、油标、加/放油快插接头和液位报警开关等元件。当油箱液位过低时, 液位报警开关报警, 液压系统停止工作。

2.2.5 加油回路

设计加油时, 电磁换向阀处于关闭状态, 油液从油箱出发, 通过辅泵加压, 将油液注入飞机。

2.2.6 油液固体污染度检测设备

设计油液固体污染度检测设备可在线实时监测液压系统油液固体污染度, 由固体污染度在线检测仪和管路组成。

流程图如图 2 所示。

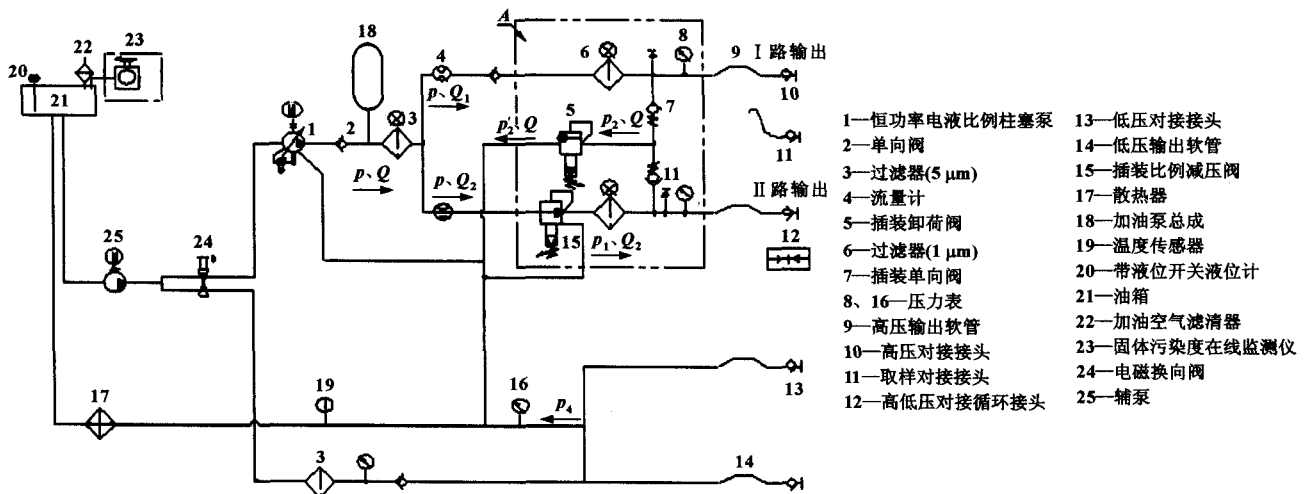


图 2 液压系统流程图

2.3 结构设计

2.3.1 总体结构组成与布局

该设备总体结构由牵引底盘、牵引杆、框架和环

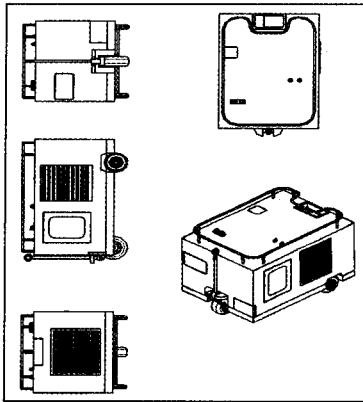


图3 总体外形图

控设备组成, 外形尺寸约 1 600 mm × 1 050 mm × 1 000 mm ($L \times W \times H$), 整装质量约 1 050 kg, 结构如图 3、4 所示。

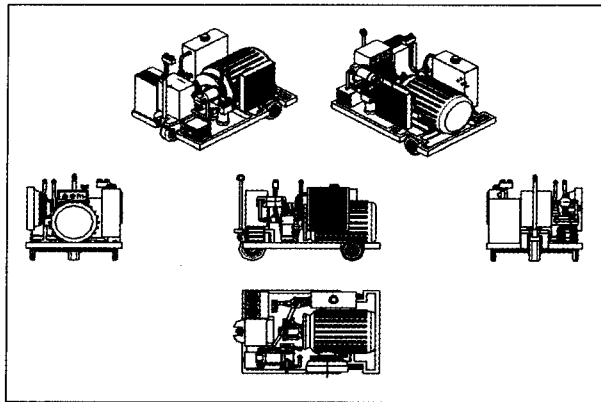


图4 内部结构图

2.3.2 总体结构主要设备选型

(1) 恒功率电液比例柱塞泵

柱塞泵额定工作压力为 0 ~ 28 MPa, 最高工作压力可达 35 MPa, 压力电液比例可调, 带数字信号放大器。安全压力设定为 31.5 MPa, 可在 0 ~ 35 MPa 内调节。

按照实际情况和恒功率控制思路进行柱塞泵功率计算:

① SF3: 两路 20 MPa 压力, 每路输出流量可达 50 L/min, $W_1 = pQ/60 = 20 \times 100/60 = 33.3 \text{ kW}$ 。

② YK2: 两路 22 MPa 压力, 每路输出流量可达 70 L/min, $W_2 = pQ/60 = 22 \times 140/60 = 51.3 \text{ kW}$ 。

③ 某型飞机 3: 两路 25 MPa 压力, 每路输出流量 60 L/min, $W_3 = pQ/60 = 25 \times 120/60 = 50 \text{ kW}$ 。

根据①、②和③的分析计算, 恒功率可设定在 2 000 r/min 时 $51.3/0.93 \approx 55 \text{ kW}$ 。

其他参数包括: 额定转速可达 2 200 r/min; 最大输出流量为 $70 \text{ mL/r} \times 2 200 \text{ r/min} = 154 \text{ L/min}$; 泄油口压力可达 2 MPa。

(2) 电动机

电动机采用 YYB250 型三相异步 4 极 55 kW 内轴式静音变频电动机 (油泵专用电机), 由变频器变频控制输出转速。其工作电压为三相 380 V AC, 工作转速范围为 0 ~ 2 400 r/min, 工作频率范围为 0 ~ 80 Hz。

(3) 轮胎

轮胎采用 254 × 152 × 158.8 和 267 × 152 × 127 两种规格的实心轮胎, 速度为 25 km/h 时分别可承载 1 414 × 9.8 N 和 1 564 × 9.8 N; 适应低速、高负载苛

刻条件下使用, 有很高的耐刺穿性。

(4) 暖风机

采用 HG4 型电暖风机, 由电加热翅片管和低声轴流风机及温控系统组成, 具有自然风、全功率加热、半功率加热 3 挡设置, 并具有超温断电安全保护功能。

(5) 气囊式蓄能器

在 YBC-2 型飞机地面油泵车液压系统中, 采用了气囊式蓄能器。此蓄能器的特点是形状虽小但容积较大; 皮囊的质量轻、惯性小, 反应灵敏; 漏气途径只有一个充气阀口, 因此气囊的密封性好, 一次充气后能长时间地保存; 充气方便, 适用于贮存能量和吸收冲击。

(6) 散热器

散热器为铝制板翅式组合结构, 下部加装了风机, 从而提升散热器的散热能力。主要技术参数如下: 换热量为 24 kW; 工作压力为 3.0 MPa; 试验压力为 4.5 MPa; 风机为 220 V AC / 750 W。

(7) 固体污染度在线检测仪

固体污染度在线检测仪选用 Parker IPD 型在线式颗粒计数器, 内置 GJB420A、ISO4406 等油液标准, 可相应给出所测样品的污染度等级; 仪器可按 ISO4402 或 ISO11171 校准, 实时检测数据, 实时掌握分析液压系统的磨损趋势, 具有 0.1ISO 等级的精度和 0.5ISO 等级的准确度。

3 数据比较

设计完成后, YBC-2 型飞机地面油泵车与现有 YBC-1 型油泵车的参数对比见表 1。

(下转第 104 页)

的容积 (cm³); μ 为工作液体的动力黏度 (N · s/m²); d_k 为阻尼孔直径 (cm); l_k 为阻尼孔长度 (cm)。从而得 $\frac{d_k^4}{l_k} = \frac{128\mu\omega V}{\pi E_0 \Delta\varphi} \times 10^{-5}$ 。将 $\Delta\varphi_1 = 0.3$ rad, $\Delta\varphi_2 = 0.22$ rad 代入上式, 得相对于 $\Delta\varphi_1$ 的阻尼孔尺寸 $d_k = 0.25$ cm, $l_k = 1.2$ cm, 相对于 $\Delta\varphi_2$ 的阻尼孔尺寸 $d_k = 0.26$ cm, $l_k = 1.2$ cm。

1.5 压盘尺寸的确定

压盘结构见图 6。由受力分析可知, 滑靴中心在斜盘上的运行轨迹是一椭圆, 其长轴为 $R/\cos\delta_{\max}$, 短轴为 R , 所以压盘上滑靴安放孔中心的半径 R_m (即压盘滑靴孔的分布半径) 为 $R_m = \frac{R}{2} \left(1 + \frac{1}{\cos\delta_{\max}}\right) = \frac{27}{2} \left(1 + \frac{1}{\cos 16^\circ}\right) \approx 28$ mm。滑靴的包球外径 d_3 已知, 盘孔与 d_2 的最小间隙为 Δ_1 , 则盘孔直径 d_p 为 ($d_3 + 2\Delta_1$), 再加上两倍的因偏心而向外 (或向内) 移动量 $\left(\frac{R}{\cos\delta_{\max}} - R_m\right)$, 即

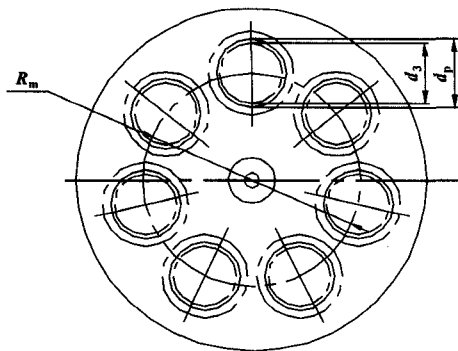


图 6 压盘结构图

$$d_p = d_3 + 2\Delta_1 + 2\left(\frac{R}{\cos\delta_{\max}} - R_m\right) = 16 + 2 \times$$

$$0.5 + 2\left(\frac{27}{\cos 16^\circ} - 28\right) = 18 \text{ mm}$$

式中: Δ_1 为最小间隙, 取值 0.5 mm。

$$\text{压盘最大外径 } D_p = \frac{2R}{\cos\delta_{\max}} + d_w + 2\Delta_4 = \frac{2 \times 27}{\cos 16^\circ} +$$

$$28 + 2 \times 1 = 86.176 \approx 90 \text{ mm}$$

式中: Δ_4 为接触余量, 取值 $\Delta_4 = 1$ mm。

1.6 斜盘尺寸的确定

斜盘的最大外径, 应能保证滑靴底面全部落在其上。即 $D = \frac{2R}{\cos\delta_{\max}} + d_w + 2\delta = \frac{2 \times 27}{\cos 16^\circ} + 28 + 2 \times 2 = 88.17$ mm, 圆整为 $D = 90$ mm。

2 结束语

对直轴式轴向柱塞泵的作用和结构进行了简要介绍, 根据柱塞泵工作要求和特点, 对其主要零件 (如缸体、柱塞、滑靴、配油盘、压盘、斜盘) 的主要尺寸进行了设计计算。实验证明: 该柱塞泵设计科学合理, 能够满足实际生产需要。

参考文献:

- [1] 成大先. 机械设计手册: 单行本: 液压传动[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 袁子荣. 液气压传动与控制[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2002. 3.
- [3] 袁生杰, 董恩国. 斜盘式轴向柱塞泵滑靴的设计计算[J]. 天津工程师范学院学报, 2007, 17(1): 40-42.
- [4] 雷天觉. 液压工程手册[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.

(上接第 101 页)

表 1 YBC-2 型飞机地面油泵车与现有 YBC-1 型油泵车的参数对比

	工作压力/MPa	流量可调范围/(L·min ⁻¹)	元器件设计	装备体积/m ³	质量/kg
小型化设计装备	0~28	85	独立设计	1.68	1 050
现有油泵车	0~28	140	集成阀块	26.7	6 275

可以看出: YBC-2 型飞机地面油泵车液压系统在满足飞机的液压保障需求的前提下, 提高了液压油的流量, 提升了工作效率, 同时装备体积仅为原来的 6.2%, 质量仅为原来装备的 16.7%。

4 结论

通过采用单系统双输出的液压系统, 实现在满足实际保障需求的同时, 又减小了装备体积的目的。YBC-2 型飞机地面油泵车液压系统的成功研制, 将大大提高飞机地面保障装备的工作效率以及转场运输效率, 保证转场后各型飞机正常起飞。同时该装备可发

挥其体积小、质量轻的优势, 很大程度上增加单架运输机运载数量, 减少运输架次。

参考文献:

- [1] 曹克强, 马新力, 沈燕良, 等. 飞机液压系统空气污染控制[J]. 机床与液压, 2003(6): 333-334.
- [2] 陈浩, 于焕义. 飞机多功能通用地面液压油泵车的设计[J]. 液压与气动, 2007(8): 17-20.
- [3] WRIGHT S E, BUSHBY J P. Development of a Diagnostic System for Noncontinuously Operating Machines[C]//Proceedings of the IEE, 2007.