



M3.3.1 飞机液压系统

修订批准页:

版次	修订时间	编写/改版	修订说明	审核/日期	审批/日期
R0	2020.06.12	刘海斌	新编课件	谈海军 /2020.08.03	张玉 /2020.08.06
R1	2021.02.02	单展	修订课件	谈海军 /2021.02.26	张玉 /2021.02.26
R2	2021.07.24	刘海斌	修订课件	谈海军 /2021.07.24	张玉 /2021.07.24
R3	2021.08.30	刘海斌	修订课件	谈海军 /2021.09.28	张玉 /2021.11.12
R4	2022.05.22	单展	修订课件	谈海军 /2022.05.23	张玉 /2022.05.23

目的与要求:

目的	通过本课程学习，掌握液压系统的传动原理，掌握飞机液压系统的结构和组成。
要求	<ol style="list-style-type: none">1. 掌握液压系统的结构、组成和原理。2. 掌握液压系统的优缺点。3. 通过学习的系统知识，可以在故障面前系统的分析故障产生的原因和故障源头。

课程安排:

序号	内容	课时	试题数量
1	液压基本概念	1H	1
2	液压系统介绍	3H	3
3	存储系统	1H	1
4	系统增压	3H	3
5	分配系统	1H	1
6	控制和指示系统	1H	1
7	典型飞机液压系统维护介绍	2H	2

目录

- 3.3.1.1 液压基本概念
- 3.3.1.2 液压系统介绍
- 3.3.1.3 存储系统
- 3.3.1.4 系统增压
- 3.3.1.5 分配系统
- 3.3.1.6 控制和指示系统
- 3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍



A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane in flight, centered in the background of the slide.

3.3.1.1 液压基本概念

3.3.1.1 液压基本概念

1、液压传动原理



液压传动在生活中的运用

3.3.1.1 液压基本概念

1、液压传动原理

- ◆ 液压传动(容积式传动)是一种以液体为工作介质，利用液体静压能来完成传动功能的一种传动方式。

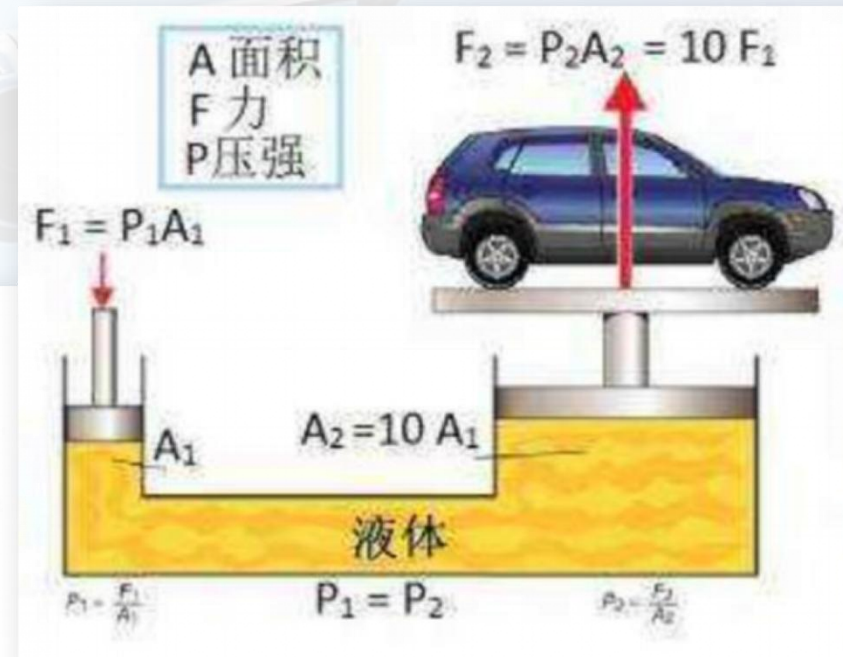
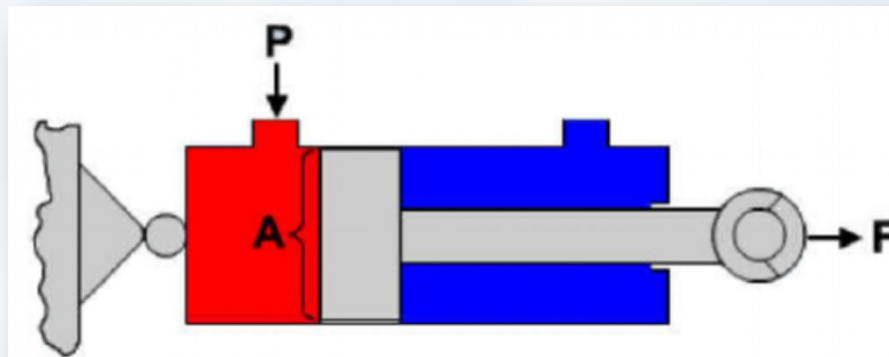
3.3.1.1 液压基本概念

1、液压传动原理

- ◆ 帕斯卡原理是液压传动的基础原理：在装满液体的密闭容器内，对液体的任一部分施加压力时，液体能把这一压力大小不变地向四面八方传递。

压强为 P 的液压作用在面积为 A 的作动筒端面，则在作动筒杆端产生的推力为 $F=P \times A$ ；

面积变大，
作用力增大。



帕斯卡原理及其运用

3.3.1.1 液压基本概念

1、液压传动原理

液压传动有重量轻、结构简单、安装方便、易于检查和维护、可以输出大的推力或大转矩、反应速度快、能够实现无极变速、易于实现功率放大等优点。因此，液压传动广泛运用于各型飞机的部件驱动。

3.3.1.1 液压基本概念

1、液压传动原理

从上图模型可得出以下结论：

- ① 液压传动以液体作为传递能量的介质，必须在封闭的容器内进行；
- ② 在作用面积确定的情况下，**液压压力取决于负载**
- ③ 波音 B737 液压系统输出大约为 20700kPa (3000psi)，目前最新民航飞机（如空客 A350飞机和波音 B787）的液压系统压力已经由主流的 20 700kPa提高到 34500kP (5000psi) ；
- ④ **速度决定于流量**；
- ⑤ 液压传动的主要参数是压力 P 和流量 Q。
- ⑥ 液压传动中的液压功率（W）等于压力（P）与流量（Q）的乘积，
$$W = P \cdot Q。$$

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

液压油主要特性包括：

- ① 粘性（黏性）、
- ② 化学稳定性、
- ③ 防火特性、
- ④ 压缩性、
- ⑤ 润滑性。

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

○粘性（黏性）

当流体在外力作用下流动时，由于分子间内聚力的作用，而产生阻碍其分子相对运动的内摩擦力，这种现象称为**流体的黏性**。只有流体在运动时黏性才会显示出来，静止的流体不显示黏性。黏性只能阻碍、延缓流体内部的相对运动，但不能消除这种运动。



3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

○粘性（黏性）

黏性是流体最重要的特性之一，是其内部流动阻力的一种表现，通常用**粘度**来表示。**粘度低的液体流动性好**，例如汽油，而**粘度高的液体流动性差**，例如沥青。**液体的粘度随温度降低而增加**。

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

○粘性（黏性）

粘度太低的液体，由于系统泄漏损失增大，容积效率下降等原因会造成运动部件和重载部件快速磨损。

粘度也不宜过大，防止形成较大的流动阻力和摩擦，进而导致动力损失和较高的工作温度，这些因素都加大了部件的磨损和负荷。

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

○粘性（黏性）

用来测量液体粘度的仪器称为**粘度计**。

各国采用的相对黏度测定方法和单位有所不同：

中国采用恩氏黏度；

美国采用赛氏黏度；

英国采用雷氏黏度；

法国采用巴氏黏度。

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

○粘性（黏性）

赛氏粘度是测量在温度 37.8°C (100°F) 下, 60 毫升的油液在自重作用下通过标准节流孔所需的时间, 单位为赛氏通用秒。

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

○粘性（黏性）

恩氏粘度测量：

在某一温度 ($t^{\circ}\text{C}$) 下，200 毫升油液在自重作用下从恩格勒粘度计内流出来所需的时间 T_1 ，然后测出同体积蒸馏水20摄氏度时流出所需时间 T_2 。恩氏黏度值为 T_1/T_2 。

恩氏粘度是永远大于1的数。



3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

○粘性（黏性）

必须选取合适粘度的液压油。

粘度太小，液压油的密封性差，容易渗漏，同时润滑效果也变差。

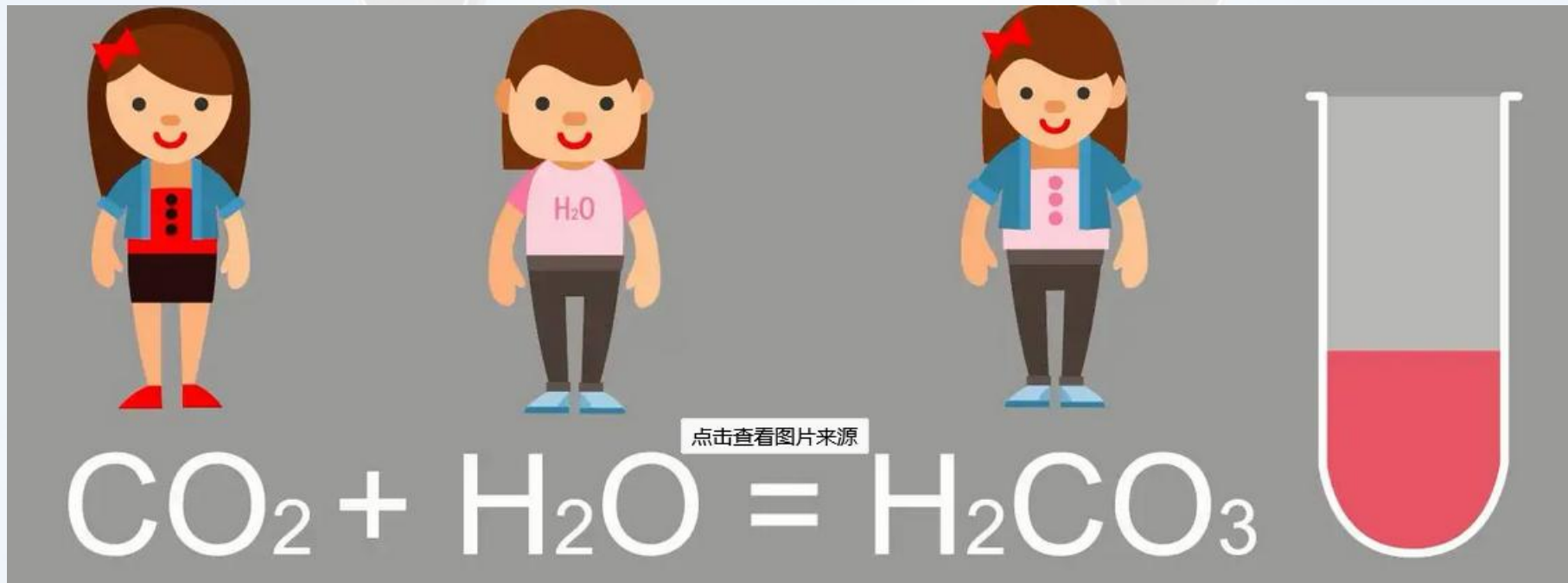
粘度过大，则会造成流动阻力大，传动阻力大，功率损失大，工作温度高等问题。

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

- 化学稳定性：**油液抗氧化的能力**，
液压油必须具备良好的化学稳定性。



3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

○防火特性

衡量防火特性指标为：

- ① 闪点：闪燃是液体表面产生足够的蒸气与空气混合形成可燃性气体时，遇火源产生短暂的火光，发生一闪即灭的现象。发生闪燃的最低温度称为闪点。
- ② 燃点：可燃性液体表面上的蒸汽和空气的混合物与火接触而产生火焰能继续燃烧不少于 5s 时的温度。
- ③ 自燃点：可燃物质在助燃性气体中加热而没有外来火源的条件下起火燃烧的最低温度。

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

○防火特性

通常用闪点和燃点来表征液压油发生爆炸或燃烧的可能性大小，
航空液压油要求具有良好的防火性能。



3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

○ 压缩性

压缩性：流体在密闭状态下，随着压强的增加体积减少而密度增加的性质。

一定体积的液体，随着压强增大，体积变化越小，说明其压缩性越小。

- 液压油的可压缩性很小，基本可以认为是不可压缩的。
- 如果液压油中含有气泡，由于气泡的可压缩性很大，
- 会导致液压油整体的压缩性显著增大，造成传动迟缓，
- 甚至不能有效推动部件作动的情况发生。

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

1) 液压油特性

○ 润滑性

润滑性：液体能够在两个附件的摩擦面之间形成一层“油膜”的特性。

这层“油膜”覆盖着附件的表面，使摩擦面不直接接触，减小附件之间的摩擦力，减少附件表面的磨损。

飞机的液压系统是利用液压油来润滑的，液压油必须有良好的润滑性。

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

2) 常见液压油

- ① 植物基液压油：
- ② 矿物基液压油
- ③ 合成基液压油也叫磷酸酯基液压油

名称	标准	颜色	用途
航空植物基液压油	MIL-H-7644	蓝色	用于早期老式民航客机
航空矿物基液压油	MIL-H-5606 MIL-H-6803 BMS3-32 II	红色	用于现代大型民航客机如 B737NG、A320 飞机起落架减震支柱内筒
合成基液压油	BMS 3-11	紫色	用于现代大型民航客机如 B737NG、A320 飞机液压系统

特性 液压油	颜色	耐燃性	粘度	稳定性	毒性	吸水性	适用的密封材料	应用
植物基	蓝色	易燃	大	低	无毒	小	天然橡胶	老式飞机
矿物基	红色	可燃	适中	较高	无毒	小	合成耐油橡胶	减震支柱
磷酸酯基	紫色	难燃	较小	高	低毒	大	异丁烯橡胶 聚四氟乙烯	大型客机

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

2) 常见液压油

植物基液压油：

植物基液压油（例如 MIL-H-7644）由**蓖麻油和酒精**组成。颜色常为**蓝色**，有浓烈的酒精味而且易燃，主要用在最初的老式飞机上。



3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

2) 常见液压油

矿物基液压油：

矿物基液压油是从石油提炼出来的，具有强烈刺激性的气味，通常被染成**红色**。

矿物基液压油**MIL-H-5606**历史比较久远，在很多系统广泛使用，尤其用在火灾风险低的地方。

还有一种 **MIL-H-6083** 液压油，它实际上是 MIL-H-5606 防锈版本，它们完全可以**互换**。



3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

2) 常见液压油

磷酸酯基液压油：

磷酸酯基液压油也叫合成基液压油，是非石油基，人工合成的液压油，其防火性能特别好，将这种液压油喷向超高温火焰中进行耐火实验，不会持续燃烧，只会偶尔会出现闪燃。

它于1948年才用于高性能的活塞发动机和涡轮螺旋桨飞机上，目前使用较多的是美国孟山都公司生产的 Skydrol 品牌的液压油。磷酸酯基液压油呈紫色，具有较好的低温工作特性和低腐蚀性，广泛用于现代大型飞机的液压系统。

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

2) 常见液压油

在维护过程中，应使用飞机维护手册或附件说明书所规定牌号的液压油。

类型	名称	颜色	用途
航空植物基液压油	MIL-H-7644	蓝色	用于早期老式民航客机
航空矿物基液压油	MIL-H-5606 MIL-H-6803 BMS3-32 II	红色	用于现代大型民航客机起落架减震支柱内筒
合成基液压油	BMS 3-11	紫色	用于现代大型民航客机如波音B737NG、空客 A320 飞机液压系统

航空液压油的分类识别和运用

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

3)使用注意事项

○液压系统的防护

错误的使用液压油，会导致液压系统性能下降甚至丧失全部功能，造成事故。

为保证液压系统工作正常，在使用液压油时应注意以下事项。

- ①禁止液压油混用
- ②保持油液必要的清洁度
- ③防止系统进入空气

3.3.1.1 液压基本概念

2、液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）

3)使用注意事项

○液压系统的防护

禁止液压油混用：

不同类型或规格的液压油不能混用。使用错误的液压油可能会引起密封部件、胶管和其他非金属部分迅速损坏，使系统无法工作。如果加错油液后应立即排放油液，冲洗整个系统，并根据制造厂家规定及时更换可能损坏的部件，如密封件及软管等。

3.3.1.1 液压基本概念

3)使用注意事项

○液压系统的防护

保持油液必要的清洁度：

为保持油液的清洁，必须做到以下几点：首先，系统必须加装油滤，更换液压油时，要彻底清洗系统，加入的新液压油必须过滤。其次，维护人员在维护液压系统时，必须严格按照规定操作，避免污染系统。

3.3.1.1 液压基本概念

3)使用注意事项

○液压系统的防护

防止系统进入空气：

由于液压油中混入空气会导致液压油可压缩性显著增加，因此要保证液压系统完全密封（特别是液压泵吸油管路），以防止吸入空气。在进行相关维护工作后应对液压系统进行排气，确保系统中的空气得以排除。

另外，还要**保证油箱油量在规定范围内**，防止油泵因油箱内油量过低而吸入空气。

3.3.1.1 液压基本概念

- 对其他系统和飞机结构的防护

在维护液压系统时应避免液压油污染其他系统和飞机结构，尤其是轮胎、胶管等非金属结构和飞机表面的油漆涂层。在维护时，一旦发生油液溅出的情况应**立即用干净的抹布擦净，并用肥皂水和热水彻底冲洗。**

3.3.1.1 液压基本概念

○对维护人员的防护

磷酸酯基液压油有较强的毒性，对人体皮肤、眼睛和呼吸道粘膜有较强的刺激性。因此，在进行维护时，**应该在手和胳膊上涂药膏，佩戴耐油手套，并按要求处理废弃油液。**

当有可能被油液喷溅到眼睛时（例如进行压力测试或元件拆装更换），**应佩戴防护镜。**如果皮肤接触到液压油，应用**大量清水或肥皂水清洗。**

如果眼睛接触到液压油，第一时间用**大量清水清洗眼睛**，情况严重时应立即向医生求助。



小结：

- 液压油的传动原理，液压油系统的优点和缺点。
- 对液压油油液的要求。（黏性、化学稳定性、防火特性、压缩性、润滑性）
- 常见额液压油：植物基液压油、矿物基液压油和磷酸酯基液压油。



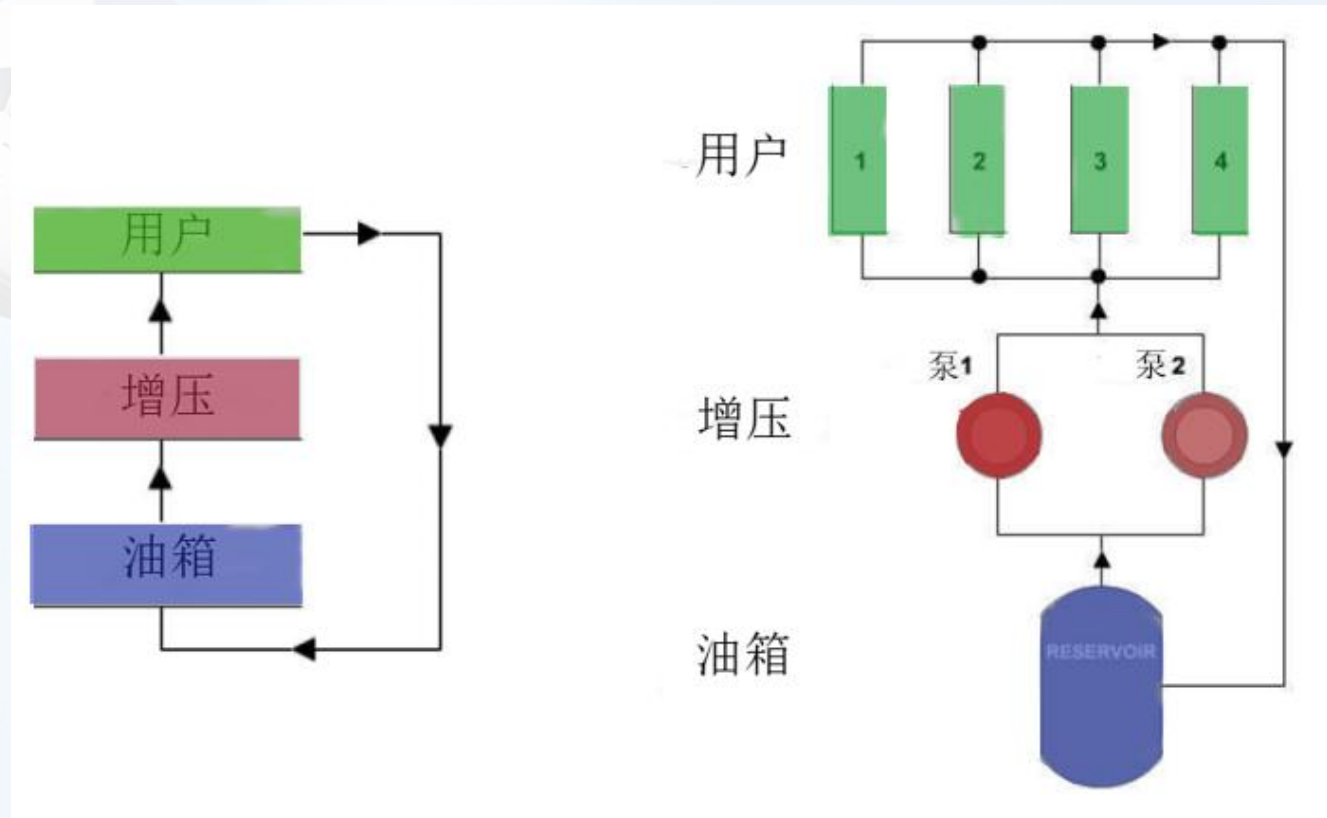
3.3.1.2 液压系统介绍

3.3.1.2 液压系统介绍

1、系统组成

来自**油箱**的液压油，经**增压**组件提升压力后供给**用户**，执行完工作再次返回液压油箱，如此进行重复。

各型号飞机液压系统的用户数量和用户类型有所不同，单个增压组件往往很难满足所有用户的使用需求，大部分飞机通过增加泵的数量和种类解决此问题。但用户数量和类型的变化不会改变液压系统的整体组织结构，其基本构型就是**油箱-增压-用户**。



液压系统循环过程

3.3.1.2 液压系统介绍

2、系统部件

液压系统的主要部件包括：

- ① 储存部件、
- ② 增压部件、
- ③ 分配部件、
- ④ 执行部件、
- ⑤ 辅助部件、
- ⑥ 控制指示部件。

3.3.1.2 液压系统介绍

2、系统部件

- 储存部件：液压油箱，用于存放系统工作所需的液压油；
- 增压部件：液压泵，根据能量来源不同可以分为：发动机驱动泵（Engine Driven Pump, EDP）、电马达驱动泵（Electric Motor Driven Pump, EMDP）和空气驱动泵（Air Driven Pump, ADP）等；
- 分配部件：负责液压油流向的控制，主要包括压力组件、液压管路和管路上的控制活门；

3.3.1.2 液压系统介绍

2、系统部件

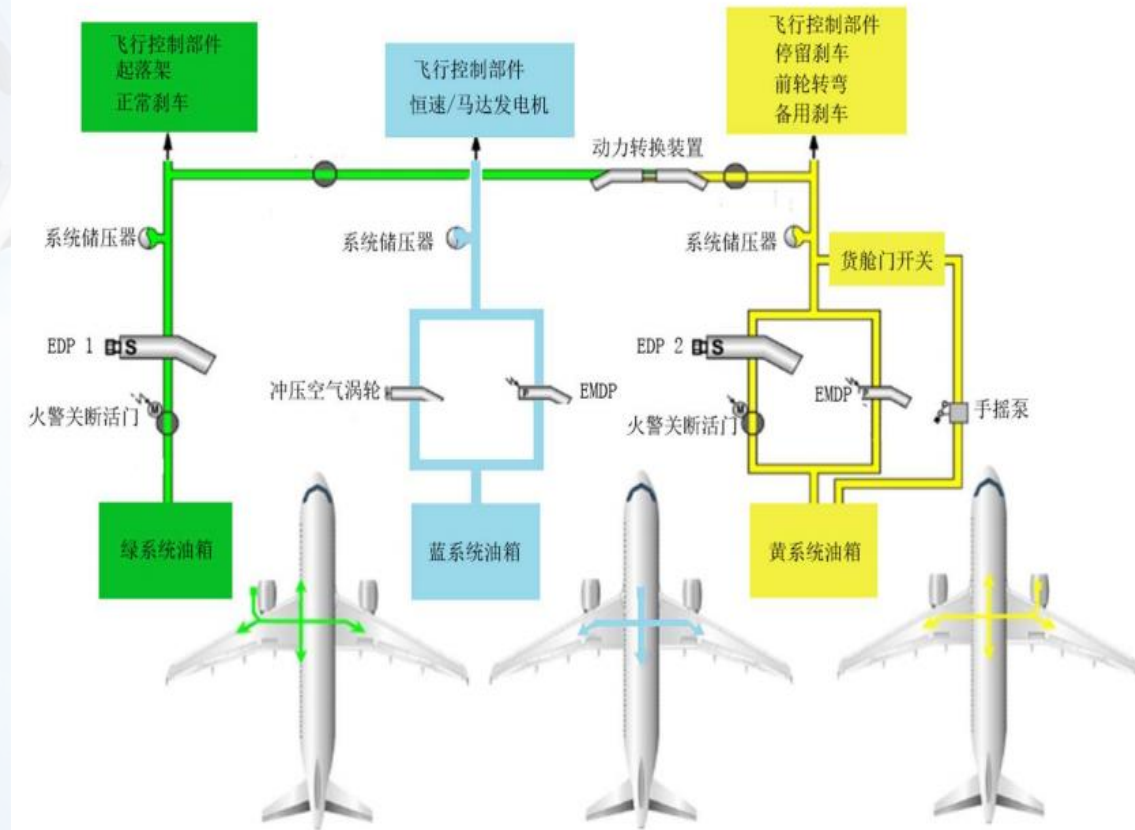
- 执行部件：使用高压油液作为动力，将液压能转化为机械能，最终驱动飞机的舵面或其他部件，常见的执行部件有液压作动筒和液压马达等；
- 辅助部件：主要包括储压器、油滤、密封元件等，此类部件在系统中分布广泛；
- 控制指示部件：主要包括方向、压力、流量控制元件，驾驶舱液压系统控制面板以及显示器，用于机组和地面维护人员监控系统的工作。

3.3.1.2 液压系统介绍

- 为了增加飞机飞行安全裕度，飞机通常设有多个液压系统。
- 空客飞机有蓝、绿、黄三个独立的液压系统。
- 所有的液压系统各自独立工作，各个液压系统之间没有液体交换。
- 所谓独立的液压源系统，是指每个液压源都有单独的液压元件，并可以独立向用压系统提供液压。
- 每个液压系统有液压分配组件用于压力分配。

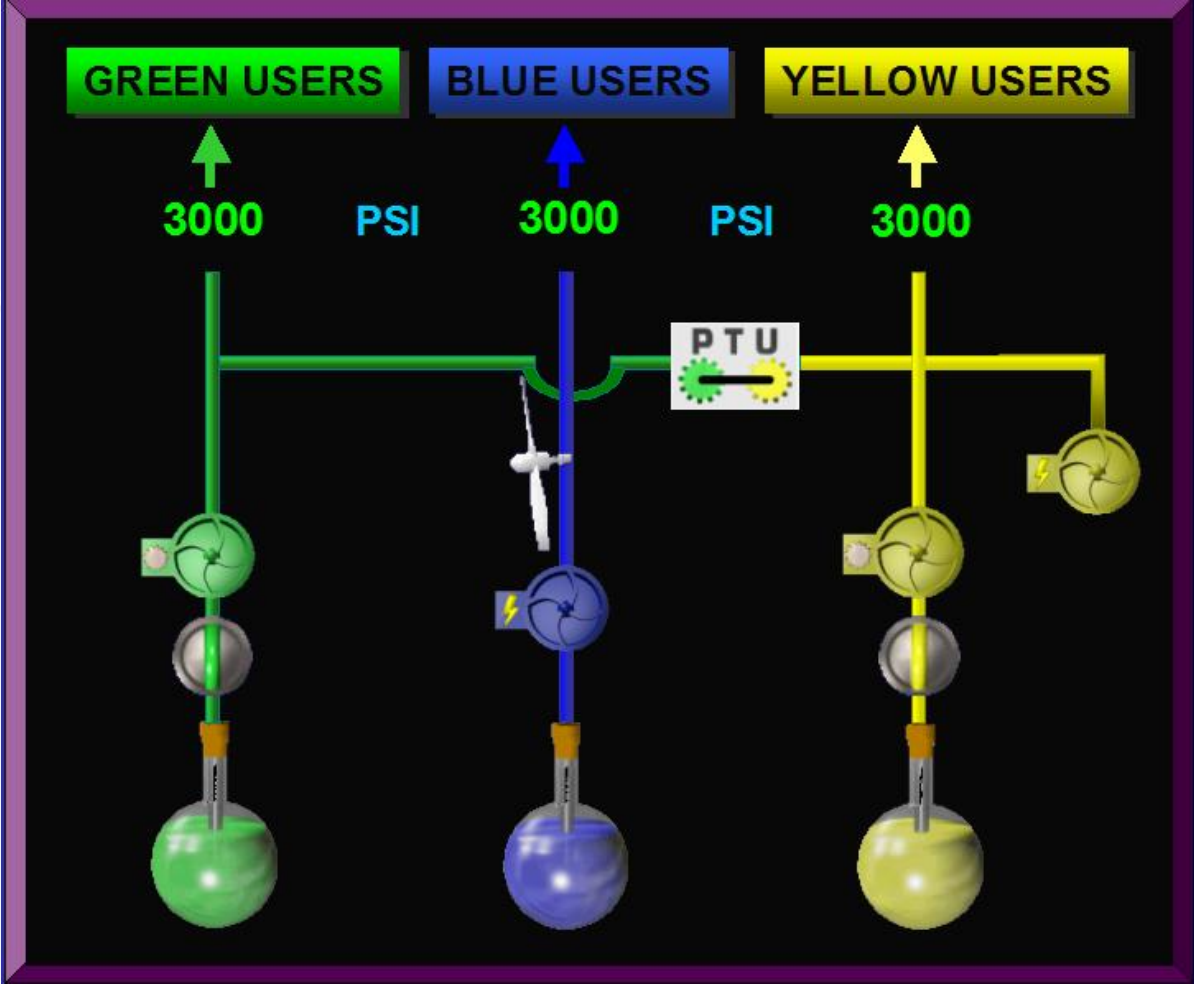
3.3.1.2 液压系统介绍

- ① 液压油箱：3个，提供一定压力的油液到液压泵；收集飞机用压系统的回油。
- ② 火警关断活门：2个，发动机火警时关闭，停止向发动机驱动泵供应液压油。
- ③ 发动机驱动泵：2个，由发动机驱动，为绿液压系统、黄液压系统的用户系统提供压力。
- ④ 电马达驱动泵：2个，由电马达驱动，为黄液压系统、蓝液压系统的用户系统提供压力。
- ⑤ 动力转换组件：1个，双向工作，当一个液压系统低压时，自动工作传输液压动力但不传输液压油。
- ⑥ 冲压空气涡轮：1个，应急情况下，为蓝系统增压。
- ⑦ 手摇泵：1个，仅可为货舱门开关供压。
- ⑧ 系统储压器：3个，稳定系统压力；液压系统低压时提供备用压力。



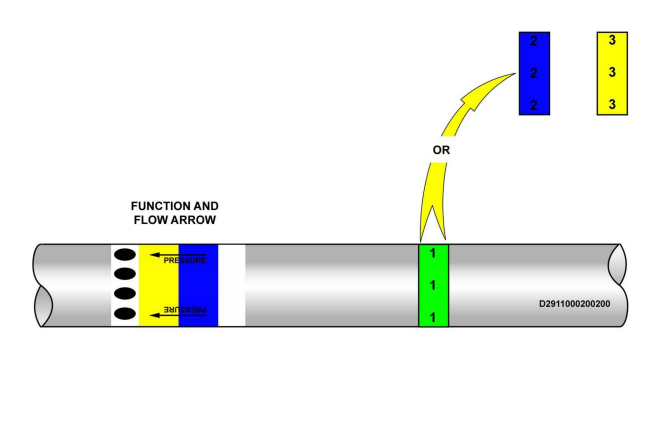
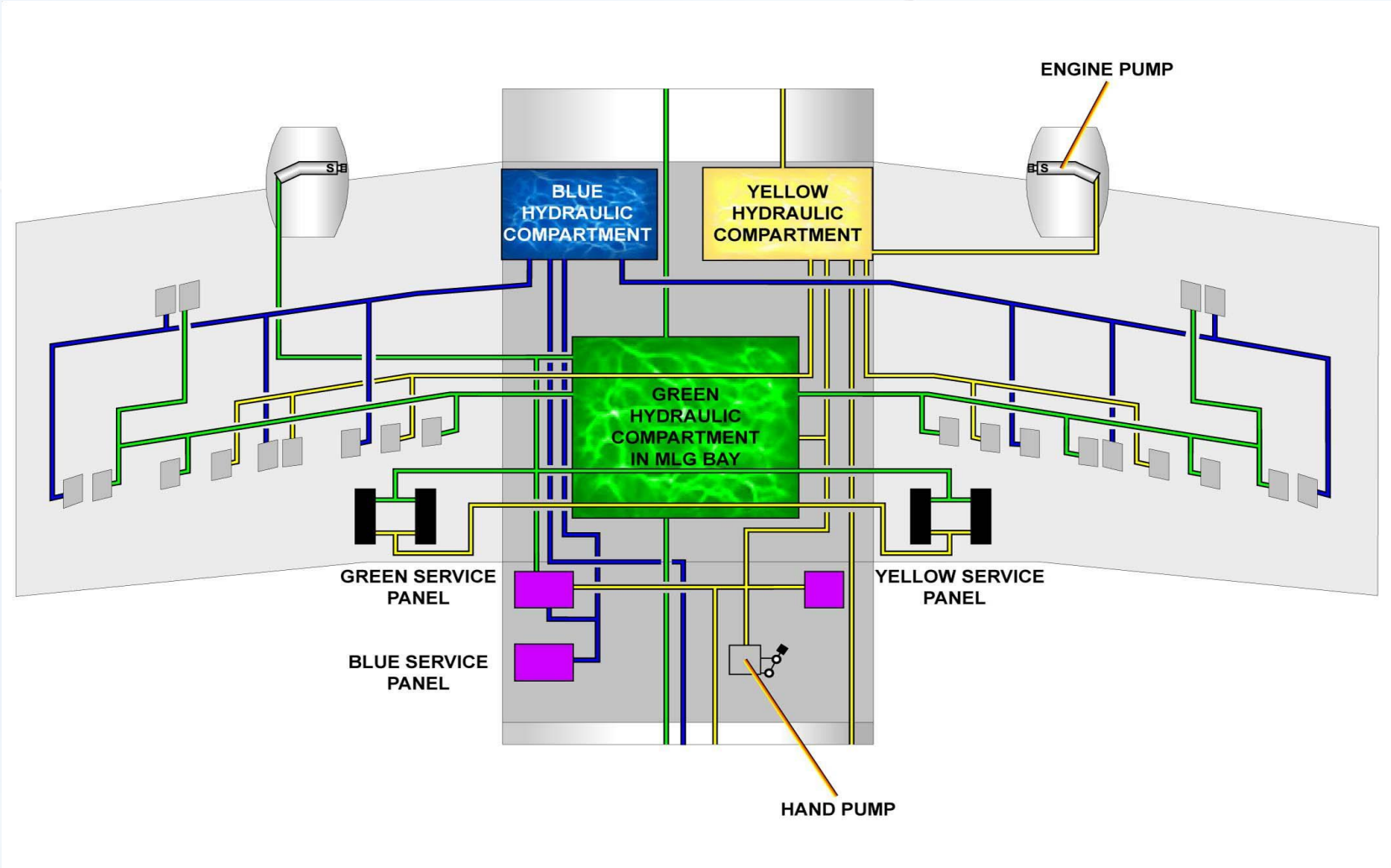
A320 液压系统基本组成

3.3.1.2 液压系统介绍



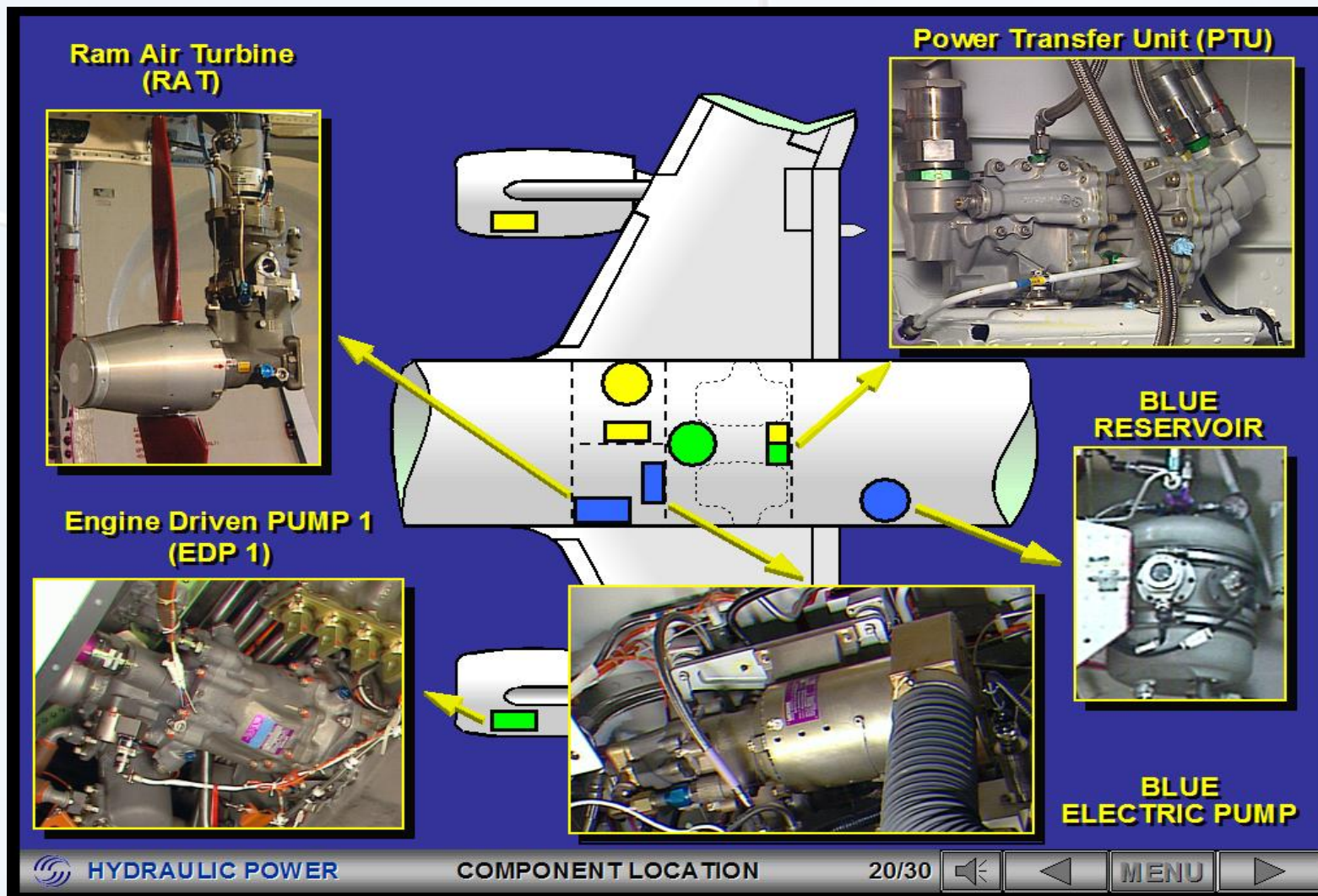
A320 液压系统基本组成

3.3.1.2 液压系统介绍



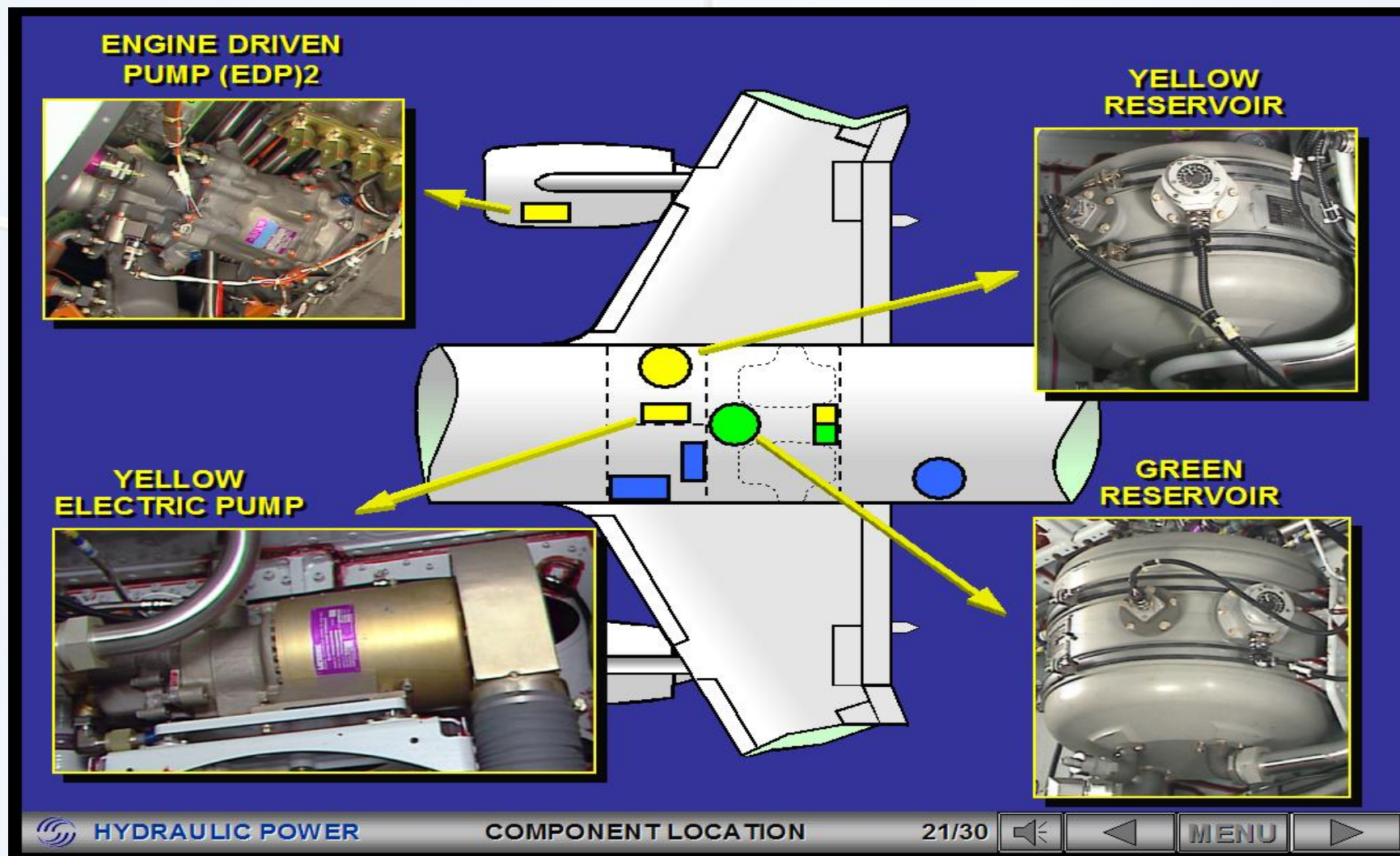
A320 液压系统基本组成

3.3.1.2 液压系统介绍



A320 液压系统基本组成

3.3.1.2 液压系统介绍




A320 液压系统基本组成

3.3.1.2 液压系统介绍


液压油箱：3个

✓ Check air pressure.

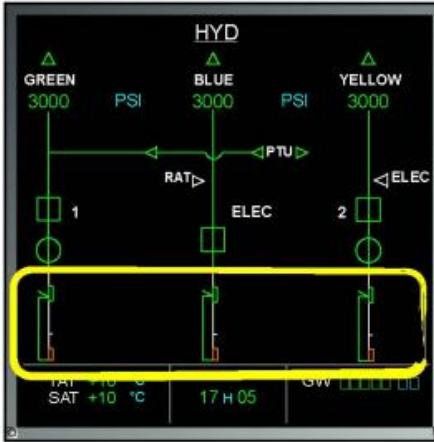


AIR PRESSURE GAGE


✓ Check fluid quantity on the ECAM or on the direct reading gage.




FLUID QUANTITY GAGE




ECAM HYDRAULIC PAGE



GREEN RESERVOIR



BLUE RESERVOIR



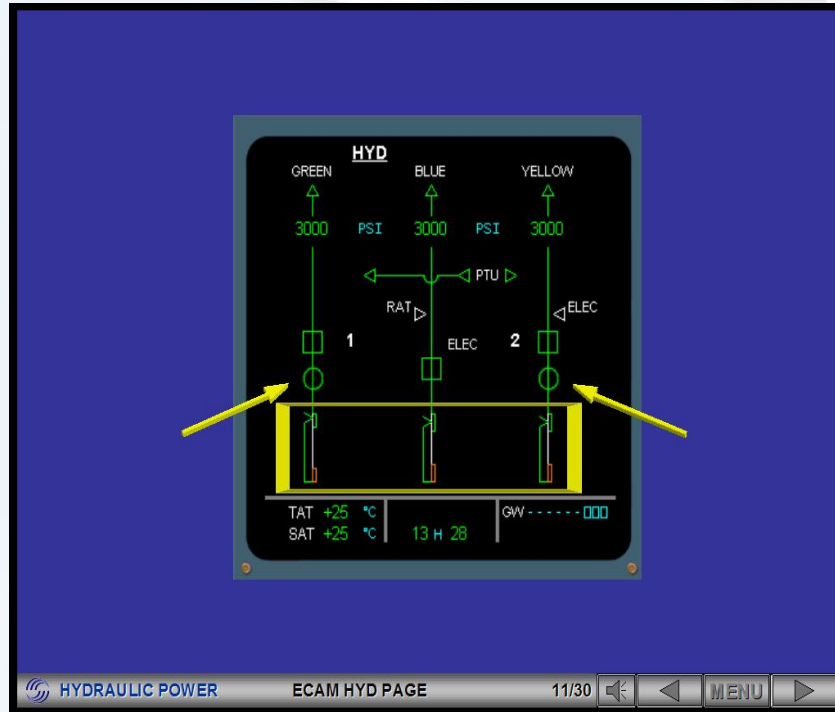
YELLOW RESERVOIR

A320 液压系统基本组成

3.3.1.2 液压系统介绍

火警关断活门：2个

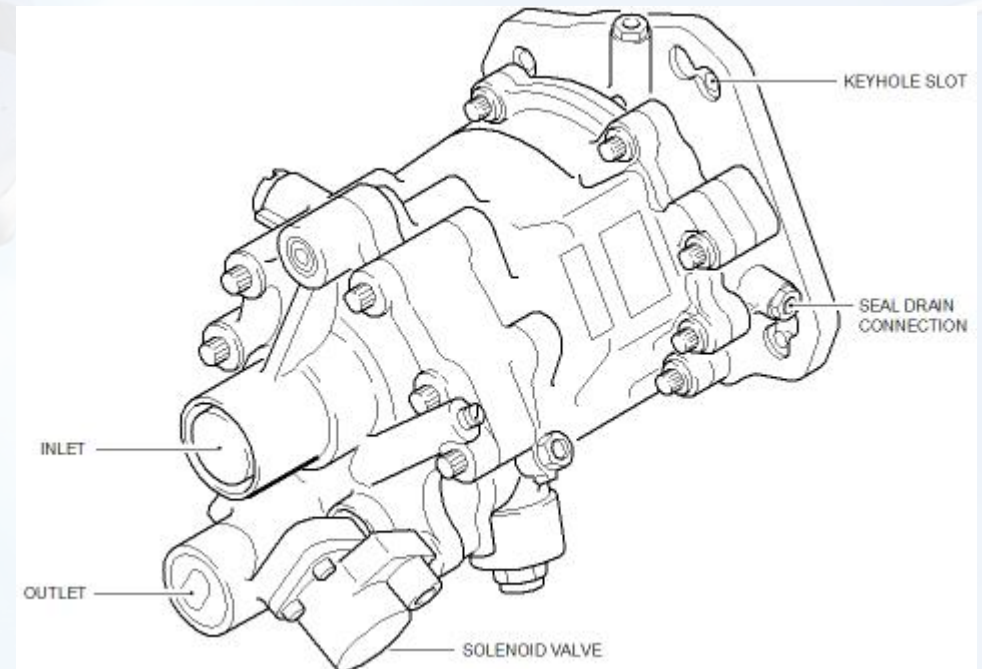
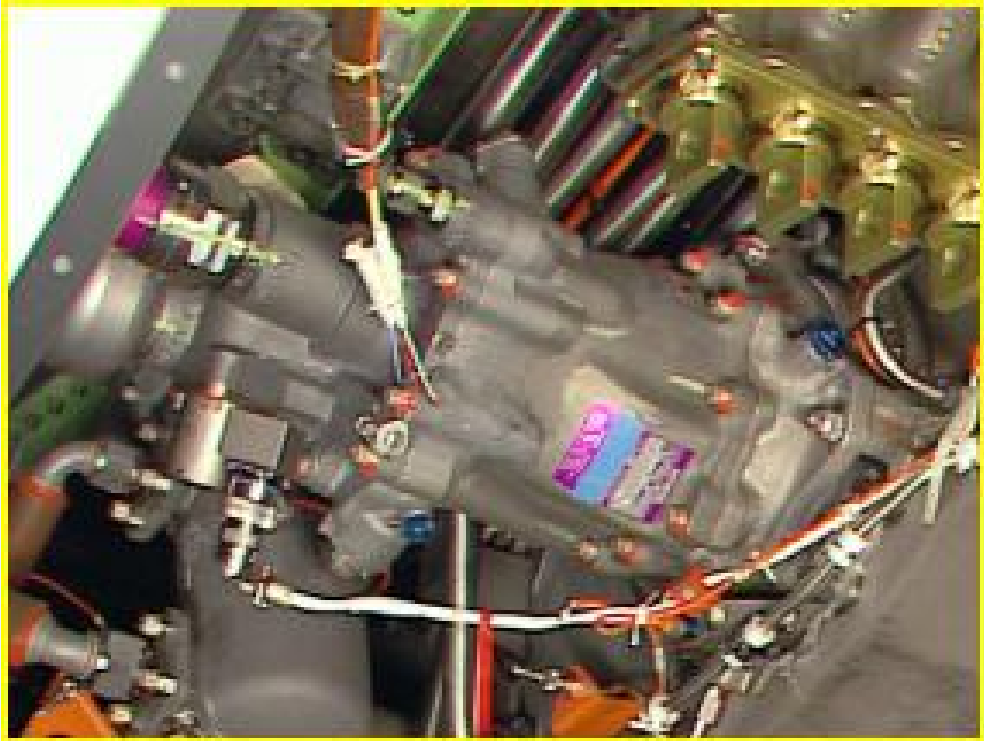
火警关断活门:由发动机火警电门控制，常开活门，发动机火警电门松出时,液压关断活门关闭，液压油箱停止向下游供油



A320 液压系统基本组成

3.3.1.2 液压系统介绍

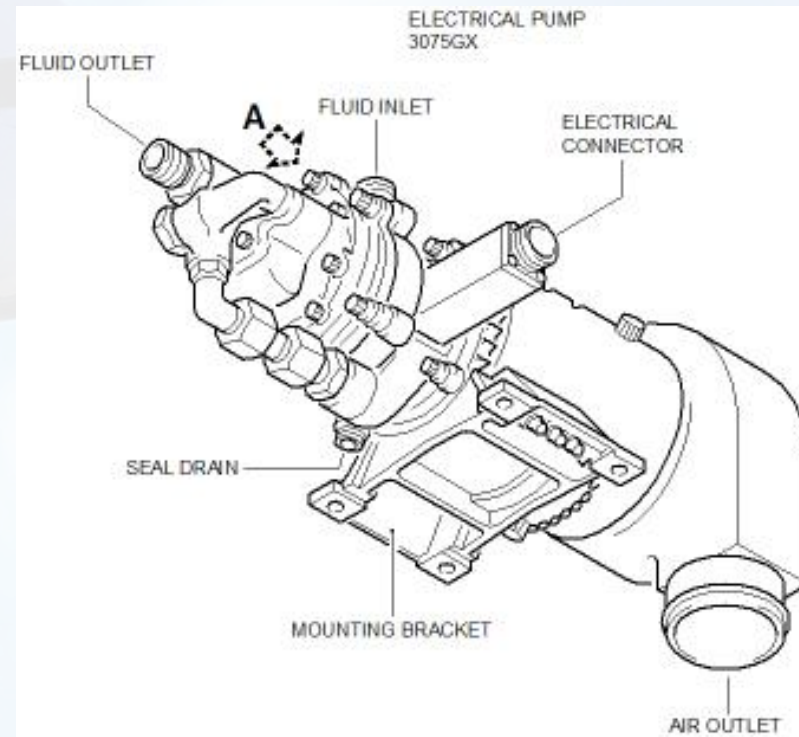
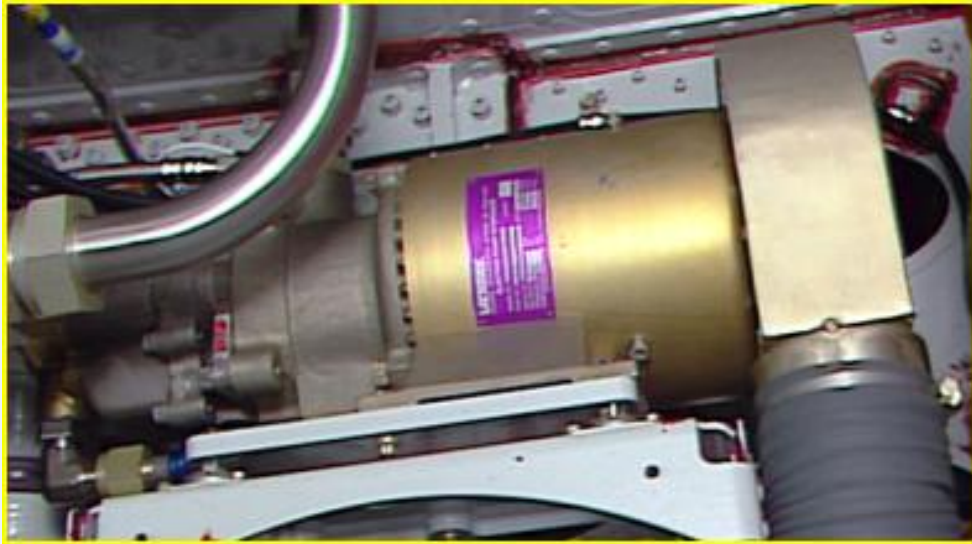
发动机驱动泵：2个



A320 液压系统基本组成

3.3.1.2 液压系统介绍

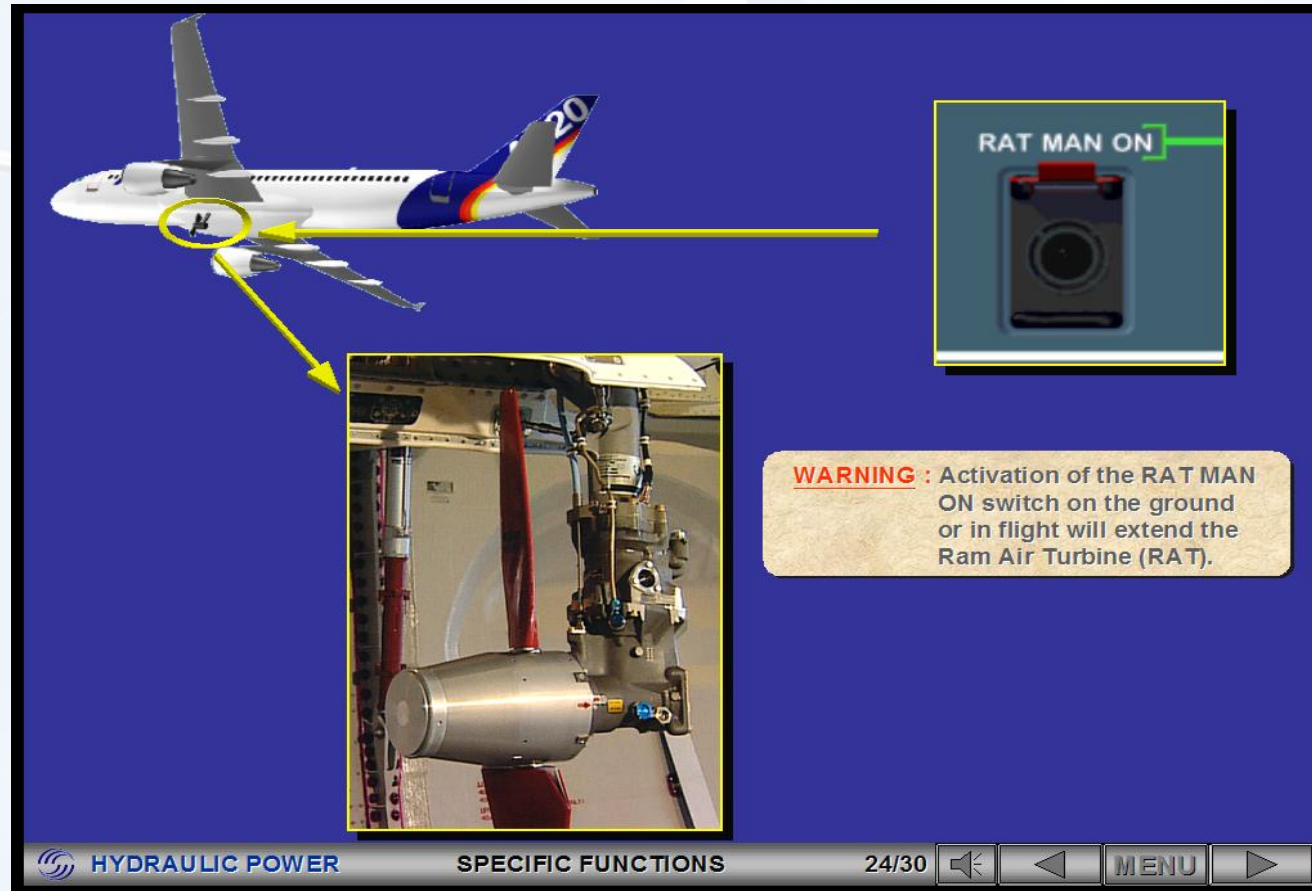
电马达驱动泵：2个



A320 液压系统基本组成

3.3.1.2 液压系统介绍

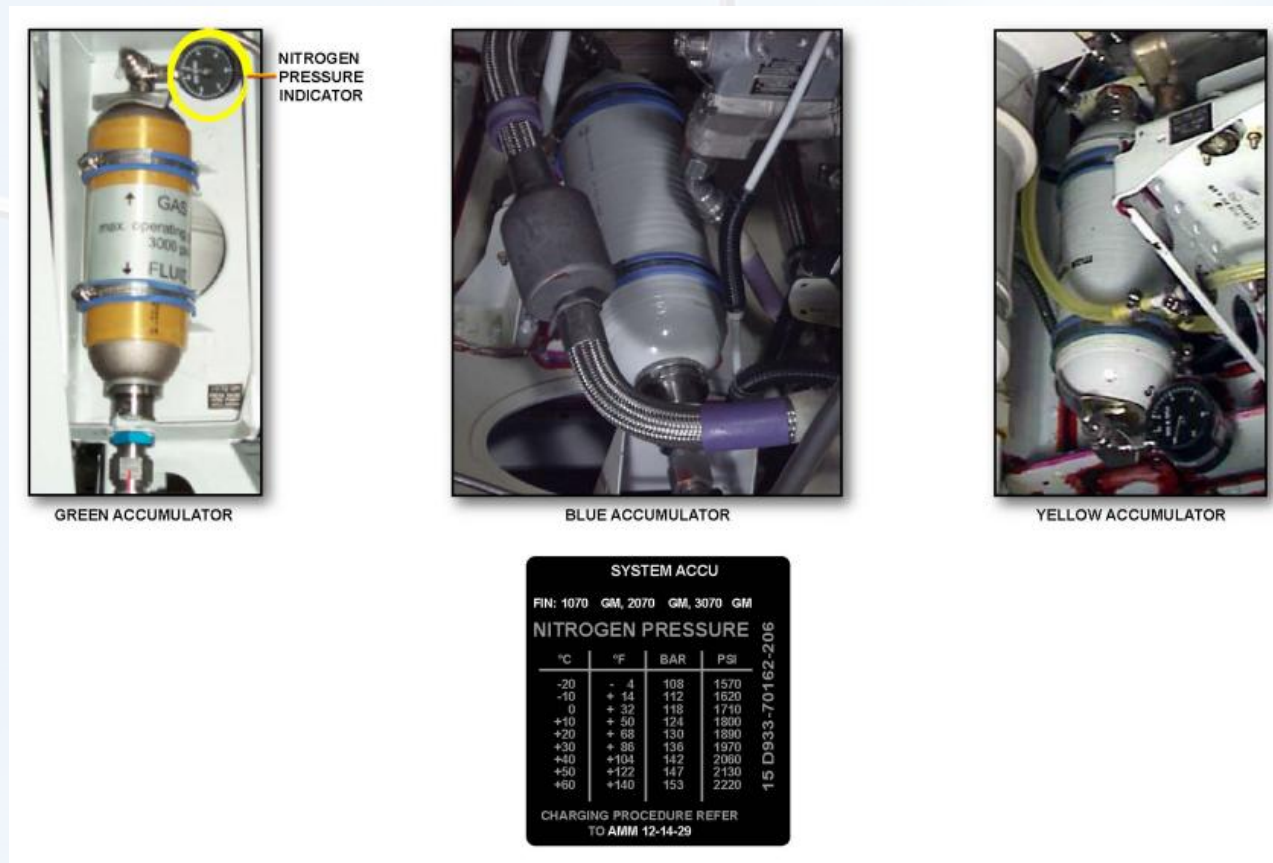
冲压空气涡轮：1个 用于在紧急情况下提供电源和液压源



A320 液压系统基本组成

3.3.1.2 液压系统介绍

系统储压器：3个

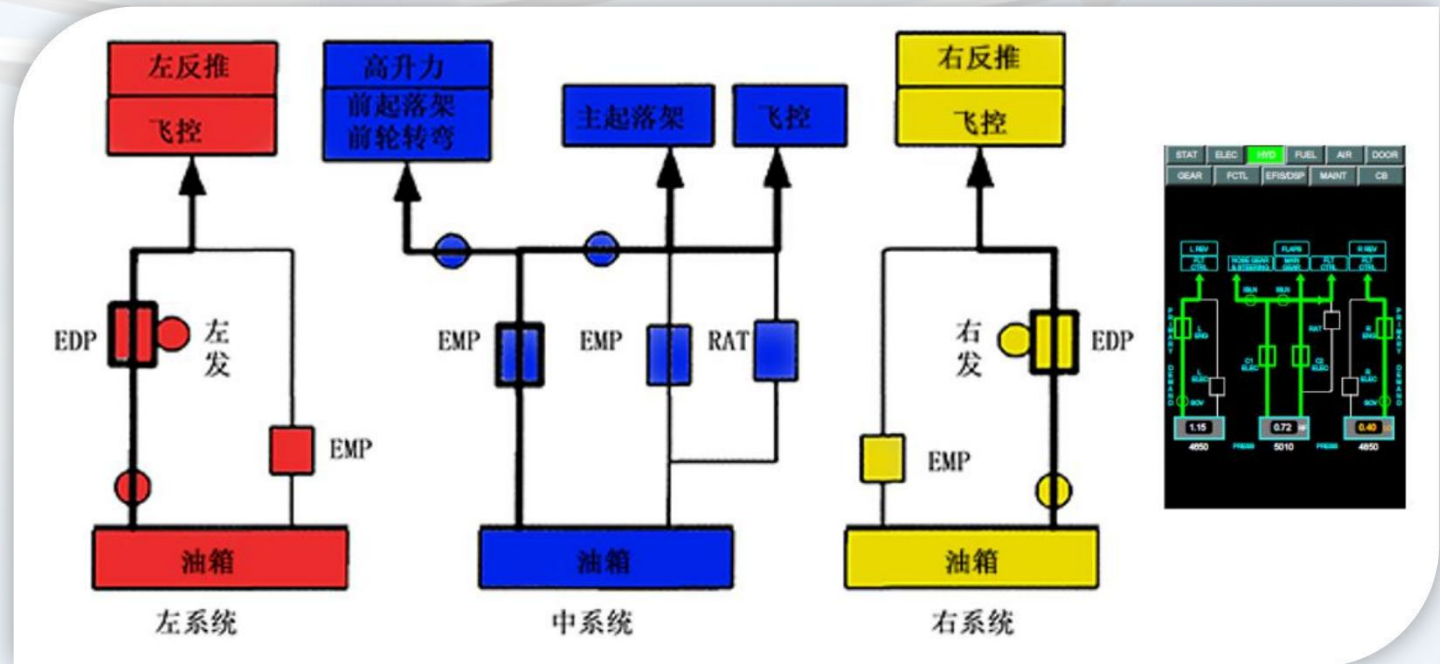


A320 液压系统基本组成

3.3.1.2 液压系统介绍

波音 B787 飞机液压系统分为三个独立系统，采用 34500kPa (5000psi) 的工作压力，同时液压泵具有两级转速，具有智能泵源的特点。

波音 B787 还采用电机械和电刹车等多电技术，减少了液压用户，提高了系统可靠性和维修性。



B787 液压系统及控制页面

3.3.1.2 液压系统介绍

小结：

液压系统的主要部件：

- ① 存储部件
- ② 增压部件
- ③ 分配部件
- ④ 执行部件
- ⑤ 辅助部件
- ⑥ 控制指示部件

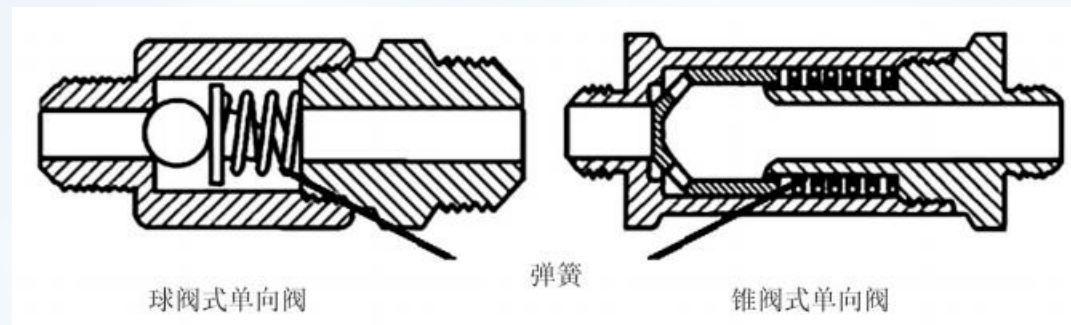
3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

1) 控制部件：对液压系统中油液的流动方向、压力和流量进行控制和调节，也称为液压控制阀。

○方向控制阀：控制油液的通断和改变油液的方向，可分为单向阀和换向阀。

①单向阀：油液只能沿一个方向流通，不能反流。如图油液只能从左侧进入，克服弹簧力后向右侧流动。

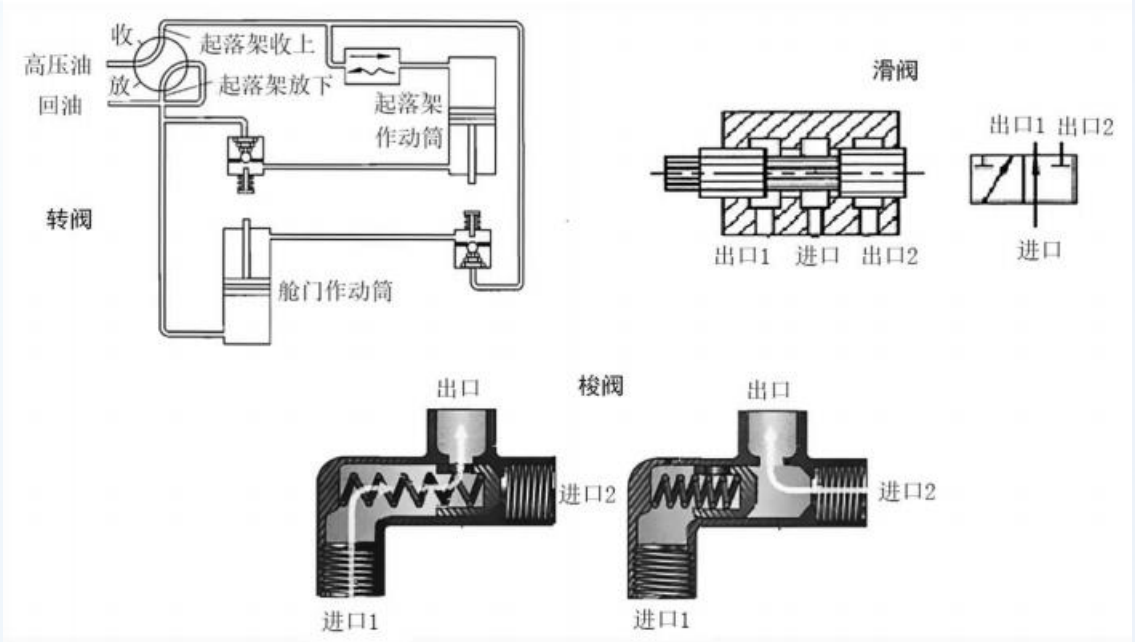
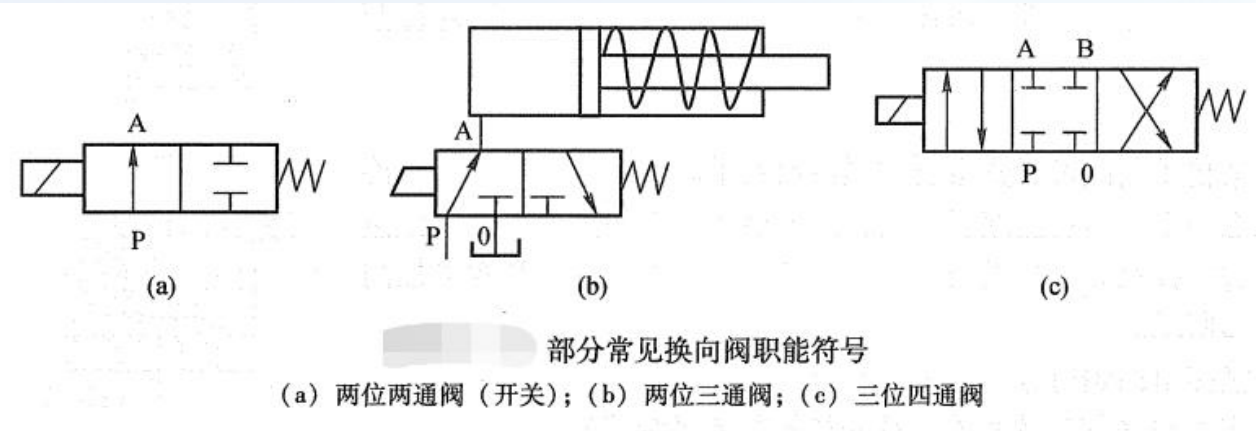


3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

- 方向控制阀

②换向阀：控制系统中油液的流动方向，某些换向阀还可以控制油路的通断。按运动形式可将换向阀分为转阀、滑阀和梭阀。三种换向阀分别通过旋转、滑动和液压压力变化控制油路的变化。



3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

- 压力控制部件：

调节或限制系统压力，
飞机上常见的压力控制部件



溢流阀

减压阀

优先活门

3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

溢流阀通过阀口溢流作用使被控制系统或回路的压力维持恒定，从而实现：稳压、调压或限压作用，按结构形式分为：

直动式溢流阀

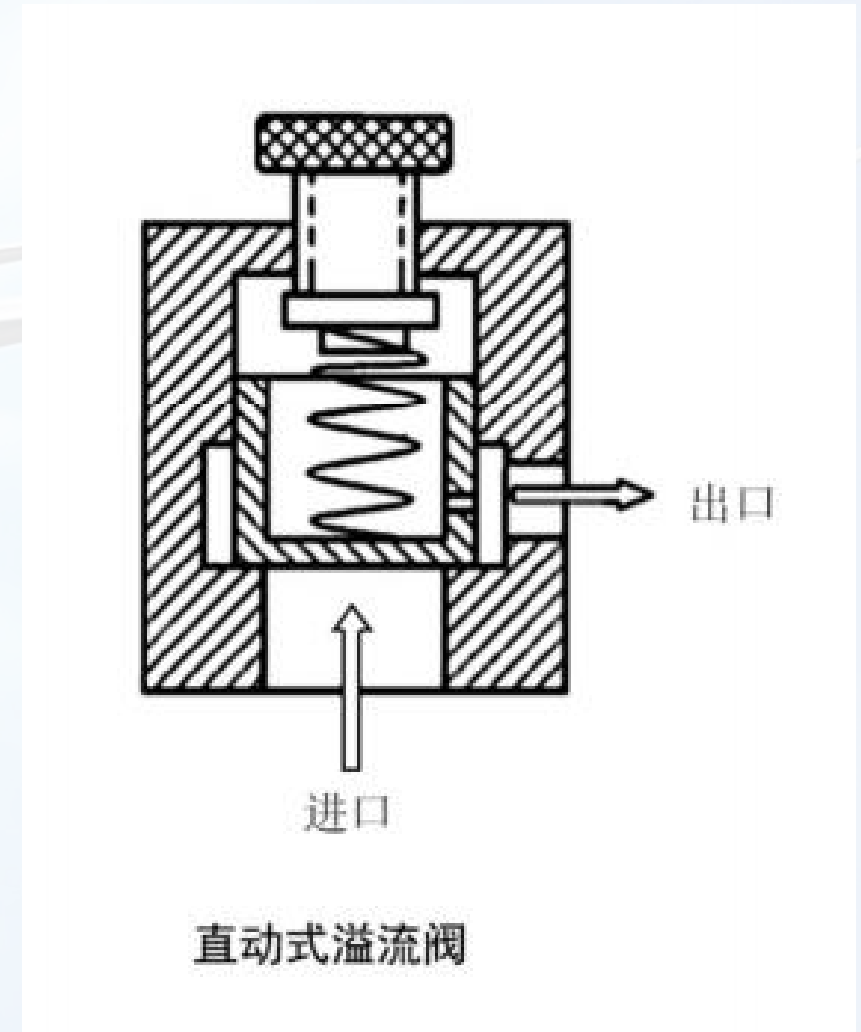
和先导式溢流阀

3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

直动式溢流阀：在直动式溢流阀中，当系统压力小于弹簧预调压力时，弹簧将阀芯保持在关闭位，当系统压力超过弹簧预调压力时，可将压力管路内的油液排入回油管。

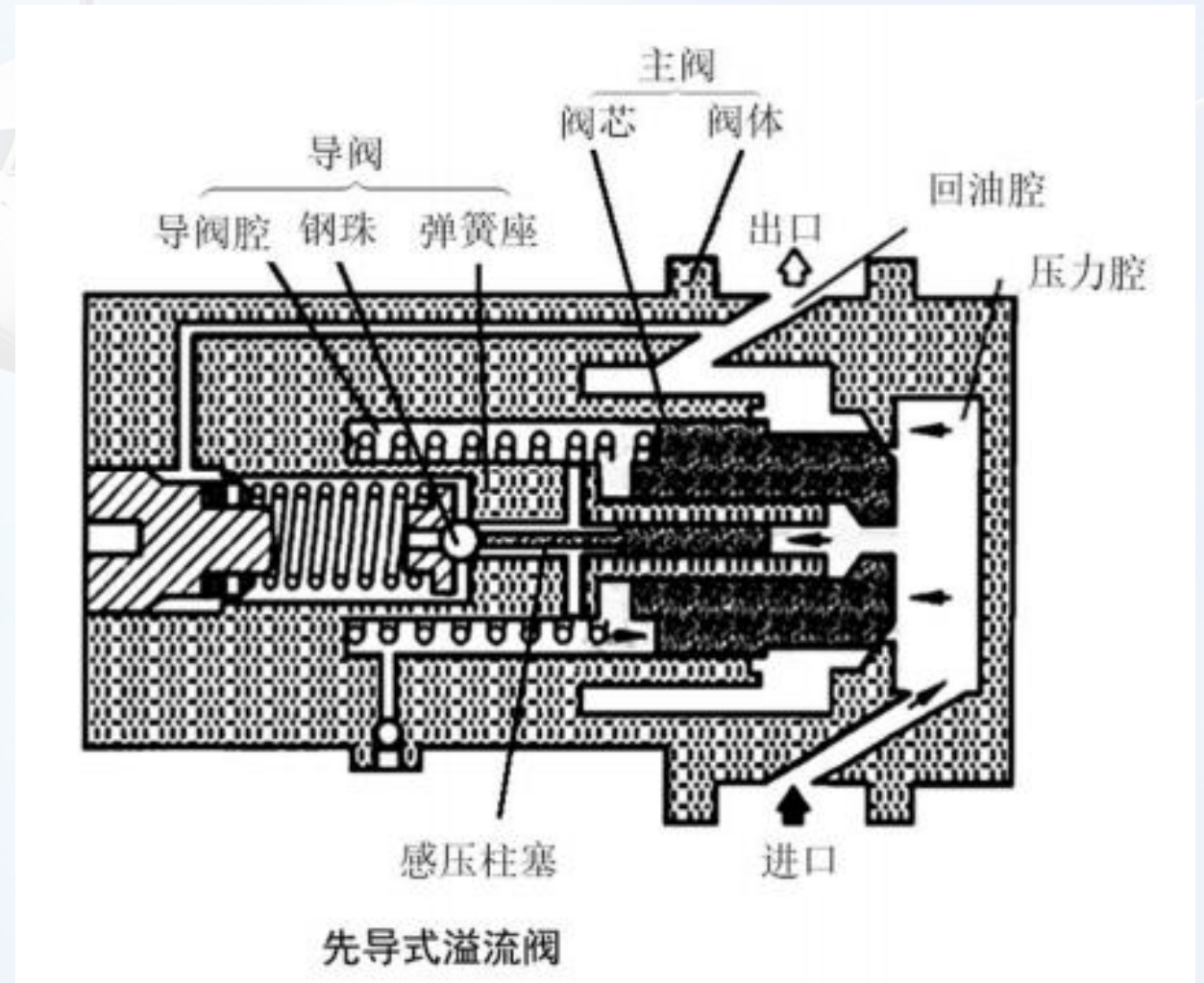
直动型溢流阀构造简单，调压精度低，只适用于低压小流量系统。



3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

先导型溢流阀先导式溢流阀调压精度高，主要用于高压大流量系统。



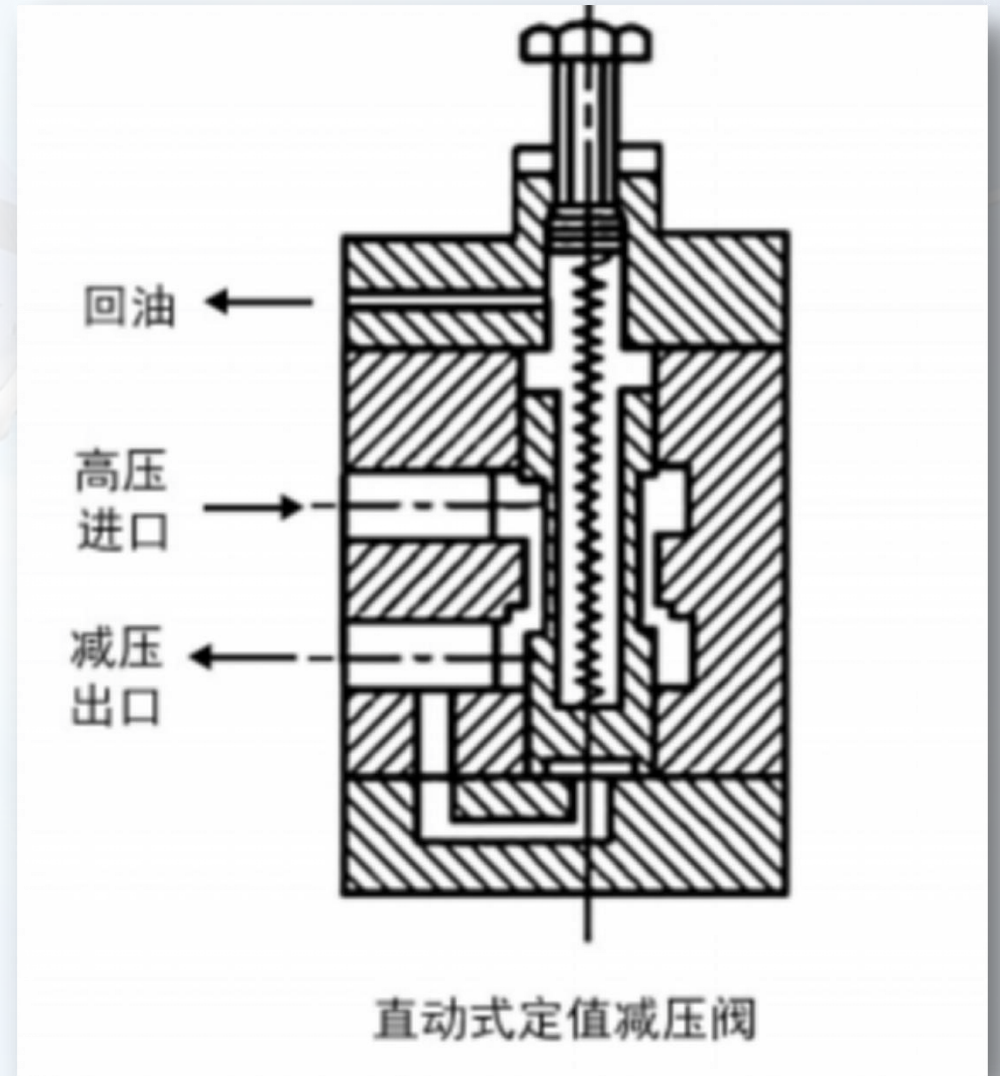
3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

○ 减压阀

主要用于单一增压源系统中的压力调节，利用阀口的节流作用降压。常见的减压阀有两种：定值减压阀、定差减压阀。

- 直动式定值减压阀与直动式溢流阀的结构相似，差别在于减压阀的控制压力来自出口压力，且阀口常开。



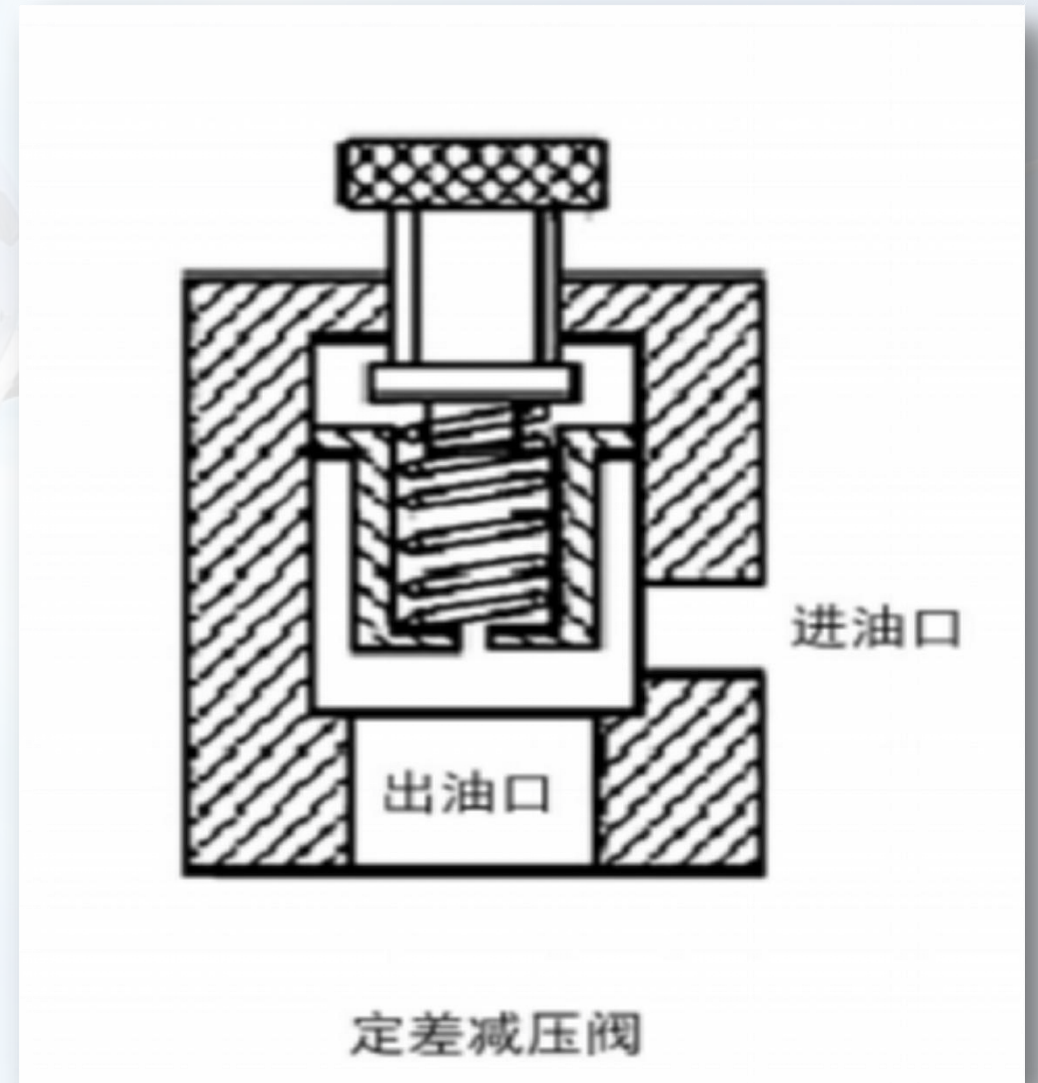
3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

○ 减压阀

主要用于单一增压源系统中的压力调节，利用阀口的节流作用降压。常见的减压阀有两种：定值减压阀、定差减压阀。

- 在定差减压阀中，作用在阀芯弹簧的调定压力是由阀进口（高压）和出口（调定压力）分别作用在阀芯两端的压力差来平衡的，所以阀口的开度仅受进、出口压力差调节，从而保持进出口压差为恒定。



3.3.1.2 液压系统介绍

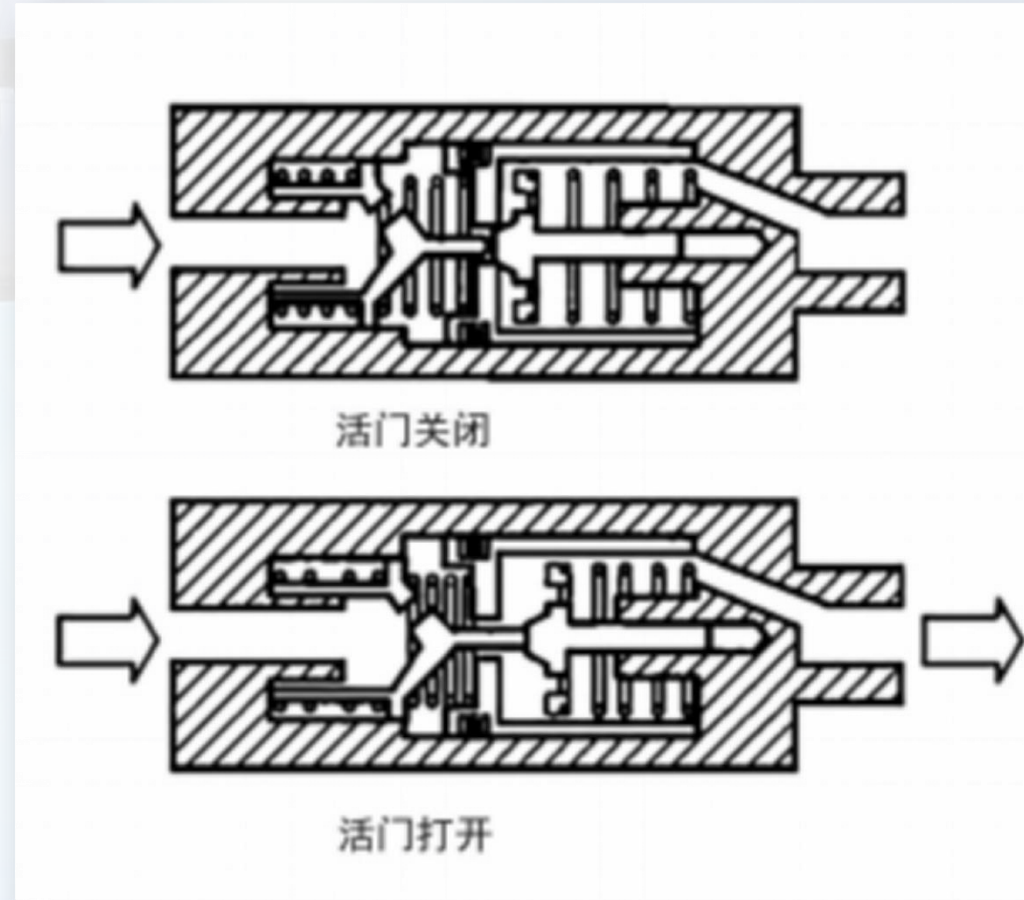
3、部件工作原理

○ 优先活门

一般安装在重要部件的**下游**。

当系统压力不足时，切断向活门下游次要部件供油，从而确保重要部件优先得到供压。如图当上游的压力低于预定值时，活门关闭，切断下游供压，当优先活门上游压力达到压力预定值时，活门打开，下游得到供压。

优先活门还可作为顺序控制元件。

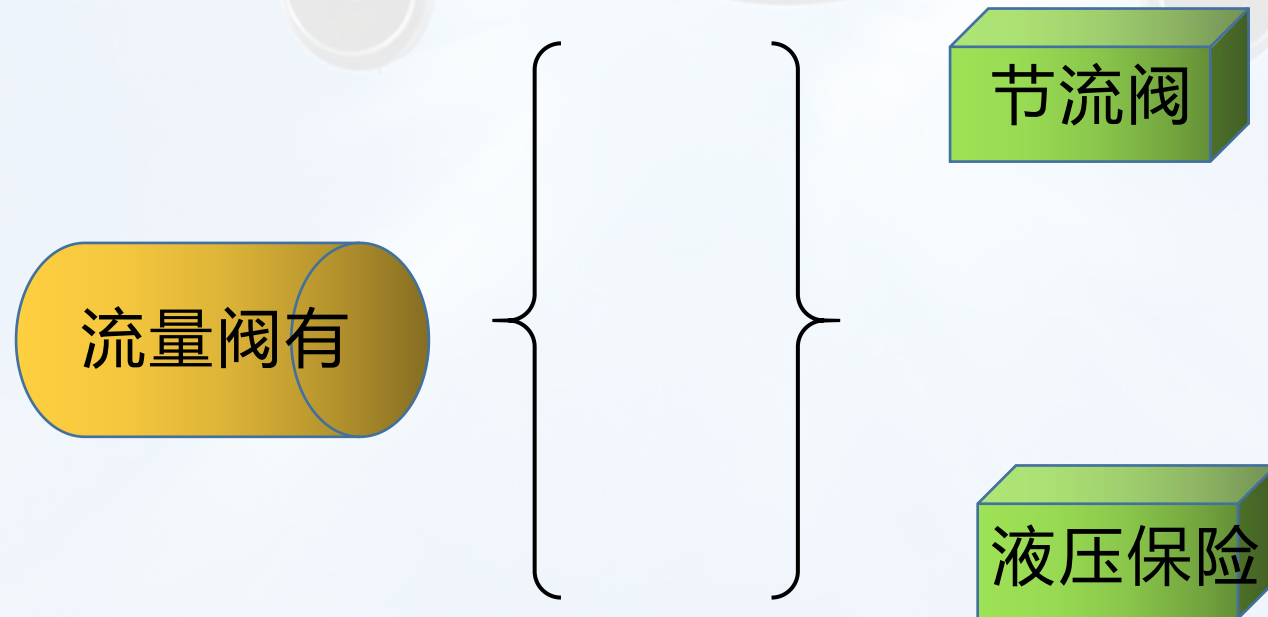


3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

- 流量阀

流量控制元件简称流量阀，功用是调节和控制液压系统管路中的液体流量，以调节和控制执行机构的运动速度。

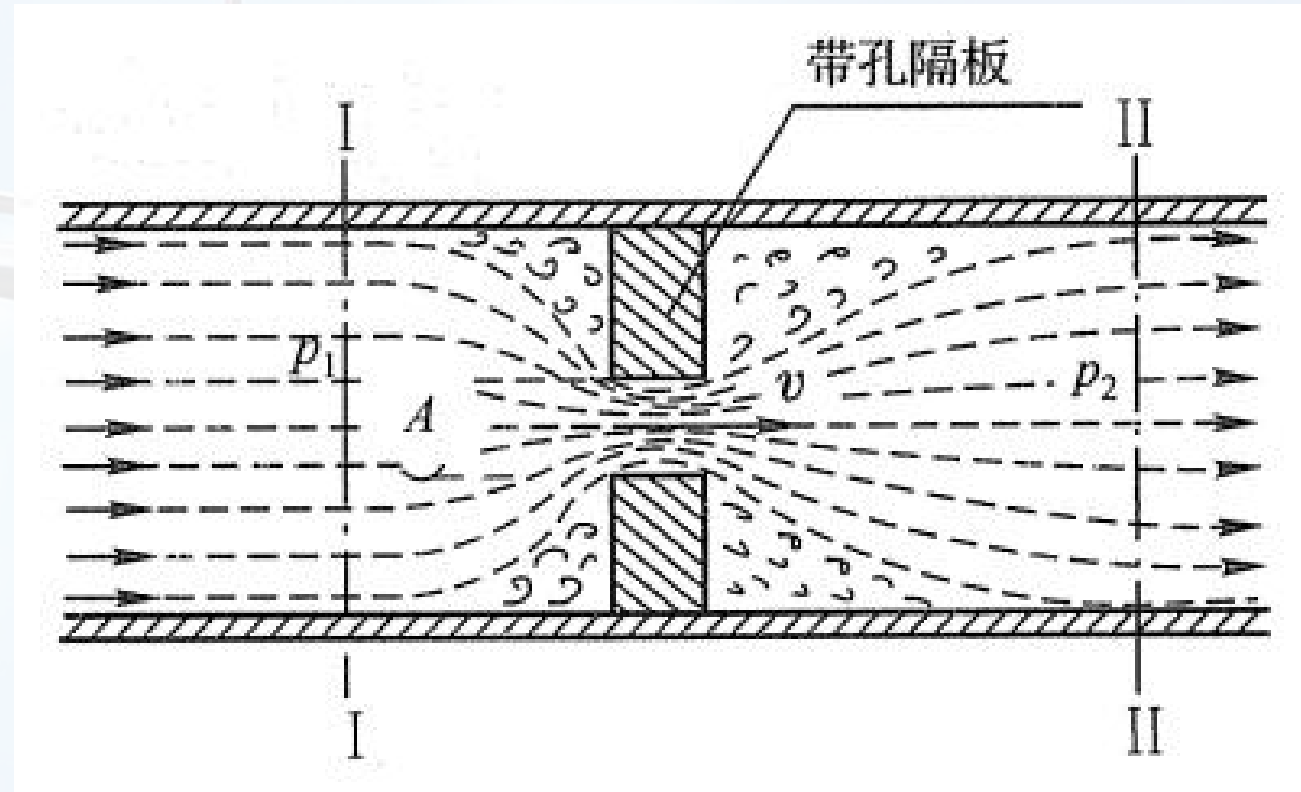


3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

○ 流量阀

节流阀使用**小孔节流**原理，当油液流经节流孔时，流速增加，油液在节流孔上下游产生**压差**，由于节流孔的局部阻力使油液压力下降，能量损耗，以起到降压节流的作用。



小孔节流原理

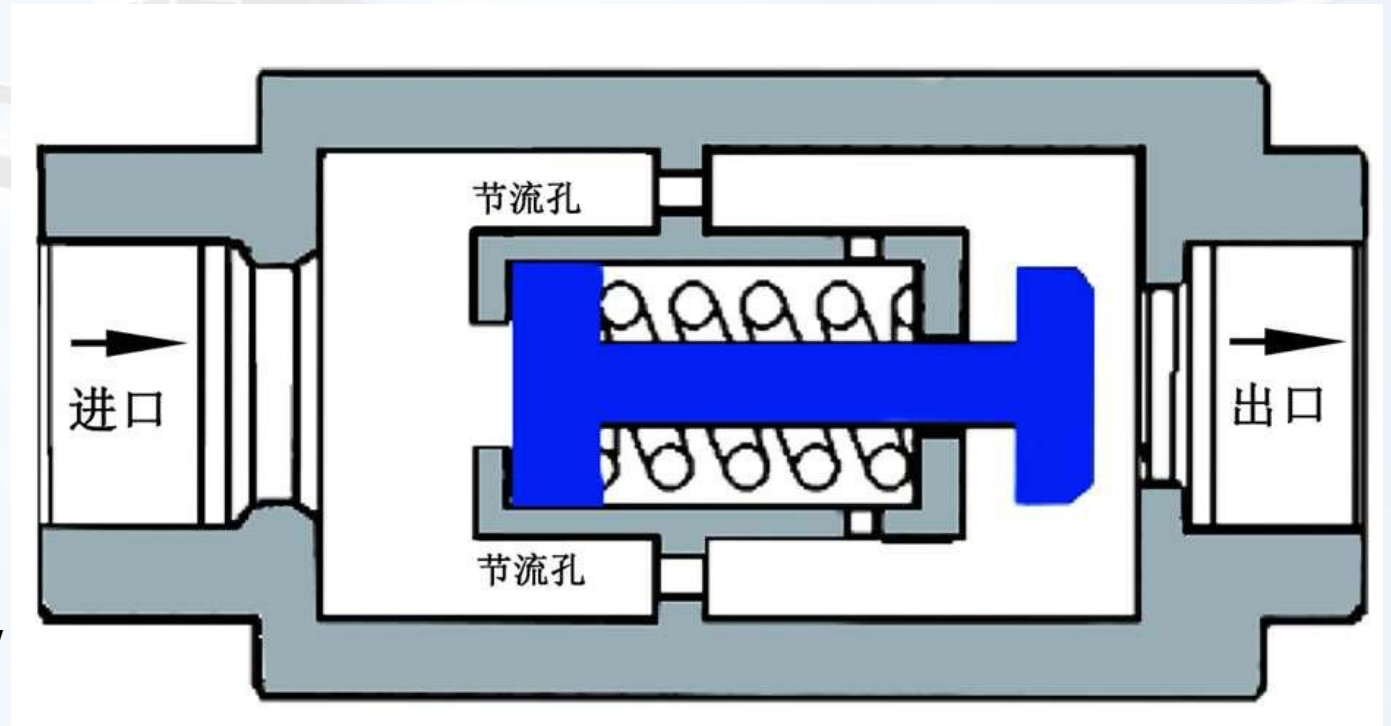
通常将定差减压阀与节流阀串联构成调速阀

3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

○ 流量阀

液压保险作为液压系统的安全装置，可以防止下游部件或管路损坏时，系统的油液全部漏光。油液经进口流入液压保险，经过内部节流孔流向下游。传动活塞靠弹簧保持在开位，当流经节流孔的流量增加时，节流孔前后压差增大。当流量增加到某一临界流量时，节流孔前后压差克服传动活塞弹簧预紧力，向右推动活塞，关闭油液出口，油液不再流动。

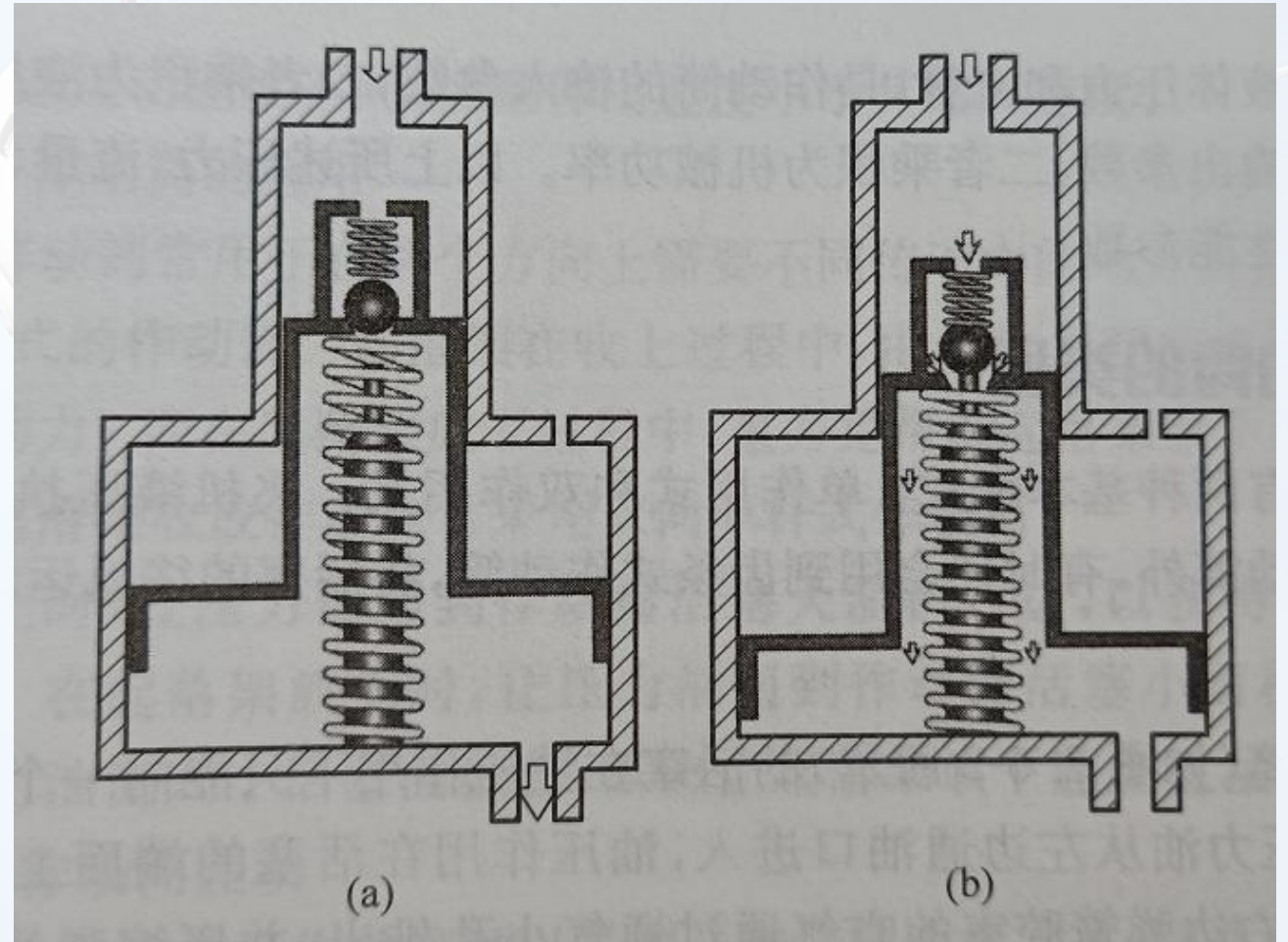


3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

- 流量放大器

流量放大器用于工作系统要求的流量比供压系统输出流量大的情况，如某些飞机的刹车系统。流量放大器是装在壳体外的一个阶梯活塞。

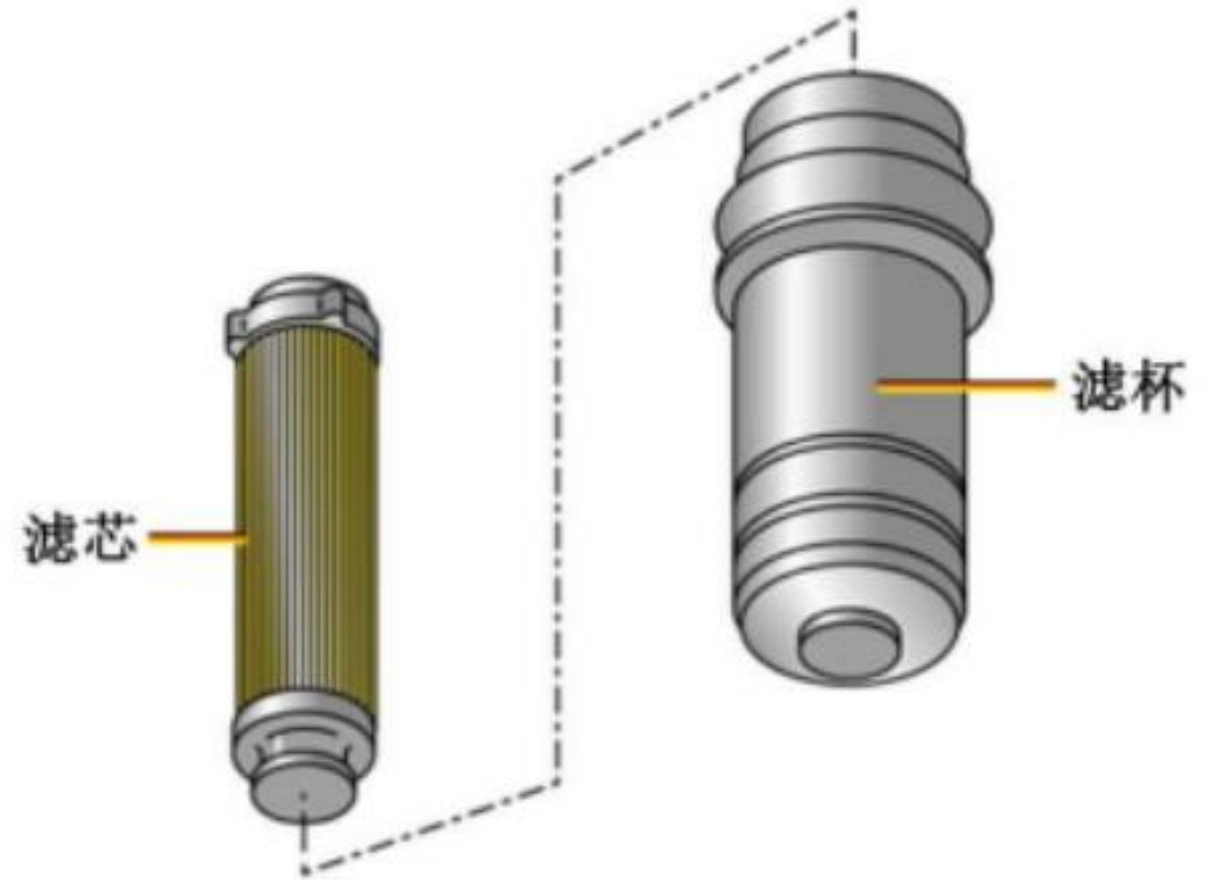


3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

➤ 油滤

过滤油液中的金属微粒和其他杂质，使液压油保持必要的清洁度。用于过滤的滤芯安装在滤杯内，再通过油滤壳体安装到飞机结构上并连接管路，拆下滤杯可以更换滤芯。

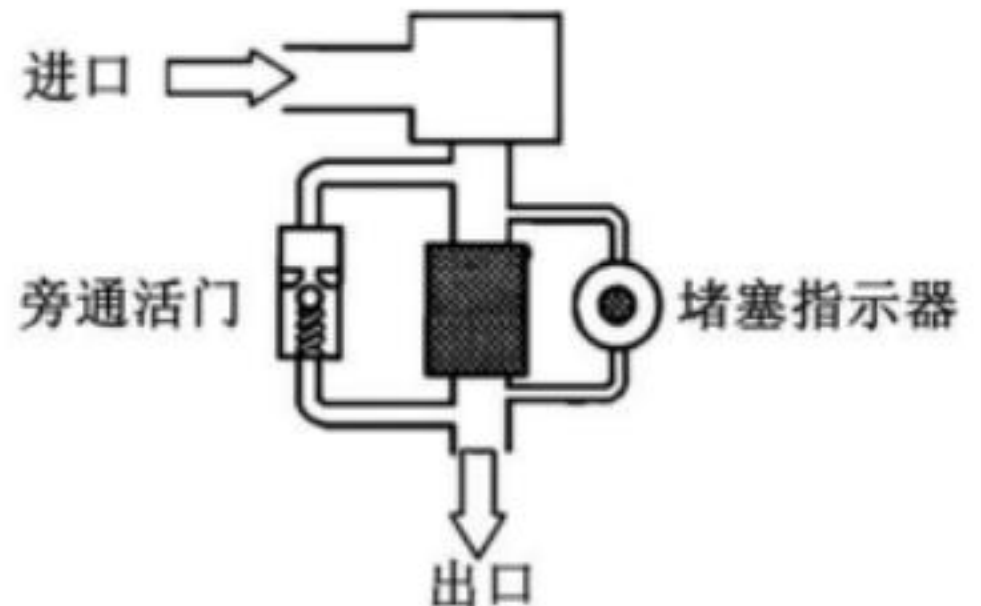


3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

➤ 油滤

油滤内部通常设有**旁通活门**、**堵塞指示器**和**自封活门**，以提高油滤的工作**可靠度**和维护**便利性**。油滤随着使用时间增长而逐渐被堵塞时，滤芯进口和出口压差增大，旁通活门在此压差作用下打开，保障下游系统供油。自封活门可在拆下滤杯时自动将进口油路和出口油路堵住，便于滤芯的更换操作。堵塞指示器可指示油滤的堵塞情况，提醒维护人员及时更换滤芯。



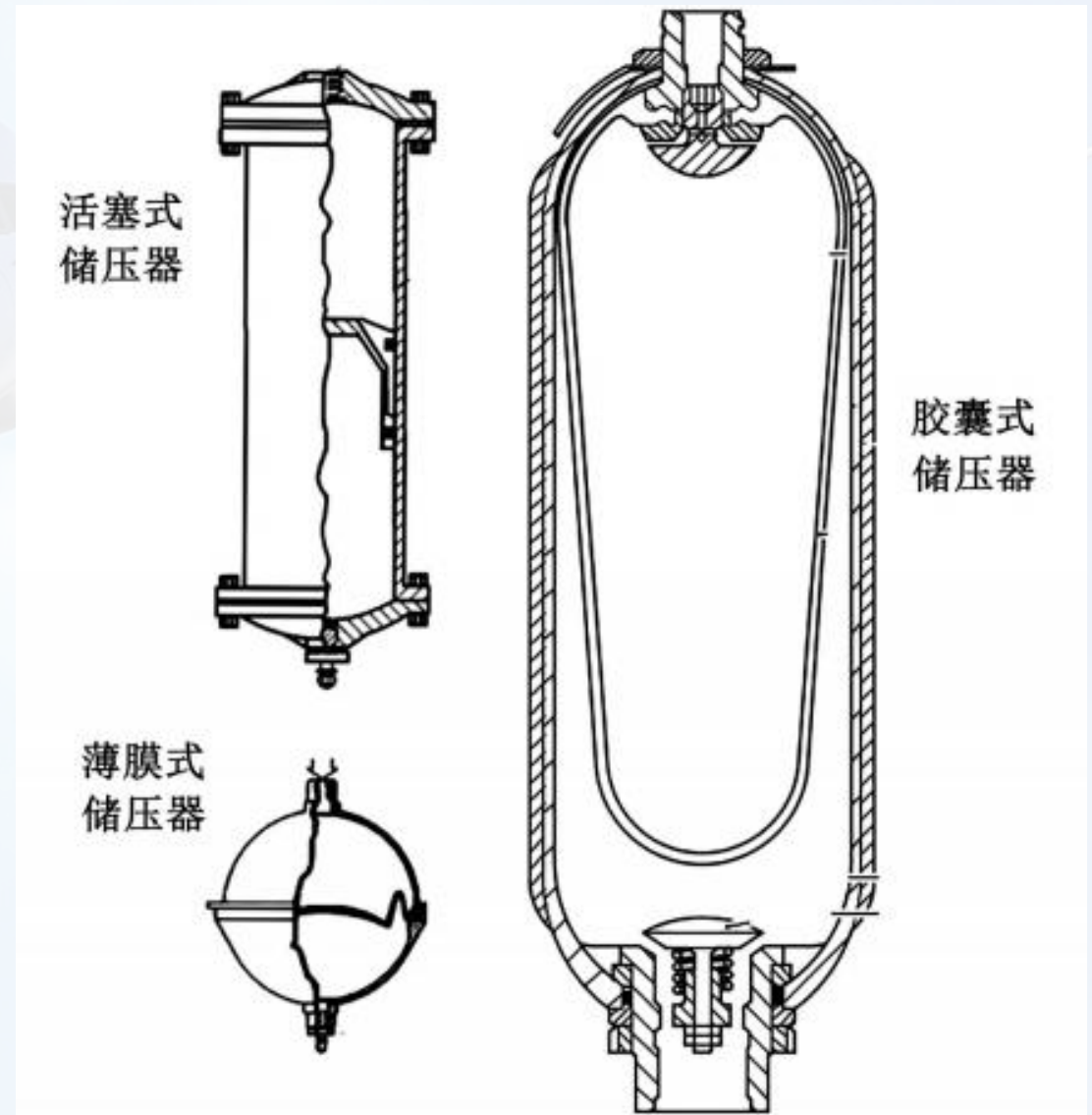
3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

➤ 储压器

大多数现代飞机的液压系统都安装有系统储压器，主要用于**维持系统压力，减缓系统压力脉动和协助液压泵共同供油，增大输出功率。**

储压器内部分为**两个腔室**，一端为**液压油**、另一端为**氮气**。



3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

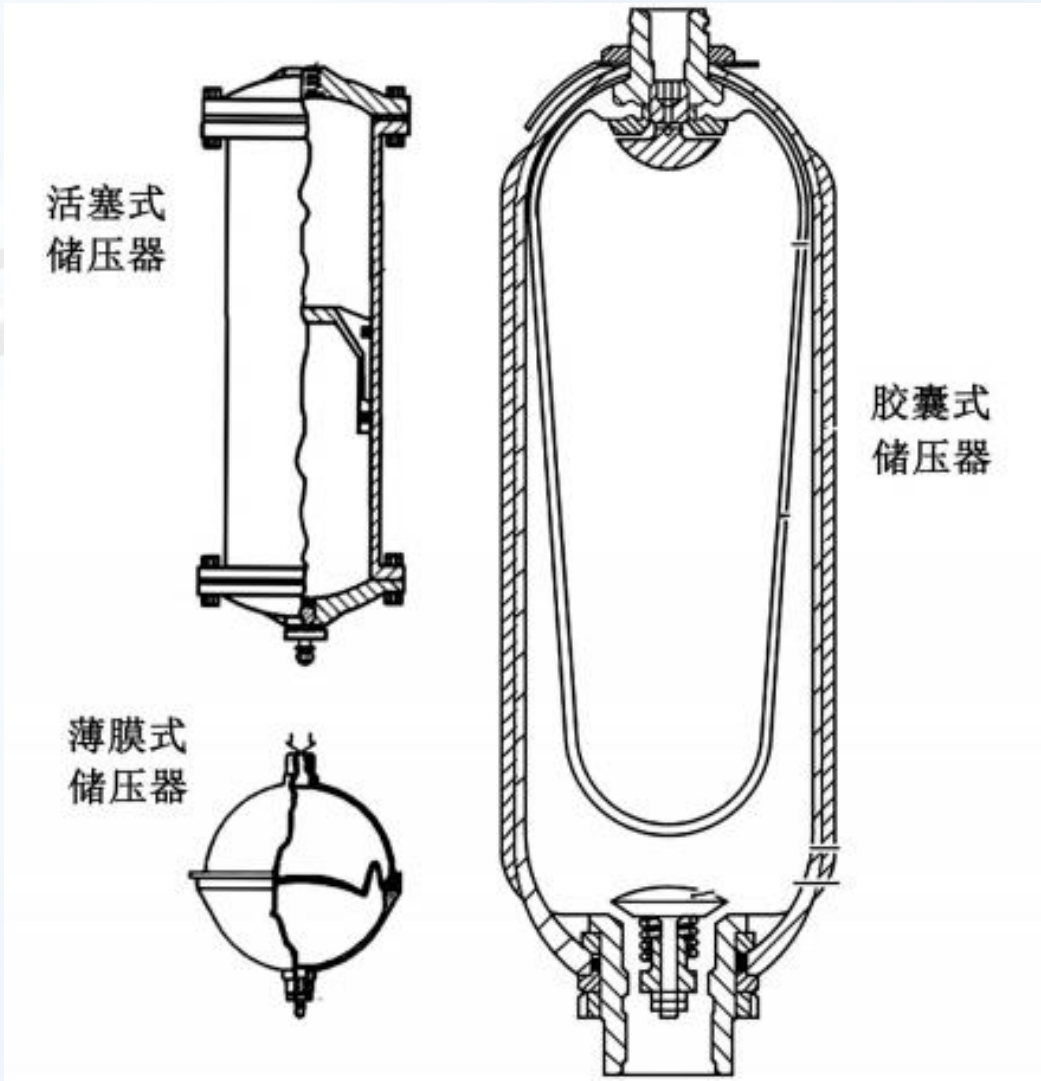
➤ 储压器

储压器有三类

活塞式

薄膜式

胶囊式



3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

➤ 储压器

- 维护手册对储压器内部的氮气压力有相关要求，氮气压力过高会导致储压器内储存的油量减少，压力过低则会导致部分油液因无法排出而不能参与工作。
- 为保证储压器的正常工作，维护人员需定期按手册要求对其进行勤务：首先在系统液压泵关闭的情况下，操作压系统，将储压器内部的油液排空，检查内部氮气压力，再根据手册要求进行充气。

3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

➤ 储压器

● 勤务方法：

- ① 在检查氮气压力时，若压力表安装储压器充气端，操作用压用户直至压力不再下降时的读数即为内部氮气压力；
- ② 若压力表安装在供压管路上，则在压力下降过程中，压力降至某一数值 P_0 ，然后突然从 P_0 降至 0 ，那么 P_0 即为储压器内部氮气压力。

3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

➤ 密封装置

在液压系统的使用和维护中，最难解决的、也是遇到最多的问题就是漏油。漏油不但影响系统的工作效率，严重时还可能危及飞机安全。所谓密封，就是阻挡油液从两个配合零件表面的间隙中流出。飞机上最常见的密封装置是“O”形密封圈。“O”形密封圈是双向密封装置。

3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

➤ 密封装置

为了防止在使用时用错密封圈，所有的 O 形密封圈都有一个带颜色的点或圈，来指明所适用的液体或气体的类型：

蓝点或圈：空气或 MIL -H-5606 液压油

红点或圈：燃油

黄点：合成发动机滑油

白圈：石油基发动机滑油或润滑剂

绿点划线：磷酸酯基液压油

3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

➤ 散热器

在中低压系统中，一般不配备专用的散热器，油液在油箱和金属管道内就可以完成散热。而在大功率高压系统中，往往需要专用的散热器对油液进行冷却，飞机上常见的液压油散热器有两种：

液冷式

气冷式

分别使用飞机燃油和冲压空气作为冷却介质，对液压油进行冷却。

3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

执行部件：

液压系统执行部件将液压能转化为机械能。

执行部件有两类：液压马达和液压作动筒。

液压马达与液压泵结构相似，工作相反。

本节主要介绍液压作动筒，液压泵的工作原理将在系统增压部分详细介绍。

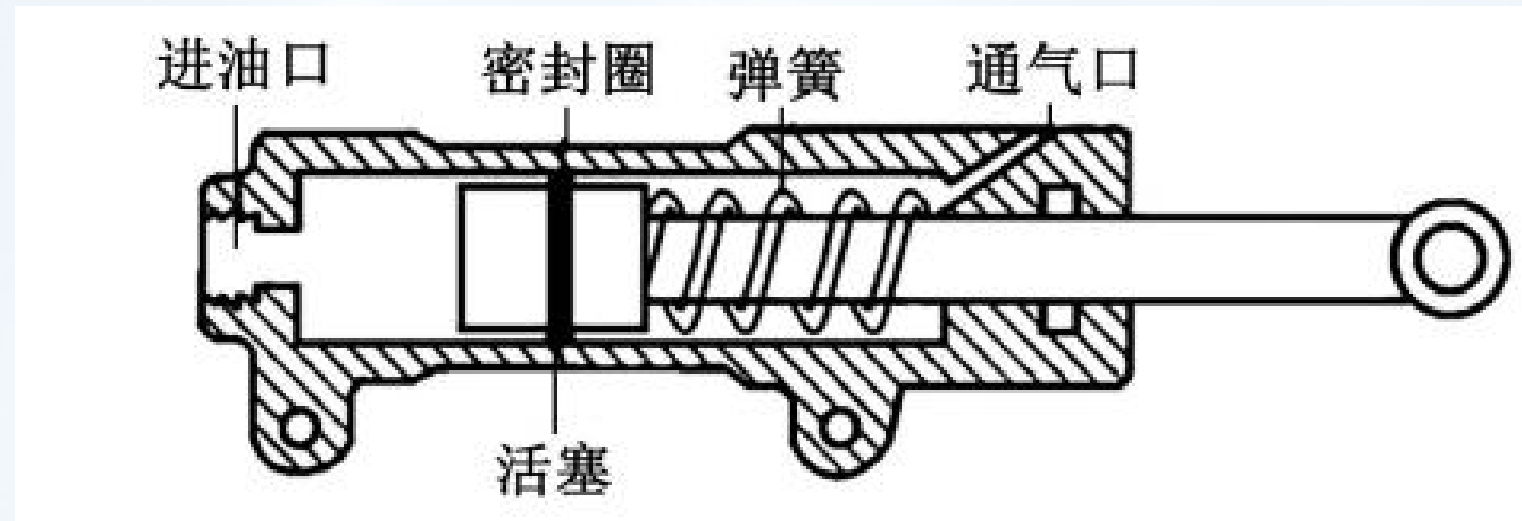
3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

执行部件：

- 单作用式作动筒的活塞在液压作用下**只能向一个方向**运动。

高压油从进油口进入，迫使活塞向右运动，压缩弹簧，作动筒右腔的空气通过通气口排出。油液释压后，弹簧伸张并推动活塞向左运动，作动筒左腔的油液被挤出进油口，同时，空气通过通气孔进入作动筒右腔。此类作动筒常用于飞机刹车系统。



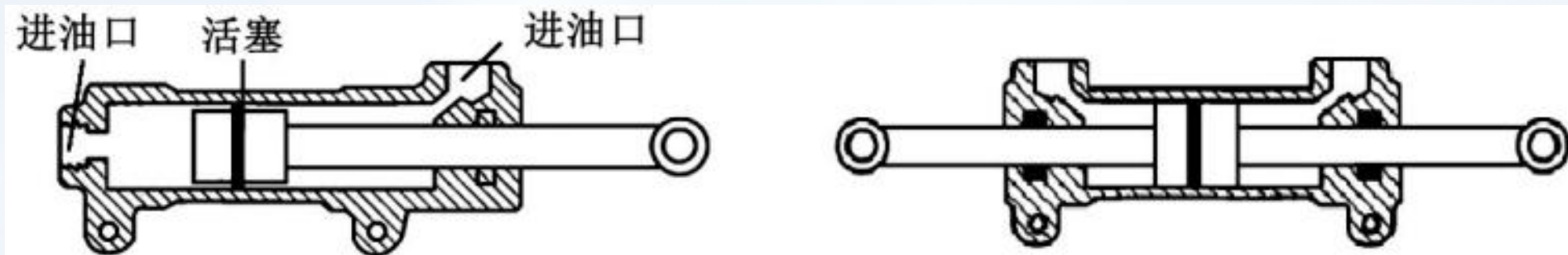
3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

- 双作用式作动筒可以利用油液推动部件作往复运动。

高压油液从左侧进油口进入作动筒时，活塞向右运动，作动筒右腔内的油液从右侧进油口返回油箱。若高压油从右侧进油口进入作动筒，则活塞的运动方向与上述相反。

此类作动筒常用于飞机起落架和飞控系统。

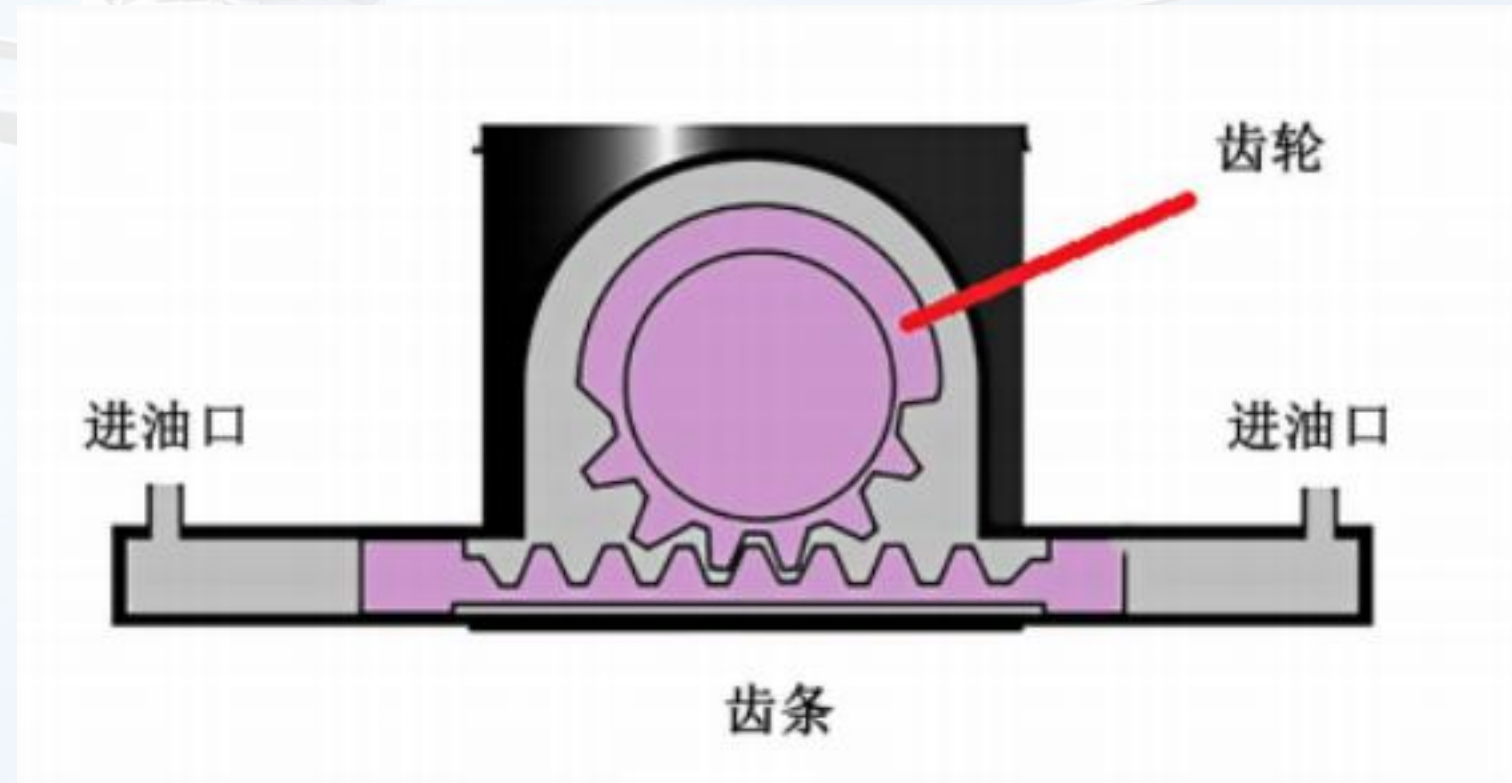


3.3.1.2 液压系统介绍

3、部件工作原理

➤ 齿轮齿条式作动筒

齿轮齿条式作动筒可以看作双作用式作动筒的变异，利用传动活塞驱动齿条，再由齿条带动与之啮合的齿轮转动。此类作动筒将活塞的直线往复运动变为齿轮的转动，常用于飞机前轮转弯系统。



3.3.1.2 液压系统介绍

小结 (2H) :

- 控制部件（单向阀、换向阀、压力控制部件、流量控制元件等）；
- 辅助部件（油滤、储压器、密封装置、散热器等）；
- 执行部件（单向作动筒、双向作动筒、齿轮齿条式）。

A large, faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background, showing the fuselage, wings, and tail.

3.3.1.3 液压存储系统

3.3.1.3 液压存储系统

1、存储系统介绍

液压系统的存储系统主要由飞机的液压油箱组成。液压油箱通常是圆柱形，完全密封的金属罐。

油箱内上部为增压空气，下部为液压油。油箱的主要作用是存储液压油，并留有足够保证液压油**膨胀的空间**、具有**散热**、**分离油液空气**和沉淀油液中杂质等作用。

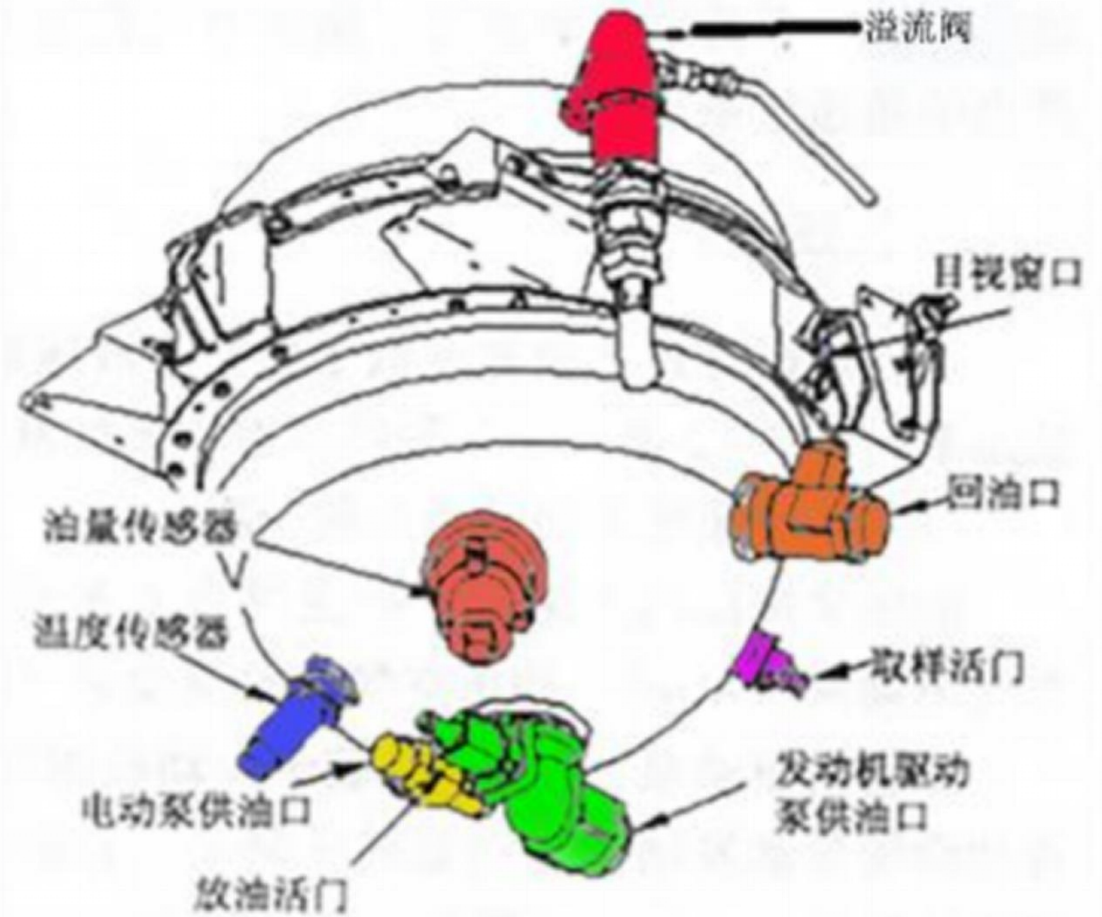


3.3.1.3 液压存储系统

2、油箱

1) 油箱外部部件

- 1) 溢流阀
- 2) 目视窗口
- 3) 回油口
- 4) 取样活门
- 5) 发动机驱动泵供油口
- 6) 放油活门
- 7) 电动泵供油口
- 8) 温度传感器
- 9) 油量传感器



3.3.1.3 液压存储系统

1) 油箱外部部件

① 溢流阀：

也叫“释压活门”，位于液压油箱顶部，当液压油箱内部增压空气超过阀值时，溢流阀打开，释放多余气压，保护油箱结构。当油箱内压力小于阀值时，溢流阀关闭。

3.3.1.3 液压存储系统

1) 油箱外部部件

- ② 目视窗口：通过窗口查看油箱内部液压油油量。
- ③ 回油口：系统回油通过回油管路和回油口返回液压油箱。通常，回油口位于**油箱中部**，这有利于系统回油和油箱内部的液压油进行充分混合，迅速降温，同时也可以防止回油把油箱底部的杂质冲击扬起，通过供油口吸入增压驱动泵。
- ④ 取样活门：定期通过取样活门收集液压油箱内部油液样本，进行实验室分析，检测油液内部的杂质、水分、颗粒物等，如发现超标，需更新系统内的液压油。
- ⑤ 发动机驱动泵供油口：向发动机驱动泵供油。通常位于**油箱底部**。

3.3.1.3 液压存储系统

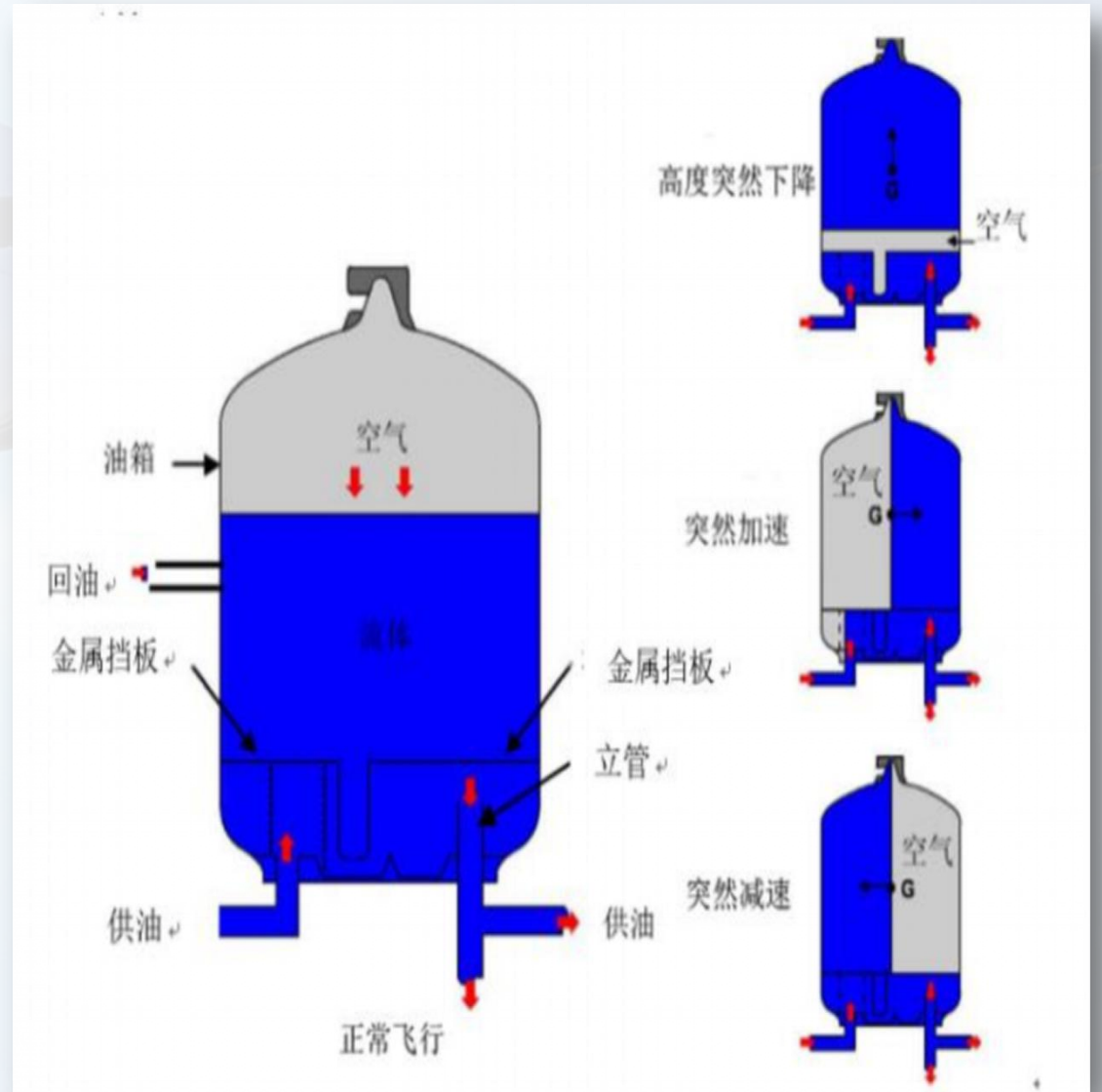
1) 油箱外部部件

- ⑥ 放油活门：对油箱进行放油。
- ⑦ 电动泵供油口：向电马达驱动泵供油。
- ⑧ 温度传感器：探测液压油箱内液压油温度，并向驾驶舱及计算机提供液压油温度数值或发出过热警告。
- ⑨ 油量传感器：探测液压油箱内液压油量，并向驾驶舱及计算机提供液压油量数据或发出低油量警告。

3.3.1.3 液压存储系统

2) 油箱内部部件

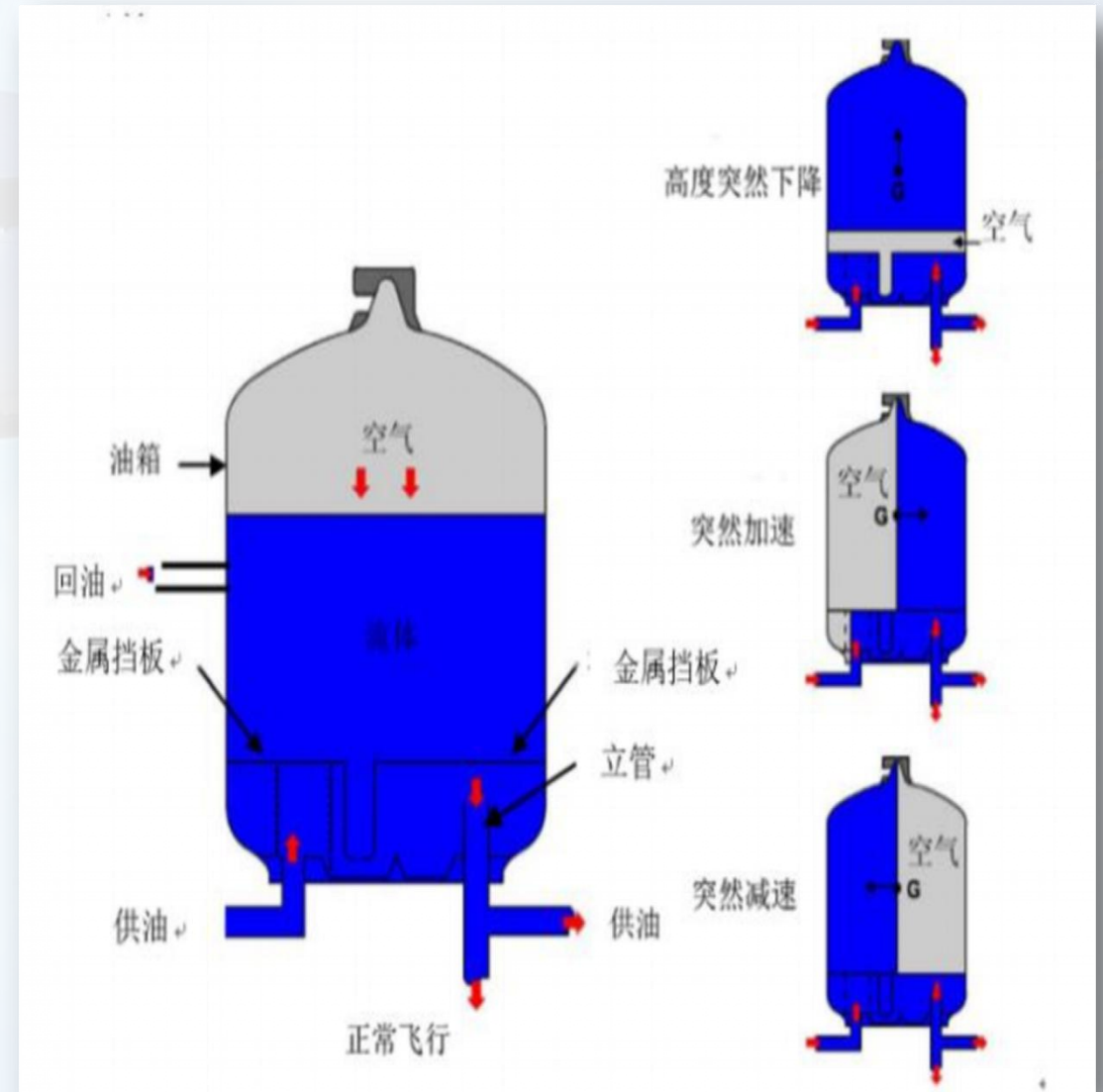
液压油箱内部的上半部通常是增压气体，下半部是液压油。每个油箱都有两根供油管，位于油箱底部。飞机飞行时，高度突然下降可能会导致液压油在惯性的作用下移动到油箱顶部，切断液压油的供给。为防止这种情况发生，液压油箱中接近油箱底部的位置装有一块金属挡板用于保证油箱底部有足够液压油，防止供油中断。除此之外，这个金属挡板还可以保障飞机在极端加速或者减速情况下的可靠供油。



3.3.1.3 液压存储系统

2) 油箱内部部件

液压油箱底部的两根供油管分别用于向发动机驱动泵和电马达驱动泵供油。为了提高系统的供油可靠性，在设计供油管路时要考虑当发动机驱动泵供油管路发生严重泄漏时，能够保存一定量的油液供给电马达驱动泵使用。因此，油箱的发动机驱动泵供油接头位置高于电马达驱动泵供油接头位置，即在发动机驱动泵的吸油管路上设置立管。



3.3.1.3 液压存储系统

3、油箱空气增压系统

油箱增压系统的作用是保证下游液压泵的进口压力。在高空中，空气稀薄，因此油箱内部的气压会降低导致高空气塞，不能连续向油泵供油。油箱增压可以防止油液出现气塞现象。

油箱增压的方式包括液压压力增压和空气增压。

3.3.1.3 液压存储系统

3、油箱空气增压系统

1) 油箱液压压力增压

$$F_y = F_x$$

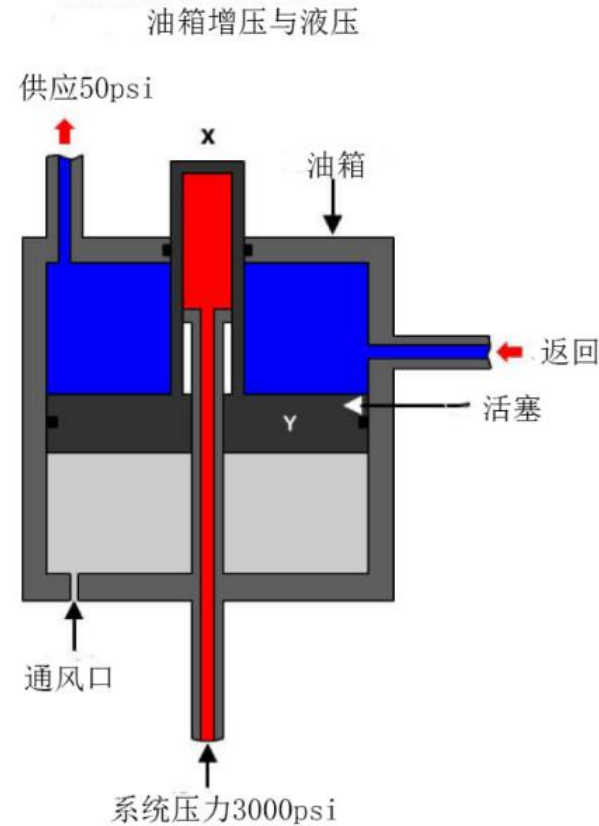
$$P_y \cdot A_y = P_x \cdot A_x$$

$$\frac{A_x}{A_y} = \frac{1}{60}$$

$$P_y = \frac{P_x}{60}$$

$$P_y = \frac{3000 \text{ psi}}{60}$$

$$P_y = 50 \text{ psi}$$



3.3.1.3 液压存储系统

3、油箱空气增压系统

2) 油箱空气增压

- 现代飞机通常使用气源系统或发动机引气对液压油箱进行增压，称为油箱空气增压。
- 油箱增压组件是空气增压系统的主要部件，内部通常有单向阀、气滤、减压阀和地面增压接头等。
- 为了保障安全，在维护前需要对液压油箱进行释压。

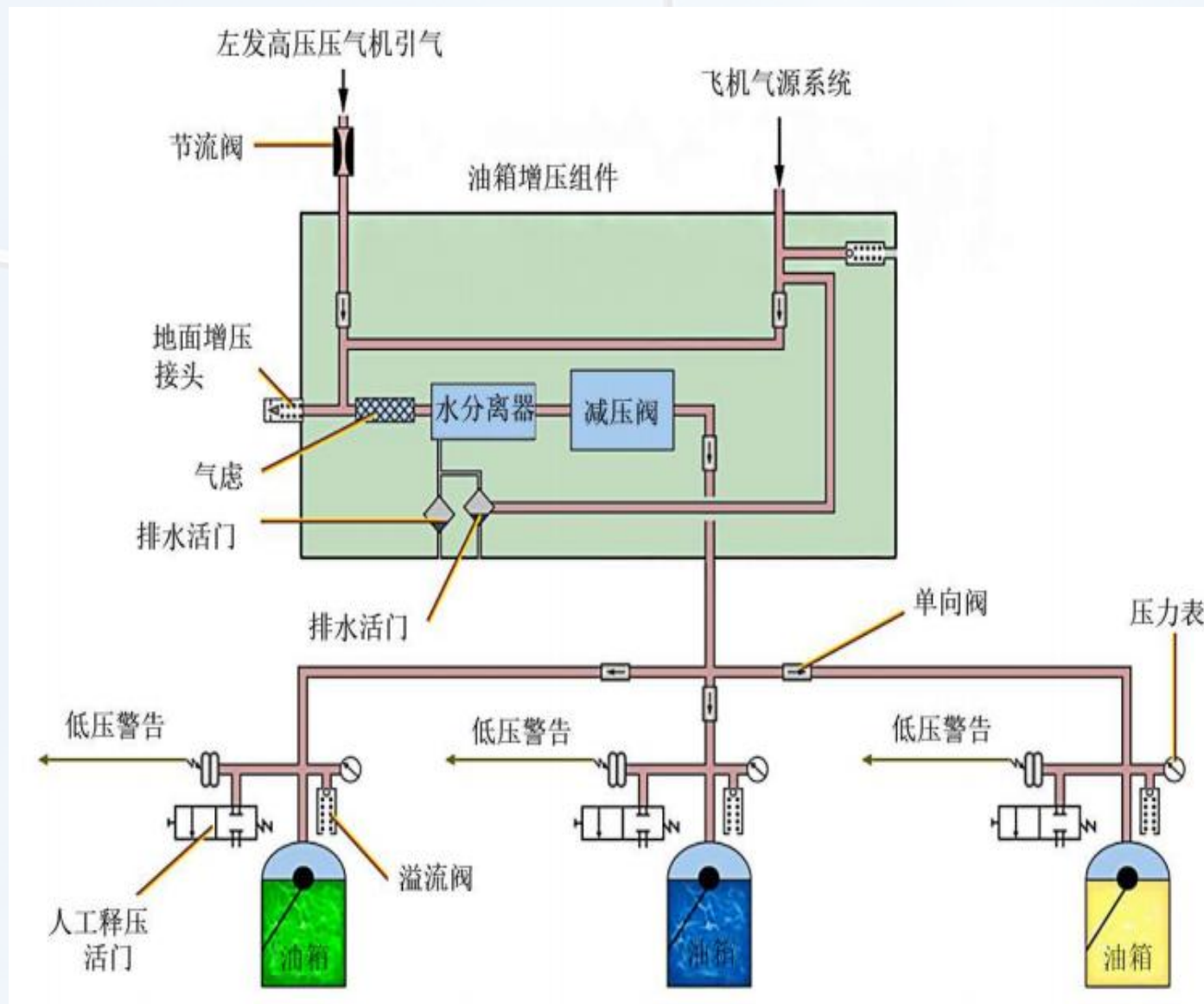
3.3.1.3 液压存储系统

3、油箱空气增压系统

2) 油箱空气增压

液压油箱增压空气可以来自于左发高压压气机引气、飞机气源系统（发动机引气、APU 引气或地面气源）或地面增压接头，飞机在空中正常飞行时使用左发高压压气机引气对液压油箱进行增压。地面维护时可以通过压力表读取油箱压力值，当油箱增压压力不足时，会在驾驶舱显示油箱低压警告。

3.3.1.3 液压存储系统



3.3.1.3 液压存储系统

小结:

- ① 存储系统主要有液压油箱,
- ② 部件又分为外部部件和内部部件,
- ③ 同时由空气对油箱进行增压。



3.3.1.4 系统增压

3.3.1.4 系统增压

1、液压泵工作

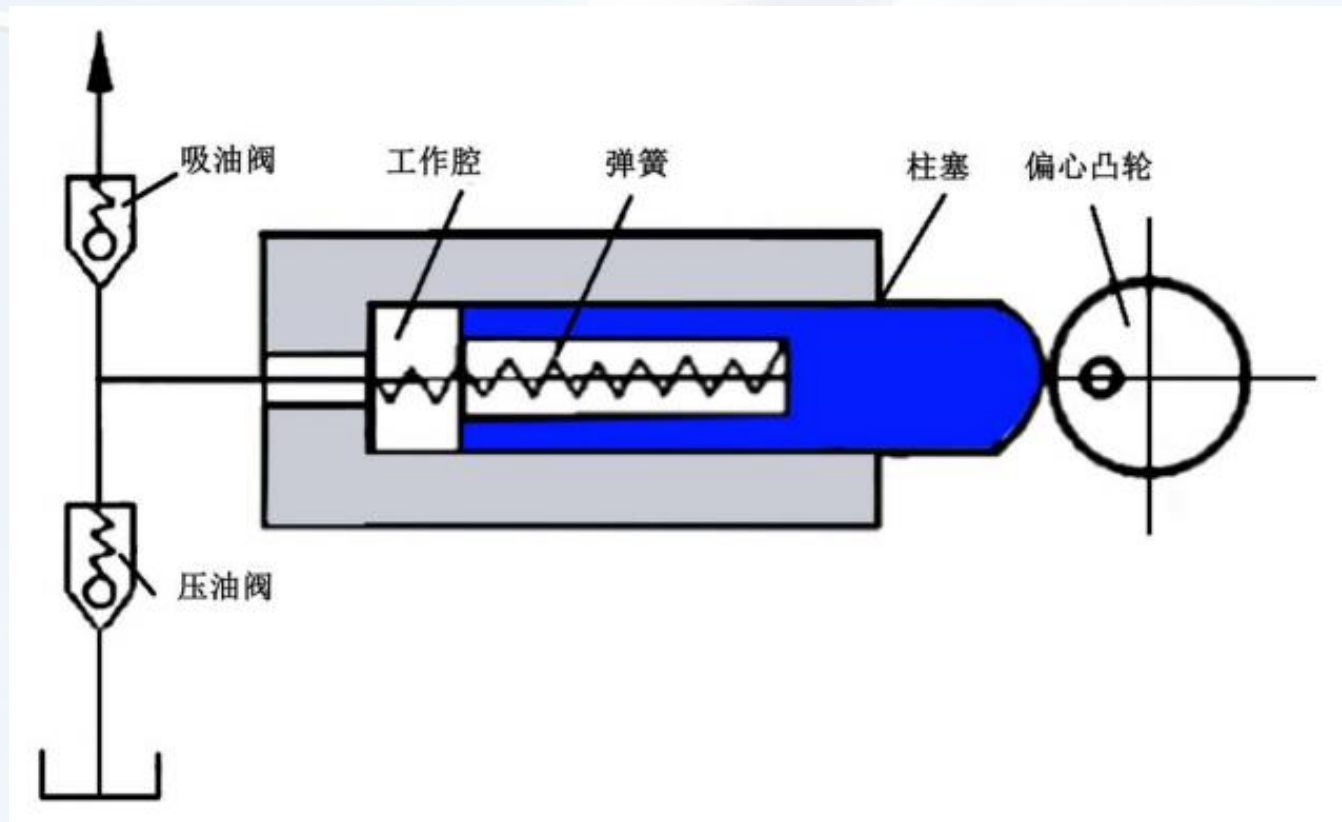
1) 液压泵的基本原理

- 液压泵：液压系统使用的动力源。
- 液压泵都是容积式泵：利用容积变化 来进行吸油、压油。

3.3.1.4 系统增压

1、液压泵工作

1) 液压泵的基本原理



3.3.1.4 系统增压

2) 液压泵的种类

按其结构形式可分：



齿轮泵

叶片泵

柱塞泵

3.3.1.4 系统增压

2) 液压泵的种类

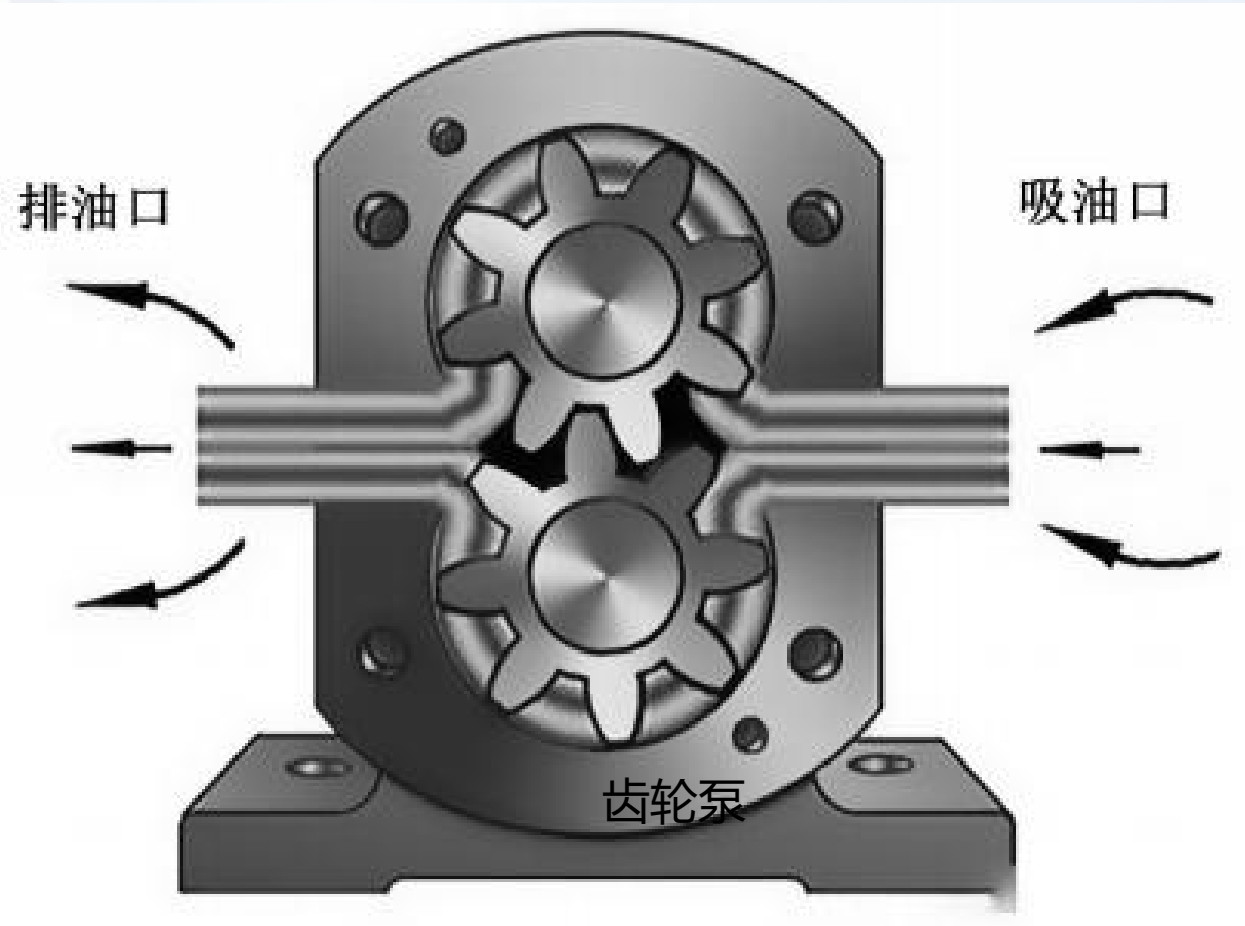
齿轮泵

主要由两个啮合的齿轮组成，它们在一个油室内转动。主动齿轮由飞机的发动机附件齿轮箱或其他动力装置驱动，从动齿轮与主动齿轮啮合并由其带动。

优点：体积较小，结构较简单，对液压油的清洁度要求不严，价格较便宜，

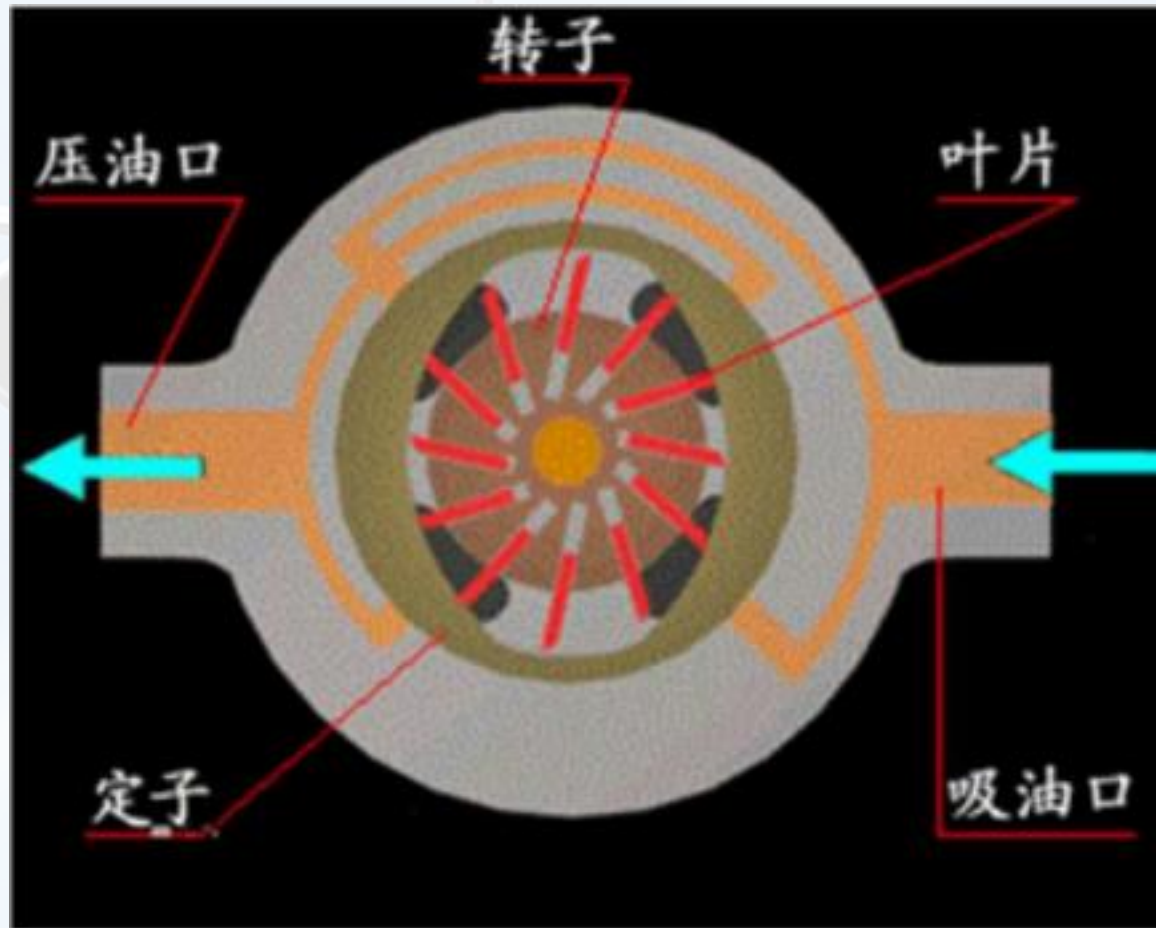
缺点：泵轴受不平衡力，磨损严重，泄漏较大。

现代飞机系统中，中低压系统多采用齿轮泵。



3.3.1.4 系统增压

2) 液压泵的种类



叶片泵

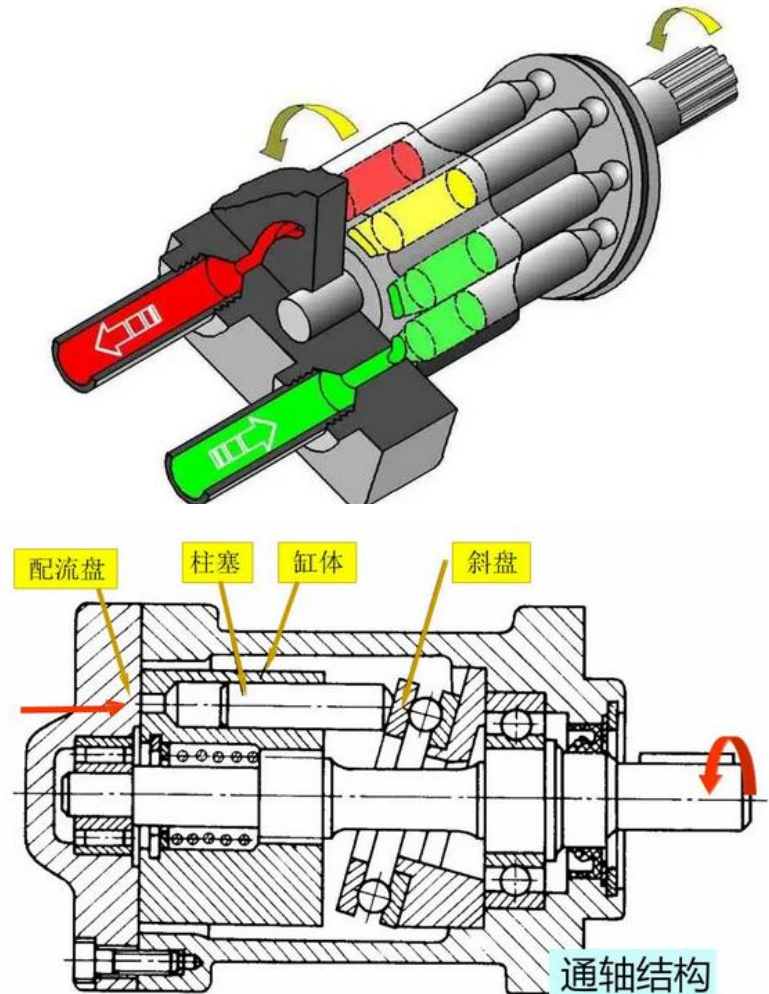
3.3.1.4 系统增压

2) 液压泵的种类

柱塞泵

依靠柱塞在缸体中往复运动，使密封工作腔的容积发生变化来实现吸油、压油。

柱塞泵的特点是容积效率高、泄漏小、可在高压下工作、大多用于大功率液压系统，但其结构复杂，材料和加工精度要求高、价格贵、对油的清洁度要求高。在现代飞机的液压系统中，高压系统多采用柱塞泵进行增压。



3.3.1.4 系统增压

3) 液压泵的性能参数

① 排量 and 流量

- A. 理论排量 q ：液压泵的理论排量是指在没有泄漏的情况下，泵每转一周所排出的液体体积。理论排量由泵的密封工作腔大小决定，一般用 q 表示。
- B. 理论流量 Q ：液压泵的理论流量 Q 等于理论排量 q 与泵转速 n 的乘积， $Q = q \cdot n$ ，指在不考虑泄漏的情况下，泵在单位时间内输出的液体体积。
- C. 额定流量：液压泵的额定流量是指在额定转速下，处于额定压力状态时泵的流量。由于内漏的存在，因此额定流量总是小于理论流量。

3.3.1.4 系统增压

3) 液压泵的性能参数

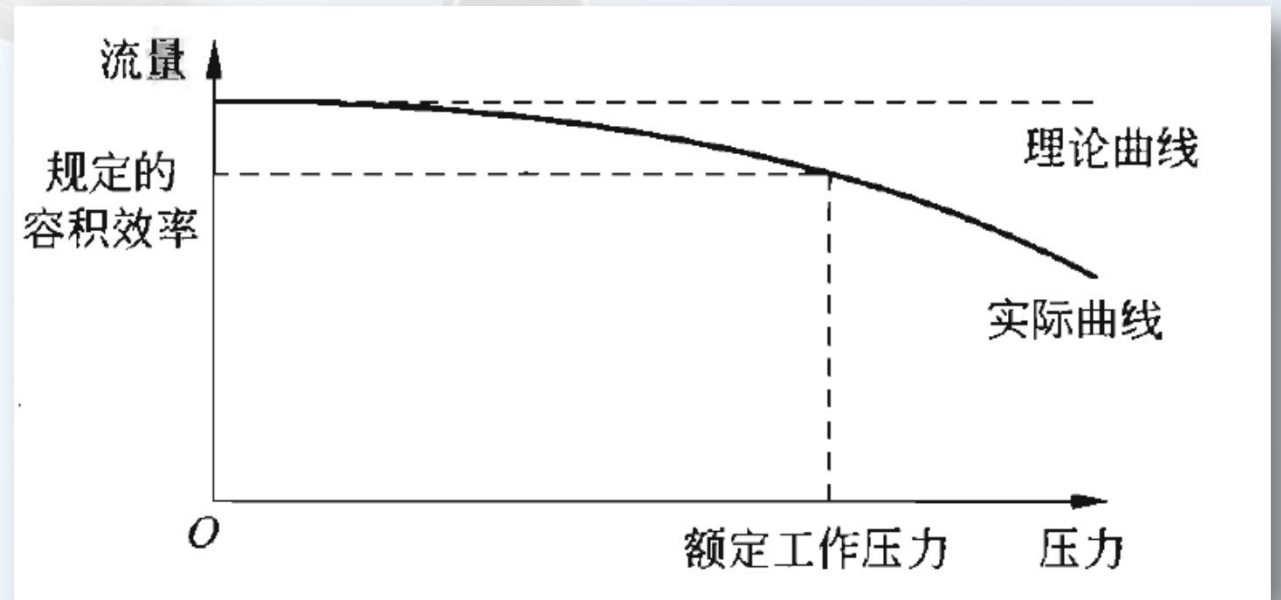
② 压力

油泵工作压力有额定工作压力和设计工作压力两种表示方法。

A. 额定工作压力:

是指在额定转速下，在规定的容积效率下，泵能连续工作的最高压力。

额定工作压力大小取决于泵的密封件和制造材料的性质和寿命。若其工作中压力超过额定值就称为过载。



液压泵压力-流量特性曲线

3.3.1.4 系统增压

②压力

B. 设计工作压力 (design operating pressure , DOP)

设计工作压力 (Design Operating Pressure, DOP) 是排除了诸如由泵脉动、系统运行反作用或流量波动引起的合理压力波动和瞬态压力影响之后液压泵的正常最大稳定压力。

3.3.1.4 系统增压

3) 液压泵的性能参数

③ 功率和效率

A. 功率

- ◆ 液压泵的输入功率：液压泵由驱动机构(即发动机传动齿轮箱或电动机)获取的机械功率，是转矩和角速度的乘积，即 $N_i = T\omega$ 。T为泵的实际输入转矩(即驱动机的输出转矩)， ω 为泵的转动度。
- ◆ 泵的输出功率：实际流量Q和工作压力P的乘积，即 $N_o = PQ$ 。

3.3.1.4 系统增压

③功率和效率

B. 效率

- 液压泵的效率是输出液压功率与输入机械功率的比值，即 $\eta = \frac{N_o}{N_i} = \frac{PQ}{T\omega}$
- 液压泵的效率表示泵的功率损失的程度。
- 液压泵的功率损失主要是两种损失造成的：一是容积损失，二是机械损失，与其对应的是容积效率和机械效率。

3.3.1.4 系统增压

③功率和效率

B. 效率

- 容积效率

容积效率是指泵的流量损失的程​​度。用泵的实际输出流量Q与泵的理论流量 Q_t 的

比值表示： $\eta_v = \frac{Q}{Q_t}$

造成泵的流量损失的主要原因：泵的内漏和在吸油行程中油液不能全部充满油腔引起的，即称为泄流损失和填充损失。

3.3.1.4 系统增压

③功率和效率

B. 效率

- 机械效率

机械效率是指输入泵的转矩损失程度。由于泵在工作时存在相对运动部件之间的机械摩擦和油液在泵内流动时表现出来的黏性作用，都会引起转矩损失，即泵的实际输入转矩 T_i 总大于泵的理论转矩 T_t ，即机械效率 $\eta_m = \frac{T_t}{T_i}$

一般齿轮泵的总效率为0.6~0.65，柱塞泵约为0.8。

3.3.1.4 系统增压

4) 影响液压泵效率的主要因素

1、油温过高或过低

温度过高，会导致液压油粘度下降，油液粘度过低时，会增加泵的内漏并降低油液的润滑性，进而导致容积效率和机械效率下降。

温度过低，会导致油液粘度上升，油液粘度过高时，油泵吸油阻力增大，吸油困难，油液不能完全充满油腔，降低填充效率。粘度过高同样会造成油泵转动阻力增大，并增加流体的流动阻力，降低机械效率。

3.3.1.4 系统增压

4) 影响液压泵效率的主要因素

2、油箱维护不正常



气蚀

气塞

3.3.1.4 系统增压

4) 影响液压泵效率的主要因素

3、油泵装配异常

过松

过紧

3.3.1.4 系统增压

5) 现代飞机液压系统液压泵

- 双发飞机：如波音B737和空客A320系列，一般有三个独立的液压系统
- 四发飞机：如波音B747，具有四个独立的液压系统
- 每个液压系统往往配备多个增压泵，如波音B737的主系统均配备两个液压泵，波音B777的中央液压系统配备5个液压泵
- 一般在两个主液压系统之间的管路上，还设有液压动力转换组件（Power Transfer Unit, PTU)

3.3.1.4 系统增压

小结:

- 液压泵都为容积式泵，通过容积变化进行吸油或压油。
- 种类有：
 - ① 齿轮泵
 - ② 叶片泵（双作用叶片、单作用叶片）
 - ③ 柱塞泵
- 掌握液压泵的性能参数

3.3.1.4 系统增压

2、主增压（发动机驱动泵EDP、电动泵EMDP、空气驱动泵ADP）

在现代飞机上，通常使用发动机驱动泵和电马达驱动泵作为系统主增压源。

1) 发动机驱动泵（EDP）

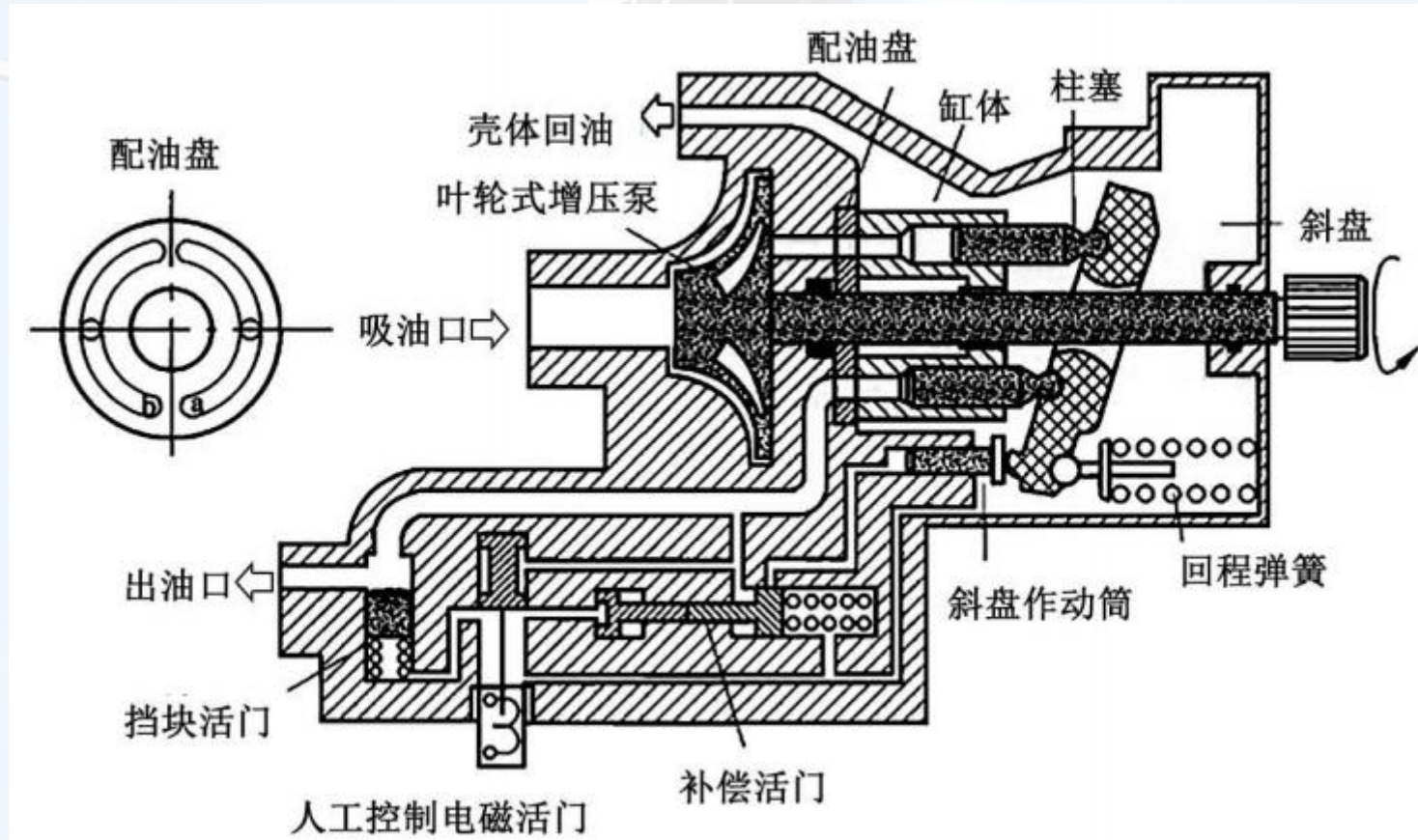
- 类型：斜盘式的柱塞泵。
- 位置：安装在飞机发动机附件齿轮箱上，发动机转子通过附件齿轮箱驱动油泵运转，对液压系统进行增压。



3.3.1.4 系统增压

2、主增压（发动机驱动泵EDP、电动泵EMDP、空气驱动泵ADP）

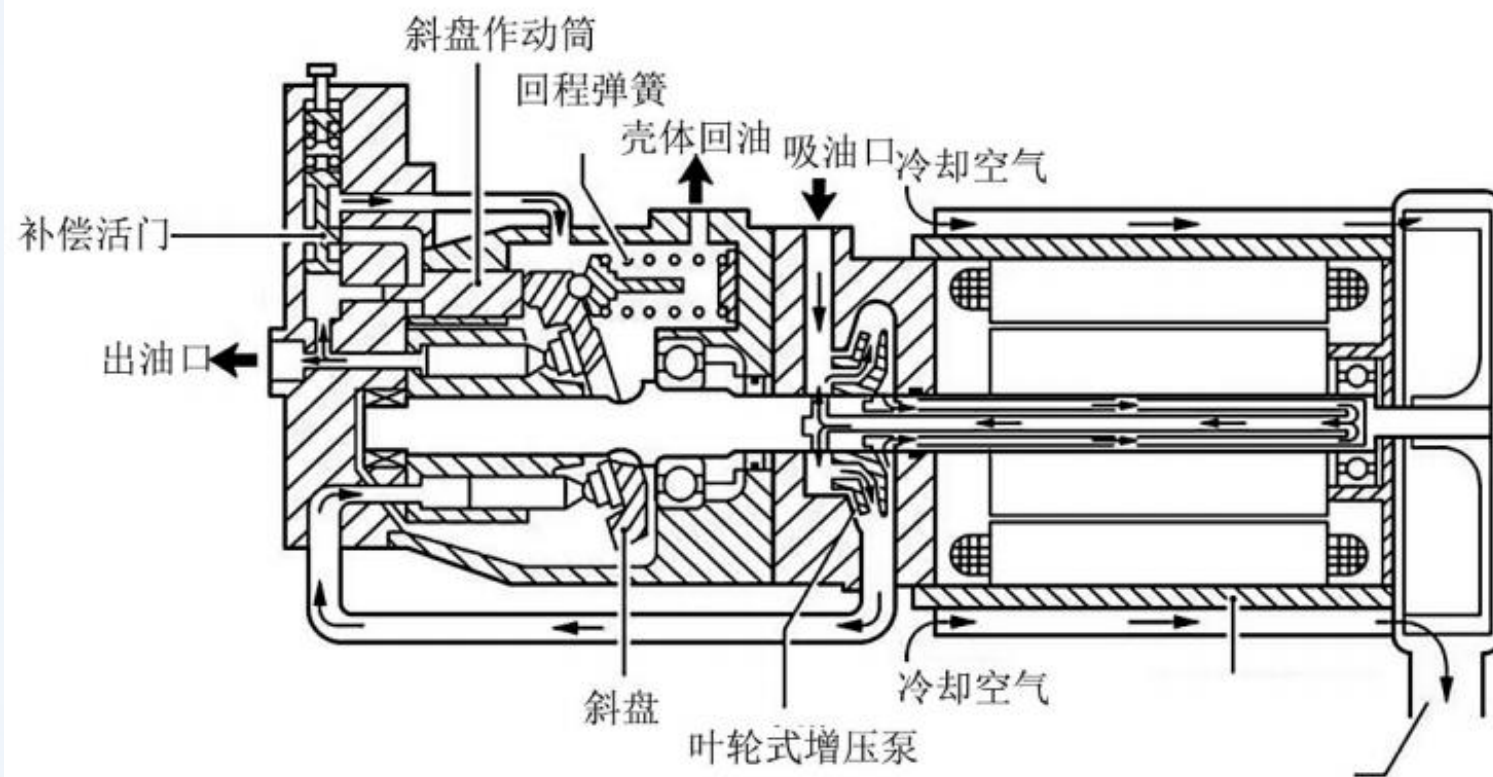
1) 发动机驱动泵（EDP）



3.3.1.4 系统增压

2、主增压（发动机驱动泵EDP、电动泵EMDP、空气驱动泵ADP）

2) 电马达驱动泵（EMDP/ACMP）



3.3.1.4 系统增压

2、主增压（发动机驱动泵EDP、电动泵EMDP、空气驱动泵ADP）

2) 电马达驱动泵（EMDP/ACMP）

双发飞机，为了确保单发停车时液压系统仍能可靠供压，电动马达驱动泵通常由对侧发动机的发电机供电。

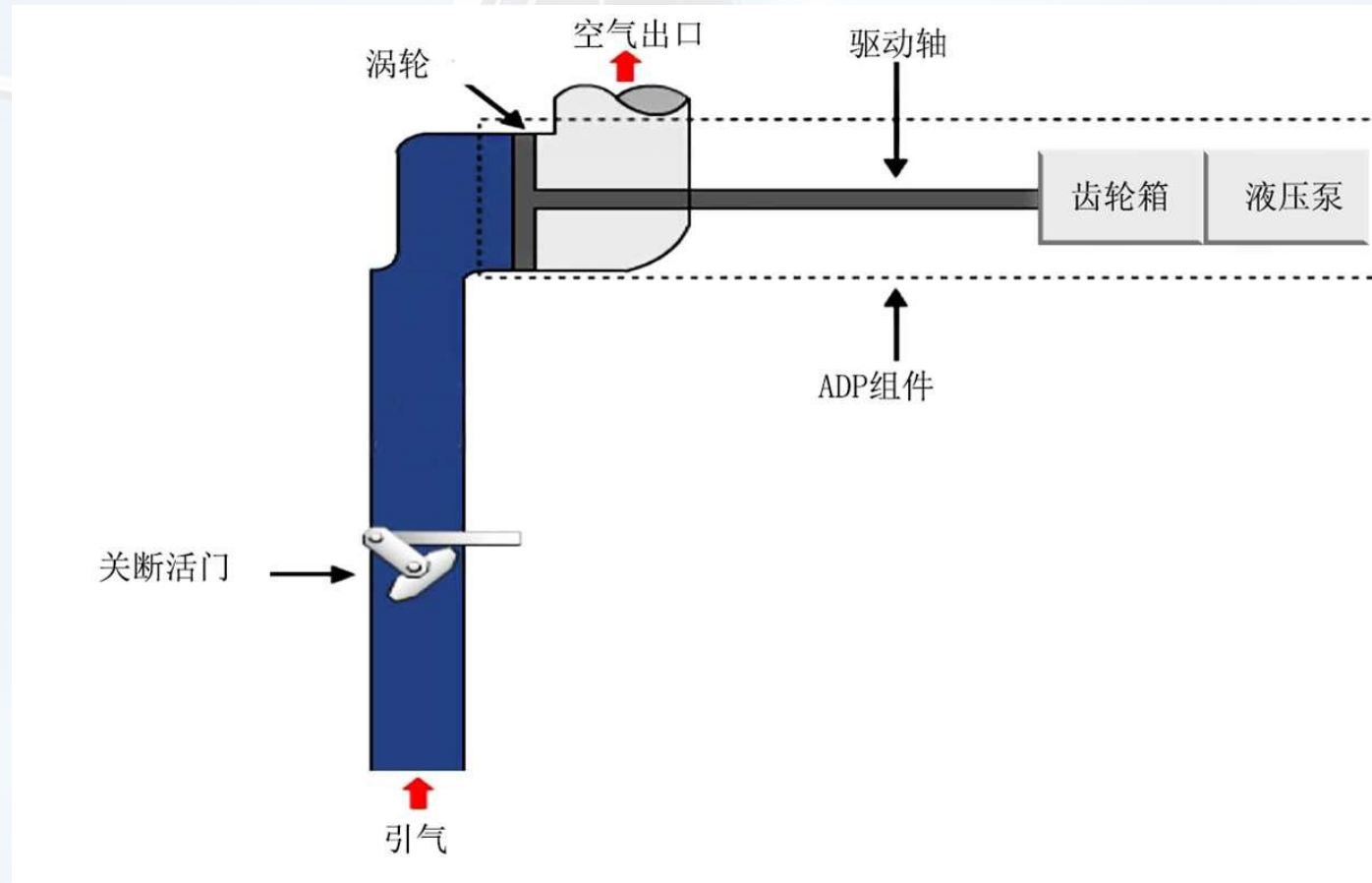
波音B737液压源系统为例，A系统的EDP由左发驱动，EMDP由右发的发电机供电，B系统的EDP由右发驱动，EMDP由左发的发电机驱动。



3.3.1.4 系统增压

2、主增压（发动机驱动泵EDP、电动泵EMDP、空气驱动泵ADP）

3) 空气驱动泵



3.3.1.4 系统增压

小结 (2H) :

主增压有:

- 发动机驱动泵EDP
- 电动泵EMDP
- 空气驱动泵ADP

3.3.1.4 系统增压

3、辅助增压（冲压空气泵RAT、动力转换组件 PTU、地面增压）

辅助增压的主要作用是为主液压系统提供备份，一般在主液压系统失效或地面维护时使用。

常见的辅助增压源有：

冲压空气涡轮泵（Ram Air Turbine, RAT）

动力转换组件

空气驱动泵

地面液压车

3.3.1.4 系统增压

3、辅助增压（冲压空气泵RAT、动力转换组件 PTU、地面增压）

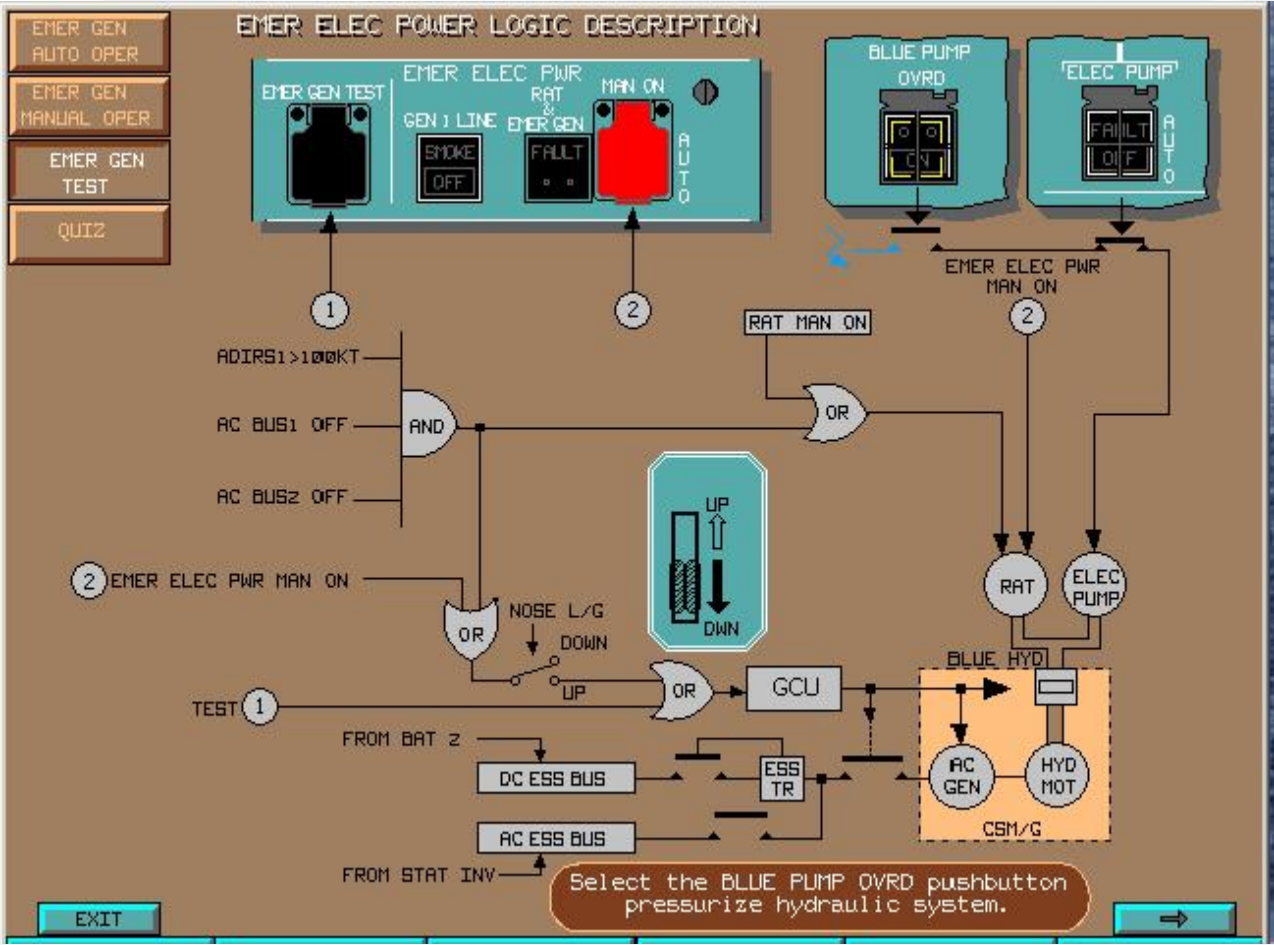
1) 冲压空气涡轮泵（RAT）



3.3.1.4 系统增压

3、辅助增压 (冲压空气泵RAT、动力转换组件 PTU、地面增压)

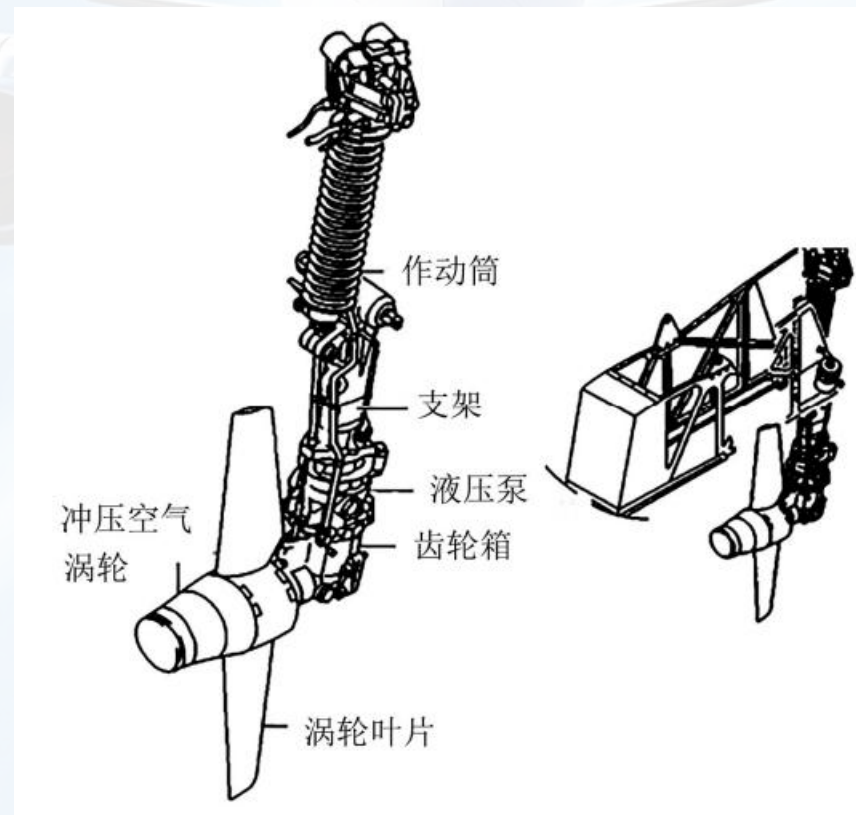
1) 冲压空气涡轮泵 (RAT)



3.3.1.4 系统增压

3、辅助增压 (冲压空气泵RAT、动力转换组件 PTU、地面增压)

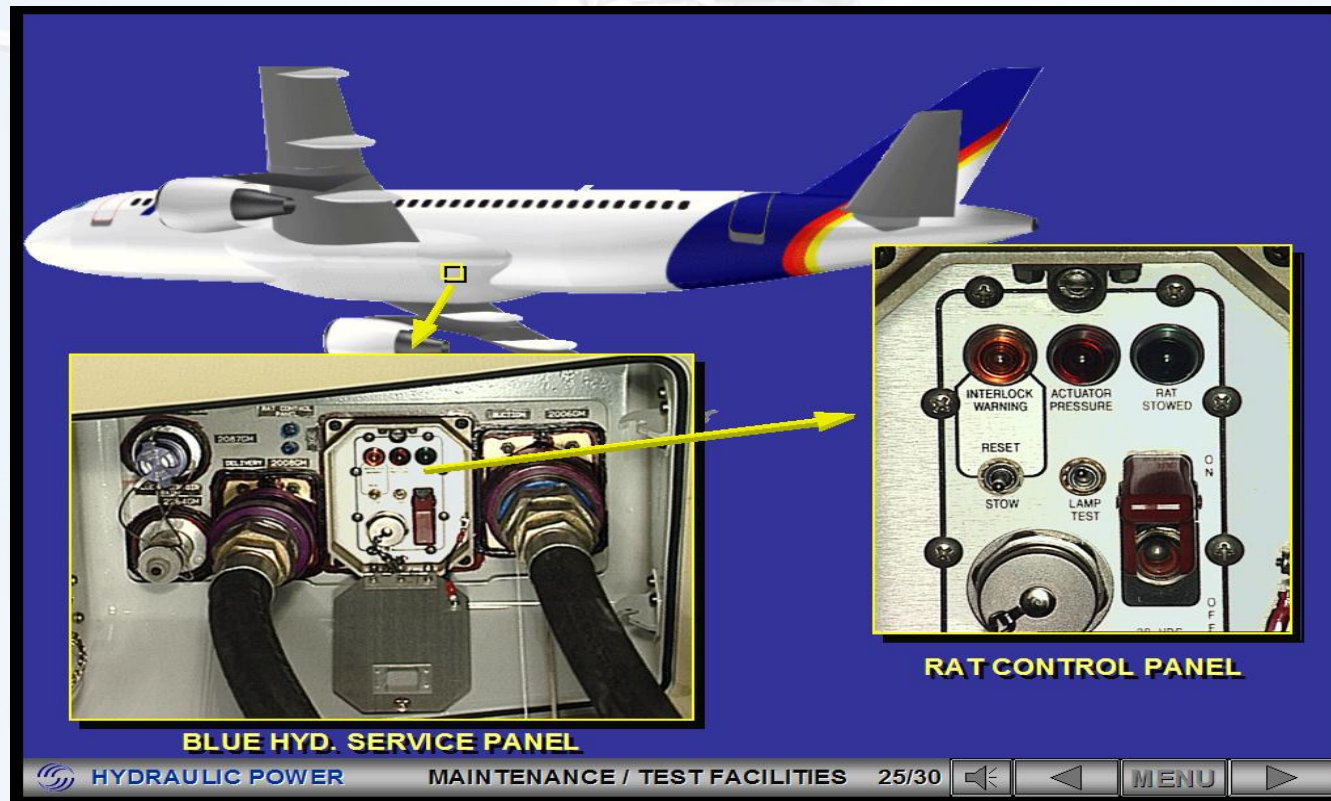
1) 冲压空气涡轮泵 (RAT)



3.3.1.4 系统增压

3、辅助增压（冲压空气泵RAT、动力转换组件 PTU、地面增压）

1) 冲压空气涡轮泵（RAT）



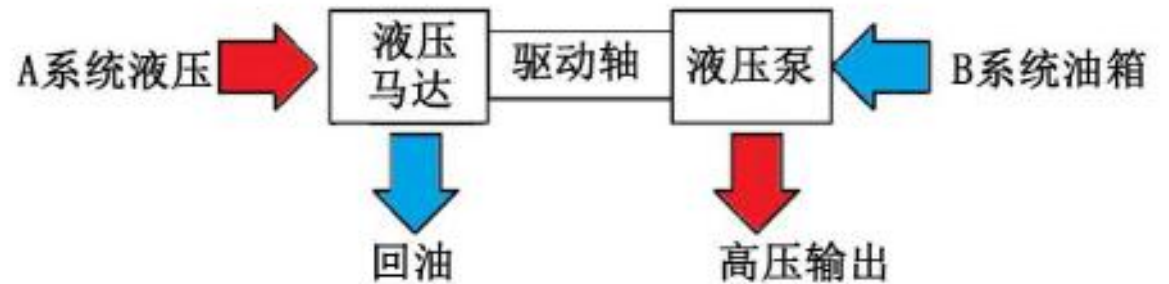
320RAT控制面板

3.3.1.4 系统增压

3、辅助增压（冲压空气泵RAT、动力转换组件 PTU、地面增压）

2) 动力转换组件（PTU）

动力转换组件（PTU）实际上是一个液压马达和液压泵的组合件。如图在工作时，PTU利用某一个液压系统（A系统）的压力驱动组件中的液压马达，液压马达通过驱动轴带动液压泵转动，从而为另一个液压系统（B系统）增压。一些飞机上的PTU单向工作，如波音B737的PTU只能通过A系统对B系统增压。



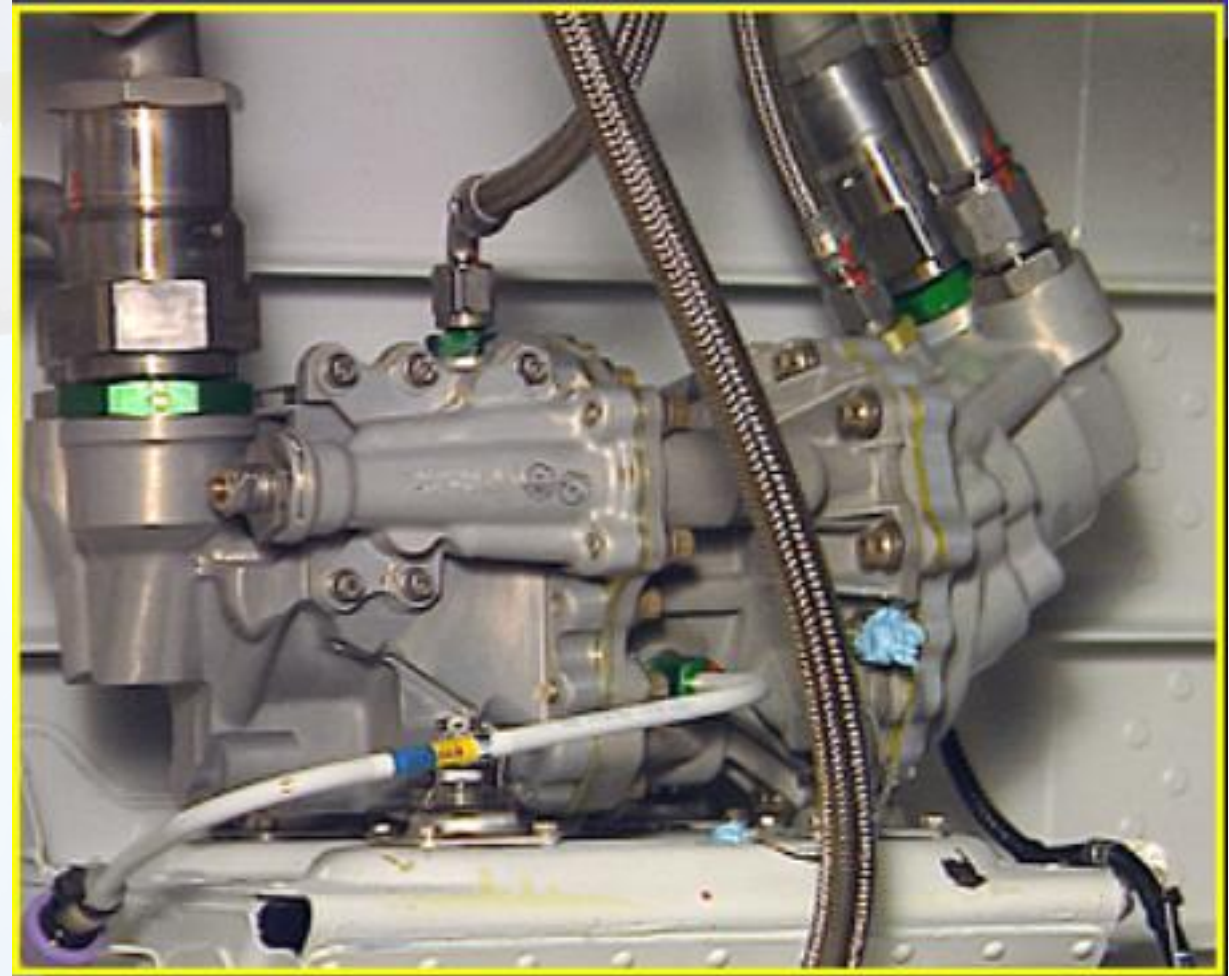
3.3.1.4 系统增压

3、辅助增压 (冲压空气泵RAT、动力转换组件 PTU、地面增压)

2) 动力转换组件 (PTU)

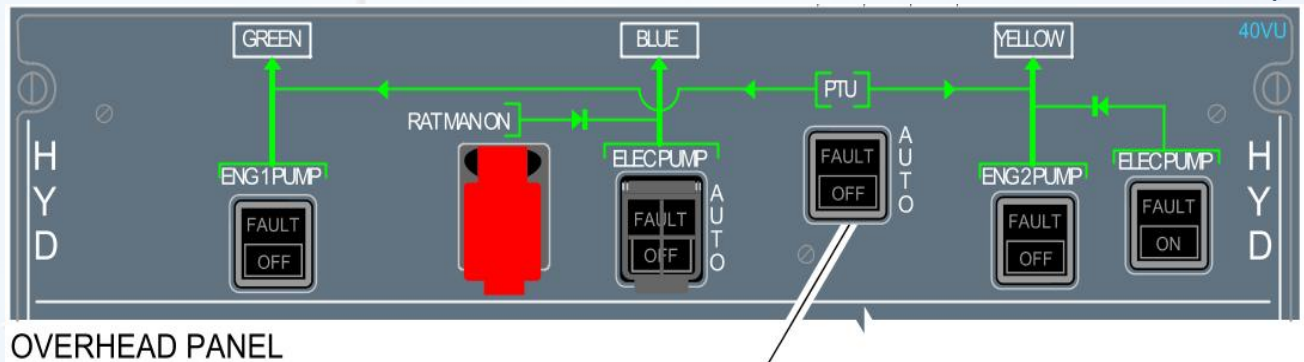
空客A320的PTU可以在黄、绿系统之间双向工作。

320动力传输组件(PTU):当黄和绿系统之间的压差超过500PSI时PTU自动工作;在第一台发动机启动过程中和操作货舱门时,PTU的工作被抑制。

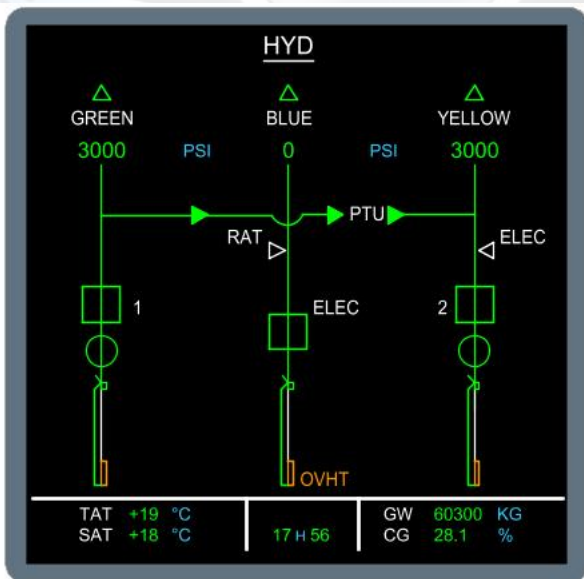
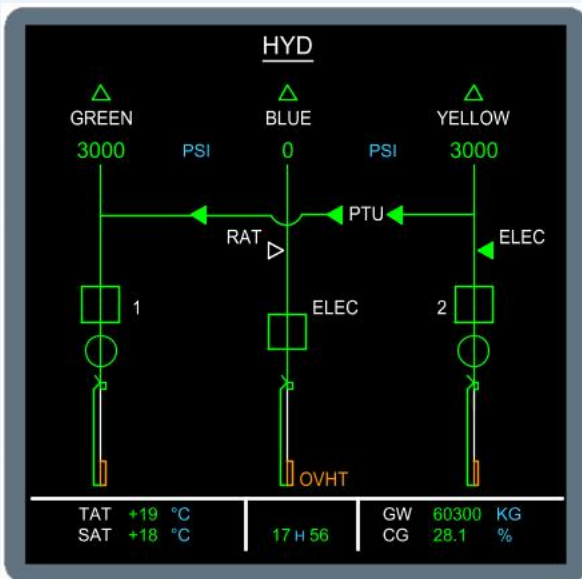


3.3.1.4 系统增压

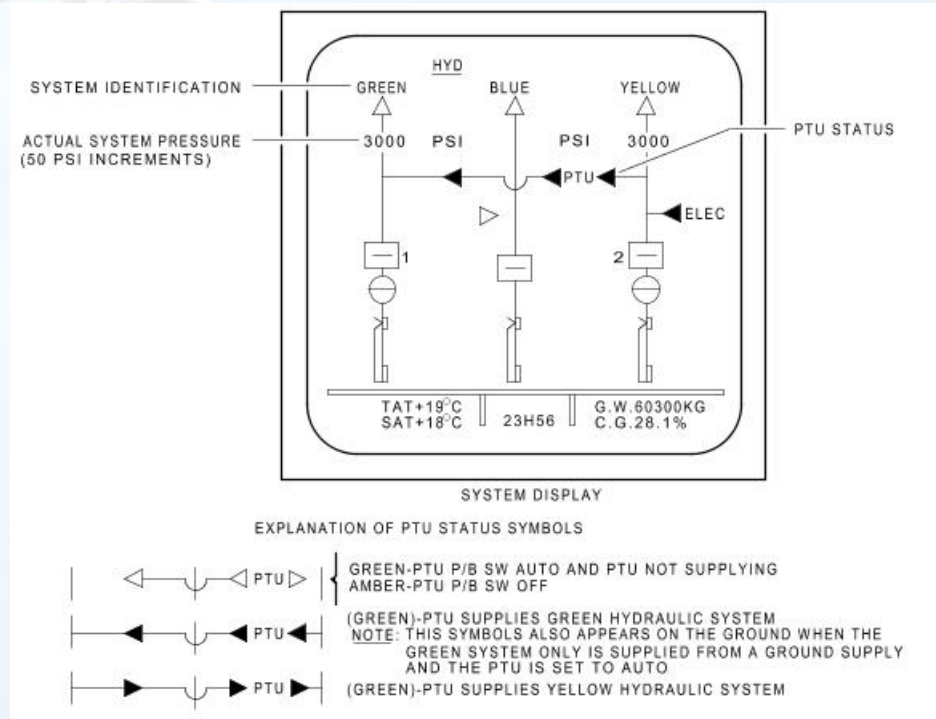
2) 动力转换组件 (PTU)



PTU电门

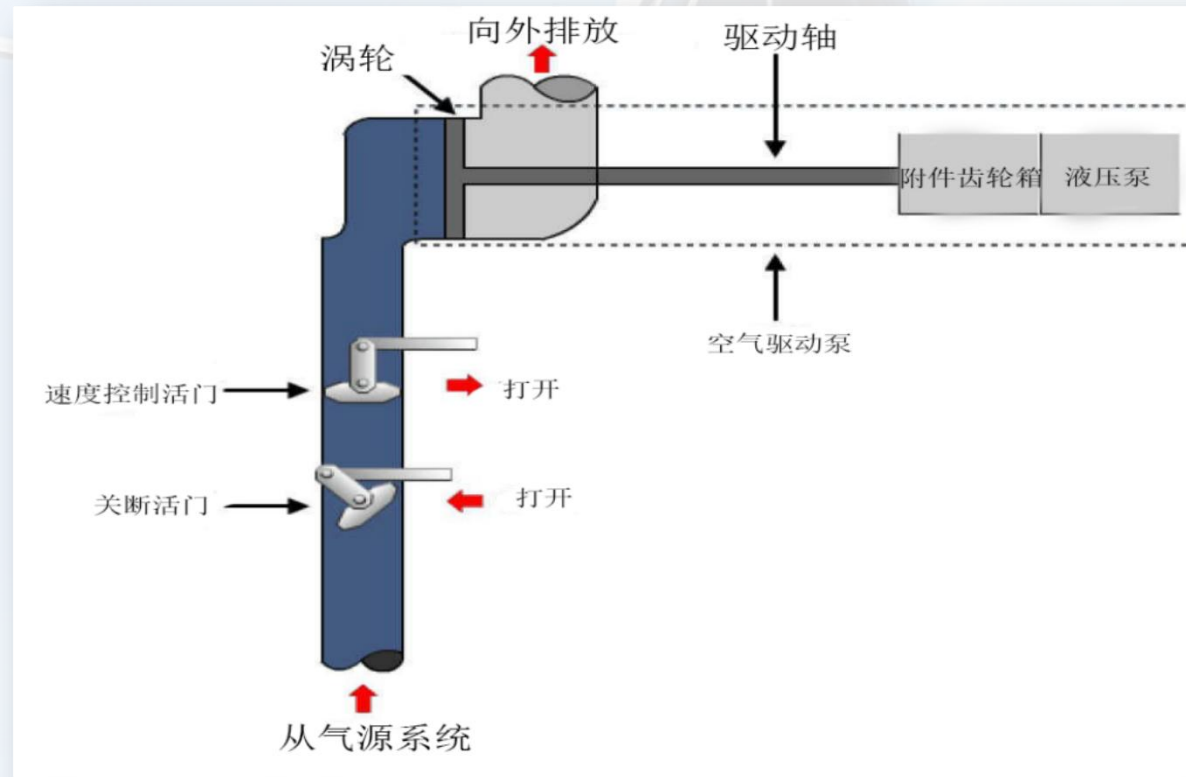


320PTU控制



3.3.1.4 系统增压

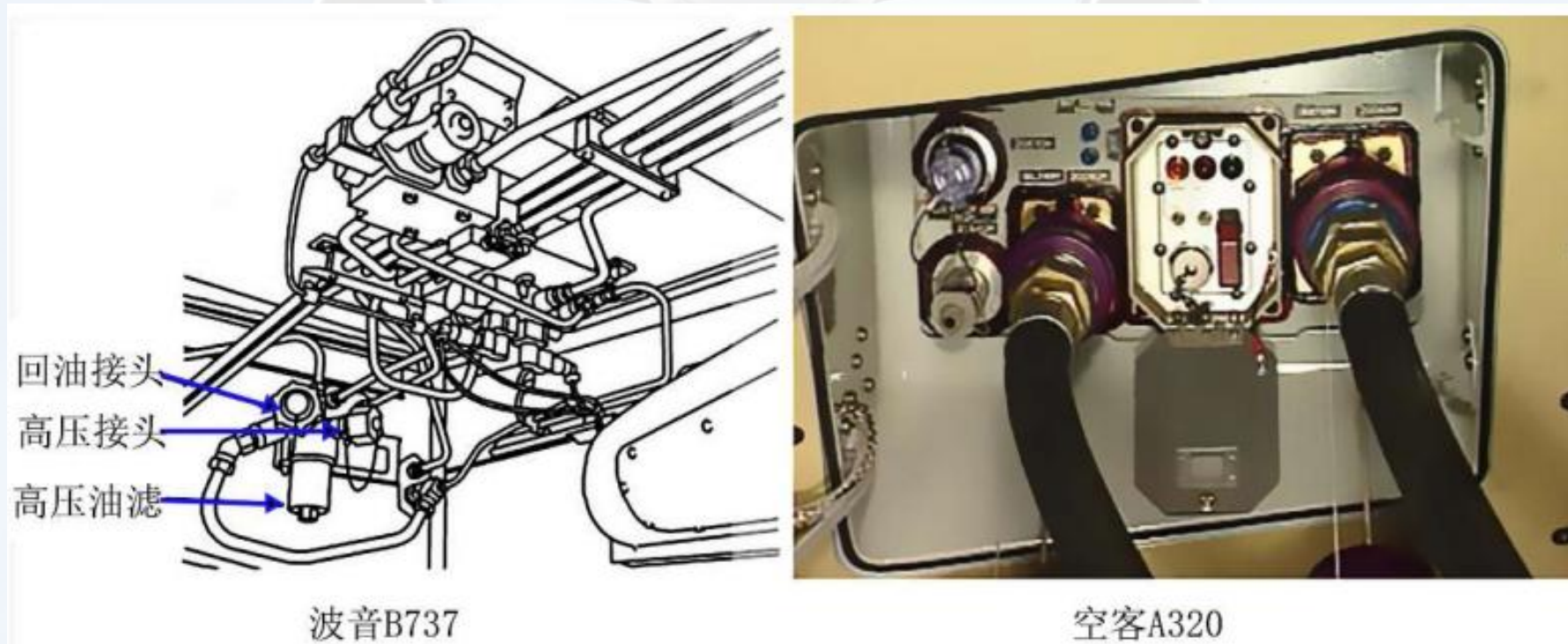
- 3、辅助增压 (冲压空气泵RAT、动力转换组件 PTU、地面增压)
3) 空气驱动泵 (ADP-Air Driven Pump)



3.3.1.4 系统增压

4) 地面增压

地面维护时，还可以使用地面设备（液压车）对液压系统增压，减少对飞机液压泵的使用。地面液压车通过高压接头和回油接头与飞机液压系统连接。例如波音 B737 的 A、B 系统地面增压接头分别位于左、右冲压空气舱内，空客 A320 的地面增压接头位于各液压系统勤务面板上。



3.3.1.4 系统增压

小结:

辅助增压有:

- 冲压空气泵RAT
- 动力转换组件PTU
- 地面增压
- ADP

A large, faint, white silhouette of a commercial airplane is centered in the background, showing the fuselage, wings, and engines.

3.3.1.5 分配系统

3.3.1.5 分配系统

1、系统介绍

在液压系统中，液压泵出口高压油是通过压力组件分配到各用压系统的，从各分系统的回油经过回油组件统一返回油箱。

压力组件

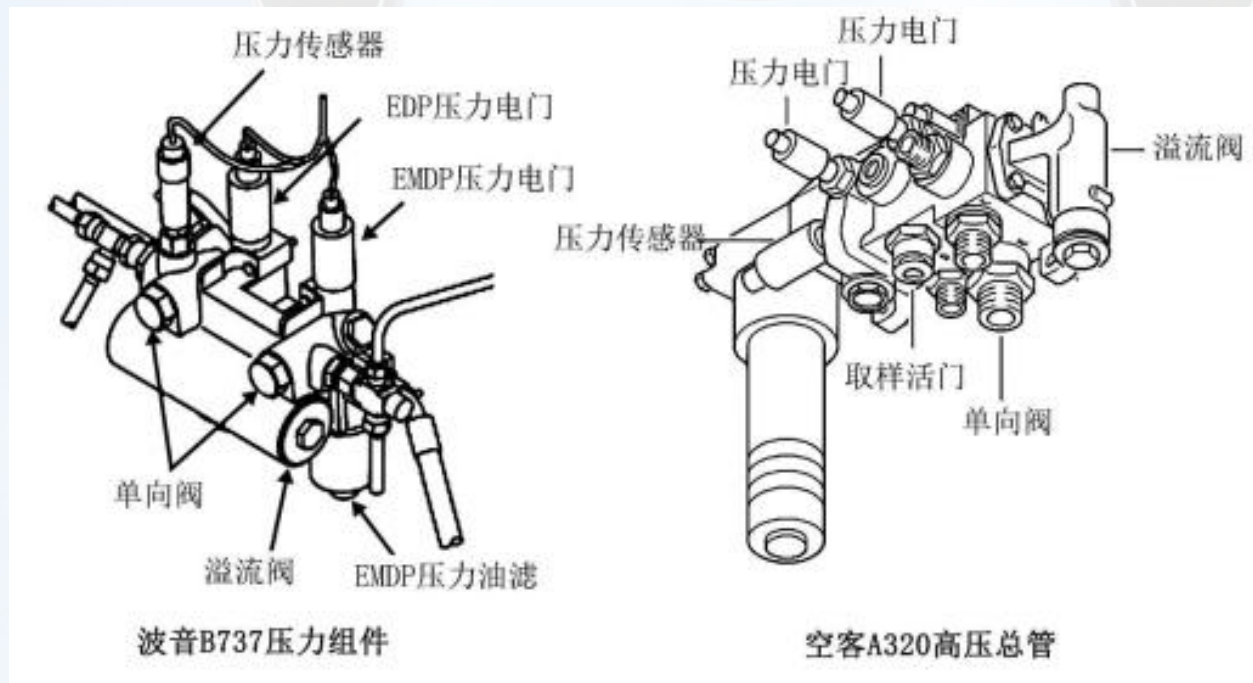
回油组件

3.3.1.5 分配系统

1、系统介绍

1) 压力组件

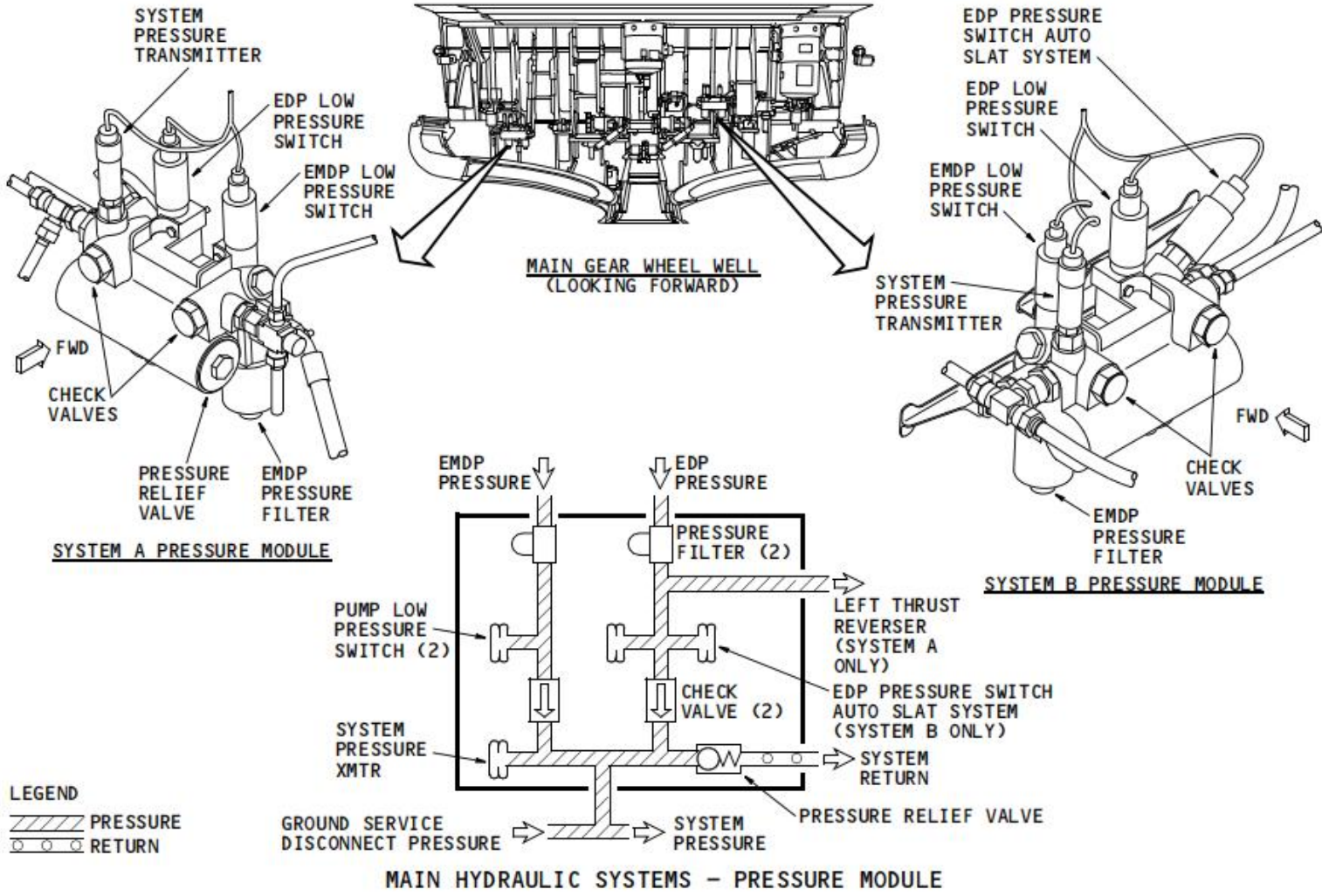
压力组件（或压力总管）安装在液压泵的出口管路，即压力管路上，它的主要作用是过滤和分配液压泵出口的高压油到各用压系统。



3.3.1.5 分配系统

1、系统介绍

1) 压力组件



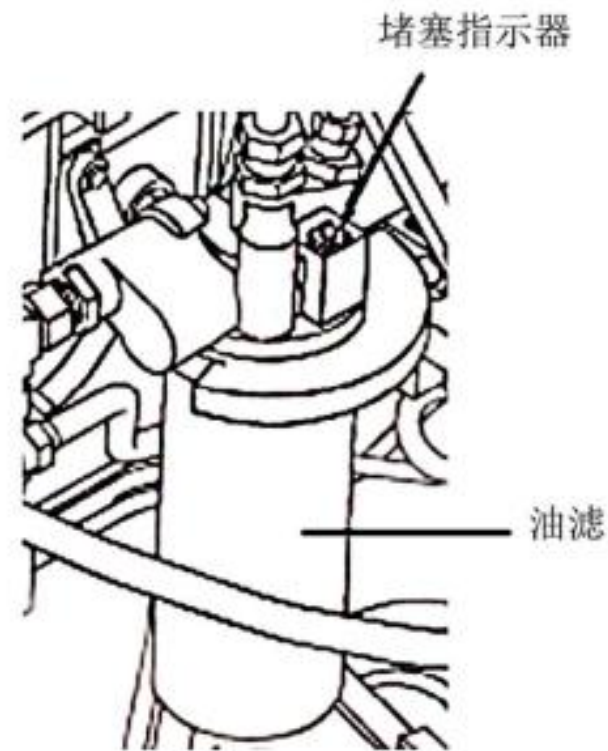
737压力组件

3.3.1.5 分配系统

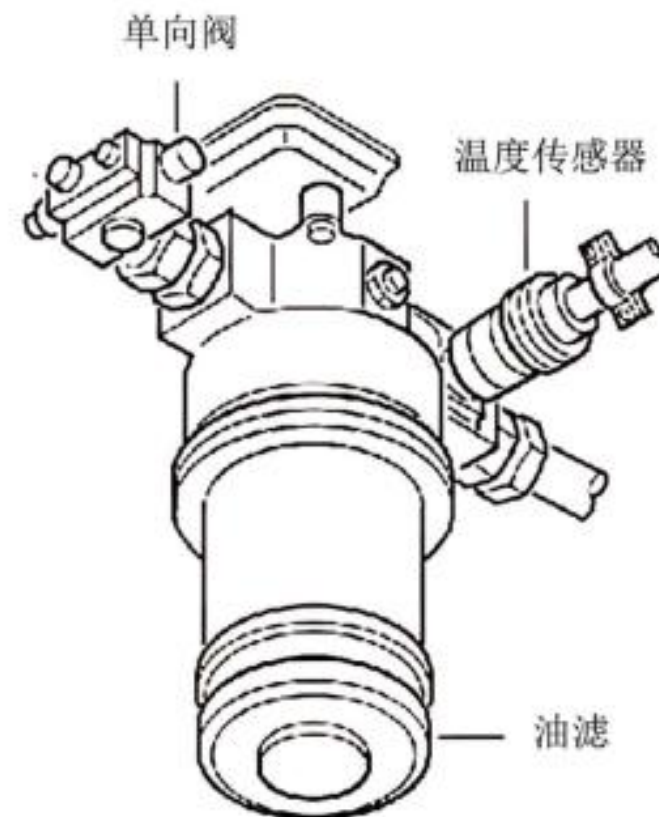
2、系统部件

2) 回油组件

回油组件（或回油总管）安装在回油管路，其主要作用是过滤及引导返回油箱的油液。



波音B7373回油滤组件

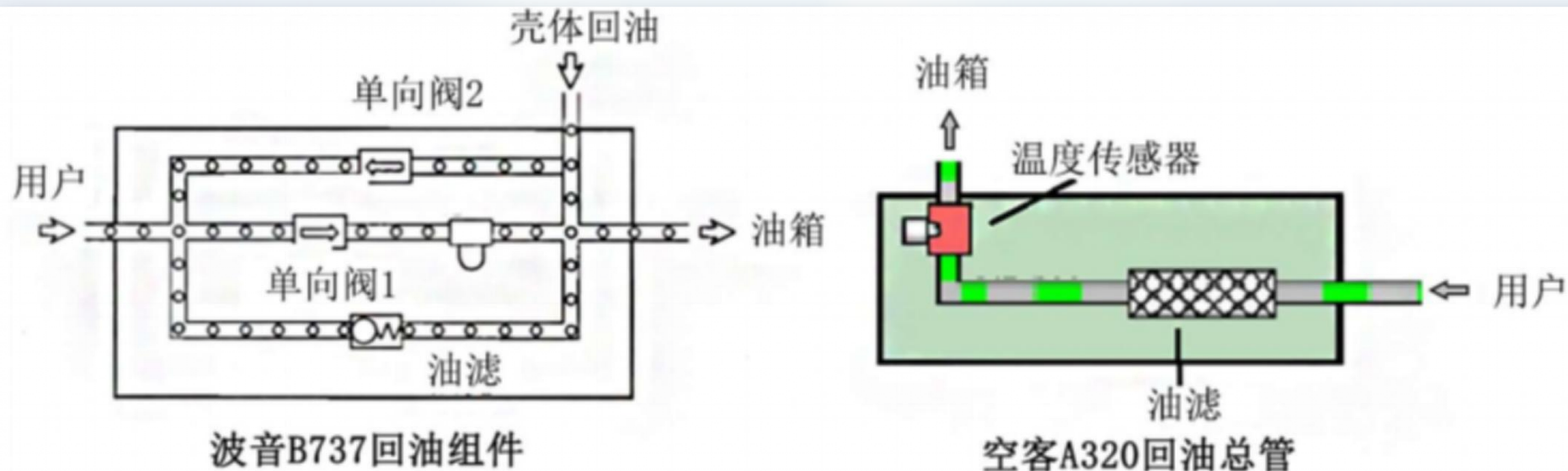


空客A320回油总管

3.3.1.5 分配系统

2) 回油组件

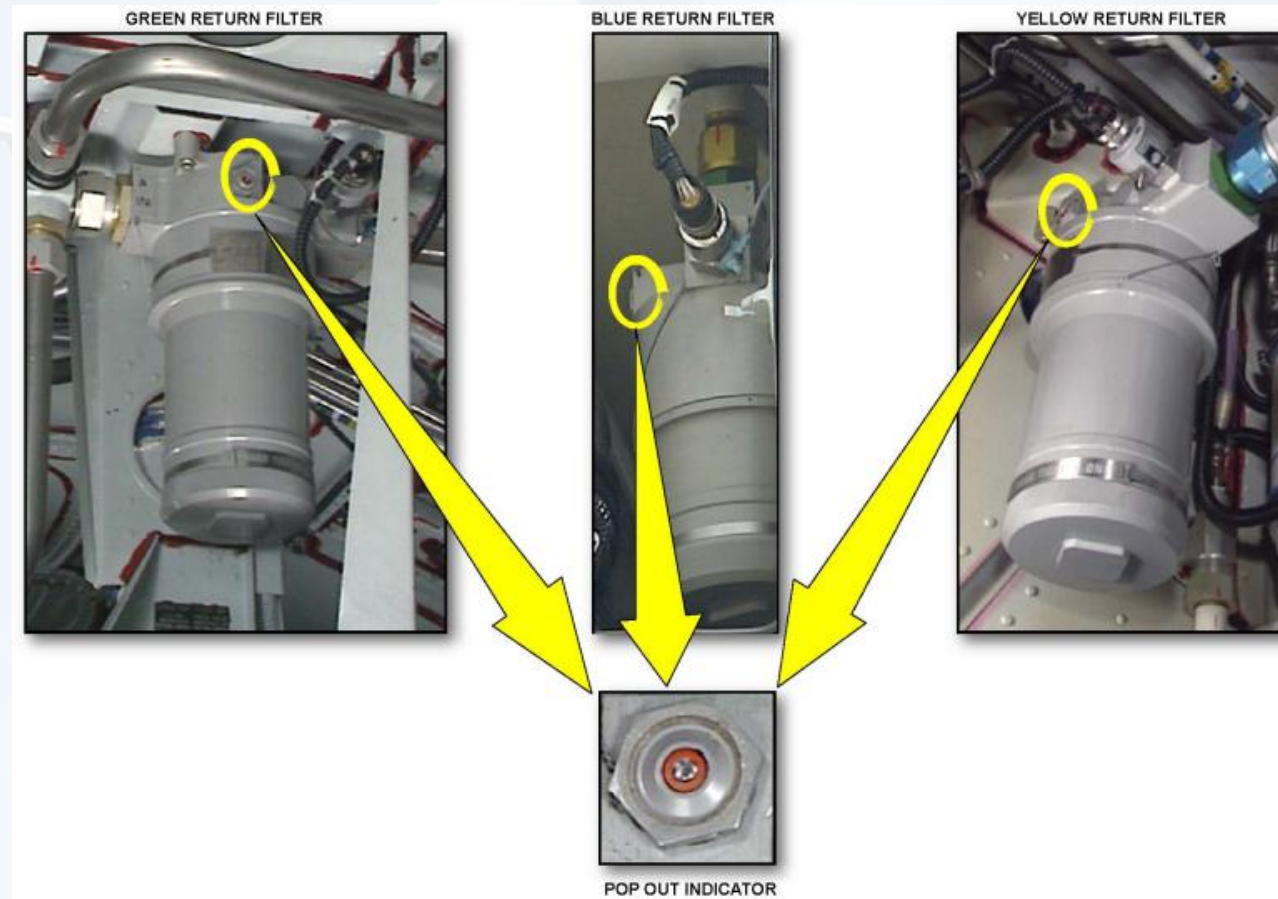
- 回油组件的内部构造相对简单，一般包括油滤、旁通活门和单向阀等。
- 油滤上游安装单向阀1，允许系统油液经过油滤返回油箱。若没有此单向阀，当工作系统出现低压时，可能会出现“油滤反冲”现象。所谓油滤反冲，就是油箱内油液在油箱增压压力作用下通过油滤反流，导致滤杯内污染杂质随油液逆流到工作系统中，使上游系统遭到污染。
- 单向阀2可为逆流的油液提供通路，进一步避免油滤反冲现象的出现。有的回油组件内还带有温度传感器。



3.3.1.5 分配系统

2) 回油组件

回油组件的内部构造相对简单，一般包括油滤、旁通活门和单向阀等。

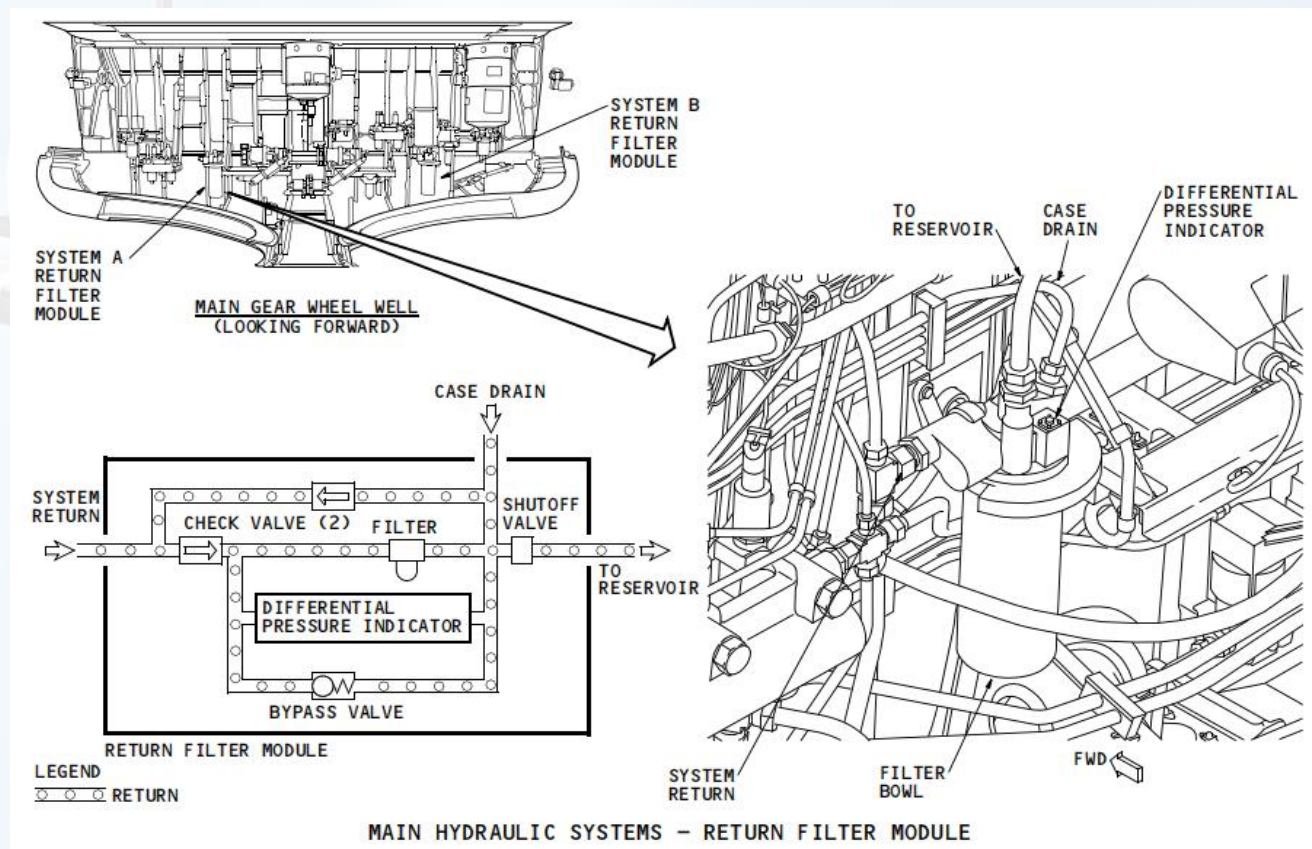


320回油组件

3.3.1.5 分配系统

2) 回油组件

回油组件的内部构造相对简单，
一般包括油滤、旁通活门和单向阀等。



737回油组件

3.3.1.5 分配系统

2) 回油组件

液压泵壳体回油组件

油泵壳体回油滤，其作用是对用于润滑和冷却液压泵的壳体回油进行过滤。



ENGINE SIDE VIEW



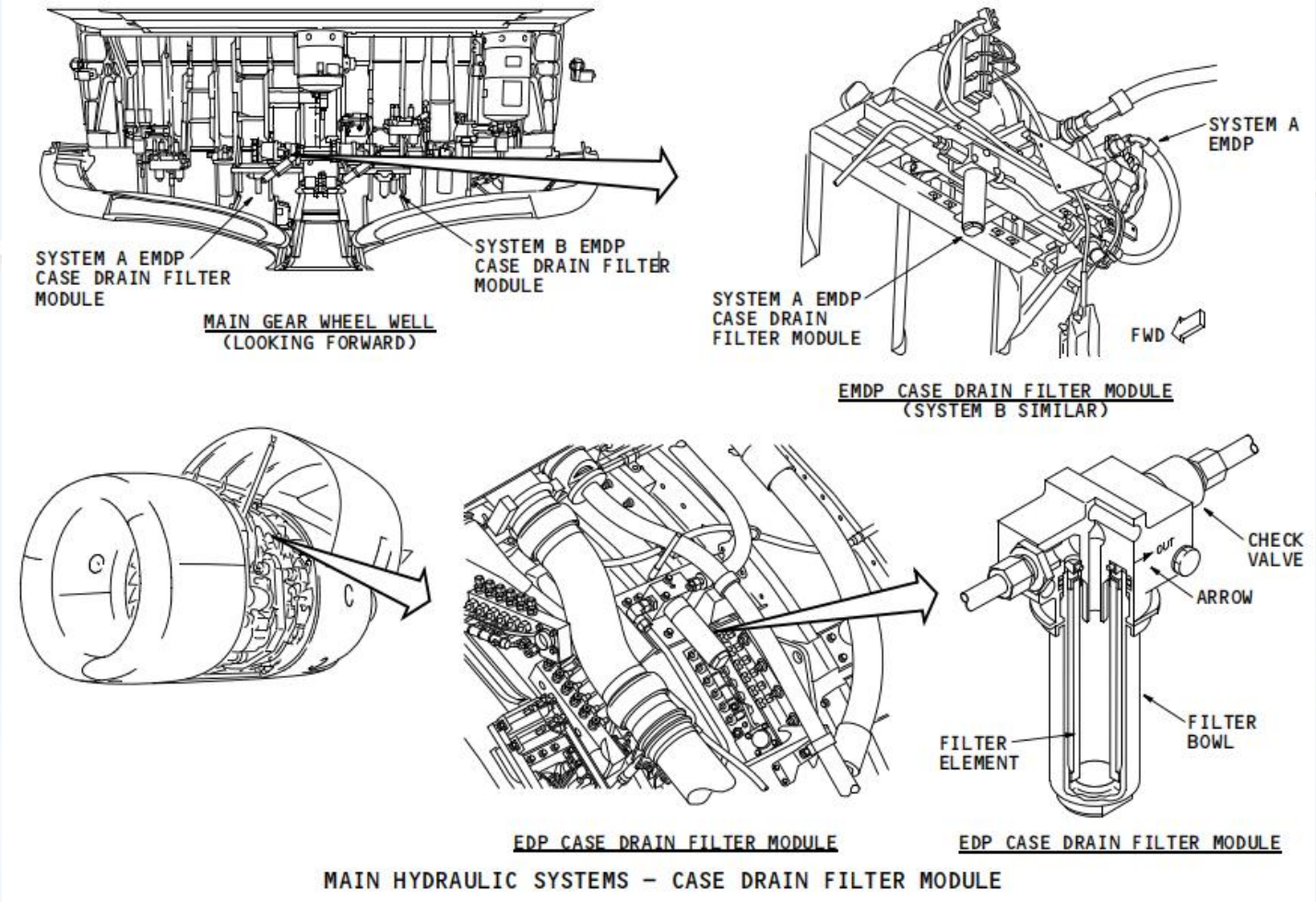
EDP CASE DRAIN FILTER

320EDP壳体回油滤

3.3.1.5 分配系统

2) 回油组件

液压泵壳体回油组件



737壳体回油滤

3.3.1.5 分配系统

小结:

- 压力组件：泵的出口，过滤和分配出口（单向阀、油滤、溢流阀、压力传感器和压力电门）；
- 回油组件：回油管路，过滤和引导油液返回油箱（油滤、旁通活门和单向阀。）



3.3.1.6 控制和指示系统

3.3.1.6 控制和指示系统

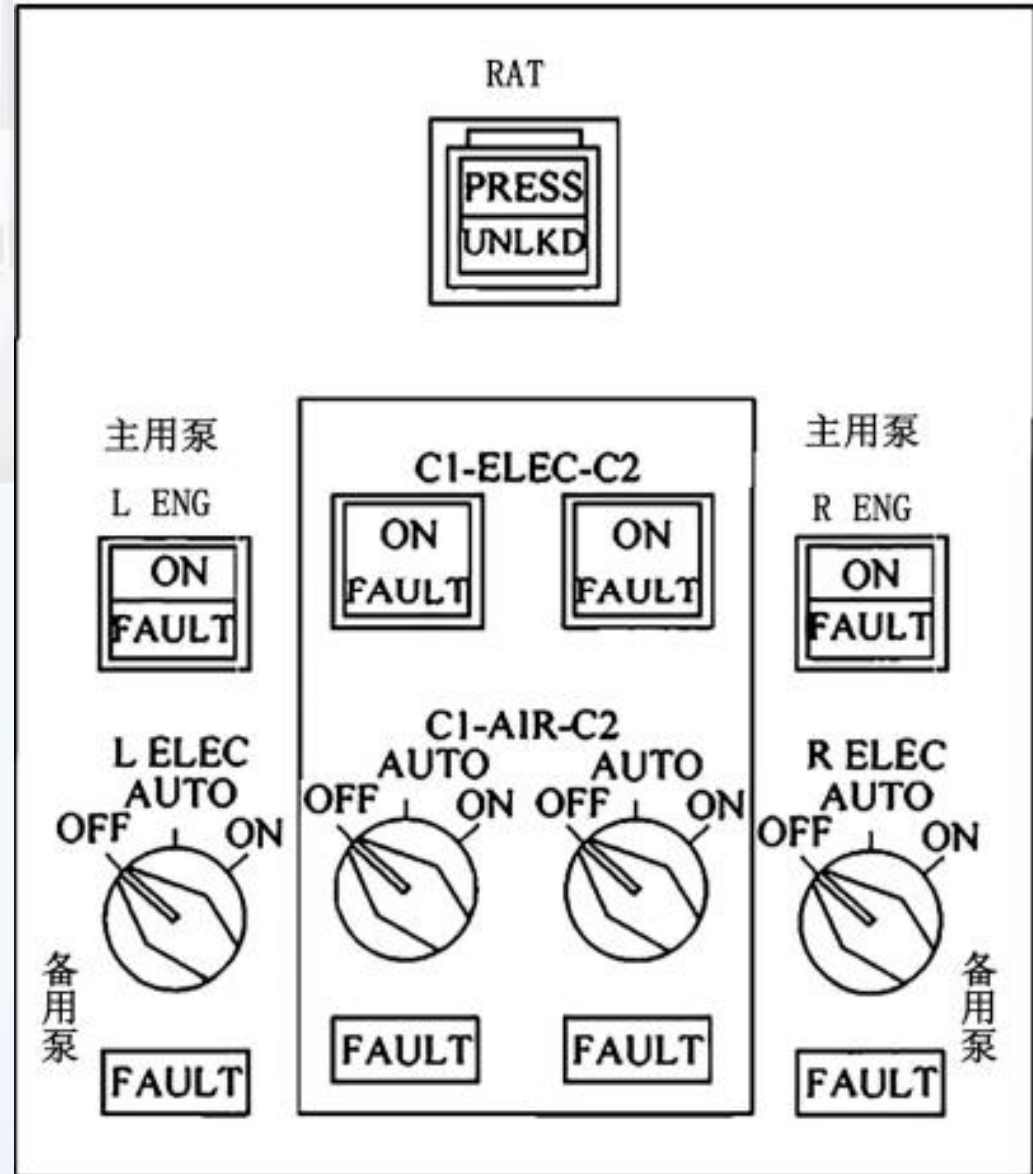
1、系统面板、开关

在飞机液压系统工作时，液压泵通常分三类工作情况：

- ① 主用泵
- ② 备用泵
- ③ 应急泵

3.3.1.6 控制和指示系统

某型飞机液压控制面板中，可见其主用泵为两台发动机驱动泵和两台电马达驱动泵，备用泵为两台电动马达驱动泵和两台空气驱动泵，冲压空气涡轮作为应急泵。

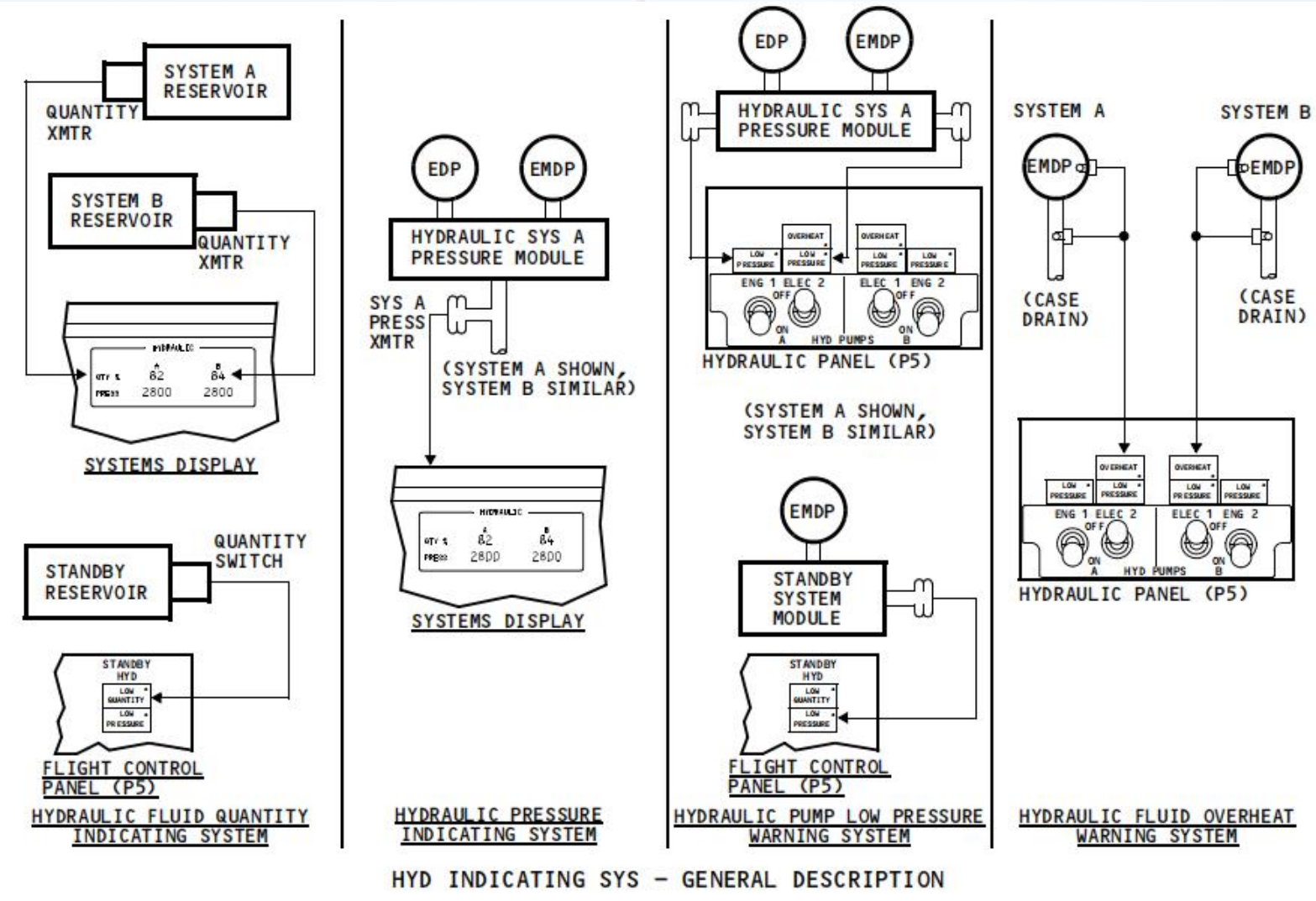


3.3.1.6 控制和指示系统



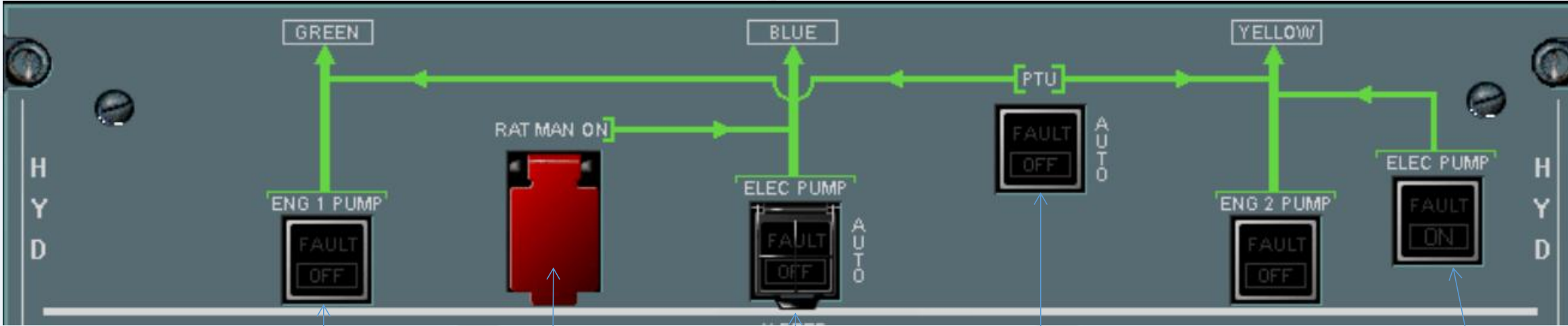
737液压系统控制面板

3.3.1.6 控制和指示系统



737液压系统控制和指示

3.3.1.6 控制和指示系统



发动机 1(2)液压泵电门

蓝系统电动泵电门

发动机 1(2)液压泵电门

动力转换组件(PTU)按钮

黄系统电动泵电门

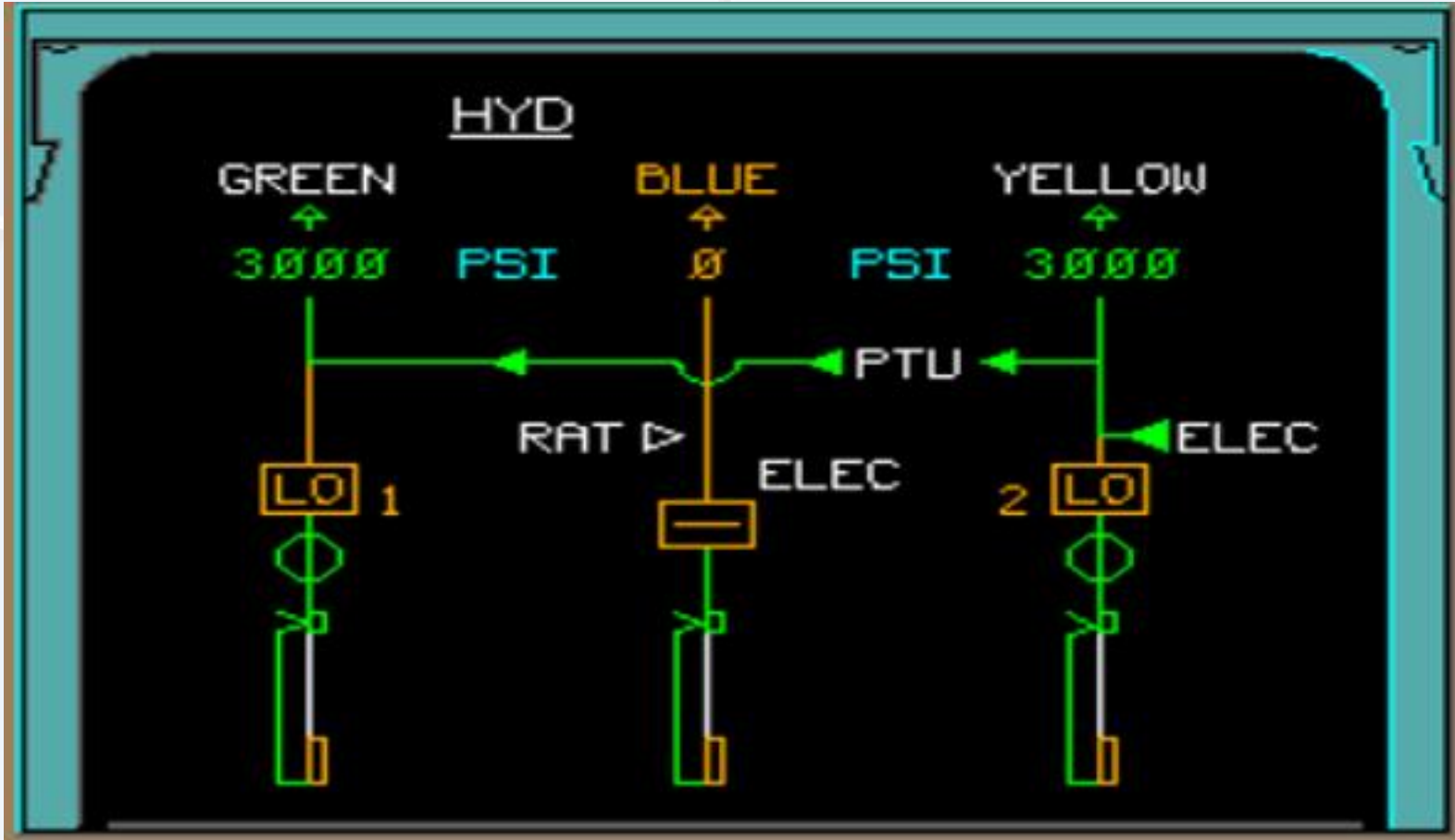
冲压空气涡轮人工放出 (RAT MAN ON)按钮



蓝系统电动泵超控电门

320液压系统控制和指示

3.3.1.6 控制和指示系统



320液压系统控制和指示

3.3.1.6 控制和指示系统

2、系统指示

液压指示系统主要向机组提供油量、系统压力等参数指示和液压泵低压及油液、电马达驱动泵超温等警告信息。

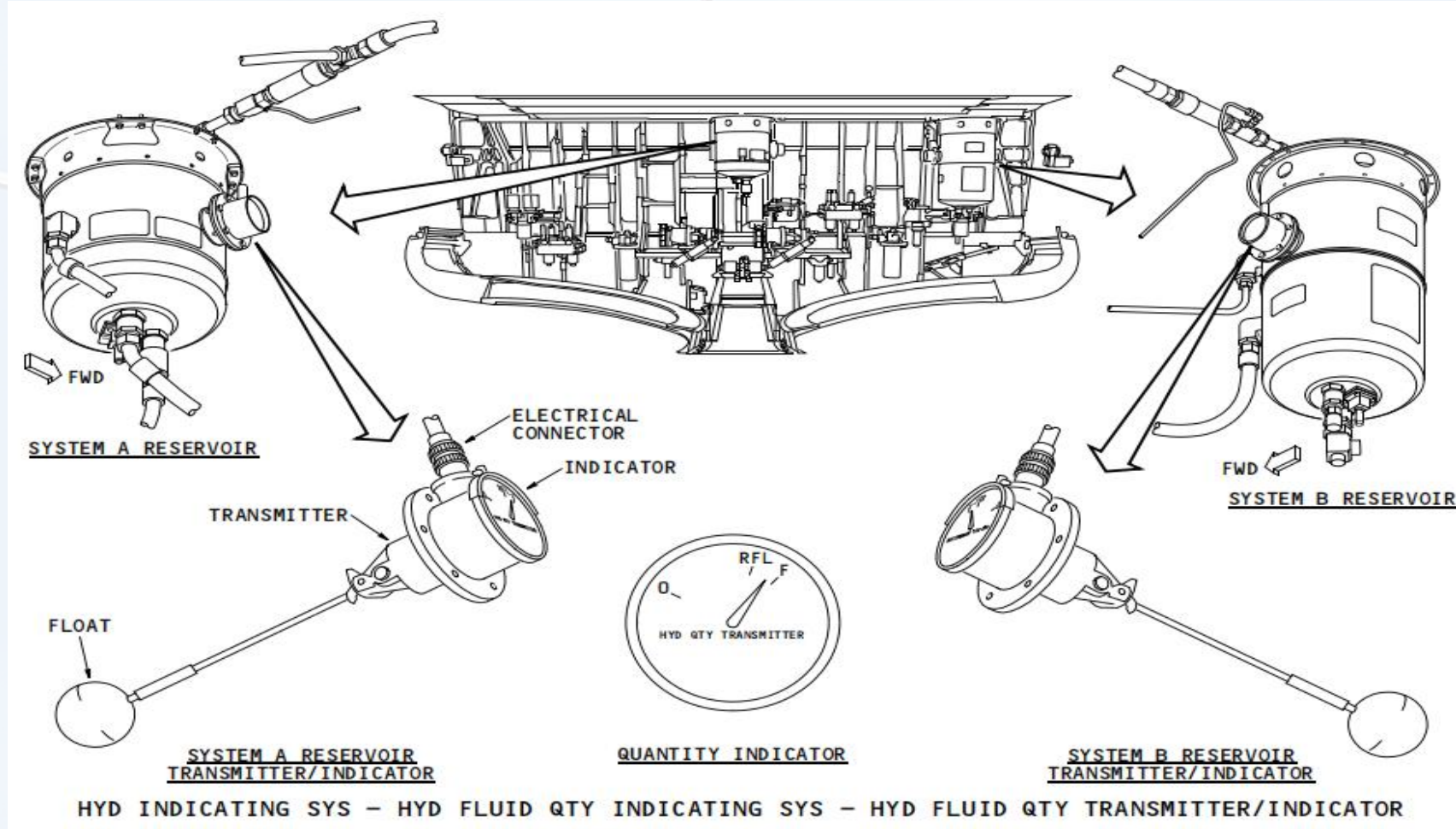
1) 油量指示

油箱中的油量传感器利用浮子感受油面高低变化，并将油量值显示在油箱外部的油量表和驾驶舱面板或显示器上。



3.3.1.6 控制和指示系统

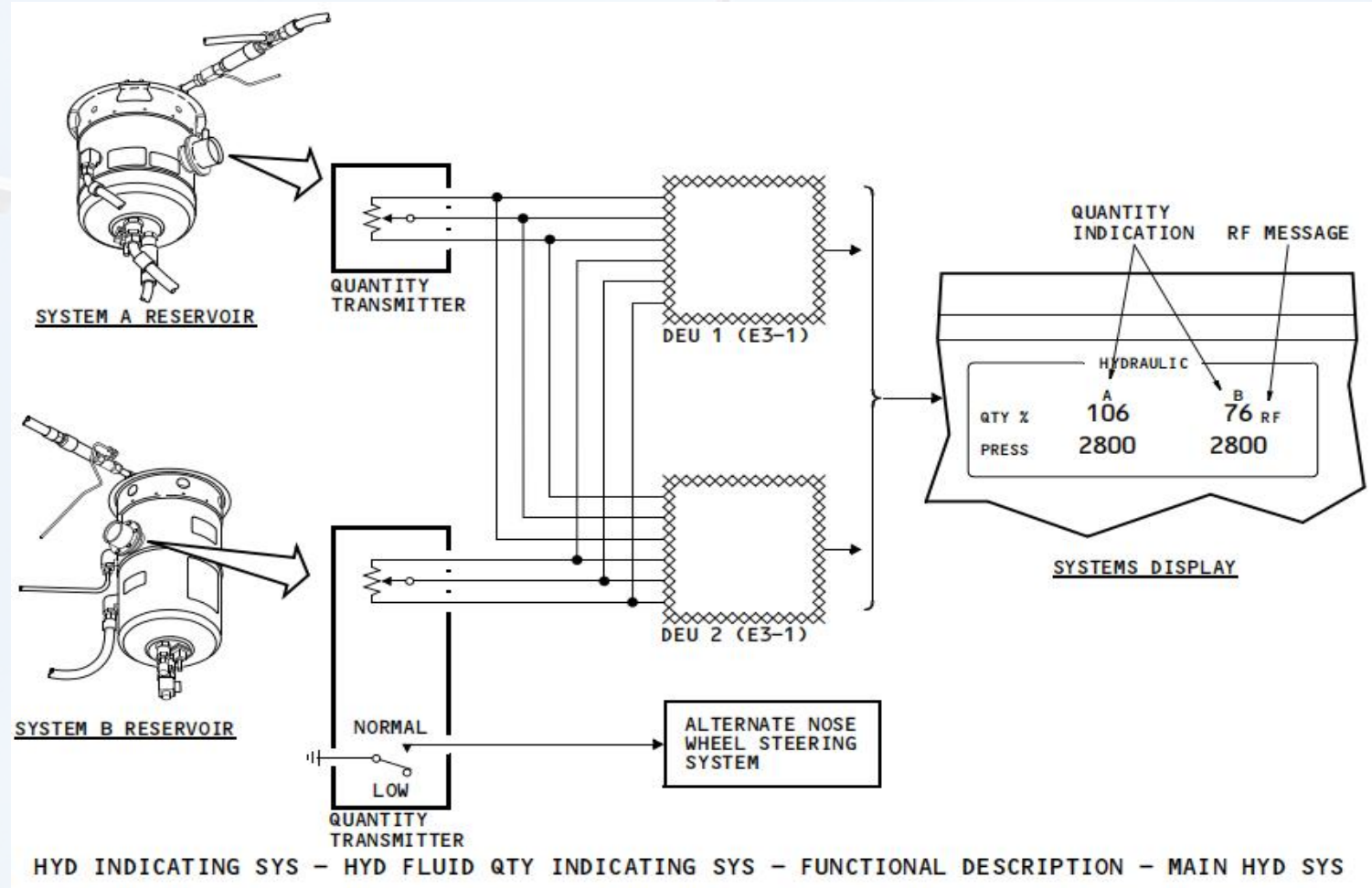
2、系统指示



737液压油量指示

3.3.1.6 控制和指示系统

2、系统指示



737液压油量指示

3.3.1.6 控制和指示系统

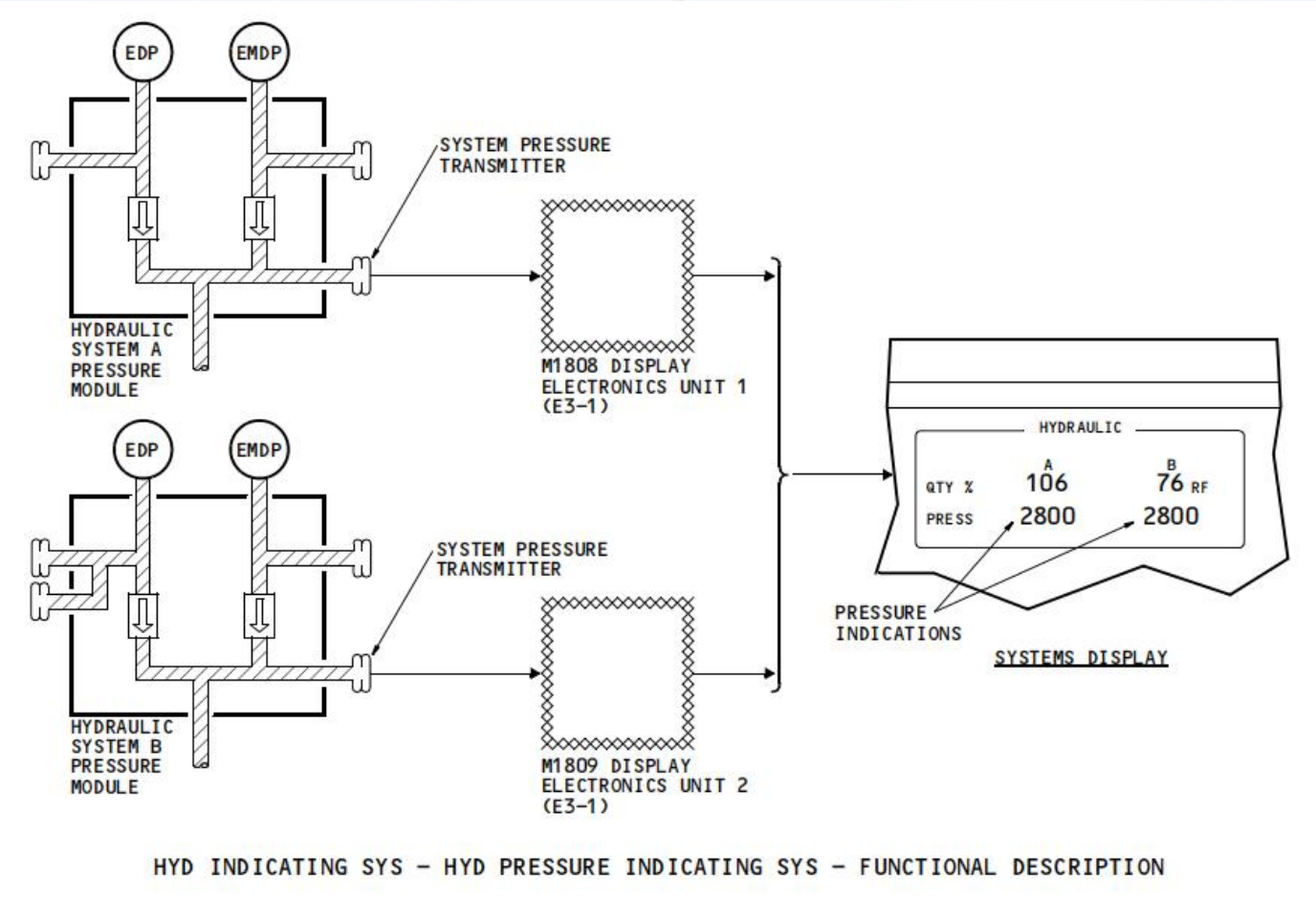
2) 压力传感器和低压电门

压力传感器可探测连续的压力信号，通常用于驾驶舱显示。压力电门通常用于触发系统低压警告，当探测到的压力低于一定值时点亮警告灯或发出警告信息。



3.3.1.6 控制和指示系统

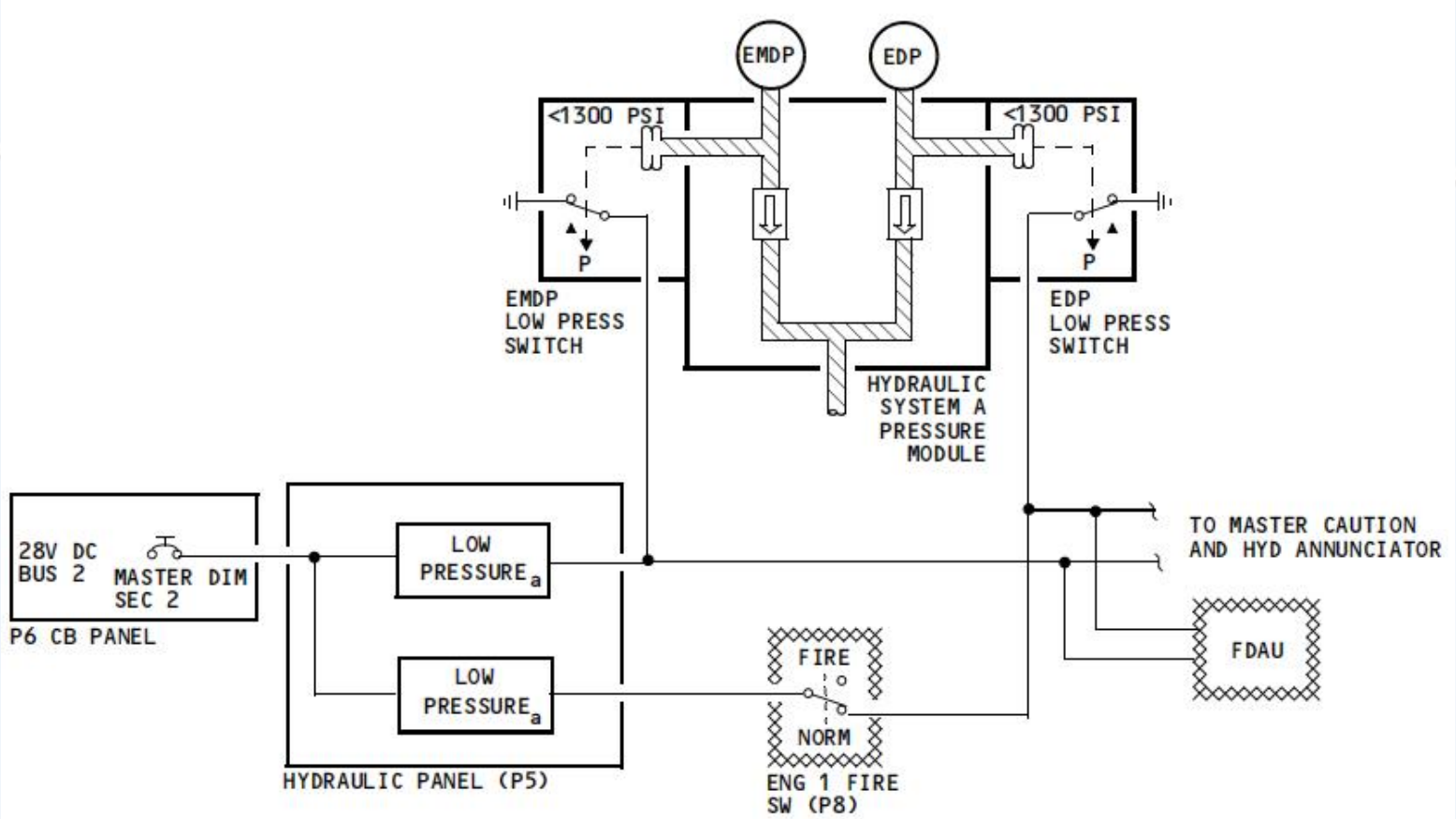
2) 压力传感器和低压电门



737压力传感器

3.3.1.6 控制和指示系统

2) 压力传感器和低压电门



737压力电门

3.3.1.6 控制和指示系统

3) 过热警告

油液和电马达液压泵的温度信号由超温电门（或温度传感器）探测，温度超过一定值时点亮警告灯或发出警告信息。

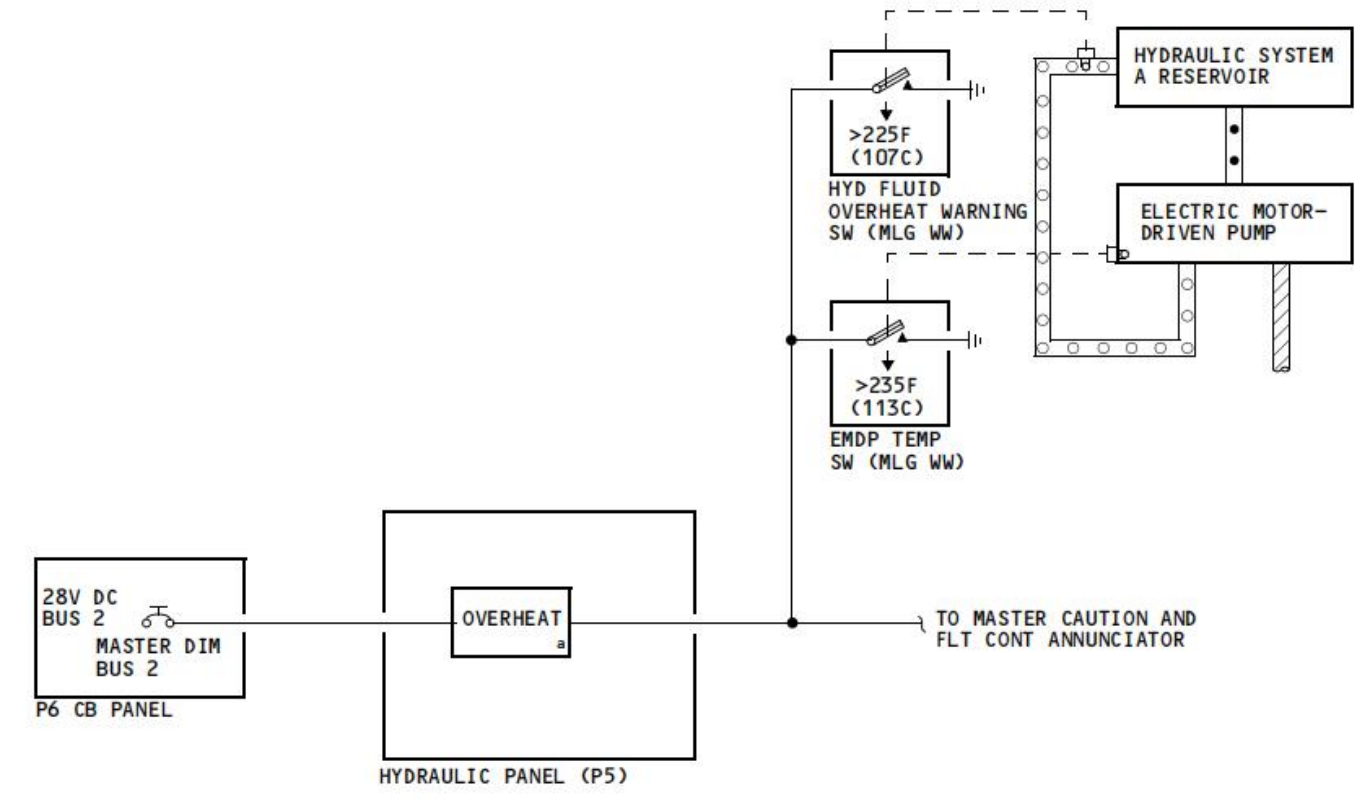


超温电门



3.3.1.6 控制和指示系统

3) 过热警告

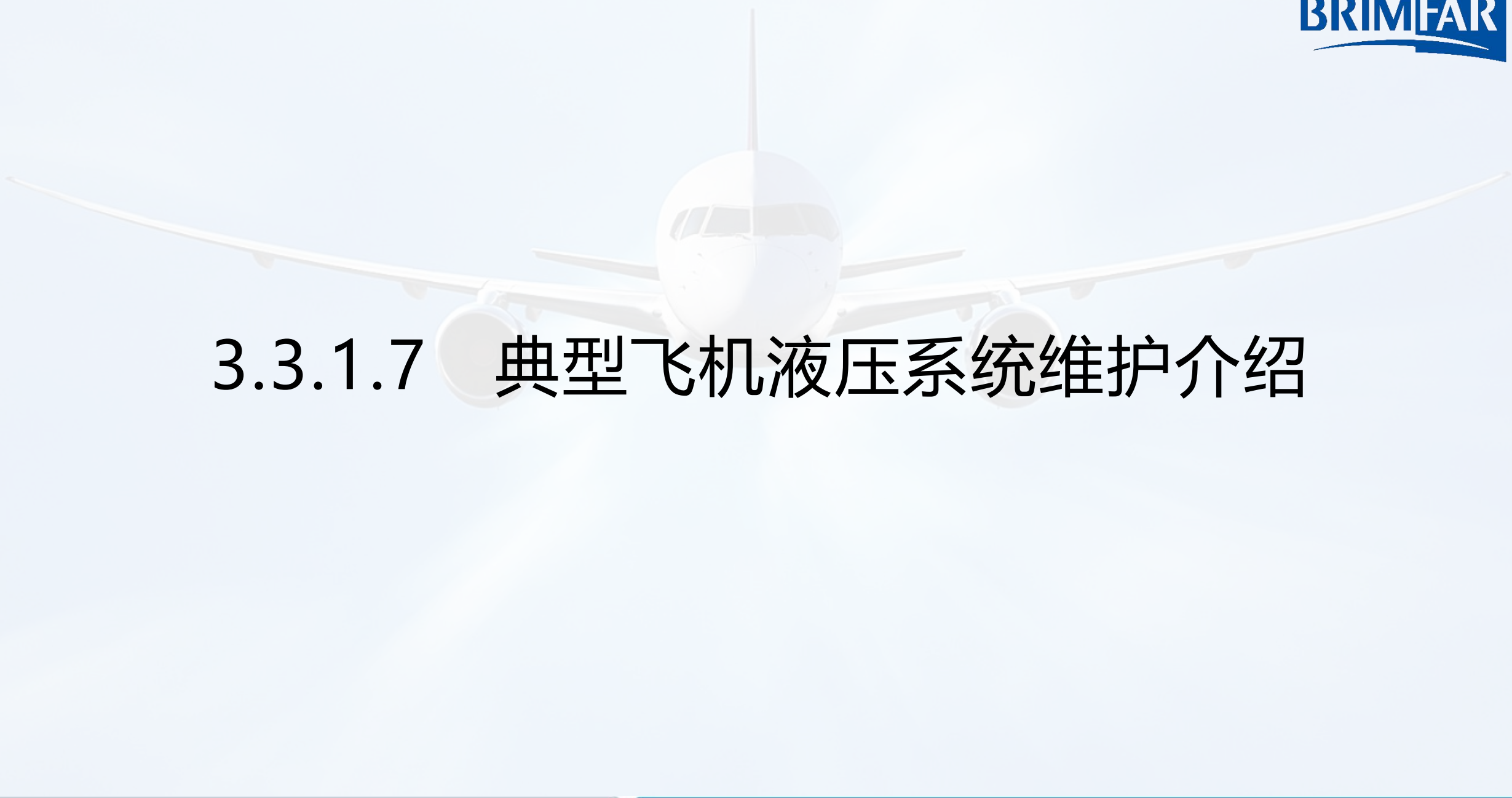


737液压过热警告

3.3.1.6 控制和指示系统

小结:

- ① 面板、
- ② 开关、
- ③ 指示、
- ④ 传感器

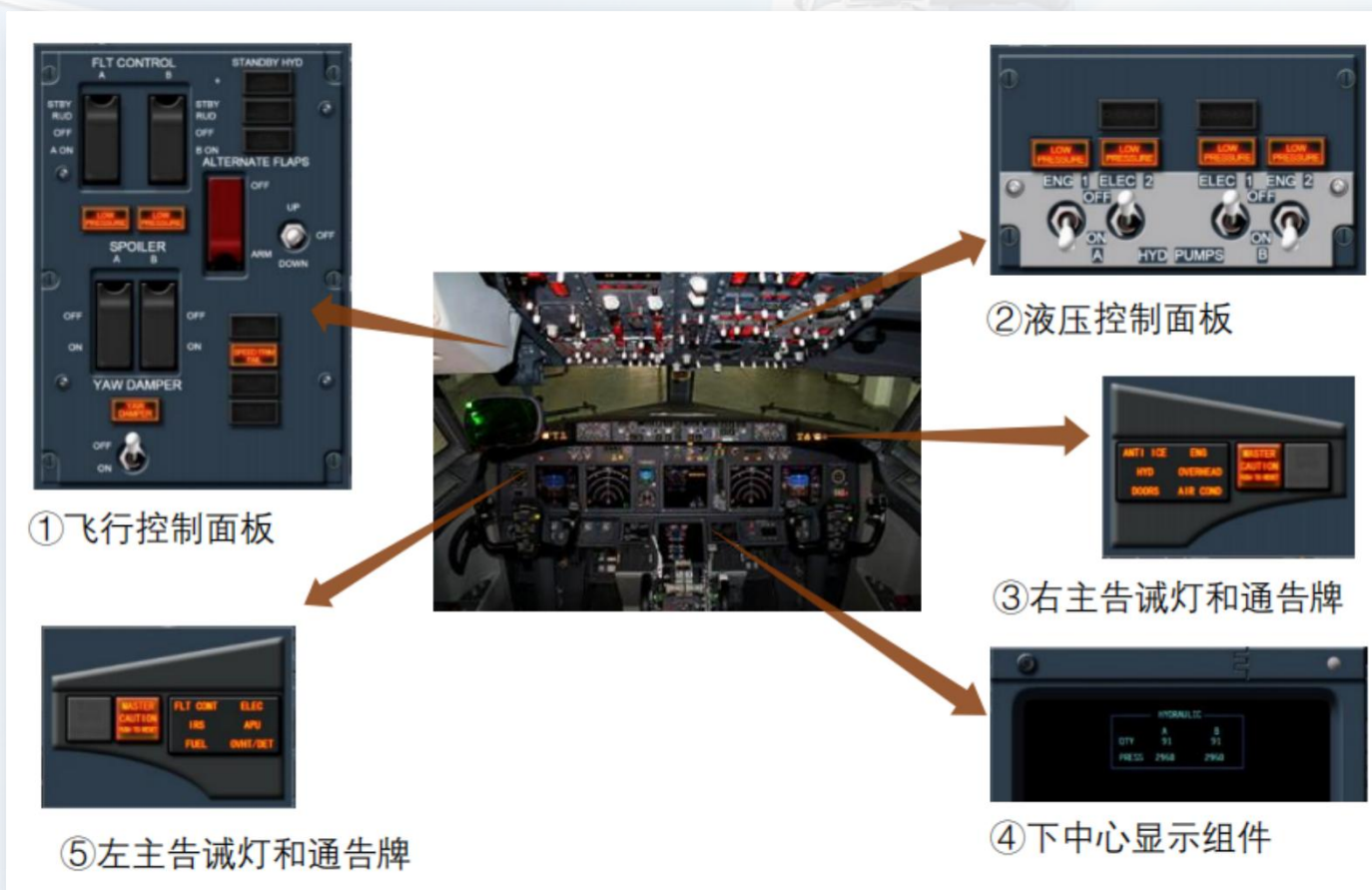
A large, faint, light-colored image of a commercial airplane in flight, viewed from a front-quarter perspective, serving as a background for the slide.

3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

1、典型飞机液压系统部件识别

1) 典型飞机液压系统驾驶舱部件识别:



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

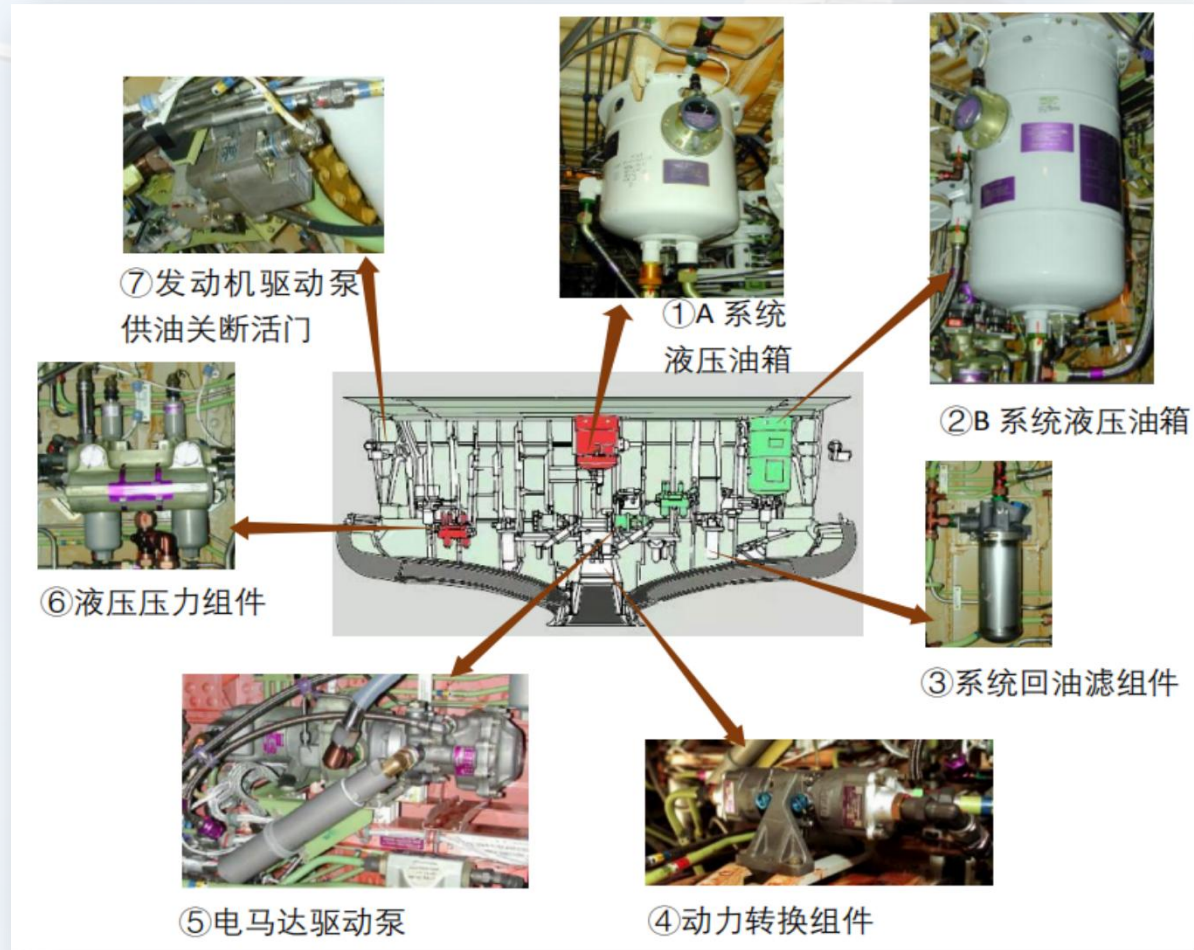
1、典型飞机液压系统部件识别

1) 典型飞机液压系统驾驶舱部件识别：

序号	名称	功能
①	飞行控制面板	控制备用液压泵工作； 备用液压系统低油量警告指示； 备用液压系统低压警告指示。
②	液压面板	控制发动机驱动泵（EDP）、电马达驱动泵（EMDP）工作； 主液压系统低压警告指示； 主液压系统过热警告指示。
③	右主告诫灯和通告牌	当液压面板上的任一盏琥珀色灯亮时，左右主告诫灯和右通告牌上的液压灯（HYD）也会点亮。
④	下中心显示组件	主液压系统油量指示； 主液压系统压力指示。
⑤	左主告诫灯通告牌	当飞行控制面板上的任一盏琥珀色灯亮时，左右主告诫灯和左通告面板上的飞行控制灯（FLT CONT）也会点亮。

3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

2) 典型飞机液压系统轮舱部件识别 (一) :



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

2) 典型飞机液压系统轮舱部件识别（一）：

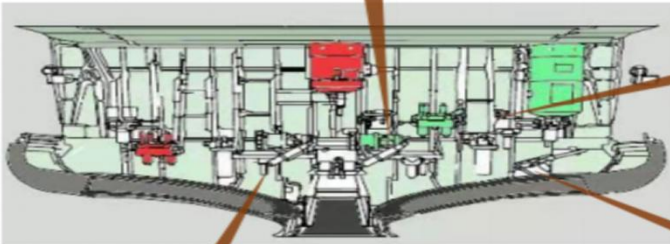
序号	名称	功能
①	A 系统液压油箱	存储 A 液压系统液压油； 提供一定压力的油液到液压泵； 收集飞机用压系统的回油。
②	B 系统液压油箱	存储 B 液压系统液压油，比 A 系统液压油箱容量大； 提供一定压力的油液到液压泵； 收集飞机用压系统的回油。
③	系统回油滤组件	回油滤组件将来自发动机驱动泵（EDP）或电动马达驱动泵（EMDP）的回油在返回液压油箱之前进行清洁。
④	动力转换组件	动力转换组件（PTU）通过接受 A 液压系统的压力和 B 液压系统的油液，向前缘襟翼和缝翼提供备用压力源。
⑤	电马达驱动泵	电动马达驱动泵（EMDP）为液压系统 A 和 B 提供 2850-3200psi 的压力。
⑥	液压压力组件	将液压泵的压力分配到用压系统； 清洁来自液压泵的压力油； 监测液压泵压力； 监测液压系统压力； 液压系统高压保护。
⑦	发动机驱动泵供油关断活门	提起发动机火警电门时，液压系统的发动机驱动泵供油关断活门将切断油箱供向液压系统发动机驱动泵的油液。

3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

3) 典型飞机液压系统轮舱部件识别 (二) :



- ①油箱压力指示器
- ②油箱释压活门



③加油选择活门



⑤电马达驱动泵壳体
回油滤组件



④人工加油泵及人工加
油泵吸油软管

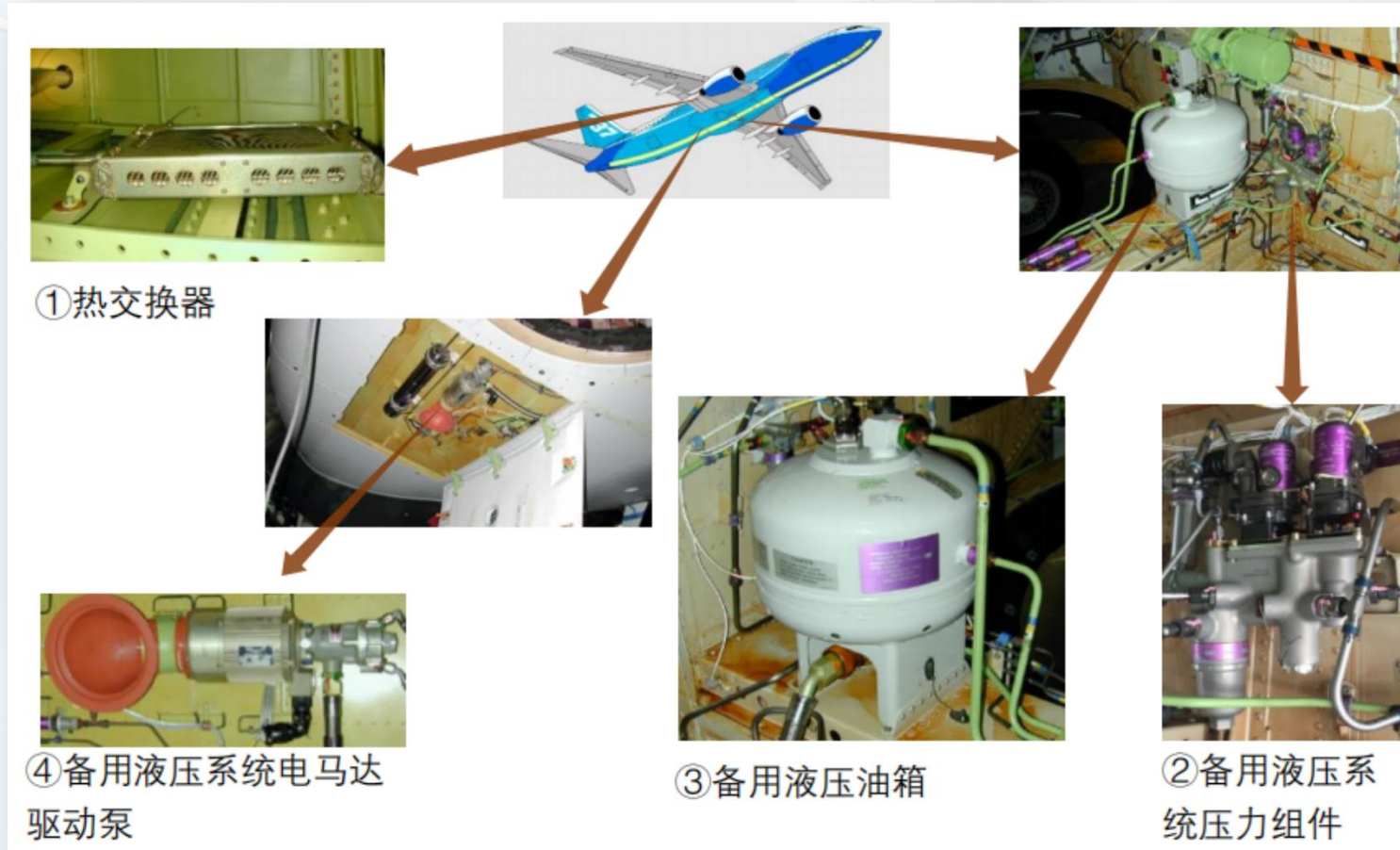
3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

3) 典型飞机液压系统轮舱部件识别（二）：

序号	名称	功能
①	油箱压力指示器	指示器显示油箱中的空气压力。
②	油箱释压活门	油箱释压活门用于维护时为相应的液压油箱进行人工释压。当来自油箱释压活门的气流停止时，液压油箱被释压。
③	加油选择活门	油箱加油选择活门可选择哪个油箱加油。 选择活门有以下三个位置： — A 油箱加油（手柄头部指向 A 油箱） — B 油箱加（手柄头部指向 B 油箱） — 关闭（手柄中立位）
④	人工加油泵及吸油软管	油箱人工加油泵可在没有压力勤务设备时为所有液压系统油箱人工加油。一根吸油软管连接在油泵上，不使用时可收在托架上。
⑤	电马达驱动泵壳体回油滤组件	壳体回油滤组件清洁来自电动马达驱动泵（EMDP）的壳体回油。

3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

4) 典型飞机液压系统轮舱部件识别 (三) :



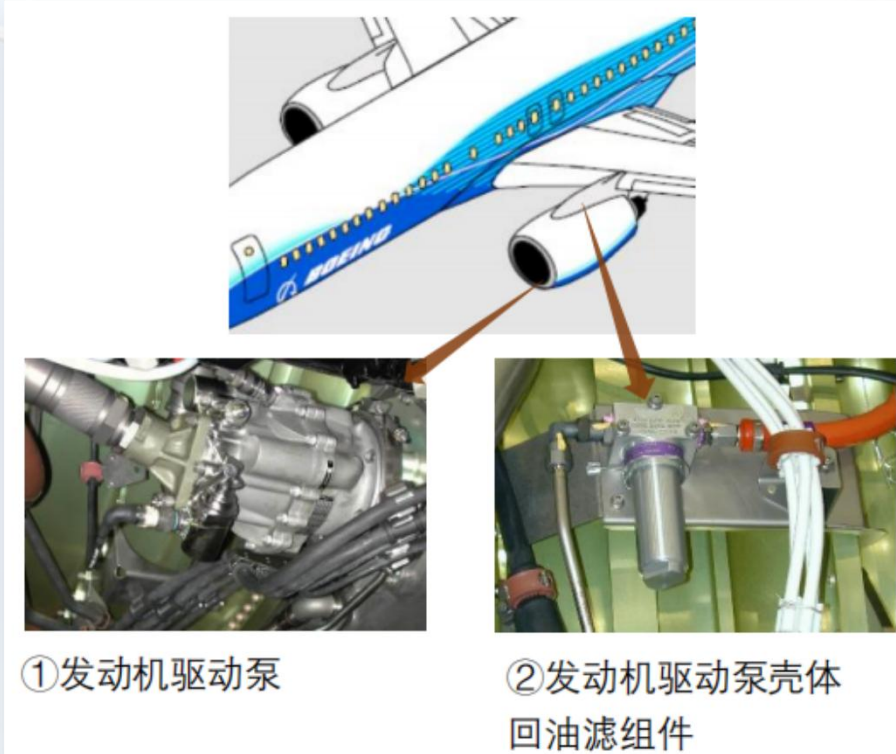
3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

4) 典型飞机液压系统轮舱部件识别（三）：

序号	名称	功能
①	热交换器	热交换器可将来自油泵的壳体回油在返回油箱之前冷却。
②	备用液压系统组件	清洁来自备用 EMDP 的液压油； 控制压力供给前缘襟翼和缝翼； 控制压力供给备用方向舵动力控制组件； 向反推装置供应定量压力油； 监控系统压力； 保护系统防止超压。
③	备用液压系统油箱	向备用液压系统 EMDP 供应增压液压油； 接受来自备用方向舵动力控制组件的回油和来自系统 B 油箱平衡管的液压油。
④	备用液压系统电马达驱动泵	备用液压系统电动马达驱动泵 (EMDP) 向备用液压系统提供液压压力。

3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

5) 典型飞机液压系统发动机部件识别:



序号	名称	功能
①	发动机驱动泵	发动机驱动泵 (EDP) 为 A 和 B 液压系统提供压力。
②	发动机驱动泵壳体回油滤组件	壳体回油滤组件将来自发动机驱动泵的壳体回油在流经热交换器并返回油箱之前清洁油液。

3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

小结:

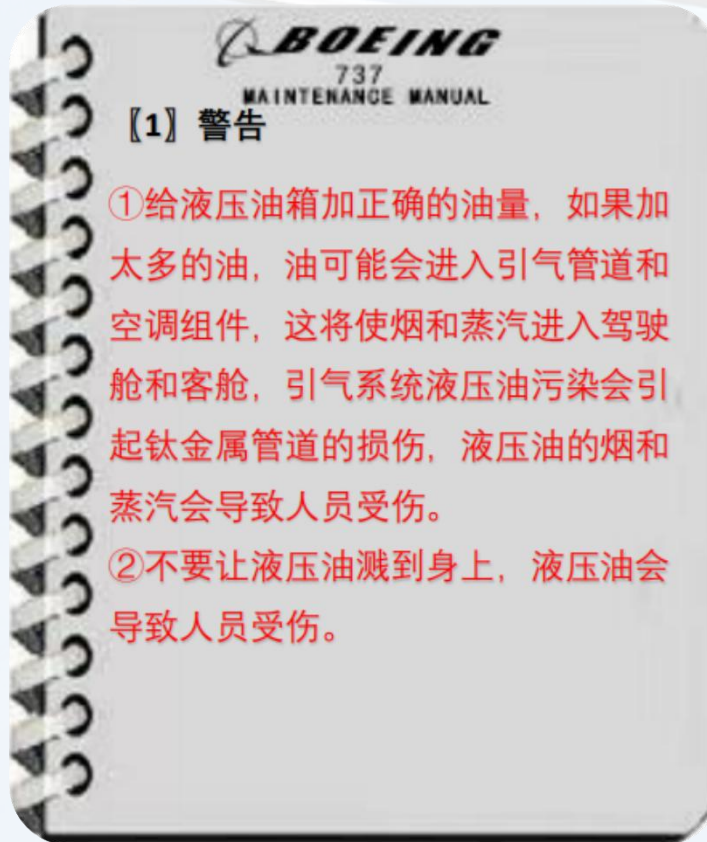
液压系统部件较多、管路较多、注意本课程是B737机型为例，不同机型的部件略有不同。

3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

2、典型飞机液压系统常见维护及安全注意事项

1) 典型飞机液压系统常见维护

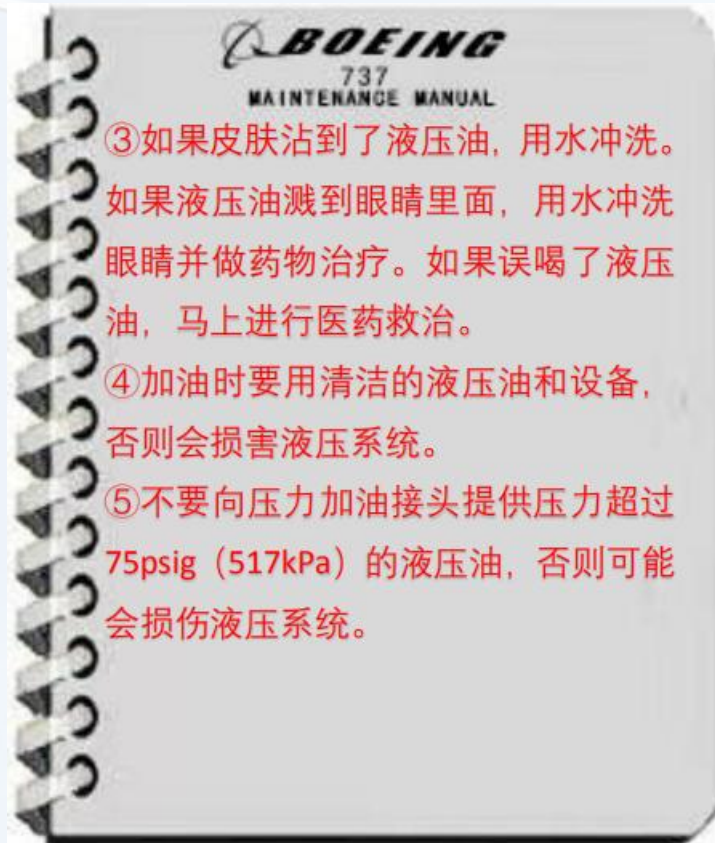
A. 典型飞机液压系统加油操作：



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

1) 典型飞机液压系统常见维护

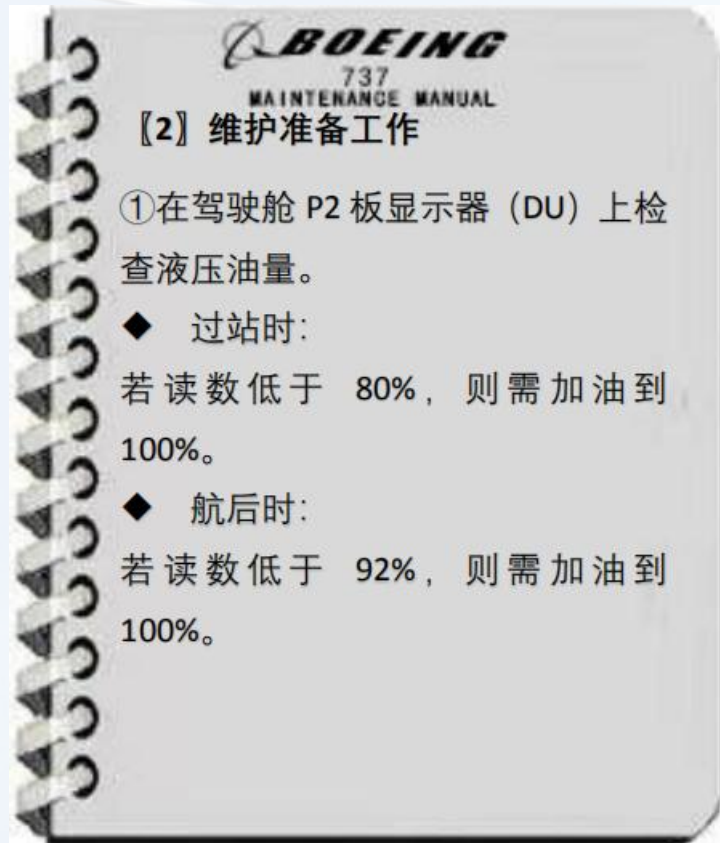
A. 典型飞机液压系统加油操作：



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

1) 典型飞机液压系统常见维护

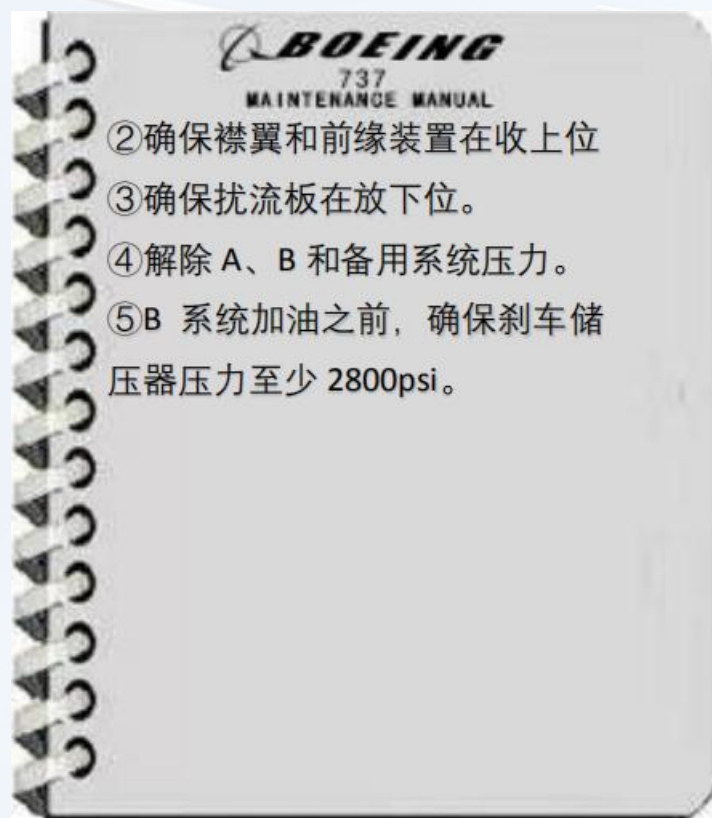
A. 典型飞机液压系统加油操作:



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

1) 典型飞机液压系统常见维护

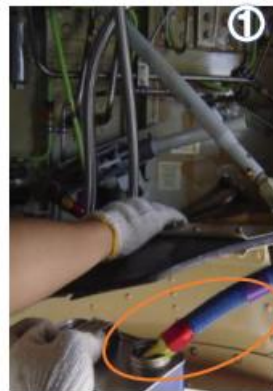
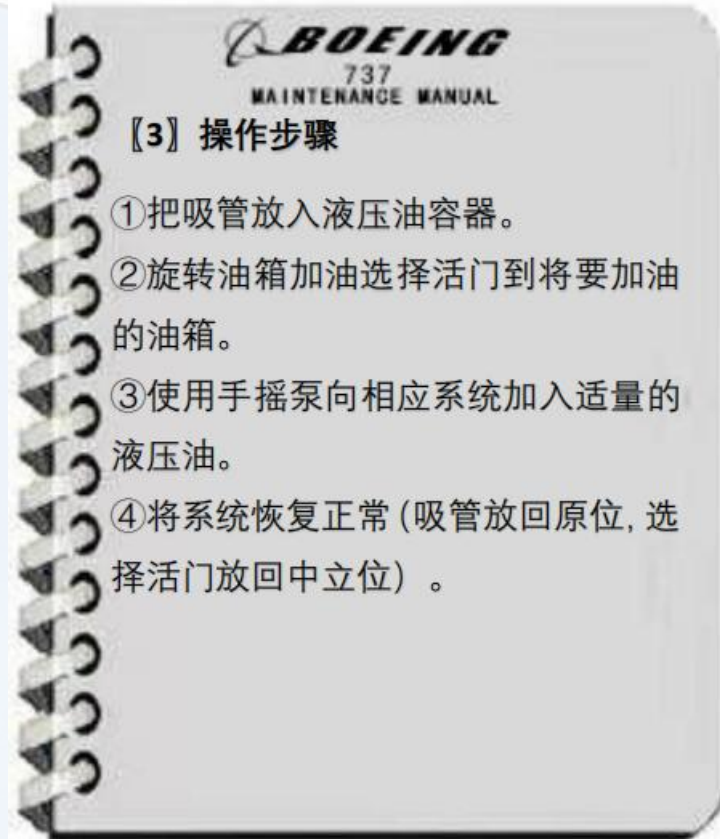
A. 典型飞机液压系统加油操作:



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

1) 典型飞机液压系统常见维护

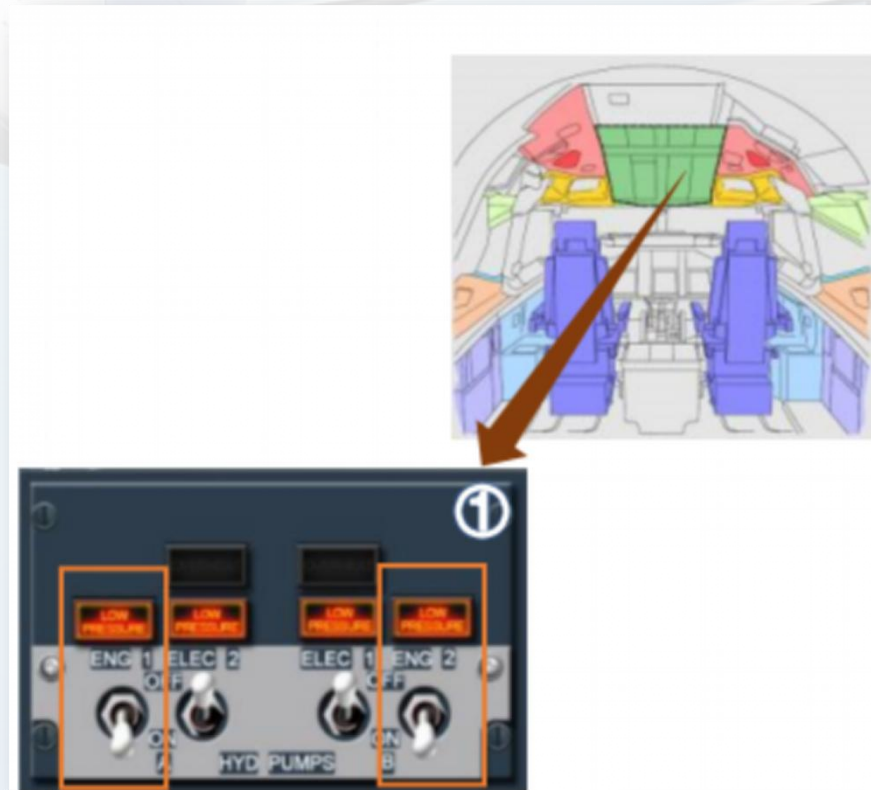
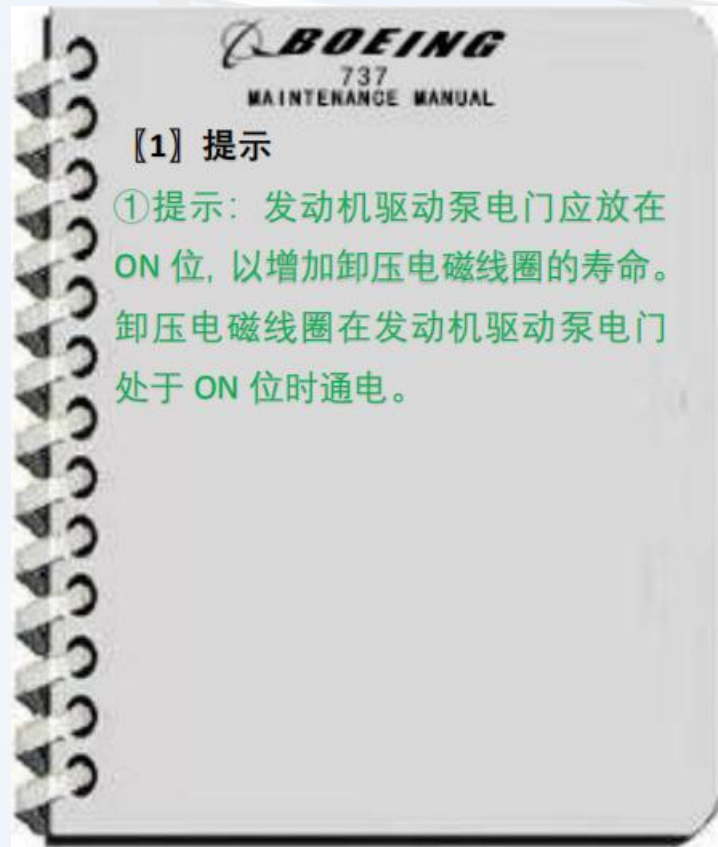
A. 典型飞机液压系统加油操作:



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

1) 典型飞机液压系统常见维护

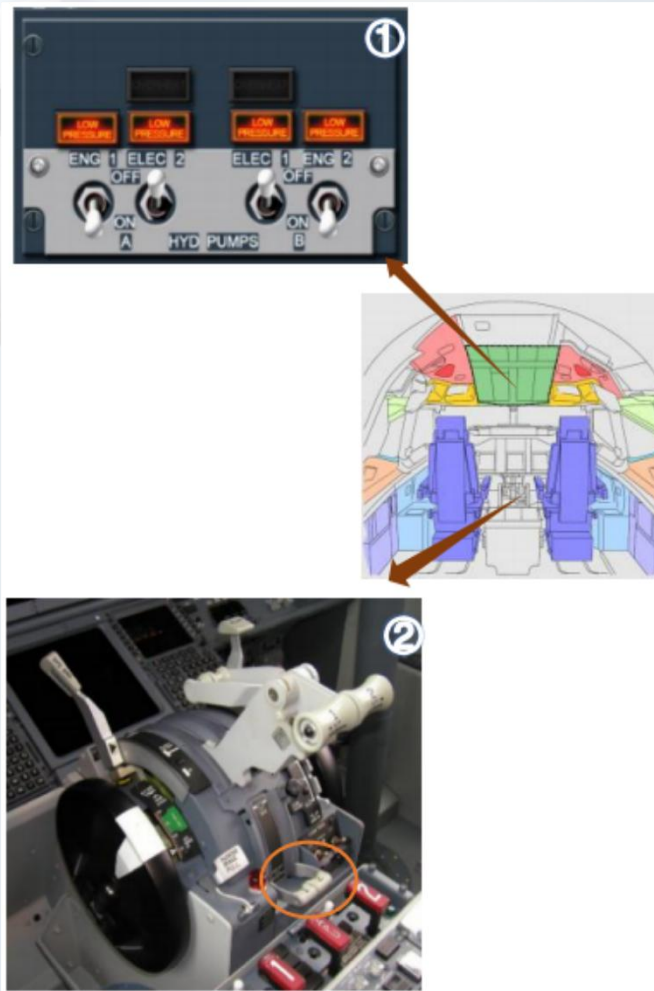
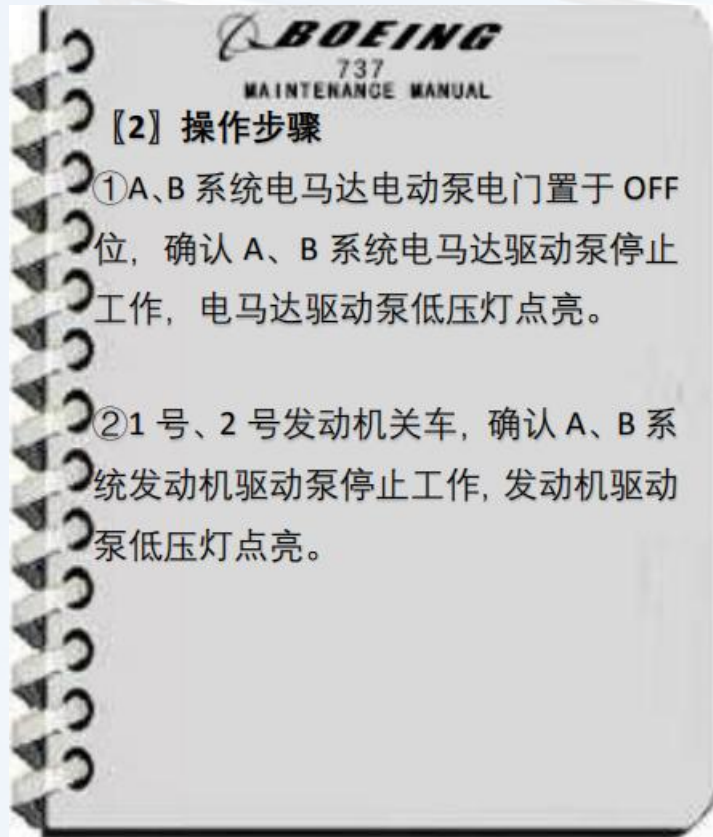
B. 典型飞机液压系统释压操作:



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

1) 典型飞机液压系统常见维护

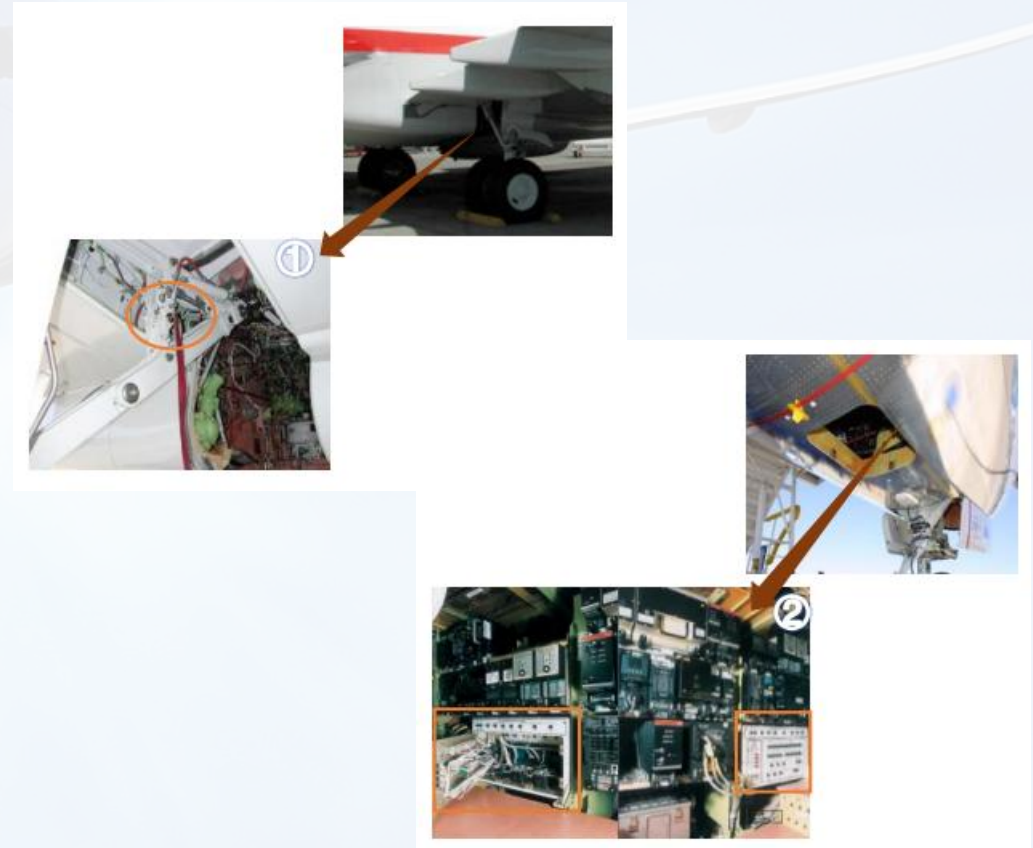
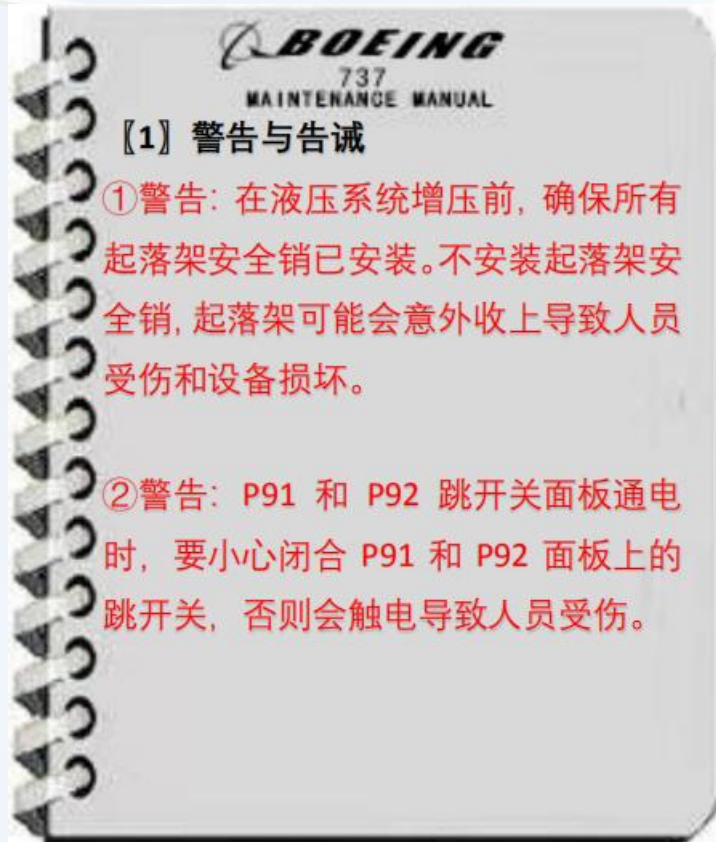
B. 典型飞机液压系统释压操作:



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

1) 典型飞机液压系统常见维护

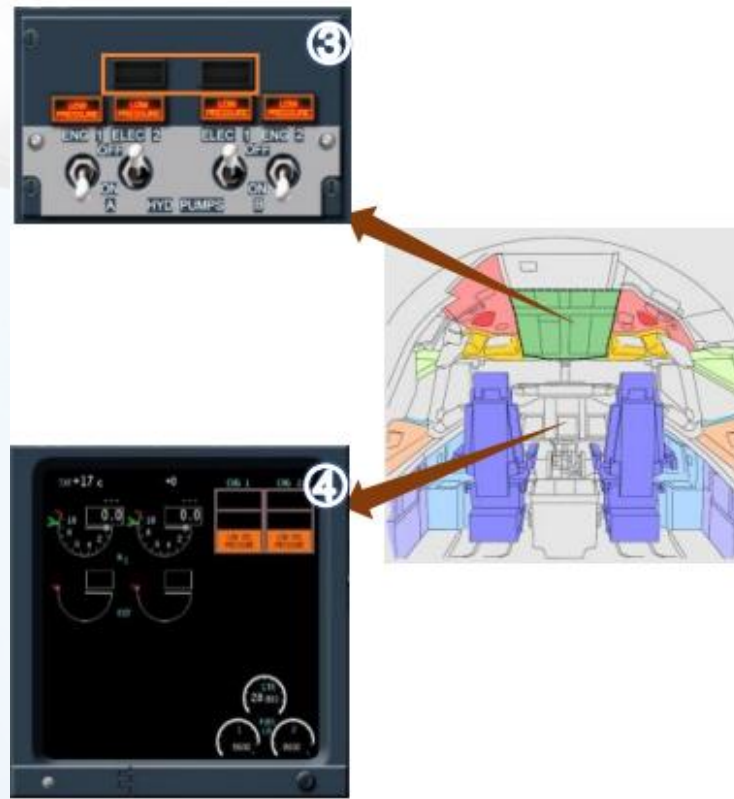
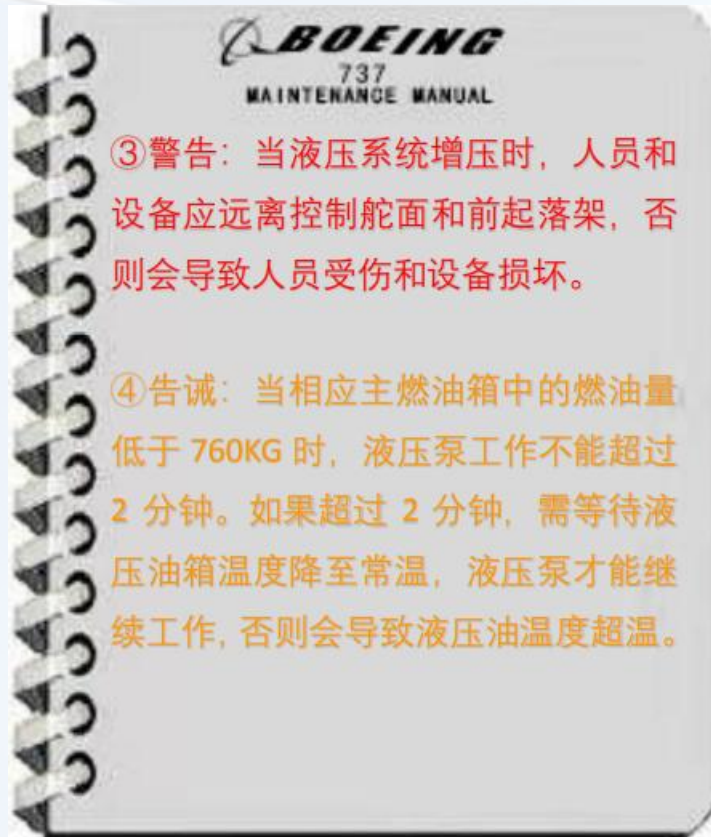
C. 典型飞机主液压系统增压操作:



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

1) 典型飞机液压系统常见维护

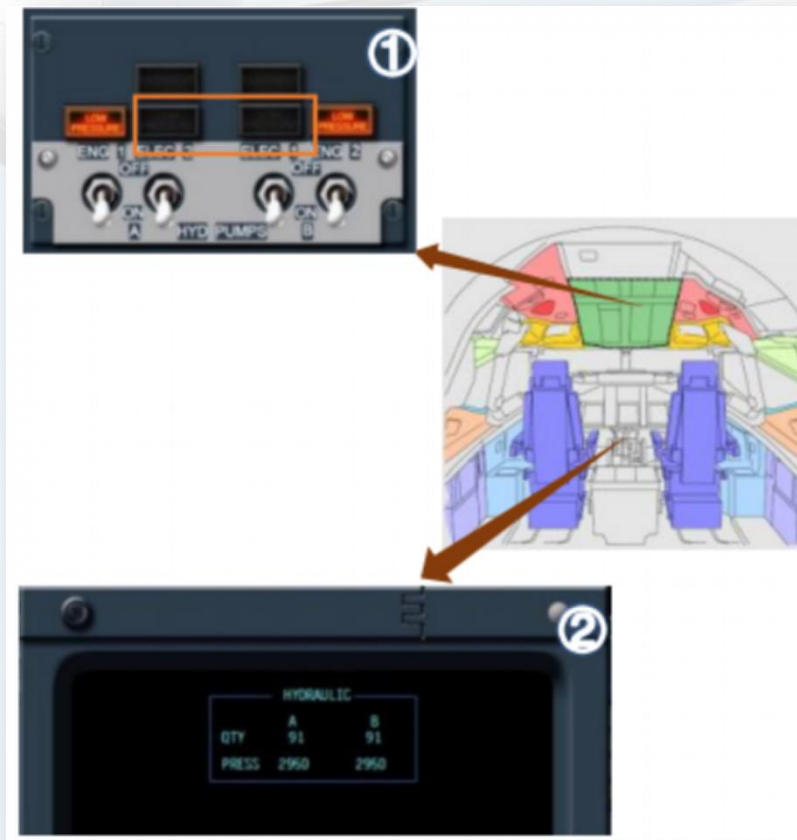
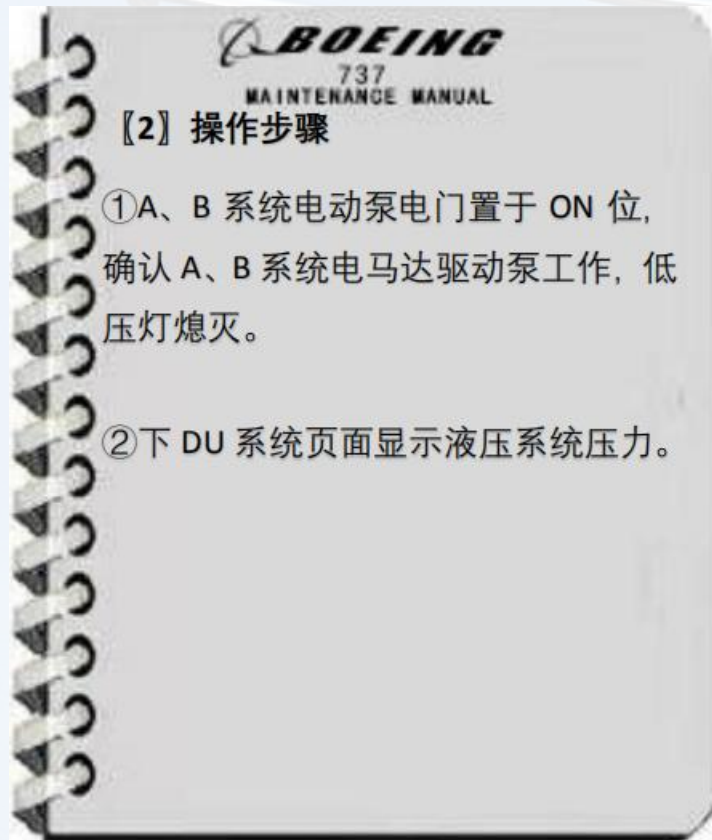
C. 典型飞机主液压系统增压操作:



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

1) 典型飞机液压系统常见维护

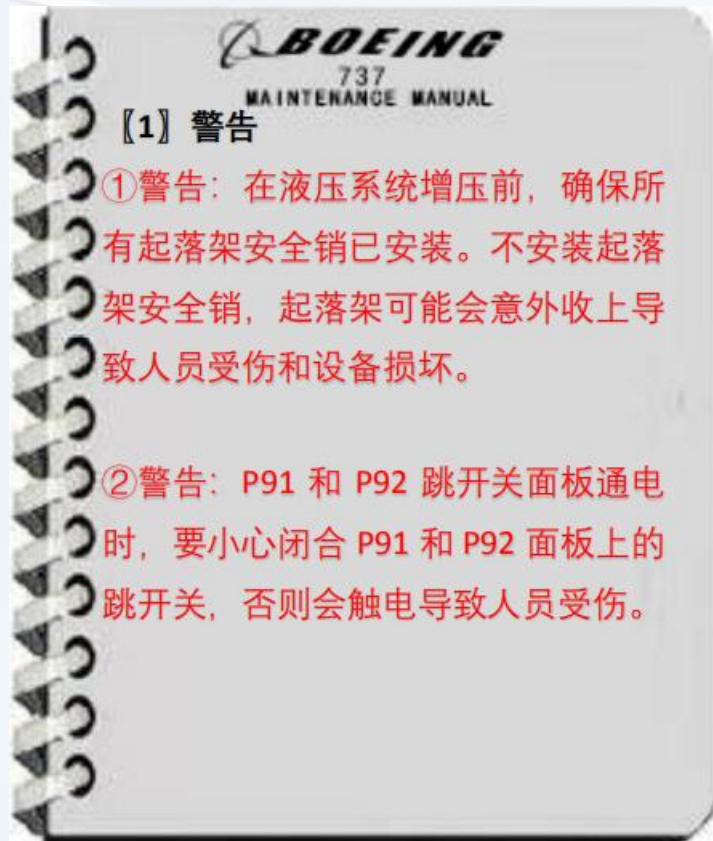
C. 典型飞机主液压系统增压操作:



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

1) 典型飞机液压系统常见维护

D. 典型飞机备用液压系统增压操作:



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

1) 典型飞机液压系统常见维护

D. 典型飞机备用液压系统增压操作:

BOEING 737 MAINTENANCE MANUAL

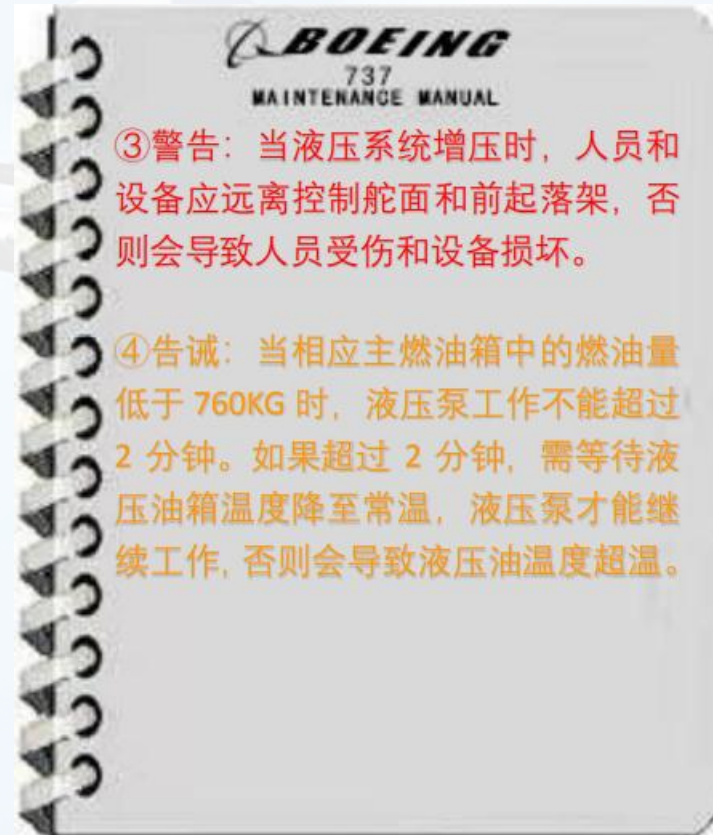
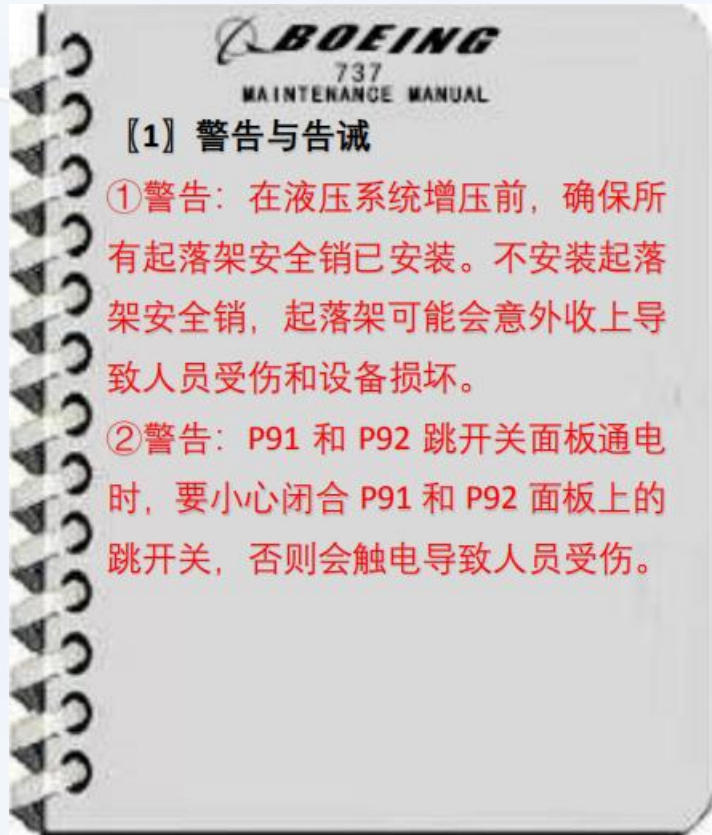
【2】操作步骤

- ① 飞控 A 电门 STBT RUD 位, 确认备用泵工作; HYR STBY RUD ON 灯点亮; A 系统飞控低压灯熄灭。
- ② 飞控 B 电门 STBT RUD 位, 确认备用泵工作; HYR STBY RUD ON 灯点亮; B 系统飞控低压灯熄灭。
- ③ 备用襟翼预位电门 ARM 位, 确认备用泵工作。



3.3.1.7 典型飞机液压系统维护介绍

2) B737NG 飞机液压系统常见维护安全注意事项



小结：

序号	本节重点知识要点
1	液压传动原理；液压油（特性、常见液压油、使用注意事项）
2	系统组成、系统部件、部件工作原理
3	存储系统介绍、油箱、油箱空气增压系统
4	液压泵工作、主增压、辅助增压
5	分配系统介绍、分配系统部件
6	控制系统面板、开关；指示系统
7	油箱、液压泵、软管、硬管、传感器、油滤、活门部件识别与维护 注意事项

小结:

序号	思考题
1	液压系统最基本的组成部件都有什么?
2	液压系统如果超压, 系统会如何反应?
3	举例说明在现代飞机上哪些功能是通过液压来完成的?
4	
5	
6	



感谢聆听，欢迎指正