



M3.3.2 飞行控制系统

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	2020.06.10	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	2021.07.29	刘海斌	修订课件	谈海军 /2021.07.29	张玉 /2021.07.29
R3	2021.08.29	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，掌握飞行控制系统的控制原理和控制系统，并了解不同级别和用途的飞机飞行控制系统的区别。
要求	<ol style="list-style-type: none">1. 掌握飞行控制系统的作用。2. 掌握飞行控制系统的构造。3. 掌握飞行控制系统的控制原理。4. 掌握飞行控制系统部件的识别和系统维修需要注意的事项。

课程安排:

序号	内容	课时	试题数量
1	飞行控制系统概述	2H	2
2	中央操纵机构	1H	1
3	传动系统	2H	2
4	舵面驱动	4H	4
5	主飞行控制系统	4H	4
6	辅助飞行控制系统	2H	2
7	警告与失速保护	1H	1
8	典型飞机飞控系统维护介绍	2H	2

目录

- 3.3.2.1 飞行控制系统概述
- 3.3.2.2 中央操纵机构
- 3.3.2.3 传动系统
- 3.3.2.4 舵面驱动
- 3.3.2.5 主飞行控制系统
- 3.3.2.6 辅助飞行控制系统
- 3.3.2.7 警告与失速保护
- 3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍



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

3.3.2.1 飞行控制系统概述

3.3.2.1 飞行控制系统概述

1、飞机控制系统的功能和构成

功能：飞行控制系统用于保证飞机飞行的稳定性和操纵性，提高飞机飞行性能，增强飞行的安全性和减轻飞行员的工作负担。

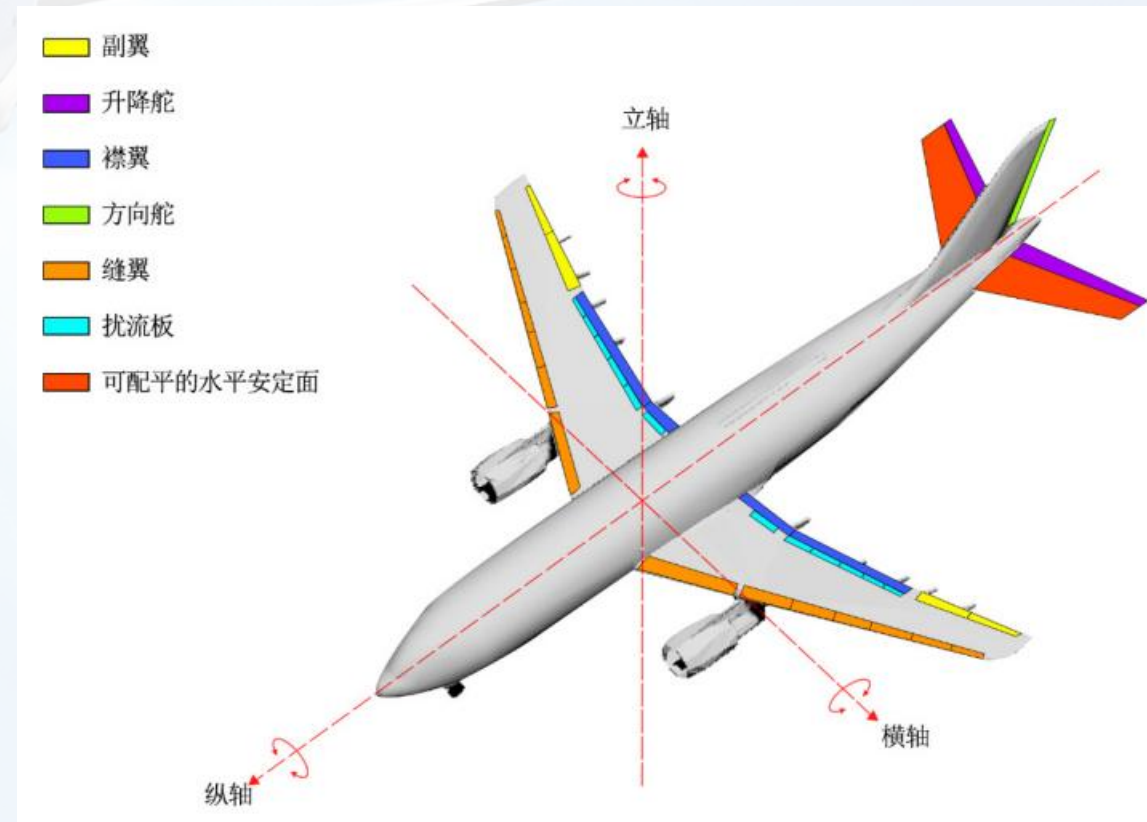
为了改变飞机在空中的姿态和轨迹，就需要改变作用在飞机上的力以及力矩的大小、方向和空间分布。当预定的航迹发生变化，或者飞机受到气流的干扰偏离了原来的航迹时，就需要通过控制飞机舵面进行偏转，以改变飞机的飞行姿态。

3.3.2.1 飞行控制系统概述

坐标轴和运动姿态：

飞行控制系统用于控制飞机的飞行姿态，
它们可以改变作用在飞机三个不同轴线上的力，
三个轴线包括：

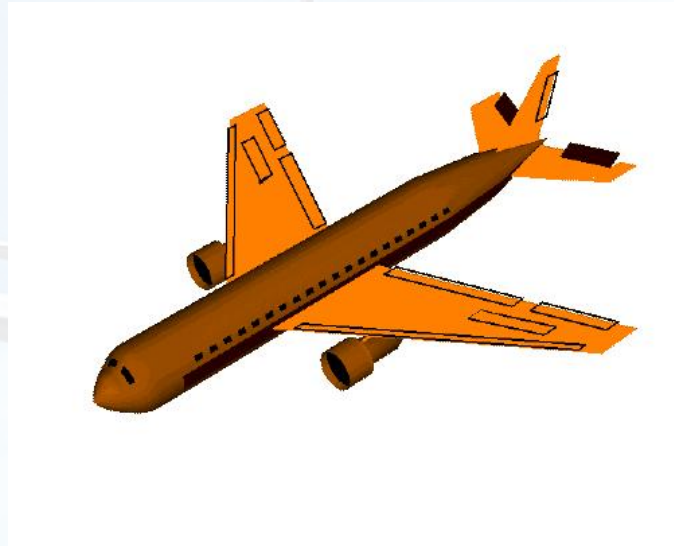
1) 横轴； 2) 纵轴； 3) 立轴。



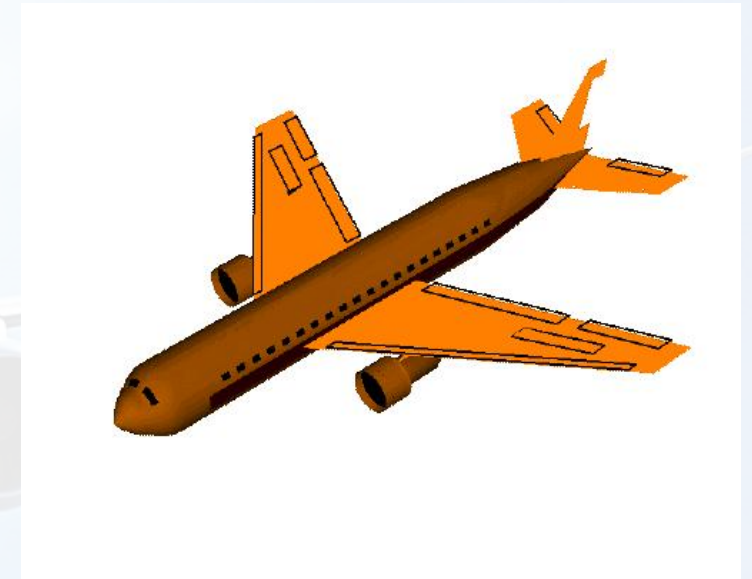
3.3.2.1 飞行控制系统概述



横滚



俯仰



偏航

3.3.2.1 飞行控制系统概述

根据定义，飞行操纵系统可分为三个环节，即：中央操纵机构，用于产生操纵指令，包括手操纵机构和脚操纵机构；传动机构，用于传递操纵指令；驱动机构，用于驱动舵面运动。下表列出了飞行操纵系统各环节的详细信息。

中央操纵机构	→	传动机构	→	驱动机构	→	舵面	
手操纵机构	⇒	机械传动	⇒	人力驱动	⇒	主操纵	副翼
		电传操纵		液压助力			升降舵
光传操纵				电动助力			方向舵
		脚操纵机构		⇒	电传操纵	电动助力	⇒
光传操纵	扰流板						

3.3.2.1 飞行控制系统概述

飞行操纵系统分类的方法较多，一般按照操纵信号来源、信号传递方式和驱动舵面运动方式三种方法分类。

(1) 根据信号来源

根据操纵信号的来源，现今飞机飞行操纵系统可以分为两大类：

- 人工飞行操纵系统，其操纵信号是由驾驶员发出的；而自动飞行控制系统，其操纵信号是由系统本身产生的。
- 自动飞行控制系统，对飞机实施自动和半自动控制。协助驾驶员工作或自动控制飞机对抗动的响应，
- 如自动驾驶仪、发动机油门自动控制、结构振动模态抑制系统都属于自动飞行控制系统。

3.3.2.1 飞行控制系统概述

(2) 根据信号传递方式

机械操纵系统：操纵信号由钢索、传动杆等机械部件传动；

电传操纵系统：操纵信号通过电缆传递。目前正在研究的信号传递方式为光传操纵，操纵信号为在光线中的光信号。

3.3.2.1 飞行控制系统概述

(3) 根据驱动舵面运动方式

简单机械操纵系统：依靠驾驶员体力克服铰链力矩驱动舵面运动。又被称为无助力操纵系统。简单机械操纵系统分为**软式**操纵系统和**硬式**操纵系统。

助力操纵系统：飞机尺寸和重量的增加，飞行速度的不断提高，即使使用了气动补偿，驾驶杆力仍不足以克服铰链力矩，20 世纪 40 年代末出现了液压助力器，实现了助力操纵。

液压助力器外

电驱动装置

根据舵面类型不同，操纵系统还可分成

主操纵系统

辅助操纵系统。

3.3.2.1 飞行控制系统概述

操纵系统除了应满足重量轻、制造简单、维护方便、具有足够的强度和刚度等要求外，还应满足以下一些特殊要求：

- ①**保证驾驶员手、脚操纵动作与人类运动本能相一致。**这样可避免发生错误的操纵动作和分散驾驶员的注意力，同时可以缩短训练驾驶员的时间。正确的操纵动作应是：驾驶盘（或驾驶杆）前推，机头应下俯，飞机下降，反之则相反；驾驶盘向左转。飞机应向左侧倾斜，反之则相反；踩右脚蹬，机头应向右偏转，反之则相反；
- ②**驾驶杆既可操纵升降舵，又可操纵副翼，**同时要求在纵向或横向操纵时彼此**互不干扰**；
- ③ 驾驶舱中的脚操纵机构应当**能够进行调节**，以适应不同身材的需要；
- ④ 驾驶员是凭感觉来操纵飞机的，除感受过载大小之外，还要有合适的杆力和杆位移的感觉。其中杆力尤为重要。脚蹬力和脚蹬位移也是如此；

3.3.2.1 飞行控制系统概述

- ⑤ 驾驶杆（或脚蹬）从配平位置偏转时。所需的操纵力应该**均匀增加**。并且力的指向总是与偏转方向相反，这样，驾驶杆（或脚蹬）就有**自动回中**（即回到配平位置）的趋势；
- ⑥ 驾驶**杆力**（或脚蹬力）应随**飞行速度增加而增加**，并随舵面**偏转角度增大而增大**；
- ⑦ 为防止驾驶员无意识动杆及减轻驾驶员的疲劳，操纵系统的**启动力**应在合适的范围内。
- ⑧ 操纵系统的间隙和系统的弹性变形会产生操纵延迟现象。延迟是很危险的，因此必须使操纵系统中的环节和接头数量最少，接头处的活动间隙量小及系统应有足够的**刚度**；

3.3.2.1 飞行控制系统概述

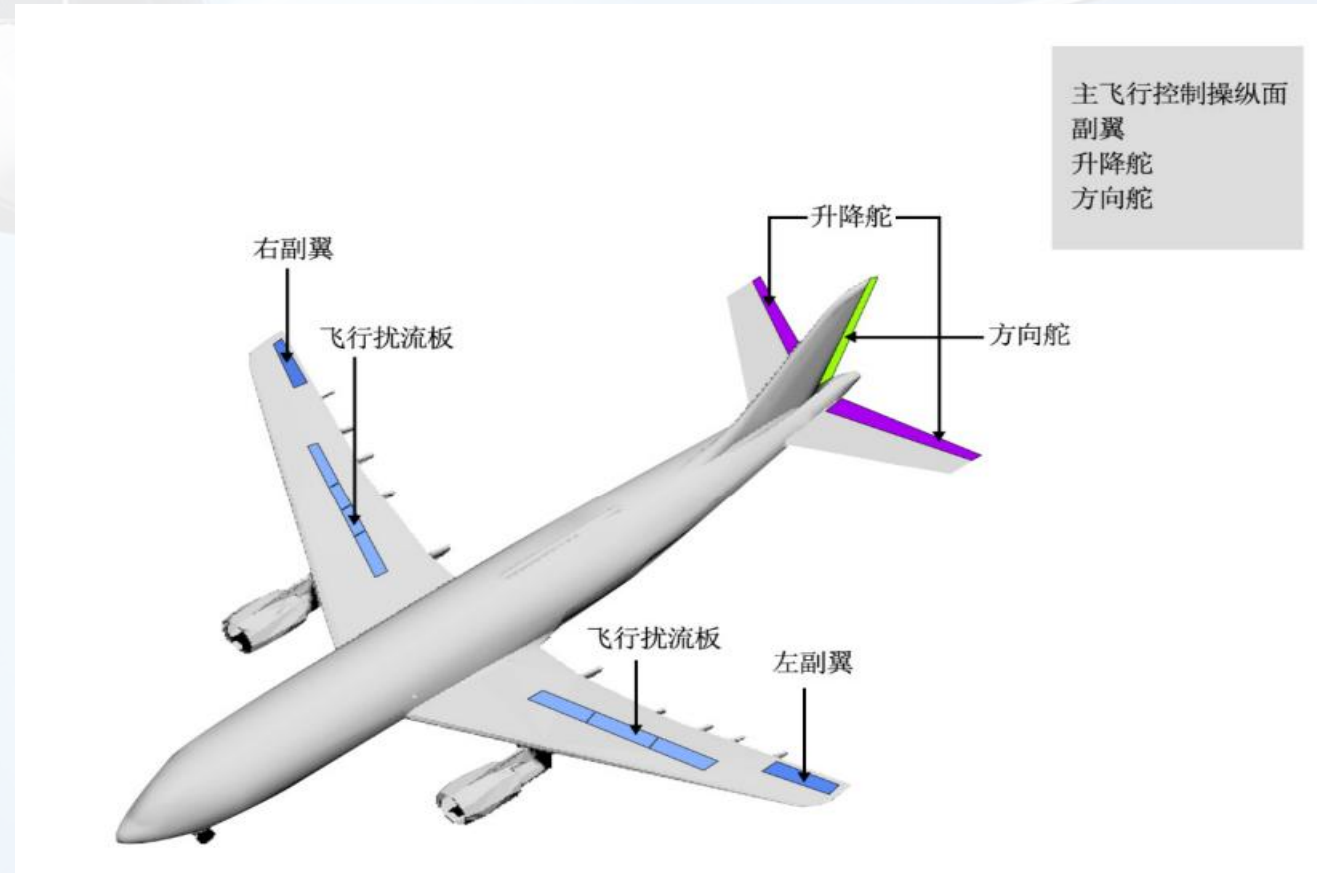
⑨在中央操纵机构附近应有极限偏转角度**止动器**，以防止驾驶员用力过猛，操纵过量而使系统中某些部件或机体结构遭到损坏；

⑩飞机停在地面上时，为防止舵面被大风吹坏，所有舵面应用"锁"来固定。**舵面锁紧**系统应在飞机内部，不应采用外部锁紧装置，内锁紧装置应直接与舵面连接。为防止在起飞状态下，舵面仍处于锁定状态，要求必须在所有舵面都开锁后，油门才能打开。

3.3.2.1 飞行控制系统概述

飞行控制系统分为主飞行控制和辅助飞行控制。

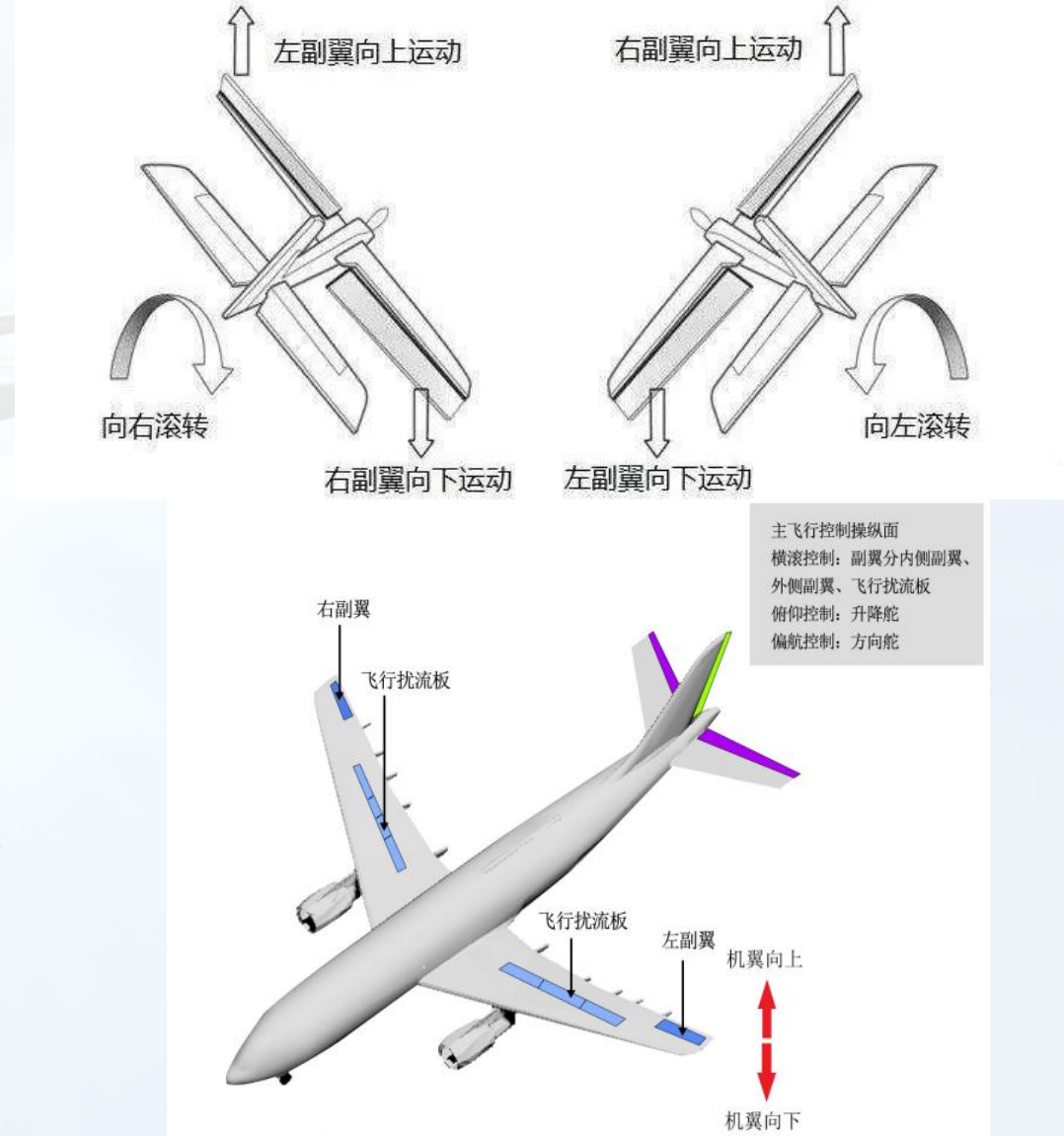
- 1) 主飞行控制包括：
- 1) 副翼；
 - 2) 升降舵；
 - 3) 方向舵。



3.3.2.1 飞行控制系统概述

副翼：

- 两个副翼和两套飞行扰流板用于横滚控制。当一侧机翼的副翼向上偏转时，另一侧机翼的副翼向下偏转，称为**差动副翼**。
- 对于副翼向上偏转的机翼，其飞行扰流板将升起；对于副翼向下偏转的机翼，其飞行扰流板保持在收回位置。向上偏转的副翼和升起的飞行扰流板使相应机翼升力减少；而另一侧向下偏转的副翼使机翼升力增加，从而实现横滚控制。
- 在有些飞机上，每个机翼安装有内侧和外侧两块副翼。在低速飞行时，使用内侧副翼和外侧副翼进行横滚控制，而在高速飞行时只需要使用内侧副翼，外侧副翼保持中立。



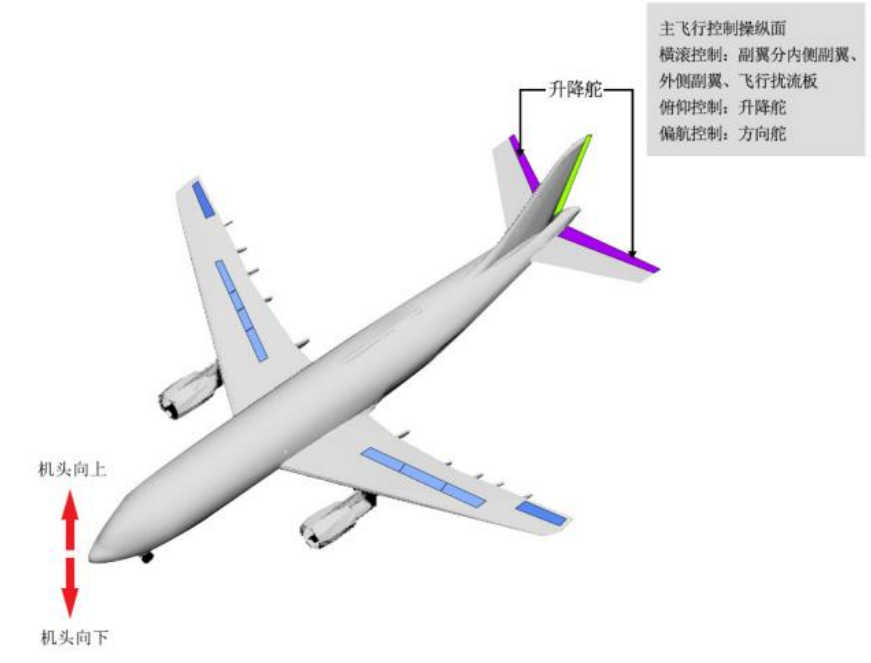
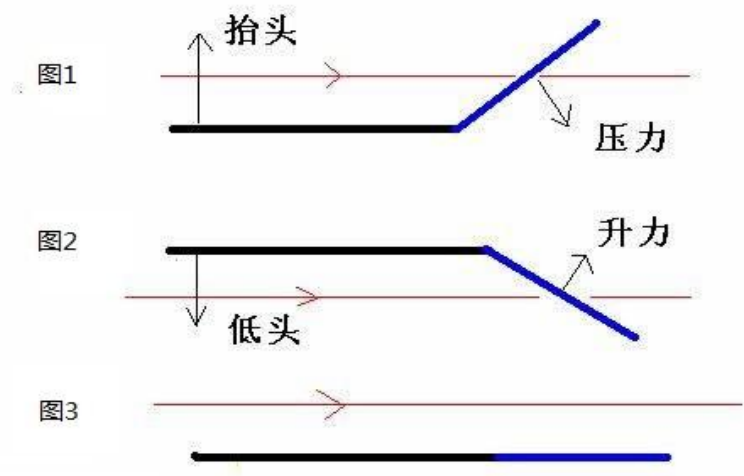
3.3.2.1 飞行控制系统概述

升降舵

升降舵用于飞机俯仰操纵。

飞机安装有左、右两个升降舵，并且两个升降舵同时向上或向下偏转。

升降舵向上偏转使飞机抬头，升降舵向下偏转使飞机低头。

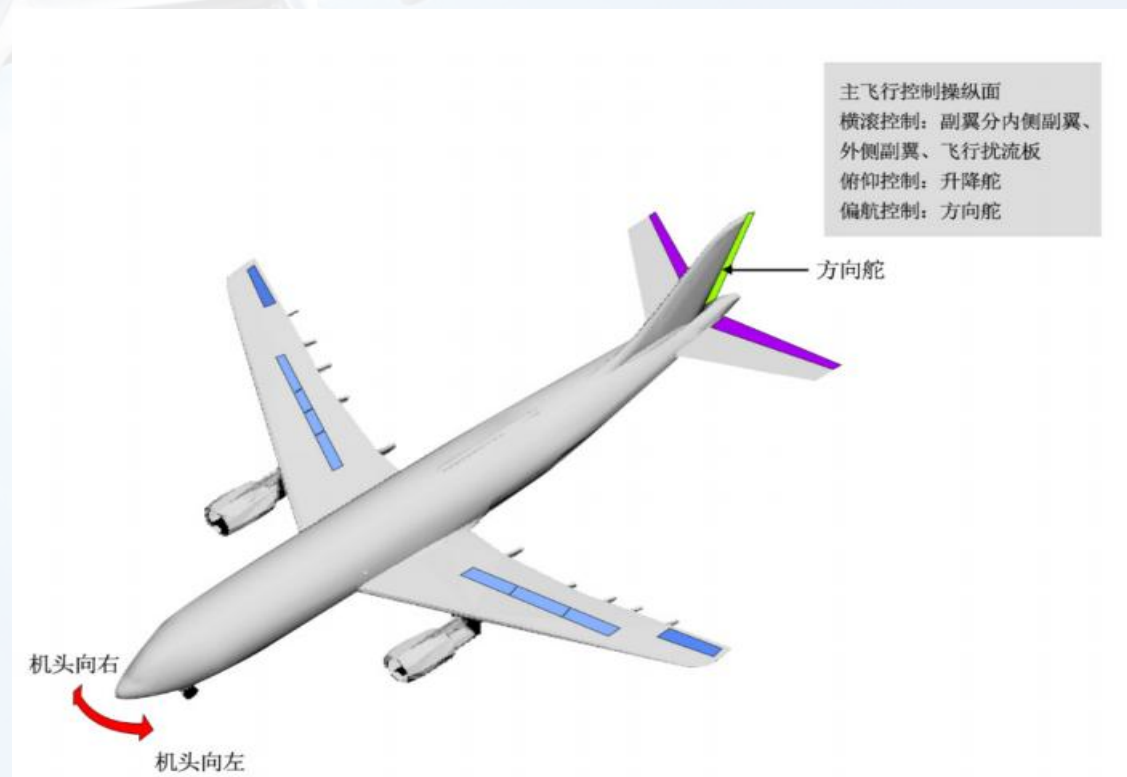
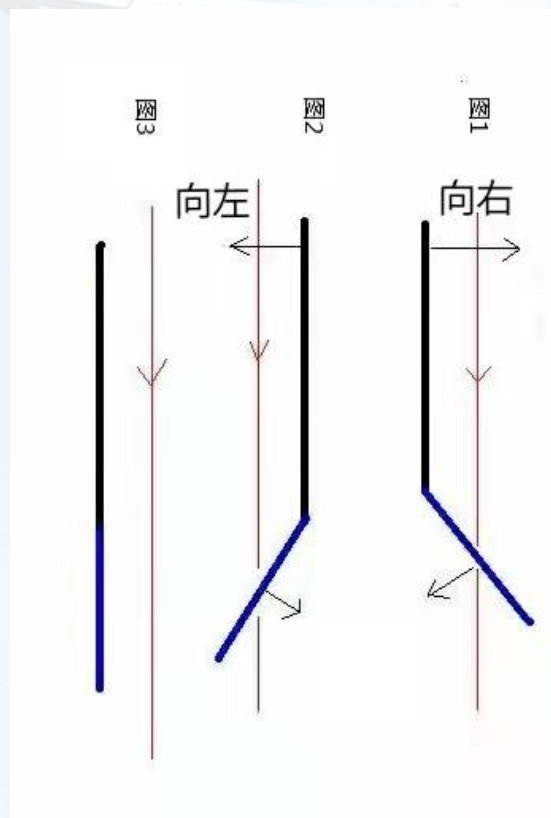


3.3.2.1 飞行控制系统概述

方向舵

方向舵用于飞机偏航操纵。

飞机安装一个方向舵，方向舵向左偏转使机头向左偏转，方向舵向右偏转使机头向右偏转。



3.3.2.1 飞行控制系统概述

方向升降舵：

带有 V 字形尾翼的飞机安装有一个将方向舵和升降舵结合的舵面，称为方向升降舵。当两个舵面同时向上或向下移动时，完成升降舵的功能；当一个舵面向上移动，另一个向下移动时，两个气动力的合力对飞机产生一个偏航操纵完成方向舵的功能。

V 型尾翼的优点是重量轻，因为取消了垂直尾翼。但是，它也存在一些缺点：

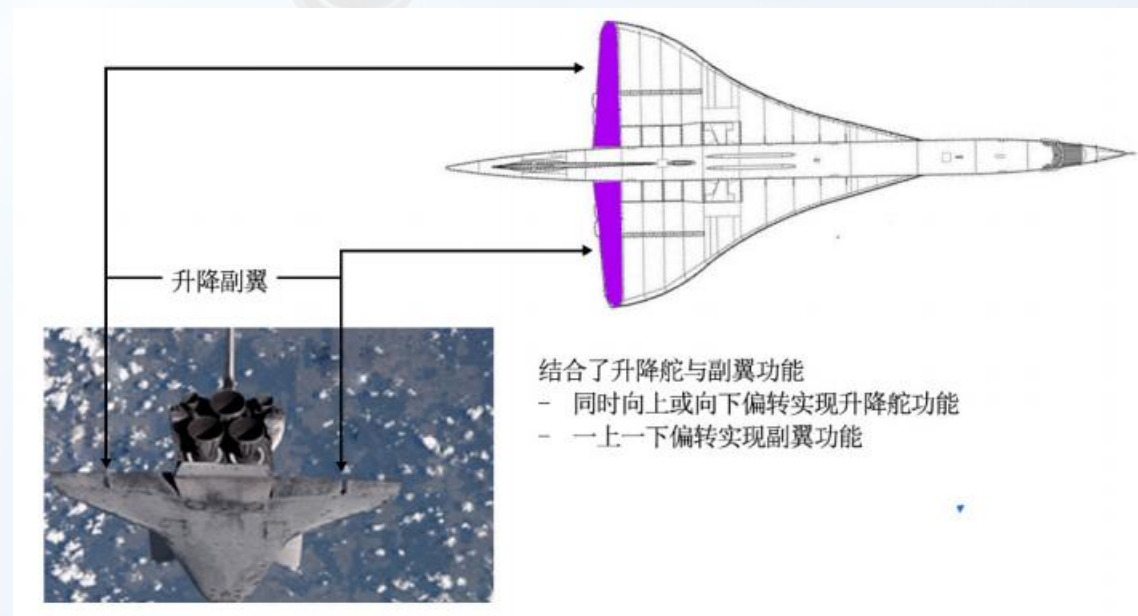
- 1) 有效升降舵面积仅为舵面对水平面的投影面积；有效方向舵面积仅为舵面对垂直面的投影面积，因此必须根据尾翼的上反角增大舵面面积；
- 2) 由于安定面有效面积较小，无法同时将升降舵和方向舵移动到满舵；
- 3) 由于是混合输入，控制舵面的调节会更加复杂。。



3.3.2.1 飞行控制系统概述

升降副翼：

在与协和飞机或航天飞机类似的三角翼飞机（也叫无尾翼飞机）上，安装有一组升降舵和副翼结合的舵面，称为升降副翼。当两个舵面同时向上或向下移动时，完成升降舵的功能。当一个舵面向上移动，另一个舵面向下移动时，导致一侧机翼升力增加，而另一侧机翼升力减小，完成副翼的功能。



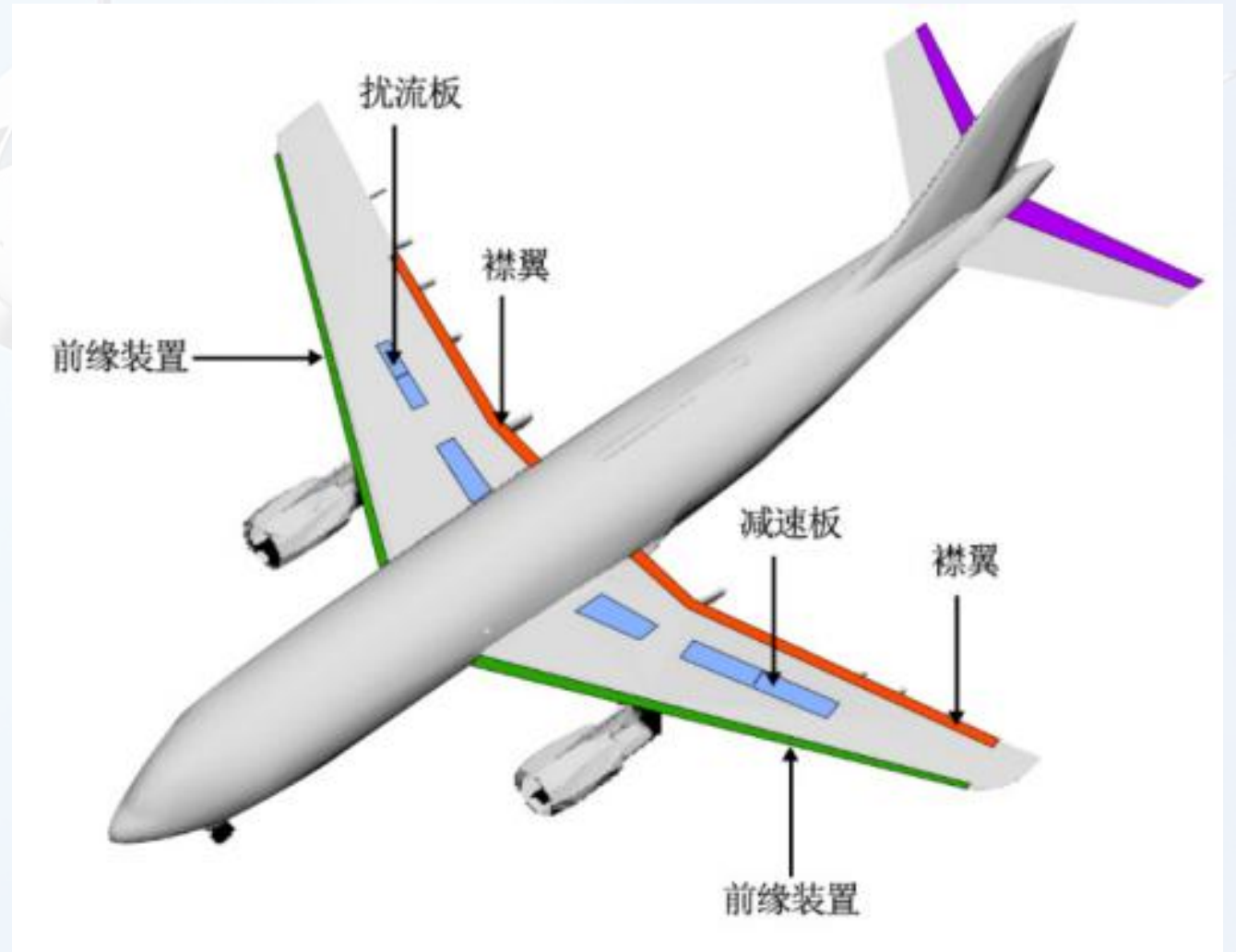
3.3.2.1 飞行控制系统概述

2) 辅助飞行控制系统

辅助飞行控制系统用来改变飞机的升力、阻力并完成飞机配平。

辅助飞行控制系统包括：

- 1) 增升装置；
- 2) 减速板；
- 3) 配平系统。

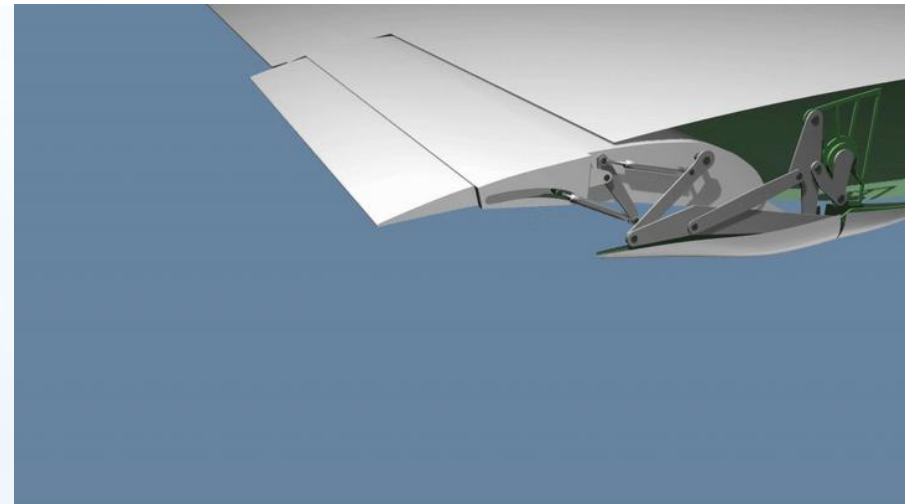
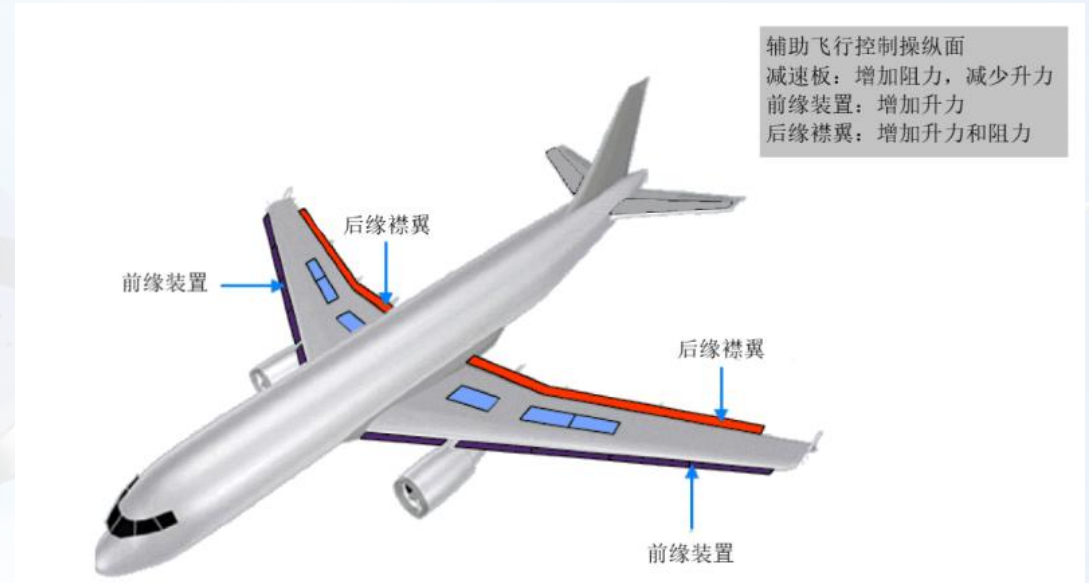


3.3.2.1 飞行控制系统概述

增升装置包括：

- ① 前缘装置；
- ② 后缘襟翼。

前缘装置和后缘襟翼用于在低速飞行时增加升力。当襟翼放出时，机翼弧度改变导致机翼面积增大，升力增加。通常情况下，前缘装置和后缘襟翼一起工作。

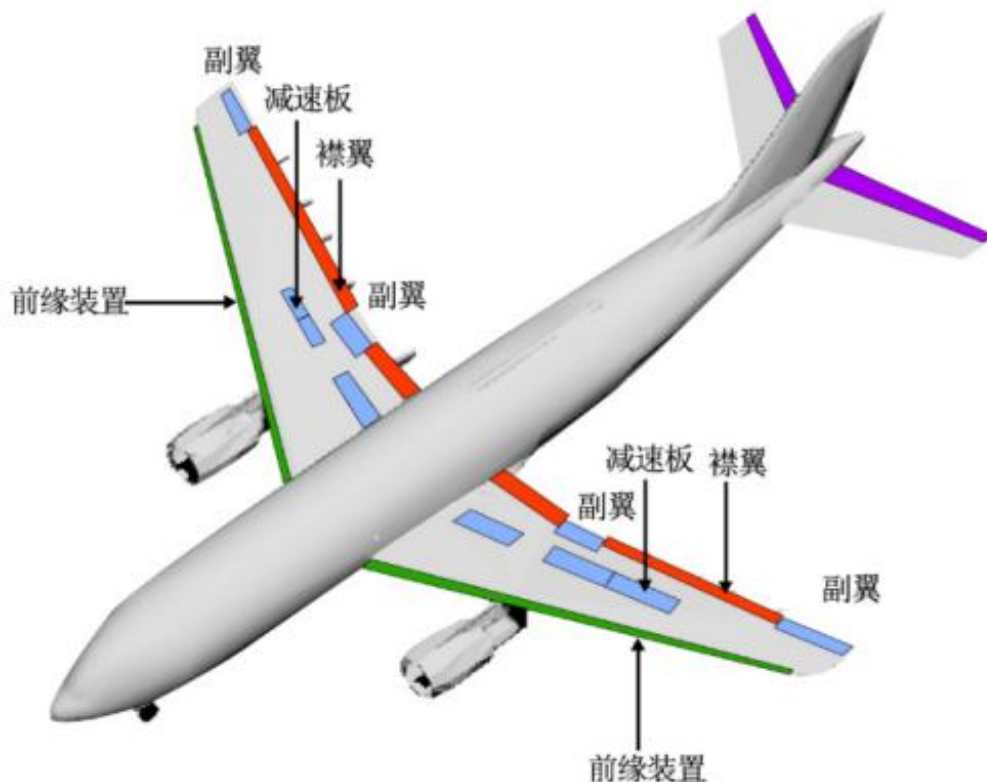


襟翼收放

3.3.2.1 飞行控制系统概述

有些飞机的副翼有两种功能：

- ① 当襟翼收上时，完成**副翼**功能；
- ② 当襟翼放出时，所有的副翼会对称地同时向下偏转，以增加有效的襟翼面积，从而增大升力，这种功能被称为**副翼下偏**功能。

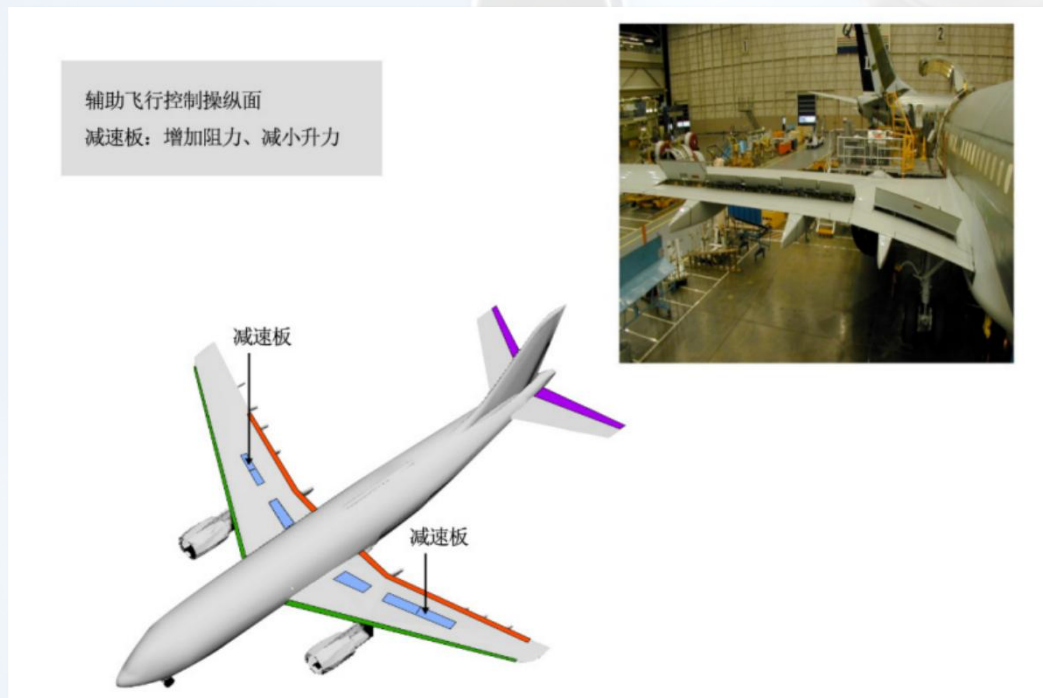


- 襟副翼或者副翼下偏
- 通常像副翼一样工作
 - 向下偏转与襟翼对称

3.3.2.1 飞行控制系统概述

减速板

- 减速板用于增加阻力和减少升力。
- 两侧机翼的减速板是对称工作的。
- 减速板与飞行扰流板共用部分舵面。



3.3.2.1 飞行控制系统概述

配平系统

辅助飞行控制系统也包括配平系统，用于：

- 1) 横滚；
- 2) 俯仰；
- 3) 偏航。

配平系统补偿飞机的不平衡状态。如果绕飞机轴线的力不均衡，就会产生不平衡状态。而配平系统平衡这些力，并确保飞机飞行的稳定性。

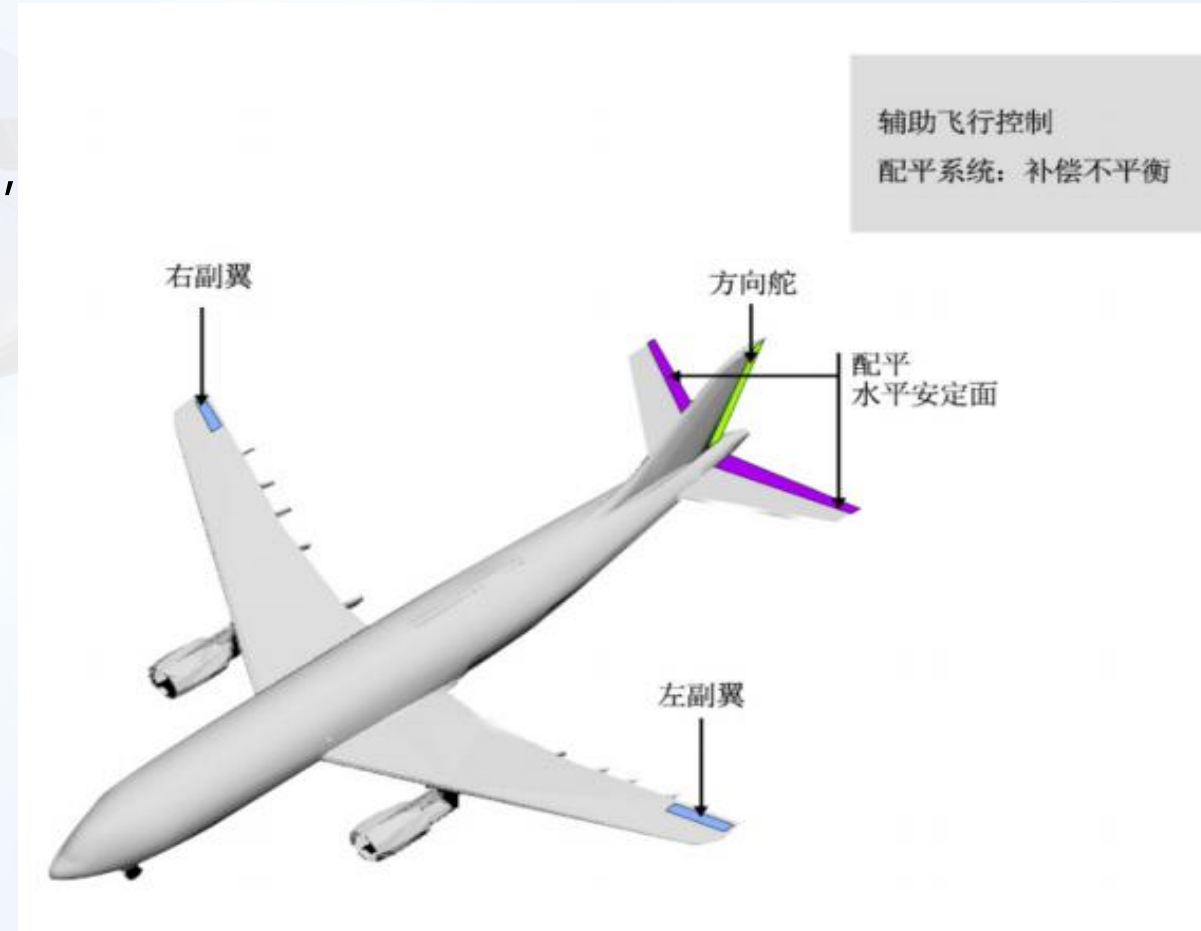
例如：可配平水平安定面提供配平力，用于补偿俯仰轴方向的不平衡。

3.3.2.1 飞行控制系统概述

配平系统包括：

- ① 通过可配平水平安定面来实现俯仰配平，俯仰轴可能出现较大的不平衡状态，所以需要有一个特殊设计的舵面：可配平水平安定面
- ② 通过副翼来实现横滚配平；
- ③ 通过方向舵来实现偏航配平。


因为俯仰轴可能出现较大的不平衡状态，所以需要有一个特殊设计的舵面：可配平水平安定面。





小结：

- ① 飞控系统主要分为主控舵面和辅助控制舵面以及配平系统。
- ② 控制方式有：机械控制、电传控制、液压辅助控制。



3.3.2.2 中央操纵机构

3.3.2.2 中央操纵机构

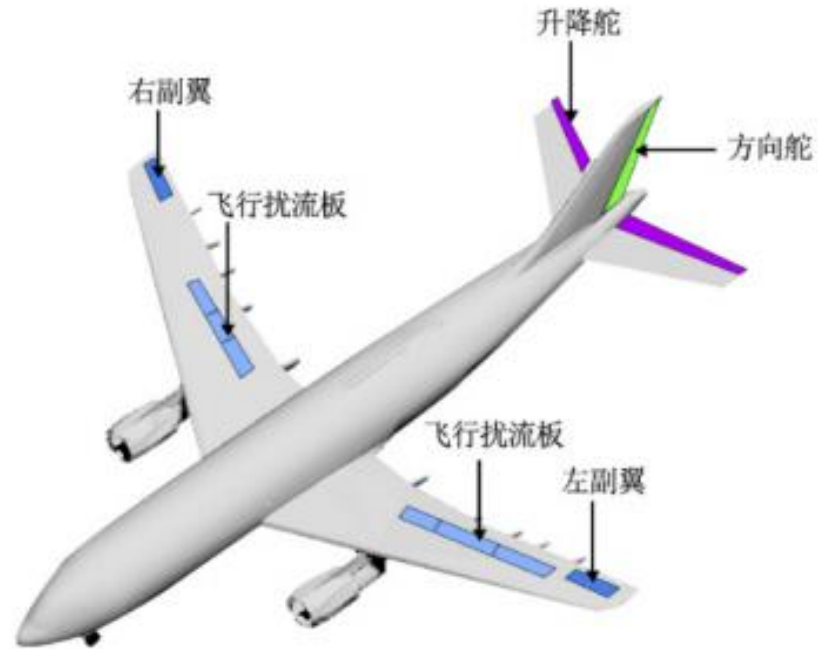
1、驾驶杆、驾驶盘、电传侧杆、脚蹬

主飞行控制的输入位于驾驶舱：

- 1) 驾驶杆/驾驶盘用于操纵升降舵；
- 2) 驾驶杆/驾驶盘用于操纵副翼和飞行扰流板；
- 3) 方向舵脚蹬用于操纵方向舵。



驾驶杆操纵升降舵



驾驶盘操纵副翼和飞行扰流板



脚蹬操纵方向舵

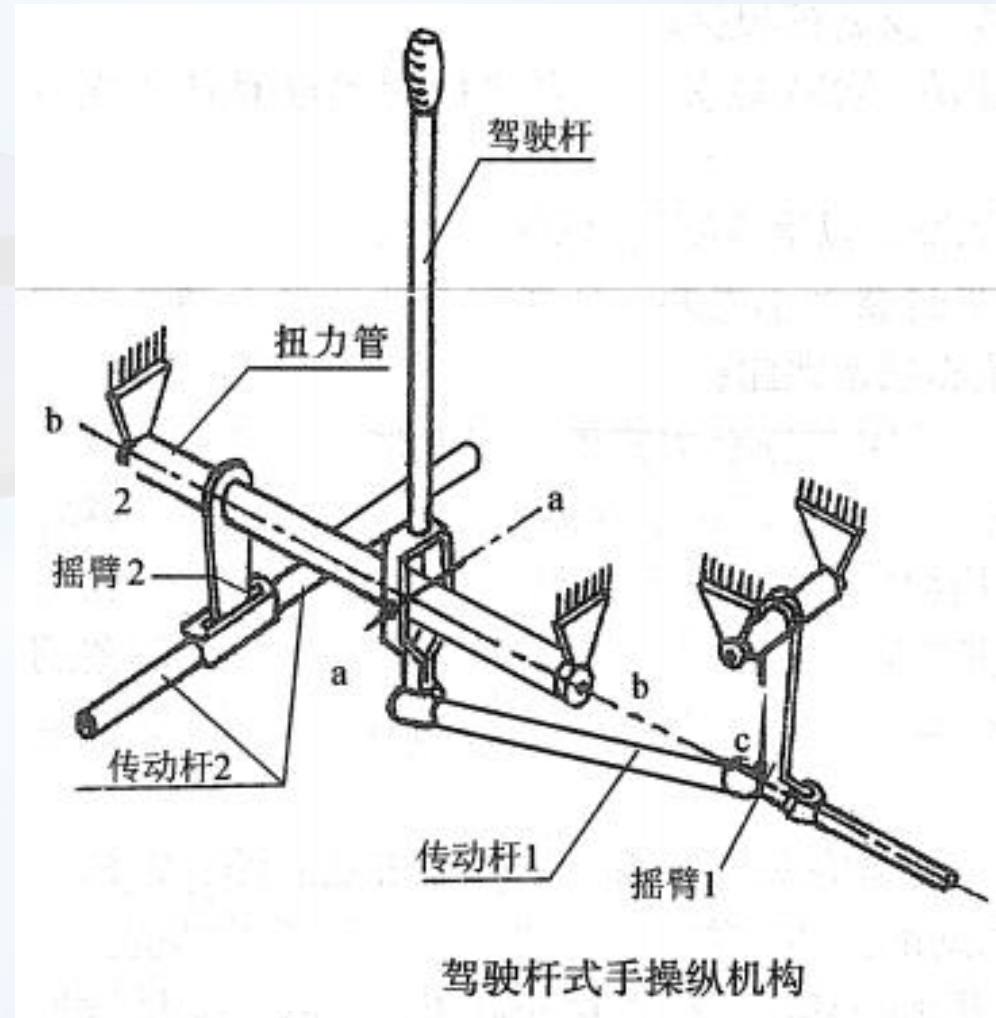
3.3.2.2 中央操纵机构

1) 驾驶杆式手操纵机构

右图所示为一种**驾驶杆式**手操纵机构。

前推或后拉驾驶杆时，驾驶杆绕着轴线 a—*a* 转动，经传动杆1和摇臂1等构件的传动，可操纵升降舵；左右压杆时，驾驶杆绕轴线 b—*b* 转动，这时扭力管和摇臂2 都随之转动，经传动杆2 等构件的传动，即可操纵副翼。驾驶杆式手操纵机构虽然要操纵两类舵面——升降舵和副翼，但两者不会互相干扰。

也就是说，单独操纵某一舵面时，另一舵面既不随之偏转，也不妨碍被操纵舵面的动作。

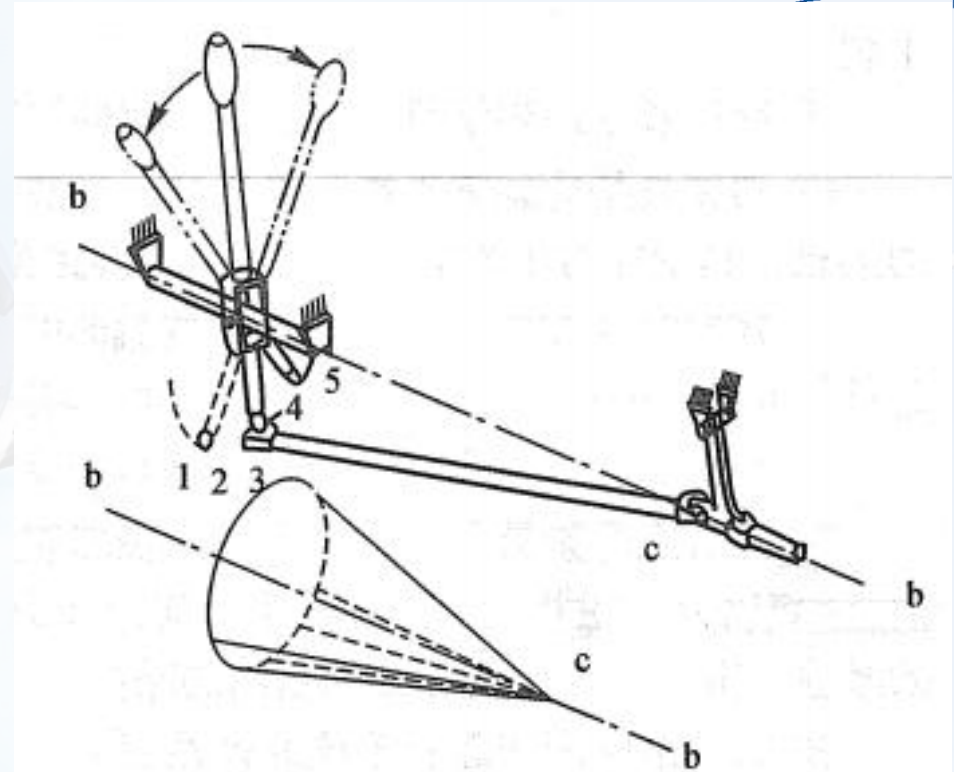


3.3.2.2 中央操纵机构

从上图中可以看出，当**驾驶杆**前后运动时，扭力管并不转动，因而不会去传动副翼。驾驶杆左右摆动时，除了扭力管转动外，驾驶杆下端还要带着传动杆1左右摆动。因为传动杆1与摇臂1的连接点c位于轴线b—b上，驾驶杆左右摆时，传动杆沿着以b—b线为中心轴，以c点为顶点的锥面运动

(见右图)。由于圆锥体的顶点c到底部周缘上任一点

(例如1、2、3、4、5各点)的距离是相等的，并且c点采用的是可自由转动的球形接头，所以当驾驶杆左右摆动时，摇臂1不会绕其支点前后转动，因而升降舵不会偏转。

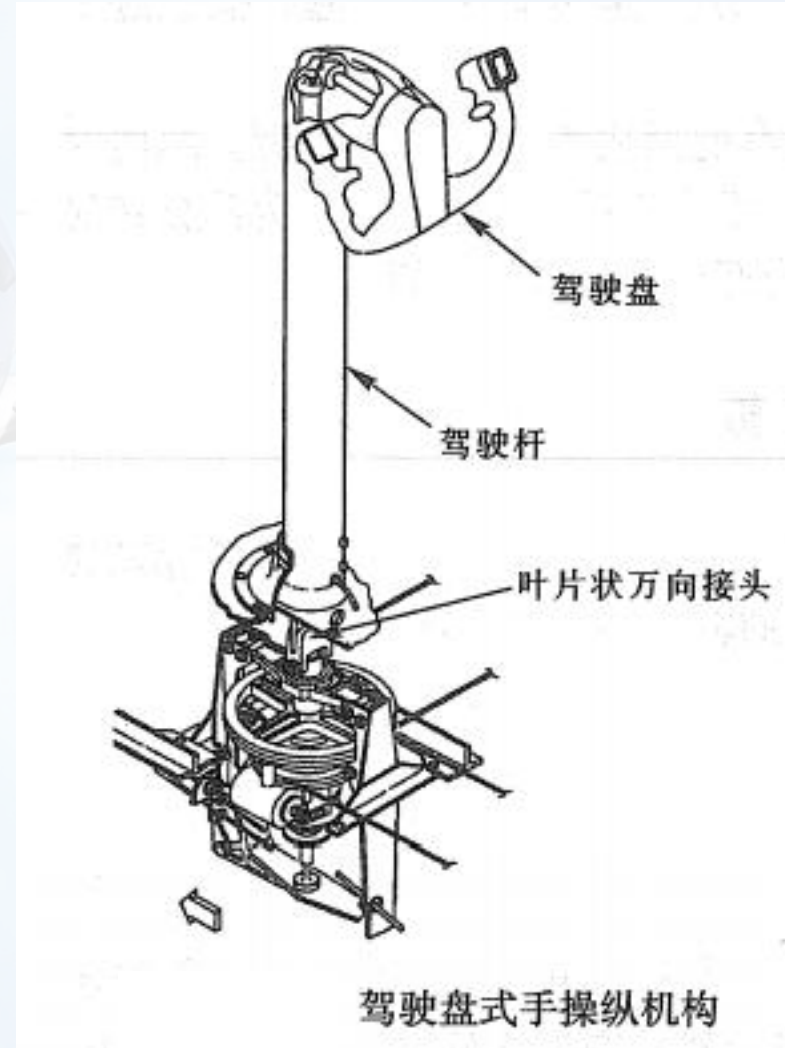


驾驶杆式手操纵机构原理

3.3.2.2 中央操纵机构

2) 驾驶盘式手操纵机构

右图所示为一种**驾驶盘式**手操纵机构。驾驶盘在操纵时，通过内部的齿轮传动装置带动驾驶杆内的一根扭力管转动。扭力管通过二个万向接头带动副翼操纵钢索轮，提供操纵副翼的信号，前推或后拉驾驶盘时，可操纵升降舵。这种驾驶盘式手操纵机构。也能保证操纵升降舵与操纵副翼时互不干扰。左右转动驾驶盘时，通过叶片状的万向头传递扭矩，驾驶杆不动，所以，不会使升降舵偏转。而前推或后拉驾驶盘时。由于有叶片状的万向接头，副翼控制钢索轮不会转动，钢索不会绷紧或放松，所以既不会使副翼偏转，也不会影响驾驶盘的前后动作。



3.3.2.2 中央操纵机构

驾驶杆：构造较简单，便于驾驶员一手操纵驾驶杆，一手操纵油门手柄，但是它不便于用增大驾驶杆倾斜角度的办法来减小操纵副翼时的杆力。



小型飞机

驾驶盘式：构造较复杂，但可以通过增大驾驶盘的转角，使操纵副翼省力。当然，这时使副翼偏转一定角度所需的时间要相应增长。



大型助力飞机

3.3.2.2 中央操纵机构

脚操纵机构有脚蹬平放式和脚蹬立放式两种。

1) 平放式脚蹬

右图所示为一种脚蹬平放式脚操纵机构。图中的脚蹬安装在由两根横杆和两根脚蹬杆组成的平行四边形机构上。驾驶员蹬脚蹬时，两根横杆分别绕转轴 O 和 O' 转动（转轴固定在座舱底板上），经钢索（或传动杆）等的传动，使方向舵偏转。**平行四边形机构的作用**是保证在操纵方向舵时，脚蹬**只作平移而不转动**（如图中双点划线所示），以便于驾驶舱操纵

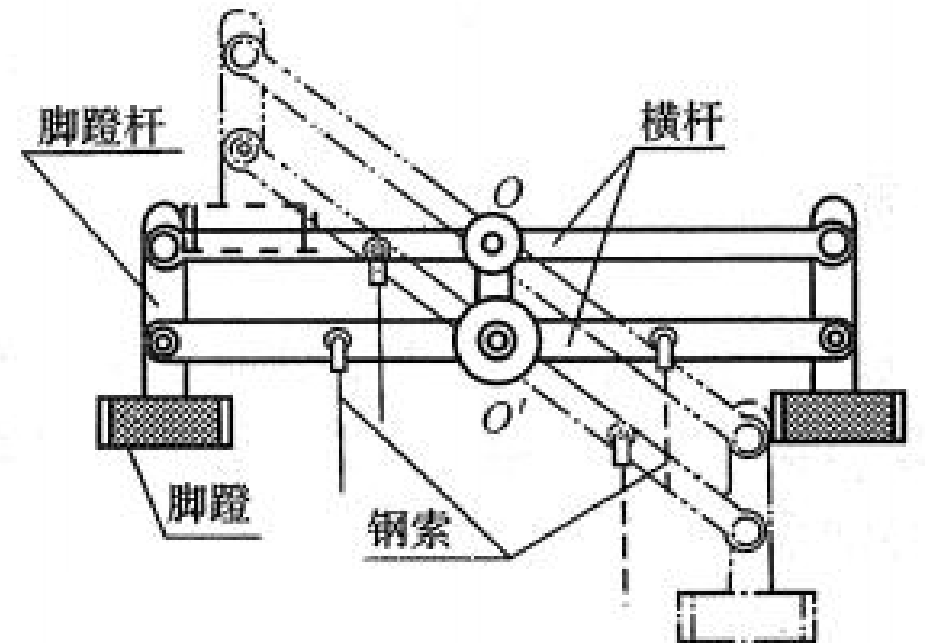
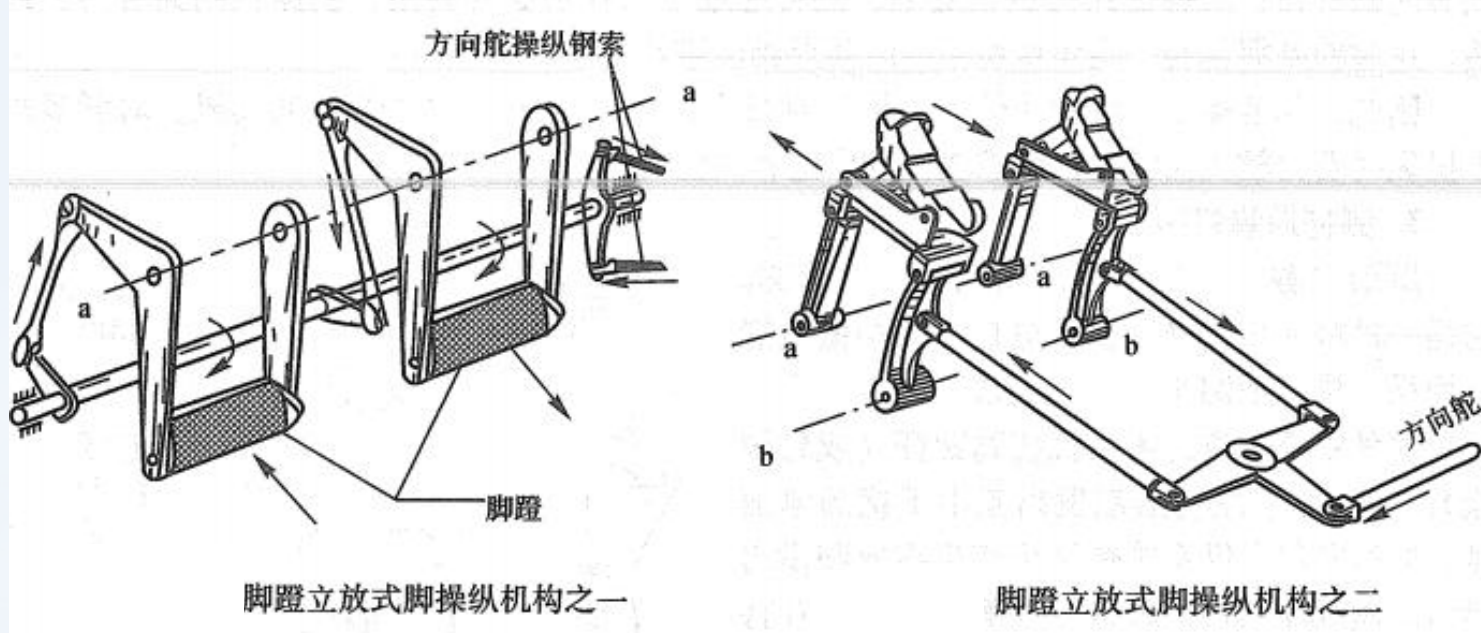


图 5.2 - 5 脚蹬平放式脚操纵机构

3.3.2.2 中央操纵机构

2) 立放式脚蹬

下图所示为两种脚蹬立放式脚操纵机构。前者的转轴在脚蹬上，后者的转轴（a—*a*和 b—*b* 轴）在脚蹬之下。从图中可见，蹬脚蹬时，它们都是通过传动杆和摇臂等构件的传动而使方向舵偏转的。同时，由于传动杆和摇臂等的连接，左右脚蹬的动作是协调的，即一个脚蹬向前时，另一个脚蹬向后。



3.3.2.2 中央操纵机构

上述两种操纵机构相比，脚蹬平放式脚操纵机构，为了取得较大的操纵力臂，两脚蹬之间的距离较大；脚蹬立放式脚操纵机构，是通过增长与脚蹬连接的摇臂来获得足够的操纵力臂的，两脚蹬之间的距离可以做得较小。所以。前者多与左右活动范围较大的驾驶杆式手操纵机构组合，后者则多与驾驶盘式手操纵机构组合。

3) 脚蹬其他装置

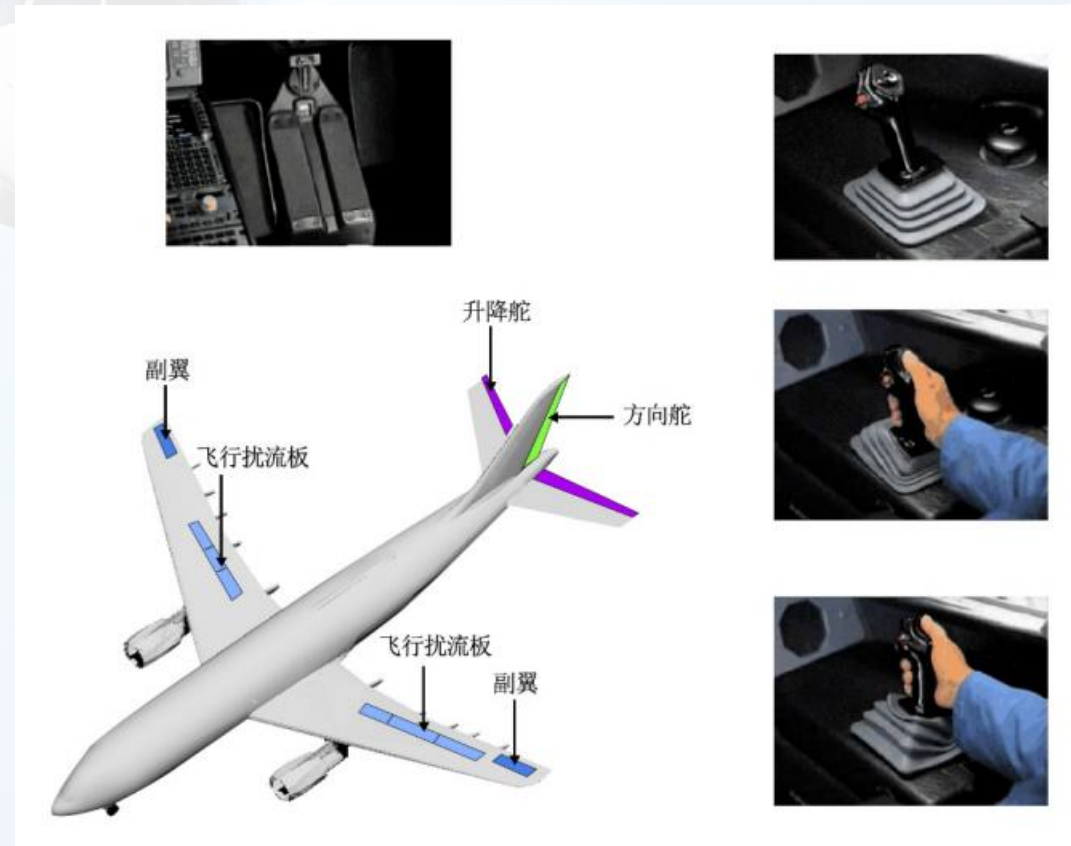
脚蹬操纵机构除了上述基本组成部分还有一些其他设备，其中主要有；

- ① 脚蹬前后位置的调整设备。通过它可以调整脚蹬的前后位置，以适应不同身材驾驶员的需要；
- ② 驾驶杆（盘）和脚蹬的限动装置，限制驾驶杆（脚蹬）的最大活动范围，从而控制舵面的最大偏转角以符合规定，凡是可调整的限动装置应在调整好的位置上保证确实锁紧，或用保险丝保险。为了防止可能因错误调整或错误装配而使舵面的偏转角超过规定而产生危险，在舵面附近也应有限动装置。

3.3.2.2 中央操纵机构

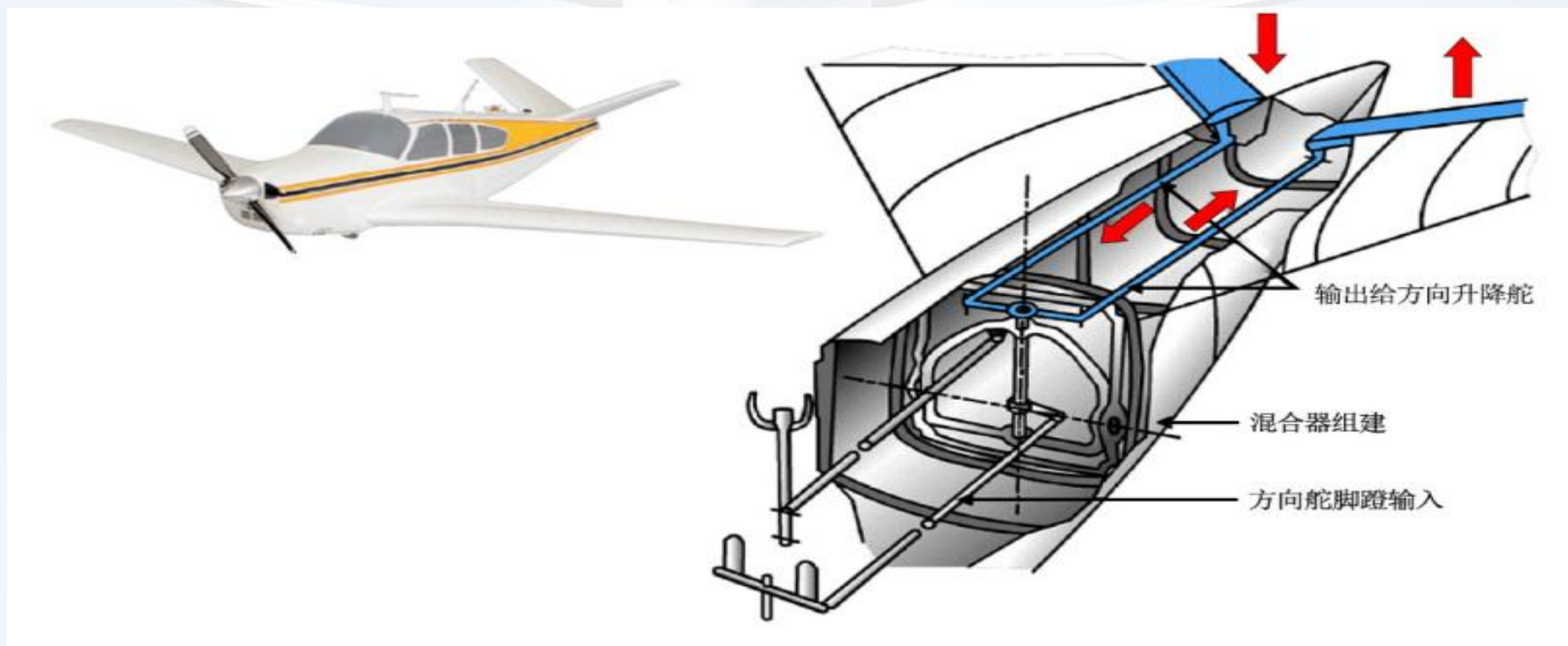
在空客电传飞机中，使用电传侧杆和脚踏操作主飞行控制。

侧杆的前后移动用于操纵升降舵进行俯仰控制，侧杆的左右移动用于操纵副翼和飞行扰流板进行横滚控制。方向舵脚踏控制方向舵。



3.3.2.2 中央操纵机构

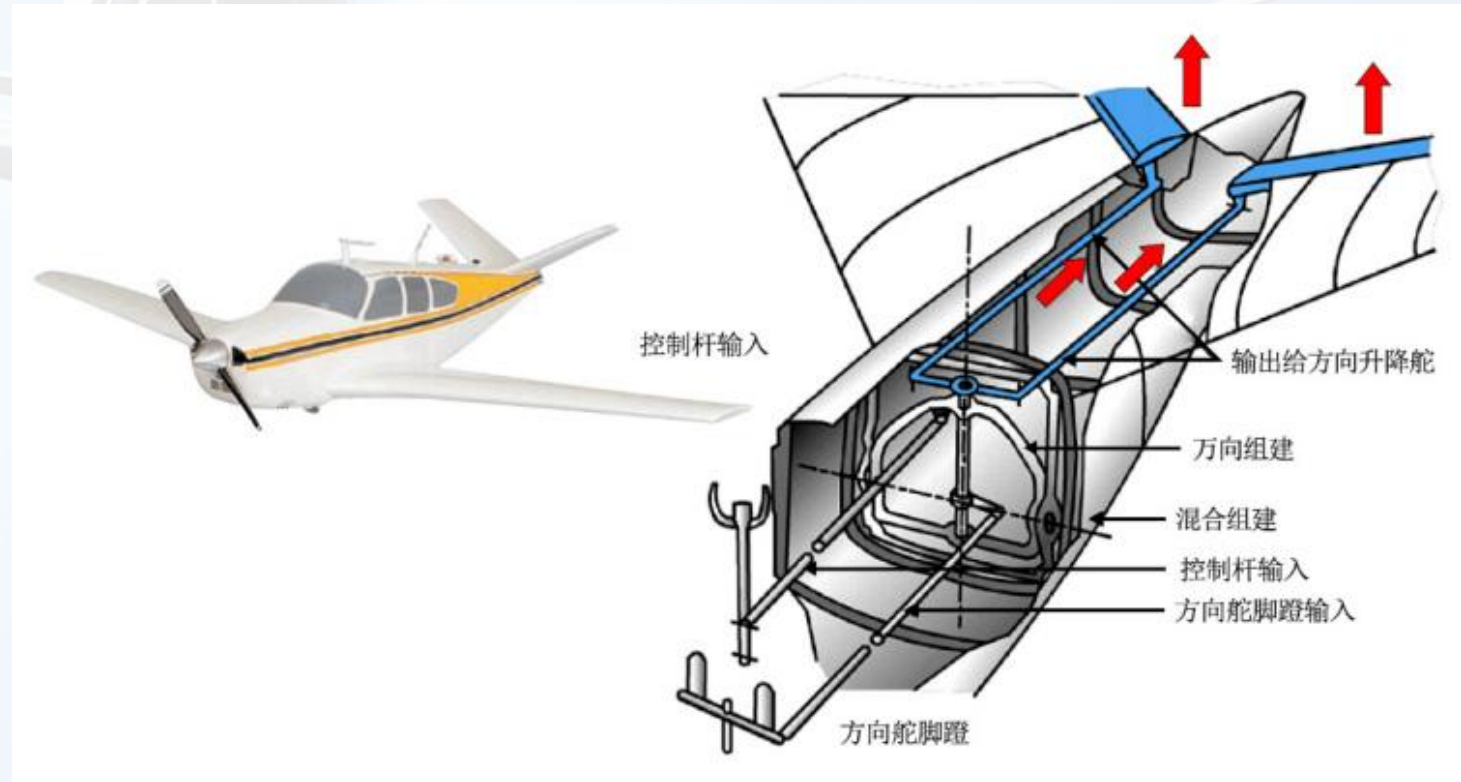
方向升降舵系统有一个混合器组件，它综合了驾驶杆和方向舵脚蹬的输入。在传统飞机上，混合器组件是一个机械装置。在使用方向舵脚蹬输入时，可以转动混合器组件的垂直轴，使方向升降舵一个舵面向上运动，另一个向下运动，完成方向舵的功能。



组合控制

3.3.2.2 中央操纵机构

来自驾驶杆的输入，使混合器的万向支架围绕水平轴转动，确保两个方向升降舵同时向上或向下运动，完成升降舵的功能。



控制杆输入

3.3.2.2 中央操纵机构

辅助飞行控制的控制输入位于驾驶舱的操纵台：

- 1) 减速板手柄用于操作减速板；
- 2) 襟翼手柄用于操作襟翼，也用于操作前缘装置；
- 3) 俯仰配平手轮用于操作水平安定面；
- 4) 通过副翼配平电门，可以改变副翼的中立位置，以调节飞机绕纵轴的不平衡；
- 5) 通过方向舵配平电门，可以改变方向舵的中立位置，以调节飞机绕立轴的不平衡。

3.3.2.2 中央操纵机构

小结:

主操纵:

- 1) 驾驶杆驾驶盘用于操纵升降舵和副翼和飞行扰流板;
- 2) 方向舵脚蹬操纵方向舵。


辅助飞行控制操纵:

- 1) 减速板手柄操作减速板;
- 2) 襟翼手柄操作襟翼、前缘装置;
- 3) 俯仰配平手轮操作水平安定面;
- 4) 副翼配平电门改变副翼的中立位置;
- 5) 方向舵配平电门改变方向舵的中立位置。

A faint, light-colored illustration of a commercial airplane in flight, viewed from a front-quarter perspective, centered in the background of the slide.

3.3.2.3 传动系统

3.3.2.3 传动系统



传动方式包括：

机械传动、
液压传动、
电传动。

3.3.2.3 传动系统

1) 机械传动

主要部件有：

- ① 连杆；
- ② 钢索系统；
- ③ 链条等。

2) 液压传动

液压传动使用液压部件将输入信号转换成液压压力，液压压力移动飞控舵面。液压传动使用：

- ① 机械部件；
- ② 液压部件。

3) 电传动包括飞行控制计算机和电气连接。

控制输入通过电信号传送。电传输使用：

- ① 机械部件；
- ② 液压部件；
- ③ 电气部件。

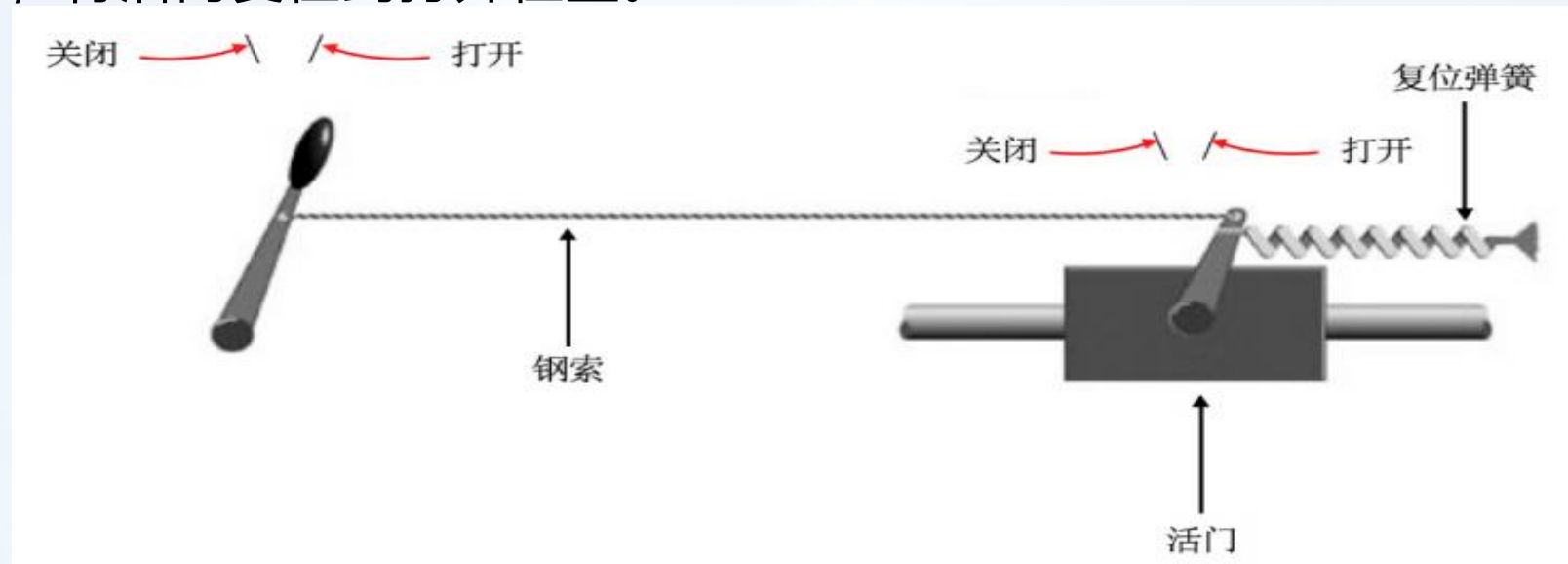
3.3.2.3 传动系统

1、机械传动

1) 钢索传动

单钢索传动只能传递拉力，用于简单的操作，如关闭活门或解锁门锁。

单钢索传递来自控制杆的拉力以关闭活门。然而，当活门关闭以后，钢索本身不能传递控制杆的前推力以复位活门，使其再次打开。只能使用一个复位弹簧与钢索一起工作，将活门复位到打开位置。



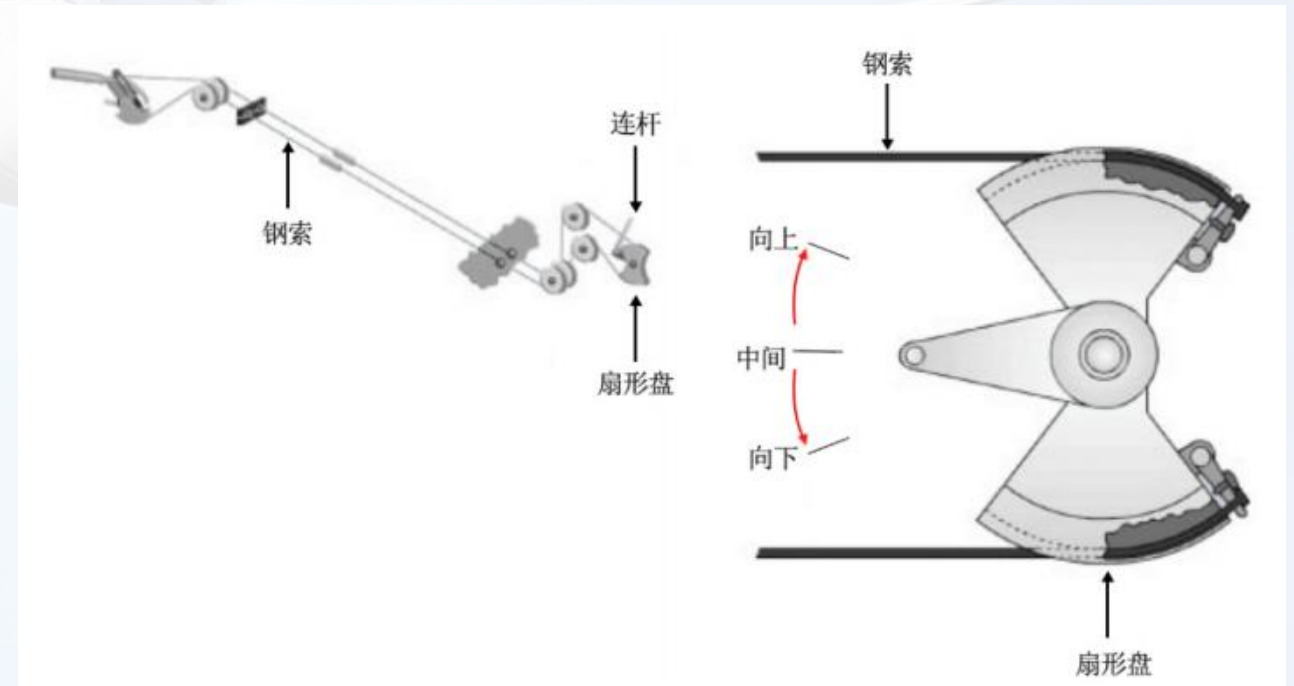
3.3.2.3 传动系统

大多数飞机上，采用的是双钢索传动系统。双钢索传动系统包括连杆、扇形盘和钢索张力调节器等部件。

使用的扇形盘主要有三种类型：

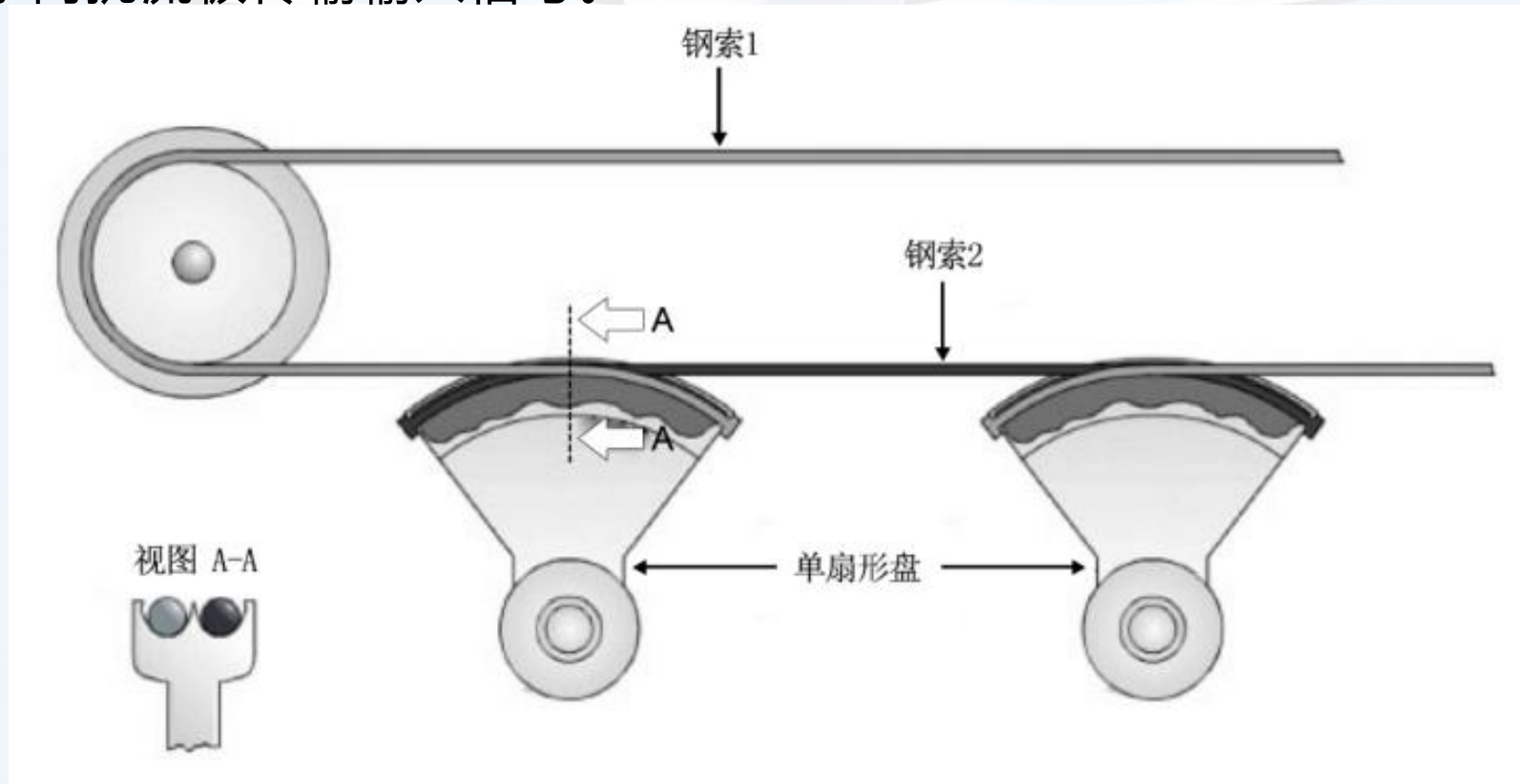
- 1) 正常扇形盘；
- 2) 单扇形盘；
- 3) 钢索张力调节器。

正常扇形盘通过一个手柄接收来自控制杆的推拉输入，并将其传输到钢索。扇形盘是一个完整圆盘的一部分，足以满足传动所需的运动范围。



3.3.2.3 传动系统

单扇形盘可以将单个钢索输入同时传递到多个输出。为了实现这个功能，钢索线路上的每个扇形盘都有两根钢索连接。例如，单扇形盘可以用于向扰流板传输输入信号。

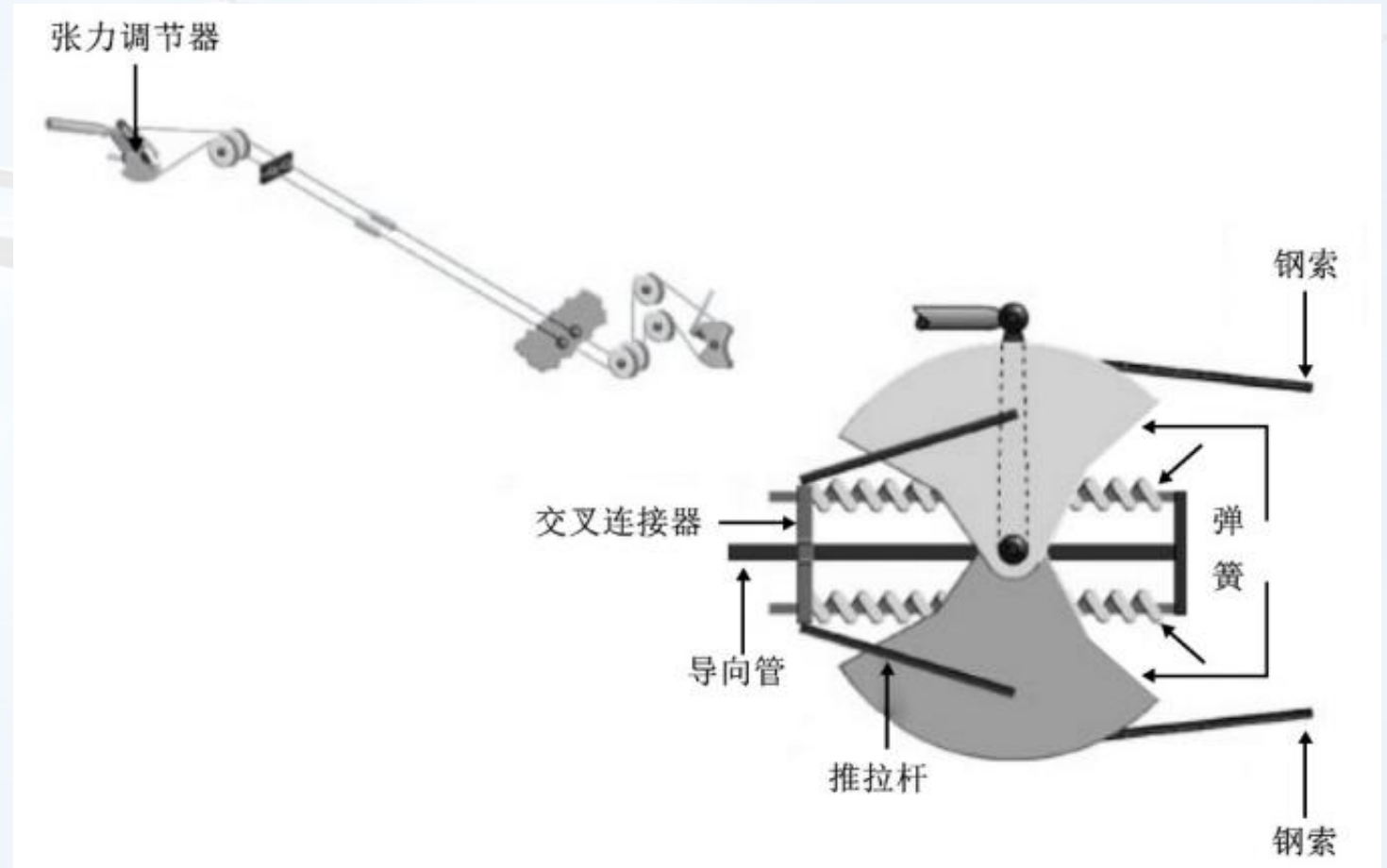


3.3.2.3 传动系统

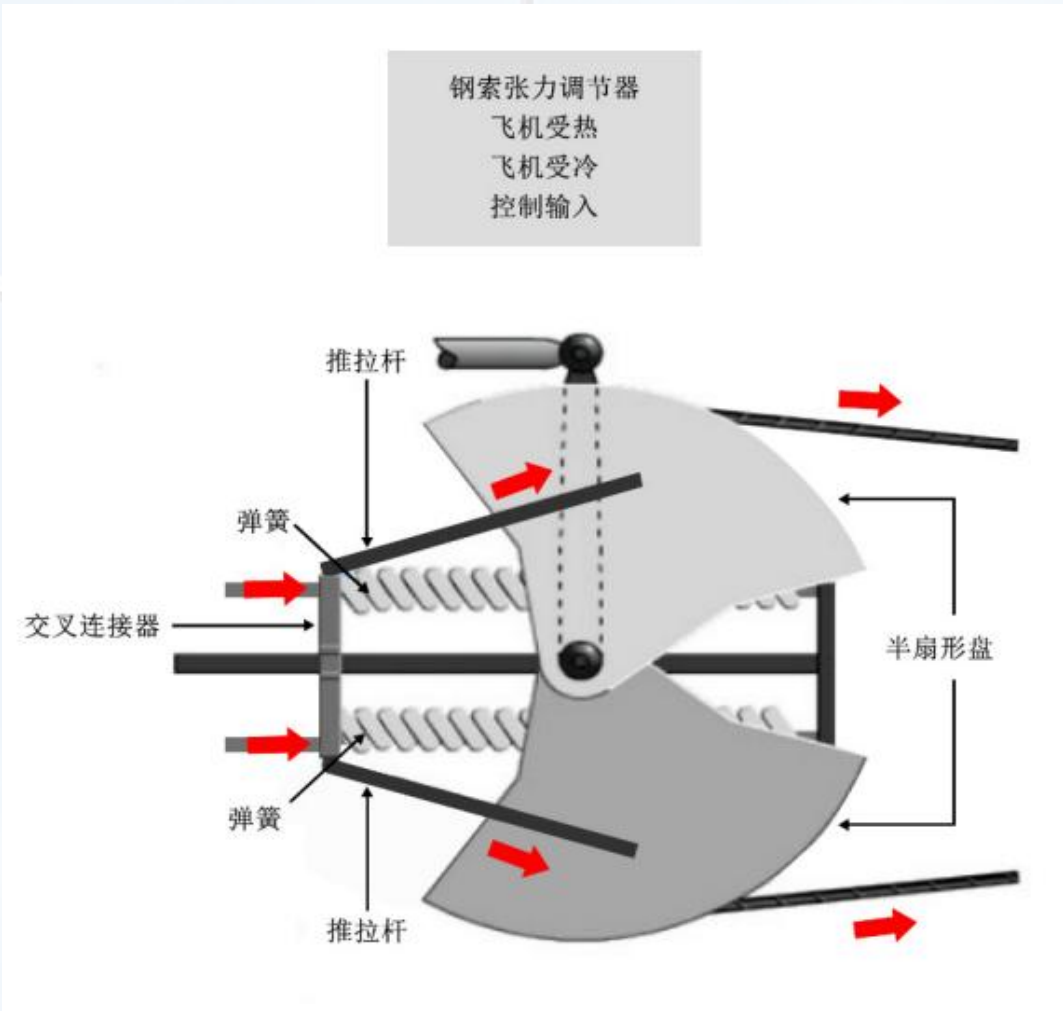
钢索张力调节器确保钢索系统中的张力在不同温度下大致保持恒定。

钢索张力调节器包括：

- ① 安装在一个公共轴上的两瓣扇形盘；
- ② 安装在导向杆上的弹簧加载交叉连接器；
- ③ 推拉杆。

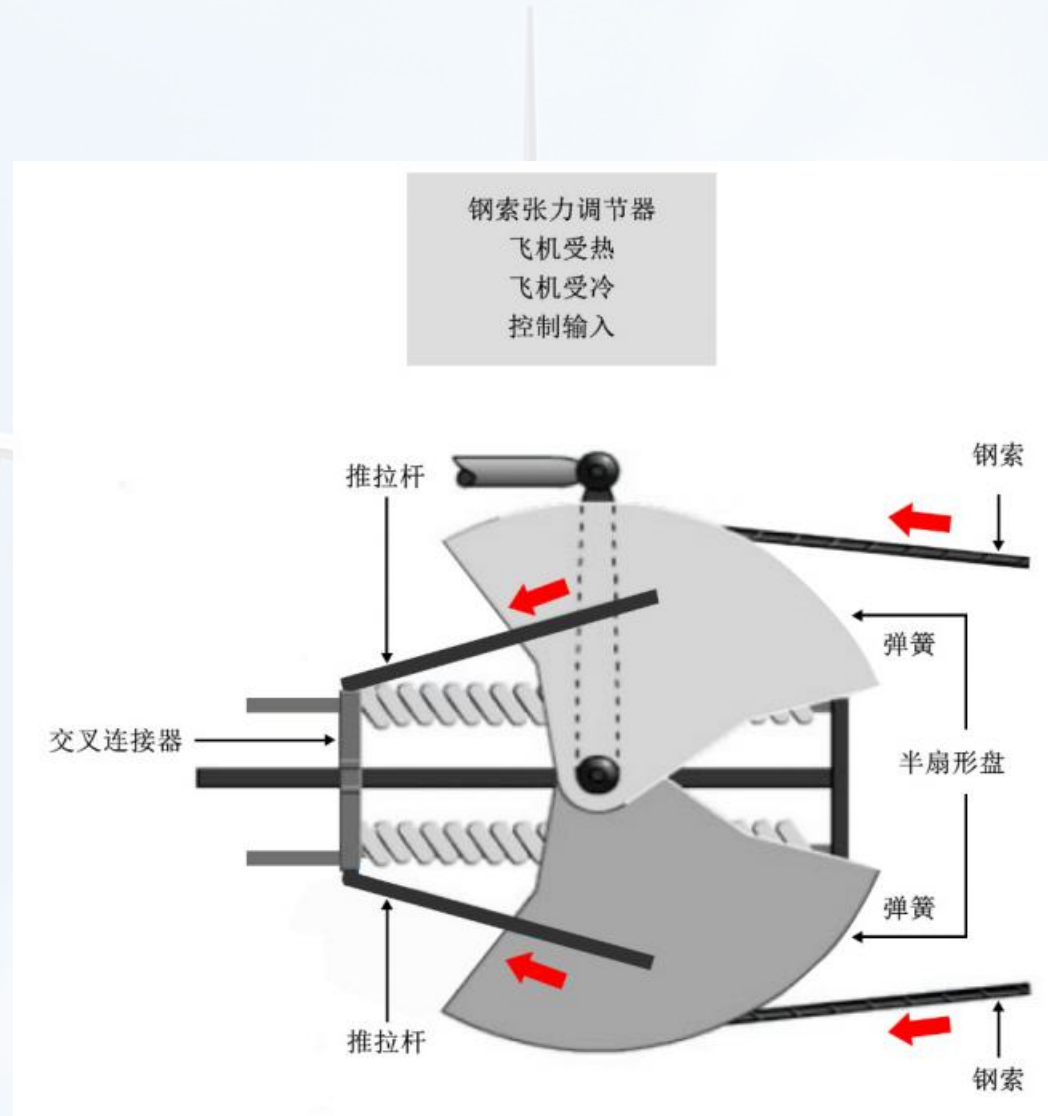


3.3.2.3 传动系统



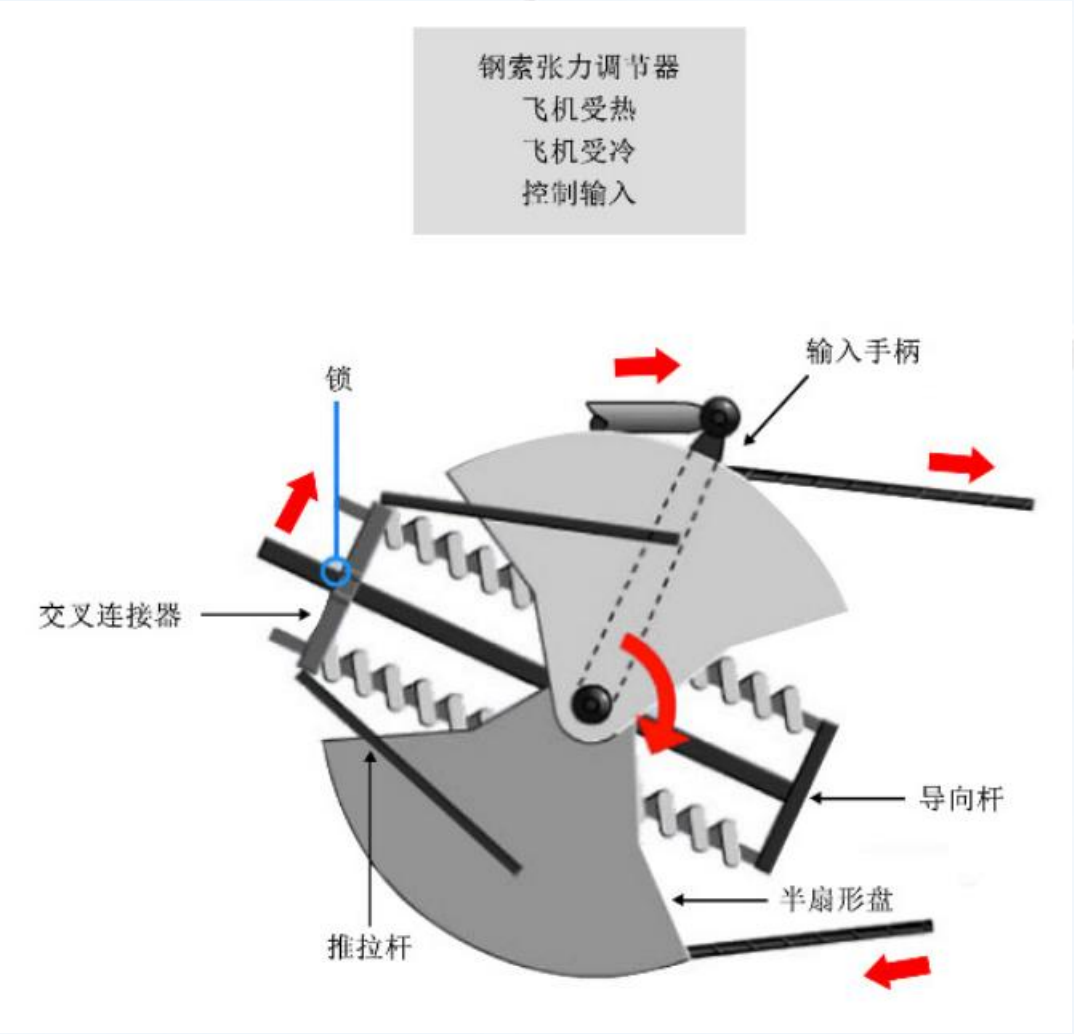
钢索张力调节器 (飞机受热)

3.3.2.3 传动系统



钢索张力调节器（飞机受冷）

3.3.2.3 传动系统



钢索张力调节器（带控制输入）

3.3.2.3 传动系统

2) 其他机械传动

其他常见的机械传动系统有连杆、链条、扭力轴、扭力管和螺旋传动等类型。

连杆分为两种：

可调节连杆和不可调节连杆。

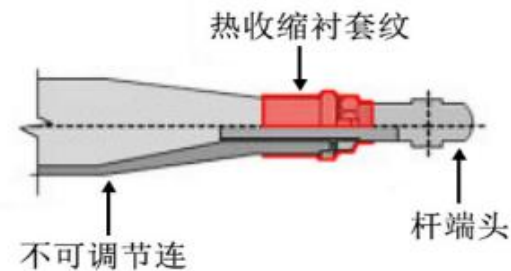
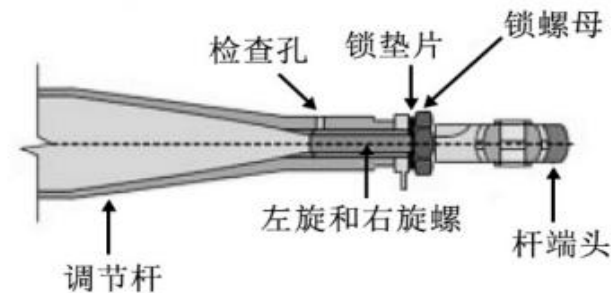
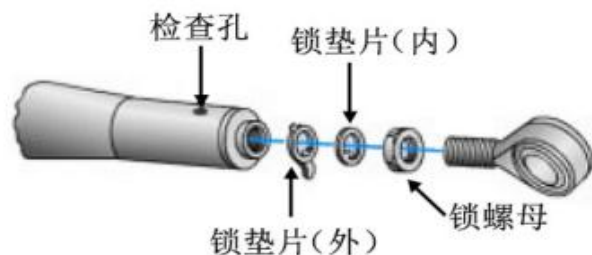
可调节连杆，包括：

- ① 内部和外部锁垫片；
- ② 锁紧螺母；
- ③ 螺纹检查孔：在调整传动

连杆



连杆



3.3.2.3 传动系统

链条也用于向钢索系统传递力，同时也接收来自钢索系统传递的力。

链条装置的主要组成部分包括：

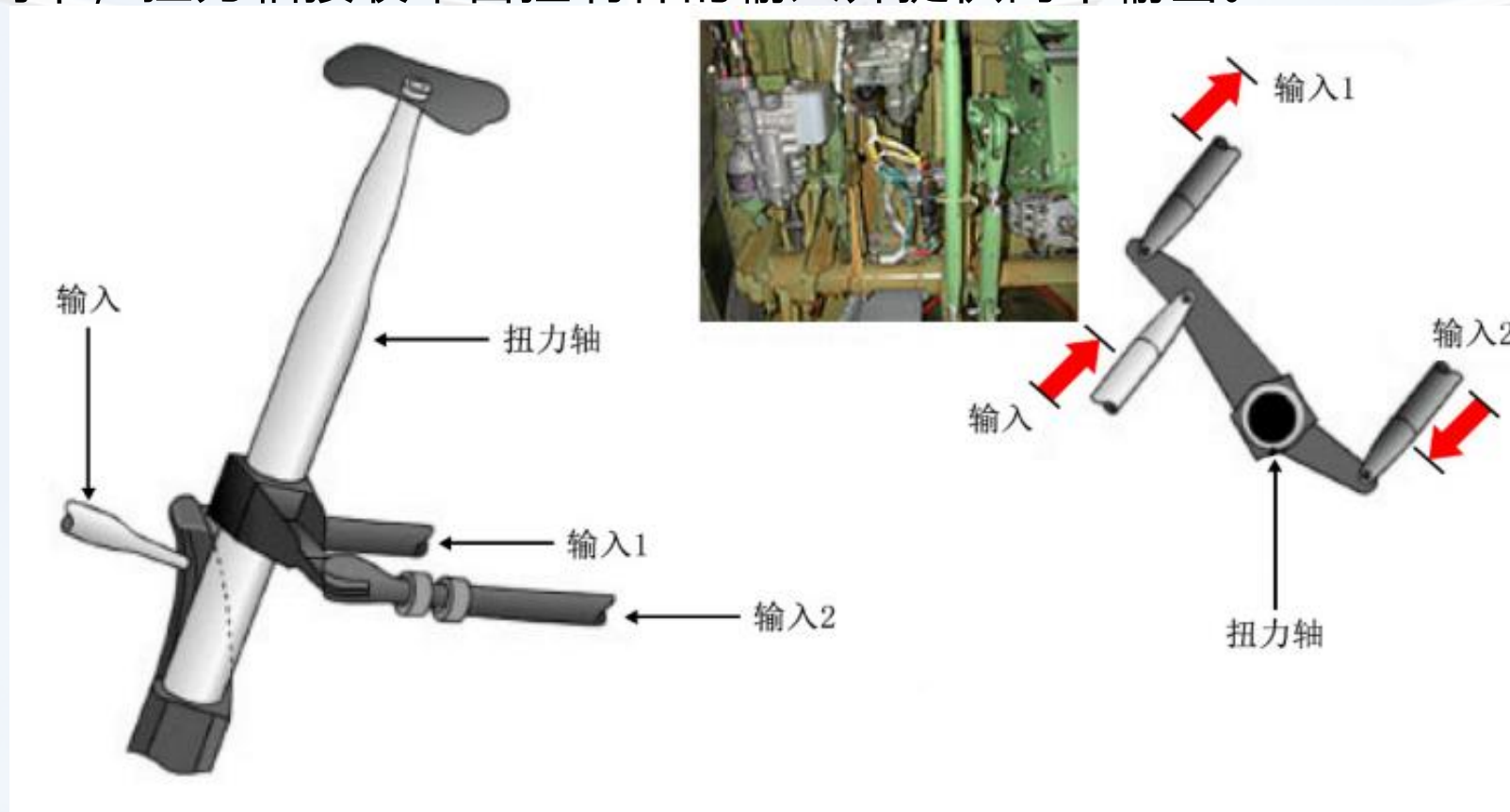
- ①链条；
- ②齿轮；
- ③保护装置。



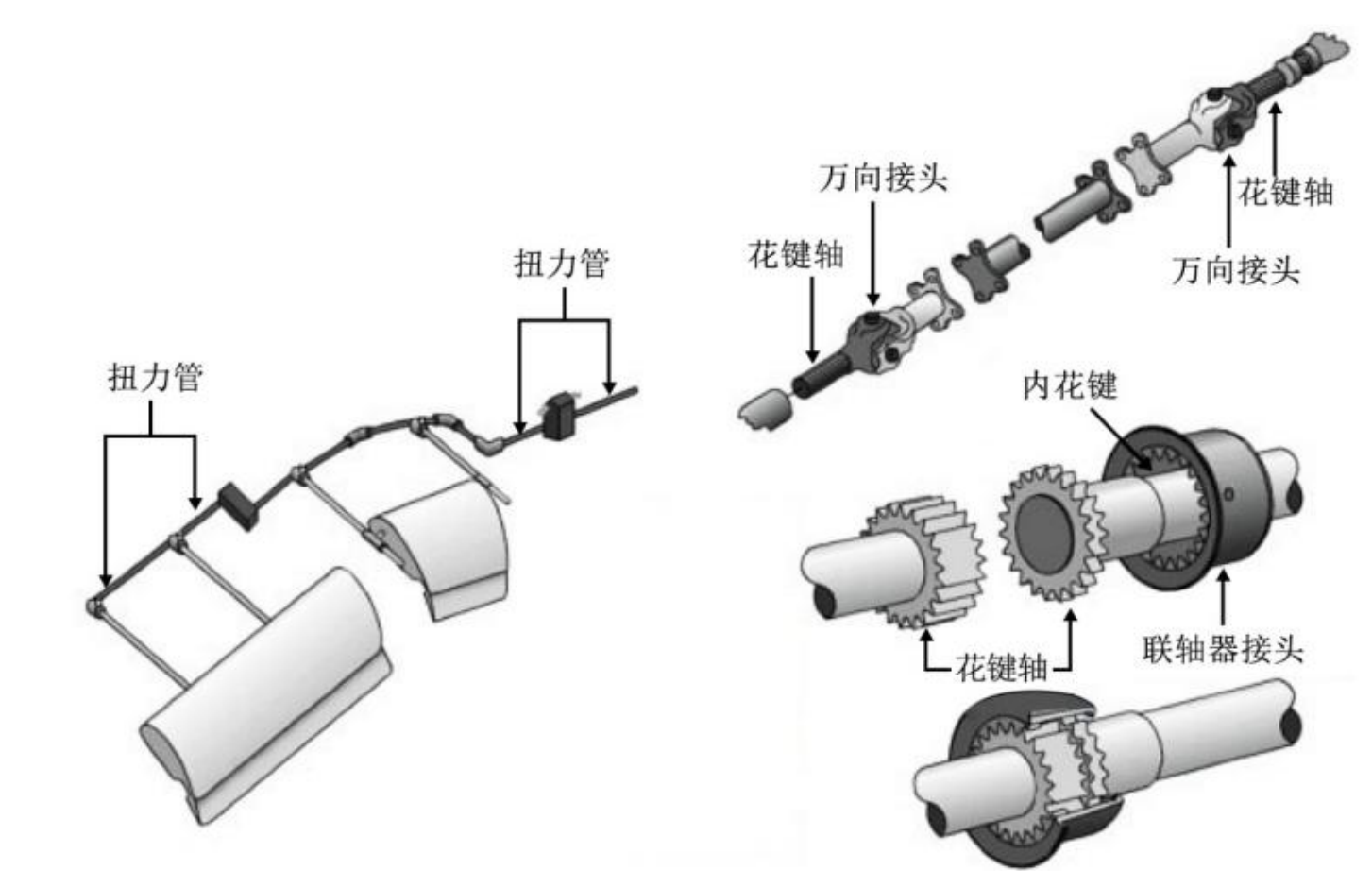
3.3.2.3 传动系统

扭力轴用于传递线性运动的**扭矩**。

示例中，扭力轴接收来自控制杆的输入并提供两个输出。

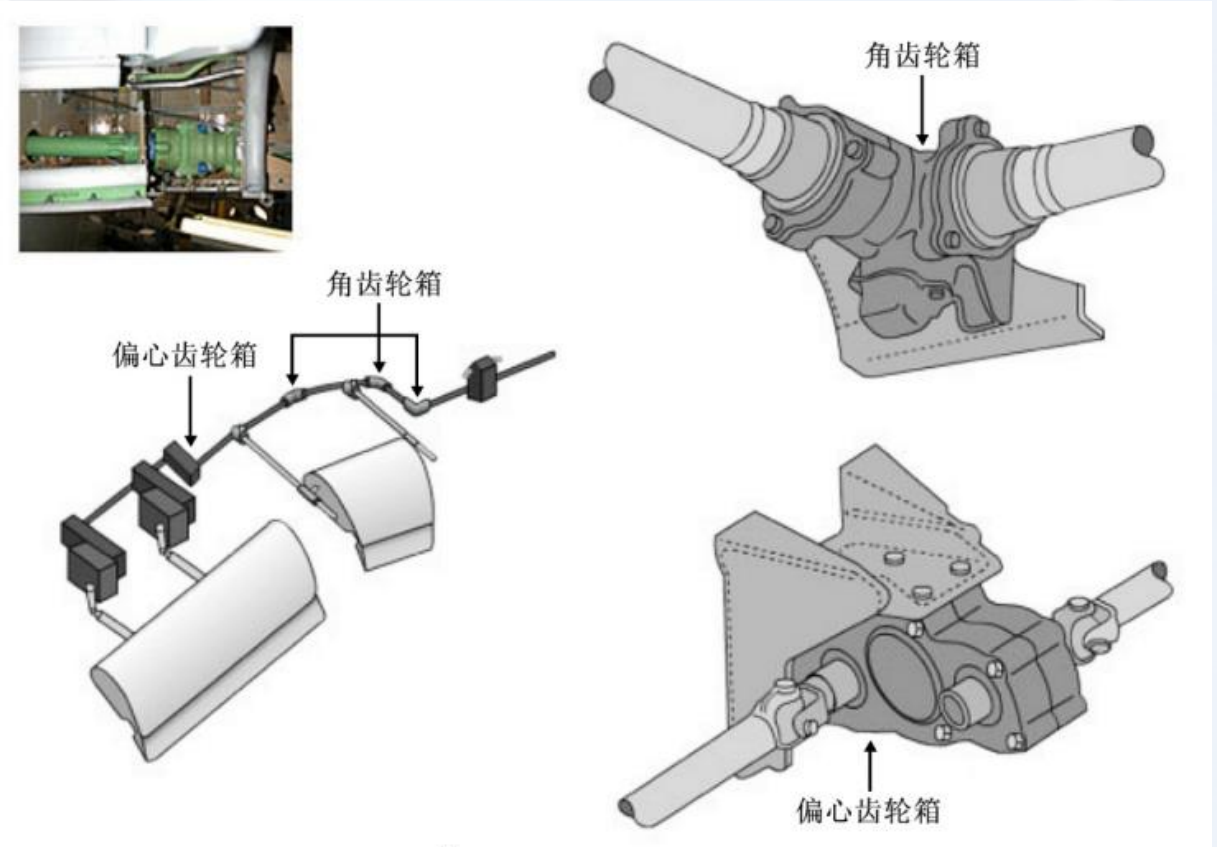


3.3.2.3 传动系统

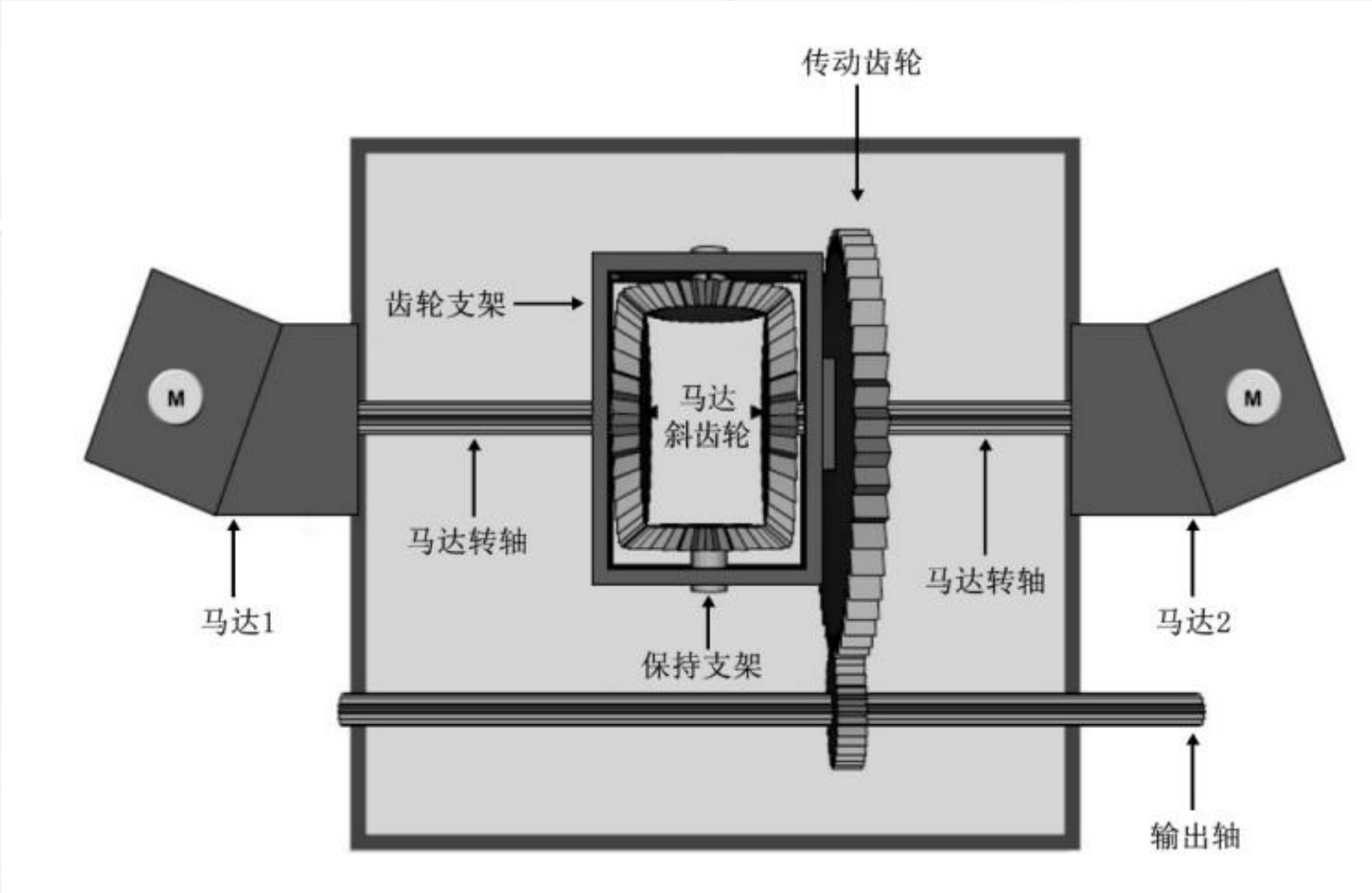


3.3.2.3 传动系统

- 扭力管传动也使用不同类型的齿轮。如：**角齿轮箱**、**偏心齿轮箱**、**转换齿轮箱**以及**差动齿轮**。
- 当动力从一个扭力管传输到另一个扭力管时，角齿轮箱改变其传输方向。角齿轮箱也被称为锥形齿轮箱。
- 偏心齿轮箱是用于向前或向后移动驱动路径，也称为线性齿轮箱。



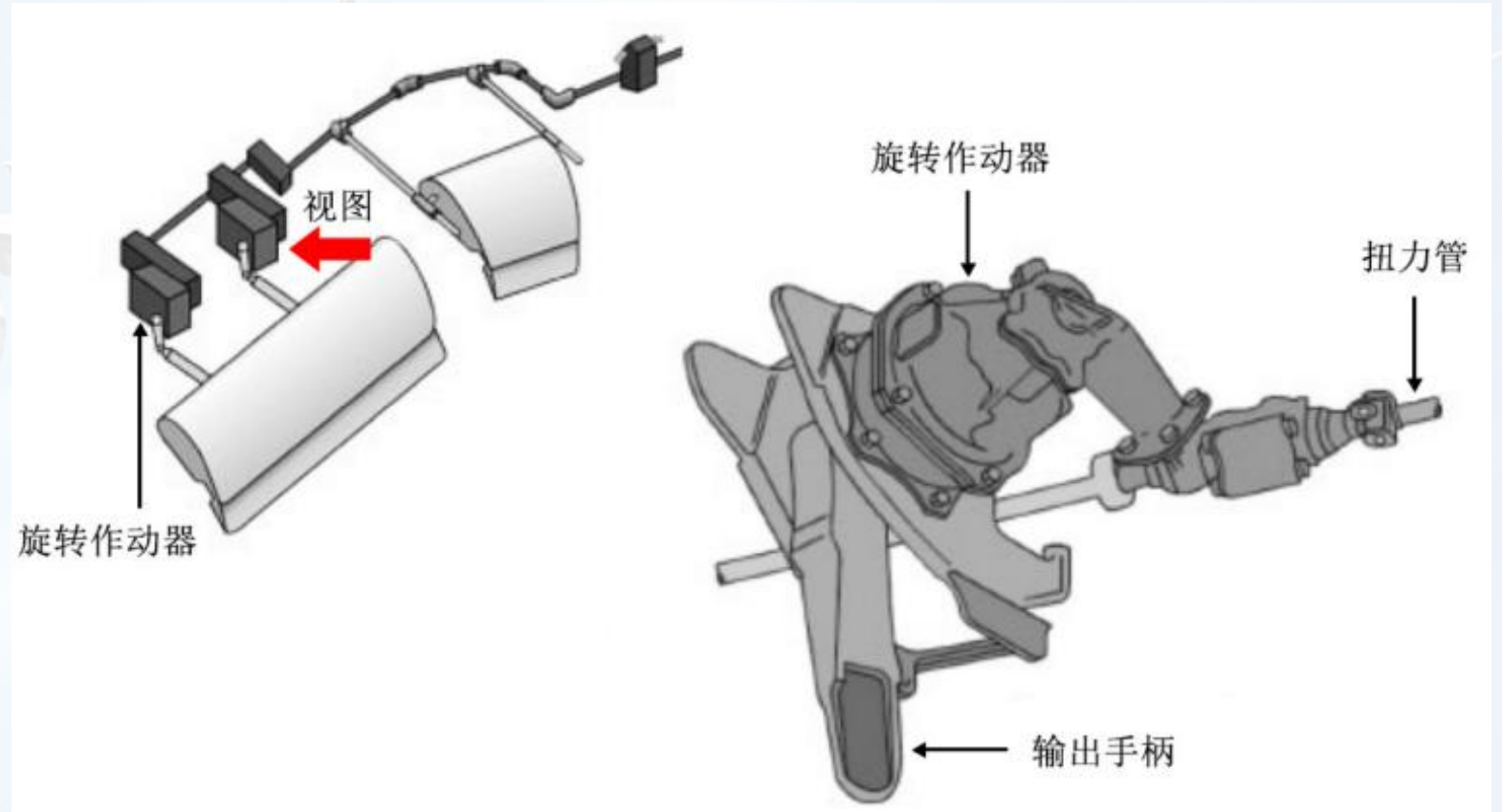
3.3.2.3 传动系统



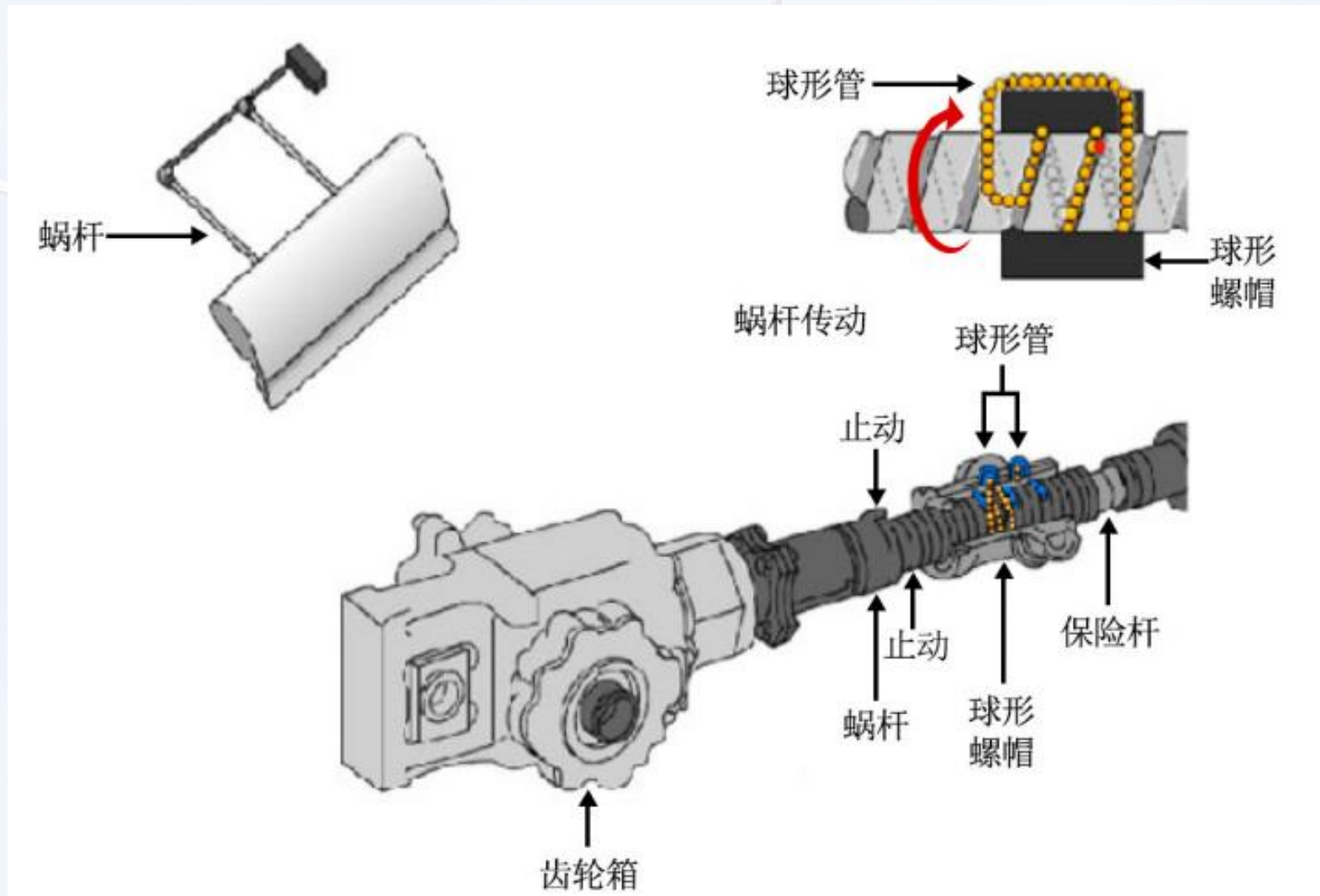
3.3.2.3 传动系统

旋转作动器用于将扭力管的转动传递到输出手柄。

旋转作动器将低扭矩、高速度输入转换为高扭矩、低速度输出。



3.3.2.3 传动系统



3.3.2.3 传动系统

小结：

1、钢索

(①单钢索：只传递拉力。②双钢索：扇形盘、钢索张力调节剂)

2、连杆

3、链条

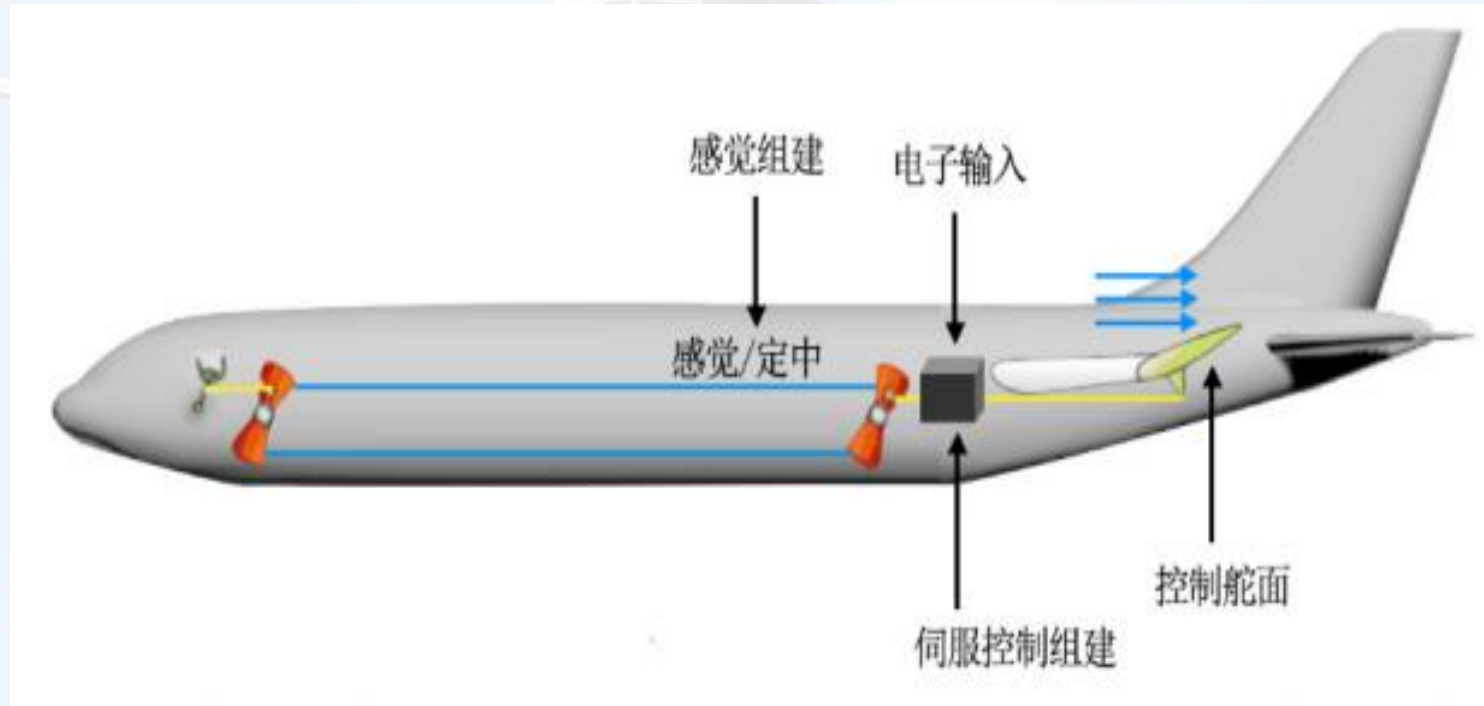
4、扭力轴

5、扭力管

6、螺旋传动

3.3.2.3 传动系统

2、液压传动



3.3.2.3 传动系统

2、液压传动

- 伺服控制组件的输入有：单独电气输入、单独机械输入以及电气和机械混合输入。
- 伺服控制组件也被称为伺服控制作动器或动力组件。

3.3.2.3 传动系统

1) 伺服控制组件

伺服控制组件包括**动力部分和分配部分**。

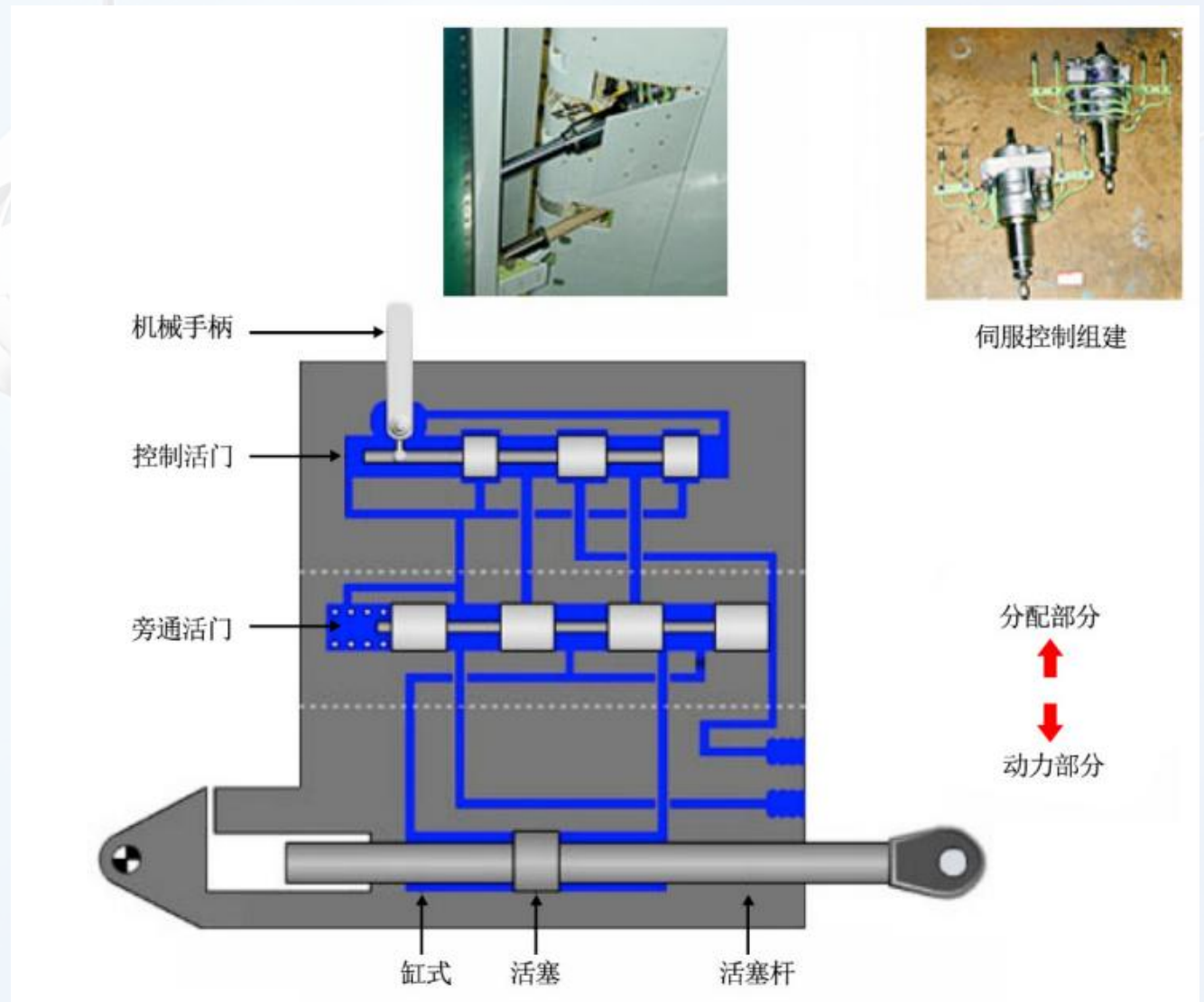
动力部分将液压压力变为机械作动。

动力部分的主要组成包括：

- 1) 液压缸室；
- 2) 活塞；
- 3) 活塞杆。

分配部分主要包括：

- 1) 控制活门；
- 2) 旁通活门。



3.3.2.3 传动系统

伺服控制组件主要有两种工作模式：

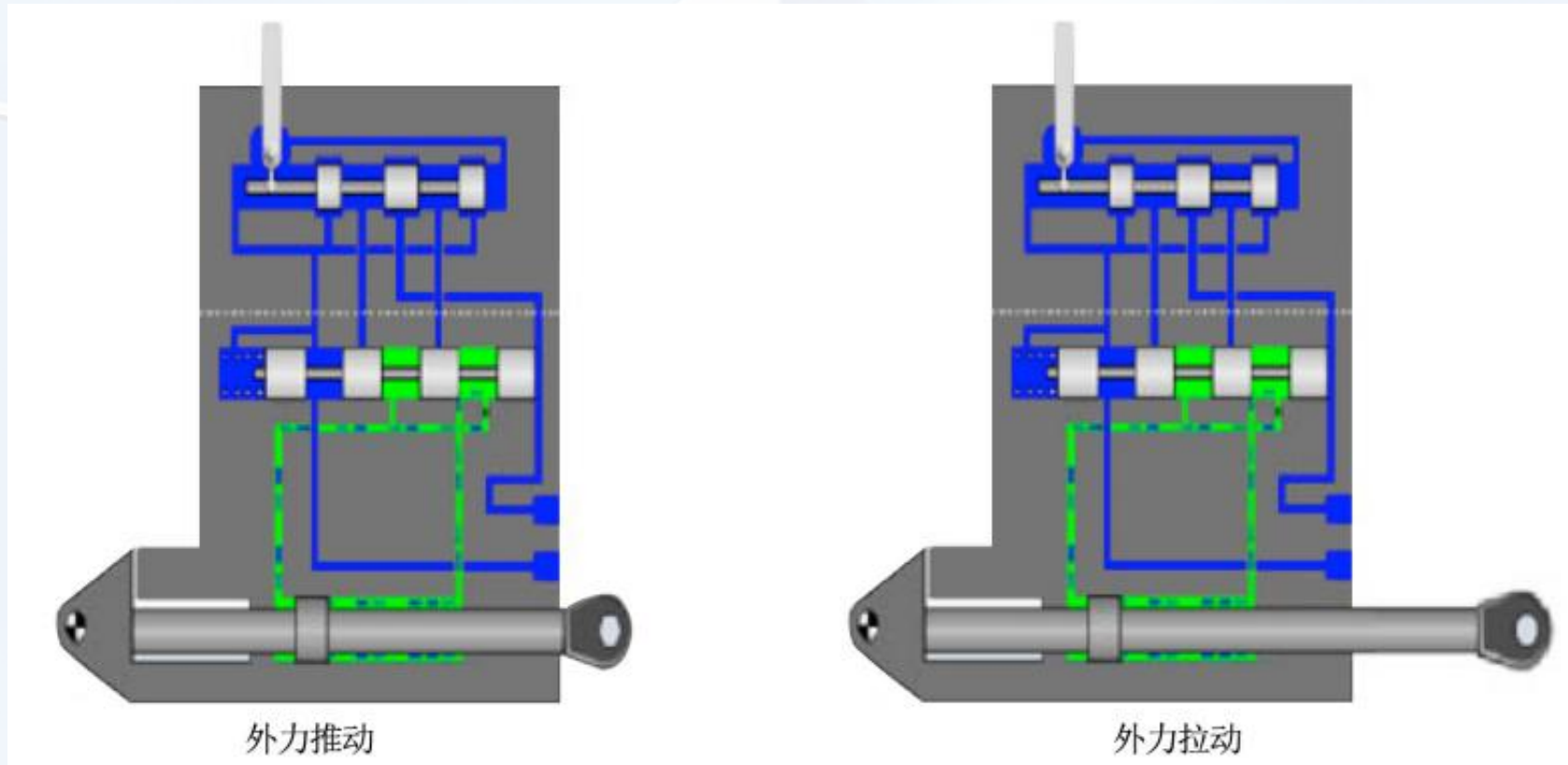
- ① 阻尼模式；
- ② 控制模式也叫激活模式。

在阻尼模式下，伺服控制组件释压，旁通活门由弹簧加载到旁通位置。

当飞机在地面时，阻尼模式作为飞行控制舵面的阵风阻尼器使用。当同一个飞行控制舵面由两个伺服控制组件驱动时，通常一个控制组件工作在激活模式，另一个工作在阻尼模式。

3.3.2.3 传动系统

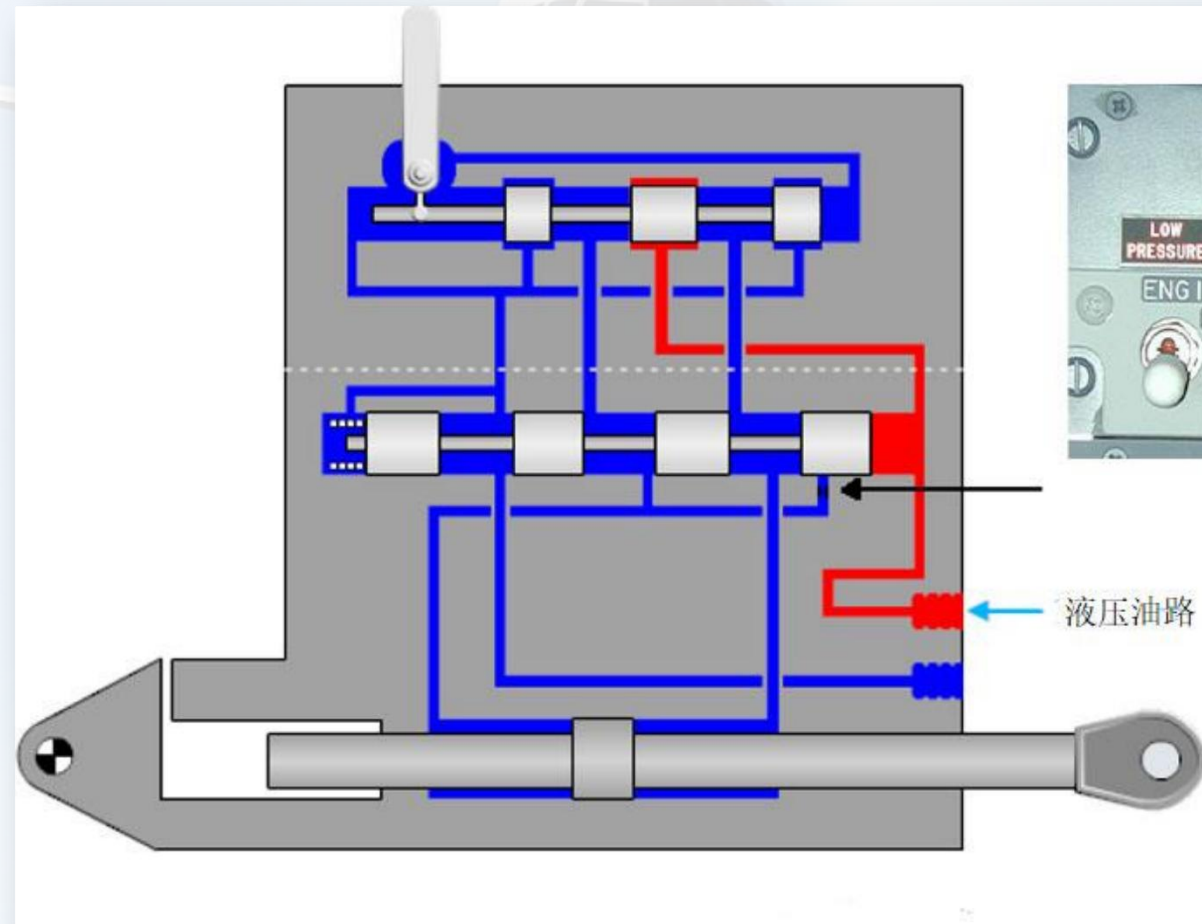
- 阻尼模式



3.3.2.3 传动系统

- 激活模式

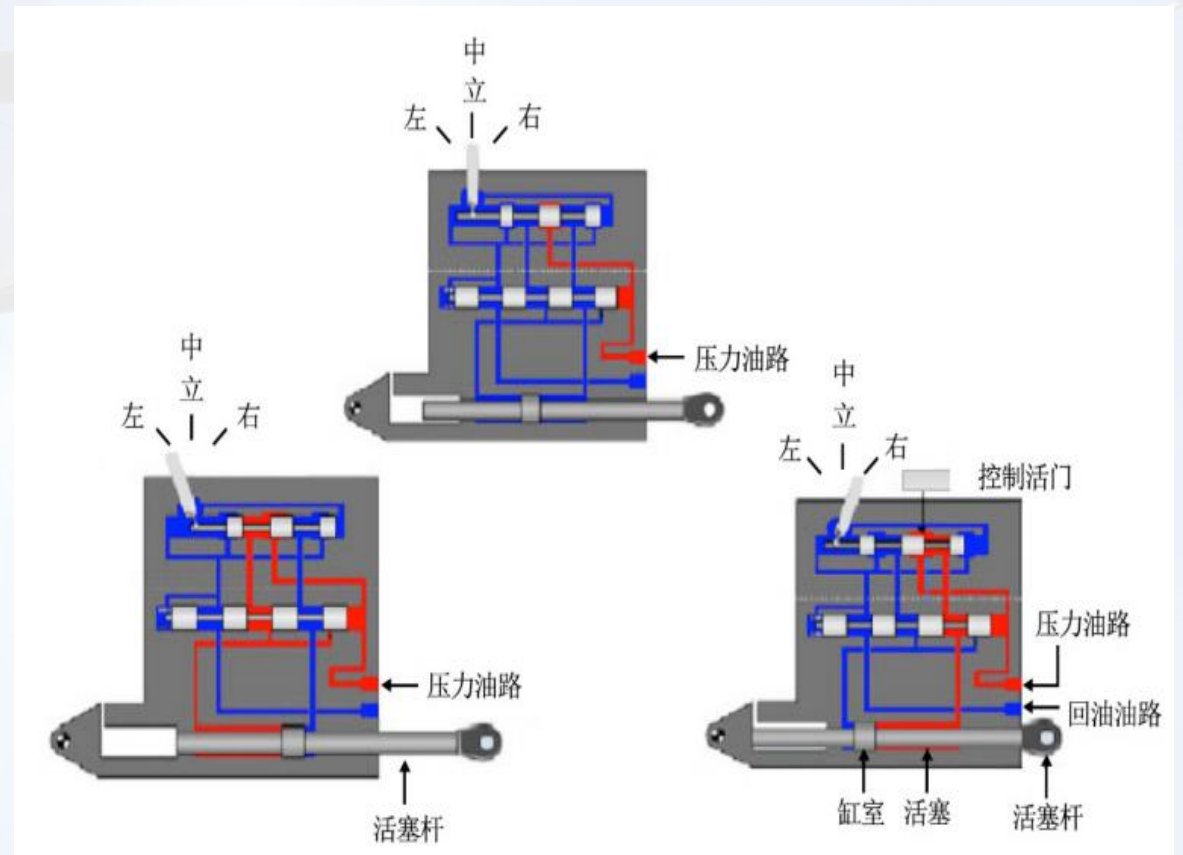
伺服控制组件接通液压，旁通活门就自动压缩弹簧向左移动，此时伺服控制组件工作在激活模式。



3.3.2.3 传动系统

当机械输入手柄处于中立位时，腔室内没有压力。当机械输入手柄**向右移动**时，控制活门向左移动。压力油进入到右腔，左腔连接到回油。此时，右腔的压力大于左腔的压力，导致活塞向左运动；当输入手柄**向左移动**时，发生相反的运动。

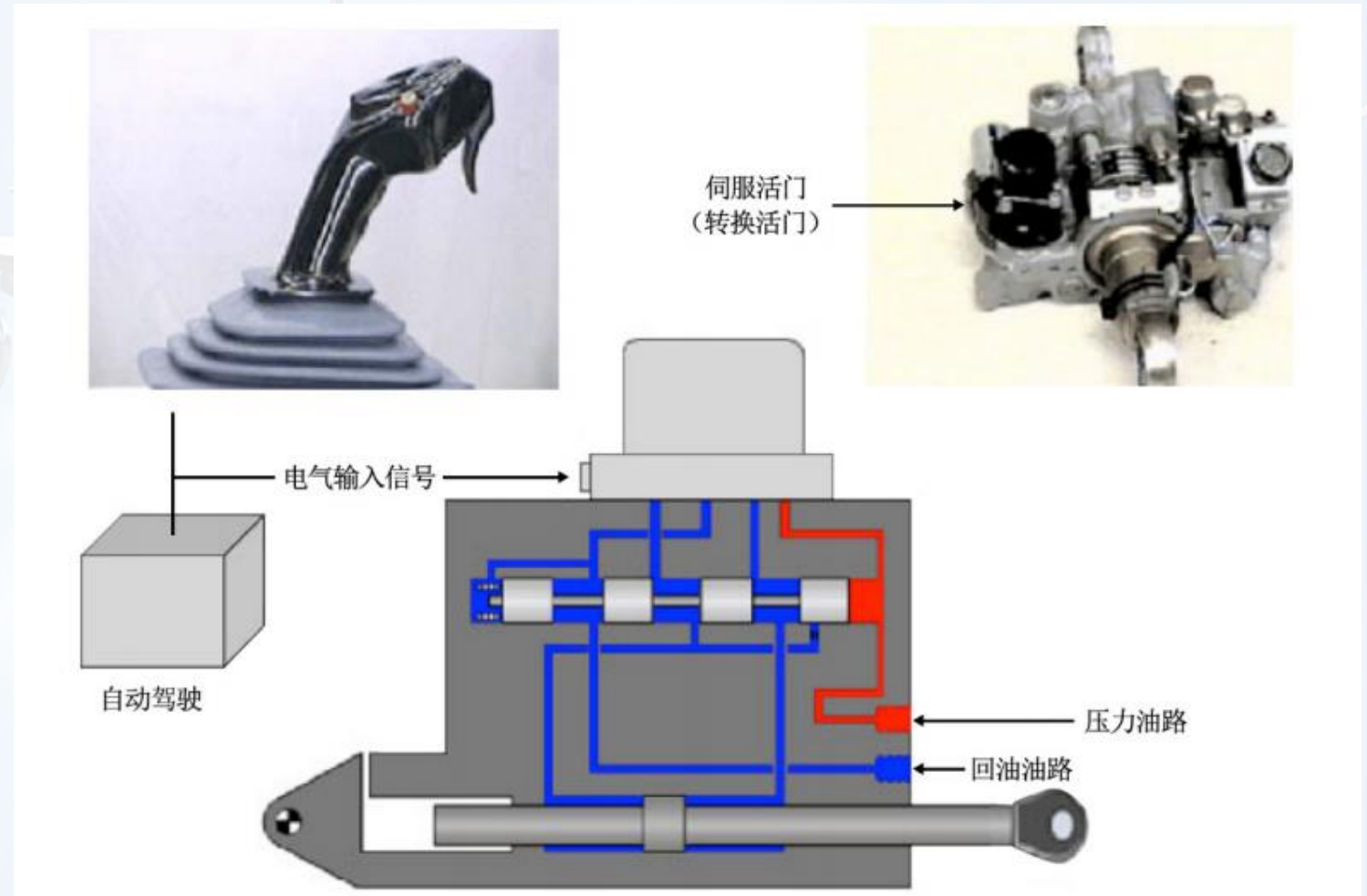
总之当输入手柄**移动到左侧**时，活塞杆向右移动，当输入手柄**移动到右侧**时，活塞杆向左移动。如果要将活塞杆回到**中立位**，输入手柄必须移动到中立位。



输入手柄反应

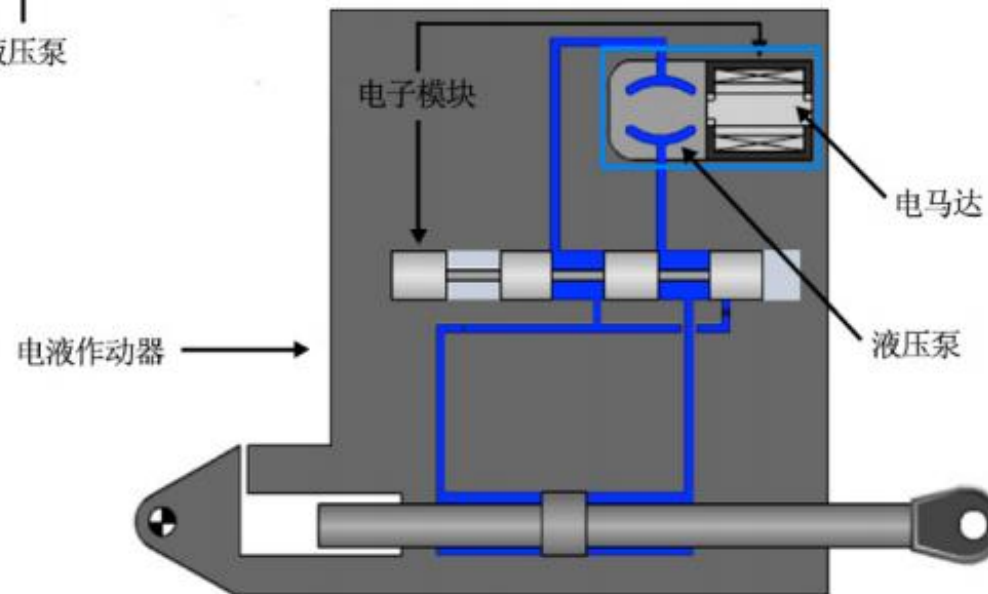
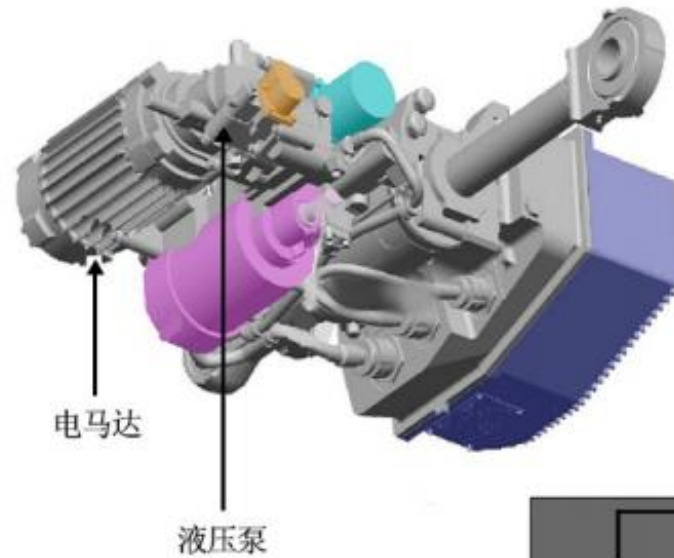
3.3.2.3 传动系统

伺服控制组件也可以通过伺服活门接收电气输入信号。伺服活门将电控信号转换成等比例的液压信号，确保飞行控制系统可以由电传系统或自动驾驶系统进行控制。

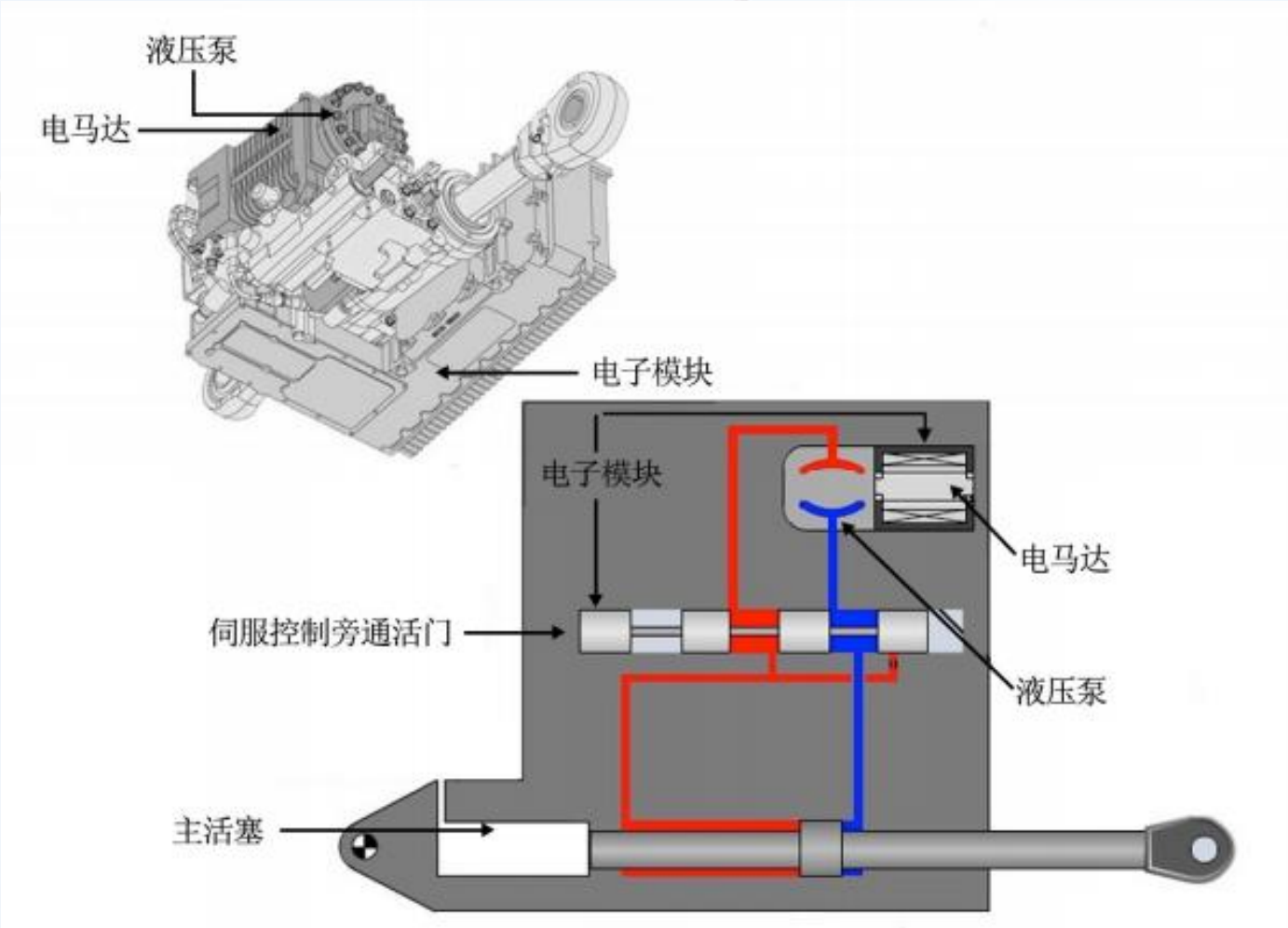


3.3.2.3 传动系统

- 电液作动筒



3.3.2.3 传动系统

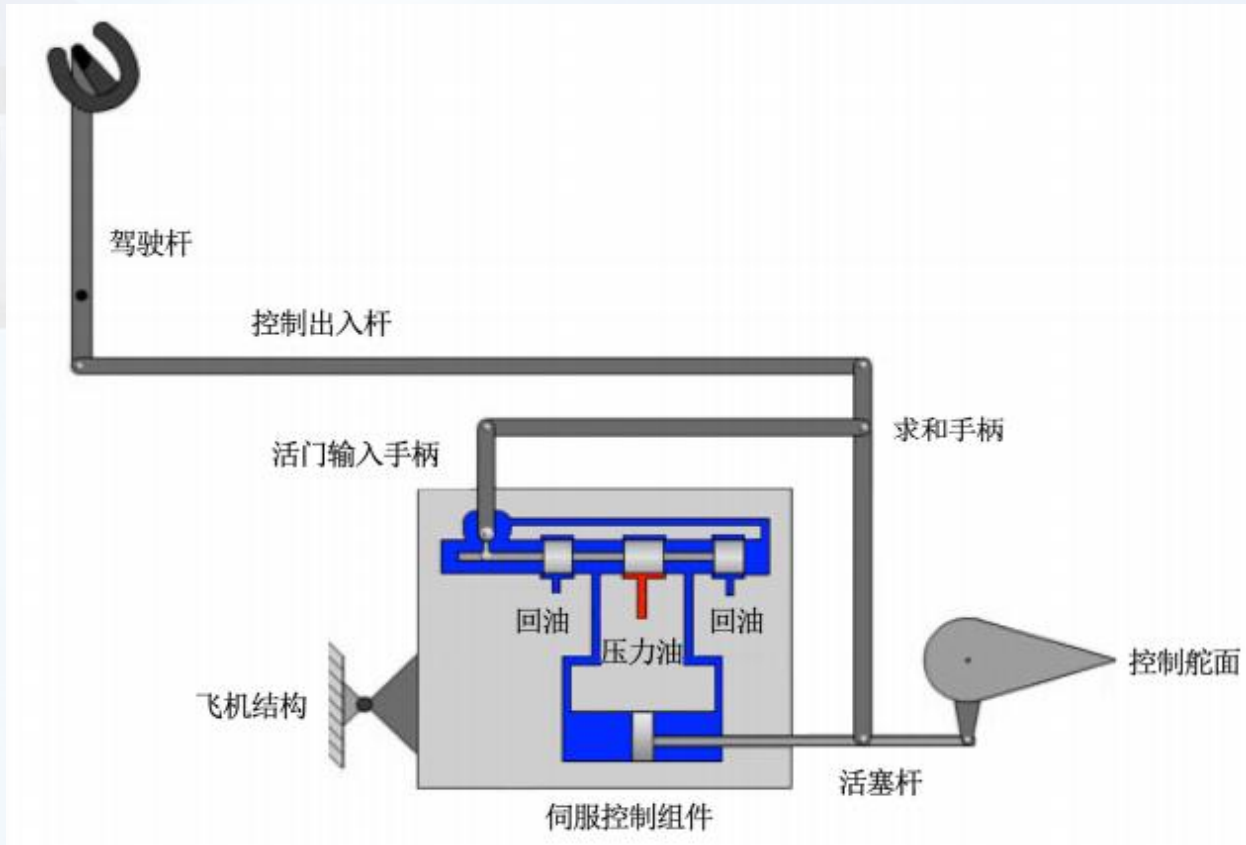


3.3.2.3 传动系统

2) 机械伺服回路

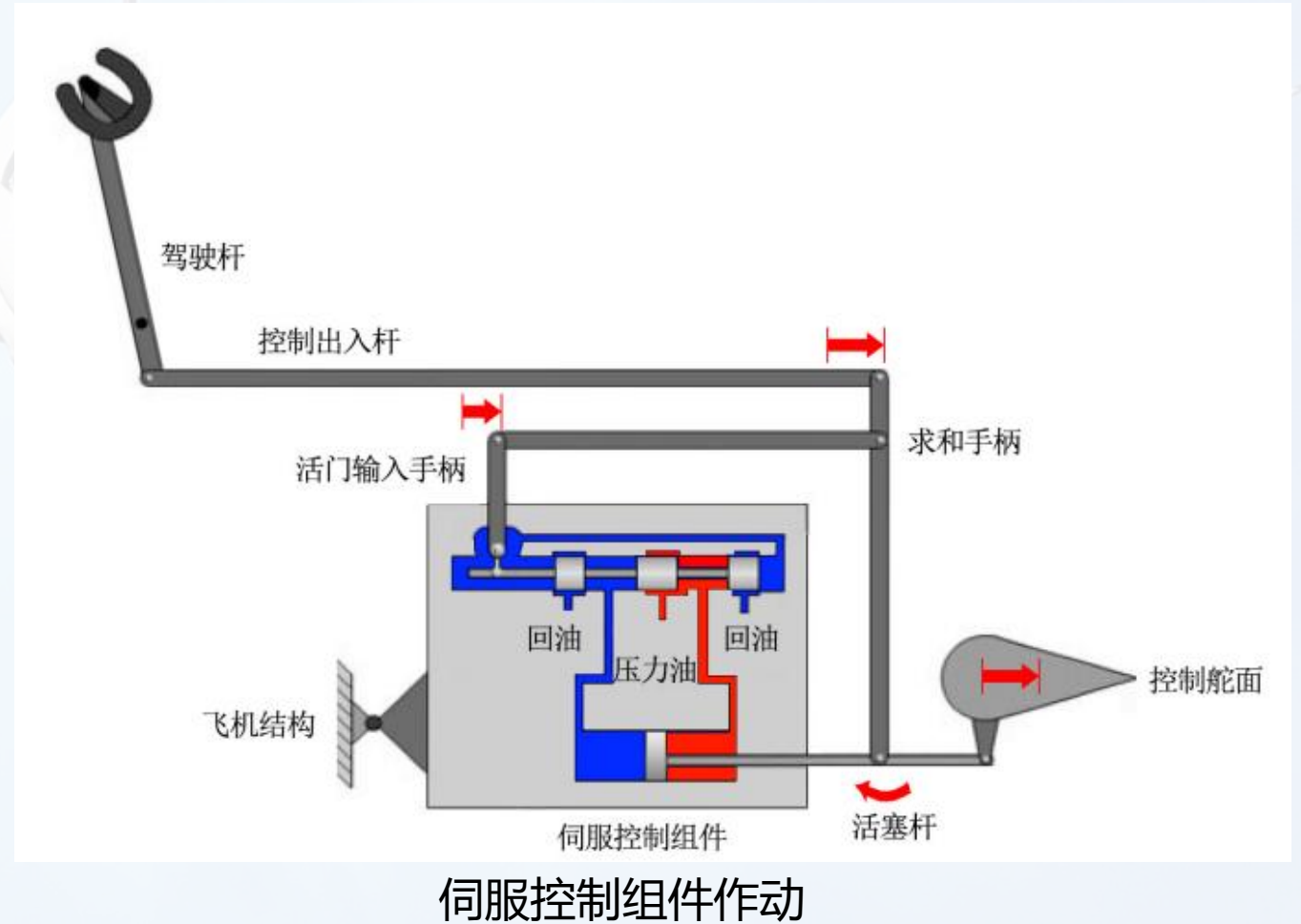
在简化的控制组件内，伺服控制组件的壳体安装在飞机结构上，活塞杆安装在控制舵面上。

如果想要让活塞杆停止到预选位置，就需要一个实际的位置反馈信号。当活塞杆达到预选的位置时，实际的位置信号用于取消活塞移动指令。实际位置信号由一个求和手柄提供。求和手柄一端与控制输入杆相连，另一端与活塞杆相连，中间通过连杆与活门输入手柄相连。



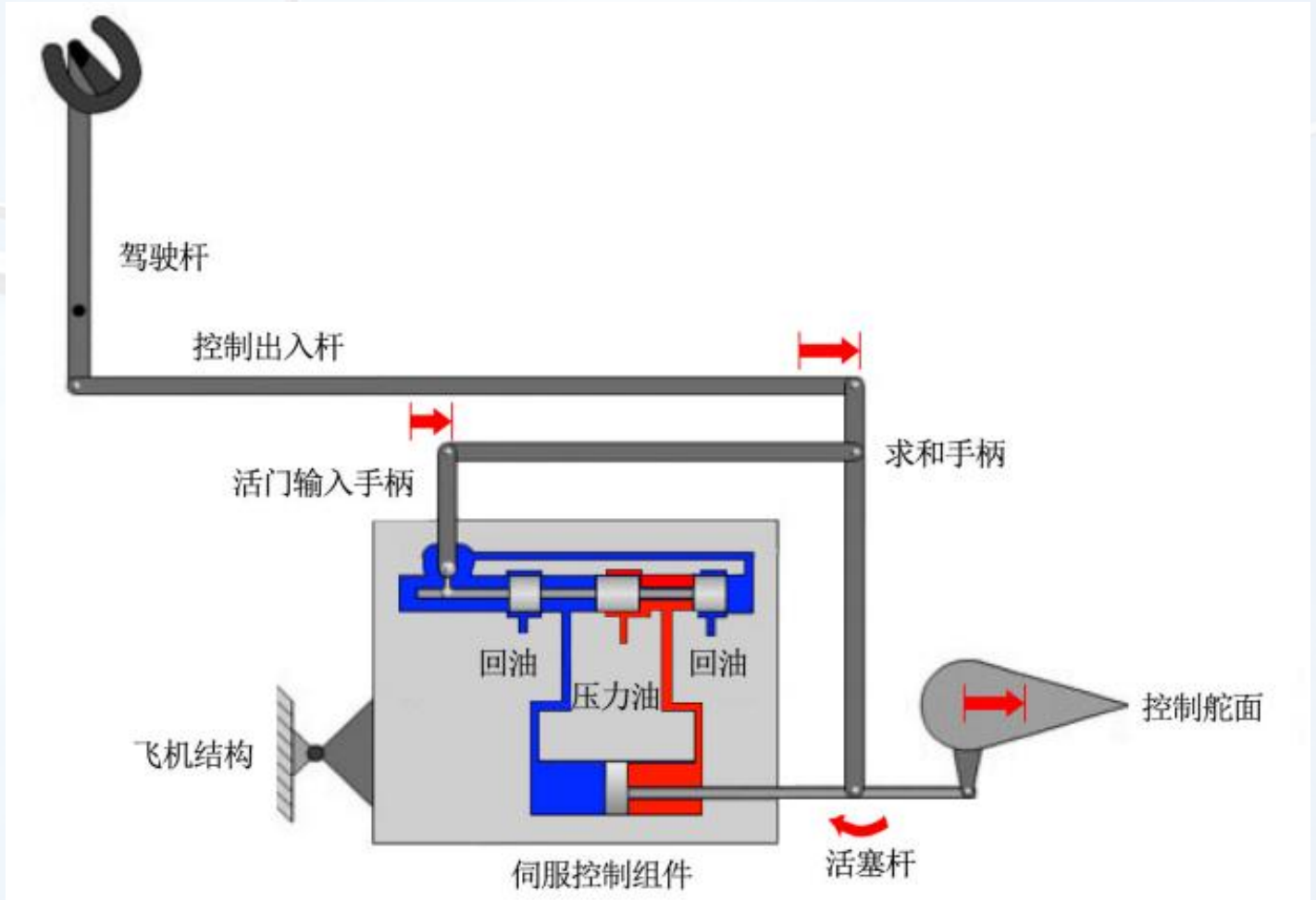
3.3.2.3 传动系统

当前推驾驶杆时，控制输入杆绕活塞杆上的轴心移动求和手柄。连杆带动活门输入手柄，打开控制活门，液压压力进入活塞，活塞一个腔室增压，另一个腔室连接到回油。紧接着，活塞杆移动且操作求和手柄围绕控制输入杆上的轴心移动，舵面开始偏转，活门输入手柄朝中立位移动。该运动一直持续到活门输入手柄移动到中立位，并且将驾驶杆的输入成比例的放大。



3.3.2.3 传动系统

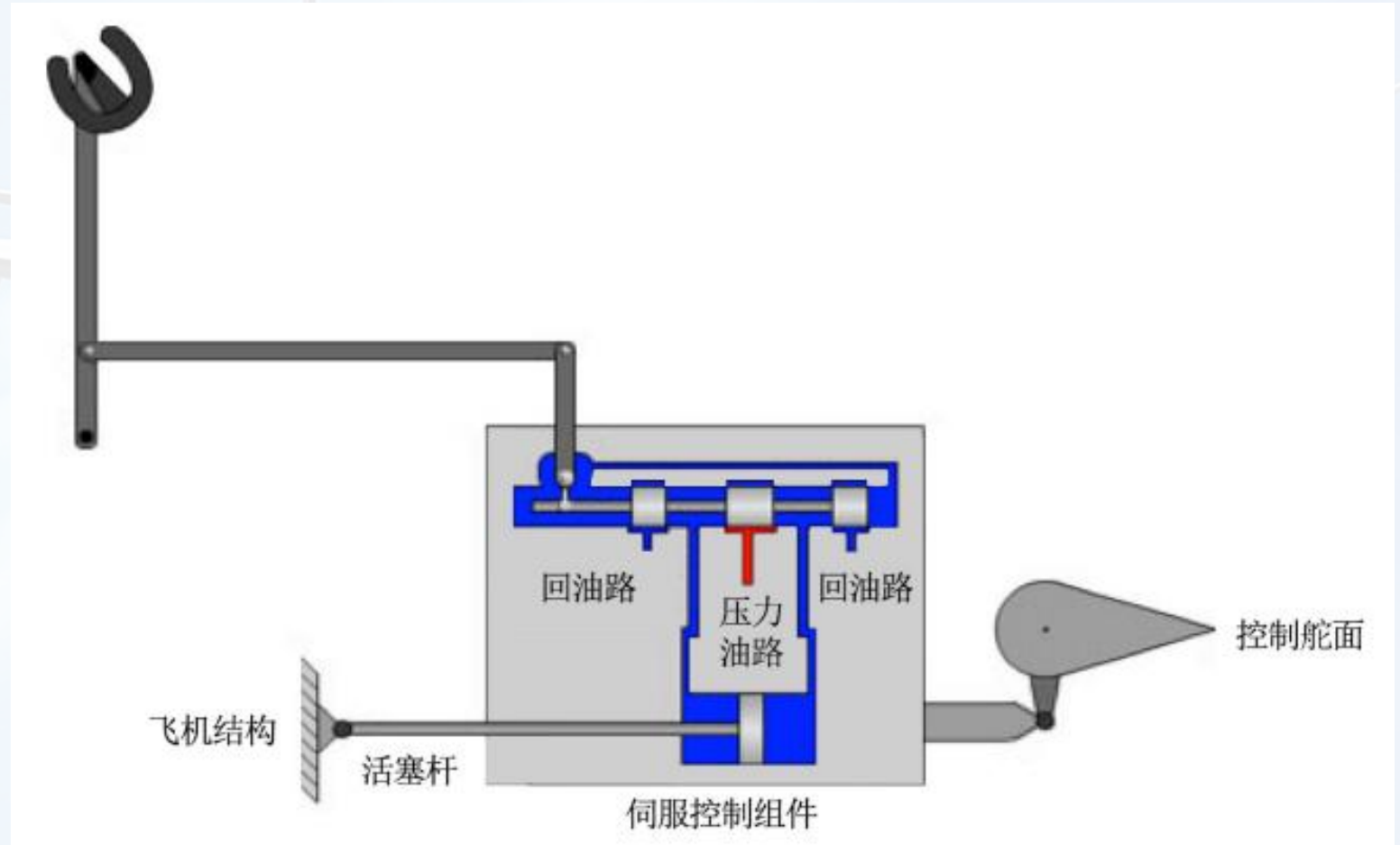
随动总是与输入成比例。
小的输入需要小的随动，而大的输入需要大的随动，以停止舵面继续偏转。只有驾驶杆回到中立位，偏转的舵面才能返回到中立位。



伺服控制组件（中立位）

3.3.2.3 传动系统

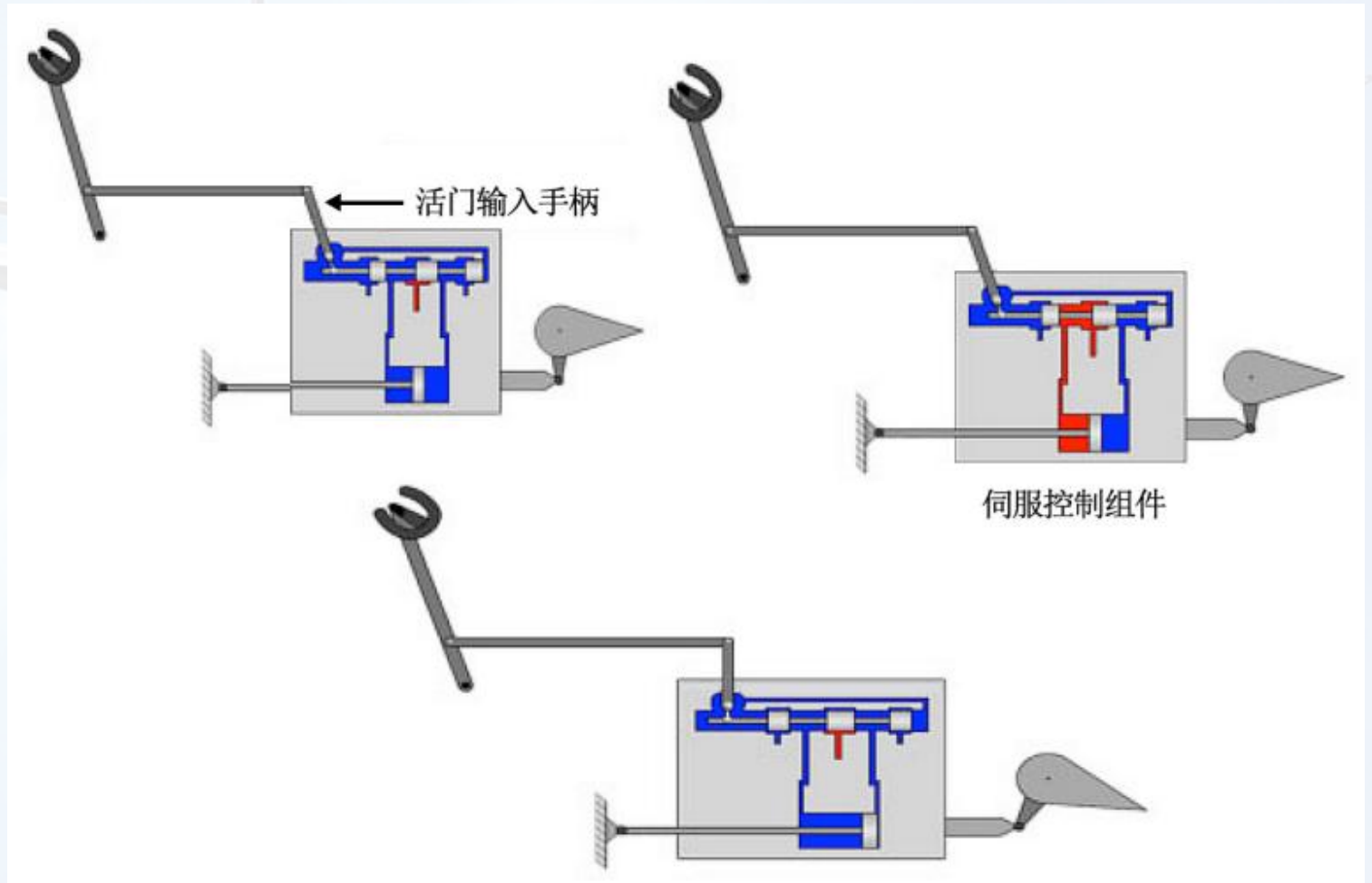
另一种机械伺服回路中，活塞杆安装在飞机结构上，伺服控制组件壳体安装在控制舵面上。与前面介绍的伺服回路输入控制相同，但输出控制有些不同之处。



简单机械伺服回路设计

3.3.2.3 传动系统

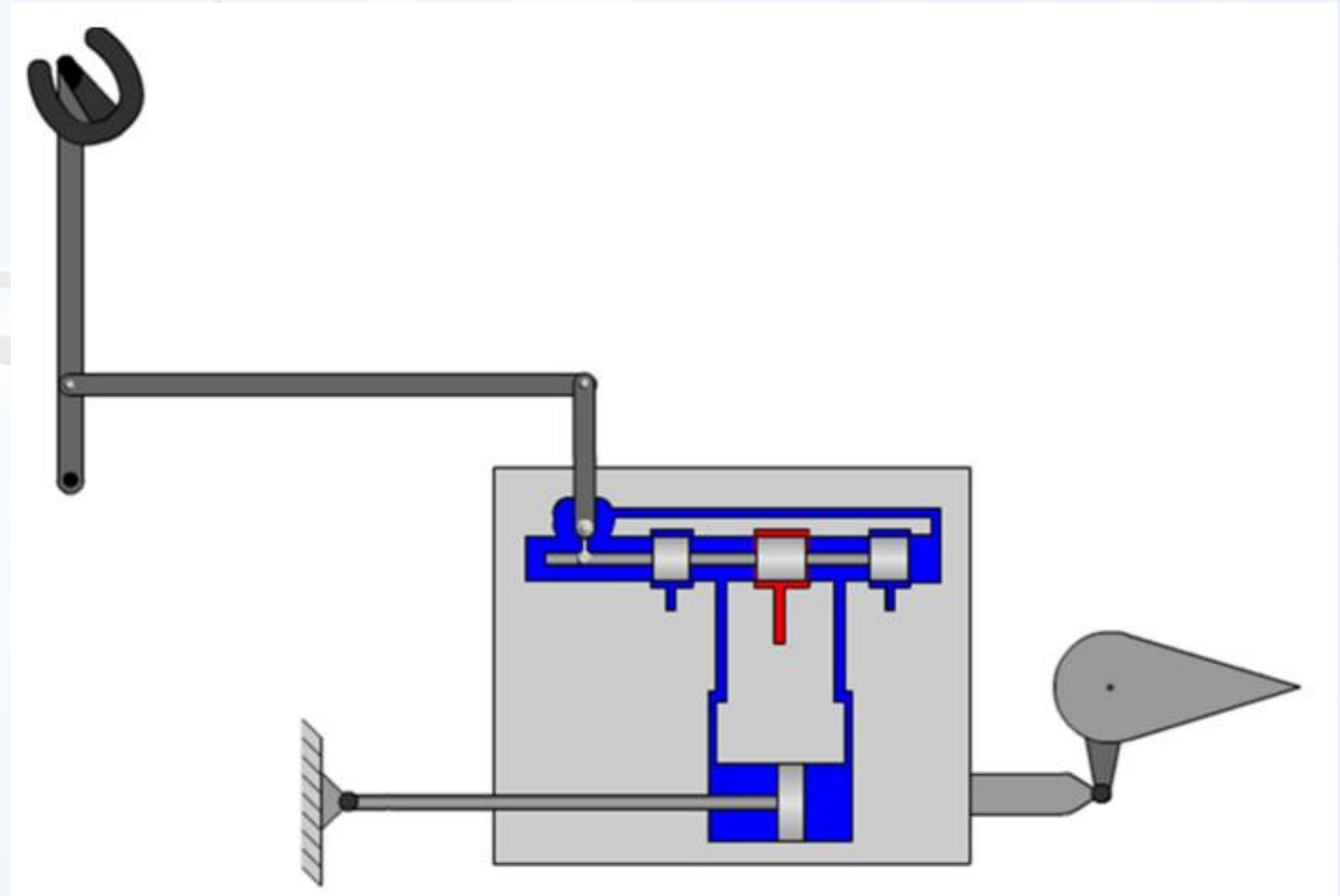
当前推驾驶杆时，移动传递到活门输入手柄。活门输入手柄将控制活门打开，控制活门将液压压力供往活塞的左侧，伺服控制组件壳体向左移动，控制舵面偏转。此时，活门输入手柄朝中立位移动。伺服控制组件壳体继续向左移动，直到活门输入手柄回到中立位，控制活门关闭，切断供向活塞的液压，舵面到达指令位置保持不动。



伺服回路作动

3.3.2.3 传动系统

当驾驶杆回到中立位置时，输入控制手柄和控制舵面全都再次回到中立位



伺服控制组件（中立位）

3.3.2.3 传动系统

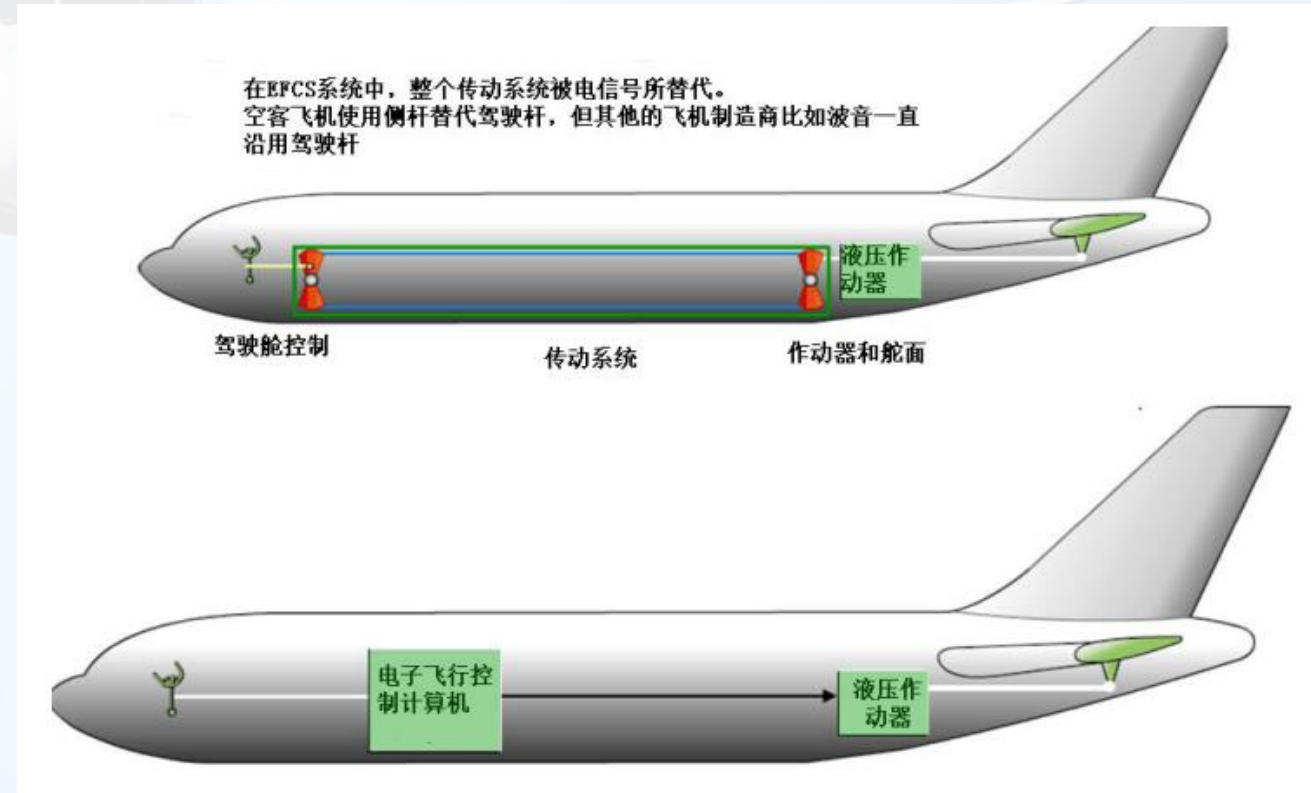
3、电传动

电子飞行控制系统简称 EFCS
(Electronic Flight Control System)
也称为电传系统。

在电传飞行控制系统中，整个传动系统被电气部件所取代，既可以节省重量，又易于维护。

电传动主要电气部件包括：

- 1) 电子飞行控制计算机
- 2) 传感器和用于传输信号的导线



3.3.2.3 传动系统

3、电传动

传统的驾驶杆被机长左侧和副驾驶右侧的侧杆控制器取代。可以节省飞机重量，并在飞行员前部留下了一个自由空间。

当驾驶员通过侧杆为计算机提供输入指令时，计算机计算出必要的输出指令并将其发送给液压作动器，作动器驱动舵面。在接收到舵面位置反馈信号时，计算机取消控制命令。

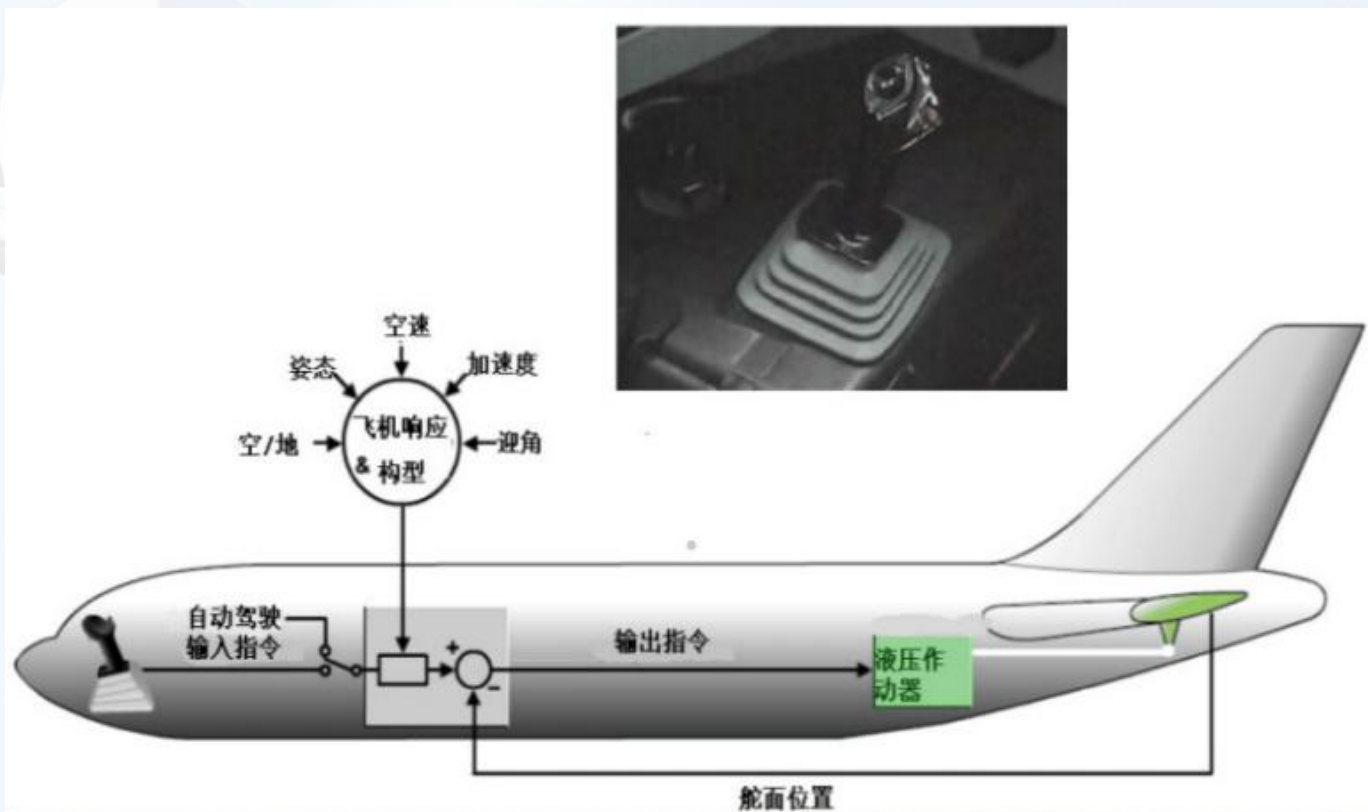
3.3.2.3 传动系统

3、电传动

主要的飞机反馈信号包括：

- ① 飞机横滚和俯仰姿态；
- ② 空速；
- ③ 加速度；
- ④ 迎角；
- ⑤ 空/地状态。

当自动驾驶仪接通时，会代替侧杆为计算机提供输入指令。**驾驶员的输入总是有优先权**，因为当移动侧杆时，自动驾驶就会断开。

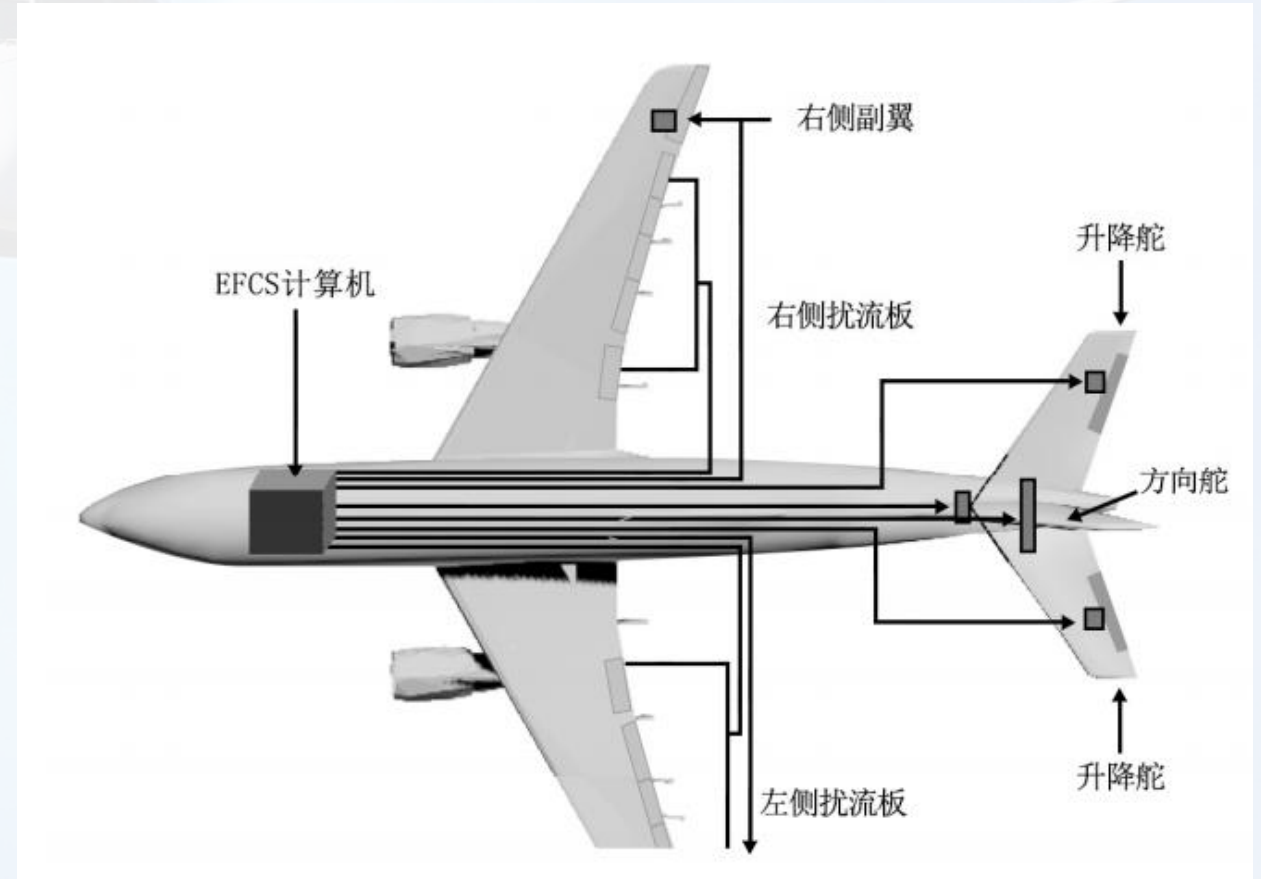


3.3.2.3 传动系统

3、电传动

所有的飞行控制舵面都是通过 EFCS 计算机进行控制的, 包括:

- ① 在两边机翼上用于横滚控制的副翼;
- ② 扰流板,既可以协助副翼进行横滚控制, 又可以用作速度刹车使用;
- ③ 用于偏航控制的方向舵;
- ④ 用于俯仰控制的升降舵;
- ⑤ 用于俯仰配平的水平安定面。



3.3.2.3 传动系统

3、电传动

液压操作的伺服控制作动器接收飞行控制计算机的电信号然后转换成一个机械运动。在每个升降舵和副翼上安装有两个独立的伺服控制作动器。一个作动器在激活模式，用于控制飞机舵面；另一个作动器在阻尼模式，提供阻尼功能。根据飞机类型以及飞行控制计算机和液压系统的可用性，选择哪个作动器在激活模式。



每一个扰流板只安装有一个伺服作动器，因为即使有个别扰流板作动器发生故障，剩下的扰流板依然能够满足操作的需求

3.3.2.3 传动系统

3、电传动

- 电子飞行控制计算机使用来自驾驶舱的控制输入信号，计算飞行控制命令。
- 驾驶舱的控制输入信号包括：
 - 1) 侧杆；
 - 2) 方向舵配平电门；
 - 3) 襟翼手柄；
 - 4) 速度刹车手柄。
- 为了防止所有电子飞行控制计算机失效导致整个飞控系统失效。
- 在某些机型里采用如下设计：方向舵可以通过方向舵脚踏的机械输入，由液压部件作动方向舵；水平安定面可以通过安定面配平手轮的机械输入，由液压部件作动水平安定面。

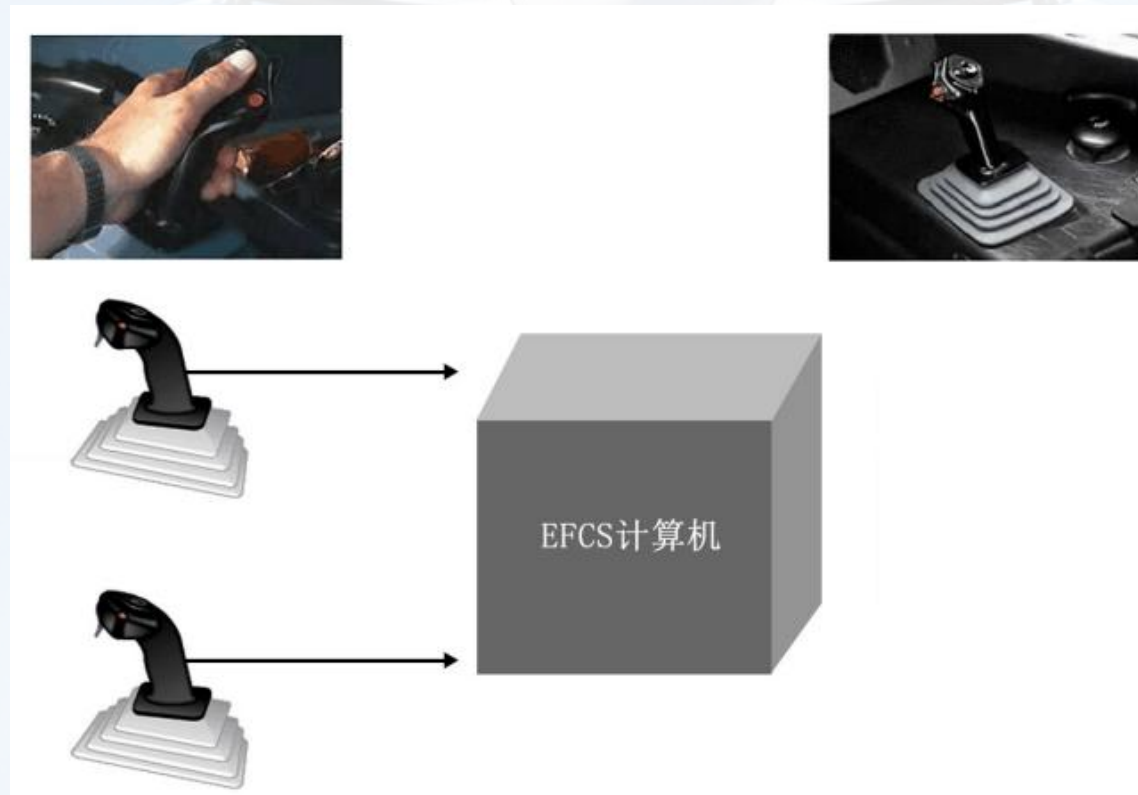


3.3.2.3 传动系统

3、电传动

飞行员与EFCS之间主要的接口是：两个几乎相同的侧杆。

两个侧杆之间唯一的区别是机长侧杆通过左手操作,副驾侧杆通过右手操作。



3.3.2.3 传动系统

小结:		
液压传动:	组件:	缸室、活塞、活塞杆、 控制活门、旁通活门
	工作模式:	阻尼模式 控制模式/激活模式
电传动:	组件:	电子飞行控制计算机 传感器和用于传输信号的电缆
	工作:	① 输出 ② 传送 ③ 输入 ④ 作动 ⑤ 反馈



3.3.2.4 舵面驱动

3.3.2.4 舵面驱动

- 动力舵面驱动主要分为：
 - ① 液压驱动助力
 - ② 电驱动助力
- 飞机上运用最广泛的是液压驱动助力

3.3.2.4 舵面驱动

1、 液压驱动

1) 助力操纵系统分类

液压助力操纵系统分为：

- ① 有回力助力操纵系统
- ② 无回力助力操纵系统

3.3.2.4 舵面驱动

① 有回力助力操纵系统（可逆助力操纵系统）

有回力助力操纵系统：

在有回力助力操纵系统中，克服舵面铰链力矩所需的总操纵力由**驾驶员施加的力和液压助力器施加的力叠加**而成。即**驾驶员操作舵面的力只是总操纵力的一部分**，而这部分操作力可以为驾驶员提供操作感觉。

3.3.2.4 舵面驱动

① 有回力助力操纵系统（可逆助力操纵系统）

回力和总的舵面驱动力的比值叫**回力比**。

使用回力比较小的助力操纵系统可以对铰链力矩较大时的舵面进行操纵（如低空急剧偏转舵面或高速飞行时偏转舵面），保证驾驶杆力不致过大；但是在舵面铰链力矩较小时，此系统会使驾驶员感觉驾驶杆太“轻”，这对驾驶员凭杆力来操纵飞机是非常不利的。所以，在有回力的助力操纵系统中，通常还要安装载荷感觉器，以适当增加驾驶杆力并用于自动定中。

3.3.2.4 舵面驱动

① 有回力助力操纵系统（可逆助力操纵系统）

有回力助力操纵系统特点是：在驾驶员松杆飞行时，如果飞机遇到强烈的不稳定气流，则舵面在突加的阵风载荷下，可以自动偏转一些角度，从而避免舵面结构受力过大。但这种情况属于飞机舵面的非指令性作动，对飞行本身来说是不希望出现的。

3.3.2.4 舵面驱动

②无回力助力操纵系统（不可逆助力操纵系统）

无回力助力操纵系统：

在无回力操纵系统中，克服舵面铰链力矩所需的操纵力**全部由液压助力器提供**。为了使驾驶员在操纵驾驶杆时仍然能有有力的感觉，在无回力助力系统中采用了载荷感觉器。它能使驾驶杆力随舵面偏转角、飞机速度、高度等变化，给驾驶员以应有的操纵感觉。

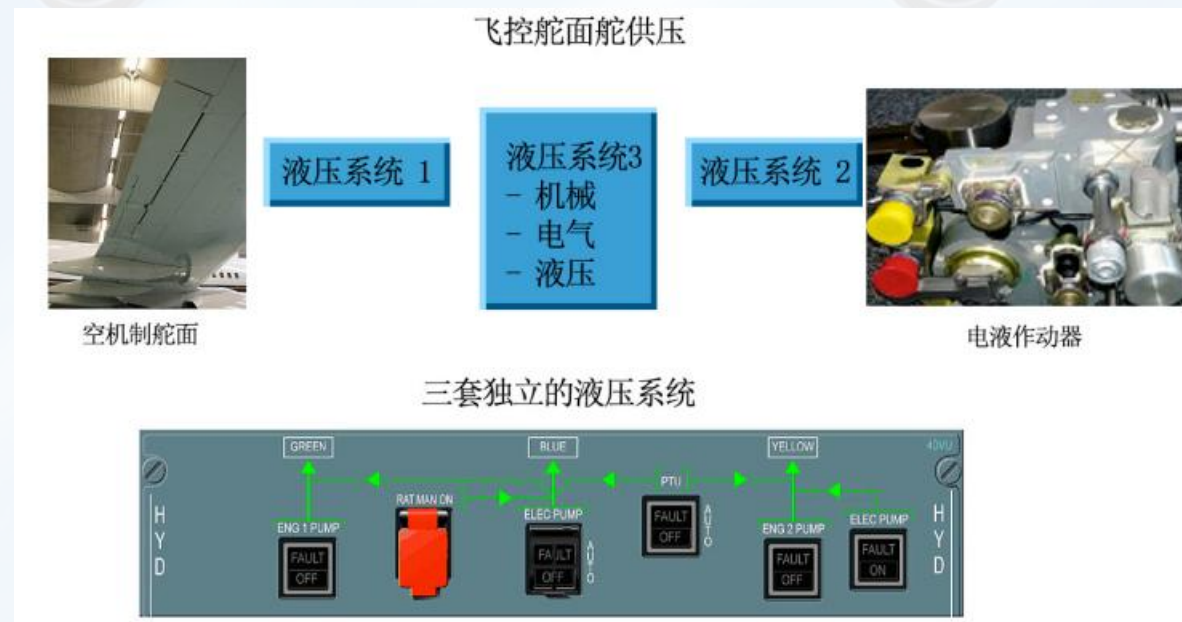
3.3.2.4 舵面驱动

②无回力助力操纵系统（不可逆助力操纵系统）

无回力助力操纵系统特点是：在飞行中即使驾驶员放松驾驶杆，飞机舵面在空气动力的作用下，也不能自由偏转，这对飞机舵面结构受力是不利的。

3.3.2.4 舵面驱动

现代飞机系统通常**至少**需要**两套**独立的液压系统，以确保液压作动的舵面可控制飞机围绕三个轴运动。若这两个液压系统在极低概率下发生故障，则需要第三套液压系统来控制飞机舵面。在有些飞行操纵系统中，使用机械连杆液压助力操纵舵面；还有些飞机使用电液系统操纵舵面。而大多数商用飞机，都采用了电液执行机构，即用电力作为输入，通过液压驱动舵面。



3.3.2.4 舵面驱动

2) 液压助力器的性能分析

液压助力器的各项工作性能中，与维护、使用关系最为密切的是：

- ① 快速性
- ② 灵敏性
- ③ 稳定性

3.3.2.4 舵面驱动

① 快速性

液压助力器的快速性是指助力器的传动活塞在液压作用下，能以多大速度运动的性能。快速性直接影响舵面偏转的最大角速度，从而影响飞机的操纵性。

影响液压助力器快速性的因素有：**流量、密封性**。

当进入助力器的油液流量越大时，传动活塞就运动的越快；

液压助力的快速性，还与它的密封性有关。

3.3.2.4 舵面驱动

①快速性

改善和保持助力器快速性的措施：

- 保持助力器游动间隙的正常；
- 用专门的助力液压系统；
- 保证传动活塞的活塞、活塞杆与外筒内壁接触的摩擦力在正常范围内；
- 在外筒两端和传动活塞周围装橡胶密封圈；
- 提高内部零件装配精密度；

实践证明，如果由于维护、使用不当或者其他原因而使助力器的快速性变差，驾驶员操纵舵面是就可能感觉驾驶杆“沉重”。当助力器外筒内壁局部受到损伤而使内部密封性变差时，传动活塞在整个行程内的运动速度就会变得不均匀。这时驾驶员会感到驾驶杆在某一段行程内操纵起来不灵活。

3.3.2.4 舵面驱动

2) 液压助力器的性能分析

② 灵敏性

灵敏性：传动活塞迅速地跟随配油活塞运动的能力。

影响灵敏性的因素有：

- 不灵敏范围(配油柱塞在某一范围内活动时，传动活塞并不运动)
- 随从误差(当传动活塞跟随配油柱塞运动时，传动活塞的行程与配油柱塞的行程之间始终存在着一定的差值)

3.3.2.4 舵面驱动

2) 液压助力器的性能分析

② 灵敏性

- 影响助力器不灵敏范围的主要因素是在配油柱塞的凸缘与它所遮盖的通油孔之间，通常有一定的交叠量。还与它的密封性以及传动活塞上的载荷和摩擦力的大小有关。助力器内有空气时，不灵敏范围也要增大。
- 影响助力器的随从误差主要因素是，助力器传动活塞的运动速度是随通油孔开度而改变的。助力器的随从误差是由其工作特点带来的，在传动活塞的运动过程中是不可避免的。

3.3.2.4 舵面驱动

2) 液压助力器的性能分析

② 灵敏性

液压助力器通常都有一定的不灵敏范围，而在助力器的工作过程中，又不可避免地要出现随从误差。经验表明，如果不灵敏范围适当，随从误差不大，是不会影响飞机的正常操纵的。然而，如果他们的数值过大，舵面与驾驶杆之间的动作就会不协调，在机动飞行中就可能影响飞行员准确地操纵飞机。因此，维护工作必须根据上述内容，注意防止助力器的不灵敏范围和随从误差增大，以保证助力器的灵敏性符合要求。

3.3.2.4 舵面驱动

2) 液压助力器的性能分析

③ 稳定性

稳定性：液压助力器在外部扰动作用消失后，能够迅速、自动地恢复到原来的工作状态的能力。

影响稳定性的因素：

传动机构连接部分的间隙。如果从驾驶杆到助力器之间的传动机构中，各连接点的间隙过大，液压助力器的稳定性会显著变差。当它受到外部扰动作用后，就容易发生振动。**油液中混杂着空气**，也会使助力器的稳定性变差。**操纵系统各部分的摩擦力**，对于助力器的稳定性有很多影响。摩擦力的方向始终与助力器的各零件的运动方向相反的，所以它通常能起到减弱振动的作用。

3.3.2.4 舵面驱动

3) 感觉定中组件

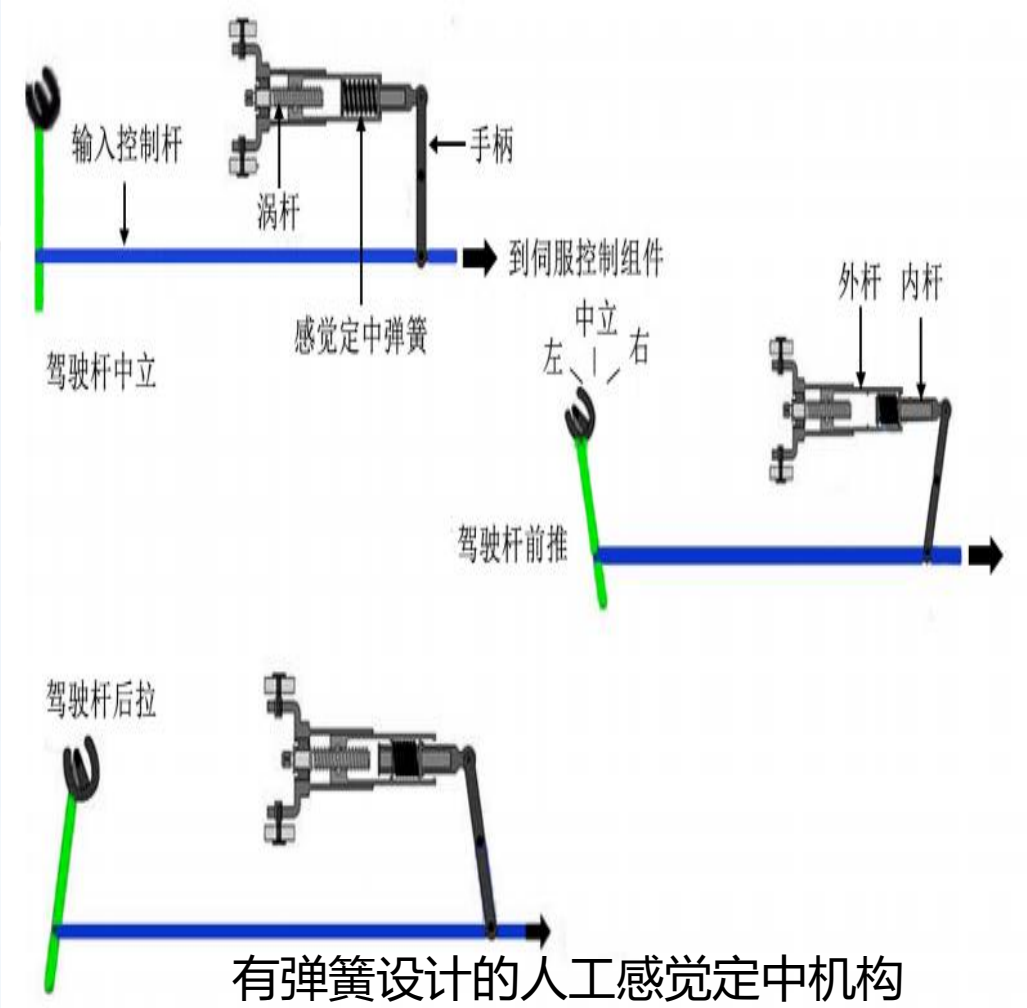
●感觉定中组件：为驾驶员提供一个人工的气动载荷感觉力，并使偏转的舵面重新回到中立位。如果飞行员没有一种人工的气动载荷感觉，那么在没有任何感觉力作用下，可以轻松操作舵面到达一个最大的偏转角度，容易导致飞机结构过载。感觉定中组件也用于舵面配平。

●感觉定中组件主要分为：

- ① 弹簧式载荷感觉定中机构
- ② 凸轮式载荷感觉定中机构

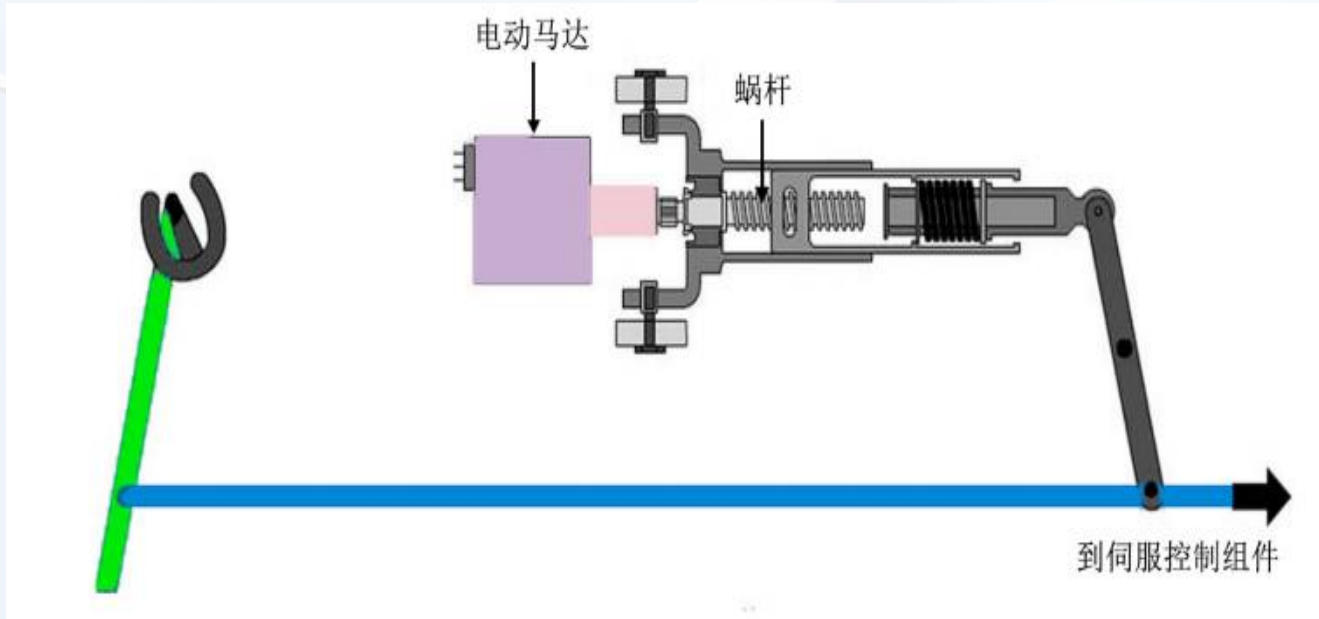
3.3.2.4 舵面驱动

3) 感觉定中组件



3.3.2.4 舵面驱动

3) 感觉定中组件



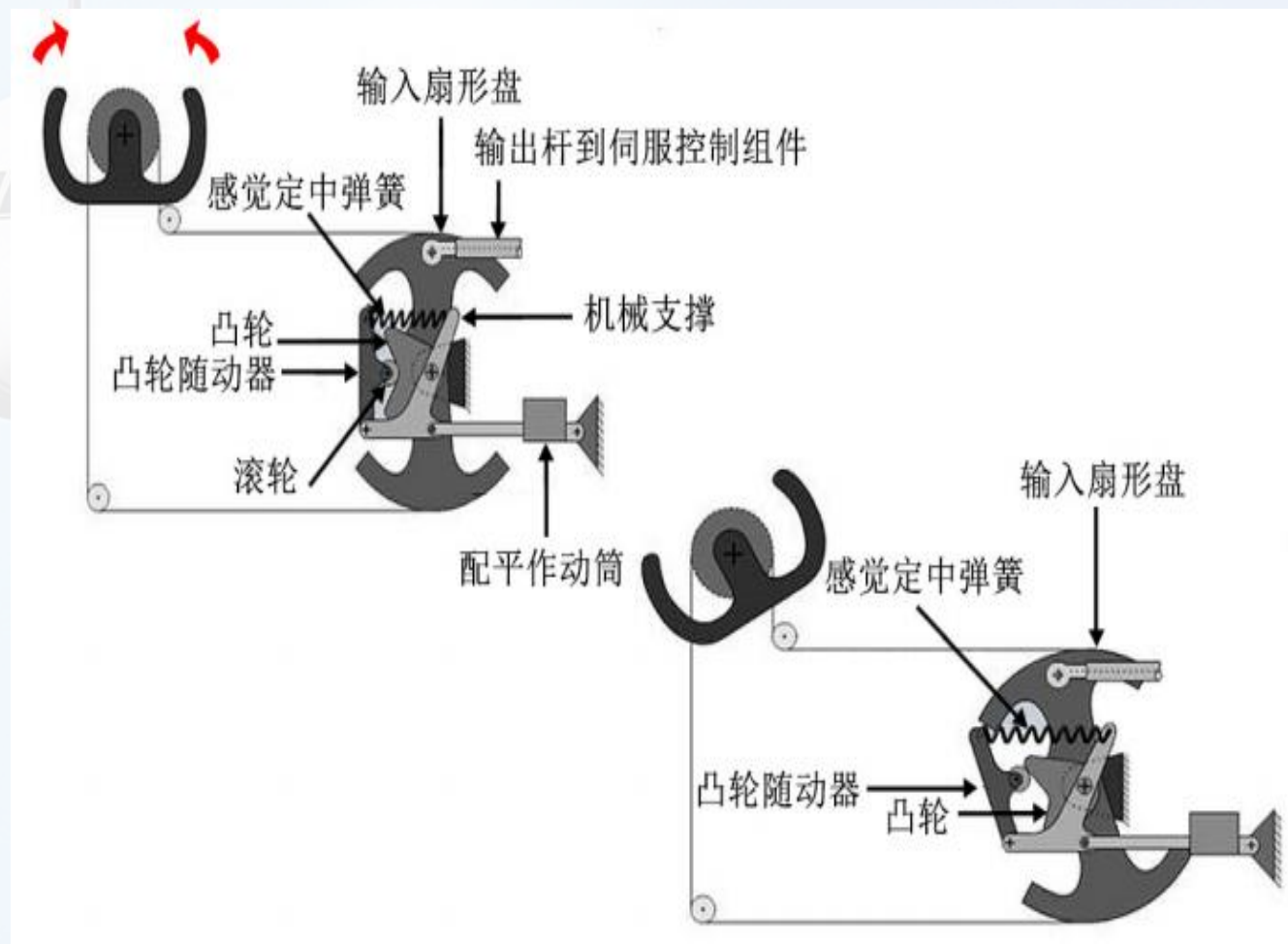
配平系统

3.3.2.4 舵面驱动

3) 感觉定中组件

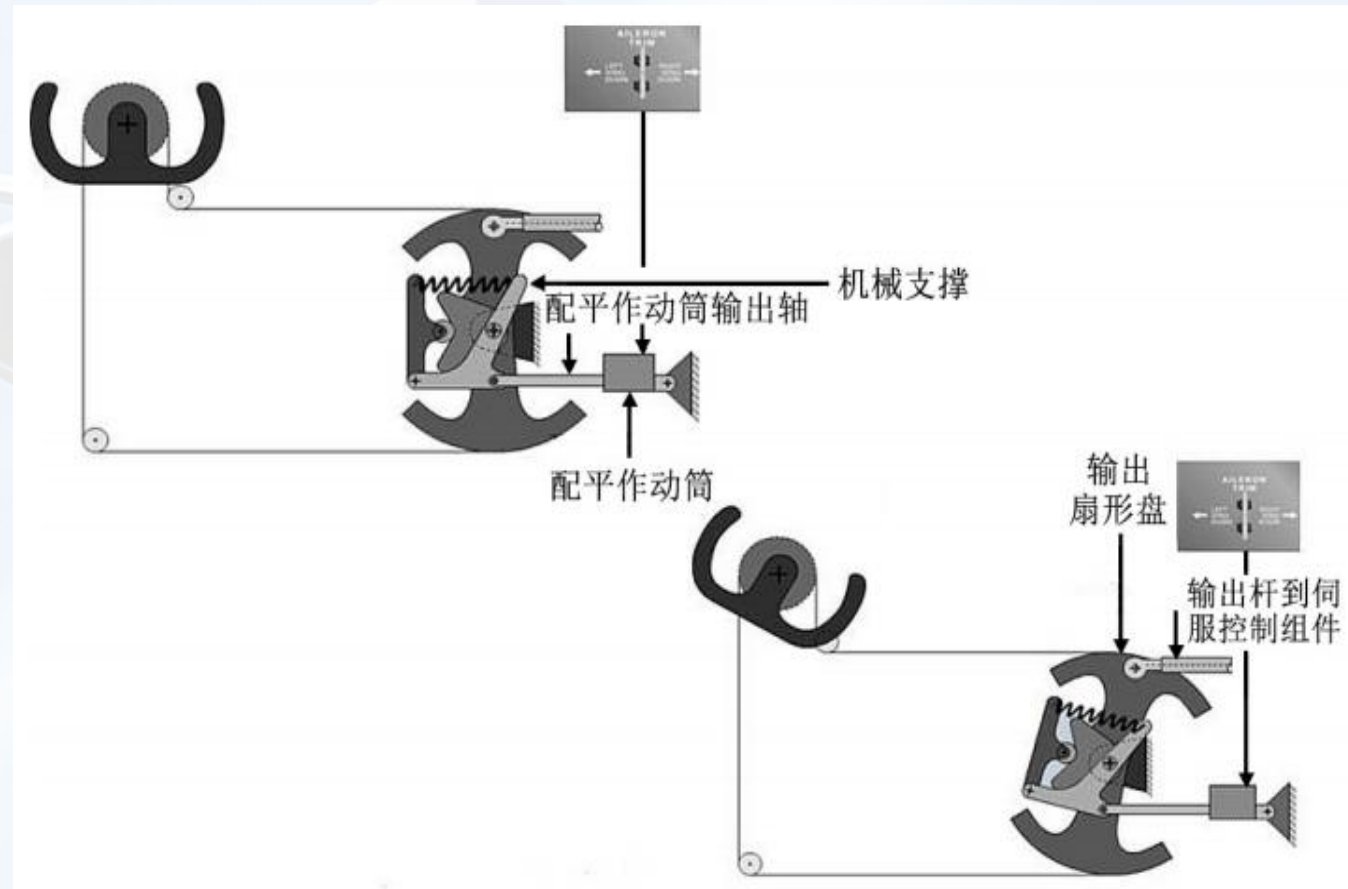
凸轮设计的感觉和定中机构包括:

- ① 安装在与输入扇形盘同轴上的凸轮;
- ② 凸轮从动件, 包括一个滚轮;
- ③ 在凸轮从动件和机构支撑机构之间设置一个感觉与定中弹簧。



3.3.2.4 舵面驱动

3) 感觉定中组件凸轮设计

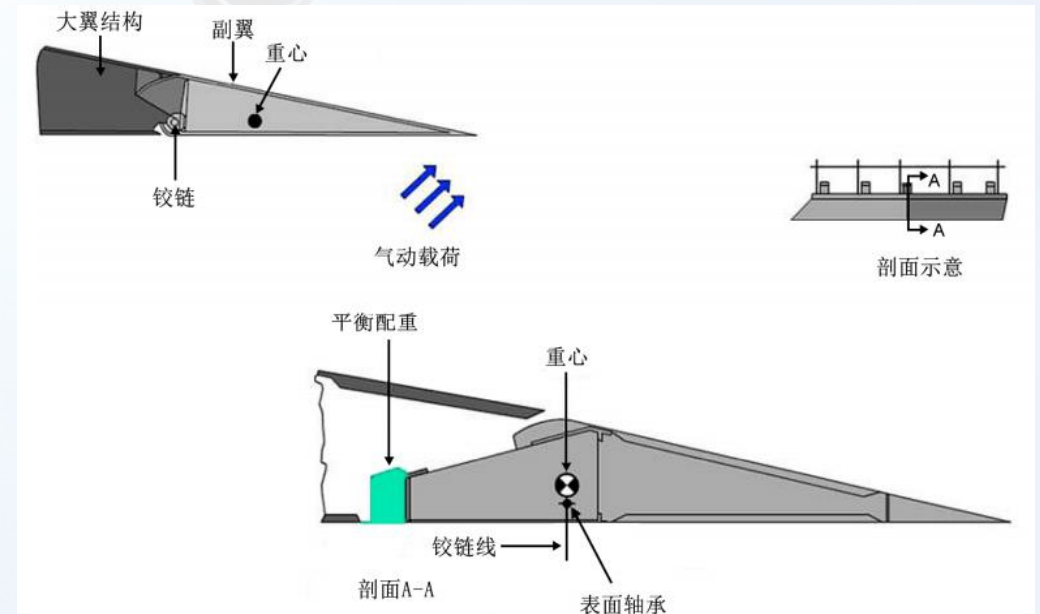


3.3.2.4 舵面驱动

5) 舵面颤振

舵面颤振是由作用在舵面上的力相互**激励**引起的。

可通过**静态平衡**来防止舵面颤振：平衡配重安装在铰链轴线前面，以抵消铰链轴线后面的舵面重量。当重心与铰链线重合时，则舵面处于平衡状态。



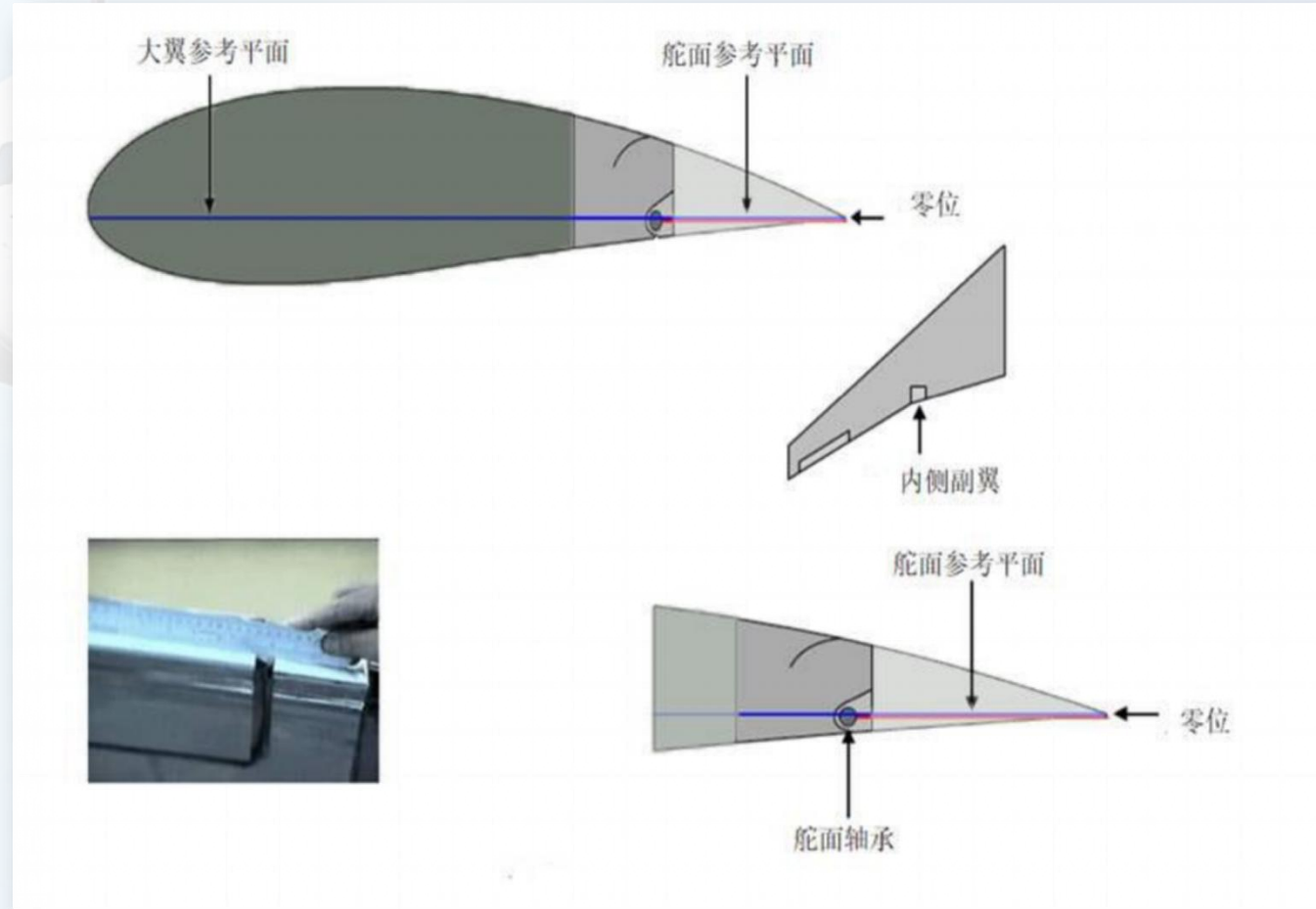
3.3.2.4 舵面驱动

6) 偏转角度

控制舵面的偏转角度是大翼参考平面或翼弦与舵面参考平面或舵面弦之间的角度。

所有控制舵面的偏转角都是相对于零位置测量的。在零位置，机翼参考平面与舵面参考平面对齐。

当舵面与相邻的翼型齐平时，处于零位置。

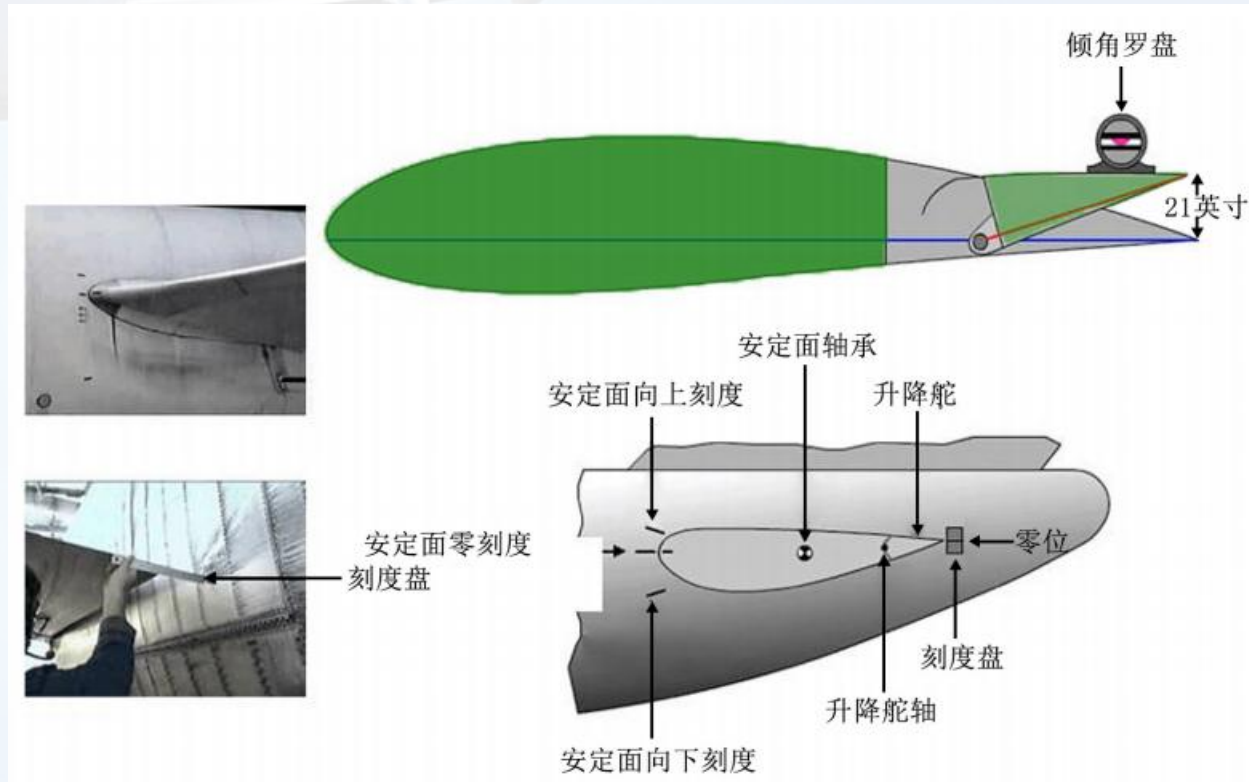


副翼零位

3.3.2.4 舵面驱动

6) 偏转角度

升降舵和方向舵，需要一个**刻度盘**来确定**零点**位置。在确定升降舵零位之前，首先必须设置水平安定面到零位。之后，使升降舵后缘与刻度板上的零位对齐，此位置为升降舵的零位。当零位确定后，可以用测斜仪测量偏转角，也可以用直尺测量零位与升降舵后缘的距离。



3.3.2.4 舵面驱动

7) 安全预防措施

- 必须确保被作动舵面的行程范围内没有人员和设备，以减少人员受伤及舵面受损的风险；
- 安装相应的安全装置，如在驾驶舱飞控操作手柄上挂警告牌，防止误操作；
- 在作动机构上安装安全装置，以防止意外收回等；
- 当在相关执行机构或多个舵面工作时，应在驾驶舱控制手柄及相关设施上系挂警告牌；
- 确保驾驶舱操作人员和地面工作人员之间保持通畅的联络。

3.3.2.4 舵面驱动

小结:

液压驱动:

- 助力操纵系统分类：有回力助力、无回力助力。
- 液压助力的性能：快速性、灵敏性、稳定性。
- 感觉定中组件、舵面颤振、偏转角度、安全预防措施。

3.3.2.4 舵面驱动

2、电驱动

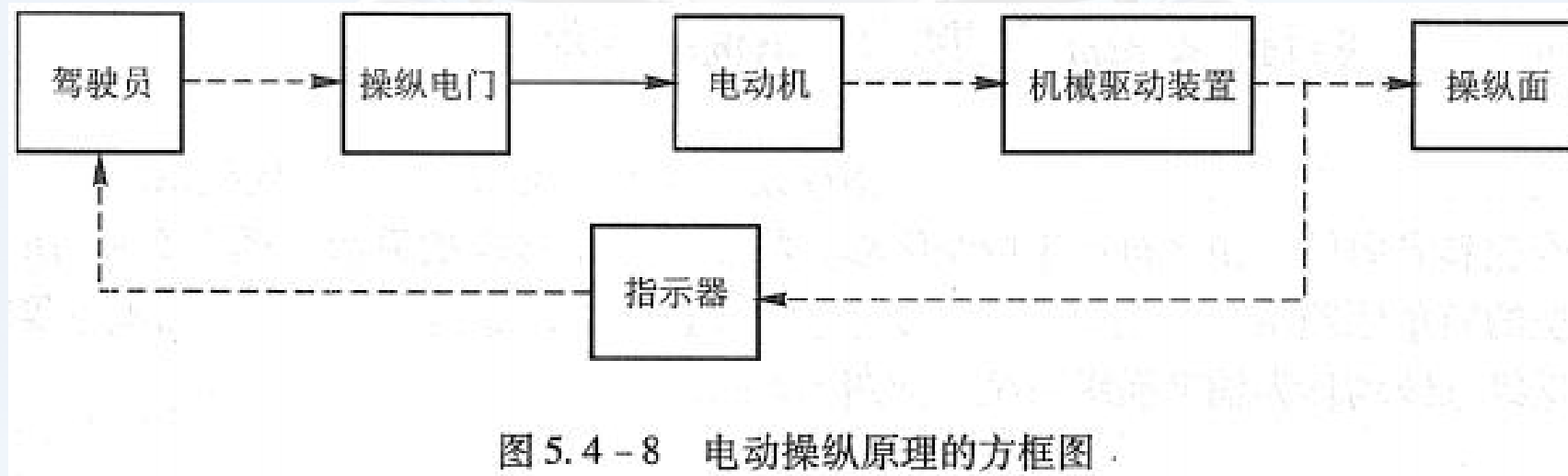


图 5.4 - 8 电动操纵原理的方框图

3.3.2.4 舵面驱动

2、电驱动

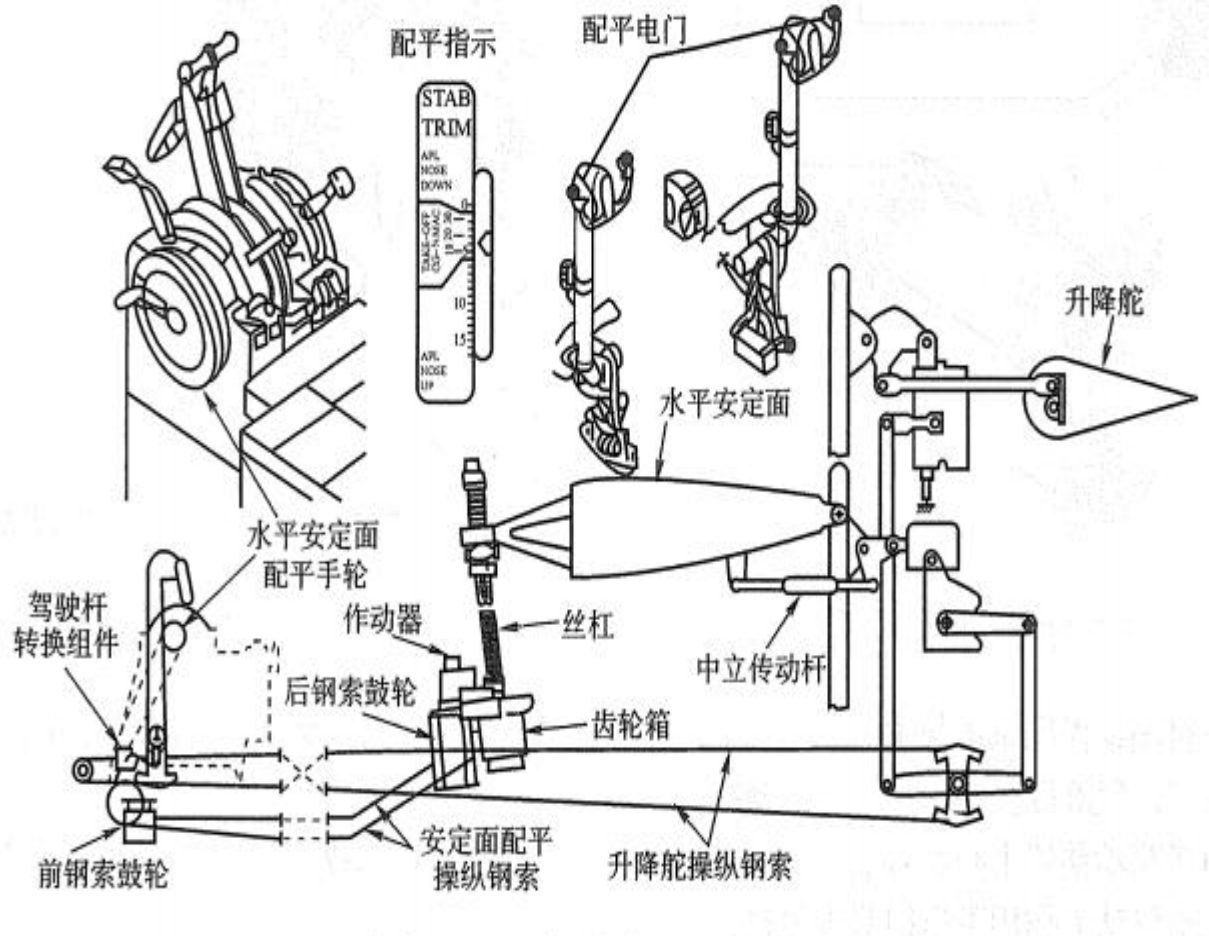


图 5.4-9 水平安定面的配平操纵

3.3.2.4 舵面驱动

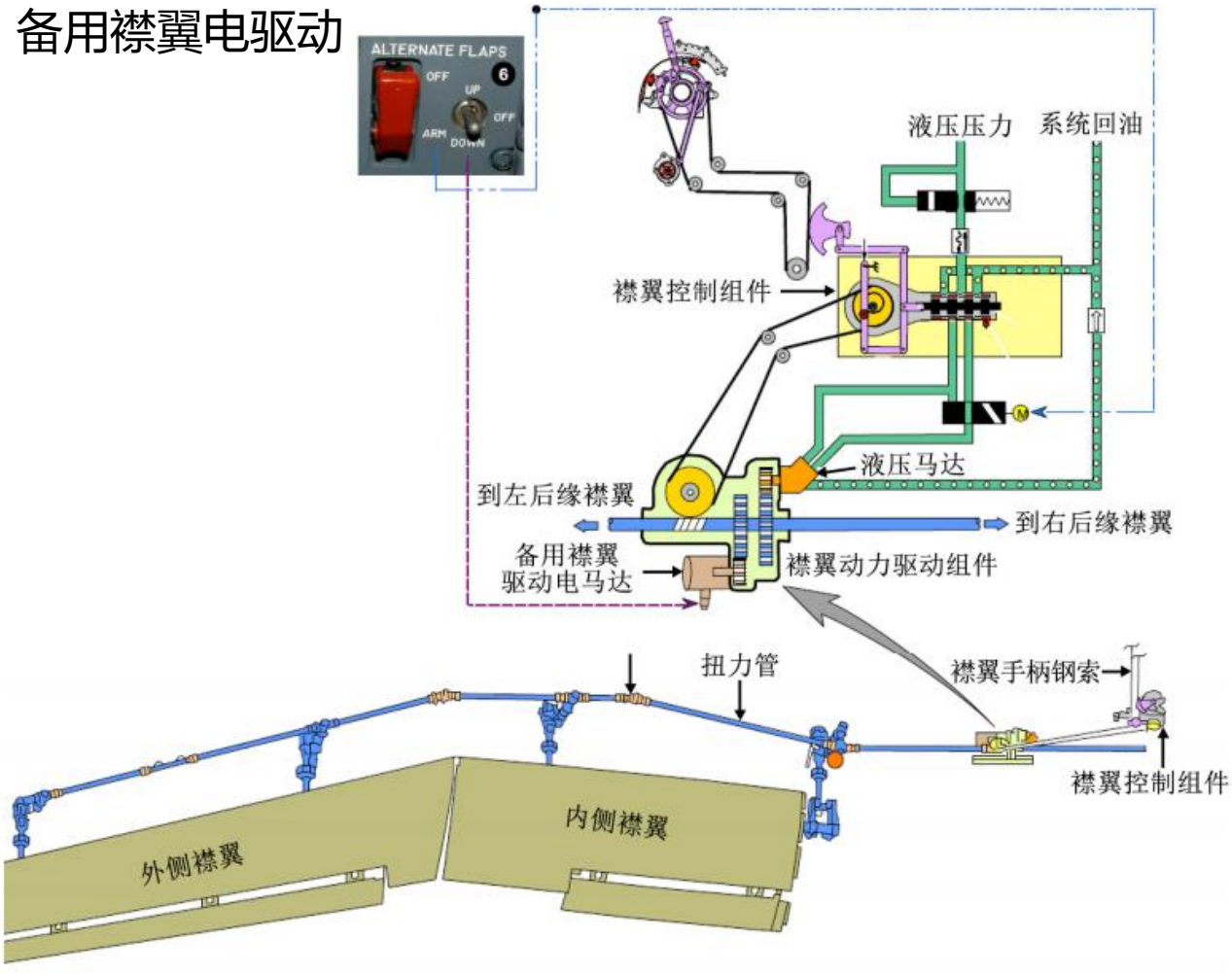
2、电驱动

操纵电门一般采用弹簧加载的定中电门，松开电门，电门会自动回到关断位，电动机停止工作。同时在电动操纵系统中，往往带有一些极限位置电门，当操纵面运动到极限位时，位置电门将使控制电路断开，防止操纵面运动超过极限位置，引发安全问题。

3.3.2.4 舵面驱动

2、电驱动

备用襟翼电驱动



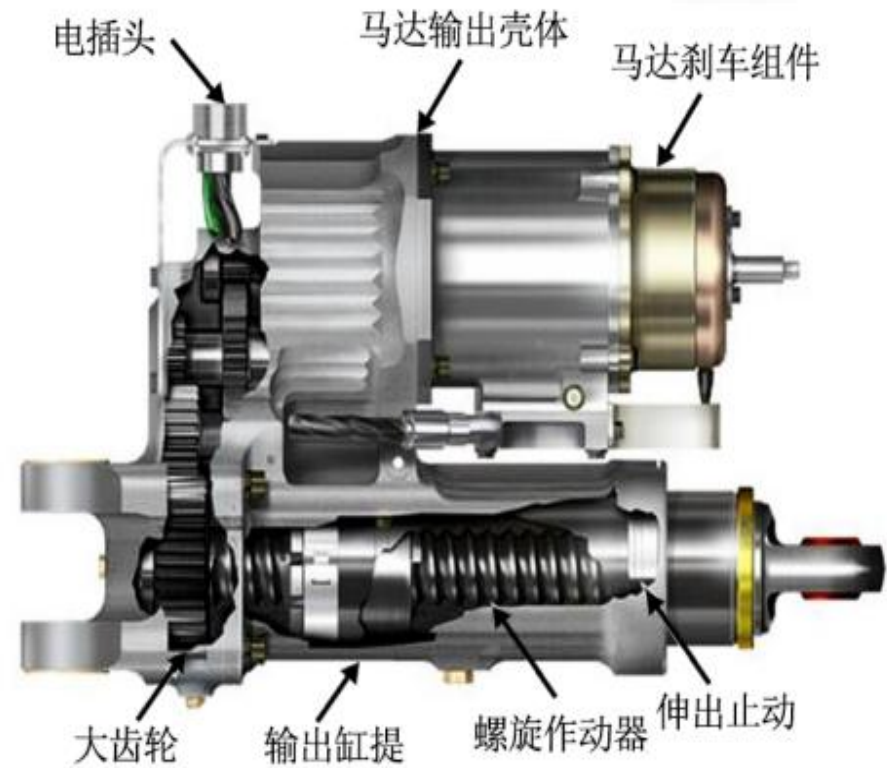
3.3.2.4 舵面驱动

2、电驱动

机电作动器 (Electro Mechanical Actuator, EMA)



EMA



3.3.2.4 舵面驱动

小结:

- 传统飞机的电动驱动是作为备用的驱动方式。
- 现代飞机电驱动舵面是通过螺旋作动器，无指令时，有刹车功能。



3.3.2.5 主飞行控制系统

3.3.2.5 主飞行控制系统

1、副翼

副翼：在每侧机翼后缘外侧安装有 1 或 2 块可作动的翼面。


作用：飞行员可以通过操纵左右副翼使其差动偏转，进而产生**滚转力矩**，与飞行扰流板协同工作，提供飞机的**滚转或横向**控制。

控制：机械传动的飞机上，由驾驶舱内的**驾驶盘和副翼配平电门**控制。

电传操纵系统的飞机上，副翼由**侧杆**控制。

3.3.2.5 主飞行控制系统

1、副翼



副翼反效：
与副翼滚转方向相反
的力矩

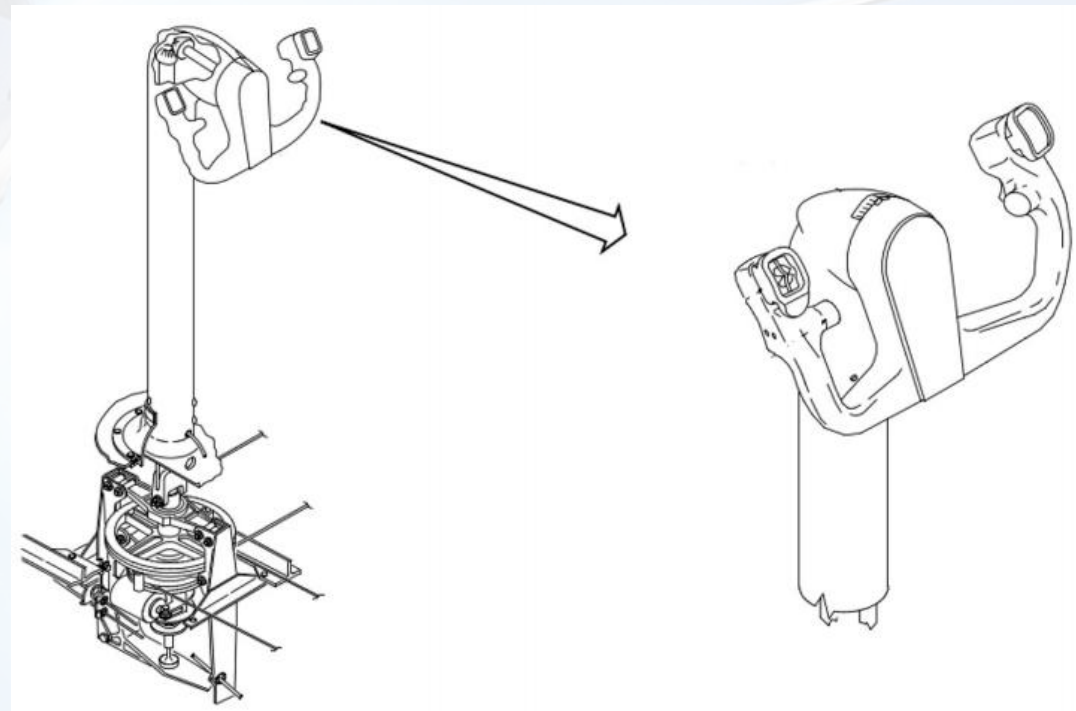
副翼失效：
副翼效应为负，起相反的
作用

3.3.2.5 主飞行控制系统

1、副翼

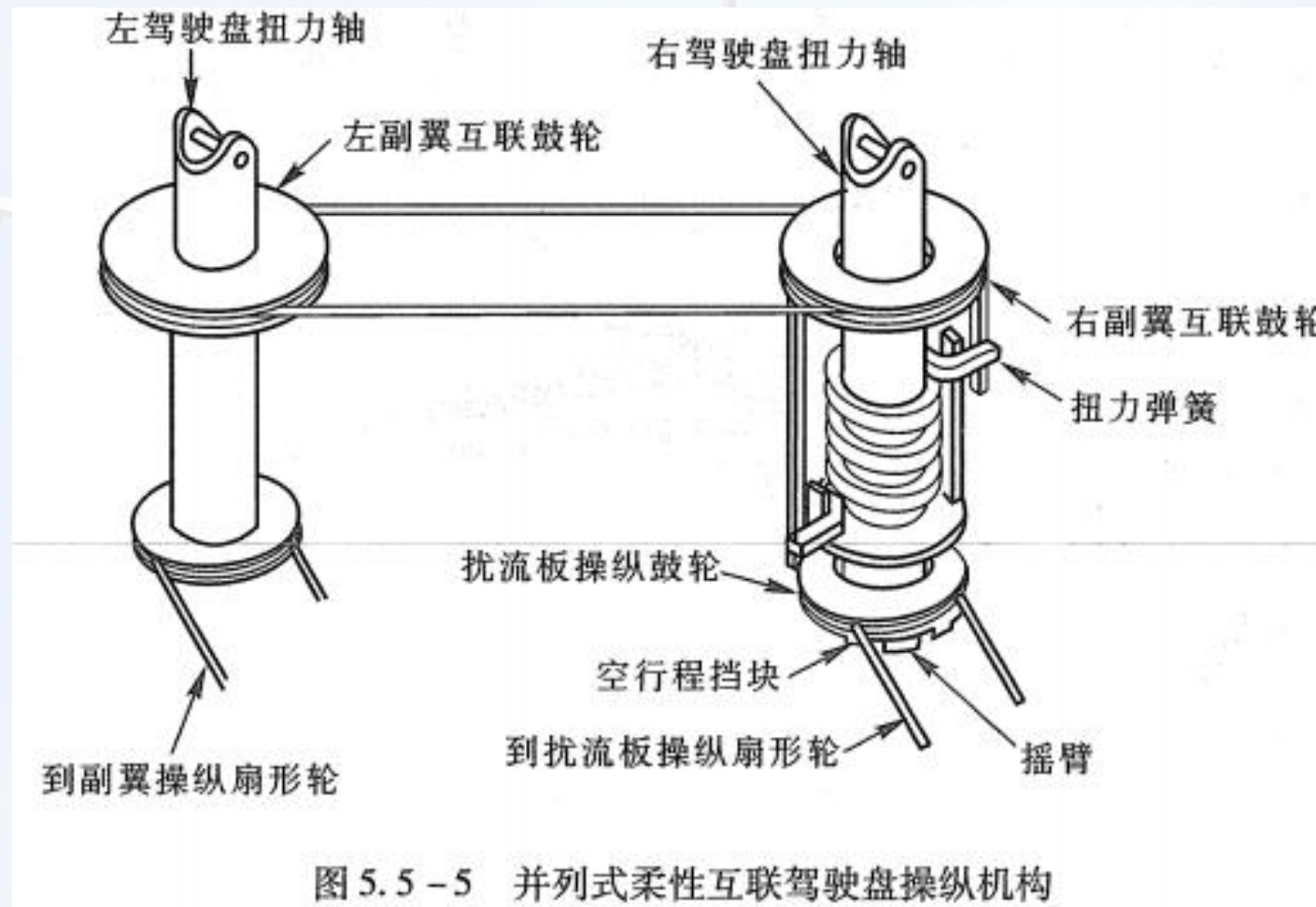
机组通过转动驾驶盘发出控制指令，通过钢索和机械连杆将指令传输至动力控制组件，再由液压系统驱动副翼偏转。**左压驾驶盘，左边副翼上偏，右边副翼下偏，飞机向左滚转；反之，向右压驾驶盘右副翼上偏，左副翼下偏，飞机向右滚转。**

两个驾驶盘底部柔性连接，正常操纵一个驾驶盘时，另一个保持随动。如果一侧驾驶盘卡滞，另一侧可以通过克服底部扭力弹簧，继续控制副翼。



737驾驶杆

1、副翼

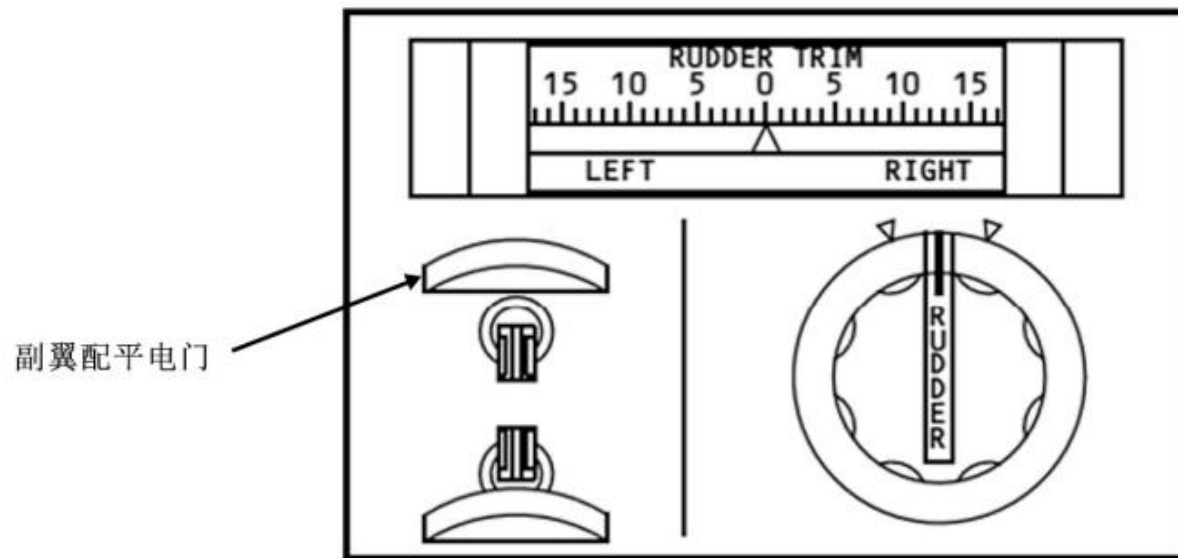


3.3.2.5 主飞行控制系统

1、副翼

配平的作用：消除不平衡力矩和杆力，以减轻机组的工作负荷。

机组可以通过中央操纵台上的配平电门控制副翼人工配平。



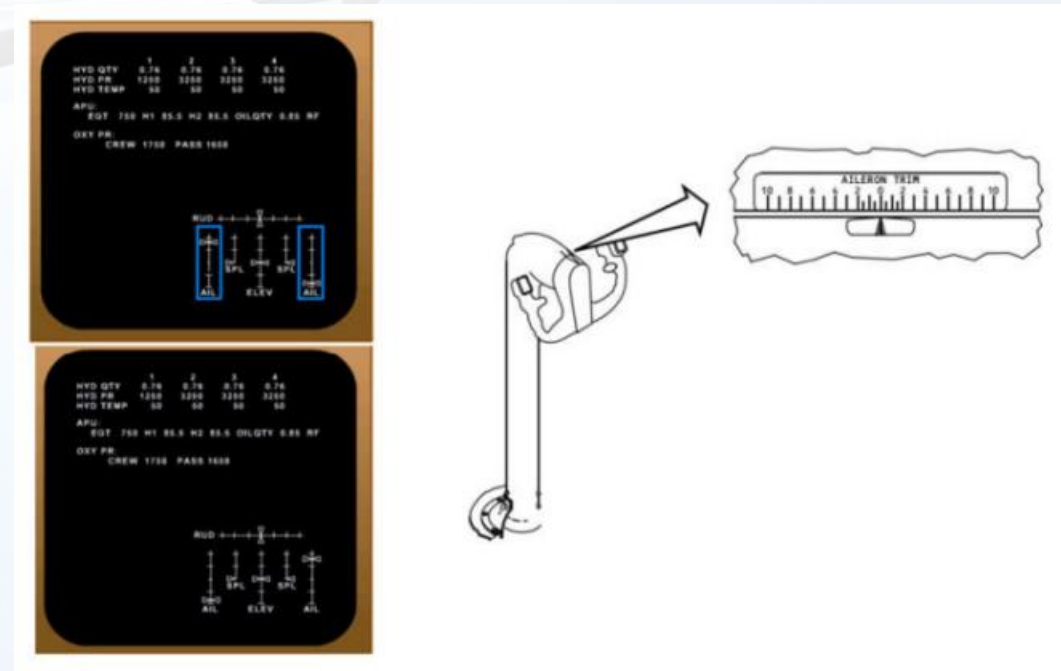
3.3.2.5 主飞行控制系统

1、副翼

副翼的位置指示显示在**显示屏**上。

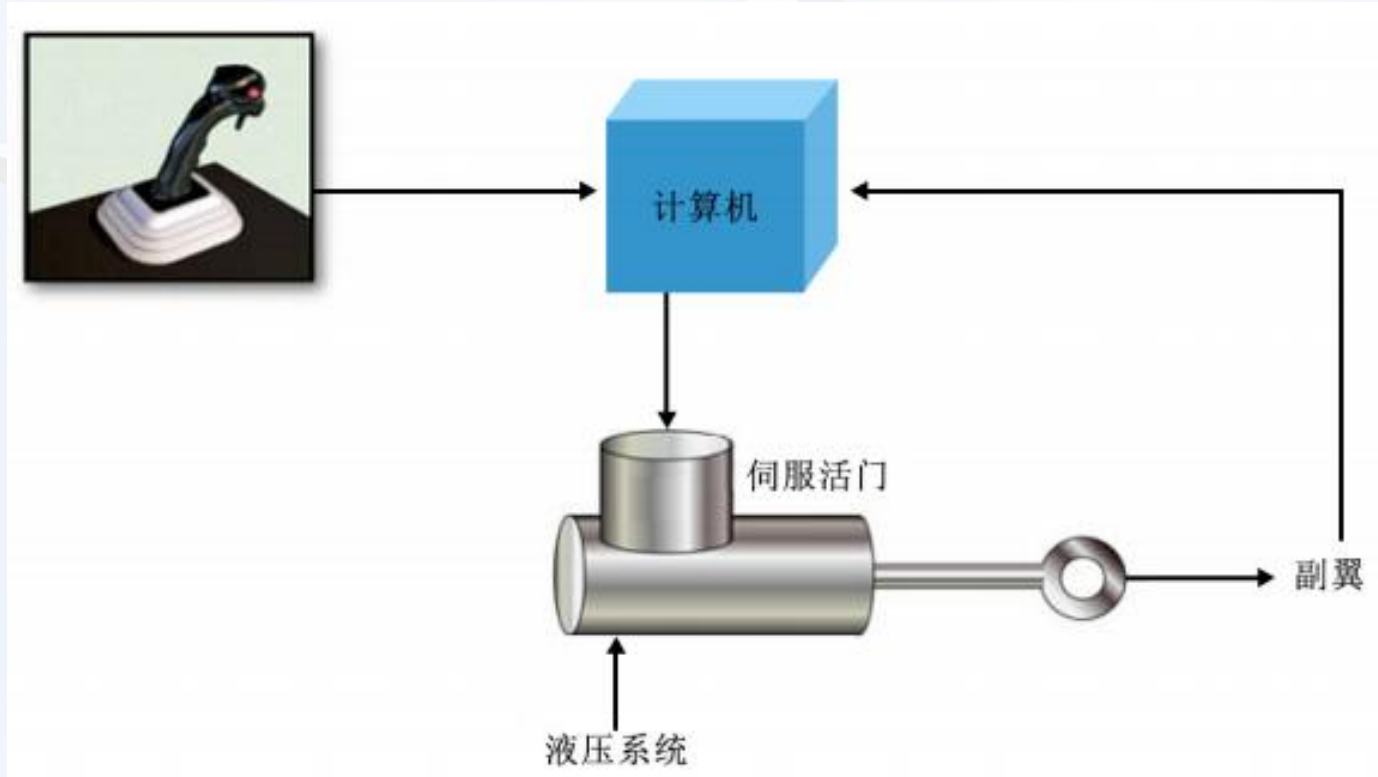
副翼配平或中立位置显示在**驾驶盘顶部的刻度**上。

中立位置根据飞机的姿态而变化，但不会超出刻度的范围。



副翼位置指示

3.3.2.5 主飞行控制系统



电传操纵副翼

3.3.2.5 主飞行控制系统

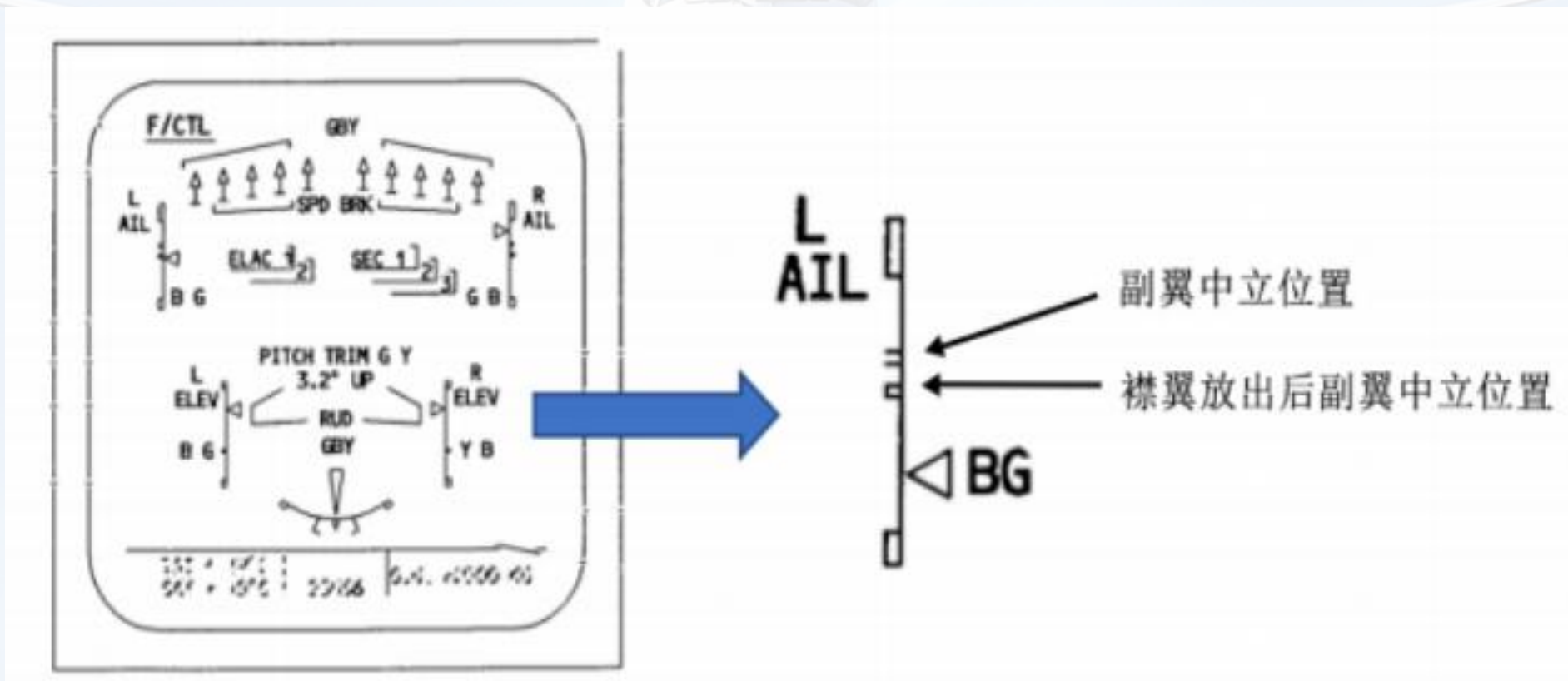
副翼下垂功能:

- 用于飞机**起飞和着陆**阶段，当襟翼伸出用于增加飞机升力时，两侧副翼也随之对称地向下偏转一个较小角度，以增加机翼的弯度，进一步增加飞机升力。
- 副翼下垂功能可以减少飞机起飞和着陆的速度和所需跑道长度，改善飞机的起飞和着陆性能。

3.3.2.5 主飞行控制系统

副翼的位置显示在相应的飞机电子中央监控

(Electronic Centralized Aircraft Monitoring, ECAM) 页面



电传操纵副翼位置指示

3.3.2.5 主飞行控制系统

小结:

- 副翼操作：驾驶盘、配平电门
- 正副驾驶盘柔性连接，保证一侧失效后，另一侧继续操作。
- 副翼反效问题，通过高速/内侧副翼来抵消。
- 副翼配平为了节省飞行员精力，预位电门、控制电门（预位电门接通，才可控制）
- 液压控制中，有两个独立的液压系统。
- 副翼下垂功能（用于起飞和着陆）
- 可显示副翼配平的位置。

3.3.2.5 主飞行控制系统

2、方向舵

- 方向舵一般采用铰接的方式安装在垂直安定面后梁。
- 方向舵的基本功能是实现**偏航**控制，即围绕立轴控制飞机。
- 机组通过**脚踏**踏板操纵方向舵左右偏转，从而控制飞机航向。
- 机组也可以利用**方向舵配合**机翼进行横滚操纵，起到部分替代副翼的作用。
- 在大部分飞机上，方向舵向两侧偏转的角度最大为 **20°至 30°**。

3.3.2.5 主飞行控制系统

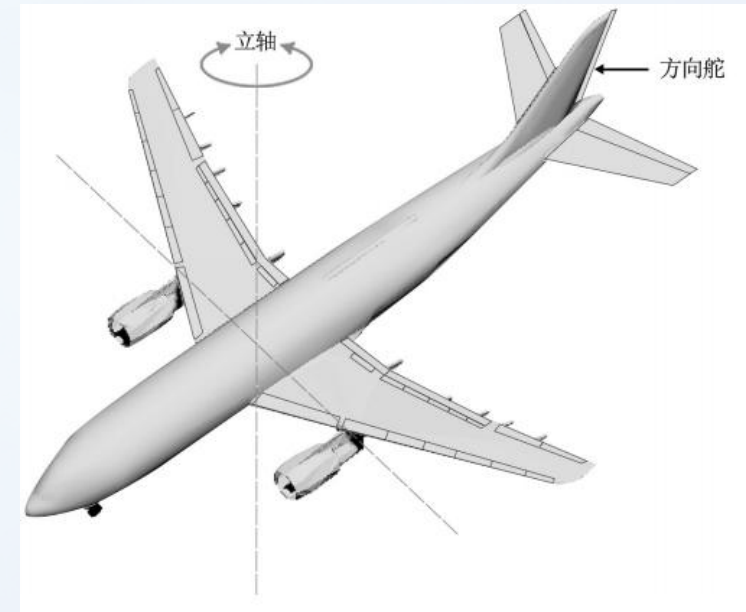
2、方向舵

在大型飞机上方向舵在巡航飞行中主要完成三个功能：

第一是配平飞机

第二是进行协调转弯

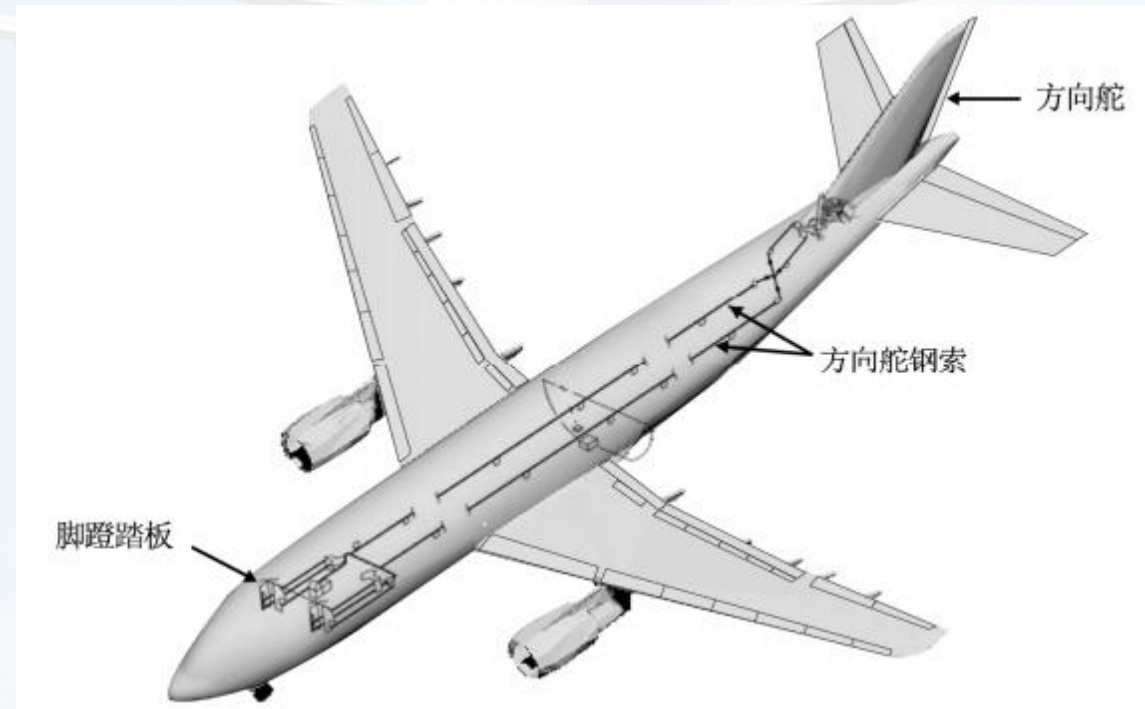
第三是偏航阻尼



3.3.2.5 主飞行控制系统

1) 方向舵控制

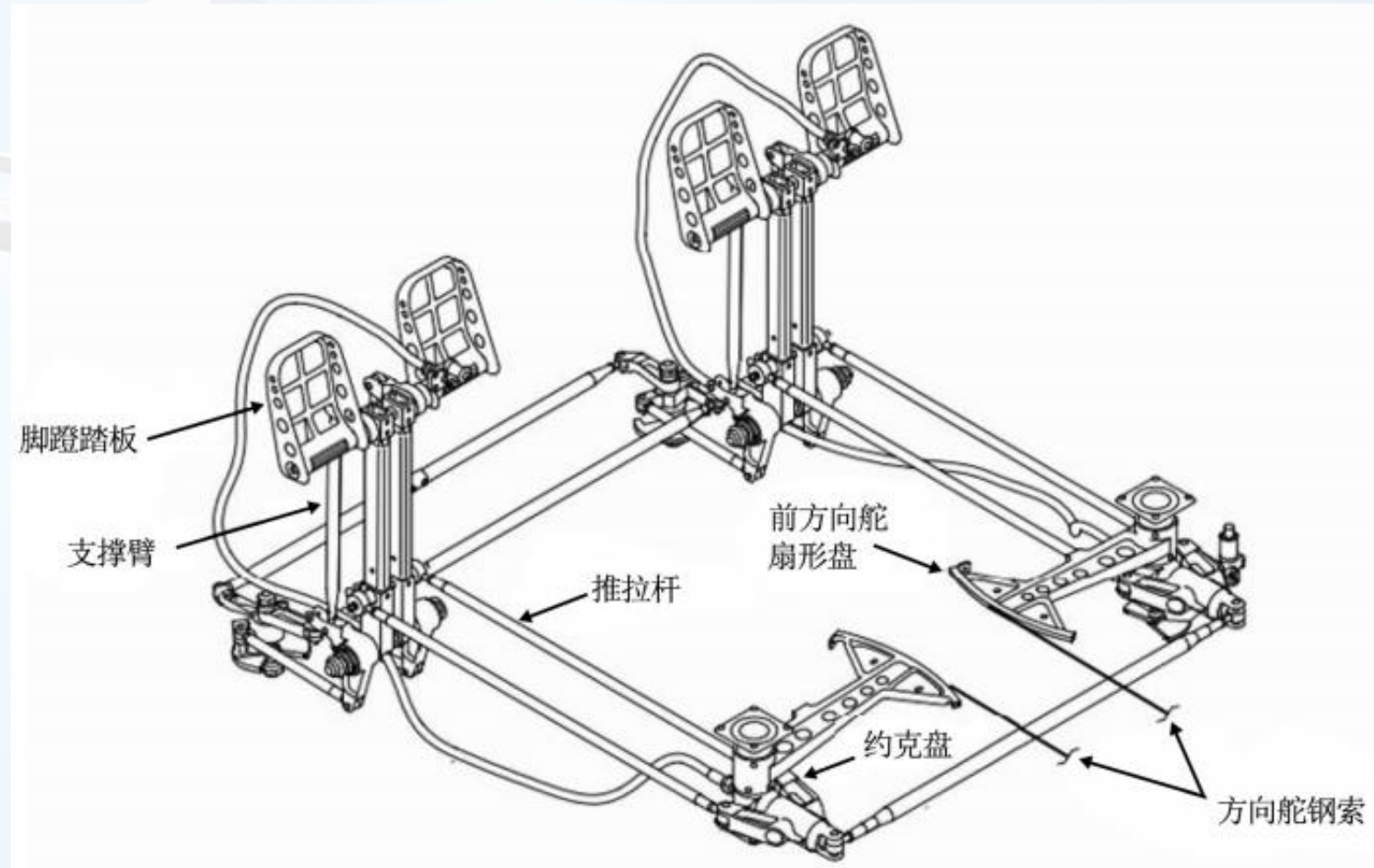
机械传动系统的飞机上，方向舵由驾驶舱内的两对脚蹬控制



3.3.2.5 主飞行控制系统

1) 方向舵控制

在地面，操纵脚蹬也可进行前轮转弯控制。同时踩下左右脚蹬踏板可以进行刹车操作。

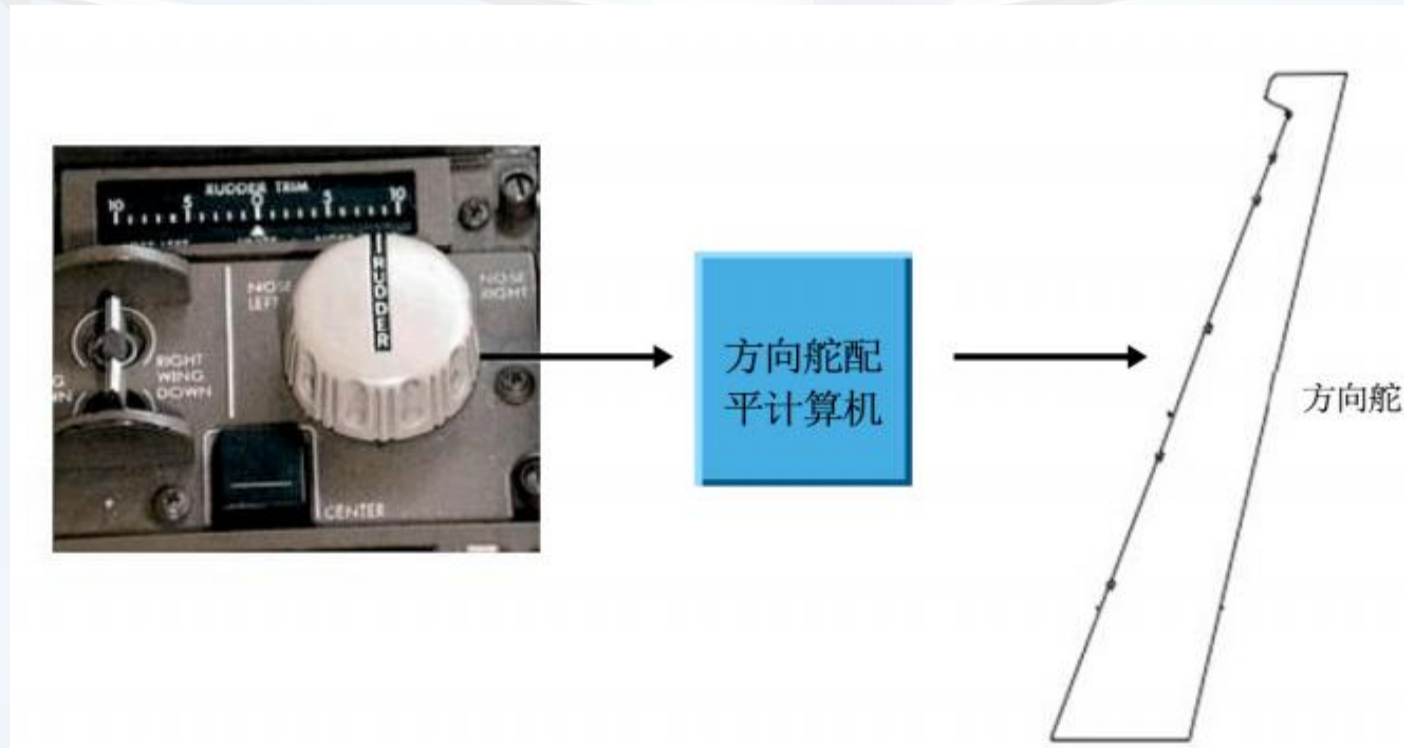


方向舵脚蹬

3.3.2.5 主飞行控制系统

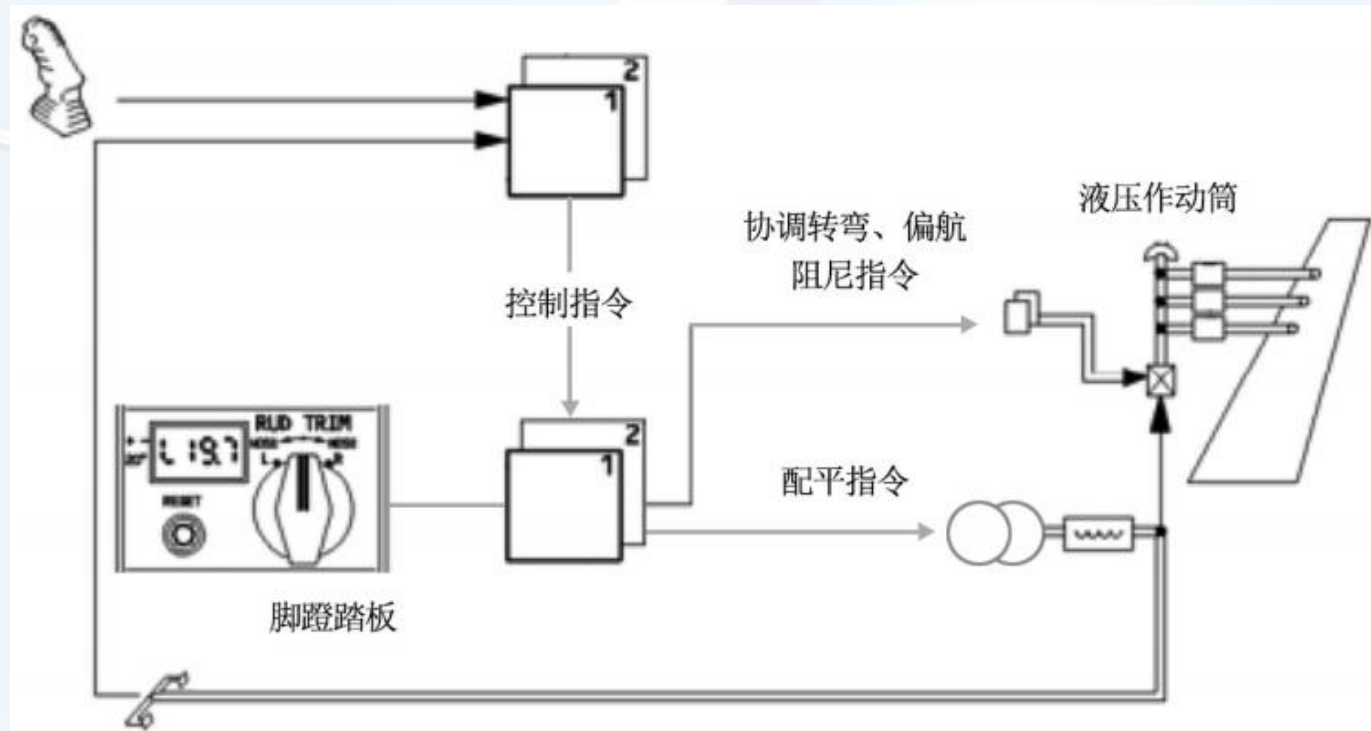
1) 方向舵控制

方向舵配平:



3.3.2.5 主飞行控制系统

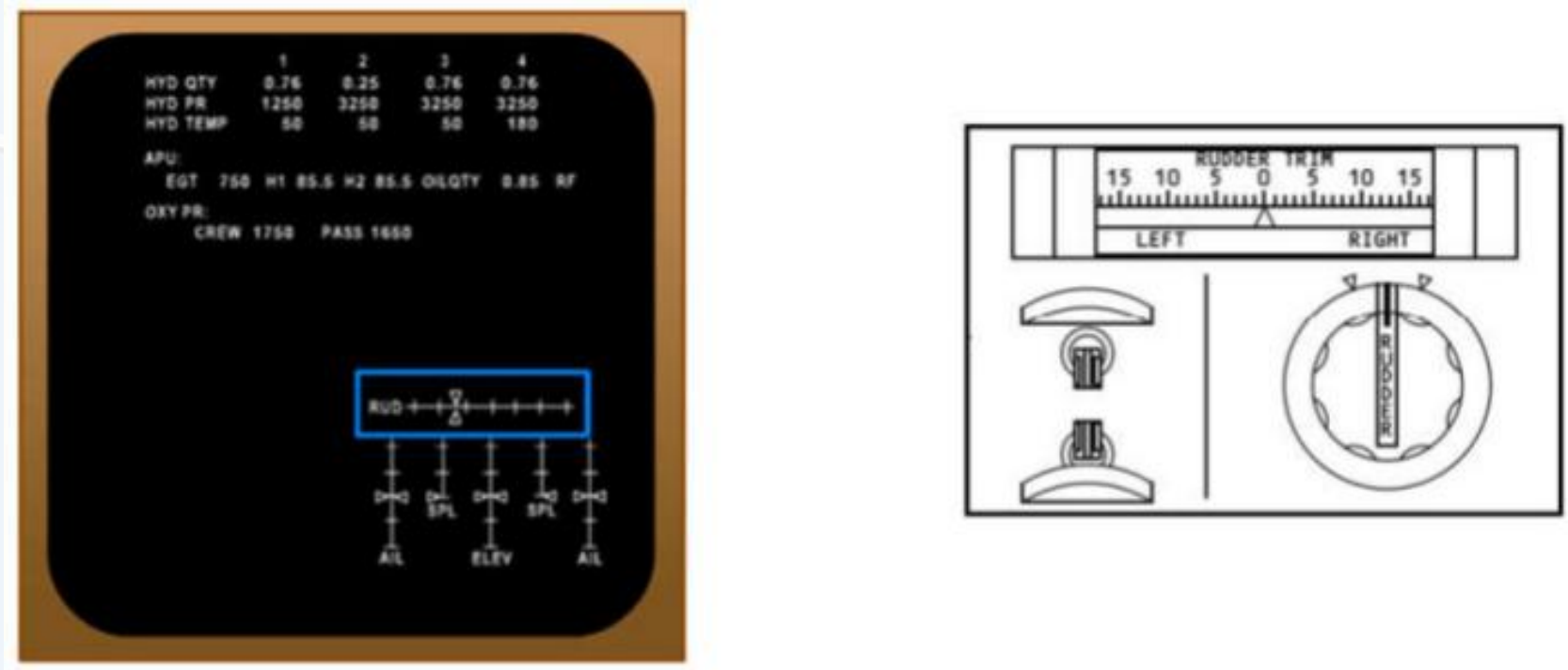
1) 方向舵控制



电传操纵系统飞机

3.3.2.5 主飞行控制系统

2) 方向舵指示



方向舵显示

3.3.2.5 主飞行控制系统

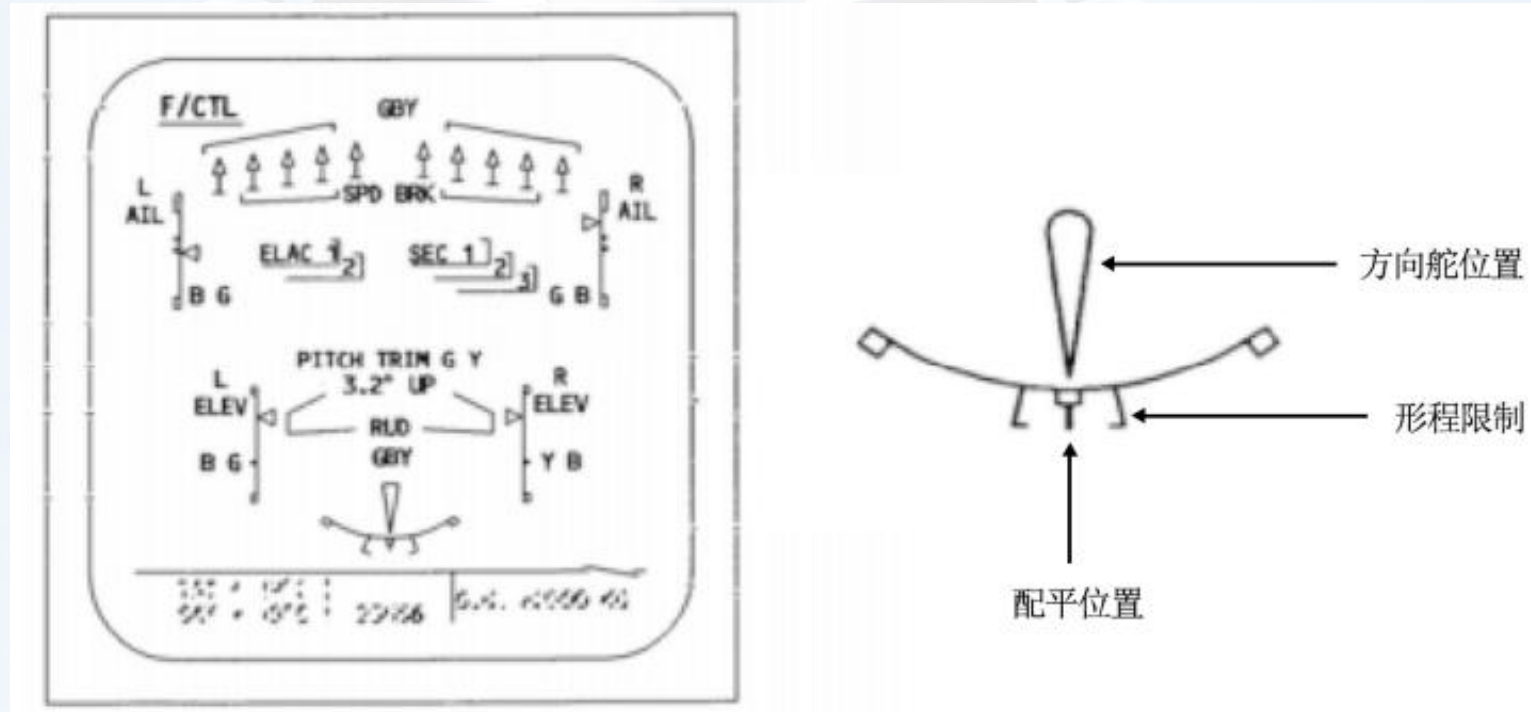
3) 飞机协调转弯

当操纵飞机转弯时，不能只操纵方向舵，需要靠副翼和升降舵协调转弯操纵。为了平衡飞机转弯时产生的离心侧滑力，应使飞机横向倾侧一定角度，利用机翼升力在水平方向的分量提供向心力。以平衡转弯离心力。而由于飞机侧倾，升力在垂直方向上的分量会减小造成飞机高度下降。为了抵消飞机下降趋势，在转弯时应向后轻拉驾驶盘，使飞机迎角增加。就是飞机的协调转弯，即飞机转弯平稳且高度不变。

3.3.2.5 主飞行控制系统

2) 方向舵指示

在其他一些飞机上，方向舵的位置显示在下 ECAM 飞行控制系统页面，此处可以显示出方向舵位置、行程限制以及配平位置。配平位置还显示在中央操纵台方向舵人工配平旋钮旁的小显示屏上。

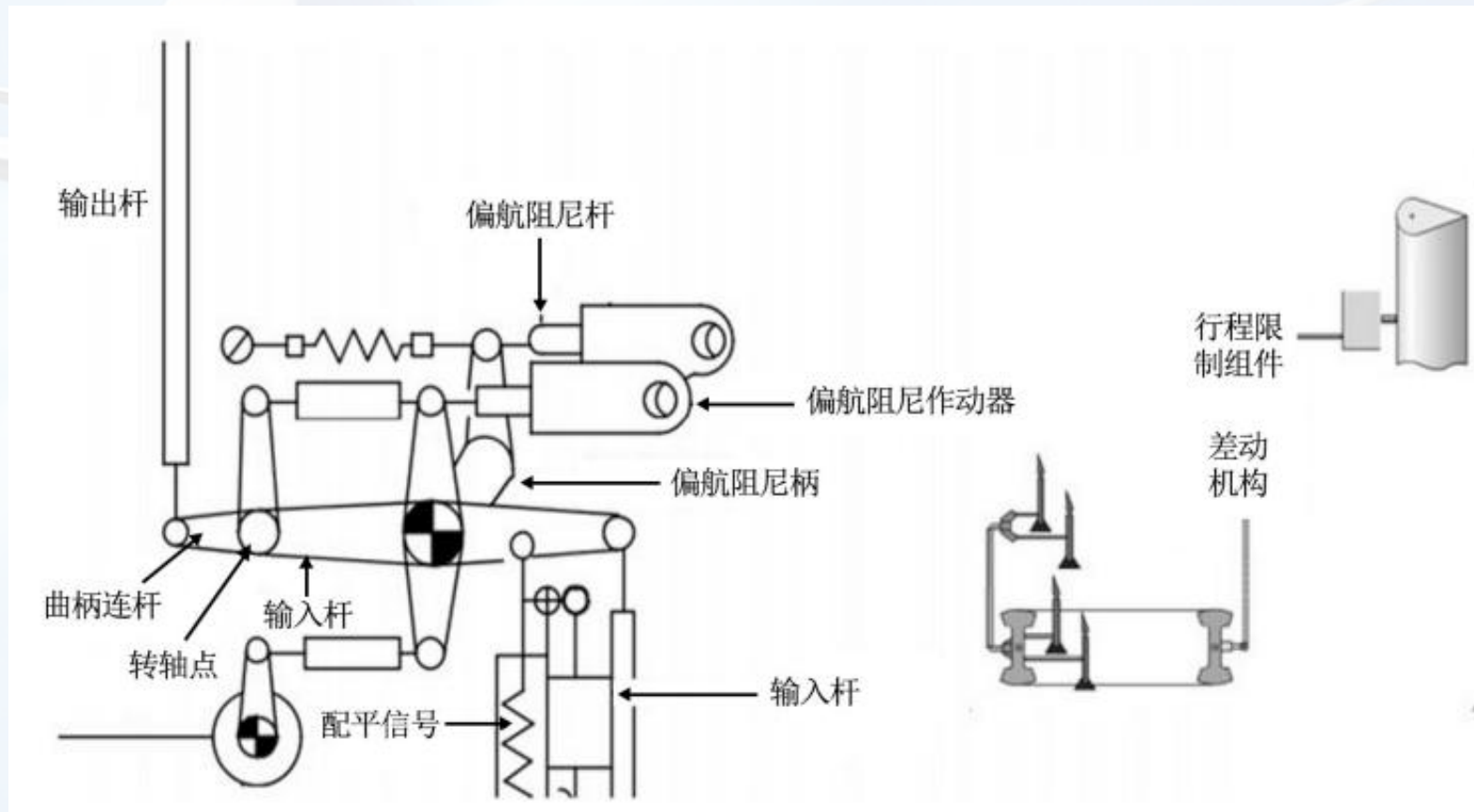


3.3.2.5 主飞行控制系统

3、偏航阻尼

空客飞机上的方向舵差动机构综合了方向舵脚蹬输入、方向舵配平输入和偏航阻尼器输入。差动机构的主要组成部件是：

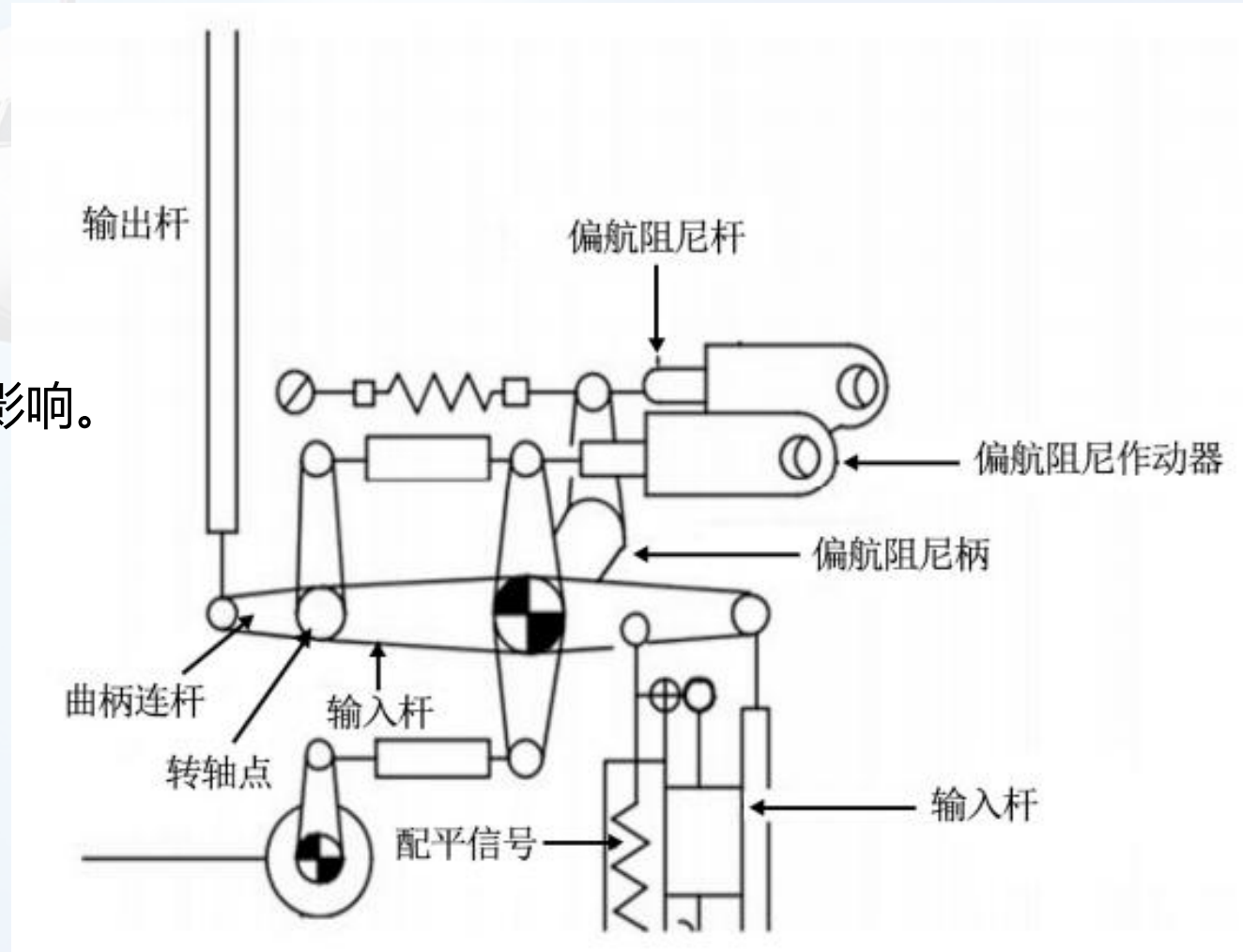
- 1) 输入杆；
- 2) 曲柄连杆；
- 3) 偏航阻尼柄；
- 4) 偏航阻尼杆。



3.3.2.5 主飞行控制系统

3、偏航阻尼

- 方向舵脚蹬输入对偏航阻尼功能没有影响。
- 偏航阻尼功能不受脚蹬输入或配平输入的影响。



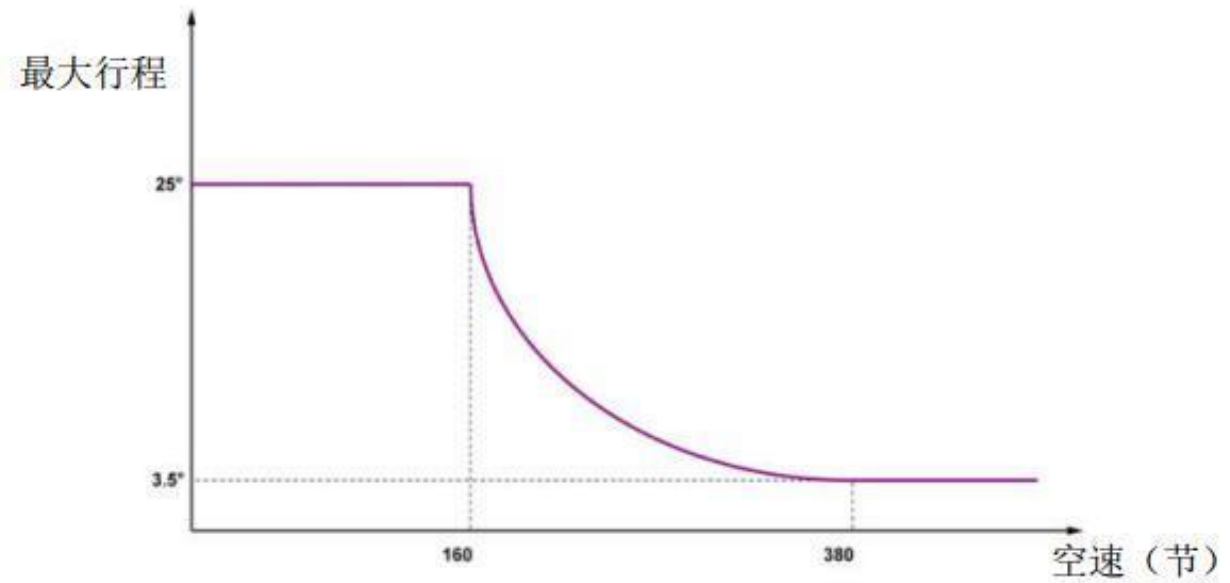
3.3.2.5 主飞行控制系统

3、偏航阻尼

方向舵卸载装置：

根据空速限制方向舵可偏转的最大角度来防止结构损伤。

随着空速的增加，
方向舵的最大行程逐
渐被限制在更小的角
度，以保障飞行安全。



3.3.2.5 主飞行控制系统

小结（方向舵、偏航阻尼）：

作用：	控制及指示	差动机构
配平飞机	脚舵和刹车踏板	输入杆、曲柄连杆、偏航阻尼柄、偏航阻尼杆
协调转弯	机械钢索	综合方向舵、配平、偏航阻尼器的输入。
偏航阻尼	配平	空速增加，方向舵的行程缩小
	飞行控制页面，指示	

3.3.2.5 主飞行控制系统

4、升降舵

- 升降舵：飞机水平尾翼后部可操纵的翼面
- 作用：控制飞机绕俯仰轴的俯仰运动，当需要飞机抬头向上飞行时，驾驶员操纵升降舵向上偏转，此时升降舵所受到的气动力向下，使飞机产生一个抬头的力矩。反之，如果驾驶员操纵升降舵向下偏转，飞机就会在气动力矩的作用下低头。
- 在大型飞机上，水平安定面也可以实现飞机的俯仰控制

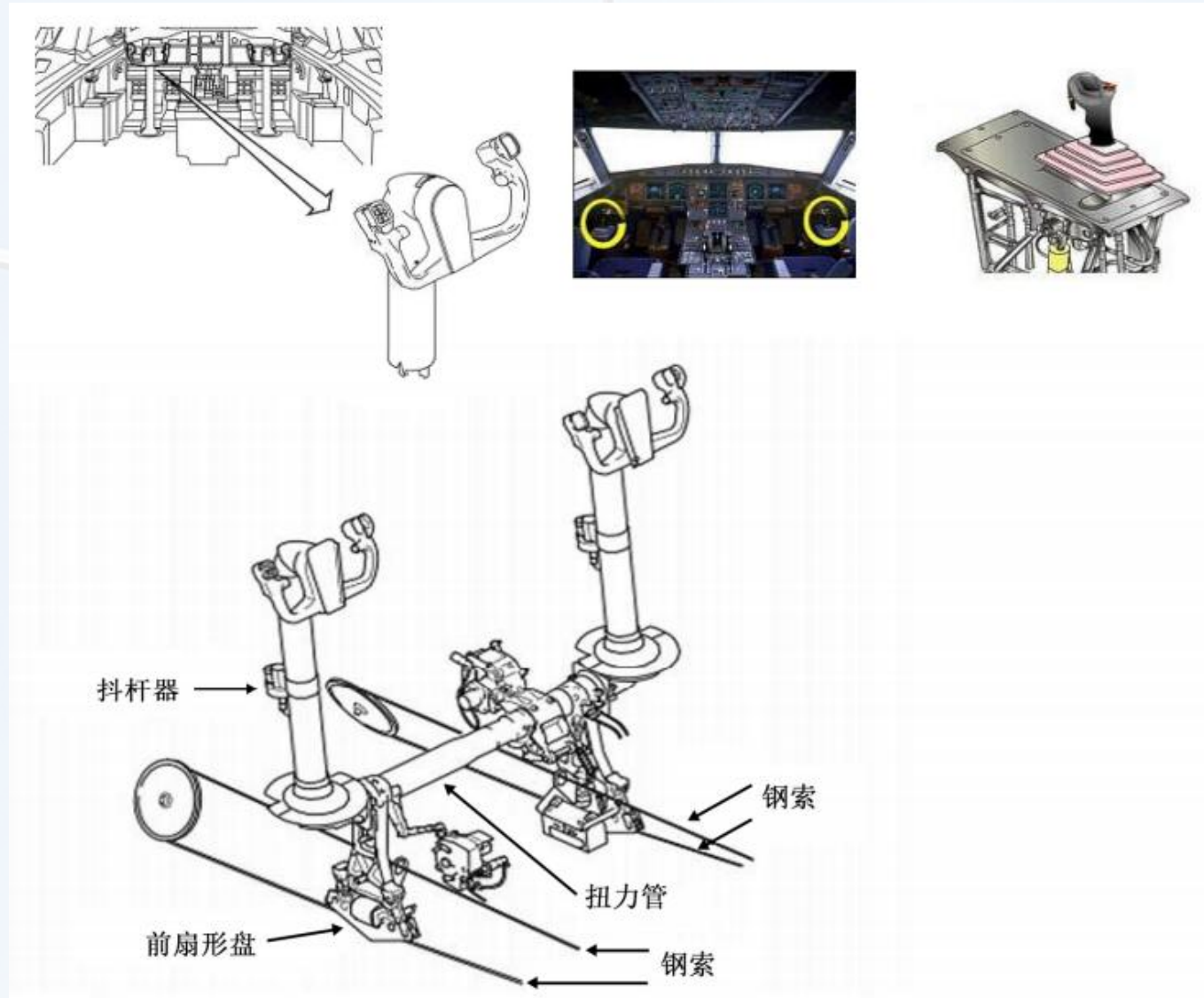
3.3.2.5 主飞行控制系统

4、升降舵

- 采用机械传动系统的飞机升降舵可以由驾驶舱内的 2 个驾驶杆控制，1 个由机长操纵，1 个由副驾驶操纵，或由电液自动驾驶作动器控制。
- 采用电传系统的飞机，机组通过侧杆控制升降舵。

3.3.2.5 主飞行控制系统

4、升降舵



3.3.2.5 主飞行控制系统

4、升降舵

升降舵感觉力系统：

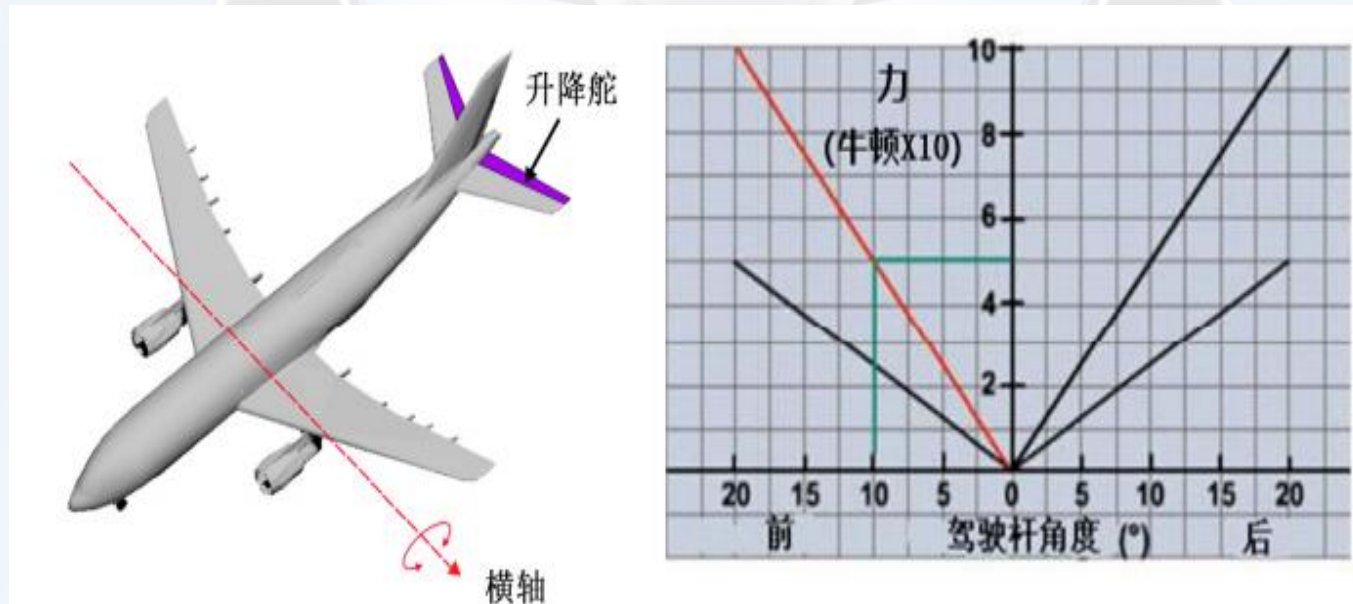
为了避免飞机俯仰角度过大，提高乘客的舒适度并保证飞行安全。为了实现这个功能升降舵感觉力系统必须随飞机**空速**和**舵面载荷**的不同，提供**不同的感觉力**。

随着飞行**速度的增加**。驾驶员的**感觉力**也会**增加**，这样就更加真实地模拟舵面的铰链力矩，使驾驶员在不同空速的情况下，准确控制飞机。

3.3.2.5 主飞行控制系统

4、升降舵

飞机在高速飞行或机载重量较轻的时，飞行员需要大的感觉模拟力，让升降舵偏转更小的角度，以保障安全飞行。



3.3.2.5 主飞行控制系统

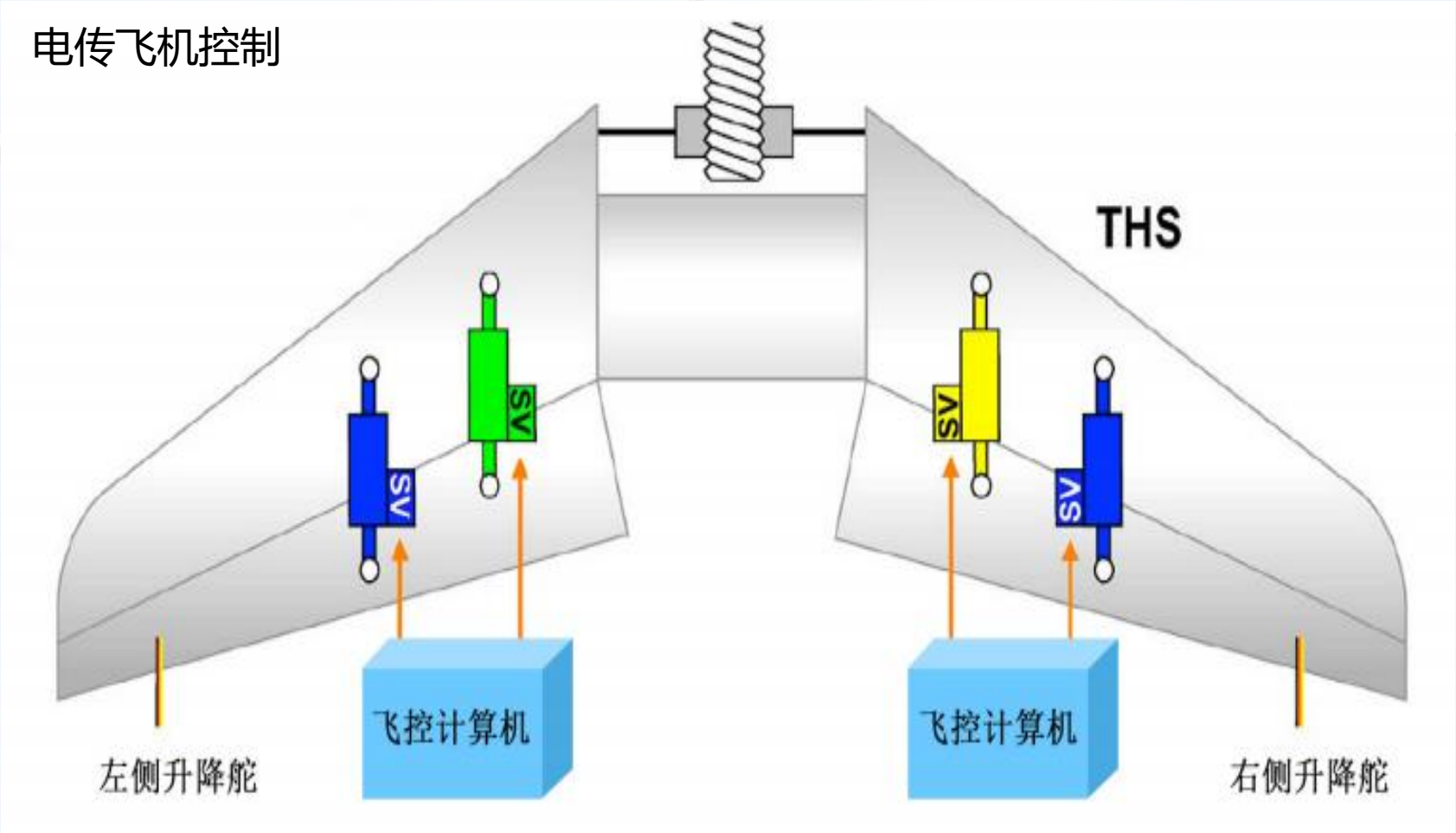
4、升降舵

空客飞机升降舵

- 通过侧杆控制升降舵。
- 由机长或者副驾驶单人操纵侧杆向前或向后运动发出控制指令，此时另一个侧杆自动保持在中立位，不会随动。
- 同时操纵两个侧杆前后运动时，控制指令会进行叠加，此时的叠加指令并不会超过计算机允许的最大操纵极限。

3.3.2.5 主飞行控制系统


4、升降舵



3.3.2.5 主飞行控制系统

小结:

抖杆器、EICAS位置显示、感觉力系统、速度越快偏转角度越小、两套液压作动筒



3.3.2.6 辅助飞行控制系统

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

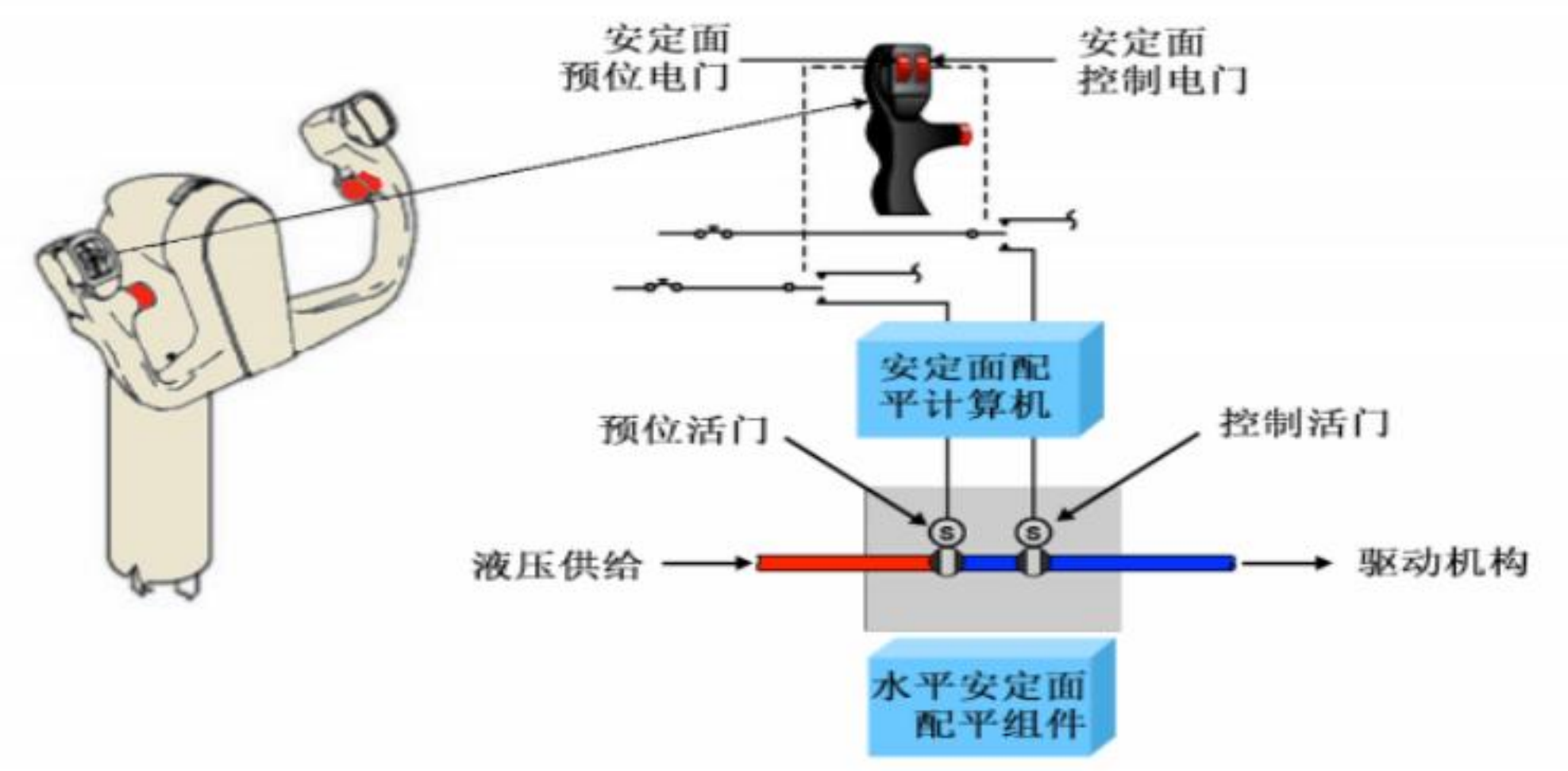
1、水平安定面

1) 水平安定面介绍

- 水平安定面：飞机沿横轴的不平衡性大于其他轴，对于俯仰操纵，有一个足够大的专用舵面进行配平。
- 如果只依靠升降舵这个较小的舵面去获得较大的俯仰配平角度，则需要升降舵进行大角度偏转，这样会产生额外的飞行阻力，增加油耗，降低飞机的经济性。

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

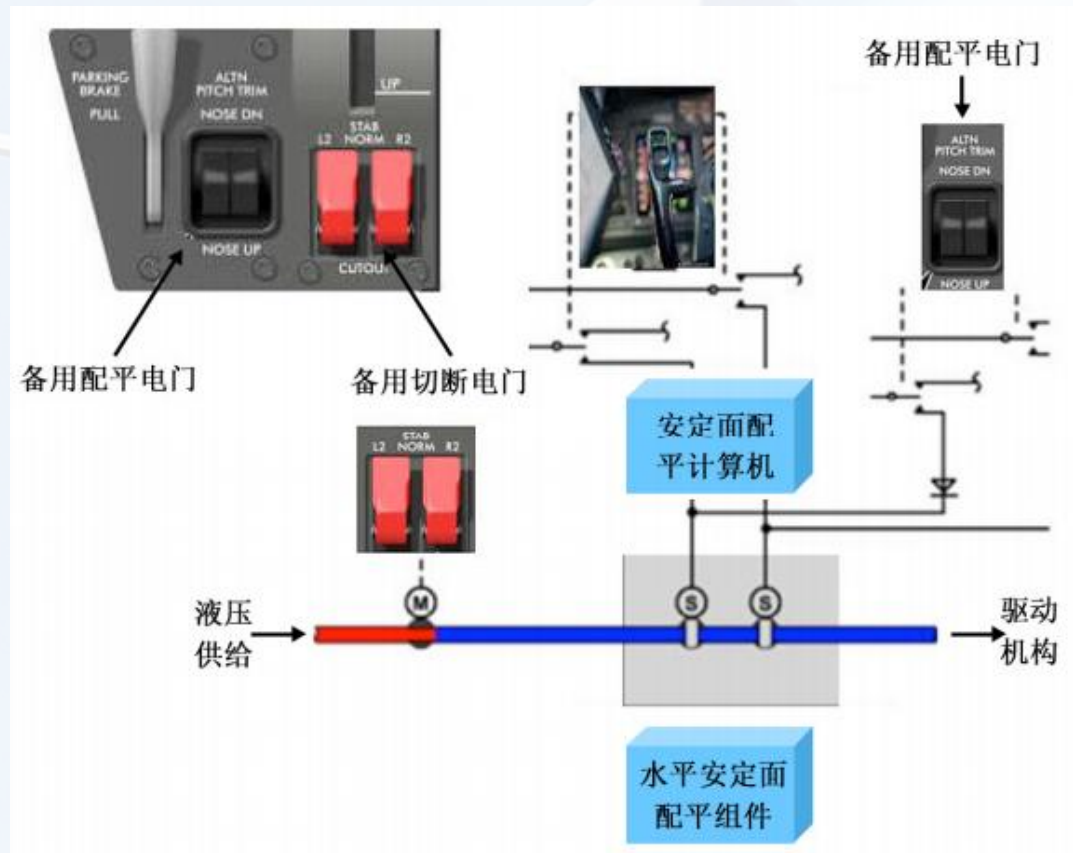
2) 驾驶舱控制



747安定面控制&预位电门

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

2) 驾驶舱控制

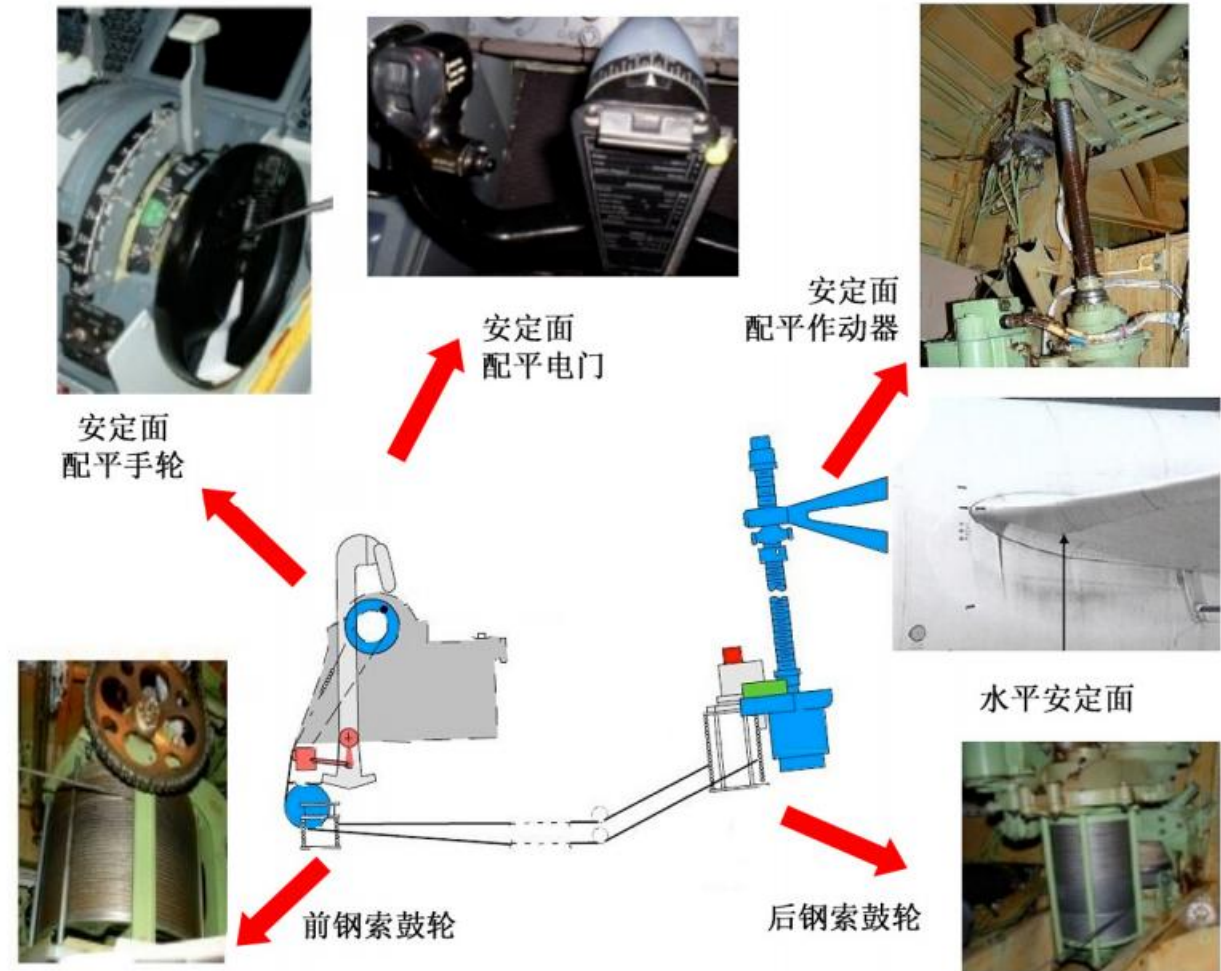


备用配平电门和备用切断电门

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

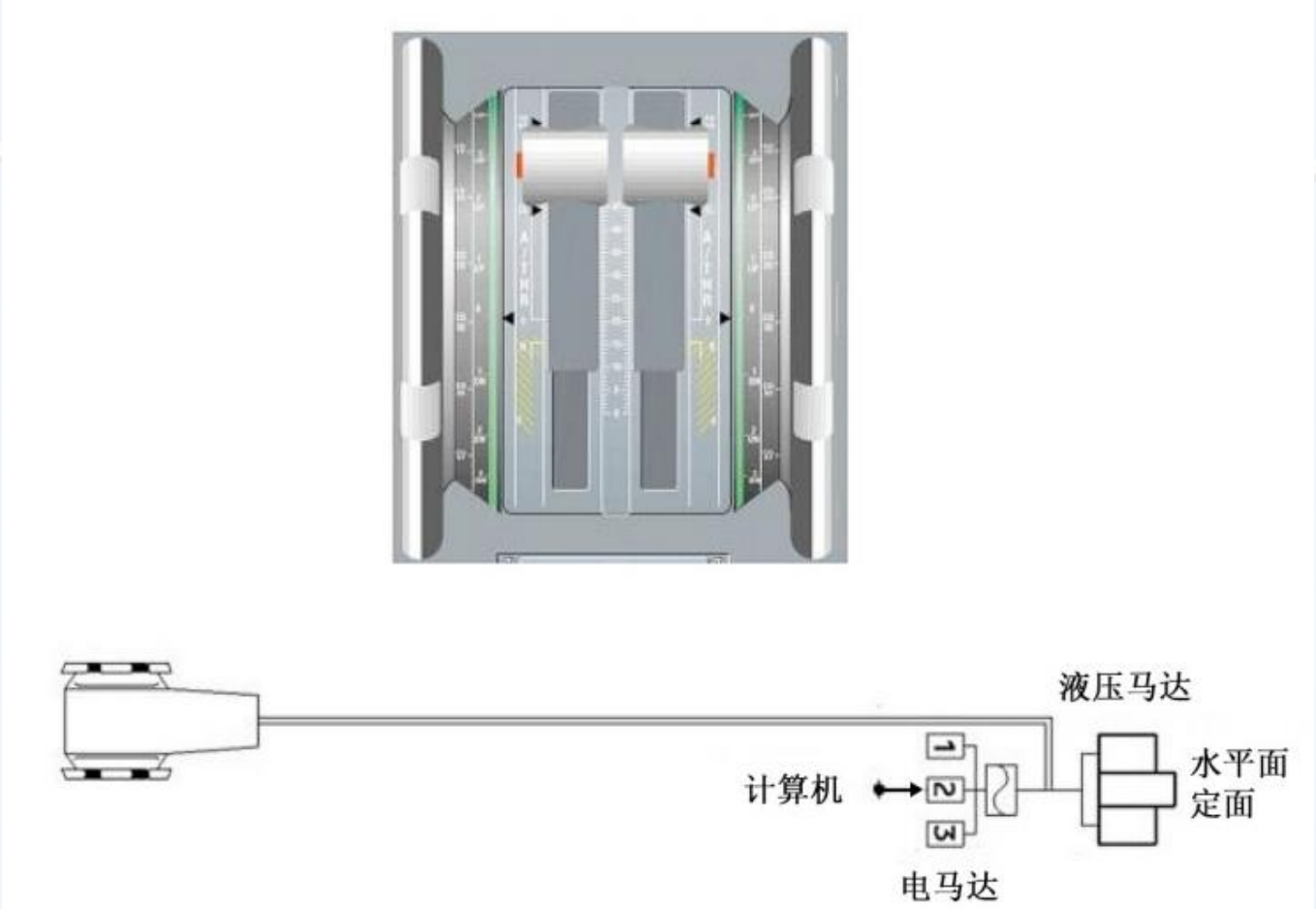
2) 驾驶舱控制

- 在飞机 (737NG) 上, 驾驶员使用安定面配平控制电门控制电动作动器完成俯仰配平操纵。
- 电门位于每个驾驶杆的外侧, 也有两个电门用于安全保护。
- 如果主电动配平失效 (电配平作动筒故障), 驾驶员使用安定面配平手轮进行人工俯仰配平操纵, 手轮位于操纵台两侧。



3.3.2.6 辅助飞行控制系统

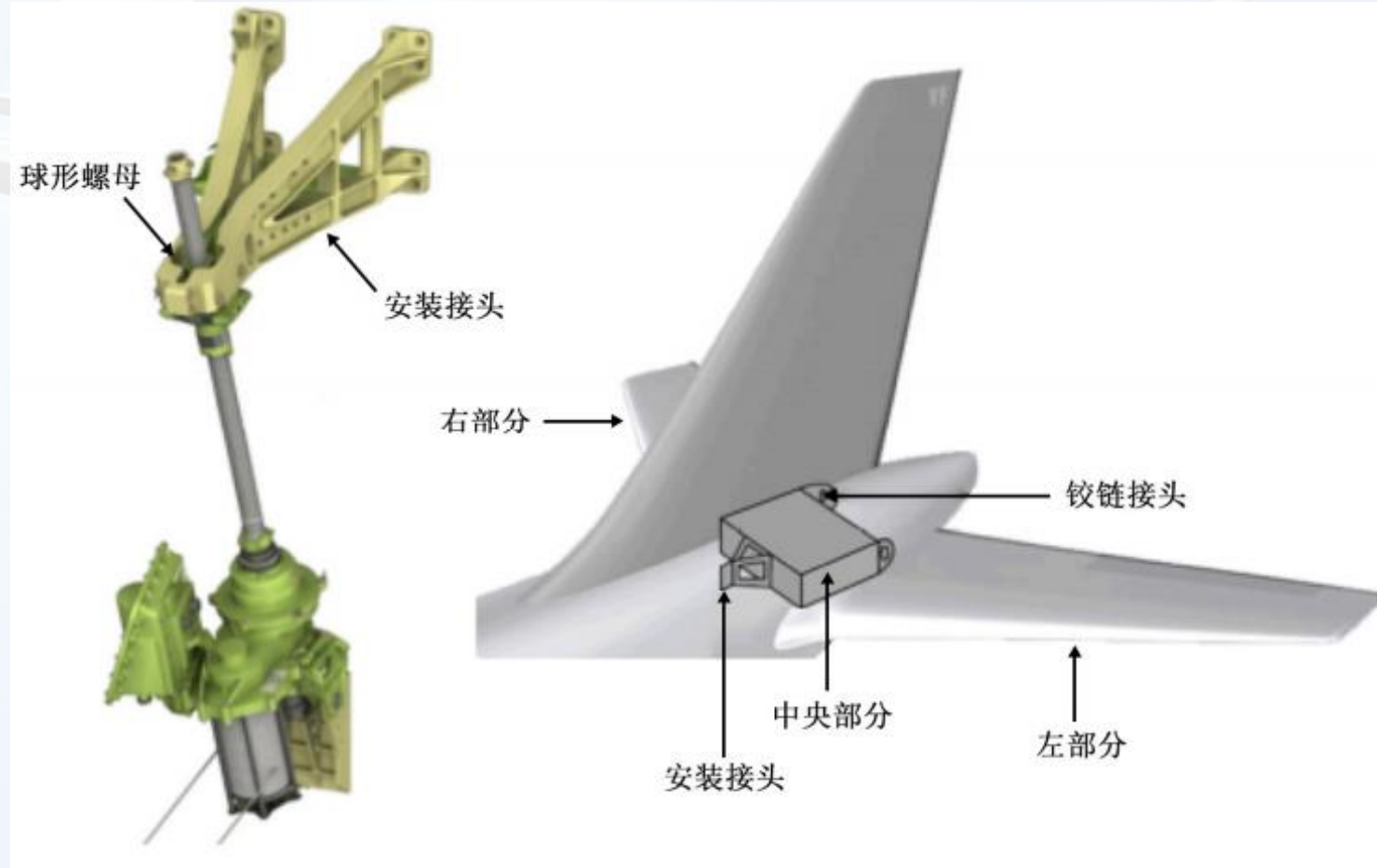
3) 电传安定面系统



3.3.2.6 辅助飞行控制系统

4) 安定面

- 安定面组件由三部分组成：
中央部分、左部分以及右部分。三部分连接在一起。



3.3.2.6 辅助飞行控制系统

5) 安定面位置指示

在不同的机型上，水平安定面指示显示在不同的位置。

例如：ECAM 系统页面显示、配平手轮旁带有指针的刻度、中央操作台上的移动刻度以及靠近水平安定面前缘机身上的刻度。



3.3.2.6 辅助飞行控制系统

2、襟/缝翼系统

1) 介绍

- 襟翼是现代机翼边缘部分的一种翼面形可动装置，安装在机翼后缘或前缘，可向下偏转或（和）向后（前）滑动。
- 其基本效用是在飞行中增加升力。
- 依据所安装部位和具体作用的不同，襟翼可分为后缘襟翼、前缘襟翼。
- 襟/缝翼主要安装在大型飞机上，也被称为增升装置。

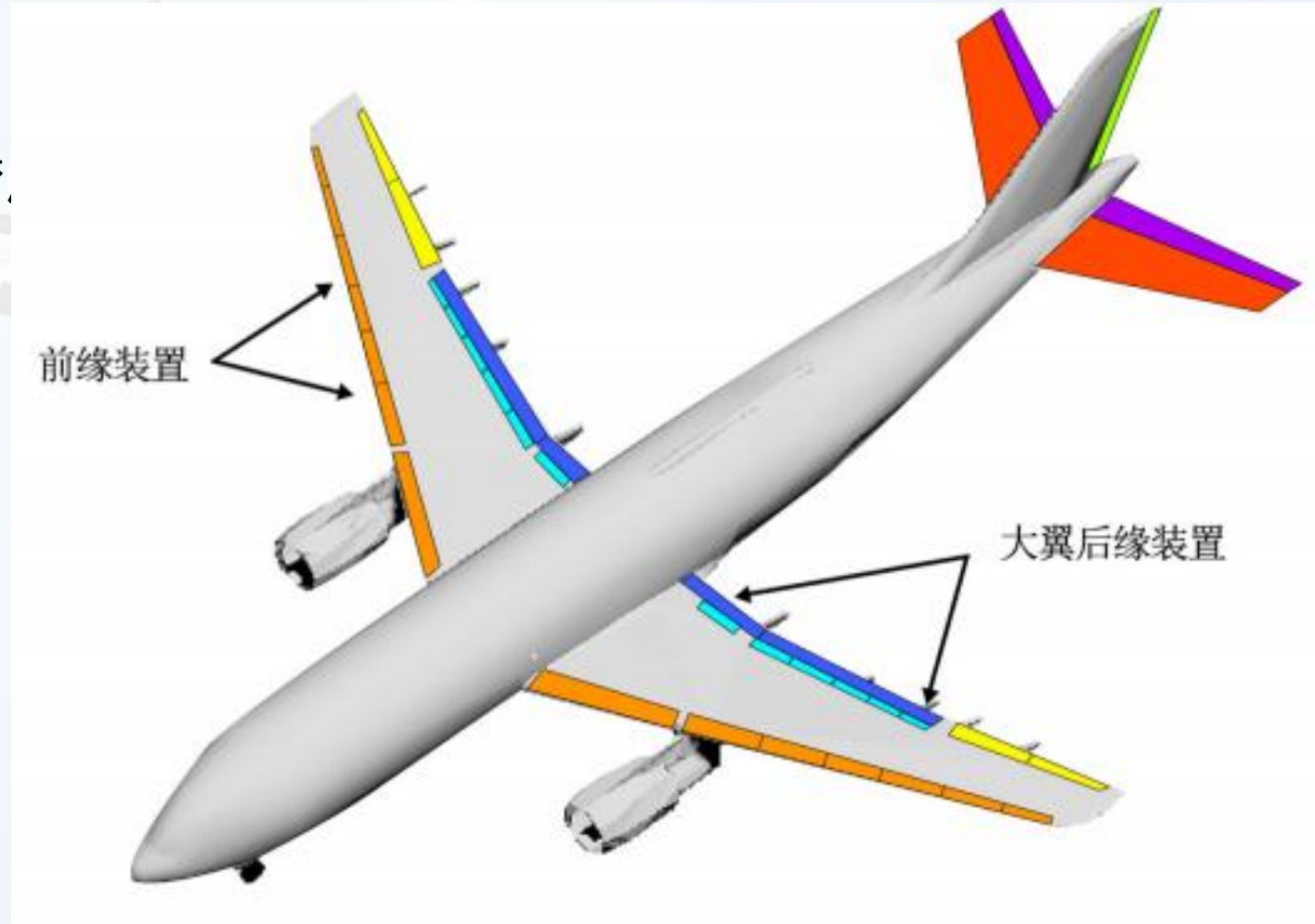
3.3.2.6 辅助飞行控制系统

1) 介绍

襟翼主要有以下功能：

1) 增加机翼的面积。2) 改变机翼弯

- 增升装置改变了机翼的弧度，有些襟翼在放出时也会增加机翼的面积。
- 当增升装置放出时，增加了飞机的升力。这使得飞机可以在更低的飞行速度起飞和降落。在着陆时，放出襟翼也增加了飞机的阻力。

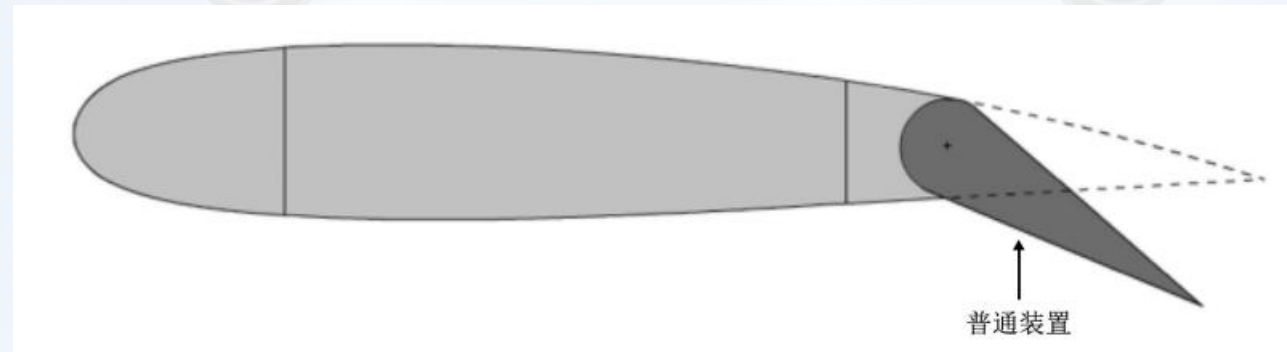


3.3.2.6 辅助飞行控制系统

1) 介绍

机翼襟翼有多种设计。图为一种结构较为简单的襟翼，主要用于小型飞机。

襟翼向下偏转可以改变机翼的弧度并增加升力和阻力。



3.3.2.6 辅助飞行控制系统

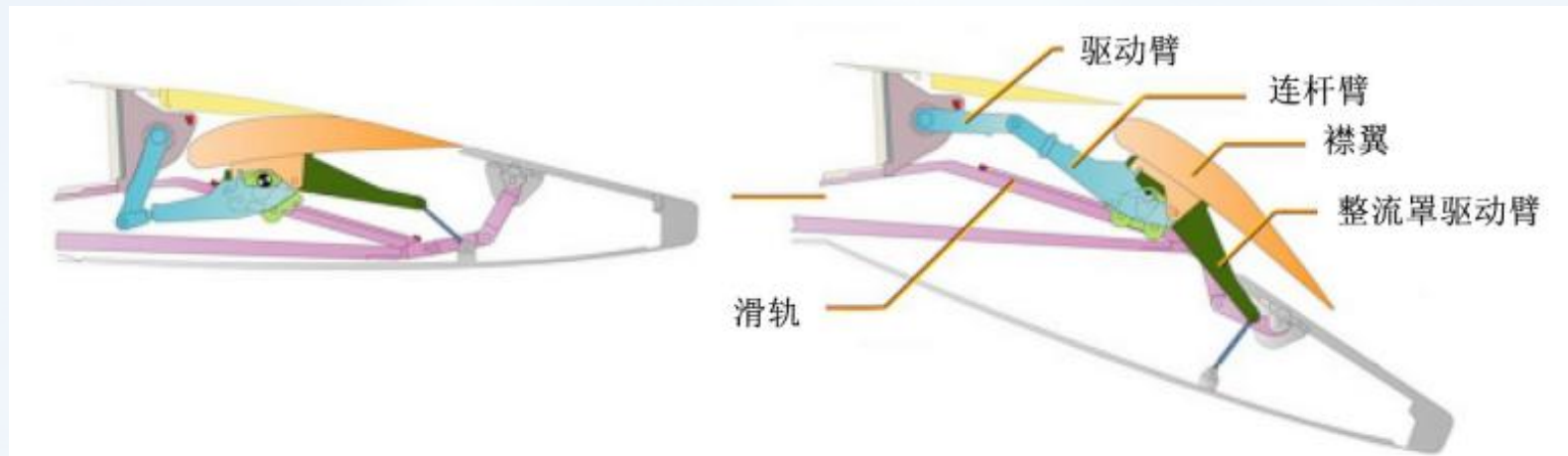
2) 福勒襟翼（后退襟翼）

- 大多数空客飞机使用的襟翼都为福勒襟翼（也称后退襟翼），可以增加翼剖面的弯度，同时能大大增加机翼面积。其增升效果非常明显，升力系数可提高 85%~95%，个别大面积富勒襟翼的升力系数可提高 110%~140%。
- 这种襟翼结构较复杂，多在大、中型飞机上采用，可大大改善起降性能。
- 当福勒襟翼收上时，它是机翼的后缘。当福勒襟翼放出时，可以增加大翼面积并改变大翼弧度。

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

2) 福勒襟翼（后退襟翼）

- 福勒襟翼它安装在襟翼滑架和襟翼连杆臂上。襟翼连杆臂连接到旋转作动器的驱动臂上。襟翼滑架支撑在襟翼滑轨上。
- 福勒襟翼的所有部件都安装在整流罩内。这使得气流平顺，用于减少阻力。
- 当福勒襟翼放出时，它先向后移动，然后向下移动。驱动臂带动襟翼连杆臂，襟翼滑架在襟翼滑轨的导向槽上滑动。
- 在襟翼收放过程中，整流罩由操作臂和拉杆驱动，围绕着整流罩旋转点运动。



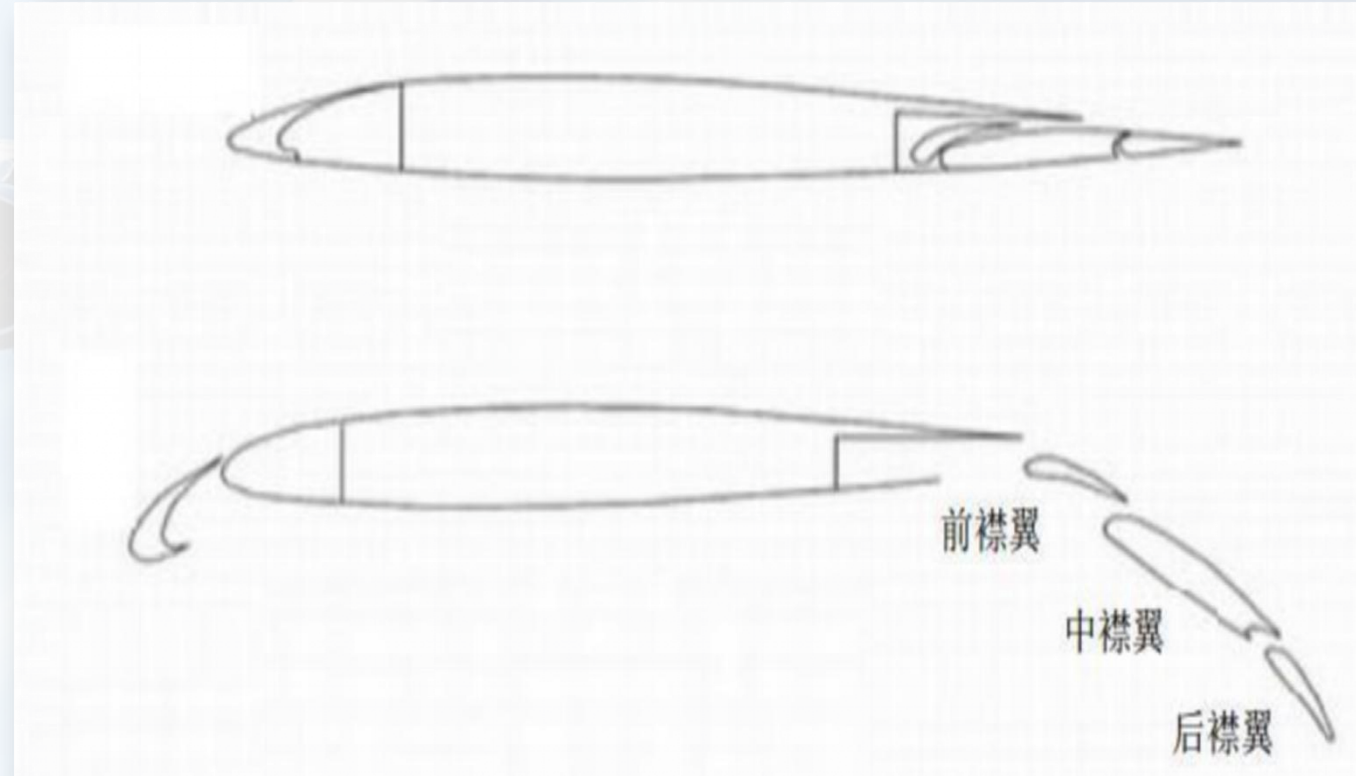
3.3.2.6 辅助飞行控制系统

3) 三开缝襟翼

●三开缝襟翼包括：

- ① 一个前襟翼
- ② 一个中襟翼
- ③ 一个后襟翼

大多数波音机型使用这种襟翼。



3.3.2.6 辅助飞行控制系统

4) 前缘装置

后缘襟翼有一个缺点：

就是当它向下偏转时，虽然能够增大上翼面气流的流速，从而增大升力系数，但同时也使得机翼前缘处气流的局部迎角增大。当飞机以大迎角飞行时，容易导致机翼前缘上部发生局部的**气流分离**，使飞机的性能变坏。如果此时采用前缘襟翼，不但可以**消除机翼前缘上部的局部气流分离**，**改善后缘襟翼的增升效果**，而且其**本身也具有增升作用**。

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

4) 前缘装置

当襟翼放出时，前缘装置自动放出。有 4 种不同类型的前缘装置：

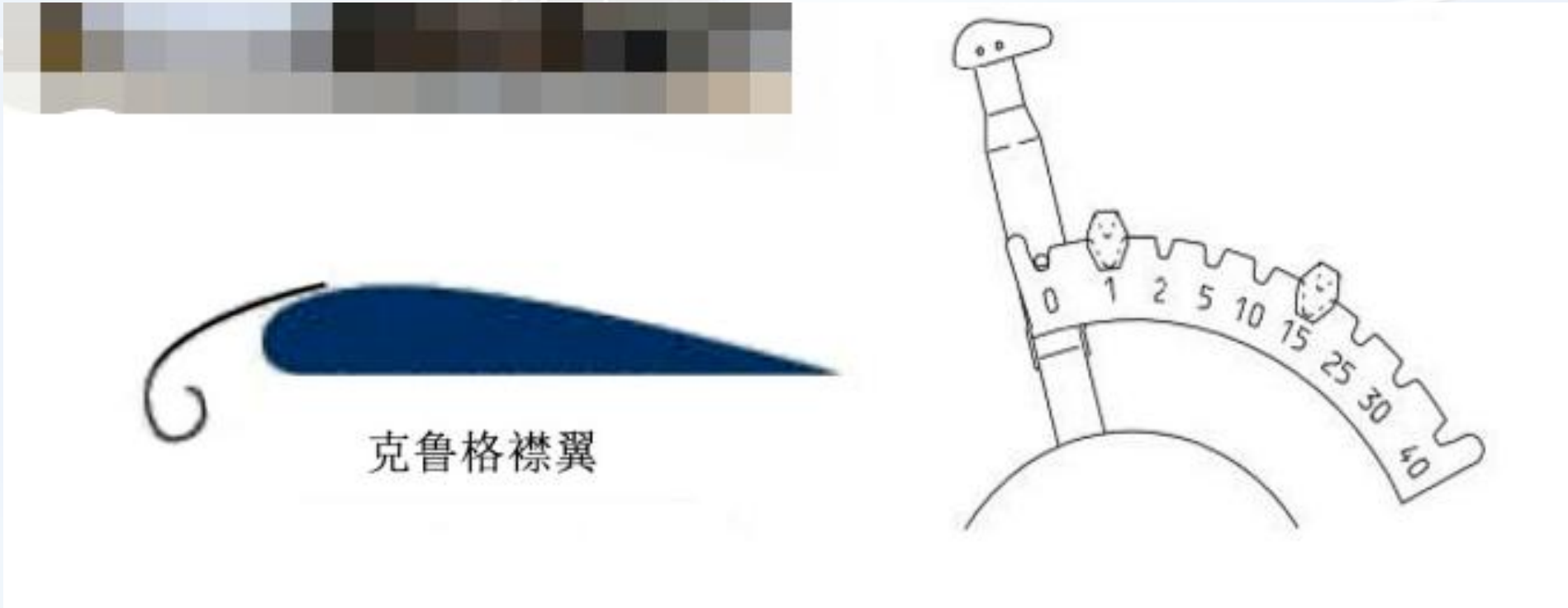
- 1) 前缘襟翼（克鲁格襟翼）；
- 2) 可变弧度襟翼；
- 3) 缝翼；
- 4) 下垂前缘。

当前缘襟翼收上时，它们作为机翼前缘的下表面。当前缘襟翼放出时，它们向前和向下移动。

增加了机翼的弧度，产生更大的升力。

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

4) 前缘装置



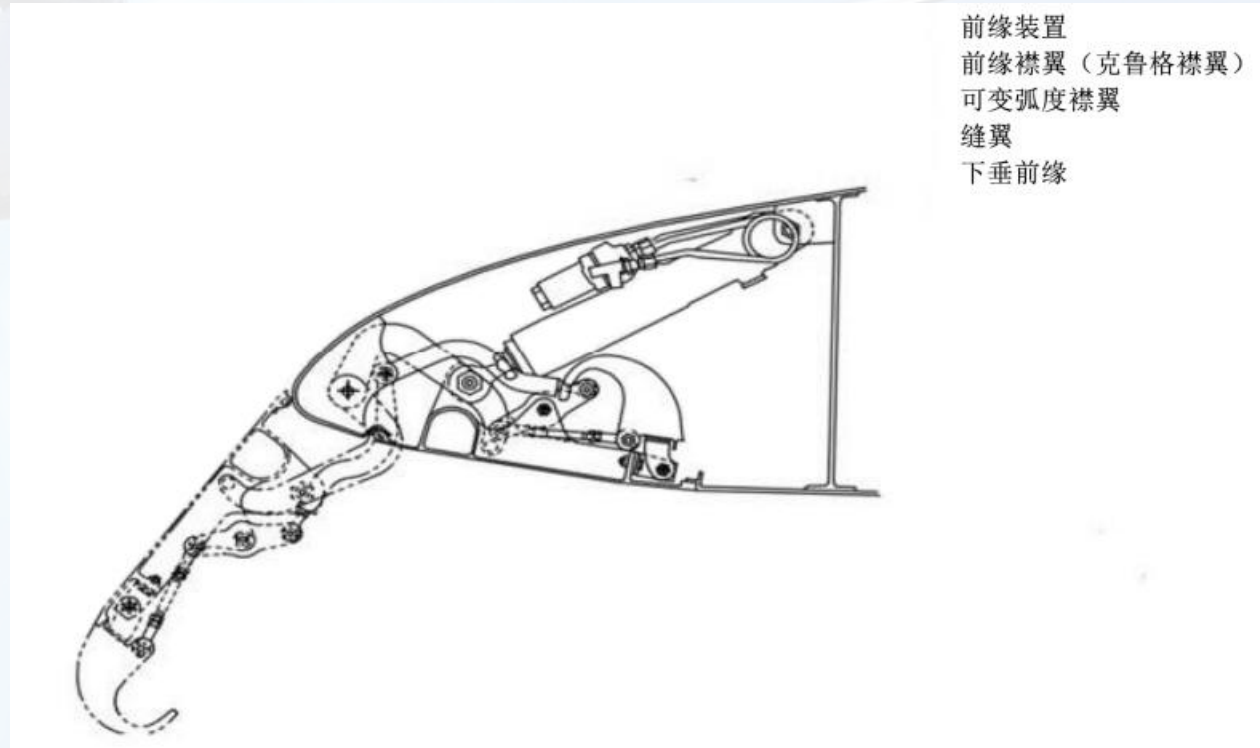
前缘襟翼：克鲁格襟翼

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

4) 前缘装置

当前缘放出时，可变弧度襟翼弯曲，增加了机翼的弧度，也使机翼前缘周围的气流更流畅。

可变弧度襟翼由一个玻璃纤维板、一个可折叠的前部和许多支撑杆组成，由旋转作动器驱动臂进行驱动。

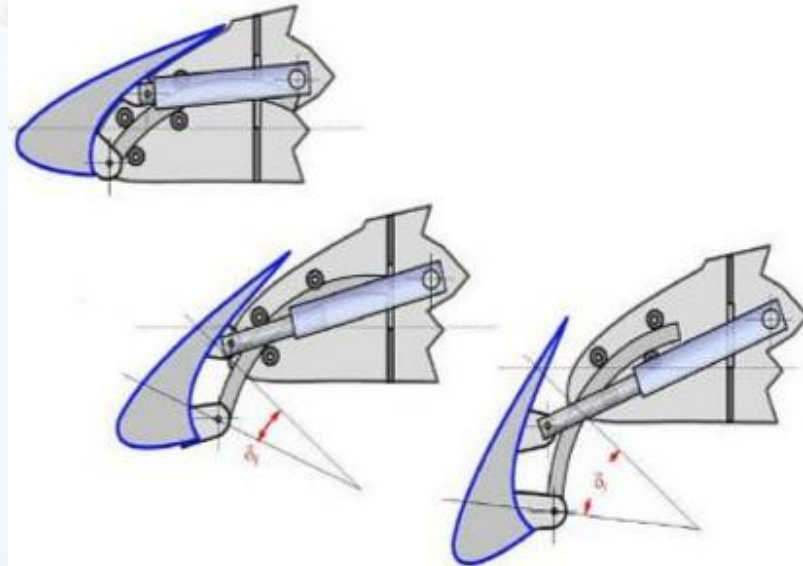


可变弧度襟翼

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

4) 前缘装置

当缝翼被收回时，作为机翼的前缘使用。当缝翼放出时，在缝翼和机翼机构之间形成一个缝隙，使得来自前缘下方高压区域的空气向上流动，然后沿着机翼上表面流动。



前缘装置
前缘襟翼（克鲁格襟翼）
可变弧度襟翼
缝翼
下垂前缘

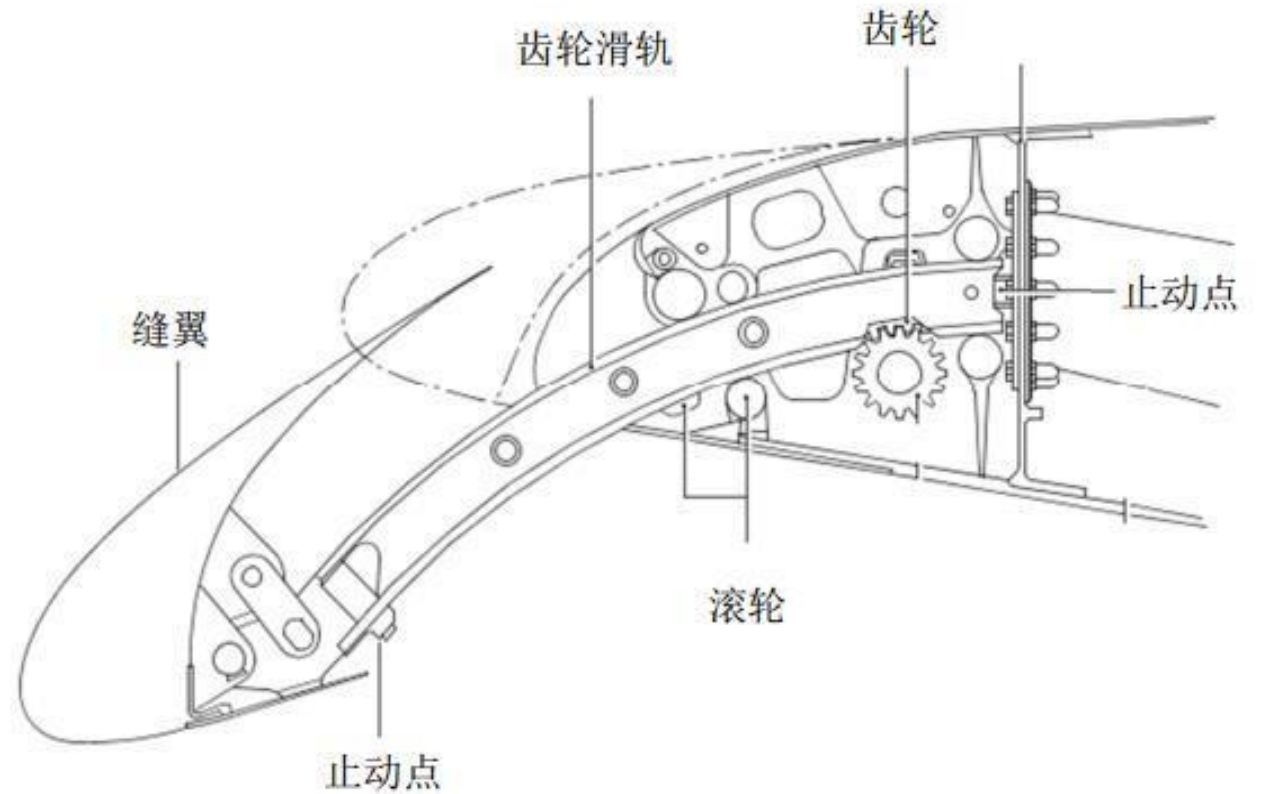
缝翼

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

4) 前缘装置

以空客 A320 的缝翼系统为例：

缝翼由相应的滑轨支撑。2 个上负载滚轮和 2 个下负载滚轮用于对缝翼滑轨进行导向。弯曲齿轮轨道安装在缝翼滑轨的内部。当收放缝翼时，扭力管系统通过旋转作动器驱动一个小齿轮，小齿轮通过齿轮滑轨驱动缝翼收放。

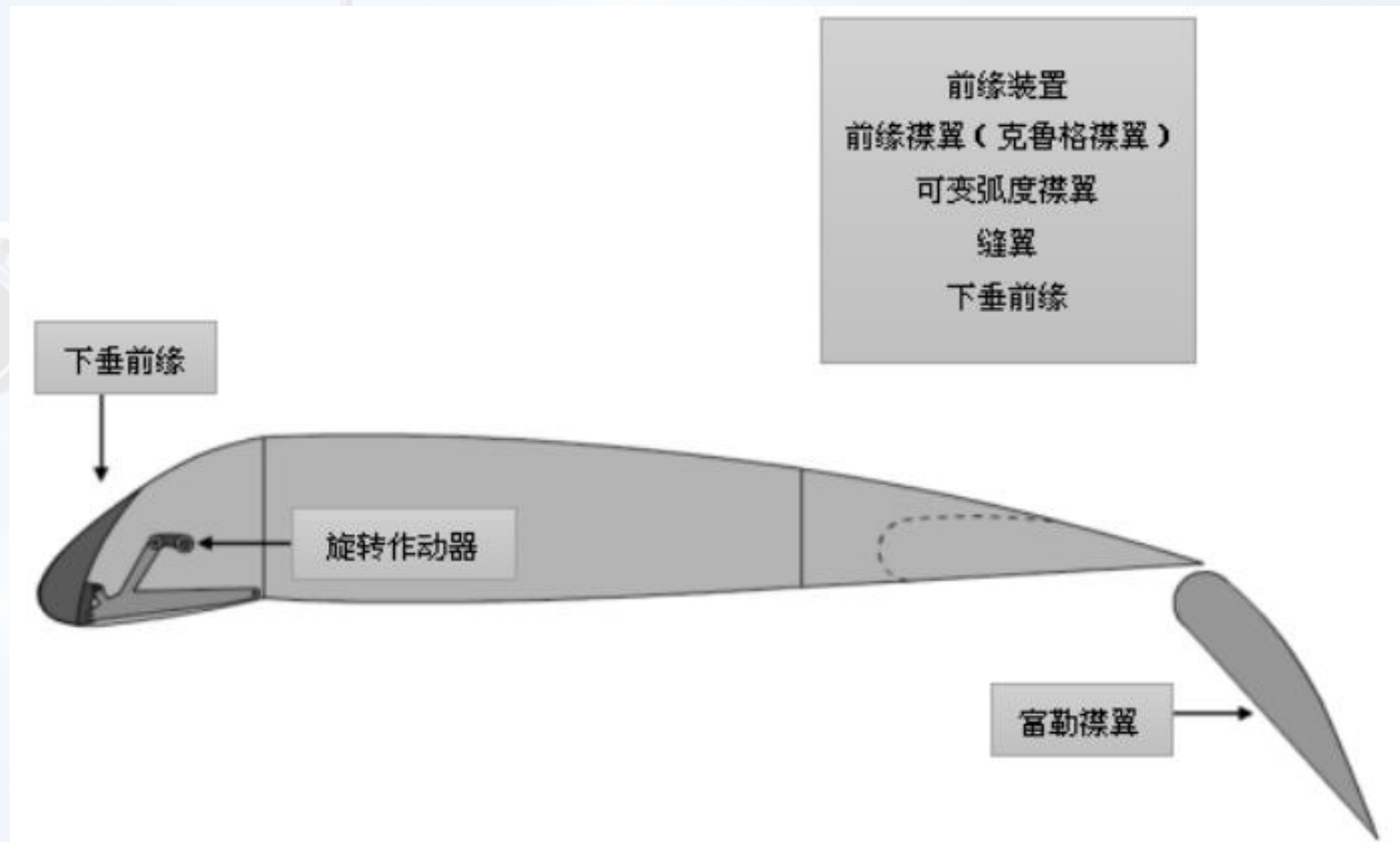


320缝翼

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

4) 前缘装置

整个前端或机翼前缘通过一个旋转作动器驱动使前缘下垂，以增加机翼的弧度。

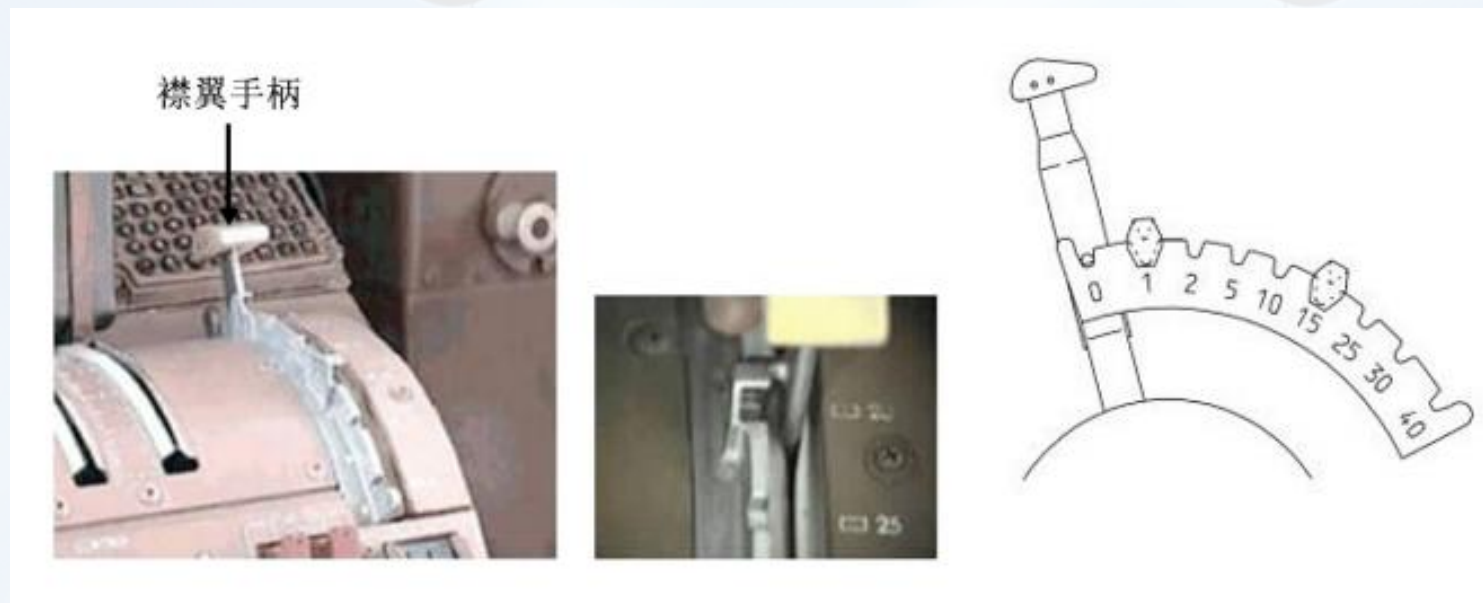


下垂前缘

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

5) 襟翼控制手柄

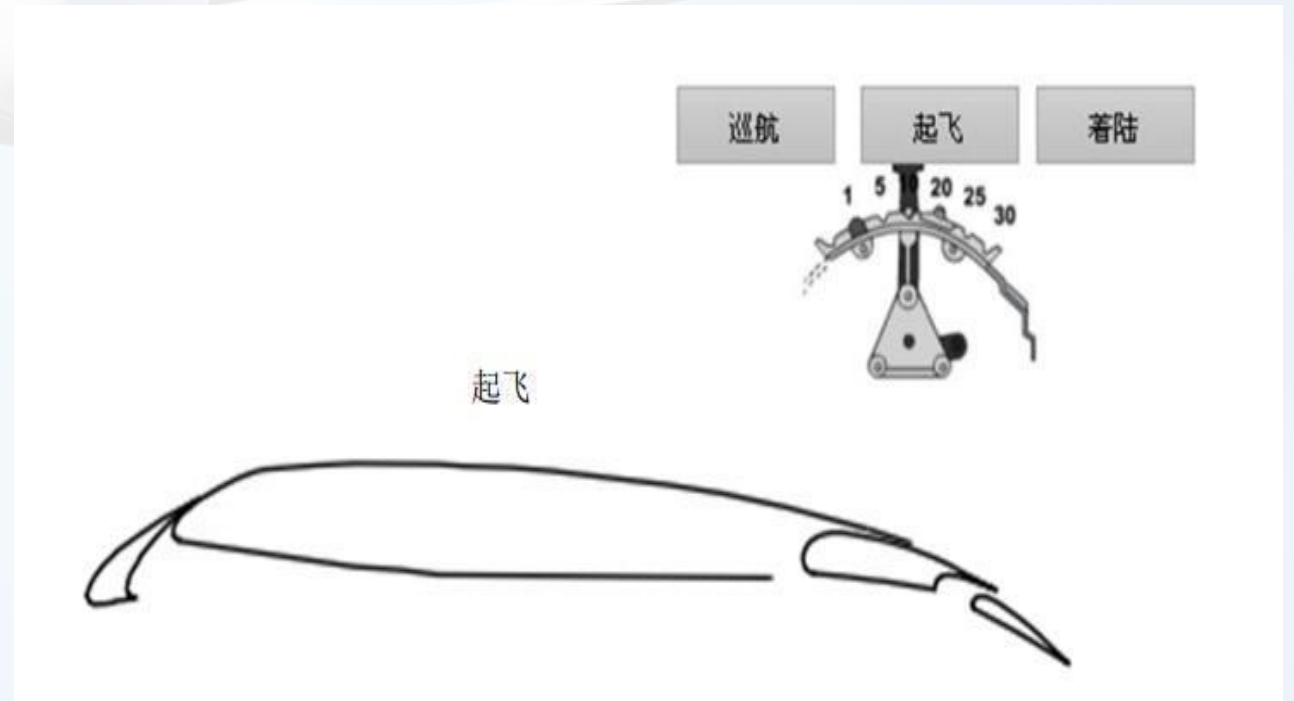
- 机组通过襟翼手柄控制襟翼和前缘装置。
- 襟翼手柄是由弹簧加载的。该手柄被锁定在卡槽内。卡槽位置与襟翼的角度相近。
- 襟翼手柄在卡槽位置处设有卡口。这些卡口可以防止手柄没有停顿的直接越过该卡槽。操作时，手柄必须先放进这个卡口，然后拉出手柄才可以移动到下一个位置。



3.3.2.6 辅助飞行控制系统

5) 襟翼控制手柄

当襟翼手柄放到起飞位置时，襟翼移动到中间位置。前缘和后缘装置增加了升力用于安全起飞。这时并没有过多的增加阻力，确保飞机在起飞抬头时具有良好的加速性。

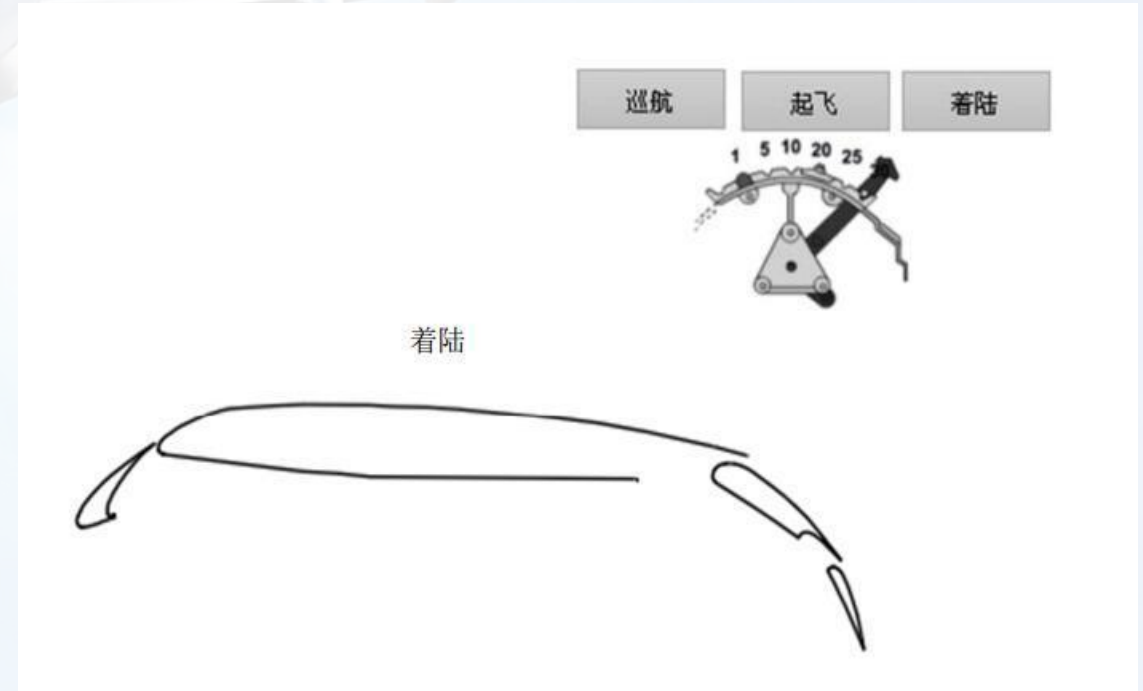


襟翼处于起飞位置

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

5) 襟翼控制手柄

当襟翼手柄放到着陆位置时，襟翼**完全放出**。襟翼提供最大的升力和阻力使飞机减速，用于安全着陆。

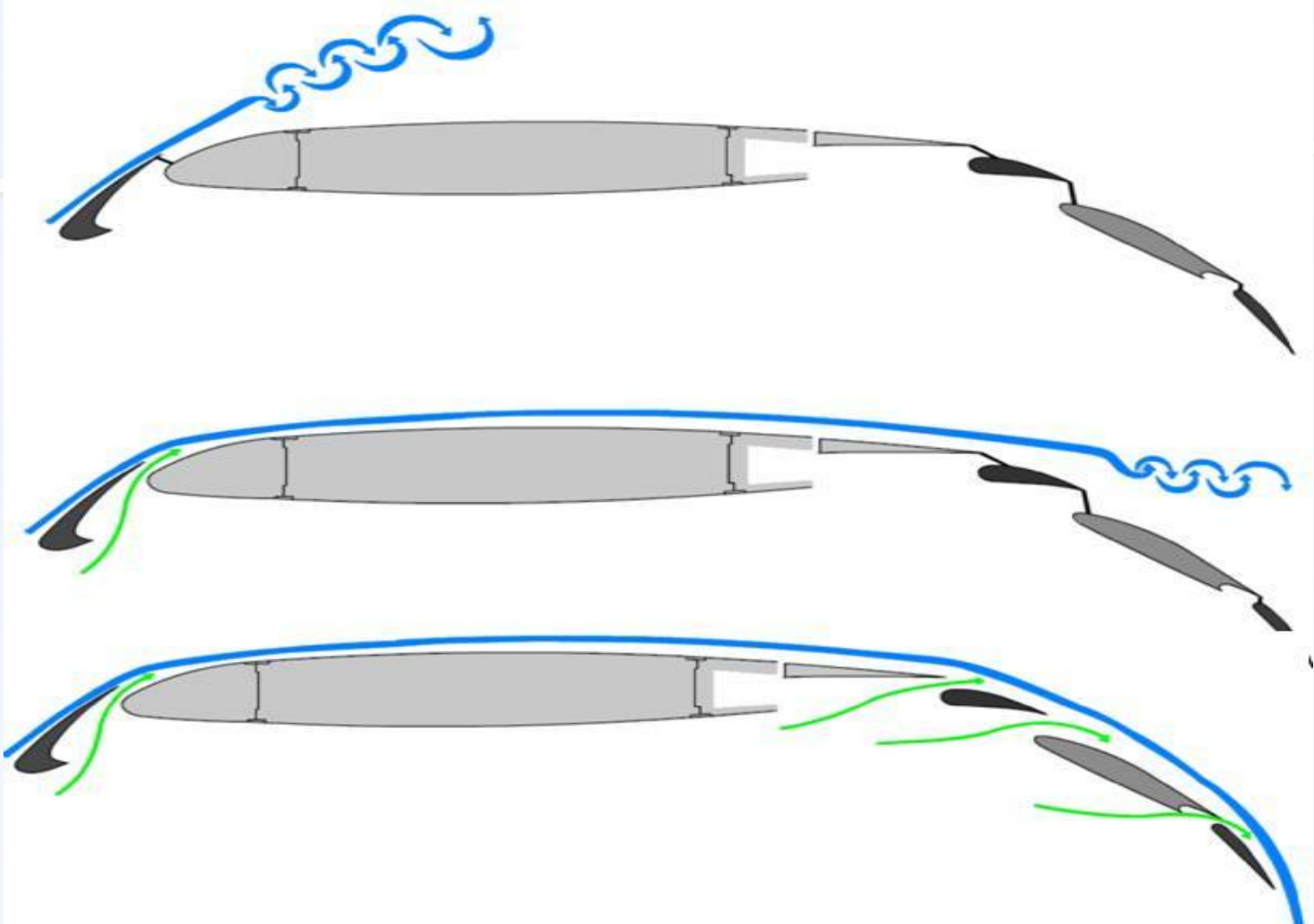


襟翼处于着陆位置

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

6) 缝隙的影响

图为机翼周围的空气流动曲线



3.3.2.6 辅助飞行控制系统

3、减速板和速度刹车

所有现代飞机都使用扰流板来增加阻力，降低升力。扰流板有三个主要功能：

- 1) 在飞行中被用作**速度刹车**，在飞行过程中扰流板可以对称作动升起，作为速度刹车使用。
- 2) 作为**滚转扰流板**，以协助副翼进行滚转操作，如果飞机需要向右转弯，机组操纵驾驶杆向右转动。仅向下运动一侧机翼的滚转扰流板升起。
- 3) 着陆后作为**地面扰流板**，卸载升力并增加阻力。飞机着陆后所有的扰流板完全升起，卸载升力并增加阻力，从而使飞机减速。地面扰流板也被称为升力卸载装置。

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

3、减速板和速度刹车



3、减速板和速度刹车

地面扰流板

- 只能在地面上起减速作用，其通常只有两个位置；立起位和放下位，因此作动装置为普通双向单杆液压作动筒。
- 飞机在空中时，空/地电门将地面扰流板内部锁活门置于空中位，切断供向扰流板作动筒的油液压力，将扰流板锁定在放下位；
- 当飞机落地后，空/地电门将扰流板内部锁活门切换到地面位，使地面扰流板可在地面完全放出，从而卸除机翼的升力，提高刹车效率，增大阻力，从而缩短飞机着陆滑跑距离。

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

3、减速板和速度刹车

飞行扰流板既可在地面使用，也可在空中使用。

飞行扰流板功能如下：

- 1) 配合副翼操纵
- 2) 飞机减速

3.3.2.6 辅助飞行控制系统

小结:

襟翼、缝翼、减速板、各个机构有多种不同形式和特点的作动方式。

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

3.3.2.7 警告与失速保护

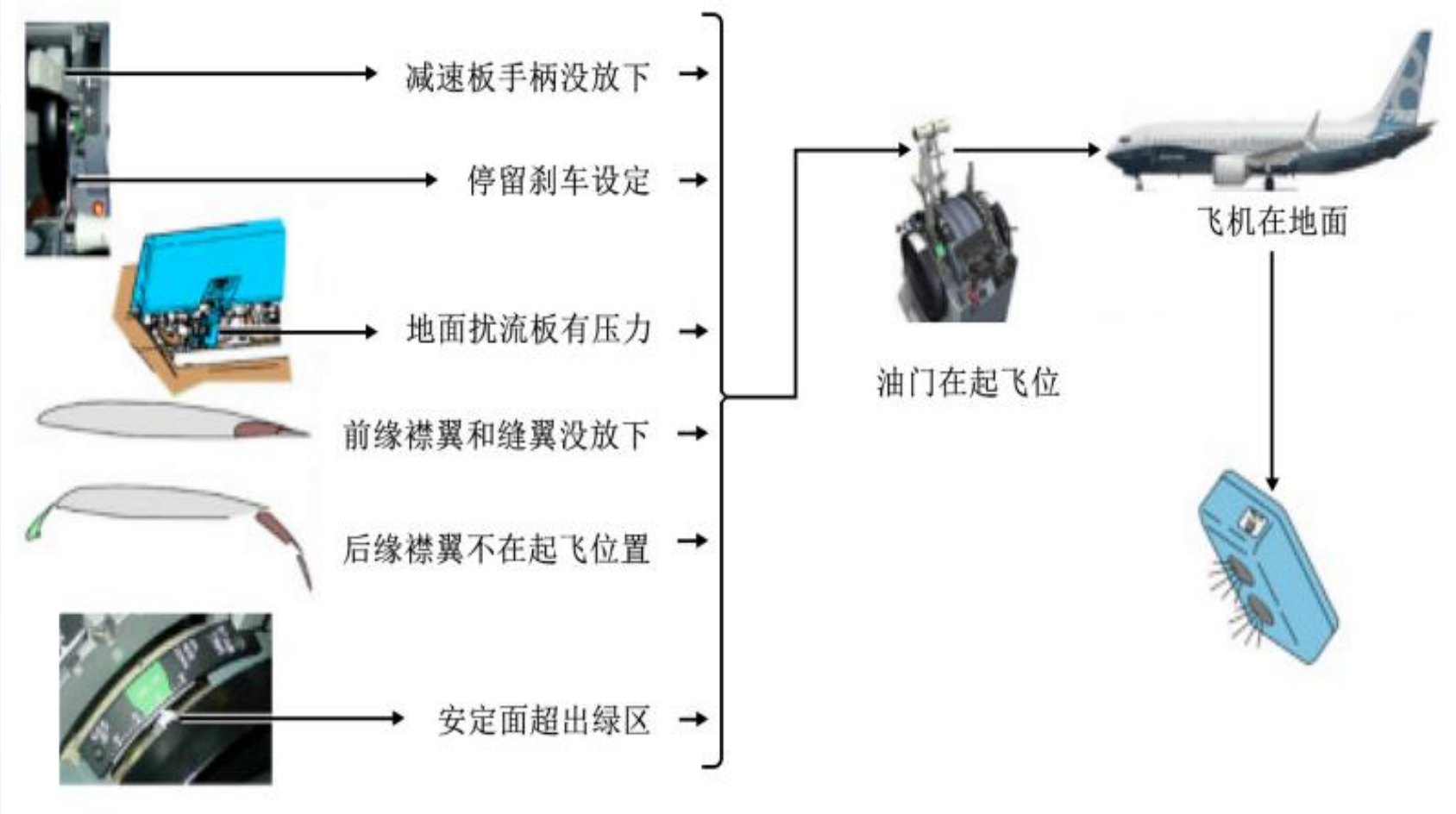
3.3.2.7 警告与失速保护

1、起飞警告系统

- 起飞警告系统是用于提醒飞行员飞机起飞配置中可能出现的致命错误。
- 所有主要航空国家都要求，“最大重量超过 6000 磅（约 2721kg）的所有飞机以及所有喷气式飞机必须安装起飞警告系统”。
- 该系统必须符合以下要求：
 - ① 在起飞滑跑的初始阶段自动激活，
 - ② 听觉警告。
 - ③ 警告必须持续提供直到构型变更为允许安全起飞，或飞行员采取行动放弃起飞滑跑。

3.3.2.7 警告与失速保护

1、起飞警告系统



3.3.2.7 警告与失速保护

2、失速保护系统

- 失速警告系统，是指飞机接近失速时向驾驶员发出警告的装置。
- 由迎角传感器、马赫传感器、襟翼位置传感器、失速警告控制器和告警装置组成。
- 由于失速迎角随飞机的飞行马赫数和襟翼位置变化，所以要靠马赫数传感器和襟翼位置传感器的信号对失速警告迎角预定值进行修正。

3.3.2.7 警告与失速保护

2、失速保护系统

失速警告告警三种形式：

- ① 触觉：装在驾驶杆上的抖杆器由电动机带动的偏心轮构成。当接通电源时，电动机带动的偏心轮旋转，引起驾驶杆振动。
- ② 听觉：用喇叭发出音响警告，易于察觉但会干扰通话。
- ③ 视觉：失速警告灯只是辅助警告形式，只有处于视野内才能察觉。

3.3.2.7 警告与失速保护

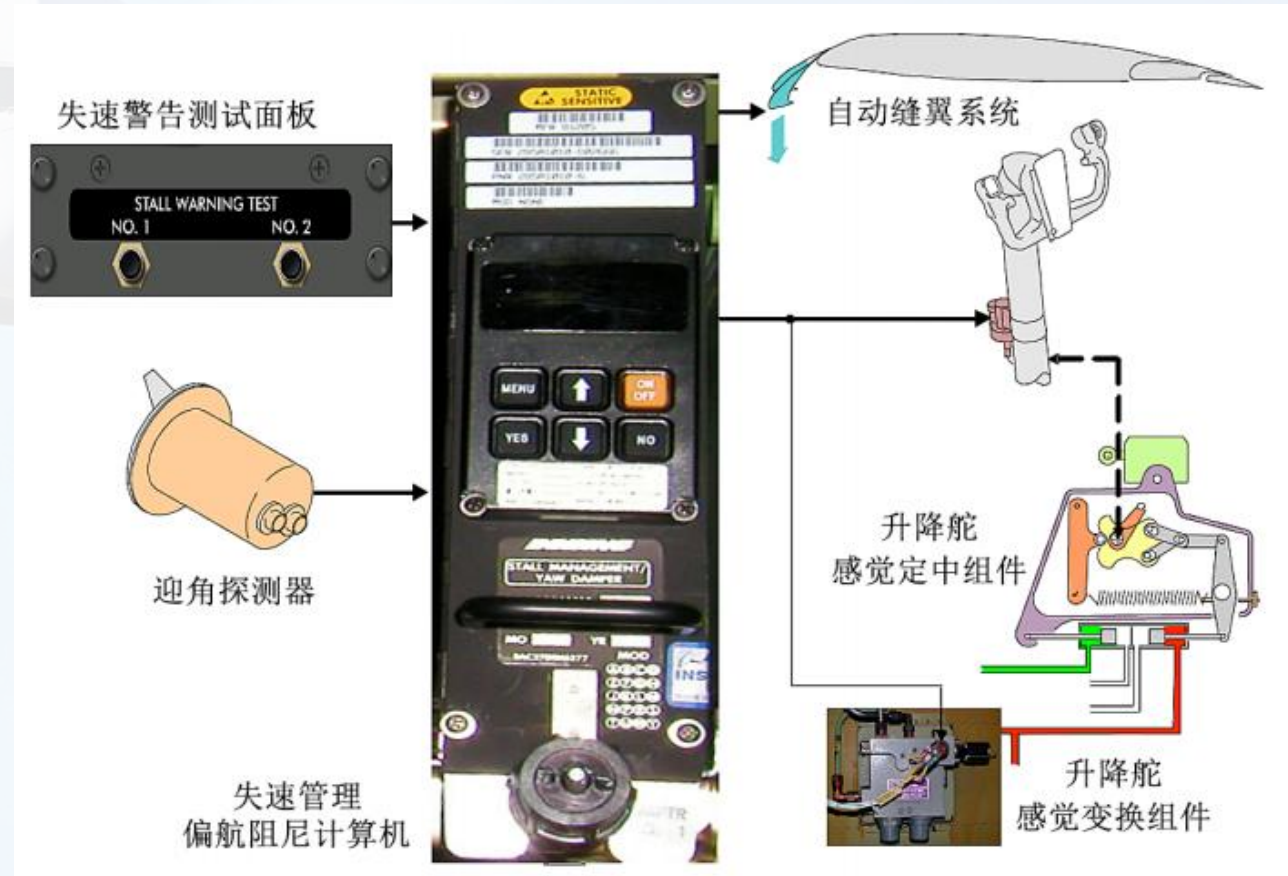
2、失速保护系统

当飞机接近失速状态时，失速警告系统抖动驾驶杆，以提醒机组。

在失速期间，失速警告系统会增加驾驶杆的感觉力，以保证驾驶员不能轻易克服飞机的自动低头配平。

失速警告系统包括下列部件：

- 1) 失速管理偏航阻尼器；
- 2) 驾驶杆抖杆器；
- 3) 升降舵感觉组件；
- 4) 失速警告测试面板。



典型飞机的失速警告系统

3.3.2.7 警告与失速保护

2、失速保护系统

抖杆器接收来自失速管理计算机的信号，它是一个电动机带动的不平衡重块（固定在驾驶杆上，见右图）。最适当频率为 **10~30 次/秒**，并要有足够的振幅，能使杆抖动。

推杆器用于自动恢复操作。在飞机接近失速时，**自动推杆**（推杆的力量，典型数值大约 **80 lb**。在推杆器工作时，这样大的力量足以抑制驾驶员有意拉杆，在推杆器失控的条件下，该力量也不至于大得飞行员不能稳住杆），飞机机头自动下俯，防止失速。

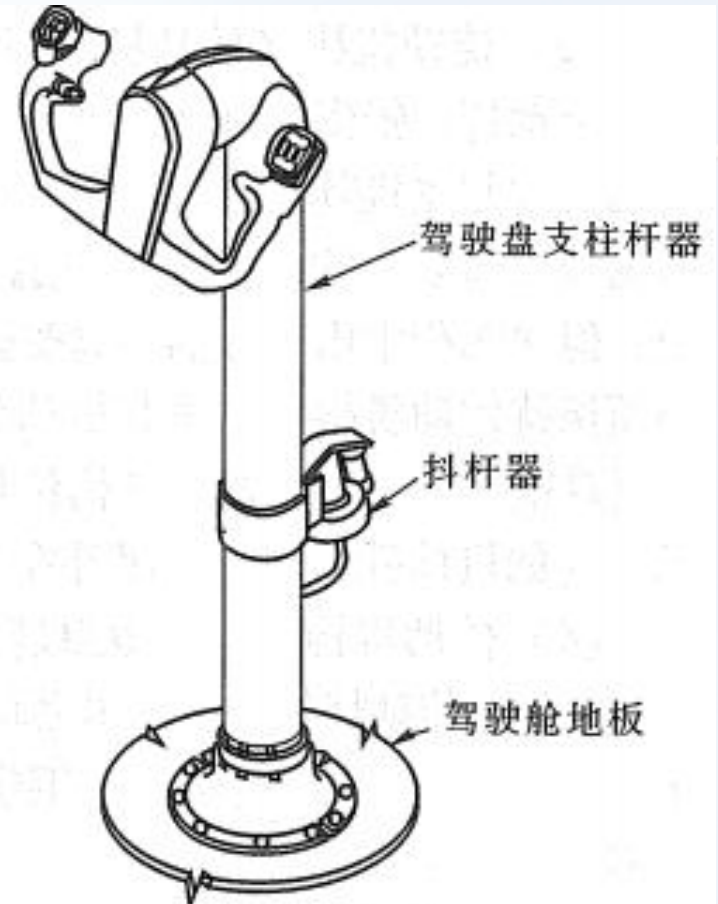


图 5.6 - 3 抖杆器

3.3.2.7 警告与失速保护

小结:

- ① 起飞警告
- ② 失速保护

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

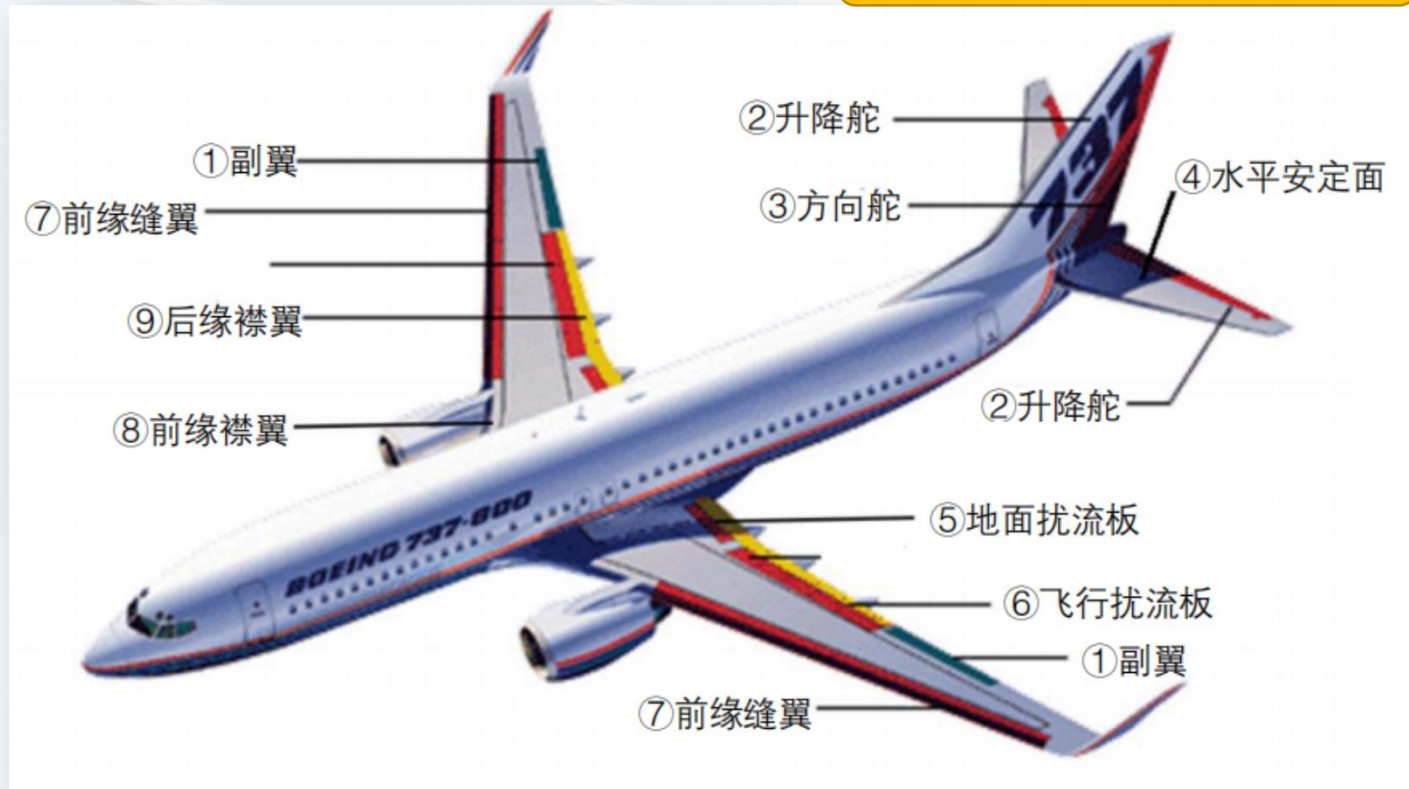
3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1、典型飞机飞控系统部件识别

1) 飞机飞行控制系统部件识别

飞机飞行控制舵面识别



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统部件识别

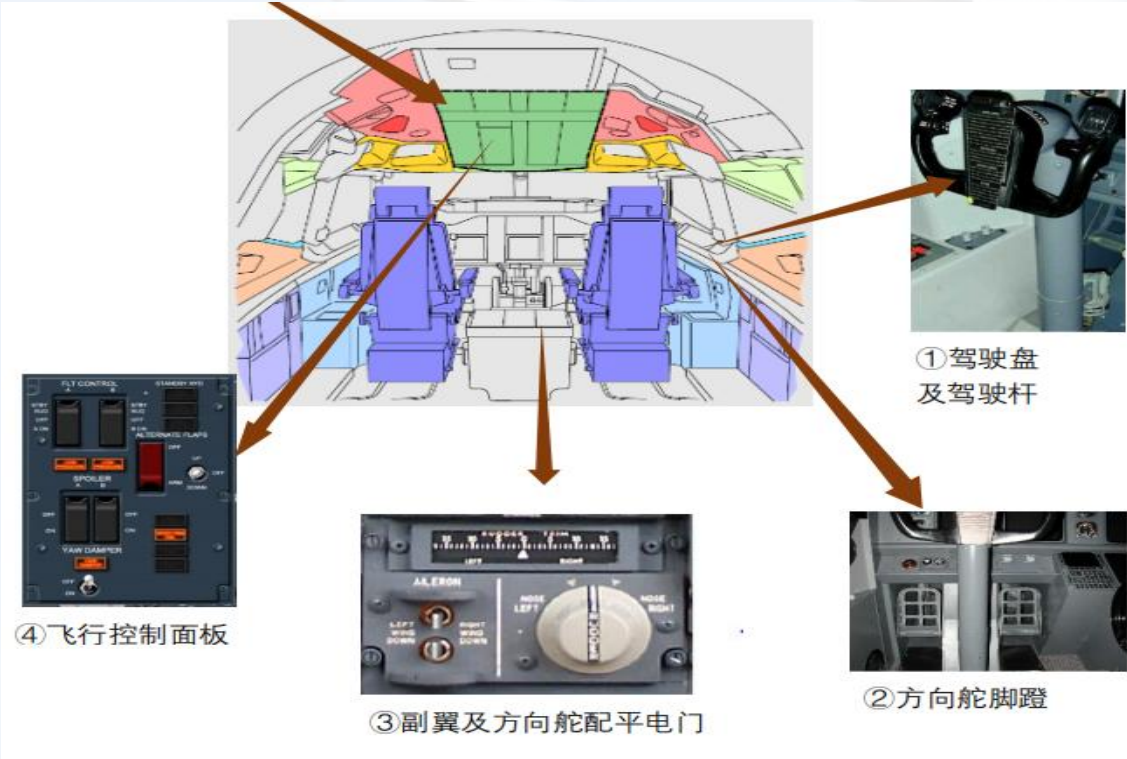
飞机飞行控制舵面识别

序号	名称	功能
①	副翼	提供绕纵轴的横滚控制。
②	升降舵	提供绕横轴的俯仰控制。
③	方向舵	提供绕立轴的方向控制。
④	水平安定面	控制飞机俯仰姿态稳定。
⑤	地面扰流板	仅在地面升起起减速作用。
⑥	飞行扰流板	空中减速或协助副翼横滚； 地面减速。
⑦	前缘缝翼	在飞机起飞和降落阶段起增升作用。
⑧	前缘襟翼	在飞机起飞和降落阶段起增升作用。
⑨	后缘襟翼	起飞阶段起增升作用； 降落阶段起增升增阻作用。

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

主飞行控制系统驾驶舱部件识别

1) 飞机飞行控制系统部件识别

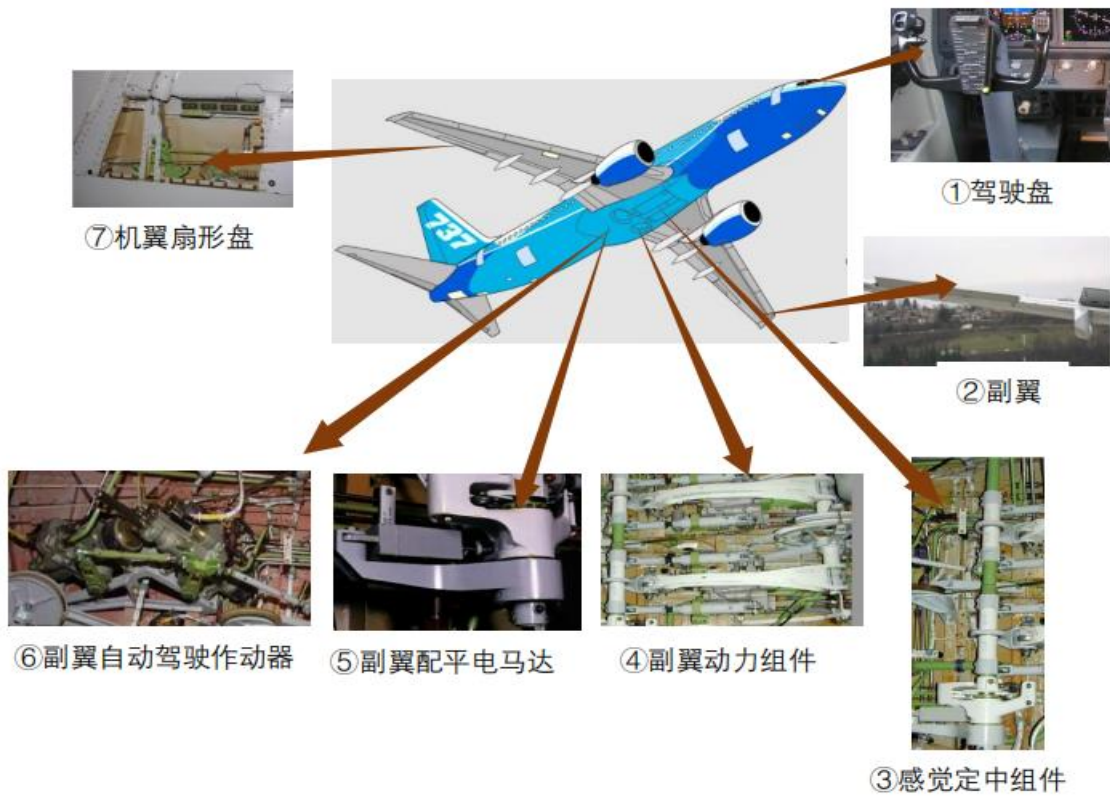


序号	名称	功能
①	驾驶盘及驾驶杆	驾驶盘控制副翼及飞行扰流板实现飞机横滚； 驾驶杆控制升降舵实现飞机俯仰。
②	方向舵脚蹬	左右脚分别踩脚蹬实现飞机偏航控制。
③	副翼及方向舵配平电门	副翼配平电门和配平作动筒使飞行员配平不需要的驾驶盘力； 方向舵配平控制钮和配平作动筒可让机组除掉不需要的方向舵脚蹬力。
④	飞行控制面板	飞控面板上有如下电门和告诫 指示灯： - 飞行操纵电门 - 飞行操纵低压灯 - 飞行扰流板电门 - 偏航阻尼器电门和警告灯

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

飞机副翼部件识别

1) 飞机飞行控制系统部件识别

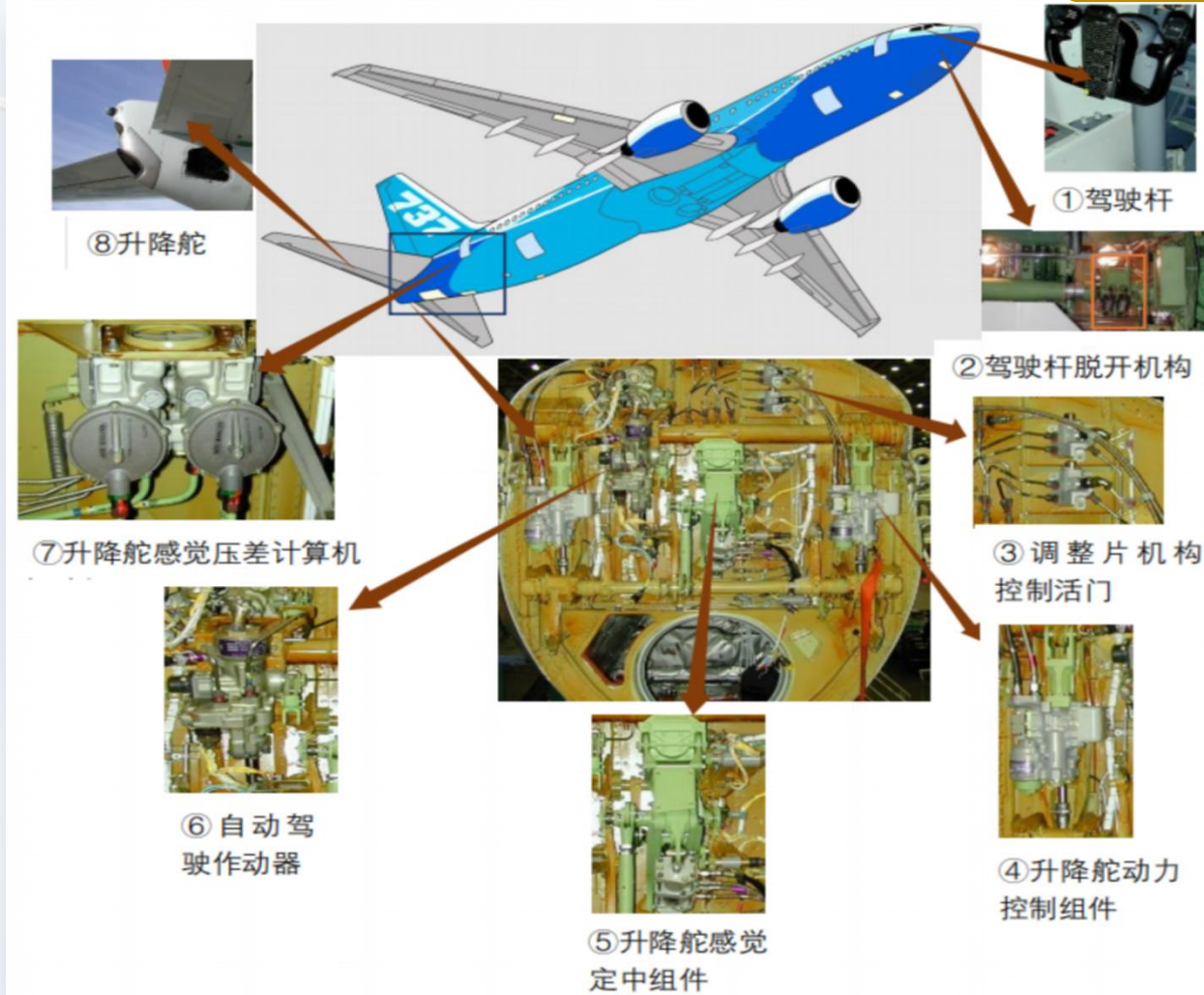


序号	名称	功能
①	驾驶盘	驾驶盘控制副翼及飞行扰流板实现飞机横滚。
②	副翼	提供绕纵轴的横滚控制。
③	感觉定中组件	副翼感觉和定中组件连接到副翼输入轴的底部。当轴运动时，感觉和定中组件的两个弹簧为飞行员提供感觉力，并提供机构回中功能。
④	副翼动力控制组件	两个副翼动力控制组件 (PCU) 移动副翼机身扇形盘。PCU 杆端固定而壳体移动副翼机身扇形盘。副翼输入轴的输入通过输入杆传给 PCU。
⑤	副翼电配平马达	副翼配平电门控制电配平作动筒，作动筒带动副翼和驾驶盘到新的中立位置。
⑥	自动驾驶作动器	当接通时，飞行控制计算机控制副翼自动驾驶作动筒。作动筒给感觉和定中组件及副翼位置传感器提供机械输入。
⑦	机翼扇形盘	机翼扇形盘通过推拉杆控制副翼的运动。

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统部件识别

飞机升降舵部件识别



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统部件识别

飞机升降舵部件识别

序号	名称	功能
①	驾驶杆	驾驶杆控制升降舵实现飞机的俯仰控制。
②	驾驶杆脱开机构	脱开机构将输入扭力管的左右侧分开。这使升降舵在一个驾驶杆出现卡阻时仍可操纵。
③	调整片机构控制活门	升降舵调整片操纵机构改变升降舵调整片的功能，这帮助增加的飞机的抬头操纵。
④	升降舵动力控制组件	两个升降舵动力控制组件（PCU）带动升降舵输出扭力管。
⑤	升降舵感觉定中组件	升降舵感觉和定中组件给驾驶员提供变化的感觉力，当没有输入时，也能将驾驶杆移回到中立位置。
⑥	自动驾驶作动器	当接通时，飞行控制计算机控制升降舵自动驾驶作动筒。作动筒给感觉和定中组件及升降舵位置传感器提供机械输入。
⑦	升降舵感觉压差计算机	当空速变化和水平安定面移动时，升降舵感觉计算机改变驾驶杆力。
⑧	升降舵	提供飞机的俯仰控制。

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统部件识别

飞机方向舵部件识别

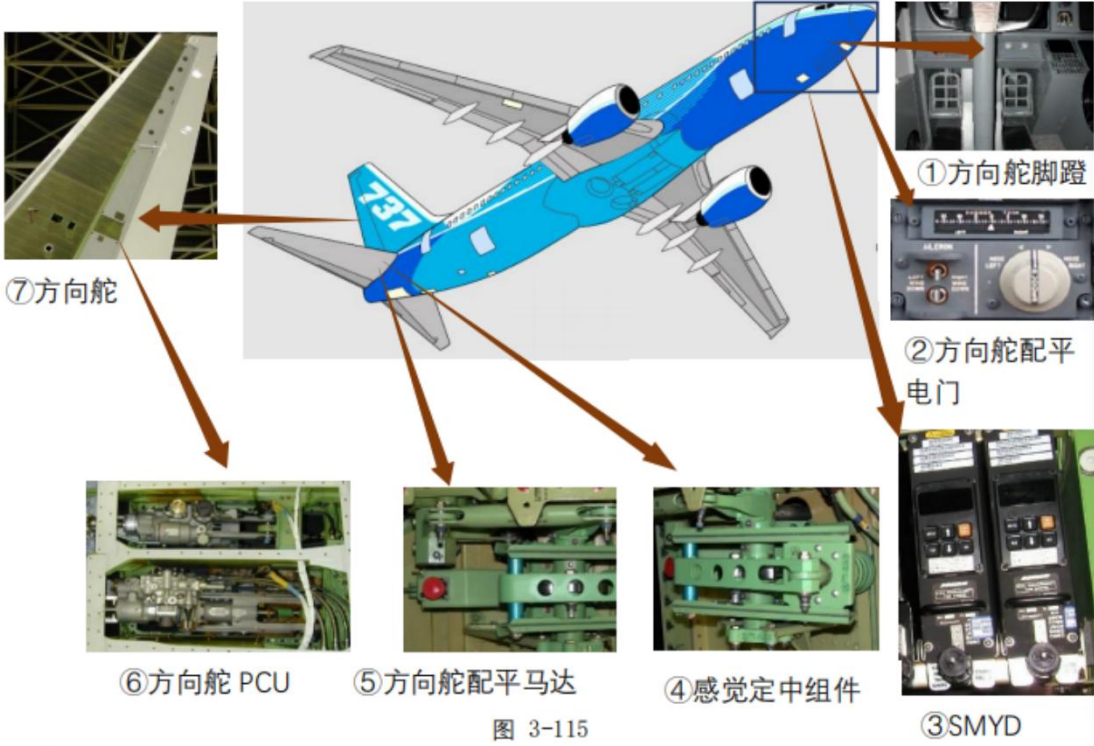


图 3-115

序号	名称	功能
①	方向舵脚踏	方向舵脚踏控制方向舵实现飞机的偏航控制。
②	方向舵配平电门	方向舵配平控制钮和配平作动筒可让机组除掉不需要的方向舵脚踏力。
③	SMYD	SMYD1 通过主方向舵 PCU 操纵方向舵。在人工操纵时, SMYD2 通过备用方向舵 PCU 操纵方向舵。
④	感觉定中组件	感觉和定中组件给方向舵脚踏提供感觉力。
⑤	方向舵配平马达	接收配平电门信号, 让机组除掉不需要的方向舵脚踏力。
⑥	方向舵 PCU	主方向舵 PCU 操纵方向舵位置; 当备用方向舵系统工作时, 备用方向舵 PCU 的活塞操纵方向舵的位置。
⑦	方向舵	方向舵安装在垂直安定面的后缘并可左右移动以操纵方向。

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) B737NG 飞机飞行控制系统部件识别

飞机飞行扰流板部件识别

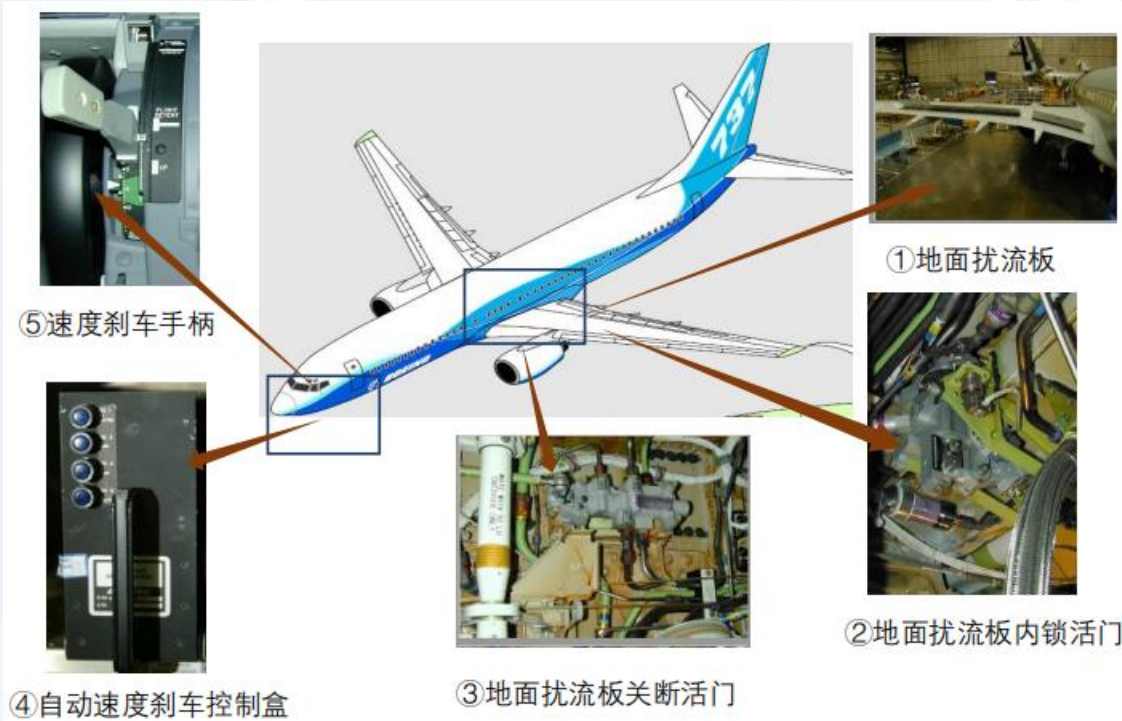


序号	名称	功能
①	飞行扰流板	横滚操纵：在横滚操纵期间，在一侧机翼上的飞行扰流板打开，而所有其他扰流板保持收上位； 减速板操纵：在减速板操纵时，两侧机翼的扰流板对称运动。
②	飞行扰流板作动筒	接收主液压系统液压，控制飞行扰流板运动。
③	速度刹车手柄	减速板手柄的指令传到减速板输入扇形盘。控制扰流板升起。
④	副翼配平电门	控制扰流板协助副翼完成横滚配平。
⑤	飞行扰流板控制电门	控制飞行扰流板作动器液压的通断。
⑥	比例混合器	扰流板混合器综合来自扰流板操纵扇形盘和减速板手柄的输入，然后混合器将飞行扰流板指令信号传给比率变换器，并将地面扰流板指令传给地面扰流板控制活门。
⑦	飞行控制液压组件	接收飞行扰流板控制电门信号，接通或断开飞行扰流板液压。

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统部件识别

飞机地面扰流板部件识别

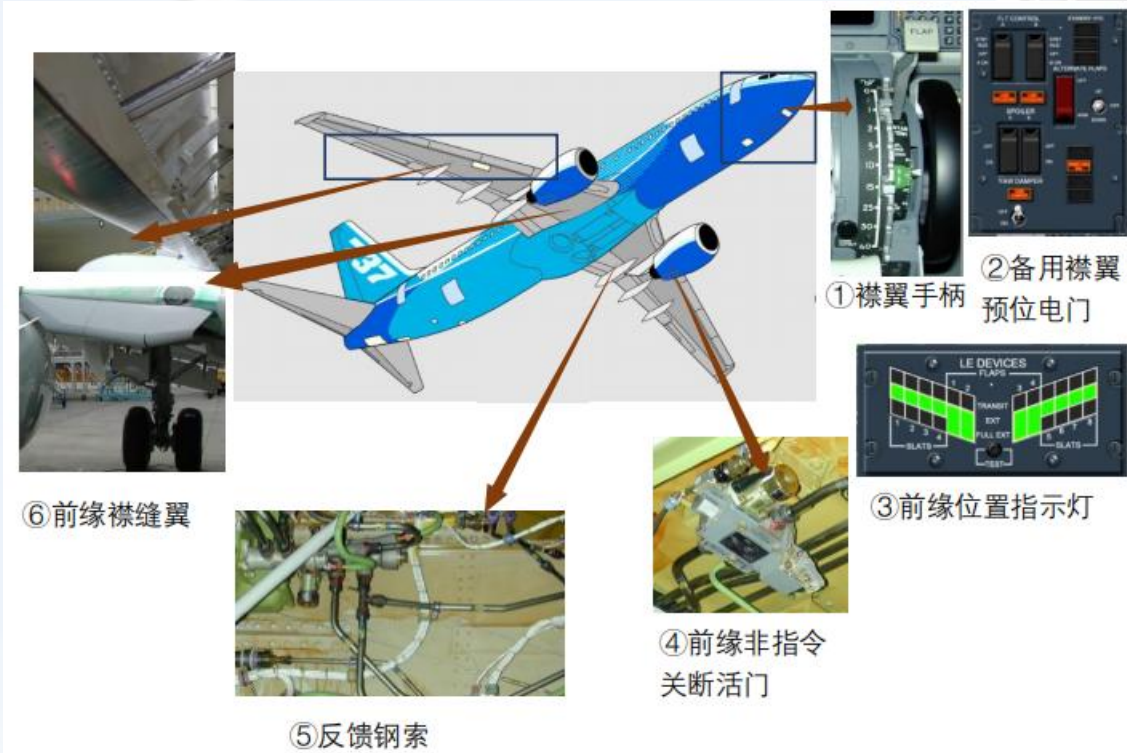


序号	名称	功能
①	地面扰流板	机组使用减速板手柄人工操纵地面扰流板。只有当飞机在地面上，打开减速板手柄时，地面扰流板才打开。
②	地面扰流板内锁活门	当飞机在地面上时，推/拉钢索带动地面扰流板内部锁活门。当内部锁活门移动时，可使 A 系统液压动力从地面扰流板控制活门传输到地面扰流板作动筒。
③	地面扰流板关断活门	当减速板手柄移动 31 度时，地面扰流板控制活门将液压动力传给地面扰流板内部锁活门。
④	自动速度刹车控制盒	控制自动减速板功能。
⑤	速度刹车手柄	减速板手柄的指令传到减速板输入扇形盘。控制扰流板升起。

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统部件识别

飞机前缘襟缝翼部件识别

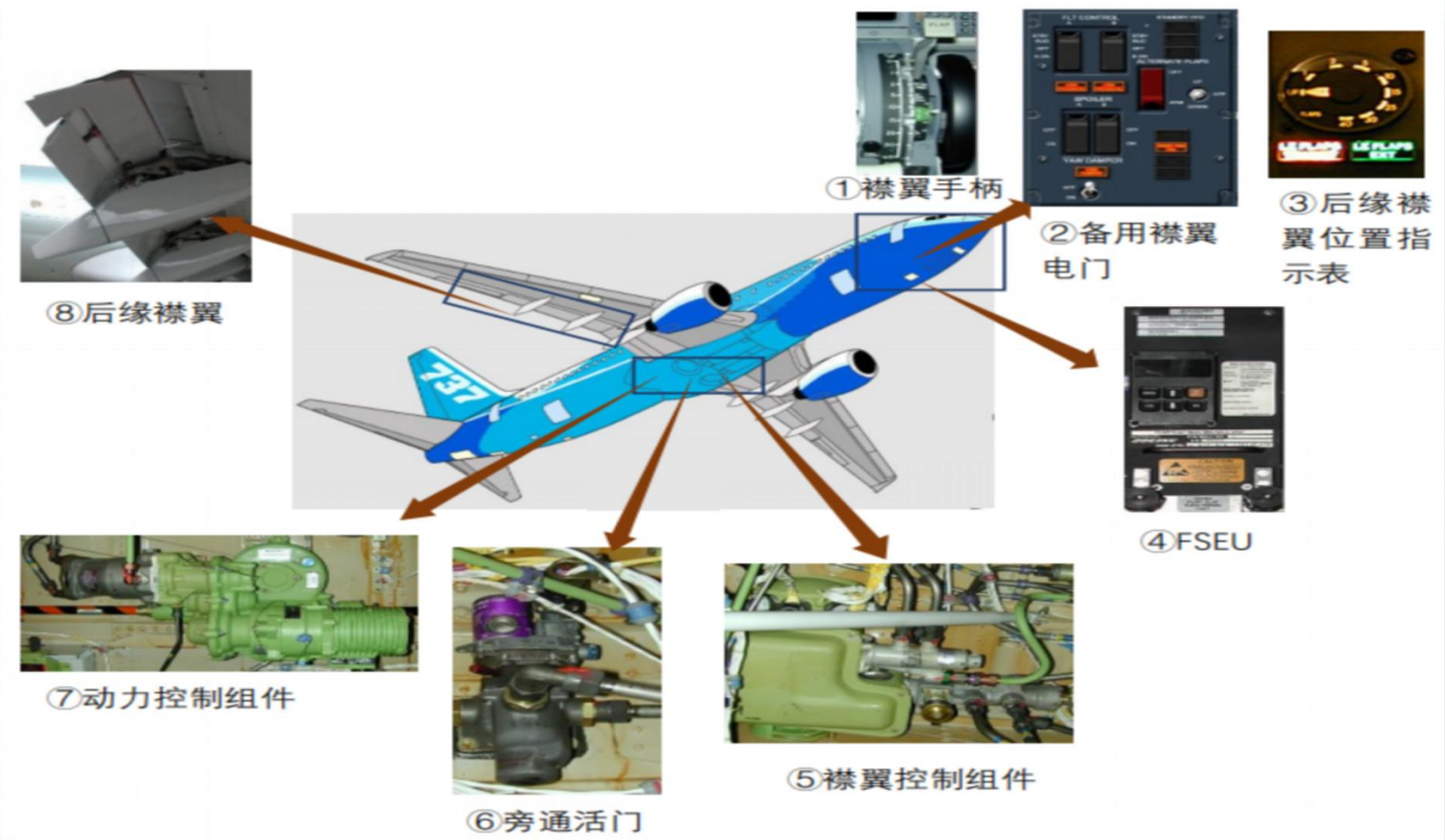


序号	名称	功能
①	襟翼手柄	控制前后缘襟缝翼正常方式放出。
②	备用襟翼电门	控制前后缘襟缝翼备用方式放出, 前缘在备用液压作用下放出。
③	前缘位置指示灯	指示前缘襟缝翼位置; 指示前缘襟缝翼过度或故障状态。
④	前缘非指令关断活门	如果两个或多个前缘襟翼或三个或多个前缘缝翼离开其指令位置, 前缘 UCM 关断活门防止前缘襟翼和缝翼运动。
⑤	反馈钢索	反馈后缘襟翼位置给前缘襟缝翼关断活门, 襟缝翼关断活门控制前缘运动。
⑥	前缘襟缝翼	增升装置, 在起飞和降落时候使用。

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统部件识别

飞机后缘襟翼部件识别



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

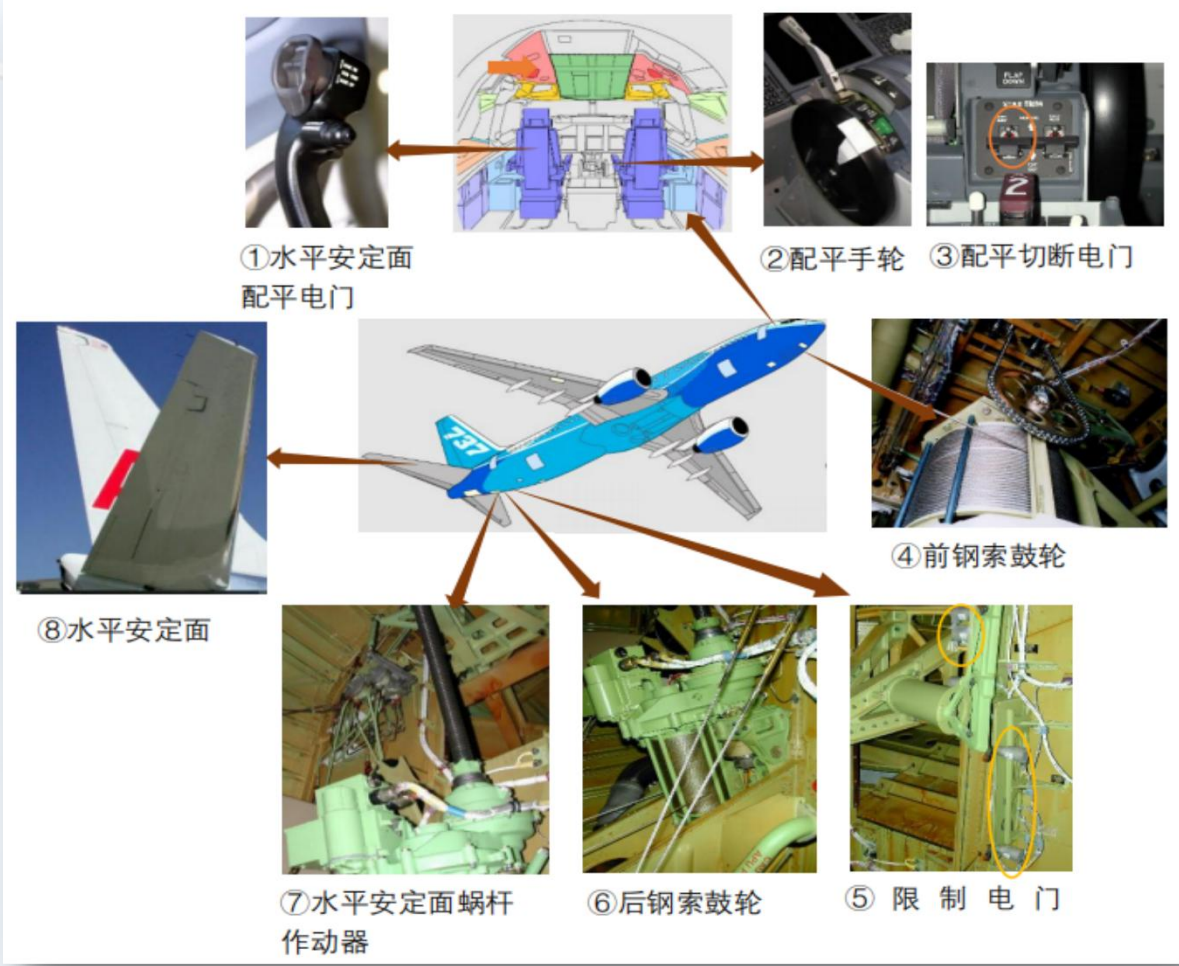
1) 飞机飞行控制系统部件识别

序号	名称	功能
①	襟翼手柄	控制前后缘襟缝翼正常方式放出。
②	备用襟翼电门	控制前后缘襟缝翼备用方式放出，后缘在电马达驱动下放出。
③	后缘襟翼位置指示表	指示后缘襟翼位置。
④	襟缝翼电子组件 (FSEU)	FSEU 包括如下功能： - 后缘襟翼位置指示： - 后缘襟翼载荷卸放 - 后缘襟翼扭斜和不对称探测 - 后缘襟翼非指令运动探测 - 前缘襟翼和缝翼位置指示 - 前缘巡航释压 - 前缘襟翼和缝翼非指令运动探测 (UCM) - BITE
⑤	襟翼控制组件	襟翼控制组件从驾驶员接收机械输入，并给襟翼 PDU 和缝翼作动筒提供液压动力。在卸载操纵期间，襟翼控制组件也收回后缘襟翼。
⑥	旁通活门	在下列情况下，后缘襟翼旁通活门防止液压操纵后缘襟翼： - 备用襟翼操纵 - 后缘襟翼扭斜 - 后缘襟翼不对称 - 后缘襟翼非指令运动 (UCM)
⑦	动力控制组件	后缘襟翼动力传动组件 (PDU) 使用液压动力或电动力，转动后缘襟翼扭力管和随动钢索。
⑧	后缘襟翼	增升增阻装置，在起飞和降落时候使用。

飞机后缘襟翼部件识别

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统部件识别



飞机水平安定面部件识别

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统部件识别

序号	名称	功能
①	水平安定面配平电门	驾驶员使用安定面配平电门人工操纵水平安定面的位置。
②	配平手轮	驾驶员使用安定面配平手轮进行人工俯仰配平操纵。
③	配平切断电门	安定面配平切断电门使安定面电动配平不起作用。
④	前钢索鼓轮	传递飞行员人工输入指令, 带动后钢索鼓轮转动。
⑤	限制电门	限制水平安定面的运动范围。
⑥	后钢索鼓轮	后钢索鼓轮驱动齿轮箱和蜗杆移动。
⑦	水平安定面蜗杆作动器	安定面配平电门的输入操纵安定面配平作动筒, 配平作动筒的输入带动齿轮箱和丝杠。当丝杠转动时, 安定面前缘移动, 齿轮箱也回传后钢索鼓轮。
⑧	水平安定面	控制飞机俯仰姿态的长期稳定。

飞机水平安定面部件识别

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

小结:

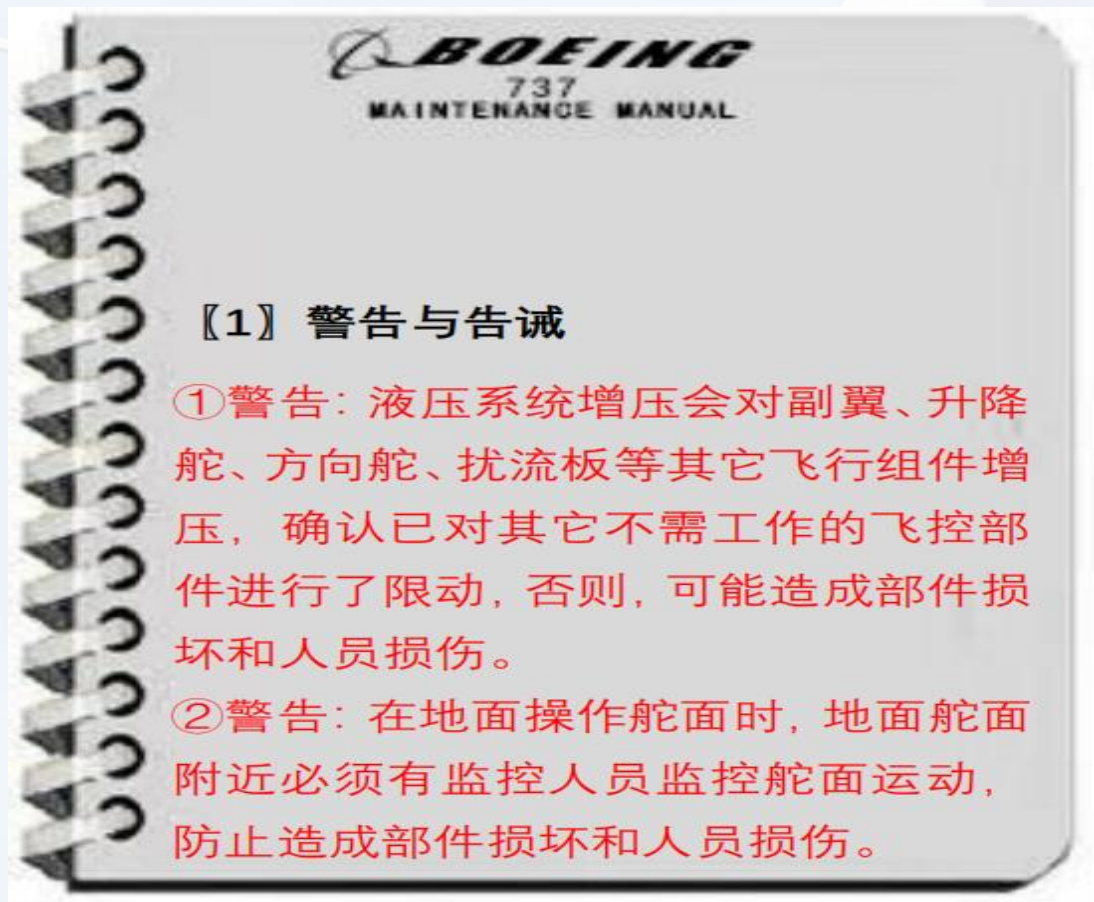
航空器和2D处进行现场识别

3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

2、典型飞机飞控系统常见维护及安全注意事项

1) 飞机飞行控制系统常见维护

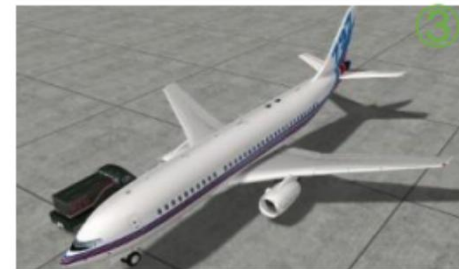
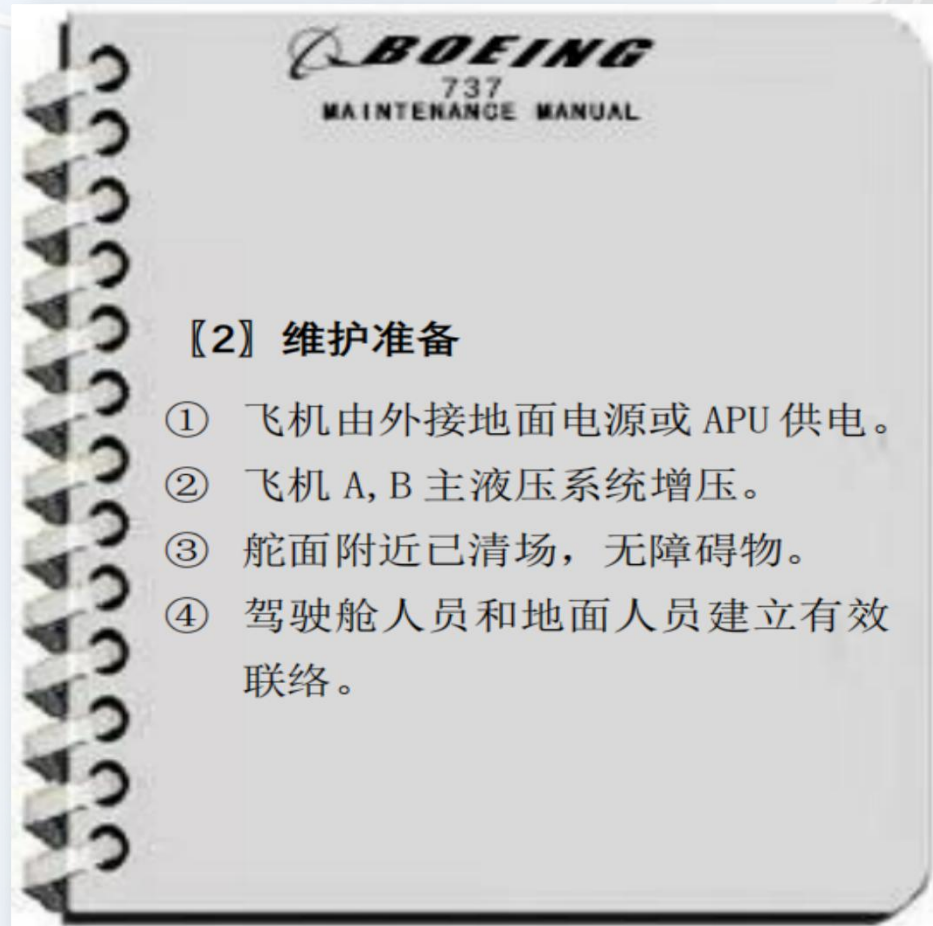
主飞行控制舵面操作



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统常见维护

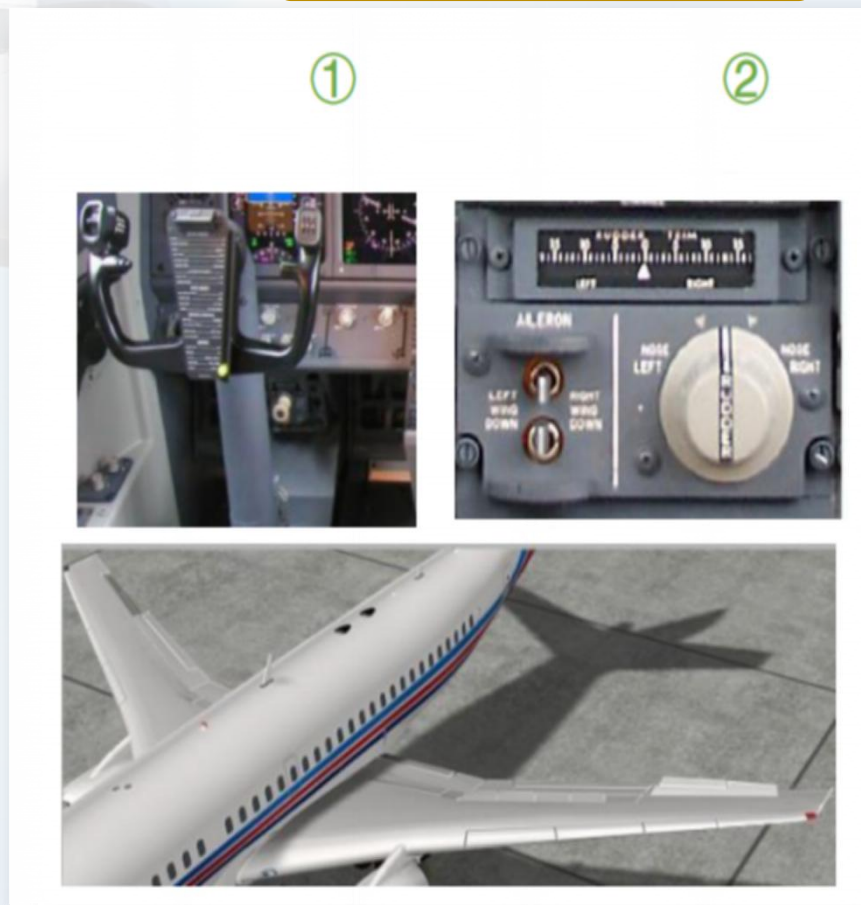
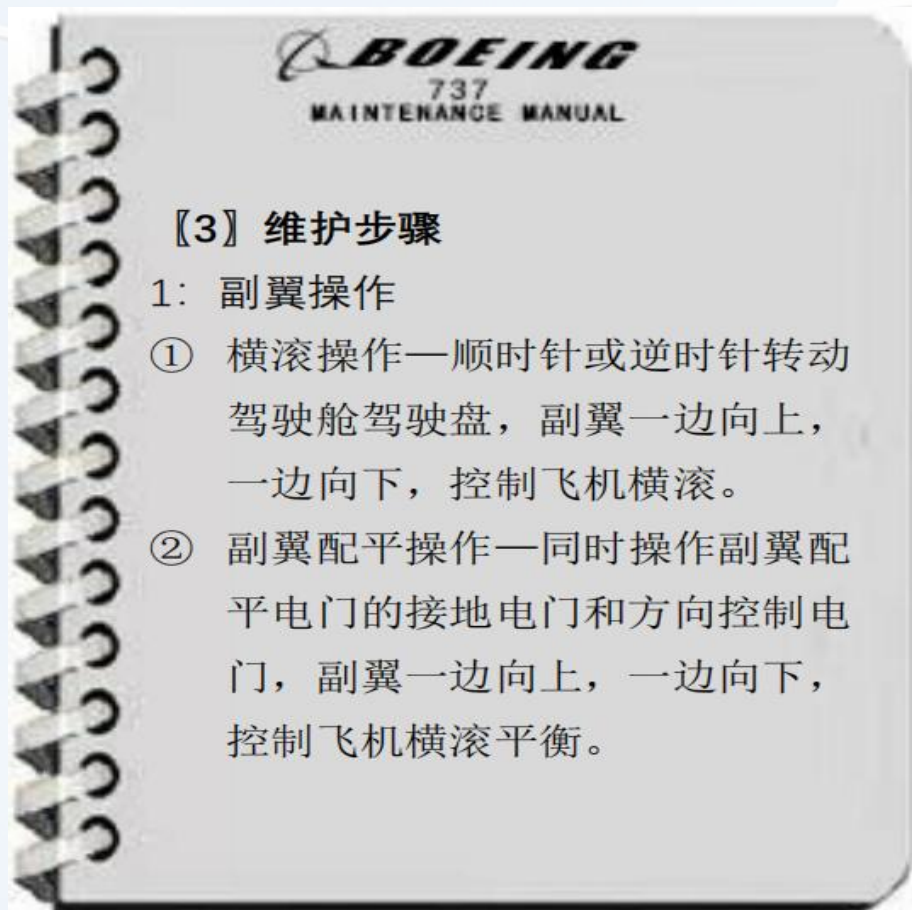
主飞行控制舵面操作



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统常见维护

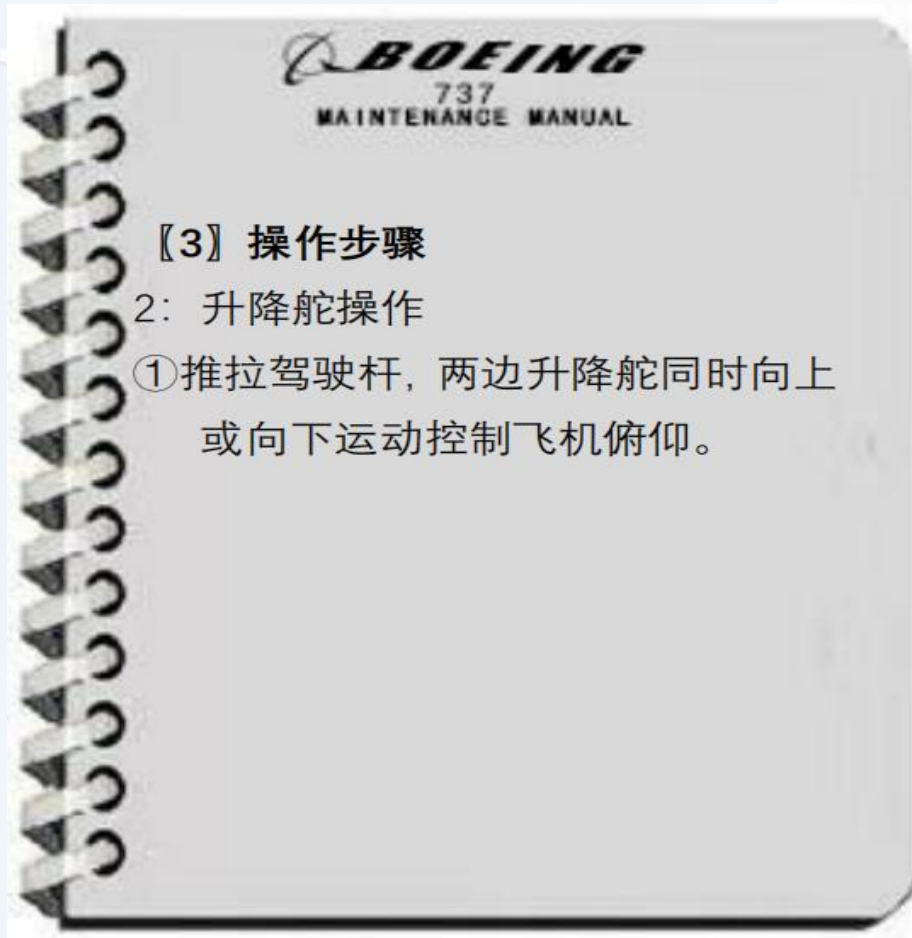
主飞行控制舵面操作



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统常见维护

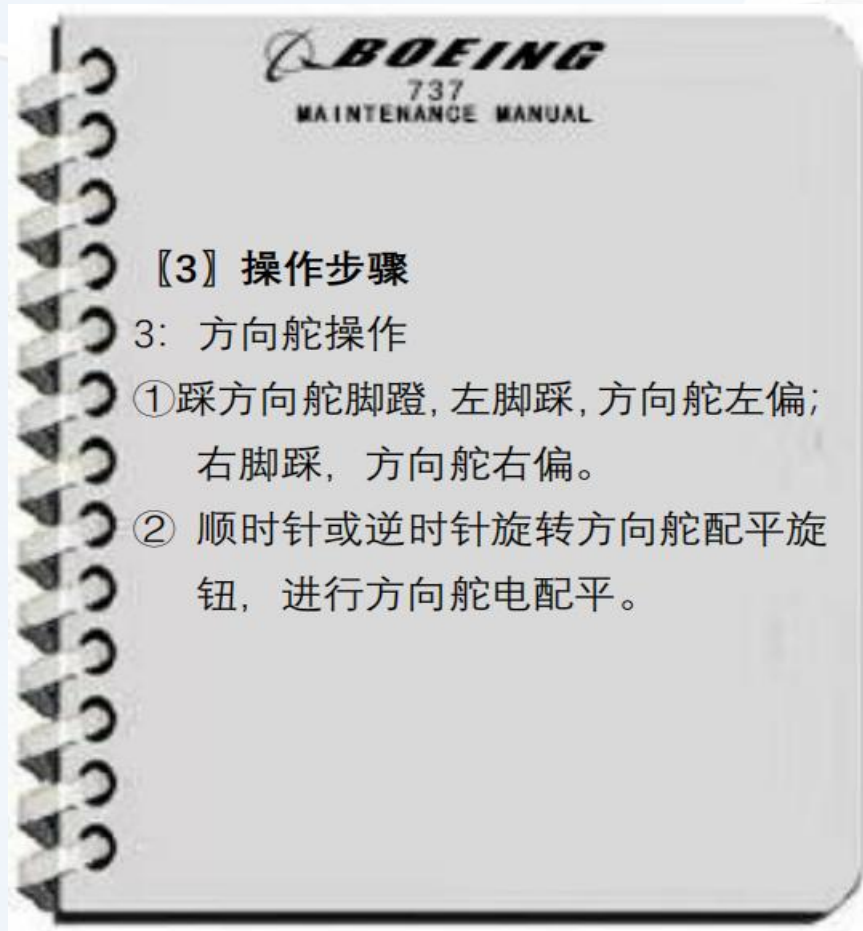
主飞行控制舵面操作



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统常见维护

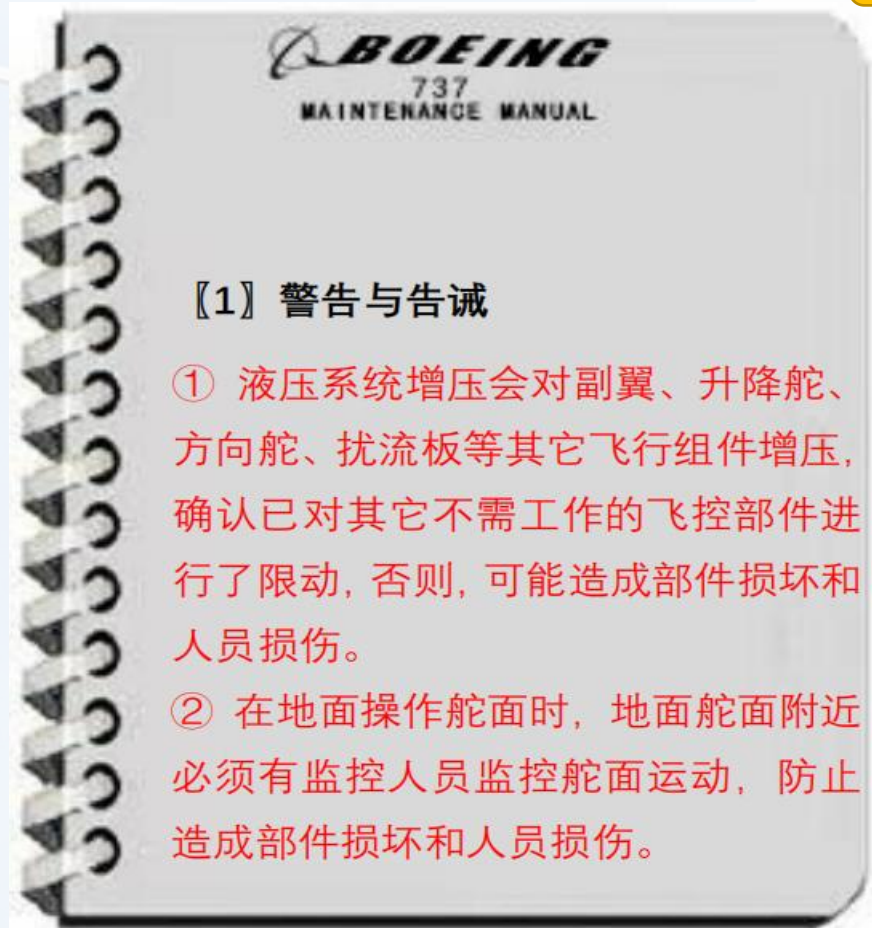
主飞行控制舵面操作



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统常见维护

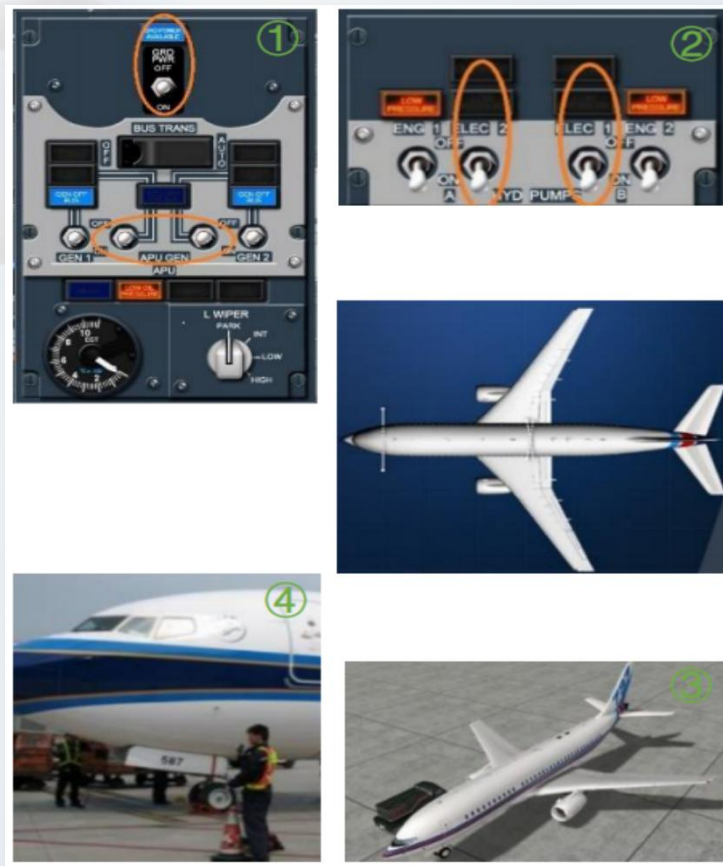
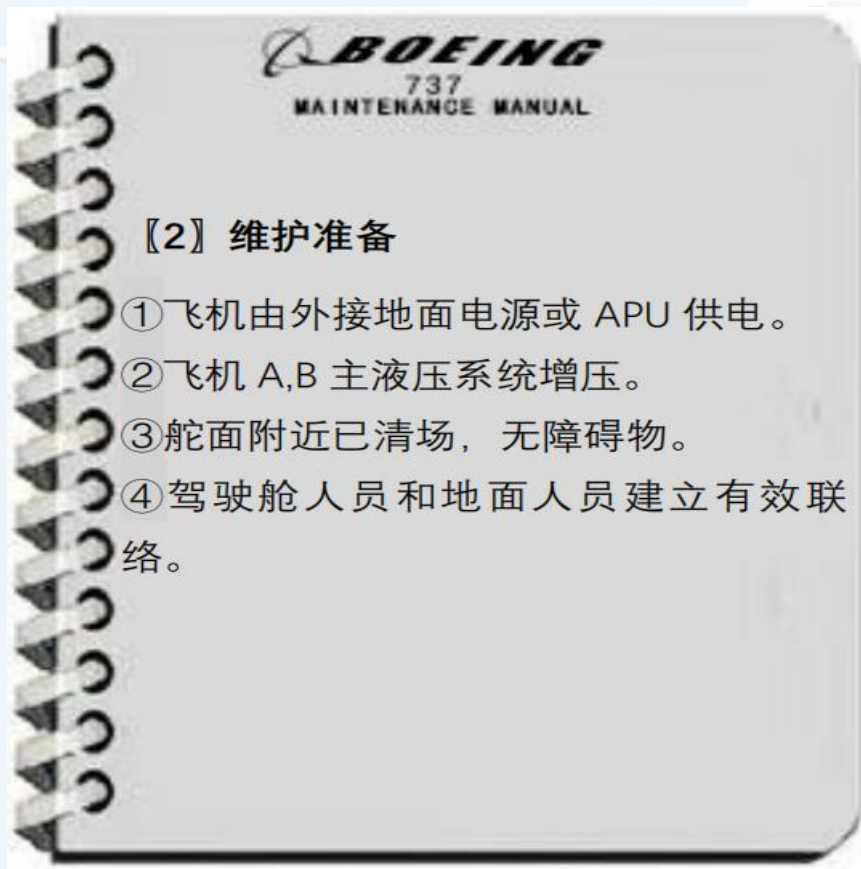
飞机辅助飞控舵面操作



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统常见维护

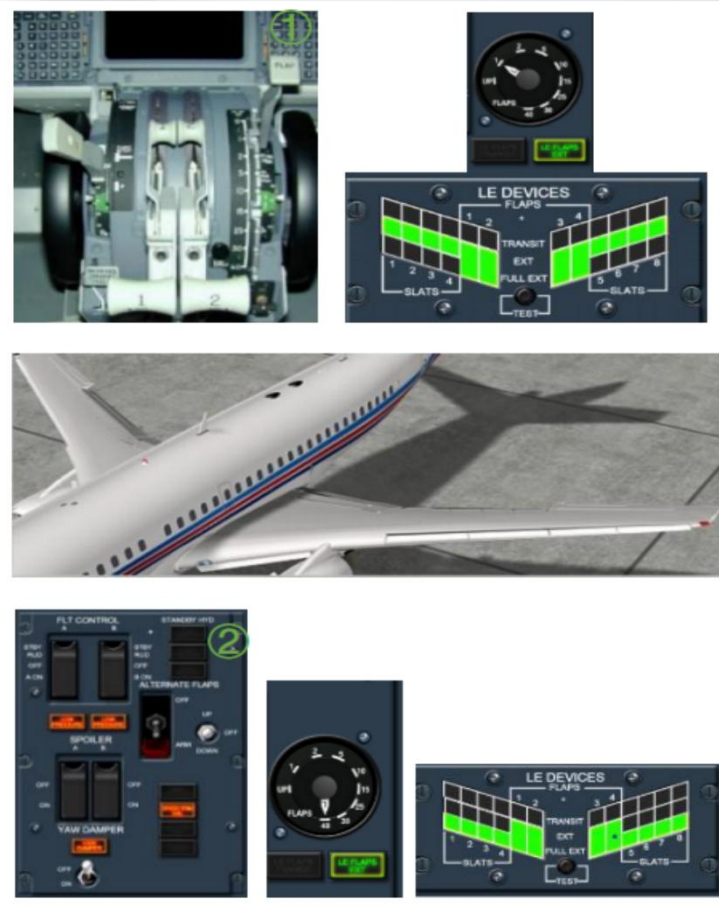
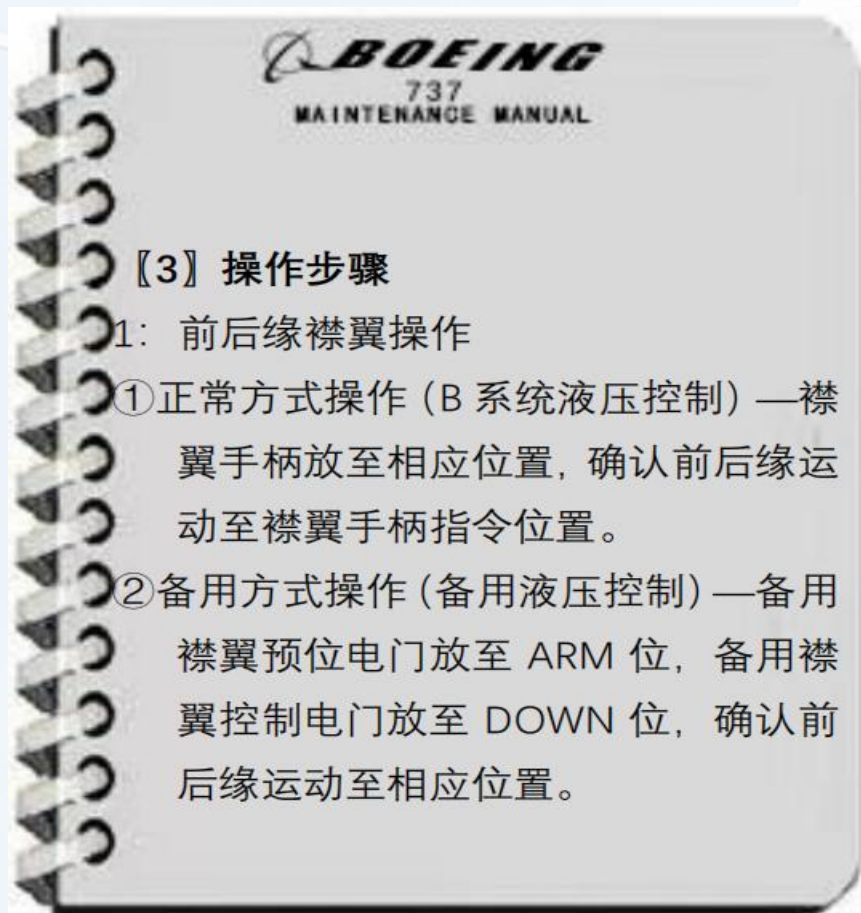
飞机辅助飞控舵面操作



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统常见维护

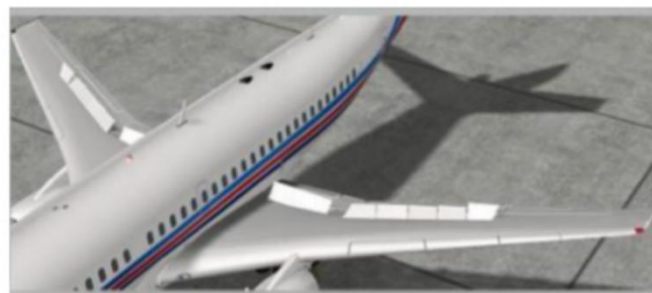
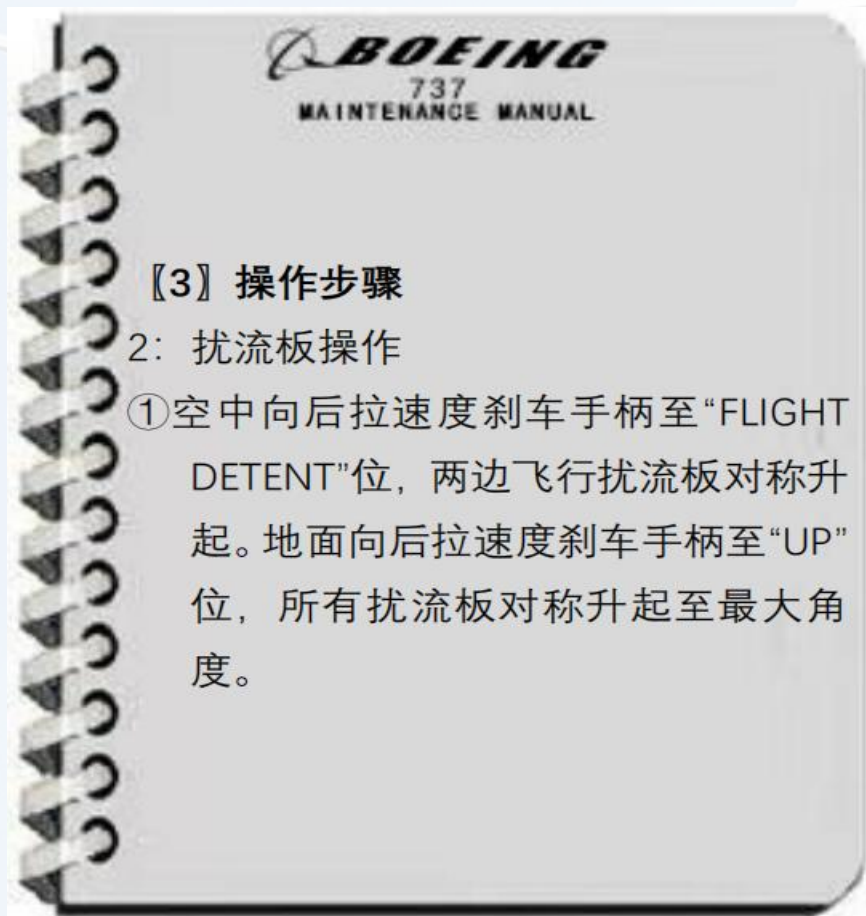
飞机辅助飞控舵面操作



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

1) 飞机飞行控制系统常见维护

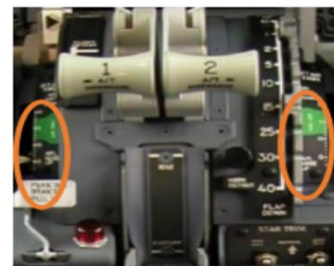
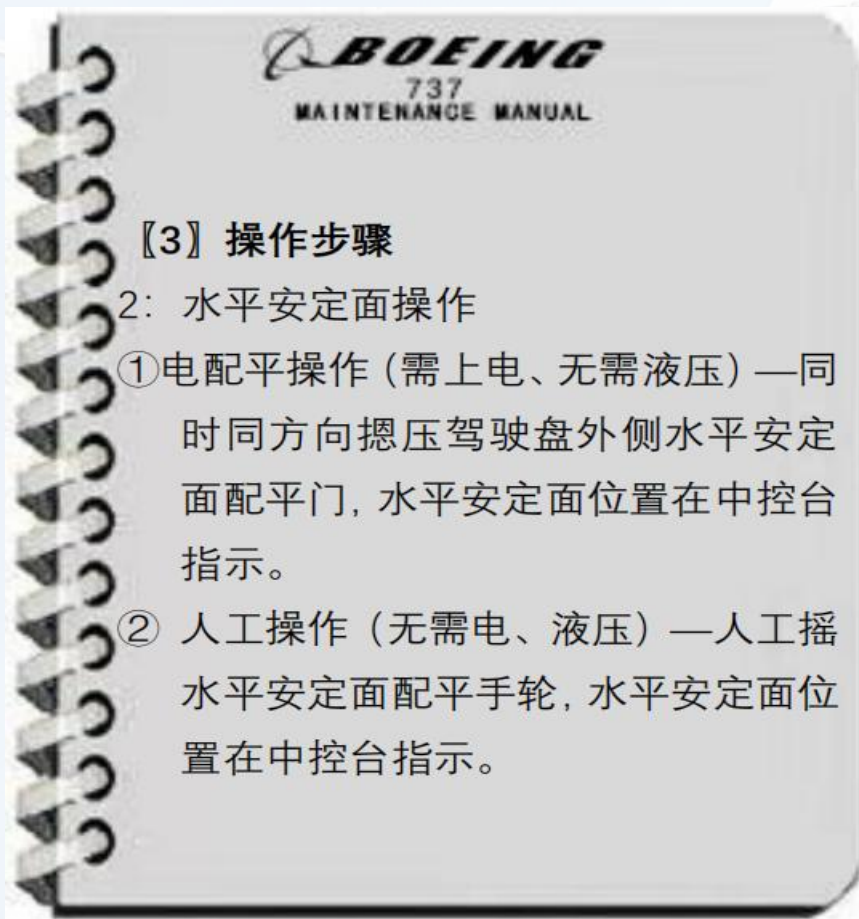
飞机辅助飞控舵面操作



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

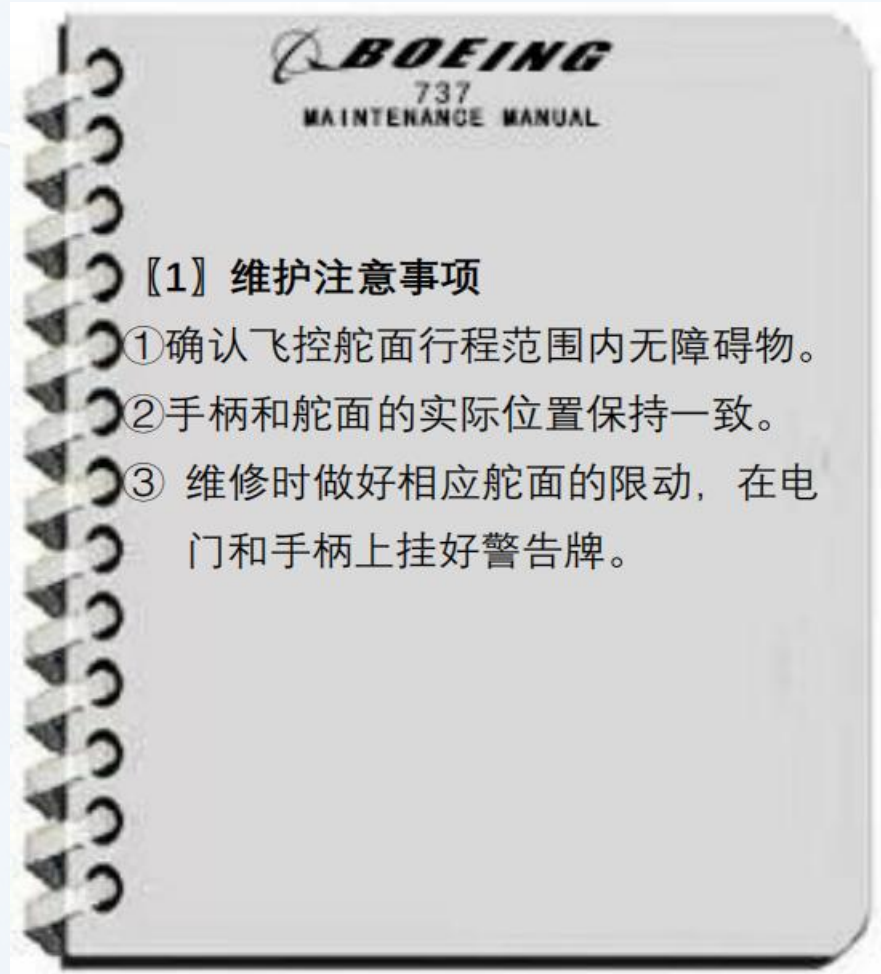
1) 飞机飞行控制系统常见维护

飞机辅助飞控舵面操作



3.3.2.8 典型飞机飞控系统维护介绍

2) 飞机飞行控制系统维护安全注意事项:



小结:

序号	本节重点知识要点
1	飞行控制系统的功能和构成
2	驾驶杆、驾驶盘、电传侧杆、脚蹬
3	机械传动、液压传动、电传动
4	液压驱动、电驱动
5	副翼、方向舵、偏航阻尼器、升降舵
6	水平安定面、襟/缝翼系统、减速板和速度刹车
7	起飞警告系统、失速保护系统
8	驾驶杆/盘、脚蹬、钢索、连杆、载荷感觉器、配平定中机构、副翼、方向舵、偏航阻尼器、升降舵、水平安定面、襟/缝翼系统、减速板部件识别



感谢聆听，欢迎指正