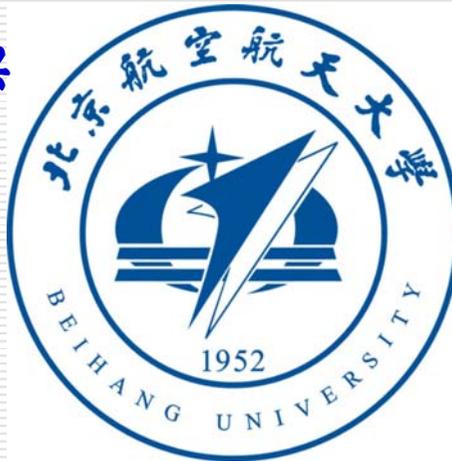


故障树分析案例教学

J16-G10A螺旋桨
顺桨系统



北京航空航天大学工程系统工程系

2008-6-6

1

J16-G10A螺旋桨顺桨系统故障树分析



□ 学习要求

- 能够综合运用故障树分析复杂机电液系统的重大故障和事故。

□ 教学内容

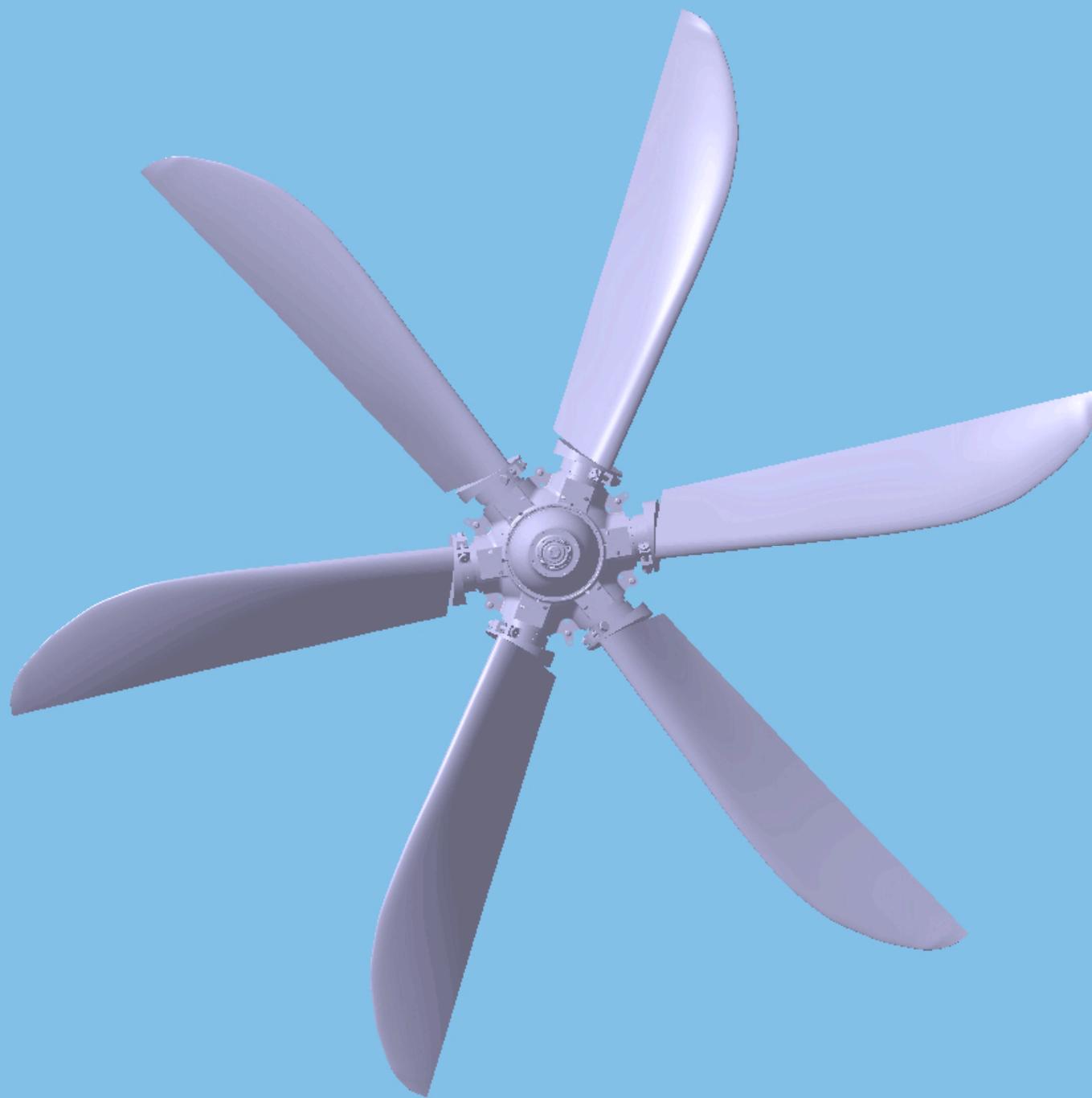
- 产品描述
- 产品FTA约定与要求
- 建立产品故障树
- FTA分析要求

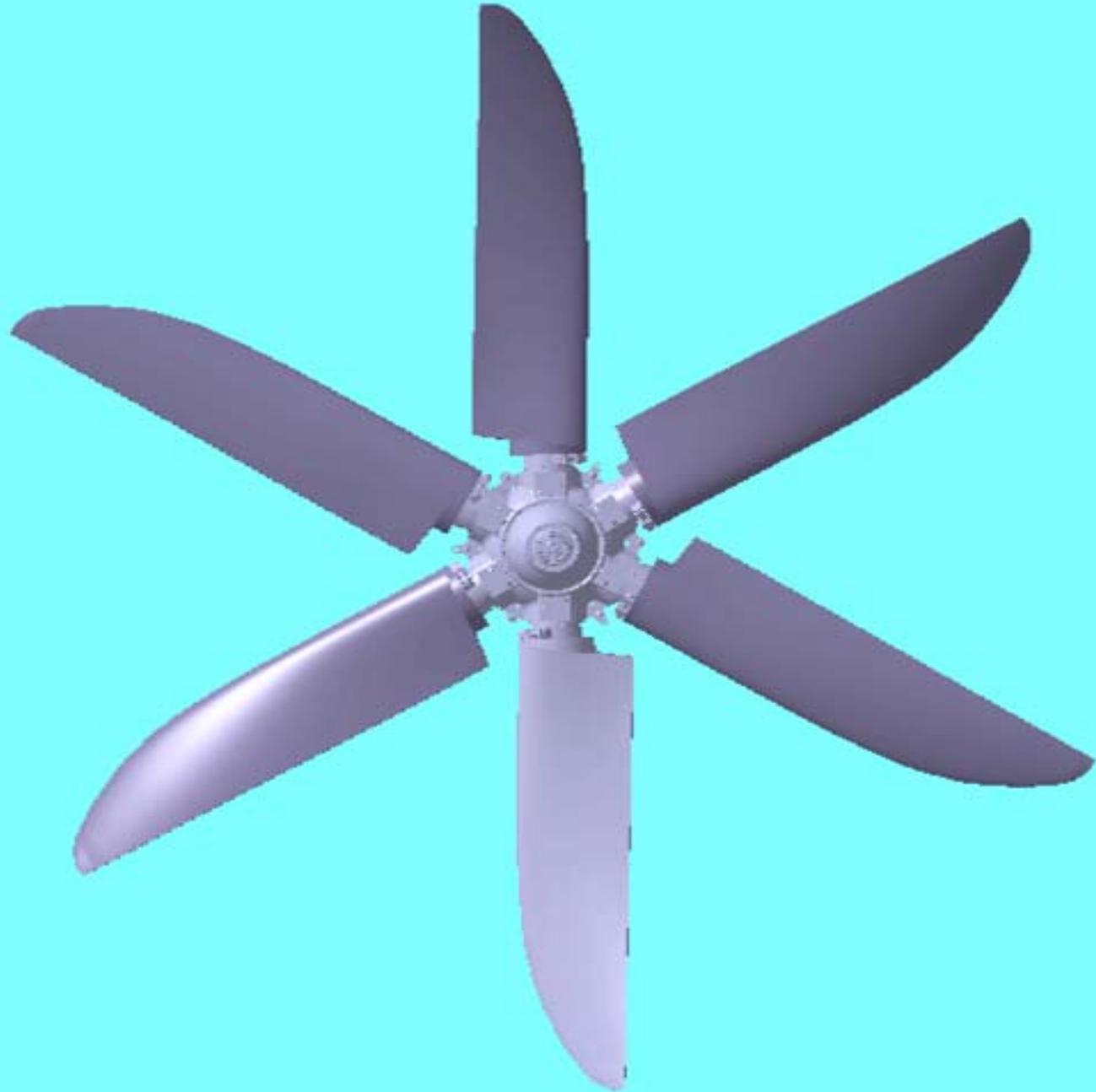
顺桨系统概述

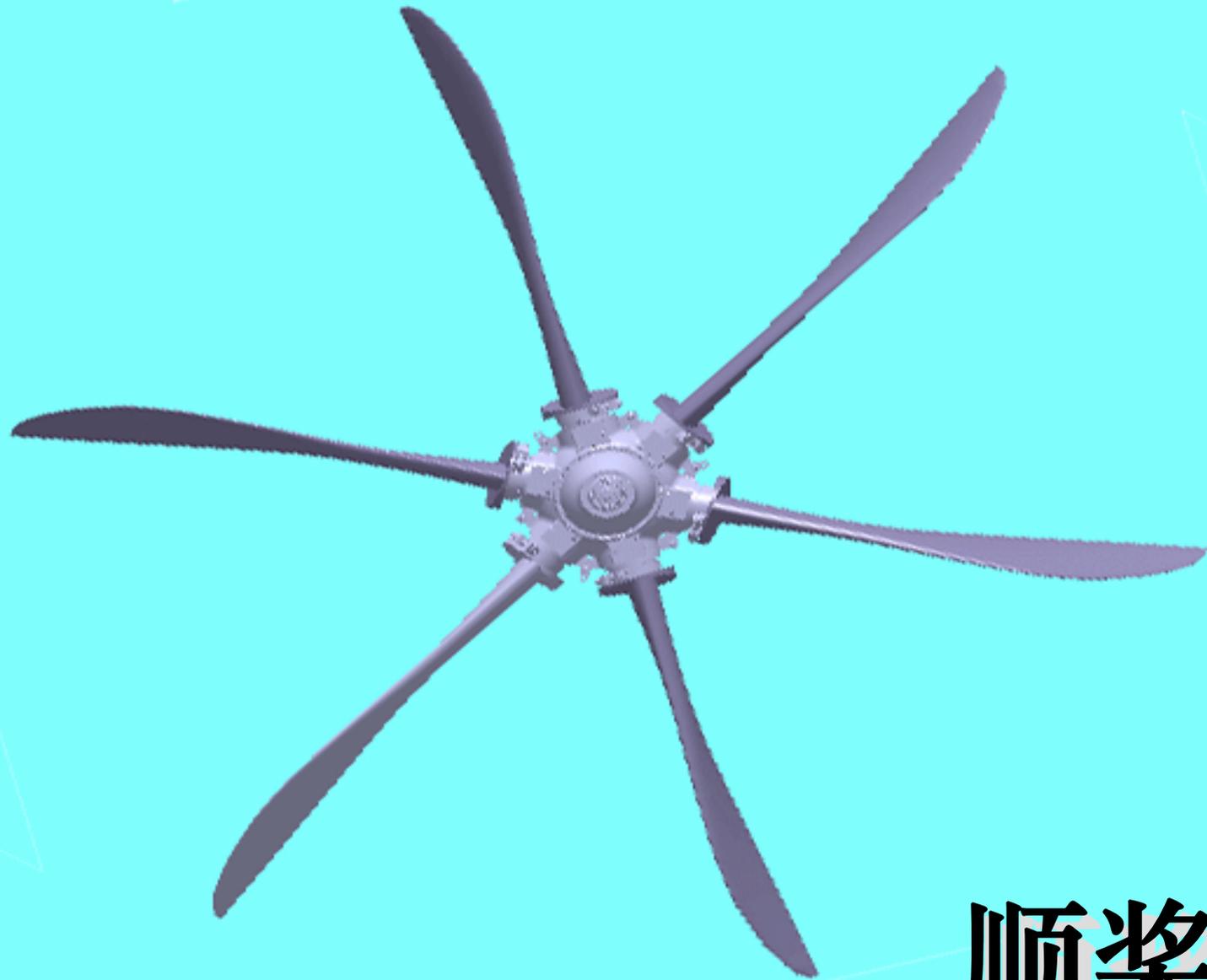


□ 什么是顺桨？

对于多发动机螺旋桨飞机，当发动机处于停车状态时，必须将该发动机的螺旋桨处于顺桨状态，即将桨叶置于最小飞行阻力的位置，这样使该发动机螺旋桨的迎面阻力最小，产生的偏航力矩也最小，便于操纵飞机保持单发直线飞行，防止灾难性事故的发生。





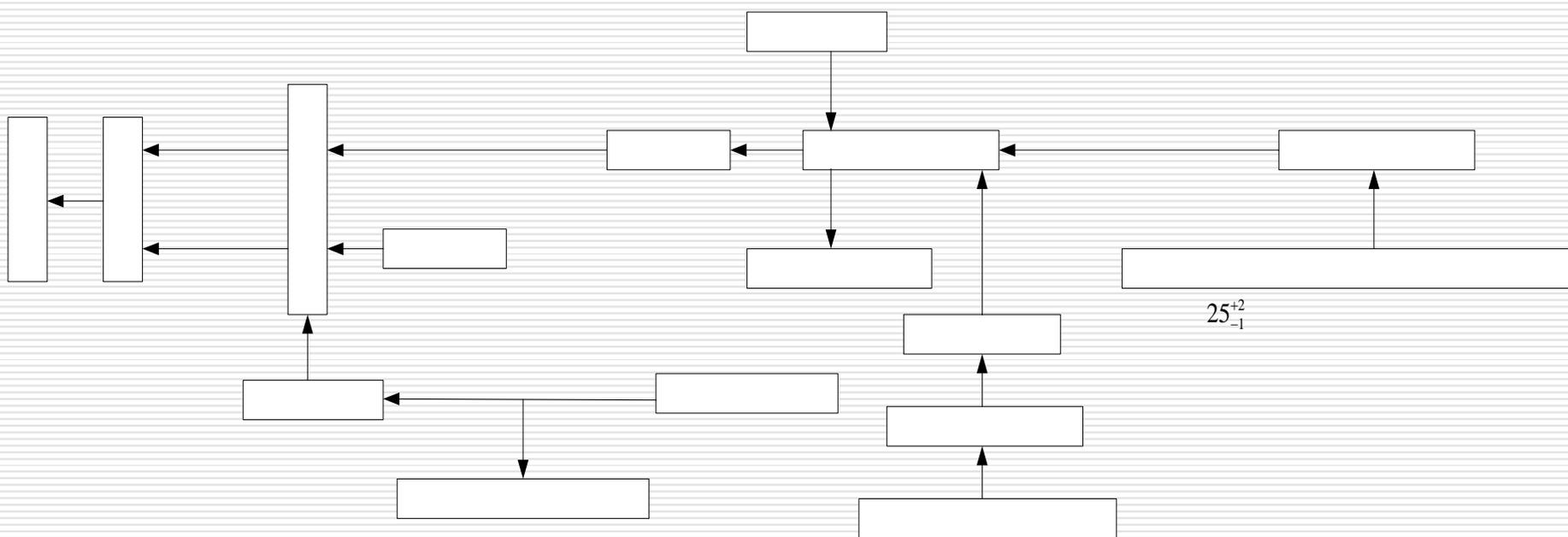


顺桨



J16G10A螺旋桨系统描述

- 为实现螺旋桨顺桨，WJ5AI发动机和J16-G10A螺旋桨顺桨系统具有扭矩自动顺桨、负拉力自动顺桨、人工顺桨和应急顺桨四种顺桨工作方式。其系统原理示意图如下



WJ5AI发动机和J16-G10A螺旋桨顺桨系统框图

2008-6-6

螺旋桨

大距

中国可靠性网 <http://www.kekaxing.com>

顺桨泵油

调速器顺桨

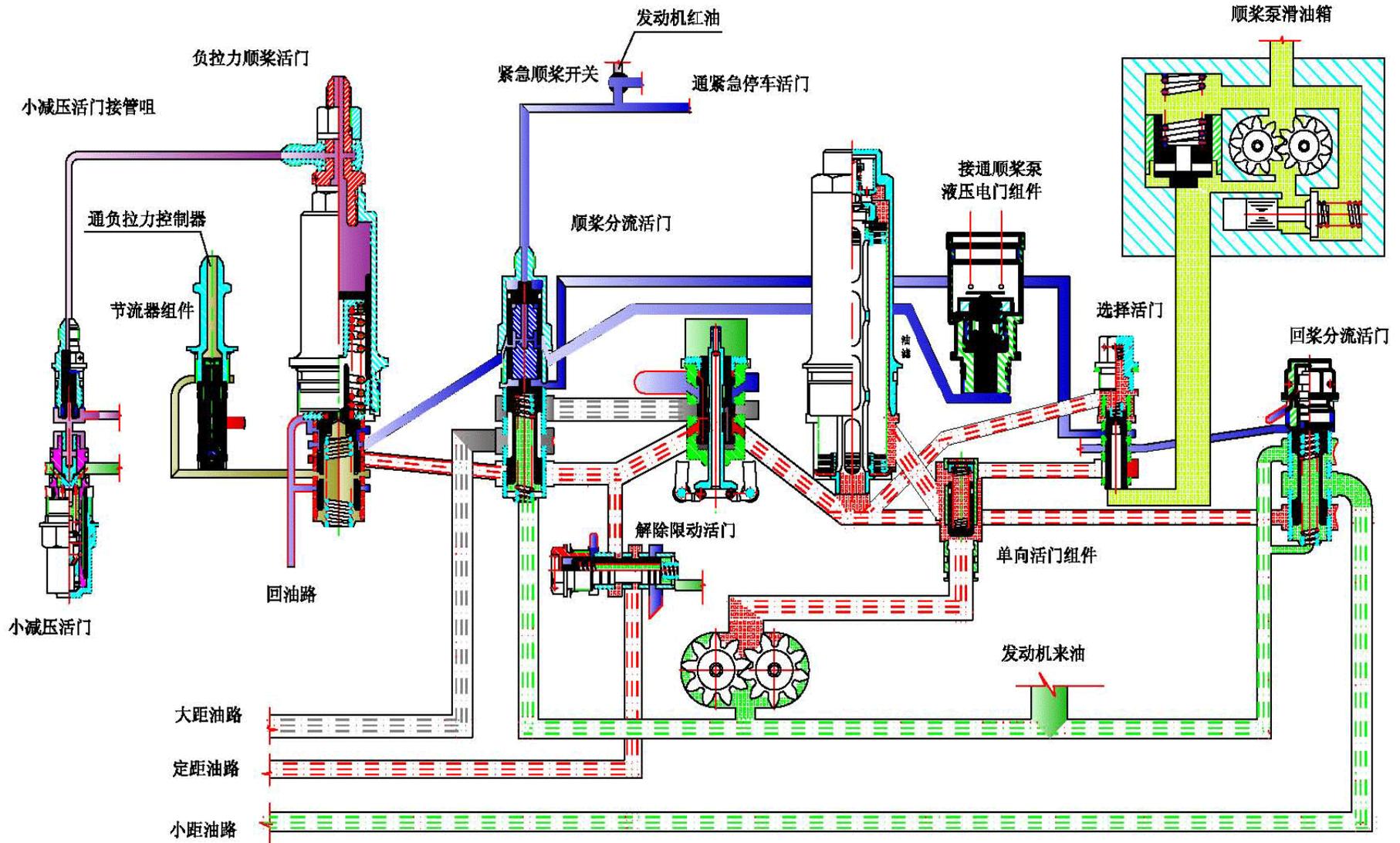
顺桨泵供高压油
(65 ± 10) kgf/cm²

飞机⁷顺桨泵

人工川

人工

正常飞行



产品描述



- 运七飞机螺旋桨顺桨系统由与WJ5A1发动机对接的J16-G10A螺旋桨和安装在发动机上的TS-14C调速器、SJG-1B扭矩压力自动顺桨传感器、负拉力自动顺桨检查电磁活门（YDF-25液压电磁阀）、RT-9E燃油调节器上的扭矩自动顺桨联锁开关以及飞机上的顺桨泵和螺旋桨顺桨电气控制装置（包括顺桨按钮、应急顺桨手柄、顺桨继电器、回桨继电器、停车继电器、信号灯等）组成。
- 为实现螺旋桨顺桨，WJ5A1发动机和J16-G10A螺旋桨顺桨系统具有以下几种顺桨功能（顺桨系统框图见附图1）：



功能和原理-扭矩自动顺桨

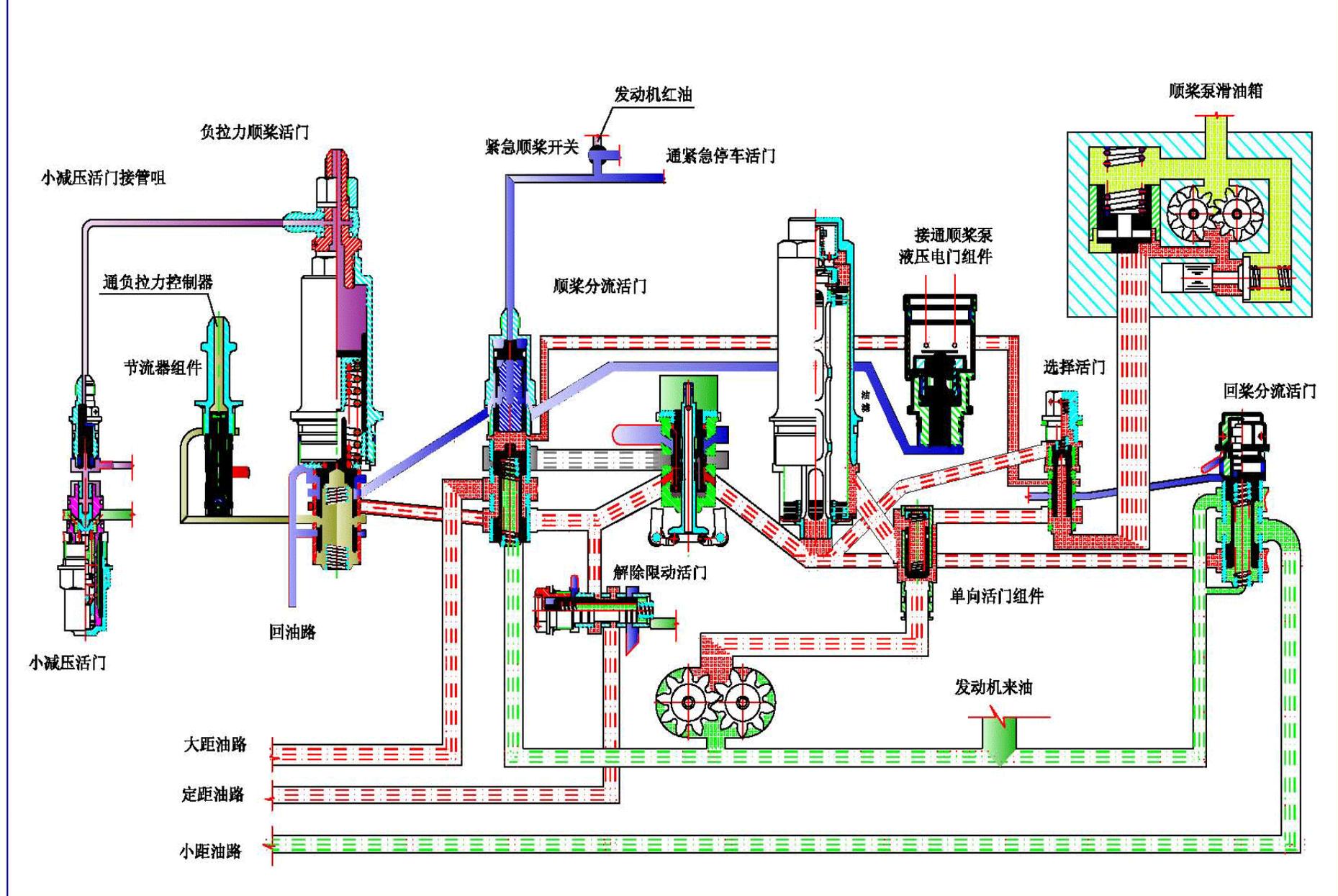
- WJ5AI发动机在0.7额定状态以上工作时，若扭矩压力下降到 10kgf/cm^2 ，螺旋桨即自动顺桨，发动机停车。RT-9E燃油调节器保证扭矩顺桨联锁开关在0.7额定以上时接通（即当油门角在 $35.5^\circ \sim 37.5^\circ$ 以上时，联锁开关接通）。
- 保证扭矩顺桨的另外两个联锁开关由SJG-1B扭矩压力自动顺桨传感器控制。当扭矩压力在 $25+2 - 1\text{kgf/cm}^2$ 以上时，准备顺桨开关接通，使飞机电气系统中准备顺桨继电器工作并自锁。当扭矩测量传感器内的油压下降至 $(10 \pm 1)\text{kgf/cm}^2$ 以下时，顺桨开关接通，使顺桨继电器工作，并通过飞机电气系统控制飞机的顺桨泵开始工作，顺桨泵工作信号灯亮。顺桨泵出口的高压油通过调速器进入大距油路，使桨叶变大距直至顺桨（桨叶角达到 92.5° ）。在顺桨泵开始工作的同时，飞机电气系统将发动机停车继电器接通，使发动机停车。



功能和原理-人工顺桨

- 在自动顺桨相关系统失效或在必要时应进行人工顺桨。此时可通过电气设备操纵调速器进行工作，使螺旋桨进入顺桨位置。
- 人工顺桨时，应按下顺桨按钮。
- 按下顺桨按钮后，顺桨按钮会自锁，并接通下列部件：顺桨时间自动装置、顺桨泵接触器和顺桨继电器。
- 顺桨泵接触器接通后，顺桨泵工作信号灯亮，使桨叶进入顺桨位置。
- 顺桨继电器接通后，电流经其闭合触点使发动机停车继电器工作，向发动机停车电磁活门供电，使发动机停车。

扭距自动顺桨、人工顺桨

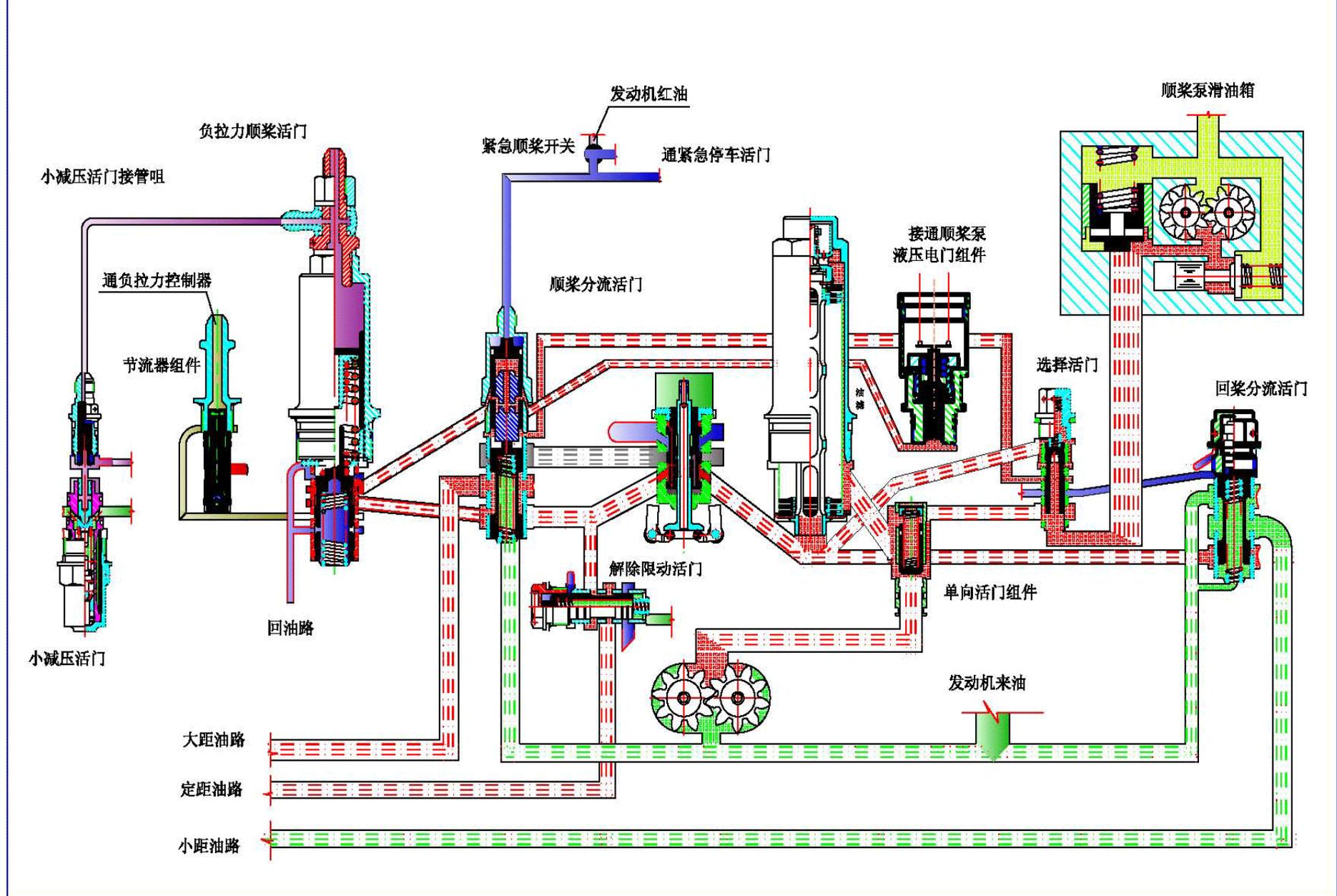




功能和原理-负拉力自动顺桨

- 发动机减速器上装有负拉力自动顺桨传感器，当发动机油门角在 $(26 \pm 2)^\circ$ 以上时，如果螺旋桨桨轴上产生的负拉力超过 $(720 \sim 850)$ kg，传感器会向调速器输送信号，负拉力自动顺桨系统使螺旋桨顺桨。
- TS-14C调速器上装有负拉力自动顺桨活门。当发动机油门角大于 $(26 \pm 2)^\circ$ 时，RT-9E燃油调节器的联锁开关关闭，使负拉力顺桨分流活门上腔的回油路封闭，通过节流器使负拉力自动顺桨活门上油腔的油压上升至 12 ± 3 kgf/cm²，此压力的大小由小减压活门来保证。此时，当桨轴上负拉力超过 $(720 \sim 850)$ kg 时，负拉力自动顺桨活门下腔通过油路由负拉力顺桨传感器泄油活门不断泄油。当负拉力自动顺桨活门下油腔油压低于 2.5 kgf/cm² 时，该活门将下移，高压油通过负拉力顺桨活门环槽进入顺桨分流活门上腔，使顺桨分流活门下移，为高压油进入大距油路打开通道。同时，另一油路的高压油接通调速器上负拉力顺桨电门，通过电路使飞机自动顺桨电气系统开始工作。以后的工作情况与扭矩自动顺桨相同。

负拉力自动顺桨

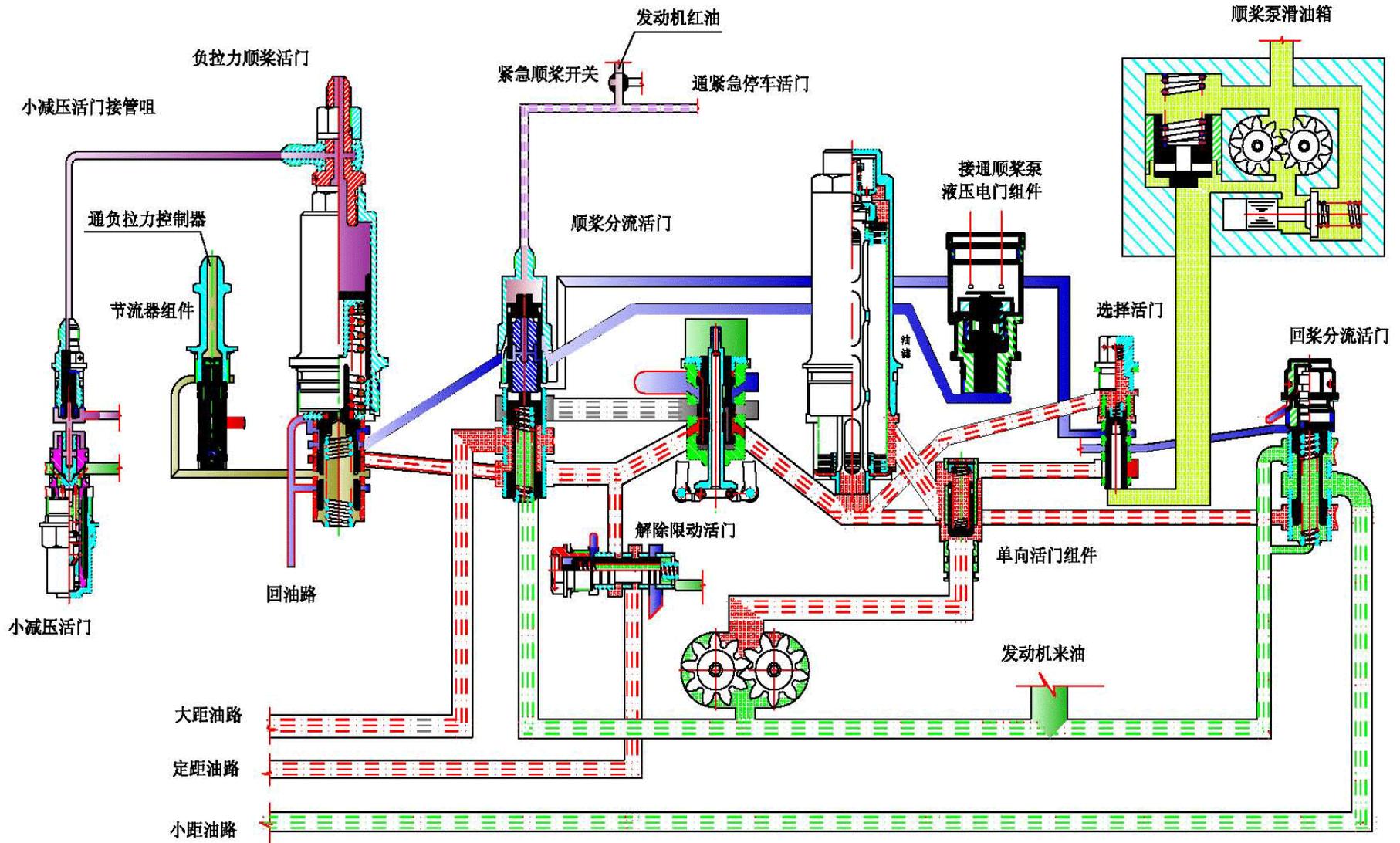




功能和原理-应急顺桨

- 在电气操纵设备发生故障及在必要时应进行应急顺桨。此时，可用液压油操纵调速器使桨叶强制进入应急顺桨位置。
- 应急顺桨时，应接通应急顺桨开关，此时，由飞机液压系统来的压力为 $(30\sim 70)$ kgf/cm² 的液压油沿油路流向顺桨分流活门。
- 在液压油的压力作用下，顺桨分流活门向下移动，从而通过顺桨分流活门的环槽使大距油路与调速器油泵的压力油路相通。此时，来自调速器油泵的压力油沿大距油路进入螺旋桨大距油腔内，使桨叶进入顺桨位置。
- 液压油同时引入RT-9E燃油调节器应急停车开关，使发动机停车。
- 应急顺桨时，螺旋桨不能完全顺桨，桨叶角停在约 $(60\sim 70)^\circ$ 位置。这是因为当应急顺桨时，应急顺桨信号迫使发动机停车，靠发动机的惯性力运转所产生的滑油压力不足以使螺旋桨达到完全顺桨状态。

紧急顺桨活门





飞行手册中关于顺桨系统操作的规定

- 人因因素是影响发动机顺桨系统可靠性的重要因素
- 本案例主要参照《运七飞机100型飞行手册》关于顺桨系统的规定。



飞行手册中关于顺桨系统操作的规定

- 飞机离地后一台发动机失效，如果继续飞行，空勤组应按照下列程序操作：

飞行工程师在起飞过程中应注意观察两台发动机的工作状态，一旦有一台发动机失效，立即报告“右发（或左发）失效，螺旋桨已顺桨”。如果螺旋桨未能自动顺桨，飞行工程师按照机长命令，立即按下AN-12顺桨按钮，使螺旋桨顺桨、将失效发动机的防火开关关掉，然后用液压系统重复顺桨。



飞行手册中关于顺桨系统操作的规定

□ 一台发动机空中停车

a 如果螺旋桨未能自动顺桨，应该进行人工顺桨。

将油门杆收到空中慢车止动挡位置，如果发动机或其附件失效，允许在发动机的任何工作状态下将螺旋桨顺桨

b 按下AN-12顺桨按钮，2~3秒后松开，这时橙黄色的顺桨信号灯亮，顺桨泵、顺桨自动定时器、发动机停车电磁活门接通，喷嘴的燃油供给切断（发动机停车），螺旋桨进入顺桨位置，经过12秒，自动定时器将顺桨泵断开，顺桨信号灯就熄灭，而发动机停车活门仍处于接通状态。



c将发动机停车开关扳到“关闭”位置。

d将油门杆扳回到 0° 位置，并关掉防火开关。不论螺旋桨是否进入顺桨，都要用液压系统对发动机再次顺桨

e如果螺旋桨自动回桨，应该再次用AN-12顺桨按钮使之顺桨。



□ 在下降中一台发动机失效

下降中，当发动机的工作状态低于油门杆位置 24° 时，如果一台发动机失效，螺旋桨不会自动顺桨，而是自转状态，必须立即用顺桨按钮使失效发动机的螺旋桨顺桨，关闭失效发动机的防火开关，并用液压系统再次顺桨，将发动机停车开关放在“关闭”位置。



产品FTA约定与要求

□ FTA的约定

- 不考虑外力破坏引起的故障；
- 各结构件牢固、可靠、故障率很低，建树过程中不考虑；
- 故障树中的底事件之间是相互独立的；
- 每个底事件和顶事件只考虑其发生或不发生两种状态；
- 寿命分布都为指数分布；



分析要求

- 故障树的定性分析，求出系统的最小割集。
- 故障树的定量分析，计算顶事件发生概率。
- 故障树的定量分析，计算概率重要度、结构重要度



谢谢

