



“十三五” 航空航天专业规划教材

飞机构造

FEIJI GOUZAO

王志刚 主编

梁颖春 鹿鸣春 副主编

王 军 主审

航空工业出版社

“十三五” 航空航天专业规划教材

飞 机 构 造

王志刚 主 编
梁颖春 鹿鸣春 副主编
王 军 主 审



航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书以歼7飞机为主要案例,重点介绍了飞机的总体结构、各机械系统及其典型附件的相关知识和应用。编写时既兼顾了知识的宽泛性和通用性,同时也考虑了典型实例剖析的透彻性和完整性。全书共9章,主要内容包括:机体、起落装置、液压系统、副翼和方向舵操纵系统、水平尾翼操纵系统、冷气系统、燃油供给系统、环控系统和弹射救生装置等。

本书既可以作为高等院校、职业教育学校航空类专业学生教材使用,又可以作为飞机维修及相关行业岗位培训资料及自学参考手册。

图书在版编目(CIP)数据

飞机构造 / 王志刚主编. -- 北京: 航空工业出版社, 2016. 1

“十三五” 航空航天专业规划教材

ISBN 978 - 7 - 5165 - 0927 - 2

I. ①飞... II. ①王... III. ①飞机—构造—教材
IV. ①V22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 270537 号

飞机构造 Feiji Gouzao

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑2号院 100012)

发行部电话: 010 - 84936597 010 - 84936343

三河市华骏印务包装有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2016年1月第1版

2016年1月第1次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 21 插页: 3 字数: 550千字

印数: 1—2000

定价: 48.00元

总 前 言

经过几十年的快速发展，我国的制造业规模已跃居世界第一位，建立起门类齐全、独立完整的制造体系，成为支撑我国经济社会发展的重要基石。为完成中国制造由大变强的战略任务，党中央、国务院正式发布了《中国制造2025》规划。其中，航空航天作为装备制造业的重要组成部分和高精尖科学技术的重要代表，被列为国家大力推动发展的重点领域。

随着我国航空航天技术的迅猛发展，亟需大量高水平、高素质的科研与技能型人才，国内众多的高校、职业院校纷纷开设航空航天相关的院系和专业。但与教学配套的教材储备却相对薄弱，现有的航空航天教材多存在着版本老、案例少、知识体系与工程实际相脱节等问题，不能完全满足院校的教学需要。

鉴于此，中航出版传媒有限责任公司（航空工业出版社）广泛联系多所航空航天院校，密切沟通、深入交流、共同组织，计划在“中国制造2025”规划的指导下，在国家“十三五”规划期间，依托航空航天院校最新的教学、科研成果和我公司多年的出版经验积累，开发一套紧扣课改、内容充实、体例新颖、企业参与、配套丰富的新教材——“十三五”航空航天专业规划教材。

本套教材计划包含飞行器的原理基础、结构技术、材料技术、气动技术、推进技术，以及发动机、机载设备、航电系统等多方面的知识，覆盖航空航天的多个专业方向，在国家“十三五”期间陆续出齐。

衷心希望本套教材最终能达到服务院校教学需要、为祖国培养高素质航空航天专业人才、助力“中国制造2025”的目的。

前 言

本书是为从事飞机专业方向、须掌握飞机构造知识的学员而编写的专业教材，适用于高职高专院校师生使用。本书重点介绍了飞机结构、各机械系统及其典型附件的相关知识和应用。全书共9章，内容包括：机体、起落装置、液压系统、副翼和方向舵操纵系统、水平尾翼操纵系统、冷气系统、燃油供给系统、环控系统和弹射救生装置。

在本书编写时，编者既考虑了知识的宽泛性和通用性，又侧重了典型实例剖析的透彻性和知识的系统完整性，例如，为使学员学完本书后，既对通用的知识有一般的了解，又能对某一架飞机的“五脏六腑”建立一个完整而系统的认识，在各章节介绍完基础性知识后，其应用系统和附件的剖析都主要以歼7飞机为例加以讲解。

本书由王志刚主编，第1、2章由鹿鸣春编写，第3、5章由王志刚编写，第4章由王军编写，第6、8章由梁颖春编写，第7章由户凤荣编写，第9章由柳汀编写。

全书由中航工业吉林航空维修有限责任公司王军工程师主审。

由于时间紧，任务重，本教材不免存在一些错误和不足之处，敬请读者批评指正并提出修改意见，我们将不胜感激，以期不断完善。

编 者

2015年10月16日

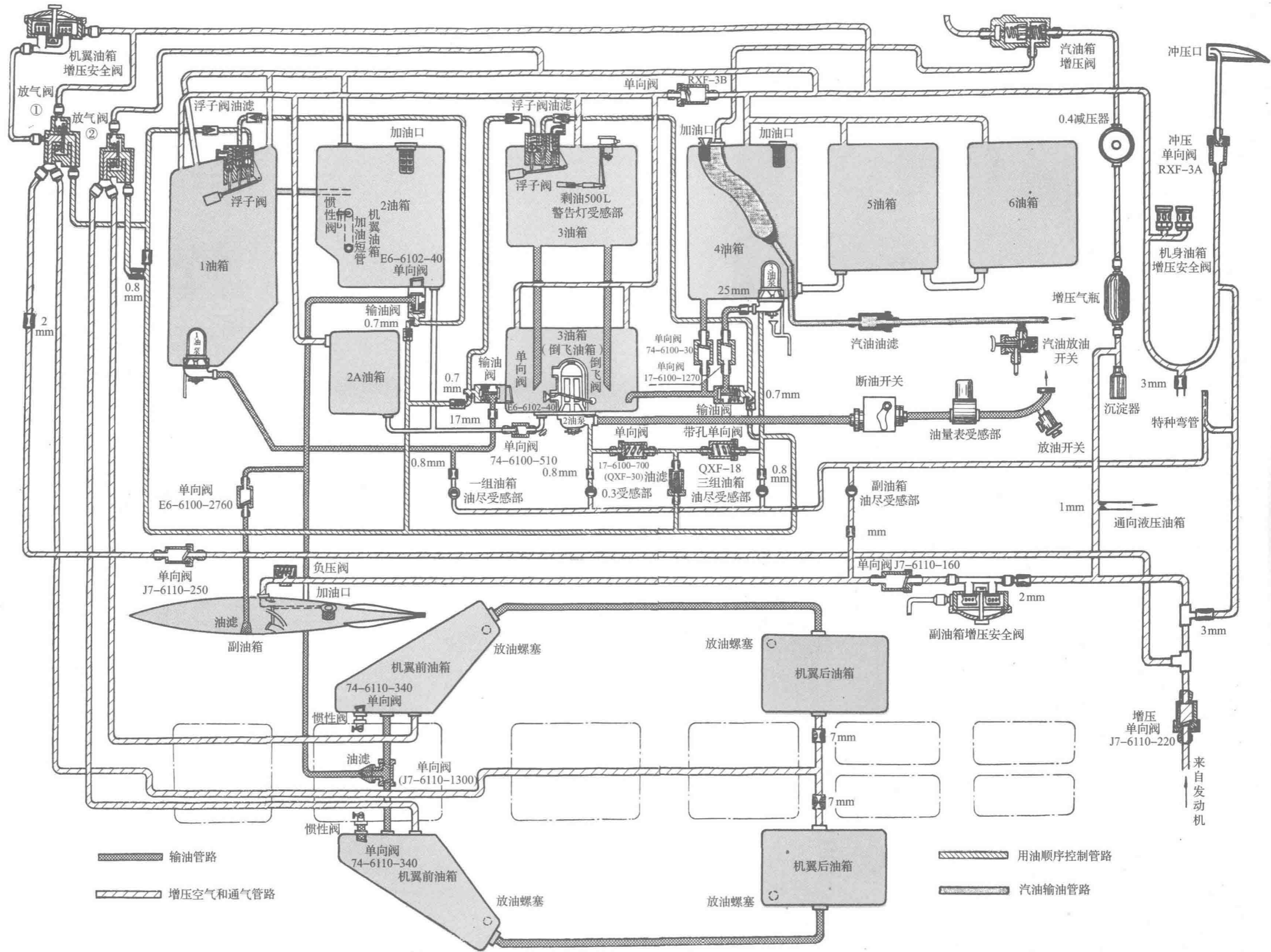


图 7-0 燃油供给系统

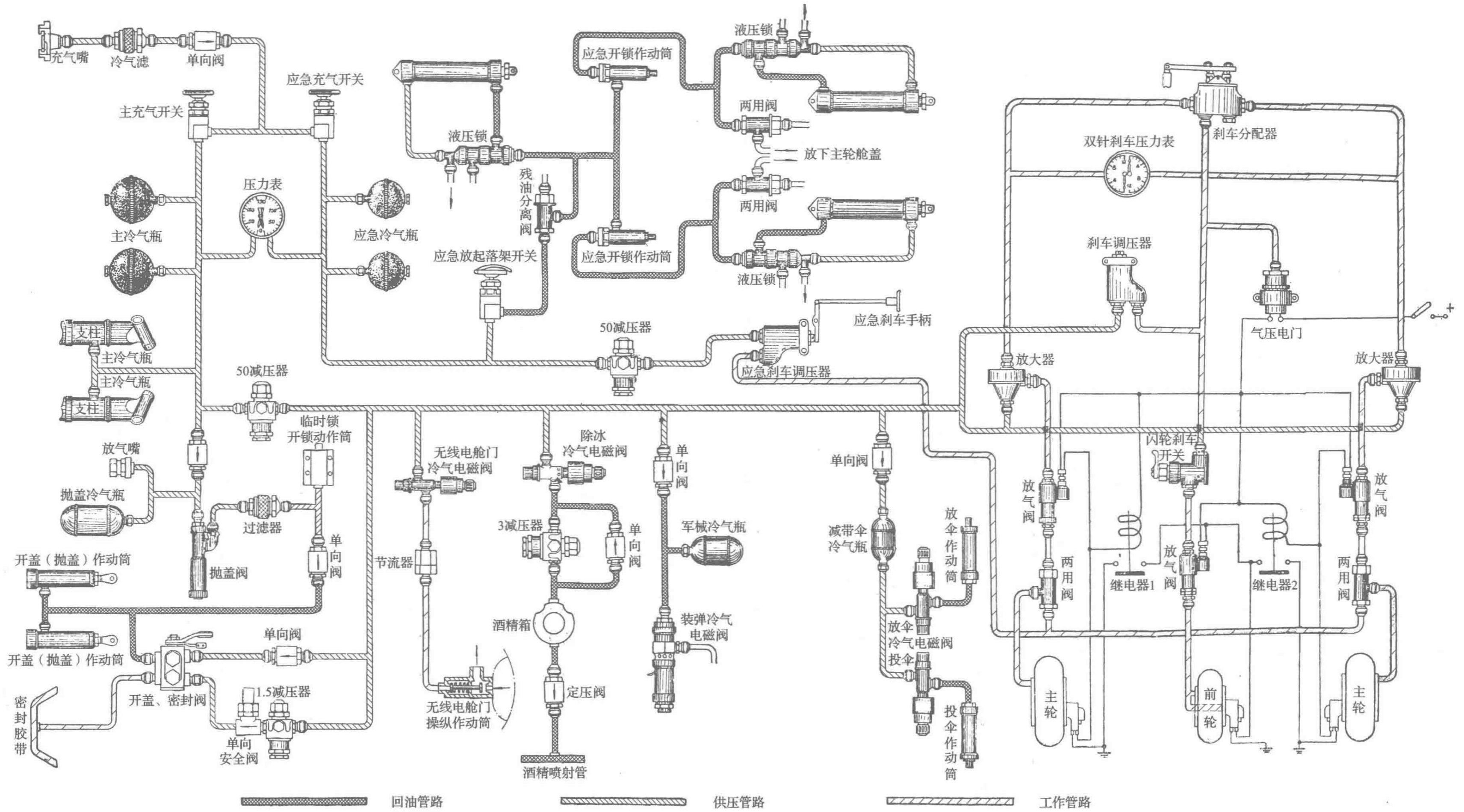


图6-0 冷气系统

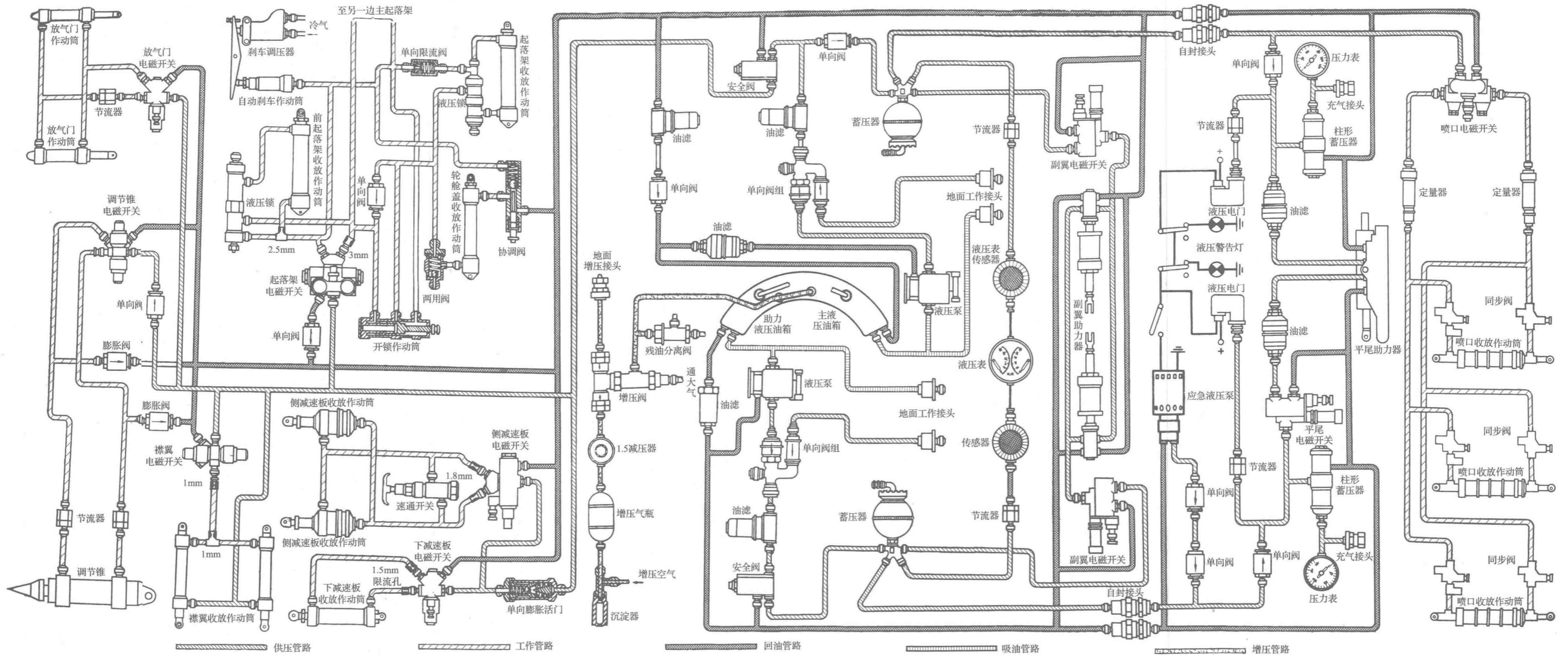


图 3-0 液压系统

目 录

第 1 章 机体	(1)
1.1 机体受载的基本概念	(1)
1.1.1 飞行中机体的受载情况	(2)
1.1.2 载荷因数	(4)
1.1.3 飞机着陆时的过载	(5)
1.1.4 机体的强度、刚度和安全系数	(5)
1.2 机翼	(5)
1.2.1 机翼的形状、配置和气动布局	(5)
1.2.2 机翼的受载	(7)
1.2.3 机翼构造	(9)
1.2.4 机翼结构受力	(13)
1.2.5 机翼结构形式	(19)
1.2.6 后掠机翼、三角机翼和翼身融合体机翼的结构特点	(24)
1.3 机身	(28)
1.3.1 机身构造	(28)
1.3.2 机身结构形式	(30)
1.4 尾翼	(33)
1.4.1 尾翼配置形式	(33)
1.4.2 尾翼构造	(33)
1.5 副翼、襟翼及辅助操纵面	(36)
1.5.1 副翼	(36)
1.5.2 襟翼	(38)
1.5.3 辅助操纵面	(40)
复习题	(41)
第 2 章 起落装置	(42)
2.1 起落架形式	(42)
2.1.1 起落架配置形式	(42)
2.1.2 起落架结构形式	(44)
2.1.3 起落架滑行装置形式	(45)
2.1.4 起落架收放形式	(47)
2.2 起落架缓冲装置	(48)
2.2.1 缓冲装置缓冲原理	(49)

2.2.2	缓冲器种类	(50)
2.2.3	油气式缓冲器	(52)
2.2.4	液体式缓冲器	(55)
2.3	机轮	(56)
2.3.1	机轮滚动阻力	(56)
2.3.2	刹车减速原理与刹车装置	(57)
2.3.3	轮胎、轮毂的构造和受力特点	(63)
2.4	前起落架	(67)
2.4.1	前起落架支柱的构造特点和前轮的稳定距	(68)
2.4.2	前轮转弯机构和中立机构	(70)
2.4.3	前轮减摆器	(73)
	复习题	(76)
第3章	液压系统	(77)
3.1	认识液压系统	(78)
3.1.1	基本组成与工作	(78)
3.1.2	液压附件的分类	(78)
3.1.3	认识实例	(79)
3.2	液压系统的基础知识	(80)
3.2.1	液体的一般性质	(80)
3.2.2	航空液压油介绍	(82)
3.2.3	液压传动原理	(82)
3.2.4	流动液体压力损失	(84)
3.2.5	节流器	(85)
3.3	动力附件	(88)
3.3.1	齿轮泵	(88)
3.3.2	柱塞泵	(89)
3.4	压力控制附件	(94)
3.4.1	卸荷阀	(94)
3.4.2	安全阀 (溢流阀)	(96)
3.4.3	压力继电器	(98)
3.4.4	单向膨胀组合阀	(99)
3.5	方向控制附件1 (单向阀类)	(100)
3.5.1	单向阀	(100)
3.5.2	地面接头	(101)
3.5.3	协调阀	(101)
3.5.4	单向限流阀	(103)
3.5.5	自封接头 (YXF-20)	(104)
3.5.6	液压锁 (YYF-21)	(105)

3.5.7 两用阀	(106)
3.6 方向控制附件2 (换向阀类)	(108)
3.6.1 三位四通电磁开关	(108)
3.6.2 三位三通电磁开关	(110)
3.6.3 二位四通电磁开关	(111)
3.6.4 二位三通电磁开关	(113)
3.6.5 手动开关	(114)
3.7 执行附件	(115)
3.7.1 无锁作动筒	(115)
3.7.2 钢珠锁作动筒	(117)
3.7.3 卡环锁作动筒	(119)
3.8 辅助附件	(120)
3.8.1 蓄压器	(121)
3.8.2 油滤	(122)
3.8.3 液压油箱	(124)
3.8.4 油箱增压部分	(125)
3.9 供压部分	(127)
3.9.1 定流量泵——卸荷阀组单泵源回路	(127)
3.9.2 变流量双泵流——双腔作动筒组泵源回路	(128)
3.9.3 变流量多泵流“多余度”回路	(129)
3.10 传动部分	(130)
3.10.1 襟翼收放回路	(130)
3.10.2 减速板收放回路	(132)
3.10.3 起落架收放回路	(133)
复习题	(135)
第4章 副翼、方向舵操纵系统	(137)
4.1 飞行操纵系统概述	(137)
4.1.1 操纵系统的特殊要求	(138)
4.1.2 操纵系统的分类	(138)
4.1.3 飞行操纵原理	(139)
4.2 中央操纵机构	(141)
4.2.1 手操纵机构	(141)
4.2.2 脚操纵机构	(144)
4.3 传动机构	(145)
4.3.1 机械传动机构	(146)
4.3.2 电传操纵系统	(153)
4.4 副翼操纵系统	(154)
4.4.1 典型客机副翼操纵系统	(154)

4.4.2	典型战斗机副翼操纵系统	(156)
4.5	方向舵操纵系统	(162)
4.5.1	典型客机方向舵操纵系统	(163)
4.5.2	典型战斗机方向舵操纵系统	(164)
4.6	飞行操纵系统的维护工作	(166)
4.6.1	防止系统摩擦力过大	(166)
4.6.2	防止系统间隙过大	(166)
	复习题	(167)
第5章	水平尾翼操纵系统	(168)
5.1	认识飞机的水平尾翼操纵系统	(169)
5.1.1	水平尾翼操纵系统的原理和分类	(169)
5.1.2	简单机械水平尾翼操纵系统	(169)
5.1.3	传动系数和传动比的计算方法	(170)
5.1.4	简单机械操纵系统在跨声速后面临的问题	(171)
5.2	助力机械水平尾翼操纵系统	(172)
5.2.1	有回力助力操纵系统	(172)
5.2.2	无回力助力操纵系统	(173)
5.3	液压助力器	(175)
5.3.1	单腔液压助力器	(175)
5.3.2	双腔液压助力器	(176)
5.4	载荷感觉器	(180)
5.5	调整片效应机构	(182)
5.5.1	工作	(183)
5.5.2	调整片效应机构中立位置对平衡速度的影响	(184)
5.5.3	使用注意事项	(185)
5.6	力臂调节装置	(185)
5.6.1	力臂调节器的功用	(185)
5.6.2	力臂的调节规律	(187)
5.6.3	力臂调节装置的构造和工作	(189)
5.6.4	力臂调节装置的电路工作原理	(192)
	复习题	(195)
第6章	冷气系统	(196)
6.1	冷气系统概况	(196)
6.1.1	基本组成与工作	(196)
6.1.2	认识实例	(197)
6.2	供气部分附件	(198)
6.2.1	冷气泵 (KY-8)	(198)

6.2.2	卸荷阀 (T-5)	(201)
6.2.3	减压器	(202)
6.2.4	冷气瓶	(205)
6.2.5	充气接头	(205)
6.2.6	冷气滤 (JT-7)	(206)
6.2.7	分油分水器	(206)
6.2.8	单向阀 (QXF-19)	(206)
6.2.9	充气开关	(207)
6.3	典型冷气供压部分的工作	(208)
6.3.1	带有冷气泵的供压部分	(208)
6.3.2	不带冷气泵的供压部分	(209)
6.4	刹车部分	(210)
6.4.1	刹车调压器	(210)
6.4.2	刹车分配器	(213)
6.4.3	刹车放大器 (QS-7)	(215)
6.4.4	惯性传感器	(216)
6.4.5	放气阀 (QS-11)	(219)
6.4.6	前轮刹车开关 (QS-10A)	(221)
6.4.7	气压电门	(221)
6.4.8	两用阀	(222)
6.5	刹车部分的工作	(223)
6.5.1	正常刹车部分的组成和工作概况	(223)
6.5.2	刹车压力自动调节装置的组成和工作	(224)
6.5.3	应急刹车部分	(225)
6.6	传动部分附件	(225)
6.6.1	冷气电磁阀	(225)
6.6.2	舱门作动筒	(227)
6.6.3	伞钩作动筒	(227)
6.6.4	其他附件及工作	(228)
6.7	传动部分的工作	(229)
6.7.1	着陆减速伞部件	(229)
6.7.2	放、投减速伞部分工作	(233)
6.7.3	弹舱门传动部分	(234)
6.7.4	座舱盖除冰	(235)
	复习题	(236)
第7章	燃油供给系统	(237)
7.1	燃油供给系统的工作原理	(237)
7.1.1	输油管路和动力	(237)

7.1.2	用油顺序控制	(240)
7.1.3	歼7飞机用油顺序	(243)
7.1.4	歼7飞机控制管路	(245)
7.1.5	燃油供给系统的通气装置	(248)
7.2	燃油供给系统附件的构造和工作原理	(250)
7.2.1	油箱	(250)
7.2.2	油泵	(259)
7.2.3	歼7飞机油泵	(259)
7.2.4	油滤	(262)
7.2.5	开关	(263)
7.2.6	阀门	(264)
7.2.7	导管	(267)
7.3	燃油系统的高空性	(268)
7.3.1	燃油泵不产生空隙现象所必要的升压油泵出口油压	(268)
7.3.2	升压油泵的实际出口油压	(268)
7.3.3	影响燃油系统高空性的原因	(269)
7.3.4	歼7飞机油箱增压部分	(270)
7.4	燃油供给系统的加油和放油设备	(275)
7.4.1	歼7飞机的输油、加油和放油	(275)
7.4.2	空中加油和空中应急放油设备	(276)
	复习题	(277)
第8章 环控系统		(278)
8.1	认识环控系统	(278)
8.1.1	基本组成与工作	(279)
8.1.2	环控附件的分类	(279)
8.1.3	认识实例	(279)
8.2	冷却装置附件	(280)
8.2.1	空气散热器	(280)
8.2.2	涡轮式冷却器	(281)
8.3	温度调节装置附件	(283)
8.3.1	空气分配开关	(283)
8.3.2	感温器(温度控制盒)	(284)
8.3.3	调温转换电门	(285)
8.4	供气附件	(286)
8.4.1	供气开关	(286)
8.4.2	单向阀	(286)
8.4.3	排气阀	(287)
8.5	座舱压力调节部分	(287)

8.5.1	座舱压力随飞行高度的变化规律	(287)
8.5.2	直接式座舱压力调节器简介	(288)
8.5.3	间接式座舱压力调节器	(289)
8.5.4	其他附件	(291)
8.6	抗荷系统	(292)
8.6.1	抗荷调压器 (KT-2)	(293)
8.6.2	其他附件	(295)
8.7	系统工作	(295)
8.7.1	座舱调温调压部分的工作	(295)
8.7.2	抗荷设备的工作	(297)
	复习题	(297)
第9章	弹射救生装置	(298)
9.1	弹射救生概述	(299)
9.1.1	功用和工作概况	(299)
9.1.2	弹射救生	(300)
9.2	座舱盖	(301)
9.2.1	座舱盖的构造	(302)
9.2.2	座舱盖的工作系统	(303)
9.3	弹射座椅	(313)
9.3.1	弹射座椅概述	(313)
9.3.2	座椅弹射的原理	(314)
9.3.3	歼7飞机座椅的构造	(314)
9.3.4	座椅弹射工作过程	(315)
	复习题	(318)
	参考文献	(319)

第1章 机 体

一架飞机通常是由机体、起落装置、发动机和各种设备及控制系统等组成。机体就像人的骨架和皮肤，起落装置像腿，其他的就像五脏六腑、神经系统、血液系统、消化系统……除起落架外它们都装在壳体内。

飞机的机体通常由机身、机翼、尾翼等组成。机翼上装有副翼和襟翼，尾翼上一般装有方向舵和升降舵。机翼和尾翼都连接在机身上。

机体的各部件由多种构件组成，各构件之间通过铆接、螺接、焊接及胶结组成合理的结构形式，来承受、传递和平衡着飞机的各种载荷，各部件与机身的连接也有着多种配置形式和气动布局，各有其特点。

本章介绍机体受载的基本概念，重点讨论机翼的受载、构造、各构件的功用、结构受力、结构形式和机身的构造与结构形式，对尾翼、副翼、襟翼和辅助操纵面作一般性的介绍。

知识目标

- 建立机体受载的基本概念；
- 掌握机翼的构造、各构件的功用；
- 掌握机翼结构受力、结构形式；
- 熟悉后掠机翼、三角机翼的结构特点；
- 掌握机身的构造和结构形式；
- 熟悉尾翼、副翼、襟翼分类和构造。

能力目标

- 能说出某种机翼的功用、构造和各构件的功用；
- 能说出平直机翼的空气动力是如何传递的；
- 能说出复合式机身的功用、构造和各构件的功用；
- 能对给定的某种典型飞机判断出机身和机翼是哪一种结构形式，尾翼、副翼、襟翼属哪种类型。

1.1 机体受载的基本概念

飞机在起飞、飞行、着陆、地面维护等使用过程中，作用在飞机上的外力称为飞机的载荷。飞行中作用在飞机上的载荷主要有升力、重力、推力和阻力。升力在飞行过程中会发生很大的变化。下面讨论升力在几种典型状态下的变化情况。

1.1.1 飞行中机体的受载情况

1.1.1.1 平飞中的受载情况

下面以飞机在水平面内匀速直线飞行为例（见图 1-1）进行分析。

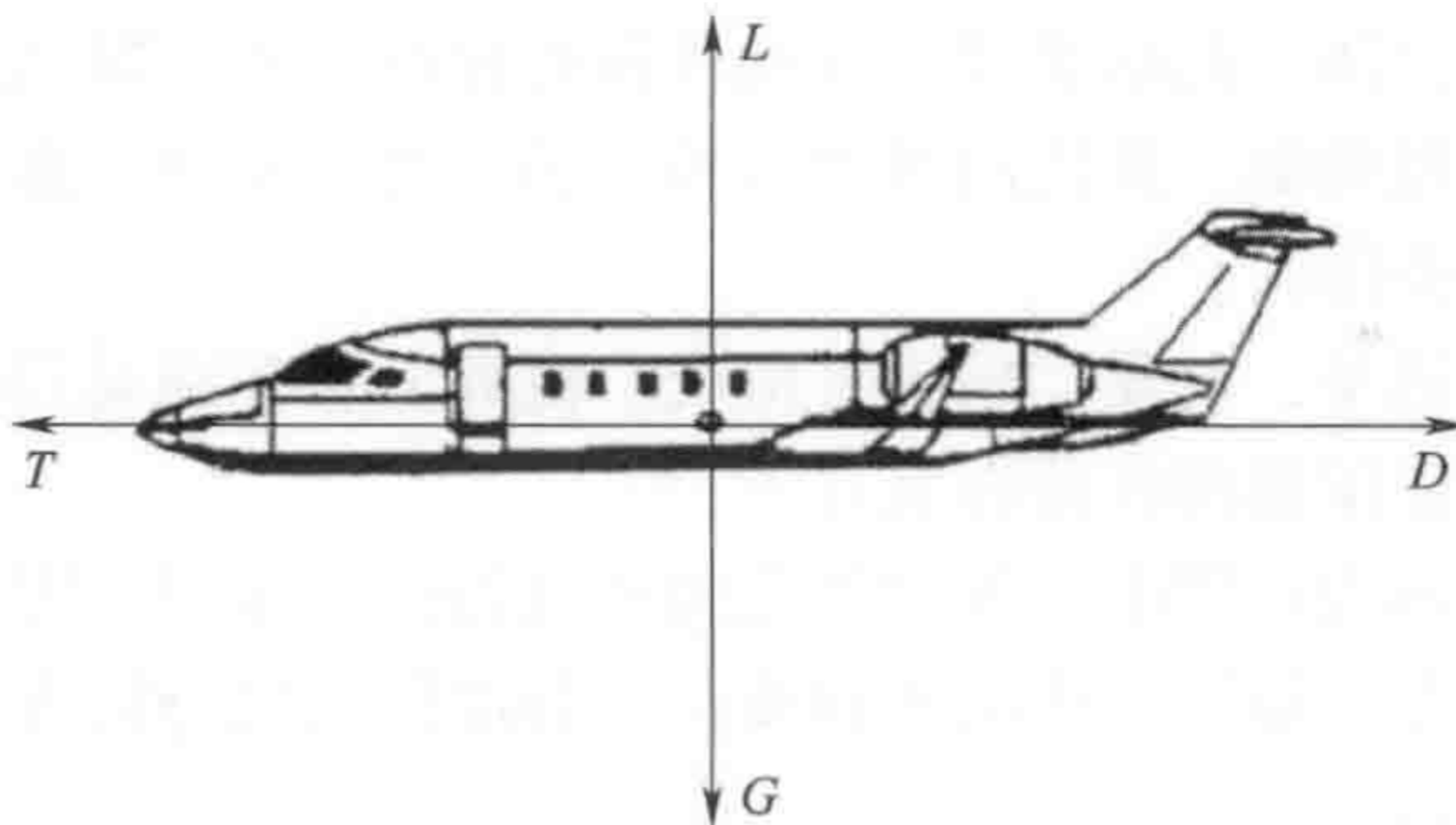


图 1-1 匀速直线飞行时的受载

所受的力有升力 L 、重力 G 、发动机推力 T 和阻力 D 。假设 4 个力都通过飞机的重心。由平衡方程可知

$$\begin{cases} L = G \\ T = D \end{cases}$$

平飞时，飞机的受载较小，但飞机的某些局部地方的受载可能很大，如图 1-2 所示。

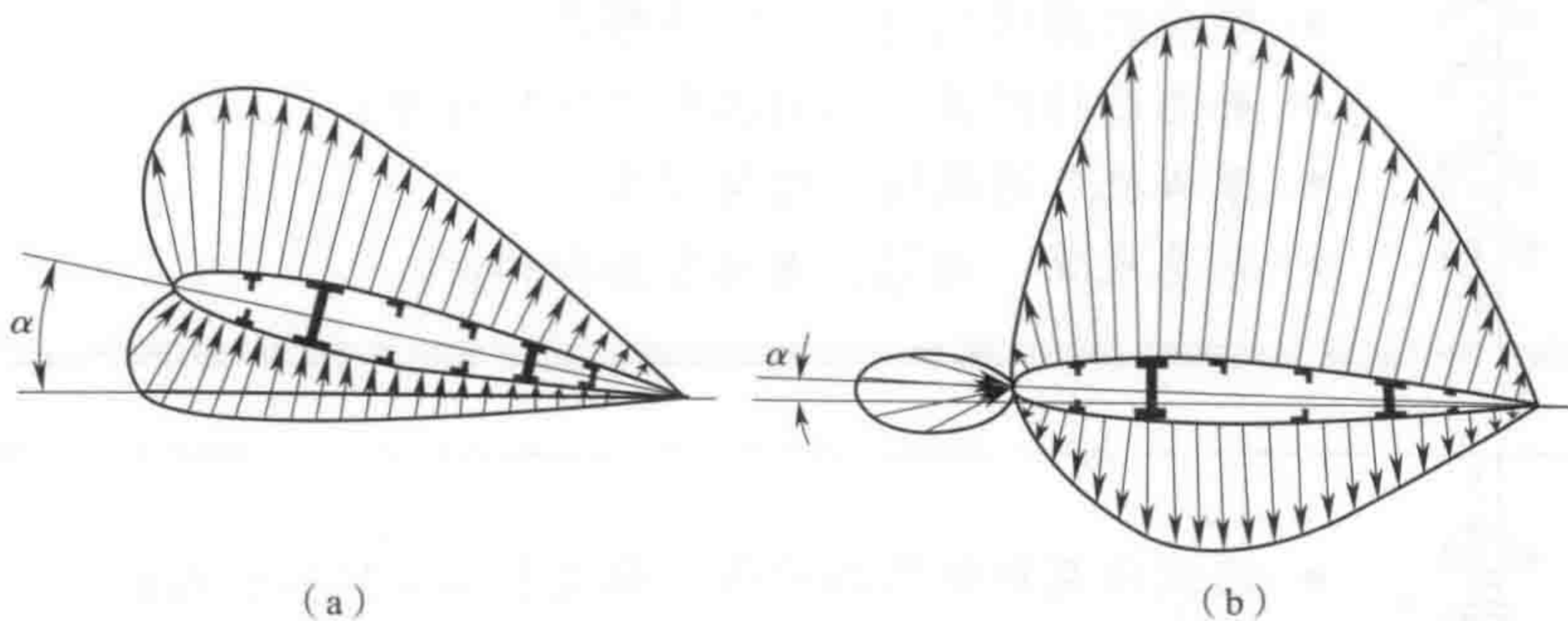


图 1-2 不同迎角 α 平飞时机翼局部空气动力的作用情况

1.1.1.2 曲线飞行时的受载情况

飞行中，飞机要经常作曲线飞行。下面讨论飞机在垂直和水平面内曲线飞行时的受载情况。

(1) 飞机在铅垂平面内作曲线飞行的受载情况

下面以飞机俯冲拉起为例（见图 1-3）进行分析。

V ——飞行速度；

r ——飞行轨迹的曲率半径；

g ——重力加速度；

F_i ——惯性离心力。

$$F_i = m \frac{V^2}{r}$$