

波音 737NG 飞机系统

BOEING 737NG
AIRCRAFT SYSTEM

宋静波 李佳丽 主编
王 兵 副主编



航空工业出版社

波音 737NG 飞机系统

宋静波 李佳丽 主 编
王 兵 副主编

航空工业出版社
北 京

内 容 提 要

本书根据飞机地面维护(机电)专业教学大纲编写,内容涉及新一代波音737(波音737NG)飞机的主要机电系统知识。在所有波音737NG系列飞机中,主要介绍波音737-800型飞机系统。本书共计11章,分别为:总体介绍;燃油系统;液压系统;起落架系统;飞行操纵系统;气源系统;空调系统;氧气系统;防火系统;防冰排雨系统以及舱门及机上设施。

本书主要作为飞机机电专业机型课程专业教材,还可作为电子专业、结构修理专业飞机机电系统熟悉课程的教材。也可用于飞机维修单位机型培训的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

波音737NG飞机系统 / 宋静波, 李佳丽主编. -- 北京: 航空工业出版社, 2016. 11
ISBN 978-7-5165-1135-0

I. ①波… II. ①宋… ②李… III. ①旅客机—飞机系统—高等教育—教材 IV. ①V271.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第272644号

波音737NG飞机系统 Boyin 737NG Feiji Xitong

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: 010-84934379 010-84936343

北京世汉凌云印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2016年11月第1版

2016年11月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 25.5

字数: 650千字

印数: 1—3000

定价: 49.00元

前 言

波音 737 系列飞机是美国波音公司生产的一种中短程双发喷气客机。波音 737 自研发以来 50 年经久不衰，成为民航历史上最成功的窄体民航客机系列之一，至今已发展出十多个型号，是民航史上最畅销的民航客机。

波音 737 主要针对中短程航线的需要，具有可靠性高、运营和维护成本低、经济性能好的特点，但是它并不适合进行长途飞行。

波音 737 早期经典型的代表波音 737-300 型于 1981 年 3 月正式开始研制，1983 年中开始总装，1984 年 1 月第一架原型机出厂，同年 2 月 24 日首次试飞，11 月 28 日首次交付使用。由于新一代波音 737NG 投产，第二代波音 737-300 型于 2000 年停产。最后一架波音 737-300 型于 2000 年交付。

新一代波音 737NG 包括波音 737-600/波音 737-700/波音 737-800/波音 737-900/波音 737-900ER 共 5 种型号，是波音 737 飞机的改进产品。很多飞机系统都有所提升，更先进、更易于维护、故障率更低、更经济实用。中国国内各大航空公司，大多都装备有数量可观的波音 737NG 飞机。

本书内容涉及新一代波音 737NG 飞机系统知识。重点分析波音 737-800 型飞机。

本书共计 11 章，分别为：总体介绍；燃油系统；液压系统；起落架系统飞行操纵系统；气源系统；空调系统；氧气系统；防火系统；防冰排雨系统以及舱门及机上设施。

本书第 1 章、第 6 章、第 8 章由宋静波编写；第 2 章由刘艺涛编写；第 3 章、第 4 章、第 7 章由李佳丽编写；第 5 章和第 11 章由王兵编写；第 9 章和第 10 章由陆轶编写。

本书主要作为飞机机电专业机型课程专业教材，还可作为电子专业、结构修理专业飞机机电系统熟悉课程的教材。也可用于飞机维修单位机型培训的参考资料。

由于编者水平和能力有限，书中错漏在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2016 年 10 月

目 录

第 1 章 总体介绍	(1)
1.1 波音 737NG 飞机	(1)
1.2 飞机尺寸和布局	(2)
1.2.1 飞机尺寸	(2)
1.2.2 客舱布局	(3)
1.2.3 货舱布局	(4)
1.2.4 驾驶舱座椅布局	(4)
1.3 飞机基本参数及数据	(4)
1.3.1 重量的定义	(4)
1.3.2 结构重量	(4)
1.3.3 使用重量	(5)
1.3.4 最大使用速度限制	(5)
1.4 飞机机体区域划分	(5)
1.4.1 主区	(5)
1.4.2 分区	(6)
1.4.3 飞机舱门	(7)
1.4.4 机身分段	(8)
1.5 驾驶舱仪表板	(8)
1.6 机身站位	(13)
1.6.1 机身纵向站位	(13)
1.6.2 机身横向站位	(13)
1.6.3 机身垂直站位 (水线)	(14)
1.7 机翼站位	(15)
1.7.1 机翼站位	(15)
1.7.2 机翼纵剖线	(16)
1.8 地面勤务	(16)
1.8.1 地面勤务点	(16)
1.8.2 地面勤务车辆	(17)
1.9 飞机顶升点	(17)
1.10 通信系统	(18)
1.11 飞机外部检查程序	(19)
1.11.1 外部检查路线	(19)
1.11.2 主要检查项目	(20)

第 2 章 燃油系统	(28)
2.1 概述	(28)
2.2 燃油储存	(28)
2.3 油箱通气	(30)
2.4 压力加油	(32)
2.5 发动机供油	(34)
2.6 APU 供油	(37)
2.7 抽油系统	(38)
2.8 燃油指示	(40)
2.9 燃油箱勤务工作	(43)
第 3 章 液压系统	(45)
3.1 概述	(45)
3.1.1 系统的组成	(45)
3.1.2 部件位置	(46)
3.1.3 液压系统的工作	(48)
3.2 液压油箱增压系统	(48)
3.2.1 部件位置	(48)
3.2.2 工作原理	(49)
3.3 主液压系统	(50)
3.3.1 控制和指示	(51)
3.3.2 主要部件	(52)
3.4 辅助液压系统	(65)
3.4.1 备用液压系统	(65)
3.4.2 动力转换组件	(72)
3.5 液压指示系统	(74)
3.5.1 液压油量指示系统	(75)
3.5.2 液压压力指示系统	(77)
3.5.3 液压泵低压警告系统	(77)
3.5.4 液压油超温警告系统	(79)
3.6 维护与排故	(81)
第 4 章 起落架系统	(83)
4.1 简介	(83)
4.1.1 起落架控制和指示系统的组成	(83)
4.1.2 下位锁销	(85)
4.2 主起落架及其舱门	(86)
4.2.1 主起落架结构	(86)

4.2.2 主起落架缓冲支柱的灌充	(91)
4.3 前起落架及其舱门	(92)
4.3.1 前起落架结构	(92)
4.3.2 前起落架缓冲支柱的灌充	(95)
4.4 起落架的收放	(97)
4.4.1 起落架收放控制系统	(97)
4.4.2 主起落架收放系统	(102)
4.4.3 前起落架收放	(110)
4.4.4 起落架人工放出系统	(114)
4.5 前轮转弯	(116)
4.5.1 系统组成	(117)
4.5.2 方向舵脚蹬转弯机构和旋转作动器	(118)
4.5.3 加法机构和转弯计量阀组件	(119)
4.5.4 转弯作动筒及转弯衬套	(121)
4.5.5 前轮转弯系统工作	(121)
4.5.6 飞机牵引	(122)
4.6 空/地系统	(123)
4.6.1 前起落架压缩传感器	(124)
4.6.2 主起落架压缩传感器	(124)
4.6.3 接近电门电子组件	(125)
4.7 起落架位置指示和警告系统	(126)
4.7.1 起落架位置灯和手柄位置电门	(127)
4.7.2 主起落架收上并锁好位置传感器	(128)
4.7.3 主起落架放下锁位置传感器	(128)
4.7.4 前起落架收上/放下锁位置传感器	(129)
4.7.5 前起落架放下位置传感器	(130)
4.7.6 声响警告	(130)
4.8 机轮与刹车	(131)
4.8.1 轮胎与机轮	(131)
4.8.2 液压刹车系统	(133)
4.8.3 停留刹车系统	(142)
4.8.4 防滞/自动刹车系统	(144)
第5章 飞行操纵系统	(157)
5.1 概述	(157)
5.2 副翼系统	(159)
5.2.1 副翼操纵系统	(159)
5.2.2 驾驶盘	(161)
5.2.3 转换机构	(161)

5.2.4	副翼感觉/定中和配平机构	(162)
5.2.5	副翼动力控制组件	(163)
5.2.6	输出联动鼓轮 (副翼机身扇形盘)	(165)
5.2.7	自动驾驶作动器	(166)
5.2.8	副翼系统工作	(167)
5.3	扰流板/减速板系统	(168)
5.3.1	飞行扰流板系统组成	(169)
5.3.2	减速板手柄	(170)
5.3.3	扰流板混合器和比率变换器	(171)
5.3.4	飞行扰流板作动筒	(172)
5.3.5	减速板操纵系统组成	(173)
5.3.6	地面扰流板控制阀	(175)
5.3.7	地面扰流板内锁阀	(175)
5.3.8	地面扰流板作动筒	(176)
5.3.9	自动减速板功能	(177)
5.4	后缘襟翼系统	(178)
5.4.1	后缘襟翼操纵系统	(178)
5.4.2	后缘襟翼操纵和指示	(180)
5.4.3	襟翼控制组件	(182)
5.4.4	襟翼动力驱动组件	(183)
5.4.5	后缘襟翼传动系统	(184)
5.4.6	后缘襟翼液压操纵系统	(184)
5.5	前缘装置	(187)
5.5.1	前缘装置操纵系统	(188)
5.5.2	前缘巡航释压阀	(190)
5.5.3	前缘装置备用关断阀	(191)
5.5.4	前缘非指令动作关断阀	(191)
5.5.5	前缘襟翼作动筒	(191)
5.5.6	前缘缝翼作动筒	(193)
5.5.7	前缘自动缝翼控制	(195)
5.5.8	前缘襟翼和缝翼位置指示	(196)
5.6	水平安定面配平操纵系统	(197)
5.6.1	水平安定面配平操纵系统	(197)
5.6.2	水平安定面操纵和指示	(199)
5.6.3	水平安定面操作系统部件	(199)
5.7	升降舵系统	(201)
5.7.1	升降舵操纵系统	(201)
5.7.2	驾驶杆和升降舵前控制扇形盘	(203)
5.7.3	升降舵输入扭力管	(204)

5.7.4	升降舵 PCU	(205)
5.7.5	升降舵感觉计算机	(206)
5.7.6	升降舵感觉/定中组件	(207)
5.8	方向舵系统	(208)
5.8.1	方向舵操纵系统	(209)
5.8.2	方向舵脚踏和前操纵扇形盘	(210)
5.8.3	方向舵感觉/定中组件	(210)
5.8.4	方向舵主 PCU	(211)
5.8.5	方向舵备用 PCU	(213)
第 6 章	气源系统	(215)
6.1	气源系统概述	(215)
6.1.1	气源系统动力源	(215)
6.1.2	用压系统	(215)
6.1.3	气源系统部件的位置	(216)
6.2	气源系统的控制和指示	(216)
6.2.1	引气电门	(216)
6.2.2	隔离阀电门	(217)
6.2.3	压力指示器	(217)
6.2.4	引气脱开指示灯	(217)
6.2.5	双重引气灯	(217)
6.3	气源分配系统	(218)
6.3.1	发动机引气系统	(218)
6.3.2	APU 引气系统	(219)
6.3.3	地面气源	(219)
6.3.4	气源总管	(219)
6.4	发动机引气系统	(220)
6.5	发动机引气压力转换系统	(223)
6.5.1	高压级调节器	(223)
6.5.2	高压阀	(223)
6.5.3	引气压力转换	(225)
6.6	发动机引气预冷系统	(226)
6.6.1	预冷器控制阀	(226)
6.6.2	预冷器控制阀传感器	(227)
6.6.3	机翼防冰电磁阀	(228)
6.6.4	预冷器	(228)
6.6.5	引气预冷系统温度控制原理	(228)
6.7	发动机引气调压关断系统	(230)
6.7.1	引气压力调节器	(230)

6.7.2	调压关断阀	(231)
6.7.3	发动机引气控制	(232)
6.7.4	PRSOV 的打开和关闭动力	(232)
6.7.5	PRSOV 的调压功能	(233)
6.7.6	PRSOV 保护性关断	(234)
6.7.7	PRSOV 的限温功能——450°F 恒温器	(234)
6.8	发动机引气控制和指示电路	(235)
第 7 章 空调系统		(241)
7.1	概述	(241)
7.1.1	系统功能	(241)
7.1.2	系统的组成	(242)
7.1.3	部件位置	(244)
7.2	冷却系统	(244)
7.2.1	部件位置	(245)
7.2.2	工作原理	(246)
7.2.3	主要部件	(248)
7.3	分配系统	(261)
7.3.1	主空调分配系统	(262)
7.3.2	驾驶舱空调分配系统	(262)
7.3.3	客舱空调分配系统	(264)
7.3.4	再循环系统	(264)
7.3.5	通风系统	(265)
7.4	设备冷却系统	(266)
7.4.1	部件位置	(266)
7.4.2	工作	(267)
7.5	温度控制系统	(268)
7.5.1	主要部件	(269)
7.5.2	温度控制系统的工作模式	(273)
7.6	加温系统	(274)
7.7	增压系统	(275)
7.7.1	部件位置	(276)
7.7.2	座舱压力控制组件和座舱高度控制面板	(276)
7.7.3	座舱压力控制器	(277)
7.7.4	后溢流阀	(279)
7.7.5	正向压力释压阀	(279)
7.7.6	负向压力释压阀	(280)
7.7.7	货舱爆破板	(280)
7.7.8	压力均衡阀	(280)

7.7.9	高度警告电门	(281)
7.7.10	增压控制的指示	(282)
7.7.11	自动增压控制模式	(282)
7.7.12	自动增压模式飞行剖面	(283)
7.7.13	自动增压控制模式失效	(285)
7.7.14	人工增压控制模式	(285)
7.8	维护与排故	(285)
第8章	氧气系统	(287)
8.1	氧气系统概述	(287)
8.2	机组氧气系统	(287)
8.2.1	机组氧气系统组成	(288)
8.2.2	氧气瓶	(289)
8.2.3	氧气瓶接头组件	(290)
8.2.4	超压释放和指示	(290)
8.2.5	机组氧气压力指示器	(291)
8.2.6	机组氧气面罩及调节器	(292)
8.2.7	机组氧气系统的使用和维护	(294)
8.3	乘客氧气系统	(294)
8.3.1	氧气发生器	(295)
8.3.2	门锁作动器	(296)
8.3.3	乘客氧气面罩	(298)
8.3.4	乘客氧气组件舱门锁作动器控制电路	(299)
8.4	便携氧气设备	(300)
8.4.1	手提氧气瓶	(300)
8.4.2	保护呼吸设备	(302)
第9章	防火系统	(303)
9.1	概述	(303)
9.2	防火警告系统	(304)
9.3	发动机防火系统	(304)
9.3.1	发动机火警探测系统	(304)
9.3.2	发动机灭火系统	(312)
9.4	APU 防火系统	(315)
9.4.1	APU 火警探测系统	(316)
9.4.2	APU 灭火系统	(318)
9.5	货舱防火系统	(320)
9.5.1	货舱烟雾探测系统	(320)
9.5.2	货舱灭火系统	(322)

9.5.3	货舱灭火系统测试	(323)
9.6	厕所防火系统	(323)
9.6.1	厕所烟雾探测系统	(323)
9.6.2	厕所灭火系统	(324)
9.7	轮舱过热探测系统	(324)
9.7.1	工作原理	(324)
9.7.2	过热探测器元件	(326)
9.7.3	舱体过热探测控制器	(326)
9.8	机翼/机身过热探测系统	(327)
9.9	手提式灭火器	(329)

第 10 章 防冰排雨系统 (330)

10.1	概述	(330)
10.2	机翼防冰系统	(331)
10.2.1	工作原理	(331)
10.2.2	防冰控制面板	(332)
10.2.3	机翼防冰供气管道	(332)
10.2.4	机翼防冰关断阀和机翼防冰地面过热电门	(333)
10.2.5	控制台机翼防冰电门	(333)
10.2.6	机翼防冰电磁阀	(333)
10.3	发动机进气整流罩防冰系统	(335)
10.3.1	工作原理	(335)
10.3.2	进气整流罩防冰阀和压力电门	(335)
10.3.3	进气整流罩防冰系统的控制和显示	(336)
10.4	探头防冰系统	(337)
10.4.1	探头防冰系统组成	(337)
10.4.2	工作原理	(337)
10.5	驾驶舱窗户防冰系统	(339)
10.5.1	概述	(339)
10.5.2	窗户加热导电涂层和传感器	(339)
10.5.3	窗户加热控制组件	(341)
10.5.4	窗户加热控制	(341)
10.6	风挡玻璃排雨系统	(345)
10.6.1	风挡玻璃雨刷系统	(345)
10.6.2	风挡玻璃防雨剂涂层	(346)
10.7	水和厕所排放管防冰系统	(347)
10.7.1	饮用水防冰系统	(347)
10.7.2	废水防冰系统	(348)
10.7.3	真空污水防冰系统	(348)

第 11 章 舱门及机上设施	(350)
11.1 舱门	(350)
11.1.1 登机门和厨房勤务门	(350)
11.1.2 应急出口门	(354)
11.1.3 货舱门	(356)
11.1.4 前设备舱门和电子设备舱门	(358)
11.1.5 驾驶舱门	(360)
11.1.6 舱门警告系统	(361)
11.2 窗户	(361)
11.2.1 驾驶舱窗户	(361)
11.2.2 客舱窗户	(363)
11.2.3 客舱门窗户	(364)
11.3 机上设施和装饰	(364)
11.3.1 驾驶舱设施	(364)
11.3.2 客舱设施	(367)
11.3.3 货舱设施	(369)
11.3.4 应急设备	(370)
11.4 饮用水和污水系统	(372)
11.4.1 饮用水系统	(372)
11.4.2 饮用水勤务面板	(373)
11.4.3 饮用水箱和水量指示	(374)
11.4.4 水箱增压系统	(375)
11.4.5 厕所供水	(376)
11.4.6 真空污水系统	(378)
11.4.7 马桶组件	(379)
11.4.8 真空污水系统附件	(380)
11.4.9 污水勤务面板	(381)
11.4.10 污水量指示系统	(382)
11.5 灯光	(383)
11.5.1 驾驶舱灯光	(383)
11.5.2 客舱灯光	(384)
11.5.3 货舱和勤务舱灯光	(387)
11.5.4 外部灯光	(387)
11.5.5 应急灯光	(388)
参考文献	(392)

第1章 总体介绍

1.1 波音 737NG 飞机

波音 737 系列飞机分为三大类型：初始型（Original），波音 737 - 100/200 型；经典型（Classic, CL），波音 737 - 300/400/500；新一代（NG），波音 737 - 600/700/800/900 型，如图 1 - 1 所示。

波音 737NG 与早期的波音 737 相比，主要的改进方面是：重新设计了机翼，增加了载油量和提高了空气动力学效率，使之可以飞得更高更远。波音 737NG 驾驶舱的仪表板采用了大屏幕显示器，改进了客舱的天花板及侧壁板，使旅客感到更加宽敞舒适。当今中国民航波音 737 机队，大多选用了新一代波音 737NG 系列飞机。

波音 737 - 700 型飞机是标准型，可以载客 126 ~ 149 名，1993 年 11 月 17 日开始研制，1997 年 2 月 9 日首飞，1997 年底交付美国西南航空公司使用。

波音 737 - 600 是 700 型的缩短型，可以载客 110 ~ 132 名，1994 年 9 月 5 日开始研制，1998 年 1 月 22 日首飞，1998 年 9 月开始交付北欧航空公司使用。

波音 737 - 800 是 700 型的加长型，可以载客 162 ~ 189 名，1994 年 9 月 5 日开始研制，1997 年 7 月 31 日首飞，1998 年 4 月交付德国哈帕克·劳埃德航空公司使用。

波音 737 - 900 在 800 型的基础上加长 2.6m，机身长达到 42.1m。可以载客 177 ~ 189 名，于 2000 年 8 月 3 日首飞成功，2001 年 5 月交付美国阿拉斯加航空公司使用。

波音 737 - 900ER 在单级客舱高密度布局下最大载客量增至 215 人。波音 737 - 900ER 采用加固的机翼、一个双位尾橇、对前缘和后缘襟翼系统进行改进，以及可选装融合型翼梢小翼和辅助油箱，使波音 737 - 900ER 的起飞重量^①更大，航程延至 5900km，与 737 - 800 的航程相当。2007 年上半年开始交付。

波音 737NG 飞机是双发动机中程飞机，设计用于商务客运和货运。如图 1 - 2 所示，飞

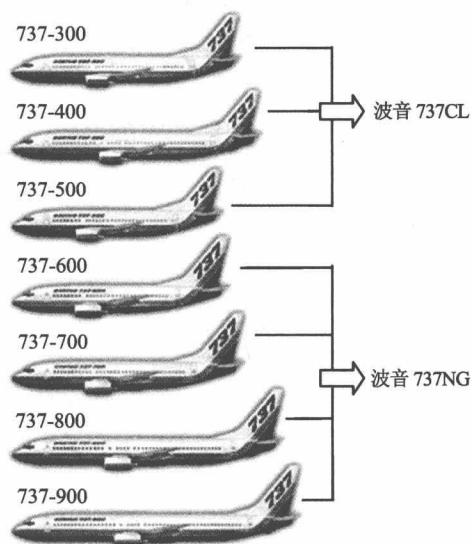


图 1 - 1 波音 737 系列飞机

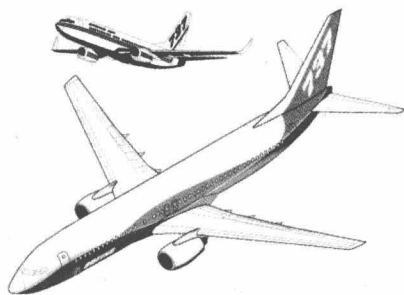


图 1 - 2 波音 737NG 飞机

① 本书“重量”均为“质量”（mass）概念，法定单位为千克（kg）。

机装备有两台 CFM56-7B 高涵道比涡轮风扇（涡扇）发动机提供推进动力。另装备一台燃气涡轮辅助动力装置（APU）可提供补充气源和电源供应。

本书将重点分析波音 737-800 飞机系统。

1.2 飞机尺寸和布局

1.2.1 飞机尺寸

波音 737NG 系列飞机的尺寸如图 1-3 和图 1-4 所示。主要包含有：驾驶舱、客舱、前货舱、后货舱和电子电气（EE）舱。

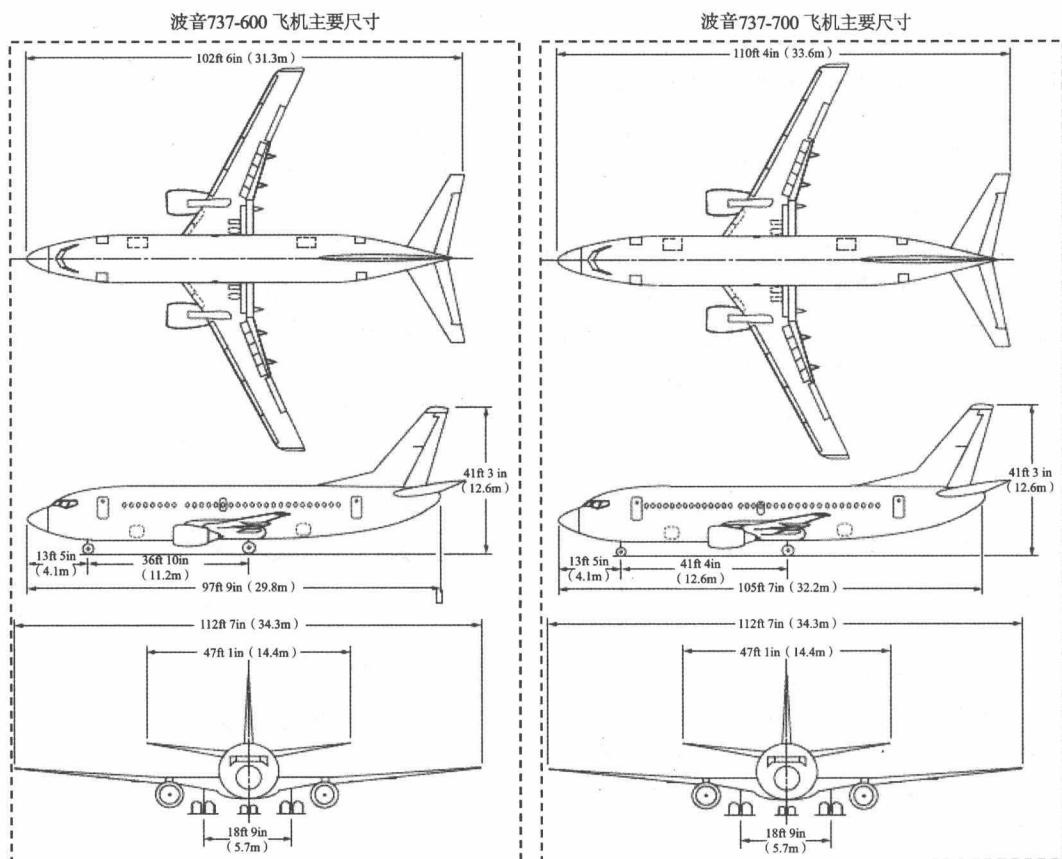


图 1-3 波音 737-600/700 飞机尺寸。

波音 737-800 型飞机总体尺寸：

总长：129ft6in^①；

总高：40ft10.5in；

机身长度：124ft9in；

机身高度：9ft4in；

① 1ft（英尺）=0.3048m；1in（英寸）=25.4mm。

机身宽度：12ft4in；
 主轮距：18ft9in；
 前后轮距：51ft2in；

波音737-800飞机主要尺寸

波音737-900ER飞机主要尺寸

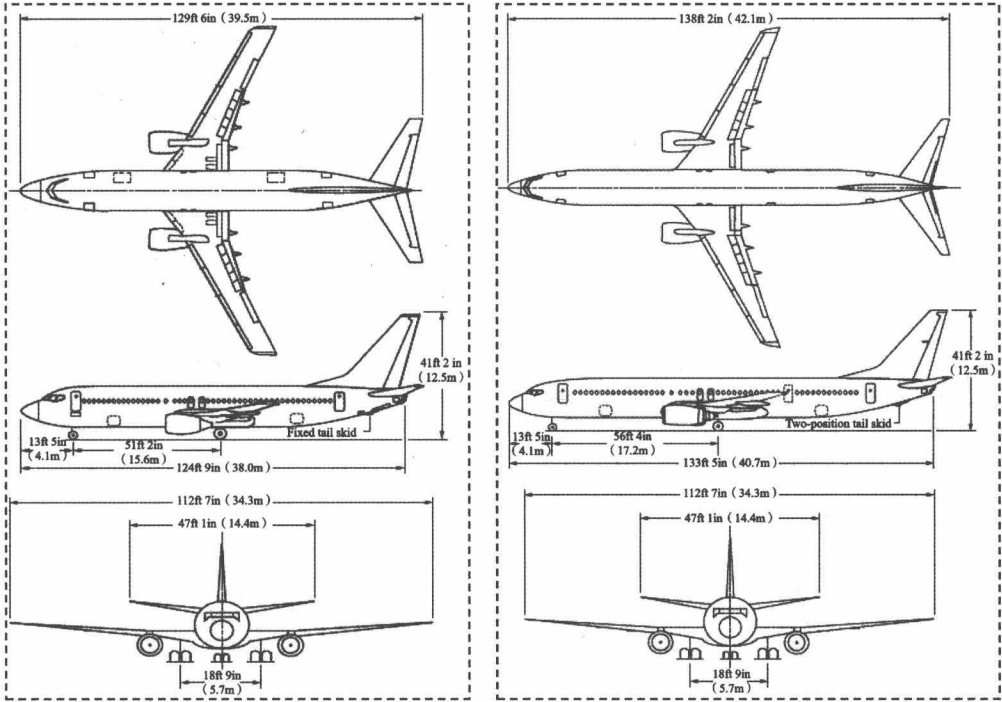


图 1-4 波音 737-800/900 飞机尺寸和舱室分布

前轮到机头距离：13ft5in；
 发动机短舱离地面最小距离：15in；
 翼展：117ft5in。

1.2.2 客舱布局

不同的机型以及不同的客舱布局，导致飞机的最大载客量不尽相同。

有些波音 737-800 飞机上采用两级客舱布局，最大载客量为 167 人，其中公务舱 8 人，经济舱 159 人。

客舱前后各有两个登机/勤务门。客舱中部左右各有两个翼上应急出口。

前后登机门附近共有 6 个乘务员座椅，前面两个后面 4 个。客舱前后共有 4 个卫生间，前部 1 个，后部 3 个。客舱内共有 3 个厨房。

1.2.3 货舱布局

货舱位于客舱地板下面，分为前后两个货舱，均为散货舱。

1.2.4 驾驶舱座椅布局

驾驶舱座椅布局为两人制机组，除机长和副驾驶座椅外，驾驶舱内还安装了第一观察员和第二观察员座椅。

1.3 飞机基本参数及数据

1.3.1 重量的定义

(1) 最大滑行重量 (Maximum Taxi Weight, MTW)

最大滑行重量为飞机在地面滑行时受飞机结构强度和适航要求限制的最大重量，它包括飞机在地面起动、运行等待和滑行中消耗的燃油重量。

(2) 最大起飞重量 (Maximum TakeOff Weight, MTOW)

最大起飞重量为起飞时飞机结构强度和适航要求限制的最大重量，它是开始起飞时的最大重量。

(3) 最大着陆重量 (Maximum Landing Weight, MLW)

最大着陆重量为着陆时飞机结构强度和适航要求限制的最大重量。

(4) 最大无燃油重量 (Maximum Zero Fuel Weight, MZFW)

最大无燃油重量为在可用燃油装载在飞机特定区段之前，允许的最大重量。它受到飞机结构强度和适航要求的限制。

(5) 制造空重 (Manufacturer's Empty Weight, MEW)

制造空重是飞机净重，包括飞机结构、动力装置、装饰、系统和其他特定飞机构型完整部分的设备项目。

(6) 使用空重 (Operational Empty Weight, OEW)

使用空重等于制造空重加上标准项目和使用项目。标准项目包括：不可用燃油（残余燃油）、发动机滑油、应急设备、厨房结构等；使用项目包括：手册、客舱厨房可移动服务设备等。

1.3.2 结构重量

表 1-1 波音 737NG 飞机结构最大设计重量

机 型	飞机结构最大设计重量							
	滑行重量		起飞重量		着陆重量		无燃油重量	
	lb ^①	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg
波音 737 - 600	146000	66224	145500	65997	120500	54657	114000	51709
波音 737 - 700	155000	70306	154500	70080	129200	58604	121700	55202

① 1lb (磅) = 0.454kg。