

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T XXXX—XXXX

飞机二氧化碳排放测量和评估

Aeroplane CO₂ Emissions Measurement and Evaluation

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国民用航空局 发布

目 次

前 言.....	III
引 言.....	iv
1 范围	5
2 规范性引用文件	5
3 术语和定义	5
4 缩略语	6
5 飞机二氧化碳排放合格审定指南	6
附录 A 飞机二氧化碳排放评定度量值的确定.....	7
A.1 引言.....	7
A.2 确定单位空中航程的方法.....	7
A.3 单位空中航程合格审定试验和测量条件.....	7
A.4 飞机单位空中航程的测量.....	9
A.5 根据测量数据计算基准单位空中航程.....	10
A.6 结果的有效性.....	11
A.7 二氧化碳排放评定度量值的计算.....	11
A.8 向局方报告数据.....	11
附录 B 基准几何因子	13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国民用航空局航空器适航审定司提出。

本文件由中国民航科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民用航空适航审定中心。

本文件主要起草人：张森、宋建宇、查筱晨、涂杰、刘佳鑫、吴晶峰。

引 言

MH/T XXXX面向飞机二氧化碳排放测量与评估需求，在民用航空规章CCAR-34部之外，进一步明确了飞机二氧化碳排放度量值确定的审定指南、基准几何因子确定的审定指南，给出了具体技术要求与示意图。

飞机二氧化碳排放测量和评估

1 范围

本文件规定了飞机二氧化碳排放需满足的测量和评估要求，民用航空规章CCAR-34部中明确的飞机二氧化碳排放测量和评估要求并未包含在本文件中。

本文件适用于飞机二氧化碳排放合格审定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

国际民用航空公约附件16环境保护第Ⅲ卷
ICAO Doc 9501环境技术手册第Ⅲ卷

飞机二氧化碳排放
飞机二氧化碳排放合格审定程序

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

飞机 **Aeroplane**

由动力驱动的重于空气的航空器，其在飞行中的升力主要来自给定飞行条件下保持固定的翼面上的空气动力反作用。

3.2

驾驶舱机组区 **Cockpit crew zone**

指定为飞行机组专用的那一部分机舱。

3.3

获得二氧化碳排放合格审定的飞机的衍生型 **Derived version of a CO2-certified aeroplane**

型号设计有所改变且这些改变导致其最大起飞质量增加或其二氧化碳排放评定度量值增加至超过下列标准的飞机：

- a) 最大起飞质量为5700公斤时，1.35%，线性降至；
- b) 最大起飞质量为60000公斤时，0.75%，线性降至；
- c) 最大起飞质量为600000公斤时，0.70%；和
- d) 最大起飞质量超过600000公斤时，为常数0.70%。

3.4

未获得二氧化碳排放合格审定的飞机的衍生型 **Derived version of a non-CO2-certified aeroplane**

符合现有型号合格证，但未获得CCAR-34部二氧化碳合格审定的单机，在颁发飞机首次适航许可证之前型号设计有所改变，其二氧化碳排放评定度量值增加超过1.5%或认为二氧化碳变化很大。

3.5

等效程序 **Equivalent procedure**

一种试验或分析程序，虽然与本文件规定的程序不同，但在局方的技术判断中，有效地得出了与规定程序相同的二氧化碳排放评定度量值。

3.6

最大载客座位 **Maximum passenger seating capacity**

飞机型号设计的最大审定乘客数量。

3.7

最大起飞质量 **Maximum take-off mass**

型号设计所有起飞质量的最高值。

3.8

性能模型 **Performance model**

一种经修正后的试验飞行数据验证的分析工具或方法，可用于确定单位空中航程以便计算基准条件下的二氧化碳排放评估度量值。

3.9

最适条件 Optimum conditions

在飞机飞行手册中界定的批准作业范围内高度和空速的综合情况，飞机飞行手册规定了每个基准飞机质量的最高单位空中航程。

3.10

基准几何因子 Reference geometric factor

以根据机身尺寸二维投影导出的飞机机身尺寸测量值为依据的调整因子。

3.11

单位空中航程 Specific air range

飞机巡航飞行阶段每单位燃油消耗所行驶的里程。

3.12

亚音速飞机 Subsonic aeroplane

在超过马赫数1的速度下不能维持平飞的飞机。

3.13

型号设计 Type design

为确定航空器、发动机或螺旋桨类型的适航性之目的而对其进行界定时所需的一组数据和信息。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AVG 平均值

CG 重心

CO₂ 二氧化碳

g₀ 在海平面和大地纬度 45.5 度处的重力加速度标准值，9.80665 (m/s²)

Hz 赫兹（每秒中的周期数）

MTOM 最大起飞质量（公斤）

OML 外模线

RGF 基准几何因子

RSS 平方和根值

SAR 单位空中航程（千米/公斤）

TAS 真空速（千米/小时）

W_f 飞机总燃油流量（公斤/小时）

5 飞机二氧化碳排放合格审定指南

飞机二氧化碳排放度量值的确定应符合本文件附录A的规定；基准几何因子的确定应符合本文件附录B的规定。

当申请人使用不同于以上所规定的方法表明环境保护要求符合性时，应按规定申请获得局方批准。

附录 A 飞机二氧化碳排放评定度量值的确定

注：见ICAO附件16卷III附录1

本文件适用于5700公斤以上的亚音速喷气式飞机，以及8168公斤以上的螺旋桨驱动的飞机。

A.1 引言

确定二氧化碳排放评定度量值的程序包括：

- a) 确定基准几何因子（见附录2）；
- b) 通过直接飞行试验或验证性能模型来确定合格审定试验和确定单位空中航程的测量条件和程序（见A.3节），包括：
 - (1) 测量确定单位空中航程所需的参数（见第A.4节）；
 - (2) 参照单位空中航程基准条件修正测量数据（见第A.5节）；以及
 - (3) 验证计算审定的二氧化碳排放评定度量值时所用的数据（见第A.6节）；
- c) 计算二氧化碳排放评定度量值（见第A.7节）；以及
- d) 向局方报告数（见第A.8节）。

注：说明和程序确保符合性测试的一致性，并允许对各种飞机型号进行比较。

A.2 确定单位空中航程的方法

- a) 单位空中航程可通过单位空中航程试验点的直接飞行试验测量来确定，包括根据基准条件对试验数据的任何修正，或是通过使用局方批准的性能模型来确定。如使用性能模型，须通过实际单位空中航程飞行试验数据予以验证。
- b) 在任一情况下，单位空中航程飞行试验数据均须根据该标准所规定的程序获得，并由局方批准。
- c) 建议：性能模型的验证应该仅需要在试验点和显示与标准相符的条件下显示。试验和分析方法，包括可能使用的任何算法，应尽量详细说明。

A.3 单位空中航程合格审定试验和测量条件

A.3.1 概述

本节规定了进行单位空中航程合格审定试验和使用测量程序的条件。

注：注：审定二氧化碳排放度量值的申请可能仅涉及飞机机型设计的微小变化。因此，产生的二氧化碳排放度量值的变化可能往往通过等效程序即可准确确定，而不必进行完整的试验。

A.3.2 飞行试验程序

A.3.2.1 飞行前

飞行前的程序必须由局方批准，并且必须包括以下要素：

- a) **飞机符合度** 必须确认试验飞机符合申请进行合格审定的型号设计。
- b) **飞机称重** 试验飞机必须称重。必须说明称重后和试验飞行前质量发生任何变化的原因。
- c) **燃油低热值** 每次飞行试验都要抽取燃油样本，以确定其低热值。燃油样本测试结果必须用来参照基准条件修正测量数据。确定燃油低热值和参照基准条件进行校正必须得到局方的批准。

(1) 建议：燃油低热值应该根据至少与美国试验材料学会标准 D4809-13中规定的同样严格的方法来确定。

(2) 建议：燃油样本应该代表每次飞行试验所使用的燃油，而且不应该因为燃油取自多个来源，油箱的选择或燃油在油箱中的分层而使燃油样品出现误差或差异。

d) **燃油比重和粘度** 必须抽取每次飞行试验的燃油样本，以确定使用容积燃油流量表时燃油的比重和粘度。

注：注：使用容积燃油流量表时，燃油粘度用来确定一个容积燃油流量表计量的参数得出的容积燃油流量。燃油比重（或密度）用来将容积燃油流量转换为质量燃油流量。

(1) 建议：燃油比重应该根据至少与 ASTM 规格标准 D4052-11中规定的同样严格的方法来确定。

(2) 建议：燃油运动粘度应该根据至少与 ASTM 规格标准 D445-15所规定的同样严格的方法来确定。

A. 3. 2. 2 飞行试验方法

a) 飞行试验必须根据A3.2.3 中描述的下列飞行试验方法和稳定性条件来进行。

b) 试验点必须至少间隔 2 分钟，或者通过超越A3.2.3a 所述的一个或多个稳定性标准限值来间隔开。

c) 建议：在测试飞行条件以确定单位空中航程时，应该坚持以下标准：

(1) 飞机在适用的恒压高度沿等压线恒向飞行；

(2) 发动机推力/功率设定平稳，有利于无加速水平飞行；

(3) 飞机的飞行尽可能贴近基准条件，最大限度地减少任何修正的范围；

(4) 配平或发动机功率/推力设定、发动机稳定性和操纵放气，以及电力和机械功率削减（包括渗流）方面没有变化。应该避免可能影响单位空中航程测量的飞机系统使用的任何变化；以及

(5) 机上人员的行动维持在最低水平。

A. 3. 2. 3 试验条件稳定性

a) 要获得有效的单位空中航程测量数据，以下参数必须在获得单位空中航程数据所需的至少1分钟时间内保持在注明的公差范围内：

(1) 马赫数在 ± 0.005 以内；

(2) 环境温度在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内；

(3) 航向在 ± 3 度以内；

(4) 航迹在 ± 3 度以内；

(5) 偏航角低于 3 度；

(6) 地速在 ± 3.7 公里/时 (± 2 节) 以内；

(7) 试验条件开始时的地速和试验条件结束时的地速之间的差在 ± 2.8 公里/时/分 (± 1.5 节/分) 以内；以及

(8) 气压高度在 ± 23 米 (± 75 英尺) 以内。

b) 以上列示的稳定性试验条件标准替代方案可在向局方充分论证稳定性的情况下使用。

c) 试验点不符合A3.2.3a规定的稳定性试验标准时，正常情况下须弃之不用。然而，不符合A3.2.3a 所列的稳定性标准的试验点经过局方批准后可以接受，并将被视为一个等效程序。

A. 3. 2. 4 试验条件下飞机质量的验证

a) 确定每个试验条件下飞机质量的程序，必须获得局方的批准。

b) 建议：飞行试验期间的飞机质量应该通过试验飞行开始时的飞机质量减去所使用的燃油（即综合燃油流量）来确定。确定所使用燃油的准确性应该通过在单位空中航程试验飞行之前和之后，或在巡航航段的另一次试验飞行之前和之后，按校准刻度称量试验飞机的重量来予以验证，条件是，飞行在单位空中航程试验飞行后的一周或50飞行小时（由申请人选择）之内进行，并且使用同一个没有改动的燃油流量表。

A.4 飞机单位空中航程的测量

A.4.1 4.1 测量系统

4.1.1 以下参数必须按1赫兹最低抽样率记录：

- (1) 空速；
- (2) 地速；
- (3) 真空速；
- (4) 燃油流量；
- (5) 发动机功率设定参数（如风扇转速、发动机压力比、扭矩、轴马力）
- (6) 气压高度；
- (7) 温度；
- (8) 航向；
- (9) 航迹；以及
- (10) 使用的燃油（用于确定总质量和重心位置）。

4.1.2 以下参数必须按适当的抽样率记录：

- (1) 纬度；
- (2) 发动机放气位置和动力输出；以及
- (3) 功率削减（电力和机械载荷）。

4.1.3 确定单位空中航程所使用的每个参数值，除地速外，必须为整个稳定性试验条件下获得的该参数测量值的简单算数平均数（见A3.2.3.a）。

注：试验条件下地速的变化率将用来评定和修正试验条件下可能出现的任何加速或减速情况。

4.1.4 个别测量装置的图形分辨率必须足以确定3.2.3.a所规定参数的稳定性可以得到维持。

4.1.5 整个单位空中航程测量系统被视为仪器和设备的组合，包括任何相关程序，用来获得确定单位空中航程所需的下列参数。

- (1) 燃油流量；
- (2) 马赫数；
- (3) 高度；
- (4) 飞机质量；
- (5) 地速；
- (6) 外部空气温度；
- (7) 燃油低热值；以及
- (8) 重心

4.1.6 构成整个单位空中航程测量系统的各个要素的准确性按其对单位空中航程的影响来确定。与整个单位空中航程测量系统有关的累积误差被定义为各个准确性的平方和根值（RSS）。

注：参数的准确性仅需要在显示与二氧化碳排放标准相符所需的参数范围内予以考察。

4.1.7 如果整个单位空中航程测量系统的绝对累积误差值大于1.5%，则对根据基准条件修正的单位空中航程值处以相当于平方和根值超过1.5%的数额的罚金（见A.5节）。如果整个单位空中航程测量系统的绝对累积误差值小于或等于1.5%，则不处以罚金。

A.5 根据测量数据计算基准单位空中航程

A.5.1 单位空中航程的计算

根据以下公式计算单位空中航程：

$$SAR = TAS/W_f$$

其中：TAS是真空速；以及 W_f 是飞机总燃油流量。

A.5.2 根据基准条件进行试验后的修正

5.2.1 历次修正须适用于测量的单位空中航程值，以根据第CCAR-34部规定的基准条件进行修正。修正须适用于以下并非在基准条件下测量的每个参数：

加速/减速（能量） 阻力的确定依据稳定、无加速飞行的假设。试验条件下出现的加速或减速影响评估的阻力程度。基准条件是稳定、无加速飞行。

气动力弹性 机翼气动力弹性可能因飞机机翼质量分布的作用造成阻力变化。飞机机翼质量分布将受机翼上燃油载重分布和所出现的任何外挂物的影响。高度 飞机飞行的高度影响燃油流量。

视比重 地球引力的局部效应和惯性造成的加速运动影响飞机的试验重量。试验条件下的视比重随纬度、高度、地速和相对于地轴的运动方向而变化。基准重力加速度为飞机在大地纬度45.5度和基准高度的静止空气中向真北方向飞行时的重力加速度，以 g_0 为标准值。

重心位置 飞机重心的位置因纵向配平而影响阻力。

电力和机械功率削减和放 电力和机械功率削减和渗流影响燃油流量。

发动机性能衰退程度 发动机首次使用时会出现燃油效率的快速的初始性退化。此后衰退率会大幅度降低。在获得局方批准的情况下，可使用性能衰退率小于基准发动机性能衰退程度的发动机。在这种情况下，须使用批准的方法，根据基准发动机性能衰退程度，修正燃油流量。也可使用衰退率大于基准发动机性能衰退程度的发动机。

在这种情况下，不允许根据基准条件进行修正。

燃油低热值 燃油低热值决定了燃油的含能量。低热值直接影响给定试验条件下的燃油流量。

雷诺数 雷诺数影响飞机阻力。在给定试验条件下，雷诺数是在试验高度和温度时空气的密度和粘度的函数。

基准雷诺数来源于国际民航组织在基准高度的标准大气的密度和粘度。

温度 环境温度影响燃油流量。基准温度是国际民航组织基准高度的标准大气产生的标准日温度。

注：飞行后的数据分析包括修正测量数据，以体现数据获得硬件响应特征（如系统时间延迟、滞后、偏差、缓冲等）。

5.2.2 修正方法须得到局方的批准。如果申请人认为不需要进行特别修正，则须向局方提供可接受的正当理由。

A.5.3 单位空中航程的计算

CCAR-34部所确定的三种基准质量中每一种的单位空中航程值，须直接按每个根据基准条件调整的有效试验点进行的测量来计算，或者间接按通过这些试验点验证的性能模型来计算。每种基准质量的最后单位空中航程值必须为适用总质量的情况下所有有效试验点的简单算术平均数，或根据经过验证的性能模型导出。有效试验点获得的任何数据均不得遗漏，除非经局方同意。

注：允许使用一个经验证的性能模型对除了经过试验的质量以外的质量进行与公认的适航性做法相一致的外推。性能模型应该以相关数据为基础，其中涵盖范围足够广泛的升力系数、马赫数和单位推力燃油消耗率，以避免对这些参数进行外推。

A.6 结果的有效性

a) 90%置信区间必须针对三种基准质量的每一种单位空中航程值计算。

b) 如果针对三个总质量基准点中的每一个单独获得了聚类数据，则三个总质量的每一个单位空中航程值可接受的最小样本规模必须为6。

c) 或者，可以收集各种质量的单位空中航程数据。在这种情况下，最小样本规模必须为12且90%置信区间必须通过该数据针对均数回归线计算。

d) 当任何三个基准飞机质量的单位空中航程值的90%置信区间超过 $\pm 1.5\%$ 时，如果要做出补偿，可以在获得局方批准的情况下，使用该基准质量的单位空中航程值。补偿数额应相当于90%置信区间超过 $\pm 1.5\%$ 时的数额。如果单位空中航程值的90%置信区间小于或等于 $\pm 1.5\%$ ，则不需要进行补偿。

注：计算90%置信区间的方法见《环境技术手册》(Doc 9501号文件)第III卷——《飞机的二氧化碳排放合格审定程序》。

A.7 二氧化碳排放评定度量值的计算

二氧化碳排放评定度量值应按照CCAR-34部中定义的公式进行计算。

A.8 向局方报告数据

注：注：所需信息分为：1) 一般信息，用以确定飞机特征和数据分析方法；2) 所使用基准条件的列表；3) 从飞机试验中获得的数据；4) 按照基准条件对单位空中航程试验数据的计算和修正；以及5) 从试验数据中得出的结果。

A.8.1 一般信息

必须针对申请二氧化碳合格审定的每个飞机型号和模型提供以下信息：

a) 飞机型号和模型的名称；

b) 飞机的一般特征，包括重心范围、发动机和螺旋桨（如适用）的数量和型号名称；

c) 最大起飞质量；

d) 计算基准几何因子所需的相关尺寸；以及

e) 为申请二氧化碳合格审定目的进行试验的飞机序列号，除此以外，可能影响飞机的二氧化碳特征的任何改造或非标准设备。

A.8.2 基准条件

必须提供用于确定单位空中航程的基准条件。

A.8.3 试验数据

必须针对每个试验测量点，提供以下测量的试验数据，包括对仪表设备特性的任何修正：

a) 空速、地速和真空速；

b) 燃油流量；

c) 气压高度;

d) 静止空气温度;

e) 每个试验点的飞机总质量和重心;

f) 电力和机械功率削减和渗流的等级;

g) 发动机性能:

(1) 对于喷气式飞机, 发动机功率设定; 和

(2) 对于螺旋桨驱动的飞机, 轴马力或发动机扭矩和螺旋桨转速;

h) 燃油低热值;

i) 燃油比重和运动粘度, 如果使用燃油流量表 (见A3.2.1d);

j) 整个测量系统的累积误差 (见A4.1.6);

k) 航向、航迹和高度;

l) 恪守所要求的稳定性标准 (见A3.2.3a); 和

m) 获得确定单位空中航程所需参数所使用的仪表和设备描述, 以及就对单位空中航程的影响而言, 各自的准确性 (见A 4.1.5 和A4.1.6)。

A. 8. 4 按照基准条件对单位空中航程试验数据的计算和修正

必须为每一个试验测量点提供测量的单位空中航程值、按照基准条件的修正值 (见A5.2) 和修正后的单位空中航程值。

A. 8. 5 衍生数据

必须针对为合格审定目的进行试验的每架飞机, 提供以下衍生信息:

a) 每个基准飞机质量的单位空中航程 (公里/公斤) 及相关的 90%置信区间 (见A6);

b) 三个基准质量单位空中航程值倒数的平均数;

c) 基准几何因子; 以及

d) 二氧化碳排放评定度量值, 包括CCAR-34部所规定的其占最高允许二氧化碳排放评定度量值的百分比。

附录 B 基准几何因子

注：见ICAO附件16卷III附录2

1.基准几何因子（RGF）是用于调整 $(1/SAR)AVG$ 的无量纲参数。基准几何因子基于以 1 平方米为准进行归一化处理的机身尺寸的度量，并通过下列方式导出：

a) 对于单层飞机，确定受垂直投射到一个与主舱地板平行的平面的机身外模线（OML）最大宽度制约的表面面积（以平方米表示）；或

b) 对于有上舱的飞机，确定受垂直投射到一个与主舱地板平行的平面的机身外模线（OML）最大宽度制约的表面面积（以平方米表示）与受垂直投射到一个与上舱地面平行的平面的、上舱地面或之上机身外模线最大宽度制约的表面面积的总和；以及

c) 通过用 1 平方米除 1a) 或 1b) 中定义的面积来确定无量纲基准几何因子。

2.基准几何因子包括主舱或上舱所有受压空间，包括通道、辅助空间、通路、厨房、厕所、楼梯井和可以容纳旅客、货物或辅助燃油箱的区域。不包括无压空间、机舱内永久性集成燃油箱，或不在主舱或上舱上的空间，例如地板以下的某个货舱或某个机组休息间。基准几何因子不包括驾驶舱机组区。

3.用于计算基准几何因子的后方界线是后压力隔舱蒙皮的后表面。前方界线是除驾驶舱机组区之外的前压力隔舱蒙皮的前表面。1 a) 或 b) 中界定的宽度边界可能沿机身长度在前方和后方界限之间变化。

4.机组和旅客都能进入的区域被排除在驾驶舱机组区的定义之外。对于有驾驶舱门的飞机，驾驶舱机组区的后方界线是驾驶舱门前部的平面。对于拥有可选内部布局（包括驾驶门的不同位置）或没有驾驶舱门的飞机，该界线以提供最小驾驶舱机组区的布局为准。对于获得单驾驶员运行合格审定的飞机，即使安装了驾驶舱门，驾驶舱机组区须扩大至驾驶舱的一半宽度。对于有上舱的飞机，允许一个舱的基准几何因子向前延伸，在驾驶舱机组区之上或之下。

5.图 B-1 和 B-2 提供了基准几何因子界线条件的概念图。

注：《环境技术手册》（Doc 9501 号文件）第 III 卷 — 《飞机二氧化碳排放合格审定程序》提供了关于确定基准几何因子（RGF）的指导材料。

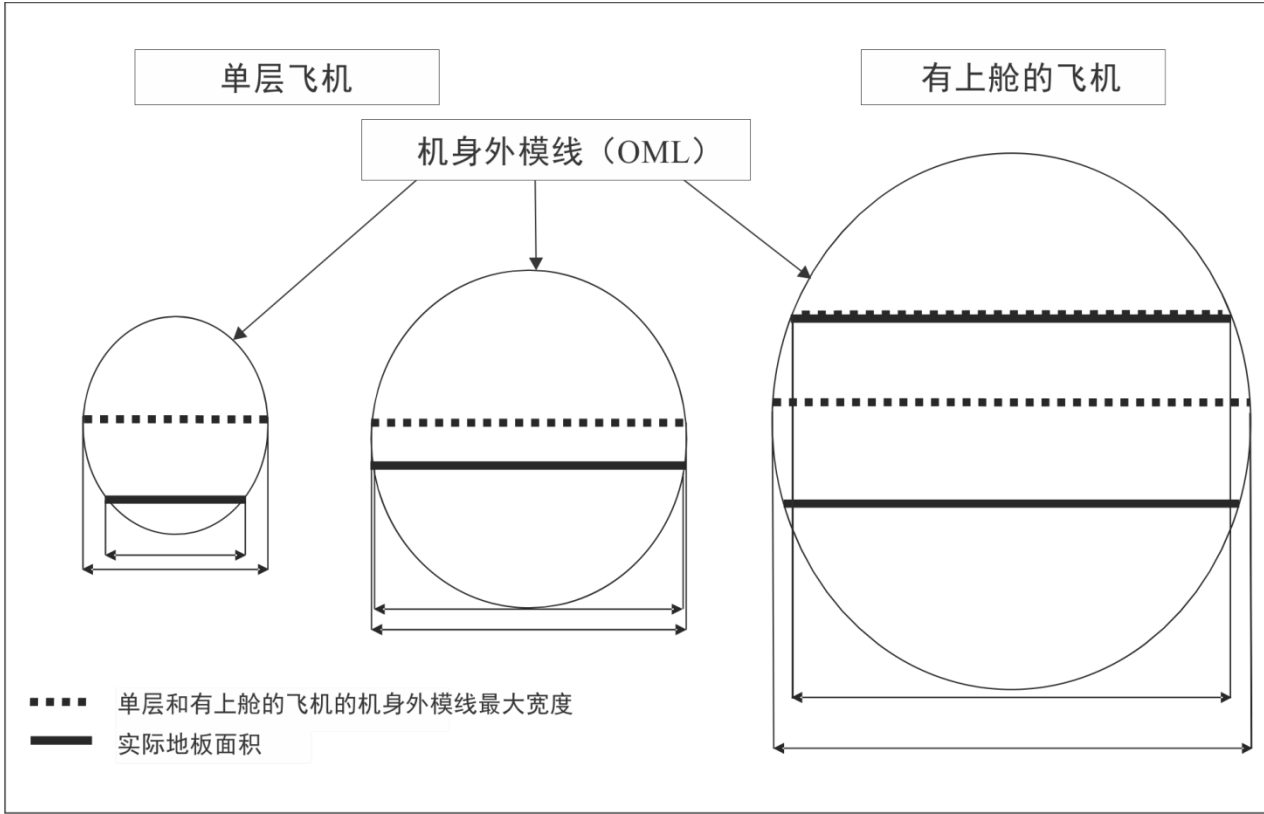


图 B-1. 横剖面图

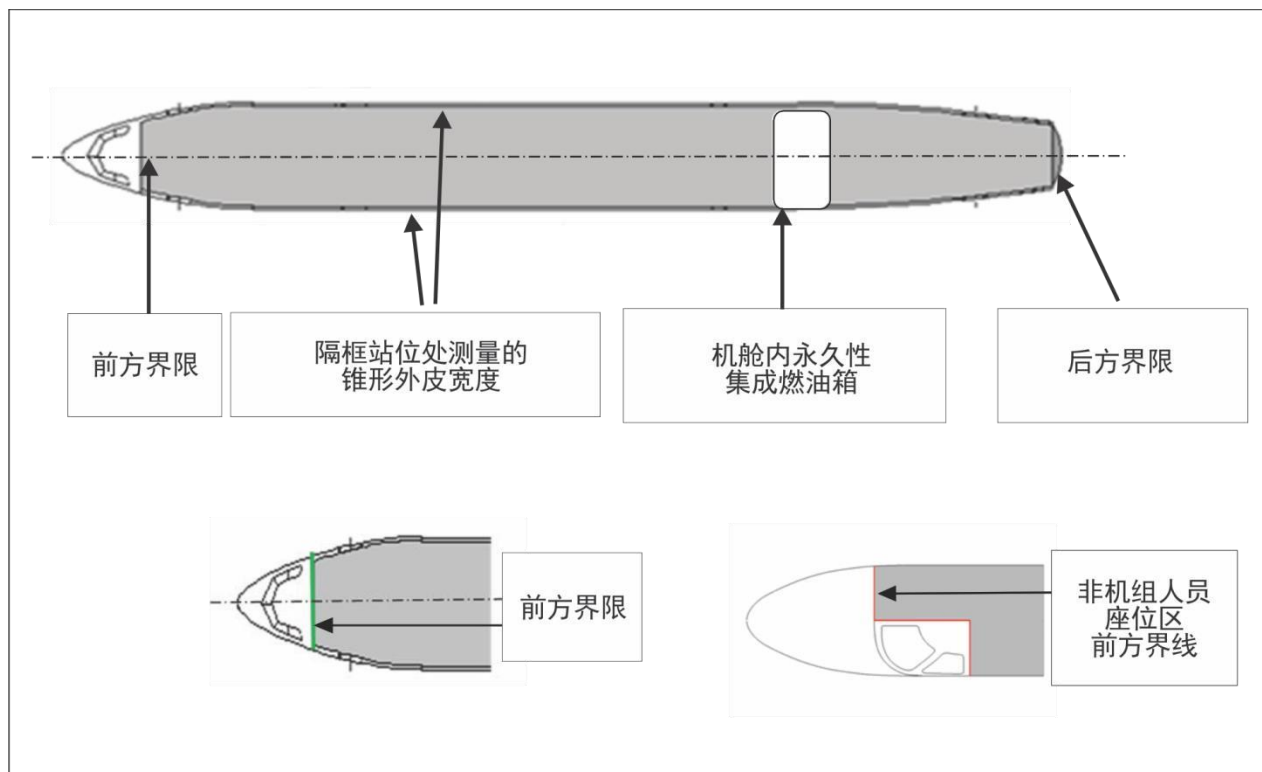


图 B-2. 平面图