

# 机载外挂物地面间隙指标及确定方法

李航航, 王剑, 孙忠恕

(空军第一研究所, 北京 100076)

**摘要:**机载外挂物地面间隙作为机载外挂物地面相容性设计中的一项重要指标,是决定飞机外挂方案配置的重要因素之一,也是保障飞机及其外挂物使用安全的重要指标。而军标所给出的地面间隙指标没有按飞机在地面的动态使用过程考虑,难以保证飞机及其外挂物的使用安全,文中则根据飞机的实际使用,并充分考虑飞机在地面的动态使用过程,提出了一个科学合理的地面间隙指标的确定方法。

**关键词:**机载外挂物;相容性设计;地面间隙;确定

**中图分类号:**V37      **文献标识码:**A      **文章编号:**1009-3516(2001)03-05-07

飞机/外挂物相容性是指飞机与外挂物以及悬挂装置之间的共存能力,即飞机与外挂物、悬挂装置组合以后,在预期的各种飞机和地面条件下,其中一项对其他项的气动力特性、结构特性、功能特性或安全特性不产生难以接受的影响。因此机载外挂物相容性指标是一个涉及飞机及其外挂物正常使用、保证安全的重要指标,在飞机结构设计,外挂的选择、配置及使用中必须予以高度重视,特别是对于在粗糙场地<sup>[1]</sup>使用或以较大重量起飞、着陆的飞机,能否达到要求的地面相容性指标直接关系到飞机及其外挂物的使用安全,甚至限制飞机的某些外挂装载,进而对其作战性能产生一定或明显影响。在一些飞机上,为达到所需的装载方案,就不得不对飞机的总体布局作出更改或对外挂物反复筛选,有时还会采取一些不利的结构受力形式以满足外挂物地面相容性的要求。

机载外挂物相容性十分重要,因此,国军标作了相应规定<sup>[2-3]</sup>。从我军现役几个主要机种的实际使用和机载外挂物相容性论证、设计中有关机载外挂物地面间隙指标的应用来看,上述标准还应作进一步探讨。

## 1 机载外挂物相容性中的地面间隙

机载外挂物相容性中的间隙指标包含了装载间隙、外挂间隙、内挂间隙以及地面间隙等12项内容,其中地面间隙,是指飞机处于与地面接触的任何状态下,机载外挂物物体表面的任何部位与地面之间的最小间隙。这一间隙值在飞机处于不同的状态下区别是很大的。

在美军标中,机载外挂物地面最小间隙被定义为飞机在“最坏情况下”应保证的与地面间的最小间隙值,并规定为不小于3英寸(76.2 mm),对于粗糙道面则不小于6英寸(152.4 mm)。在国军标中则基本沿用了这一定义,而对应的数值分别规定为75 mm和150 mm。

对于机载外挂物相容性设计中的地面间隙指标,一般采用以下设计原则,即飞行安全——执行既定任务能力——使用维护性——可靠性及综合保障能力。根据这一原则,机载外挂物地面间隙的最低指标应能保证飞机的停放、地面滑跑、起飞离地和着陆接地等过程中,在未发生事故性故障的条件下,机载外挂物不应与地面发生摩擦现象,否则,就可能造成外挂物或飞机的损伤,危及飞行安全或使外挂物丧失所具有的功能。

根据美军标及国军标中的定义,衡量地面间隙的飞机状态应为飞机处于“最坏情况下”的状态,该状态又被认为是飞机着陆装置处于全压缩且机轮轮胎处于全压扁时的状态。这种“最坏情况下”的状态,实际上

收稿日期:2000-10-20

基金项目:空装科研部基金资助项目(W00871)

作者简介:李航航(1967-),男,陕西咸阳人,高级工程师,主要从事飞机加改装的总体设计和结构设计研究。

是飞机着陆装置的安全边界,即达到损坏的边沿,但还未形成损坏。它既不同于飞机起降时发生的起落架折断或爆胎等事故状态,也不同于飞机正常使用或起降过程中的实际状态,只可能出现在轮胎胎压及起落架支柱压力均为下限时,飞机粗猛着陆时的接地瞬间。从保证飞机在整个包线范围内的使用安全考虑,采用这一“最坏情况下”的状态作为地面间隙指标的衡量值是安全必要的,但是,这一状态是飞机正常使用中极少出现的极限状态。

## 2 地面间隙指标的确定方法

军标对地面间隙指标的确定方法比较简单,即规定飞机在“最坏情况”下与地面间的绝对间隙值,考虑到不同的跑道道面,规定了不同的指标值,但未考虑飞机的实际使用过程,也未考虑飞机及外挂物沿飞机体轴方向的长度尺寸,因此既不准确,也难以保证外挂物的使用安全。对于大多数歼、强型飞机来说,该规定中的地面间隙指标过高,使飞机在某些外挂状态下不能满足,例如,某型飞机装挂机翼副油箱,在“最坏情况下”的停机地面间隙只有 33 mm,而另型飞机在挂带机身副油箱时则仅有 13 mm,与军标中的间隙指标相差甚远。但是,这些飞机在带装相应的外挂物后,实际飞行中却并未发生过外挂物与地面碰擦现象。一方面从理论上讲,还存在着间隙,不应该发生碰擦;另一方面由于飞机在停机和三点滑跑时起落架装置未承受最大载荷,除非起落架支柱或轮胎发生损坏,否则很难出现压缩状态,因此在飞机停机和滑跑状态按“最坏情况”处理显然是不合理的。这样要求,只能束缚飞机设计师的手脚,限制飞机的外挂方案和外挂能力。合理的确定方法应根据飞机的实际使用方式,结合飞机及外挂物的外形尺寸、刚度以及起降道面情况综合分析确定。

### 2.1 非垂直起降飞机地面间隙指标的确定

非垂直起降飞机地面间隙指标的确定应按两种状态进行,一种是停机、牵引、三点滑跑状态,另一种是起飞、着陆状态,实际应用时,选择两种状态中,间隙值较大者。

#### 2.1.1 停机、牵引、三点滑跑状态下地面间隙指标的确定

在该状态下,地面间隙指标的确定,应通过实测各型飞机在停放、牵引和三点滑跑时的起落架支柱和轮胎的实际压缩量,辅以起落架落振试验,经过统计分析,并与起落架、轮胎的设计参数综合分析,再给出同类飞机通用的合理指标值或计算关系式。当然,在确定这一指标中,也要考虑机场标准条件,按照机场修建道面规范性文件上的依据,在给出的指标值或关系式中加以修正。

#### 2.1.2 起飞、着陆状态地面间隙指标的确定

确定起飞离地和着陆接地时的地面间隙指标,若仍采用 2.1.1 节所述的实测换算法,难度较大,也没有必要。我们建议利用飞机的擦地角(也称护尾角)来确定地面间隙值。

飞机擦地角,是指飞机在起落架全伸状态下,主轮触地点与飞机尾部最外沿连线和地面水平线间的夹角(见图 1)。通常情况下,飞机的擦地角大于其起飞、着陆极限迎角。

由于地面间隙指标是按飞机在“最坏情况下”的状态给出的,而飞机的擦地角是在起落架全伸状态下测量的,因此仅用飞机擦地角,还不能准确的确定地面间隙指标。为此我们引入极限擦地角的概念,即飞机在起落架全压缩,轮胎全压扁状态,主轮正触地点与飞机尾部

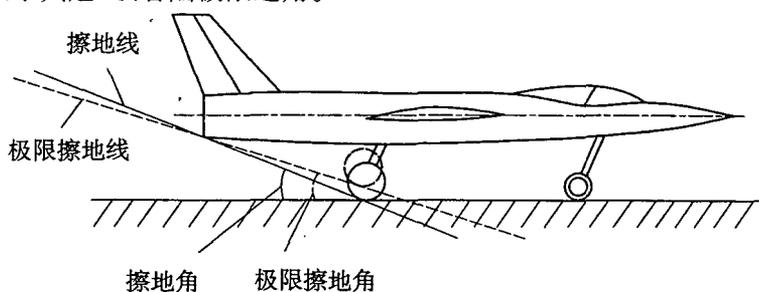


图 1 飞机的擦地角与擦地线

机尾部下外沿连线与地面水平线之间的夹角,定义为极限擦地角,该连线称极限擦地线。通常情况下,只要飞机的起飞、着陆迎角小于飞机的极限擦地角,就不会出现机体或外挂物的擦地现象。

在飞机起飞、着陆状态下,可以利用极限擦地角中的极限擦地线作为衡量飞机的地面间隙指标,即规定外挂物与极限擦地线间的距离作为其地面间隙指标,也可以利用极限擦地角与飞机的最大起飞、着陆迎角的差值来作为衡量飞机的地面间隙指标,这样做的优点是既考虑了飞机及其外挂物的外形参数,特别是轴向长度和工作状态参数,更重要的是还考虑到了飞机在使用过程中飞行员的操作因素,因此较为科学、合理,使用也很简单。即使飞机按前述的“最坏情况”使用,首先碰地的是与极限擦地线相切的机体部位而不是外挂物,即满足了外挂物的地面相容性。

在飞机以最大使用迎角起飞、着陆时,正常情况下其迎角小于飞机擦地角,机体与地面有较大间隙,在“最坏情况下”,着陆装置高度大大缩小,飞机擦地角减小,达到极限擦地角。当飞机的着陆迎角大于极限擦地角时,则飞机的尾部结构或外挂物就会擦地,这种情况发生在大迎角下的粗猛着陆状态或有较大起飞重量的大迎角起飞状态,要避免,就应在设计中充分考虑飞机的极限擦地角与最大使用起飞、着陆迎角。表1给出了两种机型的擦地角与最大使用起飞、着陆迎角值,可以看出A型易于擦地(与实际使用相符)。

## 2.2 垂直起降飞机地面间隙指标的确定

对于垂直起降飞机,其地面间隙指标则完全参照2.1.1节中所描述的方法来确定。值得注意的是该型飞机应重点考虑飞机处于起落架支柱和轮胎全压缩的“最坏情况”状态,且所确定的地面间隙指标即为飞机设计及外挂物选择中所使用的地面间隙指标。

表1 两种飞机起飞着陆迎角与擦地角比较

项目	A型	B型
最大起飞迎角 $\alpha_{\text{起飞}}$	9°~10°	10°
最大着陆迎角 $\alpha_{\text{着陆}}$	9°~10°	10°
主起最大压缩量	280 mm	360 mm
正常擦地角	13°30′	13°56′
极限擦地角	10°30′	11°12′
擦地点	腹鳍	水平尾翼翼尖
最大迎角下近地点与地面距离	92~44 mm	147 mm

## 3 结论

1)对垂直起降飞机,直接规定飞机外挂物与地面的间隙值。此时应着重考虑飞机“最坏情况”状态。

2)对非垂直起降飞机,应将其在停机、牵引、三点滑跑状态与起飞、着陆状态的地面间隙值区分考虑。在停机、牵引、三点滑跑状态地面间隙指标的确定,应通过实测各型飞机在停放、牵引和三点滑跑时的起落架支柱和轮胎的实际压缩量,辅以起落架落振试验,经过统计分析,并与起落架、轮胎的设计参数综合考虑给出同类飞机通用的合理指标值或计算关系式;在起飞、着陆状态,则应利用外挂物与极限控地线间的距离(建议值为25 mm)作为其地面间隙指标,或利用极限擦地角与飞机的最大起飞、着陆迎角间的差值(建议值为0.5°)来确定地面间隙指标,应用时选取两种方法中数值较大者。

### 参考文献:

- [1] MIL-STD-1289A. MILITARY STANDARD GROUND FIT AND COMPATIBILITY TESTS OF AIRBORNE STORES[S].
- [2] GJB479-88. 机载悬挂物的地面适配及相容性试验程序[S].
- [3] GJB/Z5-88. 飞机/悬挂物相容性指南[S].

## The Index of the Ground Clearances of the Airborne External Stores and How to Determine the Minimum Ground Clearances

LI Hang-hang, WANG Jian, SUN Zhong-shu  
(AF Institute I, Beijing 100076, China)

**Abstract:** The ground clearances of airborne stores is a very important index in the ground compatibility design of airborne stores. It's also one of major factors in determining the scheme of aircraft external carriage. It's concerned with the aircraft and aircraft external carriage's safety.

But in the military standard of both American and Chinese, the measure of determining the ground clearances is not concerned with the aircraft's taking-off and landing process on the ground, so it cannot ensure the aircraft and aircraft external carriage's safety. This article is written for putting forward a scientific measure in determining the ground clearance, according to the practical use of aircraft, especially through fully considering the aircraft's taking-off and landing process.

**Key words:** airborne stores; compatibility design; ground clearance; determinate