

高原机场飞机起飞着陆滑跑距离测试与分析

蔡良才, 郑汝海, 种小雷, 邵斌, 王何巍

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要: 在调研论证的基础上,提出了利用《飞机起落航迹激光定位系统》测定飞机起飞着陆滑跑距离的测试方法,并通过高原机场实地测试,得出了三种飞机在高原机场上起飞着陆滑跑距离的综合修正系数值,为高原机场跑道长度设计提供了可靠的理论依据。

关键词: 高原;机场;起飞着陆;测跑距离;测试

中图分类号: V351.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2000)02-0004-04

我国高原地区地理位置比较特殊,周边环境复杂,高原机场占有很重要的地位,加强高原机场建设日趋显得重要。高原机场跑道与平原机场跑道一样,直接供飞机起飞着陆滑跑用,是飞行场地的主体。因此,跑道长度是飞行场地平面尺寸设计的最主要项目。

1 飞机滑跑距离测试方法

1.1 人工测试方法

1.1.1 测试方法

人工测试的方法如图1所示,首先在飞机进场以前预先分别在跑道的起飞起始点、起飞离地点、着陆接地点及停止点附近,凭经验在一定的位置上插上4组标志彩色旗,每一组按规定的间距插上8至10面彩旗,并分别测出每面彩旗距离跑道端或跑道中点的距离。然后,等飞机由滑行道滑入跑道准备起飞停止时,将飞机距前后最近两面彩旗的位置记录下来,当飞机滑跑至离地点时,将飞机离地点距另一组前后两面最近彩旗的位置记录下来。同样等飞机沿着陆轨迹下滑着陆时,将飞机接地点和停止点分别相对于各组标志旗中最近两面旗帜的位置记录下来。

1.1.2 滑跑距离计算

人工测试飞机起飞滑跑距离的计算比较简单,就是将飞机起飞滑跑起点(或着陆滑跑接地点)距跑道端的距离 S_1 (或 S_3)记录下来,再将飞机起飞离地点(或着陆滑跑停止点)距跑道端的距离 S_2 (或 S_4)记录下来,最后分别将这两个值相减就是飞机的起飞滑距距离 L (或着陆滑距距离 L_L)。

1.2 仪器测试方法

采用人工测量飞机起飞着陆滑距距离的方法虽然比较简单实用但比较粗略,除非动用大量的人员。目前新研制了一种飞机起落航迹激光定位系统,这种仪器将激光测距仪、电子经纬仪、数据储存器合为一体,可从飞机开始滑行至飞机离地,或从飞机接地着陆滑跑,直至停止过程内跟踪飞机,每隔1.2s采集一组数据并将其贮存在存储器内。

1.2.1 选择测站设置点

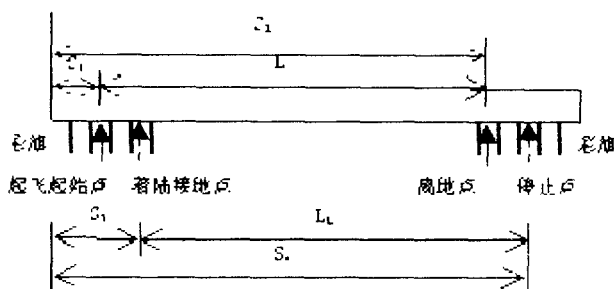


图1 人工测试飞机滑跑距离示意图

收稿日期:2000-01-21

基金项目:空后科研基金资助

作者简介:蔡良才(1960-),男,教授,博士.

通常机场周围地区地势高低不平,地形环境复杂,障碍物较多,直视距离较近。离机场越远,此种情况越严重,尤其是跑道两侧。考虑到所选站点必须满足将飞机在跑道上起飞着陆滑跑过程置于视距以内的要求,站点需选在跑道两侧离跑道较近的地方。实践证明,该距离在 300~600m 较为合适。

1.2.2 站点定位

以机场跑道上的某一已知定位点为基准,对所选各站点进行测量定位,为坐标转换提供原始数据。

(1) 选定基准点和基准方向

通常选主跑道中点 A 为基准点,主跑道中线 AB 为基准方向,C 为经过勘察选定的站点。如前所述,在 C 处应能直视 A 点和飞机在跑道上的起飞着陆滑跑轨迹线,见图 2。

(2) 测定站点位置和高度

在站点 C 处立一标尺,将仪器架设在 A 处,测出相对于 A 点的斜距 S、相对于主跑道中心线 AB 方向角 α 以及俯仰角 β 。实际的斜距和俯仰角还与标尺上测点高度和仪器本身架设高度有关,考虑这两个因素

的影响后,可得到准确的水平距离 L、 α 和 β 。于是,由已知点 A 的位置和高度可得到站点 C 的位置和高度。给 C 点定位的另一个方法是,在站点 C 处架设仪器,在 A 和 B 处各立一标尺,可测出 AC 与 BC 的夹角 α 和斜距 S_1 、 S_2 及俯仰角 β_1 、 β_2 ,从而确定 C 的位置和高度。这种方法的好处是,利用仪器给站点定位和实际测轨迹都在 C 处,通常较为方便。同理,可以测出其它站点的位置和高度。

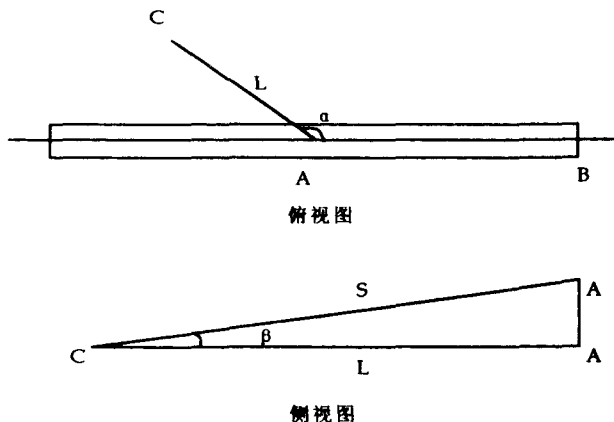


图 2 滑跑轨迹测试的站点设置

2 滑跑距离测量

2.1 测试前的准备工作

使测试仪处于待测状态。通过激光测距仪望远镜瞄准待测飞机或搜索即将出现待测飞机的区域,并在大约 2min 以内、在整个一条起飞或着陆轨迹的测量过程中要始终跟踪瞄准目标。

2.2 测出测距仪与经纬仪系统的不同轴偏差

由于测试仪主要是由电子经纬仪和激光测距仪拼装而成,不可避免地使得两个系统在空间不能完全同轴,因此,在测试轨迹之前,事先需进行不同轴偏差的测定,以便校正系统不同轴引起的测试误差。测试方法是,在测试现场选一个较远的建筑物上类似于避雷针物体的顶端作为测量不同轴偏差的目标,先将测距仪的望远镜光学系统中的“十”字标尺线的中点对准该顶端,记下方位角 α_1 和俯仰角 β_1 ,则 $\Delta\alpha = \alpha_1 \sim \alpha_1$, $\Delta\beta = \beta_1 \sim \beta_2$ 即为测得的不同轴偏差值。

2.3 测量滑跑距离

一台测试仪需 2 人操作,一人操纵数据采集控制器兼记录,另一个瞄准跟踪。测试时通过激光测距仪望远镜跟踪瞄准的飞机进行测距和测角,仪器自动地以 1.2s/次的速率将所得数据按序号、俯仰角和方位角、距离的顺序实时采集并存储,直到测完一条滑跑轨迹。

2.4 测试数据传送和处理

2.4.1 数据传送

利用专用电缆和标准接口,将数据采集控制器与便携式计算机连接好,将储存在数据采集控制器中的一条或多条轨迹(<1000 个轨迹点)的原始数据传送到便携式计算机中。

2.4.2 数据处理

数据处理包括对由数据采集控制器中的存储器传送过来的多条轨迹数据进行分隔,修正已测得的测距仪与经纬仪的不同轴偏差,修正由于测角与测距存在时差引入的系统误差,算出每个轨迹点的高度数据和地平面投影距离数据。由于采集下来的数据不能直接反映滑跑轨迹,需要做一定的转换。为此,专门编制了一套数据处理软件,将采集的数据,进行修正并转换成飞机相对于跑道中点位置坐标。

在测试过程中,数据采集器首先从经纬仪中采集数据,再从激光测距仪中采集数据,其间有 0.16s 的时间差,而计算所需的是经纬仪与激光测距仪同时的读数。为此,在进行数据转换之前需作时差角度校正。具

体校正公式如下:

当前面的角度值大于后面的角度值时:

$$a_3 = a_1 - [(a_1 - a_2) \div 1.2 \times 0.16] \quad (1)$$

当前面的角度值小于后面的角度值时:

$$a_3 = a_1 + [(a_2 - a_1) \div 1.2 \times 0.16] \quad (2)$$

3 测试结果分析

在西藏、青海三个高原机场对三种飞机起飞滑跑距离进行了测试,其中两种飞机采用了人工测量方法,一种飞机采用了仪器测量方法。

3.1 综合修正系数的确定

起飞(着陆)滑跑综合修正系数 $K(K_L)$,是实际起飞着陆滑跑距离与相应的按理论驾驶动作得出的起飞(着陆)滑跑距离的比值,即由下式确定:

$$K = \frac{S}{S_0} \quad \text{或} \quad K_L = \frac{S_L}{S_{L0}} \quad (3)$$

式中: S 或 S_L 为实际测得的起飞或着陆滑跑距离; S_0 或 S_{L0} 为理论计算得出的起飞或着陆滑跑距离,可根据牛顿第二运动定律和飞行力学原理推得,即:飞机起飞滑跑距离公式为:

$$S_0 = \frac{\left(V_0 \sqrt{\frac{G}{G_0 \Delta}} \pm V_w \right)^2}{2g \left(\frac{P_a}{G} K_\Delta - \mu \pm i \right)} \quad (4)$$

其中: G 为飞机的计算起飞重量; G_0 、 V_0 为从飞机说明书查得的起飞重量和相应的在标准大气条件下的离地速度; Δ 为空气相对密度; V_w 为分解到跑道方向上的风速; g 为重力加速度; P_a 为考虑发动机用旧、进气道和滑跑速度等影响后,发动机作用在飞机上的平均推力; K_Δ 为空气相对密度 Δ 对推力影响的系数; μ 为起飞滑跑综合阻力系数; i 为跑道平均纵坡。

飞机着陆滑跑距离公式为:

$$S_{L0} = \frac{\left(V_{l0} \sqrt{\frac{G_l}{G_{l0} \Delta}} \pm V_w \right)^2}{2g \left(\mu_l - \frac{P_l}{G_l} \pm i \right)} \quad (5)$$

式中: G_l 为飞机的计算着陆重量; G_{l0} 、 V_{l0} 为从飞机说明书查得的着陆重量,在标准大气条件下的着陆速度; μ_l 为着陆滑跑的综合阻力系数; P_l 为在着陆滑跑过程中发动机作用在飞机上的推力。

在实际飞行训练中,飞行员驾驶飞机起飞着陆时往往会产生一些误差,主要是飞机的离地迎角和着陆迎角比设想的要小一些,因而实际离地速度比设想的大一些。另外,飞机着陆时放阻力伞往往比设想的会迟一些,刹车也开始得晚,而且往往没有满刹。所以,造成实际的起飞着陆滑跑距离比理论计算的飞机滑跑距离长一些,使得 K 和 K_L 值都大于 1。

3.2 综合修正系数的数据分析

为了确保 K 值的精确度,应先对这些实测数据用有关的数理统计理论进行分析。

3.2.1 求平均值

实测的 S 或 S_L 数据,一般不会完全相同,所以 K 或 K_L 也不一样。但其分布情况一般属正态分布,平均值是最具有代表性的数值。在这里以飞机 A 综合修正系数的实测数据为实例计算如下。

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n} = \frac{45.879}{40} = 1.147 \quad (6)$$

各种飞机起飞着陆滑跑距离综合修正系数具体数值如表 1 所示。

3.2.2 判定异常数据

在一组实测数据中,往往有个别数据

表 1 高原机场飞机综合修正系数 K 或 K_L 值

		飞机 A	飞机 B	飞机 C
K	范围	1.0149~1.3676	1.0010~1.3199	1.2493~1.4733
	平均	1.1467	1.1238	1.3625
K_L	范围		1.5922~1.6260	2.1737~2.4985
	平均		1.6086	2.3358

过大或过小。这种个别不正常的的数据有可能是测错的,或者是特例,把它叫做异常数据。对于怀疑为异常的数据,应加以判定和作出取舍,如果根据主观判定,加以取舍是不合适的。宜用数理统计中有关异常数据的处理方法进行判定。这些方法中,采用格拉布斯方法较好。经判定全部实测数据是正常可信的。

3.3 测试精度分析

3.3.1 人工测试误差

人工测试误差取决于标志旗的间距和观测人员的多少。通常标志旗间距为50m,测试误差可以控制在±10m。

3.3.2 仪器测试误差

(1)仪器固有误差。激光测距仪本身具有一定的测距误差,最大为±0.5m,这一精度完全满足飞机轨迹的平面定位的精度要求。

(2)目标跟踪误差。在轨迹测试中跟踪飞机目标时,仪器通常架设在整个测试轨迹的中间部位的一侧,瞄准的飞机部位往往先是飞机的头部,逐渐过度到飞机的尾部,瞄准点位置变化,如大飞机可达35—40m左右。这样由于瞄准飞机不同部位,会产生±20m(最大)的误差,但随着飞机尺寸的减小,这一误差也随之减小,这些误差相对于机场跑道长度设计来说是符合要求的。

4 结束语

课题组利用飞机起落航迹激光定位系统,提出了飞机起飞着陆滑跑距离的测试方法;根据测试资料,得到了三种主要飞机起飞着陆滑跑距离的综合修正系数值,解决了高原机场跑道长度设计计算中的关键问题。

参 考 文 献

- [1] 刘同仁,肖亚伦. 空气动力学与飞行力学[M]. 北京:北京航空学院出版社,1987.
- [2] 姚祖康. 机场规划与设计[M]. 上海:同济大学出版社,1994.
- [3] GJB525—88 军用永备机场场道工程战术技术标准[S].
- [4] 金长江,范立钦. 飞行动力学—飞机飞行性能计算[M]. 修订本. 北京:国防工业出版社,1990.

Test and Analyses of Airplane's Running Distance of Taking-off and Landing on Plateau Airport

CAI Liang-cai, ZHENG Ru-hai, CHONG Xiao-lei, SHAO Bin, WANG He-wei
(The Engineering Institute, AFEU., Xi'an 710038, China)

Abstract: Based on the investigation and research, the paper gives a testing method, which measures the taking off and landing distance of airplanes with the laser locating system for airplane's trace. And by way of the field measuring on plateau airports, we have got the integrated modifying coefficients of three kinds of airplanes' taking off and landing running distance such as H6. All of these provide scientific basis for the runway length design of the plateau airport.

Key words: plateau; airport; taking off and landing; running distance; test