

军用机场跑道长度设计方法

王振辉 蔡良才 邵斌

空军工程大学, 工程学院, 西安 710038

摘要: 针对军用机场跑道可能受袭的主要方式, 为了使机场道面受到破坏后能快速地在跑道上选取最小起降带起飞着陆, 提出了考虑最不利道面破坏区域的跑道长度数值计算方法。通过本文设计方法和现行设计方法对二级机场部分机型的跑道基准长度进行计算比较, 发现所增加的跑道长度不长, 结果表明此方法对跑道长度设计是可行的。

关键词: 机场工程; 跑道长度; 最小起降带; 道面破坏区域

中图分类号: U351.11

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2007)01-0067-05

Design Method of Military Airfield Runway Length

WANG Zhen-hui CAI Liang-cai SHAO Bin

The Engineering Institute,

Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China

Abstract: In war, military airfield runway may be attacked. In that case, it is very important to quickly choosing the minimum operation strip (MOS) for taking off and landing after the airfield pavement was destroyed. Given some conditions, this paper presented a runway length calculation method in which the most disadvantages of the destroyed area are fully considered. By calculation comparison, a little increase of the design runway length than those with the current design method could meet the needs of length in-war frights. The results indicate that the method is feasible in design of the runway length.

Key words: Airport engineering, runway length, minimum operating strip (MOS), pavement destroyed area

0 引言

我国现行的军用机场跑道长度设计方法是在

1980年提出的, 主要是为了满足飞机不断更新对机场跑道长度的要求, 供航空兵部队平时训练和战时使用, 设计方法的详细叙述见参考文献[1]。该方法的

收稿日期: 2006-04-28.

作者简介: 王振辉(1983-), 男, 湖南安化人, 空军工程大学工程学院硕士生, 主要研究方向: 机场规划与设计。

设计前提是机场处于平时正常工作状态下,各种设计参数均在最不利飞机起飞着陆滑跑的情况下进行单一取值,对于跑道长度的设计较为保守,这对于平时训练时是较为理想的,因为,在训练过程中有飞行员驾驶水平的差异、发动机的加力状态与否、跑道在较长的使用年限内气候差异等各方面因素的影响。这样设计跑道长度就比较保险,能满足各种情况下的平时训练使用。但跑道在战时遭受敌方武器命中后能否使飞机在承担一定风险的情况下紧急起飞着陆,尚没有做过深入的分析研究。基于可靠性理论的跑道长度设计方法考虑了设计参数的随机性,用于使用时间不长的野战机场具有较大的军事意义^[2],但随机变量的统计分析工作量较大,应用于永备机场跑道长度的设计仍需进一步研究。

为了适应未来战争对机场跑道的要求,机场跑道长度的设计不仅要满足飞机不断更新的要求,还必须考虑机场在战争条件下受敌方武器攻击的情况,以提高机场的生存能力,确保在战时能更好地发挥其作

战效能。

1 机场受袭的状态^[1]

机场面临的最主要威胁是空中突袭。一个作战机场通常会连续遭到敌人以几个波次(每个波次有4~8架飞机)从不同方向进行的突击。在对跑道投弹攻击过程中,多架飞机通常以 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 角度平行进入,一次进入投弹3颗,每次投弹之间的时间间隔为0.1s。一旦命中,3颗炸弹便有可能覆盖整个跑道宽度,如图1所示,分别记道面破坏区域A、B、C、D。图中区域O位于跑道中央,为最不利道面破坏区域,是指即使只有该区域受到破坏,道面破坏区域两侧的任一段跑道长度均不能确定是否能组成一个最小起降带。为此,需提出一种跑道长度设计方法使跑道上一至两块区域受到破坏后仍能组成一个最小起降带或使飞机在采取其它保障措施和辅助设施的情况下承担一定风险紧急起飞着陆。

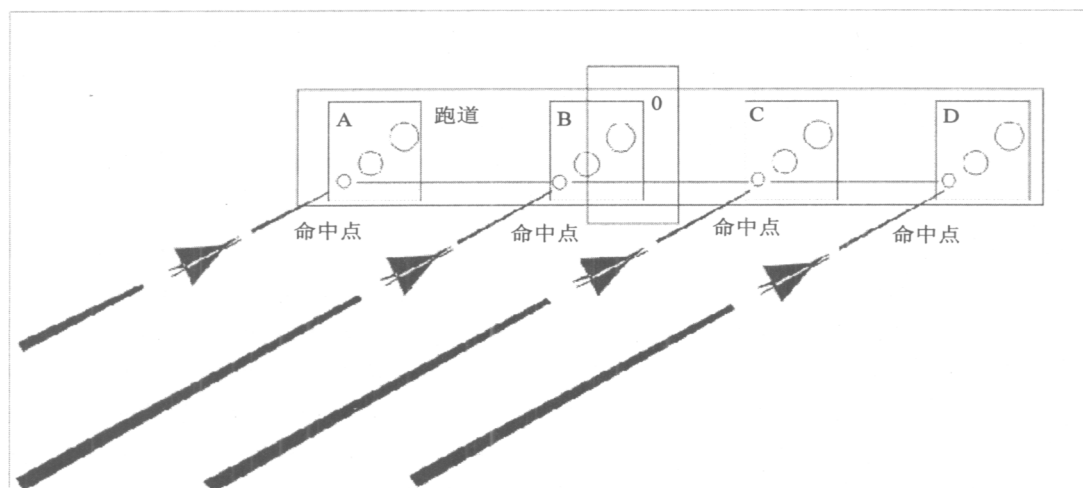


图1 战斗轰炸机编队以一定的角度突击跑道

Fig.1 Attacking runway at a certain angle by fighter-bomber formation

2 基本考虑

因为在战时与和平时训练飞机起飞着陆滑跑考虑的因素有一些差别,在介绍设计方法之前,为满足战时飞机起飞着陆滑跑对机场跑道长度的要求,先作

一些假设,考虑战时有利于飞机紧急起飞着陆的因素:

(1) 可考虑飞机最大质量全加力状态下起飞滑跑,不考虑飞机正常质量不使用加力设备起飞滑跑的情形;

(2) 飞机着陆只考虑飞机在基本油量情形下的飞

机质量；

(3) 飞行员驾驶动作标准，驾驶误差系数取为 1，飞机起飞时综合考虑飞机滑跑起点距跑道后端距离和飞机离地点到跑道前端的安全距离；

(4) 进行跑道长度设计时，按照无风的情形考虑。

3 跑道长度的计算

3.1 战时飞机起飞滑跑对跑道长度的要求

由文献[1]给出：

$$S_q = \frac{K_q(V_{q0}\sqrt{m_q/(m_{q0}\Delta)} \pm V_w)^2}{2g(p_b k_\Delta / G_q - \mu_q \pm i)} \quad (1)$$

由基本考虑化简有

$$S_q = \frac{V_{q0}^2 m_{qmax}}{2g m_{q0} \Delta (p_b k_\Delta / G_{qmax} - \mu_q \pm i)} \quad (2)$$

式中： S_q 为飞机最大质量加力状态下起飞滑跑距离； V_{q0} 为飞机在相应起飞质量 m_{q0} 、标准驾驶动作、标准大气条件下的离地速度； m_{qmax} 为飞机最大起飞质量； Δ 为空气相对密度； g 为重力加速度； $P_b = nk_1 k_2 k_3 p_0$ (n 为发动机数， k_1 、 k_2 、 k_3 分别为发动机用旧、发动机位置、滑跑速度对发动机推力的影响系数， p_0 为一台新发动机在标准大气条件下在试车台上测出的推力)； K_Δ 为空气相对密度 Δ 对发动机推力的影响系数； G_{qmax} 为飞机最大起飞重量； μ 为起飞平均综合阻力系数； i 为跑道纵向坡度，正负按对滑跑长度最不利情况取舍。

图 2 所示为飞机全加力状态下起飞滑跑全过程，记最不利道面破坏区域 O 长度为 a ，则取：

$$L'_q = 2S_q + l'_q - a \quad (3)$$

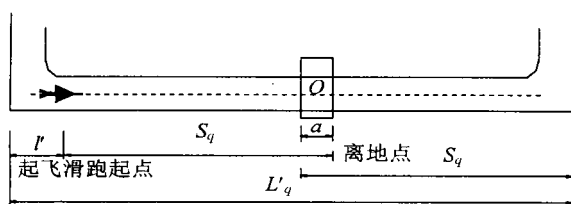


图 2 飞机全加力状态下起飞滑跑过程

Fig.2 Taking-off and sliding process in the condition of full power

式中： L'_q 为考虑战争条件下计算得出飞机起飞所需的跑道长度； l'_q 为综合考虑飞机滑跑起点距跑道后端的距离与离地点距跑道前端的安全距离的长度，取值 100 m；

3.2 战时飞机着陆滑跑对跑道长度的要求

由文献[1]给出

$$S_l = \frac{K_l(V_{l0}\sqrt{m_l(m_{l0}\Delta)} \pm V_w)^2}{2g(\mu_l - p_m / G_l \pm i)} \quad (4)$$

为便于计算且能较好地符合战时实际，飞机着陆质量采用 m_{l0} ，则：

$$S_l = \frac{V_{l0}^2}{2g\Delta(\mu_l - p_m / G_l \pm i)} \quad (5)$$

式中： S_l 为飞机着陆滑跑距离； V_{l0} 为飞机在相应着陆质量 m_{l0} 、标准驾驶动作、标准大气条件下的接地速度； m_{l0} 为飞机着陆质量； μ_l 为着陆平均综合阻力系数； P_m 为着陆滑跑时的推力； G_l 为飞机着陆重量；其余符号同前。

为不影响平时训练，T 字布仍设置在离跑道端 200 m 处，在战争条件下跑道被炸弹命中的情形下，为保证飞机能安全着陆滑跑，应采用适当的措施使飞机在 T 字布前接地着陆，紧急状态下可借助于端保险道保障飞机安全着陆。

如图 3 所示为战时飞机在 T 字布前着陆滑跑过程，取：

$$L'_l = 2S_l + l'_l - a \quad (6)$$

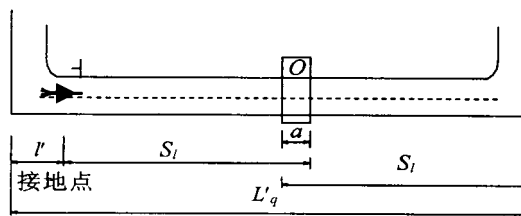


图 3 飞机着陆滑跑过程

Fig.3 Processes of landing and sliding of airplane

式中： L'_l 为考虑战争条件下计算得出的飞机着陆所需的跑道长度； l'_l 为飞机着陆滑跑的安全保障距

离,考虑飞机在 T 字布前接地着陆, l'_1 可取值 200 m ; S_l 为飞机在计算条件下着陆滑跑距离。

因此,为同时满足飞机紧急起飞和着陆对跑道长度的要求,跑道长度设计应取:

$$L' = \max(L'_q, L'_l) \quad (7)$$

3.3 最不利道面破坏区域长度 a 值的确定

此方法设计得到的跑道长度应使跑道上一至两块区域受到破坏对飞机的升空作战和紧急着陆影响不大。如图 1 中,战时:

(1)若只有一块道面破坏区域存在且位于最不利道面破坏区域一侧时,另一侧跑道可用作最小起降带;若只有一块道面破坏区域存在且包含于最不利道面破坏区域时,可利用一侧并借助端保险道组成最小起降带^{[3][4]};

(2)若道面破坏区域 A 和 B 同时存在且位于最不利道面破坏区域 O 的左侧,或区域 B 包含于区域 O 中,可参照(1)组成最小起降带;

(3)若道面破坏区域 A 与 C 或 A 与 D 同时存在,如两区域之间跑道长度不满足最小起降带要求,则可快速修复一两处弹坑后组成最小起降带;

(4)其余情况可酌情处理。

因此, a 的取值应针对未来战争条件下敌人可能使用破坏机场跑道的武器,较实际地反映武器对机场道面的破坏程度,使道面受到破坏后能快速地选择最小起降带,并考虑未来武器发展的情况下杀伤力增大

的因素。近 20 年来,用于攻击机场道面的专用武器得到了大力发展,如英国的 JP233 和法国研制的“迪朗达尔”和 BAP100 系统,还有 BLU—109 2000lb 级整体形穿透炸弹、俄罗斯的 BetAB—500ShP 和 MK84 低阻 500lb 和 2000lb 爆破炸弹等也是破坏机场道面的有效武器。因此,在设计跑道长度时应根据敌人某一假定武器对机场道面的破坏区域来确定 a 值。

如 MK84 低阻 2 000 磅爆破炸弹对 41.4 MPa 的 (6 000 psi) 钢筋混凝土跑道 15 ~ 61 cm (6 ~ 24 ft) 厚和硬土底层道面破坏的真弹坑直径为 16.1 m ,实际破坏直径为 27.4 m。设跑道宽度为 50 m ,飞机以 30° 角度平行进入跑道空投 3 颗 MK 低阻 2 000 磅爆破炸弹均命中且覆盖整个跑道宽度,如图 4 所示,则道面破坏区域长度可用如下公式计算:

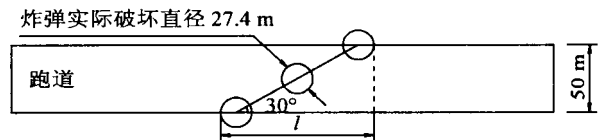


图 4 弹坑破坏区域计算示意

Fig. 4 Crater destroyed area calculation

$$l = \frac{50}{\text{tg } 30^\circ} + 27.4 = 114 \text{ (m)}$$

则最不利道面破坏区域长度 a 可取 120 m ,根据公式(7)计算得出二级机场部分机型要求的跑道基准长度与现行跑道长度设计方法要求的跑道基准长度对照表如表 1 所示:

表 1 跑道基准长度对照 (m)

Tab.1 Runway basic length comparison (m)

机 型		A	B	C	D	E
现行设计方法	L_q	1 402	1 750	1 850	1 789	1 585
	L_l	1 928	1 930	1 636	2 015	1 942
	L	1 928	1 930	1 850	2 015	1 942
本文设计方法	L'_q	1 583	2 149	1 792	2 524	2 390
	L'_l	1 300	1 880	1 952	2 122	1 984
	L'	1 583	2 149	1 952	2 524	2 390

3.4 计算结果分析

A 型飞机在现行设计方法中考虑的飞行员驾驶误

差系数较大,因此,得到的跑道基准长度比本文设计的基准长度要长。对于其余机型本文设计的跑道基准

下转第 76 页

改进遗传算法对最优路径进行搜索,快速准确地得到最优解。以上实例表明利用这种遗传算法对于求解典型

NP问题,有着求解快、可行性好等优点,这种方法在现代物流和交通运输系统中有着很好的应用前景。

参考文献

- [1] 唐 坤.车辆路径问题中的遗传算法设计[J].东华大学学报(自然科学版),2002,(02).
- [2] 邢文训,谢金星编著.现代优化计算方法[M].北京:清华大学出版社,1999.
- [3] 卢厚清.“运输”问题的优化模型、算法及其在现代集成制造系统中的应用[D].南京航空航天大学博士学位论文.2003.
- [4] 李 军等.非满载车辆调度问题的遗传算法[J].系统工程理论与实践,2000,20(3).
- [5] 姜大立等.车辆路径问题的遗传算法研究[J].系统工程理论与实践,1999,19(6).
- [6] 高自友,孙会君著.现代物流与交通运输系统[M].人民交通出版社,2003.

上接第70页

长度比现行设计的略长一些,B型飞机要求的基准长度增长了219m;C型飞机要求的基准长度增长了102m;D型飞机要求的基准长度增长了509m;E型飞机要求的基准长度增长了448m。由计算结果可知,在现行设计的跑道长度上增加一定的长度即可达到本文设计方法所要求的跑道长度。考虑最不利道面破坏区域长度 a 值的跑道长度设计方法,保证跑道上一至两块破坏区域,不影响最小起降带的选取和飞机的起飞着陆,当跑道上出现较多破坏区域时可减少破坏区域的修复工作,机场跑道的生存能力和作战效能将得到较大提高。

4 结束语

随着我国航空工业的迅速发展和发动机研制的顺利进展,发动机的推力将不断增大和飞机各项性能的优化,使飞机的起飞着陆滑跑距离缩短,飞机对跑道长度的要求逐渐降低,基于战争条件下的跑道长度设计方法将更加具有现实意义。通过对二级机场部分机型要求的跑道基准长度的计算比较,说明了这种设计方法是可行的。这一方法弥补了现行跑道长度设计中未考虑战时飞机对跑道长度要求的缺陷,对提高机场跑道的生存能力和作战效能具有重要的作用,具有较大的军事意义,对保证飞行安全也有重要作用。

参考文献

- [1] 蔡良才.机场规划设计[M].北京:解放军出版社,2002:30-59.
- [2] 岑国平,李明锋.机场跑道长度可靠性设计方法[J].交通运输工程学报,2004,4(1):62-65.
- [3] 许 巍,岑国平.机场最小起降带的计算机辅助优选[J].空军工程大学学报(自然科学版),2003,4(2):20-23.
- [4] 李 汉,蔡良才,郑汝海等.飞机起飞着陆与起降带长度关系研究[J].机场工程,2004,(1):5-10.