

基于侧风的跑道方向确定方法研究

种小雷^{1,2} 许金良² 郑福美³ 张潮³

1. 空军工程大学, 工程学院, 西安 710038

2. 长安大学, 公路学院, 西安 710064

3. 广州军区, 空军后勤部, 广州 510000

摘要: 跑道方向确定是机场规划设计的关键工作之一, 确定跑道方向的主要依据是风保障率。针对当前在确定跑道方向过程中, 风保障率计算方法精度不高、过程繁杂、结果单一的状况, 通过分析风向与跑道方向之间的关系, 建立了各个风向改算侧风的方法。依据全年风统计表, 按照规定的最大侧风要求, 计算了某机场地区 8 个跑道方向的超限侧风频率, 拟合了超限侧风频率与跑道方向之间的关系曲线, 得出了跑道最优方向和满足风保障率要求的跑道方向范围, 提出了基于侧风的跑道方向确定方法, 为跑道方向的确定提供了一种新的思路与方法。

关键词: 机场工程; 风保障率; 跑道方向; 侧风频率

中图分类号: V351.11

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2011)03-0017-05

Study for Determining Airport Runway Orientation Method Based on Cross Wind

CHONG Xiao-lei^{1,2} XU Jin-liang² ZHENG Fu-mei³ ZHANG Chao³

1. School of Engineering, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China

2. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China

3. Logistic Department of Guangzhou Air Force, Guangzhou 510000, China

Abstract: Determination of a runway orientation is a critical task in planning and designing

收稿日期: 2010-06-22.

基金项目: 空军后勤部科研项目 KJYZ09022.

作者简介: 种小雷 (1973-), 男, 汉族, 陕西长安人, 空军工程大学工程学院副教授, 博士研究生, 从事机场勘测与规划设计研究。

an airport, and the runway orientation is made according to the wind coverage. But there are many shortcomings in current method of wind coverage calculation, such as its poor precision, process complexity and result monotony when using the method to determine a runway orientation. Aiming at the situation, through analyzing the relation between the wind direction and runway orientation, a method was built to calculate the cross wind for runway according to any directional wind. According to the annual wind statistic data and the ruled maximum cross wind, the frequencies exceeded the cross wind limit in eight runway orientations were calculated. According to the result, a relation curve between the frequency and the runway orientation was fitted. The optimum and all possible orientation runways were get by the max cross wind requirement. At last, a method for determining a runway orientation based on the cross wind frequency was put forward, and the method was a new thought for planning and designing an airport.

Key words: Airport engineering, wind coverage, runway orientations, cross wind frequency

0 引言

确定跑道方向是机场规划设计的主要任务之一。跑道方向决定着机场其他设施的布局,例如航站楼、滑行道/停机坪系统、平行路和停车场等。影响跑道方向的因素主要有:风条件(即风保障率,又叫风力负荷,是指在风的影响下,飞机能够进行起飞着陆的可能性,它以百分比来表示)、净空条件、土地的有效性和费用、与其他机场关系和噪声等。在这些因素中,风条件是最重要的。对于一个选定的机场,其跑道方向的确定主要是考虑风保障率的影响,其次机场规划设计者才能考虑其他的因素。根据相关规定,跑道的风保障率应在95%以上,即一年中百分之九十五的时间内可保证飞机正常起飞着陆。为此,准确的确定风保障率就成为各国机场规划设计者所关心的主要问题之一。国际民航组织、美国联邦航空局以及我国的相关单位都对此进行过研究^[1-4],虽然方法各异,但主要都是依据主风方向来计算风保障率。本文从侧风的角度来考虑风保障率的计算,力图寻求一种简易、准确、高效的跑道方向确定方法。

国内现行的主要计算方法是参考文献[3]中提出的方法。该文献根据全年风统计表,依据风向,建立风保障率计算图(如图1所示),在此基础上,提出了基于面积比例统计风频率的方法。该方法是当前风保障率计算采用的主要方法。计算主要分为:收集资料、绘制风保障率计算图和风保障率三个步骤^[3]。计算过程如图1所示。

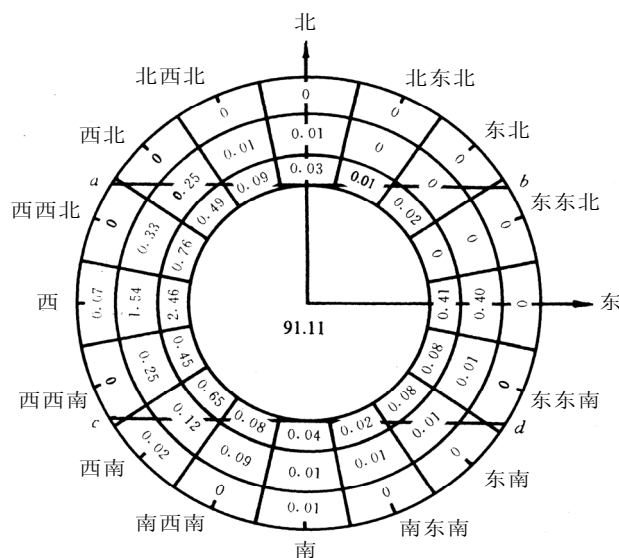


图1 风保障率计算图

Fig.1 Calculation figure of wind coverage

1 现行风保障率计算方法分析

确定跑道方向主要是依据风保障率的计算结果,

图1中用图形面积代表风出现的频率。当确定了

跑道方向和侧风与逆风值后，跑道方向上包括进去的图形面积之和即为该方向风保障率(图 1 中两条虚线表示跑道方向，则虚线内的图形面积即为该方向机场的风保障率，具体计算过程见参考文献[3])。这种计算方法最大的问题是只能针对单一的跑道方向进行分析，不能找出该地区所有满足风保障率要求的跑道方向。在实际工作中，因净空、土方量、地形等原因，需经常调整跑道方向。当计算方向不能作为跑道方向时，要对新的方向重新进行风保障率计算，过程比较繁杂。针对这种状况，本文提出了一种新的基于统计侧风的跑道方向确定方法，可一次计算出该地区所有满足风保障率要求的跑道方向。

2 基于侧风的跑道方向确定

2.1 侧风与跑道方向的关系分析

影响跑道方向的主要因素是侧风。传统的风保障率计算方法是以统计主风方向出现的频率来计算风保障率，即统计满足使用要求的风向，那么，不能满足使用要求的风向排除后，即可确定出跑道最优方向。按照这个思路，对某机场的具体情况进行分析。在确定跑道方向过程中，收集的风资料里的风频率一般按照 16 个方向点来统计全年风向、风速(如表 1 所示)。

依据表 1 的数据可绘制出风频率图，如图 1 所示。可以假定跑道方向选择在这 16 个方向点之中，以此为基础来分析侧风的影响。假如取东—西向为跑道方向，则除过东西向之外的风，对该方向均会产生不同程度侧风的影响。我们关心的指标是 90°侧风，而南、北方向为跑道方向直接侧风，北东北、北西北、南西南、南东南与跑道方向夹角为 67.5°，东北、西南、东南、西北与跑道方向夹角为 45°，东东北、西西南、东东南、西西北与跑道方向夹角为 22.5°，如图 2 所示。可按照风向与夹角的正弦将风速分解到垂直跑道方向上，形成直接侧风。

表 1 某机场地区全年风向统计/次数

Tab. 1 Statistic of wind direction for an airfield during one year/times

| 风向 | 风速/(m/s) | | | | | | | 合计 | 百分比/(%) |
|-----|----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----|--------|---------|
| | 0~5.9 | 6.0~7.9 | 8.0~9.9 | 10.0~12.9 | 13.0~14.9 | 15.0~17.9 | >18 | | |
| 北 | 276 | 21 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 304 | 1.98 |
| 北东北 | 181 | 24 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 208 | 1.36 |
| 东北 | 258 | 11 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 272 | 1.77 |
| 东东北 | 104 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 105 | 0.68 |
| 东 | 153 | 84 | 64 | 61 | 0 | 0 | 0 | 362 | 2.36 |
| 东东南 | 600 | 53 | 12 | 2 | 0 | 0 | 0 | 667 | 4.35 |
| 东南 | 767 | 73 | 12 | 2 | 1 | 0 | 0 | 855 | 5.57 |
| 南东南 | 170 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 176 | 1.15 |
| 南 | 455 | 20 | 6 | 2 | 2 | 0 | 0 | 485 | 3.16 |
| 南西南 | 230 | 47 | 12 | 14 | 0 | 0 | 0 | 303 | 1.97 |
| 西南 | 2 132 | 202 | 99 | 18 | 3 | 1 | 1 | 2 456 | 16.01 |
| 西西南 | 989 | 164 | 69 | 38 | 1 | 0 | 0 | 1 261 | 8.22 |
| 西 | 1 331 | 393 | 377 | 237 | 10 | 9 | 0 | 2 357 | 15.36 |
| 西西北 | 655 | 199 | 116 | 50 | 1 | 1 | 3 | 1 025 | 6.68 |
| 西北 | 747 | 156 | 75 | 38 | 1 | 0 | 0 | 1 017 | 6.63 |
| 北西北 | 259 | 20 | 14 | 2 | 0 | 0 | 0 | 295 | 1.92 |
| 无风 | - | - | - | - | - | - | - | 3 194 | 20.82 |
| 合计 | 9 307 | 1 470 | 870 | 467 | 19 | 11 | 4 | 15 342 | 100.00 |

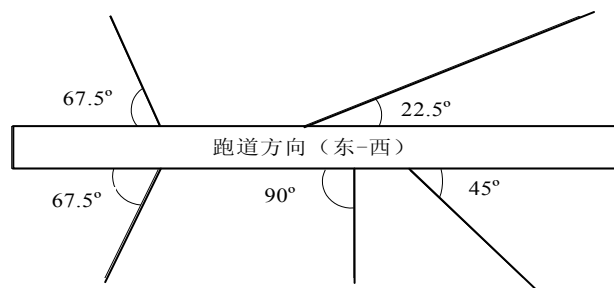


图 2 风向与跑道方向夹角示意

Fig. Angles between the wind directions and runway orientations

2.2 基于侧风的跑道方向分析

按照上述原理，可以分别统计出 16 个方向点，8 个跑道方向的侧风频率。按照机场选址规定，分析最大侧风要求，即可求出各个方向侧风累计频率。表 2 为在表 1 数据基础上统计的大于 8 m/s 的侧风在 8 个跑道方向上出现的频率。

表2 8个跑道方向侧风统计(侧风允许值8 m/s)

Tab.2 Statistic of cross wind for eight runway orientations (maximum cross wind is 8 m/s)

| 跑道方向 | 大于8 m/s侧风次数 | 侧风总次数 | 频率 |
|---------|-------------|--------|------|
| 北-南 | 1 116 | 11 908 | 9.37 |
| 北东北-南西南 | 1 114 | 14 831 | 7.51 |
| 东北-西南 | 213 | 13 650 | 1.56 |
| 东东北-西西南 | 377 | 13 976 | 2.70 |
| 东-西 | 203 | 12 623 | 1.61 |
| 东东南-西西北 | 657 | 12 614 | 5.21 |
| 东南-西北 | 585 | 13 470 | 4.34 |
| 南东南-北西北 | 1 062 | 14 871 | 7.14 |

以北方向为0°按顺时针建立角度体系,用角度表示跑道方向,可拟合出跑道方向与超过最大侧风频率之间的关系曲线,如图3所示。从图3可以看出,在跑道方向接近45~225°和90~270°时,侧风超限频率最小,即为跑道最佳方向。与此同时,按照风保障率不小于95%的要求,做出5%曲线,在频率累计曲线的基础上,可以得出满足风保障率要求的跑道范围为:(30-210°~110-290°)和(123-303°~142-322°)两个区间之间。

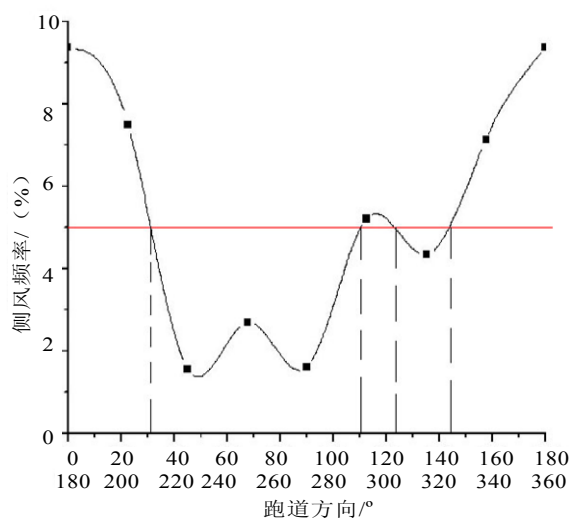


图3 超限侧风频率与跑道方向关系

Fig.3 Relation between the exceeded maximum cross wind frequency and runway orientation

3 基于最小侧风的跑道方向选择计算机模拟

通过以上分析,发现在采用侧风频率来确定跑道方向的过程中,最大的工作量在于对统计数据的整理分析,为此采用 Matlab 语言,编制了相关计算程序^[5],可根据统计数据拟合出不同情况下超限侧风频率与跑道方向关系曲线(如图4)。从该关系曲线中可以看出跑道最佳方向,同时也可得出跑道方向许可范围,也可按照不同的间隔输出每个方向的侧风超限频率(如表3)。

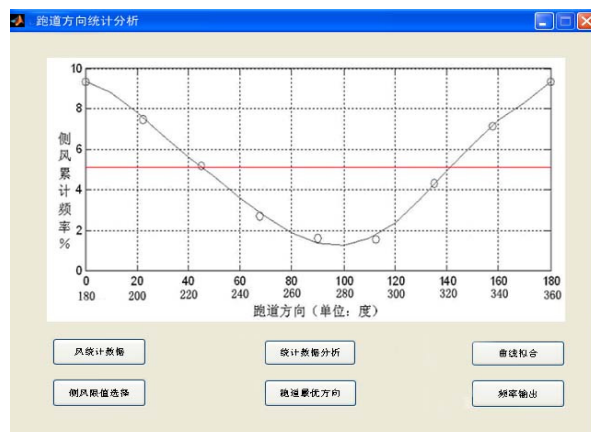


图4 侧风频率与跑道方向计算软件界面

Fig.4 Calculation interface for the cross wind frequency and runway orientation

表3 跑道方向侧风超限频率计算结果(侧风允许值8 m/s)

Tab.3 Calculation result of the exceeded maximum cross wind frequency in runway orientation (maximum cross wind is 8 m/s)

| 序号 | 跑道方向 | 超限侧风频率 | 序号 | 跑道方向 | 超限侧风频率 |
|----|---------|--------|----|----------|--------|
| 1 | 0-180° | 9.3667 | 10 | 90-270° | 1.3757 |
| 2 | 10-190° | 8.8199 | 11 | 100-280° | 1.2513 |
| 3 | 20-200° | 7.8106 | 12 | 110-290° | 1.5886 |
| 4 | 30-210° | 6.7119 | 13 | 120-300° | 2.3911 |
| 5 | 40-220° | 5.6389 | 14 | 130-310° | 3.5692 |
| 6 | 50-230° | 4.6013 | 15 | 140-320° | 4.9453 |
| 7 | 60-240° | 3.5978 | 16 | 150-330° | 6.2932 |
| 8 | 70-250° | 2.6645 | 17 | 160-340° | 7.4236 |
| 9 | 80-260° | 1.8852 | 18 | 170-350° | 8.3242 |

在采用计算机处理数据过程中,需注意:(1)为了拟合精度更高,可采用更小的角度间隔来分解 16 个方向的风,即在风向一定的情况下,跑道方向不局限于 8 个,可以更多,则跑道与风向的夹角也就更多,计算得出的超限侧风频率也就更多;(2)曲线拟合时,要根据散点的分布情况采用不同的拟合次数,必要时采用分段拟合。

参考文献

- [1] 蔡良才. 机场规划设计[M]. 北京: 解放军出版社, 2002.
- [2] Falls L. W. and Brown S. C. Optimum runway orientation relative to crosswinds[R]. Washington, D. C: National Aeronautics and Space Administration, 1972.
- [3] 蔡良才, 邓学均. 机场跑道方向选择中风力的解析

4 结束语

风保障率计算是机场选址工作中的关键步骤之一,针对传统计算方法存在的问题,本文提出了基于侧风的跑道方向确定方法,是对风保障率计算方法改进的一次尝试。该方法提出后,在 2 个机场的选址工作中进行了初步的应用,通过与传统方法的比较,有着明显的优势,但如果要进一步推广应用,还需对仿真计算软件进行进一步的完善。

计算[J]. 机场规划与设计, 1994, (4).

- [4] Federal Aviation Administration. Airport design standards: Airport design[s]. Federal Aviation Administration, 1989.
- [5] 苏金明, 阮沈勇. Matlab6.1 实用指南[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.

(中文编辑: 吴继屏)