

崔 洋,常倬林,左河疆,等.西北通用机场选址气候论证关键评估指标研究[J].干旱气象,2014,32(5):727-732, [ CUI Yang, CHANG Zhuolin, ZUO Hejiang, et al. Study of the Critical Meteorological Evaluation Indexes for the General Airport Site Selection in the Northwest China[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(5):727-732 ], doi:10.11755/j. issn. 1006 - 7639(2014) - 05 - 0727

# 西北通用机场选址气候论证关键评估指标研究

崔 洋<sup>1,2</sup>, 常倬林<sup>1</sup>, 左河疆<sup>1,2</sup>, 孙银川<sup>1,2</sup>

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室,宁夏 银川 750002;

2. 宁夏气候中心,宁夏 银川 750002)

**摘要:**在探讨各类气象要素与通用机场选址联系的基础上,对西北地区通用机场选址气候论证中关键气象评估指标及其重要程度进行了分析研究,并利用2000~2009年平罗气象站和2011~2012年沙湖机场临时气象站观测资料,采用统计诊断分析方法对石嘴山沙湖通用机场场址的气象条件进行了分析评估。研究结果表明:风速、风向,能见度,天空云量、云状、云高等是西北通用机场选址需要重点考虑的气象要素。根据气象要素在通用机场选址中所起的功用和重要程度,西北通用机场选址气象评估指标大致可以划分为6大类。其中,I~III类指标是场址能否建设通用机场的决定性关键气象指标;IV、V类指标是评估机场场址未来运行效率、工程设计、投资成本的重要参考指标;VI类指标主要用于特殊场址评估。石嘴山沙湖机场场址区域全年盛行风向明显,风速以低风速为主,大风天气少,能见度状况优良,雷暴、冰雹和沙尘暴等恶劣天气少,天空低云少,且低云中层积云、积雨云和碎积云所占比例低,月降水少,最大温差变幅小,具备作为通用机场场址的良好气象条件。

**关键词:**通用机场选址;关键气象评估指标;风向风速;能见度

文章编号:1006-7639(2014)-05-0727-06 doi:10.11755/j. issn. 1006 - 7639(2014) - 05 - 0727

中图分类号:P463

文献标识码:A

## 引言

气象条件对航空安全有至关重要的影响,尤其是机场附近的天气气候状况对飞行安全的重要性更是如此。早在20世纪30年代,美国政府就对旧金山国际机场项目开展了气候论证工作,以保障该机场建成后的飞行安全。Eklund<sup>[1]</sup>研究指出机场场址必须具备的3个基本条件之一就是预选机场场址要有合适的安全起降的气象条件,并指出雾、水平能见度、风速和风向是影响机场选址的主要气象要素。随后,美国旧金山市气象局的专家进一步深入研究指出,雨夹雪天气也是影响机场选址的重要气象指标<sup>[2]</sup>。20世纪80年代,芝加哥大学的Fujita等研究指出机场附近的中小尺度下击暴流天气系统是造成1975年纽约约翰·肯尼迪国际机场和丹佛斯普尔顿国际机场2起重大航空事故的主要原因。有关研究也发现,随着近一二十年全球极端天气气

候事件的增多,天气气候异常状况已成为引起民航重大航空事故的主要自然原因<sup>[4]</sup>。Pejovic等<sup>[5]</sup>的研究结果表明,积雪、大雾和雷暴等天气造成伦敦希思罗机场近年来航班延误次数增加了近25%。美国联邦航空管理局(FAA)<sup>[6]</sup>统计结果显示,70%的航班延误都是由机场附近的天气原因引起的。国外学者还深入研究了地形、低能见度、雾、降水、风速等对机场选址及机场航空安全影响的问题<sup>[7-11]</sup>。

在国内,机场规划设计单位与气象部门主要是根据中国民用航空局近年颁布的民用航空支线机场建设标准<sup>[12]</sup>和通用机场建设规范<sup>[13]</sup>,以及中国气象局颁布的气候可行性论证管理办法等相关行业规定对机场预选场址开展包括风场、降水、能见度等气象要素在内的气候评估论证工作。气象工作者对雷暴和能见度对飞机飞行安全的影响进行了初步研究<sup>[14-15]</sup>。民航工作者对低空风切变<sup>[16-17]</sup>、大气湍流<sup>[18]</sup>、大雾<sup>[19-20]</sup>等对机场航空安全的危害进行了

收稿日期:2014-02-20;改回日期:2014-03-18

基金项目:中国气象局气候变化专项(CCSF201323)、气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2014M58)、国家公益性行业(气象)科研专项(GYHY201306027)、宁夏气象防灾减灾重点实验室基金项目“西北地区机场选址气候论证关键评估指标研究”共同资助

作者简介:崔洋(1982-),男,宁夏吴忠人,博士,高级工程师,主要从事气候变化、气候资源开发利用研究. E-mail:cuiyang@ cma. gov. cn

初步介绍与分析;并指出随着我国城市及其周围空气污染的日益加剧,气象条件在机场选址中的作用将会变得越来越重要<sup>[21]</sup>。“十二五”期间我国规划新建通用型机场100多个,其中西北地区新建通用机场将占到总数的40%<sup>[22]</sup>。目前西北除宁夏、甘肃在通用机场选址气候论证科技服务方面处于国内气象部门前列,其他省区在通用机场选址气候论证方面均落后于中东部省区。本文以国内外航空气象研究最新研究成果为基础,对西北通用机场选址气候评估论证中气象评估指标的重要性及其重要程度进行分析研究、归纳总结,并对石嘴山沙湖通用机场场址关键气象指标进行分析评估。以期能推动西北各省区通用机场选址气候论证技术的进一步发展。

## 1 研究区域及资料

石嘴山沙湖机场推荐场址位于宁夏石嘴山市平罗县境内。平罗县位于宁夏平原北部,东与内蒙古鄂托克前旗相临,西与阿拉善左旗接壤,南与银川市贺兰县、北与石嘴山市惠农区相连。黄河纵贯南北,湖泊湿地星罗棋布,土地平坦,沟渠纵横。平罗天气、气候现象存在较强的局地性特点和地形的特殊性,如飞机起降时易受到侧向风和风切变的影响,受地形影响平罗县降雨、雷暴、降雪等灾害性天气时有发生,受贺兰山影响易形成空气的上升和下沉运动,沙湖水域易产生雾等天气现象。故本文选取沙湖机场作为主要对象,以便于研究西北通用机场选址气候论证关键气象评估指标的问题。

沙湖机场场址(车马店)与平罗气象站相距约10.3 km,其地理位置及周围地形如图1所示。结合民航机场选址相关规定<sup>[13]</sup>,本文所用资料主要包括:平罗气象站2000~2009年常规逐时、逐日观测资料,以及沙湖机场车马店场址临时气象站2011~2012年仪器与人工观测资料。本文主要采用统计诊断分析方法,对石嘴山沙湖通用机场场址关键气



图1 沙湖通用机场场址(车马店)地理位置图

Fig. 1 The location of Chemadian proposed for Shahu general airport

象指标进行分析评估。

## 2 西北通用机场选址气候论证指标

为了便于对西北通用机场选址气候论证中关键气象指标进行研究,下面将就各类天气要素与机场选址及运行之间的联系,西北通用机场选址气候论证的关键气象评估指标及其重要程度进行深入分析探讨,并对石嘴山市沙湖机场场址关键气象指标进行分析评估。

### 2.1 气象要素与机场选址及机场运行的联系

表1给出了与机场选址有关的各种气象要素,以及与其相对应的中国民用航空总局机场司《民用机场选址报告编制内容及深度要求》<sup>[23]</sup>和民航机场设计单位在机场选址过程中要求提供的各类气象统计或调查资料,并给出了各种气象要素对机场运行的影响。在各种气象要素中,风向、风速是机场场址是否具备安全起降的首要气象条件。夏至<sup>[24]</sup>也指出机场选址的工作之一就是从收集到的风观测资料中,计算出场址跑道的风保障率,并得出相应结论。同时,风向、风速等级及频率资料和风速>8级的大风资料也是民航机场选址报告中明确规定要求包含的重要内容,并且在机场建成运行后对飞机起飞、着陆安全有重要影响。水平能见度和云高、云量在机场选址中的重要性与风向相比稍微小一点,但却是评判机场场址气象条件优劣状况的基本指标;作为机场最低运行标准的主要条件,它们也是造成机场建成运行后航班大面积延误、影响航班正常率的主要因素之一。据统计在我国影响能见度好坏的雾、风沙、浮尘、降水、积雪和沙尘暴等天气造成的飞行事故占气象原因造成总飞行事故的29.2%<sup>[25]</sup>,其中由降水和雾引起的机场飞行事故所占比例相对较高。由于雾、风沙、浮尘、降水、积雪和沙尘暴等天气现象易造成机场航班延误、取消、返航,因此民航机场选址报告也明确规定提供机场场址雾、风沙、浮尘、降水、积雪和沙尘暴的统计或调查资料。雷暴和冰雹是目前被航空界、气象界所公认的严重威胁机场飞行安全的恶劣气象要素,也是民航机场选址报告中明确规定需要提供统计或者调查资料的气象要素。气温作为表示大气冷热程度的物理量,其变化对机场飞机实际最大起飞重量、升限及最大平飞速度、飞机的配载量和滑跑距离等许多性能指标都有影响,也是民航机场选址报告中明确规定需要提供统计或者调查资料的气象要素之一。

除了上述中国民用航空总局机场司《民用机场选址报告编制内容及深度要求》中涉及的气象要

素,气压、日照、空气密度、空气湿度和冻土深度等也是机场选址设计单位比较关心的气象要素。相比前

面的气象要素而言,在机场建成运行后这些要素对机场运行基本无显著影响。

表 1 气象要素与机场选址及机场运行的联系

Tab. 1 The relationships between the meteorological elements  
and the site selection and operation of airport

气象要素	机场选址报告规定	对机场运行的影响
风向、风速	提供风向、风速等级及频率统计或调查资料*	影响机场飞机着陆、起飞安全
大风	提供风速≥8 级的大风统计资料*	影响机场飞机着陆、起飞安全
水平能见度	提供月平均水平能见度统计或调查资料*	水平能见度不达标造成机场航班延误、取消、返航
云高、云量	提供云高、平均低云量统计或调查资料*	云高不达标会造成机场航班延误、取消、返航
雾、霾、扬沙	提供雾、霾、扬沙统计或调查资料*	可能造成机场航班延误、取消、备降
降水	提供月平均、日最大、时最大降水量统计或调查资料*	可能引起机场跑道积水,导致机场出现低能见度天气
积雪	提供积雪深度统计或调查资料*	可能造成机场航班延误、取消等
沙尘暴	提供统计或调查资料*	引起机场出现低能见度天气
雷暴	提供月平均雷暴日数统计或调查资料*	机场附近伴随雷暴的风切变易造成飞行事故
冰雹	提供冰雹日数统计或调查资料*	可能造成严重飞行事故
气温	提供月平均最高和最低温度、年极端最高和最低温度统计或调查资料*	基本无影响
气压	提供统计或调查资料**	基本无影响
日照	提供统计或调查资料**	基本无影响
空气密度	提供统计或调查资料**	基本无影响
空气湿度	提供统计或调查资料**	基本无影响
冻土深度	特殊地区要提供统计或调查资料**	基本无影响

注: \* 中国民用航空总局机场司《民用机场选址报告编制内容及深度要求》管理程序中规定提供的气象资料。

\*\* 机场设计单位要求提供的其他气象资料。

## 2.2 西北通用机场选址关键气象指标重要性分类

从在通用机场选址及机场运行中发挥的作用方面归纳,主要的 13 种与西北地区通用机场选址关系密切的气象要素,依据其在机场选址中所起的作用和重要程度可以划分为 6 大类:第一类主要是用于计算机场场址跑道长度、确定场址跑道方向、分析机场场址飞行性能的气象指标,主要包括风向、风速、大风、气温等指标;第二类是衡量机场场址气象条件优良程度的气象指标,主要包括场址区域水平能见度和天空云高、云量等指标;第三类是衡量机场场址能见度水平的气象指标,主要是与雾、霜、霾、扬沙、沙尘暴等天气现象关系密切的气象指标;第四类是衡量场址需要配备何种等级气象雷达、除雪设备的气象指标,主要是与雷暴、积雪、冰雹等气象因子有关的指标;第五类是机场场址建筑工程设计需要考虑的重要气象指标,主要包括降水、气压、空气密度和地表冻土深度等指标;第六类是特殊场址需要考虑的气象指标,主要包括日照和近地大气湍流状况等指标(表 2)。

## 2.3 沙湖通用机场场址关键气象指标评估

首先对通用机场选址中最重要的风向、风速进行分析。图 2a 给出了 2000~2009 年石嘴山市沙湖机场场址不同等级风速风向玫瑰图。可以看出,沙湖机场场址区域 0.0~3.0 m/s 风速段出现频率最高的主要是 E、ENE 风,频率均超过 9.0%;3.0~6.5 m/s 风速段出现频率最高的主要是 NNW、NW 风,两者的累计比例达到 3.8%;6.5~10.0 m/s、10.0~13.0 m/s 和 13.0~15.0 m/s 风速段的风,主要出现在 WNW、NW、NNW 和 N 方向。整个沙湖机场场址区域全年主要盛行 E、ENE 风,年平均风速 2.2 m/s;全年 0.0~3.0 m/s 风的累计比例为 83.6%,0.0~6.5 m/s 风的比例超过 97.0%。整个场址区域全年除春季 3、4 月份最大大风日数达到 6 d 外,其他月份最大大风日数均在 3 d 以下;各月平均大风日数在 0.1~2.2 d 之间,且月静风日数在 2.7~17.2 d 之间,占全年总天数的 30.6%(图 2b)。整个场址区域盛行风向明显,风速以低风速为主,大风天气少。在风速、风向方面是理想的通用机场场址。

表2 西北通用机场选址关键气象指标及其重要等级

Tab. 2 The key meteorological indexes of the northwest general airport site selection and their level of importance

序号	关键气象指标	在机场选址中的作用	重要等级
1	全年不同风向、风速负荷	用于计算场址跑道长度,确定跑道方向	I
2	各月最多风向、最多大风日数、平均大风日数、静风日数	用于确定场址跑道方向的参考因子	I
3	各月极端最高气温、极端最低气温、最大温差	主要用于场址飞行性能分析,确定跑道长度	I
4	各月不同等级水平能见度天数	衡量场址气象条件优劣的关键因子	II
5	各月天空总云量、低云量、低云云状比例	衡量场址气象条件优劣的关键因子	II
6	各月雾、沙尘暴、霜天气发生天数	衡量场址低能见度天气水平的重要因子	III
7	各月雷暴、冰雹天数、积雪深度	衡量场址配备何种气象雷达、除雪设备的重要参考	IV
8	各月气压	用于机场跑道长度计算	V
9	各月空气密度	用于机场跑道长度计算	V
10	各月月最大、月最小、月平均降水量,日最大降水和降雪量	场址建筑工程设计的重要参考因子	V
11	各月最大地表冻土深度	场址建筑工程设计的重要参考因子	V
12	各月日照、近地层大气湍流等情况	特殊场址气象参考因子	VI

注: I ~ VI等级重要程度依次降低。

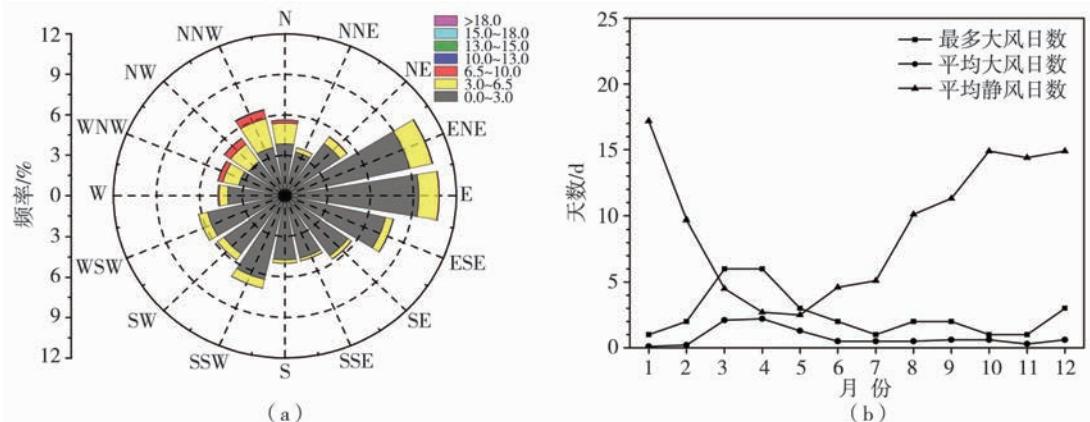


图2 2000~2009年沙湖通用机场  
不同等级风速风向玫瑰图(a)及大风日数变化(b)

Fig. 2 The statistical results of wind from 2000 to 2009 at the proposed site of Shahu general airport  
(a) wind direction and wind speed rose, (b) the monthly variation of wind days

通用机场选址中另外2个重要的气象要素是能见度和云,而能见度又受到雷暴、冰雹、沙尘暴、雾等天气现象的影响。气象资料统计结果表明,沙湖机场场址区域全年各月能见度 $\geq 4$  km的天数为28.7~30.7 d,占全月天数的95%以上;能见度在2.0~4.0 km的天数为0.0~0.6 d,能见度在800 m~2.0 km的天数为0.0~0.2 d;能见度 $\leq 800$  m不适合飞行的恶劣能见度天数为0.0~0.7 d,占全月天数的比例低于2.3% (图3a)。全年雷暴天气日数5~9月为0.9~3.3 d,其余月份均小于0.4 d;冰雹天气

全年各月均低于0.1 d,沙尘暴春季3~5月为0.4~1.5 d,其余各月均小于0.2 d(图3b)。在云量方面,沙湖机场场址区域3~9月天空总云量为5.0~5.7成,低云量为0.4~1.6成;其余月份天空总云量为2.9~4.1成,低云量为0.1~0.5成(图3c)。同时,在低云中与机场选址密切相关的层积云、积雨云和碎积云比例分别为13.7%、1.7%和9.5%,其他云状占75.1%。整个场址区域全年能见度状况优良,雷暴、冰雹和沙尘暴等恶劣天气少;天空低云较少,且低云中层积云、积雨云和碎积云所占比例

低。从能见度和天空云量、云状角度考虑,也是较为理想的通用机场场址。

降水和气温也是通用机场选址中需要参考的重要气象要素。石嘴山市沙湖机场场址区域全年月平均降水为 $0.5\sim39.1\text{ mm}$ ,月最大降水量为 $2.7\sim106.0\text{ mm}$ ,月最小降水量为 $0.0\sim8.5\text{ mm}$ ,日最大降水量为 $0.5\sim41.9\text{ mm}$ ,日最大降雪量仅为 $1.8\text{ mm}$ (图4a)。

夏季极端最高气温为 $35.7\sim38.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温为 $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;冬季极端最高气温为 $9.5\sim17.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温为 $-22.8\sim-24.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;全年各月最大温差为 $18.6\sim24.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。整个场址区域在月、日时间尺度上降水量小、降雪少,全年月最大温差变幅小,具备作为通用机场场址的良好降水和气温条件。

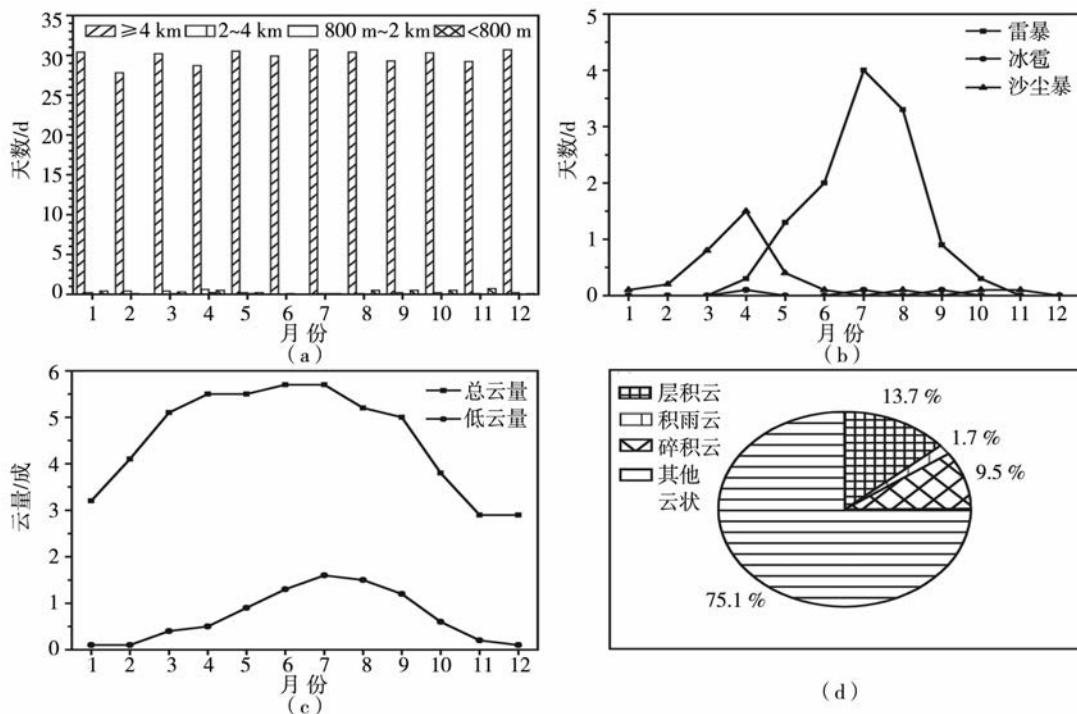


图3 2000~2009年沙湖通用机场场址不同等级能见度天数(a),雷暴、冰雹、沙尘暴天数(b)及天空云量(c)月变化,天空低云云状百分比饼图(d)

Fig. 3 The statistical results of the visibility, thunderstorm, hail, sand storm, total cloud cover and low cloud at the proposed site of Shahu general airport from 2000 to 2009  
(a) the monthly variation of different grade visibility days, (b) the monthly variation of the thunderstorm days, hail days, sandstorm days, (c) the monthly variation of the total cloud cover and low cloud cover, (d) the pie chart of the different cloud form for low cloud

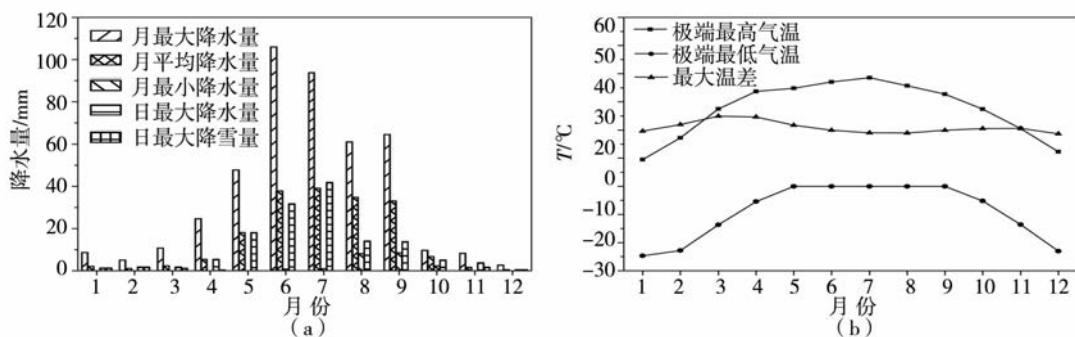


图4 2000~2009年沙湖机场场址降水、降雪(a)及极端最高气温、最低气温、最大温差(b)月变化

Fig. 4 The statistical results of precipitation, snow and air temperature at the proposed site of Shahu general airport from 2000 to 2009

(a) the monthly variation of precipitation and snow, (b) the monthly variation of the extreme maximum (minimum) temperature and the maximum temperature difference

### 3 结 论

(1) 风速、风向、大风、能见度、天空云量、云状、云高、雾、霾、扬沙、沙尘暴、降水、积雪、雷暴、冰雹、气温、气压、日照、空气密度、空气湿度等气象要素与西北地区通用机场选址之间存在密切联系。其中,风速、风向、能见度、天空云量、云状、云高等气象条件是西北通用机场选址需要重点考虑的气象要素。

(2) 根据各种气象要素在西北通用机场选址中所起的作用和重要程度,所有气象要素指标可以大致划分为 6 大类。其中, I ~ III 类指标是否能建设通用机场的决定性关键气象指标;IV、V 类指标是评估场址未来运行效率、工程设计、投资成本的重要参考指标;VI 类指标是特殊场址通用机场选址的关键辅助指标。

(3) 石嘴山市沙湖机场场址区域全年盛行风向明显,风速以 0.0~6.5 m/s 之间的低风速为主,大风天气少;全年能见度状况优良,雷暴、冰雹和沙尘暴等恶劣天气少;天空低云少,且低云中层积云、积雨云和碎积云所占比例低;在月、日时间尺度上,整个区域降水少,月最大温差变幅小;整个场址区域具备作为通用机场场址的良好天气气候条件。

#### 参 考 文 献:

- [1] Eklund E E. Meteorological survey of proposed sites for the San Francisco municipal airport [J]. Monthly Weather Review, 1929, 57(1):8~11.
- [2] Weather Bureau office S F. Aviation weather hazards [J]. Monthly Weather Review, 1930, 58(6):231~234.
- [3] Fujita T T, Caracena F. An analysis of three weather-related aircraft accidents [J]. Bulletin American Meteorological Society, 1977, 58(11):1164~1181.
- [4] Kulesa G. Weather and aviation: how does weather affect the safety and operations of airports and aviation, and how does FAA work to manage weather-related effects [A]. The Potential Impacts of Climate Change on Transportation Workshop [C]. USDOT Center for Climate Change and Environmental Forecasting, Washington D C. 2002.
- [5] Pejovic T, Williams V A, Noland R B, et al. Factors affecting the frequency and severity of airport weather delays and the implications of climate change for future delays [J]. Journal of the Transportation Research Board, 2009, 2139:97~106.
- [6] Morrison S A, Winston C. The effect of FFA expenditures on air travel delays [J]. Journal of Urban Economics, 2008, 63:669~678.
- [7] Rhodes S L. The effect of the environment on aviation weather safety: Meterological assessment for the new Denver airport [J]. Environmental Impact Assessment Review, 1993, 31(1):63~74.
- [8] Robinson P J. The influence of weather on flight operations at the Atlanta Hartsfield international airport [J]. Weather and Forecasting, 1989, 4:461~468.
- [9] Rhodes S L. Mesoscale weather and aviation safety: the case of Denver international airport [J]. Bulletin American Meteorological Society, 1992, 73(4):441~447.
- [10] Manktelow S. The effect of local weather conditions on bird-aircraft collisions at British airports [J]. International Bird Strike Committee, 2000:317~328.
- [11] Narinder-Taneja W C. Weather related fatal general aviation accidents: Can spatial disorientation training be an effective intervention strategy [J]. Ind J Aerospace Med, 2002, 46(2):59~64.
- [12] 中国民用航空总局机场司. 中华人民共和国民用航空行业标准: 民用航空支线机场建设标准 [S]. 中国民用航空总局, 2006.
- [13] 中国民用航空局机场司. 中华人民共和国民用航空行业标准: 通用机场建设规范 [S]. 中国民用航空局, 2012.
- [14] 张甦, 郝丽萍, 李子良, 等. 民航广汉机场气象能见度的周期性变化特征的初步分析 [J]. 高原山地气象研究, 2009, 29(3):69~72.
- [15] 王学永, 金维明, 洪钟祥, 等. 雷暴型风切变及其对飞机飞行影响的初步探讨 [J]. 大气科学, 1986, 10(1):55~67.
- [16] 李春生. 低空风切变——航空飞行的恶魔 [J]. 中国民用航空, 2002, 18:59.
- [17] 王海霞, 张宏升, 潘江勇, 等. 银川河东机场低空风切变特征及环流背景分析 [J]. 干旱气象, 2012, 30(1):45~52.
- [18] 黄海波. 大气湍流与航空安全 [J]. 中国科技信息, 2005, 14:78.
- [19] 高荣, 田军. 郑州机场大雾分析及航空气象保障 [J]. 空管技术, 2012, 3:64~66.
- [20] 袁铭芳, 拓瑞芳, 窦利军. 浅谈首都机场大雾的预报和飞行保障 [J]. 空中交通管理, 2000, 1:26~27.
- [21] 肇启锋, 刘鹏. 气象条件对机场选址和建设的作用 [J]. 民航科技, 2006, 113:49~50.
- [22] 民航局发展计划司. 中国民用航空发展第十二个五年规划 [J]. 中国民用航空局, 2011.
- [23] 中国民用航空总局机场司. 管理程序: 民用机场选址报告编制内容及深度要求 [S]. 中国民用航空总局, 2007.7.
- [24] 夏至. 机场选址工作中几个不容忽视的问题 [J]. 机场工程, 2006, 2:27~28.
- [25] 陆方甲. 杭州萧山机场低能见度天气的统计分析 [J]. 航空气象, 2008(8):29~31.

(下转第 743 页)

- [11] 李娜,许有鹏,陈爽.苏州城市化进程对降雨特征影响分析[J].长江流域资源与环境,2006,15(3):335-339.
- [12] 黄勇,周志芳,王锦国.R/S等分析法在地下水动态分析中的应用[J].河海大学学报,2002,30(1):83-87.
- [13] Mandelbrot B B, Wallis J R. Some long-run properties of geophysical record[J]. Water Resource Research, 1969, 5(2):321-340.
- [14] Mandelbrot B B, Wallis J R. Robustness of the rescaled ranged R/S in the measurement of noncyclic long-run statistical dependence[J]. Water Resource Research, 1969, 5(5):967-988.
- [15] 潘雅婧,王仰麟,彭建,等.基于小波与R/S方法的汉江中下游流域降水量时间序列分析[J].地理研究,2012,31(5):811-820.
- [16] 周连童.华北地区夏季降水的年际变化特征[J].大气科学学报,2009,32(3):412-423.

## Influence of Urbanization on Precipitation Characteristics in Langfang of Hebei Province

CONG Bo, SUN Yitao, LIU Yanjie, ZHOU Heling

(Langfang Meteorological Observatory of Hebei Province, Langfang 065000, China)

**Abstract:** Based on the daily precipitation data during 1970-2012 and the population and GDP data in Langfang, the influence of urbanization on the precipitation characteristics was studied. The results showed that the spatial distribution pattern of annual and flood seasonal precipitation had obvious changes in Langfang with the development of urbanization, and the rainfall focused on the rapid urbanization areas. The effect of urbanization on precipitation was more obvious with the increase of rainfall intensity and the rapid development of urbanization. Furthermore, the urbanization made the precipitation concentrated on urban areas and homogenized on suburban areas, this trend will continue for some time.

**Key words:** urbanization; precipitation; relative precipitation; R/S analysis

(上接第732页)

## Study of the Critical Meteorological Evaluation Indexes for the General Airport Site Selection in the Northwest China

CUI Yang<sup>1,2</sup>, CHANG Zhuolin<sup>1</sup>, ZUO Hejiang<sup>1,2</sup>, SUN Yinchuan<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Meteorological Disaster Preventing and Reducing in Ningxia, Yinchuan 750002, China; 2. Ningxia Climate Center, Yinchuan 750002, China)

**Abstract:** Based on investigating the connections between the various meteorological elements and the general airport site selection, the key meteorological evaluation indexes for general airport site selection in northwest China and the important extent of these indexes were analyzed. Then, the Shahu general airport proposed site was evaluated by using the observational data from Pingluo weather station during 2000-2009 and the temporary weather station observational data from 2011 to 2012 in the proposed site. The results show that wind speed, wind direction, visibility, cloud amount, cloud form and cloud height are the important meteorological elements that need to be considered in site selection of the general airport in northwest China. Meanwhile, the meteorological evaluation indexes of the general airport site selection can be roughly divided into six categories. Among them, the indexes of class I-III are the critical indexes which decide whether or not to build the general airport on the proposed site, and the indexes of class IV and V are the important reference indexes for the proposed site's operation efficiency evaluation, engineering design and the investment calculation, while the class VI is mainly used in the special proposed site evaluation. The Shahu general airport proposed site has the prevailing wind direction, low wind speed, excellent visibility conditions and the less thunderstorm, gale, hail and sand storms, while there is less low cloud in the sky, and the percentage of the cumulostratus, cumulonimbus and cumulus fractus is just 24.9% in all of the low cloud. Meanwhile, the monthly precipitation is little, and the monthly variation of maximum temperature difference is also small. Considering the above factors, the Shahu general airport proposed site has the good weather conditions as a general airport site.

**Key words:** general airport site selection; key meteorological evaluation index; wind direction and wind speed; visibility