

文章编号: 2096-1618(2018)04-0470-07

从极端天气事件演变规律看双流机场低能见度运行安全

张序^{1,2}, 黄昕月¹, 兰梓洲¹, 王玉冰¹

(1. 中国国际航空股份有限公司运行控制中心西南分控中心飞行签派室, 四川 成都 610202; 2. 中国国际航空股份有限公司培训部西南分部, 四川 成都 610202)

摘要:为了研究极端天气事件条件下可能形成低能见度天气以及对航班安全飞行的影响,采用回归分析法和 Mann-Kendall 突变分析法,在成都双流机场运行的气象环境数据标本中,将机场 1951–2003 年这 50 余年对飞行有影响的降水和大风天气进行极端天气事件指标的百分位阈值确定,得到了以下结论:成都双流机场的极端降水事件在 1996 年后呈下降趋势;极端大风事件在近 50 年呈上升趋势;秋冬两季易形成大雾这类影响飞行的低能见度天气;大雾造成的低能见度天气一般为辐射雾,随着温度的快速上升,消散的速度也很快;大雾天气对航班的安全飞行影响很大,这需要航空公司、空管部门和机场部门通力合作,这样才能为安全飞行、航班快速恢复和避免旅客群体事件提供有力支持。

关键词:气象学;气候变化风险管理;极端天气事件;显著性检验;低能见度;成都双流机场;辐射雾;气象预报

中图分类号:P457.7

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2018.04.018

0 引言

随着民航的快速发展,民航已经成为国家交通运输业的核心力量之一,伴随旅客运输量的逐年稳步提高,成都双流机场逐步成为西南区域重要的枢纽门户机场之一。近几年恶劣天气频发,天气因素造成航班延误对各航司的服务质量和经济效益提升影响显著,例如:在强烈的侧风下进场降落,可能会造成飞机偏离跑道中线,降水会引起跑道摩擦系数比较明显的变化,航空器落地过程的滑跑距离会明显增加,有时还会影响航空器的滑跑路线,2017 年 5 月 24 日东方航空 765 号班机在香港机场暴雨天气降落过程中偏离跑道就是受到这些因素的影响。因此机场天气发展趋势对航班安全飞行的影响研究具有重要的意义。

全球极端气候情况频繁发生,众多学者对此开展了各类研究,李书严等^[1]对北京地区极端天气进行了数据统计和分析;杨霞等^[2]对西北干旱区域的天气特点进行了梳理和分析;杨馥祯等^[3]对洋区海岛地理方面天气进行了统计和分析;杜予罡^[4]对极端天气的生成进行了论述;任福民等^[5]对极端天气的检测盒预防进行了分析。从这些科研成果看到前期的文献对盆地区的极端气候的研究内容还不多,极端气候对航空业影响的文献就更少了,因此以四川盆地的成都双流机

场为样本,开展降水和阵风两方面极端天气的分析。最后,鉴于辐射雾是成都双流机场引起低能见度天气的因素之一,常出现在晴朗、微风、近地面、水汽比较充沛的夜间或者早晨,分析了风速和降水在水汽饱和度方面对大雾这类低能见度天气的影响,对这类天气下航班安全飞行和大面积航班不正常情况下避免旅客群体性事件提出相关的建议和措施。

1 数据来源与研究方法

1.1 成都双流机场气象资料的来源

采用成都市基本地面气象观测站 1951–2003 年的逐日气象要素数据集开展本课题研究,包括 20:00–次日 20:00 时降水量、平均风速、最大风速(10 min 平均风速)、最大风速的风向、极大风速、极大风速的风向和成都双流机场 2007–2016 年的 METAR 报数据。使用的 METAR 报文在民航气象中为例行天气报文,按固定时间间隔在指定地点将观测到的气象情况进行报告,一般的 METAR 报文中包含了:地名代码、观测时间、地面风向风速、主导能见度、天气云量及云底高、气温和露点温度、修正海平面气压和趋势发展报等内容,特别指出的是,当机场能见度低于 2000 m 时,报文中将加报跑道视程的内容。文中分析的风速、气温和能见度方面等研究的数据都来源于此。

1.2 气象资料的统计分析方法

采用气象分析中定义“相对气候阈值”的方法,当气象要素超过这个阈值时定义为极端天气事件。阈值确定方法为:将一序列数据去除为 0 的值,然后降序排列,位于第 5% 位置的数值为极端天气事件判定阈值^[6],接着通过 Mann-Kendall 法突变检验加以辅助,观察降水、大风数据的总体变化趋势。Mann-Kendall 法突变检验是一种相对简单的研究时间序列的不连续点和突变时间,被广泛用于气象、水文等不符合正态分布的数据中,因此条件要求少,受人为干扰小^[7],这种方法的研究步骤如下:

假设时间序列变量为 $x_i(i=1,2,3,\cdots,n)$, S_k 为新的时间序列:

$$S_k = \sum_{i=2}^k r_i$$

当 $x_i > x_j$ 时, $r_i = 1$, 当 $x_i \leq x_j$, $r_i = 0$ 。

假定时间序列随机独立,可以定义如下统计量:

$$UF_k = \frac{[S_k - E(S_k)]}{\sqrt{\text{Var}(S_k)}} \quad (k=1,2,3,\cdots,n)$$

均值:

$$E(S_k) = \frac{n(n+1)}{4}$$

方差:

$$\text{Var}(S_k) = \frac{n(n-1)(2n-5)}{72}$$

将所有的 UF_k 绘制成曲线,再将时间序列 x_i 逆序排列重复上诉步骤得到 UB_k , $UF_k = -UB_k$,将所有的 UB_k 和 UF_k 绘制在同一张图上,当 $UF_k > 0$ 表明数据呈上升的趋势,反之为下降趋势。设定的显著性水平 α , 当 $\alpha = 0.05$ 时,可以得出 $U_{0.05} = \pm 1.96$, 如果 $|UF_k| > 1.96$, 可以认为数据呈明显的上升或下降趋势;当 $\alpha = 0.01$ 时,得到 $U_{0.01} = \pm 2.56$, 如果 $|UF_k| > 2.56$, 可以判断数据呈极显著的上升或下降趋势。最后把 $UF_k = \pm 1.96$ 定义为突变的临界值,图中超出临界值的区域定为突变的时间区域,如果 UB_k 和 UF_k 两条曲线在临界线之内出现交点,则交点为数据突变的开始时刻^[8]。

1.3 极端天气事件的阈值的确定

1.3.1 极端降水阈值的确定

应用成都 1951-2003 年共 19358 条降水数据,去除无记录和降水量为 0 的数据,将剩下的 8075 条数据进行降序排列,将位于第 5% 数据设定为成都区域的极端降水阈值,经梳理研究的极端阈值为降水量等于 27.7 mm,属于大雨级别,经过最后的统计和排序将 27.7 mm 作为极端降水事件的判定阈值。

1.3.2 极端大风阈值的确定

由于成都市 1951-1969 年 10 min 平均最大风速无

观测数据,因此在研究过程中选取 1970-2003 年数据作为研究基础,筛选剔除无效数据和为 0 的数据,最终得到 12053 条有效数据,对所有数据进行降序排列,选取第 5% 的数据作为极端大风事件的判定阈值,通过该方法计算的判定阈值为 6.5 m/s。但对飞行影响中,除了考虑风速,还要考虑侧风的影响,如文献^[9]明确提出“公司各机型侧风标准按顶风、侧风、顺风,以及在干、湿、融雪等运行条件下的跑道道面上起飞、着陆的限制而制定”,也就是常说的“侧风标准”,经最后的统计和排序分析选用 7 m/s 为极端大风事件的判定阈值。

2 成都双流机场近 50 年极端天气发展规律

2.1 成都双流机场极端降水天气事件

确定极端降水事件阈值为 27.7 mm 为分析的基础,把成都市 1951-2003 年逐日降水量经过筛选,得出逐年极端降水事件发生的频次,用回归分析法进行极端降水事件的变化特征分析,图 1 为成都市 1951-2003 年发生极端降水事件的频次图。

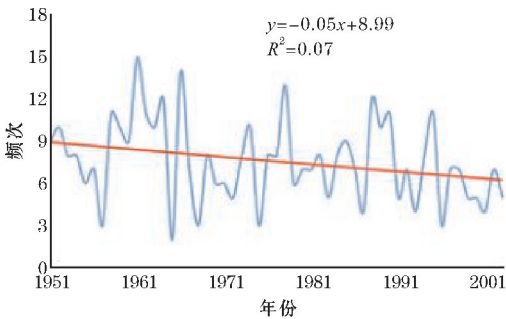


图 1 成都市 1951-2003 年极端降水事件频次图

从图 1 可以判断,成都市 1951-2003 年的极端降水事件发生的频次呈下降趋势,在显著性检验中,得出 $P = 0.048 < 0.05$, 且 $F \geq F\alpha$, 说明极端降水事件逐年发生的频次间存在显著的差异,达到显著水平。20 世纪 60 年代以后,极端降水事件一直处于极不稳定的状态中,在 1996 年后极高和极低之间的差值逐渐变小,除去较高/低频次的数据,其他数据都渐渐向趋势线靠拢,所以表现出总体呈下降趋势。

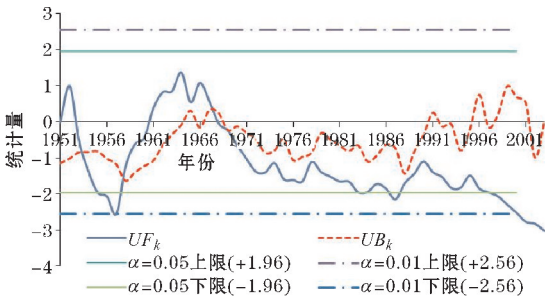


图 2 成都市极端降水频次 Mann-Kendall 法统计曲线

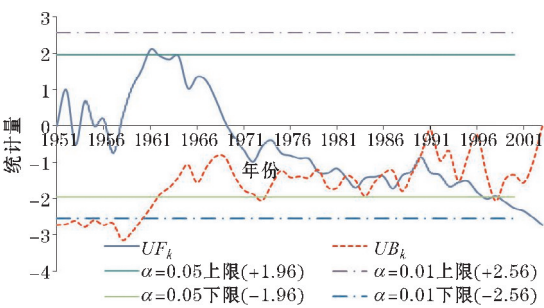


图3 成都市总降水量 Mann-Kendall 法统计曲线

图2和图3是过去50年极端降水频次变化图和Mann-Kendall法检验图,可以看到1954年和1958年出现突变,表现为1953–1961年呈下降的趋势,且达到极显著的下降趋势,到1961年后又呈现上升的趋势;1968年出现第三次突变,表现为从1968年至21世纪持续处于下降趋势,尤其到2003年下降的趋势达到极显著的水平,1968年后再也没有出现过突变。总体来看过去55年有40年是处于下降的状态,并达到极显著的特征,其余15年为上升状态但没达到显著水平。

2.2 成都双流机场极端大风天气事件

结合确定的极端大风事件判定阈值最大风速(10 min平均风)7 m/s,通过回归分析观察数据的变化特征。成都市1971–2003年极端大风事件发生频次见图4,在这33年极端大风事件呈上升趋势,趋势线斜率为正,通过回归分析发现未通过显著性检验,由于 $P=0.076>0.05$,没有达到显著水平;另外1971年为过去33年极端大风事件的最高值,达到34次,1974年为最低值,仅发生3次;1978–1987年发生频次在趋势线间小幅波动,1988–1996年位于趋势线以下;而1996年后,发生频次总体处于趋势线以上。

通过对逐年发生频次进行Mann-Kendall法检验得到图5,可以发现自1971年,极端大风事件发生频次处于下降趋势,到1984年后呈现上升趋势,在1991年后出现下降趋势,然后又在1998年后转为上升状态,并且在1997年两条曲线相交,出现突变。在1984年后的一次增长与一次下降间隔时间都在7 a左右。

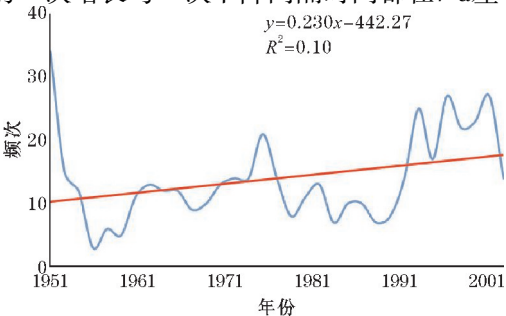


图4 成都市1971–2003年极端大风事件发生频次图

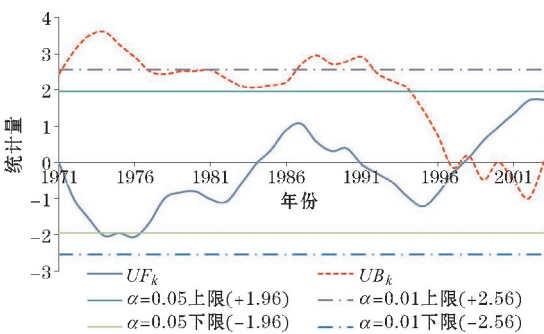


图5 成都市1971–2003年极端大风事件发生频次 Mann-Kendall 法统计曲线

3 成都双流机场极端天气背景下影响航班安全运行的情况分析

结合前面的分析可以发现,成都市极端天气在21世纪有了不同的变化,极端降水事件处于下降趋势,极端大风处于上升趋势,在这个大的气象背景下,对于那些影响航班运行的气象要素会产生一定的促进或削弱作用。成都双流机场因为其地理位置的特点在秋冬季容易形成辐射雾,极端降水事件容易形成水汽充沛的环境,这样就增加了大雾天气形成的概率,而雾是影响能见度的关键要素,是航班的安全飞行至关重要的因素,从近20年的航空安全事故中看到很多与能见度有关的飞行事故案例,如2010年8月24日发生的河南航空有限公司8387班机在伊春的坠机事故^[10]就是机长违反河南航空《飞行运行总手册》的有关规定,在能见度低于公司最低运行标准的情况下,仍然实施进近造成的;2010年4月10日波兰总统卡钦斯基的专机在俄罗斯斯摩棱斯克北部一军用机场降落时失事^[11],主要原因在低能见度的恶劣天气条件下降落造成的;2014年7月23日傍晚复兴航空222号班机降落马公时迫降失败坠毁^[12],事故事实资料报告,证实复兴航空澎湖失事飞机在下降过程中,能见度突然变差,偏离航道4度造成的。因此,分析极端天气对航班安全运行的影响有重要的意义。

双流机场起降的机型主要包括空客、波音、麦道、CRJ、ARJ等,从跑道入口速度的分类来看主要为C类(如:B737)、D类(如:A330)和E类(如:B747)机型,从航班量来统计,C类和D类飞机是占比最大的,从成都双流机场常作为着陆使用的02L号跑道进近图和机场图(机场常用02L起飞,昼间02R落地,夜间22:00后02L、02R同时落地),统计出成都双流机场在各种情况下的起降标准如表1所示。

表 1 成都双流机场常用跑道起降标准

状态	跑道号	运行方式	使用航图	飞机类别	标准
着陆	02L	ILS/DME	仪表进近图	C 类/D 类	RVR/VIS:550/800,DA(H):558/65
		GP INOP	仪表进近图	C 类/D 类	VIS:1600,MDA(H):620/127
		CAT-II ILS	仪表进近图	C 类/D 类	RVR:300,DH:30 *
	02R	ILS/DME	仪表进近图	C 类/D 类	RVR/VIS:550/800,DA(H):572/60
		GP INOP	仪表进近图	C 类/D 类	VIS:2000,MDA(H):660/148
		CAT-II ILS	仪表进近图	C 类/D 类	RVR:300,DH:30
起飞	02R	跑道边灯	机场图	C 类/D 类	RVR:400
		无灯(白天)	机场图	C 类/D 类	RVR:500
		低能见度	机场图	C 类	RVR:200
		低能见度	机场图	D 类	RVR:250

备注: * 该数据基于 3.0% 的复飞梯度

以成都双流机场采用仪表着陆系统实施进近为研究基础,航班已能见度为800 m的落地标准开展分析研究,数据来源为成都双流机场 2007-2016 年全年的 METAR 报进行分析,共整理出 478476 条有效能见度数据,可以得知,当能见度低于800 m时不能满足 C 类和 D 类飞机的着陆标准,这段时间内低于 C 类和 D 类飞机运行标准的能见度数据占1%,而能见度为 800 ~ 1600 m占 5%,成都双流机场低能见度在全年中所占比例不高。

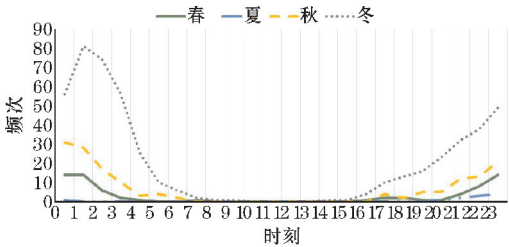


图 6 成都双流机场 2007-2016 年大雾逐时发生频次图

低能见度的日变化受到很多因素的干扰,比如:空气饱和度和湿度、温度、风速等,图 6 为四季中每 24 个时刻(UTC 时间)内每个时间段形成大雾的频次情况。图 7 为成都双流机场一年中出现大雾天气的频次分布情况,可以看到:春季,低能见度次数发生较少,过去 10 a共出现 71 次,能见度低于800 m常在一天的4:00-11:00出现,其中6:00-8:00发生的频率最高,而12:00-次日04:00基本没有出现。夏季,过去 10 a低能见度发生次数最少的季节,共出现 11 次,能见度低于800 m只有在06:00出现过,其他各个时间内都未发生低能见度天气。秋季,过去 10 a共出现了 157 次,略高于春季,能见度低于800 m分布集中在00:00-14:00,低能见度的发生相对频繁,08:00-10:00发生频率最高,较春夏两季明显增多。冬季,低能见度天气高发季节,过

去10 a每年冬季发生的频次都是遥遥领先,与春夏秋形成强烈的反差,过去10 a累计出现 499 次,发生时刻跨度较大,从夜晚23:00-次日15:00都有出现,其中 05:00-11:00为高发期,均超过 30 次。

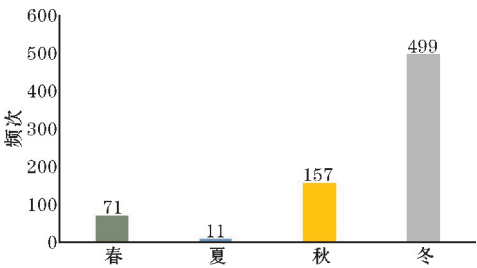


图 7 成都双流机场 2007-2016 年低能见度发生频次图

从上面的分析发现每个季节的低能见出现呈现巨大的反差,图 8 为成都双流机场低能见度持续时间统计表,表中反映了各个季节能见度低于800 m的持续时间规律,同样各个季节的低能见度持续时间有多不一样,冬季是低能见度持续时间最长,跨度最大,出现最频繁的季节,甚至持续时间大于 11h 都出现过 3 次,秋季次之,其低能见度持续时间比春夏明显增长。低能见度持续时间对于民用航空的运输更具实际意义。这个数据有助于航空公司制作飞行计划时的参考;公司制定航班时刻是的参考;管制员考虑机场开放与关闭的参考等等。

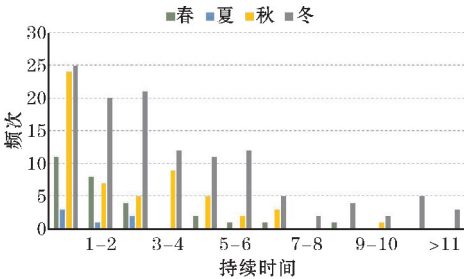


图 8 成都双流机场 2016 年低能见度持续时间

4 研究结论

4.1 成都双流机场极端降水事件强度和频率呈下降趋势

对于成都市在 2003 年后极端降水事件的变化研究,得出两个结论:一是极端降水事件在 1951–2003 年的发生频次和强度都处于下降的趋势,通过极端降水总量和总降水量的 Mann-Kendall 法曲线可以断定在 1968 年后都处于下降状态,进入 21 世纪都达到显著水平,预估未来短期内不会出现重大的突变;二是,参考刘劲龙等^[13]对于成都降水变化趋势的研究发现,21 世纪成都市极端降水发生频次相对于 20 世纪处于低距平状态,在 1970 年后便一直呈现负距平,没有出现突变,包括在 21 世纪的 2003–2016 年极端降水事件没有出现太大的突变,发生频次持续下降,发生强度持续下降。

4.2 成都双流机场极端大风事件呈增长趋势

通过研究发现,成都市 1976–2003 年年平均风速和年平均最大风速都处于上升趋势,并且在进入 21 世纪达到极显著水平,而极端大风事件的发生频次在 21 世纪初同样为增长状态,结合任国玉等^[14]对于过去中国天气变化的研究,可以得到成都市在 21 世纪极端大风天气依然处于增长状态。

4.3 成都双流机场低能见度天气具备时刻性强、季节性强和持续时间短的特点

从图 6 可以看出,大雾造成的低能见度天气多发生在一天中的 23:00–次日 14:00,时间跨度较大,这就关系航班的延误与取消,影响民航整体的服务质量,需要提醒有关的部门与公司,在冬季要狠抓天气变化的特点,提高运行质量和服务质量,保障每个航班的安全与正点。由此在冬季应该着重保障航班的运行,制定相应的方案防止大面积的延误,优化完善仪表着陆系统,优化进出港航班时刻,能够保障有效的运行。

从图 7 可以看出,冬季昼夜温差、降雨和低风速为成都双流机场辐射雾的形成创造了条件,导致冬季整体能见度不佳,影响民航运输。大雾造成的低能见度在全年的发生概率相对较低,但却集中分布,表现出很强的季节性,在冬季是低能见度发生的高峰期,不仅更加频繁,而且持续时间更长,另外,秋季与春季的低能见度总体上发生趋势相同,同样是低能见度发生高频次区间。

成都双流机场的低能见度天气造成的原因之一就是辐射雾,辐射雾的特征是季节性和日变化:秋冬季居多;多在下半夜到清晨,日出前后最浓,白天随着温度升高而逐渐消散。辐射雾的发生与地理环境有关,如:潮湿的山谷、洼地、盆地,这正好与成都双流机场的地理环境吻合。而这种大雾天气的厚度平均 150 m 左右,水平范围不大,分布不均,常零星分布,在平原上也可连成一片。与之相对的是,如果早晨出现辐射雾,常预示着当天有个好天气。民间“早晨地罩雾,尽管晒谷物”、“十雾九晴”的说法就是指辐射雾。从图 8 可以分析出,大雾天气的后续可以出现较为明显的晴天,低能见度天气可以快速地好转,航空公司应提前做好航班备降和延误后恢复的飞行前准备工作。

综上所述,成都双流机场春季、秋季、冬季低能见度都在夜间开始形成,并逐渐下降,到午夜达到最差,于凌晨开始好转,中午逐渐消散。此外,通过季节的分析可以看出,夏季为一年中能能见度最好的时期,秋季能见度开始趋于变差,并在冬季到达一年中最差的季节,又从春季开始逐渐变好,

5 成都双流机场在低能见度天气条件下各驻场单位应对方式探讨

早在 1957 年 10 月 5 日,敬爱的周恩来总理就对民航安全、正点飞行做出了“保证安全第一,改善服务工作,争取飞行正常”重要批示,因此面对大雾天气造成的低能见度天气,如何保证航班安全顺畅飞行需要航空公司、空管部门和机场部门三方的通力合作,因此提出以下 5 点建议:

(1)管制部门做好航班备降过程的统筹安排。成都双流机场由于进出港航班量大,如果突发对航班安全飞行有影响的低能见度天气,将造成大量进港航班备降周边机场,如果没有一家单位对航班备降过程进行统筹安排,势必会出现备降场资源使用不均衡情况,甚至可能会因为空中剩余油量紧张、备降场停机位不足等原因对航班的安全飞行造成影响。此时,空管部门是承担该项工作的不二人选,他们可以综合飞行机型大小、剩余油量多少以及签派放行时优选的备降场信息,再结合成都双流机场周边备降场停机位数量、距离远近、天气状况等资源,科学合理地将航班指挥到合适备降场降落,确保航班飞行的安全。

(2)加快 HUD(平视显示器)等先进技术的推广和应用。众所周知,成都双流机场是全国最早实现 II 类运行和低能见度起飞程序的机场之一,将机场原有的能见度 800 m,决断高 60 m 的落地标准降低到跑道

视程300 m,决断高30 m,如果采用低能见度起飞程序,白天无灯情况下能见度500 m的起飞标准,可以降低到C类飞机能见度200 m,D类飞机能见度250 m,飞行顺畅性大大加强。在2017年12月29日山东航空使用HUD(平视显示器)技术在150 m能见度情况的安全起飞,开创了民航新技术应用的新篇章,HUD技术的设计灵感来自二战轰炸机的瞄准镜技术,1987年,Rockwell Collins公司成功开发民用HUD,HUD之所以能够降低起降标准,是因为它能够提供更精确的拉平引导,在HUD的显示器上,飞机接近机场时,显示器中心位置将会出现一个“小圆圈”,飞行员只需按照“圆圈”将飞机“套进去”,就能够实现精准降落,这与很多飞行类的电子游戏中的“大圈套小圈”如出一辙。因此HUD也被飞行员们称为“大雾神器”,在石家庄、昆明、济南机场相继完成验证试飞后,这项新技术在成都双流机场的推广将提高低能见度天气下航班出港的正常性,减少旅客的滞留,提高民航单位的服务质量。

(3)成都双流机场的基地航空公司发挥滞留旅客疏散的枢纽作用。成都双流机场有国航、川航、藏航、东航等多家基地航空公司,其中国航、川航的执管飞机在100架左右,同时国航西南分公司还拥有数量庞大的A330宽体机机队,这样的运力资源是天气好转后快速疏散滞留旅客的有力保障,应该发挥这些基地航空公司的优势,调整宽体机运力执行国际、地区和国内枢纽机场的航班,在有限的时刻资源中尽量加大座位数量,起到缓解滞留旅客的作用。

(4)机场部门配合各航空公司做好航班取消和延误信息的及时更新和准确告知工作。2013年1月3日刚投入使用半年多的长水机场出现了一次持续时间长、影响范围广的大雾天气,导致440多个航班被迫取消,约7500名旅客不同程度滞留,最后也导致了一场较严重的旅客群体事件,事后分析其中的一个因素就是旅客不能及时知晓自己乘坐航班的延误信息,甚至有的航班起飞了旅客依然还在候机楼等待登机通知。因此,当出现较严重的航班大面积延误情况后,航空公司应该主动的通过机场广播系统和本公司地服部门、机票销售部门将航班延误、取消信息及时公布和更新,做好旅客的安抚工作,避免旅客群体性事件发生。

(5)提高气象部门对大雾等低能见度天气预报的及时性和准确性。成都双流机场已辐射雾为主,这类大雾天气的预报相对较容易,因此气象部门应及时的发布大雾预警,航空公司的飞行签派部门做好未来可能出现的低能见度天气对于能见度的影响,当能见度有好转后,择机对航空器签派放行,结合低能见度出现时间和持续时间的分析,对航班延误时间做出合理的预判,及

时通知乘机旅客,为旅客安排计划提供可高的依据。

航班安全和顺畅是每个航空公司服务质量的一个重要指标,同时保障航班正点也不是航空公司某一部门能够全力承担下来的,这需要各部门通力合作,甚至需要机场的其他保障部门协调支持,所以各单位在运用好此资源的同时,还应汇集其他有利的因素,将不利环境调整好,为机场运行的正点率提供最好的保障。

参考文献:

- [1] 李书严,马京津,轩春怡,等. 1951-200年北京极端天气事件分析[J]. 气候与环境研究,2012,17(2):244-250.
- [2] 杨霞,赵逸舟,李圆圆,等. 乌鲁木齐极端天气事件及其与区域气候变化的联系[J]. 干旱区地理,2009,32(6):867-873.
- [3] 杨馥祯,吴胜安. 近39年海南岛极端天气事件频率变化[J]. 气象,2007(3):107-113.
- [4] 杜予昱. 影响中国极端天气气候事件变化的初探[D]. 南京:南京大学,2013.
- [5] 任福民,高辉,刘绿柳,等. 极端天气气候事件监测与预测研究进展及其应用综述[J]. 气象,2014,40(7):860-874.
- [6] 刘劲龙. 四川盆地极端气温和降水研究[D]. 重庆:西南大学,2013.
- [7] 曹洁萍,迟道才,武立强,等. Mann-kendall检验方法在降水趋势分析中的应用研究[J]. 农业科技与装备,2008(5):35-37.
- [8] 张秀梅,杨萌. 基于M-K、Morlet小波分析图们江下游降水量[J]. 延边大学农学学报,2014(4):285-290.
- [9] 中国国际航空股份有限公司. 运行手册[Z]. 北京:中国国际航空股份有限公司,2017:5-22.
- [10] 劳动保护编辑部. 伊春“8·24”坠机事故回顾[J]. 劳动保护,2012(8):38-41.
- [11] 姜凯闰,刘继新. 危机事件应激管理[J]. 江苏航空,2014(3):59-62.
- [12] 台湾复兴航空客机迫降澎湖失事[N]. 央视网,2014-07-26.
- [13] 刘劲龙,徐刚,杨娟,等. 近55年来四川盆地气候的干湿变化趋势分析[J]. 西南大学学报(自然科学版),2013,35(1):138-143.
- [14] 任国玉,封国林. 中国极端气候变化观测研究回顾与展望[J]. 气候与环境研究,2010(4):337-353.

Analysis on the Low Visibility Operation for Shuangliu Airport based on the Evolution Rule of Extreme Weather Events

ZHANG Xu^{1,2}, HUANG Xin-yue¹, LAN Zi-zhou¹, WANG Yu-bing¹

(1. Dispatch Office of Southwest Sub-control Center, Operation Control Center, Air China Limited, Chengdu 610202, China; 2. Training Department of Southwest, Air China Limited, Chengdu 610202, China)

Abstract: Through the regression analysis method and Mann-Kendall sudden-change analysis method, this thesis determines the percentile threshold of extreme-weather-event index about the precipitation and gale events which had bad influence on flight based on the last 5 decades' records from the samples of meteorological data of Chengdu Shuangliu airport. And then the formation possibility of low visibility weather and the influence on the flight safety is analyzed, finally several points are concluded as following: Firstly, the extreme precipitation events of Chengdu Shuangliu airport have being a downtrend since 1996. Secondly, the extreme gale events of Chengdu Shuangliu airport have been a uptrend over last 5 decades. Thirdly, the foggy day happens in Winter-Autumn season easily and it leads to the low visibility weather. Fourthly, the common type of foggy is radiation fog, which results in fast warming up and fast fog lifts. Fifthly, the foggy weather has a bad influence on the flight operation, which needs the cooperation among airlines, ATC administrations and airport officials to make the flight more safe, recover flight faster and keep away from the mass disturbance by the passengers.

Keywords: meteorology; climate change and risk management; extreme weather event; significance testing; low visibility; Chengdu Shuangliu airport; radiation fog; weather forecast