

机场主导能见度仪器自动观测方法研究

台宏达^{1,2} 庄子波² 刘海文² 孙东松¹

(1 中国科学技术大学, 合肥 230026; 2 中国民航大学, 天津 300300)

摘要 主导能见度是航空活动能否正常进行的重要标准之一。伴随我国通用机场建设,主导能见度的自动观测具有重要的实际意义。本文使用中值法、图形比例法和均值法 3 种方法,利用机场现有多套能见度传感器进行主导能见度自动观测,并使用 3 种方法研究分析了天津、大连、海拉尔、成都和重庆 5 个机场 2014 年 12 月 10 日起连续 100 天的 07:00 和 19:00 2 个时间点的多能见度传感器测量值。结果表明:相比于中值法和图形比例法,均值法具有更小的观测偏差;观测原理和方法、能见度传感器数量、地区气候差异和观测位置差异是影响主导能见度自动观测数据质量的主要影响因素。

关键词 主导能见度;能见度观测;仪器观测;自动观测

中图分类号: P412.17 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20180254 **文献标识码:** A

引言

主导能见度是航空活动能否正常进行的重要标准之一,其对于机场开放关闭、飞机起飞着陆、备降机场选择等均具有重要意义^[1]。由于定义、用语的不同,能见度可分为主导能见度、有效气象能见度、垂直能见度、最小能见度、跑道视程、气象光学视程等^[2-3]。主导能见度与有效气象能见度定义相同^[4-5],是指观测到的达到或超过四周一半的最大水平距离。机场气象台在机场例行天气报告和机场特殊天气报告中所报告的能见度均为主导能见度^[5]。

主导能见度通常由观测员在观测平台或观测场,使用能见度观测方法,以能见度目标物、目标灯为主要参考,由人工观测完成^[5]。随着我国民用航空机场特别是通用航空机场的大量建设,各机场气象台站广泛使用气象自动站完成地面气象观测。如何使用能见度传感器及其测量结果,完成主导能见度的自动观测和报告是需要解决的问题。

大气透射仪和前向散射仪为当前主要的能见度自动测量仪器^[6]。根据国际民航组织和中国民航局相关规范,机场的每条跑道在跑道两端和中间共需

安装 3 套大气透射仪或前向散射仪作为能见度的自动化观测仪器^[7-8]。近年来,我国不同地区、机场的研究人员对大气透射仪和前向散射仪的观测数据与人工观测数据进行了对比分析。刘宁微等^[9]研究对比了辽宁中部地区的能见度器测与目测数据,谭浩波等^[10]对比了珠江三角洲地区的前向散射仪器测值与人工观测值,张慧婵等^[11]对广州白云机场的器测能见度和人工观测能见度资料进行了对比分析。上述研究表明,人工观测与能见度自动测量仪器的测量结果存在较大差异。同时,由于能见度仪的采样空间与人工观测的水平观测范围存在较大差别^[6],单套能见度仪的测量值与主导能见度的定义、水平覆盖范围差别较大,大气透射仪和前向散射仪的测量结果难以直接作为机场主导能见度进行观测和报告。

伴随多跑道机场的建设,机场内能见度仪数量日益增多。如何考虑单套能见度测量仪的水平范围代表性,使用机场多套能见度测量仪测量结果,完成机场主导能见度的自动观测,是各机场气象台站迫切需要解决的问题。国际民航组织提出使用多个能见度仪测量值的综合代表性问题,利用多套能见度仪的中值进行主导能见度的自动观测和报告,但没

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

国家自然科学基金民航联合基金(U1433202、U1533113)民航安全能力建设资金项目(20600636)资助

作者简介:台宏达,男,1986 年生,博士,讲师,主要从事能见度探测技术研究,Email:hdai@cauc.edu.cn

收稿日期:2018 年 5 月 4 日;定稿日期:2018 年 10 月 12 日

有相应的案例研究与验证^[7]。香港机场在地面气象观测中,同时使用 2 条跑道共 6 套能见度仪的最小值及人工观测报告能见度,但未对多套能见度仪的综合测量结果与人工观测值进行对比分析,未实现主导能见度的自动观测^[12]。台宏达等从主导能见度的定义出发,提出使用半球镜面摄像机或鱼眼透镜扩大能见度仪的自动观测范围,进而报告主导能见度,但相关仪器未见应用^[13-14]。因此,使用机场现有多套能见度自动观测仪器,研究机场主导能见度的自动观测方法,并使用人工观测数据进行代表性评价是必要的。

本文利用航空气象服务网观测记录了 5 个机场 100 天的能见度自动观测数据,使用中值法、图形比例法和均值法处理数据并计算得到机场主导能见度。文中将不同方法处理得到的主导能见度与机场人工观测报告的主导能见度进行对比分析,研究了不同方法计算处理主导能见度的误差和能力。相关研究结论对目前配备多套能见度仪的各运输机场及通用航空机场的主导能见度自动观测具有参考意义。

1 主导能见度自动观测方法

1.1 中值法

机场内的能见度传感器分别安装于跑道两端和中部,既可以测量机场跑道相应位置点处的能见度值,又可根据测量结果的差异体现机场内能见度的跑道方向的变化情况。因此,中值法观测报告主导能见度的步骤为:将机场内 n 套能见度仪的气象光学视程(MOR) 10 min 测量平均值 $V_i, i=1,2,\cdots,n$,按照从小到大排序,然后按照表 1 的方法报告主导能见度^[7]。当只有 1 个能见度传感器时,只能报告 1 个能见度值,无法体现出机场能见度在水平方向上的变化情况,在这种情况下,只能将此能见度传感器报告主导能见度。

表 1 中值法主导能见度报告值

传感器的数量	能见度观测值	主导能见度报告值
1	V_1	V_1
2	V_1, V_2	V_1
3	V_1, V_2, V_3	V_2
4	V_1, V_2, V_3, V_4	V_2
5	V_1, V_2, V_3, V_4, V_5	V_3

注: $V_1 < V_2 < V_3 < V_4 < V_5$ 。

1.2 图形比例法

使用中值法报告主导能见度时,前提假设是每个传感器代替相同比例的水平范围覆盖区域。而如果机场受到局地雾的影响,则需要考虑每个能见度仪所能代表的百分比。本文将考虑能见度仪测量代表区域的测量方法称之为图形比例法。使用图形比例法观测和报告机场主导能见度需要找到能够代表机场水平范围内能见度的中心点。机场基准点(Aerodrome Reference Point, ARP)是用于指示机场地理位置的指定点,通常位于使用中的或规划的所有跑道的几何中心,且首次确定后保持不变^[15-16]。因此,以 ARP 作为机场主导能见度观测报告的中心点得到观测结果,更能代表机场的整体水平方向能见度的分布情况,所测量和报告的主导能见度更加具有代表性。

1.2.1 单跑道机场主导能见度自动观测

对于单跑道机场来说,根据民航相应规章、规范要求,应当沿跑道方向配备 3 套能见度传感器^[8]。当机场配备的 3 套能见度传感器由于仪器设备故障,仅有 2 套或以下可用时,图形比例法无法使用,只能采用与中值法相同的观测报告方式,以能见度传感器测量值的较小值报告主导能见度。当机场配备 3 套或以上正常工作的能见度传感器时,能见度传感器在机场内的分布及其代表区域如图 1 所示。

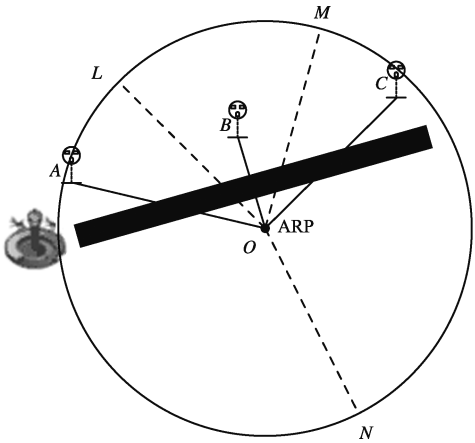


图 1 单跑道机场能见度传感器分布及测量范围示意
(ARP: Aerodrome Reference Point, 机场基准点,下同)

图 1 中, O 为机场的基准点,可通过机场的航行资料汇编资料查询得到。 A 、 B 、 C 为分别安装在跑道接地地带、停止端和中间地带的能见度传感器。连接 OA 、 OB 和 OC , OL 为 $\angle AOB$ 等分线, OM 为

$\angle BOC$ 等分线, ON 为 $\angle COA$ (大于 180°) 等分线。能见度传感器 A 的 MOR 10 min 平均值用以代表扇形区域 LON 的能见度值, 能见度传感器 B 的 MOR 10 min 平均值代表扇形区域 LOM 的能见度值, 能见度传感器 C 的 MOR 10 min 平均值用以代表扇形区域 MON 的能见度值。

令 V_A 、 V_B 、 V_C 分别代表机场跑道旁 3 套能见度传感器 A、B、C 所测的 MOR 10 min 平均值。依据主导能见度的定义并参照图 1 可知, 单套能见度传感器的测量结果无法代表机场地面一半以上的水平范围, 而任意 2 套能见度传感器的测量结果所代表的机场地面水平范围均超过了一半。通过上述分析可以发现, 当有 3 台能见度传感器报告 MOR 时, 该方法使得主导能见度总是报告中间值, 与中值法的报告值一致, 其主导能见度报告值如表 2 所示。

表 2 单跑道图形比例法主导能见度报告值

能见度传感器测量值排序	主导能见度报告值
$V_A < V_B < V_C$	V_B
$V_A < V_C < V_B$	V_C
$V_B < V_A < V_C$	V_A
$V_B < V_C < V_A$	V_C
$V_C < V_A < V_B$	V_A
$V_C < V_B < V_A$	V_B

1.2.2 双跑道机场的主导能见度自动观测

对于双跑道机场而言, 以常见的机场基准点位于一条跑道的中心为例。A、B、C、D、E、F、G 为分别安装在 2 条跑道接地地带、停止端和中间地带的能见度传感器。双跑道机场能见度传感器分布示意图如图 2 所示。

连接机场基准点与各能见度传感器, 即 OA 、 OB 、 OC 、 OD 、 OE 和 OF , OK 为 $\angle AOB$ 等分线, OJ 为 $\angle BOC$ 等分线, OI 为 $\angle COE$ 等分线, OH 为 $\angle EOF$ 等分线, OG 为 $\angle FOD$ 等分线, OL 为 $\angle DOA$ 等分线。得到 $\angle LOK$ 、 $\angle KOJ$ 、 $\angle JOI$ 、 $\angle IOH$ 、 $\angle HOG$ 和 $\angle GOL$ 6 个区域①、②、③、④、⑤和⑥。

能见度传感器 A 的 MOR 10 min 平均读数代表扇形区域 LOK 的能见度值, 能见度传感器 B 的 MOR 10 min 平均读数代表扇形区域 KOJ 的能见度值, 能见度传感器 C 的 MOR 10 min 平均读数代表扇形区域 JOI 的能见度值, 能见度传感器 E 的

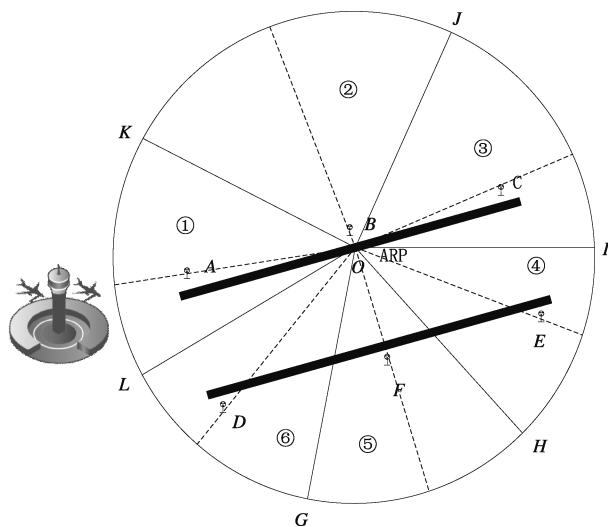


图 2 双跑道机场能见度传感器分布及测量范围示意

MOR 10 min 平均读数代表扇形区域 IOH 的能见度值, 能见度传感器 F 的 MOR 10 min 平均读数代表扇形区域 HOG 的能见度值, 能见度传感器 D 的 MOR 10 min 平均读数代表扇形区域 GOL 的能见度值。

双跑道机场的图形比例法主导能见度自动观测报告方法为: 1) 若①、②、③、④、⑤、⑥ 6 个区域的任意 3 个区域的角度大于 180° 时, 刚好使得这 3 个区域大于 180° 的那个区域的能见度值 (MOR 读数) 即为器测主导能见度。2) 若①、②、③、④、⑤、⑥ 6 个区域的任意 4 个区域的角度大于 180° 时, 刚好使得这 4 个区域大于 180° 的那个区域的能见度值 (MOR 读数) 即为器测主导能见度。3) 若①、②、③、④、⑤、⑥ 6 个区域的任意 5 个区域的角度大于 180° 时, 刚好使得这 5 个区域大于 180° 的那个区域的能见度值 (MOR 读数) 即为器测主导能见度。

1.3 均值法

使用均值法观测和报告主导能见度的方法为: 直接使用多套能见度传感器的 MOR 10 min 平均值求和再取平均值, 使用此值报告主导能见度。均值法观测和报告主导能见度的计算公式为:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中, V 为主导能见度, V_i ($i = 1, 2, \dots, n$) 为机场内能见度传感器所测量的 MOR 10 min 平均值。

2 数据分析处理

2.1 数据整体概况与比较分析

使用气象光学视程 10 min 平均值作为器测主导能见度的数据统计值。气象光学视程 10 min 平均值数据来自航空气象服务网(<http://www.am-sc.net.cn>)-跑道观测-自观列表-各个机场每条跑道风盘,并从风盘中直接读出 MOR 10 min 平均值的数据,以航空气象观测报告 METAR 报文发布的主导能见度作为比对的基准数值。各机场的跑道长度、机场基准点位置及能见度传感器数量如表 3 所示。

表 3 各机场相关参数

机场名称	机场代码	跑道长度 m	基准点 经纬度	能见度传感器数量 个	平台与基准点直线距离 m
海拉尔机场	ZBLA	2800	49°12.3'N, 119°49.5'E	2	1000
大连机场	ZYTL	3300	38°57.6'N, 121°31.8'E	3	700
天津机场	ZBTJ	3600/3200	39°07.5'N, 117°20.8'E	共 6 个, 工作 4 个	590
成都机场	ZUUU	3600/3600	30°34.8'N, 103°56.9'E	6	760
重庆机场	ZUCK	3200/3600	29°43.0'N, 106°38.4'E	6	955

可用数据统计时间为 2014 年 12 月 10 日起连续 100 天的 07:00 和 19:00。除去数据中天气现象为好天气组(CAVOK)以及机场没有发布 MOR 10 min 平均值的情况,得到白天和夜间可用数据组数如表 4 所示,其中, V_1 、 V_2 为各机场航空气象日常天气报告(METAR 报)07:00 和 19:00 整点报中的能见度值的 100 天平均值。

表 4 各机场能见度数据整体情况

机场代码	可用数据组数		V_1	V_2
	白天	夜间	m	m
ZBTJ	72	74	3600	4000
ZBLA	30	31	7000	8000
ZYTL	51	56	4900	4700
ZUUU	93	94	4000	4700
ZUCK	91	88	4800	4400

注: V_1 和 V_2 分别表示 100 天 07:00 和 19:00 均值。

使用中值法、图形比例法和均值法处理每条跑道的 MOR 10 min 平均值。3 种方法处理后的主导能见度数据与各机场航空日常天气报告中的主导能见度数据的对比箱线图如图 3 所示。

图 3 中,PV 为各机场航空日常天气报告中人工观测的主导能见度;1、2、3 为分别使用中值法、图形比例法和均值法将 MOR 10 min 平均值处理后,并按照主导能见度的报告规则取整(即能见度 5000 m 以下 100 m 取整,能见度大于或等于 5000 m 时 1000 m 取整,特别的能见度 800 m 以下 50 m 取整)得到的器测主导能见度。

由图 3 可知,天津机场、大连机场的仪器测量与人工观测报告的主导能见度值的中位值、上下四分位数都最为接近,海拉尔机场、成都机场和重庆机场的仪器测量主导能见度值普遍低于人工观测报告的主导能见度值。

以人工观测报告的主导能见度作为参考基准值,定义中值法、图形比例法和均值法 3 种方法的测量偏差为:

$$E = \frac{|V_i - V_{PV}|}{V_{PV}} \times 100\%$$

(2)

式中, E 为测量偏差, V_{PV} 为人工观测并报告的主导能见度; $V_i(i=1,2,3)$ 分别为中值法,图形比例法和均值法计算得到的主导能见度。

将 3 种方法得到的主导能见度按式(2)计算测量偏差,对比如图 4 所示,机场代码旁括号内的数字为机场能见度仪的数量。

由图 4 可以看到,3 种主导能见度自动器测方法的测量结果与人工观测报告的主导能见度均呈现较大偏差。天津机场、大连机场的器测主导能见度与人工观测报告的主导能见度偏差较小,海拉尔机场、四川机场和重庆机场的器测主导能见度与人工观测报告的主导能见度偏差较大。3 种方法相比,对于天津机场、大连机场、成都机场和重庆机场,第 3 种方法即均值法较之于中值法和图形比例法具有更小的测量偏差;而对于海拉尔机场,中值法具有最小的测量偏差。海拉尔机场的测量偏差较大,且上下四分位覆盖范围较大,考虑主要与其能见度传感器数量较少有关。而成都机场、重庆机场的能见度传感器数量较多,但其测量偏差仍然较大,其上下四分位覆盖范围较小,考虑主要与当地多发雾等低能见度天气现象有关。综合比较各机场使用 3 种方法处理后

的器测数据,均值法以其较小的测量偏差、较多的适用机场、较简便的处理方法,具有较好的应用优势。

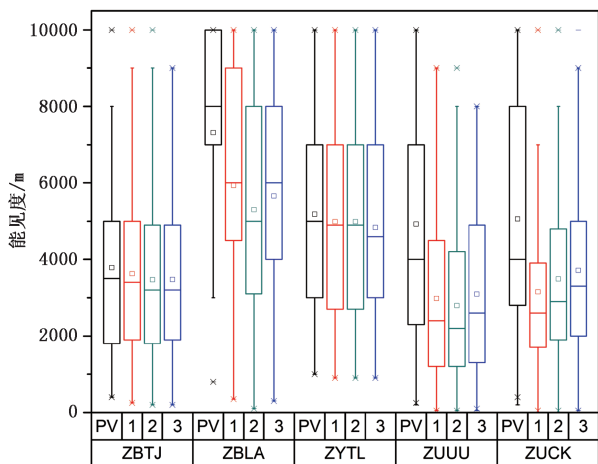


图3 中值法、图形比例法及均值法与主导能见度报告的能见度对比箱线图

(PV 为人工观测法;1、2、3 分别代表中值法,图形比例法和均值法,下同)

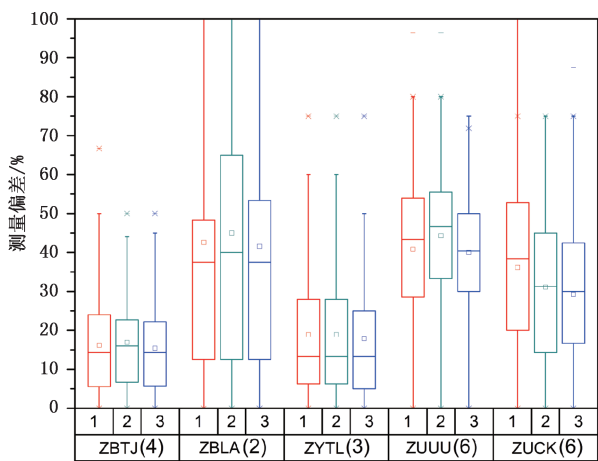


图4 中值法、图形比例法及均值法的能见度测量偏差对比箱线图

(机场代码旁括号内数字为能见度仪数量)

2.2 均值法数据比较分析

将各机场均值法处理后的仪器测量主导能见度与人工观测报告的主导能见度进行比较分析(图 5),其中黑线为仪器测量主导能见度与人工观测报告主导能见度的等值线,绿线为以人工观测主导能见度为参考基准值得到的 $\pm 10\%$ 的偏差线,蓝线为 $\pm 20\%$ 的偏差线,红线为世界气象组织要求^[6]的能见度传感器测量误差线,即 $50\text{ m}(V \leq 600\text{ m})$ 、 $\pm 10\%$ ($600\text{ m} < V \leq 1500\text{ m}$)或 $\pm 20\%$ ($V > 1500\text{ m}$)。

从图 5 可以看出,对于天津机场、大连机场而言,当能见度在 1500 m 以上时,仪器测量计算的主导能见度基本上可以满足测量精度要求,对于海拉尔机场、成都机场和重庆机场来说,仪器测量主导能见度整体低于人工观测和报告的主导能见度,且有一大部分数据不能满足世界气象组织要求的观测质量精度要求。

各机场的总观测点数量、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 及符合世界气象组织能见度测量误差要求的观测点数量及其占比如表 5 所示。

表 5 各机场观测点观测质量

机场代码 (传感器数)	总观测 点数	误差 $\pm 10\%$	误差 $\pm 20\%$	WMO 误差要求范围内	
		观测点数	观测点数	观测点数	占比/%
ZBTJ(4)	95	43	70	68	71.58
ZBLA(2)	41	10	13	13	31.71
ZYTL(3)	79	33	55	55	69.62
ZUUU(6)	130	8	20	20	15.38
ZUCK(6)	121	20	48	44	36.36

从表 5 可以看出,对于天津机场、海拉尔机场和大连机场 3 个机场而言,能见度传感器数量越多,使用器测方法计算得到的符合世界气象组织误差要求的主导能见度观测点占比越高。但通过成都机场、重庆机场的观测结论可以看到,不仅传感器数量会影响主导能见度的器测质量,当地气候特点同样会较大程度的影响测量偏差。

3 讨论

分析可知,机场仪器观测和报告主导能见度与人工观测和报告主导能见度产生偏差的因素主要有:①观测原理和方法。人工观测采用人工目视目标灯和目标物的方法,3 种主导能见度仪器自动观测方法则均为对仪器测量气象光学视程值的处理和应用,人工观测和仪器测量由于观测方法、测量原理的不同直接导致了二者偏差;其次,大气透射仪、前向散射仪等不同类型能见度仪由于测量原理不同,不同能见度环境下测量误差也存在差异。因此,观测方法、测量原理、实际能见度高低都会对机场仪器观测和报告主导能见度产生影响。②能见度传感器数量。通过比较 5 个机场主导能见度仪器自动观测的测量结果,特别是对比天津机场、大连机场和海拉

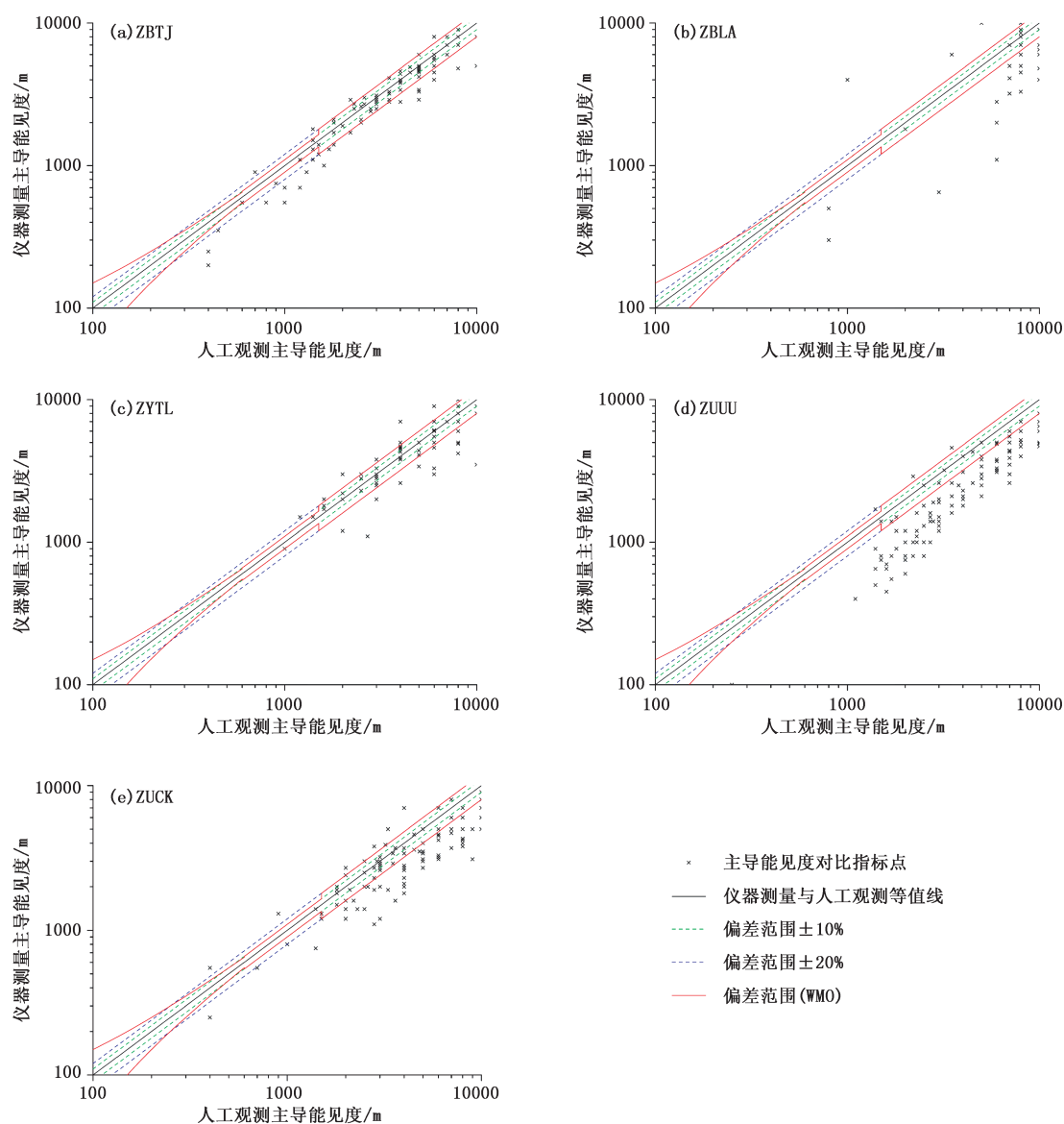


图5 均值法各机场仪器与人工观测主导能见度对比

尔机场可知,机场能见度传感器数量越多,测量结果越接近于人工观测结果。③地区气候差异。不同地区的大气相对湿度、可吸入颗粒物质量浓度、气溶胶吸收系数与消光系数比值、天气现象等因素均会导致主导能见度的人工观测结果和仪器观测结果及不同类型的能见度仪之间产生测量结果差异^[17-19]。④观测位置差异。人工观测报告主导能见度的位置为机场观测平台,图形比例法所使用中心位置为机场基准点。通过表3比较5个机场观测平台与机场基准点的直线距离,以及通过图4比较5个机场使用图形比例法计算主导能见度的测量偏差可知,天津

机场和大连机场的观测平台距离机场基准点距离最近,其使用图形比例法的测量偏差与其他机场相比最低;海拉尔机场的观测平台距离机场基准点距离最远,其使用图形比例法的测量偏差与其他机场相比最高;观测平台与机场基准点的距离对成都机场和重庆机场使用图形比例法测量偏差的影响不明显。

观测数据的质量上,主导能见度的仪器观测不如人工观测的数据质量。然而,主导能见度的仪器自动观测与人工观测相比也具备其独特优势,即:①主导能见度的仪器自动观测可以进行连续观测,而人工观测只能在某一时刻进行观测;②主导能见度

的仪器观测由于探测原理和计算方法相同,观测结果具有较好的一致性,仅由于仪器设备的性能偏差而产生观测结果的差异,而人工观测结果受观测员的主观因素影响较大,不同观测员的“视觉对比阈值”及其对“恰好能见”的理解不同,使得人工观测结果的一致性不如仪器观测。

对航空运行的影响而言,目前行业普遍认为人工观测能见度较之于仪器观测,更加接近大气的真实状况,但能见度观测偏差对航空运行的影响主要表现为于航空运行标准的个别能见度值处,对于大部分的能见度观测结果而言,仪器观测结果的偏差并不会影响到航空运行。对于 1500 m 以下的各类视程障碍天气现象,不管主导能见度的仪器观测与人工观测的偏差大小,各机场均按照国内外标准使用跑道视程代替主导能见度进行观测和报告,此时主导能见度的仪器测量偏差并不会对航空运行产生影响。

4 结论

主导能见度对于民用航空运行具有重要意义。伴随我国通用航空机场的大规模建设,各地通用航空机场观测员数量不足问题凸显,使用能见度测量仪器观测和报告主导能见度对于通用航空机场的运行具有重要的实际意义。

本文使用中值法、图形比例法和均值法分别分析研究了天津机场、海拉尔机场、大连机场、成都机场和重庆机场连续 100 天的白天和夜间能见度仪器观测数值和人工观测主导能见度值。研究结果表明:①使用中值法、图形比例法和均值法计算得到的主导能见度与人工观测报告的主导能见度均有较大偏差,均值法与其他 2 种方法相比具有相对较小的观测偏差,但 3 种方法的观测质量均不如人工观测主导能见度值。②影响 3 种仪器观测方法的主要原因为观测原理和方法、能见度传感器的数量、地区气候差异和观测位置 4 个方面。

在视程障碍天气现象发生时,各机场在 1500 m 以下的低能见度天气均按照国内外标准规范使用能见度传感器报告和使用跑道视程,因此,对主导能见度进行自动观测并不会在低能见度天气条件下影响航空运行。

未来的研究可以考虑在完全使用能见度传感器进行自动观测时,结合人工观测值,或者完全自动观测时要报告最低值的观测方法。同时,使用能见度

传感器进行自动观测时还应考虑不同地区的盛行风向,调整能见度仪的代表性区域,得到不同机场的代表性范围的合适比例。另外,推进能见度仪的计量检定,特别是将机场运行标准中的关键能见度值作为计量检定点,对于推进能见度仪及主导能见度的自动观测和报告具有重要意义。

参考文献

- [1] 胡伯彦,冯雷,陈志豪. 1996—2013 年上海虹桥机场低能见度及低跑道视程特征分析[J]. 气象科技, 2015, 43(1):151-155.
- [2] CCAR-117-R2,中国民用航空气象工作规则[S]. 中国民用航空局, 2013.
- [3] 耿加勤. 不同用语能见度之间的差异[J]. 气象, 2003, 29(2): 53-56.
- [4] GB/T 35223—2017 地面气象观测规范:气象能见度[S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局与中国国家标准化管理委员会, 2018.
- [5] AP-117-TM-02R1 民用航空气象地面观测规范[S]. 中国民用航空局, 2012.
- [6] World Meteorological Organization. Guide to meteorological instruments and methods of observation[Z], 2014.
- [7] International Civil Aviation Organization. Manual on Automatic Meteorological Observing Systems at Aerodromes[Z]. Doc. 9837. 2013.
- [8] AP-117-TM-2012-01,民用航空机场气象台建设指南[S]. 中国民用航空局, 2012.
- [9] 刘宁微,马雁军,王扬锋,等. 辽宁中部地区大气能见度器测与目测数据的对比分析[J]. 环境科学研究, 2012, 25(10): 1120-1125.
- [10] 谭浩波,陈欢欢,吴兑,等. Model 6000 型前向散射能见度仪性能评估及数据订正[J]. 热带气象学报, 2010, 26(6): 687-693.
- [11] 张慧婵,陈浏. 广州新机场目测和器测能见度资料的对比分析[J]. 气象研究与应用, 2010(增刊 2): 123-125.
- [12] Chan P W, Shun C M. Challenges in the use of instrumented visibility readings in synoptic observations [C]// WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Method of Observation, 2008.
- [13] 台宏达,庄子波. 一种半球镜面式能见度自动观测仪[P]. 中国专利: 201520924439.3, 2016-03-23.
- [14] 台宏达,庄子波. 一种主导能见度自动观测仪器[P]. 中国专利: 201520924440.6, 2016-03-23.
- [15] International Civil Aviation Organization. Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation-Aerodrome[Z]. 2013.
- [16] MH5001-2013,民用机场飞行区技术标准[S]. 中国民用航空局, 2013.
- [17] 郭军,任雨,傅宁,等. 环渤海地区 1980—2012 年能见度变化特征[J]. 气象科技, 2016, 44(3):416-422.
- [18] 宋薇,邱晓滨. 天津地区大气能见度变化特征及影响因子[J]. 气象科技, 2015, 43(5):898-904.
- [19] 刘承晓,周建平,翟振芳,等. 2011—2015 年安徽省高速公路低能见度变化特征[J]. 气象科技, 2017, 45(5):858-863.

(下转第 311 页)

Automatic Observation Methods of Airport Prevailing Visibility

Tai Hongda^{1,2} Zhuang Zibo² Liu Haiwen² Sun Dongsong¹

(1 University of Science and Technology of China, Hefei 230026; 2 Civil Aviation University of China, Tianjin 300300)

Abstract: Prevailing visibility is an important parameter of normal civil aviation activities. It has obvious practical significance along with the increasing constructions of general aviation airport. In consideration of the existing visibility meters in a single aerodrome, we use three methods to calculate the airport prevailing visibility: median method, graph proportion method and averaging method. We use the existing multi-set visibility sensors at the airport to conduct automatic observation of prevailing visibility and use the three methods to study and analyze the multi-visibility sensor measurements at daytime and nighttime in Tianjin, Dalian, Hailar, Chengdu and Chongqing for 100 consecutive days. After qualitative and quantitative analysis and comparison, the averaging method is proved to have less measuring error than that of the median method and graph proportion method. The differences in observation principles and observation methods, the number of visibility meters, regional climate, and observation locations are the main factors affecting the data quality of prevailing visibility.

Keywords: prevailing visibility; visibility observation; instrument observation; automatic observation