

文章编号: 2096 - 5389(2022)05 - 0106 - 05

能见度 Belfort M6000 型与 Belfort M6400 型 观测比对与影响因子研究

周嘉健, 曾慧明, 徐黄飞, 王明辉, 黄飞龙

(广东省气象探测数据中心, 广东 广州 510080)

摘 要: Belfort M6400 型是 Belfort 仪器公司以 M6000 型为基础, 在软件和硬件方面作出优化和完善后生产的成本更低、观测更高效的能见度观测仪。该文利用 2021 年 6 月 11 日—7 月 11 日番禺国家气象观测站的 Belfort M6000 型能见度仪与 Belfort M6400 型能见度仪观测数据作对比试验, 分析 2 款能见度仪的观测差异特征及气象要素的关系。结果表明, ① 2 款能见度仪观测的分钟平均能见度的变化趋势较为一致, 二者相关系数为 0.92; ② 随能见度等级的增加, 差值范围和离散程度均有所增大; ③ 2 款能见度仪观测值与相对湿度呈负相关关系, 与气压呈正相关关系, 与其他气象要素的关系不明显; ④ 2 款能见度仪在雨天时的日平均相关系数(0.93)比晴天时(0.82)要高。

关键词: 大气探测; 能见度观测; Belfort M6400 型能见度仪; Belfort M6000 型能见度仪; 气象要素

中图分类号: P415.3⁺3 **文献标识码:** B

Observation Comparison and Impact Factor Research of Belfort M6000 Sensor and Belfort M6400 Visibility Sensor

ZHOU Jiajian, ZENG Huiming, XU Huangfei, WANG Minghui, HUANG Feilong

(Guangdong Meteorological Observation Data Center, Guangzhou 510080, China)

Abstract: Belfort M6400 is a lower - cost and more efficient visibility observer produced by Belfort Instruments on the basis of M6000 in terms of software and hardware. In this paper, the observation data of Belfort M6000 visibility meter and Belfort M6400 visibility meter in Panyu National Meteorological Observation Station from June 11 to July 11, 2021 were compared and tested to analyze the observation difference characteristics of the two visibility meters and the relationship between meteorological elements. The results show that ① The change trend of the average minute visibility observed by the two visibility meters is relatively consistent, and the correlation coefficient between the two is 0.92; ② With the increase of the visibility level, the range of difference and the degree of dispersion both increase; ③ The observation values of the two visibility meters are negatively correlated with relative humidity, positively correlated with air pressure, and have no obvious relationship with other meteorological elements; ④ The daily average correlation coefficient (0.93) of the two visibility meters in rainy days is more than that on sunny days (0.82).

Key words: atmospheric sounding; visibility observation; Belfort M6400 visibility meter; Belfort M6000 visibility meter; meteorological elements

收稿日期: 2021 - 09 - 06

第一作者简介: 周嘉健(1992—), 男, 工程师, 主要从事气象设备维修保障工作, E - mail: 979351086@qq.com。

资助项目: 广东省重点领域研发计划项目(2020B0101130021); 基于 5G 应用的新型监测及气象灾害视频图像智能识别研究。

0 引言

大气能见度是指视力正常的人能从背景(天空或地面)中识别出具有一定大小的目标物的最大距离,也称气象视程^[1]。以往测量大气能见度是通过人工目测测量,而随着大气探测技术的发展,目前已出现各种不同型号的能见度自动化探测设备,为实现能见度由人工向自动化转换提供了条件^[2]。

对于美国 Belfort 仪器公司生产的 Belfort M 6000 能见度仪(以下简称 M6000 型),甘桂华等^[3]、张毅等^[4]介绍了其工作原理、安装、操作和维护,分析了易出现的故障及原因,并给出维护和校准建议;张顺等^[5]介绍了大气透射仪和前向散射仪在观测原理上的差异,并通过计算能见度差值区间分布和平均差值,对比分析了昌北机场基准观测点的 2 种仪器的数据资料。目前,在器测仪器对比试验方面,李晓岚等^[6]对 DNQ1 和 FD12 型能见度仪观测资料开展比对研究,分析 2 种能见度仪的观测差异特征及与关键气象要素和大气成分的关系。在器测仪器与人工观测对比试验方面,余元标等^[7]利用饶平站 2011 年 1—12 月定时人工观测能见度资料对比 M6000 能见度仪观测;吴振强等^[8]利用人工目测能见度数据与 M6000 实测距离进行对比,并通过计算出相对湿度、水汽压、风速等气象要素和人工观测的能见度的相关系数,进一步求出相互间的修正系数公式,为厂家修改和完善 M6000 软件提供科学依据。

Belfort 仪器公司在 M6000 型基础上,对软件和硬件均作出优化和完善,并生产出成本更低、观测更高效的 M6400 型。本文利用 2021 年 6 月 11 日—7 月 11 日番禺国家气象观测站 M6000 型与 Belfort M6400 型能见度仪(以下简称 M6400 型)平行观测试验的观测数据,开展 2 款不同型号能见度仪的能见度观测比对研究,分析不同能见度观测范围下的能见度差值特征,并研究 2 款能见度仪观测结果及其差值与不同气象要素(如相对湿度、温度、气压、风速和风向)的关系,确定关键影响因子函数及可能原因,为推进 M6400 型能见度仪在台站的备份应用提供数据可靠性支撑。

1 资料和方法

1.1 观测站点与资料

番禺国家气象观测站(以下简称番禺国家站)是国家级地面观测站,站点具备温度(气温、浅层地

温、深层地温、草温)、湿度、气压、风向、风速、能见度、日照、蒸发等气象要素的观测,并且该站为双套站。双套站指观测场内安装有 1 个主站和 1 个备份站。当台站人员发现主站的观测数据或数据通信异常时,可以将数据上传切换到备份站,保证数据观测的连续性。本次试验在该站的主站安装 M6000 型,在备份站安装 M6400 型,开展平行观测试验。

2 款能见度仪的观测原理相同,均是基于大气中颗粒物的前向散射原理而设计的,通过测量观测角内空气对光的散射系数获取采样气体的消光系数,进而计算得到气象光学能见度。2 款能见度仪的主要观测指标会存在一些差异,如表 1 所示。两者的观测精度、散射角和光源配置基本一致,M6400 型在量程和能耗均比 M6000 型优越。

表 1 2 款能见度仪主要指标对比

Tab. 1 Comparison of the main indicators of two visibility meters

型号	Belfort M6000	Belfort M6400
量程	5 m ~ 80 km	6 m ~ 100 km
精度	± 10% (5 m ~ 10 km) ± 20% (10 ~ 80 km)	± 10% (6 m ~ 10 km) ± 20% (10 ~ 100 km)
散射角	42°	42°
光源	红外 LED	红外 LED
观测能耗	12W	10W
遮光罩加热器能耗	25 W	20W

1.2 数据处理与统计方法

本研究采用的观测资料为番禺国家站 2021 年 6 月 11 日—7 月 11 日 2 种能见度仪观测的分钟平均能见度(分别记为 Vis_{6000} 和 Vis_{6400})以及对应的其他气象要素观测,包括相对湿度、气温、风速、风向、气压和降水量。

目前气象上大气能见度观测范围在 0 ~ 50 km,因此设置 2 款能见度仪的上限观测为 50 km。此外,为了更好地分析 2 种能见度仪在不同能见度状况下,基于 Vis_{6000} 观测数值将能见度划分为 5 个等级,即: $0 \leq \text{观测值} < 1 \text{ km}$ (能见度很差)、 $1 \text{ km} \leq \text{观测值} < 2 \text{ km}$ (能见度较差)、 $2 \text{ km} \leq \text{观测值} < 10 \text{ km}$ (能见度一般)、 $10 \text{ km} \leq \text{观测值} < 20 \text{ km}$ (能见度较好)和 $20 \text{ km} \leq \text{观测值} < 50 \text{ km}$ (能见度很好),分别评估不同能见度等级的观测差异特征。

为了体现两者存在的差异特征,本文利用平均绝对偏差 MAD、平均相对偏差 RD、均方根偏差 RMSD 和相关系数 r 等统计量进行统计^[9-10],公式如下。

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Vis_{6400,i} - Vis_{6000,i}) \tag{1}$$

$$RD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Vis_{6400,i} - Vis_{6000,i}}{Vis_{6000,i}} \right) \times 100\% \tag{2}$$

$$RMSD = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Vis_{6400,i} - Vis_{6000,i})^2} \tag{3}$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n ((Vis_{6400,i} - \overline{Vis_{6400,i}}) \times (Vis_{6000,i} - \overline{Vis_{6000,i}}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Vis_{6400,i} - \overline{Vis_{6400,i}})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (Vis_{6000,i} - \overline{Vis_{6000,i}})^2}} \tag{4}$$

式中, $Vis_{6400,i}$ 、 $\overline{Vis_{6400,i}}$ 分别为 M6400 型第 i 次观测的能见度及能见度平均值; $Vis_{6000,i}$ 、 $\overline{Vis_{6000,i}}$ 分别为 M6000 型第 i 次观测的能见度及能见度平均值; n 为观测样本数。

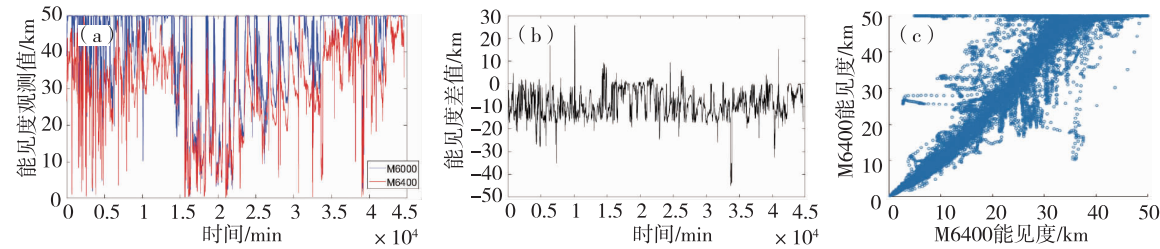


图 1 2021 年 6 月 11 日—7 月 11 日番禺国家站 Belfort M6000 和 M6400 型能见度仪分钟
平均能见度(a),两者差值(b)的时序变化图及分钟平均能见度值散点图(c)

Fig.1 Belfort M6000 and M6400 minute average visibility (a), the difference (b) and minute
average visibility scatter plot (c) from Panyu National Station between June 11 and July 11, 2021

2.2 不同能见度等级偏差特征分析

根据 1.2 中划分的能见度等级,分析不同等级下 2 款能见度仪观测值的变化特征(图 2、表 2),并
给其平均绝对偏差(MAD)、平均相对偏差(RD)、均
方根偏差(RMSD)和相关系数(r)的统计表(表 3)。

表 2 2 款能见度仪相对误差数据比例统计表

Tab.2 Statistical table of relative error
data proportion of two visibility meters

观测 范围/km	出现次数			
	0 ~ 10%	10% ~ 20%	20% ~ 50%	> 50%
0 ~ 1	1	1	2	0
1 ~ 2	2	0	2	0
2 ~ 10	22	7	9	1
10 ~ 20	23	22	4	1
20 ~ 50	92	142	401	12

由 2 款能见度仪在不同能见度等级下的观测对
比图(图 2)和两者在不同能见度等级下的相对误差
比例统计表(表 2)可知,能见度等级在 0 ~ 1 km 和 1
~ 2 km 时,两者的相对误差主要集中在 50% 以下。

2 结果分析

2.1 2 款设备偏差特征对比

图 1 给出 2021 年 6 月 11 日—7 月 11 日期间分
钟平均能见度 Vis_{6000} 和 Vis_{6400} 对比时域图以及二者
差值($Vis_{6400} - Vis_{6000}$)的时序变化图。图 1a 中的蓝
色实线为 M6000 型观测值,红色实线为 M6400 型观
测值。由图 1a 可见,二者的变化趋势基本一致。并
结合图 1b 分析,差值基本处于 -10 ~ 0 km 之间,这
表明 M6400 型观测结果普遍低于 M6000 型观测结
果。结合图 1c 发现,整个观测时段内二者的相关系
数达到 0.92。在能见度较低时二者的相关性更好,
随着能见度的增加,二者的离散度增大。

但由于样本点数少,所以结果会欠缺一定的合理
性;能见度等级在 2 ~ 10 km 和 10 ~ 20 km 时,两者
的相对误差主要集中在 20% 以下;能见度等级在 20
~ 50 km 时,两者的相对误差主要集中在 20% ~
50% 区间。

表 3 不同能见度观测范围下偏差统计表

Tab.3 Deviation statistics table under
different visibility observation ranges

能见度等级	MAD/km	RD/%	RMSD/km	r	样本点数
0 ~ 1 km	0.033	5.15	0.124	0.82	4
1 ~ 2 km	0.228	4.66	0.371	0.83	4
2 ~ 10 km	0.233	6.89	1.051	0.91	39
10 ~ 20 km	-0.771	-5.01	2.983	0.87	50
20 ~ 50 km	-9.859	-22.25	11.283	0.88	647

结合表 3 分析,随着能见度等级增大(能见度
越好),两者的 MAD、RD 和 RMSD 的绝对值均增大,
但由于在能见度等级为 0 ~ 1 km 和 1 ~ 2 km 时的样
本点较少,这里对其不做分析,仅对等级在 2 ~ 50
km 之间进行分析。相比其他等级而言,能见度等级

在 2 ~ 10 km 时 2 款能见度仪观测一致性最好,两者的相关性系数(0.91)最高,MAD、RD 和 RMSD 依次为 0.233 km、6.89% 和 1.051 km;能见度等级在 20

~ 50 km 时,两者的 MAD (- 9.859 km)、RD (- 22.25%) 和 RMSD(11.28 km) 均为最高,表明两者在高能见度时,一致性较差,差异较大。

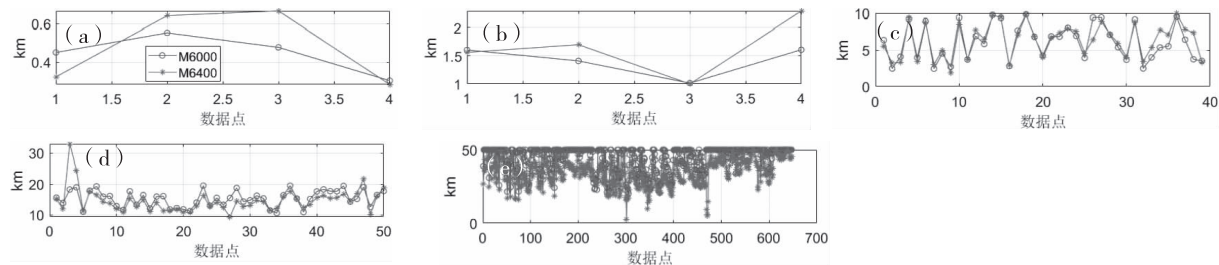


图 2 2 款能见度仪在不同能见度等级下观测对比图(a:0 ~ 1 km;b:1 ~ 2 km;c:2 ~ 10 km;d:10 ~ 20 km;e:20 ~ 50 km)

Fig. 2 The statistical graph of the observation difference between two visibilitymeters

under different visibility levels(a: 0 ~ 1 km; b: 1 ~ 2 km; c: 2 ~ 10 km; d: 10 ~ 20 km; e: 20 ~ 50 km)

2.3 能见度与其他气象要素比对分析

2.3.1 与其他气象要素关系 气象要素的变化对能见度仪观测存在一定的影响^[11]。图 3 和图 4 分别给出 2 款能见度仪观测数值与主要气象因子(包括气压、温度、相对湿度、风向、风速和雨量)的变化关系,并给出对应的相关系数。

结合图 3 和表 4 可见,2 款能见度仪的观测数值与相对湿度和气压的相关性比温度、风向和风速要高。二者均与相对湿度存在负相关关系,即随着相对湿度的减小,能见度数值均有所增加,并在整个观测期间,Vis₆₀₀₀ 与相对湿度的相关性 (r = - 0.30) 高于 Vis₆₄₀₀ 与相对湿度的相关性 (r = -

0.27),这可能是由于相对湿度的增加,大气中的气溶胶经过吸湿增长而导致能见度下降^[12-13]。进一步对湿度进行划分后发现,在高湿(相对湿度 > 80%)条件下,2 款能见度仪观测数值与相对湿度的相关性增大,这说明在高湿条件下,能见度数值与相对湿度的负相关关系更为显著。图 4 是 2 款能见度仪的小时平均能见度与小时雨量之间的时序变化图,其中黑色实线为小时平均能见度观测值,红色柱形是小时雨量值。从图可发现,当出现降水时(黑色虚线框所示),相对湿度处于高湿状态,而 2 款能见度仪观测值会变小,这也进一步验证能见度值与相对湿度存在负相关性。

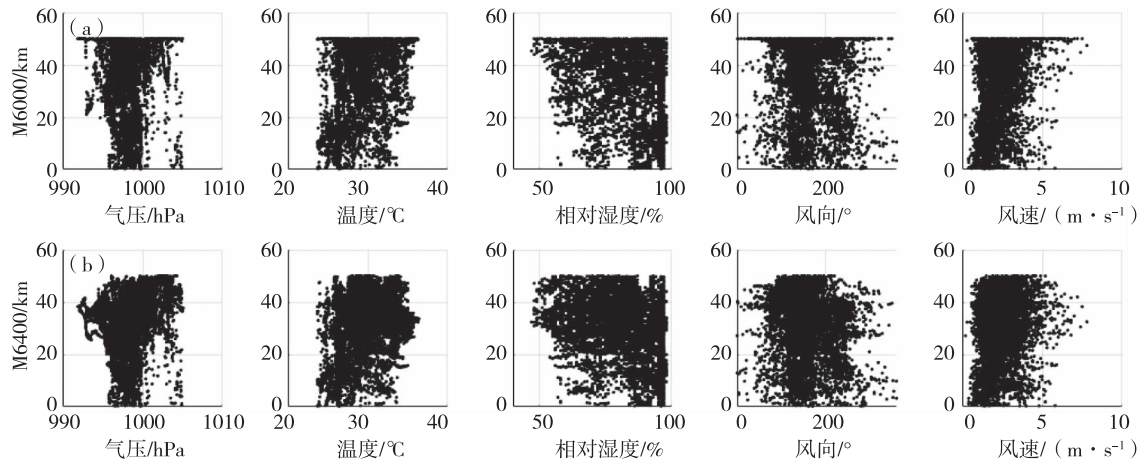


图 3 2021 年 6 月 11 日—7 月 11 日 M6000(a)与 M6400(b)观测分钟平均能见度随相对湿度、气温、气压、风速和风向的变化

Fig. 3 The minute average visibility of M6000 (a) and M6400 (b), which changing with relative humidity, air temperature, air pressure, wind speed and wind direction respectively from June 11 to July 11, 2021

2.3.2 观测偏差的日变化分析 研究发现,能见度观测值与湿度和气压相关性比温度、风向和风速的要更高。相对湿度的高低与降水有关,而气压在一天当中也存在高低变化。因此,本节将进一步对 2 款能见度仪在不同时刻观测差异的特征以及受气象要素日变化开展研究。

将数据按天分类,并通过降水与否划分晴天(24 h 累积降水量为 0)和雨天(24 h 累积降水量不为 0)。按照晴天、雨天分别给出不同时刻 2 款能见度仪观测值的相关系数存在日变化情况和对应的相对湿度和气压日变化图(图 5)。

表 4 2 款能见度观测值及其差值与不同气象因子间的相关系数表

Tab. 4 Correlation coefficients between the two types of visibility observations and their differences with different meteorological factors

能见度变量	相对湿度		温度	气压	风速	风向
	全部	>80%				
Vis ₆₀₀₀	-0.30	-0.37	0.21	0.22	0.19	-0.15
Vis ₆₄₀₀	-0.28	-0.38	0.17	0.32	-0.15	0.19
Vis ₆₄₀₀ - Vis ₆₀₀₀	0.13	0.10	-0.18	0.16	0.02	0.02

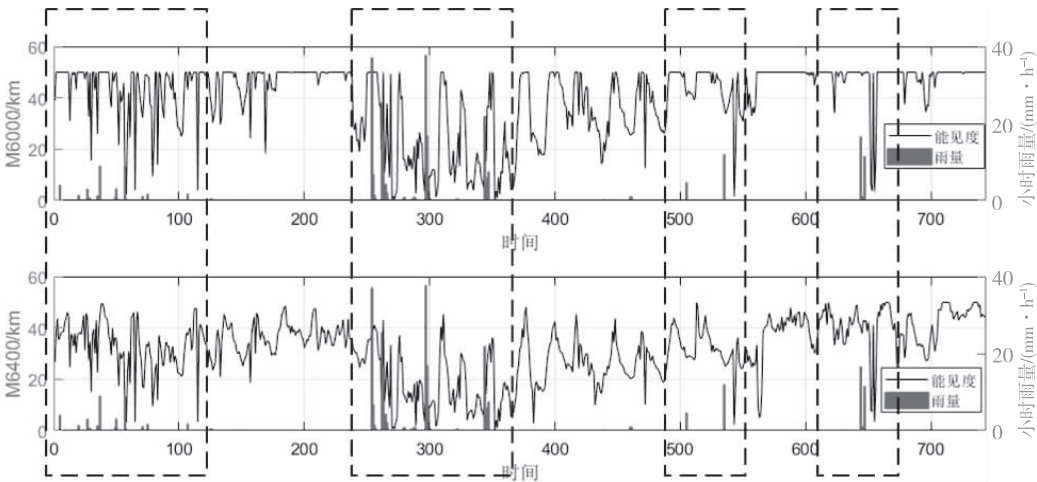


图 4 2021 年 6 月 11 日—7 月 11 日 M6000 与 M6400 观测小时平均能见度与小时雨量之间的时序变化

Fig. 4 Time series changes between the hourly average visibility and hourly rainfall of M6000 and M6400 observations respectively from June 11 to July 11, 2021

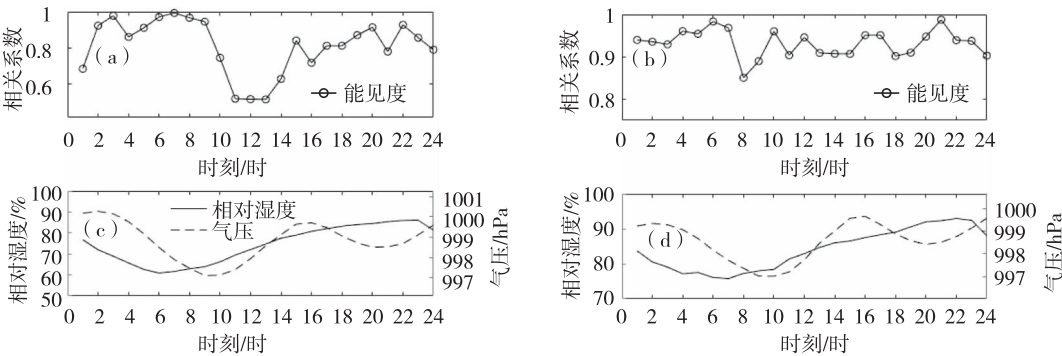


图 5 M6400 和 M6000 能见度仪观测值的相关系数日变化和相对湿度和气压日变化(a、c:晴天;b、d:雨天)

Fig. 5 The daily change of correlation coefficient and the daily change of relative humidity and air pressure of the observed values of M6400 and M6000 visibility observers (a、c: sunny; b、d: rainy)

从图 5a 可见,在晴天时,2 款能见度仪在不同时刻的相关系数是呈现“高一低一高”的变化特征,11—13 时期间出现相关系数低值区。同时结合气压的日变化图发现气压的日变化也呈现相似的变化特征,但与相对湿度的日变化特征关系较弱。从图 5b 可见,雨天时 2 款能见度仪在不同时刻的相关系数呈现小幅波动的变化,相关系数均在 0.85 以上。结合气压日变化图可见气压的日变化特征与相关系数日变化特征相似,而相对湿度呈现先低后高的变化特征,数值整体在 70% 以上,在高湿状态

时,相关系数在 0.9 左右。将晴天时与雨天时的统计量作对比可知,雨天日平均相关系数(0.93)比晴天(0.82)时要高,因此,2 款能见度仪在雨天时一致性比晴天时高。

3 结语

① 2 款能见度仪的分钟平均数值的变化趋势较为一致,两者相关系数达 0.92。在能见度较低时相关性更好,随着能见度的增加,离散度增大。

(下转第 120 页)

文章编号:2096 - 5389(2022)05 - 0111 - 04

HY - WP1A 天气现象视频智能观测仪的 业务运行和日常维护

刘 锐,黎 亮,何文常

(四川省巴中市气象局,四川 巴中 636000)

摘 要:天气现象视频智能观测仪投入业务试运行以来,较好地解决了云、地面凝结现象、雪等天气现象(气象要素)的自动化观测。但是该仪器的结构复杂、参数设置较多、维护要求较高,需要业务人员具有较强的理论知识和动手能力。该文从仪器结构、工作原理、安装要求、业务运行等方面对该仪器进行了介绍,让业务人员更加了解天气现象视频智能观测仪的使用,为排查相关故障提供技术支撑。

关键词:HY - WP1A;视频智能仪;天气现象;维护维修

中图分类号:P415 **文献标识码:**B

Operation and Daily Maintenance of HY - WP1A Weather Phenomenon Video Intelligent Observation Instrument

LIU Rui, LI Liang, HE Wenchang

(Bazhong Meteorological Bureau of Sichuan Province, Bazhong 636000, China)

Abstract: Since the weather phenomenon video intelligent observation instrument was put into business trail operation, it has better solved the automatic observation of cloud, ground condensation, snow and other weather phenomena (meteorological elements). However, owing to the complex structure of the instrument, more parameter settings, high maintenance requirements, business personnel need to have strong theoretical knowledge and practical ability. This paper introduces the instrument from the aspects of its structure, working principle, installation requirements and service operation, so that business personnel can better understand the use of weather phenomenon video intelligent observation instrument, and provide technical support for troubleshooting related faults.

Key words: HY - WP1A; video intelligent instrument; weather phenomenon; maintenance

0 引言

地面气象观测自动化改革业务运行后,天气现象(或气象要素)实现全面自动化观测,总云量、云高、露、霜、结冰、雷暴等 6 项天气现象由国家级业务单位采用自动综合判识开展观测^[1],雾凇、雨凇、积雪和雪深作为省局自定观测项目,多以人工观测为主。而天气现象视频智能观测仪(以下简称视频智

能仪)是应用计算机视觉和深度学习技术,通过不同角度的多个摄像机采集图像和视频数据,利用图像识别、深度学习、数据融合等技术,对视频采集器拍摄的天气现象(或气象要素)实现自动观测识别,其中总云量、结冰、积雪和雪深等主要采用计算机视觉原理,云状、地面凝结现象(霜、露、雨凇、雾凇)等主要采用深度学习原理^[2]。该仪器的使用极大地提升了气象观测现代化水平。

收稿日期:2021 - 10 - 08

第一作者简介:刘锐(1990—),男,工程师,主要从事地面气象观测工作,E-mail:735530076@qq.com。