

FD12P 探测天气现象与人工观测天气现象的对比分析

燕建军 赵西伟

(民航华北空管局气象中心, 北京, 100621)

摘要: 芬兰 VAISALA 公司研制的 FD12P 型能见度和天气现象仪是一种综合了光学前散射测量、电容降水感应和温度测量的智能传感器^[1]。为了明确它在实际工作中的参考价值, 本文对首都机场东跑道南端 (36R) 2010 年 10 月 1 日至 2011 年 9 月 30 日的仪器测量天气现象和人工观测天气现象的全年度 1051200 分钟数据逐一进行了统计、对比和分析, 得出了降水类天气现象和视程障碍类天气现象的可参考度, 为观测员在实际工作中合理使用 FD12P 天气现象仪提供了较好的借鉴和参考。

关键词: 天气现象; 人工观测; FD12P; 响应概率; 一致率

0 引言

天气现象是指发生在大气中、地面上的一些物理现象, 包括:降水、地面凝结、视程障碍、雷电等其它现象[2]。能够准确观测和报告天气现象对天气预报、气候分析、防灾减灾、保障交通, 特别是对保障民航运输有着重要意义[3]。目前, 我国民航是根据观测员在观测场或观测平台观测到的现象和听到的声音来判断本地发生天气现象种类的[2]。而芬兰 VAISALA 公司研制的 FD12P 型能见度和天气现象仪由一个散射能见度仪, 一个降水检测系统传感器以及温度等传感器组成, 并通过对这些数据变量的逻辑分析来判定天气现象的[3]。

在多年的使用过程中, FD12P 天气现象仪给我们的实际观测工作带来了很大的帮助, 特别是在夜间视线不好时, 它可以随时提供天气现象和能见度信息, 有效的提高了观测员为预报员和管制员提供重要气象信息的及时性。但 FD12P 在给使用者提供了大量重要信息的同时, 我们也发现其提供的数据有时和实际观测结果又有较大的差异甚至错报和漏报。因此, 要想充分发挥仪器自身的优点和特点, 最大程度的服务于安全生产, 我们必须充分的了解它, 认识它, 并能够合理的使用它。本文正是通过对首都机场大量实际数据的统计、对比和分析, 分别总结出人工观测和仪器探测的优缺点, 以及仪器在各种不同情况下的参考建议, 对 FD12P 使用者的实际观测和服务工作有着较好的借鉴和指导作用。下面以首都机场为例, 对 VAISALA 公司研制的 FD12P 型能见度和天气现象仪的使用情况其进行对比分析。

1 资料的选用

本文选用 2010 年 10 月 1 日至 2011 年 9 月 30 日 (共 12 个月) 的人工观测天气现象和 FD12P 仪器在东跑道南端 (36R) 处探测到的天气现象数据。所有数据均为每分钟采样一次, 全年度共有 1051200 组数据。本文通过对这些数据的统计和筛选, 最终去除部分无效数值,

共筛选出 302862 组有效数据，按降水和视程障碍两种不同类型分别进行统计。

2 资料统计

2.1 全年度重要天气日数统计

表 1 为首都机场 2010 年 10 月至 2011 年 9 月全年度人工观测的重要天气现象日数，其它未在表中出现的天气现象在该年度内未出现。

表 1 首都机场年度人工观测的天气现象的日数表

天气现象种类	降水类		视程障碍类							
	RA	SN	BR	HZ	FU	DU	BLSA	SA	BLDU	FG
日数	84	7	174	151	38	14	14			5

统计得出，全年度人工观测到的降雨（RA）共计 84 天，降雪（SN）7 天，烟（FU）38 天，霾（HZ）151 天，浮尘（DU）14 天，轻雾（BR）174 天，雾（FG）5 天，高吹沙（BLSA）、高吹尘（BLDU）、扬沙（SA）合计共 14 天。下面分别对降水类天气现象和视程障碍类天气现象进行统计。

2.2 降水资料的统计

在本文统计的 12 个月的资料中，人工观测到的降水日数为 91 天，共 133 次，降水总时间为 19189 分钟。仪器观测到的降水日数为 89 天，共 131 次，降水总时间为 17902 分钟。其中仪器首先探测到降水 47 次，人工首先观测到降水 101 次，同时观测到降水 14 次。其中年度降水次数响应概率为： $131 \text{ 次}/133 \text{ 次} \times 100\% = 98.5\%$ 式（1）。

年度仪器与人工观测的降水总时间响应概率为： $17902 \text{ 分钟}/19189 \text{ 分钟} \times 100\% = 93.3\%$ 式（2）。

仪器探测到的降水时间与人工观测降水的重叠时间为 16436 分钟，年度仪器降水响应概率为： $16436 \text{ 分钟}/19189 \text{ 分钟} \times 100\% = 85.65\%$ 式（3）。

表 2 年度人工观测与 FD12P 探测到的降水种类、时间一致情况的对比表

人工观测 (分)		仪器测量时间		一致率	不一致率	人工观测 (分)		仪器测量时间		一致率	不一致率
-RA	6841	无显示	1090		15.93%	-SHRA	9697	无记录	1609		16.59%
		-RA	2097	30.65%				-RA	1710		17.63%
		RA	742		10.85%			RA	1117		11.52%
		+RA	36		0.53%			+RA	430		4.43%
		-SHRA	1763		25.77%			-DZ	483		4.98%
		SHRA	148		2.16%			DZ	66		0.68%
		-DZ	481		7.03%			+DZ	9		0.09%
		DZ	480		7.02%			-SHRA	3158	32.57%	
		+DZ	4		0.06%			SHRA	706		7.28%

RA	12	+RA	12		100.00%			SHRA	384		3.96%
-SN	1998	-SHSN	98		4.90%	SHRA	499	SHGR	11		0.11%
		+FZRA	14		0.70%			SHGR	14		0.14%
		-FZRA	183		9.16%			无记录	2		0.40%
		SN	14		0.70%			-SHRA	23		4.61%
		-SG	60		3.00%			SHRA	90	18.04%	
		-SN	961	48.10%				+SHRA	228		45.69%
		-PL	260		13.01%			-RA	5		1.00%
		-RASN	52		2.60%			RA	77		15.43%
		-RA	10		0.50%			+RA	63		12.63%
		-SHRA	82		4.10%			-DZ	1		0.20%
		-FZDZ	186		9.31%			DZ	2		0.40%
		-SHRASN	7		0.35%			SHGR	8		1.60%
		-SHPL	19		0.95%	SHRA	142	+SHRA	104	73.24%	
		无记录	52		2.60%			+RA	15		10.56%
								SHGR	6		4.23%
无记录	1466	-RA	203					SHGR	17		11.97%
		RA	78			人工总降水时间：19189 分钟					
		+RA	1			仪器总降水时间：17902 分钟					
		-SHRA	878			仪器与人工重叠时间：16436 分钟					
		SHRA	160			仪器空报时间：1466 分钟					
		-DZ	109			准确时间：6410 分钟					
		-SN	6								
		-SHSN	31								

各月的响应概率如图 1 所示，其中 2010 年 11 月和 2011 年 1 月仪器和人工均没有测到降水，故不做统计处理。

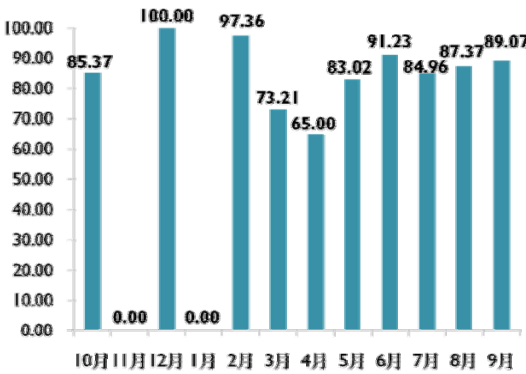
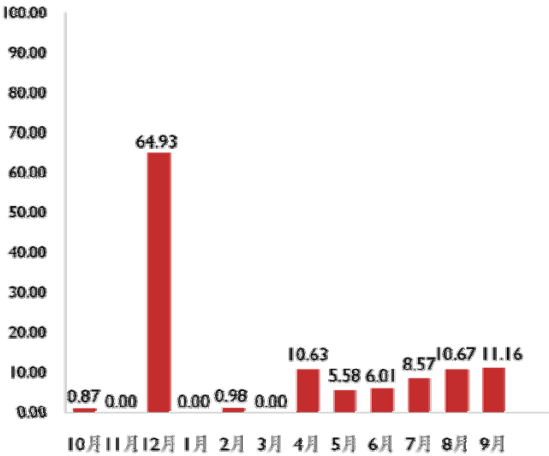


图 1 FD12P 降水各

月响应概率

2.3 FD12P 的空报率



当 FD12P 感应有降水而人工没有观测到降水而时，我们认为是仪器空报。在全年度仪器探测到的 17902 分钟降水中，共有 1466 分钟当时人工没有观测到降水。

年度空报率为：1466 分钟/17902 分钟*100%=8.19%式（4）。

其中各月的空报率如图 2 所示。

图 2 FD12P 降水各月空报率

通过对数据的统计、分析并结合实际工作，笔者发现仪器产生空报主要有 4 个方面的原因：①地理位置不同：由于人工观测地点同仪器安装位置相距 860 米，降水的实际起止时间不同；②环境影响：小鸟喜欢在 FD12P 的镜头罩里遮风、避寒；③人为影响：机务员对设备镜头进行清洁的时候，会有短时的降水误报；冬季场务对跑道进行除冰雪时会造成仪器误报降水；④设备误报：也曾经发现过不明原因的仪器误报降水。

2.4 完全一致率统计

全年度人工观测总降水时间为 19189 分钟，仪器探测总降水时间为 17902 分钟，其中仪器与人工降水种类、性质和强度完全一致的时间为 6410 分钟。

全年度仪器与人工观测降水时间完全一致率为：6410 分钟/17902 分钟*100% =35.80%式（5）。

各月的完全一致情况如图 3 所示。

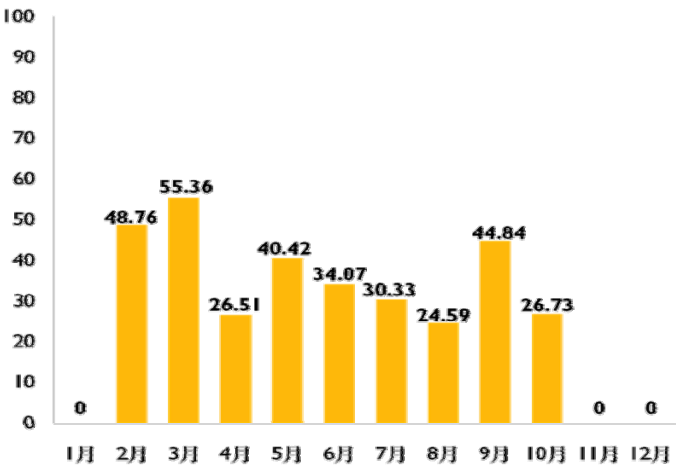


图 3 各月完全一致率

2.5 统计结果分析

从统计结果来看，仪器与人工所测降水的响应率为 85.65%，而完全一致率仅为 35.8%。在统计过程中笔者发现，造成响应概率很高而完全一致率不高主要存在以下 5 个方面的原因：① 仪器判定性质、类型时与其他要素结合的不够。②仪器的强度判断标准不符合实际需求。③仪器判断天气现象的方法太机械。④仪器原理存在一定的局限性。⑤人工观测有一定的局限性。

2.5.1 仪器判定性质、类型时与其他要素结合的不够

人工观测判定天气现象的性质、类型时，会结合当时的云、能见度、风、温度、气压湿度等多项因素，而仪器判定天气现象时只能结合自身的探测数据，与其他要素结合的能力还显得很不够。如 2011 年 2 月 9 日至 10 日的一次降雪过程，在连续 19 个半小时的时间里，仪器共出现了 11 种天气现象，51 次的变化，而实际当天只是一个普通的雨层云降小雪的天气，全过程降水量 2.8MM，最高气温-2.2℃，最低-5.5℃。

2.5.2 强度判断的标准和方法不符合实际需求

人工观测判断降水强度时，对于一般的液态降水，根据观测员所看到的降水物的形态、下降情况以及地面积水情况综合判断当时的降水强度。对于毛毛雨和降雪，观测员根据该天气现象对能见度的影响判定其强度。当由于该天气现象使能见度下降到 1000 米及以上时，判定为小或轻的，当由于该天气现象使能见度下降到 1000 米以下至 500 米及以上时，判定为中等强度，当由于该天气现象使能见度下降到 500 米以下时，判定为大或强的。对于冰雹、米雪，观测员是根据该现象的下降情况和地面积累速度来判定其强度的，当积累速度缓慢或无积累时，为小，当积累速度一般时，为中，当积累速度较快或快时，为大。^{[2] [4]}

2.5.3 仪器判断天气现象的方法太机械

人工观测的降水是根据综合气象状况来确定当时的天气现象的，并根据气象状况的实际变化适时的转换天气现象种类的，具有更好的连贯性和客观性。而仪器判断降水种类是机械式的灵敏，只以量化的形式来判断天气现象，造成仪器观测天气现象的性质、强度、种类经常会频繁发生变化。在统计过程中我们还发现，仪器测量降水时，经常是前 2 分钟为-RA，而后转为-DZ，几分钟后再转为其他降水类型，这种情况在 131 次降水记录中共出现 46 次，概率为 35%，可见其机械的程度。

2.5.4 仪器原理存在一定的局限性

FD12P 是通过 33° 角的前散射测量和电容降水感应测量、温度相结合，判断降水性质、类型和强度。在光学测量中，仪器接收到的散射光强度与水滴的尺寸和密度有关。液态降水，水量和雨滴的体积相等，固态降水，水量比颗粒尺寸小很多，此时，仪器会更多的参考感雨器的电容量的变化。图 4 是 FD12P 的降水类型判断模型，仪器根据接收到的散射光的强度与电容量的比值并结合当时仪器自身测到的温度来判断降水的种类。^[3]

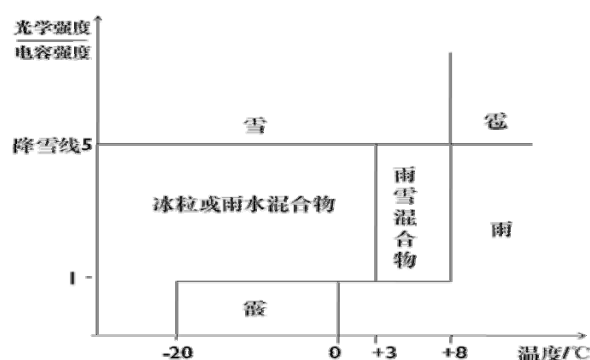


图 4 FD12P 的降水类型判断模型

不足之处是：①不能很好的识别毛毛雨和混合降水（毛毛雨和雨；雨和雪）；②在大风等恶劣天气下或降水强度小时识别降水类型精度差；③对 0 摄氏度左右降水区分困难；④仪器能够识别强度在 0.05mm/h-250mm/h 降水，（当强度小于 0.05mm/h-0.005mm/h 时为毛毛雨）和滴谱直径范围在 0.16mm-8mm, 粒子速度范围在 0.2-20m/s 的粒子，超出范围将无法识别^[3]。

2.5.5 人工观测有一定的局限性

人工观测由于受生理、心里和个人业务水平不同等因素影响，在判断天气现象时难免会有一定的主观性、局限性和差异性。①人工观测受时空影响大，观测地点只能在观测点附近，不能兼顾更大范围，而仪器可以同时安装在多点。②人工观测连续性差，因为任何人不可能全天 24 小时每分钟不间断的连续观测。③观测人员的业务水平和生理条件影响观测结果。

3 视程障碍类天气现象的统计

在民航地面观测规范中，视程障碍类现象共 3 类 17 种，包括各种雾现象；烟尘霾现象；各种风沙现象^[4]。其中 BR、FG、FZFG、FU、DU、HZ、SA、BLSA 和 BLDU 共九种现象在该年度人工观测中被观测到，而仪器只观测到了 BR、FG、FZFG 和 HZ 四种现象，其它均未探测到。

3.1. 数据统计

表 3 是年度人工观测到的视程障碍现象与仪器探测到的视程障碍现象的对照情况，资料全部选取的是仪器自测能见度值 5000 米以下的数据。

表 3 视程障碍现象对照表

人工观测天气现象时间（分钟）		仪器测量天气现象时间		一致率	不一致率
BR	87671	BR	83374	95.10%	
		FG	4274		4.88%
		FZFG	23		0.03%
FG	725	FG	725	100.00%	
HZ	31503	BR	26158		83.03%

		FG	255		0.81%
		HZ	5090	16.16%	
BLDU	2471	无记录	2057		83.25%
		BR	125		5.06%
		HZ	289		11.70%
DU	282	HZ	147		52.13%
		BR	135		47.87%
SA	51	BR	51		100.00%
BLSA	1002	无记录	425		42.42%
		HZ	577		57.58%
FU	8210	BR	6652		81.02%
		HZ	1558		18.98%

3.2 对比分析

从统计结果看，全部视程障碍现象的一致率为 67.61%，其中轻雾和雾的一致率分别是 95.1%、100%，霾的一致率为 16.16%，其它现象没有一致的时段。可见，在所有视程障碍现象里，只有各种雾现象的一致情况比较好，而综合其它现象来看，除了 HZ 有 16.16%的一致率外，其余现象均未被探测到。在统计中笔者发现，产生上述现象主要是由于人工观测雾和轻雾出现的时间较长，而仪器又恰好把相对湿度 41%以上的视程障碍现象都报成了雾或轻雾，41%以下的视程障碍现象都报成了霾。

3.3 工作原理

图 5 为 FD12P 工作原理图。FD12P 前散射仪通过测量光的散射评估出消光系数，其中高散射强度对应高消光系数，为低能见度；低散射强度对应低消光系数，为高能能见度^[3]。散射的光通量与消光系数成正比（吸收通常可以忽略）（注：只有部分散射光被测量到），散射光越强，代表空气中杂质越多，能见度就越差，反之亦然^[3]。该值比较好的反映了大气的浑浊程度，对实际能见度有线性的反映。

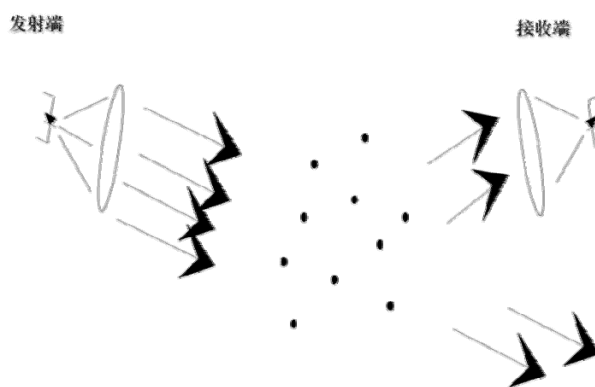


图 5 FD12P 工作原理图

3.4 仪器存在的不足

1) 只考虑了空气中质粒对光的总衰减（散射），未考虑粒子的种类的光散射区别，造成其不能清楚的区分雾、烟、尘、霾、沙等。

2) 只考虑了正常光的散射接收，没有考虑对光污染的接收，造成能见度差时，仪器输出

数值多小于人工观测能见度数值。

3) 没有很好的结合相对湿度、现象的气味、颜色和散射波长等因素。

4 结论

本文通过对首都机场一年人工观测和 FD12P 探测天气现象数据的统计、对比和分析，得出如下结论。

4.1. 降水类

1) 由于仪器的降水响应概率较高，因此在判断降水起、止时有比较好的参考。

2) 对于降水性质来说，仪器不能合理的综合云等其他要素而且性质多变，因此可参考价值较小，不建议参考。

3) 对于降水强度来说，虽然依据不同，自身也有一定的误差，但还是有较强的指向性，可以根据经验，结合《中国民航气象地面观测规范》，借鉴性的参考。

4) 在判断降水种类时，由于温度在 0℃ 附近时的降水和毛毛雨、米雪、冰粒等误差比较大，不建议参考；其它情况可适当参考。

4.2 视程障碍类

1) FD12P 天气现象仪不能很好的识别空气中影响能见度粒子的种类和性质，因此在判断视程障碍类天气现象的种类时没有参考价值。

2) 尽管 FD12P 在低能见度时受干扰的程度比高能见度时更明显，使得能见度值比实际值有明显偏低，但仍然有比较好的趋势性指导，因此，可以参考能见度的变化趋势。

参考文献：

- [1] 刘成. FD12P 型散射仪能见度观测值与人工观测值对比分析[J], 气象水文装备, 2011, 22 (6) : 56-57.
- [2] MH/T 4016.1—2007, 民用航空气象 第一部分: 观测和报告[S].
- [3] 高太长. 降水测量技术现状与展望[J]. 气象水文装备, 2012, 23 (6) : 1-7 .
- [4] 芬兰 VAISALA 公司, 《FD12P 用户手册》[Z]. 芬兰: VAISALA 公司, 2006.
- [5] AP-117-TM-02R1, 民用航空气象地面观测规范[Z].