

顾光芹, 田国强, 梁秀慧, 等. 河北省雾凇和雨凇气候特征及气象条件分析[J]. 气象, 2012, 38(5): 561-568.

河北省雾凇和雨凇气候特征及气象条件分析^{*1}

顾光芹^{1,2} 田国强² 梁秀慧² 全美然³

1 河北省气象与生态环境重点实验室, 石家庄 050021

2 河北省气候中心, 石家庄 050021

3 河北省气象台, 石家庄 050021

提 要: 利用 1980—2009 年河北省 142 个气象站的雾凇、雨凇资料、河北省南部 94 个气象站的地面观测资料和邢台探空资料, 分析了河北省雾凇、雨凇的时空分布特征; 利用箱线图分析了河北省南部适宜雾凇、雨凇出现的温度、湿度和风速等气象条件。结果表明: (1) 在空间分布上, 雾凇、雨凇主要出现在河北省南部, 东部平原多, 西部山区少; 在时间分布上, 雾凇、雨凇均出现在 11 月至次年 3 月。(2) 适宜雾凇出现的气象条件是雾日并且气温在 $-7.2 \sim -3.1^{\circ}\text{C}$ 之间、相对湿度 $\geq 92\%$ 、风速 $\leq 1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 雾凇出现时, 95% 的情况出现了逆温层。(3) 适宜雨凇出现的气象条件是雨日并且气温在 $-4.1 \sim 0^{\circ}\text{C}$ 之间、相对湿度 $\geq 87\%$; 雨凇出现时均有逆温层出现。(4) 雾凇、雨凇高值区的相对湿度明显高于低值区, 因此相对湿度大是雾凇、雨凇高值区形成的主要原因。

关键词: 雾凇, 雨凇, 时空分布, 气象条件, 逆温层

Analysis of Climatic Features and Meteorological Conditions of Rime and Glaze in Hebei

GU Guangqin^{1,2} TIAN Guoqiang² LIANG Xiuhui² TONG Meiran³

1 Hebei Key Laboratory for Meteorology and Eco-Environment, Shijiazhuang 050021

2 Hebei Climate Centre, Shijiazhuang 050021

3 Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021

Abstract: Using rime and glaze observation data at 142 stations in Hebei Province, surface observation data at 94 stations in the southern Hebei Province and radiosonde data at Xingtai from 1980 to 2009, the spatial and temporal distribution characteristics of rime and glaze are analyzed, and suitable meteorological conditions (temperature, humidity and wind) for rime and glaze are studied by the box-whisker plot. The results show that: (1) rime and glaze occur mainly in the southern Hebei Province from November to March the following year, and they are more frequent in eastern plains than western mountains; (2) the suitable meteorological conditions for rime are on fog days, and daily mean temperature is between -7.2 and -3.1°C , daily mean humidity $\geq 92\%$, daily mean wind speed $\leq 1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, and the probability of temperature inversions is about 95% when rime occurs; (3) the suitable meteorological conditions for glaze are rain days and daily mean temperature is between -4.1 and 0°C , daily mean humidity $\geq 87\%$, and probability of temperature inversions is 100% when glaze occurs; (4) relative humidity in the high value area of rime and glaze is significantly higher than low value area. Therefore, higher relative humidity is the main cause for the formation of high occurrence area of rime and glaze.

Key words: rime, glaze, spatial and temporal distribution, meteorological conditions, inversion layer

* 华北电网有限公司 2010 年科技项目 (SLLKJ003-1482) 资助

2011 年 4 月 9 日收稿; 2012 年 1 月 10 日收修定稿

第一作者: 顾光芹, 主要从事应用气象、气象灾害研究. Email: ggq8588@sina.com

引言

输电线路舞动是不均匀覆冰导线在风的作用下产生的一种低频率、大振幅的自激振动,容易引起闪络、跳闸,甚至引发绝缘子损坏、导线断股、断线,杆塔螺栓松动、脱落等严重事故,从而造成重大经济损失^[1]。2010年1—2月,河北省南部电网发生了两次输电线路舞动,这两次线路故障均是在雨淞出现的气象条件下发生的,研究雾淞、雨淞的气候特征及气象条件对电网风险评估和安全运行具有重要意义。

国内有些专家对雾淞、雨淞进行了研究,吴素良等^[2]分析了雨淞、雾淞及混合淞的分布特征与物理特征,得出陕西省电线积冰以雨淞最多,雾淞次之,混合淞最少。经历2008年南方低温雨雪冰冻灾害之后,一些学者对灾害成因和过程进行了分析^[3-7],王怀清等^[3]分析了江西省雨淞天气的时空分布规律,得出山区多于平原和丘陵的结论,并对历年雨淞过程的持续时间、影响范围和年雨淞天数等时间序列进行了重现期分析;廖慕科等^[4]通过对比分析2008年1月中旬雨淞形成过程中纬度相近的4个探空站资料,得到地面气温、1000 hPa气温及中低层逆温的存在对雨淞形成起关键作用;王遵娅等^[5]分析了我国冰冻出现时的气象要素特征,研究了冰冻日判别模型。王凌、高辉等^[6-7]对2008年1月我国大范围低温雨雪冰冻灾害的气候特征和成因进行了分析。由于雾淞和雨淞在不同的气象条件下形成,有必要对雾淞和雨淞的气象条件分别进行研究^[8-9]。河北省雾淞、雨淞主要出现在河北省南部,对河北省南部雨淞、雾淞的气候分布特征和气象条件进行重点研究,其分析结果可为电力部门提供气象服务和技术支持,也可为雾淞和雨淞的预报提供参考。

1 资料和方法

1.1 资料

所用资料:1980—2009年河北142个气象观测站的雨淞、雾淞资料;河北省南部94个气象观测站的温度、气压、相对湿度、降水量、降水日数和风速等资料。

1.2 有关定义和分析方法

雾淞、雨淞站日规定:当某测站某日观测到雾淞,则定义该测站为一个雾淞站日;同样,当某测站某日观测到雨淞,则定义该测站为一个雨淞站日。

依据国家气象信息中心编制的质量控制方案,逆温层厚度用公式(1)计算:

$$H_{n,n+1} = (R_d/g)(T_{V_n} + T_{V_{n+1}})/2\ln(P_n/P_{n+1}) \quad (1)$$

式中, R_d 为干空气的比气体常数, T_{V_n} 和 $T_{V_{n+1}}$ 分别为 n 和 $n+1$ 层的虚温, P_n 和 P_{n+1} 分别为 n 和 $n+1$ 层的气压。

$$T_{V_n} = T_n(1 + 0.378E_n/P_n)$$

$$T_{V_{n+1}} = T_{n+1}(1 + 0.378E_{n+1}/P_{n+1})$$

式中, T_n 和 T_{n+1} 分别为 n 和 $n+1$ 层的绝对气温, E_n 和 E_{n+1} 为 n 和 $n+1$ 层的饱和水汽压。

本文主要采用相关分析、要素的经验频率分布、箱线图^[10]和对比分析等方法进行统计分析。若某要素的样本为 $\{x_n | n=1, 2, \dots, N\}$, N 为样本个数,计算其经验频率:根据样本的位置特征统计量 a 、 b 把样本的取值区间 $[a, b]$ 分成 K 个等距且彼此互不相交的子区间,分点为 $a_0 < a_1 < \dots < a_k < \dots < a_K$,这里 $a_0 \leq a$, $a_k > b$;经验频率 $f_k = N_k/N$,其中 N_k 为经验频数,即落入子区间 $[a_{k-1}, a_k]$ 内样本的个数,显然有 $\sum_{k=1}^K f_k = 1$ 。

箱线图法是利用一组样本的5个特征值来鉴别数据的异常值、判断数据的偏态和尾重,这5个特征值是最大值、最小值、中位数 x_m 、下四分位数 $Q_L = (N+1)/4$ 、上四分位数 $Q_U = 3(N+1)/4$;连接两个四分位数画一个箱子,在箱子内部中位数 x_m 的位置上画出中位线,在 $Q_U + 1.5(Q_U - Q_L)$ 和 $Q_L - 1.5(Q_U - Q_L)$ 处画两条线段,称为异常值截断点,这两条线段以外的点为异常值。

2 河北省南部雾淞、雨淞的气候特征

2.1 雾淞、雨淞的空间分布特征

由于河北省雾淞、雨淞主要出现在南部(图1),因此仅对河北省南部(94个站点)的雾淞、雨淞进行分析。30年来,河北省南部共出现雾淞站日13177天,每个站点平均140天,每年平均439天,雾淞站

日数平均年分布特征以太行山东麓平原最多(图 1a),中心位于邯郸东部、邢台中部、石家庄、保定东部,宁晋最多达 293 天,西部山区最少,涉县仅有 4 天;共出现雨凇站日数 864 天,每个站点平均

9.2 天,每年平均 28.8 天,雨凇站日数的分布趋势与雾凇的空间分布基本相似(图 1b),平原多于山区,邢台和邯郸为雨凇站日数高值区,广平出现最多为 47 天,西部山区很少。

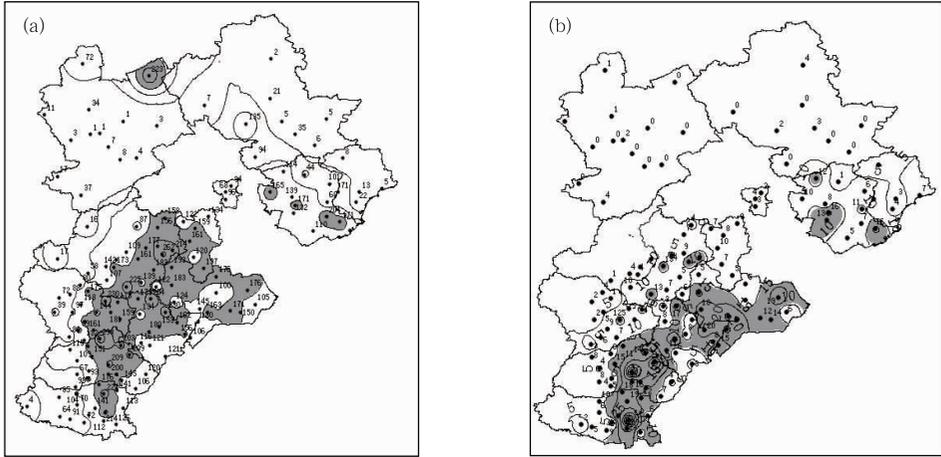


图 1 河北省年雾凇站日数(a)和年雨凇站日数(b)分布图(单位:d)

Fig. 1 The distributions of annual rime days (a) and glaze days (b) in Hebei

2.2 雾凇、雨凇的年际变化特征

图 2 为雾凇、雨凇站日数的年际变化,30 年来,河北省南部雾凇站日数总体呈减少趋势;1980—1994 年期间,雾凇站日数呈上升趋势;1995 年开始雾凇站日数呈下降趋势且趋势非常明显,其中 2008 年最少,仅有 42 天(见图 2a)。河北省南部雨凇站日数也呈减少趋势(图 2b);近 7 年雨凇站日数

减少很快,其中 5 年雨凇站日数为 0,2007 年为 1 天,2009 年为 2 天。雨凇站日数最多的年份为 1987 年,出现雨凇站日数为 229 天,其主要原因为一次大范围的雨雪天气过程所致,这次过程中,河北南部近 40 个站点出现雨凇,有的站点连续 5 天出现雨凇;次多年为 1986 年,出现雨凇站日数为 105 天。

2.3 雾凇、雨凇的月分布特征

河北省南部雾凇、雨凇均出现在 11 月至翌年的 3 月,雾凇最早出现日期为 1992 年的 11 月 9 日,最晚为 1991 年的 3 月 31 日;雨凇最早出现日期是 2000 年的 11 月 9 日,最晚出现日期是 1991 年的 3 月 14 日,邢台和邯郸是出现雨凇时段最长的地区,也是雨凇出现频次最多的地区。

表 1 给出各月雾凇、雨凇站日数的分布情况,可以看出,雾凇、雨凇的月际变化非常明显。1 月出现雾凇和雨凇的日数最多,分别占 40.6% 和 35.2%,

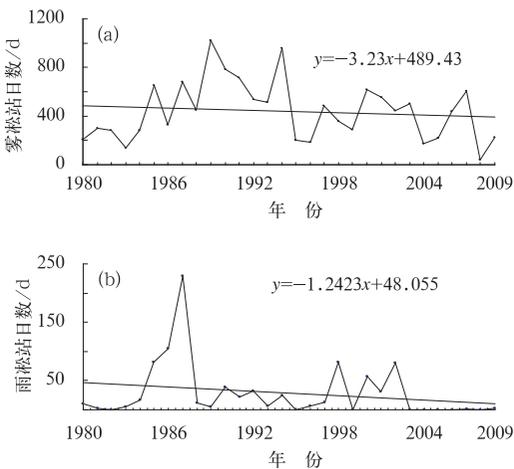


图 2 河北南部雾凇站日数(a)和雨凇站日数(b)的年际变化(单位:d)

Fig. 2 The annual variations of rime days (a) and glaze days (b) in the southern of Hebei (unit:d)

表 1 河北南部各月雾凇、雨凇站日数

Table 1 The rime days and glaze days for different months in the southern Hebei

月份	11	12	1	2	3
雾凇站日数/d	896	5020	5351	1723	187
所占比例/%	6.8	38.1	40.6	13.1	1.4
雨凇站日数/d	154	269	304	122	15
所占比例/%	17.8	31.1	35.2	14.1	1.7

12 月次之,分别占 38.1% 和 31.1%。从雾凇、雨凇站日数的逐旬数据分析,雾凇和雨凇主要集中在 11 月 20 日至次年 2 月 20 日,分别约占全年的 95% 和 91%。

2.4 雾凇、雨凇的逐时分布特征

为了分析雾凇和雨凇在 1 天中出现的时段,利用有夜间观测记录的气象站观测资料分析雾凇和雨凇逐时出现的次数。图 3 为雾凇和雨凇逐时变化图,结果表明,雾凇和雨凇对气温非常敏感,其日变化曲线与气温变化曲线非常相似,高发时段在 06—11 时。雾凇在 08 时出现时次数最多,占 10%,雨凇在 08 和 09 时出现时次数最多,占 6%,之后随着气温的升高,雾凇和雨凇出现时次数逐渐减少,16—20 时最少。

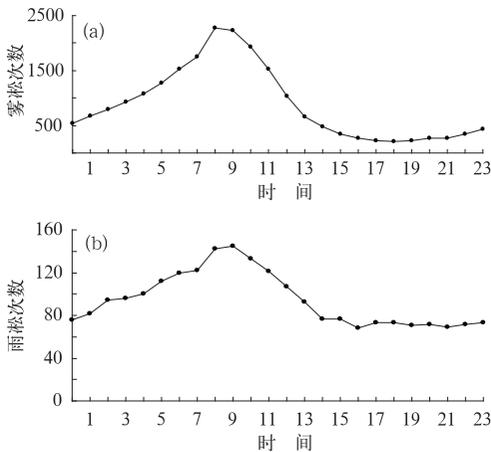


图 3 河北省雾凇(a)和雨凇(b)的逐时变化

Fig. 3 The hourly variations of rime (a) and glaze (b) in Hebei

3 雾凇、雨凇高空气象条件分析

3.1 雾凇的高空气象条件分析

雾凇形成有两种情况,一是在微风严寒的天气里,如果湿度很大,超过冰面饱和水汽压时,空气中水汽直接在地面物体上凝华形成雾凇,二是在微寒、浓雾、有风的天气,过冷雾滴在物体上冻结形成雾凇^[9]。河北南部 13177 个雾凇站日中有 12353 次伴随着雾的出现,占 94%,6% 的雾凇日没有出现雾,通过分析这些个例,发现没有雾伴随的雾凇日多数出现在两种情形下,一是当日至少一个时次湿度很大,在 90% 以上,通常气温低于 -8°C ,这种情况较好地符合雾凇形成的第一种情况,二是连续雾凇日,即雾凇日的前一天也是雾凇日。

逆温是气温随高度升高而递增的状况,逆温层下部温度露点差小,常有雾、露、霜等天气现象出现^[9],雾凇是雾伴随出现的天气现象,雾凇与逆温的关系应该是非常密切的,逆温特别是近地层逆温对雾凇的出现具有很强的指示意义。河北南部仅有邢台 1 个高空站,用该站逆温代表河北南部的逆温状况,用高度每升高 100 m 气温的升高值代表逆温强度。1980—2009 年,邢台共出现雾凇 67 天。通过对 67 次雾凇日 134 次探空资料分析,仅 7 次无逆温出现,其余 127 次均有逆温层出现,逆温层比较低,逆温层底高度平均 313.5 m,从地面开始出现逆温的次数为 45 次,逆温层底高度大于 600 m 的次数为 19 次。出现 2 层以上的逆温有 60 次,平均逆温层厚度 452 m,平均逆温强度为 $1.5^{\circ}\text{C} \cdot (100 \text{ m})^{-1}$,最

表 2 邢台出现雾凇时的逆温参数

Table 2 Inversion parameters when rime day occurs in Xingtai

逆温层底高度 H/m	$H=0$	$0 < H \leq 200$	$200 < H \leq 400$	$400 < H \leq 600$	$600 < H$
次数	45	31	26	6	19
逆温层厚度 $\Delta H/\text{m}$	$\Delta H < 200$	$200 \leq \Delta H < 400$	$400 \leq \Delta H < 600$	$600 \leq \Delta H < 800$	$\Delta H \geq 800$
次数	11	53	33	15	15
逆温强度 $\alpha/^{\circ}\text{C} \cdot (100 \text{ m})^{-1}$	$\alpha < 1.0$	$1.0 \leq \alpha < 2.0$	$2.0 \leq \alpha < 3.0$	$3.0 \leq \alpha < 4.0$	$\alpha \geq 4.0$
次数	52	46	16	6	7

大逆温层厚度为 1167.3 m,对应的逆温强度为 $0.65^{\circ}\text{C} \cdot (100 \text{ m})^{-1}$,逆温强度最大为 $8.1^{\circ}\text{C} \cdot (100 \text{ m})^{-1}$,对应的逆温层厚度为 72.2 m。表 2 为邢台出现雾凇时的 127 次逆温参数,可以看出,多数情况下,逆温层底高度在 400 m 以下,出现次数 102 次,

逆温层厚度在 200~600 m,出现次数为 86 次,逆温强度在 $2.0^{\circ}\text{C} \cdot (100 \text{ m})^{-1}$ 以下,出现次数 98 次。

3.2 雨凇的高空气象条件分析

分析表明,逆温是雨凇出现的主要原因^[7,11-12],

为此,以邢台为代表站分析了雨凇出现时的逆温状况。1980—2009年,邢台共出现雨凇站日数8天,通过对8个雨凇站日数的16次探空资料分析,均有逆温层出现。与雾凇逆温相比,雨凇逆温层底高度

较高,平均为1120.5 m,逆温层厚度较厚,为564 m,平均逆温强度为 $0.8^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$,逆温层厚度最大为1032.5 m,逆温强度最大为 $2.0^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$ (见表3)。

表3 邢台出现雨凇时的逆温参数

Table 3 Inversion parameters when glaze day occurs in Xingtai

年月日	08时			20时		
	逆温层底高度/m	逆温层厚度/m	逆温强度/ $^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$	逆温层底高度/m	逆温层厚度/m	逆温强度/ $^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$
19841211	300.8	746.5	0.7	223.6	778.6	0.6
19900128	1808.3	751.3	0.5	0	132.8	0.6
19981201	1705.7	1032.5	0.7	1752.1	700.7	1.2
19981202	1129	291.1	0.9	955.7	323.4	0.03
20001109	929.9	707.3	0.6	1187.3	253.1	0.6
20001110	2419.9	340.7	0.3	2234.2	910.2	0.6
20010119	1107	170.1	2.0	339	848.4	0.7
20021215	909.7	489.8	1.7	925.9	547.1	1.4

4 雾凇、雨凇适宜的气象条件分析

分析雾凇、雨凇的适宜气象条件对雾凇、雨凇预报具有参考作用,对电力部门进行电网安全保障也具有指导意义,为此利用河北省南部雾凇站日数、雨凇站日数、温度、气压、湿度、降水量、降水日数、风速资料,通过相关分析找出与雾凇、雨凇的相关因子,在此基础上利用气象要素的频率直方图,结合箱线图对数据进行统计分析,确定出现雾凇、雨凇适宜的气象条件。需要说明的是这里所谓雾凇、雨凇适宜的气象条件是由4次观测资料经统计得到的结果,而不是生成雾凇、雨凇的气象条件。

4.1 雾凇适宜的气象条件分析

河北省南部雾凇主要出现在11月20日至次年2月20日,仅对该时段的雾凇站日数与同期的气温、气压、相对湿度、风速、雾日等要素进行相关分析,结果显示:雾凇站日数与雾日和相对湿度存在很好的线性相关,相关系数分别为0.83和0.77,均通过了 $\alpha=0.001$ 的显著性水平检验,说明雾日和相对湿度是影响雾凇出现的主要条件;雾凇站日数与风速呈负相关关系,相关系数为-0.35,通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验,说明风速也是影响雾凇出现的主要条件,风速越大,雾凇站日越少;雾凇与气温

呈负相关,但不显著;雾凇与气压的相关系数很小。

根据相关分析,以雾日、气温、风速和相对湿度4个要素为基础,确定雾凇的适宜气象条件,在13177个雾凇站日的4次定时观测资料中,选择出现雾凇现象时的观测资料为样本,利用箱线图和频率直方图方法进行统计分析。

图4为雾凇出现时的气温、风速、相对湿度的箱线图和频率直方图,可见河北省南部雾凇出现时气温的最低值为 -21.9°C ,最高值为 5.8°C ,均值为 -5.5°C ,中位数为 -4.9°C ,下四分位数为 -7.2°C ,上四分位数为 -3.1°C ;频率直方图显示最适宜出现雾凇的温度在 -5°C 附近,以此向两侧呈逐渐减少,大于 0°C 时出现雾凇的概率已很小。雾凇出现时风速较小,风速的最小值为 $0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,最大值为 $11\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,均值和中位数都为 $1.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,下四分位数为 $0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,上四分位数为 $1.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;频率分布存在右拖尾现象,最适宜出现雾凇的风速在 $0\sim 1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,当风速大于 $4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时出现雾凇的概率很小。雾凇出现时相对湿度较大,均值为94%,中位数为95%,下四分位数为92%,上四分位数为97%,下异常值截断点为85%,当相对湿度小于80%时出现雾凇的概率很小。

根据以上分析,雾凇的适宜气象条件为:在出现雾的情况下,气温为 $-7.2\sim -3.1^{\circ}\text{C}$,风速 $\leq 1.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,相对湿度 $\geq 92\%$ 。

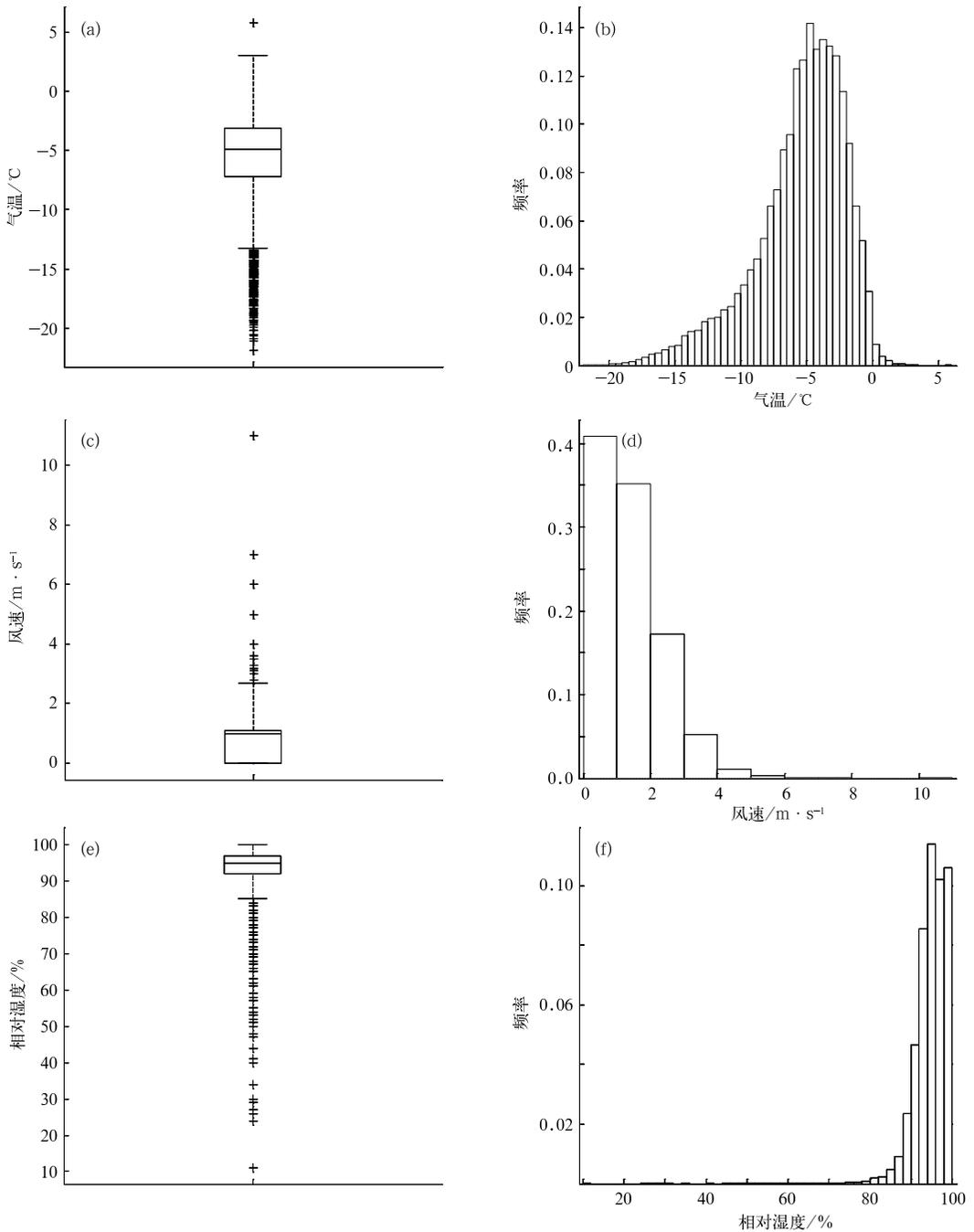


图 4 河北南部雾凇出现时气温(a和b)、风速(c和d)、相对湿度(e和f)的箱线图和频率直方图

Fig. 4 The box-whisker plot and frequency histogram of temperature (a,b) and wind speed (c,d) and humidity (e,f) in the southern Hebei when rime occurs

4.2 雨凇适宜气象条件分析

对河北省南部 11 月 20 日至次年 2 月 20 日的雨凇站日数与同期的气温、气压、湿度、风速、雾日、降水日数等要素进行了相关分析,结果发现:雨凇站日数与降水日数相关较好,呈正相关,相关系数为

0.41,通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验;与湿度的相关系数为 0.32,接近 $\alpha=0.05$ 的显著性水平($R=0.35$),主要原因是由于近 5 年雨凇站日数为 0,造成显著水平下降;与雾凇类似,雨凇出现与气温有关^[9],但不呈线性相关;与风速和气压的相关系数很小。

根据相关分析,以雨日、气温和相对湿度为基础,确定适宜雨凇的气象条件,在河北省南部的 864 个雨凇站日的 4 次定时观测资料中,选择出现雨凇现象时的观测资料为样本,利用箱线图和频率直方图方法对观测资料进行分析。图 5 为雨凇出现时气温和平均相对湿度的箱线图和频率直方图。雨凇出现时,气温最高为 3.4℃,最低为-15.1℃,下四分位数为-4.1℃,上四分位数为-1.0℃,均值是

-2.8℃,中位数是-2.3℃;频率直方图显示,最适宜雨凇出现的温度在-2.0~0℃。雨凇出现时相对湿度较大,均值是 89%,中位数是 93%,下四分位数为 87%,上四分位数为 96%,下异常值截断点为 73%,相对湿度低于 50%时,出现雨凇的概率很小。

根据以上分析,雨凇适宜的气象条件为:在出现降水的前提下,气温在-4.1~0℃之间,相对湿度 ≥87%。

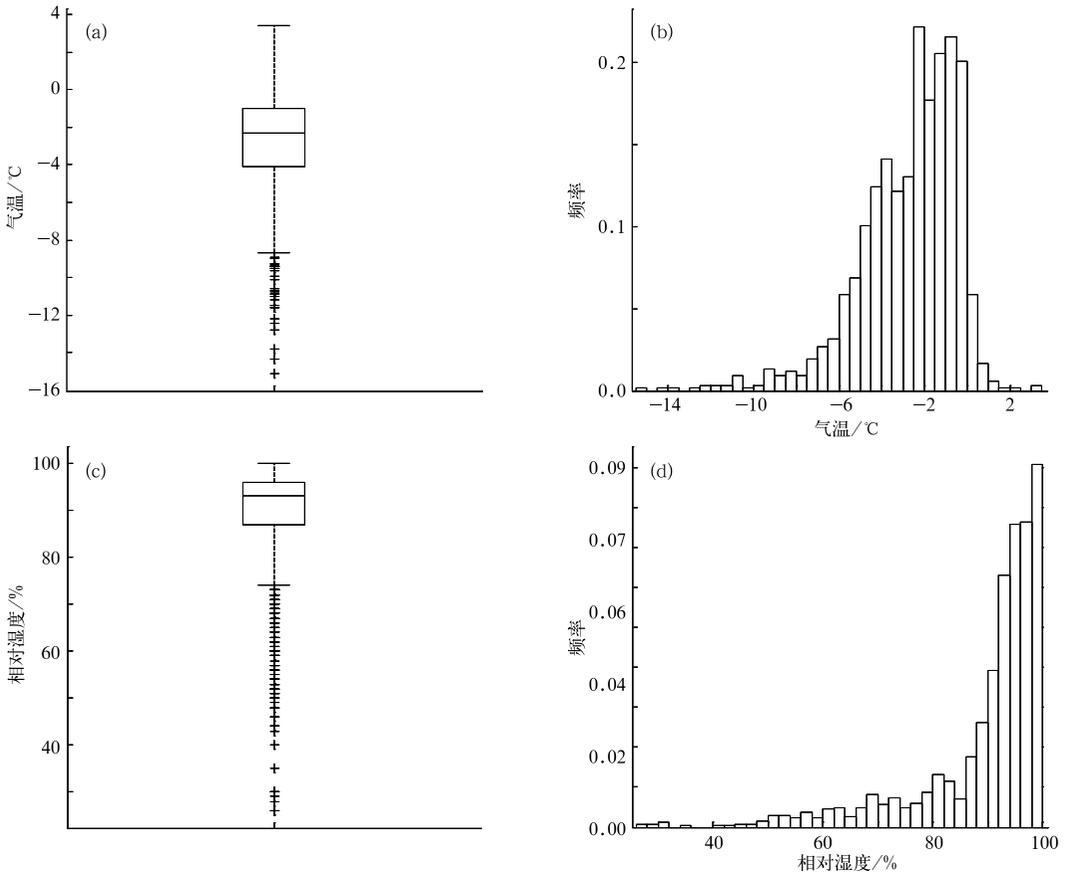


图 5 河北南部雨凇出现时气温(a 和 b)和相对湿度(c 和 d)的箱线图和频率直方图

Fig. 5 The box-whisker plot and frequency histogram of temperature (a, b) and humidity (c, d) in the southern Hebei when glaze occurs

5 河北省南部雾凇和雨凇典型区域气象条件对比分析

雾凇和雨凇的空间分布特征表明,河北省南部雾和雨凇以太行山东麓平原最多,西部山区很少,那么,是哪些气象条件的差异使得雾凇和雨凇具有这样的空间分布特点。为此,在雾凇和雨凇高值区选择雾凇日数最多的站点 25 个、雨凇日数最多的站

点 23 个作为高值区代表站,在低值区选择 9 个雾凇和雨凇日数少的站点作为低值区代表站。雾凇和雨凇的出现时间主要集中在 11 月 20 日至次年的 2 月 20 日,利用该时段 1980—2009 年的实况资料进行气象条件对比分析。

5.1 雾凇典型区域气象条件对比

从雾凇高值区与低值区气温、湿度、风速的逐年(11 月 20 日至次年的 2 月 20 日)变化分析,其变化

趋势基本一致,雾凇高值区气温比低值区气温略低,平均偏低 0.26°C ,风速比低值区略大,平均偏大 $0.16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。差异最明显的是相对湿度,雾凇高值区相对湿度平均为 61.6% ,低值区平均为 55.0% ,图 6 为高值区相对湿度与低值区相对湿度的年际变化,可以看出,高值区相对湿度在所有的年份均高于低值区相对湿度。

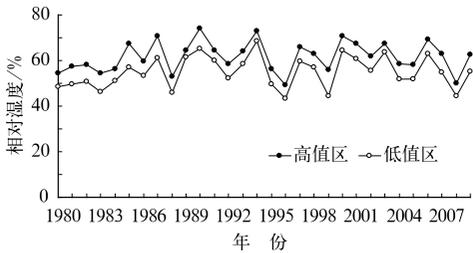


图 6 雾凇高、低值区相对湿度的年际变化

Fig. 6 The annual variations of humidity in the high value area (dots) and low value area (circles)

以上分析结果表明,相对湿度高是雾凇高值区形成的主要原因,至于该区域气温偏低、风速偏大,可能与河北南部平原雾日多,日照少,以及冷空气活动路径等因素有关,详情有待进一步研究。

5.2 雨凇典型区域气象条件对比

从雨凇高值区与低值区气温、湿度、风速的逐年(11月20日至次年的2月20日)变化分析,其变化趋势基本一致,高、低值区气温差异和相对湿度差异与雾凇相似,这里不再分析。

6 结论与讨论

(1) 河北省雾凇、雨凇站日数的空间分布差异很大,都有一个高值中心,雾凇主要出现在河北省南部太行山东麓平原,高值中心位于邯郸东部、邢台中部、石家庄、保定东部一线,西部山区少。雨凇主要出现在河北省东南部,高值中心较雾凇高值中心

偏东、偏南,西部山区少。雾凇和雨凇出现在11月至翌年的3月。

(2) 相关分析发现:河北省南部雾凇站日数与湿度、雾日相关关系最好,均呈正相关,与风速呈负相关。河北省南部雨凇站日数与降水日数相关较好,呈正相关。

(3) 通过对雾凇站日和雨凇站日的邢台探空资料分析发现:雨凇出现时都伴有逆温层出现,雾凇出现时,95%的情况出现了逆温层,表明逆温是雨凇和雾凇出现的必要条件之一。

(4) 雾凇和雨凇高值区与低值区气温、湿度、风速的逐年变化表明,相对湿度大是雨凇和雾凇高值区形成的主要原因。

参考文献

- [1] 朱宽军,付东杰,王景朝,等. 架空输电线路的舞动及其防治[J]. 电力设备,2008,9(6):8-12.
- [2] 吴素良,蔡新玲,何晓媛,等. 陕西省电线积冰特征[J]. 应用气象学报,2009,20(2):247-250.
- [3] 王怀清,彭静,赵冠南,等. 近50年江西省雨凇过程气候特征分析[J]. 气象科技,2009,37(3):311-314.
- [4] 廖慕科,唐熠,唐桥义,等. 2008年1月南岭一带雨凇天气气象条件分析[J]. 安徽农业科学,2009,37(27):13145-13146.
- [5] 王遵娅,赵珊珊,张强. 我国冰冻日出现的气象条件分析及判别模型[J]. 高原气象,2011,30(1):158-163.
- [6] 王凌,高歌,张强,等. 2008年1月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析 I. 气候特征与影响评估[J]. 气象,2008,34(4):96-100.
- [7] 高辉,陈丽娟,贾小龙,等. 2008年1月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析 II. 成因分析[J]. 气象,2008,34(4):101-106.
- [8] 吴有训,王进宝,王克勤,等. 黄山雪、雨凇和雾凇的气候特征[J]. 气象,1999,25(2):48-52.
- [9] 《大气科学辞典》编委会. 大气科学辞典[M]. 北京:气象出版社,1994.
- [10] 贾俊平. 统计学[M]. 北京:清华大学出版社,2004:9.
- [11] 宗志平,马杰. 2008年初冻雨强度变化以及与逆温层特征之间的关系[J]. 气象,2011,37(2):156-160.
- [12] 李登文,杨静,吴兴洋. 2008年低温雨雪冰冻灾害天气过程中贵州电线结冰气象条件分析[J]. 气象,2011,37(2):161-169.