

文章编号:1006-7639(2005)-02-0044-06

陇东黄土高原城市酸雨特征监测统计分析

王位泰^{1,2},黄 斌²,姚玉璧³,蒲金涌⁴,张天锋²

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所,甘肃 兰州 730020;2. 庆阳市气象局,甘肃 庆阳 745000;
3. 定西市气象局,甘肃 定西 743000;4. 天水市北道区气象局,甘肃 天水 741020)

摘 要:根据西峰国家基准气候站11 a酸雨监测与庆阳市北部主要污染源资料样本,按照中国气象局确定的酸雨标准统计分析发现:不计风场平流影响条件下,1992~2000年庆阳市酸雨度在波动中减弱,2001~2002年有所增强,年酸雨频率为逐年减弱趋势,月酸雨度3月和11月最强,PH值 ≤ 4.80 ,8~11月酸雨频率最大达24%~35%;在雨前和雨中考虑风场平流因子作用,北部污染源对庆阳市年酸雨强度平流影响不明显,对酸雨年频率有增大影响,对月酸雨度影响10月最显著,PH值减小0.3,在月酸雨频率增大影响上主要是盛夏6~8月。初步揭示了陇东黄土高原城市存在酸雨的基本事实,对于防治酸雨危害和保护生态环境具有积极意义。

关键词:黄土高原;城市;酸雨;统计分析

中图分类号:P426.6

文献标识码:A

引 言

甘肃省庆阳市位于陇东黄土高原,辖7县1区,庆阳市为市政府所在地,位于全市中心位置,是陇东的政治、文化和经济中心。1985年建市,城市面积12 km²,10万人口,城市建设发展迅速。西峰国家基准气候站建于1937年8月,是我国陇东黄土高原上唯一的国家基准气候站,气象观测资料有很好的代表性,从1992年起承担中国气象局下达的气象科学研究院化学中心酸雨监测项目任务。从我国酸雨概况讲^[1],酸雨主要出现在长江以南广大地区,酸雨的面积已超过国土面积的29%,居世界第三。监测分析经济欠发达的西北内陆地区城市酸雨发展状态,对于保护和建设生态环境具有重要意义。

1 地理特征

庆阳市(素称陇东粮仓)地形为北高南低,海拔从宁县政平乡885 m向北至环县高达2 082 m,由东

南向西北,高差1 000 m以上,东依子午岭,北靠羊圈山,西接六盘山,四周高,中间低,故有“陇东盆地”之称,系黄河中上游黄土高原沟壑区,是陇东黄土高原的重要组成部分。全市地形大体分为3种类型,中间为黄土高原沟壑区,庆阳市位于董志塬中心地带,北部为黄土丘陵沟壑区,东部为黄土丘陵区。

2 酸雨资料样本与分析方法

2.1 资料样本

酸雨监测样本和常规气象资料均取自西峰国家基准气候站1992~2002年酸雨观测与常规气象样本资料,污染源资料来自庆阳市环境监测站1996~2000年监测技术报告,由庆阳市环境监测站所部设的监测点获取。

2.2 分析方法

(1) 分析不同降水量级下,不计风平流影响因子的降水酸度和酸雨度的年、月变化特征和酸雨频率的年、月分布特征。

(2) 分析降水前和降水期间不同风平流因子影响下的降水酸度和酸雨度年、月变化特征,酸雨

的频率年、月分布特征,以期客观评估陇东黄土高原城市酸雨状态。

2.3 废气污染源分布参数

根据庆阳市环境监测站上报甘肃省环境保护局的《庆阳地区环境质量报告书 1996~2000》,按废

气评价标准,采用 $SO_2 \geq 0.15 \text{ mg/m}^3$, $NO_x \geq 0.10 \text{ mg/m}^3$, $CO \geq 4.0 \text{ mg/m}^3$, 烟尘(粉尘) $\geq 0.30 \text{ mg/m}^3$ 作为污染指标,庆阳市周围主要污染源废气排放基本资料见表1。

表1 1996~2000年庆阳市主要污染源废气排放情况

Tab.1 Mainly waste gases emission in Qingyang city during 1996~2000

方位	企业名称	污染物排放情况(t)					废气排放情况	
		烟尘	SO ₂	NO _x	CO	粉尘	废气总量(万Nm ³)	燃料废气(万Nm ³)
北	长庆局炼油厂	95.40	580.12	299.49	8.32		4 0367	40 367
北	长庆局采油二厂	800.12	1 108.68	1 291.11	173.71		166 298	166 298
北	长庆局运输处	244.85	326.51	39.095	53.51		42 550	42 550
北	长庆局水电厂	198.54	211.16	299.65	754.22		30 646	30 646
北	长庆局工程处	240.10	282.06	371.09	53.52		37 454	37 454
北	长庆局第二机械厂	44.98	216.75	124.43	5.49		18 771	18 771
北	长庆局井下作业处	113.19	401.80	261.95	17.73		35 072	35 072
北	长庆局机械厂	169.65	201.57	259.16	37.66		25 601	25 601
北	长庆局钻井二处	289.00	307.38	436.10	65.33		41 187	41 187
北	甘肃庆化集团公司	448.18	769.49	770.85	38.12		205 443	109 587
西	镇源造纸厂	118.88	135.49	192.22	28.79		39 677	19 053
北	九连山水泥厂	22.75	38.16	2 211.43	2.16	3 539.42	163 477	1 431
	合计	2 785.64	4 579.17	4 711.43	529.21	3 539.42	846 532	568 017

2.4 废气污染评价

评价方法及计算公式:评价采用等标污染负荷法进行评价,计算公式为: $p_i = q_i / c_{\alpha}$,式中 p_i 为某污染物的等标负荷, q_i 为某污染物的排放量(t/a), c_{α} 为某污染物的评价标准(mg/L);区域中某污染物的总等标污染负荷 $p_{i\text{总}} = \sum p_i$;某污染物在污染源中的污染负荷比($k_i, k_{i\text{总}}$), $k_i = p_i / p_{i\text{总}} \times 100\%$, $k_{i\text{总}} = p_{i\text{总}} / p \times 100\%$,计算得到主要污染物评价结果见表2。

表2 主要污染物评价情况

Tab.2 Mainly contamination appraisalment

名称	5 a 污染负荷	负荷比(%)	名次
氮氧化物	47 114.30	47.66	1
二氧化硫	30 527.80	30.88	2
粉尘	11 798.06	11.93	3
合计	89 440.16	90.47	—

3 不计风平流因子影响的酸雨特征

3.1 酸雨监测

酸雨是指酸碱度PH值 < 5.6 的降水,仅考虑完全

清洁大气中CO₂溶于水形成H₂CO₃稀溶液的酸度。西峰国家基准气候站从1992年起承担国家气象局气象科学研究所大气化学中心酸雨观测任务,按国家气象局《酸雨观测规范》规定,测定 $\geq 0.5 \text{ mm}$ 降水的酸雨样本,在11 a抽样质量检查中符合合格标准。根据PH < 5.6 的酸雨标准,庆阳市存在酸雨事实,除12月因降水稀少无酸雨外,其余月份均有酸雨,主要出现在8~11月,频率达23%~35%,其中3月和11月酸雨最强,PH值降至4.8。酸雨主要出现在较深厚的西风带低压槽与青藏高原东北侧较强的偏南风场环流背景和冷锋影响下,且降水量级相对明显。

3.2 降水酸度与酸雨的年月变化特征

降水的年、月酸度由对应年、月的降水PH值求平均值所得,即 $PH_{\text{年、月}} = \sum PH / N$,N为年、月降水酸度监测样本数;年、月酸雨度为PH < 5.6 的酸雨样本求平均值,即 $\sum PH / N$,N为年、月酸雨样本数。

(1) 降水酸度的年变化特征。如图1a所示, $\geq 0.5 \text{ mm}$ 降水的年平均PH均 > 5.6 , < 7.0 ,呈弱酸性,且从1992年开始除1996和1997年PH波动有所减小外,总的趋势在缓慢增加,即酸度减小,向中性趋近,总

体降水酸度在自然降水酸度变化范围内。

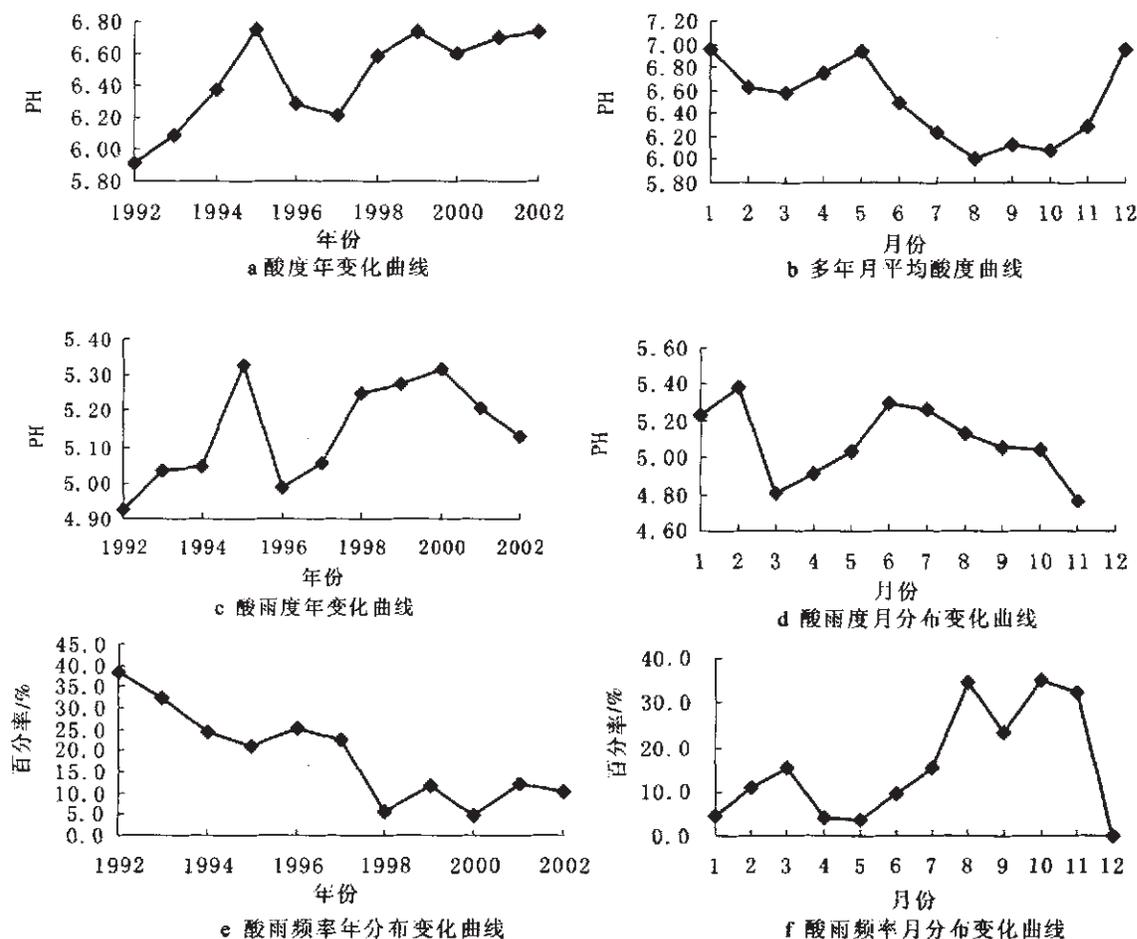


图1 ≥ 0.5 mm降水的酸度、酸雨度及频率年、月变化曲线

Fig.1 The yearly and monthly change of the acidity, acid rain degree and frequency of precipitation over 0.5 mm

(2) 降水酸度的月分布变化特征。如图1b所示, 1~6月降水酸度较弱,7~10月降水PH减小,酸度相对增加,11~12月降水PH增大,酸度减小,这与陇东上半年降水量较少,7~10月降水集中,11~12月随着季风退出大陆,主要受蒙古冷高压影响,降水量迅速减少,大气中酸性物质不能充分稀释溶解相一致,模拟得出多年月降水酸度 $PH=0.006t^3-0.1017t^2+0.3892t+6.4373$,式中 t 为月份(下同)。

(3) 酸雨度年变化特征。如图1c所示, ≥ 0.5 mm降水的酸雨度,1992~2000年PH值在波动中(1996和1997年出现降低)缓慢增大,酸性减小,这与从1994年伏期开始至2000年陇东持续干旱时段相一致,从表3中看出,除1996年降水正常外,1994~2000年其他年份降水均偏少,同期酸雨酸度减小,表现出干旱事

件对酸雨的消减作用;2001~2002年降水增加,表现

表3 西峰同期年降水量分布

Tab.3 The precipitation distribution

in same stage in Xifeng city mm

年份	降水量	降水距平百分率
1992	634.8	20.4
1993	517.8	-1.8
1994	482.8	-8.4
1995	333.8	-36.7
1996	561.0	6.4
1997	312.1	-40.8
1998	521.7	-1.0
1999	436.0	-17.3
2000	465.7	-11.6
2001	556.1	5.5
2002	573.9	8.9

出酸雨的PH减小,酸性增大,对此在西北内陆地区应引起注意,酸雨的变化与降水年型变化关系密切。

(4) 酸雨度的月分布变化特征。如图1d所示,酸雨度的PH值表现为2个低点3月和11月,酸雨较强,2个高点2月和6~7月,酸雨较弱,由于12月降水稀少,尚未监测到酸雨出现,这与3月和11月本地采暖期和降水量大于12月、1月和2月相一致。

(5) 年酸雨频率变化特征。如图1e所示,1992~2000年酸雨频率呈持续减小状态,即酸雨的频率逐渐在减小,从1992年的38.5%减小到2000年的4.9%,即在1994~2000年干旱时段内酸雨频率持续减小,从2001年开始又增加到10%以上。

(6) 酸雨频率的月分布变化特征。如图1f所示,酸雨月频率分布8~11月为高频值分布,酸雨频率23.5%

~34.7%;12月~1月,4~5月为低频分布,酸雨频率在15.2%以下,酸雨主要集中在8~11月。

4 风平流因子影响下酸雨特征

如表1所示,庆阳市周围污染源的97%均位于其北部(40~150 km处),探讨上风方向污染源对庆阳市降水酸度和酸雨度的平流影响有助于全面了解陇东黄土高原城市酸雨特征。

4.1 雨前6 h北风下酸雨特征

(1) 降水酸度年变化特征。如图2a所示,降水酸度PH值1992~2002年在波动中缓慢增加,酸性减弱,但酸性减弱的变化率要比不计风平流影响条件下的变化率小。

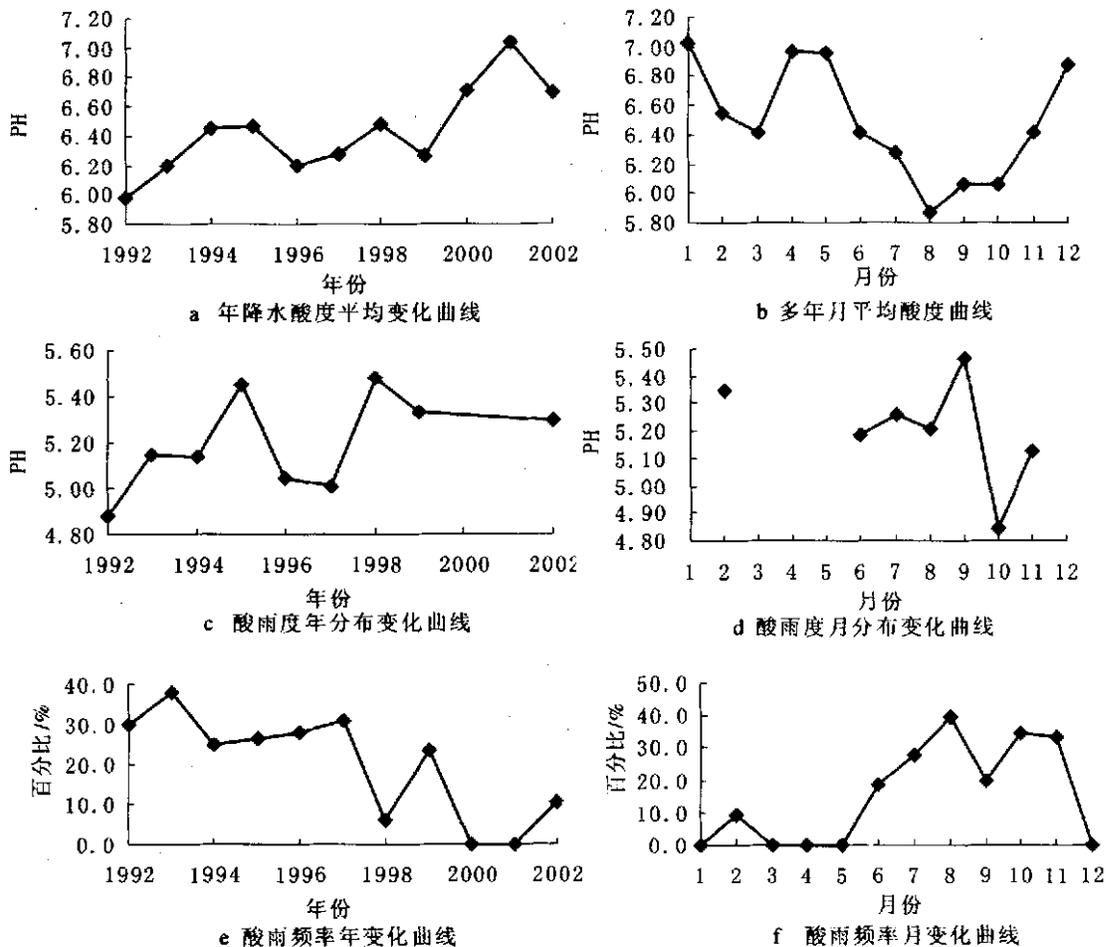


图2 雨前6 h北风下降水酸度、酸雨度及频率年、月变化曲线图

Fig.2 The yearly and monthly change of the acidity, acid rain degree and frequency with north wind blowing before 6 h of precipitation

(2) 降水酸度月分布变化特征。如图2b所示,1~8月降水酸度的PH在波动中持续减小,酸性增强,8月到达谷值,9~12月降水酸性持续减弱,12月PH达到

最大,酸性最弱。这与12月和1月陇东降水量最少相一致,模拟得出:月降水酸度 $PH=0.006t^3-0.1024t^2+0.387t+6.4457$ 。

(3) 酸雨度年变化特征。如图2c所示,1992~1995年酸度持续减小,1996~1997年酸雨度增强,1998年酸雨再次减弱,2000~2001年雨前6 h北风下未出现酸雨, 应注意的是2002年出现酸雨,且酸度强于1998~1999年酸雨,对比不计风平流影响下年酸雨度变化,影响不明显,即北部污染源对庆阳市的年平均酸雨平流影响不显著。

(4) 酸雨度的月分布变化特征。3~5月和12月未出现酸雨,6~11月酸雨中10月酸雨最强,比不计风平流影响下PH值减小0.3,从月分布看,10月北部污染源在北风平流下,对庆阳市酸雨影响显著。

(5) 酸雨频率年变化特征。如图2e所示,1992~2001年酸雨年频率总趋势在波动中减小,但与不计平流条件下的酸雨频率值对比,除1992年外,1993~1999年雨前6 h北风平流下的年酸雨频率均大于不计平流条件下的酸雨频率,表明北部污染源废气的平流影响,对庆阳市酸雨出现次数的增加有一定作

用。

(6) 酸雨频率月分布变化特征。如图2f所示,1月、3~5月和12月酸雨频率为0,8月酸雨频率最大,6~8月酸雨频率明显大于不计风平流条件下酸雨频率,表明盛夏季节,冷锋过境后,北风影响下降水酸雨次数增加。

4.2 雨中北风下酸雨特征

(1) 如图3a所示,在雨中北风条件下,年降水酸度1992~2001年在波动中缓慢减弱,与不计风平流影响条件下,降水酸度的年变化曲线明显不同的是,1998~2001年降水酸度减小的年变率在雨中北风平流影响下为0.11/a,只占不计风平流条件时同期降水酸度年变率的1/3,且在雨中北风平流影响下,2002年降水酸度出现增强变化。以上两点反映出在雨中北风平流影响下,庆阳市北部长庆油田石化工业废气对庆阳市降水酸度有增强作用。

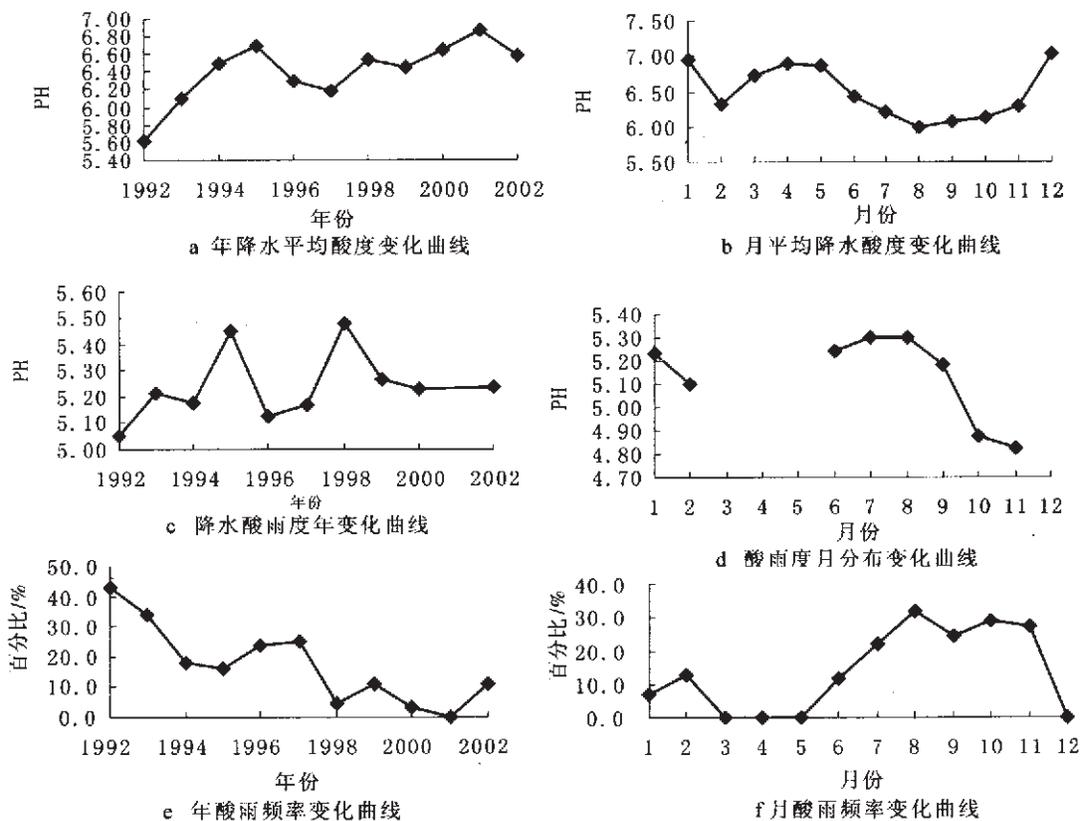


图3 雨中北风下降水酸度、酸雨度及频率年月变化曲线

Fig.3 The yearly and monthly change of the acidity, acid rain degree and frequency of precipitation with north wind blowing

(2) 降水酸度月分布变化特征。如图3b所示,月降水酸度分布变化曲线总趋势与不计风平流影响的月降水酸度分布变化曲线基本一致,但2月份在雨中

北风的影响下,PH值明显小于不计风平流影响下的2月份PH值,酸性增强。1月、4~5月和12月为降水酸度最弱月,是PH值峰值月,7~10月为降水酸度较强

月,即PH值为谷值月份。

(3) 酸雨度年变化特征。如图3c所示,1992~1998年酸雨度在波动中减弱,1999~2002年酸雨度开始增强,比不计风平流影响下,酸雨度增强提前1 a,反映北部长庆石化废气的平流影响在1999年是有所反映的,即1999年在北风平流影响下,对庆阳市酸雨度有增强因素。

(4) 酸雨度月分布变化特征。由于受雨中北风酸雨样本限制,1月、3~5月和12月无酸雨出现,6~8月酸雨度相对较弱;10月和11月酸雨度较强,与不计风平流影响作用下的酸雨度月分布无明显差异,仅在10月份表现出由于北风平流的影响使酸雨度增强。

(5) 酸雨频率年变化特征。如图3e所示,在雨中北风影响下,酸雨频率的年变化趋势与不计风平流影响因子条件下酸雨频率年变化趋势相一致(主要受样本限制,2001年酸雨频率为零)。

(6) 酸雨频率月分布变化特征。从图3f可看出,3~5月酸雨频率为零,这主要受样本限制,但在酸雨频率分布上与不计风平流影响作用下,酸雨频率相一致,4~5月为频率谷点,8月、10月和11月为频率峰值点,尤其是6~7月在雨中北风平流影响下酸雨频率增加2.2%~6.5%,表明6~7月雨中北风的平流影响增加了庆阳市的酸雨频次。

5 小 结

(1) 庆阳市作为陇东黄土高原新兴城市,11 a监测表明有酸雨存在的事实,酸雨度年分布特点为:2月,6~7月为酸雨偏弱月份;3月和11月为酸雨相对较强月份,这与采暖期废气污染排放集中及降水量相对冬季较大相对应。

(2) 降水酸度年际变化总趋势是酸度减弱。年分布特征为1月、5月和12月为最弱,7~11月降水酸度相对较强;酸雨度年际趋势为减弱变化,尤其是1994~2000年干旱年份减弱趋势明显;酸雨频率年际变化特征为1992~2000年在波动中减小,2001~2002年有所回升。

(3) 北部污染源在雨前和雨中偏北风平流影响下,对庆阳市酸雨的平流作用表征为酸雨度的年、月变率相对较小,对酸雨有增强作用。

(4) 西峰国家基准气候站酸雨监测表明,西北陇东黄土高原城市存在酸雨事实,酸雨不仅仅发生在江南城市和其他污染严重的大城市,也在西北地区新兴的小城市中发生,监测分析其发展特征,对于防治大气污染和保护生态环境具有积极意义。

参考文献:

- [1] 吴兑,邓雪娇.环境气象学与特种气象预报[M].北京:气象出版社,2001.104-105.
- [2] 中国气象局气候监测应用管理司.酸雨观测基础[M].1991.1-24.

Statistic Analysis of Arid Rain Character in Loess Plateau City of Longdong

WANG Wei-tai^{1,2}, HUANG Bin², YAO Yu-bi³, PU Jing-yong⁴, ZHANG Tian-feng²

- (1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Qingyang Meteorological Bureau, Qingyang 745000, Gansu, China; 3. Dingxi meteorological Bureau, Dingxi 743000, Gansu, China; 4. Beidao Agricultural Meteorological Experiment Station, Tianshui 741020, Gansu China)

Abstract: Based on acid rain monitoring data of 11 years in Xifeng climatological station, and main pollutant source data samples in north of Qingyang city, according to acid rain monitoring standard made by China Meteorological Administration, acid rain characteristics were analyzed statistically. Results show that acid rain degree weakened with fluctuation during 1992~2000 in Qingyang city and boosted up during 2001~2002 without considering influence of wind advection, the frequency occurring acid rain in a year declined yearly, the monthly acid rain degree is maximum in March and November, $\text{PH} \leq 0.48$, the frequency occurring acid rain is maximum of 24%~35% from August to November. Considering the influence of wind advection in or before rain, the influence of pollutant source in the north on yearly acid rain intensity isn't obvious, but it can make the frequency occurring acid rain increase in a year, the influence on acid rain degree is marked in October, PH reduced 0.3, the influence on monthly acid rain occurring is mainly in summer. The study revealed the fact that acid rain exists over Longdong loess plateau, it has an active meaning to cure acid rain harm and to protect ecology environment.

Key words: loess plateau; city; acid rain; statistic analysis