

新疆城市酸雨分布特征及变化趋势分析^{*}

刘新春, 何清, 钟玉婷

(中国气象局 乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐 830002)

摘要:通过对新疆乌鲁木齐、伊宁、哈密与和田 4 个城市 1991 - 2008 年降水 pH 值、 K 值(电导率)及相关的天气气候资料处理, 分析了新疆城市酸雨分布特征和变化趋势。结果表明: 北疆城市酸雨观测次数远远多于南疆城市, 新疆城市降水 pH 平均值有逐年平缓降低的趋势, 乌鲁木齐和伊宁变化起伏大, 哈密与和田变化小, K 平均值年变化较为复杂, 并且变化剧烈。北疆城市平均 pH 值明显低于南疆城市, 大部分在 6.0 附近波动, 总体呈下降趋势, 南疆城市降水 pH 平均值变化幅度小于北疆城市, 降水 pH 平均值大部分在 7.00 附近波动; 北疆城市平均 K 值远低于南疆城市, 起伏变化平缓且有逐年降低趋势, 南疆城市变化剧烈。影响降水 pH 平均值和 K 平均值大小的因素有很多, 对于南北疆城市的这种变化, 降水量多少可能是其主要的因素, 南疆沙尘多也可能是其影响因素之一。

关键词:酸雨; 分布特征; 变化趋势; 新疆城市

中图分类号: X517

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)01-0115-06

Analysis of Distribution and Variation Trend of Acid Rain in the Cities of Xinjiang

LIU Xin-chun, HE Qing, ZHONG Yu-ting

(Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China)

Abstract: By investigating pH value, K value (conductance) and correlative climate data in Urumqi, Yining, Kumul and Hotan Cities from 1991 to 2008, and analyzing the character of distribution and variation trend of acid rain in Xinjiang. Results show: there are more observation times of acid rain in Northern Xinjiang cities than Southern Xinjiang Cities, and there is a slow decreasing trend of yearly average pH value. The changes of Urumqi and Yining cities are dramatic, but Kumul and Hotan cities are not so much. The average changes of K value are more complex and dramatic. The average pH value in Northern Xinjiang cities is significantly lower than Southern Xinjiang cities, and mostly is fluctuating in the vicinity of 6.0. The change range of average pH value is narrower in Northern Xinjiang cities than Northern Xinjiang cities and mostly is fluctuating in the vicinity of 7.0. At the same time, the average K value in Northern Xinjiang cities is far below than Xinjiang cities. There is a downward trend of the average K value in Northern Xinjiang cities but the change is dramatic. The effect factors of the average pH value and K value are so many, and precipitation may be the main factor, and the same time much dust may be one of factors in Southern Xinjiang cities.

Key words: acid rain; distribution characters; variation trend; cities of Xinjiang

酸雨是指 pH 值低于 5.6 的大气降水, 包括雨、雪、雾、露、霜等, 是大气受到污染的一种表现, 同时由于酸雨对生态系统造成的严重危害使其成为世界性的环境污染问题。我国酸雨区主要位于长江以南, 南方大多数城市和地区普遍出现酸雨, 以西南、华南地区较为突出, 同时酸雨面积近年来大幅度扩

大, 长江以南酸雨区域已连成一片, 并向长江以北蔓延, 甚至在东北地区的图们、丹东和东海海域也发现较强的酸性降水, 同时降水的酸性不断升高^[1-3]。

由于酸雨对于社会、环境和人民生活各方面的影响日益加剧。从 20 世纪 70 年代开始, 长江以南地区对酸雨就展开了研究, 主要研究酸雨的形成、危

^{*} 收稿日期: 2008-10-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(40775019); 科技部公益性行业科研专项(GYH Y200706008); 科技部科研院所社会公益研究专项(2005DIB6J113); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM2006002; IDM200806); 中国沙漠气象科学研究基金(Sqj2008009); 新疆气象局气象科技研究项目(200724)

作者简介: 刘新春(1977-), 男, 助理研究员, 主要从事干旱区生态学、环境科学及相关学科研究。E-mail: liuxinchun2001@163.com

害和防治等方面,并且取得了显著的成果^[4-8]。在新疆,对酸雨的监测和研究起步较晚,从文献上看,研究很少并且有待进一步深入,尤其是对整个新疆城市的酸雨分布和变化研究基本上没有。单个城市的酸雨监测研究也仅有几例,如:李建刚等^[9]讨论了乌鲁木齐市 2004 年 1 - 12 月年度降水的酸碱性、离子组分变化规律与特征及主要成因进行了初步探讨。詹红霞等^[10]对伊犁地区酸雨状况进行了统计分析,参考其它的气象资料和环境资料对伊犁的酸雨状况所代表的空气质量现状进行了分析论证。杨荣江^[11]根据 2002 年酸雨监测资料,介绍了奎屯市酸雨现状,对其成因进行了分析,并提出防治酸雨污染的可行性建议。

近年来,新疆各大城市对大气污染的防治工作和酸雨监控管理也都非常重视^[12-14],但酸性降水仍较严重,酸雨污染程度也未见明显减轻趋势,尤其是北疆城市的酸雨仍比较严重。利用新疆 4 个城市酸雨监测站 1991 年以来的酸雨监测资料,同时结合其他天气气候资料对酸雨的分布特征和变化趋势进行分析和讨论,以期新疆城市大气污染、酸雨等防治工作提供科学依据。

1 资料选取及分析方法

新疆酸雨业务监测站共 7 个,其中乌鲁木齐从 1991 年 7 月开始监测,伊宁、哈密、和田于 1992 年 7 月开始监测,克拉玛依、库尔勒和喀什为 2006 年 7 月新增酸雨监测站。监测站分布:北疆有乌鲁木齐、克拉玛依和伊宁 3 个监测站;南疆共有 4 个,分别为哈密、库尔勒、和田和喀什。由于克拉玛依、库尔勒和喀什 3 个监测站酸雨资料时间太短,仅作参考,本文选择乌鲁木齐、伊宁、哈密和田 4 个酸雨监测站资料,其中,乌鲁木齐资料年限为 1991 年 7 月 - 2008 年 2 月,其他 3 站资料为 1992 年 7 月 - 2008 年 2 月。降水 pH 值、降水电导率(K 值)数据资料为每次测量值。pH 值、 K 值以及相关的天气气候资料均取自新疆气象局信息中心。1991 年和 1992 年的资料只有 7 - 12 月,而 2008 年的资料只收集到最新资料 2 月份,故该 3 a 资料在本文中仅作为参考和比较之用。

大气降水的酸碱度用 pH 值表示,pH 值的定义为氢离子浓度的负对数,系无量纲量。 $pH = -\lg[H^+]$, $[H^+]$ 为氢离子的体积摩尔浓度,单位为 mol/L。大气降水的导电能力反映大气降水的洁净程度,用电导率来度量,其定义为通过电导测量池中待测溶液的电流密度(单位为 A/m²)与施加其上

的电场强度(单位为 V/m)之比。电导率的单位 S/m,常用单位为 $\mu S/cm$ 。大气降水的电导率也俗称为 K 值(以下简称为 K 值)。

每日 8:00(北京时)为酸雨观测降水采样的日界,当日 8:00 至次日 8:00 为一个降水采样日。在一个降水采样日内,无论降水是否有间隔及间隔长短,降水量达到 1.0 mm 时,必须采集一个日降水样品。若一个降水采样日内有数次降水过程,则进行多次采样,并将其合并为一个降水样品。文中 pH 平均值采用氢离子浓度降水量加权法,计算公式如式(1)。

$$pH_{\text{平均}} = -\lg \frac{[H^+]_i \cdot V_i}{V_i} \quad (1)$$

$$K_{\text{平均}} = \frac{K_i \cdot V_i}{V_i}$$

式中: $[H^+]_i$ ——每次降水过程测量的氢离子浓度值(mol/L); V_i ——每次降水过程的降水量(mm)^[6]。本文利用数学统计方法对 4 个监测站的酸雨资料的月、季节、年等变化和趋势进行统计与分析。根据酸雨观测规范规定降水 pH 值 < 5.6 为酸雨,降水 pH 值 < 4.5 则为强酸雨。

2 结果分析

2.1 酸雨资料统计情况

表 1 可以看出,1991 年 7 月 - 2008 年 2 月北疆城市酸雨观测次数远远多于南疆城市,乌鲁木齐共观测 830 次,年平均观测次数为 48.6 次,伊宁略多于乌鲁木齐为 873 次;哈密与和田观测次数较少,分别为 205 次和 134 次。从每年观测的次数来看,4 站各有差别,乌鲁木齐 1998 年观测了 67 次是酸雨观测次数最多的年份,最少的年份是 1997 年,其他年份基本上在 50 次左右;伊宁观测最多的年份出现 2002 年,观测次数为 76 次,最少的 1999 年为 26 次,其他年份也基本上在 50 次左右;哈密与和田降水次数少,最多年份哈密出现在 1998 年为 23 次,和田最多为 2003 年的 17 次。从观测的数据来看,酸雨出现的次数南北疆差异明显,南疆出现酸雨几率接近 0。伊宁是出现酸雨频率较高的一个城市,2005 年为酸雨最多的年份,酸雨达到 70.4%,几乎达到了“逢雨必酸”的程度,其次是 2004 年酸雨频率为 51.6%,从 1993 - 2007 年的 15 a 中仅 2001 年和 2007 年未观测到酸雨,其他年份都有酸雨出现。乌鲁木齐酸雨出现的几率稍低于伊宁,2006 年为酸雨较多的一年,出现频率为 21.7%,1992 - 2007 年 16 a 中只有 4 a 未出现酸雨分别为 1995 - 1997 年和

2000 年 ,其他年份都出现过酸雨。酸雨的强度越大 为“天堂的眼泪 ”、“ 从天而降的杀手 ”或“ 空中死神 ”,可见酸雨产生的危害是很严重的。

表 1 1991 - 2008 年新疆城市酸雨资料统计情况

年 份	酸雨观测次数				酸雨次数 (pH < 5.6)				酸雨频率/ %			
	乌鲁木齐	伊宁	哈密	和田	乌鲁木齐	伊宁	哈密	和田	乌鲁木齐	伊宁	哈密	和田
1991 (7 - 12 月)	24				0				0			
1992	57	27	10	2	6	0	0	0	10.5	0	0	0
1993	59	76	19	14	5	3	0	0	8.5	3.95	0	0
1994	59	66	10	5	1	11	1	0	1.7	16.7	10	0
1995	41	34	16	5	0	4	0	0	0	11.8	0	0
1996	42	55	8	12	0	6	0	0	0	10.9	0	0
1997	29	35	4	3	0	1	0	0	0	2.86	0	0
1998	67	67	23	9	2	7	0	0	3	10.4	0	0
1999	54	26	12	10	1	4	0	0	1.9	15.4	0	0
2000	55	60	13	4	0	1	1	0	0	1.67	7.7	0
2001	43	49	14	5	2	0	1	0	4.7	0	7.1	0
2002	53	76	10	10	4	14	1	0	7.5	18.4	10	0
2003	54	67	17	16	8	19	0	0	14.8	28.4	0	0
2004	50	62	15	7	3	32	0	0	6	51.6	0	0
2005	41	54	12	14	3	38	0	0	7.3	70.4	0	0
2006	46	62	9	7	10	13	0	0	21.7	21	0	0
2007	53	54	13	7	6	0	0	0	11.3	0	0	0
2008 (1 - 2 月)	3	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
总 计	830	873	205	134	51	153	4	0	-	-	-	-
年平均	48.6	54.4	12.8	8.1	3.0	9.6	0.3	0	5.8	16.5	2.2	0

注 : 1991 年和 2008 年不参加年平均统计,“ ”表示该站还未开展酸雨观测,“- ”表示该站降水未达到观测标准而弃样或无降水。下文出现如此类同。

2.2 降水 pH 平均值、K 平均值年变化

酸雨形成原因和 SO₂、氮氧化物有直接的关系,因此降水 pH 年平均值的大小可以反映该地区本年度污染的程度;降水 K 年平均值反映的是降水中离子浓度的大小,离子浓度增加 K 值也就相应地增加,同样 K 年平均值的大小也可以反映该地区本年度污染程度。从图 1 和图 2 可以看出,从 1991 - 2008 年,新疆各城市不管是降水 pH 平均值还是 K 平均值都是起伏变化的。

对于降水 pH 平均值变化而言,从图像的整体上看,pH 平均值有平缓降低的趋势。具体来看,各城市的变化各有特点,乌鲁木齐和伊宁变化起伏大,而哈密与和田则变化不大。本文重点分析乌鲁木齐和伊宁的变化情况,乌鲁木齐于 1992 年和 1993 年出现第一个低谷,其中 1992 年 pH 平均值为 5.49,1993 年开始逐渐升高,1995 年升到最高点,pH 平均值为 7.04,可以认为该年是 pH 平均值最高的一年(1991 年 pH 平均值虽然为 7.08,但它只是 7 - 12 月的平均值,前半年的 pH 平均值一般要低于下半年)。从 1996 年开始 pH 平均值基本上是在下降过程起伏,但波动的幅度不大,出现两个较平缓的低谷,1997 年和 1998 年是第一个低谷,pH 平均值接近 6.4;2003 年 pH 平均值已低于 6.0,出现第二个短暂的低谷;2005 年和 2006 年 pH 平均值直接低

于 5.6,pH 平均值达到了酸雨的标准,2007 年 pH 平均值又升高。伊宁 pH 平均值变化较复杂,pH 平均值主要有 2 个低值区 1993 - 1996 年和 2002 - 2006 年,平均值都在 5.6 以下,达到了酸雨的标准,其中酸雨最严重的为 2004 年和 2005 年,其中 2004 年为 4.45,2005 年为 4.34,这两年的平均值都低于 4.5 为强酸雨;其它年份大部分 pH 平均值都在 6.0 左右变化。哈密 pH 平均值仅在 2000 年和 2001 年低于 5.6,其它年份都在 6.5 以上变化,且波动较小;和田 pH 平均值一直较高,为新疆 4 个城市最高,从未出现过酸雨,这可能与南疆的沙尘有很大的关系。pH 平均值的大小可以直观看出该年度的污染程度,新疆各大城市对大气污染的防治工作和酸雨监控管理非常重视,但酸性降水仍较严重,酸雨污染程度也未见明显减轻趋势,相反有逐年加重之嫌。

K 平均值年变化较为复杂,并且变化较剧烈。乌鲁木齐 1999 年以前,K 平均值年的变化情况是起伏很有规律,一年降低则第二年又升高,2000 年开始变化趋势基本上是呈下降趋势;在整个变化过程中,K 平均值最低出现在 2003 年,最大值出现在 1997 年,分别是 55.0 μS/cm 和 124.8 μS/cm。伊宁变化幅度不大,大体分两个阶段,以 1999 年为分界线,1999 年以前一直维持较高的水平,从 2000 年开始 K 平均值逐渐降低,2005 年为其最低谷,K 平均值为 58.7 μS/cm。哈密 K

平均值一直处于 4 个城市的最低,并且一直变化幅度较小,影响其 K 平均值变化的因素有待于进一步研究,首要分析其降水中主要离子成分与周边工业环境以及自然环境,这是下一步工作。和田一直是 4 个城市中

K 平均值最高,并且波动范围较大,最低为 2007 年的 $51.6 \mu\text{S}/\text{cm}$,2000 年达到了最高值 $424.0 \mu\text{S}/\text{cm}$,两者之间相差 8 倍之多。 K 平均值的大小跟降水量有着十分密切的关系,基本上是随降水量增加电导率减小。

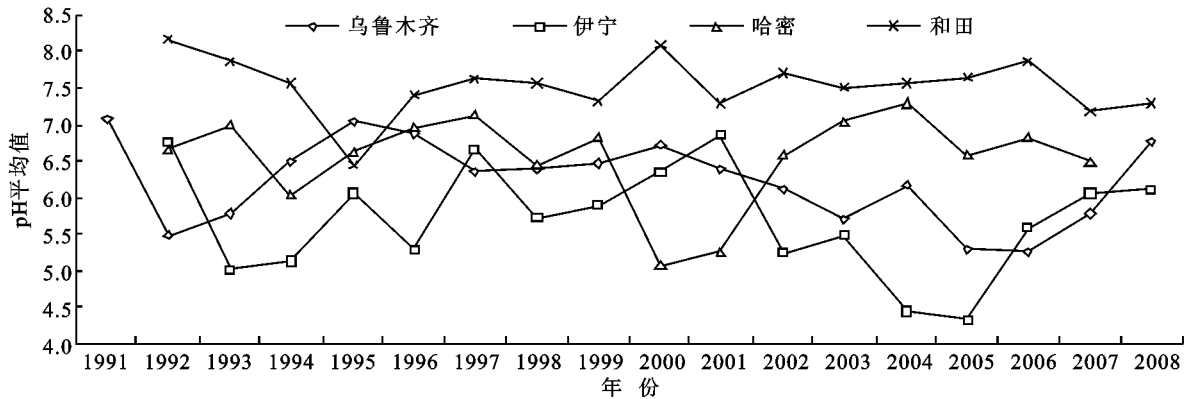


图 1 1991 - 2008 年新疆城市降水 pH 平均值年变化

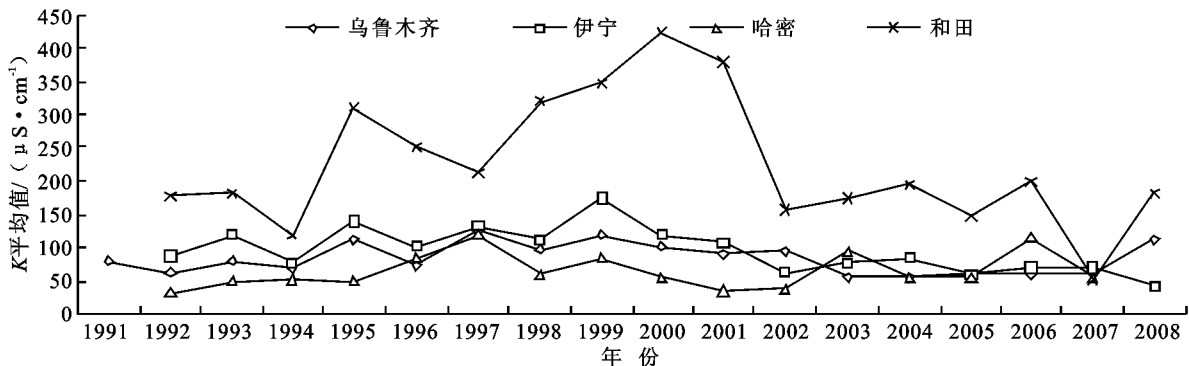


图 2 1991 - 2008 年新疆城市降水 K 平均值年变化

2.3 降水 pH 平均值、 K 平均值冬、春季节变化

在新疆城市降水 pH 平均值、 K 平均值的 4 季变化中,夏季和秋季变化幅度很小,尤其是夏季,波动幅度非常之小,本文未进行分析。根据新疆城市的实际情况,从上年 10 月开始供暖至第二年 4 月供暖结束为供暖期,5 - 9 月为非供暖期,并且新疆冬季温度最低,因此冬季供暖强度远远大于春季。本文在分析季节变化的同时便于探讨新疆城市一年中降水 pH 平均值、 K 平均值变化与供暖燃煤有无关系,将一年分成冬季(供暖前期)和春季(供暖后期)两个阶段,对降水 pH 平均值、 K 平均值进行计算和分析。计算和统计结果如图 3 和图 4 所示。从图中可以看出,pH 平均值基本上都是冬季低于春季, K 平均值是冬季高于春季;4 个城市中 pH 平均值伊宁最低,乌鲁木齐低于哈密与和田,和田最高。 K 平均值哈密最低,乌鲁木齐略低于伊宁,和田最高。具体分析结果为:乌鲁木齐冬季中有 4 年 pH 平均值低于 5.6 达到酸雨的标准,而春季中有 5 a 达到酸雨标准,其他年份大部分都在 6.50 以上;伊宁冬季中有 6 年 pH 平均值低于 5.6 达到酸雨标准,春季中也有 6 a 达到酸雨标准,其他年份大部分

都在 6.00 以上;哈密与和田无论是冬季还是春季均未出现 pH 平均值低于 5.6。这也说明了新疆城市冬季供暖对大气污染造成了很大的影响,大气污染不仅是政府所关心的问题,更关系到人民身心健康。

图 4 是新疆 4 城市冬、春季节降水 K 平均值的季节变化曲线。从图中可以看出, K 平均值的季节变化比 pH 平均值的季节变化要强烈得多。在冬季变化曲线中,乌鲁木齐 2002 年以前, K 平均值基本上处于较高位置,2003 年开始有逐年下降趋势;伊宁 2001 年是其分界点,2001 年之前 K 平均值较大,随之降低,2007 年降至最低值 $41.9 \mu\text{S}/\text{cm}$,这与 2007 年乌鲁木齐降水非常多,有密切关系;哈密是 4 个城市中变化幅度最小的一个,大部分值在 $40.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ 附近变化;冬季对和田来说,降水一直很少,并且很多年份无降水,因此 K 平均值大部分年份处于缺值状态。在春季变化曲线中,乌鲁木齐从 1996 - 2001 年是 K 平均值较高的区间,前后两段时间内较低,但总体波动幅度不大;伊宁在 2000 年以前 K 平均值一直较高,随后有逐年降低的趋势;哈密仅 2005 年出现一个较陡的峰值,其它年份起伏较小,基本上在 $80.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ 左右波动;和田 1998 年以前缺值较多,虽然 K 平均值

变化幅度较大,但从整体趋势来看,有逐渐降低的发展
趋势。 K 平均值的逐渐降低并不能充分说明新疆

城市污染程度的减轻,影响 K 平均值变化的因素很
多,这有待于进一步研究和探讨。

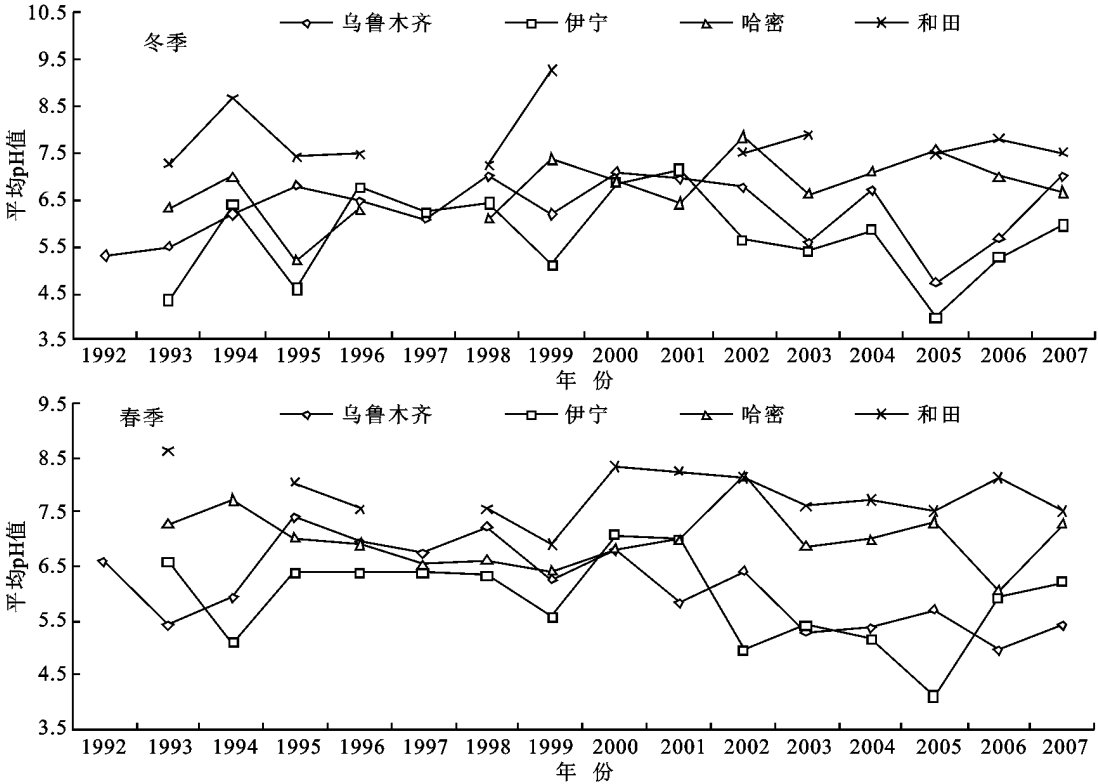


图 3 1991 - 2008 年新疆城市降水 pH 平均值冬、春两季变化

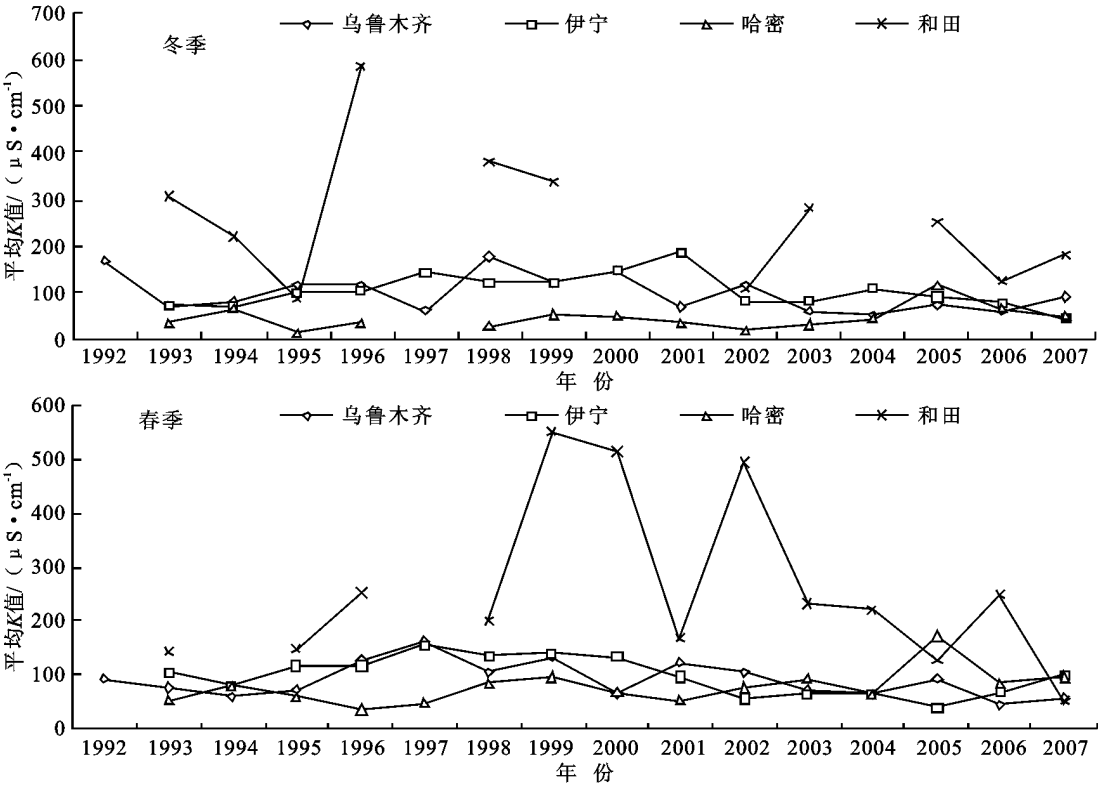


图 4 1991 - 2008 年新疆城市降水 K 平均值冬、春两季变化

2.4 南、北疆降水 pH 平均值、 K 平均值变化比较

新疆由于独特的自然地理条件,南北疆气候差异显著,为了探讨这种差异给降水 pH 平均值、 K 平

均值变化带来的影响将 4 个城市分成南北疆城市进行分析统计。北疆城市包括乌鲁木齐和伊宁,哈密与和田为南疆城市。

图 5 是 1991 - 2008 年南、北疆城市降水 pH 平均值、 K 平均值变化曲线。从图中可以看出:北疆城市降水 pH 平均值大部分分布在 6.0 附近;总体呈下降趋势,其中有 2 个主要的低值区,分别为 1992 - 1995 年和 2001 - 2007 年并且振动幅度较大。南疆城市降水 pH 平均值变化幅度小于北疆城市,仅出现一个明显的低值区 1999 - 2002 年,其它年份变化比较缓和,降水 pH 平均值大部分在 7.00 附近波动。

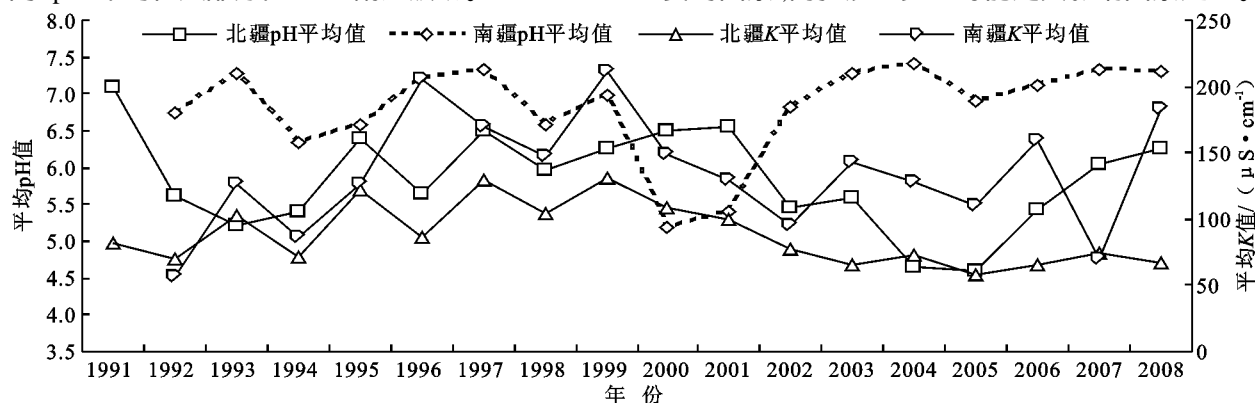


图 5 1991 - 2008 年南、北疆城市降水 pH 平均值、 K 平均值变化

3 小结

通过对新疆乌鲁木齐、伊宁、哈密与和田 4 个城市 1991 - 2008 年降水 pH 值、 K 值以及相关的天气气候资料的分析,可以得到以下几点:(1)北疆城市酸雨观测次数远远多于南疆城市,伊宁是出现酸雨频率较高的一个城市,其次是乌鲁木齐,南疆的哈密与和田酸雨频率几乎为 0。(2)新疆城市降水 pH 平均值和 K 平均值特点是北疆基本上低于(小于)南疆各城市,南疆城市和田未出现酸雨,pH 值呈碱性, K 值较高。(3)新疆城市 pH 平均值有逐年平缓降低的趋势,乌鲁木齐和伊宁变化起伏大,哈密与和田变化不大。 K 平均值年变化较为复杂,并且变化较剧烈。(4)北疆城市平均 pH 明显低于南疆城市,大部分在 6.0 附近波动,总体呈下降趋势,南疆城市降水 pH 平均值变化幅度小于北疆城市,降水 pH 平均值大部分在 7.00 附近波动;北疆城市平均 K 值远低于南疆城市,并且逐年变化起伏平缓但有逐年降低趋势,南疆城市变化剧烈。影响 pH 平均值和 K 平均值大小的因素有很多,对于南北疆的这种变化,降水可能是其主要的因素,南疆沙尘多也可能是其影响因素之一。

参考文献:

[1] 赵卫红. 福建省城市酸性降水特征及变化趋势[J]. 云

K 平均值变化曲线南北疆城市差别明显,北疆城市波动幅度较小,逐年变化起伏平缓但有逐年降低趋势;南疆城市变化剧烈,其 K 平均值远大于北疆城市,变化过程中有 2 个区 K 平均值相对较低,分别为 1992 - 1996 年和 1999 - 2006 年但 K 平均值仍在 100.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上。影响 K 平均值大小的因素有很多,对于南北疆这种变化,降水可能是其主要的因素,南疆沙尘多也可能是其影响因素之一。

南环境科学,2006,25(3):48-51.

- [2] 金蕾,徐谦,林安国,等. 北京市近二十年(1987~2004)湿沉降特征变化趋势分析[J]. 环境科学学报,2006,26(7):1195-1202.
- [3] 汪家权,吴劲兵,李如忠,等. 酸雨研究进展与问题探讨[J]. 水科学进展,2004,15(4):526-530.
- [4] 王文兴,刘红杰,张婉华,等. 我国东部沿海地区酸雨来源研究[J]. 中国环境科学,1997,17(5):386-392.
- [5] 谢文彰,李照勇,黄静端. 广东区域酸雨污染模拟研究[J]. 环境污染与防治,2003,25(3):154-156.
- [6] 杨建祥,何莉,姜振远. 南宁市酸沉降来源的研究[J]. 环境科学研究,2005,18(3):63-66.
- [7] 王新堂,刘焕彬,李芸,等. 山东城市酸雨分布及其与气象要素的关系[J]. 山东气象,2005,25(2):26-28.
- [8] 刘焕彬,王新堂. 山东省城市大气降水 pH 值观测结果及其初步分析[J]. 中国环境监测,2006,22(6):92-95.
- [9] 李建刚,李军. 乌鲁木齐市大气降水的化学特征分析[J]. 干旱环境监测,2006,20(4):227-230.
- [10] 詹红霞,杨金玲,邱辉. 伊犁地区酸雨状况分析[J]. 新疆气象,2006,26(9):20-22.
- [11] 中国气象局监测网络司. 酸雨观测业务规范[M]. 北京:气象出版社,2006.
- [12] 王庆,何秉宇,易莉. 乌鲁木齐市大气环境质量库兹涅茨曲线分析[J]. 干旱区研究,2007,24(3):328-332.
- [13] 刘玉燕,刘敏. 乌鲁木齐城市土壤性质及污染研究[J]. 干旱区研究,2007,24(1):66-69.
- [14] 李霞. 乌鲁木齐气象要素对大气气溶胶光学特性的影响[J]. 干旱区研究,2006,23(3):484-488.