

石家庄市蒸发皿蒸发量的变化特征 及其影响因子分析

韩军彩^{1,2}, 张秉祥², 高祺^{1,2}, 岳艳霞²

(1. 南京信息工程大学, 江苏 南京 210044; 2. 河北省石家庄市气象局, 河北 石家庄 050081)

摘要:采用累积距平曲线、线性倾向估计法和完全相关系数法,分析了近37 a来石家庄市蒸发皿蒸发量及影响因子的变化特征。结果表明:石家庄市年蒸发量减少趋势显著,4季中,春季蒸发量的减少速率最大,其次为夏季和秋季,冬季减少速率最小,年蒸发量的减少主要体现在春季和夏季。全年和4季蒸发量与日照时数、平均气温日较差、平均风速和平均地表温度正相关,与平均相对湿度负相关。石家庄市蒸发量减少的主要原因是日照时数和平均气温日较差的减小,其次是平均风速和平均地表温度的下降。

关键词:蒸发皿蒸发量;影响因子;变化特征

中图分类号:P412.13

文献标识码:A

引言

随着社会发展和科学技术的进步,人类活动对全球气候的影响越来越明显,气候变化将导致水循环的变化,引起水资源在时空上重新分布和数量的改变^[1-3],进而对人类生存、经济发展及社会进步产生重要的影响。

下垫面的水分蒸发是水分循环的重要组成部分,蒸发量的变化是气候变化的综合反映,其研究对深入了解气候变化规律及对未来水资源的规划设计和开发利用具有重要的参考价值。目前人们对蒸发量的研究越来越多^[4-6],在全球气候变暖的背景下,一般认为气温升高会使下垫面的水分蒸发加强,但从目前国内外对蒸发量变化的研究来看,发现蒸发量在近40 a有显著减少的趋势^[7-9]。有关蒸发量减少的原因,不同的研究者有不同观点,日照时数和风速的下降被认为是主要原因^[10-11],也有认为是气温日较差减小的缘故^[12]。那么石家庄市的蒸发量有何变化特征?主要影响其变化的气象要素又是什么?目前这方面的研究较少,因此本文利用气象站常规观测项目之一蒸发皿蒸发量的资料(该资料累积序列长,可比性好),来分析石家庄市近37 a来蒸发量的变化特

征,并探讨影响其变化的气候因子的变化规律,以期为石家庄市水资源的开发利用、规划和评价提供一定的科学依据。

1 研究区概况

石家庄市位于河北省中南部,西部地处太行山中段,东部为滹沱河冲积平原,地势西高东低,地貌由西向东依次排列为山地、丘陵和平原,主要以农业为主。石家庄属于暖温带大陆性季风气候,一年四季分明,寒暑悬殊,春秋2季短,夏冬2季长,干湿期分明,雨量主要集中在夏季。年平均气温13.4℃,年平均降水量534.2 mm,年平均蒸发量1 677.8 mm,年平均日照时数2 533.4 h。

2 资料及方法

2.1 资料

采用资料为石家庄市17个观测站1972~2008年逐日20 cm口径小型蒸发皿蒸发量、日照时数、气温日较差、地表温度、风速和相对湿度,气候要素平均值为17个观测站的平均。季节的划分采用气象季节,即3~5月为春季,6~8月为夏季,9~11月为秋季,12~2月为冬季。

收稿日期:2009-10-09;改回日期:2009-11-13

作者简介:韩军彩(1968-),女,河北省高邑县人,工程师,主要从事气象预报服务工作。E-mail:han6812@sina.com

2.2 方法

利用距平、累积距平及线性倾向估计法分析蒸发量的变化特征,运用完全相关系数法分析影响蒸发量变化的气候因子并用线性倾向估计法分析影响因子的变化趋势。

3 蒸发量的变化特征

石家庄市 37 a 来年平均蒸发量为 1 677.8 mm,其中,春季为 580.9 mm,约占全年的 34.6%,夏季为 625.6 mm,约占全年的 37.2%,秋季为 323.1 mm,约占全年的 19.2%,冬季为 152.4 mm,约占全年的 9.0%。夏季蒸发量最大,其次为春季和秋季,冬季蒸发量最少。

3.1 蒸发量的年变化

从年蒸发量变化曲线(图 1)中可以看出,石家庄市近 37 a 蒸发量呈波动式下降趋势,年最大蒸发量为 2 064.8 mm,出现在 1972 年,年最少蒸发量为 1 353.2 mm,出现在 1990 年。利用趋势计算方法得出近 37 a 来石家庄市年蒸发量的线性变化趋势系数,由图 1 所示的方程可知,年蒸发量以 8.0185 mm/a 的趋势在减少(相关系数为 -0.6032,通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验)。

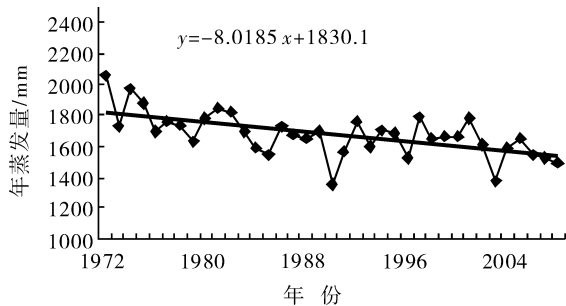


图 1 石家庄市年蒸发量变化曲线
Fig. 1 The trend of annual pan evaporation in Shijiazhuang from 1972 to 2008

由蒸发量逐年距平变化和累积距平曲线(图 2)可知,年蒸发量在 1983 年(包括 1983 年)之前以正距平为主,大多数年份的蒸发量多于正常年份,1983

年之后以负距平为主,大多数年份的蒸发量少于正常年份。年蒸发量的年代际变化显著,20 世纪 70 年代到 80 年代中期,累积距平曲线呈一致的上升趋势,年蒸发量多为正距平,为蒸发量相对偏大阶段,之后累积距平曲线呈波动式下降趋势,年蒸发量多为负距平,为蒸发量相对偏少阶段,其中 90 年代累积距平曲线起伏较小,表明这一时期蒸发量变化不大,80 年代初到 90 年代和 2002 年之后累积距平曲线下下降迅速。

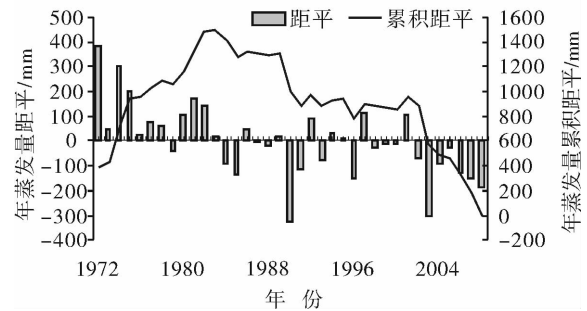


图 2 石家庄市年蒸发量距平和累积距平变化
Fig. 2 The trend of anomaly and accumulative anomaly of annual pan evaporation in Shijiazhuang from 1972 to 2008

3.2 蒸发量的季变化

表 1 给出了近 37 a 来石家庄市一年 4 季蒸发量的线性变化趋势系数和相关系数,可以看出:一年 4 季蒸发量的趋势系数均 < 0,其中春季通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验,其它季节均通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验,表明随着时间的变化一年 4 季的蒸发量都有显著减少的趋势。春季蒸发量的减少趋势最为明显,平均为 3.4979 mm/a,约占年蒸发量减少总量的 43.6%;夏季平均减少 2.5208 mm/a,约占年蒸发量减少总量的 31.4%;秋季平均减少 1.2509 mm/a,约占年蒸发量减少总量的 15.6%;冬季蒸发量减少趋势最不明显,仅为 0.721 mm/a,约占年蒸发量减少总量的 9.0%。因此,石家庄市年蒸发量的减少主要体现在春季和夏季的减少。

表 1 1972 ~ 2008 年各季蒸发量线性变化趋势系数和相关系数

Tab. 1 The trend and correlation coefficients of pan evaporation in each season during 1972 - 2008

季节	春季	夏季	秋季	冬季
趋势系数(mm/a)	-3.4979	-2.5208	-1.2509	-0.721
相关系数	-0.52143 **	-0.38251 *	-0.39252 *	-0.31699 *

注:标 *、** 分别为通过 0.05、0.001 的显著性检验

由季蒸发量累积距平变化曲线(图3)可见,春、夏、秋、冬蒸发量累积距平曲线和年蒸发量累积距平曲线变化相似,总体趋势都是先上升,而后下降,尤其是春季这种变化特征最为显著。20世纪70年代到80年代中期,春季累积距平曲线呈上升趋势,蒸发量多为正距平,为蒸发量相对偏大阶段,之后累积距平曲线呈波浪式下降趋势,蒸发量多为负距平,为蒸发量相对偏少阶段;夏季蒸发量累积距平上升的时间相对较短,70年代中期处于上升趋势,蒸发量多为正距平,为蒸发量相对偏大阶段,之后一直到90年代中期为波动式下降趋势,蒸发量多为负距平,为蒸发量相对偏少阶段,90年代末又出现短暂的上升,而后蒸发量又迅速下降;秋季蒸发量累积距平曲线从20世纪70年代到90年代末波浪式缓慢上升,蒸发量多为正距平,为蒸发量相对偏大阶段,然后开始下降;冬季蒸发量累积距平曲线从70年代到80年代中期缓慢上升,蒸发量多为正距平,为蒸发量相对偏大阶段,然后开始下降。由图2可以看出,春季和夏季蒸发量累积距平变化幅度相对较大,秋季和冬季变化幅度相对较小。

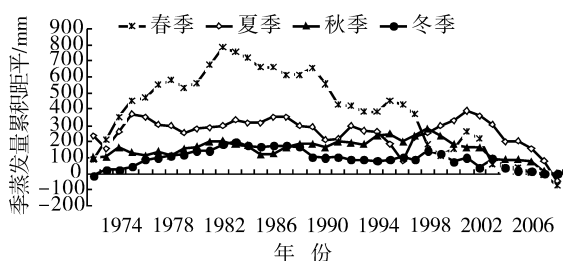


图3 不同季节蒸发量累积距平变化

Fig. 3 The trend of accumulative anomaly of pan evaporation in different seasons from 1972 to 2008

4 蒸发量与影响因素

4.1 影响蒸发量的主要气象因子

影响蒸发量变化的因素众多,既有气象要素也有非气象要素,在气象要素中主要包括热力因子(空气温度、地表温度、日照时数、气温日较差等);湿度因子(相对湿度、降水量、水汽压等);动力因子(风速、气压等)。本文主要选择了地表温度、气温日较差、日照时数、风速和相对湿度5个要素来分析其对蒸发量的影响。

气温日较差、日照时数和地表温度是蒸发过程中能量供给条件的影响因子,日照时数对蒸发量的影

响,首先是通过影响太阳净辐射的大小,一般来说,日照时数越多,地表吸收太阳的净辐射值越大,地表温度也越高,气温日较差也越大,蒸发过程的能量供给就越充分,蒸发量也就越大;风速是表征大气运动的物理量,大气的流动形成风,风速的大小影响蒸发量的变化,一般情况下,风速越大,蒸发量也越大;蒸发是水分子进入空气和空气中的水汽进入水的一个动态过程,空气相对湿度越大,空气的饱和度越大,则水汽向外扩散和交换得就慢,蒸发量也会变小。

4.2 蒸发量与影响因子的完全相关系数

由于影响蒸发量变化的因子很多,为了准确分析其主要影响因子,即该因子既与蒸发量有较高的相关性,又随时间发生了显著变化,本文采用完全相关系数^[13]方法来分析影响蒸发量变化的主要因子,完全相关系数 R 的计算公式如下:

$$R = r_e \cdot r_t \quad (1)$$

式中, R 为完全相关系数, r_e 为气象要素与蒸发量的相关系数, r_t 为气象要素与时间的相关系数。由此可见,只有当某气象要素不但与蒸发量相关性较强,且又随着时间发生显著变化时,其与蒸发量的完全相关系数才比较大。

分别计算各气象要素与时间、蒸发量的相关系数及完全相关系数,结果列于表2,可以看出:全年及4季除了平均相对湿度春季的相关系数为正外,其余相关系数均为负,说明平均相对湿度春季随着时间变化呈上升的趋势,其余随时间均为减少的趋势。全年及4季蒸发量与平均气温日较差、平均地表温度、日照时数和平均风速的相关系数均为正,与平均相对湿度相关系数为负,说明气温日较差大、日照时数多、风速大、地表温度高、相对湿度小则蒸发量大,反之,则蒸发量小。由各气象要素与蒸发量的完全相关系数可知,全年及4季气温日较差和日照时数与蒸发量的完全相关系数相对较大,其次为平均风速和平均地表温度,其中秋、冬2季平均地表温度与蒸发量的完全相关系数较小,全年及4季平均相对湿度与蒸发量的完全相关系数最小。由此可知,气温日较差和日照时数既与蒸发量的相关性较强,又随时间发生了显著变化,是影响石家庄市蒸发量变化的最主要气候因子,其次为平均风速和平均地表温度,而平均相对湿度虽然与蒸发量的相关性较强,但其随时间变化较小,因此平均相对湿度对蒸发量变化的影响相对较小。

表2 全年及4季气候要素与时间、蒸发量相关系数及完全相关系数

Tab.2 Annual and seasonal correlation coefficients of climatic factors and time, pan evaporation, and complete correlation coefficients of pan evaporation and climatic factors

季节	年	春季	夏季	秋季	冬季
日照时数(r_t)	-0.82	-0.5	-0.67	-0.69	-0.68
平均气温日较差(r_t)	-0.74	-0.59	-0.40	-0.56	-0.54
平均风速(r_t)	-0.55	-0.4	-0.43	-0.36	-0.61
平均地表温度(r_t)	-0.57	-0.5	-0.63	-0.49	-0.23
平均相对湿度(r_t)	-0.17	0.02	-0.16	-0.16	-0.01
日照时数(r_e)	0.71	0.86	0.74	0.70	0.73
平均气温日较差(r_e)	0.74	0.84	0.89	0.79	0.82
平均风速(r_e)	0.60	0.70	0.65	0.66	0.57
平均地表温度(r_e)	0.54	0.69	0.71	0.32	0.38
平均相对湿度(r_e)	-0.71	-0.75	-0.79	-0.69	-0.77
日照时数(R)	-0.58	-0.45	-0.50	-0.48	-0.50
平均气温日较差(R)	-0.55	-0.50	-0.35	-0.45	-0.45
平均风速(R)	-0.33	0.31	-0.28	-0.24	-0.34
平均地表温度(R)	-0.31	-0.37	-0.45	-0.16	-0.09
平均相对湿度(R)	0.12	-0.02	0.13	0.11	-0.01

注: R 为完全相关系数, r_e 为气象要素与蒸发量的相关系数, r_t 为气象要素与时间的相关系数。

4.3 影响因子的变化趋势分析

4.3.1 年变化趋势

图4给出了不同气象要素的年变化趋势,可以看出:石家庄市的年日照时数、年平均风速、年平均地表温度和年平均气温日较差均呈减少趋势,减少速率分别为17.362 h/a、0.0073 m·s⁻¹·a⁻¹、0.0799 °C/a和0.0418 °C/a,并都通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,表明随着时间变化日照时数、平均气温日较差、平均风速和平均地表温度减少趋势都比较显著;年平均相对湿度随时间变化呈增加的趋势,增加的速率为0.0424%/a,没有通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,说明相对湿度随时间呈增加的趋势,但并不明显。

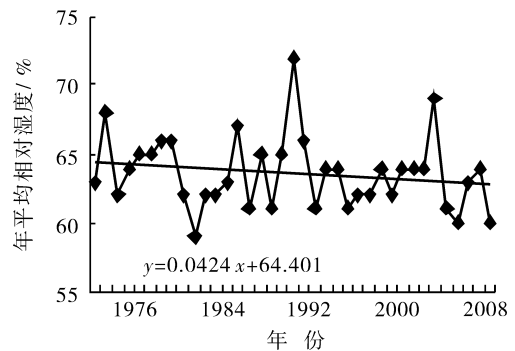
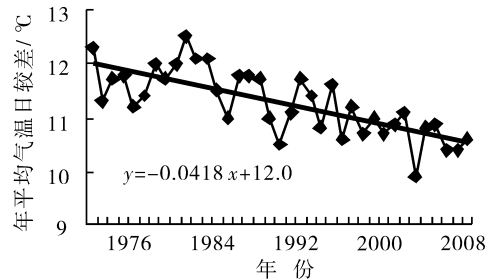
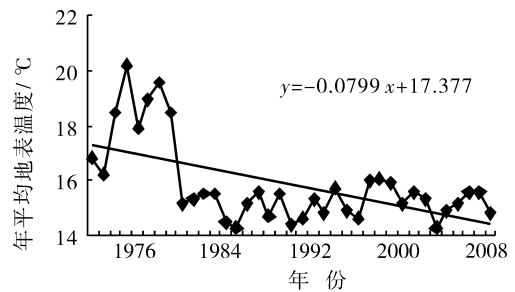
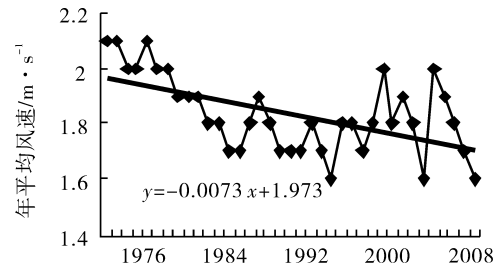
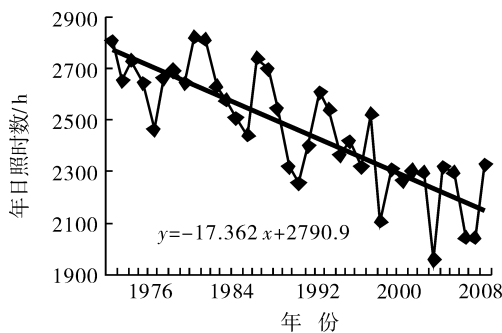


图4 不同气象要素逐年变化曲线

Fig.4 The yearly trend of different climatic factors



4.3.2 季变化趋势

利用线性倾向估计法得出近37 a来石家庄市日照时数、平均气温日较差、平均风速、平均地表温度和平均相对湿度的4季线性变化趋势系数(表3),可以看出:一年4季日照时数线性变化趋势系数均 <0 ,并且都通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,表明随着时间日照时数呈明显下降的趋势,其中夏季(-5.183 h/a)、冬季(-5.423 h/a)减少速率相对

较大一些,秋季(-4.101 h/a)、春季(-3.495 h/a)减少速率相对稍小一些;平均气温日较差和平均风速一年4季也均呈减少的趋势,并且都通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验,但减少的速率较小;平均地表温度除了秋季为增加趋势外,其它季节均呈下降的趋势,其中冬季没有通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验,

其余3个季节都通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验,说明地表温度在春季和夏季下降趋势明显,在秋季增加趋势显著,而在冬季虽呈下降趋势但不显著;平均相对湿度一年4季均呈增加的趋势,但增加的速率较小,并且都没有通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验,说明相对湿度一年4季随时间增加的趋势并不显著。

表3 气象要素的4季线性变化趋势系数

Tab.3 The liner trend coefficients of climate factors in each season

季节	春季	夏季	秋季	冬季
日照时数/(h/a)	-3.495*	-5.183*	-4.101*	-5.423*
平均气温日较差/($^{\circ}\text{C}/\text{a}$)	-0.0471*	-0.0268*	-0.0458*	-0.0638*
平均风速/($\text{m}/\text{s} \cdot \text{a}$)	-0.008*	-0.006*	-0.005*	-0.011*
平均地表温度/($^{\circ}\text{C}/\text{a}$)	-0.1004*	-0.1205*	0.0753*	-0.0277
平均相对湿度/($\%/\text{a}$)	0.01	0.051	0.060	0.008

注:*为通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验

5 结论

(1)石家庄市年蒸发量呈显著减少的趋势,20世纪70年代到80年代中期为蒸发量相对偏大阶段,之后为蒸发量相对偏少阶段,其中20世纪90年代蒸发量变化幅度较小,80年代初到90年代和2002年之后年蒸发量下降趋势明显。

(2)石家庄市4季蒸发量都有显著减少趋势,其中春季蒸发量的减少趋势最为明显,其次为夏季和秋季,冬季蒸发量减少趋势最不明显。

(3)全年和4季蒸发量与日照时数、平均气温日较差、平均地表温度和平均风速的相关系数为正,与平均相对湿度的相关系数为负,影响石家庄市蒸发量变化的最主要气候因子是日照时数、平均气温日较差,其次是平均风速和平均地表温度。

(4)影响蒸发量变化的气候因子还有低云量、气温、极大风速等,由于篇幅所限本文没有做分析,并且各气候因子在不同的条件下对蒸发量的影响程度有待进一步研究。

参考文献:

[1] 张强,王胜. 西北干旱区荒漠水分循环特征及其模拟[J]. 干旱

气象,2007,25(4):1-4.

- [2] 索渺清,尤卫红,马学文,等. 思茅境内澜沧江径流变化量与云南气候变化的关系[J]. 云南地理环境研究,2005,17(3):3-10.
- [3] 张强,赵映东,张存杰,等. 西北干旱区水循环与水资源问题[J]. 干旱气象,2008,26(2):1-8.
- [4] 魏光辉,马亮. 基于灰色关联分析与RBF神经网络的水面蒸发量预测[J]. 干旱气象,2009,27(1):73-77.
- [5] 王佩,邱国玉,尹婧,等. 泾河流域温度与器皿蒸发量时空特征及变化趋势[J]. 干旱气象,2008,26(1):17-22.
- [6] 何炎红,田有亮,郭连生. 乌兰布和沙漠可能蒸散的研究[J]. 干旱气象,2007,25(2):61-66.
- [7] Peterson TC, Golubev VS, Groisman PY. Evaporation losing it strength[J]. Nature,1995,377:687-688.
- [8] 邱新法,刘昌明,曾燕. 黄河流域40a蒸发量的气候变化特征[J]. 自然资源学报,2003,18(4):437-441.
- [9] 郭军,任国玉. 黄淮海流域蒸发量的变化及其原因分析[J]. 水科学进展,2005,16(5):666-672.
- [10] 谢平,陈晓宏,王兆礼,等. 东江流域蒸发皿蒸发量及其影响因子的变化特征分析[J]. 热带地理,2008,28(4):306-310.
- [11] 王艳君,姜彤,许崇育,等. 长江流域1961-2000年蒸发量变化趋势研究[J]. 气候变化研究进展,2005,1(3):99-104.
- [12] 刘敏,沈彦俊,曾燕,等. 近50年中国蒸发皿蒸发量变化趋势及原因[J]. 地理学报,2009,64(3):259-269.
- [13] 刘波,马柱国,丁裕国. 中国北方近45年蒸发变化的特征及与环境的的关系[J]. 高原气象,2006,25(5):840-848.

Pan Evaporation Variation Characteristic and Climatic Influencing Factors in Shijiazhuang City

HAN Juncai^{1,2}, ZHANG Bingxiang², GAO Qi^{1,2}, YUE Yanxia²

(1. Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;
2. Shijiazhuang Meteorological Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang 050081, China)

Abstract: The variation characteristics of the pan evaporation and its climatic influencing factors in Shijiazhuang city in the last 37 years are analyzed in this study by using the methods of cumulative anomaly and linear tendency estimation and complete correlation coefficient. The results show that the annual pan evaporation presented obviously decreasing trend, and most significantly decrease occurred in spring, then in summer and autumn. The pan evaporation in a year and different seasons has a positive correlation with sunshine duration, average temperature daily range, average wind speed and average land surface temperature, but a negative correlation with average humidity. The major reason of pan evaporation decrease in Shijiazhuang city is the decrease of sunshine duration and average temperature daily range, and the second is the decrease of average wind speed and average land surface temperature.

Key words: pan evaporation; climatic influencing factors; variation characteristics

《干旱气象》第三届编审委员会成立暨工作会议召开

2009年10月25日,《干旱气象》第三届编审委员会成立暨工作会议在甘肃敦煌召开。来自中国科学院大气物理研究所、青藏高原研究所、寒区旱区环境与工程研究所,北京大学、南京信息工程大学、兰州大学、西北师范大学、甘肃农业大学、兰州交通大学,中国气象局兰州干旱气象研究所、乌鲁木齐沙漠气象研究所、成都高原气象研究所、沈阳大气环境研究所及部分省气象局的编委近40人参加了会议。

甘肃省气象局局长、《干旱气象》主编张书余同志对与会编委表示了诚挚的问候和热烈的欢迎,并在讲话中指出召开此次会议旨在集思广益,群策群力,共同探讨提升期刊知名度、提高期刊质量、促进期刊发展的途径,并希望各位编委能对本刊给予大力支持,利用各自广泛良好的人际资源及自生的学术优势组织优秀稿件,提升期刊学术水平,加速期刊创新发展,争取早日将《干旱气象》打造成我国自然科学之核心期刊。

会议宣读了《干旱气象》第三届编审委员会成员名单,颁发了编委聘书,听取了《干旱气象》近几年发展状况的汇报。与会编委对期刊近几年的发展,特别是对期刊影响因子的大幅提高给予了充分的肯定,对第一届、第二届编委会为期刊发展所做的努力给予了高度的评价,并就期刊目前面临的困难及存在的问题进行了深入的讨论,提出了很多具有建设性的意见和建议,如与高校和科研院所合作,争取优秀稿源;围绕期刊学术定位,拓展内容,突出特色;争取进入中国科学引文数据库(CSCD),提高影响因子和引用率,提升知名度;追踪重大科研项目,集中刊发项目文章及项目进展报道及充分发挥编委会在办刊中的作用等。

本次会议内容丰富且富有成效,它对提高期刊质量、增强编委会凝聚力、推动《干旱气象》发展等方面将起到较大的促进作用。