

新疆额尔齐斯河流域气温日较差变化特征及影响因子分析

刘强吉^{1,2,3}, 武胜利^{1,2}

(1. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆干旱区湖泊环境与资源重点实验室, 新疆师范大学, 乌鲁木齐 830054; 3. 新疆师范大学继续教育学院, 乌鲁木齐 830054)

摘要: 利用新疆额尔齐斯河流域5个国家气象地面基准站1961—2013年最低、最高气温及年平均气温、降水量、风速、日照时数、相对湿度等逐日资料, 通过累计距平法、滑动平均、线性回归法, 对该流域DTR变化特征及空间分布进行分析, 以探讨该地区气温变化的规律。结果表明: 额尔齐斯河流域各地年、年代DTR总体上呈减小趋势, 除阿勒泰市以外, 其余各地减小趋势显著; 四季DTR变化趋势不太一致, 总体上呈现减小趋势; 年DTR极大值和极小值均呈减小趋势。年均最高、最低气温均呈升高趋势, 最低气温的快速升高和最高气温的缓慢升高是额尔齐斯河流域DTR减小的直接原因。年均DTR与热力因子中的平均气温、动力因子中的平均风速呈正相关, 与热力因子中的日照时数、水分因子中的降水量、动力因子中的相对湿度呈负相关, 影响流域DTR的主要因子为平均气温、降水量、平均风速, 关联性最强的是平均气温, 其次是降水量。影响各地DTR的主要因子有所不同。

关键词: DTR; 趋势分析; IDW; 气候变化; 额尔齐斯河流域

中图分类号: P423 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2017)04-0351-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2017.04.055

Variation Characteristics of Diurnal Temperature and Influence Factors of Irtysh River in Xinjiang

LIU Qiangji^{1,2,3}, WU Shengli^{1,2}

(1. College of Geographical Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054; 2. Xinjiang Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Zone, Urumqi 830054; 3. Continuing Education Institute, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054)

Abstract: By using maximum temperature, minimum temperature and mean temperature, sunshine duration, evaporation, precipitation, relative humidity, and average wind speed of 5 weather stations in Irtysh river valley in Xinjiang from 1961 to 2013, the spatial and temporal trends of the temperature in this region were studied through taking the method of climate trending rate, 5 years running mean trend and Inverse distance weighted interpolation method. The main results were as followed: Diurnal temperature range (DTR) generally showed a reducing trend at scales of the year and decade, and except Altay City, the reduction trends of the rest regions in Irtysh river valley were all significant. Variation trends of DTR in each season were inconsistent, but generally showed reducing trend. Maximum and minimum values of annual DTR assumed reducing trend. Annual maximum and minimum temperature assumed increasing trend. Rapid increasing of minimum temperature and slow rising of maximum temperature were the direct causes of DTR decreasing. The average annual DTR was positively correlated with average temperature and average wind speed, and negatively correlated with sunshine duration, precipitation and relative humidity. Main factors affected the valley DTR were the average temperature, precipitation and average wind speed, and the strongest correlation factor was the average temperature, followed by precipitation. Main influence factor affected DTR varied from each station.

收稿日期: 2017-03-13

资助项目: 国家自然科学基金项目“艾比湖流域抛物线沙丘形成与演变研究”(41161004); 国家自然科学基金NSFC-新疆联合基金重点项目“新疆博斯腾湖环境演变及对气候变化的响应”(U1138302); 新疆干旱区环境与资源实验室基金项目“500年来博斯腾湖流域柽柳沙堆年层沉积及其环境记录”(XJDX0909-2012-03); 新疆干旱区环境与资源重点实验室基金项目“额尔齐斯河流域风沙环境特征研究”(XJDX0909-2014-04)

第一作者: 刘强吉(1988—), 男, 陕西汉中人, 硕士, 主要从事干旱区环境演变与气候变化研究。E-mail: liuqiangji1988@126.com

通信作者: 武胜利(1977—), 男, 河南西平人, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事干旱区环境演变与气候变化研究。E-mail: wushengli77@126.com

Keywords: diurnal temperature range; trend analysis; inverse distance weighted interpolation; climate change; Irtysh River valley

全球气候变暖是不争的事实。过去 100 年全球地表气温升高 0.74°C , IPCC(政府间气候变化委员会)报告预测未来 100 年全球气温可能升高 $1.1\sim4.6^{\circ}\text{C}$ ^[1]。地球表面的气候正经历一次显著的变暖,我国的气候变化趋势与全球变化基本一致。据统计,中国近百年气温上升 $0.4\sim0.5^{\circ}\text{C}$,增温速率接近 $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,比全球或半球同期平均增温速率明显偏高,且地表温度增暖主要发生在最近的 20 余年^[2-3]。气温日较差(DTR)的变化与平均气温的变化既有很好的可比性,又相互独立,且 DTR 与最高、最低气温都有关系,对 DTR 进行研究比单独研究平均气温能够为气候变化研究提供更多的信息。DTR 反映了全球和区域性的温度变化幅度,其变化对于人类生存环境、气候异常的影响和可持续发展研究具有特殊的参考价值^[4-5]。

近些年,国内对日较差的研究也越来越多^[4-13]。周宇等^[6]研究认为 1873—2009 年上海市 DTR 呈显著减小趋势,减小幅度为 $0.15^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,秋季下降幅度最大,冬季下降幅度最小,近 60 年北极涛动指数表现出从负位相向正位向转变的趋势,上海 DTR 的减小与日照时数、降水和城市化存在较大的关系;杨允凌等^[7]对邢台市 DTR 进行研究,认为该地区 DTR 年、季均呈明显的下降趋势;杨晓玲等^[8]认为武威市年、季 DTR 均呈下降趋势。这些研究增进了对中国器测时期气候变化规律的认识,为深入理解气候变化的原因和影响奠定了基础。分析发现,近 50 年来我国 DTR 整体呈现下降趋势,而且大部分的研究区位于湿润、半湿润、半干旱地区,对于干旱区的研究相对较少,尤其是中高纬度西风带控制下的干旱河、湖泊流域研究甚少。额尔齐斯河是我国唯一注入北冰洋的水系,是新疆三大水系之一,流域位于新疆阿尔泰山南部,准格尔盆地北缘,流域面积 $5.27 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。流域中国段地势东北高,西南低,平均海拔 1790 m ,属于中温带大陆性气候,冬季长而冷,夏季短而凉,年平均气温 4°C 左右,流域水汽主要来源于大西洋,年平均降水量 180 mm ,冬夏多于春秋,降雪多余降雨,其径流主要靠融雪、融冰和降水补给^[14-15]。沿岸分布着我国最大的“天然杨树基因库”和多种珍贵动植物资源。因此,深入分析该流域尺度的 DTR 变化研究,对于掌握和了解流域气候未来的发展方向有十分重要的意义。

本文基于额尔齐斯河流域 5 个国家气象地面基准站气象日值资料,利用趋势分析法等对该流域 DTR 变化特征进行分析,为流域国土安全、国民经济建设、生态环境安全以及灾害控制提供科学依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

依据资料的连续性及最长时段性等标准,共选取符合条件的气象站 5 个(图 1)。这 5 个典型气象站是阿勒泰市($47^{\circ}44'N, 88^{\circ}05'E$)、福海县($47^{\circ}07'N, 87^{\circ}28'E$)、富蕴县($46^{\circ}59'N, 89^{\circ}31'E$)、哈巴河县($48^{\circ}03'N, 86^{\circ}24'E$)、吉木乃县($47^{\circ}26'N, 85^{\circ}52'E$)。地面气象站的最高气温、最低气温、平均气温、降水量、风速、日照时数、相对湿度日值资料均来自国家气象地面基准站。为了保证所选气象站数据资料长度的均一和稳定,气象资料时间跨度一致取为 1961 年 1 月 1 日至 2014 年 2 月 28 日(2013 年冬季止)。

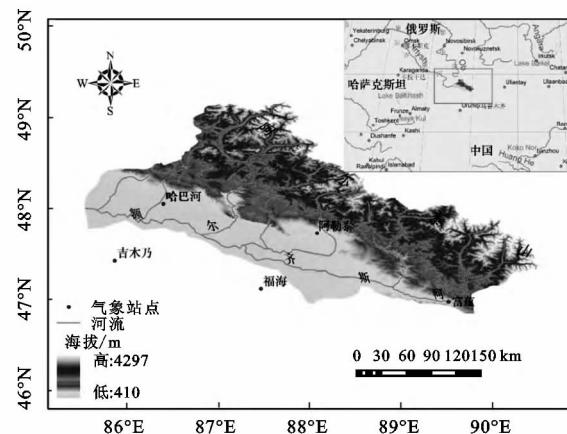


图 1 新疆额尔齐斯河流域气象站点

1.2 研究方法

DTR 是指日最高温度与日最低气温之差,年平均 DTR 为日 DTR 的年平均值,季节平均 DTR 为相应的日 DTR 的平均值。按照 3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季,12 月至翌年 2 月为冬季,对 DTR 数据资料进行处理。对研究区 DTR 资料进行汇总,采用一元线性趋势法和累计距平法对气温资料进行变化趋势分析;研究显著性水平取 0.05,如果统计量小于显著性水平,则认为趋势是显著的。

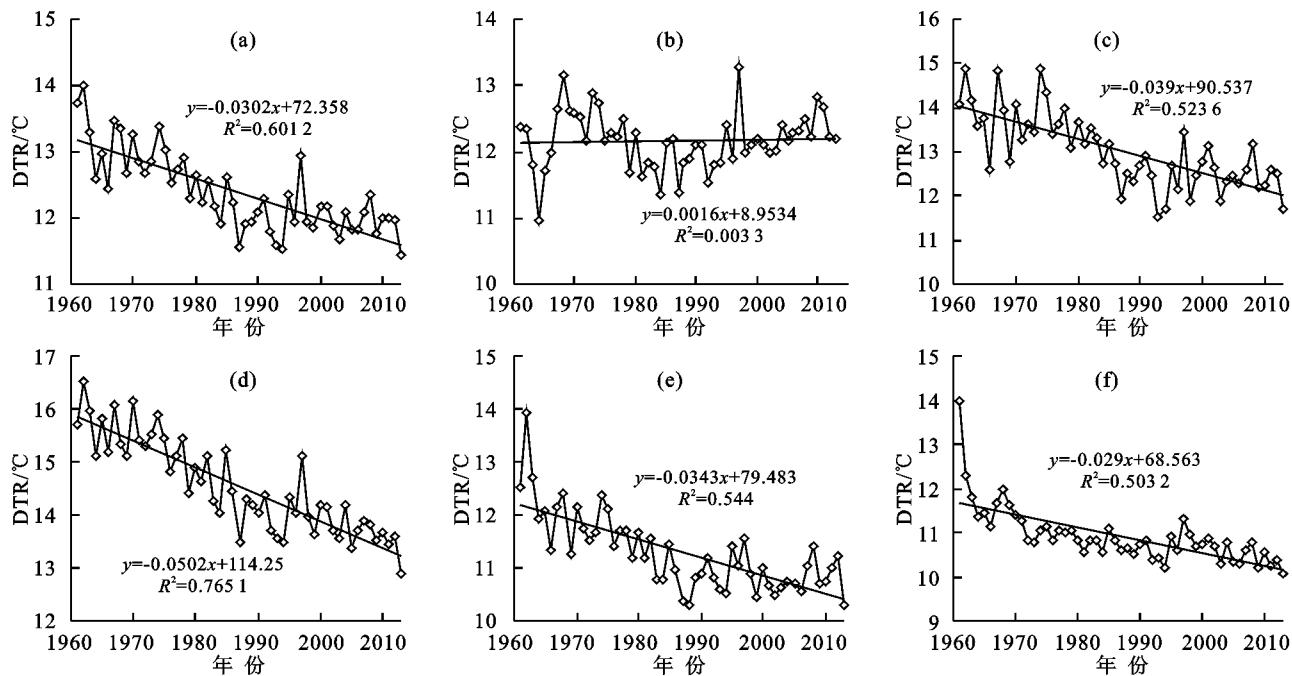
2 结果与分析

2.1 DTR 年际、年代际变化

由图 2 可知,近 53 年来,额尔齐斯河流域年平均 DTR 变化的趋势系数为 0.6,通过了以 $-0.3^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的

速率呈明显的下降趋势,这与近50年中国DTR变化趋势一致^[16]。利用线性回归得到各站点DTR的变化趋势率,阿勒泰市为0.016℃/10a,气候变化趋势系数R为0.06;福海县为-0.39℃/10a,R为0.72;富蕴县为

-0.5℃/10a,R为0.87;哈巴河县为-0.34℃/10a,R为0.74;吉木乃县为-0.29℃/10a,R为0.71。根据蒙特卡罗模拟方法规定,除阿勒泰市以外其余4地气候变化趋势很显著。



注:a为额尔齐斯河流域;b为阿勒泰市;c为福海县;d为富蕴县;e为哈巴河县;f为吉木乃县。

图2 额尔齐斯河流域各地年均DTR变化曲线

表1为额尔齐斯河流域各站点DTR年代际距平。整体来看,20世纪60,70年代年均DTR偏大,为正距平;80年代以来年均DTR偏小,为负距平。阿勒泰市20世纪60年代略偏大,70年代、21世纪以来偏大,80年代偏小,90年代略偏小;福海县、富蕴县60—70年代偏大,80年代略偏小,90年代、21世纪以来偏小;哈巴河县60—70年代偏大,80年代、90年代、21世纪以来偏小;吉木乃县60年代偏大,70年代略偏大,80年代、90年代略偏小,21世纪以来偏小。

表1 额尔齐斯河流域各地DTR年代际距平

单位:℃

DTR年代	阿勒泰市	福海县	富蕴县	哈巴河县	吉木乃县	流域
20世纪60年代	0.01	0.82	1.11	0.96	1.00	0.78
20世纪70年代	0.21	0.75	0.81	0.47	0.11	0.47
20世纪80年代	-0.34	-0.11	-0.08	-0.31	-0.20	-0.21
20世纪90年代	-0.07	-0.63	-0.51	-0.36	-0.21	-0.36
21世纪以来	0.12	-0.55	-0.85	-0.49	-0.43	-0.44

2.2 DTR季节变化

表2为额尔齐斯河流域各季节平均DTR、增长率及趋势系数。DTR季节最大值阿勒泰市、富蕴县、哈巴河县、吉木乃县均出现在夏季,分别为13.38,15.25,14.02,11.5℃,福海县出现在春季和夏季,均为14.08℃;DTR季节最小值阿勒泰市、福海县、哈

巴河县、吉木乃县均出现在冬季,分别为11.34,11.04,7.87,10.45℃,富蕴县出现在秋季,为14.12℃。各地各季节DTR的变化趋势差异较大,福海县、富蕴县、哈巴河县各季节均为较大的减小趋势;阿勒泰市春季变化趋势不明显,夏季和秋季呈较弱的增长趋势,冬季呈较弱的减小趋势;吉木乃县春、夏、秋为较大的减小趋势,冬季为较弱的减小趋势。根据蒙特卡罗模拟方法规定,富蕴县春、夏、冬季气候变化趋势很显著,秋季变化趋势显著;福海县冬季趋势变化较显著,夏季变化显著;哈巴河县夏季和冬季变化趋势较显著;吉木乃县夏季变化趋势很显著;福海县和哈巴河县其他两季、吉木乃县其他三季及阿勒泰市各季节气候变化趋势不显著。

2.3 DTR月变化

由图3可知,各地DTR月变化存在较大差异。阿勒泰市1—3月先增加后减小,3—8月迅速增加,8月达到峰值,之后迅速减小;福海县4月和9月形成两个高峰,7月为明显的低谷;福海县月变化较复杂,2,5,9月分别有一个高值点,1,3,11月DTR均较小;哈巴河县在5月和8月形成两个高峰;吉木乃县1—3月先增大后减小,3—9月波动缓慢增大,之后减小。总体来看,流域DTR月变化在1—2月和11—12月较小,3—5月和8—10月有两个高峰。

表 2 额尔齐斯河流域各季节平均 DTR、增长率及趋势系数

季节	项目	阿勒泰市	福海县	富蕴县	哈巴河县	吉木乃县
春季	均值/℃	12.09	14.08	14.60	12.57	11.15
	增长率/(℃/10 a)	0	-0.34	-0.53	-0.31	-0.27
	趋势系数	0	-0.22	-0.43	-0.22	-0.26
夏季	均值/℃	13.38	14.08	15.25	14.02	11.50
	增长率/(℃/10 a)	0.09	-0.40	-0.50	-0.40	-0.49
	趋势系数	0.07	-0.38	-0.65	-0.45	-0.58
秋季	均值/℃	11.87	12.87	14.12	10.69	10.56
	增长率/(℃/10 a)	0.12	-0.33	-0.50	-0.31	-0.25
	趋势系数	0.05	-0.24	-0.38	-0.32	-0.33
冬季	均值/℃	11.34	11.04	14.21	7.87	10.45
	增长率/(℃/10 a)	-0.14	-0.50	-0.47	-0.36	-0.16
	趋势系数	-0.08	-0.46	-0.64	-0.45	-0.15

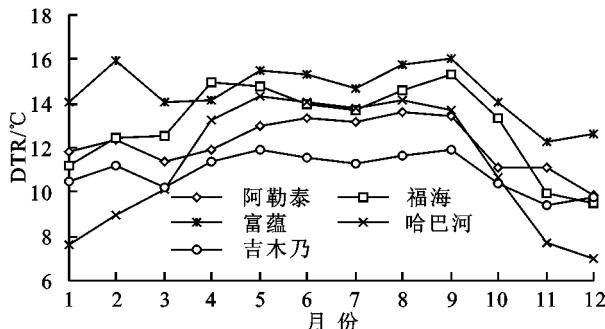


图 3 额尔齐斯河流域各地 DTR 月变化曲线

2.4 DTR 极值的变化

额尔齐斯河流域 DTR 年极大值总体上呈减小趋势(图 4a)。各地各年代 DTR 极大值差异较大,阿勒泰市和哈巴河县 20 世纪 60 年代偏大,70 年代以来偏小,其中 90 年代最小;福海县 60—70 年代偏大,80 年代以来偏小,其中 70 年代最大,90 年代最小;富蕴县 60—80 年代偏大,90 年代以来偏小,其中 60 年代最大,2000 年以来最小;吉木乃县 60 年代和 80 年代偏大,70 年代、90 年代以来偏小,其中 60 年代最大,90 年代最小。DTR 最大值阿勒泰市出现在 1969 年 9 月 10 日(31.1 ℃),福海县出现在 1970 年 6 月 22 日(33.4 ℃),富蕴县出现在 1966 年 2 月 1 日(30.9 ℃),哈巴河县出现在 1962 年 6 月 26 日(30.5 ℃),吉木乃县出现在 2003 年 4 月 30 日(30.2 ℃);DTR 次大值阿勒泰市出现在 1987 年 11 月 24 日(28.3 ℃),福海县出现在 1970 年 7 月 28 日(31.1

℃),富蕴县出现在 1979 年 1 月 23 日(30.6 ℃),哈巴河县出现在 2003 年 4 月 30 日(28.2 ℃),吉木乃县出现在 1961 年 6 月 12 日(29.3 ℃)。

额尔齐斯河流域 DTR 年极小值总体上呈减小趋势(图 4b)。各地各年代 DTR 极小值差异较大,阿勒泰市 20 世纪 60—70 年代、90 年代偏大,80 年代、2000 年以来偏小;福海县 60—70 年代偏大,80 年代以来偏小,其中 70 年代最大,80 年代最小;富蕴县 60 年代、90 年代以来偏小,70—80 年代偏大,其中 80 年代最大,60 年代最小;哈巴河县 60—90 年代偏大,2000 年以来偏小;吉木乃县 80 年代偏大,其余时段偏小。DTR 最小值阿勒泰市出现在 1982 年 11 月 21 日和 2002 年 1 月 11 日(1.1 ℃),福海县出现在 1989 年 12 月 20 日(1.0 ℃),富蕴县出现在 2002 年 11 月 21 日(1.4 ℃),哈巴河县出现在 1962 年 11 月 10 日、1994 年 11 月 19 日、2005 年 12 月 30 日、2008 年 11 月 13 日、2010 年 1 月 5 日和 2011 年 11 月 14 日(1.2 ℃),吉木乃县出现在 1989 年 12 月 26 日(1.54 ℃);DTR 次小值阿勒泰市出现在 2008 年 11 月 13 日(1.2 ℃),福海县出现在 1994 年 11 月 19 日、2004 年 12 月 2 日、2011 年 11 月 26 日和 29 日(1.0 ℃),富蕴县出现在 1964 年 3 月 17 日和 2002 年 1 月 11 日(1.6 ℃),哈巴河县出现在 1982 年 11 月 28 日、1988 年 11 月 13 日、2002 年 11 月 21 日和 2009 年 11 月 8 日(1.3 ℃),吉木乃县出现在 1982 年 11 月 20 日(1.7 ℃)。

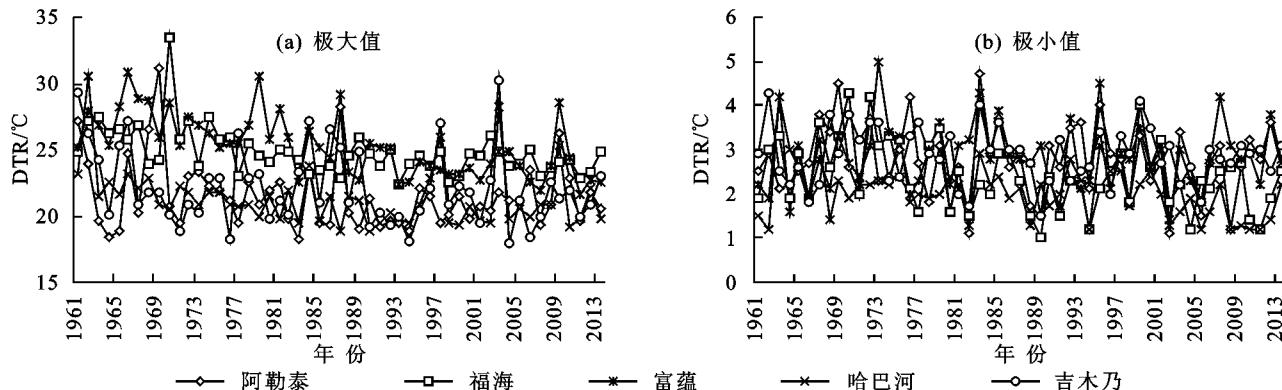


图 4 额尔齐斯河流域 DTR 年极大值和极小值变化

2.5 最高、最低气温变化

表3为额尔齐斯河流域各地年、季最高、最低气温变化倾向率及趋势系数。各地年平均最高、最低气温均呈升高趋势,各地年平均最低气温比最高气温升高趋势大,即白天升温小于夜间,昼夜温差在减小,呈现出非对称性变化。根据蒙特卡罗模拟方法规定,最高气温富蕴县升高趋势很显著,吉木乃县较显著,最低气温升高趋势除阿勒泰市以外均很显著,阿勒泰市升高趋势不显著。年平均DTR与年最高、最低气温呈相反的变化趋势,最低气温的快速升高和最高气温的缓慢升高是额尔齐斯河流域DTR减小的直接原因,这也证实了DTR下降主要受最低气温变化

的驱动。

各地四季平均最高、最低气温总体上呈现升高趋势,阿勒泰市最高、最低气温春季变化倾向率相同,夏、秋季最高气温变化大于最低气温,冬季小于最低气温变化幅度;福海县、富蕴县、哈巴河县、吉木乃县各季节最低气温升高趋势比最高气温升高趋势大得多,使福海县、富蕴县、哈巴河县、吉木乃县四季DTR呈现明显的减小趋势。根据蒙特卡罗模拟方法规定,最低气温福海县、富蕴县、哈巴河县和吉木乃县夏季、秋季升高趋势很显著,富蕴县冬季升高趋势较显著,各地其它季节升高趋势不显著;最高气温方面,各地各季节升高的幅度均不显著。

表3 额尔齐斯河流域各地年、季最高、最低气温变化倾向率及趋势系数

气温	项目	阿勒泰市	福海县	富蕴县	哈巴河县	吉木乃县
最高气温	年均值	0.25	0.22	0.39	0.23	0.30
	春季	0.26	0.20	0.18	0.21	0.34
	夏季	0.04	0.13	0.36	0.11	0.14
	秋季	0.35	0.39	0.34	0.38	0.45
	冬季	0.37	0.17	0.67	0.22	0.26
	年均值	0.15	0.11	0.25	0.10	0.18
	春季	0.04	0.03	0.02	0.02	0.08
	夏季	0.004	0.04	0.25	0.03	0.04
	秋季	0.12	0.15	0.09	0.13	0.19
	冬季	0.07	0.01	0.18	0.02	0.03
最低气温	年均值	0.27	0.62	0.89	0.58	0.59
	春季	0.26	0.53	0.71	0.54	0.61
	夏季	-0.04	0.55	0.86	0.51	0.63
	秋季	0.34	0.72	0.85	0.68	0.69
	冬季	0.50	0.66	1.14	0.58	0.42
	年均值	0.14	0.55	0.65	0.46	0.50
	春季	0.05	0.24	0.27	0.24	0.29
	夏季	0.01	0.62	0.79	0.61	0.51
	秋季	0.13	0.50	0.49	0.39	0.44
	冬季	0.09	0.14	0.35	0.09	0.07

2.6 DTR 影响因子分析

DTR的变化受多方面因素的影响,比如自然因素中的太阳辐射、云、降水、水汽含量、蒸发量等的变化都会对其产生影响,同时城市化的发展,下垫面的改变和大气污染物的排放也会使最高气温和最低气温发生变化,从而影响到DTR的区域差异。本文主要探讨作为热力因子的平均气温和日照时数、作为水分因子的降水量、作为动力因子的相对湿度和平均风速与DTR的关系。

从全流域来看(表4),年均DTR与热力因子中的平均气温、动力因子中的平均风速呈正相关,与热力因子中的日照时数、水分因子中的降水量、动力因子中的相对湿度呈负相关。其中,热力因子中的平均气温、水分

因子中的降水量和动力因子中的平均风速的标准化回归系数远大于其它要素,因此影响流域DTR的主要因子为平均气温、降水量、平均风速,关联性最强的是平均气温,其次为降水量。各地影响因子有所不同,影响阿勒泰市DTR的主要因子依次为相对湿度、平均风速、平均气温,关联性最强的是相对湿度,其次为平均风速;影响福海县DTR的主要因子依次为平均气温、降水量、相对湿度、日照时数、平均风速,关联性最强的是平均气温,其次为降水量;影响富蕴县DTR的主要因子依次为降水量、日照时数、平均风速,关联性最强的是降水量、其次为日照时数;影响哈巴河县DTR的主要因子依次为降水量、平均气温、相对湿度、平均风速,关联性最强的是降水量,其次为平均气温;影响吉木乃县DTR的主要因子为降水量、日照时数、平均风速,关联性最强的是降水量,其次为日照时数。

要因子依次为平均气温、日照时数、降水量,关联性最强的是平均气温、其次为日照时数。由此可知,影响流域

DTR 的主要是平均气温和降水量,其次是平均风速和相对湿度,日照时数的影响相对较弱。

表 4 额尔齐斯河流域 DTR 与各气象因子的标准回归系数

流域各 站点	热力因子		水分因子		动力因子	
	平均气温	日照时数	降水量	相对湿度	平均风速	
阿勒泰市	0.252	0.032	-0.138	-0.448 ^{**}	0.363 ^{**}	
福海县	0.664 ^{**}	-0.311 [*]	-0.552 ^{**}	-0.389 ^{**}	0.276 [*]	
富蕴县	0.185	-0.555 ^{**}	-0.622 ^{**}	0.161	0.339 [*]	
哈巴河县	0.534 ^{**}	-0.224	-0.597 ^{**}	-0.464 ^{**}	0.447 ^{**}	
吉木乃县	0.531 ^{**}	-0.315 [*]	-0.302 [*]	0.289 [*]	-0.039	
流域	0.718 ^{**}	-0.288 [*]	-0.642 ^{**}	-0.342 [*]	0.460 ^{**}	

注: *、** 表示分别通过了 $\alpha=0.01$ 、 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验(t 检验)。

3 结论

本文利用 1961—2013 年额尔齐斯河流域经均一性检验订正后的气温数据,分析了近 50 年来该流域 DTR 的变化趋势及空间分布特征,得到主要结论为:

(1) 额尔齐斯河流域各地年、年代 DTR 总体上呈减小趋势,除阿勒泰市以外,其余各地减小趋势显著;DTR 四季变化趋势不太一致,总体上呈现减小趋势;DTR 月变化也不一致,1—2 月和 11—12 月较小,3—5 月和 8—10 月有两个高峰;DTR 年极大值和极小值均呈现减小趋势。

(2) 流域各地年平均最高、最低气温均呈升高趋势,各地年平均最低气温比最高气温升高趋势大,即白天升温小于夜间,昼夜温差在减小。年平均 DTR 与年最高、最低气温呈相反的变化趋势,最低气温的快速升高和最高气温的缓慢升高是额尔齐斯河流域 DTR 减小的直接原因。

(3) 年均 DTR 与热力因子中的平均气温、动力因子中的平均风速呈正相关,与热力因子中的日照时数、水分因子降水量、动力因子中的相对湿度呈负相关。其中,热力因子中的平均气温、水分因子降水量和动力因子中的平均风速的标准化回归系数远大于其它要素,因此影响流域 DTR 的主要因子为平均气温、降水量、平均风速,关联性最强的是平均气温,其次为降水量;影响各地 DTR 的主要因子有所不同。

参考文献:

- [1] 刘强吉,武胜利,房靓,等. 1961—2013 年巴州地区日照时数变化特征分析[J]. 气象与环境学报,2016,32(2): 79-88.
- [2] 窦睿音,延军平,王鹏涛. 全球变化背景下甘肃近半个世纪气温时空变化特征[J]. 干旱区研究,2015,32(1): 73-79.
- [3] 任国玉,郭军,徐铭志,等. 近 50 年来中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报,2005,63(6): 942-956.
- [4] 祝青林,王秀萍,王丽娜,等. 近 45 年大连地区气温日较差的演变趋势分析[J]. 气象科技,2008,36(6): 745-749.
- [5] 王凯,陈正洪,刘可群,等. 华中区域 1960—2005 年平均最高、最低气温及气温日较差的变化特征[J]. 气候与环境研究,2010,15(4): 418-424.
- [6] 周宇,史军,孙国武,等. 1873—2009 年上海气温日较差变化及其影响因素[J]. 气象与环境学报,2012,28(1): 24-30.
- [7] 杨允凌,孙东磊,杨丽娜,等. 邢台市气温日较差的变化[J]. 干旱气象,2013,31(4): 708-713.
- [8] 杨晓玲,丁文魁,殷玉春,等. 1961—2010 年武威市气温日较差变化趋势及影响因子分析[J]. 中国沙漠,2014,34(1): 225-232.
- [9] 周杰,邵海燕,吴永萍,等. 华北地区气温日较差的时空特征和气候变化[J]. 扬州大学学报(自然科学版),2013,16(3): 35-40.
- [10] 王纪军,裴铁璠,王安志,等. 长白山地区近 50 年平均最高和最低气温变化[J]. 北京林业大学学报,2009,31(2): 50-57.
- [11] 汪凯,叶红,唐立娜,等. 气温日较差研究进展:变化趋势及其影响因素[J]. 气候变化研究进展,2010,6(6): 417-423.
- [12] 周雅清,任国玉. 城市化对华北地区最高、最低气温和日较差变化趋势的影响[J]. 高原气象,2009,28(5): 1158-1166.
- [13] 刘昌波,纪潇潇,许吟隆,等. SRES A1B 情境下中国区域 21 世纪最高最低气温及日较差变化的模拟分析[J]. 气候与环境研究,2015,20(1): 89-96.
- [14] 高沈瞳,徐长春. 额尔齐斯河流域上游地区近 50 年来气温和降水变化的 DFA 分析[J]. 冰川冻土,2014,36(3): 706-716.
- [15] 杨涵,陈雪刚,王亚奇. 1990—2010 年新疆额尔齐斯河流域湿地景观动态变化[J]. 干旱区研究,2013,30(2): 211-218.
- [16] 陈铁喜,陈星. 近 50 年中国气温日较差的变化趋势分析[J]. 高原气象,2007,26(1): 150-157.