

申燕玲,曾淑玲,肖宏斌,等.冷湖地区气象要素变化及其对天文观测的影响[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(3):110-116.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2021.03.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



冷湖地区气象要素变化及其对天文观测的影响

申燕玲^{1,3},曾淑玲²,肖宏斌^{1,3},颜鹏程^{4*},沈晓燕^{1,3}

(1.青海省气象科学研究所天气气候研究室,青海 西宁 810001;2.中国人民解放军 93808 部队,甘肃 兰州 730020;
3.青海省防灾减灾重点实验室,青海 西宁 810001;4.中国气象局兰州干旱气象研究所,甘肃省干旱气候变化与
减灾重点实验室/中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室,甘肃 兰州 730020)

摘要:基于青藏高原冷湖地区的气象观测资料,开展了气象要素变化及对天文观测的影响研究,从气温—降水、云量—日照时数、大风—沙尘三个方面分析了在冷湖地区进行天文观测的可能性与合理性。结果表明:冷湖地区年平均气温低,最高和最低气温差值存在年代际转折特征,转折后气温差值降低(最低气温增加趋势超过最高气温),降水量较少,夏季降水减少而其他季节降水增加,低温少雨的环境有利于大气层结稳定,提升天文观测数据质量;日照时数在年代际转折以后增加,云量减少,低云量有助于电磁波的传播,提升天文观测精度;风速和大风日数在转折以后均为减弱趋势,这使得浮尘日数也减少,这有助于减少天文观测仪器的磨损,增加天文观测仪器的使用寿命。

关键词:冷湖地区;气候变化;天文观测

中图分类号:P412.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2021)03-0110-07

天文观测台的选址依赖于天文相关的气候条件、地形地貌条件和后勤保障条件^[1],其中天文相关的气候参数包括气温、温差变化、相对湿度、云量、粉尘、风速、晴夜数等^[2-4]。除此之外,可观测时间、大气视宁度、天光背景亮度、大气消光系数等参数也是天文观测台选址的重要依据^[5]。世界著名的天文观测台有美国夏威夷岛的莫纳克亚天文台(Mauna Kea Observatory,海拔 4 205 m)、美国亚利桑那州的帕瑞纳天文台(Paranal Observatory,海拔 2 635 m)、西班牙加纳利群岛的罗奎克·德·罗斯·穆察克斯天文台(Roque de los Muchachos Observatory,海拔 2 396 m)、智利阿塔卡马沙漠的基特峰国家天文台(Kitt

Peak National Observatory,海拔 2 096 m)、美国德克萨斯州的麦克唐纳天文台(McDonald Observatory,海拔 2 070 m)等,都选择在观测条件良好的高海拔地区。我国主要的天文观测台包括位于河北省的国家天文台兴隆观测基地、北京市的密云观测站、云南省的云南天文台丽江观测站等^[6],观测条件均较好。这些天文台的兴建,为天文科学研究取得了丰硕的观测成果。

通过对天文观测台台址气候背景的研究发现,天文观测台选址要求云量较低、大气湍流弱^[7-9]、大气透明度高、风速较小、大气相对湿度较弱、大气中沙尘浓度低、日温差小等^[9-12]。其中影响天文观测的主要气象因素包括:①温差太大,容易引起大气层结不稳定,造成局部湍流,从而降低观测数据的质量^[13];②云量过多、云层过低,阻碍天文观测中红外波段和毫米波段的电磁波的传播^[14-16],影响天文观测的观测精度;③大气中湿度、沙尘过大,一方面容易损毁天文观测仪器的镜面、滤光片,另一方面也增加了大气被电击穿从而损毁精密仪器的概率^[17],一

收稿日期:2020-06-30;修回日期:2020-09-02

基金项目:青海省重大科技专项“天文大科学装置冷湖台址监测与先导科学研究课题三——天文台址大气、地理地质环境监测与综合分析”(2019-ZJ-A10);甘肃省气象局气象科研项目(MS201914)

作者简介:申燕玲(1992—),女,工程师,主要从事天气气候与生态环境研究。E-mail: 330478112@qq.com

通信作者:颜鹏程(1987—),男,副研究员,主要从事气候变化、数值模式研究。E-mail: yanpc@iamcma.cn

般认为大气湿度的阈值不超过 90% 较适宜^[5,18-19]。

我国青藏高原空气稀薄、辐射强、日照时数多、气温低^[20],一定程度上符合开展天文观测活动的条件。其中,位于青藏高原西北部、阿尔金山南麓、柴达木盆地北缘的冷湖地区属于典型的高原大陆型气候,平均海拔 2 800 m,年平均气温为 3.00 °C 左右^[21],平均年降水量较小,显著低于其他地区^[22],同时大气中相对湿度低^[23-24],云量低、总云量主要以不到 1 成和不到 5 成为主^[25],沙尘日数较少^[26],适宜开展天文观测活动。受全球变暖影响,近些年来,该地区的气候变化呈现新的特征^[27-30],韩国军^[31]研究指出青藏高原中部地区的气温呈现增加的趋势,且增温趋势要大于周边地区,而西藏西南部到青海东北部的降水显著增加,其余地区则呈现减少的趋势;李林等^[32]指出青海北部柴达木盆地地区的是青藏高原气候变化的敏感区;李晓东等^[33]研究表明截止到 2013 年冷湖地区气温上升趋势显著(0.40 °C/10 a)、日照时数减弱(趋势约 -90 h/10 a)、相对湿度增加(0.50%/10 a)的现象。因此,有必要在长时间序列观测资料基础上进一步研究气候增暖背景下,冷湖地区气候是否持续发生变化,以明确该地区在未来承担天文观测任务的可行性。

基于此,从气温—降水、云量—日照时数、沙尘—大风三个角度分析气象条件对天文观测的可能影响,首先分析冷湖地区观测资料来源并评估主要气象参数是否具备完整性和代表性,进而研究冷湖地区 1961—2018 年气象观测站资料中气温—降水、云量—日照时数、沙尘—大风等与天文观测直接相关的气象要素的长期变化特征,分析这些气象要素的变化对天文观测的影响。

1 数据与方法

所用资料为青海省气象信息中心的 1961—2018 年冷湖气象观测站逐月资料,包括平均气温、最高气温、最低气温、降水、相对湿度、日照时数、云量、平均风速、大风日数、浮尘日数和扬沙日数资料,另选用冷湖附近地区茫崖、大柴旦气象观测站作为对比站分析冷湖站点的代表性,研究中利用表征相关程度的散点图、趋势分析、滑动 t 检验等数理统计方法对冷湖地区气候特征开展分析。在分析风速特征时,为消除仪器替换可能带来的影响,资料选用 1970 年以后的资料。

为了分析冷湖站点观测数据的完整性和代表性,利用距离冷湖站较近的茫崖、大柴旦气象观测站

资料作为参考,研究不同站点资料的一致率^[34],检查数据一致情况。一致率的计算如式(1)、(2)。其中 x_i 代表气象要素的时间序列,对各气象要素时间序列事先进行逐月距平处理, s_x 代表序列的标准差, k 为系数,一般情况取 $k=2$,统计量 a_i 表示序列中数据超出标准差的 k 倍。对统计量 a_i 进行求和,可以知道序列中排除异常值后的数目 b ,进而通过计算与样本量 n 的比值得到一致率 C_r 。

$$a_i = \begin{cases} 1 & |x_i - \bar{x}| \leq k \cdot s_x \\ 0 & |x_i - \bar{x}| > k \cdot s_x \end{cases}, \quad (1)$$

$$\begin{cases} b = \sum_{i=1}^n a_i \\ C_r = \frac{b}{n} \times 100\% \end{cases}. \quad (2)$$

2 冷湖地区位置及观测数据完整性分析

图 1 为冷湖地区地形及气象观测点分布,图中散点分别代表冷湖(38°44'36" N, 93°20'08" E, 2 770.8 m)、茫崖(38°14'59" N, 90°51'07" E, 2 944.8 m)、大柴旦(37°51'08" N, 95°21'10" E, 3 173.2 m)3 个气象观测站点的位置,其中,茫崖站点位于冷湖站点以西约 200 km,大柴旦站点位于冷湖站点以东约 200 km。图 2 为 3 个站点各气象要素资料的一致率检查,当 $k=2$ 时(图 2a),气温(包括最高、最低气温)、相对湿度、日照时数、云量、风速、大风日数、浮尘(扬沙)日数的一致率几乎为 100%,表明这些要素的数据分布均较为一致。降水的分布一般不满足正态分布,故计算冷湖站点降水与茫崖、大柴旦的相关系数(图 3a),分别为 0.60 和 0.56(均通过 0.01 的显著性检验),表明冷湖降水与茫崖、大柴旦一致性较好;同时考察不同站点不同等级累计降水日数,3 个站的降

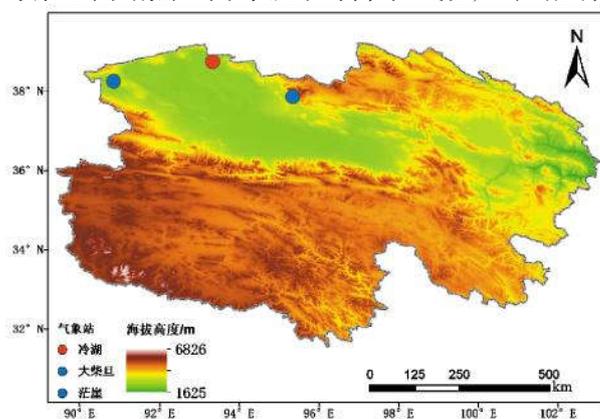


图 1 冷湖地区海拔高度及气象观测站点位置

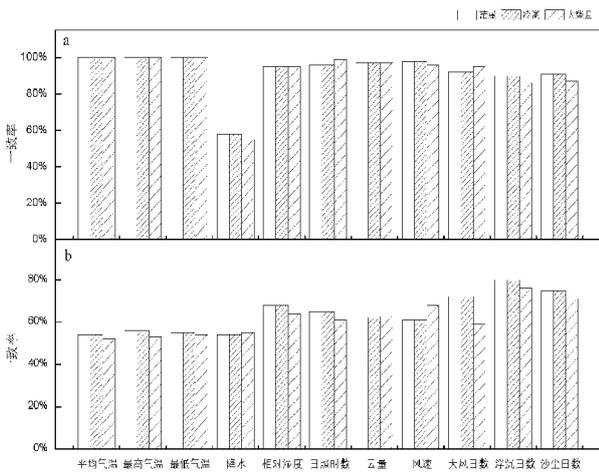


图2 平均气温、最高气温、最低气温、降水、相对湿度、日照时数、云量、平均风速、大风日数、浮尘日数、扬沙日数数据一致率检查
(a中系数k=2;b中系数k=1)

水均主要分布在 0.00~4.00 mm(图 3b),且降水量越大、降水频次越低时,3个站的降水分布一致。另外,为进一步检查数据的一致性,取 $k = 1$ 时重新进行统计(图 2b),各气象要素在站点间同样不存在显著差异性。以上分析结果表明:冷湖站气象观测资料完整性较好,与茫崖和大柴旦具有相同的分布特征。

3 冷湖地区气候特征分析

3.1 气温、降水特征分析

图 4a 是冷湖地区平均气温逐年变化,浅蓝色区域表示最低气温和最高气温的范围,最低温增加的趋势为 $0.49\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,显著高于最高气温增加的趋势 ($0.18\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$),而平均气温的增加趋势介于二者之间,为 $0.25\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。从概率分布来看(图 4b),最低、最高气温的平均值分别为 -5.31 和 $11.88\text{ }^{\circ}\text{C}$,而月平均气温的平均为 $3.04\text{ }^{\circ}\text{C}$,表明冷湖地区近 58 a 来,气温

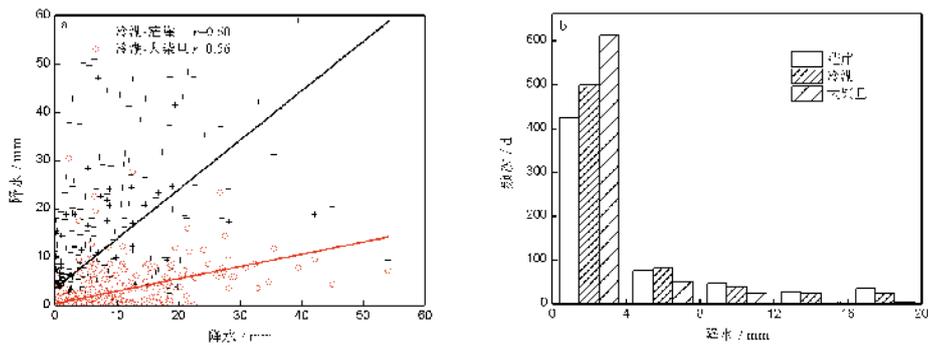


图3 冷湖站点降水与茫崖、大柴旦站点降水的一致性分析
(a为不同站点降水之间相关程度散点分布;b为不同站点降水频次分布)

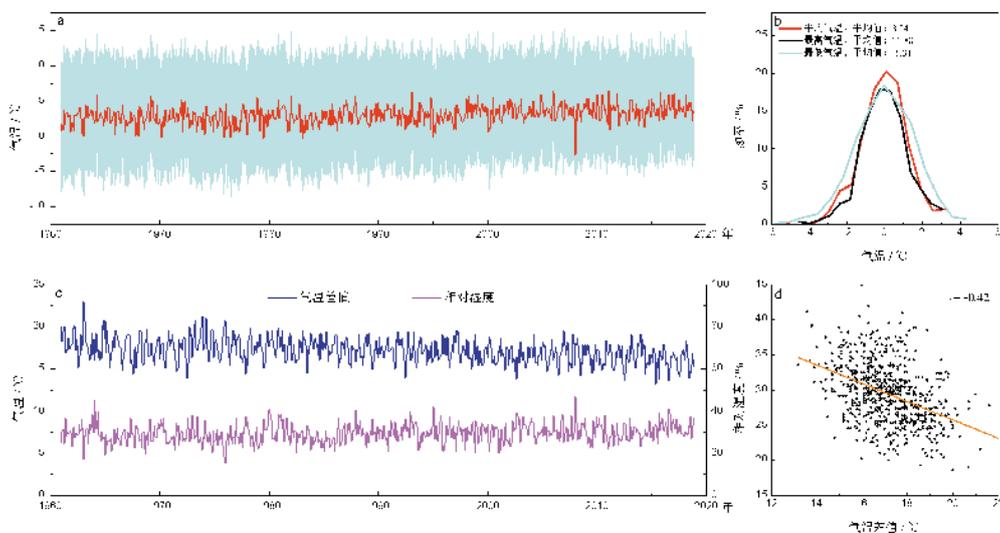


图4 气温、相对湿度逐年变化及相互之间的相关关系

(a为月平均气温、最高和最低气温,红色线为月平均气温;浅蓝色为最高和最低气温,单位: $^{\circ}\text{C}$;b为月平均气温、最高和最低气温概率分布,单位: $^{\circ}\text{C}$;c为最高和最低气温的差值,蓝色,单位: $^{\circ}\text{C}$,浅红色为相对湿度,单位: %;d为气温差值和相对湿度散点图,橙色线为线性拟合)

较低。最高、最低气温差值(图 4c)平均为 17.19 °C, 并且呈现逐渐减小的趋势,减小趋势为 $-0.32\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ (通过 0.01 的显著性水平检验)。温差与相对湿度呈现显著地负相关关系,相关系数为 -0.42 (通过 0.01 的显著性水平检验),其中平均相对湿度为 29.42%。考虑到空气中湿度变化容易引起潜热的变化,从而引起气温的变化,因此进一步分析温差变化与相对湿度之间的关系。利用滑动 t 检验方法对气温进行突变检测(图 5),结果表明在 1998 年前后,气温发生年代际转折,转折后的气温显著高于转折前。并且转折后气温差值由 17.57 °C 减少为 16.53 °C,而相对湿度有所增加,转折前为 28.84%,转折后为 30.41%。同时也发现年代际转折以前的温差与相对湿度的相关系数为 -0.40 ,转折之后相关系数降低至 -0.35 ,表明温差变化和相对湿度之间的相关关系变弱。

图 6 为降水长期变化趋势,冷湖地区平均年降水量为 16.83 mm,呈现弱的增加趋势($1.20\text{ mm}/10\text{ a}$),

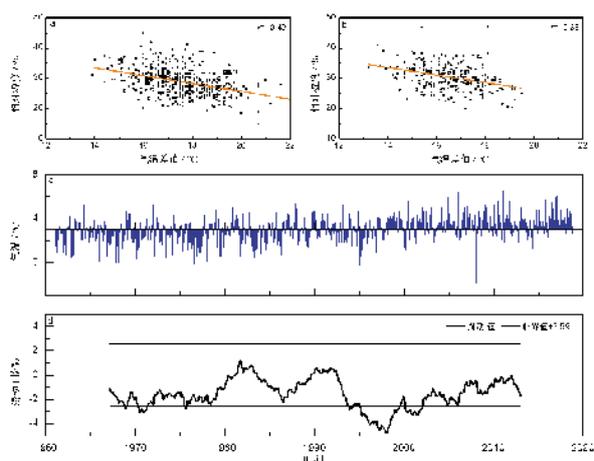


图 5 不同时段气温和相对湿度的关系特征
(a、b 为 1998 年前后不同时段温差和相对湿度的相关关系散点,橙色线为线性拟合;c 为月平均气温变化;d 为对月平均气温的滑动 t 检验,图中灰色线为 0.01 显著性水平临界值)

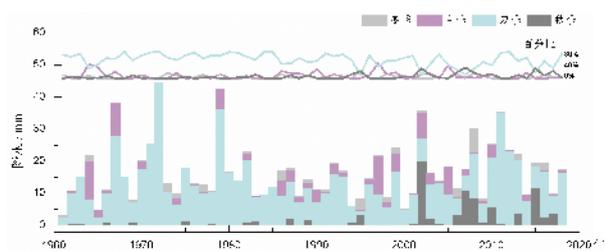


图 6 不同季节降水的逐年变化
(灰色为冬季,红色为春季,蓝色为夏季,黑色为秋季;曲线代表不同季节降水在全年的百分比)

且存在一定的年代际变化特征,其中 1960—1985 年和 1995—2018 年两个时段的降水偏多,1985—1995 年降水偏少。从不同季节来看,冷湖地区降水主要集中在夏季,平均降水量为 12.52 mm,占全年的 74.87%,其次是春季(1.93 mm,10.52%),秋季和冬季降水最少,平均降水量为 1.62 和 0.76 mm(占全年降水百分比分别为 9.20%和 5.41%)。不同季节降水在 1995 年前后呈现年代际转折,具体表现为夏季降水减少(趋势为 $-0.45\text{ mm}/10\text{ a}$)、秋季降水显著增加(趋势为 $0.79\text{ mm}/10\text{ a}$),年代际转折之前夏季和秋季平均降水分别为 13.42、0.42 mm,转折之后夏、秋季平均降水分别为 11.25、3.30 mm;冬季降水略有增加(趋势为 $0.14\text{ mm}/10\text{ a}$),而春季降水趋势变化不明显(趋势为 $-0.06\text{ mm}/10\text{ a}$)。从百分比来看,夏季降水由转折之前的 82.57%减少至 63.96%,而秋季、冬季和春季降水占全年降水百分比则由 3.54%、4.03%和 9.87%增加至 17.21%、7.38%和 11.45%。

综上所述,冷湖地区年平均气温较低,为 3.04 °C,存在一定的增加趋势(为 $0.25\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$);分析最高、最低气温的温差和相对湿度关系发现二者存在显著的负相关关系,但是在 1998 年年代际转折之后,相关关系变弱。冷湖地区年降水量较少,为 16.83 mm,且主要发生在夏季,为全年降水总量的 74.87%,在 1995 年前后发生年代际转折,转折之后夏季降水比例降至 63.96%。冷湖地区整体气温偏低、降水量少,有利于大气层结稳定,从而减少湍流对光线波前畸变带来的影响,提升天文观测质量。

3.2 日照时间、云量特征分析

图 7 为冷湖地区日照时间,该地区月平均日照时长为 286 h,超过大部分天文观测台的日照时数^[39],趋势为 $-5.18\text{ h}/10\text{ a}$ 。滑动 t 检验表明,1990 年前后日照时数出现年代际转折,转折前月平均日照时数为 295 h,趋势为 $-6.67\text{ h}/10\text{ a}$,转折之后月平均日照时数为 277 h,趋势为 $1.97\text{ h}/\text{a}$ 。平均云量较低(4.69 成),云量与日照时数呈负相关,相关系数为 -0.45 (通过 0.01 的显著性水平检验)。云量在 20 世纪 90 年代末发生转折,云量与日照时数在转折之前相关系数为 -0.62 ,转折之后为 -0.40 ,转折后日照时数与云量的相关系数降低。总体来说,冷湖地区的日照时数较长、云量较低,20 世纪 90 年代末发生年代际转折,转折之后日照时数、云量都呈现微弱的增加趋势,但二者相关系数降低。低云量、长日照时间,有利于天文观测进行。

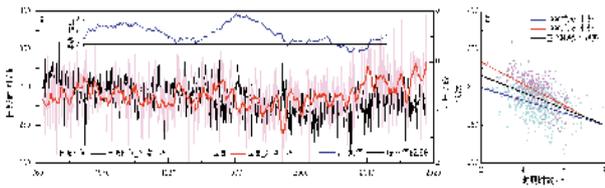


图7 云量和日照时数变化特征

(a 为日照时数和云量逐年变化,灰色线代表日照时数,黑色线代表日照时数 21 时滑动平均,浅红色线代表云量,红色线代表云量 21 时滑动平均,蓝色线代表滑动 t 检验,灰色线代表 0.01 显著性临界值;b 为云量和日照时数的相关关系散点图,其中蓝色点代表 1990 年以前的情况,红色点代表 1990 年以后的情况,相应的蓝色、红色线分别代表各自的线性拟合,黑色线代表整个时段的线性拟合)

3.3 平均风速、大风日数、浮尘日数和扬沙日数特征分析

冷湖地区风速逐年变化(图 8a),平均风速为 $3.89 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,长期来看呈现弱的减小趋势。1974 年以前,风速持续增加,之后持续减小到 1980 年,再次逐渐增大至 1987 年,1994 年以后风速变化幅度较小,其中转折前的平均风速为 $4.22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,转折后的平均风速为 $3.55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。平均风速的变化与大风日数(图 8b)的变化一致,1974—1994 年的大风日数年平均为 76.14 d,1994 年以后减少至 60.54 d。浮尘日数在 1994 年以后也呈减少的趋势,年平均浮尘日数在转折前为 10.00 d,转折之后为 1.17 d。但是扬沙日数变化不显著,在 1998—2000 年出现连续 3 a 的大值(平均扬沙日数 14 d),最多扬沙日数达到 16 d(2000 年);2015—2018 年扬沙日数也明显较大,平均扬沙日数为 23.25 d,最多扬沙日数达到 26 d(2016 年)。图 9 是逐月—逐年扬沙日数散点图,冷湖地区扬沙四季都有,但主要发生在春季,平均 2.49 d,而 1998—2000 年扬沙日数增加主要原因是春季扬沙日数增多,增至 7.33 d,2015—2018 年扬沙日数所有季节均增加,其中春季、夏季增多最为显著,为 8.25 和 6.50 d,另外秋季和冬季也增至 4.00 和 4.50 d。

综合来看,冷湖地区风速平均在 $3.84 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,从长期变化看呈现弱的负趋势,尤其是 20 世纪 90 年代以后风速波动和大风日数均趋于稳定,浮尘天气显著减少,近几十年几乎为 0 d。低沙尘、低风速的大气环境对于天文观测仪器的损耗较少,适宜建立天文观测站点。但值得注意的是,扬沙天气在近几年有增加的趋势,年扬沙日数为 20 d 左右。

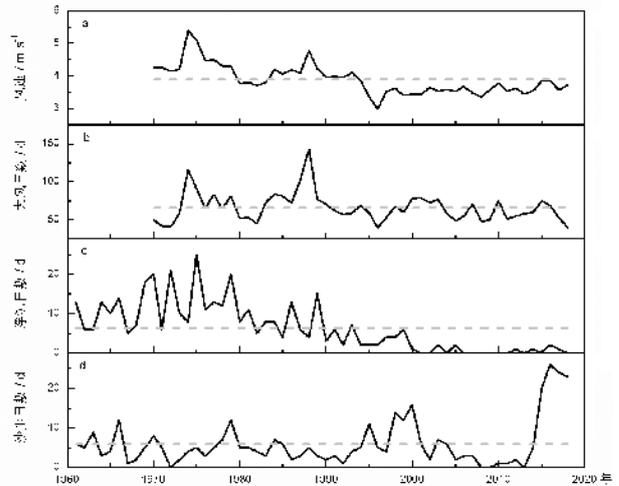


图8 平均风速(a)、大风日数(b)、浮尘日数(c)、扬沙日数(d)逐年变化,灰色虚线代表各气象要素的平均值

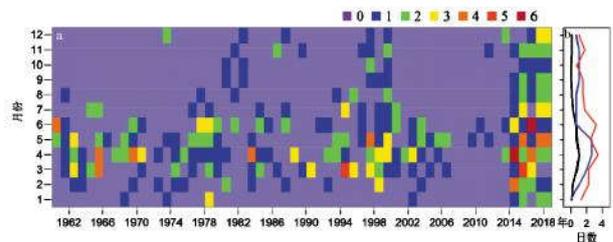


图9 扬沙日数年变化特征(单位:d)

(a 为扬沙日数年变化特征,不同颜色代表该年份、该月份扬沙日数;b 为不同月份扬沙日数,蓝色线代表 1998—2000 年平均,红色线代表 2015—2018 年的平均,黑色线代表除却这两个时段的多年平均)

4 结论

利用冷湖地区气象观测站点观测的气象资料,从气温—降水、云量—日照时数、沙尘—大风 3 个方面,研究了气象要素的年代际变化特征及对天文观测的影响情况,得出以下结论:

(1)冷湖地区年平均气温为 $3.04 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,升温趋势为 $0.25 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ a}$,其中最低气温增温趋势高于最高气温增温趋势,二者的温差逐渐缩小;温差还与相对湿度存在显著负相关。冷湖地区年降水量为 16.83 mm 左右,且降水主要发生在夏季,在 1995 年以后出现年代际转折,转折之后的夏季降水占比减少,分摊至其他季节。低气温、降水有利于维持冷湖地区大气层结稳定,对流、湍流少发有利于提升观测数据的质量。

(2)冷湖地区日照时数年平均为 3 432 h,在 1990 年前后出现“先减少、后增加”的年代际转折,

转折之前年均日照时数逐渐减少、之后呈现显著增加趋势;日照时数与云量呈现显著负相关关系,但是在1990年以后,相关关系减弱。弱的云量和较多的日照时数表明冷湖地区拥有较长的观测窗口期,并且低云量也有助于电磁波的传播、提升观测精度。

(3) 冷湖地区平均风速约 $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,1994年以后平均风速和大风日数略有减弱,浮尘日数显著减少,近几十年,浮尘日数几乎为0 d,但是扬沙日数在2015年以后呈现增加的趋势,其中2015—2018年,平均扬沙日数为20 d。较低的风速、较低的浮沉(沙尘)有利于天文观测的长期维持,同时降低观测仪器的损耗,能够保持较高的天文观测精度。

综上所述,冷湖地区自1961年来,气温较低且温差在逐渐减小,长期保持低雨量、低相对湿度、云量少、低沙尘的气候特征。在20世纪90年代前后,气象要素发生年代际变化,气温略增加,降水在全年的分配发生变化,年平均风速减小,由此引起的浮尘日数也减少,云量减少,日照时数增加,但仍然保持在较低的水平,有利于维持大气层结稳定,减少湍流的影响,同时较低的云量也有利于红外波段、毫米波段电磁波的传播,提升天文观测的精度,而低风沙的天气则能够显著降低天文观测仪器的损耗,增加使用寿命,这些气象条件及长期变化特征均表明冷湖地区是一个理想的天文观测候选址点。

参考文献:

- [1] 赵昭旺,谭微松,黄寅亮. 国外天体物理台站(光学)选址调研[J]. 云南天文台刊,1978(1):56-64.
- [2] 钱璇,王盘兴,姚永强,等. 中国天文气象条件的时变特征[J]. 中国科学:物理学 力学 天文学,2011(7):896-910.
- [3] 段辑,刘煜,申远灯,等. 昭通大山包天文气象条件统计分析[J]. 天文研究与技术,2012,9(2):184-202.
- [4] 王晶星,刘煜,宋腾飞,等. 大理洱海东岸山区天文气象条件初步统计分析:2016至2017年大气季节特征[J]. 大理大学学报,2018,3(6):36-39.
- [5] 张记成. 兴隆观测集体天文观测条件分析及性能提升研究[D]. 济南:山东大学,2016.
- [6] 王绶管. 中国天文学在前进——十年回顾(1982—1992)[J]. 科技导报,1993,11(3):29-31.
- [7] MacMynowski D G, Colavita M M, Skidmore W, et al. Primary mirror dynamic disturbance models for TMT: Vibration and wind [C]. Modeling, Systems Engineering, and Project Management for Astronomy IV. International Society for Optics and Photonics, 2010, 7738: 77380E.
- [8] 张永婧,王盘兴,姚永强,等. 中国天文气象条件的地域分布[J]. 中国科学:物理学 力学 天文学,2010(10):1302-1314.
- [9] 侯金良. 天文选址的主要参数及测量方法[J]. 天文学进展,1994(2):126-132.
- [10] 仇朴章,刘忠. 现代天文选址中的视宁度[J]. 天文学进展,1993(1):55-61.
- [11] 毕雄伟. 云南师范大学呈贡校区天文台选址研究[D]. 云南:云南师范大学,2006.
- [12] 黄寅亮,毛节奏. 我国天文气候特点及潜在(光学红外)优良台址探讨[J]. 天体物理学报,1994(4):379-384.
- [13] 徐靖然. 威海天文观测气象数据统计研究[J]. 云南师范大学学报(自然科学版),2019,39(3):1-6.
- [14] 胡平. 光学台址观测环境监测与研究[D]. 乌鲁木齐:新疆大学,2017.
- [15] Radu A A, Angelescu T, Curtef V, et al. An astroclimatological study of candidate sites to host an imaging atmospheric Cherenkov telescope in Romania[J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2012, 422(3): 2262-2273.
- [16] 王继昌,姚永强,杨国安. 西藏物玛与新疆卡拉苏天文候选点的气象条件[J]. 天文研究与技术,2008(4):404-414.
- [17] 马开全,于建明,刘子忠,等. 高美古空气湿度的初步分析[J]. 天文研究与技术,1999(2):59-66.
- [18] Lombardi G, Zitelli V, Ortolani S, et al. El Roque de Los Muchachos site characteristics. II. Analysis of wind, relative humidity, and air pressure [J]. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 2007, 119 (853): 292.
- [19] Jabiri A, Benkhaldoun Z, Vernin J, et al. A meteorological and photometric study of the Oukaimeden site - Comparison with the Observatorio del Roque de los Muchachos using Carlsberg Automatic Meridian Circle data [J]. Astronomy and Astrophysics Supplement Series, 2000, 147(2): 271-284.
- [20] 郭晓宁,杨延华,李海凤,等. 1951—2013年格尔木及周边地区日照时数气候变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2015,9(6):62-67.
- [21] 樊万珍. 冷湖近59年气温变化趋势分析[J]. 青海农林科技,2016(4):22-28.
- [22] 相守贵,张成毅,李生辰,等. 柴达木盆地1966—2015年气候变化及降水特点分析[J]. 青海环境,2018,28(2):64-71.
- [23] 钱璇,姚永强,李俊荣,等. 全国大气水汽含量分布[J]. 天文学报,2012,53(4):325-341.
- [24] 梁宏,刘晶森,李世奎. 青藏高原及周边地区大气水汽资源分布和季节变化特征分析[J]. 自然资源学报,2006,21(4):526-534.
- [25] 陈少勇,董安祥,王丽萍,等. 祁连山区夏季总云量的气

- 候变化与异常研究 [J]. 南京气象学院学报, 2005(5): 43-51.
- [26] 白虎志,董安祥,李栋梁,等. 青藏高原及青藏铁路沿线大风沙尘日数时空特征 [J]. 高原气象, 2005, 24(3): 311-315.
- [27] 陈晓光,李林,朱西德,等. 青海省气候变化的区域性差异及其成因研究 [J]. 气候变化研究进展, 2009, 5(5): 249-254.
- [28] 时兴合,李生辰,李栋梁,等. 青海湖周边年代际气候波动及其对青海高原气候变化的响应 [J]. 中国沙漠, 2008, 28(5): 133-141.
- [29] 胡琴,姜大膀,范广洲. 青藏高原未来气候变化预估: CMIP5 模式结果[J]. 大气科学, 2015, 39(2): 260-270.
- [30] 马晓波,李栋梁. 青藏高原近代气温变化趋势及突变分析[J]. 高原气象, 2003, 22(5): 507-512.
- [31] 韩国军. 近 50 年青藏高原气候变化特征分析 [D]. 成都:成都理工大学, 2012.
- [32] 李林,陈晓光,王振宇,等. 青藏高原区域气候变化及其差异性研究[J]. 气候变化研究进展, 2010(3): 29-34.
- [33] 李晓东,胡爱军,祁栋林,等. 近 53 年青海省气候变化与粮食产量及气候生产潜力特征 [J]. 草业科学, 2015, 32(7): 1061-1068.

Climate Change in Lenghu Area and the Impact on Astronomical Observation

SHEN Yanling^{1,3}, ZENG Shuling², XIAO Hongbin^{1,3}, YAN Pengcheng⁴, SHEN Xiaoyan^{1,3}

(1.Qinghai Institute of Meteorological Science, Xining 810001, China;

2.Unit 93808, People's Liberation Army, Lanzhou 730020, China;

3.Key Laboratory for Disaster Prevention and Mitigation in Qinghai Province, Xining 810001, China;

4.Institute of Arid Meteorology of China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China)

Abstract Based on the meteorological observation data in Lenghu, Qinghai-Tibet Plateau, the study on the changes of meteorological elements and the impact on astronomical observations was carried out. The possibility and rationality of astronomical observation in Lenghu were analyzed from three aspects: temperature-precipitation, cloud cover-sunshine duration, and gale-dust. The results showed that: The annual average temperature in Lenghu was low, and daily temperature range had an decadal transition characteristics. After the transition, the temperature difference decreased (the increasing trend of the minimum temperature exceeded that of maximum temperature), the precipitation was less, and summer precipitation decreased while precipitation in other seasons increased. An environment with low temperature and less rain was conducive to the stability of atmosphere, reducing turbulence, and improving the quality of astronomical observation. Sunshine duration increased after the inter-decadal transition, while cloud cover decreased. Less cloud cover made the propagation of electromagnetic waves easier and improved the accuracy of astronomy observation. The wind speed and gale days showed a weakening trend after the decadal transition, and dust days also reduced, which helped to lower the abrasion of astronomical instruments and increased their service life.

Key words Lenghu area; climate change; astronomical observation