

刘耀龙,张华明,黄晓丽,等. 山西省冰雪运动气候适宜性评价[J]. 干旱气象,2019,37(1):173-179, [LIU Yaolong, ZHANG Huaming, HUANG Xiaoli, et al. Evaluation of the Ice-snow Sports Climate Suitability in Shanxi Province[J]. Journal of Arid Meteorology, 2019, 37(1):173-179], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2019)-01-0173

山西省冰雪运动气候适宜性评价

刘耀龙¹, 张华明², 黄晓丽¹, 常媛媛³, 张建新²

(1. 太原理工大学经济管理学院, 山西 晋中 030600; 2. 山西省气象灾害防御技术中心, 山西 太原 030002;
3. 太原理工大学体育学院, 山西 晋中 030600)

摘要:综合考虑温度、降雪量、风等因素,构建冰雪运动气候指数(ice-snow sport climate index, ISCI)评价模型,确定冰雪运动气候适应性分级标准。以山西省为例,定量评价冰雪运动的气候适宜性特征和空间分布状况。结果表明:全省冰雪运动气候指数平均值为5.03,属于一般适宜等级;38°N以北的大部分区域均适合发展冰雪运动产业,且未来气候适宜性呈现增强趋势。

关键词:冰雪运动气候指数(ISCI);适应性评价;山西

文章编号:1006-7639(2019)01-0173-07 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2019)-01-0173

中图分类号:F590.3;G86

文献标志码:A

引言

近年来,我国冰雪运动呈现出专业化和大众化的发展趋势,冰雪赛事、冰雪运动和冰雪旅游的叠加效应逐渐凸显^[1-2]。2022年北京冬奥会的成功申办将进一步促进国内大众冰雪运动的全面发展。冰雪运动对气候具有较高的敏感性,全球气候变暖对冰雪运动产生的影响引起了广泛关注^[3-5],亦有学者对适宜造雪的气候条件进行了研究^[6-7]。事实上,自1985年MIECZKOWSKI^[8]提出旅游气候指数(TCI)以来,相关气候指数的研究与应用层出不穷^[9-14]。谢勇等^[15]提出滑雪运动气象指数,采用MeNod逐步回归算法提取滑雪运动的气象因子。其中,平均风速、日降水量、日最高气温是影响滑雪人数的最重要因素。该研究通过对滑雪者人数随气象因素变化的分析,得出滑雪者人数的分类标准,但没有考虑雪条件或雪和风的压倒效应,该指数评估了滑雪的日常天气条件,未能反映整个雪季的气候适宜性。冰雪运动的气候敏感性对冰雪运动的开展、运动场地的经营、冰雪旅游业的发展影响巨大,因此有必要建立综合指数来评价区域冰雪运动的气候适宜性,为科学合理规划滑雪场地、促进冰雪运动

的持续发展提供基础。本研究通过对影响冰雪运动的气象要素进行优选和分级,考虑适宜冰雪运动气象条件的持续性和气候特征的综合性和构建冰雪运动气候指数(ice-snow sport climate index,简称“ISCI”),以山西省为例,探讨冰雪运动气候适宜性的评价方法和应用意义。

1 冰雪运动气候指数

1.1 气象要素

考虑冰雪运动的特殊性,影响冰雪运动的气象要素主要有:温度、降雪量、风等因素。温度指标包括气温和湿球温度,气温(即干球温度)对冰雪运动的影响表现为:气温持续高于0℃不利于冰雪的保存,气温及其变化对人体舒适度的影响显著^[16],过低的气温会导致人冻伤。湿球温度 T_w 是指同等焓值空气状态下,空气中水蒸汽达到饱和时的空气温度,是包含相对湿度和气温的综合指标,是衡量造雪条件的最佳变量^[17]。我国华北和中部地区降雪稀少,滑雪场的运营主要靠人工造雪,而空气湿度影响水滴凝结的速度,较低的气温又有助于土地表层形成冻土,有利于造雪。研究发现, $-14\text{℃} \leq T_w \leq -2\text{℃}$

收稿日期:2018-05-15; 改回日期:2018-09-12

基金项目:山西省基础研究项目(2014021032-2)、太原理工大学校青年基金(2015QN086)和太原理工大学引进人才科研启动项目(TYUT-RC201110A)共同资助

作者简介:刘耀龙(1984—),男,博士,讲师,研究方向为风险管理. E-mail:107553320@qq.com.

通信作者:张华明. E-mail:zhanghuaming980@163.com.

适宜进行人工造雪^[7]。

目前,适合滑雪运动的雪质厚度至少为 800 ~ 1000 mm^[18],因此滑雪场地对雪量要求很高。尽管大多数滑雪场可以通过人工造雪弥补天然雪量的不足,然而人工造雪成本较高且对周围资源和环境影响较大,故而滑雪场应尽量使用天然雪,这要求滑雪场所处地区要有较大的降雪量,以年降雪量不低于 100 mm 为宜^[19]。

风对冰雪运动的影响主要体现在人体舒适度和运动适宜性两方面。具体而言,风会影响人体的热代谢以及神经系统和精神状态,影响滑雪者的发挥;风力过大会影响身体平衡,进而给滑雪运动带来较大安全隐患。一般而言,风力大于 $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 就不适宜进行冰雪运动^[7]。此外,空气污染、大雾、暴风雪、沙尘等天气均能降低能见度,影响滑雪者视线,不利于滑雪滑冰运动的进行。

1.2 评价模型

综合考虑温度、降雪量、风等要素,选取日平均气温 $T_a \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$ 持续天数、年降雪量 R 、日最高气温 $T_m \geq -16 \text{ }^\circ\text{C}$ 的天数、 $-14 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_w \leq -2 \text{ }^\circ\text{C}$ 的天数、风速 $W \leq 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 天数等指标,从滑雪场条件、滑雪者安全、经营者收益等方面,构建冰雪运动气候指数,综合评价冰雪运动的气候适宜性特征。冰雪运动气候指数评价模型如下:

$$\text{ISCI} = aV_s + bV_{T_m} + cV_{T_w} + dV_w \quad (1)$$

$$V_s = f(R, N_{ia}) \quad (2)$$

式中: V_s 为不同量级年降雪量 R 和日平均气温 $T_a \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$ 持续天数(N_{ia})两个变量的综合等级赋值; V_{T_m} 为日最高气温 $T_m \geq -16 \text{ }^\circ\text{C}$ 天数的等级赋值, V_{T_w} 为 $-14 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_w \leq -2 \text{ }^\circ\text{C}$ 天数的相应等级赋值; V_w 为风速 $W \leq 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 天数的相应等级赋值; a, b, c, d 为权重系数。

冰雪运动气候指数各指标赋值等级见表 1。其中, V_s 侧重于评价天然滑雪场条件和经营者收益, R 和 $T_a \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$ 持续天数的分级标准参考《旅游滑雪场质量等级划分》(LB/T 037 - 2014)^[20]; V_{T_m} 和 V_w 侧重于评价滑雪者安全,指标依据详见文献^[15]; V_{T_w} 侧重于评价人工滑雪场条件和经营者收益,指标依据详见文献^[7]。根据运营经验,若要维持滑雪场收入与支出平衡,每年至少需要保证 80 ~ 100 d 滑雪活动^[21],当某地区滑雪运动适宜天数小于 80 d 时即认为不太适宜滑雪运动,因此, $T_m \geq -16 \text{ }^\circ\text{C}$ 天数、 $-14 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_w \leq -2 \text{ }^\circ\text{C}$ 天数、 $W \leq 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 天数均以 80 d 作为适宜性阈值,按照 10 d 进行等距分级。 $V_s, V_{T_m}, V_{T_w}, V_w$ 分为 5 级,分别赋值 1、3、5、7 和 9,反映冰雪运动适宜程度依次增加。滑雪运动气候指数 ISCI 采用李克特量表^[22] (Likert scale),即 ISCI 为 (0, 2]、(2, 4]、(4, 6]、(6, 8]、(8, 10] 区间分别对应的适宜性为很不适宜、不太适宜、一般、适宜、很适宜。

表 1 冰雪运动气候指数各指标赋值等级

Tab. 1 The assignment grading of each item of ISCI

R/mm	$T_a \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$ 持续 天数/d	V_s	$T_m \geq -16 \text{ }^\circ\text{C}$ 天数/d	V_{T_m}	$-14 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_w \leq -2 \text{ }^\circ\text{C}$ 天数/d	V_{T_w}	$W \leq 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 天数/d	V_w
≥ 100	≥ 35	1	≤ 70	1	≤ 70	1	≤ 70	1
≥ 100	≥ 40	3	(70, 80]	3	(70, 80]	3	(70, 80]	3
≥ 100	≥ 50	5	(80, 90]	5	(80, 90]	5	(80, 90]	5
≥ 150	≥ 60	7	(90, 100]	7	(90, 100]	7	(90, 100]	7
≥ 200	≥ 60	9	≥ 100	9	≥ 100	9	≥ 100	9

以山西省为例,数据来源于中国气象科学数据共享服务网站(<http://www.esi.cn/metadata/page/index.html>),起止时间是 1951 年 1 月 1 日至 2014 年 3 月 31 日。根据经验确定 V_s, V_{T_m}, V_{T_w} 和 V_w 的权重分别为 0.3、0.1、0.4、0.2。

2 山西省冰雪运动气候适宜性评价

山西省冬季平均气温总体上呈现出缓慢增加趋势(图 1),冬季平均气温最低为 $-7.19 \text{ }^\circ\text{C}$ (1983

年),冬季平均气温最高为 $-2.71 \text{ }^\circ\text{C}$ (2001 年),冬季多年平均气温为 $-4.82 \text{ }^\circ\text{C}$ 。考虑冰雪运动气候适宜性评价的典型性和代表性以及时间间隔,分别选择 1984—1985 年、1998—1999 年和 2013—2014 年的 11 月至次年 3 月作为研究时段,分别定义为 1984 年冬季、1998 年冬季和 2013 年冬季,计算各个监测站点的 ISCI。其中,1984 年冬季为冬季平均气温偏低年份(冬季平均气温为 $-7.02 \text{ }^\circ\text{C}$),1998 年冬季为冬季平均气温偏高年份(冬季平均气温为

-2.75 ℃),2013年冬季为研究时段最近的年份(冬季平均气温为-3.52 ℃)。运用 ArcGIS 地统计模块进行空间插值和等级划分,并统计不同适宜性

区域的面积,同时分别对 1998 年冬季和 1984 年冬季、2013 年冬季和 1998 年冬季的 ISCI 进行空间相减运算,反映 ISCI 的变化趋势和空间变化特征。

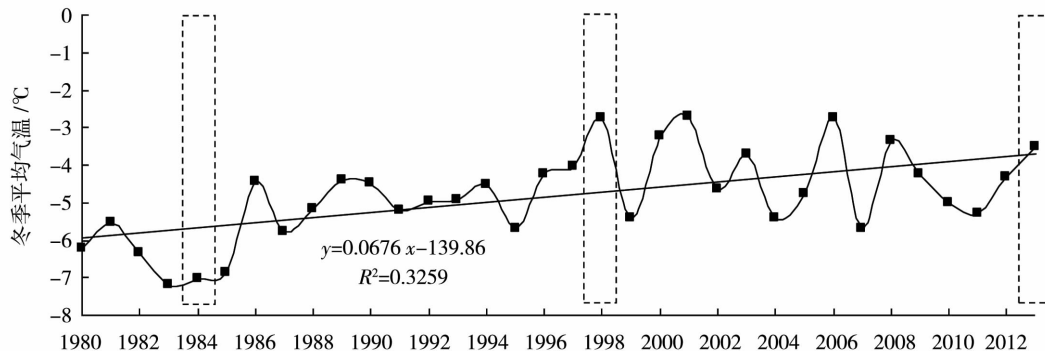


图1 1980—2013年山西省冬季平均气温的年际变化

Fig. 1 The interannual variation of winter average temperature in Shanxi Province during 1980 - 2013

2.1 ISCI 空间分布

表2列出2013年冬季山西省各区站滑雪运动气候指数计算结果及其滑雪运动气候的适宜性程度。山西省滑雪运动气候指数 ISCI 最大值为 6.6, 对应右玉、大同、天镇、河曲、朔州、灵丘、五寨 7 个区站,属于适宜地区,分布在 39°N 以北地区; ISCI 最小值为 3.4, 对应介休、临汾、运城、侯马、垣曲、阳城、永济、长治 8 个区站,属于不太适宜地区,位于 37°N 以南地区。其他站点 ISCI 值为 4.2 ~ 5.8, 属于一般适宜地区,部分区站(如兴县、原平、榆社、隰县) ISCI 接近适宜等级。全省 ISCI 的平均值为 5.03, 变异系数为 0.25, 且高于均值的区站数占总数的 68%, 说明山西省冰雪运动气候适宜程度一般,在一定条件下发展冰雪运动产业合理可行。

由于山西省各地区冬季降雪稀少,2013 年冬季降雪量各站均少于 36 mm, 尽管日平均气温 $T_a \leq 0$ ℃ 持续天数各站差异明显,但 V_s 赋值均为 1, 利用天然雪资源开展冰雪运动产业的劣势明显; $T_m \geq -16$ ℃ 天数在 150 d 左右,对于滑雪者安全有利; -14 ℃ $\leq T_w \leq -2$ ℃ 的天数反映人工造雪条件的好坏和滑雪场经营的收益,山西省北部大部分地区适宜建设人工滑雪场,中部和南部相对造雪成本较大。此外,除五台山站外,其他地区风速指标均适宜冰雪运动。

1984 年冬季、1998 年冬季和 2013 年冬季 ISCI 适宜等级空间区划如图 2 所示。可以看出,1984 年冬季山西中部部分地区和西北部大部分地区适宜开展冰雪运动,包括大同市、朔州市、忻州市、吕梁市、太原市和晋中市等,适宜区域面积为 6.62×10^4 km², 占全省面积的 42.27% (表 3); 阳泉市、长治市及临汾市、晋中市和晋城市偏北区域属

于一般适宜地区,面积为 6.77×10^4 km², 占全省面积的 43.19%; 运城市、临汾市和晋城市的南部区域属于不适宜地区,面积为 2.28×10^4 km², 占全省面积的 14.55%。

1998 年冬季,气候条件不利于开展冰雪运动。仅大同市、朔州市和忻州市的部分地区气候条件较为适宜,面积不足 3.00×10^4 km², 占全省面积不足 20.00%; 中部广大地区属于一般适宜等级,面积为 8.54×10^4 km², 占全省面积的 54.49%; 不适宜地区面积居三个研究时段之首,达 4.37×10^4 km², 接近全省面积的 30.00%, 主要分布在运城市、临汾市和晋城市。

2013 年冬季 ISCI 等级空间分布反映了近几年山西省冰雪运动气候条件的适宜程度。相比 1998 年冬季,冰雪运动适宜区域面积增大,分布范围更广,北部的大同市、朔州市和忻州市西北部地区均适合开展冰雪运动,适宜区域面积为 3.24×10^4 km², 占全省面积的 20.67%。一般适宜区域向中、南部扩展,如吕梁市、太原市、晋中市、临汾市和长治市,面积约 8.70×10^4 km²。不太适宜区域集中在山西南部地区,包括晋中市的介休,临汾市的襄汾、翼城、曲沃和侯马,长治市的长子、长治、壶关和平顺以及运城市和晋城市,不适宜发展冰雪运动产业。需要说明的是,忻州市的五台山地区,由于冬季风速较大,风力指标的适宜性等级较低,因此也属于一般适宜区域。

2.2 空间变化

以两个冬季 ISCI 差值作为指标, ISCI 差值 < -1 表明适宜性程度明显降低, $-1 \leq$ ISCI 差值 < 0 为略微降低, $0 \leq$ ISCI 差值 ≤ 1 为略微升高, ISCI 差值 > 1

表2 2013年冬季山西省各区站冰雪运动气候指数评价结果

Tab.2 Evaluation results of ISCI at each district (station) in Shanxi Province in winter 2013

区站	N_{ta}/d	R/mm	V_s 赋值	$T_m \geq -16^\circ C$ 天数/d	V_{T_m} 赋值	$-14^\circ C \leq T_w \leq -2^\circ C$ 天数/d	V_{T_w} 赋值	$W \leq 5 m \cdot s^{-1}$ 天数/d	V_w 赋值	ISCI 值	ISCI 等级
右玉	119	7.4	1	151	9	101	9	149	9	6.6	适宜
大同	101	8.5	1	151	9	109	9	146	9	6.6	适宜
天镇	106	5.8	1	151	9	117	9	144	9	6.6	适宜
河曲	98	7.2	1	151	9	106	9	151	9	6.6	适宜
朔州	98	5.7	1	151	9	110	9	151	9	6.6	适宜
五台山	122	35.2	1	151	9	111	9	59	1	5.0	一般
灵丘	97	5.0	1	151	9	111	9	150	9	6.6	适宜
五寨	121	17.6	1	147	9	100	9	151	9	6.6	适宜
兴县	87	9.2	1	151	9	99	7	151	9	5.8	一般
原平	95	2.8	1	151	9	90	7	148	9	5.8	一般
平定	50	5.9	1	151	9	76	3	144	9	4.2	一般
离石	62	15.3	1	151	9	87	5	151	9	5.0	一般
太原	52	7.1	1	151	9	86	5	150	9	5.0	一般
太谷	75	10.6	1	151	9	81	5	151	9	5.0	一般
榆社	90	19.0	1	151	9	93	7	151		5.8	一般
隰县	65	24.4	1	151	9	90	7	148	9	5.8	一般
吉县	49	13.4	1	151	9	80	5	151	9	5.0	一般
介休	39	16.1	1	151	9	65	1	151	9	3.4	不太适宜
临汾	20	18.4	1	151	9	41	1	151	9	3.4	不太适宜
安泽	65	19.1	1	151	9	88	5	151	9	5.0	一般
长治	44	20.2	1	151	9	68	1	148	9	3.4	不太适宜
襄垣	63	8.8	1	151	9	85	5	151	9	5.0	一般
运城	14	5.3	1	151	9	46	1	145	9	3.4	不太适宜
侯马	27	22.7	1	151	9	59	1	151	9	3.4	不太适宜
垣曲	12	27.2	1	151	9	47	1	147	9	3.4	不太适宜
阳城	13	31.1	1	151	9	39	1	151	9	3.4	不太适宜
永济	12	4.8	1	151	9	42	1	144	9	3.4	不太适宜

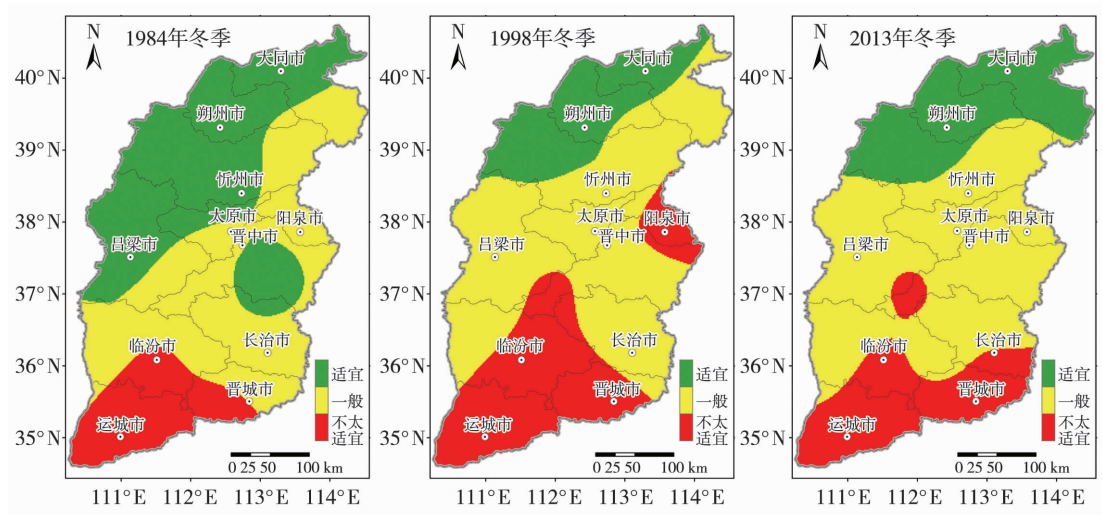


图2 山西省冰雪运动气候适宜性等级空间分布

Fig.2 Spatial distribution of ice - snow sports climate suitability level in Shanxi Province

表 3 山西省冰雪运动气候适宜区域面积统计

Tab.3 The statistics of climate suitability area for ice - snow sports in Shanxi Province

时 段	不太适宜		一般		适宜	
	面积/10 ⁴ km ²	比例/%	面积/10 ⁴ km ²	比例/%	面积/10 ⁴ km ²	比例/%
1984 年冬季	2.28	14.55	6.77	43.19	6.62	42.27
1998 年冬季	4.37	27.88	8.54	54.49	2.76	17.63
2013 年冬季	3.24	20.67	8.70	55.50	3.73	23.83

为明显升高,绘制山西省冰雪运动气候适宜性空间变化图(图 3)。相比 1984 年冬季,1998 年冬季山西省超过九成地区的冰雪运动气候适宜性降低,其中,显著降低区域接近全省总面积的 30% (表 4),包括山西中部和东部地区的太原市、晋中市和阳泉市;适

宜性略微升高的区域面积为 $1.47 \times 10^4 \text{ km}^2$,零星分布在山西省的西北部和南部[图 3(a)]。这种趋势形成原因在于 1998 年冬季山西省平均气温较高,湿球温度较低,符合造雪条件天数较 1984 年冬季显著减少。

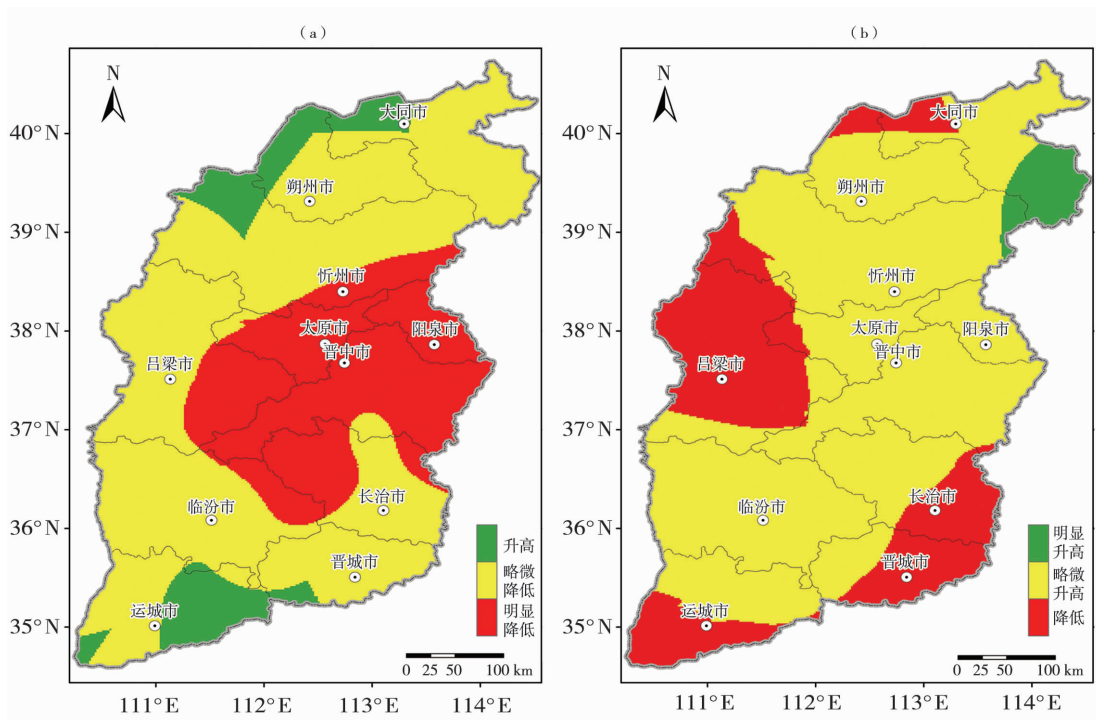


图 3 山西省冰雪运动气候适宜性空间变化

(a)1998 年冬季 ISCI 与 1984 年冬季 ISCI 之差,(b)2013 年冬季 ISCI 与 1998 年冬季 ISCI 之差

Fig.3 Spatial variation of ice - snow sports climate suitability in Shanxi Province
 (a) the difference between ISCI in winter 1998 and ISCI in winter 1984,
 (b) the difference between ISCI in winter 2013 and ISCI in winter 1998

表 4 山西省冰雪运动气候适宜区域面积变化统计

Tab.4 The statistics of area variation for ice - snow sports climate suitability in Shanxi Province

变化情况	1998 年冬季与 1984 年冬季相比		2013 年冬季与 1998 年冬季相比	
	面积/10 ⁴ km ²	比例/%	面积/10 ⁴ km ²	比例/%
明显降低	4.62	29.46	0	0
略微降低	9.58	61.15	3.97	25.30
略微升高	1.47	9.39	11.12	70.98
明显升高	0	0	0.58	3.72

相比 1998 年冬季,2013 年冬季山西省冰雪运动气候适宜性明显增加,其中,略微升高区域由大同市向南至运城市横贯全省,面积为 $11.12 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全省总面积的 70.98%;显著升高区域分布在大同市广灵县和灵丘县。此外,25.3% 的区域气候适宜性略微降低,分布于吕梁市、运城市、晋城市和长治市的边缘地带[图 3(b)]。

3 结论和讨论

(1) 冰雪运动气候指数 ISCI 能够定量评价冰雪运动的气候适宜性特征。考虑滑雪场条件、滑雪者安全和经营者收益因素,综合温度、降雪量、风等要素,选取日平均气温小于等于 $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 持续天数、不同等级年降雪量、日最高气温大于等于 $-16 \text{ }^\circ\text{C}$ 天数、湿球温度为 $-14 \sim -2 \text{ }^\circ\text{C}$ 天数、风速小于等于 $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 天数指标,构建冰雪运动气候指数模型。该模型可用于中纬度、四季分明且降雨量适当的国家或地区定量评价冰雪运动的气候适宜性程度。模型的权重受到研究区域的气候条件特征和冰雪运动发展状况的影响。

(2) 山西省冰雪运动气候指数平均值为 5.03, 具有发展冰雪运动产业的气候条件。2013 年冬季,山西省滑雪运动气候指数 ISCI 最大值为 6.6, 适宜开展冰雪运动的区域分布于大同市、朔州市以及忻州市的西部地区。相对而言,山西省南部的运城市、晋城市等地不太适宜发展冰雪运动产业。从发展趋势来看,相比于 1984 年冬季,1998 年冬季山西省 90.61% 的地区冰雪运动气候适宜程度降低;相比于 1998 年冬季,2013 年冬季全省冰雪运动气候适宜性有所增加,尤其是大同市广灵县和灵丘县。由于山西省冬季降雪稀少,因而人工造雪在一定程度上增加滑雪场运营成本,限制冰雪运动产业的快速发展。

(3) 根据研究区域气候因子的组合状况,冰雪运动气候指数模型亦可简化。针对不同的使用者或决策者,模型计算结果的绝对意义和相对意义是有所取舍的。当进行大尺度区域冰雪运动气候适宜性对比研究时,考虑模型的各个因素有利于获得综合的评价结果,便于横向比较;当研究区域气候存在显著的主导因子,而其他因素空间差异不大时,模型可以简化为某一因子的评价结果。比如,山西省各个地区冬季降雪量较少,而气温、风等要素满足条件,人工造雪的关键因子——湿球温度指标具有主导地位,即可以湿球温度适宜性评价结果作为开展冰雪运动条件优劣的依据供决策者参考。

参考文献:

- [1] FALK M. The demand for winter sports: empirical evidence for the largest French ski – lift operator[J]. *Tourism Economics*, 2015,21(3):561 – 580.
- [2] WU W W, ZHU Y X, ZHANG C Y. The assessment of ice – snow tourism resources value and its realization degree[J]. *Scientific Research*, 2013,5(3):30 – 35.
- [3] GILABERTEBÚRDALO M, LÓPEZMARTÍN F, PINOOTÍN M R, et al. Impacts of climate change on ski industry[J]. *Environmental Science & Policy*, 2014(44):51 – 61.
- [4] PONS M, LÓPEZ – MORENO J I, ROSAS – CASALS M, et al. The vulnerability of Pyrenean ski resorts to climate – induced changes in the snowpack[J]. *Climatic Change*, 2015,131(4):591 – 605.
- [5] SCOTT D, MCBOYLE G, MINOGUE A, et al. Climate change and the sustainability of ski – based tourism in eastern North America: a reassessment[J]. *Journal of Sustainable Tourism*, 2006,14(4):376 – 398.
- [6] DAMM A, KÖBERL J, PRETTENTHALER F. Does artificial snow production pay under future climate conditions? – a case study for a vulnerable ski area in Austria[J]. *Tourism Management*, 2014(43):8 – 21.
- [7] OLEFS M, FISCHER A, LANG J. Boundary conditions for artificial snow production in the Austrian Alps[J]. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 2010(49):1096 – 1113.
- [8] MIECZKOWSKI Z. The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism[J]. *Canadian Geographer*, 1985,29(3):220 – 233.
- [9] MORGAN R, GATELL E, JUNYENT R, et al. An improved user – based beach climate index[J]. *Journal of Coastal Conservation*, 2000,6(1):41 – 50.
- [10] SCOTT D, MCBOYLE G, SCHWARTZENTRUBER M. Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America[J]. *Climate Research*, 2004,27(2):105 – 117.
- [11] MATZARAKIS A. Assessment method for climate and tourism based on daily data[J]. *Developments in Tourism Climatology*, 2007,52 – 58.
- [12] DEFREITAS C. Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector[J]. *International Journal of Biometeorology*, 2003,48(1):45 – 54.
- [13] YU G, SCHWARTZ Z, WALSH J E. A weather – resolving index for assessing the impact of climate change on tourism related climate resources[J]. *Climatic Change*, 2009,95(3/4):551 – 573.
- [14] SCOTT D, RUTTY M, AMELUNG B, et al. An inter – comparison of the holiday climate index (HCI) and the tourism climate index (TCI) in Europe[J]. *Atmosphere*, 2016,7(6):1 – 17.
- [15] 谢勇, 高峰, 朴美花. 吉林省滑雪运动气象指数的探讨[C]//第 32 届中国气象学会年会 S14 第五届气象服务发展论坛. 北京:气象出版社,2015:1 – 16.
- [16] 杨尚英. 旅游气象气候学[M]. 杨凌:西北农林科技大学出版社,2007:1 – 13.
- [17] 傅帅, 蒋勇, 徐士琦, 等. 1960—2015 年吉林省积雪初、终日期

- 变化特征及其与气温和降水的关系[J]. 干旱气象, 2017, 35(4): 567-574.
- [18] 贺占军. 七国运动员角逐国际雪联越野滑雪中巡赛那拉提站比赛[EB/OL]. [2015-01-08]. <http://travel.hexun.com/2015-01-08/172188461.html>.
- [19] 国家体育总局. 体育场所开放条件与技术要求 第6部分: 滑雪场所 GB 19079.6-2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013: 30-33.
- [20] 国家旅游局. 旅游滑雪场质量等级划分 LB/T 037-2014[S]. 北京: 中国旅游出版社, 2015: 1-5.
- [21] 王楠. 黑龙江省滑雪场景观规划设计研究——以乌吉密滑雪场为例[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2007: 1-88.
- [22] LIKERT R. A technique for the measurement of attitudes[J]. Archives of Psychology, 1932, 22(140): 1-55.

Evaluation of the Ice – snow Sports Climate Suitability in Shanxi Province

LIU Yaolong¹, ZHANG Huaming², HUANG Xiaoli¹, CHANG Yuanyuan³, ZHANG Jianxin²

- (1. College of Economics and Management, Taiyuan University of Technology, Jinzhong 030600, Shanxi, China;
2. Meteorological Disaster Prevention Technology Center of Shanxi Province, Taiyuan 030002, China;
3. College of Physical Education, Taiyuan University of Technology, Jinzhong, 030600, Shanxi, China)

Abstract: This paper presented an ice – snow sports climate suitability evaluation method. The method took into account temperature, snowfall, wind and other factors to build ice – snow sport climate index evaluation model and determine the classification standard of winter sports climate suitability. Taking Shanxi Province as an example, this paper quantitatively evaluated winter sports climate suitability and its spatial distribution. The results show that the average of ice – snow sports climate index was 5.03 in Shanxi Province, which belonged to generally suitable level. Most of the areas in the north of 38°N were suitable for the development of winter sports industry, and their climatic suitability showed increasing trend in the future.

Key words: ice – snow sports climate index (ISCI); suitability evaluation; Shanxi Province

2018 年甘肃省十大天气气候事件

(兰州区域气候中心)

一、隆冬降雪频繁,陇东南积雪日数为 1961 年以来最多

2018 年 1 月全省出现 4 次降雪过程。全省平均气温 $-6.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,较常年同期偏低 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,全省平均降水量 8.5 mm ,较常年同期偏多 1.4 倍。16 县(区)出现大雪,灵台县、西和县、正宁县和环县最大积雪深度超过 10 cm 。陇东南累积积雪日数为 1961 年以来最多,积雪覆盖时间长,利于冬小麦安全越冬和土壤蓄墒。

二、春寒来势凶猛,经济林果遭受严重冻害

2018 年 4 月 4—7 日,全省自西向东遭遇强冷空气袭击,各地气温大幅下降,河西五市及白银、兰州、定西、天水等市最低气温 24 h 下降 $10\sim 12\text{ }^{\circ}\text{C}$,77 县(区)出现霜冻,66 县(区)达到寒潮,为 2000 年以来降温范围最大、强度最强。苹果树、桃树、杏树、梨树、樱桃、花椒等经济林果遭受严重的低温冻害,平凉市、西峰市、白银市果树受冻率达 90% 以上。

三、春季区域性沙尘暴次数再创历史新低

春季沙尘暴天气少,仅民勤、凉州和甘州出现分散型沙尘暴,分别是 3 月 19 日(凉州、民勤)、3 月 30 日(甘州)、4 月 4 日(凉州、民勤)和 5 月 18 日(民勤)。2016—2018 年连续 3 a 全省未出现区域性沙尘暴天气,为近 60 a 最少。

四、全年干旱影响轻,高温日数少

全省作物生长期降水偏多,未出现区域性干旱。仅 3 月上旬至 4 月上旬河西中东部、陇中北部、庆阳市北部和陇南市南部出现轻到中度干旱。农作物全生育期光、温、水匹配较好,降水适时,土壤水分补充及时,利于夏粮和秋粮生产。河东夏季高温日数为近 15 a 最少,仅 7 县(区)出现大于 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温天气。

五、夏季暴雨过程多、范围广、极端性强,均创下历史之最

夏季全省平均降水量 303.5 mm ,较常年同期偏多 43%,为近 60 a 最多;区域自动站共监测到大雨以上降水累积总次数 5915 站次,较常年偏多 60%;全省出现 5 次区域性暴雨过程,河东 45 县(区)出现暴雨,暴雨影响范围为 60 a 来最大;27 县(区)日降水量达到极端降水事件。暴雨引发山洪、滑坡和泥石流等灾害及城乡积涝,造成较大人员伤亡和财产损失。

六、全省前 8 月降雨量创 60 a 新高,植被长势为新世纪以来最好

2018 年 1—8 月全省平均降水量为 441.6 mm ,较历年同期偏多 40%,超过甘肃省全年历史平均年降水量 10%,为近 60 a 最多。全省 62 县(区)超过全年降水总量,其中榆中县(564.9 mm)超过年降水总量最多,达 50%。兰州市区及周边,群山叠翠,草木茂盛,风景如画。祁连山周边、兰州、白银、临夏、定西和甘南大部地区植被长势为 2000 年以来最好。

七、7 月中旬出现多次强降水,引发山洪地质灾害

7 月 9—11 日,全省 1959 个区域自动站(968 个乡镇)出现降水,其中大暴雨 37 站,暴雨 626 站,陇南市文县中庙乡过程最大降水量达 258.2 mm 。舟曲石门坪最大累计降水达 219.6 mm 。暴雨导致舟曲县南峪乡南峪村发生山体滑坡,造成白龙江河道堵塞。黄河上游降水导致刘家峡水库一度超出汛限制水位。

7 月 18 日临夏、甘南、兰州、定西等市州共出现 87 站次短时强降水,最大雨强为 18 日 20—21 时东乡那勒寺 82.8 mm 。此次降雨过程短时强度大、突发性强,导致东乡县果园、达板等乡镇引发山洪,造成重大人员伤亡及财产损失。

八、兰州市短时强降水破极值,出现严重城市内涝

7 月 20 日,兰州市出现强降水天气,11 个雨量站点出现暴雨到大暴雨,七里河区黄峪乡达 111.8 mm ,突破历史极值(兰州市区日最大降水量 96.8 mm)。暴雨造成七里河区、安宁区、西固区积水内涝点 17 处,暴雨引发城市内涝,造成多处低洼路段积水,达到成人腰部位置,车辆漂浮如“水中行舟”,严重影响交通和市民出行。

九、冰雹次数为 1961 年以来最少

2018 年仅甘南州、临夏州、定西南部、兰州市北部、陇南北部、武威市南部等局地出现冰雹 20 站次,较常年偏少 61 站次(偏少 68%),为 1961 年以来最少。

十、主汛期连阴雨次数多,土壤含水量大,日照时数 30 a 最少

6—8 月全省出现 8 次区域性连阴雨,平均持续时间为 $5\sim 16\text{ d}$,68 县(区)受到影响。日照时数为 604.5 h ,较常年同期偏少 73 h ,祁连山区、甘南、临夏、定西、平凉市西部偏少 $100\sim 185\text{ h}$,为 30 a 以来最少。 $0\sim 30\text{ cm}$ 土壤相对湿度河东普遍在 60% 以上,平凉市、临夏南部及陇南东南部在 90% 以上。持续降水天气造成部分地方成熟小麦发芽霉变,马铃薯晚疫病发病期较常年明显偏早,病情发展流行速度快。

(方锋,赵红岩,林婧婧,刘伟平 提供)