



肖中琪,李吉玫,孙雪娇,等.新疆天山大峡谷国家森林公园小气候及空气污染物变化特征研究[J].黑龙江农业科学,2021(5):110-114.

# 新疆天山大峡谷国家森林公园小气候及空气 污染物变化特征研究

肖中琪<sup>1</sup>,李吉玫<sup>2,3</sup>,孙雪娇<sup>2,3</sup>,张毓涛<sup>2,3</sup>

(1.新疆维吾尔自治区林草局 天然林保护工程和产业发展办公室,新疆 乌鲁木齐 830063;  
2.新疆林业科学院 森林生态研究所,新疆 乌鲁木齐 830063;3.新疆天山森林生态系统国家  
定位观测研究站,新疆 乌鲁木齐 830063)

**摘要:**为客观掌握新疆天山大峡谷国家森林公园的小气候及空气质量情况,促进新疆乌鲁木齐地区的旅游发展,本研究通过实时在线监测的方法,于2019年8月—2020年7月在天山大峡谷森林公园和乌鲁木齐市某城区(对照)监测空气温度、相对湿度、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>和NO<sub>2</sub>质量浓度。结果表明:天山大峡谷国家森林公园年平均温度比对照监测点低4.7℃,夏季天山大峡谷温度比对照点低7.7℃,冬季略高于对照点;天山大峡谷国家森林公园的平均空气相对湿度(61.63%)比对照点(47.92%)高13.71个百分点;PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>质量浓度全年都维持在较稳定的水平,且变化微弱,全年平均值分别为4.00和0.83 μg·m<sup>-3</sup>,为对照点的18.37%和27.66%;从季节变化看,质量浓度含量高低顺序依次为冬季>秋季>春季>夏季;SO<sub>2</sub>和NO<sub>2</sub>质量浓度全年平均值为1.45和9.80 μg·m<sup>-3</sup>,仅为市区监测点的16.27%和31.60%倍。从季节变化看,质量浓度含量高低顺序依次为冬季>春季>秋季>夏季。

**关键词:**新疆天山大峡谷;小气候;空气污染物;颗粒物

随着工业化和城市化进程的加快,我国局部地区空气质量下降,使得市民对清新、干净的空气需求越来越强烈,故寻找大气环境舒适的游憩场所,满足市民生理及心理上的需求至关重要<sup>[1]</sup>。森林公园因富氧环境、清新的空气、较高的负离子含量、舒适的气候等保健因子,对人的生理和心理产生了积极影响,是人们游憩、休闲、保健、疗养的优良场所<sup>[2-4]</sup>,吸引大量游客游览休憩。近年来,森林公园旅游经济迅速发展,截至2019年,我国已经建立不同层次和类型的国家级森林公园共计897处,使得森林旅游显示出巨大的发展潜力,森林公园旅游收入达803亿元,已经成为中国增速较快的产业部门<sup>[5]</sup>。森林公园是环境生态价值和旅游服务舒适度的完美结合,在加强自然资源保护、促进生态旅游发展、带动地方经济发展等方面具有不可替代的作用。森林公园优良环境是其发

挥健康作用的重要因子,是益于人体健康的必然要素<sup>[6-7]</sup>。随着我国森林公园规模的不断增加,森林公园的环境质量逐渐成为了国内外学者的研究热点,如王茜等<sup>[8]</sup>对福建某森林公园生态保健功能进行了研究,杜田恬等<sup>[1]</sup>对陕西某森林公园舒适度进行了研究,李少宁等<sup>[9]</sup>对北京森林公园空气负离子特征进行研究,秦仲等<sup>[10]</sup>研究了北京奥林匹克奥林匹克公园小气候特征。

根据乌鲁木齐市空气质量公报显示<sup>[11]</sup>,与2018年相比,虽然2019年全市全年空气质量有所改善,但仍然存在空气中PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>浓度未达标天数,尤其是在供暖季节。恶劣的空气质量,使得市民对洁净环境的需求越来越强烈。新疆天山大峡谷国家森林公园是距离乌鲁木齐县城最近的国家森林公园,近些年,该森林公园改变了乌鲁木齐县城周边的旅游格局,促进了乌鲁木齐地区及乌鲁木齐市的旅游发展<sup>[12]</sup>。因此,开展天山大峡谷国家森林公园小气候及空气质量评价研究,可为森林公园合理开发森林旅游资源、发展森林康养旅游提供科学理论依据。本文通过实时在线监测的方法,对天山大峡谷国家森林公园环

收稿日期:2021-01-30

基金项目:2019新疆天然林保护工程(2019XJTBCG001)。

第一作者:肖中琪(1968—),男,学士,高级工程师,从事天然林保护工程研究。E-mail:249895183@qq.com。

通信作者:李吉玫(1980—),女,博士,副研究员,从事森林生态研究。E-mail:jimeili@126.com。

境小气候及环境指标进行监测,旨在为开发该地区旅游资源提供科学依据。

## 1 研究区概况

天山大峡谷国家森林公园位于乌鲁木齐市乌鲁木齐县境内,距乌鲁木齐市约 40 km,总面积  $8.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,核心景观区面积  $1.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,生态保育区面积  $4.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。平均海拔 2 000 m,植被类型以天山云杉为主的温带针叶林,森林覆盖率达 60%,属温带大陆性气候,年均气温  $2.0^\circ\text{C}$ ,年降水量 400~600 mm,雨季集中在 6—8 月,年蒸发量 980~1 150 mm,年均相对湿度 65%,干燥度 1.4,无霜期 89 d, $\geq 10^\circ\text{C}$  积温  $1\ 170.5^\circ\text{C}$ 。

## 2 监测方法

2018 年 8 月—2019 年 8 月在天山大峡谷国家森林公园的综合服务区和乌鲁木齐市某城区(作为对照)各安装微型环境监测站(YKL800,山东青岛)一套,用于监测气压、温度和湿度等气象因子及 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>2</sub> 质量浓度。同时两个监测点各安装空气负离子监测仪(FLZ,北京)各一套。仪器安装高度为 1.3~1.5 m。其中天山大峡谷国家森林公园监测点的植被类型是以天山云杉为主的纯林,乔木层盖度 60%,地被层盖度 80%;乌鲁木齐市某城区监测点的植被类型是以阔叶混交林为主,森林覆盖度 60%。数据采集频率为  $5 \text{ min} \cdot \text{次}^{-1}$ ,24 h 连续在线监测。各气象因素均按 24 h 的平均值计算每月平均值。四季的划分采用气象划分法:以 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<sup>[13]</sup>。利用 Excel 2010 软件对数据进行统计和分析,用 Origin 8.0 软件进行绘图。

## 3 结果与分析

### 3.1 天山大峡谷国家森林公园基地小气候总体特征

由图 1 可知,新疆天山大峡谷森林公园年平均温度为  $4.5^\circ\text{C}$ ,比乌鲁木齐市对照监测点的平均气温( $9.2^\circ\text{C}$ )低  $4.7^\circ\text{C}$ ;最低月气温出现在 1 月,为  $-8.8^\circ\text{C}$ ,比乌鲁木齐市对照监测点的最低气温高  $0.5^\circ\text{C}$ ;最高月气温出现在 7 月,为  $15.6^\circ\text{C}$ ,比乌鲁木齐市对照监测点低  $7.7^\circ\text{C}$ ,

说明与乌鲁木齐市对照监测点的小气候相比,地处山区的天山大峡谷森林公园总体气候比较凉爽。这是由于天山大峡谷森林公园所在林区植被丰富,森林覆盖率高,森林在空气温度较低的情况下起到了保温的作用,在高温时起降温作用。

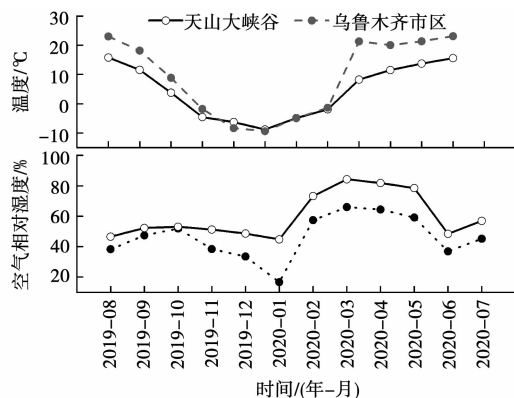


图 1 空气温度和空气相对湿度变化

天山大峡谷森林公园的平均空气相对湿度(61.63%)比乌鲁木齐市监测站点空气相对湿度(47.92%)高 13.71 百分点,这是由于公园分布的树木林冠层阻挡了林内外空气的交换,使林内的风速、温度等变化强度与林外产生了差异,林内水分自成小循环,能够维持高湿环境。空气相对湿度的月变化趋势和乌鲁木齐市对照监测点基本一致,最大月份均出现在 3 月,这是由于不论是山区还是市区,冬季(12 月至 2 月)降雪量大,积雪深,随着 4 月气温回升,积雪逐渐开始融化,带来了充沛的水分,并且蒸发和蒸腾作用加强,向大气输送了大量水汽,因此空气相对湿度较大;最低值出现在 1 月,这是由于此时降雪量最大,在降雪过程中空气中的水蒸汽以空气中的悬浮颗粒为凝结核凝结成雪,从而导致空气中水蒸汽含量降低,空气相对湿度下降。

### 3.2 空气质量年变化特征

3.2.1 PM<sub>10</sub> 季节变化特征 由图 2 可知,天山大峡谷森林公园 PM<sub>10</sub> 质量浓度全年平均值为  $4.00 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ,仅为市区监测点的( $21.77 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )的 18.37%,且全年都维持在较稳定的水平,变化微弱。同对照监测站 PM<sub>10</sub> 质量浓度月变化规律相似,森林公园最大值和最小值也都分别出现在 12 月和 7 月。与对照监测站点 PM<sub>10</sub> 质量浓度

最大值( $46.20\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )相比,森林康公园最大值( $7.32\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )下降了 85.17%。

由表 1 可知,从季节变化看,天山大峡谷森林公园 PM10 质量浓度含量高低顺序依次为冬

季( $6.59\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )>秋季( $4.37\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )>春季( $3.29\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )>夏季( $1.74\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ),春季、夏季、秋季和冬季分别仅为对照监测点的 24.94%、32.89%、15.03%和 16.66%。

表 1 PM10 和 PM2.5 质量浓度随季节的变化

季节	PM10		PM2.5	
	对照点	天山大峡谷	对照点	天山大峡谷
春季	$13.19\pm4.25$	$3.29\pm0.96$	$0.96\pm0.32$	$0.45\pm0.04$
夏季	$5.29\pm3.81$	$1.74\pm0.52$	$0.85\pm0.57$	$0.20\pm0.073$
秋季	$29.07\pm6.22$	$4.37\pm0.16$	$4.46\pm1.03$	$0.48\pm0.03$
冬季	$39.55\pm7.16$	$6.59\pm0.19$	$5.73\pm1.08$	$2.17\pm0.03$

3.2.2 PM2.5 季节变化特征 同 PM10 质量浓度年均含量变化趋势相似,PM2.5 质量浓度全年都维持在较稳定且较低的水平(图 2)。全年平均值  $0.83\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,仅为市区监测点的( $3.00\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )的 27.66%。据 GB/T 3095—2012,全年空气质量达到一级标准。PM2.5 质量浓度最大值和最小值都分别出现在 12 月和 7 月。与对照监测站点 PM2.5 质量浓度最大值( $7.28\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )相比,天山大峡谷森林公园最大值( $2.35\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )下降了 67.72%。

从表 1 季节变化可以看出,天山大峡谷森林公园 PM2.5 质量浓度含量高低顺序依次为冬季( $2.17\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )>秋季( $0.48\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )>春季( $0.45\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )>夏季( $0.20\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ),且春季、夏季、秋季和冬季分别仅为对照监测点的 46.88%、23.53%、10.76%和 37.87%。

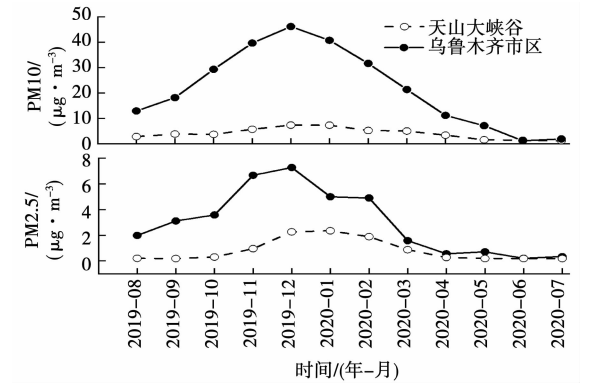


图 2 PM10 和 PM2.5 质量浓度随时间的变化

3.2.3 SO<sub>2</sub> 季节变化特征 由图 3 可知,天山大峡谷森林公园 SO<sub>2</sub> 质量浓度全年平均值为  $1.45\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,仅为市区监测点的( $8.91\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )

的 16.27%。同细颗粒物质量浓度的月变化规律相似,SO<sub>2</sub> 质量浓度最大值和最小值都分别出现在 12 月和 7 月。与乌鲁木齐市对照监测站点 SO<sub>2</sub> 质量浓度最大值( $21.70\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )相比,天山大峡谷森林公园最大值( $3.41\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )下降了 84.29%。

由表 2 可知,从季节变化看,天山大峡谷森林公园 SO<sub>2</sub> 质量浓度含量高低顺序依次为冬季( $3.00\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )>春季( $1.69\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )>秋季( $0.76\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )>夏季( $0.34\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )。春季、夏季、秋季和冬季分别仅为对照监测点的 39.95%、5.53%、10.63%和 16.57%。

3.2.4 NO<sub>2</sub> 季节动态变化特征 由图 3 可知,天山大峡谷森林公园 NO<sub>2</sub> 质量浓度全年平均值为  $9.80\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,仅为市区监测点的( $31.01\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )的 31.60%。NO<sub>2</sub> 质量浓度最大值和最小值都分别出现在 2 月和 8 月。与对照监测点 NO<sub>2</sub> 质量浓度最大值( $48.91\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )相比,天山大峡谷森林公园康公园最大值( $17.19\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )下降了 64.85%。

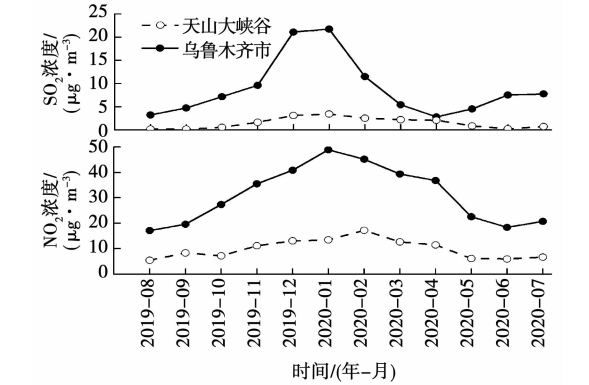


图 3 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>2</sub> 质量浓度各月变化

由表 2 可知,从季节变化看,天山大峡谷森林公园 NO<sub>2</sub> 质量浓度含量高低顺序依次为冬季(14.55 μg·m<sup>-3</sup>)>春季(10.05 μg·m<sup>-3</sup>)>秋

季(8.85 μg·m<sup>-3</sup>)>夏季(5.96 μg·m<sup>-3</sup>)。春季、夏季、秋季和冬季分别仅为对照监测点的 30.56%、31.84%、32.22%和 32.35%。

表 2 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>2</sub> 质量浓度季节变化 (μg·m<sup>-3</sup>)

季节	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>	
	对照点	天山大峡谷	对照点	天山大峡谷
春季	4.23±0.77	1.69±0.58	32.89±2.18	10.05±0.09
夏季	6.15±1.88	0.34±0.27	18.72±2.85	5.96±0.71
秋季	7.15±1.98	0.76±0.64	27.47±0.09	8.85±1.14
冬季	18.10±4.56	3.00±0.01	44.97±2.94	14.55±1.90

4 结论与讨论

森林公园具备优质森林资源和生态环境,是森林旅游和森林康养发展的载体,能够提供促进人们身心健康的环境,在环境质量方面,要求大气环境质量符合国家三级标准。李洁等<sup>[14]</sup>在云南的研究表明由于国家森林公园内具有丰富的植被,尤其是高大的乔木,使得林内的空气湿度显著高于林外;林内的月均气温、最低气温均高于林外,最高气温低于林外。马鸿儒等<sup>[13]</sup>对天山中部天山云杉林林内外小气候的观测指出,各季节林冠层平均最高温度和平均最低温度林内均低于林外,平均最高温度林内比林外低 2.04℃,平均最低温度林外比林内高 1.95℃,冠层相对湿度的平均值较林外高 3.63%,4 月相对湿度最大。汪永英等<sup>[15]</sup>的研究也表明森林公园林内平均温度比林外降低 6.69℃,森林的增湿率达 44.78%。本文的研究结果表明,天山大峡谷国家公园年平均温度比乌鲁木齐市对照监测点低 4.7℃,说明了天山大峡谷森林公园总体气候比较凉爽。高温季节(夏季)天山大峡谷温度比市区对照点低 7.7℃,低温季节(冬季)略高于对照点。这是由于天山大峡谷森林公园所在林区植被丰富,森林覆盖率高,森林在空气温度较低的情况下起到了保温的作用,在高温时起降温作用。天山大峡谷森林公园的平均空气相对湿度(61.63%)比乌鲁木齐市监测站点空气相对湿度(47.92%)高 13.71 百分点,这是由于公园分布的树木林冠层阻挡了林内外空气的交换,使林内的风速、温度等

变化强度与林外产生了差异,林内水分自成小循环,能够维持高湿环境。

研究表明由于地表覆盖能够减少颗粒物的来源,从而达到减尘功效,植被的叶片表面、枝条、皮孔等可以吸附和捕获大气颗粒物的滞尘作用<sup>[16-18]</sup>。天山大峡谷森林公园 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度全年都维持在较稳定的水平,变化微弱全年平均值分别为 4.00 和 0.83 μg·m<sup>-3</sup>,为市区监测点的 18.37%和 27.66%;从季节变化看,PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度含量高低顺序依次为冬季>秋季>春季>夏季。SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>2</sub> 质量浓度全年平均值为 1.45 和 9.80 μg·m<sup>-3</sup>,仅为市区监测点的 16.27%和 31.60%。从季节变化看,质量浓度含量高低顺序依次为冬季>春季>秋季>夏季。这与对照监测点冬季采暖有关。在采暖季,在西北风的作用下,颗粒物和污染物可能扩散到大峡谷森林公园。

参考文献:

[1] 杜田恬,刘建军.陕西红河谷森林公园夏季整体环境舒适度研究[J].西南林业大学学报(自然科学),2020,40(1):77-89.

[2] 段金花.森林康养基地生态旅游资源开发潜力评价研究[D].济南:山东师范大学,2019.

[3] 贺江华.天际岭国家森林公园空气负离子及其影响因子研究[D].长沙:中南林业科技大学,2014.

[4] 陈熙,陈光辉.湖南两江峡谷国家森林公园区域环境质量监测与评价[J].山东林业科技,2011(3):40-43.

[5] 周明杰,燕赫玺.长白山延边国有林区森林旅游游客满意度分析[J].吉林林业科技,2020,49(3):20-25.

[6] 陈莉娟.依托森林公园发展森林康养旅游的探讨——以浙

- 江省景宁草鱼塘森林公园为例[J]. 华东森林经理, 2020, 34(1):56-59.
- [7] 薛兴华. 城郊森林游憩活动的环境冲击——以武汉市马鞍山森林公园为例[J]. 长江大学学报(自科版), 2011(9): 233-237.
- [8] 王茜, 王成, 张中霞, 等. 夏季旗山森林公园福建柏林生态保健功能探索[J]. 生态与农村环境学报, 2019(12): 1573-1581.
- [9] 李少宁, 鲁绍伟, 赵云阁, 等. 北京市 7 种经济林空气负离子特征研究[J]. 西南林业大学学报, 2018(1):85-90.
- [10] 秦仲. 北京奥林匹克森林公园绿地夏季温湿效应及其影响机制研究[D]. 北京:北京林业大学, 2016.
- [11] 赵克明, 李霞, 阿不力米提江·阿布力克木, 等. 乌鲁木齐大气颗粒物的时空分布规律[J]. 干旱区地理, 2018(2): 47-55.
- [12] 李倩, 朱军. 天山大峡谷国家森林公园旅游资源分类及开发潜力分析[J]. 森林工程, 2015(6):18-23.
- [13] 马鸿儒, 吉春容, 李新建, 等. 天山中部白杨沟天然林区森林小气候观测与分析[J]. 干旱区研究, 2011(2):251-254.
- [14] 李洁, 刘芝芹, 杨旭, 等. 滇中高原森林生态站冬春季森林小气候特征研究[J]. 西南林业大学学报, 2020, 40(3): 28-36.
- [15] 汪永英, 张雪梅, 韩冬荟, 等. 哈尔滨供暖期间 PM<sub>2.5</sub> 污染状况及其与气象因子的相关性分析[J]. 安徽农业科学, 2015(19):185-189.
- [16] 武晓红, 张先平, 李晓迪, 等. 太原市森林公园林带对空气 PM<sub>2.5</sub> 的净化效率[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(2): 260-265.
- [17] 宋英石, 高健, 沈茜, 等. 植物叶片滞尘机制及影响因子研究综述[J]. 植物学研究, 2019(3):256-261.
- [18] 唐敏忠, 汉瑞英, 陈健. 植物叶片吸附大气颗粒物的研究综述[J]. 北方园艺, 2015(11):187-192.

## Study on the Change Characteristics of Microclimate and Air Pollutants in Tianshan Grand Canyon National Forest Park, Xinjiang

XIAO Zhong-qi<sup>1</sup>, LI Ji-mei<sup>2,3</sup>, SUN Xue-jiao<sup>2,3</sup>, ZHANG Yu-tao<sup>2,3</sup>

(1. Office of Natural Forest Protection and Industrial Development, Xinjiang Forestry and Grassland Bureau, Urumqi 830063, China; 2. Institute of Forestry Ecology, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi 830063, China; 3. Xinjiang Tianshan Forest Ecosystem National Positioning Observation and Research Station, Urumqi 830063, China)

**Abstract:** In order to objectively grasp the microclimate and air quality of Tianshan Grand Canyon National Forest Park in Xinjiang, and promote the tourism development of Urumqi, the air temperature, relative humidity, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> mass concentrations were monitored in Tianshan Grand Canyon Forest Park and an urban area of Urumqi from August 2019 to July 2020 by real-time online monitoring method. The results showed that the annual average temperature of Tianshan Grand Canyon National Forest Park was 4.7 °C lower than that of the control point, the temperature of Tianshan Grand Canyon in summer was 7.7 °C lower than that of the control point, and it was slightly higher than that of the control point in winter. The average relative humidity of Tianshan Grand Canyon National Forest Park (61.63%) was 13.71 percentage points higher than that of the control point (47.92%). The mass concentrations of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> remained at a relatively stable level throughout the year, and the annual average values were 4.00 and 0.83 μg·m<sup>-3</sup>, respectively, which were 18.37% and 27.66% times of the control points. In terms of seasonal variation, the order of mass concentration was winter>autumn>spring>summer. The annual average concentrations of SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> were 1.45 and 9.80 μg·m<sup>-3</sup>, which were only 16.27% and 31.60% of the urban monitoring points. In terms of seasonal variation, the order of mass concentration was winter>spring>autumn>summer.

**Keywords:** Xinjiang Tianshan Grand Canyon; microclimate; air pollutants; particulate matter