

DOI:10.7522/j.issn.1000-0240.2020.0054

YANG Xia, AN Dawei, ZHOU Hongkui, et al. Daily variation of winter precipitation in Ili River valley of Xinjiang from 2012 to 2017[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2020, 42(2):609–619. [杨霞, 安大维, 周鸿奎, 等. 2012–2017年伊犁河谷冬季降水日变化特征[J]. 冰川冻土, 2020, 42(2):609–619.]

2012–2017年伊犁河谷冬季降水日变化特征

杨霞¹, 安大维¹, 周鸿奎², 赵逸舟³

(1. 新疆维吾尔自治区气象台, 新疆乌鲁木齐 830002; 2. 新疆维吾尔自治区气象信息中心, 新疆乌鲁木齐 830002;
3. 乌鲁木齐市气象局, 新疆乌鲁木齐 830002)

摘要: 利用2012–2017年冬季伊犁河谷10个国家气象站逐小时降水资料, 分析了伊犁河谷不同区域降水日变化特征, 结果表明: 冬季伊犁河谷西部和中部地区降水量日变化呈单峰型, 北京时间09:00–12:00是主要的峰值时段; 其他地区降水量日变化单峰特征不显著。伊犁河谷大部分地区降水量与降水频次的关系比降水量与降水强度的关系更为密切。伊犁河谷冬季降水事件以6 h以内的短历时降水为主, 但其对冬季总降水量的贡献率不足30%; 持续12 h以上的长持续性降水事件发生次数虽少, 但它是伊犁河谷冬季总降水量的主要贡献者。短历时和持续性降水事件是伊犁河谷西部地区降水量日变化主峰的重要贡献者; 持续性和长持续性降水事件是伊犁河谷中部及北部地区降水量日变化峰值的重要贡献者; 伊犁河谷西南部地区冬季降水日循环与降水持续性之间的关系不显著。

关键词: 冬季降水; 小时降水; 日变化; 伊犁河谷

中图分类号: P426.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0240(2020)02-0609-11

0 引言

日变化是全球天气气候系统变化的最基本模态之一^[1], 降水的日变化差异在诸多气象变量中表现的最为显著^[2–4]。由于受到观测技术水平的限制, 早期开展的降水日变化研究不论是空间尺度还是时间尺度都相对较粗, 难以全面系统的理解和认识降水日变化的内在特征。随着全球气象观测站网的不断完善, 我们能够获得更多高时空分辨率的气象资料, 从而为深入系统的开展降水日变化研究提供了条件^[5–6]。Yu等^[7–8]首次使用气象站逐时降水资料系统阐述了我国大陆夏季降水日变化的区域性特征; 并指出不同区域的降水日位相可能存在关联, 降水的持续性是区分我国东部地区降水双峰值的一个关键性因子。Wu等^[9]使用聚类分析的方法给出了我国青藏高原以东地区8个典型的降水日变

化分布模态, 进一步揭示了降水日变化在高原、盆地、平原、丘陵和沿海地区所呈现的区域性特征。李建等^[10]指出北京市近40年来, 持续时间为1~3 h的短持续性降水事件的出现频次增加, 而持续时间超过6 h的长持续性降水事件有所减少; 北京市的降水量和降水频次更易在午后至次日清晨这一时段出现峰值。熊明明等^[11]指出天津市的短持续性降水易出现在傍晚至午夜; 而长持续性降水更易出现在凌晨至清晨。杨森等^[12]发现辽宁省内陆站点夏季降水量存在双峰特征。王夫常等^[13]指出我国西南部地区除夜雨特征外还存在一个午后次峰值。戴泽军等^[14]发现湘东南地区的降水量和降水频次的峰值特征与湖南省其他地区不同, 主要出现在午后到傍晚。Zhou等^[15]指出山东省夏季降水量和降水强度均存在双峰特征, 峰值时间分别出现在清晨和中午。Zhang等^[16]发现福建省沿海、河谷、丘陵

收稿日期: 2019-04-07; 修订日期: 2020-02-15

基金项目: 国家重点研发计划重点专项“中亚极端降水系统精细化结构”(2018YFC1507103); 新疆维吾尔自治区气象局面上项目(MS201801)资助

作者简介: 杨霞(1980–), 女, 甘肃武威人, 副高级工程师, 2006年在南京信息工程大学获硕士学位, 从事灾害性天气机理研究。
E-mail: Yangxia921@163.com

通信作者: 赵逸舟, 副高级工程师, 从事气候变化研究。E-mail: ZYZ_93@163.com.

和山区的降水日循环存在显著差异。暖季是中国东部季风区降水的主要时段,因此针对降水日变化的研究也主要集中在暖季,目前针对冷季降水日变化的研究相对较少。Li^[17]等指出中国南方地区的降水日变化在冷季和暖季存在差异,暖季降水日峰值出现时间的东西差异显著,而冷季这一差异减小。

新疆地处我国西北部,是典型的干旱半干旱地区,气候不受夏季风系统的直接影响,降水特征与我国东部季风区存在显著差异^[18-19]。由于受到观测资料的限制,新疆降水特征研究主要集中在年际、年、月等气候分析^[20-21]或强降水天气个例诊断分析^[22-23]等方面,针对新疆区域降水日变化特征的研究还不多见。朱小凡等^[24]使用 0.1° 网格数据分析了新疆夏季降水的日变化特征,指出北疆的逐时降水量和降水频率均比南疆大,逐时降水量和降水频率的峰值时间在山区主要集中在18:00–23:00(北京时间,下同),在盆地主要集中在00:00–05:00。陈春艳等^[25]使用1991–2014年新疆16个国家气象站小时降水资料分析了南北疆夏季降水日变化特征的差异,指出降水量日变化在北疆为准单峰型,在南疆为三峰型;新疆夏季持续1~6 h的短历时降水事件对总降水量的贡献率为54%,这一比例远高于我国中东部地区。王世杰等^[26]、李博渊等^[27]、赵克明等^[28]、黄秋霞等^[29]还分别分析了新疆乌鲁木齐市、阿勒泰地区、喀什地区和昌吉州的夏季降水日变化特征。

位于新疆西北部的伊犁河谷是新疆最湿润的地区,被称为“西域湿岛”和“塞外江南”。由于向西敞开的“喇叭口”地形,使得伊犁河谷更易获得西来的水汽,从而使得这一区域成为新疆天山地区冬季降雪量最大的地区^[30]。黄秋霞等^[31]利用2007–2011年伊犁河谷4个气象站逐小时降水资料分析了该区域夏季降水的日变化特征,指出夜间是伊犁河谷夏季降水的高发时段;其中降水量峰值和谷值分别出现在22:00和13:00;伊犁河谷夏季以短持续性降水为主,其中持续时间为1 h的降水事件出现次数最多,持续时间为2 h的降水事件对夏季总降水量的贡献率最高。目前针对新疆降水日变化的研究主要集中在夏季,涉及新疆冬季降水日变化研究的相关工作较少^[31-32]。本文利用伊犁河谷10个国家气象站逐小时降水资料,研究伊犁河谷不同区域冬季降水的日变化特征,以期进一步加深对伊犁

河谷地区降水日变化特征的全面理解,为精细化天气预报和改进数值模式提供有益参考。

1 资料和方法

1.1 资料

本文使用2012–2017年冬季(当年12月至翌年2月)伊犁河谷地区10个国家气象站(图1)逐小时降水资料进行研究。首先对研究所用的自动站逐小时降水资料进行查验,剔除了异常值和缺失数据。

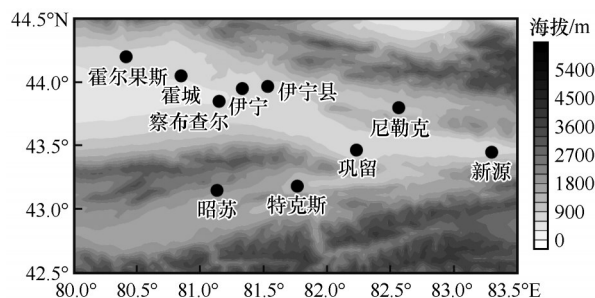


图1 伊犁河谷站点分布及地形高度

Fig. 1 The spatial distribution of meteorological stations and terrain height in Ili River valley

伊犁河谷地处 $80^\circ 09' \sim 84^\circ 56' E$, $42^\circ 14' \sim 44^\circ 50' N$,地势东高西低、东窄西宽,呈喇叭型向西敞开,北、东、南三面环山。10个国家气象站中察布查尔、伊宁和霍城3站的海拔高度在600~700 m;霍尔果斯、伊宁县、巩留和新源4站在700~900 m;尼勒克和特克斯2站在1 100~1 250 m;昭苏站最高为1 850 m。

1.2 小时降水定义

本文采用文献[8]中对小时降水的定义,具体如下:

小时降水量指某整点到下一个整点1 h内 ≥ 0.1 mm的降水累计总量,若该小时降水量 ≥ 0.1 mm,则该小时记录1次小时降水频次。某小时多年平均降水强度为该小时累计降水量与对应时次累计降水频次之比。

一次降水事件的持续时间指降水事件从开始时刻至结束时刻的小时数,如果一次降水事件中断2 h以上,则判定该次降水事件结束。

2 冬季降水日变化的基本特征

2.1 降水量日变化特征

图2给出2012–2017年冬季伊犁河谷区域平

均的累计降水量和10个国家气象站逐站的累计降水量日变化曲线。可以看出,伊犁河谷区域平均的累计降水量日变化曲线呈单峰型;“一峰一谷”的特征明显。伊犁河谷区域平均的累计降水量高值时段主要出现在凌晨至中午(02:00–14:00),并在上午(08:00–12:00)达到峰值;低值时段主要出现在下午到午夜(15:00–01:00),在下午到傍晚前后(16:00–20:00)达到谷值,谷值时段的降水量约为峰值的1/2。伊犁河谷区域平均的累计降水量从峰

值减小到谷值的速率明显快于由谷值增大到峰值的速率。从伊犁河谷10个国家站逐站的累计降水量日变化曲线可以看出,霍尔果斯、霍城、伊宁市、伊宁县、尼勒克和巩留6站的累计降水量日变化曲线也呈单峰型,峰值主要出现在08:00–12:00;察布查尔站的累计降水量日变化曲线呈双峰型,峰值主要出现在凌晨(05:00–06:00)和上午(9:00–10:00);新源、昭苏和特克斯3站累计降水量日变化曲线的单峰特征不明显。

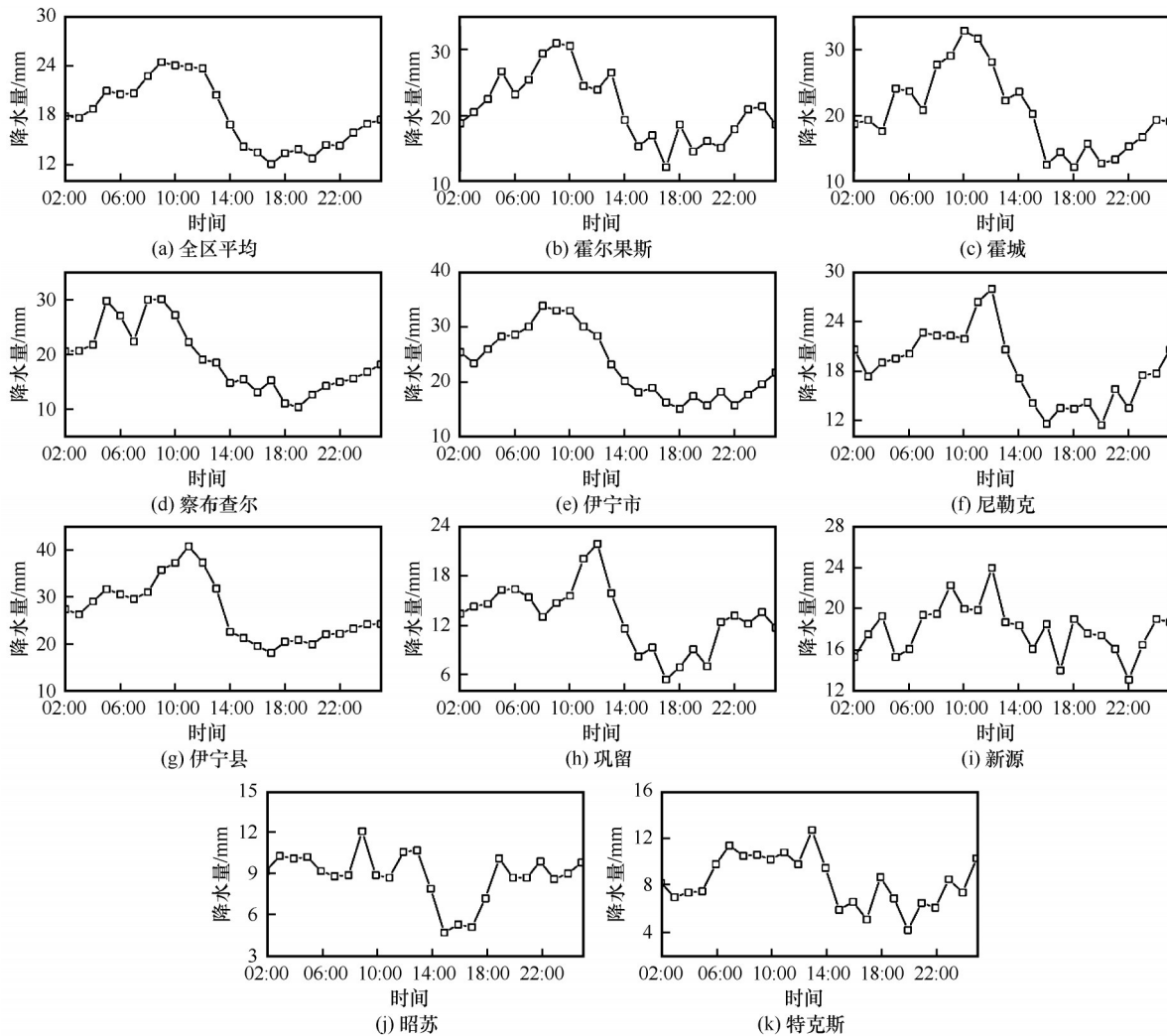


图2 伊犁河谷冬季降水量日变化分布

Fig. 2 Hourly variations of the winter precipitation amount of the regional mean and 10 stations in Ili River valley

可以看出,伊犁河谷不同区域冬季累计降水量日变化特征差异较大,河谷西部开口处至盆地中部地区累计降水量的日变化以单峰型为主;河谷东部和西南部地区的单峰特征不显著。对比伊犁河谷区域平均的累计降水量和10个站逐站的累计降水量日变化曲线,不难看出区域平均的累计降水量日

变化曲线所表现出的单峰特征与伊宁市、伊宁县、霍尔果斯、霍城、尼勒克5站十分相似,这主要是由于上述5站冬季的降水量比其余5站明显偏多,从而主导了伊犁河谷冬季降水量的日变化特征。因此,如果仅从区域平均的角度进行分析,伊犁河谷东部和西南部地区冬季降水量的日变化特征将

被忽略。

图3(a)、3(b)给出伊犁河谷10个站冬季累计逐时降水量年平均最大值出现时间(用箭矢方向表示)及量级(用圆点填色表示)分布。可以看出,伊犁河谷冬季累计逐时降水量年平均最大值出现在伊宁县站(5.8 mm);最小值出现在昭苏站(1.7 mm)。总体来看,伊犁河谷西部和东部地区的冬季累计逐时

降水量年平均最大值明显大于河谷西南部地区。冬季,伊犁河谷累计逐时降水量年平均最大值的出现时间基本呈现出自西向东顺时针变化的特征,即河谷西部出现在09:00,河谷中部出现在11:00,河谷东部出现在12:00,这种时间变化规律与影响伊犁河谷的天气系统自西向东移动的变化过程是一致的。

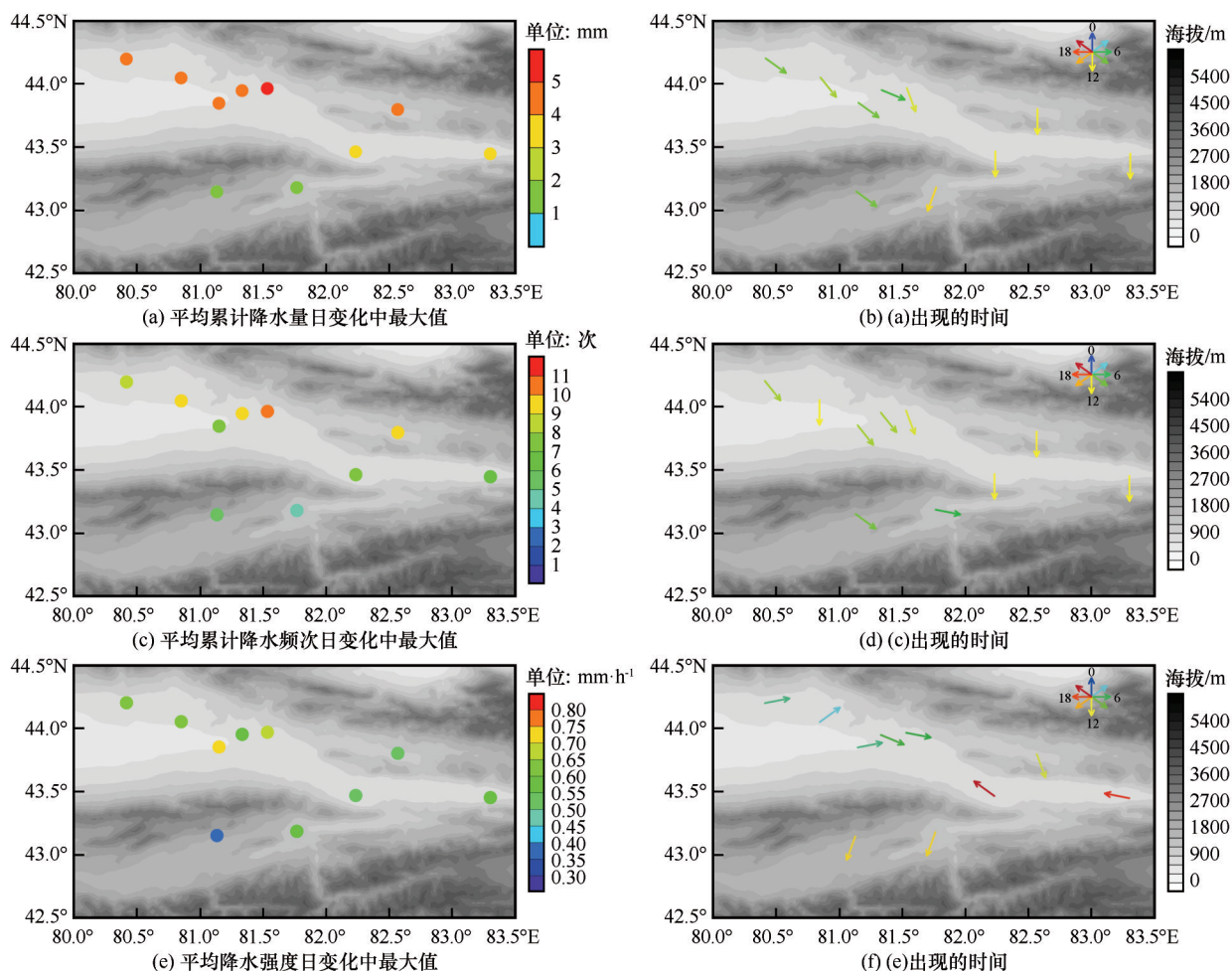


图3 平均累计降水量日变化中最大值(a)及其出现时间(b)、平均累计降水频次日变化中最大值(c)及其出现时间(d)、平均降水强度日变化中最大值(e)及其出现时间(f)

Fig. 3 The maximum daily precipitation (dot coloring) (a) and its corresponding time (arrow direction) (b); the maximum precipitation frequency (dot coloring) (c) and its corresponding time (arrow direction) (d); the maximum precipitation intensity (dot coloring) (e) and its occurrence time (arrow direction) (f)

对比前人关于伊犁河谷夏季降水量特征的研究^[20,23,26],可以看出,伊犁河谷不同区域的降水量特征在冬季和夏季存在较大差异。伊犁河谷夏季降水量与海拔高度成正比,降水量表现出随河谷地形的抬升显著增多的特征。然而,由前文分析可知伊犁河谷冬季的降水量却无上述特征。冬季降水量的高值区主要分布在伊犁河谷西部和盆地

中央地区,河谷东部和西南部山区的降水量较平原地区明显偏少。伊犁河谷夏季降水量日峰值主要出现在傍晚到夜间;而冬季降水量日峰值则主要出现在上午。对比相同站点冬、夏两季累计逐时降水量的年平均最大值出现时间可以发现,昭苏站夏季出现在18:00,冬季出现在09:00;伊宁市站夏季出现在20:00,冬季出现在08:00;上述

两站冬夏两季降水量年平均最大值的出现时间相差 9~12 h。

2.2 降水频次日变化特征

图 4 给出了伊犁河谷区域平均的累计降水频次和 10 个国家站逐站的累计降水频次日变化曲线。可以看出, 伊犁河谷区域平均的累计降水频次日变化曲线和累计降水量日变化曲线的分布特征基本类似; 10 个国家站逐站的累计降水频次日变化曲线也与各自对应的累计降水量日变化曲线分布基本类似。从区域平均的累计降水频次曲线可以看出, 清晨到中午(07:00–14:00)是伊犁河谷冬季降水

频发的时段; 其中 11:00–12:00 的降水次数最多(51 次); 下午到凌晨(15:00–06:00)是降水频次相对较少的时段, 其中 20:00 的降水频次最少(29 次)。从伊犁河谷各站累计降水频次日变化曲线可以看出, 伊犁河谷各站基本上都表现出清晨到中午降水频次多, 下午到凌晨降水频次少的特征。冬季, 伊犁河谷各站之间累计降水频次差异较大, 如伊宁县站累计降水频次峰值为 73 次, 谷值为 37 次; 而特克斯站的峰值为 27 次, 谷值仅为 10 次。总体来看, 冬季伊犁河谷西部和盆地中部区域的累计降水频次大于河谷中部、东部和西南部地区。

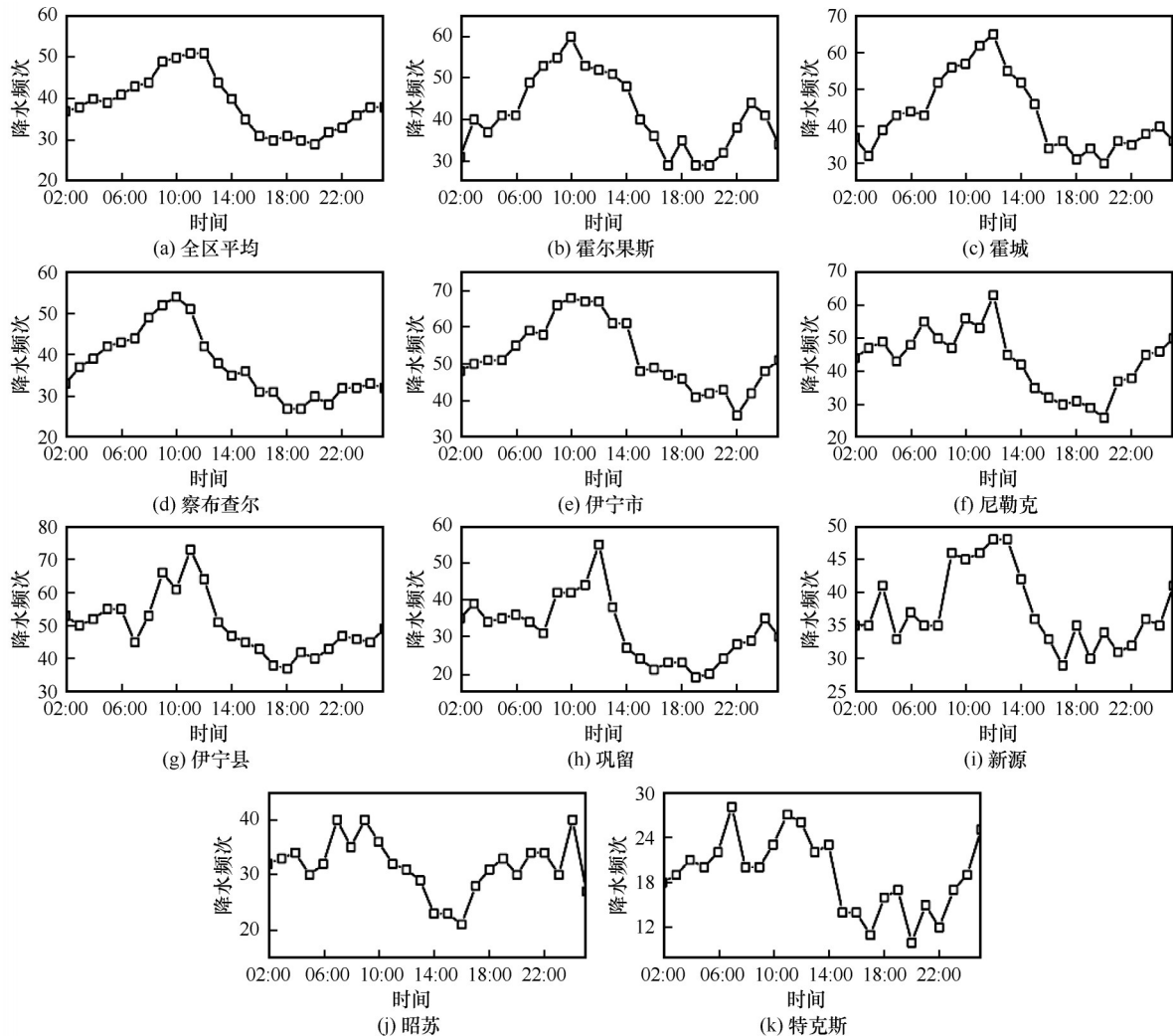


图 4 伊犁河谷冬季降水频次日变化分布

Fig. 4 Hourly variations of winter precipitation frequency of the regional mean and the 10 stations in Ili River valley

结合图 3(c) 和 3(d) 可以看出, 除特克斯站以外, 伊犁河谷其他站点的平均累计降水频次最大值出现时间都与逐时累计降水量最大值的出现时间较为一致, 说明伊犁河谷大部分地区累计降水量最

大值的出现与该时次降水频次最高的关系非常密切。此外, 伊犁河谷冬季累计降水最大频次还表现出平原(超过 9 次)多于山区(不足 6 次); 西部(大于 8 次)多于东部(6 次左右)和西南部(4~5 次)的特

征。对比对伊犁河谷夏季累计降水频次的研究结果^[20,23]不难发现, 冬夏两季伊犁河谷累计降水频次的高发区域存在显著差异, 夏季主要出现在山区而冬季则主要出现在平原。

2.3 平均降水强度日变化特征

图3(e)、3(f)给出伊犁河谷10个国家站冬季平均降水强度日峰值分布图, 可以看出, 察布查尔站的平均降水强度最大($0.71 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$), 伊宁县站次之($0.66 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$), 昭苏站最小($0.37 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$)。值得注意的是, 特克斯站的累计降水量、逐时最大降水量和降水频次均为伊犁河谷10个国家站中最小的, 但其年平均最大降水强度却相对较大($0.58 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$), 说明该区域冬季虽然降水次数较少, 但每一次降水过程中各时次的降水量却并不一定偏小。

比较图3(a)~3(f)可以发现, 除伊宁市、尼勒克和特克斯3个站外, 伊犁河谷其余各站的平均降水强度最大值的出现时间与逐时累计降水量最大值的出现时间并不吻合。可见, 伊犁河谷冬季大部分站点逐时降水频次对逐时累计降水量的贡献比降水强度对逐时累计降水量的贡献更大一些。伊宁市、尼勒克2站逐时累计降水量最大值的出现时

间与平均降水强度最大值出现时间和逐时累计降水频次最大值出现时间都基本一致, 说明上述两站的逐时降水频次和降水强度对逐时累计降水量的贡献都较大。特克斯站是伊犁河谷10个国家站中唯一一个逐时累计降水量最大值的出现时间与平均降水强度最大值出现时间一致的站点, 说明该地区逐时降水强度对逐时累计降水量的贡献比降水频次对其的贡献更显著一些。

3 冬季不同持续性降水的日变化特征

本文主要参考宇如聪等^[1]和陈春艳等^[25]关于降水持续性的分类, 将冬季降水分为3类: 1~6 h为短历时降水; 7~12 h为持续性降水; 12 h以上为长持续性降水。由图5(a)可以看出, 伊犁河谷冬季持续时间在6 h以内的降水事件的出现比例最高(64%~86%); 持续7~12 h的降水事件居中(11%~22%); 持续时间超过12 h的降水事件最少(3%~17%)。可见, 伊犁河谷冬季降水事件以6 h以内的短历时降水为主, 持续12 h以上的持续性降水事件发生次数相对较少, 上述特征与伊犁河谷夏季降水的研究结果一致^[25]。

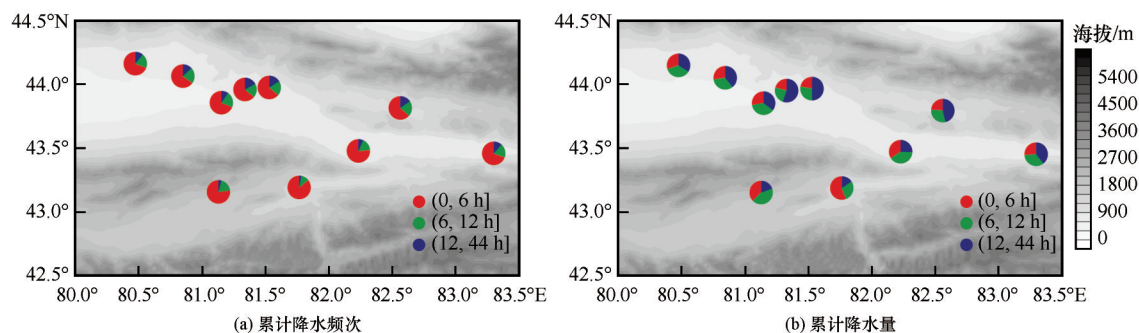


图5 伊犁河谷10站三型降水事件(填色)的累计降水频次(a)和累计降水量(b)对冬季总降水频次和降水量的贡献

Fig. 5 Contribution rates of accumulated winter precipitation frequency (a) and amount (b) from different duration snowfall events (the shaded)

由图5(a)还可以看出, 冬季伊犁河谷不同持续时间降水事件出现的比例存在区域差异, 6 h以内的短历时降水事件在伊犁河谷西南部地区出现的比例最高(特克斯站最高达86%); 在伊犁河谷盆地中央地带出现的比例最低(伊宁市和伊宁县均为64%)。持续时间在7~12 h的持续性降水事件在特克斯(11%)和巩留(17%)2站的出现比例略低, 在其余各站的差异不大。持续时间超过12 h的长持续性降水事件在伊犁河谷盆地中央地区出现的比例最高(伊宁市为17%), 在河谷西南部地区出现的

比例最低(特克斯站为3%)。综上, 持续时间超过12 h的长持续性降水事件在伊犁河谷盆地中部地区的出现比例最高, 持续时间在6 h以内的短历时降水事件在伊犁河谷西南部地区的出现比例最高。

图5(b)给出冬季伊犁河谷不同持续时间降水事件对冬季总降水量的贡献。对照图5(a)可以看出, 虽然冬季短历时降水事件出现的频次较多, 但其对冬季总降水量的贡献率除巩留(34%)、昭苏(37%)和特克斯(56%)3站外, 其余各站均不足30%。出现频次相对较少的12 h以上的长持续性降

水事件,对冬季总降水量的贡献率在伊犁河谷盆地中央地区超过 50%(伊宁市最高达 55%);在河谷西南部地区不足 20%(特克斯站最低为 16%)。7~12 h 的持续性降水事件对冬季总降水量贡献率的区域差异较为复杂,昭苏站最高为 43%,伊宁站最低为 24%;与昭苏站同处河谷西南部的特克斯站为仅 28%。综上可以看出,冬季伊犁河谷西部和东部地区 3 类不同持续性降水事件的发生频次差异虽然较大,但是对冬季总降水量的贡献率大致相当,基本各占 1/3;伊犁河谷盆地中央地区持续时间超过 12 h 的长持续性降水事件对冬季总降水量的贡献最大;河谷西南部以短历时降水事件或持续性降水事件对冬季总降水量的贡献最大。综上可以看出,伊犁河谷冬季和夏季不同持续时间降水事件对总降水量的贡献特征存在差异^[25]。

Yu 等^[7]的研究表明,我国中东部地区夏季降水的日循环与降水的持续性之间存在紧密联系;陈春艳等^[25]分析了新疆夏季降水日循环与降水持续性的关系。为弄清伊犁河谷冬季降水的日循环与降水的持续性之间是否存在联系,我们逐站分析了伊犁河谷冬季不同持续时间的降水在不同时刻的分布特征。由图 6 可以看出,霍尔果斯站持续 6~7 h 的降水事件的降水量占冬季总降水量的比重最大,降水极值出现在 04:00–10:00,该时段与霍尔果斯站累计降水量日变化的主峰值区间相对应(图 2)。霍城站冬季总降水量的主要贡献者是持续 6~10 h 的降水事件,其中持续 6 h 和 8~9 h 的降水事件贡献最大,降水极值主要出现在早上到上午(08:00–12:00)。察布查尔站持续 5~6 h、9~11 h 和 17 h 的降水事件对冬季总降水量的贡献较大,降水极值主要出现在凌晨到早上(00:00–10:00)。伊宁市持续时间 6 h 以上的降水事件对冬季总降水量的贡献较大,其中持续 14~15 h 和 18 h 的贡献最大,伊宁市不同持续时间的降水事件降水极值的出现时间相对集中,主要出现在清晨到上午(06:00–10:00)。尼勒克站持续 10 h 和 20 h 的降水事件对冬季总降水量的贡献最大,降水极值出现 04:00–06:00 和 10:00–12:00。伊宁县站不同持续时间的降水事件对冬季总降水量的贡献差异不大,降水极值集中出现在 04:00–14:00。巩留站持续 5 h、7 h、11 h 和 18 h 的降水事件对冬季总降水量的贡献最大,降水极值出现时段主要在早上(06:00–08:00)和中午(12:00–14:00)。新源站持续 8~11 h

的降水事件对冬季总降水量的贡献最大,降水极值主要出现在早上到上午(06:00–12:00)。12 h 以内的降水事件是昭苏和特克斯 2 站冬季总降水量的主要贡献者,2 站降水极值的出现时段都较为分散。

综上可以看出,冬季,伊犁河谷降水日循环与降水持续性之间的关系存在区域差异,累计降水量日变化中的主要峰值区间在伊犁河谷西部和东部地区(霍城、霍尔果斯、察布查尔、新源)与持续 5~12 h 的降水极值相对应;在伊犁河谷盆地中央地区(伊宁市、伊宁县)及北部山区与持续 6 h 以上的降水极值相对应;伊犁河谷西南部地区(昭苏和特克斯)降水日循环与降水持续性之间的关系不显著。伊犁河谷西南部地区降水极值出现时段较为分散,其他区域不同持续时间的降水事件降水极值都较易出现在清晨到中午。因此,冬季,伊犁河谷除西南部地区外,其余地区的降水日循环与降水持续性之间存在紧密联系;短历时和持续性降水事件是伊犁河谷西部和东部地区降水峰值的主要贡献者,持续性和长持续性降水事件是伊犁河谷盆地中央地区及北部山区降水峰值的主要贡献者。

4 结论

本文利用 2012–2017 年冬季伊犁河谷 10 个国家气象站逐时降水资料,分析了伊犁河谷地区冬季降水的日变化特征,主要结论如下:

(1)冬季,伊犁河谷西部和中部地区降水量日变化呈单峰型,上午 09:00–12:00 是主要的峰值时段;伊犁河谷其他地区降水量日变化单峰特征不显著。累计降水频次的日变化特征与降水量类似,伊犁河谷大部地区二者的峰值出现时间一致。

(2)伊犁河谷大部分站点的逐时降水频次比降水强度对逐时累计降水量的贡献更大;伊宁市和尼勒克两站逐时降水频次和降水强度对逐时累计降水量的贡献都较大;特克斯站逐时降水强度比降水频次对逐时累计降水量的贡献更显著一些。

(3)冬季,伊犁河谷降水事件以 6 h 以内的短历时降水为主,该事件发生频次虽多,但其对冬季总降水量的贡献率不足 30%;持续 12 h 以上的长持续性降水事件发生次数虽少,但却是伊犁河谷冬季总降水量的主要贡献者。

(4)伊犁河谷除西南部地区的降水日循环与降水持续性之间的关系不显著外,其余地区降水日循环与降水持续性之间都存在紧密联系。伊犁河谷

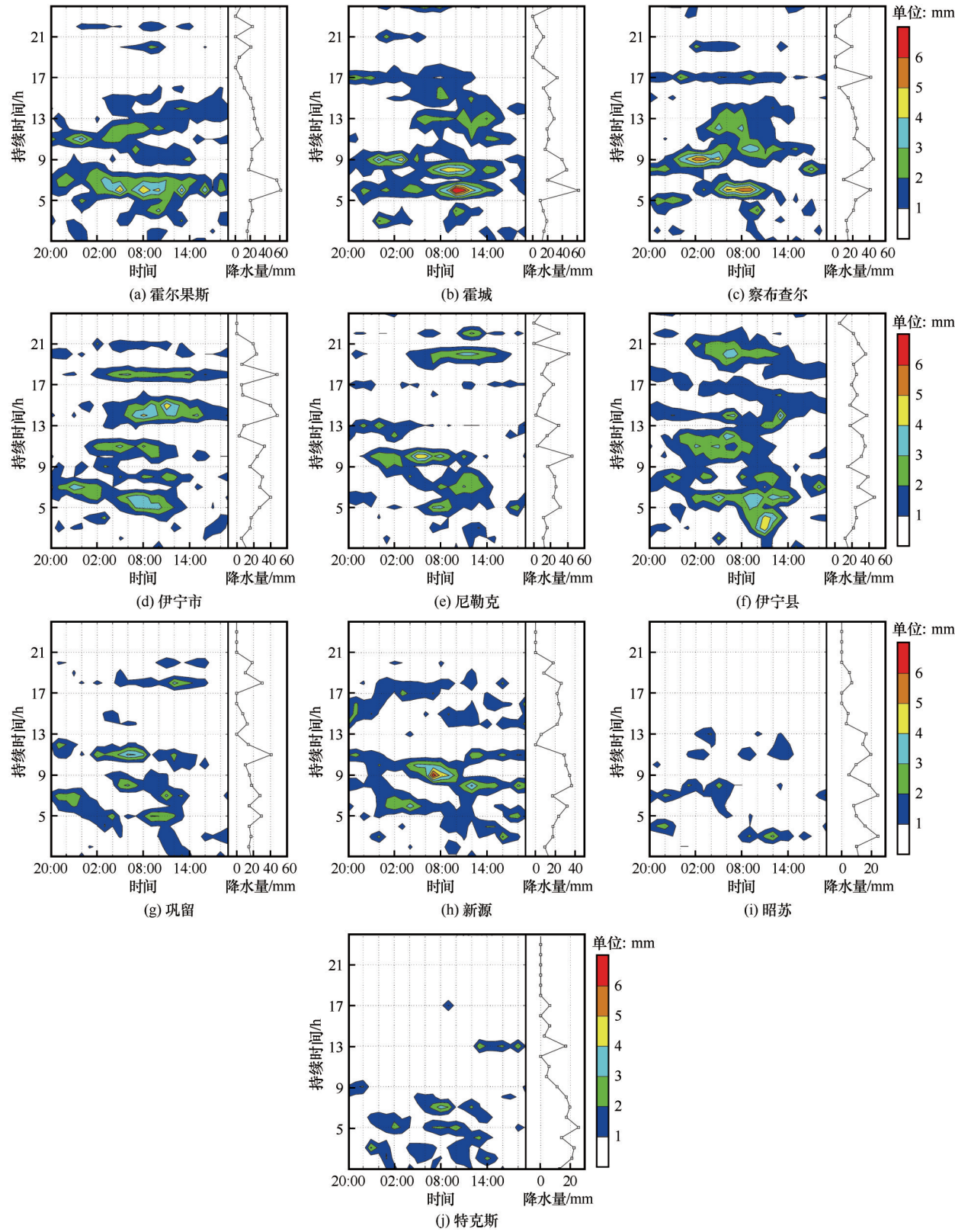


图6 伊犁河谷10站冬季不同持续时间降水事件的降水量分布(右侧为2012-2017年冬季累计降水量)

Fig. 6 Winter precipitation amount of different duration snowfall events of the 10 sites in Ili River valley (the line on the right denotes the winter total precipitation of each kind of snowfall events, 2012 - 2017)

西部和东部地区持续5~12 h的降水极值与累计降水量日变化的主峰区间对应;河谷盆地中央地区及北部山区持续6 h以上的降水极值与累计降水量日变化的主峰区间对应。

新疆地域辽阔,不同区域的降水特征差异显著,伊犁河谷地区冬季降水日变化特征与同位于天山北坡的乌鲁木齐市也存在差异,其中的机理问题还需要结合环流和动力过程进行深入分析。此外,对比本文结论和前人关于伊犁河谷夏季降水日变化特征的研究,不难发现二者也存在显著差异。降水是一个复杂的物理过程,同一区域在不同季节、不同降水相态时呈现出不同的日变化特征,更深入的机理问题还需通过数值模拟进一步研究。

参考文献(References):

- [1] Yu Rucong, Li Jian, Chen Haoming, et al. Progress in studies of the precipitation diurnal variation over contiguous China[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2014, 72(5): 948–968. [宇如聪, 李建, 陈昊明, 等. 中国大陆降水日变化研究进展[J]. *气象学报*, 2014, 72(5): 948–968.]
- [2] Kincer J B. Daytime and nighttime precipitation and their economic significance[J]. *Monthly Weather Review*, 1916, 44(11): 628–633.
- [3] Lü Jiong. Bashan night rain[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 1942, 16(1/2): 36–53. [吕炯. 巴山夜雨[J]. *气象学报*, 1942, 16(1/2): 36–53.]
- [4] Wallace J. Diurnal variations in precipitation and thunderstorm frequency over the conterminous United States[J]. *Mon Wea Rev*, 1975, 103(5): 406–419.
- [5] Shen Peifeng, Zhang Yaocun. Numerical simulation of diurnal variation of summer precipitation in Sichuan basin[J]. *Plateau Meteorology*, 2011, 30(4): 860–868. [沈沛丰, 张耀存. 四川盆地夏季降水日变化的数值模拟[J]. *高原气象*, 2011, 30(4): 860–868.]
- [6] Xu Jianyu, Liu Yu. Impact of boundary layer parameterization scheme on the diurnal variation of precipitation in Central Eastern China[J]. *Plateau Meteorology*, 2016, 35(4): 969–978. [许建玉, 刘羽. 边界层方案对中国中东部地区降水日变化的影响[J]. *高原气象*, 2016, 35(4): 969–978.]
- [7] Yu Rucong, Xu Youping, Zhou Tianjun, et al. Relation between rainfall duration and diurnal variation in the warm season precipitation over central eastern China[J]. *Geophysical Research Letters*, 2007, 34(13): L13703.
- [8] Yu Rucong, Zhou Tianjun, Xiong Anyuan, et al. Diurnal variations of summer precipitation over contiguous China[J]. *Geophysical Research Letters*, 2007, 34(1): L01704.
- [9] Wu Yang, Huang Anning, Huang Danqing, et al. Diurnal variations of summer precipitation over the regions east to Tibetan Plateau[J]. *Climate Dynamics*, 2018, 51: 4287–4307.
- [10] Li Jian, Yu Rucong, Wang Jianjie. Diurnal variations of summer precipitation in Beijing[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2008, 53(7): 829–832. [李建, 宇如聪, 王建捷. 北京市夏季降水的日变化特征[J]. *科学通报*, 2008, 53(7): 829–832.]
- [11] Xiong Mingming, Xu Shu, Li Mingcai, et al. Characteristics of hourly precipitation in Tianjin[J]. *Torrential Rain and Disasters*, 2016, 35(1): 84–90. [熊明明, 徐姝, 李明财, 等. 天津地区小时降水特征分析[J]. *暴雨灾害*, 2016, 35(1): 84–90.]
- [12] Yang Sen, Zhou Xiaoshan, Gao Jie. Diurnal variations of summer precipitation in Liaoning province[J]. *Meteorology Monthly*, 2011, 37(8): 943–949. [杨森, 周晓珊, 高杰. 辽宁省夏季降水的日变化特征[J]. *气象*, 2011, 37(8): 943–949.]
- [13] Wang Fuchang, Yu Rucong, Chen Haoming, et al. The characteristics of rainfall diurnal variation over the Southwestern China[J]. *Torrential Rain and Disasters*, 2011, 30(2): 117–121. [王夫常, 宇如聪, 陈昊明, 等. 我国西南部降水日变化特征分析[J]. *暴雨灾害*, 2011, 30(2): 117–121.]
- [14] Dai Zejun, Yu Rucong, Chen Haoming. Characteristics of summer precipitation diurnal variations in Hunan[J]. *Plateau Meteorology*, 2009, 28(6): 1463–1469. [戴泽军, 宇如聪, 陈昊明. 湖南夏季降水日变化特征[J]. *高原气象*, 2009, 28(6): 1463–1469.]
- [15] Zhuo Hong, Zhao Ping, Zhou Tianjun. Diurnal cycle of summer rainfall in Shandong of eastern China[J]. *International Journal Climatology*, 2009, 34(3): 742–750.
- [16] Zhang Wei, Huang Anning, Zhou Yang, et al. Diurnal cycle of precipitation over Fujian Province during the pre-summer rainy season in southern China[J]. *Theoretical Applied Climatology*, 2017, 130: 993–1006.
- [17] Li Jian, Yu Rucong, Zhou Tianjun. Seasonal variation of the diurnal cycle of rainfall in the southern contiguous China[J]. *Journal of Climate*, 2008, 21(22): 6036–6043.
- [18] Xinjiang Meteorological Bureau. Guide handbook on Xinjiang short-term weather forecast[M]. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, 1986: 184–217. [新疆气象局. 新疆短期天气预报指导手册[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1986: 184–217.]
- [19] Zhang Jiabao, Deng Zhifeng. Precipitation Generality of Xinjiang[M]. Beijing: China Meteorological Press, 1987: 276–280. [张家宝, 邓子凤. 新疆降水概论[M]. 北京: 气象出版社, 1987: 276–280.]
- [20] Yao Junqiang, Yang Qing, Mao Weiyi, et al. Evaluation of the impacts of climate change and human activities on the hydrological environment in Central Asia[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2016, 38(1): 222–230. [姚俊强, 杨青, 毛炜峰, 等. 气候变化和人类活动对中亚地区水文环境的影响评估[J]. *冰川冻土*, 2016, 38(1): 222–230.]
- [21] Zhao Yong, Hang Danqing, Zhu Jian, et al. The feature analysis of regional and persistent extreme precipitation events in Northern Xinjiang region[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2011, 33(2): 292–299. [赵勇, 崔彩霞, 李霞. 新疆冬季降水的气候特征分析[J]. *冰川冻土*, 2011, 33(2): 292–299.]
- [22] Yang Xia, Zhang Yunhui, Zhao Yizhou, et al. Analysis on rare snowstorm in west of southern Xinjiang[J]. *Plateau Meteorology*, 2015, 34(5): 1414–1423. [杨霞, 张云惠, 赵逸舟, 等. 南疆西部一次罕见大暴雪过程分析[J]. *高原气象*, 2015, 34(5): 1414–1423.]
- [23] Yang Xia, Li Yun, Zhao Yizhou, et al. Analysis of a brief torrential rain event in Autumn in Xinjiang[J]. *Plateau Meteorology*, 2014, 33(1): 162–170. [杨霞, 李云, 赵逸舟, 等. 新疆一次深秋局地短时大暴雨的成因分析[J]. *高原气象*, 2014, 33(1): 162–170.]
- [24] Zhu Xiaofan, Zhang Mingjun, Wang Shengjie, et al. Diurnal variation characteristics of precipitation of Xinjiang in summer during 2008–2013[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2016, 35(2): 478–488. [朱小凡, 张明军, 王圣杰, 等. 2008–2013 年新疆夏季降水的日变化特征[J]. *生态学杂志*, 2016, 35(2): 478–488.]
- [25] Chen Chunyan, Wang Jianjie, Tang Ye, et al. Diurnal variations of summer precipitation in Xinjiang[J]. *Journal of Applied Meteorological Science*, 2017, 28(1): 72–85. [陈春

- 艳, 王建捷, 唐冶, 等. 新疆夏季降水日变化特征[J]. 应用气象学报, 2017, 28(1): 72 – 85.]
- [26] Wang Shijie, Yang Lianmei, Shi Yuguang. Rainfall variation during 1991 – 2010 in Urumqi[J]. Journal of Desert Research, 2012, 32(2): 509 – 516. [王世杰, 杨莲梅, 史玉光. 乌鲁木齐 1991 – 2010 年降雨特征[J]. 中国沙漠, 2012, 32(2): 509 – 516.]
- [27] Li Boyuan, Ma Hongjun, Zhuang Xiaocui, et al. Characteristics of diurnal variation of precipitation in warm season in Altay of Xinjiang during 2010 – 2016[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(5): 797 – 805. [李博渊, 马宏君, 庄晓翠, 等. 2010 – 2016 年新疆阿勒泰地区暖季降水日变化特征[J]. 干旱气象, 2017, 35(5): 797 – 805.]
- [28] Zhao Keming, Gulgina Helil, Mihribanur Aziz, et al. Characteristic analysis on the diurnal variation of precipitation in Kashgar[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2016, 10(2): 31 – 35. [赵克明, 古丽格娜·海力力, 美丽巴奴·艾则孜, 等. 喀什市降水的日变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2016, 10(2): 31 – 35.]
- [29] Huang Qiuxia, Fang Wen, Wang Chunyan, et al. The characteristics of rainfall diurnal variation during flood season in Changji City, Xinjiang[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2016, 10(6): 19 – 23. [黄秋霞, 方雯, 王春燕, 等. 新疆昌吉市主汛期降水的日变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2016, 10(6): 19 – 23.]
- [30] Wang Hui, Wang Shengli, Yu Xingjie, et al. Spatial-temporal variation of snow cover in Xinjiang based on surface observation from 1961 to 2017[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2020, 42(1): 72 – 80. [王慧, 王胜利, 余行杰, 等. 1961 – 2017 年基于地面观测的新疆积雪时空变化研究[J]. 冰川冻土, 2020, 42(1): 72 – 80.]
- [31] Huang Qiuxia, Zhao Yong, He Qing. The daily variation characteristics of summer precipitation over the Yili River Valley, Xinjiang[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2015, 37(2): 369 – 375. [黄秋霞, 赵勇, 何清. 新疆伊犁河谷夏季降水日变化特征[J]. 冰川冻土, 2015, 37(2): 369 – 375.]
- [32] Cui Caixia, Li Yang, Yang Qing. Spatial distribution and long-term variation of nocturnal and daytime rainfall in Xinjiang[J]. Journal of Desert Research, 2008, 28(5): 903 – 907. [崔彩霞, 李杨, 杨青. 新疆夜雨和昼雨的空间分布和长期变化[J]. 中国沙漠, 2008, 28(5): 903 – 907.]
- [33] Yang Xia, Yu Xiaojing, Zhao Yalei, et al. Diurnal variation of Winter snowfall in Urumqi of Xinjiang from 2011 to 2015[J]. Journal of Arid Meteorology, 2018, 36(4): 603 – 609. [杨霞, 于晓晶, 赵雅蕾, 等. 2011 – 2015 年乌鲁木齐冬季降雪的日变化特征[J]. 干旱气象, 2018, 36(4): 603 – 609.]
- [34] Chen Tianru. The characteristics of hourly precipitation in Tianshan Mountain during summer[D]. Beijing: China Institute of Meteorology, 2017. [陈湉茹. 天山地区夏季降水的小时尺度特征[D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2017.]

Daily variation of winter precipitation in Ili River valley of Xinjiang from 2012 to 2017

YANG Xia¹, AN Dawei¹, ZHOU Hongkui², ZHAO Yizhou³

(1. Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China; 2. Xinjiang Meteorological Information Center, Urumqi 830002, China; 3. Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi 830002, China)

Abstract: Based on the hourly precipitation data from ten stations over Ili River valley during 2012 – 2017, the daily variations of winter precipitation were analyzed. The results showed that the diurnal variation of the winter precipitation in the west valley presented nearly a single peak and a single trough, with the maximum at morning (09:00 – 12:00, Beijing time). The daily variation of winter precipitation in other areas of the valley presented multiple peaks with more dispersed small peaks. The occurrence time of maximum average precipitation intensity and maximum hourly accumulative precipitation was more consistent with maximum hourly accumulative precipitation frequency. The relationship between precipitation and precipitation frequency in most areas of the valley was closer. The winter precipitation in the valley was mainly short-duration precipitation within 6 hours, and its contribution rate to the total winter precipitation was less than 30%. There were less precipitation events lasting longer than 12 hours, less than 30% in most parts of the valley, but their contributed more to the valley. Short duration and continuous precipitation events were important contributors to the diurnal variation of precipitation in the western part of the valley. Continuous and long precipitation events were important contributors to the diurnal variation peaks of precipitation in the center and north of the valley. The relationship between the daily cycle of winter precipitation and precipitation continuity was not significant in the southwest of the valley.

Key words: winter precipitation; hourly precipitation; diurnal variations; Ili River valley

(责任编辑: 周成林; 编辑: 周成林)