

苏亚乔,王勇,张林梅,等.基于 CERES 资料的新疆云物理参数时空分布特征[J].沙漠与绿洲气象,2022,16(4):131-138.
doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2022.04.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



基于 CERES 资料的新疆云物理参数 时空分布特征

苏亚乔¹,王 勇^{2*},张林梅¹,郑培文²,张云惠¹

(1.新疆气象台,新疆 乌鲁木齐 830002;2.新疆生态气象与卫星遥感中心,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:利用 2011—2020 年 ERA5 再分析降水资料、CERES 云物理参数产品,分析新疆云参数的时空分布特征,归纳总结云物理参数与降水的相关性,结果表明:(1)云水路径(冰相)值、云粒子有效半径(冰相)、云光学厚度与降水量的空间分布一致,均为山区最大,北疆次之,南疆最小。(2)夏季(6—8 月)在南、北疆,山区云水路径(液、冰相)、云顶(底)温度、云光学厚度与降水量呈同位相变化;云粒子有效半径(液、冰相)、云顶气压与降水量呈反位相变化。(3)夏季(6—8 月)北疆、山区的云水路径(液、冰相)值、云顶(底)温度、云光学厚度,南疆云光学厚度与降水量呈正相关;北疆云粒子有效半径(冰相)、南疆云粒子有效半径(液相)、云顶气压、山区云粒子有效半径(液、冰相)、云顶气压与降水量呈负相关。

关键词:CERES;云参数;新疆

中图分类号:P481

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2022)04-0131-08

水资源是国家经济社会可持续发展的重要物质保障,更是人类命运共同体的物质根本。作为发展中国家,我国水资源严重短缺,目前人均水资源占有量约为世界人均占有量的四分之一,被列为世界人均水资源匮乏国家之一。全国城市中有 400 余座供水不足、110 余座严重缺水,占中国城市总数的 73.9%,且大部分位于我国北方及西北半干旱、干旱地区^[1],新疆作为典型的干旱半干旱地区,水资源紧缺已成为制约当地经济发展的重要障碍。改善水资源短缺问题的途径为开源和节流。但节流必须与经济发展水平相适应,节流空间有限。同时,地表和地下水资源开发已接近极限。因此,开发利用空中云水

资源已成为各界关注的缓解水资源短缺的有效途径之一。

云的宏微观结构特征与云降水条件、机制、效率及人工增雨潜力等紧密相关。不同的云结构特征所造成的天气现象更是千差万别^[2]。故云粒子有效半径、云水路径、光学厚度、云顶气压等云物理参数,对于研究云系宏微观特征、气候变化、降水演变以及空中水资源有效开发等具有重要的意义。常规气象台站提供的气象观测资料很难获得云中液态水含量等云参数,目前主要通过微波辐射计^[3]、飞机探测^[4-5]、卫星探测^[6-7]等手段获得云参数。相较于其他探测手段,卫星具备大范围、全过程、长时间的优点^[8]。随着气象卫星的发展,利用卫星资料反演的各种云微物理特征被广泛应用于气象研究中。Rosenfeld 等^[9]运用 NOAA 极轨卫星资料反演了对流云温度和云粒子有效半径的分布特征,该反演方法还可应用于 MODIS、FY-3^[10]等卫星的云微物理特征反演和强对流识别研究^[11]。刘健等^[12]通过对 FY-1D 和 NOAA 极轨卫星反演得到的云光学厚度和地面降水数据的分

收稿日期:2022-03-29;修回日期:2022-05-06

基金项目:新疆气象科技创新发展基金指令性(重点)项目(ZD202106);国家自然科学基金(41965002)

作者简介:苏亚乔(1992—),女,助理工程师,主要从事云物理与人工增雨研究。E-mail:351403542@qq.com

通信作者:王勇(1968—),男,正高级工程师,主要从事气象卫星及遥感应用研究。E-mail:443409880@qq.com

析,指出地面雨量与云光学厚度呈正相关。张杰等^[13]对 MODIS 云特征参数与降水量的关系进行研究后发现,祁连山区产生较大降水的云粒子有效半径通常在 6~12 μm ,云光学厚度在 8~20。王羽佳等^[14]利用 CERES 资料分析了东亚地区单层卷云物理特性。李帅等^[15]用 FY-2F 资料研究了新疆区域云量和云类的分布特征。王昀等^[16]、光莹等^[17]分别研究了新疆层状云冰粒子属性的季节变化以及层状云微物理属性垂直分布的季节变化。王磊等^[18]、龚静等^[19]分别探究了华北和青海省东部云特征参量与降水的相关性。

新疆对降水的需求巨大,云特征参量的时空分布特征影响着降水产生的效率,也决定着人工增水的效果。本文利用 2011—2020 年 ERA5 再分析降水数据、云和地球辐射能量系统(Clouds and the Earth's Radiant Energy System, CERES)云产品,分析新疆云参数的时空变化分布特征,归纳总结北疆、南疆、山区云物理参数与降水量的相关性,为开发新疆空中云水资源做初步探索,为人工影响天气作业的潜势预报提供初步参考。

1 资料与方法

使用欧洲中期天气预报中心(ECMWF)ERA5 的 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 逐小时降水数据和 Aqua 卫星搭载的 CERES 仪器探测的三级(Level-3)数据,包括云水路径(液相、冰相)、云粒子有效半径(液相、冰相)、云顶(底)温度、云光学厚度、云顶气压(分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$)。

ERA5 是 ECWMF 推出的第五代再分析产品,具有时空分辨率高、更新快、参数多等优点。有研究指出 ERA5 相对于 ERA-Interim 在数据质量上有很大的提升^[20-21]。CERES 探测器的长波和短波在地面校准误差分别为 0.5% 和 1%。采用了新的角度分布模型后,减少了 2~4 倍的系统误差和均方根误差。它的伺服系统定位精度高,温度探测器的时间常数、热滞系数小,表明该仪器具有测量快速、系统误差小的特征^[22]。

利用 2011—2020 年 8 种云物理参数与多年月平均降水量数据,将新疆分为山区(包括阿尔泰山、天山、昆仑山、南疆西部山区)、北疆(以天山为界的北部非山区)、南疆(以天山为界的南部非山区)3 个区域(图 1)进行讨论,分析云参数与降水量的时空分布特点及对应关系;运用 ArcGIS 软件分别提取北疆、南疆、山区的格点数据做空间平均,分析 3 个区

域的云参数与降水量的差异;并通过计算云参数与降水量的 Pearson 相关系数,分析其显著性。

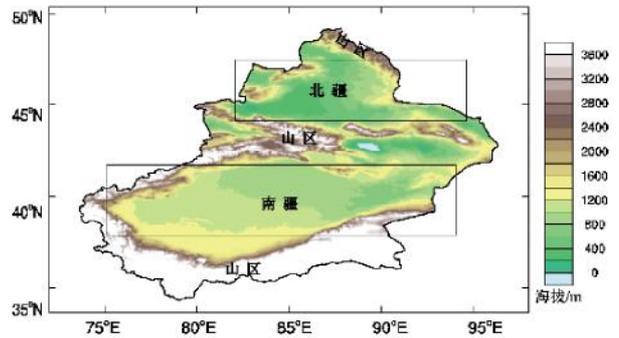


图 1 分区示意图

2 结果与分析

2.1 云参数与降水量空间分布特征

由 2011—2020 年 10 a 平均云参数、降水量空间分布(图 2)可知,新疆各地的降水分布及强度极不均匀,总体呈山区多(强)、南疆少(弱)、北疆介于两者之间的特征。山区空间平均降水量为 487.3 mm,占全疆降水量的 62.5%,是南疆降水量的 8.5 倍(表 1),其中阿尔泰山北部,天山中、西段以及昆仑山北坡西段的降水量较丰富,阿尔泰山东南部,天山东段,昆仑山南部及东段的降水量相对较少。南疆年降水量为 57.5 mm,仅占全疆降水总量的 7.4%(表 1),塔里木盆地北部、西部边缘降水量为 50~100 mm,东部和南部降水量 < 50 mm。北疆空间平均降水量则介于两者之间,年降水量为 234.6 mm(表 1),伊犁河谷、塔城盆地年降水量为 250~350 mm,准噶尔盆地降水量为 50~200 mm,降水少的地区为天山尾间淖毛湖一带,降水量 < 50 mm。

云液水路径值为北疆 > 山区 > 南疆,呈自北向东南递减的分布特征,阿勒泰北部的云液水路径值 > 70 g/m^2 ,阿尔泰山区降水量大值区与云液水路径的大值区重合(图 2a)。云冰水路径值自西向东递减,与云液水路径不同,山区是 3 个区域中云冰水路径值最大的区域,天山西段、昆仑山北部西段的降水量大值区对应的云冰水路径值 > 140 g/m^2 (图 2b),北疆次之,南疆最小(表 1)。

云粒子有效半径(液相)的分布呈西高东低,且在东部的哈密、吐鲁番一带有一明显低值中心(图 2c)。云粒子有效半径(冰相)在天山西段值较大, > 30 μm ,在南疆东部及昆仑山南部相对较小,北疆云粒子有效半径(冰相)介于山区与南疆之间(图 2d、表 1)。

云底温度在山区较高,说明山区云底高度相对较低(图 2e),云顶温度空间差别不大,北疆、南疆空间平均云顶温度略低,山区略高(图 2f、表 1),山区的云底云顶温度差最大(表 1),表明山区相对其他区域的云层更厚。

云光学厚度自东向西减小,从空间平均上看,山区>北疆>南疆,这与降水量的空间平均值分布一致(图 2g、表 1)。

云顶气压呈北高南低的分布形式,山区的空间平均云顶气压远低于北疆、南疆,云顶气压可以直接表征云顶发展的高度,说明山区的云层较厚(图 2h、表 1)。

综上可初步判定云参数值与降水量的相关性较强。云水路径(冰相)、云粒子有效半径(冰相)、云光学厚度在空间上呈现山区最大,北疆次之,南疆最少的分布状态,这与降水量的空间分布一致。另外,降水量最少的南疆同时云水路径值(液、冰相)也最小;降水量最多的山区拥有最大的云顶云底温度差和最低的云顶气压值。

2.2 云参数与降水量时间分布特征

2.2.1 季节变化

为了便于统计分析,采用天文上的 3 个月为一季来划分新疆季节,即 12 月—翌年 2 月为冬季,3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季。

3 个区域的降水量在季节上的分布不均匀,均为夏季最多,春季次之,冬季最少,秋季介于春、冬两季降水量之间。山区降水量季节差异最大,夏季降水丰沛,占山区年均降水量的 50.7%,是冬季降水的 7.1 倍;北疆降水量季节变化率相对较小,夏季降水占北疆年均降水量的 37.6%,是冬季降水的 3.5 倍;南疆夏季的降水量甚至少于山区冬季降水量,可见南疆降水匮乏(图 3a)。

北疆的云冰水路径值季节分布与降水量季节分布一致,夏季的云冰水路径值最高为 156.7 g/m²(图 3c);云顶气压季节分布为冬季最高,秋季次之,夏季最低,春季介于夏、秋两季云顶气压值之间,与降水量季节分布相反(图 3i);云粒子有效半径(液、冰相)在降水量最多的夏季最小、降水量最少的冬季最大(图 3d、3e);云顶(底)温度由高到低季节排序依次是:夏、秋、春、冬,说明夏季云高低于冬季云高,有

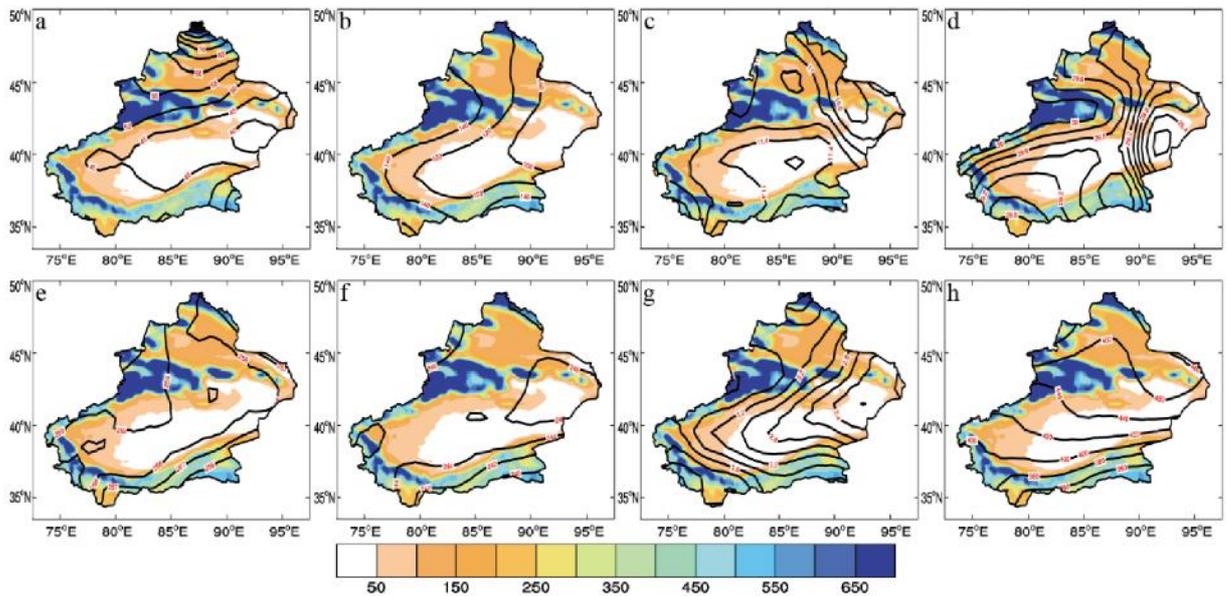


图 2 年平均降水量与云参数空间分布

(a 为云液水路径,b 为云冰水路径,c 为云粒子有效半径(液相),d 为云粒子有效半径(冰相),e 为云底温度, f 为云顶温度,g 为云光学厚度,h 为云顶气压;填色为降水量,等值线为云参数)

表 1 2011—2020 年 10 a 平均降水量、云参数空间平均值

	降水量 /mm	云水路径(液相) /(g/m^2)	云水路径(冰相) /(g/m^2)	云粒子有效半径(液相)/ μm	云粒子有效半径(冰相)/ μm	云底温度 /K	云顶温度 /K	云光学厚度	云顶气压 /hPa
北疆	234.6	55.1	119.4	10.9	29.3	258.4	245.2	3.1	465.3
南疆	57.5	42.3	106.4	11.3	29.1	258.6	245.6	2.8	430.9
山区	487.3	52.3	143.8	11.2	30.0	261.5	247.3	3.6	415.0

利于降水产生,云顶(底)温度在夏季最高、冬季最低(图 3f、3g)。

南疆的云冰水路径值与降水量季节分布一致,夏季的云冰水路径值最高,为 164.8 g/m^2 ,相比于北疆,虽然云冰水路径值的增大均对降水量有正向影响,但是同时期南疆较大的云冰水路径值所带来的降水量却少于北疆,说明云冰水路径值对降水的影响作用南疆弱于北疆(图 3c);云液水路径值在夏季最大(图 3b);云粒子有效半径(液、冰相)在夏季最小、冬季最大(图 3d、3e);云顶、云顶温度在夏季最高、冬季最低(图 3f、3g);云光学厚度在夏季最大(图 3h)。

山区的云冰水路径值与降水量季节分布一致(图 3c);云液水路径值在夏季最大(图 3b);云粒子有效半径(冰相)在夏季最小(图 3d、3e);云顶、云顶温度在降水量最多的夏季最高、在降水量最少的冬季最低(图 3f、3g);云光学厚度在夏季最大(图 3h);云顶气压在夏季最低(图 3i)。

2.2.2 月变化

降水量在南、北疆、山区的月变化较一致,1—3

月有所增多,4—6月迅速增加,7—8月为降水量最丰沛的时段,此时南、北疆、山区的月降水量保持在 8、25、80 mm 以上,且降水量最大值均出现在 6月,9—10月降水量迅速减少(图 4a)。

北疆云水路径(液、冰相)值的月变化呈双峰型,最大值分别出现在 8 和 7 月,云水路径(液、冰相)值与降水量在 3—9 月呈同位相变化(图 4a、4b);云粒子有效半径(液、冰相)与降水量呈反位相变化(图 4c、4d);云顶、云顶温度的月变化呈单峰型,最大、最小值分别出现在 7 和 1 月,且与降水量的月变化趋势完全一致(图 4e、4f);云光学厚度的月变化呈双峰型,与降水量在 5—10 月呈同位相变化(图 4g);云顶气压月变化为 12 月最高,6 月最低,云顶气压与降水量在 3—9 月呈反位相变化(图 4h)。

南疆云液水路径值的月变化呈双峰型,云冰水路径值的月变化呈单峰型,最大值分别出现在 8 和 6 月,云水路径(液、冰相)值与降水量在 3—10 月呈同位相变化,云冰水路径值在 3—10 月变化幅度较大,在 11 月—翌年 2 月变化幅度小(图 4a、4b);云粒子有效半径(液、冰相)与降水量在 5—10 月呈反

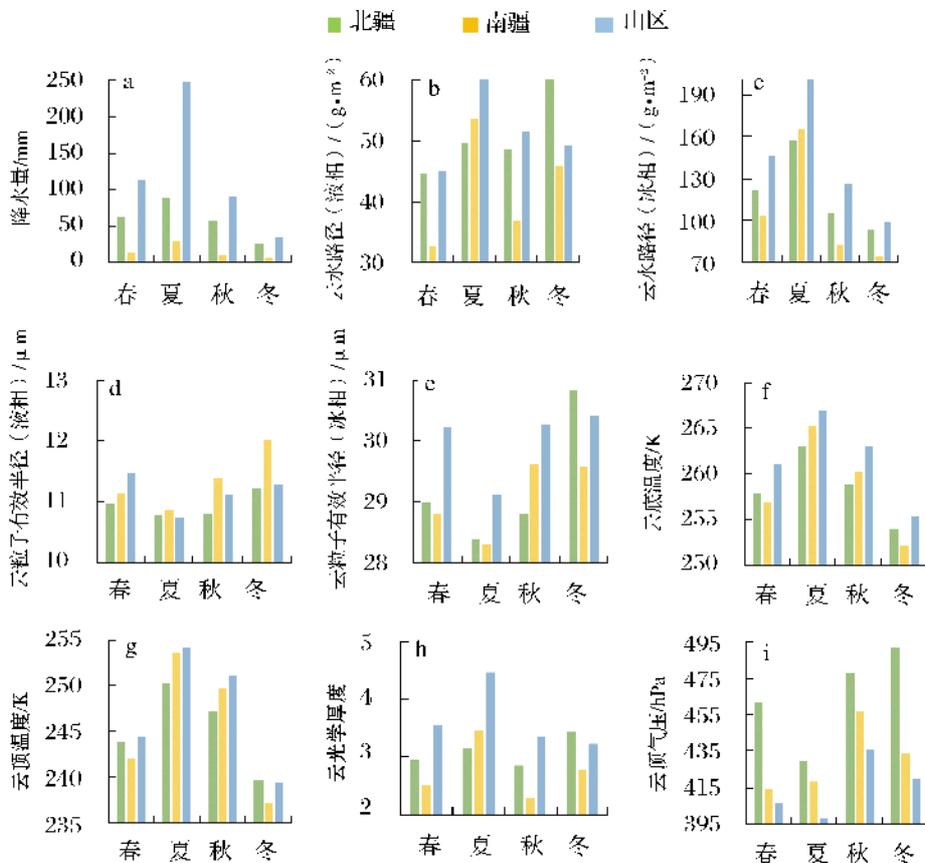


图3 降水量、云参数季节分布

(a 为降水量,b 为云液水路径,c 为云冰水路径,d 为云粒子有效半径(液相),e 为云粒子有效半径(冰相),f 为云底温度,g 为云顶温度,h 为云光学厚度,i 为云顶气压)

位相变化,且云粒子有效半径冰相比液相变化幅度大(图 4c、4d);云底、云顶温度与降水量在 2—12 月的月变化趋势完全一致(图 4e、4f);云光学厚度的月变化呈双峰型,与降水量在 3—10 月呈同位相变化,且云光学厚度在 6—8 月南疆大于北疆(图 4g);云顶气压月变化呈单峰型,12 月最高,6 月最低,云顶气压与降水量在 3—10 月呈反位相变化(图 4h)。

山区云水路径(液、冰相)值的月变化与南疆的类似,最大值均出现在降水量最多的 6 月,云水路径(液、冰相)值与降水量在 3—10 月呈同位相变化(图 4a、4b);云粒子有效半径(液、冰相)与降水量在 5—10 月呈反位相变化,在 11 月—翌年 2 月呈同位相变化,且云粒子有效半径冰相比液相变化幅度大(图 4c、4d);云底、云顶温度与降水量的月变化趋势十分

相似(图 4e、4f);云光学厚度与降水量在 3—10 月呈同位相变化,且云光学厚度在 11 月—翌年 2 月变化幅度很小(图 4g);云顶气压月变化呈单峰型,12 月最高,6 月最低,云顶气压与降水量在 3—10 月呈反位相变化(图 4h)。

2.3 云物理参数与降水的关系

通过进一步对云参数与降水量进行 Pearson 相关性分析,得出夏季(6—8 月)北疆云水路径(液、冰相)、云粒子有效半径(冰相)、云底、云顶温度、云光学厚度、南疆云粒子有效半径(液相)、云光学厚度、云顶气压、山区云水路径(液、冰相)、云粒子有效半径(液、冰相)、云底、云顶温度、云光学厚度、云顶气压与对应区域降水量的相关系数通过了 0.05 的显著性检验。

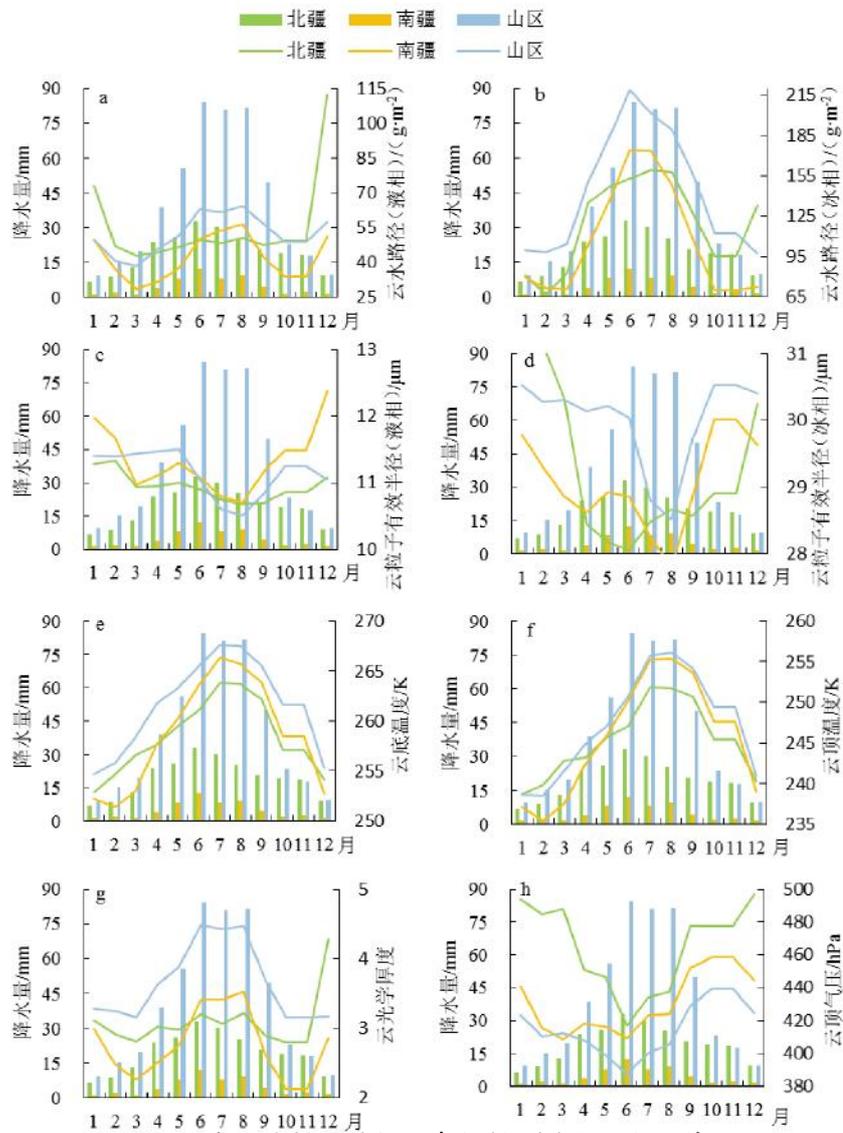


图 4 降水量(柱状)与云参数(折线)月际变化特征

(a 为云液水路径,b 为云冰水路径,c 为云粒子有效半径(液相),d 为云粒子有效半径(冰相),e 为云底温度, f 为云顶温度,g 为云光学厚度,h 为云顶气压)

为探索夏季云参数与降水量在各区域的具体关系,相关系数绝对值 ≥ 0.8 认为有强的相关性,0.3~0.8认为有弱的相关性, ≤ 0.3 认为没有相关性,并结合2011—2020年夏季云参数与降水量的相关系数空间分布进行分析。

北疆云液水路径值在塔城、阿勒泰北部及哈密西北部(图5a),云冰水路径值在阿勒泰北部(图5b),云底温度在伊犁北部、博州南部以及阿勒泰北部(图5e),云顶温度在阿勒泰北部、博州、伊犁北部、塔城西南部及北部(图5f),云光学厚度在塔城西部、博州北部、伊犁河谷(图5g)与降水量呈弱正相关,且通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验(以下描述均为通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验的区域)。云粒子有效半径(冰相)在塔城、阿勒泰北部及博州(图5d)与降水量呈弱负相关。

南疆云光学厚度在克州西南部、喀什北部、和田北部、巴州中部(图5g)与降水量呈弱正相关。云粒子有效半径(液相)在乌什—伊吾、莎车—若羌(图5c),云顶气压在南疆地区大部(图5h)与降水量呈弱负相关。云顶气压在喀什地区中部(图5h)与降水量呈强负相关。

山区云液水路径值在西天山、阿尔泰山北部(图5a),云冰水路径值在阿尔泰山北部(图5b),云底、云顶温度在西天山北部、阿尔泰山北部(图5e、5f),云光学厚度在西天山、南疆西部山区、昆仑山北坡(图5g)与降水量呈弱正相关;云液水路径值在阿尔泰山北端(图5a)与降水量呈强正相关。云粒子有效半径(液相)在东天山、南疆西部山区中部、昆仑山北坡东部(图5c),云粒子有效半径(冰相)在阿尔泰山

北部(图5d),云顶气压在东天山、南疆西部山区南部、昆仑山北坡(图5h)与降水量呈弱负相关;云顶气压在南疆西部山区北部与降水量呈强正相关(图5h)。

3 结论

利用2011—2020年ERA5再分析降水数据、CERES云产品对新疆云参数的时空变化分布特征及云物理参数与降水的相关性进行了统计分析,得到以下结论:

(1)从空间分布特征来看,云水路径值(冰相)、云粒子有效半径(冰相)、云光学厚度在空间上呈现山区最大、北疆次之、南疆最小的分布状态,与降水量的空间分布一致。云水路径值(液、冰相)最小的南疆同时降水量最少。拥有最大云顶、云底温度差和最低云顶气压值的山区降水量最多。

(2)从时间分布特征来看,北疆的云光学厚度、云液水路径值与降水量在5—10月呈同位相变化;云冰水路径值与降水量季节分布一致;云粒子有效半径(液、冰相)在夏季最小、冬季最大;云底、云顶温度与降水量的月变化趋势完全一致;云顶气压与降水量季节分布相反。南疆的云光学厚度、云液水路径值在夏季最大;云冰水路径值与降水量季节分布一致;云粒子有效半径(液、冰相)、云顶气压与降水量在5—10月呈反位相变化;云底、云顶温度与降水量在2—12月的月变化趋势完全一致。山区的云液水路径最大值出现在6月;云冰水路径值与降水量季节分布一致;云粒子有效半径(冰相)在夏季最小;云底、云顶温度与降水量的月变化趋势十分相似;云光

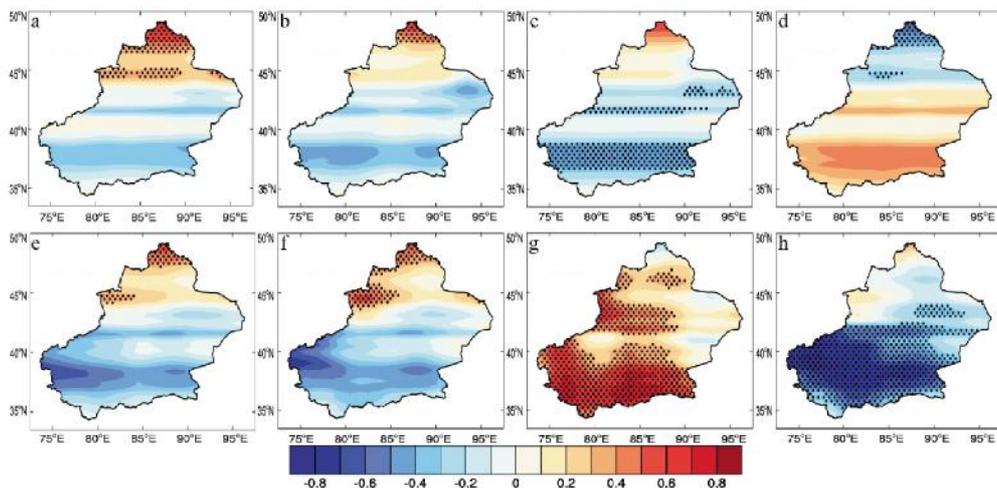


图5 夏季降水量与云参数的相关系数

(a 为云液水路径,b 为云冰水路径,c 为云粒子有效半径(液相),d 为云粒子有效半径(冰相),e 为云底温度,f 为云顶温度, g 为云光学厚度,h 为云顶气压;打点区为通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验)

学厚度与降水量在 3—10 月呈同位相变化; 云顶气压在夏季最低。

(3)从夏季(6—8 月)云物理参数与降水的关系来看,北疆云水路径(液、冰相)值、云底、云顶温度、云光学厚度与降水量呈弱正相关; 云粒子有效半径(冰相)与降水量呈弱负相关。南疆云光学厚度与降水量呈弱正相关; 云粒子有效半径(液相)、云顶气压与降水量呈弱负相关; 喀什地区中部的云顶气压与降水量呈强负相关。山区云水路径(液、冰相)值、云底、云顶温度、云光学厚度与降水量呈弱正相关; 阿尔泰山北端的云液水路径值与降水量呈强正相关; 云粒子有效半径(液、冰相)、云顶气压与降水量呈弱负相关; 南疆西部山区北部的云顶气压与降水量呈强正相关,以上相关均通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。

参考文献:

- [1] 王熹,王湛,杨文涛,等.中国水资源现状及其未来发展方向展望[J].环境工程,2014,32(7):1-5.
- [2] 毛节奏,郑国光.对人工影响天气若干问题的探讨[J].应用气象学报,2006,17(5):643-646.
- [3] 侯叶叶,刘红燕,鲍艳松.地基微波辐射计反演水汽密度廓线精度分析[J].气象科技,2016,44(5):702-709.
- [4] 孙鸿娉,李培仁,闫世明,等.山西省 2008—2010 年 64 架次飞机云物理观测结果分析[J].气象科技,2014,42(4):682-689.
- [5] 庞朝云,黄山,张丰伟.甘肃中部降水性层状云微物理结构特征个例分析[J].气象科技,2016,44(5):805-810.
- [6] 王洪强,陈勇航,彭宽军,等.基于 Aqua 卫星总云量资料分析山区云水资源[J].自然资源学报,2011,26(1):89-96.
- [7] 林丹.西南地区不同类型云的云水含量时空分布和变化趋势[J].干旱气象,2015,33(5):748-755,801.
- [8] 刘晓春,毛节奏.云中液水含量与云光学厚度的统计关系研究[J].北京大学学报(自然科学版),2008,44(1):115-120.
- [9] ROSENFELD D, YU X, LIU G H, et al. Glaciation temperatures of convective clouds ingesting desert dust, air pollution and smoke from forest fires[J]. Geophys Res Lett, 2011, 38(21):L21804.
- [10] 刘贵华,余兴,师春香,等.FY-3A/VIRR 反演云微物理特征及与 TERRA/MODIS 反演结果的比较[J].高原气象,2011,30(2):461-470.
- [11] 岳治国,余兴,刘贵华,等.NPP/VIIRS 卫星反演青藏高原夏季对流云微物理特征 [J]. 气象学报,2018,76(6):968-982.
- [12] 刘健,张文健,朱元竞,等.中尺度强暴雨云团云特征的多种卫星资料综合分析[J].应用气象学报,2007,18(2):158-164.
- [13] 张杰,张强,田文寿,等.祁连山区云光学特征的遥感反演与云水资源的分布特征分析 [J]. 冰川冻土,2006,28(5):722-727.
- [14] 王羽佳,王军,陈勇航,等.基于 CERES 资料的东亚地区单层卷云物理特性时空分布特征[J].沙漠与绿洲气象,2020,14(6):99-106.
- [15] 李帅,侯小刚,崔宇,等.基于 FY-2F 资料的新疆区域云系特征研究[J].高原气象,2019,38(3):617-624.
- [16] 王昀,王旭,赵笑颜,等.新疆层云和层积云冰粒子属性的季节变化[J].干旱区地理,2017,173(3):589-597.
- [17] 光莹,邓军英,陈勇航,等.层状云微物理属性垂直分布的季节变化—以新疆地区为例 [J]. 干旱区地理,2017,174(4):754-761.
- [18] 王磊,周毓荃,蔡森,等.华北云特征参数与降水相关性的研究[J].气象与环境科学,2019,42(3):9-16.
- [19] 龚静,朱世珍,张鹏亮,等.青海省东部地区云特征参量与降水相关性分析[J].干旱气象,2021,39(6):948-956.
- [20] GRAHAM R M, HUDSON S R, Maturilli M. Improved performance of ERA5 in Arctic gateway relative to four global atmospheric reanalyses [J]. Geophysical Research Letters, 2019, 46(11):6138-6147.
- [21] Hénin R, LIBERATO M L, RAMOS A M, et al. Assessing the use of satellite -based estimates and high -resolution precipitation datasets for the study of extreme precipitation events over the Iberian Peninsula[J]. Water, 2018, 10(11):1688.
- [22] 陈光灿,李函璐,傅云飞.利用 MODIS 和 CERES 遥感数据研究青藏高原的云辐射强迫效应 [J]. 高原气象,2021,40(1):15-27.

Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Cloud Physical Parameters in Xinjiang with CERES Data

SU Yaqiao¹, WANG Yong², ZHANG Linmei¹, ZHENG Beiwen², ZHANG Yunhui¹

(1. Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China;

2. Xinjiang Ecological Meteorology and Satellite Remote Sensing Center, Urumqi 830002, China)

Abstract Using ERA5 reanalysis precipitation data and CERES cloud parameters during 2011–2020, the spatial and temporal distribution characteristics of cloud parameters in Xinjiang, the correlation between cloud physical parameters and precipitation are discussed, and the conclusions are as follows: (1) Cloud water path (ice phase), cloud effective radius (ice phase), cloud optical thickness are similar to the precipitation in spatial distribution, of which the values are the largest in mountainous area and the least in southern Xinjiang. (2) The changing trends of cloud water path (liquid and ice phase), cloud base temperature, cloud top temperature, cloud optical thickness are similar to that of the precipitation in summer (from June to August) in mountainous areas, northern and southern Xinjiang, while the changing trends of cloud effective radius (liquid and ice phase), cloud top pressure are reverse to that of the precipitation. (3) The correlations in northern Xinjiang and mountainous areas in Xinjiang are positive between cloud water path (liquid and ice phase), cloud base temperature, cloud top temperature, cloud optical thickness and precipitation in summer (from June to August), just as the correlation between cloud optical thickness and precipitation in southern Xinjiang. The correlation is negative between cloud effective radius (ice phase) and precipitation in northern Xinjiang, just as the correlations in southern Xinjiang between cloud effective radius (liquid phase), cloud top pressure and precipitation and that in mountainous areas between cloud effective radius (liquid and ice phase), cloud top pressure and precipitation.

Key words CERES; cloud parameter; Xinjiang