

太行山南麓大气水汽含量与降水效率研究

刘强军 宋军芳

(山西省晋城市气象局, 晋城 048000)

摘要: 大气中天气系统的水汽含量对降水的影响非常大。研究表明, 2010—2017年太行山南麓500~1000 hPa气柱年平均水汽含量处于4.52~4.65 g/cm², 波峰和波谷相差0.13 g/cm², 平均降水效率为8.1%。降水效率与降水量大小和天气系统有关, 降水量为10~50 mm时, 降水效率随降水量增大而增大; 不同类型的天气系统, 西南或者东南来的天气系统, 降水效率相对较大, 而北方天气系统, 降水效率较低。

关键词: 降水效率, 水汽含量, 天气系统

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2021.02.042

Study on Atmospheric Water Vapor Content and Precipitation Efficiency at the Southern Foot of Taihang Mountain

Liu Qiangjun, Song Junfang

(Jincheng Meteorological Bureau of Shanxi Province, Jincheng 048000)

Abstract: The water vapor content of the weather system in the atmosphere has a great influence on precipitation. Research shows that the annual average water vapor content of the gas column from 500 to 1000 hPa from 2010 to 2017 at the southern foot of Taihang Mountain is between 4.52 and 4.65 g/cm², the difference between the peak and trough is 0.13 g/cm², and the average precipitation efficiency is 8.1%. Precipitation efficiency is related to precipitation size and weather system. When precipitation is 10–50 mm, precipitation efficiency increases with the increase of precipitation. Different types of weather systems, weather systems from southwest or southeast, have relatively high precipitation efficiency, while northern weather systems have relatively low precipitation efficiency.

Keywords: precipitation efficiency, water vapor content, weather system

0 引言

太行山位于山西高原东部, 晋城市位于太行山南麓, 每年春季旱灾都是晋城市的主要农业灾害, 水资源缺乏已成为制约晋城市农业经济发展的主要不利因素, 已被晋城市人民政府列入农业抗旱主要工作。

关于降水效率国内外有很多人进行过研究, 并得到了许多有益的结论^[1-6]。本文在借鉴前人研究的基础上, 根据文献[6]中的方法, 以地面观测到的总降水量与空中气柱水汽含量之比来计算降水效率, 结合本地的实际情况, 进行有关研究。

1 资料与方法

1.1 T213 L31 及水汽含量物理量产品

该模式由气象部门在T42、T63、T106等数值模式逐步进行改进, 优化升级而成的一款全球数值预报

模式产品, 分发的产品的水平格距为1°×1°, 各个场量均为格点数据。T213模式提供了各层水汽产品, 减少了空中水汽含量计算量。尽管目前国内数值模式已经升级为T639模式, 但基于课题研究立项的原因, 本文采用了T213模式中水汽通量这个物理量。

1.2 资料选取

使用2010—2017年T213 L31数值产品资料, 选取覆盖晋城市范围内的2°×2°区域(112°—113°E, 35°—36°N)作为水汽含量的计算区域, 并取该区域内的相关气象站资料的降水资料作为地面总降水量。本研究选取的物理量为水汽通量, 即在单位时间内流经某一单位面积的水汽质量。由于水汽主要集中在对流层的下方, 因此本研究选取500~1000 hPa层积分作为空气中水汽总含量。

1.3 降水过程选取

选取2010—2017年太行山南麓晋城市范围内所属5站(晋城市、阳城县、高平市、沁水县、陵川县)大于10 mm降水过程为例, 进行计算分析研究(图1)。

收稿日期: 2019年7月5日; 返回日期: 2019年9月16日
第一作者: 刘强军(1971—), Email:121545038@qq.com
资助信息: 山西省气象局基金项目(SXKMSTQ20160726)

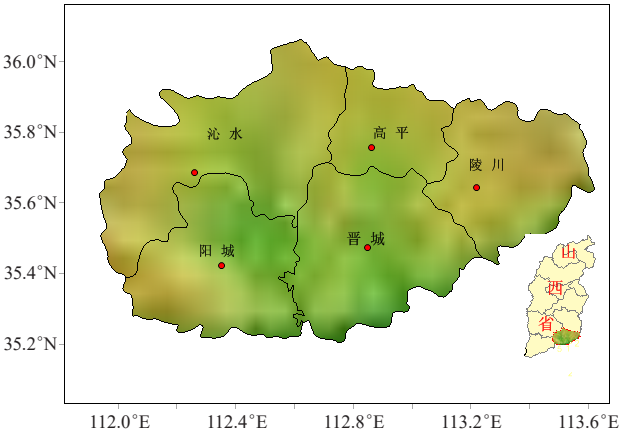


图1 所选气象站点分布
Fig. 1 Map of meteorological stations

2 气柱水汽含量特征

2.1 气柱水汽含量的时间变化

本研究采用的是T213模式物理量的初始场,然后积分处理得到2010—2017年气柱水汽含量(图2)。2010—2017年水汽含量的变化幅度比较平缓。降水相对较多的年份,由于夏季风的强盛,年度水汽含量也相对较高。

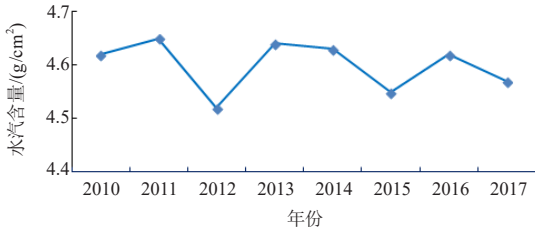


图2 2010—2017年气柱水汽含量
Fig. 2 Water vapor content in gas column from 2010 to 2017

2.2 气柱水汽含量的降水区间变化特征

2010—2017年10~50 mm降水区间气柱水汽含量平均值处于4.32~4.88 g/cm²(表1)。水汽含量呈现从10~50 mm递增的趋势,对于不同降水区间的水汽含量的变化趋势不明显。10~20 mm降水区间气柱中的水汽含量有较大幅度变化,处于4.32~4.50 g/cm²,2010—2013年处于上升趋势,2014年突然下降为4.32 g/cm²,2015年回升后,2016—2017年又逐渐下降;20~30 mm水汽含量,处于4.35~4.50 g/cm²之

表1 2010—2017年空间气柱水汽含量

Table 1 Water vapor content in space column from 2010 to 2017

降水量	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
10~20 mm	4.32	4.33	4.42	4.49	4.32	4.50	4.48	4.35
20~30 mm	4.55	4.54	4.45	4.52	4.55	4.52	4.52	4.45
30~50 mm	4.80	4.45	4.60	4.42	4.68	4.53	4.53	4.65
50 mm以上	4.88	4.69	4.72	4.69	4.70	4.69	4.63	4.70

间,波峰和波谷相差0.15 g/cm²;30~50 mm气柱中的水汽含量处于4.42~4.80 g/cm²,幅度变化也比较大,2010年达到4.8 g/cm²,2011年迅速降到4.45 g/cm²,近6年维持在4.42~4.68 g/cm²;50 mm以上降水气柱也是2010年为峰值4.88 g/cm²,然后从2011—2017年在4.63~4.72 g/cm²,峰谷差为0.09 g/cm²。

2.3 不同天气系统影响下气柱水汽含量的特征

计算2010—2017年大于10 mm降水不同天气类型气柱水汽含量(表2),可以看出,大气中气柱水汽含量平均值随不同天气类型的变化情况为:西北低槽为4.37 g/cm²,副热带高压(以下简称“副高”)北缘对流天气为4.29 g/cm²,低压辐合为4.57 g/cm²,蒙古(东北)冷涡为4.19 g/cm²,西南低涡为4.88 g/cm²。各天气类型水汽含量变化趋势依次为西南低涡→副高北缘对流天气→低压辐合→蒙古(东北)冷涡→西北低槽逐渐增加,其中西南低涡的水汽含量明显高于其他天气类型。

表2 2010—2017年大于10 mm降水天气类型水汽含量
(单位: g/cm²)

Table 2 Water vapor content in precipitation types greater than 10 mm from 2010 to 2017 (unit: g/cm²)

降水区间	西北低槽	副高北缘对流天气	低压辐合	蒙古(东北)冷涡	西南低涡
10~20 mm	4.33	4.10	4.55	4.10	4.92
20~30 mm	4.52	4.30	4.67	4.05	4.97
30~50 mm	4.31	4.45	4.65	4.11	4.80
50 mm以上	4.45	4.35	4.45	4.32	4.85

3 降水效率变化

3.1 不同降水区间降水效率特征

计算2010—2017年降水效率(表3),发现10~20 mm降水效率处于5.4%~7.1%;20~30 mm降水效率处于6.0%~9.3%;30~50 mm降水效率处于7.0%~9.8%;50 mm以上降水效率处于9.5%~11.3%。2010—2017年平均降水效率在7.57%~8.73%。

表3 2010—2017年降水效率变化特征(单位: %)

Table 3 Variation characteristics of precipitation efficiency from 2010 to 2017 (unit: %)

降水区间	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
10~20 mm	5.6	5.5	6.0	7.1	6.5	5.5	6.2	5.4
20~30 mm	6.0	6.5	7.2	7.6	7.2	9.3	8.3	8.3
30~50 mm	7.0	7.6	8.3	8.6	8.1	8.5	9.8	8.6
50 mm以上	11.2	10.8	9.5	9.9	10.2	11.3	10.6	10.9
平均	7.57	7.6	7.75	8.3	8.0	8.65	8.73	8.3

3.2 降水效率年际变化特征

由图3可知,太行山区降水效率的平均值为7.65%,降水效率在2016年出现最大值,值为8.73%;

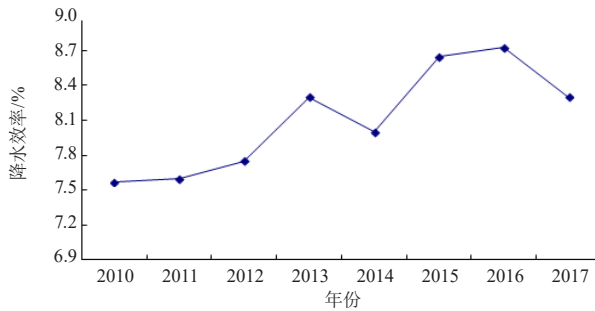


图3 2010—2017年平均降水效率

Fig. 3 Average precipitation efficiency from 2010 to 2017

最小值出现在2010年，值为7.57%；2010—2017年降水效率基本为逐渐上升的趋势，2017年出现下降趋势；降水效率的年际变化主要是每年天气系统类型比例有关，2015年和2016年降水效率较高是由于副高活跃，副高北侧的水汽输送充足及西南低涡降水类型数量较多所致。

3.3 不同天气类型变化特征

对于太行山区不同的天气系统的影响，通过对2010—2017年逐日天气系统进行统计分型。首先将造成太行山区大于10 mm降水的天气过程找出来，其次是把降水过程进行天气类型分类、然后分离出来。据此原则，将2010—2017年大于10 mm逐日天气系统分成五类：一类是低槽类（西北方向），83个过程，主要有小（浅）槽、冷切变、大陆高压底部、西北槽等；二类是副热带高压型下的天气系统，65个过程，对于太行山区而言，从每年的7月上旬前后开始，西太副高就会季节性地加强西伸北抬，在120°E附近的西太副高脊线北移到35°—36°N附近，588 dagpm控制黄淮、江淮的大部分地区，其中心大都有588甚至592 dagpm的高压中心，副高脊线500 km范围内一般为下沉气流，太行山区正处于副高北侧，易产生激烈的对流天气，甚至暴雨天气；三类是低压辐合，52个过程，主要是暖式切变低压辐合区等；四类是冷涡类，36个，包括蒙古冷涡、东北冷涡等，冷涡底部或者后部的低空切变产生的对流天气；五是西南低涡，72个过程，主要是指西南暖湿气流较强的情况下，遇北方冷空气，而产生的系统性降水。

对不同的天气系统分类后，计算降水效率（表4）。从10~50 mm整个降水效率处于上升的状态，降水越大，降水效率值越大。对于不同降水系统，从蒙古（东北）冷涡→西北低槽→副高北缘对流天气→低压辐合→西南低涡，降水效率呈现逐渐增强的变化趋势，西南低涡最强，蒙古（东北）冷涡、西北低槽降

表4 不同降水类型的降水效率（单位：%）

Table 4 Precipitation efficiency for different types of precipitation (unit: %)

降水区间	西北低槽	副高北缘对流天气	低压辐合	蒙古（东北）冷涡	西南低涡
10~20 mm	6.1	7.8	8.1	5.1	8.3
20~30 mm	6.5	8.2	8.5	6.3	8.9
30~50 mm	7.0	8.9	9.0	7.1	9.6
50 mm以上	8.9	10.2	10.5	8.5	11.0

水效率最小，说明从西北或者偏北的过来的天气系统，水汽的携带量较小，而从西南或者东南发展变化的天气系统水汽充沛，水汽含量相对丰富；因此对西南或者东南天气系统实施作业比西北或者偏北系统效果要好，而在春季，由于北方冷空气活动频繁，但天气系统水汽携带量低，降水效率低，效果不佳，获得的地面降水偏小。

4 结论

1) 大气中天气系统的降水效率是一个相当复杂的问题，而水汽含量的多少对降水效率的影响非常重要。对2010—2017年太行山南麓500~1000 hPa气柱水汽含量计算表明，2012年和2015年水汽平均含水量较低，处于波谷；2011、2013及2014年水汽含量相对较高，处于波峰；波峰和波谷相差不大，差值为0.13 g/cm²；气柱年平均水汽含量处于4.52~4.65 g/cm²。

2) 通过对2010—2017年的不同降水区间的效率计算后表明，10~20 mm降水效率处于5.4%~7.1%，50 mm以上降水效率处于9.5%~11.3%，低区间到高区间降水效率呈现逐级上升的趋势，高区间降水效率要大于低区间的降水效率；平均降水效率为8.1%。

3) 降水效率与降水量大小和天气系统有关。降水量为10~50 mm时，降水效率随降水量增大而增大；不同类型的天气系统，西南或者东南来的携带水汽丰富的天气系统，降水效率相对较大；而北方干冷的天气系统，降水效率较低。

参考文献

- [1] 杨敏, 黄毅梅. 我国中部区域人工增雨天气系统分型及典型天气系统特点. 气象与环境科学, 2017, 40(4): 63-69.
- [2] 廖晓荔, 夏杰, 廖向花. 重庆市低槽云系人工增雨作业概念模型. 西南师范大学学报(自然科学版), 2018, 43(3): 116-124.
- [3] 张楠, 李普庆, 陈远征, 等. 科学掌握水汽资源数据 挖掘人工增雨潜力——以朝阳地区水汽资源及人工增雨潜力为例. 吉林农业, 2016, (10): 119.
- [4] 央金卓玛, 益西卓玛, 加勇次成. 1981—2011年西藏地区云水资源潜力评估. 海峡科技与产业, 2016, (5): 66-67.
- [5] 靳晓超, 刘熙. 2007—2015年邯郸地区人工增雨特征及潜力分析. 现代农业科技, 2018, (12): 193-195.
- [6] 胡志晋. 关于空中水资源和人工增雨潜力的估算问题. 人工影响天气, 1999, (12): 53-55.