

背景分析

曾光平 冯宏芳 朱鼎华

(福建省气象局,福州 350001)

提 要

利用常规气象资料,雷达、卫星等探测资料分析福建省夏旱期间气候特征和人工增雨潜力,为开展人工增雨提供物理依据。分析结果表明:夏旱期间内地两个旱区人工增水条件优于沿海两个旱区。

关键词: 夏旱 空中水资源 人工影响天气

前 言

干旱是人类遇到的最严重自然灾害之一,严重地制约国民经济发展。人工增雨作为一项缓解干旱的措施,在抗旱减灾中发挥了一定的作用。为使人工增雨取得预期的效果,必须有严格的科学设计。任何一项人工增雨项目在实验前都必须对作业区云和降水物理特征的气候条件进行研究,为实验方案设计提供背景材料。

1 福建省夏旱期间气候特征

1.1 资料来源

福建省早期为6~9月份,在分析夏旱期天气气候特征时所用的资料为历史同期的天气气候常规资料、雷达和卫星云图资料。

(1) 夏旱时空分布、夏旱期降水特征分析取1951~1995年6~9月45年全省资料。

(2) 夏旱期天气类型、空中水资源分布分析取1985~1994年6~9月10年全省资料。

(3) 卫星气候特征分析取1987~1995年9月6~9月每日8次的 GMS-3卫星云图资料。

(4) 雷达资料取自长乐、建阳和厦门3个

雷达站1980~1995年雷达回波资料及地面的实测雨量资料。

1.2 干旱时空分布

1.2.1 干旱标准

由于干旱的复杂性及其影响的广泛性,不可能有各部门通用的准确干旱标准。通常是按学科给予干旱定义和干旱指标,目前主要有气象干旱、水文干旱和社会经济干旱指标等。鉴于主要考虑干旱对农业生产的影响,故采用福建省气象干旱指标。其标准见表1(表中连旱日数是指日降水量 $R_d < 20\text{mm}$ 的连续日数)。

1.2.2 干旱时空分布

根据干旱标准以及工农业受灾情况对1951~1995年45年福建省早期进行分析,结果表明:

(1) 福建省四季均有旱情出现,其中夏旱出现频数最高且最严重,对工农业生产影响最大。因此着重分析夏旱气候特征和人工增雨潜力。

表1 福建省气象干旱指标

旱级	春		夏		秋	
	A	B	A	C	A	C
轻旱	16~30	插秧前>50	16~25	>20	31~50	>10
旱	31~45	插秧后≥30	26~35		51~70	
大旱	46~60		36~45	>30	71~90	>15
特旱	>61		>46		>91	

注:A为连旱日数,B为解除旱情的6天总雨量/mm,C为解除旱情的3天总雨量/mm

(2) 干旱的地域分布可分为4个区:① 闽东南沿海为特旱区,大~特旱出现的几率大于50%。② 闽东为大旱区。③ 闽北为中旱区。④ 闽西为中~大旱区。旱区每年平均干旱天数分别为37.2、25.4、16.1、16.8天。

1.3 夏旱期天气形势特征

福建地处亚热带季风区,夏季主要受副热带天气系统影响,所以,以500hPa历史天气图资料,对出现的干旱进行天气形势分类,共归纳出12种天气型。其中主要有以下3种:(1) 副热带高压控制型 G_1 ,占39.4%;(2) 副热带高压南侧型 G_2 ,占5.3%;(3) 副热带高压北侧型 G_3 ,占17.1%。

1.4 夏季降水特征

1.4.1 降水地理分布

夏季福建全省降水量在300~800mm之间,地理分布不均匀。从沿海(约300mm)向内地迅速增加,在鹭峰山~戴云山~博平岭一带的东侧达到最大(600~800mm),向西又迅速减少,在闽中大谷地降为350~400mm。从沿海向内地呈单峰分布。

1.4.2 降水变率

夏季降水变率为18.8%~50.7%,沿海两个旱区降水变率最大,达30%~40%。3个月中,7月份降水变率最大(28%~91%),9月份居中,8月份最小(25%~73%)。

降水变率地域分布极不均匀,沿海一带最大,7月份为62%~90%,8月份为40%~60%,9月份为60%~80%,表明沿海两个旱区极易发生旱涝灾害。

1.4.3 降水日数

降水日数8月份最多,沿海的两个旱区最少,为8~14天,其它两个旱区为13~16天;9月份次之,分别为6~15天、11~13天;7月份最少。

日雨量5.0~25.0mm的日数、时间、地区上分布也具有上述相似的规律。8月份最多,平均为2.4~7.7天,9月份最少,1.3~5.2天沿海的两个旱区最少,其它两个旱区次之,8月份分别为2.4~5.2天和4.0~5.4天;7月份分别为2.3~3.4天和3.0~4.6天;9月份分别为1.3~3.6天和3.1~4.0天。

1.4.4 连续无雨日数

(1) 连续无降水日数超过10天,沿海两个旱区每年平均出现的次数为1.5~2.5次、1.0~1.46次;

(2) 无降水日数大于40天,集中在闽江口以南沿海西。

1.5 空中水资源分布

分析区域:15~30°N,105~130°E,区内有63个探空站。计算网格间距为1°。

物理量:1000、850、700、500、400hPa的水汽通量、水汽通量散度和含水量。

计算结果列于表2。

1.6 夏旱期雷达回波特征分析

利用厦门、福州、建阳的雷达回波资料配合地面实测雨量,对早期 G_1 型、 G_2 型、 G_3 型天气条件下的雷达回波特征进行分析。

1.6.1 高压型

西太平洋副热带高压控制下,由于热力不稳定常出现对流云。

表2 各旱区平均最大可降水量和整层水汽辐合量

地区	最大可降水量/ $\text{mm}\cdot\text{cm}^{-2}$			整层水汽辐合量/ $\text{mm}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$		
	G_1	G_3	G_2	G_1	G_3	G_2
闽北	59.3	59.9	55.5	0.1	0.7	0.55
闽东南	49.2	58.2	54.8	-0.2	-0.04	0.42
闽西	50.7	57.4	57.3	-0.1	0.4	0.82
闽南	50.4	56.4	57.0	0.1	-0.13	-0.29

1.6.1.1 雷达回波特征

形状:块状、絮状(消散阶段);水平尺度:10~20km(最大达70~80km);高度:几至十几公里;强度:弱~强。

1.6.1.2 降水特征

高压型天气条件下出现的对流云大部分是淡积状云和浓积状云,不产生降水;当发展到积雨云阶段,出现降水,最大降水量可达几十毫米。

1.6.1.3 地域分布

主要出现在闽北和闽西两个旱区,闽东南旱区次之,闽东旱区最少。

1.6.2 副热带高压北侧型和南侧型

G_2 型的南平片和 G_3 型的连城片、晋江片常出现对流云。

1.6.2.1 雷达回波特征

形状:块状、絮状(消散阶段);水平尺度:10~30km(最大达100km);高度:几至十几公里(最大达18km);强度:弱~强。

1.6.2.2 降水特征

大部分无降水,到发展旺盛阶段,出现雷阵雨,最大降水量为10~30mm。

1.7 夏早期云图特征分析

用GMS-3卫星云图资料分析早期不同天气类型下福建省4个旱片的云雨特征。

云图资料每天取8个时次,即从北京时间02时开始,间隔3个小时取一张云图。

分析时根据云顶温度(CTT)将云分成5类(见表3)。

分析表明:

(1) 各个旱区平均有400~700 km^2 面积上空具备可播云。

表3 云的分类

类别	云顶温度/ $^{\circ}\text{C}$	云顶高度/km	性质
I	>10	3	晴空,低层暖云
II	10~0	3~4.5	暖云
III	0~-12	4.5~6.5	冷云
IV	-12~-28	6.5~10	可播云
V	<-28	>10	自播云

(2) 可播云出现的频率:沿海两个旱区为20%左右,内陆两个旱区为15%左右。

(3) 不同天气条件下可播云出现的频率沿海两个旱区 G_1 型和 G_2 型均达6%~8%;闽北旱区 G_1 型和 G_3 型均达4%~5%;闽西旱区 G_2 型最高,达5%~7%。

(4) 可播云出现的频率和面积具有日变化规律,即11:00开始出现,14:00~17:00达到最大,20:00后开始减少,02:00至翌日08:00基本上没有出现可播云。

(5) 根据外场作业可播云面积要达到800~900 km^2 以上的要求,闽东南旱区、闽东旱区、闽北旱区和闽西旱区分别有8.1%、7.7%、9.5%和9.7%机会适于开展人工增雨。

2 夏早期人工降水潜力分析

在上述对福建省夏旱期间气候特征分析的基础上,根据云降水和人工影响的原理,对人工增水潜力进行综合分析。

2.1 夏旱期间人工增水的两日条件分析

夏旱期间以过程雨量大于1.0mm作为可以开展抗旱人工增水条件。表4列出各旱区可开展人工增水作业日的统计结果。

表4 夏旱期间降水资料统计

地区	A	B	A/B	C	C/A
闽东南	25.4	4.1	0.1614	1.7	0.0669
闽南	37.2	6.7	0.1801	2.5	0.0672
闽北	16.1	3.8	0.2360	1.6	0.0994
闽西	16.8	4.0	0.2381	1.7	0.1012

注: A 为年平均干旱日数, B 为旱期年平均降水日数, C 为过程雨量 $> 1.0\text{mm}$ 日数

从表4可以看出, 夏旱期间无论是降水日数占干旱天数百分数或过程雨强 $> 1.0\text{mm}$ 天数占干旱天数百分数, 均是内陆的两个旱区多于沿海的两个旱区, 即夏旱期间各旱区均具备开展人工增水条件, 但是内陆条件优于沿海。

2.2 夏旱期间有利于开展人工增水作业天气形势

若以 $t_{\text{降水}} > 5h$, $R_{\text{过程}} > 1.0\text{mm}$, $\bar{I} > 1.0\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$, $I_{\text{max}} > 1.0\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 作为有利于人工增水的阈值, 则夏旱期间有利于开展人工增水的天气条件是: (1) 闽东旱区有利于开展人工增水条件是 G_1 型, 其次是 G_2 型; (2) 闽东南旱区有利于开展人工增水条件是 G_2 型, 其次是 G_1 型; (3) 闽北旱区有利于开展人工增水条件是 G_3 型, 其次是 G_1 型; (4) 闽西旱区有利于开展人工增水条件是 G_2 型, 其次是 G_3 型; (5) 受地面冷锋、高空槽、切变线、台风和弱环流等天气形势影响产生降水, 其降水特征一般均达到上述指标, 均是有利于开展人工增水的天气形势。

2.3 夏旱期间空中水资源分布

(1) 西太平洋副热带高压控制下, 全省整层水汽总量及整层水汽辐合量很小, 人工增水条件较差。

(2) 副高北侧型(G_3 型)最大可降水量平均值北部两个旱区大于南部两个旱区, 内陆人工增水条件优于沿海, 闽东南旱区条件最差。

(3) 副高南侧型(G_2 型)最大可降水量平均值南部两个旱区大于北部两个旱区, 内陆

两个旱区人工增水条件仍比沿海好, 最差是闽东南旱区。

(4) 在地面冷锋、高空槽、切变线、低涡影响以及台风外围, 热带低压影响下, 福建省空中水资源明显增大, 有利于开展人工增水。

2.4 GMS-3卫星云图资料分析

(1) 若以云顶温度在 $-12 \sim -28^\circ\text{C}$ 之间以及水平面积 $> 860\text{km}^2$ 的冷云作为可播云, 则各片在早期约有 $8\% \sim 10\%$ 的机会出现适于播撒的冷云。对于 G_1 、 G_2 、 G_3 天气类型催化最佳时段是 $14:00 \sim 20:00$ 。

(2) 内陆两个旱区出现适合播撒的冷云的机会及面积比沿海两个旱区大。表明内陆人工增水条件优于沿海。

2.5 雷达资料对可作业云的分析

(1) 西太平洋副热带高压控制下或在其边缘由于热力不稳定产生的对流云(以块状、点状为主的对流云), 其水平尺度为 $10 \sim 20\text{km}$ (最大可达 100km), 高度在 10km 以下(发展旺盛可超过 10km)。其中块体小、发展缓慢生消频繁, 生命史仅十几到几十分钟的云体, 大部分无降水。特别是云底水平尺度小于 10km , 无法通过人工催化达到增雨目的。沿海两片出现这种云降水机会比内陆两片少。

底部水平尺度大(一般大于 $20 \sim 30\text{km}$), 发展快, 高度超过 10km 的对流云可通过人工催化作业达到增水目的。

(2) 西太平洋副热带高压减弱东撤, 受地面冷锋或高空槽、低涡、切变线影响或是受台风外围影响时, 雷达回波以絮状、块状和带状为主, 回波范围达数百公里, 高度十几公里, 降水以混合型为主(有时也有阵性降水出现), 是人工增水作业的好机会。

(3) 受弱冷空气、台风登陆后低压影响或其它弱系统影响下, 雷达回波以稳定均匀片状回波为主, 其次是混合云。回波范围为数十到数百公里, 底高数百到壹千米。这类云暖

云降水资源丰富,可用暖云催化方法达到降水目的。

3 小结

福建省夏旱期天气气候特征分析表明:福建省沿海南部夏旱最为严重,每年平均37.2天,沿海北部为25.4天,内陆闽中大谷地每年平均约为16~17天。夏旱期间从天气形

势和云雨资源分析来看,各旱区均具备开展人工增水条件。沿海具备人工增水作业天数占早期6%~7%,内陆地区约占10%。雷达资料、卫星云图资料、空中水资源分析及有利于人工增水天气条件分析结果进一步表明,全省夏旱期间具备人工增水条件,而且内地两个旱区条件优于沿海两个旱区。

An Analysis of Climatic Background of Artificial Precipitation in Fujian Province

Zheng Guangping Feng Hongfang Zhu Dinghua

(Fujian Meteorological Bureau, Fuzhou 350001)

Abstract

By means of the conventional meteorological data, radar and satellite detecting data, the climatic background and the potentiality of artificial precipitation in Fujian province during summer drought were analysed in order to provide the physical basis for precipitation enhancement. The results show that the conditions of artificial precipitation stimulation at two dry inland areas are better than those at two dry coastal areas.

Key Words: summer drought water resources artificial precipitation weather modification