

白先达. 2013. 桂林干旱风险评估及人工增雨抗旱研究. 气象, 39(10):1369-1373.

桂林干旱风险评估及人工增雨抗旱研究^{* 1}

白先达

广西桂林市气象局, 桂林 541001

提 要: 利用灾害风险评估方法, 对桂林干旱的致灾因子和承灾体脆弱性进行分析, 对干旱灾害风险进行综合评估。评估结果是桂林东南为全市干旱高风险区, 西北为干旱低风险区。根据干旱发生情况及风险评估结论, 对人工增雨作业方式进行研究。由于不同季节降水云系的云体负温区的高度和厚度差异, 作业方式可分为夏秋季节和冬春季节两种, 总的目标是要将 AgI 成冰核播撒到云体内的负温区, 才能达到对云体催化, 增加地面降水的目的。

关键词: 桂林干旱, 风险评估, 人工增雨, 抗旱研究

中图分类号: P481

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2013.10.016

Study on Drought Risk Assessment and Artificial Precipitation for Drought-Relief in Guilin

BAI Xianda

Guilin Meteorological Office of Guangxi, Guilin 541001

Abstract: Using the method of disaster risk assessment, this paper analyzes the disaster-causing factors and hazard-bearing body fragility of drought in Guilin and conducts comprehensive evaluations on drought disaster as well. The assessment result is that the southeast of Guilin is the high risk area of drought while the northwest is the low risk area. According to the drought risk assessment conclusions, the study on artificial precipitation is made. Due to the difference of altitude and thickness of minus temperature zone of precipitation clouds in difference seasons, the pattern of artificial precipitation operation may be divided into two, one for summer and autumn and the other for winter and spring. The general goal is to sow AgI-Ice nucleus into the minus temperature area of rainfall clouds, catalyze the cloud and increase the surface precipitation.

Key words: Guilin drought, risk assessment, artificial precipitation, drought-relief study

引 言

干旱作为世界范围内普遍存在的自然灾害之一, 也是农业的主要自然灾害, 是影响农业生产, 影响生态环境的重要因素。近年来, 随着全球气候变暖, 极端天气气候事件不断发生, 旱涝的不均匀分布更加明显, 桂林市的干旱也呈加重的趋势。各地对

于干旱的研究很多, 除了干旱发生的规律研究(梁红梅等, 2006; 龚宇等, 2010)、干旱指标(侯威等, 2012; 谢五三等, 2011)、干旱成因(黄会平, 2010; 王素萍等, 2011)、大气环流分析(简茂球等, 2010; 陈丽华等, 2010)及干旱预测(程玉琴等, 2010)外, 干旱灾害的风险评估(舒国勇等, 2011; 郭跃, 2010)、水资源的合理开发利用(郑大玮, 2010; 鲍文, 2011)、人工增雨抗旱措施(刘国强等, 2010; 唐熠等, 2010)等也受到

* 广西气象局重点项目(201101)资助

2012 年 9 月 6 日收稿; 2012 年 11 月 30 日收修定稿

作者: 白先达, 从事人工影响天气管理工作. Email: glbxd@126.com

各地的高度重视。对于干旱的成因研究认为,各地干旱发生的原因除了社会发展、农业生产的发展、生态环境建设的发展等对供水需求的增加、人类社会活动造成的破坏外,气象因素还是干旱发生的主要原因,大气环流异常,水汽输送气流阻断,降水发生的动力因子不利,造成连续长时间的降水偏少,致使干旱发生。厄尔尼诺和拉妮娜现象、副热带高压位置和强度以及热带气旋的活动对干旱的影响都很大。

加强干旱的减灾防灾工作,首先是要做好对气象干旱的监测,对各地气象干旱灾害风险等级进行评估。正确评估旱灾,才能有针对性采取适当的抗旱措施;通过旱灾的风险评估,探索干旱风险管理新模式。

人工增雨抗旱工作虽然取得很大的发展和进步,但仍是一门不很成熟的技术,有很多问题还没有得到解决(黄美元等,2008)。各地由于天气气候特点的不同,自然环境的不同,增雨作业要想取得好的效果,在制定增雨作业方案时必须结合地域特点及所具备基本条件,根据不同季节、不同作业云系,采取不同的作业方式。为此各地都要对适合本地的人工增雨作业方式进行研究。

1 桂林干旱风险评估

受季风变化影响和境内复杂地理环境的作用,桂林各地降水量分布不均,季节差异显著,年际变化大,干旱灾害频繁发生。据统计,近 50 年来,桂林几乎年年都有干旱发生。

按干旱发生的季节划分,桂林有春旱、夏旱、秋旱和冬旱。秋旱的发生频率最高,达 70%~90%。夏旱发生的频率较低,低于 5%。冬季雨水稀少,发生干旱的频率也较大,为 50%~70%,但冬季不是主要农作物生长季节,因此冬旱在桂林历史上灾情记载不多,而随着国民经济的发展以及桂林冬季农业的开发,冬旱的影响已经日益凸现。干旱危害加重,干旱的应对措施必须加强,各地都开展了旱灾风险评估和区划工作。

1.1 干旱风险评估的原理

根据中国气象局(2010)出台的《地方气象灾害

防御规划编制规范》规定,气象灾害风险性可以表示为:

气象灾害风险=气象灾害危险性×承灾体潜在易损性

其中:气象灾害危险性是自然属性,包括孕灾环境和致灾因子;承灾体潜在易损性是社会属性。

致灾因子是各种气象灾害的历史发生情况;孕灾环境是各地的地理位置与地形地貌情况之和;承灾体是各地社会经济发展与人口分布情况之和。

对于干旱的风险评估,也就是对于干旱灾害的致灾因子、孕灾环境、承灾体进行综合分析,得出桂林各地干旱灾害风险等级。

1.2 桂林干旱致灾因子分析

分析桂林市气象干旱发生的规律,各种干旱发生的时空分布,即致灾因子分析。

根据广西气象部门长期以来使用的气象干旱标准:

连续 2 旬旬合计降水量 ≤ 10.0 mm 轻旱
 连续 3 旬旬合计降水量 ≤ 10.0 mm 中旱
 连续 4 旬旬合计降水量 ≤ 10.0 mm 重旱
 连续 5 旬或以上旬合计降水量 ≤ 10.0 mm 特旱

对中旱以上的干旱进行统计,分析各县干旱的年际变化、季节变化,分析桂林地区各季节干旱的空间分布。统计 13 个站 1957—2010 年中等干旱以上的降水偏少旬数,分析干旱的时空分布及其发生规律(图 1)。从图 1 可以看出,以恭城县中南部为中心,连续干旱的日数最多,北部资源县最少,西南部永福县次少。

用桂林全市 13 站年均连续 3 旬以上降水小于 10.0 mm 的旬数平均值来反映全市干旱程度,以北部全州、中部永福、南部恭城县为例,分析桂林干旱的年际变化,结果如图 2。由图 2 可见,除了 1974、1986 和 2009 年南北干旱反位相外,全市干旱变化基本上同位相,说明严重的干旱具有范围广,影响大的特征。恭城最严重干旱年份有 15 个旬、年均 6.1 旬降水少于 10.0 mm,是气象干旱最严重的地方。1962、1966、1969、1974、1988、1992、1999、2007、2008 和 2010 年属于全市干旱严重的年份(市均 ≥ 7.5 旬);1957、1961、1963、1976、1982、1983、1984、1993 和 1997 年为基本无旱年(年均 < 2.0 旬)。

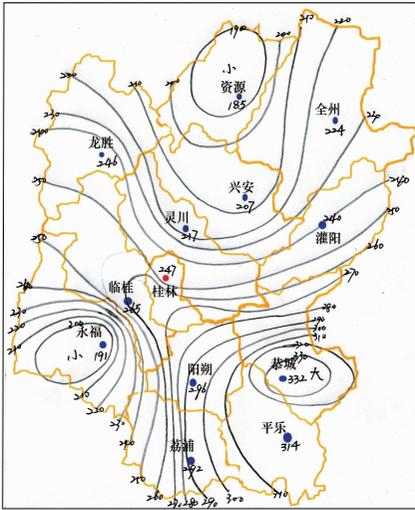


图 1 桂林市 1957—2010 年累计中旱以上的干旱总旬数分布

Fig. 1 Total dekad number distribution of droughts with precipitation ≤ 10 mm for more than 3 dekads during 1957—2010 in Guilin

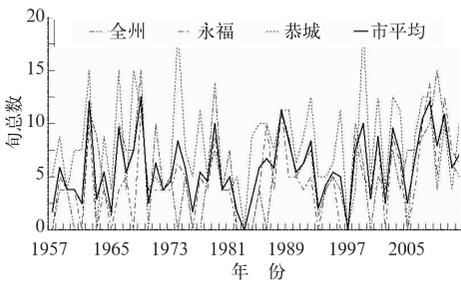


图 2 1957—2010 年桂林干旱年际变化
Fig. 2 The interannual change of Guilin drought during 1957—2010

1.3 干旱的孕灾环境分析

桂林多山地, 境内地理环境复杂, 北部是越城岭山脉(主峰猫儿山海拔 2141.5 m), 东部有都庞岭(主峰韭菜岭海拔 2001 m), 中部为海洋山脉(主峰宝界岭海拔 1936 m), 西部有架桥岭(主峰四定山海拔 1247 m), 南部为大瑶山北沿余脉。越城岭山脉的东北—西南走向, 形成了全州至永福, 途经兴安、灵川、桂林、临桂的湘桂铁路走廊。东西部都为山区, 形成了从南部平乐到桂林相对低洼的平原地带。恭城县处于海洋山南端, 全州的东山、白宝乡处于海洋山的北端, 受地形的影响, 这些地方降水要比其他地方偏少。

1.4 干旱灾害承灾体脆弱性分析

桂林为粮食主产区, 经济发展不平衡, 山区相对

落后, 人口稀少, 平原人口集中, 经济较发达。东南部以恭城为中心的丘陵地带以生产水果为主, 秋季干旱影响严重, 是易受干旱影响的脆弱区。全州为农业大县, 粮食主产区, 也是干旱影响脆弱区。资源、龙胜北部山区以及永福西部山区, 经济作物少, 人口也稀少, 是干旱影响最不敏感的区域。桂林作为山水旅游的胜地, 漓江更是旅游的黄金水道, 干旱缺水, 会严重影响桂林的旅游, 每年的 10 月至次年 2 月, 漓江基本无法全线通航, 干旱对桂林旅游的影响很大。

1.5 干旱风险综合区划

图 3 是桂林干旱风险综合区划。

(1) 高风险区: 干旱灾害高风险区位于恭城、全州的东山乡等地及漓江河段, 这些地方干旱致灾因子最大, 承灾体最脆弱。

(2) 次高风险区: 次高风险区包括全州、兴安、灵川、临桂、平乐、荔浦等地, 这些地方经济较发达, 承灾体较脆弱, 干旱发生的频率也较大。

(3) 风险区: 风险区主要分布在全州西部和北部、兴安、灵川、临桂北部, 龙胜中南部、永福大部、灌阳南部、灵川南部、阳朔西部、荔浦西部。

(4) 低风险区: 干旱的低风险区主要发生在龙胜、资源和永福的山区, 这些地方承灾体的抗旱能力强。

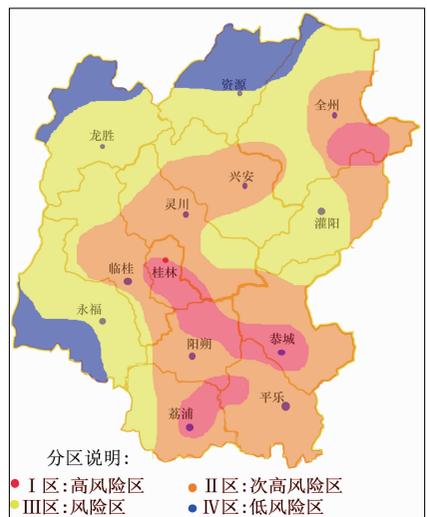


图 3 桂林干旱风险综合区划

Fig. 3 Comprehensive regionalization of drought risk in Guilin

2 人工增雨抗旱

干旱直接影响农业生产、生态环境及生活用水,人工增雨抗旱的社会需求也就越来越高,各级政府对于人工增雨抗旱工作越来越重视,成为政府部门应对干旱的一项重要工作,是各种抗旱措施中投入少,效益明显的常规手段。通过对近 30 年桂林市开展的人工增雨作业效果分析,总结适合本地区不同季节人工增雨作业的工作方式,分别对不同作业点在不同季节、不同天气形势下的人工雨作业方案(作业地点、作业时机、作业用弹量、作业方位和仰角等)进行讨论,为各地开展人工增雨抗旱作业提供技术参考,提高增雨抗旱的作业效益。

2.1 桂林人工增雨现状

桂林市的人工增雨作业开始于 1981 年,开始一直采用三七高射炮进行作业,通过炮弹爆炸将碘化银(AgI)成冰核播撒在目标云中,达到增加地面降水的目的。2002 年以后,桂林市各县都统一改用火箭发射系统进行作业,人工增雨作业的灵活性及作业机会都得到了很大的提高。桂林开展人工增雨作业时间主要是秋季,春季有时也需要增雨作业。作业都是采用冷云催化技术,即通过在云中负温区播撒 AgI,增加冷云中的人工冰核,增加云中水汽转化为雨滴降到地面的效率。

2.2 人工增雨作业区选择

AgI 作为冷云成冰核,只能对冷云起催化作用,作业催化过程的有效冰核数量与环境温度有关。实验证明,云中温度在 $-20\sim-4^{\circ}\text{C}$ 范围内,核化率最高,比较理想的作用温度范围在 $-12\sim-6^{\circ}\text{C}$ 区域,AgI 在这个温度层内发挥成冰核的作用最佳。因此,在开展增雨作业时,要考虑云中 0°C 层高度、云顶高度(云的厚度),还要考虑云体的水平范围、云中液态水含量,以及云中上升气流区分布等,选择适当的发射仰角、方位和发射时机,尽可能选择云体厚、含水量高且范围较大的云体,将 AgI 播撒到云中最有效的负温区域。根据冷云催化的原理,结合桂林人工增雨作业的实际,夏秋季节和冬春季节的作业有很大的不同,作业方式要根据作业季节、作业地点进行选择。

2.3 夏秋季节的作业

夏秋季节以对流云降水为主, 0°C 层高度较高,一般都在 5 km 以上,对流云层和负温层都比较厚,增雨火箭弹不容易打穿,所以作业仰角选择尽量偏高,一般选用 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 的仰角作业为好。由于使用的火箭弹是一边飞行一边播撒的工作方式,开始播撒时还不到 0°C 层高度,要注意尽可能将火箭弹打到上升气流区,利用上升气流带动 AgI 上升到 0°C 层以上高度。根据对流云的特点,前方多为上升气流,可以通过分析雷达回波的演变,选择回波单体移动的前方作业。根据对流云降水阵性比较强的特点,雷达观测到的是单体回波,或单体组成的回波带,中心强度比较强,增雨作业可选择雷达回波强度在 $30\sim 40\text{ dBz}$ 的范围,回波顶高度在 9 km 以上的回波块进行。由于 0°C 层偏高,播撒的 AgI 不可能全部到达 0°C 层高度,所以作业用弹量要比冬春季节多。

2.4 冬春季节的作业

冬春季节,桂林市的降水基本上受冷空气影响,以层状云降水为主,层状云中对流发展不强,云体的垂直厚度较薄, 0°C 层高度在 3700~4500 m 之间。受大尺度天气系统的影响,云系范围较大,云层稳定,云内含水量虽然较小,但地面降水量分布均匀,持续时间较长。表现在雷达观测回波图上,回波覆盖面积较大,分布均匀,多受冷锋影响,回波也成带状,回波顶高较低,一般低于 10 km,回波强度在 $25\sim 35\text{ dBz}$ 之间。由于层状云中上升气流较小,利用上升气流将 AgI 带到过冷水集中区比较少,而且云层较薄,过高作业播撒很可能播撒到了云顶以外,形成无用播撒,所以催化播撒层高度要选择合理,才能提高增雨效率。统计计算表明,桂林地区冬春季节作业仰角选用 $55^{\circ}\sim 62^{\circ}$ 为宜,作业方位选择回波较强的方位。

2.5 提高人工增雨作业效益的讨论

2.5.1 增雨抗旱的时机选择

人工增雨是通过在降水云中播撒催化剂,使冷云中人工冰核增加,增加地面降水量。能够开展作业的基本条件是要有降水云系,真正进入了旱季的时候,降水云系本身就很少,可以开展人工增雨作业的机会也很少,要靠人工增雨来解决旱情,作用往往

不够理想。人工增雨抗旱也应该未雨绸缪,如果地方的水利设施较好,蓄水能力比较强,应该根据气象台的气候预测,在干旱还没有开始的降水多发期进行人工增雨作业,这时的人工增雨作业效果最理想,可以有效的增加水库山塘的蓄水,其抗旱效果要比干旱已经发生时才进行人工增雨作业好很多。为此,不要过度依赖人工增雨手段来抗旱,而应大力发展水利工程,采取综合抗旱措施,积极应对干旱。

2.5.2 抗旱作业一定要安全第一

安全才有效益,安全就是效益。人工增雨作业是一项技术性很强的工作,要保证人工增雨作业发挥效益,作业机会的把握、作业目标云体的选择、火箭弹发射方位的确定,都需要严格的技术限制。同时,要考虑空域、周边群众和作业人员本身的安全,所以真正在开展人工增雨作业时,受到很多因素的限制,不可能完全按照理论要求进行。对具体作业点、作业时机、作业方位的选择,首先要考虑安全,在安全有保障的前提下,科学选择作业方位和作业时机,争取最大的社会和经济效益。

3 小 结

(1) 干旱是农业的主要气象灾害,桂林的干旱有加重的趋势,秋旱、冬旱基本每年都有不同程度的发生,进入 21 世纪以来,春旱也呈现了发展的势态。

(2) 利用灾害风险评估办法,对桂林市干旱风险进行评估。桂林的干旱风险等级整体呈东南高,西北低的分布。

(3) 人工增雨是目前抗旱措施中投资少,效益大的方法,各级政府对人工增雨工作越来越重视,投入也在增加。

(4) 人工增雨是一项高科技的综合工程,要在严格的科学指导下,在保证安全的前提下,严格按章

操作,抓好旱季开始前的多雨时机,通过人工增雨作业,尽量保证山塘水库多储水,通过水利设施的调水抗旱,保证人工增雨作业的最大效益。

参考文献

- 鲍文. 2011. 干旱气候变化对西南干旱河谷农业的影响及适应性对策研究. 安徽农业科学, 39(23): 14197-14199.
- 陈丽华, 周率, 党建涛, 等. 2010. 2006 年盛夏川渝地区高温干旱气候形成的物理机制研究. 气象, 36(5): 85-91.
- 程玉琴, 张少文, 徐玉强. 2010. 赤峰地区夏季干旱强度预测方法研究. 气象, 36(1): 49-53.
- 龚宇, 花家嘉, 王爱军. 2010. 近 800 年唐山地区干旱灾害研究. 中国农业气象, 31(2): 315-319.
- 郭跃. 2010. 自然灾害的社会易损性及其影响因素研究. 灾害学, 25(1): 84-88.
- 侯威, 张存杰, 高歌. 2012. 基于气候系统内在层次性的气象干旱指数研究. 气象, 38(6): 701-711.
- 黄会平. 2010. 1994—2007 年我国干旱灾害特征及成因分析. 冰川冻土, 32(4): 659-665.
- 黄美元, 雷恒池. 2008. 人工影响天气若干问题的讨论 // 第十五届全国云降水与人工影响天气科学会议论文集 I. 北京: 气象出版社, 5-8.
- 简茂球, 乔云亭. 2010. 华南秋旱的大气环流异常特征. 大气科学, 36(1): 204-214.
- 梁红梅, 刘会平, 宋建阳. 2006. 广东农业旱灾的时间分布规律及重灾年份预测. 自然灾害学报, 15(4): 79-83.
- 刘国强, 许弋, 周丽娜. 2010. 抗旱期间的人工影响天气业务技术创新. 贵州气象, 34(s1): 218-219.
- 舒国勇, 黄红, 晏理华, 等. 2011. 2011 年铜仁地区夏季气象干旱特点及影响评估. 贵州气象, 35(6): 18-21.
- 唐熠, 蒋运志, 赵洁妮. 2010. 桂林秋季干旱特征和人工增雨作业潜力分析. 安徽农业科学, 38(3): 1317-1319.
- 王素萍, 冯建英, 段海霞, 等. 2011. 2011 年秋季全国干旱状况及其影响与成因. 干旱气象, 29(4): 509-514.
- 谢五三, 田红. 2011. 五种干旱指标在安徽省应用研究. 气象, 37(4): 503-507.
- 郑大玮. 2010. 论科学抗旱. 灾害学, 25(1): 7-12.
- 中国气象局. 2010. 地方气象灾害防御规划编制规范.