

Study on Appropriate Precipitation Station Density of Suichuan River Basin

Xuerong Cheng¹, Fangfang Dong², Guowen Li², Guofang Li³, Zheng Guo², Lin Liu⁴

¹Hydrology Bureau of Shangrao in Jiangxi, Shangrao Jiangxi

²Hydrology Bureau of Jiangxi Province, Nanchang Jiangxi

³College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing Jiangsu

⁴Hydrology Bureau of Ganzhou in Jiangxi, Ganzhou Jiangxi

Email: 945548736@qq.com

Received: Jul. 10th, 2018; accepted: Jul. 24th, 2018; published: Jul. 31st, 2018

Abstract

Study on appropriate precipitation station density is one of the important problems in hydrological planning, hydrological forecasting and water resource assessment. In this paper, the station sampling method and the network density empirical formula of Jiangxi Precipitation Station are applied to investigate the precipitation density of Suichuan River basin. As a result, the main factors influencing the accuracy of areal precipitation calculation are revealed, and the appropriate density of stations under the requirement of the given accuracy is determined. This provides a reference for the arrangement of precipitation stations network in the Suichuan River basin and other similar areas.

Keywords

Precipitation, Density of Station, Station Sampling Method, Empirical Formula, Suichuan River Basin

遂川江流域雨量站网密度分析研究

程雪蓉¹, 冻芳芳², 李国文², 李国芳³, 郭 锋², 刘 林⁴

¹江西省上饶水文局, 江西 上饶

²江西省水文局, 江西 南昌

³河海大学水文水资源学院, 江苏 南京

⁴江西省赣州市水文局, 江西 赣州

Email: 945548736@qq.com

收稿日期: 2018年7月10日; 录用日期: 2018年7月24日; 发布日期: 2018年7月31日

作者简介: 程雪蓉(1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向为水文学及水资源。

摘要

确定雨量站网密度是水文规划的重要问题之一,也对开展水资源评价和水文预报至关重要。本文采用抽站法、江西雨量站网密度公式,对遂川江夏溪站流域的雨量站网密度进行研究,揭示了影响面雨量计算精度的主要因素,确定了给定精度要求下区域的合理雨量站布站的密度,为江西省遂川江流域及其他类似地区的雨量站网布设提供参考。

关键词

降雨量, 站网密度, 抽站法, 经验公式, 遂川江流域

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水文站网规划,是研究水文工作战略布局的学科,也是水文学科中最为复杂的领域之一。近年来,随着国家逐步加大对水文设施的投入,陆续开展了多项单一功能的水雨情自动监测系统建设,虽充实的雨量站网对监测雨水情起到明显的作用,但由于建站目标不同、时期不同、系统不同,存在部分地方重复建站、管理不统一、站网维护难、维护经费巨大等问题,因此,探讨分析及优化雨量站网密度已成为水文站网规划工作中亟需解决的任务。

近年来,国内外对雨量站网规划方法的研究有很多成果:潘久根[1]采用椎体梯度法对小流域雨量站网密度进行分析;袁树堂[2]、史向前[3]等对珠江流域及中小流域站网密度进行研究;王美荣[4]等基于数字流域开展雨量站网空间布设研究;Tsintikidis [5]等以地质学统计为基础量化降水量的观测误差,减少降水量插值误差;王国庆[6]等人利用月水量平衡模型分析雨量站网密度对不同气候区月径流模拟的影响。本文采用抽站法、江西雨量站网密度公式[7]等,对遂川江夏溪以上流域雨量站网密度进行分析研究。

2. 研究区域概况

遂川江系赣江一级支流,发源于湖南省桂东县北部的龙潭脑,从西南向东北纵贯遂川县,总长 249.5 km,流域总面积 2895 km²,流域平均高程 511 m。流域以山地和丘陵为主,位于赣西南罗霄山脉暴雨中心,是江西省山洪灾害多发易发区,基本可以代表江西省山区、丘陵地形的变化及典型水文特征。遂川江夏溪站以上流域,2011~2012 年有 87 个雨量站,平均站网密度 33.3 km²/站。雨量站分布如图 1 所示。

3. 资料与研究方法

3.1. 资料

本研究选取遂川江流域内布站数最多的 2011~2012 年的 87 个雨量站的同步雨量观测资料,选出日面雨量近似真值不小于 10 mm 的天数,作为参加统计分析的样本,共选出样本 109 个。

3.2. 研究方法

1) 抽站法: a) 以面雨量精度为目标函数,采用流域内所有参加分析站点的雨量资料计算面平均雨量,作为

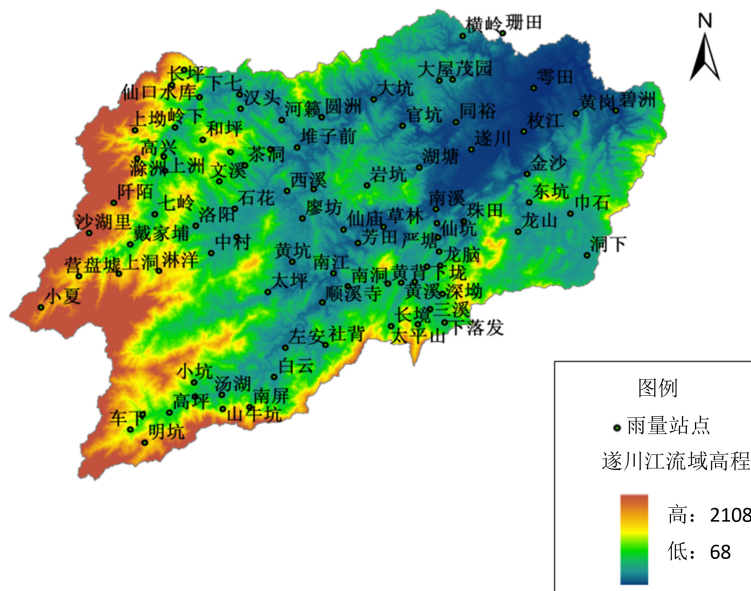


Figure 1. Distribution of rainfall station in Suichuan river basin
图 1. 遂川江流域雨量站点分布图

近似真值。b) 在所分析的年限内，选出近似真值不小于 10 mm 的日雨量。c) 将选出的日雨量样本按大小划分为 $10\text{ mm} \leq X < 30\text{ mm}$ 、 $X \geq 30\text{ mm}$ 两个等级，前者的允许误差分别取 2 mm、3 mm、4 mm 三种；后者的允许误差分别取 5%、10%、15% 三种。d) 确定某个抽站数目，如抽 20 个站，在流域内所有参加分析的站点中随机抽 n 种 20 个站的组合，利用抽出的 20 个站的雨量资料，分别采用算术平均法、泰森多边形法计算面雨量，分别将所得面平均雨量与近似真值进行比较，并统计对应允许误差的合格率。

2) 经验公式法：依据《水文站网规划技术导则》[8]，在气象一致区内，不同流域所需设站数目与下垫面因子有关。对中小河流水文站($F \leq 3000\text{ km}^2$)，按江西省雨量站网密度公式计算所需配套雨量站数公式为：

$$N = 0.137F^{0.257} H^{0.133} T^{-0.169} E^{-0.858} \quad (1)$$

式中： N 为所需站数， F 为流域面积， H ——流域平均高程， T ——降雨时段长， E 为保证率 90% 的允许误差， $E = 0.05、0.10$ 或 0.15 ，即允许误差为 5%、10% 或 15%。

该公式适用于江西省及其邻近省份梅雨型山丘区中小河流水文站流域内配套雨量站的布设，其流域面积 $F = 2\sim 3000\text{ km}^2$ ，流域平均高程 $H \leq 1000\text{ m}$ 。

4. 数据分析

4.1. 面雨量精度影响因素分析

对遂川江流域，分析了 20、30、40、50 共四种抽站数目，对每种抽站数目均随机抽了 40 种站点组合方式。以各雨量站所在泰森多边形面积权重的离差系数 C_v 来衡量相同抽站数目下雨量站点的空间分布均匀程度。允许误差为 5% 时，泰森多边形法权重 C_v 与合格率的关系如图 2 所示。

从图 2 中可以得出：在相同抽站数目下，泰森多边形法的合格率普遍高于算术平均法的合格率，且在不同站点组合之间表现出优良的稳定性。相同抽站数目下，随着站点分布均匀度的下降(即泰森多边形权重 C_v 的增大)，无论是泰森多边形法还是算术平均法，合格率都呈下降趋势，且算术平均法合格率的降幅比泰森多边形法大。

不同抽站数目下，对 40 种抽站组合，分别统计采取算术平均法、泰森多边形法计算的日雨量的平均绝对值误差，绘制抽站数目与面雨量平均绝对误差的关系如图 3。从图中可以看出，相同面雨量计算方法和允许误差

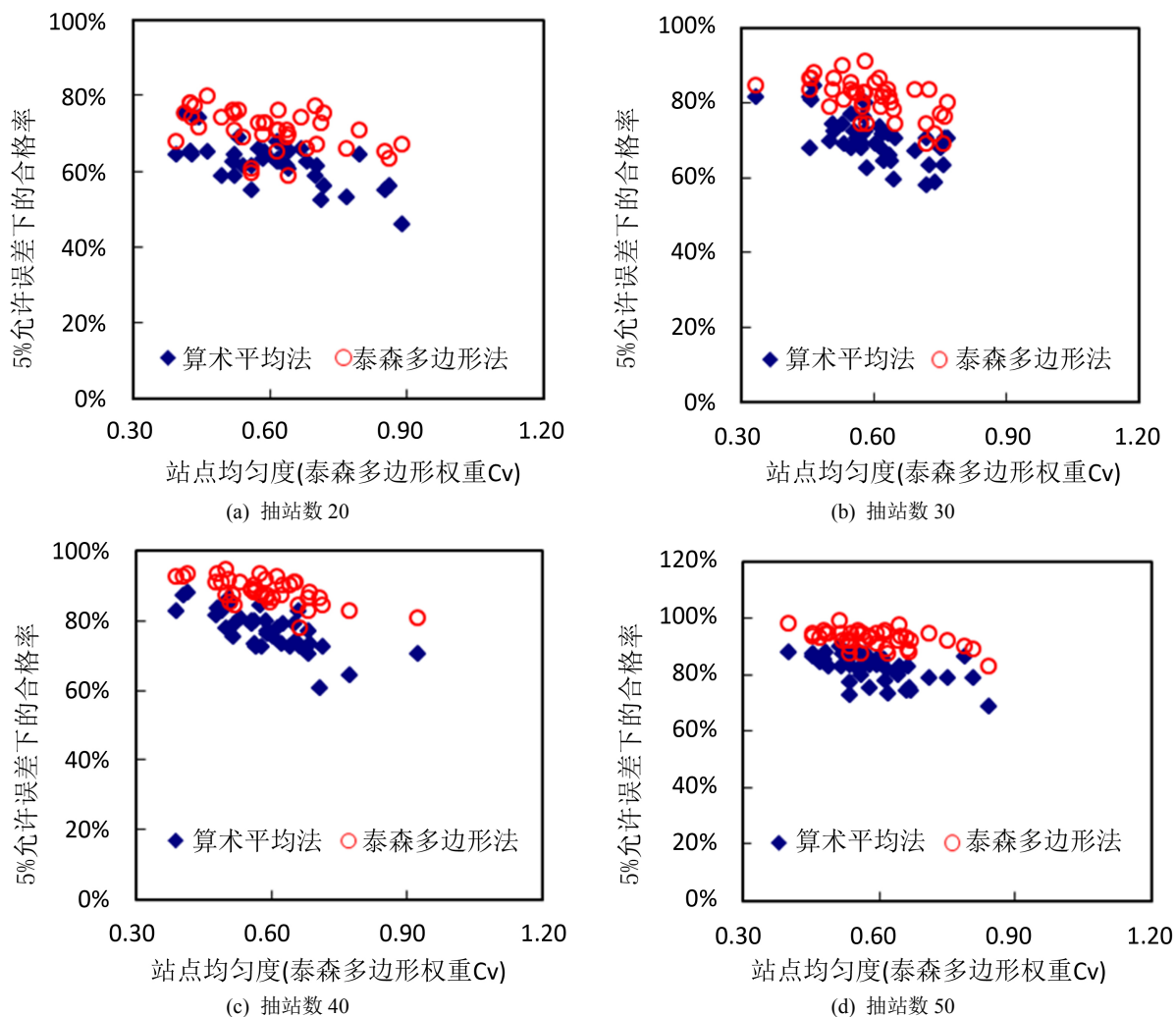


Figure 2. Relationship between daily rainfall’s qualified rate and homogeneity degree of stations

图 2. 遂川江流域日雨量合格率与站点均匀度关系图

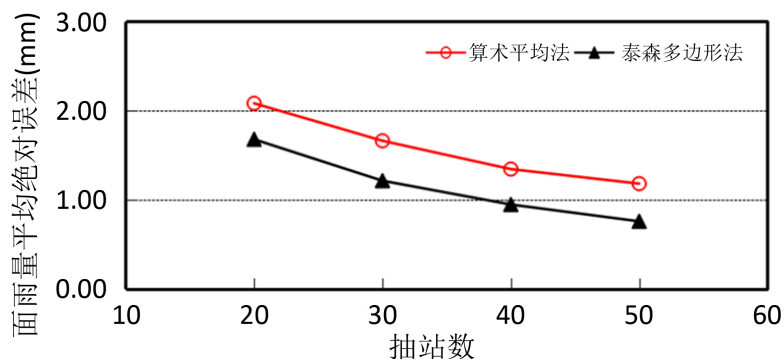


Figure 3. Relationship between the absolute error of average precipitation and number of stations

图 3. 遂川江流域抽站数与面雨量平均绝对误差关系图

下，面雨量的平均合格率随着抽站数目的增大而提高。相同面雨量计算方法和抽站数目下，面雨量的平均合格率随着允许误差的增大而提高。

不同抽站数目下,采取算术平均法、泰森多边形法计算的日雨量在不同误差标准(5%, 10%, 15%)下得到的平均合格率结果见表 1、图 4。可以得出:相同抽站数目下,泰森多边形法的平均合格率高于算术平均法的平均合格率。在其他条件相同的情况下,面雨量的合格率均随着抽站数目的增加而提高,但提高幅度越来越小。

4.2. 雨量站网密度确定

采用抽站法及经验公式计算得到流域所需雨量站数,见表 2。由于泰森多边形法计算面雨量明显优于算术平均法,故依据泰森多边形法的“站数-允许误差-合格率”关系,来确定流域雨量站的合理布站数。根据径流模拟计算对雨量观测资料的要求,在布设雨量站网时,误差标准一般选 5%为宜。采用抽站法,按允许误差 5%控制,遂川江流域内布设 44 个雨量站,站网密度 64.2 km²/站,可以满足日面雨量监测的精度要求。

由表 2 可见,允许误差为 5%、10%和 15%时,经验公式法得出的合理雨量站数比抽站法(面雨量用泰森多边形法计算)确定的雨量站数分别少 25 个、16 个和 9 个。两种方法所得结论的差距较大,分析原因是遂川江夏溪以上集水区的站点密(所有雨量站在内的平均站网密度为 32.5 km²/站),根据较密的雨量站网抽站得出的合理雨量密度也较密。

5. 结论与建议

通过面雨量精度分析与雨量站网密度分析计算,可以得到如下结论:

1) 其他条件相同情况下,泰森多边形法计算面雨量平均合格率高于算术平均法的平均合格率,建议今后采用泰森多边形法。

2) 对于抽站法,抽站数越大,面雨量的平均绝对误差越小,合格率越高;允许误差越大,合格率越高;站点分布越均匀,合格率越高。

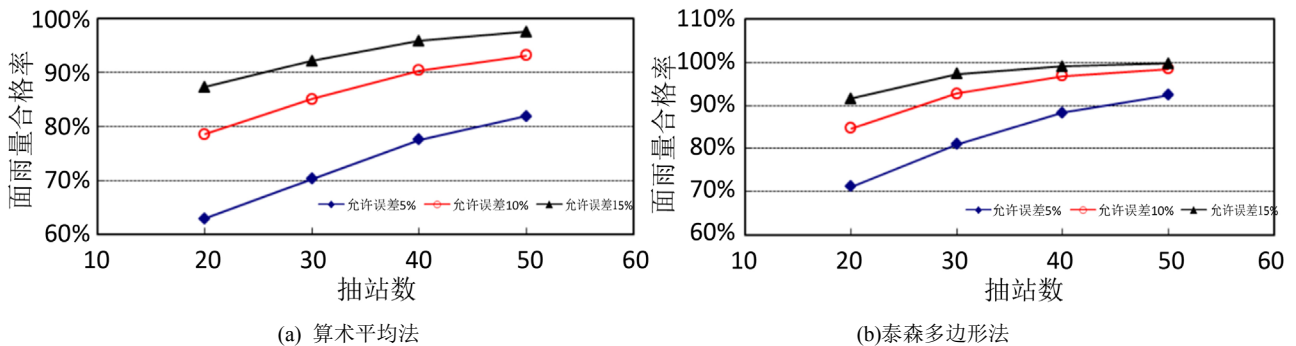


Figure 4. Relationship between daily rainfall's qualified rate under the different permissible errors

图 4. 遂川江流域日雨量不同允许误差下合格率图

Table 1. Statistics of permissible error with the rainfall station sampling method (Total is 87)

表 1. 遂川江流域抽站法面雨量误差统计结果(总站数 87)

时段	抽站数	不同允许误差下的平均合格率					
		算术平均法			泰森多边形法		
		5%	10%	15%	5%	10%	15%
1 日	20	62.9%	78.6%	87.3%	71.1%	84.7%	91.6%
	30	70.3%	85.0%	92.2%	81.0%	92.7%	97.3%
	40	77.5%	90.4%	95.8%	88.3%	96.8%	99.0%
	50	81.9%	93.2%	97.5%	92.4%	98.4%	99.8%

Table 2. The appropriate number of rainfall stations with the empirical formula and the station sampling methods
表 2. 遂川江流域经验公式和抽站法设站数量比较表

设站数量计算方法	允许误差 5%	允许误差 10%	允许误差 15%
经验法	19	11	8
抽站法(泰森多边形法)	44	27	17

3) 根据径流模拟计算对雨量观测资料的要求, 在布设雨量站网时, 一般以控制日雨量误差 $\leq 5\%$ 为宜, 确定遂川江流域内布设 44 个雨量站, 相应站网密度为 $64.2 \text{ km}^2/\text{站}$, 以满足日面雨量监测的精度要求。

参考文献

- [1] 潘久根. 小流域雨量站网密度分析[J]. 四川大学学报(工程科学版), 1998(2): 29-33.
PAN Jiugen. Analysis on precipitation station network. Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition), 1998(2): 29-33. (in Chinese)
- [2] 袁树堂, 杨绍琼. 珠江流域(云南省)雨量站网分析[J]. 人民珠江, 2008, 29(1): 29-31.
YUAN Shutang, YANG Shaoqiong. Study on appropriate precipitation station density of Pearl River Basin (Yunnan Province). Journal of Pearl River, 2008, 29(1): 29-31. (in Chinese)
- [3] 史向前. 中小流域雨量站网密度规划与研究[J]. 水利技术监督, 2016, 24(6): 23-24.
SHI Xiangqian. Planning and researching on precipitation station network density of middle and small basin. Journal of Technical Supervision in Water Resources, 2016, 24(6): 23-24. (in Chinese)
- [4] 王美荣, 任立良. 基于数字流域的雨量站网空间布设研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2003, 31(2): 196-199.
WANG Meirong, REN Liliang. Digital basin based spatial analysis of rain-gauge network. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2003, 31(2): 196-199. (in Chinese)
- [5] TSINTIKIDIS, D., GEORGAKAKOS, K. P., SPERFSLAGE, J. A., et al. Precipitation uncertainty and rain gauge network design within Folsom Lake watershed. Journal of Hydrologic Engineering, 2002, 7(2): 175-184.
- [6] 王国庆, 张建云, 张明, 等. 雨量站网密度对不同气候区月径流模拟的影响[J]. 人民长江, 2009, 40(8): 45-49.
WANG Guoqing, ZHANG Jianyun, ZHANG Ming, et al. Impact of rain-gauge network intensity on monthly hydrologic simulation in different climatic zones. Journal of Yangtze River, 2009, 40(8): 45-49. (in Chinese)
- [7] 刘权授, 张桂娇, 王国栋, 等. 江西雨量站网密度公式[J]. 水文, 1997(s1): 11-16.
LIU Quanshou, ZHANG Guijiao, WANG Guodong, et al. The formula of precipitation network intensity in Jiangxi Province. Journal of China Hydrology, 1997(s1): 11-16. (in Chinese)
- [8] SL34-92. Technical regulations for hydrologic network design.