

岑思弦,李跃清,赖欣. 四川降水相关函数场的分析及其在气象观测站网布局中的应用[J]. 干旱气象, 2015, 33(5): 874-881, [CEN Sixian, LI Yueqing, LAI Xin. Analysis of Correlation Functions of Rainfall over Sichuan Region and Its Application to the Design of Weather Station Network [J]. Journal of Arid Meteorology, 2015, 33(5): 874-881], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-05-0874

四川降水相关函数场的分析及其在气象观测站网布局中的应用

岑思弦¹, 李跃清¹, 赖欣²

- (1. 中国气象局成都高原气象研究所, 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室, 四川 成都 610072;
2. 成都信息工程大学大气科学学院, 高原大气与环境四川省重点实验室, 四川 成都 610225)

摘要:利用四川省139个台站的逐日降水资料,通过旋转经验正交函数(EOF)方法,将四川地区分为7个区域,分别计算各区域各季节代表月逐日降水的相关函数,推算出相对内插标准误差与相关函数的统计关系,并根据内插标准误差不大于观测标准误差的原则,估算出各区域降水场的最大容许距离。结果表明:盆地西南部布站精度最高,要求 ≤ 16 km;其次是盆地东南部,精度 ≤ 18 km;阿坝州北部布站精度要求 ≤ 19 km;而盆地西北部布站精度要求 ≤ 20 km;盆地东北部布站精度要求 ≤ 28 km;川西高原的布站精度要求 ≤ 33 km;川西南山地的布站精度最低 ≤ 42 km。

关键词:相关函数;内插标准误差;最大容许误差;最大容许距离

文章编号:1006-7639(2015)-05-0874-08 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-05-0874

中图分类号:P411

文献标识码:A

引言

气象基础理论研究和气象科技服务都需要大量的台站观测资料。气象台站观测资料使用过程中,有时需要进行插值,这就需要对应于一定的内插精度,因此气象台站也必须达到相应密度。有关这方面的研究,开展最早的是前苏联人德罗兹多夫等^[1]把结构函数作为台站网设计的一种根据,用计算的要素场结构函数来建立内插标准误差和距离之间的关系,再利用这种关系来决定台站网密度。此后不少国家的学者^[2-6]利用结构函数相继在蒸发、气温和雨量等站网的设计中做了大量工作。我国在这方面也开展了很多工作,如杨贤为等^[7]对江淮地区的雨量站网进行了合理化布局研究,之后崔伟强^[8]对江汉平原雨量站网的合理布局做了分析。王安庆等^[9]则进一步利用江汉平原地面站网资料和华东地区高空站网资料,对山地站网的设计提出了初步的看法,杨贤为等^[10]也对江淮平原二类气象站网的设计进行了研究。何素兰^[11]对河北平原气象台站网合理化布局做了探讨,卢文芳^[12]、赵瑞霞^[13]等利

用空间结构函数分别探讨了上海地区和北京地区气象站网的设计,并且都取得了一定的成果。

我国现有台站分布基本上依据行政区划,很少考虑合理化布局,在经济发达、人口稠密的地区站点往往密集;反之,站点稀少。四川地理位置比较特殊,南面是云贵高原,北邻秦岭巴山,西与青藏高原相连,是高原大地形与东部平原的过渡区,台站代表性差,气象观测台站存在布局不合理现象。而四川地区易受热带季风、副热带季风以及副热带高压的影响,导致气候差异较大,许多学者针对四川气候异常做了很多研究^[14-21],但四川台站布局不合理成了制约四川气候异常研究的重要因素,因此研究四川台站的合理布局,对于进一步研究四川地区的气候异常有重要意义。过去的研究,主要应用结构函数来讨论合理布站的问题,但是采用结构函数的先决条件是要素的方差场应大体均一^[22],四川地区要素的方差场具有一定的差异,因此杨贤为等^[23-24]引入相关函数来讨论合理布站的问题,进一步选取四川盆地气温和蒸发2个要素来讨论站网间的合理间

收稿日期:2014-12-15;改回日期:2015-01-08

基金项目:国家公益性行业专项(GYHY201006053)资助

作者简介:岑思弦(1982-),男,四川雅安人,助理研究员,主要从事气候变化研究. E-mail:csx128@163.com

距。另外四川是旱涝灾害多发地区,站点的合理布局同样对分析降雨成因及降雨量级极为重要。由于四川降水的区域性差异大,因此本文首先对四川降水进行分区,然后再参照杨贤为等^[23-24]的研究,利用相关函数,对四川地区台站合理化布局进行初步探讨。

1 资料和方法

1.1 资料

选取1961~2008年四川省139个台站的逐日降水资料,分别用1,4,7,10月代表冬季、春季、夏季以及秋季。在各月的序列中,每隔2d选取1d的资料作为计算样本,以免相邻的观测数据过分相关。

1.2 计算方法

1.2.1 相关函数的计算

相关函数的计算参照杨贤为等^[23-24]给出的公式:

$f'(A)$ 和 $D_f(A)$ 分别表示要素 f 在 A 点的偏差和方差,即:

$$f'(A) = f(A) - \bar{f}(A) \quad (1)$$

$$D_f(A) = \overline{f'^2(A)} \quad (2)$$

方差表示要素 f 序列的离散程度。对于某个要素 f 来说,某点偏差与该点均方差之比称为要素 f 在该点的标准化偏差,是一个无量纲值,即:

$$S_f(A) = \frac{f'(A)}{\sqrt{D_f(A)}} \quad (3)$$

任意2点标准化偏差积的平均叫做这2点之间的相关函数:

$$r_f(A, B) = \overline{S_f(A) \cdot S_f(B)} \quad (4)$$

假定相关函数在本区满足均匀性和各向同性,那么相关函数仅为距离的函数。当 A, B 的间距为 d 时,可以写成:

$$r_f(d) = r_f(A, B) \quad (5)$$

$r_f(d)$ 是在要素 f 理论值的基础上计算所得,采用观测资料计算所得的相关函数用 $r_f'(d)$ 表示。

1.2.2 相对内插标准误差与相关函数关系的计算

在计算相对内插标准误差与相关函数的关系时,采用杨贤为等^[23-24]的方法:

$$\varepsilon_f = 1 + \frac{1}{r_f'(0)} \left[\frac{1}{2} r_f'(d) - 2r_f' \left(\frac{d}{2} \right) \right] + \frac{1}{2r_f'(0)} \quad (6)$$

利用(6)式,便可根据要素 f 的观测资料计算出要素在不同距离下的 ε_f 。

当相关函数与距离的关系为3次回归时,相关

函数的方程表示为:

$$r_f' = A + Bl + Cl^2 + Dl^3 \quad (7)$$

其中 A, B, C, D 为回归方程的回归系数。那么 $r_f'(0) = A$,将上式代入(6)式,便可得到内插标准误差与距离 l 的关系:

$$\varepsilon_f = \frac{1}{2A} - \frac{1}{2} - \frac{Bl}{2A} + \frac{Dl^3}{4A} \quad (8)$$

若是线性或者2次回归,则有 $D = 0$,那么内插标准误差与距离的关系还可表示为:

$$\varepsilon_f = \frac{1}{2A} - \frac{1}{2} - \frac{Bl}{2A} \quad (9)$$

因此,将各回归系数代入上式,便可得出四川各区域各季节降水的内插标准误差的具体表达式,从而可以进一步绘制出内插标准误差与距离的关系曲线。

1.2.3 最大容许间距的计算

同一站距下,不同月份的内插误差之间存在很大差异,为此需确定适用于不同季节的最大容许误差,并据此推算出各季节通用的最大容许间距。Gandin^[22]的研究结果认为,对于大多数气象要素,点值内插的标准误差数值不应超过观测标准误差的数值。

从杨贤为等^[23-24]推导过程中可以看出:

$$\varepsilon_f = \frac{3}{2} + \frac{1}{2} r_f(d) - 2r_f \left(\frac{d}{2} \right) + \frac{1}{2} \eta_f \quad (10)$$

式中,右边前3项表示纯粹由内插造成的误差量,最后1项为观测随机误差所引起的内插误差的偏高量。为了达到上述要求,应满足:

$$\frac{3}{2} + \frac{1}{2} r_f(d) - 2r_f \left(\frac{d}{2} \right) \leq \eta_f \quad (11)$$

再代入(10)式,得:

$$\varepsilon_{f\max} \leq \frac{3}{2} \eta_f \quad (12)$$

由于降水的相关函数与距离的关系呈线性、2次及3次回归的关系,因此最大容许误差可以表示为:

$$\varepsilon_{\max} = \frac{3}{2} \left(\frac{1}{A} - 1 \right) \quad (13)$$

因此将(13)式代入(6)式,最大容许距离 l_{\max} 可表示为:

$$Dl_{\max}^3 - 2Bl_{\max} + 4A - 4 = 0 \quad (14)$$

通过求解上式便可得到最大容许距离。

当降水是线性或2次回归关系时, $D = 0$,则最大容许距离可以表示为:

$$l_{\max} = 2 \left(\frac{A-1}{B} \right) \quad (15)$$

结合降水相关函数的回归方程系数,就可以计算出四川地区的最大容许误差及距离。

2 四川降水的空间分布

对四川地区 139 个站点 1961~2008 年 48 a 的年降水进行 EOF 分析,将前 19 个特征向量(累积方差超过 85%)作方差最大正交旋转变换,按旋转正交处理后方差贡献的大小为顺序选取前 6 个主要模态来分析四川地区降水的空间分布特征,其方差贡献如表 1 所示。

REOF 分解的第 1 模态(图 1a)方差贡献为 14.4%,是四川地区降水的主要模态,主要显示出四川盆地西部,包括成都、雅安、乐山、眉山、绵阳、德阳以及广元等地区是一大范围的正值区,其中高值区主

表 1 EOF 和 REOF 分解前 6 个模态方差贡献率

Tab.1 Variance and cumulative variance contributions of the first six models of EOF and REOF

| 模态 | EOF 方差贡献/% | EOF 累积方差贡献/% | REOF 方差贡献/% | REOF 累积方差贡献/% |
|----|------------|--------------|-------------|---------------|
| 1 | 20.99 | 20.99 | 14.4 | 14.4 |
| 2 | 15.47 | 36.46 | 11.32 | 25.72 |
| 3 | 9.53 | 45.99 | 7.75 | 33.47 |
| 4 | 6.69 | 52.68 | 8.44 | 41.91 |
| 5 | 5.19 | 57.87 | 9.32 | 51.23 |
| 6 | 4.02 | 61.89 | 5.64 | 56.87 |

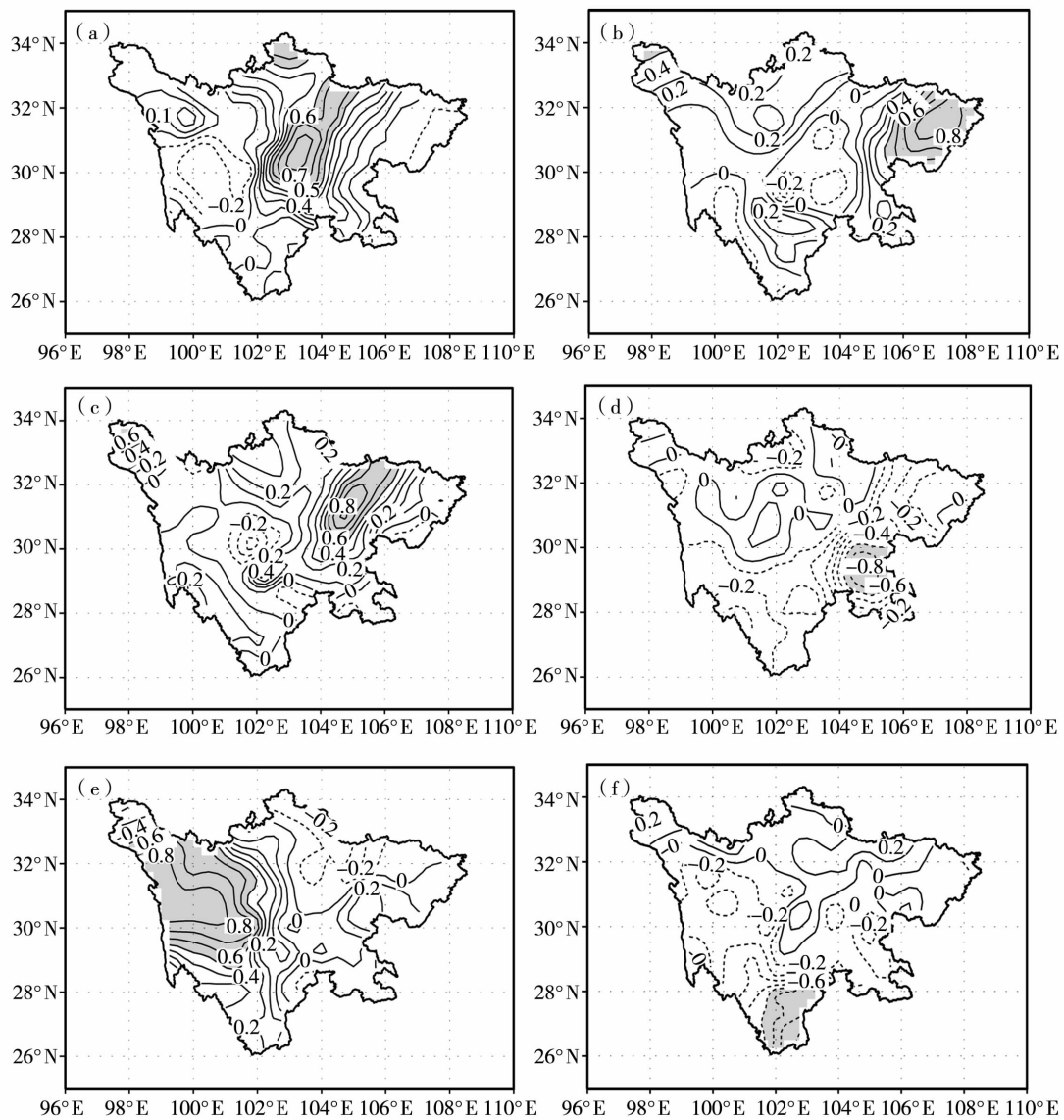


图 1 四川地区年降水量 REOF 分解的前 6 个模态空间分布
(阴影区域是载荷向量绝对值超过 0.5 的区域)

Fig.1 The spatial distribution of the first mode (a), the second mode (b), the third mode (c), the fourth mode (d), the fifth mode (e) and the sixth mode (f) of REOF for precipitation in Sichuan
(the shading areas represent the absolute value of loading vector more than 0.5)

要位于雅安、眉山到德阳一带,中心在彭州,这些地区是四川降水最多的地区;同时阿坝州北部也是正值区,中心位于若尔盖;第2模态(图1b)的方差贡献是11.32%,体现出川东地区降水显著的一致性,包括达州、广安、南充以及巴中地区是一显著正值区,高值中心位于平昌县,该区域也是比较容易发生洪涝的地区;第3模态(图1c)的方差贡献为9.32%,正值区在四川盆地西北部,主要包括德阳、绵阳以及广元地区,中心位于中江县,该地区的降水也偏多,并且该区域纬度比较偏北,紧靠青藏高原,容易发生地质灾害;第4模态(图1d)的方差贡献是8.44%,主要表现为盆地中部以及盆地南部以东是一显著的负值区,包括资阳、内江、自贡、宜宾、内江等地区,中心在威远县;第5模态(图1e)方差贡献为7.75%,主要体现位于川西高原的大部分地区是一显著的正值区,包括甘孜州及阿坝州大部分地区,中心地区在白玉,该地区地势较高,高原的热力及动力作用影响比较大;第6模态(图1f)方差贡献为5.64%,显示川西南山地的降水有明显的同步性,主要包括凉山州及攀枝花,在四川地区的最南端,是干湿季分明的亚热带湿润季风气候区。

从降水的REOF分析可以看出,由于四川地区处于高原和平原的过渡地带,降水的区域差异大,为了更好地讨论四川台站的合理化布局,将四川地区分为7个区域,模态1到模态6分别代表6个区域,即模态1载荷向量正值区代表的盆地西南部区,模态2载荷向量正值区代表的盆地东北部区,模态3载荷向量正值区代表的盆地西北部区,模态4载荷向量负值区代表的盆地东南部区,模态5载荷向量正值区代表的川西高原区,模态6载荷向量负值区代表的川西南山地区。阿坝州北部地区虽与盆地西部降水有很好的—致性,但考虑到阿坝州北部位于高原地区,因此,将该地区作为第7个区域,即阿坝州北部区,在此基础上,下面分别对这7个区域气象台站合理化布局进行分析。

3 相关函数与距离的关系

根据上文对四川地区所分的7个区域,分别计算各区域降水的相关函数,得出相关函数与站点距离间的关系。在统计相关函数与站点距离间关系的时候,参照赵瑞霞等^[13]的方法计算出各种统计回归方程,对比各回归方案,得出最优的回归方案,增加计算分析结果的客观性。这里主要计算了线性、2次、3次、指数及e指数回归方案,在回归相关系数接近的情况下,尽量采用低次的回归方案。

图2是1961~2008年四川7个区域春季(4月)、夏季(7月)、秋季(10月)、冬季(1月)降水的相关函数与距离的关系曲线。从中可以看出四川盆地西南部降水相关函数随距离的变化具有显著的季节差异(图2a),其中秋季降水的相关最好,而夏季相关最差,春季与冬季位于2个季节之间,大约215 km以前,春季的相关大于冬季,而215 km之后冬季则是大于春季的,并且春季相关随距离的减小是最快的。从统计所得四川盆地西南部降水相关函数对于距离的各个回归方程看(表2),4个季节都以3次回归为主。

表2 四川盆地西南部各季节降水的相关函数对于距离的回归方程

Tab. 2 The regression equations of correlation functions of seasonal rainfall to the distance between stations over the southwest Sichuan basin

| 季节 | 相关函数回归方程 |
|----|---|
| 春季 | $r_f' = 0.9137 - 0.0051l + 1.6 \times 10^{-5}l^2 - 3.1 \times 10^{-8}l^3$ |
| 夏季 | $r_f' = 0.7961 - 0.0059l + 2.3 \times 10^{-5}l^2 - 4.4 \times 10^{-8}l^3$ |
| 秋季 | $r_f' = 0.8765 - 0.0042l + 1.4 \times 10^{-5}l^2 - 2.8 \times 10^{-8}l^3$ |
| 冬季 | $r_f' = 0.9448 - 0.0068l + 2.5 \times 10^{-5}l^2 - 4 \times 10^{-8}l^3$ |

由四川盆地东北部降水的相关函数与距离的关系可以看出(图2b),大约120 km之前,冬季的相关最好,之后则是秋季的相关最好;而大约210 km之前,夏季的相关最小,在此以后,由于冬季相关函数随距离增加减小最快,其相关为最小。春季和秋季的相关函数随距离的变化趋势相似。在4个季节降水相关函数随距离的变化关系中(表略),春季、夏季以及秋季的相关函数与距离之间更多地体现为2次回归的关系,而冬季则是3次回归为主(表略)。

四川盆地西北部降水的相关函数与距离的关系(图2c)在大约120 km以前,冬季的相关最好,之后则是春季的相关最好。夏季的相关在大约250 km以前都是最差的。在整个变化过程中,秋季相关函数随距离的变化趋势与春季相似,夏季的变化在大约100 km以前相关随距离增加迅速减小,此后相关随距离增加变化不大。同时从统计所得可知春季、夏季以及秋季的相关函数与距离之间更多地体现为3次回归的关系,而冬季则是以2次回归为主(表略)。

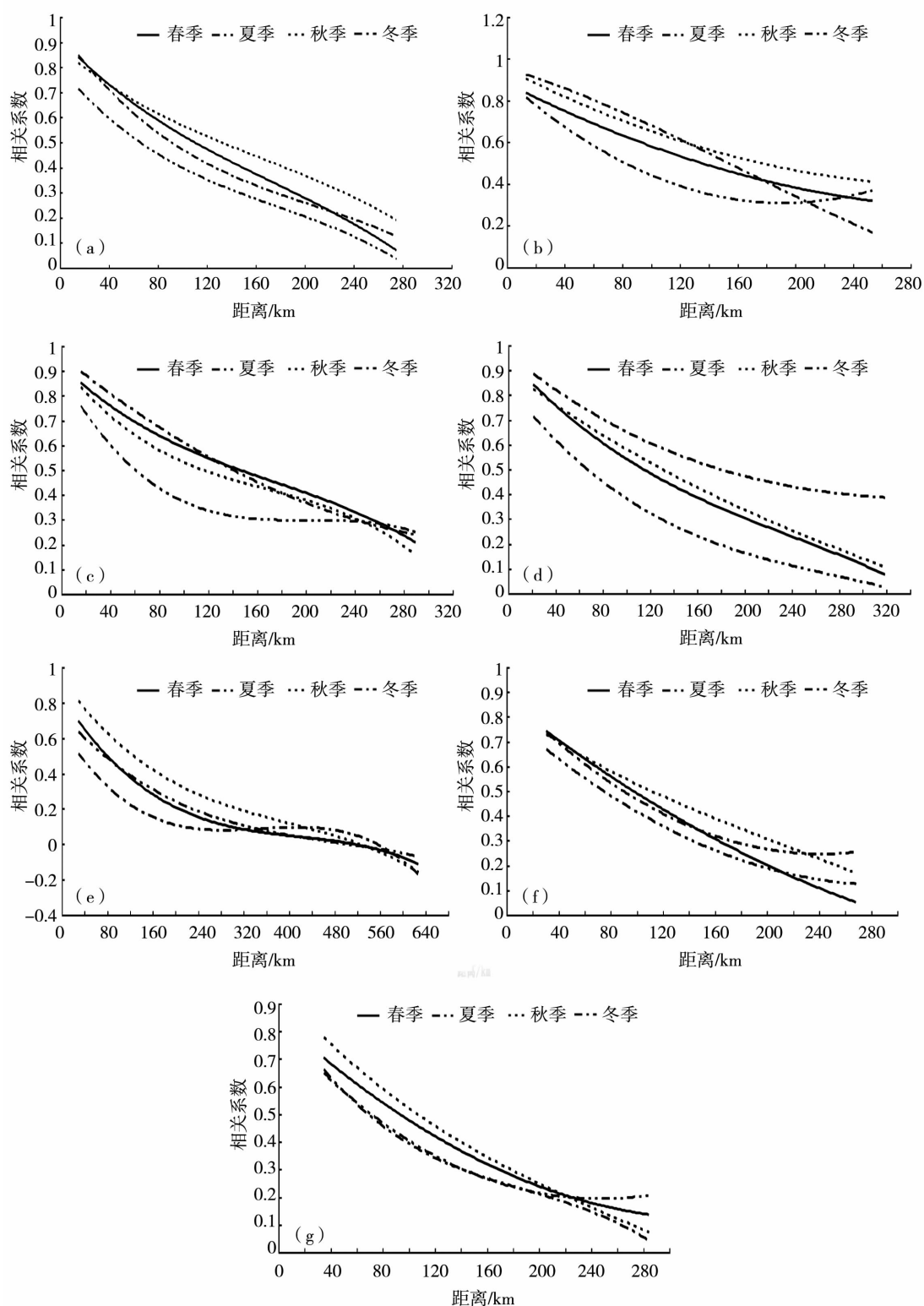


图2 1961~2008年春、夏、秋、冬季四川盆地西南部(a)、东北部(b)、西北部(c)、东南部(d)及川西高原(e)、川西南山地(f)和阿坝州北部(g)降水的相关函数与距离的关系

Fig. 2 The relationships between the correlation functions of seasonal rainfall and the distance between stations over the southwestern (a), the northeastern (b), the northwestern (c), the south eastern (d) Sichuan basin, and western Sichuan Plateau (e), southwest mountains of Sichuan (f) and north Aba of Sichuan (g) during 1961-2008

四川盆地东南部降水相关函数随距离的变化也具有显著的季节差异(图2d),在冬季相关是最高的,夏季则是最低的,两者之间的差异也比较大;春季和秋季的相关则位于冬季和夏季之间,并且秋季略高于春季,变化趋势也很相似。统计所得降水相关函数对于距离的各回归方程中(表略),4个季节都是以3次回归为主。

川西高原降水的相关函数与距离的关系(图2e),在大约400 km之前,秋季的相关是最高的,冬季最低,春季和夏季相关基本相同,基本位于秋季和冬季之间;而大约400 km之后,4个季节的相关差异不太明显。春季、夏季变化趋势异常相似,而冬季在大约200 km之前,相关函数随距离的增加减小比较快,之后,减小趋势明显减小。统计所知4个季节降水相关函数与距离之间的关系都是以3次回归为主(表略)。

川西南山地降水的相关函数(图2f)在春季随距离增加而减小最快,在大约215 km后相关变为最差,而夏季和冬季相关函数随距离的变化趋势基本相似,但夏季明显小于冬季,大约215 km之前夏季相关最差,秋季最好。从相关函数与距离之间的关系看,除秋季以3次回归为主外,其余季节主要是2次回归为主(表略)。

阿坝州北部降水的相关函数与距离的关系(图2g)在大约220 km之前,秋季的相关最好,春季次之,夏季和冬季相关差异不大,相关较差,并且两者的变化趋势基本相似。而在大约220 km之后,夏季相关最好,冬季最差,春季和秋季位于两者之间。统计所得相关函数与距离之间的关系可以看出,春季相关函数与距离之间呈2次回归关系,而在其余3个季节则是以3次回归为主(表略)。

4 最大容许误差及最大容许距离

表3是四川地区7个区域1961~2008年降水场的最大容许误差及最大容许距离。可以看出四川盆地西南部地区最大容许误差在夏季最大为0.3842,而冬季最小,秋季及春季在两者之间,并且秋季大于春季。最大容许距离夏季也是最大,达70 km,其次是秋季,春季及冬季距离显著变短,尤其是冬季只有16 km。因此选取冬季的最大容许距离16 km就可以保证各季节由“内插”造成的误差均不超过由“观测”造成的误差。

四川盆地东北部地区,最大容许误差最大的季节是春季,最小是冬季,夏季和秋季介于两者之间,夏季明显高于秋季,略小于春季。而从最大容许距

离来看,春季最大为66 km,冬季次之,夏季和秋季的距离远小于春季和冬季,秋季只有28 km,是最小的季节。由此,可以选取秋季的最大容许距离(28 km)为标准,这样就可以满足各季节由“内插”造成的误差均不超过由“观测”造成的误差。

四川盆地西北部地区夏季最大容许误差明显大于其他季节,达0.1936,春季和秋季次之,冬季的最大容许误差最小,只有0.0623。而最大容许距离在4个季节的差距并不大,最大的是春季,为33 km,最小的是冬季,只有20 km,夏季与秋季位于这2个季节之间,夏季的最大容许距离大于秋季。由此可选取冬季的最大容许距离(20 km)就可以满足各季节由“内插”造成的误差均不超过由“观测”造成的误差。

四川盆地东南部最大容许误差夏季最大为0.2943,秋季次之,春季和冬季最大容许误差差别不大,冬季最小,略低于春季,只有0.0745。最大容许距离在秋季最大达54 km,其次是夏季,只比秋季小1 km,春季及冬季最大容许距离远小于其他2个季节,冬季略低于春季,只有18 km。因此可选取冬季的最大容许距离(18 km)就可以满足各季节由“内插”造成的误差均不超过由“观测”造成的误差。

川西高原的最大容许误差在4个季节的差异较大,最大是冬季,其值高达0.8041,而最小是秋季只有0.1171,春季和夏季介于两者之间,夏季显著高于春季。最大容许距离的季节差异也很大,夏季最大达156 km,冬季为138 km,春季和秋季的最大容许距离远远小于夏季和冬季,其中秋季只有33 km。因此可选取秋季的最大容许距离(33 km)就可以满足各季节由“内插”造成的误差均不超过由“观测”造成的误差。

对于川西南山地而言,最大容许误差最大的季节是秋季,其值为0.2953,春季和夏季略低于秋季,冬季最小只有0.1888。最大容许距离秋季最大为87 km,夏季略低于秋季,冬季及春季的距离远远小于秋季和夏季,冬季最小为42 km。因此可选取冬季的最大容许距离(42 km)就可以满足各季节由“内插”造成的误差均不超过由“观测”造成的误差。

阿坝州北部夏季最大容许误差最大达到0.3324,秋季最小只有0.0809,春季和冬季介于两者之间。最大容许距离春季和夏季远大于秋季和冬季,春季最大达到71 km,秋季最小只有19 km。因此可选取秋季的最大容许距离(19 km)就可以满足各季节由“内插”造成的误差均不超过由“观测”造成的误差。

表3 四川7个区域1961~2008年降水场的最大容许误差及最大容许距离

Tab.3 The maximum admissible error and maximum admissible spacing of seasonal rainfall for the seven regions of Sichuan during 1961-2008

| 区域 | 项目 | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 |
|---------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 四川盆地西南部 | 最大容许误差 | 0.1417 | 0.3842 | 0.2114 | 0.0876 |
| | 最大容许距离/km | 34 | 70 | 59 | 16 |
| 四川盆地东北部 | 最大容许误差 | 0.1982 | 0.182 | 0.078 | 0.073 |
| | 最大容许距离/km | 66 | 35 | 28 | 44 |
| 四川盆地西北部 | 最大容许误差 | 0.1267 | 0.1936 | 0.1192 | 0.0623 |
| | 最大容许距离/km | 33 | 26 | 23 | 20 |
| 四川盆地东南部 | 最大容许误差 | 0.079 | 0.2943 | 0.1656 | 0.0745 |
| | 最大容许距离/km | 19 | 53 | 54 | 18 |
| 川西高原 | 最大容许误差 | 0.3066 | 0.5523 | 0.1171 | 0.8041 |
| | 最大容许距离/km | 68 | 156 | 33 | 138 |
| 川西南山地 | 最大容许误差 | 0.2345 | 0.2562 | 0.2953 | 0.1888 |
| | 最大容许距离/km | 64 | 83 | 87 | 42 |
| 阿坝州北部 | 最大容许误差 | 0.2745 | 0.3324 | 0.0809 | 0.1814 |
| | 最大容许距离/km | 71 | 67 | 19 | 28 |

5 结 论

(1)四川降水空间差异大,可以分为7个区域,分别为盆地西南部、盆地东北部、盆地西北部、盆地东南部、川西高原、川西南山地及阿坝州北部。

(2)四川7个区域降水的相关函数与距离之间的回归方程以3次及2次为主。

(3)通过相对内插分析得知,四川7个区域的气象观测站点布站合理间距:四川盆地西南部站点间距 ≤ 16 km、盆地东南部 ≤ 18 km、阿坝州北部 ≤ 19 km、盆地西北部 ≤ 20 km、盆地东北部 ≤ 28 km、川西高原 ≤ 33 km、川西南山地 ≤ 42 km。

参考文献:

- [1] Drozdov O A, Shepelevskii A A. The theory of interpolation in a stochastic field of meteorological elements and its application to meteorological elements and its application to meteorological map and network rationalization problems[J]. Trudy Niu Gugms Series1, 1946: 13.
- [2] Czelnai R F, Desi F, Rakoczi F. On the determination of the temperature measuring network[J]. Idojaras, 1963(67):129-136.
- [3] Mooley D A, Mohamed Ismail P M. Correlation functions of rainfall field and their application in network design in the tropics[J]. Pure and Applied Geophysics, 1982,120(2):249-260.
- [4] House D C. Remarks on the optimum spacing of upper-air observation[J]. Monthly Weather Review, 1960,88(3):97-100.
- [5] Hutchinson P. A contribution to the problem of spacing rain gauges in rugged terrain[J]. Journal of Hydrology, 1970,12(1):1-14.
- [6] Mooley D A, Mohamed Ismail P M. Structure functions of rainfall field and their application to network design in the tropics[J]. Theoretical and Applied Climatology, 1982,30(1-2):95-105.
- [7] 杨贤为. 江淮平原雨量站网的合理分布研究[J]. 安徽气象, 1986(4):26-29.
- [8] 崔伟强. 雨量站网的设计:江汉平原雨量站网合理分布[J]. 气象, 1987,13(4):25-27.
- [9] 王庆安,顾亚进. 气象台站网设计的探讨[J]. 气象科学, 1988(3):72-80.
- [10] 杨贤为,何素兰. 江淮平原二类气象站网的设计[J]. 气象学报, 1987,45(1):104-110.
- [11] 何素兰. 河北平原气象台站网合理布局探讨[J]. 河北气象, 1986(4):73-79.
- [12] 卢文芳,王永华. 空间结构函数在上海地区气象站网设计中的应用[J]. 南京气象学院学报, 1989,12(3):325-332.
- [13] 赵瑞霞,李伟,王玉彬,等. 空间结构函数在北京地区气象观测站网设计中的应用[J]. 应用气象学报, 2007,18(1):94-101.
- [14] 陈永仁,李跃清,王国春,等. 夏季南亚高压与川渝地区降水的关系研究[J]. 高原气象, 2009,28(3):539-548.
- [15] 齐冬梅,李跃清,陈永仁,等. 近50年四川地区旱涝时空变化特征研究[J]. 高原气象, 2011,30(5):1170-1179.
- [16] 陈文秀,郝克俊. 20世纪四川盆地降水变化特征分析[J]. 四川气象, 2001,21(1):37-39.
- [17] 王维佳. 四川地区近60a大气可降水量分析[J]. 干旱气象, 2009,27(4):346-349.
- [18] 齐冬梅,李跃清,李英,等. 夏季青藏高原东部大气热源变化及其对相邻区域气候的影响[J]. 干旱气象, 2010,28(2):113-120.

- [19] 蒋兴文,李跃清,李春,等. 四川盆地夏季水汽输送特征及其对旱涝的影响[J]. 高原气象,2007,26(3):476-484.
- [20] 陈权亮,倪长健,万文龙. 川渝盆地夏季旱涝变化特征及成因分析[J]. 高原气象,2010,29(3):587-594.
- [21] 周长艳,李跃清,房静,等. 高原东侧川渝盆地东西部夏季降水及其大尺度环流特征[J]. 高原山地与气象研究,2008,28(2):1-9.
- [22] Gandin L S. The planning of meteorological station networks (technical note No. 111)[Z]. Geneva:WMO,1970.
- [23] 杨贤为,何素兰,张强. 四川盆地气温相关函数场的分析及其在站网设计中的应用[J]. 大气科学,1990,14(4):497-503.
- [24] 杨贤为,苏米扬. 四川盆地蒸发站网的合理布局探讨[J]. 应用气象学报,1991,2(1):106-112.

Analysis of Correlation Functions of Rainfall over Sichuan Region and Its Application to the Design of Weather Station Network

CEN Sixian¹, LI Yueqing¹, LAI Xin²

(1. Chengdu Institute of Plateau Meteorology, China Meteorology Administration, Heavy Rain and Drought - Flood Disasters in Plateau and Basin Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610072, China; 2. College of Atmospheric Sciences, Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: Based on the daily precipitation data of 139 stations in Sichuan Province from 1961 to 2008, the spatial distribution of precipitation in Sichuan was analyzed by using the rotated empirical orthogonal function (REOF), and Sichuan was divided into seven areas. Furthermore, the correlation functions of daily rainfall which were only dependent on the distance between two points over the seven areas for representative months of different seasons were calculated, and the statistical relationships between relative standard error of interpolation and the correlation functions were established. Finally, according to the principle that the standard error of interpolation should not exceed the standard error of observation, the maximum admissible spacing between two stations was estimated in the seven areas. The results show that the highest distributing precision of stations was in the southwest Sichuan basin with the distance between stations being less than 16 km, and secondly that was the southeastern Sichuan basin with the distance between stations being less than 18 km. The distance between stations should be less than 20 km in the northwestern Sichuan basin. The northeastern Sichuan basin and the north Aba Prefecture of Sichuan had the same precision in which the distance between stations should be less than 28 km. In the western Sichuan Plateau, the distance between stations should be less than 34 km, and the southwest mountain areas of Sichuan had the lowest distributing scheme precision in which the distance between stations should be less than 42 km.

Key words: correlation functions; standard error of interpolation; maximum admissible error; maximum admissible spacing