

中等气象学校试用教科书

气候学

第三分册 气候资料分析与服务附实习

只限学校内部使用

北京气象专科学校主编

气象、农业气象专业用



农业出版社

中等气象学校試用教科书

气候学

第三分册

气候資料分析与服务附实习

只限学校内部使用

北京气象專科学学校主編

气象、农业气象专业用

农业出版社

中等气象学校试用教科书

气候学

第三分册

气候资料分析与服务附实习

北京气象专科学校主编

农业出版社出版

北京龙须局一号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第103号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

农业出版社印刷厂印刷装订

统一书号 19144·121

1961年9月北京刚型

1961年9月初版

1961年12月北京第二次印刷

印数 3,901—4,900册

开本 787×1092 毫米

三十二分之一

字数 163千字

印张 六又八分之七 插页三

定价 (5)五角四分

目 录

第一章 气候资料统计	1
基本的气候指标	1
气候资料的精确性、均一性和比较性	4
气候资料的审查	7
气候资料的订正	9
空气温度资料的统计	20
空气湿度资料的统计	46
气压资料的整理	50
云和日照资料的统计	55
风速风向资料的统计	62
大气降水资料的统计	78
积雪资料的统计	94
各种天气现象资料的统计	98
地温资料的统计	99
第二章 气候调查	104
气候调查的一般问题	104
气候调查的种类	104
气候调查的准备工作	106
气候调查的方法	107
气候调查资料的整理	111
第三章 气候服务	121
气候服务的主要任务、基本形式和方法	121
气候资料汇编	127
气候图集	120

气候志	131
气候手册	137
气候区划	138
气象服务一览表	142
气候情报	147
附录 统计方法	149
1. 分组法(149)	2. 几率和频率(151)
3. 算术平均数 $\bar{X}$ (154)	
4. 中位数 $\dot{X}$ (154)	5. 四分位数 Q (157)
6. 众数 $\hat{X}$ (159)	7. 距平 d (159)
8. 平均差 $\bar{d}$ (160)	9. 标准差 σ (161)
10. 间隔平均差 $\bar{s}$ (162)	
11. 离差系数(162)	12. 相关图(162)
13. 回归方程(165)	14. 标准误(回归线的误差)(167)
15. 相关系数 r (167)	
气候资料分析与服务实习	170
实习1 气候资料订正(一)	170
实习2 温度分析(一)	174
实习3 温度分析(二)	180
实习4 温度分析(三)	182
实习5 温度分析(四)	184
实习6 云量分析	187
实习7 风的分析(一)	190
实习8 风的分析(二)	195
实习9 降水分析(一)	197
实习10 降水分析(二)	199
实习11 降水分析(三)	201
实习12 气候调查	204
实习13 气候资料订正(二)	206
实习14 气候调查资料分析	209
实习15 拟定气候志编写大纲	211
实习16 气候描述	212
实习17 气象情报	212
实习18 专业气候指标	213
实习19 气象服务一览表	214

第一章 气候資料統計

气候資料統計的任务，就是按照各个气候要素的物理性质和生产上的要求，研究出各种能够确切地說明气候特征，在各种不同地理条件下都具有明确的物理意义的指标。这种指标不但具有充分的精确度，而且还具有時間上和地区上的比較性。

在气候数列中，每个纪录的比較性是有限度的，同時間、同空間的纪录；同時間、不同空間的纪录；不同時間但同一空間的纪录都是可以比較的，只有既不同時間，又不同空間的纪录，才是根本不能比較的。不同单位的数列也不能比較。

气候数列中的数，有绝对数和相对数之分，绝对数是具体的数，相对数是純粹的数，相对数是沒有单位的，常常用百分率或比值等形式表示。相对数可帮助分析一些既相同但又有差异的气候现象。例如，有时用绝对数比較不能表示两种现象的差异，而用相对数則可以将这种差异表示出来。这是因为两个纪录的相对数比其绝对数更相似，更能比較出两个纪录变化程度的差异，而绝对数仅能比較数值的大小。

基本的气候指标

在气候資料整理工作中，最基本的指标有平均值、极值、頻率和变率等。气候现象是极其复杂多样的，在時間上是一个长时期的連續不断的物理过程，在空間上受到复杂的自然地理条件所影

响。因此,在我们选择气候指标时,必须考虑到气候要素的物理特征在时间和空间上的结构和相互之间的比较性,以及指标本身的精确性。

1. 平均值 平均值的统计意义,我们在数理统计中早就熟悉了。由于其计算简单,意义明确,故被人们广泛应用,成为最重要、最基本的气候指标。

在关于气候形成和区域气候的叙述中,在极大程度上是以各个气候要素的多年平均值为根据的。例如它能说明:在某个国家某个地区,夏季是炎热干旱还是凉爽多雨?冬季是温和还是严寒等。所以平均值可以使我們了解气候的一般特点。

个别气候要素的平均值,具有极为明确的物理意义,它是比较不同地区的气候特点的非常方便而可靠的方法。在气象学中早就指出过,各种以平均值绘制的等值线图的重要作用。它不但能比较各地气候差异,还能揭示出气候形成的规律。例如,从等温线图可以看出各地的冷暖,根据气压分布图可以看出气流的运行是和气压的升降相对应的,也可以分析出这些气流带来怎样的气团等。

平均值在国民经济建设中也有着极为重要的意义。将各地主要气候要素(温度、降水、湿度、风和其它农业气候指标)的平均值资料相互比较,就能找到适当的农业区,或确定所设计的铁路、航线是否合适,也能找到合适的疗养地。这种例子是不胜枚举的。

但是,平均值的使用也有一定的局限性,只有当气候要素的逐年和逐日变化十分稳定时,平均值才能正确地描述气候。然而,地球上绝大部分地区气候状况是不稳定而多变的。这就使得气候的描述和天气预报发生困难。

2. 极值 地球上各种气候要素在不同地区的变化是不相同的。在热带,温度变化非常均匀,而降水量的年际变化却很大(如印度)。在副热带沙漠中,天气一般干热,可是有时会突然发生很大

的暴雨,以致引起局部的洪水,使沙漠面貌在短时期内大为改观。在中緯度,气候一般多变化,特别是在过渡性的春秋季节。在高緯度这种变化性也很大。

所以,在气候資料整理中,不但要考虑平均值,而且要考虑极值以及各种可能值所发生的次数和变化性。

极值包括极端最大(高)值和极端最小(低)值,通常采用的指标是平均极端值和绝对极端值。

绝对极端值是某个要素历年任何一定时间内的极值(尽管只出现一次),它表示某个要素的可能出现范围。

为了描述任一方面长时期的距平情况,也经常统计最大和最小的月平均(或月总量)值。

不过接近绝对极端值的情况是很少出现的,所以为得到一般极端情况的概念,还计算平均绝对极端值。例如,月平均最高值和月平均最低值就分别表示某要素在一天中的一般变化,它们分别是每日最高值和每日最低值的平均。

两极端值之差称振幅,或较差,它给某要素变化程度大小以量的概念。

3. 频率 某种气候要素在某个地点,某一时间内一般可能发生怎样的数值,其频率又是怎样的,这是气候描述的重要问题。所以我们就计算某个要素某一数值发生的年数或日数。例如,经常统计各级温度、各级降水量、各级风力的日数等。但为了使统计结果不受观测时间长短的影响,频率通常以占总观测次数的百分率表示。在气候资料中,经常统计平均频率和极端频率。

我们知道,如果频率是从相当长时期内获得的,则具有相当的稳定性,故可认为就是机率。这也就意味着,某个要素值或天气现象在今后出现的机会的多少。所以,在气候资料的整理中,频率和机率的意義和作用是一样的。

4. 变率 为了表明个别年份气候要素值变动的剧烈程度,就要計算其变率。对于地球上大部分气候状况多变而不稳定的地区,統計气候要素的变率是非常重要的;而对于气候条件十分稳定地区,虽則平均值已經能够正确地描述气候,但变率也不是多余的,因为变率也正是描述气候要素的稳定程度的。

变率用以描述气候要素的变化性,其計算方法已經在数理統計中闡明。作为变率的数值特征,有绝对变率和相对变率之分,它們和統計学中的距平、平均差、标准差及相对距平、相对平均差、相对标准差是相当的。

为了弄清气候要素的年际变化和日际变化特征,也要統計其相应的变率,不过这种計算方法是按間隔平均差与相对間隔平均差統計的。

气候資料的精确性、均一性和比較性

气候資料的质量好坏与利用价值,乃取决于它的精确性、均一性和比較性。

1. 精确性 多年的气候資料通常用整数〔如以百分率为单位的云量頻率,天气現象的平均日数(如其日数大于1)〕,或一位小数〔如月平均温度,天气現象,平均日数(如其日数小于1)〕。在个别情况下也有用两位小数的,例如,像宜昌秋季暴雨这种稀少現象的特征,就須用两位小数,在那里10月份62年中只有3次暴雨,11月份62年中只有1次暴雨,所以其平均值就分別为0.05,及

月 份	4	5	6	7	8	9	10	11	全年
暴雨日数	0.1	0.3	0.5	1.1	0.9	0.4	0.05	0.02	3.4

0.02。

自由大气中按每差 100 米計算出的温度(及某些其它要素)垂直梯度需用两位小数,因为在 100 米內如有一位小数的誤差,則在几千米的高度內温度本身将发生好几度的誤差。

在計算过程中,每增加一位小数就需增加很多計算手續和表格面积,所以确定气候資料的平均值和頻率所需要的合理精確度是非常必要的。就以空气温度的平均值來說,其十分之一度的精確程度即很必要,因为从气温的空間結構看来,在比較邻近測站的气温时,就需考虑 $0.2-0.3^{\circ}\text{C}$ 的差异。我們知道,小气候的差异在土壤表面及貼地气层最为显著,在 2 米高处已經不很明显,故百叶箱温度 $0.2-0.3^{\circ}\text{C}$ 的平均差异可能意味着貼地層好几度的系統差別。从气温的时间結構来看,在某一天某一時間中差异可能比日平均的差异要大得多。况且,相邻測站的温度差別不是在所有日子里都是相同的,而取决于天气条件。有时它們的平均差异可能很小,而个别日子在一定的天气条件下則差別可能很大。

极值多半都取整数,因为这种从一次观测所获得的数量的本身就不如平均值精確。

事实上,精確度除了要考慮要素本身的物理特性和观测条件外,还应根据实际需要来确定。例如,当进行一般气候描述,或日常的天气服务,各种要素指标取整数就足够了。而对于农业、基本建設等国民經济事业來說,十分之一的精確度是很有意义的。但对于某些工程計算而言,則要求更大的精確度。对于各种稀有天气現象,也需要有較大的精確度。

总之,我們不能形式主义地对待統計指标,因为这些指标的数值不但在上述情况下对精確度有不同要求,而且还是随時間而变动的,短年代观测到的平均值就与长年代不同。所以根据統計的时期长短来确定平均值和頻率的精確度就非常重要,但这是已在

敘理統計中討論過的問題。

2. 均一性 气候数列不仅应该有正确的数据，而且应有均一的数据。这在比较各地区和各地点的气候特点，及研究气候条件随时间的变化方面都是特别重要的。如果逐年的和从一个时期到另一个时期数值的变化，仅与该年份或该时期中气候条件有关，而不是由于仪器的更换、观测时间的改变、观测员的主观性和观测条件的改变所造成的，在这种情况下所获得的数列称均一数列。否则，就称为非均一性。气候資料的非均一性主要是表现在两方面：①資料数值突然改变，出现奇大或奇小，或是从某一时期起資料的数值突然变大和变小。②資料的数值逐渐的有系统的改变。

检查观测数列的均一性是气候資料整理的最基本任务之一。如果数列是不均一的，则对这一部分或对另一部分数列要进行订正，以便能与其它数列进行比较；否则，就只能将数列分别进行研究。

3. 比较性 几个测站之间气候指标的差别也可能不是真正的气候状况的差别，而是由于仪器及观测方法等不同所造成的。观测时期的不同也会对于观测数列造成很大的影响，以致使不同测站資料不能相互比较。要正确地比较各测站的平均值时，应当根据同一观测时期的資料；否则，就只有在证明因观测时期不同所引起的差异不致于影响比较时，才能进行比较。

如果观测数列的时间不同所引起的差异很大，就应当将观测資料订正到同一时期。不过，当观测数列非常长时，其多年平均值已很稳定，所以就不必要求观测时期的完全一致了。

对精确度不同的数列，其比较性也不好，在这种情况下，亦应将資料进行订正。

在气候数列具有非均一性时，是不能与其他数列进行比较的，为了使其具有比较性，首先就应该消除数列的非均一性。

气候資料的审查

气候資料的审查就是根据气候学理論与工作經驗对資料的数值进行合理的鉴定。在进行資料审查时应该利用測站历史方面的各种資料，如各时期的測站位置，仪器及其裝置情况和人員变动等。这些历史材料可在观测规范和观测报表等处获得。

1. 观察法 审查資料的第一步就是观察資料，以便查出长时期的数列中个别显著突出的或过高过低的数值，这种简单的观察一般已能发现資料的非均一性。因为这种观察是建立在审查人員的气候学理論知識和工作經驗的基础上的。

首先，各种气候要素的空間分布和時間分布都具有一定的甚至是非常严格的規律性，例如温度的年变化、日变化型式等。掌握了这些規律，就可以发现那些不合乎規律的地方，例如，地温的年较差一般是随深度增加而变小的，在夏季，地温随深度而降低，但在冬季則是随深度而增高。根据这个規律，我們会发现下面的資料有錯。

表 1—1 某地地温資料

时 間 深 度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年	年较差
30 cm	0.1	-0.9	1.0	10.8	17.7	23.2	25.9	25.7	21.4	14.9	8.1	1.3	12.4	25.8
50 cm	-0.9	7.4	1.0	11.8	13.5	24.0	26.1	25.2	20.4	13.9	6.2	-0.3	12.0	27.5
100 cm	4.1	2.4	2.3	7.9	14.0	13.3	22.3	23.1	21.2	17.0	11.8	5.9	12.6	29.8

从表 1—1 可見，資料中地温随深度的变化在冬季 1、2 月和夏季 6、7 月都有不符合規律的地方，这种錯誤也在較差随深度变化中反映出来。

其次,各个气候要素的变化并不是孤立的。某一要素的变化,必定引起其它要素的相应变化,例如云量多时,日照时数就一定少。根据各气候要素之间的关系,也可以使我们发现资料中的问题。

表 1-2 某地历年 4 月气候要素平均值

年 份 \ 项 目	蒸 发	日照时数	平 均 最高温度	平 均 相对湿度	平均风速
1951	256.2	299.1	19.2	38	4.1
1952	226.1	234.0	20.5	47	3.7
1953	248.5	301.8	20.2	39	3.1
1954	287.8	216.6	20.1	48	4.0
平均	254.6	263.9	20.0	43	3.7

从表 1-2 可见,1954 年蒸发记录是有问题的,因为该年日照短,湿度大,温度并不很高,所以这样大的蒸发量是难于出现的。

当然,这种审查方法只在实际的气候变化小于人为因素所引起的误差时,即当气候要素数值逐年变化很小,而数列又出现奇大奇小的数值时,才可能直接根据资料观察出它的非均匀性。

2. 对应差值法和对应比值法 在实际的气候变化大于人为因素所引起的气候变化时(如降水、温度等资料),则上述审查方法就失去意义。为了检查并消去这种资料的非均匀性,可以采取差值法或比值法。因为对于相关的资料来说,两个测站之间同一要素的差值或比值,和气象要素本身比较起来要稳定得多。

应用差值法和比值法时,必须列出差值或比值表,或绘出相关图。

以天津年平均温度作为一个例子表 1-3,从表中我们凭直接观察来发现天津温度之非均匀性是困难的,因为温度的年际变化已大于人为因素所引起的变化。然而,由于邻近测站温度差值很

定的特性,可使我們发现其非均一性現象。因此,我們利用北京同时期的資料与天津比較表 1-3;計算其差值,发现天津溫度在 1940 年有突然增高的現象。

表 1-3

年	份	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1947
天	津	12.6	12.1	12.5	11.8	12.0	11.8	13.2	13.4	13.4	1.30	13.1	11.5	
北	京	12.3	11.8	12.1	11.4	11.7	11.4	11.9	12.1	12.4	11.9	12.4	13.5	
差	值	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	1.3	1.3	1.0	1.1	0.7	1.0	

气候資料的訂正

1. 訂正的目的及意义 为了要弄清各个地方气候变化情况,就必须整理和統計各个地方气候观测資料,找出各气候要素的特性,以及这些要素随空間的变化情况;或者将这个地方与另一个地方資料进行比較和分析研究,得出气候上的結論。然而气候資料的本身是否有代表性,是否精确,都会影响工作的质量。因此,在使用資料之前,除了对資料加以审查外,还要进行訂正,以消去其非均一性。

考虑到气候要素的逐年变化(即年际变化)很大;就必须有相当年代的記錄,才能得到一个富有代表性的准平均值。換句話說,不能从一个年代很短的数列中正确地了解某一个地区的一般气候特征。这样,就要我們把短年代的数列訂正为长年代的数列。

在一个比較长的时期,气候往往有比較大的变化。因此,在这个长时期中,各个时期观测的气候資料,就会有不同的平均值,有的时候数值偏高,有的时候数值偏低,这些观测时期不同的資料往往不能相互比較。所以必須將数列的某些部分予以訂正。

在我国,旧时代台站很少,解放后建立了大批新台站,为了更好地了解我国气候情况,就必须使数目众多的新台站所观测到的資料有更大的使用价值,能够代表較长时期的气候特征,就要把这些資料訂正到較长时期。同时国民經济各部門所需要了解的,也是某一地方多年的气候情况。总之,必須充分利用为数較少但是年代較长的資料,把为数众多的新台站的資料訂正到一个較长时期。

資料訂正,即是利用均一的資料訂正非均一的資料,利用年代較长的資料訂正年代較少的資料,所以訂正与被訂正数列之間必須是相关的。为此,两个数列进行訂正,必須符合下述条件:

- (1)訂正站与被訂正站的距离要足够近,而且愈近愈好;
- (2)訂正站与被訂正站的地理环境(地形、植被、水体等)最好类似;
- (3)两个数列必須是均一的;
- (4)在訂正时,必須能够选定一个标准时期,以便把所有的台站資料都訂正到同一时期。

2. 資料訂正的相关图法 設 x 数列有 N 項資料, y 数列有 n 項資料,而且 $n < N$, n 包括在 N 之中。因此,可以根据 x 与 y 对应的 n 項資料作出相关图。利用相关图就能由 N 項 x 确定的指标求得 y 在有 N 項資料的估計指标。这种訂正只有当散布图上散布点比較集中,而且数列間有平均变化的稳定性的情况下才是适当的。否則就不适当。在实际工作中,只要符合前面所讲訂正的四个条件,就可用相关图进行訂正。

例 1. 今有南京 1916—1925 年的年降水量資料和蕪湖 1912—1926 年的年降水量資料,將南京年降水量根据蕪湖資料进行訂正。資料如表 1-4 所列

表 1-4

年 份	年 降 水 量 (mm)		比 值 $\left(\frac{y}{x}\right)$
	燕 湖 (x) N	南 京 (y) n	
1912	1251.2		
1913	606.1		
1914	1329.3		
1915	1702.0		
1916	1394.8	1212.0	0.87
1917	1008.8	674.1	0.67
1918	1388.0	996.4	0.73
1919	1077.0	881.1	0.82
1920	1311.0	1008.1	0.77
1921	1312.0	1184.9	0.90
1922	931.4	896.7	0.95
1923	1303.0	1118.8	0.82
1924	753.4	726.9	0.97
1925	779.0	735.6	0.94
1926	882.9		
平均	1163.4	942.5	0.84

解：首先，将二地 1916—1925 年对应的资料作出相关图。然后，在相关图上找出与燕湖 1912—1926 年平均年降水量 1163.4mm 相对应的纵坐标为 968.0mm。这就是估计的南京 1912—1926 年平均降水量。查得南京该时期实际平均年降水量为 978.0mm，二者仅相差 10.0mm，而南京 1916—1923 年十年平均降水量为 942.5mm，与 15 年平均值有 35.5mm 的误差。故订正后的指标较原有指标精确得多。

例 2. 今有高雄及台南两地 1932—1940 年 2 月份平均温度资料；同时，已知台南 1897—1940 年共 43 年 2 月平均温度为 17.0°C，试将高雄资料订正到同一时期。

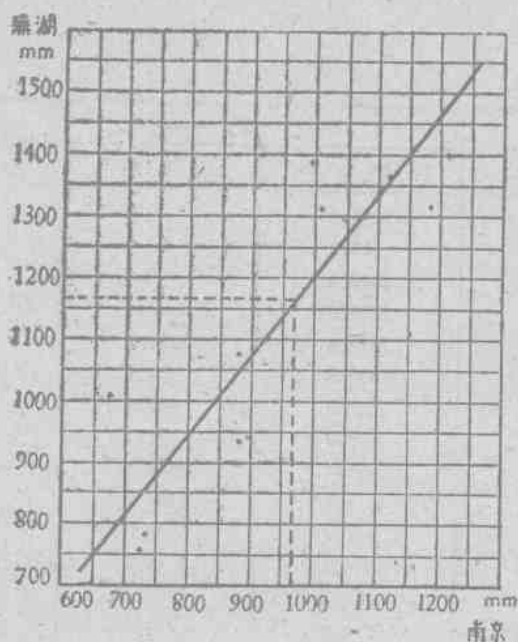


图 1-1 南京、燕湖年降水量关系图

表 1-5

年 份	二 月 平 均 温 度		差 值
	高 雄	台 南	
1932	17.3	15.8	1.5
1933	19.3	17.6	1.7
1934	18.7	16.7	2.0
1935	19.4	17.8	1.6
1936	18.9	17.1	1.8
1937	19.5	17.7	1.8
1938	18.8	16.8	2.0
1939	19.4	17.9	1.5
1940	19.9	18.3	1.6
平均	19.0	17.3	1.7