

第一章 气候灾害的划分标准及其变化规律

本章介绍贵州旱涝低温等各种气候灾害的划分标准及其时空分布演变规律，并详细介绍各种气候灾害对我省国民经济建设所造成的灾情事实，以使读者对贵州气候灾害的多发性、危害性及对其进行监测防御的重要性有一个概括性的了解。

第一节 贵州气候灾害的划分标准

贵州是气候灾害灾种较多、灾害频繁、影响危害程度较严重的省份。我们在总结我省气象台站短期气候预测业务中已长期使用的灾害标准和有关科研成果的基础上，结合历史上各种气候灾害给国民经济建设尤其是农业生产造成的影响事实，提出了贵州春旱、夏旱、暴雨洪涝、倒春寒、秋风、秋季绵雨、冬季凝冻和低温等主要气候灾害的划分标准。另外，根据短期气候预测业务和研究的需要，还提出了寒潮、夏季高温和雨季的划分标准。在此须说明的是春旱、夏旱、倒春寒和秋风的划分标准，基本上沿用我省“八五”攻关课题研制的标准^[2]，仅对倒春寒指数和秋风指数计算公式作了某些修改。

一、春旱的划分标准

(一) 春旱入旱日

每年 3 月份 任意连续 5 天的逐日降水量 $< 0.5\text{mm}$ 且 5 天累计降水量 $< 2.5\text{mm}$ 或 4~5 月份 任意连续 5 天的逐日降水量 $< 2.0\text{mm}$ 且 5 天累计降水量 $< 5.0\text{mm}$ 则把这 5 天的第一天，定义为春旱入旱日。

(二) 春旱时段

在符合从入旱日起连续 9 天的累计降水量 $< 15.0\text{mm}$ 的条件下，再从入旱日起连续 ≥ 10 天的累计降水量与同期多年平均降水量的比值，3 月份 < 0.6 的时段 或 4~5 月份 < 0.5 的时段，定义为春旱时段。

(三) 春旱终止日

凡在春旱时段之内，符合以下条件之一者，均定义为旱期终止日：

1. 在 3 月份春旱期内，累计降水量与同期多年平均降水量的比值由 < 0.6 转为 ≥ 0.6 的当日，定义为春旱终止日；或旱期内任意向前滑动 3 天的累计降水量 $\geq 20.0\text{mm}$ 的情况下 若第一天降水量 $\geq 10.0\text{mm}$ ，则把紧接滑动期的前一天定为春旱终止日，若第一天降水量 $< 10.0\text{mm}$ 而第二天降水量 $\geq 10.0\text{mm}$ 则把滑动期的第一天定为春旱终止日 若第一、二天降水量均 $< 10.0\text{mm}$ ，则把滑动期的第二天定为春旱终止日。

2. 在 4~5 月份春旱期内，累计降水量与同期多年平均降水量的比值由 < 0.5 转为 ≥ 0.5 的当日，定义为春旱终止日；或旱期内任意向前滑动 3 天的累计降水量 $\geq 30.0\text{mm}$ 的情况下，若第一天降水量 $\geq 10.0\text{mm}$ ，则把紧接滑动期的前一天定为春旱终止日，若第一天降水量 $< 10.0\text{mm}$ 而第二天降水量 $\geq 10.0\text{mm}$ 则把滑动期的第一天定为春旱终止日 若第一、二天降

水量均 <10.0mm，则把滑动期的第二天定为春旱终止日。

(四) 春旱时段的分级标准

凡单站春旱时段持续 15~24 天 定为轻级春旱 持续 25~34 天 定为中级春旱 持续 35~44天 定为重级春旱 持续≥45 天 定为特重级春旱。

(五) 年度春旱指数求算公式

为分析评判年度春旱强度，我们提出春旱强度指数（或简称为春旱指数，下同）的概念，它是一个综合考虑了最长春旱日数、春旱总日数和 4~5 月降水量等因素的量化值。春旱指数的求算公式为：

$$K_i = G_i + 100(1 - R_i) + 100 \times (H_i / 60) \tag{1.1.1}$$

式中 i 表示年份， K_i 表示当年春旱指数， G_i 表示当年最长一次春旱时段所占指数值，其表达式可参见 (1.1.2) 式， R_i 表示当年 4 月 1 日~5 月 31 日期间任意滑动 30 天的累计降水量与多年同期平均降水量的最小比值， H_i 表示当年 3~5 月春旱总日数，其分母 60 相当于特重级春旱持续日数下限值的 1.3 倍。 G_i 的表达式如下：

$$G_i = \begin{cases} 0 & D_i < 15 \\ 9 + 1.5(D_i - 9) & 15 \leq D_i < 25 \\ 24 + 2(D_i - 19) & 25 \leq D_i < 35 \\ 44 + 3(D_i - 29) & 35 \leq D_i < 45 \\ 74 + 4(D_i - 39) & D_i \geq 45 \end{cases} \tag{1.1.2}$$

式中 D_i 表示某年最长一次春旱时段持续天数。

(六) 年度区域性春旱强度等级的统计方法

以区域内各级春旱的站数频率为依据，对照表 1-1-1 给出的区域性灾害强度分级标准，按“定高不定低”的原则自高至低划定，表中某个标准中若有两个并列条件，是指两个条件必须同时具备。如其中特重级年的第 2 个标准有重级以上合计站数≥40%和特重级站数≥30%两个并列条件，则要求两者必须同时具备才能定为特重级年，其余依此类推。

表 1-1-1 区域性年度灾害强度分级标准

灾害等级	分级标准 (符合所列标准之一即可)
特重	1. 特重级站数 ≥35% 2. 重级以上合计站数 ≥40%，特重级站数 ≥30%
重	1. 重级站数 ≥35% 2. 中级以上合计站数 ≥40%，重级以上合计站数 ≥30% 3. 重级以上合计站数 ≥30%，特重级站数 ≥25%
中	1. 中级以上合计站数 ≥35% 2. 轻级以上合计站数 ≥40%，中级以上合计站数 ≥30% 3. 中级以上合计站数 ≥30%，重级以上合计站数 ≥25%
轻	1. 轻级以上合计站数 ≥30% 2. 中级以上合计站数 ≥25%
无	轻级以上合计站数 <30%

也可用全省区域平均春旱指数的不同临界值（见表 1-1-2）确定其等级。

表 1-1-2 以气象灾害指数标准差进行分级的灾害强度分级界值

灾害等级	春旱	倒春寒	夏旱	夏季洪涝	秋风	秋绵雨	凝冻	冬季低温
特重	>197	>157	>214	>119	>112	>254	>230	>123
重	161~197	115~157	171~214	93~119	88~112	222~254	171~230	93~123
中	117~160	63~114	118~170	61~92	59~87	181~221	99~170	61~92
轻	86~116	33~62	88~117	42~60	41~58	158~180	58~98	40~60
无	<86	<33	<88	<42	<41	<158	<58	<40

注：表中数字为相应的气象灾害指数值。计算平均值的样本年代为 1952~1994 年。以样本序列的标准差 σ 为分级标准，各级标准为 特重级 $>1.25\sigma$ 重级 $1.25\sim0.51\sigma$ 中级 $0.50\sim-0.40\sigma$ 轻级 $-0.41\sim-0.90\sigma$ 无级 $<-0.90\sigma$ 。

(七) 旱春旱与晚春旱

我们把发生在每年 3 月 1~31 日的春旱称为早春旱，把 4 月 1 日~5 月 31 日发生的春旱称为晚春旱。

二、夏旱的划分标准

(一) 夏旱入旱日

每年 6~8 月任意连续 5 天的逐日降水量 $<5.0\text{mm}$ ，且 5 天累计降水量 $<10.0\text{mm}$ ，则把这 5 天的第一天定为夏旱入旱日。

(二) 夏旱时段

在符合夏旱入旱日起连续 9 天累计降水量 $<30.0\text{mm}$ 的条件下，再从入旱日起连续 ≥ 15 天的累计降水量与同期多年平均降水量的比值，6~7 月份 <0.50 的时段或 8 月份 <0.60 的时段，定为夏旱时段。

(三) 夏旱终止日

1. 在 6~7 月份夏旱期内，累计降水量与同期多年平均降水量的比值由 <0.5 转为 ≥ 0.5 的前一天，定义为夏旱终止日；或旱期内任意向前滑动 3 天的累计降水量 $\geq 50.0\text{mm}$ 的情况下，若第一天降水量 $\geq 10.0\text{mm}$ ，则把紧接滑动期的前一天定为夏旱终止日，若第一天降水量 $<10.0\text{mm}$ 而第二天降水量 $\geq 10.0\text{mm}$ ，则把滑动期的第一天定为夏旱终止日，若第一、二天降水量均 $<10.0\text{mm}$ ，则把滑动期的第二天定为夏旱终止日。

2. 在 8 月份夏旱期内，累计降水量与同期多年平均降水量的比值由 <0.6 转为 ≥ 0.6 的前一天，定义为夏旱终止日；或旱期内任意向前滑动 3 天的累计降水量 $\geq 50.0\text{mm}$ 的情况下，若第一天降水量 $\geq 10.0\text{mm}$ ，则把紧接滑动期的前一天定为夏旱终止日，若第一天降水量 $<10.0\text{mm}$ ，而第二天降水量 $\geq 10.0\text{mm}$ ，则把滑动期的第一天定为夏旱终止日，若第一、二天降水量均 $<10.0\text{mm}$ ，则把滑动期的第二天定为夏旱终止日。

(四) 夏旱时段的分级标准

凡单站夏旱时段持续 15~24 天，定为轻级夏旱；持续 25~39 天，定为中级夏旱；持续 40~59 天，定为重级夏旱；持续 ≥ 60 天，定为特重级夏旱。上述四个等级的夏旱又习惯地分别称为小旱、中旱、大旱和特大干旱。

(五) 年度夏旱指数求算公式

夏旱指数是一个综合考虑了年最长夏旱日数、夏旱总日数和夏季降水量等多种因素的，用以衡量当年夏旱轻重程度的量化值，其求算公式为：

$$K_i = G_i + 100(1 - R_i) + 100(H_i/80) \quad (1.1.3)$$

式中 i 表示年份 K_i 表示当年夏旱强度指数 R_i 表示当年 6 月 21 日~8 月 31 日期间任意滑动 30 天累计降水量相对于同期多年平均降水量的最小比值； H_i 表示 6~8 月夏旱总日数 该项的分母 80 约等于特重级夏旱持续天数下限值的 1.3 倍 G_i 即当年最长一次夏旱时段所占指数值，其表达式为：

$$G_i = \begin{cases} 0 & D_i < 15 \\ 14 + 1.5(D_i - 14) & 15 \leq D_i < 25 \\ 29 + 2(D_i - 24) & 25 \leq D_i < 40 \\ 59 + 3(D_i - 39) & 40 \leq D_i < 60 \\ 119 + 4(D_i - 59) & D_i \geq 60 \end{cases} \quad (1.1.4)$$

式中 D_i 表示当年最长一次夏旱时段持续天数。

(六) 年度区域性夏旱强度等级的统计方法

以区域内各级夏旱的站数频率为依据，对照表 1-1-1 区域性灾害强度分级标准 按“定高不定低”的原则自高至低划定，表中某些标准有两个并列条件，是指两个条件必须同时具备。

也可依据表 1-1-2 用全省平均夏旱指数的不同临界值确定区域年度夏旱等级。

(七) 洗手干和伏旱

我们把每年发生在 6 月 1~30 日的干旱 称为初夏旱 或俗称洗手干 把发生在 7 月 1 日~8 月 31 日的干旱，称为盛夏旱或称伏旱。

三、倒春寒过程的划分标准

(一) 倒春寒过程

每年 3 月 21 日~4 月 30 日 凡出现日平均气温 $\leq 10.0^\circ\text{C}$ 并持续 ≥ 3 天的时段 其中第 4 天开始 允许有间隔一天的日均温 $\leq 10.5^\circ\text{C}$ ，定为倒春寒天气过程。

(二) 倒春寒过程的分级标准

凡单站倒春寒天气过程，其持续时间为 3~4 天，称为轻级倒春寒过程；持续时间为 5~6 天，称为中级倒春寒过程；持续时间 7~9 天为重级倒春寒过程；持续 ≥ 10 天为特重级倒春寒过程。

(三) 年度倒春寒指数求算公式

单站年度倒春寒指数的求算公式为：

$$K_i = N_i/10 - T_i/10 + H_i/20 \quad (1.1.5)$$

式中 i 表示年份 K_i 表示当年倒春寒指数 N_i 表示当年最长倒春寒过程的持续天数，该项分母 10 系取特重级倒春寒过程持续天数标准的下限值，若 $N_i > 15$ 则只取值为 15； T_i 表示当年 3 月 21 日~4 月 20 日任意滑动 10 天平均气温距平的最低值，单位为 $^\circ\text{C}$ ； H_i 表示当年倒春寒总日数 分母 20 系取特重级倒春寒持续天数标准下限值的两倍，若 $H_i > 20$ 则令 $H_i = 20$ 。

为使用方便 用 100 乘以 (1.1.5) 式右边各项之和后取整数表示倒春寒指数值。

(四) 年度区域性倒春寒强度等级的统计方法

以区域内各级倒春寒的站数频率为依据，对照表 1-1-1 区域性灾害强度分级标准 按“定高不定低”的原则自高至低划定，表中某些标准有两个并列条件，是指两个条件必须同时具备。

也可依据表 1-1-2 用全省平均倒春寒指数的不同临界值确定区域年度倒春寒等级。

四、秋风过程的划分标准

(一) 秋风过程

每年 8 月 1 日~9 月 10 日,凡出现日平均气温 $\leq 20.0^{\circ}\text{C}$ (西北部地区海拔 1500m 的测站,日平均气温 $\leq 18.0^{\circ}\text{C}$)并持续 2 天或以上的时段从第 3 天起,允许有间隔一天的日平均气温 $\leq 20.5^{\circ}\text{C}$ 海拔 1500m 以上的测站,允许有间隔一天的日均温 $\leq 18.5^{\circ}\text{C}$)定为秋风天气过程。

(二) 秋风过程的分级标准

凡符合上述标准的秋风天气过程,持续 2~3 天定为轻级秋风 持续 4~5 天定为中级秋风 持续 6~8 天定为重级秋风 持续 ≥ 9 天,定为特重级秋风。

(三) 年度秋风指数求算公式

单站年度秋风指数的求算公式为:

$$K_i = N_i/9 - T_i/10 + H_i/18 \quad (1.1.6)$$

式中 i 表示年份 K_i 表示当年秋风指数 N_i 表示当年最长一次秋风过程的持续天数,分母 9 系取特重级秋风过程日数的下限值,若 $N_i > 12$ 则仍令 $N_i = 12$; T_i 表示当年 8 月 11 日~9 月 10 日期间内任意滑动 10 天的平均气温距平的最低值,单位为 $^{\circ}\text{C}$; H_i 表示当年秋风总日数,分母 18 相当于特重级秋风过程日数标准下限值的两倍,若 $H_i > 18$ 仍令 $H_i = 18$ 。

为使用方便用 100 乘以 (1.1.6) 式右边各项之和后取整数表示秋风指数值。

(四) 年度区域性秋风强度等级的统计方法

以区域内各级秋风的站数频率为依据,对照表 1-1-1 区域性灾害强度分级标准,按“定高不定低”的原则自高至低划定,表中某些标准若有两个并列条件,是指两个条件必须同时具备。

也可依据表 1-1-2 用全省平均秋风指数的不同临界值确定区域年度秋风等级。

五、秋季绵雨的划分标准

(一) 秋季绵雨

在每年 9 月 1 日~11 月 30 日期间内凡出现日降水量 $\geq 0.1\text{mm}$ 、持续时间达 5 天或以上的时段 其中从第 6 天起 允许有间隔 1 天无降水量)定为秋季绵雨过程 或简称为秋绵雨。

(二) 秋季绵雨的分级标准

凡单站秋绵雨过程持续 5~10 天者 称为轻级秋绵雨 持续 11~15 天者,称为中级秋绵雨 持续 16~20 天者 称为重级秋绵雨 持续 > 20 天者,称为特重级秋绵雨。

(三) 年度秋绵雨指数求算公式

$$K_i = N_i/13 + R_i/30 + H_i/24 \quad (1.1.7)$$

式中 i 表示年份 K_i 表示当年秋绵雨指数 N_i 表示当年最长一次秋绵雨过程的持续天数,分母 13 相当于重级秋绵雨过程日数的中间值,当 $N_i \geq 20$ 时 仍取值为 20; R_i 表示 9~11 月的逐日降水量 $\geq 1.0\text{mm}$ 的累计日数 H_i 表示当年各次秋绵雨过程的累计总日数,分母 24 相当于特重级秋绵雨过程日数的 1.5 倍 当 $H_i \geq 24$ 时 仍取值为 24。

(四) 区域性年度秋绵雨强度等级的统计方法

以区域内各级秋绵雨的站数频率为依据,对照表 1-1-1 列出的区域性灾害强度分级标准,按“定高不定低”的原则自高至低划定,表中某些标准若有两个并列条件,是指两个条件必须同时具备。

也可依据表 1-1-2 用全省平均秋绵雨指数的不同临界值确定区域年度秋绵雨等级。

六、冬季凝冻过程和低温强度等级的划分标准

(一) 冬季凝冻过程

在每年 12 月 1 日~次年 2 月 28 日期间内 凡日平均气温 $\leq 1.0^{\circ}\text{C}$ 、日最低气温 $\leq 0.0^{\circ}\text{C}$ 以及日降水量 $\geq 0.0\text{mm}$ 三者同日出现,持续 ≥ 3 天(其中第 4 天起允许间隔一天的日最低气温为 $0.1\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 或无雨)且至少有一天出现凝冻天气现象的时段,定为一次冬季凝冻天气过程。

(二) 冬季凝冻过程的分级标准

凡冬季凝冻过程持续 2~3 天者 称为轻级凝冻 持续 4~5 天者 称为中级凝冻 持续 6~9 天者 称为重级凝冻 持续天数 ≥ 10 天者,称为特重级凝冻。

(三) 年度冬季凝冻指数求算公式

$$K_i = N_i/9 - T_i/10 + H_i/18 \quad (1.1.8)$$

式中 i 表示年份 K_i 表示当年冬季凝冻指数 N_i 表示当年最长一次冬季凝冻过程的持续天数,分母 9 相当于特重级冬季凝冻过程日数标准的下限值,若 $N_i \geq 14$ 则令 $N_i = 14$; T_i 表示当年 12 月 26 日~次年 2 月 15 日期间内 任意滑动 15 天的平均气温距平的最低值,单位为 $^{\circ}\text{C}$; H_i 表示当年各次冬季凝冻过程的总日数,分母相当于特重级冬季凝冻过程日数标准下限值的两倍 若 $H_i \geq 18$ 时 则令 $H_i = 18$ 。

为使用方便 用 100 乘以 (1.1.8) 式右边各项之和后取整数表示冬季凝冻指数值。

(四) 年度区域性冬季凝冻过程强度等级的统计方法

以区域内各级冬季凝冻的站数频率为依据,对照表 1-1-1 列出的区域性灾害强度分级标准,按“定高不定低”的原则自高至低划定,表中某些标准有两个并列条件,是指两个条件必须同时具备。

也可依据表 1-1-2 用全省平均凝冻指数的不同临界值确定区域年度凝冻等级。

(五) 冬季低温指数

冬季低温指数与凝冻指数略有不同,前者只考虑低温而不考虑降水,后者则必须要求低温与降水同时出现。冬季低温指数作为冬季凝冻的一个补充指标,其求算公式为:

$$K_i = -T_i - TT_i - TTT_i \quad (1.1.9)$$

式中 i 表示年份 K_i 表示当年冬季低温强度指数; T_i 表示当年冬季 12~2 月 最低旬平均气温的距平值(单位为 0.1°C 下同); TT_i 表示当年冬季 12~2 月 内任意相邻 2 旬平均气温的最低值距平; TTT_i 表示当年冬季(12~2 月)内任意相邻 3 旬平均气温的最低值距平。

若 (1.1.9) 式的 K_i 值即冬季低温强度指数值偏高,表示当年冬季偏冷,反之,当年冬季低温强度指数偏低,表示当年冬季偏暖。可依据表 1-1-2 列出的冬季低温指数的不同临界值确定冬季低温强度等级。

七、暴雨的划分标准

暴雨洪涝是对我省国计民生造成严重危害的主要气候灾害之一。在一次暴雨过程中,如果主要降水量的降水时间集中,即雨强较大,就较易引发局地洪涝灾害,如果暴雨区的范围较大或暴雨持续时间较长,则更易引发严重的洪涝灾害。根据具体分析研究的需要,既可采用每年 5~10 月总降水量是否出现特多作为判断发生洪涝灾害的标准,也可采用发生大范围暴雨或

持续性暴雨作为判断标准，为此，将有关暴雨的定量标准规定如下：

（一）单站暴雨

按气象常规标准确定暴雨等级，即 24 小时内降水量 50.0~99.9mm，称为暴雨，100.0~199.9mm 称为大暴雨， ≥ 200.0 mm 称为特大暴雨。

（二）区域暴雨过程

在一次区域重大降水过程中，全省 84 个站有 3~9 站的降水量达到暴雨标准，称为一般性区域暴雨过程。若同一天有 ≥ 10 个站的降水量达暴雨标准，则称为重大区域性暴雨过程。在重大区域性暴雨过程中，若有 ≥ 3 个站的降水量达到大暴雨或特大暴雨标准，则相应地称为区域大暴雨过程或区域特大暴雨过程。

（三）连续性暴雨过程

在一次单站暴雨过程中，若连续 ≥ 2 天达到暴雨、大暴雨或特大暴雨标准，则相应地称为单站连续性暴雨、大暴雨或特大暴雨过程。在一次连续性区域暴雨过程中，若连续 ≥ 2 天达到区域暴雨、大暴雨或特大暴雨标准，则相应地称为连续性区域暴雨、大暴雨或特大暴雨过程。

（四）年度夏季洪涝指数求算公式

每年 5~10 月是贵州暴雨的主要发生季节，其中以夏季 6~8 月的暴雨发生次数最多，强度最大，并最易造成洪涝灾害。为此，定义夏季洪涝指数，以反映当年夏季洪涝天气的严重程度。其求算公式为：

$$K_i = 0.25R_i + 0.35RR_i + 0.40RRR_i \quad (1.1.10)$$

式中 i 表示年份； K_i 表示当年夏季洪涝指数； R_i 表示当年 6~8 月最多降水量旬的降水量距平百分率； RR_i 表示当年 6~8 月内任意相邻 2 旬最多降水量的距平百分率； RRR_i 表示当年 6~8 月内任意相邻 3 旬最多降水量的距平百分率。

(1.1.10) 式的 K_i 值即夏季洪涝指数值越大，表示当年夏季洪涝强度越重，反之，当年洪涝强度越轻。可依据表 1-1-2 用列出的夏季洪涝指数的不同临界值确定当年夏季洪涝强度等级。

八、夏季高温天气过程的划分标准

在某些年份的夏季，我省有些地区发生持续性高温天气，它能使处于成熟期的水稻和其他农作物造成危害而导致作物减产，还给人们的工作和生活带来不便。作为贵州气候灾害的高温天气过程，现定义如下：

每年 5~8 月份，凡日最高气温 $\geq 35.0^\circ\text{C}$ 的当日定为高温日，把高温日持续 3 天或以上的时段，称为高温天气过程。

九、雨季的划分标准

（一）雨季开始期

每年从 3 月 1 日起某站任意滑动 5 天总降水量多于该站多年平均旬降水量（年降水量除以 36）而且从 5 天滑动期的第一天起算连续 30 天的累计降水量多于同期多年平均降水量，或多于该站多年平均月降水量（指年降水量除以 12）则把这滑动 5 天中的最大降水日或日降水量 $\geq 20\text{mm}$ 的当日，称为雨季开始期。

（二）雨季结束期

每年从 10 月 1 日起某站任意滑动 5 天总降水量少于该站多年平均旬降水量（指年降水

量除以 36) 而且从 5 天滑动期的第一天起算连续 30 天的累计降水量少于同期多年平均降水量 或少于该站多年平均月降水量 则把这滑动 5 天第一天, 称为雨季结束期。

十、寒潮过程的划分标准

按中国气象局制定的全国统一标准确定, 即在一次降温过程中, 日平均气温 24 小时内下降 10°C 以上或 48 小时内下降 12°C 以上 同时最低气温降至 5°C 以下 称为寒潮过程。

第二节 气温降水等气象要素的空间分布特征

贵州是一个山区省份, 各地地形、地貌差别大, 地势高差悬殊, 东西拔海高度相差达 1500m 以上, 各地气候存在着显著差异。一个地区热量、降水、空气中水分的多寡及其变化状况对该地区栽培的作物种类, 作物生长发育状况及该地区的耕作制度与农事活动有极其重要的影响。分析研究各气象要素的时空变化特征就显得非常必要。我省气象工作者就贵州各气象要素的时空分布特点研究作了大量的工作。本文在此基础上用 EOF 分析方法对贵州各气象要素年、季、月的空间结构及变化规律作进一步分析。

一、资料与方法

以贵州 15 个长记录代表站月、季、年气温、降水及湿度资料为分析对象。15 个代表站是: 贵阳、遵义、桐梓、湄潭、思南、镇远、铜仁、榕江、独山、罗甸、安顺、兴仁、盘县、威宁、毕节。资料年代为 1951~1995 年, 3 种气象要素共 51 个分析对象。在计算中, 首先把单站资料换算为距平值, 然后以各要素距平场为实对称矩阵分别进行 EOF 分析 计算各要素对象的特征值、特征向量及主分量。EOF 分析方法原理如下:

设分析对象是一个包含 p 个空间点的距平观测值, 抽取容量为 n 的样本 把 p 个空间点的距平观测值排列成如下矩阵形式:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{p1} & x_{p2} & \cdots & x_{pn} \end{bmatrix} \quad \text{其中: } 1/n \sum_{i=1}^n x_{ki} = 0$$

在场中任一空间点 i 和任一时间点 j 的距平观测值 x_{ij} 能分解为空间函数与时间函数的线性组合 表示为:

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^p v_{ik} y_{kj} = v_{i1} y_{1j} + v_{i2} y_{2j} + \cdots + v_{ip} y_{pj}$$

式中 v_{ik} 称为空间函数 y_{kj} 称为时间函数。写成矩阵形式为: $X = VY$

$$\text{记 } S = XX' \quad \Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \lambda_p \end{bmatrix} \quad \text{则有 } V' S V = \Lambda$$

V, Λ 分别为 S 阵的特征向量组成的正交阵和特征值组成的对角阵。

可知 所谓空间函数部分是指由 S 阵的特征向量组成的正交阵, 时间函数部分是指 $YY' =$

Λ 的那些矩阵 Y 。 Y 可由下式求得：

$$Y=V'X$$

二、气温的空间变化特征

通过对贵州年平均气温距平资料进行 EOF 分析后，得到的特征向量，第一个主分量方差贡献率为 78%（见表 1-2-1），前两个主分量的累积方差贡献率为 88%。第一特征向量（见图 1-2-1(a)）描绘出贵州全年气温的整体空间分布。全省表现为一致的偏高（或偏低）型，其值变化自西向东逐渐减小，高值区在毕节地区西部、六盘水市及安顺地区。第二特征向量（见图 1-2-1(b)）给出了贵州年平均气温的西南、东北部反相变化的特点，即贵州年平均气温具有西南部偏高（低）东北部偏低（高）的气候特点。正距平高值区在毕节地区西部、六盘水市南部及黔东南自治州，负距平高值区在铜仁地区及黔东南自治州北部。

表 1-2-1 温度第一特征量向对总方差的贡献率（单位：%）

全年	季 度				分 月											
	春	夏	秋	冬	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
78	83	81	80	89	85	88	85	86	84	83	80	86	87	87	88	89

各季气温第一特征向量（图见 1-2-1(c)、(d)、(e)、(f)）反映了贵州各季气温变化具有一致性的特点，但各季变化高值中心均不相同。冬、春两季高值区在省的东南部，其值自西南向东北减小，冬季高值区范围小于春季；夏季高值区在省的东北部地区，其值自北向南减小；秋季各地气温变化相差不大，西南部变化略大于东北部。第二特征向量：春、秋两季反映出西南部偏高（低）东北部偏低（高）的气候特点，夏季则呈现南高（低）北低（高）的反相变化特征。

各月气温第一特征向量（图略）的方差贡献均达 80% 以上，已基本浓缩了各月气温场的大部分信息。各月气温第一特征向量均表明各月气温变化具有较好的一致性，即贵州各月气温受大尺度气候异常影响是主要的。但各月高值区均不同。1、3 月高值区在西南部，6、8 月在北部，7 月在东北部，其余各月各地气温变化相差不大，其中：2、12 月贵阳、安顺附近略高于其余各地，4 月西北部略高，5、9 月北部略高，10、11 月西部略高。

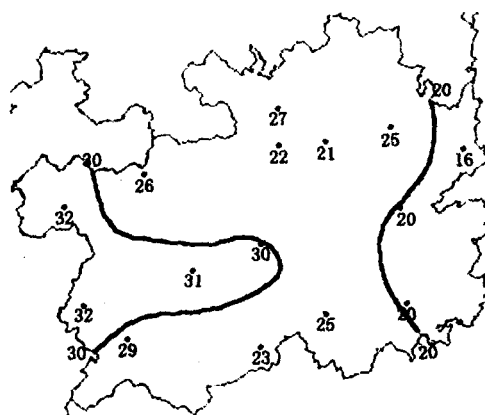
三、降水的空间变化特征

对贵州各月、季、年降水距平进行 EOF 分析后，发现各月降水的收敛要比同期气温的收敛慢得多，5、6 月降水的收敛比其他月慢。这大概是因为引起降水特别是 5、6 月降水的天气影响系统较为复杂的缘故。

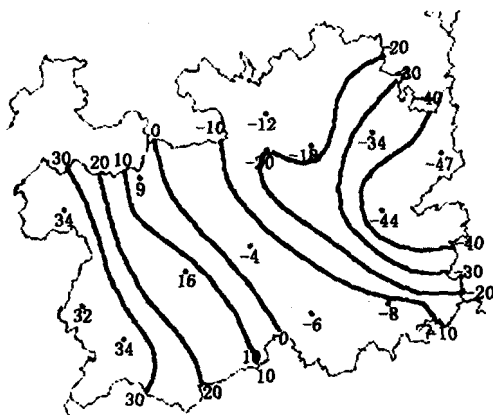
表 1-2-2 降水量前三个主分量对总方差的贡献率（单位：%）

特征向量分量	全年	季 度				分 月											
		春	夏	秋	冬	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	42	44	51	50	64	62	66	48	49	42	38	55	47	43	55	75	71
2	15	14	12	18	11	12	9	20	17	11	18	12	12	15	16	8	9
3	11	9	9	8	8	9	7	9	8	11	13	7	11	11	9	6	7
合计	68	67	72	76	83	83	82	77	74	64	69	74	70	69	80	89	87

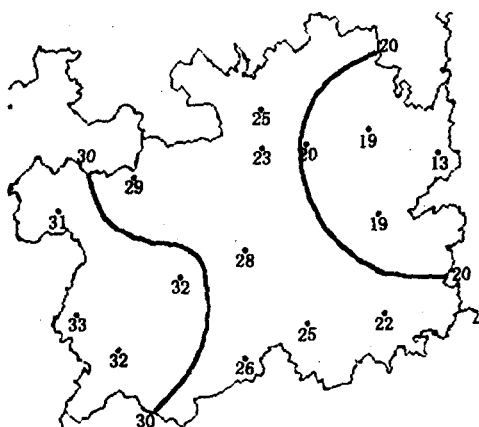
年降水的第一特征向量（图 1-2-2(a)）表明全省降水具有变化一致的特点，其高值区分别



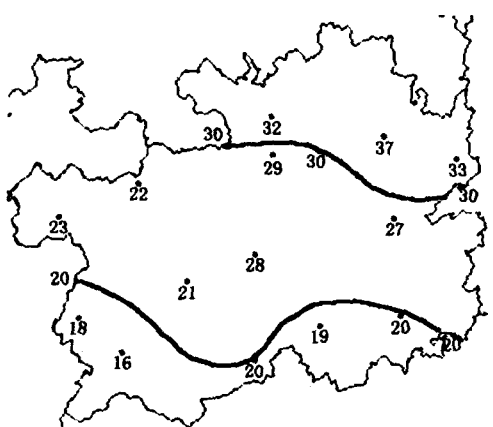
(a) 年平均气温第一特征向量 (0.01)



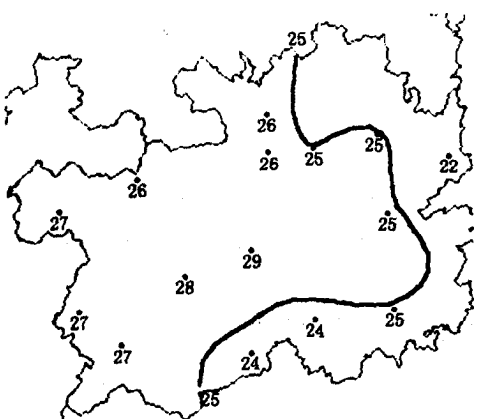
(b) 年平均气温第二特征向量 (0.01)



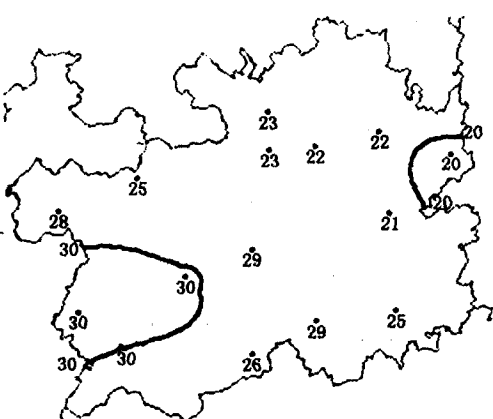
(c) 春季气温第一特征向量 (0.01)



(d) 夏季气温第一特征向量 (0.01)



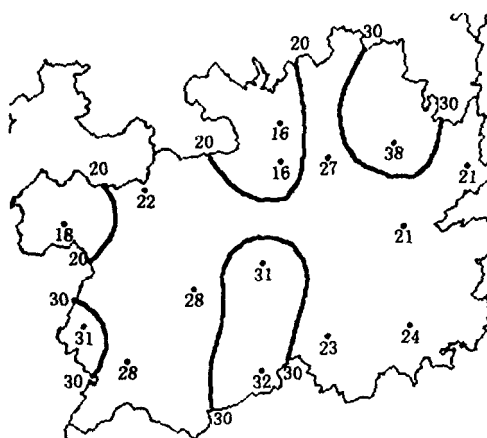
(e) 秋季气温第一特征向量 (0.01)



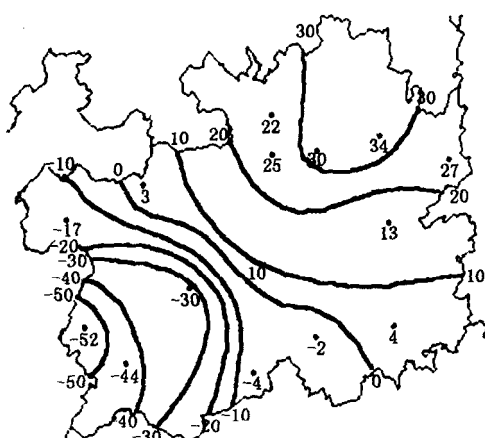
(f) 冬季气温第一特征向量 (0.01)

图 1-2-1 气温的特征向量

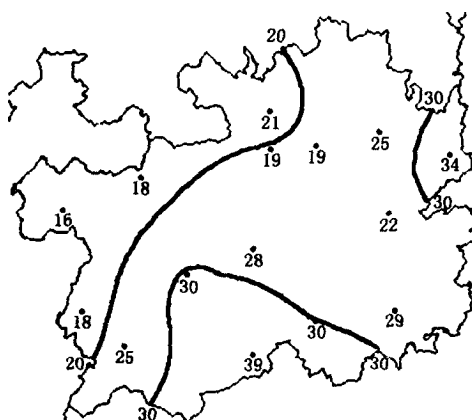
在省的西南部及铜仁地区西部，其方差占总体方差的 42% (见表 1-2-2) 第二特征向量 (见图 1-2-2(b)) 反映了全省降水的南北差异 (即东北多 (少) 西南少 (多) 型) 其方差占总方差的 15%。



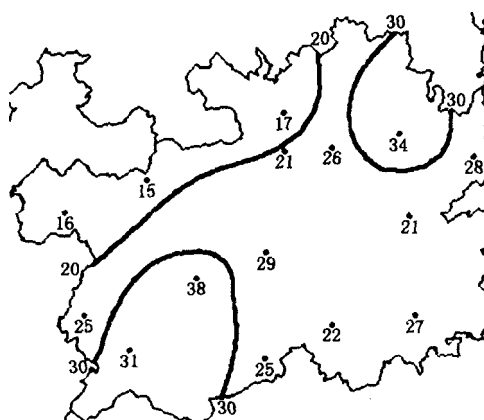
(a) 年降水量第一特征向量 (0.01)



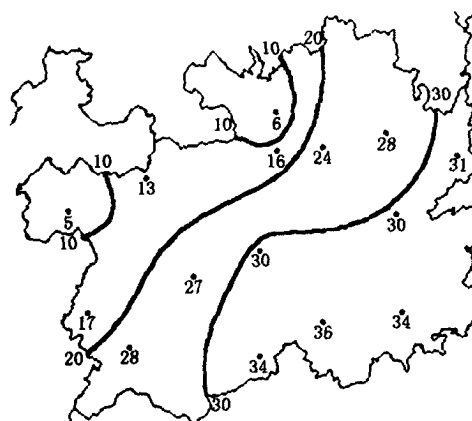
(b) 年降水量第二特征向量 (0.01)



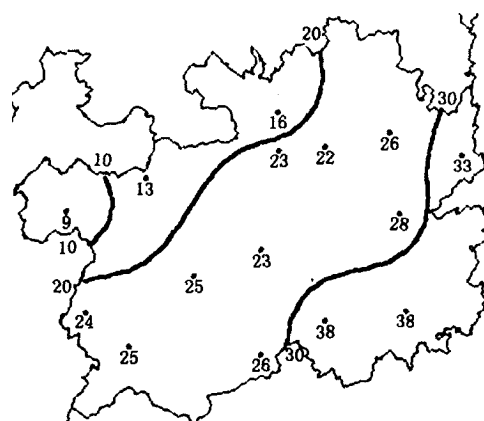
(c) 春季降水量第一特征向量 (0.01)



(d) 夏季降水量第一特征向量 (0.01)



(e) 秋季降水量第一特征向量 (0.01)



(f) 冬季降水量第一特征向量 (0.01)

图 1-2-2 降水量的特征向量

第三特征向量反映了贵州降水东南部多(少), 西南部少(多)的气候特点, 其方差贡献率为 11%。

各季降水第一特征向量(见表 1-2-2)的方差贡献率为 44%~64%。各季(见图 1-2-2(c)、

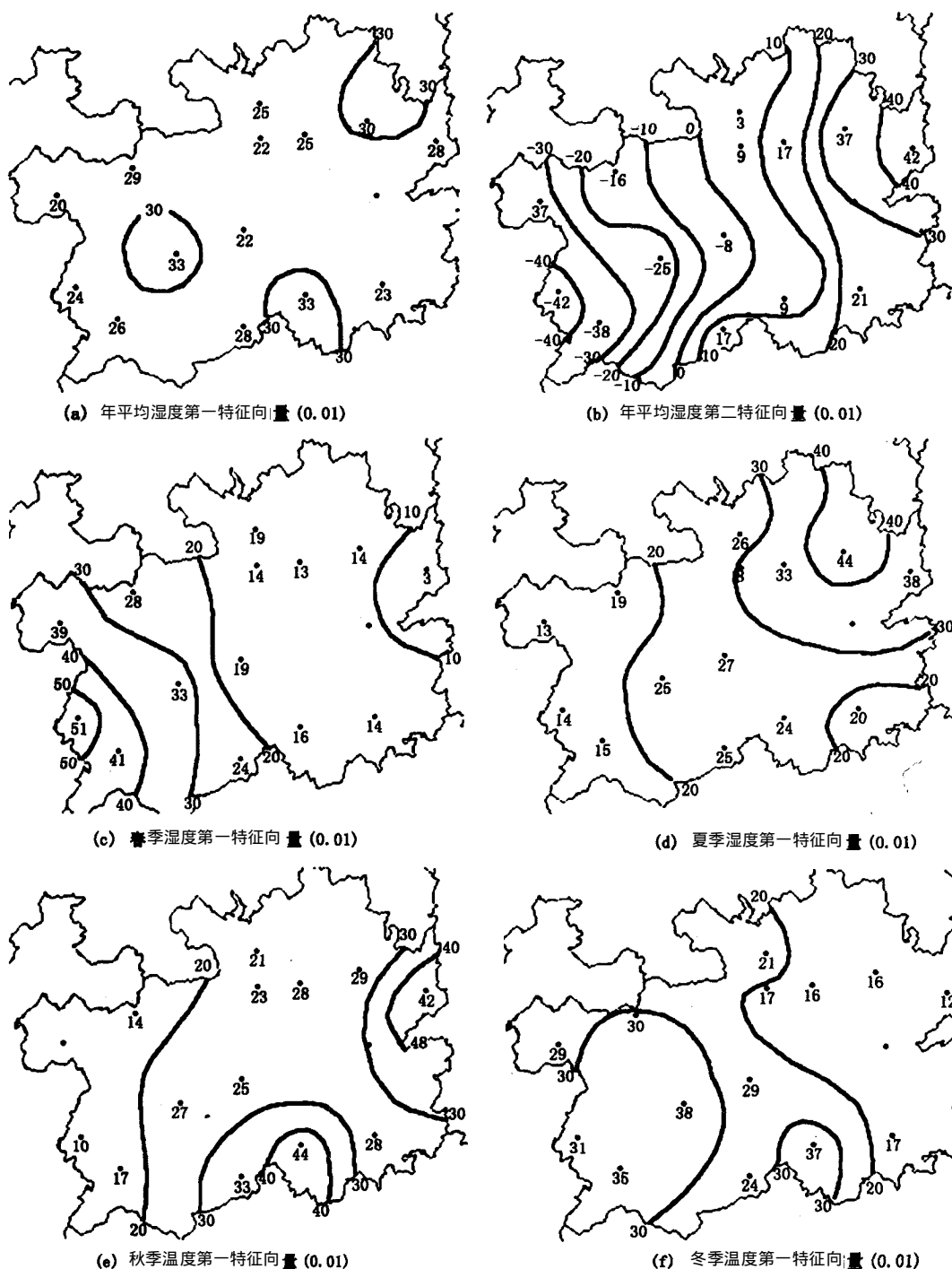


图 1-2-3 湿度的特征向量

(d)、(e)、(f)第一特征向量说明各地季降水变化具有一致性。春季高值中心在罗甸及铜仁；夏季在安顺及思南，秋、冬季在省的东南部。第二特征向量，春季为南多（少）北少（多）型，夏季则具有东南部多（少）安顺附近少（多）的特点，秋季为西南部特多（少）型，冬季则是东南部特多

(少)。

各月降水的第一特征向量(图略)均说明各月降水全省具有一致性的特点,但各月高值区不同。1、2、3、11、12月在东部或东南部地区,5、10月在南部,6月在东北部及安顺,7月在安顺、贵阳附近,8月在西南部及铜仁,9月在安顺、贵阳、遵义一带。

四、湿度的空间变化特点

年平均相对湿度的第一特征向量(见图1-2-3(a))表明各地相对湿度的变化具有一致性的特点,高值中心在安顺、独山、思南。其方差占总体方差的52%(见表1-2-3)。第二特征向量(见图1-2-3(b))反映了贵州相对湿度东大(小)西小(大)的反向变化特点。第三特征向量则说明年平均相对湿度毕节西部及铜仁大(小)南部小(大)的空间变化特征。前三个主分量累积方差贡献率为83%(见表1-2-3)。

各季平均相对湿度的第一特征向量(图1-2-3(c)、(d)、(e)、(f))说明各季相对湿度变化全省一致。各季高值中心分别为:冬、春季在西南部;夏季在东北部;秋季在东部。第二特征向量春季表现为西南部大(小)东北部小(大)的特点,夏季为东部大(小)西部小(大),秋季则表现为东北部大(小)西部小(大),冬季说明西部大(小)东部小(大)的气候特点。

表1-2-3 相对湿度前三个主分量对总方差的贡献率 (单位:%)

特征向量分量	全年	季 度				分 月											
		春	夏	秋	冬	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	52	68	68	66	51	56	51	67	58	52	59	71	77	69	58	67	50
2	20	12	11	14	25	24	28	17	19	23	15	10	7	12	18	18	29
3	11	7	6	6	8	8	9	5	9	8	9	6	5	7	9	5	7
合计	83	87	85	86	84	88	88	89	86	83	83	87	89	88	85	90	86

各月相对而言湿度第一特征向量(图略)说明各月贵州各地相对湿度变化具有一致性。高值中心:1、10、11、12月在独山,2~5月在省之西部,6月在西北部,7、9月在东北部,8月在安顺、贵阳、思南、遵义之间。各月第一主分量的方差贡献率为50%~77%。

第三节 气候灾害的综合分析方法

贵州的农业生产每年都不同程度地受到气候灾害的影响,这些灾害主要有:春旱、夏旱、倒春寒、暴雨洪涝、秋风、秋绵雨、凝冻等。由于各地地形、地势差别较大,各种灾害造成的影响具有明显的局地性特点。如:春旱在西部地区几乎年年都有;夏旱常出现在东部地区;凝冻、倒春寒则在西北部较重等。灾害的局地性特点给灾害的评估带来了较大的困难。以往的评估常常是针对不同灾害、不同地区逐一评述,并且过于注重个别地区、个别类型灾害给农业带来的不利影响,而忽略了整个作物生长过程中各种气候灾害对作物的整体影响。本节采用相对天气气候指标评述大范围、大时间尺度的农业气候灾害。

选取贵州省 19 个代表站(贵阳、遵义、桐梓、湄潭、安顺、盘县、毕节、罗甸、独山、镇远、铜仁、思南、威宁、兴仁、榕江、兴义、都匀、水城、凯里, 下同) 1951~1998 年各种气候灾害指数作为原始资料, 并将资料进行标准化处理, 然后做相对天气气候分析。上述灾害指数资料取自文献^[7], 灾害指数的大小反映了某一灾害的轻重程度。

一、气候灾害综合分析方法

相对天气气候指标分析方法以主成份分析方法为基础, 用天气气候变量替换主成份中选用的变量进行分析计算。选取对贵州省农业生产影响较大的夏旱、春旱、倒春寒、夏季洪涝、秋风、秋绵雨和凝冻 7 种气候灾害指数进行主分量分析, 经过分析得到满足一定精度的几个主成份得分, 将其转换为一维得分矩阵, 并在历史上作纵向比较, 变为相对天气气候指标。分析原理如下:

(一) 资料标准化

取 m 个变量 (灾害指数), n 个样本 分析的年代长度 组成的矩阵 $X_{m \times n}$ 为原始资料 将资料作标准化处理:

$$z_j = \frac{(x_j - \bar{x}_j)}{s_j} \quad j=1, 2, \dots, m$$

z_j 为标准化变量, x_j, s_j 分别为 j 个原始变量的平均值和均方差。所得矩阵为式中

$$Z_{m \times n} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & \cdots & z_{mn} \end{bmatrix}$$

(二) 计算样本的相关系数矩阵

$$R_{m \times m} = \frac{1}{n} (Z_{m \times n} \times Z'_{n \times m})$$

(三) 计算相关系数矩阵的特征值及其特征向量

$R_{m \times m}$ 是一个实对称矩阵, 求出其所有特征值 $\Lambda_{m \times m}$ 及特征向量 $V_{m \times m}$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \lambda_m \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1m} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mm} \end{bmatrix}$$

(四) 计算主成份得分矩阵

由特征向量矩阵 V 和标准化资料矩阵 Z 可计算出主要分量

式中 $Y_{m \times n} = V'_{m \times m} \times Z_{m \times n} \quad y_{ij} = v_{1i} \times z_{1j} + v_{2i} \times z_{2j} + \cdots + v_{mi} \times z_{mj}$
 $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ 由主要分量及特征值 求出主成份得分矩阵

$$F_{m \times n} = \Lambda_{m \times m}^{-\frac{1}{2}} \times Y_{m \times n} \quad f_j = \frac{y_i}{\sqrt{\lambda_j}}$$

(五) 绝对得分转换为相对得分

主要分量分析, 能用较少的几个分量反映原场的主要特征。根据方差极大原则, 保留前 k 个具有最大方差的分量, 它所承担变量总方差的百分比为

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{m}$$

取满足一定精度要求的 k 值 得分矩阵对应取为 $f_{k \times n}$ 式中第 i 个主成份所承担的百分比为

$$p_i = \frac{\lambda_i}{m}$$

将得分矩阵用加权求和的办法变为一个新的一维得分矩阵 T

$$T_i = \sum_{j=1}^k (p_j \times f_{ij})$$

上式的 T_i 为第 i 个样本的得分。

(六) 计算综合相对灾害指数

将 T_i 和所有样本的同样得分进行比较, 设不大于第 i 个样本得分的所有样本数为 n_1 则对应第 i 个样本的相对指数为

$$CI_i = \frac{n_1}{n} \times 100\%$$

CI 代表了第 i 个样本对所选定的 m 个变量来说在所有样本中的地位。若 CI_i 为 100 则第 i 个样本得分最高 若 CI 为 $1/n$ 则第 i 个样本得分最低。

二、气候灾害综合相对指数

根据上述方法 我们计算了贵州 19 个站点 1951~1998 年逐年灾害综合相对指数, 并将其分为 5 个等级 对应如下:

一级灾害(基本无灾)	$0 < CI \leq 20$
二级灾害(轻灾)	$20 < CI \leq 40$
三级灾害(平均气候灾害)	$40 < CI \leq 60$
四级灾害(较重灾)	$60 < CI \leq 80$
五级灾害(重灾)	$80 < CI \leq 100$

由以上划分标准及计算结果, 制作出 1951~1998 年逐年 CI 分布图, 并结合历年气候灾害的分布情况, 我们发现 CI 的分布与气候灾害有较好的对应关系, 综合灾害指数不仅能表达灾害的综合结果, 而且在单个灾害出现异常时亦能有所反映。为此我们选取其中几个典型年份来进一步加以说明。

图 1-3-1 为 1988 年贵州 CI 分布图 图中表明 兴仁、罗甸、镇远等地为基本无灾 遵义北部为平均气候灾害区, 省内其余地区为较重灾区或重灾区。据有关资料表明, 该年春、夏、秋季全省各地相继出现了严重的倒春寒、秋风和春夏连旱等多种气候灾害, 其中, 春夏连旱使全省农作物受灾面积达 1711 万亩; 8 月出现的秋风使 52 个县、市受灾; 3 月下旬全省大部县、市出现倒春寒天气, 黔东南自治州的小麦、油菜被冻死, 使夏收作物成熟期推迟半个月至一个月。

1952 年我省各种气候灾害均不严重, 属比较平和年份, 从该年的 CI 分布图 1-3-2 可以看出, 除黔西南自治州南部、黔南自治州西部及贵阳市出现较重灾害外, 省内其余地区属正常至偏轻年份。

图 1-3-3 是贵州省 1993 年的 CI 分布情况, 该年黔南、黔东南两州大部、安顺地区及贵阳市为严重灾害区。究其原因, 主要是这些地区受到了严重的春旱和洪涝影响。

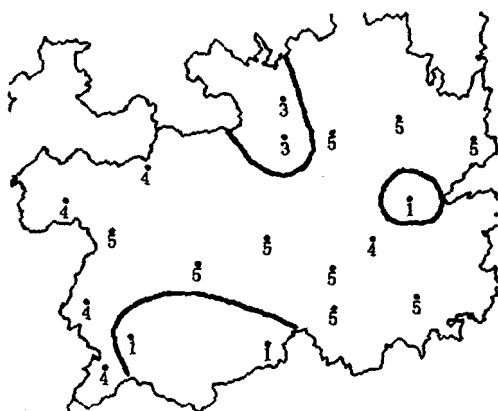


图 1-3-1 1988 年 CI 分布



图 1-3-2 1952 年 CI 分布

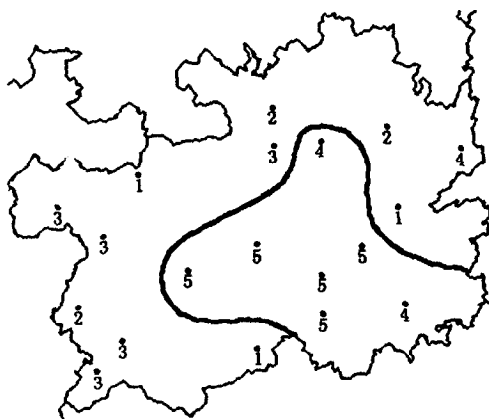


图 1-3-3 1993 年 CI 分布

三、气候灾害综合指数的局地特征

图 1-3-4 至图 1-3-8 为贵阳、毕节、兴仁、榕江和思南五个站点的气候灾害综合相对指数历史曲线，它们反映了各站气候灾害的年际变化特征。

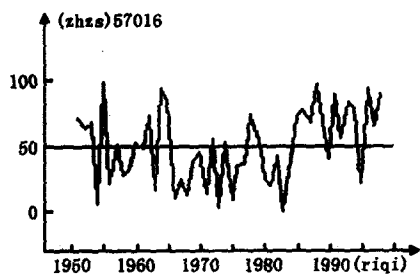


图 1-3-4 贵阳历年气候灾害
综合相对指数

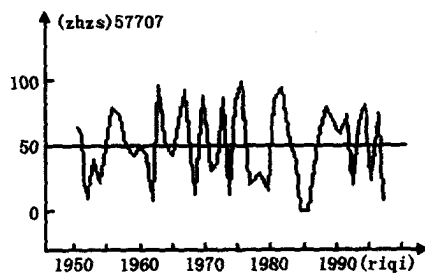


图 1-3-5 毕节历年气候灾害
综合相对指数

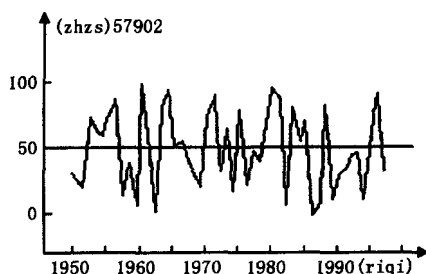


图 1-3-6 兴仁历年气候灾害
综合相对指数

贵阳的重灾年有：1955、1964、1965、1988、1989、1991、1993、1994、1996 和 1998 年，从历史曲线可以看出：20 世纪 60 年代后期到 80 年代前期 贵阳的气候灾害较轻，仅有两年表现为较重级灾害，而 20 世纪 90 年代以来气候灾害明显较重，有 5 年为重级灾害。

毕节的重灾年有：1963、1967、1970、1973、1975、1976、1981、1982、1989、1995 年等，该站气候灾害在 20 世纪 50~60 年代初为相对较轻时段，仅有 3 年为 4 级 20 世纪 60 年代后期到 70 年代前期为较重灾害时段，有 5 年为 5 级灾害。

兴仁的重灾年有 1957、1961、1965、1972、1976、1981、1982、1984、1989、1997 年等，该站气候灾害在 20 世纪 80 年代前期相对较重，而 20 世纪 90 年代后相对较轻。

榕江的重灾年有 1954、1965、1968、1970、1971、1979、1980、1988、1992、1996 年等，在 20 世纪 60 年代后期到 70 年代初该站气候灾害相对较重，有 4 年出现 5 级灾害。

思南的重灾年有 1966、1970、1972、1975、1981、1985、1987、1988、1989、1994 年等，重灾时段出现在 80 年代后期（1985—1989 年），5 年中就有 4 个重灾年，1 个较重灾年。

以上分析表明：贵州各站点灾害的年际变化存在着较大差异，也就是说，贵州的气候灾害具有明显的局地性特征。

四、几点结论

(1) 对大范围、大时间尺度的农业气候灾害的评价，相对天气气候分析方法不失为一种较好的评估方法，它可以用相同的指标表征程度相同的灾害。

(2) 通过对各站点 7 种气候灾害指数进行相对天气气候分析后所得的综合相对指数，不仅能给出各种灾害造成的总体结果，而且在单个灾害指数出现异常时亦能有所反映。

(3) 综合指数的年际变化表明：贵州气候灾害具有明显的局地特征。

(4) 由于贵州各地地形地势及气象条件的差异，决定各地栽培的作物种类不同，各种作物对同一气候灾害具有不同的承受能力，因而对不同地区应该选取与该地区作物相关程度较高的某几种气候灾害指数作综合分析，这样所得的结果才能更好地体现农业灾害的危害程度。

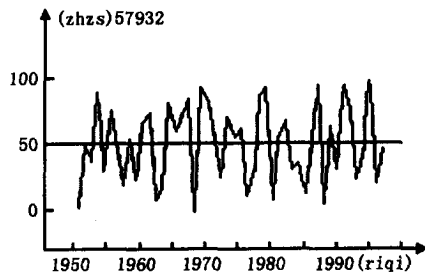


图 1-3-7 榕江历年气候灾害
综合相对指数

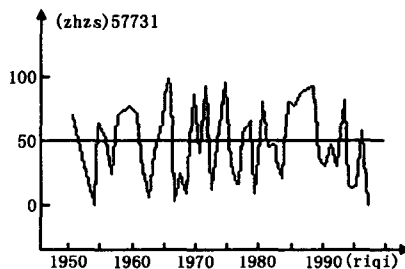


图 1-3-8 思南历年气候灾害
综合相对指数