

第 三 册

# 《统计学》辅导

曹毓侯 主编



中国展望出版社

统计学

# 统计学辅导

——

中国统计出版社

# 《统计学》辅导

(三)

曹毓侯 主编

吕月瑞 李目珍 刘兰亭 任若恩

中国统计出版社

一九八四 北京

## 内 容 提 要

本书是《统计学》辅导下册，包括胡孝绳著《统计学》原书第二十章至第三十章的内容，主要是阐述时间数列变动（包括长期趋势、季节波动、循环波动、不规则变动）的分析方法，以及各种相关分析（包括直线相关、非直线相关、等级相关与品质相关、复相关与净相关）的计算公式和预测方法；其次是阐述时间数列相关，景气预测和实验统计设计的应用方法。每章后面附有思考题与练习题，书后附有思考题及练习题解答，可供大专院校师生及统计工作者学习参考。

### 《统 计 学》辅 导（三）

曹毓侯 主编

中国展望出版社出版

（北京西城区太平桥大街4号）

太原新华印刷厂印刷

北京新华书店发行

开本：850×1168毫米 1/32 15.5印张

382.6千字 1984年9月 北京第1版

1984年9月 太原第1次印刷 1—55,000册

统一书号：4271·055

定价：1.90元

## 编 后 记

本书是对香港中文大学胡孝绳先生所著《统计学》的辅导资料，共分上、中、下三册，上、中册已于1983年 月份先后出版。本书第二十、二十一章由吕月瑞提供初稿，第二十二章由曹毓侯提供初稿，第二十三、二十四章由刘兰亭提供初稿，第二十五、二十六、二十七、二十八、二十九、三十章由任若恩提供初稿。其中：第二十、二十一、二十三、二十八章由李目珍修改，第二十七章由曹毓侯修改，第二十四、二十五、二十六、二十九、三十章由吕月瑞修改，最后全部由曹毓侯主笔修改定稿。思考题与练习题解答，由任若恩、李目珍、龚宝和等同志编写。本书在编写过程中，得到山西省统计学会的大力支持和帮助，借此表示感谢。

一九八三年十月二十日

# 目 录

|                |         |
|----------------|---------|
| 第二十章 时间数列总说    | ( 1 )   |
| 一、时间数列的性质      | ( 1 )   |
| 二、四种波动的内容      | ( 3 )   |
| 三、时间数列资料的整理    | ( 9 )   |
| 第二十一章 长期趋势(一)  | ( 12 )  |
| 一、计算长期趋势的目的与方法 | ( 12 )  |
| 二、随手法          | ( 14 )  |
| 三、部份平均法        | ( 15 )  |
| 四、选点法          | ( 17 )  |
| 五、移动平均法        | ( 18 )  |
| 六、最小方法——直线趋势   | ( 28 )  |
| 第二十二章 长期趋势(二)  | ( 44 )  |
| 一、计算曲线趋势的方法    | ( 44 )  |
| 二、加权移动平均       | ( 45 )  |
| 三、配合多项式        | ( 51 )  |
| 四、应用对数         | ( 60 )  |
| 五、配合渐近成长曲线     | ( 66 )  |
| 六、趋势曲线的选择      | ( 83 )  |
| 第二十三章 季节波动     | ( 90 )  |
| 一、测定季节波动的目的与方法 | ( 90 )  |
| 二、原资料平均法       | ( 93 )  |
| 三、全年比率平均法      | ( 98 )  |
| 四、平均数趋势整理法     | ( 100 ) |
| 五、趋势比率法        | ( 104 ) |

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| 六、十二个月移动平均法           | ( 108 ) |
| 七、图解法                 | ( 115 ) |
| 八、环比法                 | ( 119 ) |
| 九、各种测定方法的选用           | ( 124 ) |
| 十、渐变季节性的测定            | ( 125 ) |
| 十一、季节性的消除             | ( 127 ) |
| 第二十四章 循环波动            | ( 132 ) |
| 一、测定循环波动的意义与目的        | ( 132 ) |
| 二、残余法                 | ( 134 ) |
| 三、直接法                 | ( 146 ) |
| 四、循环平均法               | ( 148 ) |
| 第二十五章 单相关             | ( 161 ) |
| 一、相关与回归的意义            | ( 161 ) |
| 二、直线相关与分布图            | ( 163 ) |
| 三、相关系数的原理分析           | ( 164 ) |
| 四、 $\gamma$ 的解释       | ( 172 ) |
| 五、回归直线与最小平方法          | ( 174 ) |
| 六、 $\gamma$ 的简单算法与计算例 | ( 179 ) |
| 七、估计标准误               | ( 184 ) |
| 八、相关系数与离势程度的关系        | ( 189 ) |
| 九、分组资料与相关表            | ( 193 ) |
| 十、总体相关系数的估计数          | ( 202 ) |
| 十一、相关系数的可靠性           | ( 205 ) |
| 第二十六章 等级相关与品质相关       | ( 218 ) |
| 一、等级相关                | ( 218 ) |
| 二、品质相关                | ( 221 ) |
| 第二十七章 非直线相关           | ( 227 ) |
| 一、非直线相关与分布            | ( 227 ) |

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| 二、相关的测验                      | ( 230 ) |
| 三、非直线形式的改换——对数直线             | ( 244 ) |
| 四、非直线形式的改换——倒数直线             | ( 254 ) |
| 五、一般曲线回归的计算                  | ( 260 ) |
| 六、分组资料曲线回归的计算                | ( 270 ) |
| 七、曲线相关指数的可靠性                 | ( 280 ) |
| 八、相关率                        | ( 283 ) |
| 九、相关系数、相关指数与相关率的比较           | ( 294 ) |
| <b>第二十八章 复相关与净相关</b>         | ( 299 ) |
| 一、概    说                     | ( 299 ) |
| 二、基本算法                       | ( 305 ) |
| 三、复相关测定数的计算                  | ( 320 ) |
| 四、净相关测定数的计算                  | ( 334 ) |
| 五、复相关系数、净相关系数及估计标准误的其他<br>算法 | ( 389 ) |
| 六、Beta 系数                    | ( 352 ) |
| 七、复相关与净相关显著性的测验              | ( 355 ) |
| 八、复相关系数与净相关系数的标准误            | ( 358 ) |
| 九、复相关系数与净相关系数的总体估计数          | ( 360 ) |
| 十、曲线复相关                      | ( 364 ) |
| <b>第二十九章 时间数列的相关与景气预测</b>    | ( 370 ) |
| 一、时间数列相关的性质                  | ( 370 ) |
| 二、时间数列相关的测定                  | ( 371 ) |
| 三、时间落后的计算                    | ( 391 ) |
| 四、景气预测的方法                    | ( 399 ) |
| <b>第三十章 实验的统计设计</b>          | ( 405 ) |
| 一、实验设计的重要                    | ( 405 ) |
| 二、如何使实验成为敏感                  | ( 405 ) |

|                  |         |
|------------------|---------|
| 三、实验变数的排列.....   | ( 407 ) |
| 四、实验设计的数学模型..... | ( 409 ) |
| 五、应用说明.....      | ( 418 ) |
| 附思考题与练习题解答.....  | ( 423 ) |

## 第二十章 时间数列总说

时间数列是用以对经济现象进行历史对比，动态分析和预测的重要统计方法。本章主要是阐述有关时间数列的基本问题，具体内容包括：

一、时间数列的基本性质和分类。

二、经济数列四种波动的具体内容，包括：

（一）长期趋势；（二）季节波动；（三）循环波动；  
（四）不规则波动。

三、时间数列资料整理的原则和方法

### 一、时间数列的性质

时间数列是将一系列数量测定数按照时间顺序加以排列，用以反映客观现象发展变化的趋势。所以也称为历史变数或动态数列。时间数列与前述次数数列不同，在时间数列中，每一个数量测定数并不是彼此独立相互无关的，而是存在着一定的联系。比如一、二月份世界黄金价格，二月份的价格是在一月份价格的基础上升降变动的结果；而掷硬币出现正面或反面，却每次都是独立的。

各种时间数列所表现的客观事物发展变化的程度，是许多因素发展变化共同作用的结果，可称为总波动。要想将各种原因彼此加以划分，并作出精确计算，则是不可能的。但是将这些原因归纳为不同的种类，每类原因对总波动的具体影响程度则可以测定。这些原因最普通的分类可归纳为四种，也就是将时间数列波

动按其原因可分为四种：

(一) 长期趋势。是在相当长久的时期中，任一项活动所表现的向上或向下方向的持续发展。

(二) 季节波动。是在一个日历年度内，一种活动的变化，其变化原因是直接或间接与自然界的季节有关。

(三) 循环波动。是近乎规律性的从高至低再从低至高的遇回曲折的变动，在本质上具有扩张与收缩反复发生的形相，每一个循环期常在一年以上。

(四) 无定波动。是一种活动的不规则与非循环的变化，其原因是各种意外事件的发生，这种变化的出现，同该种活动在正常情况下平滑动向没有一定关系，故又称为意外波动。

各种时间数列的波动，实际上都是由上述四种波动的一部份或全部所形成。比如自然现象时间数列的气温变化，主要是季节变化的影响；社会现象时间数列的人口变动，则主要是长期趋势的影响；至于经济现象时间数列的物价变动，产量变动等，则既含有长期趋势，又受季节影响，在资本主义社会还含有循环波动，而且还可能受意外因素的影响。可见各种时间数列的波动，以经济数列最为复杂。以后讨论时间数列，都以经济数列为主要对象，实际上上述分类就是以经济数列对象进行划分的，亦可称为经济波动分类。至于非经济时间数列，情况比较简单，所需讨论的问题，可参考经济数列的有关论述。

应用统计方法，虽然可从经济活动指数中划出长期趋势，季节波动和循环波动，但至今还无法从总波动中单独抽出或消除无定波动。按照统计学者的习惯，在进行统计分析时，一般都将无定波动与循环波动相混同，仍称其为循环波动。

上述经济波动按原因分类，是统计学者习惯采用的分类法，但有人提出其它分类法。为伊思斯特·维奇曼(Ernst wagemann)提出为了区别经济结构的变化与一定经济结构内部的波

动，将经济波动划分为单独变化（或结构变化）与周期性波动两大类。

（一）单独变化可区分为：1、不连续变化，是指对原来发展方向的破坏，包括意外变动与经济组织全部结构的变动；2、连续变化，这种变化表现为发展，扩张、紧缩及不断转变方向的变化，主要指长期趋势。

（二）周期波动可区分为：1、由于固定规律所发生的波动，主要包括季节波动以及其它在一定时期内有规律地反复发生的波动；2、由于自由规律所发生的波动，指各种扩张与紧缩不断反复重现的变化，但没有固定的或不变的期间，包括通常所谓商业循环，及其它一切具有循环性质的变动。

而伊斯特（Wames Arthur Estey）提出经济波动可分为两大类型：1、不重复及无规律的波动，如长期趋势，无定变动及结构性的变化；2、重现及有规律的波动，如季节波动及循环波动。

各种分类，实际上大同小异，后两种分类都是以第一种分类（按原因分类）为基础，仍未脱离经济波动所包含的长期趋势，季节波动，循环波动及无定波动等基本概念。

## 二、四种波动的内容

（一）长期趋势：指经济现象遵循一定方向自动地或被动地不断作长时期的变动。其变动时期都长于商业循环。这种变动通常可想像为向上发展，因为各种经济发展受人口增长，技术进步及财富积累等根本因素的影响，皆有向上的趋势。因此，长期趋势有时也可视为经济成长的因素。但不能否认趋势有向下或转向的可能。所谓转向，即从向上趋势转为向下趋势或由向下趋势转为向上趋势。这是因为各种经济发展不仅受上述一些根本性因素

的影响，而且还要受到不同时期具体客观条件（包括政治的、经济的和自然的）的影响，从而使某种商品生产在某一时期是不断增长，而在另一时期则又不断下降。比如资本主义国家的建筑业生产，在经济开发时期，则不断增长，到充分开发时期则又转为向下趋势。这种上下反复趋势又称为次级趋势，严格地讲应称为长期循环。此外若干时间数列，并无明显趋势，姑且称其为水平趋势。

（二）季节波动：季节波动是指经济现象受着自然因素的影响，在一年内（周期）随着季节的更换而引起的比较有规律性的变动。季节波动可区分为季节的自然波动与季节的人为波动，现对二者内容分述如下：

1、季节的自然波动：是指由于自然界季节变化对物资供求的影响而产生的经济波动。在供给方面，农作物的生产，必须受季节气候变化的影响，从而使得交通运输、工业、商业以及建筑业等各个行业的活动也随着季节的更换而摆动。在需求方面，由于时序更易，冷热风雨、人们生活用的各种消费品的需求也会随之而波动。

2、人为季节的波动：是指由于制度，习惯，行政及法律的约束，所产生的季节性的经济波动。我国许多商品销售额在春节、中秋节及端午节俱增，西方在圣诞节与复活节时贸易也较为活跃，这都是习惯的季节。企业进行结算，商店清算货款，政府征收税款等等皆有一定时期，这是制度，行政或法律的季节。虽然许多人为季节是以自然季节为基础，而自然季节所引起的活动变化，往往又形成人类习惯，因此所谓自然季节实际上又转变为习惯季节。

季节变动一年为周期，至于不满一年的周期运动也很多。每月各日亦有周期，如银行存款月初增加，月末减少；每周各日也有周期，比如娱乐场所，周末拥挤平日清淡；每日各小时也有周

期；比如市内交通工具在职工上下班时间就很紧张，其它时间则比较清闲。这些周期运动可称为准季节波动。

（三）循环波动：如前所述经济数列的总波动包括长期趋势、季节波动，循环波动和无定变动等四种。前二种是总波动的主要构成部分，二者结合在一起又称为标准变动。而且这两种波动可以运用统计方法加以计算，从总波动中单独抽出，至于后两种波动，由于无定变动不易计算也不易单独抽出，习惯上把二者混在一起，仍称为循环波动。可见，所谓循环波动就是指从原数列的总波动中消去长期趋势和季节波动（即消去标准变动）之后所剩的余额，故又称为剩余变动。

循环波动不同于长期趋势，因为它不是朝单一方向持续运动，而是涨落相间或扩张与紧缩相交替的波动。它也不同于季节波动，首先是其规律性低于季节波动，因为它仅具有自由规律，而季节波动则具有固定规律。其次是循环波动仅具有可识别的模型，而季节波动不仅具有可识别模型，而且有固定期间。很多经济活动与非经济活动都呈循环波动，比如产量、物价、利率、储蓄、证券交易、进出口贸易以及结婚率和生殖率等，其变动都含有循环波动。（这里主要是指资本主义国家的情况）。

循环波动可分为特殊循环与经济循环。前者是个别经济活动的循环波动，后者是整个社会经济活动或商业活动的循环波动，所以也称为商业循环。在经济社会中，任何一项经济活动都不是孤立存在的，因此许多特殊循环都是相互关联的。而整个社会的经济活动或商业活动正是各项相互联系、相互制约的个别经济活动的综合体，因此经济循环或商业循环波动，也必然是由许多相互联系相互制约的特殊循环汇集而成。不论特殊循环或经济循环，都包括扩张与紧缩交替的模型所具备的一切波动。从历史实践来看，这种波动时期的长短与影响程度的轻重差异很大，可区别为大循环与小循环现将其内容分述如下：

1、大循环：是指介于两个商业恐慌之间的经济波动，其特点是波动期较长，影响较大，大循环最早是由法国经济学家克里门第·朱克拉（Clement Juglar）提出的。他首先认为恐慌是商业循环波动的一部份，所以也称为朱克拉循环。后来瑞典经济学家卡塞尔（G·Cassel）具体指出1873、1882、1890、1900及1907年是法国商业循环的起点与终点，这些年份都是商业恐慌年份。米契尔（Mitchell）也指出：从1812年至1920年的110年中，美国曾经过十五次恐慌平均期间为7.3年。但是到底什么叫恐慌？还没有明确的统一的定义，普通是指引起金融市场纷乱而来的商业危险状态。但是从实际情况来看，这种纷乱并非发生在大紧缩的开始，而是发生在大紧缩结束之后，所以现代经济学家都主张以两个大萧条之间的一个大循环，汉森（A.H. Hansen）根据这种主张，计算美国从1857——1937年80年间共有10个大循环，平均期间为8年。

2、小循环：是指为期较短的循环。从主要资本主义国家经济波动的记录来看，在大循环的向上摆动中，并非直线上升，而是参杂着小型的上下摆动，比如本世纪20年代，美国的经济扩张，就间插着两次小型低潮，一为1924年、一为1927年，二次世界大战后的经济扩张也间插着1949及1954年的两个低潮。如果按小低潮至小低潮计算，则循环期较短，次数较多。据汉森计算，美国从1857——1937年80年中曾经历小循环23次，平均长度3.48年。按照乔斯畅·克孜（Joseph Kitchin）根据英美的有关资料计算，小循环的长度为40个月。并指出大循环是小循环的总合，通常包括两三个小循环，大循环长度平均为80年，但通常为7年或10年。

综上所述，商业循环实际上是大循环和小循环所组成。从对经济发展的影响来说，大循环较为重要，而小循环影响较小，但从科学分析角度来说，二者则同样重要，因为两者都能呈现繁

荣、萧条、衰落和复元四种循环的基本典型。所以米契尔 (Mitchell) 把一切循环波动, 不论大循环或小循环统称为商业循环。

比商业循环为期较长者, 还有建筑循环和长期波动。对于前者互伦 (Warren) 及皮尔逊 (Pearson) 指出, 从1830年至1935年间, 其波长为18年, 若从两个相连的低潮计算1934年——1945年间, 其波长为11年, 而1945——1953年其波长为8年, 这种循环总是与大循环融合在一起。后者为期更长, 大约50年至60年完成一循环, 以英美批发物价资料来看, 1790——1930年的140年间物价趋势方向的改变共经历了五次, 每一循环波长, 恰好与此相吻合。物价长期波动, 似乎与经济活动的长期循环互相结合。经许多经济学家研究, 发现经济活动确实具有长期波动。尤其是俄国的经济学家康托拉季夫 (Kondratieff) 的研究, 更受世人所重视。他根据英法的资料计算1780年——1920年, 经济活动形成两次半的长期波动, 每次循环约历时50年, 其起止时间如下:

第一次循环……高潮1780—1790年至1810—1817年  
低潮1810—1817年至1844—1851年  
第二次循环……高潮1844—1851年至1870—1875年  
低潮1870—1875年至1890—1896年  
第三次循环……高潮1890—1896年至1914—1920年  
低潮1914—1920年至……………

这种长期循环称为康托拉季夫 (Kondratieff) 循环。由上可见, 经济活动的基本变化, 包括三种主要循环, 一为小循环, 循环期为40个月; 二为大循环, 约由三次小循环所构成; 三为长期波动, 约由六次大循环构成。

(四) 不规则波动: 从历史实践中可以看出有许多无重现性原因, 也足以振动整个经济活动。比如各种自然灾害、罢工、革命、战争、选举、立法变更、及司法裁决等等, 都可能引起影响

程度不同，时间长短不一的商业兴旺与衰落。这种原因之所以不同于长期趋势、季节和循环波动，主要是它无法计算，无法预测，无法消除也无法抗拒。因为这种因素具有偶然性，根据或然率原理，如果这类原因很多，而且各自独立，则有相互抵消的可能。但是当这些因素相互存在着联系而且受一、二个重大因素所支配，则难以相互抵消。将会形成商业波动，往往振动幅度很大，无法以长期趋势、循环和季节波动加以解释。最剧烈的无定波动原因是战争。大规模战争，可导致商业活动的反常发展，甚至使之陷入衰落的深渊。因此足以改变经济基础，造成经济的结构变化。

所谓结构变动，根据维奇曼（Wagemann）解释，是经济制度的组织与气质的转变。如第一次世界大战将美国从债务人地位转变为债权人的地位，将法国从债权人地位下降为债务人地位；二次大战，美国公债数额大量变化，金本位有可能永久废弃及原子能用于和平的生产等，都是结构性的变动。除了战争之外，各种经济事件，也可导致结构变动。比如南非黄金的发现，1840年英国采取的自由贸易，本世纪50年代西方国家采取的禁区政策等等，都是结构波动。推而广之，凡是一国中央银行制度的建立，外汇贸易的管制，赋税政策和推行以及其它重大经济事件的发生，都能造成一国甚至全世界经济结构性变动，结构性波动可视为是对经济社会主要状态的一种重大修正，它虽然导源于无重现性原因，但是却严重的影响到重现性的循环波动。

总之，任何一个国家的经济都是在不断发展变化的，如果对此加以科学的系统的归纳和分析，实际上都是由上述四种波动所构成。（当然在不同的社会制度下，各种波动的性质，特点以及影响程度存在着本质的差别）。要了解经济波动的真相，就必须对这四种波动加以研究。除无定波动不能测定外，随后几章将分别阐述经济波动中的长期趋势、季节波动及循环波动的统计测定