水质监测技术丛书

水质数理统计·评价·预测与规划

金光炎
黄道基
郑英铭
高维真 著

中国科学技术出版社

水质监测技术丛书

水质数理统计·评价·预测与规划

金光炎 黄道基 郑英铭 高维真 著

中国科学技术出版社

本书比较系统地介绍了水质数理统计、水质评价方法和水质预测与规划的有关技术知识和基本方法，并附有实例，可供水利、环保、卫生、城建、海洋和工农业生产等部门从事防治污染管理和保护水资源的有关人员阅读参考。

* * *

水质数理统计·评价·预测与规划
金光炎　黄道基　郑英铭　高维真　著
责任编辑　姜伟

*

中国科学技术出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）
新华书店北京发行所发行　各地新华书店经售
石家庄市　塔冢印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/32　印张：15.3125　字数：330千字
1991年7月第一版　1991年7月第一次印刷
印数：1—3，000册　定价：8.00元
ISBN 7—5046—0426—7/TB·7　登记证号（京）175

编　序

工农业生产和城市的迅速发展，大量废污水未经处理直接排入河道，污染了水资源，加剧了水资源的供需矛盾，不仅影响人类的生活、生产，还破坏了自然界的生态平衡。七十年代以来，水利等部门开展了水污染的监测，积累了大量的水质资料。如何使这些宝贵的水质资料变为直接服务于生产的成果，也就提出了如何对水质数据进行加工整理、统计分析的问题。

陆地表面的各种水体遭受到不同程度的污染，如何客观地、科学地评价、定量的预测已成为水资源保护工作者关注的重要问题。例如：对受到经常性的废污水排放或突发性污染事故的排放影响水域的水质预测，以便采取防范措施；对开发建设工程项目（包括水利水电工程）进行水环境质量的预断评价；在制定地区水污染物排放标准或确定各入河排污口的允许排放量和评价执行排放标准的效果等都需要作出水质预测。

本书正是为解答这些问题而组织编写的一部实用工具书。全书共分三部分。第一部分为水质数理统计，由金光炎、黄道基高级工程师编写，邹学田高级工程师审阅；第二部分为水质评价方法，由郑英铭副教授编写，北京大学地理系关伯仁教授审阅；第三部分为水质预测与规划，由高维真

副教授编写，中山大学唐永銮教授审阅。全书由邹学田高级工程师编辑加工。

我们相信，本书能在水资源的管理和保护，水工程的环境影响评价，水质评价和预测预报等工作中给读者带来帮助，有所裨益。当然，由于编辑这套《丛书》实属首次，缺点和不足在所难免，殷切希望读者给予批评指正。

水利部水文司

一九九〇年十二月于北京

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　录

第一篇　水质数理统计

第二篇　水质评价方法

第三篇 水质预测与规划

第一篇　水质数理统计

第一章　概率论的基本知识

§1—1　事件和随机事件

概率论中最基本的概念是“事件”，按其发生的可能性大小，划分为三类：

在试验中，不可避免地要发生的事件，称为必然事件。例如，在酸性溶液中，测得PH＜7的事件为必然事件。

在试验中，一定不发生的事件，称为不可能事件。例如，在上例中，测得PH＞7的事件为不可能事件。

在试验中，可以发生也可以不发生的事件，称为随机事件。例如，在河水中采样分析某种有毒元素，可能检出或未检出；如果检出，可能超标或不超标。这些都是随机事件。

概率论中所研究的对象主要是随机事件。它的两种极端情况是必然事件和不可能事件。随机事件具有这样一个特点，即在一定条件下所作的重复试验中，就个别情况来说，该事件发生与否是随机的，但对大量的情况来说，它的发生具有某种规律性，这就是统计规律性。例如，投掷硬币，可能出现正面或反面，但当投掷次数较多时，可以发现正面和反面的出现次数近似相等，也就是出现正面和反面的可能性基本上是一样的。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

为了讨论方便，常用A、B、C等字母作为事件的代号。同时，在研究两个或多个事件时，要表达这些事件之间的关系，若用文字来说明，可能很罗嗦，引入一些记号来表达它们之间的关系，就更清楚明了。

事件$A+B$表示事件A和事件B中至少发生其中的一个事件。同样，事件$A_1+A_2+\cdots+A_n$表示在事件A_1、A_2、…、A_n中至少发生其中的一个事件。

事件AB表示事件A和事件B同时发生的事件。若事件A和事件B永远不可能同时发生，则称事件A和事件B为互斥（互相排斥）或互不相容。同样，事件$A_1A_2\cdots A_n$表示事件A_1、事件A_2、…、事件A_n均同时发生的事件。若事件A_1、A_2、…、A_n中任意两个均为互斥，则称它们为彼此互斥。

举例说明。硬币在一次投掷中，出现正面设为事件A，出现反面设为事件B。把第一次投掷时出现正面及反面的事件记为A_1及B_1。同样，第二次投掷记为A_2及B_2，第三次投掷记为A_3及B_3。事件$A_1+A_2+A_3$表示在连续三次投掷中，至少有一次出现正面的事件。事件$B_1B_2B_3$表示在连续三次投掷中，都出现反面的事件。显然，事件A_1+B_1、A_2+B_2和A_3+B_3都是必然事件。事件A_1B_1表示在第一次投掷中，既要它出现正面，而同时又要它出现反面，当然是不可能事件。因此，事件A_1和B_1是互斥的。

再引入一个概念。如果$A+B$为必然事件，而A和B互斥，则称B为A的补事件，用$\overline{A}$来代表B。同样，A为B的补事件，以$\overline{B}$代表A。例如，投掷硬币出现正面和反面互为补事件。

§1—2 概率的定义

每一事件的出现都有某种程度的可能性。我们把这种可能性的大小用数量来表示，并称这一数量为出现所指事件的概率。

有许多这样的试验，它的各种结果（事件）在客观上具有同等的可能性，或者说各种结果（事件）的概率相同。例如投掷一枚硬币，我们没有理由说，出现正面的可能性会比出现反面的可能性大一些或小一些，所以它们的概率相等。对于结果具有同等可能性的试验，可以应用下述方法来计算。

设某一试验共有n种不同的可能结果，其中各个结果均具有同等的可能性。如以m表示出现事件A的可能结果数，则出现事件A的概率为

$$P(A)=\frac{m}{n} \qquad (1-1)$$

这个公式叫做概率直接计算公式，概率论中称它为古典概率公式。

〔例1〕 盒中装有形状和大小完全一样的10个圆球，其中4个为红球、6个为白球，问任意取出一个红球的概率是多少？

〔解〕 因为全部可能结果数$n=10$，而取红球的可能结果数为$m=4$，故取出一个红球的概率为

$$P(\text{一个红球})=\frac{4}{10}=0.4$$

〔例2〕在52张扑克牌中，任意抽取一张，问抽得牌K的概率是多少？

〔解〕在此$n=52$，因K有4张，即$m=4$，故抽得一张牌K的概率为

$$P(K)=\frac{4}{52}=\frac{1}{13}$$

在式（1—1）中，令$m=n$，即出现事件A的可能结果数就是试验中的全部可能结果，则

$$P(A)=\frac{n}{n}=1$$

概率等于1表示不论在哪一次试验中，我们欲求的事件总是出现的，此即必然事件。如在例1中，改为任意取出一个球的事件，这就是必然事件。

在式（1—1）中，令$m=0$，也就是全为不利场合，则有

$$P(A)=0$$

概率得零表示在每次试验中都不会出现欲求的事件，此即不可能事件。在例1中，如果要求取出一个黑球，当然是不可能取出来的，这就是不可能事件了。

一般，每次试验的结果，可能出现这种情况，也可能出现那种情况，如在例1中，每次取出，可得红球（其出现概率为0.4），也可得白球（其出现概率为0.6）。这类事件就是随机事件，其概率总是介于0与1之间，不可能是负数，也不可能大于1，这是概率的一个重要特性。

对于互斥事件，可以引出下列概率相加定理。

〔定理〕若干互斥事件中任何几个事件出现的概率等于这几个事件各自出现的概率之和。

设某试验有n种不同的可能结果，其中出现事件A_1的有m_1种，出现事件A_2的有m_2种，出现事件A_K的有m_K种，

而这k个事件A_1、A_2、…A_K在一次试验中仅能出现其中的一个（即为互斥），则出现A_1或A_2或…或A_K的数目共有$m_1+m_2+\cdots+m_K$种，故k个事件中任何一个事件出现的概率为

$$P(A_1+A_2+\cdots+A_K)=\frac{m_1+m_2+\cdots+m_K}{n}$$

显然，$\frac{m_1}{n}=P(A_1)$，$\frac{m_2}{n}=P(A_2)$，…，$\frac{m_K}{n}=P(A_K)$。故由上式可得

$$P(A_1+A_2+\cdots+A_K)=P(A_1)+P(A_2)+\cdots+P(A_K) \quad (1—2)$$

这是互斥事件概率相加定理的计算公式。

〔例3〕盒中装有5个红球、10个白球及15个黑球，问任意摸取一球得红球或白球的概率是多少？

〔解〕盒中共有30个球，即$n=30$。取出一个红球的概率为$\frac{5}{30}$，取出一个白球的概率为$\frac{10}{30}$根据概率相加定理得

$$P(\text{红球或白球})=\frac{5}{30}+\frac{10}{30}=\frac{1}{2}$$

§1—3　事件的频率

概率的直接计算公式（1—1），只能适用于这样一类试验，就是在试验中每种可能结果的发生都必须具备同等可能性的条件。但在许多实际问题中，远不是所有试验都严格符合这个条件的，当然不能再用式（1—1）了。例如，一个制做均匀的六面体，投掷一次，任何一面向上的概率都等于

1/6。如果这个六面体制作得不甚均匀，那么某一面向上的概率可能比1/6大，也可能比1/6小，但它必然有一个客观存在的概率。。这个概率可以通过大量试验估算出，也就是说，可以用频率来估算概率。

频率的计算，同概率的计算相似。设做了多次试验，每次试验中，事件A可以出现或不出现。我们把事件A的出现次数和试验总次数相比叫做事件A出现的频率。用n代表试验的总次数，m为事件A的出现次数，则事件出现的频率为

$$P^*(A)=\frac{m}{n} \qquad (1—3)$$

式中P的右上角注以星号，表示与式（1—1）中的符号P有所区别，在不致混淆的情况下，也可以不加星号。

实践证明，对于次数不多的试验，事件的频率有着明显的随机性。例如把一枚硬币投掷10次，出现正面的次数不可能正好等于5次，可能是4次或更少，也可能是6次或更多。在另投掷10次中，又可能与第一次投掷的结果不一样。在试验次数加多之后，事件的频率就逐渐趋于稳定，而在某一较小的范围之内摆动。试验次数愈多，频率就愈接近于一个常量。对于投掷硬币的试验，理论上讲，出现正面的频率应为0.5。以前，有人化了好多时间作过投掷24000次的试验，结果有12012次出现正面，其频率为0.5005；现在，有人利用电子计算机在短时间内作了类似的试验，在10000次中有4921次是正面，即频率为0.4921。这些值和理论值十分接近。

概率论中的大数定理，严格地证明了在试验次数很多很

多时，频率接近于概率的事实。同时，多种试验也验证了这个理论的正确性，这给实际工作带来了很大的方便。在水质监测的情况中，多数事件的概率未知，这可以通过逐年累积资料，用频率来推知概率。

在理论上和实际上给出频率和概率间有机联系这一点，具有很大的实际意义。当我们无法求得复杂事件的概率时，可以作多次试验，把事件出现的频率作为事件出现的概率的近似值。我们应当记住频率与概率之间是有联系的概念，并且也要记住它们之间的区别。

总之，概率是表示随机事件在客观上可能出现的程度，是一个常量。频率是个经验值，随着试验次数的增多而趋近于概率值。所以复杂事件的概率是可以被认识的和可以设法估计的。

§1—4 独立事件和条件概率

在此先介绍独立事件共同出现的概率计算方法。凡在多种事件中，若任何一个事件的出现并不影响其它事件的出现，而其它事件的出现也不影响这一事件的出现，这种性质称之为独立或相互独立。具有独立性质的事件叫做独立事件。例如，投掷两次硬币，第一次出现正面后，并不影响第二次再出现正面，这就是独立事件。又如同一河流监测断面上的流量和某污染指标，当出现小流量时，污染浓度大，而在大流量时由于稀释的作用，污染浓度小，故流量和污染浓度不是独立事件。

对于独立事件，可引出下列概率相乘定理。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com