

生成函数理论 1

基本定义

定义 1 数列 $\{a_n\}_{n=0}^{\infty}$ 的 **普通生成函数** 是下面的形式级数 $f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$. **定义 2** 数列 $\{a_n\}_{n=0}^{\infty}$ 的 **指数型生成函数** 是下面的形式级数 $f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{n!} x^n$. **定义 3** 数列 $\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$ 的 **Dirichlet 生成函数** 是下面的形式级数 $f(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{n^s}$. **例 4** 数列 $\{1\}_{n=0}^{\infty}$ 的普通生成函数是 $\sum_{n=0}^{\infty} x^n = \frac{1}{1-x}$. 同一个数列 $\{1\}_{n=0}^{\infty}$ 的指数型生成函数是 $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} = e^x$. 而数列 $\{1\}_{n=0}^{\infty}$ 的 Dirichlet 生成函数则是 $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} = \zeta(s)$. 这个函数就是著名的 Riemann-Zeta 函数.

注 5 上面几个公式中的 “=” 的意义是 “形式收敛”。从解析上讲，若级数 A 与另一级数 B 分别在某个区间上收敛到同一形式，则 A 和 B 必定是同一级数，从而可以通过级数 B 的表达形式来找到 A 。因此，我们一般无须考虑这些生成函数在何处收敛。而利用收敛到的闭形式（即和函数）的最终目的之一也是导出原始级数比较简单的表达形式，例如 $\ln(1+x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{n} x^n$.

注 6 可以定义形式级数上的运算。下面以普通生成函数为例加以说明。若形式级数的系数在域 F 中，也称其为域 F 上的形式级数。域 F 上的所有形式级数组成的集合记为 $F[[x]]$ 。对于形式级数 $f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n, g(x) = \sum_{n=0}^{\infty} b_n x^n \in F[[x]]$ 定义 $f(x) + g(x) = \sum_{n=0}^{\infty} (a_n + b_n) x^n$ 和 $f(x)g(x) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n x^n$, 其中 $c_n = \sum_{k=0}^n a_k b_{n-k}$ ($n \geq 0$)。容易证明 $F[[x]]$ 在这样的加法和乘法下构成一个环。进一步，对于 $f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ 定义 $f'(x) = \sum_{n=1}^{\infty} n a_n x^{n-1} = \sum_{n=0}^{\infty} (n+1) a_{n+1} x^n$ 为 $f(x)$ 的 **形式微商** 或 **形式导数**。

如果生成函数是有限项的级数，它对应的就是一个有限项的数列（或者说自某一项以后全部为零的数列），这时形式级数就是一个多项式。

定义 7 若形式级数 $f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ 是多项式，或形式级数 $g(x) = \sum_{n=0}^{\infty} b_n x^n$ 满足 $b_0 = 0$ 则可以定义 $f(x)$ 与 $g(x)$ 的 **复合** $f(g(x)) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n (g(x))^n$. 当相关的复合存在，且 $f(g(x)) = g(f(x)) = x$ 时，则称 $g(x)$ 为 $f(x)$ 的 **复合逆**。

有时候，用 $[x^n]f(x)$ 表示 $f(x)$ 中 x^n 的系数，用 $\{a_n\}_{n=0}^{\infty} \leftrightarrow f(x)$ 表示数列 $\{a_n\}_{n=0}^{\infty}$ 的生成函数是 $f(x)$ 。如果不加注明，则此生成函数为普通生成函数。

From: <https://wiki.cvbbacm.com/> - CVBB ACM Team

Permanent link: https://wiki.cvbbacm.com/doku.php?id=2020-2021:teams:legal_string:lgwza:%E7%94%9F%E6%88%90%E5%87%BD%E6%95%B0%E7%90%86%E8%AE%BA_%E5%9F%BA%E6%9C%AC%E5%AE%9A%E4%B9%89

Last update: 2021/02/09 18:27