递推

$令f_{k}(n)=\sum_{i=1}^{n}i^{k}$ $$ \begin{align} f_{k+1}(n+1) & =f_{k+1}(n)+(n+1)^{k+1} &\\ & =1+\sum_{i=1}^{n}(i+1)^{k+1} &\\ & =1+\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=0}^{k+1} \binom{k+1}{j} i^{j} &\\ & =1+\sum_{j=0}^{k+1}\binom{k+1}{j} \sum_{i=1}^{n} &\\ & =1+\sum_{i=0}^{k+1}\binom{k+1}{i} f_{i}(n) &\\ & =1+f_{k+1}(n)+(k+1)f_{k}(n)+\sum_{i=0}^{k+1}\binom{k-1}{i} f_{i}(n) &\\ \end{align} $$

拉格朗日插值法

对于$\sum_{i=1}^n i^k=f[n][k]$□$f[][k]$具体表达是一个$k+1$次多项式，我们求解$f[0\sim k+1][k]$□然后进行插值即可

对于具体计算$f[n]=\sum_{i=0}^{k+1} f[i]\frac{\prod_{j=0,j\neq i}^{k+1}(n-j)}{\prod_{j=0,j\neq i}^{k+1}(i-j)}$

$\prod_{j=1,j\neq i}^{k+1}(n-j)=\prod_{j=1}^{i-1}(n-j)\prod_{j=i+1}^{k+1}(n-j)$是前缀积$\times$后缀积

$\prod_{j=0,j\neq i}^{k+1}(i-j)=i!(k+1-i)!(-1)^{k+1-i}$

于是，可以$O(k)$预处理$f[]$以及阶乘，前后缀然后$O(k)$计算

这种方法对不同$f[n]$计算速度一样，而针对多次询问则需要利用生成函数计算伯努利数

伯努利数以及生成函数