【例 1-1】 一个由字母 A、B、C、D 组成的字，对于传输的每一个字母用二进制脉冲编码，00 代替 A，01 代替 B，10 代替 C，11 代替 D，每个脉冲宽度为 5ms。

（1） 各字母是等概出现时，试计算传输的符号速率及平均信息速率；

（2） 若每个字母出现的可能性分别为

$$P_A=\frac{1}{5}\bullet P_B=\frac{1}{4}\bullet P_C=\frac{1}{4}\bullet P_D=\frac{3}{10}$$

试计算传输的平均信息速率。

思路：本题考点有两个，一是计算符号速率与平均信息速率，两者关系为熵；二是符号宽度与脉冲宽度的含义不同。

解：一个字母对应两个二进制脉冲，属于四进制符号，故一个字母的持续时间为 2×5ms。传送字母的符号速率为

$$R_B=\frac{1}{2\times5\times10^{-3}}=100 \quad \text{（B）}$$

等概时的平均信息速率为

$$R_b=R_B\log_2 M=R_B\log_2 4=200 \quad \text{（b/s）}$$

(2)平均信息量为

$$H=\frac{1}{5}\log_2 5+\frac{1}{4}\log_2 4+\frac{1}{4}\log_2 4+\frac{3}{10}\log_2\frac{10}{3}$$
$$=1.985 \qquad \text{（bit/符号）}$$

则平均信息速率为

$$R_b=R_B\bullet H=100\times1.985=198.5 \quad \text{(b/s)}$$

结论：①符号速率仅与符号持续时间（符号宽度）有关，与各符号出现概率无关；

②等概率时才能获得最大信息速率，这是因为等概率时有最大熵。

【例 1-2】 某信息源包含 A、B、C、D 四个符号，这四个符号出现的概率相等。传输时编为二进制比特进行，并已知信息传输速率 $R_b=1Mbit/s$，试求：

（1）码元传输速率；

（2）该信息源工作 1 小时后发出的信息量；

（3）若在第（2）题收到的信息量比特中，大致均匀地发现了 36 个差错比特，求误比特率和误码率。

思路：关键考虑第（3）题。由于每个四进制符号皆编码为 1 个（两位）二进制比特组，因此在这比特组中，只要一位有错，该比特组就有错，它对应的四进制符号就错了。只要错误比特不相邻，则误码率就是误比特率的 2 倍。

解：（1）$\because R_{bM}=R_{BM}\log_2 M$，$\therefore R_{b4}=R_{B4}\log_2 4=2R_{B4}$

则

$$R_{B4}=\frac{1}{2}R_{b2}=\frac{1}{2}\times10^6=5\times10^5 \quad (Bd)$$

（2）

$$I=R_bT=10^6\times3600=3.6\times10^9 \quad (bit)$$

（3）由于每个符号为 2bit，共传符号个数

$$N = \frac{I}{2} = 1.8 \times 10^9$$

其中错误符号个数为：$N_e = N_b = 36$

因此，$$P_e = \frac{N_e}{N} = \frac{36}{1.8 \times 10^9} = 2 \times 10^8$$

$$P_b = \frac{N_b}{I} = \frac{36}{3.6 \times 10^9} = 1 \times 10^{-8}$$