2．经过统计，某处理机的9 条指令使用频度分别为：43%、13%、7%、6%、5%、1%、2%、22%、1%，试分别设计这9 条指令操作码的哈夫曼编码、3-3-3 扩展编码和2-7 扩展编码，并计算这3 种编码的平均码长。

解：由给出的9条指令的使用频度和哈夫曼算法生成的结构不同的2种哈夫曼树如下图：



(a) (b)

由哈夫曼树分别得出9条指令操作码的2种哈夫曼编码如下表，3/3/3扩展编码和2/7扩展编码也在表中给出：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ii | Pi | 哈夫曼编码（a） | 哈夫曼编码（b） | 3/3/3扩展编码 | 2/7扩展编码 |
| I1 | 0.43 | 0 | 0 | 00 | 00 |
| I2 | 0.22 | 10 | 100 | 01 | 01 |
| I3 | 0.13 | 110 | 101 | 10 | 1000 |
| I4 | 0.07 | 11100 | 1100 | 1100 | 1001 |
| I5 | 0.06 | 11101 | 1101 | 1101 | 1010 |
| I6 | 0.05 | 11110 | 1110 | 1110 | 1011 |
| I7 | 0.02 | 111110 | 11110 | 111100 | 1100 |
| I8 | 0.01 | 1111110 | 111110 | 111101 | 1101 |
| I9 | 0.01 | 1111111 | 111111 | 111110 | 1110 |

由表可知，2种扩展编码都有冗余码点。

3种编码的平均码长分别为：

哈夫曼编码的平均码长为：l1=2.42(位)

3/3/3扩展编码的平均码长为：l2=2.52(位)

2/7扩展编码的平均码长为：l3=2.70(位)