

某一款非同步心脏起搏器的输出脉冲幅度为5V，持续时间为2ms，电路负载为1K Ω 。该心脏起搏器脉冲的工作频率为70次/min。这些脉冲提供的能量是该心脏起搏器消耗能量的30%。

解：

(a) 在十年内传输给负载的总能量是多少？

$$N = 10 \times 365 \times 24 \times 60 \times f = 10 \times 365 \times 24 \times 60 \times 70 = 3.6792 \times 10^8 \text{ (次)}$$

$$Q_0 = \frac{U^2}{R} \Delta t = \frac{5 \times 5}{1000} \times 2 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-5} \text{ (J)}$$

$$\text{十年内传输能量: } Q_t = N \cdot Q_0 = 18.396 \text{ (kJ)}$$

(b) 根据已知的电源能量转换效率，若要使这个起搏器工作十年，电源供给的能量为多大？

$$\text{电源能量: } Q_{\text{input}} = \frac{Q_t}{0.3} = 61.32 \text{ (kJ)}$$

(c) 假定电源是由2个2.8V的锂电池串联的，若要使该起搏器工作十年，每个锂电池的A·h容量最小是多少？

$$U_{Li} = 2 \times 2.8 = 5.6 \text{ (V)}$$

$$Q_{\text{input}} = U_{Li} \cdot (I \cdot t) \Rightarrow I \cdot t = \frac{Q_{\text{input}}}{U_{Li}} = \frac{61.32 \times 10^3}{5.6} = 10950 \text{ (A} \cdot \text{s)} = 3.042 \text{ (A} \cdot \text{h)}$$

$$(I \cdot t)_0 = \frac{1}{2} I \cdot t = 3.042 / 2 = 1.521 \text{ (A} \cdot \text{h)}$$

(d) 心脏起搏器早期基本使用水银电池作为电源，虽然水银电池理论上拥有可以工作十年的容量，但当起搏器植入人体后，发现电源两年多就会耗尽，该理论值与实际值不相符的原因有哪几个？

① 水银电池的阳极反应为 $\text{Hg(l)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg(s)}$ ，产物Hg在人体温度下为液态，会在电极表面积累，降低电导率 ($\text{Hg(l)} < \text{Cu(s)}$ 导线)，等价于增大了起搏器电阻，加快了能量消耗

② 随着使用时间增加，Hg(s)积累可能腐蚀电极结构，使电耗增加如发生副反应，如发生 $\text{Hg(l)} + \text{Hg(l)} \rightarrow \text{Hg}_2\text{(l)}$ 的反应，电源自消耗而无法供能。

③ 随着使用增加，电路负载与电压可能会偏离理论值，造成与实际值的不相符。