4-25

解

$$M=\frac{m}{V}=\frac{4M}{\pi d^2 l}$$

$$i'=M=\frac{4\times 12000}{\pi(0.025)^2\times 0.075}=3.3\times 10^8\mathrm{A/m}$$

4-66

解

$$\mathbf{D}=\varepsilon_0\mathbf{E}$$

电场能量密度为

$$\rho_E=\frac{\mathbf{D}\cdot\mathbf{E}}{2}=\frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$$

因为该电场在该空间处处均匀,故该空间电场能为

$$W_e=\frac{\varepsilon_0 E^2 V}{2}=4.43\times 10^{-5}\mathrm{J}$$

$$\mathbf{H}=\frac{B}{\mu_0}$$

磁场能量密度为

$$\rho_B=\frac{\mathbf{B}\cdot\mathbf{H}}{2}=\frac{B^2}{2\mu_0}$$

因为该磁场在该空间处处均匀,故该空间电场能为

$$W_B=\frac{B^2 V}{2\mu_0}=397.89\mathrm{J}$$

4-68

解　由安培环路定理可知该同轴线产生的磁场分布为

$$B=\begin{cases}\dfrac{\mu_0 r I}{2\pi a^2} & 0<r<a\\[2ex] \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} & a<r<b\\[2ex] \dfrac{\mu_0 I(c^2-r^2)}{2\pi r(c^2-b^2)} & b<r<c\\[2ex] 0 & r>c\end{cases}$$

(1)

①导线内,即 $0<r<a$ 处

$$B=\frac{\mu_0 r I}{2\pi a^2}$$

$$H=\frac{B}{\mu_0}=\frac{rI}{2\pi a^2}$$

故该处单位长度能量为

$$
\begin{aligned}
W &= \iint \frac{\mathbf{B}\cdot\mathbf{H}}{2}\,\mathrm{d}S \\
&= \int_0^a \frac{\mu_0 I^2 r^2}{8\pi^2 a^4} 2\pi r\,\mathrm{d}r \\
&= \frac{\mu_0 I^2}{16\pi}
\end{aligned}
$$

②导线和圆筒之间,即 $a<r<b$ 处

$$
B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}
$$

$$
H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{I}{2\pi r}
$$

故该处单位长度能量为

$$
\begin{aligned}
W &= \iint \frac{\mathbf{B}\cdot\mathbf{H}}{2}\,\mathrm{d}S \\
&= \int_a^b \frac{\mu_0 I^2}{8\pi^2 r^2} 2\pi r\,\mathrm{d}r \\
&= \frac{\mu_0 I^2}{4\pi}\ln\frac{b}{a}
\end{aligned}
$$

③圆筒内,即 $b<r<c$ 处

$$
B = \frac{\mu_0 I(c^2-r^2)}{2\pi r(c^2-b^2)}
$$

$$
H = \frac{I(c^2-r^2)}{2\pi r(c^2-b^2)}
$$

故该处单位长度能量为

$$
\begin{aligned}
W &= \iint \frac{\mathbf{B}\cdot\mathbf{H}}{2}\,\mathrm{d}S \\
&= \int_b^c \frac{\mu_0 I^2 (c^2-r^2)^2}{8\pi^2 r^2 (c^2-b^2)^2} 2\pi r\,\mathrm{d}r \\
&= \frac{\mu_0 I^2}{16\pi (c^2-b^2)^2}\left(4c^4\ln\frac{c}{b} - 3c^4 + 4b^2c^2 - b^4\right)
\end{aligned}
$$

④圆筒外,即 $r>c$ 处

$$
B = 0
$$

$$
H = 0
$$

故该处单位长度能量为

$$
W = \iint \frac{\mathbf{B}\cdot\mathbf{H}}{2}\,\mathrm{d}S
$$

$$
= 0
$$

(2) 代入数值有

$$W_1 = 2.5 \times 10^{-6}\mathrm{J}$$

$$W_2 = 1.4 \times 10^{-5}\mathrm{J}$$

$$W_3 = 6.8 \times 10^{-7}\mathrm{J}$$

$$W_4 = 0$$