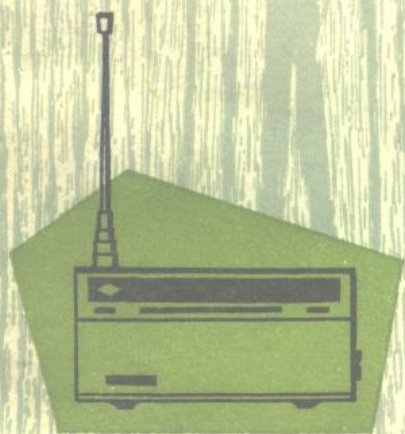


晶体管收音机的特殊电路

上海无线电二厂



上海人民出版社

晶体管收音机的特殊电路

上海无线电二厂

(第二版)

上海人民出版社

内 容 提 要

本书是第二版，比第一版的内容增加了将近一倍左右。内容有：频率微调电路；短波增益提升器；二次自动增益控制电路；本地、远程开关；来复级和自动音频限幅器；滑动甲类功率放大器；音调控制电路；无变压器的低频放大器；晶体管收音机用稳压电源；其它。

本书还附有超外差式收音机统调的计算和晶体管收音机用的几种低频放大电路。

本书可供从事收音机工作的工人、技术员和广大工农兵无线电爱好者参考。

晶体管收音机的特殊电路

上海无线电二厂

(第二版)

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6 字数 126,000

1972年10月第1版 1974年8月第2版 1974年8月第1次印刷

印数 1—500,000

统一书号：15171·88 定价：0.36 元

列 宁 语 录

理论要变为实践，理论要由实践来鼓舞，由实践来修正，由实践来检验。

毛 主 席 语 录

努力办好广播，为全中国人民和全世界人民服务。

修订版前言

近年来,晶体管收音机的品种日新月异,质量亦在精益求精,不少晶体管收音机采用了一些新的特殊电路以提高收音机的性能。

遵循伟大领袖毛主席关于“努力办好广播,为全中国人民和全世界人民服务”的教导,为了适应我国广播事业迅速发展的需要,为了更好地在各兄弟单位、收音机工作者以及广大工农兵无线电爱好者之间进行交流,不断提高对收音机电路的认识和实践,我们编写了《晶体管收音机的特殊电路》一书。现在这一本是修订后的第二版。

本书以一些晶体管收音机为例,对几种特殊电路作了较为全面的分析。书中,对于每一种特殊电路除了定性说明其工作原理外,还定量地说明其计算设计方法;内容力求通俗易懂,实用可靠。

这次修订对第一版中的差错作了改正,对各种特殊电路的设计公式作了进一步的推导,并且充实了若干新内容,篇幅增加了将近一倍左右,以期本书更能适合从事晶体管收音机设计工作的工人、技术员参考。

不少读者对本书的第一版提出了许多宝贵的意见和建议,对我们修订帮助很大,在此,我们表示衷心的感谢。

但是,由于我们的思想水平和业务水平远远跟不上日益发展的广播事业,本书虽经修订,我们仍殷切期望广大工农兵读者能继续对书中的错误和缺点提出意见。

一九七四年四月

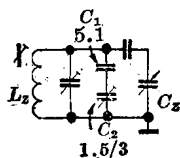
目 录

一、频率微调电路	1
[附] 单层线圈的结构计算	9
二、短波增益提升器	12
三、二次自动增益控制电路	25
四、本地、远程开关	38
五、来复级和自动音频限幅器	40
六、滑动甲类功率放大器	48
七、音调控制电路	56
八、无变压器的低频放大器	95
九、晶体管收音机用稳压电源	117
十、其它	148
附录 1 超外差式收音机统调的计算	155
附录 2 晶体管收音机用的几种低频放大电路	171

一、频率微调电路

几乎所有的晶体管收音机在调谐电台时都是采用改变双连可变电容器的容量来完成的。但是当接收短波时，由于频率较高，调谐旋钮（它带动双连可变电容器 C_Z ）只要稍有转动，就会有几十到几百千赫的频率变化，致使不少电台漏掉。因此，单靠调谐旋钮来寻找电台就比较困难，而且频率越高就越不容易控制。为了解决这个问题，方法之一是给短波段附加一个“频率微调”装置。图 1-1 所示的频率微调电路是由附加的电容 C_1 （约 5.1pF 的固定电容）和 C_2

（约 1.5/3pF 的微调电容）串联后再并接在振荡回路中组成的。改变 C_2 便可使振荡频率在一定的范围内变化，从而达到微



调电台的目的。调谐电台时可先粗调，即调节调谐旋钮，找到所需要的电台声音，然后再细调，即调节频率微调旋钮（它带动微调电容 C_2 转动），使欲收听的电台声最响为止，从而获得准确调谐。

频率微调装置所能调节的频率范围 Δf 可由下式确定：[*]

[*] 根据 $f = \frac{1}{(2\pi)^2 LC}$ ，当微调电容 C_2 从最大容量变到最小容量时，振荡回路总电容从 C 减少到 $C - \Delta C$ ，而振荡频率则从 f 增加到 $f + \Delta f$ ，因此有：

$$\frac{(f + \Delta f)^2}{f^2} = \frac{\frac{1}{(2\pi)^2 L(C - \Delta C)}}{\frac{1}{(2\pi)^2 LC}} = \frac{C}{C - \Delta C},$$

（下转第 2 页）

$$\Delta f \doteq \frac{f \Delta C}{2C} \quad (1-1)$$

式中, f ——调谐旋钮固定不动时所对应的振荡频率;

C ——对应于 f 时的振荡回路的总电容量;

ΔC —— C_1 和 C_2 串联后的最大容量和最小容量之差。

若设 $C_{2\max}$ 和 $C_{2\min}$ 分别为 C_2 的最大容量和最小容量, 则

$C_{2\max}$ 与 C_1 串联的容量为 $\frac{C_1 C_{2\max}}{C_1 + C_{2\max}}$, $C_{2\min}$ 与 C_1 串联的容量为 $\frac{C_1 C_{2\min}}{C_1 + C_{2\min}}$, 因此:

$$\Delta C = \frac{C_1 C_{2\max}}{C_1 + C_{2\max}} - \frac{C_1 C_{2\min}}{C_1 + C_{2\min}} \quad (1-2)$$

例如: $f = 12\text{MHz}$, $C = 30\text{pF}$, $C_1 = 5.1\text{pF}$, $C_{2\max} = 3\text{pF}$, $C_{2\min} = 1.5\text{pF}$, 则:

$$\begin{aligned} \Delta C &= \frac{C_1 C_{2\max}}{C_1 + C_{2\max}} - \frac{C_1 C_{2\min}}{C_1 + C_{2\min}} \\ &= \frac{5.1 \times 3}{5.1 + 3} - \frac{5.1 \times 1.5}{5.1 + 1.5} \doteq 0.74\text{pF} \end{aligned}$$

因此,
$$\Delta f \doteq \frac{f \Delta C}{2C} = \frac{12 \times 0.74}{2 \times 30} = 150\text{kHz}$$

由上例看出, 振荡回路总容量变化 $\Delta C = 0.74\text{pF}$ 时, 在 12MHz 附近振荡频率可变化 150kHz 左右。此时, 频率微调旋钮便需要转动 180° , 而对于带动可变电容转动的调谐旋钮一般只能转动很小很小的角度。

$$\text{又, } \frac{(f + \Delta f)^2}{f^2} = \left(1 + \frac{\Delta f}{f}\right)^2 = 1 + \frac{2\Delta f}{f} + \frac{\Delta f^2}{f^2} \doteq 1 + \frac{2\Delta f}{f} \quad (\because \Delta f \ll f),$$

$$\text{因此, } 1 + \frac{2\Delta f}{f} = \frac{C}{C - \Delta C},$$

$$\text{亦即, } \frac{2\Delta f}{f} = \frac{C}{C - \Delta C} - 1 = \frac{\Delta C}{C - \Delta C} \doteq \frac{\Delta C}{C} \quad (\because \Delta C \ll C)$$

$$\text{所以, } \Delta f \doteq \frac{f \Delta C}{2C}.$$

上述的频率微调装置使用时比较麻烦，这是因为要调节二个旋钮。为了克服这个缺点，并且使短波段的电台调谐能象调谐中波段电台时一样方便、准确，在有些较高级的晶体管收音机中一般并不采用这种频率微调电路，而是应用波段展阔的方法，这时不需要附加的微调旋钮，调谐电台也和其它波段一样，共用一只带动可变电容器转动的旋钮。因为对短波广播来说，其电台绝大部分都集中在米波段范围内，所以，波段展阔往往是以每一米波段为一个独立的短波展阔波段，这种波段的频率覆盖系数非常小，在整个波段内包括的广播电台不多，因而，在调谐电台时比调谐中波电台还要方便。波长(米)与频率(MHz)的关系请参看表 1-1。

表 1-1 波长(米)与频率对照表(仅供参考)

波长(米)	国际波段范围(频率 MHz)
120	2.20~2.60
90	3.23~3.38
75	3.70~4.30
60	4.75~5.06
49	5.95~6.20
41	7.10~7.30
31	9.50~9.78
25	11.70~11.98
19	15.10~15.45
16	17.70~17.90
13	21.45~21.75
11	25.60~26.10

图 1-2 所示的是展阔波段的输入回路和振荡回路。这种展阔波段的统调计算方法如下：

由于这种波段的频率覆盖系数很小，因此，一般可以按两点统调来设计回路。于是，图 1-2 所示回路中的三个参量

(L_R 、 C_L 和 C'_P 以及 L_Z 、 C_T 和 C_P) 可以取定一个。通常, 晶体

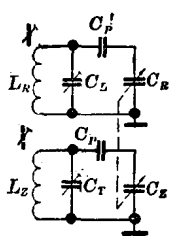


图 1-2 展阔波段的
输入和振荡回路

管收音机都是调节 L_R (L_Z) 和 C_L (C_T) 的, 因此, 可取定 C'_P 和 C_P , 并且既可取得 $C'_P = C_P$, 也可取得 C'_P 略大于 C_P 。

1. 输入回路的计算

(1) 给定: 波段的最低频率 $f_{\min}$ 和高频率 $f_{\max}$ 。

(2) 可变电容的最小容量 $C_{R\min}$ 和最大容量 $C_{R\max}$ 。

(3) 先计算出波段覆盖系数的平方值:

$$k^2 = \frac{f_{\max}^2}{f_{\min}^2} \quad (1-3)$$

(4) 继而算出 $C_{R\max}$ 与 C'_P 的串联值 m_R 以及 $C_{R\min}$ 与 C'_P 的串联值 n_R :

$$m_R = \frac{C_{R\max} C'_P}{C_{R\max} + C'_P} \quad (1-4)$$

$$n_R = \frac{C_{R\min} C'_P}{C_{R\min} + C'_P} \quad (1-5)$$

(5) 再求出并联在线圈 L_R 两端的总电容 C'_L (包括线圈的自身电容 C_0 和布线电容 C_M 等):

$$C'_L = \frac{m_R - k^2 n_R}{k^2 - 1} \quad (1-6)$$

外加并联在线圈 L_R 两端的电容 C_L 为:

$$C_L = C'_L - (C_0 + C_M) \quad (1-7)$$

式中, $C_0 + C_M$ 约 $8 \sim 20 \text{ pF}$ 。由于 $C_0 + C_M$ 是估计的, 与实际可能有误差, 因此 C_L 通常都用半可变微调电容来补偿 $C_0 + C_M$ 的估计误差; C_L 的值应该在所选用的微调电容的最小和最大容量值之间。

必须指出的是,如果计算出的 C'_L 很小($<15\text{pF}$),则需要另选较大的 C'_P 和 C_P 重新计算。

(6) 最后求出 L_R :^[*]

$$L_R = \frac{25330}{f_{\max}^2(n_R + C'_L)} \quad (1-8)$$

或

$$L_R = \frac{25330}{f_{\min}^2(m_R + C'_L)} \quad (1-9)$$

式中, n_R, m_R, C'_L ——单位为 pF ;

$f_{\max}, f_{\min}$ ——单位为 MHz ;

L_R ——单位为 μH 。

2. 振荡回路的计算

(1) 两点统调的频率分别取为:

$$f_1 \doteq f_{\min} + \frac{1}{6}(f_{\max} - f_{\min}) \quad (1-10)$$

$$f_2 \doteq f_{\max} - \frac{1}{4}(f_{\max} - f_{\min}) \quad (1-11)$$

(2) 求出分别对应于 f_1, f_2 的输入回路的总电容 C_1, C_2 :

$$C_1 = \frac{25330}{f_1^2 L_R} \quad (1-12)$$

$$C_2 = \frac{25330}{f_2^2 L_R} \quad (1-13)$$

(3) 求出分别对应于 f_1, f_2 的输入回路的双连电容容量 C_{R1}, C_{R2} :

C_1 等于 C_{R1} 与 C'_P 串联后再与 C'_L 并联, 即:

$$C_1 = \frac{C_{R1} C'_P}{C_{R1} + C'_P} + C'_L$$

由此可得:

[*] 参阅附录 1。

$$C_{R1} = \frac{C'_P(C_1 - C'_L)}{C'_P - (C_1 - C'_L)} \quad (1-14)$$

同理:

$$C_{R2} = \frac{C'_P(C_2 - C'_L)}{C'_P - (C_2 - C'_L)} \quad (1-15)$$

(4) 求出对应于 C_{R1} 、 C_{R2} 的振荡连的容量 C_{Z1} 、 C_{Z2} : 如

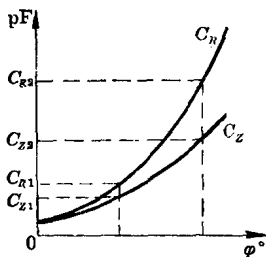


图 1-3 差容双连的
 $\varphi^\circ \sim \text{pF}$ 曲线

果双连是等容的, 则 $C_{Z1} = C_{R1}$, $C_{Z2} = C_{R2}$ 。如果双连是不等容的(差容的), 则必须从双连的角度 φ° 和容量 pF 的关系中分别找出相应于 C_{R1} 、 C_{R2} 所对应的角度的 C_{Z1} 、 C_{Z2} , 如图 1-3 所示。图 1-4 是两种差容可变电容器实测 $\varphi^\circ \sim \text{pF}$ 曲线。

(5) 求出 m 和 n :

$$m = \frac{C_{Z1}C_P}{C_{Z1} + C_P} \quad (1-16)$$

$$n = \frac{C_{Z2}C_P}{C_{Z2} + C_P} \quad (1-17)$$

(6) 求出对应于 f_1 、 f_2 的振荡频率的覆盖系数的平方值:

$$k_Z^2 = \left(\frac{f_2 + f_0}{f_1 + f_0} \right)^2 = \frac{f_{Z2}^2}{f_{Z1}^2} \quad (1-18)$$

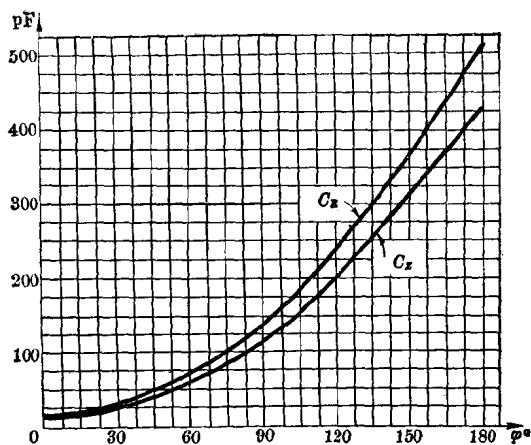
式中, f_0 ——中频频率, 晶体管收音机中为 465kHz。

(7) 求出 C'_T (包括线圈自身电容和布线电容在内的并联在 L_Z 两端的总电容):

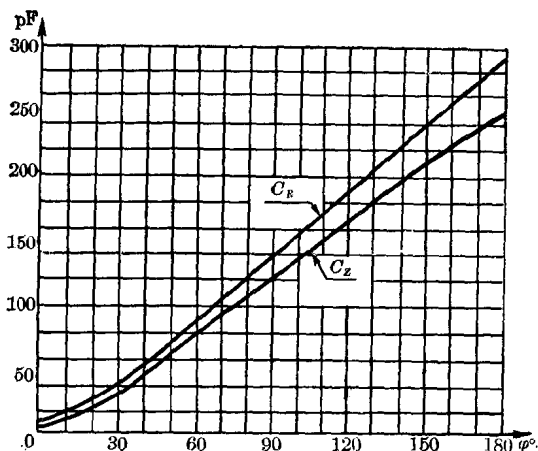
$$C'_T = \frac{m - k_Z^2 n}{k_Z^2 - 1} \quad (1-19)$$

外加并联在 L_Z 两端的电容 C_T 为:

$$C_T = C'_T - (C_0 + C_M) \quad (1-20)$$



(a) CB-3-450 型差容三连可变电容器的 $\varphi^\circ \sim pF$ 关系曲线



(b) 宇宙 CB-2X-250 差容双连可变电容器的 $\varphi^\circ \sim pF$ 关系曲线

图 1-4

式中, 振荡回路的 $C_0 + C_M$ 可取得与输入回路的相同或较小。同样, 此估计误差可由微调电容 C_T 来补偿, 而 C_T 的容量值应该在所选用的微调电容最小与最大值之间。

(8) 求出 L_Z :

$$L_Z = \frac{25330}{f_{Z2}^2(n + C'_T)} \quad (1-21)$$

或

$$L_Z = \frac{25330}{f_{Z1}^2(m + C'_T)} \quad (1-22)$$

现具体举一例说明。如某一特级收音机的第六波段为 25 米的展阔波段，其频率范围为 $f_{\min} = 11.28\text{MHz}$, $f_{\max} = 12.2\text{MHz}$ 。采用 CB-3-450 型差容三连可变电容器, $C_{R\min} = 10\text{pF}$, $C_{R\max} = 510\text{pF}$, 因此:

$$k^2 = \frac{f_{\max}^2}{f_{\min}^2} = \left(\frac{12.2}{11.28} \right)^2 \approx 1.17$$

为了使接线简单化和降低成本，本波段与其它波段共用一只垫整电容 C'_P 和 C_P 。取定 $C'_P = 56.3\text{pF}$, $C_P = 49.5\text{pF}$, 于是:

$$m_R = \frac{C_{R\max}C'_P}{C_{R\max} + C'_P} = \frac{510 \times 56.3}{510 + 56.3} = 50.6\text{pF}$$

$$n_R = \frac{C_{R\min}C'_P}{C_{R\min} + C'_P} = \frac{10 \times 56.3}{10 + 56.3} = 8.5\text{pF}$$

$$C'_L = \frac{m_R - k^2 n_R}{k^2 - 1} = \frac{50.6 - 1.17 \times 8.5}{1.17 - 1} = 239\text{pF}$$

估计: $C_0 + C_M = 20\text{pF}$, 因此:

$$C_L = C'_L - (C_0 + C_M) = 239 - 20 = 219\text{pF}$$

所以可用 CYX-1 型 200pF 与 5/25 的微调电容并联来代替 C_L 。

$$L_R = \frac{25330}{f_{\max}^2(n_R + C'_L)} = \frac{25330}{12.2^2 \times (8.5 + 239)} = 0.687\mu\text{H}$$

取两点统调的频率分别为: $f_1 = 11.3\text{MHz}$, $f_2 = 12\text{MHz}$,

则:
$$C_1 = \frac{25330}{f_1^2 L_R} = \frac{25330}{11.3^2 \times 0.687} = 288.7\text{pF}$$

$$C_2 = \frac{25330}{f_z^2 L_R} = \frac{25330}{12^2 \times 0.687} = 255.8 \text{ pF}$$

$$C_{R1} = \frac{C'_P(C_1 - C'_L)}{C'_P - (C_1 - C'_L)} = \frac{56.3 \times (288.7 - 239)}{56.3 - (288.7 - 239)} = 410 \text{ pF}$$

$$C_{R2} = \frac{C'_P(C_2 - C'_L)}{C'_P - (C_2 - C'_L)} = \frac{56.3 \times (255.8 - 239)}{56.3 - (255.8 - 239)} = 24.5 \text{ pF}$$

由于所采用的三连是差容的，查曲线[见图 1-4(a)]可得对应于 C_{R1} 、 C_{R2} 相应角度的振荡连的 C_{Z1} 、 C_{Z2} 分别为：

$$C_{Z1} = 356 \text{ pF (对应于 } 160^\circ \text{ 处)}$$

$$C_{Z2} = 24 \text{ pF (对应于 } 25^\circ \text{ 处)}$$

因此：

$$m = \frac{C_{Z1} C_P}{C_{Z1} + C_P} = \frac{356 \times 49.5}{356 + 49.5} = 43.5 \text{ pF}$$

$$n = \frac{C_{Z2} C_P}{C_{Z2} + C_P} = \frac{24 \times 49.5}{24 + 49.5} = 16.2 \text{ pF}$$

$$k_z^2 = \left(\frac{f_{Z2}}{f_{Z1}} \right)^2 = \left(\frac{f_2 + f_0}{f_1 + f_0} \right)^2 = \left(\frac{12 + 0.465}{11.3 + 0.465} \right)^2 = 1.122$$

$$C'_T = \frac{n - k_z^2 n}{k_z^2 - 1} = \frac{43.5 - 1.122 \times 16.2}{1.122 - 1} = 207.8 \text{ pF}$$

估计： $C_0 + C_M = 20 \text{ pF}$ (同输入回路)，因此：

$$C_T = C'_T - (C_0 + C_M) = 207.8 - 20 = 187.8 \text{ pF}$$

所以，可用 160 pF、10 pF 和 5/25 微调电容三者并联来代替 C_T 。

$$L_z = \frac{25330}{f_{Z2}^2 (n + C'_T)} = \frac{25330}{12.465^2 \times (16.2 + 207.8)} = 0.727 \mu\text{H}$$

[附] 单层线圈的结构计算

设计一架晶体管收音机，常常电路是大同小异的，但线圈则是根据不同的双连电容器和不同的频率波段而不同。这里介绍一种设计方法，

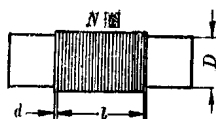


图 1-5 单层线圈

它主要适用于短波线圈(参考图 1-5)。

(1) 已知: 线圈电感量 L , 线圈管直径 D (或脱胎后线圈的内径), 铁芯导磁率 μ (若不用铁芯则 $\mu=1$)。

(2) 选定线圈绕好后应有的长度 l 。

(3) 按下列步骤计算线圈圈数 N 和所用的导线直径 d :

① 求出空心线圈的电感量

$$L_0 = \frac{L}{\mu} \quad (1-23)$$

② 求出线圈圈数

$$N = 7 \times \sqrt{\frac{L_0 \left(\frac{l}{D} + 0.44 \right)}{D}} \quad (1-24)$$

式中, L_0 ——单位为 μH ;

l ——单位为 cm ;

D ——单位为 cm 。

③ 求出每厘米线圈长度可绕的圈数 $N_0 = \frac{N}{l}$ 。

④ 按表 1-2 查出对应的所需导线的直径 d 。

表 1-2 N_0 与 d 的关系

N_0 (圈)	d (mm)	N_0 (圈)	d (mm)	N_0 (圈)	d (mm)	N_0 (圈)	d (mm)	N_0 (圈)	d (mm)
222.0	0.03	58.8	0.15	27.0	0.33	14.9	0.62	9.8	0.96
181.8	0.04	55.6	0.16	25.6	0.35	14.5	0.64	9.4	1.00
153.8	0.05	52.6	0.17	23.8	0.38	13.9	0.67	8.9	1.04
133.3	0.06	50.0	0.18	22.2	0.41	13.5	0.69	8.6	1.08
117.6	0.07	47.6	0.19	20.4	0.44	12.8	0.72	8.3	1.12
105.3	0.08	44.4	0.20	19.2	0.47	12.5	0.74	8.1	1.16
95.2	0.09	42.6	0.21	18.5	0.49	12.0	0.77	7.8	1.20
83.3	0.10	39.2	0.23	17.9	0.51	11.6	0.80	7.5	1.25
76.9	0.11	36.4	0.25	17.2	0.53	11.2	0.83	7.2	1.30
71.4	0.12	32.2	0.27	16.7	0.55	10.9	0.86	7.0	1.35
66.7	0.13	30.3	0.29	16.1	0.57	10.4	0.90	6.8	1.40
62.5	0.14	28.6	0.31	15.6	0.59	10.1	0.93	6.5	1.45

现举一例说明。

(1) 某一短波天线线圈: $L=2.89\mu\text{H}$, $\mu=1.7$, $D=0.6\text{cm}$, 选定线圈长度 $l=0.6\text{cm}$, 则:

$$L_0 = \frac{L}{\mu} = \frac{2.89}{1.7} = 1.7\mu\text{H}$$

$$N = 7 \times \sqrt{\frac{\left(L_0 \frac{l}{D} + 0.44\right)}{D}} = 7 \times \sqrt{\frac{1.7(1+0.44)}{0.6}}$$

$$= 15.2 \text{ 圈 (实际 16 圈)}$$

$$N_0 = \frac{N}{l} = \frac{15.2}{0.6} = 25.4 \text{ 圈}$$

查表 1-2 可得, $d=0.35\text{mm}$ (实际用 0.35mm)。

(2) 振荡线圈: $L=2.35\mu\text{H}$, $\mu=1.7$, $D=0.6\text{cm}$, 选定线圈长度 $l=0.9\text{cm}$ (因考虑要间绕), 则:

$$L_0 = \frac{2.35}{1.7} = 1.39\mu\text{H}$$

$$N = 7 \times \sqrt{\frac{1.39\left(\frac{0.9}{0.6} + 0.44\right)}{0.6}} = 14.77 \text{ 圈 (实际 15 圈)}$$

$$N_0 = \frac{15}{0.9} = 16.7 \text{ 圈}$$

查表 1-2 可得, $d=0.55\text{mm}$ (实际用 0.35mm , 因间绕)。