

R 型变压器参考设计手册

一、R 型变压器的结构与特点

R 型变压器是在综合 C 形、环形变压器优点的基础上发展起来的。与传统的变压器一样，R 型变压器也是由铁心、线圈、结构件三大部分组成。但在结构上独具一格，自成一派，被称为 90 年代变压器结构的一场革命。

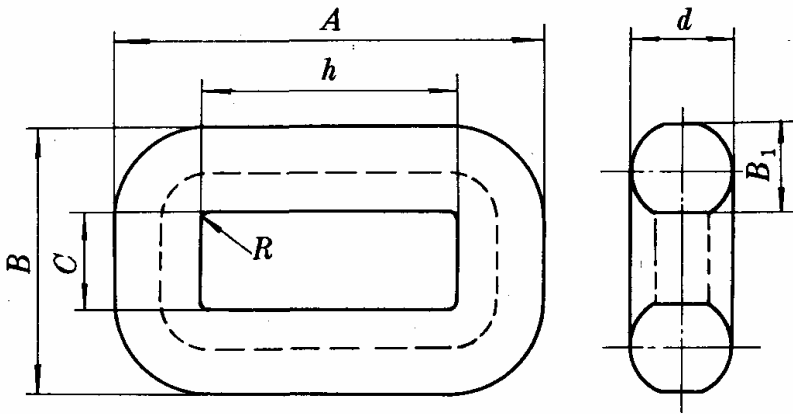


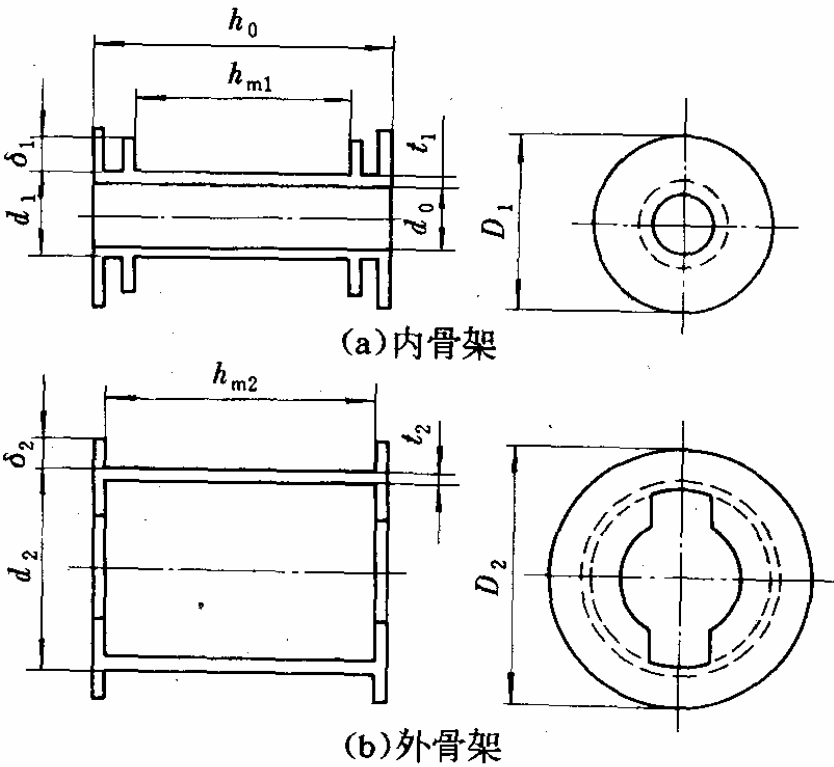
图 1—01 R 型铁心

R 型变压器的核心部分——R 型铁心 ,是由一根用开料机切割成宽窄不一，即由窄到宽，由宽到窄连续均匀过渡的优质冷轧取向硅钢带卷绕而成，经热处理退火，浸渍绝缘漆，一次成型。铁心不切割，截面近似圆形，如图 1—01 所示，其常用规格及尺寸见表 1—11。

表 1—11 R 型铁心尺寸及参数表

型号	尺 寸 /mm							参考数据		
	$d_{\max}$	$c_{\pm 1}$	$h_{\pm 1}$	$A_{\max}$	B	B_1	R	l_c /cm	S_c /cm ²	G_c /g
R-10	16.7	16	42	74	46±1	$B_1 = 0.92d$	1	16.31	1.85	230
R-20	18.2	18	43	81	52±1		1	17.63	2.30	310
R-30	20.2	20	55	96	56±1		1	20.72	2.68	425
R-40	21.5	21	55	98	59±1		1.5	21.04	3.20	515
R-50	23.2	22	53	101	64±2		1.5	21.85	3.68	615
R-80	24.5	23	74	122	66±2		1.5	26.51	4.09	830
R-100	26.0	28	70	123	74±2		1.5	27.71	4.53	960
R-160	28.0	30	80	139	82±3		1.5	30.48	5.40	1 260
R-260	30.5	32	93	155	89±3		1.5	34.01	6.23	1 620
R-320	32.0	36	97	163	95±3		2	36.04	7.14	1 970
R-600	38.0	37	103	182	106±4		2	39.00	10.22	3 050
R-1 000	44.5	40	127	222	127±4		2	47.33	13.53	5 000

R 型变压器的骨架是用 PBT 阻燃工程塑料压制成型，制成拼装式圆形骨架，并由内外两种骨架组合而成，如图 1—02 所示。线圈绕制前先将骨架拼装在 R 型铁心上，用专用绕线机直接转动骨架实现线圈的绕制。一般将初、次级绕组分别绕在内、外骨架上，它有效地增加了绕组间的绝缘距离。也可只用一只内骨架，初级绕组绕在内层，次级绕组绕在外层。表 1—12 列出了常用的骨架尺寸，供参考。



R 型变压器与传统的 E 型插片铁心变压器相比具有以下特点：

体积小 30% ,质量轻 40% ；

漏磁小，只有 E 型变压器的 1 / 10 以下；

损耗小，温升高，与 E 型变压器相比，温升降低一半以下；

结构简单，噪音低；
常用卧式结构，薄形化，适合于高密度安装；

绕组呈圆形，平均匝长减少 6%—10% ,铜损低，用铜量少。

R 型变压器广泛用于 CNC 机床、办公室自动化设备、计算机、电视摄像和音响设备中。

图 1—02 R 型变压器线圈骨架

表 1—12 R 型变压器线圈骨架尺寸 mm

型号	内 骨 架							外 骨 架				
	d_0	d_1	t_1	δ_1	D_1	h_0	h_{m1}	d_2	t_2	δ_2	h_{m2}	D_2
RB-10	16.8	19.2	1.2	2.3	30	39	29.2	25.9	1	2.05	27.8	30
RB-20	18.8	21.4	1.3	2.6	34	41	31	28.7	1	2.65	31	34
RB-30	20.5	23.1	1.3	2.8	36.5	52.5	42.5	30.8	1	2.85	42.5	36.5
RB-40	22	24.6	1.3	2.7	38	52.5	42.5	32.1	1	2.95	42.5	38
RB-50	24	26.6	1.3	3.2	42	50.5	40.5	35.1	1	3.45	40.5	42
RB-80	25	27.6	1.3	3.4	44	71	59	36.5	1	3.75	59	44
RB-100	26.5	29.1	1.3	4.6	51	68.5	58	40.6	1.1	5.2	58	51
RB-160	29	31.6	1.3	5.0	55	73	66	43.9	1.1	5.55	66	55
RB-260	31	34	1.5	5.3	59	88.5	78	47.1	1.2	5.95	75	59
RB-320	32.5	35.5	1.5	6.4	64.5	94.5	82	50.8	1.2	6.85	78	64.5
RB-600	39	42.4	1.7	6.0	71	102	92	57.3	1.4	6.85	85	71
RB-1000	46	49.6	1.8	7.4	83	126.5	111	67.3	1.4	7.85	109	83

在使用 R 型铁心和 R 型变压器时，以下两点应加以注意。

1) 根据铁心材质的磁性能来确定电磁参量

目前 R 型铁心所选用的材料主要是 DQ151—35 及 Z8H—0.23 两种。由于我国尚未制订 R 型铁心标准，因此，各企业生产的 R 型铁心在尺寸及磁性能方面均有一定的差异。在选用 R 型铁心设计变压器时，应根据生产企业提供的有关数据进行。对功率在 100W 以下的变压器，由于温升较低，铁损只影响变压器效率，上述两种材料对电磁参量的选择影响不大。对功率在 100W 以上的变压器，必须根据铁心的磁性能来确定电磁参量，同时应选用较好的材质，以更好地体现 R 型变压器的特点。

2) 正确地选用熔断器

由于 R 型变压器的合闸电流较大，必须正确地选用熔断器，以保证整机正常工作。

二、R 型变压器计算

R 型变压器的计算步骤与 C 形铁心变压器相同，但由于 R 型变压器的结构特点，在计算方法上有其自身的特点。以下举例介绍其计算方法。

1. 电源变压器主要技术要求

初级输入电压 $U_1 = 220V$;

电源频率 $f = 50Hz$;

次级输出电压 $U_2 = 7.5V$, $U_3 = 26V$;

次级输出电流 $I_2 = 1A$, $I_3 = 2.8A$;

电路图 如图 2—01 所示。

2. 计算步骤与方法

1) 变压器功率容量

$$P_2 = 7.5 \times 1 + 26 \times 2.8 = 80.3W$$

2) 选铁心

查表 2—11，取铁心规格为 R—80。R—80 的铁心功率为 80—100VA，本例中有一定余量。

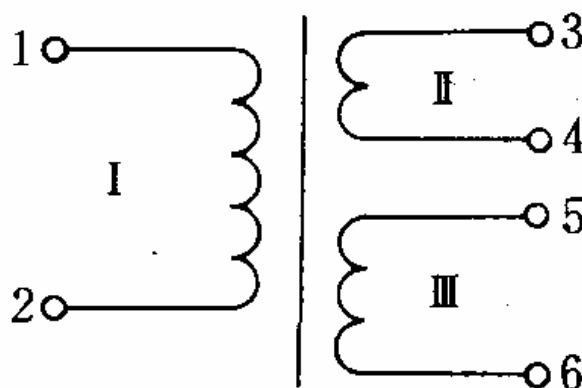


图 2—01 所示 电源变压器电路图

选择铁心的原则是：应根据负载功率的大小，绕组的多少，电压高低，温升要求，工作环境温度等来确定铁心的规格尺寸。表 2—11 列出了设计的典型参数，供参考。

在表 2—11 中，环境温度为 +55℃，变压器温升不超过 55℃。

铁心的电磁性能建议如下：

对 DQ151—35 材料，铁心在 $B_0 = 1.7T$ 下，单位铁损不超过 $2.2W/kg$ ，对于 R—100 以下的铁心，可放宽至 $2.5W/kg$ 。铁心磁化伏安不超过 $8VA/kg$ 。

对 Z8H—0.23 材料，铁心在 $B_0 = 1.7T$ 下，单位铁损不超过 $1.25W/kg$ ，对于 R—100 以下的铁心可放宽至 $1.5W/kg$ 。铁心磁化伏安不超过 $2VA/kg$ 。

铁心的磁化伏安，只要能满足在 $B_0 = 1.7T$ 下， $VA_{\phi 0}$ 在 $10VA/kg$ 以下，其功率因数均能在 0.99 以上。可根据实际使用情况，确定一个合适的 $VA_{\phi 0}$ 值。

3) 确定电磁参量

磁感应强度选择方法同 3.4.2，本例选用 Z8H—0.23 铁心材料，其 B_{50} 在 1.9T 以下。当电网电压波动值最大为 +15% 时，磁感应强度值宜取 1.7T 左右；电网电压波动值最大为 +10% 时，磁感应强度值可取 1.75T 左右。

本例中，取 $B_0 = 1.70T$ ，当电网电压达 +115% 时，可保证变压器正常工作。

电流密度 j 和电压调整率的选择参考表 2—11。具体选择方法是：功率余量小时取大值，功率余量大时取小值。

4) 变压器绕组功率分配

变压器绕组功率分配的原则是：初级绕组应平衡分配在左右两个铁心柱上，一般，功率在 300W 以下采用串联，300W 以上采用并联。次级绕组既要考虑功率分配平衡，又要考虑大功率绕组在左右铁心柱中的功率平衡。电压较低，工作电流大的次级绕组宜采用并联；电压高，电流小的次级绕组宜采用串联。

本例中，初级绕组采用左右各一半后串联；次级两绕组采用左右各一半后并联。

5) 匝数计算

$$TV_1 = 10^4 / 4.44fB_0S_C = 10^4 / 4.44 \times 50 \times 1.7 \times 4.09 = 6.479 \text{ 匝/V}$$

$$\text{取 } \Delta U\% = 8\%$$

$$TV_2 = TV_1 / (1 - \Delta U\%) = 6.479 / (1 - 0.08) = 7.042 \text{ 匝/V}$$

$$N_1 = U_1 \cdot TV_1 = 220 \times 6.479 = 1425 \text{ 匝，取 1420 匝，每边为 720 匝。}$$

$$N_2 = U_2 \cdot TV_2 = 7.5 \times 7.042 = 52 \text{ 匝}$$

$$N_3 = U_3 \cdot TV_2 = 26 \times 7.042 = 182 \text{ 匝}$$

6) 导线直径确定

次级反射到初级的电流 I_2'

$$I_2' = (I_2 N_2 + I_3 N_3) / N_1 = 1 \times 52 + 2.8 \times 182 / 1420 = 0.395 \text{ A}$$

由于 R 型变压器的铁损电流与磁化电流很小，故可直接用 I_2' 来确定初级导线直径。

查表 2—11，取 $j = 3 \text{ A/mm}^2$ 。

$$d_1 = 1.13 \sqrt{I_2' / j} = 1.13 \times \sqrt{0.395 / 3} = 0.41 \text{ mm}$$

$$d_2 = 1.13 \sqrt{0.5 I_2 / j} = 1.13 \times \sqrt{0.5 / 3} = 0.46 \text{ mm}$$

$$d_3 = 1.13 \sqrt{0.5 I_3 / j} = 1.13 \times \sqrt{0.5 \times 2.8 / 3} = 0.77 \text{ mm}$$

取 $d_1 = 0.425 \text{ mm}$ ， $d_2 = 0.475 \text{ mm}$ ， $d_3 = 0.80 \text{ mm}$ 。

7) 结构计算

导线直径确定后，进行结构计算，核算窗口能否容纳。

表 2—11 R 型变压器计算参数表 ($f = 50 \text{ Hz}$)

铁心 型号	功率 容量 /W	B_0 /T	j /A·mm ⁻²	$\Delta U\%$	$U_1 = 220 \text{ V}$ 时参数			温升计算参考数据			
					d_1 /mm	N_1	连接法	α_{m0} $\times 10^3$	F_c /cm ²	F_m /cm ²	β
R-10	~15	1.70	4.0~4.5	16~20	$\phi 0.15$	1575×2	串联	1.15	42.9	92.9	0.462
R-20	20~28	1.70	3.8~4.5	14~18	$\phi 0.19$	1267×2	串联	1.15	54.1	112.8	0.480
R-30	30~45	1.70	3.5~4.0	12~15	$\phi 0.25$	1088×2	串联	1.15	64.0	149.1	0.429
R-40	35~55	1.70	3.3~3.8	10~13	$\phi 0.28$	911×2	串联	1.15	74.1	155.5	0.477
R-50	50~65	1.70	3.2~3.5	9~12	$\phi 0.315$	792×2	串联	1.05	88.5	170.6	0.519
R-80	70~100	1.70	3.0~3.3	8~10	$\phi 0.425$	713×2	串联	1.05	96.3	237.5	0.405
R-100	90~130	1.70	2.8~3.2	8~9	$\phi 0.50$	643×2	串联	1.05	115.3	279.2	0.413
R-160	150~200	1.70	2.6~3.0	7~8	$\phi 0.63$	540×2	串联	1.00	137.1	320.9	0.427
R-260	200~300	1.70	2.6~3.0	7~8	$\phi 0.75$	468×2	串联	1.00	164.1	407.3	0.403
R-320	280~380	1.70	2.5~3.0	6~8	$\phi 0.85$	408×2	串联	1.00	182.0	480.5	0.379
R-600	380~650	1.70	2.4~3.0	5~7	$\phi 0.80$	570	并联	0.95	235.2	565.6	0.416
R-1 000	650~1 000	1.70	2.2~2.5	4~6	$\phi 1.0$	431	并联	0.95	323.3	809.6	0.399

骨架采用 RB—80，内骨架(初级)绕线宽度为 59mm，可绕制厚度为 3.4mm；外骨架(次级)绕线宽度为 59mm，可绕制厚度为 3.7mm。

由于绕组平衡配置，故只要计算一个线圈即可。结果如下：

/ 2 : $N_1 / 2 = 710$ 匝， $d_1 = 0.425\text{mm}$ ， $d_{1m} = 0.488\text{mm}$ ，每层 118 匝，绕 6 层，绕组厚度 3.1mm；

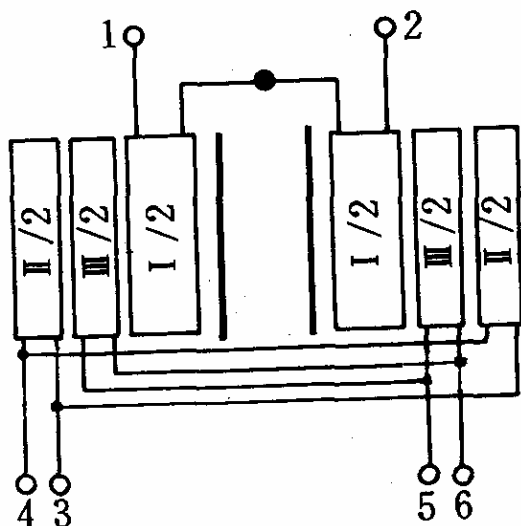


图 2—02 绕组配置及连接

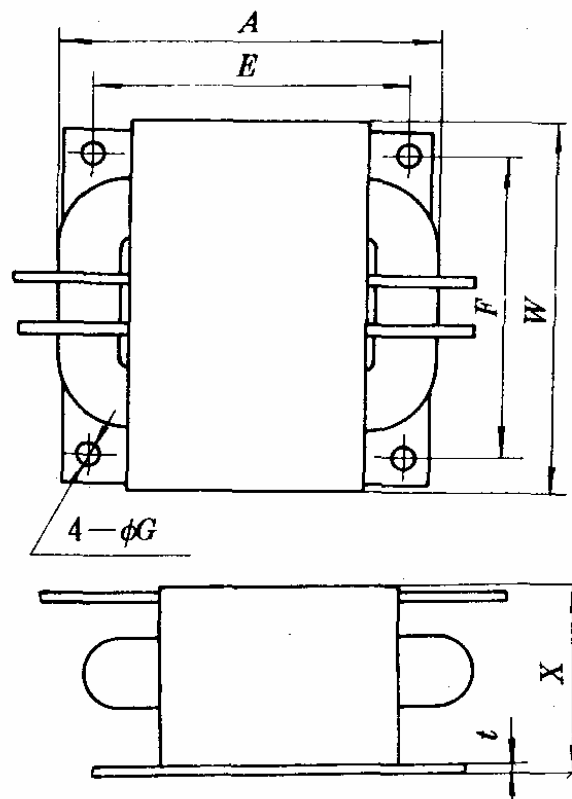


图 2—03 R 型变压器外形图

/ 2 : $N_2 = 52$ 匝， $d_2 = 0.475\text{mm}$ ， $d_{2m} = 0.541\text{mm}$ ，每层 52 匝，绕 1 层，绕组厚度 0.57mm；

/ 2 : $N_3 = 182$ 匝， $d_3 = 0.8\text{mm}$ ， $d_{3m} = 0.884\text{mm}$ ，每层 63 匝，绕 3 层，绕组厚度 2.78mm。

根据以上计算，绕组能在骨架尺寸范围内配置。

如果在计算时，绕组在骨架尺寸范围内不能配置，则可改变导线直径至绕得下为止。

8) 绕组排列及连结

绕组排列及连接见图 2—02。

9) 其余计算均与 C 形铁心电源变压器相同，在此不再赘述。

3.9.3 几种典型设计绕制方法

表 2—12 列出了几种典型设计的 R 型变压器绕组排列配置方法。

3.9.4 常用 R 型变压器规格

图 2—03 为卧式安装结构 R 型变压器外形，其尺寸规格见表 2—13。

表 2—12 几种典型的线圈绕制方法

绕法	例 1: 中心抽头串接	例 2: 串 接
型号	R—10	R—160
电 路 图		
绕组 连接 电路 图		
绕组 排列 图		
绕制 数据	$d_{12} = d_{1'2'} = 0.15\text{mm}$ $N_{12} = N_{1'2'} = 1\ 650\ \text{匝}$ $d_{34} = d_{3'4'} = d_{56} = d_{5'6'} = 0.31\text{mm}$ $N_{34} = N_{3'4'} = N_{56} = N_{5'6'} = 155\ \text{匝}$	$d_{12} = d_{1'2'} = d_{34} = d_{3'4'} = 0.65\text{mm}$ $N_{12} = N_{1'2'} = 541\ \text{匝}$ $N_{34} = N_{3'4'} = 49\ \text{匝}$ $d_{56} = d_{5'6'} = 0.87\text{mm}$ $N_{56} = N_{5'6'} = 292\ \text{匝}$

绕法	例 3: 并联	例 4: 分段并联
型号	R—100	R—160
电 路 图		
绕组 连接 电路 图		

绕法 型号	例 3: 并联 R-100	例 4: 分段并联 R-160
绕组排列图		
绕制数据	$d_{12} = d_{1'2'} = 0.50\text{mm}$ $N_{12} = N_{1'2'} = 627$ 匝 $d_{34} = d_{3'4'} = 1.26\text{mm}$ $N_{34} = N_{3'4'} = 92$ 匝	$d_{12} = d_{1'2'} = 0.65\text{mm}$ $N_{12} = N_{1'2'} = 541$ 匝 $d_{34} = d_{45} = d_{5'4'} = d_{4'3'} = 1.20\text{mm}$ $N_{34} = N_{5'4'} = 55$ 匝 $N_{45} = N_{4'3'} = 11$ 匝

绕法 型号	例 5: 分段串接 R-260	例 6: 双组并联 R-600
电路图		
绕组连接电路图		
绕组排列图		
绕制数据	$d_{12} = d_{1'2'} = 0.80\text{mm}$ $N_{12} = N_{1'2'} = 464$ 匝 $d_{43} = d_{4'5} = d_{56} = d_{6'7} = 0.38\text{mm}$ $N_{43} = 1822$ 匝, $N_{4'5} = 1367$ 匝, $N_{56} = N_{6'7} = 228$ 匝	$d_{12} = d_{1'2'} = 0.85\text{mm}$ $N_{12} = N_{1'2'} = 580$ 匝 $d_{34} = d_{3'4'} = d_{56} = d_{5'6'} = 1.35\text{mm}$ $N_{34} = N_{3'4'} = N_{56} = N_{5'6'} = 111$ 匝

表 2—13 R 型变压器主要尺寸表

型号	外形尺寸/mm			安装尺寸/mm				质量 kg
	A	W	X	E	F	G	t	
R-10	74	61	37	68.4	48	4×5	1.0	0.4
R-20	81	70	39	55	50	M3	1.0	0.5
R-30	96	77	42	70	60	φ5	1.0	0.7
R-40	98	80	44	70	60	φ5	1.0	0.9
R-50	101	92	48	75	65	φ5	1.0	1.0
R-80	124	90	52	90	70	φ5	1.2	1.4
R-100	124	103	55	100	80	φ5	1.2	1.7
R-160	138	115	63	100	85	φ5	1.6	2.6
R-260	156	121	66	130	95	φ5	1.6	3.1
R-320	163	128	70	135	95	φ5	1.6	3.8
R-600	182	145	85	142	100	φ8	1.6	6.5
R-1000	222	172	99	180	140	φ8	2.6	10.5

(全文完)

上海亿立科技发展有限公司

电话：021 - 65237389

65488746

上海亿立电子设备制造有限公司

电话：021 - 65745005

上海绕线机厂

电话：021 - 56779946

传真：021 - 65745005

上海亿立公司

上海绕线机厂