

变压器结构设计手册

(计算程序部份)

沈阳变压器厂

一九七〇. 十

一. 电压计算

BJ 504

一、各分接电压计算一般已知条件给出的电压均为线电压,故要根据线图连接组算出相电压,同时根据分接百分数算出各分接电压(伏)

相电压(伏) E_a 与线电压(伏) E_x 算法如下:

连接组	单相串联	三相Y接	三相Δ接
公式	$E_a = \frac{E_x}{\sqrt{3}}$	$E_a = E_x$	$E_a = \frac{E_x}{\sqrt{3}}$

本页表列出了标准相线电压及各分接点电压,如要额定电压与本表相符可按本表直接查出各分接点电压,如若线图接法为Y或Y0时可查表中相线电压(伏),如若Δ接时只用表中线电压(伏)。

电压	+10%	+7.5%	+5%	+2.5%	额定	-2.5%	-5%	-7.5%	-10%	25% 数值
线			15750	15375	15000	14625	14250			375
相			9094	8877	8661	8445	8228			216
线			23100	22550	22000	21450	20900			550
相			13337	13020	12702	12385	12067			317
线	38500	37620	36750	35870	35000	34130	33250	32380	31500	875
相	22230	21720	21220	20710	20210	19710	19200	18700	18190	505
线			40420	39460	38500	37540	36580	35610	34650	960
相			23340	22780	22230	21680	21120	20560	20010	555
线			42000	41000	40000	39000	38000			1000
相			24249	23672	23095	22517	21940			577
线			46200	45100	44000	42900	41800			1100
相			26674	26039	25404	24769	24134			635
线	66000	64500	63000	61500	60000	58500	57000	55500	54000	1500
相	38110	37240	36370	35510	34640	33770	32910	32040	31180	865
线	69300	67720	66150	64570	63000	61430	59850	58280	56700	1575
相	40010	39100	38190	37280	36370	35460	34550	33640	32730	910
线			69300	67650	66000	64350	62700	61050	59400	1650
相			40010	39060	38110	37160	36200	35250	34300	950
线	121000	118250	115500	112750	110000	107250	104500	101750	99000	2750
相	69860	68270	66680	65090	63510	61920	60340	58750	57160	1585
线			127050	124020	121000	117980	114950	111930	108900	3025
相			73350	71610	69860	68110	66370	64620	62870	1745
线	169400	165550	161700	157850	154000	150150	146300	142450	138600	3850
相	97810	95580	93360	91140	88910	86690	84470	82250	80030	2225
线	3450	3300	3150	3000	2850	2700	2550	2400	2250	575
相	1992	1905	1819	1732	1645	1558	1471	1384	1297	317
线	6300	6000	5700	5400	5100	4800	4500	4200	3900	975
相	3637	3464	3291	3118	2945	2772	2599	2426	2253	569
线	6600	6300	6000	5700	5400	5100	4800	4500	4200	1050
相	3811	3637	3464	3291	3118	2945	2772	2599	2426	605
线	6900	6600	6300	6000	5700	5400	5100	4800	4500	1125
相	3984	3811	3637	3464	3291	3118	2945	2772	2599	635
线	10500	10000	9500	9000	8500	8000	7500	7000	6500	1625
相	6062	5774	5485	5196	4907	4618	4329	4040	3751	906
线	11000	10500	10000	9500	9000	8500	8000	7500	7000	1750
相	6351	6062	5774	5485	5196	4907	4618	4329	4040	956
线	11550	11000	10450	9900	9350	8800	8250	7700	7150	1812
相	6668	6351	6034	5717	5400	5083	4766	4449	4132	988
线	14490	13800	13110	12420	11730	11040	10350	9660	8970	2268
相	8366	7968	7570	7172	6774	6376	5978	5580	5182	1368

二 电流计算

BJ 002.1

一 电流计算: 1 根据已知的容量、电压、相数、接法和分接电压百分数按下表公式计算额定线相电流和分接电流。2 举例: 三相自耦变压器, 90000 伏安, 220/2×2.5%/21 伏, Y₀ 自耦接法,

$$I_{1\phi} - I_{2\phi} = \frac{90000}{\sqrt{3} \times 220} = 236 \text{ 安}$$

$$\text{分接电流分别为: } 236(1+0.025) = 242 \text{ 安}$$

$$236(1+0.05) = 248 \text{ 安}, 236(1-0.025) = 230 \text{ 安}; 236(1-0.05) = 224 \text{ 安}$$

$$I_{2\phi} - I_{2\phi} = \frac{90000}{\sqrt{3} \times 21} = 430 \text{ 安}$$

$$I_3 = 430 - 236 = 194 \text{ 安}$$

3. 当为 Y、Y₀ 或 Δ 接, 容量为 20~63000 伏安, 电压为 0.4~242 伏时可直接从以下表中查取额定线电流(分子数值)和相电流(分母数值)

类别	单相变压器		三相变压器		自耦变压器
接法	串联	并联	Y 接	Δ 接	自耦
线电流 I_L (安)	$I_L = \frac{P}{E_x}$	$I_L = \frac{P}{E_x}$	$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} E_x}$	$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} E_x}$	同左
相电流 I_a (安)	$I_a = I_L$	$I_a = \frac{I_L}{2}$	$I_a = I_L$	$I_a = \frac{I_L}{3}$	同左
各分接时线电流 $I_{L\phi} = I_L (1 \pm \%)$; 分接相电流 $I_{Ca} = I_a (1 \pm \%)$					
公共绕组中电流 I_g					$I_g = I_{2a} - I_{1a}$

P—额定容量(伏安); E_{ϕ} —额定线电压(伏); $I_{L\phi}$, I_{ϕ} 和 I_g —分别为高压和低压的相、线电流, %—分接电压的数

电压	400	3000	3150	3300	6000	6300	6600	10000	10500	11000	35000	38500	44000	60000	63000	66000	69000
20	231	1732	1819	1905	3464	3637	3811	5770	6062	6351	66210	22230	25400	34640	36370	38110	39430
30	289	3.85	3.67	3.5	1.92	1.83	1.75	1.16	1.1	1.05							
40	16.7	2.22	2.12	2.02	1.11	1.06	1.01	0.67	0.64	0.61							
50	43.3	5.77	5.5	5.25	2.89	2.75	2.63	1.73	1.65	1.58							
63	25	3.33	3.17	3.03	1.67	1.59	1.52	1	0.95	0.91							
80	57.7	7.7	7.33	7	3.85	3.67	3.5	2.31	2.2	2.1							
100	33.3	4.44	4.23	4.04	2.22	2.12	2.02	1.33	1.27	1.21							
125	72.2	9.62	9.17	8.75	4.81	4.58	4.37	2.89	2.75	2.62	0.83	0.75					
160	41.7	5.56	5.29	5.05	2.78	2.65	2.53	1.67	1.59	1.52	0.48	0.43					
200	90.9	12.1	11.6	11	6.06	5.77	5.51	3.64	3.47	3.31	1.04	0.95					
250	52.5	7	6.67	6.36	3.5	3.33	3.18	2.1	2	1.91	0.6	0.55					
315	115.5	15.4	14.7	14	7.7	7.33	7	4.62	4.4	4.2	1.32	1.2					
400	66.7	8.89	8.47	8.08	4.44	4.23	4.04	2.67	2.54	2.42	0.76	0.69					
500	144.3	19.2	18.3	17.5	9.62	9.17	8.75	5.77	5.5	5.25	1.65	1.5	1.31				
630	83.3	11.1	10.6	10.1	5.55	5.29	5.05	3.33	3.18	3.03	0.95	0.87	0.76				
800	180.4	24.1	22.9	21.9	12	11.5	10.9	7.22	6.87	6.56	2.06	1.88	1.64				
1000	104.2	13.9	13.2	12.6	6.94	6.62	6.31	4.17	3.97	3.79	1.19	1.08	0.95				
1250	230.9	30.8	29.3	28	15.4	14.7	14	9.24	8.8	8.4	2.64	2.4	2.1				
1600	133.4	17.8	16.9	16.2	8.89	8.47	8.08	5.33	5.08	4.85	1.52	1.39	1.21				
2000	288.7	38.5	36.7	35	19.2	18.3	17.5	11.6	11	10.5	3.3	3	2.63				
2500	166.8	22.2	21.2	20.2	11.1	10.6	10.1	6.67	6.35	6.06	1.91	1.73	1.52				
3150	360.8	48.1	45.8	43.7	24.1	22.9	21.9	14.4	13.8	13.1	4.12	3.75	3.28				
4000	208.4	27.8	26.5	25.3	13.9	13.2	12.6	8.33	7.9	7.58	2.38	2.17	1.89				
5000	454.7	60.6	57.7	55.1	30.3	28.9	27.6	18.2	17.3	16.5	5.2	4.73	4.14				
6300	262.5	35	33.3	31.8	17.5	16.7	15.9	10.5	10	9.55	3	2.73	2.39				
8000	577.0	77	73.3	70	38.5	36.7	35	23.1	22	21	6.6	6	5.25				
10000	333.3	44.4	42.3	40.4	22.2	21.2	20.2	13.3	12.7	12.1	3.81	3.46	3.03				
12500	721.6	96.2	91.7	87.5	48.1	45.8	43.7	28.9	27.5	26.2	8.25	7.5	6.56				
16000	416.7	55.6	52.9	50.5	27.8	26.5	25.3	16.7	15.9	15.2	4.76	4.33	3.79				
20000	909.3	121.3	115.5	110.5	60.6	57.7	55.1	36.4	36.7	33.1	10.4	9.45	8.27	6.06	5.77	5.51	5.27
25000	525	70	66.7	63.6	35	33.3	31.8	21	20	19.1	6	5.46	4.78	3.5	3.33	3.18	3.04
31500	1158.7	154	146.6	140	77	73.3	70	46.2	44	42	13.2	12	10.5	7.7	7.33	7	6.69
40000	667.2	88.9	84.7	80.8	44.4	42.3	40.4	26.7	25.4	24.2	7.62	6.93	6.06	4.44	4.23	4.04	3.86
50000	1443	192.4	183.3	175	96.2	91.7	87.5	57.7	55	52.5	16.5	15	13.1	9.62	9.17	8.75	8.37
63000	833.4	111.1	105.8	101	55.5	52.9	50.5	35.3	31.8	30.3	9.53	8.66	7.57	5.55	5.29	5.05	4.83
80000	1804	240.6	229.1	218.7	120.3	114.6	109.4	72.2	68.7	65.6	20.6	18.8	16.4	12	11.5	10.9	10.5
100000	1042	138.9	132.3	126.3	69.4	66.2	63.1	41.7	39.7	37.9	11.9	10.8	9.47	6.94	6.62	6.31	6.04
125000	2310	301.9	293.3	280	154	146.6	140	92.4	88	84	26.4	24	21	15.4	14.7	14	13.4
160000	1334	177.8	169.3	161.6	88.9	84.7	80.8	53.3	50.8	48.5	15.2	13.9	12.1	8.89	8.47	8.1	7.73

相线电流表

BJ 002.2

电压 容量		相线电流表																								BJ 002.2							
		3000	3150	3300	3600	4000	4500	5000	5500	6000	6300	6600	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000	19000	20000	22000	24000		
2000	1732	1819	1905	3464	3637	3811	5774	6062	6351	6640	6930	7220	7510	7800	8090	8380	8670	8960	9250	9540	9830	10120	10410	10700	10990	11280	11570	11860	12150	12440	12730	13020	13310
	304.9	326.6	350	192.4	206.6	220.7	144.4	157.5	170.6	183.7	196.8	209.9	223.0	236.1	249.2	262.3	275.4	288.5	301.6	314.7	327.8	340.9	354.0	367.1	380.2	393.3	406.4	419.5	432.6	445.7	458.8	471.9	485.0
2500	489.2	528.2	577.4	303.1	328.7	354.3	228.7	254.3	279.9	305.5	331.1	356.7	382.3	407.9	433.5	459.1	484.7	510.3	535.9	561.5	587.1	612.7	638.3	663.9	689.5	715.1	740.7	766.3	791.9	817.5	843.1	868.7	
	277.8	284.6	292.5	138.9	150.3	161.7	104.4	115.8	127.2	138.6	150.0	161.4	172.8	184.2	195.6	207.0	218.4	229.8	241.2	252.6	264.0	275.4	286.8	298.2	309.6	321.0	332.4	343.8	355.2	366.6	378.0	389.4	
3150	606.2	657.4	711.1	403.1	438.7	474.3	303.1	328.7	354.3	379.9	405.5	431.1	456.7	482.3	507.9	533.5	559.1	584.7	610.3	635.9	661.5	687.1	712.7	738.3	763.9	789.5	815.1	840.7	866.3	891.9	917.5	943.1	
	350	373.3	396.6	217.5	236.7	255.9	166.7	181.9	197.1	212.3	227.5	242.7	257.9	273.1	288.3	303.5	318.7	333.9	349.1	364.3	379.5	394.7	409.9	425.1	440.3	455.5	470.7	485.9	501.1	516.3	531.5	546.7	
4000	769.9	833.2	900.0	504.9	546.7	588.5	366.6	404.4	442.2	480.0	517.8	555.6	593.4	631.2	669.0	706.8	744.6	782.4	820.2	858.0	895.8	933.6	971.4	1009.2	1047.0	1084.8	1122.6	1160.4	1198.2	1236.0	1273.8	1311.6	
	444.4	473.4	502.4	288.7	312.3	335.9	211.7	230.2	248.7	267.2	285.7	304.2	322.7	341.2	359.7	378.2	396.7	415.2	433.7	452.2	470.7	489.2	507.7	526.2	544.7	563.2	581.7	600.2	618.7	637.2	655.7	674.2	
5000	962.3	1045.5	1128.7	674.8	732.0	789.2	484.4	532.2	580.0	627.8	675.6	723.4	771.2	819.0	866.8	914.6	962.4	1010.2	1058.0	1105.8	1153.6	1201.4	1249.2	1297.0	1344.8	1392.6	1440.4	1488.2	1536.0	1583.8	1631.6	1679.4	
	555.5	592.2	628.9	355.1	388.7	422.3	264.6	293.4	322.2	351.0	379.8	408.6	437.4	466.2	495.0	523.8	552.6	581.4	610.2	639.0	667.8	696.6	725.4	754.2	783.0	811.8	840.6	869.4	898.2	927.0	955.8	984.6	
6300	1212.5	1305.5	1400.0	866.6	944.4	1022.2	633.3	696.7	760.0	823.3	886.7	950.0	1013.3	1076.7	1140.0	1203.3	1266.7	1330.0	1393.3	1456.7	1520.0	1583.3	1646.7	1710.0	1773.3	1836.7	1899.9	1963.3	2026.7	2090.0	2153.3	2216.7	
	700	746.6	793.3	473.3	516.7	560.0	353.3	396.7	440.0	483.3	526.7	570.0	613.3	656.7	699.9	743.3	786.7	830.0	873.3	916.7	960.0	1003.3	1046.7	1090.0	1133.3	1176.7	1219.9	1263.3	1306.7	1350.0	1393.3	1436.7	
8000	1539.7	1666.6	1800.0	1099.9	1200.0	1300.0	888.8	988.9	1088.9	1188.9	1288.9	1388.9	1488.9	1588.9	1688.9	1788.9	1888.9	1988.9	2088.9	2188.9	2288.9	2388.9	2488.9	2588.9	2688.9	2788.9	2888.9	2988.9	3088.9	3188.9	3288.9	3388.9	
	888.8	946.8	1004.8	608.2	666.2	724.2	443.4	491.4	539.4	587.4	635.4	683.4	731.4	779.4	827.4	875.4	923.4	971.4	1019.4	1067.4	1115.4	1163.4	1211.4	1259.4	1307.4	1355.4	1403.4	1451.4	1499.4	1547.4	1595.4		
10000	1924.8	2083.3	2241.7	1395.8	1522.2	1648.6	1111.1	1233.3	1355.6	1477.8	1599.9	1722.2	1844.4	1966.7	2088.9	2211.1	2333.3	2455.6	2577.8	2699.9	2822.2	2944.4	3066.7	3188.9	3311.1	3433.3	3555.6	3677.8	3799.9	3922.2	4044.4	4166.7	
	1111	1058	1005	616.6	675.6	734.6	455.5	504.5	553.5	602.5	651.5	700.5	749.5	798.5	847.5	896.5	945.5	994.5	1043.5	1092.5	1141.5	1190.5	1239.5	1288.5	1337.5	1386.5	1435.5	1484.5	1533.5	1582.5	1631.5		
12500	2406.2	2600.0	2800.0	1777.8	1944.4	2111.1	1444.4	1600.0	1755.6	1911.1	2066.7	2222.2	2377.8	2533.3	2688.9	2844.4	2999.9	3155.6	3311.1	3466.7	3622.2	3777.8	3933.3	4088.9	4244.4	4399.9	4555.6	4711.1	4866.7	5022.2	5177.8	5333.3	
	1389	1323	1263	694	742	790	484.4	532.4	580.4	628.4	676.4	724.4	772.4	820.4	868.4	916.4	964.4	1012.4	1060.4	1108.4	1156.4	1204.4	1252.4	1300.4	1348.4	1396.4	1444.4	1492.4	1540.4	1588.4	1636.4		
16000	3019.2	3283.3	3547.4	2244.4	2466.7	2688.9	1811.1	2000.0	2188.9	2377.8	2566.7	2755.6	2944.4	3133.3	3322.2	3511.1	3700.0	3888.9	4077.8	4266.7	4455.6	4644.4	4833.3	5022.2	5211.1	5400.0	5588.9	5777.8	5966.7	6155.6	6344.4		
	1778	1693	1616	809	847	885	544.4	592.4	640.4	688.4	736.4	784.4	832.4	880.4	928.4	976.4	1024.4	1072.4	1120.4	1168.4	1216.4	1264.4	1312.4	1360.4	1408.4	1456.4	1504.4	1552.4	1600.4	1648.4	1696.4		
20000																																	
25000																																	
31500																																	
40000																																	
50000																																	
63000																																	

- 三、铁心直径的选取：铁心直径的大小直接关系到材料的使用量，也直接影响到变压器的重量、体积性能等指标等；铁心直径选取过大时，总重、铁心重量及空载损耗均随之增大，而予线重量及短路损耗随之减少，变压器形不成胖，铁心直径选取过小时，得到完全相反的结果。

铁心直径一般可按下列经验公式进行选取：

$$D = K \sqrt[4]{P_{\text{柱}}} \quad (\text{毫米})$$

式中：D — 铁心直径(毫米)

K — 经验系数

$P_{\text{柱}}$ — 变压器每柱容量(千伏安)

变压器的容量P(千伏安)与 $P_{\text{柱}}$ 的关系如下：

变压器的类别	P与 $P_{\text{柱}}$ 的关系	K			
		铝线卷		铜线卷	
		冷轧	热轧	冷轧	热轧
三相双卷	$P_{\text{柱}} = \frac{P}{3}$	50-54	56-60	53-57	60-64
三相三卷	$P_{\text{柱}} = \frac{P}{2}$	48-52	54-58	51-55	58-62
单相双卷	$P_{\text{柱}} = \frac{P}{2}$	50-54	56-60	53-57	60-64
单相三卷	$P_{\text{柱}} = \frac{3P}{4}$	48-52	54-58	51-55	58-62
铁芯式	$P_{\text{柱}} = \frac{K_1 P}{2}$				
三相自耦	$P_{\text{柱}} = \frac{K_1 P}{2}$				
单相自耦	$P_{\text{柱}} = \frac{3K_1 P}{4}$				

三相双卷变压器				三相三卷变压器			
容量P (千伏安)	$\sqrt[4]{P_{\text{柱}}}$	容量P (千伏安)	$\sqrt[4]{P_{\text{柱}}}$	容量P (千伏安)	$\sqrt[4]{P_{\text{柱}}}$	容量P (千伏安)	$\sqrt[4]{P_{\text{柱}}}$
10	1.351	1250	4.51	6300	7.5		
20	1.606	1600	4.81	8000	1.95		
30	1.778	2000	5.08	10000	8.4		
40	1.91	2500	5.37	12500	8.9		
50	2.02	3150	5.69	16000	9.46		
63	2.14	4000	6.04	20000	10		
80	2.27	5000	6.38	25000	10.66		
100	2.4	6300	6.76	31500	11.2		
125	2.54	8000	7.18	40000	11.9		
160	2.7	10000	7.6	50000	12.58		
200	2.855	12500	8.02	63000	13.3		
250	3.02	16000	8.55	80000	14.14		
315	3.2	20000	9.03	100000	14.94		
400	3.4	25000	9.55	125000	15.8		
500	3.59	31500	10.12				
630	3.81	40000	10.72				
800	4.04	50000	11.35				
1000	4.27	63000	12.05				

- 四、绕组匝数计算：(电压比较校)

1. 根据经验公式算出的铁心直径，按本资料BJ 004选取最近的标准铁心直径，并查出铁心截面 A_t (cm^2) (根据硅钢片的表面平整度确定迭片系数)

2. 初算每匝电压 e_t (伏)

当周率 $f=50\sim$ 时 $e_t = \frac{B \cdot A_t}{450}$ (伏)

式中： A_t — 铁心截面面积(cm^2)

B — 磁通密度(千高斯) 初算时

当周率 $f=60\sim$ 时 $e_t = \frac{B \cdot A_t}{375}$ (伏)

可按热轧硅钢片 $B=14.7$ (千高斯)

冷轧硅钢片 $B=17$ (千高斯)

3. 初算低压绕组匝数 w_2

$$w_2 = \frac{E_{a2}}{e_t} \quad \text{— 取整数匝为 } w_2$$

如若进位为整数匝时，磁密B将比初算 e_t 时小如若舍去小数位时磁密B将比初算 e_t 时大，要根据具体情况而定，一般是进位为整数。

式中的 E_{a2} — 低压相电压(伏)

4. 确定每匝电压 e_t (伏)

B 最大值，热轧 $B \leq 14.75$ (千高斯)，冷轧 $B \leq 17.1$ (千高斯)

$$e_t = \frac{E_{a2}}{w_2} \quad (\text{伏}) \quad \text{用算算至小数点后三位}$$

5. 根据 e_t 求出磁密B(千高斯)

$$B = \frac{450 e_t}{A_t} \quad (\text{千高斯})$$

6. 计算高压匝数 w_1 及分接匝数 $w_{\text{分}}$

$$w_1 = \frac{E_{a1}}{e_t} \quad \text{— 取整数匝为 } w_1$$

$$w_{\text{分}} = \frac{E_{\text{分}}}{e_t} \quad \text{— 取整数匝为 } w_{\text{分}} \quad E_{\text{分}} \text{ — 高压相电压比}$$

7. 电压比较校

$$w_1 \cdot e_t = E_{a1}$$

$$E_{a1} - E_{a1}' \leq \frac{3 \cdot E_{a1}}{1000}$$

$E_{\text{分}}$ — 两分接相电压之差值(伏)

最好在0.25%之内尤其是额定电压。

$$w_{\text{分}} \cdot e_t = E_{\text{分}}$$

用 $E_{a1} - E_{\text{分}}$ 算出各分接电压，各分接电压均要进行校核。

铁心截面表

BJ004.1

铁心截面表

- (1) 本表列出了硅片系数为0.92, 0.93, 0.94, 0.95四种铁心截面, 在设计时根据硅钢片的性能平整度, 厚度等来选取硅片系数, 最好根据硅钢片实际测出硅片系数。
- (2) 考虑硅钢片性能较差时损耗大铁心温升高, 故在硅片系数为0.92及0.93时铁心油道适当加多表中已考虑油道的加多。
- (3) 用热轧硅钢片时, 考虑损耗较大, 硅片系数一律採用0.92。
- (4) 用冷轧硅钢片 D310, D320, D330时平整度较差, 波浪度较大时用0.92硅片系数, 平整度较好的用0.93硅片系数。
- (5) 用冷轧硅钢片 D340时平整度较好的, 波浪度较小, 实际测量硅片系数能达到0.95时, 此时因性能关系最好硅片系数取0.94, 对D340平整度较差者採用0.93硅片系数。
- (6) 用冷轧硅钢片其性能数据接近Z11平整度较好的, 取0.95硅片系数。
- (7) 铁心温升主要是在无油道与有一个油道一个油道与两个油道, 两个油道与三个油道, 三个油道与四个油道, 交界处处的几个铁心温升较高, 故通有性能较差, 但平整度非常好的硅钢片只要铁心油道数符合表中0.92或0.93的数字的铁心直径硅片系数可以选取0.94或0.95。
- (8) 本表所列截面仅限于铁心用绑带夹紧, 如若用铁心螺桿时, 铁心铁轭应适当减少增加扇形厚度放置螺母。
- (9) 表中所列铁轭系数仅供参考, 设计时可以适当调整。
- (10) 铁心各段尺寸及铁心油道位置均见铁心结构标准。

铁心直径 (毫米)	铁件 内径 (毫米)	铁件 油道 厚度 (毫米)	铁心 系数	铁心 油道 数	0.92		0.93		0.94		0.95	
					净截面 Cm ²	角重 (公斤)	净截面 Cm ²	角重 (公斤)	净截面 Cm ²	角重 (公斤)	净截面 Cm ²	角重 (公斤)
φ80/90	75	1.5	5	6	41.2	5.05	41.7	5.1	42.2	5.16	42.6	5.2
φ85/95	81	1.5	5	6	46.9	6.07	47.4	6.14	47.9	6.2	48.4	6.26
φ90/100	85	1.5	5	6	52.8	7.34	53.4	7.4	54	7.5	54.5	7.58
φ95/105	91	1.5	6	6	59.7	8.8	60.3	8.9	60.9	9	61.6	9.1
φ100/110	97	1.5	6	6	66.3	10.3	67	10.5	67.8	10.6	68.5	10.7
φ105/115	101	1.5	6	6	73	12	73.8	12.2	74.6	12.3	75.4	12.4
φ110/120	105	1.5	6	6	80.2	13.8	81	13.9	81.9	14.1	82.8	14.24
φ115/125	111	1.5	6	6	87.9	15.9	88.9	16	89.8	16.2	90.8	16.36
φ120/130	115	1.5	6	8	95.5	18	96.6	18.2	97.6	18.4	98.6	18.58
φ125/135	121	1.5	7	6	104.6	20.6	105.7	20.9	106.9	21.1	108	21.3
φ130/140	125	1.5	7	6	112.1	23	113.3	23.3	114.5	23.5	115.7	23.74
φ135/145	131	1.5	7	6	122	26	123.2	26.3	124.6	26.6	125.9	26.87
φ140/150	135	1.5	7	6	131.6	29.2	133.1	29.5	134.5	29.8	135.9	30.1
φ145/155	141	1.5	7	6	141.9	32.7	143.5	33.1	145	33.4	146.5	33.74
φ150/160	147	1.5	7	6	151.7	36.2	153.3	36.6	155	37	156.5	37.4
φ155/165	151	1.5	7	6	161.7	39.6	163.4	39.1	165.2	39.5	167	39.9
φ160/170	155	1.5	7	6	172.3	44	174.1	44.4	176	44.8	177.9	45.3
φ165/175	160	1.5	7	6	183	48	185	48.5	187	49	189	49.5
φ170/180	165	1.5	7	6	193.7	53	195.9	53.5	198	54	200.1	54.5
φ175/185	171	1.5	7	6	206.7	58	209	58.6	211.3	59.2	213.5	59.8
φ180/190	175	1.5	7	6	218.2	63	220.5	63.8	222.9	64.4	225.3	65
φ185/195	180	1.5	7	6	230.7	68.5	233.2	69.3	235.7	70	238.2	70.7
φ190/200	185	1.5	7	6	244	73.5	246.6	74.2	249.2	75	251.9	75.8
φ195/205	189	1.5	7	6	256	80	258.7	81.2	261.5	82	264.3	82.8
φ200/210	195	1.5	8	6	271.2	87	275.1	88.3	277	89.2	280	90.1
φ205/215	199	1.5	8	6	285.2	91	288.3	91.9	291.4	92.8	294.5	93.7
φ210/220	205	1.5	8	6	299.7	98	303	99	306.2	100	309.5	101
φ215/225	240	1.7	8	6	312.9	105	316.3	105.9	319.7	107	323.1	108
φ220/230	250	1.9	8	8	327.4	112.5	331.1	113.9	334.5	115	338.1	116.2

铁心截面表

BJ004.2

铁心直径 (毫米)	夹件 内距 (毫米)	夹件 油道 厚 (毫米)	铁心 线数	铁心 线数	迭片系数为 0.92, 0.93 数据				迭片系数为 0.94, 0.95 数据				油道 数量	
					0.92		0.93		油道 数量	0.94		0.95		
					净铁面积	角重(公斤)	净铁面积	角重(公斤)		净铁面积	角重(公斤)	净铁面积	角重(公斤)	
φ225/235	250	18	8	8	343.4	121	347.1	122.3	无	350.9	123.5	354.6	124.7	无
φ230/240	260	22	9	8	359.5	129	363.3	130.7	无	367.2	132	371.2	133.3	无
φ235/245	260	22	9	8	371.9	136	376	137.6	无	380	139	384	140.4	无
φ240/250	260	21	9	8	387.5	144	391.8	145.5	无	396	147	400.2	148.5	无
φ245/255	270	24	10	8	404.2	154	408.6	156	无	413	157.5	417.4	159	无
φ250/260	270	21	10	8	423.6	164	428.2	167.1	无	432.8	168.8	437.4	169.5	无
φ255/265	280	24	10	8	439.5	173	444.2	175.2	无	449	177	453.8	178.8	无
φ260/270	280	22	10	8	455.8	185	460.7	187.8	无	465.7	189.8	470.7	191.7	无
φ265/275	290	23	10	8	476.2	198	481.3	200	无	486.5	202	491.7	204	无
φ270/280	290	21	11	8	494.3	209	499.7	211.6	无	504.9	213.7	510.4	215.8	无
φ280/290	300	22	11	8	531.8	234	537.5	236.2	无	543.3	238.6	549.1	241	无
φ290/300	310	22	11	8	574	261	580.2	264.3	无	586.5	267	592.7	269.7	无
φ300/310	320	22	11	8	611.5	288	617.8	291	无	624.5	294	631.1	297	无
φ310/320	330	23	11	10	653	319	659.7	322.7	无	666.8	326	673.8	329.3	无
φ320/330	340	23	11	10	697.5	345	704.8	349	无	712.5	352.5	720	356	无
φ330/340	350	23	11	10	743	388	750.6	392	无	758.7	396	766.7	400	无
φ340/352	360	23	11	10	788	426	796.4	430.6	无	805	435	813.5	439.4	无
φ350/362	370	23	11	10	835.5	464	844.7	469	无	853.8	474	862.8	478.8	无
φ360/372	380	23	11	10	885.1	506	894.8	512	无	904.4	517	914	522.2	无
φ370/382	390	23	11	12	935.2	552	945.5	557.3	无	955.5	563	965	569	无
φ380/392	400	23	11	12	966.5	597	977.4	604	1	1008	610	1019	617	无
φ390/402	410	22	11	12	1020.4	650	1031.5	656	1	1064	663	1075.3	670	无
φ400/412	420	22	12	12	1078.5	702	1090.3	711	1	1124	718	1136	726	无
φ420/432	440	22	12	12	1193	804	1206	813	1	1219	821	1232	829	1
φ440/452	460	21	12	12	1314	927	1328	939	1	1343	949	1357	959	1
φ460/472	480	21	12	12	1409.4	1015	1425.1	1072	2	1464	1083	1479	1093	1
φ470/482	490	22	12	12	1492	1132	1509	1142	2	1526	1155	1541	1166	1
φ480/492	500	22	12	12	1543.3	1202	1560	1219	2	1600	1231	1618	1249	1
φ490/502	510	22	12	16	1608.7	1288	1625.4	1303	2	1668	1316	1686	1330	1
φ500/516	520	22	12	16	1672.2	1368	1690	1384	2	1734	1398	1752	1413	1
φ520/536	540	23	12	16	1810	1522	1830	1538	2	1850	1553	1869	1569	2
φ540/556	560	22	12	16	1954	1697	1975	1717	2	1997	1734	2018	1763	2
φ560/576	580	23	12	16	2110	1912	2133	1933	2	2157	1953	2179	1973	2
φ580/596	600	23	13	16	2261	2122	2286	2150	2	2310	2171	2335	2194	2
φ600/616	610	21	13	16	2388	2280	2414	2300	2	2440	2323	2466	2347	2
φ620/638	630	21	13	16	2556	2528	2584	2546	2	2612	2572	2640	2599	2
φ640/658	650	22	13	20	2728.4	2805	2758.1	2835	3	2816	2864	2846	2895	2
φ660/678	670	23	13	20	2871.3	3050	2903	3083	3	2963	3114	2995	3147	2
φ680/698	690	25	13	20	3042.2	3332	3174.9	3366	3	3138	3400	3172	3436	2
φ700/718	710	26	14	20	3233	3612	3267	3649	3	3303	3686	3338	3725	3
φ720/738	730	26	14	20	3401.1	3950	3438.8	3990	4	3507	4030	3544	4073	3
φ740/758	740	23	14	20	3590.2	4282	3627.9	4325	4	3698	4368	3738	4416	3

五. 线卷型式的选择, 可参照下表选择

容量 (千伏安)	电压 (千伏)	线卷型式	线卷 类别
630及以下	0.4	双层圆筒式	内线柱
500及以下	3~10	多层圆筒式	外线柱
630及以下	35	分段圆筒式	
2000及以下	60	双螺旋式	
800~1000	0.4	四螺旋式	
1250~2000	0.4		
4000~10000	3		内线柱
16000~50000	6	单或半螺旋	
40000~63000	10		
800~3150	3		
800~10000	6	连续式 或者外绕 连续式	外线柱
630及以上	10		
800及以上	35		
2500及以上	60		
5000及以上	110		

技术要求:

1. 一般选择线卷型式是根据电流的大小, 匝数的多少以及散热面多少来选择
2. 双层圆筒式线卷, 散热面较少, 匝数不能太多, 故适用于小容量低电压的线卷, 此种线卷, 导线并绕根数最多不得超过8根。
3. 多层圆筒式, 机械强度较差, 绕制方便, 散热面较少, 故适用于小容量, 小电流, 多匝数的线卷, 一般为单根线绕制, 尤其适合于圆线。
4. 单螺旋式, 绕制方便, 散热面较大, 故适用于较大电流较少的匝数, 并绕根数不得超过4根, 如若超出时, 必须将线卷高度方向再加一个换位位置。
5. 双螺旋式, 适用比单螺旋电流还大, 匝数更少。
6. 四螺旋式, 适用比双螺旋电流还大, 匝数更少。
7. 双螺旋四螺旋式线卷, 辐向尺寸在换位处厚出一根导线, 必须给予考虑, 主绝缘及垫块伸出等均要保证。
8. 连续式, 介于圆筒与螺旋式之间, 用地较广, 最多并绕根数为四根, 在外线柱时最多为6根。

六. 线卷高度和辐向尺寸的初步估计:

当线卷匝数确定后, 线卷尺寸直接由导线尺寸, 段数及绝缘结构而拼成, 同时线卷尺寸还必须满足阻抗的要求, 而导线尺寸, 及段数的确定还必须满足温升, 损耗, 机械力的要求, 故线卷尺寸与阻抗, 温升, 损耗, 机械力均有关联, 其中除阻抗外均都好调整, 只有阻抗比较难调, 故一般在计算时, 首先要满足阻抗的要求, 在有相类似计算单参考时, 线卷尺寸就好估计, 但要没有参考计算单时, 可初步按下列公式估计

1. 高压为110千伏双线卷, 阻抗为10.5% 电流密度

高压 1.8 A/mm^2 低压 2.3 A/mm^2 高低压间取 $40 \sim 42 \text{ mm}$

$$H_x = 140 + \sqrt{16W I_a - 20000} \quad \text{毫米} \quad \text{如将高压电流密度改为 } 2.3 \text{ A/mm}^2 \text{ 时式中 } 16 \text{ 改为 } 13$$

2. 高压为110千伏三线卷, 阻抗为10.5%, 6~7%, 17~18% 式中: H_x — 线卷高度 (mm)

电流密度为 2.3 A/mm^2 时高压对中柱距离取 $40 \sim 42 \text{ mm}$

W — 高压额定匝数

I_a — 高压额定相电流 (安)

$$H_x = 1.1 (140 + \sqrt{12W I_a - 20000}) \quad \text{毫米}$$

3. 对圆筒式线卷的窗高, 不好估计, 计算时只能参照相类似的计算单, 无计算单参考时反复调整。

圓線尺寸截面表

BJ-006.1

第 张 共 张

标注方法

φd 漆包銅線 QQ φd 漆包銅線 QZ
 φd 漆包鋁線 QAL φd 漆包鋁線 QZL

適用範圍:

銅線 φ1.81 以下
 鋁線 φ2.44 以下

φD-d=0.3 紙包圓銅線

φd Z-0.3 紙包圓銅線

φd ZL-0.3 紙包圓鋁線

標線 直徑d	截面 (毫米)	最大 直徑	絕緣重 %	銅	鋁	標線 直徑	截面 (毫米)	最大 直徑	絕緣重 %	銅	鋁	標線 直徑d	截面 (毫米)	絕緣 外徑φD	絕緣重 %	銅	鋁
0.06	0.00293	0.09				0.72	0.4072	0.80	2.78	92		1.00	0.7854	1.3			
0.07	0.00385	0.10				0.74	0.4301	0.83	2.9	95		1.04	0.8495	1.34			
0.08	0.00503	0.11				0.77	0.4657	0.86	2.78	92		1.08	0.9161	1.38			
0.09	0.00636	0.12				0.80	0.5027	0.89	2.67	88		1.12	0.9852	1.42			
0.10	0.00785	0.13				0.83	0.5411	0.92	2.59	85		1.16	1.0568	1.46			
0.11	0.0095	0.14				0.86	0.5809	0.95	2.48	81		1.20	1.131	1.5			
0.12	0.01131	0.15				0.90	0.6362	0.99	2.36	77		1.25	1.227	1.55			
0.13	0.01327	0.16				0.93	0.6793	1.02	2.29	75		1.30	1.327	1.6	5.85	193	
0.14	0.01539	0.17				0.96	0.7238	1.05	2.21	72		1.35	1.431	1.65	5.61	185	
0.15	0.01767	0.19	6.46	213		1.00	0.7854	1.11	2.63	86		1.40	1.539	1.70	5.37	177	
0.16	0.02011	0.20	6.01	198		1.04	0.8495	1.15	2.52	83		1.45	1.651	1.75	5.17	17	
0.17	0.0227	0.21	5.6	184		1.08	0.9161	1.19	2.44	8		1.50	1.767	1.80	4.99	163	
0.18	0.02545	0.22	5.29	174		1.12	0.9852	1.23	2.33	7.6		1.56	1.911	1.86	4.67	154	
0.19	0.02835	0.23	4.98	164		1.16	1.0568	1.27	2.24	7.3		1.62	2.061	1.92	4.47	147	
0.20	0.03142	0.24	4.71	155		1.20	1.131	1.31	2.21	7.2		1.68	2.217	1.98	4.31	142	
0.21	0.03464	0.25	4.47	147		1.25	1.227	1.36	2.08	6.8		1.74	2.378	2.04	4.14	135	
0.23	0.04155	0.28	5.22	172		1.30	1.327	1.41	2.0	66		1.81	2.573	2.11	3.97	131	
0.25	0.04899	0.30	4.56	15		1.35	1.431	1.46	1.93	63		1.88	2.776	2.18	3.81	125	
0.27	0.05726	0.32	4.41	146		1.40	1.539	1.51	1.77	58		1.95	2.987	2.25	3.57	118	
0.29	0.06605	0.34	4.09	135		1.45	1.651	1.56	1.83	6		2.02	3.205	2.32	3.45	114	
0.31	0.07548	0.36	3.8	125		1.50	1.767	1.61	1.77	58		2.10	3.464	2.4	3.31	109	
0.33	0.08553	0.38	3.56	117		1.56	1.911	1.67	1.7	56		2.26	4.012	2.56	2.97	98	
0.35	0.09621	0.41	4.01	132		1.62	2.061	1.73	1.64	54		2.44	4.676	2.74	2.74	9	
0.38	0.1134	0.44	3.67	121		1.68	2.217	1.79	1.51	49		2.63	5.433	2.93	2.53	83	
0.41	0.1320	0.47	3.38	111		1.74	2.378	1.85	1.51	49		2.83	6.29	3.13	2.34	77	
0.44	0.1521	0.50	3.36	11		1.81	2.573	1.93	1.51	49		3.05	7.306	3.35	2.10	69	
0.47	0.1735	0.53	2.93	96		1.88	2.776	2.0	1.47	48		3.28	8.45	3.58	1.98	65	
0.49	0.1886	0.55	2.81	92		1.95	2.987	2.07	1.48	48		3.53	9.787	3.83	1.83	6	
0.51	0.2043	0.58	3.32	109		2.02	3.205	2.14	1.44	47		3.80	11.34	4.1	1.7	56	
0.53	0.2206	0.60	3.19	105		2.10	3.464	2.23	1.43	47		4.10	13.2	4.4	1.57	51	
0.55	0.2376	0.62	3.07	101		2.26	4.012	2.39	1.32	43		4.50	15.9	4.8	1.41	46	
0.57	0.2552	0.64	2.96	98		2.44	4.676	2.57	1.23	4		4.80	18.1	5.1	1.32	43	
0.59	0.2734	0.66	2.85	94								5.20	21.24	5.5	1.22	4	
0.62	0.3019	0.69	2.71	89													
0.64	0.3217	0.72	2.85	94													
0.67	0.3526	0.75	2.75	91													
0.69	0.3739	0.77	2.66	88													

扁線規格尺寸截面表

BT-006.2

标注法: $a \times b$ 紙包扁鋼線 ZLB-X (兩端絕緣克厚 0.45, 0.95, 1.35, 1.95)
 $a \times b$ 紙包扁鋼線 ZB-X ()

第 2 張 共 張

a	09	1.0	1.08	1.16	1.25	1.35	1.45	1.56	1.68	1.81	1.95	2.10	2.26	2.44	2.63	2.83	3.05	3.28	3.53	3.8	4.1	4.4	4.7	5.1	5.5	6.0	6.5	7.0
2.44	2.03	2.23	2.43	2.62	2.84	3.08	3.33	3.60	3.89	4.21	4.55	4.94	5.37															
2.63	2.20	2.42	2.63	2.84	3.08	3.34	3.60	3.89	4.21	4.55	4.92	5.34	5.86	5.94	6.44													
2.83	2.38	2.62	2.85	3.07	3.33	3.61	3.89	4.20	4.54	4.91	5.31	5.82	6.43			7.53												
3.05		2.84	3.08	3.33	3.60	3.91	4.21	4.55	4.91	5.31	5.74	6.21	6.76	7.54	8.15	8.72												
3.28		3.07	3.33	3.60	3.89	4.22	4.55	4.91	5.30	5.73	6.19	6.71	7.28	7.92	8.61	9.31	1.03											
3.53		3.32	3.60	3.89	4.20	4.56	4.91	5.30	5.72	6.18	6.67	7.20	7.79	8.48	9.21	1.00	1.11	1.20										
3.8		3.59	3.89	4.20	4.54	4.92	5.33	5.74	6.19	6.67	7.19	7.79	8.48	9.21	1.00	1.11	1.20	1.29	1.39	1.50	1.62	1.71	1.85					
4.1		3.89	4.22	4.55	4.92	5.33	5.74	6.19	6.67	7.19	7.79	8.48	9.21	1.00	1.11	1.20	1.29	1.39	1.50	1.62	1.71	1.85						
4.4		4.19	4.54	4.89	5.29	5.73	6.17	6.65	7.18	7.75	8.37	8.96	9.64	1.02	1.11	1.20	1.29	1.39	1.50	1.62	1.71	1.85						
4.7		4.49	4.87	5.24	5.67	6.14	6.61	7.12	7.79	8.30	8.96	9.64	1.02	1.11	1.20	1.29	1.39	1.50	1.62	1.71	1.85							
5.1		4.89	5.30	5.71	6.17	6.68	7.19	7.75	8.36	9.02	9.74	1.02	1.11	1.20	1.29	1.39	1.50	1.62	1.71	1.85								
5.5		5.29	5.73	6.17	6.67	7.22	7.77	8.37	9.03	9.75	1.05	1.11	1.20	1.29	1.39	1.50	1.62	1.71	1.85	1.99	2.04	2.17	2.33	2.50	2.72			
5.9		5.69	6.16	6.63	7.17	7.76	8.35	8.99	9.70	1.05	1.13	1.19	1.28	1.39	1.50	1.62	1.71	1.85	2.03	2.19	2.33	2.51	2.68	2.92				
6.4		6.19	6.70	7.21	7.79	8.43	9.07	9.77	10.6	11.4	12.3	12.9	14.0	15.1	16.3	17.6	19.0	20.5	22.1	238	253	273	292	317	343	375		
6.9		6.69	7.24	7.79	8.42	9.11	9.79	10.6	11.4	12.3	13.3	14.0	15.1	16.3	17.6	19.0	20.5	22.1	238	253	273	292	317	343	375			
7.4		7.19	7.78	8.37	9.04	9.78	10.5	11.3	12.6	13.3	14.2	15.0	16.2	17.6	19.0	20.5	22.1	238	253	273	292	317	343	375				
8.0		7.79	8.43	9.07	9.79	10.6	11.4	12.3	13.2	14.4	15.4	16.3	17.6	18.9	20.5	22.1	238	253	273	292	317	343	375					
8.6		8.39	9.08	9.77	10.6	11.4	12.3	13.2	14.2	15.5	16.6	17.6	18.9	20.5	22.1	238	253	273	292	317	343	375						
9.3					12.4	13.3	14.3	15.4	16.6	17.9	19.0	20.5	22.2	24.0	25.8	27.9	30.1	32.3	34.8	37.6	40.5	43.4	46.6	50.1	53.6	58.3	62.9	68.7
10.0							13.4	14.6	16.6	17.9	19.3	20.5	22.1	23.9	25.8	27.8	30.0	32.3	34.8	37.6	40.5	43.4	46.6	50.1	53.6	58.3	62.9	68.7
10.8											19.3	20.9	22.2	23.9	25.9	28.0	30.2	32.4	34.9	37.6	40.5	43.4	46.6	50.1	53.6	58.3	62.9	68.7
11.6											23.9	25.7	27.8	30.0	32.3	34.9	37.6	40.5	43.6	46.7	50.1	53.6	58.3	62.9	68.7	74.7	80.4	86.6
12.5											25.8	27.8	30.0	32.4	34.9	37.6	40.5	43.6	47.0	50.4	54.1	57.9	62.9	67.9	74.1	80.4	86.6	93.6
13.5													32.4	35.0	37.7	40.7	43.8	47.2	50.8	54.5	58.5	62.6	67.0	71.5	76.1	80.9	85.9	91.6
14.6													34.9	37.6	40.5	43.7	47.1	50.6	54.6	58.6	62.9	67.3	71.7	76.3	81.1	86.1	91.2	96.6
15.6															40.5	43.7	47.1	50.7	54.6	58.8	63.1	67.6	72.4	77.7	83.2	88.9	94.8	100.8
16.8															47.0	50.7	54.6	58.8	63.3	68.0	72.0	76.1	80.4	85.1	90.0	95.1	100.3	106.7
18.0																50.4	54.4	58.5	63.0	67.9	72.9	78.0	83.7	89.9	96.1	102.1	108.3	115.7
19.5																	54.7	59.0	63.5	68.3	73.6	79.1	84.3	90.8	96.6	102.9	109.6	116.9

粗 型 中 規 格 只 限 於 鋼 扁 線

七. 线卷排列

1. 连续式线卷。(段数及每段匝数的确定)

① 外线柱

$$\frac{W_1}{m_1} = W_x \quad \text{式中: } W_x \text{ — 每段匝数} \quad W_1 \text{ — 最低分接电压时的匝数}$$

m_1 — 不包括分接时的段数, 在上下对称线卷取4的倍数
(如60千伏及以下110千伏全绝缘线卷) 上下不对称线卷
取2的倍数(如110千伏半绝缘, 220千伏以上者)

用计算尺首先对准匝数 W_1 使 W_x 为整数或 W_x 比整数略小一点, 找出合适的段数 m_1 来, m_1 加上分接段即得总段数。

② 内线柱:(有分数匝)

- 段数 m — 取偶数段, 如有分接时, 随内线柱 m_1 的要求而定。
- 每段匝数中的分数匝部分最好除首末两段外都取 $\frac{N}{2}$, N 为撑条数
- 首段和末段分数匝部分如下: 当总段数 n 为偶数时分数的分指取 $\leq N - (\frac{n}{2} + 1)$
当总段数为奇数时, 分数的分指取 $\leq N - \frac{n+1}{2}$ 。

$$d. \text{先求出 } \frac{1}{N} \text{ 常用值 } \frac{1}{8} = 0.13, \frac{1}{10} = 0.1, \frac{1}{12} = 0.084, \frac{1}{16} = 0.063, \frac{1}{20} = 0.05$$

e. 用计算尺首先对准匝数 W (有分接匝数时去掉分接匝), 按下式找出段数

$$\frac{W}{m} = W_x + \frac{1}{N} \text{ 使 } W_x + \frac{1}{N} \text{ 尽量为整数, 即使 } W_x \text{ 为不满整数与整数之差接近于 } \frac{1}{N}$$

f. 用算合算匝数, 将 W_x 进为整数匝为 W'_x , $(W'_x - W_x)N$ 使之等于和接近于 $m + \frac{n}{2}$

举例: 内线柱匝数 $W = 187$ 撑条数 $N = 16$, 四根并绕末段数及每段匝数

先用计算尺对准187, 按 $\frac{1}{N} = 0.063$, 在C尺上的4, 3, 2处分别找段数为

48, 64, 96, 三者比较用64段较为合适

$$(W'_x - m - W) \cdot N = (3 \times 64 - 187) \cdot 16 = 80 \quad m + \frac{n}{2} = 64 + \frac{4}{2} = 66$$

$$80 - 66 = 14, \quad 14 + (66 - 64) = 16, \quad 16 \text{ 将好分为4段每段匝数4, 故得出}$$

$$4 \text{ 段 } 2 \frac{1}{16} = 10 \frac{12}{16} \quad \text{因为每段都接 } 2 \frac{15}{16} \text{ 计算共16个垫块(合一匝)}$$

$$60 \text{ 段 } 2 \frac{15}{16} = 1764 / 16 \quad 16 \text{ 分4段每段4个垫块 } \frac{15}{16} - 4 / 16 = \frac{11}{16}$$

$$64 \text{ 段} \quad 187$$

$2 \frac{15}{16}$ 段为标准段, $2 \frac{1}{16}$ 段为非标准段一定要放在首末两端

2. 连续式线卷, (外线柱)

$$\frac{W_1 + W_x}{m_1} = W_x \quad \text{式中: 符号同上, } W_x \text{ — 外端段数乘3}$$

方法同①

3. 无筒式线卷

首先根据相电流和电流密度的要求, 初步确定导线尺寸, 根据导线尺寸按线卷高度确定每层匝数, 每层匝数确定后根据总匝数算出层数来。

$$A = \frac{I_a}{\Delta} \text{ (mm}^2\text{)} \text{ 由 } A \text{ 得导线直径 } d \text{ mm (带绝缘)}$$

$$W_x = \frac{H}{d} \quad \text{层数 } n = \frac{W}{W_x} \quad \text{式中: } A \text{ — 导线截面 (mm}^2\text{)}$$

W_x — 每层匝数

W — 线卷总匝数

八、导线规格的选择

1. 首先要符合下列要求

- ① 电流密度最大不得超过铝导线 2.3 安/毫米
- ²
- 铜导线 4.5 安/毫米
- ²

$$\Delta = \frac{I_a}{n \cdot A} \quad (\text{安/毫米}^2) \quad \text{式中: } \Delta \text{ — 电流密度(安/毫米}^2\text{), } I_a \text{ — 线卷相电流(安)}$$

 n — 导线并联根数, A — 单根导线截面(毫米²)

- ② 匝数根数: 连续式内线柱
- ≤ 4
- , 外线圈
- ≤ 6
- , 单螺旋
- $\leq N$
- ,
- N
- 撑条数。

- ③ 导线厚度
- a
- 与宽度
- b
- 的比例, 连续式
- $a/b = 1/2.5 \sim 1/4$
- , 螺旋式
- $a/b = 1/2 \sim 1/4$

- ④ 导线宽度最好是在 16.8 mm 以下; 最大不超出 18 mm;

- ⑤ 一个线卷所用导线尺寸最好取一样, 如引线和连续取同一规格导线,

2. 导线宽度 b 的初步确定。

根据估计的线卷高度 H 及匝数 m , 再根据绝缘资料, 就能算出轴上油道总高度 h 在内线柱内要适当考虑放大油道 50-100 mm

连续式线卷 $b = \frac{H-h}{m} - (\text{匝绝缘厚})$

单螺旋式线卷 $b = \frac{H-h}{m+4} - (\text{匝绝缘厚})$

双螺旋式线卷 $b = \frac{H-h}{2m+2} - (\text{匝绝缘厚})$

3. 导线厚度 a 的初步确定

根据电流密度 Δ 的要求, 初算时可选铝导线 $\Delta = 2.3 \text{ A/mm}^2$ 铜导线 $\Delta = 4.5 \text{ A/mm}^2$

$$A = \frac{I_a}{\Delta} \quad (\text{mm}^2) \quad A \text{ 为导线截面} (\text{mm}^2) \quad I_a \text{ 为相电流(安)}$$

 Δ 为电流密度 A/mm^2

根据 A 和 b 就能确定匝数根数和 a 来。

4. 无筒式线卷

对无筒式线卷因为没有轴向油道, 故根据线卷高度及电流密度就能确定导线尺寸。

九、线卷的高度及轴向宽度计算

1. 技术要求

- ① 用凡包筒时, 计算线卷高度及轴向接最大绝缘外径。

- ② 用航包筒时, 计算筒壳高度及轴向接绝缘外径。如
- $\phi 15 \text{ ZL-0.3}$
- 按
- $\phi 1.8$
- 计算。

- ③ 用纸包筒时, 其匝绝缘要加裕度, 0.45 按 0.5, 0.6 按 0.65, 0.95 按 1.0, 1.35 按 1.4, 1.95 按 2.0

- ④ 分接端和不漏匝线线的垫纸一律垫在匝间

- ⑤ 线卷中的放大油道最大不超过 20 mm 当两垫块中心距大于 120 mm 时, 最大油道可以为 25 mm。

- ⑥ 双螺旋和四螺旋在考虑主绝缘和垫块长度时, 必须考虑换位处加一根导线尺寸。

- ⑦ 双螺旋采用一次完全换位, 即换位次数等于匝数导线根数减 1

- ⑧ 四螺旋采用一次完全换位, 即换位次数等于匝数导线根数减 2

- ⑨ 两垫块中心距的要求

导线宽度不超过 8 mm 时撑条中心距不小于 100 mm

导线宽度为 8 mm 以上时, 撑条中心距不小于 120 mm

- ⑩ 轴向尺寸最小取 0.5 mm 为尾数, 线卷高度取 0 和 5 为尾数。

2 圆筒式线卷

① 线卷高度(毫米)

b	— 带绝缘导线的直径或宽度(毫米)
$\times h$	— 导线沿线卷高度方向并绕根数
b_1	
$\times (h_1+1)$	— h_1 为每层匝数
H_1	
$+ b$	— 当沿轴向有两根并绕时加 b
H_2	
$+ \delta$	— 绕制裕度
H	— 线卷高度(毫米) 取 0 或 5 为尾数

② 轴向尺寸计算(毫米)

计算轴向尺寸时应将油道左右两侧分开分别计算	
a	— 带绝缘的导线直径或厚度(毫米)
$\times h'$	— 导线沿轴向并绕根数
a_1	
$\times h'_1$	— 层数(指油道的一侧)
B_1	
$+ \delta_1$	— 层间绝缘总厚(毫米)
B_2	
$+ \delta_2$	— 轴向裕度(毫米)
B	— 线卷轴向厚(毫米) 取整数或 0.5 尾数

③ 圆筒式线卷轴向及轴向裕度的估计

项目	线型 裕度百分数	漆包圆线		纸包圆线		纸包扁线	
		不带静电 屏的线卷	带静电屏 的线卷	不带静电 屏的线卷	带静电屏 的线卷	单根	有并绕
轴向裕度 %		7-8%	12-15%	8-10%	15-18%	3-6%	4-7%
轴向裕度 %		0	0	1-2%	1-2%	0.5-1%	1-2%

④ 圆筒式线卷轴向油道宽度的选取

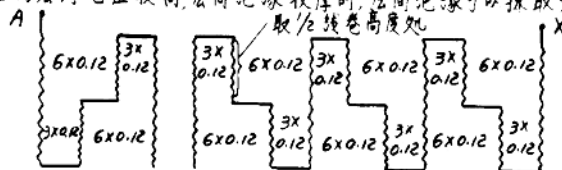
线卷高(包括端绝缘)毫米	350以下	350-400	400-450	450-500	500-550	550-600	600-650	650以上
油道最小宽度(毫米)	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5

油道位置应结合油道两侧线卷的表面散热面数量而定,一般一个散热面与散热面两层的热量 1:3 或 1:2.5, 内外散热面相差较小时可以取对称,如 400 伏线卷

⑤ 圆筒式线卷层间绝缘的选取

两层间最大工作电压(伏)= $2U_k$ U_k 为每层匝数, U_k 为每匝电压	500 伏	501~	1301~	1801~	2301~	2801~	3301~	3801~	4301~
若用 0.12 电缆纸张数	2	3	4	5	6	7	8	9	10
若用 0.08 电缆纸张数	3	4	6	7	9	10	12	13	14

当两层间电压较高,层间绝缘较厚时,层间绝缘可以採取分級绝缘举例如下:



⑥ 圆筒式线卷撑条数及宽度可参照下表

容量(千伏安)	80 及以下	100-630
撑条数	6	8
撑条宽度(毫米)	10	15

3. 螺旋式、连续式及斜结连续式线卷高度及辐向计算。

① 沿轴向导线根数 N

单螺旋式 (有二次特殊换位, 一次标准换位) $N = \text{匝数} + 4$

双螺旋式 (用交叉法换位) $N = 2 \text{ 倍匝数} + 2$

四螺旋式 (用交叉法换位) $N = 4 \text{ 倍匝数} + 4$ 如若分开出线可为 $N = 4 \text{ 倍匝数} + 2$

连续式和斜结连续式: 端部出线 $N = \text{投数}$ 中部出线 $N = 2 \text{ 倍投数}$,

有静电板时, 要加静电板尺寸每个静电板厚 20mm

② 沿轴向的油道数 N_1 , 油道的大小排列按纵绝缘资料, 内线柱为了与外线柱平衡必须考虑较大油道一般为 50 ~ 100mm。

$N_1 = N - 1$, 有静电板时油道另加。

③ 线卷高度 H (mm) 取 0 和 5 为尾数。

按导线根数求出沿轴向导线总高 H_1 (mm)

按油道数求出沿轴向总块总高 H_2 , 由于压紧线卷时 H_2 要收缩压缩系数为 4 ~ 6%, 沿轴向总块总净高度 (压缩后) $H_3 = H_2 - (0.04 \sim 0.06 H_2)$

$H = H_1 + H_3$ (mm), 有静电板时外加静电板尺寸及油道。

④ 沿辐向导线根数 N_2

单螺旋式: $N_2 = \text{匝数根数}$

双螺旋式: $N_2 = \frac{1}{2} \text{ 匝数根数}$

四螺旋式: $N_2 = \frac{1}{4} \text{ 匝数根数}$

连续式和斜结连续式: 每投匝数有分数匝时应进位为整数匝。

$N_2 = N_3 \cdot N_4$ N_3 为每段匝数 N_4 为匝数根数

⑤ 线卷辐向尺寸 B (mm) 如有小数时, 取 0.5 为尾数。

螺旋式: $B = a_1 \cdot N_2$ (mm) a_1 为导线带绝缘的厚度 (mm)

连续式: $B = 1.03 a_1 \cdot N_2$ (mm)

斜结式: $B = 1.05 a_1 \cdot N_2$ (mm)

十. 绝缘半径计算 (毫米)

R_1	— 铁心半径
σ_1	— 低压线卷对铁心距离见
R_2	— 低压线卷内半径
R_h B_h	— 低压辐向尺寸
R_3	— 低压线卷外半径
R_T σ_2	— 高低压间距距离见
R_4	— 高压线卷内半径
R_x B_x	— 高压辐向尺寸
R_5	— 高压线卷外半径
$\times 2$	
D	— 高压线卷外径
$+ E$	— 相间距离见
MO	— 两铁心柱间距见

低压线卷平均半径 $R_n = R_2 + \frac{R_n}{2}$

主空道平均半径 $R_T = R_3 + \frac{\sigma_2}{2}$

高压线卷平均半径 $R_x = R_4 + \frac{B_x}{2}$

计算单位一律为毫米

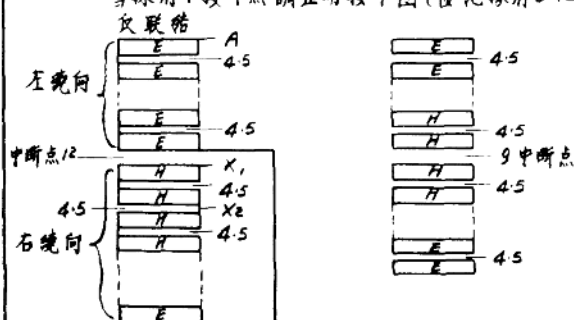
40千伏及以下油浸式变压器主纵绝缘

(1) 15千伏及以下纵绝缘

1) 圆筒式线卷匝绝缘0.3毫米及漆层不加静电屏直接绘制。

2) 饼式线卷, 匝绝缘用0.45毫米, 段间油道一律採用4.5毫米(中断点最小9毫米)

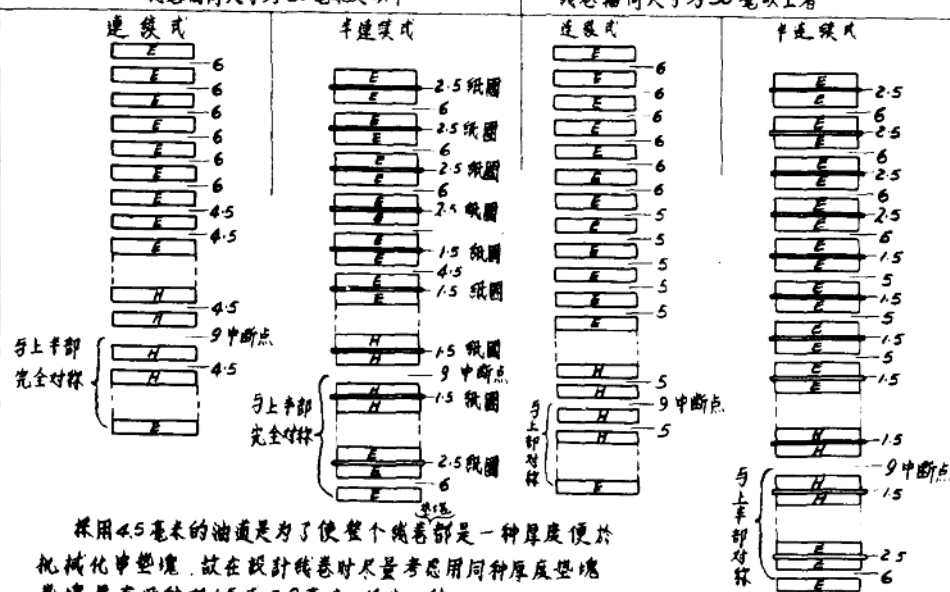
当採用Y接中点調压时按下图(匝绝缘用0.45毫米)



(2) 20千伏至35千伏的纵绝缘 匝绝缘一律採用0.45毫米

线卷端向尺寸为50毫米及以下

线卷端向尺寸为50毫米以上者



採用4.5毫米的油道是为了使整个线卷部是一种厚度便于机械化冲垫块, 故在设计线卷时尽量考虑用同种厚度垫块

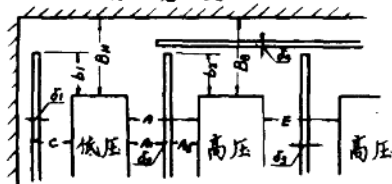
垫块厚有两种即1.5或2.0毫米, 任选一种。

5毫米油道尽量少用, 因为用一种厚度垫块不行, 如若机械化要求可改为4.5及6毫米交错放置

(3) 40千伏的纵绝缘, 除首末端各段内垫纸条厚5毫米外, 其余全同20千伏至35千伏纵绝缘尺寸。

(4) 6~40千伏级的主绝缘

示意图



高压电压 级次 (千伏)	试验 电压 (千伏)	线卷形式	尺寸 (毫米)									
			E	δ_3	A	A ₁	A ₂	δ_2	B _N	B ₃	δ_4	b ₂
3-6	18-25	多层圆筒式△接法	10	2								
		或Y接中点不在外层	15	0	8	55	0	25	20	20	0	8
		圆筒式Y接中点不在外层	8	0								
10	35	多层圆筒式△接法	12	2								
		或Y接中点不在外层	18	0	10	75	0	25	25	25	0	10
		圆筒式Y接中点不在外层	8	0								
		解式线卷	20	2								
			25	0	17	7	6	4	40	40	0	20
15	45	多层圆筒式△接法	15	2	14	11	0	3	35	35	2	16
20	55	多层圆筒式△接法	20	3	18	6-8	6-8	4	45	45	2	20
25	70	解式线卷	24	3	24	8-11	8-11	5	60	60	2	25
35	85	多层圆筒式△接法	30	3								
		圆筒式Y接中点不在外层	20	0	27	8-11	8-11	5	65	65	2	30
		解式线卷	30	3	27	8-14	8-14	5	70	70	2	35
40	95	解式线卷	35	3	32	8-19	8-19	5	70	70	2	40

低压电压 级次 (千伏)	线卷形式	C	δ_1		B _N	b ₁	高压为多层圆筒式Y接法,中点在外层,必要时可以改接成△相的其高压线卷的试验电压均降低 $\sqrt{3}$ 倍相间距离可保持不变加隔板			
			绝缘	厚度						
0.4	圆筒式圆筒线	0	1(在C以外)		15		高压Y接时 试验电压			
	解式线卷	10	1	4	20					
3-6		10	25	4	25	15				
10		12	25	4	30	20				
15		16	3	4	45	30				
35	解式线卷	24 ²⁴	5	5	70	60	高压改接△ 试验电压			
							相间 距离			
							隔板厚			
							25	18	8	15
							35	25	8	15
							85	35	20	2

注: 1. 表中距离已包括制造公差, 当容量较大时, 公差应适当加大

2. 表中距离均指最小距离, 由于结构上要求, 和阻抗, 散磁, 出线等要求, 距离允许放大

* 3. 将圆筒式线卷靠近相间的铁轭垫块铆钉 (在铁轭的上方) 去掉 (仅去高压线卷下方一只)

4. 3-10千伏级线卷层间可用木撑条 (带0.5毫米的纸垫条) 15千伏级及以上不得用木撑条

** 5. 容量在6300千伏安及以下时该尺寸最小为27毫米

