



普通高等教育“十二五”规划教材

电 路

(第二版)

刘耀年 主 编

郝 静 霍 龙 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

013070351

TM13-43
13-2



普通高等教育“十二五”规划教材

要 點 容 內

电 路

(第二版)

附录 (A) 附录 B 附录 C

主 编 刘耀年
副主编 郝 静 霍 龙
编 写 杨冬锋 黄亚峰 石 磊



TM13-43
13-2



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



北航

C1678832

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。

本书系统论述电路分析中的基本概念、基本定律和基本分析方法。主要内容包括基尔霍夫定律及其矩阵形式、简单电路的等效、网络分析的一般方法、网络分析一般方法的矩阵形式、网络定理、正弦稳态电路分析、耦合元件和耦合电路、正弦稳态三相电路、非正弦周期电流电路的稳态分析、二端口网络、线性动态电路的时域分析、线性动态电路的复频域分析、网络的状态变量分析法、均匀传输线的正弦稳态分析、无损耗均匀传输线的暂态分析、非线性电阻电路分析, 另有两个附录, EWB简介、MATLAB简介。书中还附有部分习题答案。

本书主要作为普通高等学校电气信息类专业电路课程的教材, 也可供有关科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路/刘耀年主编. —2版. —北京: 中国电力出版社, 2013. 7

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-4783-0

I. ①电… II. ①刘… III. ①电路—高等学校—教材
IV. ①TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第179503号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005年8月第一版

2013年7月第二版 2013年7月北京第八次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 29.5印张 716千字

定价 53.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

本书系《21 世纪高等学校规划教材 电路》(刘耀年主编)的修订本。修订本的内容及其次序安排,基本上符合教育部《电路课程教学基本要求》和教育部面向 21 世纪课程改革的要求。

与原版本对比,修订本加强、充实了基本的和传统内容,并调整了原版本的前半部分的一些内容,变动较大的地方有:① 将第一章中的网络图论的基本概念和有向图与 KCL、KVL 的矩阵表示放到第 4 章。② 将第二章中的无伴电源的等效变换删去,其内容放到第 3 章中。③ 根据教学和对基本内容、基本概念的掌握要求,第三章仅保留了支路电流法、节点电压法和回路电流法,对其余内容或删去或移到其他章节。④ 将第三章中的节点电压方程的矩阵形式、回路电流方程的矩阵形式放到第 4 章。⑤ 增加了网络分析一般方法的矩阵形式新的 1 章(第 4 章),将电路中有关网络图论及其算法的内容汇集在一起,使内容在整体上更加统一。⑥ 增减了一些章节的习题,特别是补充了非正弦周期电流电路的稳态分析一章的“反方向”计算的习题,使习题的类型及数量更加合理、全面。⑦ 按照教学习惯和传统,将非线性电阻电路分析的内容,放到最后一章,以适应教学安排。

本书保留了原版本的大部分内容和例题,习题类型有所增加,使用本书的教师也可以适当地自选一些习题作为补充。

参加本书修订工作的有:刘耀年、郝静、杨冬锋、黄亚峰和石磊。

本书的修订工作得到了东北电力大学电气工程学院的大力支持,使用过本书的教师也提出了许多宝贵的修改意见,在此,谨致衷心的感谢。

本书虽然在原版的基础上,根据各方面的读者提出的意见和建议做了一些修改,但缺点和错误之处在所难免,希望读者予以批评指正。

编 者

2013 年 6 月

第一版前言

电路是一门重要的技术基础课,是电气、电子、通信、控制以及机电一体化等学科必备的理论基础,对工科大学生总体课程的学习和今后的工作起着深远的影响。根据教育部最新颁布的《电路课程教学基本要求》和教育部面向 21 世纪课程改革的要求,按照模块化的方式组织编写了这本教材。

本教材编写的指导思想是,针对 21 世纪对电气工程类专业人才的要求,和当前高等教育改革中注重素质和能力培养的要求,以加强基础、拓宽专业为原则,适应教学内容和课程体系改革需求,处理好教材内容的体系、深度和广度,既要重视教材内容的先进性,又要特别注意教学的适用性。为此,在组织编写这本教材时,借鉴了不少同行们编写的优秀教材,并特别注意突出了以下几个方面的特色:

(1) 本教材在体系上有着鲜明的特点,它以电路状态为线索,采用直流稳态、正弦交流稳态、非正弦周期稳态和直流暂态、交流暂态的叙述体系,这一点与国内许多同类教材不同。

(2) 处理好与前序课程及后续课程的关系,考虑到目前的大学物理和高中物理课中的电磁学内容,在教材编写上强化了元件特性,以及电阻串联、并联、分压、分流等简单实用的内容。根据学生的数学基础,教材中比较早地提出了电路方程的矩阵形式,通过线性代数进一步阐明线性电路的性质,也使前序数学课内容得到很好的应用。

(3) 围绕教材模块化的方式,理顺内容之间的关系,突出教学适用性。将“网络的图和基尔霍夫定律的矩阵形式”等内容移到第一章中,突出了网络分析的“结构”特色。将“电路方程的矩阵形式”移至第三章,使算法分析中的观察法和系统法达到了和谐、统一。

(4) 突出教学重点和工程实用,对教材进行了适度的增删,删掉了运算放大器、回转器等内容;在“状态变量法”中加入了状态空间和状态轨迹的说明和例子,在“均匀传输线稳态分析”中增加了信号的无畸变传输内容,将拉普拉斯变换的有关暂态分析内容,推广到正弦稳态分析中,加强了“频率响应”,为将来从事滤波器的分析和设计做好准备。

(5) 例题和习题突出了基本理论和基本概念的训练,摒弃了那些步骤繁琐或技巧性很强的习题。习题内容覆盖了本书中要求理解和掌握的全部内容,便于学生选择和练习,以巩固基本概念及加强对实践能力的培养,其中许多题目是经多年教学实践而精选的。

参加本教材编写工作的有:刘耀年教授(第一、三、五、十三至十五章),霍龙教授(第四、七、九、十至十二章),郝静副教授(第二、六、八章及附录部分)。此外,刘耀年教授负责起草全书编写大纲、统稿、修改定稿等工作。

本教材承蒙张纯教授仔细审阅,并提出了许多宝贵意见,所提建议大部分已被采纳,这是使教材质量得以提高的重要保证。许多同行也对本教材的编写提出了不少宝贵建议,对上述同志的热情支持和帮助,在此一并致以衷心感谢!

本教材在编写过程中借鉴了不少同行们编写的优秀教材，并从中受到了不少教益和启发，在此对各位作者表示衷心的感谢！

限于编者的水平,错误和欠妥之处在所难免,恳请读者和使用本教材的同行批评指正。

最后,还要感谢为本书的出版付出了辛勤劳动的中国电力出版社的同志们。

目 录

前言

第一版前言

第1章 基尔霍夫定律及其矩阵形式	1
1.1 电路及电路模型	1
1.1.1 电路模型	1
1.1.2 集中参数电路与分布参数电路	1
1.2 电流、电压及功率	2
1.2.1 电流	2
1.2.2 电压和电位	3
1.2.3 电功率与电能	5
1.3 电阻元件	5
1.3.1 电阻元件的定义	5
1.3.2 线性时不变电阻元件	5
1.3.3 线性时变电阻元件	6
1.3.4 非线性电阻元件	7
1.4 电容元件	7
1.4.1 电容元件的定义	7
1.4.2 线性时不变电容元件	8
1.4.3 线性时变电容元件	9
1.4.4 非线性电容元件	10
1.4.5 线性时不变电容元件的能量	10
1.4.6 线性时不变电容元件的连接	10
1.5 电感元件	12
1.5.1 电感元件的定义	12
1.5.2 线性时不变电感元件	13
1.5.3 线性时变电感元件	14
1.5.4 非线性电感元件	14
1.5.5 线性时不变电感元件的能量	14
1.5.6 线性时不变电感元件的连接	14
1.6 独立电源	16
1.6.1 理想电压源	17
1.6.2 实际电压源	17
1.6.3 理想电流源	18

1.6.4 实际电流源	19
1.7 受控电源	20
1.7.1 四种类型的受控电源	20
1.7.2 受控电源与独立电源的比较	22
1.8 基尔霍夫定律	22
1.8.1 电路中几个常用的术语	23
1.8.2 基尔霍夫电流定律 (KCL)	23
1.8.3 基尔霍夫电压定律 (KVL)	24
小结	25
习题一	26
参考答案	29
第2章 简单电路的等效	31
2.1 等效电路的概念	31
2.2 电阻元件的串联与并联	32
2.2.1 电阻元件的串联	32
2.2.2 电阻元件的并联	33
2.2.3 电阻元件的混联	35
2.3 $\triangle$ 形和Y形电阻电路的等效变换	36
2.4 电源的等效变换	39
2.4.1 独立电压源与独立电流源的等效变换	39
2.4.2 理想电压源与支路并联的等效电路	41
2.4.3 理想电流源与支路串联的等效电路	42
2.4.4 受控电压源与受控电流源的等效变换	43
2.5 线性电阻网络的输入电阻	43
2.5.1 输入电阻的定义	44
2.5.2 输入电阻的求解方法	44
小结	46
习题二	47
参考答案	50
第3章 网络分析的一般方法	51
3.1 支路电流法	51
3.1.1 支路电流法方程	51
3.1.2 含有受控电源时的支路电流法	53
3.2 节点电压法	54
3.2.1 节点电压方程	54
3.2.2 含有理想电压源的节点电压方程	56
3.2.3 含有受控电源的节点电压方程	58
3.3 回路电流法	59

3.3.1	回路电流方程	59
3.3.2	含有理想电流源时的回路电流方程	62
3.3.3	含有受控电源时的回路电流方程	64
3.3.4	回路电流法与节点电压法的比较	66
	小结	66
	习题三	67
	参考答案	70
第4章	网络分析一般方法的矩阵形式	72
4.1	网络图论的基本概念	72
4.1.1	图	72
4.1.2	连通图与非连通图	72
4.1.3	树	73
4.1.4	割集	74
4.2	KCL、KVL 的矩阵表示	74
4.2.1	关联矩阵	74
4.2.2	用关联矩阵表示的 KCL、KVL	75
4.2.3	基本回路矩阵	76
4.2.4	基本回路矩阵表示的 KCL、KVL	77
4.2.5	基本割集矩阵	78
4.2.6	用基本割集矩阵表示的 KCL、KVL	79
4.2.7	A 、 B_f 和 Q_f 三个矩阵之间的关系	79
4.3	复合支路与电路分析的 $2b$ 方法	80
4.3.1	复合支路的支路方程	80
4.3.2	电路分析的 $2b$ 个方程	82
4.4	节点电压方程的矩阵形式	82
4.5	回路电流方程的矩阵形式	85
4.6	割集方程的矩阵形式	87
	小结	90
	习题四	91
	参考答案	93
第5章	网络定理	94
5.1	电路的线性性质与叠加定理	94
5.1.1	线性电路的性质	94
5.1.2	叠加定理	94
5.2	替代定理	98
5.3	戴维南定理和诺顿定理	99
5.3.1	戴维南 (Thevenin) 定理	99
5.3.2	诺顿 (Norton) 定理	101

5.3.3 含有受控源的戴维南、诺顿定理的应用	102
5.4 特勒根定理	104
5.4.1 特勒根定理的两种形式	104
5.4.2 特勒根定理的应用	105
5.5 互易定理	107
5.5.1 互易定理的三种形式	107
5.5.2 互易定理的应用	108
小结	110
习题五	111
参考答案	114
第6章 正弦稳态电路分析	116
6.1 正弦量的基本概念	116
6.1.1 正弦量的三要素	116
6.1.2 同频率正弦量的相位关系	117
6.1.3 正弦量的有效值	118
6.2 正弦量的相量表示法	119
6.2.1 电压、电流的相量表示	119
6.2.2 Im 算子的几条运算规则	121
6.3 KCL、KVL 的相量形式	122
6.3.1 KCL 的相量形式	122
6.3.2 KVL 的相量形式	123
6.4 电阻、电感、电容元件特征方程的相量形式及其功率	124
6.4.1 电阻元件特征方程的相量形式及其功率	125
6.4.2 电感元件特征方程的相量形式及其功率	126
6.4.3 电容元件特征方程的相量形式及其功率	129
6.5 复阻抗、复导纳及其关系	131
6.5.1 复数阻抗	131
6.5.2 复数导纳	133
6.5.3 二端网络的复阻抗与复导纳	134
6.6 正弦稳态电路的功率	138
6.6.1 瞬时功率	138
6.6.2 平均功率 (有功功率)	139
6.6.3 无功功率	139
6.6.4 视在功率与功率因数	140
6.6.5 复数功率	141
6.6.6 功率因数的提高	144
6.6.7 最大功率传输条件	147
6.7 正弦稳态电路的分析计算	149

6.8 正弦稳态电路的频率特性	155
6.8.1 正弦稳态电路的网络函数	155
6.8.2 R 、 L 、 C 串联电路的谐振	157
6.8.3 R 、 L 、 C 并联电路的谐振	161
小结	164
习题六	166
参考答案	171
第7章 耦合元件和耦合电路	173
7.1 线性定常耦合电感元件	173
7.1.1 线性耦合电感元件的特性	173
7.1.2 耦合系数	175
7.2 含有耦合电感元件电路的计算	176
7.2.1 耦合电感元件的串联	176
7.2.2 耦合电感元件的并联	177
7.2.3 耦合电感元件并联的去耦方法	178
7.3 空心变压器	179
7.3.1 空心变压器电路及方程	179
7.3.2 空心变压器的等效电路、反映阻抗	180
7.4 理想变压器	181
7.4.1 理想变压器的特性方程及阻抗变换	182
7.4.2 理想变压器电路分析	183
小结	185
习题七	186
参考答案	191
第8章 正弦稳态三相电路	192
8.1 三相电路的基本概念	192
8.1.1 三相电源	192
8.1.2 Y 形连接的三相电源	193
8.1.3 Δ 形连接的三相电源	193
8.2 对称三相电路的稳态分析	196
8.3 不对称三相电路的稳态分析	199
8.4 三相电路的功率及其测量	201
8.4.1 三相电路功率的计算	201
8.4.2 三相电路功率的测量	202
小结	204
习题八	204
参考答案	206

第9章 非正弦周期电流电路的稳态分析	208
9.1 非正弦周期信号	208
9.2 周期函数的傅里叶级数	209
9.2.1 傅里叶级数	209
9.2.2 几种对称周期函数的谐波分析	213
9.3 非正弦周期性电量的有效值、平均值和平均功率	214
9.3.1 非正弦周期电流的有效值	214
9.3.2 平均值、整流平均值	215
9.3.3 平均功率(有功功率)	215
9.4 非正弦周期电流电路的计算	216
9.5 对称三相非正弦周期电流电路	220
9.5.1 对称三相非正弦周期电源	220
9.5.2 对称三相非正弦周期电流电路分析	222
9.6 傅里叶级数的指数形式及其频谱分析	225
9.6.1 傅里叶级数的指数形式	225
9.6.2 周期性非正弦函数的频谱分析	226
小结.....	229
习题九.....	230
参考答案.....	234
第10章 二端口网络	236
10.1 二端口网络与多端口网络.....	236
10.1.1 端口概念.....	236
10.1.2 二端口网络与四端网络.....	236
10.1.3 二端口网络的端口特性方程.....	237
10.2 二端口网络的方程与参数.....	238
10.2.1 二端口网络的导纳型参数.....	238
10.2.2 二端口网络的阻抗型参数.....	241
10.2.3 二端口网络的传输型参数.....	243
10.2.4 二端口网络的混合型参数.....	245
10.3 二端口网络的连接.....	248
10.3.1 二端口网络的级联.....	248
10.3.2 二端口网络的并联.....	249
10.3.3 二端口网络的串联	250
10.4 二端口网络的等值电路.....	251
10.4.1 二端口网络的一般等值电路.....	251
10.4.2 互易二端口网络的等值电路.....	251
10.4.3 非互易二端口网络的等值电路.....	253
10.5 有载二端口网络.....	254

10.5.1	有载二端口网络的输入阻抗和输出阻抗	254
10.5.2	有载二端口网络的特性阻抗	255
10.5.3	有载二端口网络的分析	256
	小结	258
	习题十	260
	参考答案	265
第 11 章	线性动态电路的时域分析	268
11.1	动态电路的动态过程及初始值的计算	268
11.1.1	动态电路与动态元件	268
11.1.2	换路定律和电路变量初始值的计算	269
11.2	一阶电路的零输入响应	271
11.2.1	RC 电路的零输入响应	271
11.2.2	RL 电路的零输入响应	275
11.3	一阶电路的零状态响应	277
11.3.1	RC 电路的零状态响应	277
11.3.2	RL 电路的零状态响应	279
11.3.3	一阶电路零状态响应的分解	280
11.4	一阶电路的全响应	281
11.4.1	应用叠加定理的全响应分析	281
11.4.2	应用积分方法的全响应分析	283
11.5	求解一阶电路的三要素法	284
11.6	RL 串联电路对正弦电压激励的响应	286
11.7	一阶电路的阶跃响应	288
11.8	一阶电路的冲激响应	290
11.8.1	冲激函数	290
11.8.2	电容电压和电感电流的跃变	291
11.9	任意波形激励下的零状态响应——卷积积分	298
11.10	二阶电路的暂态过程	302
11.10.1	二阶电路的零输入响应	302
11.10.2	二阶电路接通直流电源的响应	309
11.10.3	二阶电路的阶跃响应	313
11.10.4	二阶电路的冲激响应	315
	小结	317
	习题十一	320
	参考答案	329
第 12 章	线性动态电路的复频域分析	332
12.1	拉普拉斯变换	332
12.1.1	拉普拉斯变换的定义	332

12.1.2	几个典型函数的拉普拉斯变换	333
12.2	拉普拉斯变换的基本性质	333
12.3	拉普拉斯反变换	337
12.4	电路基本规律的复频域形式	340
12.4.1	KCL、KVL 的复频域形式	341
12.4.2	电路元件特性方程的复频域形式	341
12.4.3	运算电路	343
12.5	用拉普拉斯变换分析线性电路的动态过程	344
12.6	网络函数	347
12.6.1	网络函数的定义	347
12.6.2	网络函数 $H(s)$ 与单位冲激响应 $h(t)$ 的关系	348
12.6.3	极点与冲激响应的关系	349
12.6.4	$H(j\omega)$ 与 $H(s)$ 的关系	351
12.6.5	零点、极点与频率响应的关系	351
12.7	卷积定理	354
	小结	355
	习题十二	356
	参考答案	361
第 13 章	网络的状态变量分析法	364
13.1	网络的状态与状态变量	364
13.2	状态方程与输出方程	365
13.2.1	状态方程	366
13.2.2	输出方程	367
13.2.3	状态空间与状态轨迹	368
13.3	状态方程的列写	369
13.3.1	状态方程的直观列写	369
13.3.2	状态方程的专用树列写法	371
13.3.3	含有受控源网络状态方程的观察法列写	372
	小结	374
	习题十三	375
	参考答案	376
第 14 章	均匀传输线的正弦稳态分析	378
14.1	均匀传输线及其微分方程	378
14.1.1	均匀传输线的原始参数	378
14.1.2	均匀传输线的偏微分方程	379
14.2	均匀传输线方程的正弦稳态解	380
14.2.1	均匀线方程的相量形式	380
14.2.2	均匀传输线的副参数	381

14.2.3 均匀传输线的电压、电流正弦稳态解	381
14.3 行波及均匀传输线的传播特性	385
14.3.1 行波	385
14.3.2 均匀传输线的传播特性	388
14.4 波的反射与终端匹配的均匀传输线	389
14.4.1 反射系数	389
14.4.2 终端匹配的均匀传输线	390
14.5 均匀传输线与二端口网络	392
14.5.1 均匀传输线的二端口网络方程	392
14.5.2 均匀传输线的输入阻抗	393
14.5.3 均匀传输线的等值电路	393
14.5.4 均匀传输线的链式结构	394
14.6 无畸变线与无损耗线	395
14.6.1 无畸变均匀传输线	395
14.6.2 无损耗均匀传输线	396
14.6.3 无损耗均匀传输线的电压与电流	396
14.6.4 无损耗均匀传输线在工程上的应用	399
小结	402
习题十四	403
参考答案	404
第 15 章 无损耗均匀传输线的暂态分析	406
15.1 无损耗均匀传输线方程的通解	406
15.1.1 均匀线方程的通解	406
15.1.2 均匀线方程的通解的意义	408
15.2 无损耗均匀传输线上的发出波	410
15.2.1 无损耗均匀传输线接通直流电压源的发出波	410
15.2.2 非零状态下无损耗均匀传输线的发出波	412
15.3 无损耗均匀传输线波的反射	413
15.3.1 求解反射波的柏德生法则	413
15.3.2 终端接有电阻负载的波过程	414
15.3.3 终端接有电感负载的波过程	416
15.3.4 终端接有集中参数电阻与电感并联负载的波过程	418
15.3.5 终端接有集中参数电阻与电容并联负载的波过程	419
15.3.6 波在两条无损耗均匀传输线连接处的反射和透射	420
小结	424
习题十五	425
参考答案	426

第 16 章 非线性电阻电路分析	427
16.1 非线性电阻元件特性	427
16.1.1 非线性电阻元件的特性曲线	427
16.1.2 非线性电阻的静态电阻与动态电阻	428
16.2 非线性电阻电路的图解法	428
16.2.1 非线性电阻元件串联与并联的端口特性	429
16.2.2 用图解法确定直流工作点	430
16.3 非线性电阻电路的小信号分析法	432
16.4 非线性电阻电路的分段线性化分析法	435
16.5 非线性电阻电路的电路方程	437
16.6 非线性电阻电路的数值分析法	439
小结	443
习题十六	444
参考答案	445
附录 A EWB 简介	446
A.1 窗口功能简介	446
A.2 单元电路的建立	446
A.3 单元电路的测试	447
A.4 应用实例	447
附录 B MATLAB 简介	451
B.1 MATLAB 的工作环境	451
B.2 常用的数学运算函数	451
B.3 仿真 (Simulink)	452
B.4 应用举例	452
参考文献	456

第1章 基尔霍夫定律及其矩阵形式

许多人在高中和大学的物理课程中,都曾经接触过电路,但是,在那里对于电路的讨论往往是通过许多特殊的例子来加以说明的,缺乏系统的论述。在本章中将对电路的基本理论进行系统地叙述,此外,在系统地阐明电路理论的过程中,能使读者了解电路理论一些重要的基本概念以及在许多相关工程领域中的应用。

电路理论是建立在模型概念的基础上。要分析任何一个复杂的物理系统,必须用理想化的模型来描述这个系统,而理想化的模型则是由一些理想化的元件组合而成的。所谓理想化的元件本身也是一些简单的模型,它用来表达或近似地表达一些简单的实际器件或简单的物理现象的性质。虽然理想化元件只是近似地描述实际的器件或物理现象,但是理想化元件本身是由定义来精确地加以表征的。

1.1 电路及电路模型

在电路理论中,研究的是由理想化元件所构成的电路模型,并且是研究它们的一般性质。在实际电路已经给定的情况下,就有可能不断地改选它的理想化模型,从而使理想化模型的特性和实际电路的特性越来越接近。通过分析电路模型,我们能够预测实际电路的状况,并设计出更好的电路。

1.1.1 电路模型

电路理论中的模型,是同经典力学中所熟知的质点和刚体相类似的。质点是小物体的模型。按照定义,质点是没有实际尺寸的,但是它具有确定的质量,确定的位置、速度和加速度。同样,刚体被认为具有一定的形状、质量和惯量等,而且假定,不管刚体受到多大外力的作用,刚体中任何两点之间的距离是不变的。严格说来,在自然界中并不存在着质点和刚体这样的东西,然而,这些理想化的模型却能成功地用于设计机器、飞机、火箭等。

在以下各章中所讨论的电路元件,都是一些具有精确的表征特性的模型,这些特性是实际使用的器件物理特性的理想化。把这些电路元件相互连接起来,就成为电路模型,并且借助于这种理想化的模型来分析和设计实际的电路。

1.1.2 集中参数电路与分布参数电路

电路有两种类型:集中参数电路和分布参数电路。

集中参数电路是由集中参数元件连接而成。典型的集中参数元件是电阻器、电容器、电感器和变压器等。集中参数元件的电路参数(电阻、电感、电容)都是集中在元件上的,元件的电磁特性用端口的电磁量来描述。实际上导线的电阻和导线之间的电容都是分布在导线的全部长度上的,线圈的电感也是分布在线圈的每一匝上的。在应用集中参数的电路模型时,忽略了元件参数的分布特性,而用元件的一个或一组集中的参数来表征其作用。

集中参数电路和分布参数电路的划分,是以电路的线性尺寸与在其中传输的电磁波的最短波长相比较为依据的。大体可以认为,与电路中的电压、电流变化的最高频率 f 相对应