

实 验 报 告

题 目：交流电路的谐振

学 院：物理学院

学 号：11210615

姓 名：石航瑞

组 别：X2

实验地点：唐敖庆楼B区

实验时间：2023年5月11日

1. 实验原理

当电容和电感处于串联或并联状态时，就会产生一种重要物理现象——谐振。由于实际电感有一定的直流电阻，有时电容也有一定损耗，甚至应用时还会串入一定电阻，所以我们需要研究电路的谐振现象。

1.串联谐振电路

串联谐振电路如图所示。在交流电路中，由于元件上的电压和元件中的电流可能不同相，因而不能由串联元件上的电压代数和求得总电压，而应写成矢量式，在图1的线路中有

由于串联电路中电流相同，而、、和电流的相差分别为、、0，故通过矢量（图）可方便地得出：

此时总电压、电流均为有效值，而两者间的相位差为

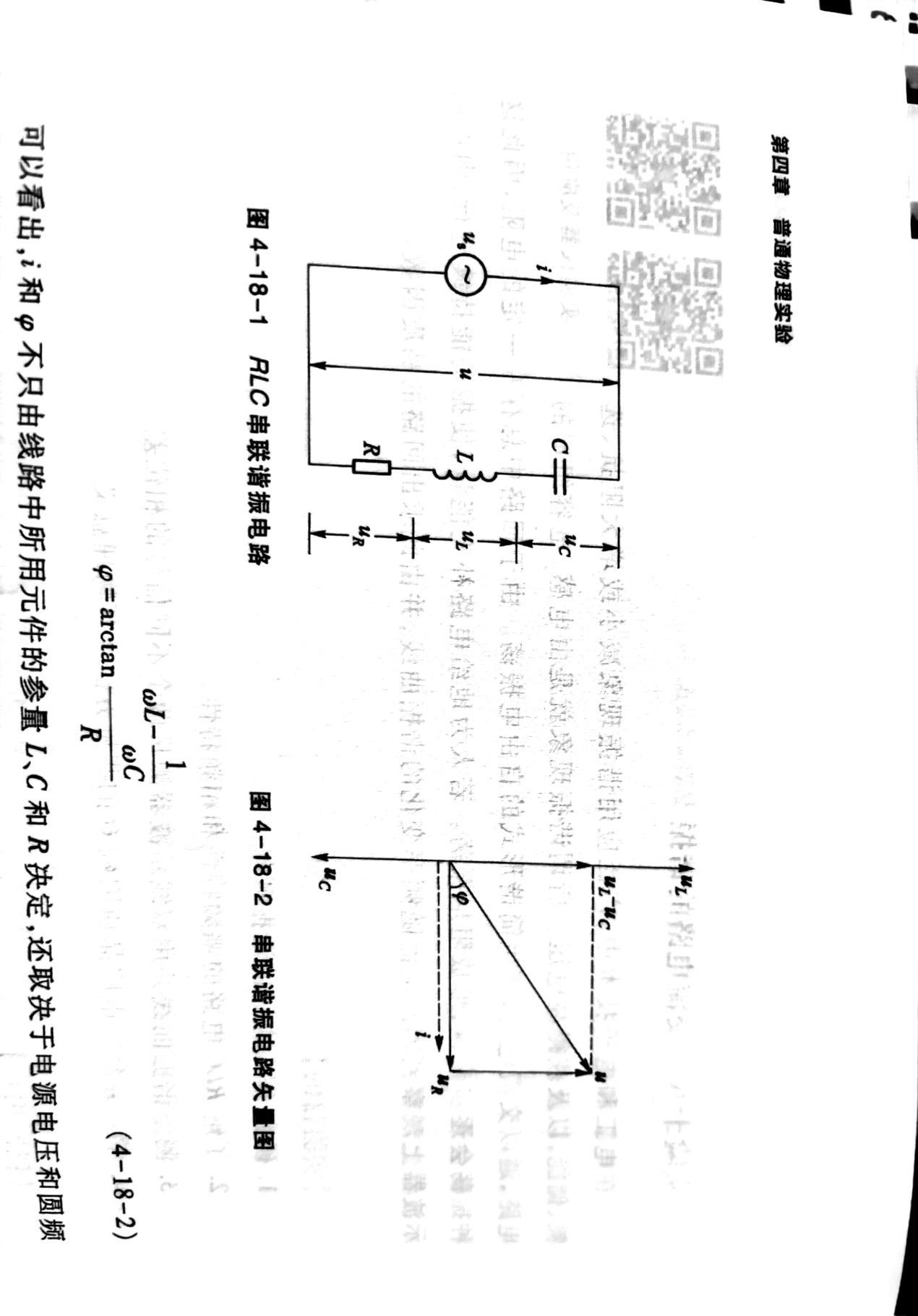
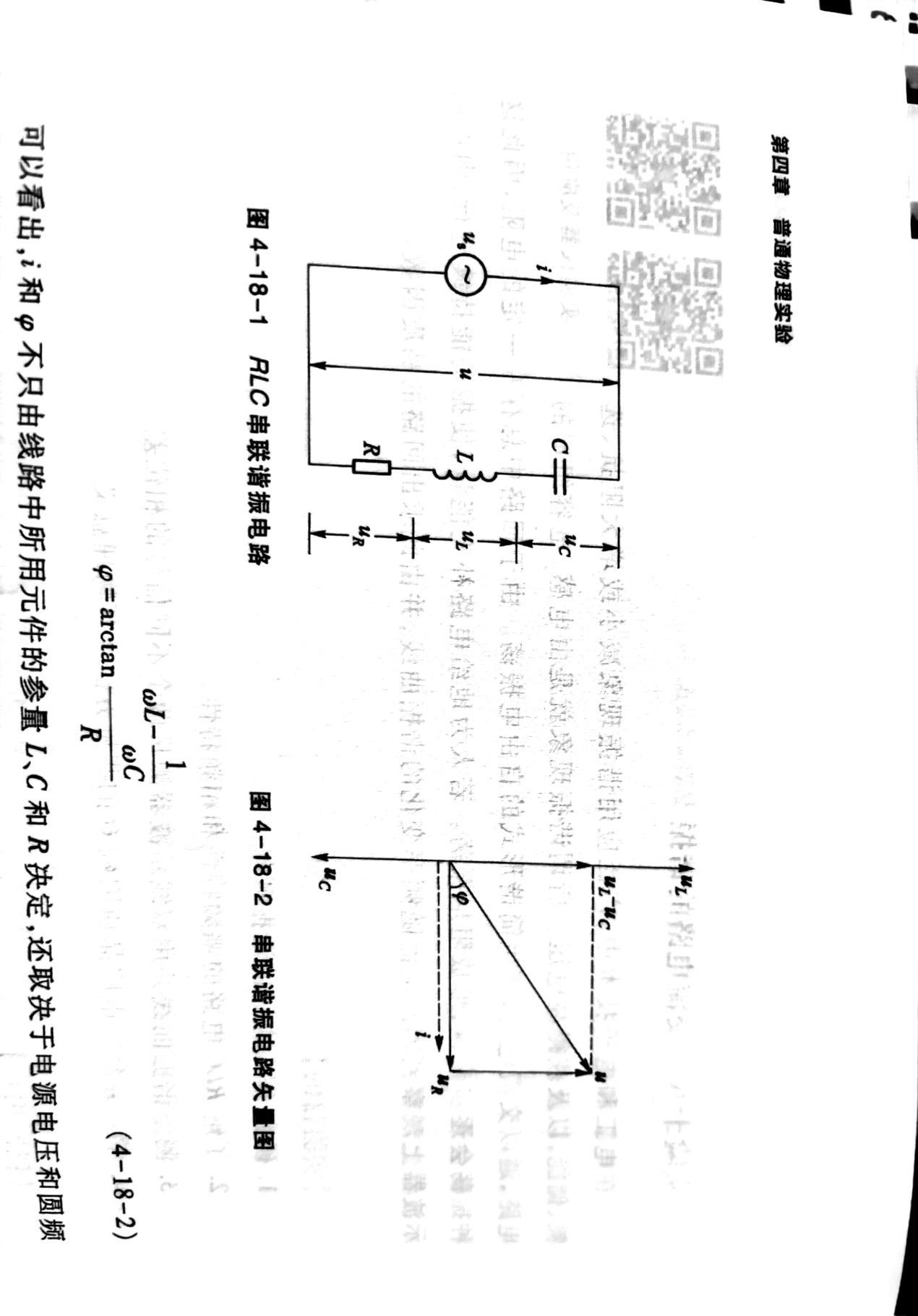
 

图1 RLC串联谐振电路 图2串联谐振电路矢量图

可以看出，和不只由线路中所用元件的参量、和决定，还取决于电源电压和圆频率。当时， ，表示电压和电流同相，如同线路中仅有电阻一样，这时称为串联谐振，相应的谐振频率为

（1）串联电路的幅频特性

由式可知，当保持一定时，将随的变化而变化。当时，有极大值，的关系如图所示。

通常用线路品质因数来反映谐振电路的性能，值为

的第一个意义是，谐振时尽管电路中如同仅有电阻一样，但电感上的电压及电容上的电压却是的倍。在应用技术上，即谐振时，故串联谐振也称电压谐振。

的第二个意义是标志电路的选频特性，即谐振峰的尖锐程度。规定处的曲线宽度为“通频带宽度”，，如图所示。由式可导出，即越大则越小，曲线越尖锐，如图所示。

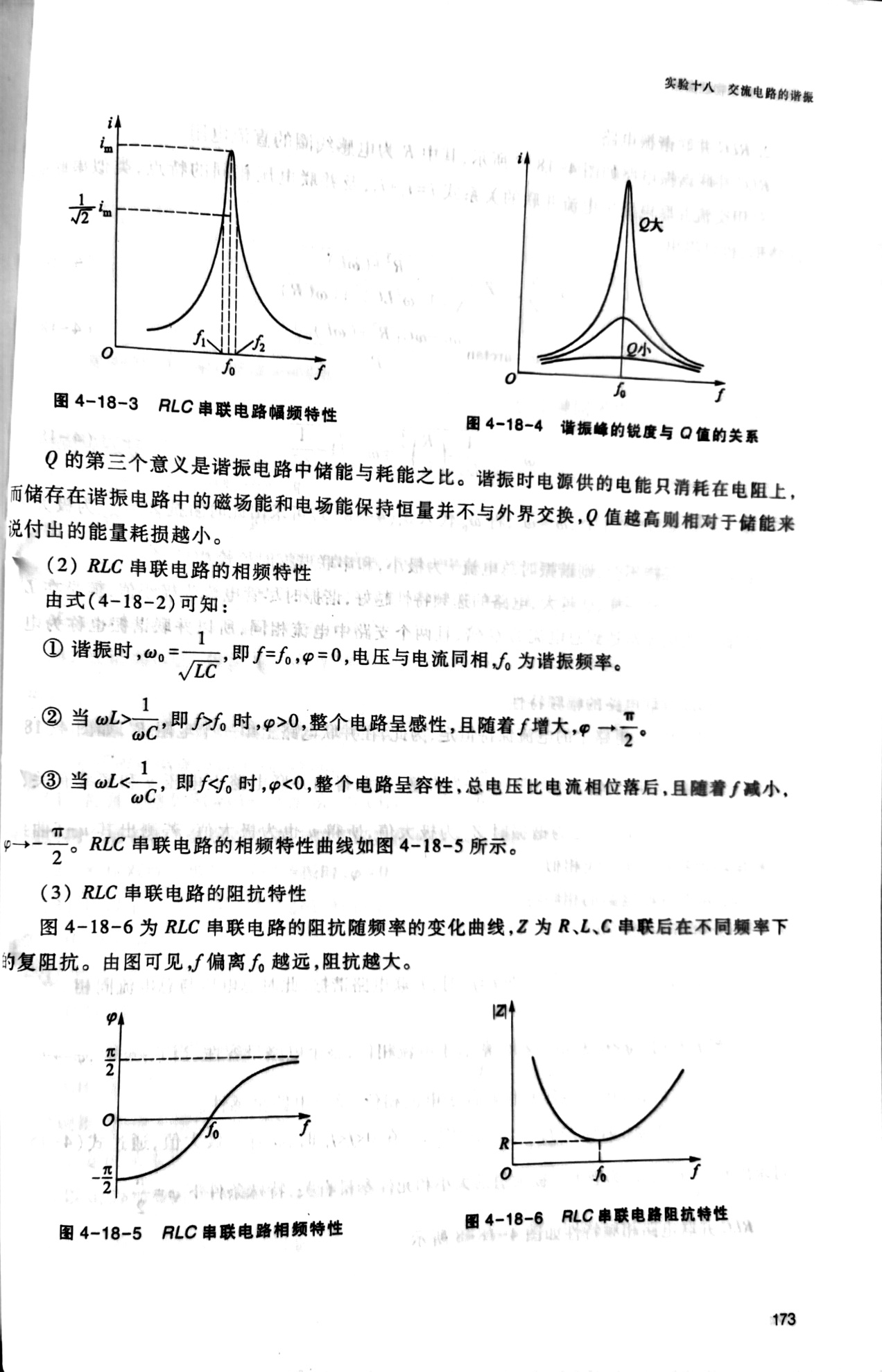
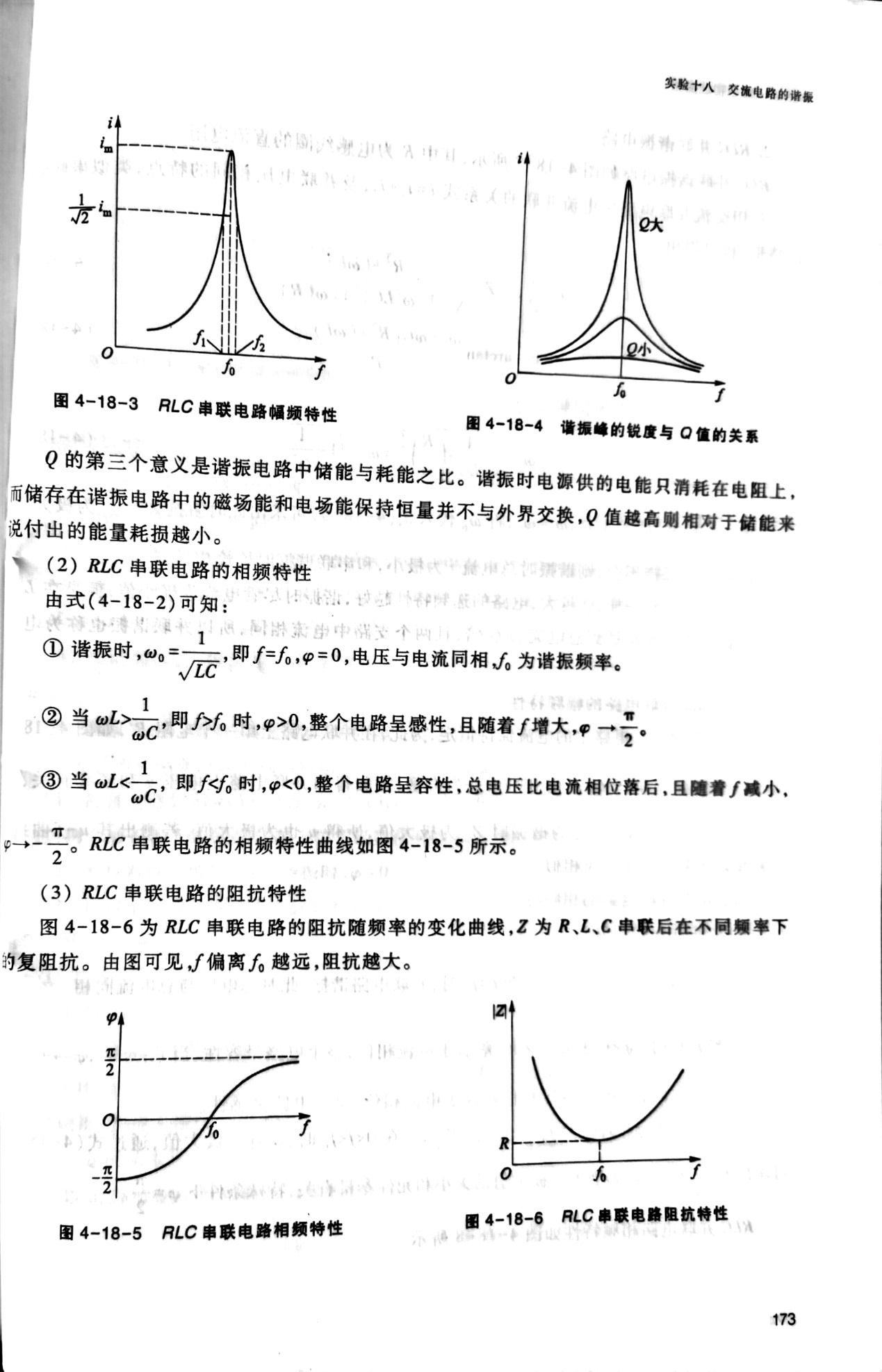
 

图 RLC串联电路幅频特性 图 谐振峰的锐度与值的关系

的第三个意义是谐振电路中储能与耗能之比。谐振时电源供的电能只消耗在电阻上，而储存在谐振电路中的磁场能和电场能保持恒量并不与外界交换，值越高则相对于储能来说付出的能量耗损越小。

（2）串联电路的相频特性

由式可知：

1. 谐振时，，即电压与电流同相,为谐振频率。
2. 当，即时，，整个电路呈感性，并且随着增大，

③ 当，即时，，整个电路呈容性，总电压比电流相位落后，且随着减小，。串联电路的相频特性曲线如图5所示。

（3）串联电路的阻抗特性

图为RLC串联电路的阻抗随频率的变化曲线，为、、串联后在不同频率下的复阻抗。由图可见,偏离越远，阻抗越大。

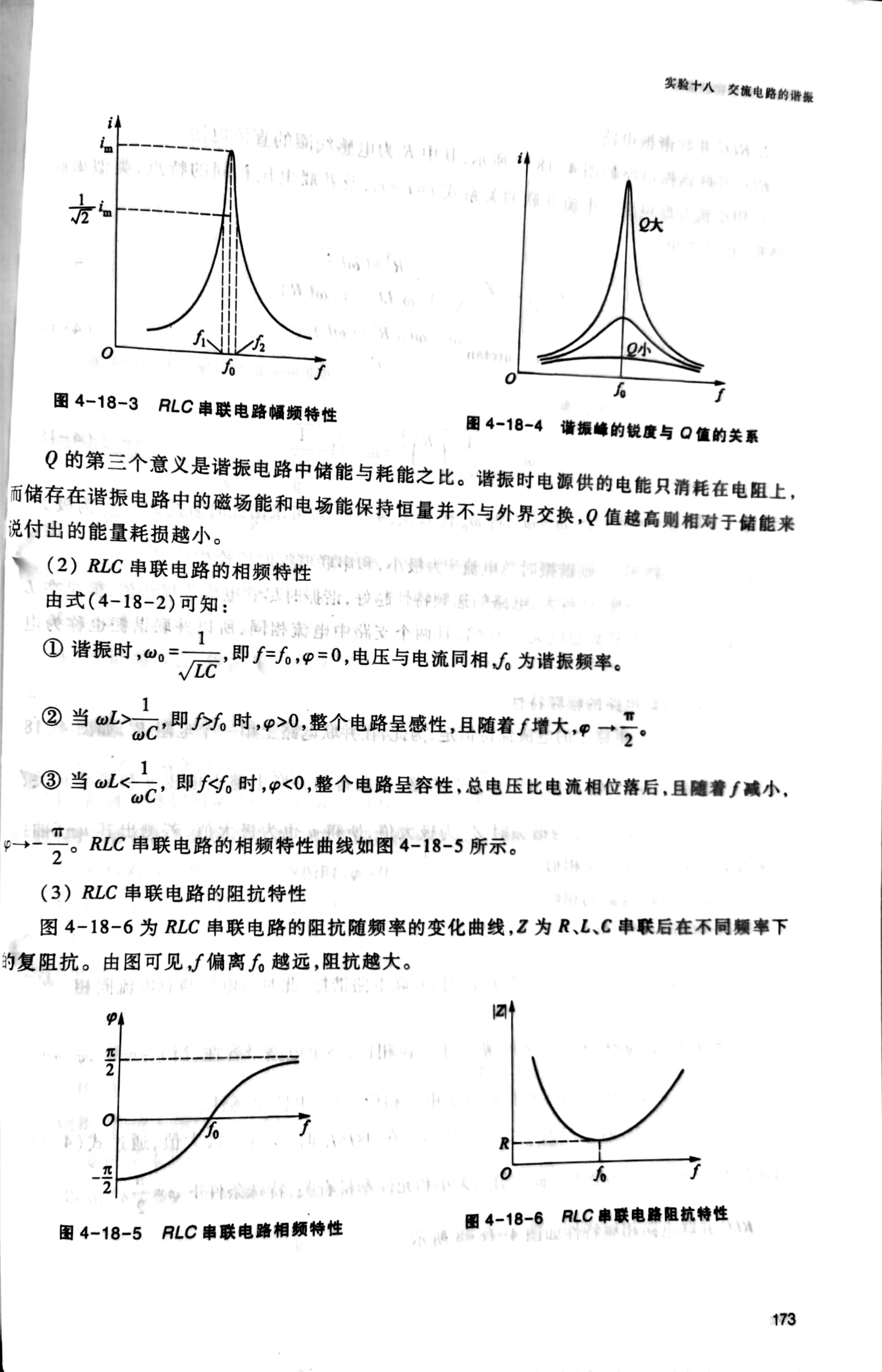


图 串联电路阻抗特性 图 串联电路相频特性

2.并联谐振电路

并联谐振电路如图所示，其中为电感线圈的直流电阻。

利用交流并联电路中电流并联的关系式，及并联电压相同的特点，类似串联谐振的情形，也可得出

当谐振时， =0，可得谐振圆频率为

由上式可知，时，将代入式可求出此时阻抗为极大值。若回路电压保持不变，则谐振时总电流为极小，和串联谐振时恰恰相反。

和串联谐振时一样，越大，电路的选频特性越好，谐振时尽管电流为极小值，但是在、两个支路中的电流却达到总电流的倍，且两个支路中电流相同，所以并联谐振也称为电流谐振。

(1）并联电路的幅频特性

在很多应用中，电路中的电流保持恒定，为此，在并联电路上串一个电阻，如图所示。保持上电压不变，则为常量，故测得的并联电路上电压和频率有关，且与成正比，。因为谐振时为极大值，所得也为极大值，若测出其曲线，则和串联谐振的曲线相似。

（2）并联电路的相频特性

由式可知：

① 当，即时，并联电路谐振，此时总电压与总电流同相。

② 当时，，总电压相位落后于电流相位，整个电路呈容性，当时，

③ 当时，，总电压相位落后于电流相位，整个电路呈感性。

由于时，；而时,亦为零，故在时，有一极大值，通过式可求出时，为极大。极大值的大小和元件参量有关，特殊条件下。

并联电路相频特性如图所示。

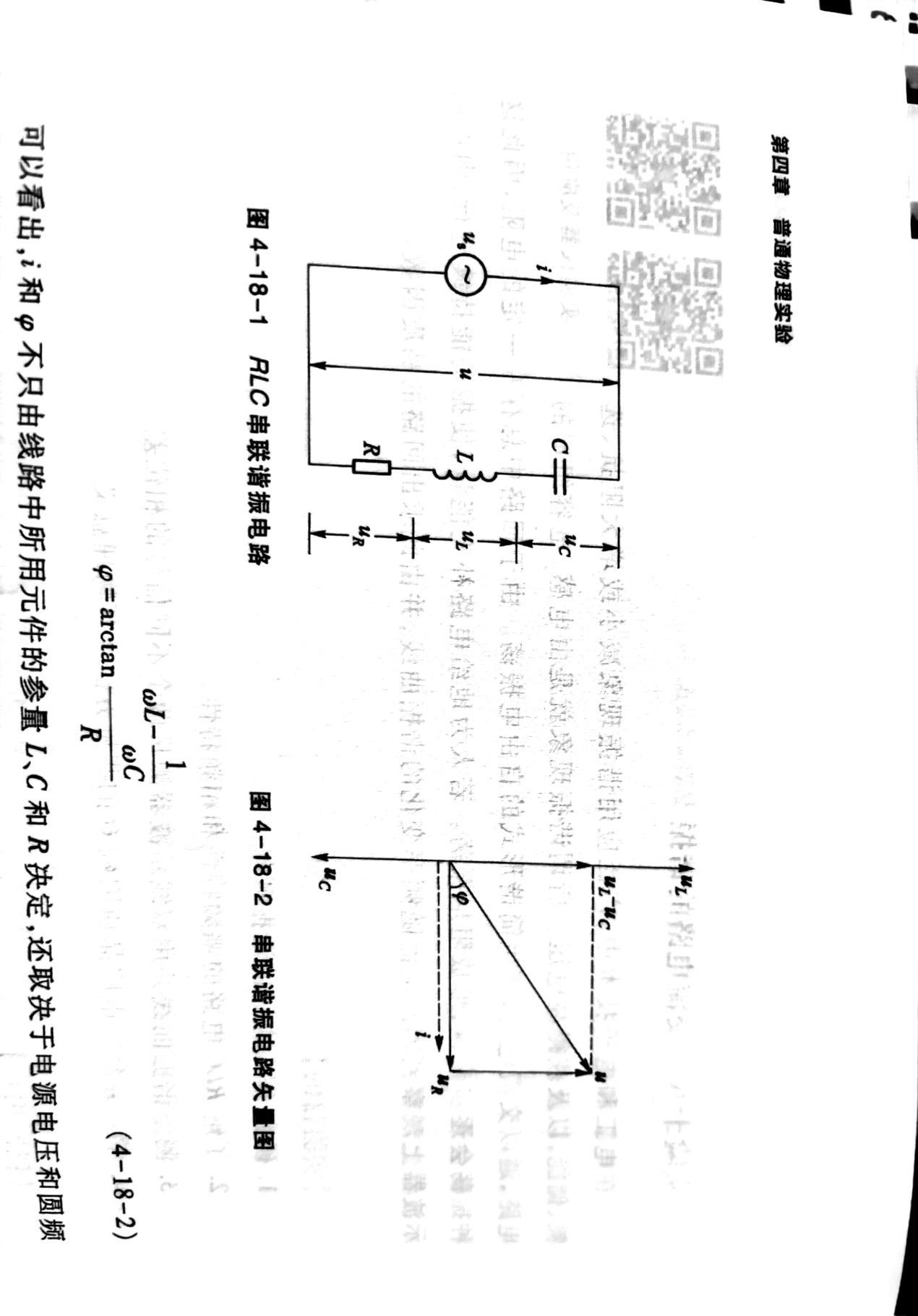
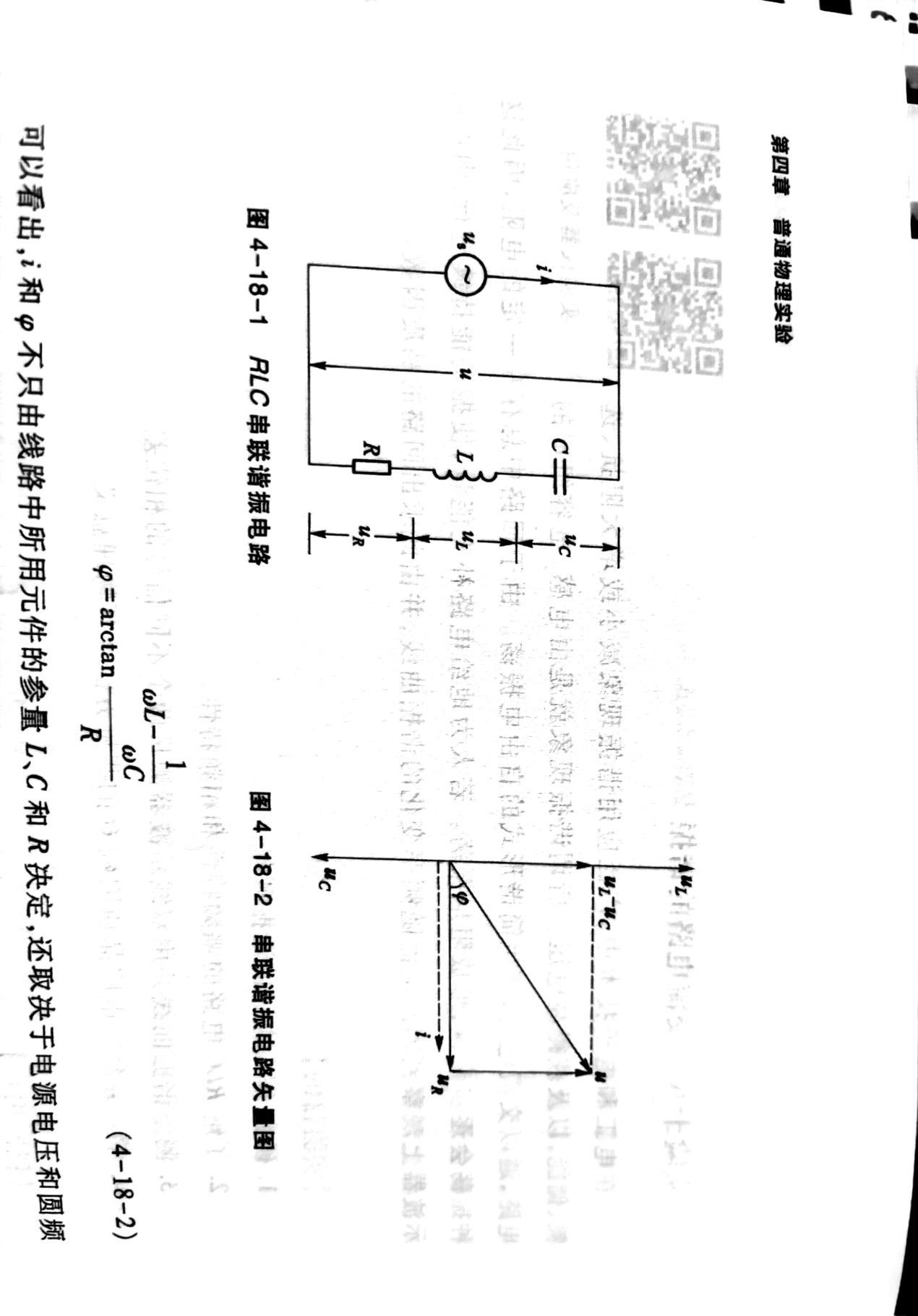
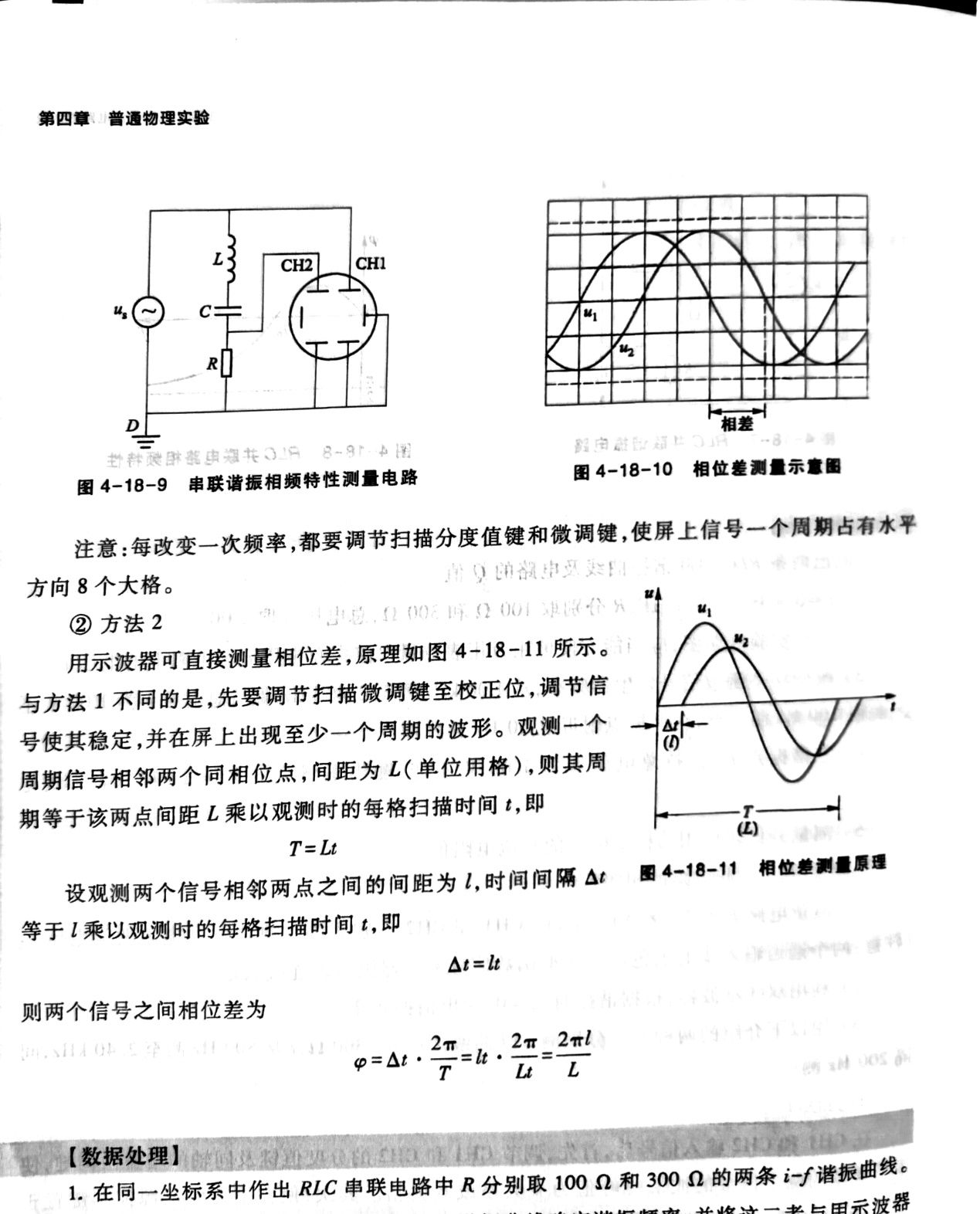
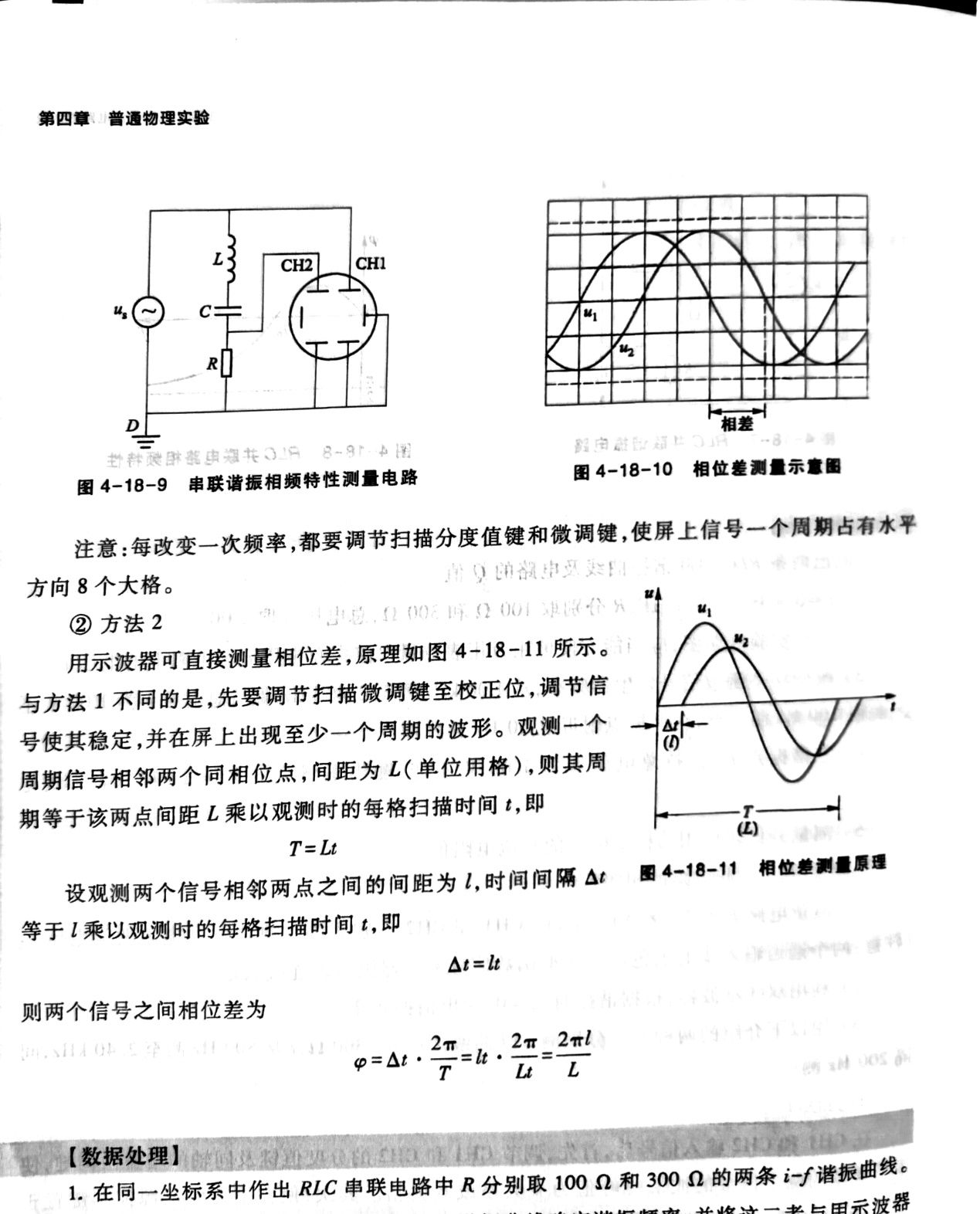
 

图 并联谐振电路 图 并联电路相频特性

1. 实验步骤

测出两条串联谐振曲线及电路的值

1. 分别取和，总电压取。
2. 设计实验线路图,应当能方便地用万用表测量电路中总电压和电阻上的电压。
3. 改变功率函数信号发生器频率，从测至，保持总电压为不变，每隔测一点，在谐振点附近隔补测两点。
4. 在谐振点，保持总电压为不变，测出电感上的电压和电容上的电压
5. 测量并记录所用的标准电感的直流电阻值。

图串联谐振相频特性测量电路 图 相位差测量示意图

测量RLC串联电路的相频特性

1. 测量电路如图9所示，用和分别观测总电压和电阻两端电压（注意：两个通道输入线的黑色端与功率函数信号发生器黑色端连接共地）。
2. 利用双线示波器，根据谐振时，，测出谐振频率。
3. 用以下介绍的两种方法分别测曲线。取,从测至，间隔测一点

① 方法

在和输入信号后，首先，调节和的分度值键及同轴的增益微调键，使屏上显示的两个信号的波形峰峰值为大格或大格。其次，使左下方触发源控制键置于和位，调节触发增益键使波形稳定。最后，调节扫描分度值键和与它同轴的增益微调键，使屏上信号一个周期占有水平方向个大格，从而每个大格相当于有的相位角，这时从水平线上可读出两个波形之间的间距(单位用格），在如图所示的情况下，如以为基准信号，而取为比较信号，则落后于的相位差为

②方法2

用示波器可直接测量相位差，原理如图所示。与方法不同的是，先要调节扫描微调键至校正位，调节信号使其稳定，并在屏上出现至少一个周期的波形。观测一个周期信号相邻两个同相位点，间距为（单位用格），则其周期等于该两点间距乘以观测时的每格扫描时间，即

设观测两个信号相邻两点之间的间距为，时间间隔等于乘以观测时的每格扫描时间，即

则两个信号之间相位差为

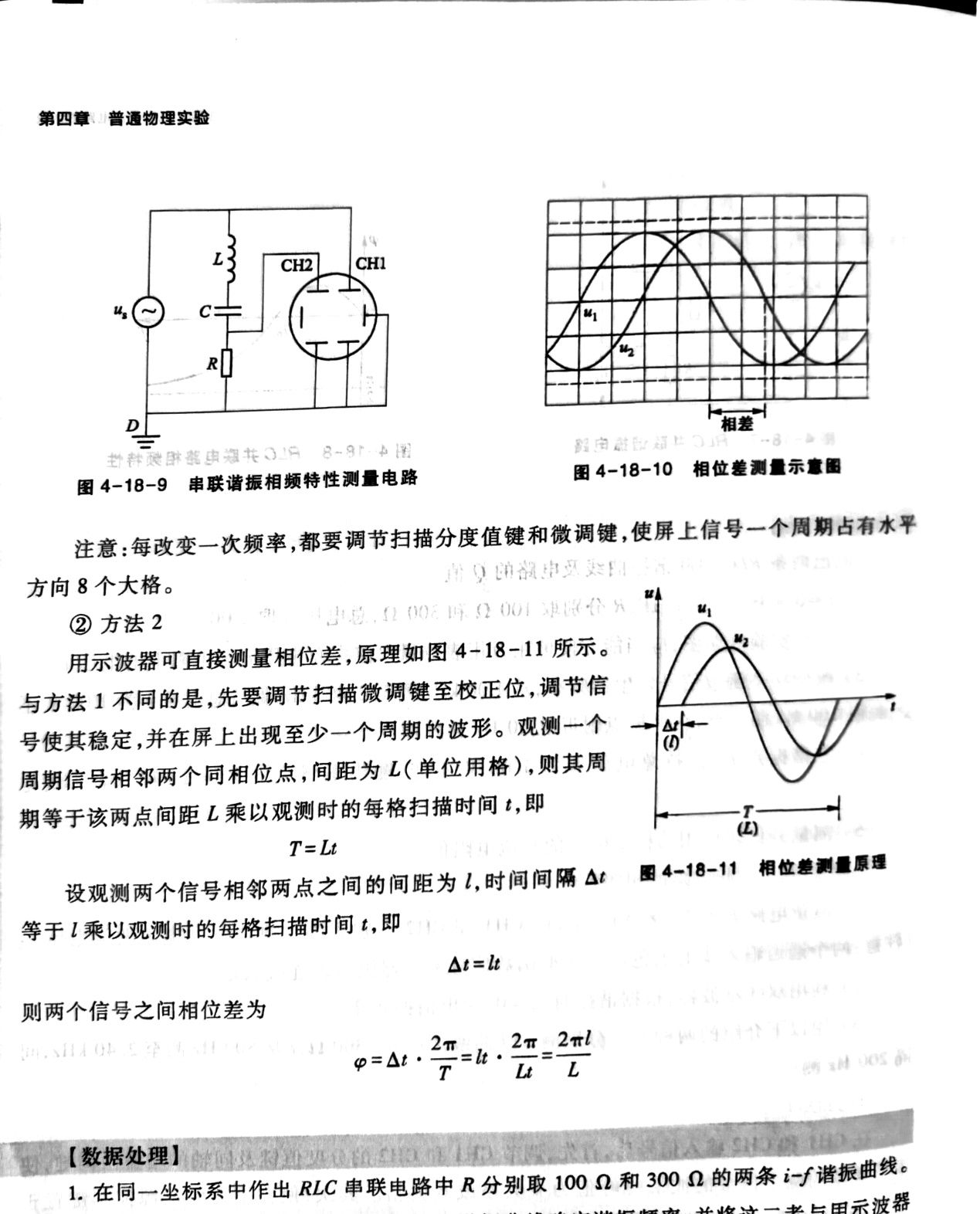


图 相位差测量原理

1. 实验数据

表 信号发生器频率和电阻电压的关系

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

实验中，，

表 谐振点电感电容分压及谐振频率

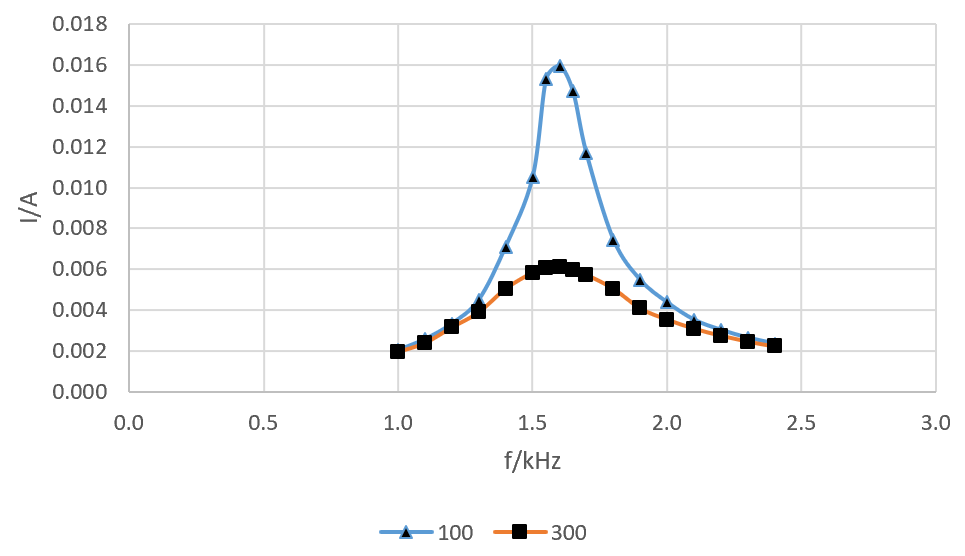
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

表 电阻为时相频特性

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. 计算与分析

谐振曲线



由式可得：

显然与示波器测得的相差不大。

由式可得：

由实验中，可得：

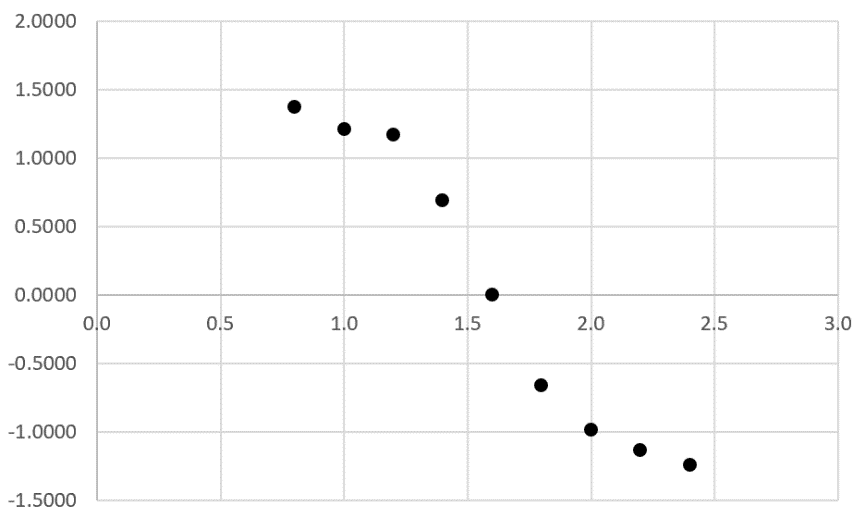
通过谐振曲线读数我们可以得到：

由可得：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 理论值 | 计算值 | 频率计算值 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

可以看出三者相差不大，相对误差不超过。

相频曲线



1. 思考题
2. 根据串联电路的谐振特点，在实验中如何判断电路是否达到谐振？

当在电阻R上的分压达到最大时，电路达到谐振；或当电源和电阻两端电压相位差为0时，电路达到谐振。

1. 如果实验用的电容和电感误差分别为和，谐振频率的可能范围为多少？

根据式(3)有：

将电容误差和电感误差代入计算可得

1. 如何利用双线示波器较准确的测量出谐振曲线

读数时调整旋钮，使得波形图样在不超出屏幕范围尽可能大，提高读数精度；保证实验装置和示波器的负极接地。

1. 用示波器测量并联谐振电路的谐振频率时，能否直接使用类似图7的线路？为什么？

并联电路上电压与频率有关，且电压与抗阻成正比。谐振时抗阻为最大值，电压也应为最大值，曲线与与串联谐振相似，因此可以用该电路测量谐振频率。

1. 已知（或），可较方便的利用谐振测出（或），如果均为未知量、应如何测出？这时若不是空气介质或云母介质电容器的电容，是否会引入较大误差？

通过实验测得谐振频率和品质因数，则：

再求得即可。

若不是空气介质或是云母介质，则可能会有一定的能量损耗，从而引入较大的误差。