

实 验 报 告

题 目：交流电桥

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6月1日

1. 实验原理

交流电桥是能准确测量电感、电容、互感的常用仪器，与电感、电容有关的其他物理量如电源频率、介电常量、值，以及磁导率等也可以用交流电桥来测量。交流电桥的电路形式与直流电桥相同，都是采用比较法进行测量，如图1所示。和直流电桥不同的是，电源换成交流信号源，示零器采用高灵敏度的交流毫伏表，四个桥臂中各元件不都是电阻，它们可以是电容、电感及其组合，用、、、表示四个桥臂的复阻抗。每个臂中电流的相位与电压的相位相比，可以滞后、超前或同相。

由于交流电桥中含有电感、电容等元件，因此，电桥的平衡条件为，即当、两点任何时刻电压的大小及相位都相等时，电桥便达到平衡，有

因为

,

从而可得

这就是交流电桥的平衡条件。若把复阻抗写成指数式，，为模量,为幅角，则式（1)相当于

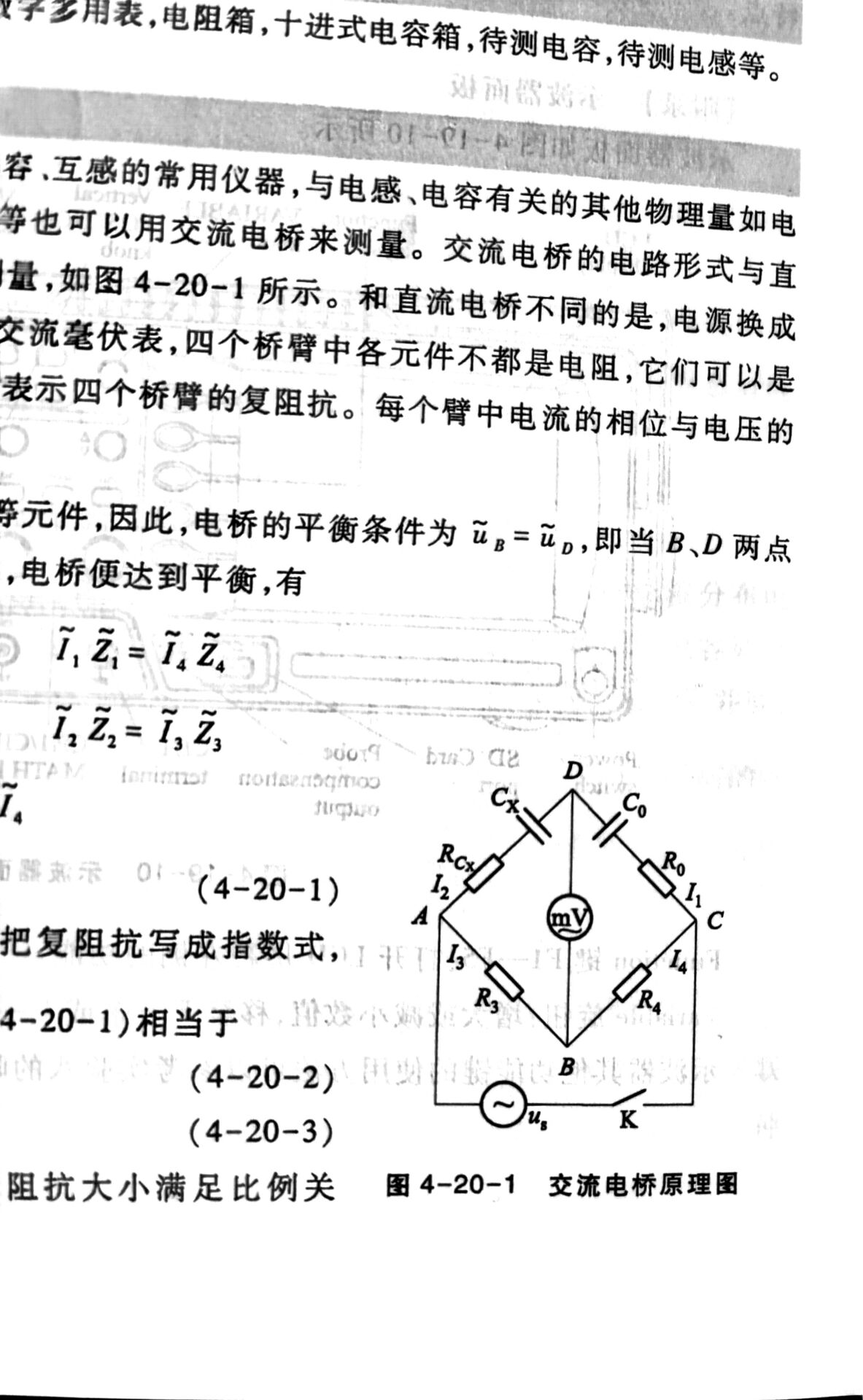


图1 交流电桥原理图

由此可见，交流电桥平衡时，除了阻抗大小满足比例关系式外，阻抗的幅角还要满足式，这就是交流电桥和直流电桥的主要差别。从理论上讲，调节直流电桥的任一桥臂都可能使电桥平衡，而交流电桥则不同，它要求桥臂的阻抗大小满足式，还要求四个臂中电流和电压的相差满足式。利用式，可以判断电桥能否实现平衡，如果相邻两臂是纯电阻，例如, ，则另两臂必须同是电感性阻抗或电容性阻抗。如果相对两臂接入电阻，例如 , ，则其他相对两臂之一应接入电感性阻抗，而另一臂应接入电容性阻抗。总之，用四个不同性质的阻抗任意组成交流电桥不一定能够平衡，必须根据阻抗的特性来决定各臂的选择。

1. 测量电容及损耗因数

实际电容并非是理想电容，电容器的介质在电路中要消耗能量，所以实际电容可以理解为由一个理想电容和一个损耗电阻组成，实验中可认为二者串联。图为测量电容的一种电路，称为电容电桥，图中各臂的复阻抗为

平衡时有

令上式中实部和虚部分别相等，有

则电容器的损耗因数为

此电桥也称为串联电容电桥，适合测量损耗较小的电容。

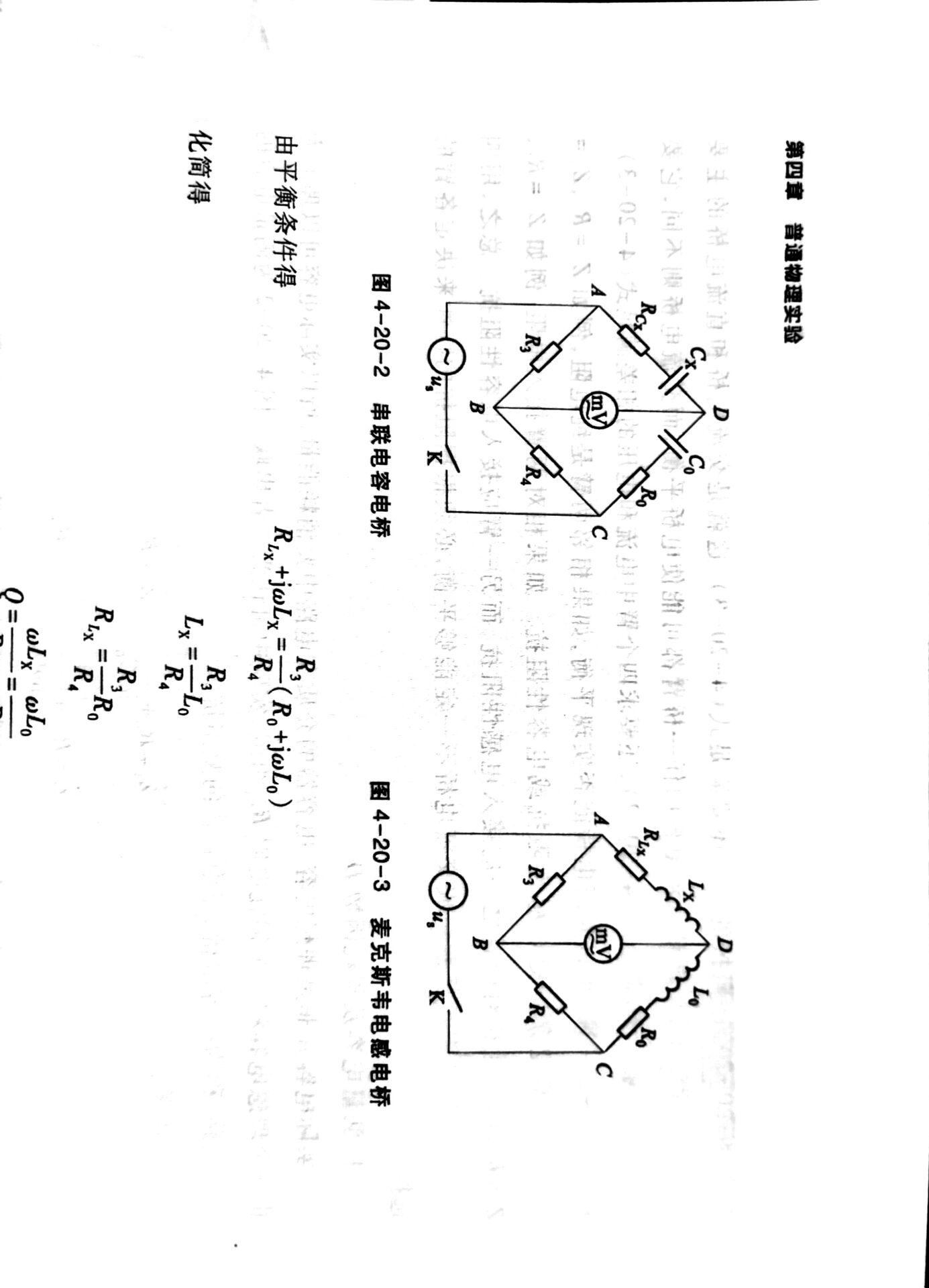


图2 串联电容电桥 图3 麦克斯韦电感电桥

2. 测量线圈的电感及品质因数

图3为测量电感的一种电路，称为麦克斯韦电感电桥，图中阻抗分别为

平衡时有

由平衡条件得

化简得

图中的电感电桥属于相邻两臂为纯电阻，另相邻两臂同为电感的情况。如果相对两臂接入纯电阻，另外相对两臂必须是一个接入电感，而另一臂接入电容，测量线路如图所示。图中被测电感接入位置，为线圈的直流电阻，、两图的差别是第四臂电容和电阻的连接方式，为串联，为并联。同样，写出各臂的复阻抗后可导出、及线圈品质因数的表达式。

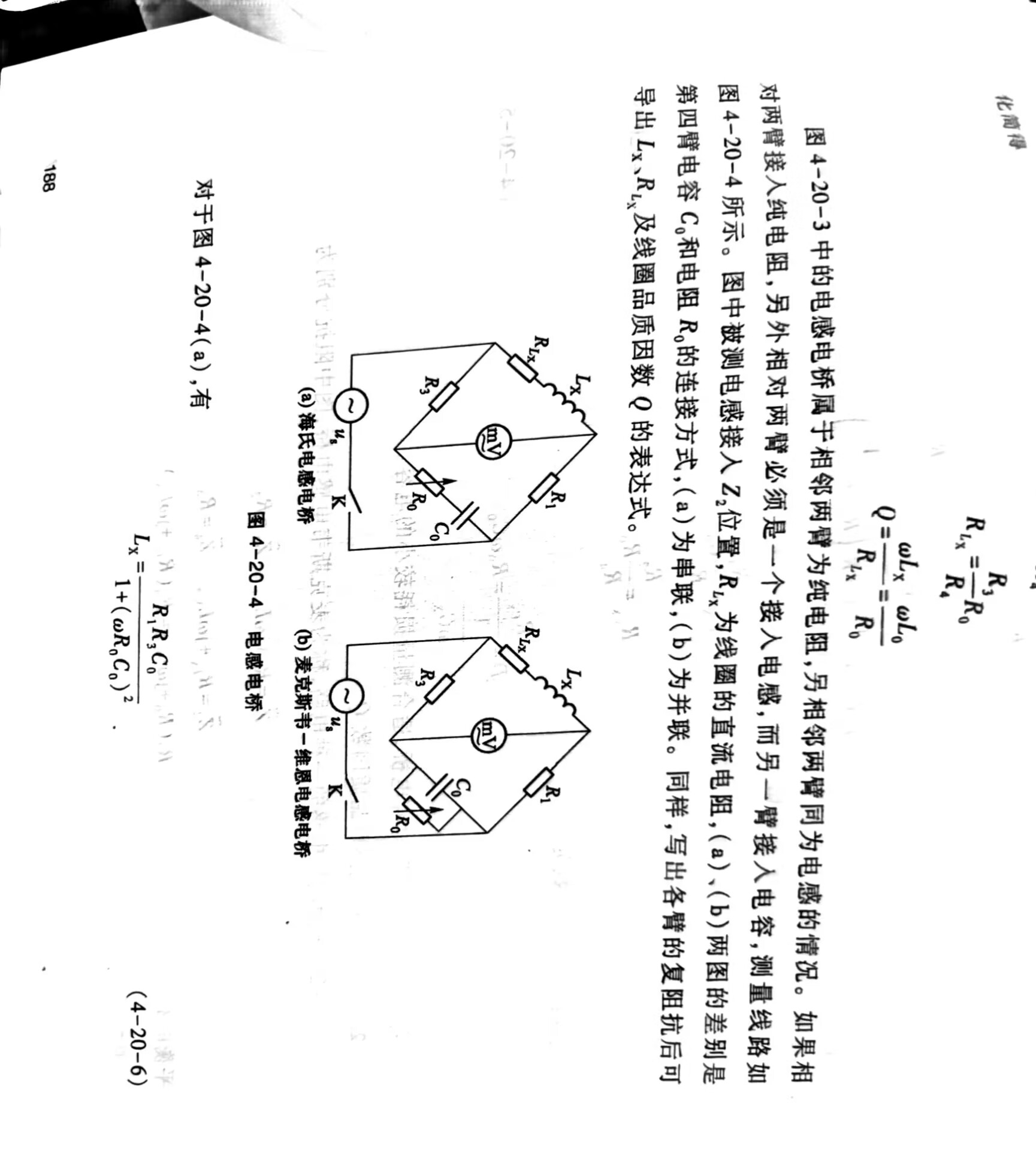


图4 电感电桥

对于图 的电路，有

对于图的电路,有

两种线路都可测得和，线路的选择视电感品质因数的大小而定，用线路测量时，从公式可以看出，该线路不适合测量值太小的电感。因为值越小，要求、值越大，实际上不能做得很大，而值过大，则桥路的灵敏度会下降，导致测量结果不准确，因此线路适于测值较大的电感。而值较小时，用线路为宜。

1. 实验步骤
2. 按图2 所示连接电路
3. 开始时取，调节使得示零器指示最小。
4. 反复调节、使示零器指示最小，记录、及。
5. 测量平衡时的桥路灵敏度。
6. 改变的取值，反复调节使电桥平衡，记录及。
7. 按图4 所示连接电路
8. 开始取均为，取，仔细调节，使示零器指示最小。
9. 反复调节 ，使电桥平衡。
10. 测量平衡时的电桥灵敏度
11. 用数字多用表测
12. 实验数据

表1 测定待测电容

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

表2 测定待测电感

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

表3 数字多用表测量值

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

1. 计算与分析

对于未知电容，在电桥平衡时，由于：

可得：

损耗因数:

电桥灵敏度为：

电桥总相对不确定度为：

所以

对于未知电感，在电桥平衡时，有：

可得：

品质因数为：

电桥灵敏度为：

电桥总相对不确定度为：

所以：

1. 思考题
2. 交流电桥的平衡条件是什么？能否达到绝对平衡？

电桥的平衡条件为，即毫伏表两端电压大小和相位相同。在理论上可以达到绝对平衡，但实验中很难调节。

1. 如果在试验中测电容损耗时，最接近平衡，能否说明？为什么？

不能，电阻箱在0挡位时也有一定的内阻。

1. 谢林电桥和欧文电桥是常用的交流电桥，试推导两电桥的平衡条件。

对于谢林电桥，毫伏表两端复阻抗相等，即：

所以有：

1. 用矢量图解释为何在如图2所示的电容电桥中，选和作调节臂电桥不可能达到平衡？

因为调节和会使得的实部和虚部同时改变导致电桥不平衡。