

《电气工程基础 2》 高压部分

实验指导书

上海交通大学
电气工程实验教学中心
2019年2月

实验一沿面放电实验.....	1
一、实验目的:	1
二、实验内容:	1
三、实验用仪器设备:	1
四、实验有关原理及原始计算数据, 所应用的公式:	2
五、实验数据记录:	2
六、实验结果的计算及曲线:	3
七、对实验结果、实验中某些现象的分析讨论:	3
八、实验方法指示及注意事项:	4
九、对同学的要求:	4
实验二 电缆波过程实验.....	5
一、实验目的:	5
二、实验内容:	5
三、实验用仪器设备:	5
四、实验用详细线路图或其它示意图.....	6
五、实验有关原理及原始计算数据, 所应用的公式:	6
六、实验数据记录:	7
七、实验结果的计算及曲线:	7
八、对实验结果、实验中某些现象的分析讨论:	8
实验三 空气间隙放电实验.....	10
一、实验目的:	10
二、实验内容:	10
三、实验用仪器设备:	10
四、实验用详细线路图或其它示意图:	10
五、实验有关原理及原始计算数据, 所应用的公式:	12
六、实验数据记录:	12
七、实验结果的计算及曲线:	12
八、对实验结果、实验中某些现象的分析讨论:	12
九、实验方法指示及注意事项:	12

实验一沿面放电实验

一、实验目的：

1. 了解沿面放电的基本概念。
2. 研究介质沿面放电的基本现象及影响沿面放电的一些因素。

二、实验内容：

固体介质处于不均匀电场中，且介质界面电场具有强垂直分量。当所加电压还不高时，电极附近首先出现电晕放电，然后随着所加电压的不断升高，放电区域逐渐变成由许多平行的火花细线组成的光带，即出现辉光放电。火花细线的长度随着电压的升高而增大，当电压超过某一临界值后，放电性质发生变化，出现滑闪放电。当电压再升高一些，放电火花就将到达另一电极，发生沿面闪络。

仔细观察沿面放电的整个过程，了解各个阶段沿面放电现象的特点，并阐明发生沿面放电现象的原理。

三、实验用仪器设备：

1. 800kV 无局放工频试验变压器
2. JJFB-1 交流峰值电压表
3. 平板式电极（小圆柱和平板为电极）

实验用详细线路图或其它示意图：

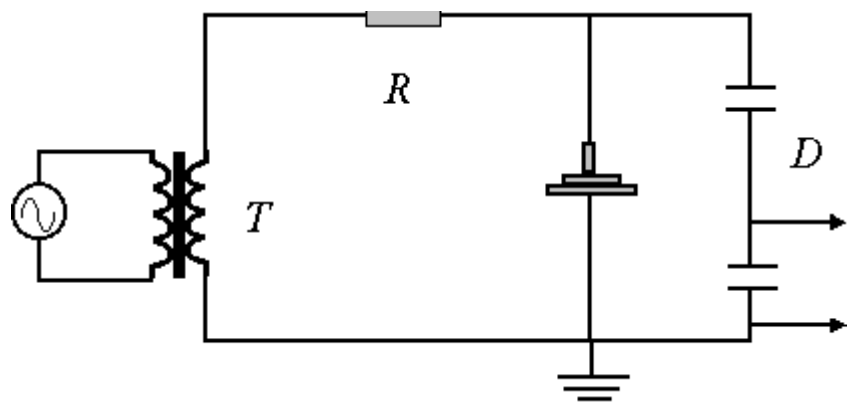


图 1 沿面放电试验线路图

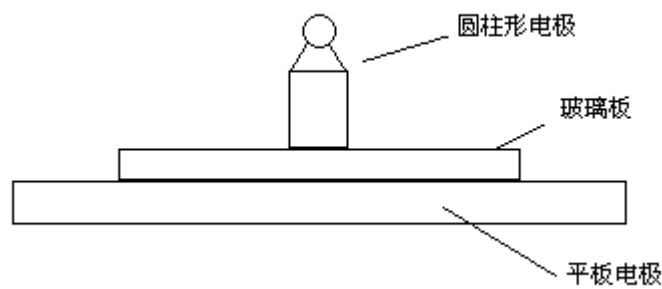


图 2 平板式电极（小圆柱和平板为电极）

四、实验有关原理及原始计算数据，所应用的公式：

实验的有关原理请参考文献[4]和上述（四）中部分实验的原理图。

五、实验数据记录：

放电阶段	施加电压	放电特点
电晕放电		
辉光放电		

滑闪放电		

表 1 空气间隙放电实验记录表的参考式样

六、实验结果的计算及曲线：

本次实验沿面放电分为三个阶段：电晕放电、辉光放电和滑闪放电。

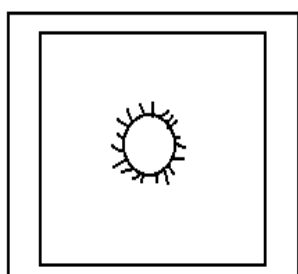


图 3 电晕放电阶段

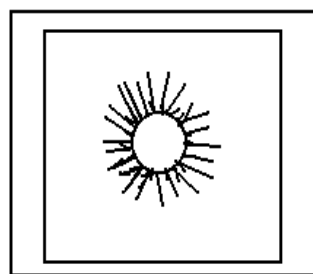


图 4 辉光放电阶段

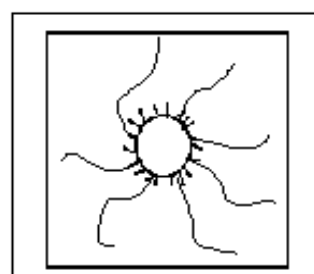


图 5 滑闪放电阶段

七、对实验结果、实验中某些现象的分析讨论：

思考并完成下述问题：

1. 进行高电压试验时为什么要特别注意安全？应采取那些安全措施？
2. 沿面放电共有哪几种类型？各种沿面放电类型有什么特点？
3. 本次实验的沿面放电属于哪一种放电类型？
4. 本次实验的沿面放电过程中经历了哪几个阶段？各阶段有什么放电特点？
5. 提高沿面放电电压的措施有哪些？

八、实验方法指示及注意事项：

1. 高电压实验中要特别注意实验安全。同组同学之间要注意配合，分工要明确。
2. 实验开始前，请同学们观察试验设备的实物并了解其各项功能。
3. 实验中，仔细观察发生的放电现象，并记录其放电特点。

九、对同学的要求：

1. 实验前，同学们应预习本次实验的内容，了解掌握实验接线及实验方法。
2. 实验时，要求同学特别注意安全，同组同学之间要注意配合，设定、核查、操作、监督的分工要明确。
3. 实验后，应认真完成实验报告。

实验二 电缆波过程实验

一、实验目的：

- 1、加深对分布参数电路理论的理解，对电缆波过程实验结果与彼得森法则计算结果进行比较学会彼得森法则的实际应用。
- 2、学习测量波过程、波速度和衰减系数的方法。
- 3、研究行波在电缆节点上的折、反射及多次反射的运动规律。

二、实验内容：

1. 通过实验装置，不断调节两个可变电阻，观察和测量电缆两端的电压波形。通过比较电压波形可以测量电缆的波阻抗，即比较 $R_1=Z$ ， $R_2=Z$ 时的电压波形和 $R_1=Z$ ， $R_2 \neq Z$ 的电压波形。
2. 观察和测量行波在电缆中传播的速度。当 $R_1=Z$ ， $R_2 \neq Z$ (可取 $R_2=\infty$) 时，通过测量进入波的前沿和反射波前沿的时间差，即可计算得到被测电缆的波速度。
3. 观察和测量行波在电缆中传播的衰减。通过测量 $R_1=Z$ ， $R_2=Z$ 时电缆首末端电压波形的幅值，比较这两个幅值的差值即可计算得到被测电缆的衰减系数。
4. 测量电缆进波处的电压波形；可变电阻参数为： $R_1=R_2=1/9Z$ ； $R_1=R_2=9Z$ ； $R_1=1/9Z$ ， $R_2=9Z$ ； $R_1=9Z$ ， $R_2=1/9Z$ 。并与计算值比较。
5. $R_1=R_2=Z$ ，在电缆中点并一个电容器，测量电缆进波处和终点处的电压波形。
6. $R_1=R_2=Z$ ，在电缆中点串一个电感器，测量电缆进波处和终点处的电压波形。

三、实验用仪器设备：

- 1、20MHz~100MHz 示波器
- 2、方波发生器

3、电缆波过程

四、实验用详细线路图或其它示意图

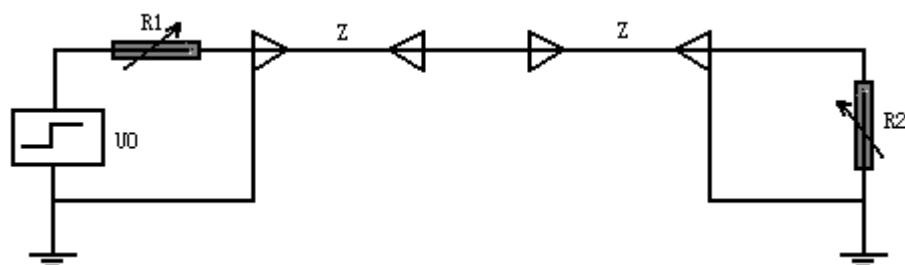


图 1 实验电缆箱原理图

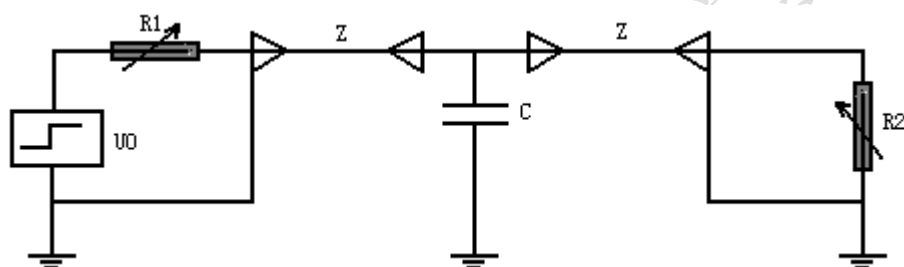


图 2 电缆中点并一个电容器

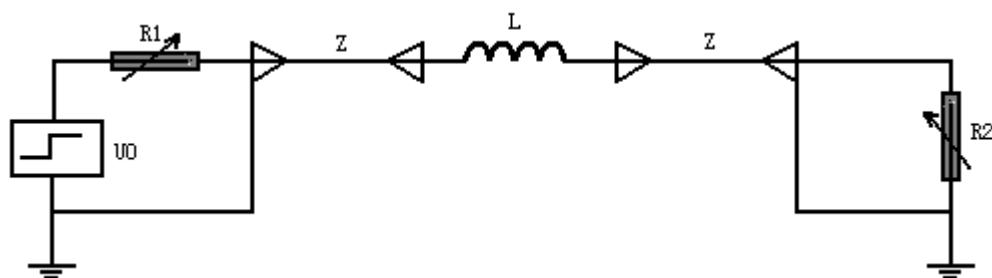


图 3 电缆中点串一个电感器

五、实验有关原理及原始计算数据，所应用的公式：

实验的有关原理请参考文献[2]、[4]和上述（四）中部分实验的原理图。

实验原始数据：波形的参数从示波器上读得。

六、实验数据记录：

- 1、电缆长度：
- 2、进入波的前沿和反射波前沿之间的时间差：
- 3、 $R1=Z$ ， $R2=Z$ 电缆首末端电压波形的幅值：

七、实验结果的计算及曲线：

- 1、波速度： $v =$
- 2、电缆的衰减系数： $\eta =$
- 3、接入电感和电容后的行波波形示例如下：

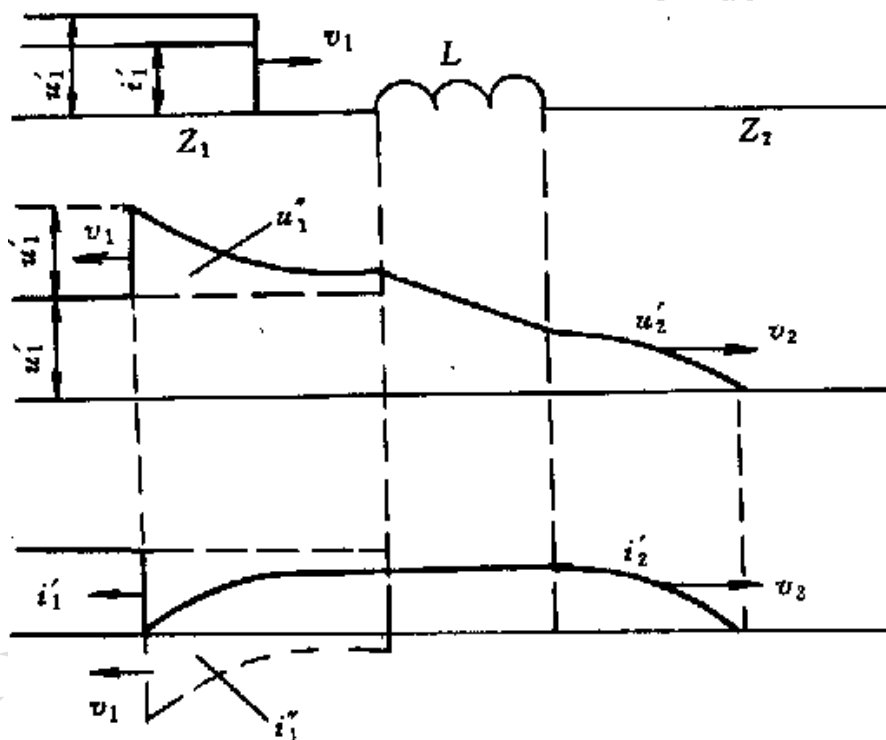


图 4 行波穿过电感时的折、反射

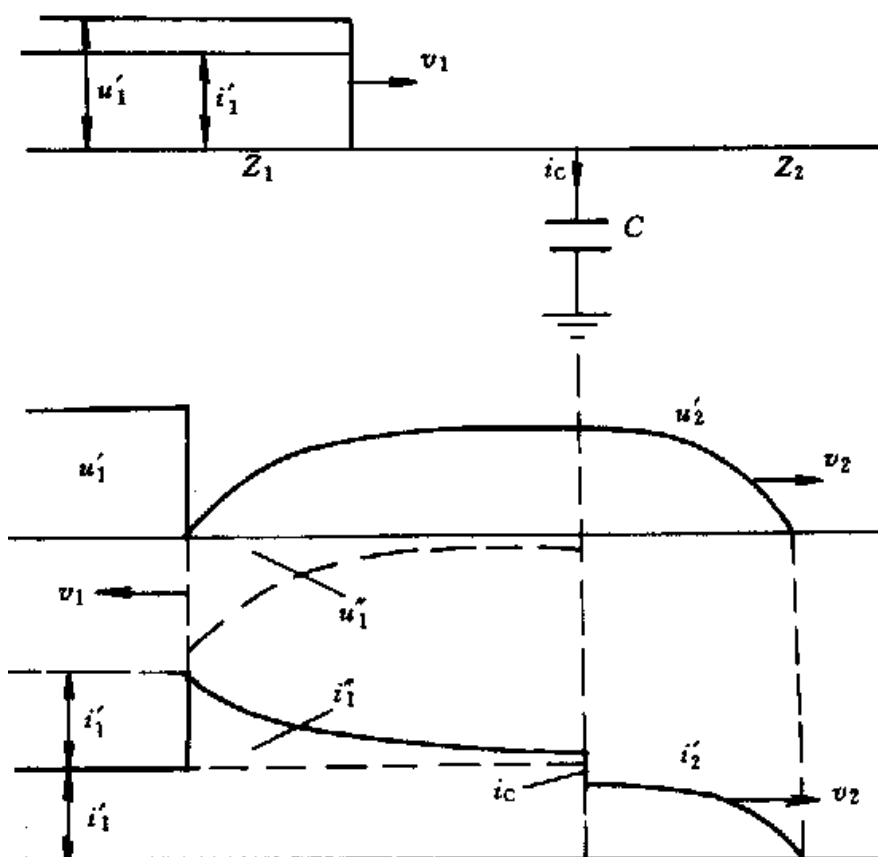


图 5 行波旁过电容时的折、反射

八、对实验结果、实验中某些现象的分析讨论：

思考并完成下述问题：

1. 若被测量电缆的外皮不接地，对电缆波过程实验有什么影响？如何解释？
2. 当波发生器内阻不为零，对电缆波过程实验有什么影响？
3. 行波一般在电缆中的传播速度为什么比在架空导线的传播速度慢？
4. 在电缆中点并联电容器或串联电感器对电压波形有什么影响？这种改变有什么实际应用？
5. 如实验中两电缆的波阻抗不相等，则实验 5 和实验 6 的电压波形会有什么变化？
6. 分析折射系数和反射系数的变化范围以及它们的关系。
7. 在什么条件下长导线可用集中参数元件代替？
8. 架空线路的波阻抗大约为多少？线高，线径和分裂数三个因素，哪一个对波阻抗 Z 的影响较大？

九、实验方法指示及注意事项：

1. 实验开始前，请同学们预习电缆波过程的原理，掌握波速度的测量原理及方法。
2. 实验时，仔细观察并记录在不同条件下波形的变化。

十、对同学的要求：

1. 实验前，同学们应预习本次实验的内容，了解掌握实验接线及实验方法。
2. 实验时，要求同学特别注意安全，同组同学之间要注意配合，设定、核查、操作、监督的分工要明确。
3. 实验后，应认真完成实验报告。

实验三 空气间隙放电实验

一、实验目的：

- 1、通过试验，掌握直流高电压的测量方法。
- 2、研究在极不对称电场下，间隙距离和极性条件对不同间隙击穿电压的影响。

二、实验内容：

1. 测量在的直流高电压作用下，棒—板间隙的击穿电压和间隙距离的关系。
A：棒为正极性时，极间距离为 2、3、4 cm。
B：棒为负极性时，极间距离为 2、3、4 cm。
2. 测量在直流高电压作用下，棒—棒间隙的击穿电压和间隙距离的关系。
棒—棒时，极间距离为 2、3、4 cm。

三、实验用仪器设备：

1. 间隙放电本体及控制台
2. 50kV 试验变压器
3. 100kV 静电电压表
4. 1000pF 电容器

四、实验用详细线路图或其它示意图：

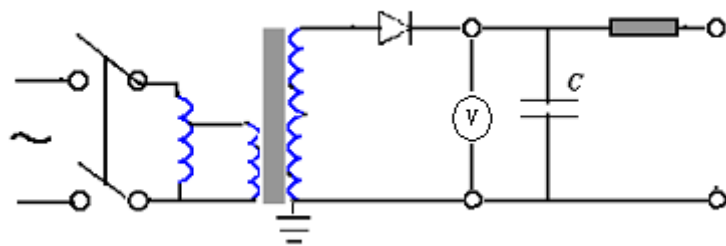


图 1 直流高电压原理图

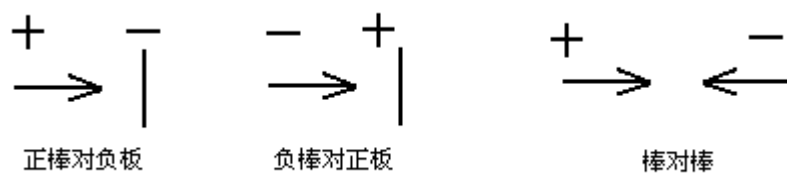


图 2 各种电极间的空气间隙

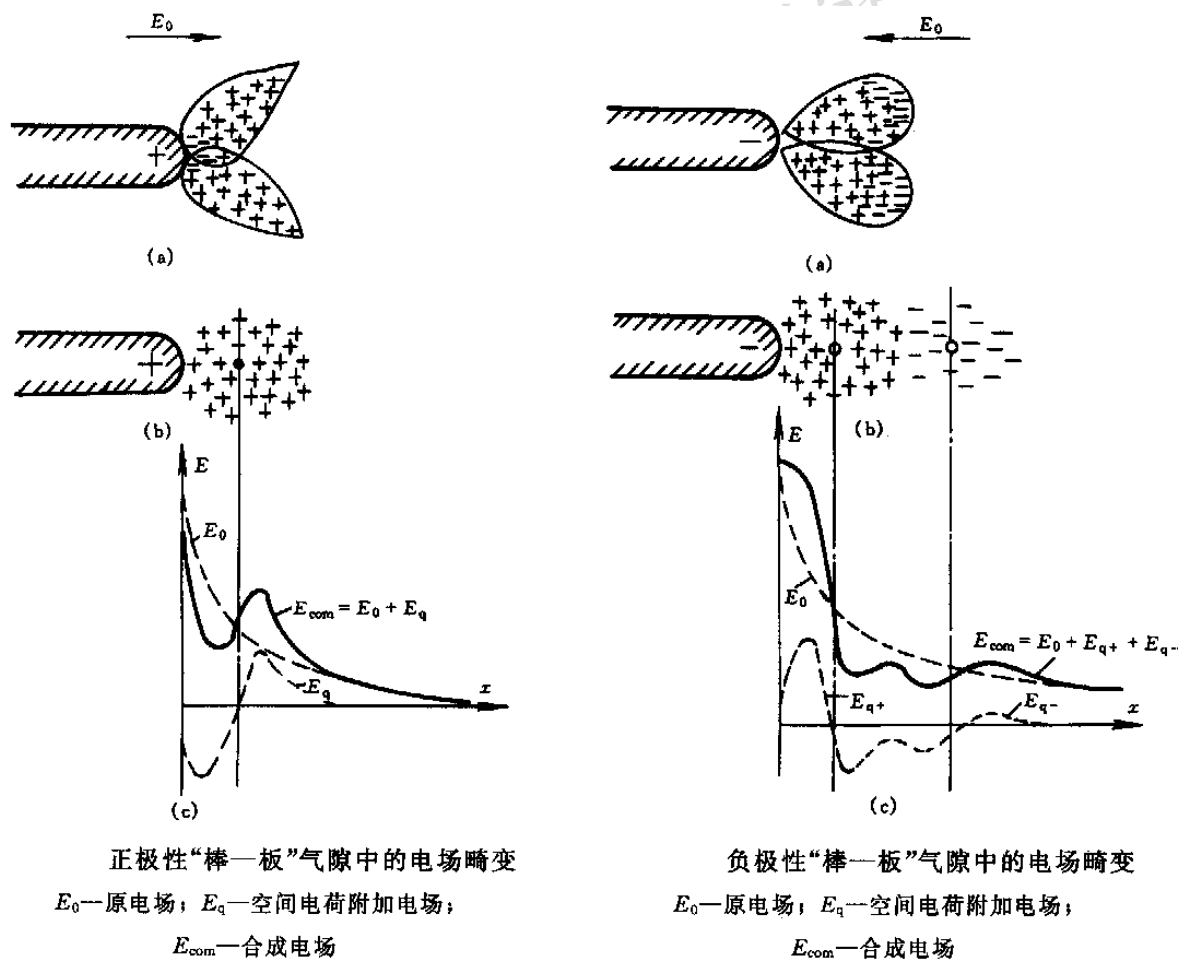


图 3 棒——板气隙中的电场畸变

五、实验有关原理及原始计算数据，所应用的公式：

实验的有关原理请参阅参考文献[2]、[4]和上述（四）中部分实验的原理图。

实验的原始数据：

击穿电压值从静电电压表上直接读取。

六、实验数据记录：

间隙距离 击穿电压	2cm			3cm			4cm		
正棒—板									
负棒—板									
棒—棒									

表 1 空气间隙放电实验记录表的参考式样

七、实验结果的计算及曲线：

在同一坐标轴下画出正棒—板、负棒—板、棒—棒三种空气间隙的击穿电压与间隙距离的关系曲线。

八、对实验结果、实验中某些现象的分析讨论：

思考并完成下述问题：

1. 进行高电压试验时为什么要特别注意安全？应采取那些安全措施？
2. 分析上述关系曲线，并详细解释产生这种结果的基本原理。

九、实验方法指示及注意事项：

1. 高电压实验中要特别注意实验安全。同组同学之间要注意配合，分工要明确。

-
2. 实验开始前，请同学们观察试验设备的实物并了解其各项功能。
 3. 电源合闸前，检查调压器是否在零位；开闸后，应将调压器均匀退回零位。
 4. 实验时，采用连续均匀升压方式，直到间隙击穿，记下击穿时的电压，此电压即为间隙的击穿电压。每个距离下连续放电三次，取其平均值，相邻两次放电时间间隔大于一分钟。
 5. 为改接线和调节距离要进入遮栏时，应先确认电源已经关闭，再用接地棒将高压端可靠接地，方可进行操作。

十、对同学的要求：

1. 实验前，同学们应预习本次实验的内容，了解掌握实验接线及实验方法。
2. 实验时，要求同学特别注意安全，同组同学之间要注意配合，设定、核查、操作、监督的分工要明确。
3. 实验后，应认真完成实验报告。

参考文献

- [1] 华中理工大学、上海交通大学合编，《高电压试验技术》，中国电力出版社，北京，2002 年
- [2] 上海交通大学编，《电气工程基础》，上海交通大学出版社，上海，2000 年
- [3] 清华大学编，《高电压试验工程》，清华大学出版社，北京，2001 年
- [4] 浙江大学编，《高电压技术》，中国电力出版社，北京，1999 年
- [5] 华中理工大学、上海交通大学合编，《高电压试验技术》，中国电力出版社，北京，2002 年
- [6] 上海交通大学编，《电气工程基础》，上海交通大学出版社，上海，2000 年
- [7] 清华大学编，《高电压试验工程》，清华大学出版社，北京，2001 年
- [8] 浙江大学编，《高电压技术》，中国电力出版社，北京，1999 年