

劳动保护专业丛书

电气安全工程



上海市劳动局劳动保护监察处

劳动保护专业丛书

电 气 安 全 工 程

劳动保护专业丛书编审委员会 编



上海市劳动局劳动保护监察处

前 言

随着劳动保护事业的发展,加速培养劳动保护技术人才,逐步改善劳动保护专业人才结构的工作已经迫在眉睫。近几年来,我们在普及安全教育的同时,着手对高一层次劳动保护技术人才的培训工作,并组织教材编写工作,邀请了有关专家、教授、高级工程师技术人员,成立“劳动保护专业教材编审委员会”,负责组织、编审劳动保护专业丛书。

在编写过程中,我们坚持贯彻中央关于教育体制改革决定的精神,明确培养目标和业务规格的要求,具体的知识结构、能力结构和专业技能等方面达到应有的水平,保持和发扬劳动保护专业教育的特色,不断总结和汲取近年来教学改革的经验 and 国外同类教育的有益经验,改革不适应社会主义现代化建设需要的教育思想、教学内容和教学方法,大力提高教育质量,为我国经济和社会发展培养合格的劳动保护专业人才。

现在我们出版的这一丛书,有电气安全工程、机械制造安全工程、起重安全工程、工业通风技术、噪声控制、职工卫生与保护、防火防爆、建筑施工安全工程、锅炉与压力容器安全工程、安全系统工程和安全管理等十余册,可作为大专讲义使用,以解决当前这类教材的急需。

这套教材,由于编写时间仓促、经验不足,虽经教学试用,也不尽完善,可能存在不少缺点和错误。我们恳切希望读者提出批评指正,以便作进一步的修订。

上海市劳动局劳动保护监察处
一九八五年十月

13.0.15

绪 论

电气安全工程的任务是研究各种电气事故及其防范措施，以及研究如何用电气装置来取得安全的良好的劳动条件。

电气事故不仅仅包括触电事故，而且像雷电、静电危害、电磁场危害、各种电气火灾与爆炸、以及一些危及人身安全的线路故障和设备故障也都属于电气事故。在这些事故中，虽然有的不是发生在用电的场合，也有的不是发生在电气设备上，但其性质是电气的，其安全措施也是电气的，而且与人身事故有着密切的联系，因此，应当作为电气事故考虑。

很多其它事故，虽然不是电气性质的，但却需要利用电气装置来加以控制和预防，例如机械碰撞、机械伤害、超载、超压、火灾、爆炸等多种事故，都可以采用电气安全装置把危险因素测量出来，经过交换、放大等过程，然后发出信号或实现控制，这些也应当属于电气安全的范围。

对于电气安全工程，我们应当从两个方面去了解它研究它。一方面是电气安全技术的本身，也就是技术措施方面的内容，在第二篇和第三篇着重介绍。另一方面是电气安全管理，在第四篇里着重介绍。电气事故往往不是单一原因引起的，因此必须采取包括技术措施和组织管理措施在内的综合措施才能奏效。学习时这两方面不可偏废。

电气安全工程是一门年轻的学科，它是随着科学和生产的发展而发展起来的。这应从两方面理解。一方面是随着现代化技术的发展出现了更先进的电气安全技术措施，以防止触电为例，接地、绝缘、间隔等都是传统的安全措施，直至现在这些措施仍然是有效的，而随着自动化元件、电子元件、集成电路、微型计算机等广泛应用出现的漏电保护装置、自动检测、自动控制等，又为防止触电事故及其它事故提供了新的途径。另一方面是随着新材料和新技术的应用出现了一些新的电气安全问题。例如，电磁场安全问题、静电安全问题等都是随着某些新材料新技术的广泛应用而提到日程上来的。正因为电气安全技术是一门处在发展之中的学科，所以有些内容至今还不够成熟，还有待今后实践、研究、总结和完善的。

电气安全工作之所以成为劳动保护工作中一项重要的工作，是因为：

一、电的应用极为广泛，不论是生产还是生活，不论是工业还是农业，不论是科研还是教育文化部门都广泛用电。没有电的广泛应用，生产和生活的现代化都是不可能的。我国电力工业虽然有了很大的发展，但与某些国家相比还是有很大差距。我国每人平均用电量还不到某些国家每人平均用电量的十分之一。这就是说，随着我国现代化建设事业的发展，电在生产和生活中的应用也一定有一个大幅度的发展。与此同时，为了防止各种电气事故，保护劳动者的安全与健康，电气安全也必须有一个相应的发展。

二、在工伤事故中，电气事故占有不少的比例。国外统计资料表明，触电死亡人数占全部事故死亡人数的5%左右。我国触电死亡人数与发电量或用电量的比值比某些国家大很多，说明我国电气安全水平还比较低。

三、一些电学概念比较抽象，理论的系统性比较强，加之电工往往自成系统，以致电气安全在某些单位成为一个薄弱环节。为了改变这种不合理的现状，必须在电气安全方面多做些工作。

本课程学习要求是掌握基本概念，熟悉有关安全技术标准，从典型事例中学会分析电气事故的方法，并能进行一般的计算和查阅有关图表资料，提出切实可行的预防电气事故的措施。学习方法是理论联系实际，课堂数学与参观实习、实验、习题相结合。

内 容 简 要

本书可作为劳动保护专科学校的教材，也是劳动保护技术管理人员和电气设计人员的必备用书。

本书共分四篇。第一篇电气安全基础，介绍了电和电磁场的基础知识、电流及电磁场对人体的作用及触电急救知识。第二篇电气安全技术，研究电气安全装置和通用电气安全技术。第三篇特殊防护技术，讨论电气防火、防爆、防雷及电磁场安全、静电安全等技术问题。第四篇电气安全管理，介绍电气安全管理和电气事故统计与分析。

为便于学员思考与复习，各章均附复习题。

本书由马锦章和丁玉龙合编，由马锦章任主编。徐锦才、汪世华、蒋三春、顾月瑛、审稿，并由《劳动保护专业丛书编审委员会》定为内部用书。

前 言
绪 论

第一篇电气安全基础
第一章电和电磁场基础

§1-1-1 电的基本概念.....	(1)
一、静电.....	(1)
二、电的几个基本物理量.....	(1)
三、电路的三个基本元件.....	(2)
四、正弦交流电路的基本概念.....	(4)
五、电功、电功率和功率因数.....	(5)
§1-1-2 电磁场基础.....	(6)
一、电磁场的物理概念.....	(7)
二、电磁场传播.....	(8)
小结.....	(9)
复习题.....	(10)

第二章电流对人体的作用

§1-2-1 电流对人体的伤害.....	(11)
一、伤害程度与电流大小的关系.....	(11)
二、伤害程度与通电时间的关系.....	(13)
三、伤害程度与电流途径的关系.....	(13)
四、伤害程度与电流种类的关系.....	(14)
五、伤害程度与人体状况的关系.....	(15)
§1-2-2 安全电压的确定.....	(16)
一、人体允许电流.....	(16)
二、人体电阻.....	(16)
三、安全电压值.....	(17)
小结.....	(18)
复习题.....	(18)

第三章电磁场对人体的伤害

§1-3-1 电磁场对人体的伤害.....	(19)
一、电磁场对人体伤害的机理.....	(19)
二、电磁场对人体伤害的特征.....	(19)
§1-3-2 影响伤害程度的因素.....	(20)
一、电磁场强度.....	(20)

二、电磁波频率	(20)
三、电磁波波形	(20)
四、电磁波照射时间	(20)
五、人体被照射面积和部位	(20)
六、环境影响	(20)
七、人员情况	(20)
§ 1-3-3 电磁场安全标准参考值	(20)
小结	(21)
复习题	(21)

第四章 触电急救

§ 1-4-1 触电急救的基本要求	(22)
一、低压触电时使触电者脱离电源的方法	(22)
二、高压触电时使触电者脱离电源的方法	(22)
三、救护中的注意事项	(22)
§ 1-4-2 现场急救方法	(23)
一、对症救护	(23)
二、人工呼吸	(23)
三、胸外心脏挤压法	(24)
小结	(24)
复习题	(25)

第二篇 电气安全技术

第一章 绝缘、屏护、间距和电工安全用具

§ 2-1-1 绝缘	(26)
一、绝缘的破坏	(26)
二、绝缘老化	(28)
三、绝缘性能的指标	(28)
四、泄漏电流及介质损耗角的测定	(32)
§ 2-1-2 屏护和间距	(35)
一、屏护	(35)
二、间距	(36)
§ 2-1-3 电工安全用具	(48)
一、绝缘安全用具	(48)
二、携带式电压和电流指示器	(50)
三、临时接地线、遮栏和标示牌	(51)
小结	(52)
复习题	(53)

第二章 接地和接零

§ 2-2-1 电气线路安全性分析	(54)
一、线路分类及对地运行情况	(54)
二、不接地电网	(54)
三、接地电网	(60)
四、接地电网和不接地电网比较	(62)
§ 2-2-2 保护接地	(63)
一、接地的基本概念	(63)
二、保护接地原理和应用范围	(65)
三、对高压窜入低压的防护	(67)
四、绝缘监视	(68)
§ 2-2-3 保护接零	(69)
一、保护接零的原理	(69)
二、工作接地	(70)
三、重复接地	(72)
四、接零线路的要求	(74)
§ 2-2-4 接地接零的计算	(74)
一、接地电阻值	(74)
二、接地电阻的计算	(76)
三、保护接零的计算	(87)
§ 2-2-5 接地装置和接零装置	(102)
一、接地体	(102)
二、接地线和接零线	(103)
三、对接地、接零装置的安全要求	(104)
四、接地装置的运行和维护	(106)
§ 2-2-6 接地和接零的测量	(107)
一、接地电阻的测量	(107)
二、土壤电阻率的测量	(108)
三、相—零回路阻抗测量	(109)
§ 2-2-7 接地接零应用	(111)
一、照明设备的接地和接零	(111)
二、携带式设备的接地和接零	(112)
三、移动式设备的接地和接零	(112)
四、直流设备的接地和接零	(112)
五、医疗电气设备的接地和接零	(112)
六、电子计算机的接地	(113)
七、电子设备接地	(113)
八、变电所接地	(114)
小结	(114)

复习题	(115)
-----	---------

第三章变配电装置及配电线路的安全要求

§ 2-3-1 概述	(117)
一、电力系统	(117)
二、变配电所	(118)
§ 2-3-2 变压器的主要结构和主要附件	(120)
一、变压器的结构	(120)
二、变压器的安全要求	(126)
§ 2-3-3 高压开关	(129)
一、断路器	(129)
二、隔离开关	(132)
三、负荷开关	(135)
四、高压熔断器	(135)
§ 2-3-4 互感器	(137)
一、电压互感器	(137)
二、电流互感器	(138)
三、互感器的安全运行	(138)
四、三相电路中互感器的接线	(139)
§ 2-3-5 成套配电装置	(140)
一、高压配电装置	(140)
二、低压配电装置	(144)
§ 2-3-6 电力电容器	(146)
一、提高功率因数的意义	(146)
二、改善功率因数措施	(147)
三、电容器的安装	(148)
§ 2-3-7 电气线路的安全要求	(149)
一、架空线路	(149)
二、电缆	(153)
三、车间配线	(154)
小结	(155)
复习题	(156)

第四章用电设备的安全要求

§ 2-4-1 工作环境对电气设备的要求	(158)
一、工作环境分类	(158)
二、电气设备的类型	(158)
三、特殊环境对电气设备的要求	(159)
§ 2-4-2 电动机	(159)
一、直流电动机	(160)

二、交流异步电动机	(162)
三、电动机的选择	(167)
四、三相异步电动机的运行和维护	(169)
§ 2-4-3 低压电器	(170)
一、低压开关	(171)
二、熔断器	(176)
三、接触器	(177)
四、继电器	(182)
五、主令电器	(186)
§ 2-4-4 电气控制线路的安全技术要求	(189)
一、控制线路的基本要求	(189)
二、机床电力传动及控制的技术条件	(189)
§ 2-4-5 异步电动机的启动控制电路	(194)
一、三相鼠笼式异步电动机启动控制线路	(194)
二、三相绕线式异步电动机启动控制线路	(203)
§ 2-4-6 专用电气设备的控制线路及安全要求	(206)
一、电动葫芦和单梁桥式起重机	(206)
二、桥式起重机的电气控制线路	(207)
三、电焊	(213)
§ 2-4-7 电力半导体的安全运行	(214)
一、晶闸管的过电流保护	(215)
二、晶闸管的过电压保护	(217)
§ 2-4-8 单相设备的安全运行	(218)
一、单相设备的特点	(219)
二、单相设备的配电	(219)
三、照明设备的安全运行	(219)
四、手持式电动工具的安全运行	(220)
小结	(223)
复习题	(223)
第五章 电气安全装置	
§ 2-5-1 漏电保护装置	(225)
一、漏电保护装置的原理、分类和参数选择	(225)
二、电压型漏电保护装置	(227)
三、零序电流型漏电保护装置	(228)
四、泄漏电流型漏电保护装置	(232)
五、注意事项	(232)
§ 2-5-2 联锁装置和信号、报警装置	(235)
一、联锁装置	(235)
二、信号和报警装置	(239)
小结	(242)

复习题	(243)
-----	---------

第三篇特殊防护技术

第一章电气防火和防爆

§ 3-1-1 防火防爆的基础	(244)
一、燃烧和燃烧条件	(244)
二、爆炸	(245)
三、危险物品	(246)
四、危险场所分类	(252)
§ 3-1-2 电气火灾和爆炸的原因	(254)
一、危险温度	(254)
二、电火花和电弧	(255)
§ 3-1-3 防火和防爆措施	(256)
一、合理选用电气设备	(256)
二、合理选用保护装置	(260)
三、保持设备正常运转	(260)
四、保持防火间距	(264)
五、通风	(264)
六、接地	(261)
七、其它防火防爆措施	(263)
§ 3-1-4 电气火灾的灭火常识	(265)
一、切断电源以防触电	(265)
二、带电灭火安全要求	(265)
三、充油设备和旋转电机的灭火要求	(267)
小结	(267)
复习题	(268)

第二章防雷

§ 3-2-1 概述	(269)
一、雷电的形成	(269)
二、雷电的分类	(269)
三、雷电参数	(270)
四、雷电参数的测量	(272)
五、雷电的危害	(273)
六、建筑物和构筑物的防雷分类	(274)
§ 3-2-2 防雷装置	(275)
一、接闪器	(275)
二、避雷器和放电记录器	(278)
三、引下线	(282)
四、接地装置	(283)
五、电离防雷装置	(284)

§ 3-2-3 防雷措施	(284)
一、防直击雷	(284)
二、防雷电感应	(287)
三、防雷电侵入波	(288)
四、特殊建筑物和构筑物的防雷	(289)
五、定期检查防雷装置	(291)
§ 3-2-4 人身防雷	(292)
一、危害方式	(292)
二、预防措施	(292)
小结	(292)
复习题	(293)

第三章 电磁场安全

§ 3-3-1 高频技术的应用和高频电磁场分类	(294)
一、高频技术的应用	(294)
二、高频电磁场分类	(295)
§ 3-3-2 电磁场防护措施	(296)
一、电场屏蔽	(296)
二、磁屏蔽	(296)
三、电磁屏蔽	(297)
四、屏蔽体	(298)
五、高频接地	(299)
小结	(299)
复习题	(300)

第四章 静电安全

§ 3-4-1 静电的产生	(301)
一、静电产生的原理	(301)
二、不同物态产生静电的过程	(302)
三、生产工艺过程中静电的产生	(305)
§ 3-4-2 静电的特点和危害	(305)
一、静电的特点	(305)
二、静电的危害	(309)
§ 3-4-3 静电安全防护	(311)
一、静电接地	(312)
二、泄漏法	(313)
三、静电中和法	(314)
四、工艺控制法	(318)
§ 3-4-4 防止静电危害的安全标准参考值	(320)
一、防止爆炸及火灾的安全标准	(320)

二、防止人身静电电击安全标准	(321)
§ 3-4-3 静电测量简介	(322)
一、静电电位的测量	(323)
二、静电放电电量的测量	(330)
三、绝缘电阻的测量	(331)
四、静电电容测量	(332)
五、人体静电的测量	(333)
小结	(334)
复习题	(336)

第四篇 电气安全管理

第一章 触电事故统计分析

§ 4-1-1 触电事故基本统计法	(337)
一、触电事故统计分析的意义	(337)
二、触电事故的基本统计方法	(337)
§ 4-1-2 触电事故的规律	(341)
一、电气事故的种类	(341)
二、触电事故的规律	(342)
三、常见的电气设备上触电事故	(343)
小结	(344)
复习题	(344)

第二章 电气安全管理

§ 4-2-1 电气安全工作的基本要求	(345)
一、对电气工作人员的基本要求	(345)
二、对电气值班、巡视和操作人员的基本要求	(345)
§ 4-2-2 电气安全的组织管理	(346)
一、管理机构	(347)
二、规章制度	(347)
三、安全检查	(347)
四、安全教育	(347)
五、安全资料	(348)
§ 4-2-3 检修工作的安全措施	(348)
一、工作票制度	(348)
二、工作票所列人员的安全责任	(348)
三、停电安全措施	(351)
四、不停电检修	(351)
小结	(352)
复习题	(352)

第一篇 电气安全基础

第一章 电和电磁场基础

内容提要：本章主要目的是复习电工学的基础知识，包括电的基本概念和电磁场基础两个方面。由于其中内容繁多，不可能一一详述，而只能根据这次学习的需要，选取如下重点，着重于复习基本概念。

§ 1—1—1 电的基本概念

一、静电

物体摩擦所产生的电荷，积聚在物体表面上静止不动的，称为静电。

带有同性电荷的两个物体之间有斥力，而带有异性电荷的两个物体之间有引力。在静电带电体周围存在着电场，称之为静电场。电场中任意一点的电场强度 E ，在数值上等于单位正电荷在电场中，该一点所受的作用力 f ，正电荷受力的方向就是电场强度的方向。所以，电场强度是一个既有强弱又有方向的向量，单位是牛顿/库仑或伏/米。

导体在带静电物体的附近，因受电场作用而使导体表面带电的现象，称之为静电感应。导体表面的感应电荷分布，决定于导体表面的形状。导体表面弯曲程度愈大的部位，聚集的电荷愈多；较平坦的部位聚集的电荷就少。而在导体尖端处由于电荷密集，电场强度就**很强**，有可能使空气击穿而发生“尖端放电”的现象。

二、电的几个基本物理量

(一) 电流

电荷的有规则的定向运动，就形成电流。人们规定正电荷运动的方向作为电流的正方向。为了反映电流的强弱，采用单位时间内通过导体横截面的电量来表示它，把它叫做**电流强度**（简称电流），常用符号 i 或 I 表示。单位是安培，简称“安”。

符号 I 代表的是直流电流，即电流强度不随时间变化的电流。符号 i 代表的是交流电流，即**电流强度随时间而变化的电流**。它的最基本形式是正弦电流。我国在生产中采用的是50赫频率的正弦交流电流，其电流强度的大小和方向都随时间按正弦规律作周期性变化。

(二) 电压和电位

电压又称电位差，它表示电场中两点间电位的差值。在电场力的作用下，使单位正电荷从电场中的某点移到参考点（参考点的电位规定为零）所做的功，叫做该点的电位。可以说，电场中的某点和参考点之间的电压，就是该点的电位。其实用单位是伏特，简称“伏”。

需要注意的是，电位的参考点可以任意选择，当参考点选择不同时，各点的电位也会不同，但代意两点之间的电位差（电压）都保持不变。由于在工作中，电位差（电压）更有实际意义，所以在计算上常选择电路中的某点作为参考点（零电位）可使计算得以简便。

(三) 电源的电动势

在各种不同的电源中，产生电位差的原因是不同的。例如，在电池中，是由于电池内部电解液和板极之间的化学作用，在发电机中，是电磁感应作用，在热电偶中，是两种不同金属连接处的热电效应，在光电池中，是光电效应，等等。但是，它们都具有一个共同点，就是能把电源内部导体中所存在的正、负电荷分别向两极推动，使得一个极具有一定的正电荷，另一个极具有一定的负电荷，于是在两极之间形成了电场，出现了一定的电位差。人们把电源内部这种能推动电荷移动的作用力统称为电源力。

电源力既然能使电荷移动，就说明它能够做功。电源力使单位正电荷从电源负极移到正极所做的功，就叫做电源的电动势。电动势用符号 E 表示，其实用单位是伏特。

电动势是衡量电源力作功能力的一个物理量。这如同用电压来衡量电场力作功的能力是类似的。它们的区别是，电场力能够在外电路（即电源以外的电路）中把正电荷从高电位点（正极）移向低电位点（负极），而电源力却能把电源内部的正电荷从低电位点（负极）移向高电位点（正极）。由此可见，在电源外部的电路中，电流是从高电位端（正极）通过负载流向低电位端（负极），而在电源内部则是从低电位端（负极）流向高电位端（正极）。

三、电路的三个基本元件

电阻元件、电感线圈和电容器是电路的三个基本元件，电阻、电感和电容是电路的三个基本参数。它们的性质有很大的差异，尤其是电感线圈和电容器的功能更是特殊。

(一) 电阻

人们把加在导体两端的电压和通过导体的电流之比值叫做电阻。用符号 R 表示，单位是欧姆（ $R = U/I$ 即欧姆定律）。

同一材料导体的电阻与导体的截面积成反比，而与导体的长度成正比。用公式表示为：

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 R —导体的电阻（欧）；

l —导线的长度（米）；

S —导线横截面积（平方毫米）；

ρ —电阻率（欧·平方毫米/米）。

导电材料的电阻阻值，不仅与材料本身的性质以及材料的几何尺寸有关，而且会受到外界条件的影响。大量实验证明，各种导电材料的电阻与温度有关，有的随温度的升高电阻值增大，有的却随温度的升高电阻值反而减小。人们把导体的温度每增高 1°C 时，它的阻值增

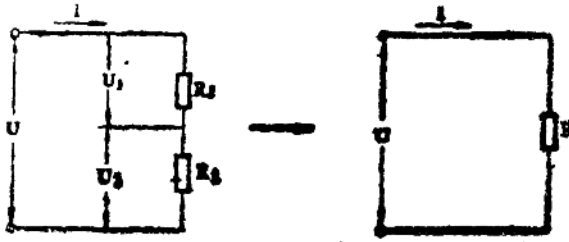
大（减小）的百分数叫做电阻的温度系数。用 α 来表示， $\alpha = \frac{\Delta R / \Delta t}{R}$ 。

电阻分线性电阻和非线性电阻两种。多数金属电阻值是不随电压、电流而改变的（或者说，电阻值等于常数），这种电阻叫线性电阻。但还有另一类电阻，当通过不同的电流，或加上不同的电压时，就会有不同的阻值（或者说，电阻值不等于常数），这种电阻叫做非线性电阻。我们平常所说的电阻一般均指线性电阻。

电阻在电路中有两种基本接法，即串联和并联。

电阻串联接法如图 1—1—1 所示。串联电路的特点是：

1. 各负载（ R_1, R_2 ）中的电流是同一电流 I ，



(a) 两个电阻串联

(b) 用等效电阻代替串联电阻

图1-1-1 电阻的串联

2. 总电压 U 等于各个负载上的分压 (U_1, U_2) 相加, 即 $U = U_1 + U_2$;

3. 等效电阻 R 等于各电阻 (R_1, R_2) 之和, 即 $R = R_1 + R_2$ 。

电阻并联接线如图 1-1-2 所示。并联电路的特点是:

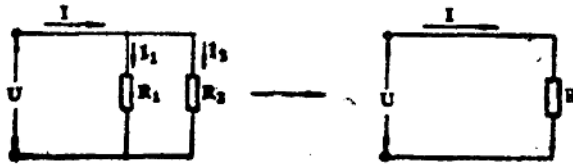
1. 各支路两端的电压 U 相同;

2. 总电流 I 等于各支路电流 (I_1, I_2) 之和, 即 $I = I_1 + I_2$;

3. 等效电阻 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ 。

(二) 电感

人们把线圈的磁链和通过线圈电流的比值叫做电感 (自感系数)。电感用符号 L 表示, 单位是亨利。



(a) 两个电阻并联

(b) 用等效电阻代替并联电阻

图1-1-2 电阻的并联

电感也分为线性电感和非线性电感两种。一个空心线圈, 当它的结构一定时, 它的电感是一个常数, 不随线圈中电流的大小而变化, 这种电感叫做线性电感。但是铁芯线圈的电感却随着电流的变化而变化, 这说明铁芯线圈中的电流和磁通之间不是正比关系, 这种电感叫做非线性电感。

电感线圈的物理性质:

1. 电感线圈能储存磁场能量, $W_c = \frac{1}{2} LI^2$;

2. 电感线圈中的电流不能突变;

3. 电感线圈中通过直流时, 不产生自感电动势, 即 $e_L = 0$, 故线圈端电压 $U_L = 0$, 也就是电感在直流电路中相当于短路, 对直流电流没有阻碍作用。电感线圈中通过变化的电流 (如交流) 时, 将产生自感电动势 e_L , e_L 对变化的电流有阻碍作用。

(三) 电容

从原理上看, 电容器的结构很简单, 两块导体材料中间夹着一层绝缘介质就形成了电容

器。人们把电容器极板上的带电量 Q 和电容器的端电压 U_c 比值叫做电容。电容用符号 C 表示，单位为法〔拉〕、微法〔拉〕等。

理论分析和实验证明，平行板电容器的电容量大小，可以用下面公式表示：

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 S}{d}$$

式中 C —电容器的电容量（法）；

ϵ_r —绝缘材料的相对介电常数；

ϵ_0 —真空（空气）的介电常数， $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ 法/米；

S —电容器一块极板的面积（米²）；

d —电容器极板之间的距离（米）。

电容器的物理性质是：

1. 电容器能储存电场能量， $W_e = \frac{1}{2}CU_c^2$ ；

2. 电容器两端的电压不能突变；

3. 电容器在直流电路中相当于断路，即 $I_c = 0$ ，但在交流电路中，则有变化的电流通过电容器。

电容器接入电路时有串联和并联两种基本接法，其等效电容分别为：

1. 串联电容器的等效电容量的倒数等于各个电容器的电容量的倒数之和；

2. 并联电容器的等效电容量等于各个单独电容器的电容量之和。

四、正弦交流电路的基本概念

在生产上一般都是采用正弦交流电，即电流、电压和电动势的大小和方向都随时间按正弦规律作周期性变化。

（一）周期、频率和角频率

1. 频率表示每秒钟正弦量交变的次数，我国交流电供电的标准频率（工频）规定为50赫芝，频率的符号用 f 表示。

2. 周期表示正弦量完成一次交变所需的时间，用符号 T 表示。

3. 角频率又叫角速度，它表示单位时间内旋转的角度，用符号 ω 表示。

它们三者有如下关系式：

$$f = \frac{1}{T}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad \omega = 2\pi f.$$

（二）正弦量的相位、初相位和相位差

正弦量在 $t=0$ 时刻的相位叫做初相位。两个同频率的正弦量在相位上的差值叫相位差。相位差的大小与时间 t 和角频率 ω 无关，而只取决于两正弦量的初相位。初相位为零的正弦相叫做参考正弦量。

在分析或计算交流电路时，为了简化计算，人们常先选定某一正弦量作为参考正弦量，然后再求出其它正弦量与参考正弦量之间的相位关系。这如同直流电路中选择电路中某点作为电位的参考点是相似的。

（三）正弦电流的有效值

在电工技术中，电流的主要表现是它的热效应（电流流经电阻时，电能转化为热能）和机械效应（载流导线在磁场中受到机械力的作用或载流导线之间有相互作用力）。交流电流