

铁路职工岗位培训教材

机车电工

JICHE DIANGONG

铁路职工岗位培训教材
编审委员会

铁路职工岗位培训教材

机 车 电 工

铁路职工岗位培训教材编审委员会

中国铁道出版社

2012年·北京

内 容 简 介

本书分为基本知识和职业技能两部分。基本知识包括电工、电子电路、机车电器、机车电机、机车主要电子电气知识等。职业技能包括作业方法、作业标准及安全注意事项等。基本知识每章后附有复习思考题。

本书针对铁路职工岗位培训、职业技能鉴定编写,是各单位组织职工各级各类岗位培训、技能鉴定必备用书,对各类职业学校相关师生也有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

机车电工/《铁路职工岗位培训教材》编审委员会编.
北京:中国铁道出版社,2011.7(2012.3重印)
铁路职工岗位培训教材
ISBN 978-7-113-13525-6

I. ①机… II. ①铁… III. ①电力机车-电工-技术
培训-教材 IV. ①U264

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 183092 号

书 名: 铁路职工岗位培训教材
机 车 电 工
作 者: 铁路职工岗位培训教材编审委员会

责任编辑: 王风雨 电话: 021-73139 电子信箱: tdpress@126.com
编辑助理: 李慧君
封面设计: 薛小卉
责任校对: 张玉华
责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)
网 址: <http://www.tdpress.com>
印 刷: 三河兴达印务有限公司
版 次: 2011年7月第1版 2012年3月第2次印刷
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 19.25 字数: 480 千
印 数: 5001~10000 册
书 号: ISBN 978-7-113-13525-6
定 价: 46.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电 话: 市电(010) 51873170, 路电(021) 73170(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010) 63549504, 路电(021) 73187

铁路职工岗位培训教材

编 审 委 员 会

主任委员:彭开宙

副主任委员:安路生 何华武 郑 健 耿志修

委 员:(按姓氏笔画排序)

王保国 王 培 田京芬 申瑞源

刘 刚 刘克强 刘朝英 庄 河

吴翠琬 张志农 张重天 陈伯施

郑建东 赵春雷 郭玉华 康高亮

傅选义 程先东

前 言

党的十六大以来,铁路事业蓬勃发展,大规模铁路建设全面展开,技术装备现代化实现重大跨越,尤其在高原铁路、机车车辆装备、客运专线、既有线提速和重载运输技术方面达到了世界先进水平。铁路职工队伍素质得到了相应提高,但距离铁路现代化发展的要求还有一定差距,铁路人才队伍建设和职工教育培训工作任重道远。

教材是劳动者终身教育和职业生涯发展的重要学习工具,教材建设是职业教育培训工作的重要组成部分,是提高教育培训质量的关键。加快铁路职工岗位培训教材建设,已成为加强和改进铁路职工教育培训工作的当务之急。为适应铁路现代化发展对技能人才队伍建设的需要,加快铁路职工岗位培训教材建设,铁道部决定按照铁道行业特有职业(工种)国家职业标准,结合铁路现代化发展的实际,组织开发铁路职工岗位培训教材。

本套教材由铁道部劳动和卫生司、运输局共同牵头组织,相关铁路局分工负责,集中各业务部门的专家和优秀工程技术人员编写及审定,多方合作,共同完成,涵盖了铁路运输(车务、客运、货运、装卸)、机务、车辆、工务、电务部门的77个铁路特有职业。教材坚持继承与创新相结合,充分体现了近几年来铁路新技术、新设备的大量运用及其发展趋势,特别是动车组系列教材填补了教材建设的空白,为动车组司机和机械师等铁路新职业员工提供了岗位培训教材;教材坚持科学性与规范性,依据铁道行业国家职业标准中的基本要求和工作要求编写,力争准确体现国家职业标准和有关作业标准、安全操

作等规章、规范的要求；教材坚持实用可行的原则，重点突出实作技能、应急处理和新技术、新设备、新规章、新工艺等四新知识，对职业技能部分按照技能等级分层编写，便于现场职工的培训与自学。

本套教材适用于工人新职、转职(岗)、晋升的岗位资格性培训，也适用于各类岗位适应性培训，同时为职业技能鉴定提供参考。

《机车电工》一书由郑州铁路局负责主编，主编人员：崔小喜，参加编写人员：刘向阳、李文成、詹斌。主要审定人员：容长生、费义忠、宋天义、吴启宇、王卫丰、连继革、宋平安、王刚、任广鑫、杨春燕。本书在编写、审定过程中得到了有关单位的大力支持，在此一并表示感谢。

铁路职工岗位培训教材编审委员会

2009年8月

目 录

基 本 知 识

第一章 电工基本知识.....	3
第一节 电的基本知识.....	3
第二节 电路元件.....	5
第三节 直流电路.....	9
第四节 电磁感应	13
第五节 单相正弦交流电	17
第六节 三相正弦交流电	30
第七节 变 压 器	35
复习思考题	38
第二章 电子电路基本知识	40
第一节 晶体管及运算放大器	40
第二节 晶闸管及其应用	55
第三节 单结晶体管触发电路	61
第四节 门电路基本知识	65
第五节 IGBT 元件简介	71
复习思考题	75
第三章 机车电器的结构和工作原理	76
第一节 电力机车受电弓	76
第二节 电力机车主断路器	89
第三节 两位置转换开关.....	101
第四节 司机控制器.....	105
第五节 接 触 器.....	113
第六节 继 电 器.....	129
第七节 电 空 阀.....	141
第八节 传 感 器.....	142
复习思考题.....	147
第四章 机车电机的基本结构和工作原理.....	149
第一节 直流电机的基本知识.....	149

第二节	ZD105 型牵引电动机	159
第三节	ZQF-80 型启动发电机	171
第四节	三相异步电动机及异步劈相机	173
第五节	HXD ₃ 机车的三相异步牵引电动机	181
第六节	TQFR-3000 型同步牵引发电机	187
第七节	感应子励磁机	192
第八节	FPWR1/JQFP2-9000/25(DL)牵引变压器	196
	复习思考题	204
第五章	机车主要电子电气	206
第一节	变流装置	206
第二节	TFS-1D4 型电压调整器	240
第三节	TPZ4 型电阻制动控制箱	241
第四节	14Q ₂ 型无级调速驱动器	243
第五节	LCU 逻辑控制单元	247
第六节	DF _{8B} 型内燃机车微机系统	252
	复习思考题	259

职 业 技 能

一、数字式万用表的使用	263
二、二极管的质量鉴别	264
三、三极管的质量鉴别	264
四、对机车设备进行耐压试验	265
五、内燃机车常用仪表的识别、安装和接线	265
六、正确使用兆欧表测量内燃机车电气回路绝缘值	266
七、DF ₄ 型内燃机车电气动作试验	266
八、SS ₄ 改型电力机车制动电阻装置(TZZ5、TZZ8、TZZ8B 型)的检修	268
九、SS ₄ 改型电力机车主变压器(TBQ8-4923/25 型,含平波电抗器、滤波电抗器)的检修	270
十、司机控制器(SKT14A 型、SKT15A 型)检修	273
十一、3TB 型交流电磁接触器检修	275
十二、电空阀(TFK1B 型)检修	276
十三、电空接触器(TCK7F、7G 型)检修	277
十四、单臂受电弓(TSG1-600/25 型)检修	278
十五、SS ₄ 改型电力机车高压连接器检修	280
十六、DF ₄ 型内燃机车恒功率调整及水阻试验	281
十七、SS ₄ 改型电力机车劈相机启动继电器检修	283
十八、牵引电动机(ZD105 型)刷架圈检修	284
十九、SS ₄ 改型电力机车主断路器检修	284
二十、两位置转换开关(TKH4-850/1000、TKH10-840/1020)检修	287

二十一、SS ₄ 改型机车电子柜输入输出插件的检修	289
二十二、DF ₄ 型内燃机车牵引电动机接地故障的检修	290
二十三、DF ₄ 型内燃机车照明电路接地的排除	291
二十四、SS ₄ 改型电力机车闭合主断合开关,一节车主断不动作	291
二十五、SS ₄ 改型电力机车闭合 404SK,213KM 不吸合	292
二十六、SS ₄ 改型电力机车劈相机启动 3 s 后,各辅机都不能工作	292
二十七、SS ₄ 改型电力机车劈相机琴键开关烧焊在“闭合”位	292
二十八、SS ₄ 改型电力机车“前进”位正常,“后退”位不换向	293
二十九、SS ₄ 改型电力机车整车无电流故障判断处理	293
三十、DF ₄ 型内燃机车无压无流故障的检修	294
三十一、SS ₄ 改型电力机车牵引状态下预备灯不灭	294
三十二、SS ₄ 改型电力机车电制后牵引操纵时预备灯时灭时亮	295
三十三、DF ₄ 型内燃机车“前进”位正常,“后退”位 LC、LLC 不吸合	295
三十四、DF ₄ 型内燃机车 LC 线圈正负线倒接	295
三十五、DF ₄ 型内燃机车控制走车回路故障判断、处理	296

基 本 知 识

第一章 电工基本知识

第一节 电的基本知识

一、电的本质

任何物质都是由基本的微粒——原子所组成的,而原子的结构是这样的:中间是由质子和中子所组成的原子核,外部则是围绕着原子核不断地作着高速运动的若干电子。其中每一个质子带有一个单位的正电荷,每一个电子带有一个单位的负电荷,中子不带电荷。电荷只有正、负两种。

在一般情况下,原子内部的质子和电子的数量相等,原子显示不带电的性质,即处于所谓的中性状态。当因为某种原因使原子失去电子时,原子带正电,而当原子获得电子时,原子带负电。这就是一切物质带电的根本原因。

二、电场和电场强度

(一)电 场

带电体周围空间存在着一种特殊的物质——电场。这就如同一块磁铁周围存在磁场一样。电场虽然看不见也摸不着,但它也是客观存在的,是一种物质。电荷间相互作用的静电力是依靠电场来实现的,实际上是一个电荷的电场对另一个电荷的作用,因此静电力又常称为电场力。

电场具有以下两个重要的特性:

1. 位于电场中的任何带电体,都要受到电场力的作用。
2. 带电体在电场中受到电场力的作用而移动时,电场力对带电体做功,这说明电场具有能量。

(二)电场强度

既然电场总是对处于其中的带电体都有力的作用,就可以用试验电荷在电场中的受力情况来研究电场的性质。所谓试验电荷,是指体积很小,带有微量电荷量的正电荷。试验电荷电量很小,它放入电场就不致影响原有电场的分布;体积很小,才能分别试验电场中每一个点的情况。

通过试验,可以得到两点结论:

1. 同一试验电荷在电场中的不同点,所受到的电场力的大小和方向一般是不同的。这说明,在同一电场中的不同点,电场的强弱是不一样的。
2. 对电场中的某固定点来说,试验电荷所受的电场力与其所带的电量成正比,而受力的方向不变。但不论是多大电量的试验电荷,它们在同一点所受的力与其所带电量的比值(F/q)是一个恒定量。且对于电场中的不同位置的点,都有一个确定的(F/q)比值与之对应。这个比值只与场源电荷 q 及该点所在电场中的位置有关,与试验电荷无关。如果用这个比值来

标志电场中各点电场的强弱,即试验电荷在电场中某一点所受的力与它所带电量的比值,叫做该点的电场强度,用符号 E 表示,即

$$E = F/q$$

式中 F ——试验电荷所受的电场力,单位是牛,符号为 N;

q ——试验电荷的电荷量,单位是库,符号为 C;

E ——电场强度,单位是牛每库,符号为 N/C。

这就是说,电场中任意一点的电场强度,在数值上等于放在该点的单位正电荷所受电场力的大小,电场强度的方向就是正电荷受力的方向。所以电场强度是一个既有大小又有方向的量——矢量。

三、电流和电流强度

(一) 电 流

在没有电场的时候,电荷(如金属中的电子或电解液中的正、负离子等)的运动是不规则的。但在有电场的时候,物体中的电荷将在电场力的作用下,作有规则的、定向的运动。电荷的定向运动就叫做电流。

(二) 电流强度

电流强度是衡量电流大小的物理量。

很显然,单位时间内流过导体截面积的电荷量越多,则电流强度越大。因此,电流强度的定义就是:单位时间内流过导体截面积的电荷量叫做电流强度。电流强度用符号 I 表示。用公式表达,即

$$I = Q/t$$

式中 Q ——通过导体截面积的电荷量,单位为库,符号为 C;

t ——通过电荷量 Q 所用的时间,单位为秒,符号为 s。

在日常的生活及生产中,一般把电流强度简称为电流。

电流是一个标量,电流方向只表明电荷的定向运动方向。如果电流的大小和方向都不随时间变化,这样的电流叫做直流电流或稳恒电流如图 1-1(a)所示。如果电流的大小随时间变化但方向不随时间变化的电流叫做脉动电流,如图 1-1(b)所示。如果电流的大小和方向都随时间变化,这样的电流叫做交流电流,如图 1-1(c)所示。

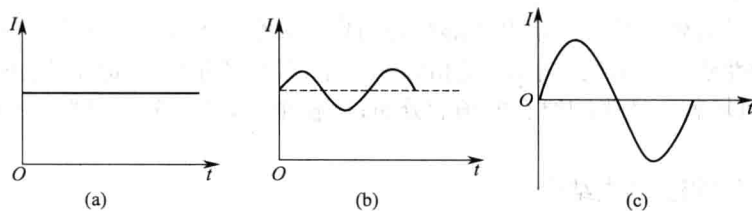


图 1-1 直流电流、脉动电流与交流电流

四、电位和电压

(一) 电 位

由于电场的作用,电路中的电荷在任一位置,都具有一定的能量。正电荷在电路中某点所

具有的能量与电荷所带电荷量的比叫做该点电位,一般用 V 表示。

在讨论电位问题时,首先要选参考点(假定该点电位为零),电路中各点的电位是相对的,与参考点的选择有关。某点电位等于该点与参考点间的电压。比参考点高的电位为正,比参考点低的电位为负。

电位的单位是伏特,符号为 V 。在国际单位制中,电位的常用单位还有千伏(kV)和毫伏(mV):

$$1\text{ kV}=10^3\text{ V}$$

$$1\text{ V}=10^3\text{ mV}$$

(二) 电 压

电路中任意两点间的电位差,叫电压。电压一般用 U 表示,如

$$U_{ab}=V_a-V_b$$

讲到电压必须说明是哪两点间的电压。电压的方向可以用高电位指向低电位的箭头表示,也可以用高电位标“+”,低电位标“-”来表示。

应当提出的是,电压和电位都是反映电场或电路能量特性的物理量,两者既有联系又有区别。电位是相对的,它的大小与参考点选择有关;电压是不变的,它的大小与参考点选择无关。电位的参考点可任意选择,但是一个电路中只能选一个参考点。

第二节 电 路 元 件

一、电阻和电阻定律

(一) 导体、绝缘体和半导体

根据物质导电能力的强弱,一般可分为导体、绝缘体和半导体。

导电性能良好的物体叫做导体。

不能导电的物体叫做绝缘体或电介质(简称介质)。

需要指出的是,导体和绝缘体导电性能不同的原因在于自由电子的多少,而自由电子的多少又往往与温度、湿度、电压等客观环境有关。所以导体与绝缘体不能截然分开,同时绝缘体也不是绝对不导电的。

导电性能介于导体与绝缘体之间的物体叫做半导体。半导体有一些特殊的性质,在电子技术中得到极其广泛的应用。我们将在本书第二章有关电子电路的内容中专门介绍。

(二) 电 阻

导体中的自由电子在电场力的作用下作定向运动,形成电流。做定向运动的自由电子,要与在平衡位置附近不断振动的原子发生碰撞,阻碍自由电子的定向运动。导体对电流的阻碍作用就叫做电阻,用字母 R 表示。任何物体都有电阻,当有电流流过时,都要消耗一定的能量。

(三) 电阻定律

导体电阻的大小不仅与导体的材料有关,还与物体的尺寸有关。经实验证明,在一定的温度下,一定材料制成的导体电阻与导体的长度成正比,与导体的截面积成反比。这个实验规律叫做电阻定律。均匀导体的电阻可用公式表示为

$$R=(\rho L)/S$$

式中 ρ ——电阻率,其值由电阻材料的性质决定,单位是欧米,符号为 $\Omega \cdot m$,可查表 1-1;

L ——导体的长度,单位是米,符号为 m ;

S ——导体的截面积,单位是平方米,符号为 m^2 ;

R ——导体的电阻,单位是欧,符号为 Ω 。

在国际单位制中,电阻的常用单位还有千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$):

$$1\text{ k}\Omega=10^3\text{ }\Omega$$

$$1\text{ M}\Omega=10^6\text{ }\Omega$$

几种常用材料在 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 时的电阻率见表 1-1。

表 1-1 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 时材料的电阻率

用 途	材 料 名	$\rho(\Omega \cdot m)$
导电材料	银	1.65×10^{-8}
	铜	1.75×10^{-8}
	铝	2.83×10^{-8}
	低碳钢	1.3×10^{-7}
电阻材料	铂	1.06×10^{-7}
	钨	5.3×10^{-8}
	锰铜	4.4×10^{-7}
	康铜	5.0×10^{-7}
	镍铬铁	1.0×10^{-6}
	碳	1.0×10^{-6}

导体的电阻不仅和材料性质、尺寸有关,还和温度有关。在一般情况下,电阻随温度的变化不大,其影响可不用考虑。

二、电 容 器

电容器是电路的基本元件之一,在各种电子产品和电力设备中有着广泛的应用。在电子技术中电容常用于滤波、移相、选频等;在电力系统中,电容可用来提高电力系统的功率因数。本节将简单讲述电容器的基本知识、电容器的连接及电容器的充放电过程。

(一) 电容与电容器

被绝缘介质隔开的两个导体的总体,叫做电容器。组成电容器的两个导体叫做极板,中间的绝缘物质叫做电容器的介质。

电容器的最基本特性是能够储存电能。把电容器的两个极板分别接到电源的两端,电容器的两极板间便有电压 U ,在电场力的作用下,自由电子定向运动,使得 A 板带正电荷, B 板带负电荷,如图 1-2 所示。电荷的移动直至两极板间的电压与电源电动势相等时为止。这样,在两个极板间的介质中建立了电场,电容器储存了一定的电荷和电场能量。

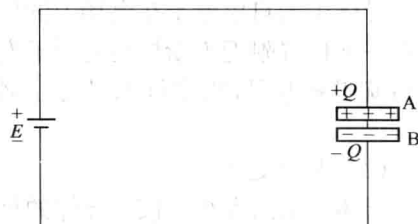


图 1-2 与电源连接的电容器

电容器的电容量简称电容,用字母 C 表示,单位是法,符号为 F 。

在实际应用中,法拉的单位太大,常用较小的单位有微法(μF)和皮法(pF):

$$1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$$

需要指出的是,一个电容器的电容量并不由外加电压来决定。电容量是电容的固有属性。一般来讲,电容器的电容量主要受以下几方面影响:

(1)极板的面积:面积越大,电容量越大。

(2)极板间的距离:距离越大,电容量越小。

(3)极板间介质的介电常数:介电常数越大,电容量越大。

应当指出,并不是只有电容器才有电容,实际上任何两个导体之间都存在着电容。输电线之间,输电线与大地之间都存在电容。只是其电容很小,可以忽略不计。

(二) 电容器的参数

1. 额定工作电压

电容器的额定工作电压是指电容器能长时间地稳定工作,并且保证电介质性能良好的直流电压的数值。额定工作电压一般称耐压。电容器上所标的电压就是额定工作电压。如果把电容器接到电路中,必须保证电容器的额定工作电压不低于交流电压的最大值,否则电容器会被击穿。

2. 标称容量和允许误差

电容器上所标明的电容量的值叫做标称容量。电容器在批量生产过程中,受到诸多因素的影响,实际电容值与标称容量之间总有一定的误差。国家对不同的电容器,规定了不同的误差范围,在此范围之内的误差叫做允许误差。

电容的允许误差一般标在电容器的外壳上。允许误差分为五级,01级允许误差 $\pm 1\%$,02级允许误差 $\pm 2\%$,I级允许误差 $\pm 5\%$,II级允许误差 $\pm 10\%$,III级允许误差 $\pm 20\%$ 。

(三) 电容器的充放电

按图 1-3(a)将电路接好,我们就可以来研究电容的充放电原理。其中 C 是一个大容量未充电的电容器,E 是内阻很小的直流电源,HL 是小灯泡。实验前开关 S 应放置到“2”位置。

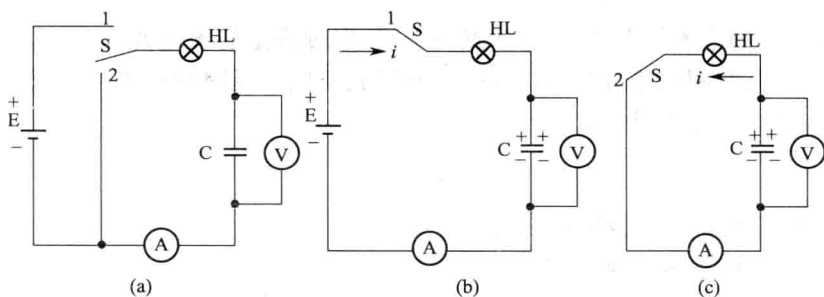


图 1-3 电容器充、放电实验

1. 电容器的充电过程

将开关 S 置于“1”位置,如图 1-3(b)所示,从电路中的小灯泡、电流表和电压表可以观察到下列现象:

(1)小灯泡 HL 开始发亮,然后逐渐变暗,经过短短的一段时间,小灯泡 HL 不亮了。

(2)电流表指针最初偏转一个较大的角度(电流大),然后指针渐渐向零位偏转,经过一段时间,电流表指针指向零(电流为零)。

(3)电压表指针最初指向零,逐步变大,经过一段时间,电压表指针停在电源电压位置上($U_C=E$),电容器充电过程结束。

在直流电压作用下,自由电子从电容器的正极板经导线、电源内部移动到负极板上,形成了充电电流。在开关S与“1”闭合的瞬间,电源的正极和与它相连接的电容器极板间有较大的电压,这时的充电电流较大。随着电容器正极板上自由电子的流失,其电位逐渐升高,与电源正极间的电压逐渐减小,电流也就随之越来越小。当电容器正极板与电源正极的电位相等时,电流为零,充电过程结束。这时,电容器两极板间的电压等于电源电动势。

2. 电容器的放电过程

将开关S置于“2”的位置,如图1-3(c)所示。从电路中的小灯泡、电流表和电压表可以观察到下列现象:

(1)小灯泡 HL 开始较亮,然后逐渐变暗,经过短短的一段时间后,小灯泡 HL 不亮了。

(2)电流表指针最初偏转一个较大的角度(电流较大),然后逐渐向零位偏转,经过一段时间,电流表指针指零。

(3)电压表指针最初指电源电动势 E 的数值,然后逐渐向零位偏转,经过一段时间,电压表指针指零。

电容器两极板间电压最初等于电源电动势 E ,开关S与“2”闭合后,回路中有电流。随着两极板上正、负电荷不断中和,两极板之间的电压随之下降,电路中的电流随之减小。电容器两极板的正、负电荷完全中和,两极板间的电压为零,电路中电流为零,放电过程结束。

应当指出,电路中的电流没有通过电容器中的电介质,是电容器充、放电形成的电流。在充电过程中,电容器储存了电荷,也储存了能量;在放电过程中,电容器将正、负电荷中和,也随之放出了能量。

显然,在电压一定的条件下,电容 C 越大,储存的能量越多,电容也是电容器储能本领大小的标志。

三、电感元件

通过一个线圈的电流越大,所产生的磁场越强,穿过线圈的磁通就越多,那么磁链也就越大。通过实验证明:线圈的磁链和通过线圈的电流成正比。线圈的磁链与电流的比值叫做自感系数,又称电感。电感用符号 L 表示,即

$$L = \frac{\Psi}{i}$$

式中 Ψ ——磁链,单位是韦,符号为 Wb;

i ——电流,单位是安,符号为 A。

较小的电感单位用毫亨(mH)、微亨(μH)表示,它们之间的关系是:

$$1 \text{ H} = 10^3 \text{ mH} = 10^6 \mu\text{H}$$

或

$$1 \mu\text{H} = 10^{-3} \text{ mH} = 10^{-6} \text{ H}$$

线圈的电感 L ,是描述一个线圈特征的物理量,它与线圈的结构有关,而与通过线圈中的电流无关。也就是一个线圈的匝数、尺寸、有无铁芯以及铁芯的形状确定后,这个线圈的电感就是一个定值了。

电感 L 又分为线性和非线性电感。一个空心线圈,当它的结构一定时,它的电感是一个常数,不随线圈中电流的变化而变化,电流与磁通之间成正比关系,这种电感叫线性电感。