

本书是为适应青年工人下岗、转岗、再就业的需要，同时满足军转民工人、国有、乡镇企业中农民工的需要而编写的。

本书依据工人技术等级标准详细介绍了电工入门必备的基础理论知识和操作技能。主要内容有电工学基础及初级电子技术；常用电工仪表、安全用具及工具、器械的使用；导线的连接和敷设方法；低压架空线路的安装、防雷接地技术；常用电气元件及设备的测试、选择及安装接线；小型电力变压器和中小型电动机的测试、安装、接线和运行；常见电气故障的处理方法；电工读图基础知识和电工安全技术等。

本书可供下岗工人、农民工、电工技术初学者自学，也可作为电工上岗培训教材和中等职业技术学校电气专业师生的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工入门/白公等编著. —北京：机械工业出版社，
2003.1

(上岗之路)

ISBN 7-111-11593-7

I. 电… II. 白… III. 电工技术-基本知识

N. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 004875 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：何月秋 版式设计：张世琴 责任校对：姚培新

封面设计：姚毅 责任印制：闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/32 · 21.6 印张 · 2 插页 · 486 千字

0 001—5 000 册

定价：29.80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

上岗之路

- 教你入门——
轻松掌握一技之长
- 领你上岗——
信步迈入电工之门

前 言

随着社会主义市场经济的发展，经济结构不断调整，国有企业改革的力度逐渐加大，这期间，部分职工下岗、转岗、再就业已成为必然。为适应青年工人下岗、转岗、再就业的需要，同时也为满足军转民工人，国有、乡镇企业中的一大批农民工的需要，我们组织编写了这套“上岗之路”丛书。

本丛书旨在让工人通过相应工种入门的学习，了解本工种的基本专业知识和基本操作技术，可进行上岗操作。本丛书既便于工人自学，又可供再就业部门对下岗、求职工人进行转岗、上岗培训用。

电是当今与人们生活密不可分的，电工技术渗透于人们生产、生活的各个角落，社会上电工的需求量之大，给下岗、再就业工人以及农民工提供了大量的岗位。电工又是国家规定的必须持证上岗的特种作业工种，要求工人必须具备一定的电工知识，因此，出版一本适合下岗、转岗、再就业工人的《电工入门》迫在眉睫。为此我们组织编写了这本《电工入门》。

由于电工属于特种作业，故在编写此书时，在第一章设有职业道德与安全知识；考虑到下岗、转岗工人及农民工对电工的生疏，为使他们能看懂本书的一些插图，在第十章设有电工读图基础知识。

本书以作者从事近40年电气工程设计、安装、运行、维修、调试及带学生、带徒弟的经验为主，以国家职业标准为依据，参考现行施工及验收规范，系统地讲述了电工必备的职业道德、安全技术、理论知识和基本操作技能等内容，以

指导读者掌握电工操作中怎样做、做什么、为什么做的技能。

本书的特点是实用性、指导性、可操作性强,通俗易懂,图文并茂,如果读者按照本书讲述的要领和程序认真地操作,一定会成为一名合格的电工。

本书共11章,第一章绪论介绍电工的定义、电工的分类及电工的理论与实践的关系;第二章介绍电工学的基础知识及其在实践中的应用;第三章和第四章分别介绍了电工常用仪表、安全用具及器械的使用;第五章介绍了电工必备的基本操作技能;第六章介绍了常用电气元件的测试、选择及安装接线;第七章和第八章分别介绍了中小型电力变压器和电动机的检查测试、安装运行、线路分析和故障处理;第九章介绍了电气故障的处理方法;第十章介绍了电工读图初步知识;第十一章介绍了电工安全技术要点。

本书的编写受到了各方面的支持和帮助,有电业部门的技术人员,有设计部门的电气设计师,有从事电工教学的讲师,有多年从事电气设备安装、调试、运行、维修的电工师傅。在此一并表示感谢。

本书由教授级高工白公主编,苏秀龙、霍建生参加了主要编写工作,参加各章编写的人员还有吴青山、刘志谦、刘德龙、韩健北、范学忠、刘志林、朱振华、姚亮、贺祖贤、董仁辉、刘玉丰。刘志谦、范学忠、刘志林、朱振华除参加本书的编写外,还为本书提供了很多珍贵的资料和工程实例。这里还要向主审霍建生、傅江涛高工、马俊山教授,负责制图的梁川教授、刘玉萍高工及支持和帮助本书编写和出版的全体同仁表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处恳请读者和专家批评指正。

最后,衷心祝愿所有读者学有所成,踏入上岗之路,走进成功之门。

编 者

第一章 绪 论

一、电工的概念

电工是指从事电气设备、元件及其线路的安装、调试、运行、维护、检修、试验、保养和修理等工作的技术工人。其中，安装是指必须按照国家或部委的规程、规范、标准及设计要求，把电气设备、元件及其线路固定在设定的位置或装置上并使其正常运行，安全使用并满足设计要求。调试是指必须满足规程、规范及标准的要求并用检测、试验仪器对安装前和安装后的电气设备、元件及线路进行调整和试验，对其可靠性、灵敏性和抗衰老性做出准确的判断，保证其正常运行并能在非正常运行或使用条件下，确保退出运行或提供报警信号，以满足电气设备、元件及线路安全运行。运行是指按照电气设备及线路运行规程和使用部门的规定、要求，对投入使用的电气设备及线路运行状态进行监视、调整、控制、记录、分析等一系列工作。维护是指按照运行规程和使用单位的要求对投入运行的电气设备、元件及线路进行清扫、检查、巡视，以便发现缺陷、更换小型故障元件、紧固接线端子和螺栓、消除隐患而进行的工作。检修是指按照运行规程和使用单位规定的周期或利用停电机，对运行中的电气设备、元件及线路按照运行规程的项目要求和运行中发现而不能修复的缺陷进行的中型检查和修理工作。试验是指按照标准和规程的要求，对电气系统进行的两种试验。一是检修过程中，对设备和线路进行的预防性试验，以便发现问题和缺

陷，及时更换或修理；二是安装前对设备、元件、导线、电缆等进行的试验，判断产品优劣并做出能否安装及运行的决定。保养一般指对运行中的设备及线路中替换下的小型部件进行的保养性修理，或停电检修时对一些部件进行的保养性修理，如，转动部位加油润滑、研磨触头、更换端子、更换设备的中小型部件及弹簧等。修理一般指对运行中损坏的或者替换下来的设备元件进行功能恢复性修理，或者更换其中部件的修理。

我们可以看到，电工是一种特殊的技术职业，他的行为关系着人们的生命财产及电气系统和设备的安全。另外，电工又是一种技术含量很高、理论要求很强的工种，需要知识，需要理论与实践相结合。随着科学技术的发展和电子技术、计算机技术在各个领域的应用，电工的含义也在逐步修订，电工的技能是随着社会文明的进步而发展的。因此，作为一名电工必须不断学习和掌握新技术、新工艺、新设备、新材料，才能适应社会及市场的需要，才能提高自己的技术水平。

二、电工的分类

电工的分类方法很多，其中较为科学的分类方法是按其从事的工作类别而进行分类，一般可分为 12 大类，详见表 1-1，其中有的并无严格的界限。

表 1-1 电工分类

序号	类 别	从 事 工 作 项 目
1	外线电工	架空线路、室外变配电装置、电缆线路的安装和维护保养、检修运行
2	内线电工	室内变配电装置、照明及低压动力装置、电气设备 及元件的安装和维护保养

(续)

序号	类别	从事工作项目
3	调整试验电工	电气设备、元件及线路或整个电气系统的调整试验、送电试车、试运行
4	维修电工	电气设备、元件、装置及线路的维护、保养、检修、修理、一般故障判断处理、更换设备元件及线路，一般电气设备的安装
5	运行值班电工	变配电装置及线路的监视、控制、调整、记录、分析，掌握运行状态及技术参数、提供检修依据、更换小型部件、处理一般故障
6	电机修理工 (电钳工)	破损电气设备、元件的修理，使之恢复良好状态和性能，保持原来技术参数并能安全使用及运行
7	电工仪表工	各类电工仪表检验、检定、修理、安装接线
8	弱电电工 (无线电工)	以mA/mV为单位的模拟信号、数字信号，音频、视频、射频信号为传输主导电流/电压的电气/电子设备及其线路的安装、调试、维护运行、修理，如通信、广播、有线电视、防盗保安、火灾自动报警及消防、微机网络及信息平台、设备监控、智能建筑、多表远程传输、小区网络等
9	无线电工	无线电发射和接收系统安装、调试、维护、运行、修理
10	自动化仪表工 (仪表电工)	自动化仪表装置及温度、压力、流量、物位、机械量等非电量的测量、调节、控制、计算、分析、转换等设备及线路的安装、调试、运行、维护、修理、校验
11	专业电工	汽车、飞机及航天器、船舶、铁路机车、自动装置、电气设备、机电产品等专业产品制造中的电气及电子设备、仪器、仪表及线路的安装调试、维护修理
12	特种电工	国防、军事、警务等特种行业或部门中的设备、装置、器械、设施及其产品制造中的电气及电子设备、仪器、仪表及线路的安装调试、维护修理

注：其中1、2、3为安装电工；4、5、6为维修电工；7、8、9、10为弱电电工；11、12为专业电工。

三、电工理论与实践的关系

电工技术是在电工学和电子学的基础上发展起来的，有着很深的理论性。如，导线的连接必须紧密牢固，要求连接的接触电阻应小于 $10^{-6}\Omega$ ，这是因为若接触电阻大，则电流不易流过联结点，而使电路不能畅通，达不到送电的目的。再者该联结点易发热，并容易从联结点烧断导线。因此，对导线的连接，人们想了很多可行的办法，如缠绕、压接、焊接、接线端子连接等。再如，电磁铁的衔铁间隙越大，其吸力越小而不易吸合。因此，可以通过调节间隙的大小来调整电磁铁，使其可靠地吸合或释放。这样的例子很多，这也是电工的一个特点。通过学习电工学和电子学，可以知道很多电工技术中的原理、要求是什么，同时又可以在实践中证实理论的正确性，这样反复论证和实践更有益于技术的提高。因此，作为一名电工既要学好理论知识，又要学好操作技能，这样才可以在实践中用理论知识解决实际的问题。

四、职业道德及安全技术

电工的作业行为联系着千家万户，联系着国民经济、工业生产、政治文化活动各个部门、各个领域。作为一名电工，必须永远牢牢记住，你的作业行为决非个人的事情，它关系到千万用户的安全、电气系统及电气设备的安全和你个人的安全。操作中，除了必须使用户在使用功能上满意外，最重要的前题就是安全。对于一名电工，作业行为、职业道德、敬业精神、安全技术是最重要的，任何时间地点环境内，如果忽略了这一点，就没有资格从事电工这个职业。

（一）电工的职业道德

职业道德，从总体上讲就是对所从事的职业有高度的责任感，敬岗爱业、恪守诚信、质量第一、用户至上。电工的

职业道德最基本的要求就是必须按照国家对电气作业颁布的标准、规程、规范进行工作，符合电气装置施工及验收规范的要求并使用户满意，对用户必须有高度的责任感。作为一名电工，一般应做到以下几点。

(1) 对技术精益求精、对工作一丝不苟；对质量认真负责；对安全时刻牢记、杜绝违规操作。

(2) 对同行要尊敬、团结，相互学习，取长补短，虚心求教，不要不懂装懂。

(3) 作业时要干净利索，坚固漂亮，有条有理，正确无误，安全可靠，严禁违章。

(4) 作业中要精打细算，节约材料，节约工时，节约每一个垫片、每一个螺钉、每一米线、每一团胶布。

(5) 作业完要清理现场，检查有无不妥，杜绝事故隐患。要使现场干净整洁，不妨碍他人，不妨碍设备的运行和使用。

(6) 钻研技术、精通业务，练好基本功，熟练掌握基本操作技能，学会在实践中学习知识、技能及别人的长处，这是成功的最重要秘诀。

(二) 电工安全技术的重要性

电工安全技术是电工技术中的一个重要组成部分。电虽然给人们带来了无穷无尽的受益和享受，但在另一面却又给人们带来了许多麻烦和灾难。当你还不能完全了解电的性能时，当你由于工作疏忽时，当你违反操作规程时，当你对假冒伪劣电气产品认识不足时，当你没有按规范正确选件及安装时，在生活和工作中便会出现触电、电击或由其引起的烧伤、火灾以及人员窒息、生命垂危、设备损坏、财产损失等事故，造成经济损失和政治影响。因此，电工安全技术是电工技术中头等重要的大事，任何人、任何时候、任何地点

都是不能忽视的。

作为一名电工或是初学者，必须先学会安全技术，除了保护自身安全以外，重要的是要保护他人和用户、保护电气设备及线路、保护电气系统的安全，这是每个从事电工职业的人员必须要做到的。电工安全技术不仅是电工应该掌握的，而且是所有用电及操作电器人员也必须掌握的。因此，一个电工不仅是电工安全技术的执行者，而且还是一个电工安全技术的宣传者，只有全社会讲安全用电，并且普及安全用电知识，才能真正保证安全用电。

在本章即将结束的时候，我们号召所有从事电气工作的各类人员，用高尚的职业道德和良好的敬业精神，用高超的技能和用电技术，去全心全意地为用户服务，去打造优质电气工程和用电事业，做到质量在手中，安全在心中，让电更好地为人们的生产和生活服务。

第二章 电工学基本知识及其在实践中的应用

目前，我们对电已经很熟悉了，但经常遇到一些年轻的朋友和一些年长的电工师傅提出“电是什么？电是怎样来的？”这样的问题。因此，在讲述电工入门前必须要讲一些电工学基本知识，这不是老生常谈，也不是照本宣科，而是几十年来总结出来的电工学的精粹，是解决实践中疑难问题的有力武器，这是指导实践的理论基础，它不同于教科书中纯理论的知识，是每个电工，特别是想在电工这个职业上干出名堂、做出成绩来的电工必须掌握的。

电工学理论可指导你在实践中解决一些疑难问题，可证明操作结果和作业行为正确与否，可使你提高技术水平。当然，电工专业的理论知识很多很广，也很深奥，在大学里学五年也学不完。但是，就电工本身而言，我们只学那些与电工实际工作有关的基础部分就够用了。

本章将从电流的起源开始，由浅入深、循序渐近，逐步讲述电工学的基础知识，以及电子技术入门知识。当然，题目有些太大了，但实践中确实需要这些知识，当你走进电工行列时，会有深刻体会的。

第一节 直流电的概念及其基本定律

一、电的起源及其基本单位

物质是由分子组成的，分子是由原子组成的，原子又是由原

子核和围绕原子核运动的数量不同的电子组成的，正因为电子数量的不同，所构成的物质也不同。因此，电子也是一种物质，只不过它很小而已。这里我们定义，电子为电的最小的基本单位，一个电子所带的电量的多少为电的基本电量。因为电子本身很小，所带的电量也很少，没有实用价值。为了将电引用到实用范畴，人们用库仑(C)作为电量的单位，1库仑的电量大约为 6.24×10^{19} 个电子所带的基本电量，或者说 $1 \text{ 库仑} = 6.24 \times 10^{19}$ 电子电量，这是一个庞大的天文数字。

原子核也带电，带电量的多少与核外所有电子带的电量相同，但电的极性不同。为了区分这些不同的带电微粒，以便于科学研究再到实际应用，人们便做出了这样的规定：电子带的电为负电，原子核带的电为正电。数量相同的正负电在一起作用相互抵消，使得在正常条件下，一般的物质并不呈现带电。

但是，随着科学的进步，人们发现，由于特定的条件会使某一物质的电子因获得能量而转移到另一物质上去，该物质因失去了带负电的电子而带上了正电，而另一物质因得到了带负电的电子而带上了负电。如果把这些物质认为是很小的微粒，则称这种带电的微粒叫做电荷，带正电的叫正电荷，带负电的叫负电荷。

人们最早获得电荷的方法就是摩擦，不同的物质通过摩擦就可以吸附纸屑、灰尘、毛絮等轻小物体，同时可以听到“叭叭”的放电声，夜间还可以看到放电的火花。人类为了获得能够应用的电大约走过了一个世纪，到了今天，电同空气、水、阳光一样，已成为人类最亲密的伙伴了。

二、电流概念的引出

在正常的条件下，一般的物质不带电，然而在特定的条

件下，有些物质不但带电，而且还能使电子在该物质中流动（如金属银、铜、铝、铁等）。人们便把电子流动的现象叫做电流，电流的单位是安培，简称安（A）。在1秒的时间里，流过导体截面的电量是1库仑，则定义为1安培，见式（2-1）和式（2-2）。

$$1 \text{ 安培} = \frac{1 \text{ 库仑}}{1 \text{ 秒}} \quad \text{或} \quad 1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}} \quad (2-1)$$

$$\text{电流} = \frac{\text{电量}}{\text{时间}} \quad \text{或} \quad I = \frac{Q}{t} \quad (2-2)$$

电流的进位关系：

$$1 \text{ 毫安} = 1000 \text{ 微安} \quad \text{或} \quad 1 \text{ mA} = 1000 \mu\text{A}$$

$$1 \text{ 安培} = 1000 \text{ 毫安} \quad \text{或} \quad 1 \text{ A} = 1000 \text{ mA}$$

$$1 \text{ 千安} = 1000 \text{ 安} \quad \text{或} \quad 1 \text{ kA} = 1000 \text{ A}$$

三、电流产生的条件和电压概念的引出

电流的产生必须有三个条件，即能够提供电能的电源、用电器及连接电源和用电器的导线，把电源、用电器、导线称之为电流的三要素，而开关是为了接通电源而设置的。如图2-1所示为电路的构成。

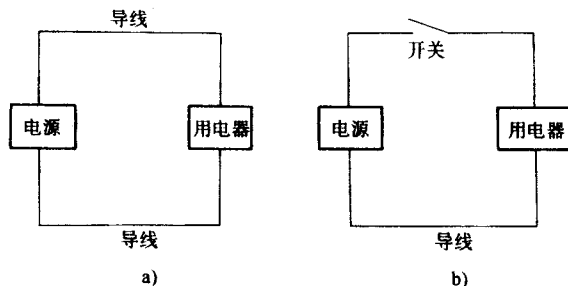


图 2-1 电路的构成

由图 2-1 可以看出, 电流是从电源的一端流出, 经过用电器又回到了电源的另一端。为了控制电流的有无和大小, 在电路中增加了一种装置, 叫做开关元件。在开关元件完全闭合 (导通) 的状态下, 电流可以全部流过开关元件并流过用电器, 用电器处于工作状态; 在开关元件完全断开 (断路) 的状态下, 电流不能流过开关元件, 用电器没有电流, 处于非工作状态。在特定的条件下, 开关元件可使部分电流流过, 并且能控制电流的大小或者使之有规则地流过, 使用电器处于被调节的控制状态下工作, 如灯泡的亮度由暗变亮, 再由亮变暗, 或者点亮后闪烁且闪烁的间隔可调。把这种开关元件叫做调节控制器, 如电位器、变频器、晶闸管等。

为什么当开关接通后, 电流能从电源的一端流出, 经过用电器后又流回电源的另一端呢? 这里要引出另一个重要的物理量——电压 (电动势)。

电源是一种提供电能的装置, 但是它本身并没有电, 只是在特定的条件下, 才能把其他能量转换为电能, 如电池是将化学能转换为电能的装置, 发电机是将机械能转换为电能的装置。在特定条件下及施加于电源的其他能量的作用下, 促使电源 (这里要注意到电源本身也是一种物质) 内部正负电荷进行分离, 使电源的一端聚积大量的正电荷, 而另一端聚积了大量的负电荷, 且数量相等, 由于其他能量的作用, 它们不会中和, 只能越聚越多。这里我们定义, 聚积正电荷的一端叫做电源的正极 (+), 聚积负电荷的一端叫做电源的负极 (-)。这时, 如果把这个电源接到如图 2-1 所示的电路中去, 负极的负电荷就要经过用电器流向正极并与正极的正电荷中和, 这样正负极上聚积的电荷就越来越少, 这种正负电荷中和的能力就越低, 要想保持这种能力, 设定的条件

和施加的能量就得保持不变，不断地使正负电荷分离，并使中和的能力和速度与分离的能力和速度相等，这样，电源就能够提供稳定的电流而使电路稳定地工作。这里定义，这种负极的负电荷经过用电器流向正极并与正极上的正电荷中和的能力（所做的功）叫做电压。同时又规定了电流的方向是由电源的正极经过用电器流向电源的负极，而在电源的内部则是由负极流向正极，成为一个闭合的回路。电流中的电子（负电荷）是由负极经过用电器流向正极，而在电源内部则是由正极流向负极，同样成为一个闭合回路，这个回路电流的回路是同一个回路并不矛盾，只不过是电流的方向与电子运动的方向相反而已。

电压的单位是伏特，简称伏（V）。若电路中1库仑的电量从a点移到b点所用的功是1焦耳，则ab点的电压为1伏[特]，见式（2-3）和式（2-4）。

$$1 \text{ 伏} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 库仑}} \quad \text{或} \quad 1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}} \quad (2-3)$$

$$\text{电压} = \frac{\text{电能}}{\text{电量}} \quad \text{或} \quad U = \frac{W}{Q} \quad (2-4)$$

电压的进位关系：

$$1 \text{ 毫伏} = 1000 \text{ 微伏} \quad \text{或} \quad 1 \text{ mV} = 1000 \mu\text{V}$$

$$1 \text{ 伏} = 1000 \text{ 毫伏} \quad \text{或} \quad 1 \text{ V} = 1000 \text{ mV}$$

$$1 \text{ 千伏} = 1000 \text{ 伏} \quad \text{或} \quad 1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}$$

我们往往用电压来衡量电源作功的能力，也就是说，电源建立了电压，用电器才能工作。

四、电压建立的方法和条件

（一）摩擦生电

摩擦生电是最古老的建立电压的方法，虽然发明了很多

起电机，但是都不能当做电源来使用，只能当做电学实验的仪器。然而这种摩擦生电的理论和实验却为人们消除静电带来了极大的收益，这一点在《电工安全技术 365 问》一书中已进行了详尽的介绍。

如，采用避雷针、避雷线、避雷网、避雷带将雷电的静电引入到大地，以防止雷电对建筑物、构筑物及电气线路的危害。采用金属屏蔽罩接地的方法将易产生静电的设备及场所屏蔽起来以消除其静电的危害。将高电阻率的液体在管路中高速流动的装置用导电橡胶带施于地面以防止静电放电而引起的危害（如飞机、汽车的接地拉链）等。

（二）电磁感应法和右手发电机定则

电磁感应法是迄今为止建立电压最完善、最有实用价值的方法，目前人们使用的电能有 90% 都是来自电磁感应法。

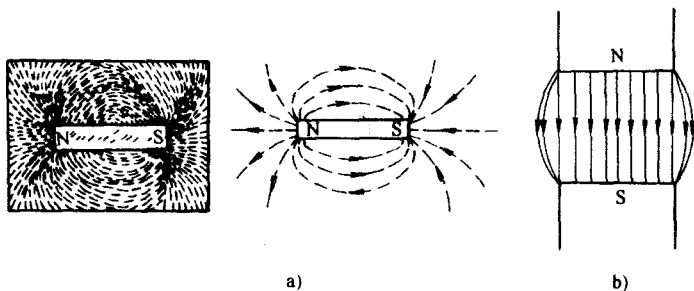


图 2-2 磁场及磁力线

a) 条形磁铁 b) 均匀磁场

磁体是人们最熟悉的物体了，它与电有着千丝万缕的联系。它的周围存在着磁场，它有吸铁性，并有两个极，即 N 极和 S 极，把 N 极和 S 极的连线叫做磁力线，这和电路是极为相似的，磁力线从 N 极出来经过介质或空气回到 S 极，在

磁铁内部再由 S 极回到 N 极，形成闭合的回路。但是这个磁力线则是人们为了描述磁场而设定的，如图 2-2 所示，我们把它叫做磁路，把磁场的强弱叫做磁感应强度，靠近磁极处最强，愈远愈弱。磁感应强度又叫做磁通密度。

导线在磁场中作切割磁力线运动时，便会在导线的两端产生电动势，这个电动势的大小与磁感应强度 B 、导线在磁场中的长度 L 、导线的运动速度 v 及其与磁力线的夹角 α (v 的方向) 的乘积有关，见式 (2-5)。

$$E = BLv \sin \alpha \quad (2-5)$$

式中 E ——导线切割磁力线时两端产生的电动势 (V)；

B ——磁感应强度 (T、Wb/m² 或 V·s/m²)；

L ——导线在磁场中的长度 (m)；

v ——导线运动的速度 (m/s)；

α ——导线运动的方向与磁力线的夹角 (°)。

式 (2-5) 还有另一种表达方式，即

$$E = \frac{d\Phi}{dt} \quad (2-6)$$

式 (2-6) 是这样推导出来的

$$E = BLv \sin \alpha$$

$$= BLv (\sin \alpha \text{ 是一个无单位制的数值})$$

$$= BL \frac{dX}{dt} (v \text{ 是导体在单位时间 } dt \text{ 内的位移 } dX)$$

$$= \frac{BdS}{dt} (LdX = dS, \text{长度与变化的位移 } dX \text{ 的乘积为变化的面积 } dS)$$

$$= \frac{d\Phi}{dt} (\text{变化的面积 } dS \text{ 与磁通密度 } B \text{ 的乘积为变化的磁通 } d\Phi)$$