

双色

低压电工操作技能 一本通

● 乔长君 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

低压电工操作技能 一本通

● 乔长君 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



内容提要

低压电工是技术性很强的工种，不仅需要有很高的动手能力，还要求具有很强的判断能力，故只有沉淀深厚的专业知识，积累丰富的实际工作经验，才能在实际工作中有所作为。

本书旨在实用，内容贴近实际，能够帮助读者快而完善的梳理知识，提高技能。全书共分四章，分别为：电动机的安装与维修；低压电器的安装与维修；三相异步电动机控制电路的安装与维修；低压电力线路。

本书具有通俗性、针对性、完整性和广泛性的特点，是低压电工必备的参考书，也是工程技术人员不可缺少的参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

低压电工操作技能一本通/乔长君编著. —北京：中国电力出版社，2014.1

ISBN 978 - 7 - 5123 - 4917 - 9

I. ①低… II. ①乔… III. ①低电压 - 电工技术 - 基本知识
IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 219258 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 15.5 印张 276 千字

印数 0001—3000 册 定价 36.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

低压电工作为技术性很强的工种，不仅要求具有很高的动手能力以快速排除故障，而且要求具有很强的判断能力以快速确定故障。这就需要操作人员必须掌握丰富的电工学知识、电气安装知识、低压电器维修知识。只有沉淀深厚的专业知识，积累丰富的实际工作经验，才能在运行实际中遇事不乱、沉着稳定，关键时刻有所作为。

本书涉及面较广，不求太深，旨在实用。内容贴近实际，尽量使读者能看懂、能接受、能消化。

本书以低压电工实用的电动机的安装与维修、低压电器的安装与维修、三相异步电动机控制电路的安装与维修、低压电力线路为主线，将电工学基本知识，常用电工仪表，常用电工工具，直流电动机的运行，刀开关、熔断器组合电器的用途与选择，断路器的用途与选择，接触器的用途与选择，主令电器的用途与选择，熔断器的用途与选择，控制电器的用途与选择，三相电动机控制电路故障判断方法，电工识图知识，直流电动机常用控制电路，机床电气控制电路安装配线的一般原则，机床电路的调试方法，低压电气控制电路图的测绘，电杆坑口尺寸及埋入深度计算，架空线路的检修，室内电缆明敷设的距离要求，电缆的选择，照明线路常见故障及处理，室内器具位置的选择，导线及线管的选择，触电救护以相关知识的形式安排在每节后面，以利于拓展读者的知识面，达到举一反三的目的。

本书包含了低压电工的基本知识与操作技能，以模块形式编排，剔除了繁琐的推理和修饰语言，浅显易懂。

参加本书编写的有乔长君、李强、马军、朱家敏、于蕾、武振忠、杨春林等。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者
2013年7月



目录

前言

第1章 电动机的安装与维修

- 1.1 三相异步电动机的安装 1
 - 1.1.1 电动机本体的安装 1
 - 1.1.2 电动机引线的安装 5

相关知识：电工学基本知识

- 1.2 三相低压电动机维修 16
 - 1.2.1 常见故障判断方法 16
 - 1.2.2 三相低压电动机的机械检修 18

相关知识 1：三相异步电动机的运行

相关知识 2：常用电工仪表

相关知识 3：常用电工工具

- 1.3 直流电动机的维修 35
 - 1.3.1 常见故障判断方法 35
 - 1.3.2 直流电动机的故障修理 36

相关知识：直流电动机的运行

第2章 低压电器的安装与维修

- 2.1 刀开关、熔断器组合电器的使用与维修 39
 - 2.1.1 刀开关（隔离器）的安装与维修 39
 - 2.1.2 开启式负荷开关的安装与维修 40
 - 2.1.3 封闭式负荷开关的安装与维修 41

相关知识：刀开关、熔断器组合电器的用途与选择

2.2 断路器的安装与维修	44
2.2.1 断路器的安装	44
2.2.2 断路器的使用	45
2.2.3 断路器的常见故障及其排除方法	46
相关知识: 断路器的用途与选择	
2.3 接触器的安装与维修	48
2.3.1 接触器的安装	48
2.3.2 接触器的使用	49
2.3.3 接触器的常见故障及其排除方法	49
相关知识: 接触器的用途与选择	
2.4 主令电器的安装与维修	52
2.4.1 按钮的安装与维修	52
2.4.2 行程开关的安装与维修	53
2.4.3 万能转换开关的安装与维修	54
2.4.4 主令控制器的安装与维修	55
相关知识: 主令电器的用途与选择	
2.5 熔断器的使用 and 维修	58
2.5.1 熔断器的安装	58
2.5.2 熔断器的使用	59
2.5.3 熔断器的常见故障及其排除方法	60
相关知识: 熔断器的用途与选择	
2.6 继电器的安装与维修	62
2.6.1 控制继电器的安装与维修	62
2.6.2 热继电器的安装与维修	64
相关知识: 控制电器的用途与选择	

第3章 三相异步电动机控制电路的安装与维修

3.1 三相异步电动机控制电路故障判断	68
3.1.1 三相异步电动机单向起动控制电路故障判断	68
3.1.2 三相异步电动机按钮联锁正反向控制电路故障判断	70
3.1.3 行程开关控制三相异步电动机正反转电路故障判断	74

3.1.4 时间继电器控制自动 Y- Δ 起动电路故障判断	76
3.1.5 CA 6140 型普通车床控制电路维修	79
3.1.6 15t/3t 桥式起重机电路安装、调试与维修	80

相关知识 1: 三相电动机控制电路故障判断方法

相关知识 2: 电工识图知识

相关知识 3: 直流电动机常用控制电路

3.2 控制电路安装	107
3.2.1 CA 6140 型卧式车床电路的安装	107
3.2.2 15t/5t 桥式起重机电气控制装置的安装	110

相关知识 1: 机床电气控制电路安装配线的一般原则

相关知识 2: 机床电路的调试方法

相关知识 3: 低压电气控制电路图的测绘

第4章 低压电力线路

4.1 10kV 以下低压架空线路的施工	131
4.1.1 电杆的安装	131
4.1.2 横担的安装	140
4.1.3 绝缘子(瓷瓶)的安装	143
4.1.4 拉线的制作安装	143
4.1.5 安装导线	148
4.1.6 低压进户装置的安装	155

相关知识 1: 电杆坑口尺寸及埋入深度计算

相关知识 2: 架空线路的检修

4.2 电缆施工	162
4.2.1 室内电缆明敷设	162
4.2.2 直埋敷设	166
4.2.3 电缆保护管敷设	170
4.3 电缆头制作	173
4.3.1 塑料电缆头的制作	173
4.3.2 交联电缆头制作	177

相关知识 1: 室内电缆明敷设的距离要求

相关知识 2: 电缆的选择

4.4 室内配线	187
4.4.1 钢管明配线	187
4.4.2 半硬塑料管暗敷设	197
4.4.3 管内穿线	202
4.4.4 塑料护套线配线	204
4.4.5 导线连接	208
4.4.6 灯具安装	212

相关知识 1: 照明线路常见故障及处理

相关知识 2: 室内器具位置的选择

相关知识 3: 导线及线管的选择

相关知识 4: 触电救护

附表 常用电气图形符号	230
-------------------	-----

参考文献	238
------------	-----

电动机的安装与维修

1.1 三相异步电动机的安装

1.1.1 电动机本体的安装

1. 地点选择

电动机应安装在通风、干燥、灰尘较少的地方和不致遭受水淹的地方。电动机的周围应比较宽敞，还应考虑到电动机的运行、维护、检修和运输的方便。安装在室外的电动机，要采取防雨、防日晒的措施。农村排灌用的一些小型电动机，受水源和其他环境条件的限制，流动性较强，要因地制宜地采取防护措施，以免损坏电动机。

2. 基础制作

电动机的基础有永久性、流动性和临时性 3 种。乡镇企业、农副加工、电力排灌站一般采用永久性基础。

(1) 底座基础制作。

1) 基础浇注。电动机底座的基础一般用混凝土浇筑或用砖砌成，基础的形状如图 1-1 (a) 所示。基础高出地面的尺寸 H 一般为 $100 \sim 150\text{mm}$ ，具体高度随电动机规格、传动方式和安装条件等确定。底座长度 L 和宽度 B 的尺寸，应根据底板或电动机的基座尺寸确定，每边应比电动机机座宽 $100 \sim 150\text{mm}$ 。基础的深度一般按地脚螺栓长度的 $1.5 \sim 2.0$ 倍选取，以保证埋设的地脚螺栓有足够的强度。基础的重量应为机组重量的 $2.5 \sim 3.0$ 倍。

浇筑基础之前，应挖好基坑，夯实坑底，防止基础下沉。接着在坑底铺土层石子，用水淋透并夯实。然后把基础模板放在石子上或将木板铺设在浇筑混凝土的木架上，并埋入地脚螺栓。

浇筑混凝土时，要保持地脚螺栓的位置不变和上下垂直。

2) 地脚螺栓埋设。为了保证地脚螺栓的埋设牢固，通常将其埋入基础的一端做成人字形或弯钩形，如图 1-1 (b) 和图 1-1 (c) 所示。埋设螺栓

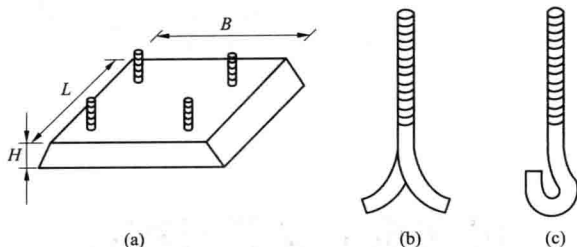


图 1-1 电动机底座基础的形状

时，埋入混凝土的深度一般为螺栓直径的 10 倍左右，人字开口或弯钩的长度约为螺栓埋入混凝土深度的一半。

3) 临时基础制作。对于临时建筑施工机械或其他临时使用的电动机，可采用临时性基础。临时性基础一般为框架式，将电动机与机械设备一起固定在坚固的框架上，框架可以是木制或钢制框架，把框架埋在地下，用铁钎或木桩固定。需要异地使用时，拔出铁钎或木桩，拖动或抬运框架即可。

(2) 底座基础复核。

1) 按照水泥基础所能承担的总负荷、电动机的固有振动频率、转速及安装地点的土质状况，核对水泥基础的水泥牌号、基础的尺寸是否合适。

2) 对于室外安装的电动机，其水泥基础的深度应大于 0.25m，或大于冻土层。

3) 核对地脚螺栓的尺寸、形状及埋入深度是否符合要求，螺栓水泥基础是否已成为一体。

4) 安放垫铁后进行预安装，第一次找平后进行二次灌浆。经二次灌浆后垫铁应与水泥基础成为一体。

5) 核对安装在水泥基础上的设备（电动机或电动机加上它所拖的负荷）加上垫铁后的整体的重心是否与水泥基础的重心重合。若不重合，其偏心值和平行偏心方向的基底边长的比值应小于 3%，否则，应调整地脚螺栓的位置。

6) 框架式基础要检查各焊接部位是否牢固，复核框架的刚度及强度。

3. 安装前的检查

(1) 技术资料复核。

详细核对电动机铭牌上标出的各项数据（如型号规格、额定容量、额定电压、防护等级等），应与图纸规定或现场实际要求相符。

(2) 外观检查。

1) 外形是否有撞坏的地方，转子有无窜动，人工转动有无不正常的卡壳

现象和噪声。

2) 电刷、集电环、换向器等各部件有无损坏或松脱的地方。电动机所附底脚螺栓是否齐全。

(3) 定子与转子的间隙检查。

1) 检查定子与转子的间隙,可用厚薄规测量。厚薄规放在转端,将转子慢慢转动 4 次,每次转 90° 。对于凸极式电动机应在各磁极下面测定,而隐极式电动机分 4 点测定。

2) 直流电动机磁极下各点空气间隙的相互误差,当间隙在 3mm 以下时,不应超过 20%,当间隙在 3mm 及以上时,不应超过 10%。

3) 交流电动机各点空气间隙的相互误差不应超过 10%。

(4) 绕组检查。

1) 拆开接线盒,用万用表检查三相绕组是否断路,连接是否牢固。

2) 必要时可用电桥测量三相绕组的直流电阻,检查阻值偏差是否在允许范围以内(各相绕组的直流电阻与三相电阻平均值之差一般不应超过 $\pm 2\%$)。

(5) 绝缘检查。

使用绝缘电阻表测量电动机各相绕组之间及各相绕组与机壳间的绝缘电阻。如果电动机的额定电压在 500V 以下,则使用 500V 绝缘电阻表测量,测得的绝缘电阻值不应低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

(6) 电动机整理。

电动机经过检查后,应用手动吹风机将机身上的尘垢吹扫干净。如果电动机较大,最好用压力不超 0.2MPa 的干燥的压缩空气吹扫。

4. 电动机的搬运

(1) 吊运电动机的基本要求。

1) 搬运和吊装电动机时,应注意不要使电动机受到损伤、受潮和弄脏,并要注意安全。

2) 如果电动机由制造厂装箱运来,在还没有到安装地点前,不得打开包装箱,应将电动机储存在干燥的房间内,并用木板垫起来,以防潮气侵入电动机。

(2) 吊运电动机前的准备工作。

1) 了解电动机及附属设备的总重量、外形尺寸及吊运要求。

2) 准备适当的吊运设备、工具、材料和相应的人力。

3) 了解清楚吊运路线及周围作业的环境。

4) 对较大部件的吊运,应制定出操作方法和安全措施。

(3) 吊运电动机的方法。

1) 吊运电动机时,不得将绳索挂在轴身、风扇罩、导风板上,应挂在提环上或机座底脚和机座板指定的挂绳处;当电动机有两个提环时,绳索在挂钩之间的角度不得大于 30° ,以防拉断提环。如大于 30° ,应在提环间加撑条保护。

2) 吊运机组时,应将绳索兜住底部或拉在底座指定的吊孔上,严禁用一个电动机的提环吊运整个机组。

3) 电动机抽芯过程中吊运转子,如将绳索套挂在转子铁心上或轴身上时,应加垫块及毛毡等物,防止划伤铁心或轴身,并应注意防止滑动。

4) 吊运用的各种索具,必须结实可靠。若电动机与减速机或水泵等设备连接为一体时,不能用电动机吊环吊运设备。电动机经长途运输或装卸搬运,难免不受风雨侵蚀及机械损伤,电动机运到现场后,应仔细检查和清扫。

5. 电动机的安装

(1) 电动机固定。

电动机在混凝土基础上安装方式有两种:一种是将电动机基座直接安装在基础上,如图 1-2 所示;另一种是基础先安装在槽轨上,如图 1-3 所示。

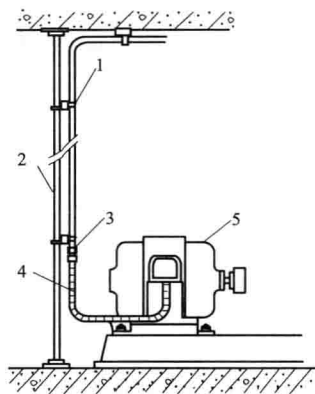


图 1-2 电动机配管安装方法

1—管卡; 2—支架; 3—接地卡;
4—金属软管; 5—电动机

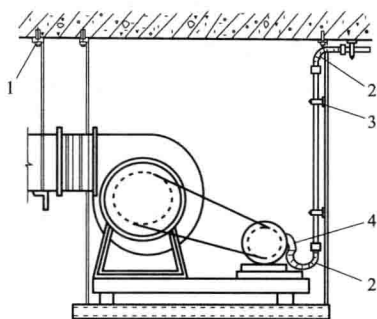


图 1-3 风机电动机配管安装方法

1—胀锚螺栓; 2—软管;
3—管卡; 4—接线盒

为了防止振动,安装时应在电动机与基础之间垫一层硬橡胶板,四角的地脚螺栓都要套上弹簧垫圈。在拧紧地脚螺栓时,地脚螺栓应在水平过程中分几次逐渐地拧紧。

(2) 电动机校平。

电动机安装就位后,应用水平仪对电动机进行纵向和横向校正。如果不

平,可在机座下面加金属调整垫片进行校正,垫片可用厚 0.5 ~ 5mm 的钢片。若检修后更换同容量的不同中心高的电动机,应更换垫铁,重新进行二次灌浆,不宜在原垫铁与电动机间加入槽钢之类的垫块。

1.1.2 电动机引线的安装

电动机的引线应采用绝缘导线,其截面积的大小应按电动机的额定电流选定。地面以上 2.5m 以内的一段引线应采用槽板或硬塑料管防护,引线沿地面敷设时,可采用地埋线、埋管、电缆沟等防护形式,引线不允许有裸露部分。临时性的电动机引线,可采用橡皮绝缘的护套软线,但要保证护套软线完好无损,以免漏电。

电源、起动设备、保护装置等与电动机的连接,应采用接线盒或其他防护措施,应避免导体裸露,威胁人身安全。操作开关的安装地点应在电动机附近,其高度应符合安全规定的要求,以便操作和维修。

1. 电动机接线

三相电动机定子绕组一般采用星形或三角形两种联结方式,如图 1-4 所示。生产厂家为方便用户改变接线方法,一般电动机接线盒中电动机三相绕组的 6 个端子的排列次序有特定的方式,如图 1-5 所示。

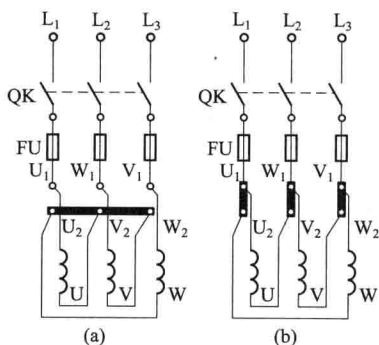


图 1-4 三相异步电动机定子接法

(a) 星形连接; (b) 三角形连接

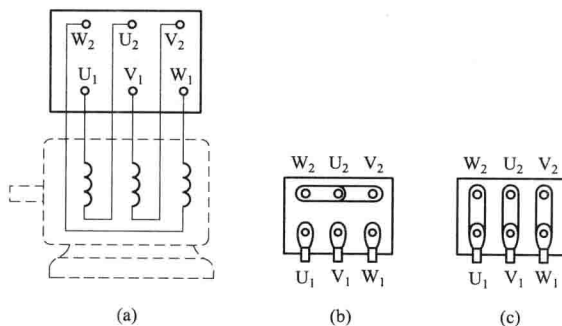


图 1-5 定子绕组接法

(a) 接线柱的布置; (b) 星形连接; (c) 三角形连接

2. 接线的注意事项

(1) 选择合适的导线截面,按接线图规定的方位,在固定好的电气元器件之间测量所需要的长度,截取长短适当的导线,剥去导线两端绝缘皮,其长度应满足连接需要。为保证导线与端子接触良好,压接时将芯线表面的氧化物去掉,使用多股导线时应将线头绞紧搪锡。

(2) 走线时应尽量避免导线交叉, 先将导线校直, 把同一走向的导线汇成一束, 依次弯向所需要的方向。走线应横平竖直, 拐直角弯。做线时要用手将拐角做成 90° 的慢弯, 导线弯曲半径为导线直径的 $3 \sim 4$ 倍, 不要用钳子将导线做成死角, 以免损伤导线绝缘层及芯线。做好的导线应绑扎成束用非金属线卡卡好。

(3) 将成型好的导线套上写好的线号管, 根据接线端子的情况, 将芯线弯成圆环或直接压进接线端子。

(4) 接线端子应坚固, 必要时装设弹簧垫圈, 防止电器动作时因受振动而松脱。

(5) 同一接线端子内压接两根以上导线时, 可套一只线号管, 导线截面不同时, 应将截面大的放在下层, 截面小的放在上层, 所有线号要用不易褪色的墨水, 用印刷体书写清楚。



相关知识：电工学基本知识

1. 电的概念

(1) 电子与电荷。

电荷是物质固有的一种特性。它既不能创生, 也不能消灭, 只能被转移, 自然界不存在脱离物质而单独存在的电荷。目前发现自然界中只有两种电荷: 正电荷与负电荷。正常情况下物体所带正电荷和负电荷的数量是相等的, 对外界表现为不带电。只有由于某种原因, 使得负电荷多于(或少于)正电荷时, 这个物体才表现为带电。

两个带电荷的物体之间总存在相互的作用力, 同种电荷相互排斥, 异种电荷相互吸引。用电量来衡量物体携带电荷的数量, 用字母 Q 表示, 单位可以用电子数目来表示, 但实际使用时这个单位太小, 我们采用库[仑](C)作为电量的单位。1库[仑]等于 6.24×10^{18} 个电子电荷。

(2) 电流与电流密度。

导体内的自由电子或离子在电场力的作用下, 有规律的流动叫做电流。人们规定正电荷移动的方向为电流的正方向。

单位时间内通过导体截面积的电量称为电流, 用字母 I 表示, $I = \frac{Q}{t}$, 单位为安[培](A), 实际使用中还有 kA、mA、 μ A。

大小和方向都不随时间变化的电流称为恒定电流, 也称直流电流, 又

称直流电。大小和方向都随时间变化的电流称为交流电流,也称交流电。

在单位横截面积上通过的电流大小,称为电流密度,用 J 表示, $J = \frac{I}{S}$, 单位为安 [培] 每平方毫米 (A/mm^2)。

(3) 电位与电压。

带电体周围存在着一种特殊的物理场称为电场。

电荷在电场中要受到电场力的作用而发生运动,因此可以认为电荷在电场中具有电位能。单位正电荷在电场中某点所具有的电位能称为这一点的电位。其单位是伏 [特] (V)。

也就是说:在电场中任意选择一点作为参考点,单位正电荷从某一点移动到参考点时,电场力所做的功也就是电场中该点的电位。而参考点本身的电位则为零。

电场中任意两点之间的电位之差称为电位差,也称电压,用字母 U 表示,单位是伏 [特] (V)。

参考点的选择是任意的,而参考点的选择对各点电位的大小是有影响的,但却不影响电压的大小。在理论研究时,通常取无穷远处作为电位的参考点,在实际工作中,通常取大地作为电位的参考点,在电子设备中,通常取设备外壳作为电位的参考点。

(4) 电动势。

电动势等于电源力将单位正电荷从电源负极移动到电源正极所做的功。其用字母 E 表示,单位是伏特 (V)。

2. 磁的概念

(1) 磁现象。

凡具有吸引铁、镍、钴等物质的性质称为磁性。而具有磁性的物质称为磁体。

在磁体的两端各有一个磁性最强的区域,这个区域称为磁极。并且同一磁体的两个磁极有着不同的性质,即磁南极 (S 极) 和磁北极 (N 极)。在磁极之间具有“同性相斥、异性相吸”的特性。

(2) 磁场与磁力线。

磁体之间相互吸引或排斥的力称为磁力。把磁体周围存在磁力作用的区域称为磁场。

为了直观、形象地描述磁场的方向和强弱而引出磁力线的概念,并规定在磁体的外部,磁力线由 N 极指向 S 极;在磁体内部,磁力线由 S 极指

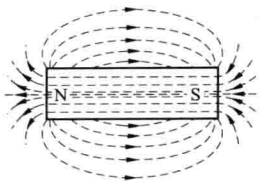


图 1-6 磁力线

向 N 极，使磁力线在磁体内外形成一条条闭合的曲线，如图 1-6 所示。在曲线上任何一点的切线方向就表示该点的磁力线方向，也就是小磁针在磁力作用下静止时 N 极所指的方向。通常用磁力线方向来表示磁场方向，用磁力线的疏密程度表示磁场的强弱。磁力线越密，磁场越强；磁力线越疏，磁场越弱。

(3) 磁通。

垂直穿过磁场中某一截面的磁力线条数，反映了磁场中这一截面上磁场的强弱。把垂直穿过磁场中某一截面的磁力线条数称为磁通或磁通量。其用字母 Φ 表示，单位是韦伯 (Wb)。

(4) 磁感应强度。

单位面积上垂直穿过的磁力线条数，称为磁通密度，也称磁感应强度。其用字母 B 表示， $B = \frac{\Phi}{S}$ ，单位是特 [斯拉] (T)。

磁感应强度不仅有大小，而且有方向。磁感应强度的方向就是磁场的方向，也就是小磁针北极在该点的指向。

(5) 磁场强度。

磁场中磁感应强度的大小不仅与产生磁场的电流有关，还与磁场中的介质有关。为了使计算简便，通常用磁场强度来表示磁场。其用字母 H 表示， $H = \frac{B}{\mu}$ ，单位是安 [培] 每米 (A/m)。

磁场强度的大小与磁场中的介质无关，方向和所在点的磁感应强度方向一致。

3. 电与磁

(1) 电流的磁场。

在电流的周围存在着磁场，这种现象称为电流的磁效应。通电导体周围产生的磁场方向可以用安培定则来判断。

直导线周围磁场的方向由右手安培定则判定：用右手握住通电导体，让拇指指向电流方向，则弯曲四指的指向就是直导线周围的磁场方向，如图 1-7 所示。

螺旋管内部磁场的方向由右手螺旋定则判定：用右手握住通电线圈，让弯曲四指指向线圈电流方向，则拇指所指方向就是线圈内部的磁场方向，

如图 1-8 所示。

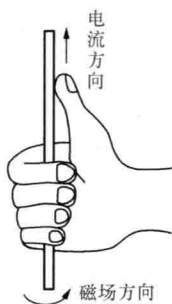


图 1-7 安培定则

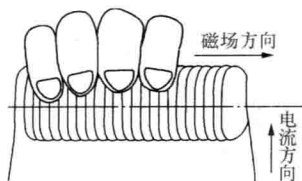


图 1-8 右手螺旋定则

应该注意的是，如果导线中流入的是直流电，那么导线周围的磁场方向是固定不变的，如果导线中流入的是交流电，则磁场的大小和方向将随电流方向的变化而变化。

(2) 电磁感应。

当穿过闭合回路所包围的面积中的磁通量发生变化时，回路中就会产生电流，这种现象称为电磁感应现象。回路中所产生的电流称为感应电流。另一种现象是：当闭合回路中的一段导线在磁场中运动，并切割磁力线时，导体中也会产生电流。

直线导体与磁场相对运动而产生的感应电动势 e 的大小与导体切割磁力线的速度 v 、导体的长度 L 和导体所处的磁感应强度 B 有关，若导体运动方向与磁力线之间的夹角为 α ，则感应电动势为 $e = BLv \sin \alpha$ 。

直线导体感应电动势的方向可用右手定则来判定：伸开右手，让拇指与其余四指垂直并在一个平面内，使磁力线穿过掌心，拇指指向切割磁力线的运动方向，四指的指向就是感应电动势的方向，如图 1-9 所示。

线圈中磁通变化而产生的感应电动势 e 的大小与穿过线圈的磁通变化率有关，若线圈的匝数为 N ，则感应

电动势为 $e = \left| N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$ 。

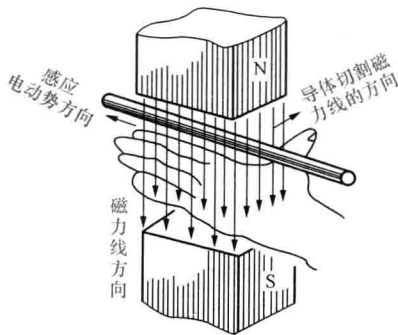


图 1-9 右手定则