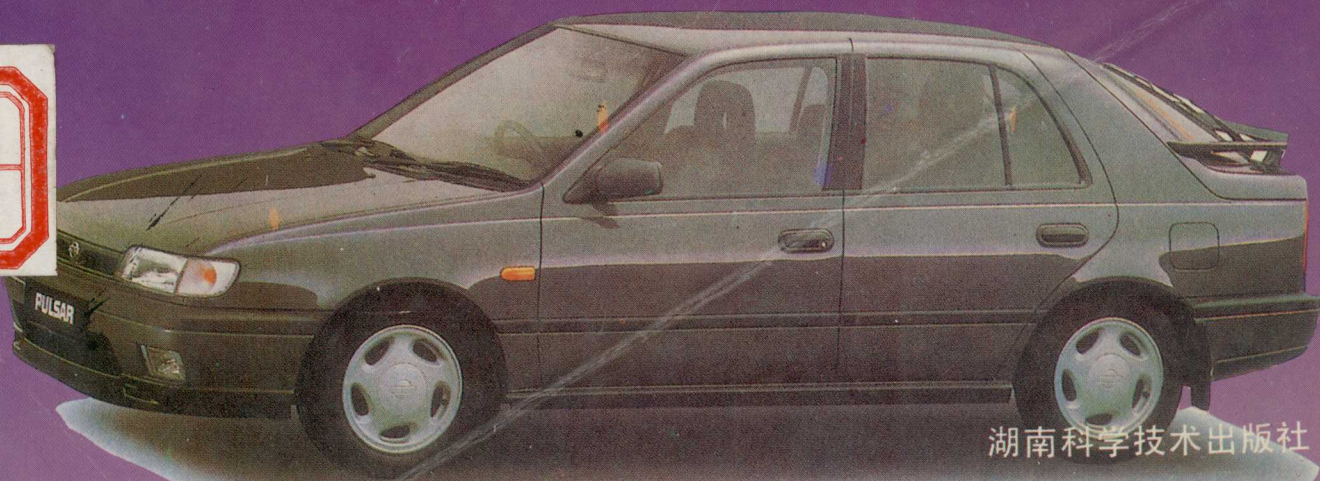
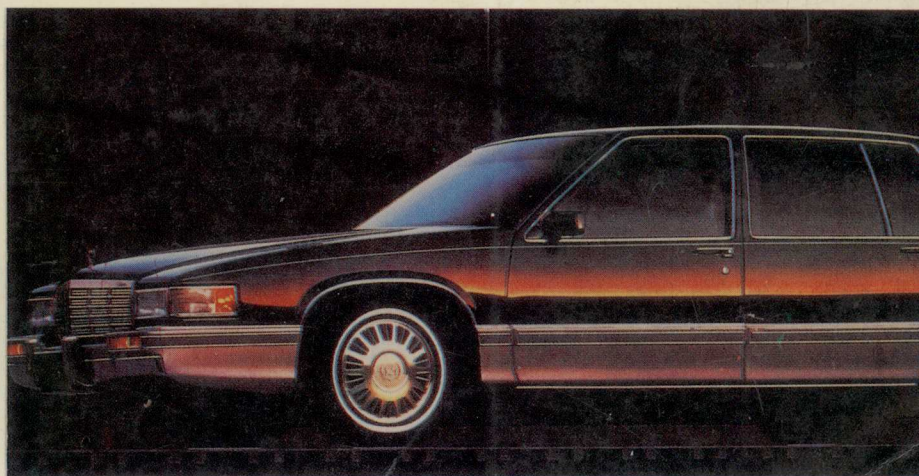
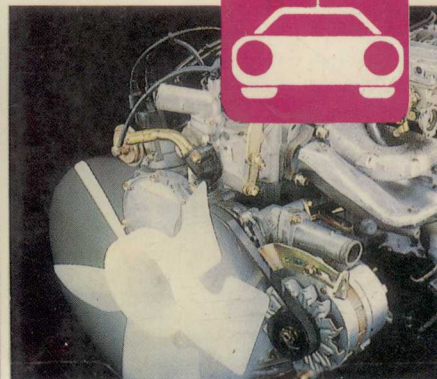
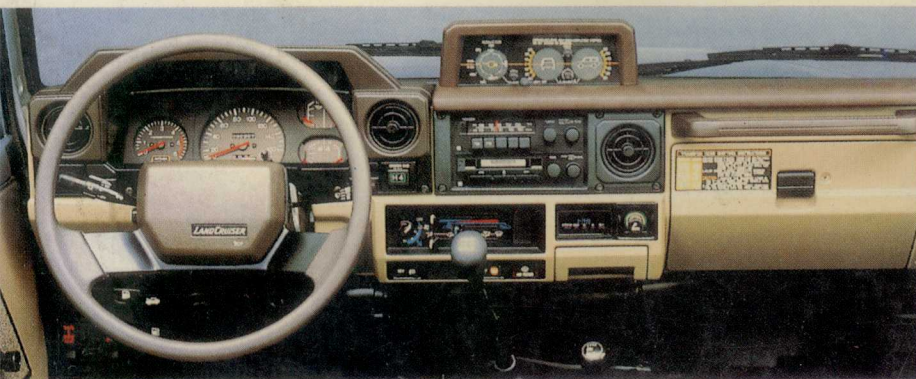


最新汽车修理丛书

中外汽车电器修理工艺

● 广州军区汽车技工训练大队



湖南科学技术出版社

最新汽车修理丛书

中外汽车电器修理工艺

编著 周祥庚 谢云里 曾检成
黄龙球 李忠炳 洪福生

湖南科学技术出版社

中外汽车电器修理工艺

编写著者：广州军区汽车训练大队

责任编辑：何信媛 余 汝

出版发行：湖南科学技术出版社

社 址：（长沙市展览馆路3号）

印 刷：湖南省新华印刷一厂

（印装质量问题请直接与本厂联系）

厂 址：长沙市芙蓉北路1号

邮 码：410008

经 销：湖南省新华书店

出版日期：1995年10月第1版第1次

开 本：787×1092毫米 1/16

印 张：19.5

字 数：490,000

印 数：1—5100

征订期号：地科171—29

ISBN7—5357—1682—2/U·32

定 价：18.80元

湘新登字 004 号

(145)	.....	章一第
(146)	.....	章二第
(147)	.....	章三第
(148)	.....	章四第
(149)	.....	章五第
(150)	.....	章二十第
(151)	.....	章一第
第一章 电工学基本知识.....(1)		
第一节	概述	(1)
第二节	电工学基本知识	(3)
第二章 汽车维修常用电器测量仪表.....(16)		
第一节	磁电式测量机构	(15)
第二节	电磁式测量机构	(16)
第三节	常用电气测量仪表的使用	(16)
第三章 蓄电池.....(21)		
第一节	蓄电池的作用和构造	(21)
第二节	蓄电池的工作原理	(25)
第三节	蓄电池的工作特性	(26)
第四节	蓄电池的连接	(29)
第五节	蓄电池技术状态的检验	(30)
第六节	蓄电池的充电	(33)
第七节	蓄电池的常见故障	(37)
第八节	蓄电池的修理	(39)
第九节	蓄电池使用中的注意事项	(42)
第十节	汽车用其他电池	(43)
第四章 直流发电机与调节器.....(45)		
第一节	直流发电机	(45)
第二节	发电机调节器	(58)
第三节	充电系故障的判断与排除	(71)
第五章 硅整流发电机与调节器.....(75)		
第一节	硅整流发电机	(75)
第二节	硅整流发电机调节器	(89)
第三节	充电系故障的判断与排除	(100)
第四节	硅整流发电机与调节器在使	

(152)	.....	章四第
(153)	.....	章五第
(154)	.....	章六第
(155)	.....	章十第
(156)	.....	章一第
(157)	.....	章二第
(158)	.....	章三第
(159)	.....	章四第
第六章 起动机.....(106)		
第一节	直接操纵式起动机	(106)
第二节	电磁操纵式起动机	(112)
第三节	减速式起动机	(118)
第四节	蓄电池电压转换开关	(120)
第五节	起动机的检修	(121)
第六节	起动机的装复、调整和试验	(128)
第七节	起动机在运行中的故障判断与排除	(132)
第八节	使用起动机时的注意事项	(135)
第七章 点火系.....(136)		
第一节	电火花的形成和对点火系的要求	(136)
第二节	蓄电池点火系	(137)
第三节	晶体管点火系	(152)
第四节	点火系的检查	(156)
第五节	点火线路和点火正时	(164)
第六节	点火系故障的判断与排除	(170)
第七节	爆震限制器	(177)
第八章 汽车仪表.....(180)		
第一节	电流表	(180)
第二节	水温表	(185)
第三节	油压表	(190)
第四节	燃油表	(194)
第五节	车速里程表	(198)
第九章 辅助电器装置.....(200)		
第一节	电动刮水器	(200)
第二节	电喇叭	(208)
第三节	电热塞	(213)

第四节	晶体管电动燃油泵	(214)
第五节	收放机	(217)
第六节	电动车窗及电动门锁	(218)
第十章	照明、信号装置	(220)
第一节	照明装置	(220)
第二节	信号装置	(225)
第三节	闪光继电器	(225)
第四节	灯光控制开关	(228)
第五节	照明、信号线路	(235)
第六节	保险装置	(240)
第七节	照明、信号线路故障判断与排除	(242)
第十一章	全车线路	(244)
(121)	.....	章二第
(122)	.....	章六第
(123)	.....	章三第
(124)	.....	章八第
(125)	.....	章十第
(126)	.....	章一第
(127)	.....	章二第
(128)	.....	章三第
(129)	.....	章四第
(130)	.....	章五第
(131)	.....	章六第
(132)	.....	章七第
(133)	.....	章八第
(134)	.....	章九第
(135)	.....	章十第
(136)	.....	章十一第
(137)	.....	章十二第
(138)	.....	章十三第
(139)	.....	章十四第
(140)	.....	章十五第
(141)	.....	章十六第
(142)	.....	章十七第
(143)	.....	章十八第
(144)	.....	章十九第
(145)	.....	章二十第
(146)	.....	章二十一第
(147)	.....	章二十二第
(148)	.....	章二十三第
(149)	.....	章二十四第
(150)	.....	章二十五第
(151)	.....	章二十六第
(152)	.....	章二十七第
(153)	.....	章二十八第
(154)	.....	章二十九第
(155)	.....	章三十第
(156)	.....	章三十一第
(157)	.....	章三十二第
(158)	.....	章三十三第
(159)	.....	章三十四第
(160)	.....	章三十五第
(161)	.....	章三十六第
(162)	.....	章三十七第
(163)	.....	章三十八第
(164)	.....	章三十九第
(165)	.....	章四十第
(166)	.....	章四十一第
(167)	.....	章四十二第
(168)	.....	章四十三第
(169)	.....	章四十四第
(170)	.....	章四十五第
(171)	.....	章四十六第
(172)	.....	章四十七第
(173)	.....	章四十八第
(174)	.....	章四十九第
(175)	.....	章五十第
(176)	.....	章五十一第
(177)	.....	章五十二第
(178)	.....	章五十三第
(179)	.....	章五十四第
(180)	.....	章五十五第
(181)	.....	章五十六第
(182)	.....	章五十七第
(183)	.....	章五十八第
(184)	.....	章五十九第
(185)	.....	章六十第
(186)	.....	章六十一第
(187)	.....	章六十二第
(188)	.....	章六十三第
(189)	.....	章六十四第
(190)	.....	章六十五第
(191)	.....	章六十六第
(192)	.....	章六十七第
(193)	.....	章六十八第
(194)	.....	章六十九第
(195)	.....	章七十第
(196)	.....	章七十一第
(197)	.....	章七十二第
(198)	.....	章七十三第
(199)	.....	章七十四第
(200)	.....	章七十五第
(201)	.....	章七十六第
(202)	.....	章七十七第
(203)	.....	章七十八第
(204)	.....	章七十九第
(205)	.....	章八十第
(206)	.....	章八十一第
(207)	.....	章八十二第
(208)	.....	章八十三第
(209)	.....	章八十四第
(210)	.....	章八十五第
(211)	.....	章八十六第
(212)	.....	章八十七第
(213)	.....	章八十八第
(214)	.....	章八十九第
(215)	.....	章九十第
(216)	.....	章九十一第
(217)	.....	章九十二第
(218)	.....	章九十三第
(219)	.....	章九十四第
(220)	.....	章九十五第
(221)	.....	章九十六第
(222)	.....	章九十七第
(223)	.....	章九十八第
(224)	.....	章九十九第
(225)	.....	章一百第

第一节	全车线路的组成	(244)
第二节	全车线路连接的原则	(245)
第三节	全车线路的包扎	(247)
第四节	线束的安装	(250)
第五节	常用汽车电气线路图	(250)
第十二章	汽车空调	(267)
第一节	汽车空调制冷系统	(267)
第二节	汽车空调暖气系统	(291)
主要参考文献	.....	(292)
附录一	汽车电路原理图用图形符号	(293)
附录二	进口汽车与国产汽车火花塞 互换表	(305)
(31)	.....	章一第
(32)	.....	章二第
(33)	.....	章三第
(34)	.....	章四第
(35)	.....	章五第
(36)	.....	章六第
(37)	.....	章七第
(38)	.....	章八第
(39)	.....	章九第
(40)	.....	章十第
(41)	.....	章十一第
(42)	.....	章十二第
(43)	.....	章十三第
(44)	.....	章十四第
(45)	.....	章十五第
(46)	.....	章十六第
(47)	.....	章十七第
(48)	.....	章十八第
(49)	.....	章十九第
(50)	.....	章二十第
(51)	.....	章二十一第
(52)	.....	章二十二第
(53)	.....	章二十三第
(54)	.....	章二十四第
(55)	.....	章二十五第
(56)	.....	章二十六第
(57)	.....	章二十七第
(58)	.....	章二十八第
(59)	.....	章二十九第
(60)	.....	章三十第
(61)	.....	章三十一第
(62)	.....	章三十二第
(63)	.....	章三十三第
(64)	.....	章三十四第
(65)	.....	章三十五第
(66)	.....	章三十六第
(67)	.....	章三十七第
(68)	.....	章三十八第
(69)	.....	章三十九第
(70)	.....	章四十第
(71)	.....	章四十一第
(72)	.....	章四十二第
(73)	.....	章四十三第
(74)	.....	章四十四第
(75)	.....	章四十五第
(76)	.....	章四十六第
(77)	.....	章四十七第
(78)	.....	章四十八第
(79)	.....	章四十九第
(80)	.....	章五十第
(81)	.....	章五十一第
(82)	.....	章五十二第
(83)	.....	章五十三第
(84)	.....	章五十四第
(85)	.....	章五十五第
(86)	.....	章五十六第
(87)	.....	章五十七第
(88)	.....	章五十八第
(89)	.....	章五十九第
(90)	.....	章六十第
(91)	.....	章六十一第
(92)	.....	章六十二第
(93)	.....	章六十三第
(94)	.....	章六十四第
(95)	.....	章六十五第
(96)	.....	章六十六第
(97)	.....	章六十七第
(98)	.....	章六十八第
(99)	.....	章六十九第
(100)	.....	章七十第
(101)	.....	章七十一第
(102)	.....	章七十二第
(103)	.....	章七十三第
(104)	.....	章七十四第
(105)	.....	章七十五第
(106)	.....	章七十六第
(107)	.....	章七十七第
(108)	.....	章七十八第
(109)	.....	章七十九第
(110)	.....	章八十第
(111)	.....	章八十一第
(112)	.....	章八十二第
(113)	.....	章八十三第
(114)	.....	章八十四第
(115)	.....	章八十五第
(116)	.....	章八十六第
(117)	.....	章八十七第
(118)	.....	章八十八第
(119)	.....	章八十九第
(120)	.....	章九十第
(121)	.....	章九十一第
(122)	.....	章九十二第
(123)	.....	章九十三第
(124)	.....	章九十四第
(125)	.....	章九十五第
(126)	.....	章九十六第
(127)	.....	章九十七第
(128)	.....	章九十八第
(129)	.....	章九十九第
(130)	.....	章一百第

第一章 电工学基本知识

第一节 概述

汽车电气设备是现代汽车的重要组成部分,它供给汽车使用的电源,保证发动机的起动、点火,以及全车照明和其它辅助装置的工作。它对提高现代汽车的机动性、经济性和安全性都起着重要的作用。

经验证明,汽车在运行中所出现的故障,大部分发生在电气设备方面。从现代汽车发展的趋势看,汽车越先进,控制化程度越高,越要求汽车维修人员具有一定电气方面的知识和基本操作技能,以便能在各种条件下单独完成各项维修任务。

一、汽车电气设备的组成

汽车电气设备可分为电源和用电两大部分。

1. 电源部分

电源部分包括蓄电池、发电机和调节器。

(1) 蓄电池 当发电机不工作或转速较低,其电压低于蓄电池电压时,由蓄电池向全车用电设备供电;当用电设备接入较多,使发电机超负荷时,可协助发电机向外供电。它是汽车上供给起动机电流的唯一电源。

(2) 发电机 当发电机达到一定转速,其电压高于蓄电池电压时,由发电机向全车各用电设备(起动机除外)供电,并向蓄电池充电。它是汽车运行中的主要电源。

(3) 调节器 用以调节发电机的最高电压。对于直流调节器,还能限制发电机的最大输出电流和控制发电机和蓄电池之间电路的接通和断开,使蓄电池和发电机两个电源能够协调工作,以保证各用电部分的正常工作。

2. 用电部分

用电部分包括点火装置、起动装置、照明装置和辅助装置。

(1) 点火装置 按发动机工作顺序产生高压电并通过火花塞,保证适时、准确地点燃气缸内的可燃混合气。通常可燃混合气的点燃方式有点燃式和压燃式两种。汽油发动机多为点燃式,柴油发动机为压燃式。由于柴油比汽油雾化性能差,为了保证柴油机在低温下也能够顺利起动,一般在柴油车上都装有预热装置。

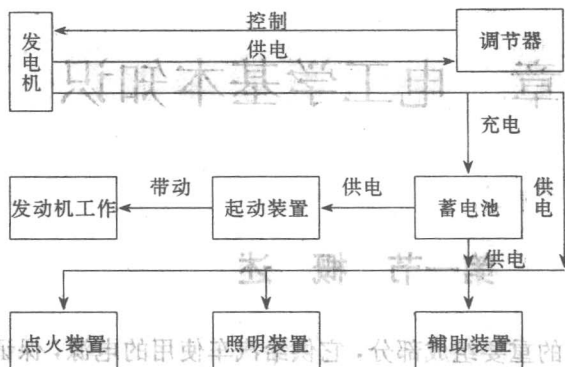
(2) 起动装置 它由蓄电池供电,并将电能转变为机械能来带动发动机曲轴旋转,使发动机完成进气、压缩和点火等过程,从而起动发动机。

(3) 照明装置 保证夜间行车安全,一般由2个或4个前大灯和前后示宽灯及车内照明灯、雾灯、防空灯(军用车上)等组成。

(4) 辅助装置 包括各种电气仪表、信号装置及其他各种辅助设备,用以指示发动机的

工作情况，提高汽车使用中的安全性、经济性和舒适性。

汽车电气设备组成的概况可表示如下：



二、汽车电气设备的特点

1. 低 压

汽车电气设备的额定电压有 6V、12V、24V 等 3 种。目前在汽油车上普遍采用 12V 电源。柴油车采用 24V 或兼顾 12/24V 电源两种。而 6V 电源在国产车上（除摩托车外）很少采用。汽车运行中的电压，一般 12V 系统的为 14V，24V 系统的为 28V。

柴油车上的电压要比汽油车上的电压高。这是因为柴油车的压缩比高，而且燃烧的方式为压燃式，要求起动机功率要比汽油车起动机的功率大。如果也采用 12V，根据 $P=IU$ 就必需增大导线的截面积才能相适应。截面积增大后，必然使整个起动机的体积增大，由于受到整体布局的限制，给安装维修带来不便。所以柴油车上一般采用提高电压的方法，使之达到提高起动机功率的目的。

2. 直 流

在汽车上，因发动机是靠起动机带动而工作的，而汽车起动机实际上是一个直流（串激式）电动机。它必须用直流电即蓄电池向它供电，而蓄电池电能的补充又必然要靠直流电，这就决定了发电机必须是直流发电机或发电机发出后的电须为直流电。因此，这三者决定汽车电气为直流系统，简称直流。

3. 单线制

电源到用电设备只用一根导线连接，而用金属机件作为另一根公共回路线的连接方式称单线制。

凡与金属机体相连的线头叫搭铁（或称接地），通常用符号“⊥”（或“≡”）表示。所谓蓄电池正（负）极搭铁，实际上是将蓄电池的正（负）极与汽车上的金属机体相连接。有些车辆只在个别木质的地方采用双线制（即电源到用电设备用两根线构成回路）。单线制与双线制相比较，它用线少，安装方便，线路清晰，故被现代汽车广泛采用。为了适应电子产品在汽车上的应用，减小无线电的干扰，并考虑到与国外汽车的通用性，1972 年我国已规定为负极搭铁。但目前国内还有一些早期生产的车辆为正极搭铁。无论正、负极搭铁，在分析电路时，只是参考点不同，路径相同而方向相反。

4. 用电设备并联

汽车在使用中，当某一支路用电设备损坏时，并不影响其他支路用电设备的正常工作。

三、汽车电气设备的发展方向

随着汽车性能和结构的不断改进和提高,特别是近年来电子技术在汽车上的广泛应用,自动控制项目越来越多。晶体管调节器、晶体管点火系统、晶体管闪光器和汽油泵都已在汽车上充分显示它的优越性,国际上广泛应用电子变速器系统、电子控制燃油喷射系统、电子制动防抱系统、雷达自动控制、排气控制、报警等系统都日趋电子化。随着汽车上电子设备数量不断增加和更新换代,现代汽车上已用电脑来完成各种电子控制的计算、显示等多种功能。因此,汽车电气设备电子化、数字化、智能化是汽车技术的发展方向。

第二节 电工学基本知识

一、电流、电压、电阻与电路

1. 电 流 物体中的自由电子在外力作用下朝着一定方向作有规则的运动而形成的电子流,叫电流,用字母“ I ”表示。

电流的方向,习惯上都规定从正极到负极(但实际电子移动的方向是从负极到正极与平时我们分析电路时所指的电流方向恰恰相反)。电流的强弱用电流强度表示。电流的单位叫“安培”,简称“安”,用字母“A”表示。电流的单位还有千安(kA)、毫安(mA)和微安(μA)。

$1kA=1000A$ $1A=1000mA$ $1mA=1000\mu A$

电流有交、直流两种。直流电方向不变,大小也稳定。交流电的方向和电流大小,随时间作周期性变化。

电流通过导体,会引起导体发热。如将灯泡接上电源,电流通过灯丝后温度升高而发亮。这种由电能转变为热能的作用,称为电流的热效应。电流的热效应应用较广,如电灯、电炉、电焊、保险丝等。

电流通过导线时,在其周围即产生磁场,这种由电生磁的现象,称为电流的磁效应(或叫电磁效应)。根据电磁效应,可制造各种形式的电磁铁。汽车发电机、起动机、调节器、电喇叭等都用到电磁铁。

电流通过酸、碱、盐溶液时,能使它们电解,这种现象叫电流的化学效应。利用电流的化学效应可对汽车蓄电池进行充电或对金属进行电镀等。

2. 电 阻

电流通过导体时所遇到的阻力叫电阻,常用字母“ R ”表示。电阻的单位叫“欧姆”,简称“欧”,用字母“ Ω ”表示,电阻的单位还有千欧(k Ω)和兆欧(M Ω)。

$1k\Omega=1000\Omega$ $1M\Omega=1000k\Omega=1000000\Omega$

在某些物体中,如银、铜、铝、汞、铅、锌、铁、碳等,对于电流所产生的阻力较小,而在另一些物体之中,如玻璃、云母、橡皮、胶木、陶瓷等,对于电流所产生的阻力较大。电阻小的物体叫导体,电阻大的物体叫做绝缘体。

导体电阻的大小与导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比。此外,还与导体的材料及温度有关(一般金属导体,在同样的材料、粗细及长短相同的情况下,其电阻值随温度

升高而增大。而碳的电阻随温度升高而减小；康铜基本上不受温度的影响）。各种金属中银的导电性能为最好，其次是铜，再次是铝。

3. 电 压 两点之间的电位差称为电压，用字母“ U ”表示。电压的方向是由高电位指向低电位。电压的单位叫伏特，简称“伏”，用字母“ V ”表示，电压的单位还有千伏（ kV ）和毫伏（ mV ）。 $1kV=1000V$ ， $1V=1000mV$ 。

水能够流动，是因为高水平面相对低水平面存在一定的压力（水压）差，随着高水平面的水位不断降低，低水平面的水位不断升高，当两侧水平面相等时，由于压力差消失，水便停止流动。为了保持水流不断流动，则要在高水位端不断补充水，即要水源。汽车为了向用电设备提供不断的电能，也要有电源，汽车的电源为发电机、蓄电池。

4. 欧姆定律

电路中的电流、电压、电阻之间相互联系并存在着一定规律。欧姆定律就是反映这三者之间的关系的，即：电路中电流的大小，与其电路中的电压成正比，与其电路中的电阻成反比（在不含有电源的局部电路中电流、电压的关系叫部分电路欧姆定律，在含有电源的电路中，电流、电阻与电动势的关系叫全电路欧姆定律）。用公式表示：

$$I = \frac{U}{R} \quad (\text{部分电路欧姆定律})$$

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (\text{全电路欧姆定律})$$

5. 电路及汽车电路故障

(1) 电路 电流所经过的路线，称为电路。它由电源、负载、开关、保险和导线等组成。电路可分为串联电路、并联电路和混联电路。

串联电路：将几个负载（电阻）从头到尾依次连接，并接至电源上所形成的电路，叫串联电路，如图 1—1 所示。串联电路有以下特点：①电路中电流处处相等；②总电压降等于各电阻上电压降之和；③总电阻等于各段电阻之和；④各段电阻上电压降的大小与其电阻成正比。

并联电路：将几个负载（电阻）并排连接起来，并接至电源上所形成的电路，如图 1—2 所示。并联电路有以下特点：①总电流等于各分路电流之和；②各分路上的电压都相同；③总电阻的倒数等于各分路电阻的倒数之和；④各分路上的电流与电阻成反比。

混联电路：既有串联电路又有并联电路所组成的电路，叫混联电路，如图 1—3 所示。



图 1—1 串联电路

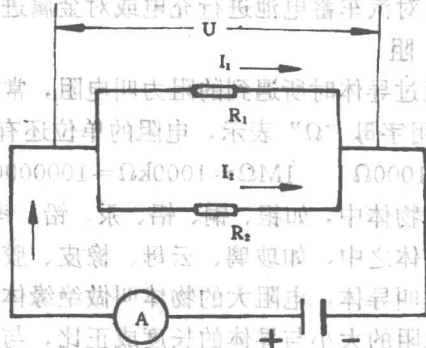


图 1—2 并联电路

联电路具有串、并联电路的特点。

②汽车电路故障：汽车电路中常见的故障有断路、短路和搭铁。

①断路：是指电源到负载的电路中某一点中断而使电流不通。一旦电路断路后，负载将不能正常工作。若电源内部断路，则不能向外输出电能。

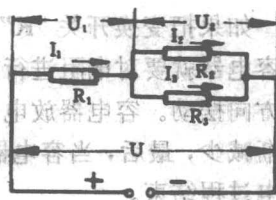


图 1-3 混联电路

②短路：是指电路的两极未经负载而直接导通或导线绝缘损坏，使导线与导线之间直接相通。短路时，因电路中电阻减少，将产生比正常时大数倍至几十倍短路电流，使导线超载，温度升高，最后导致烧坏，严重时会引起火灾。

③搭铁：是指电源、导线或连接导线的绝缘部分被破坏，把本来应与汽车金属机体绝缘的地方变成了导电的通路，严重搭铁时就成为短路。

6. 电 容

两个互相接近但彼此间又绝缘的导体，叫做电容器。电容器是用来储存电能的。电容器也叫做电容器，简称电容。

最简单的电容器，是由两个金属片，中间隔有一层绝缘物质所组成（图 1-4）。金属片称极片，绝缘体称介质。电容器通常用符号“C”表示。

电容器能够储存电量的多少，称为电容，常用字母“C”表示。电容的单位是“法拉”，简称“法”，用字母“F”表示。电容器的单位还有微法（ μf ）和微微法（ $\mu\mu\text{f}$ ）。

$1\text{F}=1000000\mu\text{f}$ $1\mu\text{f}=1000000\mu\mu\text{f}$

电容器电容的大小在结构上主要取决于下列因素：

- （1）两极片相对的面积越大，电容则越大。因面积越大，容纳的电量就越多。
- （2）极片间所隔介质材料不同，电容的大小也不同。若电容器的介质用云母代替空气，在相同的电压下可使电容器的电容提高近 6 倍。
- （3）两极片相距越近，则电容也越大。因为相隔越近，所集聚在金属片上的电量也越多。

电容器接在直流电源上的工作情况，可用图 1-5 所示的实验来证明。

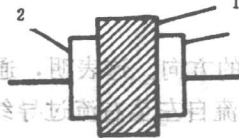


图 1-4 简单电容器

1. 绝缘物 2、3 金属片

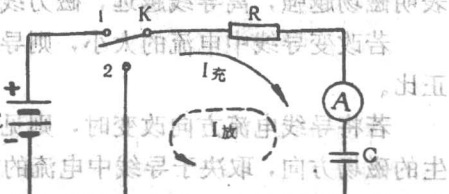


图 1-5 电容器的充、放电电路

当把变换开关 K 接在触点 1 上，便见电流表的指针偏转一下，然后又回到零位。这是因为在电容器的两极片间，虽然被绝缘体隔开，但两极片本身却具有大量的自由电子，当把两个极片接到电源时，在电源电动势的作用下，电路中就会出现自由电子的移动，产生了电流，结果使电容器两极片上带电（其中和电源正极联接的极片上带正电，和电源负极联接的极片上带负电）。

电容器充电结束后，如果把电路切断，由于正负电荷互相吸引。两极片上的电荷就将保持不变，电容器便起到了储存电荷的作用。

如果把变换开关“K”接在触点“2”上,即把充好电的电容器与电阻“R”构成闭合回路,则电容器就要对电阻进行放电。由于放电电流的方向与充电时相反,电流表的指针便向相反的方向摆动。电容器放电,使两极片上的电荷逐渐减少,其电压便逐渐降低,放电电流也就逐渐减少,最后,当电容器两极片上的电荷放完时,电容器的电压和放电电流也就减小至零,放电过程结束。

二、磁与电磁

能够吸引铁类物质的物体叫磁铁。磁铁能吸引铁类物质的性质称为磁性。磁铁可分为天然磁铁和人造磁铁两种。天然磁铁是自然界中具有磁性的一种矿物。人造磁铁又可以分为永久磁铁和暂时磁铁两种。经磁化后能长期保留磁性的磁铁叫永久磁铁。当磁化时显磁性,而磁化停止后,磁性就跟着消失的磁铁叫暂时磁铁。

磁铁磁性最强的部分叫磁极。每一磁铁都有南极(S)和北极(N)。同性磁极互相排斥,异性磁极互相吸引。凡是磁力作用能达到的空间叫磁场,把表示磁场方向的曲线称为磁力线。磁力线具备下列特性:①磁力线在磁铁外部,总是从北极到南极,在磁铁内部则是从南极到北极,构成1个闭合回路。②磁力线在磁铁两极附近最密,向远处则逐渐变稀。③磁力线具有缩短长度的倾向,这是因为异性相互吸引。④磁力线互不相交,并且具有互相向侧面排斥的倾向,这是因为同性磁极相互排斥。

通过垂直于磁场方向的某一面积上的磁力线的根数叫磁通量,简称磁通,把通过垂直于磁场方向单位面积内的磁通量,叫磁通密度或磁感应强度。

2. 电磁

(1) 通电直导体的磁场

用一根粗导线穿过一块硬纸板,在纸板上均匀的撒上一些铁屑并放置一个指南针,如图1—6所示。当电流通过导线后,纸板上的铁屑立即排列成以导线为中心的许多同心圆。这表示导线周围产生了磁场,从铁屑排列的情况可以看出,越接近导线处的磁力线排列越密,则表明磁场越强,离导线越远,磁力线排列越稀,则表明磁场越弱。

若改变导线中电流的大小,则导线周围的磁场强弱也随之改变,其强弱与电流的大小成正比。

若将导线电流方向改变时,则见磁针也随着改变了原来的方向。这表明,通电导线所产生的磁场方向,取决于导线中电流的方向。在图1—7中,电流自左至右流过导线,其磁力线方向可以这样判定:用右手握住直导线,大拇指表示电流方向,四指所指的方向,就是磁场的方向(磁力线方向就是磁场的方向)。这叫直导线右手定则。利用直线右手定则,既可以根据电流方向判断磁场方向,也可以根据磁场方向判定电流方向。

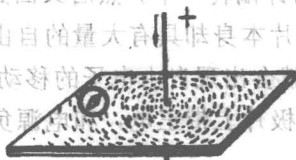


图1—6 通电导线周围的磁场



图1—7 直导线右手定则

导体截面积电流方向在图中规定：若电流从里往外流时用符号“ $\odot$ ”表示，若电流从外往里流时，用符号“ $\otimes$ ”表示。

(2) 通电线圈的磁场

若在线圈中通入电流时，如图 1—8，也会产生磁场（其磁场相似条形磁铁磁场）。通电线圈磁场方向的判定方法如图 1—9：用右手握住线圈，四指表示电流方向，则大拇指所指的方向就是磁场的方向。这种方法叫做螺旋线圈的右手定则。若通电线圈的磁场方向已知，应用右手定则亦可判断出电流的方向。

在线圈的内部装入铁芯组成了电磁铁。电磁铁磁场比线圈磁场强，这是由于线圈内部磁阻减小之故。电磁铁磁场方向也可以用线圈的右手定则来判定。

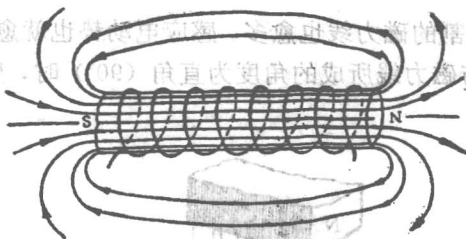


图 1—8 通电线圈的磁场

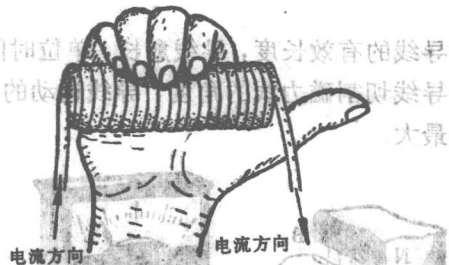


图 1—9 线圈磁场方向的判定

(3) 通电导体与磁场间的相互作用

在磁场内，放入一根通电导体，见图 1—10，导线的磁场与磁极的磁场便相互发生作用。由于导线上方两磁场磁力线的方向相同，密度增加，磁场增强，而导线下方由于两磁场磁力线的方向相反，互相排斥，密度减小，磁场减弱见图 1—10 (1)，结果使磁力线产生了弯曲，因磁力线具有缩短长度的倾向，因而就产生了一种电磁力量推动导线向下运动，见图 1—10 (2)。汽车起动机就是根据这一原理制成的。

通电导体在磁场中运动的方向可用左手定则来判定，即：伸开左手，使拇指与四指垂直且在一个平面内，手心对向北极，四指表示电流方向，拇指所指方向就是导线运动的方向，见图 1—11。因为电动机运转方向可用此定则来判定，故常把此定则称为电动机左手定则。

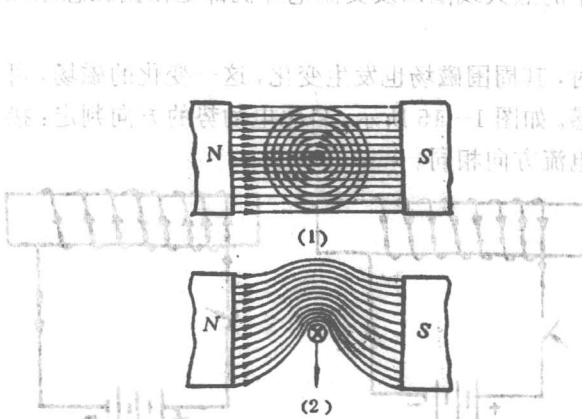


图 1—10 通电导线和磁场间相互作用

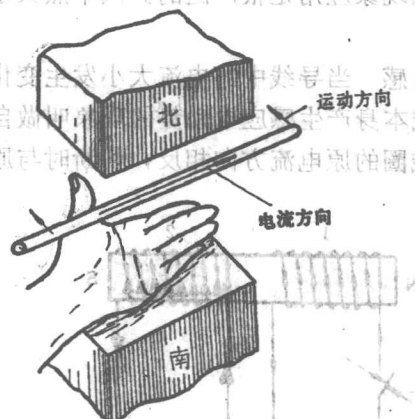


图 1—11 用左手定则确定导体运动方向

(4) 电磁感应

导线和磁力线相互切割时（如图 1—12）所示，导线中会产生电流，这种现象就叫电磁

感应，由电磁感应所产生的电动势叫感应电动势。由电磁感应所产生的电流叫感应电流。

导体中的感应电动势，必须在导体和磁力线相互切割时才能产生，感应电动势的方向是由导体运动方向和磁场方向来决定的。感应电动势的方向可用右手定则来判定：伸开右手，使拇指与四指垂直且在一个平面内，手心对向北极，拇指表示导体运动的方向，四指所指的方向就是感应电动势的方向，如图1—13所示。因电磁感应广泛应用在发电机的工作原理上，故该定则又称作发电机右手定则。

感应电动势的大小取决于：

①磁场的强弱，磁场越强，单位时间内导线切割的磁力线数量越多，感应电动势就越大。

②导线或磁场的运动速度，速度愈快，单位时间内切割磁力线也愈多，感应电动势也愈大。

③导线的有效长度，导线愈长，单位时间内切割的磁力线也愈多，感应电动势也就愈大。

④导线切割磁力线的角度，导线运动的方向与磁力线所成的角度为直角(90°)时，感应电动势最大。

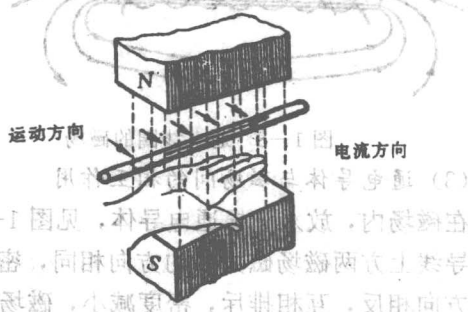
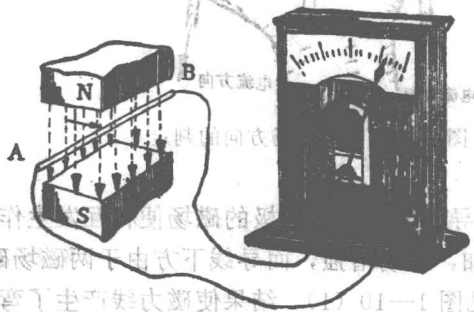


图1—12 导线切割磁力线产生感应电流 图1—13 用右手定则判定感应电动势的方向

(5) 互感、自感及涡流

①互感 在一个铁芯上，绕有一个原线圈和一个副线圈，如图1—14。当原线圈电路接通和切断时，副线圈被变化的磁场所切割而产生感应电动势的现象叫互感。副线圈互感电动势的方向是：接通时与原线圈电流方向相反，切断时与原电流方向相同。

互感现象应用是很广泛的。汽车点火系中的点火线圈以及交流电焊机都是根据互感原理制成的。

②自感 当导线中的电流大小发生变化时，其周围磁场也发生变化，这一变化的磁场，可以使导线本身产生感应电动势的现象叫做自感。如图1—15所示。自感电动势的方向判定：接通时与线圈的原电流方向相反，切断时与原电流方向相同。

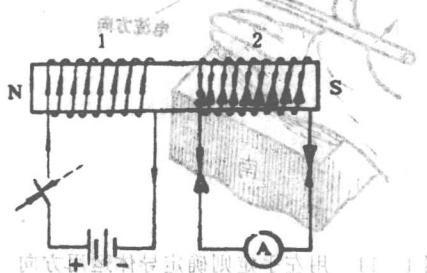


图1—14 互感现象

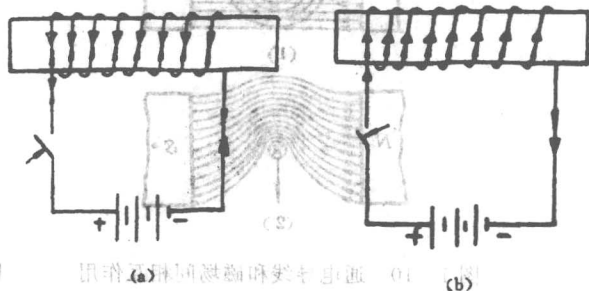


图1—15 自感现象

1. 原线圈 2. 副线圈 (a) 接通电路时 (b) 切断电路时

日光灯起动时利用镇流器的自感电动势击穿灯管内的气体而发光。但自感电动势在多数场合是有害的，如电路在切断瞬间，自感电动势会使开关（触点）间的空气电离击穿形成电弧而烧坏开关（触点）。因此，在这类电路中应有吸收自感电动势的装置予以保护。

③涡流 铁质圆柱体在磁场中旋转时，因切割磁力线而产生感应电动势，如图 1—16 所示。因圆柱体是一个整体，感应电流便在圆柱体中自成闭合回路，故称涡流。涡流将使铁芯大量发热而降低利用效率，因此汽车发电机、起动机及变压器的铁芯通常都不是整块金属，而是用许多很薄（0.3~0.5mm）的硅钢片叠成，主要是减少涡流，提高其利用率。

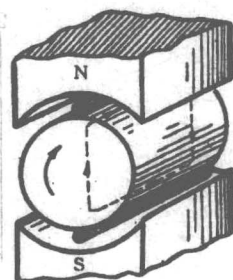


图 1—16 在磁场中旋转的铁质圆柱体内产生涡流

三、半导体

1. P 型和 N 型半导体

自然界里的所有物质，按其导电性能可分为导体、绝缘体和半导体。导体的导电性能好，绝缘体的导电性能极差。导电性能介于导体与绝缘体之间的物体叫做半导体。

物质是由分子和原子构成的，从原子的排列形式来看，可把物质分成两大类：晶体和非晶体。由于绝大多数半导体是晶体，因而往往把半导体做成的电子原件称为晶体管。目前，常用的半导体材料为硅和锗。

若在单晶硅中加入微量的三价硼，由于硼原子在硅晶格上取代了某些硅原子与硅组成共价键时，在硼的周围少了一个价电子，则可认为多了一个空穴。这种半导体叫空穴型半导体，也叫 P 型半导体。空穴，电子称为载流子。

若在单晶硅中掺入微量的五价磷，由于磷原子在硅晶格上取代了某些硅原子与硅组成共价键时，在磷原子周围出现了多余的价电子，则可认为产生了自由电子。这类半导体叫电子型半导体，也叫做 N 型半导体。

当用一定的工艺方法把 P 型半导体和 N 型半导体紧密结合在一起时，就会在结合处形成一层带电的空间电荷区，称为 PN 结。

PN 结有单向导电性能。若在 PN 结之间加上正向电压（即电池正极接 P 型端；负极接 N 型端）时，它的内阻小，可以导电；而加上反向电压时，它的电阻大，基本上不导电。故汽车上把它做成整流元件，将交流发电机发的交流电变成直流电。

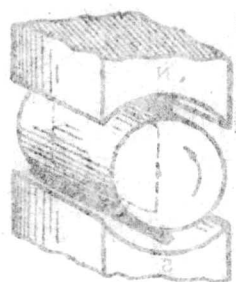
2. 晶体二极管

晶体二极管简称二极管，它实际上是一个 PN 结在其两端加上电极引线，用管壳封装而成，其表示符号如图 1—17 所示。

二极管根据内部结构的不同形式分点接触型和面接触型两种。点接触型多用于高频信号的检波、脉冲电路及小电流的整流器中，面接触型多用于低频大电流的整流器中。根据所用半导体材料的不同，又分锗二极管和硅二极管两种。目前大容量的整流元件一般都采用硅材料。

二极管的型号由四部分组成，其含义如下：

第一部分表示材料的类型，如硅二极管用 3 表示，锗二极管用 4 表示。第二部分表示二极管的规格，如 3A 表示平均整流电流为 3A。第三部分表示二极管的封装形式，如 M 表示金属封装，P 表示塑料封装。第四部分表示二极管的制造厂代号。



2. 用阿拉伯数字表示序号
用汉语拼音字母表示类型
用汉语拼音字母表示材料和极性
电极数目

Z—整流管
 P—普通管
 W—稳压管
 A—N型锗材料
 B—P型锗材料
 C—N型硅材料
 D—P型硅材料

(1) 二极管的特性

加在二极管两端的电压和通过它的电流之间的关系，叫做二极管的伏安特性（如图1-18）。

① 正向特性

当加在二极管的正向电压很低时，由于不足以克服内电场的阻力，故此时电流很小，即二极管的内阻很大。在二极管正向伏安特性中，这段有正向电压加入而无正向电流流过或者电流很小的区域，称为死区（对于锗二极管其死区电压为0.15~0.3V，对于硅二极管死区电压一般为0.3~0.5V）。死区电压的数值与环境温度有关，当温度增高时，此值将下降。

当外加电压超过一定数值并足以克服内电场的阻力时，二极管内阻小，电流随着电压的增长而迅速上升，这段称为二极管的正常工作区。

② 反向特性

在二极管的两端加上反向电压时，管中仍有极小的电流出现，其方向与前述加正向电压时电流方向相反，这是由于在反向作用下，少数载流子的漂移运动形成的。反向电流随电压增长变化甚微，但随温度变化较大。反向电流大，说明二极管的单向导电性能差。

当反向电压增加时，开始反向电流变化不大，但反向电压增加到一定数值时，反向电流将急剧增加，这种现象叫做反向击穿。这个电压叫做反向击穿电压。

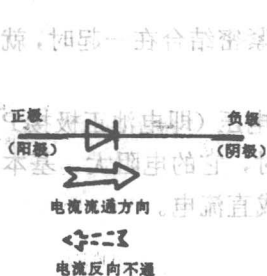


图1-17 二极管的符号及电流方向

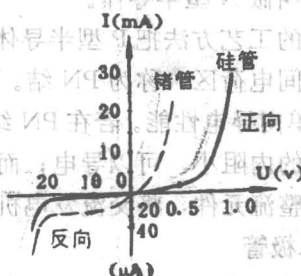


图1-18 二极管的伏安特性曲线

(2) 晶体二极管的主要参数

① 最大整流电流

这是指长期工作时，二极管能允许通过的最大正向平均电流值。在选用二极管时，工作电流不能超过它的最大整流电流，否则会造成二极管的损坏。

② 最大的反向工作电压

这是指二极管工作时所能承受的反向电压峰值。在选用二极管时，加在二极管上的反向电压峰值不允许超过这一数值，以保证二极管正常工作，不至于反向击穿而损坏。

除了这两个主要参数外，还有其它一些参数，如最高工作频率、最大反向电流、最高使

用温度等。

(3) 晶体二极管的简单测试

晶体二极管的测试，可借助万用电表进行。

测量时应将万用表拨到 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 档，将万用表的红黑两表笔，分别正接和反接，测量二极管的两端，即可测出大、小两个阻值，大的是反向电阻，小的是正向电阻。如果测出的正向电阻是几百欧，反向电阻是几百千欧。则说明被测二极管是好的，如果反向电阻小，二极管就失去了单向导电性；如果正、反向电阻均为无穷大，表明二极管已经断路。（汽车用的二极管正向阻值为 $8 \sim 10\Omega$ ，反向电阻在 $10k\Omega$ 以上）。

3. 稳定管

稳定管也叫齐纳二极管，是二极管中的一种，主要用途是稳压，其符号和特性如图 1—19 所示。稳压管的特点，是在反向击穿电压状态下工作。当所加反向电压小于其击穿电压时，稳压管有极大的内阻，其反向饱和电流近似为零，如图中的 OA 段。当外加电压超过其反向击穿电压时，电流急剧增大，如图中的 AB 段。在它击穿后，电流能在较大的范围内变化，而管子两端的电压变化很小，此时稳压管两端的电压称为稳定电压。曲线 AB 段是稳压管的正常工作区域。若流过稳压管的电流超过其最大稳定电流时，将使稳压管因过热而损坏。



图 1—19 稳压管符号及稳压特性曲线

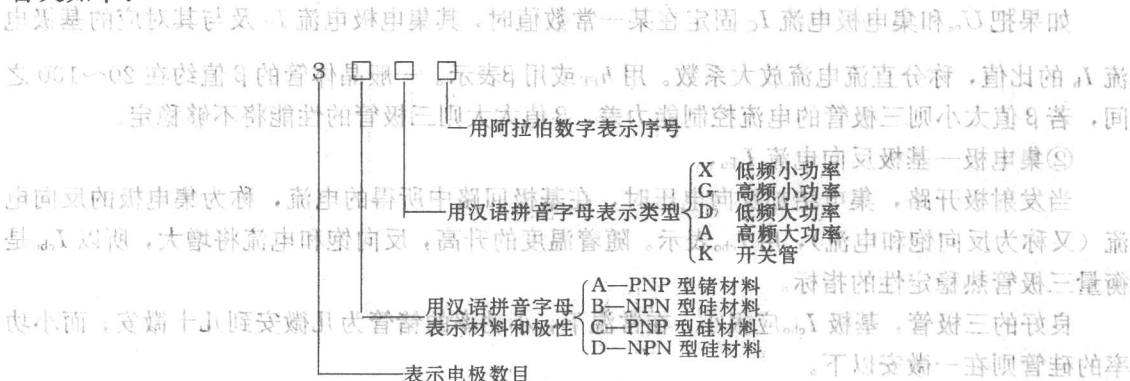
稳压管的主要参数有：

- ① 稳定电压 U_w ：指在稳定范围内，稳压管上的电压。
- ② 稳定电流 I_w ：指工作电压等于稳定电压时的反向电流，也叫工作电流。
- ③ 最大稳定电流 I_M ：指稳压管允许的最大工作电流。

4. 晶体三极管

晶体三极管简称三极管，它具有放大和开关作用，是电子电路中的重要组成元件。

晶体三极管由两个 PN 结组成，发射区和基区的 PN 型叫发射结，基区和集电区的 PN 结叫集电结，三个区各引出一个电极分别称发射极 (e)，集电极 (c) 和基极 (b)，如图 1—20 所示。根据 PN 结组合方式的不同，三极管分 PNP 和 NPN 两种类型，PNP 型的直流是从发射极进，集电极出；NPN 型的电流从集电极进，发射极出。三极管的型号由四部分组成，其含义如下：



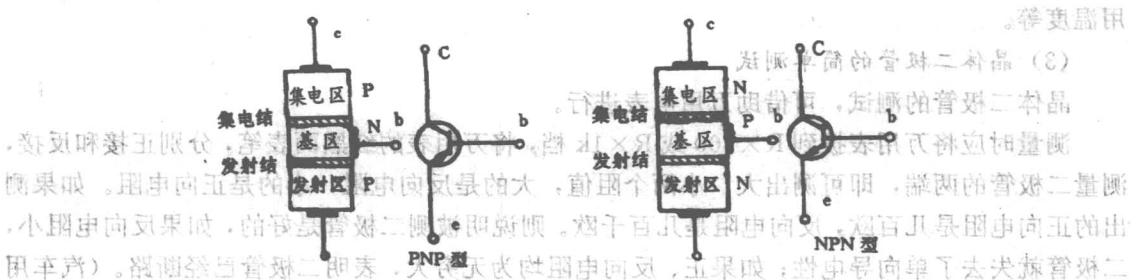


图 1-20 晶体管结构示意图及表示符号

(1) 三极管的原理

三极管之所以有放大作用，主要取决于它本身结构的特点，同时还需要适当的外部条件，即：必须给三极管的两个 PN 结加上正确的电流电压，且电源 E_c 电压必须高于 E_b ，如图 1-21 所示。

三极管的放大电路如图 1-22 所示。当电路接通后，因发射结上作用有正向电压，所以就有较大的正向电流从 P 型半导体流向 N 型半导体，即从发射极流向基极。但因基区很薄，当电流流到基极时，在较大集电极反向电压作用下，大部分电流流向集电极，而只有一小部分从基极流回 E_b ，构成基极电流。当调节可变电阻 R_b ，使基极电流发生微小变化时，集电极也随之发生较大变化，故三极管能起到放大作用。

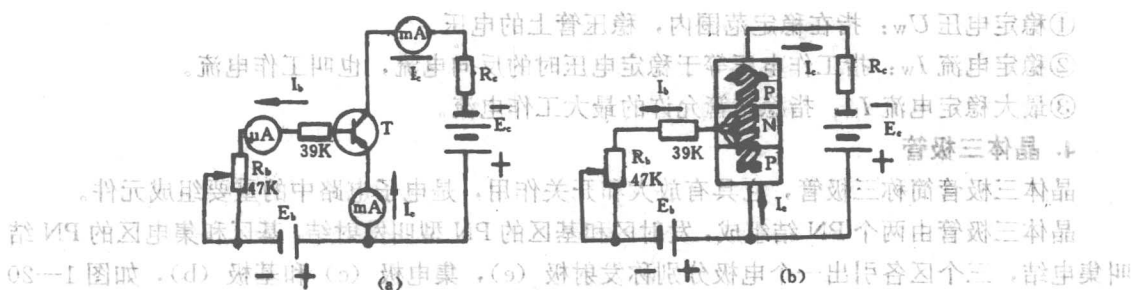


图 1-22 三极管的放大电路

(2) 晶体三极管的主要参数

① 共发射极直流电流放大系数

如果把 U_{ce} 和集电极电流 I_c 固定在某一常数值时，其集电极电流 I_c 及与其对应的基极电流 I_b 的比值，称为直流电流放大系数。用 h_{FE} 或用 β 表示。一般晶体管的 β 值约在 20~100 之间，若 β 值太小则三极管的电流控制能力差， β 值太大则三极管的性能将不够稳定。

② 集电极—基极反向电流 I_{cbo} ，

当发射极开路，集电结加反向电压时，在基极回路中所得的电流，称为集电极的反向电流（又称为反向饱和电流），用 I_{cbo} 表示。随着温度的升高，反向饱和电流将增大，所以 I_{cbo} 是衡量三极管热稳定性的指标。

良好的三极管，基极 I_{cbo} 应很小，在常温下，小功率的锗管为几微安到几十微安；而小功率的硅管则在一微安以下。

③ 集电极—发射极穿透电流 I_{ceo}