

摩 托 车 综 合 系 列 丛 书

陈华新 黄 畴 编著

摩托车电气



59.

摩托车综合系列丛书

U483.03
C45

Motuoche Dianqi

摩托车电气

陈华新 黄 畴 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了摩托车的整车电路、电源和充电系统、信号系统、照明系统、点火系统等部分的工作原理、结构设计和维修方法。

全书共分十章,把整个电气系统分成10个部分进行分析,既介绍了目前大量使用的电路和电器元件,也介绍了一些新的电路和电器元件。本书收集了大量国内外摩托车电气系统的资料,深入浅出,图文并茂。

本书编写的目的主要是作为高等学校摩托车专业和相关专业试用教材,由于书中列举了大量实例,因此也可作为企业培训在职职工的培训教材,还可作为从事摩托车设计、生产、试验、维修、管理人员在工作中的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

摩托车电气 / 陈华新,黄畴编著. - 北京:人民交通出版社, 1999

ISBN 7-114-03519-5

I. 摩… II. ①陈… ②黄… III. 摩托车-电气设备 IV. U483

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 64211 号

摩托车综合系列丛书

摩 托 车 电 气

陈华新 黄 畴 编著

版式设计:刘晓方 责任校对:张 捷 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 11 字数: 269 千

2000年1月 第1版

2000年1月 第1版 第1次印刷

印数:0001—4000册 定价:19.00元

ISBN 7-114-03519-5

U·02526

前 言

《摩托车电气》是摩托车专业的必修课程，作者按教学大纲的要求，根据近几年的教学实践完成了本书的编著。

为适应摩托车日益发展的要求，现代电子技术广泛应用到摩托车上，可以大幅度提高摩托车的使用性能。可以预见在今后几年电子技术在摩托车上的应用还会有更大的发展，因此本书在注意保持摩托车电气设备的完整性和基本内容的基础上，在编著各章节时加进了一些新的元件，并适当介绍一些新的实用的电子技术和发展趋势。

为了满足广大摩托车爱好者的要求，方便摩托车爱好者自学，作者在编著时还特别注意语言的通俗性。力图使初学者通过学习能看懂电路图，采用分系统分析电器原理，把复杂的部分分为几个简单的系统，使人一看就十分清楚，并达到举一反三的目的。

本书在编著过程中，一直得到武汉汽车工业大学摩托车教研室全体教师的大力帮助，编者表示衷心的感谢。

全书由徐尔强教授主审。

由于编著者水平所限，书中难免有一些缺点、错误，敬请读者批评指正。

编著者

1999年10月

第一章 总 论

第一节 摩托车电系概说

为了保证摩托车能正常行驶，摩托车上配置有多种电器元件，这些电器元件都要使用电能以发挥其功能。因此，摩托车电器包括两大部分：一是电源部分；二是用电装置部分。

电源部分包括蓄电池、发电机及蓄电池的充电系统。其作用是在发电机发出的电能充足的时候，除了向用电装置供电外，还要向蓄电池充电，把一部分电能储存在蓄电池内，保证在发电机因转速较低或用电装置负荷较大而引起的供电不足的情况下向用电装置供电。

摩托车蓄电池按其额定电压的不同可分为 6V 蓄电池和 12V 蓄电池。发电机有直流发电机和交流发电机两种，交流发电机有采用直流电激磁，形成电磁场的激磁式交流发电机和采用永久磁铁作为磁场的永磁式交流发电机。永磁式交流发电机又称为磁电机。

用电装置部分包括起动系统、点火系统、照明系统、信号系统和控制系统五大部分。

仪表有里程表、转速表、燃油表、电流表等。

图 1-1 所示是完整的电气系统，它包含的许多电器设备通过导线连成一个整体。整个电系按其功能的不同，可把它分成如下几个不同的小系统。

1. 充电系统

充电系统包括磁电机（充电照明绕组）、点火开关、整流器、熔断器、蓄电池。其作用是把磁电机发出的交流电通过整流器变成直流电后，向蓄电池和信号系统供给电压较稳定的直流电，保证蓄电池经常处在完全充电状态。

充电系统有很多种，以满足各种不同类型摩托车的要求。现代人对摩托车的性能要求正在逐步提高，对用电电器的总功率有日益增大的趋势，因此，对充电系统也相应增加容量和提高电系电压的新要求。

2. 点火系统

点火系统包括磁电机（点火电源绕组、断电器和电容器）、点火开关、点火线圈、火花塞。其作用是在发动机工作过程的压缩行程快到终了时，在火花塞的两极间发出电火花，点燃被压缩的可燃混合气。

点火系统按使用电源的不同有蓄电池点火系和磁电机点火系。

现代摩托车由于对动力性、经济性以及排污的控制标准日益提高，对燃烧过程的控制和要求十分细致和深入。包括汽油供给、点火正时、排放过程的反馈控制手段更加完善。各种新型燃烧技术相继投入使用。对点火系的性能提出了极严格的要求，尤其是对点火时刻的准确性、点火的可靠性以及点火能量有了更高的要求。电子技术的应用为满足这些要求，提高点火性能创造了条件。

3. 照明系统

包括磁电机照明充电绕组、变光开关、前大灯、位置灯、尾灯、仪表照明灯、远光指示

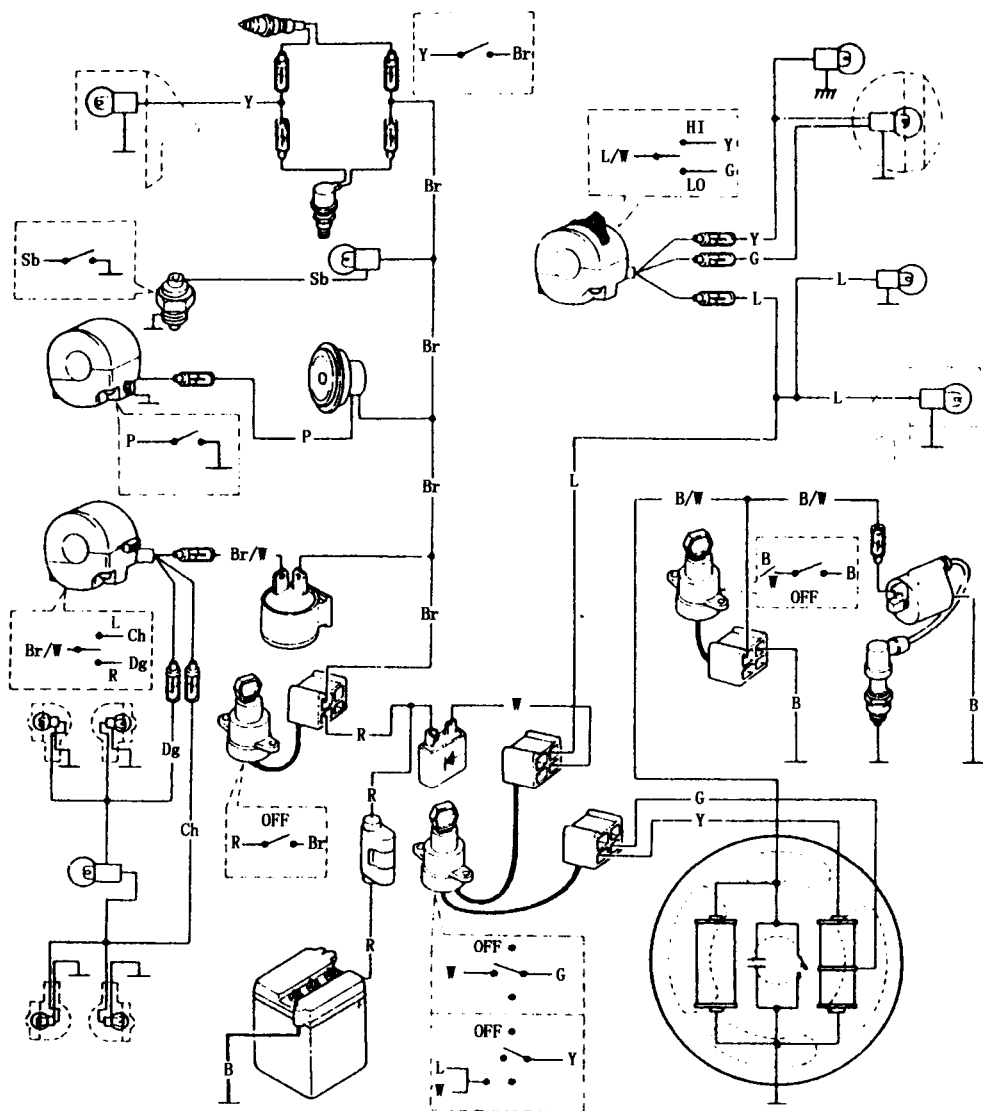


图 1-1 雅马哈 3X2、DX100 型摩托车电气元件接线图

灯。其作用是在夜间行车时照明车前道路；行车和临时停车时标识摩托车的位置。

该系统设置的技术指标一般由安全法规规定。80 年代以来随着车速的提高，车辆密度的增加，一些与照明有关的安全法规相继出台，因此，日本、美欧等国相继制定了一些与照明系统有关的法规，一些新的照明灯具正在推广使用。

4. 信号系统

信号系统有灯光信号和音响信号两种。包括电源（磁电机照明充电绕组和蓄电池）、点火开关、左右前后转向指示灯、转向开关、闪光继电器、喇叭和喇叭按钮、空档指示灯和空档开关、制动灯和前后制动开关。其作用是向车辆和行人发出声、光信号，指示车辆的行驶状态，以引起车辆和行人的注意，保证行车安全。

5. 起动系统

主要包括起动电机、起动继电器、起动按钮及其连接导线。起动电机由蓄电池供电，带

动发动机旋转，使发动机起动。

随着电子技术的不断进步，摩托车电气系统日趋完善，相应的电器设备也越来越复杂。对摩托车的控制也正在逐步实现电子化。

第二节 摩托车整车电路图

摩托车上的电气元件按其功能的不同布置在摩托车的不同部位。比如前大灯安装在车把的前方，尾灯安装在后挡泥板上方，磁电机安装在发动机曲轴箱内，蓄电池装在座垫下方，前左右转向灯安装在车前迎面的两侧，后左右转向灯安装在车尾的两侧。照明开关、变光开关、转向开关、喇叭按钮等都安装在车把上。所有的电器元件都用一种或两种颜色的导线引出，用插接件与电线束（图 1-2）连接起来。

电线束由很多根各种不同颜色的导线用胶带捆在一起，分叉数和分叉位置由摩托车使用电器元件的数量和这些元件在摩托车上的安装位置决定。不同摩托车电线束的长度和分叉数、分叉位置各不相同，导线的颜色与从各元件上引出的导线的颜色相对应。

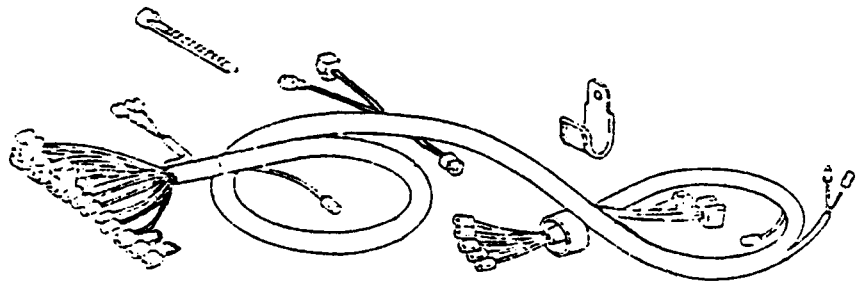


图 1-2 电线束

电器元件在摩托车上的布置为空间布置，要把它画成平面线路图，可以按照不同的用途画成电气配线图（常称为电路图）。

电气原理图和电气元件接线图。电气原理图是根据整车电气原理和接线关系绘制的，与实物不符，如图 1-3 所示。一般是在设计整车电气系统或某一部分电器系统时绘制。各种元件用相应的图形（见附图）表示，并标明图形符号和文字符号（表 1-1 和表 1-2）。这种图形只表现各电器之间的关系，对分析整个电系的工作原理十分方便，绘制和读图也都比较简单。

常用元件的符号及状态符号

表 1-1

名 称	文 字 符 号	名 称	文 字 符 号
电阻（器）	R	开关	K
电容（器）	C	按钮	AN
电感（器）	L	继电器	J
线圈（绕组）	Q 或 L	闪烁器	SG
半导体二极管	D	整流器	ZL
半导体三极管	BG	灯	D
稳压二极管	WD	发电机	F
可控硅	SCR	电动机	D
电池	DC	闭合	BH
熔断器	RD	断开	DK

电路中常用的英文文字符号

表 1-2

名 称	符 号	英 文 名 称
电 路 图	W.D	wiring diagram
开 关	SW	switch
开	ON	on
关	OFF	off
按 钮 开 关	BS	button switch
接 地	E	earth
位 置	PO	position
点 火	IG	ignition
电容放电点火	CDI	capacitor discharge ignition
灯	L	light
前 大 灯	HL	headlight
远 光	HI	high
近 光	LO	low
尾 灯	TL	tail light
信 号 灯	SL	signal light
左 转	L	left
右 转	R	right
闪 烁 器	W	wink
喇 叭	HO	horn
永磁式发电机	MAG	magneto
蓄 电 池	BAT	battery
调 节 器	REG	regulator
整 流 器	RECT	rectifier
熔 断 器	F	fuse
仪 表	M	meter

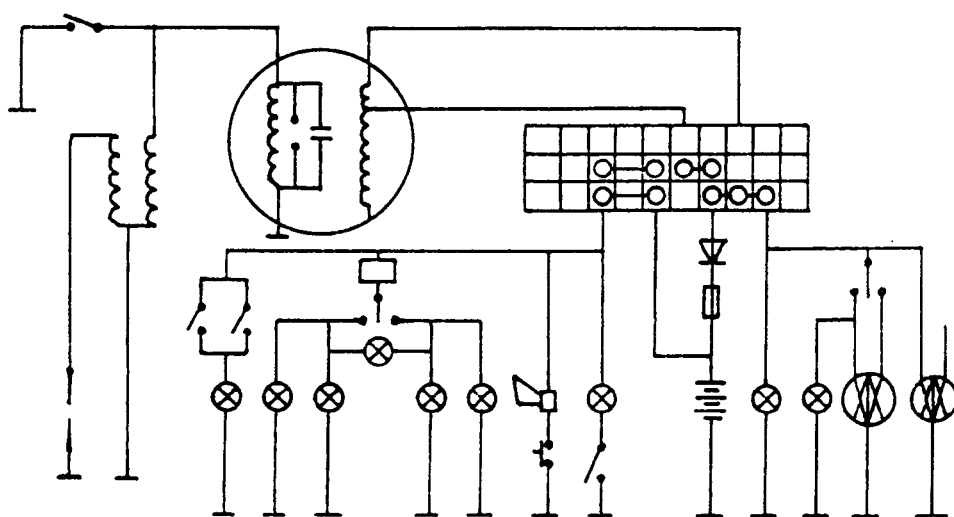


图 1-3 雅马哈 3X2、DX100 摩托车电气原理图

电气配线图是按电器元件在摩托车上的大致方位绘制的,如图 1-4 所示,并标出了各电器连接导线的颜色、插接件、电线束的始端位置和末端位置。看起来比较直观,对维修时进行故障分析和按图查找故障位置比较方便。由于线路是按照实际线路的根数、走向进行绘制,并用英文字母或汉字标明导线颜色(表 1-3),对不了解摩托车电路的新手维修时只要照着做就可以了。因此为了方便用户,便于维修,目前摩托车电路图都采用这种画法。但由于电器元件在摩托车上是空间布置,要画成平面图,其线束配置十分复杂,纵横交错,了解电路原理十分不便。

导线颜色的英文缩写及英文

表 1-3

颜 色	英文缩写	英 文	颜 色	英文缩写	英 文
天蓝	Sb	Sky blue	粉红	P	Pink
深绿	Dg	Dark green	赭	Ch	Chocolate
褐	Br	Brown	白	W	White
浅绿	LG	Light Green	蓝	B	Blue
绿/黄	G/Y	Green/Yellow	橙	O	Orange
褐/白	Br/W	Brown/White	浅蓝	LB	Light Blue
黄/红	Y/R	Yellow/Red	黄	Y	Yellow
浅绿/红	LG/R	Light Green/Red	灰	Gr	Grey
蓝/红	B/R	Blue/Red	黑	BK	Black
黑/白	BK/W	Black/White	绿	G	Green
红/白	R/W	Red/White	红	R	Red
黑管	BK.tube	Black tube			

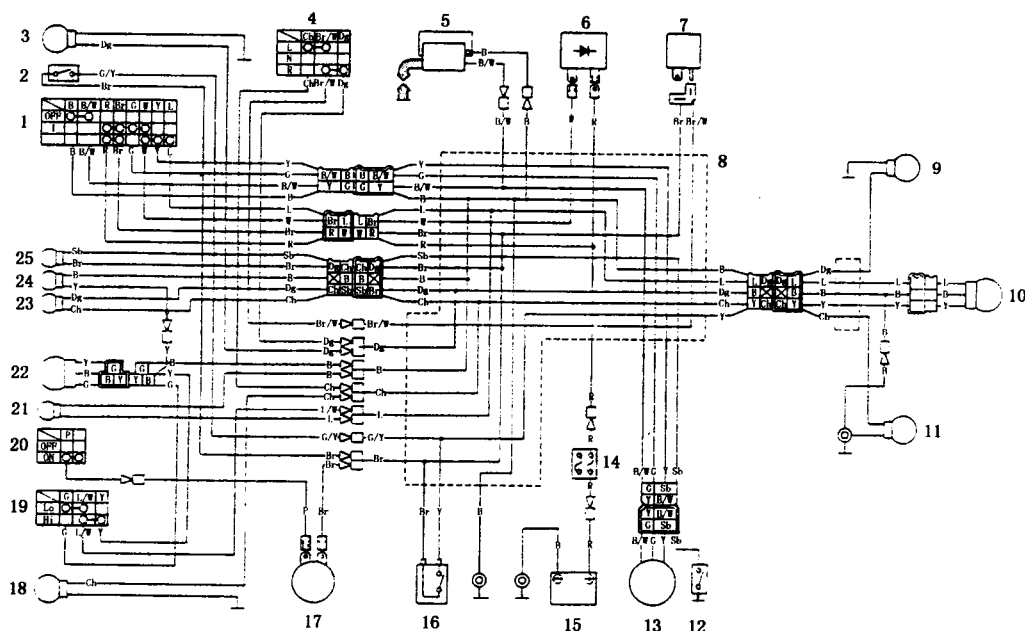


图 1-4 雅马哈 3X2、DX100 摩托车电路图

1-点火开关; 2-前制动开关; 3-右前转向灯 4-转向开关 5-点火线圈; 6-整流器 7-闪光继电器; 8-电缆 9-右后转向灯; 10-尾灯; 11-左后转向灯; 12-空档开关; 13-磁电机 14-熔断器; 15-蓄电池; 16-后制动开关; 17-喇叭; 18-左前转向灯 19-变光开关; 20-喇叭按钮; 21-会车小灯; 22-前大灯; 23-转向指示灯; 24-远光指示灯; 25-空档指示灯

电气元件接线图，是把各系统电器元件按实物的形状绘制，放在一块再用导线连接成一体。这种图对了解电气系统的结构十分方便，但绘制困难，如图 1-1 所示。

第三节 电的基本知识

物质是由原子、分子组成的，原子又是由带正电的原子核和带负电并在核外绕核不断旋转的电子组成。电子是质量为 $m = 9.1095 \times 10^{-31} \text{kg}$ 带负电的粒子。原子核中有质子和中子，质子带正电，质量为 $1.6726 \times 10^{-27} \text{kg}$ ，中子是质量为 $m = 1.6749 \times 10^{-27} \text{kg}$ 的不带电的粒子。一个质子与一个电子所带的电量相等，符号相反。质子和电子这两类基本电荷是物质内部固有的，这正是各种物体带电过程的内在原因。在正常情况下，物体中任何一部分所包含的电子总数和质子总数相等，对外不表现电性，如果在一定的外界条件下，物体或其中的一部分，得到或失去一定数量的电子，使物质内部的电子总数与质子总数不等，物体就带正电或带负电。

如果在物体中迫使大量电子向同一个方向移动，我们把这种电子的流动叫做电流。蓄电池和发电机的作用就是促使电流向同一个方向流动的元件。移动的电子越多，产生的电流越强。

一、导体和电流

容易传导电荷的物体称为导体。在导体中含有大量的自由电荷，金属中的自由电荷就是自由电子，例如金、银、铜等金属中含有大量自由电子，它们就是导体。另一类导体，例如蓄电池中的电解液，其自由电荷是溶解于电解液中的氢粒子、硫酸根粒子和铅粒子。

在金属导体中电流是自由电子的定向运动形成的，在电解液中电流是正、负粒子的定向运动形成的。导体中产生电流的条件有两个：①导体中存在可以移动的电荷；②在导体的两端存在电势差（超导体例外）。负电荷运动引起的电流与等量正电荷沿反方向运动引起的电流是等效的（霍尔效应例外）。习惯上把正电荷的运动方向规定为电流方向。

二、绝缘体

不容易传导电荷的物体称为绝缘体。在绝缘体中自由电荷极少，大部分电荷只能在原子或分子的范围作微小移动，因而导电性能很差。

三、半导体

导电性能介于导体和绝缘体之间的物质称为半导体，如锗、硅、硒等。半导体有两个显著特点：

(1) 杂质对材料的导电性能影响很大。例如硅中若掺入亿分之一的硼，其电阻率就会下降到原来的千分之一。而且所掺杂质种类的不同，其导电类型也不同。例如在纯净的硅中掺入微量的五价元素磷或砷等，就成为主要靠电子导电的电子半导体（N 型半导体），而在硅中掺入微量的三价元素铟或硼等，就成为主要靠空穴导电的空穴半导体（P 型半导体）。

(2) 半导体的电阻率受外界条件的影响很大，当湿度升高或受光的照射时，都可使电阻率下降。有些半导体在电场或磁场的作用下，电阻率也会发生改变。

四、电流强度的测量

电子的流动量（或电流强度）是用安培数（A）来度量的。起动机驱动发动机转动蓄电池要放出 50~100A 的电流。摩托车前大灯需要 5A 或更大的电流。1A 的电流就是每秒钟通过大约 6.28×10^{18} 个电子的电流。

电路中电流强度用电流表来测量。

五、电 流 表

有些摩托车的仪表盘上都装有这种电流表，它的作用是告诉驾驶者：发电机是否在给蓄电池充电。有些摩托车使用充电指示灯或电压表来代替电流表。充电指示灯不亮表示充电正常；电压表显示的是蓄电池的充电状况，电流表则显示有多少电流流进或流出蓄电池。

电流表串联在发电机与蓄电池之间。当蓄电池在充电时，电流表指针向一个方向偏转，蓄电池放电时则电流表指针向反方向偏转。

六、电 压

蓄电池或发电机上有金属接线柱，两接线柱上的电子密度的差别用电压来度量，单位为伏特（V）。当一个电极上有大量剩余电子而另一电极上又严重缺少电子时，这两极处于高电压。如果用导线连接此两极，由于电子总是试图平衡，它们总是试图从电子多的地方运动到电子较少的地方，所以在导线中就会出现电子流。两极上的电子数量差别越大，则电压越高。

高压就是有高的伏特（V）数，低压就只是低的伏特数。摩托车蓄电池两电极之间的电压为 6V 或 12V，属于低电压。火花塞两极间的瞬间电压能达到 30 000V 或更高，属于高电压；但是远不及高压输电线两极间的电压，远距离输电线可达数百千伏。

七、电 阻

电阻是表示导体对电流的阻碍程度的物理量，导体的电阻由导体的材料、几何形状及尺寸、温度等条件决定。

导体对电流的阻碍作用很小，绝缘体则对电流的阻碍作用很大。同样的材料越长截面积越小，电阻越大。

八、欧 姆 定 律

1827 年德国科学家欧姆由实验总结出：当导体的温度不变时，导体中的电流强度 I 与导线两端的电压 U 成正比与该导体的电阻 R 成反比

$$I = U/R$$

当电压升高，它能推动更多的电子流过导体。当电压一定，电阻增大则电流减小。这种关系在摩托车电路中十分重要。例如，当导线的连接装置损坏后，连接装置上的电阻增加，引起电流减小（蓄电池电压保持不变），也许会造成电流过小而不能起动发动机。

九、交流电和直流电

大多数由人工产生和使用的电流是交流电（AC）。交流电的电流方向不断变化，在导体

中先向一个方向流动，接着又向相反方向流动。家庭用的电是交流电，每秒钟改变方向 50 次。称为频率为 50 赫兹 (Hz) 的交流电。

直流电的电流总是向一个方向流动。摩托车上的电器很多是使用直流电，如蓄电池和信号系统等。

十、磁 场

有些物质能吸引铁、钴等金属物质，这一性质称为磁性。它们之间的作用力叫做磁力。在磁性物质的周围，存在着一个能吸引铁、钴等金属的区域，这个区域叫做磁场。磁场是看不见的，但在磁铁上面放一块玻璃或硬纸片，均匀地撒上一层铁粉，稍加振动就会发现铁粉在玻璃或硬纸片上有规律排列成如图 1-5 的形状。为了直观地描述磁场的分布，想象在磁场中按铁粉的分布画出一系列曲线，我们称这些曲线为磁力线。磁力线稠密的地方，磁场作用强；磁力线稀的地方，磁场作用弱，我们把磁性最强的两端叫磁铁的磁极。

如果把一条形磁铁悬在空中，它的两极会分别指向地球的南极和北极，指南极的磁极称为南极，用 S 表示；指向北极的磁极称为北极，用 N 表示。通常规定磁力线的方向是从 N 极指向 S 极，如图 1-6 所示。在磁场中某一面积中通过磁力线的条数，叫做这个面的磁通量，简称磁通。

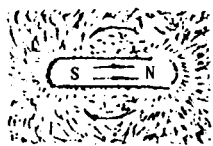


图 1-5 铁粉的排列形状

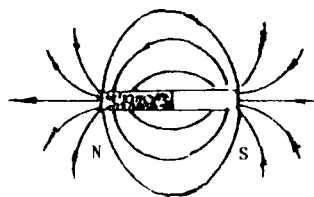


图 1-6 磁铁的磁力线

磁场不仅存在于磁铁的周围，而且载流导体的周围也存在磁场。载流导体产生的磁场的磁力线是许多以导体为中心的同心圆（图 1-7），磁力线的方向由右手定则判定。载流线圈产生的磁场如同一块磁铁一样，如图 1-8 所示，方向由右手螺旋定则判定。载流线圈产生的磁场强度与通过线圈的电流成正比。如果在线圈中放一软铁，产生的磁场会进一步加强。发电机线圈、点火线圈都是绕在铁芯上，以加强产生的磁场。

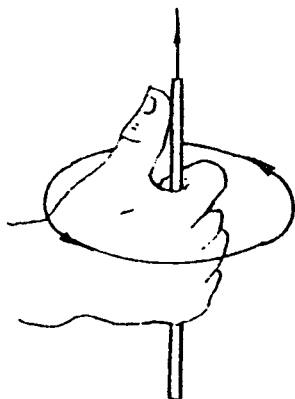


图 1-7 载流直线导体产生的磁场

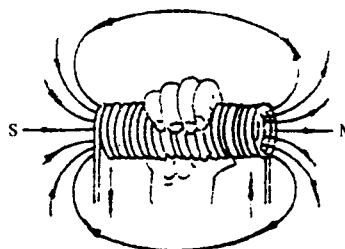


图 1-8 载流线圈产生的磁场

由上述可知：磁体有两种型式，即永磁体和电磁体，永磁体是由铁或其他金属制成；电力产生的磁体称为电磁铁。永磁体和电磁体所起的作用是一样的，它们都能吸引铁质物体。磁有两个重要性质：即磁能够产生电；电能够产生磁。

第四节 有关的电子元件

一、二 极 管

二极管是一种只允许电流朝一个方向流动的电器装置，收音机、电视机等家用电器及摩托车上的一些电子元件中都装有二极管。摩托车交流发电机发出的交流电要变成直流电，须在电路中装二极管整流器。

晶体二极管的管芯就是一个 PN 结，在两晶体上分别加上电极引线，用外壳封装后就制成了半导体二极管。

晶体二极管的类型很多，其符号如图 1-9c) 所示。从结构上看有点接触型二极管和面接触型二极管两种，如图 1-9a)、b) 所示。点接触二极管一般为锗管，它的 PN 结结面积很小，结电容也小，因此不能通过较大的电流，但其高频性能很好。所以点接触二极管多用于高频检波、变频和开关电路中。比如 CDI 的触发电路中的二极管。目前使用的 2AP 系列二极管就属于这一类。面接触二极管一般为硅管，它的 PN 结结面积很大，结电容也大，因此可以通过较大的电流，但其工作频率低，一般用于整流。目前使用的 2CP 系列和 2CZ 系列二极管就属于这一类。

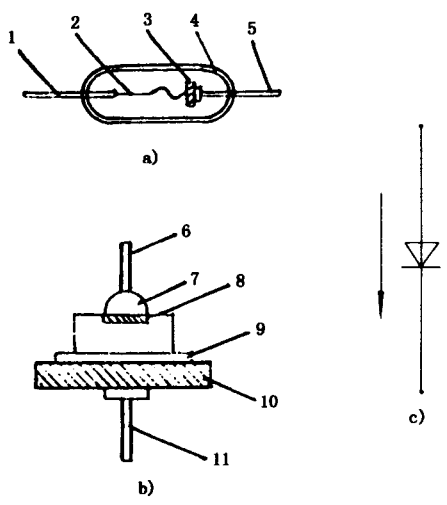


图 1-9 晶体二极管

a)点接触型;b)面接触型;c)晶体二极管的符号
1、6-阳极引线; 2-金属触丝; 3-N 型锗片; 4-外壳; 5、11-阴极引线; 7-铝合金小球; 8-PN 结; 9-金锑合金; 10-底座

在使用二极管时还应了解二极管的一些主要参数:

1. 最大整流电流 I_{OM}

最大整流电流是指二极管长时间连续工作时，允许通过二极管的最大平均电流，其大小由 PN 结的面积和散热条件决定，使用时应注意通过二极管的平均电流不能大于这个数值，并满足散热条件，否则将导致二极管损坏。

2. 最高反向工作电压 U_{BM}

它是保证二极管不被击穿而给出的最高反向电压，一般是反向击穿电压的一半。使用二极管时，加在二极管上的最高反向电压不应超过 U_{BM} 。

3. 最大反向电流 I_{EM}

它是指二极管在最高反向工作电压时的反向电流值。反向电流大，说明二极管的单向导电性能差，并且受温度影响大。硅管的反向电流小，一般在几十微安以下，锗管的反向电流较大，为硅管的几十到几百倍。

二极管在摩托车上的应用愈来愈多，现在主要用在整流、保护电路、限幅等方面。

二、稳压二极管

稳压二极管简称稳压管，是一种用特殊工艺制造的面接触型硅半导体二极管，其代表符号如图 1-10a) 所示。这种管子的杂质浓度比较大，空间电荷区内的电荷密度也大，因而该区域很窄，容易形成强电场。当反向电压加大到一定值时，其共价键受到破坏，电子分离出来造成空穴对，使反向电流急增产生反向齐纳击穿，如图 1-10b) 伏安特性所示。图中的 U_2 表示反向击穿电压，即稳压管的稳定电压。一旦反向击穿后电压增大一个很小值 ΔU_2 ，则电流的增量 ΔI_2 确很大。曲线愈陡，动态电阻 $r_2 = \Delta U_2 / \Delta I_2$ 愈小，稳压管的稳压性能愈好。一般地说， U_2 为 8V 左右的稳压管的动态电阻较小，低于这个电压的稳压管， r_2 随齐纳电压的下降迅速增加，因而低压稳压管的稳压性能较差。稳压管的稳定电压最低为 3V，高的稳压管可达 300V，它的正向电压降约为 0.6V。

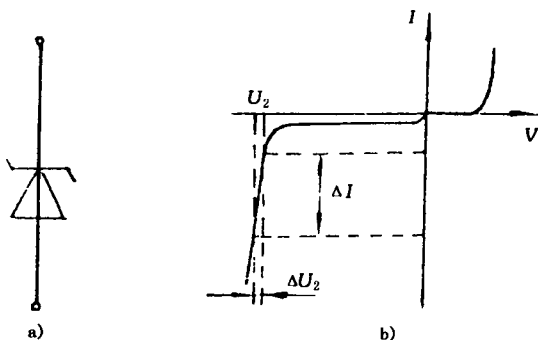


图 1-10 稳压二极管

a) 稳压二极管的符号；b) 稳压二极管的伏安特性

三、三极管

1. 三极管的分类

三极管又称为晶体管，它的种类很多。按频率分：有高频管和低频管；按功率分：有小、中、大功率管；按半导体材料分：有硅管和锗管等。但是从它的外形看三极管都有三个电极。常见的三极管外形如图 1-11 所示。

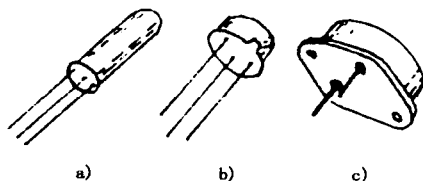


图 1-11 三极管的外形

a) 3X22; b) 3DG6; c) 3AD6

根据结构不同，三极管又可分为 NPN 型和 PNP 型两类：

NPN 型三极管在电路中用图 1-12c) 表示。

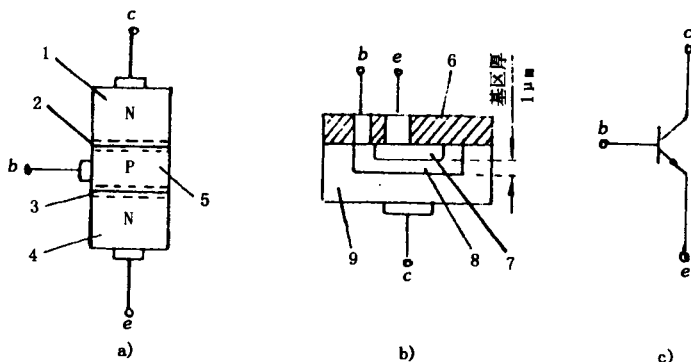


图 1-12 NPN 型三极管

a) 结构示意图；b) 结构图；c) 三极管符号

1-集电区；2-集电结；3-发射结；4-发射区；5-基区；6-二氧化硅保护膜；7-N 型硅；8-P 型硅；9-N 型硅

PNP 型三极管也是由三层半导体制成，如图 1-13a) 所示。与 NPN 型三极管所不同的是 N 型半导体的两边是 P 型半导体

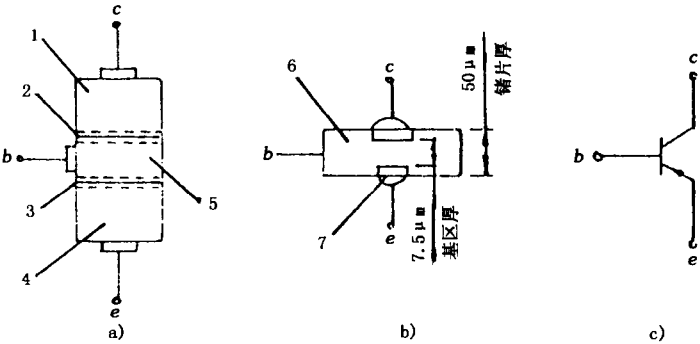


图 1-13 PNP 型三极管

a) 结构示意图；b) 结构图；c) 三极管符号

1-集电区；2-集电结；3-发射结；4-发射区；5-基区；6-N 型锗；7-钢球

目前我国生产的硅管多为 NPN 型，锗管多为 PNP 型。

2. 晶体管电流分配

根据克希荷夫电流定律，发射极电流 I_E 、集电极电流 I_C 和基极电流 I_B 之间的关系为

$$I_E = I_C + I_B$$

上式表明晶体管的发射极电流分成集电极电流和基极电流两部分。只要发射区进入基区的自由电子向集电极的扩散运动超过在基区跟空穴的复合运动，集电极电流就大于基极电流。基区很薄，且掺杂很少，目的就是减小自由电子在基区扩散过程中与空穴的复合机会，使集电极电流要比基极电流大得多，而且两者存在一定的比例关系

$$\beta = I_C / I_B$$

β 称为晶体管的直流放大系数。通常集电极电流大概是在发射极电流的 90% ~ 99% 的范围内，例如若 I_C 占 I_E 的 98%，则 I_B 占 I_E 的 2%： $\beta = I_C / I_B = 0.98 / 0.02 = 49$ 。即该晶体管的直流放大系数为 49。如果 I_B 变化， I_C 将随着变化 β 倍。起到了电流放大作用。

需要指出的是：晶体管的直流放大系数 β 是由晶体管的制造工艺和结构决定的，由于制造过程的差异，管子具有较大的分散性。

四、晶 闸 管

晶闸管（原称可控硅 SCR）（图 1-14），是普通晶闸管、双向晶闸管和可关断晶闸管等半导体器件的总称。由于普通晶闸管被广泛地使用在摩托车电系等各个领域，因此通常称普通晶闸管为晶闸管（可控硅 SCR）。

晶闸管是一种具有三个 PN 结的四层（P、N、P、N）半导体器件，如图 1-14a) 所示。最外的 P 层和 N 层分别引出一个电极，P 层半导体引出阳极 A，N 层半导体引出阴极 K，中间的 P 层半导体引出控制极 G。其在电路中的表示符号如图 1-14b)。

1. 晶闸管的结构

晶闸管的内部结构如图 1-15 所示，管芯外部封装后即制成晶闸管元件。按封装形式的不同，其外部形状有螺栓型、半圆柱型和平板型。通过电流在 1A 以下的小容量晶闸管不用

散热片，一般制成半圆柱型；容量在 1A~10A 的晶闸管需要用散热片散热，一般制成平板型。平板型又有不同的形状，如圆形、方形等。摩托车上一般使用平板型，如图 1-16b) 所示。容量大于 10A 的晶闸管制成螺栓型。

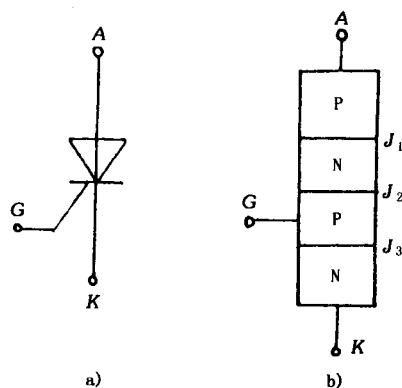


图 1-14 晶闸管
a) 晶闸管的引出板；b) 符号

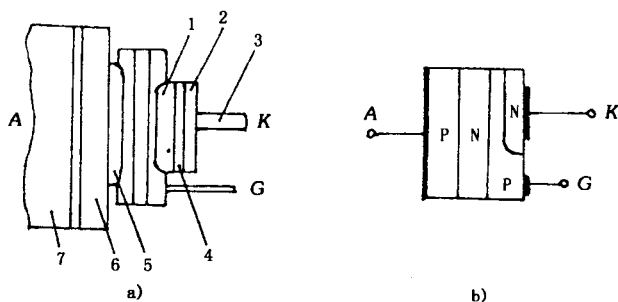


图 1-15 晶闸管的结构图
a) 扩散-合金法制成的 SCR 结构；b) 扩散法制成的 SCR
1-金铈；2-钼；3-银丝；4-焊锡；5-铝；6-钼；7-铜螺栓

晶闸管在电路中阳极 A 和阴极 K 与电源和负载联接，组成晶闸管的主电路，如图 1-17 所示。

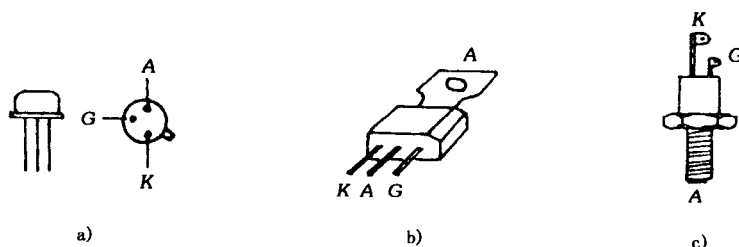


图 1-16 晶闸管的形式
a) 半圆柱型；b) 平板型；c) 螺栓型

2. 晶闸管的工作原理

为了说明晶闸管的工作原理，我们把晶闸管看成是由一个 PNP 型和一个 NPN 型晶体管组合而成，每个晶体管的基极与另一个晶体管的集电极相连，如图 1-18 所示。阳极 A 相当于 PNP 型晶体管 BG_1 的发射集，阴极 K 相当于 NPN 型晶体管 BG_2 的发射集。

如果在晶闸管阳极加正向电压，控制极也加正向电压，那么晶体管 BG_2 处于正向偏置， BG_1 产生的控制极电流 I_G 就是 BG_2 的基极电流 I_{B2} ，经 BG_2 放大后形成 BG_2 的集电极电流 $I_{C2} = \beta_2 I_G$ 。而 I_{C2} 又是晶体管 BG_1 的基极电流 I_{B1} ，经 BG_1 放大后形成 BG_1 的集电极电流 $I_{C1} = \beta_1 I_{C2} = \beta_1 \beta_2 I_G$ ($\beta_1 \beta_2$ 分别是 BG_1 和 BG_2 的电流放大系数)。此电流又流入 BG_2 的基极，再一次放大。这样循环下去形成了强烈的正反馈，使两个晶体管很快达到饱和导通。这一过程非常迅速，一般只要几微秒。这就是晶闸管的导通过程。导通后其压降很小。电源电压几乎全部加在负载上。

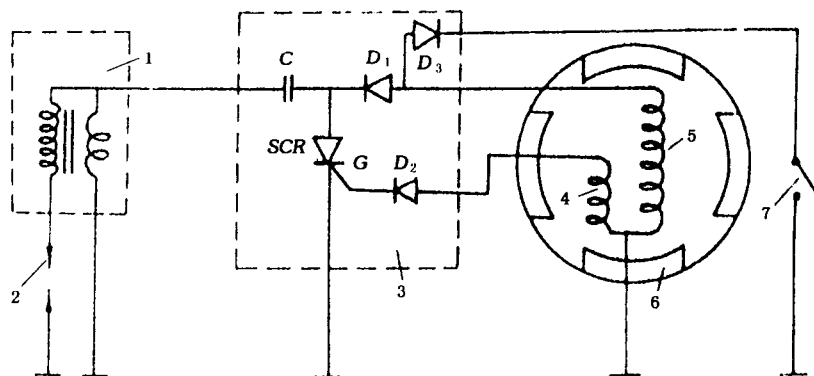


图 1-17 晶闸管在电路中的联接

1-点火线圈；2-火花塞；3-CDI 点火器；4-触发线圈；5-充电电源圈线；6-磁电机转子；7-点火开关

此外，在晶闸管导通之后，它的导通状态完全依靠管子本身的正反馈作用来维持，即使控制极电流消失，晶闸管仍然处于导通状态。所以控制极的作用仅仅只是触发晶闸管使其导通，导通后控制极就失去作用。要想关断晶闸管，必须将阳极电流减小到使之不能维持正反馈过程。当然也可以将阳极电源断开或在晶闸管的阳、阴极之间加反向电压。

综上所述，晶闸管是一个可控制的单向导电开关，它与具有一个 PN 结的二极管相比，其差别在于晶闸管正向导电受控制极电流的控制。与具有两个 PN 结的三极管相比，其差别在于晶闸管对控制极电流没有放大作用。

控制极 G 不加电压，当阳极 A 和阴极 K 之间加正向电压时，PN 结 J_1 、 J_3 正向偏置而 J_2 反向偏置，可控硅不导通（称为阻断），当 AK 之间加反向电压时， J_1 、 J_3 反向偏置， J_2 正向偏置，可控硅也阻断。

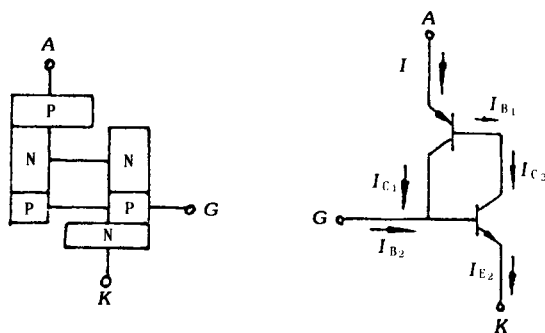


图 1-18 晶闸管的工作原理

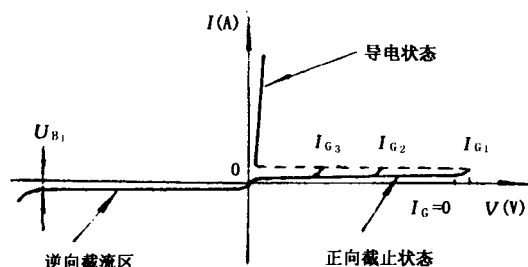


图 1-19 晶闸管的伏安特性

当阳极和阴极间加反向电压，由于 J_1 、 J_3 都处于反向偏置，此时，无论控制极是否有触发电压，可控硅均不能导通。

3. 晶闸管的伏安特性

晶闸管的导通和截止这两个工作状态是由阳极电压 U_A 、阳极电流 I_A 及控制极电流 I_G 所决定，而这几个量又是互相联系的。它们之间的关系如图 1-19 所示。

由图中可以看出：在阳极和阴极之间