

# 国内外流行汽车电路原理及维修图集

(第二集)



电子工业出版社

# 国内外流行汽车电路

原理及维修图集

第二集

本书编写组 编

电子工业出版社

## 内 容 提 要

《国内外流行汽车电路原理及维修图集》全书共分四集。第一集,较详细地介绍了国产汽车电器设备的构造、原理与维修并给出了在国内使用最多的北京牌、上海牌、伏尔加牌、五十铃、皇冠牌轿车等汽车电路图27种。第二集,较详细地介绍了日本汽车电器设备的构造、原理与维修和东风牌、红岩牌、伏尔加牌86型、马自达牌等汽车电路图21种。第三集,主要是微型车专集。第一部分较详细地介绍了铃木微型车电器设备的维修和40种微型汽车及其它汽车电路图。第四集,比较详细地介绍了苏联产和西德产汽车电器设备的构造、原理与维修和苏联、东欧等国生产的36种汽车电路图。本书除具有图文并茂、汽车品种较齐的特点外,还具有资料全新、内容充实实用等特点。对从事汽车制造、汽车电器设备生产、汽车使用与维修的管理人员、工程技术人员、教学人员,尤其是汽车电工具有很大的实用价值。

### 国内外流行汽车电路原理及维修图集

#### (第二集)

本书编写组

责任编辑: 焦桐顺

电子工业出版社出版 (北京海淀区万寿路)  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
北京市大中印刷厂印刷

米

开本: 787×1092毫米 1/8 印张: 26 字数: 156千字  
1988年4月第一版 1988年4月第一次印刷  
印数: 1—20200册 定价: 8.50元  
统一书号: ISBN 7-5053-0208-6/TN·50

## 前

## 言

汽车是一种现代化的交通工具，而且越来越得到普及发展。因为它不仅是一种灵活机动的运输工具，运输各种物资和人员，给工作、生产、生活带来方便，而且还能给人们赢得宝贵的时间。因此，汽车今后也必将更快地进入到千家万户，成为人们生产、工作、学习、生活的得力工具。当汽车出现故障后，有38%左右发生在电路部分，尤其是进口车在没有资料和电路图的情况下，即使是很简单的故障，处理起来也很困难。为了满足广大汽车维修人员、教学人员和生产、使用人员的需要，特编写了《国内外流行汽车电路原理及维修图集》这套书。

这套书较详细地介绍了国产、日本、苏联和西德等国汽车电器设备的构造、原理和维修。另外还广泛收集了北京牌、上海牌、解放牌、奔驰牌、五十铃、马自达牌、皇冠牌、三菱牌、尼桑牌、铃木牌、伏尔加牌、拉达牌、菲亚特牌等汽车电路图一百余种。

本书内容丰富、图文并茂、通俗易懂、资料新、车种较齐全、切合实用。

由于编写时间仓促，再加上水平有限，书中的内容如有不足之处，请广大读者批评指正。

本书在编写过程中参阅了大量有关资料并得到有关人员的大力支持，特在此表示衷心的感谢。

## 第一部分 日本汽车电器设备的种类、原理与维修

## 一、电源设备

|         |    |
|---------|----|
| (一) 蓄电池 | 1  |
| (二) 发电机 | 5  |
| (三) 调节器 | 11 |

## 二、启动设备

|         |    |
|---------|----|
| (一) 起动机 | 13 |
|---------|----|

## 三、点火设备

|                    |    |
|--------------------|----|
| (一) 点火线圈           | 18 |
| (二) 分电器            | 20 |
| (三) 火花塞            | 23 |
| (四) 高压线            | 25 |
| (五) 普通点火装置和晶体管点火装置 | 25 |
| (六) 预热装置           | 28 |

## 四、灯光设备和全车电路

|                  |    |
|------------------|----|
| (一) 汽车灯光         | 29 |
| (二) 汽车电器的配线      | 30 |
| (三) 汽车灯光电路的检查与调整 | 30 |

## 五、汽车仪表和辅助装置

|                         |    |
|-------------------------|----|
| (一) 车速表                 | 36 |
| (二) 燃油表的检查和调整           | 37 |
| (三) 水温表的检查和调整           | 37 |
| (四) 油压表的检查和调整           | 37 |
| (五) 电流表的检查和调整           | 37 |
| (六) 转速表的检查              | 37 |
| (七) 警告装置和各类警告灯的维修       | 37 |
| (八) 开关和仪表上的字母说明         | 39 |
| (九) 仪表上的警告灯和监视灯符号说明     | 40 |
| (十) 组合仪表的检查和维修          | 41 |
| (十一) 喇叭的检查和调整           | 43 |
| (十二) 雨刮器的检查             | 45 |
| (十三) 车速表和雨刮器的故障现象及其排除方法 | 45 |

## 六、暖气装置和空调器

|          |    |
|----------|----|
| (一) 暖气装置 | 46 |
|----------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| (二) 空气调节器        | 50 |
| 七、汽车电器基本元器件      |    |
| (一) 汽车电线         | 77 |
| (二) 熔断器          | 77 |
| (三) 熔线           | 78 |
| (四) 连接器(连接插头和插座) | 78 |
| (五) 开关           | 79 |
| (六) 继电器          | 81 |

## 第二部分 汽车电路图

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 图 2-1 北京 BJ 130 汽油车电路图            | 83  |
| 图 2-2 北京 BJ 130 柴油车电路图            | 84  |
| 图 2-3 东风牌 EQ 140 汽车电路图            | 85  |
| 图 2-4 东风牌 EQ 140 汽车电路接线图          | 86  |
| 图 2-5 东风牌 EQ 140 汽车车架电线束总成图       | 87  |
| 图 2-6 东风牌 EQ 140 汽车电源、点火、起动车线束总成图 | 88  |
| 图 2-7 东风牌 EQ 140 汽车仪表、信号、灯光电线束总成图 | 89  |
| 图 2-8 东风牌 EQ 240 全车电路图            | 90  |
| 图 2-9 东风牌 EQ 240 电器设备电路图          | 91  |
| 图 2-10 东风牌 EQ 240 主电线束总成图         | 92  |
| 图 2-11 东风牌 EQ 240 副电线束总成图         | 93  |
| 图 2-12 东风牌 EQ 245 电器设备电路图         | 94  |
| 图 2-13 东风牌 EQ 245 驾驶室电线束总成图       | 95  |
| 图 2-14 东风牌 EQ 245 车架电线束总成图        | 96  |
| 图 2-15 红岩牌 CQ 261 型全车电路图          | 97  |
| 图 2-16 G C H 型全车电路图               | 98  |
| 图 2-17 G B C 型全车电路图               | 99  |
| 图 2-18 嘎斯 51 型汽车全车电路图             | 100 |
| 图 2-19 嘎斯 51 型汽车电路图               | 101 |
| 图 2-20 嘎斯 51 型汽车电线束总成分布图          | 102 |
| 图 2-21 嘎斯 51 型汽车电线束总成图            | 103 |
| 图 2-22 伏尔伏 86 型汽车电路图              | 104 |
| 图 2-23 吉尔 130 型汽车电路图              | 105 |
| 图 2-24 A 奔驰 2026 汽车全车电路图          | 106 |
| 图 2-24 B 奔驰 2026 汽车全车电路图          | 108 |
| 图 2-24 C 奔驰 2026 汽车全车电路图          | 110 |
| 图 2-25 奔驰牌 220 S 型汽车电路图           | 111 |
| 图 2-26 奔驰牌 L / A 型汽车电路图           | 112 |
| 图 2-27 耶尔奇 315 MD 3 型汽车电路图        | 113 |

|         |                                                               |     |
|---------|---------------------------------------------------------------|-----|
| 图 2—28  | 罗曼 R10、215F、R12·215D F、R19·215D F 汽车电路图                       | 114 |
| 图 2—29  | 马自达牌 929 型汽车电路图                                               | 115 |
| 图 2—30  | 马自达牌 929 型汽车充电、起动系统电路图                                        | 116 |
| 图 2—31  | 马自达牌 929 型汽车充电、起动系统布线图                                        | 117 |
| 图 2—32  | 马自达牌 929 型汽车点火系统、通风孔和冷却风扇、燃油泵电路图                              | 118 |
| 图 2—33  | 马自达牌 929 型汽车冷却风扇系统、燃油泵电路布线图                                   | 119 |
| 图 2—34  | 马自达牌 929 型汽车仪表和警告灯电路图                                         | 120 |
| 图 2—35  | 马自达牌 929 型汽车仪表和警告灯电路布线图                                       | 121 |
| 图 2—36  | 马自达牌 929 型汽车雨刮器和洗涤剂电路                                         | 122 |
| 图 2—37  | 马自达牌 929 型汽车雨刮器和洗涤剂电路布线图                                      | 123 |
| 图 2—38  | 马自达牌 929 型汽车前灯、照明灯、侧前灯、尾灯、牌照灯、置物箱灯电路图                         | 124 |
| 图 2—39  | 马自达牌 929 型汽车前灯、照明灯、侧前灯、尾灯、牌照灯、置物箱灯电路布线图                       | 125 |
| 图 2—40  | 马自达牌 929 型汽车转向和危险闪光灯、倒车灯、喇叭电路图                                | 126 |
| 图 2—41  | 马自达牌 929 型汽车转向和危险闪光灯、倒车灯、喇叭电路布线图                              | 127 |
| 图 2—42  | 马自达牌 929 型汽车空气调节器、后车窗除霜器电路图                                   | 128 |
| 图 2—43  | 马自达牌 929 型汽车空气调节器、后车窗除霜器电路布线图                                 | 129 |
| 图 2—44  | 马自达牌 929 型汽车遥控行李箱盖和遥控加油箱盖释放系统、自动时钟、香烟点电机电路图                   | 130 |
| 图 2—45  | 马自达牌 929 型汽车遥控行李箱盖和遥控加油箱盖释放系统、自动时钟、香烟点电机电路布线图                 | 131 |
| 图 2—46  | 马自达牌 929 型汽车声警告系统、点火开关缸筒灯、车门锁缸筒灯、脚踏板照明灯、车内灯和聚光灯、后部个人灯、行李箱灯电路图 | 132 |
| 图 2—47  | 马自达牌 929 型汽车声警告系统、点火开关缸筒灯、车门锁缸筒灯、脚踏板照明灯、车内灯和聚光灯、后部个人灯、行李箱灯电路  | 133 |
| 图 2—48  | 马自达牌 929 型汽车电动车窗、电动车门锁电路图                                     | 134 |
| 图 2—49  | 马自达牌 929 型汽车电动车窗、电动车门锁电路布线图                                   | 135 |
| 图 2—50  | 马自达牌 929 型汽车警告读出装置电路图                                         | 136 |
| 图 2—51  | 马自达牌 929 型汽车警告读出装置电路布线图                                       | 137 |
| 图 2—52  | 马自达牌 929 型汽车音响系统电路图                                           | 138 |
| 图 2—53  | 马自达牌 929 型汽车音响系统接线图                                           | 139 |
| 图 2—54  | 马自达牌 929 型汽车各种接头和开关图                                          | 140 |
| 图 2—55  | 马自达牌 929 型汽车接线箱电路图                                            | 141 |
| 图 2—56  | 马自达牌 929 型汽车琴键开关接线图                                           | 142 |
| 图 2—57  | 马自达牌 929 型汽车组合仪表接线图                                           | 143 |
| 图 2—58  | 马自达牌 929 型汽车中央处理装置接线图                                         | 144 |
| 图 2—59A | 丰田汽车 (H I A C E) YH5、LH5 系列电路图                                | 145 |
| 图 2—59B | 丰田汽车 (H I A C E) YH5、LH5 系列电路图                                | 146 |
| 图 2—59C | 丰田汽车 (H I A C E) YH5、LH5 系列电路图                                | 147 |
| 图 2—59D | 丰田汽车 (H I A C E) YH5、LH5 系列电路图                                | 148 |

图 2—60 丰田汽车 (D Y N A) R U20、30、B U20、30、J U20 和 H U30 系列电路图

图 2—61 丰田汽车 (C O A S T E R) R B10、11 和 B B10 系列电路图

# 第一部分 日本汽车电器设备的种类、原理和维修

## 一、电源设备

### (一) 蓄电池

#### 1. 蓄电池的结构和性能

蓄电池是汽车的起动电源，在起动发动机时，除了供给起动机很大的电流外，还要向点火电路、照明电路等供电。在发动机不工作或发动机的转速很低时，汽车上的所有用电设备都要由蓄电池来供电。因此，蓄电池的技术性能如何，对保证汽车的机动性和可靠性有着很大的影响。

汽车蓄电池是一种把电能变成化学能储存起来，再把化学能变为电能供用电设备使用的电源。汽车蓄电池都能反复多次进行充电和放电，因此，它属于再生式电池。其结构见图1—1。

#### (1) 蓄电池的充放电过程

蓄电池的充电过程如图1—2所示；  
蓄电池的放电过程如图1—3所示。

#### (2) 蓄电池的充放电特性

蓄电池在放电过程中，端电压随放电时间的增长逐渐降低，如图1—4所示。汽车蓄电池为酸性铅蓄电池，它的放电终止电压大约为1.7伏（每一个单格），即当蓄电池的单格端电压放电到1.7伏时，说明蓄电池放电完毕。如果此时再继续让蓄电池放电，对蓄电池危害极大。

蓄电池在充电的过程中，每个单格电压随着充电时间的增长，最后达到最高值，即每个单格大约为2.7伏，见图1—5。

当蓄电池在充电的时候，蓄电池的端电压达到2.7伏时若还继续给蓄电池充电，同样对蓄电池产生不利影响。从上述情况得出结论，在使用蓄电池时，即不能让蓄电池过量放电，又不能让蓄电池过量充电。

#### (3) 蓄电池的容量

充足电的蓄电池，以一定的电流连续放电，当蓄电池的端电压达到放电终止时的电压（单格为1.75伏），蓄电池所输出的电量，即为蓄电池的容量，单位用安培小时表示，简称安时（即A·h）。

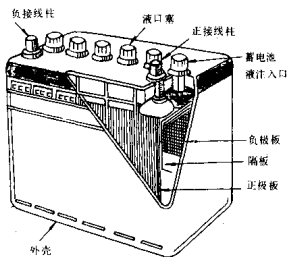


图1—1 蓄电池的构造

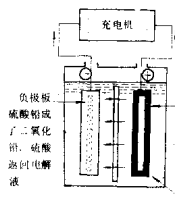


图1—2 蓄电池的充电反应

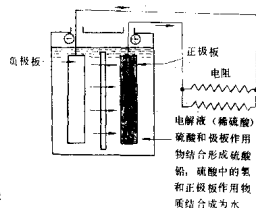


图1—3 蓄电池的放电反应

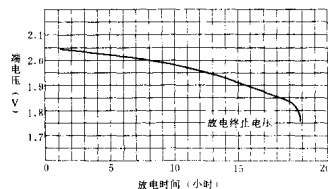


图1—4 蓄电池的放电特性

也就是说：

容量(安时) = 一定的放电电流(A) × 放电至终止的的放电时间(小时h)

一个蓄电池的容量并不是一成不变的，它与放电电流的大小、电解液温度和电解液比重有关。

蓄电池在放电时通常定为20小时（称为20小时放电率），这样根据蓄电池的容量，就可计算放电电流有多大。如100安时的蓄电池，要能放电20小时，放电电流为5安培。也就是说，要增大放电电流，则放电时间必将缩短。放电时间不同，蓄电池的容量也就不同。由于放电时间的变化而引起蓄电池容量的变化见图1—6。由电解液温度的变化而引起蓄电池容量的变化见图1—7。

#### (4) 蓄电池的自行放电

蓄电池在不使用的时候, 随着放置时间的延长, 蓄电池的存电量会减小, 这种现象叫自行放电。产生自行放电的主要原因如下:

电解液中含有杂质 (其它金属, 如铜、铁等), 这些杂质与蓄电池极板形成局部小电路, 从而使蓄电池形成自行放电回路。

蓄电池的上部脏污, 如有尘土或有水, 尘土和水是导体, 这样使蓄电池正负电极间构成放电回路而自行放电。

还有, 蓄电池中沉淀物过多使极板间短路也是造成蓄电池自行放电的一个原因。

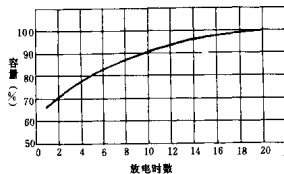


图1—6 蓄电池的容量与放电率的关系

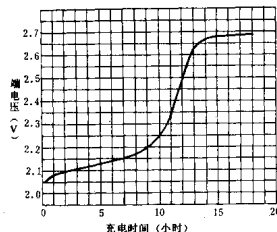


图1—5 蓄电池的充电特性

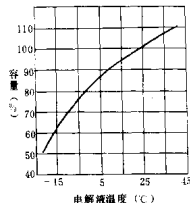


图1—7 电解液的温度与容量的关系

从使用蓄电池的角度讲, 要求蓄电池自行放电电量越小越好, 为此要特别注意上述几点。

(5) 电解液的比重和温度的关系

由于电解液的比重是随温度而变化的, 如果不换算成标准温度 (20°C) 的状态就不能够得出正确的判断结果, 换算可按下进行:

$$S_{20} = S_t + 0.0007 (t - 20)$$

式中  $S_{20}$ —换算成在20°C状态下的比重;

$t$ —实际测量时电解液的温度 (°C);

$S_t$ —实际测量时电解液的比重;

0.0007—每变化1°C时的系数。

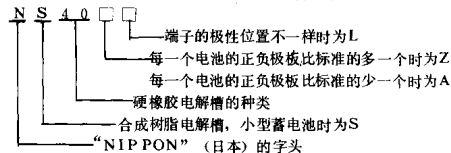
#### 2. 蓄电池的型号

蓄电池的形号, 根据日本汽车技术会规定 (JASO), 各蓄电池制造厂生产的型号都按统一的规定, 见图1—8。

#### 3. 蓄电池的检查和调整

(1) 蓄电池的外观检查

- 1) 检查外壳有无裂缝、破损、漏电解液。
- 2) 检查蓄电池安装架的夹紧状态、腐蚀情况。
- 3) 检查接线柱是否锈蚀、连接导线有无破损。
- 4) 检查蓄电池的表面是否脏污、通气孔是否畅通等。



型号

N 40 40 A · h (4块正极板)

N 40 L 40 A · h 与 N 40 的正负端接极性 (位置) 相反

N S 40 32 A · h 比 N 40、N S 40 Z 的容量小, 轻型蓄电池

N S 40 L 32 A · h 与 N S 40 的正、负端接极性 (位置) 相反

N S 40 Z 32 A · h 比 N S 40 的容量大, 是小型蓄电池

N S 40 Z L 35 A · h 与 N S 40 Z 的正、负端接极性 (位置) 相反

图1—8 蓄电池的型号

(2) 电解液液面的检查

电解液的液面高度必须符合要求。

1) 采用透明的合成树脂制成的蓄电池外壳, 液面高度用“LEV—EL”线表示, 液面应在该线附近。

2) 液面高度过低时, 应添加蒸馏水, 不允许加自来水或电解液。

3) 漏电解液时, 应注入跟原电解液同样比重的稀硫酸。

(3) 电压检查

1) 用电压表 (万用表) 测试蓄电池的端电压。

测试接线图如图1—9所示。蓄电池正常时电压表应指示2V (一个单格) 以上。

2) 用蓄电池测试仪测量蓄电池的端电压。

测试仪的电压表和电流表的接线按

图1—10所示连接到蓄电池的正极和负极接线柱上, 在5秒钟内测定蓄电池的端电压。根据其值是否在标准值以上来判断蓄电池是否良好。用高率放电计测量蓄电池的端电压更为方便。蓄电池存电较好时高率放电计应指示在1.5伏以上。各蓄电池的放电电流及其端电压的标准列于表1—1。

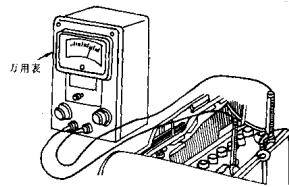


图1—9 用万用表测量蓄电池的端电压

表 1-1

蓄电池的电流与端电压

| 蓄电池的容量(Ah) | 放电电流(A) | 端电压(V) |
|------------|---------|--------|
| 100以上      | 200~300 | 10.2   |
| 50         | 120~170 | 10     |
| 30         | 100~150 | 9.5    |
| 10         | 70~100  | 9.0    |

## (4) 电解液比重的测量

1) 用比重计吸入电解液测量其比重。

比重计的读数方法如图 1-11 所示。

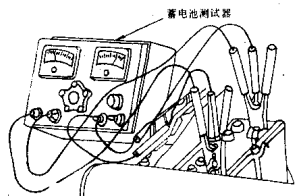


图 1-10 用蓄电池测试仪测量蓄电池的端电压

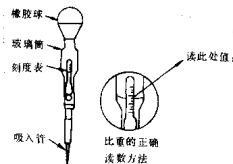


图 1-11 用比重计测量电解液比重

2) 刻度的读数应读液面的中部。

3) 蓄电池完全充足电状态条件下的电解液比重应为 1.280。(在电解液的温度为 20℃ 时。)

## (5) 电解液温度的测量

由于电解液的比重随温度而变化，当液温每升高 1℃ 时比重降低 0.0007；温度每降低 1℃ 时，比重升高 0.0007。故在非 20℃ 时所测定的比重，必须换算成标准温度 20℃ 时的值。

## (6) 蓄电池的清洁

为了防止蓄电池过多地自行放电，蓄电池的表面必须保持清洁，为此要经常清洗蓄电池。

在清洗蓄电池时应注意以下几点：

- 1) 清洗时，要一边用水或开水冲，一边用刷子刷或擦蓄电池极柱。
- 2) 由于有电解液漏出，有腐蚀情况，应仔细地擦硫酸及脏物冲洗掉。
- 3) 检查蓄电池盖的通气口，把堵塞物清除干净。
- 4) 蓄电池外壳和接线夹头也应同时冲洗干净。
- 5) 蓄电池的清洗在充电结束后进行为好。对于蓄电池表面脏污严重的蓄电池，充电前应进行一次清洗，充电结束后重新用水冲洗并擦干。

## (7) 蓄电池的使用

1) 在拆下（或安装）蓄电池连接线时，为防止蓄电池短路而大电流放电，必须先拆

下（或安装）地线。

- 2) 蓄电池的上部和有关连接导线应经常保持清洁和干燥。
- 3) 在搬运蓄电池时千万注意不要摔裂蓄电池外壳。
- 4) 检修车辆时不要把金属工具放在蓄电池上面，把蓄电池短路。
- 5) 安装蓄电池时，千万注意不要装错极性，否则会烧坏有关连接导线和电器设备。
- 6) 蓄电池的连接线与蓄电池接柱应接触可靠。
- 7) 如果汽车较长时间不用，应将蓄电池从车上拆下并放在阴凉通风的地方。

## (8) 蓄电池的充电

新蓄电池，在使用之前，应先注入电解液，当电解液温度降到 45℃ 以下时，再进行充电。蓄电池的第一次充电叫初充电。因为初充电对蓄电池的寿命和性能有很大的影响，所以必须按蓄电池说明书的要求正确地进行充放电循环。

蓄电池在使用中逐渐消耗电能，或者由于自放电的原因而减小电量，为补充蓄电池失去的电能而进行的充电叫补充充电。

## (9) 充电时的注意事项

- 1) 蓄电池在车上用充电机充电时，必须卸下蓄电池与汽车上的连接线。如果不拆下车上的连接线，会烧坏有关连接导线和交流发电机中的晶体二极管。
- 2) 在充电过程中，由于蓄电池内有氢气和氧气产生，应必须取下蓄电池上的小盖。另外由于产生的这些气体有引起火灾和爆炸的危险，所以要特别注意通风和防火。
- 3) 在充电过程中，由于电解液温度升高，或者蓄电池内部有故障等，蓄电池内的温度会升高的很快。当电解液温度超过 45℃ 时应停止充电，待温度降低后再进行充电。
- 4) 尽量不要采用快速充电法进行充电。
- 5) 充电之后，安装蓄电池的连接线时，把蓄电池的极柱用砂纸等磨光，确实夹紧固定好，并擦上少量黄油。

## (10) 充电方法

蓄电池的充电有各种方法，在此仅对快速充电法和定电流充电法进行说明。

## 1) 快速充电

用大电流在短时间内进行充电称快速充电。它是一种紧急的充电方法，用这种方法不能使蓄电池完全充足电。

## ① 快速充电的时间和充电电流

充电时间：30 分钟。

充电电流：以表 1-2 所列的数值或容量(A·h)值的二分之一作为充电电流的最大限度。例如，容量为 35A·h（安培·小时）的蓄电池，快速充电电流应为  $35 \times \frac{1}{2} = 17.5A$ 。

## ② 不同容量蓄电池的放电量和充电电流的关系见表 1-2。

## ③ 快速充电的操作顺序。

对充电机来说有各种充电方式。因此，必须按其指定的方法操作。对于一般的充电机应按以下步骤进行操作。并且，在充电之前应对充电机及被充蓄电池进行详细检查，然后按下述顺序进行充电。

(a) 进行外观检查，并将所有蓄电池电解液塞拧下。

表 1—2 各种型号的蓄电池快速充电电流标准

| 放电量   | 比重    | 各种型号蓄电池的充电电流 |        |        |        |        |         |         |  |
|-------|-------|--------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--|
|       |       | 32 A·h       | 35 A·h | 40 A·h | 50 A·h | 60 A·h | 100 A·h | 120 A·h |  |
| 0 %   | 1.260 | —            | —      | —      | —      | —      | —       | —       |  |
| 45 %  | 1.170 | 10 A         | 11 A   | 12 A   | 15 A   | 18 A   | 30 A    | 36 A    |  |
| 55 %  | 1.150 | 12 A         | 13 A   | 15 A   | 18 A   | 22 A   | 37 A    | 44 A    |  |
| 65 %  | 1.130 | 14 A         | 15 A   | 17 A   | 22 A   | 26 A   | 43 A    | 52 A    |  |
| 75 %  | 1.110 | 16 A         | 17 A   | 20 A   | 25 A   | 30 A   | 50 A    | 60 A    |  |
| 85 %  | 1.090 | 18 A         | 20 A   | 23 A   | 28 A   | 34 A   | 57 A    | 68 A    |  |
| 95 %  | 1.070 | 20 A         | 22 A   | 25 A   | 32 A   | 38 A   | 63 A    | 76 A    |  |
| 100 % | 1.060 | 21 A         | 23 A   | 27 A   | 33 A   | 40 A   | 67 A    | 80 A    |  |

(b) 检查电解液的液面高度，并作调整。

(c) 在车上进行充电时，为了确保交流发电机的安全，应取下蓄电池负极接柱接线夹头。

(d) 充电机的开关处于断开 (OFF) 状态，应把电流调节旋钮置于 0 处。

(e) 把充电机的红线接到蓄电池的正极接柱上；黑线连接到蓄电池的负极接柱上。

(f) 把充电机的电源插头连接到交流电源插座上。

(g) 把充电机的时间调节旋钮逐渐向右旋转超过定位时间，然后倒回向左旋，与定位时间 (30 分钟) 重合。

(h) 把电流调节旋钮调向 12V 侧；仪表指示的充电电流，则应按表 1—2 求出的电流值或容量的二分之一定位。

(i) 经过了定时 (30 分钟) 充电后，将时间调节旋钮退回到 “SLOW” (慢) 位置，就会自动转换成小电流 (约 3 A) 充电。

(j) 充电完毕后，将电流调节旋钮返回 “OFF” (断开) 位置，断开蓄电池和电源的连线。

## 2. 普通充电

普通充电，是指用小电流长时间充电的方法，用这种方法能够给蓄电池充足电。对于放完电的蓄电池用这种方法充电是理想的。

表 1—3 蓄电池的放电量与充电时间

| 放电量   | 比重    | 充电时间        | 备 注                 |
|-------|-------|-------------|---------------------|
| 0 %   | 1.260 | 0           | ……完全充电              |
| 45 %  | 1.170 | 5 小时 24 分钟  | 即使蓄电池的容量不同，放电量相同，   |
| 55 %  | 1.150 | 6 小时 36 分钟  | 充电时间相同。但是，充电电流应根据   |
| 65 %  | 1.130 | 7 小时 48 分钟  | 蓄电池容量的差异，选用容量值的十分   |
| 75 %  | 1.110 | 9 小时 00 分钟  | 之电流 (安) 进行充电。       |
| 85 %  | 1.090 | 10 小时 12 分钟 | 例如，40 A·h 的蓄电池充电电流为 |
| 95 %  | 1.070 | 11 小时 24 分钟 | 4 A。                |
| 100 % | 1.060 | 12 小时 30 分钟 | ……完全放电 (蓄电池无电)      |

① 普通充电的充电电流和充电时间。

(a) 充电电流。充电电流 (A) 一般为蓄电池容量的十分之一，例如，40 A·h 的蓄电池充电电流为 4 A。

(b) 充电时间。放电量越多，充电时间就越长。可按表 1—3 求充电时间。

② 放电量 and 充电时间。

(a) 按测定电解液的比重求放电量 (%)，电解液比重每下降 0.01，蓄电池放电 6%。

(b) 按表 1—3 求得充电时间。

3) 普通充电步骤

按表 1—3 求充电时间。

对于用充电机充电，由于充电机有各种不同充电方式，应根据其操作说明进行作业。

使用快速充电机进行充电时间，应遵照如下程序。

(a) — (f) 与快速充电相同。

(g) 把时间调节旋钮置于接通 (ON) 位置，但是时间不固定。

(h) 调整电流调节钮，使电流表的指示为蓄电池额定容量的十分之一电流。

(35 A·h 蓄电池的充电电流为 3.5 A)，并记录充电开始的时间。

(i) 如果充电完了，就要把电流调节旋钮和时间调节旋钮置于断开 (OFF) 位置。

(j) 拆下蓄电池的连线。

如果和预定的普通充电时间接近，测定比重的次数应在 3 次以上 (每次相隔约 10 分钟)，如果每次测定都显示出同一数值 1.260，则表示充电结束。

4) 充电时蓄电池的接线方法

两个以上蓄电池同时充电时，根据充电机的形式，可有并联和串联两种接线方法。

① 并联接线

用低电压大电流型的充电机进行充电时，可采用并联接线。

(a) 蓄电池的相同极性彼此连接，即把正和正、负和负连接起来。

(b) 充电机和蓄电池的连接方法，是把充电机的正极和蓄电池的正极，充电机的负极和蓄电池的负极连接起来。

(c) 充电机电流表指示的是两个蓄电池的充电电流之和。

(d) 例如，一个蓄电池的普通充电电流为 4 A，两个蓄电池并联充电就要把充电机的充电电流调到 8 A。

② 串联接线

使用高电压小电流型的充电机进行充电时常采用串联接线方法。

(a) 充电机的正端和蓄电池 A 的正极接柱连接在一起。

(b) 蓄电池 A 的负极和蓄电池 B 的正极用连接线连接起来。

(c) 蓄电池 B 的负极和充电机的负端相连接 (若干只蓄电池以此类推)。

(d) 充电机电流表指示的电流值是流过每个蓄电池的充电电流 (两蓄电池的充电电流相同)。

(e) 一个蓄电池的普通充电电流为 4 A 时，不论蓄电池的数量多少，充电电流均应调到 4 A。

注意事项：同时给两个以上蓄电池充电时应该是容量相同的蓄电池才能进行。

如果容量不同,放电程度也不同时按容量小的选择充电电流。等小容量的充足后,大容量的则尚未充足应将已充足的取走,再对未充足电的继续充电。

## (二) 发电机

汽车发电机分为直流发电机和交流发电机两种。

### 1. 直流发电机

#### (1) 直流发电机的种类

直流发电机按激磁方式,分为它激发电机和自激发电机两大类。自激发电机按激磁线圈的连接方法,又分为以下几种,见图1-12。

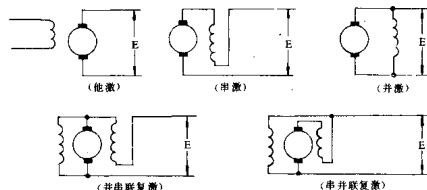


图 1-12 直流发电机的种类

#### 1) 串激发电机

串激发电机,它的激磁线圈和电枢线圈串联。由于流过它的电流与负载电流成正比,故其输出电压的大小很难控制,所以很少采用。

#### 2) 并激发电机

并激发电机的输出电压,在一定的范围内能够根据需要进行调整,所以被广泛采用。

#### 3) 复激发电机

复激发电机又分为两种:一种是其负载变化时,输出电压不变的动复激式发电机;另一种是其负载增大时电压降低的差动复激式发电机。前者用于电灯照明,后者用于电焊。复激发电机在汽车上也较少采用。

#### (2) 直流发电机的构造和工作原理

直流发电机的构造如图1-13所示。它是由激磁线圈、铁芯、电枢线圈、整流器和碳刷等组成。

在磁场内运动的导体切割磁力线时,导体内会产生感应电动势。

图1-13(a)所示的电枢线圈按顺时针方向旋转,根据右手发电机定则,线圈a、b两边分别产生如箭头所示方向的电动势。发电机的电动势通过集流环与外电路连通后,在负载R上就会有电流流过。

当线圈旋转180°后,变成如图1-13(b)所示的状态时,电枢线圈(集流环上)又产生与上述方向相反的感应电动势。这样线圈每转动180°,流过负载R中的电流方向就改变一次,产生交流电,见图1-14。

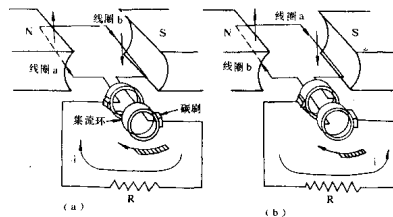


图 1-13 直流发电机的构造

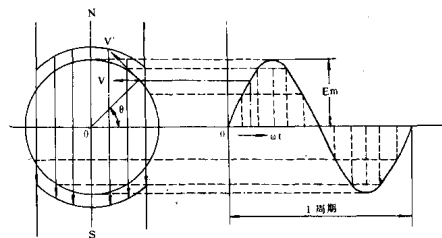


图 1-14 发电机电压波形

发电机产生感应电动势的大小与磁场强度、导线切割磁力线的速度和导体的有效长度有关。也就是说发电机的磁场强度越大,发电机电枢线圈的转速愈高,电枢线圈的有效长度越长,发电机所产生的感应电动势就越大;否则,产生的感应电动势就小。

把图1-13所示的集流环,分成两个半圆,见图1-15。两个半圆环分别与电枢线圈的两端相连接,这时供给负载电路的电压大小是变化的,但电流的方向不变,变为脉动直流,故将集流环称为整流器。

象图1-13所示的发电机,由于只有一匝线圈,故发电机产生的电压较低,电流波动较大。为了解决这个问题,所以真正的发电机都是由很多匝线圈和多个整流器组成的。近些年来,进口到我国的日本汽车全部采用交流发电机,故不详细论述直流发电机,下面详细介绍一下交流发电机。

## 2. 交流发电机

### (1) 交流发电机的构造

交流发电机的构造如图1-16所示。日本制造的硅整流发电机与国产的硅整流发电机基本相同,也是由转子(磁场部分)、定子(电枢线圈)、元件板、前后端盖、碳刷等组成。

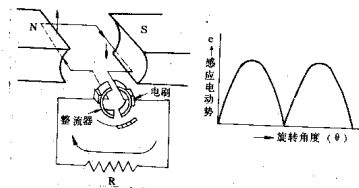


图 1-15 整流器的作用

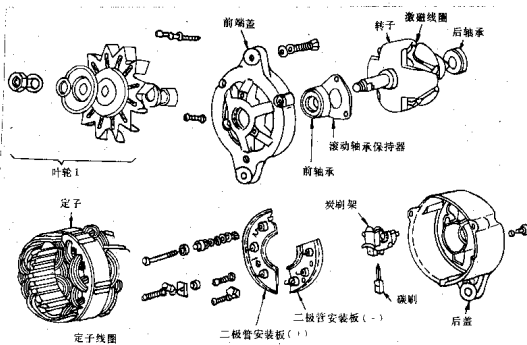


图 1-16 交流发电机的构造

## (2) 交流发电机的工作原理

汽车上使用的交流发电机，通常情况下磁场是旋转的。也就是说它的激磁线圈是转动的，而电枢线圈则固定不转。交流发电机的发电原理如图 1-17 所示。

转子线圈（即激磁线圈或磁场线圈）通过集流环通入直流电流后，转子铁芯被磁化，建立起 N·S 磁极（北极和南极）。故磁场也随着转子转动而转动。

在定子铁芯上绕有 C、C' 导体，只要转子转动，转动的磁场就切割导体，导体就会产生交流电动势。交流电经过二极管 D 整流后变为直流电而输出。

用晶体二极管对交流电进行整流，其方式有三种类型，如图 1-18 所示。汽车交流发电机采用三相全波整流，整流后的波形如图 1-18 (c) 所示。

三相全波整流原理如下：当交流发电机产生的三相交流电 a 相为正、b 相为负时，

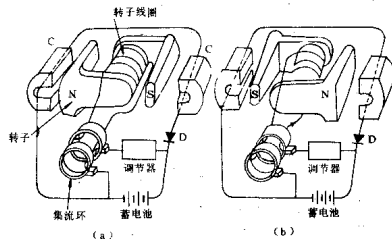


图 1-17 交流发电机工作原理

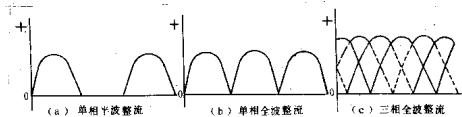


图 1-18 整流方式

二极管 D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub> 导通，给用电设备供电的电流方向如图 1-19 (1) 所示。

当三相交流电 a 相为正、a 相为负时，二极管 D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub> 导通，如图 1-19 (2) 所示。

当三相交流电 a 相为正、c 相为负时，二极管 D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub> 导通，如图 1-19 (3) 所示。

当三相交流电 c 相为正、a 相为负时，二极管 D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub> 导通，如图 1-19 (4) 所示。

当三相交流电 b 相为正、c 相为负时，二极管 D<sub>4</sub>、D<sub>5</sub> 导通，如图 1-19 (5) 所示。

当三相交流电 c 相为正、b 相为负时，二极管 D<sub>4</sub>、D<sub>5</sub> 导通。如图 1-19 (6) 所示。

从上述分析可知，三相交流发电机在一个周期的时间某一时刻，只有两只晶体二极管工作，故通过每只二极管的电流是总输出电流的三分之一。也就是说整流发电机电中的六只二极管，按两只一组轮流工作。

## (3) 交流发电机的种类

日本生产的汽车交流发电机主要有两类：一是低速充电型交流发电机；二是带真空泵的交流发电机。

### 1) 低速充电型交流发电机

汽车上使用的电器设备，为了完善排气、安全和乘坐舒适等性能，各种电气装置越来越多。另一方面，为了降低燃料消耗、降低噪音，也正在考虑把发动机的空载转速降低。为此，试图把发电机在低速旋转时的输出功率增大。现在已研制出低速充电型交流发电机，正被广泛使用。

对于这种类型的发电机，由于要求它在低速时输出较大的功率，所以正在改进以下

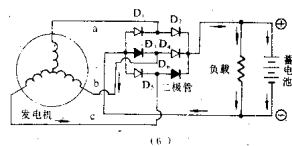
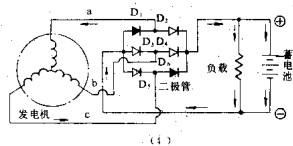
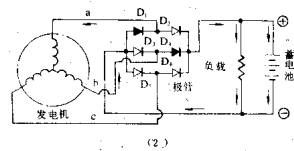
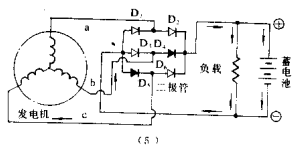
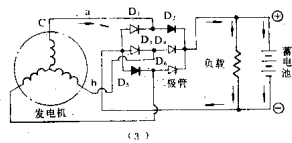
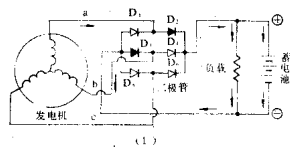


图 1-19 三相全波整流原理

各点。

①为了降低额定转速时的输出功率，正在改变发电机的尺寸，以谋求在低速运转时输出功率能增大。

②额定转速下输出功率降低时，若改变发电机尺寸，增加线圈圈数，也可求得低速运转时输出功率增大。

## 2) 带真空泵的交流发电机

带真空泵的交流发电机的结构如图 1-20 所示。

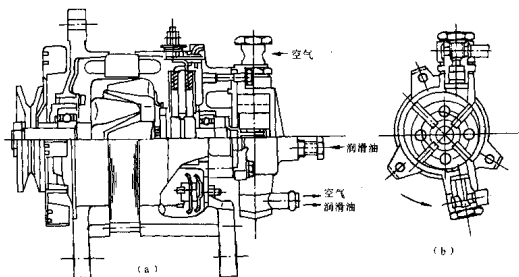


图 1-20 带真空泵的交流发电机的结构

这种型式的发电机，是把交流发电机的轴与真空泵轴连成一个整体。真空泵连接在汽车用的真空助力制动装置的液压装置上，把真空箱内的空气吸出来，使箱内变成真空。

泵内的叶轮，在半径方向上安装 4 片叶片，是旋转式的。

真空泵按箭头方向驱动时，由于各叶片之间的空气变化，就能把空气由进气口吸入并运送到排气口，将与进气口处连接的靠模抽成真空。真空泵的润滑，是由泵盖的给油口供给的，发动机油进入壳内，循环到各部分，随着空气从排气口排出到真空泵的外部。

## 2. 交流发电机的使用、检查和维修

一般交流发电机的结构如图 1-16 所示。

发电机和调节器的连接电路如图 1-21 所示。

(1) 操作时的注意事项

使用交流发电机时，应注意以下几点

1) 安装蓄电池时要注意蓄电池的极性，必须是蓄电池的负极接铁，不能接反。如果反接，发电机的二极管管会损坏，电气配线也会烧坏。

2) 各接线柱的接线不能接错。

3) 在汽车上对蓄电池充电时，应卸下发电机的 A 端接线或卸下蓄电池的接线。

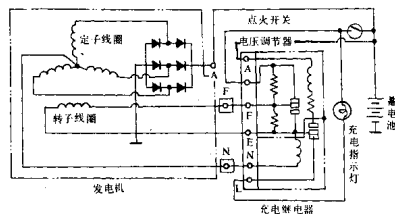


图 1-21 发电机和调节器的连接

4) 注意各接线不要短路。

5) 不准使用高压绝缘表（即摇表）测试交流发电机。

(2) 拆卸

1) 先卸下叶轮螺母，再卸下叶轮。

2) 卸下炭刷架固定用的螺钉，取出炭刷盖和炭刷等。

3) 拔出贯穿螺栓，使前后盖分开。

4) 卸下装配螺钉，使前端盖和转子与后端盖分离。

5) 卸下二极管固定板的固定螺钉，取出二极管固定板。使用电烙铁焊下定子线圈引线和二极管电极引线。

6) 卸下 A 端子的螺母和二极管的安装螺母取出二极管组件。

7) 把定子从后端盖上卸下，再取出 A 端子的螺栓，拆卸全部结束。

(3) 检查和维修

拆卸下来的各零部件，应按以下方法进行检査。

1) 二极管组件

用万用表检查二极管的正、反向电阻。

二极管固定板上和后端盖上各安装有三个二极管，对于每个二极管，都要对其固定和在正、负极板之间的接触情况进行检查。

二极管的极性，即导通方向如图 1-22 所示。

根据对二极管检查的结果，参考表 1-4 判断二极管是否良好。

表 1-4

|         | 红<br>的管脚 | 元件板<br>的管脚 | 二极管<br>的管脚 | 二极管<br>的管脚 | 元件板<br>的管脚 | 后端盖<br>的管脚 |
|---------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|
|         |          |            |            |            |            |            |
| 万用表的表笔  | 黑        | 二极管<br>的管脚 | 元件板<br>的管脚 | 二极管<br>的管脚 | 元件板<br>的管脚 | 后端盖<br>的管脚 |
| 正常的导通状态 | 通        | 通          | 通          | 通          | 通          | 通          |

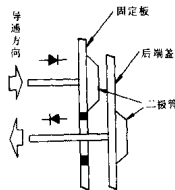


图 1-22 二极管的极性

六个二极管中,如果有一个不良,就应该更换二极管组件或更换新的二极管。

## 2) 转子

关于转子,应检查集流环表面情况,还应测量转子线圈是否断路、绝缘不良和有无接铁故障。

①检查转子线圈的滑环表面是否光滑和无脏污等。

如果发现滑环表面变得很粗糙不光滑时,可用500~600号砂纸打磨光;如果有油污等脏物时,应该用布蘸上酒精将其擦干净。

②检查转子线圈。应使用万用表电阻档测量转子线圈滑环之间的电阻。如果测出有4.4Ω左右的电阻值则表示良好;如果不通是断路,如果电阻值远小于4.4Ω,则说明有短路故障。此时应更换或重绕线圈。

③转子线圈的接地测试。也是用万用表检查滑环与轴之间的导通情况。如果不通,就是好的;如果导通就是线圈碰铁。此时,也应该更换转子线圈。

## 3) 定子线圈

①检查定子线圈各线头之间的导通情况。如果导通则是好的;如果不通就是断线。此时,应更换整个定子或重新绕制定子线圈。

②检查定子线圈有无碰铁。检查定子线圈两个端子中的一个与定子铁心之间的导通情况。如果不通则说明定子线圈是好的;如果通了,则说明定子线圈与铁心短路。此时应该更换整个定子线圈,或重新绕制定子线圈。

③测量炭刷的长度。如果磨损严重超过规定时,应该更换。

此外,应该检查炭刷在炭刷架内的活动情况。如果炭刷不能平滑活动,应对炭刷架和炭刷进行清洁和修理。

## (4) 装配

装配应按以下顺序进行。

1) 在图1-23所示的后盖上,安装元件板。然后,把定子线圈的各引线连到二极管组件的电极板上。

2) 安装发电机的前端盖。

3) 用老虎钳夹住转子,顺序安装定距块、风扇叶片、叶轮2、叶轮1、叶轮盘、弹簧垫圈、叶轮螺母(见图1-24)。然后用扭矩扳手,把皮带轮螺母按规定的扭矩拧紧。

这时,装入的弹簧垫圈要压住叶轮盘的表面,风扇叶片R部分(图中圆圈内接触部位)应碰上叶轮2的表面。

4) 安装前端盖和后端盖的贯穿螺栓并拧紧。

5) 把炭刷装进炭刷架内。

6) 安装上炭刷架小盖,用螺钉把炭刷架盖固定好。

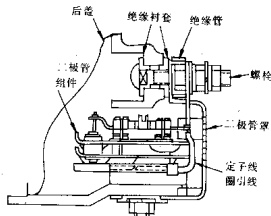


图1-23 二极管安装图

## (5) 性能测试

### 1) 空载性能测试

图1-25所示为空载转速测试电路。在发电机电枢接柱与外壳之间,通过开关SW接上蓄电池,并使发电机旋转。当发电机的转速达到800转/分左右时断开开关,边观察电压表的指针读数,边慢慢地把发电机的转速加到一定的限度,当电压指到14伏时读出转速。这个转速,如果在规定的转速(通常为当发电机输出电压达到14伏时,发电机的转速不应大于1000转/分)则说明其性能良好。

### 2) 输出电流测试(功率测试)

①用可变电阻器、蓄电池、电流表、电压表等组成输出电流测试电路,如图1-26所示。

②闭合开关SW,使发电机旋转,当发电机的转速达到800转/分时,把可变电阻器的阻值调到最大,闭合开关SW。

③调整电压值,一边使电压保持恒定的14伏,一边增加转速,测量转速为2500转/分和5000转/分时的电流。

例如:2500转/分时,应有18安培以上的输出电流;5000转/分时应有25安培以上的输出电流。

④在此测试中所使用的可变电阻器,其电流容量为30~50 A。

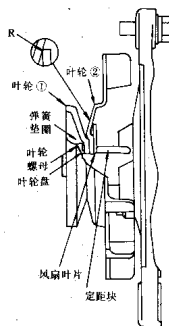


图1-24 叶轮安装图

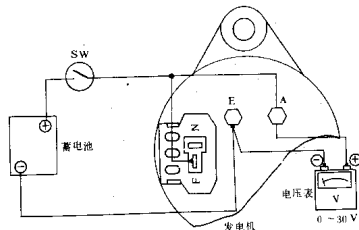


图1-25 发电机空载测试

### (6) 交流发电机的常见故障和排除方法

#### 1) 完全不充电

此种故障产生原因及其排除方法列于表1-5。

#### 2) 充电不足,蓄电池有放电气味。

此种故障产生原因及其排除方法列于表1-6。

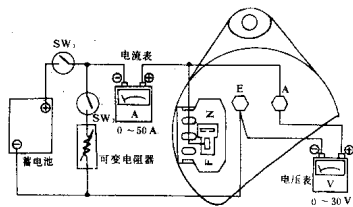


图 1-26 发电机输出功率测试

表 1-5

| 故障位置   | 原 因             | 排除方法  |
|--------|-----------------|-------|
| 接线、电流表 | 断线、短路、连接处脱落     | 补修或更换 |
| 发 电 机  | 转子或定子线圈断线、接地、短路 | 更 换   |
|        | 电枢绝缘脱落          | 修 理   |
|        | 硅二极管不良          | 更 换   |
| 调 节 器  | 引线短路、断线         | 补修或更换 |
|        | 调整电压比规定电压低      | 再次调整  |

表 1-6

| 故障位置  | 原 因                    | 排除方法        |
|-------|------------------------|-------------|
| 接 线   | 断线、轻微短路或连接处松动          | 补修、重新固定     |
| 发 电 机 | 保险丝烧断或接触不良             | 修 理         |
|       | 点火开关和稳压器IG端子之间断线或接触不良  | 修 理         |
|       | 转子线圈层间短路（由导通测试仪测量电阻值）  | 更 换         |
|       | 定子线圈层间短路               | 更 换         |
|       | 定子线圈有一相断线              | 更 换         |
|       | 集流环污垢                  | 清理干净，严重时应打磨 |
|       | V形皮带松动                 | 调整张力        |
|       | 碳刷固定不良                 | 补 修         |
|       | 二极管不良                  | 更 换         |
|       | 调整电压比规定的电压低            | 再 调 整       |
| 调 节 器 | 触点污损、黏附生灰、高速触点（低速触点）熔接 | 更换或磨净       |
|       | 线圈电阻器内部短路              | 更 换         |
| 蓄 电 池 | 电解液不足或不当               | 补充蒸馏水或调整比重  |
|       | 极板不良                   | 更 换         |

表 1-7

| 故障位置  | 原 因                    | 排除方法  |
|-------|------------------------|-------|
| 配 线   | A 端子电路和 F 端子电路短路，变成并发电 | 修 理   |
| 蓄 电 池 | 内部短路                   | 更 换   |
| 发 电 机 | 限幅电压过高                 | 重新调整  |
|       | 稳压器接地不良                | 重接地线  |
|       | 发电机的线圈引线断线             | 修理或更换 |
|       | 充电继电器的触点未释放            | 重新调整  |
|       | 低速触点熔接                 | 更 换   |
|       | 高速触点接触不良               | 重新打磨光 |

### 3) 充电过量，有过充电气味

这种故障产生的原因及其排除方法列于表 1-7。

### 4) 充电电流不稳定

这种故障产生的原因及其排除方法列于表 1-8。

表 1-8

| 故障位置  | 原 因                      | 对 策   |
|-------|--------------------------|-------|
| 接 线   | 由于汽车的震动，导线的绝缘被覆层损坏，造成短路。 | 修补或更换 |
| 发 电 机 | 发电机电枢线圈匝间短路              | 更 换   |
|       | 碳刷弹簧损坏                   | 更 换   |
|       | 集流环与碳刷接触不良               | 清 理   |
|       | 发电机电枢端头接触不良              | 修补或更换 |
| 调 节 器 | 调节器性能不良                  | 重新调整  |
|       | 开关不良                     | 更 换   |
|       | 触点接触不良                   | 清 理   |

### 5) 充电指示灯不亮

这种故障产生原因及其排除方法列于表 1-9。

表 1-9

| 故障位置  | 原 因            | 排除方法  |
|-------|----------------|-------|
| 充电继电器 | 充电指示灯接触不良或灯丝断线 | 修理或更换 |
|       | 触点损坏或接触不良      | 重新磨光  |

### (三) 调节器

调节器按其工作原理可分为触点式调节器和半导体式调节器。触点式调节器又分为单触点式和双触点式两种。半导体式调节器分为晶体管式和集成电路（IC）式两种。

发电机产生的电压可用下式表示：

$$E = K\phi N = K' I_f N \quad (V)$$

式中  $\phi$ —磁通量（Wb）；

$K$ 、 $K'$ —常数；

$N$ —发电机的转速（rpm）；

$I_f$ —激磁电流（A）。

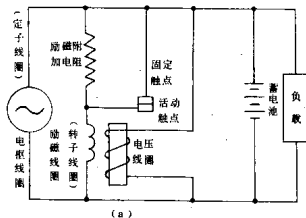
由上式可知，随转速上升和激磁电流增加，发电机的输出电压升高。

如果发电机的转速上升时，为使发电机的输出电压保持一定，就设法减小发电机的激磁电流，从而保证发电机的输出电压不变。

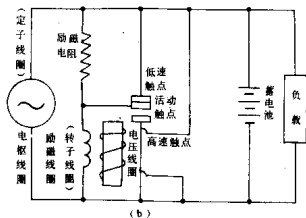
总之，调节器是根据转速的变化而调整激磁电流  $I_f$  的，是用来进行电压的控制装置。

(1) 触点式调节器

触点式调节器是通过触点的断续接触，而对激磁电流进行控制的。图 1—27 所示为触点式调节器的工作原理图。



(a)



(b)

图 1—27 触点式调节器电路

图 1—27 (a) 所示为单触点式调节器。如果转速升高、电压升高，电压线圈电流增大，吸引力增大，吸引活动触点使断开。其结果是激磁电阻串联接在激磁线圈电路中，激磁电流减小，使发电机的电压降低。待电压降到规定值时，电压线圈的吸力变小，触点闭合，使电阻器短路，激磁线圈的电流增大，发电机电压又上升。重复此过程，就能保证发电机输出稳定的电压。

图 1—27 (b) 所示为双触点式调节器工作原理图。由于单触点式调节器在发电机高速时，还会使输出电压升高。为此，产生了双触点式调节器。双触点调节器有两对触点，一对低速触点和一对高速触点。其构造和电路原理图见图 1—27 (b)。

增加高速触点后，调节器线圈的电流增加，并且吸引活动触点，活动触点及高速触点把激磁线圈短路，彻底切断激磁电路，使发电机的输出电压在高速时保持稳定。

双触点式调节器具有控制电压的速度范围宽，触点寿命长等优点。

另外，触点式调节器在使用过程中，由于电压线圈经常有电流流过，使线圈发热，温度渐渐升高。对于铜导线线圈温度升高时，其电阻增加，给电压线圈加上相同的电压时，激磁电流会变小，不能保持规定的吸引力。这就意味着在连续使用过程中，调整电压要逐渐升高。如果是这样，温度升高之后与常温时相比调整电压要提高 0.5—1.0 伏。

象这样由于温度变化引起调整值的变化是不好的，解决的办法是采用如图 1—28 所示的温度补偿法。

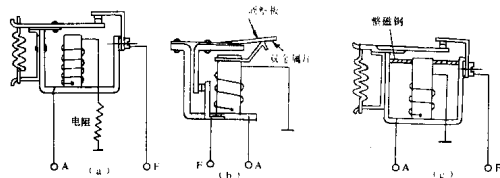


图 1—28 温度补偿法

1 在电压线圈中串联一个电阻温度系数小的锰线或镍铬耐热合金的线绕电阻，或者使用一种温度升高电阻值反而变小的热敏电阻。

2 如果弹簧的弹力随着温度的升高而减弱可以同时使用双金属片和弹簧。

3 为了防止随着温度变化，可动铁片和固定铁心之间相对活动，使有效磁通量减小，可使用整体磁钢。

对蓄电池来说，其最适当的充电电压是与蓄电池的存电状态有关的。最近，正在研制一种更有效的温度补偿法，它是根据当时的温度，选择其最恰当的充电电压。即温度高时，设法自动地降低充电电压。这种调节器就叫做温度补偿调节器。

这种调节器和一般的调节器不一样的地方是，调整电压用的弹簧应该使用温度补偿用的双金属。在一般的调节器中有时也使用双金属，所以从外观上识别这种调节器是困难的，故在调节器的盖上等处注明采用了温度补偿措施。