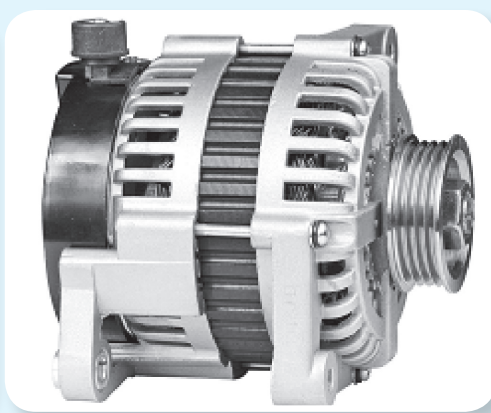


项目一 汽车电源系统的结构与检修

项目概述

汽车电源系统的作用是向汽车上各用电设备供电，以满足汽车用电的需要。电源系统主要由蓄电池、发电机以及调节器等组成。



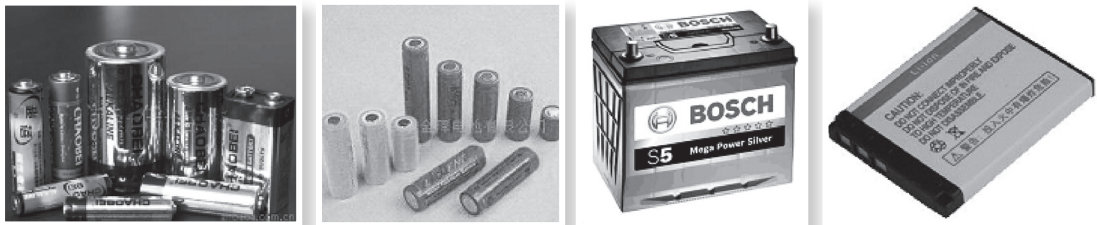
本项目主要介绍汽车蓄电池和交流发电机的结构、原理、性能及维护使用和故障诊断。通过本项目学习使学生掌握蓄电池的结构、工作过程和工作原理并能对蓄电池技术状况进行检查和维护以及学会蓄电池的充电作业；掌握交流发电机的结构、主要部件的作用及工作原理并能进行交流发电机的拆装、整机检测及解体后主要部件的检测；掌握电压调节器的作用和工作原理并能正确检测电压调节器；掌握电源系统的日常维护作业并能诊断及排除电源系统的常见故障；能正确分析常见车型电源系统的电路图。

任务1 蓄电池的结构认识

学习目标

1. 知道蓄电池的用途和特点。
2. 认识蓄电池的结构。
3. 知道蓄电池的工作原理。

导入



观察上图，指出它们分别是什么类型的电池？有什么区别？现代内燃机汽车上使用的是哪种电池？为何使用这种电池，使用时有何要求？

知识准备

一、蓄电池的用途和特点

蓄电池是一种化学电池，在充电时靠内部的化学反应将电能转变成化学能储存起来，在用电时将储存的化学能转变成电能供给用电设备。蓄电池的种类很多，目前汽车上主要采用的是起动型酸性铅蓄电池，本书中简称为“蓄电池”。

1. 蓄电池的用途

(1) 发动机起动时，向起动机及其他用电设备（如点火系统、仪表系统及发电机励磁绕组）提供电能。起动时向起动机提供强大的电流，所以称之为起动型蓄电池。

(2) 发动机处于怠速运转，发电机端电压低于蓄电池电压时，由蓄电池向用电设备供电。

(3) 发动机处于中高速运转，发电机端电压高于蓄电池电动势，而蓄电池又存电不足时，将发电机多余的电能转变成化学能储存起来，称之为被充电。

(4) 当用电设备负载过大，已超过发电机供电能力时，蓄电池协同发电机供电。

(5) 发电机转速或负载变化时, 能保持汽车供电系统电压稳定。此时蓄电池相当于一个较大的电容器, 吸收电路中出现的瞬时过电压, 保护电子元器件不被击穿。

2. 蓄电池的特点

- (1) 价格低廉, 易于满足大量汽车的需要。
- (2) 内阻小, 短时间内可提供大电流, 以备起动用。
- (3) 单格电压高, 为2.0V。开路电压为2.1V, 工作电压为1.8—2.1V。
- (4) 可靠性较差, 易发生故障, 需经常维护, 寿命较短。

二、蓄电池的结构与型号

1. 蓄电池的结构

普通铅蓄电池是在装有稀硫酸溶液的容器内插入正、负两个极板组而构成的电能存储器。普通铅蓄电池由若干个单格电池组成, 每个单格电池电压为2.0V, 各个单格电池之间互不相通, 用联条将它们串联起来。

如图1-1-1所示, 该图为三个单格电池组成的普通铅蓄电池。

普通铅酸蓄电池由极板组、隔板、电解液、外壳、联条、极桩和加液孔盖等组成。

(1) 极板组

由数片正极板焊在同一横板上构成正极板组, 由数片负极板焊在同一横板上构成负极板组。正、负极板片交叉间隔, 并且正、负极板间还需用隔板隔开。每一个单格电池内有一正极板组、一负极板组, 以及隔板, 如图1-1-2所示。

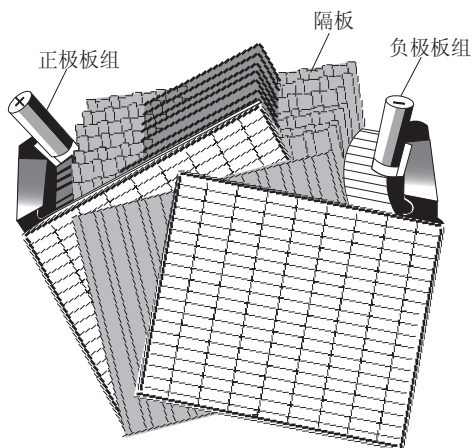


图 1-1-2 极板

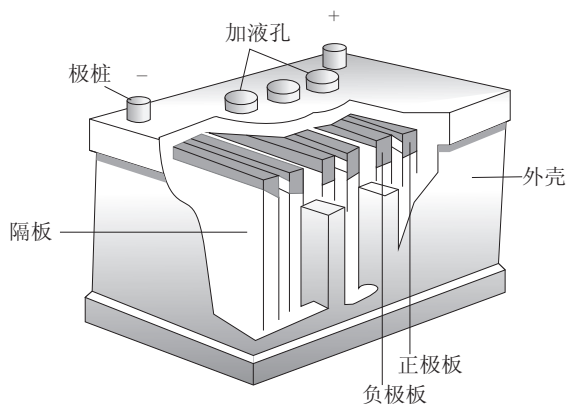


图 1-1-1 蓄电池的结构

极板是蓄电池的重要部件, 用以将电能释放或充入。

每片极板内部都有一个铅锑合金铸成的栅架, 起支撑作用, 其中锑的含量较低, 约占5%, 是为了提高极板的机械强度而加入的。在栅架上涂有不同的化学涂料, 作为进行化学反应的活性物质。正极板的活性物质为细小结晶状的二氧化铅 (PbO_2), 颜色为褐色。负极板的活性物质为多孔性海绵状纯铅 (Pb), 颜色为青灰色。它们是经过化合后而最终形成的, 经使用放电后, 正负极板表面会有一层细腻而松软的硫酸铅晶粒

(PbSO_4)。

在使用中，由于正极板的化学反应比负极板大，所以一般将正极板做得厚一些，从而延长蓄电池使用寿命（接受同样电量，正极板所占用的活性物质比例要大一些），且在单格电池内负极板总要比正极板多一片，目的是充分利用正极板的使用面积，以使正极板两侧反应均匀，防止放电不均而造成的极板翘曲，从而使活性物质脱落。

(2) 隔板

隔板是插入正、负极板之间的多孔性薄板，它能防止正、负极板间因距离过近而产生接触短路，如图1-1-2所示。

隔板材料有木质、纸质、微孔橡胶、微孔塑料、玻璃纤维和玻璃丝棉等。木质隔板的使用寿命较短；微孔橡胶隔板性能好、寿命长，但成本高；微孔塑料隔板多孔率高，薄而柔韧，成本低，因此被广泛采用。近年来，还有将微孔塑料做成袋式，紧包在正极板的外部，防止活性物质脱落，减小电池的尺寸。

有些隔板的一个面带有特制的沟槽，安装时应将其带沟槽的一面朝向正极板并直立安装。若使用玻璃丝棉，则应将其夹在隔板与正极板之间，以使正极板有充分的空间进行化学反应，以免极板上的活性物质脱落而导致极板堵塞。

(3) 电解液

电解液由密度为 $1.84\text{g}/\text{cm}^3$ 的纯硫酸和蒸馏水按比例配制而成，在全充电状态下，其相对密度一般为 $1.24\text{—}1.30\text{g}/\text{cm}^3$ 。电解液的密度是影响铅蓄电池性能和寿命的主要因素。工业用硫酸和普通的水不能加入电解液中，因其中含有铁、铜等物质，会发生自放电等不利情况。

配制电解液时，应使用专用硫酸和蒸馏水，并且使用耐酸、耐热的容器。配制时，需先将蒸馏水倒入容器，然后沿玻璃搅棒慢慢倒入硫酸，且不断搅拌。不能先倒入硫酸后再加蒸馏水，否则会发生飞溅伤害事故。在配制电解液时，还需密切注意蓄电池的温度，应控制在 30°C 左右。

电解液的相对密度对蓄电池的工作有很大影响，相对密度的大小因地区和气候条件的不同应作适当的调整。如冬季电解液密度相对高些，夏季则相对低些。表1-1-1列出了不同地区和气温条件下的电解液相对密度。

表 1-1-1 不同地区和气候条件下电解液相对密度

| 气候条件 | 完全充足电的蓄电池在 25°C 时的电解液密度 (g/cm^3) | |
|--------------------------------|--|------|
| | 冬季 | 夏季 |
| 冬季温度低于 -40°C 的地区 | 1.31 | 1.27 |
| 冬季温度高于 -40°C 的地区 | 1.29 | 1.25 |
| 冬季温度高于 -30°C 的地区 | 1.28 | 1.25 |
| 冬季温度高于 -20°C 的地区 | 1.27 | 1.24 |
| 冬季温度高于 0°C 的地区 | 1.24 | 1.24 |

(4) 外壳

外壳是用来盛放电解液、极板组和隔板的容器，大多由6个单格组合而成，如图1-1-3所

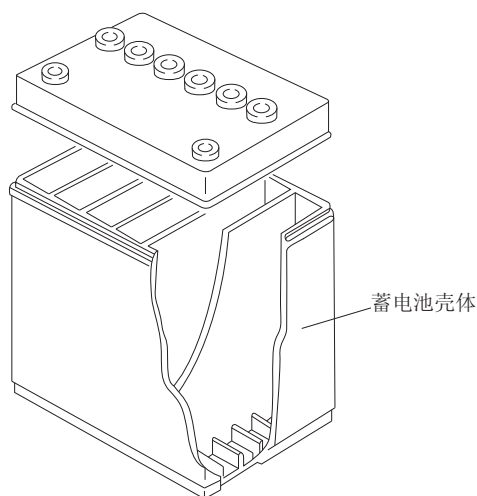


图 1-1-3 蓄电池外壳

示。单格之间互不相通，单格底部有突肋，用以支撑极板组，给脱落的活性物质以一定的盛放空间，防止活性物质脱落而使极板短路。

常用的外壳材料有硬质橡胶、塑料（聚丙烯），外壳材料需耐酸、耐热、耐寒、耐震、绝缘性好，且具有足够的机械强度。目前，采用较多的为工程塑料，它美观、透明、耐酸、抗腐蚀、重量轻、强度高。

(5) 联条

蓄电池各个单格电池之间的连接为串联连接，用铅连接条将不同极性的极桩联接起来，形成联条。联条由铅锑合金铸成，有敞露式联接和穿壁式联接两种方式。敞露式由于使用材料多且内阻增加，已逐渐被穿壁式所取代。

(6) 加液孔盖

加液孔盖是用来封住加液孔的，用橡胶或塑料制成。旋入孔盖可防止电解液溅出，盖上有通气孔，可随时排出蓄电池内的 H_2 和 O_2 ，以免发生爆炸事故。下部有特制的隔层，用于在汽车颠簸时，防止电解液从通气孔中溅出。

新的蓄电池通气孔是密封的，使用时应先将盖上的通气孔打开，以保持畅通。

(7) 极桩

极桩是蓄电池极板与汽车电气系统的连接件，分为正极桩和负极桩。正极桩用“+”或涂以红色表示，负极桩用“-”或涂以蓝色表示。极桩由铅锑合金铸成，如图1-1-4所示。

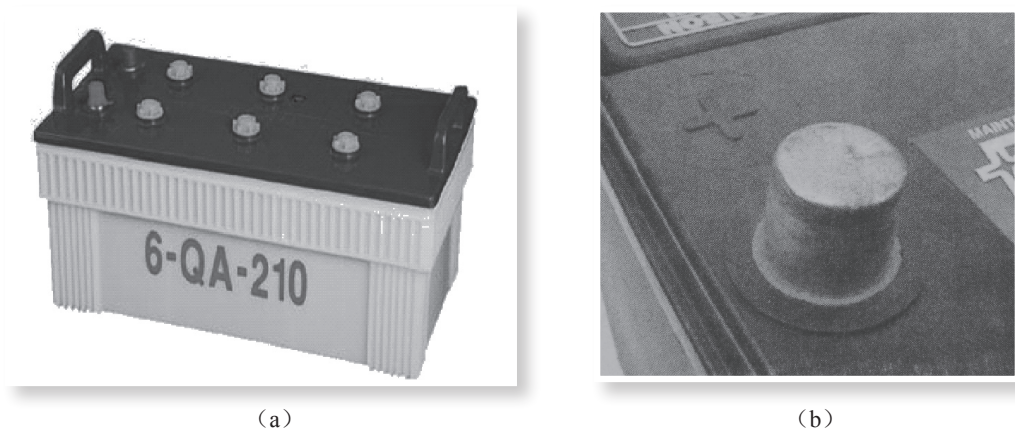
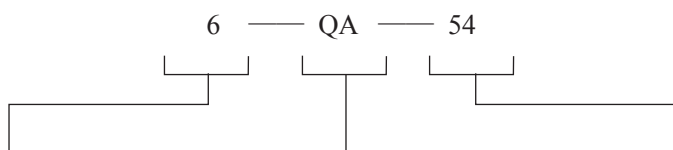


图 1-1-4 蓄电池的极桩

2. 蓄电池的型号

机械工业部颁布的标准《铅蓄电池产品型号编制方法》（JB/T 2599—1993）将蓄电池型号分成三部分。

标识示例:



| 串联的单格蓄电池数: 6 | 蓄电池类型+蓄电池特征: QA | 额定容量: 54 A·h |
|-----------------------------------|---|--|
| 6个单格, 额定电压为12V, 表示一个整体蓄电池串联的单格电池数 | <p>用大写汉语拼音字母表示: 第一个字母如Q表示起动用蓄电池, M表示摩托车用蓄电池、JC表示船舶用蓄电池、HK表示航空用蓄电池、D表示电动车用蓄电池、F表示阀控型蓄电池</p> <p>第二个字母如A为干荷电式、H为湿荷电式、W为免维护式、F为防酸式、M为密封式、Y为带液式、无字母表示普通型</p> | 额定容量为54A·h。额定容量表示蓄电池储存容量, 等于电流和时间的乘积。数字表示20h放电率的额定容量 |

注: 蓄电池型号末尾允许标志临时代号。

三、蓄电池的工作原理

在不同的条件下, 铅蓄电池的极板与电解液之间能进行可逆的电化学反应。一种是将蓄电池两极与一用电设备(负载)连接, 负载中有电流流过, 蓄电池输出功率称为放电。另一种是将一直流电源接入蓄电池两极, 将直流电输入蓄电池, 称为充电。铅蓄电池在接入外部设备之前, 由于本身极板的活性物质溶解于水, 使正极板上带2.0V的正电位, 负极板上带-0.1V的负电位, 从而形成静止电动势。其值为:

$$E_j = 2.0 - (-0.1) = 2.1V$$

1. 放电原理

在接入负载后, 在电动势作用下, 在电路内产生电流 I_f , 电子 e 从负极板流向正极板, 负极板上的铅与硫酸反应时, 每个铅原子留下两个电子在极板上而成正离子, 与硫酸根离子结合成硫酸铅。极板呈负电位。放电时的化学反应过程如图1-1-5所示。

正极板上的二氧化铅溶解于硫酸, 形成4价铅离子, 与负极板经电

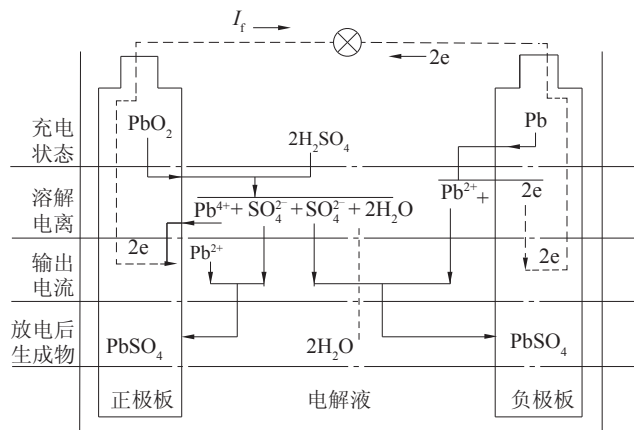
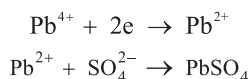


图 1-1-5 蓄电池的放电过程

流线路带来的两个电子结合形成易与硫酸根离子结合的2价铅离子，正极板因得到电子而成正电位。即

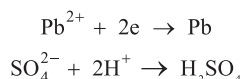


在负极板处， Pb^{2+} 与电解液中的 SO_4^{2-} 结合也生成 PbSO_4 沉附在负极板上，而极板上的金属铅继续溶解，生成 Pb^{2+} 和电子。如果电路不中断，上述化学反应将继续进行，使正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 不断转变为 PbSO_4 ，从而使电解液中的 H_2SO_4 逐渐减少， H_2O 增多，电解液相对密度下降。

2. 充电原理

充电时，对正、负极板加以电源电压，在极板间电场的作用下，在负极板处有少量的 PbSO_4 进入电解液中，离解为 SO_4^{2-} 和 Pb^{2+} ， Pb^{2+} 在电场的作用下失去2个电子，形成4价铅离子，与水分解得来的氧离子作用形成 PbO_2 ，负极板上 Pb^{2+} 因得到2个电子而还原成铅原子，附着在负极板上，形成海绵状纯铅的沉积，使负极板恢复到充电状态的原状。

电解液中硫酸根离子与水分子离解出来的氢离子结合而生成硫酸，使相对密度上升。即



这就是充电过程，如图1-1-6所示。

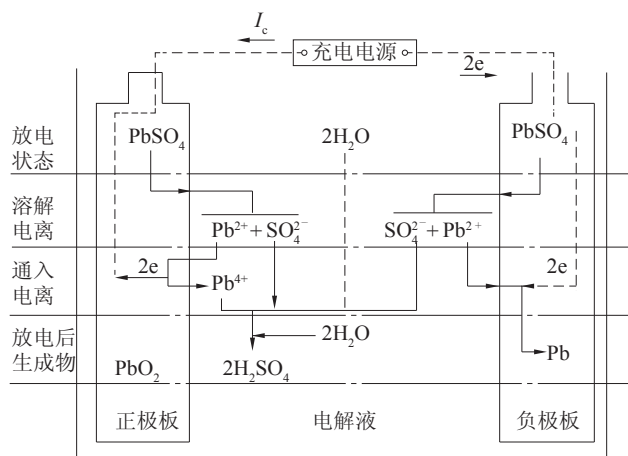
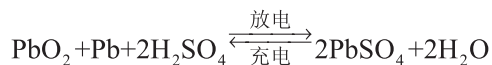


图 1-1-6 蓄电池的充电过程

蓄电池充放电过程中的总化学反应方程式如下：



想一想：

1. 蓄电池的单格中为何负极板比正极板多一片？
2. 蓄电池正极板为何要比负极板厚？

任务实施

蓄电池的结构认识与外观检查

一、目的与要求

1. 认识蓄电池的外部 and 内部结构。
2. 学会检查蓄电池。

二、器材与设备

1. 已解剖的蓄电池
2. 完整蓄电池等

三、注意事项

1. 严格遵守本岗位规范操作规程，具有安全、环保意识。
2. 注意电解液不要落到地面上或其他物品上，以免损坏物品及污染环境。
3. 若皮肤不慎接触到电解液，应立即用肥皂水洗净。

四、操作步骤

1. 蓄电池的结构认识

蓄电池解体件的结构认识，要求能分辨出正、负极板及隔板和正、负极桩，并知道蓄电池的工作原理。检查蓄电池的外观。

(1) 认识蓄电池的正负极板

正极板的认识：蓄电池的正极板为褐色。

负极板的认识：蓄电池的负极板为青灰色。

(2) 检查隔板的完好程度

(3) 蓄电池的外观检查

极桩的检查：检查蓄电池极桩是否松动，如有松动现象，应及时进行加固；检查蓄电池极桩上面是否存在氧化物，如发现氧化物存在，可用刷子刷干净或用热水冲洗。

蓄电池表面检查：检查蓄电池表面是否留有水分或电解液，如有应用干布擦拭干净；检查蓄电池表面是否有裂缝，如有裂缝，可用蓄电池专用胶水进行封补。

加液孔的检查：检查电解液加液孔是否通畅，如有堵塞，可用细针进行畅通。

2. 正确填写下面记录单

蓄电池的结构认识与外观检查记录单

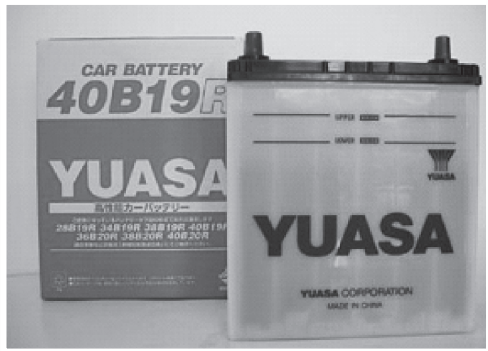
| 姓名 | | 班级 | | 学号 | | 组别 | |
|----------------------|-------|----|------|----|--|----|--|
| | 检查部位 | | 检查情况 | | | | |
| 蓄电 池的 外观 检查 | 正极板 | | | | | | |
| | 负极板 | | | | | | |
| | 隔板 | | | | | | |
| | 外壳 | | | | | | |
| | 极桩 | | | | | | |
| | 加液孔 | | | | | | |
| | 蓄电池表面 | | | | | | |
| 电解液 | | | | | | | |
| 结论 | | | | | | | |

任务2 蓄电池技术状况的检测与使用

学习目标

1. 知道蓄电池的工作特性、蓄电池的容量及影响蓄电池容量的因素。
2. 能够检测蓄电池静态时的技术状况。

导入



经常开车的人都会遇到蓄电池没电的情况，养成良好的用车习惯，就可以避免此类不必要的麻烦。预防蓄电池没电的最好方法是平时留意蓄电池发出的“求救信号”。比如起动困难、运转无力或前大灯比平时暗等。如果蓄电池突然没电，该如何自救呢？

知识准备

一、蓄电池的工作特性

蓄电池的工作特性主要包括静止电动势、内阻、充电特性和放电特性。

1. 静止电动势

静止电动势是指蓄电池在静止状态时，正负极板间的电位差，用 E_j 表示。其大小与电解液的相对密度和温度有关。每个单格的静止电动势约为1.97—2.15V。

2. 内阻

蓄电池的内阻包括极板、隔板、电解液、联条和极桩等的电阻。

正常条件下，极板的内阻很小，只有在极板发生硫化故障时，极板的电阻才会明显增加。

隔板的电阻随材料的不同而不同，一般微孔塑料隔板电阻较小。

电解液的电阻随其相对密度、温度的不同而变化，当密度大、温度低时，电解液的粘度增大、渗透力下降，电阻值增大。图1-2-1所示为电解液内阻随相对密度变化的关系曲线图。

穿壁式联条的内阻较小，在使用中极桩电阻指的是其接触电阻，当极桩松动时，接触电阻明显增大。

3. 蓄电池的充电特性

蓄电池的充电特性是指在恒流充电过程中，蓄电池的端电压 U_c 与电解液相对密度 ρ 随时间而变化的规律。以一恒电流 I_c 向一只完全放电的蓄电池进行充电，充电过程中，每隔一段时间，测量其单格电池的端电压 U_c 和电解液相对密度 ρ ，便可得到如图1-2-2所示的蓄电池充电特性曲线。

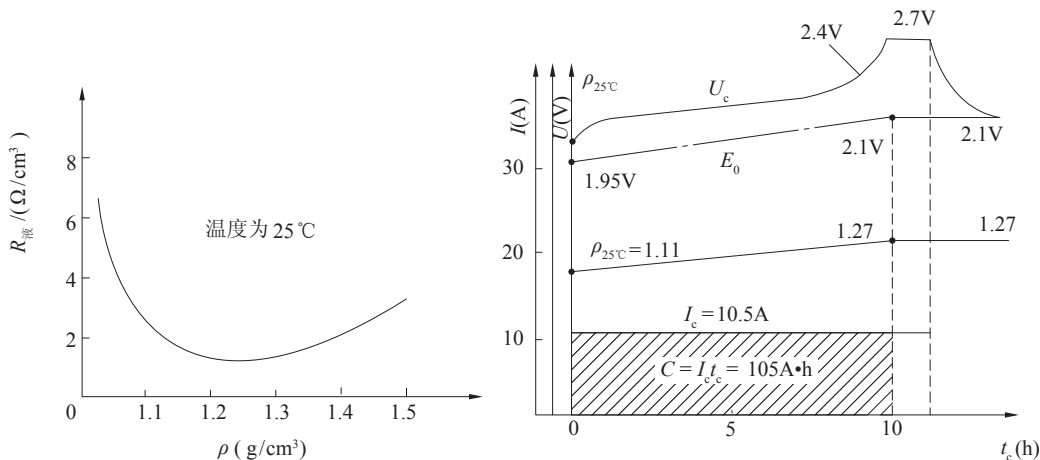


图 1-2-1 电解液内阻与相对密度的关系图

图 1-2-2 蓄电池充电特性曲线

充电时，电源电压必须克服蓄电池的电动势和电池内部的压降，因此整个充电过程中，蓄电池的端电压总是大于电动势，即

$$U_c = E_0 + I_c R_0$$

式中 U_c ——端电压；

E_0 ——静电动势；

I_c ——充电电流；

R_0 ——蓄电池内阻。

由于充电电流恒定，单位时间内生成硫酸的数量也一定，所以电解液相对密度 ρ 随充电时间的延长而直线上升。

充电过程中，蓄电池端电压的变化规律是：开始充电时，端电压迅速上升，然后进入稳定阶段，端电压缓慢上升到2.4V左右（此时有少量气泡产生），接着迅速上升到2.7V左右保持不变（此时有大量气泡产生），切断充电电流后，端电压逐渐下降到一定值后不再变化。

端电压如此变化的原因是：开始充电时，极板孔隙内迅速生成硫酸，孔隙内电解液相对密度增大，端电压迅速上升，当孔隙内生成硫酸的速度与向外扩散的速度达到平衡时，端电压随整个容器内电解液相对密度的上升而增大。当端电压达到2.4V左右时，电解液中开始冒气泡，此种现象说明蓄电池基本充足电，正负极板上的硫酸铅已基本转变为二氧化铅和铅，此时一部分电流用来电解水，从而产生氢气和氧气。继续充电时，随着少量硫酸

铅的继续转化，电解水的电流增大，产生的氢离子结合成氢气的速度小于氢离子产生的速度。故在正、负极板间产生了一定的附加电位差（约0.3V），因此端电压迅速上升，直到2.7V左右保持不变，电解液出现“沸腾”现象，此时电解液密度也不再变化。切断充电电流后，内阻压降立即消失，集聚在负极板周围的氢离子形成氢气逸出，极板孔隙内的硫酸向外扩散，使容器内的电解液混合均匀，端电压下降到由此时电解液密度所决定的电动势数值。

蓄电池充电终了时有以下特征：

- (1) 蓄电池内产生大量气泡，即出现“沸腾”现象。
- (2) 端电压上升到最大值，且2h内不再增加。
- (3) 电解液相对密度上升到最大值，且2—3h内不再增加。

4. 蓄电池的放电特性

蓄电池的放电特性是指在恒流放电过程中，蓄电池的端电压和电解液相对密度随放电时间而变化的规律。

将一只完全充足电的蓄电池以20h放电率的电流进行放电，且不断调节可变电阻，使放电电流恒定，每隔一定时间测量一次单格电池的端电压和电解液相对密度，绘出如图1-2-3所示的放电特性曲线。

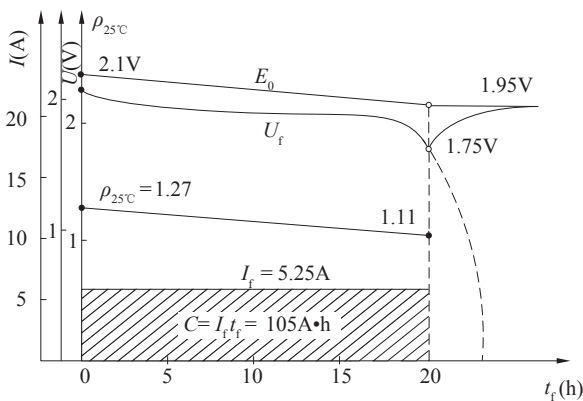


图 1-2-3 蓄电池放电特性曲线

放电过程中，因为蓄电池内阻 R_0 上有压降，所以蓄电池的端电压 U_f 也总是小于其电动势 E_0 ，即

$$U_f = E_0 - I_f R_0$$

式中 U_f ——端电压；

E_0 ——电动势；

R_0 ——内阻；

I_f ——放电电流。

放电时，由于放电电流是恒定的，所以单位时间内消耗的硫酸量是恒定的，生成水的量也是恒定的

的，电解液相对密度随着放电时间的延长而按直线规律下降。

端电压的变化规律是不均衡的，放电开始时，端电压下降较快，中间阶段较平缓，接近放电终了时，又迅速下降。当端电压下降到1.75V时，若继续放电，端电压将急剧下降到0V，若切断放电电流，端电压又会上升到一定值。蓄电池的整个放电过程分为四个阶段：

(1) 开始放电阶段

此阶段电压下降较快，由于极板孔隙内硫酸迅速消耗，此时外围硫酸来不及向内补充，所以极板孔内电解液密度迅速下降（电动势迅速下降），端电压也迅速下降。

(2) 相对稳定阶段

此阶段电压下降较慢，由于极板孔隙外向孔隙内扩散的硫酸与孔隙内消耗的硫酸达到动态平衡，孔内外电解液密度一起缓慢下降，所以端电压下降缓慢。

(3) 迅速下降阶段

由于放电接近终了时，化学反应渗入到极板内层，而放电时生成的硫酸铅体积较原来的大，硫酸铅聚集在极板孔隙内，缩小了孔隙的截面积，使电解液渗入困难，因而极板孔内消耗的硫酸难以补充，孔隙内的电解液密度迅速下降，端电压也随之急剧下降。

(4) 电压回升阶段

停止放电后，由于放电电流为0，内阻上的压降也为0，且有足够时间让硫酸渗入到极板孔隙内，使电解液混合均匀，所以端电压回升到与此时电解液密度相对应的电动势数值。若继续放电，电压急剧下降到0的现象又会出现。

蓄电池放电终了的特征：

- ①电解液相对密度值降低到最小许可值。
- ②单格电池的端电压降至放电终止电压。

二、蓄电池的容量

蓄电池的容量是指一只完全充足电的蓄电池在允许的放电范围内所输出的电量，即

$$Q = I_f t_f$$

式中 Q ——蓄电池容量 (A·h)；

I_f ——放电电流 (A)；

t_f ——放电时间 (h)。

蓄电池的容量与放电电流和电解液温度等因素有关，一般将容量分为起动容量和额定容量。

1. 额定容量

额定容量是指一只完全充足电的蓄电池在国标条件下，以20h放电率连续放电至单格电压降为1.75V时所输出的电量。

例如：6-Q-105蓄电池电解液平均温度30℃时，以5.25A的放电电流连续放电20h后单格电压降为1.75V，其额定容量为 $Q_e = 5.25 \times 20 = 105$ (A·h)。

2. 起动容量

起动容量表示蓄电池在起动发动机时的供电能力，一般可分为常温起动容量和低温起动容量。

(1) 常温起动容量

常温起动容量是指电解液平均温度为30℃时，以5min放电率的电流（约 $3Q_e$ 的电流）放电到单格电压降至1.5V时所输出的电量。

例如：6-Q-105型蓄电池，以 $3 \times 105 = 315$ A的大电流放电5min到单格电压降至1.5V时，常温起动容量为 $315 \times 5 \div 60 = 26.25$ (A·h)，约为额定容量的1/4。

(2) 低温起动容量

低温起动容量是指在电解液平均温度为-18℃时，以 $3Q_e$ 的大电流放电2.5min到单格电压降至1.5V时所输出的电量。

例如：6-Q-105型蓄电池，以 $3 \times 105 = 315\text{A}$ 的大电流放电 2.5min 到单格电压降至 1.5V 时，低温起动容量为 $315 \times 2.5 \div 60 = 13.125 (\text{A} \cdot \text{h})$ ，约为额定容量的 $1/8$ 。

三、影响蓄电池容量的因素

1. 制造方面

(1) 极板的片数及面积

极板片数越多、面积越大，极板上反应的活性物质就越多，容量就越大。

极板上活性物质的多孔情况越好，孔隙内反应的机会就越多，容量就越大。另外，如无凸肋的壳体，极板面积增大，容量就增大。

(2) 隔板材料及厚度

隔板材料要渗透性好，以便电化学反应强烈，增大蓄电池容量；厚度减小，可增大极板间中心距，也能够增大容量。

2. 使用方面

(1) 放电电流

放电电流越大，蓄电池端电压下降越快，放电至标准终止电压的时间就越短。极板孔隙迅速被生成的 PbSO_4 堵塞，造成内部物质不再参加反应，使蓄电池容量减小。

(2) 电解液温度

电解液温度降低时，蓄电池容量将减少，这是因为电解液的黏度增加了，使电解液渗入极板更困难，同时黏度的变化导致电阻增大，蓄电池端电压下降，因此容量减少。

(3) 电解液密度

适当增加电解液的相对密度，可以提高蓄电池的电动势及电解液的渗透能力，并减少电解液的内阻，使蓄电池容量增加。但密度过大，将导致电解液的黏度增大、内阻增大，从而使端电压和容量减小。电解液相对密度与容量的关系如图1-2-4所示。

起动用的蓄电池一般使用相对密度为 $1.26\text{—}1.29\text{g/cm}^3$ 的电解液。

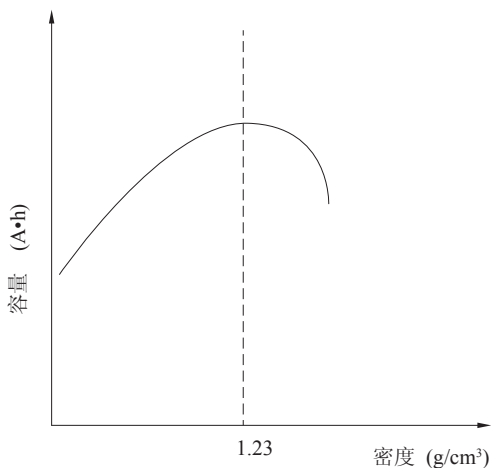


图 1-2-4 电解液相对密度和容量的关系

任务实施

蓄电池技术状况的检查

一、目的与要求

1. 学会查看蓄电池液面高度，并会添加蒸馏水。
2. 学会使用密度计和高率放电计等检查蓄电池的技术状况。

二、器材与设备

1. 技术状况良好的蓄电池若干个
2. 有故障的蓄电池若干个
3. 万用表、电解液密度计、温度计、玻璃管、高率放电计等

三、注意事项

1. 因电解液是腐蚀性液体，不要将电解液落到地面或其他物体上。
2. 密度计、温度计、玻璃管用后应立即清洗干净，以免造成污蚀。
3. 用高率放电计时，接通时间不得超过规定要求。
4. 蓄电池禁止靠近明火和火焰，注意有爆炸性气体。
5. 对蓄电池进行操作时注意穿戴好防护用品。
6. 蓄电池禁止放入垃圾箱，对旧蓄电池应该进行适当处理，并回收再利用。
7. 对于刚进行过强电流放电或刚加过蒸馏水的蓄电池，不宜马上进行电解液密度测量。否则，会因电解液混合不均而使测量结果不准。电解液密度应根据地区、季节不同进行选择，温度过高、过低都将影响蓄电池的容量。

四、操作步骤

1. 蓄电池技术状况的检查

蓄电池技术状况的检查包括电解液液面高度的检查、蓄电池端电压的检测、电解液密度的测量及蓄电池放电程度的检查。

(1) 蓄电池电解液液面高度的检查

蓄电池液面高度的检查可采用三种方法，在具体使用时要根据蓄电池的结构形式而定。

① 玻璃管测量法

玻璃管测量法如图1-2-5所示。

- a. 用一空心玻璃管插入蓄电池电解液内极板的上平面处。
- b. 玻璃管内的电解液与蓄电池内高出极板的液面等高，用大拇指按紧玻璃管上端，使管口密封。

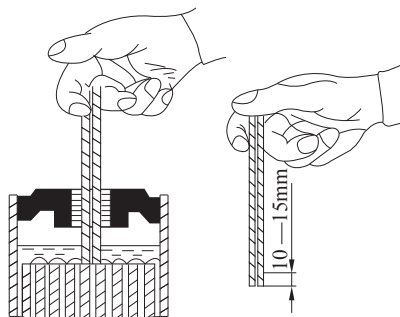


图 1-2-5 电解液液面高度检查

c. 提起玻璃管，测量玻璃管内的液面高度，即为蓄电池电解液液面高出极板的高度。标准为10—15mm，过低应补充蒸馏水，使之符合标准。

②液面高度指示线法

通过观察液面高度指示线可以检查电解液的液面高度。

对使用透明塑料容器的蓄电池，为检查液面高度，在容器壁上刻有两条高度指示线。正常液面高度应介于两线之间，低于下线则为液面过低，应加入蒸馏水补充。

③加液孔观察判断法

部分进口的汽车在电解液加液孔内侧的标准液面位置处开有方视孔，检视液面高度，液面在方孔下面为液面过低；正好与方孔平齐为标准；液面满过方孔而充满加液口底部以上为过多。

当发现电解液液面低于标准值时，应及时补充蒸馏水。除明确知道液面降低是由于电解液溅出所致外，不允许补充硫酸溶液。这是因为电解液液面正常降低是由电解液中的蒸馏水电解和蒸发所致。要特别注意不能加注冷开水、自来水、河水及其他质地的水，以免造成蓄电池自放电故障。

(2) 蓄电池端电压的检测

可用高率放电计测量单格电池的端电压，并且可以估算出蓄电池的放电程度。高率放电计如图1-2-6所示，测量时按以下步骤进行：

①高率放电计的两端触针紧压在蓄电池单格的正、负极桩上。

②测量5s，观察放电计的电压，记录电压值。

③分别测得6个单格的电压，此时是蓄电池在大电流放电情况下的端电压，各单格的端电压应在1.5V以上，且能稳定5s。

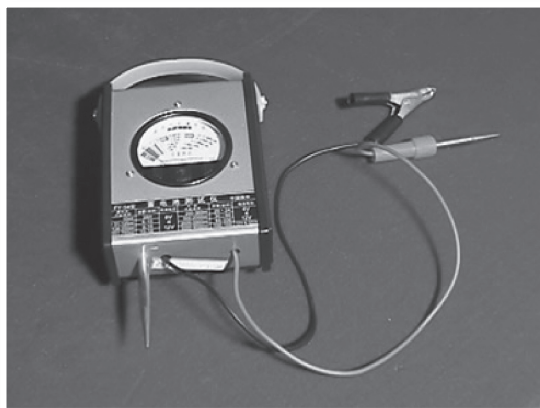


图 1-2-6 测6V和12V蓄电池的高率放电计

a. 如果各单格的电压低于1.5V，但5s内尚能稳定则为放电过多，应及时进行充电恢复。

b. 若单格电压低于1.5V，且5s内电压迅速下降，则表示有故障。

c. 若某单格无电压指示，则说明内部有短路、断路或严重硫化故障。

表1-2-1所示为负荷电压与放电程度的关系。

表 1-2-1 高率放电计测得单格电压与放电程度关系表

| 单格电池电压 (V) | 放电程度 (%) |
|------------|----------|
| 1.7—1.8 | 0 |
| 1.6—1.7 | 25 |
| 1.5—1.6 | 50 |
| 1.4—1.5 | 75 |

注意：表中的电压数值，上限适用于新的或容量较大的蓄电池，下限适用于一般蓄电池。

(3) 蓄电池电解液密度的测量

用密度计测量电解液密度的步骤如下：

- ①打开蓄电池的加液盖，如图1-2-7所示。
- ②把密度计下端的橡皮管伸入单格电池的加液口内，如图1-2-8所示。

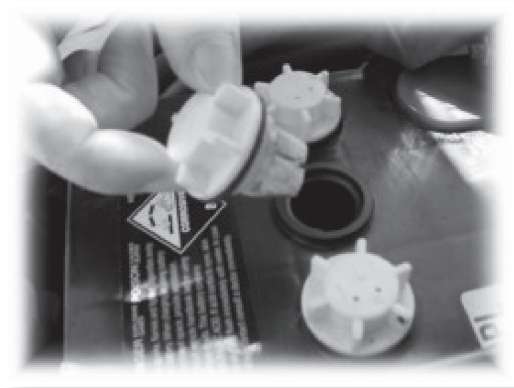


图 1-2-7 蓄电池加液口

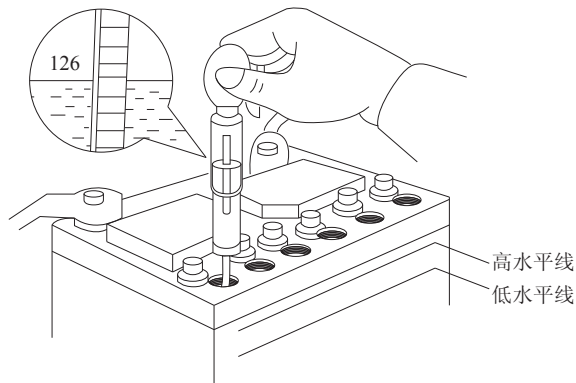


图 1-2-8 电解液密度的测量

- ③用手将橡皮球捏一下，再慢慢放开，电解液就会被吸到玻璃管中。
- ④注意控制吸入时电解液不要过多或过少，以将密度计浮子浮起而不会顶住为宜。
- ⑤使管内的浮子浮在玻璃管中央（不要相互接触），读取密度计的读数。读数时，要使密度计刻度线与眼睛平齐，测量的密度值应用标准温度（25℃）予以校正。
- ⑥将所测量的密度值与上次充电终了的电解液密度值进行对比，根据密度下降的程度来判断蓄电池的放电程度。

电解液密度的测量方法如图1-2-8所示。

(4) 放电程度的检查方法

电解液密度与放电程度的关系是密度每下降 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$ ，相当于蓄电池放电6%。当判定蓄电池夏季放电超过50%，冬季放电超过25%时，不宜再继续使用，应及时进行充电，否则会使蓄电池提前损坏。

用密度计测量电解液来估算放电程度时，对于电解液密度的测量，我国是以25℃为标准。不论是新配制的电解液还是蓄电池中的老电解液，其密度值一律换算到25℃，并加以修正。

用高率放电计测量单格电池电压或整个蓄电池电压可以来判断放电程度。

想一想：

1. 普通蓄电池电解液液面高度不够，应作怎样的调整？
2. 为什么使用万用表测量蓄电池的端电压不能判断它的性能好坏？

2. 正确填写下面记录单

蓄电池技术状况检测记录单

| | | | | | | | |
|-------------------|--|-------|------|----|--|------|--|
| 姓名 | | 班级 | | 学号 | | 组别 | |
| 车型 | | 蓄电池编号 | | | | 作业日期 | |
| | 检查项目 | | 测量结果 | | | | |
| 蓄电池 技术状 况检查 | 液面高度 (mm) | | | | | | |
| | 实测温度 (°C) | | | | | | |
| | 电解液密度 ρ_t (g/cm ³) | | | | | | |
| | 电解液密度 $\rho_{15^\circ\text{C}}$ (g/cm ³) | | | | | | |
| | 加液孔盖情况 | | | | | | |
| | 气泡程度 | | | | | | |
| | 单格电压 (V) | | | | | | |
| | 总电压 (V) | | | | | | |
| 极桩情况 | | | | | | | |
| 结论 | | | | | | | |

任务3 蓄电池充电设备的使用

学习目标

1. 知道蓄电池的充电及充电方法。
2. 会诊断及排除蓄电池的常见故障。
3. 能正确使用与维护蓄电池。

导入



我们知道电动自行车上的蓄电池使用后，都需要拿下来进行充电，为什么汽车上的蓄电池不需要天天拿下来进行充电呢？

知识准备

一、蓄电池的充电设备

充电设备指对蓄电池进行充电的直流电源，分为车上充电和车下充电两种。车上充电指发电机在工作时不断地给蓄电池进行充电。车下充电指在充电室内进行维护性的充电，常用的充电设备有硅整流充电机、可控硅充电机和快速充电机等。

近年来，快速充电技术得到了快速发展，大大缩短了时间，且保证了质量，提高了效率。快速充电机具有充电速度快、充电时间短、环境污染小、省电节能和去硫化效果显著等优点，很适合充电频繁和任务紧急的单位使用。但其设备价格较贵，非常容易损坏。

二、蓄电池的充电方法

在使用蓄电池时，必须按要求给蓄电池进行充电。常用的充电方法有定电流充电、定电压充电和脉冲充电。

1. 定电流充电

在充电过程中，充电电流保持一定的充电方法，称为定电流充电。从充电电流公式 $I=(U-E)/R$ 可知，在充电过程中，随着蓄电池电动势的提高，必须逐步提高充电电压，以保持充电电流的恒定值。一般充电电流的大小必须为蓄电池容量的1/10。当每单格蓄电池的端电压升高到2.4V时，将开始出现较多的气体，此时应将充电电流减少一半，直到蓄电池完全充足电，如图1-3-1所示。

采用定电流充电时，应以较小的充电电流进行充电。用大充电电流的方法会使蓄电池充电达不到额定容量，并使蓄电池迅速升温，产生大量气体，造成极板上活性物质的脱落而影响其使用寿命。定电流充电连接简图如图1-3-2所示。当小容量的蓄电池充足电后，应随即摘除，再继续给大容量的蓄电池充电。采用定电流充电方法，有利于延长蓄电池的使用期限，故适用于新电池的启用、补充充电和去硫化充电等。但是该方法充电时间较长，并且需要经常调节充电电流，同时充电效率也较低。

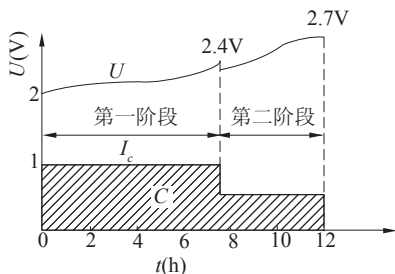


图 1-3-1 定电流充电特性曲线

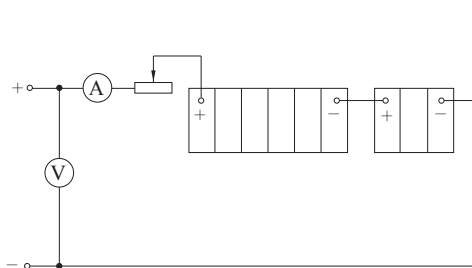


图 1-3-2 定电流充电连接简图

2. 定电压充电

在充电过程中，充电电压保持不变的充电方法称为定电压充电。用定电压充电法充电时，应选择合适的充电电压，因为充电电压过高，会使充电开始时充电电流过大，造成过充电现象；而充电电压过低，则充电电流过小，会使蓄电池充电不足。一般充电电压是蓄电池电压的1.25倍。从充电电流公式 $I=(U-E)/R$ 可知，充电电流与电源电压和电动势之差成正比，而与充电电路的电阻成反比。所以在充电的初期，充电电流较大，随着电动势的增高，充电电流逐渐减小，当充电电压和电动势相等时，充电电流接近为零，如图1-3-3所示。

采用定电压充电时，每个蓄电池的端电压必须相同，每个蓄电池的容量也尽可能相同，所有被充电的蓄电池与电源联接成并联，如图1-3-4所示。

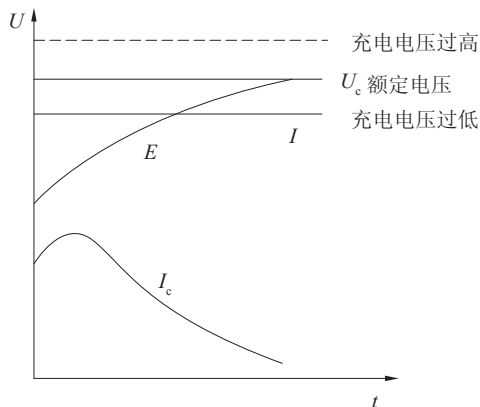


图 1-3-3 定电压充电特性曲线

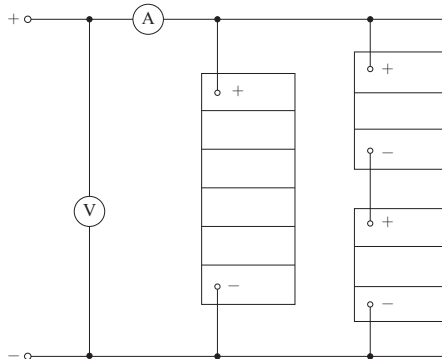


图 1-3-4 定电压充电连接简图

这种充电方法，因充电电压不变动，随着蓄电池电动势的增大，充电电流将逐渐减小到零，故不必专人照管。但这种充电方法在开始充电时电流过大，又不能调整充电电流的大小，故不适合初充电、去硫化充电。该充电方法还往往会影响蓄电池的技术性能和使用寿命。

3. 脉冲快速充电

上述的充电方法，要完成一次初充电需 60—70h，补充充电也要20h左右。因充电的时间太长，给使用和维护带来很多不便。目前使用较多的是可控硅快速充电机，使新蓄电池的初充电时间一般不超过5h，旧蓄电池补充充电时间在0.5—1.5h，大大缩短了充电时间，提高了效率。

脉冲充电就是一种快速充电法。其整个充电过程由脉冲充电控制电路自动进行控制，先用较大的电流（相当于蓄电池额定容量 0.8—1倍）充电，使蓄电池在较短的时间内充到额定容量的50%—60%，即当蓄电池单格电压上升到 2.4V开始冒气泡时，控制电路发生作用，先停止大电流充电（约25—40ms），接着再放电（反充电），使蓄电池反向通过一个较大的脉冲电流（脉冲深度为充电电流的1.5—3倍，脉冲宽度为150—1000 μ s，以消除极板孔隙中形成的气泡，接着再停止放电（约25ms）。以后的充电过程在脉冲充电自动控制电路控制下一直按正脉冲充电→停充→负脉冲瞬时放电→停充→再正脉冲充电的循环过程进行下去，直至充足电，如图1-3-5所示。

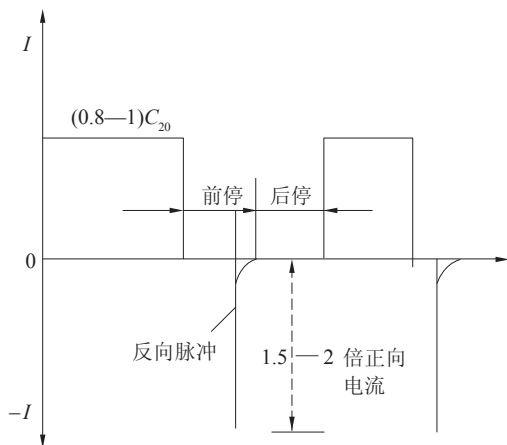


图 1-3-5 脉冲充电电流波形

脉冲快速充电法，充电时间短，提高了充电效率，消耗电能为常规充电的80%—85%，去硫化效果显著。但该方法出气率高，对活性物质的冲击力大，易使活性物质脱落，会影响到蓄电池的技术性能和使用寿命。

三、蓄电池的充电种类

根据充电目的的不同，蓄电池的充电作业可分为初充电、补充充电和去硫化充电等多种。

1. 初充电

新蓄电池或修复后的蓄电池在使用之前的首次充电叫初充电。初充电对起动型蓄电池的使用性能影响极大。初充电没有充好，会使极板活性物质不能完全转化，造成蓄电池永久性的容量不足，影响蓄电池的技术性能和使用寿命。

初充电具体步骤如下：

(1) 将配制好的电解液灌入蓄电池。灌入的电解液必须高出极板顶部10—15mm；蓄电池内温度应低于30℃。

(2) 按定电流充电法将被充蓄电池与充电机连接好,准备充电。连接充电机时,注意将蓄电池的正极接充电机的“+”极,蓄电池的负极接充电机的“-”极。

(3) 初充电按充电规范进行,因为新蓄电池在储存中可能有一部分极板硫化,充电时电解液温度容易过高,所以初充电选用的电流较小,并分两个阶段进行。

第一阶段的充电电流约为蓄电池额定容量的 $1/15$,待到电解液中冒出较多气泡,蓄电池单格端电压达到 2.4V 时转入第二阶段。第二阶段的充电电流约为蓄电池额定容量的 $1/30$ 。

(4) 进行充电。在充电过程中,应经常测量电解液的密度、温度,并观察液面高度。充电初期电解液密度会有降低情况,不需要调整它,液面高度低于规定值时,用相同密度的电解液调至规定值。充电中电解液的温度上升到 40°C 时,则应停止充电或将充电电流减小。如果温度继续上升到 45°C 时,则应停止充电,待冷却至 35°C 以下时再继续充电。初充电过程中,如减少过充电电流,则应适当延长充电时间,直至充足为止。整个充电时间约需 $45\sim 65\text{h}$ 。

(5) 初充电接近终了时,如果电解液密度不符合规定,应用蒸馏水或密度为 $1.40\text{g}/\text{cm}^3$ 的稀硫酸进行调整,再充电 2h ,直至蓄电池单格端电压上升到最大值,并在 $2\sim 3\text{h}$ 内不再增加。电解液密度上升到最大值,在 $2\sim 3\text{h}$ 不再增加,并产生大量气泡,电解液呈“沸腾”状态。此时表明蓄电池已充足电,应切断充电电源,以免造成过充电。

2. 补充充电

蓄电池在使用过程中,如因电源系故障或用电设备耗电过大等原因,致使电池的容量下降,应及时进行充电,称为补充充电。

蓄电池在使用中如果出现以下迹象时,必须进行补充充电。

- (1) 发动机怠速或停转后,灯光比平时暗淡,表示电力不足时。
- (2) 冬季放电超过 25% 时,夏季放电超过 50% 时。
- (3) 电解液相对密度下降到 $1.20\text{g}/\text{cm}^3$ 以下时。
- (4) 起动机运转无力(并非起动机、发动机机械故障)时。
- (5) 蓄电池存放不用已近一个月。

3. 去硫化充电

蓄电池发生硫化故障后,内电阻将显著增大,充电时温度升高也较快。蓄电池硫化程度严重时只能报废,硫化程度较轻时,可以用去硫充电法加以消除。

去硫充电的具体操作步骤如下:

- (1) 先将已硫化的蓄电池按 20h 放电率放完电。
- (2) 倒出蓄电池内原有电解液,用蒸馏水反复冲洗数次,然后再加入足够的蒸馏水。
- (3) 采用脉冲快速充电法或按初充电的第二阶段电流值进行充电,并随时测量电解液相对密度,如升到 $1.15\text{g}/\text{cm}^3$ 时,倒出电解液,换加蒸馏水再进行充电,直到相对密度不再增加为止。

(4) 以 20h 放电率进行放电,当单格电压下降到 1.75V 时,再以补充充电的电流值进行充电,再放电,不断反复进行,直到容量达到额定值的 80% 以上,然后再充足电,调整电

解液的相对密度和液面高度至规定值后，即可投入使用。

四、蓄电池的常见故障

蓄电池在使用中出现的故障，除材料和制造工艺方面的原因外，在很多情况下是由于维护和使用不当造成的。蓄电池的常见故障可分为外部故障和内部故障两种。

常见外部故障有：极桩腐蚀、桩头接触松动、壳体开裂和封口胶干裂等。常见内部故障有：极板硫化、活性物质脱落、自行放电、极板短路与蓄电池反相、极板翘曲和活性物质大量脱落等。

熟悉蓄电池常见故障的产生原因，有利于维护和使用好蓄电池，延长其使用寿命。

1. 极板硫化

蓄电池如长期充电不足或放电后长时间未充电，会使极板上生成一层白色坚硬粗晶粒的硫酸铅，在正常充电时无法除去，这种现象称为“硫酸铅硬化”，简称“硫化”。这种粗而坚硬晶粒的硫酸铅导电性差、体积大，会堵塞活性物质的细孔，阻碍电解液的渗透和扩散，使蓄电池的内阻增加，起动时不能供给大的起动电流，以致不能起动发动机。

(1) 故障现象

蓄电池充电时，电解液温度和端电压上升过快，而且过早出现“沸腾”现象，电解液相对密度却增加很慢，而且达不到规定值，放电时端电压迅速下降。

(2) 故障产生原因

①蓄电池在使用期间，长期处于充电不足或放电后未及时充电，会造成部分硫酸铅从电解液中析出，再次结晶生成大晶粒硫酸铅附着在极板表面上。

②经常过放电，在极板深层的活性物质转变为硫酸铅，充电时又得不到恢复，久而久之也将导致硫化。

③液面高度过低，暴露在空气中的极板上部因与空气接触而强烈氧化（主要是负极板）；汽车颠簸，液面以上的极板时干时湿，也会形成大晶粒的硫酸铅硬层，使极板的上部硫化。

④电解液相对密度过高，成分不纯，温度变化剧烈等，也将促进硫化。

(3) 故障排除

对轻微硫化的蓄电池，可采用过充电法或用快速充电机充电，对硫化较严重的采用去硫化充电法消除，对硫化很严重的则更换极板或报废。

2. 极板短路

(1) 故障现象

开路电压较低，大电流放电时端电压迅速下降，甚至到零；充电过程中，电压与电解液相对密度上升缓慢，甚至保持很低的数值就不再上升了；充电末期气泡减少，但电解液温度却迅速升高。

(2) 故障产生原因

①隔板质量不高或损坏，使正负极板相接触而短路。

②活性物质在蓄电池底部沉积过多。

③金属导电物落入正负极板之间，也将造成蓄电池内部极板短路。

(3) 故障排除

更换破损的极板，清除沉积物，更换弯曲的极板等。

3. 自行放电

(1) 故障现象

完全充足电的蓄电池，放置一个月不用会逐渐失去电量，若每昼夜电能自行损失平均大于 $2\%Q_e$ ，称为故障型自行放电。

(2) 故障产生原因

①蓄电池盖上积存有尘土等污物或洒有电解液时，会使正、负极桩导通。

②极板上活性物质和栅架的材料不同、材料不纯，会在电解液中产生不同的电位而形成局部电池，以微电池形式造成自行放电。

③电解液杂质含量过多，这些杂质在极板周围形成局部电池而产生自行放电。例如，当电解液中含铁量达1%时，一昼夜会将蓄电池全部放电。

④隔板破裂、穿孔以及极板活性物质大量脱落而沉于极板下部，使极板短路。

⑤蓄电池组装过程中操作不慎，铅液流入极板组，造成正、负极板间短路。

⑥蓄电池长期存放，硫酸密度不均匀，使极板上、下部位产生电位差。

(3) 故障排除

长期不用而逐渐放电属正常放电，应补充充电；对于自放电严重的，在完全放电后，应倒出电解液，用蒸馏水冲洗，再加新的电解液重新充电。

4. 活性物质大量脱落

(1) 故障现象

电解液中有沉淀物，充电时，电解液混浊，并有褐色物质自底部上浮，端电压上升过快，“沸腾”现象比正常蓄电池出现得早，充电时间大大缩短，相对密度达不到规定值。放电时，电压下降迅速，容量不足。活性物质脱落多发生于正极板。

(2) 故障原因

①充电电流过大，电解液温度过高，使活性物质膨胀疏松而脱落。

②长时间过充电，使极板孔隙中产生大量气泡，在极板内部造成压力，而使活性物质脱落。

③使用起动机时间过长，使放电电流过大，致使极板拱曲而造成活性物质脱落。

④蓄电池组装不良，极板组松旷，或蓄电池在汽车上安装不牢，汽车运行中因受到剧烈振动而引起活性物质脱落。

(3) 故障排除

对脱落物质较小的，可清除后继续使用；对于脱落物较多的，应更换新极板和电解液。

5. 极板翘曲

(1) 故障现象

蓄电池内部短路或出现活性物质大量脱落的故障现象，极板翘曲多发生于正极板。

(2) 故障原因

- ①长时间的大电流放电，使极板表面各部分电流密度不同而造成弯曲。
- ②蓄电池过量放电时，使极板内层深处生成硫酸铅，充电时得不到恢复，造成内部膨胀而导致极板拱曲。
- ③极板在制造过程中铅膏深浅不匀，使充、放电时极板各部分所引起的电化学反应强弱不匀而造成极板膨胀和收缩不一样。
- ④电解液中含有杂质，在引起局部电化学作用时，仅有小部分活性物质转变为硫酸铅，致使整个极板的活性物质体积变化不一致，也会造成极板翘曲。

(3) 故障排除

一旦出现极板翘曲故障后，只能更换极板。

五、蓄电池的维护

为了使蓄电池经常处于完好状态，延长其使用寿命，对使用中的蓄电池需进行以下维护工作：

- (1) 观察蓄电池外壳表面有无电解液漏出。
- (2) 检查蓄电池在车上安装是否牢固，导线接头与电桩的连接是否紧固。
- (3) 经常清除蓄电池盖上的灰尘、泥土，擦去电池顶上的电液，疏通加液孔盖上的气孔，清除电桩和导线接头上的氧化物。
- (4) 定期检查和调整电解液的相对密度及液面高度。
- (5) 经常检查蓄电池放电程度，超过规定时立即充电。

任务实施

蓄电池充电设备的使用

一、目的与要求

1. 知道蓄电池的充电方法。
2. 会使用硅整流充电机进行充电。

二、器材与设备

1. 技术状况良好的蓄电池
2. 密度计、温度计、玻璃管、高率放电计等
3. 硅整流充电机

三、注意事项

1. 严格遵守各种充电方法的充电规范。
2. 充电过程中，要密切观察各单格电池的电压和电解液密度变化，及时判断其充电程

度和技术状况。

3. 在充电过程中，密切注意电池的温度。
4. 充电时，要备用冷水、10%苏打溶液或10%的氨水溶液。
5. 充电室要安装通风装置，并严禁明火。
6. 充电设备不应和蓄电池放置在同一工作间。充电时，应先接牢电池线；停止充电时，应先切断电源，严防火花产生。

四、操作步骤

补充充电具体步骤：

(1) 从汽车上拆下蓄电池，清除蓄电池盖上的脏污，疏通加液孔盖上的通气小孔，清除极桩和导线接头上的氧化物。

(2) 检查电解液的密度和液面高度，如果密度不符合规定要求，用蒸馏水或密度为 1.4 g/cm^3 的稀硫酸调配，电解液液面应高出极板上缘15mm。

(3) 用高率放电计检查各单格电压的放电情况，要求蓄电池的各个单格电池读数（电压值）基本一致。

(4) 将蓄电池正极接充电极正极，蓄电池负极接充电极负极。

(5) 补充充电分两个阶段：第一阶段的充电电流约为蓄电池额定容量的 $1/10$ ，充至单格电压2.3—2.4V，冒出少量气泡，充电时间约10h左右；第二阶段的充电电流约为容量的 $1/20$ ，充至单格电压为2.5—2.7V，电解液达到规定值，并且在2—3h内基本不变。蓄电池内产生大量气泡，电解液呈沸腾状态，表示此时蓄电池电已充足，充电时间大约为5h。

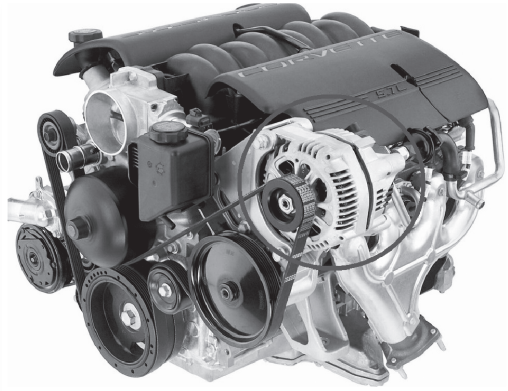
(6) 充电完成后将加液口盖拧紧，擦净蓄电池表面，便可使用。

任务4 交流发电机的拆装与部件测试

学习目标

1. 认识交流发电机的作用、特点与分类。
2. 知道交流发电机的结构与工作原理。
3. 能进行交流发电机的拆装，学会零部件的检测与维修方法。

导入



日常生活中我们使用220V交流电，你知道汽车上使用的是直流电还是交流电，电压有多少伏？

知识准备

一、交流发电机的作用、特点与分类

1. 交流发电机的作用

汽车上虽然装有蓄电池，但蓄电池供给的电能有限，并且在放电以后必须及时补充充电。因此，汽车上的电源除了蓄电池外，发电机也是汽车电系的主要电源。发电机由汽车发动机驱动，它在正常工作时，除向起动机供电以外，还对其他所有用电设备供电，并向蓄电池充电以补充蓄电池在使用中所消耗的电能。

现代汽车随着动力性、安全性、舒适性、经济性的提高，用电设备数量的提高和功能的完善，对发电机容量和性能指标的要求也越来越高。因此，现代汽车均采用硅整流交流

发电机，如图1-4-1所示。

2. 交流发电机的特点

交流发电机具有以下优点：重量轻，体积小，结构简单，维修方便，输出功率大，低速充电性能好，对无线电干扰小，与之配套的调节器结构简单。

3. 交流发电机的分类

交流发电机按总体结构的不同，可分为普通式、整体式、带泵式、无刷式和永磁式等。

交流发电机按磁场绕组的搭铁部位的不同，可分为内搭铁式和外搭铁式。磁场绕组在发电机内部搭铁的称为内搭铁式；磁场绕组通过发电机外部，经由调节器搭铁的称为外搭铁式。

交流发电机按调节器安装部位的不同，可分为一般式和整体式。整体式是将调节器安装在发电机内部，由于其连线少，制造简单，被广泛使用，如北京切诺基、桑塔纳轿车的发电机等。

交流发电机按装用二极管数量的不同，可分为六管、八管、九管、十一管等。

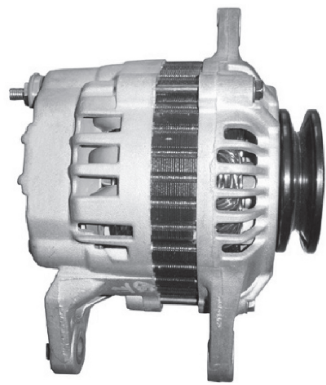


图 1-4-1 硅整流交流发电机

二、交流发电机的结构

汽车交流发电机是将发动机的一部分机械能转变为汽车所需的电能。它由两大部分组成，即发电和整流部分。发电部分主要由转子总成、定子总成、前、后端盖及电刷、皮带轮、风扇等部件组成；整流部分由六只硅二极管组成。如图1-4-2所示为硅整流交流发电机的结构部件图。

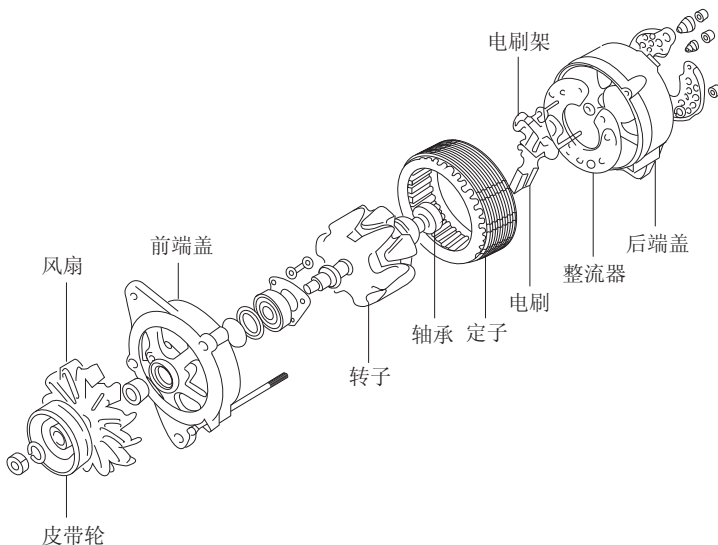


图 1-4-2 硅整流交流发电机的结构图

1. 转子总成

转子总成的作用主要是产生磁场。它由转子轴、两块爪极、激磁线圈和滑环等组成。

在转子轴的中段轧有纵向滚花，其上有两块爪极，每块爪极上各有若干鸟嘴形磁极，交叉排列，两块爪极的内腔装有铁芯，称为磁轭。其上绕有激磁绕组，绕组的引出线端分别焊在与轴绝缘的两个铜制滑环上。转子由前、后轴承分别支承于前、后端盖的轴承孔中，以保证转子能高速旋转，如图1-4-3所示为构成交流发电机转子的零部件。

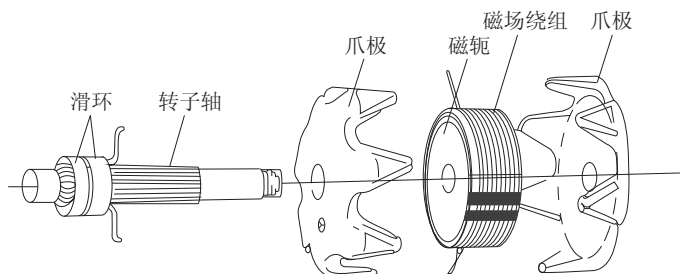


图 1-4-3 交流发电机转子

2. 定子总成

定子是产生三相交流电动势的部件，由定子铁芯和定子绕组（电枢）组成。定子铁芯由相互绝缘的内圆带嵌线槽的圆环状硅钢片叠成，定子铁芯槽内嵌有三相对称绕组，三相绕组采用星形接法，即每相绕组的一端接向硅整流器，三个绕组的另一端接在一起，形成中性点（N）。发电机的定子绕组广泛采用星形接法。如图1-4-4所示为星形连接的定子绕组。

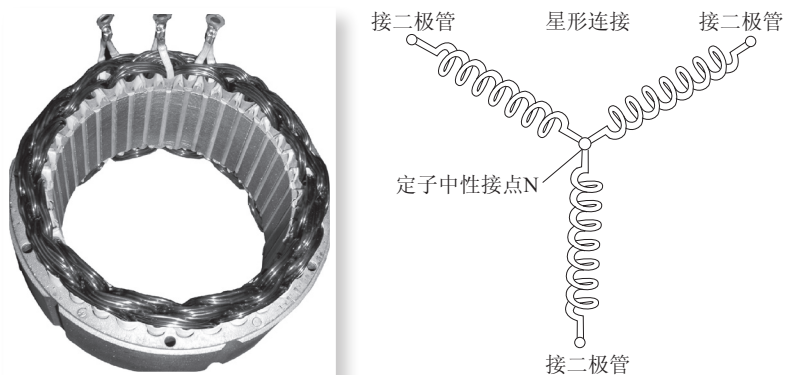


图 1-4-4 星形连接的定子绕组

3. 前、后端盖

前、后端盖的作用是封闭发电机内部构造和支承转子总成。它们均为铝合金制成，可减少漏磁，且轻便，散热性能好。此外，在后端盖上还装有电刷架，以固定电刷。

4. 电刷与电刷架

电刷架有外装式和内装式之分。两个电刷分别装在电刷架的孔中，一端装有引线，与后端盖上的磁场接线柱“F”和搭铁接线柱“E”或“-”相连接；另一端用弹簧压向滑环使弹簧与电刷紧密接触。搭铁方式有两种：一种引线用螺钉直接固定在后端盖上，称为内搭铁；另一种引线与后端盖绝缘，接向外部的绝缘接线柱，称为外搭铁。

5. 风扇与皮带轮

风扇与皮带轮借助半圆键与螺母固定在转子轴的前端，皮带轮接收曲轴驱动的动力，使轴承转动。风扇可通过前端盖的窗口将冷风吹向发电机内部，使之冷却。

6. 硅整流器

硅整流器的作用是将三相交变电动势变成直流电输出。它由六只硅二极管和元件板组成的三相桥式全波整流电路所组成，如图1-4-5所示。硅二极管有两种类型，即三只正二极管和三只负二极管。引线和外壳分别是二极管的两个电极，分别装在两个元件板上或一个元件板和一个后端盖上，如图1-4-6所示。

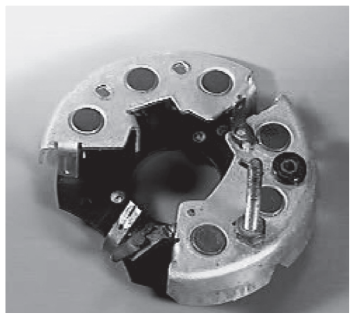


图 1-4-5 硅整流器

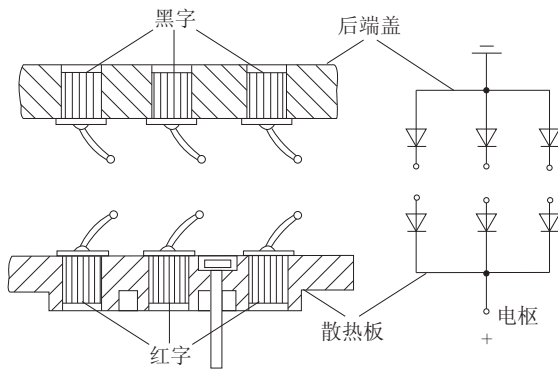


图 1-4-6 硅二极管的安装示意图

(1) 正二极管

其中心引线为二极管的正极，外壳为负极，一般在壳底有红字标示。三只正二极管将外壳压装或焊装在铝合金制成的散热板上，并与后端盖绝缘，用螺栓引向后端盖外部。作为输出的接线柱，标记为“B”（或“+”、“A”、“电枢”）。

(2) 负二极管

其中心引线为二极管的负极，外壳为正极，一般在壳底有黑字标示，三只负二极管将外壳压装或焊装在铝合金制成的散热板上或发电机的后端盖上，其外壳和后端盖一起成为发电机的负极。

三、交流发电机的工作原理

1. 发电原理

交流发电机的基本原理是电磁感应原理。当励磁绕组通以直流电时，磁极被磁化，产生轴向磁场，两块爪形磁极被磁化，形成了六对相间排列的磁极。磁力线从转子的N极出发，穿过转子与定子间很小的气隙，进入定子铁芯。然后又经空气隙回到相邻的S极，通过磁轭构成回路。

当转子旋转时，励磁绕组所产生的磁场也随之转动，形成旋转磁场。固定不动的三相定子绕组在旋转磁场的作用下，产生交流电动势。由于三相绕组是对称绕制的，故产生三个频率相同、幅值相等、相位互差 120° 电角度的正弦电动势 e_A 、 e_B 和 e_C ，其瞬时值分别为：

$$e_A = E_m \sin \omega t$$

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_C = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$

式中 E_m ——每相电动势的最大值 (V) ;

ω ——角频率 (rad/s) 。

对于定型的三相同步交流发电机而言, 每相电动势有效值的大小, 与转子的转速和磁极磁通的乘积成正比, 即

$$E_{\Phi} = Cn\Phi$$

式中 E_{Φ} ——每相电动势的有效值 (V) ;

C ——发电机常数;

n ——转子的转速 (r/min) ;

Φ ——磁极磁通 (Wb) 。

若忽略发电机内部压降, 可得出发电机的相电压 U_{Φ} 为:

$$U_{\Phi} = Cn\Phi$$

2. 整流原理

三相定子绕组中产生交流电, 要利用硅二极管单相导电性能, 转换成直流电。当硅二极管的正极电位高于负极电位时, 二极管导通; 而当二极管的正极电位低于负极电位时, 二极管截止。在交流发电机中, 用六只硅二极管组成了三相桥式全波整流电路, 如图1-4-7所示。

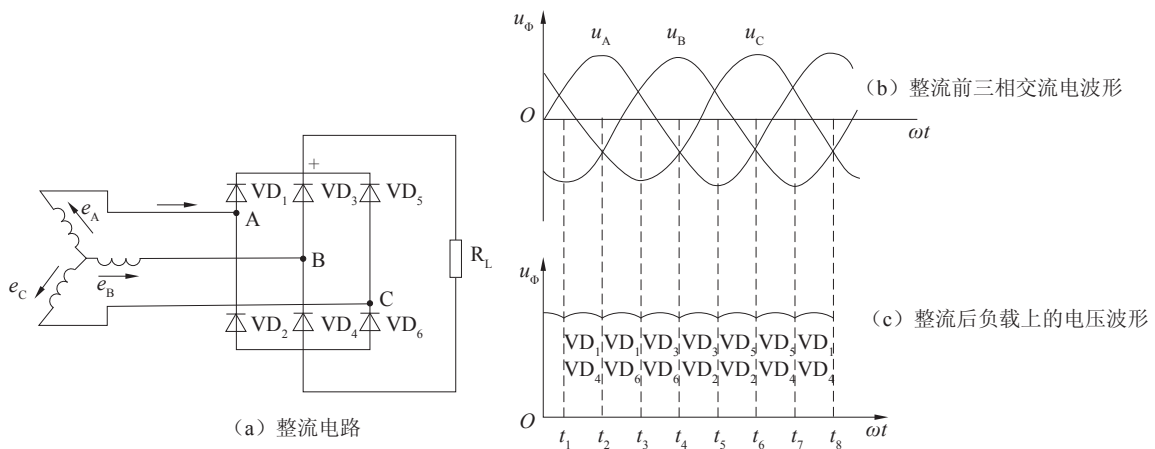


图 1-4-7 三相桥式整流电路及电压波形

在三相桥式全波整流电路中, 三只正极管 VD_1 、 VD_3 、 VD_5 的正极引出线分别同三相绕组的首端A、B、C相连; 三个正极管的负极连接在一起, 形成发电机的正极, 和负载相连接。三只负极管的负极引出线分别同三相绕组的首端A、B、C相连; 三只负极管的正极连接在一起, 形成发电机的负极, 和负载的另一端相连接。

其导电原则是:

(1) 在某一瞬间, 三相绕组的哪相输出相电压最高, 则三只正极管 VD_1 、 VD_3 、 VD_5 中, 接该相的正极管导通。

(2) 同一瞬间, 三相绕组的哪相输出相电压最低, 则三只负极管 VD_2 、 VD_4 、 VD_6 中, 接该相的负极管导通。

(3) 同时导通的二极管只有正、负极管各一只。

根据上述原则，其整流过程如下：

在 t_1-t_2 时间内， u_A 电位最高， u_B 电位最低，二极管 VD_1 、 VD_4 处于正向电压作用下而导通。电流从最高电位 u_A 出发，经 $VD_1 \rightarrow$ 负载 $\rightarrow VD_4$ ，流入最低电位，回到 u_B 构成回路。由于二极管内阻很小，所以此时负载上得到的电压为 u_{AB} ，其方向为上“+”下“-”。

在 t_2-t_3 时间内， u_A 电位最高， u_C 电位最低，二极管 VD_1 、 VD_6 处于正向电压作用下而导通。电流从最高电位 u_A 出发，经 $VD_1 \rightarrow$ 负载 $\rightarrow VD_6$ ，流入最低电位，回到 u_C 构成回路。所以此时负载上得到的电压为 u_{AC} ，其方向为上“+”下“-”。

在 t_3-t_4 时间内， u_B 电位最高， u_C 电位最低，二极管 VD_3 、 VD_6 处于正向电压作用下而导通。电流从最高电位 u_B 出发，经 $VD_3 \rightarrow$ 负载 $\rightarrow VD_6$ ，流入最低电位，回到 u_C 构成回路。所以此时负载上得到的电压为 u_{BC} ，其方向为上“+”下“-”。

如此循环，在负载上得到一个比较平稳的直流脉动电压，其电压波形一个周期内6个纹波。

经整流后负载 R 两端的直流电压，就是交流发电机的直流输出电压 U ，数值为三相交流线电压的1.35倍，即

$$U = 1.35U_{\text{线}} = 2.34 U_{\text{相}} \quad (U_{\text{线}} = \sqrt{3}U_{\text{相}})$$

每个硅二极管在一个周期内导通的时间只有1/3，流过每个管子的正向电流亦为负载电流的1/3。

每只硅二极管承受的最高反向电压 $U_{D\max}$ 等于线电压的最大值，即

$$U_{D\max} = \sqrt{2}U_{\text{线}} = 1.05U$$

有些硅整流发电机具有由三相定子绕组中性点引出的中心抽头，标注为“N”。中性点“N”对发电机外壳（即搭铁）之间的电压称为中性点电压 U_N ，它是通过三个负极管子整流后得到的直流电压，等于发电机直流输出电压的一半，即

$$U_N = 0.5U$$

中性点电压一般用来控制各种用途的继电器，如磁场继电器、充电指示继电器。

3. 励磁方式

交流发电机开始发电时，先由蓄电池供给励磁电流，采取他励方式进行。当发电机电压大于蓄电池电动势时，再转变为自励，即由发电机自身供给励磁电流。

交流发电机励磁回路如图1-4-8所示，其电路简单、可靠，只要打开点火开关 S ，蓄电池就通过调节器常闭触点向发电机励磁绕组供电。但是，如果驾驶员停车后忘记将点火开关关闭，蓄电池会通过调节器向发电机励磁绕组长时间放电。

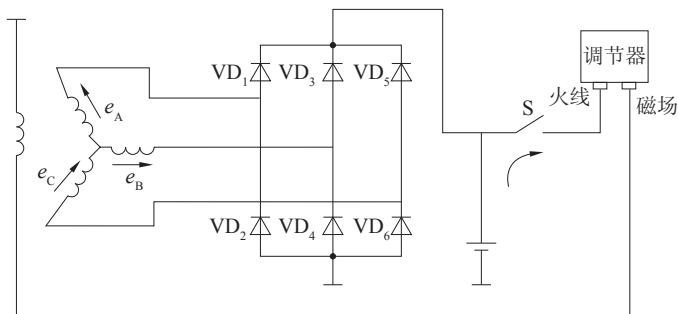


图 1-4-8 交流发电机励磁回路

想一想：

1. 发电机中形成磁场的是哪个部件？
2. 发电机外壳为什么要用铝合金制造？

任务实施

交流发电机的结构认识和零部件检测

一、目的与要求

1. 会拆装交流发电机。
2. 能对交流发电机进行零部件的检测。
3. 能检修交流发电机。

二、器材与设备

1. 交流发电机
2. 数字式万用表、百分表、偏摆检查仪、小型拉拔器、拆装工具若干套

三、注意事项

1. 严格遵守操作规范。
2. 正确使用拆装工具，禁止用铁锤敲击的办法分离前后端盖和皮带盘。
3. 拆装过程中注意不要丢失、损坏和漏装零部件。
4. 对各主要部件进行正确检测。
5. 在装配发电机各部分螺钉、螺母时，注意不可用力过度，防止打滑。

四、操作步骤

1. 交流发电机的拆装

(1) 交流发电机的分解

- ① 拆下电刷罩盖，取下电刷。
- ② 拆下前后端盖的固定螺母，用橡皮榔头轻击前端盖，使前后端盖分离。
- ③ 拆下皮带轮锁紧螺母，取下皮带轮、风扇叶、垫片、半圆键，用橡皮榔头轻击前端盖或用拉拔器使转子与前驱动端盖分离。

④ 拆下定子绕组与元件板连接螺母，取下定子绕组，再拆下元件板固定螺母，取下元件板。

(2) 交流发电机的装配

- ① 按分解的逆顺序安装发电机。
- ② 装复后的发电机应转动灵活，无卡滞现象。

2. 交流发电机的检测

(1) 交流发电机不解体检查

交流发电机发生故障时，解体修理前应先进行机械和电气方面的检查或测试，以判定故障部位和程度。

①机械方面的检查。检查外壳有无裂纹和损坏；检查轴承阻力情况和轴向、径向间隙；转子与定子间是否接触等。

②电气方面的检查。解体前，可用万用表测量发电机各接线柱之间的电阻值以判断故障及程度，其方法是用万用表R×1挡测量发电机“F”与“-”之间的电阻值，以及“B”与“-”、“N”与“B”、“N”与“-”之间的电阻值。

“F”与“-”之间测出的电阻值应符合相关说明书或维修手册的要求。

如果电阻超过规定值，说明电刷与滑环接触不良；小于规定值，表明激磁绕组有匝间短路；电阻为零，说明两个滑环之间短路或“F”接线柱搭铁；电阻为无限大，即表针不动，说明磁场电路有断路处。

交流发电机“B”与“-”、“B”与“F”之间的正反向电阻值可参见各汽车的维修手册。

用万用表黑（-）表棒接触发电机外壳，红（+）表棒接触发电机“B”接线柱。如果电阻值在40—50Ω，交换表棒；如电阻值为无限大，即表针不摆动，说明硅二极管正常；如果电阻值在10Ω左右，说明个别二极管击穿短路；如电阻值接近于零或等于零，说明正极管和负极管均有击穿短路故障。

(2) 交流发电机解体后的检修

交流发电机的故障可分为机械故障和电气故障两大类。

机械故障有：滑环表面油污、烧蚀、失圆，电刷磨损，电刷弹簧弹力不足，轴承磨损，转子轴弯曲，外壳破裂等。

电气故障有：硅二极管损坏，转子线圈或定子线圈断路、短路或搭铁等。

①转子的检测

励磁绕组的检测：用万用表欧姆R×1挡，检查励磁绕组的电阻，标准阻值为5—6Ω。如图1-4-9所示。

绝缘性能的检测：用万用表R×1k挡检查滑环与轴的绝缘电阻，应为∞，如图1-4-10所示。

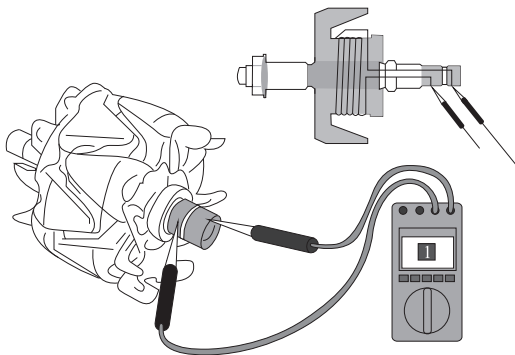


图 1-4-9 励磁绕组的检查

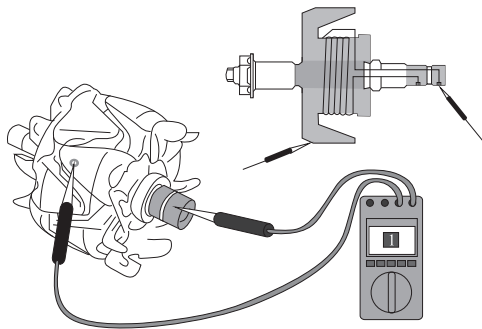


图 1-4-10 转子绝缘性能的检查

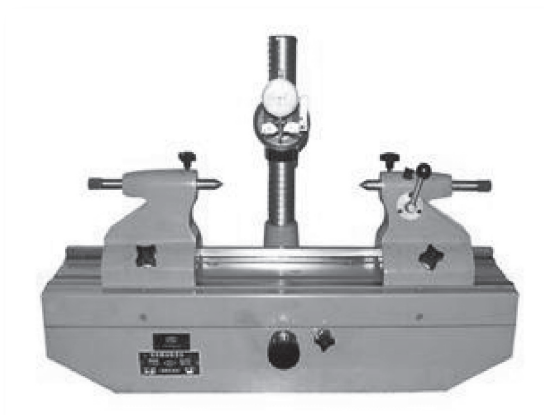


图 1-4-11 偏摆仪和百分表

滑环光洁度与厚度的检测：检查滑环的表面有无烧蚀或起槽现象，滑环的厚度应大于1.5mm。

铁芯的检测：检查铁芯有无损坏，爪极与爪极之间的气隙应分布均匀。

转子轴的弯曲度检测：

检测步骤如下：

a. 清洁、检查校对百分表

测量前清洁百分表、偏摆检查仪（图1-4-11），调整百分表刻度盘使大指针指向“0”位，压缩测量头，快放一次，慢放一

次，大指针应能回到“0”位，然后将百分表固定在偏摆检查仪上的专用夹具上。

b. 测量方法

按被测转轴的长度，调整活动顶针座至合适位置，压下转轴安装手柄，将偏摆检查仪上两项针分别抵住转轴两端中心工艺孔上并固定，转轴应能正常转动而无摆差。然后调整百分表的测量头至转轴（中部）的表面，并应有一定的压缩量（0.05—0.15mm），再调整百分表上的刻度盘至“0”或某一个方便读数的数值上，慢慢转动转轴进行测量，从百分表中读出转轴的 actual 摆差数值，如图1-4-12所示。

发电机转轴对其轴线的径向圆跳动应小于0.10mm，换向器应小于0.03mm。

②定子的检测

a. 定子绕组的检测

用万用表欧姆 $R \times 1$ 挡检查定子（三相）绕组间导通电阻，应小于 1Ω 。

b. 定子绕组绝缘性能的检测

用万用表检查定子绕组的绝缘性能，应为 ∞ ，如图1-4-13所示。

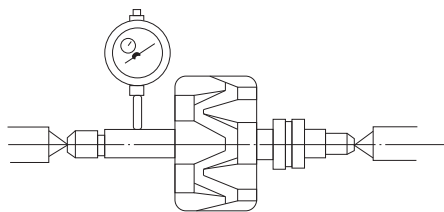


图 1-4-12 转子轴径向跳动的检查

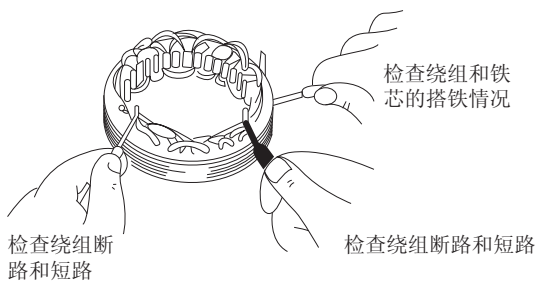


图 1-4-13 交流发电机定子绕组的检测

③整流二极管的检测

用万用表欧姆 $R \times 1$ （或 $R \times 10$ ）挡，测量每个二极管的正向导通电阻，应为18—20 Ω （注意：选用不同型号的万用表或选择不同的挡位，检查所得的二极管正向导通电阻值是不相同的），反向截止时的电阻应大于10k Ω 。若两次测得均为 ∞ ，则该二极管断路，若两

次检测阻值均为0，则该二极管短路，如图1-4-14所示。

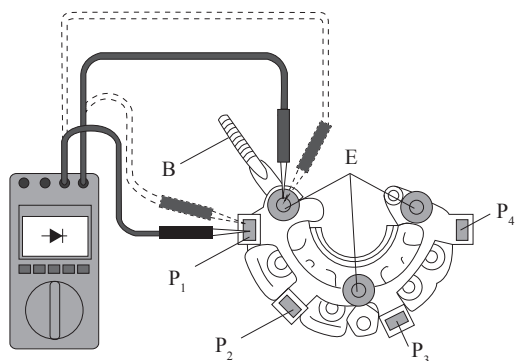


图 1-4-14 检查整流二极管的导通情况

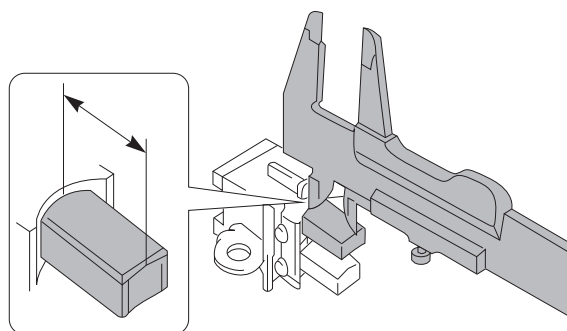


图 1-4-15 电刷高度的检查

④电刷的检测

用游标卡尺检查电刷的高度应大于7mm，电刷与滑环的接触面积应大于80%，如图1-4-15所示。

⑤各接线柱的检查

用万用表欧姆 $R \times 1k$ 挡，检查磁场F接线柱与外壳、元件板上的接线柱与元件板之间的绝缘电阻，应为 ∞ 。

3. 正确填写下列记录单

交流发电机结构认识与零部件的检测记录单

| | | | | | | | | |
|-------|--------|------|------|------|--|-----|------|--|
| 姓名 | | 班级 | | 学号 | | 组别 | | |
| 发电机型号 | | | | | | | 作业日期 | |
| | 检查项目 | | 检测结果 | | | 结论 | | |
| 转子检测 | 性能检测 | | 检测结果 | | | | | |
| | 径向圆跳动 | | | | | | | |
| | 滑环光洁度 | | 检测结果 | | | | | |
| | 滑环的绝缘性 | | | | | | | |
| 定子检测 | 性能检测 | A相 | 测试结果 | | | | | |
| | | B相 | | | | | | |
| | | C相 | | | | | | |
| | 绝缘性检测 | A相 | 测试结果 | | | | | |
| | | B相 | | | | | | |
| | | C相 | | | | | | |
| 二极管检测 | 正极管 | 正向电阻 | | 反向电阻 | | 正极管 | | |
| | 负极管 | | | | | 负极管 | | |

任务5 交流发电机的性能测试

学习目标

1. 认识交流发电机的工作特性及性能的改善。
2. 能对交流发电机进行性能试验。

导入



日光灯有时会因电压不稳而闪烁。那么，当汽车上发电机的电压不稳时，会造成什么现象呢？如何解决这个问题？

知识准备

一、交流发电机的工作特性

交流发电机的工作特性主要是指交流发电机经整流后输出的直流电压、电流和转速之间的关系，包括空载特性、输出特性和外特性。

1. 空载特性

空载特性是指硅整流发电机空载时，输出电压与转速之间的关系，即 $I=0$ ， $U=f(n)$ ，如图1-5-1所示。

从曲线中可以看出，随着转速的升高，端电压上升较快，在开始充电点处由他励发电转入自励发电，即向用电设备供电，并向蓄电池进行补充充电。因此，从空载特性可以判定发电机的性能。

2. 输出特性

输出特性也称负载特性，是指发电机向负载供电

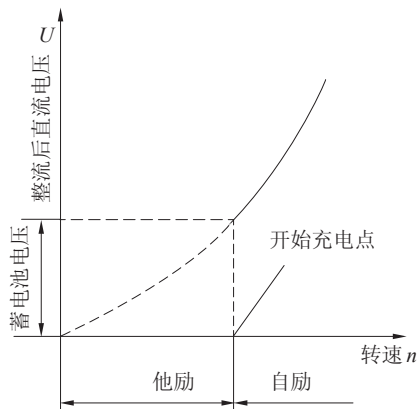


图 1-5-1 交流发电机空载特性

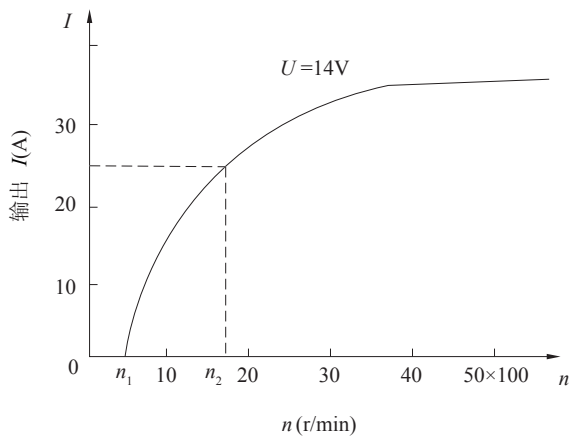


图 1-5-2 交流发电机输出特性

时，保持发电机输出电压一定（对12V的发电机规定为14V，对24V的发电机规定为28V），发电机的输出电流与转速之间的关系，即输出电压 U 为常数时， $I=f(n)$ 的曲线，如图1-5-2所示。

图中， n_1 为发电机空载时，输出电压达到额定值的转速，称为空载转速， n_2 为发电机达到额定功率时的转速，称为负载转速。

由输出特性可以看出发电机在不同转速下输出功率的情况：

(1) 交流发电机只需在较低的空载转速 n_1 时，就能达到额定电压值，具有低速充电性能好的优点。 n_1 常用来作为选择发动机传动比的主要依据。

(2) 交流发电机达到额定功率（或额定电流）时的转速，称为负载转速 n_2 。发电机额定电流一般规定为最大电流的70%—75%。

空载转速和负载转速是表示汽车交流发电机的主要指标。判断发电机性能的好坏，只要将测得的这两个数据与规定值相比，即可得出结果。

(3) 当转速达到一定值后，发电机的输出电流不再随转速的升高而继续加大，这时发电机输出的电流为最大值。交流发电机具有自身限制输出电流的能力，这是因为交流发电机定子绕组的感抗与频率成正比。当转速升高时，尽管定子绕组中的感应电动势增加，但此时定子绕组的阻抗也随转速的升高而增加；同时，当定子绕组电流增加时，由于电枢反应的增强会使感应电动势下降。所以，当发电机转速达到一定值时，发电机的输出电流几乎不再增加。这样可避免用电设备过多，用电量过大时造成发电机过载而损坏的危险。

3. 外特性

外特性是指转速一定时，交流发电机的端电压随输出电流的变化关系，即 n 为常数时， $U=f(I)$ 的曲线。交流发电机的外特性曲线如图1-5-3所示。

从外特性曲线还可以看出，随着输出电流的增加，发电机的端电压逐渐下降。因此，当交流发电机在高速运转时，如果突然失去大的负载，端电压会急剧升高，而使发电机中的二极管、调节器中的电子元件有被击穿的危险，还会损坏用电设备。故不能采用“试火”的方法检查发电机是否发电。此外，各接线端要牢靠，特别是蓄电池的接线要可靠。

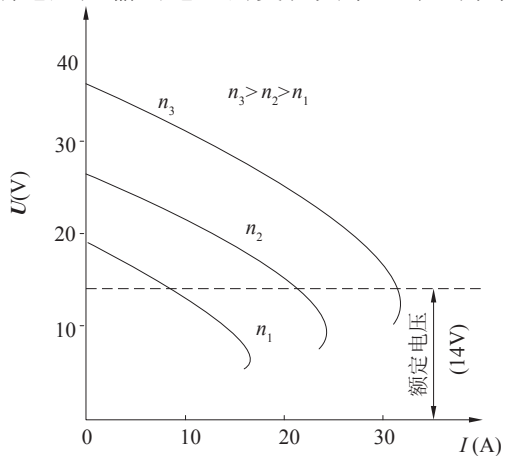


图 1-5-3 交流发电机外特性

二、交流发电机性能的改善

星形接法的交流发电机中，其中性点N不仅具有直流电压（等于发电机直流输出电压的一半），而且还包含有交流电压成份。

当发电机转速升高到一定程度时（超过2000r/min），交流分量的最高瞬时值有可能超过发电机的直流输出电压 U_B ，最低瞬时值则可能低于搭铁端电压（0V）。可见，在这种情况下，该处的交流分量中高于发电机输出电压 U_B 和低于0V时，便有可能向外输出。因此，在中性点和发电机的“B+”端以及搭铁端“E”之间，分别增加一只整流二极管即可，这两只二极管称为“中性点二极管”。

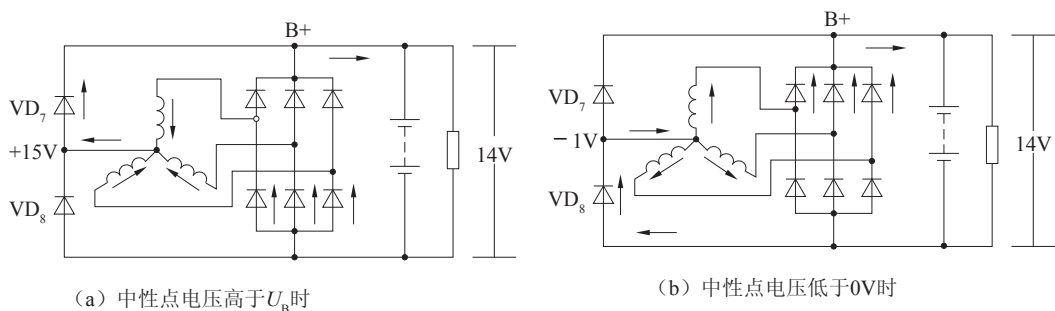


图 1-5-4 中性点二极管及其电流通路

如图1-5-4所示为中性点二极管发电机电路图，其工作原理为：

(1) 当中性点的瞬时电压高于发电机的输出电压 U_B 时，二极管 VD_7 导通，电流便经 VD_7 、负载以及三只负极管中的一只，后经某一相绕组形成回路，如图1-5-4 (a) 箭头所示。

(2) 当中性点的瞬时电压低于0V时，二极管 VD_8 导通，电流则从某一相出发，经该相的正极管，B+端、负载、搭铁，最后经二极管 VD_8 回到中性点形成回路，如图1-5-4 (b) 所示。

由此可见，只要在中性点处接入两只中性点二极管，便可利用中性点电压来增加发电机的输出电流。接有中性点二极管的交流发电机处于中高速时，其输出电流可增加10%—15%。

想一想：

当给发电机激磁时，为什么转速会下降？

任务实施

交流发电机的技术性能测试

一、目的与要求

1. 能进行交流发电机的技术性能测试。
2. 能进行交流发电机的性能分析。

二、器材与设备

1. FT系列调节器一只
2. 汽车电器万能试验台一台
3. 交流发电机一台
4. 万用表等

三、注意事项

1. 注意安全操作，防止转动部分伤人。
2. 调试电路必须连接正确。
3. 电动机的转速调整必须稳步进行，且要求准确。
4. 指示表的读数应准确。
5. 进行部件调整时，应停止运转以防发生事故。

四、操作步骤

1. 硅整流发电机的空载试验

- (1) 试验前，用万用表对发电机进行检查。
- (2) 试验时，先将发电机安装到夹具上，选好套筒及橡胶传动接头，调整升降龙门夹具，使发电机转子轴与调速电机主轴同心。
- (3) 然后用附件F₃连接40、41插孔（如图1-5-5所示），使试验台龙门升降夹具成负极搭铁。
- (4) 用附件F₄将插孔39与发电机“电枢”、“磁场”接线柱相连通。
注意：这种接法是指内搭铁式硅整流发电机；外搭铁式则是39与发电机“电枢”接线柱相连，“磁场”与“搭铁”相连。
- (5) 转动转速调整开关27到“低速”，将转速表量程开关65向下扳（测0—1000 r/min）。
- (6) 根据发电机旋转方向转动试验台调速手轮（顺时针），视转速上升，用F₅将37与相应电压等级插孔连通（35为14V发电机用，36为28V发电机用）。
- (7) 对发电机激磁，进行激磁后，应立即调整电机转速，使其转速上升。
- (8) 待发电机电压超过蓄电池电压实现自激，拔出F₅，观察电压表12指示值随转速的

变化规律，便可得到发电机空载特性。操作图和原理图如图1-5-5所示。

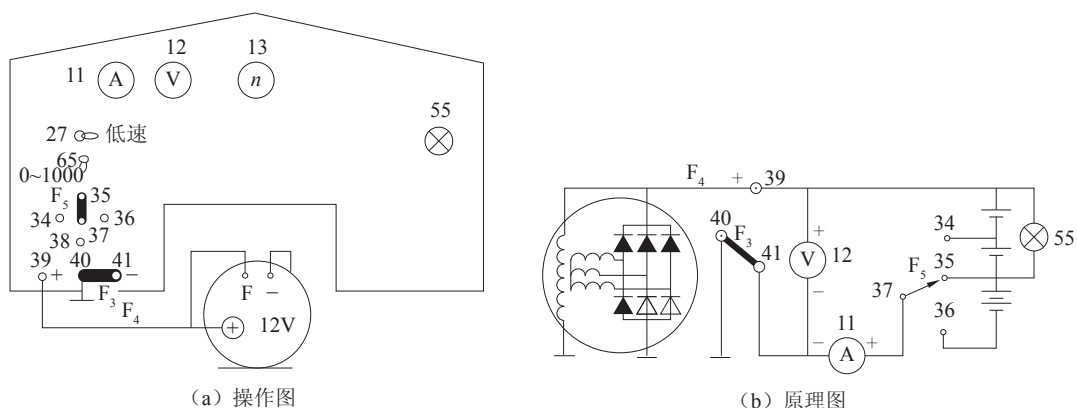


图 1-5-5 内搭铁发电机空载试验

2. 硅整流发电机的负载试验

- (1) 空载试验合格后，用附件 F_4 将被试电机与标准调节器各接线柱连通，如图1-5-6所示。
- (2) 仪表板上插孔连线及转换开关位置保持空载试验状态，沿发电机转向转动调速手轮使转速上升。
- (3) 用 F_5 将37与35或36（视发电机电压而定：35为14V发电机用、36为28V发电机用）连通，对发电机激磁。
- (4) 待电压建立后，拔出 F_5 。
- (5) 将转速开关27调“高速”，相应将量程开关65向上扳（0—5000 r/min）、用附件 F_5 连接37、38。
- (6) 转动调速手轮，可从转速表13中读出转速值，调节可变电阻手轮（试验前将电阻调到最大值），可从电流表11中读出电流值。

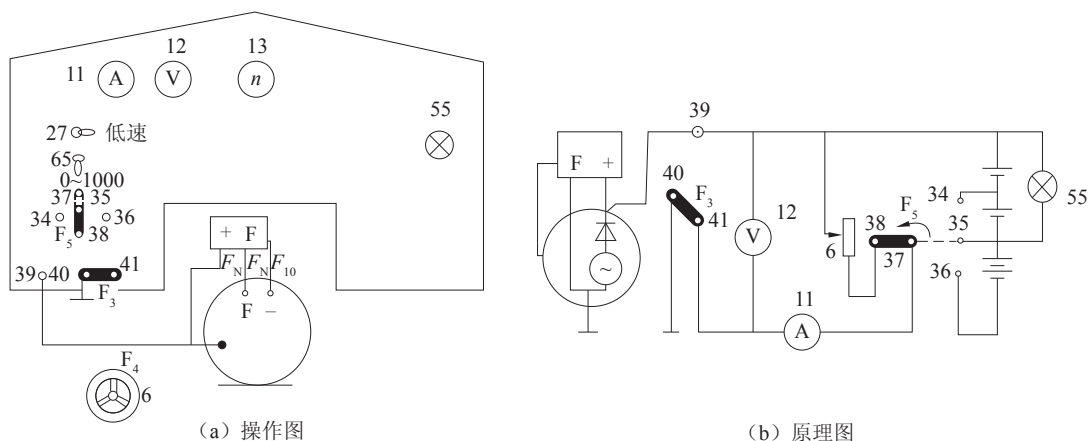


图 1-5-6 发电机负载试验

3. 正确填写下列记录单

交流发电机性能测试记录单

| | | | | | | | |
|-----------|------------|--------|-------|----|--|------|--|
| 姓名 | | 班级 | | 学号 | | 组别 | |
| 万能电器试验台型号 | | | 发电机型号 | | | 作业日期 | |
| | 检查项目 | | 画出曲线图 | | | | |
| 发电机空载特性试验 | 转速 (r/min) | 电压 (V) | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | 结论 | | | | | | |
| 发电机负载特性试验 | 转速 (r/min) | 电流 (A) | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | 结论 | | | | | | |

任务6 电子式电压调节器的制作与检修

学习目标

1. 知道交流发电机的电压调节原理。
2. 认识充电指示灯电路。
3. 知道晶体管调节器、集成电路调节器的工作过程。
4. 会组装和检修电子式电压调节器。

导入



一辆桑塔纳轿车，在使用中充电指示灯工作正常，发动机中低速时，车上用电设备正常。在高速行驶时，夜间行车灯泡易烧毁。请分析为什么会出现这种现象？是否由发电机电压过高引起的？

知识准备

一、交流发电机的电压调节原理

当转速达到一定值时，由于交流发电机自身具有限制输出电流的能力，因而无需对电流进行调节，又因交流发电机中的硅整流器具有单向导电性，蓄电池不可能向发电机反向放电，因此无需像直流发电机那样需要限流器和逆流截断器来调节。但交流发电机的电压却随转速的变化而变化，而用电设备通常要求电源提供恒定的电压，以保证用电设备的正常工作，所以，交流发电机必须配装电压调节器。电压调节器有触点式、电子式和微机控制等类型。触点式电压调节器由于体积较大、触点易烧蚀、机械惯性大，目前已不使用。

根据发电机电压平衡原理，发电机的端电压为

$$U = E - I \cdot R_n$$

式中 E ——发电机三相平均电动势 (V) ;

I ——发电机输出电流 (A) ;

R_n ——发电机等效内阻抗 (Ω) 。

其中 $E = Cn\Phi$, 而 Φ 与 I_f 成正比, 因此 $E = C_1 n I_f$ (C_1 为常数)。 R_n 阻值相对较小, 故其内阻抗可忽略, 所以

$$U = C_1 n I_f$$

从式中看出, 发电机转速 n 和激磁电流 I_f 的变化导致了发电机端电压的变化, n 是随发动机旋转而变化的, 只有通过激磁电流的调节使端电压保持恒定, 才能达到输出电压稳定的目的。

二、电子式电压调节器

电子调节器因具有许多优点, 被广泛使用。其优点为:

(1) 结构简单, 工作可靠, 故障少。由于调节器由电子元件组成, 是利用晶体管的开关特性来控制发电机的端电压, 它既无触点, 也无线圈, 所以不但结构简单, 而且无触点烧蚀的现象, 工作可靠性高。

(2) 对无线电干扰少。由于电子调节器中无触点, 不产生火花, 因而对无线电干扰极小。

(3) 使用寿命长。只要电路设计合理, 电子元件使用性能过关, 再采取一些保护措施, 调节器的使用寿命就能大大提高。

电子式电压调节器可分为晶体管调节器、集成电路调节器等。

1. 晶体管调节器

如图1-6-1所示为晶体管调节器的基本电路。

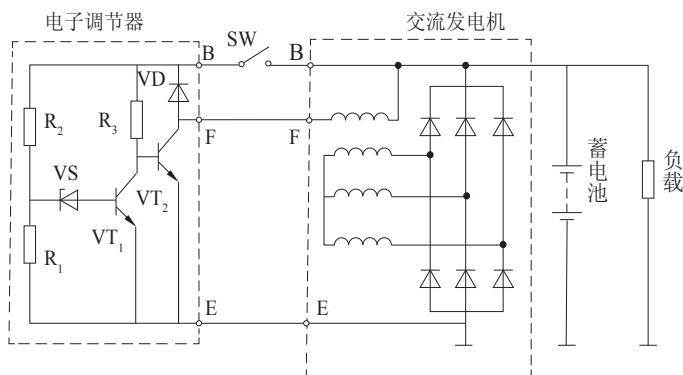


图 1-6-1 晶体管调节器的基本电路

(1) 调节器电路中各元器件的主要作用

① R_1 和 R_2 构成分压器, 当发电机不转或低速运转时, 接通点火开关, 蓄电池的端电压便加在分压器 BE 两端, R_1 、 R_2 有电流流过, 其电流为:

$$I_{BE} = U_{BE} / (R_1 + R_2)$$

显然电阻 R_1 分得的电压 U_{R1} 为:

$$U_{R1} = U_{BE} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

U_{R1} 通过 VT_1 的发射极加到稳压管 VS 上,使稳压管 VS 承受反向电压。由于蓄电池的电压低于发电机的调节电压,故此时分压器加在稳压管 VS 的反向电压低于稳压管的反向击穿电压, VS 截止。当发电机端电压高于蓄电池电压时,加在分压器两端的电压即为发电机的端电压。若发电机端电压达到调节电压值时,加在稳压管两端的反向电压便高于稳压管的击穿电压,稳压管 VS 导通。

②稳压管 VS 用来感受发电机的电压变化,当发电机电压达到调节电压时, VS 被反向击穿而导通,当发电机电压低于调节电压值时, VS 反向截止。

③ VT_1 为小功率三极管,用来放大输入信号,并受稳压管 VS 控制, VS 反向击穿导通时, VT_1 有基极电流流过而使 VT_1 饱和导通。

④ VT_2 为大功率三极管,它串联于发电机激磁电路中,用来通断发电机激磁回路。当 VT_2 导通时,激磁绕组中有电流;当 VT_2 截止时,激磁绕组中无电流通过。

⑤ VD 为续流二极管,在 VT_2 截止时,吸收激磁线圈中产生的自感电动势,保护 VT_2 不受损坏。

⑥ R_3 为 VT_2 的基极偏置电阻。

(2) 晶体管电压调节器的工作原理

闭合点火开关 SW ,当发电机不工作和低速运转时,由蓄电池供电给分压器, R_1 上的电压为:

$$U_{R1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot E$$

此时 U_{R1} 未达到发电机的调节电压值,因此低于 VS 的反向击穿电压, VS 截止, VT_1 也因稳压管 VS 的截止而无基极电流, VT_1 截止。

大功率三极管 VT_2 在偏置电阻 R_3 的作用下基极电流流过,于是 VT_2 饱和导通,励磁电路接通,电流流向为:蓄电池正极→点火开关 SW →调节器“+”接线柱→电阻 R_3 → VT_2 基极→ VT_2 的发射极→ $\left[\begin{array}{c} \text{调节器及发电机“F”极接线柱} \\ \text{VT}_2 \text{的集电极} \end{array} \right]$ →励磁绕组→蓄电池负极。

当发电机端电压高于蓄电池电压而低于调节电压值时, VS 、 VT_1 仍截止, VT_2 仍导通,激磁绕组中有电流流过,电流流向同上,但此时电源是发电机,进行自激发电。

当发电机端电压达到调节电压时,稳压管 VS 所承受的电压值大于其本身的反向击穿电压,使 VS 导通, VT_1 基极上有电流流过,基极电流流向为:发电机“+”极→点火开关 SW →调节器“+”接线柱→ R_1 → VS → VT_1 基极→发电机“-”极。

VT_1 饱和导通后, VT_2 被截止,切断了发电机的激磁回路,发电机的端电压下降。当发电机的端电压下降到略低于调节电压值时,稳压管 VS 又被截止, VT_1 随之截止, VT_2 导通,激磁回路接通,发电机端电压又升高,如此反复循环,将发电机的电压控制在一定范围之内,而不随发动机的转速升高而升高。

可见晶体管调节器是利用串联在发电机激磁回路中的大功率三极管的开关特性来控制激磁电路的通断,从而调节磁场电流的大小,使发电机的输出电压稳定在规定的电压值范围内。

2. 集成电路电压调节器

集成电路电压调节器也称为IC电压调节器。

如图1-6-2所示为集成电路电压调节器的外形。集成电路是把半导体元件和其他无源元件（电阻和电容）集中在绝缘基片或半导体基片上，做成一个模块式整体器件，对于电感元件和大功率元件等不便于集成的器件，以外接方式形成混合电路。



图 1-6-2 集成电路电压调节器外形图

(1) 优点

集成电路调节器与分立元件的晶体管调节器相比，具有以下优点：

- ①模块一般采用树脂或硅橡胶封装，使电路具有防潮、防尘、抗震、耐高温等性能。
- ②电路结构紧凑，抗电磁干扰能力强，同时电压调节精度高。
- ③体积小，重量轻，可安装于发电机内部，节省线路，功耗小。
- ④使用寿命长。

集成电路调节器由于具有以上诸多优点，因而得到愈来愈广泛的应用。

(2) 集成电路检测

集成电路调节器装在发电机上，可直接在发电机上检测发电机的输出电压，也可通过连接导线检测蓄电池端电压的变化来调节发电机的输出电压。因而根据其电压检测点的不同，集成电路可分为发电机电压检测法电路和蓄电池电压检测法电路两种。

①发电机电压检测法

基本线路如图1-6-3所示。加在分压器 R_1 和 R_2 上的电压是磁场二极管输出端L的电压 U_L ， U_L 和发电机B端的电压 U_B 相等，检测点P的电压为：

$$U_P = U_L \frac{R_2}{R_1 + R_2} = U_B \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

由于通过检测点P加到稳压管VS两端的反向电压与发电机的端电压 U_B 成正比，所以该线路称为发电机电压检测法。

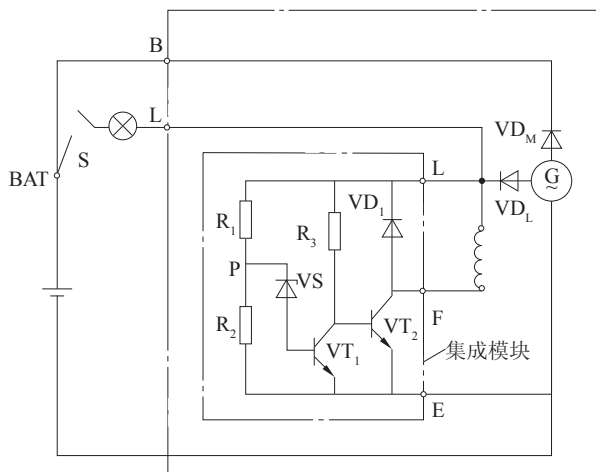


图 1-6-3 发电机电压检测法图

②蓄电池电压检测法

基本线路如图1-6-4所示。加到分压器 R_1 、 R_2 上的电压为蓄电池端电压，由于通过检测点P加到稳压管两端的反向电压与蓄电池端电压成正比，所以该线路称为蓄电池电压检测法。

上述两种基本路线中，采用发电机电压检测法时，发电机的引出线可以少一根，缺点是当“B”到“BAT”接线柱之间的电压下降较大时，蓄电池的充电电压将会偏低，使蓄电池充电不足。因此，一般大功率发电机宜

采用蓄电池电压检测法。但采用蓄电池电压检测法时，如“B”到“BAT”之间或“S”到“BAT”之间断线，由于不能检验出发电机的端电压，发电机电压将会失控。为了克服这一缺点，线路上应采取一定的措施。

三、充电指示灯控制电路

汽车电源系统正常工作是保证汽车电器设备正常工作的前提，因此，应该对发电机和调节器的工作状态安装监测和显示装置，使驾驶员能随时掌握它们的工作状态是否正常。

常用的监测和显示装置分为仪表显示和充电指示灯两种形式。仪表显示是利用电流表或电压表指示发电机工作时的充电电流或充电电压值，由此来监视和判断发电机是否工作正常。充电指示灯则是装在驾驶室仪表板上的一个指示灯，当发电机正常工作时熄灭，而当发电机或调节器出现故障时则点亮，以提示驾驶员及时检修。所以，它属于一种故障告警指示装置。采用电流表或电压表来监测电源系统的工作状况，具有准确可靠的优点，但不够醒目直观，同时驾驶员在行车时需不时地监视电流表或电压表的读数变化，因而对正常驾驶有一定影响。相比之下，充电指示灯更为简单，只要指示灯不亮，驾驶员只需放心驾车而不用操心发电机的工作状况。充电指示灯只在电源系统有故障时才点亮，而且醒目直观，设置简单，价格便宜，也便于仪表小型化、轻量化。因此，充电指示灯逐渐取代了电流表，被广泛应用于现代汽车上。

国内外充电指示灯的设置方法各有特点，但从控制原理上大致可分为三种：利用中性点电压通过继电器进行控制、利用具有三个磁场二极管的九管交流发电机进行控制以及采用隔离二极管进行控制。

1. 利用中性点电压控制充电指示灯

交流发电机定子绕组采用星形接法时都有一中性点N，该点的直流平均电压与发电机的直流输出电压同步变化，且为发电机输出电压的一半，所以几乎所有采用星形接法的六管（或带中性点二极管的八管）交流发电机都是利用该点的电压，通过继电器或有关电路来控制充电指示灯。

日本丰田汽车充电指示灯控制线路如图1-6-5所示，该调节器由两部分组成，除了双级式电压调节器外，还有一只充电指示继电器。它们合装为一总成，构成有充电指示灯控制功能的调节器。

它的工作原理是：发动机起动时，闭合点火开关，电流从蓄电池“+”极→点火开关（SW）→充电指示灯→充电指示继电器触点 K_1 →搭铁→蓄电池“-”极，此时充电指示灯亮，表明蓄电池处于放电状态。同时，电流从蓄电池“+”极→点火开关→熔断器→电压调节器低速触点 K_3 →激磁绕组→搭铁→蓄电池“-”极构成回路，交流发电机进行他激。

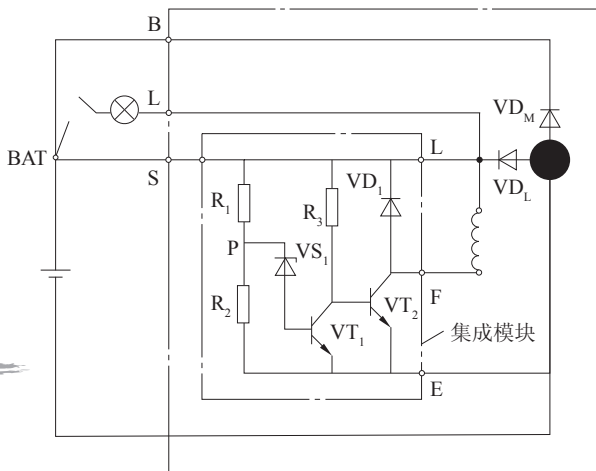


图 1-6-4 蓄电池电压检测法图

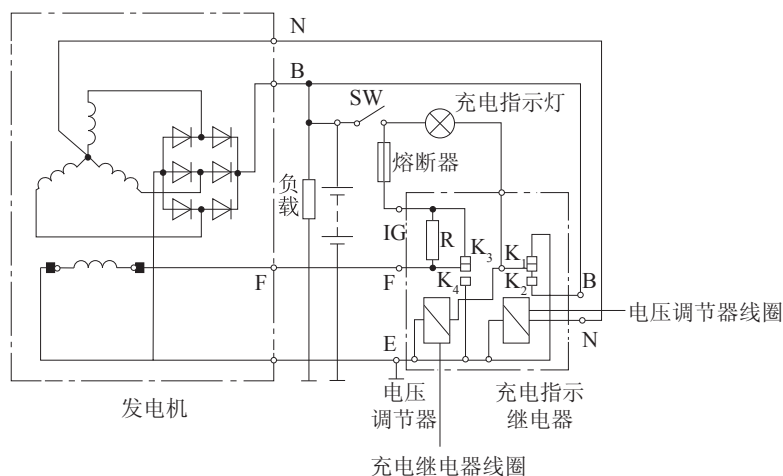


图 1-6-5 丰田汽车充电指示灯控制线路图

随着发动机转速不断升高，交流发电机从他励变自励发电时，在中性点电压的作用下，电流从发电机“+”极→充电指示灯继电器线圈→搭铁→发电机“-”极，此时，线圈产生的电磁力增强，使触点 K_1 打开， K_2 闭合。 K_1 打开，充电指示灯熄灭，表示蓄电池充电开始。 K_2 闭合，使电压调节器电磁线圈直接承受发电机的输出电压，调节器进入正常的调压工作。

2. 利用增加磁场二极管的输出电压控制充电指示灯

利用增加磁场二极管的输出电压控制充电指示灯的方法，是发电机中除一般常用的六只二极管外，再增加三个功率较小的二极管，由它来供给磁场电流，所以称为磁场二极管。采用磁场二极管后，可以省去继电器，仅利用简单的充电指示灯即可表示发电机工作情况的好坏。如图1-6-6所示，发电机中 VD_7 、 VD_8 、 VD_9 为磁场二极管，发电机工作时，在发电机定子的三相绕组中产生的三相交流电动势，经 VD_1 — VD_6 六个二极管所组成的三相全波桥式整流电路整流后，输出直流电压 U_{B+} 向蓄电池充电和向用电设备供电。发电机的磁场电流则由三个磁场二极管 VD_7 、 VD_8 、 VD_9 和三个负极二极管 VD_2 、 VD_4 、 VD_6 组成的三相全波桥式整流电路整流后的直流电压 U_{B+} 供给。

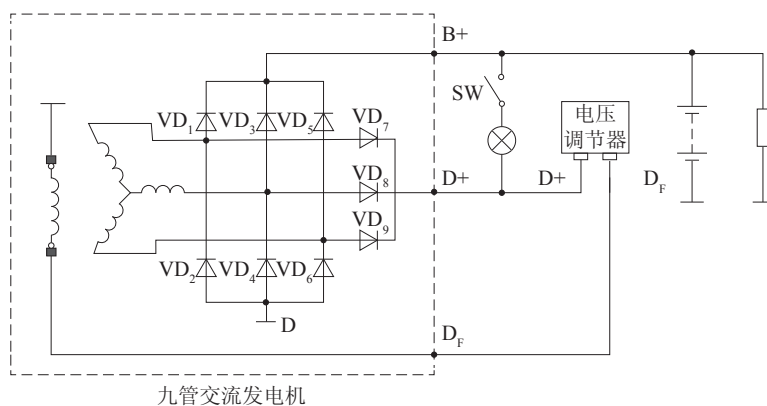


图 1-6-6 九管交流发电机充电系统的线路图

充电指示灯的工作原理如下：接通开关SW，蓄电池电流经充电指示灯→调节器接线柱D+→电磁振动式中的触点（或晶体管调节器中的大功率管）→调节器接线柱D_F→发电机磁场绕组→搭铁，构成回路。此时充电指示灯发亮，指示发电机被激磁。

发电机工作时，充电指示灯是由蓄电池电压与磁场二极管的输出端“D+”电压的差值所控制。随着发电机转速的升高，由于“D+”电压增高，故充电指示灯的亮度减弱。当发电机电压达到蓄电池充电电压时，发电机开始自激，此时充电指示灯因两端的电位相等而熄灭，表示发电机已经正常工作。

当发电机转速降低或发电机有故障时，接线柱“D+”电压降低，由于指示灯两端的电位差增大，指示灯又发亮。该充电指示灯不仅可在停车后发亮以警告驾驶员及时关掉电源开关，又可指示发电机的工作情况，同时还省去了结构复杂的继电器。

3. 利用在充电电路中增加隔离二极管控制充电指示灯

利用在充电电路中增加隔离二极管控制充电指示灯的方法，是发电机在其桥式整流输出端与发电机端盖上的“B+”接线端子之间装一只或两只功率更大的二极管VD，即隔离二极管。由于发电机带有隔离二极管，因而可以很方便地设置充电指示灯电路，同时还可避免发动机不工作而点火开关长时直接通时，蓄电池通过调节器向发电机磁场绕组大电流放电。如图1-6-7所示，瑞典沃尔沃（Volvo）汽车采用这一方式。它的交流发电机与一般的交流发电机相同，仅在电路中增加了一个功率稍大的二极管，其工作原理如下：

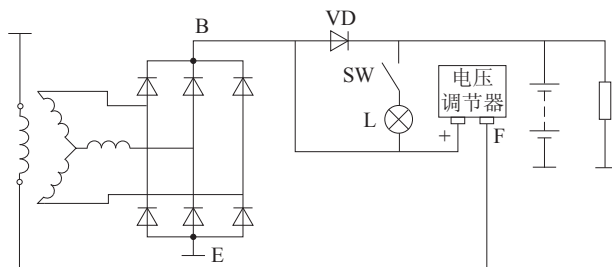


图 1-6-7 沃尔沃汽车充电指示灯电路

当接通点火开关SW时，蓄电池电流经充电指示灯→调节器→流入发电机磁场绕组→搭铁而形成回路，此时充电指示灯亮，并使发电机有较小的预激磁电流。当起动发动机随着发电机转速的升高，输出的直流电压超过蓄电池电压时，隔离二极管导通，发电机自激发电并向蓄电池充电。与此同时，充电指示灯因两端的电位差减小而熄灭。

当发电机转速降低或有故障时，由于两端的电位差增大充电指示灯发亮。这样在电路中增加一个隔离二极管，就可用充电指示灯来指示发电机的工作情况。

任务实施

电子式电压调节器制作与检修

一、目的与要求

1. 认识晶体管电压调节器及所使用的各电子分立元件。
2. 能对电子元件进行测试与性能判别。
3. 知道晶体管电压调节器的电路图及工作原理。
4. 学会晶体管电压调节器的制作与检修。

二、器材与设备

1. 电阻、电解电容器、晶体二极管、晶体三极管等插件
2. 万用表、试灯、连接导线、可调直流稳压电源（0—15V）、电烙铁、锡焊材料、一字起子
3. 九孔连接板、晶体管电压调节器电路图、JFT121晶体管电压调节器实验板

三、注意事项

1. 使用万用表检测时，应当注意挡位的选择。
2. 连接电源时注意正负极性不能接反，否则会烧坏晶体管。

四、操作步骤

1. 晶体管电压调节器的制作

- (1) 用万用表对所有的电子分立元件进行检测，确保元件良好。
- (2) 依据电路图1-6-8，在九孔板（图1-6-9）上合理分布插件并固定好。

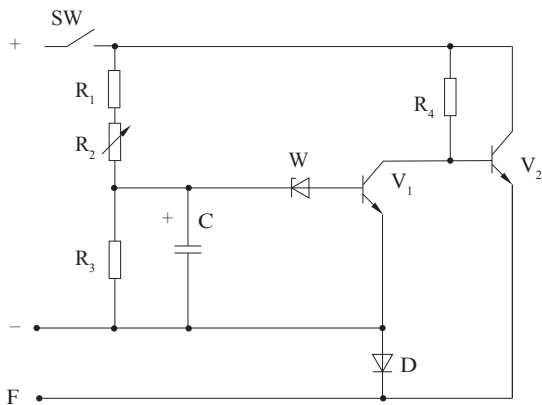


图 1-6-8 JFT121晶体管电压调节器电路图

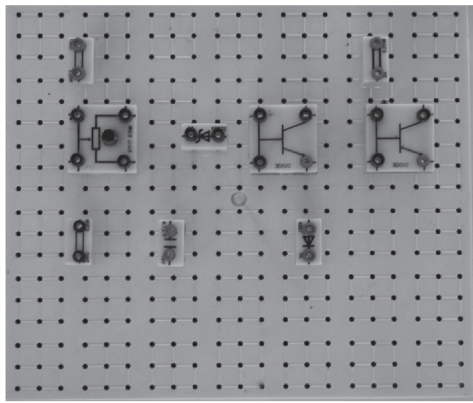


图 1-6-9 晶体管电压调节器制作用九孔板及插件

C —1.3 μ F/25V D —1N4001 R_1 —100 Ω R_2 （可变电阻）—200 Ω R_3 —200 Ω
 R_4 —2.2k Ω SW—点开关 V_1 、 V_2 —9013N型三极管 W —2CW15稳压二极管

(3) 根据电路走向, 依次用导线将各元件进行连接。

(4) 连接好后复查一遍, 确保无误后, 通电调试。

(5) 观察试灯: 当电压在10V左右时, 试灯应点亮; 当电压在14V左右时, 试灯应熄灭。

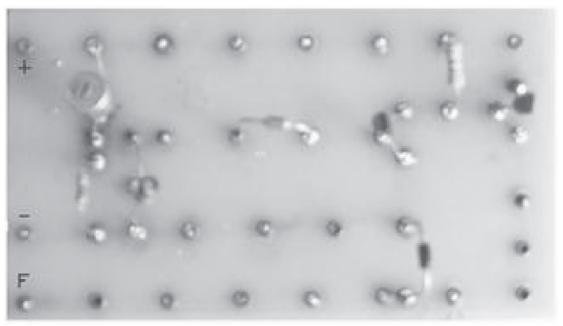


图 1-6-10 晶体管电压调节器实验板

2. 晶体管电压调节器的检修

(1) 判断晶体管调节器好坏的方法

用可调直流稳压电源 (输出电压为0—30V, 电流为5A), 一只12V、20W的汽车灯泡代替发电机励磁绕组, 进行试验。

调节直流稳压电源, 使其输出电压从零逐渐升高, 试灯逐渐由暗转亮, 当升高到 $14\text{V} \pm 0.5\text{V}$ 时, 试灯应立即熄灭, 继续调节直流电源, 使电压逐渐降低, 试灯又重新变亮, 说明调节器良好。

电压超过调节电压值时, 试灯仍不熄灭, 说明调节器有故障, 已不能起调节作用; 如试灯一直不亮, 也说明调节器有故障, 不能接通磁场电路。

(2) 故障检查

① 试灯常亮

可能原因: V_1 开路、 V_2 短路、W开路、分压电阻阻值变化造成B点检测电压过小、电路开路等。

a. 首先对照电路图, 观察电路各焊点有无脱焊、虚焊, 元件管脚是否松动、断开等。

如图1-6-10所示。

b. 其次检查 V_1 、 V_2 、W是否损坏。

c. 根据其电流走向, 用万用表直流电压挡逐点检查电路各测点的电压。

② 试灯不亮

可能原因: V_1 短路、 V_2 开路、W短路、分压电阻阻值变化造成B点检测电压过高、电路断路等。

a. 首先对照电路图, 观察电路各焊点有无脱焊、虚焊, 元件管脚是否松动、断开等。

b. 其次检查 V_1 、 V_2 、W是否损坏, 回路有无断路。

c. 根据其电流走向, 用万用表直流电压挡逐点检查电路各测点的电压。

任务7 电源系统常见故障判断与排除

学习目标

1. 知道典型汽车电源系统的电路。
2. 能进行电源系统的故障原因分析。
3. 能对电源系统进行诊断并排除故障。

导入

一辆丰田皇冠轿车白天行驶时，充电指示灯熄灭，晚上开前照灯，充电指示灯时亮时灭，若开前照灯时间过长，则第二天早晨蓄电池严重亏电。请思考一下，汽车发生了什么故障？

车子为什么没电了呢？



知识准备

一、典型汽车电源系统的电路

1. 桑塔纳系列轿车电源系统电路分析

桑塔纳系列轿车电源系统电路如图1-7-1所示。

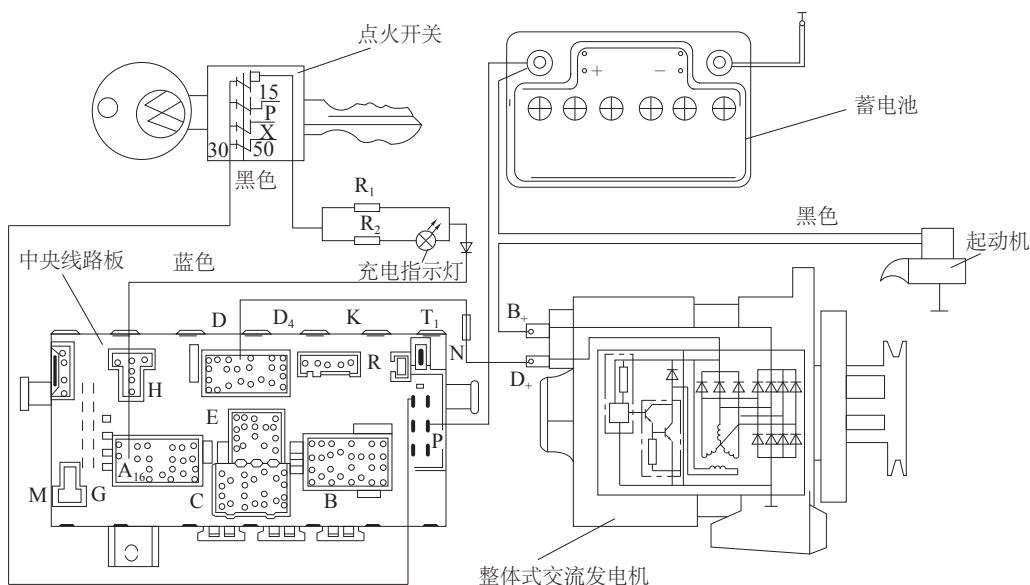


图 1-7-1 桑塔纳系列轿车电源系统电路

桑塔纳轿车整体式交流发电机的三只正二极管与三只负二极管组成一个三相桥式全波整流电路。其输出端 B_+ 用红色导线与起动机30端子连接。三只励磁二极管与三只负二极管也组成一个三相桥式全波整流电路，称为励磁电流整流电路。其输出端 D_+ 用蓝色导线经蓄电池旁边的单端子连接器 T_1 后，与中央线路板D插座的 D_4 端子连接，再经中央线路板内部线路与A插座的 A_{16} 端子相连。点火开关30端子用红色导线经中央线路板上的单端子插座P与蓄电池正极连接，点火开关15端子用黑色导线与仪表盘左下方14端子黑色插座的12号端子连接，经仪表盘印制电路板上的电阻 R_1 、 R_2 和充电指示灯（ R_2 和充电指示灯串联后再与 R_1 并联）和二极管接回到14端子黑色插座12端子，再用蓝色导线与中央线路A插座的 A_{16} 端子连接。

由轿车电源系统电路图可见，充电指示灯及发电机励磁绕组线路为：蓄电池正极→中央线路板单端子插座P端子→中央线路板内部线路→中央线路板单端子插座P端子→点火开关30端子→点火开关→点火开关15端子→电阻 R_2 和充电指示灯（发光二极管）→二极管→中央线路板 A_{16} 端子→中央线路板内部线路→中央线路板 D_4 端子→单端子连接器 T_1 （蓄电池旁边）→交流发电机 D_+ 端子→发电机的励磁绕组→电子电压调节器大功率晶体管→搭铁→蓄电池负极。当发电机高于蓄电池电压后，则由三只励磁二极管的共负极端（ D_+ ）直接向励磁绕组提供电流。

2. 解放CA1092型汽车电源系统电路

该车型电路由JF152D或JF1522A型交流发电机、JF106型晶体管电压调节器和6—QA—100型干荷电蓄电池组成。既有电流表也有充电指示灯，充电指示灯利用中性点电压，通过起动组合继电器控制，其电路如图1-7-2所示。

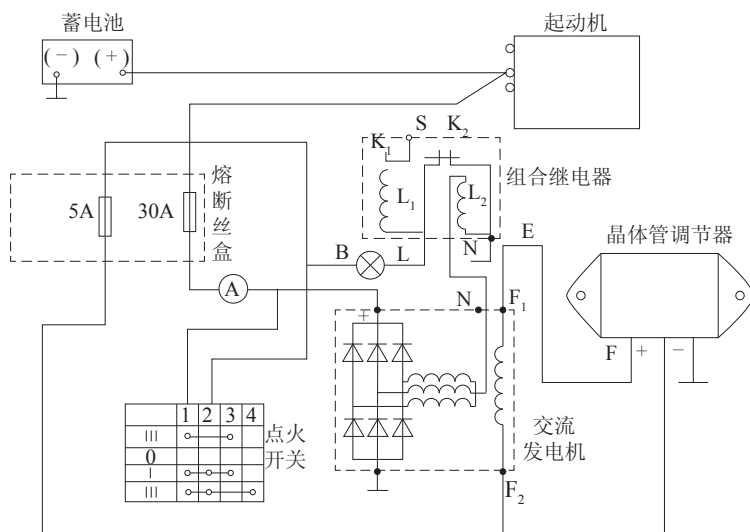


图 1-7-2 CA1092型汽车电源系统电路

K_2 为保护继电器的常闭触点，除对起动机具有防止误起动作用外，还用来控制充电指示灯的亮灭； L_2 为保护继电器磁化线圈，承受发电机中性点电压。

充电指示灯的电路为：蓄电池“+”极→起动机电源接线柱→30A熔丝→电流表→点火开关→充电指示灯→组合继电器L接线柱→常闭触点 K_2 →搭铁→蓄电池“-”极。

发电机励磁绕组电路为：蓄电池“+”极→起动机电源接线柱→30A熔丝→电流表→

点火开关→5A熔丝→发电机F₂接线柱→励磁绕组→发电机F₁接线柱→调节器F接线柱→搭铁→蓄电池“-”极（F₁与F₂两接线柱上的导线可互换）。

二、充电系统常见故障

充电系统常见故障主要有不充电，充电电流过小、过大，充电电流不稳定等，故障原因可能是多方面的。因此，当发现故障时，应根据故障的现象，结合充电线路的特点，认真分析、查找故障的原因，及时排除故障。

1. 不充电

(1) 故障现象

- ①发动机中、高速运转时，充电指示灯亮或电流表指示放电。
- ②开前照灯，电流表指示放电。

(2) 故障原因

- ①发电机V传动带折断或松弛。
- ②充电系统线路断路或短路。
- ③调节器调整不当或调节器故障。
- ④发电机不发电（整流二极管损坏；电刷卡死、电刷与滑环接触不良；定子、励磁绕组断路、短路；搭铁、接线柱绝缘不良；防干扰电容器损坏）。
- ⑤晶体管式调节器故障原因（大功率管晶体管断路；稳压管或小功率管短路；续流二极管短路；调整不当）。

2. 充电电流过小

(1) 故障现象

在蓄电池充电性能良好情况下，发电机在各转速下充电指示灯不熄灭，电流表指示充电电流均很小，蓄电池亏电严重，开前照灯时灯光暗淡。

(2) 故障原因

- ①发电机发电不足（励磁绕组局部短路；定子绕组局部短路或接头松开；电刷接触不良、磨损过多、接触面积太小、弹簧压力不够、滑环有油污；整流器个别二极管损坏；发电机V型带过松）。
- ②调节器故障（调节器调整不当，电压调整过低；触点脏污；继电器触点接触不良）。
- ③外电路接线松动。
- ④晶体管式调节器故障（分压电阻阻值变化，检测电压升高；感受稳压管反向击穿电压降低；开关管偏流电阻值变化）。

3. 充电电流过大

(1) 故障现象

充电电流过大故障现象是发动机运转在中速以上时，电流表指示大电流充电（30A以上），车灯特别亮，常烧坏灯泡，点火线圈过热，分电器触点易烧蚀，蓄电池电解液消耗过快。

(2) 故障原因

- ①调节器调节电压过高或失控。
- ②调节器触点烧结，磁化线圈短路或断路，弹簧拉力过大。
- ③发电机“+”（电枢）接线柱和磁场接线柱短路。
- ④蓄电池亏电太多，蓄电池内部短路。
- ⑤晶体管式调节器故障（电子元件参数发生变化）。

4. 充电电流不稳

(1) 故障现象

汽车行驶时，如果电流表或充电指示灯指示充电，但电流表指针左右摆动或充电指示灯闪烁，则说明充电电流不稳。

(2) 故障原因

- ①发电机驱动皮带过松而打滑。
- ②充电线路连接松动、接触不良。
- ③发电机内部接触不良（电刷弹簧弹力过弱，电刷磨损过度，磁场绕组端头焊点松动，集电环表面过脏）。
- ④电子调节器内部元件虚焊。

任务实施

充电系统故障判断与排除

一、目的与要求

1. 能进行电源系统的线路连接和电流走向分析。
2. 能对充电系统常见故障进行检测、诊断。

二、器材与设备

1. 实训用汽车或发动机，实训台架
2. 万用表、试灯、常用工具、连接导线、故障件等

三、注意事项

1. 在实验室内严格按照操作规程操作，注意电气安全。
2. 发动机运转时，注意安全，以免伤人。

四、操作步骤

1. 完全不充电诊断步骤

起动发动机，电流表指示发电机完全不充电，可按以下步骤进行诊断：

- (1) 检查发电机风扇皮带张紧度和电源系统各部连接线有无脱落，熔断器是否烧断。
- (2) 检查充电线路是否良好。

用试灯一端接地，一端接发电机B+接线柱，或用万用表直流电压挡检查。

①灯亮或万用表电压挡检查为12V，说明蓄电池与发电机B+间导线连接良好。

②灯不亮或万用表电压挡检查无电压，说明蓄电池与发电机B+间导线断路，用试灯或万用表逐段检查它们之间的连线，找出断路点，然后加以排除。

(3) 检查发电机是否良好。

打开点火开关ON，用旋具靠近发电机后端盖的中心处，检查转子是否有电磁吸力。

①如有明显吸力，说明激磁电路正常。

②如无吸力，用试灯一端接地，一端接发电机 F接线柱，观察试灯的亮灭，或用万用表电压挡检查有无电压：

a. 灯亮或万用表电压挡检查为12V，说明外部激磁电路正常，故障在发电机内部，检查电刷、激磁绕组。

b. 灯不亮或万用表电压挡检查无电压，说明外部激磁电路有故障，用试灯或万用表逆着外部激磁电流的走向，依次检查电压调节器磁场接线柱、火线接线柱、点火开关等连接处有无断路或接触不良。

(4) 故障诊断排除流程图如图1-7-3所示。

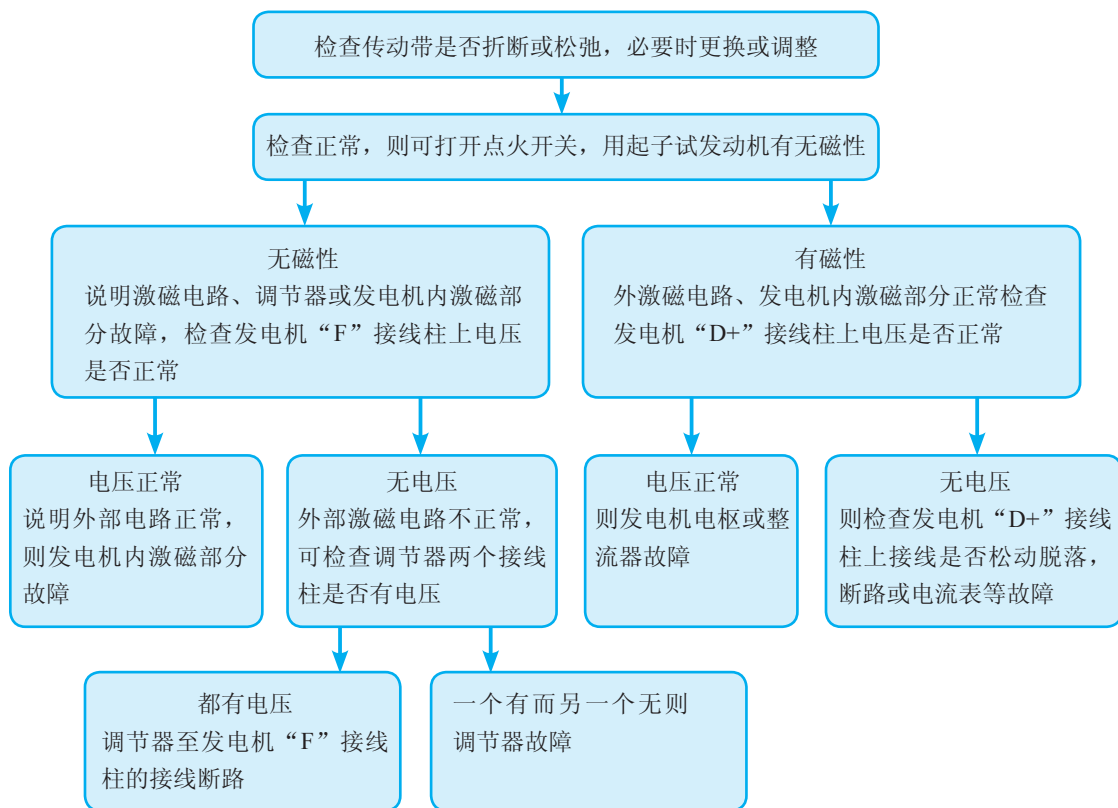


图 1-7-3 充电系统不充电故障诊断

2. 充电电流过小故障诊断步骤

起动发动机，电流表指示充电电流过小，可按以下步骤进行诊断：

(1) 检查发电机风扇皮带张紧度和电源系统各部连接线有无脱落，熔断器是否烧断。

(2) 检查充电线路是否良好。用试灯一端接地，一端接发电机“B+”接线柱，起动发动机，并逐渐提高转速。若试灯亮度不变或变化很小，说明发电机内部故障，应拆检发电机。若试灯亮度不断增加，说明发电机良好，故障在调节器或外部励磁电路。

(3) 若故障在发电机，应拆检发电机。

(4) 若故障在电压调节器，应更换调节器。

(5) 故障诊断与排除流程图如图1-7-4所示。

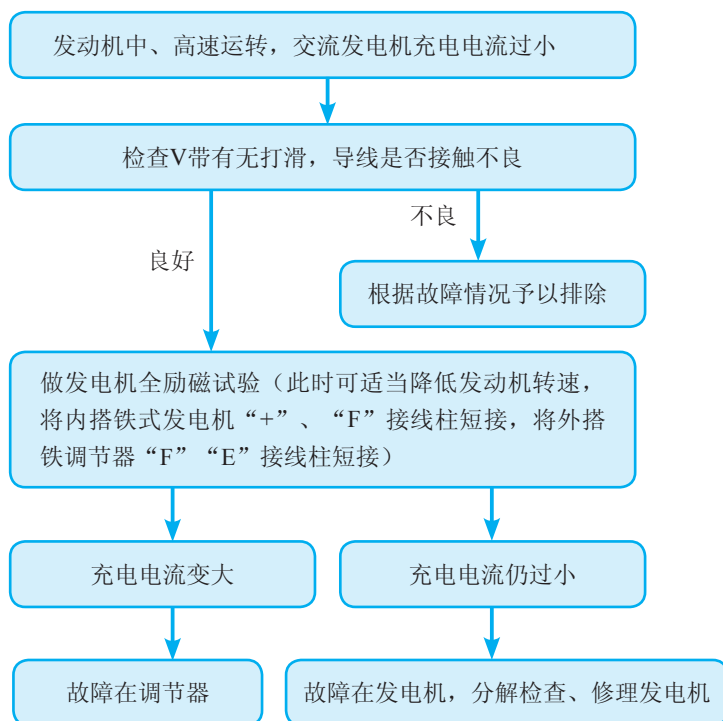


图 1-7-4 充电电流过小故障诊断

3. 充电电流过大的故障诊断步骤

起动发动机，开前照灯特别亮，灯泡常被烧毁，点火线圈过热，蓄电池电解液消耗异常，用万用表检测发电机“B+”端子显示电压过高，证明充电电流过大。

(1) 首先检查蓄电池是否有内部短路或亏电太多，若是蓄电池故障，则更换蓄电池。

(2) 检查发电机“+”接线柱是否与调节器的“F”接线柱短路。

(3) 检查调节器是否正常调节，把可调电源输出电压调至12V，将其正负极分别与调节器的正负极接线柱相接。对于外搭铁调节器，在其正极与励磁接线柱间连一个灯泡，灯泡发亮，当电压从12V逐渐升高到14V时，灯泡应熄灭，否则说明调节器不起作用。对于内搭铁调节器，将灯泡连接在其励磁接线柱与负极之间，也应有以上现象。

(4) 故障诊断与排除流程图如图1-7-5所示。

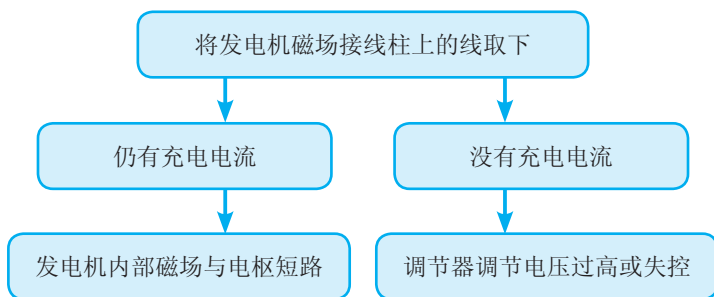


图 1-7-5 充电电流过大的故障诊断

4. 充电电流不稳的故障诊断步骤

(1) 检查发电机风扇皮带张紧度。

(2) 拆下发电机“F”接线柱上的导线，试灯的两端分别接“B+”和“F”接线柱，起动发动机，逐步提高转速，观察试灯的亮度。

①试灯亮度不随转速升高而增加，或亮度增加不明显，说明发电机内部有故障，需检修或更换发电机。

②试灯亮度随转速升高而增加，说明发电机发电工作正常，故障在电压调节器，应检修或更换电压调节器。

(3) 故障诊断与排除流程图如图1-7-6所示。

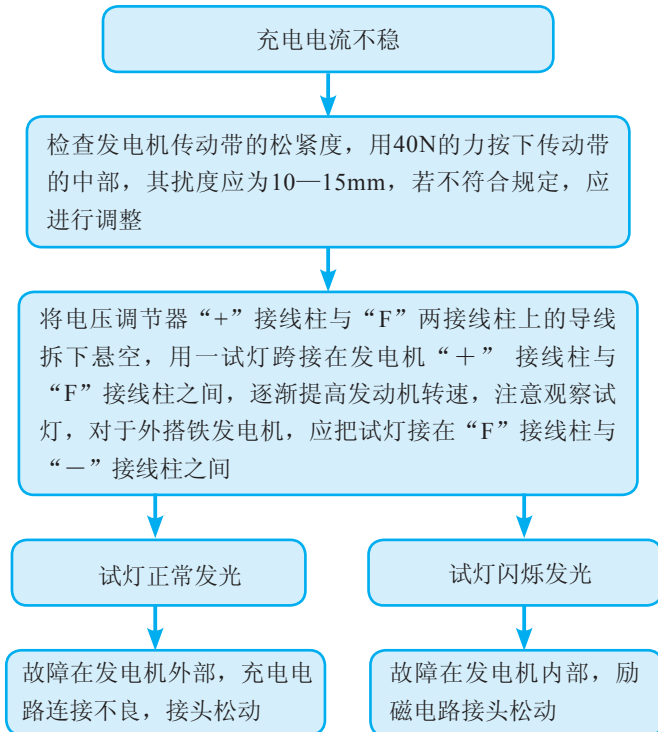


图 1-7-6 充电电流不稳的故障诊断

想一想：

充电电流过大或者过小，对蓄电池有何不良影响？

项目小结

1. 蓄电池是一种既能将化学能转化为电能，又能将电能转化为化学能的可逆低压直流电源。
2. 蓄电池在发动机起动时供电，在发动机停止或怠速时，也由蓄电池供电。
3. 每当出现供电需求超过发电机输出时，蓄电池也参与供电。
4. 蓄电池可以缓和电气系统中的冲击电压。
5. 蓄电池主要包括正负极板、隔板、电解液、外壳、联条、极桩等。
6. 蓄电池正极板上的活性物质是二氧化铅，负极板上的活性物质是海绵状纯铅。
7. 电解液由蒸馏水和纯硫酸组成，其密度为 $1.24\text{—}1.30\text{g/cm}^3$ 。
8. 蓄电池在放电过程中，正负极板上的活性物质都转变为硫酸铅。
9. 蓄电池极板硫化的原因主要是长期充电不足、电解液不足等。
10. 蓄电池技术状况的检查主要包括电解液液面高度的检查、电解液密度的检查等。
11. 交流发电机由转子、定子、整流器、端盖与电刷总成等部分组成。
12. 交流发电机的转子是发电机的磁场，定子是发电机的电枢。
13. 交流发电机的定子绕组通常为星形连接，整流器为三相桥式整流电路。
14. 交流发电机的整流有的采用6管整流，有的采用8管整流、9管整流，或14管整流。它们的工作原理大同小异。
15. 交流发电机的励磁方法为先他励，后自励。
16. 交流发电机零部件的检查包括硅二极管的检查、定子绕组的检查、励磁绕组的检查，转子轴的检查、滑环的检查与电刷的检查。
17. 晶体管式电压调节器是利用晶体管的开关特性来控制发电机的励磁电流，使发电机的输出电压保持恒定。
18. 集成电路电压调节器将所有的二极管、晶体管的管芯都集成在一块基片上，实现了电压调节器的小型化。因其装在发电机内部，减少了外部线路，缩小了整个充电系统的体积。
19. 电压调节器有内外搭铁的区别，必须与发电机匹配使用。
20. 交流发电机的常见故障有不充电、充电电流过小、充电电流过大、充电不稳等。

测试题

一、判断题

1. 汽车蓄电池是将化学能转化成电能的一种不可逆装置。（ ）
2. 蓄电池放电时将电能转化成化学能。（ ）
3. 铅蓄电池用的电解液是由纯硫酸和自来水配制而成的。（ ）
4. 铅蓄电池的充放电过程是一种可逆的电化学反应。（ ）
5. 蓄电池的放电电流越大，端电压下降越快，蓄电池的端电压急速下降至终止电压。（ ）
6. 可以用高率放电计测量蓄电池大电流放电时的端电压来判断蓄电池放电程度和起动能力。（ ）
7. 起动机每次起动的的时间不得超过5s，相邻两次起动之间应间隔15s。（ ）
8. 严重硫化的蓄电池在充电时，电解液相对密度不会升高，充电初期电解液就沸腾。（ ）
9. 发现蓄电池电解液液面过低，应及时添加电解液。（ ）
10. 冬季时，应特别注意铅蓄电池充足状态，以免电解液结冰致使蓄电池破裂。（ ）
11. 充电时，发现电池温度升高过快且超过40℃时，应及时将充电电流减小至零。（ ）
12. 当内置式密度计指示器显示绿色时，表明蓄电池处于充满电状态；显示黄色时，表明蓄电池存电不足；电解液显示透亮，应更换蓄电池。（ ）
13. 晶体管调节器是利用晶体管的导通和截止来控制发电机的励磁电流，从而使发电机电压保持恒定。（ ）
14. 汽车用交流发电机由一台三相同步交流发电机和硅整流器组成。（ ）
15. 定子绕组的连接方式有星形和三角形两种，交流发电机常采用三角形。（ ）
16. 硅整流发电机的转子是用来产生磁场的，定子是用来产生交变电动势的。（ ）
17. 交流发电机是利用硅二级管的单向导电特性把交流电转换成直流电。（ ）
18. 交流发电机的输出特性表明它有限制输出电流的能力。（ ）
19. 电压调节器的作用是当发电机的转速发生变化时，通过调节发电机的输出电流，使电压基本保持不变。（ ）
20. 汽车充电指示灯亮，表明蓄电池处于充电状态，硅整流发电机处于自励发电状态。（ ）

二、选择题

1. 蓄电池极板上的活性物质在放电过程中都转变为（ ）。
A. 硫酸铅 B. 二氧化铅 C. 铅
2. 电解液的相对密度，每下降0.01，大约放电（ ）。
A. 3% B. 6% C. 10%
3. 铅蓄电池放电终了的判断标准之一是单格电池电压下降到放电终了电压（ ）伏。
A. 1.75 B. 1.5 C. 1.7
4. 铅蓄电池放电终了的判断标准之一是电解液密度下降到最小许可值约（ ）。

- A. 0 B. 1.1 C. 1.26
5. 蓄电池在放电过程中，消耗了（ ）生成了（ ），所以电解液密度不断下降。
A. 水，硫酸 B. 硫酸，水 C. 电能，硝酸
 6. 蓄电池的放电电流（ ），端电压下降（ ），就会使蓄电池端电压急速下降至终止电压。
A. 越大，越快 B. 越小，越快 C. 越大，越慢
 7. 电解液的电阻随温度的降低而（ ）。
A. 没有变化 B. 显著减小 C. 显著增加
 8. 冬季使用电解液在不致结冰的前提下，应尽可能采用密度（ ）的电解液。
A. 标准 B. 稍高 C. 稍低
 9. 无需维护铅蓄电池，其最大优点是使用过程中不需要添加（ ）。
A. 硫酸 B. 电解液 C. 蒸馏水
 10. 干荷电铅蓄电池在注入电解液后静置（ ）即可投入使用。
A. 0—5min B. 10—20min C. 20—30min
 11. 硅整流交流发电机的转子是用来产生（ ）的，定子是用来产生（ ）的。
A. 交变电动势，磁场 B. 磁场，交变电动势 C. 直流电动势，磁场
 12. 电流表是用来指示（ ）的充放电情况的。
A. 发电机 B. 发动机 C. 蓄电池
 13. 交流发电机的阻抗与转速（ ），故能自我限制电流无限值增大。
A. 平方成正比 B. 成正比 C. 成反比
 14. JF系列的交流发电机中的三只正二极管应该装在（ ）上。
A. 后端盖 B. 元件板 C. 都可以
 15. 用万用表R×1挡测量二极管时，若测得正反向电阻值均为无穷大，说明二极管（ ）。
A. 短路 B. 断路 C. 正常
 16. 定电流充电法，可将不同电压的蓄电池（ ）在一起，各个电池的容量应尽量相同。
A. 混联 B. 串联 C. 并联
 17. 晶体管调节器中稳压管是（ ）元件，串联在三极管的基极回路中。
A. 整流 B. 稳压 C. 感受
 18. 交流发电机不充电，经检查发电机无磁性，而且发电机各接线柱电压正常，则（ ）有故障。
A. 调节器 B. 发电机 C. 发电机B+至蓄电池连线
 19. 晶体管调节器是利用晶体管的（ ）来控制发电机的励磁电流，从而使发电机电压保持恒定。
A. 放大 B. 饱和和截止 C. 截止
 20. 发电机运转时，电流表指示针来回摆动或充电指示灯时亮时熄，则表明（ ）。
A. 充电正常 B. 不充电 C. 充电电流不稳定

三、思考题

1. 说出蓄电池的用途。
2. 简述蓄电池的主要部件。
3. 为什么单格电池内负极板比正极板多一片？
4. 简述交流发电机的主要部件和它们的作用。
5. 晶体管式电压调节器基本调压原理是什么？
6. 试解释6—QA—100型铅蓄电池各部分的意义。
7. 在什么情况下要进行补充充电？
8. 集成电路式电压调节器信号电压监测电路的电压取样方法有哪些？
9. CA1092型交流发电机有哪几个接线柱？是如何连接的？
10. 如何诊断交流发电机的不充电故障？