

内 容 简 介

本教材以培养学生技能、提高学生从业综合素养和能力为主,理论叙述力求深入浅出,通俗易懂;内容安排紧密结合工作岗位,通过学习与训练不断提高学生思考问题、解决问题的能力。项目考核是以汽车电器维修检验工等岗位的基本技能进行。

本书可作为高职高专教育及成人教育汽车检测与维修技术、汽车电子技术等相关专业的核心课程教材或参考用书,也可作为相关技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气系统构造与维修/高丽洁,李新主编. —北京:北京邮电大学出版社,2013. 8(2021. 11 重印)

ISBN 978-7-5635-3625-2

I. ①汽… II. ①高… ②李… III. ①汽车—电气设备—构造—高等职业教育—教材②汽车—电气设备—车辆修理—高等职业教育—教材 IV. ①U472. 41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 179760 号

书 名: 汽车电气系统构造与维修

主 编: 高丽洁 李 新

责任编辑: 李路艳

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

E-mail: publish@bupt. edu. cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 20.5 插页 1

字 数: 505 千字

版 次: 2013 年 8 月第 1 版 2021 年 11 月第 9 次印刷

ISBN 978-7-5635-3625-2

定 价: 49.80 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话:400-615-1233

电源系统的故障检修

学习目标

- 了解汽车电源系统的组成和各个组成部分的作用；
- 了解蓄电池、交流发电机、整流器和电压调节器的工作组成、特性和工作原理；
- 掌握蓄电池、交流发电机、整流器和电压调节器单件的检测方法；
- 学会分析汽车电源电路工作过程，具备对汽车电源电路常见故障的检测和修复的能力。

任务一 蓄电池的检修保养

【任务描述】

蓄电池的功用：起动发动机时，由蓄电池向起动机等用电设备供电。当交流发电机超载时，蓄电池协助交流发电机供电；当交流发电机端电压高于蓄电池电压时，蓄电池将交流发电机输出的多余的电能转变为化学能储存起来，并且可以吸收交流发电机的过电压，保护车用电子元件。蓄电池的状况直接影响发动机和用电设备的正常工作。为了合理使用蓄电池，延长其使用寿命，必须学会保养、检测和维修蓄电池。

【情境导入】

一辆轿车无法起动，现象为起动时起动机运转无力，前大灯昏暗。车主刘先生联系修理人员到现场进行检测维修，发现蓄电池电压不足 12 V，为蓄电池亏电。并联充满电的蓄电池后起动车辆，使其运行正常。作为汽车维修人员必须熟悉电源系统中蓄电池的结构和工作原理，正确地判断蓄电池故障并且掌握蓄电池的检修方法。

【理论学习】

汽车电源系统主要由蓄电池、电压调节器、交流发电机、整流电路及充电指示灯等组成，电源系统连接形式如图 1-1 所示。

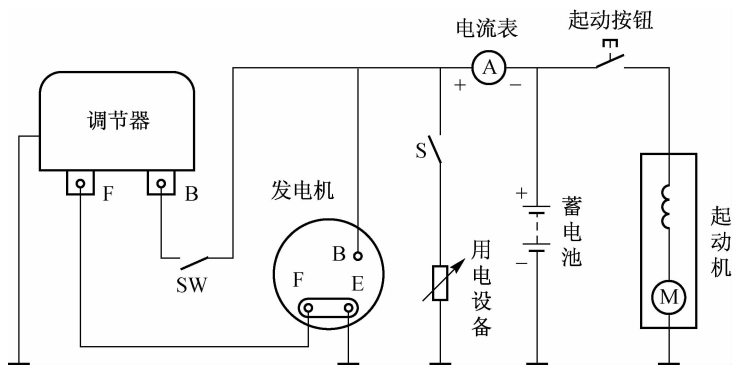


图 1-1 电源系统电路示意图

一、铅酸蓄电池的概述

电能可由多种形式的能量转化而来,其中把化学能转换成电能的装置称为化学电池,简称为电池。最常用的电池有铅酸电池、锂电池和镍氢/镍镉电池这三种。

铅酸电池体积和质量较大,不易携带且寿命短,但污染小,回收性好而且价格便宜,在汽车上普遍使用。

铅酸蓄电池是由纯净硫酸和蒸馏水按一定比例配制而成的电解液、用二氧化铅和铅分别作为电池的正负极的一种酸性蓄电池。常用的铅酸蓄电池主要有普通蓄电池、干荷蓄电池和免维护蓄电池三种。

普通蓄电池主要优点是电压稳定及价格便宜,缺点是比能量低、使用寿命短和日常维护频繁。

干荷蓄电池的主要特点是负极板有较高的储电能力,在完全干燥状态下,能保存所得到的电量两年。使用时只需加入电解液,等待 20~30 min 就可使用。

免维护蓄电池由于自身结构上的优势,电解液的消耗量非常小,在使用寿命内基本不需要补充蒸馏水。还具有耐震、耐高温、体积小及自放电小的特点。使用寿命一般为普通蓄电池的 4 倍。

二、普通铅酸蓄电池

铅酸蓄电池是由单格电池组成的。单格电池是在盛有稀硫酸的容器中插入两组极板而构成的电能储存器。它由极板、隔板、电解液、联条、极柱和壳体等部分组成,每个单格电池的电压为 2 V,将 6 个单格电池串联就可制成 12 V 蓄电池,如图 1-2 所示。

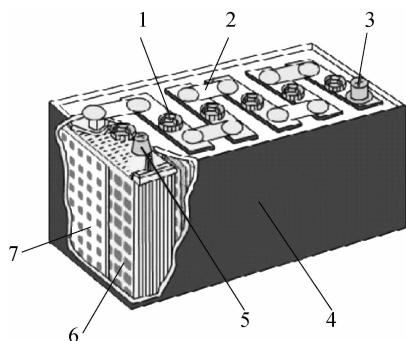


图 1-2 蓄电池的结构

1—加液孔盖；2—链条；3—负极柱；4—壳体；
5—正极柱；6—正极板；7—负极板

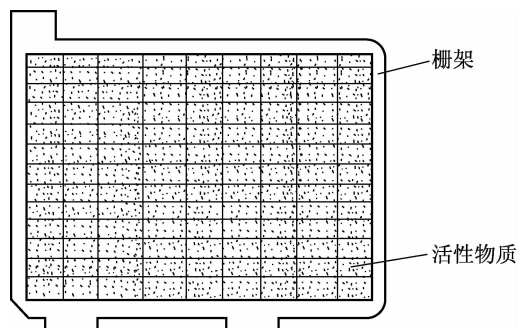


图 1-3 极板

1. 极板

蓄电池依靠极板上活性物质和电解液中硫酸之间的化学反应来实现化学能和电能的相互转换。极板是蓄电池的核心部分,分正极板和负极板两种,正负极板都是由活性物质和栅架构成的,活性物质固结栅架上,如图 1-3 所示。正极板上的活性物质是深棕色二氧化铅(PbO_2),负极板上的活性物质是青灰色海绵状纯铅(Pb)。栅架一般用铅锑合金铸成,因为它具有良好的导电性、耐蚀性和一定的机械强度。

单片极板活性物质数量有限,储存的电量少。为增大蓄电池的容量,将多片正负极板分别并联组成正负极板组,正负极板组相互嵌合,中间插入隔板。由于正极板的机械强度低,外层均为负极板,所以负极板的数量比正极板多一片,如图 1-4 所示。

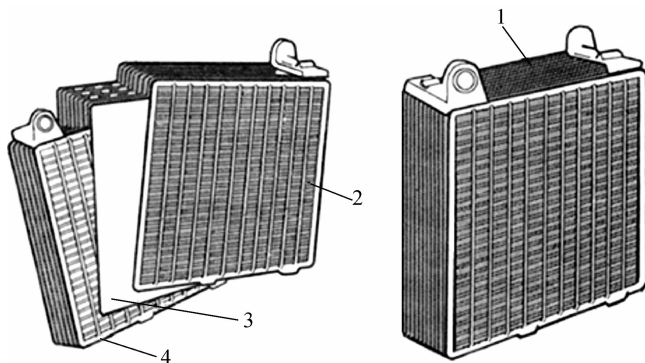


图 1-4 极板的结构

1—极板组；2—负极板；3—隔板；4—正极板

2. 隔板

为了减小蓄电池的内阻和尺寸,正负极板应尽可能地靠近。为避免蓄电池极板接触而短路,正负极板之间还要用隔板隔开,如图 1-4 所示。隔板材料应具有多孔性,以便电解液渗出;还应具有良好的耐酸性和抗氧化性,如图 1-5 所示。常用的隔板材料有木质、微孔橡胶、微孔塑料及玻璃纤维等。微孔塑料隔板孔径小而且孔率高,应用最为广泛。

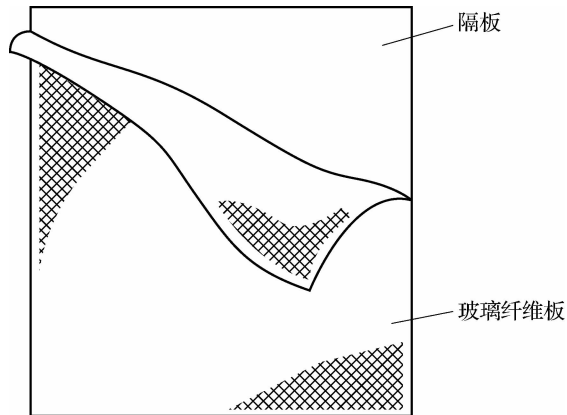


图 1-5 极板的结构

3. 电解液

电解液由纯净硫酸和蒸馏水按一定比例配制而成,而其密度一般为 $1.24\sim 1.30\text{ g/ml}$ 。电解液是蓄电池通过化学反应来实现化学能和电能的相互转换主要物质,电解液的纯度是影响蓄电池的性能和使用寿命的重要因素。

4. 壳体

壳体为整体式结构,由耐酸、耐热和耐振动的材料制成。蓄电池的正负极板所产生的电动势为 2 V ,即一个单格电池。为了获得更高的电动势,通常将多个单格电池串联起来。所以在制造蓄电池壳体时,将整体的壳体分成若干个单格。一般将整个壳体分成 3 个或 6 个互不相通的单格,通过安装 3 组或 6 组极板组,形成 6 V 或 12 V 的蓄电池。壳体底部有凸筋以搁置极板组,如图 1-6 所示。凸筋之间的空间用来积存脱下来的活性物质,以防止极板间短路。对应每个单格的顶部都有一个加液注入孔。电池盖上有两个极桩,分别为正极桩和负极桩。正极桩用“+”表示,一般涂上红色,负极桩用“-”表示,一般涂上蓝颜色或不涂颜色。

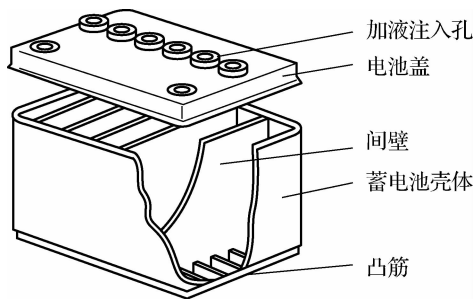


图 1-6 蓄电池的壳体

5. 联条

蓄电池各单个电池之间均用铅质联条串联,有外露式、穿壁式和跨越式三种连接方式。外露式连接方式工艺简单,但浪费材料且连接电阻大,因此已被穿壁式和跨越式连接方式所取代。穿壁式连接方式在相邻单体电池间的间壁上打孔供联条穿过,将两个单体电池的极



板组极柱连接。跨越式连接方式是在相邻单体电池间的间壁上边留有豁口, 联条通过豁口跨越间壁将两个单体电池的极板组极柱连接。穿壁式和跨越式所有联条均布置在整体盖的下面, 连接距离短, 节约材料而且电阻小。

三、干荷蓄电池

干荷铅蓄电池极板组在干燥状态的条件下, 能够保存电荷两年时间。如果干荷铅蓄电池在保存期内使用, 只要加入符合规定的电解液, 静置 15~20 min, 调整液面高度和密度至规定标准后, 不需要进行充电即可使用。

干荷蓄电池极板上的活性物质与普通蓄电池是一样的, 所不同的是负极板的制造工艺。正极板上的活性物质是二氧化铅, 化学活性较稳定, 荷电性能可以保持较长时间; 负极板上的活性物质是海绵状纯铅, 表面积大、化学活性高及容易氧化。需要在负极板的铅膏中加入松香、油酸或硬脂酸等抗氧化剂, 而且需要在制作过程中进行一次深放电或反复充电和放电循环, 使之在极板深层也形成海绵状铅, 并且采用特殊干燥工艺制成干荷电极板。

四、免维护铅蓄电池

免维护蓄电池在整个使用过程中无须加注蒸馏水, 基本上不需要维护。它的结构特点。

(1) 极板栅架采用铅钙锡合金材料, 消除了锑会产生的副作用。锑会在化学反应中不断地从正极板析出到负极板表面, 为自放电创造条件, 增大充电电流, 使电解水的速度加快。

(2) 采用袋式聚乙烯隔板, 将正极板装在袋内, 减小了极板上活性物质的脱落, 从而能有效地防止了极板短路。

(3) 采用新型安全通气装置, 在气孔盖的内部设置了一个氧化铝过滤器和作为催化剂的铂, 能有效阻止水蒸气和 H_2SO_4 气体通过, 减小电解液的消耗。

(4) 壳体采用聚丙烯塑料, 壳底无凸筋, 增加了蓄电池有效容积。

有些免维护蓄电池内置一只相对密度计, 指示荷电状况, 如图 1-7 所示。

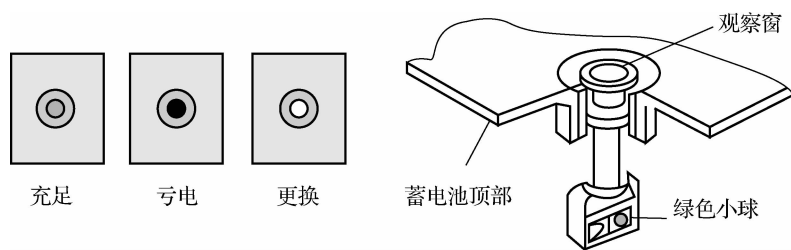


图 1-7 蓄电池荷电状况相对密度计

如果相对密度计顶部的圆点呈绿色, 说明蓄电池存电充足(电量 65% 以上); 如果圆点呈黑色, 说明蓄电池亏电; 如果圆点呈浅黄色或无色, 说明蓄电池已无法正常工作, 应予以更换。

五、铅酸蓄电池的工作原理

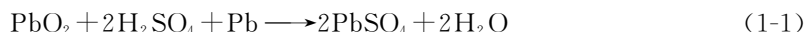
铅酸蓄电池的工作过程是化学能与电能的相互转化的过程。对于外电路而言, 铅酸蓄电池的工作过程是不断地放电和充电的过程。当蓄电池与直流电源并联, 将电能转化为化学能储存起来时, 称为充电过程; 当蓄电池将化学能转化为电能向外供电时, 称为放电过程。



1. 蓄电池的放电过程

放电时正极板上的活性物质是二氧化铅(PbO_2),负极板上的活性物质是纯铅(Pb),在电解液作用下发生化学反应,正极板上的二氧化铅和负极板上的铅都与电解液中的硫酸(H_2SO_4)反应生成硫酸铅(PbSO_4),使其沉附在正负极板上。此时正负极板之间有 2.1 V 电位差。若接上负载,在电动势的作用下,电流就会从蓄电池的正极经外电路流向蓄电池的负极,电解液中的硫酸因氢离子和硫酸根离子的迁移而被消耗生成了水。所以放电后电解液的密度是会逐渐下降的。

综上所述,铅酸蓄电池的放电化学反应方程式为



铅酸蓄电池放电终止的特征是:

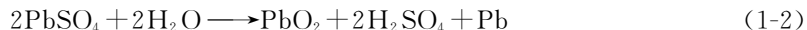
(1)单格电池电压下降到放电终止电压。如蓄电池单格电池电压为 2 V,放电终止电压为 1.75 V,当测得单格电池电压为 1.75 V 时放电终止了。

(2)电解液密度下降到最小许可值。

2. 蓄电池的充电过程

如果把放电后的蓄电池并联直流电源,蓄电池的正负极分别与直流电源的正负极相连。当并联直流电源电压高于蓄电池电动势时,电流从直流电源正极流到蓄电池的正极,再经蓄电池的负极流到直流电源负极,构成蓄电池充电回路。蓄电池充电过程是电能转换为化学能的过程。正负极板上的硫酸铅还原成二氧化铅和铅,电解液中的硫酸增多,密度上升。

综上所述,铅蓄电池的充电化学反应方程式为



铅酸蓄电池充电终止的标志是:

(1)充电接近终止时,硫酸铅基本还原成二氧化铅和铅,在电源电压的作用下将水电解,析出氢气和氧气,使电解液沸腾。

(2)电解液的密度和蓄电池的端电压上升至最大值,且在 2~3 h 内不再上升。

六、蓄电池的型号表示方法

根据机械工业部 JB 2599—85 标准规定,蓄电池的型号的编制由五部分组成,型号的表示方法如图 1-8 所示。

1	—	2	3	—	4	5
---	---	---	---	---	---	---

图 1-8 蓄电池型号的表示方法

第 1 部分表示蓄电池含有单个格电池数量,用阿拉伯数字表示。

第 2 部分表示蓄电池的用途,用大写字母表示。如汽车用蓄电池用“Q”表示为起动用蓄电池。

第 3 部分表示蓄电池的特征,用大写字母表示,常用蓄电池特征代号见表 1-1。

第 4 部分表示 20 h 放电率的额定容量,用阿拉伯数字表示,单位是 A·h。

第 5 部分表示特殊性能,用大写字母表示,若无字为一般性能蓄电池,如 G 表示薄型极板高起功率,S 表示塑料外壳等。



表 1-1 常用蓄电池特征代号

特征代号	蓄电池特征	特征代号	蓄电池特征	特征代号	蓄电池特征
A	干荷电	B	半密闭式	Q	气密式
H	湿荷电	F	防酸式	Y	液密式
W	免维护	J	胶体电解液	D	带液式
S	少维护	M	密闭式	I	激活式

例如,蓄电池型号 6-QAW-90S 的含义是由 6 个单格电池组成的额定电压 12 V 干荷电式免维护蓄电池,其额定容量为 90 A·h,采用塑料外壳。

七、蓄电池的容量及其影响因素

1. 蓄电池的容量

蓄电池的容量表示蓄电池蓄电的能力。蓄电池容量是指蓄电池完全充足电的情况下,在规定的放电条件下输出电量。蓄电池容量等于放电电流 I_t 乘以放电时间 t_t ,即蓄电池容量 $= I_t \cdot t_t$,单位为 A·h(安培·小时)。

2. 影响蓄电池容量的因素

1) 放电电流过大导致蓄电池容量减小

放电电流过大,剧烈的电化学反应生成的硫酸铅会迅速堵塞极板表面的孔隙,封堵住极板内部的活性物质,同时电解液来不及渗入极板内部,致使极板内部的活性物质不能参加电化学反应,使蓄电池容量减小。

2) 电解液的密度过大或过小使蓄电池容量减小

电解液的密度过高导致黏度增加,渗透能力降低,内阻增大且容量减小。另外电解液密度过高,蓄电池自行放电速度加快,并加剧可对极板栅架和隔板的腐蚀,从而缩短了蓄电池的使用寿命。电解液的密度过小,反应速度下降,使其容量减小。铅酸蓄电池电解液的密度,应根据用户所在地区的气候条件合理选择。

3) 电解液温度低使得蓄电池容量减小

电解液温度低,电解液黏度增加,离子运动速度变慢,而且极板收缩造成表面的孔隙缩小,减少电解液向极板孔隙内层的渗入数量,参与反应的活性物质减少,使蓄电池的电容量下降。

4) 电解液的纯度低蓄电池容量减小

电解液的纯度对蓄电池的容量影响很大。如果电解液中含有导电杂质将会加快蓄电池的自行放电,含有的有害杂质将会腐蚀栅架。所以使用纯度不高的电解液会减小蓄电池的容量,从而缩短电池的使用寿命。



【实训指导】

一、铅酸蓄电池使用与维护注意事项

(1) 蓄电池电解液是硫酸,具有强腐蚀性。安装拆卸和搬运铅酸蓄电池时应保持电池竖直,并且轻搬轻放,切勿敲打。

(2) 避免蓄电池大电流长时间工作。比如不要连续接通起动机电路,每次接通的时间不得超过 5 s,如果一次未能起动,应停顿 15 s 以上再做第二次起动,连续三次起动发动机失败时,应查明原因,排除故障后再接通起动机。

(3) 冬季使用蓄电池,应做好蓄电池保温工作。也要特别注意保持蓄电池充足电,以免因电解液密度降低而结冰。

(4) 拆卸蓄电池电缆时,必须确认点火开关处处于关闭位置。应先拆蓄电池负极,再拆蓄电池正极。安装蓄电池电缆时,应先安装蓄电池正极,再安装蓄电池负极,以免拆卸时造成蓄电池短路。

(5) 蓄电池在使用过程中,要注意对亏电或放完电的蓄电池及时充足电,停驶车辆的蓄电池,每两个月应进行一次充电。

(6) 普通蓄电池在使用过程中,要经常检查各单格内电解液的液面高度,如发现不足需及时补充蒸馏水。还要经常疏通加液孔盖上的通气孔。

二、蓄电池的充电方法

新的蓄电池和修复的蓄电池要进行初充电,亏电的蓄电池要进行补充充电,不同的蓄电池状态采用不同的充电方法,蓄电池的充电方法有定流充电法、定压充电法和脉冲快速充电法。

1. 定流充电法

定流充电法指充电电流保持恒定,随着蓄电池电动势的逐渐升高,逐步增加充电电压来保持充电电流恒定的充电方法。可任意选择和调整充电电流,有较大适用性。适用于初充电、补充充电和去硫化充电等。定流充电的充电时间长,需要不断调节充电电流。

为缩短充电时间,充电过程分为两个阶段。

第一阶段采用较大的充电电流,充电电流约为蓄电池额定容量的 $1/10$,当蓄电池单格电池电压上升到 2.3 V 时,第一阶段结束。

第二阶段,将充电电流减小一半,即蓄电池额定容量的 $1/20$,当蓄电池单格电池电压上升到 2.5 V 以上,电解液密度和蓄电池端电压在 2~3 h 内不再上升,蓄电池内部冒出大量气泡时,表明蓄电池已经充足。

2. 定压充电法

定压充电法是指充电电压保持恒定的充电方法。充电初期蓄电池电动势低,充电电流很大,随着蓄电池电动势的不断增高,充电电流逐渐减小,最终减小至零。定压充电法的充电速度快,4~5 h 内蓄电池就可获得本身容量的 90%~95%,充电时间比定流充电法缩短很多,而且充电过程中不需要调整充电电压,适用于补充充电。

3. 脉冲快速充电法

脉冲快速充电过程中,须使用专门的脉冲快速充电机,不断改变充电电压,正脉冲充电、



停充、负脉冲(瞬间)放电或反充、再停充、再正脉冲充电。电化学反应剧烈,充电速度快,如一次初充电只需 5 h 左右,补充充电仅需 1 h 左右。而且脉冲快速充电对极板“去硫化”效果明显。但其缺点是对极板活性物质的冲刷力大,易造成活性物质脱落,对蓄电池的使用寿命会有一定影响。适用于电池集中、充电频繁及要求应急的场合。

三、蓄电池的初充电和补充充电

1. 初充电操作方法

新的或大修后的蓄电池要进行初充电,一般采用定流充电法充电,首先充电电流整定为额定容量的 1/15,待蓄电池单格电池电压达 2.4 V 时,将充电电流整定为额定容量的 1/30,即电流减小一半,直至蓄电池充足电为止。整个充电过程大约 60 h。充电过程中应注意测量电解液的温度,当温度超过 45 °C 时,应停止充电,待冷却至 35 °C 以下时再充电。

2. 补充充电操作方法

对亏电的蓄电池进行补充充电使其恢复额定容量。补充充电一般采用定压充电法充电。避免定压充电法充电初期时的电流过大,可以采用两阶段定流充电法进行补充充电,首先用额定容量的 1/10 的电流进行充电,当单格电池电压上升到 2.4 V 时,再调整充电电压使充电电流减半,直至充足为止。

四、铅酸蓄电池常见故障检修

蓄电池的常见故障有极板硫化、自放电或容量下降等。一般可通过观察窗、密度计、高率放电计和万用表等检查蓄电池的状况。

1. 极板硫化

1) 故障现象

- (1) 电池容量降低,端电压下降很快。
- (2) 充电时,电压上升过快,很快达到 2.7 V 以上或者过早出现“沸腾”现象。
- (3) 极板表面生成不易溶解的白色大颗粒。

2) 故障原因

- (1) 蓄电池长期充电不足,极板上生成的硫酸铅经过多次结晶,从而形成大块的不易溶解的硫酸铅晶体。
- (2) 电解液液面过低,极板上部与空气接触而氧化,生成粗晶粒的硫酸铅。
- (3) 蓄电池经常过量放电或深放电,会在极板细小孔隙的内层生成硫酸铅。
- (4) 电解液不纯导致蓄电池自行放电,产生硫酸铅,为硫酸铅再结晶提供条件。

3) 排除方法

蓄电池初充电要充足,蓄电池使用期间要及时进行补充充电。对轻微硫化的蓄电池可采用 2~3 A 的小电流长时间过充电,使硫酸铅还原成活性物质。对硫化严重的蓄电池应更换极板或报废。

2. 自放电

1) 故障现象

充足电的蓄电池放置不用会逐渐失去电量的现象称为自放电。蓄电池由于本身结构的原因自放电是不可避免的,若每昼夜电池容量下降超过 2%,应视为自放电故障。



2) 故障原因

(1) 电解液中含杂质过多, 电解液中的杂质沉附于极板上产生局部放电, 从而使蓄电池降低容量。

(2) 蓄电池外壳不清洁, 溢出电解液堆积在盖板上, 使正负极桩之间形成回路, 引起自放电。

(3) 蓄电池长期放置不用, 硫酸下沉, 电解液下部的密度比上部高, 极板的上下部之间出现电位差, 引起自放电。

(4) 极板活性物质脱落, 下部沉淀物过多使极板短路, 引起自放电。

3) 排除方法

自放电严重的蓄电池, 应倒出电解液, 用蒸馏水冲洗极板和隔板, 然后再重新组装, 加入新的电解液并重新充电。

3. 蓄电池容量下降

1) 故障现象

蓄电池在供电时, 电量下降很快, 不能提供用电设备所需的正常电压, 如汽车启动时起动机转速很快地减慢且转动无力。

2) 故障原因

(1) 蓄电池内部损坏, 电解液的相对密度低, 极板的硫化和电解液的液面过低等故障都会造成蓄电池容量下降。

(2) 发电机调节器电压过低, 蓄电池充电电压过低, 经常充电不足, 蓄电池供电能力下降。

3) 故障排除

(1) 蓄电池的外部检查。外壳是否完好, 表面是否清洁, 搭铁接线是否良好。

(2) 蓄电池的内部检查。测量蓄电池的电解液密度及液面高度等。

(3) 检查发电机电压调节器的调节电压。

【任务工单】

项目编号	班级	姓名	日期	年 月 日
任务名称	蓄电池的基本状况检测, 初充电和补充充电			
任务目的	掌握蓄电池的检修保养方法			
<p>一、任务实施</p> <p>1. 蓄电池检修保养前的准备工作。</p> <p>(1) 检查安全及环保方面的工作是否到位。</p> <p>(2) 准备车辆或台架以及工具和设备。</p> <p>2. 蓄电池基本状况检查。</p> <p>(1) 蓄电池外壳:</p> <p>(2) 极桩:</p>				



(3)加液孔盖：

(4)电解液液面高度：

蓄电池基本状况判断：

3. 蓄电池放电程度的检查。

(1)免维护蓄电池观察窗观察情况：

(2)高率放电计判断蓄电池的放电程度：

(3)万用表测量蓄电池的电压：

4. 蓄电池的充电。

(1)蓄电池充电机的使用方法：

(2)记录初充电操作过程：

(3)记录补充充电操作过程：

5. 将你排除汽车蓄电池故障的过程及检测结果填在表 1-2 内。

蓄电池型号：

表 1-2 汽车电源系统故障排除过程及结果记录表

序号	项 目	作业记录
1	故障现象	
2	故障可能的原因	
3	以下填写电器元件及线路检查项目：	以下填写电器元件及线路检查参数及阶段性结论：
4	确认的故障点	
5	故障排除方法	

6. 检查车辆及发动机是否干净整洁,护套是否取下,工具是否整理。



二、考核评分					
序号	考核项目	考核内容及要求	配 分	考核记录	得 分
1	准备工作	检查车辆或台架,准备工具及设备,三液检查	25		
2	检测过程	仪器及工具的准确选择	10		
		仪器及工具的规范操作	10		
		正确的检测方法及步骤	15		
		数据的正确采集及记录	10		
3	故障排除与修复	故障点查找准确	10		
		故障排除与修复规范	10		
4	安全文明操作	整理工具仪器及车辆或台架等 6S 工作	10		
总分:					

【巩固提高】

一、填空题

- 充足电的铅蓄电池,如果放置不用,将逐渐失去电量,这种现象称为蓄电池_____。
- 蓄电池正极板的活性物质是_____,正极板通常呈_____色。
- 负极板上的活性物质是_____,负极板通常呈_____色。
- 蓄电池的额定容量,通常指将充足电的蓄电池,在电解液温度为 $25 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 的条件下,以_____h 放电率连续放电至单格单池平均电压降到_____V 时输出的电量。
- 铅酸蓄电池在充电过程中,正极板有_____气析出,负极板有_____气析出。

二、选择题

- 在安装蓄电池电缆时,下列说法正确的是()。

A. 先装正极 B. 先装负极 C. 先装负极正极都可以
- 蓄电池电解液的液面,应经常高于极板上沿() mm。

A. 5~10 B. 10~15 C. 15~20
- 采用定流充电法进行补充充电时,应先用额定容量的()的电流进行充电。

A. 始终 1/10 B. 先 1/15,后 1/30 C. 先 1/30,后 1/15

三、判断题

- 蓄电池的充放电过程是可逆的化学反应过程。 ()
- 如有电解液溅到皮肤或衣物上,应立即用 5% 苏打水擦洗或用清水冲洗。 ()



3. 铅酸蓄电池初充电只能采用定流充电法。

()

四、简答题

1. 试说明蓄电池 3-QAW-90 各代号的含义。
2. 为什么蓄电池亏电时要及时补充充电？

任务二 交流发电机的检修

【任务描述】

汽车有蓄电池和交流发电机两个电源。蓄电池的电量是有限的,不能满足汽车长时间供电的需求。在发动机正常工作的情况下,交流发电机是汽车的主要电源。了解交流发电机工作不良会引起的故障。为掌握电源系统的检修方法,必须了解发电机的作用和型号,掌握交流发电机结构和工作原理,学会交流发电机的拆装、分解、检修、组装和安装以及与交流发电机相关线路故障的检测方法。

【情境导入】

一辆轿车行车中电源警告灯突然点亮,车主高先生停车后与修理厂联系,修理人员赶到现场进行维修。经过检测发现因为发电机传动皮带过松导致发电机发电电压过低引起的电源系统报警。调整发电机传动皮带张紧度后,起动车辆后运行正常了。为了能正确地检修电源系统,作为汽车维修人员必须熟悉电源系统中的交流发电机的结构及工作原理和检修方法。

【理论学习】

一、交流发电机的概述

1. 交流发电机的特点与功能

发电机有交流发电机和直流发电机两种。过去汽车上采用的换向式直流发电机目前已淘汰。现在汽车多用交流发电机,交流发电机具有发电性能好、使用寿命长、体积小、重量轻及结构紧凑等优点。以硅整流交流发电机应用最为普遍。

交流发电机的三个功能,一是发电,由发动机带动发电机的转子旋转,在定子线圈中产生交流电流;二是整流,将定子线圈产生的交流电整流成直流电,为汽车上的用电设备提供电源;三是调节电压,利用电压调节器调节发电机的电压,在发电机转速和负载发生变化时使电压保持稳定。

2. 交流发电机的构造

交流发电机将发动机的机械能变成电能,汽车用的交流发电机多采用三相交流发电机,主要部件有定子、转子、电刷、整流二极管、风扇、前后端盖及带轮等组成。转子用来建立磁



场,定子产生交变电动势,经过整流器整流后输出直流电。JF132型交流发电机的结构如图1-9所示。

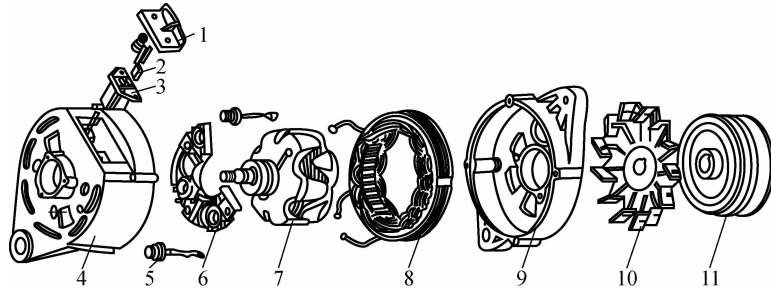


图 1-9 JF132 型交流发电机

1—电刷弹簧压盖; 2—电刷; 3—电刷架; 4—后端盖; 5—硅二极管; 6—散热板;
7—转子; 8—定子总成; 9—前端盖; 10—风扇; 11—带轮

1) 转子

交流发电机的转子的作用是产生磁场,它主要由两块爪极、磁场绕组及滑环及轴等组成,如图1-10所示。

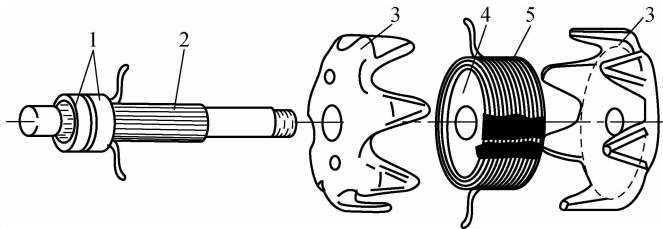


图 1-10 交流发电机转子

1—滑环; 2—转子轴; 3—磁爪; 4—磁轭; 5—磁场绕组

两块六爪磁极被压装在转子轴上,其空腔内腔装有磁轭,磁轭上面绕有励磁绕组。励磁绕组两端的引线分别焊在与轴绝缘的两个滑环上。滑环与装在后端盖内的两个电刷相接触,两个电刷装在与端盖绝缘的电刷架内,通过弹簧力使其与滑环保持接触。当发电机工作时,两电刷通过引线分别接在两个螺钉接线柱上,一个接线柱是发电机的励磁接线柱 F,另一个是搭铁接线柱。这两个接线柱再与直流电源连通,可为励磁绕组提供定向电流并产生轴向磁通。使两块爪极被分别磁化为 N 极和 S 极,从而形成磁极,产生磁场,沿圆周方向均匀分布。

2) 定子

定子是产生和输出交流电的部件,由定子铁心和定子绕组组成。定子槽内置有三相对称绕组,三相绕组的接法有三角形和 Y 形(星形)两种,如图 1-11 所示。一般多用 Y 形(星形)连接,每相绕组的首端分别与整流器的硅二极管相连,作为交流发电机的输出端。每相绕组的尾端接在一起,形成中性点。当转子转动时,在定子三相对称绕组中产生大小相等且相位差 120° (电角度)的对称电动势。

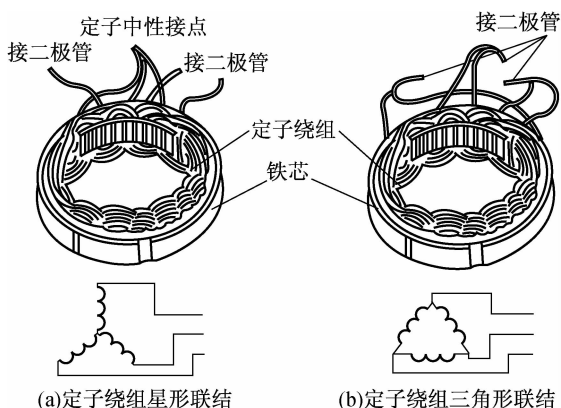


图 1-11 交流发电机定子总成的连接方式

3) 电刷

两个电刷分别装在电刷架的孔内,电刷架装在后端盖上,借助弹簧压力与滑环保持接触。目前国产交流发电机的电刷架有两种结构形式:一种电刷架可直接从发电机外部进行拆装,称其为外装式,如图 1-12(a)所示;另一种则不能直接在发电机外部进行拆装,称其为内装式,如图 1-12(b)所示,若需要更换电刷,必须将发电机拆开。

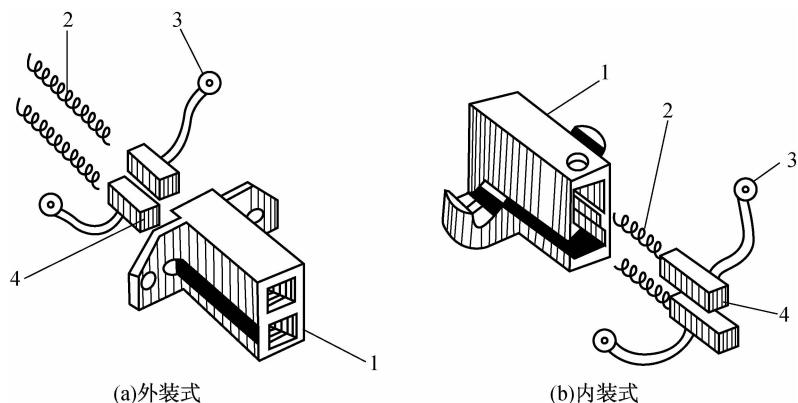


图 1-12 电刷架的结构

1—电刷架; 2—弹簧; 3—接线端子; 4—电刷

交流发电机按电刷引线的搭铁接法不同,分为内搭铁式和外搭铁式。搭铁电刷的引出线用螺钉直接固定在后端盖上(标记“—”),通过交流发电机外壳直接搭铁的称之为内搭铁式;搭铁电刷的引出线与机壳绝缘接到后端盖外部的接线柱上(标记“F₂”),通过调节器构成回路的称之为外搭铁式,如图 1-13 所示。对于内搭铁式交流发电机,磁场绕组直接通过交流发电机的外壳搭铁,其中一根引线接至后端盖上的磁场接线柱“F”(或“磁场”),另一根直接与发电机外壳上的搭铁接线柱“—”(或“搭铁”)连接;对于外搭铁式交流发电机的磁场绕组通过电压调节器后(交流发电机的外部)再搭铁,电刷引线必须分别与发电机后端盖“F+”(或“F₁”)和“F-”(或“F₂”)接线柱相连。

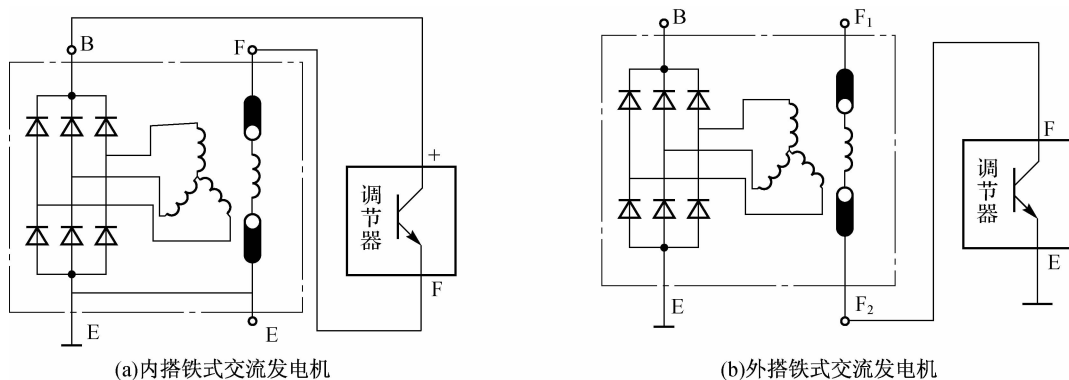


图 1-13 交流发电机的搭铁形式

4) 前后端盖

前后端盖用铝合金制成,因为铝合金为非导磁材料,并具有轻便和良好散热性等优点。端盖包括驱动端盖、整流端盖以及安装在其上的轴承及轴承盖等零部件。后端盖装有电刷架,两个电刷分别装在电刷架的孔内,借弹簧压力与滑环保持接触的端盖由铝合金制成。为了提高轴承孔的机械强度,增加其耐磨性,有的发电机端盖的轴承座内还镶有钢套。

发电机前端装有带轮,由发动机通过皮带带动。在带轮后面装有风扇,靠风扇的离心作用给发电机强制通风。前后端盖用 3~4 个螺栓与定子固定在一起。

5) 风扇

风扇安装在前端盖外侧的转轴上,在发电机工作时随发电机转轴一同运转,对发电机进行冷却。

6) 整流器

交流发电机整流器的作用是将定子绕组产生的三相交流电变成直流电输出。交流发电机的整流器大多由 6 只硅二极管组成,如图 1-14 所示。外壳为负极,中心引线为正极的二极管称为正极管,管壳底上有红色标记;外壳为正极,中心引线为负极的二极管称为负极管,管壳底上注有黑色标记。

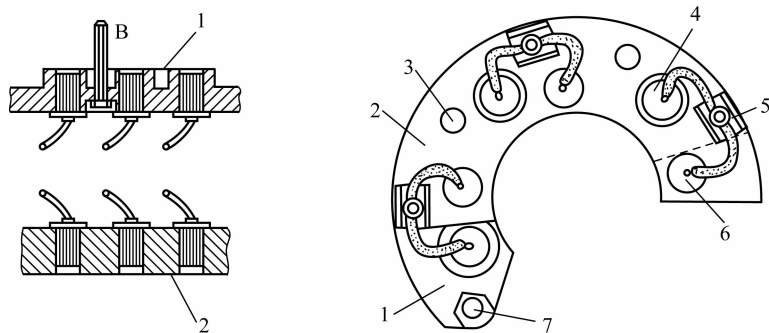


图 1-14 整流板及二极管的安装

1—正整流板; 2—负整流板; 3—安装孔; 4—正极管; 5—绝缘垫; 6—负极管; 7—电枢接线柱安装孔



安装硅二极管的散热板称为整流板,通常用合金制成便于散热。现代汽车用的交流发电机都有两块整流板,一块是正整流板装在外侧,安装三只正极管;另一块是负整流板装在内侧,安装三只负极管。整流板用尼龙或其他绝缘材料制成的垫片隔开固定在后端盖上。

二、交流发电机的工作原理

1. 交流电动势的产生

交流发电机工作原理如图 1-15 所示。

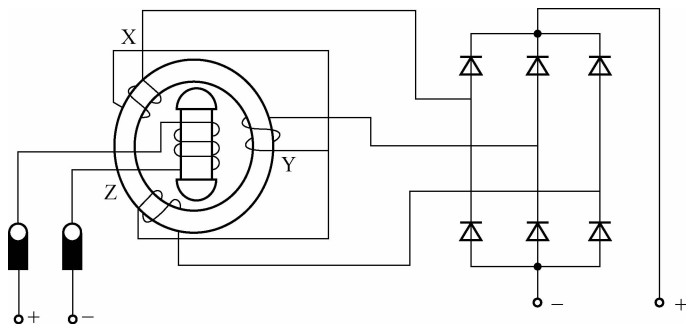


图 1-15 交流发电机的工作原理

交流发电机定子的三相绕组按一定的规律嵌套在发电机的定子槽内,彼此互差 120° 电角度。当转子磁场绕组接通直流电源时,爪极被磁化为 N 极和 S 极。其磁力线由 N 极出发,穿过转子与定子之间的气隙进入定子铁心,最后又通过气隙回到 S 极。

当转子旋转时,由于定子绕组与磁力线有相对的切割运动,而且三相定子绕组在空间分布上互差 120° ,所以在三相定子绕组中产生频率相同、幅值相等及相位相差 120° 的正弦电动势 e_U 、 e_V 、 e_W ,如图 1-16(a)所示,经整流后其波形如图 1-16(b)所示。

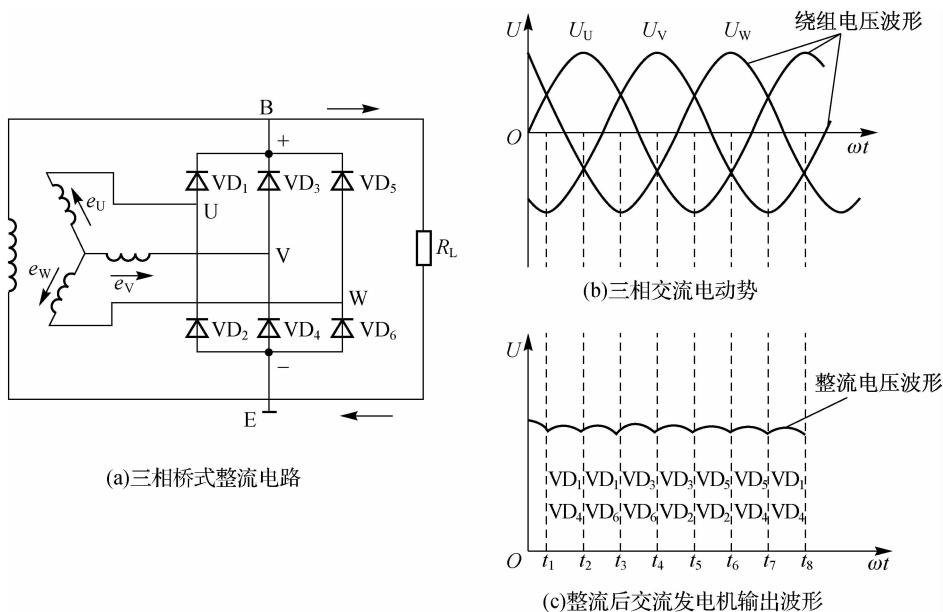


图 1-16 三相桥式整流电路中的电压波形



三相绕组所产生的感应电动势可用下列方程式表示

$$e_A = E_m \sin \omega t = \sqrt{2} E_\Phi \sin \omega t \quad (1-1)$$

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ) = \sqrt{2} E_\Phi \sin(\omega t - 120^\circ) \quad (1-2)$$

$$e_C = E_m \sin(\omega t + 120^\circ) = \sqrt{2} E_\Phi \sin(\omega t + 120^\circ) \quad (1-3)$$

式中, E_m 为相电动势的最大值, V ; E_Φ 为相电动势的有效值, V ; ω 为电角速度, rad/s , ($\omega = 2\pi f = 2\pi/T$)。

发电机每相绕组所产生的电动势的有效值为

$$E_\Phi = 4.44 K f N \Phi \quad (1-4)$$

式中, K 为定子绕组系数, 一般小于 1; f 为感应电动势的频率, Hz , $f = Pn/60$, 其中 P 为磁极对数, n 为转速; N 为每相绕组的匝数; Φ 为磁极的磁通, Wb 。

式(1-4)表明, 使用中的交流发电机, 其交变电动势的有效值取决于转速和转子的磁通量, 这一性质将直接决定着交流发电机的输出电压值。

2. 整流电路工作原理

将交流发电机产生的交流电转变成直流电的过程称为整流。常见的整流电路有六管交流发电机的整流电路和九管交流发电机的整流电路。

1) 六管交流发电机的整流电路

六管交流发电机的整流装置实际是一个由 6 个硅整流二极管组成的三相桥式整流电路, 见图 1-16(a)。3 个二极管 VD_2 、 VD_4 、 VD_6 的负极分别与发电机三相绕组的始端相连, 它们的正极连接在一起, 组成共阳极组接法, 3 个二极管的导通原则是在某一瞬间负极电位最低的二极管导通。3 个二极管 VD_1 、 VD_3 、 VD_5 的正极分别与发电机三相绕组的始端相连, 它们的负极连接在一起, 组成共阴极组接法, 3 个二极管的导通原则是在某一瞬间正极电位最高的二极管优先导通。每个时刻有两个二极管同时导通, 其中一个二极管在共阴极组, 另一个在共阳极组, 同时导通的两个管子将发电机的电压加在负荷两端, 如图 1-16(c) 所示。

当 $t=0$ 时, C 相电位最高, 而 B 相电位最低, 所对应的二极管 VD_5 、 VD_4 均处于正向导通。由于二极管的内阻很小, 所以此时发电机的输出电压等于 B、C 绕组之间的线电压。

在 $t_1 \sim t_2$ 时间内, A 相的电位最高, 而 B 相电位最低, 故对应 VD_1 、 VD_4 处于正向导通。同理, 交流发动机的输出电压可视为 A、B 绕组之间的线电压。

在 $t_2 \sim t_3$ 时间内, A 相电位最高, 而 C 相电位最低, 故 VD_1 、 VD_6 处于正向导通。同理, 交流发动机的输出电压可视为 A、C 绕组之间的线电压。

以此类推, 在负载上便可获得一个比较平稳的直流脉动电压。

2) 九管交流发电机的整流原理

九管交流发电机的特点是除了常用的 6 个整流二极管外, 又增加了 3 个功率较小的二极管。3 个功率较小的二极管用来供给交流发电机磁场电流, 称之为磁场二极管。采用磁场二极管后, 输出端连接充电指示灯, 即可指示发电机的工作情况。九管交流发电机充电系统的电路如图 1-17 所示。

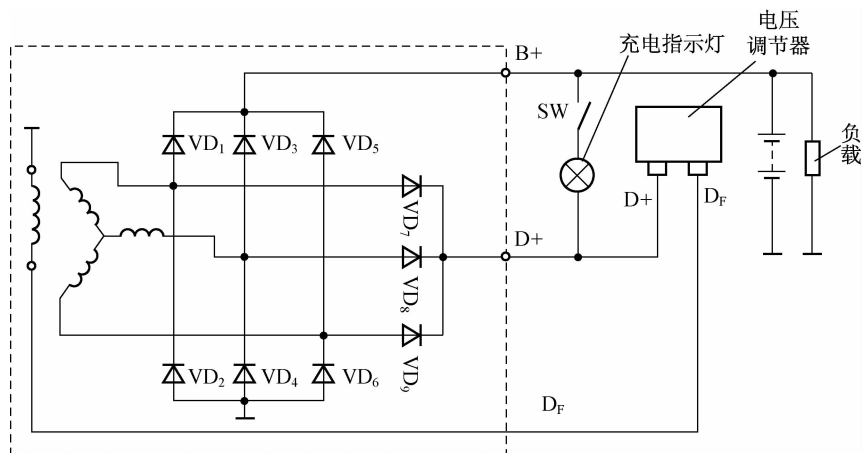


图 1-17 九管交流发电机充电系统电路图

交流发电机工作时,定子三相绕组产生的三相交流电,经 6 个($VD_1 \sim VD_6$)二极管组成的三相桥式整流电路整流后,输出直流电压 U_B 给蓄电池和用电设备供电。由 3 个磁场二极管 VD_7 、 VD_8 、 VD_9 和 3 个共阳极组二极管 VD_2 、 VD_4 、 VD_6 组成的三相桥式整流电路整流后的直流电压供给发电机所需的磁场电流。

充电指示灯由蓄电池端电压与磁场二极管输出端 L 的电压的差值控制。在发电机不工作时,电压的差值等于蓄电池电压,指示灯亮。在发电机工作时随着发电机转速升高,电压的差值逐渐减小,指示灯亮度减弱。当发电机电压达到蓄电池充电电压时,发电机开始自励,此时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,发电机输出电压降低,电压的差值逐渐增大,指示灯点亮,以提醒驾驶员。在发动机停止工作时,充电指示灯点亮可以提醒驾驶员及时关闭点火开关。

3. 交流发电机励磁方式

汽车用交流发电机的励磁方法是由他励方式到自励发电的一个过程。由于汽车用交流发电机转子的剩磁较弱,不能利用磁极的剩磁自励发电,所以需要外接直流电源。交流发电机只有在较高转速时,才能自励发电。交流发电机在低速运转时,采用他励方式,即由蓄电池提供励磁电流来增强磁场,使发电机发电满足汽车上用电的要求。发电机的发电电压随发动机转速升高而上升。当发电机输出电压高于蓄电池电压,一般发电机的转速达到 $1\ 000\ \text{r/min}$ 左右时,励磁电流便由发电机自身供给,此时的励磁方式称为自励。

三、国产交流发电机的型号

根据中华人民共和国行业标准 QC/T 73—1993《汽车电气设备产品型号编制方法》的规定,汽车交流发电机的型号表示方法如图 1-18 所示。

第 1 部分为产品代号。交流发电机的产品代号有 JF、JFZ、JFB 和 JFW 四种,分别表示交流发电机、整体式交流发电机、带泵交流发电机和无刷交流发电机。

第 2 部分为电压等级代号。用 1 位阿拉伯数字表示(1~12 V、2~24 V、6~6 V)。

第 3 部分为电流等级代号。用 1 位或 2 位阿拉伯数字表示,其含义见表 1-3。

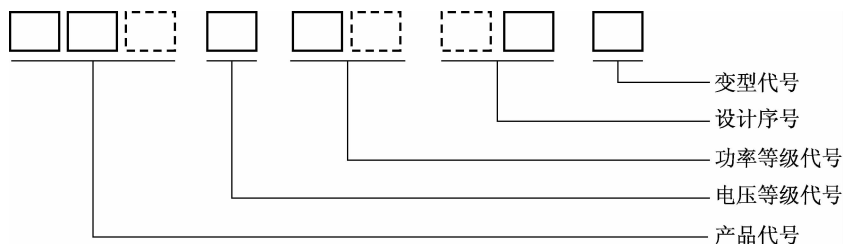


图 1-18 汽车交流发电机的型号表示方法

表 1-3 电流等级代号

电流等级代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
电流 A	~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79	80~89	≥90

第 4 部分为设计序号。用 1 或 2 位阿拉伯数字表示,按产品的先后顺序用阿拉伯数字表示。

第 5 部分为变型代号。交流发电机以调整臂的位置作为变型代号。从驱动端看,在中间不加标记,Y—右边、Z—左边。

例如:桑塔纳和奥迪 100 型轿车所使用的 JFZ1610Y 型交流发电机,其含义是电压等级为 12 V,输出电流大于 60~69 A,第 10 次设计,调整臂位于右边的整体式交流发电机。

四、无刷交流发电机

无刷交流发电机是无电刷无滑环的交流发电机,不会因电刷和滑环的磨损与接触不良造成励磁不稳定或发电机不发电等故障,且工作时不会产生火花,减少了无线电干扰。它有着结构新颖、性能优良、工作稳定及故障率低的优点。

无刷交流发电机的结构形式有爪极式、励磁机式、永磁式和感应子式四种,爪极式和感应子式最为常见。

1. 爪极式无刷交流发电机

爪极式无刷交流发电机的磁场绕组是静止的,不随转子转动,所以磁场绕组两端可直接引出而不需要滑环和电刷,构造如图 1-19 所示。磁场绕组装在发电机中部的磁轭托架上,磁轭托架用螺栓固定在端盖上,磁场绕组是静止的。

当磁场绕组通过电流时,主磁通路径如图 1-19 所示。转子磁轭—附加间隙—磁轭托架—附加间隙—左边爪极—主气隙—定子铁心—主气隙—右边磁爪—转子磁轭,形成闭合回路。当转子旋转时,爪极形成的 N 极和 S 极的磁感线在定子绕组内交替通过,磁力线切割定子槽内定子绕组,在三相绕组中产生三相交变电动势,在回路中形成交流电,经整流后变成直流电。

2. 感应子式交流发电机

感应子式交流发电机由转子、定子、整流器和机壳等组成。转子由硅钢片铆成,呈齿轮状,齿轮上有若干个沿圆周均匀分布的齿形凸极。磁场绕组和电枢绕组均安放在定子槽内,所以发电机内没有滑环和电刷,如图 1-20 所示。