

项目三 汽车起动系统故障检修

任务 4.1 认知起动机

| | |
|------|-----------------|
| 学习目标 | 了解起动系统的基本组成及要求。 |
| 考核标准 | 应知：起动机的结构特点。 |

【顾客问题】 情境 2：一辆 2012 款现代索纳塔轿车，发动机不能起动，汽车起动系统不工作，作为维修技师的我们，如何解决汽车出现的这一问题。

4.1.1 起动机系统的作用

发动机借助外力由静止状态过渡到能自行运转的过程，称为发动机的启动。起动机系统的功用就是通过转动曲轴启动发动机，发动机启动之后，起动机系统便立即停止工作。

发动机常用的启动方式有人力启动、辅助汽油机启动和电力起动机启动。目前大多数运输车辆都已采用起动机启动，电力起动机启动方式是由直流电动机通过传动机构将发动机启动，它具有操作简单、体积小、质量轻、安全可靠、启动迅速并可重复启动，并且可以远距离控制等优点，因此在现代汽车广泛采用。

提示：手动变速器车辆如起动系统出现故障时，可通过人推、手摇、车拖、溜坡等应急方法来启动发动机。

4.1.2 起动机系统的组成及要求

1. 起动机的组成

电力起动机系统一般由蓄电池、起动机、起动继电器、点火开关等组成，见图 4.1-1。起动机安装在汽车发动机飞轮壳前端的座孔上。

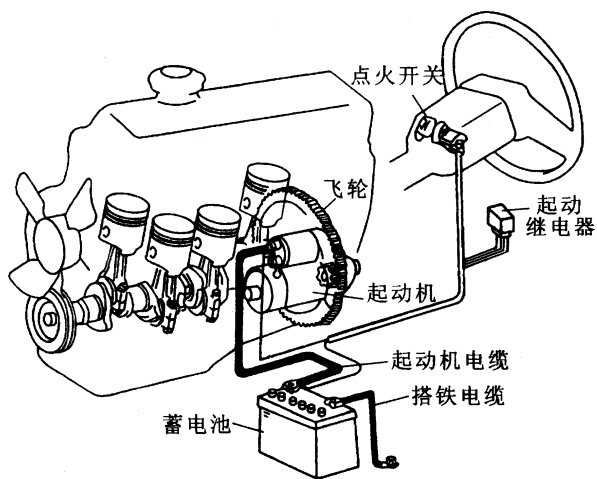
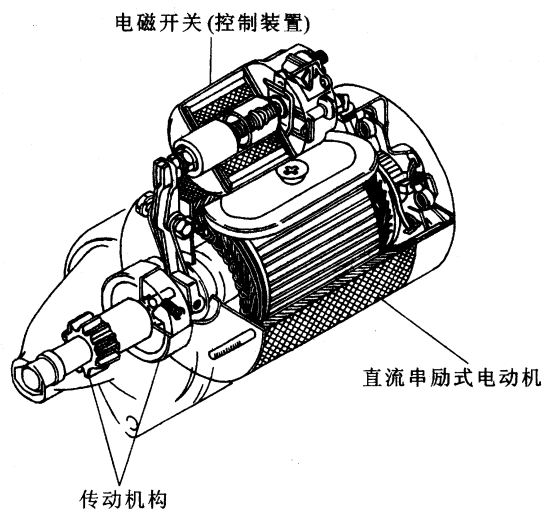


图 4.1-1 起动机在发动机上的安装
起动机由直流电动机、传动机构和操纵机构三部分组成，见图 4.1-2。



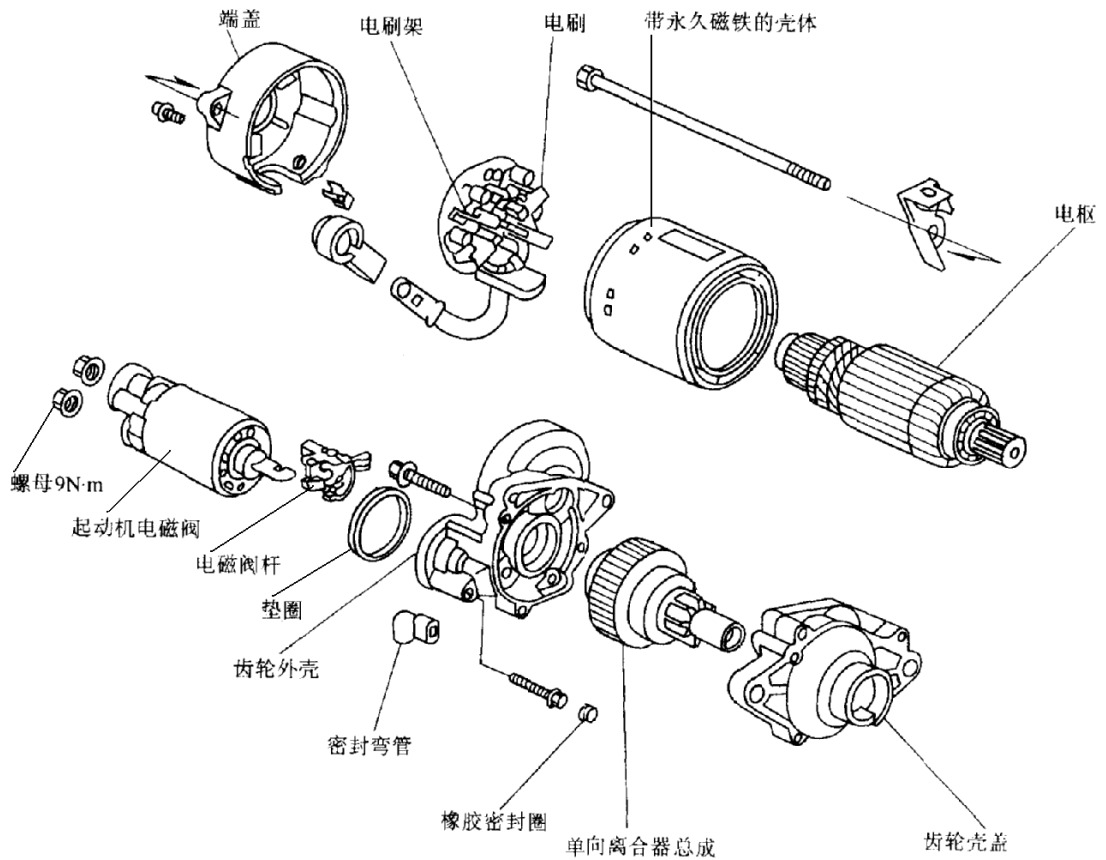


图 4.1-2 起动机构造

(1) 直流电动机

电动机的作用是将蓄电池输入的电能转换为机械能，产生电磁转矩。

(2) 传动机构

传动机构又称起动机离合器、啮合器。传动机构的作用是在发动机启动时使起动机轴上的小齿轮啮入飞轮齿圈，将起动机的转矩传递给发动机曲轴；在发动机启动后又能使起动机小齿轮与飞轮齿圈自动脱开。

(3) 操纵机构(控制装置)

操纵机构的作用是用来接通和断开电动机与蓄电池之间的电路。对于传统点火系统，起动机工作时操纵机构还能短接点火线圈的附加电阻，以增加启动时的点火能量。

2. 起动系统的要求

- (1) 起动机的齿轮与发动机的飞轮、齿圈啮合要容易，尽量不发生冲击现象；
- (2) 发动机启动后，起动机的小齿轮应能自动打滑或脱离啮合，以免发动机启动后，飞轮带动起动机高速旋转，造成事故。
- (3) 起动系统应结构简单、工作可靠。
- (4) 发动机在工作中，起动机的小齿轮不能再进入啮合，防止发生冲击。

4.1.3 起动机的类型

1. 按电动机磁场产生方式分类

(1) 励磁式起动机

励磁式起动机一般采用串励直流电动机，各型号的结构相差不大。

(2) 永磁式起动机

永磁式起动机以永磁材料为磁极，由于电动机中无磁极绕组，故可使起动机结构简化，体积和质量都可相应减小。

2. 按操纵机构分类

(1) 直接操纵式起动机

直接操纵式起动机是由脚踏或手拉杠杆联动机构直接控制起动机的主电路开关来接通或切断主电路，也称机械式起动机。这种方式虽然结构简单、工作可靠，但由于要求起动机、蓄电池靠近驾驶室，而受安装布局的限制，并且操作不便，已很少采用。

(2) 电磁操纵式起动机

电磁操纵式起动机是由按钮或点火开关控制继电器，再由继电器控制起动机的主开关来接通或切断主电路，也称电磁控制式起动机。这种方式可实现远距离控制，操作方便，在现代汽车上广泛采用。

3. 按传动机构的啮合方式分类

(1) 惯性啮合式起动机

起动机旋转时，其啮合小齿轮靠惯性力自动啮入飞轮齿圈。启动后，小齿轮又借惯性力自动与飞轮齿圈脱离。这种啮合机构结构简单，但不能传递较大的转矩，而且可靠性较差，已很少采用。

(2) 强制啮合式起动机

强制啮合式起动机是靠人力或电磁力拉动杠杆强制小齿轮啮入飞轮齿圈的。这种啮合机构结构简单、动作可靠、操作方便，仍被现代汽车所采用。

(3) 电枢移动式起动机

电枢移动式起动机是靠起动机磁极磁通的吸力，使电枢沿轴向移动；而使小齿轮啮入飞轮齿圈的，启动后再由回位弹簧使电枢回位，让驱动齿轮退出飞轮齿圈。这种啮合机构多用于大功率的柴油发动机上。

(4) 减速起动机

减速起动机是靠电磁吸力推动单向离合器，使小齿轮啮入飞轮齿圈的。减速起动机结构特点是在电枢和驱动齿轮之间装有一级减速齿轮，(一般转速比为3~4)，它的优点是：可采用小型高速低转矩电动机，使起动机的体积减小、质量约减少35%，并便于安装；提高了起动机的起动转矩，有利于发动机的启动；电枢轴较短，不易弯曲；减速齿轮的结构简单、效率高，保证了良好的机械性能。

4.1.4 起动机型号

根据中华人民共和国行业标准 QC / T 73—93《汽车电气设备产品型号编制方法》规定，起动机型号如下：

1 2 3 4 5

第 1 部分为产品代号：起动机产品代号 QD、QDJ、QDY 分别表示起动机、减速起动机及永磁起动机。

第 2 部分为电压等级代号：1 表示 12 V；2 表示 24 V；3 表示 6 V。

第 3 部分为功率等级代号：其含义见表 4.1-1。

第 4 部分为设计序号。

第 5 部分为变形代号。

例如：QD124：表示额定电压为 12 V、功率为 1~2 kW、第四次设计的起动机。

例如：QD1225：表示额定电压为 12 V、功率为 1~2 kW、第 25 次设计的起动机。

表 4.1-1 功率等级代号的含义

| 功率等级代号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 功率/kW | 0~1 | 1~2 | 2~3 | 3~4 | 4~5 | 5~6 | 6~7 | 7~8 | 8~9 |

任务 3.1.1 直流串励式电动机的构造、工作原理及特性

| | |
|------|--|
| 学习目标 | 熟悉直流串励式电动机的构造、工作原理。 |
| 考核标准 | 应知：直流串励式电动机的构造特点。 应会：直流串励式电动机的工作原理。 |

【顾客问题】 将点火钥匙转到启动挡时，起动机不转，不知是什么原因？

3.2.1 直流串励式电动机的构造

串励直流电动机是起动机最主要的组成部件，它的工作原理和特性决定了起动机的工作原理和特性。

串励直流电动机主要由电枢、磁极、换向器等主要部件构成。

1. 电枢

电枢是直流电动机的旋转部分，包括电枢轴、换向器、电枢铁芯、电枢绕组，见图 4.2-1。为了获得足够的转矩，通过电枢绕组的电流一般为 200~600 A，因此电枢绕组采用较粗的矩形裸铜线绕制成成型绕组。为了防止裸铜线绕组间短路，在铜线与铜线之间、铜线与铁芯之间用绝缘性能较好的绝缘纸隔开。

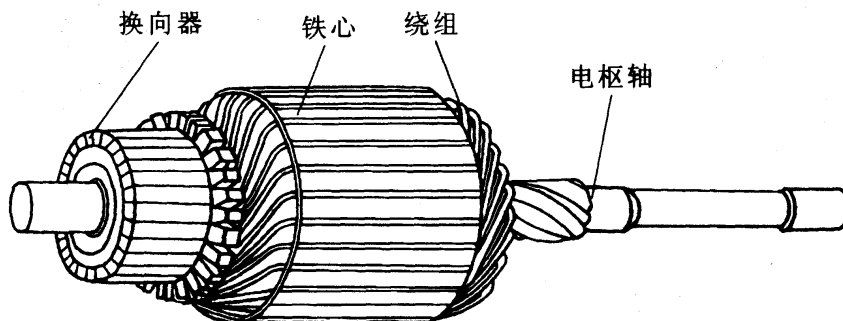


图 4.2-1 电枢总成

电枢绕组有两种绕法：叠绕法和波绕法。叠绕法，绕组的两端线头分别接相邻的两个换向器铜片，叠绕法如图 4.2-2 所示。此种绕法，在一对正负电刷之间的导线，电流方向一致。波绕法，绕组一端线头接的换向器铜片与另一端线头接的换向器铜片相隔 90° 或 180° ，波绕法如图 4.2-3 所示。此种绕法，电枢转到某一位置时，因为某些绕组两端线头接到同极性电刷上，会造成一些绕组没有电流。由于波绕法的绕组电阻较低，所以常被采用。

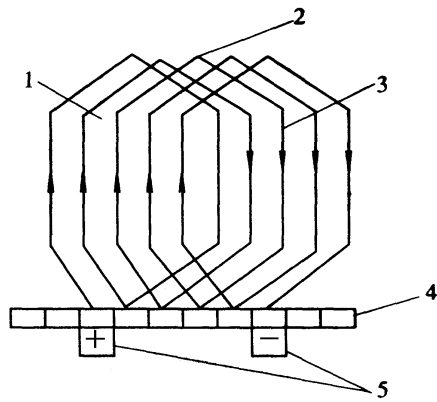


图 4.2-2 叠绕法

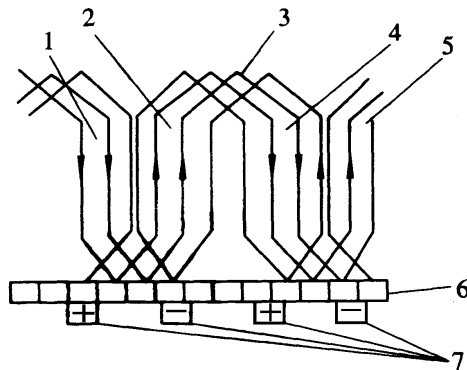


图 4.2-3 波绕法

换向片和云母片叠压成换向器，电枢绕组各线圈端头均焊接在换向器片上，通过换向器和电刷将蓄电池的电流引进来。

换向器故障多为表面烧蚀、云母片突出等。轻微烧蚀用“0”号砂纸打磨即可，严重烧蚀或失圆（径向圆跳动 $>0.05\text{ mm}$ ）时应精加工，但加工后换向器铜片厚度不得少于 2 mm 。云母片如果高于钢片也应车削修整，但云母片是否割低要看具体的起动机。一般进口小汽车用起动机云母片低于钢片，检修时，若换向器铜片间槽的深度小于 0.2 mm ，就需用锯片将云母片割低至规定的深度。

提示：换向器云母片槽内易积累电刷粉末，造成换向片之间短路，保养时要清理换向片之间的母片槽。

2. 磁极

磁极是电动机的定子部分，它由固定在机壳上的磁极（定子）铁心和磁场绕组组成，见图 4.2-4。磁极的作用是产生磁场，磁极一般是 4 个，为增大电磁转矩，大功率起动机采用 6 个磁极。4 个磁极分成两对相对交错安装在电动机定子内壳上，定子与转子铁心形成的磁回路见图 4.2-5，低碳钢板制成的机壳也是磁路的一部分。4 个励磁线圈有的是互相串联后再与电枢绕组串联，有的是每 2 个分别串联再并联而后与电枢绕组串联，见图 4.2-6。

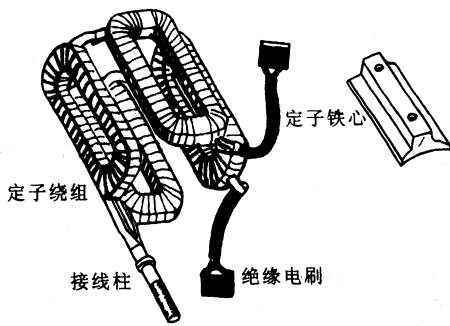


图 4.2-4 电动机定子总成

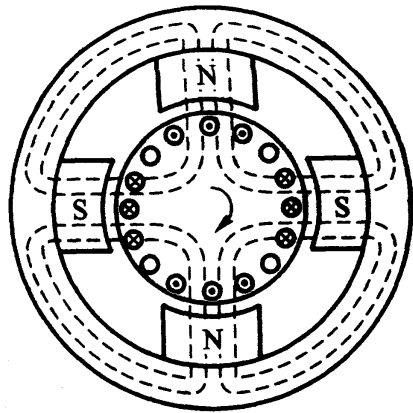


图 4.2-5 电动机的磁路

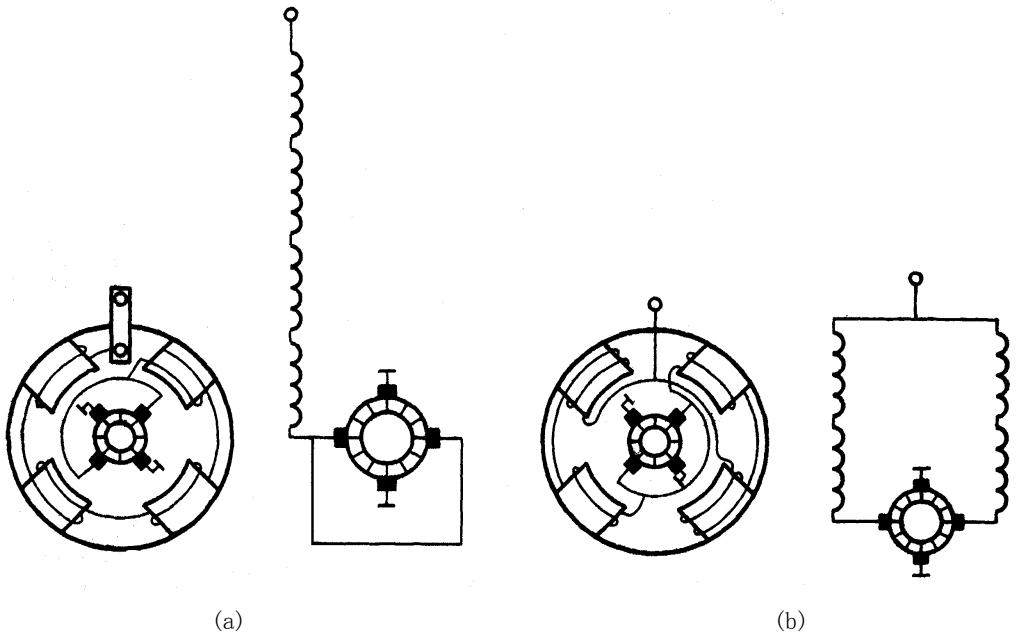


图 4.2-6 励磁绕组的接法

(a) 四励磁绕组串联；(b) 励磁绕组两两串联后并联

起动机内部接线见图 4.2-7，励磁绕组一端接在外壳的绝缘接线柱上，另一端与两个非搭铁电刷相连，当起动开关接通时，起动机的电路为：蓄电池正极→接线柱 1→励磁绕组 4→电刷 6→电枢绕组→搭铁电刷 5→搭铁→蓄电池负极。

励磁绕组的常见故障有接头脱焊、绕组短路、断路或搭铁等。接头松脱故障，解体后可直接看到，绕组搭铁与否可用万用表的欧姆挡测量绕组端子与外壳之间的电阻。电动机定子的检查见图 4.2-8。

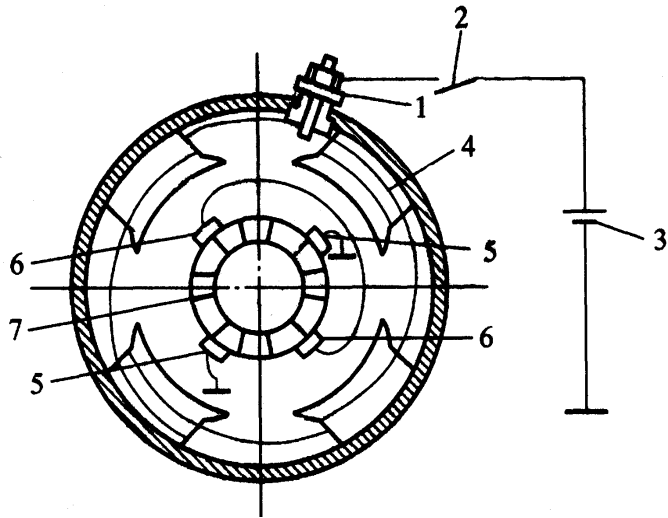


图 4.2-7 起动机接线图

1-接线柱；2-启动开关；3-蓄电池；4-励磁绕组；5-搭铁电刷；6-非搭铁电刷；7-换向器

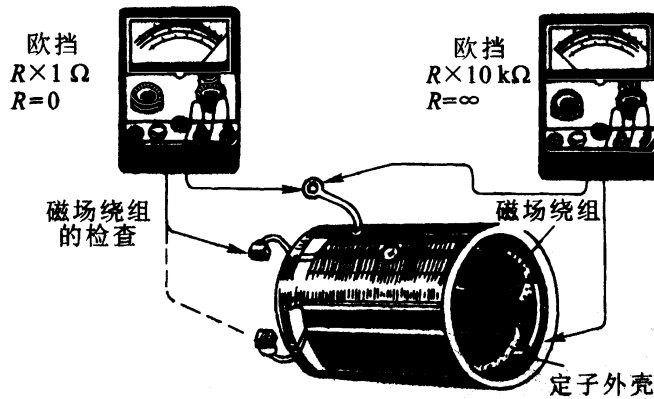


图 4.2-8 定子检查

3. 电枢架与电刷

电刷和装在电枢轴上的换向器用来联接磁场绕组和电枢绕组的电路，并使电枢轴上的电磁力矩保持固定方向。

电刷架一般为框式结构，其中正极刷架与端盖绝缘地固装，负极刷架直接搭铁，见图 4.2-9。电刷置于电刷架中，电刷由铜粉与石墨粉压制而成，呈棕红色。刷架上装有弹性较好的盘形弹簧。

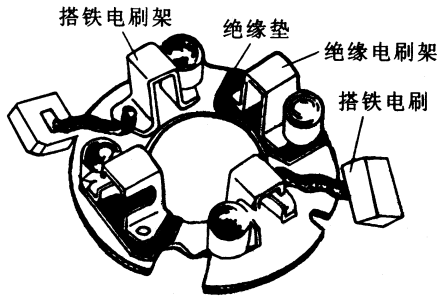


图 4.2-9 电刷及电刷架的组合

电刷的高度二般不应低于标准的 2/3，电刷的接触面积不应少于 75%，并且要求电刷在电刷架内无卡滞现象，否则需进行修磨或更换。用万用表的欧姆挡或试灯法可检查绝缘电刷架的绝缘性。最后用弹簧秤测电刷弹簧的弹力，若不符合要求应予以更换或修理。

注意：搭铁电刷搭铁不良时，造成启动机动力不足。

4. 轴承

因起动机工作时间短，并承受冲击载荷，所以一般采用青铜石墨轴承或铁剂含油轴承。

提示：轴承磨损后，造成转子预定子之间摩擦（俗称“扫膛”），影响起动机扭矩的输出。

5. 壳体

壳体是起动机的基础件，电磁开关、磁极、电枢及其他各种部件均安装在上面。

4.2.2 直流串励式电动机的工作原理

1. 电磁转矩的产生

(1) 电磁转矩的产生

它是根据带电导体在磁场中受到电磁力作用的这一原理而制成的。其工作原理如图 4.2-10 所示。电动机工作时，电流通过电刷和换向片流入电枢绕组。如图 4.2-10 (a) 所示，换向片 A 与正电刷接触，换向片 B 与负电刷接触，绕组中的电流从 a→d，根据左手定则判定绕组匝边 ab、cd 均受到电磁力 F 的作用，由此产生逆时针方向的电磁转矩 M 使电枢转动；当电枢转动至换向片 A 与负电刷接触，换向片 B 与正电刷接触时，电流改由 d→a，见图 4.2-10 (b)，但电磁转矩的方向仍保持不变，使电枢按逆时针方向继续转动。

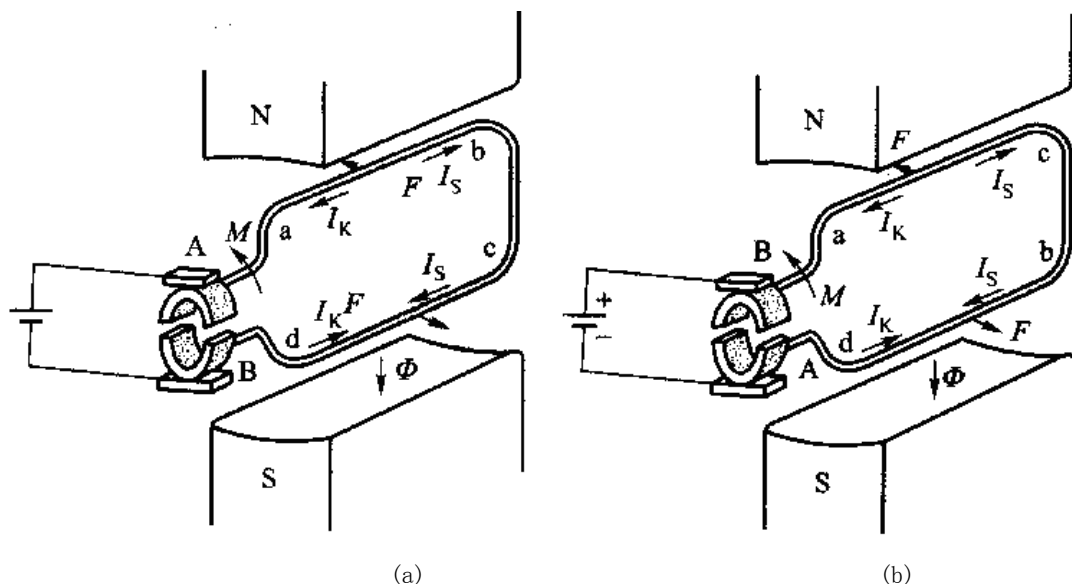


图 4.2-10 直流电动机的工作原理

(a) 绕组中的电流从 a→d; (b) 绕组中的电流从 d→a

由此可见,直流电动机的换向器可将电源提供的直流电转换成电枢绕组所需的交流电,以保证电枢所产生的电磁力矩的方向保持不变,使其产生定向转动。但实际的直流电动机为了产生足够大且能保持转速稳定的电磁力矩,其电枢上绕有很多组线圈,换向器的铜片也随其相应增加。

提示:请比较启动机、发电机的结构、工作原理的相似之处。

(2) 直流电动机转矩自动调节原理

根据安培定律,可以推导出直流电动机通电后所产生的电磁转矩 M 与磁极的磁通量 Φ 及电枢电流 I_s 之间的关系为

$$M = C_m \Phi I_s$$

式中 C_m —电动机的转矩常数,它与电动机磁极对数、电枢绕组导线总根数及电枢绕组电路的支路对数有关。

电枢在电磁转矩 M 作用下产生转动,由于绕组在转动同时切割磁感线而产生感应电动势,并根据右手定则判定其方向与电枢电流 I_s 的方向相反,故称反电动势 E_f 。反电动势 E_f 与磁极的磁通 Φ 和电枢的转速 n 成正比,即

$$E_f = C_e \Phi n$$

式中 C_e —电机的结构常数。由此可推出电枢回路的电压平衡方程式,即

$$U = E_f + I_s R_s$$

式中 R_s —电枢回路电阻，其中包括电枢绕组的电阻和电刷与换向器的接触电阻。

在直流电动机刚接通电源的瞬间，电枢转速 n 为 0，电枢反电动势也为 0，此时，电枢绕组中的电流达到最大值，即， $I_{s\max} = U / R_s$ 将相应产生最大电磁转矩，即 M_{\max} ，若此时的电磁转矩大于电动机的阻力矩 M_z ，电枢就开始加速转动起来。随着电枢转速的上升， E_f 增大， I_s 下降，电磁转矩 M 也就随之下降。当 M 下降至与 M_z 相平衡 ($M = M_z$) 时，电枢就以此转速运转。如果直流电动机在工作过程中负载发生变化，就会出现如下的变化：

工作负载增大时， $M < M_z \rightarrow n \downarrow \rightarrow E_f \downarrow \rightarrow I_s \uparrow \rightarrow M \uparrow \rightarrow M = M_z$ ，达到新的稳定；

工作负载减小时， $M > M_z \rightarrow n \uparrow \rightarrow E_f \uparrow \rightarrow I_s \downarrow \rightarrow M \downarrow \rightarrow M = M_z$ ，达到新的稳定。

可见，当负载变化时，电动机能通过转速、电流和转矩的自动变化来满足负载的需要，使之能在新的转速下稳定工作。因此直流电动机具有自动调节转矩功能。

4.2.3 起动机的工作特性

起动机的转矩、转速、功率与电流的关系称为起动机的特性曲线。起动机的特性取决于直流电动机的特性。

依据磁场绕组和电枢绕组联接方式的不同，起动用直流电动机可分为并励、串励、复励三种形式，如图 4.2-11 所示。

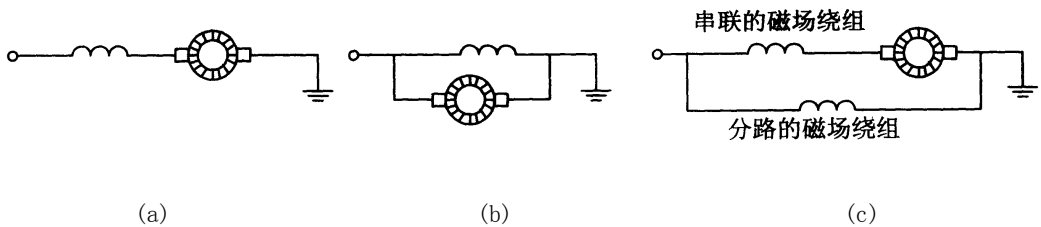


图 4.2-11 起动用直流电动机示意图

(a) 串励；(b) 并励；(c) 复励

串励直流电动机的电流流向是：蓄电池正极 → 磁场绕组 → 电刷 → 换向器 → 电枢绕组 → 负电刷 → 搭铁（蓄电池负极）。这种方式允许流过磁场绕组的电流全部流过电枢绕组。

串励电动机开始启动时能发出最大转矩。其输出转矩随着电动机转速的升高而下降。转矩下降是由于反电动势作用的结果。

并励电动机的磁场绕组与电枢绕组并联接线。并励电动机的输出转矩不随转速的升高

而下降，因为电枢产生的反电动势不会削弱磁场绕组的磁场强度。由于并励电动机不能产生高转矩，故不用它作为起动机。但刮水器电动机、电动升降门窗电动机、电动调整座椅电动机等，用的都是并励电动机。

复励电动机的一部分磁场绕组与电枢绕组串联连接，而另一部分磁场绕组与蓄电池和电枢绕组并联连接。这种配置，使复励电动机能发挥好的启动转矩并保持恒定的运转转速。分路的磁场绕组用来限制起动机的转速。

1. 转矩特性

对于串励直流电动机其磁场电流与电枢电流相同，并且磁极未饱和时，磁通与电枢电流成正比。所以，在磁极未饱和时，串励直流电动机的转矩与电枢电流的平方成正比。只有在磁场饱和后，串励直流电动机的转矩才与电枢电流成正比。

由直流电动机的转矩特性图 4.2-12 可知，只有在磁场饱和后，串励直流电动机的电磁转矩与电枢电流成正比。而当电枢电流相同时，串励电动机产生的电磁转矩要比并励电动机大得多。

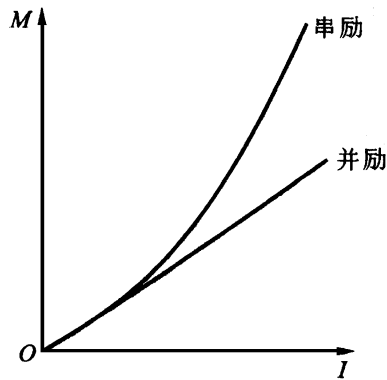


图 4.2-12 直流电动机转矩特性

2. 机械特性

串励直流电动机转速 n 随电磁转矩 M 而变化的关系称为机械特性。直流电动机的机械特性曲线如图 4.2-13 所示。

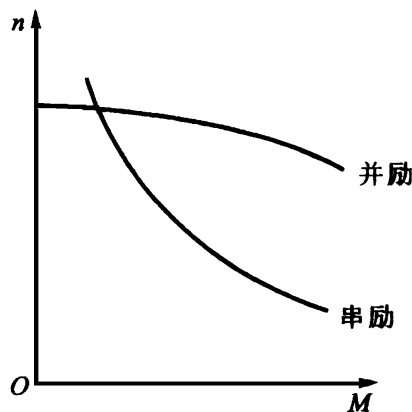


图 4.2-13 直流电动机的机械特性曲线

串励电动机在输出转矩较大时，电枢电流较大，电流随电动机转速的增加而急剧下降。反之，在输出转矩较小时，电枢电流又随电动机转速的减小而快速上升。故具有较软的机械特性。

从机械特性同样看出，串励直流电动机具有轻载转速高、重载转速低的特点。重载转速低，可以保证电动机在起动时(重载)不会超出允许功率而烧毁，使起动安全可靠。这是起动机采用串励直流电动机的又一原因。但由于其轻载或空载时转速很高，容易造成“飞散”事故，故对于功率较大的串励直流电动机，不允许在轻载或空载下运行。

3. 功率特性

起动机功率 P 由电动机电枢转矩 M 和电枢的转速 n 来确定，即

$$P = \frac{Mn}{9550}$$

由转矩特性、机械特性及上式可得到起动机特性曲线，见图 4.2-14。

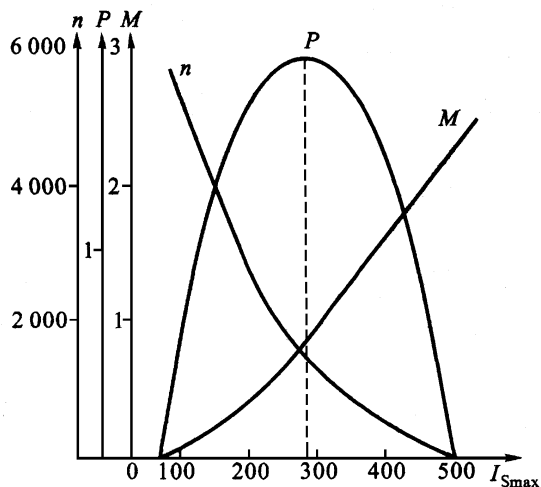


图 4.2-14 起动机特性曲线

在完全制动状态 ($n=0$) 和空载 ($M=0$) 时，起动机的功率等于零，电枢电流接近制动电流的一半时，电动机输出功率最大。由于起动机起动时间很短，起动机可以最大功率运转，因此将其最大功率作为额定功率。

起动机功率必须保证发动机能够迅速可靠起动，若功率不够将会增加起动次数，缩短蓄电池寿命。

一般汽油机最低起动转速是 50~70 r/min，柴油机是 100~200 r/min。

起动机所需功率一般为

汽油机： $P = (0.184 \sim 0.21) L$ (kW)

柴油机： $P = (0.736 \sim 1.05) L$ (kW)

式中 L — 发动机的排量。

任务 3.1.3 起动机的控制装置、传动机构

| | |
|------|---|
| 学习目标 | 掌握起动机控制电路的连接方法。 |
| 考核标准 | 应知：起动机控制系统的工作过程。 应会：几种车型起动系统的电路连接规律。 |

【顾客问题】 将点火钥匙转到启动挡时，起动机运转正常，但发动机不转？

4.3.1 起动机的控制装置

控制装置的作用是控制驱动齿轮与飞轮齿圈的啮合与分离；控制电动机电路的接通与切断。常用的控制装置有机械式和电磁式两种。在现代汽车上起动机均采用电磁式控制电路，电磁式控制装置是利用电磁开关的电磁力代替人力操纵拨叉。使驱动齿轮与飞轮啮合或分离。电磁开关分为直接控制式电磁开关和带起动继电器式电磁开关。

在无起动继电器的起动线路中，由点火开关直接控制起动机电磁开关。

1. 直接控制式电磁开关

直接控制式电磁开关控制电路，在电路中采用起动机电磁开关作为控制电路的一部分。在各种控制电路中，电磁开关的作用和工作原理都是相同的图 4.3-1 是基本的电磁控制电路。

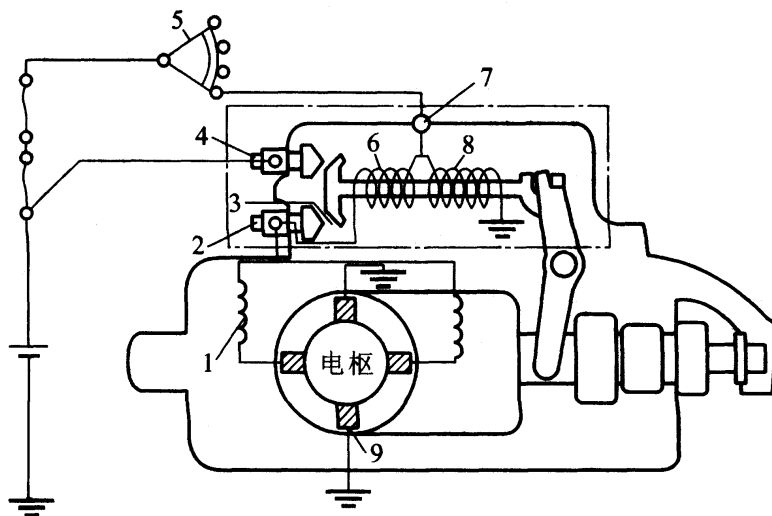


图 4.3-1 起动机控制电路

1—励磁线圈；2—“C”端子；3—旁通接柱；4—“30”端子；5—点火开关；
6—吸拉线圈；7—“50”端子；8—保持线圈；9—电刷

起动时，点火钥匙打到“ST”位，电流由蓄电池正极→“50”端子7→吸拉线圈6→导电片→“C”端子2→起动机励磁绕组→电枢→搭铁→蓄电池负极，起动机慢慢转动，同时电流由电磁开关“50”端子7经保持线圈8，回到蓄电池负极。吸拉线圈与保持线圈产生同方向的电磁力，在电磁力作用下，铁心压缩回位弹簧，向左移动，带动拨叉，使驱动小齿轮与发动机飞轮啮合，电磁开关内的接触盘此时将“C”端子与“30”端子、旁通接柱相继接通，电流由蓄电池正极→“30”端子4→接触盘→“C”端子2→起动机励磁绕组→电枢→搭铁→蓄电池负极，起动机主电路接通，起动机电枢产生电磁转矩，此时吸拉线圈6被短路，保持线圈8的电磁力使驱动小齿轮与飞轮保持啮合，保证发动机启动着车。启动后，发动机飞轮转速超过起动机电枢时，单向离合器切断飞轮与小齿轮之间的动力传递，保护起动机。

发动机启动后，松开点火钥匙，点火开关将自动转回一个角度，“50”端子断电，由于机械惯性，短时间内接触盘仍将“30”端子4与“C”端子2接通，蓄电池电流经接触盘→吸拉线圈6→保持线圈8→搭铁→蓄电池负极，吸拉线圈与保持线圈产生相反方向的电磁力，接触盘接触不牢，在回位弹簧的作用下，铁心迅速回位，接触盘与“C”、“30”端子分开，起动主电路被断开，起动完毕。

图中旁通接柱接点火线圈附加电阻接柱(起动开关接柱)，由于起动机工作时电流很大，为保证点火系统火花能量，电磁开关上的旁通接柱是在起动时将附加电阻短路的。目前，汽车较多采用电子点火，点火系统已不再设置附加电阻，在这种类型的车上，起动机电磁开关也没有旁通接柱。

(1) 桑塔纳轿车起动电路

桑塔纳轿车采用QD125型起动机，起动电压为12V，功率为0.95kW，低转速时力矩大，使发动机易于起动，电磁开关与常规相同，在电磁开关50接线柱处的最低工作电压为8.0V。

起动机系统的控制电路采用无启动继电器的起动电路，具有结构简单、工作可靠的特点。在其控制电路中，如图4.3-2所示，点火开关30接线柱接电源，由红/黑色导线从点火开关上50接线柱送至中央线路板B₈结点，再通过中央线路板C₁₈结点，引到起动机电磁开关50接线柱。用黑色导线连接蓄电池正极与起动机30接线柱。

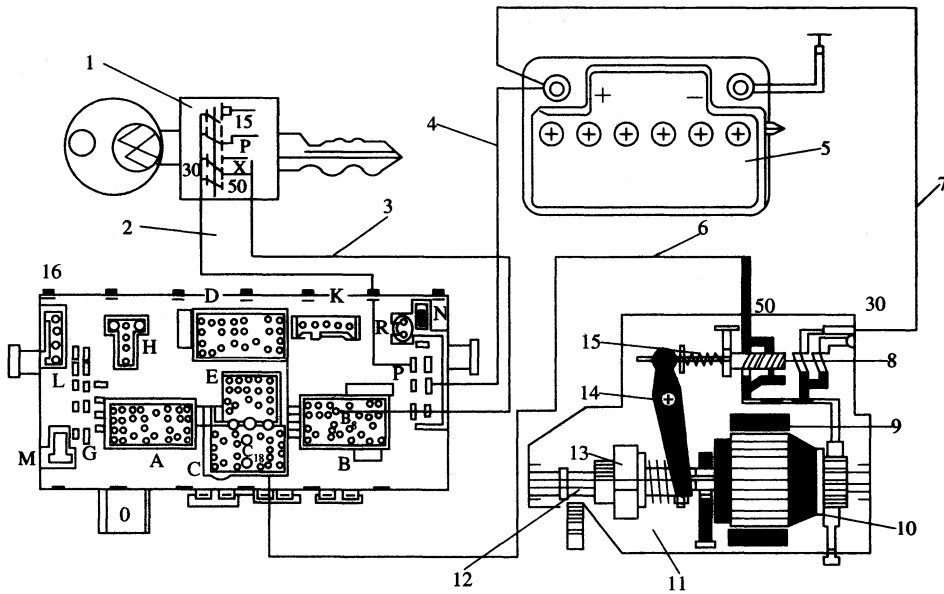


图 4.3-2 桑塔纳轿车起动系统接线图

- 1—点火开关；2—红色导线；3—红黑色导线；4—红色导线；5—蓄电池；6—红黑色导线；
7—黑色导线；8—电磁开关；9—定子；10—电枢；11—起动机总成；12—驱动齿轮；
13—滚柱式单向离合器；14—拨叉；15—回位弹簧；16—中央电路板

提问：30 线到什么地方开始变成 50 线？50 线在车上是如何布置的？

点火开关拨到启动挡(II 挡)，其 30 端子与 50 端子接通，使起动机的主继电器通电，使起动机进入工作状态。电流路径为：蓄电池正极→红色导线→中央电路板单端子插座 P 端子→中央电路板内部电路→中央电路板单端子插座 P 端子→红色导线→点火开关“30”端子→点火开关启动挡→点火开关“50”端子→红/黑色导线 3→中央电路板 B₈ 结点→中央电路板内部电路→中央电路板 C₁₈ 结点→红/黑色导线 6→起动机“50”端子→进入电磁开关。

(2) 捷达系列轿车启动电路

捷达系列轿车启动系主要由起动机和点火开关组成，省去了起动机继电器。

起动机采用 12V 直流串励式电动机，采用滚柱式单向离合器。图 4.3-3 为捷达轿车启动系电路，起动机接线柱如图 4.3-4 所示。点火开关转至启动挡(II 挡)时，电流由蓄电池正极经点火开关端 30 与 50，然后分为两路：一路经电磁开关的保持线圈返回到蓄电池的负极；另一路经电磁开关吸拉线圈、起动机电枢绕组返回到蓄电池负极。在电磁开关的吸拉线圈和保持线圈的共同作用下，使电磁铁芯移动，通过驱动杠杆，将起动机驱动齿轮与飞轮齿圈啮合，于是起动机工作电流由蓄电池正极至起动机 30 端子，经电磁开关中心触点、起动机电枢绕组至蓄电池负极，起动机开始工作。当发动机启动后，松开点火开关，起动机电磁开关中的保持线圈断电，在回位弹簧的作用下，将电磁开关的铁芯与单向离合器驱动齿轮推回原位。

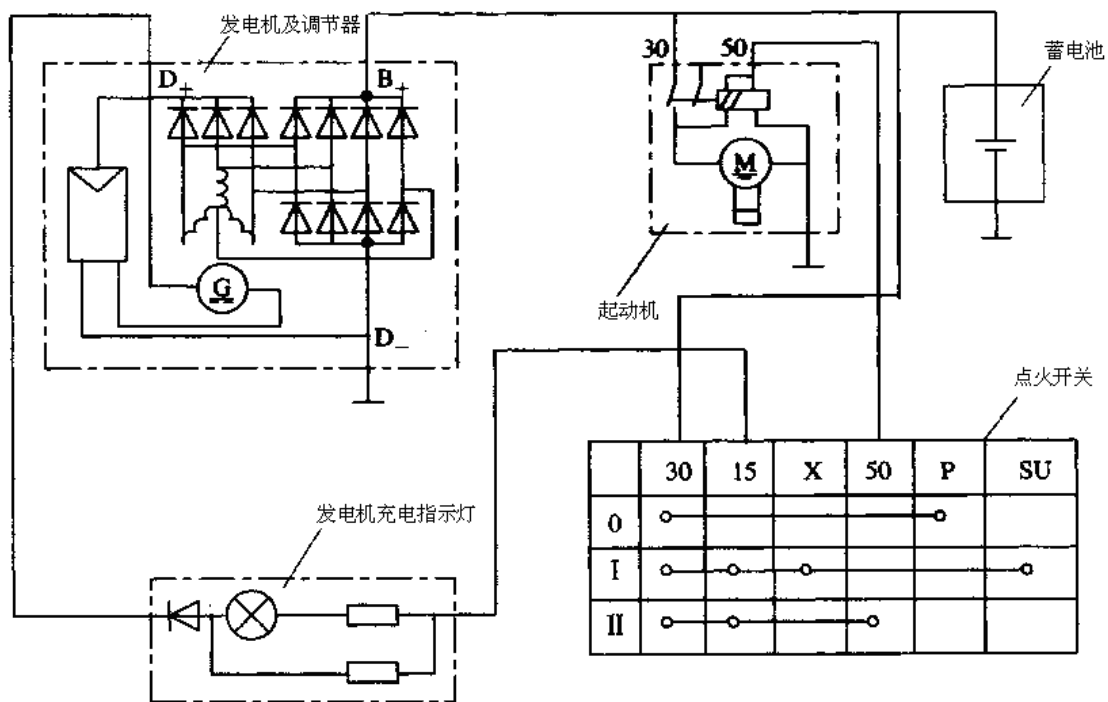


图 4.3-3 捷达轿车起动系电路

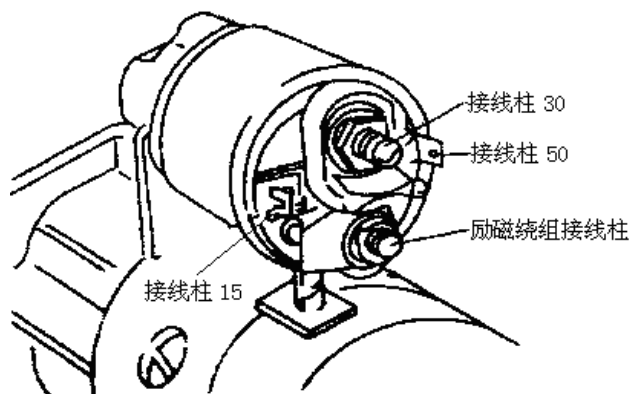


图 4.3-4 捷达轿车起动机接线柱

2. 带起动继电器控制的电磁开关

(1) 东风 EQ1090 汽车 QD124 型起动机起动控制电路

东风 EQ1090 汽车使用的 QD124 型起动机是一种带有启动继电器的电磁控制强制啮合式起动机,采用滚柱式单向离合器,驱动齿轮为 11 齿,额定功率 1.5kW。其控制电流如图 4.3-5 所示。

发动机起动时,将点火开关钥匙旋至启动挡位,起动继电器通电后,吸下可动臂使触点闭合,接通了电磁开关线圈电路,起动机投入工作。发动机启动后,只需松开点火开关钥匙,点火开关自动转回到点火工作挡位,启动继电器线圈断电触点打开,电磁开关也随即断开,起动机停止工作。

利用启动继电器控制电磁开关，能减少通过点火开关启动触点的电流，避免烧蚀触点，延长使用寿命。

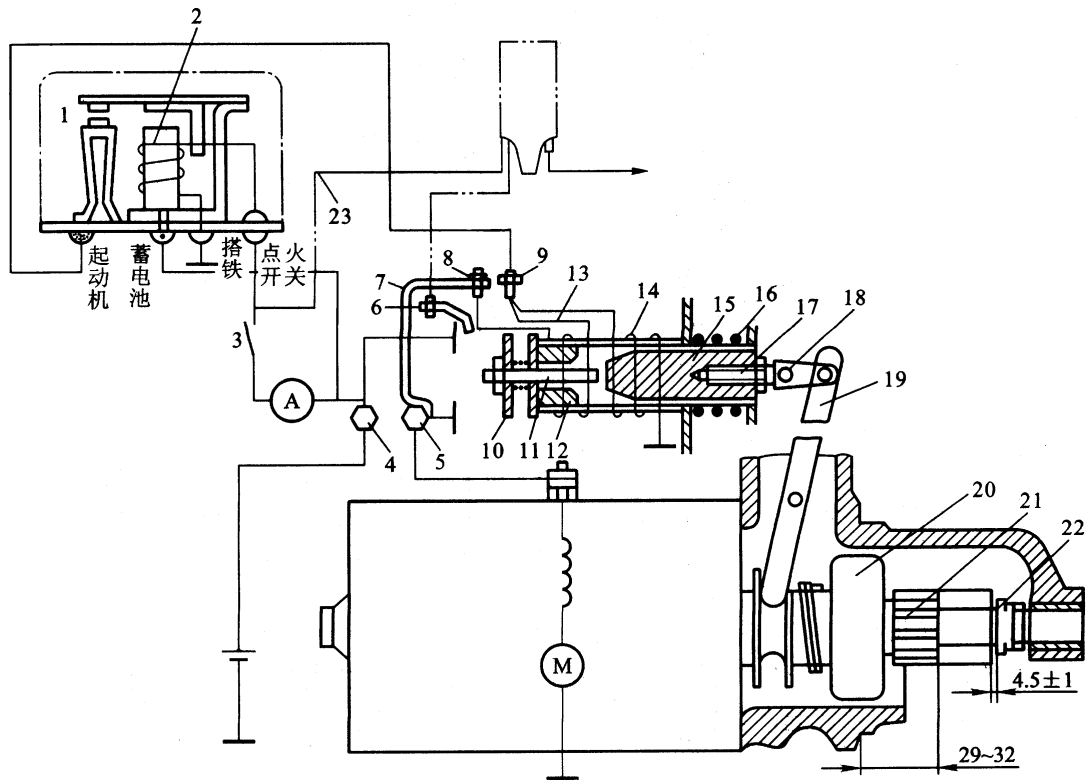


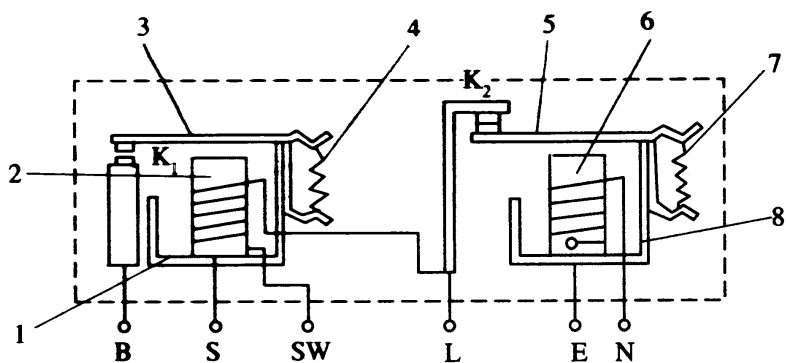
图 4.3-5 所示 QD124 型起动机控制电路

- 1—启动继电器触点；2—启动继电器线圈；3—点火开关；4、5—主接线柱；6—辅助接线柱；7—导电片；
 8—吸引线圈接线柱；9—电磁开关接线柱；10—接触盘；11—活动杆；12—固定铁心；13—吸引线圈；
 14—保持线圈；15—电磁铁心；16—回位弹簧；17—螺杆；18—连接头；19—拨叉；
 20—滚柱式离合器；21—驱动齿；22—止推螺母；23—点火线圈附加电阻线

提示：分析起动机工作时的电流方向。

(2) 解放 CA1091 型汽车起动机控制电路

解放 CA1091 型汽车使用的 QD124H 和 QD124A 两种型号的电磁控制起动机，其总成结构和 QD124 型起动机相同，额定功率也相同都是 1.5 kW，但其加装了具有启动保护功能的 JD171 型组合继电器。JD171 型组合继电器如图 4.3-6 所示。



(a) 启动继电器；(b) 保护继电器

图 4.3-6 JD171 型组合继电器

1、8—磁轭；2、6—铁芯；3、5—动铁；4、7—弹簧

JD171 型组合继电器由两部分构成：一部分是启动继电器，其作用是与点火开关配合，控制起动机电磁开关中吸引线圈与保持线圈中电流的通断，以保护点火开关；另一部分是保护继电器，它的作用是与启动继电器配合，使起动电路具有自动保护功能，另外还控制充电指示灯。

组合继电器中的启动继电器、保护继电器都由铁芯、线圈、磁轭、动铁、弹簧及一对触点组成，其中启动继电器触点 K_1 为常开式，而保护继电器触点 K_2 为常闭式。由于启动继电器线圈与保护继电器触点 K_2 串联，因此，当 K_2 打开时， K_1 不可能闭合。CA1091 型汽车的启动电路如图 4.3-7，其工作过程如下。

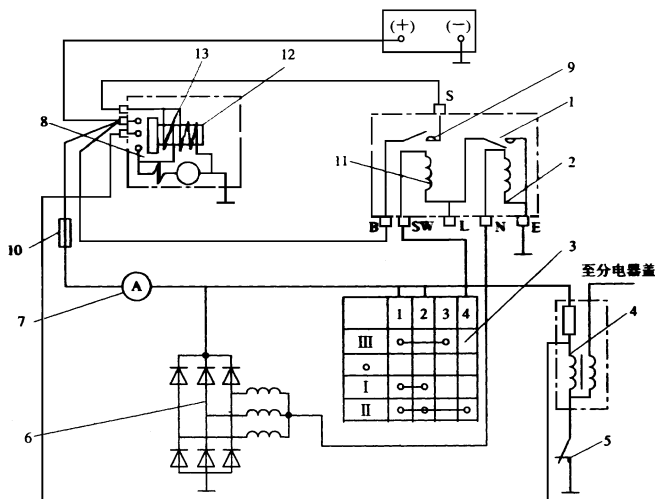


图 4.3-7 CA1091 型汽车的启动电路

1—保护继电器触点；2—保护继电器；3—点火开关；4—点火线圈；5—断电器；

6—发电机；7—电流表；8—起动机；9—启动继电器触点；10—熔断器；

11—启动继电器线圈；12—吸引线圈；13—保持线圈

1) 当点火开关 3 置于启动挡(II 挡)时, 启动继电器线圈 11 通电, 电流方向为蓄电池正极→熔断器 10→电流表 7→点火开关启动触点 II→启动继电器线圈 11→保护继电器常闭触点 1→搭铁→蓄电池负极。启动继电器的常开触点 9 闭合, 接通了电磁开关电路。

2) 电磁开关电路接通, 电流路径为蓄电池正极→启动继电器触点 9→, 吸引线圈 12 和保持线圈 13→搭铁→蓄电池负极。

3) 发动机启动后, 松开点火开关, 钥匙自动返回点火挡(I 挡), 启动继电器触点 9 打开, 切断了电磁开关的电路, 电磁开关复位, 停止起动机工作。

4) 如发动机启动后, 点火开关没能及时返回 I 挡。这时组合继电器中的保护继电器线圈由于承受硅整流发电机中性点的电压, 使常闭触点打开, 自动切断了启动继电器线圈的电路, 触点 9 跳开, 使电磁开关也断电, 起动机便自动停止工作。

5) 若在发动机运行时, 误将起动机投入使用, 由于在此控制电路中, 保护继电器的线圈总加有硅整流发电机中性点电压, 常闭触点处于打开状态, 即使误将点火开关旋至启动挡位, 启动继电器线圈也不通, 电磁开关不动作, 因而起到保护作用。

4.3.2 起动机的传动机构

起动机的传动机构由驱动齿轮、离合器、拨叉、啮合弹簧等部分组成。安装在起动机轴的花键部分。

传动机构的作用: 启动时使驱动齿轮沿起动机轴移出与飞轮齿圈啮合, 将电动机产生的力矩通过飞轮传递给发动机的曲轴; 启动后, 飞轮转速提高, 将通过驱动齿轮带动电机轴高速旋转, 引起电动机超速; 因此, 发动机启动后, 传动机构应使驱动齿轮与电动机轴自动脱开, 防止电动机超速。

离合器的作用: 是将电动机的电磁转矩传递给发动机使之启动, 同时又能在发动机启动后自动打滑, 保护起动机不致飞散损坏。传动机构中的离合器分为滚柱式离合器、摩擦片式离合器、弹簧式离合器几种。滚柱式、弹簧式离合器主要用于功率较小的汽油发动机起动机, 摩擦片式离合器可以传递较大转矩, 主要用于柴油发动机起动机。

拨叉的作用: 是使离合器做轴向移动, 将驱动齿轮啮入或脱离飞轮齿圈。

发动机启动时, 按下按钮或起动机开关, 线圈通电产生电磁力将铁心吸入, 于是带动拨叉转动, 由拨叉头推出离合器, 使驱动齿轮啮入飞轮齿圈。发动机启动后, 只要松开按钮或开关, 线圈断电, 电磁力消失, 在回位弹簧的作用下, 铁心退出, 拨叉返回, 拨叉头将打滑工况下的离合器拨回, 驱动齿轮脱离飞轮齿圈。

常用的单向离合器主要有滚柱式、摩擦片式、弹簧式。

1. 滚柱式离合器

(1) 滚柱式离合器的结构

滚柱式离合器是目前国内外汽车起动机中使用最多的一种, 解放牌汽车、东风牌汽车、北牌吉普车等均使用滚柱式离合器。

滚柱式离合器的构造见图 4.3-8。其中, 驱动齿轮采用 40 号中碳钢经加工淬火而成,

与外壳连成一体。外壳内装有十字块和 4 套滚柱、压帽和弹簧。十字块与花键套筒固定连接，壳底与外壳相互扣合密封。

花键套筒的外面装有啮合弹簧及衬圈，末端固装拨环与卡圈。整个离合器总成利用花键套筒套装在起动机轴的花键部位上，可以做轴向移动和随轴移动。

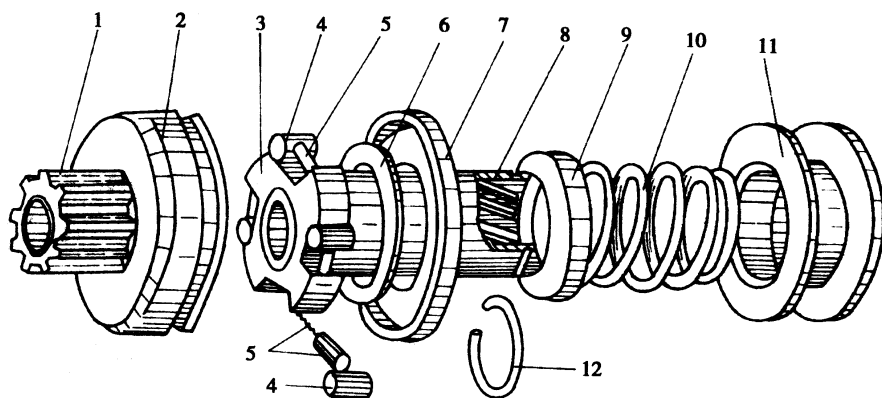


图 4.3-8 滚柱式单向离合器

1-驱动齿轮；2-外壳；3-十字块；4-滚柱；5-压帽及弹簧；6-垫圈；7-护盖；8-花键套筒；9-弹簧座；
10-啮合弹簧；11-拨环；12-卡簧

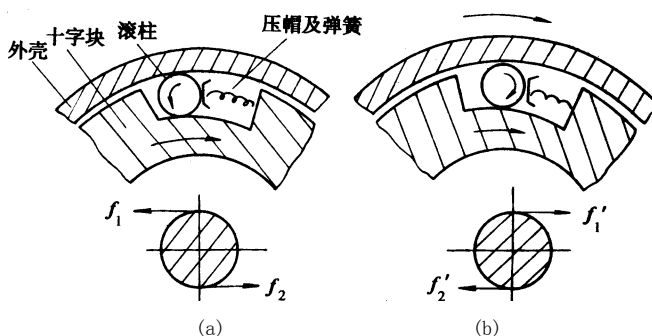


图 4.3-9 滚柱的受力分析

(a) 启动时；(b) 启动后

(2) 滚柱式离合器的工作过程

在图 4.3-9(a)中，发动机启动时，经拨叉将离合器沿花键推出，驱动齿轮啮入发动机飞轮齿圈。由于十字块处于主动状态，随电动机电枢一起旋转，促使 4 套滚柱进入槽的窄端，将花键套筒与外壳挤紧，于是电动机电枢的转矩就可由十字块经滚柱离合器外壳传给驱动齿轮，从而达到驱动发动机飞轮齿圈旋转、启动发动机运转的目的。在图 4.3-9 (b)中，发动机启动后，飞轮齿圈的转速高于驱动齿轮，十字块处于被动状态，促使滚柱进入槽的宽端而自由滚动，只有驱动齿轮随飞轮齿圈作高速旋转，起动机转速并不升高，在这种离合器打滑的状态下，可以防止电枢超速飞散的危险。启动完毕，由于拨叉回位弹簧的作用，经拨环使离合器退回，驱动齿轮完全脱离飞轮齿圈。

这种滚柱式离合器具有结构简单、坚固耐用、体积小、质量轻、工作可靠等优点，因

此得到广泛采用，如奥迪、捷达、丰田、桑塔纳等轿车上采用的都是这种滚柱式离合器。其不足之处在于不能用于大功率起动机。

2. 摩擦片式离合器

中等功率和大功率的起动机多采用摩擦片式单向离合器。它是通过摩擦片的压紧和放松来实现离合的。

(1) 摩擦片式离合器的结构

摩擦片离合器的驱动齿轮与外接合毂做成一个整体，见图 4.3-10。外接合毂用半圆键装配在电动机轴上，弹性圈 2 和压环 3 依次沿电动机轴装入外结合毂中。在外接合毂的内壁有 4 道轴向槽沟，钢质被动摩擦片利用外围 4 个齿插装其中。在花键套筒的一端表面也有 3 条螺旋花键，其上套着内接合鼓。内接合鼓的表面也有 4 条轴向槽沟，用钢或青铜制造的主动摩擦片利用内圆 4 个齿套装在沟槽内。主动摩擦片和被动摩擦片彼此相间地排列组装。内接合鼓的外面装有缓冲弹簧，端部固装着拨环。齿轮柄自由地套在起动机轴上，其内垫有减震弹簧 8，并用螺帽固定，以防止从轴上脱离。

(2) 摩擦片式离合器的工作过程

离合器总成在起动机不工作时，主、被动摩擦片之间处于放松无摩擦力状态。发动机启动时，通过拨叉推导拨环使内结合毂沿 3 条螺旋花键向右移动，主动和被动摩擦片相互压紧，具有了摩擦力。当驱动齿轮啮入飞轮齿圈时，就能利用起动机转矩驱动曲轴旋转。

发动机启动后，驱动齿轮被飞轮齿圈带动作高速旋转，其转速超过电枢转速时，在惯性力和拨叉返回的作用下，内接合鼓沿 3 条螺旋花键向左移动，于是主动摩擦片和被动摩擦片间的摩擦力消失而打滑，防止了电枢超速飞散的危险。

摩擦片式离合器具有传递大转矩、防止超载损坏起动机的优点，多用在大功率起动机。但由于摩擦片容易磨损而影响起动机性能，需要经常检查、调整或更换摩擦片。此外，这种离合器结构比较复杂，耗用材料较多，加工费时，而且不便于维修。

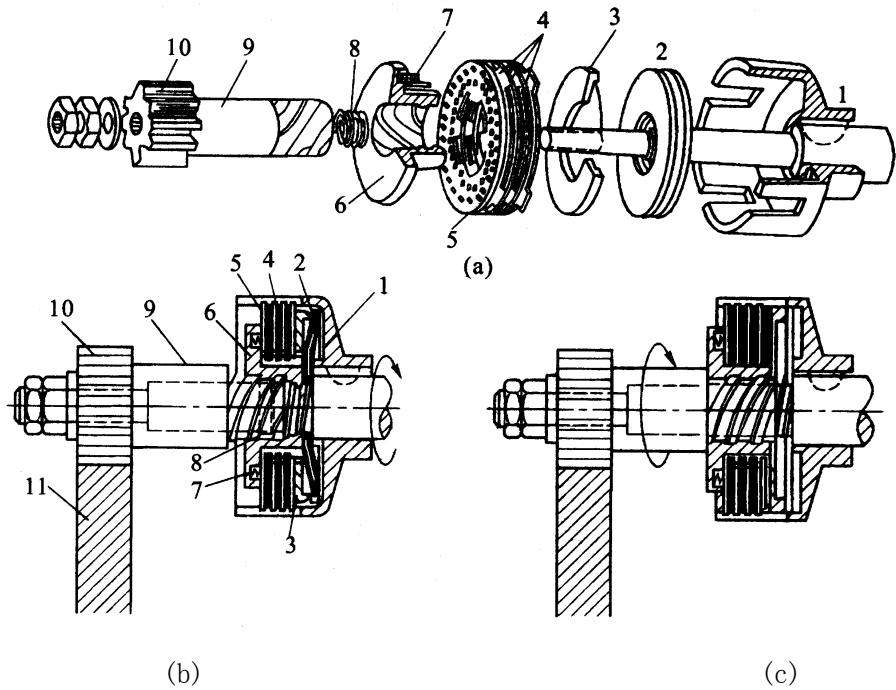


图 4.3-10 摩擦片式离合器

(a) 结构；(b) 压紧；(c) 放松

1—外接合毂；2—弹性圈；3—压环；4—主动片；5—被动片；6—内接合毂；

7—小弹簧；8—减震弹簧；9—齿轮柄；10—驱动齿轮；11—飞轮

3. 弹簧式离合器

(1) 弹簧式离合器的结构

弹簧式离合器的主动套筒套装在电枢轴的花键上，见图 4.3-11。小齿轮套筒套在电枢轴的光滑部分，在小齿轮套筒与主动套筒外圆上装有驱动弹簧，驱动弹簧内径略大于两套的外径。

(2) 弹簧式离合器的工作过程

启动发动机时，传动叉拨动滑环，并压缩弹簧，推动离合器移向飞轮齿圈一端，使小齿轮啮入飞轮齿圈。电枢旋转时带动主动套筒，在摩擦力的作用下，驱动弹簧被扭紧，将两个套筒抱死，起动机转矩便由此传给飞轮。起动机起动后，驱动小齿轮和飞轮齿圈的主动与从动关系改变，啮合器因驱动弹簧被放松而打滑，从而使电枢轴避免了超速运转的危险。

弹簧式离合器具有结构简单、制造工艺简单、成本低等优点，但由于驱动弹簧所需圈数较多，使其轴向尺寸增大。

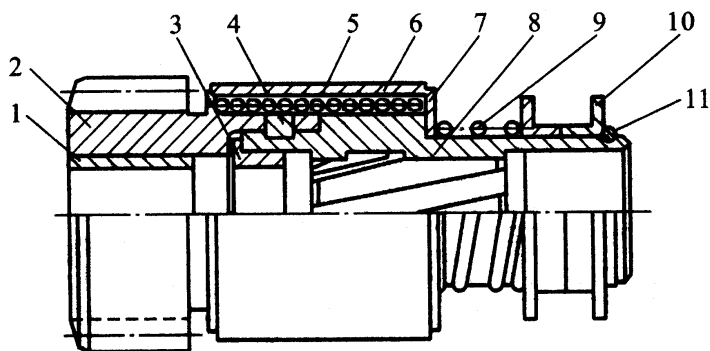


图 4.3-11 弹簧式离合器

1—衬套；2—驱动齿轮；3—挡圈；4—月牙形圈；5—扭力弹簧；6—护套；7—垫圈；
8—传动套筒；9—缓冲弹簧；10—移动衬套；11—卡簧

任务 3.1.4 其他动形式的起动机

| | |
|------|---------------------|
| 学习目标 | 熟悉减速起动机的结构特点及工作过程。 |
| 考核标准 | 应知：永磁式、电枢式起动机的结构原理。 |

【顾客问题】 普通起动机和减速起动机能否互换使用？

3.4.1 减速起动机

在传动装置中设有减速装置的起动机，称为减速式起动机，简称减速起动机。减速起动机启动系统除减速装置和直流电动机磁极之外，其他零部件的结构原理与电磁式起动机启动系统基本相同。

1. 减速起动机的工作特点

减速起动机是在起动机的电枢和驱动齿轮之间装有减速齿轮，一般减速比为 3~4，将电动机的转速降低，增大电枢输出转矩，带动驱动齿轮。采用转速为 15000~20000 r/min 的小型高速低转矩的电动机，可以使起动机的重量减少 3.5%，总长度缩短 29%，转矩增高，不仅提高了启动性能，而且减轻了蓄电池的负荷。

目前，汽车起动机所采用的减速装置常见的三种形式，它们分别为外啮合齿轮传动式、内啮合齿轮传动式及行星齿轮啮合传动式。其中行星齿轮减速装置较好，外啮合方式一般在小功率起动机上采用，内啮合方式一般在大功率起动机上采用。

减速起动机的传动机构仍采用滚柱式离合器，但要求其具有耐冲击性能。

2. 减速起动机的工作原理

图 4.4-1 所示为外啮合减速起动机的结构图。在电枢轴端有主动齿轮 4 与惰轮 5 相啮合，惰轮 5 又与从动齿轮 11 相啮合，达到减速的目的。

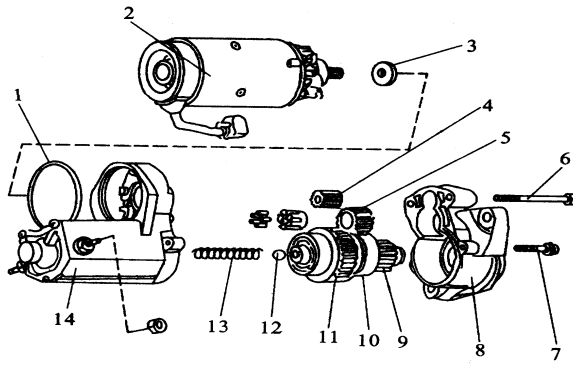


图 4.4-1 外啮合减速起动机

1—O形橡胶圈；2—电动机；3—毡垫圈；4—主动齿轮；5—惰轮；6—拉紧螺栓；7—螺栓；8—传动外壳；9—驱动齿轮；10—单向离合器；11—从动齿轮；12—钢球；13—回位弹簧；14—电磁开关

内啮合式减速机构传动中心距小，可有较大的减速比，故适用于较大功率的起动机。但内啮合式减速机构的驱动齿轮仍需拨叉拨动进行啮合，因此，该起动机的外形与普通起动机相似。图 4.4-2 为 QD254 型内啮合式减速起动机，发动机启动时，接通起动开关 1，蓄电池电流流过起动继电器磁化线圈 2，产生电磁力使起动继电器触点 3 闭合，接通了电磁开关的吸引线圈 6 和保持线圈 7 的电路。在两线圈电磁吸力的共同作用下，活动铁芯 8 被吸入，带动拨叉 9 将单向离合器 10 推出，使驱动齿轮啮入飞轮齿圈。

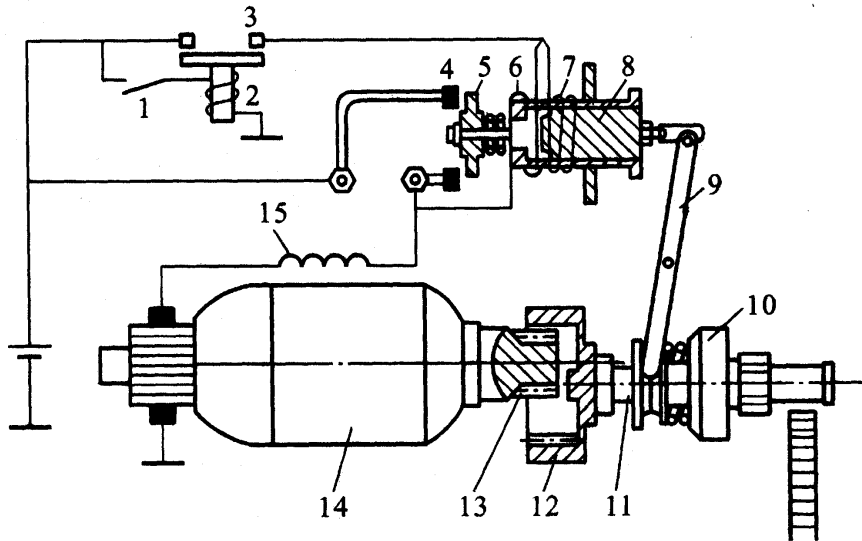


图 4.4-2 QD254 型内啮合式减速起动机

1—起动开关；2—起动继电器；3—起动继电器触点；4—主触点；5—接触盘；6—吸拉线圈；7—保持线圈；8—活动铁心；9—拨叉；10—单向离合器；11—螺旋花键轴；12—内啮合减速齿轮；13—主动齿轮；14—电枢绕组；15—励磁绕组

当驱动齿轮与飞轮齿圈完全啮合时，活动铁芯 8 推动接触盘 5 将主触点 4 接通，于是起动机主电路接，电动机开始高速旋转。电枢的旋转经主动齿轮 13、内啮合减速齿 12 减速，再经螺旋花键轴 11，传给单向离合器 10，最后经过驱动齿轮传递给飞轮使发动机启动。以后的工作过程与 QD124 型起动机相同。

行星齿轮减速机构结构紧凑、传动比大、效率高。由于输出轴与电枢轴同心、同旋向，电枢轴无径向载荷，可使整机尺寸减小，除了结构上增加行星齿轮减速机构之外，由于行星齿轮式减速起动机的轴向位置结构与普通起动机相同，配件可通用。

切诺基吉普车用 12VDW1.4 型、QDJ124 型永磁减速起动机行星齿轮减速装置的结构如图 4.4-3 所示，由内齿圈、三个行星齿轮、一个太阳轮（电枢轴齿轮）、一个固定行星齿轮的支架（即行星架）和减速器支架组成，齿轮的啮合关系如图 4.4-4 所示。

行星架是一个圆盘，在圆盘上压装有三根行星齿轮轴，行星齿轮 2、3、4 可在轴上灵活转动。减速器输出轴与圆盘制成一体，输出轴上制有外螺旋键槽，以便与单向离合器传动导管的内螺旋键槽配合。内齿圈用塑料铸塑而成（部分国产配件用钢材制成），内齿圈与减速器支架制成一体，支架上制有四个定位销，以便安装定位。减速装置工作时，三个行星齿轮在内齿圈内滚动。太阳轮为主动齿轮，制作在电枢轴的一端，并与三个行星齿轮保持啮合状态。太阳轮齿数为 11，内齿圈齿数为 37，减速比为 4.36。

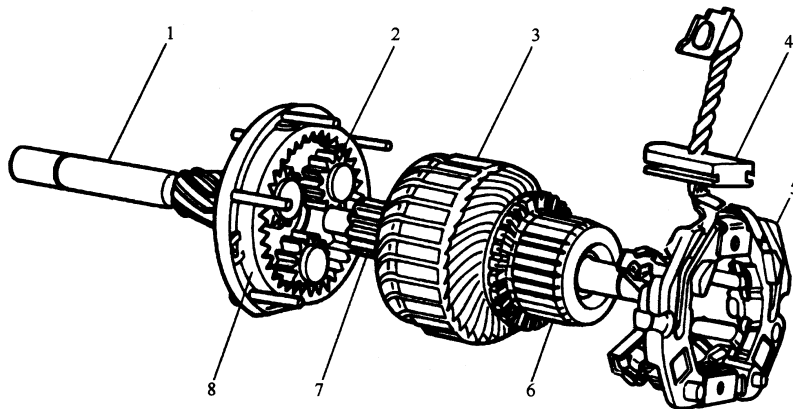


图 4.4-3 行星齿轮减速装置的结构

- 1-减速器输出轴；2-行星齿轮；3-电枢；4-橡胶定位块；5-电枢总成；
6-换向器；7-太阳轮（电枢轴齿轮）；8-内齿圈

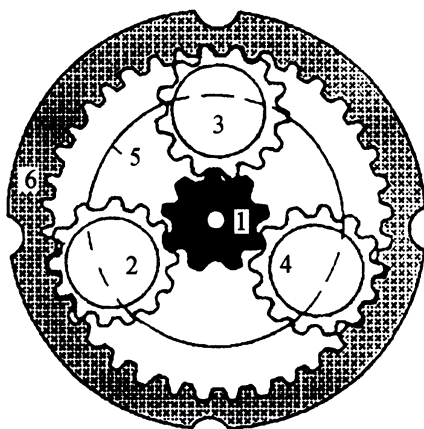


图 4.4-4 行星齿轮减速装置的啮合关系

1-太阳轮；2、3、4-行星轮；5-行星架；6-内齿圈

3.4.2 永磁式减速起动机

永磁式减速起动机用 4 或 6 块永久磁铁磁场组件代替磁场绕组，因而具有质量轻、结构简单和温升低等优点。图 4.4-5 所示为桑塔纳 2000GSi 型轿车永磁式减速起动机结构图。由于没有磁场绕组，电流经换向器和电刷直达电枢。

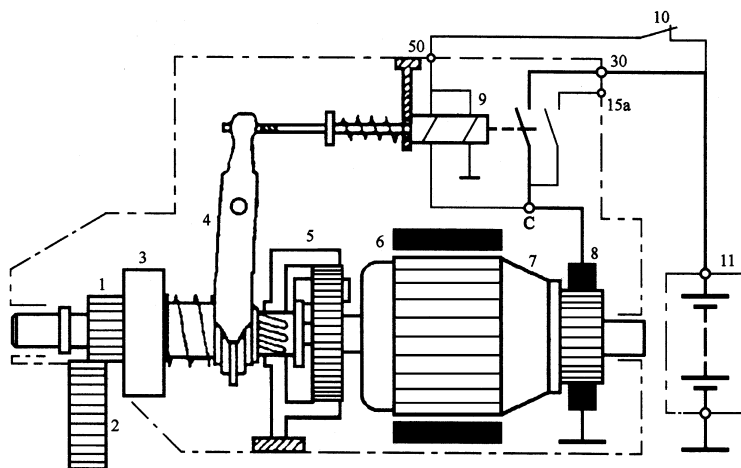


图 4.4-5 桑塔纳 2000GSi 型轿车永磁式减速起动机控制电路

1-小齿轮；2-飞轮；3-单向离合器；4-拨叉；5-外齿圈；6-永久磁铁；7-电枢；8-电刷；9-电磁开关；
10-启动开关；11-蓄电池；

永磁式减速起动机采用行星齿轮减速。行星齿轮总成由装在电枢轴端的太阳轮、装在行星齿轮架上的三个行星齿轮和与行星齿轮啮合的内齿圈组成，内齿圈是保持固定的。当电枢旋转时，太阳轮带动三个行星齿轮绕内齿圈的内齿旋转，行星齿轮绕内齿圈的运动，带动行星齿轮架旋转。行星齿轮架与输出轴连接。

在电气控制方面，永磁式减速起动机的电磁开关接线柱上的“C”端子直接与电动机的正电刷引线连接，如图 4.4-5 所示。因此，永磁式减速起动机控制电路与采用一般磁场绕

组的起动机略有不同。

3.4.3 电枢移动式起动机

电枢移动式起动机电路如图 4.4-6 所示。起动机的啮合过程是借磁极磁力对整个电枢进行轴向移动而实现的。起动机的电枢 10 在复位弹簧 8 的作用下与磁 11 错开一定距离，换向器比较长，以便移动后仍能 and 电刷接触。起动机的壳体上装有电磁开关，其磁化线圈由起动开关 S 控制，活动触点为一接触桥 3，接触桥上端较长，下端较短，使起动机电路的接通分两个阶段进行。起动机有 3 个磁场绕组，其中，匝数少而扁的为主磁场绕组 7，另外两个用细导线绕制的分别为串联辅助磁场绕组 6 和并联辅助磁场绕组 5(又称保持线圈)。起动机单向离合器一般采用摩擦片式离合器。

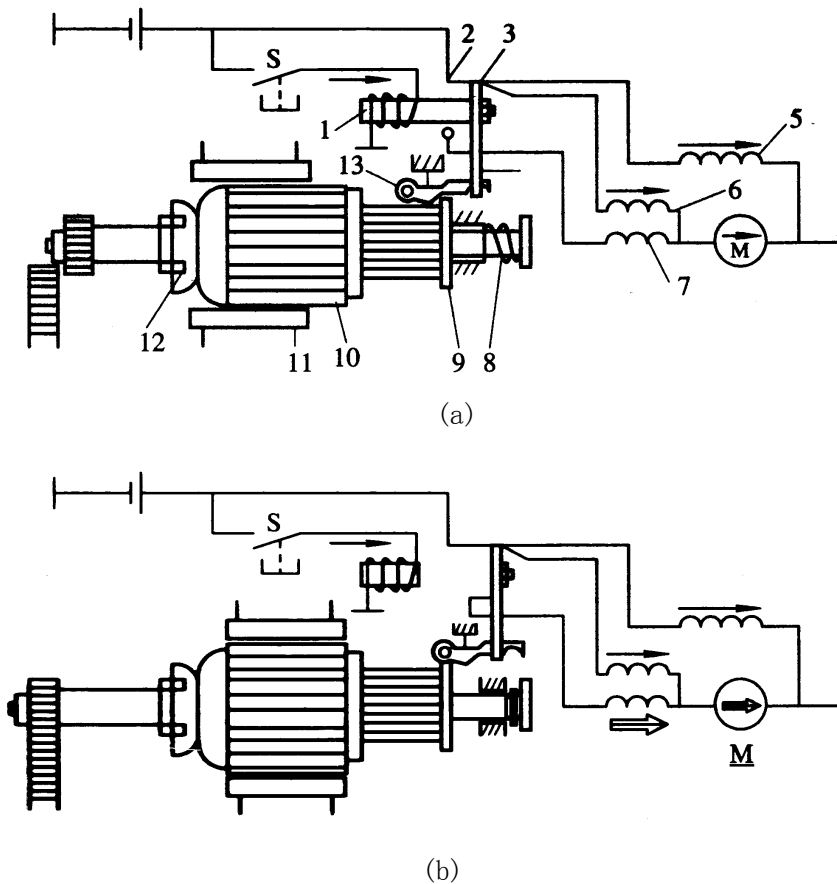


图 4.4-6 电枢移动式起动机电路

(a) 进入啮合阶段；(b) 完全啮合阶段

- 1—电磁铁；2—静触点；3—接触桥；4—挡片；5—并联辅助磁场绕组；6—串联辅助磁场绕组；
7—主磁场绕组；8—复位弹簧；9—圆盘；10—电枢；11—磁极；12—摩擦片离合器；13—扣爪

电枢移动式起动机的工作过程分为两个阶段。串联辅助磁场绕组主要工作于第一阶段，在第二阶段，由于与主磁场绕组并联而几乎被短路；并联辅助磁场绕组则在两个阶段中都起作用，不但可以增大吸引电枢的磁力，而且可以起限制空载转速的作用。

1) 进入啮合

当接通启动开关 S 时, 电磁铁 1 产生吸力, 吸引接触桥 3, 但由于扣爪 13 顶住了挡片 4, 接触桥只能上端闭合, 接通了串并联辅助磁场绕组电路, 其电流路径为蓄电池正极→静触点 2→接触桥 3 的上端→并联辅助磁场绕组 5→搭铁→蓄电池负极; 蓄电池正极→静触点 2—接触桥 3 上端→串联辅助磁场绕组 6→电枢→搭铁→蓄电池负极。串联和并联辅助磁场绕组产生的电磁力克服复位弹簧 8 的反力, 吸引电枢向左移动, 起动机驱动齿轮啮入飞轮齿圈。由于串联辅助磁场绕组 6 的电阻大, 流过电枢绕组的电流很小, 起动机以较低的速度旋转。电枢低速旋转并向左移动, 齿轮啮入柔和。这是接入启动机的第一阶段。

2) 完全啮合

电枢移动使小齿轮完全啮入飞轮齿圈后, 固定在换向器端面的圆盘 9 顶起扣爪 13, 使挡片 4 脱扣, 接触桥 3 的下端闭合, 接通了启动机的主磁场绕组 7, 起动机以正常的工作转矩和转速驱动曲轴旋转。这是接入启动机的第二阶段。

在启动过程中, 摩擦片离合器 12 接合并传递扭矩。发动机启动后, 离合器松开, 曲轴转矩便不能传到起动机轴上。起动机处于空载状态, 起动机因空载而转速增高, 电枢中反电势增大, 因而串联辅助磁场绕组 6 中的电流减小。当电流小到磁极磁力不能克服复位弹簧 8 的反力时, 电枢 10 在复位弹簧 8 的作用下被移回原位, 于是驱动齿轮脱开, 扣爪 13 回到锁止位置, 为下次启动做准备。直到松开启动开关 S 后, 起动机才停止旋转。

电枢移动式起动机可做成大功率起动机, 但其结构复杂, 传动比不能大, 而且不宜在倾斜位置工作, 此外, 当摩擦片磨损后, 摩擦力会大大降低, 因此需要经常调整。斯柯达 706R、太脱拉 111、T138 等汽车采用的就是电枢移动式起动机。国产 ST9187、ST9187A 型起动机也采用电枢移动式结构。

任务 3.2 检测起动机

| | |
|------|----------------------|
| 学习目标 | 熟悉减速启动机的结构特点及工作过程。 |
| 考核标准 | 应知: 永磁式、电枢式启动机的结构原理。 |

3.2.1 启动机的正确使用与维护

1. 启动机的使用注意事项

(1) 起动机工作时的电流很大(一般为 200~600 A, 有些柴油机高达 1000 A), 因此每次接通启动机的时间不应超过 5s, 再次启动时应间隔 15s 至 2min, 如果有连续第三次启动时, 应在检查排除故障的基础上停歇 15min 后再使用。否则会严重影响蓄电池和启动机的使用寿命。

(2) 冬季或低温情况下冷车启动时, 应先预热发动机, 然后再使用起动机。

(3) 启动发动机时将变速杆置于空挡位置踩下离合器踏板, 严禁挂挡启动来移动车辆。

(4) 发动机启动后, 必须立即切断起动机控制电路, 松开点火开关(或启动按钮), 使起动机停止工作, 以减小单向离合器不必要的磨损。

(5) 发动机工作时, 严禁将起动机投入工作。

(6) 当发动机连续几次不能启动时, 应对启动电路以及发动机有关系统进行检查, 排除故障后再启动。

(7) 发动机启动后, 如起动机不能停转, 应立即关闭电源总开关, 或拆除蓄电池搭铁线查找故障。

2. 起动机维护要点

(1) 经常检查启动电路各导线连接是否牢固, 绝缘是否良好。

(2) 起动机机体和各部件应经常保持清洁干燥。汽车每行驶 3000 km 后应检查并清洁换向器。

(3) 汽车每行驶 5000~6000 km 后, 应检查电刷的磨损程度及电刷的弹簧压力。

(4) 经常检查传动机构和控制装置的活动部件, 并按规定进行润滑。

(5) 起动机一般每年应进行一次维护性检修, 可视实际情况适当地缩短或延长。

3.2.2 起动机试验

起动机性能是否良好, 可通过空载试验和全制动试验来检验。

1. 空载试验

测量起动机的空载电流和空载转速并与标准值比较, 以判断起动机内部有无电路和机械故障。起动机空载试验电路如图 4.5-1 所示, 其试验方法如下所述。

将起动机夹紧, 接通起动机电路(每次空载试验不应超过 1min, 以免起动机过热)。起动机应运转均匀、电刷无火花。其电流表、电压表和转速表上的读数应符合规定值。如果电流大于标准而转速低于标准, 则可能是起动机装配过紧, 或电枢绕组、磁场绕组有短路或搭铁故障; 如果电流和转速都低于标准, 则说明起动机内部电路有接触不良之处。

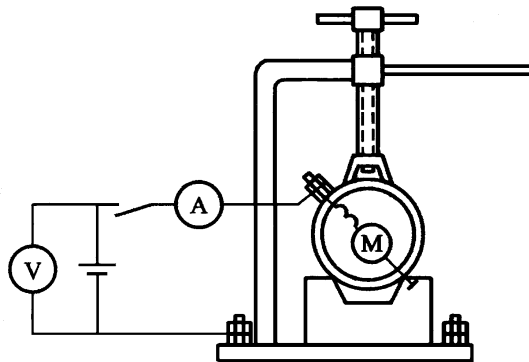


图 4.5-1 起动机空载试验

2. 全制动试验

全制动试验是在空载试验通过后, 再通过测量起动机全制动时的电流和转矩来检验起

动机的性能良好与否。试验方法见图 4.5-2。接通起动机电路，观察单向离合器是否打滑，并迅速记下电流表、弹簧秤和电压表的读数，其全制动电流和制动转矩应符合规定值。如果电流大而转矩小，则表明磁场绕组或电枢绕组有短路或搭铁故障；如果转矩和电流都小，则表明起动机内接触电阻过大；如果驱动齿轮锁止而电枢轴有缓慢转动，则说明单向离合器打滑。全制动试验动作应迅速，二次试验时间不要超过 5s，以免烧坏电动机及对蓄电池使用寿命造成不利影响。

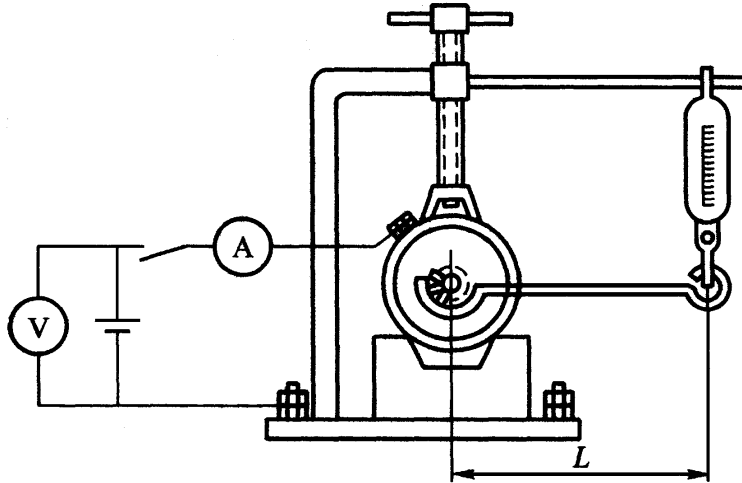


图 4.5-2 起动机全制动试验

3.2.3 起动机检修

1. 电枢的检修

电枢绕组的常见故障有匝间短路、断路或搭铁等。

(1) 电枢绕组短路的检修

电枢绕组发生短路故障时，利用电气万能试验台上的电枢感应仪进行检查。电枢绕组短路检查如图 4.5-3 所示，把电枢放在电枢感应仪上，当测试仪通电后将铁片置于电枢铁芯上，并一边转动电枢一边移动铁片。当铁片在某一部位产生振动时，说明绕组有短路故障。不间断地慢慢转动电枢一圈，将钢片依次逐个放置于各线槽上，对每一故障处作出标记。

起动机电枢绕组采用波绕法时，当钢片在四个铁芯槽出现振动时，说明相邻换向器铜片间短路；当钢片在所有槽上振动时，说明同一个槽中上、下两层导线短路，应更换电枢。

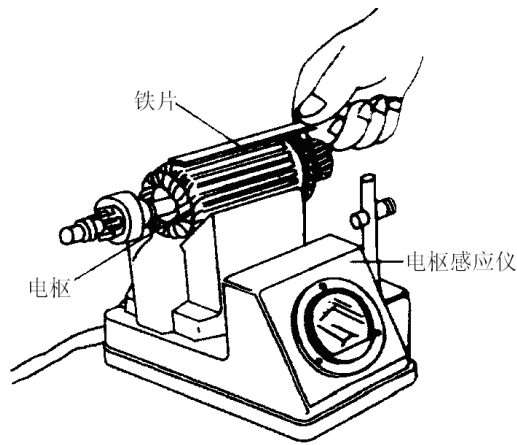


图 4.5-3 电枢绕组短路检查

(2) 电枢绕组搭铁的检修

使用万用表对电枢绕组搭铁的检查：用电阻 $R \times 10\text{K}$ 挡检测，如图 4.5-4 所示，用一根表笔接触电枢，另一根表笔依次接触换向器铜片，万用表指针不应摆动，即电阻为无穷大，否则说明电枢绕组与电枢轴之间绝缘不良有搭铁之处。

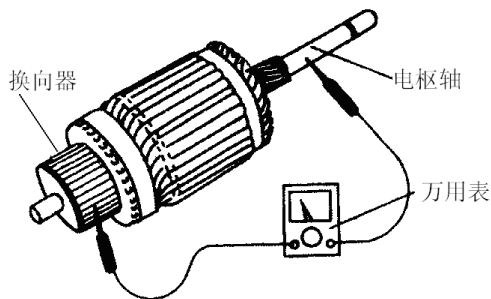


图 4.5-4 电枢绕组搭铁检查

(3) 电枢绕组断路的检修

电枢绕组断路故障多发生在线圈端部与换向器的连接处。由于长时间大电流运转或电枢铁芯与磁极铁芯摩擦，使得电枢温度过高，焊锡熔化，而使焊在换向器上的线头脱焊所致，一般较易发现。电枢绕组断路的检查可按图 4.5-5 所示，用电阻 $R \times 1$ 挡，将两个表笔分别接触换向器相邻的铜片，测量每相邻两换向片间是否相通，如万用表指针指示“0”，说明电枢绕组无断路故障，若万用表指针在某处不摆动，即电阻值为无穷大，说明此处有断路故障，应更换电枢。

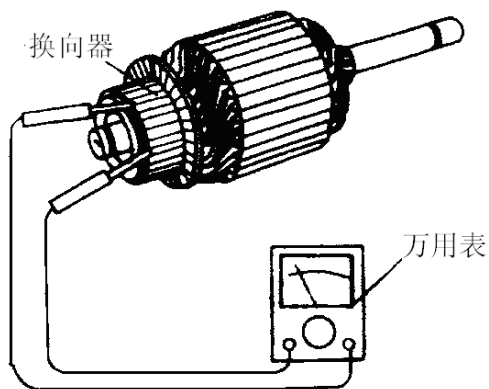


图 4.5-5 电枢绕组断路检查

2. 磁场绕组的检修

(1) 磁场绕组断路的检修

首先通过外部验视，看其是否有烧焦或断路。若外部验视未发现问题，可用万用表电阻 $R \times 1$ 挡检测，如图 4.5-6 所示。两表笔分别接触起动机外壳引线（即电流输入接线柱）与磁场绕组绝缘电刷接头，如果测得的电阻值为无穷大，说明磁场绕组断路，应予以检修或更换。

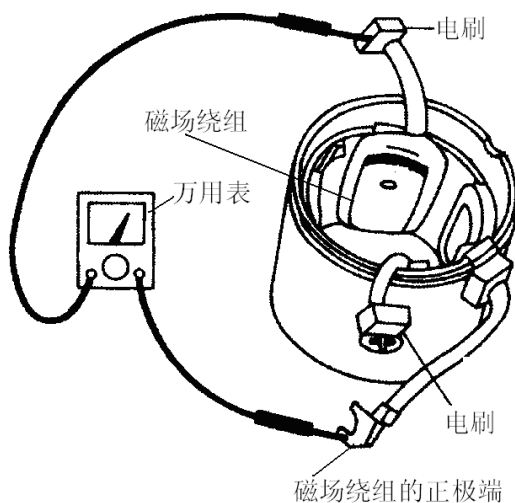


图 4.5-6 磁场绕组断路检查

(2) 磁场绕组对壳体短路的检修

用万用表检查磁场绕组的正极端与定子壳体之间的电阻，如图 4.5-7 所示，电阻值应为无穷大。否则，表示磁场绕组与壳体短路，应予以检修或更换。

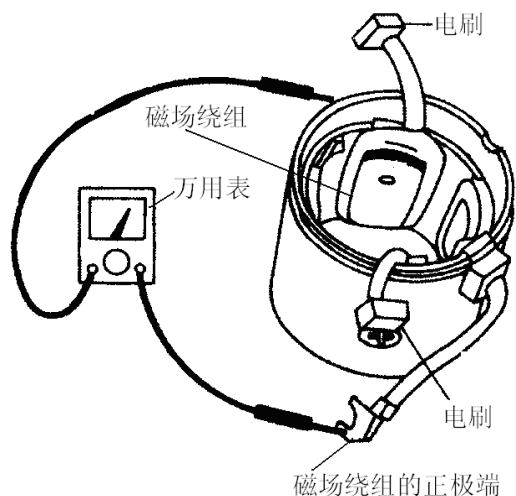


图 4.5-7 磁场绕组搭铁检查

3. 单向离合器的检修

将单向离合器夹在虎钳上，用扭力扳手转动，如图 4.5-8 所示，应能承受制动实验时的最大转矩而不打滑。

如 2201 型起动机其单向离合器能在 $25.5 \text{ N} \cdot \text{m}$ 的扭力下而不打滑。摩擦片式单向离合器能在 $117 \sim 176 \text{ N} \cdot \text{m}$ 转矩之间不打滑，否则就应该进行修理。

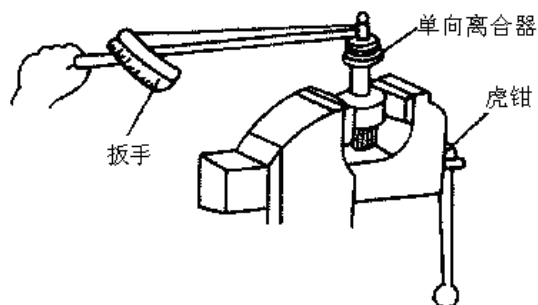


图 4.5-8 滚柱式离合器的检查

4. 轴承的检修

起动机各轴承与轴颈及轴承孔间均不得有松旷、歪斜等现象。

各轴承的配合间隙应符合机电检修工艺标准的要求。国产主要车型用起动机轴承的配合数据见表 4.5-1

表 4.5-1 起动机各轴承的配合数据

| 名称 | 标准间隙 (mm) | 允许最大间隙 (mm) | 轴承外径与孔的过盈量 (mm) |
|-------|--------------|----------------|--------------------|
| 前端盖轴承 | 0.05 | 0.10 | 0.005~0.075 |
| 后端盖轴承 | 0.05 | 0.10 | 0.005~0.095 |
| 中间轴承 | 0.15 | 0.30 | 0.05~0.095 |

5. 电刷与电刷架的检修

电刷长度检查如图 4.5-9 所示,用卡尺检查电刷长度,电刷长度应不低于新电刷长度的 $\frac{2}{3}$ (国产起动机新电刷长度一般为 14mm),否则应予以更换。电刷与换向器的接触面积应大于 75%以上,否则应研磨电刷。电刷在电刷架内应活动自如无卡滞现象。

用 220V 交流试灯检查绝缘电枢架的绝缘情况,如电刷架搭铁,则应更换绝缘垫后重新铆合。

电刷弹簧拉力检查如图 4.5-10 所示,用弹簧秤测量弹簧拉力,应在 $18\sim 22\text{N}$ 之间。如果达不到规定值,应更换新的弹簧。

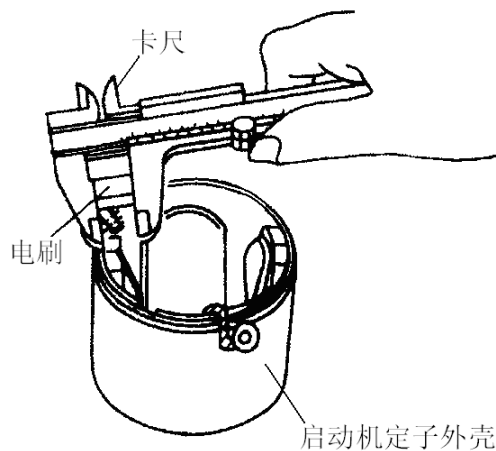


图 4.5-9 电刷长度检查

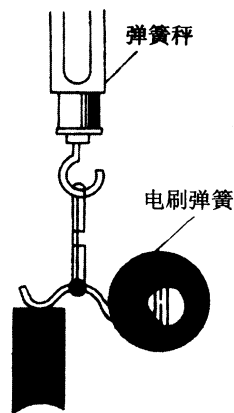


图 4.5-10 电刷弹簧拉力检查

6. 电磁开关的检修

(1) 检查接触盘表面和触点表面

轻微烧蚀可用砂布打光,严重烧蚀应予修复或更换。

(2) 检查吸引线圈和保持线圈

用万用表 $R \times 1$ 挡检查吸引线圈和保持线圈的电阻值，标准值见表 4.5-2。若已断路或有严重短路，应重绕。重绕时应注意导线的直径，匝数以及绕线的方向均应与原来的相同。常见起动机电磁开关的线圈数据见表 4.5-2。

表 4.5-2 起动机电磁开关线圈数据

| 起动机型式 | 线圈名称 | 导线 (mm) | 绕向(从顶端看) | 匝数 | 电阻 20° C(Ω) |
|--------|--------|--------------------------|----------|------------------|----------------------|
| ST614 | 吸引线圈 | QZ $\Phi 0.83/\Phi 0.92$ | 同方向 | 250 \pm 5 | 0.83~0.85 |
| | 保持线圈 | QZ $\Phi 0.83/\Phi 0.92$ | | 250 \pm 5 | 1.07~1.14 |
| 321 | 吸引线圈 | Q $\Phi 0.9$ | 同方向 | 235 $^{+5}_{-3}$ | 0.6 \pm 0.05 |
| | 保持线圈 | Q $\Phi 0.83$ | | 250 \pm 3 | 0.97 \pm 0.1 |
| | 启动开关线圈 | $\Phi 0.21$ | | 700 \pm 10 | 13 \pm 0.6 |
| QD124 | 吸引线圈 | $\Phi 0.9$ | 同方向 | 235 $^{+5}_{-3}$ | 0.6 \pm 0.05 |
| | 保持线圈 | $\Phi 0.83$ | | 245 \pm 3 | 0.97 \pm 0.1 |
| QD124A | 吸引线圈 | $\Phi 1.25$ | 同方向 | 200 $^{+5}_{-3}$ | 0.33 \pm 0.03 |
| | 保持线圈 | $\Phi 0.75$ | | 200 $^{+5}_{-3}$ | 1.29 \pm 0.12 |

(3) 电磁开关的测试

1) 电磁开关闭合电压和释放电压的检查:

将电磁开关装回起动机上，按图 4.5-11 接线，并在起动机驱动齿轮和限位垫圈之间放一垫块以模拟驱动齿轮与飞轮齿环顶齿状态，然后闭合开关，逐渐调高电压，直至试灯发亮。灯亮瞬间的电压即为电磁开关的闭合电压，应符合表 4.5-3 的规定。随后再逐渐调低电压，直到电磁开关释放，试灯熄灭。这一瞬时的电压即为释放电压。释放电压不应大于标称电压的 40%。

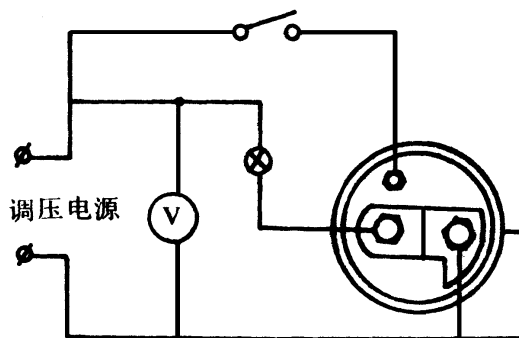


图 4.5-11 电磁开关吸放性能试验

表 4.5-3 电磁开关的闭合电压

| 环境温度 (° C) | 标称电压(V) | |
|---------------|---------|-----|
| | 12 | 24 |
| 23 | ≤9 | ≤24 |

2) 电磁开关断电能力的检查:

当起动机处于制动状态时, 切断电源, 其主触点应可靠断开; 否则, 说明电磁开关有故障。

7. 起动机继电器的检修

检查方法如图 4.5-12 所示。先将滑线式变阻器调至最大值, 然后逐渐减小电阻, 在触点刚闭合时电压表的读数即为闭合电压。再逐渐增大电阻, 当触点刚刚打开时的电压表的读数即为断开电压。

闭合电压和断开电压应符合表 4.5-4 的规定, 否则应予调整。

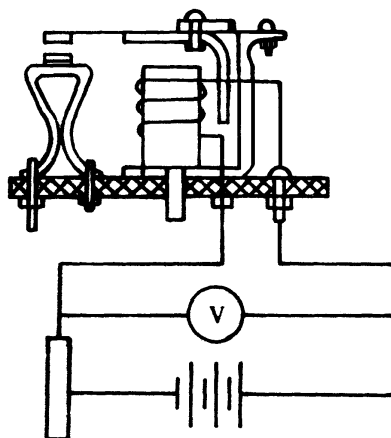


图 4.5-12 起动机继电器的检查方法

表 4.5-4 起动机继电器触点闭合和断开电压

| 名称 | 12V 系统 | 24V 系统 |
|-----------|--------|--------|
| 触点闭合电压(V) | 6~7.6 | 14~16 |
| 触点断开电压(V) | 3~5.5 | 4.5~8 |

8.组合继电器的检修

起动继电器应测试其闭合电压与断开电压。测试线路如图 4.5-13(a)所示。先将滑线式变阻器调至最大值，接通开关 K，逐渐减小电阻，当试灯亮的瞬间，电压表的读数即为闭合电压，应不大于 5 V~6.6 V。然后逐渐增大电阻，当试灯熄灭的瞬间，电压表的读数即为断开电压，应不大于 3V。

保护继电器也应测试其动作电压与释放电压。测试线路如图 4.5-13(b)所示。将滑线式变阻器调至最大值，接通开关 K，试灯亮。逐渐减小电阻值当试灯熄灭的瞬间，电压表的读数即为动作电压，应为 4.5 V~5.5 V。然后再逐渐增大电阻值，当试灯再次亮的瞬间，电压表的读数即为释放电压，应小于 3 V。

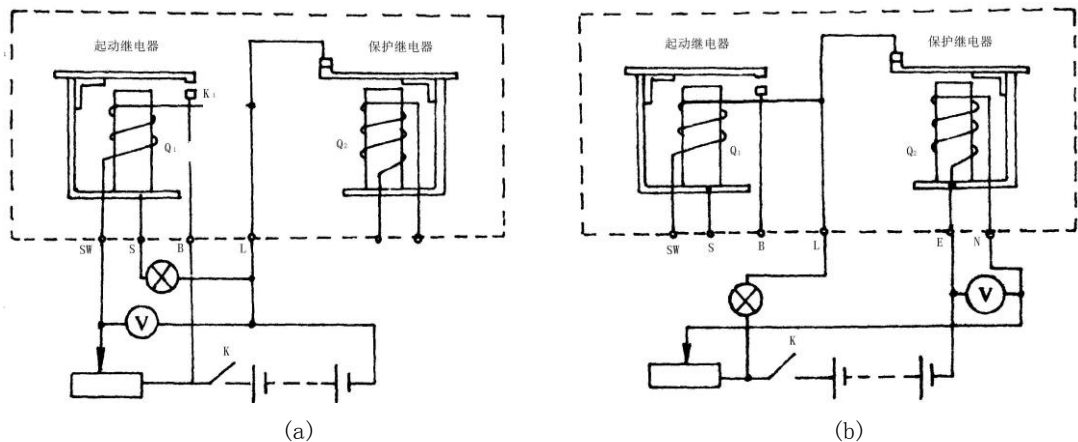


图 4.5-13 组合继电器性能测试

(a) 起动继电器性能测试；(b) 保护继电器性能测试

任务 3.3 起动机不转故障检修

| | |
|------|-------------------------------|
| 学习目标 | 掌握起动机的故障现象 掌握起动机故障的检修方法。 |
| 考核标准 | 应知：分析起动机的故障原因。 应会：起动机的检修方法 |

3.3.1 起动机故障诊断与分析

1.起动机不工作

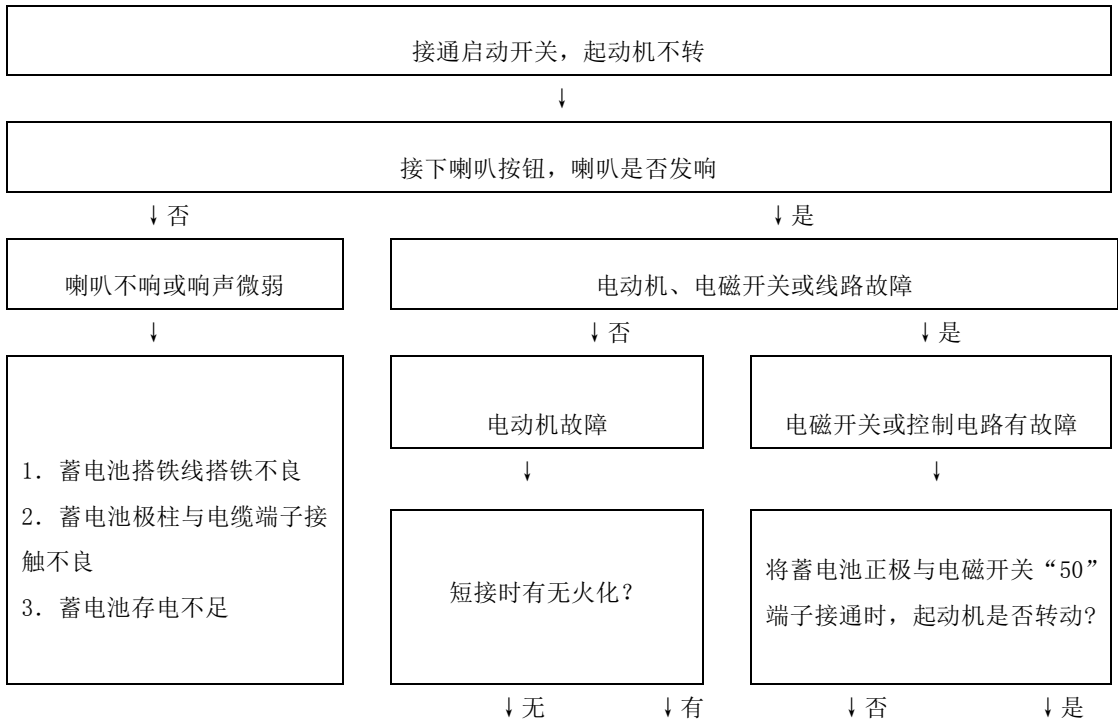
(1) 故障原因

将点火钥匙转到启动挡时，起动机不转的原因有：

- 1) 蓄电池严重亏电。
- 2) 蓄电池正、负极柱上的电缆接头松动或接触不良。
- 3) 电动机开关触点严重烧蚀或两触点高度调整不当而导致触点表面不在同一平面内，使触盘不能将两个触点接通。
- 4) 换向器严重烧蚀而导致电刷与换向器接触不良。
- 5) 电刷弹簧压力过小或电刷在电刷架中卡死。
- 6) 电刷引线断路或绝缘电刷(即正电刷)搭铁。
- 7) 磁场绕组或电枢绕组有断路、短路或搭铁故障。
- 8) 电枢轴的铜衬套磨损过多，使电枢轴偏心而导致电枢铁心“扫膛”(即电枢铁心与磁极发生摩擦或碰撞)。

(2) 故障诊断与排除方法

各型汽车启动系统故障的诊断与排除方法基本相同，仅具体线路有所不同。出现起动机不转故障时，首先应检查蓄电池存电情况和导线特别是蓄电池搭铁电缆和火线电缆的连接情况，然后再检查起动机和开关。故障诊断与排除程序如图 4.5-14 所示，检查与判断方法如下：



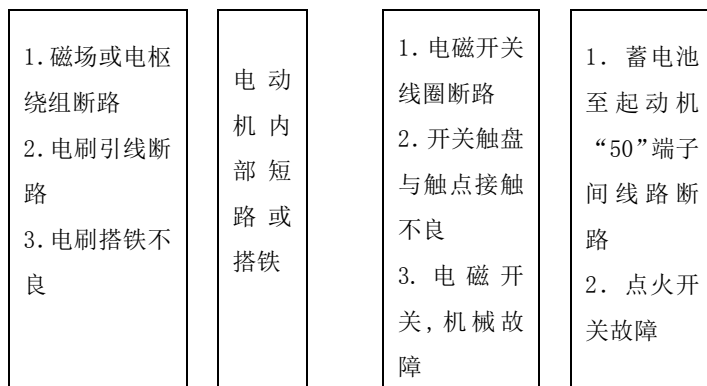


图 4.5-14 接通启动开关起动机不转故障的诊断与排除

1) 接通汽车前照灯或喇叭, 若灯发亮或喇叭响, 说明蓄电池存电较足, 故障不在蓄电池; 若灯不亮或喇叭不响, 说明蓄电池或电源线路有故障, 应检查蓄电池搭铁电缆和火线电缆的连接有无松动以及蓄电池存电是否充足。

2) 若灯亮或喇叭响, 说明故障发生在起动机、开关或控制电路。可用螺丝刀将起动机端子“30”与“C”接通, 使起动机空转。若起动机不转, 则电动机有故障; 若起动机空转正常, 说明电磁开关或控制电路有故障。

3) 诊断电动机故障时, 可据螺丝刀搭接端子“30”与“C”时产生火花的强弱来辨别。若搭接时无火花, 说明磁场绕组、电枢绕组或电刷引线等有断路故障; 若搭接时有强烈火花而起动机不转, 说明起动机内部有短路或搭铁故障, 须拆下起动机进一步检修。

4) 诊断是电磁开关还是控制电路故障时, 可用导线将蓄电池正极与电磁开关“50”端子接通(时间不超过 3~5 s), 如接通时起动机不转, 说明电磁开关故障, 应拆下检修或更换电磁开关; 如接通时起动机转动, 说明端子“50”至蓄电池正极之间线路或点火开关故障。

5) 排除电磁开关端子“50”至蓄电池正极之间线路或点火开关故障时, 可用 12 V / 2W 试灯逐段进行诊断排除。将试灯一个引线电极搭铁, 另一个引线电极接点火开关“30”端子, 如试灯不亮, 说明蓄电池正极至点火开关间的线路断路; 如试灯发亮, 说明该段线路良好, 继续下述检查

6) 将试灯引线电极接点火开关“50”端子, 点火钥匙转到启动位置, 如试灯不亮, 说明点火开关故障, 应予更换; 如试灯发亮, 说明点火开关良好, 故障发生在点火开关“50”端子至起动机“50”端子之间线路故障, 逐段检查即可排除。

2. 起动机运转无力

接通启动开关, 若起动机能运转, 则说明控制电路工作正常, 起动机运转无力, 说明带负载能力降低, 实际输出功率减小。其原因有以下几个方面:

1) 蓄电池存电不足或有短路故障使其供电能力降低。

2) 电动机主电路接触电阻增大起起动机工作电流减小。接触电阻增大的原因包括: 蓄电池搭铁电缆搭铁不实; 电池正、负极柱上的电缆端头固定不牢; 电动机开关触点与触盘

烧蚀；电刷与换向器接触不良；换向器烧蚀等等。

3) 磁场绕组或电枢绕组局部短路使起动机输出功率降低。

4) 发动机装配过紧或环境温度很低而导致起动阻力矩过大时,也可能出现起动机运转无力的现象。

起动系统常见的故障是起动机不转动、起动机运转无力、起动机空转、打齿和吸合不牢等,故障原因及诊断方法如下:

1. 起动机不转动

(1) 故障现象。点火开关拨至起动位置时,起动机不能带动发动机运转。

(2) 故障原因可能的故障有:

1) 起动电源故障:蓄电池严重亏电或极板硫化、短路等,蓄电池极桩与线夹接触不良,因起动电路导线连接处松动、表面氧化、锈蚀而接触不良等。

2) 起动机故障:换向器与电刷接触不良,激磁绕组或电枢绕组有断路或短路,绝缘电刷搭铁,电磁开关线圈断路、短路、搭铁或其触点烧蚀而接触不良等。

3) 点火开关故障:点火开关接线松动或内部触点接触不良。

4) 自动变速器档位开关故障,N、P档位开关接触不良。

5) 起动系控制线路故障:线路有断路,导线接触不良或松脱,熔丝烧断等

(3) 故障诊断方法如下(以本田雅阁汽车为例):

1) 从发动机盖下熔丝/继电器盒中拆下19号(15A)熔丝(未装备SRS)或23号(15A)熔丝(装备了SRS)或33号15A熔丝(V6发动机),并将自动变速器操纵手柄置于N或P档位,再起动发动机,看能否起动,如果起动机能正常转动,说明起动系统无故障;如果起动机不能转动,则进行下一步检查。

2) 检查起动机电源。按喇叭或开大灯,如果喇叭声音小或嘶哑,灯光比平时暗淡,说明电源有问题,应先检查蓄电池极桩、起动机电源接柱与电线连接是否有松动,触摸导线连接处是否发热,若某近接处松动或发热则说明该处接触不良,检查线路连接无问题时,则需对蓄电池进行检查;如果检查电源无问题,则进行下一步检查。

3) 拨开起动机的导线插头(接黑白导线),用导线跨接蓄电池正极和起动机电磁线圈接线端子,看起动机是否转动(将自动变速器操纵手柄放在N或P档位)。如果起动机不转,则说明是电动机内部故障,应拆检起动机;如果起动机能带动发动机运转则进行下一步检查。

4) 用导线将起动继电器的线圈端子与地短接,再起动机,看能否起动。如果能起动,说明自动变速器档位开关或其连接线路有故障;如果起动机仍不能转动,则进行下一步检查。

5) 将起动继电器的两触点端子(黑/白导线)短接,再起动机(将自动变速器操纵手柄置于N或P档位),看起动机是否转动。如果这时起动机带动发动机转动,则需拆检或更换起动机继电器;如果起动机仍不转动,则需检查点火开关和相应的线路。

2. 起动机运转无力

(1) 故障现象启动时, 启动转速明显偏低

案例分析:

复习思考题

1. 电磁控制式启动系统由哪些部件组成, 起动机由哪些部件组成?
2. 按总体结构不同, 起动机可分为哪几种类型?按传动机构啮入方式不同, 起动机可分为哪几种类型?
3. 起动机型号的含义是什么?
4. 汽车起动机用直流电动机的结构有何特点?
5. 汽车起动机用单向离合器分为哪些类型, 单向离合器的作用是什么, 滚柱式单向离合器怎样传递力矩?
6. 简述电磁式起动机启动系统的工作过程?
7. 什么是起动机的工作特性, 影响起动机功率的主要因素有哪些, 使用中需要注意哪些问题?
8. 减速式起动机有何优点, 起动机的减速传动方式有哪些, 行星齿轮式减速装置有何优点?
9. 使用起动机时必须注意哪些问题?
10. 怎样检修电磁开关的吸引线圈和保持线圈?
11. 发动机不能启动时, 怎样诊断与排除启动系统故障?