

JD1A--电磁调速控制器

产品名称	JD1A--电磁调速控制器
公司名称	天津市大明欧瑞电气传动设备有限公司
价格	140.00/个
规格参数	品牌:大明 配件名称:jd1a 材质:1
公司地址	南开区延安路6号院内2区8号
联系电话	87887751 18602258930

产品详情

品牌	大明	配件名称	jd1a
材质	1	型号	JD1A-11
适用范围	150-1500		

电磁调速电动机控制装置用于电磁调速电动机（滑差电动机）的速度控制，以实现恒转矩无级调速，当负载为风机和泵类时，节电效果显著，可达10--30%，是目前理想的节电产品。

力矩电机控制器概述力矩电机控制器是一种新型的电子调压（开、闭环）控制装置，主要特点是在线速度变化后，张力仍能保持在所允许的范围内，适用于卷绕产品时的张力基本保持不变，电机性能与卷绕性能协调匹配，因此能代替传统复杂的设备系统，可大大节省投资。是机电一体化力矩电机的理想配套装置。控制器采用可控硅对电机无级调速、电压调节平稳，起动性能好、体积小、重量轻、效率高、解决传统设备维护困难的缺点，延长使用寿命。本控制器有开环、闭环控制两种模式。开环控制有系统简单、调整方便等优点，闭环控制是指系统中由检测传感器，如张力传感器、速度传感器、电流传感器、位移传感器、温度传感

小知识：

电机

定义：是指依据电磁感应定律实现电能的转换或传递的一种电磁装置。电动机也称（俗称马达），在电路中用字母“m”（旧标准用“d”）表示。它的主要作用是产生驱动转矩，作为用电器或各种机械的动力源。发电机在电路中用字母“g”表示。它的主要作用是利用机械能转化为电能，目前最常用的是，利

用热能、水能等推动发电机转子来发电，随着风力发电技术的日趋成熟，风电也慢慢走进我们的生活。变压器，在有的书上称之为静止的电机。从电机的定义发现，这么说也有它的道理的。

电动机的种类

1. 按工作电源种类划分：可分为直流电机和交流电机。1.1 直流电动机按结构及工作原理可划分：无刷直流电动机和有刷直流电动机。1.1.1 有刷直流电动机可划分：永磁直流电动机和电磁直流电动机。1.1.1.1 电磁直流电动机划分：串励直流电动机、并励直流电动机、他励直流电动机和复励直流电动机。1.1.1.2 永磁直流电动机划分：稀土永磁直流电动机、铁氧体永磁直流电动机和铝镍钴永磁直流电动机。1.1 其中交流电机还可分：单相电机和三相电机。2. 按结构和工作原理划分：可分为直流电动机、异步电动机、同步电动机。2.1 同步电机可划分：永磁同步电动机、磁阻同步电动机和磁滞同步电动机。2.2 异步电机可划分：感应电动机和交流换向器电动机。2.2.1 感应电动机可划分：三相异步电动机、单相异步电动机和罩极异步电动机等。2.2.2 交流换向器电动机可划分：单相串励电动机、交直流两用电动机和推斥电动机。3. 按起动与运行方式划分：电容起动式单相异步电动机、电容运转式单相异步电动机、电容起动运转式单相异步电动机和分相式单相异步电动机。4. 按用途划分：驱动用电动机和控制用电动机。4.1 驱动用电动机划分：电动工具（包括钻孔、抛光、磨光、开槽、切割、扩孔等工具）用电动机、家电（包括洗衣机、电风扇、电冰箱、空调器、录音机、录像机、影碟机、吸尘器、照相机、电吹风、电动剃须刀等）用电动机及其它通用小型机械设备（包括各种小型机床、小型机械、医疗器械、电子仪器等）用电动机。4.2 控制用电动机又划分：步进电动机和伺服电动机等。5. 按转子的结构划分：笼型感应电动机（旧标准称为鼠笼型异步电动机）和绕线转子感应电动机（旧标准称为绕线型异步电动机）。6. 按运转速度划分：高速电动机、低速电动机、恒速电动机、调速电动机。低速电动机又分为齿轮减速电动机、电磁减速电动机、力矩电动机和爪极同步电动机等。调速电动机除可分为有级恒速电动机、无级恒速电动机、有级变速电动机和无级变速电动机外，还可分为电磁调速电动机、直流调速电动机、pwm变频调速电动机和开关磁阻调速电动机。异步电动机的转子转速总是略低于旋转磁场的同步转速。同步电动机的转子转速与负载大小无关而始终保持为同步转速。

一. 直流电动机

直流电动机是依靠直流工作电压运行的电动机，广泛应用于收录机、录像机、影碟机、电动剃须刀、电吹风、电子表、玩具等。1. 电磁式直流电动机 电磁式直流电动机由定子磁极、转子（电枢）、换向器（俗称整流子）、电刷、机壳、轴承等构成，电磁式直流电动机的定子磁极（主磁极）由铁心和励磁绕组构成。根据其励磁（旧标准称为激磁）方式的不同又可分为串励直流电动机、并励直流电动机、他励直流电动机和复励直流电动机。因励磁方式不同，定子磁极磁通（由定子磁极的励磁线圈通电后产生）的规律也不同。串励直流电动机的励磁绕组与转子绕组之间通过电刷和换向器相串联，励磁电流与电枢电流成正比，定子的磁通量随着励磁电流的增大而增大，转矩近似与电枢电流的平方成正比，转速随转矩或电流的增加而迅速下降。其起动转矩可达额定转矩的5倍以上，短时间过载转矩可达额定转矩的4倍以上，转速变化率较大，空载转速甚高（一般不允许其在空载下运行）。可通过用外用电阻器与串励绕组串联（或并联）、或将串励绕组并联换接来实现调速。并励直流电动机的励磁绕组与转子绕组相并联，其励磁电流较恒定，起动转矩与电枢电流成正比，起动电流约为额定电流的2.5倍左右。转速则随电流及转矩的增大而略有下降，短时过载转矩为额定转矩的1.5倍。转速变化率较小，为5%~15%。可通过削弱磁场的恒功率来调速。他励直流电动机的励磁绕组接到独立的励磁电源供电，其励磁电流也较恒定，起动转矩与电枢电流成正比。转速变化也为5%~15%。可以通过削弱磁场恒功率来提高转速或通过降低转子绕组的电压来使转速降低。复励直流电动机的定子磁极上除有并励绕组外，还装有与转子绕组串联的串励绕组（其匝数较少）。串联绕组产生磁通的方向与主绕组的磁通方向相同，起动转矩约为额定转矩的4倍左右，短时间过载转矩为额定转矩的3.5倍左右。转速变化率为25%~30%（与串联绕组有关）。转速可通过削弱磁场强度来调整。换向器的换向片使用银铜、镉铜等合金材料，用高强度塑料模压成。电刷与换向器滑动接触，为转子绕组提供电枢电流。电磁式直流电动机的电刷一般采用金属石墨电刷或电化石墨电刷。转子的铁心采用硅钢片叠压而成，一般为12槽，内嵌12组电枢绕组，各绕组间串联接后，再分别与12片换向片连接。

1. 永磁式直流电动机

永磁式直流电动机也由定子磁极、转子、电刷、外壳等组成，定子磁极采用永磁体（永久磁钢），有铁氧体、铝镍钴、钕铁硼等材料。按其结构形式可分为圆筒型和瓦块型等几种。录放机中使用的电多数为圆筒型磁体，而电动工具及汽车用电器中使用的电动机多数采用专块型磁体。转子一般采用硅钢片叠压而成，较电磁式直流电动机转子的槽数少。录放机中使用的小功率电动机多数为3槽，较高档的为5槽或7槽。漆包线绕在转子铁心的两槽之间（三槽即有三个绕组），其各接头分别焊在换向器的金属片上。电刷是连接电源与转子绕组的导电部件，具备导电与耐磨两种性能。永磁电动机的电刷使用单性金属片或金属石墨电刷、电化石墨电刷。录放机中使用的永磁式直流电动机，采用电子稳速电路或离心式稳速装置。

2. 无刷直流电动机

无刷直流电动机是采用半导体开关器件来实现电子换向的，即用电子开关器件代替传统的接触式换向器和电刷。它具有可靠性高、无换向火花、机械噪声低等优点，广泛应用于高档录音座、录像机、电子仪器及自动化办公设备中。无刷直流电动机由永磁体转子、多极绕组定子、位置传感器等组成。位置传感按转子位置的变化，沿着一定次序对定子绕组的电流进行换流（即检测转子磁极相对定子绕组的位置，并在确定的位置处产生位置传感信号，经信号转换电路处理后去控制功率开关电路，按一定的逻辑关系进行绕组电流切换）。定子绕组的工作电压由位置传感器输出控制的电子开关电路提供。位置传感器有磁敏式、光电式和电磁式三种类型。采用磁敏式位置传感器的无刷直流电动机，其磁敏传感器件（例如霍尔元件、磁敏二极管、磁敏晶体管、磁敏电阻器或专用集成电路等）装在定子组件上，用来检测永磁体、转子旋转时产生的磁场变化。采用光电式位置传感器的无刷直流电动机，在定子组件上按一定位置配置了光电传感器件，转子上装有遮光板，光源为发光二极管或小灯泡。转子旋转时，由于遮光板的作用，定子上的光敏元器件将会按一定频率间歇间生脉冲信号。采用电磁式位置传感器的无刷直流电动机，是在定子组件上安装有电磁传感器部件（例如耦合变压器、接近开关、LC谐振电路等），当永磁体转子位置发生变化时，电磁效应将使电磁传感器产生高频调制信号（其幅值随转子位置而变化）。

二.交流异步电动机

交流异步电动机是领先交流电压运行的电动机，广泛应用于电风扇、电冰箱、洗衣机、空调器、电吹风、吸尘器、油烟机、洗碗机、电动缝纫机、食品加工机等家用电器及各种电动工具、小型机电设备中。交流电异步电动机分为感应电动机和交流换向器电动机。感应电动机又分为单相异步电动机、交直流两用电动机和推斥电动机。电机的转速（转子转速）小于旋转磁场的转速，从而叫为异步电机。它和感应电机基本上是相同的。 $s=(n_s-n)/n_s$ 。s为转差率， n_s 为磁场转速，n为转子转速。基本原理：(1)当三相异步电机接入三相交流电源时，三相定子绕组流过三相对称电流产生的三相磁动势（定子旋转磁动势）并产生旋转磁场。(2)该旋转磁场与转子导体有相对切割运动,根据电磁感应原理,转子导体产生感应电动势并产生感应电流。(3)根据电磁力定律，载流的转子导体在磁场中受到电磁力作用，形成电磁转矩，驱动转子旋转，当电动机轴上带机械负载时，便向外输出机械能。异步电机是一种交流电机，其负载时的转速与所接电网的频率之比不是恒定关系。还随着负载的大小发生变化。负载转矩越大，转子的转速越低。异步电机包括感应电机、双馈异步电机和交流换向器电机。感应电机应用最广，在不致引起误解或混淆的情况下，一般可称感应电机为异步电机。普通异步电机的定子绕组接交流电网，转子绕组不需与其他电源连接。因此，它具有结构简单，制造、使用和维护方便，运行可靠以及质量较小，成本较低等优点。异步电机有较高的运行效率和较好的工作特性，从空载到满载范围内接近恒速运行，能满足大多数工农业生产机械的传动要求。异步电机还便于派生成各种防护型式，以适应不同环境条件的需要。异步电机运行时，必须从电网吸取无功励磁功率，使电网的功率因数变坏。因此，对驱动球磨机、压缩机等大功率、低转速的机械设备，常采用同步电机。由于异步电机的转速与其旋转磁场转速有一定的转差关系，其调速性能较差(交流换向器电动机除外)。对要求较宽广和平滑调速范围的交通运输机械、轧机、大型机床、印染及造纸机械等，采用直流电机较经济、方便。但随着大功率电子器件及交流调速系统的发展，目前适用于宽调速的异步电机的调速性能及经济性已可与直流电机的相媲美。

1. 单相异步电动机

单相异步电动机由定子、转子、轴承、机壳、端盖等构成。定子由机座和带绕组的铁心组成。铁心由硅钢片冲槽叠压而成，槽内嵌装两套空间互隔 90° 电角度的主绕组（也称运行绕组）和辅绕组（也称起动绕组或副绕组）。主绕组接交流电源，辅绕组串接离心开关或起动电容、运行电容等之后，再接入电源。转子为笼型铸铝转子，它是将铁心叠压后用铝铸入铁心的槽中，并一起铸出端环，使转子导条短路成鼠笼型。单相异步电动机又分为单相电阻起动异步电动机，单相电容起动异步电动机、单相电容运转异步电动机和单相双值电容异步电动机。

2. 三相异步电动机

三相异步电动机的结构与单相异步电动机相似，其定子铁心槽中嵌装三相绕组（有单层链式、单层同心式和单层交叉式三种结构）。定子绕组接入三相交流电源后，绕组电流产生的旋转磁场，在转子导体中产生感应电流，转子在感应电流和气隙旋转磁场的相互作用下，又产生电磁转矩（即异步转矩），使电动机旋转。

3. 罩极式电动机

罩极式电动机是单相交流电动机中最简单的一种，通常采用笼型斜槽铸铝转子。它根据定子外形结构的不同，又分为凸极式罩极电动机和隐极式罩极电动机。凸极式罩极电动机的定子铁心外形为方形、矩形或圆形的磁场框架，磁极凸出，每个磁极上均有1个或多个起辅助作用的短路铜环，即罩极绕组。凸极磁极上的集中绕组作为主绕组。隐极式罩极电动机的定子铁心与普通单相电动机的铁心相同，其定子绕组采用分布绕组，主绕组分布于定子槽内，罩极绕组不用短路铜环，而是用较粗的漆包线绕成分布绕组（串联后自行短路）嵌装在定子槽中（约为总槽数的 $2/3$ ），起辅助组的作用。主绕组与罩极绕组在空间相距一定的角度。当罩极电动机的主绕组通电后，罩极绕组也会产生感应电流，使定子磁极被罩极绕组罩住部分的磁通与未罩部分向被罩部分的方向旋转。

4. 单相串励电动机

单相串励电动机的定子由凸极铁心和励磁绕组组成，转子由隐极铁心、电枢绕组、换向器及转轴等组成。励磁绕组与电枢绕组之间通过电刷和换向器形成串联回路。图18-16是单相串励电动机的结构。单相串励电动机属于交、直流两用电动机，它既可以使用交流电源工作，也可以使用直流电源工作。三.交流同步电动机交流同步电动机是一种恒速驱动电动机，其转子转速与电源频率保持恒定的比例关系，被广泛应用于电子仪器仪表、现代办公设备、纺织机械等。

1. 永磁同步电动机

永磁同步电动机属于异步启动永磁同步电动机，其磁场系统由一个或多个永磁体组成，通常是在用铸铝或铜条焊接而成的笼型转子的内部，按所需的极数装镶有永磁体的磁极。定子结构与异步电动机类似。当定子绕组接通电源后，电动机以异步电动机原理起转动转，加速运转至同步转速时，由转子永磁磁场和定子磁场产生的同步电磁转矩（由转子永磁磁场产生的电磁转矩与定子磁场产生的磁阻转矩合成）将转子牵入同步，电动机进入同步运行。磁阻同步电动机磁阻同步电动机也称反应式同步电动机，是利用转子交轴和直轴磁阻不等而产生磁阻转矩的同步电动机，其定子与异步电动机的定子结构类似，只是转子结构不同。

2. 磁阻同步电动机

同笼型异步电动机演变来的，为了使电动机能产生异步起动转矩，转子还设有笼型铸铝绕组。转子上开设有与定子极数相对应的反应槽（仅有凸极部分的作用，无励磁绕组和永久磁铁），用来产生磁阻同步转矩。根据转子上反应槽的结构的不同，可分为内反应式转子、外反应式转子和内外反应式转子，其中，外反应式转子反应槽开地转子外圆，使其直轴与交轴方向气隙不等。内反应式转子的内部开有沟槽，

使交轴方向磁通受阻，磁阻加大。内外反应式转子结合以上两种转子的结构特点，直轴与交轴差别较大，使电动机的力能较大。磁阻同步电动机也分为单相电容运转式、单相电容起动式、单相双值电容式等多种类型。

3. 磁滞同步电动机

磁滞同步电动机是利用磁滞材料产生磁滞转矩而工作的同步电动机。它分为内转子式磁滞同步电动机、外转子式磁滞同步电动机和单相罩极式磁滞同步电动机。内转子式磁滞同步电动机的转子结构为隐极式，外观为光滑的圆柱体，转子上无绕组，但铁心外圆上有用磁滞材料制成的环状有效层。定子绕组接通电源后，产生的旋转磁场使磁滞转子产生异步转矩而起动旋转，随后自行牵入同步运转状态。在电动机异步运行时，定子旋转磁场以转差频率反复地磁化转子；在同步运行时，转子上的磁滞材料被磁化而出现了永磁磁极，从而产生同步转矩。软启动器采用三相反并联晶闸管作为调压器，将其接入电源和电动机定子之间。这种电路如三相全控桥式整流电路。使用软启动器启动电动机时，晶闸管的输出电压逐渐增加，电动机逐渐加速，直到晶闸管全导通，电动机工作在额定电压的机械特性上，实现平滑启动，降低启动电流，避免启动过流跳闸。待电机达到额定转速时，启动过程结束，软启动器自动用旁路接触器取代已完成任务的晶闸管，为电动机正常运转提供额定电压，以降低晶闸管的热损耗，延长软启动器的使用寿命，提高其工作效率，又使电网避免了谐波污染。软启动器同时还提供软停车功能，软停车与软启动过程相反，电压逐渐降低，转速逐渐下降到零，避免自由停车引起的转矩冲击。直流无刷电机的优越性直流电机具有响应快速、较大的起动转矩、从零转速至额定转速具备可提供额定转矩的性能，但直流电机的优点也正是它的缺点，因为直流电机要产生额定负载下恒定转矩的性能，则电枢磁场与转子磁场须恒维持 90° ，这就要藉由碳刷及整流子。碳刷及整流子在电机转动时会产生火花、碳粉因此除了会造成组件损坏之外，使用场合也受到限制。交流电机没有碳刷及整流子，免维护、坚固、应用广，但特性上若要达到相当于直流电机的性能须用复杂控制技术才能达到。现今半导体发展迅速功率组件切换频率加快许多，提升驱动电机的性能。微处理机速度亦越来越快，可实现将交流电机控制置于一旋转的两轴直交坐标系统中，适当控制交流电机在两轴电流分量，达到类似直流电机控制并有与直流电机相当的性能。此外已有很多微处理机将控制电机必需的功能做在芯片中，而且体积越来越小；像模拟/数字转换器(analog-to-digital converter, adc)、脉冲宽度调制(pulse wide modulator, pwm)...等。直流无刷电机即是以电子方式控制交流电机换相，得到类似直流电机特性又没有直流电机机构上缺失的一种应用。直流无刷电机的控制结构直流无刷电机是同步电机的一种，也就是说电机转子的转速受电机定子旋转磁场的速度及转子极数(p)影响： $n=120 \cdot f/p$ 。在转子极数固定情况下，改变定子旋转磁场的频率就可以改变转子的转速。直流无刷电机即是将同步电机加上电子式控制(驱动器)，控制定子旋转磁场的频率并将电机转子的转速回授至控制中心反复校正，以期达到接近直流电机特性的方式。也就是说直流无刷电机能够在额定负载范围内当负载变化时仍可以控制电机转子维持一定的转速。直流无刷驱动器包括电源部及控制部如图(1)：电源部提供三相电源给电机，控制部则依需求转换输入电源频率。电源部可以直接以直流电输入(一般为24v)或以交流电输入(110v/220v)，如果输入是交流电就得先经转换器(converter)转成直流。不论是直流电输入或交流电输入要转入电机线圈前须先将直流电压由换流器(inverter)转成3相电压来驱动电机。换流器(inverter)一般由6个功率晶体管(q1~q6)分为上臂(q1、q3、q5)/下臂(q2、q4、q6)连接电机作为控制流经电机线圈的开关。控制部则提供pwm(脉冲宽度调制)决定功率晶体管开关频度及换流器(inverter)换相的时机。直流无刷电机一般希望使用在当负载变动时速度可以稳定于设定值而不会变动太大的速度控制，所以电机内部装有能感应磁场的霍尔传感器(hall-sensor)，做为速度之闭回路控制，同时也做为相序控制的依据。但这只是用来做为速度控制并不能拿来做为定位控制。直流无刷电机的控制原理要让电机转动起来，首先控制部就必须根据hall-sensor感应到的电机转子目前所在位置，然后依照定子绕线决定开启(或关闭)换流器(inverter)中功率晶体管的顺序，如下(图二)inverter中之ah、bh、ch(这些称为上臂功率晶体管)及al、bl、cl(这些称为下臂功率晶体管)，使电流依序流经电机线圈产生顺向(或逆向)旋转磁场，并与转子的磁铁相互作用，如此就能使电机顺时/逆时转动。当电机转子转动到hall-sensor感应出另一组信号的位置时，控制部又再开启下一组功率晶体管，如此循环电机就可以依同一方向继续转动直到控制部决定要电机转子停止则关闭功率晶体管(或只开下臂功率晶体管)；要电机转子反向则功率晶体管开启顺序相反。基本上功率晶体管的开法可举例如下：ah、bl一组 ah、cl一组 bh、cl一组 bh、al一组 ch、al一组 ch、bl一组但绝不能开成ah、al或bh、bl或ch、cl。此外因为电子零件总有开关的响应时间，所以功率晶体管在关与开的交错时间要将零件的响应时间考虑进去，否则当上臂(或下臂)尚未完全关闭，下臂(或上臂)就已开启，结果就造成上、下臂短路而使功率晶体管烧毁

。当电机转动起来，控制部会再根据驱动器设定的速度及加/减速率所组成的命令(command)与hall-sensor信号变化的速度加以比对(或由软件运算)再来决定由下一组(ah、bl或ah、cl或bh、cl或.....)开关导通，以及导通时间长短。速度不够则开长，速度过头则减短，此部份工作就由pwm来完成。pwm是决定电机转速快或慢的方式，如何产生这样的pwm才是要达到较精准速度控制的核心。高转速的速度控制必须考虑到系统的clock分辨率是否足以掌握处理软件指令的时间，另外对于hall-sensor信号变化的资料存取方式也影响到处理器效能与判定正确性、实时性。至于低转速的速度控制尤其是低速起动则因为回传的hall-sensor信号变化变得更慢，怎样撷取信号方式、处理时机以及根据电机特性适当配置控制参数值就显得非常重要。或者速度回传改变以encoder变化为参考，使信号分辨率增加以期得到更佳的控制。电机能够运转顺畅而且响应良好，p.i.d.控制的恰当与否也无法忽视。之前提到直流无刷电机是闭回路控制，因此回授信号就等于是告诉控制部现在电机转速距离目标速度还差多少，这就是误差(error)。知道了误差自然就要补偿，方式有传统的工程控制如p.i.d.控制。但控制的状态及环境其实是复杂多变的，若要控制的坚固耐用则要考虑的因素恐怕不是传统的工程控制能完全掌握，所以模糊控制、专家系统及神经网络也将被纳入成为智能型p.i.d.控制的重要理论。

直流电机的工作原理

一、直流发电机工作原理直流发电机的工作原理就是把电枢线圈中感应的交变电动势，靠换向器配合电刷的换向作用，使之从电刷端引出时变为直流电动势的原理。感应电动势的方向按右手定则确定（磁感线指向手心，大拇指指向导体运动方向，其他四指的指向就是导体中感应电动势的方向。）在图1.1所示瞬间，导体ab、cd的感应电动势方向分别由b指向a和由d指向c。这时电刷a呈正极性，电刷b呈负极性。图1.1 直流发电机原理模型当线圈逆时针方向旋转180°时，这时导体cd位于n极下，导体ab位于s极下，各导体中电动势都分别改变了方向。图1.2 直流发电机原理模型从图看出，和电刷a接触的导体永远位于n极下，同样，和电刷b接触的导体永远位于s极下。因此，电刷a始终有正极性，电刷b始终有负极性，所以电刷端能引出方向不变的但大小变化的脉振电动势。如果电枢上线圈数增多，并按照一定的规律把它们连接起来，可使脉振程度减小，就可获得直流电动势。这就是直流发电机的工作原理。二、直流电动机的工作原理导体受力的方向用左手定则确定。这一对电磁力形成了作用于电枢一个力矩，这个力矩在旋转电机里称为电磁转矩，转矩的方向是逆时针方向，企图使电枢逆时针方向转动。如果此电磁转矩能够克服电枢上的阻转矩（例如由摩擦引起的阻转矩以及其它负载转矩），电枢就能按逆时针方向旋转起来。图1.3 直流电动机的原理模型当电枢转了180°后，导体cd转到n极下，导体ab转到s极下时，由于直流电源供给的电流方向不变，仍从电刷a流入，经导体cd、ab后，从电刷b流出。这时导体cd受力方向变为从右向左，导体ab受力方向是从左向右，产生的电磁转矩的方向仍为逆时针方向。图1.4 直流电动机原理模型因此，电枢一经转动，由于换向器配合电刷对电流的换向作用，直流电流交替地由导体ab和cd流入，使线圈边只要处于n极下，其中通过电流的方向总是由电刷a流入的方向，而在s极下时，总是从电刷b流出的方向。这就保证了每个极下线圈边中的电流始终是一个方向，从而形成一种方向不变的转矩，使电动机能连续地旋转。这就是直流电动机的工作原理。