

电磁离合器设计及应用



江苏科学技术出版社

内 容 提 要

本书着重对我国生产和研制的摩擦式、牙嵌式、转差式和磁粉式各系列的电磁离合器结构、原理、特性、性能测试、选用计算方法、使用维修等分别作了详细介绍,同时还介绍了设计程序并给出了实例。

本书适合于机械、自动化专业的工程技术人员以及离合器研究、设计、生产维修人员阅读;也可供工科院校有关专业师生参考。

电磁离合器设计与应用

田 金 铭 编 著

出版:江苏科学技术出版社

发行:江苏省新华书店

印刷:苏州印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 13.25 字数 290,000

1982 年 3 月第 1 版 1982 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—4,500 册

书号: 15196·068 定价: 1.10 元

责任编辑 孙广能

编 者 的 话

电磁离合器是机器制造、自动化控制中不可缺少的主要元件。由于具有体积小、结构紧凑、动作灵敏、操作方便等优点,所以,在近代技术中得到广泛应用。

为了使广大从事机械、自动化控制和离合器研制的技术人员更好地掌握有关电磁离合器的基本知识和使用技术,我根据多年的实践经验,并参考国内外的有关技术资料,编写了《电磁离合器设计与应用》这本书。

书中主要对我国研制的各种系列的电磁离合器结构、原理、特性、性能测试,选用计算方法和使用维修等作了详细介绍,同时介绍了设计程序并给出了实例。

本书初稿,承蒙江苏机械科学研究所、南京七二〇厂、南京工学院分别进行审阅,并提出了许多宝贵修改意见;在修改过程中,刘野同志帮助校阅、修改以至誊清,为本书做了大量工作;插图由窦肖康同志绘制。在此一并表示感谢。

由于水平有限,缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

田金铭

1981年6月

目 录

第一章 电磁离合器的原理和结构..... 1

第一节 概述..... 1

- 一、什么是电磁离合器
- 二、目前应用情况和发展
- 三、电磁离合器的优点和问题

第二节 电磁离合器的分类..... 6

第三节 各种类型的电磁离合器简介..... 9

- 一、各种电磁离合器的动作原理和有关参数
- 二、结构分析

第四节 电磁离合器的理论分析.....59

- 一、电磁离合器产生的力矩和力矩系数
- 二、电磁离合器的磁路和电磁力的计算
- 三、电磁离合器的电磁过渡过程
- 四、电磁离合器及其系统的转动惯量和制动力矩
- 五、离合器的动力分析

第二章 电磁离合器的特性..... 115

第一节 摩擦式电磁离合器的特性..... 115

- 一、摩擦力矩特性
- 二、空转力矩特性
- 三、残余力矩特性

四、动作特性

五、允许连接功(散热特性)与寿命

第二节 牙嵌式电磁离合器的特性..... 137

一、动作特性

二、连接状态

第三节 转差式电磁离合器的特性..... 139

第四节 磁粉式电磁离合器的特性..... 140

一、力矩特性

二、力矩动特性

三、热容量和耐久性

第三章 电磁离合器的选用..... 154

第一节 选用概念..... 154

一、各种电磁离合器一般使用范围

二、在机械装置上电磁离合器应用形式

三、选用电磁离合器的几点注意事项

第二节 选用电磁离合器的方法..... 168

一、摩擦式电磁离合器的选用方法

二、选用牙嵌式电磁离合器

三、磁粉式电磁离合器的选定

第三节 电磁离合器的选用计算及实例..... 188

一、奥地利 Heid 公司对离合器选用计算及实例

二、应用实例

第四节 电磁离合器的控制线路..... 235

一、一般线路

二、特殊线路

三、保护线路

第四章 电磁离合器的设计和计算	245
第一节 设计概述.....	245
第二节 有关公式的推导和有关参数的确定.....	246
第三节 设计程序与实例.....	267
一、摩擦片式(磁通二次过片)电磁离合器的设计程序与实例	
二、摩擦片式(磁通不过片)电磁离合器的设计程序与实例	
三、牙嵌式(齿形)电磁离合器的设计程序与实例	
四、转差式电磁离合器的设计程序与实例	
五、磁粉离合器的设计程序与实例	
第五章 电磁离合器的性能测试和维修	365
第一节 测试方法和设备.....	365
一、摩擦式电磁离合器各参数的测试原理	
二、摩擦式电磁离合器的测试方法	
三、转差式电磁离合器的测试方法	
四、磁粉式电磁离合器的测试简介	
第二节 电磁离合器常见故障与维修.....	401
一、摩擦式电磁离合器	
二、转差式电磁离合器	
三、磁粉式电磁离合器	

第一章 电磁离合器的原理和结构

第一节 概 述

一、什么是电磁离合器

电磁离合器又名电磁联轴器，它利用电磁能的作用，使力矩从主动侧传向被动侧，从而完成机械机构的连接，实现了机械传动系统的功能传递。

二、目前应用情况和发展

电磁离合器是自动化控制的主要执行元件之一，可以在原动机旋转不中断的条件下用来控制传动链。如机床主轴的自动起动、停止(制动)、反向、变速、定位和进给系统中的切换等。由于电磁离合器具有体积小、结构紧凑、动作灵敏、消耗功率小以及操作方便等优点，所以在近代技术中被广泛的应用。

目前，对如何改进机床的结构，提高机床的工艺性能，并使之高速高效的自动化，而又经济地解决这一设计问题，那么合理地采用电磁离合器是具有很大的实际意义。近代各国所制造的许多自动机床中，已普遍采用电磁离合器。如自动车削机床、镗床、铣床、钻床及自动螺纹车床等。我国也愈来愈多的机床采用了电磁离合器，如C 502 型立车、C 534 J 立式车床、转塔六角车床、六角自动车床、磨床以及组合机床等。近年来数控机床、程控机床和数控仿型机床还采用了快速电磁离合器。由于快速电磁离合器具有良好的动特性，所以大大

地提高了机床的效率和精度。

由于电磁离合器具有独特的技术性能和多方面应用的可能性，所以近年来在其它制造工业方面也利用了这一技术成就。如在轧钢机、包装机、绕线机、纺织机、印刷机以及模拟设备都采用了电磁离合器。在一般企业中的机械设备也利用了电磁离合器来控制传动装置。例如 Z 41-12 A 多工位自动冷镦机的主传动中应用了快速电磁离合器，代替了目前国内外制造的多工位自动冷镦机均用气源拖动的主传动，获得了良好效果，取消了空气压缩机站，减少了零件 100 多个，节电很多，消除了噪音，减少了设备占地面积，避免了因经常维修空气压缩机和气动部件所造成的停车。所以电磁离合器的广泛应用，对机械装置的自动化、高速化、集控化具有很大的经济意义。

(一) 车床主轴传动应用离合器

目前车床制造业的趋势是发展精密、高速车床，即要求主轴转速很高，而且能作高精度加工，因此它的主轴传动机构、主轴箱，特别是主轴轴承以及高速运转的一些精密接触面要尽量减少受热影响。为此在主轴箱常加冷却装置。装有离合器的变速齿轮箱常常和主轴箱分开安装，减少受热影响。采用了电磁离合器，就省掉了拨动齿轮位移的变速机构，而且操作方便，同时还减少噪音和振动。

为了提高生产效率，希望尽量减少空程时间。近年来转塔车床的主轴变速机构也采用了预选工作方式，因此就使用了电磁离合器。这种预选工作方式，即在主轴箱的标度盘上预选定好下一工序中所需要的转速后，则相应的电磁离合器的组合电路就接好了。只要按一下按钮，就可以得到下道工序所需要的主轴转速。这样就提高了时间的利用率，减少了机床的空程时间。

在主轴传动中应用电磁离合器除了作变速外，还可以实现快速起动，快速停止，正反转等控制。为了防止因快速停止而发生冲击，就要求离合器必须有良好的力矩上升特性和消灭特性。

主轴传动机构采用了电磁离合器后，能适应高速度高频度的工作状态。这是由于电动机连续运转，在加速或反转时，只有接在电磁离合器后面的部件才有惯性，故可使加速能量小，加速时间短，有利于实现高速循环加工。同时电动机还可在空载状态下起动，使起动电流的持续时间缩短，使开关触头不易损坏。总之，车床主轴传动中采用电磁离合器有很多好处。

（二）进给传动机构应用离合器

机床在加工复杂工件时，要有能完成许多进给动作的传动机构，并要求所装的机构对动作指令能反应迅速，控制方便，以便实现分路传动的选择、速度变换和自动定位等各种动作的自动控制。由于电磁离合器有优越的控制特性，所以它可以在传动机构中发挥其长处。

1. 在铣床上的应用

为了使铣床获得适当的切削速度，要求主轴能在广泛范围内作速度变换。同时工作台面、工作台拖板和工作台支座实现三个方向进给传动的选择，来配合适当的切削条件所进行的速度变换。为使这些复杂的操作实现集中控制和自动化，所以在铣床上采用了电磁离合器。这也是使铣床实现程序控制、数字控制的基础。

2. 在镗床上的应用

各种类型的镗床所用的进给传动机构各不相同，但其传动且和铣床相类似。要实现主轴变速、正反转、以及主轴头升

降，台架拖板和工作台面进给方向的切换与变速，也采用了电磁离合器。这样，镗床的操作就可以在一个操作盘上用按钮实现集中控制，这样很容易实现加工过程的数控技术。

3. 在仿型控制加工中的应用

仿型控制加工时，不必要操作工人有熟练的技术，就能提高工件的均一性、互换性和再现性，从而获得较经济的高精度加工。近年来虽然采用了电气、液压、气动等各种加工方法，但用电磁离合器作断续离合控制方案则更为优越。这种传动方案最先用在自动雕刻机的仿型控制加工上。因为它的进给容量不受到限制，其力矩惯量比也非常优越，反应灵敏，操作简单，尺寸小，价格便宜等优点。

仿型控制加工中所用的电磁离合器，必须跟随仿型铣头作相应的移动，因此其力矩的动态性能必须良好。为此，在仿型控制加工中多采用干式单片电磁离合器，也有采用湿式多片型电磁离合器。

4. 在数字控制加工中的应用

近年来数字控制加工技术迅速地发展起来，它分为：点位控制式和连续控制式。前者能作直线进给移动。

在点位控制中进给速度的控制对整个加工时间影响较大，定位精度决定于数字控制机构的精度。要使进给传动能高速的接近目标，然后根据测出的信号进行逐段降速，最后停止在所规定的位置上，采用电磁离合器式的伺服机构是较合适的。因电磁离合器反应速度比较迅速，而且力矩惯量比较大，能满足定位精度要求。对于自动定位控制来说，定位精度和效率都和动作时间有关。设计时除了决定一个适当的速度变化程度外，还必须根据所要求的输出力矩及本身惯性等因素，来选定电磁离合器的型式和动力矩容量。

三、电磁离合器的优点和问题

(一)提高传动系统的机械性能

1. 传动系统使用电磁离合器后,可实现该系统的快速启动,快速制动及频繁的正反向控制。由于电动机与传动系统不直接连接,在启动或制动过程中,避免电动机出现过大的冲击电流。

2. 能使传动系统获得较高的起动力矩。电动机的起动力矩通常为额定力矩的 $1.5\sim 2$ 倍,在电磁离合器作传动系统的启动过程中,可利用电动机的惯性能量来增加起动力矩。一般可增加到电动机额定力矩的 $2.5\sim 3$ 倍。所以在传动系统的相同条件下,利用电磁离合器启动,能使电动机容量减小。

3. 除牙嵌式离合器外,其它型式的电磁离合器均可在较频繁地接合和脱开的场合下应用。

4. 利用电的控制方法,可调节电磁离合器的力矩上升时间,以实现传动系统的连续平滑启动。

5. 利用磁粉或转差式电磁离合器的力矩调节特性,可实现传动系统的精密调节。又可利用其力矩与滑差速度无关的特性,在机械装置中实现恒张力控制。

6. 能实现分支启动和多元化利用电动机的动力。

7. 与所传递的力矩相比,电磁离合器耗用的电能很小。

(二)提高传动系统的操作性能

1. 可实现集中控制与远距离操纵。

2. 能简化操作程序,减少操作时间。

3. 容易实现控制自动化。

(三)操作安全和具有过载保护

1. 减少误操作和误动作,提高操纵安全性。

2. 除牙嵌式离合器外,其它型式的电磁离合器均可起到过载保护作用。

(四)维护方便,控制简单

机械式、液压式、气动式离合器均需配备操纵杆、管路、阀门和测量仪表等辅助设备,而电磁离合器控制线路却很简单,维护也方便。特别是湿式电磁离合器在正常使用中,其寿命是半永久性的。

事物总是一分为二的。电磁离合器也有缺点:

1. 剩磁问题,严重影响离合器的动特性,使其力矩时间曲线上出现无响应区。尽管人们为消除电磁离合器剩磁作了不少努力,但仍不能满意的解决。

2. 电磁离合器属于磁性物件,在使用中有关部件被不同程度的磁化,吸引铁屑影响传动系统寿命和精度。

3. 在使用中电磁离合器的发热也是不可避免的,如果离合器在传动系统中的位置不当或散热不良,均能影响传动系统的精度。

第二节 电磁离合器的分类

电磁离合器分类比较复杂。但归纳起来可分为四种类型:一、摩擦片式电磁离合器;二、牙嵌式电磁离合器;三、磁粉式电磁离合器;四、转差式电磁离合器。

摩擦片式电磁离合器按不同情况分类为:

1. 根据使用条件可分为:湿式和干式。

湿式在使用时,用油来润滑摩擦片和进行冷却。

干式是在空气中使用,不加油,自冷。

2. 根据摩擦片在磁路情况,可分为在磁路内和在磁路

外。

摩擦片在磁路内，摩擦片本身是磁路的一部分，有磁力线通过。

摩擦片在磁路外，在摩擦片中没有磁力线通过。

3. 根据线圈供电方式，有线圈静止式和线圈回转式两种。

线圈静止式就是由馈线直接供电，没有集电环。线圈回转式则用电刷、集电环供电。

4. 根据摩擦面数目，有单片式和多片式。单片式只有一对摩擦片，多片式有两对以上的摩擦片。

5. 根据摩擦片的磨损调整方式，可分为自动调整式和人工调整式。自动调整式要有特殊的磨损自动调整机构；人工调整式则是在摩擦片达到某一磨损量时，需要人工进行调整摩擦片间的间隙。

牙嵌式电磁离合器，通常分为有滑环和无滑环两种。

磁粉式电磁离合器，根据供电方式、气隙型式和励磁线圈位置来分类。

1. 根据供电方式，磁粉式电磁离合器分成线圈回转和线圈静止两种。线圈静止的供电方式较简单，现在大多采用这种型式。

2. 根据气隙，有单隙式和复隙式两种。

单隙式结构简单。

复隙式磁粉离合器有双层磁粉气隙的结构，它相当于多片型摩擦离合器。复隙式特点：外型尺寸小，能获得较大的传递力矩；能使输出轴的惯性力矩设计得较小，从而提高离合器的反应速度。

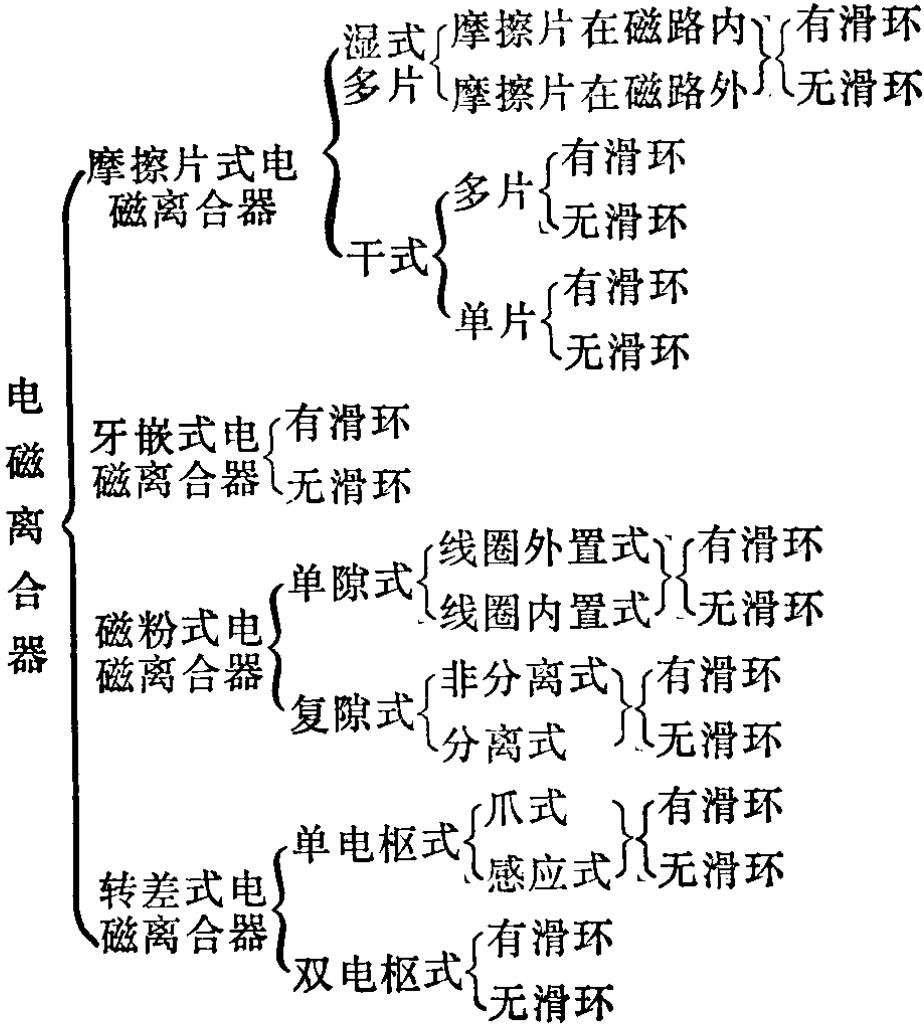
复隙式又可分为非分离复隙式和分离复隙式两种。

3. 根据线圈位置，有外置线圈、内置线圈和侧置线圈三种。

外置线圈是将励磁线圈装于外部，而磁粉气隙则在线圈的内侧。内置线圈几乎全是线圈回转型的。侧置线圈仅用于非分离复隙式结构中。

转差式电磁离合器有双电枢和单电枢之分。单电枢又分为爪式和感应式两种。馈电方式也分静止式和回转式。

根据以上所述，将电磁离合器分类列成下表：



第三节 各种类型的电磁离合器简介

一、各种电磁离合器的动作原理和有关参数

电磁离合器以下简称离合器。各种类型的离合器分述如下：

(一)有滑环摩擦片式电磁离合器

这种电磁离合器是应用最广的一种离合器，它应用在远距离自动控制的传动系统、随动系统和其它机械工作机构中。

1. DLMO 系列摩擦片式电磁离合器

这种离合器为湿式离合器，适用于对动作时间要求不高或不作要求的传动系统。

(1) 结构原理见图 1-1 所示。离合器磁轭上装有滑环，它由绝缘套筒与磁轭绝缘。在磁轭的环形槽中放置线圈，线圈的一个引出线焊在磁轭上，另一引出线焊在滑环上。电刷通过硬联结及螺栓，被固定在支件上。离合器的衔铁用阶梯销钉将外环和内环组成滑动配合，本结构保证了摩擦片组沿轴向尺寸的误差和环的相互位移。为了减少沿轴的漏磁通，用非磁性衬套把衔铁与轴隔开。衔铁位置由止推环来决定。在衔铁与磁轭间装有摩擦片组，摩擦片组由外摩擦片和内摩擦片组成，外摩擦片与联结相连接，内摩擦片通过本身的六个花键槽与轴相联。

当线圈激磁后，磁通沿摩擦片、气隙、衔铁形成一个闭合磁路。由于磁通产生的电磁吸力，使衔铁向磁轭移动，把摩擦片压紧在磁轭上，在内外摩擦片上产生了摩擦力矩，使被动部分旋转。

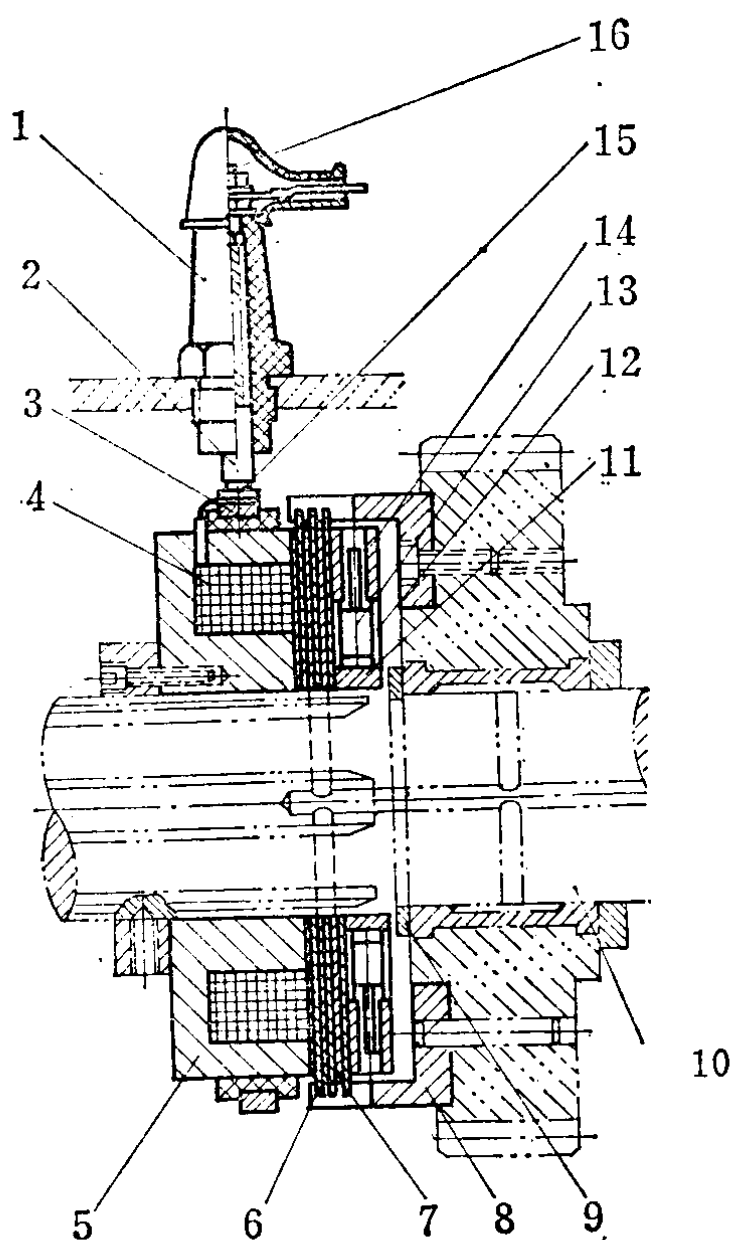


图1-1 DLMO 系列摩擦片式电磁离合器

1.支件；2.硬联结；3.滑环；4.线圈；5.磁轭；6.内摩擦片，
7.外摩擦片；8.联结；9.止推环；10.轴；11.衬套；12.内环，
13.阶形销；14.外环；15.电刷；16.螺栓

(2) 技术数据

离合器的技术数据见表 1-1 所示。本系列离合器按磁轭的内孔分为：光孔和花键孔。

表 1-1 DLMO 系列电磁离合器的技术数据

型 号	额定力矩 (公斤·米)		线 圈 参 数				摩 擦 片 允 许 最 速 (转/分)	摩 擦 片 允 许 最 大 相 矩 (公斤·米)	离 合 器 允 许 最 大 转 速 (转/分)
	动 力 矩 (不小于)	静 力 矩 (不小于)	电 压(直流) (伏)	消 耗 功 率 (瓦)	电 阻 (20℃) (欧姆)	导 线 直 径 (毫米)	匝 数 (匝)		
DLMO— ^{2.5} _{2.5A}	2.5	4	24	14	42~52.5	0.31	1150	0.02	3000
DLMO— ^{6.3} _{6.3A}	6.3	10	24	20	29.5~32.5	0.4	975	0.06	3000
DLMO— ¹⁶ _{16A}	16	24	24	26	24.7~27.3	0.5	1000	0.16	1500
DLMO— ⁴⁰ _{40A}	40	64	24	52	12.1~13.4	0.71	730	0.4	1500

注：A 表示磁轭内孔为光孔。