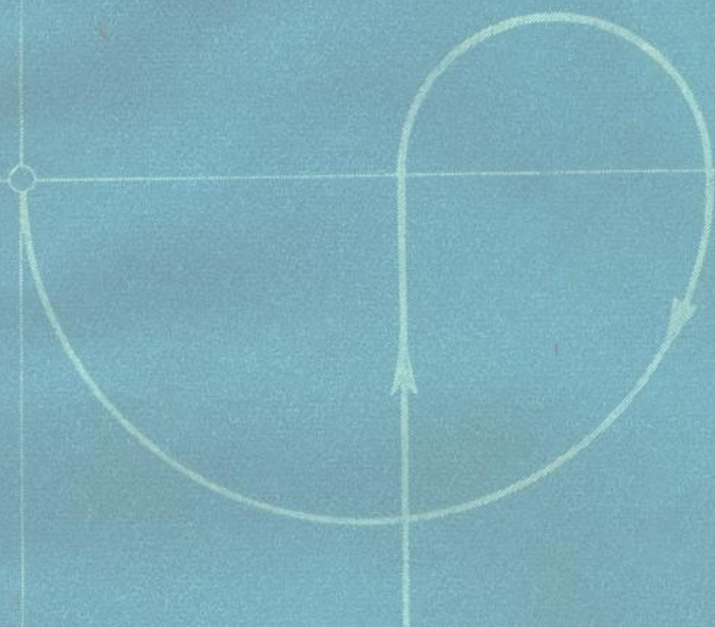


自动化丛书



# 电磁极化继电器与变换器

〔苏联〕И.Е. 吉卡勃隆 著 詹纪鸿 译

上海科学技术出版社

73.86  
205

自动化丛书

27

# 电磁极化继电器与变换器

〔苏联〕И. Е. 吉卡勃隆 著  
詹纪鸿 译 黄 崧 校

上海科学技术出版社

## 内 容 提 要

本书是“自动化丛书”之一。丛书内容包括自动学及远动学的理论,自动装置、元件和仪器的结构及应用等。丛书选题主要取自苏联及其他国家的有关资料,也包括国内编写的专题论著。本丛书由“自动化丛书编辑委员会”主编。

书中讨论极化系统的基本作用原理及其特性,介绍继电器与变换器的参数,以及应用极化继电器的线路数据和按给定条件进行选择的方法。

本书可供一般工程技术人员及非自动装置专业的大专学生参考。

### ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯРИЗОВАННЫЕ РЕЛЕ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

И. Е. Декабрун

Госэнергоиздат • 1959

自动化丛书(27)

### 电磁极化继电器与变换器

詹纪鸿 译 黄 滋 校

自动化丛书编辑委员会主编

---

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业许可证出033号

---

上海市印刷四厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本787×1092 1/32 印张3 24/32 排版字数81,000

1963年12月第1版 1963年12月第1次印刷 印数1—6,000

统一书号 15119·1764 定价(十二) 0.44 元

## 前 言

极化电磁器件目前在技术中应用甚广。其主要特点：可动部分移动的方向取决于工作绕组中电流的方向。同时，与一般非极化电磁器件相比，它具有高灵敏度和快速动作的突出优点。

极化磁系统在高灵敏度的快速继电器、机电式（振动式）变流器和驱动机构中均有应用。

在电报、通讯、共电、保护、遥控等许多电路中，都用到极化继电器。在各种自动化电路中应用尤为广泛。极化继电器在这些电路中，不仅起继电元件的作用，而且还要解决求和、放大、脉冲发生，甚至连续控制低功率可逆电动机等复杂的任务。

极化振动变流器用于直流放大器中，它可使放大器的灵敏阈达到  $10^{-15}$  安。

在低功率液动和气动驱动系统中，各种类型的挡板、阀门和伺服机构都可用极化电磁器件来驱动。

由于它有使磁路极化（磁化）的辅助能源（永久磁铁和电磁铁），因而具有极化系统的主要性能。

通过衔铁和导磁体的磁通（工作的和辅助的），彼此间发生作用并产生促使衔铁动作的合力或力矩。在这种情况下，改变工作绕组中的电流方向，就可使作用于衔铁上的力改变方向。衔铁及与其相联元件（极化继电器和振动变流器中的触点，挡板，机电式转换器中的活门）的移动部分是靠辅助极化能源来工作的，因此，其吸动所需的功率较非极化继电器要小。某些极化继电器的吸动功率约为 10 微瓦左右，磁动势约

为  $0.5 \sim 1$  安匝，而所設計起同样作用的非极化继电器，其最高灵敏度为 10 毫瓦，磁动势为  $25 \sim 30$  安匝，亦即要大几十倍。

在极化继电器中，由于灵敏度高，当繞組的时间常数比較小时，很容易获得高的儲备系数。再加上銜鉄很輕和工作行程短（空隙很小），这就使极化继电器的吸合时间远小于普通电磁继电器。某些极化继电器的吸合时间为  $1 \sim 2$  毫秒，而即使是快速非极化继电器也要  $5 \sim 10$  毫秒。

若增加极化继电器的工作能力，其外形尺寸不是按比例增加，而是增加很大，这是极化电磁器件的缺点。所以，它們多半是制成低功率的。

本书目的是向广大工程技术界介紹极化电磁器件及其在自动装置系統中应用的可能性。

书中討論极化器件的主要作用原理及其特性、現時本国<sup>①</sup>与外国出品的继电器与变换器，及其应用綫路和按給定条件进行选择的方法等。

---

① 指苏联。——譯注

# 目 录

前 言	
第1章 极化电磁系统的基本型式	1
第2章 极化电磁继电器	5
1. 极化继电器的分类	5
2. 极化继电器的基本参数	8
3. 极化继电器的基本结构及其特性	18
第3章 应用极化继电器的基本线路	61
4. 通讯、自动与远动装置线路中作为继电元件的极化继电器	61
5. 振动继电器放大器	65
6. 振动变流器(振动子)	81
第4章 极化电磁变换器	86
7. 角位移变换器	88
8. 线位移变换器	94
第5章 极化继电器和变换器的基本算式	97
参考文献	111

## 极化电磁系统的基本型式

极化系统有各种不同的种类，按其最主要的特征可以分类如下：

(1) 按辅助能源的种类分：(a)永久磁铁系统；(b)直流电磁系统。

(2) 按磁路分：(a)串联磁路系统；(b)差动磁路系统；(b)桥式磁路系统。

(3) 按衔铁极化方向分：(a)纵向极化系统；(b)横向极化系统。

(4) 按衔铁对磁极移动的性质分：(a)可变工作间隙系统；(b)不变工作间隙和可变极面系统。

应用永久磁铁系统作为辅助磁场，要比应用电磁铁更为广泛(虽然两者之间原理上无甚差别)。图 1 所示为实际上常用的两种系统。一种为永磁式，第二种为电磁式，两者完全相似。图 2 所示为工业中应用的各种永磁式极化电磁系统。所有这些系统，均可用电磁铁代替永久磁铁。图 2 中各线路的右方为相应系统的等效电路。

串联极化磁路是首先应用的极化电磁系统(优沙电磁铁，极化音响器及其他)。

极化永磁铁和工作绕组的磁通依次通过(包括衔铁在

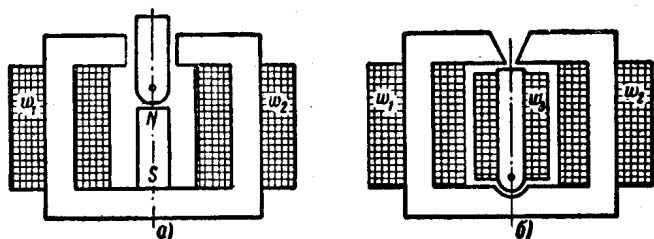


图1 差动极化系统

a—永磁式； b—电磁式

内)所有各磁路元件(图2中线路1)。当绕组中没有电流时,由于永久磁铁产生的磁力将衔铁吸在极面上。当电流流过绕组,且其方向是减弱永久磁铁磁通时,永久磁铁的吸力减小,而衔铁在弹簧作用下向上移。类似这种串联磁路的极化器件,由于体积笨重,目前几乎不用。

在差动极化磁路中发展了有两个对称磁回路的极化电磁系统。可动部分(衔铁)装在公共磁路上,并且对每边空隙间各别磁通所产生的吸力差发生作用。在图2线路3中,永久磁铁的磁通穿出衔铁,分为二路。当绕组内电流为零时,作用于衔铁上的力是每边空隙中由永久磁铁磁通所产生吸力的差。当衔铁处于中间位置时,两边空隙中的磁力相同,而作用于衔铁的总合力等于零。这样,当绕组接通电源时,一边空隙中的磁通方向与永久磁铁的磁通方向相同,而另一边则相反。因此,两边空隙中的吸力不等,两吸力的总和迫使衔铁移向磁极的一边。图2所示的其他差动极化系统的工作原理都相似。

在图2线路2和4的差动系统中,中间磁路(永久磁铁或电磁铁)上极化能源的磁通全部通过可动部分。装在磁路两侧支路中的极化能源的磁通,仅有部分通过可动部分。尤其现今用高磁阻合金制成的永磁极化系统中,更是如此。所以,



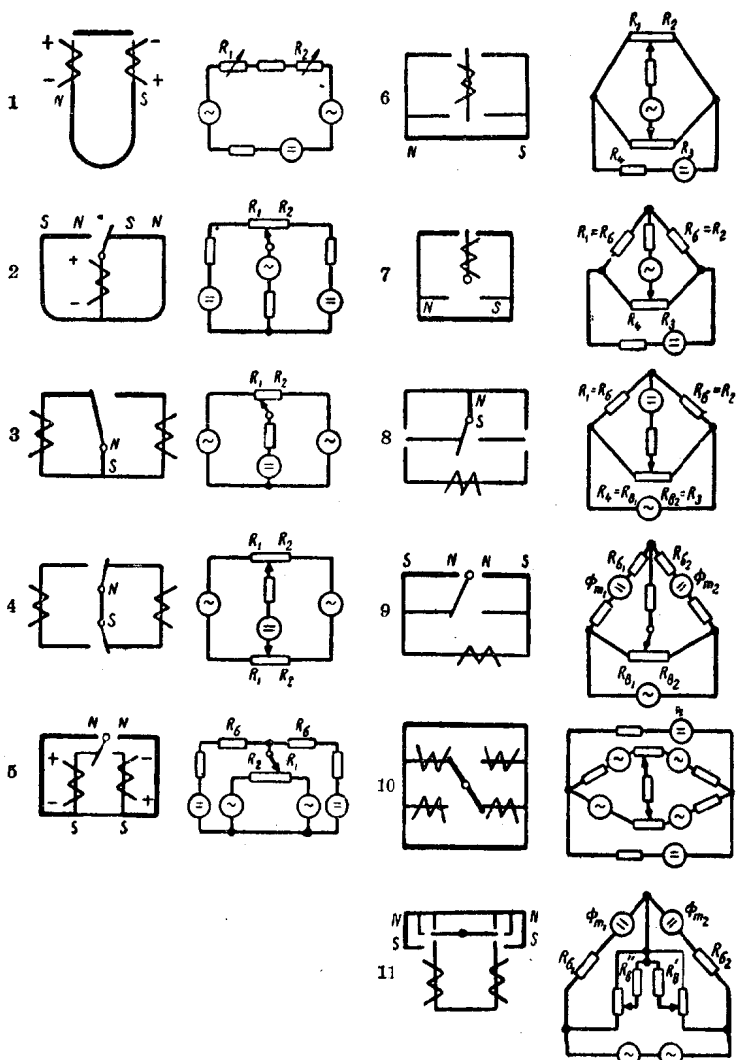


图2 极化电磁系统的基本型式及其磁路的等效电路

图2线路3和4的中間磁路上繞組的磁通，实际上沒有被分开，仅是越过空隙中銜鉄的末端。图2线路5是差动极化系統的一种发展型式，其中极化能源系配装在銜鉄內部支路上。在这种系統中，銜鉄的极化，不象上述系統中是纵向的，而是橫向极化，其极化磁通与工作磁通的磁路是分开的。因此，銜鉄的尺寸和重量更可减小。

目前所有出产的极化器件，几乎都采用桥式磁路，可动部分装在一个对角綫上。現在有各种不同的桥式极化綫路。它們的工作磁通与极化磁通的能源(由图2线路6~10可見)可以装在电桥綫路的对角綫上，也可以装在桥臂中。电桥可以是普通单路电桥(图2线路6~10)或双路电桥(图2线路11)。

桥式极化系統的动作原理与上述差动式相似。

桥式极化磁路比差动极化磁路有許多优点，因而在自动装置綫路中应用极为广泛。这些优点是：当所有其他的条件相同，它的外形尺寸很小，能耐震动(差动系統不可能采用平衡可动的系統而本质上不增加外形尺寸，因为在这种系統中，銜鉄的一端必須与公共磁路“相連”)，外磁場对整个系統工作的影响小以及温度参数的稳定性高。

在继电器結構中，一般采用当銜鉄移动时工作間隙可变的系統；而在振动子和某些变换器的結構中，采用間隙不变的系統。图1所示为这两种結構的系統，由于銜鉄移动的性质不同，吸力特性亦不相同。磁路可采用图2中的任何一种。

## 第 2 章

# 极化电磁继电器

极化电磁继电器有各种不同的用途,除在自动装置、遥控和通讯线路中作为一般继电器外,还能用作脉冲发生、直流转换为交流、求和、微分和讯号放大等等各种线路的元件。

### 1. 极化继电器的分类

按辅助能源种类和按磁路形式的分类,已在第一章中谈过。大多数继电器的结构都是按差动或桥式磁路设计的。这些磁路中均以永久磁铁作为产生极化磁通的辅助能源,并且只有一个换接触点;很少有两个或两个以上的触点。

极化继电器可按下列特征进一步分类:

- (1) 按控制绕组的数目分: (a) 单绕组; (b) 多绕组。
- (2) 按衔铁位置的数目分: (a) 无偏倚双位; (b) 偏倚双位; (b) 三位。
- (3) 接触点的数目分: (a) 单触点; (b) 双触点。
- (4) 按可动部分的平衡性分: (a) 平衡可动部分; (b) 不平衡可动部分。
- (5) 按阻尼的有无分: (a) 无机械阻尼; (b) 有机械阻尼。
- (6) 按衔铁固定的方法分: (a) 固定在轴上; (b) 固定在簧片吊架上。

正如以上分类中所述,极化继电器可制成二位和三位的,取决于衔铁有几个稳定位置。同样,双位继电器本身取决于触点对中点在位置上安装的情况,是单面还是双面调节的。在双面调节的情况下,触点对称安装于中点位置的两边(参阅图 3a),当工作绕组没有电流时,衔铁停留在它吸合时所占位置(在该触点)上。要使它从一个触点转向另一触点,就必须改变工作绕组的电流方向。两个方向的吸合电流是相同的。这种继电器也叫中位的或中位调节式的继电器。

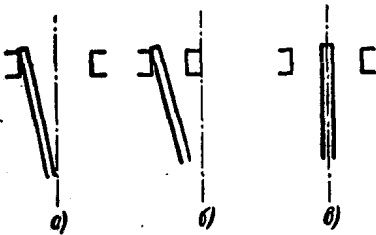


图 3 触点对中点的位置关系

在单面调节的继电器中,两触点安装在中点位置的一边(图 3b)。该继电器的衔铁,在工作绕组断电后始终是回复在一个触点上,即所谓静止触点(距中点位置较远的触点)上。

这种继电器,在工作绕组电流为一固定方向时吸动。这种继电器有时就称为偏倚式继电器。

继电器的衔铁,在工作绕组断电时停留在中间(中性)位置,并且与对称安装的任一触点不相接触(图 3c)。这种继电器称为三位式极化继电器。当电流在一个方向通过继电器绕组时,衔铁便相应偏动,并闭合—边触点(例如,右边);当电流方向改变,它就偏向另一边,闭合另一触点(左边)。两个方向的吸合电流,如双位继电器中一样,应该相同。

固定在衔铁(“舌片”)上的动触点,可以制成软硬两种。硬结构的动触点与固定触点相碰撞时发生跳动,并引起振幅逐渐衰减的振动。这种触点,闭合时带有长时的颤动,颤动时间取决于磁动势的强弱。软结构的动触点,能吸收衔铁移

动时所蓄的大部分动能。因而可大大降低触点的振动。图4所示为触点簧片彼此间(图4a)或触点簧片对止档(图4b)的扭曲和摩擦情形,这是实际上所采用的软结构动触点的不同方案。

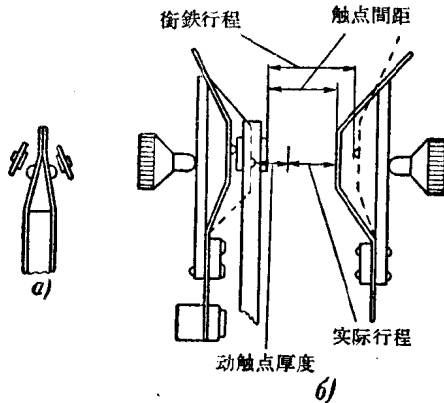


图4 衔铁阻尼振动的动触点结构

近些年来所设计的极化继电器,其衔铁是装在扭力或弯曲的簧片上。有时将它装在轴套或轴承中转动的小轴上。将衔铁装在轴上,在三位继电器中,必须要有产生恢复力的辅助弹簧(亦即多加了零件)。簧片吊架的安装方法,在双位和三位继电器中,结构相同,其间区别仅在于簧片的刚性。簧片吊架有三种基本型式(参阅图5a~c)。按照B. 3. 罗依静<sup>[4]</sup>的分析,一端固定的弯曲(图5a)和扭力(图5b和c)吊架簧片,若强度和刚性相等,它的外形尺寸远小于两端固定的弯曲簧片,同时在外加负荷影响下,变形亦较小。为提高扭力簧片特性的稳定,常采用附加张力。在三位继电器中,多半采用扭力吊架簧片。

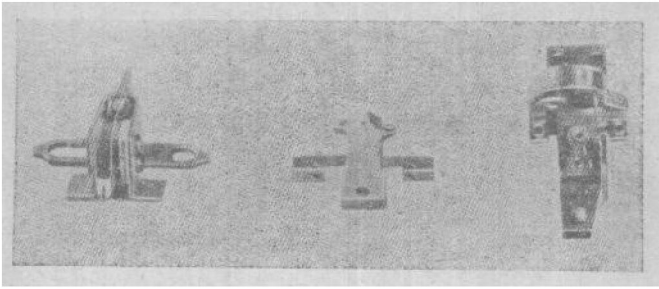


图5 衔铁簧片吊架的形式

## 2. 极化继电器的基本参数

极化继电器和任何继电器一样，一般由感受和执行部分组成，其中每一部分均有其本身的参数和特性。各种继电器通常都是以表示感受（输入）部分特性的参数作为其基本参数。继电器的吸合和释放参数及时间参数即属此类。吸合参数（灵敏度）取决于继电器吸合所需的功率或磁动势。决定继电器惯性的吸合时间，取决于所需吸合讯号送入激磁绕组时起至继电器吸合为止的时间间隔。

继电器的执行（输出）部分是以决定继电器动作可靠性和换流容量等参数来表示的，这些参数计有：保证换流电路可靠接通的触点压力，通过触点的额定电流和规定使用期限内的触点电压。

此外，往往必须知道，或者万一需要估计在外界条件（时间、温度、湿度、排列方位、装置地点的振动及继电器不同速度和加速度的运动）影响下，个别元件的特性改变时继电器参数的稳定性，以便于选用继电器。

除上述表征任何电磁继电器的参数外，还有专门在电报线路内用的极化继电器的许多参数，其中主要有：

(1) 继电器的失真——表示当 25 赫正弦交流通过继电器繞組时,由触点重现訊号的失真程度。

(2) 继电器的偏倚

$$n = \frac{t_1 - t_2}{T} 100\%$$

式中  $T$ ——供給继电器繞組的电流振蕩周期;

$t_1$  和  $t_2$ ——相应于銜鉄碰触左右触点的时间。

偏倚值通常是在继电器繞組中的电流二倍于所需电流时进行测量的。

(3) 最小訊号电流(或必需的激磁电流)——继电器失真不超过 5% 时的正弦电流最小值。

(4) 继电器的工作稳定性——繞組中的电流超过引起 5% 偏倚的电流二倍时,继电器工作的持續时间。

(5) 继电器的磁稳定性——能通过继电器繞組且不引起大于 5% 偏倚的直流最大值与最小訊号电流之比。

(6) 电稳定性——偏倚不大于 5% 时继电器触点間的最大距离。

(7) 銜鉄颤动的持續时间。

此外,还应指出,电报继电器的灵敏度,通常是取决于使继电器吸合时频率为交流 25 赫电流(或磁动势)的最小值。

这些参数在脉冲自动装置綫路中应用继电器时很有用。

### 继电器的吸合参数

双位和三位继电器的吸合参数,由于各种条件而各不相同。在双位继电器中,它由銜鉄开始移动时的电流  $I_{np}$  决定,这一电流亦即产生超过触点压力 ( $P_m - P_{np}$ ) 的力  $P_{p,m}$  (图 6a) 所需的电流(参阅第 5 章)。

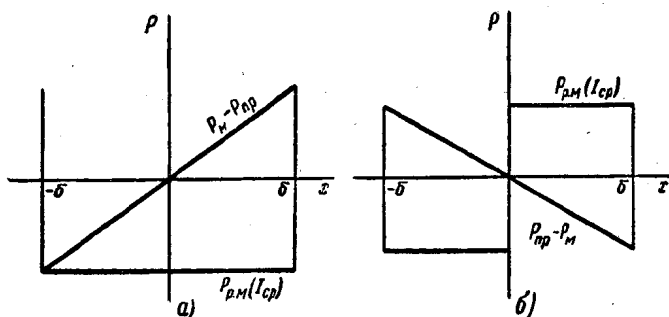


图6 各个分力与衔铁行程的关系

a—双位继电器； b—三位继电器

$$P_{p.m} \geq P_m - P_{np}$$

在三位继电器中，与双位继电器不同，吸合参数由吸合电流  $I_{cp}$  所决定。因为衔铁能到达极限位置并闭合触点（吸合），仅仅在闭合前的全行程内才符合条件  $P_{p.m} \geq P_{np} - P_m$ 。

这样，对于任何极化继电器的吸合条件将为

$$P_{p.m} \geq \pm (P_m - P_{np}) \quad (1)$$

式中，符号“+”是属双位继电器，而符号“-”属三位继电器。

如果从式(40)和(41)中代入  $P_{p.m}$  和  $P_m$  值而取代簧片的反作用力，其值

$$P_{np} = cx$$

式中， $c$  为簧片的刚性。那末，吸合磁化力可得下式

$$I_{w_{cp}} = \pm \frac{\delta x}{k_2} \left[ \frac{k_1}{\delta s} \Phi_m - \frac{c}{\Phi_m} \right] \quad (2)$$

由此得出，衔铁行程  $x$  愈小，继电器将愈灵敏。

### 极化继电器的吸合时间

极化继电器的吸合时间  $t_{cp}$  如同任何电磁继电器一样，由



两个分量組成，即

$$t_{cp} = t_{TP} + t_{DB} \quad (3)$$

式中  $t_{TP}$ ——繞組中电流增长到銜鉄开始移动时的电流  $i_{TP}$  所經的时间，一般称触动时间；

$t_{DB}$ ——銜鉄移动至触点闭合的时间。

如果在继电器接通时，由于无阻尼銜鉄的撞击而发生触点振动，則触点不能立刻可靠闭合，而使吸合时间中延长一个颤动时间  $t_{DP}$ ，亦即

$$t_{cp} = t_{TP} + t_{DB} + t_{DP} \quad (4)$$

触动时间可由电路方程式求得

$$L \frac{di}{dt} + Ri = E \quad (5)$$

式中  $L$ ——激磁繞組的电感；

$E$ ——电源电压，这里当  $L$  和  $R$  等于常数，同时初始条件  $t=0$ ； $i=0$

$$i = I_y (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (6)$$

式中  $I_y = \frac{E}{R}$ ——激磁繞組的电流稳定值；

$\tau = \frac{L}{R}$ ——激磁繞組的时间常数。

因此

$$t_{TP} = \tau \ln \frac{I_y}{I_y - i_{TP}} \quad (7)$$

在双位极化继电器中，触动电流等于吸合电流，它是由式(2)确定的。在式(7)中代入数值  $i_{TP} = i_{cp}$ ，便可求出銜鉄每一位置时继电器的  $t_{TP}$ 。

三位继电器的触动时间，通常等于零。因为作用于銜鉄的全部吸力的初始力矩，在中間(零)位置亦等于零。三位继