



图 4-57 3 相 18 槽 12 极绕组简图

4.3.6 电动自行车电机分数槽集中绕组的数据介绍

电动自行车电机分数槽集中绕组的数据见表 4-13。

表 4-13 电动自行车电机分数槽集中绕组的数据

型号	Z	2P	分区数	每相分区线圈个数	两槽间隔电夹角(°)
SWX260	54	60	6	3	200
SWX228	51	46	5	3.4	197.64

(续表)

型号	Z	2P	分区数	每相分区线圈个数	两槽间隔电夹角(°)
SWX280	63	56	7	3	160
SWX105	27	30	3	3	200
SWX120	12	8	4	1	120
SWX190	36	40	4	3	200
SWJ100	24	28	4	2	210
SWX173	36	40	4	3.333 3	162
SWXJ100	18	20	2	3	200
158	24	26	2	3	120

注：表中电机分区相线圈的个数都不大于 7。

4.4 霍尔元件的位置排放

霍尔元件是检测转子磁钢与定子相线圈相对位置的一种重要零件。只有霍尔元件准确检测到磁钢与定子线圈换向边的位置，发出信号使控制器对相应的电机相线圈电流进行换向，这样无刷电机才会正常运行，霍尔元件在电机中与线圈的相对位置非常重要。把霍尔元件放在相对线圈正确的位置是电机设计人员的基本技能，因此必须对霍尔元件位置的正确排放进行分析和研究，使霍尔元件的位置排放方便、准确。本书用一种实用的观点去看待霍尔元件的位置排放问题，与读者共同讨论。

4.4.1 电机线圈的同相位点

分数槽集中绕组无刷电机同相线圈有多处同相位点，如图 4-58 所示。



图 4-58 每相线圈的同相位点

如果电机的分区电机形式相同，那么各个分区电机各相相应点的相位是相同的。这对将来讨论霍尔元件放置是有帮助的。

4.4.2 分数槽集中绕组无刷电机线圈换向

电机的线圈在电机磁钢中运行时，可以把它看

作线圈在直线排列的磁钢中平行运行。首先对基本的通电导体在磁场中运行的情况进行分析。

1) 单根通电导体在磁场中的运行分析(图 4-59) 单根通电导体在两块并排磁钢的磁场中，要向同一个方向连续运动，那么通电导体在经过两块磁钢的分界线时导体中的通电方向必须改变，这样导体的运动方向才不会改变。两块磁钢的分界面，称为磁钢分界线。

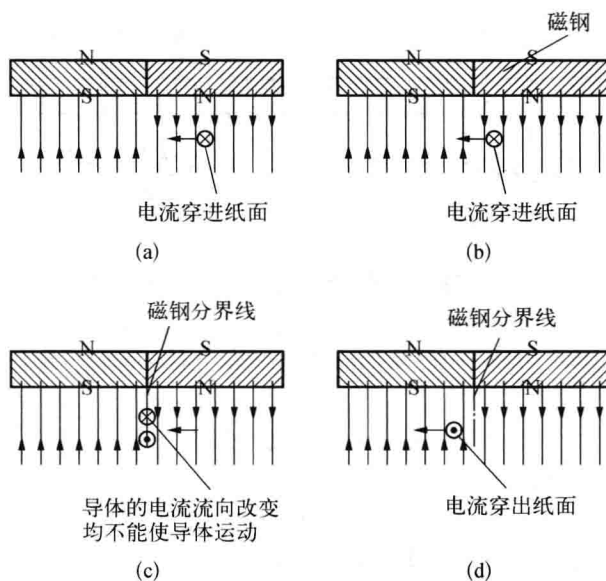


图 4-59 通电导体在磁场中的受力运动

(a) 导体电流穿进纸面，导体左移；(b) 导体电流穿进纸面，导体继续左移；(c) 导体在磁钢分界线，电流穿进或穿出纸面，导体不产生移动力；(d) 导体电流穿出纸面，导体继续左移

可以总结出:单根通电导体在相反磁场中要按一定方向运行,就必须在两块相反极性磁钢的磁钢分界线处进行通电换向。

2) 通电线圈在磁场中的运行分析 通电线圈在磁场中运行,基本分析原理与单根通电导体相同,但是线圈有两个通电有效边,线圈在同一磁场中电流方向是不同的。

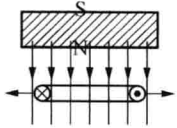


图 4-60 通电线圈在一个磁场中的受力情况

(1) 如图 4-60 所示,通电线圈左右边的电磁作用力是相反的,所以线圈不能产生水平移动的合力,因此线圈不能水平运行。

(2) 图 4-61 所示线圈节距 t 小于磁钢极距 τ ,通电线圈在两个不同磁极中,

线圈左右边的电磁作用力方向是相同的,能产生一个水平运行的合力,所以线圈能向一个方向移动。通电线圈节距小于极距在磁场中的情况如图 4-62 所示。

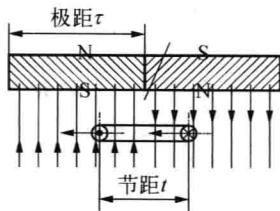


图 4-61 通电线圈在两个磁场中的受力情况

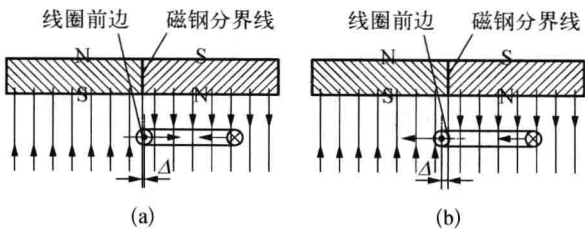


图 4-62 通电线圈节距小于极距在磁场中的情况

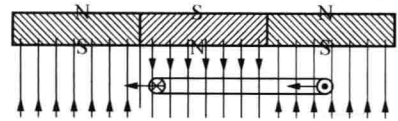
(a) 通电线圈在一个磁极中,线圈的左右边作用力相反,线圈不能移动;(b) 通电线圈在两个磁极中,线圈的左右边作用力相同,线圈左移

(3) 磁钢分界线是决定通电线圈在磁场中能否运动的分界线。

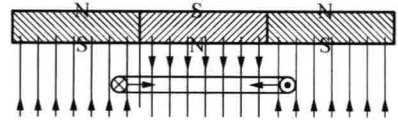
(4) 图 4-63 所示线圈节距 t 大于磁钢极距 τ 时,磁钢分界线仍是通电线圈换向的重要位置。

由以上分析可以知道:通电线圈的一条边经过两块磁钢的分界线,线圈内的电流必须换向,否则线圈不能按原运动方向运行。

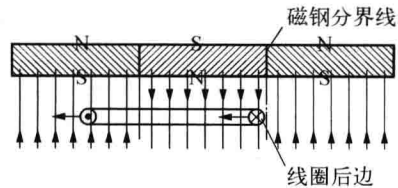
当线圈节距小于磁钢极距,线圈运行方向的前边作为线圈换向边与磁钢分界线重合时线圈电流必



(a)



(b)



(c)

图 4-63 通电线圈节距大于极距在磁场中的情况

(a) 通电线圈在两个磁极中,线圈左右边作用力相同,线圈向左移动;(b) 通电线圈在一个磁极中,线圈左右边作用力相反,线圈不能移动;(c) 线圈节距大于磁钢极距,线圈运行方向后边与磁钢分界线重合时是线圈换向标志

须换向。

当线圈节距大于磁钢极距,线圈运行方向的后边作为线圈换向边与磁钢分界线重合时线圈电流必须换向。

对无刷电机的换向各种著作上有各种看法,有各种论述,但是归根结底还是指出不同磁极两块磁钢的分界线是决定线圈通电或断电的分界线,而线圈的槽中心是安放霍尔元件的中心。

如果是 12 槽 8 极,那么线圈节距 ($t = \pi D / 12$) 小于磁钢极距 ($\tau = \pi D / 8$),则线圈运动方向前边作为线圈换向边,应该作为判别换向的标志,如图 4-64 所示。

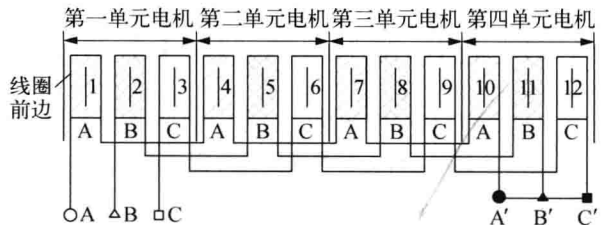


图 4-64 通电线圈前边示意

如果是 12 槽 16 极,那么线圈节距 ($t = \pi D / 12$) 大于磁钢极距 ($\tau = \pi D / 16$),则线圈运动方向后边作为线圈换向边,应该作为判别换向的标志,如图 4-65 所示。

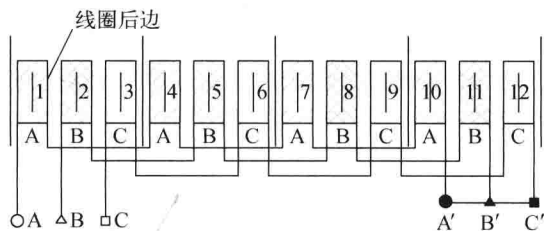


图 4-65 通电线圈后边示意

4.4.3 霍尔元件的放置位置与相线圈换向边的关系

无刷电机是靠控制器在适当时候给电机的相线圈通电,产生旋转磁场,使电机转子随旋转磁场而旋转。当霍尔元件在 N 极和 S 极时产生的电位是不同的,霍尔元件中心从磁钢的一个 N 极通过磁钢分界线进入另外一个 S 极时,就在通过磁钢分界线的“瞬间”,霍尔元件输出相反的电位,用这个电位去控制控制器的电路,使无刷电机通电线圈的通电方向改变,从而达到电机电子换向的目的。在换向时霍尔元件中心线与线圈换向边中心线的位置应该是重合的。

4.4.4 霍尔元件的分布和摆放

(1) 霍尔元件必须和每相的换向边相重合。图 4-66 中 $\Delta = 0$, 霍尔元件与每相换向边重合并放在槽中心。图中 A 相换向边与霍尔元件中心的距离 $\Delta = 0$, 但是在画绕组图时,为了各相绕组分辨清楚,才习惯画成图示形式。

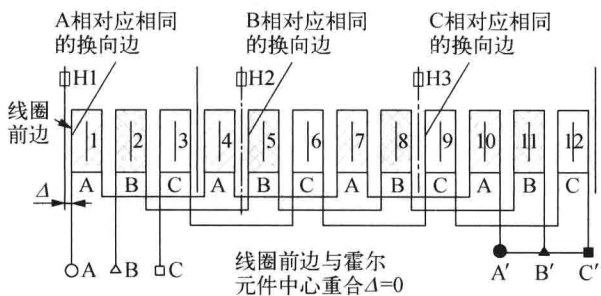


图 4-66 霍尔元件必须和每相换向边重合

可以把 A 相的霍尔元件放在不同换向边的位置,其换向的效果是一样的。但是三个霍尔元件应该相隔 120° 电夹角排列,如图 4-67 所示。

同理,B,C 相的霍尔元件也可以放在该相对应相同的换向边上,各相的霍尔元件相对位置有多种变化,但是它们之间的电夹角应该不变,如图 4-68 所示。

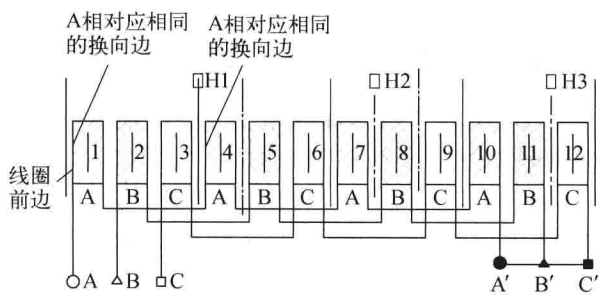


图 4-67 不同霍尔元件摆放位置一

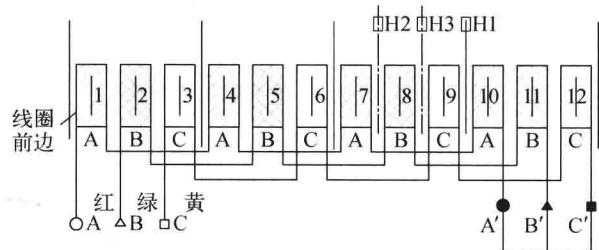
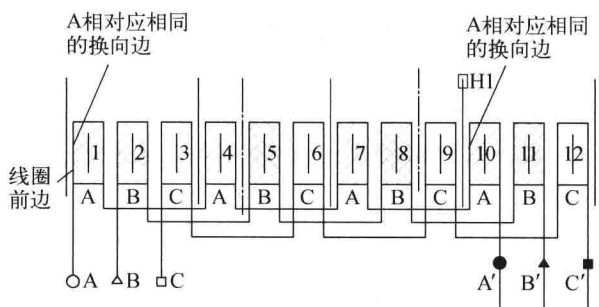


图 4-68 不同霍尔元件摆放位置二

(2) 在确保(1)的条件下,在电机圆周中,可以均匀地摆放霍尔元件。

(3) 在确保(1)的条件下,电机的分区中可以均匀地摆放霍尔元件。

(4) 霍尔元件之间的电夹角应和相电夹角相等。

多相分数槽集中绕组无刷电机每相线圈之间的电夹角 $\beta = 360^\circ/m$, 如三相分数槽集中绕组无刷电机线圈每相之间夹角 $\beta = 360^\circ/3 = 120^\circ$ 。因此该三相无刷电机的霍尔元件的整个分布上应该是机械夹角与电夹角相等,都是 120° 。这是霍尔元件最基本

的摆放。

4.4.5 霍尔元件分布摆放例证

参考文献[6]叶金虎《现代无刷直流永磁电动机的原理和设计》第29页例1.6:

例 1.6 三相 $m = 3$, 电枢槽数 $Z = 12$, 转子永磁体的磁极数 $2P = 8 (Z_0 = 3, P_0 = 1, t - 4)$ 的电机。

结论:

此情况下,三个霍尔元件应相邻间隔地被放置在电枢铁心的三个相邻的槽中心线上,或与其相对应的其他槽中心线上。

现在用绕组分区方法来画霍尔元件的摆放位置。

已知: $m = 3, Z = 12, 2P = 8$ 。

- (1) 该电机的分区数: $K = |12 - 8| = 4$ 。
- (2) 画出绕组简图,如图 4-69 所示。



图 4-69 3 相 12 槽 8 极绕组简图

- (3) 画出绕组排列接线图,如图 4-70 所示。

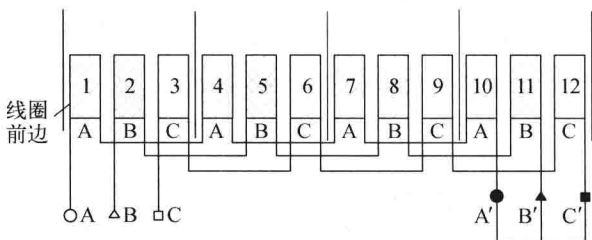


图 4-70 3 相 12 槽 8 极线圈排布

- (4) 在分区内放置霍尔元件,如图 4-71 所示。

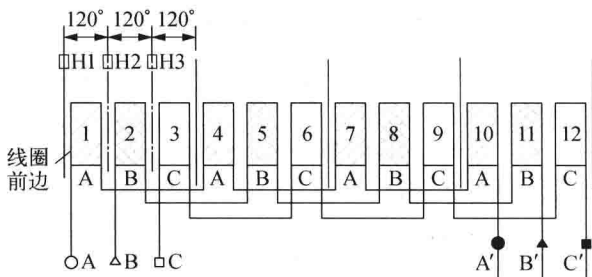


图 4-71 在分区内放置霍尔元件

实际该电机在一个分区中, A、B、C 三相每相只有一个线圈,参考文献[6]中介绍的就是把霍尔元件放在每相线圈槽中心线上。

用本书介绍的霍尔元件的排布方法与其他无刷

电机书籍中介绍的霍尔元件的排布方法进一步做对比。

用本章介绍的方法来画霍尔元件的摆放位置。

已知: $m = 3, Z = 9, 2P = 8$ 。

- (1) 该电机的分区数:

$$K = |9 - 8| = 1。$$

- (2) 画出绕组简图,如图 4-72 所示。

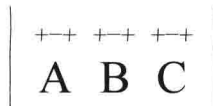


图 4-72 3 相 9 槽 8 极绕组简图

- (3) 画出电机绕组接线,并在每相区线圈第一个槽放相应霍尔元件,如图 4-73 所示。

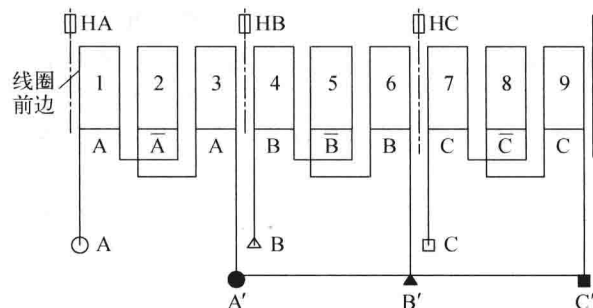


图 4-73 3 相 9 槽 8 极霍尔元件位置

霍尔元件放在相线圈换向边的槽中心,这个理念是不错的,是否可以把霍尔元件放在齿中心呢?当分区的槽数为奇数时,霍尔元件的位置就可以全部在齿中心。

如果分区槽为 3 个(奇数),在分区中,把霍尔元件 HA 放在 180° 电夹角的位置即 HA' (该位置又为电机 180° 机械夹角的位置),如图 4-74 所示。因为槽数是奇数,那么槽数一半的地方,即 180° 电夹角的位置必定是在齿中心,那么再以 HA' 为基准,再相隔 120° 电夹角,把 HB' 、 HC' 位置确定,那么三个霍尔元件全部都在齿中心了。但是,因为霍尔元件 180° 反向后,当霍尔元件遇到磁钢分界线时,通过相应的线圈电流相位与原来的电流相位相反。如果分区的槽

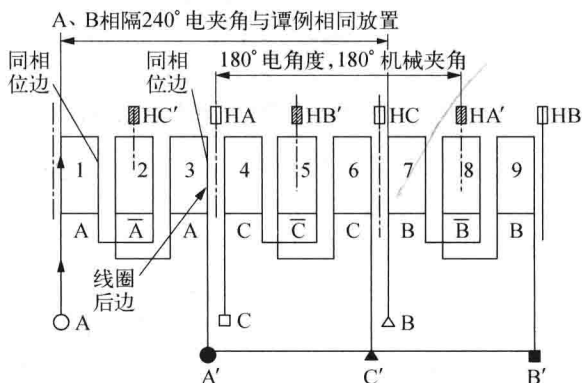


图 4-74 3 相 9 槽 10 极霍尔元件位置

数为偶数,那么霍尔元件均在槽中心。

因此上图还有一种霍尔元件的安放方法。因为分区相线圈个数是3,是单数,所以有这样的摆放:3相9槽10极(线圈节距 t 大于磁钢极距 τ ,用线圈后边换向),如图4-74所示。

如3相9槽8极(线圈节距 t 小于磁钢极距 τ ,用线圈前边换向),如图4-75所示。

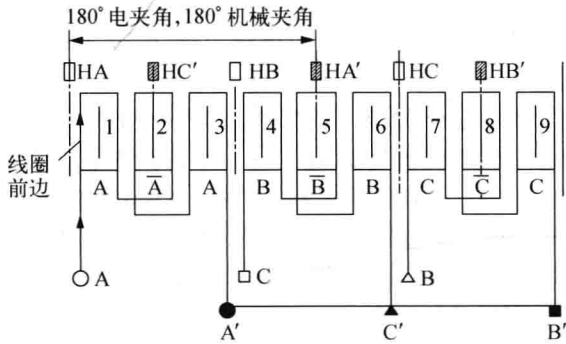


图4-75 3相9槽8极霍尔元件位置

这和参考文献[7]中第158页图7-6(图4-76)的摆放是完全相同的。

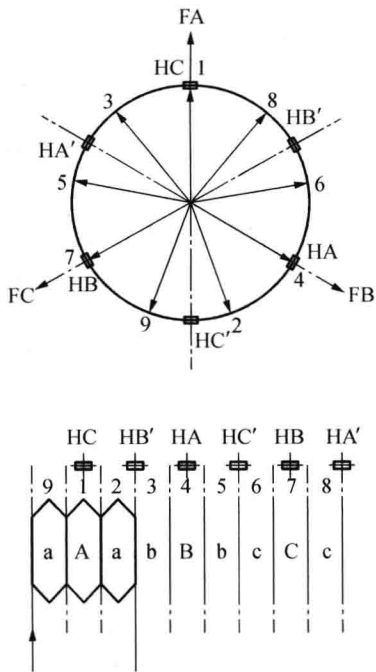


图4-76 参考文献[7]图7-6

以上说明了霍尔元件的放置应该与线圈的前边和后边有关,与线圈节距 t 和磁钢极距 τ 大小有关。

4.4.6 霍尔元件放置方法的小结

- (1) 霍尔元件最少个数和电机相数 m 相等。
- (2) 霍尔元件的电夹角与相线圈电夹角一般应

相同。

(3) 相霍尔元件要放在相换向起始线圈换向边的槽中心。

(4) 如果把霍尔元件均匀放在电机整个槽的360°圆周上,其他相霍尔元件与该元件电夹角和机械夹角相等,为 $360^\circ/m$ 。

(5) 如果把霍尔元件均匀放在电机一个分区的圆周上,则其他相霍尔元件与该元件的电夹角为 $360^\circ/mK$,如果把电机一个分区的圆周认为是 360° 电夹角,那么各个霍尔元件间的电夹角为 $360^\circ/m$ 。

(6) 分区的槽数是奇数的,霍尔元件可以放在齿中心,也可以放在槽中心。

(7) 如果分区槽数是奇数,要把霍尔元件都放在齿中心,那么,先把霍尔元件放在槽中心,再把三个霍尔元件在电机圆周的 180° 电夹角的位置定出即可。

(8) 分区的槽数是偶数的,霍尔元件一般放在槽中心。

(9) 在同一相中,霍尔元件可以移位到与该霍尔元件位置同相位的地方。

(10) 电机槽与槽之间电夹角为 120° 、 150° 、 160° 、 200° 、 210° 、 240° 时,电机霍尔元件放置位置可以在槽中心或齿中心,而且分区线圈数是整数。

4.4.7 特殊的分数槽集中绕组的霍尔元件排布法

例如:三相分数槽集中绕组 $m=3, Z=51, 2P=46$,其磁动势相量星形图和绕组部分展开图如图4-77所示。

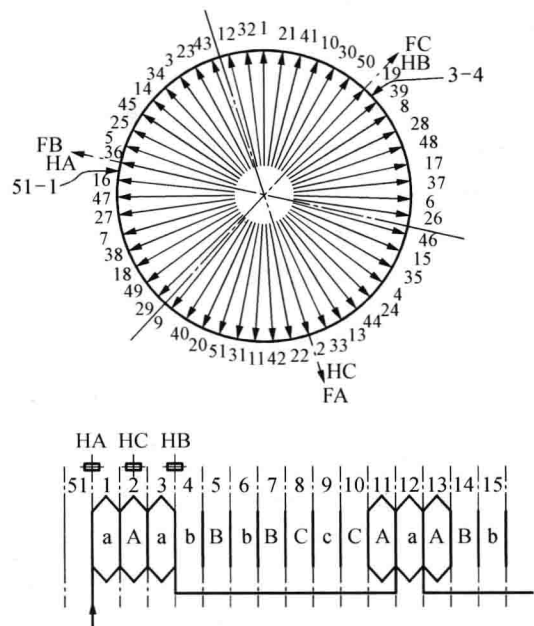


图4-77 参考文献[7]图7-9

以上常用的用相量星形图分析绕组排布,特别是在电机槽数较多时,分辨比较吃力,不直观。如果用分区的方法来放置霍尔元件,电机的绕组排列方法如下。

$$\text{三相分区: } K = |Z - 2P| = |51 - 2 \times 23| = 5$$

$$\text{每分区每相的线圈个数} = \frac{Z}{K \times 3} = \frac{51}{5 \times 3} = 3.4$$

$$\text{电机每相线圈个数} = \frac{Z}{m} = \frac{51}{3} = 17$$

$$\text{该两槽之间电夹角} = \frac{360^\circ \times (2P/2)}{Z} =$$

$$\frac{360^\circ \times 23}{51} = 162.35294^\circ$$

分析:该电机每相线圈是相等的,但是分区中,每相线圈的个数是不等的。建立电机的绕组分区如图4-78所示。



图 4-78 3相 51槽 46极绕组分区的建立

$$\text{每分区的槽数(即线圈个数): } N = \frac{51}{5} =$$

10.2个。

说明分区的电机线圈个数不是整数,但是分区的线圈个数必须为整数,因此调整各分区的线圈个数。

可采用以下方案:5个分区线圈的个数可以为11、10、10、10、10。

11个线圈可以分为4、3、4;10个线圈可以分为3、3、4、3、4、3、3、4、3、3。

考虑到电机的三相线圈必须相等,集中绕组为51个,一相绕组为 $51/3=17$ 个,因此排列为:

A相 4 3 3 3 4

B相 3 3 4 4 3

C相 4 4 3 3 3

228电动自行车电机线圈排布简图如图4-79所示。

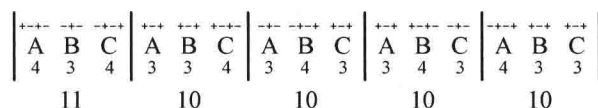


图 4-79 3相 51槽 46极绕组简图

这个电机51槽,5个三相分区,A、B、C三相有17个线圈,第一个三相分区为11槽,11个线圈,其余三相分区为10槽,各10个线圈。每个三相分区的三相线圈绕组个数和分布都不一样,如:

4、3、4、3、3、4、3、4、3、3、4、3、4、3、3

第一分区:有A、B、C三个相区。

A相区有4个相紧连的串联线圈,其接法为:十—十—。

B相区有3个相紧连的串联线圈,其接法为:—十—。

C相区有4个相紧连的串联线圈,其接法为:—十—。

(“+”为线圈顺时针绕制,“-”为线圈逆时针绕制)

由于是分数槽,每相分为若干个相区,各相之间相邻线圈的极性必须相反。考虑到电机是星形接法,因此A、B相是串联工作的,A相电流流向和B相电流流向正好相反,因此B相起头绕组必须和A相一相区最后一个绕组的方向相同。同理,C相起头绕组必须和B相一相区最后一个绕组的方向相同。

第二分区:都各有A、B、C三个相区。

A相区有3个相紧连的串联线圈,其接法为:十—十—。

B相区有3个相紧连的串联线圈,其接法为:—十—。

C相区有4个相紧连的串联线圈,其接法为:—十—。

第三、四、五分区见线圈绕组排布简图。

该两槽之间电夹角为 162.35294° ,因此不可能把霍尔元件绝对放在电机槽中心或齿中心。但是该电机与霍尔排列条件第(10)条相近:“电机槽与槽之间电夹角为 120° 、 150° 、 160° 、 200° 、 210° 、 240° 时,电机霍尔元件放置位置可以在槽中心或齿中心,而且分区线圈数是整数。”与 160° 电夹角相近,仅差 2.35294° ,所以可以用两槽电夹角 160° 方法来配置霍尔元件,如图4-80所示。

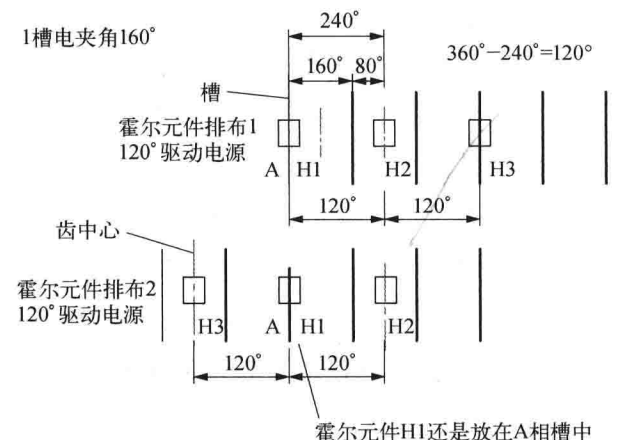


图 4-80 槽 160° 电夹角霍尔元件位置

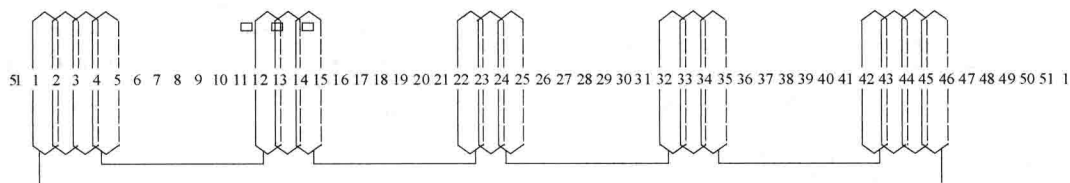


图 4-81 3相 51槽 46极绕组、霍尔元件排列

槽 160°电夹角霍尔元件的排列是齿—槽—齿，应该用 120°的驱动电源驱动。当然也可以用槽—齿—槽。

图 4-81 是一种 SWX228 电机霍尔元件“齿—槽—齿”排列的图，如果用霍尔元件“槽—齿—槽”排列，那么与图 4-77 完全相同。

应该说，这种方法比较简单、直观和全面。

4.4.8 绕组实用排列法画相关书籍中的霍尔元件排布

仍以参考文献[6]中例 1.6 为例，现在用本节介绍的方法来画霍尔元件的摆放位置。

已知： $m = 3, Z = 12, 2P = 8$ 。

- (1) 该电机的分区数： $K = |12 - 8| = 4$ 。
- (2) 画出绕组简图，如图 4-69 所示。
- (3) 在一个分区中均匀安放霍尔元件，如图 4-82 所示。

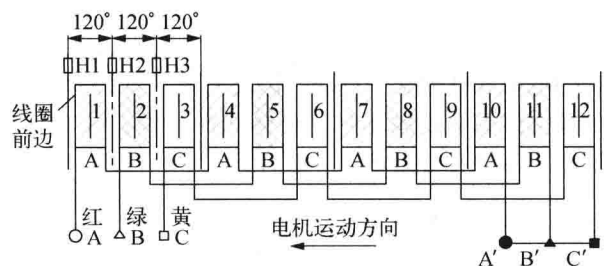


图 4-82 一个分区中均匀安放霍尔元件

实际该电机在一个分区中，A、B、C 三相，每相只有一个线圈，该书介绍的就是把霍尔元件放在每相线圈槽中心线上。

例 4-3 已知： $m = 3, Z = 6, 2P = 4$ 。

- (1) 该电机的分区数： $K = |6 - 4| = 2$ 。
- (2) 画出绕组简图，如图 4-83 所示。



图 4-83 绕组简图

- (3) 画出电机绕组接线，并在每相区线圈第一

个槽放相应霍尔元件，该电机节距小于极距，所以霍尔元件应该放在线圈前边，如图 4-84 所示。

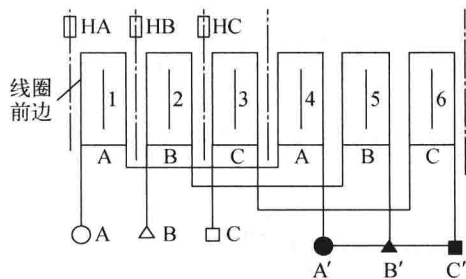


图 4-84 电机绕组中均匀安放霍尔元件

例 4-4 已知： $m = 3, Z = 9, 2P = 10$ 。

因为节距大于极距，霍尔元件放置应该把线圈运行方向后边作为线圈换向边，如图 4-85 所示。

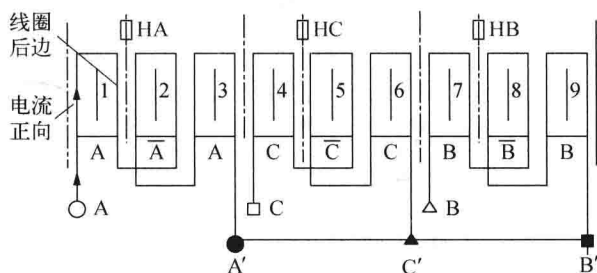


图 4-85 霍尔元件放在线圈运行方向后边

在电机分区中的相线圈具有同相位的线圈边，霍尔元件可以移动到其他同相位的位置上，其换向效果完全相同，如图 4-86 所示。

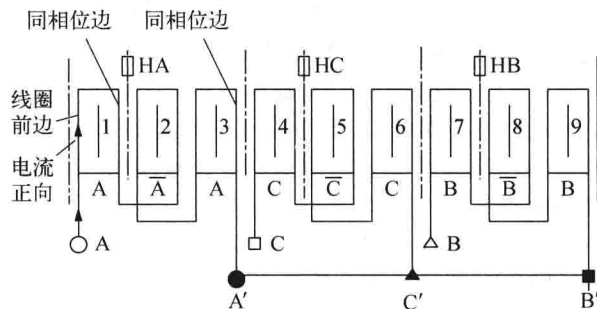


图 4-86 绕组同相位边霍尔元件放置

霍尔元件同相位移后的配置图如图 4-87 所示。

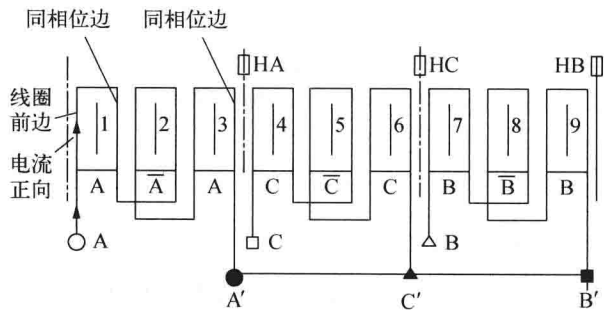


图 4-87 绕组同相位边霍尔元件移位

这与参考文献[7]中第 158 页图 7-5 介绍的 HA'、HC'、HB' 摆放是完全一样的,如图 4-88 所示。

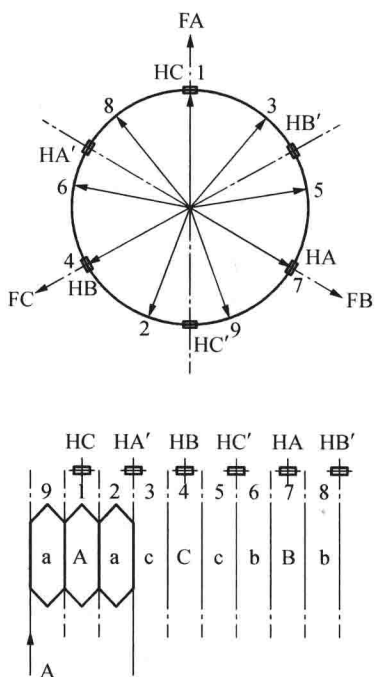


图 4-88 参考文献[7]图 7-5

4.4.9 通电线圈在电机磁场中的换向

现在分析通电旋转线圈在圆形磁场中运行情况。通电旋转线圈不管线圈节距大于或小于磁钢极距,其产生的磁场和磁极的磁场会相互吸引和排斥,这样就会使线圈旋转,要使线圈以线圈旋转轴心旋转,那么当线圈中心和磁钢中心重合时,通电线圈必须换向。

从这个观点看,只有在图 4-89b 所示状态,线圈进行换向才是正确的换向。这时换向,霍尔元件中心应该与磁钢的磁钢分界线重合,如果线圈节距等于磁钢极距,那么线圈导线中心应该与磁钢分界线重合,如果线圈节距大于或小于磁钢极距,那么磁钢中心与线圈中心重合。实际上不管线圈是短节

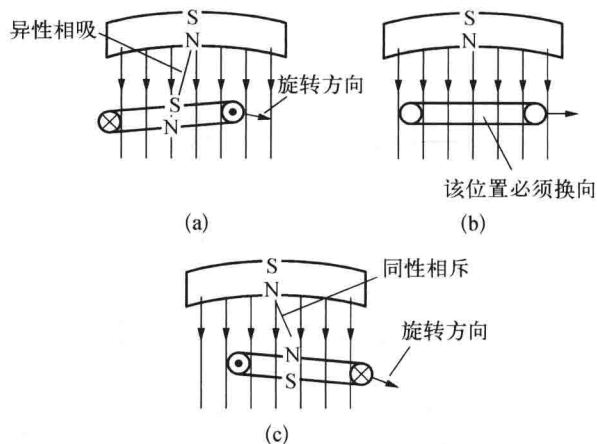


图 4-89 通电线圈在电机磁场中的换向

距、长节距或全节距,在理论上,线圈换向最佳位置是磁钢中心与线圈中心重合的位置,而霍尔元件的位置应该是霍尔元件的中心线与线圈换向导体中心重合的位置。因此电机线圈只有全节距时霍尔元件中心才与磁钢分界线重合。线圈不是全节距时,霍尔元件中心不与磁钢分界线重合,两者相差一段距离。

一般要求霍尔元件中心与线圈换向边导线中心重合,位置固定,那么当运动的磁钢的磁钢分界线与霍尔元件中心线以及线圈换向边导线中心线重合时,无刷电机就进行电子换向。

在图 4-90 所示状态,不管线圈往左或往右运动,都是在这一时刻进行换向。所以电机正转和反转的电流和性能是一样的。因此需要正反转的电机的换向线圈和换向霍尔元件的换向位置必须满足:换向线圈中心与磁钢中心重合。

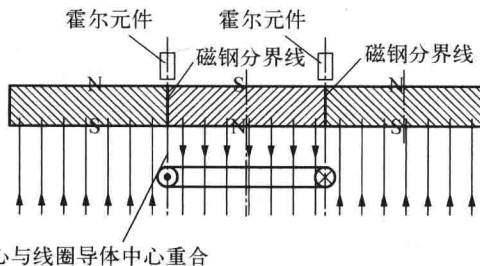


图 4-90 磁钢、线圈和霍尔元件换向最佳位置

但可以看到这时霍尔元件的中心与换向线圈换向边放在电机槽中心是不相重合的。

如图 4-91 所示,若要使短距线圈的电机正反方向运行性能一样,那么换向霍尔元件的位置不可能在槽里,霍尔元件与槽的位置相距 $|\tau - t| / 2$,只有 $\tau = t$ 时霍尔元件中心和磁钢中心相重合,但是在分数槽集中绕组的无刷电机中, $\tau \neq t$,因此霍尔元件放在槽中的电机其正反方向运转的性能是有些

差别的。应该说,电机只要一个方向运行,那么换向霍尔元件放在槽里,对电机运行性能更好。从另外一个角度看, $|\tau - t|/2$ 的数值越小越好。

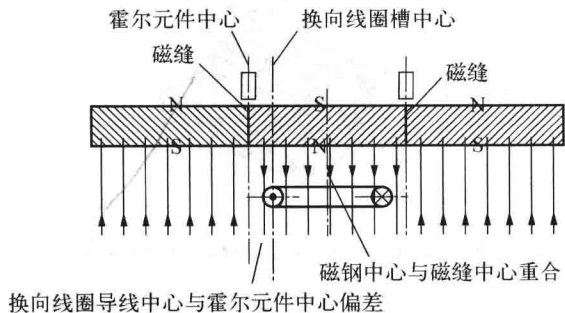


图 4-91 短距线圈的理想换向位置

$$\tau = \frac{\pi D}{p} \quad (4-5)$$

$$t = \frac{\pi D}{Z} \quad (4-6)$$

$$\begin{aligned} \left| \frac{\tau - t}{2} \right| &= \left| \frac{1}{2}(\tau - t) \right| = \left| \frac{\pi D}{2} \left(\frac{1}{P_0 K} - \frac{1}{Z_0 K} \right) \right| \\ &= \left| \frac{\pi D}{2K} \left(\frac{Z_0 - P_0}{Z_0 P_0} \right) \right| \end{aligned} \quad (4-7)$$

因为在分区中, $|Z_0 - P_0| = 1$, 所以

$$\left| \frac{\tau - t}{2} \right| = \frac{\pi D}{2KZ_0 P_0} \quad (4-8)$$

式中 K ——电机分区数;
 Z_0 ——分区槽数;
 P_0 ——分区磁钢数。

从式(4-8)看,增加分区数 K 、分区槽数 Z_0 和分区磁钢数 P_0 对电机运行性能是有好处的,因此许多无刷电机都会采用多槽数、多磁钢数和多分区数的分数槽集中绕组的形式。

4.4.10 霍尔元件放在齿上和槽内的问题

从式(4-8)看,要使无刷电机正反转运行性能相差小,那么必须使分区数、分区槽数、分区磁钢数多才行。因此有些无刷电机的分区数较多,分区中的槽数和磁钢数也较多,这样霍尔元件放在槽内或齿中心,电机性能也不会差到哪儿去。一般电动自行车电机的分区数较多,分区中的槽数和磁钢数也多,也有这样的原因。

从上面的分析看,要使电机正反转运行的性能一致,磁钢中心与线圈中心重合时,霍尔元件的中心线应该与两块磁钢的中心线重合。即霍尔元件与线

圈换向边的距离相差 $|\tau - t|/2$ 。如果分区中的磁钢数和线圈个数比较少,要达到电机正反转运行性能一致,霍尔元件会偏离槽中心或者齿中心,如图 4-92 所示。

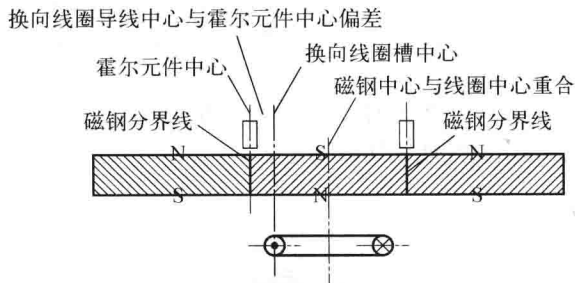


图 4-92 换向线圈导线中心与霍尔元件中心线的偏差

在有些槽数和磁钢数比较多的分数槽集中绕组的功率不大的电机中,电机的槽口是比较窄的,齿顶宽也是比较窄的,霍尔元件稍有偏离槽或齿中心线,会导致霍尔元件的安放困难。图 4-93 所示是某一电动自行车 51 槽 44 极的冲片和计算的霍尔元件一种理论放置,把霍尔元件安放在齿上位置的缺口上,霍尔元件的安放缺口会使齿断了。

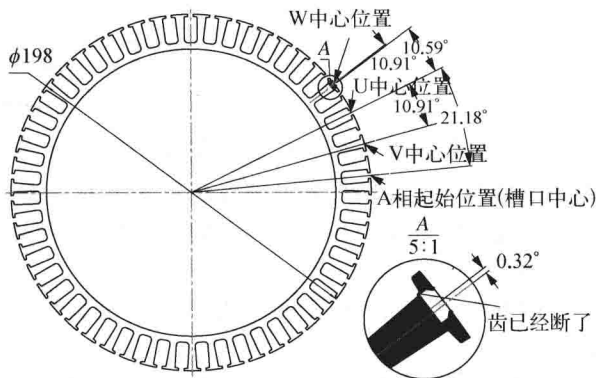


图 4-93 一种霍尔元件中心偏离槽中心的冲片

从图 4-93 看,霍尔元件中心与槽中心仅差 0.32° ,从实用设计看,应该讲这些误差对电机性能的影响不会很大。如果要把霍尔元件放在齿上,那么设计电机冲片时,不是齿越多越好,应该考虑到电机冲片的齿顶宽要大于霍尔元件的宽度。

霍尔元件是一种磁控元件,在磁场中的霍尔元件,有时磁场的变化足以使霍尔元件动作,如果霍尔元件放在齿上,电机齿磁场的变化与磁钢运动时的变化相互作用,使霍尔元件承受的磁场不是非常理想,这样会影响霍尔元件的控制,即会影响电机的工作。霍尔元件放在槽内也一样,如果霍尔元件放在槽内不是在槽中心,而且又放斜了,那么电机换向不正常的事会经常发生。用磁环或其他传感器的方法

是解决霍尔元件放在定子槽内或齿上会受到磁干扰较好的方法之一,但是成本会相应提高,工艺也相对复杂。

综上所述,霍尔元件不管放在槽中心或者齿中心,其电机的正反方向运行的性能不可能一致。如果要使电机正反方向运行性能一致,那么只有把磁钢拉长,有意使霍尔元件远离电机定子,如图4-94所示,这样霍尔元件受定子齿磁通密度变化的影响就小,电机性能就比较稳定。

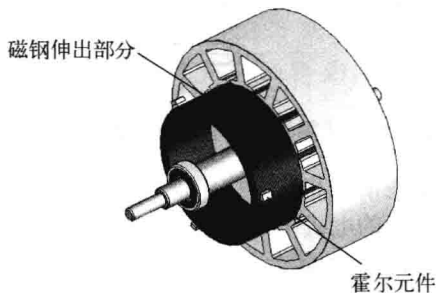


图4-94 拉长磁钢使霍尔元件远离定子

也可以用加相位控制元件(如最简单地用后轴加小磁环加霍尔元件)的方法来解决磁干扰的问题,

如图4-95所示。

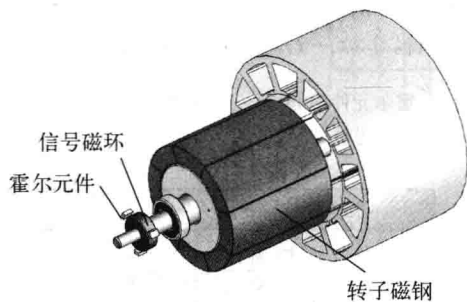


图4-95 具有转子位置定位磁环的无刷电机结构

把转子磁钢加长一些,让霍尔元件鉴别转子位置,这样的结构也比较简单。一般民用无刷电机,如电动自行车电机都是把霍尔元件直接放在槽里或齿上,这样结构简单,霍尔元件定位和放置就非常方便,但是如车用电机,许多电机是加位置传感器的,简单的是用磁环,高级一些的是用旋转变压器或编码器。并且要对其进行调试后电机运行才能达到良好的工作状态。有些无刷电机把霍尔元件放在磁钢端面位置,这种方法的换向效果不太理想。

4.5 无刷电机的正反转

无刷电机的电源通过控制器接通无刷电机,使无刷电机朝一个方向运转。朝电机轴伸方向观看,电机轴是顺时针方向转动称为正转,逆时针方向转动称为反转。

以下两种情况,无刷电机需考虑电机转向的调整:

(1) 如果无刷电机转动后,发现应该是正转的,但是实际电机反转了,那么必须调整电机的转向。

(2) 如果无刷电机的工作状态就是在一定状态和时间内要正转,在另一状态和时间内要反转,那么必须按照电机工作状态和时间来控制电机的正确转向。

在一般直流电机运行过程中,改变磁场方向或电枢电压的极性,均可改变电机转向。直流无刷电机的磁通由永久磁铁产生,无法改变方向,又由于半导体的单向导电性,电源电压反接很不方便。因此在这种情况下,一般都通过控制定子绕组的换相次序来改变电机转动方向。

4.5.1 电机正反转的概念

永磁直流电机的正反转非常容易,只要把电机

的两根电源进线对调一下即可,但是无刷电机正反转就不是那么容易。因为电机的线圈进线有三根,加上三个霍尔元件的两根电源线、三根信号控制线,那么加起来一共是八根线。要使无刷电机实现转向转换,必须确定:电机A、B、C三相的颜色为蓝、绿、黄,相对应的霍尔元件的颜色是蓝、绿、黄。根据QB/T 2946—2008《电动自行车用电动机及控制器》中关于引线的定义,无刷电机相线和霍尔元件颜色表示规定见表4-14。

表4-14 无刷电机相线和霍尔元件颜色表示规定

电机相线	颜色	霍尔元件	颜色
A	蓝	A	蓝
B	绿	B	绿
C	黄	C	黄

再确定霍尔元件受磁场影响的输出状态。霍尔元件电源和输出接线如图4-96所示。

这样定义霍尔元件的信号输出如图4-97所示。

所以可以画出电机转向分析图,图4-98所示为外转子无刷电机运行分析图。