

西南交通大学电机系编

直流牵引电动机的 原理、设计及试验

人 民 铁 道 出 版 社

直流牵引电动机的 原理、设计及试验

西南交通大学电机系 编

人 民 铁 道 出 版 社

1977年·北京

内 容 简 介

本书共分十章，内容包括直流牵引电动机的基本结构、工作原理、绕组、磁路、换向、运行特性、发热和通风冷却、设计原理和试验方法以及脉流牵引电动机的工作特点。

适于牵引电动机制造、检修和设计部门的工人、技术人员参考，亦可供有关专业工农兵学员学习之用。

直流牵引电动机的原理、设计及试验

西南交通大学电机系 编

人民铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 14.5 插页: 1 字数: 355千

1977年8月 第1版

1977年2月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—7,000 册 定价(科二): 1.05 元

毛主席语录

阶级斗争是纲，其余都是目。

要把一个落后的农业的中国改变成为一个先进的工业化的中国，我们面前的工作是很艰苦的，我们的经验是很不够的。因此，必须善于学习。

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。这就是马克思主义的认识论，就是辩证唯物论的认识论。

前 言

用来驱动铁路机车车辆或公路车辆的电动机，通常称之为牵引电动机。

牵引电动机有许多种类型，诸如直流牵引电动机，脉流牵引电动机，交流异步牵引电动机，交流同步牵引电动机及单相整流子牵引电动机等。目前，电传动机车仍广泛应用直流串激牵引电动机，因为它有起动性能好，调速范围广，过载能力强，功率利用好以及控制简单、操作方便等优点，恰好满足机车牵引所提出的要求。由交流电网供电的所谓交-直流电力机车，其牵引电动机是在脉动电压下工作，这种牵引电动机一般称为脉流牵引电动机。由于它在脉动电压下工作，其电流的脉动成分较大，将对电机的换向和发热产生不利的影响。在设计、制造中对这些问题将专门予以考虑。但就其实质来说，它与直流牵引电动机基本上是相同的。

在直流电动机这一大的系列中，牵引电动机被列为一个单独的类别，因为牵引方面要求它有某些特殊的设计概念和结构型式。

随着我国社会主义革命和建设事业的迅速发展，在毛主席无产阶级革命路线的指引下，我国铁路牵引动力的改革出现了一派大好形势，相应地牵引电机制造工业也有了巨大的发展。尤其是在伟大的无产阶级文化大革命当中，我国牵引电机制造战线上的广大职工自力更生、奋发图强，设计制造了多种性能良好、指标先进的牵引电动机。为配合这种大好的发展形势，我们编写了“直流牵引电动机的原理、设计及试验”一书。本书从原理、设计和试验方面对直流牵引电动机作了较系统的介绍，叙述了脉流牵引电动机的有关特殊问题，并介绍了部分牵引电动机的有关参数。

在本书编写过程中，田心机车车辆工厂、株洲电力机车研究所、永济电机厂、南口机车车辆机械工厂、张店电机厂等单位都给我们以很大帮助，并对编写大纲及初稿提出了不少宝贵意见，在此谨致谢忱。

由于我们的水平所限，书中错误与不当之处在所难免，欢迎同志们批评指正。

编 者

1976.7.10

目 录

第一章 直流牵引电动机的结构	1
§ 1—1 直流牵引电动机的基本结构.....	1
§ 1—2 牵引电动机的传动和悬挂.....	9
§ 1—3 牵引电机的绝缘及绝缘结构.....	11
§ 1—4 牵引电动机的额定数据.....	14
第二章 直流电机的基本知识	18
§ 2—1 直流电机的工作原理.....	18
§ 2—2 直流电机的感应电势、电磁力矩及电磁功率.....	20
§ 2—3 直流电机的损耗和效率.....	25
§ 2—4 直流电机的激磁方式.....	26
§ 2—5 直流发电机的自激条件.....	27
§ 2—6 直流发电机的外特性.....	29
§ 2—7 直流电动机的起动.....	32
§ 2—8 直流电动机的调速.....	34
§ 2—9 直流电动机的速率特性和力矩特性.....	37
第三章 电枢绕组	39
§ 3—1 概述.....	39
§ 3—2 电枢绕组的基本特点.....	40
§ 3—3 单迭绕组.....	41
§ 3—4 复迭绕组.....	43
§ 3—5 单波绕组.....	45
§ 3—6 复波绕组.....	47
§ 3—7 均压线.....	49
§ 3—8 蛙形绕组.....	51
§ 3—9 各种绕组的比较和选择.....	54
第四章 直流电机的空载磁场和电枢反应	56
§ 4—1 直流电机的主磁通与漏磁通.....	56
§ 4—2 磁路计算的基本原理.....	57
§ 4—3 气隙磁场和气隙磁势.....	58
§ 4—4 齿磁势的计算及磁路计算应用的单位.....	60
§ 4—5 电机的磁化曲线及其测定.....	64
§ 4—6 电枢反应——电枢磁场对主磁场的影响.....	65
第五章 直流牵引电动机的换向	71
§ 5—1 火花现象.....	71

§ 5—2	换向过程的基本概念	72
§ 5—3	产生火花的电磁原因	73
§ 5—4	产生火花的机械原因	78
§ 5—5	改善换向的方法	79
§ 5—6	换向器滑动面的薄膜	82
§ 5—7	换向器上的环火	83
§ 5—8	防止环火的措施	86
§ 5—9	电抗电势的计算	88
第六章	牵引电动机的特性分析	93
§ 6—1	牵引电动机的工作特性	93
§ 6—2	各种激磁方式直流牵引电动机特性的分析	97
§ 6—3	牵引电动机的磁场削弱	100
§ 6—4	机车及牵引电动机主要调节参数的选择	104
第七章	脉流牵引电动机	108
§ 7—1	脉流牵引电动机的电磁特点	108
§ 7—2	脉流牵引电动机的换向问题	111
§ 7—3	改善脉流牵引电动机换向的方法	114
§ 7—4	脉流牵引电动机的电位特性	117
§ 7—5	脉流牵引电动机的发热	118
第八章	牵引电动机发热和通风冷却	121
§ 8—1	电机的温升及温升测量	121
§ 8—2	发热过程的分析	122
§ 8—3	电机中的传热	124
§ 8—4	稳定温升的计算	127
§ 8—5	牵引电动机的通风方式	128
§ 8—6	牵引电动机的通风结构	130
§ 8—7	牵引电动机的通风计算	131
第九章	牵引电动机的试验	136
§ 9—1	牵引电动机的试验内容	136
§ 9—2	直流牵引电动机的试验线路	139
§ 9—3	牵引电动机的特性试验	145
§ 9—4	无火花换向区域及换向极补偿特性的测定	148
§ 9—5	温升试验	151
§ 9—6	通风试验	154
§ 9—7	脉流牵引电动机的试验	158
第十章	直流牵引电动机的设计	162
§ 10—1	机车运行对牵引电动机的要求	162
§ 10—2	牵引电动机额定容量及转速与基本尺寸的关系	162
§ 10—3	设计的原始数据及电压和极数的选择	164
§ 10—4	主要尺寸及传动参数的决定	166

§ 10—5	电枢有效层计算.....	172
§ 10—6	磁路计算.....	182
§ 10—7	补偿绕组的计算.....	190
§ 10—8	换向计算.....	191
§ 10—9	损耗及效率计算.....	206
§ 10—10	特性曲线的计算与绘制.....	208
§ 10—11	通风及发热计算.....	212
附表1.	扁线的标称尺寸及计算截面.....	213
附表2.	D ₂₂ 硅钢片磁化特性表.....	216
附表3.	厚度为1~1.5毫米钢板的磁化特性表.....	217
附表4.	铸钢 (ZG25) 的磁化特性表.....	218
附表5.	电刷技术性能及工作条件.....	218
附表6.	电刷的尺寸.....	219
附表7.	部分牵引电动机的技术数据.....	221

第一章 直流牵引电动机的结构

直流牵引电动机的工作原理和普通直流电动机是一致的，其基本结构和普通直流电动机也是相似的，但由于牵引电动机工作条件特殊，因此，牵引电动机的结构具有许多特点。

牵引电动机工作条件的特点是：

(1) 牵引电动机是悬挂在机车转向架上，并借传动装置驱动机车前进，因此牵引电动机在结构上必须考虑传动和悬挂两方面的问题；

(2) 牵引电动机安装空间的尺寸受到很大限制，其轴向尺寸受到轨距限制，径向尺寸受动轮直径限制，故要求牵引电动机结构必须紧凑，为此，牵引电动机都采用较高等级的绝缘材料和性能较好的导磁材料；

(3) 机车运行时，线路对机车的一切动力影响都传给牵引电动机，使牵引电动机承受很大的冲击和振动。动力作用除造成电动机换向恶化外，易使电动机的零部件损坏。因此，要求牵引电动机的零部件必须具备较高的机械强度；

(4) 牵引电动机的使用环境恶劣，它挂在车体下面，很容易受潮、受污，经常受到温度、湿度变化的影响。因此，牵引电动机的绝缘材料和绝缘结构应具有较好的防尘、防潮能力，并要求牵引电动机有良好的通风散热条件；

(5) 牵引电动机的换向条件比普通直流电动机要困难得多。除机械动力方面的影响外，牵引电动机需经常起动、过载、制动以及在磁场削弱条件下运行，这些情况都会使牵引电动机换向器上产生火花甚至形成环火。因此，牵引电动机在结构和设计方面，必须对换向问题给予特别注意；

(6) 在脉动电压下工作的牵引电动机，由于其发热和换向比直流供电下更为困难。因此，脉流牵引电动机的结构选择，还必须考虑上述方面的特殊问题。

本章在讨论直流牵引电动机结构原理的同时，着重介绍它的结构特点，并对牵引电动机的绝缘材料和绝缘结构作了一定的介绍，以建立起必要的感性认识。

§ 1—1 直流牵引电动机的基本结构

直流牵引电动机主要由静止的定子和旋转的电枢(转子)两大部分组成。定子的作用是产生磁场、提供磁路和作为电机的机械支撑，它由主磁极、换向极、机座、端盖及轴承等部件组成。电枢是用来产生感应电势和电磁力矩而实现能量转换的主要部件，它的组成部分有：电枢铁芯、电枢绕组、换向器和转轴等。电枢通过轴承与定子保持相对位置，使两者之间有一个空气隙。此外，直流牵引电动机还有一套电刷装置，电刷和换向器接触，使电枢电路和外电路相连。

图 1—1 和图 1—2 表示了直流电机结构原理示意图。图 1—3 画出了 ZQ650-1 型脉流牵引电动机结构纵剖面图。

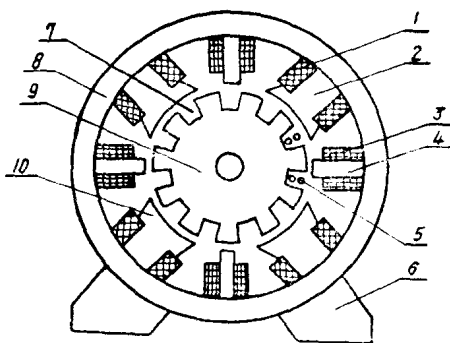


图 1—1 直流电机剖面示意图

1——主极线圈；2——主磁极；3——换向极线圈；4——换向极；5——电枢绕组；6——底脚；7——电枢槽；8——机座（磁轭）；9——电枢铁芯；10——极靴

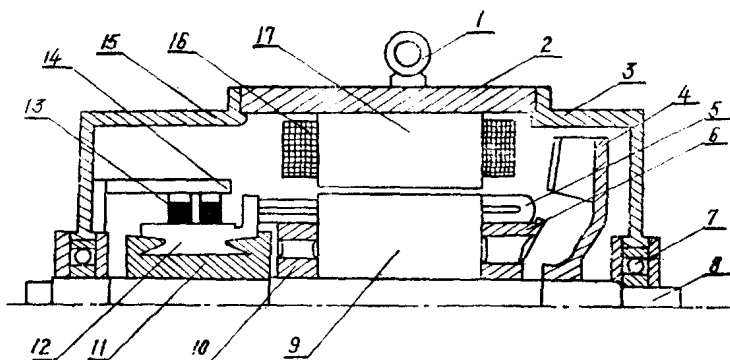


图 1—2 直流电机结构剖面图

1——吊环；2——机座；3——端盖；4——风扇；5——电枢绕组；6——后压圈；7——轴承；8——轴；9——电枢铁芯；10——前压圈；11——换向器压圈；12——换向器；13——电刷；14——刷握装置；15——前端盖；16——主极线圈；17——主极铁芯

下面分别介绍直流牵引电动机几个主要部件的构造和作用。

一、机 座

牵引电动机机座兼起机械支撑和导磁磁路两种作用。它既用来作为安装电机所有零件的外壳，又是联系各磁极的导磁铁轭。机座一般由铸钢制成，以保证良好的导磁性能和机械性能。现代脉流牵引电动机，为了改善脉动电流供电下电机的换向，有时也采用迭片磁轭式机座。

牵引电动机机座有圆形和方型两种。对于抱轴式悬挂的（参看 § 1—2）四极电机通常采用方形机座，这种结构可以合理的布置磁极，能较好地利用机车车架下部的空间，但加工工艺比较复杂。对于六极或极数更多的牵引电动机，采用圆形机座比较合理，虽然圆形机座的空间利用率不如方形机座，但从减轻重量和简化工艺等方面考虑，圆形机座有较多的优点。架承式独立悬挂（参见 § 1—2）和容量较小的牵引电动机通常都采用圆形机座。

图1—4表示了ZQDR-410牵引电动机机座剖面图。机座一侧有悬挂鼻子3,用来将电机安装在机车转向架上;另一侧有抱轴轴承座6,以便把电机抱挂在机车动轮上。图中1和2为安装主极和换向极的凸缘。

机座两端装有端盖,靠换向器端为前端盖,另一端为后端盖,前后端盖都装有轴承,电动机转轴就装在两个轴承内。

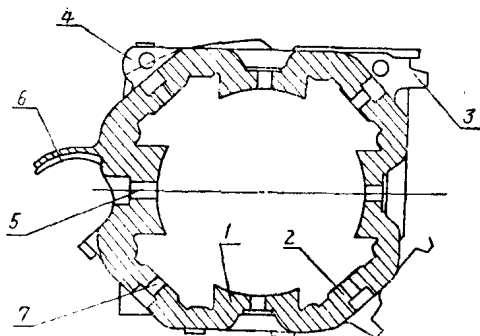


图1—4 牵引电动机机座剖面图

1——主极凸缘；2——换向极凸缘；3——悬挂鼻子；4——吊耳；5——主极螺栓孔；6——抱轴轴承座；7——换向极螺栓孔

二、主 磁 极

主磁极简称主极,包括主极铁芯和激磁线圈,它是用来产生主磁场的。图1—5画出了ZQDR-410牵引电动机主极结构及其安装情况。

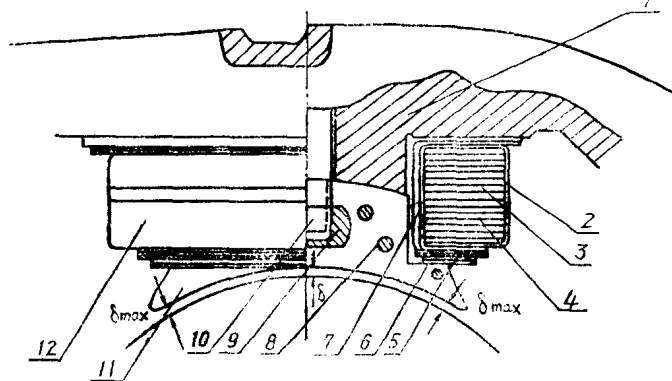


图1—5 主极结构装配简图

1——机座；2——主极线圈外包绝缘；3——主极线圈；4——匝间绝缘；5——法兰；6——衬垫；7——外包绝缘；8——铆钉；9——钢杆；10——磁极螺栓；11——极靴；12——主极线圈

为了降低电枢旋转时齿和槽相对磁场移动引起的磁场脉动在极靴表面的涡流损耗,主极铁芯通常用厚1~1.5毫米钢板迭成,铁芯两端用几片钢板焊成的端板压紧,并用铆钉铆紧。主极铁芯较窄的部分称为极芯,以便有足够空间安放线圈,扩大的部分称为极靴,其形状决定了主磁通和感应电势在空间的分布波形。

在牵引电动机中,主极下的圆弧面与电枢表面之间的气隙是不均匀的,在主极中心处气隙最小,在极尖

处气隙最大,其目的是为了获得较好的换向条件。

主极铁芯是用螺栓10固定到机座上的,螺栓拧在预先埋在主极极芯中的磁极拉杆9上。固定螺栓不仅承受主极(包括磁极线圈)的重量,而且还要承受电机运行时产生的单边磁拉力和振动引起的惯性力,所以磁极螺栓一般都是用优质钢做成的。

为了抵消电枢反应的影响,减少电机的环火故障,有些牵引电动机安装了补偿绕组。这时主极极靴部分带有齿槽结构,补偿绕组嵌放在极靴表面的槽中,并用特制的槽楔将其固定。有补偿绕组的主极装配图示于图1—6。

主极线圈的作用是用以通过直流电流而建立主磁场。在牵引电动机中,主极线圈大都用扁铜线绕制而成,线圈的绕法有平绕和扁绕两种。平绕又称宽边绕法,其特点是绕制方法简单适用于多层多匝线圈,由于这种结构能分层绕制,有利于线圈在机座内布置,使得空间利用较好。平绕线圈如图1—7所示。扁绕也称窄边绕法,如图1—8所示。这种绕法的特点在于线圈结构紧密,在机械方面比较稳定,而且散热较好,同时,这种绕法可以在专门设备上进行,工艺也比较简单。扁绕主要用于牵引电动机换向极线圈中。在功率较大的牵引电动

机中，为了改善线圈的散热条件，主极线圈也采用扁绕结构。

主极线圈绝缘结构如图 1—7 所示。在 ZQ650-1 牵引电动机中，主极线圈匝间用橡胶石棉纸绝缘，整个线圈用粉云母带包扎几次作为对地绝缘，然后用玻璃丝带包扎一次作为外包绝缘。

对于主极线圈的要求，除了结构紧密和空间利用较好之外，还应做到绝缘可靠、散热容易以及具有较高的机械强度。

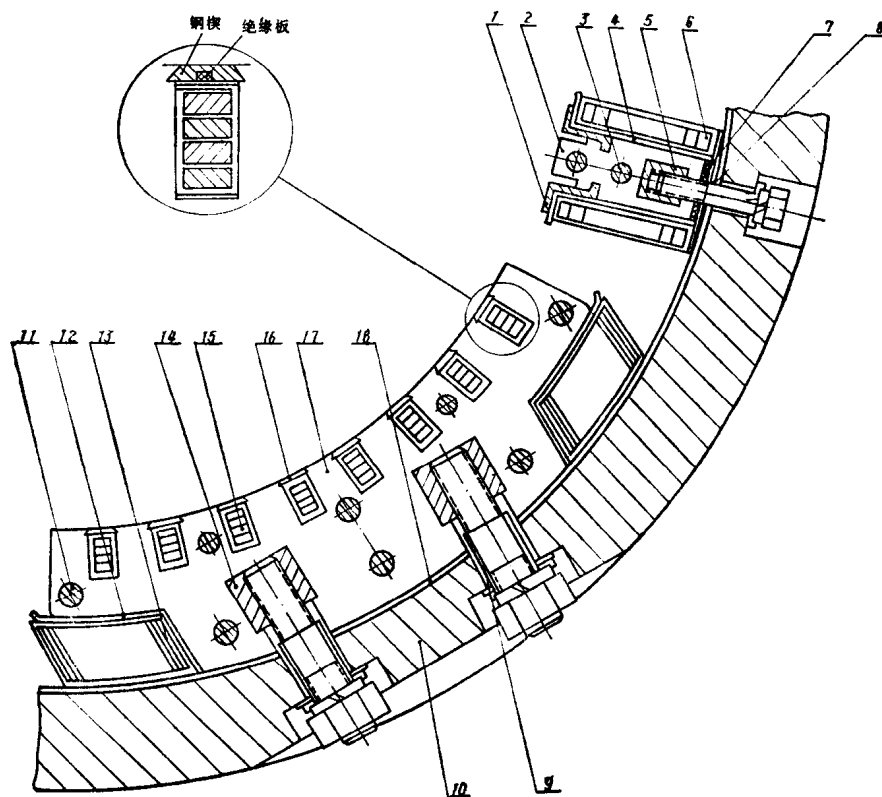


图 1—6 有补偿绕组的主极结构装配图

1——支撑；2——换向极铁芯；3——铆钉；4——法兰；5——钢杆；6——换向极线圈；7——第二气隙绝缘垫片；8——垫片；9——绝缘套管；10——机座；11——铆钉；12——法兰；13——主极线圈；14——钢杆；15——补偿绕组；16——槽楔；17——主极铁芯；18——磁桥垫片

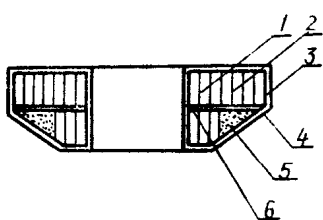
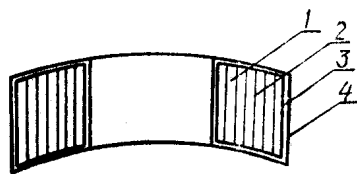


图 1—7 用平绕法的线圈

1——线圈；2——匝间绝缘；3——对地绝缘；4——外包绝缘；5——填充材料；6——层间绝缘

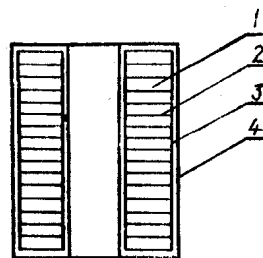


图 1—8 用扁绕法的线圈

1——线圈；2——匝间绝缘；3——对地绝缘；4——外包绝缘

三、换 向 极

换向极又称附加极，它的作用是产生换向磁场用来改善电机的换向（改善电机换向的原

理在第五章中详细介绍)。换向极结构及其安装情况如图 1—9 所示。

换向极由换向极铁芯 4 和换向极线圈 6 组成。极芯的结构比较简单,其截面通常为矩形或 T 型形状。由于换向极极芯磁通密度较低,并且形状简单,所以极芯通常用整体锻钢制成,如图 1—10 所示。

在脉流牵引电动机中,为了减少换向极磁路的涡流和由此引起的对电机换向的影响,有时也采用由电工钢片迭成的换向极结构,如图 1—11 所示。

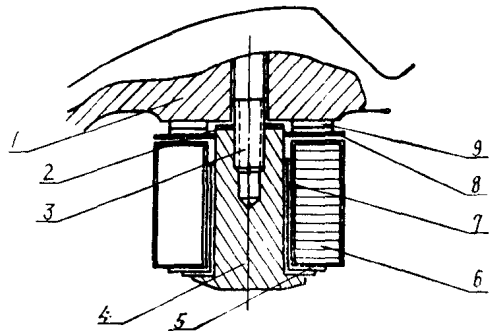


图 1—9 换向极结构简图

- 1 — 机座; 2 — 第二气隙; 3 — 换向极螺钉;
4 — 换向极铁芯; 5 — 外包绝缘; 6 — 换向极线圈;
7 — 绕组支架; 8 — 第二气隙绝缘垫片;
9 — 垫片

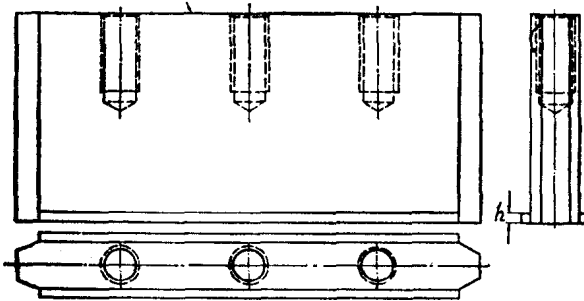


图 1—10 换向极极芯图

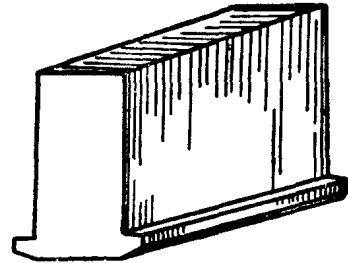


图 1—11 迭片换向极

换向极极靴形状和尺寸是由电机换向要求决定的,它的形状决定了换向极磁场的波形,对电机换向性能影响很大。

在牵引电动机中,为了减小换向极的漏磁,以改善电机的换向性能,往往需要在换向极极芯和机座之间增加一个气隙,称为第二气隙。气隙中垫入非磁性材料(黄铜片或层压布板)做的垫片,调整垫片片数,既可调节第二气隙的大小,以达到调整电机换向性能的目的。换向极极靴表面与电枢圆周表面之间的空气隙为换向极气隙,又称第一气隙。

换向极线圈一般都用扁铜线扁绕制成,线圈的匝间、对地及外包绝缘和主极线圈绝缘结构相同。

四、电枢铁芯

电枢铁芯是电动机磁路的一部分,也是承受电磁力作用的部件。在铁芯圆周上均匀开有槽,槽内嵌装电枢绕组,电枢的转矩是由载流的电枢绕组与主磁场相互作用而产生的。

当电枢在磁场中旋转时,在电枢铁芯中将产生涡流和磁滞损耗。为了减小这些损耗的影响,电枢铁芯通常由 0.5 毫米厚的彼此用漆膜绝缘的硅钢片迭成。图 1—12 是牵引电动机电枢冲片的一种结构形式。电枢冲片应首先冲好槽、轴孔和通风孔。在牵引电动机中,槽子的形状总是做成开口的矩形,这样可以将预先成型的电枢线圈很方便的嵌入槽中。通风孔构成了电枢铁芯内部的轴向通风沟,使铁芯内部能通过足够的风量,以达到良好的散热作用。

电枢铁芯是采用静配合装配在电机转轴上,为了防止铁芯端部的冲片边缘松散,铁芯两端各有一块较厚的电枢端板,它是用数块 1 毫米厚的钢板点焊而成的。

装在电枢铁芯两端的压圈8和23（见图1—3），一方面作为电枢绕组的支架，同时把铁芯冲片压紧，使冲片保持固定的压力，在换向器一端的称为换向器套筒，在换向器相反一端的称为电枢后压圈，它们都是用优质钢铸成的，并用静配合装在电枢转轴上。

五、电枢绕组

电枢线圈嵌放在电枢铁芯的槽中，电枢线圈按一定的规律和换向器连接起来就构成电枢绕组。

电枢绕组由许多绕组元件组成。绕组元件是指从一个换向片开始到所连接的另一个换向片为止的那一部分导线，它是电枢绕组的一个最基本单元，故称为绕组元件。绕组元件有单匝元件和多匝元件之分。在牵引电动机中，通常都采用单匝式绕组元件，绕组元件由扁铜线制成。为了制造方便，总是将几个元件包扎在一起嵌在同一槽中，这就叫做电枢线圈。电枢线圈在嵌线前就成型做好，这样既简化嵌线工艺，也改善了绝缘质量。

绕组元件在槽中的放置、分竖放和平放两种，如图1—13所示。因为竖放工艺简单，一般都采用竖放。平放对改善电机换向有利，同时可以使绕组中的附加损耗减少，其缺点是元件和换向片连接时，需要将元件压扁或扭转90°，工艺复杂。

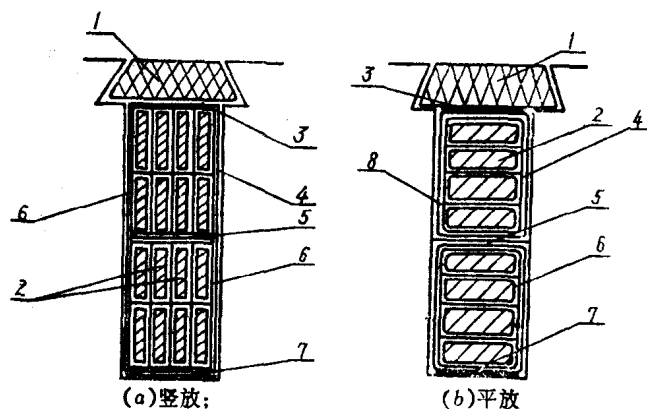


图1—13 绕组元件在槽内布置

- 1——槽楔；2——绕组元件；3——衬垫；4——对地绝缘；
5——衬垫；6——匝间绝缘；7——衬垫；8——外包绝缘

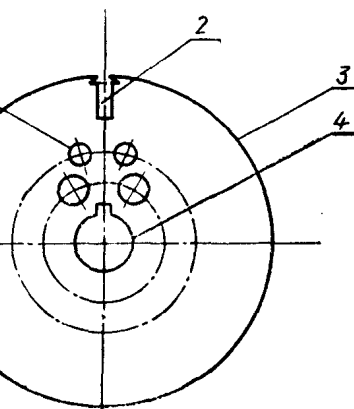


图1—12 电枢冲片

- 1——通风孔；2——电枢槽；3——冲片；4——轴孔

电枢绕组的绝缘结构参看图1—13所示。

关于绕组绝缘材料的选择及绝缘结构的拟定，在§1—3中详细讨论。

当电枢旋转时，电枢圆周的最大线速度可以达到60米/秒或更高，因此绕组元件将受到很大的离心力作用，为了防止绕组甩出，电枢绕组在槽内需用槽楔固定，目前采用较多的是用环氧酚醛玻璃布板制成的槽楔。

绕组的端节部分同样受离心力的作用，必须用扎线来固定。在牵引电动机中，绕组端节部分通常用热固性的无纬玻璃丝带来绑扎。

六、换向器

换向器的作用是将电枢绕组中产生的交流电势转换为电刷间的直流电势，它是直流电机中比较重要和复杂的部件。电机运行时，换向器既要通过很大的电流，又承受着各种机械应力。换向器工作情况的好坏，直接影响电机的运行性能。

换向器是由很多相互绝缘的换向片组合而成的，它有多种结构形式。在牵引电机中，差

不多总是采用拱式换向器，见图 1—14。

换向器的主要部件包括换向片、云母片、V 形云母环、绝缘套筒、换向器套筒和压圈以及组装螺杆等，所有零部件全部固定在换向器套筒上，然后将套筒装配在电枢轴上。

换向片是由含少量银的梯形铜排制成的，对其机械强度和硬度有一定的要求。

相邻换向片片间用云母片绝缘，云母片厚度为 0.8~1.5 毫米，形状和换向片相同。为了保证换向器尺寸的精确性，要求云母片只能含少量的胶质，它在 20°C 的温度、压力为 600 公斤/毫米² 的作用下，收缩率不大于 7%。因为换向器铜片磨损比云母快，故在组装好的电机的换向器上，还必须将云母片下刻 0.8~1.5 毫米，同时换向片两侧进行倒角，见图 1—15，以保证电机运行时电刷和换向器良好接触。

V 形云母环和绝缘套筒用来作为换向器对电机接地部分的绝缘，它们通常是用塑性云母板压制而成，并在高温高压下用压模压成所需的形状（参图 1—16），其厚度取决于牵引电动机的电压等级。

换向器套筒与压圈应当保证换向器片间产生必要的压力，在采用拱式换向器情况下，换向器的紧固是依靠旋紧换向器螺栓，使换向器套筒和压圈压在换向器燕尾部分。该压紧力将换向器压向中心，并使换向片与云母片的侧面产生摩擦力而得到紧固，其受力作用示意图如图 1—17 所示。

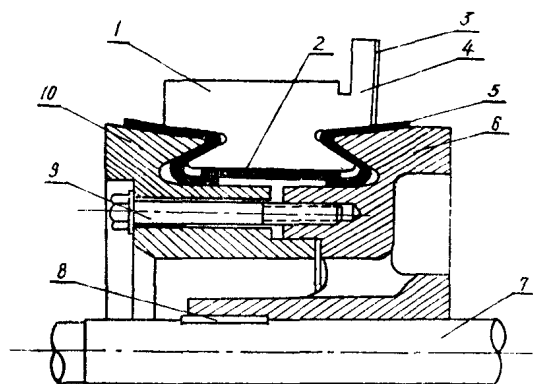


图 1—14 换向器结构图

1——换向片；2——绝缘套筒；3——云母片；4——升高片；5——V 形环；6——换向器套筒；7——电枢轴；8——键；9——换向器螺栓；10——压圈

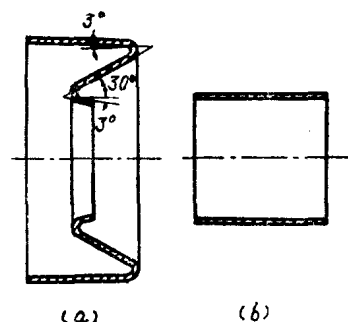


图 1—16 V 形云母环和绝缘套筒

a)——V 形云母环；b)——绝缘套筒

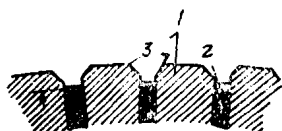


图 1—15 换向片倒角及云母下刻要求

1——换向片；2——云母片；3——倒角

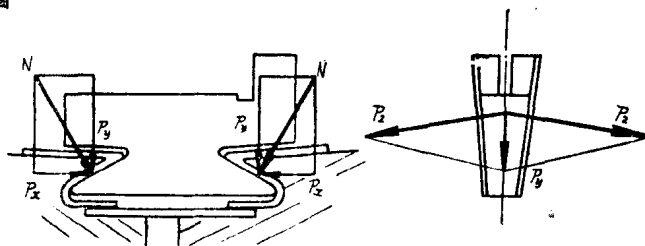


图 1—17 换向器受力分析图

大部分牵引电动机换向器都是采用长螺栓紧固，螺栓用优质钢制成，这是因为它的弹性好，能够利用它的弹性变形来抵消换向片由于通过电流而引起的热膨胀。

换向器的制造工艺对换向器的运行质量影响很大。为了使换向器在实际运行中经得住温

度和转速不断变化的考验，装配好的换向器需要经过动平衡、耐压和超速试验，以保证运行时状态完好。

七、电 刷 装 置

在电机的换向器端装有电刷装置，其作用是使转动的电枢绕组与外电路联接起来。电刷装置由电刷、刷握、刷握架和刷杆组成。刷握包括刷盒、弹簧、压指等零件。图1—18为ZQ650-1牵引电动机电刷装置，其装配情况为：电刷放在刷握的刷盒孔内，压指通过弹簧的作用对电刷施加一个压力，把电刷压在换向器表面上；整个刷握通过螺栓和刷握架相联，刷握架固定在刷杆上，刷杆固定到机座或刷架座圈上。在电刷装置中，刷杆是绝缘体，它既支承刷握，同时还起刷握与机座之间绝缘作用。

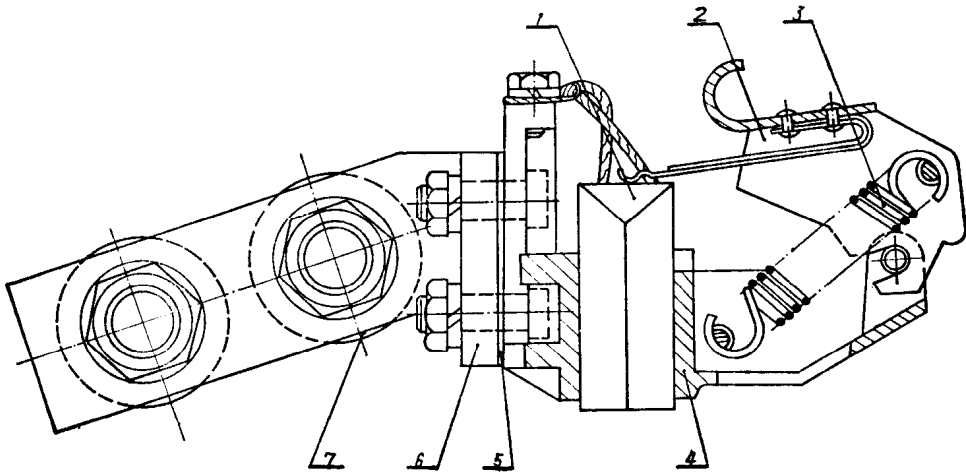


图1—18 牵引电动机的电刷装置

1 — 电刷； 2 — 压指； 3 — 弹簧； 4 — 刷盒； 5 — 垫片； 6 — 刷握架； 7 — 刷杆

电刷装置的结构和电刷性能对牵引电动机的换向性能影响很大。为了保证良好的换向情况，电刷装置应满足下面的要求：

(1) 要求刷握在换向器轴向、径向和切线方向位置都能调节。轴向调节是为了保证电刷处在换向器中央部位；径向调节是为了保持刷盒底面与换向表面的距离，距离过大会引起电刷跳动；切线方向的调节是为了保证电刷准确地处在主极中性线上。

(2) 要求电刷压力稳定并保持均匀不变。

(3) 刷架装置应具有较高的机械强度，能承受振动和冲击。

(4) 刷杆等绝缘零件应有高的介电强度，不因受潮、受污而造成闪络或飞弧故障。

除上述要求外，在牵引电动机中，对电刷的性能与结构也要求较高，这方面的问题将在第五章中详细讨论。

这一节扼要地介绍了牵引电动机主要部件的功用以及它的结构特点，对牵引电动机的主要结构，有了初步的了解。至于对牵引电动机的结构分析和结构比较，只有参加生产实践并通过对它的基本原理和专门问题学习之后，才能有更深刻的认识。下面重点讨论一下牵引电动机的传动方式和悬挂方式，因为它也是牵引电动机在结构方面的两个特殊问题。

§ 1—2 牵引电动机的传动和悬挂

牵引电动机的悬挂和传动，即牵引电动机怎样安装固定和如何将转矩传递到机车轮对上。普通直流电机都是采用底脚和底脚螺钉固定到基础上的。国家统一设计的直流电机，其底脚底面和电枢转轴中心线间距离（中心高）及底脚螺钉孔的安装尺寸都有一定的规格，以便于和其它电机以及机械设备配套互换。牵引电机和一般电机不同，因为它需要悬挂在机车上并且通过齿轮等传动装置来驱动车轮前进，因此，在选择传动和悬挂方式时必须考虑机车的结构特点和运行的要求。同时传动和悬挂的形式也决定了牵引电机的总体结构和最大外形尺寸。

传动方式可分为个别传动和组合传动两种。

一、个别传动

个别传动就是一台牵引电动机只驱动一个轮对，它是通过装在电机轴上的小齿轮驱动装在轮轴上的大齿轮来传递力矩的。

个别传动目前应用最广，我国生产和使用的电力机车、内燃机车和其它各种电动车辆都采用个别传动。个别传动的牵引电动机有两种悬挂方式：

（一）抱轴式悬挂

这种悬挂的特点是牵引电动机的一边通过滑动的抱轴轴承支承在轮轴上，电机的另一边通过悬挂装置悬挂在转向架的横梁上。这种悬挂方式有时也叫做半悬挂。其示意图如图 1—19 所示。

抱轴式悬挂的优点是结构简单，检修方便，成本较低。但是这种悬挂方式的电机其重量约有一半是直接压在机车的轮轴上，实际上增加了机车的“簧下重量”，因而增加了机车对铁路的动力作用。同时，钢轨接缝和道岔产生的冲击将传到电机上，直接影响电动机的工作，特别对牵引电动机的换向产生不利的影响，牵引电动机的许多部件（如刷握装置、主极和换向极固定螺钉以及磁极线圈间的联接导线等）都要特别加固。另外，由于电动机和轮轴间的中心距离一定，齿轮传动比受到限制，电机尺寸也不能任意选择，因此，机车功率和速度的提高也受到限制。实际上这种悬挂方式只适于结构速度不超过 120 公里/小时的客货两用机车。我国韶山 1 型电力机车和东风₄型内燃机车，其结构速度分别为 90 公里/小时和 120 公里/小时，据此特点，故牵引电动机均采用抱轴悬挂方式。对于结构速度较高的客运机车和电动车辆，则宜采用另一种悬挂方式——架承式悬挂。

（二）架承式悬挂

架承式悬挂又称作独立悬挂或全悬挂，是将牵引电动机完全固定在转向架上，牵引电动机的全部重量都成为簧上重量，从而避免了抱轴式悬挂的缺点，特别是改善了承受线路的动力作用。在这种悬挂中，由于牵引电机是簧上部分，在行车过程中，牵引电动机的转轴中心

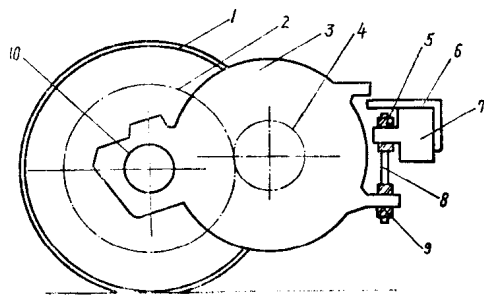


图 1—19 抱轴式悬挂示意图

- 1——动轮；2——大齿轮；3——牵引电动机；
4——小齿轮；5——橡胶件；6——安全托板；
7——枕梁；8——拉杆；9——橡胶件；
10——车轴