

内燃机车电力传动

人 民 铁 道 出 版 社

内燃机车电力传动

西南交通大学、上海铁道学院
大连铁道学院、兰州铁道学院

人 民 铁 道 出 版 社

1976年·北京

内 容 简 介

本书介绍内燃机车电力传动装置的结构和作用原理。全书共分八章，内容主要包括：牵引电动机的结构特点、换向条件及调速问题，牵引发电机的结构特点及励磁问题；牵引电器、电阻制动的作用原理，以及内燃机车电路的作用和水阻试验等。

本书供内燃机车专业师生及内燃机车制造、检修和运用部门的工作人员学习与参考。

内 燃 机 车 电 力 传 动

西南交通大学、上海铁道学院
大连铁道学院、兰州铁道学院

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：12.75 插页：3 字数：309千

1976年1月 第1版

1976年1月 第1版 第1次印刷

印数：0001—20,000册 定价(科三)：1.15元

(只限国内发行)

毛主席语录

自然科学是人们争取自由的一种武装。人们为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

目 录

第一章 内燃机车电力传动概述

- § 1—1. 内燃机车电力传动装置的功用..... 1
- § 1—2. 内燃机车电力传动装置的分类..... 2

第二章 牵引电动机

- 一、直流牵引电动机的结构..... 5
 - § 2—1. 概述..... 5
 - § 2—2. 机座和磁极..... 7
 - § 2—3. 电枢.....10
 - § 2—4. 电刷装置.....11
 - § 2—5. 通风系统.....13
 - § 2—6. 牵引电动机的内部接线.....14
 - § 2—7. 参数和特性.....15
 - 附录 绝缘材料与耐热能力.....17
- 二、直流牵引电动机的电枢绕组.....18
 - § 2—8. 电枢绕组的基本概念.....18
 - § 2—9. 单迭绕组的绕法和特点.....21
- 三、直流牵引电动机的换向.....23
 - § 2—10. 换向的基本概念.....23
 - § 2—11. 电位火花及环火.....30
 - § 2—12. 机械火花.....32
- 四、直流牵引电动机的调速.....33
 - § 2—13. 直流电动机的磁场削弱.....33
- 五、交流牵引电动机的调速.....38
 - § 2—14. 异步电动机的变频调速.....38

第三章 牵引发电机

- 一、直流牵引发电机.....44
 - § 3—1. 直流牵引发电机的结构.....44
- 二、同步牵引发电机.....50
 - § 3—2. 同步牵引发电机的结构.....50
 - § 3—3. 定子绕组.....55
 - § 3—4. 电枢反应.....56
 - § 3—5. 同步牵引发电机的特性.....58
 - § 3—6. 同步牵引发电机的功率因数.....62

§ 3—7. 同步牵引发电机的突然短路·····	66
三、直流牵引发电机的励磁·····	67
§ 3—8. 直流牵引发电机的理想外特性·····	67
§ 3—9. 励磁机的工作特性·····	69
§ 3—10. 横向分裂极式励磁机的工作特性·····	71
§ 3—11. 采用测速发电机的功率自动调节装置·····	74
§ 3—12. 牵引发电机的限流和限压·····	74
四、同步牵引发电机的励磁·····	76
§ 3—13. 同步牵引发电机的理想外特性·····	76
§ 3—14. 同步牵引发电机的调整特性·····	77
§ 3—15. 同步牵引发电机励磁系统概述·····	79
§ 3—16. 可控硅励磁系统工作原理·····	84
五、调节参数的选择及牵引特性·····	93
§ 3—17. 电力传动装置主要调节参数的选择·····	93
§ 3—18. 机车牵引特性·····	99
第四章 牵引电器	
§ 4—1. 接触器 ·····	105
§ 4—2. 继电器 ·····	112
§ 4—3. 晶体管电压调整器 ·····	122
§ 4—4. 可控硅电压调整器 ·····	126
§ 4—5. 司机控制器 ·····	128
§ 4—6. 反向器 ·····	131
§ 4—7. 制动转换器 ·····	132
第五章 电阻制动	
§ 5—1. 电阻制动的基本概念 ·····	135
§ 5—2. 制动特性及范围 ·····	136
§ 5—3. 东风型内燃机车的电阻制动 ·····	138
§ 5—4. 东风 ₄ 型内燃机车的电阻制动 ·····	142
第六章 东风型内燃机车电路图	
§ 6—1. 概述 ·····	146
§ 6—2. 柴油机的启动电路 ·····	147
§ 6—3. 机车的起动、运行和调速电路 ·····	150
§ 6—4. 机车的保护电路 ·····	154
§ 6—5. 电阻制动电路 ·····	156
§ 6—6. 机车重联运行时的电路 ·····	158
第七章 东风₄型内燃机车电路图	
§ 7—1. 概述 ·····	162
§ 7—2. 控制电路的组成及供电电源 ·····	162
§ 7—3. 柴油机的启动电路 ·····	163
§ 7—4. 机车的起动电路 ·····	168

§ 7—5. 机车的调速电路	170
§ 7—6. 柴油机的保护电路	173
§ 7—7. 机车的保护电路	176
§ 7—8. 电阻制动电路	178
§ 7—9. 机车辅助电路	180
§ 7—10. 预热锅炉控制电路	182
第八章 机车水阻试验	
§ 8—1. 水阻试验的目的和设备	185
§ 8—2. 试验前的准备及空载试验	185
§ 8—3. 机车保护装置的试验	188
§ 8—4. 负荷试验	189

第一章 内燃机车电力传动概述

§ 1—1. 内燃机车电力传动装置的功用

内燃机车所用的发动机是柴油机。从柴油机曲轴到机车动轴之间，需要通过速比可变的中间环节，我们把它叫做传动装置。在研究内燃机车电力传动时，需要了解传动装置在内燃机车中所起的作用，也就是说，内燃机车为什么要用传动装置，不用行不行？为了说明这个问题，首先，应了解柴油机的工作特点：

1. 柴油机有一个最低工作转速 $n_{\min}$ ，低于这个转速，柴油机就不能工作。
2. 柴油机所发出的扭矩 M_e ，随着每循环给油量的增加而增加。当每循环的给油量一定时，柴油机的扭矩几乎不随转速的改变而改变，或者说，当柴油机转速改变时，它的扭矩变化很小，如图 1—1 所示。
3. 柴油机的功率基本上与转速成正比。柴油机只有在额定转速的情况下，才有可能发出额定功率。
4. 柴油机承受过载的能力很差。

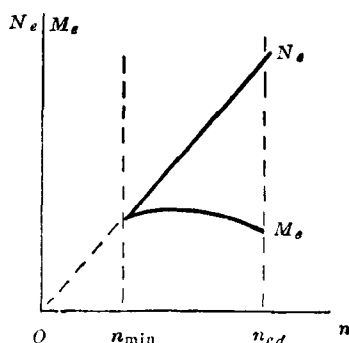


图 1—1 柴油机的扭矩特性

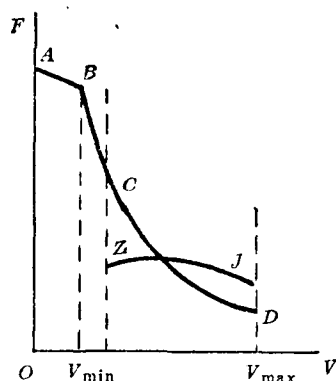


图 1—2 机车牵引特性曲线

如果把柴油机的曲轴和机车的动轴，通过离合器和速比不变的齿轮直接相连，就构成所谓的直接驱动式内燃机车。这种机车不用传动装置。直接驱动式内燃机车理论的牵引特性曲线如图 1—2 中的 ZJ 所示。它的形状和柴油机扭矩特性曲线（图 1—1 中的 M_e 曲线）的形状是完全一样的，只是座标的比例不同而已。直接驱动式内燃机车的主要问题如下：

- (1) 这种机车的牵引力和运行速度的变化范围都很小，不能满足列车运行的要求。
- (2) 由于这种机车的运行速度和柴油机的转速成正比，因此，机车只有在最高运行速度时，柴油机才有可能发出额定功率。实际上，机车的运行速度是经常变化的，所以，柴油机的功率不能够得到充分地利用。

- (3) 由于大功率（1000 马力以上）的离合器在制造上还有一定的困难，所以机车的起

动问题难以解决。

由上述可知，直接驱动式内燃机车没有实用价值，也就是说，内燃机车不用传动装置是不行的。因此，用柴油机作为发动机的内燃机车，在柴油机曲轴和机车动轴之间，必须安装速比可变的传动装置。目前，在大功率的内燃机车上采用的传动装置有两种：一种是电力传动装置，一种是液力传动装置。

电力传动内燃机车的理想牵引特性曲线，如图 1—2 中的曲线 $ABCD$ 所示。内燃机车采用电力传动装置以后，有这样一些特点：

(1) 电力传动装置可以使内燃机车牵引力和运行速度的变化范围扩大，以便满足列车运行的要求。

(2) 内燃机车在最低速度 $V_{\min}$ 到最高速度 $V_{\max}$ 的范围内，电力传动装置可以使柴油机始终在额定工况下工作，因此，柴油机的功率能够得到充分地利用。

(3) 采用电力传动的内燃机车，可以利用牵引电机短时过载的能力，而且有可能充分地利用机车的粘着重量。

(4) 电力传动装置本身的传动效率高，工作比较可靠。

事物都是一分为二的，电力传动内燃机车的重量大，电力传动装置的用铜量多。不过，随着半导体技术的发展，已出现了新型电力传动装置，即交流电力传动装置，它的用铜量会有大幅度减少。

§ 1—2. 内燃机车电力传动装置的分类

内燃机车电力传动装置的主要部件有两个，即牵引发电机和牵引电动机。

在电力传动装置中，如果牵引发电机采用直流发电机，牵引电动机采用直流电动机，这样的系统，称为直流电力传动装置，或称为直-直流电力传动装置。如果牵引发电机采用交流发电机，牵引电动机还采用直流电动机，这样的系统，称为交-直流电力传动装置。如果牵引发电机采用交流发电机，而牵引电动机也采用交流电动机，这样的系统，称为交流电力传动装置。在交流电力传动装置中，如果具有中间直流环节，则称为交-直-交流电力传动装置。如果没有中间直流环节，则称为交-交流电力传动装置。

为了对这几种电力传动装置先有一个初步概念，分别介绍一下：

1. 直-直流电力传动装置

在东风型内燃机车上，采用的是直-直流电力传动装置。它的示意图可用图 1—3 来表示。柴油机直接驱动一台直流牵引发电机 F 。牵引发电机把柴油机的机械能转变成电能，供给六台直流牵引电动机 D 使用。六台牵引电动机再把电能转变成机械能，再分别通过减速齿轮驱动机车的动轮。

在直-直流电力传动装置中，牵引电动机采用的是直流串励电动机。这是由于直流电动机的调速方法比交流电动机方便，直流串励电动机的机械特性（扭矩和转速的关系近似于双曲线）比其他直流（并励、他励、复励）电动机更适合内燃机车牵引特性（牵引力和运行速度的关系为等功率双曲线）的要求。

由于牵引电动机采用的是直流电动机，所以几十年来，牵引发电机一直采用直流发电机。

在柴油机启动的过程中，直流牵引发电机还可以当作启动电动机使用。

最近几年，随着柴油机制造水平的提高，柴油机的转速和柴油机的功率也不断提高。当前，世界上机车用中速柴油机和高速柴油机的最大功率均已达到4000马力。由于大功率的直流牵引发电机受到换向条件和机车限界尺寸的限制，致使制成功率大于3000马力直-直流电力传动装置出现了困难。

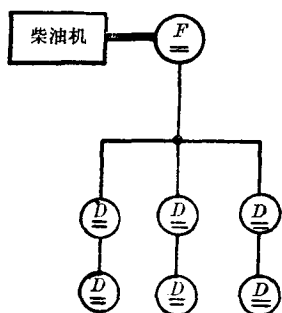


图1—3 东风型内燃机车直-直流电力传动装置示意图

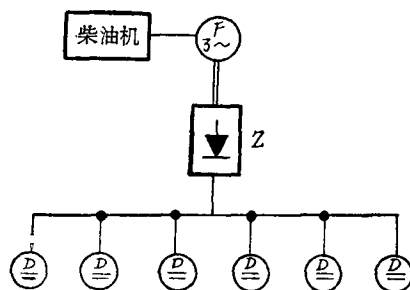


图1—4 东风型内燃机车交-直流电力传动装置示意图

2. 交-直流电力传动装置

在我国东风₄型内燃机车上采用交-直流电力传动装置，它的示意图如图1—4所示。柴油机直接驱动一台同步牵引发电机。同步牵引发电机发出来的三相交流电，经过大功率的硅整流器Z，把三相交流电整成直流电，以供给六台直流牵引电动机使用。

同步牵引发电机与直流牵引发电机相比，由于同步牵引发电机没有换向器，所以结构简单，省铜，运用可靠，维护简便。在功率相等的条件下，同步牵引发电机的重量约为直流牵引发电机的一半。

在交-直流电力传动装置中，同步牵引发电机加上硅整流器，就相当于直-直流电力传动装置中直流牵引发电机。但是，同步牵引发电机不像直流牵引发电机那样要受换向条件和机车限界尺寸的限制。

自从大功率的硅整流器出现以后，在内燃机车上采用交-直流电力传动才成为现实。目前，对于3000马力以上的内燃机车，已经普遍地采用了交-直流电力传动装置。

3. 交-直-交流电力传动

具有直流环节的间接变频的交流电力传动装置，称为交-直-交流电力传动装置。它的示意图如图1—5所示。柴油机直接驱动一台同步牵引发电机。同步牵引发电机发出来的三相交流电，经过硅整流器Z，把三相交流电转变成直流电，再经过可控硅逆变器N，把直流电转变成预定的可变频率的三相交流电，以供给各个交流牵引电动机使用。逆变后三相交流电的频率和同步牵引发电机三相交流电的频率没有关系。

交流电动机（特别是鼠笼式电动机）与直流电动机相比，由于没有换向器、转子结构简单、外形尺寸小，所以能够设计制造出较大功率、较高转速的牵引电动机，并且运用可靠，维护简便。

鼠笼式电动机的转速，需要通过专门的变频装置来进行调节。

近来，由于大功率可控硅变频装置的出现，在内燃机车上，才有可能采用交-直-交流电力传动装置。

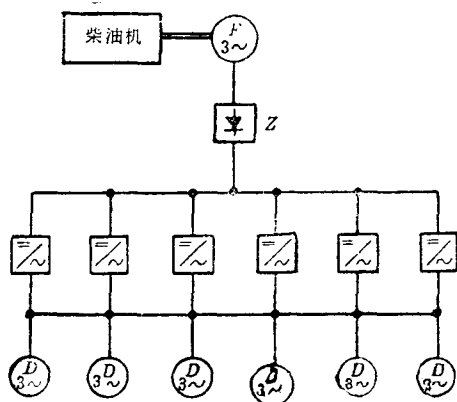


图 1—5 交-直-交流电力传动装置示意图

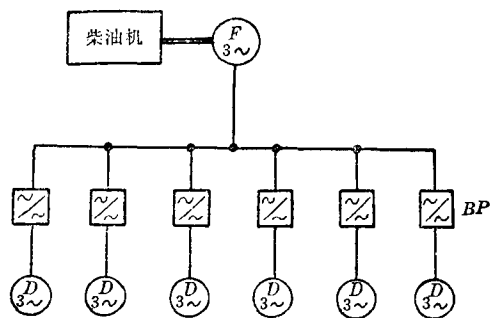


图 1—6 交-交流电力传动装置示意图

4. 交-交流电力传动装置

没有直流环节的直接变频的交流电力传动装置，称为交-交流电力传动装置。它的示意图如图 1—6 所示。柴油机直接驱动一台同步牵引发电机。同步牵引发电机发出来的三相交流电，分别送给几组变频器 BP，将预定频率的三相交流电供给交流牵引电动机。

随着集成电路和可控硅技术的发展，在交流电力传动装置中可以逐步克服其控制设备复杂、体积大、成本高的缺点，从而成为一种传递功率大、传动效率较高、耗铜量较少的传动装置。

第二章 牵引电动机

一、直流牵引电动机的结构

§ 2—1. 概 述

内燃机车牵引电动机的工作条件与普通直流电动机相比有很大区别。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主要特点是：

1. 牵引电动机安装空间的尺寸受到很大限制。目前我国内燃机车牵引电动机广泛采用抱轴式悬挂。如图 2—1 所示，牵引电动机的一边用抱轴轴承架在机车动轮轴上，另一边则以弹簧吊挂在转向架的横梁上。牵引电动机转轴的伸出端装有小齿轮，机车动轮轴上装有大齿轮，电动机通过该传动齿轮驱动机车。

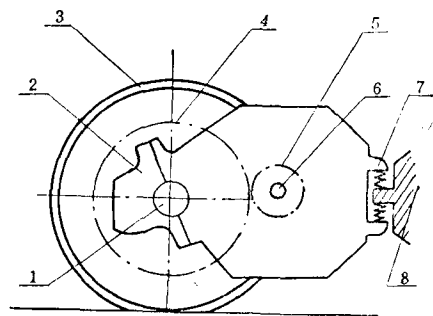


图 2—1 牵引电动机的抱轴式悬挂

1——动轮轴；2——抱轴轴承；3——动轮；
4——大齿轮；5——小齿轮；6——电动机转轴；7——悬挂鼻子；8——转向架。

可见，抱轴式悬挂的牵引电动机的尺寸，受到机车动轮直径和轨距的限制，故要求牵引电动机的结构应紧凑。因此，需采用较高等级的绝缘和质量较好的导磁材料。

2. 牵引电动机的换向条件比普通直流电机要困难得多。除了电气方面的原因之外，还由于机车在运行中产生的冲击和振动，将经过传动齿轮和抱轴轴承刚性地传到牵引电动机上，易使电刷和刷握等零部件振动或损坏，造成电机换向恶化。严重时牵引电动机不能继续工作，影响机车运行。因此，要求牵引电动机各零部件应坚固、稳定，并应采取各种改善电机换向的措施。

3. 一台机车上装有数台牵引电动机，它们在电的方面或机械方面都是联系在一起的。例如东风型内燃机车的六台牵引电动机，是每二台串联成一组，再分三组并联在牵引发电机两端的；在机械方面，六台电动机是通过机车动轮和钢轨的粘着而互相联系在一起的。机车在运行中如果有一个轮对发生空转，就会影响电动机三条并联支路中的电流分配。空转时联接在该轮对上的牵引电动机的转速急剧上升，其反电势随之增大，这样就使联接此电动机的支路内电流减小，轮缘上的牵引力也因而减小，这时，其他支路内的牵引电动机就必须负担较大的牵引力，故电流增大。因此在机车上应有轮对空转保护装置。

4. 由于牵引电动机悬挂在机车车体下面，所以很易受污、受潮，经常受到温度、湿度变化的影响。因此，牵引电动机的结构应具有较好的防尘、防潮能力和良好的通风条件。

我国东风型内燃机车上，装有六台 ZQDR-204 型牵引电动机（型号的意义为：Z——表示直流制；Q——表示牵引用；D——表示电动机；R——表示热电机车；204——表示该电机额定功率为 204 瓩。），它是抱轴式悬挂、强迫通风的四极电动机。图 2—2 为该电机的

结构图，图 2—2 (a) 是纵剖面，图 2—2 (b) 是横剖面。

牵引电动机由定子和转子两大部分组成。定子的作用是用来产生磁场和作为电机机械支撑的。它由主磁极、换向极、机座、端盖和轴承等部件组成。电刷装置也固定在定子上。转子（又称电枢）由电枢铁芯、电枢绕组和换向器三者组成。下面扼要介绍 ZQDR-204 型牵引电动机主要零部件的结构和作用。

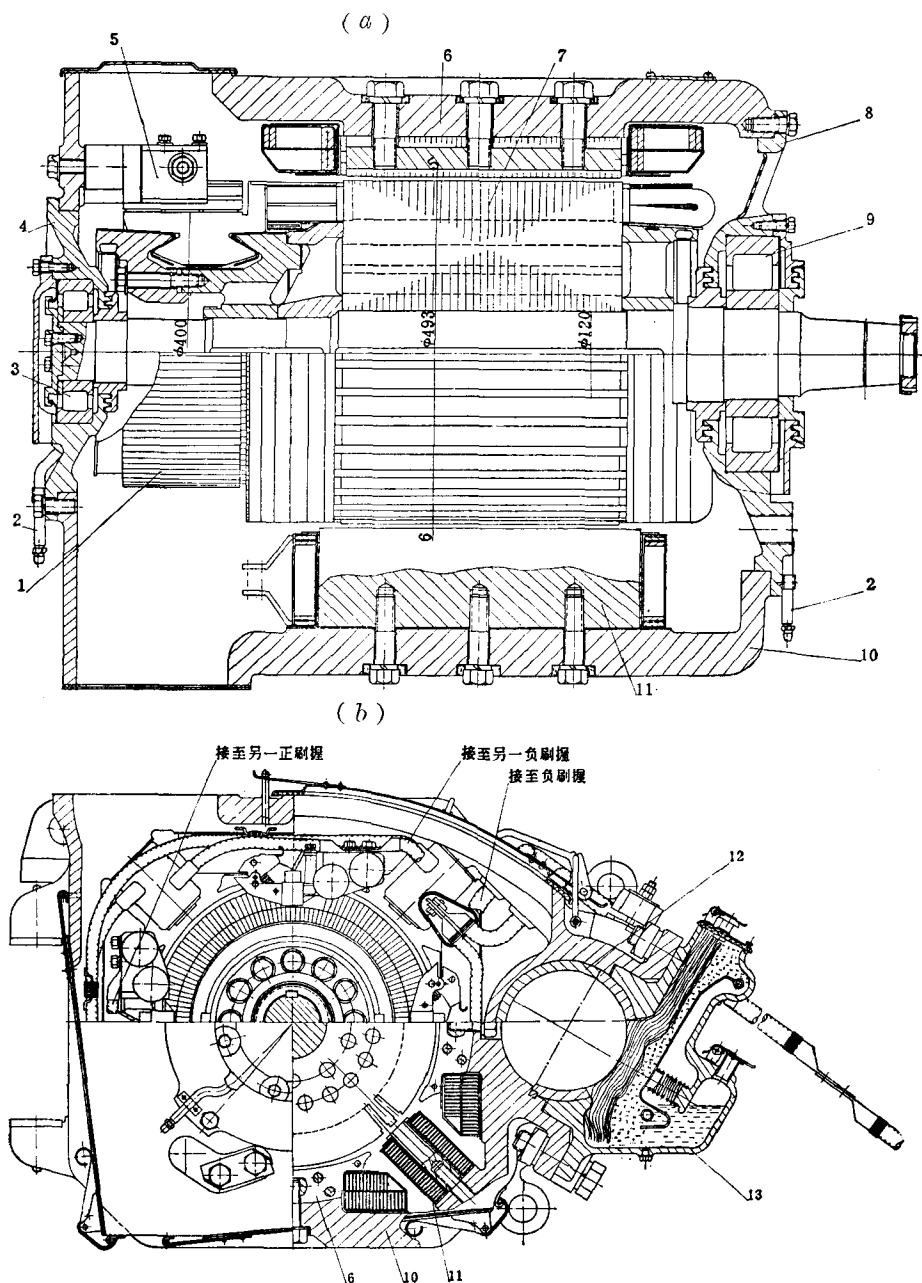


图 2—2 ZQDR-204 型牵引电动机结构图

(a) 纵剖面图：

(b) 横剖面图。

- 1——换向器；2——注油管；3——滚柱轴承；4——前端盖；5——刷握；6——主磁极；7——电枢；
8——后端盖；9——滚柱轴承；10——机座；11——换向极；12——抱轴承；13——油箱。

§ 2—2. 机座和磁极

1. 机 座

直流牵引电动机的机座是构成电机磁路的一个部分，也是安装和固定电机所有零部件的外壳。所以，对机座的要求除了应有足够的机械强度和便于加工之外，还应具有较好的导磁性能。

牵引电动机的磁场是由装在主磁极上的励磁绕组通以直流电流产生的，而且磁路是对称的，以磁极中心线为界，其左右两半磁场的分布情况完全一样，因此只要画出半对磁极的磁通分布情况，就可以了解电动机的全部磁场。如图 2—3 所示，磁通经过一对磁极、两次穿过空气隙，再经电枢铁芯和机座而成闭合回路。机座中有磁通经过的部分称为磁轭。由于空气的磁阻比铁磁物质的磁阻大得多，所以电机磁路中空气隙的尺寸和形状对电机的性能有很大的影响，在电机组装时要仔细测量，保证规定的尺寸。

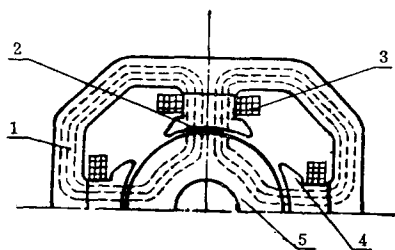


图 2—3 直流牵引电动机的磁路

1——磁轭；2——空气隙；3——励磁绕组；
4——主磁极；5——电枢铁芯。

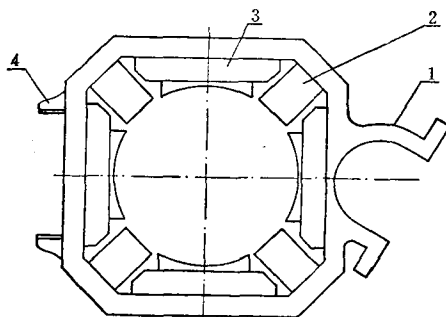


图 2—4 牵引电动机机座形状

1——抱轴轴承座；2——换向极；3——主极；
4——悬挂鼻子。

ZQDR-204型牵引电动机的机座由ZG25号铸钢制成八角形，如图 2—4所示。在垂直和水平方向，安放四个主极，四个对角上安放换向极。八角形机座的特点是可以较好地利用机车车架下部的空间，而主极采用垂直和水平方向放置又可以较好地利用电机内部空间。

机座一侧铸出两个抱轴轴承座，以便抱挂在机车动轮轴上，在另一侧铸出两个悬挂鼻子，用来安装在转向架上。在换向器端，机座顶部开有通风孔，并在其侧面开有换向器观察孔（参见图 2—2），打开孔盖即可检修电刷和换向器。

机座两端装有端盖，靠换向器端的叫前端盖，另一端叫后端盖。在前后端盖中装有轴承，电动机的转轴就装在这两个轴承内。后端盖上开有五个排风口，冷却电机之后的空气由此排出（参见图 2—2）。

2. 磁 极

磁极包括主磁极和换向极，每个极均由磁极铁芯和励磁绕组组成。

(1) 主极铁芯 ZQDR-204型牵引电动机的主极铁芯由1毫米厚的低碳钢板冲片迭成。这样可以减少由于电枢转动时，齿和槽相对磁极移动所引起的磁场脉动的涡流损耗。冲片有带缺口和不带缺口的两种形式，如图 2—5 (a)、(b) 所示。图 2—5 (c) 为装好的主极铁芯。铁芯两端各有一块10毫米厚的端板，以防冲片翘起。整个冲片用6个沉头铆钉铆紧。冲片中间的方孔装入芯柱。芯柱两头与端板点焊。每个铁芯背面有三个方孔（由带缺口

的冲片组成)，经过此方孔在芯柱上钻有螺孔，以便穿入螺钉将主极固定在机座上。

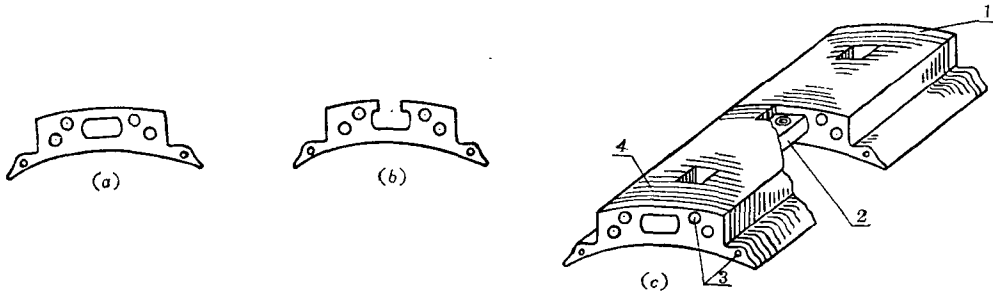


图 2—5 牵引电动机主极铁芯

(a) 不带缺口的主极冲片； (b) 带缺口的主极冲片； (c) 铁芯；
1——端板； 2——芯柱； 3——铆钉； 4——冲片。

主极铁芯靠近电枢的端部截面扩大处称为极靴。它的作用是使通过空气隙的有效磁通尽可能多些，而漏磁通尽可能少些，故极靴两边凸出处常做成截面急剧减小的夹角，称为极尖。极靴弧面的形状，决定着磁通在空气隙内沿电枢圆周的分布形状，因此，极靴的形状和宽窄与电机的感应电势波形和换向的好坏密切相关。极尖还起支承主极绕组的作用。

(2) 换向极铁芯 换向极是用来改善电机换向的。为了保证电机的换向性能，换向极和电枢铁芯之间的空气隙较大，磁通密度较小，因此不必像主极铁芯那样用冲片迭成，同时，换向极的形状也比较简单，故一般都用整块锻钢加工而成。

换向极极靴的形状和尺寸主要由换向的要求来决定。换向极铁芯，其横截面是 T 字形，如图 2—6 所示。极靴兼作换向极绕组的支承。换向极的空气隙可借换向极铁芯和机座之间的调节垫片来调整。此外，在换向极铁芯与调节垫片之间，还垫有一块 0.5 毫米厚的软黄铜垫片，称为换向极第二空气隙。第二空气隙的大小对电机换向性能有显著影响。

(3) 励磁绕组 在主极和换向极铁芯上都有励磁绕组。励磁绕组一般都用扁铜线绕

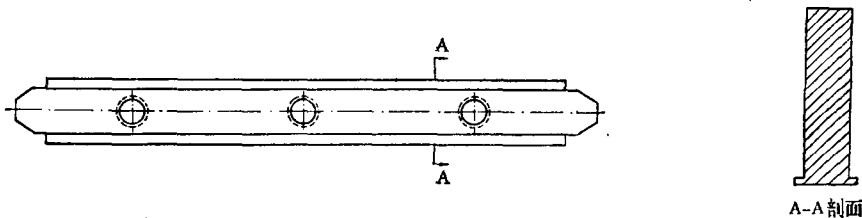


图 2—6 ZQDR-204型牵引电动机的换向极铁芯

成。绕制方法有两种，一种是平绕，另一种是扁绕。图 2—7 为主极励磁绕组。主极绕组采用平绕，分上下两层，共 29 匝，第一层 17 匝，第二层 12 匝。图 2—8 是换向极绕组。采用扁绕，共 21 匝。这两种绕法各有优缺点：平绕适用于多匝、多层绕组，由于分层绕制而呈阶梯状外形，故有利于绕组在机座内的布置，但散热较差；扁绕散热好，但绕到拐弯部分时导线容易变形（外边变薄，里边变厚）。因此，选用何种形式要看具体情况而定。在容量较大的牵引电动机中，有时为了散热良好，主极绕组也采用扁绕。如东风₄型内燃机车上的 ZQDR-410 型牵引电动机的主极绕组就是采用扁绕结构。

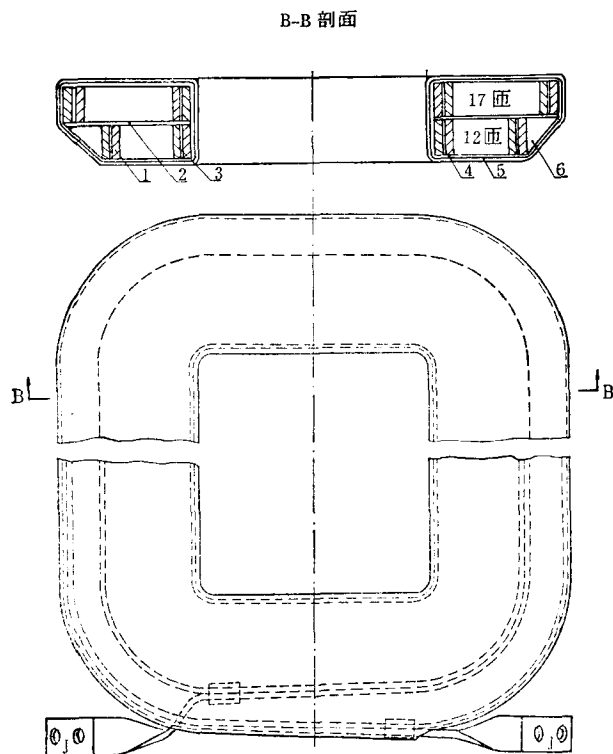


图 2—7 牵引电动机主极励磁绕组

1——导线； 2——层间绝缘； 3——匝间绝缘； 4——对地绝缘； 5——外包绝缘； 6——绝缘填充泥。

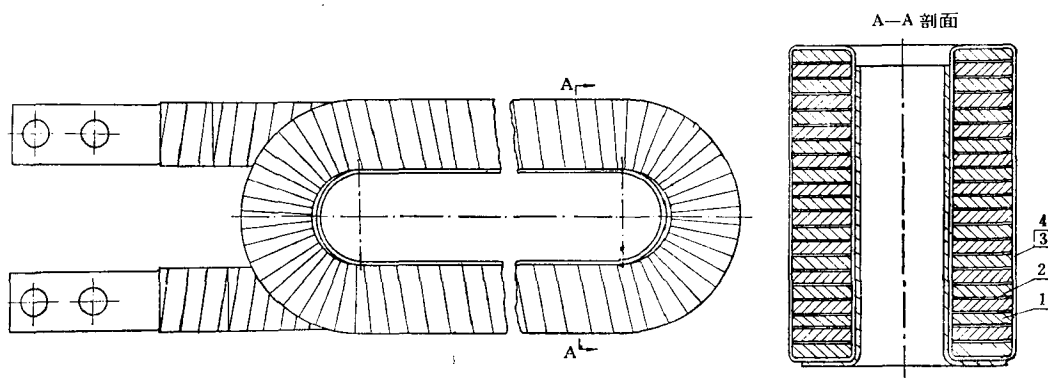


图 2—8 牵引电动机换向极绕组

1——导线； 2——匝间绝缘； 3、4——对地绝缘和外包绝缘。

在定子总装时，为使励磁绕组之间联接方便，主极绕组做成两种型式：一种是交叉式（见图 2—7），即引出线相互交叉；另一种是开口式，如图 2—9 所示，引出线不交叉。ZQDR-204 型电动机两个水平安放的主极为交叉式绕组，垂直安放的为开口式绕组，这样。若从各绕组同一侧通入励磁电流，则沿机座内腔依次出现不同的极性。

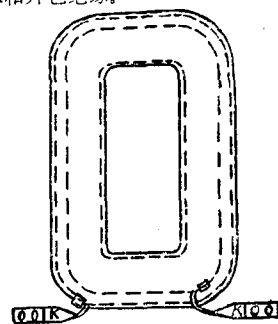


图 2—9 开口式主极绕组

§ 2—3. 电 枢

1. 电枢铁芯

电枢铁芯是电机磁路的一个组成部分，同时也是安装电枢绕组和承受电磁作用力的部件。当电枢转动时，定子上N、S极磁通交替通过电枢铁芯。为了减少铁芯中的涡流损耗，电枢铁芯通常用0.5毫米厚的硅钢片冲片迭压而成。冲片两面均刷绝缘漆。图2—10是ZQDR-204型牵引电动机电枢冲片的形状。沿冲片外圆冲有50个矩形槽，以便嵌放电枢绕组，中部冲有两排通风孔（共30个），冲片迭装后便构成轴向通风道，以加强电枢铁芯的冷却。冲片借前后两个电枢支架直接压装在转轴上，并用键传递扭矩，如图2—11所示。电枢支架一方面作为轴向压紧铁芯的部件，另一方面兼作电枢绕组端部的支架。它用铸钢制成。

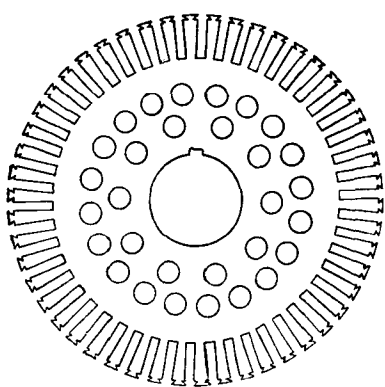


图2—10 牵引电动机电枢冲片

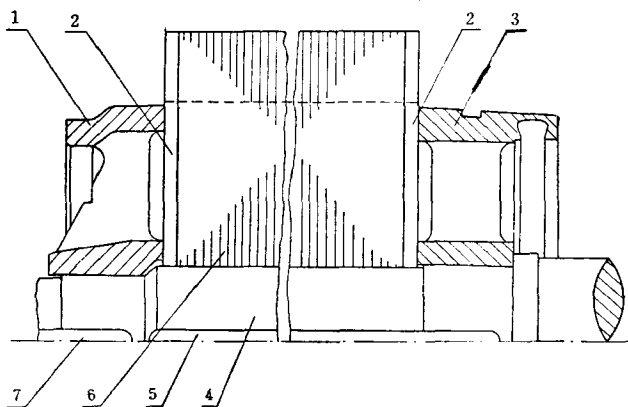


图2—11 电枢铁芯

1——电枢前支架；2——电枢端板；3——电枢后支架；4——转轴；
5、7——键；6——电枢冲片。

2. 电枢绕组

ZQDR-204型牵引电动机电枢绕组采用单迭式绕法。该电动机共有50个电枢线圈，依次嵌入50个电枢铁芯槽内。每个线圈有三个单匝元件（关于线圈和元件等概念可参见§2—8），每个元件又由三根沿高度方向并列的导体组成，如图2—12所示。这是因为当电机转速高时，由于横贯电枢铁芯槽的磁场发生变化，使电枢绕组导体内产生较大的涡流，引起附加损耗，导体高度愈大，附加损耗也愈大。在牵引电机中一般当导体高度大于14毫米时，常分成数根绝缘导体并联，以减小附加损耗。

电枢绕组应有适当的绝缘。绝缘材料的选择不仅与电机的安全运行密切相关，而且也影响电机的技术经济指标。通常按照电机的电压等级、耐热等级和防潮要求来选择合适的绝缘材料。ZQDR-204型电动机的电枢绕组采用B级绝缘。

3. 换向器

直流电机的换向器是和电刷一起完成电枢绕组元件中电流换向的重要部件，也是直流电机最薄弱的一环。换向器工作的好坏直接影响电机运行的可靠性。

ZQDR-204型牵引电动机的换向器采用鸽尾式结构。由换向铜片和云母板组成，如图2—13所示。