

铁路职业教育铁道部规划教材

内燃机车电传动

NEIRANJICHEDIANCHUANDONG

TIELU ZHIYE JIAOYU TIEDAOBU GUIHUA JIAOCAI

于彦良 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



铁路职业教育铁道部规划教材

内燃机车电传动

于彦良 主 编
贺建忠 主 审

中国铁道出版社

2008年·北京

内 容 简 介

本书主要内容包括东风_{4B}型内燃机车的电机、电器、电气仪表等主要电气设备的作用原理、结构特点、技术要求、运用保养常识、检修工艺以及机车电路的读图、机车电器动作试验、查找电路故障的基本原理和方法,同时还系统介绍了内燃机车电传动系统工作原理、电阻制动及水阻试验等方面的知识。

本书是铁路职业教育内燃机车驾驶及检修专业规划教材,同时也可供从事内燃机车运用及检修的工程技术人员、工人学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

内燃机车电传动/于彦良主编. —北京:中国铁道出版社, 2008. 1

铁路职业教育铁道部规划教材

ISBN 978-7-113-08576-6

I. 内… II. 于… III. 内燃机车—电力传动—职业教育—教材 IV. U262.33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 005950 号

书 名: 内燃机车电传动

作 者: 于彦良 主编

责任编辑: 赵 静

电话: 010-51873133

电子信箱: td73133@sina.com

封面设计: 陈东山

责任校对: 张玉华

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街8号 100054)

印 刷: 遵化市胶印厂

版 次: 2008年1月第1版 2008年1月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 19.5 插页: 8 字数: 485千

书 号: ISBN 978-7-113-08576-6/U·2178

定 价: 43.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话: 市电(010)51873170 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010)63549504 路电(021)73187

前 言

1 本书是铁路职业教育铁道部规划教材,是根据铁路高职(中专)教育内燃机车驾驶与检修专业教学计划中“内燃机车电传动”课程教学大纲的要求编写的。

2 本教材内容强调以够用为度、实用为目的,突出能力培养,注意同岗位职业标准要求接轨。车型以东风_{4B}型内燃机车为主,适当兼顾东风_{4D}型内燃机车内容,其他车型内容考虑到各地配属机型差别较大,不便编入统编教材,这部分内容由各校自选补充材料充实。另外,本教材内容涵盖驾驶及检修专业,教学中可根据教学大纲、结合专业情况适当删减。

3 书中带*部分为高职学生必修、中专学生选学内容。

4 本教材由石家庄铁路运输学校于彦良主编,贺建忠主审。编写分工:绪论、第六章至第十章由于彦良编写;第一章、第二章由侯灵芬、于欣杰合编;第三章、第四章、第五章由许怀山、于欣杰合编。

5 本书的编写,得到全路内燃机车专业教学指导委员会李晓村等同志的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

6 因编者水平有限,书中错误难免,衷心希望各位读者给予批评指正。

7 编者

2007年12月

80	.....	第二章
80	.....	第一节
70	.....	第二节
74	.....	第三节
80	.....	第四节
82	.....	第五节
88	.....	第六节
90	.....	第三章
90	.....	第一节
90	.....	第二节
101	.....	第三节
103	.....	第四节
102	.....	第五节

目 录

绪论	1
第一章 直流牵引电机	6
第一节 直流电机的工作原理	9
第二节 直流电机的主要结构	13
第三节 直流电机的电枢绕组	16
第四节 直流电机的电枢反应	21
第五节 直流电机的换向	23
第六节 直流电动机的工作特性	27
第七节 ZQDR-410 型直流牵引电动机	29
第八节 ZD-109B 型直流牵引电动机	35
第九节 ZQF-80 型启动发电机	38
第十节 空气压缩机电动机	41
第十一节 直流电机的日常维护保养知识	43
第十二节 直流电机的日常维护保养技能	46
第十三节 直流电机的检修	48
第十四节 直流电机试验	66
第二章 交流牵引电机	68
第一节 同步牵引发发电机的工作原理与一般结构	68
第二节 同步发电机的电枢反应与运行特性	70
第三节 TQFR-3000 型同步牵引发发电机	74
第四节 GQL-45 型感应子励磁机	80
第五节 70BF3-3j 型步进电动机	85
* 第六节 同步发电机试验	88
第三章 有触点电器	90
第一节 有触点电器的基本知识	90
第二节 电磁接触器	96
第三节 电空接触器	101
第四节 磁场削弱接触器	103
第五节 转换开关	105

第六节 司机控制器	109
第七节 中间继电器	111
第八节 空转继电器	113
第九节 接地继电器	115
第十节 过流继电器	117
第十一节 制动过流及风速继电器	119
第十二节 水温继电器	120
第十三节 油压继电器	122
第十四节 东风 _{4B} 型内燃机车用其他电器	123
第十五节 有触点电器的保养技能	128
第十六节 有触点电器的检修	132
第四章 无触点电器	146
第一节 牵引整流柜	146
第二节 时间继电器	149
第三节 电压调整器	151
第四节 过渡装置	155
第五节 无级调速驱动器	160
第六节 励磁调节器	166
第七节 无触点电器的检修	175
第五章 电测仪表及蓄电池	180
第一节 电测仪表	180
第二节 汞氙灯	184
第三节 机车头灯维护保养技能	187
第四节 蓄电池	189
第五节 蓄电池维护保养技能	193
第六章 电传动原理	195
第一节 牵引发电机的理想外特性	195
第二节 牵引发电机的调整特性	197
第三节 恒功率励磁调节系统	199
第四节 牵引电动机的速度调节	204
第五节 机车牵引特性曲线	207
第七章 电路图	209
第一节 电路图的一般知识	209
第二节 控制电源	214
第三节 柴油机启动电路	216
第四节 柴油机启动后的辅助电路	221

第五节 机车运行电路	225
第六节 机车保护电路	237
第七节 示灯使用及机车电气动作试验	241
第八节 预热锅炉电路	245
第九节 照明电路	247
第十节 东风 _{4D} 型内燃机车与东风 _{4B} 型内燃机车电路的区别	249
第八章 电阻制动	250
第一节 电阻制动原理	250
第二节 电阻制动特性及工作范围	251
第三节 电阻制动设备	255
第四节 电阻制动电路	266
第九章 电气故障及处理	271
第一节 柴油机启动前电气故障及处理	271
第二节 柴油机启动时电气故障及处理	274
第三节 柴油机启动后的电气故障及处理	275
第四节 机车起动时的电气故障及处理	279
第五节 机车运行时的电气故障及处理	281
第六节 柴油机转速控制的电气故障及处理	283
第七节 电阻制动时的电气故障及处理	286
第十章 水阻试验	288
第一节 水阻试验设备及原理	288
第二节 水阻试验项目及程序	290
第三节 机车试运行	295
附录	297
参考文献	305

绪 论

【学习目标】

掌握内燃机车传动装置的功用，能够根据柴油机工作特性和机车牵引特性要求得出设置内燃机车传动装置的原因；掌握电传动装置的分类。

【基本知识】

一、内燃机车传动装置的功用

“内燃机车电传动”课程，主要研究内燃机车中如何利用电气装置将柴油机功率传至机车动轮，并通过电气设备的作用，调节柴油机工作特性与机车牵引要求之间的矛盾，从而使机车获得理想的牵引特性。

柴油机是内燃机车的原动力，从柴油机曲轴到机车动轮之间，需要一套速比可变的中间环节，这一中间环节称为传动装置。由电气设备组成的这个中间环节，叫做电传动装置。传动装置的任务是将柴油机的输出功率传递至机车动轮，并使机车具有良好的牵引性能。为了阐明内燃机车设置传动装置的必要性，首先必须了解柴油机工作特性和机车牵引的要求。

柴油机的工作特性如图 0-1 所示。

1. 柴油机有最低工作转速 $n_{\min}$ 和最高工作转速 $n_{\max}$ 限制。柴油机转速低于 $n_{\min}$ 就不能工作（熄火），高于 $n_{\max}$ 可能因其机械强度不够而破损。

2. 柴油机的输出扭矩 M_c 随柴油机每循环供油量变化。当柴油机每循环供油量一定时，柴油机的扭矩基本确定，不随转速变化；或者说当柴油机转速改变时，其扭矩变化很小。

3. 柴油机的功率 N_c 基本上与转速成正比。柴油机只有在额定转速下，才可能输出额定功率。

4. 柴油机承受过载的能力很差，稍有过载，转速就会下降，甚至熄火。同时，柴油机不能带负荷启动。

5. 柴油机曲轴只能作单方向旋转。

如果把柴油机的曲轴与机车的动轮通过离合器和传动齿轮直接相连，就构成了所谓直接驱动式内燃机车。这种直接驱动式内燃机车的牵引特性曲线如图 0-2 中的 ZJ 所示，其形状和柴油机扭矩特性曲线形状完全一样；只是坐标比例不同。

直接驱动式内燃机车的主要问题如下：

1. 因受柴油机最高转速和最低转速限制，直接驱动式内燃机车的运行速度变化范围很

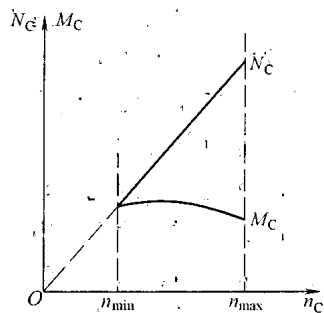


图 0-1 柴油机工作特性

小,不能满足列车运行的要求。

2. 因柴油机输出扭矩不随转速变化,故直接驱动式内燃机车牵引力调节范围很小,不能满足列车运行的要求。

3. 柴油机的功率与转速成正比。直接驱动式内燃机车只有在最高运行速度时才能发挥柴油机额定功率,而列车运行中速度经常变化,这不利于柴油机功率的充分发挥。

4. 柴油机过载能力差。直接驱动式内燃机车不具备一定的过载能力,机车难以启动,大功率的离合器在制造和维修上也有一定困难。

5. 直接驱动式内燃机车换向运行困难。

从上述柴油机工作特性与机车牵引要求来看,二者有诸多不相适应之处,没有中间的传动装置去协调二者的工作性能是不行的。因此,在柴油机曲轴和机车动轮之间,必须设置一套中间环节,以传递功率并调节二者之间的矛盾。

目前,在大功率的内燃机车上大都采用电传动或液力传动的中间环节。内燃机车采用电传动或液力传动后,均可使机车的牵引性能符合机车牵引要求,获得如图 0-2 中 ABCD 所示的机车理想牵引特性:当柴油机在某功率挡位工作时,机车的功率也一定,则机车的牵引力与速度成反比,其理想牵引特性 BC 段呈恒功率双曲线形,AB 段为机车黏着牵引力限制区段,CD 段为机车构造速度限制区段。

液力传动具有省铜、重量轻、维护保养简单等优点;其不足之处是传动装置的制造工艺要求高。而电传动不仅具有功率大、效率高、工作可靠、便于应用电子技术等优点,而且传动装置的许多部件可与电力机车通用(如牵引电动机、开关电器等),因此,电传动对推动铁路运输向全面电气化发展具有积极作用,故目前电传动在世界铁路牵引中居主导地位。

内燃机车采用电传动装置后,具有以下特点:

1. 通过选择适当的牵引电动机和采取恰当的调节手段,可扩大机车的牵引力和牵引速度的调节范围,以满足列车运行的需要;

2. 便于设置恒功率调节装置,使机车在整个工作速度范围内,柴油机可以始终在额定工况下工作,其功率能得到充分发挥,以满足铁路运输对机车牵引“多拉快跑”的要求;

3. 电传动的内燃机车,可以利用牵引电动机的短时过载能力,充分利用机车的黏着重量,提高单机牵引能力;

4. 电传动的内燃机车,可方便地通过改变牵引电动机的旋转方向,实现机车的换向运行。

二、内燃机车电传动装置的分类

电传动内燃机车工作时,由柴油机驱动牵引发电机发电,并经一套电气传动装置向安装在机车动轮上的牵引电动机供电,以驱动机车。内燃机车的电传动装置依牵引发电机和牵引电动机所采用的电流制式不同可分为直一直流、交一直流、交一交流三类。

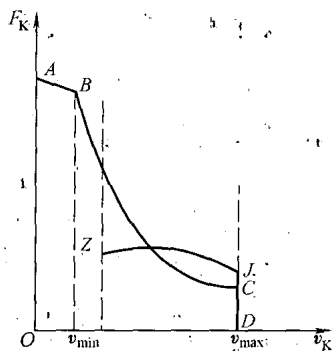


图 0-2 机车牵引特性

(一) 直—直流电传动装置

所谓直—直流电传动装置,是指机车牵引发电机和牵引电动机都采用直流电机,故又称直流电传动。其传动原理如图 0-3 所示。柴油机驱动直流牵引发电机 F,发电机将柴油机机械能转换为电能,并直接对直流牵引电动机 D 供电,牵引电动机将电能转换为机械能,并通过传动齿轮驱动机车动轮,实现机车牵引运行。

直流电传动的特点是调速简单方便,通常只需采用改变直流牵引电动机端电压的方法即可达到调速的目的。在直流电传动中,牵引电动机采用串励,因串励电动机具有调速范围广、启动性好、功率自调节性好的工作特性,更适合机车牵引的要求。另外,可利用直流电机的可逆性,启动柴油机和电阻制动,并且传动中不需中间变流环节,供电方便。

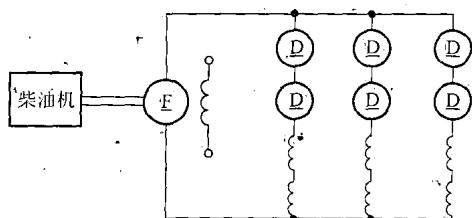


图 0-3 直—直式电传动示意图

直—直流电传动的内燃机车是发展最早、最基本的一种传动形式,目前我国铁路仍有少量直—直流电传动的内燃机车在使用。如国产东风型、东风₂型、东风₃型以及进口的 ND₁、ND₂ 型等内燃机车。

随着国民经济的发展,运量大幅度提高,要求内燃机车向单机大功率和高速发展。但大功率直流发电机受到电机换向条件和机车限界尺寸的限制,其功率难以提高,因而限制了机车功率的提高。一般地说,2 200 kW 以上功率的内燃机车就难采用直—直流电传动形式。

(二) 交—直流电传动装置

交—直流电传动装置中的牵引发电机为三相交流发电机,牵引电动机仍采用直流串励电动机,其传动原理如图 0-4 所示。柴油机驱动三相交流发电机 F,发电机发出的三相交流电经硅整流装置 Z 整流后,向直流串励牵引电动机 D 供电,牵引电动机也通过传动齿轮驱动机车动轮,实现机车牵引运行。

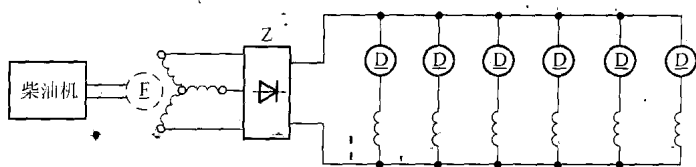


图 0-4 交—直式电传动示意图

这种交—直式的电传动,既保留了采用直流串励电动机作牵引电动机的优点,又以交流发电机加整流装置取代了直—直流电传动中的直流牵引发电机,克服了制造大功率直流发电机所出现的困难。由于交流发电机没有换向器,故其工作不受换向条件限制,维护方便,运用可靠。又由于结构简单、省铜,与同等功率的直流电机相比,其体积小、重量轻,克服了车体限界的限制。

交—直流电传动机车是我国第二代内燃机车,如东风₄型、东风_{4B}型、东风_{4D}型、东风₅型、东风₆型、东风₇型、东风_{8B}型、东风₁₁型等。

东风_{4B}型交—直式电传动内燃机车目前我国铁路干线客、货运主型内燃机车之一。它由柴油机驱动一台同步三相交流牵引发电机,发出的三相交流电经主整流装置整流后,向六台并联的直流串励牵引电动机供电,然后通过传动齿轮驱动机车动轮,实现机车牵

引运行。

(三) 交—交流电传动装置

当电传动装置中的牵引发电机和牵引电动机都采用交流电机时,就构成了交—交流电传动形式,简称交流电传动。

直流串励电动机用于机车牵引具有好的调速性能和牵引性能,但由于直流电机结构上有一个换向器,所以不仅重量大、耗铜多、维护不方便,且直流电机在大负荷、高转速下工作时的换向质量不易保证,这些缺陷限制了直流电机在大功率机车上的应用。交流电机则相反,特别是鼠笼式交流异步电动机,具有结构简单、体积小、运行可靠、价格低廉等优点,用于机车牵引,不仅可以提高机车单机功率,保证机车牵引性能,而且由这种电动机担任牵引的机车还具备良好的防止动轮打滑的性能,故交流电传动在机车牵引中更具优越性。

但由于交流异步电动机的机械特性较硬、调速困难,而使得交流电传动在早期没有得到发展。交流异步电动机的转速特性主要与电动机电源频率有关,当电源频率不变时,异步电动机的转速变化范围很小,因而不能适应机车牵引速度范围广的要求。因此,交流电传动的关键是要在交流牵引发电机和交流牵引电动机之间设置一个功率大、调频宽的变频装置,以满足牵引电动机的调速要求,这在电子工业不发达时期无疑是一个关键的难题。20世纪70年代以来,随着电子工业的发展,大功率可控硅变频装置应运而生,为交流电传动在内燃机车上的应用提供了可行途径。

【拓展知识】

交流电传动简介:

交流电传动可分两种类型:一种是具有中间直流环节的,称交—直—交电传动类型;一种是不设中间直流环节的交—交电传动类型。

交—直—交电传动原理示意如图0-5所示,交流发电机与交流电动机之间设整流装置和逆变装置;交—交流电传动原理示意如图0-6所示,交流发电机与交流电动机之间设置一个或数个变频装置。

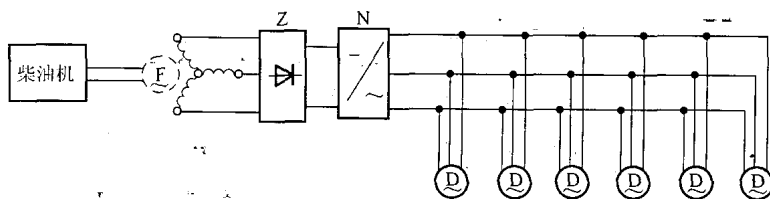


图 0-5 交—直—交电传动原理示意图

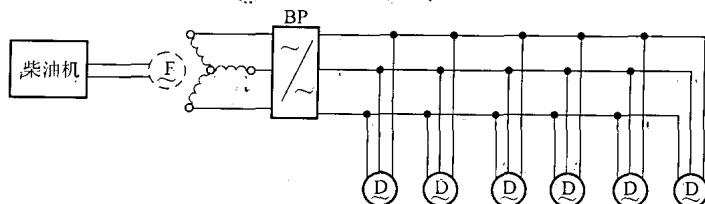


图 0-6 交—交电传动原理示意图

交—交流电传动装置目前用于大功率内燃机车上，在技术方面仍有不少困难和问题，如控制系统复杂、可靠性不够、成本高等。但随着电子技术的发展，这些问题将逐步解决，交—交流电传动内燃机车将成为应用广泛的发展型内燃机车。

近年来，我国铁路广大科技工作者加大攻关力度，在引进、消化、吸收的基础上，自主创新、开发出了几种型号的交流传动内燃机车（包括东风_{4DJ}型、东风_{8BJ}型、东风_{7J}型等）投入运用，并出口国外，但还未投入批量生产。

目前，国内外大功率内燃机车电传动发展的特点仍是：普遍采用交—直流电传动，发展交—交流电传动；电传动装置广泛采用新型电子技术，努力提高机车自动控制能力；不断改进结构工艺，提高机车传动装置部件的工作可靠性，延长使用寿命；机车部件通用化，甚至可以内燃、电力机车两用，以便集中生产，提高产品质量，降低制造成本。

【自测练习】

1. 内燃机车传动装置是设置在_____与_____之间的一套速比可变的中间环节。
2. 内燃机车传动装置一般可分为_____、_____和_____三种。
3. 按内燃机车牵引电机电流制式分类，电传动装置可分为_____、_____和_____三种。

第一章

直流牵引电机

【本章综合能力】

掌握直流电机的结构、基本工作原理，熟悉有关概念；具备对机车直流牵引电机的检修技能和维护保养能力。

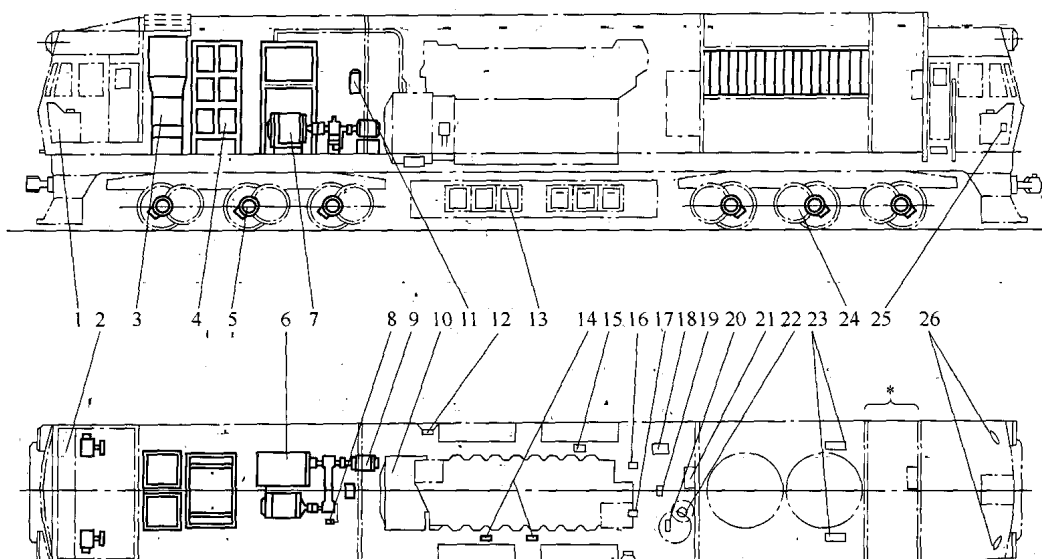
【学习目标和要求】

1. 掌握直流电机的基本工作原理与一般结构。
2. 掌握直流电机电枢绕组的基本概念、单叠绕组的绕法和特点。
3. 熟悉电枢反应、直流电机的换向、环火的概念，掌握直流电机换向火花等级标准、防止环火的措施。
4. 熟悉直流电机的工作特性。
5. 掌握直流牵引电机的日常维护保养注意事项。
6. 熟悉直流牵引电机的检修工艺。

从一定意义上讲，电力传动就是电机传动。东风_{4B}型内燃机车共装配 33 台电机，分别用于能量转换与动力传递，并完成机车运转必不可少的辅助工作。这些电机为机车牵引服务，统称牵引电机。与普通工业用电机相比，其工作条件恶劣，但可靠性要求高。

东风_{4B}型内燃机车电机结构如图 1-1 所示，电机的名称、代号、型号及主要参数见表 1-1。这些电机习惯上分为三大类：第一类是专用电机，它是专门针对其工作特殊要求设计制造的、有较强可靠性的电机，如主发电机 F、牵引电动机 1~6D、励磁机 L、启动发电机 QF。第二类是 Z₂ 系列普通中、小型直流电机，如空压机电动机 YD、启动滑油泵电动机 QBD、动力室通风机电动机 TD、燃油泵电动机 RBD 等。第三类是微型电机，如司机室风扇电动机 SD、第 1~3 测速发电机 1~3CF 等。非专用电机用于牵引时常设有备用措施，确保其中某台电机故障仍能维持行车。

33 台电机中除 F、L、BD、1~3CF 六台为交流电机外，其他均为直流电机。具体电机的结构只叙述专用电机，其余电机参照一般直流电机相关知识去理解即可。

图 1-1 东风_{4B}型内燃机车电机结构示意图

1—正操纵台；2—副操纵台；3—制动电阻鼓风机电动机；4—电器柜；5—第一测速发电机（五轴轴头上装第三测速发电机）；6—牵引整流柜；7—启动发电机；8—测速发电机；9—励磁发电机；10—主发电机；11—励磁整流柜；12—通风机电动机；13—蓄电池组；14—燃油泵电动机；15—预热锅炉燃油泵电动机；16—步进电动机；17—第二测速发电机；18—启动润滑油泵电动机；19—预热锅炉水泵电动机；20—预热锅炉燃油泵电动机；21—预热锅炉控制柜；22—预热锅炉通风机电动机；23—空压机电动机；24—牵引电动机；25—热风机电动机；26—风扇电动机

表 1-1 东风_{4B}型内燃机车电机一览表

序号	名称	电路符号	电机型号	主要额定参数	数量
1	主发电机	F	TQFR-3000	容量 (kV · A)	2 985
				电压 (V)	438/613
				电流 (A)	3 936/2 805
				转速 (r/min)	1 000
				频率 (Hz)	150
				励磁方式	他励
2	牵引电动机	1~6D	ZQDR-410	功率 (kV · A)	410
				电压 (V)	550/770
				电流 (A)	800/570
				转速 (r/min)	640
				励磁方式	串励
3	启动发电机	QF	ZQF-80	功率 (kV · A)	80
				电压 (V)	110
				电流 (A)	728 (启动电流 2 100)
				转速 (r/min)	2 730/1 115
				励磁方式	他励 (电动机工况串励)

续上表

序号	名 称	电路符号	电 机 型 号	主要额定参数			数量
4	励磁机	L	GQL-45	容量(kV·A)	45/36		1
				电压(V)	105/94		
				电流(A)	248/221		
				转速(r/min)	2 625/1 175		
				频率	525/235		
				励磁方式	他励		
5	空压机电动机	1~2YD	Z ₂ -82 (ZD303) (ZTP-82A)	功率(kV·A)	22 (22) (22)		2
				电压(V)	110 (110) (110)		
				电流(A)	238 (240) (250)		
				转速(r/min)	1 100 (1 000/980) (1 000)		
				励磁方式	并励 (串励) (串励)		
6	燃油泵电动机	1~2RBD	Z ₂ -12 (ZTP-12)	功率(kV·A)	0.6 (0.6)		2
				电压(V)	110 (110)		
				电流(A)	7.68 (7.68)		
				转速(r/min)	1 500 (1 500)		
				励磁方式	并励 (并励)		
7	直流测速发电机	CF	Z ₂ -12 (ZTP-12)	功率(kV·A)	0.6 (0.6)		1
				电压(V)	110 (110)		
				电流(A)	7.68 (7.68)		
				转速(r/min)	1 500 (1 500)		
				励磁方式	并励 (并励)		
8	启动滑油泵电动机	QBD	Z ₂ -41 (ZTP-41)	功率(kV·A)	4.5 (4.5)		1
				电压(V)	96 (96)		
				电流(A)	57.8 (57.8)		
				转速(r/min)	2 200 (2 200)		
				励磁方式	并励 (并励)		
9	动力室通风机电动机	1~2TD	S ₆₆₁ -Z ₂ -12 (ZTP-12)	功率(kV·A)	1.1 (1.1)		2
				电压(V)	110 (110)		
				电流(A)	12.97 ()		
				转速(r/min)	3 000 (3 000)		
				励磁方式	并励 并励		
10	制动电阻鼓风机电动机	1~2RZD	ZZT700/30H (ZD-902) (ZTP-62)	功率(kV·A)	20 (22) (22)		2
				电压(V)	220 (220) (220)		
				电流(A)	101 (115) (115)		
				转速(r/min)	3 000 (3 000) (3 000)		
				励磁方式	串励 (串励) (串励)		
11	热风机电动机	RFD	DYF-300	功率(kV·A)	33		2
				电压(V)	110		
				电流(A)	0.4		
				转速(r/min)	>1 350		
				励磁方式	(串励)		
12	预热锅炉通风机电动机	YFD	861 (11S259)	功率(kV·A)	0.4 (0.4)		1
				电压(V)	110 (96)		
				电流(A)	≤5.4 (5.1)		
				转速(r/min)	3 000 (3 000)		
				励磁方式	并励 (并励)		

续上表

序号	名 称	电路符号	电 机 型 号	主要额定参数	数量
13	预热锅炉燃油泵电动机	YRD	S ₆₆₁ IJ	功率(kV·A) 0.2 电压(V) 110 电流(A) ≤2.6 转速(r/min) 3 000 励磁方式 并励	1
14	预热锅炉滑油泵电动机	YHD	Z ₂ -12 (ZTP-12)	功率(kV·A) 0.6 (0.6) 电压(V) 110 (110) 电流(A) 7.68 (7.68) 转速(r/min) 1 500 (1 500) 励磁方式 并励 (并励)	1
15	预热锅炉水泵电动机	YSD	ZKB-1TH (ZKB-1)	功率(kV·A) 0.8 (0.8) 电压(V) 110 100 电流(A) ≤10 10 转速(r/min) 3 000 (3 000) 励磁方式 并励 (并励)	1
16	风扇电动机	1~4SD	DYF-300	功率(kV·A) 33 电压(V) 110 电流(A) 0.4 转速(r/min) >1 350 励磁方式 串励	4
17	机车速度表交流测速发电机	3CF 1CF	三相交流	电压(V) 40 电流(mA) ≤7.5 转速(r/min) 5 000 励磁方式 永磁	2
18	柴油机转速交流测速发电机	2CF	三相交流	电压(V) 40 电流(mA) ≤7.5 转速(r/min) 5 000 励磁方式 永磁	1
19	步进电动机	BD	70BF3-3j	电压(V) 110 电流(A) 0.4 频率(Hz) 1 000	1

【自测练习】

1. 内燃机车牵引电机的功用是用于_____与_____，并完成机车运转必不可少的辅助工作。
2. 叙述东风_{4B}型内燃机车上主要直流电机的名称、字母代号及主要用途。
3. 熟悉东风_{4B}型内燃机车 33 台电机在机车上的安装位置。

第一节 直流电机的工作原理

【学习目标】

1. 掌握直流电动机的基本工作原理。
2. 掌握直流发电机的基本工作原理。

3. 掌握直流电机的可逆原理。

【基本知识】

一、直流电动机工作原理

图 1-2 为一台两极直流电动机结构示意图, 其固定部分(定子)主要是磁极。磁极可以是永久磁铁制成, 但通常是在磁极铁芯上安装励磁绕组, 并通以直流电给予励磁(用右手螺旋定则判定磁通方向), 磁通方向在磁极外部从 N 极到 S 极。其转动部分(转子)主要是电枢线圈 $abcd$, 电枢线圈可在两磁极中间旋转, 线圈两端分别与固定在转轴上的两个半圆铜环相连接。这两个半圆铜环称为换向片, 两换向片之间相互绝缘, 一起组成最简单的换向器。换向器上下方安装有静止的电刷 A、B。换向片经电刷与外直流电源连通。

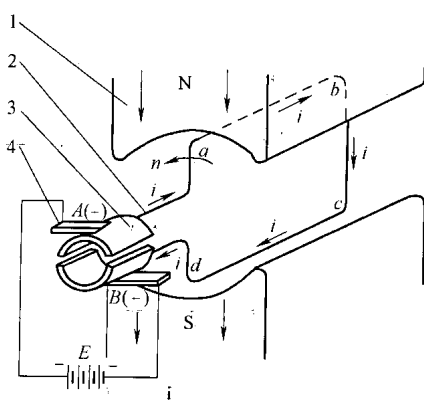


图 1-2 直流电动机结构示意图

1—主磁极；2—电枢线圈；

3—换向片；4—电刷

根据电磁感应定律, 通电导体在磁场中将受到电磁力的作用, 其大小由 $F = BIL$ 决定, 方向用左手定则判定。将图 1-2 中导体 ab 与 cd 中的电流及所受电磁力 F 方向, 标明于图 1-3(a) 之中(导体 bc 段不切割磁力线, 不产生电磁力)。显然电枢线圈在电磁力矩作用下将沿逆时针方向转动。电枢线圈转过 90° 时到达图 1-3(b) 所示位置, 因两换向片随之转了 90° 而电刷空间位置固定不动, 此时电刷与换向片之间的绝缘介质相接触, 线圈中无电流, 不产生电磁力矩。靠惯性的作用, 电枢继续转动而使 ab 边进入 S 极作用范围, cd 边进入 N 极作用范围, 如图 1-3(c) 所示, 此时线圈中电流为 $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$, 改变了方向。由于导体 ab (或 cd) 所处磁极极性改变的同时, 其电流方向也改变, 故电磁力方向不变, 仍使电枢线圈逆时针转动, 直流电动机得以连续运转。

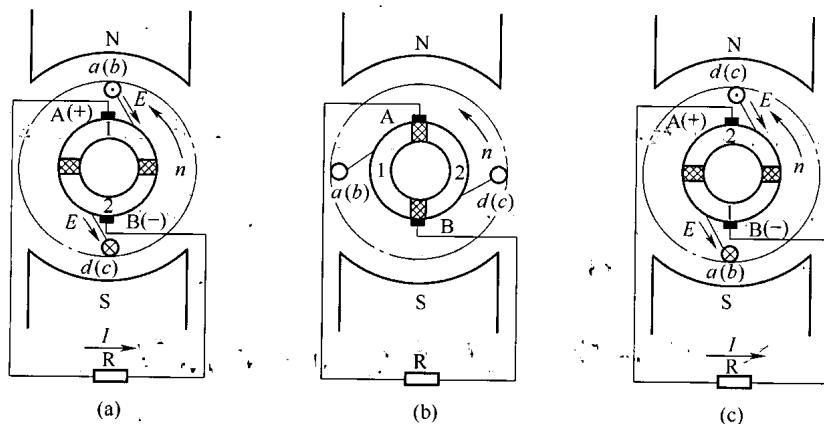


图 1-3 直流电动机工作原理

不难看出: 正电刷 A 只与空间位置处于水平线上方, 即 N 极下的线圈边所连的换向片接触, 因此, 其电流方向始终是往里流, 故电磁力方向始终向左; 同理, S 极下的线圈边所