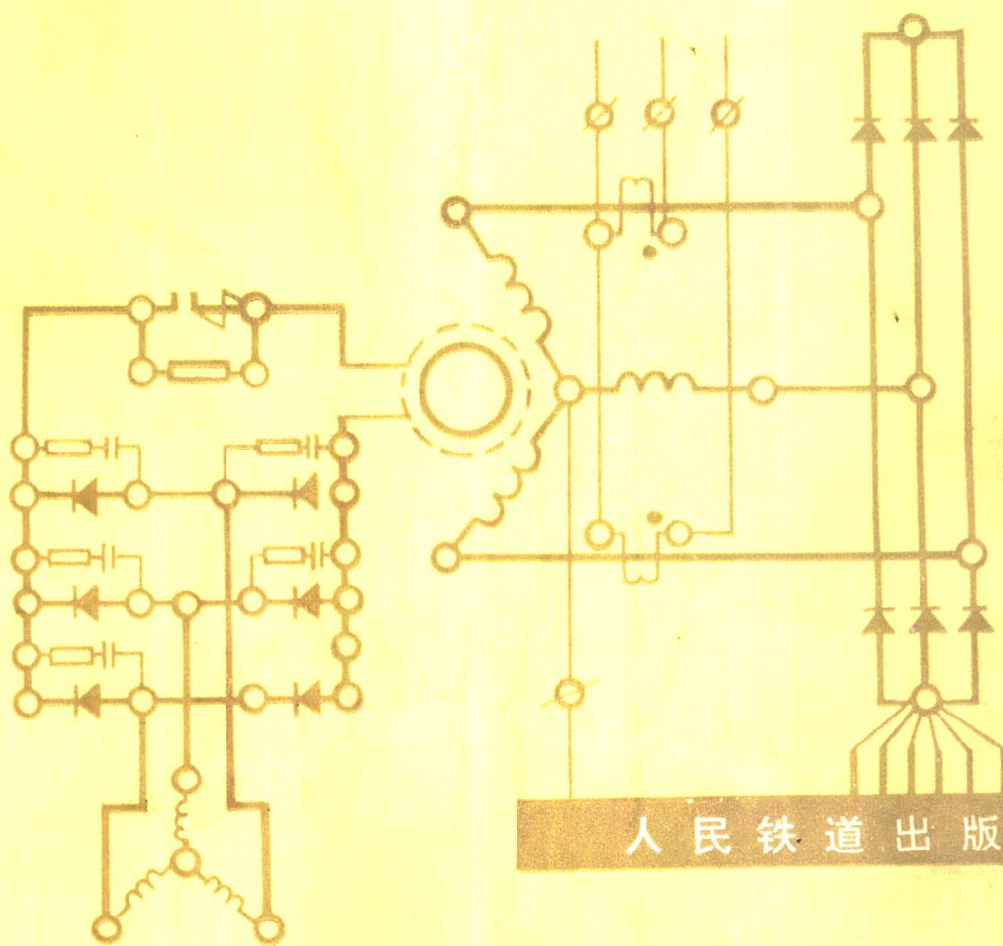


NEIRANJICHE DIANLU JIEXI

内燃机车电路解析

张景卢 编



人民铁道出版社

62.4

32

内燃机车电路解析

张景卢 编

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 7 9 年 · 北 京

内 容 简 介

书中主要讨论了内燃机车电路的结构和原理，重点分析电力传动内燃机车电路，对液力传动内燃机车电路也作了必要的介绍，目的在于给读者以较全面的基本知识，以求看懂并学会分析内燃机车电路。

本书可供从事内燃机车方面的工人、工程技术人员参考，亦可供有关中等专业学校师生参考。

新华书店北京发行所发行
各埠新华书店经售
人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/16 印张：9 插页：1 字数：216 千
1979年5月第1版 1979年5月第1次印刷
印数：0001—15,000册
统一书号：15043·5111 定价：0.81 元

前 言

本书主要介绍内燃机车电路的基本结构和工作原理,重点放在电力传动内燃机车电路的分析上,并结合东风₄型内燃机车电路加以具体说明;同时也对液力传动内燃机车电路作了必要的解析,并以东方红〈3〉型内燃机车电路为例加以具体说明。编写本书的目的是想给初学内燃机车电路的同志以较全面的基本知识,通过这些基本知识,不但可以看懂内燃机车电路图,而且还能进一步分析电路图,初步具备判断电路故障,改进电路和拟制类似电气设备电路的能力,为电路设计奠定一定的基础。本书可供从事内燃机车方面工作的领导干部、工人、技术人员以及有关院校学员们参考,并热忱希望得到大家的批评和指正。在本书的编写过程中,曾得到大连机车工厂、沈阳机务段、西南交通大学、兰州铁道学院、济南机务段、北京机务段等有关同志的大力支持和帮助,在此一并表示谢意。

编 者

一九七八年九月
于大连铁道学院

目 录

第一章 内燃机车电路图基本知识	1
§ 1. 看懂内燃机车电路图要解决的几个问题	1
§ 2. 内燃机车电路图中所用元件的符号	1
§ 3. 内燃机车电路图的种类与组成	6
第二章 主电路	10
§ 1. 主电路结构	10
§ 2. 主电路的测量与保护电路	15
第三章 励磁电路	20
§ 1. 牵引发电机的理想外特性	20
§ 2. 牵引发电机励磁系统基本概况	22
§ 3. 东风 ₄ 型内燃机车牵引发电机的励磁电路	24
第四章 辅助设备电路	35
§ 1. 辅助发电机及其电压调整器电路	35
§ 2. 蓄电池组电路	44
§ 3. 预热锅炉电路	46
第五章 控制电路	48
§ 1. 控制电路电源与信号灯电路	48
§ 2. 柴油机启动控制电路	50
§ 3. 机车起动控制电路	58
§ 4. 机车调速控制电路	66
§ 5. 辅助设备的控制电路	77
§ 6. 柴油机保护电路	79
第六章 电阻制动电路	82
§ 1. 电阻制动主电路及其保护	82
§ 2. 电阻制动的励磁电路	84
§ 3. 电阻制动的控制电路	88
第七章 照明及仪表电路	90
§ 1. 照明电路	90
§ 2. 仪表电路	94
第八章 液力传动内燃机车电路	98
§ 1. 液力传动内燃机车电路的特征	98
§ 2. 柴油机启动电路	102
§ 3. 机车换向电路	105
§ 4. 机车起动电路	112
§ 5. 机车调速电路	113
§ 6. 其他辅助设备电路	115
§ 7. 机车保护电路	123

第一章 内燃机车电路图基本知识

§ 1. 看懂内燃机车电路图要解决的几个问题

当我们研究内燃机车电气设备的工作时，总要应用电路图。电路图的形式很多，有的比较简单，有的比较复杂。我们常用到的、也就是随机车发送的内燃机车电路图是比较复杂的。对于这样一种电路图，我们怎样才能理解它呢？概括起来说，要解决以下几个问题：

1. 这是一张什么性质的电路图？它由哪几部分组成？每个部分的主要任务是什么？
2. 在电路图中各种符号代表什么元件？这种元件起什么作用？
3. 电路图中各种元件间存在着什么关系？怎样互相配合工作？

在这三个问题中，第 1、2 两个问题是比较容易解决的。因为电气元件的符号已由各种标准加以规定，只要经过记忆和一段实践就可以解决；电路图的性质可按其用途加以确定，电路图的组成也可按其所完成的任务加以归并。上述各问题中，比较关键的是第三个问题，这要在了解每个电气元件作用的基础上，把它们协调起来，分清电路中谁是电源、谁是负载，电流在电路中的走向，以及电路通电后所引起的机、电等方面的效果，因此，对于理解一个电路图来说，解决第三个问题，就显得比较复杂和更为重要的了。

作为一个从事内燃机车电路方面的人员来说，首先应该看懂电路图，但是不能仅仅满足于看懂电路图。为此在解释以上三个问题的同时，还进行了必要的分析和比较，尤其是在第三个问题上。这样做的目的是使大家在掌握内燃机车电路工作原理的基础上，具有分析和评价电路的能力，经过一定实践之后，还可以判断电路故障之所在，从而做到自如地运用内燃机车，充分而合理地发挥内燃机车的潜力。

由于各种类型的内燃机车都有它自己的电路图，而电力传动内燃机车的电路图包括的内容较为全面，所以本书将主要针对电力传动内燃机车电路分析其工作原理，并结合东风₄型内燃机车电路加以具体说明；最后还以东方红〈3〉型内燃机车为例，对液力传动内燃机车电路作了概括的介绍。

东风₄型内燃机车成批生产以来，在电路方面曾作了多次改进，相应电路图也几经变化，所以讲解时，将以大连机车车辆工厂的图 DLJ6-05-001-7（主电路及辅助设备电路）和 DLJ6-05-002-7（控制电路和照明电路）为例，并简称为—7 号电路图。对—7 号电路图与以前各电路中有差别的部分也作必要的说明。—7 号电路图是 1977 年 7 月制定的，适用于 0177 号以后各车。—7 号电路图见附图 1，此图已略加改制，图上坐标也与原图不同；原图元件目录另作附表 1 列出。

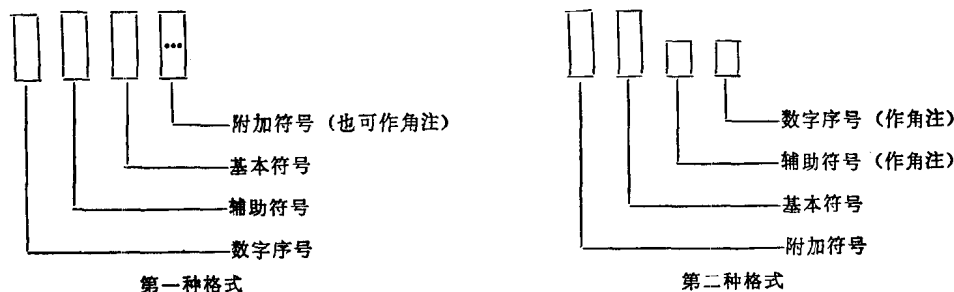
§ 2. 内燃机车电路图中所用元件的符号

一、文字符号

关于电工设备的文字符号编制方法已有 GB315—64 号国标《电工设备文字符号编制通则》，按此国标可在电工系统图上标明设备的名称，但不作为产品型号及命名。此《通则》

规定电工设备的文字符号原则上由基本符号（表明基本名称）、辅助符号（表明主要用途及特征）、数字序号（表明顺序号）和附加符号（表明附加特征）等四部分组成。符号中所用文字除国际通用者外均用汉语拼音字母，数字序号用阿拉伯数字；文字符号的字母用大写印刷体，作角注时用小写印刷体。有的部还根据GB315—64号国标的精神，制定了本部管辖范围内的专业文字符号标准，进一步细化。

根据GB315—64 国标，文字符号的排列格式有以下两种：在电力工程图纸上基本采用第一种格式；沿用国际通用文字符号的，基本采用第二种格式。



我国各机车制造工厂在编制电工设备的文字符号时均已遵照上述标准，但由于所用元件名称尚未统一，编制时所取用的文字也不一样，所以各厂所制电路图的文字符号尚不一致。东风₄型内燃机车用主要电气元件名称与文字符号的对照如附表2所示。为了便于理解和今后看图时的方便起见，特作以下几点说明：

1. 同类元件间的区分

内燃机车上所用同类元件较多，为加以区分，则以同类元件的名称作基本符号，并用表示各自用途等方面的符号加以区别。例如接触器类，以C作基本符号；对于磁场削弱用接触器，以XC表示；在东风₄型内燃机车上有两个组合式磁场削弱接触器，再分别以1XC和2XC表示；而此组合式接触器各包括有一级削弱和二级削弱用的两个部分，故又再添加角注1、2作附加符号。这样，对于1号磁场削弱接触器的一级削弱部分就以1XC₁表示；它的二级削弱部分以1XC₂表示；同理，对于2号磁场削弱接触器也可分别有2XC₁和2XC₂。与此相似的，用1HK₁和2HK₁分别表示1号和2号牵引——制动转换开关（简称工况转换开关）；此种开关也是一种组合式开关，它包括牵引和制动两部分，则可分别用1HK₁（或2HK₁）和1HK₂（或2HK₂）表示1号（或2号）工况转换开关的牵引部分和制动部分。

对于电阻已习惯沿用国际通用符号R（英语字母）表示，对于不同用途及特征的电阻可加以辅助符号，并采用第二种格式表示，如第一组制动电阻用1R_z表示。其他沿用国际通用符号的还有电容C、电压表V、电流表A、电感L等。

2. 直流电机各种励磁绕组的区分

由于直流电机励磁绕组与其电枢绕组间的联接方式对电机性能有很大影响，因而不同联接方式的励磁绕组应以不同的文字符号表示。在JB1093—67号一机部部标《电力和热电机车车辆直流牵引电机基本技术条件》中已提出专业用的文字符号，如表1—1所示。表中所指始端、末端是按电流流向决定的，即电流从始端流入绕组，从末端流出绕组。若在图中要表示出同一电机的两个励磁绕组的作用相同（同时使电机磁通增加或减少）时，则可将两个励磁绕组的始端画在电路图上的同一侧；若表示励磁作用相反时，则将始端画在异侧。

表 1—1

绕组名称	出线端标志		绕组名称	出线端标志	
	始端	末端		始端	末端
电枢绕组	S_1	S_2	补偿绕组	BC_1	BC_2
串励绕组	C_1	C_2	启动绕组	Q_1	Q_2
并励绕组	B_1	B_2	调整绕组	D_1	D_2
他励绕组	T_1	T_2	限流绕组	X_1	X_2
换向极绕组	H_1	H_2	差励绕组	CH_1	CH_2

3. 联接导线和接线柱的区分

电路中联接导线很多,一般导线就直接用阿拉伯数字号作为文字符号,但在编制线号时,常将导线号加以分类,以便查找。东风₄型内燃机车用线号分类如下:

1~239.....高压电路用线
 240~1999.....低压电路用线
 2001以后.....与控制电源负端相通的负线

接线柱的文字符号用分式表示,分子部分表示接线柱的排数号,分母部分表示此排中该接线柱的顺序号。但在具体表示时,有两种形式:一种是安装在柜子(如电器柜、操纵台)内的;另一种是安装在接线盒内的。安装在柜子内的接线柱是成排布置、按排编号的,而每排中的接线柱又依次编号,如第5排中第1个接线柱就用分式“5/1”表示。东风₄型内燃机车是双司机室,则在前、后端操纵台的接线柱将会出现同样的文字符号,为区分之,对Ⅰ端操纵台内的排数号前面再加以1字,Ⅱ端操纵台内的排数号再加以2字,即用“15/1”表示Ⅰ端操纵台内的第5排中第1个接线柱;用“25/1”表示Ⅱ端操纵台内的第5排中第1个接线柱。安装在动力室接线盒内的接线柱是先将接线盒编号,再将接线盒内的接线柱编号,如用“1H2/6”表示1号接线盒内的第2排中第6个接线柱。在东风₄型内燃机车上,接线盒内的接线柱不编排数号只编顺序号,则其分子中仅有接线盒号,分母表示接线柱顺序号,如“1H/3”表示1号接线盒内的第3个接线柱。

在编制接线柱号时也适当注意分类,东风₄型内燃机车接线柱号的分类情况如下:

1/1~20、2/1~2.....高压电路用
 2/4~20、3/1~20、5/7~20.....低压控制电路用
 4/1~9、20.....辅助设备电路用
 5/1~4.....控制电路电源正端
 5/5~6.....照明电路电源正端
 6/1~17、4/10~15.....照明电路用
 7/1~15.....励磁电路和电压调整器电路用
 8/1~20.....控制电源负端

以上就是有关文字符号要说明的几个问题。当我们在电路图上标注文字符号时,应遵循一个元件一个符号的原则。当某一元件有几个组成部分,每个部分又分布在电路图的不同位置时,也应用同一种文字符号去分头标注。

二、图形符号

在电路图中有关电气元件的图形符号已由GB312—64号国标《电工系统图图形符号》

规定,有的部还在此国标的基础上制订出更详细的部标和有关专业标准。现根据有关标准,将内燃机车电路图所用的主要图形符号列于附表3内,并作如下几点说明:

1. 电机的图形符号

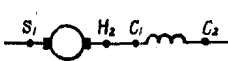
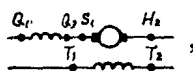
当用图形符号表示电机时,应反应出它最重要的结构组成。对于直流电机来说,主要结构组成部分是励磁绕组、电枢绕组和电刷等,所以常用电感线圈的一般图形符号  表示它的励磁绕组(或称主极绕组),再用文字符号表示它的性质,如串励绕组用  表示。

对于电枢绕组和电刷可用图形符号  表示,该图形符号形象地表现出电刷

在换向器表面上滑行,若再加用文字符号,还可以表示出电枢绕组的始末端,如  表示始端在左,末端在右。在直流电机中,为了改善换向,还设有换向极。换向极绕组总是

与电枢绕组串联,若也要表示它时,可用符号  表示,符号中的半圆就专门

用来表示换向极绕组,其常用的简化形式有  或 。若将电机的励磁绕组和转子两个部分的图形符号拼在一起,就可表示出整台直流电机了。如直流串励电机表示为

 ; 具有他励和串励(启动用)绕组的直流电机表示为  。

等等。

同理,也可用一定的图形符号表示交流电机。交流电机中的同步发电机由转子、定子和电刷、滑环等组成。转子上有磁极铁芯、励磁绕组、滑环等。为使磁极具有一定的极性,励磁绕组应通以直流电。目前内燃机车用同步牵引发电机是中速电机,采用凸出磁极式结构的转子,则凸极式转子上的励磁绕组就用符号  表示,它意味着外电路经正、负电刷和滑环把直流电输送给励磁绕组,而磁极是凸起式的(用虚线表示),按N、S极性依次排列在转子表面。由于励磁绕组始末端颠倒对电机运行性能没有影响,故一般在电路图中也不标注。为了提高同步发电机担负不对称负载和扼制振荡的能力,常在其磁极表面装有阻尼绕组,它的结构与鼠笼式异步电机的转子绕组相似,这时的转子用符号  表示。同步发电机的定子有电枢铁芯、电枢绕组等。一般同步发电机的电枢绕组都是多相(如三相)的,其每相绕组可用电感线圈的一般符号  表示。对于三相星形连接的电枢绕组

用符号  表示;对于三相三角形连接的电枢绕组用符号  表示。如将以上两部

分图形拼在一起时,就可表示出整台同步发电机了,如图1-1所示。图中定子绕组实行星形连接,并有中线N;转子有阻尼绕组,若无阻尼绕组时,虚线圆内实线圆取消。

2. 接触器的图形符号

接触器是一种自动刀开关,用以实现强电电路的切换。

一般接触器由驱动机构、触头和灭弧装置等三部分组成。当驱动机构是风动机构时,称电空接触器,它是用电空阀控制风缸

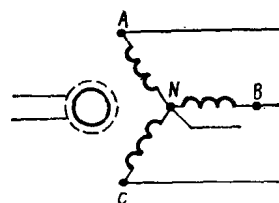
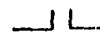


图1-1 带有阻尼绕组的同步电机图形符号(定子星形连接)

的进排风，以使接触器闭合或断开；当驱动机构是电磁机构时，称电磁接触器，它是用电磁线圈控制驱动机构的动作，以使接触器闭合或断开。电空阀线圈和电磁线圈也可用符号  表示；根据铁道部TB466—66《内燃、电力机车电气线路图图形符号》的规定，若要指出是电空阀或电磁阀线圈时，可用符号  表示。

接触器的触点有两种：一种是主触点，直接切换强电电路；一种是辅助触点或称联锁触点，用于控制电路，以便实行联锁控制。对于所有电器的触点来说，凡在电器无电或不受外力作用时，呈断开状态的触点称常开触点（或称动合触头）；呈闭合状态的触点称常闭触点（或称动断触点）。对于主触点来说，分别有常开主触点和常闭主触点；对于辅助触点来说，分别有常开辅助触点（简称正联锁）和常闭辅助触点（简称反联锁）。

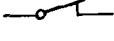
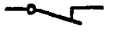
接触器的常开触点以符号  表示，常闭触点以符号  表示。对于主触点来说，工作在大电流条件下，在断开瞬间能出现较大的电弧，易烧损触点的工作表面。所以，对于在带电状态下动作的主触点一般都加灭弧装置。加灭弧装置的常开主触点以符号  表示；常闭主触点以符号  表示。不加灭弧装置的主触点和辅助触头均用前述符号表示。

在内燃机车上，有些专用电器并非像普通电器那样是有电动作无电释放的，而都是通过给电使电器从一种位置转换到另一种位置，这种电器的常开和常闭触点就应另行定义，使其有明确的含义。属于这种电器的有牵引——制动转换开关、前进——后退转换开关、反向器等。对于牵引——制动转换开关来说，当其牵引电空阀有电使转换开关转到牵引位时，无论是牵引部分的触点还是制动部分的触点，凡是断开的触点统称为常开触点；凡是闭合的触点统称为常闭触点。当牵引电空阀失电，制动电空阀有电，使转换开关转到制动位时，上述常开触点闭合，常闭触点断开。对于前进——后退转换开关和反向器来说，当前进电空阀有电使电器转到前进位时，无论是前进部分的触点还是后退部分的触点，凡是断开的触点称为常开触点；凡是闭合的触点称为常闭触点；当前进电空阀失电，后退电空阀有电，使电器转到后退位时，上述常开触点闭合，常闭触点断开。按照TB466—66号部标的规定，这些电器触点的图形符号与GB312—64规定的接触器触点符号相同。

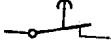
3. 继电器的图形符号

继电器是根据某一输入量来切换控制电路的电器，它一般由驱动机构和触点两部分组成。

继电器的驱动机构决定于输入量的形式。在内燃机车上，按输入量的性质可将继电器分为电磁式继电器、温度继电器、压力继电器、液位式继电器和时间继电器等。其中电磁式继电器用的最多，它是利用继电器驱动机构中的电磁线圈有电而动作的，电磁线圈用符号  表示。内燃机车上的电磁式继电器种类很多，有电压继电器（以传递电压信号的变化，如空转继电器）、电流继电器（以传递电流信号的变化，如过电流继电器）和中间继电器（以放大信号的数目，实行多路控制）等。温度、压力、液位式继电器都是接受非电输入量的继电器，根据非电输入量的大小而使其驱动机构动作，使继电器起作用，当非电输入量不够大时，继电器处于释放状态。非电量的驱动机构在电路图中不予反映。时间继电器是在电磁式继电器上加以延时机构而制成的，用以达到延时控制的目的。延时时间的多少由电器的结构决定，多数情况下是可以调整的。

继电器的常开触点以符号  表示，常闭触点以符号  表示（位置

不可颠倒，否则含义相反）。对于时间继电器触点的图形符号是在一般继电器触点符号的基础上加以延时符号形成的，以“”表示延时闭合；以“”表示延时断开。

如表示延时闭合的常开触点，它意味着继电器有电后此触点是延时闭合的，但在继电器失电后立即断开；又如表示延时断开常闭触点，它意味着继电器有电后此触点是延时断开的，但在继电器失电后立即闭合。对于非电输入量继电器的触点符号已示于附表3内，它是在开关的图形符号基础上再加以辅助符号形成的，而不是在一般继电器触点符号的基础上形成的。

4. 控制器的图形符号

控制器是一种大型手动电器，可以控制很多电路，而且随着控制器手柄位置的变化，改变电路的接通状况。在对控制器进行图示时，除画出它的全部触点外，还在触点图形符号的旁边列出触点闭合情况表。如东风₄型内燃机车用的司机控制器就是这种手动电器，它由两部分组成，其中主手柄（实为一手轮）控制12对触点（有时习惯称触指），用以对机车进行调速和控制；其中反向手柄控制4对触点，用以对机车进行方向和工况的变换。但在此机车上只用了12对触点，其中1~4号触点由反向手柄控制；5~12号触点由主手柄控制。在附表3中仅列出1~4号触点及其闭合情况表，每个手柄的位置以垂直虚线表示，凡在此位置下闭合的触点，就在此垂直线与闭合触点同水平线位置上打以黑点“●”或小圆“○”，如附表3中，触点2、3在反向手柄于前进位时闭合，触点1、3在反向手柄于后退位时闭合。主手柄控制的5~12号触点闭合情况可见附图1的左侧。

5. 使用图形符号时应注意的问题

（1）符号的大小，线条的粗细，可与标准规定的图形符号相同，也可按比例地放大或缩小，不按比例时，将会使图形符号的含义不明确；

（2）表示电路的联接导线时，一般可将主电路和励磁电路的线条较其它部分画得粗一些；

（3）按图面布置的需要，可将图形符号旋转45°或90°或180°绘制，但应连同文字符号一同旋转，否则也会造成图形符号含义的变化。例如继电器常开触点的图形符号旋转180°后就成为常闭触点的符号，若不加文字符号标注就难以明白它的本意了。

§ 3. 内燃机车电路图的种类与组成

一、电路图的种类

当用上述文字与图形符号将所用电气元件表示在图面上，再用相应的线条（代表联接导线）把它们联接起来时，就形成了电路图。我们对电路图的要求是：按有关技术要求确切表示电气系统的组成和状态；图面尽可能的简单与清楚。

绘制电路图的目的在于应用，由于应用目的和技术要求不同，电路图可以绘成以下几种形式：

1. 原理图

这种图用以研究电气系统的工作原理，它可以根据所研究的范围画出系统的全部或局部。只要能确切表示出电路的工作原理，这种图画得愈简单愈好。例如，我们研究东风₄型

内燃机车牵引发电机励磁系统的工作原理时，就可以画出图1—2所示的原理电路图，该图是整个机车电路图的一个局部，而且只画出了与系统工作原理有关的电机、电器和导线，比实用的机车电路图中相同部分要简单的多，但是，它已能说明系统的基本工作原理即：起动发电机 QD 经功率调节电阻 R_{gt} ，对直流测速发电机 CF 的励磁绕组供电， CF 的电枢绕组又对交流励磁机 L 的励磁绕组供电，而 L 的电枢绕组再经励磁整流柜 $2ZL$ 对交流牵引发电机 F 的励磁绕组供电；当 CF 、 L 的转速和电压升高时，牵引发电机 F 得到更大的励磁电流，可以提高它的电压和功率；功调电阻 R_{gt} ，可以改变测速发电机 CF 的励磁电流，也就可以改变牵引发电机 F 的励磁电流和功率，从而可以实行恒功率调节。这些已经表现了整个励磁系统的概貌，显示出励磁系统的基本工作情况，而图面又不复杂，这对研究电路的工作原理来说是很方便的。

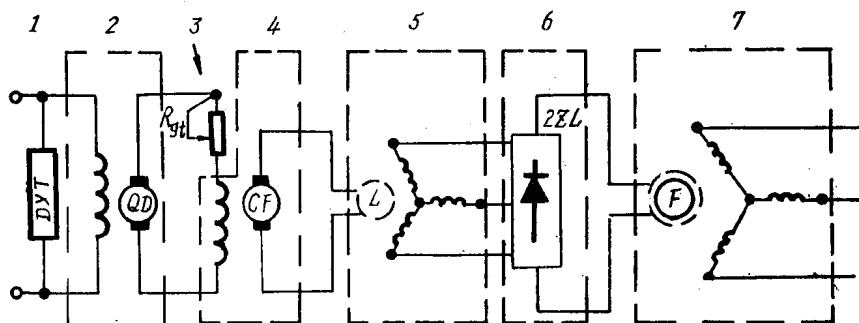


图1—2 东风₄型内燃机车牵引发电机励磁系统原理图

1——电压调整器；2——启动发电机；3——功调电阻；4——测速发电机；5——励磁机；6——励磁整流柜；7——牵引发电机。

2. 安装配线图

这种图用以对电气元件进行安装和配线，或对已制成的电气设备进行检查，以查找配线的正和误。在这种图中应表示出：①电气元件的真实相对位置；②组成元件的各个电气机构（如触点、线圈等）；③所联导线的线号及去向。这些对安装配线来说都是必须的。

由于这种图要表示真实相对位置，若再将其联线的全部均予绘出时，必使图面线条交错复杂，难于辨认，而对配线来说又非必须，因此在绘制联线时，只象征性地画出一小段，上面注明线号及所连元件的文字符号即可。有的还在联线段上标有箭头，以显示电流流动方向。例如东风₄型内燃机车电器柜的安装配线图里，画出了安装面上所有元件的实际安装和配线情况，而对每一个元件来说，又画出它的全部电气机构。例如主接触器 $1C$ 绘于电器柜的内右侧面（按原厂制配线图称为 E 向）的配线图上，布置在图面的下端，在制动接触器 ZC 和主接触器 $2C$ 之间。图1—3中绘出了 $1C$ 的全部电气组成部分，并对每一个电气组成部分画出一段联线，注明线号及所连元件号，但未标箭头。根据这个图可以检查此元件配线的正和误，也可去进行元件的安装和配线。

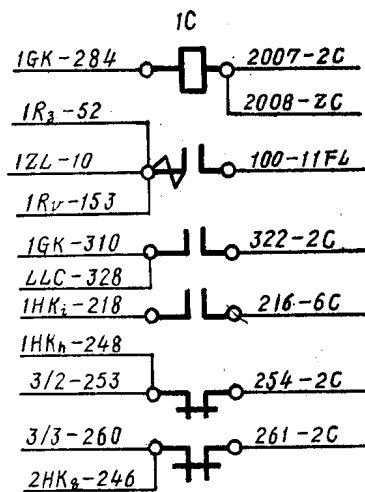


图1—3 主接触器 $1C$ 的安装配线图

3. 原理配线图

这种图是以上两种图的结合,即可用于电路原理的研究,又可用于配线和检查;但此图不再表示元件的真实相对位置,故不能用于安装。

由于原理配线图的作用比较全面,它广为机车乘务、检修、试验研究人员所采用,因此随车出厂配备的机车电路图也就是这种图,有时称为实用电路图;我们一般所说的内燃机车电路图(如附图1),也就是指这种图;本书讲解举例时所用的也是这种图。但是,有的液力传动内燃机车制造厂常按原理图形式绘制机车电路图。

绘制原理配线图的要求是:①表示出全部电气元件及连线;②标注出全部元件和导线的文字符号;③所有元件及导线间的联接情况均按实际联接顺序绘出。为使图面清晰,图中不再表示元件的真实相对位置,元件及元件的各组成机构,按电路布置的需要,画在图面上的适当位置。

对于内燃机车(尤其是电力传动内燃机车)来说,由于所用元件众多,使它的原理配线图密密麻麻,十分庞杂,但是只要进行适当的归类,合理的布置,也可使图面比较有条理,做到杂而不乱,既易于识读,又易于配线和检查。

以上就是电路图的三种基本形式,无论哪一种形式,都有一个共同点,就是不表示元件的非电联系,在看图时只能结合元件的非电联系来理解电路图的含义。

二、内燃机车电路图的组成

原则上说,所有电气设备的电路都可分成主电路和辅助电路两大部分,主电路是指较强电流的电路。在主电路中,有较大部分的电能和其他形式的能量互相转换,用以完成电气设备的主要任务;辅助电路是指电流相对较弱的电路,用以保证主电路更好地完成任务。

内燃机车电路也不例外,也可分成主电路和辅助电路,但这样会使辅助电路包括的内容过多,显得臃肿,故常对辅助电路细化。因此,可以根据内燃机车的特点,将整个电路分成几个有机的组成部分。

对于电力传动内燃机车电路来说,一般可以分成以下几个组成部分:

主电路 是指牵引发电机与牵引电动机的电路,在整个电路中,这部分电路的工作电流最大,转换的能量最多。

励磁电路 指牵引发电机整个励磁系统的电路。由于励磁电路是整个电力传动内燃机车自动调节的中心环节,有重要的意义,所以单独列出。

其他电路 它包括辅助设备电路、机车控制电路、照明及仪表电路等等,都属于辅助电路范畴。

对于液力传动内燃机车电路来说,没有上述的那种主电路和励磁电路,它所包括的内容仅与上述其他电路中所包括的内容相似,即只有辅助设备电路、控制电路及照明仪表电路等,并且辅助设备电路已成为液力传动内燃机车上用电最多的电路,自然上升到主电路的地位,其余电路则属于辅助电路范畴。由此可见,主、辅电路的划分是相对的,它所包含的内容是因电气装置的不同而异的。

三、有关内燃机车电路图的几点说明

由于内燃机车电路的工作状态较多,如有电或无电状态;前进或后退状态;牵引或制动状态等等,因而,内燃机车电路图也只有在指定的状态下才有明确的含义。

内燃机车电路图是在以下指定状态下绘成的：

(1) 图中普通电器元件均为无电状态或未受外力作用状态，因此图中这些电器（如接触器、继电器等）的常开触点是断开的，常闭触点是闭合的；

(2) 机车前进——后退转换开关（或反向器）处于前进位，因而图中此转换开关（或反向器）的常闭触点是闭合的，常开触点是断开的；

(3) 机车牵引——制动转换开关处于牵引位，因而图中此转换开关的常闭触点是闭合的，常开触点是断开的；

(4) 牵引电动机的故障开关对应于正常运转位，因而图中故障开关的常闭触点是闭合的，常开触点是断开的；

(5) 柴油机转轴联锁对应于正常运转位，即盘车机构已经脱开，转轴联锁装置不受外力，其常闭触点是闭合的。

这样一来，所画电路图已处于前进、牵引状态，只要相应的接触器、继电器有电，接通的就是前进、牵引状态电路，机车即可牵引列车向前运行。

液力传动内燃机车电路比较简单，电路中各电器就按无电或不受外力状态绘出，各控制器和转换开关列出触点闭合情况表，按控制器各手柄位和转换开关所在位置去判断电路接通情况，使电路图也处于确定状态。

第二章 主 电 路

电力传动内燃机车的主电路就是牵引发发电机和牵引电动机的电路。在此电路中，将机车柴油机的机械能转变为牵引发发电机的电能，然后牵引发发电机向牵引电动机供电，在牵引电动机中再将电能转变为机械能，驱动机车动轮转动，牵引列车前进。所以主电路的主要任务就是产生牵引力，实现列车的牵引，这也正是内燃机车的任务。

为了使主电路能更好的完成机车牵引的任务，它除了能使机车产生足够的牵引力外，还应满足作为一个传动装置的其他要求即：应使机车具有足够的速度变化范围，机车前进或后退都应有相同的牵引特性等。因此，电力传动内燃机车的主电路将由以下几部分组成：

1. 牵引发发电机向牵引电动机的供电电路。
2. 机车前进与后退的转换电路。
3. 牵引电动机的磁场削弱电路。
4. 主电路的测量与保护电路。

§ 1. 主电路结构

一、牵引发发电机向牵引电动机的供电电路

牵引发发电机是通过相应的主接触器与牵引电动机连接起来的，当主接触器有电闭合时，牵引发发电机与牵引电动机接通，牵引电动机因得电而拖动机车动轮转动，产生轮周牵引力。

牵引发发电机与牵引电动机间的电路结构与电力传动装置的形式、牵引电动机间的连接方式密切相关。

1. 电力传动装置形式对电路结构的影响

根据内燃机车所用牵引发发电机和牵引电动机的类型，可以把内燃机车电力传动装置分成三种形式：

(1) 直流电力传动 即牵引发发电机和牵引电动机均采用直流电机的传动形式。由于直流串励电动机的机械特性基本上符合内燃机车的牵引特性，这就很自然地被选作牵引电动机，因而牵引发发电机也就采用直流发电机，形成直流（或称直-直流）电力传动，这是内燃机车首先采用的电力传动形式。

(2) 交-直流电力传动 即用交流发电机（是同步发电机）作牵引发发电机而仍用直流电动机作牵引电动机的传动形式。这是近十几年才开始采用的传动形式，并已为功率在3000马力以上的电力传动内燃机车所普遍采用。由于直流电机的造价高、用铜多、可靠性差，用交流电机取代直流电机的方向是对头的，但这种取代只有在一定的条件下才变为可能。从六十年代开始，半导体技术迅速发展，效率高、体积小的大功率硅整流装置的出现，使得有可能用交流发电机加整流装置去取代直流发电机。那么当时为什么仍采用直流牵引电动机呢？这是因为采用交流牵引电动机在变频调速技术上尚有不少困难。目前交-直流电力传动已成为大功率电力传动内燃机车普遍采用的传动形式。

(3) 交流电力传动 即牵引发电机和牵引电动机均采用交流电机的传动形式,这是近十年内才开始采用的新形式,它的技术、经济指标都比较高,已成为机车电力传动装置的发展方向,其使用规模也在扩大中。目前之所以能出现交流电力传动,主要是半导体技术的发展,制成了半导体频率调节器,成功的解决了交流电动机变频调速问题,使得有可能采用交流的牵引电动机,从而全面取代直流牵引电机。

直流电力传动的主电路比较直观,直流牵引发电机通过主接触器向直流牵引电动机供电,交-直流电力传动的主电路多了一个中间整流环节,它先将同步牵引发电机输出的交流电变成直流电后,再供给直流牵引电动机;交流电力传动的主电路比较复杂,它有两种形式:一种是将同步牵引发电机输出的交流电通过变频调节直接对交流电动机(鼠笼式异步电动机或同步电动机)供电,实行所谓交-交流电力传动;另一种是将同步发电机输出的交流电先变成直流,然后通过变频、变压调节再向交流电动机(一般采用鼠笼式异步电动机)供电,由于它多了个中间直流环节,故称之为交-直-交流电力传动。目前已在内燃机车上采用的是交-直-交流电力传动,用的是鼠笼式异步牵引电动机,所以在其主电路中除了交流牵引发电机、交流牵引电动机外,还有硅整流器和逆变器(一种把直流电变成交流电的设备)等。

东风₄型内燃机车采用交-直流电力传动,其主电路的原理图如图2-1所示。当同步牵引发电机 F 工作时,其星形联接的三相定子绕组发出的三相交流电经由三相桥式整流电路组成的硅整流柜 $1ZL$ 后变成脉动很小的直流电,硅整流柜中二极管的共阴极端(图中上端)为正端,共阳极端(图中下端)为负端;硅整流柜输出的直流电再经各主接触器 $1C\sim 6C$ 后,对直流牵引电动机 $1D\sim 6D$ 供电。

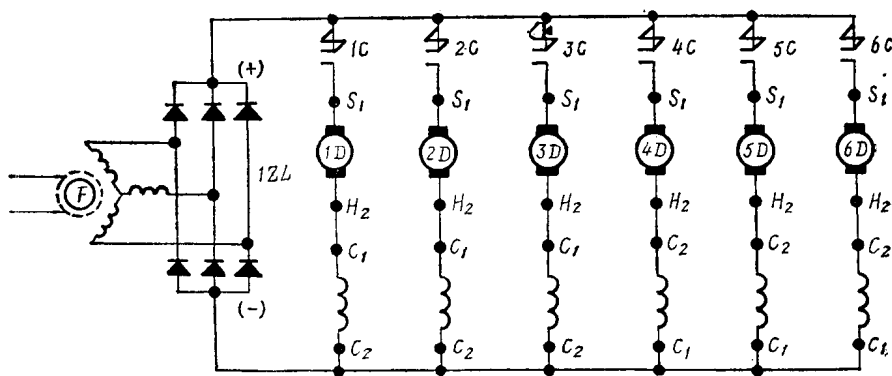


图2-1 东风₄型内燃机车主电路原理图

今后主要分析的是原理配线图,即常用的内燃机车电路图,由于此电路图图面较大,说到某个元件时,一时难以找到,为此常对机车电路图加注坐标。附图1的东风₄型内燃机车电路图加注两个坐标,其纵坐标参数称行,横坐标参数称列,均以阿拉伯数字表示。今后在第一次提到某元件时,就在此元件文字符号后的括弧内加注两位坐标参数值,前面一位表示行参数,后面一位表示列参数,两位参数间用一字线分开,如 $F(7-19)$ 表示牵引发电机 F 绘于电路图中第7行第19列位置处。东风₄型内燃机车的主电路绘于附图1的第1~20行第18~34列(可简写为1~20-18~34)范围内,牵引发电机 $F(7-19)$ 的三相定子绕组 A 、 B 、 C 、分别沿09、08、07(图中所标线号再乘以4表示此导线实际由四根某种规格

的导线组成,是用四根细线当一根粗线使用) 号线将交流电输送给整流柜1ZL(7—21),在1ZL的正端,分别沿10、11、12、13、14、15号各线接至主接触器1C~6C和牵引电动机1D~6D,然后经过各牵引电动机电路后再分别沿21、20、19、18、17、16号各线回到1ZL的负端;当主接触器1C~6C闭合时,牵引电动机1D~6D得电。例如1D的电流通路为:1ZL正端→10号线→主接触器1C→100号线→分流器11FL→40号线→牵引电动机1D的电枢和换向绕组→牵引——制动转换开关1HK₁₋₁的牵引常闭触点1HK₁(牵引工况时闭合)→前进——后退转换开关1HK₁₋₂的前进常闭触点1HK₁(前进方向时闭合)→28号线→牵引电动机1D的励磁绕组C₁C₂→22号线→前进常闭触点1HK₁→牵引常闭触点1HK₁→21号线→1ZL负端。其余牵引电动机电流的通路与此相似,仅流过不同的主接触器和牵引电动机电路而已,可自行分析之。

2. 牵引电动机间连接方式对电路结构的影响

作为一般较大功率的内燃机车,牵引电动机一般有4~6台,它们之间可以全部采用并联,或者采用串并联混用的联接方式。如东风₄型内燃机车六台牵引电动机全部并联,东风₄型内燃机车六台牵引电动机采用两台串联成一条支路,三条支路再并联(简称两串三并)的方式。并联支路数多,使每条支路电动机功率所占机车总功率的比例减小,当某支路电动机发生空转等故障时,使机车牵引功率发生的变化相对较小,有利于提高机车的粘着性能,这对大功率内燃机车尤为重要;但并联支路数多,用的导线、接触器等也较多,这是它的缺点。东风₄型内燃机车是大功率机车,为了提高其粘着性能,所以各牵引电动机全部并联。

当内燃机车采用多台牵引电动机时,就有一个使各牵引电动机的转向同使机车前进或后退的问题,这就要求每个牵引电动机的电枢绕组与励磁绕组间按一定的顺序联接。如东风₄型内燃机车上的1D~3D安装在前转向架各动轴的后方(按机车前进方向而言),4D~6D安装在后转向架各动轴的前方,而且1D~3D和4D~6D的牵引小齿轮分别置于机车中心线的两侧,即两组牵引电动机的相对位置是相反的。为了同时使机车前进或后退,两个转向架上的电动机转向也应该相反,所以1D~3D的电枢绕组末端H₂与其励磁绕组的始端C₁相联时,4D~6D的电枢绕组末端H₂应与其励磁绕组的末端C₂相联,即1D~3D与4D~6D电枢绕组与励磁绕组的联接顺序相反,以保证六个牵引电动机同时使机车前进或后退。

二、机车前进——后退转换电路

改变电力传动内燃机车的运行方向,也就是改变牵引电动机的转向。为了改变牵引电动机的转向,可在牵引电动机励磁绕组两端设方向转换开关(或反向器)的触点,当需要改变转向时,可使此转换开关(或反向器)动作,改变励磁绕组接入电路的始末端顺序,即可达到机车换向的目的。

东风₄型内燃机车共有两个方向转换开关1HK₁₋₂、2HK₁₋₂,它们分别控制前、后转向架上三台电动机的换向。当机车按前进方向运行时,1HK₁₋₂、2HK₁₋₂上的牵引电空阀1HK₁、2HK₁有电,转换开关转至前进位,其所有常闭触点1、2HK₁₍₂₎闭合,所有常开触点1、2HK₁₍₂₎断开,这时牵引电动机电枢绕组与励磁绕组的联接顺序可从主电路图中看出来,如1D的联接顺序为:1D的换向绕组末端H₂→34号线→1HK₁常闭触点→1HK₁常闭触点→28号线→励磁绕组C₁C₂→22号线→1HK₁常闭触点→1HK₁常闭触点,励磁电流的方向从C₁流向C₂;又如4D的联接顺序为:4D的电枢绕组末端H₂→37号线→2HK₁常闭触点→2HK₁常闭触点→31号线→励磁绕组C₂C₁→25号线→2HK₁常闭触点→2HK₁常闭触点