

高等职业教育高速铁路系列教材

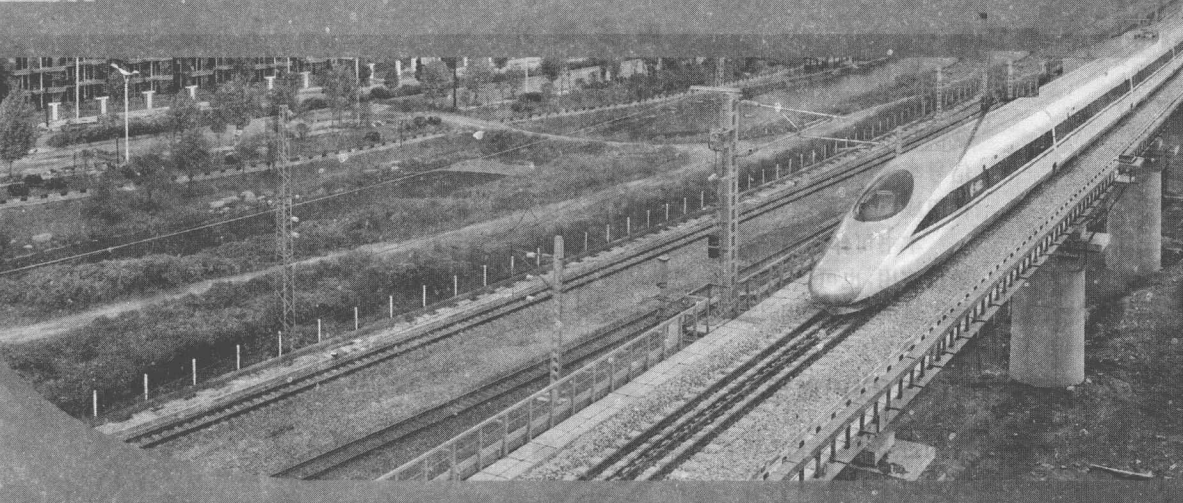


高速铁路列控车载设备

刘孝凡 肖湘红 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等职业教育高速铁路系列教材



高速铁路列控车载设备

刘孝凡 肖湘红 主编
王立文 主审

中国铁道出版社

2011年·北京

内 容 简 介

本书为高等职业教育高速铁路系列教材之一,为适应我国铁路大提速以及高速铁路的建设而编写的培训教材,面向铁路运输专业人员在列控车载设备维护、管理和使用方面的需求。全书共分5章,全面系统地阐述机车信号车载设备基本知识和基本原理,列控系统综合概述,列控车载设备的结构组成、工作原理、系统测试以及故障分析处理。

本书可作为高职高专铁道信号、铁道通信、城市轨道交通自动控制专业教材使用,也可供我国铁路提速区段及高速铁路信号工程技术人员、信号维修人员的培训使用,以及相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路列控车载设备/刘孝凡,肖湘红主编. —北京:
中国铁道出版社,2011.4
高等职业教育高速铁路系列教材
ISBN 978-7-113-12855-5

I. ① 高… II. ① 刘…② 肖… III. ① 高速铁路—列
车—运行—控制系统—高等教育—教材 IV. ① U284.48

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 063309 号

书 名:高速铁路列控车载设备
作 者:刘孝凡 肖湘红 主编

责任编辑:刘红梅 电话:010-51873133 电子信箱:mm2005td@126.com
教材网址:www.tdjiaocai.com

封面设计:崔丽芳
责任校对:焦桂荣
责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:三河市华丰印刷厂

版 次:2011年4月第1版 2011年4月第1次印刷

开 本:787 mm×960 mm 1/16 印张:7 字数:127千字

印 数:1~4000册

书 号:ISBN 978-7-113-12855-5

定 价:17.00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

高等职业教育高速铁路系列教材

编 审 委 员 会

主 任:戴力斌

副 主 任:曹 毅

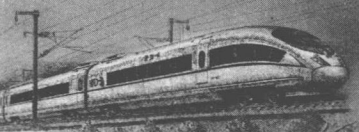
委 员:(按姓氏笔画排列)

邓昌大 何奎元 应夏晖 李 宏

李章凤 陈志雄 陈建译 周 伟

唐新权 晔 开 郭飞跃 谭墩枝

薛双纲



序

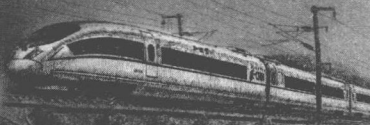


中国铁路一直认真贯彻党中央、国务院关于铁路技术装备现代化的部署,按照“先进、成熟、经济、适用、可靠”的技术方针,瞄准世界高速铁路最先进技术,通过原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新的有机结合,取得了一系列重大技术创新成果,系统掌握了时速 250 km 和时速 350 km 速度等级的涵盖设计施工、装备制造、系统集成、运营管理等高速铁路成套技术,构建了具有自主知识产权和世界先进水平的高速铁路技术体系。目前,中国已经成为世界上高速铁路发展最快、系统技术最全、集成能力最强、运营里程最长、运行速度最高、在建规模最大的国家。

根据中长期铁路网规划,到 2020 年,铁路营业里程将达到 12 万 km 以上。其中,新建高速铁路将达到 1.6 万 km 以上;加上其他新建铁路和既有线提速线路,我国铁路快速客运网将达到 5 万 km 以上,连接所有省会城市和 50 万人口以上城市,覆盖全国 90% 以上人口。

为了建设和维护好高速铁路,确保其高效、安全、准时和舒适平稳运行,必须要有一大批掌握高速铁路建设、运用与维护等专业知识的工程技术人员,这些技术人员目前迫切需要一本适合他们要求的、同时具有一定理论深度的相关教材或技术参考书。

湖南高速铁路职业技术学院正是在上述背景下,在广泛收集国内外有关高速铁路的技术资料和调研的基础上,经过消化吸收和系统归纳整

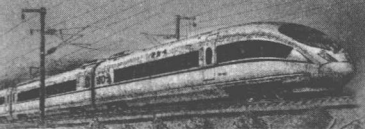


理,结合高职院校教学特点以及国内高速铁路运营实际,组织教师 and 大量现场工程技术人员共同编写了高速铁路系列丛书,主要涵盖铁道工程、铁道运营管理、铁道通信、铁道信号等专业,可供高等职业院校相关专业教学使用,亦可供高速铁路施工、运营、维护等技术人员培训使用。

相信本套教材的出版会为进一步提高教学质量、帮助学生更快适应工作岗位、促进铁路职工更好地提高专业技能打下坚实的基础,为中国高速铁路的发展做出应有的贡献。

丛书编委会

2011年4月



前言



我国铁路车载信号设备从无到有,经历了从非通用化机车信号到通用化机车信号,再到主体化机车信号的发展历程。

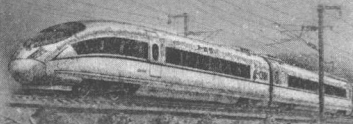
当列车运行速度超过 160 km/h 时,司机按照地面信号机显示驾驶列车运行的传统控车方式,无论是移动设备还是地面固定设备都存在一系列问题,因此必须通过装备列车运行控制系统,来保证列车安全运行。列车运行控制系统简称列控,是保证列车安全、快速运行的设备。完整的列控系统包括车载设备和地面设备。

车载信号是铁路信号最重要的组成之一,对于行车安全起到了非常显著的作用,已经成为列车控制系统不可或缺的组成部分。

在铁路发展的进程中,要构建我国铁路列车运行控制系统,其重点是发展主体化机车信号和列车超速防护。我国高速铁路进入加速建设阶段,为满足高速列车的安全运行,主体化机车信号是列车超速防护的基础,必须符合“故障—安全”原则,同步推进地面设备和车载设备的改造。

使广大信号工作者尽快掌握车载信号设备的基本知识和相关技能,熟悉车载设备的使用和维护,使车载设备更加安全可靠地运行,是当前铁路电务部门技术培训的重点工作之一。为了为技术培训提供适用教材,也为学校教学能够紧跟铁路建设的步伐,我们编写了本书。

全书共分 5 章,第 1 章介绍通用式机车信号与主体化机车信号;第 2



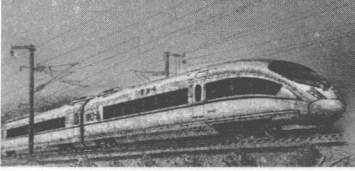
章介绍列车运行监控记录装置;第3章对列控设备做了综合概述;第4章详细阐述 CTCS-2 级列控车载设备;第5章介绍 CTCS-3 级列控车载设备。

本书由湖南高速铁路职业技术学院刘孝凡、肖湘红主编,广铁集团长沙电务段王立文主审。具体编写分开如下:肖湘红编写第1、2章,刘湘国编写第3章,李朝阳、冯琳玲编写第4章,刘孝凡编写第5章。

限于时间仓促、编者水平有限,书中错误、疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正,以求不断提高教材质量。

编者

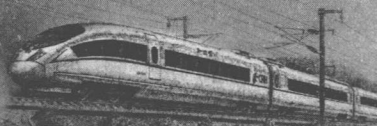
2011年4月



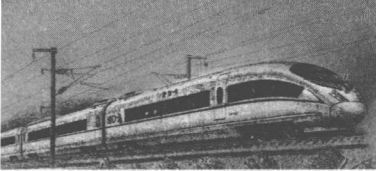
目 录



1 机车信号车载设备	1
1.1 机车信号概况	1
1.2 JT1 通用式机车信号	4
1.3 JT1-C 系列机车信号车载设备	8
复习思考题	16
2 列车运行监控记录装置	17
2.1 LKJ2000 型监控装置概述	17
2.2 速度监控基本原理	21
2.3 LKJ2000 型监控装置系统构成	26
2.4 LKJ2000 型监控记录装置的应用	32
复习思考题	33
3 列控系统	34
3.1 列控系统概述	34
3.2 CTCS-2 级列控系统	42
3.3 CTCS-3 级列控系统	44
复习思考题	46



4 CTCS-2 级列控车载设备	48
4.1 CTCS2-200H 型车载系统的组成和功能	48
4.2 车载系统主要技术特点及技术要求	53
4.3 CTCS2-200H 型车载系统工作模式	55
4.4 CTCS2-200H 型车载系统上电基本操作	59
4.5 DMI 显示单元	60
4.6 CTCS2-200H 型车载系统非正常情况下操作	77
复习思考题	78
5 CTCS-3 级列控车载设备	79
5.1 CTCS-3 级列控车载设备组成	80
5.2 车载设备配置及功能	84
5.3 CTCS-3 级列控车载系统的控制模式和处理	89
5.4 CTCS-3 级列控车载设备应急操作办法	95
复习思考题	100
英中术语对照表	101
参考文献	102

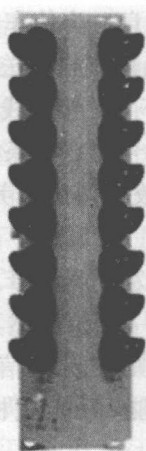


1 机车信号车载设备

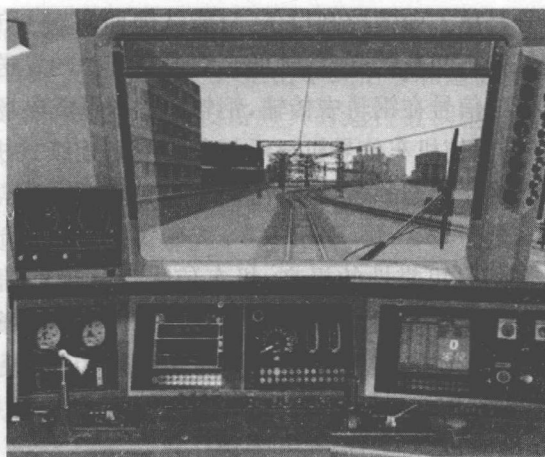
1.1 机车信号概况

1.1.1 机车信号的作用

机车信号是用设在机车司机室的机车信号机自动反映运行条件,指示司机运行的信号显示制度,如图 1.1 所示。为实现机车信号而装设的整套技术设备称为机车信号设备。



(a)



(b)

图 1.1 机车信号机与驾驶室

(a) 机车信号机; (b) 机车驾驶室

列车按照地面信号显示行车时,由于受风、雪、雨、雾等气候条件不良或隧道、弯道等地形条件的影响,司机往往不能在规定距离内确认信号显示,存在冒进信号的危险。尤其是在行车密度大、列车速度快及载重量大的区段,发生冒进信号的可能性更大。机车信号能复示前方地面信号机的显示,改善司机的瞭望条件。当机车上采用机车信号后,就能较好地避免自然条件的干扰,提高司机接受信号的可靠性,如

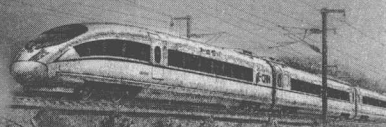


图 1.2 所示。在机车信号的基础上配套列车运行超速防护系统,可促使司机提高警惕,并在司机丧失警惕而有可能冒进信号或超速时强迫列车停车或减速,以防止列车冒进信号或超速运行。安装机车信号和列车运行超速防护系统后大大提高了行车安全程度,其效果十分显著。

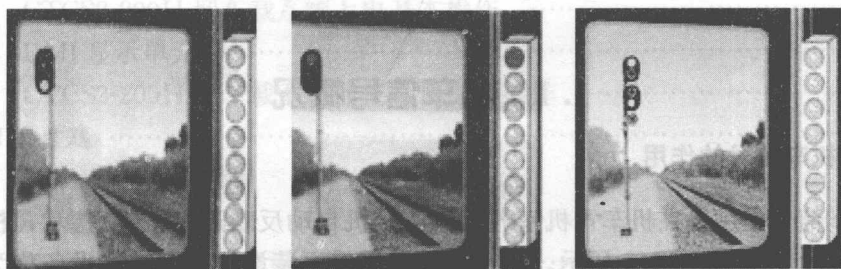


图 1.2 机车信号复示前方地面信号

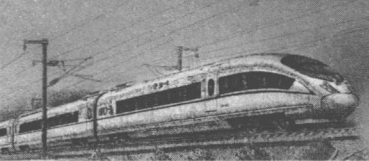
机车信号是单方向的控制设备,只能从地面向车上传递信息。为使车上设备和地面设备间保持不间断的联系,地面必须设有有源的发送设备,向钢轨发送行车信息的电信号。该电信号在钢轨中传输,钢轨周围即形成磁场,机车上的接收线圈中就感应出电势,经译码使机车信号机显示相关信号。连续式机车信号能在整条线路上连续不断地反映线路状态和运行条件,用于自动闭塞区段,大大改善司机的劳动强度,保证了行车安全。

随着机车信号可靠性的提高,机车信号已从辅助信号转为主体信号。列车速度在 160 km/h 以上,这是司机能确认地面信号机显示的临界速度,虽然其正方向仍设地面信号机,但在正常情况下以机车信号为主,反方向则按机车信号运行。在列车速度超过 200 km/h 时,司机确认地面信号已不可能,只能凭机车信号行车。

1.1.2 机车信号的发展

1. 机车信号的应用

我国铁路从 1959 年开始安装机车信号和列车自动停车装置。最初,由于各种原因,我国铁路自动闭塞的建设,出现了不同线路、不同区段建有不同制式的自动闭塞。不同的自动闭塞制式,配套相应制式的机车信号,相互之间不能兼容,电气化区段与非电气化区段的机车信号也不兼容。列车在只安装一套机车信号时,不能保证机车信号连续不间断的显示,给机车长交路运行带来一定的影响。一台机车有时需要安装两种以上的车载设备。



2. 机车信号的通用化

北京交通大学于 1980 年首先提出了采用微机系统来解决机车信号多制式兼容问题的方法,于 20 世纪 80 年代中期开始通用式机车信号的研究。

1991 年第一代的通用式机车信号“非电化区段通用式机车信号”通过铁道部的技术鉴定;1992 年第二代的通用式机车信号“电化区段通用式机车信号”通过铁道部的技术鉴定;1995 年第三代的“JT1-A/B 型(即 SJ-93/SJ-94 型)数字化通用式机车信号”通过铁道部技术鉴定。

从铁路运输的要求来看,列车速度越来越高,机车交路越来越长,对机车信号的要求也越来越高。JT1-A/B 型通用式机车信号较好地解决了机车交路在不同自动闭塞制式的问题,即多制式通用的问题以及与运行监控记录装置结合、提供信息的问题。但是,通用式机车信号可靠性不高,未按主体化进行设计,不能成为主体信号使用。

3. 机车信号的主体化

随着机车信号地位的提高,我国铁路《技规》提出了机车信号主体化的概念,规定:“作为行车凭证的机车信号为主体机车信号,是由车载信号和地面信号设备共同构成的系统,必须符合故障安全的原则,车载设备应具有运行数据记录的功能;地面信号设备应能正确发送信息。”

2002 年,北京交通大学完成了第四代的 JT1-CZ2000 型机车信号车载系统的研制,2003 年 10 月,通过了铁道部的技术鉴定。

JT1-CZ2000 型机车信号采用多项先进技术和系统化的安全设计方案,满足铁路信号故障—安全原则,具有数据记录功能,在地面信号具备条件时可作为主体化机车信号应用。机车信号主体化彻底改变机车信号只能用作列车运行辅助信号的被动局面,大大提高了列车运行速度和效率。

2006 年,铁道部召开全路机车信号整治工作会议,按照铁道部授权,北京交通大学起草制定《JT1-C 系列机车信号车载系统设备技术规范(暂行)》(科技运〔2006〕82 号)及《JT1-C 系列机车信号车载系统设备安装规范(暂行)》(运基信号〔2006〕243 号),于 2006 年 7 月底全路颁发,以上两暂行规范统一简称为《规范》。《规范》制定的目的是为了进一步提高了设备的可靠性标准,并对机车信号系统车载设备的安装、接口、规格、使用操作等方面做出统一规定。按照《规范》要求 2006 年 9 月重新设计制造出一体化 JT1-CZ2000 机车信号车载系统设备。



1.2 JT1 通用式机车信号

北京交通大学“八五”期间开发的新一代数字化通用机车信号,采用现代数字信号处理技术,在可靠性、抗干扰性方面较之前设备有大幅提高。JT1 通用式机车信号分为 JT1-A 型(SJ-93 型)及 JT1-B 型(SJ-94 型)两种。前者为单套主机,后者为双套主机。

1.2.1 JT1 通用式机车信号功能

JT1 通用式机车信号可接收各种制式机车信号,全数字化处理与控制,具有接收和处理各种制式机车信号的功能。它能自动识别和接收 UM71 移频信号,4 信息、8 信息、18 信息电化和非电化移频自动闭塞信号,25 Hz、50 Hz、75 Hz 交流计数和微电子交流计数自动闭塞信号,译码后使机车信号机显示,同时为列车运行记录装置和列车运行超速防护系统提供信息。

通用式机车信号适用于各种制式的自动闭塞和半自动闭塞区段,适于安装在国内已有各种型号的电力机车和内燃机车上。能满足机车长交路的要求,不仅解决了在空间有限的机车司机室无法安装多种制式机车信号设备的困难,而且做到信息采集、识别自动化,大大提高了可靠性,为列车提速创造了条件。

JT1 通用式机车信号在技术条件规定的范围内可以根据用户要求使用各种机车接收感应器,并统一采用八色灯信号显示器复示前方信号。

通用式机车信号可与超速防护设备相结合,向超速防护设备提供所需信息,如速度等级、制式、过绝缘节等信息。当列车超速防护装置发生故障时不影响机车信号的正常使用。

JT1 通用式机车信号装置符合铁路信号“故障—安全”原则。

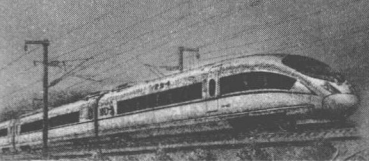
1.2.2 JT1 通用式机车信号工作原理

1. JT1 通用式机车信号系统结构

JT1 通用式机车信号设备主要由机车信号接收线圈、机车信号主机、八显示机车信号机及机车信号接线盒和电缆等部分组成,系统框图如图 1.3 所示。

2. 机车信号接收线圈

从地面向机车上传输移频信号,是由与钢轨有电磁耦合的接收线圈来实现的。接收线圈是机车信号接收地面信息的传感设备,它采用的是电磁感应的方法。在移频自动闭塞区段的钢轨中,通有移频电流,此电流在钢轨周围形成交变磁场,该磁场



的磁力线穿过接收线圈的铁心,使绕在铁芯上的线圈中产生交变的感应电势,从而将地面信号机的显示传递到机车信号设备上来,使机车信号设备和地面信号设备保持不间断的联系。

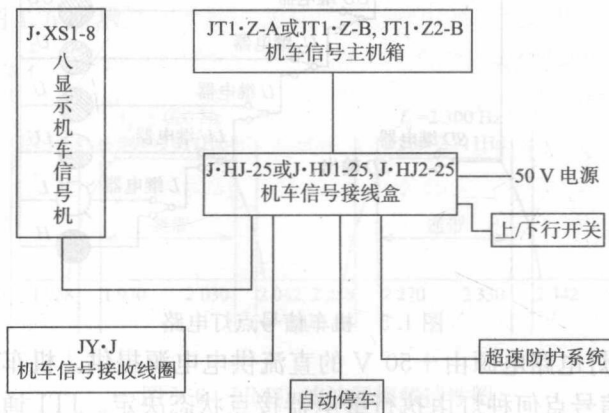


图 1.3 JT1 通用式机车信号系统框图

两接收线圈的连接如图 1.4 所示。两线圈按异名端串联连接,此连接方式能得到两倍的信号感应电势,并可将两根钢轨同方向的牵引电流所产生的感应电势互相抵消,从而提高了设备的抗干扰能力。

与感应器信号有关的电缆必须使用屏蔽电缆。为了接收通过钢轨的信号电流, JT1 通用式机车信号的接收线圈安装在机车导轮前方,吊装在机车前方轮对与排障器之间的槽钢上,对应于两根钢轨中心的上方各设一个。

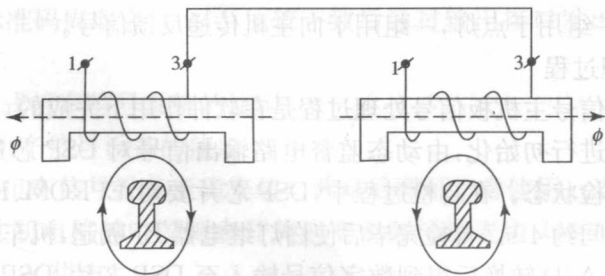


图 1.4 接收线圈与钢轨周围磁场耦合及连线

3. 机车信号点灯电路

机车信号点灯电路如图 1.5 所示。

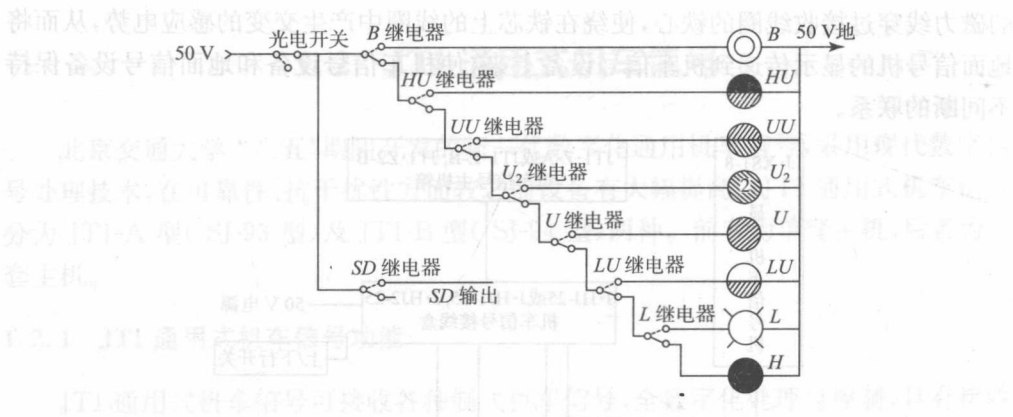
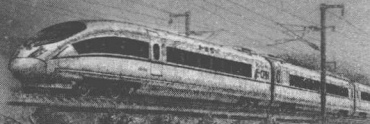


图 1.5 机车信号点灯电路

机车信号点灯电路电源由+50 V 的直流供电电源提供。机车信号点灯受光电开关控制,机车信号点何种灯由执行继电器接点状态决定。JT1 通用式机车信号的点灯电源由 50 V 的供电电源提供。

速度继电器 SDJ 接点构成速度 SD 输出,该条件输入至列车运行监控记录装置或列车运行超速防护设备。使用方法是由 8 位色灯信号条件与速度等级 SD 输出相互组合来向超速防护装置提供完整的速度信号。

通用式机车信号工作时,一方面控制执行继电器接通机车信号点灯,同时又要将执行继电器接点状态及点灯情况反馈给机车信号主机参与运算。

执行继电器为长方形小型继电器,安装在通用式机车信号主机板上。通用式机车信号共使用 8 个小型执行继电器。每个继电器内部设有 1 个线圈,两组前后接点。该继电器接点,一组用于点灯,一组用于向主机传递反馈信号。

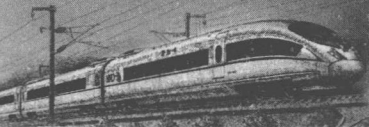
4. 信号处理过程

通用式机车信号主机板信号处理过程是在软件作用下完成的。

开机后首先进行初始化,由动态监督电路输出信号对 DSP 芯片进行复位,复位后即进入程序自检状态。在自检过程中,DSP 芯片要对 EPROM、RAM 输出电路进行自检。自检时间约 4 s。自检完毕后使白灯继电器 BJ 吸起,机车信号显示白灯。

接收信息经 A/D 转换后得到数字信号输入至 DSP 芯片,DSP 芯片在程序作用下对输入信号进行频率测量。当输入若干个周期信号测量结果均为 400~1 000 Hz 时,则可判定接收的是国产移频信号。然后进入移频信号译码程序。若测量结果输入信号为 1 650~2 650 Hz 时,可判定为接收的是 UM71 信息,便可进入 UM71 译码程序。

下面以接收 UM71 信息为例分析。UM71 也为一种移频信息,其信号处理过程



分为带通滤波、解调、低频译码三部分。UM71 的 4 个载频 f_0 分别为 1 700 Hz、2 000 Hz、2 300 Hz 和 2 600 Hz, 频偏 Δf 为 11 Hz。首先通过程序分别设置 4 个带通滤波器, 通带范围为 $f_0 \pm 30$ Hz 以内, 阻带范围为 $f_0 \pm 42$ Hz 以外, UM71 滤波器幅频特性图如图 1.6 所示。

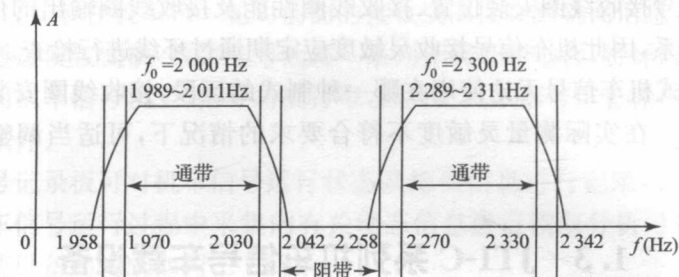


图 1.6 UM71 滤波器幅频特性图

图 1.6 中选取了 $f_0=2\,000$ Hz 和 $f_0=2\,300$ Hz 两个带通滤波器。当 $f_0=2\,000$ Hz 时, 通带范围为 1 970~2 030 Hz, 阻带范围为低于 1 958 Hz 和高于 2 042 Hz。当 $f_0=2\,300$ Hz, 通带为 2 270~2 330 Hz, 阻带为 2 042~2 258 Hz 及 2 342 Hz 以外。当 $f_0=2\,000$ Hz 时, 钢轨信息为 1 989~2 011 Hz, 当 $f_0=2\,300$ Hz 时, 钢轨信息为 2 289~2 311 Hz。可见, UM71 钢轨上传输的信息均在通带之内, 而其他干扰信号受到阻带衰减为零。

对 UM71 低频信号的译码也是采用测周期的办法实现, 由程序指定, 低频信号被解调出后对每个低频方波连续不断地测量周期。方波被测量一定个数后得到的结果与软件内的标准码周期进行比较, 比较一致后通过输出接口发出控制命令动作相应执行继电器。

5. JT1 通用式机车信号系统的使用

(1) 通用式机车信号设备的使用

JT1 通用式机车信号设备正确安装与调试后即可正常使用。当接通机车信号的 110 V 电源时, 主机电路的电源则由开关逆变电源模块先由 110 V 逆变为 50 V, 再由 50 V 逆变为 5 V 供电。

数字化通用机车信号有两种, JT1-A 型主机内只有一块主机板; JT1-B 型主机内有两块主机板, 双机热备, 上电时双机中哪一主机投入工作是随机的, 双机故障切换是自动进行的。在机车信号检测时按压面板上的人工转换按钮, 实现主备机人工切换, 以便检测某一指定主机板。

JT1 通用式机车信号一经通电, 经过 4 s 自检时间, 自检正常后点亮机车信号机