



普通高等教育“十三五”规划教材 **铁道交通类**

车辆类专业精品规划教材

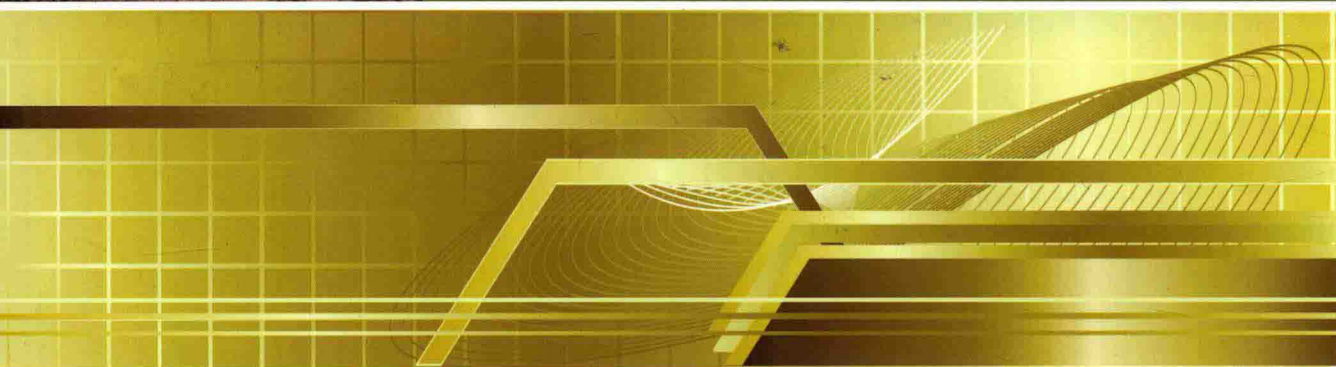
缺人才、关键岗位从业人员培训推荐教材



行车安全装置操作 与故障处理 (M⁺Book版)



主 编 吕娜玺 林桂清
副主编 罗利锦 袁 野
主 审 李 岩



北京交通大学出版社

<http://www.bjtu.com.cn>

“十三五”规划教材·铁道交通类

类专业精品规划教材

全国行业紧缺人才、关键岗位从业人员培训推荐教材

行车安全装置操作与故障处理

(M⁺ Book 版)

主 编 吕娜玺 林桂清
副主编 罗利锦 袁 野
主 审 李 岩



北京交通大学出版社
· 北京 ·

内 容 简 介

本教材对列车行车安全装置进行了详细的介绍,共分为七个项目:轨道电路与机车信号、LKJ2000 型列车运行监控记录装置、TAX2 型机车安全信息综合监测装置、机车综合无线通信设备、列车防护报警和客车列尾安全防护系统、JK00430 型机车走行部监测装置、列车运行控制系统。本教材注重实际操作能力的培养,适合作为应用型本科院校、高等职业院校相关专业的教材,也可作为铁路企业的培训教材。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

行车安全装置操作与故障处理 / 吕娜玺, 林桂清主编. —北京: 北京交通大学出版社, 2018. 1

ISBN 978 - 7 - 5121 - 3485 - 0

I. ①行… II. ①吕… ②林… III. ①铁路运输 - 行车安全 - 安全装置 - 操作 ②铁路运输 - 行车安全 - 安全装置 - 故障修复 IV. ①U298. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 011273 号

行车安全装置操作与故障处理

XINGCHE ANQUAN ZHUANGZHI CAOZUO YU GUZHANG CHULI

策划编辑: 刘 辉 责任编辑: 刘 辉

出版发行: 北京交通大学出版社 电话: 010 - 51686414 [http: //www. bjtu. com. cn](http://www.bjtup.com.cn)

地 址: 北京市海淀区高粱桥斜街 44 号 邮编: 100044

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185 mm × 260 mm 印张: 16 字数: 386 千字

版 次: 2018 年 1 月第 1 版 2018 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5121 - 3485 - 0/U · 293

印 数: 1 ~ 2000 册 定价: 45.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010 - 51686043, 51686008; 传真: 010 - 62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

行车安全装置是列车运行安全的重要保障,掌握行车安全装置的操作与维护是机车运用人员安全操纵机车的重要保证。随着我国铁路事业的快速发展,列车行车安全装置也发生了巨大变化,相关设备不断更新,科技含量、性能功用不断提升,以往的教学工具及内容已经不能满足现场工作的需要。为满足实际需求,我们深入一线进行调研,制定了新的教学内容,开发了这本教材。

本教材采用项目教学的理念进行编写,共有七个项目,分别为轨道电路与机车信号、LKJ2000 型列车运行监控记录装置、TAX2 型机车安全信息综合监测装置、机车综合无线通信设备、列车防护报警和客车列尾安全防护系统、JK00430 型机车走行部监测装置、列车运行控制系统。

本教材由天津铁道职业技术学院吕娜玺、林桂清担任主编,天津铁道职业技术学院罗利锦、袁野担任副主编,中国铁路北京局集团有限公司电务处李岩主审。本教材具体编写分工如下:项目 1、项目 5 由罗利锦、王凤安(中国铁路北京局集团有限公司天津机务段)编写;项目 2 由吕娜玺、林桂清编写;项目 3、项目 4 由李元元(天津铁道职业技术学院)、王永辉(中国铁路北京局集团有限公司机务处)编写;项目 6 由杨文明(天津铁道职业技术学院)编写;项目 7 由袁野编写。教材在编写过程中得到了中国铁路北京局集团有限公司电务处和机务处,以及天津机务段的大力支持,在此深表感谢。限于编者的能力和水平,教材中可能存在不足之处,欢迎广大读者提出宝贵意见。

编者

2018 年 1 月

项目 1 轨道电路与机车信号	1
任务 1.1 轨道电路的认知	1
任务 1.2 机车信号的认知	18
项目 2 LKJ2000 型列车运行监控记录装置	43
任务 2.1 LKJ2000 型列车运行监控记录装置的功能及组成	43
任务 2.2 LKJ2000 型列车运行监控记录装置显示器的认知	72
任务 2.3 LKJ2000 型列车运行监控记录装置运行前相关操作	77
任务 2.4 LKJ2000 型列车运行监控记录装置正常行车操作	88
任务 2.5 LKJ2000 型列车运行监控记录装置非正常行车操作	119
任务 2.6 LKJ2000 型列车运行监控记录装置控制模式的认知	131
项目 3 TAX2 型机车安全信息综合监测装置	140
任务 TAX2 型机车安全信息综合监测装置的认知	140
项目 4 机车综合无线通信设备	148
任务 机车综合无线通信设备的认知	148
项目 5 列车防护报警和客车列尾安全防护系统	170
任务 5.1 列车防护报警和客车列尾安全防护系统组成及功能的认知	170

任务 5.2 列车防护报警设备(LBJ)的认知	177
任务 5.3 客车列尾安全防护设备的认知	183
项目 6 JK00430 型机车走行部监测装置	194
任务 JK00430 型机车走行部监测装置的认知	194
项目 7 列车运行控制系统	207
任务 7.1 CTCS 列控系统的认知	207
任务 7.2 CTCS -2 级列控系统的认知	217
任务 7.3 CTCS -2 级列控系统 DMI 显示的认知与车载设备的故障处理	235
参考文献	247

项目1 轨道电路与机车信号

轨道电路用于监督线路的占用情况，并可向列车传输控制信息，将列车运行和信号显示等情况联系起来。轨道电路是轨道交通必不可少的基础设备，它的性能直接影响行车安全和运输效率。

由于曲线、隧道等地形限制，司机瞭望地面信号机有一定的困难。特别是在雨雪、风沙、大雾等恶劣气候条件下，地面信号机更加难以看清。此外，随着列车速度的不断提高，特别是高速列车的出现，地面信号机的显示距离常常无法满足司机及时采取相关措施的需要。为了解决这些问题，铁路科研人员研制出了机车信号机，它装在机车司机室内，能显示与地面信号机同样的信号，这样既保证了行车安全，也提高了运行效率，同时还改善了司机的工作条件。



任务1.1 轨道电路的认知

子任务1.1.1 轨道电路基础知识的认知

任务发布

- 1 掌握轨道电路的分类、基本组成、工作原理；
- 2 理解轨道电路对列车运行的作用。

相关知识

1. 轨道电路的组成

利用轨道的钢轨做导体，中间的轨缝用轨端接续线连接起来，并用引接线连接电源和接收设备的电路，称为轨道电路。轨道电路用以检查线路上有无列车，传递列车占用信息，以及其他信号信息，是电气集中、行车闭塞、机车信号和调度集中等信号设



备的基础设备。

轨道电路是利用铁路线路的钢轨作为导体传递信息的电路系统，是钢轨线路和连接钢轨始端及终端的器械的总称，是铁路列车运行自动控制与远程控制系统的基本组成单元。

工频交流连续式轨道电路如图 1-1 所示。轨道电路的组成如图 1-2 所示，其由送电端、受电端、钢轨绝缘、引接线、轨端接续线及钢轨线路等组成。送电端、钢轨线路和受电端是轨道电路最主要的组成部分。

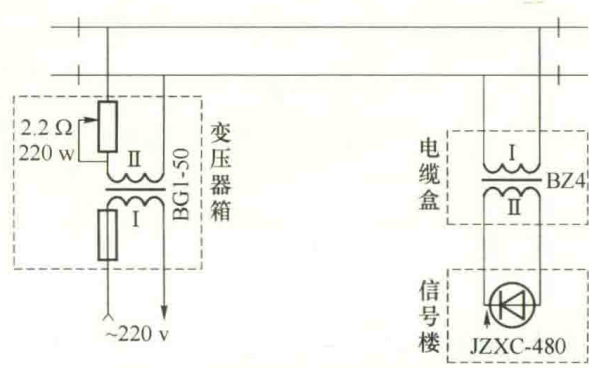


图 1-1 工频交流连续式轨道电路

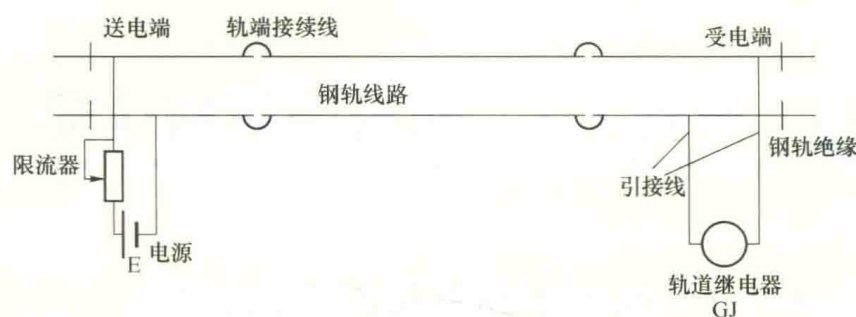


图 1-2 轨道电路的组成

送电端（又称电源端或始端）由电源和限流器等部分组成。根据轨道电路的电源特点，轨道电路可以采用直流电源，也可以用轨道变压器或信号发生器进行供电。限流器一般由电阻器或电抗器构成，它的作用是调整供给轨道电路的电压值，用来保护电源设备。当轨道电路被机车车辆分路时，防止电流过大而损坏电源设备，并保证在列车占用轨道时，轨道继电器能可靠地落下。对某些交流轨道电路而言，它还兼有相位调整及减轻干扰的功效。

受电端（又称继电器端或终端）的主要设备为轨道继电器（GJ），其接收轨道信号电流并反映轨道电路的工作状态。轨道电路的接收设备一般采用电子器件，其作用和轨道继电器相同。

两个绝缘节间的钢轨线路（即从送电端到受电端之间）称为轨道电路的控制区段，也即轨道电路的长度。轨道电路的长度受轨道电路工作状态的制约，不同类型的轨道电路长度不同。

当轨道电路完整，且无车占用时，交流电源由送电端经钢轨传输至受电端，轨道继电

器吸起,表示本轨道电路空闲,此时轨道继电器的端电压应在 $10.5 \sim 16 \text{ V}$ 之间。

当列车占用轨道电路时,轨道电路被机车车辆轮对分路,使轨道继电器端电压低于其工作值,轨道继电器落下,表示本轨道电路被占用。

随着科学技术的不断发展,铁路运输生产的日益繁忙,在工频交流轨道电路(适用于非电气化区段)的基础上,轨道电路也在不断地更新、发展和完善。适用于不同运行条件的、符合各种技术要求的轨道电路越来越多,如 UM71 系列无绝缘轨道电路、ZPW-2000A 型无绝缘轨道电路等。

2. 轨道电路的工作原理

轨道电路是铁路信号基础设备(电气集中设备、调度集中设备等)的基础,借助它可以监督列车的运行情况,也可传递与行车有关的各种信息。

轨道电路的工作原理如图 1-3 所示。

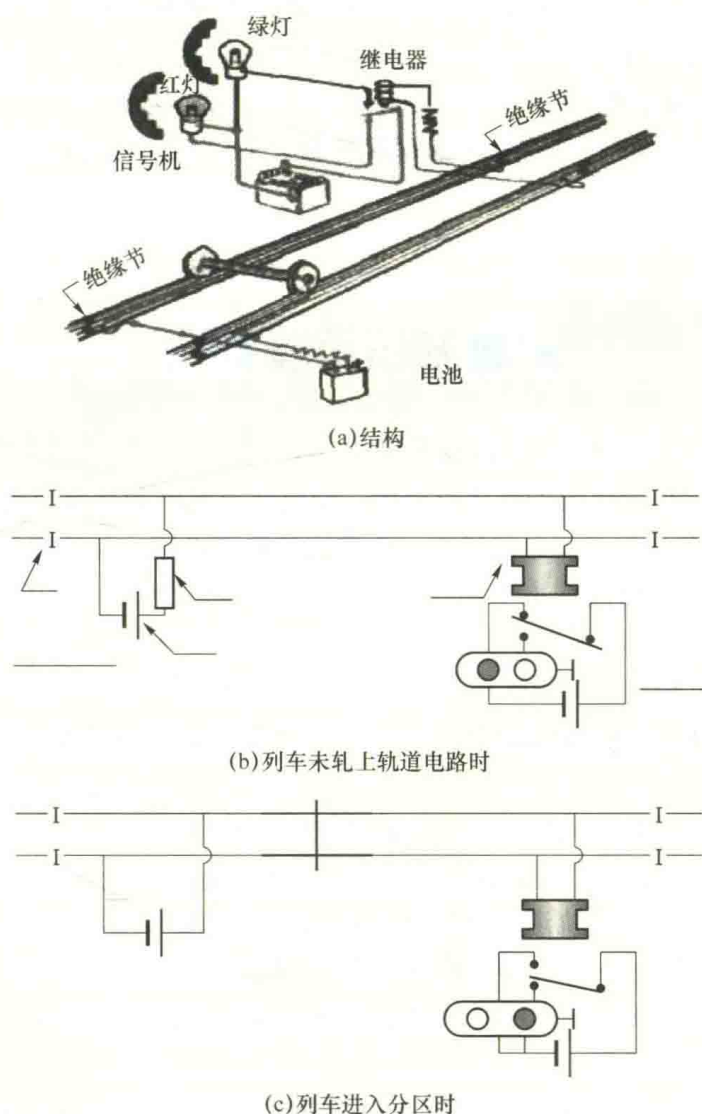


图 1-3 轨道电路的工作原理



当列车未轧上轨道电路（即线路空闲）时，电流通过轨道继电器线圈，使轨道继电器保持在吸起状态，接通信号机的绿灯电路，允许列车进入轨道电路。当列车进入分区（即线路被占用）时，电流同时通过机车车辆轮对和轨道继电器线圈。由于轮对的电阻比轨道继电器线圈的电阻小很多，使电源输出电流显著增大，限流器上的压降随之也增大，使两根钢轨间的电压降低，因而通过轨道继电器线圈的电流减小到继电器的释放值。轨道继电器的后接点接通信号机的红灯电路，向续行列车发送停车信号，以保证列车在该轨道电路分区内运行的安全。

综上所述，轨道继电器（GJ）监督着轨道电路的工作状态，继电器的接点控制着信号机的显示，信号机的显示指挥着列车的运行，列车的运行改变着轨道电路的工作状态，这样反复循环地实施着轨道电路的自动控制。

由此可见，轨道电路能否正常工作，直接影响信号机的显示，关系着列车安全与行车效率，为此，轨道电路必须具备下列要求。

（1）当轨道电路分区空闲时，轨道继电器（GJ）应可靠吸起，保持正常工作。

（2）轨道电路分区在被列车占用时，即使只有一对轮对轧上轨道电路，轨道继电器（GJ）的衔铁也应释放落下。

（3）当轨道电路设备发生故障（如钢轨断裂）时，轨道继电器应立即释放落下，使信号机显示停车信号。

知识拓展

轨道电路按照其工作性质，可进行不同的分类。

（1）轨道电路按信号电流的性质可分为：交流轨道电路和直流轨道电路。

① 交流轨道电路采用交流电源供电，为常用的轨道电路。交流轨道电路的种类很多，现场主要应用的有一般交流轨道电路（工频 50 Hz 的轨道电路），25 Hz 相敏轨道电路，ZPW-2000 系列、UM2000 系列、UM71 系列等移频轨道电路，JWXC-2.3 型轨道电路等。各种交流轨道电路最主要的区别是轨道电源的信号频率范围不同。

② 直流轨道电路采用直流电源供电。由于该轨道电路存在传输衰耗较大等缺点，现已很少采用。

（2）轨道电路按工作方式可分为：闭路式轨道电路和开路式轨道电路。

① 闭路式轨道电路是最常用的轨道电路。所谓闭路式指的是平时构成闭合回路，当轨道电路上没有列车占用时轨道继电器吸起；当轨道电路有列车占用时，轨道继电器落下；当发生断轨等故障时，轨道继电器也会落下。闭路式轨道电路的最大优点是能保证故障导向安全。由于平时无列车占用时，轨道继电器始终处于吸起状态，所以，闭路式轨道电路的最大缺点是浪费能源。

② 开路式轨道电路的轨道继电器在平时不吸起，当轨道电路有车占用构成闭合回路时轨道继电器吸起。它的优点是能够节约能源，但当轨道电路发生故障时不能实现故障导向安全。

(3) 轨道电路按分割方式可分为：有绝缘轨道电路和无绝缘轨道电路。

① 有绝缘轨道电路设有机械绝缘节，利用机械绝缘节将相邻两轨道电路区段分开。车站范围内的轨道电路基本都是有绝缘轨道电路。

② 无绝缘轨道电路并不是指它没有绝缘，其只是没有机械绝缘节，但有电气绝缘节，即采用电气隔离方式将相邻两轨道电路区段分开。电气绝缘节的原理是利用谐振槽路，采用不同的信号频率，谐振回路对不同频率呈现不同阻抗，以实现相邻轨道电路间电气隔离。如 ZPW-2000 系列、UM2000 系列、UM71 系列轨道电路都属于无绝缘轨道电路。自然衰耗式无绝缘轨道电路的原理是利用轨道电路的自然衰耗和不同的信号特征，实现轨道电路的相互隔离，钢轨中的电流可沿正反两个方向自由传输，基本上靠轨道的自然衰耗作用来衰减信号。道口信号所用的道口控制器采用的就是这种方式的无绝缘轨道电路。

(4) 轨道电路按有无道岔可分为：无岔区段轨道电路和道岔区段轨道电路。

① 无岔区段轨道电路，指的是轨道电路区段内没有道岔，一般应用于到发线等处。

② 道岔区段轨道电路，指的是轨道电路区段内含有道岔，一般应用于车站咽喉区内。

(5) 轨道电路按所传送的电流特性可分为：连续式轨道电路、移频式轨道电路及数字编码式轨道电路。

① 连续式轨道电路，在钢轨中传送的是连续的交流或直流电流。典型的连续式轨道电路有车站范围内使用的工频交流连续式轨道电路和 25 Hz 相敏轨道电路。

② 移频轨道电路，在钢轨中传送的是移频电流。典型的移频轨道电路有 ZPW-2000 系列、UM2000 系列、UM71 系列轨道电路。

③ 数字编码式轨道电路，根据速度码、线路坡度码、闭塞分区长度码、路网码等编码去调制载频。

相关规范、规程与标准

➔ 1. 轨道电路的基本工作状态

轨道电路的基本工作状态分为调整状态、分路状态和断轨状态。

1) 轨道电路的调整状态

轨道电路的调整状态，指的是轨道电路完整、无车占用，接收设备正常工作时的状态。轨道电路在调整状态下，接收端的轨道继电器线圈中有电流流过，轨道继电器应处于吸起状态，流过继电器线圈中的电流值将随着道床电阻、钢轨阻抗、发送电压等外界因素的变化而变化。道床电阻最小、钢轨阻抗最大、电源电压最低这三个最不利因素，直接导致轨道电路受电端接收到的电流最小，此为轨道电路调整状态的最不利工作条件。

2) 轨道电路的分路状态

轨道电路的分路状态，指的是当轨道电路区段有车占用时，接收设备停止工作的状态。当轨道电路处于分路状态时，由于列车的轮对和轮轴在钢轨之间形成了短路作用，可



以看成两钢轨之间跨接了一个分路电阻,故称为分路状态。在任何地点、任何参数条件及任意车轴数分路时,都应使轨道电路的接收设备处于不工作状态。当钢轨阻抗最小、道床电阻最大、电源电压最高时,轨道电路的受电端会接收到最大值的电流,此为轨道电路分路状态的最不利的工作条件,在此种最不利条件下,轨道电路接收设备应能可靠地停止工作,反映轨道电路区段有车占用。

3) 轨道电路的断轨状态

轨道电路的断轨状态,指的是轨道电路的钢轨在某处折断的情况下,其接收设备应停止工作。虽然钢轨已经断开,但轨道电路仍旧可以通过大地而构成回路,轨道电路的接收设备中还会有一定数量的电流流过。断轨状态最不利的工作条件是:钢轨阻抗最小、电源电压最高、临界断轨地点的临界道床电阻最小。

另一种断轨状态是当轨道电路空闲(无车占用)时,移去一段钢轨,这时,轨道接收设备也必须停止工作,这种情况称为移轨状态。

2. 轨道电路分路的几个术语

1) 列车分路电阻

轨道电路被列车占用时,轮对跨接在两根钢轨上形成的电阻,就称为列车分路电阻。它由车轮和轮轴本身的电阻,以及轮缘与钢轨头部表面的接触电阻组成。列车分路电阻是纯电阻,它与钢轨上分路的车轴数、车辆的载重情况、列车的行驶速度、轮缘装配质量、钢轨表面的洁净程度、是否生锈、有无撒砂及其他油质化学绝缘层等因素均有关系,它的变化范围很大。

2) 分路效应

分路效应指由于列车分路使轨道电路接收设备中电流减小,并处于不工作状态。

3) 分路灵敏度

所谓分路灵敏度,指的是用一电阻在某点对轨道电路进行分路,此时恰好能够使轨道继电器线圈中的电流减少到落下值,这个分路电阻值就叫作轨道电路在该点的分路灵敏度。轨道上各点的分路灵敏度是不一样的,即在轨道上不同的地点分路时,为保证轨道继电器恰好落下或不吸起,所需的分路电阻阻值是不等的。

4) 极限分路灵敏度

对某轨道电路来说,各点的分路灵敏度中的最小值,就是该轨道电路的极限分路灵敏度。

任务实施

任务单

任务名称:轨道电路基础知识的认知。

任务类型:小组讨论。

问题引导:

(1) 轨道电路是如何分类的?

(2) 轨道电路主要由哪几部分构成?



(3) 轨道电路的基本工作原理是什么?

(4) 轨道电路有几种工作状态?

子任务 1.1.2 轨道电路信号制式的认知

任务发布

- 1 掌握轨道电路信号系统的组成和分类;
- 2 掌握轨道电路信号系统的工作特点;
- 3 掌握 ZPW-2000A 型无绝缘移频自动闭塞设备的运用。

相关知识

轨道电路中传递的信息有不同制式之分,每一种信号制式的地面设备和机车上的接收、译码设备构成一种信号系统。轨道信号系统主要有以下几种:交流计数轨道电路系统、微电子交流计数轨道电路系统、极频脉冲信号系统、移频信号系统、法国多信息信号系统、ZPW-2000A 型无绝缘移频自动闭塞系统等。

→ 1. 交流计数轨道电路系统

交流计数轨道电路系统是我国引进苏联 20 世纪 30 年代相关产品开发的系统,该系统在地面发码设备有两种:一种发码周期为 1.6 s,另一种发码周期为 1.9 s。不同类型的发码设备,可使相邻轨道电路中传输的电码脉冲周期不同,以防止发生绝缘破损故障时可能造成的错误接收,每种发码设备可发出三种信息。

图 1-4 为交流计数自动闭塞示意图,在列车运行至区段 1 时,轮对将两条钢轨短接,使得接收设备 2 收不到发码设备 1 发出的信息,接收设备 2 收不到码,就控制发码设备 2 发出 HU 码,点灯设备 2 使信号机 2 显示红灯(如果此时区段 2 有车,轨道电路中传送的是 HU 码,机车上的机车信号机显示 HU 灯)。接收设备 3 收到 HU 码,控制发码设备 3 发出 U 码,点灯设备使信号机 3 显示黄灯。接收设备 4 收到 U 码,控制发码设备 4 发出 L 码,点灯设备使信号机 4 显示绿灯。接收设备 5 收到 L 码,其发码设备仍发出 L 码,点灯设备使信号机显示绿灯。

交流计数信号制式中,共有三种信息可满足三显示自动闭塞要求,机车信号机有五种显示。其中由 L、U 码变为无码时,机车信号机显示白灯;由 HU 码变为无码时,机车信号机显示红灯。

→ 2. 微电子交流计数轨道电路系统

交流计数信息少,动作灵敏度差,信号应变时间长,器材检修周期短,故障率高。微电子交流计数电码克服了交流计数的缺点,可适用于四显示自动闭塞区段。微电子交流计数电码自动闭塞发码器分 A 型和 B 型,以便在相邻闭塞分区进行交叉配置。每种类型均

可发送五种信息。微电子交流计数电码时间图如图 1-5 所示。

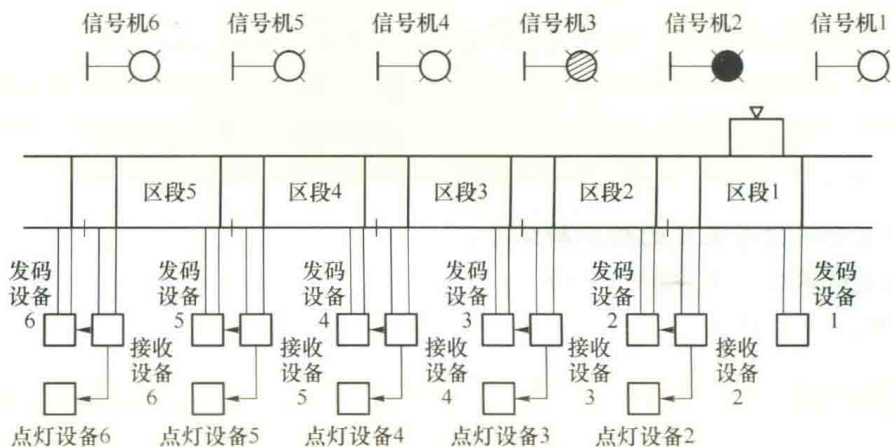


图 1-4 交流计数自动闭塞示意图

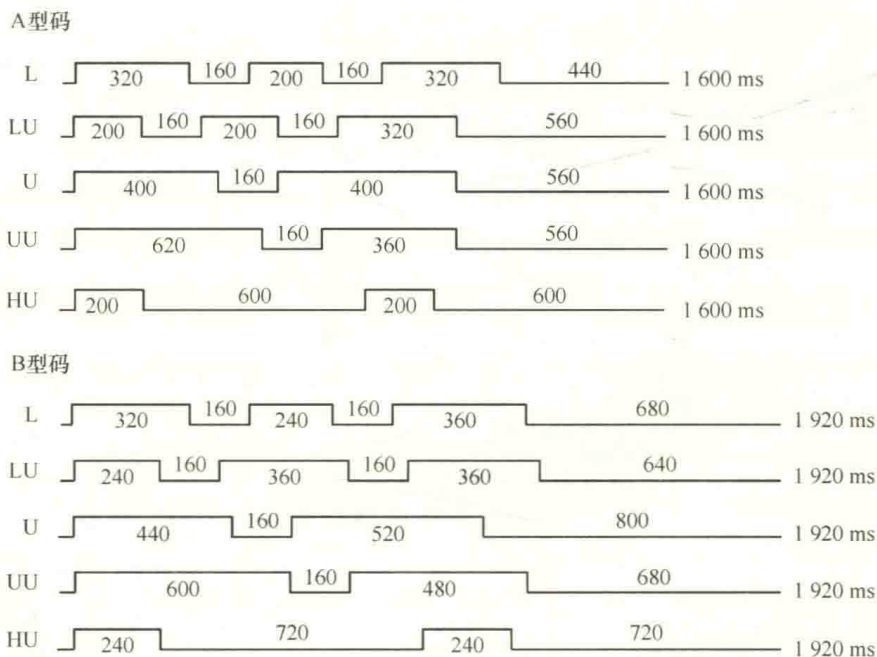


图 1-5 微电子交流计数电码时间图

与交流计数轨道电路系统相比,微电子交流计数轨道电路系统可发送五种信息,区间可发送四种信息,使得通过信号机可显示四种信号,从而满足四显示自动闭塞。进站信号机增加 UU 码,从机车信号得知列车进车站的正线还是侧线,机车信号为六显示。

→ 3. 极频脉冲信号系统

极频脉冲信号系统在轨道电路中传输的是不同极性、不同频率的脉冲信息。它可发出四种信息。极频脉冲信号系统的优点是：

- (1) 极频脉冲信号平均消耗功率小, 瞬时发送的功率却很大, 有利于提高抗干扰能力;
- (2) 由于是脉冲式轨道电路, 所以轨道电路的传输特性较好;

(3) 可以简化地面接收设备。

4. 移频信号系统

移频信号系统以轨道电路为通道, 利用移频信号的形式传送低频控制信息。

移频信号是一种调制信号, 它是以低频控制信号对载波信号的参数进行改变, 这种技术称为“调制”。移频信号的调制方式, 是使载频信号的频率 f_0 随低频控制信号的频率 F_c 产生一定形式的变化, 因而也称为频率调制或调频。移频信号调制示意图如图 1-6 所示。

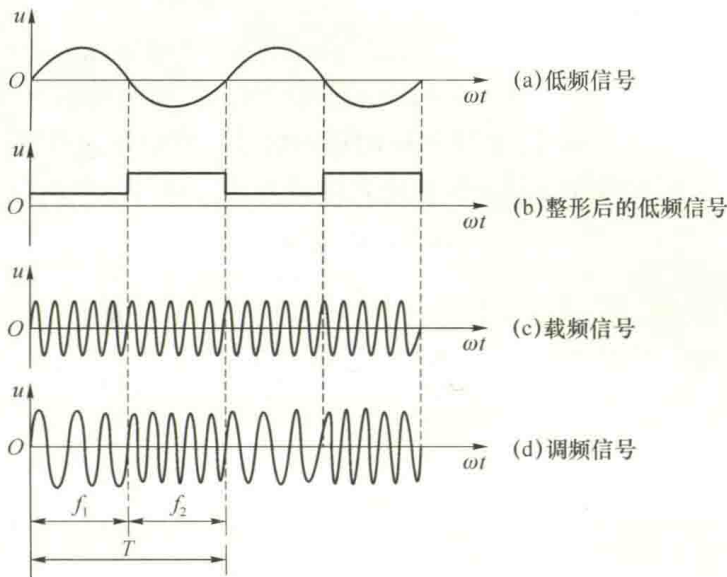


图 1-6 移频信号调制示意图

如图 1-6 所示, 移频信号的变化规律是以载频信号 f_0 为中心, 做高低频率偏移。在轨道电路中传送的移频信号, 是受低频控制信号 F_c 控制做交替变化的高端载频 f_2 和低端载频 f_1 , 二者交替变化一次叫作一个周期 T , 而它们在每秒内交替变化的次数与低频控制信号的频率是相同的, 例如 $F_c = 11 \text{ Hz}$, 即每秒要交替变化 11 次。在轨道电路中传输的移频是低端载频 f_1 和高端载频 f_2 , 它们做近似突变性的变化, 好像频率在移动, 因此被称为移频信号。

移频信号具有较强的抗干扰能力, 可以防止外界干扰的侵入, 因而它既适用于内燃牵引区段, 也适用于干扰大的交流电气化牵引区段。在采用三显示自动闭塞的牵引区段, 移频信号的低频控制信号频率 F_c 共有四种。

移频自动闭塞的中心载频 f_0 也设计为四种, 即上行线采用 650 Hz 和 850 Hz 两种频率交错排列, 下行线以 550 Hz 和 750 Hz 两种频率交错排列。这样, 便可以防止同一线路两相邻闭塞分区之间, 因钢轨绝缘破损造成的错误干扰, 以及防止双线区段上、下行线路之间相互干扰。

综上所述, 在移频闭塞分区轨道电路中传输的移频信号, 就是以四种低频控制信号 F_c 分别对四种中心载频 f_0 进行调制以后产生的信号波形, 即 $f_0 \pm \Delta f$ 。 Δf 称为频偏, 其频率为 55 Hz。移频信号实际上是低端载频 (也叫下边频) f_1 和高端载频 (也称上边频) f_2 两个交替变换的正弦交流信号, 即由 $f_1 \rightarrow f_2$, 再由 $f_2 \rightarrow f_1$, 每秒内变换 F_c 次。在单线自动