

国家双高“铁道机车专业群”系列 活页工作手册式立体化教材

——铁道机车运用与维护专业

行车安全装备

主 编 © 张琼洁 张 远 海 方

副主编 © 张中央 党建猛 李孝坤 张红涛



西南交通大学出版社
· 成 都 ·



安全是铁路运输的生命线，是运输生产永恒的主题。铁路运输安全不仅影响着企业本身的生产效率和经济效益，也对社会经济有着重大影响。轨道电路、机车信号、列车综合无线调度系统、列尾装置等为列车运行安全提供了有效的保障。列车运行监控记录装置简称监控装置，即LKJ，是我国研制的以保证列车运行安全为主要目的的列车速度监控装置。该装置在实现列车速度安全控制的同时，采集记录与列车安全运行有关的各种机车运行状态信息，促进了机车运行管理的自动化。机车6A系统即机车车载安全防护系统，是对机车运行重点部位进行安全防护的重要装置。我国机车远程监测与诊断系统（CMD系统）通过车载LDP设备获取机车各设备信息，并通过多种传输手段将机车数据源源不断地传到地面系统，实现车地一体化。地面系统通过大数据分析为机车的安全运行保驾护航。本书根据铁路高职教育电力机车驾驶专业教学计划编写，为铁道机车专业教学一体化课程教材，分为理论篇和实训篇两部分，理论部分共分为八个项目，主要介绍各装备的工作原理和功能。实训部分共五个项目，按照机车乘务员一次乘务作业现场操作过程，按任务分解各个设备的操作。

本书为校企合作的新形态教材，由郑州铁路职业技术学院、中国铁路郑州局集团有限公司、郑州畅想高科股份有限公司联合编写，配套有数字资源。其中郑州铁路职业技术学院张琼洁、海方，中国铁路郑州局集团有限公司高级工程师张远担任主编。郑州铁路职业技术学院张中央、党建猛、李孝坤、张红涛担任副主编。其中理论部分项目一至项目三由海方编写，项目四由张琼洁编写，项目五由张中央编写，项目六至项目八由李孝坤编写。实训部分项目一至项目三由党建猛编写，项目四由张远编写，项目五由张红涛编写。由于编者水平有限，不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

本书的编写得到中国铁路郑州局集团有限公司、郑州畅想高科股份有限公司等相关企业的大力支持，部分配套数字资源由郑州畅想高科股份有限公司制作，在此一并表示感谢。

编者

2021年12月

➔ 数字资源列表

序号	数字资源名称	资源类型			页码	项目	
		视频	动画	PPT			
1	轨道电路的组成、工作原理和作用	√		√	9	项目一	
2	轨道电路的分类	√		√	11		
3	机车信号概述	√		√	35	项目二	
4	机车信号分类	√		√	37		
5	JT1-CZ2000 型一体化机车信号	√		√	39	项目四	
6	监控记录装置的发展	√		√	67		
7	LKJ2000 型列车运行监控记录装置功能	√		√	70		
8	LKJ2000 型列车运行监控记录装置语音提示	√		√	79		
9	LKJ2000 型列车运行监控记录装置认知	√		√	82		
10	LKJ2000 型列车运行监控记录装置主机	√		√	84		
11	LKJ2000 型列车运行监控记录装置人机交互单元	√		√	95		
12	LKJ2000 型列车运行监控记录装置控制模式	√		√	103		
13	LKJ2000 型列车运行监控记录装置控制状态	√		√	106		
14	LKJ2000 型列车运行监控记录装置故障处理分析	√		√	135		
15	6A 系统概述	√		√	148		项目五
16	CPP 中央处理平台	√		√	151		
17	ABDR 机车空气制动安全监测子系统	√	√	√	153		
18	AFDR 机车防火监测子系统	√		√	156		
19	AGDR 机车高压绝缘检测子系统	√		√	160		
20	APDR 机车列车供电监测子系统	√		√	165		
21	ATDR 机车走行部故障监测子系统	√		√	173		
22	AVDR 机车自动视频监控及记录子系统	√		√	178		
23	CMD 系统概述	√		√	186	项目六	
24	CMD 车载子系统	√		√	188		
25	CMD 数据传输子系统	√		√	192		
26	CMD 地面综合应用子系统	√		√	201		

续表

序号	数字资源名称	资源类型			页码	项目
		视频	动画	PPT		
27	CTCS 认知	√		√	207	项目七
28	CTCS-2 概述	√		√	214	
29	CTCS-2-地面及车载系统	√		√	215	
30	CTCS-2 级列车运行控制系统模拟	√			217	
31	CTCS-2 临时限速地面设备传输信息流程	√			217	
32	列尾报警操作		√		264	实训 项目一
33	列尾辅助排风操作		√		264	
34	列尾故障时操作办法		√		264	
35	LBJ 使用方法	√			269	



上篇 理论篇

项目一	轨道电路基本理论	3
任务一	轨道电路相关电工知识及发展历程	4
任务二	轨道电路认知	9
任务三	轨道电路的故障分析与处理	20
项目二	机车信号基础知识	32
任务一	机车信号系统概述	33
任务二	机车信号认知	35
任务三	机车信号设备的故障分析与处理	42
项目三	机车综合无线通信设备 (CIR) 与列尾装置	46
任务一	CIR 的功能与认知	47
任务二	列尾装置	52
任务三	列车安全防护报警装置 (LBJ)	56
项目四	LKJ2000 型列车运行监控记录装置	66
任务一	LKJ2000 型监控记录装置基础认知	67
任务二	LKJ2000 型监控记录装置系统功能	70
任务三	LKJ2000 型监控记录装置系统设备构成	82
任务四	LKJ2000 型监控记录装置屏幕显示器	95
任务五	LKJ2000 型监控记录装置功能按键	100
任务六	LKJ2000 型监控记录装置控制模式	103
任务七	LKJ2000 型监控记录装置通常工作状态	106
任务八	降级状态控制	112
任务九	防溜状态控制	115

任务十	出入段工作状态控制	117
任务十一	调车状态控制	118
任务十二	非本务工作状态控制	121
任务十三	20 km/h 限速工作状态控制	123
任务十四	各种工作状态转换情况	125
任务十五	信号突变	127
任务十六	警惕功能	128
任务十七	自动闭塞区间行车	131
任务十八	信号无码区段运行	133
任务十九	应急故障处理	135
任务二十	LKJ15 型列车运行监控记录装置	137
任务二十一	监控装置相关的规章制度	144
项目五	机车车载安全防护系统	147
任务一	机车车载安全防护系统概述	148
任务二	空气制动安全监测子系统	153
任务三	防火监控子系统	156
任务四	高压绝缘检测子系统	160
任务五	列车供电监测子系统	165
任务六	走行部故障监测子系统	173
任务七	自动视频监控及记录子系统	178
项目六	机车远程监测与诊断系统认知	185
任务一	CMD 系统概述	186
任务二	车载子系统概述	188
任务三	数据传输子系统概述	192
任务四	地面综合子系统概述	201
项目七	列车运行控制系统	206
任务一	我国列车控制系统概述	207
任务二	CTCS 列控系统的应用等级	210
任务三	CTCS-2 级列控系统构成	214
任务四	列车超速防护系统 (ATP)	219

项目八	其他类型行车运行安全装备	226
任务一	TAX2 型机车安全信息综合监测装置	227
任务二	机车车次、车号自动识别系统 (AEI)	230
任务三	无线调车机车信号和监控系统 (STP)	234
任务四	本务机车调车作业安全辅助防护系统 (LSP)	241

下篇 实训篇

项目一	机车综合无线通信设备 (CIR)、列尾装置操作	249
任务一	CIR 的操作	249
任务二	列尾操作	264
任务三	列车安全报警防护装置的操作	269
项目二	LKJ2000 型列车运行监控记录装置基本操作	274
任务一	乘务员出勤	274
任务二	LKJ2000 型监控装置参数设定	280
任务三	LKJ2000 型监控装置出入段及进入和退出调车操作	287
任务四	LKJ2000 型监控装置 IC 卡转储数据操作	291
项目三	LKJ2000 型列车运行监控记录装置运行途中操作	296
任务一	LKJ2000 型列车运行监控记录装置开车操作	297
任务二	LKJ2000 型监控装置查询操作	300
任务三	防溜控制及解除	310
任务四	运行中的侧线及支线操作	316
任务五	运行中的距离误差修正	321
任务六	列车抱闸运行控制、巡检、定标、防止机车动轮弛缓、 本补切换	327
项目四	LKJ2000 型列车运行监控记录装置特殊情况操作	332
任务一	改变基本闭塞法使用电话闭塞法行车	332
任务二	使用绿色许可证	340
任务三	引导进站	346
任务四	货车特殊前行	351

任务五	出站运行	357
任务六	解除监控装置存储的运行揭示	361
任务七	机车信号机故障	368
项目五	6A 系统音视频显示终端操作	376
任务一	6A 系统基本操作	376
参考文献	389

上篇



理论篇

项目一 轨道电路基本理论 ▶▶▶

项目描述

为了检查列车占用钢轨线路状态,美国人鲁宾逊于 1870 年发明了开路式轨道电路,1872 年又研制成功了闭路式轨道电路,并于 1873 年首先在宾夕法尼亚铁路试用,从此诞生了铁路自动信号。我国铁路在建国前采用的轨道电路传输信息少,分布也极不平衡,从 20 世纪 50 年代中期开始,轨道电路技术在我国有了长足的发展,不仅传输的信息量有了大幅增加,而且其使用范围遍及全国铁路各线,构成了我国铁路信号技术发展的基础。

轨道电路的正常工作保证了列车运行安全,所以,当轨道电路出现故障时应采取相应的修复技术予以处理。

知识目标

- (1) 了解我国轨道电路的发展历程。
- (2) 掌握轨道电路的组成结构、工作原理、分类。
- (3) 掌握轨道电路的故障分析及处理方法。

能力目标

(1) 能够辨认不同时期的轨道电路。

(2) 能够认识轨道电路相关设备。

(3) 能够处理故障轨道电路。

思政目标

(1) 培养敬业爱岗、遵章守纪、乐于奉献的职业精神。

(2) 牢记安全第一、以质量促安全的职业规范。

(3) 塑因果理念，扬精益求精工匠精神。

任务一 轨道电路相关电工知识及发展历程

任务描述

- (1) 掌握与轨道电路相关的基本电路知识。
- (2) 了解我国轨道电路的发展历程。

知识储备

一、轨道电路相关电工知识

我们常说的电路是一些简单的理想电路，不掺杂任何干扰和外因因素的电路，是由独立的元器件或合成的块电路构成的电路，因而分析起来相对容易，但对于轨道电路来说，其所掺杂的外界因素很多，甚至有些因素至今仍不能完全解析清楚，因此分析轨道电路时必需掌握电工的某些知识。这一节我们就从轨道电路入手，以目前朔黄线所大量使用的 25 Hz 相敏轨道电路为重点加入其他部分轨道电路作为参考对象来讲解一些相关的电工知识。

分析轨道电路必须具备一定的电路理论，除电路的基本物理量外，还应掌握部分元器件的特性、作用，部分电源的特点、部分定律的应用和计算方法。

基本物理量分为两大类：基本变量和基本复合变量。其中，基本变量有 4 个，即电流、电压、电荷、磁通，基本复合变量有 2 个，即电功率和电能。

1. 电荷

电荷是物体或构成物体的质点（质点是物体运动状态时，不考虑物体的大小和形状而认为它只是有质量的点）所带的正电或负电。电荷是一种现象，到现在仍然没有一种理论能预言电荷能像质子、电子和 U 介子等以基本粒子存在，只有在现代量子物理学中才能解释。因此，电荷的单位是不能用电荷本身的概念来确定的，我们现在看到的电荷的单位是从电流的单位导出来的（定义为：如果导线中有 1 A 的恒定电流，则在 1 s 内流过此导线中任意给定截面的电量就是 1 C。用符号表示为 $q=it$ ， q 代表电荷， i 代表电流， t 为时间常数），这就是我们常常见到在很多应用领域称电荷为“单位正电荷或单位负电荷”的缘故。

电荷在物质内部能够自由运动，但只限定在导体中，在绝缘体中电荷是不能移动的；在金属中也只有负电荷才可以自由运动，正电荷是不动的，正电荷只有在特定的环境下才能运动，比如在电解液中。金属中电荷的携带者是自由电子，在绝缘体中，由于电子数量非常少，原子核最外层电子层结合紧密，受原子核束缚很大，外层电子处在原子核高能能带中，电子穿越能带很困难，并且构成绝缘体的原子

是以晶体结构存在的，电子脱离晶体结构是非常不容易的，因此不导电，但不是纯粹不导电（因为自然界不存在绝对的绝缘），在外力（电场力即电势或电压）的强作用下，绝缘体也会导电，叫作绝缘击穿。比如，电容内的绝缘体在额定电压下是绝缘的，但将电压一直提升，就会将电容内绝缘介质击穿，从而导电。

我们讨论电荷是因为自然界电荷是无处不在的，只要有电场力或电势能对电荷作用，电荷就可能会在任何地方形成电流，如果这种电流正好出现在我们所要研究的轨道电路中，那么就会对我们的轨道电路形成影响，这在我们现场的轨道电路中是非常普遍的现象。现场的轨道电路既存在电容击穿，又存在电荷非金属（实际上已经形成或正在形成导体或半导体性质）内转移，例如对于某些临界短路点，轨道电压正常时或许可以工作，但由于受到外界影响使电路结构改变，电荷能移动时，故障就可能出现了；再例如，道床在正常状态下，两轨间道床是“绝缘的”，但在某些情况下，如下雨时，电荷在雨水中就能在轨道电路的电势作用下顺利流动，从而造成红光带，UM71 轨道电路就受这种情况影响。

2. 电流

单位正电荷的定向移动形成了电流。金属导体内电子的运动是自由运动，没有形成有规律的运动，它不是定向运动，必须要有外力来引导电子作定向运动，这个引导工具就是电势差（或是电压），电势差越高，电子移动速度越快，传输能力也就越强，这就是为什么发电厂送出来的电要以高压的形式往外传输，一方面要使送出来的电子形成定向运动，另一方面就是让电子流能最大限度地克服导体电阻力，加快传输速度，以便使其传输得更远。

在轨道电路中，提高轨道送电端电压可以让濒临界面的轨道继电器不落，或者吸起，就是利用加速电流运动的方法迫使电子流突破阻碍点（或分流点）送入室内，使室内的有关继电器保持不落或吸起，但是，这里有个问题，就是任何运动都具有发热现象，电子的运动也具有发热现象，在导体横截面一定时（也就是电子流通流带一定），其电子的加速运动必将使导体发热加速，电子流越大，发热越快，除非增加导体横截面，让电子通过空间加大，如果不能做到增加横截面，那就可能会出现电子流流经路径中通流带小的地方被烧损，如保险、细的芯线等，所以“十二严禁”为什么要规定“不能盲目用提高轨端送电端电压的方法来处理故障”也就不难理解了。

3. 电势

我们知道，物质是由分子构成的，分子是由原子（质子、中子和核外电子）组成的，通常状态下原子核力束缚着电子的电能力，使物质不显电性，这也就是说，要想让电荷在任何地方移动，必须借助一定的外力，这个外力应用到我们电路学中就是电势。势，是一种趋向，物质只有有了势，才能运动，水从高山上流下是因为存在重力下产生的水势，飞机从地面升空是因为借助了机械能产生的冲势，这也就

是说势是在某一线性趋势中存在的电势差。电场中任意两点间所存在的电势差就是电势差。电势差可以是正值、负值或零，这要区别是以什么方向什么点为参考点的。在电路学中电荷在电场中由任意点 A 移动到另一点 B 时，外力，也就是电势差所做的功用焦耳/库仑（符号 W/q ）来表示，为便于使用，国际中常用伏特（符号 V ）来表示。

1 伏特=1 焦耳/库仑

如果将点 A 作为参考点时，则电荷由点 A 移动到点 B 电场力所做的功为：

$$V_{AB}=V_B-V_A \quad \text{即} \quad V_{AB}=V_B-V_A=W_{AB}/q=V$$

电场中电势相等的点的轨迹叫作等势面，因为电势差为零，所以在等势面上任何两点间的电荷移动时不须要电势差，也就是外力不需要做功，由公式 $V_{AB}=V_B-V_A$ 也可以看出 $V_B=V_A$ 时 W_{AB} 必定为零。在轨道电路中到处存在着电势差，这些电势差有些是对轨道电路起正面作用的，有些是起反面作用的，这就要求我们在维护轨道电路或者在分析、处理轨道电路故障时要考虑各种电势差的具体影响。

4. 电压

电压是电势差作用下产生的一个物理几何常数，是将电势差 W_{AB}/q 这个比值当作一个常数比值来使用。由奥斯特电磁原理我们知道，在通电导体周围会产生磁场，即电场，电荷在电场中运动时，受电场的电磁束缚，要克服这个约束力，就必须借助外力来抵消这个电力，这个外力的大小与电力相同，方向与电力相反。因此，电荷在导体内移动时，电场力就要对电荷做功。由此，我们可以看到，移动的电荷越多，电场力需做的功相应地也会越大，反过来也就是说电场力所做功的大小与移动电荷的多少成正比。我们研究电压，是因为在轨道电路中经常要使用电压来测试与分析电路状态。日常测试中要用电压来衡量轨道电路的工作状态；处理故障时要用电压来分析查找故障点。

5. 电位

电位是在电路中人为规定一个参考点，它在电路中并不存在，规定了参考点后，电路中某点对参考点的电压就叫作该点的电位。我们研究电位，是因为在轨道电路中需要用电位的有关知识对某些复杂的故障进行分析。例如，在分析轨道电路被牵引电流烧损故障时，就要清楚接触网的纵电势是否存在。

我们知道，大地是常作为参考点来考虑的，但是请注意，大地并不全是所谓的“零电位”，车站站场在牵引电力地线、接地网、高压变压器接地极，以及信号、通信等各种设备的防雷地线、安全地线组成的繁杂的地线群中，存在着地线埋深不同、接地点土质不同、接地体的不同而形成的各种接地电势差，这种电势差在牵引电路闪络、电路因放电等因素的作用下会使各种地线之间形成危害很大的感应电势，足可以击穿绝缘、烧损设备。在历年来的接触网烧损扼流变、轨道电路设备的故障

中，此类故障也占有一定的比例。因此，信号设备的接地体及可能受到牵引电势的危害的处所需要检查相关接地体的电位差，尽可能使各种地线处于同一电位，减小危害。再例如，在查找轨道电路半接地或低电压故障时，要利用大地电位和设备各部件间不同的电位来进行对比测试；在轨道电路的其他故障中也要用不同点的电压来对比、衡量各部分的正常电压值；可以测量钢丝绳上的电压降，也可以测量螺丝间的电压降等等来查找轨道电路故障。另外，在日常分析某一点轨道电路故障时通常也要使用电位来分析。

6. 电动势

电动势是能够维持电势差的电磁器件。电动势既可以以单独的形式存在，也可以以电路的形式存在，这就是说，单独存在与电路存在均可以在其上面测试出电势差来，即可以测试出电压来。因此可以说任何能测试出电势差的储存有电荷的器件均是电动势（电容暂不作为研究范围）。电动势既然能维持电势差，就可以对通过它的电荷做功，这在我们讨论电势时已经讲过。可以看出电动势同电势与电压一样，都是研究电场力做功的，因此电动势的单位也是伏特（即焦耳/库仑），但不同的是电势是研究电场力做功的方向的；电压是研究电场力做功的比值的；电动势研究的是电场力做功时电能能量转换过程的。在闭合电路中，电动势对电荷携带者做功，在其内部一定就有了能量的转换，此时的做功是在整个电路中进行的，包括它自身的内电阻。

7. 实际源

我们日常所说的电源是不包括电源本身内阻的电源，是理想中的电源，也就是我们常说的恒压源（或恒流源），这在现实生活中是不存在的。实际中的电源是具有内阻的，其端电压是随着电流（或电压）的大小而变化的。

实际的电压源是由一个理想电压源串联上一个电源内阻组成的；实际的电流源是由一个理想的电流源并联上一个电源内阻组成的。

二、我国轨道电路的发展历程及现状

从 1924 年轨道电路首次在国内应用，到今天高铁已经历 10 年的发展，轨道电路的发展历程大致可分为 5 个阶段：技术萌发、自主探索、引进吸收、自主转化和高铁创新阶段。

1. 技术萌发时期：1920—1949 年

这个阶段我国属于半封建半殖民地社会，处于军阀混战、外国割据时期。国家没有主权，技术更谈不上发展。这个时期的轨道电路技术完全是国外的，只是在中国应用而已，但这也标志着轨道电路踏入了有着 5000 年历史的中华大地。

（1）1924 年，在长大线大连—金州间和沈阳—苏家屯间修建的自动闭塞中，最早使用了交流轨道电路，采用的器材是美国的产品。

(2) 1925年,秦皇岛和南大寺两站首先装用闭路式直流轨道电路,采用的器材是英国麦堪司和荷兰德公司的产品。

2. 自主探索时期:1949—1980年

新中国成立之初,西方势力对我们实施全面的技术封锁,就连苏联也在1960年撤走了所有在华技术专家。我国各项技术进入自主探索时期,在毛主席“自力更生”方针的指导下,轨道电路技术呈现了百花齐放、百家齐鸣的生动局面:一是参与研制的单位争先涌现,如北京全路通信信号研究设计院(简称通号院)、中国铁道科学院(简称铁科院)、各路局和相关高校,或联合或独立开展研究;二是为满足机车信号,出现了更多的轨道电路制式。

(1) 1952年铁科院开始研究电冲轨道电路,作为自动闭塞的基础设备正式投入运用,定名为TY-58D型极性电冲轨道电路。

(2) 20世纪60年代中期,沈阳、北京、哈尔滨、郑州等铁路局与铁科院分别研究各种方案的极性频率脉冲轨道电路,满足取得机车信号控制信息需要。

(3) 20世纪60年代中期,铁道部组织通号院、铁科院、北方交通大学等单位共同研制频率轨道电路。1970年5月完成在焦枝线耿波—邓湖间第一个9 km试点区间。

3. 引进吸收时期:1980—1997年

1978年12月,党的十一届三中全会开启了改革开放的历史新时期。轨道电路技术在自主探索的基础上,主动引进了国外先进技术。在此基础上,我国也开始了对外先进轨道电路技术的消化和吸收。

(1) 1989年,从法国CSEE公司引进UM71移频轨道电路,于1990年在郑州—武昌间首先安装,并于1992年12月全线开通运用。在此基础上,我国也开始了移频轨道电路的消化吸收。

(2) 1992年,在广州—仙村间安装运用ZP-89型8信息移频轨道电路。

(3) 1997年初,中铁第四勘察设计院(简称铁四院)、哈尔滨铁路局、铁科院等单位联合成立研制课题组,在有绝缘18信息移频轨道电路的基础上,实现无绝缘化。1998—1999年间,该系统经多次审查后统一鉴定,命名为ZP·W1-18型轨道电路。1998年8月至1999年6月在京广线良田—太平里间,1999年1月至2000年12月在哈大线长春—四平间,2000年3月至2001年3月在宝成线马角坝—二郎庙电气化区段进行运行考验,未推广。

4. 自主转化时期:1997—2007年

这个时期,我国改革开放已见成效,人民生活水平得到极大改善,为进一步满足人民对于快速出行的美好愿望,我国在1997年至2007年这10年间,共进行了6次大提速,时速由48 km提升至250 km。更快的时速意味着需要更完善的安全保障,然而2000年10月,国产移频轨道电路连续出现2次不能实现“断轨”检查,

造成运行客车脱轨重大事故。因此，“断轨检查”成为轨道电路的新安全需求和底线。

(1) 2002年5月28日，ZPW-2000A轨道电路通过铁道部科技司技术鉴定。

(2) 2003年6月9日，《关于规范ZPW-2000自动闭塞尚到管理工作的通知》(铁运函〔2003〕196号)，明确了统一发展ZPW-2000制式。

(3) 2003年10月28日，济南局于官屯—三唐的ZPW-2000A轨道电路示范段开通。

(4) 2007年4月18日，实施全国铁路第6次大面积提速，区间ZPW-2000A轨道电路大面积运用。

任务自检

1. 简述电路中四个基本变量的概念。
2. 简述我国轨道电路的发展历程。

任务二 轨道电路认知

任务描述

(1) 掌握轨道电路的构成和基本工作原理。

(2) 掌握轨道电路的技术要求。

(3) 了解轨道电路的分类方法。



视频：轨道电路的组成、工作原理和作用



PPT：轨道电路的组成、工作原理和作用

知识储备

一、轨道电路的定义

轨道电路是以铁路线路的两根钢轨作为导体，用引接线连接电源和接收设备所构成的电气回路，它是监督铁路线路是否空闲，自动并连续地将列车的运行和信号设备联系起来，以保证行车的安全，在线路上安设的电路式装置。轨道电路是以铁路线路的两根钢轨作为导体，两端加以电气绝缘或电气分割，并接上送电设备和受电设备构成的电路。它的主要功能就是反映轨道区段是否被列车占用。轨道电路是构成现代化铁路信号设备的基础，它能否正常工作，直接关系到行车安全和行车效率。

二、轨道电路的构成

轨道电路由钢轨、轨道绝缘、轨端接续线、引接线、送电设备及受电设备等主

要元件组成。最简单的轨道电路构成形式如图 1.1.1 所示。

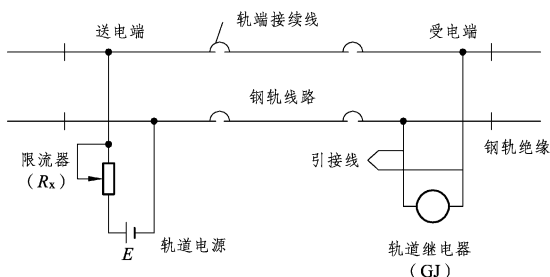


图 1.1.1 轨道电路的结构

轨道电路的送电设备安装在送电端（又称为电源端或始端），它由轨道电源 E 和限流器 R_x 组成。根据轨道电路的类型不同，轨道电源可以用铅蓄电池（或其他直流电源）浮充供电，也可以用轨道变压器或变频器、信号发生器供电。限流器一般为电阻器，也可以采用电抗器，它的作用是保护电源设备不因过负荷而损坏，并保证在列车占用轨道电路时，轨道继电器能可靠落下。对某些交流轨道电路而言，限流器还兼有相位调整的功效。轨道电源采用由电子器件组成的信号发生器时，一般都不设限流器。

轨道电路的接收设备安装在受电端（又称为继电器端或终端），目前接收器主要采用的是继电器（称为轨道继电器 GJ），由它来接收轨道信号电流。电子轨道电路的接收设备一般都采用电子器件，其作用和轨道继电器相同。

轨端接续线是为了减小钢轨的纵向电阻，而在轨条的连接处增设的。

钢轨绝缘的作用是分割相邻的轨道电路，从电的方面加以绝缘，但是，相邻钢轨线路之间通过大地仍保持着联系，从而给电流形成了附加通路，使轨道电路的传输复杂化。

两组绝缘节之间的钢轨线路（即从送电端到受电端之间），称为轨道电路的控制区段，其长度也就是轨道电路的长度。

送电和接收设备一般放在轨道旁的继电器箱、变压器箱（分散）或信号楼内（集中），直接由引接线（钢丝绳）或通过电缆再由引接线接向钢轨。

三、轨道电路的工作原理

当轨道电路控制区段内的钢轨完整，且无列车占用（即线路空闲）时，通过轨道继电器的电流比较大，轨道继电器励磁吸起，前接点闭合，利用轨道继电器前接点的闭合条件，接通信号机的绿灯电路，信号开放，表示轨道电路设备完整、没有被列车占用，允许列车进入该区段，如图 1.1.2（a）所示。轨道电路若被列车占用，即轨道电路被列车轮对分路，钢轨中的信号电流会同时通过机车车辆的轮对，由于



轮对电阻比轨道继电器线圈的电阻小得多，电源输出的电流将显著增大，限流器 R_x 上的压降随之增加，两根钢轨间的电压降低，当流经轨道继电器线圈的减少到它的落下值时，衔铁释放，后接点闭合，信号机的绿灯电路切断，信号关闭。同时利用其后接点的闭合条件，接通信号机的红灯电路，这样就表示轨道电路已经被占用，向后续列车显示禁止信号，如图 1.1.2 (b) 所示。当轨道电路某一设备损坏，如引接线或钢轨折断时，轨道继电器也会因得不到足够的电流而失磁，同样使信号机点红灯，禁止列车进入该区段，以保证行车安全。

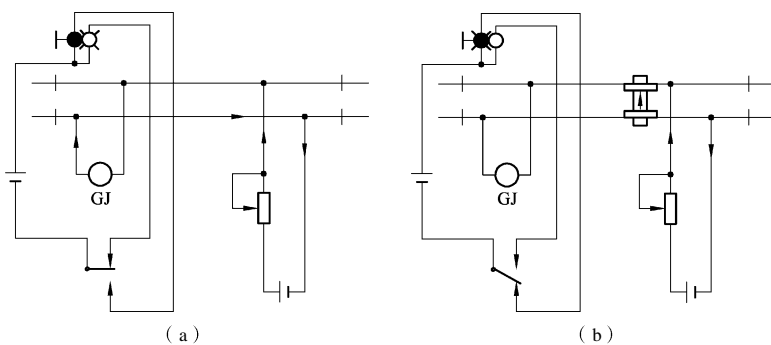


图 1.1.2 轨道电路的工作原理

轨道电路的工作状态由接收器即轨道继电器反映出来，轨道继电器的接点又控制着信号机的显示，信号机的显示指示着列车的运行，列车的运行又影响着轨道电路的工作状态，就这样构成了自动控制系统。

四、轨道电路的技术要求

- (1) 当轨道电路空闲且设备良好时，轨道电路继电器衔铁应可靠吸起。
- (2) 轨道电路在任何一点被列车占用时，即使只有一个轮对进入轨道电路，轨道继电器应立即释放衔铁。
- (3) 当轨道电路不完整时，断轨、断线或绝缘破损时，轨道继电器应立即释放衔铁，关闭信号。
- (4) 对某些轨道电路，还应实现由轨道向机车传递信息的要求。

五、轨道电路的分类

(一) 按工作原理分类

轨道电路按工作原理可分为闭路式轨道电路和开路式轨



视频：轨道电路的分类 PPT：轨道电路的分类



道电路，传导式轨道电路和感应式轨道电路。

(1) 闭路式轨道电路：发送设备和接收设备分别安装在轨道电路的两端。其特点是当发生断线、断轨或绝缘破损等故障时，由于流经轨道继电器线圈的电流大大减少，所以轨道继电器也会落下，符合信号设备一旦发生故障应倒向安全的原则。

(2) 开路式轨道电路：发送和接收设备都安装在轨道电路的同一端，轨道继电器落下表示无车占用。该种轨道电路不符合故障—安全原则，一般情况都不采用。其优点是：对列车的占用反映比较迅速，平时消耗电能较少。因此，在驼峰信号设备以及电源比较困难的半自动闭塞区段，常采用两段开路或一段开路一段闭路的形式构成轨道电路。

(3) 传导式轨道电路又称为电压式轨道电路，感应式轨道电路又称为电流式轨道电路。上述所讲的均为电压式轨道电路，电流式轨道电路的原理是：有电源送出交流信号沿钢轨流经负载阻抗时，在钢轨周围产生交变磁场，磁场中放置电感线圈，线圈中产生电动势，使电流接收器工作。

(二) 按信号电流的性质分类

轨道电路按信号电流的性质可分为直流轨道电路和交流轨道电路。

1. 直流轨道电路

轨道电路的电源采用直流供电的，称为直流轨道电路，它常用在交流电源不可靠的非电力牵引区段，当交流电不可用时，由平时浮充供电的蓄电池供电。由于该轨道电路安装电源设备较困难、检修不方便以及容易受杂流干扰等原因，新安装的轨道电路很少采用。

2. 交流轨道电路

采用交流供电的轨道电路，称为交流轨道电路。下面简单介绍几种交流轨道电路。

1) 交流连续式安全型整流轨道电路

由于该轨道电路的轨道继电器线圈的串联电阻值为 $480\ \Omega$ ，又称为“480”型轨道电路。因该轨道电路电源的频率为 $50\ \text{Hz}$ ，故该轨道电路只能应用于非电化区段。如图 1.1.3 所示为该轨道电路的结构图。

2) 25 Hz 相敏轨道电路

该电路适用于电化和非电化区段，结构如图 1.1.4 所示。

该轨道电路特点：① 轨道电路的信号源由铁磁分频器供给 $25\ \text{Hz}$ 交流电，以区分于 $50\ \text{Hz}$ 牵引电流；② 接收器采用二元二位相敏轨道继电器 (JRJC)。由图 1.1.4 可以看出，该继电器的轨道线圈由送电端 $25\ \text{Hz}$ 电源经钢轨传输后供电，局部线圈则由 $25\ \text{Hz}$ 局部分频器供电。轨道继电器工作时，从轨道电路取得较小的功率 (约 $0.57\ \text{W}$)，而大部分功率是通过局部线圈取自局部电源 (约 $8\ \text{W}$)，因而轨道电路的



距离可以延长；同时该轨道电路具有可靠的频率选择性和相位选择性，因而它的抗干扰能力较强。

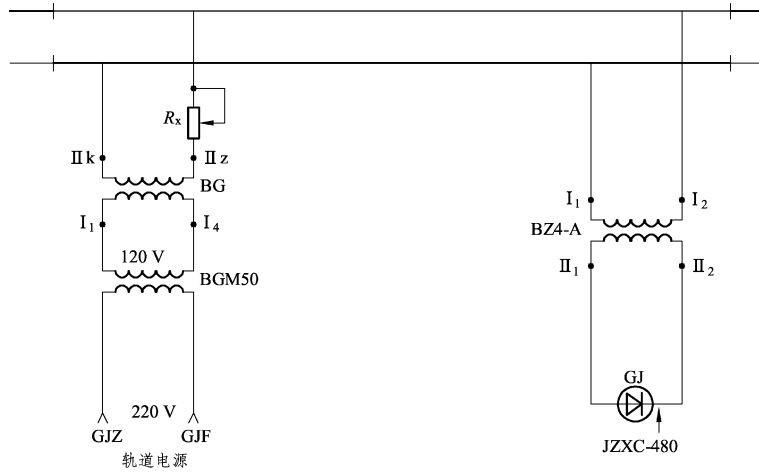


图 1.1.3 交流连续式“480”型轨道电路

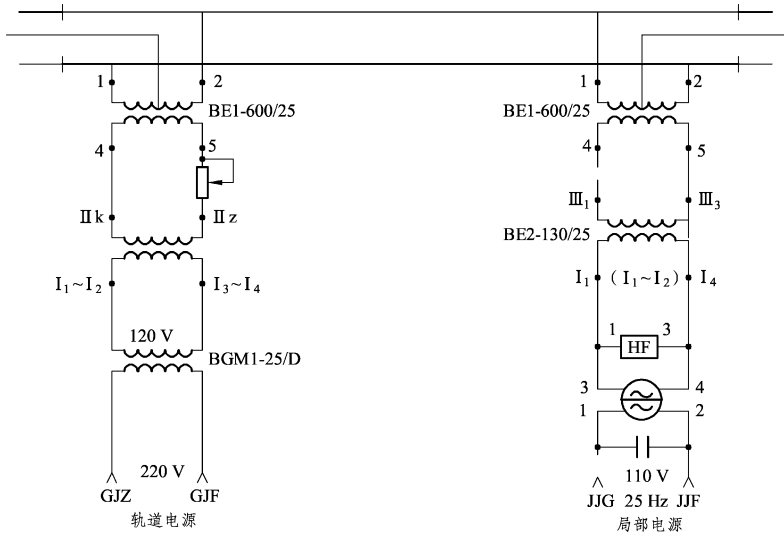


图 1.1.4 电化区段双扼流 25 Hz 相敏轨道电路



3) 移频轨道电路

该电路可分为非电化区段、电化区段站内和电化区段区间三种轨道电路，这三种轨道电路的动作原理是相同的，电路结构原理如图 1.1.5 所示。

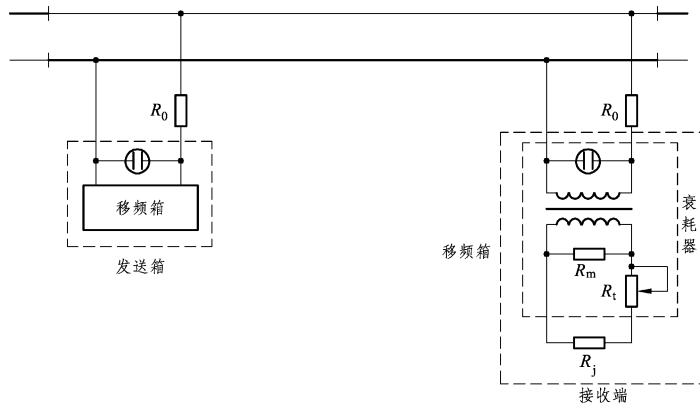


图 1.1.5 移频轨道电路结构框图

送电端发送的信号，由功率放大器直接馈送到钢轨上，图中的 R_0 是引接线电阻，在送电端不设调整电压的元件，因而送电端的电压是不可调的。但是由于发送设备是由电子器件组成，送电端的输出电压将会受到电源电压的波动及轨道电路输入阻抗模值变化的影响。在受电端，为了使收到的信号电平比较稳定，轨道上送来的信号要通过衰耗器再接至有关设备。衰耗器中串接可调电阻 R_t ，根据轨道电路的长度及线路漏泄情况调节 R_t 的阻值，就可以达到调整轨道电路接收端电平的目的。

移频轨道电路在钢轨上传送的是经低频调制过的音频信号，该信号是振幅不变，频率由 f_1 与 f_2 交替变化的移频波，音频 f_1 和 f_2 交替变化的频率则由低频信息决定。移频轨道电路的中心载频频率有 4 种，上行线为 650 Hz 和 850 Hz，下行线为 550 Hz 和 850 Hz。频偏 Δf 为 55 Hz，调制信号的频率采用 11 Hz、15 Hz、20 Hz 和 26 Hz 4 种，即我们平常所说的四信息。

4) UM71 轨道电路

UM71 无绝缘轨道电路为法国 CESS 公司所研制的带调制 (U) 移频轨道电路，1989 年引入我国。该系统符合中国铁路运输向高速、重载及高密度发展的需要，敷设于我国铁路主要干线，与车载列车超速防护 TVM300 系统配合使用，表现出了较高的安全性、可靠性。UM71 轨道电路设备包括室外和室内两大部分：室内设备主要有发送器、接收器、轨道继电器和电源设备；室外设备主要包括空心线圈、调谐单元、匹配变压器以及补偿电容等。这两大部分通过电缆连接，其构成如图 1.1.6 所示。



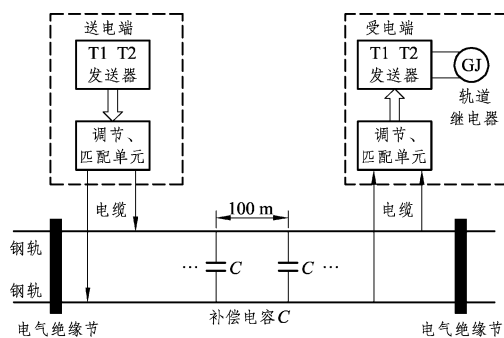


图 1.1.6 UM71 轨道电路的构成

工频电源（220 V）经轨道变压器变压后从轨道电路的始端出发，经过轨道线路传到轨道电路终端，再经中继变压器实行阻抗变换后，由电缆传至设置在信号楼的轨道继电器的交流输入端子，通过桥式整流将交流电变成脉动直流电，带有铁心的继电器线圈通过直流后，便产生磁力，吸引衔铁，使轨道继电器呈励磁状态。当轨道区段内有车辆占用，或者发生断路故障时，流经轨道继电器的电流将急剧地减少，致使衔铁失磁落下，轨道继电器呈失磁状态。平时，列车未占用轨道电路时，电流流过轨道继电器线圈，使继电器保持在吸起状态，接通信号机的绿灯电路，允许列车进入相应轨道。当列车占用轨道电路区段时，电流同时流过机车车辆轮对和轨道继电器线圈，由于轮对电阻比轨道继电器线圈电阻小得多，使电源输出电流显著加大，最终导致两根钢轨间的电压降低。因而流经轨道继电器线圈的电流减小到继电器的落下值，使轨道继电器释放衔铁，用继电器的常闭点接通信号机的红灯电路，向后续列车发出停车信号，以保证列车在该轨道电路区段内运行的安全。

列车行车过程中，为了传递信息需要，UM71 轨道电路利用铁轨传送移频信号，选用了 4 个较高的载频信号：1700 Hz、2000 Hz、2300 Hz 和 2600 Hz。其中，下行线采用 1700 Hz、2300 Hz 交替配置，而上行线采用 2000 Hz、2600 Hz 交替配置。为满足列车速度控制多信息需要，UM71 轨道电路共有从 10.3 Hz 开始按 1.1 Hz 等差数列递增至 29 Hz 的 18 种低频信息。其频偏 f_A 为 11 Hz，故 UM71 轨道电路轨面上传送的移频信号由载频 f_0 、频偏 f_A 和低频调制信号 f_c 三者构成。

UM71 轨道电路每间隔 100 m 两轨间并接一个电容器，正常值为 33 μF ，称为补偿电容。补偿电容是 UM71 轨道电路的重要组成部分，它的作用是改善轨道电路在调整状态和分流状态的传输特性，延长轨道电路的传输距离，确保钢轨中有足够稳定的信号电流经钢轨向机车发送信息。然而由于其易受温度、湿度以及人为因素的影响，产生电容电特性参数漂移或接触不良，导致补偿电容的老化、失效或丢失，最终影响铁路信号的正确传输，故需经常检查。



5) ZPW2000 轨道电路

在 UM71 轨道电路的基础上，结合我国铁路运营的特点，经过技术改造，开发了能够满足我国复杂铁路运行环境的 ZPW2000 轨道电路，其主要实现对区间轨道区段空闲检查、钢轨是否完好检查、调谐区小轨检查，同时将轨道信息传递给机车并完成系统自我检验功能。其特点是信号在传输过程中更加稳定，施工成本相对较低，因此得到广泛使用。ZPW2000 轨道电路结构如图 1.1.7 所示。

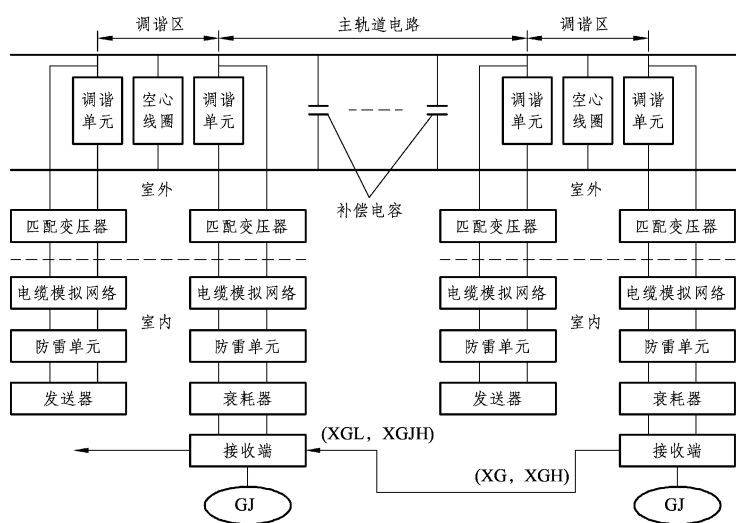


图 1.1.7 ZPW2000 轨道电路结构

ZPW2000 轨道电路在正常运行条件下，由发送器控制发出具有不同编码信息的轨道电路移频信号，通过专用信号传输电缆（模拟、SPT 数字）送到匹配变压器（9:1），再进行合理降压后传到轨面至本区段对应的调谐单元。当移频信号传输至相邻区段时，因电气绝缘的有效隔离，不会对相邻区段产生干扰。由于主轨道区段较长，移频信号传输会产生衰减，需等间隔增设补偿电容来降低传输衰耗。最后，移频信号经过钢轨、调谐单元、匹配变压器，传输到接收器。通过对轨道电路移频信号的解调，能够得到轨道电路的占用状态信息、钢轨完整性信息等。

ZPW2000 轨道电路是将移频轨道电路与数字技术相融合，具有高可靠性、高安全性和抗干扰性等优点，广泛铺设于我国高速铁路区间。具体优点如下：

- (1) 能够实现主轨道电路和调谐区的全区段断轨检测。
- (2) 缩短了调谐区的分路死区，增强抗干扰能力。
- (3) 能够对调谐单元进行断线检测。



- (4) 提升了移频信号传输距离。
- (5) 增强机械绝缘节轨道电路信号传输距离与电气绝缘保持一致。
- (6) 发送器和接收器都具有完善的信息检测功能，发送器可“N+1”冗余，接收器可双机冗余，能够保证系统的安全高效运行。

(三) 按机车牵引电流的回归方式分类

轨道电路按机车牵引电流的回归方式可分为单轨条轨道电路和双轨条轨道电路，大部分轨道电路采用后者。

1. 单轨条轨道电路

单轨条轨道电路是以一根钢轨作为牵引电流回线，在绝缘处用抗流线引向相邻轨道电路钢轨上的一种轨道电路（见图 1.1.8），由于其牵引电流流过钢轨时在钢轨间产生较大的电位差，成为信号电路外界的主要干扰源，牵引电流越大，钢轨阻抗越大，对信号电路造成的干扰也越大，并且由于单轨条轨道电路轨抗较大，传输距离相对缩短。单轨条轨道的优点：电路构造简单、建设成本低、相对功耗小。

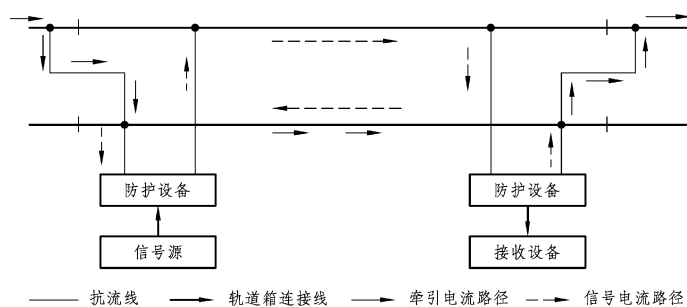


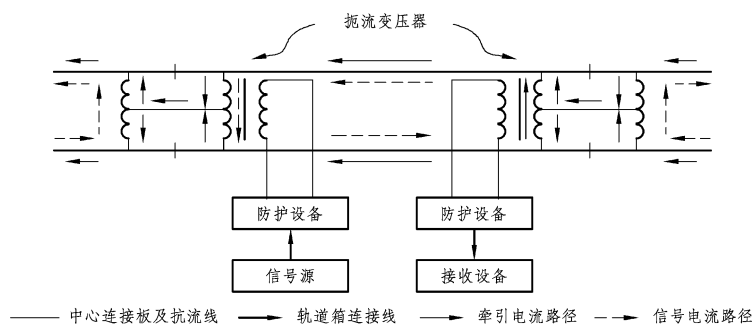
图 1.1.8 单轨条轨道电路

2. 双轨条轨道电路

双轨条轨道电路是针对单轨条轨道电路不利于信号设备稳定的缺点而设计的又一种轨道电路（见图 1.1.9）。双轨条轨道电路牵引电流是沿着两根钢轨流通的，在钢轨绝缘处为导通牵引电流而设置了扼流变压器，信号设备通过扼流变压器接向轨道。

双轨条轨道电路是由两根钢轨并联传递牵引电流的，两钢轨间产生的不平衡电流比单轨条要小得多，因此对于牵引电流的阻抗较低，利于信号的传输，设备运行也相对稳定。其缺点是造价较高，维修较复杂。





(四) 按供电方式分类

轨道电路按供电方式可分为连续式轨道电路和脉冲式轨道电路。

1. 连续式轨道电路

连续式轨道电路的电源供以连续的直流或交流电流，轨道继电器在轨道空闲、设备完整的情况下经常吸起，这时轨道继电器线圈中的电流必须在工作值以上或等于工作值。当轨道电路被车占用或断轨情况下，通过轨道继电器的电流必须降低到小于或等于可靠落下值。一般电磁继电器的落下值为工作值的 50%，而可靠落下值为落下值的 60%。因此，连续式轨道电路在被列车占用或断轨时，轨道继电器线圈中的电流必须减小到工作值的 30%，才能保证行车安全，这样，轨道电路的极限长度被限制在 1500 m 左右。

2. 脉冲式轨道电路

脉冲式轨道电路是间歇（断续）供电的，在轨道空闲时，其轨道继电器线圈中的电流也是断续的，所以它的衔铁是随着送电端的供电而脉动，为了在正常情况下轨道继电器能可靠地脉动，此时继电器线圈中通入的电流值应是工作值的 1.2 倍（称为可靠工作值）。由于轨道继电器的衔铁在脉冲间隔里自动落下，所以当轨道电路被车占用或断轨时，只要求轨道继电器不吸起就可以了，这时轨道继电器线圈中的电流应小于或等于继电器的可靠不吸起值。由此，脉冲式轨道电路的极限长度一般可达 2500 m 以上。

(五) 按轨道电路的分割方式分类

轨道电路按轨道电路的分割方式可分为有绝缘节轨道电路和无绝缘节轨道电路。

1. 有绝缘节轨道电路

当相邻轨道电路的钢轨连接时，既要有足够的强度以保证列车运行的安全，又



要保证有良好的电气绝缘性能,以实现电气分隔。目前,我国采用尼龙绝缘节作为分隔设备。但由于上述元件要承受车辆行走时的冲击力、剪切力,所以很容易破损,这样电气隔离性能就会消失。此外,绝缘节的安装,给长轨无缝线路的应用带来了麻烦。在轨道电路的分割处,为了安装绝缘节一定要把长轨锯断,这样就降低了轨道强度,使线路维护工作复杂化。另外,当绝缘节安装在电气化区段时,则沿钢轨构成的牵引电流回路的连续性被破坏,为此需增设扼流变压器等特殊器件,以便让牵引电流绕过绝缘节。综上所述,有绝缘节轨道电路对列车运行并不理想。

2. 无绝缘节轨道电路

无绝缘节轨道电路又分为自然衰耗式(无电气分割点)和电气隔离式(又称为谐振式,有电气分割点)。

当信号电流的频率增加时,钢轨线路阻抗的模值将增大,轨间的漏泄也会增加,因此信号电流的衰耗将增加。信号频率为 20 kHz 左右时,轨道上电流(电压)传输的衰耗是很大的,当向轨道馈送 2~3 V 的电压时,在距离馈电点百米左右的范围外,电压就会衰耗殆尽,这就是自然衰耗式无绝缘轨道电路的工作原理。通过选择适当的信号频率及发送设备的输出功率,经计算就会得到轨道电路的长度,或反之,已知轨道电路的长度,可以确定发送设备的输出功率。

电气隔离式无绝缘轨道电路的工作原理如图 1.1.10 所示。

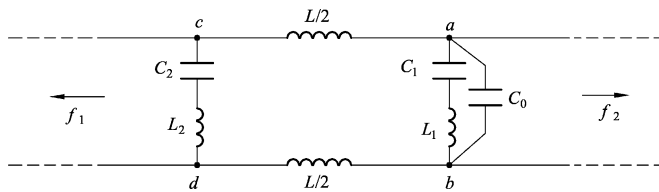


图 1.1.10 电气隔离式无绝缘轨道电路

图 1.1.10 中, $abcd$ 为电气绝缘区域,其中 L_2 、 C_2 是串联谐振槽路,它的谐振频率为 f_2 。对 f_2 而言, cd 槽路好似一根短路线,故 cd 是 f_2 的边界线,它可以阻止 f_2 频率信号向 f_1 区域传输。同样, ab 两点的 L_1 、 C_1 槽路也是串联谐振回路,它谐振于 f_1 频率,故 ab 两点对 f_1 频率而言相当于一根短路线,可以阻止 f_1 频率向 f_2 区域传输,故 ab 两点是 f_1 的边界线。因此, $abcd$ 区域既是电气绝缘接头,又是相邻信号频率的交叉区域。

在一般情况下,频率 f_1 、 f_2 、钢轨电感 L 是已知的。 cd 谐振槽路的 L_2 、 C_2 可按图 1.1.11 (a) 三元件二端网络求出。 ab 槽路的 C_1 、 L_1 、 C_0 可根据图 1.1.11 (b) 的四元件二端网络求出。



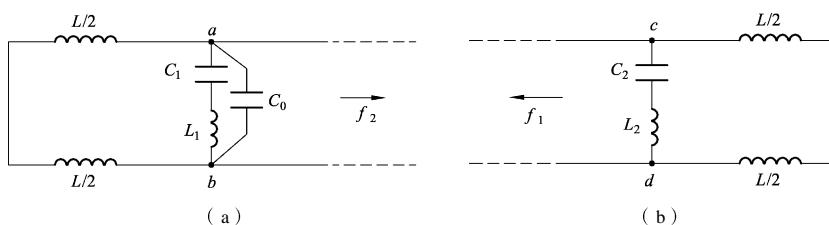


图 1.1.11 电气分隔点的等效电路

任务自检

1. 轨道电路由哪几部分组成？
2. 轨道电路有哪几种工作状态？
3. 轨道电路的工作原理是什么？

任务三 轨道电路的故障分析与处理

任务描述

- (1) 掌握轨道电路基本检测方法。
- (2) 明确轨道电路的故障原因，掌握故障分析流程。

知识储备

一、轨道电路的基本检测方法

轨道电路的一般检测是铁路信号工作中不可缺少的一项重要工作，本任务以 JZXC-480 型轨道电路为例介绍基本的检测方法。根据规定，信号工区应定期进行下列项目的检测。

(一) 电源变压器及变阻器的测试

1. 电源变压器电压

将交流电压表并接在变压器 II 次线圈的端子上，如图 1.1.12 所示，即可进行测



试。交流电压表的量程应为实际使用电压的 1.5~2 倍，内阻一般应大于 200 Ω 。

在进行测试工作时，无论在何种情况下，都不能将电压表串接在电路中。由于电压表本身内阻很高，若串接在电路中，将会影响轨道电路的正常工作。



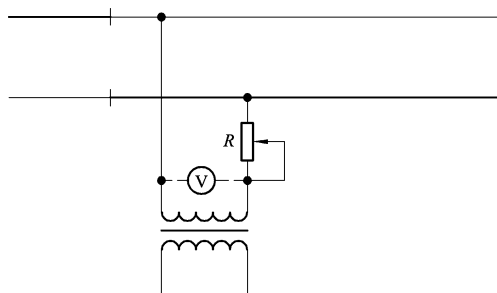


图 1.1.12 变压器电压测试

2. 变阻器电压降

用电压表（交流电可采用 0~2.5 V）并接在变阻器（ R ）的两端，如图 1.1.13 所示，即可进行测试。

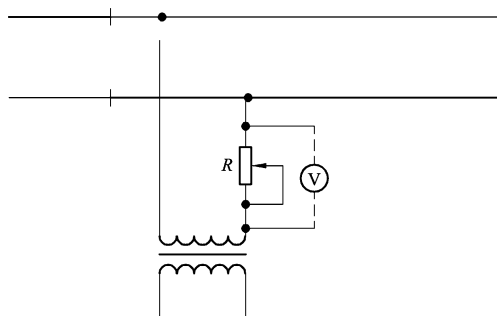


图 1.1.13 变阻器电压测试

（二）送电端轨面电压和电压测试

交流轨道电路可按图 1.1.14 中所示连接，即可测试。将交流电压表和交流电流表，分别连接在钢轨上和供电电路内，即可进行测试。仪表量程应根据轨道电路类型来定。

（三）受电端电压、电流（中继变压器一次、二次电压、电流和轨道电路电压）的测试

交流轨道电路可按图 1.1.15 中所示，将交流电压表和交流电流表分别接入电路进行测试即可。



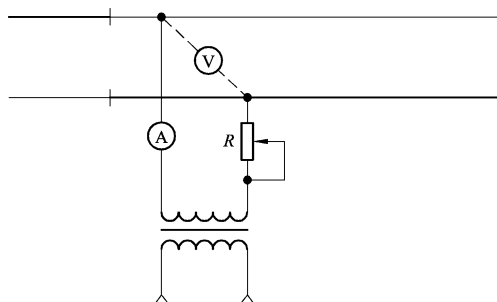


图 1.1.14 交流轨道电路轨面电压和电流的测试

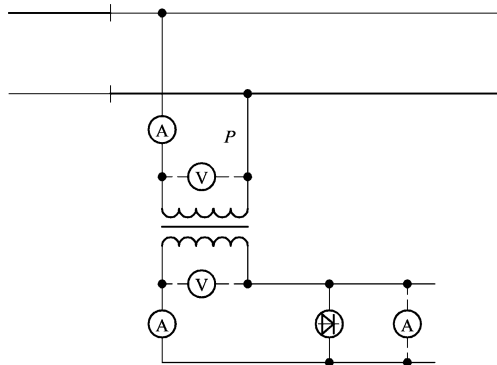


图 1.1.15 交流轨道电路受电端电压、电流测试

(四) 分路效应的检查

以标准的分路电阻短路两根钢轨时，观察轨道电路的动作情况，并测试轨道继电器端子上的残压，应小于等于所规定的标准。

对于非分支轨道电路区段（如站内轨道电路），可按图 1.1.16 所示，将标准分路灵敏度线在受电端轨面上进行分路即可。

对于分支轨道电路区段，可按图 1.1.17 所示，首先将标准分路灵敏度线在未设轨道电路继电器的一侧尽头处的轨面上进行分路，然后再在设有轨道继电器一侧处进行分路即可。

在进行测试前，需将轨面处理干净，然后用事先准备好的标准分路灵敏度线在轨面上进行分路。分路后，轨道继电器正常工作停止或轨道继电器衔铁落下，残压符合规定，表示该区段分路灵敏度符合要求。



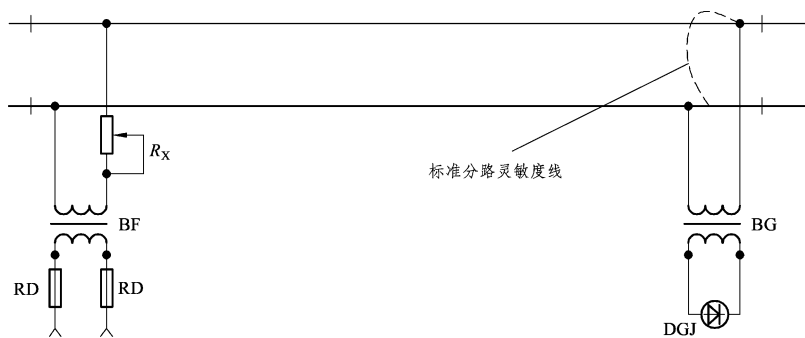


图 1.1.16 非分支轨道电路分路灵敏度测试

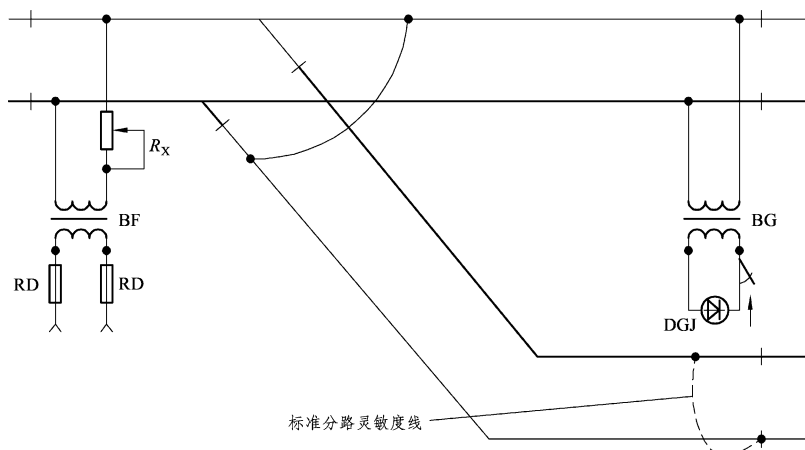


图 1.1.17 分支轨道电路分路灵敏度测试

(五) 轨道绝缘的测试

1. 仪表测试法

(1) 在送电端的两根钢轨之间并接一块电压表或串联一块电流表，其连接方式如图 1.1.18 所示。

接入仪表后，在电压表（或电流表）上可读取一个数值。然后利用短路线 a 连接在相邻轨道电路两根钢轨上（如图中虚线所示），此时，如果电压表（或电流表）读数没有变化，则说明其绝缘良好；如果电压表（或电流表）读数有变化，则说明有不良现象存在。



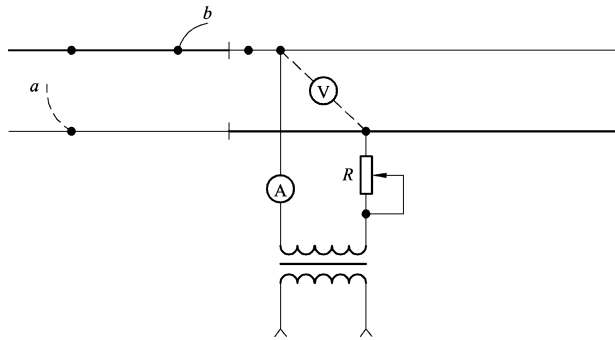


图 1.1.18 轨道电路绝缘仪表测试 (1)

当短路线 a 连接在两根钢轨上时, 由于轨道电路绝缘不好, 电路中绝缘电阻值减少, 直接影响电压表 (或电流表) 上的读数。但此时尚不能确定故障位置。为此, 在保留短路线 a 的基础上, 再利用短路线 b 跨接在其中一组绝缘上, 将其短路, 若电压表 (或电流表) 读数有较大变化, 则说明相对应的一组绝缘不良; 若电压表 (或电流表) 读数不变, 则可将此短路线 b 跨接在另一组绝缘上, 如上所述判断相对应的一组绝缘性能情况。

(2) 如图 1.1.19 所示, 首先将电压表跨接在受电端钢轨上, 此时电压表上可读得一个数值, 然后利用短路线 a 跨接在其中一组绝缘节 A 两端的钢轨上。此时, 如果轨道继电器衔铁落下或电压表数值减小, 甚至指针反方向动作, 则说明相对应的那组绝缘 B 有破损现象。因此时邻接轨道电源通过绝缘 B 直接串在电路中, 构成环状电路所致。再按此法, 将短路线 a 跨接在另一组绝缘 B 上, 同样即可测得相对绝缘 A 的性能情况。

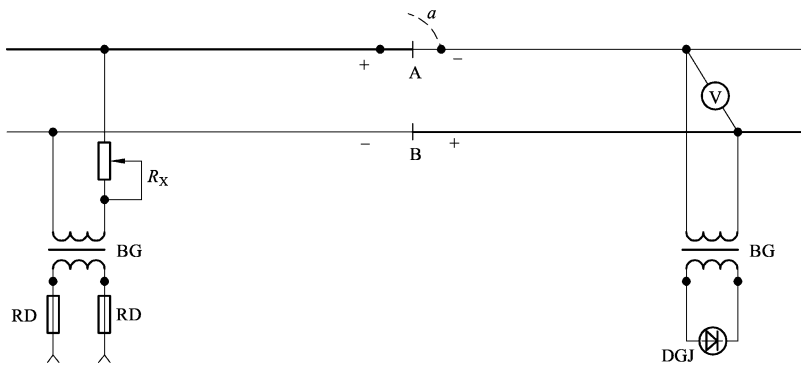


图 1.1.19 轨道电路绝缘仪表测试 (2)



(3) 如图 1.1.20 所示, 首先将电压跨接在 2GJ 受电端的钢轨面上, 此时, 在电压表上可读得一个数值, 然后利用短路线 *a* 跨接在相邻轨道电路异侧钢轨上(见图 1.1.20 中虚线)。

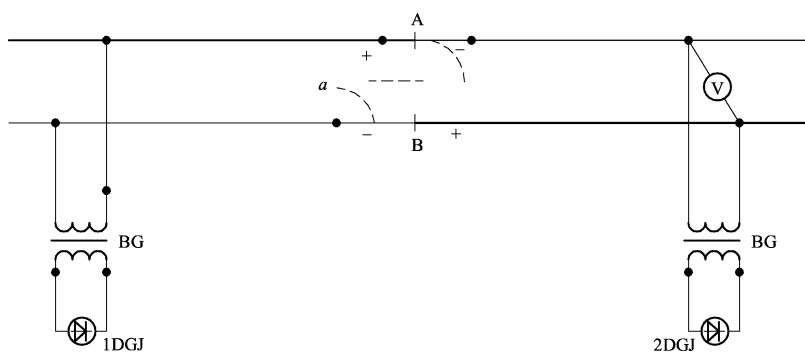


图 1.1.20 轨道电路绝缘仪表测试(3)

此时, 可能发生以下三种情况:

- ① 若轨道继电器 1GJ 失磁落下, 则说明绝缘 A 已破损。
- ② 若轨道继电器 2GJ 失磁落下或电压表读数减小, 则说明绝缘 B 有破损现象。
- ③ 若轨道继电器 1GJ 和 2GJ 全部失磁落下或电压表读数减小, 甚至为零或反向动作时, 则说明绝缘 A 和 B 都有破损现象存在。

2. 感应测试法

这种测试法是利用电磁感应的原理来进行的, 如图 1.1.21 所示, 由于交变磁场对线圈的影响, 在线圈内产生一个感应电势, 该电势通过电表或蜂鸣器反映出轨道绝缘是否良好。因此, 它只适用于交流或脉冲(电码)式轨道电路区段, 其他类型轨道电路不宜使用。

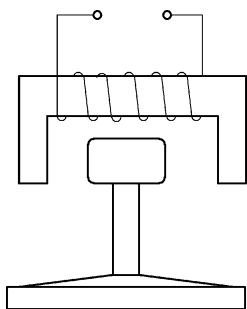


图 1.1.21 感应线圈测试



准备耳机（高阻型）和带铁心的感应线圈各一个，感应线圈沿带有交流电的钢轨移动时，耳机内即可听到嗡嗡声；而感应线圈在不通交流电的钢轨上移动时，耳机内无声响。因此，将该线圈在绝缘上移动时，如果耳机内有“卜卜”声则说明该处绝缘有破损现象；反之若耳机内无声音，则说明绝缘性能良好。

（六）极性交叉检查

为了保证轨道电路不受邻近轨道电路电流的影响而使轨道继电器衔铁错误动作，两个邻接的轨道电路电源极性必须进行交叉安排。检查轨道电路是否符合这种安排，其测试方法如下：

（1）在交流轨道电路区段两个受电端邻接时，可利用两根短路线，如图 1.1.22 所示进行检查。

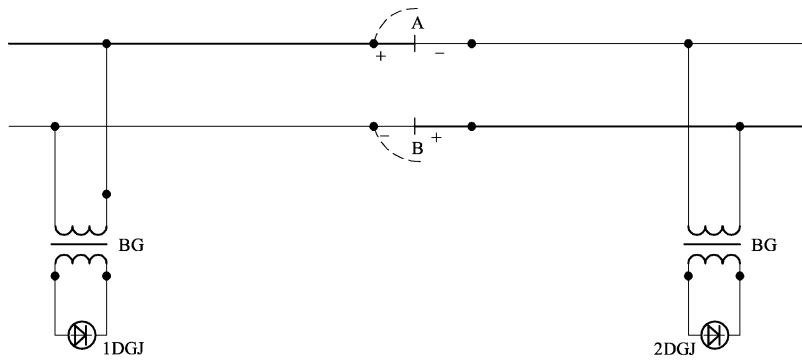


图 1.1.22 轨道电路极性交叉测试（1）

将两根短路线跨接在两组绝缘上，此时，轨道继电器衔铁落下，则说明极性是正确的，电源正负极互相短路。反之，则极性没有做到交叉（两轨面电压差值不能太大）。

（2）在交流轨道电路中，当送电端和受电端邻接时，可利用短路线和交流电压表按图 1.1.23 所示进行检查。

首先将电压表接在受电端钢轨面上，在电压表上读得电压 V_1 值，然后将电压表跨接在一组钢轨绝缘上，再将短路线跨接在另一组钢轨绝缘上，这样从电压表又可读得电压 V_2 值，如果电压值 V_1 小于 V_2 ，则说明该处极性是交叉的；反之，则极性没有交叉（此时同样应注意两轨面电压的差值，差值大亦有可能误判）。

当两个送电端邻接时亦可利用此法进行。

以上是 JZXC-480 型轨道电路的基本测试方法，它也完全适用于 25 Hz 轨道电路的检测，不同的是 25 Hz 轨道电路的所谓“极性”是由相位来区分的，在测试时还应注意相位的问题，要配合相位的检查来测试。



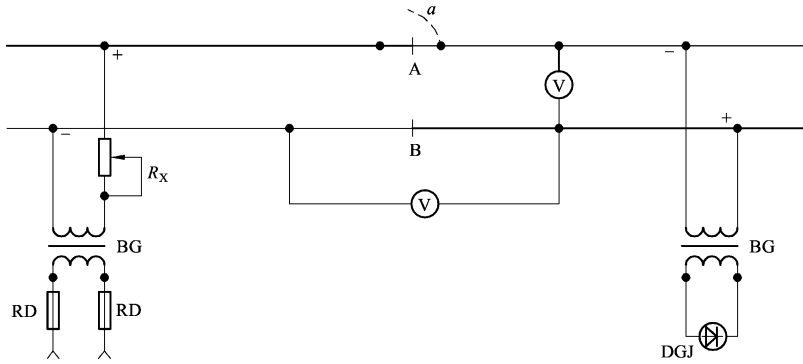


图 1.1.23 轨道电路极性交叉测试 (2)

二、JZXC-480 型轨道电路的故障分析

(一) 故障原因分析

轨道电路发生故障时显现两种现象：有车占用无红光带和无车占用有红光带。

1. 有车占用无红光带

发生这一类型的故障相当危险，很容易引发大事故，故障发生后应先停用设备后处理。其原因一般有以下 8 个方面：

(1) “死区段” (见图 1.1.24) 过长，属设计原因，一般不会出现。

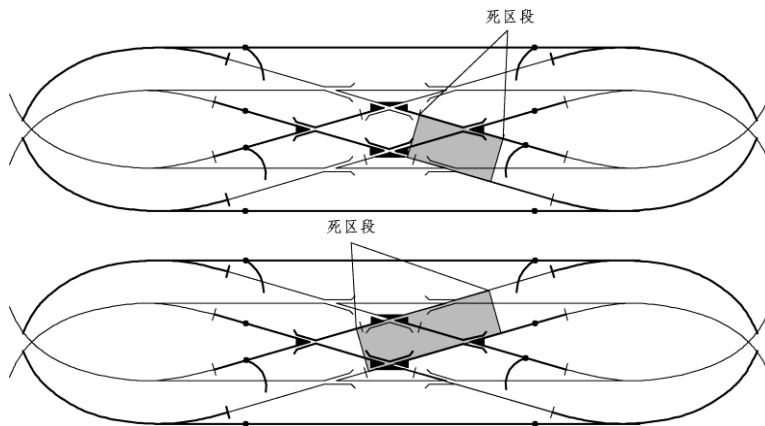


图 1.1.24 死区段示意图

(2) 设有轨端绝缘但没有设受电端的渡线或侧线，因轨端接续线或岔后跳线断、



脱，而造成“死区段”。

(3) 轨面电压调整过高或送电端变阻器调整的阻值过小，造成车辆“压不死”。

(4) “一送多受”的轨道区段因各受电端相距较远，轨面电压调整不平衡，有个别受电端轨面电压过高，造成车辆“压不死”。

(5) 车辆轮对分路不良。由于轨面生锈，车辆自重过轻以及轮对电阻过大等所致。

(6) 控制台光带表示灯故障。

(7) 轨道继电器有剩磁或接点卡阻、粘连等。

(8) 其他电源混入，如移频电压干扰等。

当轨道电路出现红光带时，可以在分线盘测试。若在线轨道电路受电处测得的电压较平时偏高，则为室内断路故障。若电压低，则应在分线盘上甩开一个端子，若电压仍然较低，则为室外断路或短路故障；若电压升高，则应该重点检查室内是否短路。尤其应注意的是，“一送二受”或“一送三受”的轨道区段，若 DGJ 不吸起，则应先查看 DGJ1 和 DGJ2 是否正常；若 DGJ1 和 DGJ2 正常，再查看 DGJ 电压。

2. 无车占用有红光带

此为现场常见故障，也是多发故障，在下面将进行详细地讲解。

(二) 断路故障分析

1. 送电端断路故障分析

(1) 在 XB1 型轨道变压器箱 1、3 端子（以单送为例）上测量：

- ① 若有交流 220 V 电压，说明室内已将 GJZ、GJF 送至本区段。
- ② 若无交流 220 V 电压，说明室内未将电源送至本区段。

(2) 在 XB1 型轨道变压器箱 2、4 端子上测量：

- ① 若有交流 220 V 电压，说明熔断器正常。
- ② 若无交流 220 V 电压，至少有一个熔断器熔断，分别判断。

(3) 在 BG1-50 型变压器 I 次侧测量：

- ① 若有交流 220 V 电压，说明端子 2、4 至 I_1 、 I_4 之间配线良好。
- ② 若无交流 220 V 电压，说明端子 2、4 至 I_1 、 I_4 之间配线断线，分别判断即可。

(4) 在 BG1-50 型变压器 II 次侧测量：

- ① 若有电压，说明变压器正常。
- ② 若无电压，II 次侧两组线圈均使用，首先测量封线是否正常：
 - a. 封线两端有电压，说明封线断线。
 - b. 封线两端无电压，说明封线良好（仅限于同一区段，仅存在一处断路；若同一轨道区段同时存在两处断路，即使封线断，在封线的两端也测不到电压）。若封线正常，说明变压器故障。



(5) 变压器故障的判断:

设 BG1-50 型变压器 II 次侧封连 II₃、II₄, 使用 II₂、II₅; 封连 I 次侧 I₂ 与 I₃, 使用 I₁ 与 I₄。

① I 次侧的判断:

- a. 若 I₁-I₂-I₃-I₄ 之间均为 110 V 电压, 则 I 次侧正常。
- b. 若 I₁-I₂ 之间有 220 V 电压, 说明 I₁-I₃ 断线。
- c. 若 I₃-I₄ 之间有 220 V 电压, 说明 I₄-I₂ 断线。
- d. 若 I₁-I₂-I₃-I₄ 均无电压, 说明封线断。

② II 次侧的判断:

若 II 次侧各端子之间均无电压输出, 则可以判明是 I 次侧的故障。否则, 是 II 次侧故障, 判断方法如下:

a. 先是甩开 II 次侧的封线 (因为 II₂II₅ 通过轨道与受电端构成了回路, 易形成串电现象, 若不用开封线, 即使端子的引出线断开, 也能测到电压)。

b. 分线圈测量, 即可以判断出是哪个线圈或引出线断线。

注意:

a. 从变压器 I 次到变压器 II 次进行测量时, 应注意更换万用表挡, 防止烧坏万用表。

b. 判断变压器 II 次故障, 最好甩掉封线, 防止因记错电压数值而发生误判。

(6) 在送电端轨面及限流电阻上测量:

① 若限流电阻电压为 0 V, 轨面电压为 0 V, 则说明从轨面到变压器 II 次侧发生了断线故障。

注意: 限流电阻电压与轨面电压之和为 II 次侧电压。

② 若限流电阻电压为 0 V (或接近 0 V), 轨面电压接近 II 次电压, 则说明从送电端到受电端 (共用部分) 发生了断路故障。

注意: 限流电阻上的电压是区分轨道电路故障性质的重要数据, 所以测试时, 应与平时的数据进行认真比较。

2. 线路部分断路故障分析

(1) 若在送电端, 电压已经送上轨面, 但在受电端测不到电压, 说明线路部分发生了断路, 则应用万用表在线路上进行查找, 电压从有到无的线路为故障点。

注意: 在线路上测量, 应特别注意岔后跳线是否正常, 同时, 应该防止轨面生锈而造成表笔接触不良测不到电压, 从而造成误判。

(2) 若相邻两轨道区段同时出现红光带, 则应注意检查极性交叉。检查方法如下:

方法 1: 检查确认轨道绝缘良好后, 用万用表交流 2.5 V 挡先测轨面电压 U_{AD} , 再用一根导线封连绝缘, 与此同时测试另一轨端绝缘电压 U_{DC} 。若 $U_{DC} > U_{AD}$, 说明没有极性交叉。



方法 2: 先连接要点, 同时封连两组端绝缘, 若两个轨道区段同时亮红光带, 说明极性交叉正常。

批注 [a1]: ??

方法 3: 在轨端绝缘处交叉测量 U_{AC} 和 U_{DB} , 若 U_{AC} 和 U_{DB} 低于轨面电压, 说明极性交叉正常。

3. 受电端断线故障分析

(1) DGJ (直股部分) 侧发生断线, DGJ1 (弯股部分) 侧正常。

现象: 送电端限流电阻电压略有降低, 而轨面电压略有升高。

分析: 若 DGJ↓, DGJ1 正常, 则轨道电路仍有一个负载。

(2) DGJ1 (弯股部分) 侧发生断线, DGJ (直股部分) 侧正常。

现象: 送电端限流电阻电压有降低, 而轨面电压有较大升高。

分析: 若 DGJ1↓, 则 DGJ1↓→DGJ↓, 从而将轨道电路的两个负载均断开, 从而减小了限流电阻上的压降。

注意:

(1) 测量受电端 BZ4 型变压器 I 次与 II 次电压时, 应注意变换万用表挡位。

(2) BZ4 型变压器 II 次侧电阻为 20 Ω 左右。

(3) 切割弯 (直) 股时, 当弯 (直) 股无电压时, 应注意检查后续路线是否良好。

批注 [a2]: ??

(4) 开路故障应注意查“三线”, 即轨端接续线、道岔路线和变压器箱连接线。若从送电端至受电端顺序查找, 则电压突然下降之处为故障点; 若从受电端至送电端顺序查找, 则电压突然升高之处为故障点。

(三) 短路故障分析

1. 造成短路故障的主要原因

(1) 道岔岔后极性绝缘破损。

(2) 道岔安装装置角钢绝缘双破损。

(3) 轨距保持杆绝缘和道岔第二、第三连接杆绝缘破损。

(4) 轨端绝缘双破损 (有些相邻区段轨端绝缘双破损只有一个区段亮红光带)。

(5) 变压器箱连接线轨端绝缘双破损。

(6) 变压器箱连接线接触轨底或混连。

(7) 岔后路线接触轨底。

(8) 交分道岔垫板杆件擦角钢。

(9) 异物短路, 如铁丝、车辆上的部件等。

(10) 其他钢管、钢丝过道接触轨底。

轨道电路的短路故障在现场较为多见。但自从有了钳流表之后, 使得轨道电路短路故障的处理变得简单了。



2. 故障举例

限流电阻电压接近Ⅱ次输出电压，轨面电压接近0V。

分析：

(1) 送电端变压器箱至钢轨的引接线上：

① 有较大电流，说明短路点在轨道部分或受电端。

② 有较小电流（较正常值减小），说明短路点在轨道箱内或箱壁上。

(2) 轨道部分容易造成短路的点较多，应注意检查道岔安装装置、尖端杆、第一连接杆、轨距保持杆、岔后绝缘等处，正常时均不应有电流；若有电流，则说明发生了短路故障。

注意：平时应注意多观察、分析轨道部分电流正常时的分布情况。

(3) 两个受电端，若任一侧的电流明显增加，而另一侧明显减小时，则电流增加的一侧存在短路现象。

注意：用钳流表查短路故障时，若在同一线路上，电流从某一点突然变小时，则此点为短路点的其中之一，再从另一线路上查找另一点即可。

(四) 常见故障分析

(1) 几个区段同时出现红光带，应重点检查电源熔断器和电缆。

(2) 两个区段同时出现红光带，一般是相邻处的轨端绝缘破损。

(3) 只有一个区段出现红光带，先在分线盘区分故障的范围。确定为室外故障后，再去室外处理。

① 若靠近送电端，先测轨面电压，若电压较高，一般为开路故障，可直接向受电端查找。

② 若靠近受电端，先测受端轨面电压。当轨面电压高于0.6V时，若是“一送一受”的轨道区段，故障肯定在受电端至室内方面。“一送多受”区段，应开箱检查，分别进行区分。当轨面电压低于0.6V时，有4种情况：

a. 测BZ4型变压器Ⅰ、Ⅱ次侧电压是否成比例或测Ⅰ、Ⅱ次侧电阻值，判断是否BZ4型变压器短路。

b. 用钳流表测量，判断是否轨道电路短路或半短路。

c. 重点查找“三线”，即轨端接续线、道岔路线和箱盒连接线，判断是否轨道电路开路或半开路。

④ 用钳流表测量BZ4型变压器二次侧有电流，说明受电端电缆混线。

总之，当室外设备发生故障时，除对故障多发部位进行重点检查外，在测量时，还应将所测数据与平时的记录作比较，防止发生误判。

任务自检

1. 简述轨道电路的基本检测方法。



2. 分析轨道电路常见故障。



