

工人岗位培训教材

接触网工

（第三版）

中国铁道出版社

U225

002

工人岗位培训教材

接 触 网 工

中国铁路工程总公司组织编写

中 国 铁 道 出 版 社

1 9 9 5 年 · 北 京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书是以铁路基本建设部门《工人技术等级标准》为依据,结合生产实际编写的,旨在适应铁路基建系统开展工人岗位培训的需要,提高职工的技术业务水平。全书共分十三章。以接触网的施工安装基本知识为重点,兼顾施工组织设计、竣工验收、运行维修以及施工常用仪器仪表等有关知识。

本书除作为接触网工人的培训教材外,也可供有关人员学习参考。

工人岗位增训教材
接 触 网 工
中国铁路工程总公司组织编写

*

中国铁道出版社出版发行
(北京市东单三条14号)
责任编辑 孙燕澄 封面设计 薛小卉
各地新华书店经售
北京昌平长城印刷厂

开本:787×1092毫米 1/16 印张:15.5 字数:368千
1995年11月 第1版 第1次印刷
印数:1—6000册

ISBN7-113-02098-4/U·606 定价:17.00元

组 编 说 明

原铁道部基建总局(现为中国铁路工程总公司)商同工程指挥部(现为中国铁道建筑总公司)和中国铁路通信信号总公司组编的线路工、混凝土工、钢筋工、石工、瓦工、木工、桥梁装吊工、变电工、接触网工、隧道(开山)工、通信工、信号工、电力工、测量工、焊接工、铆工、机床工、机械钳工、内燃机钳工、汽车司机、推土机司机和各工种通用的政治与职业道德教育读本等一套《工人岗位培训教材》丛书,1989年开始已由中国铁道出版社陆续出版十二种,其中《推土机司机》为兼顾其他土方机械操作人员的学习和培训,扩充了内容,出版时用了《土方机械司机》的书名。

当这套丛书继续编印时,1990年底铁道部颁发了新的《铁路工人技术标准》,对各工种的应知应会要求有了修改,同时工种名称的设置也有调整更改。为使在编印的这套工人岗培教材能符合新技标要求,适应岗培和考工的需要,三总公司商出版社组织了包括原编者在内的有关人员,对已编印教材进行“对标”,在内容覆盖面、深广度、实用性等方面逐一审查,对未成稿的按新技标要求改编或新编。

“对标”后,确定已出版的《土方机械司机》因工种设置划分的变化按《推土机司机》、《挖掘机司机》两工种重编外,其他工种已出教材继续使用,个别不足之处待再版时修订。未出版的原称《隧道(开山)工》,现改为《隧道工》分四册出版。共性的统一成册,个性的另立为册。另外,因新技标工种设置变化后的《工人岗位职务规范》尚未拟定,故新出各工种岗培教材中不再附印。

作此说明,一是敬告组编工作中的变化,二是为这套丛书因上述变化拖延了出版时间向读者致歉。书中不妥之处,敬希指正。

中国铁路工程总公司

前 言

为了适应铁路基建系统技术工人岗位职务培训的需要,在中国铁路工程总公司的统一组织下,我们编写了这本《接触网工》培训教材。

本教材是参照铁路工人技术等级标准和铁路基建部门工人岗位职务规范接触网工岗位技术业务培训计划的要求编写的。全书共十三章。本书以接触网的施工安装基本知识为重点,兼顾施工组织设计、竣工验收、运行维修以及施工常用仪器仪表等有关知识。能满足初、中、高三级培训要求,可以作为铁路基建部门接触网工技术培训的教材,在培训教学中可以根据培训的具体级别进行适当选择。

本教材由铁道部电气化工程局教育处负责组织编写,参加编写的有苏志钧、吴晓义、李同仓、宋建林、陈国俊、侯俊文、韩兰贵、金柏泉、刘永奇、王宏杰等同志,全书由苏志钧同志校阅。在编写过程中,得到了电气化工程局施工处及第一工程处的大力支持,在此一并致以衷心的感谢。

由于我们水平有限,本书的缺点和不足之处敬请读者批评指正。

铁道部电气化工程局

目 录

第一章 电气化铁道	1
第一节 概 述.....	1
第二节 组 成.....	3
第三节 牵引网供电方式.....	8
第二章 接触网的组成	10
第一节 支柱与基础	10
第二节 支持装置	32
第三节 接触悬挂	32
第三章 接触网结构与设备	39
第一节 支撑结构	39
第二节 线 索	42
第三节 绝 缘 子	46
第四节 定位装置	51
第五节 锚段与锚段关节	57
第六节 中心锚结	63
第七节 吊 弦	65
第八节 补偿装置	69
第九节 分段绝缘器和分相绝缘器	76
第十节 隔离开关与电连接	79
第十一节 保安装置	83
第十二节 吸流变压器与吸上线	86
第十三节 限 界 门	88
第四章 施工准备与施工组织设计	90
第一节 施工准备	90
第二节 施工组织设计	94
第五章 接触网下部工程施工	97
第一节 土壤基本知识	97
第二节 线路基本知识	98

第三节	施工测量	99
第四节	基坑开挖与防护	103
第五节	基础浇筑	109
第六节	隧道测量与打孔	119
第七节	桥梁测量与打孔	122
第八节	支柱安装与整正	125
第九节	拉 线	128
第六章	接触网上部工程施工	131
第一节	腕臂柱装配	131
第二节	软横跨安装	136
第三节	双线腕臂装配	143
第四节	隧道悬挂装配	144
第七章	架线调整	152
第一节	架线前的准备	152
第二节	架 线	156
第三节	中心锚结安装	163
第四节	吊弦安装	167
第五节	拉出值调整	174
第六节	导线高度的调整	177
第七节	锚段关节调整	180
第八节	线岔的安装与调整	183
第九节	补偿装置调整	185
第十节	地线的安装	187
第八章	附加悬挂的安装与调整	190
第一节	概 述	190
第二节	肩架安装	193
第三节	导线架设	197
第四节	导线调整	199
第九章	接触网涂油和标志牌安装	205
第一节	接触网涂油	205
第二节	标志牌安装	205
第十章	冷滑与送电开通	208
第一节	冷 滑	208
第二节	送电开通	210

第十一章 竣工验收与文件交接	213
第一节 概 述.....	213
第二节 竣工验收的依据.....	213
第三节 竣工验收交接程序.....	214
第四节 竣工文件.....	215
第五节 有关说明.....	216
第十二章 施工工具、机具及仪器、仪表	217
第一节 常用施工工具.....	217
第二节 常用机具与安装列车.....	224
第三节 常用仪表.....	227
第十三章 运营与维修	230
第一节 运营管理.....	230
第二节 检 修.....	231
第三节 停电作业.....	233
第四节 带电作业.....	234
第五节 接触网的抢修.....	236

第一章 电气化铁道

第一节 概 述

我国铁路运输的牵引动力,目前主要有蒸汽牵引、内燃牵引和电力牵引三种形式,以电力牵引作为主要牵引方式的干线铁路称为电气化铁道。

电力牵引的特点是牵引列车的电力机车和电动车组本身并不带有动力能源,而是依靠外部供电系统供给电能。电气化铁道的供电系统如图 1-1 所示。

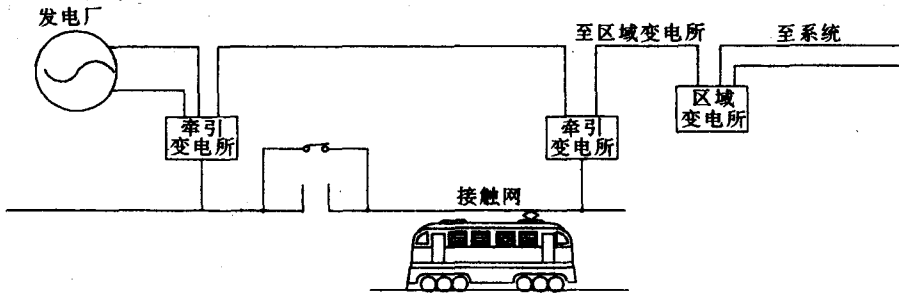


图 1-1 电气化铁道供电系统

电力牵引出现于 19 世纪,迄今已有一百多年的历史。从电流的制式上看,电力牵引有直流、交流两类,电压制从低压到高压等级很多,其中,电压为 25kV 的工频单相交流制,具有牵引变电所间距离合理,接触导线截面小、电力机车运行性能好,节省投资等优点,因而得到了广泛的发展和应。现在世界上有 53 个国家和地区拥有电气化铁道,总长度达 191,350 公里,约占铁路运营里程的 15.5%,承担总运量的 35%。

宝成铁路的宝(鸡)凤(州)段是我国第一段电气化铁道,始建于 1958 年,1961 年 8 月 15 日通车。它虽然只有短短的 91 公里,却是我国电气化铁道发展的起点。特别值得提出的是,宝凤段采用了当时国外刚刚投入使用的单相工频交流供电方式,这个远见卓识之举,对于我国电气化铁道的发展具有深远的意义。

在宝凤段之后,先后又有宝成全线,阳安线、石太线、襄渝线、宝兰线、京包线(北京至大同段)、成渝线、京秦线、太焦线(长治至月山段)、贵昆线(贵阳至凤凰山段)、西陇海线、北同蒲线、湘黔线(贵阳至玉屏段)、鹰厦线(来州至漳平段)、大秦线(韩家岭至段家岭段)、京广线(郴州至韶关段)实现了电力牵引。到 1988 年底,我国电气化铁道达到了 6140 多公里,约占我国运营铁路总里程的 11.66%。

电气化铁道所以能够在不长的时间里为人们认识并且得到迅速发展,是因为电力牵引具有其它牵引方式无法比拟的优越性,主要表现在以下几方面:

1. 牵引性能好。与其它牵引方式的性能比较见表 1-1。

各种牵引方式、牵引性能比较

表 1-1

牵引类型	重量 (t)	粘着重量 (t)	功率 (kW)	加速度 (m/s ²)	最低计算速度 (km/h)	最大计算牵引力 (kN)	单位功率重量 (kg/kW)	备注
电 力	架线式	138	3780	0.18~0.35	41.2	363	36.5	韶山 ₁ 型
	ND型①	138	2498.2	0.18~0.35	20	302	55.6	东风 ₄ 型
蒸 汽	200	100.5		0.05~0.15	20	238		前进型

①ND为内燃机车电传动形式的机车代号。

我国第一条电气化铁道宝成铁路穿越高山峻岭,全线有隧道 304 座,总长达 84 公里,30%的大坡道长达 20 公里,电化以前,经常出现车站满线、列车堵塞的情况。实现电力牵引以后,情况发生了根本变化,牵引定数增加,列车途停、运缓的事故大大减少,机车的技术速度翻了一番,由 25 公里每小时增加到 50 公里每小时。

2. 运输能力大,节约燃料,经济效果好。各种牵引方式的运输经济性比较见表 1-2。

运输经济性比较

表 1-2

牵引类型	燃料种类	能 耗 (10kt·km)	热效率 (%)	机务燃料 成 本 (元/(10kt·km))	货物周转量 (10kt·km/年)	备注
电 力	架线式	煤、油、水 力、核电等	122.1 (kW·h)	28~58	16.49	5601112
	ND型	柴 油	33.9 (kg)	27~30	36.41	3702000
蒸 汽	优 质 煤	104.7 (kg)	8	23.51	1771035	

3. 机车整备设备简单,占用时间少、运用效率高,司机劳动条件好。采用电力牵引便于推广长交路、轮乘制,开展集中检修。

4. 电力机车没有煤烟,不产生有害气体,不污染环境,特别在隧道密集或有长大隧道的山区铁路,电力牵引是可供选择的唯一方案。但是,单相交流电气化铁道对沿线通信线路有电磁干扰,直流电气化铁道对沿线地下建筑物有电蚀作用,需采取措施减小。

电力牵引在我国 20 多年的运营实践中,充分显示了输送能力大、能源消耗低、经济效益好、无环境污染等优点,证明它是我国铁路综合解决技术改造,扩大运输能力的有效途径。因此,坚持“积极进行牵引动力的改革,用牵引性能更好、热效率更高的电力、内燃机车逐步取代蒸汽机车。从发展看,铁路牵引动力应以电力牵引为主,电力机车担负运量的比重要逐步增加”的铁路牵引动力改革总方针,对加速实现铁路运输的现代化,具有十分重要的意义。

第二节 组 成

一、电力机车

电力机车是靠电能驱动的机车车辆,包括干线电气化铁道机车、工矿用小型电力机车、地铁电动车组及无轨电车等。图 1-2 是干线整流式电力机车的工作原理图。

我国于 1958 年研制成第一台 6Y₁ 引燃管式电力机车,1968 年又研制成韶山₁(SS₁)型硅整流器式电力机车,1985 年研制成韶山₄型(SS₄)大功率干线电力机车。目前,我国电气化铁道上运行的电力机车大部分为国产电力机车。图 1-3 为韶山₁型电力机车。

电力机车一般由机械、电气和空气管路系统三大部分组成。

1. 机械部分:包括转向架和车体。
2. 电气部分:包括牵引电动机、辅助结线及电气线路。
3. 空气管路系统:包括空气制动,控制及辅助气路系统。

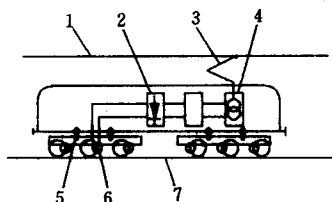


图 1-2 整流式电力机车工作原理示意图

1—接触网;2—硅半导体整流器组;3—受电弓;4—变压器;5—转向架;6—牵引电动机;7—钢轨。

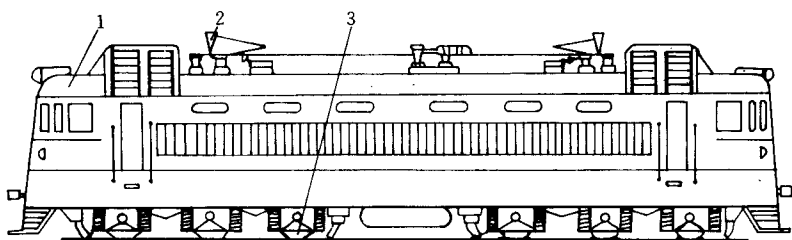


图 1-3 韶山₁型电力机车

1—车体;2—单臂受电弓;3—转向架。

电力机车通过受电器从接触网上取得电流,受电器的型式根据牵引性能决定,如干线电力牵引一般采用单臂受电弓和双臂受电弓,无轨电车一般采用杆型弓,地下铁道车辆一般采用受电靴。

干线用电力机车的受电弓由司机控制升降。在升弓过程中,要求受电弓应能迅速离开底架,在接近接触线时则应放慢速度,以防引起弹跳;降下受电弓时,要求受电弓迅速脱离导线,以避免拉弧。相比之下,单臂受电弓比双臂受电弓简单,应用更为普遍,国产干线电力机车 SS₁, SS₄ 都采用单臂受电弓。

干线电力机车的受电弓滑板是机车与接触线直接接触的受流部分,滑板固定在滑板托架上成为弓头(见图 1-4)。弓头可在一定的角度内转动,以适应接触线的坡度变化,弓头对接触

线的静压力为 $68.6 \pm 9.8\text{N}$ 。

滑板通过摩擦取流,既要保证受流质量,又尽量不要损伤导线。因此对其材料的机械和电气特性都有较高要求。目前,我国应用的滑板材料主要有碳、粉末冶金(铜基或铁基)及金属(铜和钢)三种,根据导线材质来选择滑板材料。

二、牵引变电所

牵引变电所的任务是把电力系统的三相高压电(110kV 或 220kV)变成牵引网所需要的电压、频率和相数。从电流制上看有直流、交流两类。下面仅对电气化铁道普遍采用的单相工频交流牵引变电所进行简单介绍。

(一) 结线

单相牵引变电所的主结线基本上由高压侧结线、主变压器结线和低压侧结线三部分组成。

1. 高压侧结线

主要由电力系统的供电方式确定。最常用的是分支结线(也称“双T”结线),其次是桥型结线(内桥或外桥),个别的采用单母线分段结线,见表 1-3。

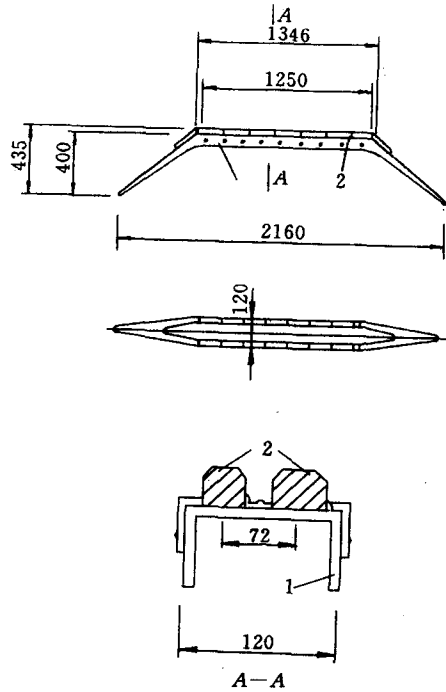
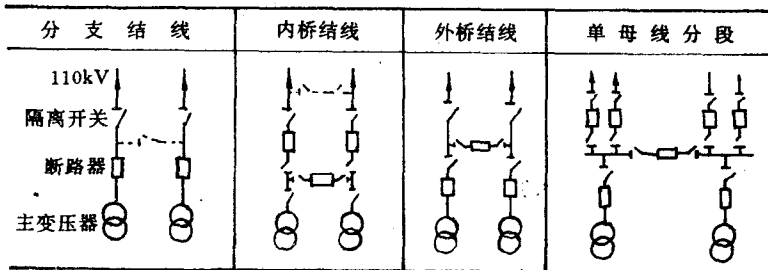


图 1-4 受电弓弓头简图
1—滑板托架;2—滑板。

高压侧结线方式

表 1-3



2. 主变压器结线

常用方式有三相 Y/△ 结线、单相 Y/△ 结线、斯科特结线、伍德布里奇结线及三相 Y/△ 组成 X 结线,见表 1-4。

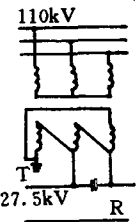
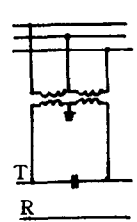
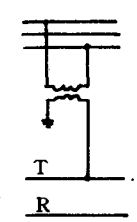
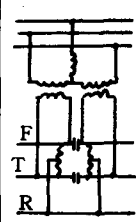
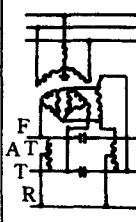
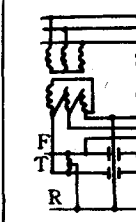
3. 低压侧结线

接触网的故障比较频繁,而且没有备用,为尽量减少故障对运输的影响,提高供电的可靠

性,对馈电线断路器的性能和备用方式要求较高。表 1-5 为低压侧结线方式。

主变压器结线方式

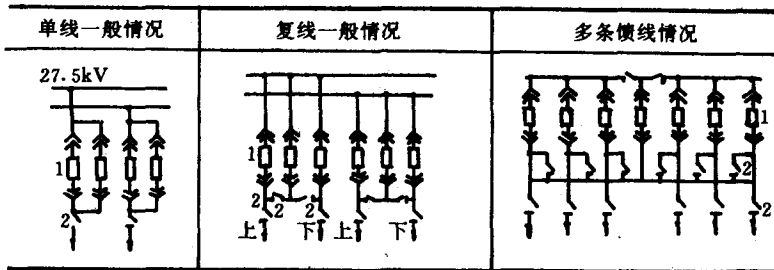
表 1-4

线结方式	三相Y/△结线	单相入/▽结线	单相结线	斯科特结线	伍德布里奇结线	三相Y/△组成X结线
结线示意图						
最大负荷利用率	79%	100%	100%	100%	100%	79%
直供三相负荷	能	能	不能	不能	不能	能
两供电臂负荷相等时,负序电流不对称系数	0.5	0.5	1	0	0	0.5

注:F—正馈线;T—接触网;R—钢轨;AT—自耦变压器

低压侧结线方式

表 1-5



注:1—27.5kV 断路器;2—隔离开关。

(二)主要设备

1. 主变压器(牵引变压器)

牵引变电所的主变压器,不管是三相变压器、单相变压器还是其它变形结线的变压器,高压侧的电压为 110kV(或 220kV),低压侧的额定电压为 27.5kV。变压器主要由以下几部分组成:

(1)铁心 变压器的铁心是由几种不同尺寸的硅钢片按一定规则迭装组成的,它构成了变压器的磁路。单相变压器有两个铁心柱,三相变压器有三个铁心柱。

(2)线圈 线圈也称绕组,每一相都有一个高压绕组和一个低压绕组,分别构成高压侧和

低压侧的导电回路。

(3) 油箱、散热器、油枕和变压器油

变压器的油箱内装有变压器油,变压器油的作用是加强绝缘和增加散热量。

油枕装在油箱上部,下面通过油管与油箱相通,上面的呼吸器与大地相通;侧面装有油位表。油枕的作用是减少油与空气的接触面,并且保证变压器有足够的油量和一定的膨胀空间。

为了扩大散热面积,油箱装有管形散热器,可以通过通风机进行风冷散热。

(4) 绝缘套管 变压器的引出线穿过绝缘套管引出油箱,牵引变压器的高压侧一般采用绝缘充油式套管,低压侧一般采用瓷质充油套管。

(5) 调压开关 当一次侧的电压发生变化时,通过调节这个开关来保证二次侧的电压水平。

(6) 温度测量和保护装置

牵引变压器采用信号温度计测量油表层的温度,并作用于信号。

变压器内部故障的保护装置有瓦斯继电器和防爆管,瓦斯继电器可以根据故障的严重程度分别作用于信号和跳闸。

2. 高压开关设备

牵引变电所的高压开关设备包括高压断路器(油断路器、气体断路器和真空断路器)、高压熔断器和高压隔离开关等,在正常情况下操作高压开关切断或接通电路;在短路情况下,继电保护装置作用于高压开关自动切除故障。

3. 互感器

也称仪用互感器,有电压互感器和电流互感器两种。利用互感器可以对高电压、大电流进行间接测量,从而保证测量仪表及人身的安全;互感器还供给牵引变电所控制、保护继电器工作电压或电流。

4. 控制、监视与信号系统(二次回路)

由测量仪表、监视装置、信号装置、控制装置、继电保护、自动装置和远动装置组成的电路称二次回路。

二次回路的作用是:正确反映一次系统的工作状态,控制一次系统的运行操作,切除故障并使其退出工作。因此,二次回路对设备的安全运行具有重要作用。

5. 自用电系统

向所用交流负荷如场地照明、主变通风、蓄电池通风、移动油业务、检修测试电源和直流负荷如操作电源,继电保护、测量、信号设备电源及事故照明供电的系统称自用电系统。

在牵引变电所内,交流自用电的供给由专门的自用变压器承担,它的高压侧或引接于 27.5kV 母线、或由地方 10kV 线路供电,次边电压为 380/220V。直流自用电根据牵引变电所的条件有蓄电池组、硅整流及电容器储能、复式整流等几种形式。

6. 回流接地和防雷装置

牵引变电所的保护接地和工作接地采用同一个环状接地网。主变压器牵引侧接地端与接地网相连,也要与钢轨相连,从而形成牵引电流的回流通路。

为预防雷害,在变电所内安装避雷针、避雷器,为防止雷电侵入波,可在 110kV 供电线上安装架空地线,在多雷区的 27.5kV 馈线上安装抗雷圈。

7. 电容补偿装置

电力牵引供电系统的功率因数比较低,需要进行功率补偿,目前常用的补偿方式有:串联

电容器补偿方式(以提高牵引网电压水平为主)、并联电容器补偿方式和串并联电容器补偿方式。

(三)开闭所、分区亭和自耦变压器所

1. 开闭所

当枢纽内不设牵引变电所时,为缩小事故范围设开闭所,开闭所起电分段和扩大馈线数目的作用。

2. 分区亭

在复线电气化线路中为改善供电臂末端电压水平和减少能耗,采用上、下行并联供电,在两相邻牵引受电所间设置分区亭。

3. 自耦变压器所(简称“AT”所)

仅在自耦变压器供电方式中设置,作用是改善电压水平和防干扰性能。

三、接触网

接触网是电气化铁道牵引供电系统的主要组成部分,它把从牵引变电所获得的电能输送给电力机车,它的状态与电气化铁道的行车密切相关。

接触网没有备用,长年暴露于铁路线路上方,经受污染、腐蚀和机车受电弓的摩擦,运行条件极为恶劣。对接触网的要求如下:

1. 在各种恶劣环境条件下应能不间断供电,保证电力机车在最大运行速度时能正常取流。
2. 器材要有足够的强度(机械强度和电气强度)和相应的抗腐蚀能力;零件要尽量标准化、系列化,扩大互换性。
3. 结构合理,方便施工和运营。
4. 接触网发生事故后,通过抢修应能尽快恢复供电。

接触网分为架空式和第三轨式两种。电气化铁道采用架空式接触网,它主要由三部分组成:

1. 支柱与基础

由支柱、基础及下部附件组成,用于承受接触悬挂、支持结构的负荷,并把接触悬挂固定在规定的位上。目前,主要采用钢筋混凝土支柱和钢支柱,支柱通过基础把承受的力矩传递给土体。在一般情况下,只有金属支柱才浇制基础,钢筋混凝土柱则通过其地下部分完成基础的作用。

2. 支持装置

包括腕臂、拉杆(压管)、定位装置、软横跨、硬横梁及桥隧大型建筑物中的特殊装置。它的作用是支持悬挂,并把悬挂的负载传递给支柱与基础。

3. 接触悬挂

包括接触线、吊弦、承力索(简单悬挂仅有接触线而无承力索)和连接它们的设备、零件。接触悬挂通过支持装置架设在支柱上。

接触悬挂是接触网的主要工作环节,它与运行的电力机车受电弓接触状况决定着受流质量,比较理想的接触悬挂应具备以下三个特征:

- (1)接触线距离轨面的高度基本一致,不得出现陡坡和局部突变;

(2)弹性连续、均匀,没有导致碰弓的“硬点”;

(3)有足够的张力和稳定性,在各种恶劣气候作用下和受电弓的摩擦应能正常取流。

第三节 牵引网供电方式

我国的交流电气化铁道目前普遍采用单边供电,牵引网的供电方式主要有以下几种:

1. 直接供电方式 是最简单的牵引网供电方式,它以接触网为火线,以钢轨为回流导线。我国早期修建的宝成电气化铁路和宝兰电气化铁路基本上就是采用的这种供电方式。直接供电方式有牵引网阻抗小,电压质量好、能耗小、投资省的优点。但由于部分回流经大地返回,形成不平衡的供电回路,对邻近通信线路的干扰较大。

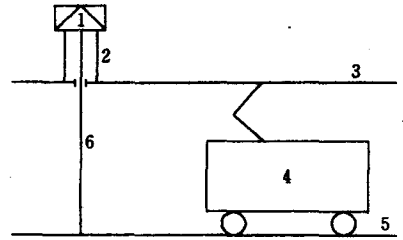


图 1-5 直接供电方式示意图

1—牵引变电所;2—馈电线;3—接触网;
4—电力机车;5—钢轨;6—回流线。

2. 吸流变压器供电方式(或称“BT”供电方式) 这种供电方式的牵引网内增加一条回流线,每隔一定距离在接触线和回流线内串联接入吸流变压器,使回流不经钢轨和大地,而是经由回流线直接返回牵引变电所。我国绝大部分电气化铁道采用“BT”供电方式。这种供电方式使接触线和回流线形成平衡供电回路,因而大大减轻了对邻近通信线路的干扰,但是这种方式牵引网阻抗大,电压质量稍差、能耗大、造价也较高。

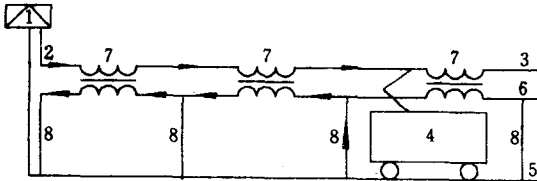


图 1-6 吸流变压器供电示意图

1~5—同图 1-5;6—回流线;7—吸流变压器;8—吸上线。

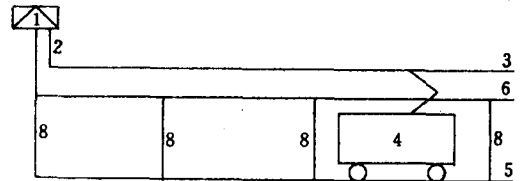


图 1-7 带回流线的直接供电示意图

1~6—同图 1-5;8—吸上线。

3. 带回流线的直接供电方式 这种供电方式就是保留“BT”供电方式中增加的回流线,而把吸流变压器取消掉。回流一部分经回流线;一部分经钢轨和大地返回牵引变电所。这种方式的防干扰性能不如“BT”供电方式,但牵引网阻抗较直接供电方式更低,供电性能较好、造价较低,适用于防干扰要求不高的场合。

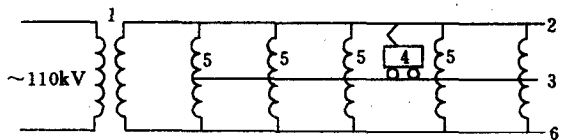


图 1-8 自耦变压器供电示意图

1—主变压器;2—接触网;3—钢轨;
4—电力机车;5—自耦变压器;6—正馈线。

4. 自耦变压器供电方式(或称“AT”供电方式) 该方式我国已在京秦线、大秦线和正在施工的郑武线中采用。它的供电电压是直接供电方式和“BT”供电方式的两倍(接触网的额定电压不变),而牵引网阻抗仅为直接供电的 $1/4$ 。因此,牵引网的供电性能大大改善,供电臂的距离加长,“AT”供电方式的防干扰特性与“BT”供电方式大致相同。但是,这种方式造价高,接触网的结构也比较复杂,适用于地方电源薄弱和需要高速、大电流的供电场所。