

交流电气化铁道接触网

黄元才 吴良治 编

中国铁道出版社

1988年·北京

在本书的修订过程中曾得到姜婉君、汪松滋、杨振中、夏宝哲、蒋文渊、张强、刘鉴洋、王羿、单圣熊等同志的帮助和指教，许多同行也热心提出宝贵意见，在此一并表示感谢。

编 者

一九八六年八月

内 容 简 介

本书讲述了电气化铁道接触网的组成、结构、设备和零部件的技术规格、性能和要求，并介绍了近年来采用的新技术、新工艺、新材料和新设备，以及接触网的运行管理和维修等。本书文字通俗易懂，适于新参加接触网运用、维修的工人学习参考，也可供从事接触网运行管理的工程技术人员参考。

交流电气化铁道接触网

黄元才 吴良治 编

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 孙燕澄 封面设计 王毓平

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：9.5 字数：210 千

1988年2月 第2版 第3次印刷

印数：0001—10,000册 定价：2.00元

前 言

为了配合电气化铁道的发展，满足牵引供电运营部门培训人员的需要，在有关部门及同行的支持协助下，曾在一九七六年编写和出版了《交流电气化铁道接触网》一书。一九八〇年第2次印刷时未曾进行修改。该书的出版虽部分满足了有关单位的需要，但毕竟编写匆忙，错误和遗漏之处未及时改正和补充。

十年来，我国电气化铁道有了很大发展，技术水平也不断提高，不仅在山区铁路发挥了巨大作用，而且逐渐进入平原和沿海地区，一些运输繁忙的重要干线也已经实现或将要实现铁路电气化。电气化铁道将充分发挥其优越性，在我国铁路运输中起着越来越重要的作用。为了满足有关方面的要求，我们在原书基础上重新进行修订，内容作了部分修改和补充。由于接触网的基本结构大体定型，零部件趋于标准化，因此修订时基本上参照原书章节，根据情况，在各章节中相应增加有关内容。本书的目的仍以运营部门的需要为主，以培训新工人为宗旨，因此在编写中力求内容广泛、简洁，叙述深入浅出，避免繁杂的数学计算。有关资料酌情编排，以便使用中查阅，故也可供从事接触网运行管理的技术人员参考。

接触网的结构、零部件材料种类很多，新技术、新结构不断涌现，由于编者经验及资料不足，加之修订时间匆忙，本书难免仍有不妥或错误之处，有些看法也难免有谬误之处，望读者不吝指正。

目 录

第一章 电气化铁道概述	1
第一节 电气化铁道的组成.....	1
第二节 电力牵引的优越性.....	1
第三节 电流制和额定电压.....	3
第四节 电力机车.....	4
第五节 电气化铁道的供电系统.....	7
第六节 牵引变电所.....	9
第七节 接触网的供电方式.....	14
第八节 接触网的供电分段.....	17
第九节 对通信线路的影响及防护.....	18
第二章 接触网的组成和结构	24
第一节 接触网的组成部分.....	24
第二节 接触网的工作状态和悬挂要求.....	25
第三节 接触网的悬挂方式.....	26
第四节 接触网的机械分段.....	37
第五节 中心锚结.....	44
第六节 张力自动补偿器的结构.....	48
第七节 支持装置的结构形式.....	53
第八节 定位装置.....	61
第九节 腕臂支柱的装配.....	64
第十节 软横跨的装配	102
第十一节 BT和AT 供电方式的支柱装配.....	109
第十二节 支柱和基础	117
第十三节 隧道内的接触悬挂	134
第十四节 桥上接触悬挂	147
第十五节 附加导线	151

第三章 接触网的设备、部件和零件	155
第一节 接触线和附加导线	155
第二节 承力索及其它钢索	165
第三节 吊 弦	172
第四节 电连接	178
第五节 绝缘子	180
第六节 腕臂及拉杆	191
第七节 定位器及定位管	195
第八节 线岔及其定位	200
第九节 绝缘器	204
第十节 隔离开关	209
第十一节 接地装置	212
第十二节 避雷器	217
第十三节 BT 及 AT 装置的设备	221
第十四节 接触网零件	223
第十五节 接触网标志及保安装置	228
第四章 接触网的运行管理和维修	233
第一节 接触网的运行管理	233
第二节 接触网的平面图和图例	241
第三节 接触网工作的气象条件	247
第四节 接触线的调整和检修	248
第五节 承力索的调整和检修	263
第六节 补偿器的调整和检修	267
第七节 BT装置的运行和维修	271
第八节 其它设备的调整和检修	273
第九节 接触网的检修工具	281
第十节 安全作业与安全用具	283
第十一节 铁路其它部门与接触网运行的关系	288

第一章 电气化铁道概述

第一节 电气化铁道的组成

机车是铁路的牵引动力设备。目前我国铁路上采用的有蒸汽机车、内燃机车和电力机车三种，因之铁路牵引方式也有蒸汽牵引、内燃牵引和电力牵引三种。采用电力牵引的铁路称电气化铁道。

电气化铁道以电力机车作牵引动力。电力机车是本身不带能源的动力设备，必须由外部供给电能。专门给电力机车供电的装置称牵引供电装置。因此，电气化铁道是由电力机车和牵引供电装置两大部分组成。牵引供电装置主要包括接触网和牵引变电所两部分。本书主要讲述接触网，但在本章首先介绍与接触网工作性质有密切关系的电力机车、牵引变电所和供电方式的一般知识，以便对电气化铁道有一个较为全面的认识。

第二节 电力牵引的优越性

蒸汽牵引是铁路上最早采用的牵引方式，随着新的牵引方式的出现，显得其技术和经济效益较低，影响铁路运输能力的提高，越来越不适应国民经济发展对铁路运输提出的要求。内燃牵引和电力牵引技术上较先进，便于更好地实现多拉快跑，可以大大提高铁路运输能力，是发展铁路运输的重要途径，所以是铁路技术改造的发展方向。

电力牵引的优越性主要表现在以下几个方面：

一、能多拉快跑，提高运输能力。电力机车不带能源设

备，容易做到功率大，牵引吨数和运行速度可有较大的增加。实现电力牵引，可用较少的投资，大大提高线路通过能力。宝成铁路全线实现电气化后，货物通过能力比电气化以前提高一倍以上，投资仅为修建一条新线的十分之一。在大坡度、长隧道山区和运量大、运输繁忙的平直干线上，电力牵引的效果尤为显著。

二、降低燃料消耗，综合利用能源。蒸汽牵引的燃料利用率一般为6%左右，且要燃烧优质煤。内燃牵引的总效率较高，约为25%，但要以价格较高的柴油为燃料。电力牵引从现代化的发电厂取得电能，发电厂是综合利用热能，因此使电力牵引的总效率也可达到25%。若由水电站供电时，其效率则高达60%，是其它牵引方式所不及的。

现代化的发电厂可以使用劣质煤，重油以及用原子能发电。所以，广泛采用电力牵引作为铁路运输的牵引方式，不但大为降低燃料的消耗，而且便于合理地综合利用能源，在政治和经济上有着巨大的意义。我国的水力资源非常丰富，水力发电的前景也使电力牵引有着广阔的前景。

三、机车运用效率高，大大降低运输成本。电力机车由于节省燃料消耗，从而降低了运输成本。又因电力机车不需添加燃料和速度快，宜跑长交路，从而减少了检修基地、机器设备和人员；电力机车功率大，拉得多、跑得快、周转时间短，减少了机车运用台数和车辆数；并且电力机车上的电机和电器运行可靠、检修次数少、检修周期长等等，促使运输成本大大降低。

四、机车性能好，改善工作条件。电力机车起动稳、加速快、既舒适旅客又缩短旅行时间。特别是采用先进的可控硅，使调速更加平滑。电力机车可实现电气制动，功率大，在长大下坡道上，可减少机车和车辆的闸瓦磨耗，节省大量

金属，又可提高列车下坡速度，使制动平稳，改善运行状态。电力机车的采用不仅减少乘务员人数而且使工作条件大为改善。

五、有利于铁路沿线实现电气化，促进工农业发展。牵引供电装置除主要向电力机车供电外，尚可解决在没有地方电源地区的铁路其它用电，也利于实现养路机械化。同时便于铁路沿线的城镇乡村早日实现电气化，促进这些地区工农业生产的发展。

第三节 电流制和额定电压

电力牵引根据接触网上的电压、电流性质，可以分为不同的电流制和额定电压，主要有三种：

直流制 直流制是电力牵引早期采用的电流制。直流电力机车结构比较简单，但它要求牵引变电所内设置整流装置，将交流电变成直流电向电力机车供电。由于直流畅触网电压难以提高，一般为750~3000V，在长距离的干线铁路上采用直流制显得不经济，目前只在厂矿企业内部，城市电车和地下铁道中采用。

低频单相交流制 因为牵引变电所内要设置变频机组或另建低频发电厂，没有得到广泛采用。

工频单相交流制 工频单相交流制使牵引供电装置大为简化，因而减少了投资。采用工频交流制便于直接从具有巨大容量的电力系统取得电能，又能以较高的电压向电力机车供电。由于供电电压的提高，增大了变电所间的距离，缩小了接触导线的截面，减少了电能损耗，降低了投资和运营费用。通过技术经济的比较，采用25kV作为接触网的额定电压是比较适宜的。我国电气化铁道就是采用工频单相25kV交流制。

第四节 电力机车

我国电气化铁道上运行的电力机车有进口的和国产的机车，以国产电力机车担负着主要牵引任务。我国自1958年研制出第一台电力机车后，经过二十多年的发展，电力机车制造水平逐步提高。目前在电气化铁道上运行的国产电力机车以韶山1（SS1）型机车为主，近年来已投入了较新型的韶山3（SS3）型机车，并且研制了大功率的韶山4（SS4）型机车。可以预见，新型电力机车不久将在我国的重要铁路干线上投入使用。

韶山型机车是整流式客货两用干线电力机车，其主要技术规格见表1—1。机车由机械部分和电气设备部分组成。机械部分主要包括机车车体与走行部分。电气设备由牵引电动机、硅整流器、变压器、硅半导体整流器组、开关电器和受电弓等组成，其工作原理示意图如图1—1所示。本节主要介绍与接触网工作状态直接有关的受电弓及其弓头构造。

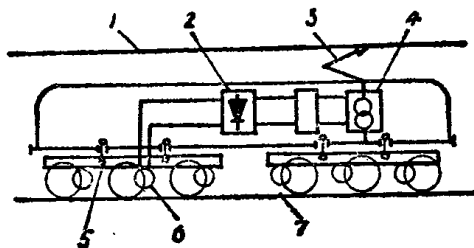


图1—1 整流式电力机车工作原理示意图

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。

受电弓为电力机车的受流装置，可以由司机控制升降。受电弓升起时，与接触网接触，经机车主断路器将电压加到变压器原边线圈，把高电压降低后，再经硅半导体整流器

组，整流为直流电，供给牵引电动机。牵引电动机受电转动，通过传动齿轮驱动轮对，产生牵引力，使机车前进或后退。

韶山型电力机车主要技术规格

表 1 — 1

机 车 型 号	SS ₁	SS ₃	SS ₄
额定工作电压 kV	25	25	25
最高工作电压 kV	29	29	29
最低工作电压 kV	19	19	19
机车重量 t	138	138	184
机车持续功率 kW	3780	4350	6400
小时功率 kW	4200	4800	6800
起动牵引力 kN	487.3	470.6	627.5
小时速度 km/h	44.5	47.2	52
最高速度 km/h	93.5	100	100

受电弓顶部的滑板是与接触导线（下称接触线）相接触的部分，滑板固定在滑板托架上，滑板托架是用2mm厚的铝合金板整体压制而成，滑板与滑板托架合称为受电弓的弓头。弓头的支承结构可以使弓头有一定角度的转动，满足接触线存在坡度变化的情况，使弓头上两侧滑板与接触线有良好的接触。弓头在受电弓弹簧作用下对接触线有 $68.6 \pm 9.8\text{N}$ ($7 \pm 1\text{kgf}$) 的静态压力，并且在它与接触线相接触的工作高度范围内保持基本恒定。在机车运行过程中，滑板在上述压力下保持与接触线的接触和摩擦滑动，因此产生磨耗，所以要求便于更换。

由于接触线的材质不同，受电弓上的滑板也对应有不同的材质，以便使接触线的磨耗与滑板的磨耗互相适应。在用

铜接触线区段，一般采用碳滑板。过去曾用过铜滑板，因消耗大量有色金属而逐渐淘汰，为碳滑板所取代。近年来我国接触线大量采用钢铝接触线后，由于接触线与滑板的接触部分为钢面，使碳滑板磨耗太大，甚至破坏，造成刮坏接触网事故，机务部门采用钢滑板代替。为此又曾经研制了粉末冶金滑板，粉末冶金滑板主要成分为铁和铜，较之碳滑板提高了滑板的机械强度和耐磨性，并且因滑板中含油，运行一段时间后能在接触线上形成油膜，可以减小磨耗。粉末冶金滑板较之钢滑板对接触线的磨耗减少了，但由于本身较脆，容易折断，所以目前尚未推广使用。受电弓弓头的简单构造见图 1—2。

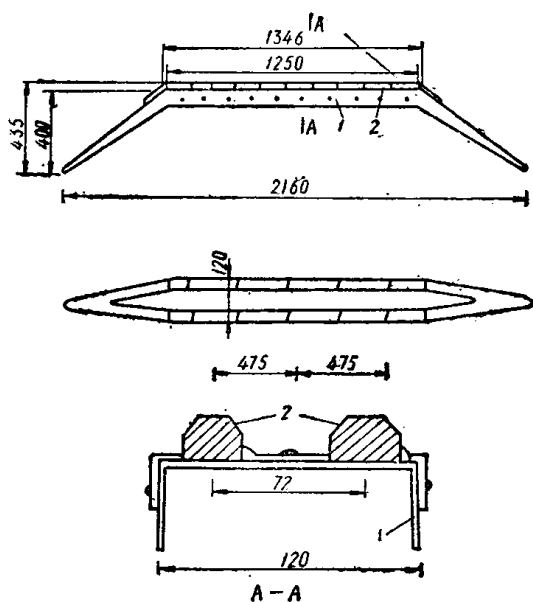


图 1—2 受电弓弓头构造图
1 —— 滑板托架； 2 —— 滑板。

第五节 电气化铁道的供电系统

将电能从电力系统传送给电力机车的电力装置的总称叫电气化铁道的供电系统，又称牵引供电系统。这种供电系统本身不产生电能，而是将电力系统的电能传送给电力机车。图1—3为从电力系统到牵引供电系统全部过程的示意图。

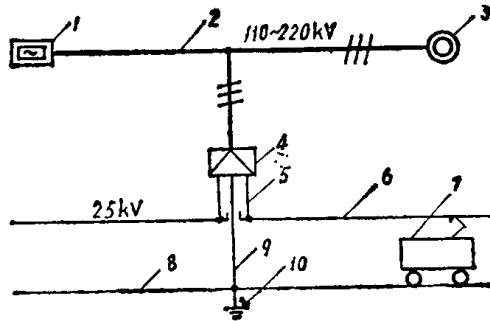


图1—3 供电系统示意图

1 —— 发电厂；2 —— 高压输电线；3 —— 区域变电所；4 —— 牵引变电所；5 —— 馈电线；6 —— 接触网；7 —— 电力机车；8 —— 钢轨；9 —— 回流联接；10 —— 接地网。

电力系统由发电厂、高压输电线和升、降压变电所等组成。

牵引变电所用高压输电线与附近的电力系统中的电力网联系起来。按牵引供电系统一级负荷的要求，牵引变电所应有一个主电源和一个备用电源供电。一般用双回高压输电线送至牵引变电所，每一回线都足够输送牵引变电所需要的全部电能，以便当一回输电线检修或故障时，另一回线完全担当全部输电任务。牵引负荷容量大，牵引变电所进线电压一般用110kV（或220kV）。包括电力系统和送至牵引变电所的高压输电线在内，相对于牵引供电系统而言，称为一次供电系统。一次供电系统为电力部门的管辖范围。

牵引变电所将电压从 110kV 降到 27.5kV，经馈电线送至接触网。接触网是沿铁路线上空架设的输电设备，电力机车升弓后便可从接触网上取得电能。参阅图 1—1 及第四节的说明，电力机车从接触网取电后，还要经机车上的变压器降压整流后，供给牵引电动机。可见 25kV 的电流回路是从接触网经机车变压器的一次侧线圈，再经车体和轮对进入钢轨的。回到图 1—3 来看，牵引供电回路是由牵引变电所——馈电线——接触网——电力机车——钢轨回路——回流联接——接地网等组成的闭合回路，其中流通的电流称牵引电流。接触网的 25kV 电压，经电力机车后，到钢轨时，基本上已变成与大地等电位了，因此牵引电流在钢轨中产生的电位，一般对人体并无触电感觉，但注意不能将钢轨回路随意断开。实际上由于大地也是一种导体，故牵引电流中的一部分流经大地，从埋在牵引变电所下面的接地网回到牵引变电所的。通常将接触网、钢轨回路（包括大地）、馈电线和回流线称为牵引网。但对牵引供电设备来说，主要是指牵引变电所和接触网两大部分。牵引供电系统，由铁路部门管辖。牵引供电系统的运行，由电气化铁道电力调度所调度。

上述牵引供电系统是牵引供电的基本供电方式，称为直供方式，也是国内外电气化铁道多年来所采用的供电方式。这种供电方式在铁路沿线的附近无架空通信线或通信线采用屏蔽电缆的条件下才能采用，它的特点是构造简单，投资少。随着电气化伸向大干线，进入大城市，铁路沿线附近通信线路多了，直供方式对架空通信线干扰很大，影响到通信设备、人员的安全及正常的通信工作。为解决对通信干扰的问题又相继发展了在接触网上附加吸流变压器——回流线装置的供电方式（BT 方式）和自耦变压器供电方式（AT 方式），这些将在本章第九节中对其原理进行介绍。

从牵引供电系统的组成可看出，接触网是实现向电力机车供电的重要环节，直接影响着铁路运输的可靠程度。因此，应该使接触网经常处于良好的工作状态，安全可靠地向电力机车供电，保证铁路运输畅通无阻。

第六节 牵引变电所

牵引变电所的任务，是将电压降低，同时以单相方式馈出。降低电压是由牵引变压器来实现的，将三相方式改变成单相方式是通过变电所的电气接线来达到的。

牵引变压器是一种特殊的电力变压器，应满足牵引负荷剧烈变化和特殊电压等级的要求，在牵引变电所内也称为主变压器，以区别于自用电变压器等其它变压器。我国牵引变压器采用的类型，有三相变压器、单相变压器、三相——二相变压器三种，随之牵引变电所也分为三相、单相及三相——二相牵引变电所三类。下面简单介绍它们的原理接线和主接线。

一、三相变电所

三相变电所接线原理图如图 1—4 所示。三相变压器高压线圈接成星形，供给接触网的低压线圈接成三角形，称为星—三角连接组，连接组标号为 Y/△-11。三角接的一角与钢轨和接地网连接，另两角分别接至牵引变电所两边供电分区的接触网，因此使接触网对钢轨（地）带单相电。牵引变电所两侧供电分区，又称为这个牵引变电所的两个供电臂。应注意牵引变电所两供电臂的接触网对钢轨（地）的电压是不同相的。如图 1—4 中左边接触网对地电压为 $U_{\text{左}}$ ，右边接触网对地电压则为 $U_{\text{右}}$ 。

在牵引变电所内按原理接线的要求将牵引变压器、断路

器、隔离开关、母线等大型设备连接起来的接线称主接线。三相牵引变电所的主接线图如图 1—5 所示（实际图上还应有自用电变压器、高压互感器、避雷器等，在此省略）。

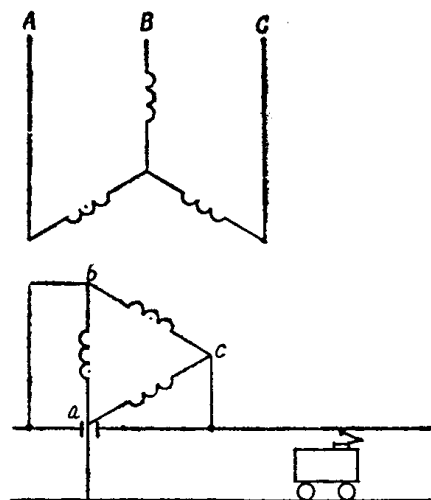


图 1—4 三相变电所 Y/Δ-11 接线原理图

进入牵引变电所的 110kV 高压输电线称为进线，通过变电所内进线隔离开关接至 110kV 母线上，母线分段，以隔离开关联络。

牵引变压器出厂时已在内部将其高低压线圈接成 Y/Δ-11，高压侧额定电压为 110kV，低压侧额定电压为 27.5kV。牵引变电所通常设置两台牵引变压器，分别通过三相油断路器接到两段 110kV 母线上，通过进线隔离开关和母线联络隔离开关的不同操作方式，便可实现两回进线的灵活供电。

牵引变压器 27.5kV 侧线圈的接地端分成两路，一路与变电所接地网相连，一路经回流线接到钢轨上。另外两个端子分别通过单相断路器接到 27.5kV 母线上，然后分别从不同相的 27.5kV 母线上通过单相断路器和隔离开关，以架空

馈电线的方式向两供电臂接触网供电。因此，27.5kV侧又称为牵引侧。

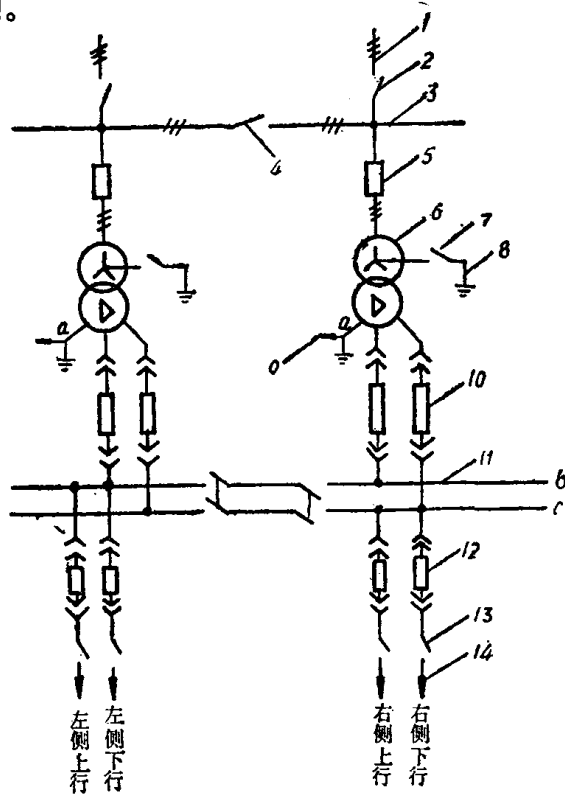


图 1—5 三相牵引变电所主接线图

1 —— 110kV三相进线；2 —— 110kV进线隔离开关；3 —— 110kV母线；4 —— 母线联络隔离开关；5 —— 110kV油断路器；6 —— 三相牵引变压器；7 —— 中性点接地隔离开关；8 —— 中性点接地；9 —— 接钢轨；10 —— 27.5kV断路器；11 —— 27.5kV母线；12 —— 馈线断路器；13 —— 馈线隔离开关；14 —— 馈电线。

接触网上的额定电压为25kV。实际上并不是接触网的每一点对地电压都能保持这个值。由于电力机车的取流将会在接触网上产生电压损失，使电力机车受电弓位置的接触网电压低于变电所馈电线的电压，特别在供电臂的末端尤为显著。为使供电臂末端接触网电压不低于电力机车允许的最低