

铁路职工岗位培训教材

接触网工

JIECHUWANG GONG

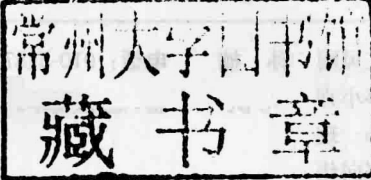
铁路职工岗位培训教材
编审委员会

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路职工岗位培训教材

接 触 网 工

铁路职工岗位培训教材编审委员会



中国铁道出版社

2014年·北京

内 容 简 介

本书为接触网工岗位培训教材。全书分为两部分:基本知识与职业技能。基本知识主要介绍电气化铁道概论、接触网结构及特点、接触网负载计算、接触网设计、接触网施工、接触网设备验收交接及动态分析、接触网运营维护等。职业技能部分重点介绍操作技能、常见事故和事故分析。

本书针对铁路职工岗位培训、职业技能鉴定进行编写,是各单位组织职工进行岗位培训、技能鉴定的必用书,对各类职业学校师生也有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

接触网工/《铁路职工岗位培训教材》编审委员会
组织编写. —北京:中国铁道出版社,2011.4(2014.12重印)
铁路职工岗位培训教材
ISBN 978-7-113-12195-2

I. ①接… II. ①铁… III. ①接触网-技术培训-教材 IV. ①U225

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 237859 号

书 名: 铁路职工岗位培训教材
 接触网工
作 者: 铁路职工岗位培训教材编审委员会

责任编辑:王风雨 孙楠 电话:010-51873421 电子信箱:tdpress@126.com

封面设计:薛小卉

责任校对:孙玫

责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:三河市兴达印务有限公司

版 次:2011年4月第1版 2014年12月第7次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:18.75 字数:463千

印 数:30001~35000册

书 号:ISBN 978-7-113-12195-2

定 价:45.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材研究开发中心批销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 63549504

铁路职工岗位培训教材

编审委员会

主任委员:彭开宙

副主任委员:何华武

委 员:(按姓氏笔画排序)

王保国 王 培 田京芬 申瑞源

刘卫国 刘朝英 庄 河 张志农

张重天 陈伯施 郑建东 赵春雷

郭玉华 康高亮 程先东

前 言

党的十六大以来,铁路事业蓬勃发展,大规模铁路建设全面展开,技术装备现代化实现重大跨越,尤其在高原铁路、机车车辆装备、高速铁路、既有线提速和重载运输技术方面达到了世界先进水平。铁路职工队伍素质得到了相应提高,但距离铁路现代化发展的要求还有一定差距,铁路人才队伍建设和职工教育培训工作任务重道远。

教材是劳动者终身教育和职业生涯发展的重要学习工具,教材建设是职业教育培训工作的重要组成部分,是提高教育培训质量的关键。加快铁路职工岗位培训教材建设,已成为加强和改进铁路职工教育培训工作的当务之急。为适应铁路现代化发展对技能人才队伍建设的需要,加快铁路职工岗位培训教材建设,铁道部决定按照铁道行业特有职业(工种)国家职业标准,结合铁路现代化发展的实际,组织开发铁路职工岗位培训教材。

本套教材由铁道部劳动和卫生司、运输局共同牵头组织,相关铁路局分工负责,集中各业务部门的专家和优秀工程技术人员编写及审定,多方合作,共同完成,涵盖了铁路运输(车务、客运、货运、装卸)、机务、车辆、工务、电务部门的77个铁路特有职业。教材坚持继承与创新相结合,充分体现了近几年来铁路新技术、新设备的大量运用及其发展趋势,特别是动车组系列教材填补了教材建设的空白,为动车组司机和机械师等铁路新职业员工提供了岗位培训教材;教材坚持科学性与规范性,依据铁道行业国家职业标准中的基本要求和工作要求编写,力争准确体现国家职业标准和有关作业标准、安全操

作等规章、规范的要求；教材坚持实用可行的原则，重点突出实作技能、应急处理和新技术、新设备、新规章、新工艺等四新知识，对职业技能部分按照技能等级分层编写，便于现场职工的培训与自学。

本套教材适用于工人新职、转职(岗)、晋升的岗位资格性培训，也适用于各类岗位适应性培训，同时为职业技能鉴定提供参考。

《接触网工》一书由郑州铁路局负责主编，主编人员：李红军，参加编写人员：韩保全、靳玉枝、茹庆文、于新建。主要审定人员：李志锋、张锡昆、赵良田、杨合贵、张韬、高科斌、衡敏燕、杨春燕。本书在编写、审定过程中得到了有关单位的大力支持，在此一并表示感谢。

铁路职工岗位培训教材编审委员会

2009年8月

目 录

第一篇 理论部分

第一章 电气化铁道概述	3
第一节 简介	3
第二节 电气化铁路的组成	4
第三节 接触网概述	7
第二章 接触网结构及特点	12
第一节 接触网支柱与基础	12
第二节 接触网支持与定位装置	15
第三节 接触网悬挂	19
第四节 接触网设备	24
第五节 接触网的绝缘与供电分段	34
第三章 接触网负载计算	39
第一节 气象条件及计算负载的确定	39
第二节 链形悬挂负载计算及安装曲线	43
第三节 软横跨负载计算	51
第四章 接触网设计	55
第一节 接触网设计一般知识	55
第二节 接触网平面布置图	64
第三节 300~350 km/h 速度接触网设计注意事项	66
第五章 接触网施工	72
第一节 接触网常用零部件图	72
第二节 接触网基础工程测量及施工规范	78
第三节 支柱及接触悬挂安装形式	83
第四节 硬横梁(跨)施工安装	85
第五节 接触网承力索装设	92
第六节 接触网接触线装设	93
第六章 接触网设备验收交接及动态分析	96
第一节 接触网冷滑试验	96

第二节	接触网施工竣工质量验收	97
第三节	接触网动态检测概述	104
第四节	接触网动态检测原理	107
第七章	接触网运营维护	110
第一节	接触网的运营	110
第二节	接触网的管理	113
第三节	部颁铁路供电规程、规则	118
第四节	部颁管理规章	119
第五节	铁路建设质量	122
第六节	铁路事故管理	125
第二篇 实作技能		
第八章	操作技能	141
第一节	杆位测量	141
第二节	基坑开挖	146
第三节	基础浇制	153
第四节	隧道打孔灌注	160
第五节	立杆	161
第六节	支柱整正、回填	164
第七节	腕臂柱装配	170
第八节	锚柱装配	175
第九节	软横跨装配	179
第十节	硬横跨安装	188
第十一节	隧道悬挂构件装配	189
第十二节	承力索的架设	192
第十三节	接触线架设	198
第十四节	中心锚结安装及检修	202
第十五节	吊弦安装及检修	206
第十六节	定位装置安装及检修	211
第十七节	锚段关节调整及检修	216
第十八节	线岔安装及检修	219
第十九节	补偿器调整及检修	222
第二十节	电连接安装及检修	225
第二十一节	铜接触线接头制作	227
第二十二节	楔形线夹回头制作	229
第二十三节	承力索和接触线检修	230
第二十四节	接触线高度与弛度调整	232
第二十五节	接触线拉出值测量、调整	233

第二十六节	软、硬横跨检修	236
第二十七节	接触网附加悬挂导线架设及检修	237
第二十八节	隔离开关安装及检修	242
第二十九节	分段、分相绝缘器安装检修	248
第三十节	保安装置安装及检修	251
第三十一节	绝缘部件检修	258
第三十二节	支持装置检修	259
第三十三节	支柱接地线检修	263
第九章	接触网设备事故	266
第一节	接触网常见的设备事故种类	266
第二节	事故类型的判定	266
第三节	故障点查找	267
第四节	抢修中一般操作过渡措施	267
第五节	接触网断线事故处理	268
第六节	支柱折断	270
第七节	其他设备事故处理办法	272
第八节	隔离开关及区分绝缘器故障抢修	273
第九节	事故救援配合	273
第十节	事故抢修中应注意的安全事项	274
第十章	事故分析	276
第一节	接触线接头线夹抽脱	276
第二节	机车支持绝缘子击穿烧断接触线	276
第三节	电连接线夹接触不良烧断承力索	277
第四节	承力索终端锚固线夹抽脱	278
第五节	全补偿链形悬挂直线中间支柱折断	279
第六节	支柱烧毁倒地导致机车大破	279
第七节	补偿绳偏磨造成折断	280
第八节	坠砣落地发生弓网事故	281
第九节	定位钩折断	281
第十节	定位线夹断裂	282
第十一节	三跨锚段关节电连接器故障,烧断软定位拉线	283
第十二节	电连接安装不良坠落酿成弓网事故	283
第十三节	线岔始触区线夹打碰弓发生弓网事故	284
第十四节	线岔限制管脱落造成弓网故障	285

第一篇

理论部分

第一章 电气化铁道概述

第一节 简介

1825年英国修建了世界上第一条铁路,开创了轨道交通新纪元。由英国工程师乔治·斯蒂芬逊发明制造的蒸汽机车成为轨道交通的第一代牵引动力。

1865年6月北京建成了第一条0.5 km的铁路——展览路(后被清朝政府下令拆除)。1876年上海出现了第一条淞沪铁路,全长5 km。到了1909年由工程师詹天佑主持的我国第一条自主修建的京张铁路建成通车,开创了我国铁路建设的新纪元。

19世纪后半叶,工业革命带来社会的快速发展,人们对出行的需求日益增大,城市通勤需要加速快且能频繁启、停的大容量公共交通工具,然而蒸汽牵引效率低,并带来排烟、排汽等环境污染问题,且不能满足这种需要。到了1879年,在柏林的世博会上,由Siemens和Halske制作了约550 m的电气化铁道参加了展览。轨距1 m,电气列车重954 kg,安装了约2.2 kW串激式两极直流电动机,采用齿轮传动,机车采用DC 150 V外部电源经敷设在线路中间的第三轨供电,两走行轨回流,牵引三辆敞开式“客车”,每辆可坐6人,时速可达13 km/h——这是世界电气化铁道的雏形;4个月的展览期间共运送8万多乘客。

(一)世界电气化铁道发展

1881年5月,德国在柏林近郊的利希特菲尔德修建了一条长2.45 km的电气化铁道并投入运行——这是世界上第一条商业运行的电气化铁道。1881年,法国巴黎国际电工展览会上,展出了一条长500 m用两条架空线授电的电车线路。1885年,英国在伦敦修建了第一条用架空线供电的电车线路,作为市内交通工具。1885年,美国的Daft制作了标准轨距的电气列车,运行在纽约州的高架铁路上。1890年,伦敦地铁改用电力牵引,采用DC 600 V制式由第三轨供电等方式。

(二)我国电气化铁道发展历程

1958年3月,我国完成宝成铁路宝凤(宝鸡—凤州)段初步设计;同年6月15日开始动工修建;于1960年5月14日建成。经过一年多的试运行,于1961年8月15日正式交付运营。

1975年7月1日,676 km长的宝成电气化铁路全线通车。1973年9月阳安线正式开工,1975年9月襄渝线襄樊至安康段通车。1978年3月石太线石家庄至阳泉段开工建设。1979年10月宝兰线宝鸡至天水段也相继动工修建。到1980年底,共建成电气化铁路1 679.6 km(世界第21位);平均每年修建电气化铁路不到100 km,而且在坡道大、隧道多的山区铁路修建为主。改革开放以来,铁路建设速度加快:尤其陆续建成京秦线、成渝线、贵昆线、陇海线、京广线、鹰厦线、大秦线、南昆线、干武线、宝成二线、广深线、包兰线、成昆线、外福线、西康线、哈大线、朔黄线、内昆线、秦沈线等等。

随着高速铁路的快速发展,电气化铁道又一次迎来了新的发展机遇。截至2009年底,电气化里程达28 000 km,居世界第二,电气化率达到36.7%,承担运量近60%,计划2020年电气化率达到60%以上,修建200 km/h以上的高速铁路1.6万 km。按200 km/h行车速度设计

的线路已建成投入运营的有:广深、哈大、秦沈、胶济、郑徐、浙赣、遂渝等。京津城际、武广、郑西、沪宁高速铁路已开通运营。

第二节 电气化铁路的组成

一、牵引供电系统组成

牵引供电系统由向电气列车提供电能的沿线供电设施构成。牵引供电系统主要包括:牵引变电所、牵引网、专用的高压供电线路。牵引供电系统如图 1-1 所示。

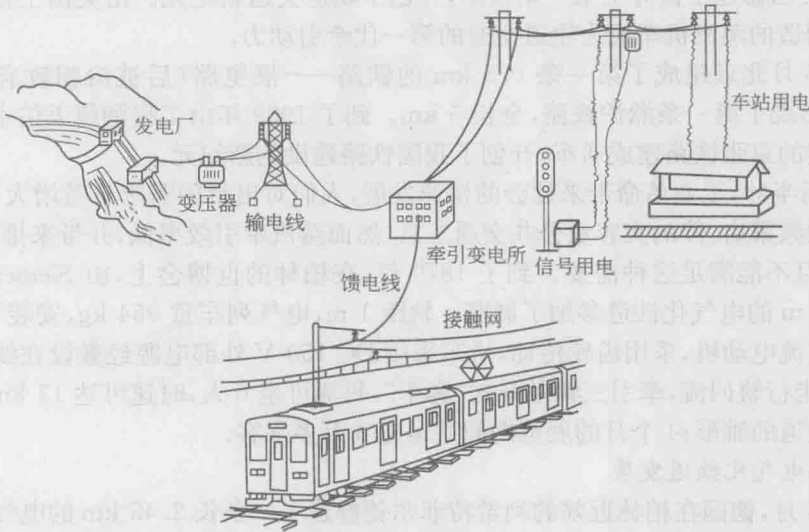


图 1-1 牵引供电系统组成

二、牵引网组成

牵引网是由馈电线、接触网、轨道、回流线等设施构成的输电网络。如图 1-2 所示。

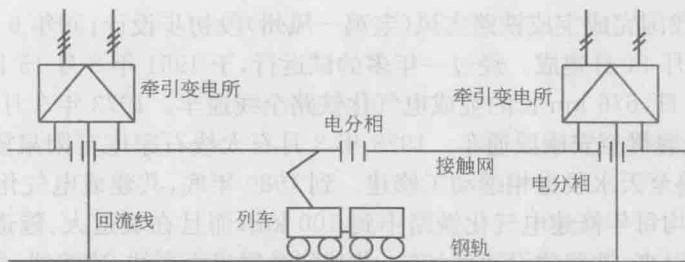


图 1-2 牵引网组成

1. 馈电线——连接牵引变电所和接触网之间的导线,一般由多股绞线或高压电缆构成。
2. 接触网——沿铁路线路敷设,通过和受电弓的滑动接触把电能输送给电气列车的供电设施。由接触线、承力索以及支撑、悬挂和定位等装置组成。

3. 轨道电路——主要由铁路钢轨和辅助设备组成兼作牵引电流返回变电所流经的通路。

4. 其他设备——架空回流线、吸上线、AT变、负馈线、保护线、加强线、捷接线、地线、供电线等。

5. 分区亭(分区所)——设于两变电所之间,把电气化铁道牵引网分成不同供电区段,装有开关设备,根据运行需要可以连接同一供电臂的上、下行接触网并联供电,提高末端电压;或连接相邻供电臂以实现越区供电,缩小故障停电范围。

6. 开闭所——实际上是开关站,多设于铁路枢纽,一般两路进线、多路馈线,用以实现对站场各股道群的分别供电控制。

(1)进线和馈线都经过断路器,可灵活地对各分区接触网停、供电。

(2)在断路器上可实现短路故障保护,从而缩小事故停电范围。

(3)在AT牵引网,往往同AT所合建,增强对供电臂供电的灵活性。

7. 自耦变压器所(AT所)(AT Post, ATP),在AT供电系统中,除变电所、分区所和开闭所外,在牵引网上需要增设置自耦变压器的场所。

8. 牵引变电所——是电气化铁道牵引供电系统的核心:升降电压、控制、分配电源,保护、继电器整定动作、故标整定检测、远程自控自投等,变成适合电气列车使用的电能的场所。

三、电气列车

电气列车本身不是原动机,而是从接触网上获取电能的,接触网供给电气列车的电流有直流和交流两种。由于电流制不同,所用的电气列车也不一样,基本上可以分为直一直流电气列车、交一直流电气列车、交一直一交流电气列车三类。

1. 直一直流

电气列车采用直流制供电。牵引变电所内设有整流装置,它将三相交流电变成直流电后,再送到接触网上。因此,电气列车可直接从接触网上取得直流电供给直流串励牵引电动机使用,简化了机车上的设备。直流制的缺点是接触网的电压低,一般为1 500 V或3 000 V,接触导线要求很粗,要消耗大量的有色金属,加大了建设投资。

2. 交一直流

电气列车采用交流制供电,目前世界上大多数国家都采用工频(50 Hz)交流制或 $16\frac{2}{3}$ Hz低频交流制。在这种供电制下,牵引变电所将三相交流电变成25 kV工业频率单相交流电后送到接触网上。但是在电气列车上采用的仍然是直流串励电动机(这种电动机最大优点是调速简单,只要改变电动机的端电压,就能很方便地在较大范围内实现对机车的调速。但是这种电机由于带有整流子,使制造和维修都很复杂,体积也较大),把交流电变为直流电的任务在机车上完成。由于接触网电压比直流制时提高了很多,接触导线的直径可以相对减小,减少了有色金属的消耗和建设投资。因此,工频交流制得到了广泛采用,以前世界上绝大多数电气列车是交一直流电气列车。

3. 交一直一交流

电气列车采用交流无整流子牵引电动机(即三相异步电动机),这种电动机在制造、性能、功能、体积、重量、成本、维护及可靠性等方面远比整流子电机优越得多。它之所以迟迟不能在电气列车上应用,主要原因是调速比较困难。这种机车具有优良的牵引能力,目前高速铁路大

都采用。我国动车组也采用这种新型、大功率的先进机车。德国制造的 E120 型电气列车也是这种机车。

电气列车的工作原理是将接触导线上的电流,经受电弓进入机车后经过主断路器再进入主变压器,交流电在主变压器的牵引绕组经过硅机组整流后,向六台分两组并联的牵引电动机集中供电,使牵引电动机产生转矩,将电能转变为机械能,经过齿轮的传递驱动机车动轮转动。

4. 受电弓

电气列车靠其顶部升起的受电弓,直接接触导线获取电能,是弓网关系的重要组成设备。每台电气列车前后各有一组受电弓,由司机控制其升降。其最高工作高度为 6 683 mm,最低工作高度为 5 183 mm,受电弓升起工作时,以 $(68.6+9.8)\text{N}$ 的静压力紧贴接触线摩擦滑行,在滑行过程中实现动态电流通。

电气列车受电弓直接从接触线上滑行取流,其形式一般有单臂式和双臂式两种,目前一般采用单臂式受电弓。受电弓顶部的滑板紧贴接触线。滑板固定在托架上,托架一般采用 2 mm 的铝板冷压制成,滑板上嵌有两排宽 25 mm 碳接触板条、钢板条或粉末冶金板条,根据接触线材质的不同选用不同材质的滑板,碳滑板适用于铜材质的接触线,钢滑板适用于钢铝接触线,粉末冶金滑板介于两者之间。受电弓最大长度为 2 160 mm,滑板的最大工作范围为 1 250 mm,允许工作范围为 950 mm,受电弓滑板的两端做成弯角,以防止在接触线转换处钻弓,造成弓网故障。受电弓及滑板如图 1-3 所示。

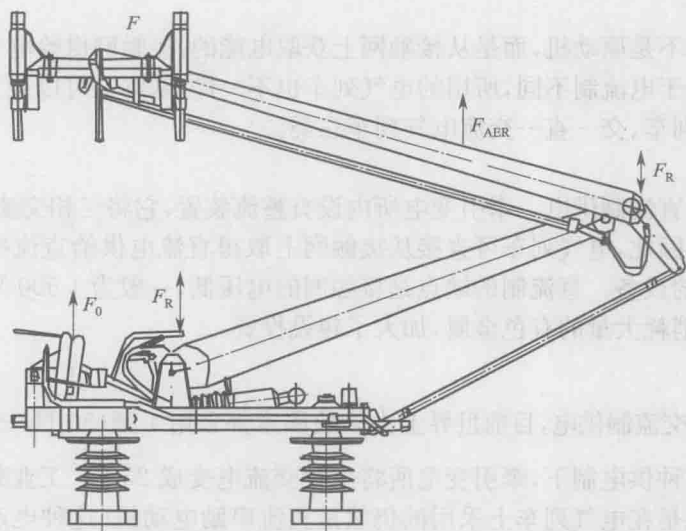


图 1-3 受电弓及滑板

F ——受电弓滑板与接触线间的接触力;

F_0 ——驱动机构使滑板与接触网间产生的接触压力;

F_R ——关节间的摩擦力,与弓头运行方向相反;

F_{AER} ——气流对受电弓的抬升力;

F_{DYN} ——由垂直振动引起的惯性力。

受电弓向上运动时: $F=F_0-F_R-F_{AER}-F_{DYN}$

受电弓向下运动时: $F=F_0+F_R+F_{AER}+F_{DYN}$

第三节 接触网概述

一、接触网的基本组成

接触网是设置在车辆限界顶部上方,通过车顶受流装置向车辆供电的设备。

接触网主要有支柱和基础、支撑和定位装置、接触线索、其他监控保护设备。架空式接触网空间结构图如图 1-4 所示。

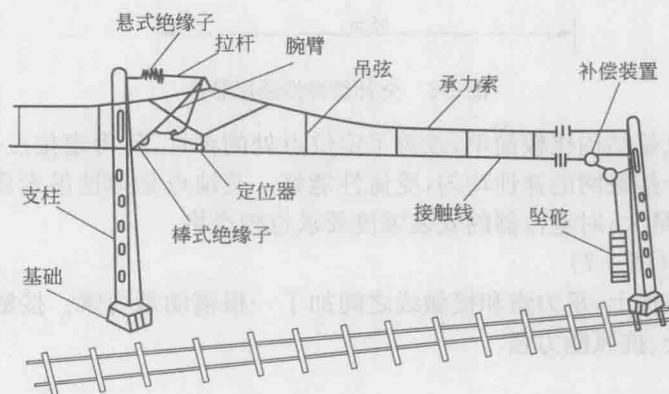


图 1-4 架空式接触网空间结构图

二、接触网悬挂形式

悬挂形式是指接触网的基本结构形式,它反映了接触网的空间结构和几何尺寸的动态包络线。对接触网悬挂形式的要求是:受流性能满足电气化铁路的运营要求、安全可靠、结构简单、维修方便、工程造价低。

接触网三种基本悬挂形式为全补偿简单链形悬挂、全补偿弹性链形悬挂、复链形悬挂。

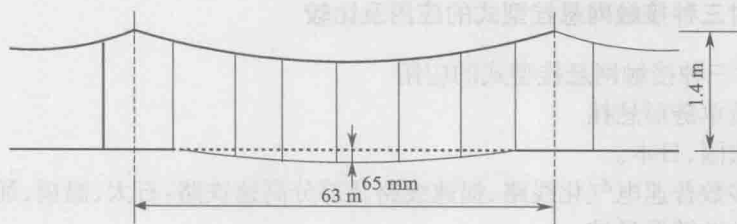


图 1-5 全补偿简单链形悬挂

1. 全补偿简单链形悬挂(图 1-5)

性能特点:优点是结构简单、安全可靠、安装调整维修方便,适应于高速受流。缺点是定位点处弹性小,跨中弹性大,造成受电弓在跨中抬升量大,跨中采用预留弛度,受电弓在跨中的抬升量可降低;定位点处易形成相对硬点,磨损大。如果选择结构形式合理、性能优良的定位器,则可消除这方面的不足。

2. 全补偿弹性链形悬挂(图 1-6)

在结构上,相对于简单链形悬挂在定位点处装设弹性吊索,主要有两种形式:π形和 Y形。

弹性吊索的材质一般与承力索相同,其线胀系数与承力索相匹配。在支柱悬挂点处配有 Y 形辅助索,提高了接触网在悬挂点处的弹性,使跨距间的弹性较为均匀。

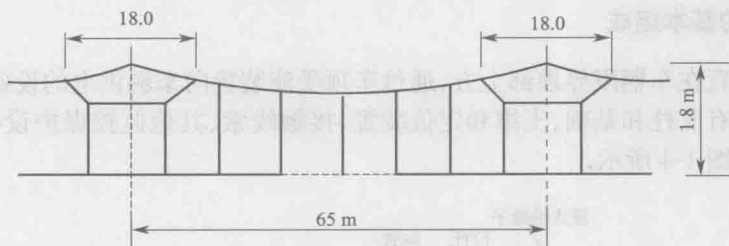


图 1-6 全补偿弹性链形悬挂

性能特点:优点是结构比较简单,改善了定位点处的弹性,使得定位点处的弹性与跨中的弹性趋于一致,整个接触网的弹性均匀,受流性能好。其缺点是弹性吊索调整维修比较复杂,定位点处导线抬升量大,对定位器的安装坡度要求也较严格。

3. 复链形悬挂(图 1-7)

性能特点:在结构上,承力索和接触线之间加了一根辅助承力索。接触网的张力大,弹性均匀,安装调整复杂、抗风能力强。

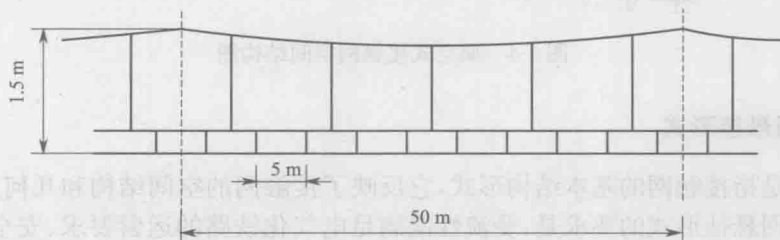


图 1-7 复链形悬挂

三、国内外对三种接触网悬挂型式的应用及比较

1. 国内外对三种接触网悬挂型式的应用

(1) 全补偿简单链形悬挂

国外铁路:法国、日本。

中国铁路:多数普速电气化线路、提速线路及部分高速铁路:石太、温福、涌台温。

(2) 全补偿弹性链形悬挂

国外铁路:德国:Re160、Re200、Re250、Re330 几种标准化悬挂形式。

中国铁路:合宁铁路、哈大线、京沪线上海试验段及郑西、武广等高速铁路。

(3) 复链形悬挂

主要是日本新干线及台湾地区部分区段。

原因:①从受流方面讲,日本动车组是采用动力分散方式,多弓受流,对接触网弹性值和弹性均匀度要求很严格。

②从环境因素讲,日本地处沿海,强台风和地震频繁,要求接触网有足够的稳定性。

2. 三种悬挂型式国外典型参数比较(表 1-1)