

前 言

《电气化铁路行车组织》是根据电气化铁路技术设备和行车组织的特点，比较全面地阐述了车站工作组织、管内车流组织、列车运行图、列车运行与指挥、行车事故救援及施工条件下行车组织等方面的理论，并联系我国电气化铁路运营管理工作的一些实际问题，进行初步探讨。它是我国第一本比较系统地总结我国电气化铁路行车组织经验方面的技术参考书。书中并吸收了国内外一些先进技术和科研成果，内容比较充实，文字通俗易懂，可供广大铁路职工、工程技术人员和大专院校师生学习参考。

我们根据电气化铁路发展的需要，应中国铁道出版社约稿，组织我局西安铁路运输学校、科研所、宝鸡铁路分局等单位有关人员，在总结电气化铁路运营管理方面的经验和进行科学试验的基础上编写的。全书由郑松富同志执笔，邵德超、徐柏林、李楚智等同志参加了第二章的编写工作，贾毓英、汪松滋等同志参加了拟定编书提纲和有关章节的修改工作。

本书在编写过程中，得到成都铁路局、电气化工程局、第三勘测设计院和铁道部科学研究院等单位的大力支持，并经铁道部运输局吴风同志、铁道部科学研究院王启镗同志审阅。但由于我局电气化铁路运营管理水平不高，行车组织工作经验不足，加上编者技术业务水平有限，书中难免会有错误，请广大读者多提意见，以便再版时修改。

西安铁路局科学技术委员会

一九八〇年十二月

电气化铁路行车组织

郑松富 编

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 林瑞耕 封面设计 刘景山

河北省永清县印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：10.5 字数：240千字
1983年3月 第1版 1987年6月 第3次印刷
印数：12,501—14,500册 定价：1.95元

内 容 简 介

本书是在总结我国电气化铁路运营管理经验和进行科学试验的基础上编写的。书中比较全面地阐述了电气化区段内的车站工作组织、管内车流组织、列车运行图、列车运行与指挥、行车事故救援及施工条件下行车组织等内容。全书共分八章。

本书可供铁路运输职工、工程技术人员和大专院校师生学习参考。

目 录

第一章 概 述	1
第一节 电气化铁路的优越性	1
第二节 电气化铁路行车设备	11
第三节 电气化铁路行车组织的特点和变动	36
第二章 车站工作组织	44
第一节 接发列车工作	44
第二节 调车工作	53
第三节 电气化与非电气化铁路衔接的车站工 作组织	61
第四节 装卸作业组织	69
第三章 长交路条件下的管内车流组织	86
第一节 长交路和轮乘制	86
第二节 长交路条件下的管内工作组织	98
第四章 列车重量、速度和耗电量	112
第一节 电力机车牵引力	112
第二节 列车运行阻力与制动力	123
第三节 货物列车重量的计算和确定	132
第四节 列车运行速度和运行时间的解算	141
第五节 耗电量计算	158
第五章 编制列车运行图的特点	169
第一节 通过能力计算	169
第二节 接触网检修及其对运行图“天窗”时 间的要求	177

第三节	列车运行图铺划的特点	189
第六章	列车运行与指挥	209
第一节	超限货物列车运行组织	209
第二节	高坡地段列车运行组织	220
第三节	调度指挥的特点	237
第七章	施工条件下的行车组织	251
第一节	施工条件下行车组织的特点	251
第二节	施工期间加强通过能力的措施	253
第三节	在运行图上预留施工“天窗”的基本 方法	269
第四节	施工期间的行车组织	279
第五节	电气化区段开通使用办法	292
第八章	行车事故救援	301
第一节	概 述	301
第二节	事故救援方法	307
第三节	接触网事故抢修与行车事故救援的 配合	317

第一章 概 述

第一节 电气化铁路的优越性

自从1879年5月31日德国西门子和哈尔斯克公司修建了世界上第一条电气化铁路和试制成功第一台电力机车到现在，电气化铁路已有一百多年的历史。目前，全世界大约有165,000公里电气化铁路，约占世界各国铁路营业里程的13%。其中：电气化程度最高的国家是瑞士，电气化铁路占营业里程的99.5%；电气化铁路发展速度最快的是苏联，1977年已达40,500公里，近二十年内平均每年有1,670公里铁路实现电气化，发展最快的1961~1965年间，平均每年2,200公里。据1976~1977年统计，电气化铁路占营业铁路一半以上的国家有瑞典（占61.9%）、荷兰（占60.5%）、意大利（占59.9%）、挪威（占57.7%）。

世界上几个主要工业发达国家铁路电气化情况，如表1—1所示。

我国铁路电气化发展较晚。1958年试制成功第一台电力机车，1961年8月第一条电气化铁路宝鸡——凤州段建成通车，揭开了我国铁路电气化的序幕。1970年广元——绵阳段铁路电气化建成，接着凤（州）——略（阳）、略（阳）——

（元）、绵（阳）——成（都）各段线路先后通车。1976年7月1日，我国第一条电气化铁路——宝成铁路676公里全线通车。1977年7月新建的电气化铁路阳平关——安康370公里线路正式交付运营。1980年，石家庄——阳泉双线、

襄樊——安康和宝鸡——天水三个电气化区段先后送电通车。标志着我国铁路电气化又向前跨进了一步。

几个主要工业发达国家铁路电气化情况表 表 1—1

国家	统 计 年 份	全国铁路营业里程 (公里)	电气化铁路营业里程 (公里)	电气化铁路占全国铁路营业比重 (%)	电气化铁路完成铁路运量所占比重 (%)
苏联	1977	139,600	40,500	29.0	52.9
西德	1977	28,500	10,540	36.9	81.0
法国	1977	34,597	9,586	27.7	77.7
日本	1977	22,484	8,990	40.0	83.0
英国	1977	18,000	3,767	21.0	40.0

我国铁路根据多年的运营实践，结合本国具体情况和吸取外国先进经验，初步确定了铁路牵引动力的发展方向为电力、内燃并举，以电力为主，同时又要改进蒸汽机车，充分发挥其作用。根据这个方针，可以预见今后我国铁路电气化将以较快的速度向前发展。目前正在施工的电气化铁路区段有：阳泉——太原双线、安康——达县、天水——兰州、成都——重庆以及丰台——沙城——大同双线区段。将继续进行电气化改造的铁路还有：北京——秦皇岛、广州——深圳和鹰潭——厦门等铁路。到了那时候，我国将有 4,000 多公里电气化铁路。

世界铁路电气化一百多年的经验和我国电气化铁路近二十年的运营实践证明，电力牵引比内燃、蒸汽牵引在运营上具有以下几方面的优点。

一、能提高运输能力

由于电力机车功率大、速度高，比内燃、蒸汽机车拉得多、跑得快，能大大提高运输能力，可以满足国民经济高速

度发展对铁路运输日益增长的要求。

例如，我国第一条电气化铁路——宝成铁路北段宝(鸡)——凤(州)高坡地区电气化后，列车牵引定数由650/900吨增加到2100/2400吨，列车运行限制速度由25公里/小时提高到50公里/小时。据统计，1977年实际完成的运量，较电气化前的1960年提高了3.5倍，1978年较1961年提高3.2倍。宝成线南段三坝地区，过去蒸汽机车下行双机牵引1800吨，现改为一台电力机车牵引2400吨，机车减半，牵引定数却提高了三分之一，输送能力也由760万吨提高到1550万吨。

1977、1978年宝成铁路广元局间分界站实际通过的货物吨数为电气化前的三倍左右，这就意味着：电气化改造后的宝成铁路完成了相当于三条改造前蒸汽牵引的旧宝成铁路的运输任务。

据《人民日报》报导，石家庄——阳泉双线电气化铁路开通使用后，上行列车牵引定数由原来的2400吨提高到3300吨，年输送能力可由2,000万吨提高到4,000万吨，输送能力提高一倍。

1980年12月开通使用的宝天电气化铁路，牵引定数由双机2600吨提高到3250吨，年输送能力可由570万吨提高到1400万吨。

二、合理使用能源

电力机车本身不带动力能源，它的能源依赖于发电厂。正因为是由发电厂经接触网向电力机车供电，因此不仅使它具有较大的过载能力和电阻制动力；而且可以合理使用能源，节约燃料。电厂发电，一方面能提高燃烧效率，集中处理污染问题；另一方面，火力发电厂可以使用劣质煤、粗柴油等低热质燃料，其它电厂还可以充分利用取之不尽、用之

不绝的水力、地热、太阳能等非可燃矿物资源。

在热效率方面，电力机车比内燃、蒸汽机车都高。考虑牵引工况的变化、停站以及惰行的能量消耗以后，电力机车车钩牵引力的热效率可达24%，内燃机车为22%，而蒸汽机车只有7%。

据统计，宝成铁路电化前，蒸汽牵引平均一万吨公里耗煤量为162公斤；内燃牵引（按广——绵段统计资料）平均一万吨公里消耗柴油64.2公斤，折合标准煤128.4公斤（一公斤柴油折合二公斤标准煤）；电力牵引平均一万吨公里消耗146度电，折合标准煤73公斤（一度电折合半公斤标准煤）。如按1976年宝成铁路全线所完成的工作量（吨公里）计算，电力机车每年用电约1.8亿度，折合标准煤9万吨；若使用蒸汽机车牵引，需要优质煤20多万吨；使用内燃机车牵引，需要消耗柴油7.8万吨，折合标准煤15.6万吨。按目前宝成铁路的运量计算，采用电力牵引每年可节约优质煤10万多吨，或节约柴油3.4万吨。

据有关资料介绍，日本国营铁路淘汰蒸汽机车的结果，1960～1975年的15年间，换算机车车辆公里增加了50%，而燃料消耗却减少了50%；在货物运输中，电力牵引消耗的能源为内燃牵引的1/2，为蒸汽牵引的1/8。苏联最近20年发展电力牵引的结果，运营费用节约了300亿卢布，节约煤炭20亿吨以上。据苏联铁路1976年统计，每一万总重吨公里标准燃料消耗量，电力牵引比内燃牵引节约标准煤7.4公斤，一年可节约标准煤250万吨。

我国水力资源丰富，居世界第一位。大力发展电力牵引，节约蒸汽机车用煤，不仅可以减少运营支出，降低运输成本；而且可以减轻铁路运输煤炭的压力，缓和工业用煤的紧张局面。在目前运量和机车类型条件下，我国铁路每年需

要消耗优质煤炭2,000多万吨。根据我国六大干线（京广、京包、京沈、津沪、哈大、陇海）采用电力、内燃牵引技术经济比较表明，在这些运输繁忙的干线上采用电力牵引代替蒸汽牵引，不仅可以提高输送能力50%，而且可以节省机车用煤50%，从而缓和主要干线运输能力紧张的局面。

我国石油工业正在迅速发展，但从长远和全局的观点看，石油的需要量也在不断增长。大力发展电力牵引，节约石油的意义也很大。近几年来，国际石油价格不断上涨，世界上出现“能源危机”，一些已经实现了内燃牵引化的国家（如扎伊尔、阿尔及利亚），都在积极发展电力牵引，这种动向很值得我们注意。

三、改善劳动条件和行车安全条件

电力牵引与蒸汽机车牵引比，能大大改善乘务人员的劳动条件。不论刮风下雨或数九严寒，机车乘务员不用探身窗外去了望信号，也不用担心因大风或气温太低致使机车烧不上汽而造成中途停车或运缓。特别是当列车通过长隧道时，乘务人员完全免除了烟熏火烤和有害空气的侵害。

据测定，在蒸汽（内燃）牵引区段，一、二、三公里长的隧道要分别经过10、18、27分钟后，有害空气才能降至平均浓度标准。

我国宝成、宝天、石太、丰沙、襄渝等铁路，地处山区，蒸汽（内燃）机车在隧道内排出大量的煤烟和有害气体，乘务人员不仅劳动强度大，而且劳动条件差。据测量，宝凤、宝天段当蒸汽机车牵引时司机室内最高温度分别为47°C、58°C，有害气体也超过国家规定的最高限额，致使有些乘务人员在夏季行车时被熏倒，严重危及人身和行车安全。采用电力牵引后，不仅大大改善了乘务员、隧道内线路

养护人员的劳动条件，而且免除了广大旅客“关窗受热，开窗烟熏”之苦。

蒸汽机车和内燃机车都要排烟，这将造成大气污染，不利于环境保护。随着我国社会主义建设事业的飞速发展，环境保护问题已提到重要的议事日程，特别在运输繁忙区段，工业也比较集中，保护环境、空气不受污染就更加重要。因此，采用电力牵引，保护环境不受污染，是关系到为子孙后代造福的重大问题。

宝成铁路宝凤段改为电力牵引后，列车正点率大幅度提高。1962~1964年为98.2%，以后十多年来一直保持着较高的水平。与此同时，几乎消灭了闯坡、运缓等蒸汽机车难以克服的困难，使大量晚点列车恢复正点。电力机车装有电气制动，提高了长大下坡道上列车运行速度，保证了行车安全，从根本上解决了蒸汽牵引时由于下坡长时间用风闸制动所带来的大量车辆、轮、轴事故，轮箍松弛减少99.6%，闸瓦溶化减少98.8%，轮箍脱出减少96.3%。

石太线高坡地段，蒸汽牵引使用空气制动时，1972年因闸瓦溶化、闸瓦发生火花等原因，造成火灾事故多起，严重影响运输安全。采用电力牵引后，既可减少发生火灾的根源，每年又能大量节约闸瓦费用。

关于电气化铁路在战争中的工作可靠性问题，有人担心发电厂、供电设备在战争中一旦被敌人炸毁，电力机车断了电源，铁路运输将要瘫痪。其实战争期间，敌人轰炸的目标岂止发电厂。从直接影响作战能源的意义上讲，石油比电用途更广、更重要，而且油田、炼油厂更不易隐蔽。在铁路设施上，敌人更注意的是枢纽和桥梁，如果这些铁路设施被炸毁，任何种类的机车一时都不能发挥作用。一切现代工业，包括钢铁、煤炭、军工生产甚至农业都离不开电力。这些建

设项目，不能因为可能遭到未来战争的破坏而不搞。

牵引供电的接触网是沿着铁路架设的。铁路万一遭到破坏，抢修接触网设备要比抢修铁路线路、桥梁等快得多。同时，铁路牵引变电所绝大多数分散在中间小站，相隔50~60公里，每个变电所向两臂送电20~30公里，万一遭到破坏，可以采取越区供电或用移动变电所代替。至于发电厂一般都联接成网，一个发电厂被炸，其它电厂照常可以送电过来，可以保证电气化铁路运输不致于瘫痪。

电气化铁路在战争时期照常发挥重要的作用，在国外也是有先例的。苏联在卫国战争时期，面临德国法西斯的狂轰滥炸，但是为了满足战时大量军运的要求，仍继续建设了439公里电气化铁路，有力地支援了卫国战争。据报导，苏联在卫国战争中有一条通往摩尔曼斯克港的电气化区段，距离前线只有50~80公里，不断遭受敌机的疯狂轰炸，仍比其它蒸汽牵引区段有更大的输送能力。据《日本国营铁路百年史》记载，认为牵引变电所目标小，炸弹命中率很低，电力牵引在空袭情况下损失较少，对“维护战灾下东京的机能作出了极大贡献。”因此在第二次世界大战期间，主要交战国为了抢运军用物资和军队，增加军事运输能力，都继续发展电气化铁路。

四、投资回收期短

采用任何一项新技术，都需要一定数量的投资。铁路牵引动力现代化，在铁路技术设备中，是一项重大的技术改造措施，需要较多的投资。根据计算，在单线铁路运量为1,000万吨、复线铁路运量为3,000万吨的条件下，各种牵引方式每公里线路基建投资（与牵引方式改变直接有关的投资）如表1—2。

每公里线路投资 (万元)

表 1—2

线 别	机 型	坡 度			
		4 ‰	6 ‰	9 ‰	12 ‰
单 线	电力牵引	27.2	28.7	30.5	35.9
	内燃牵引	13.7	16.8	18.2	26.2
	蒸汽牵引	10.4	10.8	10.8	15.4
双 线	电力牵引	57.1	59.1	64.7	68.9
	内燃牵引	33.2	39.9	50.9	61.0
	蒸汽牵引	22.6	24.9	28.8	31.9

电力牵引一次投资比较大，主要是多了一个供电系统。例如，单线铁路运量为1,000万吨，线路坡度为6 ‰时，供电系统投资占55%。

为了降低电气化铁路的工程造价，世界各国电气化铁路大量采用廉价材料。例如接触网，用钢铝导线代替过去的铜导线，改造链型悬挂为简单悬挂结构，以及改善安装工艺等，使接触网和供电设备费用大大降低。例如法国在时速低于120公里/小时的线路上采用了单根导线的简单弹性悬挂，使电气化基建投资减少了30%。

我国铁路电气化初期，由于采用铜导线链型悬挂，每公里造价较高。十多年来由于采用新技术和代用材料，不断改进施工技术和安装工艺，电气化工程费用逐步下降，与电气化初期的宝凤段相比较，平均每公里造价：广（元）——马（角坝）段降低46%；马（角坝）——绵（阳）段降低53%，凤（州）——广（元）段降低65%。

根据调查统计，我国铁路投资回收期一般以十年为准，在十年以内为有利。投资回收期越短，即经济有利性越大。

根据我国六大干线（运量均超过2,000万吨）采用电力、内燃牵引技术经济比较表明：按燃料（电力）价格计算运营支出时，投资回收期为6.3年；若按燃料成本计算运营支出时，投资回收期只需3.8年。

电力牵引的运营支出随线路坡度和运量增长而相对减少。例如，单线运量2,000万吨，线路坡度9‰的条件下，电力牵引每公里运营支出与蒸汽牵引相同，比内燃低30%，而运量、坡度分别增加为2500万吨和12‰时，电力牵引每公里的运营支出比内燃牵引减少80~90%，比蒸汽牵引约低50%。

宝成铁路宝鸡电力机车段按1965年电力牵引每百万吨公里的周转量计算，宝鸡——广元段每年节省的运营费为该段电气化总投资的1/10，即不到十年即可收回全部投资。据有关资料介绍，广元——绵阳段电气化投资（包括机车投资在内）比内燃牵引大约多30%。若以1974年该段实际完成的运量计算，电力牵引每年的运营支出比内燃牵引少45.6%，据此计算，在目前的运量条件下，一次投资比内燃牵引增加部分，只需要六年半的时间即可收回。

关于电气化基本投资的回收期问题，国外铁路也有所介绍。法国以年运量相当于2,000万吨的双线铁路为基础，通过二十年的统计，比较电力与内燃牵引的情况是：内燃牵引的基本投资比电力牵引低78%，但年度运营费用比电力牵引高26%。近年来，由于电气化改造费用有所降低，而内燃牵引的运营费用却仍见涨势，因而电力牵引的回收期比内燃牵引要短。据国外有关资料介绍，电气化工程费用回收期约为五年。苏联经验认为，货运密度为2,000万~5,000万吨时，电力牵引的基本投资偿还期为4~6年。

五、技术经济效果好

据宝鸡电力机车段统计，1979年电力牵引比1958年蒸汽牵引时，机车日车公里提高83.7%，技术速度提高88%，机车日产量提高5.4倍，列车平均牵引总重提高2.5倍，机务成本降低61%。

马角坝机务段电气化初期，由于电力机车不足，除使用韶山₁型电力机车外，还运用了一部分东风₄型内燃机车和FD型蒸汽机车。三种机车混合牵引的结果表明，电力机车完成的各项技术经济指标均高于内燃和蒸汽机车。其中：机车日车公里比蒸汽提高36%，比内燃提高19%；技术速度比蒸汽提高46%，比内燃提高13%；机车日产量比蒸汽提高70%，比内燃提高26%；列车平均牵引总重比蒸汽提高31%，比内燃提高26%。

电力机车构造严实，运动摩擦部件少，不需要经常大量更换零部件，而且电气部件也不象内燃、蒸汽机车那样受高温、油尘、灰烟和强震的影响。因此，电力机车的检修周期长，维修工作量少，检修费用低。韶山型电力机车厂修公里为蒸汽机车的2.1~2.9倍，为内燃机车的1.7~1.8倍；架修公里为蒸汽机车的1.4~2.2倍，为内燃机车的1.3~1.4倍；定修公里为蒸汽机车的3.0~3.5倍，为内燃机车的1.5~1.7倍。

同时，电力机车不加煤（柴油）、不上水，整备作业少，适于长距离运行，为推行歇人不歇车的轮乘制和延长机车交路创造了有利条件。宝成铁路马角坝机务段和宝鸡电力机车段试行轮乘制后，尽管目前的机车交路还不算长（只有300多公里），也还可节约机车14~16%，机车乘务人员的劳动生产率在原来的基础上又提高了25~30%。

总之，从提高运输能力、合理利用能源、改善劳动和安全条件、降低运输成本几个主要方面来说，电力牵引是目前铁路运输上最好的牵引方式。

第二节 电气化铁路行车设备

电气化铁路采用电力机车牵引，而电力机车本身不带动力能源，因此，它和蒸汽、内燃机车牵引的铁路相比，增加了一套供电系统，以供给电力机车所需要的电源。牵引供电系统如图 1—1 所示。

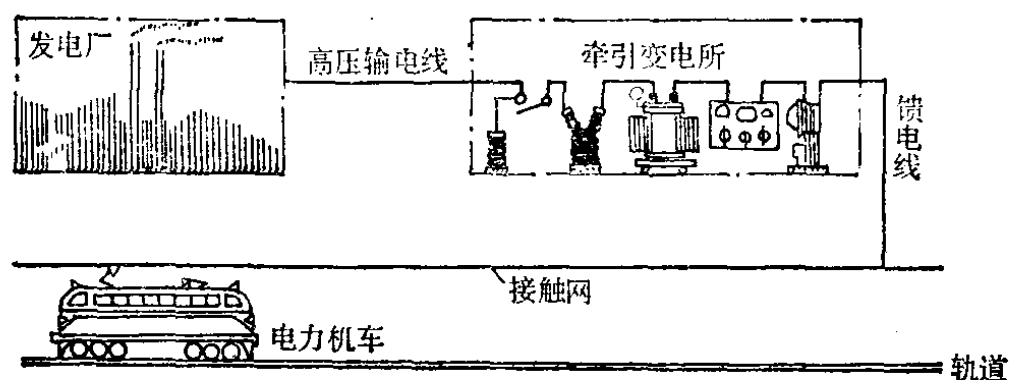


图 1—1 牵引供电系统

电气化铁路有直流制和交流制两种。交流制中又有单相低频（ $16\frac{2}{3}$ 赫或 25 赫）与单相工频（50 赫和 60 赫）之分。电流制不同，所用的电力机车和供电设备也不一样。

就世界范围而言，直流电力牵引一百多年来一直处于发展中，只是在五十年代后期，当单相工频交流电力牵引的优越性被确认以后，它的发展速度才减慢下来。目前，全世界采用直流制电力牵引的铁路里程，约占全部电气化铁路总长度的二分之一。意大利、波兰、南非、西班牙、巴西、比利时等国，几乎全部采用直流制。它的优点是控制比较简单，

对通信系统没有干扰，容易实现再生制动。缺点是供电电压较低，使得机车效率较低，接触网截面积大，牵引变电所距离短，因而一次投资大，运营费用高。

单相低频交流电力牵引的优点是接触网电压提高到15千伏，使其结构减轻，牵引变电所距离延长，机车效率比直流高，对通信干扰比工频交流小。它的缺点是需要建立专用发电厂或设置变频装置，而变频装置比整流装置复杂，体积、重量更大。目前，单相低频交流电力牵引的铁路里程约占全世界电气化铁路总长度的四分之一，西德、瑞典、瑞士、奥地利、挪威等国几乎全部采用单相低频交流制。

单相工频交流制是五十年代以来发展最迅速的一种电力牵引制度。特别是六十年代以来，伴随着高速运行的要求和电子技术的发展，不但开始发展电气化铁路的国家，大多数采用单相工频交流制，一些早期发展电气化铁路的国家，如法国、英国、苏联、日本也优先发展这种电流制，甚至将部分已经直流电气化了的区段，也改造成为单相工频交流制。

单相工频交流制比其他电流制具有许多优点。首先，在它的供电设备中，不必变换电流种类，可由工业电网直接供电，保证了牵引供电与电力系统的一致，使它成为目前最经济的一种电流制。由于接触网的电压高达25~27.5千伏，牵引变电所之间的距离可以延长到60公里左右，变电所的数目可以减少，同时接触网的截面积比直流、低频交流制都小，因而电气化铁路的投资可以减少30%左右，运营费减少10~25%。其次，电气化铁路采用工频交流制，对于沿线铁路（特别是山区铁路）实现小站电气集中及其它方面用电创造了有利条件，还可为铁路沿线的城镇和农村人民公社发展工农业生产提供电力。单相工频交流制的主要缺点是对通讯系统产生干扰，因而增加了铁路通信信号和路外通信拆迁的投