

铁路选线与计算机 辅助设计实例教程

◎ 吕希奎 王明生 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

国家自然科学基金资助(51278316)

河北省自然科学基金资助(E2014210111)

河北省教育厅重点项目资助(ZD20131026)

铁路选线与计算机辅助设计实例教程

吕希奎 王明生 编著

中国铁道出版社

2014年·北京

内 容 简 介

本书是为了适应教学改革的需要,以实际案例反向学习选线设计理论和方法为出发点,引入信息技术和计算机辅助设计应用,在原有《铁路选线设计》等教材的基础上编写而成。

全书分为两篇共 15 章。第一篇是铁路选线设计基本理论、方法和地理信息系统、遥感等信息技术在选线中的应用与实例分析。在阐述铁路选线设计的基本理论和方法基础上,对每部分内容都给出了选线设计实例,旨在通过实例更加明了的阐述铁路选线的基本理论和方法的实际应用。第二篇以德国 IB&T 公司 CARD/1 系统为例,详细介绍了基于 CARD/1 系统的铁路线路设计方法、流程和应用实例。

本书可作为高等院校土木工程、道路与铁道工程、交通运输等专业的本科教材或参考书以及相关专业课程的选用教材;也可供有关工程技术人员学习参考。随书附光盘一张,包含《列车牵引计算与仿真系统》的安装程序,并附有实例。

图书在版编目(CIP)数据

铁路选线与计算机辅助设计实例教程/吕希奎,王明生
编著. —北京:中国铁道出版社,2014. 3
ISBN 978-7-113-17545-0

I. ①铁… II. ①吕…②王… III. ①铁路选线—计
算机辅助设计—高等学校—教材 IV. ①U212. 32-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 254255 号

书 名: 铁路选线与计算机辅助设计实例教程
作 者: 吕希奎 王明生

策 划: 江新锡
责任编辑: 曹艳芳 编辑部电话: 010-51873017
编辑助理: 王 健
封面设计: 崔 欣
责任校对: 龚长江
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: 北京铭成印刷有限公司

版 次: 2014年3月第1版 2014年3月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 25 字数: 630 千

书 号: ISBN 978-7-113-17545-0

定 价: 106.00 元(赠光盘)

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010) 51873174(发行部)
打击盗版举报电话:市电(010) 51873659,路电(021) 73659,传真(010) 63549480

前 言

在铁路工程设计与建设中，线路选线是一件关系到全局的总体性工作，综合性强、牵涉面广，涉及到多学科的综合应用，是一项复杂的系统工程。综合性的铁路选线设计即铁路总体设计，是针对一条铁路建设的系统规划设计，在这个系统规划指导下，使铁路整个设计过程达到协调最好、周期最短、成本最低，并得到最优的设计成果。

本书主要分为两篇共 15 章。第一篇是铁路选线设计基本理论、方法和遥感等信息技术在选线中的应用论述，共 7 章。第二篇详细介绍了 CARD/1 系统在铁路选线的具体应用流程和方法，共 8 章。

第一篇主要介绍铁路选线设计的基本理论和方法，并对每部分内容都给出了选线设计实例，重点论述了选线理论和方法的实例应用。第 1 章主要介绍了铁路线路基本概念以及世界高速铁路的发展趋势。第 2 章主要介绍了铁路客货运量预测模型，包括：多元回归预测法、时间序列预测法、灰色预测模型、最小二乘支持向量机预测模型和组合预测模型，每种预测模型都给出相应的实例。第 3 章介绍列车牵引计算与仿真，包括列车牵引力、阻力、制动力、运行速度与运行时分、运行能耗的计算及相应的程序模块。还论述了基于 CAD 矢量法获取任意速度的牵引力和制动力方法，最后对自主开发的牵引计算仿真系统详细功能进行了说明，给出了系统应用实例。第 4 章介绍了线路平纵断面设计的方法。包括区间线路平面和纵断面设计的流程、方法。结合纵断面 CAD 辅助设计模块，对纵断面 CAD 辅助设计进行了详细的讲解。对线路设计中经常使用的断链进行了实例分析和介绍，并以 Global Mapper 软件为平台，讲解了等高线地形图的三维可视化处理方法和流程。最后给出了合福铁路线路设计实例，包括平面、纵断面设计图示例和设计成果数据。第 5 章主要介绍了铁路定线的基本方法、包括典型地形和复杂地质条件下的定线方法和定线实例。第 6 章主要论述了线路方案优化比选方法及应用，包括层次分析法、灰色关联分析法、多目标系统模糊优选模型法和基于 GIS 的新线铁路快速方案比选系统及应用。第 7 章介绍了遥感技术在铁路选线中的应用，包括航空遥感、卫星遥感在铁路选线中的应用。在可视化应用上，详细介绍了三维遥感技术在铁路选线中的应用以及遥感选线三维可视化设计系统与应用实例。

第二篇为铁路线路计算机辅助设计系统应用，以德国 IB&T 公司 CARD/1

系统为例，详细介绍了基于 CARD/1 系统的铁路线路设计方法、流程和应用实例，共分为 8 章。第 8 章主要介绍了地形数据读入及数字地形模型建立方法和流程。第 9 章主要介绍了 CARD/1 系统的平面设计方法和地形图、平面图的生成方法。第 10 章介绍了 CARD/1 系统的纵断面设计方法和流程以及设计成果的生成。第 11 章介绍了 CARD/1 系统横断面设计流程和方法以及土石方计算、土石方调配、横断面分析和横断面出图方法。第 12 章主要论述了点云技术及其在选线设计中的应用。第 13 章主要介绍了 CARD/1 系统的二次开发方法与技术及应用实例。第 14 章主要介绍了 CARD/1 系统三维可视化实现方法及应用实例。第 15 章以上海磁悬浮和长双烟铁路为实例，介绍了 CADR/1 系统的具体应用实例。

本书主要由吕希奎和王明生编写，其中第二章由石家庄铁道大学耿立艳和张天伟编写，第六章由昆明理工大学韩春华编写，第八章由石家庄铁道大学吴景龙和周小平编写。本书的撰写和出版得到了西安开道万软件有限公司兰尚曼经理，张磊、梁海文、王焕新、方波、武岳等工程师大力支持，感谢他们在 CARD/1 软件提供、案例数据、软件二次开发上给予的大量帮助。孟静芬、乔慧圆、何彬、李亚丹等研究生帮助制作书中插图，在此表示感谢。我国的铁路建设还在快速发展中，日新月异快速发展的信息技术、计算机技术在铁路选线设计中的应用，必将促使选线设计的新技术、新理论和新方法向前不断发展。由于作者的学识和水平有限，书中疏漏和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

作者
2013 年 10 月

目 录

第一篇 铁路选线设计与实例

第一章 铁路线路概述	3
1.1 我国铁路发展状况	3
1.2 我国铁路建设规划	4
1.3 铁路基本建设程序	6
1.4 铁路线路与信号标志	6
1.5 列车的种类	9
1.6 世界高速铁路的发展趋势.....	16
1.7 重载铁路.....	21
第二章 铁路客货运量预测模型	25
2.1 客货运量的调查和预测范围.....	25
2.2 多元回归预测法.....	28
2.3 时间序列预测法.....	31
2.4 灰色预测模型.....	36
2.5 铁路货运量组合预测模型.....	41
第三章 列车牵引计算与仿真	45
3.1 概 述.....	45
3.2 机车牵引力.....	48
3.3 列车运行阻力.....	57
3.4 列车制动力与制动距离计算.....	61
3.5 运行速度与运行时分.....	69
3.6 电力机车能耗计算.....	71
3.7 牵引计算仿真系统.....	74
第四章 线路平纵断面设计	93
4.1 铁路平纵断面设计概述.....	93
4.2 区间线路平面设计	101
4.3 区间线路纵断面设计	120

4.4	纵断面 CAD 设计模块	133
4.5	合福铁路线路设计实例	139
4.6	断 链	147
4.7	Global Mapper 地形图的三维处理	154
第五章	铁路定线	161
5.1	定线概述	161
5.2	线路走向的选择	162
5.3	定线的基本方法	167
5.4	典型地形条件下的定线方法	179
5.5	地质与定线	188
第六章	线路方案优化比选方法及应用	205
6.1	层次分析法及应用	205
6.2	灰色关联分析法及应用	210
6.3	多目标系统模糊优选模型法及应用	213
6.4	基于 GIS 的新线铁路快速方案比选系统	216
6.5	小 结	227
第七章	遥感技术在选线中的应用	228
7.1	航空遥感影像	228
7.2	常用高分辨率卫星遥感影像	231
7.3	常用遥感处理软件	239
7.4	卫星遥感影像在铁路选线中的应用	242
7.5	三维遥感技术在铁路地质选线中的应用	244
7.6	遥感选线三维可视化设计原型系统	248
第二篇 铁路线路计算机辅助设计——CARD/1 系统应用		
第八章	设计准备工作——地形数据读入及数模建立	257
8.1	CARD/1 系统概述	257
8.2	地形数据读入	260
8.3	数模建立	273
第九章	平面设计	282
9.1	CARD/1 平面模块主要功能	282
9.2	轴线的建立	285
9.3	道岔设计	297
9.4	平面绘图	301

第十章 纵断面设计	306
10.1 CARD/1 纵断面模块主要功能	306
10.2 纵断面设计流程.....	308
10.3 纵断面自动拟合.....	317
10.4 纵断面传坡.....	319
10.5 纵断面设计出图出表.....	320
第十一章 横断面设计	323
11.1 横断面模块.....	323
11.2 横断面设计准备数据.....	325
11.3 横断面设计流程.....	331
11.4 横断面分析.....	334
11.5 横断面出图.....	335
11.6 CARD/1 土方计算	336
11.7 CARD/1 土方调配	339
第十二章 点云技术与设计应用	346
12.1 点云概述.....	346
12.2 导入管理点云.....	347
12.3 CARD/1 点云设计	348
第十三章 CARD/1 系统二次开发	352
13.1 CardScript 编程语言简介	352
13.2 CardScript 创建人性化的对话框	357
第十四章 CARD/1 设计效果三维可视化	362
14.1 CARD/1 三维可视化实现方法	362
14.2 三维可视化实例.....	362
第十五章 CADR/1 应用实例	371
15.1 长双烟铁路设计.....	371
15.2 上海磁悬浮设计.....	385
参考文献	391

第一篇 铁路选线设计与实例

铁路建设是一项牵涉面广,影响因素多,技术层次高的复杂系统工程,综合性的铁路选线设计即铁路总体设计,是一项关系到全局的总体性工作。选线设计的过程是工程师在分析地形和地理环境的基础上,利用选线设计领域知识进行铁路空间位置方案决策的过程。根据我国铁路中长期发展规划,到2020年,我国将建成2万多公里高速客运专线和城际铁路,选线设计面临着繁重的工作和挑战。随着各种新技术的迅速发展和广泛应用,铁路选线设计的手段也发生了根本变化,从早期的单一数值计算发展到今天的可视化图形环境下的智能交互设计与决策,融入更多新技术到铁路选线设计中来,也是铁路选线设计学科发展的必然需要。将地理信息系统、遥感技术、数字摄影测量技术、虚拟现实技术等信息技术相集成,建立一个三维可视化的选线地理环境,并在该环境中实现选线设计是铁路勘测设计一体化、智能化研究领域的重要研究方向之一。本篇在介绍铁路选线基本概念、理论和方法的基础上,更加侧重于实例的应用和分析,通过实例加深对铁路选线理论和方法的理解和实际应用。此外,还介绍了地理信息系统、遥感以及虚拟现实技术在铁路选线中的应用和实例以及相应软件系统的应用效果。

第一章 铁路线路概述

1.1 我国铁路发展状况

铁路是现代文明的标志,是随着科学技术的发展而不断发展的。1825年9月27日在英国 stockton 和 Darlington 之间开通的 32 km 标准铁路是世界上正式运营的第一条铁路,这一年为铁路的诞生年。此后,欧、美各国开始竞相效仿,19 世纪末,英、美、德、法、俄等国纷纷开始修建铁路。

我国的铁路事业自 1876 年第一条营业铁路——上海吴淞铁路以来已有 100 多年的历史,经历了新旧两个根本性质不同的社会。旧中国的铁路发展缓慢和经营惨淡,改革开放以来,中国铁路发展尤其高速铁路取得了巨大的成就。铁路发展趋势见表 1-1 和如图 1-1 所示。

表 1-1 铁路发展趋势

年份	运营里程 (万 km)	复线率里程 (万 km)	电气化里程 (万 km)
2002 年	7.19	2.4	1.81
2005 年	7.5	2.5	2
2008 年	8	2.9	2.8
2010 年	9	3.5	3.5
2020 年预计	12 以上	6 以上	7.2 以上

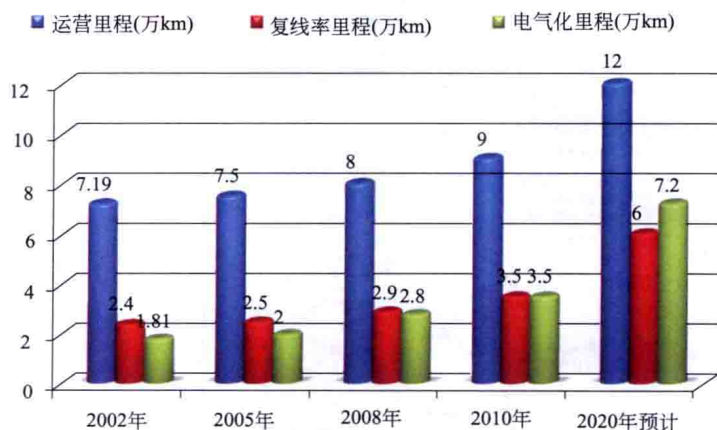


图 1-1 铁路发展趋势图

随着我国复线、电气化和内燃化水平的提高,铁路运输效率也随之提高,有些技术已进入世界领先地位。2008 年和 2010 年铁路主要运输指标见表 1-2。

表 1-2 铁路主要运输指标对比

年 份	指 标	旅客发送量 (亿人)	旅客周转量 (亿人千米)	货运总发送量 (亿吨)	货物总周转量 (亿吨千米)
2008 年		14.62	7 778.6	33.04	25 106.29
2010 年		16.8	8 762.18	36.43	27 644.13

目前,我国铁路的密度仍然很低,按国土面积计算,每万平方公里有铁路 81.2 km,仅为德国的 9%,英国的 10%,日本的 11%,在世界排名 60 之后。按人口计算,我国人均拥有铁路仅为 5.5 cm,在世界排名 100 之后。

1.2 我国铁路建设规划

《中长期铁路网规划》是国务院批准的第一个行业规划,也是截至 2020 年我国铁路建设的蓝图。其目标为到 2020 年,全国铁路营业里程达到 12 万 km 以上,主要繁忙干线实现客货分线,复线率和电气化率分别达到 50% 和 60% 以上,运输能力满足国民经济和社会发展需要,主要技术装备达到或接近国际先进水平。

根据《中长期铁路网规划》建立以“四纵”和“四横”为骨架的快速客运网,见表 1-3,示意图如图 1-2 所示。将连接所有省会及 50 万人口以上的大城市,覆盖全国 90% 以上人口,大大缩短城市间时空距离。届时,邻近省会城市将形成 1~2 h 交通圈,省会与周边城市形成 0.5~



图 1-2 “四纵四横”为骨架的客运专线网络

1 h交通圈。北京到全国绝大部分省会城市将形成 8 h 以内交通圈,例如,1 h 内能到达天津、石家庄等城市;2 h 能到达郑州、济南、沈阳、太原等城市;3 h 能到达南京、合肥、长春、大连等城市;4 h 能到达上海、杭州、武汉、西安、哈尔滨等城市。除海口、南宁、昆明、乌鲁木齐、拉萨、台北外,北京到全国省会城市都将在 8 h 以内。以北京为中心的铁路快速网规划示意图如图 1-3 所示。

表 1-3 “四纵四横”客运专线

名称	线路走向	连接区域
四纵	北京—上海客运专线	贯通京津至长江三角洲东部沿海经济发达地区,全长约 1 318 km
	北京—武汉—广州—深圳客运专线	连接华北、华中和华南地区,全长约 2 260 km
	北京—沈阳—哈尔滨(大连)客运专线	连接东北和关内地区,全长约 1 700 km
	杭州—宁波—福州—深圳客运专线	连接长江、珠江三角洲和东南沿海地区,全长约 1 600 km
四横	徐州—郑州—兰州客运专线	连接西北和华东地区,全长约 1 400 km
	杭州—南昌—长沙客运专线	连接华中和华东地区,全长约 880 km
	青岛—石家庄—太原客运专线	连接华北和华东地区,全长约 770 km
	南京—武汉—重庆—成都客运专线	连接西南和华东地区,全长约 1 600 km

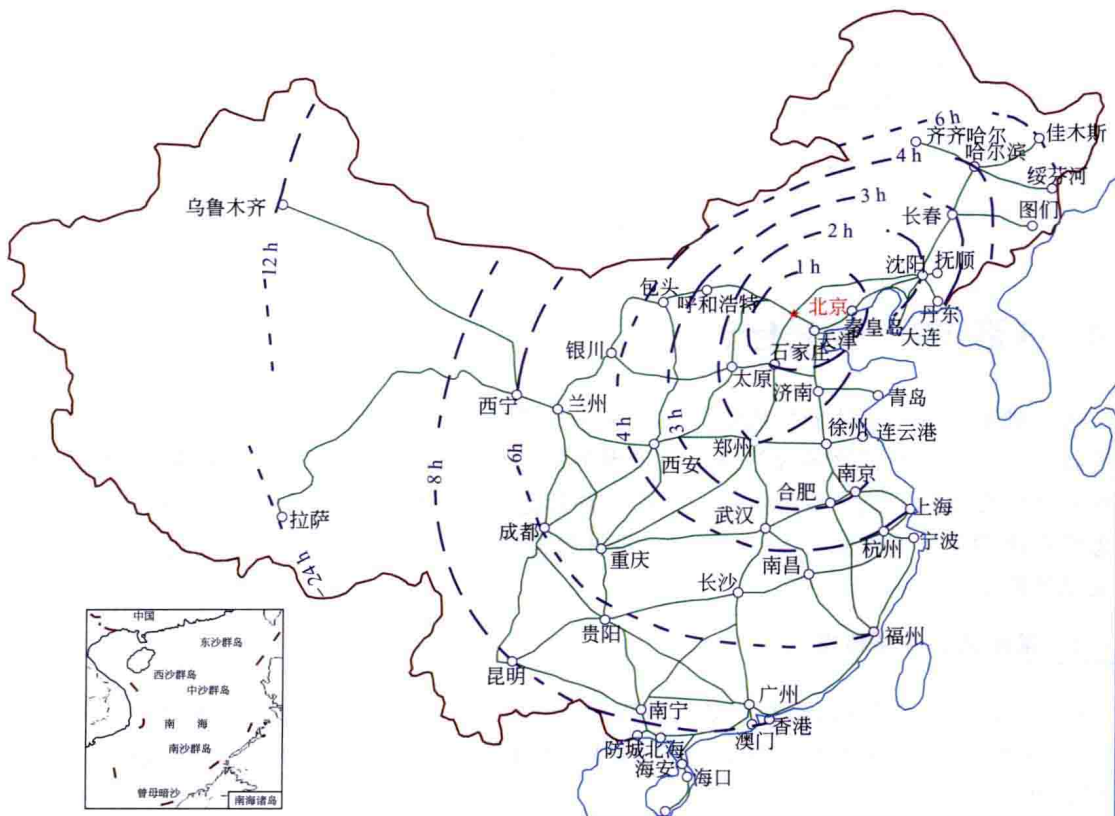


图 1-3 以北京为中心的铁路快速客运网规划示意图

1.3 铁路基本建设程序

铁路基本建设程序是铁路建设项目从决策、设计、施工、竣工验收直到建成投产的全过程中,各个阶段、各个步骤、各个环节所必须遵循的顺序和制度,进行铁路基本建设必须遵循该程序。

铁路基本建设程序一般可划分为七个阶段,即:铁路预可行性研究(项目建议书)阶段、铁路可行性研究(设计任务书)阶段、铁路设计阶段、铁路建设准备阶段、铁路建设实施阶段、铁路竣工验收阶段和铁路建设项目后评价阶段。其中预可行性研究阶段、可行性研究阶段称为“前期工作阶段”或“投资项目决策阶段”,在这两个阶段,必须对建设项目做出经济评价。铁路基本建设项目流程图如图 1-4 所示。

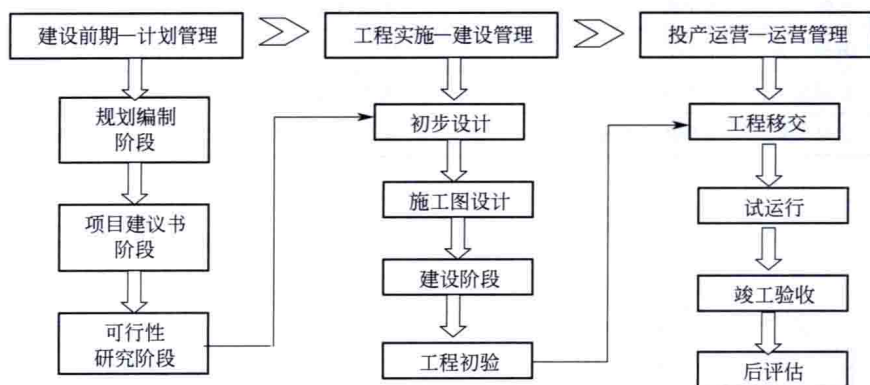


图 1-4 铁路基本建设项目流程图

1.4 铁路线路与信号标志

为了满足行车和线路养护维修及司机和车长等工作上的需要,表示铁路线路建筑物及设备状态或位置以及铁路各级管理机构管界范围的标志称为线路标志。线路标志,应按计算公里方向设在线路左侧。双线区段须另设线路标志时,应设在列车运行方向左侧。线路、信号标志设在距钢轨头部外侧不少于 2 m 处(警冲标除外)。不超过钢轨顶面的标志,可设在距钢轨头部外侧不少于 1.35 m 处。

1.4.1 常见铁路线路标志

- (1) 公里标、半公里标,设在一条线路自起点计算每一整公里、半公里处,如图 1-5 所示。
- (2) 曲线标,设在曲线中点处,标明曲线中心里程、半径大小、曲线和缓和曲线长度、超高、加宽等数据,如图 1-6 所示。
- (3) 圆曲线和缓和曲线始终点标,设在直缓、缓圆、圆缓、缓直各点处,如图 1-7 所示。
- (4) 桥梁标,设在桥梁中心里程(或桥头)处,标明桥梁编号和中心里程,如图 1-8 所示。



图 1-5 公里标和半公里标



图 1-6 曲线标

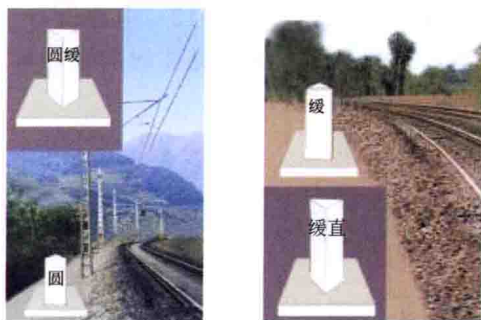


图 1-7 圆曲线和缓和曲线始终点标



图 1-8 桥梁标

(5) 坡度标, 设在线路坡度的变坡点处, 两侧各标明其所向方向的上、下坡度值及其长度, 其中箭头向上为上坡, 箭头向下为下坡, 横线为平坡, 如图 1-9 所示。



图 1-9 坡度标

1.4.2 常见铁路信号标志

信号标志应设在列车运行方向左侧(警冲标除外)。

(1) 警冲标: 设在两会合线路间距离为 4 m 的中间。线间距离不足 4 m 时, 设在两线路中心线最大间距的起点处。在线路曲线部分所设道岔附近的警冲标与线路中心线间的距离, 应按限界的加宽增加, 如图 1-10 所示。

(2) 站界标: 设在双线区间列车运行方向左侧最外顺向道岔(对向出站道岔的警冲标)外不

少于 50 m 处,或邻线进站信号机相对处,如图 1-11 所示。



图 1-10 警冲标



图 1-11 站界标

(3)预告标:设在进站信号机外方 900 m、1 000 m 及 1 100 m 处(图 1-12),但在设有预告信号机及自动闭塞的区段,均不设预告标。在双线区间,退行的列车看不见邻线的预告标时,在距站界外 1 100 m 处特设一个预告标,如图 1-13 所示。

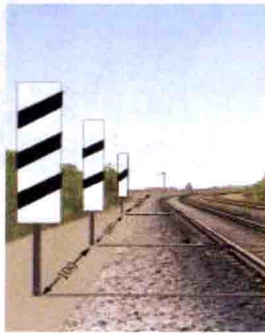


图 1-12 预告标(单线)

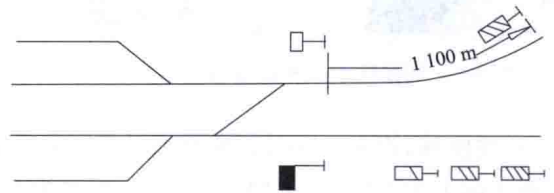


图 1-13 预告标(双线)

(4)引导员接车地点标:列车在距站界 200 m 以外,不能看见引导人员在进站信号机或站界标处显示的手信号时,须在列车距站界 200 m 外能清晰地看见引导人员手信号的地点设置如图 1-14 所示。

(5)司机鸣笛标:设在道口、大桥、隧道及视线不良地点前方 500~1 000 m 处。司机见此标志,须长声鸣笛如图 1-15 所示。



图 1-14 引导员接车地点标



图 1-15 司机鸣笛标

(6)作业标:设在施工线路及其邻线距施工地点两端 500~1 000 m 处,如图 1-16 所示。司机见此标志须提高警惕,长声鸣笛。

(7)减速地点标:设在需要减速地点的两端各 20 m 处。正面表示列车应按规定限速通过地段的始点,背面表示列车应按规定限速通过地段的终点,如图 1-17 所示。



图 1-16 作业标



图 1-17 减速地点标

(8)桥梁减速信号牌为黄底、黑色图案、黑字,上部标明客运列车限制速度、下部标明货物列车限制速度,如图 1-18 所示。

(9)四显示机车信号接通标:涂有白底色、黑竖线、黑框的反光菱形板及黑白相间的立柱标志,如图 1-19 所示。

(10)四显示机车信号断开标:涂有白底色、中间断开黑横线、黑框的反光菱形板及黑白相间的立柱标志,如图 1-20 所示。



图 1-18 桥梁减速信号牌



图 1-19 四显示机车信号接通标



图 1-20 四显示机车信号断开标

1.5 列车的种类

目前我国开行的列车类型有多种,铁路车辆按规定重量、长度及编挂条件编成车列,按运输性质和用途分为客运列车、货运列车和特殊用途列车,如图 1-21 所示。