



西南交通大学“323实验室工程”系列教材
交通运输实验教学示范中心系列实验教材

JIAOTONG YUNSHU SHEBEI
SHIYAN JIAOCHENG

交通运输设备 实验教程

主编 邓灼志 石红国

主审 西南交通大学实验室及设备管理处



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

西南交通大学“323 实验室工程”系列教材
交通运输实验教学示范中心系列实验教材

交通运输设备实验教程

主编 邓灼志 石红国

主审 西南交通大学实验室及设备管理处

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

交通运输设备实验教程 / 邓灼志, 石红国主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2009.5

(西南交通大学“323 实验室工程”系列教材. 交通运输
实验教学示范中心系列实验教材)

ISBN 978-7-5643-0240-5

I. 交… II. ①邓…②石… III. 铁路运输—实验—高等
学校—教材 IV. U2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 042743 号

西南交通大学“323 实验室工程”系列教材

交通运输实验教学示范中心系列实验教材

交通运输设备实验教程

主编 邓灼志 石红国

*

责任编辑 王 旻

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蜀通印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 7.875

字数: 195 千字

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0240-5

定价: 15.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是在交通运输品牌专业建设、交通运输专业国家特色建设实践中，为了满足交通运输专业实践教学体系改革和专业人才培养目标，完善实验教学体系和教学内容而编写的实验教材。

本书是交通运输实验中心系列实验教材之一，本书内容主要包括线路基础、铁路桥隧、铁路机车、铁路车辆、铁路信号基础、继电半自动闭塞、车站电气集中联锁、微机联锁设备原理及操作、分散自律调度集中设备原理、列车牵引计算与运行模拟认识、列车运行受力分析与过程计算、列车牵引调整等实验项目，主要是为了满足铁路线路基础、铁路机车车辆、铁路信号、列车牵引计算等课程实验教学的需要

本书共分为四篇。第一篇、第二篇、第三篇由邓灼志、王顺利、蔺浩编写，第四篇由石红国编写，全书由邓灼志、石红国统稿。

本书的出版得到了西南交通大学“323 实验室工程”的资助，在编写过程中，得到了西南交通大学国有资产及实验室管理处大力支持，在此表示感谢！

限于编者水平，加之时间仓促，书中难免有不足之处，欢迎提出宝贵意见，敬请批评指正。

编 者

2009 年 5 月

目 录

第一篇 铁路线路	1
实验一 线路基础实验.....	1
实验二 铁路桥隧实验.....	10
第二篇 机车车辆	15
实验三 铁路机车实验.....	15
实验四 铁路车辆实验.....	23
第三篇 铁路信号	34
实验五 信号基础实验.....	34
实验六 64D 继电半自动闭塞实验.....	40
实验七 自动闭塞原理实验.....	43
实验八 6502 车站电气集中联锁实验.....	46
实验九 微机联锁设备原理及操作实验.....	53
实验十 分散自律调度集中设备原理实验.....	62
第四篇 列车牵引计算	73
实验十一 列车牵引计算与运行模拟认识实验.....	73
实验十二 列车运行受力分析与过程计算实验.....	85
实验十三 列车牵引调整实验.....	91
附录 城市轨道交通列车牵引计算系统操作手册.....	95
参考文献.....	120

第一篇 铁路线路

铁路线路是铁路运输三大基础设施中的固定设备之一，以铁路线路为代表的铁路工程建筑物是由路基、桥隧建筑物及轨道组成的一个整体工程结构物，是铁路运输最主要、最基本的技术设施，铁路线路为列车的运行提供了最基本的条件。铁路线路应该经常保持在良好的状态，使列车能按规定速度，安全、平稳和不间断地运行，保证铁路运输部门顺利完成各项客货运输任务。铁路线路实验是通过对模型的认识，使学生熟悉线路的基本组成、基本设备，为以后的专业课学习打下良好的基础。

实验一 线路基础实验

一、实验目的

- (1) 了解轨道的基本组成。
- (2) 掌握铁路线路平面和纵断面的构成。
- (3) 掌握路基的基本组成。
- (4) 掌握常见道岔的种类及单开道岔的组成。
- (4) 了解常见的线路标志。

二、实验内容

线路是列车运行的基础，起着承受列车巨大质量、引导列车运行方向等作用。线路是由路基、桥隧建筑物及轨道三大部分组成的一个整体工程结构物。

路基是线路的重要组成部分，是承受轨道和车辆负载的基础。路基的基本形式有三种：路堤、路堑和半堤半堑。路基由路基面、路肩、边坡及排水设备等组成。轨道是用来引导列车行驶方向的整体工程结构，它直接承受由车轮传来的巨大压力，并将之传递、扩散到路基或桥隧建筑物上。轨道由道床、轨枕、钢轨、连接零件、防爬设备和道岔等组成。各种线路标志是为了标明线路所处状态，其中有里程标、坡度标、曲线标、桥梁标等。

三、实验仪器、设备

线路模型沙盘，单开道岔模型，交分道岔模型，路基模型，各种表示器，线路横、纵断面模型等。

四、实验原理

1. 轨道

由钢轨、轨枕、连接零件、道床、防爬设备等组成部分

1) 钢轨

钢轨的作用是直接承受车轮的巨大压力并引导车轮的运行方向，此外，在电气化铁路和自动闭塞区段，作为轨道电路使用。因而它应当具备足够的强度、稳定性和耐磨性。

为了使钢轨具有最佳的抗弯性能，钢轨的断面形状采用“工”字形，如图 1.1 所示，钢轨由轨头、轨腰和轨底组成。

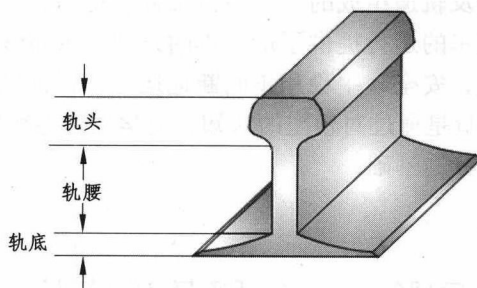


图 1.1 钢轨示意图

在我国，钢轨的类型或强度以每米长度的质量（千克数）表示，现行的标准钢轨类型有：75 kg/m、60 kg/m、50 kg/m。钢轨的长度长一些好，可以减少钢轨接头的数量，列车运行平稳并可节省接头零件和线路的维修费用，但是由于加工条件和运输条件的限制，一根钢轨的轧制长度是有限的。目前我国钢轨的标准长度有 25 m 和 12.5 m 两种，对于 75 kg/m 钢轨只有 25 m 长一种。此外，还有专供曲线地段铺设内轨用的标准缩短轨若干种。普通轨道为适应钢轨热胀冷缩的需要，钢轨接头处必须留有一定的缝隙，如图 1.2 所示。预留轨缝不应太小，以免高温时钢轨伸长而无伸长余地；轨缝也不应太大，以免低温时钢轨缩短，把接头螺栓拉弯或拉断。



图 1.2 轨缝示意图

2) 轨枕

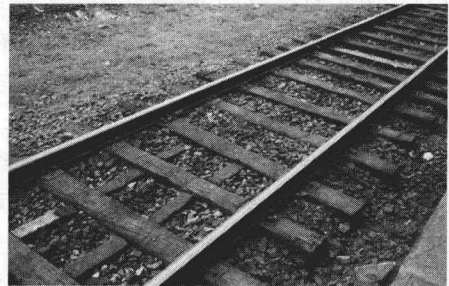
轨枕的作用是支承钢轨，并将钢轨传来的压力传递给道床，同时可保持钢轨位置和轨距。

轨枕按照制作材料分，主要有钢筋混凝土枕和木枕两种，如图 1.3 所示。我国铁路所使用的主要是预应力混凝土枕。

我国普通轨枕的长度为 2.5 m，道岔用的岔枕和钢桥上用的桥枕，其长度有 2.6~4.85 m 多种。每公里配置的轨枕根数，由运量、行车速度、线路等级条件决定，力求在最经济条件下，保证轨道具有足够的强度与稳定性。



(a) 混凝土枕



(b) 木枕

图 1.3 轨枕

3) 连接零件

连接零件分为接头连接零件和中间连接扣件。

接头连接零件：两节钢轨的末端，用接头连接零件连接。先用两块鱼尾板夹住钢轨，然后用螺栓拧紧。为防止螺栓松动，在螺帽与鱼尾板之间加有弹簧垫圈，如图 1.4 所示。

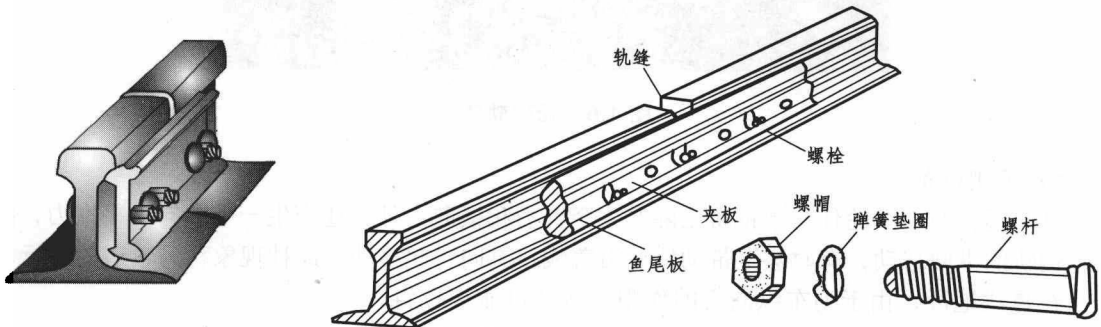
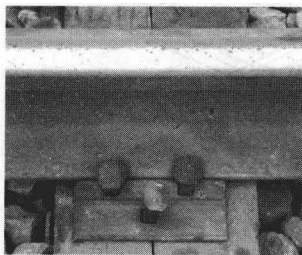
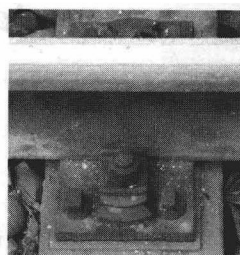


图 1.4 连接零件

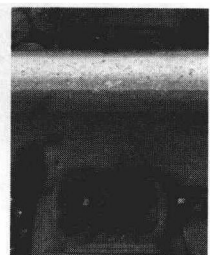
中间连接扣件：把钢轨与轨枕牢固地连接起来，以确保钢轨位置稳定。根据轨枕的性质，中间连接扣件可以分为：木枕连接扣件和混凝土枕连接扣件，如图 1.5 所示。



(a) 钢轨与木枕的混合式连接



(b) 钢轨与木枕的分开式连接



(c) 钢轨与混凝土枕的连接

图 1.5 钢轨连接

4) 道床

道床介于轨枕与路基之间，是轨道的重要组成部分。道床是铺设在路基面上的石砟（道砟）垫层，其主要作用是：① 支承轨枕，把轨枕上部的压力均匀地传递给路基；② 固定轨枕的位置，防止轨枕纵向或横向移动；③ 缓和机车车辆轮对对钢轨的冲击。传统的铁路轨道通常由两条平行的钢轨组成，钢轨固定放在枕木上，之下为小碎石铺成的路砟。路砟和枕木均起加大受力面、分散火车压力、帮助铁轨承重的作用，防止铁轨因压力太大而下陷到泥土里。此外，路砟（小碎石）还有几个作用：减少噪音、吸热、减震、增加透水性等。这就是有砟轨道。传统有砟轨道具有铺设简便、综合造价低廉的特点，但容易变形，维修频繁，维修费用较大。同时，列车速度受到限制。无砟轨道的轨枕本身是混凝土浇灌而成，而路基也不用碎石，铁轨、轨枕直接铺在混凝土路上，如图 1.6 所示。无砟轨道技术是当今世界先进的轨道技术，可以减少维护、降低粉尘、美化环境，而且列车速度可以达到 200 km/h 以上。

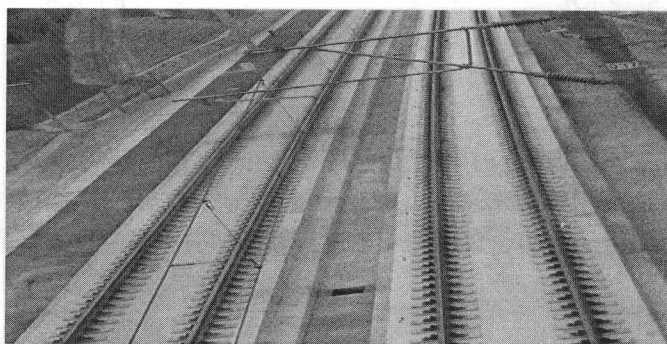


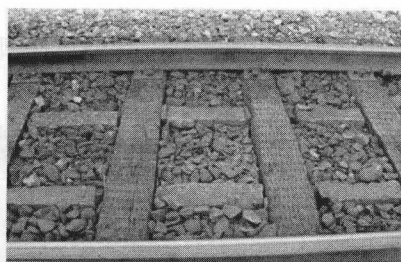
图 1.6 无砟轨道

5) 防爬设备

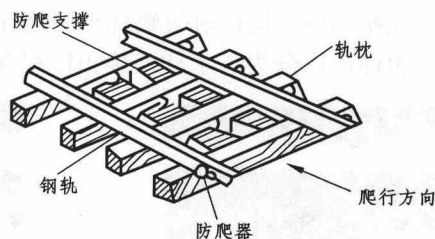
列车运行时，车轮作用于钢轨上除产生垂直力和横向力外，还产生一个纵向水平推力，能引起钢轨的纵向移动，有时甚至带动轨枕沿着线路方向一起移动，此种现象称为轨道的爬行。

在直线地段，由于列车纵向力的作用，轨枕可能被拉斜。

预防方法是将防爬器与防爬支撑配合使用，如图 1.7 所示。



(a) 石质防爬器



(b) 防爬器的安装

图 1.7 防爬设备

在曲线地段，由于列车横向力的作用，很容易引起轨距扩大。预防方法是采用轨距拉杆进行加固，如图 1.8 所示。

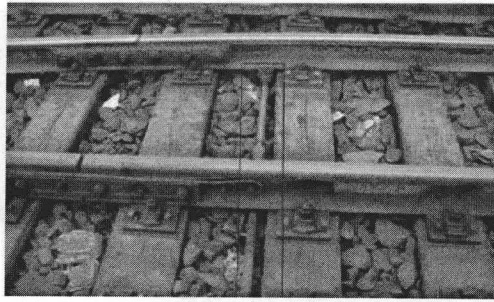


图 1.8 轨距拉杆

2. 路 基

1) 路基的组成

路基主要由路基本体、路基防护和加固建筑物、路基排水设备三部分建筑物组成。铁路路基本体主要包括：路基顶面、路肩和路基边坡，如图 1.9 所示。

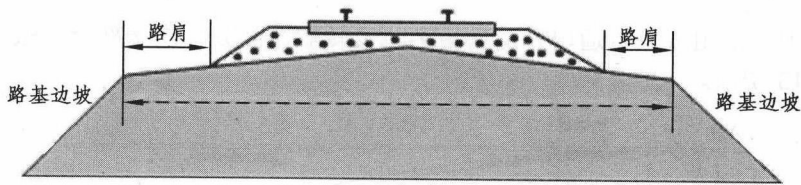


图 1.9 铁路路基的组成

路肩与路基边坡：路基顶面两侧无道床覆盖的部分称为路肩，路肩边缘以外的斜坡为路基边坡，如图 1.10 所示。



图 1.10 路基路肩与边坡示意图

2) 路基的基本形式

把垂直于线路中心线的路基横截面称为路基横断面，简称路基断面。按照路基所处的地势情况与横断面的形状，路基断面可分为 6 类：

(1) 路堤：路基设计高程高于地面高程，用土、石填筑而成的路基，如图 1.11 所示。

(2) 路堑：路基设计高程低于地面高程，通过挖掘而形成的路基，如图 1.12 所示。

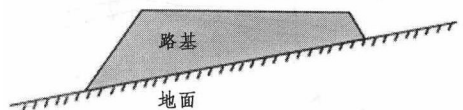


图 1.11 路堤断面简图

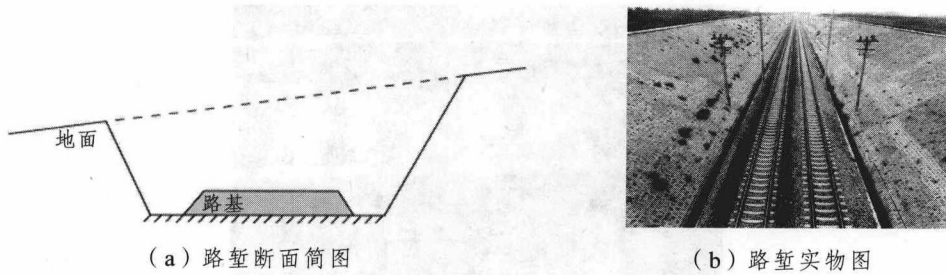


图 1.12 路堑

此外还有不填不挖路基、半路堤、半路堑和半路堤半路堑。

3. 道岔

道岔是一种使机车车辆能从一股道转入另一股道的线路连接设备。常见的有：普通单开道岔、单式对称道岔、三开道岔、交分道岔、交叉设备等。

1) 普通单开道岔

(1) 单开道岔的组成。普通单开道岔由尖轨及转辙器部分、连接部分、辙叉及护轨部分组成，如图 1.13 所示。

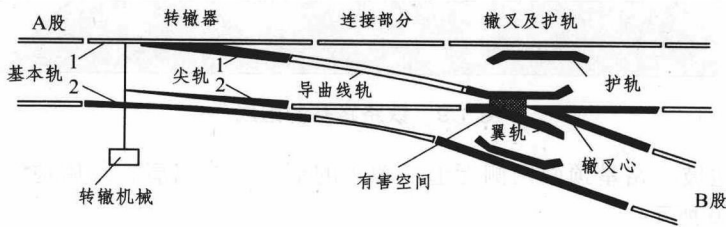


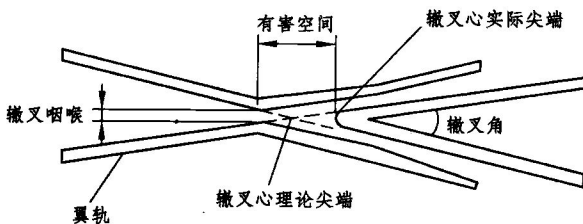
图 1.13 普通单开道岔的组成

尖轨及转辙器：包括两根尖轨和两根基本轨，是引导机车车辆转线的部分。

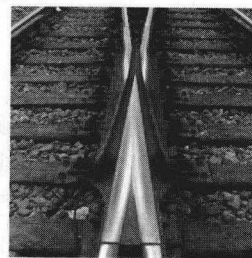
连接部分：包括两根直轨和两根导曲线轨。它是将转辙器和翼轨连接起来的部分。

辙叉及护轨：包括辙叉、护轨、主轨（安装护轨的基本轨）及其他连接零件，其作用是使运行在一条钢轨上的列车车轮的轮缘能越过另一条钢轨。

(2) 有害空间。从辙叉两翼轨相距最近处（辙叉咽喉）至辙叉心实际尖端之间的区域称为“有害空间”，这一段是轨线中断区段。为保护车轮安全通过“有害空间”，在辙叉两侧相对有害空间位置的基本轨内侧设置护轨，如图 1.14 所示。



(a) 有害空间示意图



(b) 有害空间实图

图 1.14 有害空间

(3) 道岔号。道岔因其辙叉角的不同，有不同的道岔号 (N)，道岔号表明了道岔各部分的主要尺寸。对于道岔号我们习惯用辙叉角 (α) 的余切值来表示，如图 1.15 所示。

$$N = \cot \alpha = \frac{EF}{AE}$$

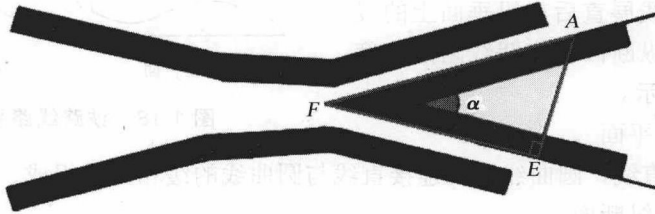


图 1.15 道岔号计算简图

2) 对称道岔

对称道岔由主线向两侧分为两条线路，道岔各部件均按辙叉角平分线对称排列，两条连接线路的曲线半径相同，无直向或侧向之分，因此两侧线运行条件相同，如图 1.16 所示。

对称道岔增大导曲线半径，提高侧线通过速度，并可缩短站场长度。

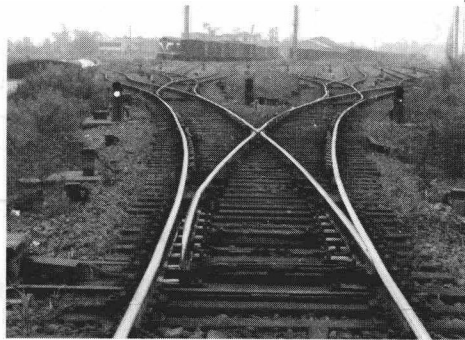
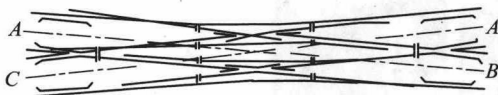


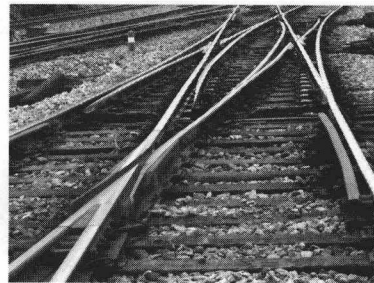
图 1.16 对称道岔

3) 交分道岔

交分道岔是将一个单开道岔纳入另一个道岔内构成的。它起到了两个道岔的作用，且占地较短，但交分道岔构造复杂，一般仅在大编组站、旅客站或其他用地长度受限制的咽喉区采用，如图 1.17 所示。



(a) 交分道岔结构图



(b) 交分道岔实图

图 1.17 交分道岔

4. 铁路线路的平面和纵断面

铁路线路在空间的位置是用它的中心线来表示的。线路中心线在水平面上的投影，叫做铁路线路的平面，表明线路的直、曲变化状态；线路中心线展直后在铅垂面上的投影，叫铁路线路的纵断面，表明线路的坡度变化，如图 1.18 所示。

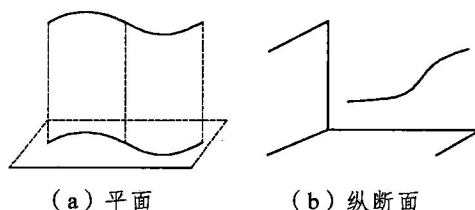


图 1.18 铁路线路平纵断面图

1) 铁路线路的平面

线路的平面由直线、圆曲线以及连接直线与圆曲线的缓和曲线组成，如图 1.19 所示。

2) 铁路线路的纵断面

线路纵断面由平道、坡道及设于变坡点处的竖曲线组成。

坡度是一段坡道两端点的高差 h 与水平距离 L 之比，用 $i\%$ 表示，如图 1.20 所示。

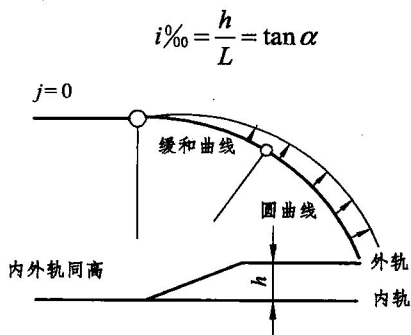


图 1.19 缓和曲线

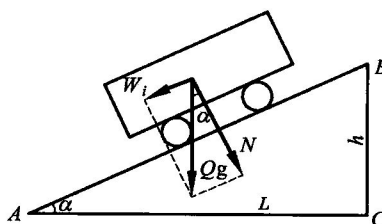


图 1.20 坡道坡度示意图

线路纵断面上坡度的变化点，叫变坡点。相邻变坡点间的距离，叫坡段长度。

5. 线路标志

为满足行车和线路养护维修的需要，在铁路沿线设有许多用来表明铁路建筑物及设备位置和技术状态的标志。线路标志应设在线路里程增加方向的左侧机车车辆限界以外，距钢轨头部外侧不小于 2 m 处。曲线标等不超过钢轨顶面的标志，为不妨碍某些特种车辆（如除雪车、底开门车等）在工作状态时顺利通过，可设在距钢轨头部外侧不小于 1.35 m 处。

1) 公里标、半公里标

公里标从铁路线路起点开始，每公里设置一个；半公里标设于线路的半公里处，如图 1.21 所示。

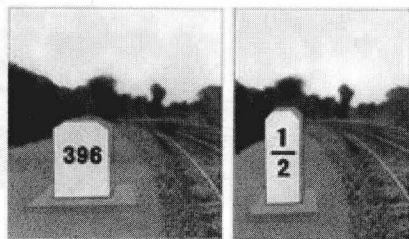


图 1.21 公里标、半公里标

2) 曲线标

曲线标为曲线的技术参数，在上面标明曲线的有关要素（曲线长度、缓和曲线长度、曲线半径、超高、加宽），该标设置于圆曲线的中部，如图 1.22 所示。



(a) 曲线标设置位置



(b) 曲线标示意图

图 1.22 曲线标

3) 坡度标

坡度标表示该坡道的坡度大小及坡段长度，并用箭头表示上坡和下坡。坡度标设在变坡点处，如图 1.23 所示。

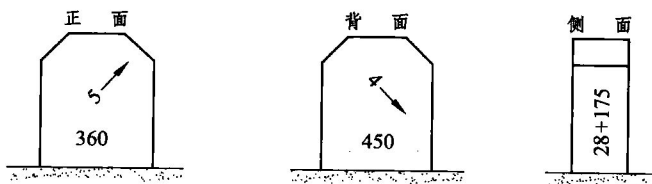


图 1.23 坡度标

4) 桥梁标

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 1.24 所示。

5) 管界标

管界标设在铁路局、工务段、领工区、养路工区、供电段、电力段管辖地段的分界点处，两侧分别标明所在方向的单位名称，如图 1.25 所示。

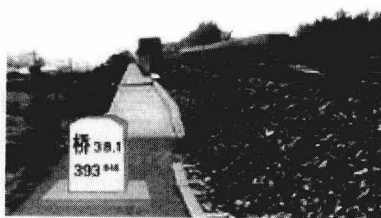


图 1.24 桥梁标



图 1.25 管界标

五、实验步骤

(1) 通过老师对每种模型的讲解，了解各种设备的组成及作用。

- (2) 利用理论知识，结合各种模型了解各种设备的具体结构。
- (3) 学生对能够操作的部分进行演练。

六、实验报告要求

- (1) 认真完成实验报告，报告要用实验报告纸，书写工整，按时上交。
- (2) 对思考题应能依据实验过程作出相应的回答。

七、实验注意事项

- (1) 爱护实验室设备。
- (2) 不得擅自携带任何实验室设备离开实验室。

八、思考题

- (1) 普通单开道岔由哪几部分组成？各起什么作用？
- (2) 活动心轨道岔有什么特点和作用？
- (3) 路基的组成及作用是什么？
- (4) 轨道由哪几部分组成？
- (5) 各种表示器及标志的设置地点及作用是什么？

实验二 铁路桥隧实验

一、实验目的

- (1) 了解铁路桥梁、隧道、涵洞的功用。
- (2) 了解铁路桥梁的分类及组成。

二、实验内容

当铁路线路通过江河、溪谷、谷地以及山岭等天然障碍，或要跨越公路、铁路时就要修建桥隧建筑物，以使铁路线路得以继续向前延伸。桥隧建筑物包括桥梁、隧道、涵洞等。桥梁是铁路线路跨越河流、池沼、低地、深谷、公路或另一条铁路线时而修建的建筑物。桥梁由桥面、桥跨结构、墩台及基础组成。桥面是铺设轨道和人行道的部分，直接承受列车重力，并比较均匀地传递给桥跨结构，常用桥面为明桥面和道砟面。桥跨结构是桥梁承受负载，跨越空间的部分。墩台是支撑桥墩结构的部分。铁路隧道是专供铁路运输使用的地下建筑物，主要用以克服高山等障碍、缩短迂回线长度或开挖深路堑，以满足铁路对线路顺直、平缓的要求，改善列车运行条件。涵洞是设在路基下的过水建筑物。

三、实验仪器、设备

各种桥梁模型、隧道模型、涵洞模型。

四、实验原理

1. 桥梁的分类

桥梁的形式很多，根据桥梁的受力情况，分为梁桥、拱桥、刚架桥、悬桥和组合体系桥 5 种。

1) 梁桥

梁桥在竖向载荷作用下只产生竖向反力。桥跨为梁，只受挠、受剪，不受到轴向力。梁桥又分简支梁桥、连续梁桥、悬臂梁桥。如图 2.1 所示为连续梁桥。

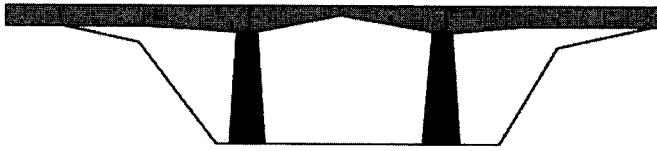


图 2.1 连续梁桥

2) 拱桥

拱桥在竖向载荷下有竖向反力和横向反力，无铰拱桥还产生支座弯矩。桥跨为拱，以受压为主，也受挠、受剪。拱桥可以分为实体拱拱桥和桁拱拱桥。如图 2.2 所示为实体拱拱桥。



图 2.2 实体拱拱桥

3) 刚架桥

刚架桥的特点是桥跨与墩台以刚性连接成一体，在竖向载荷的作用下产生竖向反力和水平反力，无铰刚架还有支撑弯矩。刚架以受挠为主，也受剪和轴向力。从造型上刚架桥可以分为门形刚架桥和斜腿刚架桥。如图 2.3 所示为斜腿刚架桥。

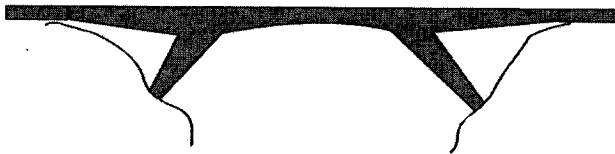


图 2.3 斜腿刚架桥

4) 悬桥

悬桥以缆索跨过塔顶，锚定于河岸上作为承重结构，在缆索上悬挂吊杆，吊起桥面系，缆索受拉，如图 2.4 所示。

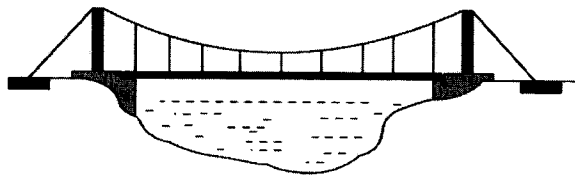


图 2.4 悬桥

5) 组合体系桥

组合体系桥是由不同体系组合而成的桥梁。例如：系杆拱桥是梁与拱的组合体系；斜拉桥是梁与索的组合体系，如图 2.5 所示。

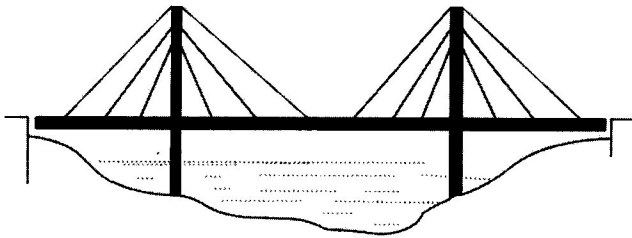


图 2.5 斜拉桥

2. 桥梁的组成

桥梁主要由桥面、桥跨结构、墩台及基础三部分组成，如图 2.6 所示。

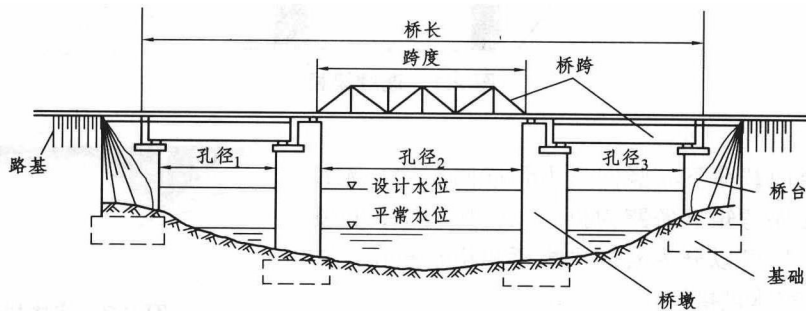


图 2.6 桥梁结构示意图

3. 隧道的基本组成

铁路隧道结构由主体建筑物和附属建筑物组成。主体建筑物包括洞门、洞身衬砌，其作用是保持隧道的稳定，保证列车的安全运行；附属建筑物由避车洞、防排水设施、通风设施组成，主要为隧道安全、养护与维修隧道的需要而设置。

(1) 洞门，如图 2.7 所示。



图 2.7 隧道洞门

(2) 洞身衬砌。衬砌是用于支持隧道四周围岩，防止其塌落的设施，如图 2.8 所示。