

高等学校“十一五”规划教材

交通工程设施设计

主编 孟祥海 李洪萍

主审 盛洪飞



哈尔滨工业大学出版社

高等学校“十一五”规划教材

交通工程设施设计

主编 孟祥海 李洪萍
主审 盛洪飞

哈尔滨工业大学出版社

内容简介

本书是面向高等院校交通工程专业和交通运输工程专业本科生编写的教材,在吸收、总结国内外交通工程设施研究成果的基础上,系统地介绍了交通工程设施设计的基本理论和基本方法。主要内容包括交通安全设施、道路交通标志与标线、静态交通设施、道路收费与服务设施、道路照明设施、城市道路无障碍设施、机电系统设计、道路绿化及景观、案例、交通工程设施研究进展等。另外,给出了交通工程设施名词中英文对照。

本书可作为高等院校道路桥梁与渡河工程专业本科教学的参考书,也可供交通、城建、公安等部门的技术人员和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

交通工程设施设计/孟祥海,李洪萍主编. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2008.2
高等学校“十一五”规划教材
ISBN 978-7-5603-2642-9

I.交… II.①孟… ②李… III.交通工程—基础设施—
设计—高等学校—教材 IV.U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 000372 号

策划编辑 刘瑞峰
责任编辑 张瑞
封面设计 卞秉利
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451 - 86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm × 1092mm 1/16 印张 20 插页 3 字数 480 千字
版 次 2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-2642-9
印 数 1 ~ 3 000 册
定 价 32.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

交通工程设施是道路工程的重要组成部分之一,对提高行车安全性,提高道路通行能力和运行效率、保证车辆连续运行、降低能耗,提高出行的舒适和方便程度具有重要意义。随着我国道路交通运输基础设施的建设和道路交通运输事业的蓬勃发展,交通工程设施的设计,越来越受到人们的重视。为此,很多高等院校纷纷开设了“交通工程设施设计”这门课程。笔者在该课程教学实践的基础上,编写了本书。

通过总结国内外交通工程设施设计的研究成果,本书重点介绍了交通安全设施、道路交通标志与标线、静态交通设施、道路收费与服务设施、道路照明设施、城市道路无障碍设施、机电系统设计、道路绿化及景观、交通工程设施研究进展等9个方面的内容。为了方便读者使用,每章均设置了相应的思考题。另外,给出了交通工程设施名词中英文对照。

本书第1、5、9、11章由哈尔滨工业大学交通科学与工程学院孟祥海编写,第2、3、4、6、7、10章由哈尔滨工业大学交通科学与工程学院李洪萍编写,第8章由黑龙江工程学院冯雨芹编写。全书由孟祥海、李洪萍任主编并统稿,由哈尔滨工业大学盛洪飞教授主审。

哈尔滨工业大学交通科学与工程学院研究生宋春花、冯欢参与了第11章的编写,郑来参与了第9章的编写,秦观明参与了中英文对照表的编写工作;上述研究生以及黄宝安、王金丽还参加了插图描绘和校稿工作;陈天恩、姜美利、杜英春等也为本书的出版做了大量的工作,在此,向他们表示感谢。

由于交通工程设施设计的理论和技术在不断地发展、更新,加之作者水平所限,书中疏漏甚至错误之处在所难免,敬请读者批评指正。本书参阅了大量的专业文献和相关教材,但因各种条件所限,未能与有关作者取得联系,引用与理解不当之处,敬请谅解。

编 者
2008年1月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 交通工程设施及其功能	1
1.2 交通工程设施种类与发展状况	2
思考题	6
第 2 章 交通安全设施	7
2.1 护栏	7
2.2 防眩设施	19
2.3 隔离封闭设施	26
2.4 视线诱导设施	29
思考题	33
第 3 章 道路交通标志与标线	35
3.1 道路交通标志	35
3.2 道路交通标线	52
3.3 交通信号控制设备	65
思考题	70
第 4 章 静态交通设施	71
4.1 概述	71
4.2 机动车停车场设计	74
4.3 汽车库设计简介	86
4.4 城市公共交通汽车站	102
思考题	106
第 5 章 道路收费与服务设施	107
5.1 道路收费系统	107
5.2 道路服务设施	127
思考题	134
第 6 章 道路照明设施	136
6.1 概述	136
6.2 道路照明评价指标与标准	140
6.3 照明设备	148
6.4 照明系统布局	158
6.5 照明设计与计算	164
6.6 道路照明的控制	174
6.7 隧道照明	177
思考题	180

计算题·····	180
第7章 城市道路无障碍设施 ·····	181
7.1 无障碍环境概述·····	181
7.2 城市道路无障碍实施范围·····	183
7.3 城市道路无障碍设计·····	184
思考题·····	190
第8章 机电系统设计 ·····	191
8.1 收费系统·····	191
8.2 监控系统·····	215
8.3 通信系统·····	224
8.4 供配电系统·····	239
思考题·····	248
第9章 道路绿化及景观 ·····	249
9.1 道路绿化·····	249
9.2 道路景观·····	272
思考题·····	279
第10章 案例 ·····	281
10.1 高速公路安全设施设计·····	281
10.2 城市道路标志与标线设计·····	289
10.3 机械式停车楼设计·····	289
第11章 交通工程设施研究进展 ·····	298
11.1 交通管理设施研究进展·····	298
11.2 交通安全设施研究进展·····	300
11.3 服务设施研究进展·····	302
11.4 环境保护设施研究进展·····	302
11.5 停车设施研究进展·····	303
11.6 道路照明研究进展·····	304
11.7 道路绿化与景观研究进展·····	304
思考题·····	305
交通工程设施名词中英文对照·····	306
参考文献·····	312

第 1 章 绪 论

1.1 交通工程设施及其功能

1. 交通工程设施

交通工程设施是指为使道路通行能力最大、经济效益最高、交通事故最少、公害程度最低,而沿道路用地范围及其周边设置的系统、设施或给人、车配备的装备,即使车辆高速、高效、安全、舒适地行驶而设置各类设施的总称。

交通工程设施设计的基础是交通工程学。这是一门专门研究道路交通的发生、构成和运动规律的科学,是由道路工程科学衍生而逐渐发展起来的较年轻的学科。其研究对象是人、车、路及其与土地使用、房屋建筑、环境之间的相互关系,主要研究内容包括:人和车辆特性、交通流理论、交通调查、交通规划、道路通行能力、道路几何设计、道路交叉设计、交通事故与交通安全、交通信号、交通公害、电子信息系统和交通控制、公共交通和交通节能等。由于研究内容涉及工程(engineering)、法规(enforcement)、教育(education)、环境(environment)和能源(energy)等领域,因此可称之为 5E 科学。

2. 交通工程设施的功能

道路不仅应满足交通出行容量方面的要求,还应能有效地解决交通出行的安全性、舒适性以及交通运行和环境等方面的问题。因此,在道路及其沿线设置交通工程设施对提高行车安全性、提高道路通行能力和运行效率、保证车辆连续运行、降低能耗、保护交通环境、提高出行的舒适程度和方便程度具有重要意义。

(1) 提高行车安全性

提高行车安全性主要体现在减少交通事故与伤亡人数,减轻事故严重程度及出行人员的疲劳程度等方面。为了有效地提高行车安全性,只重视道路本身构造上的设计是不够的,还必须有完善的交通安全设施、交通管理设施、交通监控设施等。交通安全设施的合理设置具有减少交通事故的功能,其中护栏除了具有减少交通事故的作用之外,还有降低事故严重程度的功能。标志、标线和防眩设施可提高驾驶人员的舒适感,从而降低他们的疲劳程度。监控系统的可变情报板和限速标志等设施,可使驾驶员在事故前方做好准备,避免二次事故发生。

(2) 提高道路通行能力和运行效率

提高道路通行能力和运行效率主要体现在提高道路的车公里运量和车辆行程速度,减少延误和行程时间,增加车辆利用率和出行时间的可预知性。健全的交通法规、完善的交通管理设施、先进的交通监控系统等交通工程设施,可极大地提高道路通行能力。一条具有先进监控系统和完善交通管理设施的高速公路,其通行能力和行车速度可达到一般公路的 2.5~3.0 倍。利用监控系统掌握的实时交通信息,如交通量、行车速度、车辆密

度、阻塞时间等,可以预测任何出行起讫点之间的最佳出行线路和出行时间。当这些预测信息被预先告知给出行者时,对提高交通运行效率无疑是大有帮助的。

(3) 保证车辆连续运行

驾驶人员因驾驶作业会引起生理和心理上的变化,长时间开车会引起疲劳,这时感觉、知觉、判断能力、意志决定、运动等都受到影响,使视力下降、作业粗糙、注意力不集中,对环境判断发生错误。休息服务设施能消除驾驶人员的疲劳与紧张,给长途行驶的汽车加油、加水及提供必要的维修检查,可保证长途行车的连续运行。

(4) 降低交通能耗、保护交通环境

交通工程设施的合理设置具有提高行车速度、减少停车次数的功能,同时也提高了汽车燃油的使用效率,减少了燃料耗量,降低了汽车尾气和噪声对环境的污染。

(5) 提高出行的舒适程度和方便程度

高速公路监控系统和通信系统减少了司乘人员因停车延误引起的烦躁情绪,完善的标志与标线使驾驶人员不致迷失方向,也减少了行车困惑,使其运行自如。先进的监控系统还可预报出行时间,从而方便出行者事先安排出行计划。

1.2 交通工程设施种类与发展状况

1. 交通工程设施种类

交通工程设施主要包括交通安全设施、交通管理设施、静态交通设施、交通服务设施、道路景观环境与绿化设施、道路照明系统、收费系统以及监控系统等,另外,也包括道路通信系统、道路供配电系统以及沿线建筑设施。

(1) 交通安全设施

交通安全设施主要包括护栏、护柱、防眩设施、隔离封闭设施、视线诱导设施和施工安全设施等。交通安全设施对避免交通事故的发生、减轻事故严重程度、排除多种纵向和横向交通干扰、诱导驾驶人员行车、保证养护与维修作业安全等具有重要作用。设计中,应以交通工程学的观点对安全设施的数量、位置、形式、安装工艺等进行认真的分析和研究,使之真正起到安全保障的作用。

(2) 交通管理设施

交通管理设施,即交通管理的硬件设施,主要包括道路交通标志、交通标线和交通信号灯等。交通管理设施设计的重点是正确选择设施种类、形式和材料,合理、科学地确定设置地点。道路交通管理的主要任务是制定交通管理的方针与政策、研究道路交通管理的规律和特点,最终运用各种设施控制、掌握并有效地指挥交通。

(3) 静态交通设施

静态(止)交通设施指为静止交通使用及服务的设施的总称,主要包括停车场、汽车站、加油站、公共汽车停靠站等。设计中,应以服务需求为依据,确定设施的规模、数量、构成和空间分布。

(4) 交通服务设施

交通服务设施主要指设置在道路及其沿线,为使用者提供服务的服务区。服务区热情周到的服务,使旅客得到卫生的食品和安静的休息场所,使车辆加油和维修更迅速、方

便,增加了道路使用者的安全感和舒适感。设计中,应因地制宜地研究服务区的规模、构成、布置方式,并搞好园区设计。

(5)道路景观环境与绿化设施

道路景观是指用路者在道路上以一定速度运动时视野中的道路及环境的四维空间形象,也包含路外人视觉中对道路及其环境配合的宏观印象。道路景观设施主要包括道路线形本身、道路范围内的各种建筑,广义上也包括道路周围的自然和人文景观环境。

道路绿化是指在道路用地范围内主要利用植物及其他材料创造出一个具有形态、形式因素构成独立的,具有一定社会文化内涵及审美价值的,并能满足道路交通功能要求的景物过程。

道路景观环境与绿化对实现道路建设可持续发展、环境保护、实现绿色交通具有重要意义。

(6)道路照明系统

道路照明的主要作用是使车辆在不使用前照灯的条件下,能够看清前方道路路况、交通情况,并能够及时认清前方障碍及各类标志等。当然,城市道路照明亦具有美化城市夜景,方便城市居民夜间活动的功能。良好的道路照明不但可以提高行车速度、提高道路的利用率,而且还可减轻或消除驾驶员的紧张与不安全感。作为道路建设重要组成部分的道路照明,也综合体现了一个国家科学技术、经济实力与能源工业发展水平。

(7)收费系统

收费系统包括收费车道、收费站和收费中心三大部分。收费车道是具体进行收费操作的场所,收费站对收费车道的系统设施和收费业务进行管理,而收费中心则是一个路段或整条收费道路收费管理的核心机构。收费设施的设置往往会对交通产生较大的负面影响,如何既保证交通畅通,又保证通行费的正常收取,都需要从交通工程学的观点出发,对收费制式、收费方式、站点布设、系统结构和系统运行管理进行认真的分析和研究,结合工程实际做出决定。

(8)监控系统

监控系统包括信息采集系统、信息提供系统和监控中心三大部分。信息采集系统收集道路上的实时交通信息,从而判断交通运行状态是否正常;信息提供系统把交通运行状态或控制指令告知驾驶人员,以便驾驶人员参考或遵循;监控中心则是监控系统中实时信息的分析处理和指令发布的中枢部分。根据交通需求和道路路况的不同,交通监控系统又分为多种类型。

如果把交通安全设施作为车辆高速、安全、舒适行驶的静态保障系统,监控系统则是其动态保障系统。交通事故、车辆抛锚、货物散落等交通事件虽然是偶然的,但却是不可避免的,一旦发生,必然对道路交通产生干扰。在交通量不大的情况下,这些交通事件可能不会造成交通阻塞,但也需要及时组织救援;在交通量增长到一定程度时,偶发的交通事件将会造成交通阻塞,此时要尽快发现交通事件并及时组织救援、清理路障;在交通量达到高峰时,某些路段即使不发生偶然性事件也会发生交通阻塞,此时应该有相应的措施去避免、减少或缓解这种交通异常情况。这一切都是交通监控系统的任务。

2. 交通工程设施发展概况

护栏作为主要的交通安全设施,在世界范围内很早就受到了人们的广泛重视。美国

从 1920 年起就开始了护栏的研究与使用,在理论分析和模拟试验的基础上,通过实车足尺护栏碰撞验证试验和公路上的应用实践,积累了大量的资料和丰富的经验。在 1970 年和 1986 年,先后组织了高速公路护栏结构及各种安全设施的一系列研究工作,并编写了各种设计规范。法国、英国、德国等国家也在很早就开始了护栏结构的研究工作,建立健全了一整套的试验设施和相应的试验规程,从理论和实践上研究了多种类型的护栏结构。日本于 20 世纪 50 年代开始了这方面的研究工作,在短短十几年中,日本的众多研究机构对各种护栏结构进行了广泛深入的开发研究,并于 1965 年制定了护栏设置纲要,对护栏的适用范围、结构设计、功能要求、施工安装等方面做出了明确的规定。至此形成了美、日两种典型的护栏形式。

我国在“七五”期间开始在高速公路护栏的设计、生产与施工等方面开展研究工作,提出了适合我国国情的护栏结构形式,从 1989 年起在全国推广“Z”形柱波形梁护栏,1992 年年底,交通部公路科学研究所总结全国护栏实际应用的基础上,推出了新型的变截面波形梁护栏结构形式,2000 年交通部编写发布了《公路波形梁钢护栏》行业标准并推广应用,主要用于重型车、大型车比例高的路段和山区高速公路等地形不利之处。

我国在 1934 年开始在道路上使用交通标志,1950 年政务院第一次颁布了道路交通标志,1955 年由国务院批准、公安部颁布的《城市交通管理规则》中有 28 种交通标志。1972 年,公安部和交通部联合颁布的《城市和公路交通管理规则》中有 34 种图案和符号。1986 年,编制完成了中华人民共和国强制性国家标准《道路交通标志和标线》(GB 5768—1986),该标准中共规定了 148 个交通标志,其中警告标志 32 个,采用国际标准 23 个;禁令标志 35 个,采用国际标准 27 个;指示标志 25 个,采用国际标准 24 个;指路标志 56 个,基本上按国际标准制订。1999 年,第一次修订 GB 5768—1999 并于当年下了第 1 号修改单,将道路交通标志分为主标志和辅助标志两大类共计 320 个,其中主标志 304 个,辅助标志 16 个。2005 年 10 月下发第 2 号修改单(国标委工交函[2005]57 号——关于批准国家标准《道路交通标志和标线》GB 5768—1999 第 2 号修改单的函),修改 15 条,增加 5 条。此外,还陆续颁布了一些相关技术标准与规程。

世界上一些发达国家很重视道路服务设施的配套建设,千方百计地为远距离的出行者提供良好的服务。美国的高速公路网一般都设置服务区。有些服务区还设有公路气象站,通过可变情报板准确地向过往车辆通报高速公路沿线的天气变化情况,以利于行车安全并方便出行。日本高速公路服务区的设施最为完善,每个管理所管辖的区段均设有一个以上的服务区。服务区还根据当地的自然环境和具体条件,建设成为该地区的一个景观,供来往人员休息。原联邦德国高速公路的服务设施一般是与高速公路网同时进行规划设计的,并同时建设实施,然后再出租给私人经营。为了吸引旅客,有的服务区设计新颖,赏心悦目。如不来梅附近一个服务区飞架在公路上,远看如造型别致的钢索斜拉桥,在“桥”上可以尽情地浏览公路内外的景色,还能享受到热情周到的服务和精美食品。法国在 1976 年把文化生活带进了高速公路网,利用沿线的服务设施开展各种文化娱乐活动。

我国高速公路建设起步较晚,初期完成的几条高速公路里程都较短,沿线设施主要侧重于交通安全、通信和监控等,对于服务设施考虑较少。近年来,随着高速公路通车里程的迅速增长,高速公路服务区建设得到了迅速发展,服务区的设计、建设与运营管理日趋

成熟。

国外对公路沿线生态环境的保护与公路绿化工作是非常重视的,已由以往的普通绿化进一步发展到目前的生态公路或景观生态绿化。美国、加拿大等国家在公路建设中十分重视人与自然的和谐统一,如在公路建设中碰到生态环境中的湿地问题,经常采取公路建设占多少数量的湿地面积,就在附近补偿同样面积或大于所占面积的湿地,使湿地的生态功能不受影响,以保护沿线湿地的整体资源价值。法国在20世纪90年代中期,就注意到公路建设与生态保护的关系,在修建高速公路时,利用取土场地创建了两个生物栖息场所,成为尊重自然环境和生态学的典范,备受重视,获得1995年创设的“RUBANVERT绿带”奖章。瑞士在修建高速公路时实施了防止动物移动离群,建设替代栖息地的措施,在修建穿越有动物经常出没地区的公路时,尽可能地保护公路沿线所有的植物,并根据动物出没路线,给动物修建专门的跨线桥,且在桥上覆土种植与周围环境中相似的乔灌木和草类,以利于动物通过,保证动物应具备的活动领地。德国公路的绿化在管理和养护方面所采取的灌溉手段也是可供借鉴的,在具备条件的路段,把公路建设中的弃土沿公路两侧堆筑成与公路走向一致的土堤,在土堤上进行绿化美化工程建设。日本公路绿化工作搞的也非常好,国家设立了“全国SF绿化法协会”,在高等级公路方面,编制有“园林设计”的专章内容。

我国交通部历来都十分重视公路绿化,始终把公路绿化列为公路管理工作的一部分。在颁布的《公路工程技术标准》、《公路养护技术规范》、《公路路基设计规范》、《公路路基施工技术规范》、《公路环境保护设计规范》中均对绿化提出了要求,并进一步发展到专门制定《公路绿化规范》。随着高速公路在我国的大量兴建,公路绿化的模式和建设规模都发生了巨大的变化。从最初的种植行道树,到公路边坡绿化,直到高等级公路的中央分隔带、边坡和互通、服务区等全方位、立体式绿化;绿化的设计思想也从单纯的见绿,到GBM绿化工程要求(即“一路两沟四行树”),直到进行景观生态公路绿化模式的设计和营建;绿化的功能也从较单纯的环保和水保功能,到要求兼具交通视线诱导功能,直至发展为追求一种融科学、艺术、园林、生态、环保、美学等多功能集成的绿化美化景观工程,达到“四季常绿、三季有花”,实现了畅、洁、绿、美。

国际上关于对道路照明的研究,从1930年起到今天已有70多年的历史。由于交通运输及高速公路的发展,世界各国先后都投入了较大的人力和物力,对一般道路和高速公路照明问题进行了大量的研究工作,研究成果反映在1976年修订的“机动车道路照明的建议”(简称CIE国际建议,CIE为国际照明委员会的缩写)等文件中。其中1972年公布的第23号文件关于《高速公路照明的国际建议》,为世界各国制定自己的高速公路照明标准奠定了重要基础。我国无论是公路还是高速公路的照明水平和国外先进国家相比,均有相当大的差距。受经济水平的制约,目前我国一般公路照明基本上还是空白,即便是在一些夜间行车条件恶劣的场所,也未能设置道路照明设施。在近几年发展较快的高速公路上,照明也仅处于最基本的水平。大多数已建的高速公路,除称为“国门第一路”首都机场路及广深珠高速公路上设置了全线照明外,大多数已建的高速公路只是在沿线的重要场所及重要枢纽才设置照明设施,而机场路的照明也只是在重要的外事活动中才使用。随着我国高速公路运输的发展需求和国家经济水平的提高,预计在不久的将来,我国的高速公路照明系统也将会有较大幅度的提高。

意大利是世界上较早修建汽车收费道路的国家,早在 20 世纪 20 年代初就确立了修建汽车收费道路的构想,并修建了第一条 80 多千米的高等级收费道路。法国政府在 1955 年颁布法令,将高速公路的建设、管理工作由国家委托某些特许公司或者私营道路投资公司负责,目前法国的收费道路占全国高速公路的 80% 以上。日本 1956 年颁布了《日本道路公团法》,重新修订了《道路建设特别措施法》,此后收费道路得以迅速发展。美国早在 19 世纪 20 年代就修建了一批供马车使用的收费道路,后来由于经济的发展及其他运输方式的竞争,到 19 世纪 30 年代末,逐渐废除了道路收费制。随着高速公路的发展,1925 年美国开始修建可供汽车通行的收费道路,到今天已有很多收费道路。近年来,一向不收费的英国、德国、比利时、加拿大、荷兰和奥地利等国家也出现了一定数量的收费道路。

我国公路收费制度在经过 20 世纪 70 年代规划论证后,于 1984 年年底在广东省中山市出现了第一条收费公路。我国从 20 世纪 80 年代开始进行高等级公路投资机制改革和收费方式的尝试,并于 1984 年 12 月在国务院第 54 次办公会议上将“贷款修路、收费还贷”作为促进公路事业发展的四项优惠政策之一。1988 年 5 月,交通部、财政部和国家物价局联合发布了《贷款修建高等级公路和大型公路桥梁、隧道收取车辆通行费规定》,使我国高等级收费公路的建设和使用有了法规依据。该规定明确了收费目的、收费公路的范围和条件、收费项目的审批、费率制定的原则、收费标准和收费的期限等内容,标志着我国公路建设投资体制的改革迈上了新的台阶。

思考题

1. 交通工程设施的功能是什么?
2. 交通工程设施的种类有哪些? 发展情况如何?

第 2 章 交通安全设施

交通安全设施主要包括护栏、防眩设施、隔离封闭设施、视线诱导设施、桥梁护网以及交通标志与标线等。交通安全设施对避免交通事故的发生、减轻事故的严重度、排除各种纵向和横向干扰、促使车辆平滑运行等起着非常重要的作用,进而能够提高道路的服务水平。此外,交通安全设施也是道路景观的重要构成要素。当前,交通事故成为我国第一大非正常死亡原因,设置合理的交通安全设施,在设施上对交通事故进行充分防控,具有重要的社会意义与经济价值。我国对交通安全设施的系统研究始于 20 世纪 80 年代,总结我国高速公路早期建设成果,交通部在 1988~1992 年期间,制定了《高速公路交通安全设施设计及施工技术规范》(JTJ 074—94),并于 1994 年 6 月实施;2006 年,对 JTJ 074—94 版规范进行更新,于同年 9 月开始实施《公路交通安全设施设计规范》(JTG D81—2006,后简称“新规范”)和《公路交通安全设施施工技术规范》(JTG F71—2006)。

本章介绍护栏、防眩设施、隔离封闭设施和视线诱导设施等 4 类安全设施。交通标志与标线因为种类繁多,可划为交通安全设施,也可划为交通管理设施,在第 3 章专门介绍。

2.1 护 栏

护栏是一种纵向吸能结构,通过自身变形或车辆爬高来吸收碰撞能量,从而改变车辆行驶方向、阻止车辆越出路外或进入对向车道、最大限度地减少事故中司乘人员的伤害程度。

2.1.1 概述

1. 护栏的分类

(1) 按纵向设置位置分类

按纵向设置位置分类,可分为路基护栏和桥梁护栏两类。

① 路基护栏。设置于路基上的护栏均称为路基护栏。

② 桥梁护栏。设置于桥梁上的护栏均称为桥梁护栏。

(2) 按横向设置位置分类

按横向设置位置分类,可分为路侧护栏和中央分隔带护栏两类。

① 路侧护栏。设置于路侧建筑限界以外的护栏,用来防止失控车辆越出路外或碰撞路侧构造物和其他设施。

② 中央分隔带护栏。设置在中央分隔带内的护栏,用来防止失控车辆穿越分隔带闯入对向车道,并保护分隔带内的构造物和其他设施。

(3) 按碰撞后护栏的变形程度分类

按碰撞后护栏的变形程度分类,可分为刚性护栏、半刚性护栏和柔性护栏三类。

① 刚性护栏。是一种基本上不变形的护栏结构,它利用失控车辆碰撞后爬高并转向

来吸收碰撞能量。混凝土护栏是刚性护栏的主要形式,是一种以一定形状的混凝土块相互连接而组成的墙式结构,如图 2.1 所示。

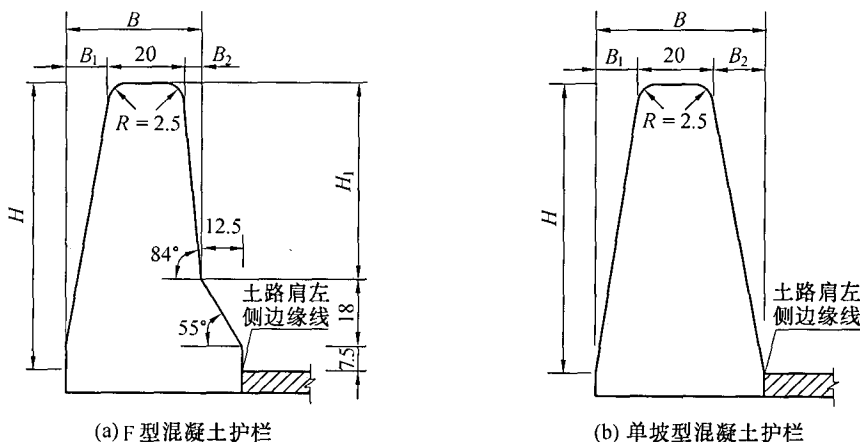


图 2.1 混凝土护栏(单位:cm)

② 柔性护栏。是一种具有较大缓冲能力的韧性护栏结构。缆索护栏是柔性护栏的代表形式,是一种以数根施加初张力的缆索固定于立柱上而组成的连续结构,主要依靠缆索的拉应力来抵抗车辆碰撞并吸收碰撞能量,如图 2.2 所示。

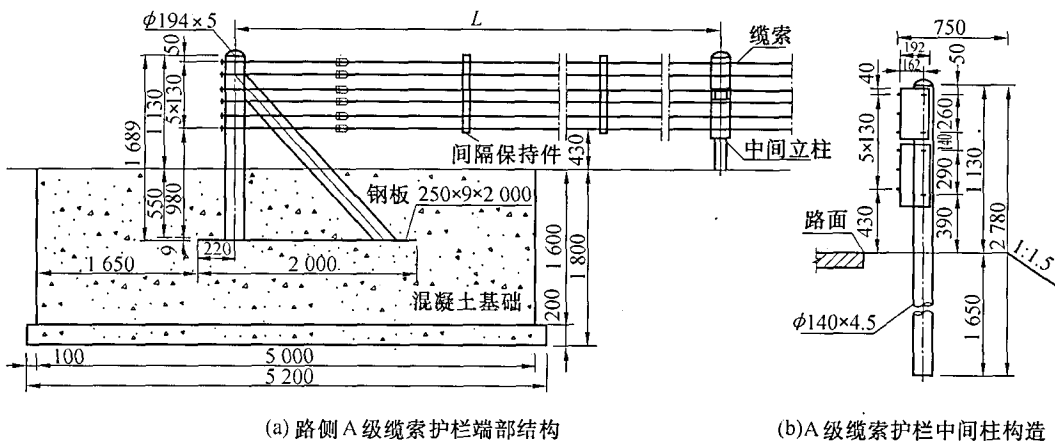


图 2.2 缆索护栏(单位:mm)

③ 半刚性护栏。是一种连续的梁柱式护栏结构,具有一定的强度和刚度。它利用土基、立柱、横梁的变形来吸收碰撞能量,并迫使失控车辆改变方向。波形梁护栏是半刚性护栏的主要形式,是一种以波纹状钢护栏板相互拼接并由立柱支撑而组成的连续结构,如图 2.3 所示。

2. 护栏的功能

公路上护栏应具备以下几个方面的功能:

- ① 防止失控车辆越出路外或穿越中央分隔带闯入对向车道;
- ② 防止车辆从护栏板下钻出,或将护栏板冲断;
- ③ 应能使失控车辆回复到正常行驶方向;
- ④ 发生碰撞时,对乘客的损伤程度最小;

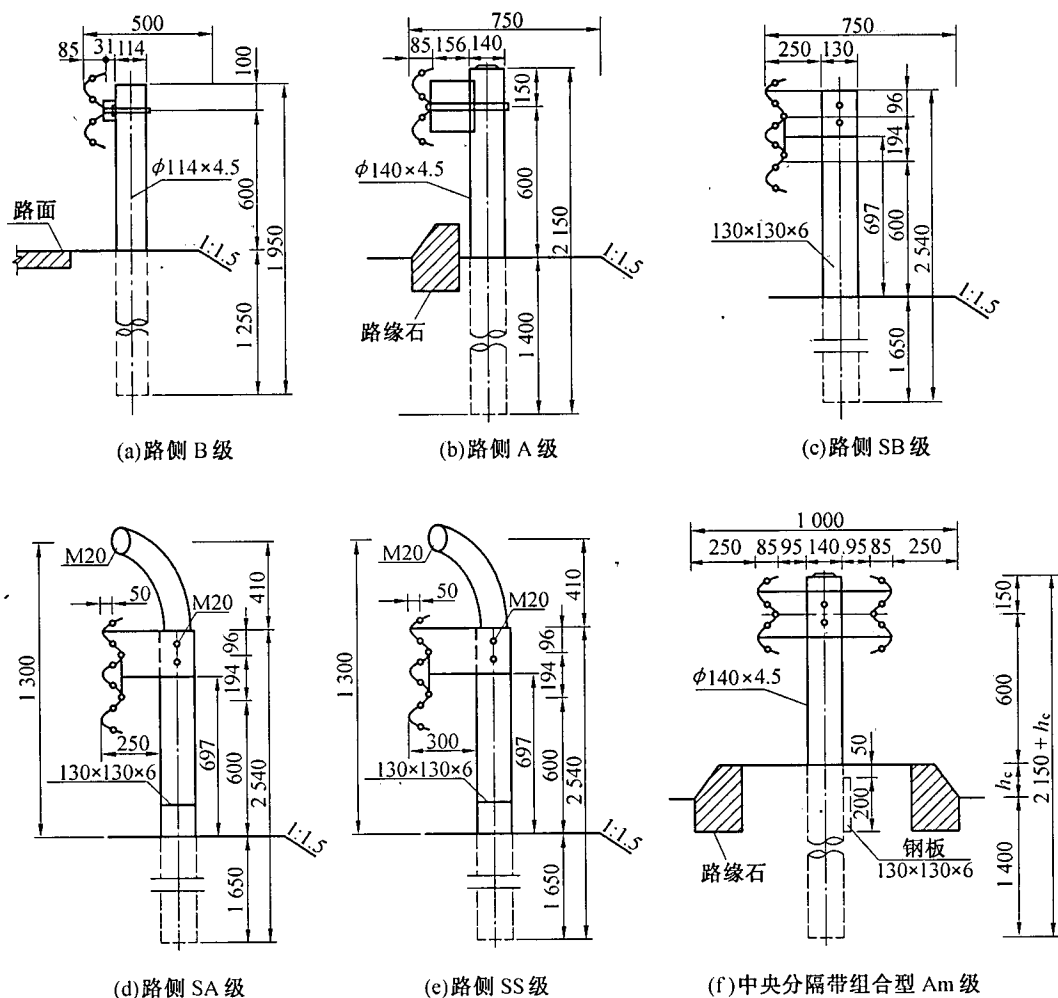


图 2.3 波形梁护栏(单位:mm)

h_c —路缘石高度

⑤ 能诱导驾驶员的视线。

3. 护栏的碰撞力学分析

车辆碰撞护栏是一个十分复杂的过程,到目前为止还没有精确的方法来描述。车辆碰撞护栏常用的力学计算图示见图 2.4,车辆斜向冲击护栏后,在护栏的作用下不断改变方向,最后平行于护栏并停止了横向运动。

(1) 基本假设

① 从车辆碰撞护栏起到车辆改变方向平行于护栏停止,车辆的纵向和横向加速度不变;

② 车辆的竖向加速度和转动加速度忽略不计;

③ 车辆改变方向平行于护栏时车辆的横向速度分量为零;

④ 车辆改变方向时不发生绊阻;

⑤ 车辆碰撞护栏期间容许车辆发生变形,但车辆的重心位置不变;

⑥ 车辆运动近似为质点运动;

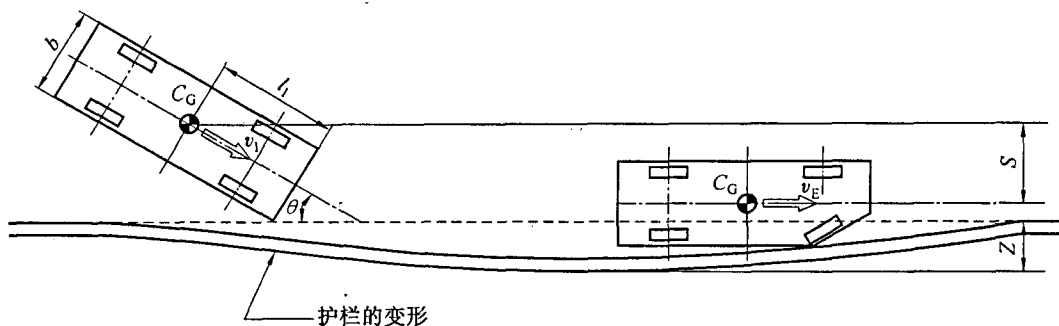


图 2.4 车辆碰撞护栏的力学计算图示

S —车辆重心的横向位移, m; l_1 —车辆重心距前保险杠的距离, m; θ —车辆的碰撞角, °; b —车辆的宽度, m; v_1 —车辆的碰撞速度, m/s; v_E —车辆碰撞后的速度, m/s; C_G —车辆重心位置; Z —护栏的横向变形, m, 对混凝土护栏 $Z=0$, 金属制护栏 $Z=0.3\sim 0.6$ m

⑦ 刚性护栏的变形量为零, 柔性护栏的变形量为 Z ;

⑧ 车辆与护栏、车轮与道路间的摩擦力均忽略不计;

⑨ 护栏是连续设置的。

(2) 公式推导

从碰撞开始到终止, 车辆重心的横向位移 S 为

$$S = l_1 \sin \theta - \frac{b}{2}(1 - \cos \theta) + Z \quad (2.1)$$

$$\text{因} \quad \text{横向平均速度} = \frac{1}{2}(v_1 \sin \theta + 0) \quad (2.2)$$

故车辆横向位移 S 所需的时间(单位为 s) 为

$$t = \frac{S}{\text{横向平均速度}} = \frac{2[l_1 \sin \theta - \frac{b}{2}(1 - \cos \theta) + Z]}{v_1 \sin \theta} \quad (2.3)$$

车辆横向平均加速度 $a_{\text{横}}$ 为

$$a_{\text{横}} = \frac{v_1 \sin \theta - 0}{t} = \frac{v_1^2 \sin^2 \theta}{2[l_1 \sin \theta - \frac{b}{2}(1 - \cos \theta) + Z]} \quad (2.4)$$

车辆作用在护栏上的平均横向力 $F_{\text{横}}$ (单位为 kN) 为

$$F_{\text{横}} = ma_{\text{横}} = \frac{mv_1^2 \sin^2 \theta}{2000[l_1 \sin \theta - \frac{b}{2}(1 - \cos \theta) + Z]} \quad (2.5)$$

式中 m ——车辆质量, kg。

假设车辆和护栏的刚度可理想化为线性弹簧, 那么, 碰撞力与时间的关系曲线是正弦曲线。所以, 车辆横向最大加速度为

$$a_{\text{横max}} = \frac{\pi}{2} a_{\text{横}} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{v_1^2 \sin^2 \theta}{2[l_1 \sin \theta - \frac{b}{2}(1 - \cos \theta) + Z]} \quad (2.6)$$

车辆作用在护栏上的最大横向力为

$$F_{\text{横max}} = ma_{\text{横max}} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{mv_1^2 \sin^2 \theta}{2000[l_1 \sin \theta - \frac{b}{2}(1 - \cos \theta) + Z]} \quad (2.7)$$

车辆横向作用于护栏上的碰撞能量(单位为 J) 为

$$E = 9810 \frac{W}{2g} v_1^2 \sin^2 \theta \quad (2.8)$$

式中 W ——车辆质量, t;
 g ——重力加速度。

在最大横向力作用下, 车辆不会冲过护栏翻倒的稳定条件为

$$F_{\text{横max}} \cdot (h_1 - h_0) = \frac{W}{g} \cdot a_{\text{横max}} \leq W \cdot \frac{b}{2}$$

$$\text{即} \quad a_{\text{横max}} \leq \frac{b \cdot g}{2(h_1 - h_0)} \quad (2.9)$$

式中 h_1 ——车辆重心高度, m;
 h_0 ——护栏与车辆接触点高度, m。

4. 护栏的防撞等级

护栏最基本的功能是阻止车辆越出路外或闯入对向车道, 因此它应具有相当大的力学强度来抵抗车辆的冲撞。衡量护栏防撞性能的重要指标是防撞等级, 一般根据护栏所能承受的碰撞能量的大小来划分。

公路路侧护栏可分为 B、A、SB、SA、SS 五个级别; 公路中央分隔带护栏可分为 Am、SBm、SAm 三个级别。B、A(Am)、SB(SBm)、SA(SAm)、SS 级护栏能承受的碰撞能量依次增大, 防撞等级高则适用于危险性较大需加强防护的路段。各等级护栏的防撞等级及其性能见表 2.1。

表 2.1 护栏的防撞等级与碰撞条件

防撞等级	碰撞条件				碰撞能量 /kJ
	车辆碰撞速度 /(km·h ⁻¹)	车辆的质量 /t	碰撞角度	碰撞加速度 /(m·s ⁻²)	
B	100	1.5	20°	≤200	
	40	10			70
A(Am)	100	1.5		≤200	
	60	10			160
SB(SBm)	100	1.5		≤200	
	80	10			280
SA(SAm)	100	1.5		≤200	
	80	14			400
SS	100	1.5		≤200	
	80	18			520

注: 碰撞加速度指碰撞过程中, 车辆重心处所受冲击加速度, 取 10 ms 间隔平均值的最大值, 为车体纵、横向和铅直加速度的合成值。