

铺面工程学

孙立军 等编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

铺面工程学

孙立军 等 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书共 13 章,阐述了铺面工程学的完整结构体系和主要内容,包括外部因素的一般影响,铺面结构材料的性能及其测定方法,铺面结构在荷载作用下的反应和使用性能,作为理解铺面性能和进行铺面设计的基础;阐述了铺面结构的设计方法并简要介绍了路面的施工过程和有关评价、维修的知识。

本书可作为交通运输工程和土木工程专业的本科教材或教学参考书,并可供相关领域的工程技术人员和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铺面工程学 / 孙立军等编著. — 上海: 同济大学出版社, 2012. 7

ISBN 978-7-5608-4912-6

I. ①铺… II. ①孙… III. ①路面—道路工程 IV. ①U416.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 137012 号

铺面工程学

孙立军 等 编著

责任编辑 杨宁霞 高晓辉 马继兰 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 22.5

字 数 561 000

版 次 2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4912-6

定 价 44.00 元

前 言

铺面工程是交通基础设施的重要组成部分,铺面工程学则是该领域的重要专业课程。长期以来,我校在教学实践中一直使用姚祖康教授编著的《铺面工程》一书,该教材形成于1977—1979年间,首版于1984年,并于1994年、2001年修订重版。该教材体系完整,内容裁选新颖,反映了该领域的核心原理和基础性观点,概念明确,语言简洁;不仅阐述了铺面工程学的完整体系,而且体现了罕见的前瞻性和启发性,是一本学术性很强的经典教材。

最近二十年来,有关铺面工程结构和材料领域的研究和实践取得了很大的进展,人们对于铺面工程的认识以及在相关的理论基础和工程措施方面也有了很大的进步,将这些进展和进步及时地反映在教学材料中,对于提高教学质量,引导学生及时地了解 and 掌握最新的专业知识是非常必要的。

鉴于此,我们组织编写了本教材。本教材秉承了《铺面工程》(姚祖康编著)的基本风格和基本结构,注重基本概念、基本观点、基本原理和基本方法的阐释,试图对铺面工程学丰富多彩的知识作一个比较完整的阐述,提供分析和解决铺面工程问题的基本思路和基本出发点,并能多少体现出本领域未来发展的可能脉络。

全书共13章内容,其中第1章、第3章、第7章、第8章、第10章和第11章由孙立军撰写,第2章、第5章、第12章由刘黎萍撰写,第4章由赵宏铎撰写,第6章由李淑明撰写,第9章由周玉民撰写,第13章由陈长撰写。

对于本书的疏漏、错误和不完善之处,欢迎批评指正;来信请发至上海曹安公路4800号同济大学交通运输工程学院,邮政编码201804,或用电子邮件发至 ljsun@tongji.edu.cn。

孙立军

2012年6月

目 录

前 言

1 概 述	1
1.1 铺面结构及其定义	1
1.1.1 定义	2
1.1.2 组成	2
1.2 使用要求	5
1.2.1 功能性要求	6
1.2.2 结构性要求	7
1.2.3 环境要求	7
1.2.4 经济性要求	8
1.3 铺面工程的内容和特点	8
1.3.1 内容	8
1.3.2 特点	10
1.4 本书的主要内容和结构	11
2 车辆荷载	12
2.1 概述	12
2.2 车辆荷载类型与轴型	13
2.2.1 车型	13
2.2.2 轴型	13
2.2.3 轮型	14
2.2.4 轴载限	15
2.3 车辆的静力作用模式	15
2.3.1 接触压力	15
2.3.2 接触面积	17
2.4 车辆的动态影响	18
2.4.1 荷载的动态变动	18
2.4.2 荷载作用的瞬时性	19
2.4.3 水平作用力	20
2.5 交通分析	21
2.5.1 交通量及其增长率	21

2.5.2	轴(轮)载谱	21
2.5.3	轴载的等效换算	23
2.5.4	方向系数和车道系数	23
2.5.5	设计年限内累计轴载作用次数	24
2.5.6	轮迹的横向分布	26
3	路面结构的温度和湿度	29
3.1	概述	29
3.2	路面结构的温度场	30
3.2.1	影响路面温度的因素	30
3.2.2	路面温度变化	32
3.2.3	路面温度场预测	35
3.3	路基的湿度状况	42
3.3.1	湿度的来源与变迁	42
3.3.2	季节性冰冻地区温度对路基湿度的影响	43
3.3.3	路基湿度的预估	44
3.4	路面结构的冰冻深度	48
4	路基土的分类和荷载-变形特性	51
4.1	概述	51
4.2	路基土的工程分类	52
4.2.1	我国的分类方法	52
4.2.2	AASHTO 的分类方法	57
4.3	路基土的应力-应变关系	58
4.3.1	静态应力-应变关系	58
4.3.2	应力重复作用的影响	59
4.3.3	湿度和密实度的影响	60
4.4	路基土的荷载-弯沉关系	61
4.4.1	路基受力状况	61
4.4.2	荷载-弯沉关系	62
4.5	路基模量的确定	63
4.5.1	由承载板测定	63
4.5.2	由弯沉测定	64
4.5.3	由本构模型预估	64
4.5.4	查表法	65
4.5.5	地基反应模量	69
4.5.6	加州承载比(CBR)	70
4.6	路基的压实要求	71
4.6.1	路基土的压实特性	71

4.6.2 路基压实标准	72
5 路面材料的工程性能	75
5.1 概述	75
5.2 路面材料的一般性能和测定方法	75
5.2.1 应力-应变性能和模量测试	75
5.2.2 材料强度及其测试方法	78
5.2.3 材料变形及其测试方法	81
5.2.4 疲劳性能及其测试方法	81
5.2.5 疲劳损伤的迭加	83
5.3 颗粒类材料的工程性能	84
5.3.1 颗粒类材料的组成	84
5.3.2 应力-应变性能	87
5.3.3 变形累积性能	88
5.3.4 强度性能	89
5.4 无机结合料稳定材料	90
5.4.1 材料组成及特点	90
5.4.2 应力-应变性能	93
5.4.3 强度性能	94
5.4.4 疲劳性能	94
5.4.5 干缩性能	95
5.4.6 温缩性能	95
5.5 沥青混合料	96
5.5.1 沥青混合料的组成及特点	96
5.5.2 应力-应变特性	97
5.5.3 变形累积特性	100
5.5.4 强度特性	102
5.5.5 沥青混合料的疲劳特性	103
5.6 水泥混凝土	106
5.6.1 水泥混凝土的组成及特点	106
5.6.2 强度特性	107
5.6.3 水泥混凝土的疲劳特性	108
6 沥青路面的力学性能	111
6.1 概述	111
6.2 沥青路面的力学特性	112
6.2.1 弹性多层结构轴对称模型及理论解	112
6.2.2 弹性多层结构的应力和位移分析	120

7 沥青路面的使用性能	130
7.1 概述	130
7.2 沥青路面的结构特性与行驶质量	131
7.2.1 一般损坏特性	131
7.2.1.1 损坏(病害)特性	132
7.2.1.2 耐久性	139
7.2.2 路面状况的衰减	139
7.2.2.1 路面状况的表征指标	139
7.2.2.2 外部因素的影响	139
7.2.2.3 内部因素的影响	141
7.2.3 路面弯沉的变化	144
7.2.4 路面行为	146
7.2.5 路面行驶质量	149
7.3 路面的表面特性	151
7.3.1 安全性	151
7.3.2 轮胎—路面的噪声特性	154
8 沥青路面结构设计方法	157
8.1 概述	157
8.2 设计指标、设计流程与力学模式	159
8.2.1 设计指标	159
8.2.2 设计流程	161
8.2.3 力学计算的常用模式	163
8.3 路面结构组合设计	164
8.3.1 路面结构的层数	164
8.3.2 面层	164
8.3.3 基层	167
8.3.4 垫层	169
8.3.5 土基	170
8.3.6 路肩	171
8.3.7 路面结构组合示例	171
8.4 我国公路沥青路面厚度计算方法	173
8.4.1 设计的一般原理	173
8.4.2 路面弯沉和设计弯沉的计算方法	174
8.4.3 整体性结构层底面最大拉应力和弯拉疲劳强度计算方法	175
8.4.4 轴载换算	176
8.4.5 土基和路面材料参数	177
8.4.6 厚度计算过程和示例	180
8.5 路面结构的防水/排水设计	182

8.5.1 排水设计的必要性	182
8.5.2 防水/排水的常用措施	182
8.5.3 路面内部排水和面层排水	184
8.6 AASHTO 设计方法简介	187
8.7 长寿命路面结构的设计原理	190
8.7.1 长寿命的概念	190
8.7.2 长寿命沥青路面设计	191
9 水泥混凝土路面的力学性能和使用性能	194
9.1 概述	194
9.2 水泥混凝土路面的力学特性	194
9.2.1 小挠度弹性薄板的基本假设和路面基本模型	194
9.2.2 文克勒地基板的解析解——Westergaard 方法	196
9.2.3 半无限地基板的解	199
9.3 弹性地基板温度应力分析	204
9.3.1 胀缩应力	204
9.3.2 翘曲应力	205
9.4 水泥路面的使用性能	207
9.4.1 一般损坏特性	208
9.4.2 路面(损坏)状况的衰减	211
10 水泥混凝土路面设计方法	213
10.1 概述	213
10.2 设计指标、设计流程与力学模式	214
10.2.1 设计指标	214
10.2.2 设计流程	214
10.2.3 力学计算的常用模式	215
10.3 结构组合设计	217
10.3.1 面层	217
10.3.2 基层和垫层	218
10.3.3 土基	221
10.3.4 路肩	222
10.4 接缝构造设计	222
10.4.1 横向接缝	222
10.4.2 纵缝	225
10.4.3 接缝填封料	226
10.4.4 特殊部位处理	226
10.5 普通混凝土路面厚度设计	227
10.5.1 设计的一般原理	227

10.5.2	单层板模型的荷载应力	229
10.5.3	双层板模型的荷载应力	232
10.5.4	复合板(材料)的处理	232
10.5.5	荷载换算和轮迹横向分布	233
10.5.6	温度应力计算	234
10.5.7	材料参数	236
10.5.8	设计过程示例	238
10.6	连续配筋和钢筋混凝土路面厚度设计	244
10.6.1	连续配筋混凝土路面	244
10.6.2	钢筋混凝土路面	245
10.7	排水设计	245
11	港区铺面与机场道面技术	246
11.1	概述	246
11.2	港区荷载	246
11.2.1	荷载的考虑方法	246
11.2.2	荷载参数与分级	247
11.3	联锁块铺面	248
11.3.1	概述	248
11.3.2	联锁块铺面的特性	249
11.3.3	结构组合与构造设计	254
11.3.4	设计指标和标准	257
11.3.5	荷载换算	259
11.3.6	结构厚度设计	260
11.3.7	施工要点	263
11.4	沥青铺面	264
11.4.1	概述	264
11.4.2	荷载换算	265
11.4.3	结构组合设计	265
11.4.4	设计指标与标准	266
11.5	水泥铺面	267
11.5.1	概述	267
11.5.2	荷载换算	268
11.5.3	结构组合设计	268
11.5.4	设计指标与标准	269
11.6	独立块铺面	272
11.7	机场沥青道面设计	274
11.7.1	厚度-CBR关系式	274
11.7.2	当量单轮荷载	275

11.7.3	道面设计曲线	275
11.7.4	设计过程	276
11.7.5	道面强度报告方法	279
11.8	机场水泥道面设计	281
11.8.1	混凝土道面设计曲线	282
11.8.2	地基反应模量	282
11.8.3	安全系数法	283
11.8.4	疲劳分析法	284
11.8.5	ACN	284
12	路面施工技术	286
12.1	垫层和基层施工	286
12.1.1	施工准备	286
12.1.2	嵌锁型碎石	286
12.1.3	级配碎(砾)石	287
12.1.4	无机结合料稳定粒料或土	287
12.1.5	质量管理和检查验收	288
12.2	沥青面层施工	290
12.2.1	透层、粘层沥青和下封层	290
12.2.2	沥青表面处治	291
12.2.3	沥青贯入碎石	292
12.2.4	热拌沥青混合料	293
12.2.5	质量管理和检查验收	298
12.3	水泥混凝土面层施工	301
12.3.1	施工方法的比较和选择	301
12.3.2	混凝土的拌和与运输	302
12.3.3	混凝土的摊铺与振捣	303
12.3.4	接缝施工	304
12.3.5	表面修整	305
12.3.6	混凝土的养生	305
12.3.7	防止早期裂缝	305
12.3.8	质量管理和检查验收	306
13	路面评价与养护维修设计	307
13.1	概述	307
13.2	路面行驶质量评价指标与方法	307
13.2.1	路面平整度定义	307
13.2.2	路面平整度检测方法	307
13.2.3	路面平整度指标	309

13.2.4 路面行驶质量评价方法	309
13.3 路面损坏状况调查与评价	311
13.3.1 路面损坏特征定量描述	311
13.3.2 路面损坏状况检测方法	313
13.3.3 路面损坏状况评价方法	313
13.4 路面结构承载能力测定与评价	316
13.4.1 路面弯沉检测方法	317
13.4.2 路面结构承载能力评价方法	319
13.5 路面抗滑性能测定与评价	321
13.5.1 路面抗滑性能检测方法	321
13.5.2 路面抗滑性能评价方法	322
13.6 路面养护维修技术	323
13.6.1 沥青路面养护维修技术	324
13.6.2 水泥路面养护维修技术	326
13.6.3 砂石路面养护维修技术	327
13.7 路面加铺层设计方法	328
13.7.1 沥青路面加铺层设计方法	328
13.7.2 水泥路面加铺层设计方法	330
13.8 路面管理系统简介	334
13.8.1 路面管理系统的定义	334
13.8.2 路面管理系统的等级	335
13.8.3 路面管理系统的作用	337
13.8.4 路面管理系统的结构及其实施策略	338
参考文献	341

1 概 述

1.1 铺面结构及其定义

铺面是随着交通量的增大和土木工程等领域的技术进步而发展起来的工程结构物。在 19 世纪汽车问世之前,路面大多用石块、石板、卵石或木块铺筑。1764 年法国人特雷萨盖提出改善路基排水、设置路拱、减小石块尺寸修筑块石路面的报告。到了 19 世纪,开始使用花岗岩、玄武岩或石灰岩块石铺筑路面。从 19 世纪初叶开始,木块就经常被作为石块的代用物而被用于路面铺筑,以减少石块路面与车辆、马蹄铁的碰撞而产生的噪声。在欧美,木块一般用松木或冷杉制成,并用煤焦油高压处理;在澳大利亚,通常使用未处治的当地硬木^[1]。高质量的石块、砖块和木块路面在城市道路上盛极一时。

此后,苏格兰人 T. 泰尔福和 J. L. 马克当分别于 1805 年和 1815 年在块石基层上铺筑碎石面层和全部用碎石铺筑路面获得成功。1859 年,美国人 E. W. 布莱克试制了碎石机。1860—1867 年法国和英国先后研制成功蒸汽压路机。这些技术的进步,使碎石路面在一些西方国家得到了很大的发展^①。

1854 年法国在巴黎首次采用瑞士产的天然岩沥青修筑沥青路面。至 19 世纪 70 年代,这类路面已被广泛地应用于英国、瑞士和美国等国;伦敦甚至使用到 20 世纪 30 年代。与此同时,炼制沥青作为天然沥青的替代物开始在北美使用,并于 1890 年代出现了第一份沥青混合料规范;而欧洲开始使用煤沥青铺筑路面^[2]。我国 20 世纪 20 年代首先在上海开始铺设沥青路面,1949 年以后随着我国石化工业的发展,沥青路面已广泛应用于城市道路和干线公路,成为目前铺筑面积最多的一种高级路面。

水泥混凝土用于铺面建筑也有相当长的历史。最初,由于水泥混凝土的质量不高,仅被用于石块、木块和沥青路面的基层,而不适用于表面。1865 年,英国首次修筑水泥混凝土路面;但几年后因严重脆化剥落而被认为不适合用于铺面的表面。直至 20 世纪的前十年,混凝土才在美国路面建设中得到广泛应用,并推广到欧洲。

20 世纪 10 年代,机械化运输的发展使得传统的水结碎石路面难以提供满意的服务水平,需要大量的维护和大量的养护资金。所以在 1909—1919 的 10 年间,尽管经历了第一次世界大战,英国仍然修建了 15 万英里的铺面道路,采用的技术是焦油沥青贯入式路面。此间美国则出现了压路机、沥青混合料摊铺机等设备和混凝土拌和厂等^[2]。

随着铺面技术的发展,铺面的研究迅速展开,并出现了专职从事研究的机构。1909 年,道路研究协会开始在巴黎定期召开会议,鼓励道路工程师提交论文并交流他们的学术思想。

① 互动百科:<http://www.hudong.com/wiki/%E5%85%AC%E8%B7%AF%E8%B7%AF%E9%9D%A2>.

1919年,美国AI(Asphalt Institute:沥青研究所)成立。1928—1929年,美国加州提出了CBR(California Bearing Ratio:加州承载比)指标和相应的铺面设计方法。当然,奠定现代铺面技术基础的研究和实践则是二战以后的事了。1958年,美国开展了AASHTO路面试验,1962年国际沥青路面结构设计会议开始召开,每五年一届(现每四年一届);1977年,国际水泥路面会议开始召开,每四年一届。

半个多世纪以来,随着交通量和车辆荷载的不断增大,对铺面的要求越来越高,铺面研究也取得了丰硕的成果,铺面技术取得了长足的进步。铺面设计依其建立方法和设计思想的不同大体可以分为三类。其一,经验法,如CBR法、AASHTO法等;其二,力学法,也称为力学-经验法,如Shell法、AI法和ME(Mechanistic-Empirical)法,以及基于性能的方法,这是未来的理想设计法。与此同时,材料的设计和施工技术也进步迅速,一起为确保铺面的高质量作出了贡献。

那么,现代意义上的铺面工程是指什么?下文将对其进行具体阐述。

1.1.1 定义

铺面结构是一种土木结构物,是改善地基结构抗力和表面行驶特性的措施的总称,是一种地基的浅表层加固措施;是铺筑在路基上的、具有一定厚度的、供行人和车辆通行的单层或多层结构物,具有承受荷载,抵抗磨损,避免扬尘、泥泞和保持表面平整、抗滑的作用,包括道路路面、机场道面、工业区场地铺面以及广场、停车场铺面等,通常也称为路面结构或路面。

铺面结构是指车辆轮胎以下的整个结构物,但一般是指车辆轮胎以下、路基顶部0.8 m厚度及以上的结构物,路基顶部0.8 m既是路基结构的一部分,也是路面结构的一部分;或者是指混凝土桥/钢桥桥面板以上的结构物。在某些场合,铺面结构仅是指轮胎以下、路基以上的结构物。当交通十分繁重时,路基顶部纳入路面结构考虑的深度可达1.5~2.0 m。

铺面结构一般是一种多层结构,不同层次通常由不同的材料组成。出于经济性和受力特点的考虑,用于下部层次的材料一般较弱,而其上各层则依次变强,即越是靠近表面,所采用的材料越强,以满足荷载和环境作用的要求。

铺面工程是指从铺面的规划、分析、设计、施工到养护管理的整个过程,包括经济、技术和管理等方面。铺面的规划是指对铺面工程整体策略的策划,包括资源分析以及铺面类型的选择、铺面时机的选择、分期修建策略、设计标准和年限考虑以及未来的养护策略考虑等,分析是指对铺面所处环境、交通状况和性能的考虑以及对铺面结构的定量计算,设计是指对结构组成、厚度和材料的选择,施工则是指对质量的要求和具体的建造,养护管理则是指铺面在使用过程中的养护和维修。

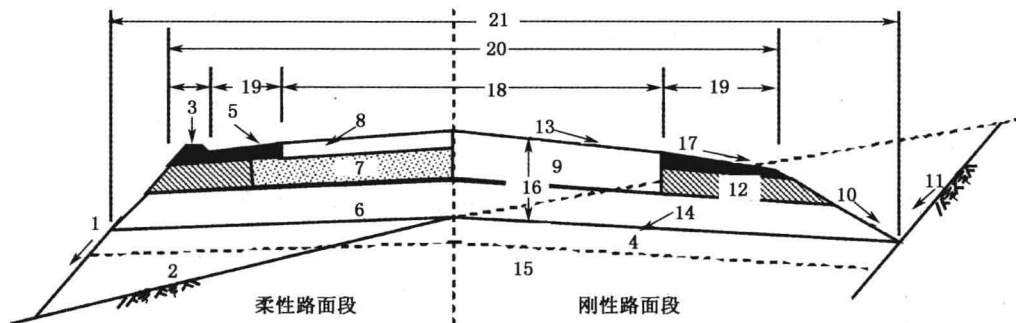
1.1.2 组成

图1-1所示的是路面的典型横断面^[3]。实际上,不同类型路面的组成大体相同,一般包括结构和路肩等^[4]。

1. 结构^[4]

路面在使用过程中受荷载和外部环境因素的不断作用,这种作用随路面深度的增加而

逐渐减弱。因循这一特点,同时出于经济性的考虑,对路面材料的强度、抗变形能力和稳定性等方面的要求随着深度的增加而逐渐降低。所以,路面通常设计成多层次的结构,按照使用性能、受力状况、土基支撑条件和自然因素影响程度的不同,在路基顶面上采用不同规格和要求的材料分别铺设垫层、基层和面层等结构层。



1—填方边坡;2—原始地面;3—拦水带;4—准备好的路床;5—路肩面层;6—底基层;7—基层;8—面层;9—路面板;10—边沟边坡;11—挖方边坡;12—路肩基础;13—行车道横坡;14—路基;15—路床土;16—路面结构;17—路肩横坡;18—行车道;19—路肩;20—路面宽度;21—路床

图 1-1 路面的典型横断面^[3]

1) 面层

面层是路面结构最上面的层次,直接承受行车荷载作用和外界环境的作用,并为车辆提供舒适、安全的行驶表面。作为面层材料,必须具有足够的强度、抗变形能力、抗温度开裂能力以及良好的表面特性。

用于面层的材料通常有五类,即沥青混合料、水泥混凝土、块体材料、砂石料和土。实践中,人们一般根据面层材料的类型来区分并命名路面的类型;所以相应于五类材料的路面称为沥青(混凝土)路面、水泥(混凝土)路面、块体路面、砂石路面和土路面。沥青路面也称为黑色路面,当基层为沥青混合料或碎石材料时,也成为柔性路面;水泥路面也称为白色路面或刚性路面。

沥青面层具有较好的使用性能。根据厚度的不同,沥青层可以设计成单层或双层,我国对重要路面常设计成三层。上面层(表面层)起抗磨耗的作用,也称磨耗层,应具有优良的表面特性(平整、抗滑、低噪声)以及抵抗变形和开裂的能力,对集料具有很严格的要求;中面层(也称为中间层或联结层)应具有很好的抗变形能力,一般设计成密实不透水的层次;下面层应具有优良的抗弯拉疲劳开裂的能力,有时也应具有一定的抗变形能力。

当交通量不大时,沥青面层还可以设计成沥青表面处治(简称表处)层或沥青贯入式材料层。沥青表面处治包括两种,即把沥青和集料分层撒铺、碾压的层铺式表处,以及把沥青、集料拌和后摊铺、碾压的拌和式表处。贯入式路面是指在密铺的单一粒径集料的空隙内灌入沥青、再撒铺细一档集料嵌紧所形成的路面;贯入式沥青层最多可做两层。有时设计成上下拌下贯(贯入式沥青层上铺筑拌和式表处)的沥青面层。

水泥混凝土面层具有强度高、能承受繁重的车辆荷载、使用寿命长的特点,包括五种类型,即普通混凝土面层、连续配筋混凝土面层、钢筋混凝土面层、钢纤维混凝土面层和预应力混凝土面层。

块体面层由整齐或半整齐的石块、预制的混凝土块或其他材料的块体紧密铺筑而成,块体可以带有特定色彩、铺成特定图案,以美化环境。这类铺面的平整度一般难以满足高速行驶车的要求,但结构承载力很高。当块体的形状整齐、平面尺寸精度较高且尺寸较小时,块体在受力时可以形成紧密嵌锁,此时的铺面称为联锁块铺面;当块体尺寸较大或平面制作精度较差时,难以形成嵌锁效应,此时称为一般块体铺面。

砂石料面层是一种适用于轻交通的铺面面层,由各种碎石或砾石混合料组成,其顶面一般铺设一层砂作为磨耗层。土路面是指由满足特定要求的土壤或改良后的土壤铺筑而成的路面。

2) 基层

基层是面层下面的层次,是路面结构的重要组成部分;其作用主要是承接面层扩散下来的竖向力,并将其进一步扩散、传递到下面的结构层。基层是铺面结构中扩散荷载的主要层次,应具有足够的强度和刚度。基层受水、温度等外界因素的影响虽然不像面层那么大,但也要具有足够的水稳定性,包括强度稳定性、变形稳定性和耐冲刷性等多个方面,以确保整个路面结构的耐久性和使用寿命。

用作基层的材料通常包括:贫混凝土、碾压混凝土、沥青混合料;无机结合料稳定类材料;碎(砾)石混合料,天然砂砾以及片石、块石或圆石等。

基层根据其厚度可以设计成一层或两层。当设计成两层时,上面一层称为基层或上基层,下面一层称为下基层或底基层。

对于等级较高或交通量较大的道路,基层的宽度可以做成道路的全断面宽度,如图 1-1 所示。

3) 垫层

垫层是介于基层和土基之间的层次,其主要作用是改善土基的温度和湿度状况,保证土基的强度和变形稳定性,并进一步扩散基层传递下来的荷载,以减小荷载引起的土基变形。所以,通常在季节性冰冻地区和土基水文状况不良时设置。

用作垫层的材料通常有两类,一类是砂、砾石、炉渣等松散性材料,筑成透水性垫层;另一类是低剂量水泥、石灰或粉煤灰稳定材料,筑成整体性较好的垫层。垫层材料的强度要求虽不像基层那样高,但水稳定性同样要好。

4) 路基或路床

路基是垫层以下的部分,是垫层及其以上结构的支撑结构物。路基应具有足够的整体稳定性和抗变形能力,不出现过量的沉降。路基的顶部部分,如 80 cm 厚度部分,称为路床;顶部 30 cm 称为上路床,其余 50 cm 称为下路床。路床受行车荷载的影响较大,其水稳定性和抗变形能力将直接影响路面的整体使用性能,所以与路基的其余部分相比具有较高的要求。路床由土、石料或土石混合料材料组成,当其强度或水稳定性不足时,应予以处治。

实践中有时将路面的基层设计成水泥混凝土材料,而面层采用沥青混合料,这样的路面称为复合式路面。一些旧的水泥混凝土路面上加铺了沥青层后,形成的路面结构也是复合式路面结构。

2. 路肩

路肩是指路面结构的外侧部分,起到对中间路面结构侧向支撑或保护作用,供车辆临时停留,是路面结构的重要组成部分,如图 1-1 所示。

路肩结构应具备一定的承载力以承担临时的荷载,所以路肩的结构也需要专门的设计。通常路肩也设计成单层或多层的结构,对于等级不高的路面,路肩可以设成单层的土路肩,以节省建设资金。而对于等级较高的路面,路肩需要一定的结构,路肩可以设成面层、基层两个层次或面层、基层和垫层三个层次,并与车行道路面结构作为一个整体进行统一设计,以提供平整、坚实和不透水的路肩表面,并提供有效的侧向支撑。对于高等级公路路面,需要从功能性、经济性和施工的方便性等方面协调考虑其结构组成、材料选用和排水系统,表面层最好采用和车行道路面的表面层同类的材料,这有助于改善车行道结构边缘部分的工作条件,延长路面的使用寿命。

相对于土路肩,有铺面结构的路肩也称作硬路肩。

3. 排水系统

排水相关设施也是路面的重要组成部分,包括路表面排水和结构内部排水两部分。

为了迅速排除降落在铺面表面上的雨水或汇水,以确保行车的安全、减少渗入铺面结构的水分,路面表面需要设计有效的排水系统。这通常在几何设计时完成,将路表面设计成某种形状的横坡,通过横坡,将路表水尽快排至道路的边沟等排水设施中,尽快排离路面结构。路面横坡的大小与降雨量有关,也与路面材料的渗透性有关。路面的渗透性越大,则所设的横坡坡度应该越大。为了排水的迅速,路肩的横坡通常应比路面的横坡略大一些。

通过路面面层的接缝、裂缝或材料空隙,或经由地下水的毛细作用进入路面结构内部的水分,如果积滞在结构内部,将降低结构的强度,导致路面过早损坏。为了排除这些水分,人们常在路面内部设置排水系统,如设置由多空隙材料层、纵向边缘集水管(沟)组成的排水系统,使内部水分尽快渗流汇集到纵向集水管(沟)中,并尽快排离路面。

为了拦截地下水、滞水或泉水以免进入路面结构,或未排除的、因负温造成的积聚在土基顶部的水分,也可直接在土基顶面设置多空隙材料组成的排水垫层,并设置纵向集水沟和集水管,构成排水系统。

1.2 使用要求

对路面或路面设计的最基本要求是耐久、平整和抗滑。耐久是指路面具有足够长的使用寿命,这要求整个路面结构具有足够的强度、抗变形能力和抗环境作用能力;事实上,迄今为止所有的设计方法都是围绕着耐久性这个核心而建立的。平整性要求是为了保证路面的行驶舒适性;对高等级公路/道路,由于行车速度快,保证平整度尤为必要。保证了平整度,也就减少了因动荷冲击造成路面损坏的可能性,达到延长路面寿命的目的。抗滑是对路面表面特性的要求,表征了路面的行驶安全性,传统上不属于路面结构设计的内容,主要通过表层材料的选择和材料的设计予以保证。

相对于整个道路/公路的寿命而言,路面的寿命是很短的;通常设计寿命只有15~20年。这样规定的主要目的是为了节省道路的初期造价。随着交通量的增加,虽然路面结构的造价在整个工程中所占比例越来越小,但其绝对数值却越来越大,所起的作用也越来越大。另一方面,路面的维修对道路通行的影响变得越来越难以接受,并容易引发恶性交通事故,所以越来越多的国家将沥青路面的设计寿命定为20年,并逐步形成了长寿命(40~50年)的设计理念。