



高职高专道路与桥梁专业系列规划教材

GAOZHIGAOZHUAN

路基路面工程

李西亚 王育军 主 编

曹恒慧 隋永芹 副主编



科学出版社

www.sciencep.com

高职高专道路与桥梁专业系列规划教材

路基路面工程

李西亚 王育军 主 编
曹恒慧 隋永芹 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共分为十八章,主要包括绪论,行车荷载的分析,环境因素对路基路面的影响,路面材料的特性,一般路基的设计,路基的施工,挡土墙的设计,路面基层的施工,沥青路面的设计,沥青路面的施工,公路沥青路面的养护,水泥混凝土路面结构的设计,水泥混凝土路面的施工及养护,公路施工的机械,路面基层材料的测试,路面材料指标的测定,路基的测试,路面的测试等。

本书可作为高职高专院校道路与桥梁专业及相关专业的教材,也可供从事公路与城市道路建设及交通部门有关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

路基路面工程/李西亚,王育军 主编. —北京:科学出版社,2004
(高职高专道路与桥梁专业系列规划教材)
ISBN 7-03-013804-X

I. 路… II. ①李…②王… III. 公路路基-道路工程-高等学校:技术学校-教材②路面-道路工程-高等学校:技术学校-教材 IV. U416

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 065129 号

责任编辑:童安齐/责任校对:钟 洋
责任印制:刘士平/封面设计:张 放

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年8月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2004年8月第一次印刷 印张: 31 1/2

印数: 1—4 000 字数: 616 000

定价: 39.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

《高职高专道路与桥梁专业系列规划教材》

编委会

主 任 李继业

副主任 沈养中 邓爱华 周志坚 童安齐

委 员 (以姓氏笔画为序)

王育军 叶加冕 刘 凌 刘宝莉

刘福臣 许能生 沈 建 陈 刚

吴明军 吴清海 李西亚 邱琴忠

赵全振 俞素平 施晓春 高 杰

徐宇飞 徐梓忻 秦植海 郭玉起

符明娟 翟爱良 戴景军

前 言

“路基路面工程”是道路与桥梁专业的一门重要的专业基础课。本书以高职高专道路与桥梁专业教学大纲为依据,重点介绍路基路面工程的基础理论及其应用。

鉴于路基路面工程内容技术性、实践性较强,以及高职高专教学改革的要求,本书在编写过程中,本着实用、便于教学的原则,力求教材内容充实、突出重点,并以最新出版的有关工程技术标准、规范为依据。

本书编写分工如下:深圳职业技术学院李西亚编写第一、十三、十四章;苏州科技学院隋永芹编写第二、三、四、八、十、十二章;昆明冶金高等专科学校王育军编写第五、七章;广西建设职业技术学院梁伟编写第六、十一章;平顶山工学院曹恒慧编写第九章;昆明冶金高等专科学校普义编写第十五、十六章;四川建筑职业技术学院康成编写第十七、十八章。全书由深圳职业技术学院孙怀柔主审,李西亚统稿。

由于时间仓促,编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评、指正。

目 录

前 言

第一章 绪论	1
1.1 路基路面的功能和要求	1
1.2 路基路面的构造	3
1.3 路基路面工程的特点与内容	9
1.4 本课程与其他课程的关系.....	12
1.5 公路建设概况.....	13
1.6 小结.....	15
思考题	15
习题	15
第二章 行车荷载的分析	18
2.1 车辆的类型和轴型.....	18
2.2 汽车对道路的静态压力.....	21
2.3 运动车辆对道路的动态影响.....	22
2.4 交通分析.....	24
2.5 小结.....	27
思考题	27
第三章 环境因素对路基路面的影响	28
3.1 公路自然区划.....	28
3.2 路基湿度状况.....	29
3.3 温度对路面的影响.....	31
3.4 小结.....	34
思考题	34
第四章 路面材料的特性	35
4.1 极限强度特性.....	35
4.2 疲劳特性.....	38
4.3 变形累积特性.....	40
4.4 应力-应变关系	41
4.5 小结.....	44

思考题	44
第五章 一般路基的设计	45
5.1 路基的病害和设计要求	45
5.2 填料选择和压实标准	49
5.3 路基边坡和地基要求	55
5.4 路基排水	62
5.5 路基防护与加固	70
5.6 软土地基处治	80
5.7 小结	85
思考题	85
习题	85
第六章 路基的施工	86
6.1 路基土石方施工	86
6.2 路基压实	103
6.3 软土地基路基施工	115
6.4 山区路基施工	135
6.5 小结	157
思考题	158
第七章 挡土墙的设计	159
7.1 挡土墙的类型及适用范围	159
7.2 重力式挡土墙	162
7.3 薄壁式挡土墙	169
7.4 加筋土挡土墙	174
7.5 锚杆挡土墙	176
7.6 锚定板挡土墙	178
7.7 其他结构形式的挡土墙	179
7.8 小结	189
思考题	189
第八章 路面基层的施工	190
8.1 石灰稳定土基层	190
8.2 水泥稳定土基层	195
8.3 石灰工业废渣稳定基层	197
8.4 粒料类基层	201
8.5 基层施工质量控制与检查验收	206
8.6 小结	209

思考题.....	209
第九章 沥青路面的设计	210
9.1 概述	210
9.2 沥青路面材料的力学特性与温度稳定性	213
9.3 对沥青路面材料的要求	220
9.4 沥青路面设计理论和设计标准	225
9.5 沥青路面结构组合设计	230
9.6 新建沥青路面的结构厚度计算	233
9.7 路面结构的剪应力计算	262
9.8 沥青路面改建设计	267
9.9 小结	270
思考题.....	270
习题.....	271
第十章 沥青路面的施工	272
10.1 施工前的准备工作.....	272
10.2 沥青混合料的拌和与运输.....	277
10.3 沥青混合料摊铺.....	278
10.4 沥青混合料的压实技术.....	282
10.5 沥青面层施工质量控制与验收.....	286
10.6 小结.....	289
思考题.....	289
第十一章 公路沥青路面的养护	290
11.1 养护内容与质量标准.....	290
11.2 路况调查与评价.....	293
11.3 日常养护.....	297
11.4 常见病害的维修.....	303
11.5 小结.....	309
思考题.....	309
第十二章 水泥混凝土路面结构的设计	310
12.1 水泥混凝土路面的损坏模式 and 设计标准.....	311
12.2 弹性地基板的应力分析.....	312
12.3 水泥混凝土路面结构层组合设计.....	314
12.4 混凝土路面板平面尺寸的确定.....	323
12.5 水泥混凝土路面的接缝和配筋设计.....	324
12.6 水泥混凝土路面的加铺层设计.....	330

12.7 小结.....	333
思考题.....	333
第十三章 水泥混凝土路面的施工及养护.....	334
13.1 轨道式摊铺机施工.....	334
13.2 滑模式摊铺机施工.....	343
13.3 质量控制与验收.....	365
13.4 碾压混凝土与沥青混凝土复合式路面修筑技术.....	367
13.5 小结.....	369
思考题.....	369
第十四章 公路施工的机械.....	370
14.1 土石方施工的机械.....	370
14.2 压实机械.....	385
14.3 路面施工机械.....	391
14.4 小结.....	412
思考题.....	412
第十五章 路面基层材料的测试.....	413
15.1 基层材料主要检测内容.....	413
15.2 活性氧化钙、氧化镁含量测定	416
15.3 水泥或石灰稳定土中水泥或石灰剂量的测定.....	417
15.4 路面材料室内抗压强度测定.....	419
15.5 小结.....	420
思考题.....	420
第十六章 路面材料指标的测定.....	421
16.1 沥青混合料稳定度试验(马歇尔试验).....	421
16.2 沥青含量的测定.....	423
16.3 抗压回弹模量测定.....	423
16.4 抗弯拉强度和弯拉模量测定.....	424
16.5 水泥混凝土抗折疲劳强度测定.....	426
16.6 混凝土试样的钻取和劈裂试验方法.....	428
16.7 小结.....	429
思考题.....	430
第十七章 路基的测试.....	431
17.1 路基施工的基本要求和质量检验项目标准.....	431
17.2 击实试验.....	433
17.3 土的含水量试验.....	438

17.4	现场测定路基土密度的方法·····	444
17.5	土基的回弹模量测定方法·····	448
17.6	承载比试验·····	453
17.7	小结·····	458
	思考题·····	458
第十八章	路面的测试·····	460
18.1	路面工程施工质量控制与检查·····	460
18.2	路面弯沉测定·····	464
18.3	路面平整度测定·····	469
18.4	路面摩擦系数测定·····	474
18.5	路面透水性测定·····	477
18.6	路面耐久性指数测定·····	480
18.7	小结·····	487
	思考题·····	487
	参考文献·····	488

第一章 绪 论

路基路面是道路的基本组成部分,它们共同承受行车荷载和自然因素的作用。路基路面结构的稳固耐久,路面表面的平整抗滑,直接关系到道路的正常使用寿命与服务品质。路基路面的构造,除路基基身和路面层次外,还应采取必要的排水、防护与加固等工程措施。路基路面是一种露天的线形工程,行车荷载、自然因素和材料性质变化不定,损坏状况又错综复杂,这就增加了设计与修建的难度。学习本课程时,必须结合所学的其他课程,密切联系工程实践,注意掌握基本理论和方法,以提高解决实际问题的能力。

通过本章的学习,应该达到以下三个要求:

- 1) 明确路基路面的功能和对它们的基本要求。
- 2) 了解路基路面的断面构造。
- 3) 懂得路基路面设计与建筑要解决的问题及其途径。

1.1 路基路面的功能和要求

道路主要是由路基和路面组成的。路基是在地表按照道路路线位置和一定技术要求开挖或堆填而成的岩土结构物;路面是在路基顶面行车部分用各种坚硬材料铺设的层状结构物。有了路基路面,车辆才能沿着预定的路线,通畅、快速、安全、舒适、经济地运行。

在行车荷载和自然因素的作用下,路基路面会产生各种损坏和变形,影响道路的使用品质。因此,对路基路面提出了下列基本要求。

1.1.1 对路基的基本要求

首先,我们学习几个概念。

路基工作区:在行车荷载作用深度范围内的路基,称为路基工作区。

路床:直接位于路面结构层下 0.8m 厚的路基部分,称为路床。

土基:土质路床,又称土基。

水温稳定性:是指路基的强度和刚度在自然因素的影响下的变化幅度。

对路基的基本要求有两个方面:路基整体应稳定牢固;路基上层应密实均匀。

在地表修筑路基,必然会改变原地层所处的状态。由于不利因素(地质、水文、气候、行车荷载等)的影响,就有可能使高陡的路堑边坡发生崩塌、软弱地层上的路

堤出现下沉和滑动、沿河路基受到水毁等,从而导致交通阻断或行车事故。为了道路运输的畅通与安全,需要正确选定路基的断面形状和尺寸,采取必要的排水、防护和加固措施,以保证路基整体结构(包括周围的地层)具有足够的稳定性。

如果土基较为松软和水温条件差,在行车荷载作用下就会产生过大的沉陷变形,甚至引起翻浆现象,使路面失去坚强而均匀的支撑,导致路面结构过早损坏。为了保证路面的使用性能、减轻路面的负担,降低工程的造价,土基应具有足够的承载力和水温稳定性。考虑到荷载影响情况,路基上层部分最好选用良好的土填筑,注意充分压实,必要时,设置隔离层或采取其他处治措施。

1.1.2 对路面的基本要求

路面应具有以下功能:①能够负担汽车的载重而不破坏;②保证道路全天候通车;③保证车辆有一定的行驶速度。

对路面的基本要求有以下几个方面:①强度、刚度和稳定性;②平整度;③抗滑性;④少尘;⑤耐久性;⑥噪声低。

在行车荷载作用下,路面结构内会产生拉、压、剪切等应力和变形。如果路面结构整体或某一部分的强度和抗变形能力不足,就会出现断裂、沉陷和波浪等损坏现象,使路况迅速恶化,严重影响道路的服务质量。这就要求路面结构必须具备与行车荷载相适应的强度和刚度。

路面结构处于自然环境中,经常受到水分和温度变化的影响,其性状也就发生相应的改变。例如,沥青路面在夏季高温时会因发软而出现车辙和推移;冬季低温时会因变脆和收缩受阻或土基冻胀而开裂。因此,在设计时,应考虑当地的自然条件,采取合适的材料组成和结构措施,使路面结构在不利季节仍足够坚固和稳定。

在使用过程中,由于行车荷载和气候因素(冷热、干湿)的多次重复作用,路面结构会出现疲劳破坏、塑性变形积累和表面磨损。另外,路面结构还可能因材料的老化衰变而导致破坏。因此,路面在使用一定年限后,就需要进行修复或改建。路面的使用年限过短,将增加养护工作量和费用,并严重干扰路上的正常交通。所以,设计和修建的路面应该经久耐用,具有较高的抗疲劳能力。

不平整的路面会加大行车阻力,造成车辆颠簸,使车速受到限制,机件和油料的损耗剧增,还影响驾驶的平稳和乘客的舒适。同时,车辆的颠簸又反过来对路面施加冲击力,不平整的路面容易积滞雨水,从而加剧路面的损坏。因此,路面表面应保持一定的平整度,以减小冲击力,提高行车速度和舒适性;道路的等级(设计车速)越高,对平整度的要求也越高。平整的路面,要依靠合理选用路面结构、严格控制施工质量和经常及时的养护来获得。

在光滑的路面上,车轮与路面之间缺乏足够的附着力和摩擦阻力,当雨天车辆起动、加速、制动、爬坡或转弯时,容易出现打滑或溜滑现象,迫使车速降低,甚至引起严重的交通事故。为了保证高速行车的安全性,对路面的抗滑性能要求就应提

高。路面表面的抗滑能力可以通过选用坚硬、耐磨、粗糙的表面材料或者采取表面拉毛或刻槽等工艺措施来实现。另外,路面上的积雪、浮冰或污泥等,也会降低路面的抗滑性,必须及时予以清除。

此外,路基路面结构物还应满足环境保护和道路景观等方面的要求。

1.2 路基路面的构造

路基路面的构造,通常用横断面图来表示。路基除本体(基身)外,还应包括保证其正常工作所需的排水、防护与加固设施,以及路侧的取土坑和弃土堆等。在各种车道(包括行车道、变速车道和爬坡车道等)、路缘带和硬路肩等处均应铺筑路面。路面设置在路基顶部的浅槽(俗称路槽)内,可由一层或数层(面层、基层和垫层)组成,并考虑排水等措施。

1.2.1 路基的断面形式

由于路线情况和自然条件的不同,路基横断面形式有多种多样。按照基身的填挖情况,路基的断面有三种类型:路堤、路堑、半填半挖路基(见图 1.1)。

1. 路堤

路堤(embankment)是指基身顶面高于原地面的填方路基,路堤横断面的基本形式有一般路堤、浸水路堤和陡坡路堤等基本形式(见图 1.2)。一般路堤位于地面横坡平缓的地段。在路堤边坡低矮和迎水的一侧,应设置边沟和截水沟等排水沟渠,以防止地面水浸湿和冲刷路堤。建造路堤时在路侧设置的取土坑,应同排水沟渠或农田水利相结合。路堤堤身与路侧取土坑或水渠之间,还有高路堤或浸水路堤的边坡中部,可视需要设置宽至少 1m (并高出设计水位 0.5m)的平台,称为护坡道,以保证路堤边坡的稳定。高路堤和浸水路堤的边坡,常按其受力情况采取上陡下缓的边坡形式。容易受到水流侵蚀和淘刷的路堤边坡,还应进行适当的防护与加固。在软土地基上的路堤,需要采取加固地基和调整路堤结构等稳定措施。在横坡较陡(陡于 1:2.5)的地面上填筑的路堤,称为陡坡路堤,其下侧边坡常需设置石砌护脚或挡土墙,以防止路堤向下滑动,并能收缩填方坡脚,减少填方数量和占地宽度。

2. 路堑

全部为挖方的路基称为路堑(cutting)。路堑横断面的基本形式有全路堑、半路堑(又称台口式)和半山洞三种形式,见图 1.3。

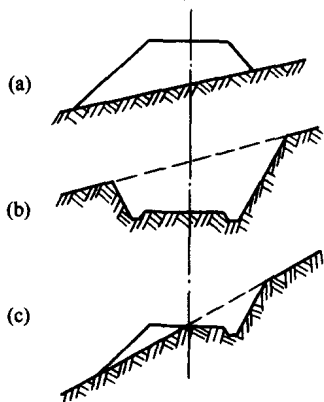


图 1.1 路基的断面形式
(a)路堤;(b)路堑;(c)半填半挖路基

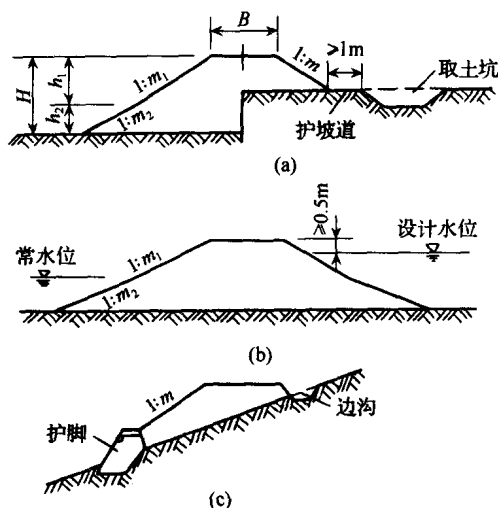


图 1.2 路堤横断面的基本形式
(a)一般路堤；(b)浸水路堤；(c)陡坡路堤

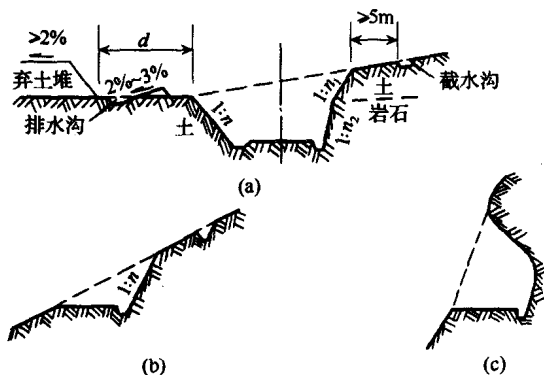


图 1.3 路堑横断面的基本形式
(a)全路堑；(b)半路堑；(c)半山洞

挖方边坡的坡脚应设置边沟，以汇集和排除路基基身表面的水。路堑上方应设置截水沟，以拦截上侧山坡的地面水。边坡可按地层构造情况采用直线或折线等形式，易风化或碎落时，需进行抹面防护或设置碎落台（见图 1.4）；破碎或不稳定时，则可采用护墙或挡土墙。路侧弃土堆的设置，应不妨碍路基排水，不危及边坡的稳定。弃土堆内侧坡脚到堑顶之间的距离应随土质条件和路堑边坡高度而定，一般不小于 $5m$ 。

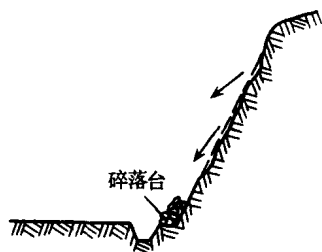


图 1.4 碎落台

3. 半填半挖路基

整个横断面上既有填方又有挖方的路基,称为半填半挖路基(part-cut-part-fill subgrade)。它出现在地面横坡较陡,路基又较宽,而路中线的设计标高与地面标高相差不大的地方。

零填路基:路基基身几乎没有填挖,形成不填不挖路基,也称零填路基。不填不挖路基的横断面形式见图 1.5。

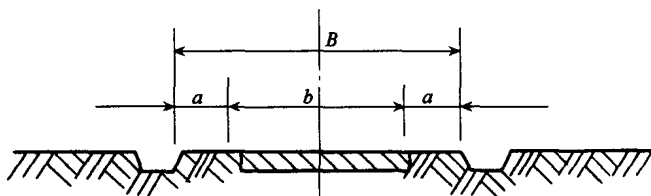


图 1.5 不填不挖路基的横断面形式

B . 路基宽度; b . 路面宽度; a . 路肩宽度

半山桥路基:如果填方部分遇到地面陡峻出现悬空,而纵向又有适宜的基岩时,则可采用桥梁(如石拱桥)跨越,构成半山桥路基即半填半挖路基,其横断面的基本形式如图 1.6 所示。

半填半挖路基可看做由半路堤和半路堑组合而成,其横断面的形式同地面横坡与地层情况有密切关系,兼有路堤和路堑的设置要求。为提高路基的稳定性,填方部分的地面应挖成台阶或凿毛。有时根据需要,填方和挖方部分可设置挡土墙等支挡结构物。如果填方部分遇到地面陡峻出现悬空,而纵向又有适宜的基岩时,则可采用桥梁(如石拱桥)跨越,构成半山桥路基。对于填方高度(或路肩墙等结构物顶面高出地面)大于或等于 6m 以及急弯、陡峻山坡、桥头引道等危险路段,应设置诱导交通的安全设施,如护栏(见图 1.6)作为指示。

1.2.2 路面的结构组成

行车荷载和大气因素对路面的影响,随深度而逐渐减弱;同时,路基的水温状况也会影响路面的工作。为适应这一特点,路面大多采用不同性质的材料,建成多

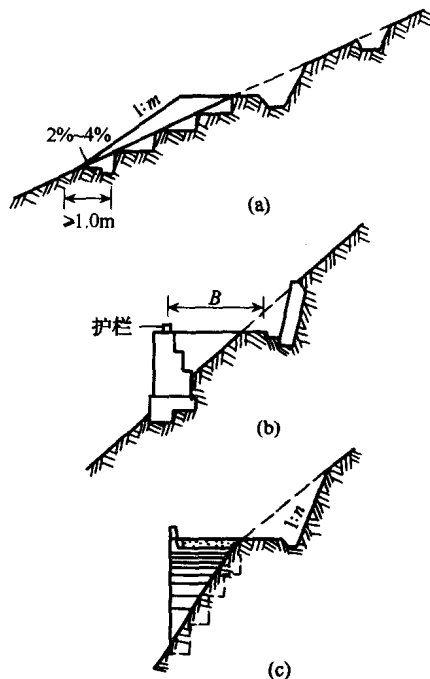


图 1.6 半填半挖路基横断面的基本形式

(a)一般情况;(b)设挡土墙情况;(c)半山桥

层次的结构。

路面结构层,按其层位和作用分为面层、基层和垫层,路面结构示意图 1.7,路面的构造如图 1.8 所示。

1. 面层

面层(surface course)是直接和车轮及大气相接触的结构层。它承受行车荷载(垂直力,特别是水平力和冲击力)的反复作用,又受到降水的侵蚀和气温变化的不利影响。因此,同其他层次相比,面层应具有较高的结构强度和气候稳定性,而且要耐久、防渗,其表面还应有良好的平整度和粗糙度。

修筑面层的材料主要有水泥混凝土、沥青与矿料组成的混合料、砂砾或碎石掺土(或不掺土)的混合料、块石及混凝土预制块等。

路面的使用品质主要取决于面层。按面层品质、采用材料及结构组成等不同,将路面分为若干种类。例如:

水泥混凝土路面(cement concrete pavement):用水泥混凝土板作面层的路面。

钢筋混凝土路面(reinforced concrete pavement):配置有纵横向钢筋或钢筋网的水泥混凝土路面。

块料路面(block pavement):用石块、水泥混凝土块等铺砌而成的路面。

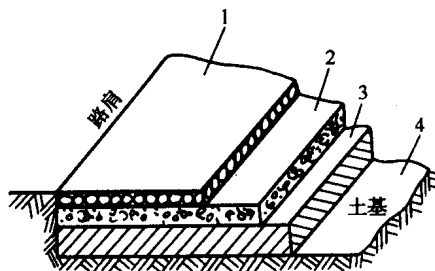


图 1.7 路面结构示意图
1. 面层; 2. 基层; 3. 垫层; 4. 土基

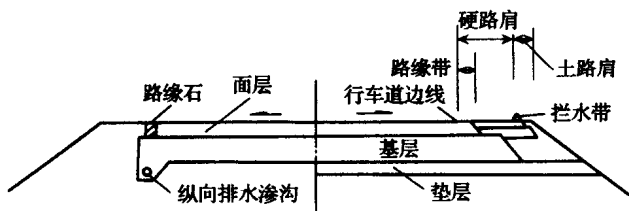


图 1.8 路面的构造

沥青路面(bituminous pavement):用沥青作结合料铺筑面层的路面。

再生沥青路面(reclaimed bituminous pavement):用再生沥青混合料作面层的路面。

沥青混凝土路面(bituminous concrete pavement):用沥青混凝土作面层的路面。

全厚式沥青(混凝土)路面(full depth asphalt pavement):沥青混凝土面层以下各结构层(垫层除外)均采用沥青混合料铺筑的路面。

沥青碎石路面(bituminous macadam pavement):用沥青碎石作面层的路面。

沥青贯入式路面(bituminous penetration pavement):用沥青贯入碎(砾)石作面层的路面。

上拌下贯式(沥青)路面(penetration macadam with coated chips):下部用贯入式、上部用沥青混合料作面层的路面。

(沥青)表面处治(bituminous surface treatment):用沥青和集料按层铺法或拌和法铺筑而成的厚度不超过 3cm 的沥青面层。

泥结碎石路面(clay-bound macadam):以碎石为骨料,经碾压后灌泥浆,依靠碎石的嵌锁和黏土的黏结作用形成的路面。

水结碎石路面(water-bound macadam):石灰岩类碎石层经洒水碾压,依靠碎石的嵌锁和石粉的黏结作用形成的路面。

级配路面(graded aggregate pavement):按密实级配原理选配的集料和适量