

P U M I A N

G H O N

G C H E N G



铺面工程

◆ 姚祖康 编著



同 济 大 学 出 版 社

铺 面 工 程

姚祖康 编著



同济大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

铺面工程/姚祖康编著. —上海:同济大学出版社, 2001. 7

ISBN 7-5608-2263-0

I. 铺… II. 姚… III. 路面铺层-道路工程

IV. U416.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 14924 号

铺面工程

作 者 姚祖康 编著

责任编辑 司徒妙龄 责任校对 徐春莲 装帧设计 陈益平

**出 版
发 行**

同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 江苏大丰印刷二厂印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 14

字 数 358400

版 次 2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-2263-0/U·29

定 价 20.00 元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换

内容提要

本书对铺面工程的使用要求和性能、材料和结构组成、结构设计理论和方法、施工工艺、性能监测和评价、养护和改建等均作了全面的、系统的阐述。

本书共分为六个部分:第一部分介绍铺面工程的概貌;第二部分分析影响铺面工程结构性能的诸方面因素;第三部分论述铺面结构的力学分析理论和方法;第四部分阐述沥青铺面和水泥混凝土铺面的结构设计方法;第五部分介绍各种基(垫)层及沥青和水泥混凝土面层的施工工艺;第六部分讨论铺面使用性能的监测和评价、铺面养护措施和改建设计。

本书可作为高等院校土木专业及交通运输专业本科生的教材或教学参考书,也可作为交通运输学科其他专业的研究生的教材或教学参考书,并可供从事铺面工程技术工作的科技人员参考。

前 言

铺面是铺筑在地表的工程结构物,用于改善地表状况,以满足各种运载工具的行驶要求和服务性能要求。铺筑在公路、城市道路、厂矿道路、林区道路上的路面结构,铺筑在机场飞行区内的道面结构,或者铺筑在工业区或码头堆场上的铺面,在材料、结构组成、施工工艺、养护改建等方面都是相同的,而在设计方法上的差别仅是作用荷载特性和使用性能要求方面有所差异而已。为适应专业面拓宽的现状与发展需要,本教材面向土木工程学科和交通运输学科各专业领域所涉及的铺面工程。本书着重于系统阐明铺面工程的基本概念、技术理论和方法,并尽可能融入这一领域内的新技术、新理论和新进展,以便读者掌握铺面工程的特点和技术要领。本书无意具体介绍各种专业的技术规范和规程,因为作者认为规范的具体条文和参数规定会不断地被修订和补充,对于读者来说,重要的是掌握基本概念、理论和方法,这样才能自如地运用技术规范和规程。

本书共分为六部分:第一部分(第一章)介绍铺面工程的概貌(类型、构造、使用要求、使用性能)及铺面工程的内容和特点;第二部分(第二章到第五章)分析影响铺面工程结构性状的诸方面因素,包括作用荷载、环境(温度和湿度)、路基支承条件及铺面材料的组成和力学性质等方面;第三部分(第六章)论述铺面结构力学分析理论和方法,包括弹性层状体系和弹性地基板的应力、应变和位移分析;第四部分(第七章和第八章)阐述道路和机场的沥青铺面 and 水泥混凝土铺面的结构设计方法;第五部分(第九章)介绍各种基(垫)层及沥青和水泥混凝土面层的施工工艺;第六部分(第十章和第十一章)讨论铺面使用性能的监测和评价、铺面养护措施和改建设计。

对于本书的疏漏和错误,恳请读者批评指正。

编著者

2000. 11

目 录

前 言

第一章 引论	(1)
第一节 对铺面的使用要求	(1)
第二节 铺面的结构组成	(3)
第三节 铺面工程的内容和特点	(6)
第二章 荷载作用分析	(9)
第一节 荷载类型和作用图式	(9)
第二节 接触压力和接触面积	(11)
第三节 动荷载的影响	(13)
第四节 交通分析	(16)
第三章 自然因素的影响	(22)
第一节 铺面的温度状况	(22)
第二节 路基的湿度状况	(27)
第四章 路基支承条件	(34)
第一节 软土地基的沉降分析和处理措施	(34)
第二节 路堤填料与压实	(44)
第三节 路基土的应力-应变特性	(48)
第四节 荷载-弯沉关系	(51)
第五章 铺面材料组成及其力学性质	(57)
第一节 粒料类材料的组成	(57)
第二节 无机结合料稳定类材料和水泥混凝土的组成	(60)
第三节 沥青混合料的组成	(64)
第四节 应力-应变特性	(67)
第五节 强度特性	(74)
第六节 疲劳特性	(78)
第六章 铺面结构的力学分析	(85)
第一节 层状体系解	(85)
第二节 层状体系应力和位移状况分析	(88)

第三节	弹性地基板的荷载应力分析	(93)
第四节	弹性地基板的温度应力分析	(99)
第七章	沥青铺面结构设计	(107)
第一节	损坏模式、设计标准和设计方法	(107)
第二节	结构组合设计	(111)
第三节	公路沥青路面厚度设计	(116)
第四节	机场沥青道面厚度设计	(125)
第八章	水泥混凝土铺面结构设计	(137)
第一节	损坏模式和设计标准	(137)
第二节	结构组合设计	(139)
第三节	接缝构造设计	(145)
第四节	钢筋混凝土和连续配筋混凝土面层	(149)
第五节	公路水泥混凝土面层厚度设计	(150)
第六节	机场水泥混凝土道面厚度设计	(160)
第九章	铺面施工技术	(166)
第一节	垫层和基层施工	(166)
第二节	沥青面层施工	(170)
第三节	水泥混凝土面层施工	(178)
第十章	铺面使用性能的监测与评价	(185)
第一节	铺面行驶质量	(185)
第二节	铺面结构损坏	(188)
第三节	铺面结构承载能力	(192)
第四节	铺面抗滑性能	(197)
第十一章	铺面养护和改建	(200)
第一节	铺面养护	(200)
第二节	旧沥青面层上的加铺层	(205)
第三节	旧水泥混凝土面层上的水泥混凝土加铺层	(206)
第四节	旧水泥混凝土面层上的沥青加铺层	(211)

第一章 引 论

铺面是铺筑在地表的工程结构物,用以满足载运工具(汽车、飞机、装载车辆等)的地面行驶要求或堆载(各种货物、车辆等)的地面堆放或停放要求。本章作为全书的引子,对铺面的类型和构造、使用要求和使用性能、铺面工程的内容和特点作简要的介绍,以便读者对铺面工程和全书的内容有一概貌了解。

第一节 对铺面的使用要求

在公路、城市道路、厂矿道路、林区道路的行车道部分,须铺筑路面结构以方便汽车行驶;在机场飞行区的跑道、滑行道和机坪上,须铺筑道面供飞机起降、滑行和停放;在工业区或码头的堆场,须铺筑铺面供装载车辆装卸和搬运以及堆放各种货物;在居住区、步行街或人行道上,也须铺筑各种铺面结构以便利行人或非机动车辆行走。

设置铺面结构的目的在于改善地表的状况,以满足各种载运工具(汽车、飞机、装载车辆等)的行驶要求(速度、载重等)和服务要求(舒适性、经济性、安全性等)。为了实现这些要求,铺面结构应具有下述使用性能:

1. 结构承载能力和耐久性

行驶在铺面上的载运工具,通过轮子把荷载传给铺面,使铺面结构内产生不同量的应力和应变。如果铺面结构的整体或某一组成部分的强度或抗变形能力不足以抵抗这些应力和应变的作用,则铺面便会出现开裂或变形(沉陷、车辙等),使铺面状况恶化,服务水平下降。因此,铺面结构整体及其各组成部分必须具有同荷载作用相适应的承载能力。

铺面结构袒露在大气中,无时无刻不感受到气候因素的影响,而铺面材料对温度和湿度变化的影响很敏感,其性能随之发生相应的变化。这些变化在受阻时会使铺面结构承受内应力的作用,并使其承载能力也发生周期性的变化。因而,铺面结构所具有的承载能力应同当地的气候条件相适应,即使在最不利的情况下也能满足要求。

铺面结构在使用期内要承受荷载和气候因素的多次反复作用,由此而逐渐出现疲劳损坏和塑性变形累积。在使用一定年限后,铺面的损坏发展到不符合使用要求时,便需进行修复。过短的使用年限,将增加维修工作量和费用,并严重干扰甚至中断正常交通。为此,所设计和修筑的铺面必须经久耐用,使其在较长的使用期内具有足够的抗疲劳和抗塑性变形的能力。

铺面结构的承载能力及其耐久性,主要通过选用强度高、稳定性好的优质材料,具有足够的结构层厚度以及精心的施工来实现。

2. 行驶舒适性和经济性

车辆在铺面上行驶的舒适性同铺面表面的不平整程度、车辆悬挂系统的振动特性以及乘客对振动的反应和接受能力三方面因素有关。从铺面的角度,影响行驶舒适性的主要是铺面的平整度。

不平整的路表面会使行驶的车辆产生一附加的振动,造成车辆颠簸。它一方面使行驶速度和舒适性下降,车辆的运行费用增加;另一方面又反过来对铺面施加冲击力,从而加速铺面的损坏。不同等级的道路,对行驶速度和舒适性提出了不同的要求。因而,对铺面平整度也相应提出了不同程度的要求。

铺面使用初期的平整度与施工技术水平(工艺和设备)、施工质量控制、面层构造(如接缝)和选用材料(如粗集料的粒径)等因素有关;而在使用期间,随着车辆荷载的反复作用、周围环境周期变化的影响以及铺面龄期的增长,铺面的平整度会随各种病害的出现而逐渐下降。铺面结构和面层材料的强度和抗变形能力影响着铺面平整度的衰变速率。

车辆在路上行驶的费用主要包括燃油、轮胎和车辆维修等消耗。道路线型和交通状况对于车辆运行费用有较大的影响,而铺面的表面状况(如粗构造、宏构造和平整度等)也影响到车辆的运行费用。因而,车辆运行的经济性也与铺面平整度有关。

3. 行车安全性

铺面要平整,但不宜光滑。光滑的表面会使车轮和铺面间缺乏足够的附着力,在雨天行驶需紧急制动或拐弯时车辆的制动距离要比粗糙表面上的大得多,车轮也容易产生空转或打滑,由此会造成严重的交通事故。

车辆低速行驶(30~50km/h)时,铺面表面的细构造为轮胎胎面提供附着力;高速行驶时,胎面下的路表面水来不及排除,在胎面与路表面间形成一层水膜,使轮胎在水面上漂滑。因而,对于供高速行驶的铺面表面需设置粗构造以迅速排除表面水,使胎面与铺面表面的细构造相接触而提供足够的抗滑能力。铺面表面出现车辙,也不利于表面水的排除。在车辙深度超过10~13mm时,会使高速行驶的车辆出现漂滑。

铺面表面水在高速行驶车轮的滚压下,会向车辆两侧和后方溅水和喷雾,影响后随车辆的视线,并可能危及行车安全。铺面表面的粗构造可加速路表水的排除,也可相应减轻溅水和喷雾现象,从而保障行车安全。

铺面抗滑表面的细构造,可以通过采用坚硬、耐磨、表面粗糙的集料组成的表面层实现;而粗构造则由表面集料间的空隙或表面的沟槽所形成,通过表面层材料组成或采用工艺性措施来实现。

4. 减少对环境的负面影响

车辆驶经铺面表面时,轮胎胎面花纹与不规则铺面表面间的相互撞击,会产生轮胎-路表面滚动接触噪声。这种噪声是交通噪声的一部分,构成了环境噪声污染的一个来源。随着交通的增长,降低交通噪声对周围居民工作、生活和心理健康的不利影响,已成为各方面日益关注的问题。在铺面表面方面,影响轮胎-路表面滚动噪声产生的主要因素为表面构造及其声阻抗(或声吸收),因而,可通过改善铺面的表面构造以及采用多孔隙路表面(以提高其声吸收性能)等措施来降低滚动噪声的级位。

修建铺面需耗费大量的建筑材料(石料、水泥、沥青等),而养护和修复铺面往往还需废弃大量的旧铺面材料(沥青混合料、水泥混凝土等)。这一方面消耗大量能源,另一方面又会对自然环境产生破坏和污染,因而,合理选择、开采和使用铺面材料,开发再生技术以充分利用废旧铺面材料,是铺面工程师应予关注和考虑的重要问题。

第二节 铺面的结构组成

铺面是一种由多层次结构层组成的复合结构物。为侧向支持铺面结构,在其外侧设有路肩(或道肩),它使铺面结构过渡到无铺面的地表。路肩结构也是多层次的复合结构。为排除降落到铺面上的地表水,采用铺面表面排水措施;而为排除渗入铺面结构内的自由水,可设置铺面结构内部排水系统。图 1-1 绘出了铺面结构组成的横断面。

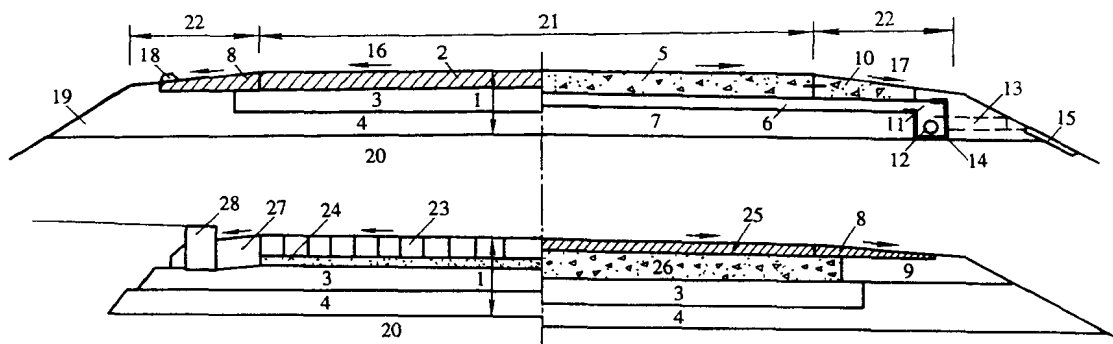


图 1-1 铺面结构组成的横断面

- 1—铺面结构;2—沥青面层;3—基层;4—垫层;5—水泥混凝土面层;6—排水基层;
7—不透水垫层;8—沥青路肩面层;9—路肩基层;10—水泥混凝土路肩面层;
11—纵向集水沟;12—纵向集水管;13—横向排水管;14—反滤织物;
15—坡面冲刷防护;16—行车道横坡;17—路肩横坡;18—拦水带;
19—路基边坡;20—路床;21—行车道宽度;22—路肩宽度;
23—块料面层;24—垫砂层;25—沥青上面层;26—连续
配钢筋混凝土下面层;27—平石;28—侧石

一、结构层次

行车荷载和自然因素对铺面的影响,随深度的增加而逐渐减弱;对铺面材料的强度、抗变形能力和稳定性等要求也随深度的增加而逐渐降低。为适应这一特点,绝大部分铺面的结构是多层次的,按使用要求、受力状况、土基支承条件和自然因素影响程度的不同,在路基顶面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. 面 层

面层是直接承受行车荷载作用及大气降水和温度变化影响的铺面结构层次,并为车辆提供行驶表面,它直接影响行车的舒适性、安全性和经济性,给周围环境带来不同程度的负面影响。因此,面层应具有足够的结构强度和稳定性、良好的表面特性。

组成面层的材料,可分为沥青混合料、水泥混凝土、粒料和块料四种类型;而按面层所用材料的不同,可将铺面分为沥青铺面、水泥混凝土铺面、粒料铺面、块料铺面和复合式铺面五类。

沥青面层可分为由沥青和集料拌和、碾压而成的沥青混合料,沥青和集料分层撒铺、碾

压而成的沥青表面处治以及沥青灌入碎石集料层的沥青贯入碎石三种类型。沥青混合料具有较好的使用品质,可用作高级铺面的面层。它们通常分为上、下两层。上面层(或表面层)起磨耗层的作用,它应具有良好的表面特性(抗滑、平整、低噪声),通常采用较细的集料、较多的沥青用量,混合料密实不透水,或者也可做成多孔隙排水性表面层。下面层称作联结层,起承重作用,可采用较粗的集料,在层厚超过 8cm 时,需分两层摊铺碾压,这时分别称此两层为中面层和下面层。沥青表面处治主要起封层和磨耗层的作用,用以改善铺面的行驶条件。沥青贯入碎石含有较多空隙,用作面层时,应加铺封层,这种面层属次高级铺面。

水泥混凝土面层可分为普通水泥混凝土、钢筋混凝土、连续配筋混凝土、钢纤维混凝土和预应力混凝土五种类型。这类面层具有强度高、刚度大、使用寿命长的特点,能承受较繁重的车辆荷载的作用。

块料面层可由整齐或半整齐的石块、嵌锁式水泥混凝土模制块料或其他材料块料铺砌而成。面层下需铺设薄垫砂层,以调节砌块高度,形成块料间的嵌挤作用。这类面层可按不同图案和色彩铺筑,能承受较重的荷载,但表面平整度较差。

复合式面层系由水泥混凝土(连续配筋混凝土或设传力杆的水泥混凝土)做下面层、沥青混合料做上面层组成。这类面层综合了水泥混凝土强度高、寿命长和沥青混合料舒适性好、便于修补的长处,是一种经久耐用的优质面层。

粒料面层由各种碎石或砾石混合料组成,其顶面需铺设砂土磨耗层。这类面层只能承受中等或轻交通,属中级和低级铺面。

2. 基 层

基层是铺面结构中的承重部分,它主要承受车辆荷载的竖向力,并把由面层传下来的应力扩散到垫层或土基,故基层应具有足够的强度和扩散应力的能力。基层受自然因素的影响虽不如面层强烈,但仍应有足够的水稳定性,以防基层湿软后变形过大,从而导致面层损坏。水泥混凝土面层下的基层则还应具有足够的耐冲刷性。

用作基层的材料主要有以下五类:

- (1) 贫水泥混凝土,碾压混凝土;
- (2) 沥青稳定碎(砾)石混合料;
- (3) 无机结合料(水泥、石灰、粉煤灰等)稳定碎(砾)石混合料或土;
- (4) 碎(砾)石混合料,天然砂砾;
- (5) 片石、块石或圆石。

起承重作用的基层有时选用两层,其下面一层称作底基层。对底基层材料(包括集料和结合料)的要求可低于上基层。其设置的目的在于分担承重作用以减薄上基层的厚度,并充分利用地方材料。

3. 垫 层

垫层是介于基层和土基之间的层次,其主要作用为改善土基的湿度和温度状况,以保证面层和基层的强度稳定性和抗冻胀能力;扩散由基层传来的荷载应力,以减小土基所产生的变形。因此,通常在季节性冰冻地区和土基水温状况不良时设置。

垫层材料的强度要求不一定高,但其水稳定性要好。常用的垫层,一类是由松散的颗粒材料如砂、砾石、炉渣等组成的透水性垫层,另一类是低剂量水泥、石灰或粉煤灰稳定土等稳定类垫层。

4. 路基和路床

铺面结构铺筑在填方或挖方路基(道基)顶面。路基是铺面结构的支承结构物,其本身应具有足够的整体稳定性,不出现过量的沉降变形。直接位于铺面结构下一定深度范围内的路基部分,称作路床。路床处于行车荷载的影响深度范围内,路床的强度和水稳定性可直接影响对铺面结构的支承条件,从而影响铺面结构的使用性能。路床由土或石料组成。在路床土的强度和水稳定性不足时,应采取改善路床土(如低剂量结合料稳定土)、设置排水系统、进行充分压实等措施。

二、铺面排水

铺面排水包括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上的雨水,以减少降水对铺面的浸湿和渗漏,铺面表面应修筑成直线形或抛物线形的路拱,通过路拱横坡将表面水排到路基两侧。路拱平均横坡随铺面透水性增大而增加,见表 1-1。

表 1-1 各类铺面的平均横坡

面层类型	平均横坡(%)
水泥混凝土、沥青混凝土	1~2
其他沥青类面层、整齐块料	1.5~2.5
半整齐和不整齐石块	2~3
碎(砾)石等粒料	2.5~3.5
碎石土、砂砾土等	3~4

注:1. 对抛物线或双曲线形路拱,系指平均坡度;对直线形路拱中间插入圆弧者,系指直线段坡度。

2. 路面较窄、干旱或积雪地区及没有较大纵坡的路段可取低限;反之,取高限。

通过横坡向两侧排流的表面水,在路线纵坡平缓、汇水量不大、路堤较低且坡面不会受到冲刷的情况下,可采用通过路堤坡面横向漫流的方式排除。在路堤较高、边坡坡面未做防护而易遭受表面水冲刷或者坡面虽已采取防护措施但仍有可能遭受冲刷时,应沿路肩外侧边缘设置拦水带(见图 1-1)以汇集铺面的表面水,而后通过间隔一定距离设置的出水口和急流槽,使之排离路堤。

通过面层裂缝、接缝或材料空隙,或者由地下水位毛细上升进入铺面结构内的自由水,如果阻滞在铺面结构内,会降低铺面结构层材料和土基的强度,导致唧泥、错台、断裂、松散、坑槽等病害出现。为排除这部分渗入水,可在铺面结构内设置由多孔隙混合料组成的排水基层及纵向边缘集水沟和集水管等内部排水系统,使渗入水迅速渗流汇集到集水沟和集水管后,由横向排水管排离出铺面结构(见图 1-1)。

为拦截地下水、滞水或泉水进入铺面结构,或为排除因负温差作用而积滞在土基上层的自由水,可直接在土基顶面设置多孔隙材料(如砂或砂砾)组成的排水垫层,并酌情配置纵向集水沟和集水管以及横向排水管等,以构成排水系统,将渗入水排离出铺面结构。

三、路 肩

行车道(或跑道、滑行道)两侧的路肩(或道肩),承受车辆(或飞机)的偶然停留作用,并

对铺面结构起侧向支承作用。

路肩也是多层次结构,设面层和基层两个层次,或面层、基层、垫层三个层次。按面层所用材料的不同,路肩可分为沥青路肩(沥青混合料或沥青表面处治)、水泥混凝土路肩和土或粒料路肩三种类型。前两种适用于高级或次高级铺面,后一种适用于轻交通道路。

路肩结构应具有一定的承载能力,并应同行车道铺面作为一个整体进行结构设计,协调结构层次的安排和组成材料的选用,统一考虑行车道结构和路肩结构的内部排水,提供两部分结构交接面处的良好衔接。平整、坚实和不透水的路肩表面,既可增加行车道的有效宽度,又可改善铺面结构边缘部分的工作条件,延长铺面的使用寿命。

路肩的横坡应略大于铺面的横坡(0.5%~1.0%),以利于迅速排除表面水。

第三节 铺面工程的内容和特点

一、铺面工程的内容

铺面工程是探讨如何经济有效地提供和维护能满足车辆行驶各方面使用要求的铺面结构物。为实现这一目标,铺面工程涉及规划、设计、施工、监测、维修和管理等方面的内容。

1. 规划方面

规划的任务包括财政和项目两方面,其内容为:

(1) 依据路网内铺面结构的现状,分析为达到规划期预定目标状况所需的资源(资金、材料、机具、劳力等)及其在时间(一年或多年)和空间(不同路线或路段)上的分配。

(2) 计划在给定的预算水平条件下,使路网内铺面服务水平达最佳所需安排的新建和改建项目及其对策方案。

2. 设计方面

铺面设计的任务是以最低的寿命周期费用提供一种铺面结构,它在设计使用期内能按目标可靠度满足预定的使用性能要求。同时,这种铺面结构所需的材料、施工技术和资金,应符合当地所能提供的条件和经验。

铺面设计使用期是指新建或改建的铺面从开始使用到其使用性能衰退到预定的最低标准时的时段。设计使用期以年数或该时段内标准轴载累计作用次数表示。到设计使用期末,铺面并非损坏到完全无法使用的程度,而是必须采取重大的改建措施以恢复其使用性能,使之达到与使用要求相适应的水平。

设计使用期的选择,涉及技术的合理性和可能性、投资的效益和使用者的费用,可依据铺面类型、交通繁重程度、道路等级、资金供应等条件确定。

铺面设计的内容包括结构、构造、材料和表面特性等方面,或者分为以下六部分:

(1) 行车道铺面与路肩铺面的类型选择和结构层组合设计 依据道路等级、当地环境、交通要求、路基支承条件、材料供应、施工和养护技术水平、资金来源等情况,选择铺面类型,设计符合使用性能要求的铺面结构的结构层组合方案。

(2) 水泥混凝土铺面面层的接缝构造和配筋设计 选择和布设接缝的类型和位置,设计接缝构造,确定配筋量和布置钢筋。

(3) 铺面内部排水设计 需设置铺面内部排水设施时,选择排水系统的布设方案,确定各项排水设施的构造尺寸和材料规格要求。

(4) 各结构层材料组成设计 依据对所选材料和混合料的性状要求以及当地自然条件,进行各结构层混合料的组成设计和性质试验。

(5) 铺面表面特性设计 按抗滑、透水或低噪声等使用要求,进行铺面上面层的材料组成设计。

(6) 经济评价和最终方案选择 对各备选方案进行寿命周期-费用分析,依据资金筹措情况、目标可靠度以及其他非经济因素,选择费用-效果最佳设计方案。

3. 施工方面

施工是实现项目设计的意图而修筑达到预定使用性能要求的铺面结构物。

施工的内容包括:

(1) 在开工前进行组织、技术、物资和现场方面的准备工作,包括落实和培训施工队伍,会审和现场核对设计图,恢复定线和进行施工测量,编制施工组织设计和工程预算,调查和选定所需材料和机具设备,准备施工现场和保证供水、供电和便道运输条件等。

(2) 制定从垫层到面层各结构层混合料的拌和、运输、摊铺、压实、修整和养生等环节的施工工艺、操作要求、质量控制要求和标准,并按上述要求实施。

(3) 按施工规程和进度要求进行施工管理,并对施工质量进行控制、检查和验收。

4. 监测方面

已建成的铺面结构物在使用过程中受荷载和自然因素的不断作用而逐渐出现损坏。监测是对结构物的使用状况及其对使用性能要求的满足程度进行定期的观测和评价,为制订规划和维修计划提供依据。监测的项目包括铺面的各项使用性能(如结构承载能力、损坏状况、平整度和抗滑等)和交通状况(交通量和组成)。依据监测所采集到的路况和交通数据,可以对铺面使用性能满足使用要求的程度作出评价。

5. 维修方面

维修是对可能或已经出现损坏或不满足使用要求的铺面结构物提出维修方案和制订维修计划,并按养护规范进行日常养护、修复或重建,以延缓铺面损坏的速率,恢复或提高其使用性能。

二、铺面工程的特点

同其他工程结构物相比,铺面结构具有许多显著的特点,须注意和把握。

1. 混合材料和复合结构

铺面结构所采用的材料是由集料和结合料(沥青、水泥、石灰等)组成的各种混合料。其性质随配合比例和组成方式的不同而在较大范围内变动;并且随所处的温度和湿度环境及所受到的应力状况的不同而发生很大的变化。

铺面结构是多层次的复合结构,各结构层可采用不同性质的混合料。结构物在荷载和自然因素作用下的应力-应变性状及其使用性能同结构层的组成情况有关,同时也同结构层组成材料的性质有关。因此,考察和研究铺面结构的性能时,要兼顾材料和结构的两个方面,并考虑其耦合作用——不能把材料的性状固定化,而抽象地分析结构组合的影响;也不能脱离在结构中所处的层位来孤立地分析材料的性状。

2. 变异性大和不确定性因素多

铺面是地表结构物。工程所经地区的地形、地质和水文等条件往往变化很大,即便在较

短的段落内,路基的填挖情况、岩(土)质和水文条件仍会有较大的差别,从而使铺面结构的支承条件有很大的变异。组成铺面各结构层的材料,受料源(不同料场)和施工状况(非工厂化生产)的影响,其力学性质的变异范围很大。同时,铺面结构所处的环境(温度、湿度等)复杂多变,而混合料的物理-力学性质对于环境条件的变异又十分敏感,这就更为加剧了材料和结构性状的可变性。此外,作用在铺面上的行车荷载,无论是作用图式、重量、作用频率和次数,又都是因时因地而变的随机变量。因此,铺面是一种自身性质变异较大而又在复杂多变的环境和条件下工作的结构物,在设计、施工、维修和管理工作中都较难准确把握,因而必须严格控制各环节,才能实现预期的目标和要求。

3. 设计-施工-养护系统

铺面的设计、施工和维修养护是一个相互关联和相互依存的系统。铺面的使用性能在使用过程中会逐渐变坏;在一定的交通和环境条件下,铺面使用性能的衰变速率同结构的设计承载能力、施工质量和养护水平等因素有关。设计结构的承载能力越弱,施工质量越差,养护水平越低,则铺面使用性能的衰变速率越快。当使用性能恶化到某一预定的最低水平时,便需采取改建或重建措施,以恢复或提高其使用性能。在预定的设计期内,铺面结构可能要要进行若干次改建或重建。

铺面材料和结构都是通过现场施工实施的,其性能和性质水平同施工技术和施工质量控制水平密切相关。铺面设计时,必须充分考虑和反映现有施工技术和施工质量控制所能达到的水平,否则,实际使用性能将达不到设计所预期的目的,从而增加养护和改建工作及投资量。而铺面施工时,也必须充分考虑并实现设计所提出的要求,按设计所规定的变异范围进行控制。

不同的铺面维修养护水平,可以延缓或加快铺面使用性能的衰变速率,因而,设计和养护可以协调考虑,从而提出多种方案供比较选择。可以采用结构承载能力较强的设计方案,以花费较高的初期修建费获取较长的使用寿命和较少的养护、改建费用;或者采用结构承载能力较弱的设计方案,以节省初期修建费用,但增加设计使用期内的维修养护和修复费用,各种方案可通过经济分析和比较后择优选定。

小 结

铺面是铺筑在地表的工程结构物,以便利各种车辆、飞机行驶。铺面结构应具有足够的承载能力和耐久性,提供舒适、安全和经济的行驶条件和服务水平,并减少对周围环境的不良影响。铺面是一种由各种混合料组成的多层次复合结构物,它常受环境和施工条件复杂多变的影响。考察铺面结构时,应兼顾材料和结构两方面,统盘考虑设计、施工和养护三方面的协调作用。

第二章 荷载作用分析

载运工具是铺面结构的服务对象,也是使铺面结构遭受损坏的主要肇因。为能设计和修建出符合使用要求的铺面结构物,必须首先对作用在铺面上的各种车辆和飞机的荷载特性作一考察。这些特性包括:荷载类型和作用图式(轴-轮构形),荷载特性参数(轴重和轮重、铺面接触压力和接触面积),动荷载的影响,荷载组成,在铺面结构上荷载作用的空间(横向)分布,在设计使用期内荷载的累计作用次数。这些荷载特性是随后铺面材料、结构分析和设计的依据,也是铺面使用状况和损坏分析的基础。

第一节 荷载类型和作用图式

作用在公路、城市道路铺面上的荷载主要是汽车;作用在林区和厂矿道路、工业区和码头堆场铺面上的荷载有各种装卸载运车辆和堆货荷载(集装箱、什杂货、散货);作用在机场跑道、滑行道和机坪上的荷载主要是飞机。这些载运工具都是通过不同数量和构形的轴和轮将荷载传给铺面的。

一、汽 车

行驶在道路上的汽车有客车和货车两大类。其中,客车可分为小客车、中客车和大客车三类;货车可分为轻型货车、中型货车和重型货车三类。绝大部分客车都为整车(或称单车),而货车则有整车和组合车两类,后者可再分为牵引式半拖车和拖车两类(图 2-1)。

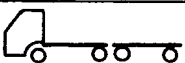
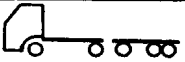
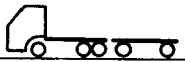
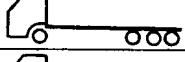
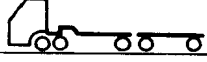
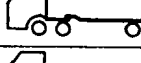
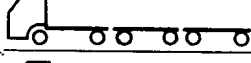
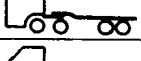
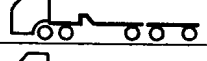
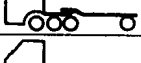
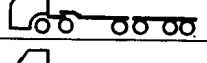
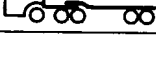
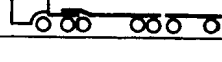
整 车	2 轴 (4 轮)		拖 车	4 轴 (2 · 2)	
	2 轴 (6 轮)			5 轴 (2 · 3)	
	3 轴			5 轴 (3 · 2)	
	4 轴			5 轴 (2 · s1 · 2)	
牵 引 式 半 拖 车	3 轴 (2 · s1)		车	6 轴 (2 · 2 · 2)	
	4 轴 (2 · s2)			6 轴 (3 · s1 · 2)	
	4 轴 (3 · s1)			6 轴 (2 · s1 · 3)	
	5 轴 (3 · s2)			7 轴 (3 · s2 · 2)	

图 2-1 货车按轴型分类

整车的车轴可区分为前轴和后轴。绝大部分整车的前轴为由两个单轮组成的单轴,轴重约为汽车总重的 1/3。整车的后轴有单轴、双联轴和三联轴三种。后轴可由两个单轮或两个双轮组组成,每一根后轴的轴重约为前轴轴重的两倍。

牵引式半拖车由牵引车通过铰接装置附加半拖车。牵引车有前、后轴,后轴可分为单轴或双联轴。半挂车仅有后轴,其前端由牵引车后轴支承,后轴可分为单轴、双联轴或三联轴。各轴由一对单轮或一对双轮组组成。

拖车可附加在整车或牵引式半拖车车后,由一辆或多辆组成;各配有前、后两根单轴,或者前轴为单轴,后轴为双联轴。各轴由一对单轮或一对双轮组组成。

因此,作用在铺面上的每一辆汽车,可能包含不同的轴数和轮数,具有不同的轴-轮构形。统计时,需按车辆类型和轴型(轴数)分别进行,如图 2-1 所示。

各国对道路上行驶车辆的最大轴重和总重有不同的限制。单轴最大允许轴重变动于 80~130kN;双联轴最大允许轴重变动于 140~210kN;三联轴最大允许轴重变动于 180~270kN。整车的最大允许总重变动于 240~400kN;半挂车和拖车的最大允许总重变动于 360~500kN。

二、飞 机

飞机荷载通过主起落架和前起落架(鼻轮)传给铺面。主起落架所分担的载重,取决于它们距飞机重心的相对位置。通常,前起落架分担飞机总重的 4%~10%;主起落架设有 2~6 个,各个主起落架均匀分担飞机总重的 90%~96%。

主起落架的轮子构形有单轮、双轮、双轴双轮和复合式(前两种的不同组合)四种形式。各种飞机的起落架采用不同的轴-轮构形,其轮距、轴距不尽相同;各起落架之间的间距也不相同。主起落架的载重均匀分摊给各个轮子。

表 2-1 所列是一些常见飞机的荷载参数。设计机坪和平行滑行道道面时,选用最大滑行重作为该飞机的设计荷载;设计跑道道面时,选用最大起飞重作为该飞机的设计荷载;而设计进出口滑行道道面时,则一般选用最大着陆重作为该飞机的设计荷载。

表 2-1 部分常见飞机的荷载参数

机 型	最 大 滑行重 (kN)	最 大 起飞重 (kN)	最 大 着陆重 (kN)	空机重 (kN)	主起落架						
					荷载分配 (%)	个 数	间 距 (m)	构 形	轮胎压力 (MPa)	轮 距 (m)	轴 距 (m)
BAe-146-300	435.92	433.70	384.77	245.84	95.8	2	4.72	双轮	1.14	0.71	--
B-737-300	556.02	553.80	507.09	319.71	92.6	2	5.23	双轮	1.23	0.78	---
MD-82	669.46	665.01	578.27	360.02	93.9	2	5.08	双轮	1.17	0.71	-
B-757-200 (2B)	1071.34	1066.83	882.00	513.86	93.2	2	7.23	双轴双轮	1.26	0.86	1.14
B-767-200ER	1543.25	1534.36	1235.70	733.83	93.8	2	9.30	双轴双轮	1.24	1.14	1.42