

交通系统中等专业学校试用教材

公 路 工 程

(下 册)

(公路与桥梁专业用)

呼和浩特交通学校等六校 合编

人 民 交 通 出 版 社

交通系统中等专业学校试用教材

公 路 工 程

(下册)

(公路与桥梁专业用)

呼和浩特交通学校等六校 合编

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

“公路工程”共分三册，本书是下册。下册内容包括两篇：第六篇是路面设计，行车及自然因素对路面的作用，柔性路面和刚性路面的设计原理和方法。第七篇是路面施工与养护。主要介绍了稳定土与工业废渣路面、块石与碎(砾)石路面、沥青路面和水泥混凝土路面的施工与养护方法。

交通系统中等专业学校试用教材

公 路 工 程

(下册)

(公路与桥梁专业用)

呼和浩特交通学校等六校 合编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

北京通县曙光印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：11 字数：264千

1980年6月 第1版

1984年11月 第1版 第4次印刷

印数：26,951—40,550册 定价：0.91元

前 言

本书是根据交通系统中等专业学校汽车、公路专业教材座谈会拟定的《公路与桥梁专业》教学计划（草案）编写的。

本书内容包括公路工程概论、路线设计、公路勘测设计、路基设计、路基施工、路面设计和路面施工等七篇。全书所采用的技术标准、计算公式和数据，主要是根据中华人民共和国交通部部标准《公路工程技术标准》（试行）（1972年）、《渣油路面施工养护技术规范》（试行）（1973年）、《石灰土路面施工技术规范》（试行）（1977年），并参考采用了有关技术资料。本书的编写，注意到贯彻少而精的原则，重视和加强基础理论，并力求叙述的系统性。

为了理论联系实际，本书在介绍路线、路基和路面设计原理的同时，并介绍了设计方法，使学生通过课程设计和计算例题，初步掌握课程内容，为在生产实习中综合运用打下必要的基础。

根据教育部的指示，全书计量单位采用了国际单位制（见附表1、2）为了照顾习惯，适当介绍和并用了现存的其它单位。

本书第一篇、第二篇第三、四章、第三篇第八章由呼和浩特交通学校王国柱编写；第二篇第一、二章、第五篇第三章由甘肃省交通学校邓颀铎编写；第三篇第一、二、三、四、五章由吉林省交通学校蹇贵奇编写；第四篇、第六篇第三章、第七篇第五章由呼和浩特交通学校陈恩双编写；第五篇第一、二章、第三篇第七、九章由福建省交通学校陈谋铨编写；第六篇第一、二章由辽宁省交通学校蒋承楷编写；第七篇第一、二、三章和第四章分别由山东省交通学校谢克臻和韩大康编写。全书由呼和浩特交通学校王国柱、陈恩双主编。

本书编写过程中，承蒙南京工学院、湖南大学、西安公路学院、交通部第一、二公路勘察设计院、交通部公路规划设计院、湖南省交通学校、湖北省公路工程学校等单位给本书初稿提出宝贵意见，并提供了有关资料，在此表示衷心的感谢。

由于编者政治、业务水平有限，编写时间比较仓促，因此，书中的缺点和错误在所难免，热忱地希望读者提出宝贵意见，以便再版时修改。

目 录

第六篇 路面设计

第一章	概述	1
第一节	行车及自然因素对路面的作用	1
第二节	路面结构层的划分	7
第三节	路面的分类和分级	8
第二章	柔性路面设计	11
第一节	柔性路面常见的损坏现象	11
第二节	柔性路面的设计原则和设计程序	12
第三节	柔性路面结构设计	15
第四节	柔性路面的设计指标	19
第五节	新建路面厚度计算——理论法	27
第六节	原有路面补强厚度计算——经验法	52
第三章	水泥混凝土路面设计	68
第一节	概述	68
第二节	水泥混凝土路面厚度计算	70
第三节	水泥混凝土路面设计参数	75
第四节	水泥混凝土板的平面尺寸	79
第五节	接缝及其构造	81
第六节	横断面及加强钢筋	84
第七节	经验厚度与基层	85

第七篇 路面施工与养护

第一章	路面施工概述	88
第一节	路面施工准备工作	88
第二节	路槽修筑	89
第二章	稳定土路面与工业废渣路面	90
第一节	概述	90
第二节	石灰土的强度机理	90
第三节	石灰土路面的施工	94
第四节	其它稳定土路面	99
第五节	工业废渣基层	102
第三章	块石路面与碎(砾)石路面	103

第一节	块石路面	103
第二节	碎石路面	106
第三节	级配砾(碎)石路面	110
第四节	碎(砾)石路面质量检验	116
第五节	碎石路面的养护	117
第四章	沥青路面施工	119
第一节	概述	119
第二节	沥青表面处治	119
第三节	沥青贯入式路面	125
第四节	沥青混凝土路面	129
第五节	沥青碎石路面施工	139
第六节	沥青路面的低温及雨季施工	141
第七节	沥青加热基地	143
第八节	质量标准与检验	145
第九节	施工安全	146
第十节	沥青路面的防滑	147
第十一节	沥青路面的养护	153
第五章	水泥混凝土路面施工	156
第一节	施工前的准备工作	156
第二节	施工操作程序和方法	158
第三节	不同季节混凝土施工要点	165
第四节	水泥混凝土路面的检查与验收	166
第五节	水泥混凝土路面的病害与维修	167
附录		169
	附表1.国际制单位部分和现存单位对照表	169
	附表2.汽车荷载国际单位与现存单位换算表	169

第六篇 路面设计

第一章 概 述

第一节 行车及自然因素对路面的作用

路面是在路基上用各种筑路材料铺筑的供汽车行驶的结构层。设置路面的目的是加固行车部分（行车道），使之在行车和各种自然因素作用下保证一定的强度和稳定性，满足行车的安全、迅速、经济、舒适的要求。

一、行车对路面的作用

汽车在公路上行驶，通过充气弹性轮胎将荷载作用于路面。汽车的总重（包括自重和载重）全部集中于前后两轴的车轮上，一般汽车前轴的车轮为从动轮，后轴的车轮为驱动轮，前轴大约负担汽车总重的 $1/4 \sim 1/3$ ，后轴约负担 $2/3 \sim 3/4$ 。由于驱动轮有旋转力矩的作用，而且对路面的作用比从动轮要大，所以我们取驱动轮作为研究的对象。

汽车对路面的作用力根据汽车的运动状态而异。一般说来，汽车的运动状态有行驶状态、停驻状态和刹车状态三种，如图6-1-1所示。

行驶状态 汽车在公路上行驶时，对路面的作用力有垂直力 P （即汽车后轴每个轮胎的

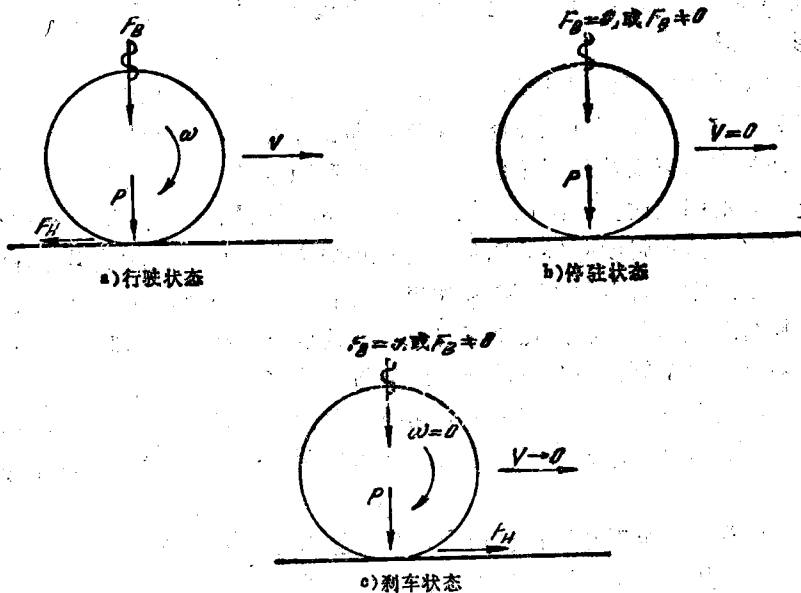


图6-1-1 各种运动状态的汽车作用力
 P -垂直力； F_H -水平力； F_B -震动力； V -行车速度； ω -驱动轮的角速度

荷载对路面的垂直压力)；水平力 F_H (即车轮克服各种阻力向前滚动时对路面的水平剪力，其方向与滚动方向相反)；震动力 F_B (即汽车发动机的震动、汽车悬挂系统与车轮间的相对运动所产生的震动、以及由于路面不平而使车辆颠簸给与路面的震动力与冲击力)。

停驻状态 汽车在公路上停驻时，对路面的作用力有垂直力 P 。由于汽车停驻，车速为 0，水平力 $F_H = 0$ ；一般情况下震动力 $F_B = 0$ ，仅临停停车且发动机未熄火时 $F_B \neq 0$ 。

刹车状态 汽车在公路上突然刹车时，对路面的作用力有垂直力 P 。由于刹车，驱动轮角速度 $\omega = 0$ ，而车速 $V > 0$ ，车轮因惯性作用而产生与行驶方向相同的水平力 F_H ；停机熄火时震动力 $F_B = 0$ ，未停机熄火时 $F_B \neq 0$ 。

在以上论述中，既没有考虑汽车在公路的坡道或弯道上行驶，也没考虑汽车在公路上作变速行驶等更复杂的运动状态，仅简要地介绍了汽车对路面作用力的情况。

由此可知，汽车对路面的作用力主要有下列三种：

1. 垂直力 P ，其大小由汽车荷载而定，如我国解放牌 CA-10B 型车 $P = 1.521 \times 9800$ 牛，黄河牌 JN-150 型车 $P = 2.540 \times 9800$ 牛。它会使路面发生垂直变形，使路面结构层产生弯曲变形。当路面整体强度不足时路面产生断裂，而当结构层抗弯、抗拉强度不足时则底部会被拉裂；

2. 水平力 F_H ，其大小决定于发动机所产生的扭矩(使汽车向前滚动时的车轮旋转力矩)，或刹车时的汽车惯性力。在一般情况下，急刹车或启动车时， $F_H = (0.75 \sim 0.80)P$ ；变速(加速或减速)行驶时， $F_H = (0.50 \sim 0.60)P$ ；等速行驶时， $F_H = (0.20 \sim 0.30)P$ 。水平力沿路面的深度消失得很快，一般有效深度在 10~20 厘米左右。由于它的作用而引起的路面变形，如磨损、抗剪强度(材料粘结力或层间结合力)不足时的材料松动、推移等，也集中发生在表层。所以，要想消除它对路面的破坏作用，不能单靠增加路面厚度的方法，而必须提高材料的抗剪强度；

3. 震动力 F_B ，其大小取决于汽车构造性能(发动机和悬挂系统的减震性能等)，同时也取决于路面类型、表面状况和行车速度等。它以震动、冲击作用于路面，这就加速了材料的松动或变形的扩大。

以上为路面受一次行车作用的情况，实际上在公路上行驶的车辆很多，往往每昼夜多达几百辆到几千辆。这样，路面某定点就受多次加荷、卸荷的反复作用，这种反复作用力称重复荷载。路面在汽车重复荷载作用下所表现的强度和稳定性，与一次荷载作用的结果显然是不同的。研究材料的强度时发现，在重复荷载作用下，材料的破坏强度比一次荷载作用下的破坏强度要低得多。这种强度降低的现象就是材料的疲劳现象，此时的强度称疲劳强度。材料疲劳强度的大小，除与材料性质、荷载作用方式有关外，主要取决于荷载大小及重复作用次数。汽车重复荷载的作用，将加速路面的变形，甚至产生破坏。例如，当柔性路面整体强度不足时，在垂直力的反复作用下路面产生断裂与拉裂现象；垂直力和水平力共同反复作用下，使沥青路面形成拥包、波浪；在水平力和冲击力共同反复作用下，砂石路面会产生搓板现象等。因此，在路面设计确定路面强度时，必须考虑汽车重复荷载的作用，即考虑车型和交通量的大小。

从力的种类上看，汽车对路面的作用力可分为静力和动力两类。一般说来，停驻状态的作用力可视为静力，其余状态可视为动力。路面是以受汽车动力的作用为主，而动力对路面某定点的作用，与静力对该点的作用是不同的。动力的作用，一方面有瞬时性，即以一定速度行驶的汽车对该点的作用时间很短，一般仅 0.04~0.01 秒。在这样短促时间内，作用力来

不及传播到更深的位置就消失了(汽车驶过了),这较之静力作用的影响要小。另一方面由于动力有震动、冲击作用,所以它又往往大于静力(如冲击力往往大于垂直静压力)。这说明了冲击动荷的影响比静力的影响要大。由于动力学在路面设计的应用尚在研究阶段,上述汽车动力作用所产生的两个相反的影响可近似地认为相互抵消,其实际效果与静力的相当。应当指出,在刚性路面设计中,由于水泥混凝土的脆性,冲击力的作用是以静荷载乘以大于1的动力系数为设计荷载来考虑的,详见本篇第三章。

在以上论述中,汽车荷载均以集中力表示之。实际上作用于路面的力都是分布于轮胎与路面的接触面上。一般接触面是近似于椭圆形。为了便于研究和计算,用一个面积相等的圆形来代替椭圆形,这个圆形称为轮印的相当圆,或称为车轮荷载的计算图式。每侧驱动轮一般是由两个车轮组成的,它们和路面的接触面应为两个椭圆。用一个相当圆来代替这两个椭圆的计算图式称为单圆图式,若用两个相当圆分别代替这两个椭圆的计算图式则称为双圆图式,如图6-1-2所示。我国在新修订的《公路柔性路面设计规范》(以下简称《路面设计规范》)中采用双圆计算图式。

汽车荷载是通过气压轮胎和接触面作用给路面的,假定垂直力 P 是均匀分布于接触面上各点,轮胎气压就是汽车荷载对路面的均布荷载 p 。对单圆图式而言,垂直压力为 P (单后轮重),相当圆面积为 A ,则均布荷载 $p = \frac{2P}{A}$,相当圆直径 $D = \sqrt{\frac{8P}{\pi p}}$ 对双圆图式而言,相当圆直径 $d = \sqrt{\frac{4P}{\pi p}}$ 。对同一车型,单圆图式相当圆直径 D 与双圆图式相当圆直径 d 的关系为 $D = \sqrt{2d}$ 。目前世界上的车型繁多,总重各异,由于采用适当的轮胎尺寸,故均布荷载大致相同,即 $p = (4 \sim 7) \times 9.8 \times 10^4$ 帕。如我国解放牌CA-10B型 $p = 5 \times 9.8 \times 10^4$ 帕, $d = 19.54$ 厘米;黄河牌JN-150型 $p = 7 \times 9.8 \times 10^4$ 帕, $d = 21.49$ 厘米;其他常见车型的 P 、 d 等计算参数见表6-1-1。

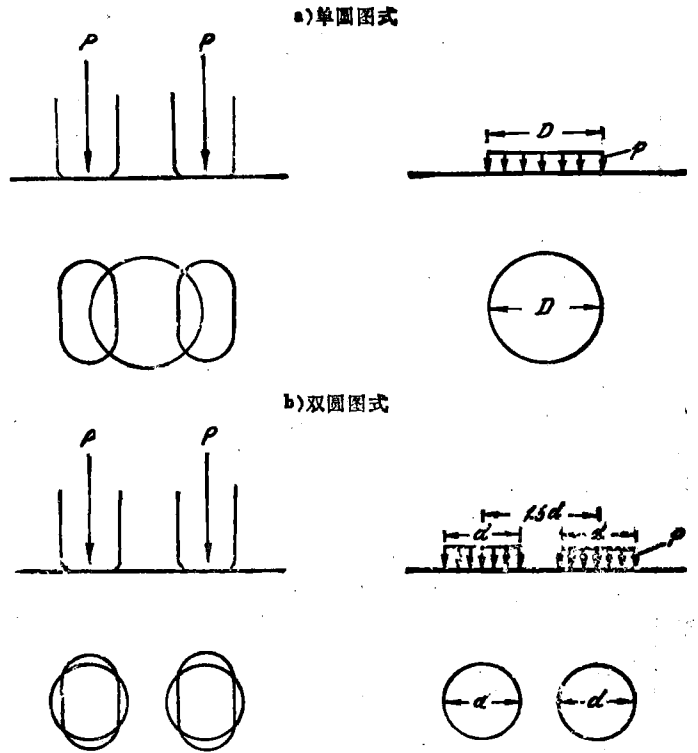


图6-1-2 汽车荷载计算图式

p -均布荷载; D -单圆图式相当圆直径; d -双圆图式相当圆直径

对单圆图式而言,垂直压力为 P (单后轮重),相当圆面积为 A ,则均布荷载 $p = \frac{2P}{A}$,相当圆直径 $D = \sqrt{\frac{8P}{\pi p}}$ 对双圆图式而言,相当圆直径 $d = \sqrt{\frac{4P}{\pi p}}$ 。对同一车型,单圆图式相当圆直径 D 与双圆图式相当圆直径 d 的关系为 $D = \sqrt{2d}$ 。目前世界上的车型繁多,总重各异,由于采用适当的轮胎尺寸,故均布荷载大致相同,即 $p = (4 \sim 7) \times 9.8 \times 10^4$ 帕。如我国解放牌CA-10B型 $p = 5 \times 9.8 \times 10^4$ 帕, $d = 19.54$ 厘米;黄河牌JN-150型 $p = 7 \times 9.8 \times 10^4$ 帕, $d = 21.49$ 厘米;其他常见车型的 P 、 d 等计算参数见表6-1-1。

二、自然因素对路面的影响

路面是暴露于野外的结构物,直接受各种自然因素的影响。自然因素的作用,是引起路面破坏的主要原因之一。

表6-1-1

汽车计算参数表

编 号	汽车型号	出 产 国 家	总 重 量 (吨)	载 重 量 (吨)	单后轮重 P (吨)	轮胎尺寸	后轴轴数 C_1	轮组数 C_2	轮胎压力 P		轮迹相当圆直径 d (厘米)	$pd^{1.5}$	$C_1 C_2 \left(\frac{p_1 d_1^{1.5}}{p_2 d_2^{1.5}} \right)^2$
									(公斤/平方厘米)	$\times 9.8 \times 10^4$ (吨)			
1	解放牌 CA-10B	中 国	8.025	4	1.521	9.00—20	1	双	5.0	5.0	19.54	431.88	1.00
2	解放牌 CA-30A	中 国	10.800	4.5	1.838	12.00—18	2	单	3.5	3.5	25.86	460.29	0.69
3	解放牌 CA-340	中 国	7.870	3.5	1.415	9.00—20	1	双	4.2	4.2	20.71	395.85	0.65
4	解放牌 50	中 国	9.290	5	1.730	9.00—20	1	双	7.0	7.0	17.74	523.04	2.61
5	北京牌 BJ-130	中 国	4.075	2	0.68	6.50—16	1	双	4.2	4.2	14.36	228.67	0.04
6	黄河牌 QD-351	中 国	14.565	7	2.43	11.00—20	1	双	7.0	7.0	21.0	673.64	9.24
7	黄河牌 JN-150	中 国	15.06	8	2.54	11.00—20	1	双	7.0	7.0	21.49	697.35	10.99
8	黄河牌 JN-253	中 国	18.70	10	1.65	11.00—20	2	双	7.0	7.0	17.32	504.57	4.35
9	上海牌 SH-130	中 国	3.95	2	1.15	7.50—16	1	单	5.0	5.0	17.11	353.85	0.08
10	跃进牌 NJ-230	中 国	4.85	1.5	1.52	9.75—18	1	单	4.0	4.0	21.99	412.48	0.20
11	跃进牌 NJ-130	中 国	5.45	2.5	0.96	7.50—20	1	双	4.0	4.0	17.48	292.32	0.14
12	长征牌 SH-980	中 国	18.24	5.5	1.816	11.00—20	2	双	6.0	6.0	19.63	521.83	5.15
13	交通牌 SH-141	中 国	8.065	4.0	1.38	8.25—20	1	双	4.5	4.5	19.76	395.28	0.64
14	依士兹 TX 30	日 本	10.20	5.0	2.30		1	双	6.3	6.3	21.56	630.69	6.63
15	依士兹 TD50-D	日 本	14.295	7.665	2.41		1	双	6.0	6.0	22.61	645.06	7.43
16	依士兹 TD-50	日 本	13.22	7.67	2.25		1	双	6.0	6.0	21.85	612.81	5.75
17	日 野 KBZ11	日 本	14.755	8.0	2.5		1	双	6.0	6.0	23.04	663.55	8.56
18	日 野 KF300-D	日 本	19.875	10.665	1.975		2	双	5.5	5.5	21.38	543.72	6.33
19	日 野 XM440	日 本	26.0	15.2	2.5		2	双	6.0	6.0	23.00	661.93	16.90
20	丰 田 RU15	日 本	4.8	2.77	0.8		1	双	3.25	3.25	17.70	243.02	0.06

续表6-1-1

编 号	汽车型号	出 产 国 家	总 重 (吨)	载 重 (吨)	单后轮重 P (吨)	轮胎尺寸	后 轴 数 C ₁	轮 组 数 C ₂	轮胎压力 p		轮迹相当圆直径 d (厘米)	pd ^{1.5}	$C_1 C_2 \left(\frac{p_2 d_2^{1.5}}{p_1 d_1^{1.5}} \right)^2$
									(公斤/平方厘米)	$\times 9.8 \times 10^4$ (帕)			
21	丰田 (老)	日本	6.73	4.0	1.04	—	1	双	4.5	4.5	17.16	319.88	0.22
22	菲亚特 650E	意大利	10.5	6.7	1.8	—	1	双	6.0	6.0	19.54	518.25	2.49
23	太脱拉 138	捷克	21.14	12.0	2.0	10.00—20	2	双	6.0	6.0	20.60	560.988	7.40
24	太脱拉 138S	捷克	22.54	12.0	2.25	11.00—20	1	双	6.0	6.0	21.85	612.84	11.50
25	斯可达 706R	捷克	14.0	7.3	2.25	12.00—20	1	双	6.0	6.0	21.85	612.81	5.75
26	吉尔 130	苏联	6.0	6.0	1.98	2.60—20	1	双	6.0	6.0	20.50	556.91	3.57
27	格 斯 51	苏联	5.35	2.5	0.94	7.50—20	1	双	3.5	3.5	18.49	278.29	0.11
28	星 牌 20	波兰	7.25	3.5	1.22	8.20—20	1	双	4.5	4.5	18.58	392.44	0.62
29	依 发 H6	东 德	13.15	6.5	2.25	12.00—20	1	双	6.25	6.25	21.41	619.19	5.98
30	货运挂车 (一)	中 国	4.7	3.0	—	7.5—20	2	单	5.8	5.8	16.10	374.67	0.25
31	货运挂车 (二)	中 国	6.1	4.0	—	9.0—20	2	单	5.0	5.0	19.7	497.19	0.53
32	货运挂车 (三)	中 国	9.0	6.0	—	7.5—20	2	单	5.8	5.8	22.2	599.81	0.81
33	液罐挂车 (一)	中 国	6.0	3.5	—	9.0—20	2	单	5.0	5.0	19.9	443.87	0.57
34	液罐挂车 (二)	中 国	8.8	5.0	—	7.5—20	2	双	5.8	5.8	22.2	353.94	0.74
35	液罐挂车 (三)	中 国	11.6	7.0	—	9.0—20	2	双	5.0	5.0	27.2	420.65	1.15

注：①表中计算参数，国产汽车来源于第一机械工业部长春汽车研究所编写的《汽车产品手册》(70年)；货运挂车、液罐挂车来源于交通部颁标准《公路路面设计规范 JT1004-66》；日本产汽车来源于北京市政设计院编的《道路设计标准图》(77年)；其它进口汽车来源于其产品手册；

②国产新车型或新进口的其它车型，d值可用公式 $d = \sqrt{4P/p}$ 计算，其轮胎压力 p 值可由轮胎规格、帘布层数和胎面花纹查国家标准《载重汽车充气轮胎 GB-74》。

对路面强度和稳定性影响的自然因素主要有水、温度和日光，它们对路面的影响可概述如下：

水的影响，水是影响路面强度和稳定性的自然因素中最主要的因素。水包括降水（雨、雪、冰）、地表水和地下水。路面积水，表面水膜会降低路面摩擦系数 ϕ 而影响行车速度；路面积雪、结冰，摩擦系数大大降低就会危及行车安全，除减速行驶外还必须采取各种防滑措施。对中级路面和低级路面，积水或渗水将直接影响路面的强度和稳定性，甚至出现泥泞、坑槽、车辙，以至中断交通。地表水或地下水对路基，尤其是对土基（指路面下80厘米范围）的强度和稳定性的影响，在路基设计中已有详细的论述，这里不再重复。水分过少，对中级、低级路面，易产生扬尘、露骨、松散，甚至形成坑槽。

温度的影响，高温会使沥青材料呈塑性，沥青路面易发软、泛油等；低温会使沥青材料呈脆性，沥青路面易形成裂纹、裂缝。季冻地区，路基、路面可能产生不均匀冻胀或冻裂。入冬前后，负温、水、土的共同作用使土基水分积聚，春融时由于路基产生翻浆因而导致路面破坏。温度的急剧变化，可能使水泥混凝土路面温差应力过大而破裂。

日光的影响，日光的照射，除与温度影响相一致外，它可促使沥青材料的老化，影响沥青路面的使用期限。

总之，水、温度和日光对路面的影响是复杂的。它们综合作用，再加上土质、地质、地形、风等因素的影响，情况就更为复杂。路面设计的目的，就在于认识和掌握行车和各种自然因素对路面作用的规律，针对具体情况而采取适当措施来减少它的影响，控制或消除其破坏作用以便多快好省地发展公路建设。

五、对路面的基本要求

路面在使用过程中，不断受到行车和各种自然因素的影响，为保证路面的坚固耐用，行车的安全、迅速、舒适和运输成本的降低，应对路面提出下列基本要求：

1.强度 路面的强度主要是指路面结构层对行车荷载作用下产生变形的抵抗能力。对路面强度的要求，即路面的结构设计和厚度选择要合理，使之在行车和自然因素的作用下，不会产生过大的变形、磨损或破碎等破坏现象；

2.稳定性 路面的稳定性是指路面保持结构强度的性能。稳定性好即强度变化的幅度小，稳定性差即强度变化的幅度大。对路面稳定性的要求，即路面强度受自然因素的影响而引起的变化要尽可能小，而在最不利的情况下，路面应能保有必要的强度。路面稳定性通常分为水稳定性、温度稳定性（包括因高温引起强度变化的热稳性和因冰冻引起强度变化的冻稳性）和时间稳定性三种；

3.平整度 路面平整，行车阻力和震动、冲击力就较小，汽车不但可以高速、平稳舒适地行驶，而且机件、轮胎的磨损和燃料的消耗均可降低。此外，由于行车条件的改善，对路面的破坏作用就相应减少，因而延长路面的维修周期和使用期限。因此要求路面表层应有与之相适应的平整度，详情可参看各种路面的施工验收标准；

4.抗滑性 路面光滑，摩擦系数 ϕ 值降低，车轮易打滑而被迫降速，燃料消耗增加，甚至可能发生安全事故。所以路面表面应具有一定的抗滑性，即要具有足够的粗糙度。对沥青路面在潮湿状态下的路面纵向摩擦系数，一般应不低于表6-1-2所列数值，并结合当地条件采取适当防滑措施（见第七篇）；

5.少尘性 特别对中级、低级路面，由于材料粘结力低，在行车作用下，轮胎与路面紧密

一般路段	急弯、陡坡、交叉口等危险路段
0.28~0.34	0.35~0.40

注：①按解放牌标准车制动前车速40公里/小时，用第五轮仪测定；如用制动仪测定，所得的数据约乘0.85换算系数；
②平均行车速度在40公里/小时左右可取较低值，在60公里/小时左右应取较高值；
③干旱地区可取较低值，湿热多雨地区宜适当增大。

贴合而产生唧筒吸力式的真空抽力，将路面尘土、细料吸出形成扬尘。路面扬尘不仅会增加机件的磨损并会影响旅客的舒适与沿途居民环境卫生和路旁农作物的生长，甚至会恶化视距而造成行车事故，故应尽量减少路面的扬尘性。改用沥青路面就可以基本上达到上述要求。

第二节 路面结构层的划分

路面是用各种材料铺筑成的结构物，通常由一层或几层组成，如图6-1-3所示。按其层位和作用的不同，路面结构层可分为：

1. 面层 直接承受自然影响和行车作用的层次。因此，它应具有足够的抵抗行车水平力、冲击力作用的能力和良好的水、温稳定性。面层这种性能的好坏，是路面使用品质优劣的标志，故路面分类方法之一就是以面层材料来划分的。

当面层为双层时，上面一层称面层上层，下面一层称面层下层。如由沥青石屑混合物(在上)

和粗粒式沥青混凝土(在下)组成的双层面层中，沥青石屑混合物层称上层，粗粒式沥青混凝土层称下层。中级、低级路面面层上所设的磨耗层和保护层亦包括在面层之内。

为了适应结构上的需要与延长面层的使用期限，设在面层和基层之间的层次称联结层。如为了使沥青混凝土面层与碎石基层联结得更好，应在其间铺设沥青碎石或贯入式的联结层。国内外经验证明，铺设联结层是保证高级沥青路面使用周期的关键。

2. 基层 设在面层或联结层之下承受行车荷载的主要层次。因此，它应具有足够的强度和稳定性，同时应具有良好的扩散应力的性能，将应力传递给垫层或土基。

当基层为双层时，下面一层称为底基层。在由碎石层(在上)和石灰土层(在下)组成的基层中，碎石层称为基层而石灰土层则称为底基层。

3. 垫层 设在基层(或底基层)与土基之间的层次。垫层按其设置目的的不同又可分为：

(1) 稳定层，为处理软弱土基，用石灰土、石灰炉渣土等铺筑的垫层。因石灰土、石灰炉渣土等具有一定强度和版体性，一方面可使基层支承在有一定强度的基础上，充分发挥其承重作用；另一方面它的版体性有扩散应力作用，从而可减少对土基强度的要求，达到稳定湿

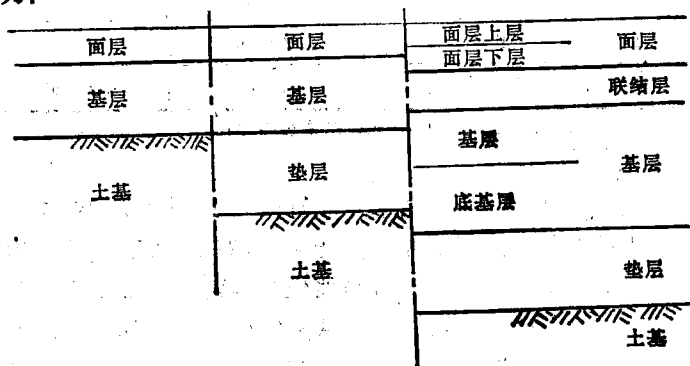


图6-1-3 路面结构层的划分

软土基的目的。

(2) 隔离层, 为隔断地下毛细水上升或防止地表积水渗入, 并将溢到路基的水分贮蓄与排出路幅之外的垫层, 又称为隔水层。它通常是用粗砂、砾石、炉渣等粒料铺筑成, 其厚度由蓄水量而定。应注意的是, 它的底部粒径应小, 顶部粒径应大, 以防泥土污染、淤塞而失效。

(3) 防冻层, 为控制路基土的冻结和融化速度, 减少路基路面不均匀冻胀而设置的垫层, 又称为隔温层。防冻层的设置条件是: 冻深大于1.2米的冰冻地区的高级或次高级路面, 其路基土质为粘性土、粉性土、细亚砂土或其他可能引起严重不均匀冻胀的土类。防冻层的材料宜用炉渣、矿渣、砂砾、砂石或其它多孔而耐冻的材料。防冻层厚度等于该地区路面防冻最小厚度减去该路路面厚度。也就是说, 当路面厚度小于该地区路面防冻最小厚度时, 应以防冻层补足。各地区路面防冻最小厚度见表6-1-3。

路面防冻最小厚度 (厘米)

表6-1-3

自然区划	土质	中 湿 路 基		潮 湿 路 基	
		粘 性 土 细 亚 砂 土	粉 性 土	粘 性 土 细 亚 砂 土	粉 性 土
I、II ₁ 、II ₂ 、VI		40~60	50~70	50~70	60~80
其它冰冻地区		30~50	40~60	40~60	50~70

注: 高级路面和挖方路段取高限; 次高级路面和填方路段取低限; 其它情况可参照当地经验选用。

(4) 辅助层, 为改善工作条件等目的而铺设的垫层, 如块料路面下的砂垫层起垫平作用; 水泥混凝土版下的垫层使土基(或基层)表面平整、均匀, 便于混凝土版的伸缩移动等。

各类垫层的厚度, 可按当地经验确定, 一般不宜小于15厘米。垫层按其作用不同, 铺筑的宽度也不同: 隔离层应在土基全宽内铺筑; 其他垫层可比基层宽25厘米。

在潮湿或过湿路段, 为了处理软弱土基、隔断地下毛细水或防止地表渗水, 以保证路面整体强度和水稳性应铺设稳定层或隔离层。通常其适用条件是: 地表水或地下水位高而路基标高受限制的公路、城市道路或其他道路; 由于地形或其它原因, 地表滞水不能排除造成土基过分潮湿的路段, 如水网地区、湖区路段; 有地下潜流, 特别是路面的潜流路段等。

第三节 路面的分类和分级

一、路面的分类

路面分类的方法通常有两种。

(一) 按路面在行车荷载作用下的力学特性来分类

1. 刚性路面 其力学特点是: 在行车荷载作用下, 产生版的作用, 具有较高的抗弯强度, 工作于弹性变形阶段。如水泥混凝土路面、条石和整齐块石路面; 目前我国公路上修建较少, 在本篇第三章中将作一般性的论述。

2. 柔性路面 其力学特点是: 抗弯强度小, 主要靠抗压强度和抗剪强度来抵抗行车荷载的作用, 在重复荷载作用下产生残余变形, 工作于弹性—塑性变形阶段。目前我国公路的路

面绝大多数均属柔性路面（如沥青路面、粒料路面），此为本篇第二章中将论述之内容。

（二）按面层的材料来分类

1. 水泥混凝土 其抗弯强度高，耐久性好，色泽明显，反光性好，潮湿时仍能保持必要的粗糙度，利于安全、高速行驶，但有很多接缝，损坏后翻修困难，且养生期长。

2. 条石和整齐块石 和水泥混凝土相似，其抗弯强度高，耐久性好，能保证粗糙度，损坏时翻修较易，但平整度差，不利于高速行驶，且条石和块石加工困难，铺筑工程不易机械化。

3. 沥青混凝土 其抗剪强度高，坚实耐用，平整度与防震性能都好，能高速、安全行车，修补较易且不需养生，但需在热季施工，表面较光滑，潮湿时应注意防滑。尤其在急弯、陡坡处和积雪、冰冻时，更应注意防滑。

4. 沥青碎石 与沥青混凝土相比，其强度和耐久性稍差，但混合料中不需用矿粉，造价较低，表面粗糙度也较好。

5. 沥青贯入式 与沥青碎石相比，强度和耐久性均较差，但矿料不需严格级配，沥青材料稠度要求较低，施工时不需拌和，设备较简而造价较低。

6. 沥青碎（砾）石表面处治 与贯入式的性能大致相同，但因厚度较薄，其强度、稳定性和耐久性较差，目前除作为次高级路面面层外，也可用作高级或其它次高级路面面层的保护层。

7. 半整齐块石 与整齐块石相似，但石块的规格尺寸和石料等级要求较差，使用品质也较差。

8. 水（泥）结碎石 以水和碾压时形成的石屑、石粉为结合料的称水结碎石；以粘土为结合料的称泥结碎石。它能保证全年通车，对石料要求不严，易于就地取材，施工技术和机械设备要求也不高，有利于分期修建。但由于其强度较低、水稳定性与平整度较差，所以易于扬尘，车速较低，适应的交通量较小而养护维修费则较高。

9. 级配砾（碎）石 其使用品质与水（泥）结碎石相当，但材料要求不严，压实机具和压实工作要求较差，更易于就地取材。按级配原理修筑的碎石称为级配碎石。其它如用碎砖、砂砾石或不整齐石块等都与此大体相同。

10. 粒料改善土 以当地土壤为主，外掺当地碎石、砾石或矿渣等粒料，压实后获得一定的强度。其强度和水稳性差，不能保证全年通车，养护维修费用很高；但施工技术和设备要求都不高而建筑费用很低。

11. 改善土 以当地土壤为主，用石灰、水泥或沥青等无机、有机结合料与之拌和后碾压而成，通常以外掺结合料命名（如石灰土、水泥土、沥青土或沥青灰土等）。由于外掺结合料与土壤发生化学或物理等作用，大大改善了土壤的物理力学性质，获得较好的强度和水稳性，详见第七篇中的有关章节。其中的石灰土，虽因其抗磨性能较差不宜作为面层，但由于其强度较大，水稳性与水稳定性均好，材料易得而施工较易，所以目前无砂石地区都广泛采用它作为基层，或用来处理潮湿、过湿路段和水-温不良路段的垫层、基层。

此外，也有人把用沥青材料作为结合料的面层统称为沥青路面，将整齐、半整齐块石和条石面层统称为块料路面；如用当地的碎石、砾石材料铺筑的则统称为粒料路面或砂石路面。尚有按强度构成原理的不同而分为嵌挤式、级配式、铺砌式和稳定土（改善土）路面等。

二、路面的分级

路面的技术等级是按面层的使用品质来划分的，目前我国的路面分为四级。

1.高级路面 强度很高, 耐久性很好, 适应的交通量很大, 平整无尘, 能保证高速行驶和全年通车。养护费用少, 运输成本低, 但建筑费用很高, 对材料质量、技术和机械设备的
要求也很高。

2.次高级路面 强度较高, 耐久性较好, 适应的交通量较大, 平整无尘, 能保证较高速行驶和全年通车, 需定期养护。运输成本较低, 但造价较高而对材料质量、技术和机械设
备等要求也较高。

3.中级路面 强度和耐久性较低, 适应的交通量较小, 平整度较差, 易扬尘, 不能高速
行车, 基本上能保证全年通车, 但需经常养护和补充材料才能长期使用。养护费用和运输成
本都较高, 然而能就地取材施工简便, 所以造价较低。

4.低级路面 强度和耐久性差, 适应的交通量小, 不平整, 甚易扬尘。行车速度很低,
不能全年通车。虽然养护费和运输成本都高但造价很低。

三、路面等级、类型的选择

与公路等级相适应的路面等级

表6-1-4

公 路 等 级	采 用 的 路 面 等 级
一	高 级
二	高 级 或 次 高 级
三	次 高 级 或 中 级
四	中 级 或 低 级

与路面等级及面层类型相适应的设计交通量

表6-1-5

路 面 等 级	面 层 类 型	单 车 道 设 计 交 通 量 (辆/昼夜)
高 级 路 面	水 泥 混 凝 土	>5000
	沥 青 混 凝 土	
	热 拌 沥 青 碎 石 混 合 料	
	条 石 和 整 齐 块 石	
次 高 级 路 面	沥 青 贯 入 式	2000~5000
	冷 拌 沥 青 碎 (砾) 石	
	半 整 齐 块 石	
	沥 青 碎 (砾) 石 表 面 处 治	
中 级 路 面	沥 青 灰 土 表 面 处 治	50~400
	泥 结、水 结、干 结 及 级 配 碎 (砾) 石	50~300
	砂 砾 石、碎 砖	
	不 整 齐 块 石	
低 级 路 面	粒 料 改 善 土	< 50
	当 地 材 料 改 善 土	

注: ①表内单车道设计交通量, 系按使用期末不利季节交通量换算为单车道的解放牌标准车的交通量 (辆/昼夜);
②与面层类型相适应的设计交通量, 可以根据使用要求加以适当调整。

路面的建筑费用在整个公路建设投资中占有很大的比重，一般在30%~60%。如路面等级、类型选得偏高，将造成资金的积压和浪费，如选得偏低，则不能适应行车要求而将导致运输费和养护费的增加。因此，合理地选定路面的等级和类型，对充分发挥公路的使用性能和经济效益，都具有重要的意义。

路面等级主要取决于公路的等级。根据国家建设中所规定的该公路的使用任务，它在整个公路网中所处的地位。一般说来，技术等级高的公路（如一、二级公路），具有重要的政治、经济和国防意义，其交通量大、车速高，就应选用技术等级高的面层类型；等级较低的公路，其政治、经济和国防意义较小，交通量和车速也较小，就应选用技术等级较低的面层类型。与公路等级相适应的路面等级，参看表6-1-4，与路面等级相适应的面层类型及其相适应的设计交通量，参看表6-1-5。

第二章 柔性路面设计

第一节 柔性路面常见的损坏现象

柔性路面的特性是：路面结构为强度由上而下逐渐减弱的多层体系；各结构层具有一定的塑性，在行车荷载作用下产生的弯沉变形较大；路面结构层的抗弯、抗拉强度较小，行车荷载通过由强转弱的各结构层逐步向下传递到土基，使土基仍受较大的压力，故土基的强度和稳定性对路面路基的整体强度和稳定性有较大的影响。

路面的损坏现象（如裂缝、沉陷、推移或搓板、坑槽、泛油等），有时单独出现，有时几种形式同时出现，错综复杂。但可发现存在一定的规律：各种损坏现象的产生，都是由于行车和自然因素同路面相互作用造成的结果，它随外界影响因素（行车和自然因素）和路面的工作特性的不同而异。路面的强度是指路基路面整体结构在抵抗外力（行车荷载）作用下所产生的变形或破坏的能力，它反映路面的力学性质。路面的稳定性是指路面内部结构和路面强度在外因作用下的可变性，即变化幅度。常见的路面损坏现象，就是路面强度和稳定性不足的具体表现。

下面主要是从路面设计角度来论述常见的柔性路面损坏现象及其产生的原因。

1. 裂缝 沥青路面较普遍的损坏现象，常表现为纵向、横向、纵横交错网状或龟裂等形态，也有和其它损坏现象同时出现的。裂缝产生的原因通常是：基层软弱，使面层出现网裂，进而发展成龟裂；面层材料在行车重复荷载作用下产生疲劳现象，使面层出现发裂、裂缝、网裂，进而形成连片龟裂，有时伴有车辙、沉陷；面层材料过脆，或面层和基层的强度相差悬殊，以及面层底部在行车荷载作用下的拉应力过大，都会使面层拉裂成纵横向裂缝；石灰土基层因石灰土的收缩而形成结构性裂缝，使面层出现有规则间隔的横向裂缝；沥青材料的老化，也会使路面产生裂缝、网裂和龟裂。

2. 沉陷 指路面出现局部下凹的现象，有的下凹部分仍处于完整状态，有的则出现裂缝或网裂。其产生的原因主要是由于土基局部湿软（即局部强度和稳定性不足），或路面强度不足或厚度太薄，传到土基的压力超过土基的承载能力，因此产生过大的垂直变形而使路面沉陷。如整个路段土基强度不足，便会出现车辙。

3. 推移 面层材料沿行车方向产生推挤和隆起，甚至形成波浪的现象称为推移。它是由于行车荷载的水平力、垂直力和震动力的共同作用，使面层材料出现剪切破坏所致。在交叉