

路桥
LUQIAO

FANGSHUI CAILIAO

防水材料

● 沈春林 主编



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

路桥 防水材料

FANGSHUI CAILIAO
LUQIAO

● 沈春林 主编



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

路桥防水材料/沈春林主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 12

ISBN 7-5025-8102-2

I. 路… II. 沈… III. ①道路工程-建筑材料: 防水材料 ②桥梁工程-建筑材料: 防水材料 IV. U414.3
③U444.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 154765 号

路桥防水材料

沈春林 主编

责任编辑: 窦 臻

文字编辑: 咎景岩

责任校对: 于志岩

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 28 $\frac{1}{4}$ 字数 563 千字

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8102-2

定 价: 50.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

路桥防水材料是近年来发展较快、应用较广的一类新型防水材料产品。

随着我国市政建设的蓬勃发展，城市道路、高速公路、立交桥、高架桥等路桥工程建筑的大量兴建，保证路桥结构的质量，达到使用年限已是当前重要的课题。路桥工程如发生渗漏将会导致铺装层脱落、碱-集料反应、钢筋锈蚀，进而引起混凝土胀裂，严重影响路桥的耐久性，降低其使用寿命。因此保护路桥构筑物免遭水浸蚀，采取行之有效的防水处理措施，已成为每一个防水工作者的应有职责。本书主编从 20 世纪 80 年代开始从事建筑防水领域的研究，20 多年来一直密切关注并实际工作在建筑防水科研第一线，近几年来一直注重路桥防水材料科研工作，目前已开发了 APP 改性沥青路桥专用防水卷材生产线、聚合物改性沥青路桥防水涂料、聚氨酯路桥防水涂料、聚合物水泥路桥专用防水涂料、渗透结晶型防水涂料、路桥专用防水剂、FK992 弹性胶泥等路桥防水材料产品及生产线。

为了适应路桥构筑物对防水材料的要求，主编在从事多年路桥防水材料科研开发的基础上，参考了一些国内外专家的论述和最新的相关资料，主持编写了《路桥防水材料》一书。全书共分 9 章，就众多的路桥防水材料的性质、分类、技术要求、应用范围、组成材料、配方设计、生产工艺、施工技术、施工要点等内容作了较为详尽的介绍。在本书中，编者收集了国内部分路桥防水专家所编撰的有关路桥防水材料的研制报告、施工实例和学术论文，这些资料均为成功的经验总结，对读者来说具有很强的实用性。另外还将国内路桥防水的相关标准、规范附于书后，以便查阅参考。编者将诸多有关路桥防水材料的产品开发、防水设计和施工方面的技术经验奉献给广大读者，以期完成一个防水工作者为防水事业做贡献的心愿。衷心希望本书的出版能够满足广大路桥防水工程技术人员，生产和施工人员掌握路桥防水材料的生产、设计、施工技术的需求。

本书在编写过程中参考和引用了一些学者的著述、论文和有关标准、工具书，并得到了德国威达公司等许多单位和同仁的支持和帮助。谨在此对有关作者、编者致以诚挚的谢意，并衷心希望得到各位同仁的帮助和指正。

编 者

2006 年 1 月 18 日

目 录

第一章 路桥防水简述	1
第一节 路桥工程的类型和构成	1
一、道路工程	1
二、桥梁工程	13
第二节 路桥防水技术	23
一、路桥防水的意义和内容	23
二、路桥的排水系统	24
三、道路的防水	28
四、桥梁的防水	30
第三节 路桥防水材料	38
一、路桥防水卷材	38
二、路桥防水涂料	38
三、水泥基渗透结晶型防水材料	40
四、路桥防水剂	40
五、水泥混凝土路面嵌缝密封材料	40
第二章 路桥用防水卷材	42
第一节 防水卷材的品种及性能	42
一、防水卷材和聚合物改性沥青防水卷材	42
二、路桥用改性沥青防水卷材	44
第二节 路桥防水卷材的生产	50
一、路桥用防水卷材的特殊要求	50
二、配方设计	50
三、改性沥青防水卷材的生产	55
第三节 路桥卷材防水层的设计与施工	60
一、路桥防水应遵循的理论	60
二、路桥防水卷材的选择	61
三、路桥防水层的设计	62
四、路桥卷材防水层的施工	65
附录 威达桥梁防水系统及其产品特点	72

第三章 聚合物改性沥青防水涂料	82
第一节 聚合物改性沥青防水涂料的品种及性能	82
一、聚合物改性沥青防水涂料的分类及主要品种	82
二、路桥用聚合物改性沥青防水涂料的性能和技术要求	87
第二节 聚合物改性沥青防水涂料的制备	89
一、乳化沥青的生产	90
二、聚合物改性沥青	112
三、路桥用聚合物改性乳化沥青防水涂料的生产	138
第三节 路桥涂膜防水层的设计与施工	150
一、路桥涂膜防水层的设计	150
二、路桥用聚合物改性乳化沥青防水涂料的施工	151
第四章 聚氨酯防水涂料	157
第一节 聚氨酯涂料概述	157
一、聚氨酯的基本原理	157
二、聚氨酯防水涂料的化学反应	158
三、聚氨酯防水涂料的分类和性能指标	159
第二节 聚氨酯防水涂料的制备	160
一、基本制备方法	160
二、沥青聚氨酯型防水涂料	163
三、石油树脂型聚氨酯防水涂料	165
四、聚醚型聚氨酯防水涂料	167
五、单组分水固化聚氨酯防水涂料	170
第三节 聚氨酯防水涂料的施工	171
一、材料准备	171
二、基层要求及处理	172
三、防水层施工	172
四、施工注意事项	173
第五章 聚合物水泥防水涂料	174
第一节 聚合物水泥防水涂料概述	174
一、聚合物水泥防水涂料的分类	174
二、聚合物水泥防水涂料的技术特点	176
三、聚合物水泥防水涂料的性能要求	177
四、JS防水涂料的成膜机理和防水原理	178
五、聚合物水泥防水涂料的应用	180
第二节 原料组成	180

一、JS复合防水涂料的组成	181
二、JS防水涂料常用乳液的类型	182
三、聚合物乳液在JS防水涂料中的应用	188
四、聚合物乳液的选用	189
第三节 JS复合防水涂料的配制	192
一、基本配方及各组分的作用	192
二、配方设计	193
三、JS防水涂料的配制工艺	196
第四节 JS涂膜防水工程的施工	197
一、常用工法	197
二、工艺流程	199
三、施工要点	199
第六章 水泥基渗透结晶型防水材料	202
第一节 产品概述	202
一、产品的名称	202
二、材料的特性	202
三、性能要求	205
四、适用范围	206
第二节 反应机理	206
第三节 产品的制备	208
一、组分	208
二、配方	208
三、工艺流程	209
第四节 施工方法	209
一、XYPEX防水层的施工	209
二、XYPEX材料修补梁体的施工	210
第七章 路桥防水剂	212
第一节 路桥防水剂概述	212
一、产品的基本性能和技术要求	212
二、路桥防水剂的防水机理	216
三、产品的使用范围	217
第二节 路桥防水剂的配制	217
一、防水剂配方的组成	217
二、防水剂配制的工艺流程	218
第三节 路桥防水剂的施工	219

一、内掺	219
二、表面喷涂	219
第八章 路桥用嵌缝密封材料	222
第一节 路桥用嵌缝密封材料的分类及性能要求	222
一、路桥用嵌缝密封材料的分类	222
二、路桥用嵌缝密封材料的技术性能要求	222
第二节 嵌缝密封材料的生产	227
一、合成高分子密封胶的生产工艺	227
二、聚氯乙烯胶泥的生产工艺	233
三、沥青玛蒂脂的生产工艺	236
第三节 路桥用密封材料的施工	238
一、密封材料的基本施工方法	238
二、水泥混凝土路面接缝的防水密封设计与施工	252
第九章 路桥防水论文选编	269
第一节 路桥防水材料的研究和应用	269
一、道桥防水材料之新秀——HT建桥-1防水涂料的研制	269
二、利用 XYPEX 材料整治圯工梁病害	273
三、机场跑道密封胶的研究	278
第二节 路桥防水的设计与施工	280
一、近年来我国城市道路与桥梁结构防水技术的发展	280
二、水泥混凝土桥面防水修缮工程实例	288
附录一 路桥防水相关标准规范	292
第一节 中国路桥防水材料标准	292
水泥基渗透结晶型防水材料 (GB 18445—2001)	292
道桥用改性沥青防水卷材 (JC/T 974—2005)	298
道桥用防水涂料 (JC/T 975—2005)	311
道桥嵌缝用密封胶 (JC/T 976—2005)	323
公路水泥混凝土路面接缝材料 (JT/T 203—95)	330
沥青路面坑槽冷拌修补材料 SBS 沥青液 (JT/T 530—2004)	339
路桥用水性沥青基防水涂料 (JT/T 535—2004)	345
路桥用塑性体 (APP) 沥青防水卷材 (JT/T 536—2004)	349
水泥混凝土路面嵌缝密封材料 (JT/T 589—2004)	356
第二节 德国桥面防水规范	368
ZTV-BEL-B 混凝土桥面施工补充合同技术条件和规定 第一部分 用	

熔融粘贴型沥青防水卷材铺设的道路防水密封层	368
TP-BEL-B 按 ZTV-BEL-B 第一部分制定的混凝土桥面上用熔融粘贴型沥 青防水卷材铺设的防水密封层的测试技术规定 第一部分	396
TL-BEL-B 按 ZTV-BEL-B 第一部分制定的混凝土桥面上用熔融粘贴型沥 青防水卷材铺设的防水密封层的交付技术条件 第一部分	425
附录二 路桥防水材料部分科研和生产企业名录	435
参考文献	438

第一章 路桥防水简述

路桥工程是道路和桥梁工程的总称，是一类既承受频繁交通动荷载反复作用，又无遮盖而裸露于大自然的构筑物。它不仅受到车辆复杂的力系作用，同时还受到各种自然因素的不利影响。

路桥建筑防水材料又称道桥建筑防水材料，简称路桥防水材料，是道路和桥梁工程结构建筑物的物质基础之一，是路桥建筑材料的重要组成部分。路桥防水材料质量的优劣，选材是否恰当，配制是否合理，施工方法是否正确，均将直接关系到路桥构筑物的整体质量。

第一节 路桥工程的类型和构成

一、道路工程

道路是供各种车辆、行人等通行的工程设施，是公路、城市街道、农村道路、工矿企业专用道路等各种道路的统称，是人类生存发展的主动脉，是人类组织生产、安排生活所必需的车辆、行人交通往来的载体。

(一) 道路及路面的分类与分级

道路按其在路网中的地位、交通功能以及沿线建筑设施的服务功能，可分为快速路、主干路、次干路、支路等，详见表 1-1；道路按其横向布置，可分为单幅路、双幅路、三幅路、四幅路等，详见表 1-2。

表 1-1 城市道路按功能分类表

分类名称	主要功能	布局要求
快速路	为城市中大量、长距离、快速交通服务	要求对向车道之间设中间分车带，其进出口应采取全控制或部分控制。路两侧建筑物的进出口应加以控制
主干路	为连接城市各主要分区的干路，以交通功能为主	自行车交通量大时，宜采用机动车与非机动车分隔形式，如三幅路或四幅路。路两侧不应设置吸引大量车流、人流的公共建筑物的进出口
次干路	与主干路配合组成道路网，起集散交通的作用，兼有服务功能	自行车交通量大时，宜采用机动车与非机动车分隔形式，如三幅路或四幅路
支路	为次干路与街坊路的连接线，解决局部地区交通，以服务功能为主	可采用机动车与非机动车混合行驶方式，如单幅路

表 1-2 按道路的横向布置分类表

道路类别	车辆行驶情况	适用范围
单幅路	机动车与非机动车混合行驶	适用于交通量不大的次干路、支路等
双幅路	分流向机动车、非机动车混合行驶	机动车交通量较大,非机动车交通较少的主干路、次干路
三幅路	机动车与非机动车分道行驶	机动车与非机动车交通量均较大的主干路、次干路
四幅路	机动车与非机动车分流向、分道行驶	机动车交通量大,车速高;非机动车多的快速路、主干路

除快速路外,每类道路按照所在城市的规模设计交通量、地形等可分为 I、II、III 等三级。大城市应采用各类道路中的 I 级标准;中等城市应采用各类道路中的 II 级标准;小城市应采用 III 级标准。各级道路的基本技术指标参见表 1-3。

表 1-3 各级道路基本技术指标表

道路类别	快速路	主干道			次干道			支路		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
计算行车速度 /(km/h)	80	50	40	30	40	30	20	30	20	20
	60	60	50	40	50	40	30	40	30	
道路红线宽/m	50~80	40~60			30~50			15~30		
设计年限 ^① /年	20	20			15			15		

① 指交通量达到饱和状态时的设计年限。

道路工程的主体结构是由路基和路面所组成的。路基是地表按道路的线型(位置)和断面(几何尺寸)的要求开挖或堆积而成的岩土结构物;路面是在路基顶面的行车部分采用各种混合料铺筑而成的层状结构物。路基和路面是相互联系的一个整体。

路面按其力学特性可分为柔性路面、半刚性路面、刚性路面,各类型路面的力学特性见表 1-4;路面按其面层作用以及采用的材料不同,可分为沥青路面、水泥混凝土路面、块料路面和粒料路面等 4 类,详见图 1-1;根据公路等级、设计年限与交通量,路面可分为 4 个等级:高级路面、次高级路面、中级路面与低级路面。路面等级与类型的选择应根据公路等级与使用要求、设计年限内标准轴载的累计当量轴次、筑路材料和施工机械设备等因素来确定,参见表 1-5 和表 1-6。各级路面的技术特征参见表 1-7。

表 1-4 路面的力学特性

路面类型	特征	设计理论与方法
柔性路面	在柔性基层上铺筑沥青面层或用有一定塑性的细粒土稳定各种集料的中、低级路面结构,因具有较大的塑性变形能力而称这类结构为柔性路面	采用双圆均布与水平垂直荷载作用下的多层弹性连续体系理论,以设计弯沉值为路面整体刚度的设计指标
半刚性路面	在半刚性基层上铺筑一定厚度沥青混合料面层的结构称为半刚性基层沥青路面	设计理论同上,对半刚性材料的基层,底基层进行层底拉应力验算
刚性路面	采用水泥混凝土做面层或基层的路面结构	根据弹性半空间假设,从薄板理论出发,采用矩形有限元法解算荷载临界位置的应力

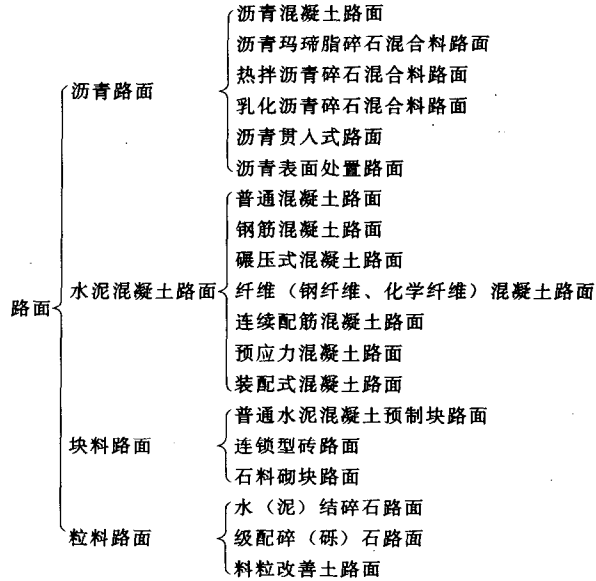


图 1-1 路面的分类

表 1-5 路面等级及常用数据表

路面等级	面层类型举例	设计使用年限 /年	设计年限内累计标准轴次 /(万次/车道)	适用范围
高级路面	沥青混凝土, 沥青玛瑞脂碎石	15	200~400	快速路, 主干、次干道路
	水泥混凝土	20, 30	>500	
次高级路面	热拌沥青碎石, 沥青贯入式	12	100~200	次干路、支路
中级路面	砌块路面, 水(泥)结碎石, 级配碎石	8	10~100	步行街、支路
低级路面	粒料改善土	5	≤10	乡村道路

表 1-6 各类路面各结构层次可选用的组成材料

结构层次	路面类型			
	沥青路面	水泥混凝土路面	块料路面	粒料路面
面层	沥青混凝土、沥青碎石、沥青贯入、沥青表面处置	素混凝土、配筋混凝土	整齐块石、半整齐块石、混凝土块	泥结碎石、级配碎(砾)石粒料改善土
基层	水泥或石灰稳定粒料(包括砂砾、砂砾土、碎石土等) 石灰-工业废渣或石灰-工业废渣稳定粒料 沥青稳定土, 沥青贯入级配碎(砾)石, 填隙碎石	贫水泥混凝土、水泥或石灰稳定粒料, 石灰-工业废渣或石灰-工业废渣稳定粒料 沥青碎石、沥青贯入水结或泥结碎石、级配碎(砾)石	贫水泥混凝土、水泥或石灰稳定粒料、石灰-工业废渣或石灰-工业废渣稳定粒料 沥青碎石、沥青贯入水结或泥灰结碎石、级配碎砾石	石灰或水泥稳定土 天然砂砾
垫层	石灰或水泥稳定土, 砂、砂砾、碎石或废渣	石灰或水泥稳定土, 砂、砂砾、碎石或废渣	—	—

表 1-7 各级路面技术特征表

路面等级	技术特征			
	面层状况	强度与耐久性	材 料	养护管理与费用
高级路面	平整、耐磨、无尘	强度高、耐久性好	沥青及水泥类	造价高, 养护管理费用低
次高级路面	平整、无尘	强度高、耐久性一般	沥青类	造价较高, 须定期维修
中级路面	平整度差、易生尘	不耐磨、耐久性差	水(泥)结级配碎石	造价低, 须经常维修
低级路面	平整度差、易生尘	强度与耐久性均差	粒料加固等	造价低, 维修工作量大

(二) 路面的结构及其组成

道路的横断面形式参见表 1-8; 道路横断面各部分的名称参见表 1-9。

表 1-8 道路横断面形式

形式	图 示	适应条件
单幅路		<p>单幅路适用于机动车交通量不大, 机动车与非机动车混行, 非机动车较少的次干路、支路以及用地不足, 拆迁困难的旧城市道路</p>
双幅路		<p>双幅路适用于单向两条机动车车道以上, 机动车与非机动车混行, 非机动车较少的道路。有平行道路可供非机动车通行的快速路和郊区道路以及横向高差大或地形特殊的路段亦可采用双幅路</p>

形式	图 示	适应条件
三幅路		<p>三幅路适用于机动车交通量大, 机动车与非机动车分流, 非机动车多, 红线宽度大于或等于 40m 的道路</p>
四幅路		<p>四幅路适用于机动车速度高, 单向两条机动车车道以上, 非机动车多的快速路与主干路</p>

注: 1. w_l ——红线宽度, m;

w_c ——机动车车道宽度或机动车与非机动车混合行驶的车行道宽度, m;

w_b ——非机动车车道宽度, m;

w_{pc} ——机动车道路面宽度或机动车与非机动车混合行驶的路面宽度, m;

w_{pb} ——非机动车道路面宽度, m;

w_{mc} ——机动车道路缘带宽度, m;

w_{mb} ——非机动车道路缘带宽度, m;

w_l ——侧向净宽, m;

w_{dm} ——中间分隔带宽度, m;

w_{sm} ——中间分车带宽度, m;

w_{db} ——两侧分隔带宽度, m;

w_{sb} ——两侧分车带宽度, m;

w_a ——路侧带宽度, m;

w_p ——人行道宽度, m;

w_g ——绿化带宽度, m;

w_f ——设施带宽度, m;

w_s ——路肩宽度, m;

w_{sp} ——保护性路肩宽度, m。

2. 本表由《城市道路设计规范》(CJJ 37—90) 编汇而成。

路基和路面是构成道路线形主体结构密不可分的两个主要组成部分。路基是路面的基础, 结实而稳定的路基为路面结构长期承受车辆荷载提供了基本保证。层状结构路面的铺筑则一方面隔离了路基, 使路基避免了直接承受车辆和环境因素的破坏作用, 确保路基长期处于稳定状态; 另一方面, 经铺筑路面后, 提高了平整度, 改善了道路条件, 从而保证了车辆能以一定的速度, 安全、舒适而经济地在道路上全天候通行。路面是直接供车辆行驶的, 它的好坏直接影响到行车速度、安全和运输的成本。因此, 根据道路等级和任务, 合理选择路面结构层次,

表 1-9 道路横断面各部分名称

<p>图 示</p>	
<p>名称 说明</p>	<p>面层:上面层、中面层、下面层 基层:基层、底基层 路基:土路基(路床、路堤)、处理路基(灰土等) 垫层:砂垫层、级配砂(砾)石等 隔离带:分隔带、绿化带 道牙也叫路边石、路缘石、缘石,分立道牙和平道牙,平道牙也叫平石,铺在路面与立道牙之间 人行道也叫人行步道或步道 快车道也叫快车道或机动车道 慢车道也叫慢车道或非机动车道等</p>

精心设计和施工,使路面在设计使用年限内具备良好的使用性能,对提高运输效益具有十分重要的意义。

1. 路面的横断面形式

路面横断面是由行车道、硬路肩或土路肩组成的,根据道路等级,可选择不同的路面横断面形式。通常将路面横断面分为槽式和全铺式两种,如图 1-2 所示。

槽式横断面是在路基上按路面行车道及硬路肩设计宽度范围,开挖与路面同厚度的浅槽,在槽内铺筑路面,如图 1-2 (a) 所示。

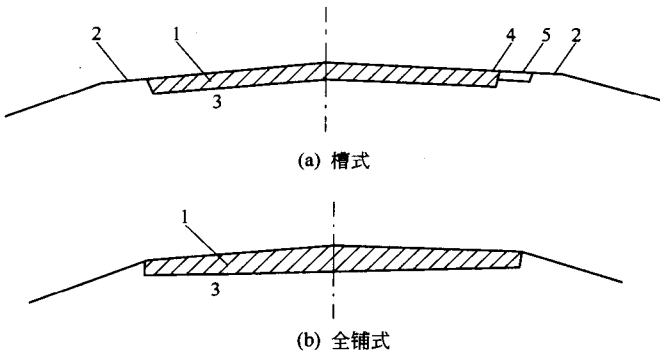


图 1-2 路面横断面形式

1—路面; 2—土路肩; 3—路基; 4—路缘石(侧面); 5—加固路肩

全铺式横断面是在路基全部宽度内都铺筑路面，在盛产石料的山区或较窄的路基上铺筑中、低级路面，常采用全铺式横断面，如图 1-2 (b) 所示。在高等级公路路面中的排水基层，通常需要全宽范围铺筑以便横向排入边沟。此外，对于交通量增长较快的重要公路，也往往将硬路肩与土路肩按行车道标准全宽铺筑面层。

2. 路面结构的组成

作为路基路面结构整体的一个组成部分，路面结构常采用的是狭义的概念，即路面包括面层、基层、垫层 3 个结构层次以及表面用的路拱。但路面结构的承载力和耐久性很大程度上是依赖于土基、路面排水以及路肩，因此广义上的路面结构应该包括结构层次、土基、路面排水、路肩等。路面结构层参见图 1-3。

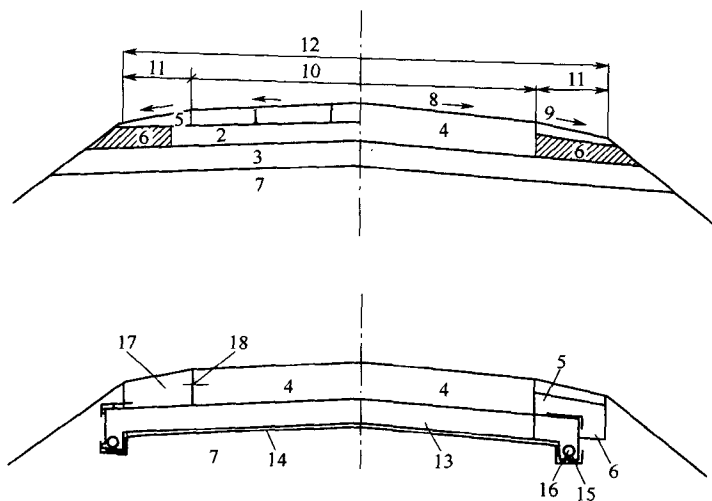


图 1-3 路面结构层

- 1—面层；2—基层；3—垫层；4—水泥混凝土面板；5—路肩面层；
6—路肩基层；7—路基；8—路拱横坡；9—路肩横坡；10—行车道宽度；
11—路肩宽度；12—路基顶宽；13—透水基层；14—反滤层；15—纵向
排水管；16—土工织物；17—水泥混凝土路肩；18—拉杆

(1) 面层 面层是路面结构最上面的一个层次，它直接承受行车荷载的垂直力、水平力和震动冲击力的作用，并直接受到大气降水、温湿度变化等自然因素的影响。因此面层与其他层次相比，应具备足够的结构强度和抗变形能力，良好的温度稳定性、水稳定性，良好的平整度和表面抗滑性，同时还应具备较好的耐磨性和抗渗水性。

铺筑面层所采用的建筑材料主要有：水泥混凝土、沥青混凝土、沥青碎(砾)石混合料、碎(砾)石掺土或不掺土混合料以及块石等。