


# 路基路面养护技术

主编 贾军政

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 路基路面养护技术

主 编 贾军政

## 内 容 提 要

本书依据公路维护与管理专业人才培养方案进行编写，系统地介绍了路基路面养护技术的相关知识。全书共7个项目，主要内容包括基础知识、公路养护常用材料、路基的日常养护、路基典型病害及特殊路基的防护、沥青路面养护、水泥混凝土路面养护、公路技术状况评定等。

本书可作为高等院校道路养护与管理等相关专业的教材，也可供道路与桥梁工程专业相关技术人员工作时参考。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目（CIP）数据

路基路面养护技术 / 贾军政主编. —北京：北京理工大学出版社，2021.1

ISBN 978-7-5682-9407-2

I. ①路… II. ①贾… III. ①公路养护—高等学校—教材 IV. ①U418

中国版本图书馆CIP数据核字（2021）第001758号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / （010）68914775（总编室）

（010）82562903（教材售后服务热线）

（010）68948351（其他图书服务热线）

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 11.5

字 数 / 277千字

版 次 / 2021年1月第1版 2021年1月第1次印刷

定 价 / 55.00元

责任编辑 / 孟祥雪

文案编辑 / 孟祥雪

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

# 前 言

公路作为保障我国交通顺畅及各个地区贸易往来的重要渠道，对于社会发展及人们的日常出行有着至关重要的作用。为了更好地维护公路的运行质量，相关的工作人员应加大公路养护力度，不断提高自身的养护技术，让公路为人们带来更为便利的出行条件，满足人们的日常需求。

“路基路面养护技术”是道路养护与管理专业的专业核心课程之一，为必修课程。本课程的培养目标在于让学生掌握路基、路面常见病害类型及成因、技术状况评定方法及养护维修方法，能进行病害识别、病害原因分析、技术状况评定，并能针对病害提出适合的维修方法，同时培养学生精益求精、吃苦耐劳、团结协作的优良品格和职业素质，让学生具备日后从事道路养护工作所需的技能及社会能力。

本书以路基路面养护为主线，主要内容包括基础知识、公路养护常用材料、路基的日常养护、路基典型病害及特殊路基的防护、沥青路面养护、水泥混凝土路面养护、公路技术状况评定等。

本书由贵州交通职业技术学院贾军政担任主编。参与本书视频资源录制、调试工作的有贾军政、袁凤、杨洁等。本书的顺利出版，要感谢贵州交通职业技术学院的领导和老师给予的大力支持和帮助。

由于编写时间仓促，书中难免存在不妥之处，敬请读者原谅，并提出宝贵意见。

编 者

# 目 录

<b>项目1 基础知识</b> .....	1	2.2.1 石灰 .....	20
<b>1.1 道路工程发展概况</b> .....	1	2.2.2 水泥 .....	22
<b>1.2 路基路面工程的特点与性能要求</b> ..	2	<b>2.3 沥青材料</b> .....	24
1.2.1 路基路面工程的特点 .....	2	2.3.1 石油沥青的化学组分 .....	25
1.2.2 路基路面工程的性能要求 .....	3	2.3.2 石油沥青的技术性质 .....	25
<b>1.3 路基路面结构及层位功能</b> .....	5	<b>项目3 路基的日常养护</b> .....	27
1.3.1 路基构造组成 .....	5	<b>3.1 路基日常养护概述</b> .....	27
1.3.2 路面构造组成 .....	9	3.1.1 路基养护工作的内容 .....	27
1.3.3 路面类型 .....	10	3.1.2 路基养护工作的一般规定 .....	27
<b>1.4 公路养护的目的及任务</b> .....	11	<b>3.2 路肩养护</b> .....	28
1.4.1 公路养护的目的 .....	11	3.2.1 路肩养护的要求及内容 .....	28
1.4.2 公路养护的任务 .....	12	3.2.2 路肩养护的类型及方法 .....	30
1.4.3 公路养护的技术对策 .....	12	<b>3.3 边坡养护</b> .....	31
<b>项目2 公路养护常用材料</b> .....	14	3.3.1 边坡的分类 .....	32
<b>2.1 砂石材料</b> .....	14	3.3.2 边坡及结构物养护的一般规定 ..	32
2.1.1 石料 .....	14	3.3.3 边坡破坏的几种形式 .....	33
2.1.2 集料 .....	18	3.3.4 路基边坡主要病害 .....	36
<b>2.2 石灰、水泥</b> .....	20	3.3.5 路基边坡防护技术 .....	36
		3.3.6 路基边坡病害的治理措施 .....	38

3.4	路基排水设施的养护	41	项目5	沥青路面养护	83
3.4.1	路基排水的任务和目的	42	5.1	概述	83
3.4.2	路基排水设施养护的一般规定和 要求	42	5.1.1	沥青路面的基本特性	83
3.4.3	路基排水设施的类型	43	5.1.2	沥青路面的分类	84
3.4.4	路基排水设施养护作业	46	5.1.3	沥青路面类型的选择	85
3.5	实例	46	5.1.4	沥青路面对路基及基层的要求	86
3.5.1	项目概况	46	5.1.5	沥青路面的材料要求	87
3.5.2	项目施工方案	48	5.2	沥青路面日常养护	90
3.5.3	项目施工技术与方法	48	5.2.1	沥青路面养护工作内容	90
			5.2.2	沥青路面养护的基本要求	91
			5.2.3	沥青路面养护的质量标准	91
			5.2.4	沥青路面初期养护	92
			5.2.5	沥青路面日常养护	92
项目4	路基典型病害及特殊路基的 防护	54	5.3	沥青路面常见病害及处治	93
4.1	路基典型病害	54	5.3.1	沥青路面裂缝类病害的处治	94
4.1.1	路基沉陷	54	5.3.2	沥青路面破损类病害的处治	96
4.1.2	路基翻浆	57	5.3.3	沥青路面变形类病害的处治	98
4.1.3	崩塌	61	5.3.4	沥青路面泛油及其他病害的 处治	100
4.1.4	滑坡	64	5.4	高速公路沥青路面早期破坏 预防	103
4.1.5	泥石流	68	5.4.1	常见的早期破坏形式	103
4.1.6	水毁	69	5.4.2	路面预防性养护	103
4.2	特殊路基的养护	71	5.5	路面养护新技术	105
4.2.1	高填方路堤	72	5.5.1	路面稀浆封层技术	105
4.2.2	软土地区路基	74	5.5.2	低温修补技术	107
4.2.3	黄土地区路基	78			
4.2.4	沙漠地区路基	80			
4.2.5	多年冻土地区路基	81			

5.5.3	沥青路面再生技术	108	6.4.4	水泥混凝土路面沉陷处理	135
5.5.4	同步碎石封层技术	111	6.4.5	水泥混凝土路面拱起处治	136
5.5.5	雾封层及沥再生技术	114	6.4.6	水泥混凝土路面坑洞修补	136
5.5.6	薄层罩面技术	115	6.4.7	水泥混凝土路面板边与板角 修补	138
<b>项目6</b>	<b>水泥混凝土路面养护</b>	<b>119</b>	<b>6.5</b>	<b>水泥混凝土路面改善</b>	<b>139</b>
<b>6.1</b>	<b>概述</b>	<b>119</b>	6.5.1	水泥混凝土路面表面功能 恢复	139
6.1.1	水泥混凝土路面的分类	119	6.5.2	水泥混凝土加铺层	141
6.1.2	水泥混凝土路面的特点	119	6.5.3	钢筋混凝土加铺层	143
<b>6.2</b>	<b>水泥混凝土路面状况调查与 评定</b>	<b>120</b>	6.5.4	沥青混凝土加铺层	144
6.2.1	路面状况调查	120	6.5.5	水泥混凝土路面加宽	146
6.2.2	水泥混凝土路面状况评定	121	<b>6.6</b>	<b>水泥混凝土路面修复</b>	<b>148</b>
<b>6.3</b>	<b>水泥混凝土路面日常养护</b>	<b>123</b>	6.6.1	整块水泥混凝土路面板翻修	148
6.3.1	水泥混凝土路面日常巡查	123	6.6.2	水泥混凝土路面局部路段修复	149
6.3.2	水泥混凝土路面清扫保洁	124	6.6.3	水泥混凝土整块桥面板翻修	152
6.3.3	水泥混凝土路面接缝养护	125	<b>6.7</b>	<b>旧水泥混凝土路面再生利用</b>	<b>155</b>
6.3.4	水泥混凝土路面排水设施 养护	125	6.7.1	旧水泥混凝土路面回收	155
6.3.5	水泥混凝土路面冬季养护	126	6.7.2	再生水泥混凝土路面	155
6.3.6	水泥混凝土路面病害的临时性 处理措施	127	6.7.3	使用石灰粉煤灰稳定旧混凝土 集料	155
<b>6.4</b>	<b>水泥混凝土路面病害处治</b>	<b>128</b>	6.7.4	水泥稳定旧混凝土集料	156
6.4.1	裂缝的类型及产生的原因	128	6.7.5	旧水泥混凝土碎块垫层	157
6.4.2	裂缝的维修处治	130	<b>项目7</b>	<b>公路技术状况评定</b>	<b>159</b>
6.4.3	水泥混凝土路面错台处治	133	<b>7.1</b>	<b>概述</b>	<b>159</b>
			<b>7.2</b>	<b>公路技术状况评价指标及标准</b>	<b>161</b>

<b>7.3 公路技术状况检测与调查</b> .....	162	7.4.4 桥隧构造物技术状况 (BCI)	
7.3.1 一般规定 .....	162	评定 .....	169
7.3.2 路面技术状况自动化检测 .....	162	7.4.5 沿线设施技术状况 (TCI)	
<b>7.4 公路技术状况评定</b> .....	163	评定 .....	169
7.4.1 公路技术状况 (MQI) 评定 ...	163	7.4.6 公路技术状况调查与评定表 ...	170
7.4.2 路基技术状况 (SCI) 评定 ...	164		
7.4.3 路面技术状况 (SCI) 评定 ...	165	<b>参考文献</b> .....	176

# 项目 1 基础知识

## 重点内容

本项目介绍路基路面工程的发展概况、工程特点与性能要求、结构分层等。

## 学习要求

通过对我国道路交通发展过程、路基路面结构类型分析,学习路基路面工程结构特点、结构分层和结构层主要功能等,掌握路基路面结构特点与分层要求等,为后续学习路基路面养护技术奠定理论基础。

## 1.1 道路工程发展概况

道路的发展可大致分为四个阶段。第一阶段:供行人和牛、马及其他兽类行走、驮运货物的阶段。此时期的道路通常称为小路或小径(Trail)。第二阶段:供畜力车辆和行人通行的大道阶段(Cart Way)。在中国,有“康衢”“路”“驰道”“驿道”等名称;在欧洲,罗马道路非常发达,有“条条大道通罗马”之说。第三阶段:行驶汽车的公路(Highway)阶段。内燃机汽车是德国在 1886 年由高特列希·戴姆勒发明的,我国于 1902 年从国外引进汽车。1906 年,苏元春驻守广西时首建了龙州到镇南关的公路。第四阶段:以高速度分层行驶为特征的高速公路阶段,也称为 Freeway 或 Expressway。

我国道路发展是从公元前 2000 年开始的。早在公元前 2000 年,我国已出现可行驶牛车、马车的道路。秦朝时期,强调车同轨、书同文。公元前 2 世纪,我国通往中亚和欧洲的丝绸之路开始发展起来。唐朝是我国古代道路发展的鼎盛时期,初步形成了以城市为中心的四通八达的道路网。清朝道路网系统分为三等,即官马大路、大路、小路。官马大路分为东北路、东路、西路和中路四大干线,共长 2 000 多千米。

我国近代道路可细分为四个阶段:一是清末和北洋政府时期。这时我国公路处于萌芽阶段,我国第一条公路是 1908 年在广西南部边防兴建的龙州至那甚公路,长为 30 km。截至 1927 年,全国公路通车里程约为 29 000 km。二是国民政府时期。我国公路开始纳入国家建设规划阶段。1927 年,国民政府的交通部和铁道部草拟了全国道路规划及公路工程标准。截至 1936 年 6 月,全国通车里程达 117 300 km。三是抗日战争时期。由于战争的影响和破坏,公路发展缓慢。截至 1946 年 12 月,全国公路总里程只有 130 307 km。四是解放战争时期。公路交通以军用为主,公路建设进展不大,特别是国民党军队溃退时,公路遭到严重破坏。截至中华人民共和国成立前夕,全国通车里程只有 75 000 km。

我国现代公路可细分为五个阶段：一是国民经济恢复时期。全国从上到下建立了公路管理机构，并建立了设计、施工和养护的专业队伍。国家还颁布了一系列有关公路建设的重要法规，进行了全国公路普查，全国恢复并改善了原有公路。截至1953年年底，公路通车里程达12.6万km，路面里程达5.5万km。二是第一个五年计划时期。这时公路处于稳步发展阶段。公路通车里程和有路面里程都增长了1倍，分别达到25.4万km和12.1万km。桥梁达3.5万座、55.1万延米。三是1958—1960年和国民经济调整时期。这时公路处于数量猛增、再进行巩固的阶段。截至1965年年底，公路通车里程达51.4万km，有路面里程达30.5万km，桥梁达10.4万座、156.6万延米，公路绿化里程达18万km。四是1966—1976年。公路建设仍有发展，渣油路面发展较快，10年间增长了10万km。截至1976年年底，公路里程达82.3万km，有路面里程达57.9万km，桥梁达11.7万座、293万延米。公路绿化里程达25.4万km。五是社会主义经济建设时期。随着改革开放和商品经济的发展，我国公路交通事业在国民经济中的地位、作用和效益，日益为各方面所认识和接受，在公路建设方面主要表现在：公路里程增加，公路等级提高；公路科学技术取得巨大进步；公路养护管理有了新的进展。截至1997年年底，全国通车里程达122.6万km，二级以上公路达13.09万km，高速公路达4771km，高级、次高级路面铺装率达38.1%，实现了全国县县通公路，乡镇通公路的达到98.5%，行政村通机动车的达85.8%。

## 1.2 路基路面工程的特点与性能要求

### 1.2.1 路基路面工程的特点

路基和路面是道路的主要工程结构物。路基是在天然地表面按照道路的设计线形(位置)和设计横断面(几何尺寸)要求开挖或堆填而成的岩土结构物。路面是在路基顶面的行车部分用各种混合料铺筑而成的层状结构物。路基是路面结构的基础，坚固而又稳定的路基为路面结构长期承受汽车荷载提供了重要的保证，而路面结构层的存在又保护了路基，使其避免了直接经受车辆和大气的破坏作用，长久处于稳定状态。路基和路面相辅相成，是不可分离的整体，应综合考虑它们的工程特点，综合解决两者的强度稳定性等工程技术问题。路基与路面工程是道路工程的主要组成部分。路基工程的土方量很大，如微丘区的三级公路，每千米土石方数量为8000~16000m<sup>3</sup>，山岭区的三级公路每千米可达20000~60000m<sup>3</sup>，对于高速公路，数量则更大。而路面结构在道路造价中所占比重很大，一般都要达到30%~50%。因此，精心设计，精心施工，使路基路面能长期具备良好的使用性能，对节约投资、提高运输效益具有十分重要的意义。路基路面是一项线形工程，有的公路延续数百千米，甚至上千千米。公路沿线地形起伏，地质、地貌、气象特征多变，再加上沿线城镇经济发达程度与交通繁忙程度不一，因而，决定了路基与路面工程复杂多变的特点。工程技术人员必须掌握广博的知识，善于识别各种变化的环境因素，恰当地进行处理，建造出理想的路基路面工程结构。现代化公路运输，不仅要求道路能全天候通行车辆，而且要求车辆能以一定的速度，安全、舒适而经济地在道路上运行。这就要求路面应具有良好的使用性能，提供良好的行驶条件和服务水平。

## 1.2.2 路基路面工程的性能要求

为了保证公路与城市道路最大限度地满足车辆运行的要求，提高车速、增强安全性与舒适性，降低运输成本和延长道路使用年限，要求路基路面具有下述一系列基本性能。

### 1. 承载能力

承载能力是路基路面结构承受荷载的能力。行驶在路面上的车辆，通过车轮将荷载传递给路面，由路面传递给路基，在路基路面结构内部产生应力、应变及位移。如果路基路面结构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、应变及位移，则路面会出现断裂，路基路面结构会出现沉陷，路面表面会出现波浪或车辙，使路况恶化，服务水平下降。因此，路基路面结构整体及其各组成部分都应具有与行车荷载相适应的承载能力。路基路面结构的承载力主要体现在应具有足够的强度以抵抗车轮荷载引起的各个部位的各种应力，如压应力、拉应力、剪应力等，使路面各个部位的各种应力处于容许的范围内，保证路面结构不发生压碎、拉断、剪切等各种破坏；路基路面结构应能抵抗车轮由荷载引起的各个部位的各种应变，如压应变、拉应变、剪应变等，使路面各个部位的各种应变在容许的范围内，在车轮荷载作用下不发生过量的应变或变形，保证不发生车辙、沉陷或波浪等各种病害。

### 2. 稳定性

路基路面结构的稳定性是在降水、气温环境变化等条件下仍能保持其原有特性的能力。其包括路面高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性和路基稳定性。

在天然地表面建造的道路结构物改变了自然的平衡，在达到新的平衡状态之前，道路结构物处于一种暂时的不稳定状态。新建的路基路面结构袒露在大气之中，经常受到大气温度降水与湿度变化的影响，结构物的物理、力学性质将随之发生变化，处于另外一种不稳定状态。路基路面结构能否经受这种不稳定状态，而保持工程设计所要求的几何形态及物理力学性质，称为路基路面结构的稳定性。

在地表上开挖或填筑路基，必然会改变原地面地层结构的受力状态，原来处于稳定状态的地层结构，有可能由于填挖筑路而引起不平衡，导致路基失稳。例如，在软土地层上修筑高路堤，或者在岩质或土质山坡上开挖深路堑时，有可能由于软土层承载能力不足，或者由于坡体失去支承，而出现路堤沉落或坡体坍塌破坏。路线如选择不稳定的地层上，则填筑或开挖路基会引发滑坡或坍塌等病害出现。因此，在选线、勘测、设计施工中应密切注意，并采取必要的工程措施，以确保路基有足够的稳定性。

大气降水使得路基路面结构内部的湿度状态发生变化，严重时会导致病害。例如，低洼地带路基排水不良，长期积水，会使矮路堤软化，失去承载能力；山坡路基因排水不良，会引发滑坡或边坡滑塌；水泥混凝土路面如果不能及时将水分排出结构层，会发生唧泥现象，冲刷基层，导致结构层提前破坏；沥青混凝土路面中水分的侵蚀，会引起沥青结构层剥落，结构松散；雨期的砂石路面，会因雨水冲刷和渗入结构层，导致强度下降，产生沉陷、松散等病害。因此，防水、排水是确保路基路面稳定的重要方面。

大气温度周期性的变化对路面结构的稳定性有重要影响，同样会导致病害发生。高温季节沥青路面会软化，在车轮荷载作用下可产生永久性变形。水泥混凝土结构在高温季节因结构变形产生过大内应力，可导致路面压曲破坏。北方冰冻地区在低温冰冻季节，水泥

混凝土路面、沥青路面、半刚性基层由于低温收缩产生大量裂缝，最终失去承载能力。在严重冰冻地区，低温引起路基的不稳定是多方面的：低温会引起路基收缩裂缝；地下水源丰富的地区，低温会引起冻胀，路基上面的路面结构也随之产生断裂；春天融冻季节，在交通繁重的路段，有时会引发翻浆，路基路面发生严重的破坏。

### 3. 耐久性

路基路面的耐久性是在车辆荷载的反复作用与大气水温周期性的重复作用下的性能变化特性。

路基路面工程投资昂贵，从规划、设计、施工至建成通车需要较长的时间，对于这样的大型工程都应有较长的使用年限，一般的道路使用年限至少数十年。承重并经受车辆直接碾压的路面部分要求使用年限在 20 年以上，因此，路基路面工程应具有耐久的性能。

路基路面在车辆荷载的反复作用与大气水温周期性的重复作用下，路面使用性能将逐年下降，强度与刚度将逐年衰变，路面材料的各项性能也可能由于老化衰变，而引起路面结构的损坏。路基的稳定性也可能在长期经受自然因素的侵袭后，逐年削弱。因此，提高路基路面的耐久性，保持其强度、刚度、几何形态经久不衰，除精心设计、精心施工、精选材料外，还需要将常年的养护、维修、恢复路用性能的工作放在重要的位置。

### 4. 表面平整度

路面表面平整度是路面表面纵向凹凸量的偏差值，它是影响行车安全、行车舒适性及运输效益的重要使用性能。高速公路对路面平整度的要求更高。不平整的路面表面会增大行车阻力，并使车辆产生附加的振动作用。这种振动作用会造成行车颠簸，影响行车的速度和安全、驾驶的平稳及乘客的舒适。同时，振动作用还会对路面施加冲击力，从而加剧路面和汽车机件的损坏和轮胎的磨损，并增大油料的消耗。而且，不平整的路面还会积滞雨水，加速路面破坏。因此，为了减少振动冲击力，提高行车速度和增加行车舒适性、安全性，路面应保持一定的平整度。

优良的路面平整度，要依靠优良的施工装备、精细的施工工艺、严格的施工质量控制，以及经常和及时的养护来保证。同时，路面的平整度同整个路面结构、路基顶面的强度和抗变形能力有关，同结构层所用材料的强度、抗变形能力及均匀性有很大关系。强度、抗变形能力差的路基路面结构和面层混合料，经不起车轮荷载的反复作用，极易出现沉陷、车辙和推挤破坏，从而形成不平整的路面表面。

### 5. 路面抗滑性

路面抗滑性是指路面表面抗滑能力的大小。路面表面要求平整，但不宜光滑。汽车在光滑的路面上行驶时，车轮与路面之间缺乏足够的附着力或摩擦力，雨天高速行驶、紧急制动、突然启动或爬坡、转弯时，车轮易产生空转或打滑，致使行车速度降低，油料消耗增多，甚至引起严重的交通事故。通常可以用摩擦系数表征抗滑性能，摩擦系数小，则抗滑能力低，容易引起滑溜。对于城市道路的交叉口，由于车辆经常需要制动，故一般要求路面具有较高的抗滑性能。对于高速公路，由于高速车辆在雨天容易产生滑溜或水漂，故需要路面有较高的纹理深度，减少车辆在制动时出现的水漂现象。

路面的抗滑性能，在低速时，主要取决于集料表面的微观纹理；在高速时，主要取决于路面表面的宏观纹理。路面表面的抗滑能力可以通过采用坚硬、耐磨、表面粗糙的粒料组成路面表层材料来实现，有时也可以采用一些工艺措施来实现，如水泥混凝土路面的刷

毛或刻槽等。另外，路面上的积雪、浮冰或污泥等，也会降低路面的抗滑性能，必须及时予以清除。

## 1.3 路基路面结构及层位功能

路基是在天然地表面按照道路的设计线形和设计横断面的要求开挖或堆填而成的岩土结构物。其是道路的主体，又是路面的基础。路基路面直接承受行驶车辆荷载和自然因素的作用，是道路工程的重要组成部分。

路面是指用各种筑路材料铺筑在公路路基顶面的行车部分供车辆行驶的层状构造物。图 1-1 所示为路基路面常用层位图。

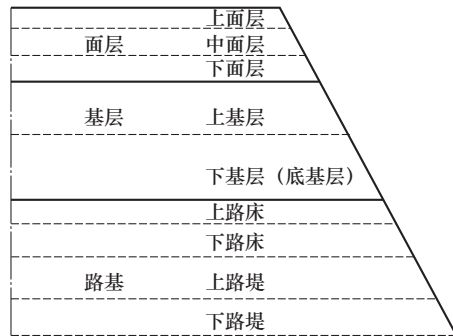


图 1-1 路基路面常用层位图

路基可分为路床、路堤及路堑。

(1)路床是指路面底面(路床顶面)以下 80 cm 范围内的路基部分，承受由路面传来的荷载。路床分为上路床(0~30 cm)和上路床(30~80 cm)两层。路面直接铺设在路床上。

(2)路堤是指设计标高高于原地面标高的填方路基，主要作用是支撑路床和路面。路床以下的路堤可分为上路堤(路面底面下 80~150 cm 的填方部分)、下路堤(上路堤以下的填方部分)。

(3)路堑是指设计标高低于原地面标高、通过开挖天然地面而成的路基。路堑边坡处于地壳表层，开挖暴露以后，容易受到自然因素与各种条件的作用，容易发生变形和破坏。路堑可分为土质路堑和石质路堑。根据天然地表坡度，路基分为可修筑半挖半填式路基、半路堤半路堑式路基。

绝大多数路面是多层次的，根据使用要求、受力状况、土基支承条件和自然因素，按不同规格材料铺设垫层、基层和面层等结构层。

### 1.3.1 路基构造组成

#### 1. 路基高度

路基高度是路基设计标高与原地面标高的差值。路堤为填筑高度，路堑为开挖深度。通常，路基高度是指中心线处路基顶面和原地面高差。由于原地面不平整，路基两侧的边坡高度是指路基边缘和原地面的高差，因此路基高度有中心高度和边坡高度之分。路基高度应根据《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)的规定设计。

路基高度的设计应注意以下几点：

(1)路基高度应结合公路路线纵断面、排水及防护措施确定，同时与路基临界高度结合，应使路肩边缘高出地面积水，并考虑地面水、地下水、毛细水和冰冻作用对路基强度和稳定性的影响。

(2)高路堤及深路堑的判别标准以边坡高度为依据：路基高度应受限制，一般土质路基填筑高度不宜超过 20 m，岩质路基不宜超过 30 m。

(3)沿河及受水浸淹路基的高度应大于设计洪水水位 + 壅水高度 + 波浪侵袭高度 +



表 1-1 高速公路、一级公路路基宽度

公路等级	高速公路、一级公路		
车道数	≥4		
设计速度/(km·h <sup>-1</sup> )	100	80	60
车道宽度/m	3.75	3.75	3.5

表 1-2 二级、三级、四级公路路基宽度

公路等级	二级公路、三级公路、四级公路				
设计速度/(km·h <sup>-1</sup> )	80	60	40	30	20
车道数	2	2	2	2	2 或 1
车道宽度/m	3.75	3.5	3.5	3.5	3.0

表 1-3 路肩宽度

设计速度/(km·h <sup>-1</sup> )		高速公路			一级公路	
		120	100	80	100	80
右侧硬路肩宽/m	一般值	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	最小值	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
土路肩宽度/m	一般值	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	最小值	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
设计速度/(km·h <sup>-1</sup> )		一级公路(集散功能)和二级公路			一级公路	
		80	60	40	30	20
右侧硬路肩宽/m	一般值	1.5	0.75			
	最小值	0.75	0.25			
土路肩宽度/m	一般值	0.75	0.75	0.75	0.50	0.25(双车道)
	最小值	0.50	0.50			0.50(单车道)

### 3. 路基边坡坡度

路基边坡坡率用边坡高度与边坡宽度之比  $H:b$  的形式表示。习惯上取  $H=1$  计算，边坡坡率表示为  $1:m$  或  $1:n$  的形式，如图 1-4 所示。

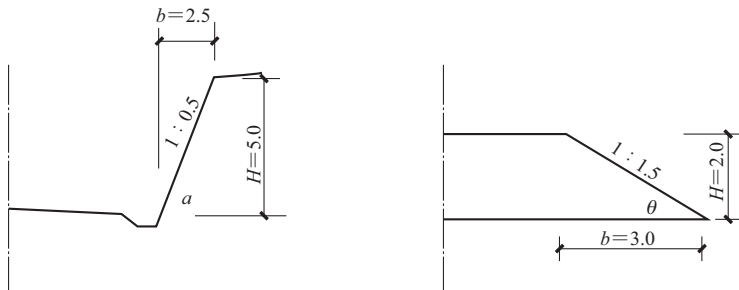


图 1-4 边坡坡率示意

边坡坡率的大小，取决于边坡的高度、填料的物理力学性质，以及土质、岩石的性质与水文地质条件等自然因素。其直接影响路基的整体稳定性及土石方量和施工难易程度，是路基整体稳定的关键因素。

一般路基的边坡坡率可根据多年经验或采用设计规范推荐的数值，见表 1-4。

表 1-4 不同填料边坡坡率

填料种类	边坡坡率	
	上部高度( $H \leq 8$ m)	下部高度( $H \leq 12$ m)
细粒土	1 : 1.5	1 : 1.75
粗粒土	1 : 1.5	1 : 1.75
巨粒土	1 : 1.3	1 : 1.5

特殊情况下路基边坡，应进行个别设计，通过设计验算确定：对于高边坡路堤和陡坡路堤，路堤稳定性分析包括路堤堤身的稳定性、路堤和地基的整体稳定性、路堤沿斜坡地基或软弱层带滑动的稳定性等内容；对于挖方高边坡，应进行工程勘探，边坡稳定性评价宜综合采用工程地质类比法、图解分析法等。

#### (1) 路堤边坡坡率。

1) 一般填方路堤。当地质条件良好，填方路堤边坡高度不大于 20 m 时，其边坡坡率不宜小于表 1-5 的规定值。对边坡高度超过 20 m 的路堤或地面斜坡坡率大于 1 : 2.5 的路堤，以及不良地质、特殊地段的路堤，应进行个别勘探。

对边坡高度超过 20 m 的路堤，边坡形式宜采用阶梯形，边坡坡率应由稳定性分析计算确定。浸水路堤在设计水位以下的边坡坡率不宜大于 1 : 1.75。

2) 砌石路基。砌石路基应选用当地不易风化的片、块石砌筑，内侧填石；对于岩石风化严重或软质岩石路段不宜采用砌石路基。砌石顶宽不小于 0.8 m，基底面向内倾斜，砌石高度不宜超过 15 m。砌石内、外坡率不宜大于规范规定数值。

当填方路基受地形地物限制或路基稳定性不足时，可采用护脚路基。护脚高度不宜超过 5 m，对受水浸淹的路堤护脚，应予以防护或加固。

3) 填石路堤。填石路堤是指用粒径大于 40 mm、含量超过 70% 的石料填筑的路堤。

填石路堤可采用与土质路堤相同的路堤横断面形式，填石路堤的边坡坡率应根据填石料的种类、边坡高度和基底的地质条件决定。易风化岩石与软质岩石用作填料时，应按土质路堤边坡设计。在路堤基底良好时，填石路堤边坡坡率不宜大于相关规范的规定。

(2) 路堑边坡形式及坡率。土质路堑边坡形式及坡率应根据工程地质、水文地质条件、边坡高度、排水措施、施工方法，并结合自然稳定边坡和人工边坡的调查及力学分析综合确定。岩质路堑边坡坡度必要时可采用稳定分析方法予以验算。

1) 土质路堑。土质路堑边坡不大于 20 m 时，边坡坡率不宜大于表 1-5 的规定。路堑边坡高度大于 20 m 时，其边坡形式及坡率应按挖方高边坡确定。

2) 岩质路堑。岩质路堑边坡高度不大于 30 m 时，无外倾软弱结构面的边坡可根据岩体类型和风化程度确定边坡坡率，见表 1-5。对于有外倾软弱结构面的岩质边坡、坡顶边缘附近有较大荷载的边坡、边坡高度超过表 1-5 规定范围的边坡等，边坡坡率应按挖方高边坡规定，通过稳定性分析计算确定。

表 1-5 不同岩体类型边坡坡率

边坡岩体类型	风化程度	边坡坡率	
		$H < 15 \text{ m}$	$15 \leq H < 30 \text{ m}$
I 类	未风化、微风化	1 : 0.1 ~ 1 : 0.3	1 : 0.1 ~ 1 : 0.3
	弱风化	1 : 0.1 ~ 1 : 0.3	1 : 0.3 ~ 1 : 0.5
II 类	未风化、微风化	1 : 0.1 ~ 1 : 0.3	1 : 0.3 ~ 1 : 0.5
	弱风化	1 : 0.3 ~ 1 : 0.5	1 : 0.5 ~ 1 : 0.75
III 类	未风化、微风化	1 : 0.3 ~ 1 : 0.5	
	弱风化	1 : 0.5 ~ 1 : 0.75	
IV 类	弱风化	1 : 0.5 ~ 1 : 1	
	强风化	1 : 0.75 ~ 1 : 1	

### 1.3.2 路面构造组成

行车荷载和自然因素对路基路面的影响，随深度的增加逐渐减弱。因此，对路面材料的强度、抗变形能力和稳定性的要求也随深度的增加逐渐降低。为了适应这一特点，路面结构通常分层铺筑，按照使用要求、受力状况、土基支撑条件和自然因素影响程度的不同，分成若干层次。通常，按照各个层位功能的不同，路面结构一般由面层、基层、底基层组成，必要时设置垫层作为介于土基与基层之间温度和湿度的过渡层，如图 1-5 所示。

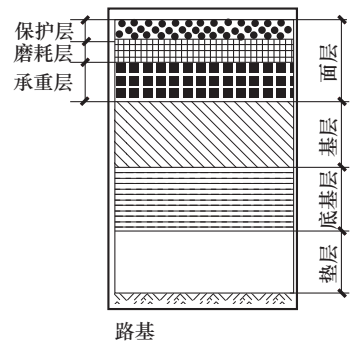


图 1-5 路面结构构成图

#### 1. 面层

面层是直接同行车和大气接触的表面层，它承受较大的行车荷载的垂直力、水平力和冲击力的作用，同时，还受到降水的浸蚀和气温变化的影响。因此，同其他层次相比，面层应具备较高的结构强度，抗变形能力，较好的水稳定性和温度稳定性，而且应当耐磨、不透水；其表面还应有良好的抗滑性和平整度。

修筑面层所用的材料主要有水泥混凝土、沥青混凝土、沥青碎(砾)石混合料、砂砾或碎石。沥青面层可以分两层、三层或更多的层次铺筑，如高速公路沥青面层总厚度为 16~30 cm，可分为上、中、下三层铺筑，并根据各分层的要求采用不同的级配类型。水泥混凝土路面也有分上、下两层铺筑的，分别采用不同强度等级的水泥混凝土材料。也有水泥混凝土路面或连续配筋水泥混凝土加铺 4~10 cm 沥青混凝土这样的复合式结构。但是，砂石路面上所铺的 2~3 cm 厚的磨耗层或 1 cm 厚的保护层，以及厚度不超过 1 cm 的简易沥青表面处治，不能作为一个独立的层次，应看作面层的一部分。

#### 2. 基层(含底基层)

基层主要承受由面层传来的车辆荷载的垂直力，并扩散到下面的路基(垫层和土基)中去。实际上，基层是路面结构中的承重层，它应具有一定的强度和刚度，并具有良好的扩散应力的能力。基层遭受大气因素的影响虽然比面层小，但是仍然有可能经受地下水和通过面层渗入雨水的浸湿，所以，基层结构还应具有足够的水稳定性。基层表面虽不直接供