

普通高等院校土木工程类「十二五」规划系列教材

PUTONG GAODENG YUANXIAO TUMU GONGCHENG LEI
SHIERWU GUIHUA XILIE JIAOCAI

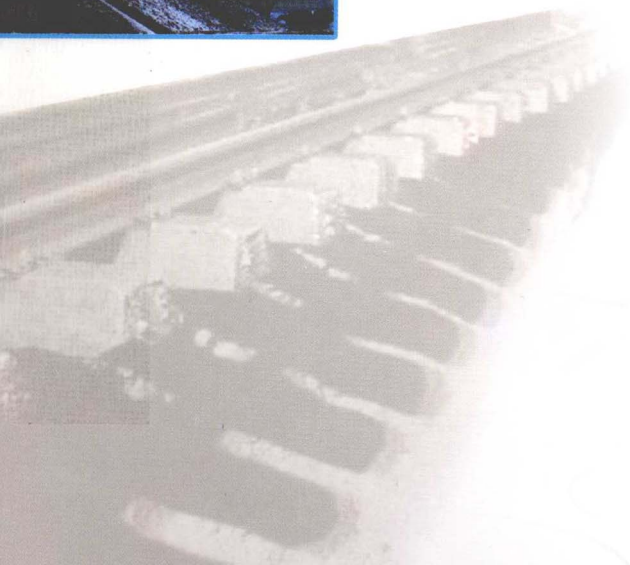
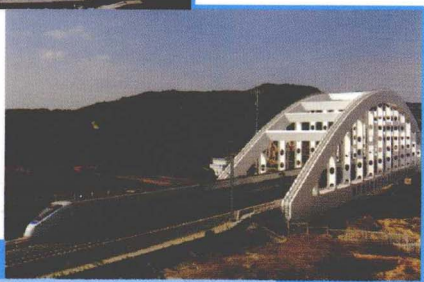
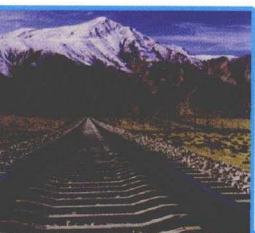
路基工程

主编

马学宁 夏琼

主审

王旭



西南交通大学出版社

普通高等院校土木工程类“十二五”规划系列教材

路 基 工 程

马学宁 夏 琼 主 编
王 旭 主 审

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

本书共分为7章,分别为绪论、路基构造及设计、路基排水和路基防护、挡土墙设计、软土地区路基、特殊土地区路基、路堤填料改良及施工工艺路基排水和防护、支挡结构设计、特殊条件下路基工程设计以及路基填料改良及施工工艺。各章均有一定例题和习题,以便引导学生运用所学理论知识解决实际问题。

本书可作为高等学校土木工程领域中的道路工程、铁道工程、地下工程、岩土工程等专业的教材,也可供从事道路与铁道建设、交通部门有关技术及管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

路基工程 / 马学宁, 夏琼主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2012.1
普通高等院校土木工程类“十二五”规划系列教材
ISBN 978-7-5643-1159-9

I. ①路… II. ①马…②夏… III. ①路基工程—高等学校—教材 IV. ①U416.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 068750 号

普通高等院校土木工程类“十二五”规划系列教材

路 基 工 程

马学宁 夏琼 主编

*

责任编辑 高 平

特邀编辑 曾荣兵

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 16.75

字数: 417 千字

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-1159-9

定价: 29.80 元

图书如有印装质量问题, 本社负责退换
版权所有, 盗版必究, 举报电话: 028-87600562

前 言

路基是铁路、公路线路的重要组成部分，是为满足轨道、路面铺设和运营而修建的土工构筑物。路基是轨道、路面的基础，承受着路基面以上的静荷载和动荷载，并将荷载向地基深处传递、扩散，因此要求其必须稳定、坚固，而这又与设计资料、施工方法、工程质量管理与运营养护等有密切关系。作为土木工程专业的技术人员，掌握路基工程设计、施工等技术知识是必需的。

“路基工程”是高等院校土木工程专业的一门重要课程。本书是根据我国现行《高速铁路设计规范》(TB 10621—2009)、《铁路路基设计规范》(TB 1001—2005)、《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)及有关规范编写的，全面、系统地介绍了一般路基工程设计、施工及工程质量检测等技术知识，以及特殊情况下的路基工程设计、施工等方面的知识。本书可供土木工程专业本科教学用，也可供土木工程专业工程技术人员参考。

本书由兰州交通大学马学宁、夏琼主编，王旭主审。本书是作者在近年来讲授“路基工程”的基础上，部分结合关于“路基工程”科研项目的心得而完成的。本书第四章、第五章和第六章的第三、四、六节以及第七章由马学宁编写，第一章、第二章、第三章和第六章的第一、二、五节由夏琼编写。

本书在编写过程中参考了国内外大量的相关文献，在此谨向这些文献的作者一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请使用本书的单位和个人提出宝贵意见，以便我们及时修正、完善。

编 者

2011 年 1 月

目 录

第一章 绪 论	1
思考题	5
第二章 路基构造及设计	6
第一节 路基的类型和构造	6
第二节 一般路基设计	10
第三节 路基承受的荷载	28
第四节 路基基床结构	34
第五节 路基填料与压实	42
第六节 路基边坡稳定性分析	57
思考题	78
习 题	78
第三章 路基排水和路基防护	80
第一节 概 述	80
第二节 路基地面排水	82
第三节 路基地下排水	87
第四节 路基防护	94
思考题	104
第四章 挡土墙设计	105
第一节 概 述	105
第二节 挡土墙土压力计算	108
第三节 重力式挡土墙	123
第四节 新型挡土墙设计简介	133
习 题	145
第五章 软土地区路基	146
第一节 概 述	146
第二节 软土路堤稳定性分析	149
第三节 软土地基固结理论及沉降计算	154
第四节 软土地基加固措施	164
第五节 软土路堤施工观测与控制	179
思考题	181

第六章 特殊土地地区路基	182
第一节 黄土地地区路基	182
第二节 膨胀土地地区路基	191
第三节 滑坡地段路基	200
第四节 冻土地地区路基	220
第五节 浸水路基	230
第六节 地震地区路基	234
思考题	236
第七章 路基填料改良及施工工艺	237
第一节 概 述	237
第二节 改良土强度形成机理及影响因素	238
第三节 改良土路基填筑施工工艺	246
附表一 巨粒土、粗粒土填料分组	252
附表二 细粒土填料分类	254
附表三 各种边界条件下的库仑主动土压力公式	255
参考文献	261

第一章 绪 论

一、路基的概念

路基是轨道、路面的基础，是为满足轨道铺设、路面施工和运营而修建的土工结构物，它承受着轨道及机车车辆、路面及交通荷载的静荷载和动荷载，并将荷载向地基深处传递、扩散。路基是铁道线路和道路的重要组成部分，贯穿于铁路和公路的全线。在纵断面上，路基必须保证线路需要的高程；在平面上，路基与桥梁、涵洞和隧道等连接组成完整、贯通的线路。

路基工程包括路基本体工程、路基排水工程、路基防护和加固工程以及因修筑路基而必需的改河、改沟等配套工程。这些工程组成完整的体系，从而保证了路基正常、良好地工作。

国际上的专业词语中没有与“路基工程”相对应的词，只有“路基”一词，就是指路基本体。因为我国铁路和公路部门专门设有路基专业组，其工作范围就是负责路基工程设计，所以从广义上讲“路基”包括路基本体工程、路基排水工程、路基防护和加固工程，故一般也统称为“路基工程”。

二、路基工程的特点

作为轨道和路面的基础，作为一种土工结构物，路基工程具有以下特点：

1. 路基工程建筑修筑在土石地基上，并以土石为建筑材料

岩石和土都是不连续介质，具有碎散性、多相性和自然变异性，各种岩石性质差异悬殊，并具有多种结构面。在自然营力和人类活动的作用下，土石的工程性质在不断变化。所以，在以岩土力学为基础的路基工程设计中，如何取得正确反映土石工程性质的物理力学指标和如何建立表达土石的应力-应变-时间关系的本构模型，成为岩土工程的重要研究内容，也是提高路基设计和路基施工水平的基础。

2. 路基完全暴露在大自然中

随着线路的延伸，路基除了可能遇见各种复杂的地形、地貌和地质条件外，还常受严寒、酷暑、水位涨落、狂风、暴雨、暴雪等气候、水文以及地震等自然条件的影响，从而引发各种路基病害。如黄土路基遇水湿陷引起路基边坡浅层溜坍，南方阴雨、北方冬冻、春融引起路基隆起、下沉，翻浆冒泥等线路病害，雨季引起大滑坡，地震时砂土液化引起路基滑走等路基病害，均与自然条件有密切关系。所以，路基的设计、施工和养护均不能离开具体的自然条件，故应该在充分调查研究的基础上，认识和克服自然灾害，这是路基工作的重要内容。

3. 路基同时受静荷载和动荷载作用

路基上的轨道或路面结构和附属建筑物产生静荷载,列车、汽车运行产生动荷载,动荷载是造成基床、路床病害的主要原因之一。要研究土体在动力作用下的变形、稳定问题,必须了解土的动力特性,包括土的动强度和液化、动孔隙水压力增长及消散模式、土的震陷等。一些新的测试手段和计算模型的出现,为进一步研究基(路)床土动力响应提供了更完善的条件。在一般路基设计中,将动荷载视为静荷载计算,而高速铁路路基的设计,必须考虑作用在路基面上的动荷载的特性。

三、路基的建筑要求

根据路基的特点,为使路基正常工作,路基除断面尺寸应符合设计标准外,还应满足如下建筑要求:

1. 路基必须平顺,路基面有足够宽度和上方限界

路基平顺状态指路肩高程和平面位置与线路平面、纵断面设计相符。路基的平面位置以其中心线表示。路基面宽度应满足轨道、路面铺设和养护要求。在路基面上方应有足以保证行车安全和便于线路维修养护的安全空间,当路基面上方或两侧有接近线路的建筑物时,必须按照铁路或公路限界的规定设置在限界范围以外。

2. 路基必须具有足够的强度、稳定性和刚度

路基必须具有足够的强度和稳定性,能抵抗行车荷载产生的动、静应力而不致破坏,路基边坡应能长期稳定而不坍塌。路基的弹性变形应满足安全性和舒适性的要求,因此路基必须具有足够的刚度,使其在静、动荷载作用下不产生容许限度范围以外的各种变形。路基是直接在地面上填筑或挖去一部分地面建成的,路建成后,改变了原地面的天然平衡状态;特别是在工程地质不良地区,修建路基则可能加剧原地面的不平衡状态。为防止路基在列车、汽车荷载及各种自然因素作用下发生破坏与失稳,同时给轨道、路面提供一个坚实的基础,必须针对具体情况,采取一定措施来保证路基的稳定性。同时,为保证路基在外力作用下,不致产生超过容许范围的变形,也要求路基具有一定的刚度。

3. 路基必须具有足够的水、温度稳定性

路基在地表水和地下水的作用下,其强度会降低。特别是在黄土、膨胀土等特殊土地区,水的作用会导致土体抗剪强度显著下降,变形急剧增大;在冻土地区,由于水和温度状况的变化,路基将发生周期性的冻融作用,使路基强度急剧下降。因此,不仅要求路基要有足够的强度和刚度,而且还应保证在最不利的水温条件下,强度不至于显著地降低,亦即要求路基应具有足够的水、温度稳定性。

4. 路基的设计和施工应满足技术经济要求

路基修建的经济效益不仅指设计施工的投资,而且包括日后的维修养护费用。同时,还

要根据国家建设政策考虑少占农田、便利工农生产、便利人民生活。例如：结合当地水文条件，综合考虑水利规划；结合当地气候和劳动条件，合理安排工期；根据地形、建筑材料条件制定土石方调配计划等。

四、路基设计的基本内容

路基设计应根据铁路、公路的性质、等级和技术标准，结合当地的自然条件，拟定正确的设计方案作为施工的依据。

路基设计的具体内容包括以下几方面：

（1）做好沿线自然情况的勘察工作，收集必要的设计资料，作为路基设计的依据，如沿线地区地质、水文、地形、地貌及气象等资料。

（2）根据路线纵断面设计确定的填挖高度，结合沿线地质、水文调查资料，进行路基本体工程设计。一般路基可根据规范规定，按路基典型断面直接绘制路基横断面图，即在一般的工程地质、水文地质条件下，边坡高度不超过现行《铁路路基设计规范》或《公路路基设计规范》中所规定的边坡高的范围，可采用一般的施工方法施工的路基。对下列情况，需进行单独设计：工程地质、水文条件复杂或边坡高度超过规范规定高度的路基；修筑在陡坡上的路堤；在各种特殊条件下的路基，如浸水路堤、采用大爆破施工的路基及软土或震害严重地区的路基等。

（3）根据线路沿线地面水和地下水流情况，进行排水系统的总体布置，以及地面、地下排水结构物的设计。

（4）路基防护与加固设计，包括坡面防护、冲刷防护与支挡结构物等的布置与设计计算。

（5）路基工程其他设施的布设与计算，如取土坑、弃土堆和护坡道等。

五、路基工程的现状与发展前景

20 世纪 20 年代以前，路基填筑都按“自然沉落”法设计施工。直到 1930 年，美国人 Proctor 首先提出用标准击实试验控制路基填筑压实系数。自此，各国开始制定路基填筑标准。随着生产力的发展，铁路、公路运量和速度的不断提高，既有线路基不断出现病害，各国也不断提高新建路基的设计标准。

1949 年以来，我国在路基工程的建设上取得了许多成就，特别是对特殊地区与特殊土路基，无论在科研、工程实践水平上都取得了很大的发展和提高，积累了丰富的经验。但由于经济的迅速发展，路基工程发展水平仍跟不上运输发展的需要，其关键在于安全系数方面路基与轨道、桥隧建筑物不匹配，路基强度低、变形大，因而影响整个铁路运输能力的提高。

长期以来，我国新建铁路没有把路基当成土工结构物来对待，而普遍冠名以土石方。在“重桥隧、轻路基、重土石方数量、轻质量”的倾向下，路基翻浆冒泥、下沉、边坡坍塌、滑坡等病害经常发生，使新建线路交付运营后乃至运营多年仍不能达到设计速度与运量，经济效益与社会效益较差。

为了使铁路交通系统充分发挥在我国国民经济发展中的“先行”作用，以解决运能与运

量日趋严重的矛盾,20世纪90年代中期,铁道部作出了分步骤在繁忙干线上实现列车提速的决定。截至2007年,铁道部已实施6次大提速,涉及的提速线路总里程达2万多千米。

20世纪80年代末,我国铁路已将高速化提上了议事日程。1994年,完全依靠我国自己力量建成的广深准高速铁路开通;1995年,沪宁等省成功地进行了时速170 km的提速实验;1996年4月1日,京广、京沪等线开行了“夕发朝至”的快速列车;2003年7月1日,中国第一条铁路客运专线——秦(皇岛)沈(阳)客运专线正式开通,该线全长404.65 km,试验最高时速达到321 km,设计运营时速200 km。

铁路列车大提速提高了线路运输效率,带来了明显的社会效益和经济效益;但同时随着提速范围的扩大以及列车速度的不断提高,路基暴露出来的问题也越来越重。提速后行车密度增大,维修作业时间相对减少;同时,行车速度提高后,列车荷载产生的路基动应力增大,加速了路基病害的产生。

2004年1月,国务院审议并原则通过了《中长期铁路网规划》。根据《中长期铁路网规划》,我国铁路主要通道将建设客运专线 1.2×10^4 km以上,客车速度目标值达到200 km/h及以上。环渤海地区、长江三角洲地区、珠江三角洲地区将建设城际客运专线,同时既有线提速改造达 2×10^4 km,形成我国铁路快速客运网。目前,京津城际、郑西、武广等高速客运专线已相继完成并已通车。

由散粒材料构成的路基是最薄弱的也是最不稳定的环节,是轨道变形的主要来源,它们在多次重复荷载的作用下,所产生的累积永久变形造成轨道不平顺。同时,它们的刚度对轨道的弹性变形有关键性的作用,因而对列车的高速行走条件有重要的影响。高速行车对轨道的变形有严格的要求,因此变形问题便成为高速铁路设计所考虑的主要控制因素。传统的铁路路基是按强度设计的,现在强度问题已基本解决。一般来说,在高速、重载铁路线路上,路基达到强度破坏前,可能已经出现了不容许的过大变形。路基的变性过大,列车速度不可能提高,沉降量大,需要频繁的维修养护。在高速铁路路基设计规范中,除了增加基床厚度,采用更好的填料外,为控制列车行驶时路基面的弹性变形,对路基各部位的地基系数 K_{30} 、动态变形模量 E_{vd} 均作了规定,对路基的工后沉降也有严格的要求。

高速铁路轨道结构主要类型有有砟轨道和无砟轨道。有砟轨道在高速列车载荷的反复作用下,残余变形积累很快,而且沿线路方向的变形积累和轨道刚度分布不均匀,从而造成轨道不平顺,影响列车运行的舒适性和安全性;同时,又显著增加了轨道的养护维修工作量,从而加大了铁路的运营投入。为了提高轨道在高速运行条件下的稳定性和平顺性,减少轨道维修量,世界各国的高速铁路上都尽量采用无砟轨道。无砟轨道是一种新型轨道结构,以混凝土或沥青混合料等取代散粒道砟道床而组成的轨道结构形式,具有轨道整体性好(强度、稳定性与耐久性),轨道几何形位能持久保持,平顺性高,刚度均匀性好,养护维修工作量显著减少,服务期长,轨道结构高度低、自重轻,无高速运行下的道砟飞溅等特点。因此,逐渐被世界各国所采用。在过去的几十年里,各国对无砟轨道结构进行了长期、系统的研究,在一些国家的高速铁路建设中,已成为轨道结构的标准之一,并取得了显著的社会效益和经济效益。我国对无砟轨道的路基工后沉降要求小于15 mm,路桥或路隧交界处的差异沉降不应大于5 mm,过渡段的路基与桥梁或隧道的折角不应大于1/1 000。

总之,高速铁路的出现,已彻底改变了以往重桥隧轻路基的观念,其设计理念已发生了根本性的转变,真正地把路基作为一种结构物来设计。此外,近年来在高速铁路路基设计中,

采用了 CFG 桩、PHC 管桩加固软土地基和钢筋混凝土桩网结构、桩板结构加固湿陷性黄土的新技术；用动态变形模量测试仪测试路基土动态变形模量新的检测手段；在施工方面，引进和研制了一些土石方挖、装、运及碾压设备，施工机具运用效率有了很大提高。

我国高速铁路的建设刚刚起步，路基工程的设计、施工和养护技术与世界高速铁路发达国家相比还存在一定的差距，因此，设计与施工规范、标准还有待补充、修改和完善，许多课题还有待进一步研究解决。如应把路基与轨道结构作为线路工程一个整体的观念贯穿于整个设计、施工中，研究其设计理论和方法，开展路基动态设计方法，研究路基变形的预测与控制技术、无砟轨道路基与其他结构物过渡段的设计理论和方法等，通过不断研究和总结，大幅度提升我国高速铁路路基工程的建设水平。

思考题

1. 路基工程的作用及特点有哪些？
2. 路基设计的基本内容主要有哪些方面？
3. 对路基有哪些基本要求？
4. 高速铁路路基设计要求与普通铁路有何不同？

第二章 路基构造及设计

路基构造设计主要通过路基横断面设计来实现。在工程地质和水文地质条件良好地段的一般路基设计包括以下内容：选择路基断面形式；确定路基宽度与路基高度；选择路堤填料与压实标准；确定边坡形状与坡度；路基排水系统布置和排水结构设计；坡面防护与加固设计；附属设施设计等。

第一节 路基的类型和构造

一、路基横断面基本形式

通常根据铁路（或公路）路线设计确定的路基高程与天然地面高程是不同的。路基设计高程高于天然地面时，需进行填筑；路基设计高程低于天然地面时，需进行挖掘。通常把垂直线路中心线截取的截面称为路基横断面。路基的横断面形式、构造尺寸、各部分组成和主要设备均可从路基的横断面图上得到反映，路基横断面图是路基设计的主要文件之一。

根据填挖情况不同，路基横断面基本形式可分为以下几种：

1. 路堤

当铺设轨道或路面的路基面高程高于天然地面时，路基以填筑方式构成，这种路基称为路堤，如图 2.1（a）所示。

2. 路堑

当铺设轨道或路面的路基面高程低于天然地面时，路基以开挖方式构成，这种路基称为路堑，如图 2.1（b）所示。

3. 半路堤

当天然地面横向倾斜，路堤的路基面边线和天然地面相交时，路堤体在地面和路基面相交线以上部分无填筑工程量，这种路堤称为半路堤，如图 2.1（c）所示。

4. 半路堑

当天然地面横向倾斜，路堑路基面的一侧无开挖工作量时，这种路基称为半路堑，如图 2.1（d）所示。

5. 半路堤半路堑

当天然地面横向倾斜，路基一部分以填筑方式构成而另一部分以开挖方式构成时，这种路基称为半路堤半路堑，如图 2.1 (e) 所示。

6. 不填不挖路基

当路基的路基面和经过清理后的天然地基面平齐，路基无填挖土方时，这种路基称为不填不挖路基，如图 2.1 (f) 所示。

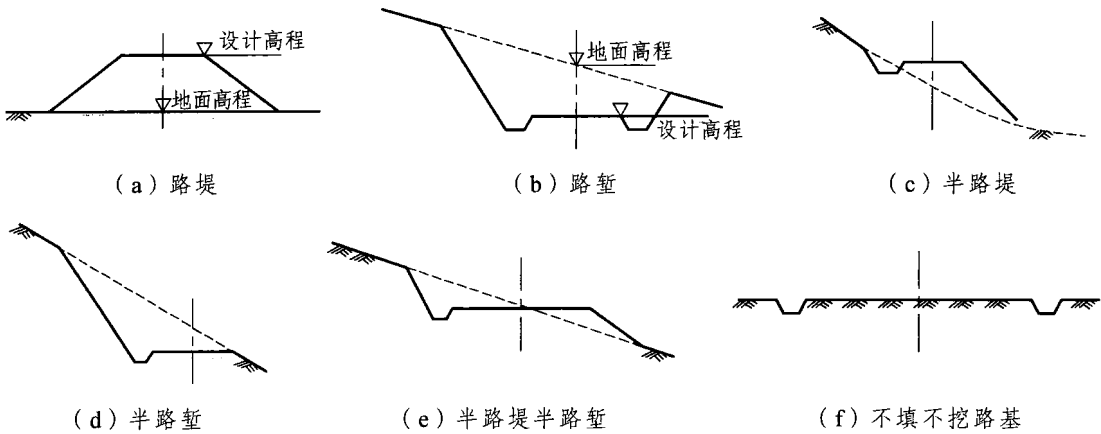
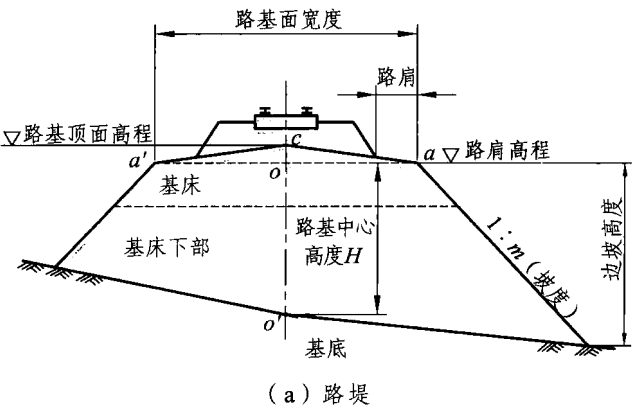


图 2.1 路基横断面形式

二、路基横断面的组成及构造

(一) 路基本体

在各种路基形式中，为了能按线路设计要求铺设轨道或路面而构筑的部分，称为路基本体，它是路基工程的主体建筑物。在路基横断面中，路基本体由路基顶面、路肩、基床、基床下部、边坡、路基基底几部分构成，如图 2.2 所示。



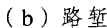


图 2.2 路基本体

1. 路基顶面

直接在其上面铺设轨道或路面的部分及路肩组成，称为路基顶面或简称路基面。在路堤中路基顶面即为路堤堤身的顶面，也称路堤顶面；在路堑中，路基顶面即为堑体开挖后形成的构造面。路基顶面是为确保列车或汽车运行而构筑的工作面，必须具有一定宽度，如图 2.2 中 $a'ca$ 、 aa' 之间的直线距离称为路基面宽度。

2. 路 肩

铁路路基顶面两侧自道床坡脚至路基面边缘的部分称为路肩。其作用是：保护轨道以下的路基土体，防止其在列车动荷载作用下侧向挤动；防止道砟失落；防止路基面边缘部分的土体稍有塌落时，影响轨道道床的完整状态；保持路基面的横向排水；在线路养护维修作业中，路肩是线路器材的存放处和辅助工作面；此外，铁路线路的标志、信号设备和有些通信、电力及给水设施也都设置在路肩上或设槽埋置在路肩下。

公路路肩指的是位于车行道外缘至路基边缘,具有一定宽度的带状部分(包括硬路肩与土路肩),为保持车行道的功能和临时停车使用,也作为路面的横向支承。其主要作用有:保护行车道等主要结构的稳定;为发生机械故障或遇到紧急情况车辆需要临时停车提供位置;提供侧向余宽,有利于安全,增加舒适感;可供行人、自行车通行;为设置路上设施提供位置;作为养护操作的工作场地;在不损坏公路构造的前提下,也可作为埋设地下设施的位置;改善挖方路段的弯道视距,增进交通安全;使雨水能够在远离行车道的位置排放,减少行车车道雨水渗透,减少路面损坏。

路肩必须在考虑了施工误差、路基沉降与自然剥蚀等因素之后,保持必要的宽度。在线路设计中,路基的设计高程以路肩边缘的高程表示,称为路肩高程。

3. 基床（路床）及基床下部

路基面以下受列车（或汽车）动荷载作用和受水文、气候四季变化影响的范围称为基床（公路称为路床）。其状态直接影响到车辆运行的平稳和速度的提高，设计时应严格执行现行《铁路路基设计规范》（或《公路路基设计规范》）对基床（路床）厚度、填料及其压实标准、排水等的规定。基床分基床表层和基床底层。路堤基床以下部分称为基床下部或堤心。

4. 边 坡

在路堤的路肩边缘以下和在路堑路基面两侧的侧沟外，因填挖而形成的斜坡面，称为路基边坡。在路堤中，边坡与路肩的交点称为路基顶肩或路肩边缘点，边坡与地面的交点称为坡脚，路肩高程与坡脚高程之差称为路堤的边坡高度；在路堑中边坡与原地面的交点称为路堑顶边缘，其高程与路肩高程的差为路堑边坡高度；左右两侧的边坡高度不相等时，应以大者代表该横断面的边坡高度。边坡的坡形在路基中常修筑成单坡形、折线形或阶梯形，每一坡段坡面的斜率以边坡断面图上取上下两点间的高差与水平距离之比表示，如当高差为 1 单位长，水平距离经折算为 m 单位长时，则斜率为 $1:m$ 。在路基工程中，以 $1:m$ 方式表示的斜率称为坡度， m 称为坡率。在路基本体构造中，边坡的形状和坡度的缓陡对路基本体的稳定和工程费用有重要影响。

5. 路基基底

路堤填土天然地面以下受填土自重及轨道（或路面）、列车（或汽车）荷载作用的部分称为路堤基底。基底部分土体的稳固性，对整个路基本体以至轨道（或路面）的稳定性都是极为关键的，特别是在软弱土的基底上修建路堤，必须对基底做妥善处理，以免危及行车安全与正常运营。

（二）路基设备

路基设备是路基的组成部分，是为确保路基本体的稳固性而采用的必要的、经济合理的附属工程措施，包括排水设备和防护、加固设备两大类。

路基的排水设备分地面排水设备和地下排水设备两种。地面排水设备用以拦截地面径流，汇集路基范围内的雨水并使其畅通地流向天然排水沟谷，以防止地面水对路基的浸湿、冲刷而影响其良好状态。地下排水设备用以拦截、疏导地下水和降低地下水位，以改善地基土和路基边坡的工作条件，防止或避免地下水对路基本体的有害影响。

路基防护设备用以防止或削弱风霜雨雪、气温变化及流水冲刷等各种自然因素对路基本体所造成的直接或间接的有害影响，其种类很多、类型各异。常用的防护设备是坡面防护和冲刷防护。为了防止路基边坡和坡脚受坡面雨水的冲刷，防止日晒雨淋引起土的干湿循环，防止气温变化引起土的冻融变化等因素影响边坡的稳固，常采用坡面防护。为了防止河水对边坡、坡脚或坡脚处地基不断的冲刷和淘刷，应设冲刷防护；防护位置和所采用的类型则常视水流运动规律及防护要求而定。特殊条件下路基的防护类型更多，例如在多年冻土地区，为防止冻融线路的剧烈变化应采用各种保温措施；在泥石流地区，为防止泥石流对路基本体的威胁，常设置多种拦蓄与疏导工程；在风沙地区为防止路基本体沙蚀和被掩埋，常采用各种防沙、固沙设施等。

路基加固设备是用以加固路基本体或地基的工程设施，如在路基工程中的护堤、挡土墙、支垛、抗滑桩及其他地基加固措施等。设置路基加固设备是提高路基稳定性的一种有效措施。

第二节 一般路基设计

一般路基设计指针对铁路网中客货列车共线运行、旅客列车设计行车速度等于或小于 160 km/h、货物列车设计行车速度等于或小于 120 km/h 的 I、II 级标准轨距铁路路基的设计；新建和改建各级公路路基设计。

一、路基面形状和宽度

(一) 路基面形状

1. 铁路路基面形状

水的危害是造成路基病害的重要原因，保证良好的排水条件是路基设计的重要原则。路基面形状应设计为三角形路拱，由路基中心线向两侧设 4% 的人字排水坡。曲线加宽时，路基面仍应保持三角形，如图 2.3 所示。路基面形状应符合下列规定：

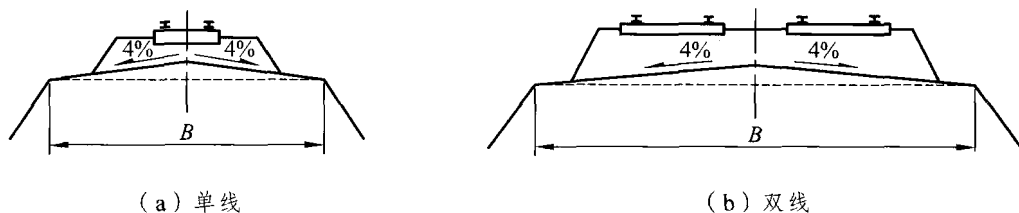


图 2.3 铁路路基面形状

(1) 对新建铁路，全线的线路纵断面均按土质路堤标准进行设计，线路纵断面上的高程为路肩设计高程。

① 在单线铁路（或双线铁路并行等高地段）中，硬质岩石路堑及基床表层为级配碎石或级配砂砾石的路基，其路肩高程应高于土质路堤的路肩高程，高出尺寸 Δh 按式 (2.1) 计算。

$$\Delta h = (h - h') + \frac{B - B'}{2} \times 4\% \quad (2.1)$$

式中 h ——土质路堤直线地段的标准道床厚度，m；

B ——土质路堤直线地段的标准路基面宽度；

h' ——硬质岩石路堑、级配碎石或级配砂砾石路基直线地段的标准道床厚度，m；

B' ——硬质岩石路堑、级配碎石或级配砂砾石路基直线地段的标准路基面宽度，m。

② 在双线铁路中，并行不等高或局部单线地段的路肩高程高于双线铁路并行等高地段土质路堤的路肩高程，高出尺寸 Δh 按式 (2.2) 计算。

$$\Delta h = h_{sh} - h_d + \left(\frac{B_{sh} - D - B_d}{2} + 1.435 + \frac{g}{1000} \right) \times 4\% \quad (2.2)$$

式中 h_{sh} ——并行等高直线地段土质路堤的标准道床厚度，m；

B_{sh} ——并行等高直线地段土质路堤的标准路基面宽度，m；

D ——并行等高直线地段土质路堤的线间距，m；

h_d ——并行不等高或局部单线直线地段的标准道床厚度，m；

B_d ——并行不等高或局部单线直线地段的标准路基面宽度，m；

1.435——标准轨距，m；

g ——钢轨的头部宽度（mm），75 kg/m 轨为 75 mm，60 kg/m 轨为 73 mm，50 kg/m 轨为 70 mm。

（2）不同填料的基床表层衔接时，应设长度不小于 10 m 的渐变段，如图 2.4 所示。渐变段应在路肩设计高程较高段内逐渐顺坡至路肩设计高程较低处，渐变段的基床表层应采用相邻填料中较好的填料填筑。

双线铁路中并行等高段与局部单线地段连接时，应在局部单线地段内逐渐顺坡至并行等高段地段，其顺坡长度不应小于 10 m。

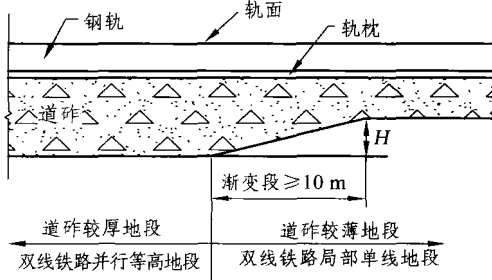


图 2.4 不同填料基床表层衔接

2. 公路路面形状

在路基顶面铺筑路面结构，路面横断面由行车道、硬路肩和土路肩组成。根据公路等级，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 2.5 所示。

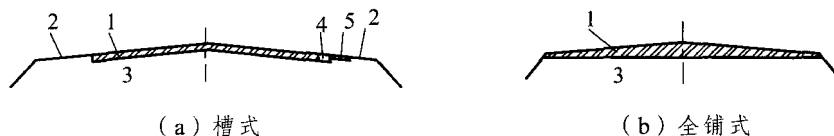


图 2.5 路面横断面形式

1—路面；2—土路肩；3—路基；4—路缘石（侧石）；5—加固路肩

（1）槽式横断面。

在路基上按路面行车车道及硬路肩设计宽度范围，开挖与路面同厚度的浅槽，保留土路肩，在槽内铺筑路面。也可采用培槽方法，在路基两侧培槽或半填半挖的方法培槽，如图 2.5（a）所示。

（2）全铺式横断面。

路基全部宽度内都铺筑路面中，在盛产石料的山区或较窄的路基上铺筑中、低级路面时，常采用全铺式横断面，如图 2.5（b）所示。高等级公路路面中的排水基层通常需要全宽范围铺筑以保证水由横向排入边沟。此外，对于交通量增长较快的重要公路，也往往将硬路肩和土路肩按行车道标准，全宽铺筑面层。

为了保证路面上雨水及时排出，减少雨水对路面的浸湿和渗透，路面表面应做成两边低、中间高的路拱。高等级路面平整度和水稳定性好、透水性小，一般采用较小的路拱横坡度和直线形路拱；低等级路面中，为了有利于迅速排除路表面积水，通常采用较大的路拱横坡度和抛物线形路拱。表 2.1 所示为各种不同类型路面路拱的平均横坡度值。