



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材
(经典精品系列教材)

路基工程

(第二版)

北京交通大学 刘建坤 曾巧玲 侯永峰 主编
东南大学 杨 军
同济大学 周顺华 主审

中国建筑工业出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
北 京 高 等 教 育 精 品 教 材
高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材
(经典精品系列教材)

路基工程(第二版)

北京交通大学 刘建坤 曾巧玲 侯永峰 主编
东南大学 杨 军

同济大学 周顺华 主审

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

路基工程/刘建坤等主编. —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 11
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材. 北京高等教育精品教材
高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材 (经典精品系列教材)
ISBN 978-7-112-15745-7

I. ①路… II. ①刘… III. ①铁路路基-铁路工程-高等学校-教材②路基工程-高等学校-教材 IV. ①U213.1②U416.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 197371 号

本书是为土木工程专业本科生编写的路基工程课程教材, 主要包括: 一般路基设计、路基填土的压实与填筑质量控制、路基受力与变形、路基排水和防护、路基边坡稳定性分析、路基支挡结构设计、复杂地带路基、特殊土地区路基、土工合成材料在路基工程中的应用、路基监测、评价与整治等。

本书为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材, 同时也是高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材 (经典精品系列教材)。可作为土木工程专业的路基工程课程教学用书, 也可供路基工程方面的工程技术人员参考。

* * *

责任编辑: 王 跃 吉万旺

责任校对: 姜小莲 赵 颖

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 北 京 高 等 教 育 精 品 教 材 高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材 (经典精品系列教材)

路基工程 (第二版)

北京交通大学 刘建坤 曾巧玲 侯永峰 主编
东南大学 杨 军

同济大学 周顺华 主 审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京密云红光制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 19 $\frac{3}{4}$ 字数: 490 千字

2014 年 1 月第二版 2014 年 1 月第七次印刷

定价: 38.00 元

ISBN 978-7-112-15745-7

(24535)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

出版说明

1998 年教育部颁布普通高等学校本科专业目录,将原建筑工程、交通土木工程等多个专业合并为土木工程专业。为适应大土木的教学需要,高等学校土木工程学科专业指导委员会编制出版了《高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲》,并组织我国土木工程专业教育领域的优秀专家编写了《高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材》。该系列教材 2002 年起陆续出版,共 40 余册,十余年来多次修订,在土木工程专业教学中起到了积极的指导作用。

本系列教材从宽口径、大土木的概念出发,根据教育部有关高等教育土木工程专业课程设置的教學要求编写,经过多年的建设和发展,逐步形成了自己的特色。本系列教材投入使用之后,学生、教师以及教育和行业行政主管部门对教材给予了很高评价。本系列教材曾被教育部评为面向 21 世纪课程教材,其中大多数曾被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材和普通高等教育土建学科专业“十五”、“十一五”、“十二五”规划教材,并有 11 种入选教育部普通高等教育精品教材。2012 年,本系列教材全部入选第一批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

2011 年,高等学校土木工程学科专业指导委员会根据国家教育行政主管部门的要求以及新时期我国土木工程专业教学现状,编制了《高等学校土木工程本科指导性专业规范》。在此基础上,高等学校土木工程学科专业指导委员会及时规划出版了高等学校土木工程本科指导性专业规范配套教材。为区分两套教材,特在原系列教材丛书名《高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材》后加上经典精品系列教材。各位主编将根据教育部《关于印发第一批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材书目的通知》要求,及时对教材进行修订完善,补充反映土木工程学科及行业发展的最新知识和技术内容,与时俱进。

高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社
2013 年 2 月

第二版前言

《路基工程》于2006年出版，距今已经7年了，虽然经过6次印刷，修改了一些小错误，但教材中已经有许多方面与目前路基工程的发展不太适应了，迫切需要再版修订。感谢编辑同志和编写人员的努力，《路基工程》第二版能够在今年呈现给广大读者和同学们。

第二版主要根据最近几年新颁布的规范如《高速铁路设计规范》等，修改了路基相关设计参数等内容；增加了土动力学的基础概念如动剪应力和剪应变关系曲线；把路基工后沉降的概念提到了重要位置；介绍了青藏铁路中成功应用的一些保护冻土的路基结构形式；添加了近年来兴起的新材料XPS等的介绍等，绪论中一些重复的地方也进行了删减，同时也规范了压实原理一节中的公式符号。由于篇幅所限，本书未能包含目前大量采用的路基基底处理新技术。

限于作者的水平，书中错误在所难免，望广大读者提出宝贵意见。意见或建议请发至：jkliu@bjtu.edu.cn 刘建坤收，作者将不胜感激。

作者

2013年8月于北京

第一版前言

近年来铁路、公路发展迅速，路基作为道路与铁道工程的基础得到了前所未有的重视，其设计理念有了很大的转变，设计理论和施工技术也得到了大力发展，相关的技术标准不断提高，新技术也不断涌现，路基工程的教学也要不断适应新形势的变化，及时地向学生提供新鲜的知识。本书就是为了与路基工程的发展相适应而编写的土木工程专业本科生教材，内容包括一般铁路路基和一般公路路基设计，土的压实原理，路基受力与变形，路基支挡结构，路基排水与防护，特殊土地地区路基，特殊条件下路基，路基监测等内容。本书尽量与最新颁发的相关规范标准相符合，尽量从基础理论方面阐述路基设计的原理，对规范的一些取值给出理论依据。教材参考了新近颁布的相关规范和国内外相关文献，对其编者或作者表示感谢。

本书绪论部分由北京交通大学刘建坤、东南大学杨军编写；第1章由北京交通大学刘建坤、东南大学杨军、石家庄铁道学院杨广庆编写；第2章由北京交通大学刘建坤、侯永峰和东南大学杨军编写；第3章由北京交通大学刘建坤、侯永峰编写；第4章由北京交通大学曾巧玲、石家庄铁道学院杨广庆、北京交通大学周锡九编写；第5、6、7章由北京交通大学曾巧玲编写，第8章由北京交通大学曾巧玲、刘建坤编写，第9章由石家庄铁道学院杨广庆、北京交通大学肖军华编写，第10章由北京交通大学刘建坤、东南大学杨军编写。全书由同济大学周顺华教授主审。

本书为高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材，可作为土木工程专业的教学用书，也可供从事路基工程方面的工程技术人员参考。

目 录

绪论	1
第1章 一般路基设计	8
1.1 一般铁路路基设计	8
1.2 一般公路路基设计	26
1.3 路基设计的基本内容和步骤	37
思考题	42
第2章 路基填土的压实与填筑质量控制	43
2.1 路基土的压实原理	43
2.2 压实机理与压实土的优点	46
2.3 影响土压实性的因素	48
2.4 路基填土的压实方法	50
2.5 路基压实质量控制指标与检测方法	54
思考题	61
第3章 路基受力与变形	62
3.1 土动力学基础	62
3.2 铁路路基受力状况	65
3.3 公路路基受力状况	71
3.4 路基变形与临界动应力	73
3.5 路基与其他建筑物的连接——纵向平顺性	79
思考题	84
第4章 路基排水和防护	85
4.1 路基排水	85
4.2 路基防护	97
4.3 路基边坡坡面绿色防护技术	108
思考题	116
第5章 路基边坡稳定性分析	117
5.1 路基边坡的破坏形式	117
5.2 直线滑面的边坡稳定性分析	118
5.3 圆弧滑面的边坡稳定性分析	119
5.4 任意形状滑面的边坡稳定性分析——传递系数法	126

思考题.....	127
第6章 路基支挡结构设计	128
6.1 概述	128
6.2 挡土墙土压力计算	132
6.3 重力式挡土墙设计	154
6.4 悬臂式和扶壁式挡土墙	166
6.5 加筋土挡土墙	174
6.6 锚固式挡土墙	183
思考题.....	194
第7章 复杂地带路基	195
7.1 浸水路基	195
7.2 滑坡地段路基	198
7.3 地震地区路基	212
7.4 危岩、落石和崩塌与岩堆地段路基	217
思考题.....	221
第8章 特殊土地区路基	222
8.1 软土地区路基	222
8.2 膨胀土地区路基	236
8.3 黄土地区路基	243
8.4 盐渍土地区路基	252
8.5 冻土地区路基	256
思考题.....	268
第9章 土工合成材料在路基工程中的应用	269
9.1 土工合成材料介绍	269
9.2 土工合成材料在路基工程中的具体应用	273
思考题.....	284
第10章 路基监测、评价与整治	285
10.1 路基监测.....	285
10.2 既有铁路路基状态评价、加固与改建.....	289
10.3 公路路基评价与改建.....	292
10.4 路基病害整治	295
思考题.....	301
参考文献	302

绪 论

一、路基工程的主要内容及特点

铁路路基是轨道的基础，是经过开挖或填筑而形成的土工建筑物，其主要作用是满足轨道的铺设、承受轨道和列车产生的荷载、提供列车运营的必要条件。公路路基是路面的基础，它承受着本身土体的自重和路面结构的重量，同时还承受由路面传递下来的行车荷载，所以路基是公路的承重主体。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、隧道连接组成完整贯通的线路。

路基工程的主要内容包括路基本体工程、路基防护工程、路基排水工程、路基支挡和加固工程以及由于修筑路基可能引起的改河、改沟等配套工程，还有针对复杂地带和特殊土地地区的路基特殊设计，用于路基加固的土工合成材料的应用更是路基工程的主要发展前景。

路基作为一种线性结构物工程承受路面车辆和人行荷载，具有以下一些特点：

（一）材料复杂。路基工程主要以岩土体为材料，受各种自然力作用，在不同的地质环境及地质年代中发生复杂的物理化学变化，其力学性质具有极大的不确定性，土的成因、成分、颗粒大小、级配、结构不同，其力学性质就会明显不同，在计算路基变形和稳定性分析中所用的参数就会不同。因此能否正确确定土的应力应变关系和计算参数，能否正确预报路基的变形是路基设计计算的关键。

（二）路基受环境影响大。路基完全暴露在大自然中，很容易受到气候、水和四季温度变化的影响。如膨胀土路基干缩湿胀会引起边坡破坏；北方地区路基受寒冷气候的影响会引起冻胀；黄泛区粉土路基经常由于雨水的影响而遭受潜蚀破坏；西北一些地区的路基容易受到风蚀、沙埋等。

（三）路基同时承受动、静荷载的作用。路基上的轨道或路面结构以及附属结构物产生静荷载，运行的列车或车辆产生动荷载。动荷载是产生路基病害的重要原因。行驶在轨道或路面上的车辆，通过车轮把荷载传给轨道或路面，由轨道或路面传给路基，在路基内部产生应力、应变及位移。如果路基结构整体或某一组成材料强度或抗变形能力不足以抵抗这些应力、应变及位移，则轨道或路面结构会出现沉陷，表面会出现不平顺，使路况恶化，服务水平下降。因此，要求路基结构具有与行车荷载相适应的承载能力。

结构承载能力包括强度与刚度二方面。路基结构层应具有足够的刚度,使得在车轮荷载作用下不发生过量的变形,保证不发生不顺病害。

(四) 路基的稳定性不易维持。在天然地表面建造的路基结构物改变了自然的平衡,在达到新的平衡状态之前,路基结构物处于一种暂时的不稳定状态。新建的路基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。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。路线如选在不稳定的地层上,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。

大气降水使得路基结构内部的湿度状态发生变化,低洼地带路基排水不良,长期积水,会使得矮路堤软化,失去承载能力。山坡路基,有时因排水不良,会引发滑坡或边坡滑塌。因此,防水、排水是确保路基稳定的重要方面。

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发生断裂。春天融冻季节,在交通繁重的路段,有时引发翻浆,使路基路面发生严重的破坏。

(五) 路基的使用年限长。路基工程投资昂贵,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、铁道工程使用年限至少数十年,因此路基工程应具有耐久的性能。

路基的稳定性可能在长期经受自然因素的侵袭后逐年削弱,因此,提高路基的耐久性,保持其强度、刚度、几何形态经久不衰,除了精心设计、精心施工、精选材料之外,要把长年的养护、维修工作放在重要的位置。

二、路基水热状况及干湿类型

(一) 路基湿度的来源

路基的强度与稳定性在很大程度上与路基的湿度以及大气温度引起的水热状况有密切的关系。路基在使用过程中,受到各种外界因素的影响,使湿度发生变化。路基湿度的来源可分为以下几方面:

1. 大气降水——大气降水通过路面或铁路基床、路肩边坡和边沟渗入路基;
2. 地面水——边沟的流水、地表径流水因排水不良形成积水渗入路基;

3. 地下水——路基下面一定范围内的地下水浸入路基；
4. 毛细水——路基下的地下水，通过毛细管作用，上升到路基；
5. 水蒸气凝结水——在土的空隙中流动的水蒸气，遇冷凝结成水；
6. 薄膜移动水——在土的结构中水以薄膜的形式从含水量较高处向较低处流动，或由温度较高处向冻结中心周围流动。

上述各种导致路基湿度变化的水源，其影响程度随当地自然条件和气候特点以及所采取的工程措施等而不同。

（二）大气温度及其对路基水热状况的影响

路基湿度除了水的来源之外，另一个重要因素是受当地大气温度的影响。由于湿度与温度变化对路基产生的共同影响称为路基的水热状况。沿路基深度出现较大的温度梯度时，水分在温差的影响下以液态或气态由热处向冷处移动，并积聚在该处，这种现象称为水分迁移。

我国华北、东北和西北地区为季节性冻土地区。这些地区的路基在冬期冻结的过程中会在负温度坡降的影响下，出现水分积聚现象。气温下降到 0°C 以下，路面和路基结构内的温度也随之由上而下地逐渐降到零下。在负温度区内，自由水、毛细水和弱结合水随温度降低而相继冻结，于是土粒周围的水膜减薄，剩余了许多自由表面能，增加了土的吸湿能力，促使水分由高温处向冻结锋面移动，以补充低温处失去的部分。由试验得知，在温度下降到 -3°C 以下时，土中未冻结的水分在负温差的影响下实际上已不可能向温度更低处移动，因此，负温度区的水分移动一般发生在 $0 \sim -3^{\circ}\text{C}$ 等温线之间。在正温度区内，因零度等温线附近土中自由水和毛细水的冻结，形成了与深层次土层之间的温度差，从而促使下面的水分向冻结锋面附近移动，这就造成了上层路基湿度的大量积聚。

迁移到冻结锋面附近的水冻结后体积增大，使路基隆起而造成面层开裂，即产生冻胀现象。春暖化冻时，路面和路基结构由上而下逐渐解冻，积聚在路基上层的水分融解，难以迅速排除，造成路基上层的湿度增加，路面结构的承载能力便大大降低。若是在交通繁重的地区，经重车反复作用，路基路面结构会产生较大的变形，严重时，路基土以泥浆的形式从胀裂的路面缝隙中冒出，形成了翻浆。冻胀和翻浆的出现，使路面遭受严重损坏。

当然并不是在季节性冰冻地区所有的道路都会产生冻胀与翻浆，对于渗透性较高的砂性土以及渗透性很低的黏性土，水分都不容易积聚，因此不易发生冻胀与翻浆，而相反，对于粉性土和极细砂则由于毛细水活动力强，极易发生冻胀与翻浆。周边的水文条件和气候条件亦是重要原因。地面排水不良，地下水位高，路基湿度大，水源充足，冬季温和与寒冬反复交替，这些都是产生冻胀与翻浆重要的自然条件。

（三）路基干湿类型

路基的强度与稳定性，同路基的干湿状态有密切关系，并在很大程度上影响

路面结构设计。

公路路基按其干湿状态不同,分为四类:干燥、中湿、潮湿和过湿。为了保证线路结构的稳定性,一般要求路基处于干燥或中湿状态。过湿状态的路基必须经处理后方可铺筑路面。上述四种干湿类型以分界稠度 w_{c1} 、 w_{c2} 和 w_{c3} 来划分。稠度 w_c 定义为土的含水量 w 与土的液限 w_L 之差和土的塑限 w_p 与液限 w_L 之差的比值,即

$$w_c = (w_L - w) / (w_L - w_p) \quad (0-1)$$

式中 w_c ——土的稠度;

w_L ——土的液限;

w ——土的含水量;

w_p ——土的塑限。

土的稠度较准确地表示了土的各种形态与湿度的关系,稠度指标综合了土的塑性特性,包含了液限与塑限,全面直观地反映了土的硬软程度,物理概念明确。

1. $w_c = 1.0$, 即 $w = w_p$, 为半固体与硬塑状的分界值;

2. $w_c = 0$, 即 $w = w_L$, 为流塑与流动状的分界值;

3. $1.0 > w_c > 0$, 即 $w_L > w > w_p$, 土处于可塑状态。

以稠度作为路基干湿类型的划分标准是合理的,但是在不同的自然区划,不同的土组的分界稠度是不同的。

在公路勘测设计中,确定路基的干湿类型需要在现场进行勘查,对于原有公路,按不利季节路槽底面以下 80cm 深度内土的平均稠度确定。在路槽底面以下 80cm 内,每 10cm 取土样测定其天然含水量、塑限含水量和液限含水量,以下式求算:

$$w_{ci} = (w_{Li} - w_i) / (w_{Li} - w_{pi}) \quad (0-2)$$

$$\bar{w}_c = \frac{\sum_{i=1}^8 w_{ci}}{8} \quad (0-3)$$

式中 w_i ——路槽底面以下 80cm 内,每 10cm 为一层,第 i 层上的天然含水量;

w_{Li} ——同一层土的液限含水量 (76g 平衡锥);

w_{pi} ——同一层土的塑限含水量;

w_{ci} ——第 i 层的稠度;

$\bar{w}_c$ ——路槽以下 80cm 内土的算术平均稠度。

根据 w_c 判别路基的干湿类型,要按照道路所在的自然区划和路基土的类别,与分界稠度作比较,并按各自然区划界限确定道路所属的路基干湿类型。

对于新建道路,路基尚未建成,无法按上述方法现场勘查路基的湿度状况,可以用路基临界高度作为判别标准。当路基的地下水位或地表积水水位一定的情

况下,路基的湿度由下而上逐渐减少。与分界稠度相对应的路基离地下水位或地表积水水位的高度称为路基临界高度 H ,即

H_1 相对应于 w_{c1} , 为干燥和中湿状态的分界标准;

H_2 相对应于 w_{c2} , 为中湿与潮湿状态的分界标准;

H_3 相对应于 w_{c3} , 为潮湿和过湿状态的分界标准。

在设计新建道路时,如能确定路基临界高度值,则可以此作为判别标准,与路基设计高度作比较,由此确定路基的干湿类型。

为了保证路基的强度和稳定性不受地下水及地表积水的影响,在设计路基时,要求路基保持干燥或中湿状态,路槽底距地下水或地表积水的距离,要大于或等于干燥,中湿状态所对应的临界高度。

三、影响路基稳定性的因素

路基是一种线性结构物,具有线路长、与大自然接触面广的特点,其稳定性在很大程度上由当地自然条件所决定。路基的稳定性与下列因素有关:

(一) 地理条件

公路沿线的地形、地貌和海拔高度不仅影响路线的选定,也影响到路基的设计。平原、丘陵、山岭各区地势不同,路基的水温情况也不同。平原区地势平坦、排水困难、地表易积水、地下水位相应较高,因而路基需要保持一定的最小填土高度,路面结构层应选择水稳定性良好的材料,并采取一定的结构排水设施;丘陵区 and 山岭区,地势起伏较大,路基排水设计至关重要,否则会导致稳定性下降,出现破坏现象,影响路基路面的稳定性。

(二) 地质条件

沿线的地质条件,如岩石的种类、成因、节理,风化程度和裂隙情况,岩石走向,倾向、倾角、层理和岩层厚度,有无夹层或遇水软化的夹层以及有无断层或其他不良地质现象(岩溶、冰川、泥石流、地震等)都对路基的稳定性有一定的影响。

(三) 气候条件

气候条件如气温、降水、湿度、冰冻深度、日照、蒸发量、风向、风力等都会影响线路沿线地面水和地下水的状况,并且影响到路基的水温情况。

在一年之中,气候有季节性的变化,因此路基的水温情况也随之变化。气候还受地形的影响,例如山顶与山脚、山南坡与山北坡气候有很大的差别。这些因素都会严重影响路基的稳定性。

(四) 水文和水文地质条件

水文条件是指如线路沿线地表水的排泄,河流洪水位、常水位,有无地表积水和积水时期的长短,河岸的淤积情况等。水文地质条件是指如地下水位,地下水移动的规律,有无层间水、裂隙水、泉水等。所有这些地面水及地下水都会影

响路基的稳定性，如果处理不当，常会引起各种病害。

（五）土的分类

土是建筑路基的基本材料，不同的土类具有不同的工程性质，因而将直接影响路基的强度与稳定性。

不同的土类含有不同粒径的土颗粒，砂粒成分多的土，强度构成以内摩擦力为主，强度高，受水的影响小，但施工时不易压实。较细的砂，在渗流情况下，容易流动，形成流砂。黏粒成分多的土，强度形成以黏聚力为主，其强度随密实程度的不同，变化较大，并随湿度的增大而降低。粉土类土毛细现象强烈，路基的强度和承载力随着毛细水上升、湿度增大而下降，在负温度坡差作用下，水分通过毛细作用移动并积聚，使局部土层湿度大幅度增加，造成路基冻胀，最后导致路基翻浆，路面结构层断裂等各种破坏。

四、对路基工程的基本要求

为了保证公路、铁路最大限度地满足车辆运行的要求，提高车速，增强安全性和舒适性，降低运输成本和延长线路使用年限，根据路基工程的特点，路基除断面尺寸应符合设计标准外，还应满足如下要求：

1. 路基必须具有足够的整体稳定性

路建成建后，改变了原来地面的天然平衡状态。在土质不良地区，修筑路基则可能加剧原地面的不平衡状态；开挖路堑使两侧边坡土体失去支承载力，可能导致边坡溜坍或滑坡；天然坡面特别是陡坡面上的路堤，可能应自重而下滑。对于上述种种情况，都必须因地制宜地采取一定措施来保证路基的整体稳定性。

2. 路基必须具有足够的强度和刚度

强度和刚度是两个不同的力学特性，两者既有区别，又有联系。强度是指路基抵抗应力作用和避免破坏的能力，刚度则是指路基抵抗变形的能力。

为防止路基在车辆荷载及各种自然因素作用下发生破坏与失稳，同时给轨道或路面提供一个坚实的基础，必须针对具体情况，采取一定的措施来保证路基具有足够的强度。同时，为保证路基在荷载作用下，不致产生超过允许范围的变形，也要求路基应具有一定的刚度。

3. 路基必须具有足够的水热稳定性

路基在地表水和地下水作用下，其强度会降低。特别是在季节性冰冻地区，由于周期性的冻融作用，在水和负温度共同作用下，土体会发生冻胀，造成轨面或路面变形，春融期局部土层过湿软化，路基强度急剧下降。因此，不仅要求路基要有足够的刚度和强度，而且还应保证在最不利的水热条件下，路基不致冻胀和在春融期强度不致发生显著降低，这就要求路基应具有足够的水热稳定性。

五、路基工程发展与展望

长期以来,我国铁路建设中没有把路基作为一种土工结构物对待,而普遍冠名土石方,致使早期建成的线路路基没有根据受力情况对基床部分的填料和结构进行专门设计,路基填料质量不好,导致基床翻浆冒泥、下沉,边坡坍塌,滑坡等路基病害。如黄泛区粉土路基经常遭遇水害;北方一些地区的铁路和公路路基由于填筑了一些冻胀敏感性土,冬期产生冻胀,春期产生翻浆,给线路正常运营造成危害。这些情况影响着铁路的正常运营以及后续的重载和提速,制约着铁路发展。目前对既有铁路路基的评价与加固,是铁路提速建设必须进行的重要工作。

近年来由于不断的新线建设,既有线提速和高速铁路的建设,使路基工程得到了突飞猛进的发展,从对路基重视的程度,设计思路的转变到新材料、新技术的应用方面都有充分的体现。路基已经作为一种土工结构物来进行专门的设计、研究。一般路基的设计、路基附属结构的设计已经普遍采用计算机辅助方法。随着大面积的提速和高速铁路的建设,路基设计的指导思想从单纯按照强度设计发展到按照变形设计,提出了工后沉降的严格要求。对于路基与其他建筑物连接处开始给予充分的重视,即把路基的纵向平顺性作为一种目标在设计中贯穿,对于路桥过渡、路堤路堑的过渡以及隧道入口等部位进行专门的设计。路基断面结构各个部位的材料的选择和尺寸的确定已经按照动载荷作用的水平和动、静变形进行合理的设计。实验技术有飞跃,20世纪50年代、80年代一直到90年代我国进行了为数不多的中等速度及准高速的路基动态测试,21世纪初进行了时速超过300km的大量动态测试,为高速铁路的路基基础理论奠定了基础,也为路基设计标准的制定提供了依据。同时也针对路基开发出大型分析软件。施工质量控制方面由最初的单指标控制发展到现在的多指标控制,尤其是基床等的填料的选择有了明确的指标要求,与以前相比有了质的飞跃。全国范围的既有线路的提速促进了其路基状态的评价方法与加固技术的发展。新材料得到了大量应用,土工合成材料(土工格栅、土工格室、土工布、土工膜、工业保温材料如EPS、XPS等)在路基支挡结构、排水设施、基底处理、特殊土路基等方面得到了大量应用。现场监测技术得到了很大发展,从青藏铁路开始将路基作为一种土工结构物进行长期监测。路基与环境的关系在路基工程中得到了前所未有的重视。生物工程方法补强路基得到了应用。

我国交通建设正处在一个大发展的阶段,路基工程的设计理论的建设技术将会在实践中得到大幅度的提高。

第1章 一般路基设计

1.1 一般铁路路基设计

1.1.1 路基横断面形式

路基横断面是指垂直线路中心线截取的截面。路基的断面形式、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。路基横断面的基本形式有下面几种：

1. 路堤

当路基面高于天然地面时，路基以填筑方式构成，这种形式的路基称为路堤，如图 1-1 (a) 所示。

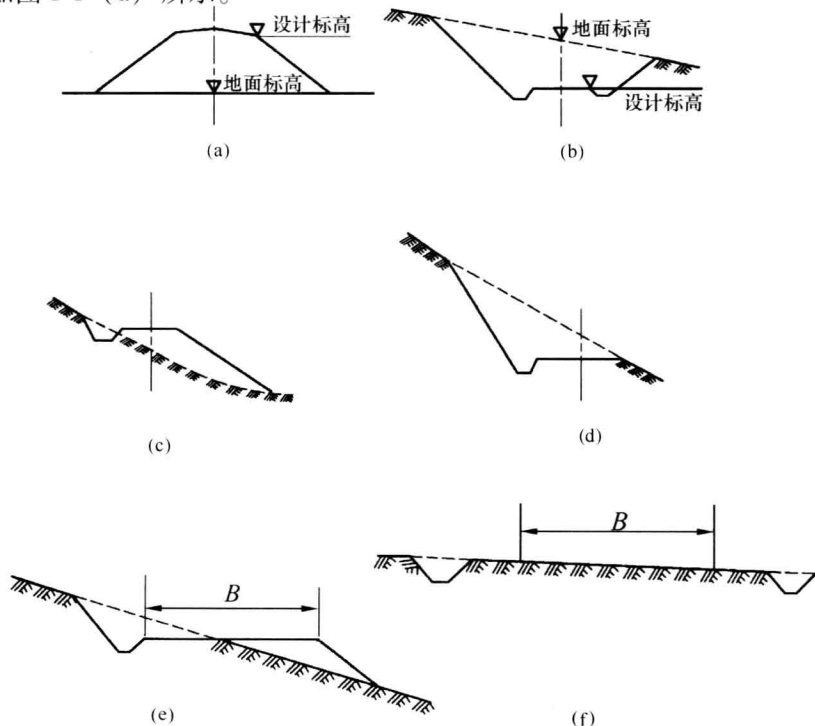


图 1-1 路基断面形式

(a) 路堤；(b) 路堤；(c) 半路堤；(d) 半路堤；

(e) 半路堤半路堤；(f) 不填不挖路基

2. 路堑

当路基面低于天然地面时，路基以开挖方式构成，这种形式的路基称为路堑，如图 1-1 (b) 所示。

3. 半路堤

当天然地面横向倾斜，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 1-1 (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 1-1 (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 1-1 (e) 所示。

6. 不填不挖路基或零断面

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；或者如果经过换填后的路基面与天然地基面在一个水平面上，称为零断面，如图 1-1 (f) 所示。

1.1.2 路基横断面基本组成及设计

路基横断面主要由路基本体和路基附属结构两大部分组成。其中路基本体是为了能按线路设计要求铺设轨道而构筑的部分，包括路基面、路肩、填料、基床、边坡、路基基底等部位，如图 1-2 所示。路基附属结构是为确保路基本体的稳固性而采用的必要的附属工程措施，包括排水设施和路基防护措施。

路基横断面的设计主要内容如下。

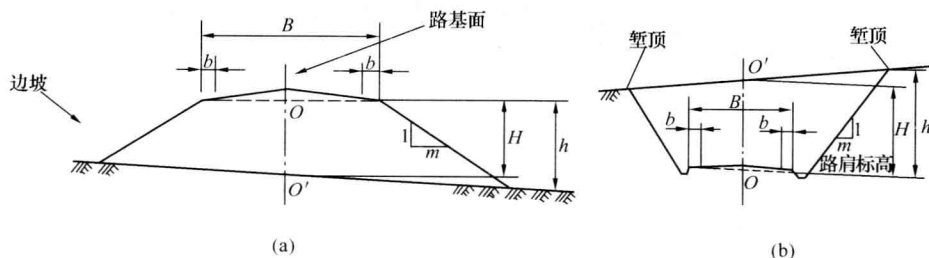


图 1-2 路基本体

(a) 路堤；(b) 路堑

B —路基宽度； b —路肩； H —路基中心高； h —路基边坡高

1. 路基面

为了轨道的铺设而设置的作业面，称为路基顶面或简称路基面。在路堤中路基面即为路堤堤身的顶面，也称路堤顶面；在路堑中，路基面即为堑体开挖后形成