

第 1 章 绪 论

1.1 铁路路基工程的特点

铁路路基是为了保证和满足铁路轨道铺设及运营条件而修建起来的土工建筑物。作为轨道的基础结构，它不仅承载着轨道本身的重力，而且承受着来自轨道上的列车车辆等荷载的作用，并将荷载向地基深处传递扩散。在路基纵断面上，路基必须保证轨顶需要的标高；而在平面上，路基与桥梁、隧道等连接组成完整贯通的铁路线路。在铁道工程的发展过程中，路基为轨道结构的不断更新、改善和轨道定型化提供了必要的条件。所以，它是线下工程不可缺少的重要组成部分，也是保证列车正常运行的主要建筑物。另外，高速铁路的出现对铁路传统的设计、施工和养护维修等提出了新的挑战和要求，在许多方面深化和改变了传统的设计观念。高速铁路对填筑材料的压实标准、变形控制、检测要求等较现行铁路的标准都有很大提高，同时还要强化基底结构，特别是基床表层。

铁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。

1.1.1 一般铁路路基的特点

路基作为一种较为复杂而特殊的土工复合结构物，具有与桥梁和隧道等结构物不同的特

点，具体表现如下：

(1) 材料复杂。路基工程主要以土为材料，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。

(2) 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。例如：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。

(3) 路基同时承受动、静荷载的作用。路基上的轨道荷载是静荷载。列车荷载是动荷载，属交通荷载，其特点为多次重复作用，它也是引起路基病害的主要原因之一。路基土在重复荷载作用下产生累积变形，土的强度会降低，表现出疲劳的特性。此外，路基同轨道结构一起共同组成的这种线路结构是一种相对松散连接的结构形式，其抵抗动荷载的能力较弱。

1.1.2 高速铁路路基的特点

与一般铁路工程路基相比，高速铁路路基具有如下特点：

(1) 填土高度增加。为了减少横向交通干扰，必须在高速铁路下设置行人和车辆行走的设施。对于山岭重丘区，可利用地形布置天桥式横穿道；对于平原区，则只能以提高路基填土高度来满足设置下穿式通道的要求，其填土高度一般都在 4~5 m。由于填土高度增加，路

基本体发生大变形和不均匀沉降变形的可能性增大,而高速铁路对路基的变形控制非常严格,因此,对填料的性质、含水量、压实标准等指标的要求必须相应提高。

(2) 取土、弃土的矛盾较突出。当路线通过山区和丘陵地区时,由于线形标准的提高,设计时很难考虑好土方的填挖平衡,有可能增大借土或弃土的数量,从而使铁路用地范围扩大,给工程施工造成困难。

(3) 工程地质情况复杂,特殊地质条件的路基较多。由于高速铁路线形的重要性,路线通过不良地质地段的机会较多。在山区,通常会遇到大的滑坡体、泥石流及稻田、水库等障碍;在冲积平原和三角洲地区修建高速铁路时,还会遇到大面积的深层软土地基。针对以上情况,在工程施工中就要求采取特殊的施工工艺。

(4) 路基边坡的技术要求高。在高速铁路上,为了行车的舒适和安全,对路基边坡的稳定性和线形的美化程度均有较高的要求。路基边坡的防护和加固工程较多,其施工的技术要求和美学要求也较高。

(5) 高速铁路建设项目繁多,工程投资巨大,工程任务艰巨,工期要求紧,质量要求高,这就使得路基施工的组织与管理更加严格。

(6) 路基施工机械化程度高,各种新工艺、新材料、新技术得到广泛应用。

1.1.3 铁路路基的基本要求

为了使路基能够正常工作,路基除断面尺寸应符合设计标准外,还应满足如下要求:

(1) 路基必须具有足够的整体稳定性。

路基建成后，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，可能因自重而下滑。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，而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。另外，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，造成路基强度急剧下降。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。

总之，铁路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，还要把长期的养护、维修工作放在重要的位置。

1.2 铁路路基的横断面形式

铁路路基横断面是指垂直于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。铁路路基横断面常见的主要形式有以下 6 种（图 1.1）：

（1）路堤。当铺设轨道的路基面高于天然地面时，路基以填筑方式构成，这种路基称为路堤。

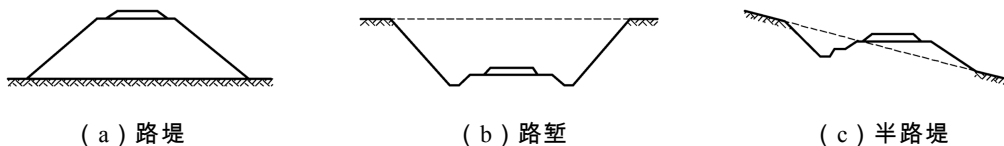
（2）路堑。当铺设轨道的路基面低于天然地面时，路基以开挖方式构成，这种路基称为路堑。

（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，因此，路堤体在地面和路基面相交线的以上部分无填筑工作量，这种路基称为半路堤。

（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。

（5）半路堤半路堑。当天然地面横向倾斜，路基的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。

（6）不填不挖路基或零断面。如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。当经换填后的路基面与天然地基面在一个水平面上时，也称为零断面。



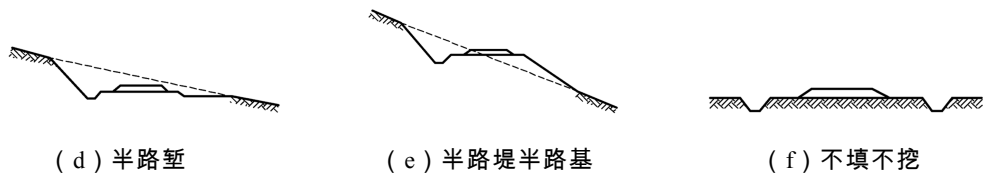


图 1.1 铁路路基横断面常见的形式

1.3 铁路路基的主要技术标准

1.3.1 一般铁路路基的主要技术标准

路基断面的设计主要包括路基本体设计及路基附属结构设计。在各种路基形式中，为了能按线路设计要求铺设轨道而构筑的部分，称为路基本体。路基横断面设计主要对路基本体的各组成部分如路基面、路肩、填料、基床、边坡、路基基底等部分按照规范进行设计，如图 1.2 所示。路基附属结构是路基的组成部分，是为确保路基本体工程的稳定而采用的必要辅助措施，主要包括排水结构和防护、加固结构两大类。

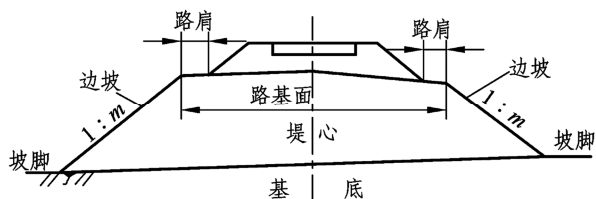


图 1.2 路基本体结构

路基本体主要由路基面、路肩、基床、边坡及基底等部分组成，下面重点介绍路基本体的主要组成。

1. 路基面

路基面由直接在其上面铺设轨道的部分及路肩组成，称为路基顶面或简称路基面。在路

堑中，路基面为整体开挖后形成的构造面。区间路基根据基床土性质分为有路拱路基面和无路拱路基面两种类型。

(1) 有路拱路基面。为了便于排水，路基面的形状应该设计为三角形路拱，由路基中心线向两侧设4%的人字排水坡，使雨水能够尽快排出，避免路基面积水使土浸湿软化，以保证路基土体的稳定。一般这样形成的单线路基的路拱高约0.15 m，一次修筑双线路基的路拱高约0.2 m。曲线加宽时，路拱仍保持三角形。

(2) 无路拱路基面。无路拱即路基面是水平的。当路基面为渗水性土或不易风化岩石时，由于土本身渗水性强，能及时将雨水、雪水向下渗走，或者由于岩石坚硬，抗水性强，浸水后不致软化，因此，在上述情况下，无论单线、双线路基均不做路拱。

(3) 路基面的宽度。路基面宽度等于道床覆盖的宽度加上两侧路肩的宽度之和。区间路基面宽度应根据列车设计运行速度、远期采用的轨道类型、正线数目、线间距、曲线加宽、路肩宽度、养路形式、接触网立柱的设置位置等由计算确定，需要时还要考虑光缆、电缆及声屏障基础的设置。

① 区间直线地段标准路基面宽度。

《铁路路基设计规范》(TB 10001—2016)对客货共线电气化铁路区间直线地段的标准路基面宽度规定见表1.1。

表 1.1 直线段标准路基面宽度

项目	单位	I级铁路			II级铁路
		200	160	120	≤120
双线 线间距	m	4.4	4.2	4.0	4.0

单线道床 顶面宽度	m	3.5		3.4		3.4		3.4			
道床结构	层	单		双	单		双	单			
道床厚度	m	0.35	0.30	0.50	0.35	0.30	0.50	0.35	0.30	0.45	0.30
路基 面宽 度	单线	m	8.1 (7.7)	8.1 (7.7)	8.1 (7.8)	8.1 (7.7)	8.1 (7.7)	8.1 (7.8)	8.1 (7.7)	8.1 (7.7)	8.1 (7.7)
	双线	m	12.5 (12.3)	12.5 (12.1)	12.3 (12.2)	12.3 (11.9)	12.3 (11.9)	12.1 (12.0)	12.1 (11.7)	12.1 (11.7)	12.1 (11.8)

注：1. 表中路基面宽度按下列条件计算确定，如有变化，应计算调整路基面宽度：

(1) 路基面处接触网支柱内侧至线路中心的距离为 3.1 m。

(2) 无缝线路轨道为 60 kg/m 钢轨。

(3) I级铁路采用III型混凝土枕，II级铁路采用新II型混凝土枕。

2. 括号外为采用横腹杆式接触网支柱时路基面宽度，括号内为采用环形等径支柱时路基面宽度。

② 区间曲线地段的路基面宽度。

区间单、双线曲线地段的路基面宽度应在曲线外侧按表 1.2 的数值进行加宽，加宽值应

在缓和曲线范围内线性递减。

表 1.2 曲线地段路基面加宽值

铁路等级	列车设计速度	曲线半径 R/m	路基面外侧加宽值/m
I级铁路	200 km/h	$2\ 800 \leq R < 3\ 500$	0.4
		$3\ 500 \leq R \leq 6\ 000$	0.3
		$R > 6\ 000$	0.2
	160 km/h	$1\ 600 \leq R \leq 2\ 000$	0.4
		$2\ 000 < R < 3\ 000$	0.3
		$3\ 000 \leq R < 10\ 000$	0.2
		$R > 10\ 000$	0.1
I、II级铁路	120 km/h	$800 \leq R \leq 1\ 200$	0.4
		$1\ 200 < R < 1\ 600$	0.3
		$1\ 600 \leq R < 5\ 000$	0.2
		$R \geq 5\ 000$	0.1
II级铁路	120 km/h	$800 \leq R < 1\ 200$	0.4
		$1\ 200 \leq R < 1\ 600$	0.3
		$1\ 600 \leq R < 5\ 000$	0.2
		$R \geq 5\ 000$	0.1

2. 路 肩

在路基顶面中，道床覆盖以外的部分称为路肩。其作用是保护路堤受力的堤心部分，防止道砟滚落，保持路基面的横向排水，供养护维修人员行走、避车、放置养护机具，供防洪抢险临时堆放砂石料，供埋设各种标志、通信信号、电力给水设备等。因此，路肩必须在考虑了施工误差、高路堤的沉落与自然剥蚀等因素以后，保持必要的宽度。

路肩宽度对于线路的维护和路基边坡的稳定性有重要影响。路肩宽度大，有利于维修工作的开展，也有利于路基边坡的稳定，但工程造价就相应地加大。我国《铁路路基设计规范》(TB 10001—2016)规定有砟轨道两侧路肩宽度应根据设计速度、边坡稳定、养护维修、路肩上设备设置要求等条件综合确定，客货共线设计速度 200 km/h 铁路不应小于 1.0 m，设计速度 200 km/h 以下铁路不应小于 0.8 m。

3. 基 床

基床是指路基上部受列车动荷载作用和水文气候变化影响较大的土层，其状态直接影响列车运行的平稳和速度的提高。所以要求基床应达到以下要求：

① 强度要求。应有足够的强度以抵抗列车荷载产生的动应力而不致破坏；能抵抗道砟压入基床土中，防止道砟陷槽等病害的形成；在路基填筑阶段能承受重型施工车辆走行而不形成印坑，以免留下隐患。

② 防渗要求。能够防止雨水浸入造成路基土软化，防止翻浆冒泥等病害，在可能发生冻害的地区，还有防冻等特殊要求。

③ 刚度要求。在列车荷载的重复作用下，塑性累积变形应很小，避免形成过大的不均匀下沉造成轨道的不平顺，增加养护维修的困难；在列车高速行驶时，基床的弹性变形应满足

高速行驶的安全性和舒适性要求，同时还能保障道床的稳固。

基床分为表层及底层，我国《铁路路基设计规范》规定，对于时速不超过 200 km 的客货共线铁路，其表层厚 0.6 m，底层厚 1.9 m，基床总厚度为 2.5 m，如图 1.3 所示。基床厚度以路肩施工高程为计算起点。

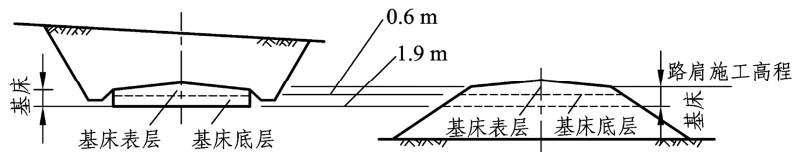


图 1.3 路基基床结构示意图

4. 基 底

路堤下地基内承受路堤及轨道、列车等荷载作用的部分称为路堤基底。在路堑中，因为路基是在地基内以开挖方式构成的，所以，路堑的基底为路堑边坡土体内和堑底路基面以下的地基内产生应力变化的部分。基底的稳固对路基本体乃至轨道的稳定性都至关重要。因此，在软弱基底上修筑路堤时，必须对基底进行处理，以免危及行车安全与线路正常运营。

5. 边 坡

路基两侧的边线称为路基边坡。边坡常修筑成单坡形、折线形和阶梯形，每一坡段坡面的斜率以边坡上下两点间的高差与水平距离之比表示，当高差为 1 单位长时，水平距离折算为 m 单位长，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。边坡与地面的交点，在路堤中称为坡脚，在路堑中称为堑顶。

路堤边坡形式和坡率应根据填料的物理力学性质、边坡高度、列车荷载和地基工程地质条件等确定。当地基条件良好、边坡高度不大于表 1.3 范围时，其边坡形式和坡度应按表 1.3