



# 路 基 工 程

吴 邦 颖 主 编

西南交通大学出版社

## 前 言

本教材的特点是在巩固理论的基础上,以重实践、重应用、多介绍经验、多进行练习为原则。全书共分四章:第一章绪论,讲述路基在铁道工程中的作用,路基工程的特点和技术要求,以及路基工程的成就和展望;第二章一般路基的设计、施工和养护,介绍新的设计规范,常用的和先进的施工、养护方法,施工组织、管理;第三章挡土墙,主要内容是重力式挡土墙的设计计算,选编轻型挡土墙的设计原理;第四章特殊条件下路基,重点是滑坡及软土地基上路堤的设计和地基加固,对其它如浸水路基,建在黄土、膨胀土等特殊土上的路基也作了简单介绍。

本书的编写大纲曾广泛征求有关铁路院校的意见,1988年先后召开了两次审稿会议,仔细切磋修改,于1989年初定稿。全书由上海铁道学院吴邦颖主编,并与长沙铁道学院顾琦、北方交通大学周锡九共同编写;上海铁道学院王翠英编写第四章第四节,长沙铁道学院孙渝文参加了第二章的部分编写工作。在编写过程中,上海铁道学院巫锡畴教授及兄弟院校有关教师提出了许多宝贵意见和建议,在此一并致以衷心谢意。

由于编者水平有限,谬误之处,恳请读者批评指正。

## 内 容 提 要

本书内容包括一般路基的设计、施工、养护,路基病害整治,挡土墙设计及特殊条件下的路基。为了加强训练,附有较多的例题及练习题。

本书为铁路高等院校专科教材,可供公路、地基、地质、港工、岩土工程等专业学生、铁道工程本科学士及相应专业的工程技术人员参考。

## 路 基 工 程 LUJI GONGCHENG

吴邦颖 主编

※

西南交通大学出版社出版发行

(四川峨眉山市)

上海铁道学院印刷厂印刷

※

开本: 787×1092 1/16 印张: 15.375 插页: 2

字数: 371.2 千字 印数: 1~5000 册

1989年11月第1版 1989年11月第1次印刷

ISBN 7-81022-142-6/T051

定价: 14.30 元

# 目 录

## 第一章 绪 论

|                              |   |
|------------------------------|---|
| § 1—1 路基的作用及其在铁道工程中的地位 ..... | 1 |
| § 1—2 路基工程的特点和建筑要求 .....     | 1 |
| 一、路基工程的特点 .....              | 1 |
| 二、路基建筑要求 .....               | 2 |
| § 1—3 路基工程技术的发展和展望 .....     | 3 |

## 第二章 一般路基的设计、施工和养护

|                        |    |
|------------------------|----|
| § 2—1 一般路基的设计 .....    | 4  |
| 一、路基横断面的形式 .....       | 4  |
| 二、路基本体的组成 .....        | 5  |
| 三、路基横断面各部份的标准设计 .....  | 5  |
| 四、路基标准设计横断面 .....      | 11 |
| 五、路基设计分类 .....         | 13 |
| 六、一般路基的设计顺序及文件组成 ..... | 15 |
| § 2—2 高路堤和深路堑的设计 ..... | 16 |
| 一、高路堤设计 .....          | 16 |
| 二、深路堑设计 .....          | 29 |
| § 2—3 路基排水与路基防护 .....  | 34 |
| 一、路基排水 .....           | 34 |
| 二、路基防护 .....           | 49 |
| § 2—4 路基施工与管理 .....    | 58 |
| 一、路基施工的准备工作的 .....     | 59 |
| 二、路基土方施工方法及机具 .....    | 61 |
| 三、路基土石方施工及爆破工程 .....   | 66 |
| 四、既有线路基施工与防护 .....     | 71 |
| 五、路基压实与质量检查 .....      | 75 |
| 六、路基土石方调配 .....        | 79 |
| § 2—5 基床病害及其防治 .....   | 83 |
| 一、概述 .....             | 83 |
| 二、基床病害的类型及其防治 .....    | 83 |
| 习题 .....               | 86 |

### 第三章 挡土墙

|                   |     |
|-------------------|-----|
| § 3-1 概述          | 88  |
| 一、挡土墙在路基工程中的应用和分类 | 88  |
| 二、作用在挡土墙上的力系      | 89  |
| § 3-2 土压力计算       | 90  |
| 一、土压力产生的条件和计算理论   | 90  |
| 二、直线墙背主动土压力计算     | 94  |
| 三、折线墙背主动土压力计算     | 104 |
| 四、第二破裂面土压力计算      | 111 |
| 五、粘性土土压力          | 116 |
| 六、地震地区及浸水条件下的土压力  | 117 |
| § 3-3 支挡建筑物设计     | 120 |
| 一、重力式挡土墙设计计算      | 120 |
| 二、轻型挡土墙           | 133 |
| 习题                | 141 |

### 第四章 特殊条件下路基

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| § 4-1 滑坡地段路基                  | 144 |
| 一、概述                          | 144 |
| 二、滑坡稳定性分析和检算                  | 144 |
| 三、滑坡整治                        | 150 |
| § 4-2 浸水路基                    | 170 |
| 一、浸水路基分类及工程特点                 | 170 |
| 二、浸水路基边坡稳定性检算                 | 172 |
| § 4-3 地震地区路基                  | 175 |
| 一、地震对路基稳定性的影响                 | 175 |
| 二、路基抗震措施                      | 177 |
| 三、地震地区路基稳定性检算                 | 178 |
| § 4-4 软土地区路基                  | 179 |
| 一、软土的成因类型和工程特性                | 179 |
| 二、软土地基上路堤的稳定分析                | 181 |
| 三、软土地基上路堤的最小高度和极限高度           | 184 |
| 四、软土地基的砂井加固方法                 | 186 |
| 五、软土地基的其它加固方法                 | 196 |
| § 4-5 黄土、膨胀土、多年冻土及其它一些地区性特殊路基 | 209 |
| 一、黄土地区路基                      | 209 |
| 二、膨胀土地区路基                     | 212 |
| 三、多年冻土地区的路基及路基冻害              | 216 |
| 四、其它特殊条件下的路基                  | 222 |
| 习题                            | 229 |

# 第一章 绪 论

## § 1—1 路基的作用及其在铁道工程中的地位

铁路路基是轨道的基础，它承受着轨道及机车车辆的静荷载和动荷载，并将荷载向地基深处传递扩散。在纵断面上，路基必须保证轨顶需要的标高；在平面上，路基与桥、隧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。

在铁道工程中，路基在施工数量、占地面积及投资方面都占有重要地位。例如，1971—1983年13年内，新建14 000多公里铁路，路基为10 000多公里。成昆线全长1 100多公里，为著名的险峻山区铁路，桥隧相连，其中桥991座、92.8公里；隧道427座、336.8公里，共占全线长度的40%左右，路基仍占全长的60%，路基土石方9 500万立方米，平均每公里约14.53万立方米；且高山深壑，地质条件复杂；工程艰巨，为各国铁路工程所罕见。

在我国运营的铁路线上，由于水害所引起的铁路运输断道平均每年有100多次，累计中断行车1 500~2 000小时，其中80%是由于路基问题引起的，姑不计抢修费，仅计停运部分，每年约损失1 000万吨运送能力，而实际情况比这种估计复杂得多，经济损失和社会影响常常难以逆料。同时，路基问题也不只是水害一种，其稳定、沉降、基床病害等，无一不在整个铁道工程中起着牵一发而动全身的作用。我国铁路运输事业在现代交通中承担了70%左右的货运周转量和60%的旅客周转量。由于重载铁路的发展，对路基提出更严格的要求，路基工程的重要性显而易见。

路基工程包括路基本体工程；路基排水工程；路基防护和加固建筑物以及由于修筑路基而必须的改河、改沟工程等。由这些工程组成完整的体系，以保证路基正常、良好地工作。

## § 1—2 路基工程的特点和建筑要求

### 一、路基工程的特点

铁路穿越万水千山，是绵延千万里的线型建筑。它建于岩土之上，大自然之中，有以下主要特点。

#### (一) 建筑在岩土地基上，又以岩土为建筑材料

岩和土都是不连续介质，具有破碎性、孔隙性和多相性，其性质复杂多变，不仅由于线路通过的地形、地质条件不同而具有完全不同的性质；即使同一种岩土，由于气候四季循环、水位涨落、受力状况的变异等都将对其工程性质产生根本的影响。如某滑坡，滑面抗剪强度以1912年1月前来滑动时为100%，1912年6月滑坡发生后为80.4%，1915年继续滑动，为65.6~78.6%，1947年3月为15.5~25.3%。研究土石性质的土力学和岩石力学（或合称岩土力学）是在发展中的年轻学科，过去的研究中大都将土石视为弹性体，假设其应力—应变关系是线性的，在许多计算中采用材料力学和弹性力学的既有公式；或将土石视为刚塑性

体,即受力体应力达到极限以前,应变为零,而应力达到极限值后,应变无限增大。这些假设都不能与土石受力后的性状相符。近年来,由于各种建筑工程的发展,推动了岩土力学的发展,路基设计理论主要建立在岩土力学的基础上,岩土力学的发展必将为路基设计提供良好的条件。

## (二)完全暴露在大自然之中

随着铁路的延伸,路基遇见各种迥然不同的地形、地质、气候、水文以及地震区划等条件,无论何时都受着这些自然条件的影响,即侵蚀和破坏,如路堑边坡被水流冲蚀,膨胀土吸水膨胀、失水干缩,路基冻害,雨季发生大滑坡以及地震时砂土液化引起路基滑走、轨排悬空等这些并不少见的路基问题,无一不与自然条件有密切关系。路基的设计、施工和养护工作,绝不能离开具体的自然条件,而是应该充分调查研究,防患未然,减少其影响。

## (三)路基同时受静荷载和动荷载的作用

路基上的轨道荷载是静荷载,列车荷载是动荷载,动荷载是引起路基病害的主要原因之一,对于以饱和砂土和软土作基底的路基,其影响更严重。在动荷载作用下,基床土抗剪强度降低并可导致饱和砂土液化、软土触变,使路基失去稳定。在路基设计中,一般是把轨道和列车荷载换算成土柱作用在路基上,即将动荷载也视为静荷载计算。50年代以来,国内外对动荷载影响的深度、分布和强度,进行了一些试验研究工作,认为列车所产生的强迫振动与载重大小、列车速度及基床土的性质有关,由于振动产生了路基的附加剪应力,而引起基床土的塑性变形。随着我国铁路向重载、高速发展,应尽快将动载的影响合理地纳入设计的有关规范中,以期设计理论日益完善。

## 二、路基建筑要求

根据上述的路基特点,为使路基正常工作,对路基建筑应满足如下要求:

### (一)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标高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逼近线路的建筑物时,必须按照铁路限界的規定设置在限界范围以外。

### (二)路基必须坚固、稳定

不允许路基丧失稳定和产生容许限度范围以外的各种变形。由于未查清地质条件或设计施工不当而导致路基失稳的工程实例屡见不鲜,如某软土地基上填筑的路堤,只填到2~3米就连同地基一起滑动,其影响范围纵横向均可达100余米,这种尚未建成已破坏的路基当然不能使用。由于基底土体压缩性大以及填筑不密实,预留沉降量不足,必然导致路基面下沉,一般用起道垫碴的办法保证轨顶标高,但如果下沉量大且下沉延续时间漫长,则将对养护维修带来很大困难,所以应正确估算总下沉量及设法减少运营期的下沉量。

### (三)路基的设计和施工应满足技术经济要求

路基修筑的经济效益不仅指设计施工时的投资,而且包括日后维修养护费用。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力条件,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。

总之,路基修筑是一项系统工程,要求技术上合理、经济上合算,建筑周期短并与有关

### § 1—3 路基工程技术的发展和展望

建国以来,我国共筑成铁路路基五万余公里,克服了各种复杂地形、地质、气候条件带来的困难,提高了机械化的程度,工程地质和岩土力学学科新成就陆续为路基工程所用,取得了难能可贵的成绩。目前,许多干线都超负荷运营,路基的基础作用当然是不可低估的。

旧中国修建铁路路堤,依靠成堤后的自然沉降,以达到路堤及其地基的固结和稳定,唯一的措施是预留沉降量,有的高堤一夜大雨就下沉1~2米。而处理不稳定边坡,多依赖经验,采用刷坡减重或加设支挡一类的应付措施,不作认真勘测,没有施工检验。旧中国遗留的有限铁路,无疑是千疮百孔,要花大力气去整治。新中国建立以来,在筑路前必须完成勘测、设计等几个阶段的工作,勘测手段也不断更新,如以钻孔配合地球物理勘探了解地层层序、地质构造、岩溶溶洞范围;用静力触探仪、十字板剪力仪、旁压仪查明软土地基地层结构、强度、承载力等。在设计方面,用电子计算机对路基稳定、支挡结构进行优化设计;采用袋装砂井、塑料排水板、粉喷石灰桩加固软土地基;采用锚定板、加筋土等轻型结构作支挡建筑;采用高分子聚合材料整治病害等。在施工方面,引进和研制了一些土石方挖、装、运机械;以核子密度仪快速控制填土压实质量;土石方调配也冲出了只满足移挖作填的思想束缚而讲究填料质量,用运筹学理论进行规划。为了保证并提高工程质量,在大量工程经验和理论研究资料的基础上,编制了《路基设计规范(TBJ1-85)》、《铁路路基施工技术规划》以及分门别类的《路基压实技术规则》等。

我国当前的铁路技术发展政策是逐步提高列车载重量,增加行车密度,在此基础上适当提高行车速度以达到较大幅度地提高铁路运送能力、获得较好经济效益的目的。虽然过去40年来路基工程取得了很大成绩,但为了适应上述要求,还存在着一些必须重视、急待解决的问题。首先是路基施工必须满足技术标准要求的问题,尤其是基床直接受动荷载和季节循环的影响,并与轨道结构互相作用,没有稳定可靠的基床,轨道结构强度再高,也不能适应运量增长的要求。所以,在施工时就要严格把关,对基床土质和密实度加强检测,健全施工管理制度。我国运营线上病害多的主要原因是施工质量差,仅1983年统计,病害71200处,累计长8492公里,有的线路养护维修费已接近造价。根据运输发展的紧张趋势,要求新建线路一开通就具备3000万吨的运量,所以,只有保证施工质量,才能改变路基在铁路工程结构中历来是最薄弱环节的现状。其次,应大力组织路基科研工作,如在设计计算中研究计算机程序的成套设计,即软件包的使用;在抗滑支挡工程中,粘性土抗滑桩中桩上荷载的研究;软土地基加固措施及设计计算方法的研究;运筹规划管理原则在施工中的应用;养护工作中处理基床病害的新材料、新技术的开发;滑坡落石的报警装置;路堤和基底质量快速检测及安全性评判技术等都是国内、外注意的研究课题,必须及时、因地制宜地将研究成果变成生产力,使我国的路基工程适应国家建设和国防要求。

## 第二章 一般路基的设计、施工和养护

一般路基是指在一般的工程地质、水文地质条件下,边坡高度不超过《铁路路基设计规范(TBJ1—85)》(简称《规范》)中边坡表的范围,可采用一般的施工方法施工的路基。一般路基的设计可采用标准设计,养护中也没有特殊要求。这种路基在线路中是最常见的,因此在路基的设计与施工中,这部分工作量很大。由于路基工程是一项永久性工程,因此在设计、施工、养护各环节中,若处理得不好,非但不易改造补强,而且还会给正常行车带来很多不利因素。诸如增加人力、物力消耗,降低经济效益,威胁行车安全等等。因此,对于一般路基的设计、施工、养护必须认真细致。

### § 2—1 一般路基的设计

路基是轨道的基础,路基工作状态的好坏,直接影响到轨道状态的完好以致线路状态的优劣。例如,由于路基沿线路纵向产生了局部下沉,则往往造成这些地段的线路纵断面与设计不符,导致增加行车阻力的后果。所以路基设计必须满足稳定、坚固、不产生有害的变形等条件,同时还应考虑技术经济条件、工期限制、节约用地等要求。而这些要求的实现,又主要是通过垂直于线路中心线的路基横断面设计来体现的。

#### 一、路基横断面的形式

路基横断面的形式是因线路设计标高与地面标高的差而不同,前者大于后者,则须填筑土石方,修建路堤(图2—1);反之,则修建路堑(图2—2)。随着地形横断面不同,可有半路堤(图2—3)、半路堑(图2—4)、半堤半堑(图2—5)、以及不填不挖的零点断面(图2—6)等类型。

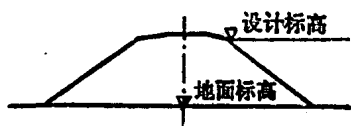


图 2—1 路堤断面



图 2—2 路堑断面

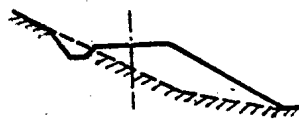


图 2—3 半路堤断面



图 2—5 半堤半堑断面



图 2—4 半路堑断面

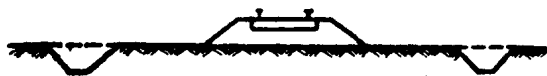


图 2—6 零点断面

## 二、路基本体的组成

路基本体由路基顶面、路肩、基床、边坡、基底几部分组成（见图 2—7）。

**路基顶面** 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。

**路肩** 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，防止道碴失落，保持路基面的横向排水，供养护维修人员作业行走避车，放置养护机具，防

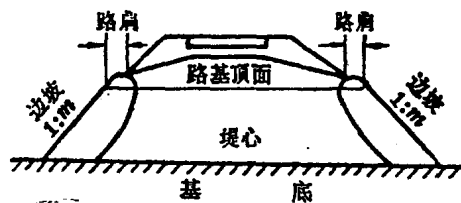


图 2—7 路基本体组成图

洪抢险临时堆放砂石料，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。

**基床** 路基顶面以下1.2 m左右的深度范围内，受列车动荷载振动作用和水文气候影响较大的部分称为基床。基床部分由于其工作条件具有以上的特点，极易产生变形与病害，特别是在基床填土密实度及土质条件不符合《规范》规定的情况下，更应引起注意。

**边坡** 路基横断面两侧的边线称为路基边坡。边坡与路基顶面的交点称为顶肩。边坡与地面的交点，在路堤中称为坡脚；在路堑中称为路堑顶边缘，其标高与路肩标高的差为路堑边坡高度。路堤的边坡高度为路肩标高与坡脚标高之差。

**基底** 即为路堤的地基。也就是路堤填土的天然地面以下受填土自重及轨道、列车动载影响的土体部分。基底部分土体的稳固性，对整个路基本体以至轨道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，必须对基底作妥善处理，以免危及行车安全与正常运营。

## 三、路基横断面各部分的标准设计

凡符合标准设计的一般路基，按《规范》规定的标准，对路基横断面的各组成部分作标准设计。

### （一）路基顶面的形状和尺寸

#### 1. 路基顶面的形状

为了使路基顶面的地表水能迅速排除，不致有基面积水渗入基床，降低路基土体的强度，产生变形与病害，对不易渗水的土质以及易风化的泥质岩石，在年降水量大于 400 mm 的地区，路基顶面应设置路拱。在我国新线工程中，常在路基面上铺设无碴轨道（或先铺一部分道碴）行驶工程列车，为避免轨枕压入路基面形成封闭积水凹槽，单线作成梯形路拱，更是十分必要的。对于岩石或渗水土路基顶面，则不设路拱，作成水平面。

路基面的路拱形状，单线为拱顶宽 2.1 m、拱高 0.15 m 的梯形路拱；一次修筑的双线路

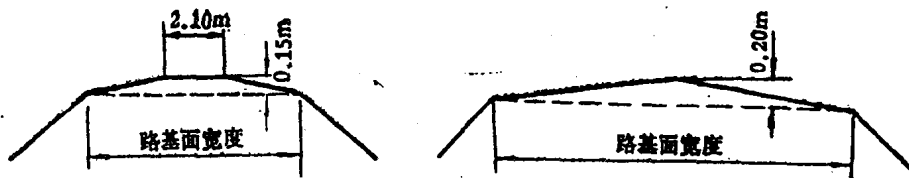


图 2—8 单、双线基路拱图

基的路拱为拱高 0.2 m、底边等于路基面宽度的三角形路拱。三角形路拱的两侧面均为 4 %

的横向排水坡度，以利排水（见图 2—8）。

无路拱和有路拱路基间，因两者路基顶面的形状、宽度及道床厚度不同，应设过渡段，使无路拱的路基面逐渐顺坡下降与有路拱的路基面相衔接，过渡段长度应不小于 10 m（图 2—9）。

站场路基顶面，由于线路股道较多，可依据排水要求和地形条件作成一面坡或两面坡或锯齿形（图 2—10）。路基面的横向排水坡度为 2~4%。

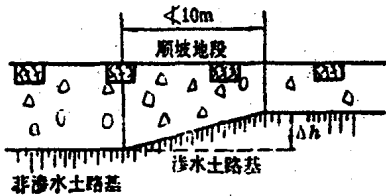


图 2—9 路拱顺坡示意图

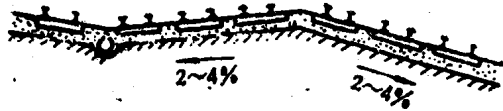


图 2—10 站场多股道锯齿形路基顶面图

## 2. 路基面宽度

路基面宽度应根据线路等级、轨道类型、路基土的渗水条件、道床厚度、路堤、路堑、单双线、直线、曲线等不同情况查找《规范》确定。例如最常见的 I 级次重型线路单线直线非渗水土路堤路基面宽度为 6.7 m，双线为 10.8 m，路肩宽度不得小于 0.6 m。而相同条件下的单线路堑路基面宽为 6.4 m，双线路堑路基面宽为 10.4 m，路肩宽度不得小于 0.4 m。因可借助于侧沟避车，故路堑路肩宽度略小于路堤路肩宽度。双线地段的路基面宽度是包括线间距在内的。

我国《规范》所规定的标准轨距铁路区间直线地段路基面宽度采用表 2—1 所列的数值：

路基面宽度 m

表 2—1

| 铁路等级 | 轨道类型 | 单 线   |     |      |        |     |      | 双 线   |      |      |        |      |      |
|------|------|-------|-----|------|--------|-----|------|-------|------|------|--------|------|------|
|      |      | 非渗水土  |     |      | 岩石、渗水土 |     |      | 非渗水土  |      |      | 岩石、渗水土 |      |      |
|      |      | 路基面宽度 |     | 道床厚度 | 路基面宽度  |     | 道床厚度 | 路基面宽度 |      | 道床厚度 | 路基面宽度  |      | 道床厚度 |
|      |      | 路堤    | 路堑  |      | 路堤     | 路堑  |      | 路堤    | 路堑   |      | 路堤     | 路堑   |      |
| I    | 特重型  | 0.5   | 7.0 | 6.7  | 0.35   | 6.1 | 5.7  | 0.5   | 11.1 | 10.7 | 0.35   | 10.1 | 9.7  |
|      | 重 型  | 0.5   | 6.9 | 6.6  | 0.35   | 6.0 | 5.6  | 0.5   | 11.0 | 10.6 | 0.35   | 10.0 | 9.6  |
|      | 次重型  | 0.45  | 6.7 | 6.4  | 0.30   | 5.8 | 5.4  | 0.45  | 10.8 | 10.4 | 0.30   | 9.8  | 9.4  |
| II   | 次重型  | 0.45  | 6.7 | 6.4  | 0.30   | 5.8 | 5.4  | 0.45  | 10.8 | 10.4 | 0.30   | 9.8  | 9.4  |
|      | 中 型  | 0.4   | 6.5 | 6.2  | 0.30   | 5.8 | 5.4  | 0.40  | 10.6 | 10.2 | 0.30   | 9.8  | 9.4  |
| III  | 轻 型  | 0.35  | 5.6 | 5.6  | 0.25   | 4.9 | 4.9  |       |      |      |        |      |      |

注：①路堑自线路中心沿轨枕底面水平至路堑边坡的距离，一边不应小于 3.5 m（曲线地段系指曲线外侧）。

②表中的非渗水土系指粘性土（填料中的细粒土和粘砂、粉砂）以及粘性土（填料中的细粒土）含量大于、等于 15% 的碎石类土、砂类土（填料中的岩块、粗粒土）。

③年平均降水量大于 400 mm 地区的易风化泥质岩石，可按非渗水土一栏考虑。

由图可见  $1:n = \Delta h : (-\frac{B}{2} - -\frac{L}{2})$

$$\therefore n = \frac{B - L}{2\Delta h}$$

$$H_1 \cong H' + L_2/n$$

$$L_1 = m ( H_1 + L_1/n ) \quad \text{即, } L_1 = m \cdot n \cdot H_1 / ( n - m )$$

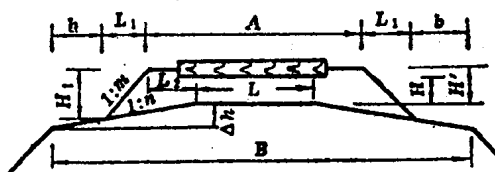


图 2-11 路基面路肩宽度计算图式

$$\therefore \text{路肩宽度 } b = -\frac{B}{2} - \frac{A}{2} - L_1$$

**例2—1** 设有一轨距为900mm的专用铁路,轨道结构的标准为:轨枕长170 cm、高17cm,枕端碎石道床宽15cm、道床厚度( $H$ )为25cm、轨枕埋入道床深14 cm,道床边坡坡率为1:1.5,路基土为粘性土、路基面为梯形路拱,顶宽( $L$ )为1.4 m,拱高( $\Delta h$ )为0.1 m,要求路肩宽度为0.4m,求该专用铁路的路基面宽度?

解 由题知  $A = 1.7 + 2 \times 0.15 = 2.00 \text{ m}$

$$H' = 0.14 + 0.25 = 0.39 \text{ m}$$

$$m = 1.5 \quad \Delta h = 0.1 \text{ m} \quad L = 1.4 \text{ m}$$

求  $B = ?$

设  $B = 4\text{m}$  则,  $n = \frac{B-L}{2\Delta h} = \frac{4-1.4}{2 \times 0.1} = 13$

$$L_2 = (A - L) / 2 = (2 - 1.4) / 2 = 0.3 \text{ m}$$

$$H_1 = H' + L_2/n = 0.39 + \frac{0.3}{13} = 0.413\text{m}$$

$$L_1 = m \cdot n \cdot H_1 / (n - m) = 1.5 \times 13 \times 0.413 / (13 - 1.5) = 0.7 \text{ m}$$

$$b = \frac{B}{2} - \frac{A}{2} - L_1 = 2 - 1 - 0.7 = 0.3\text{m} \quad \text{不符合要求}$$

再设  $B = 4.2 \text{ m}$  则  $n = \frac{4.2 - 1.4}{2 \times 0.1} = 14$

$$L_2 = 0.3\text{m} \quad H_1 = 0.39 + \frac{0.3}{14} = 0.411\text{m}$$

$$L_1 = 1.5 \times 14 \times 0.411 / (14 - 1.5) = 0.69 \text{m}$$

$$b = 2.1 - 1 - 0.69 = 0.41 \approx 0.4\text{m} \quad \text{符合要求!}$$

所以，此专用铁路的路基面宽度应为4.2m。

在曲线地段，由于曲线轨道的外轨设置超高、外侧道床加厚、道床坡脚外移，故曲线外侧的路基面应予加宽，其加宽值可按各级铁路的最大允许超高计算确定。曲线外侧路基面的加宽量应在缓和曲线范围内向直线递减。我国《规范》中规定的区间单线曲线地段，路基面加宽数值如表2—2所列。双线和多线曲线地段路基面宽度除按表2—2规定的数值加宽外，还应根据双线线间距、外轨超高、道床宽度及其坡度、路拱形状等进行计算。以确保规定的安全行车空间所需的线间距加宽值(见图2—12)。

曲线地段路基面加宽值 m

表 2—2

| 铁路等级 | 曲线半径         | 路基外侧加宽值 |
|------|--------------|---------|
| I    | 600 及以下      | 0.5     |
|      | 600 以上~800   | 0.4     |
|      | 800 以上~1200  | 0.3     |
| II   | 200 以上~2500  | 0.2     |
|      | 2500 以上~4000 | 0.1     |
| III  | 450 及以下      | 0.4     |
|      | 450 以上~600   | 0.3     |
|      | 600 以上~800   | 0.2     |
|      | 800 以上~2000  | 0.1     |

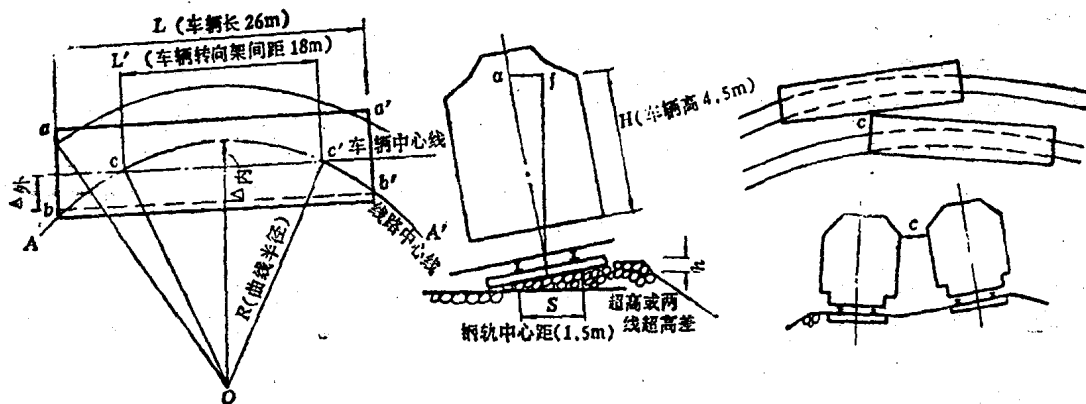


图 2—12 曲线双线路基面线间距加宽量计算图

Δ内——车辆中心线对于线路中心线的内移量 (mm)

$$\Delta_{\text{内}} = \frac{\frac{L'^2}{8R}}{\times 1000} = \frac{18^2}{8R} \times 1000 = \frac{40500}{R}$$

Δ外——车辆中心线对于线路中心线的外移量 (mm)

$$\Delta_{\text{外}} = \frac{\frac{L^2}{8R} - \frac{L'^2}{8R}}{\times 1000} = \frac{26^2 - 18^2}{8R} \times 1000 = \frac{44000}{R}$$

ef ——线路超高所产生的车辆立面上的内移量

$$ef = \frac{H \cdot h}{1.5} = \frac{4.5h}{1.5} = 3h \quad (h \text{ 为超高})$$

$\Delta_1, \Delta_2$  ——两股曲线轨道间线间距的加宽量 (mm)

相邻两曲线:

(1) 外侧一股的超高 $h$ 大于内侧一股 $h'$ 时, 则两股曲线间线间距的加宽量 $\Delta_1$ 为:

$$\Delta_1 (\text{mm}) = -\frac{40500}{R} + \frac{44000}{R} + 3(h-h') = \frac{84500}{R} + 3(h-h')$$

(2) 外侧一股的超高 $h$ 小于或等于内侧一股的超高 $h'$ 时, 则

$$\Delta_2 (\text{mm}) = -\frac{40500}{R} + \frac{44000}{R} = \frac{84500}{R} \quad (R \text{ 的单位为 m})$$

**例2—2** 位于平坡道上的某段区间, 有一曲线半径为600m的双线路堤, 线路为 I 级次重型, 道床厚度为0.45m, 填土为非渗水土, 内外两股轨道的超高差为60 mm。试确定此曲线双线路堤的路基面宽度。

**解** 首先根据已知线路轨道及路基资料查表2—1及表2—2得单线直线路堤路基面宽度为6.7m, 曲线超高路基面加宽量为0.5m, 双线直线线间距为4.1m。

则 曲线双线路堤路基面宽度 = 单线直线路基面宽度 + 超高加宽量 + 线间距 + 线间距加宽量

$$= 6.7 + 0.5 + 4.1 + \Delta_1 = 11.3 + \frac{84500}{600} \times 1000 + \frac{3 \times 60}{1000} = 11.62 (\text{m})$$

注 以单线直线路基面宽度为计算起点, 再加线间距、超高加宽量、线间距及线间距加宽量。对于三线、多线均可适用不易错。线间距数较股道数少1。

## (二) 路肩标高

铁道线路的纵断面设计中的路肩标高, 确定了路基的高程 (设计标高)。

为了使路基面不被水淹没, 路肩标高按新颁布的《规范》规定, 应满足以下要求:

1. 特大桥和大中桥的桥头引线、水库和滨河可能被水淹没地带的路基, 其路肩标高, 应高出设计水位加波浪侵袭高度和壅水高度再加安全高度至少0.5m。

2. 小桥涵附近的路肩标高, 应高出设计水位连同壅水高度至少0.5m。

上述设计水位的洪水频率, 一般规定 I、II 级铁路为1/100, III 级铁路为1/50。

3. 路肩标高应高出最高地下水位或最高地面积水, 高出数值应视土中毛细上升高度和冻结深度而定。

此外, 由于石质和土质路基横断面的道碴厚度不同 (因石质路基面无路拱), 因此, 石质路基横断面的设计标高与填挖高度不相同, 而有一个调整值 $\Delta h$ , 如图2—13。

$$\Delta h = \text{土质路基的道碴厚度} (h_{\text{碴土}}) + \text{路拱高度} (0.15 \text{ 米})$$

$$- \text{石质路基的道碴厚度} (h_{\text{碴石}})$$

$$\text{即 } \Delta h = h_{\text{碴土}} + 0.15 \text{ m} - h_{\text{碴石}}$$

因此, 在确定路基横断面的设计标高时, 与土质路基相连续的石质路堤, 应按线路纵断面图上的设计标高加上 $\Delta h$ ; 与土质路基相连接的石质路堑, 则应按线路纵断面图上的设计标高减去 $\Delta h$ 。在图上应标出相应的中心填挖高数字。

## (三) 路基边坡

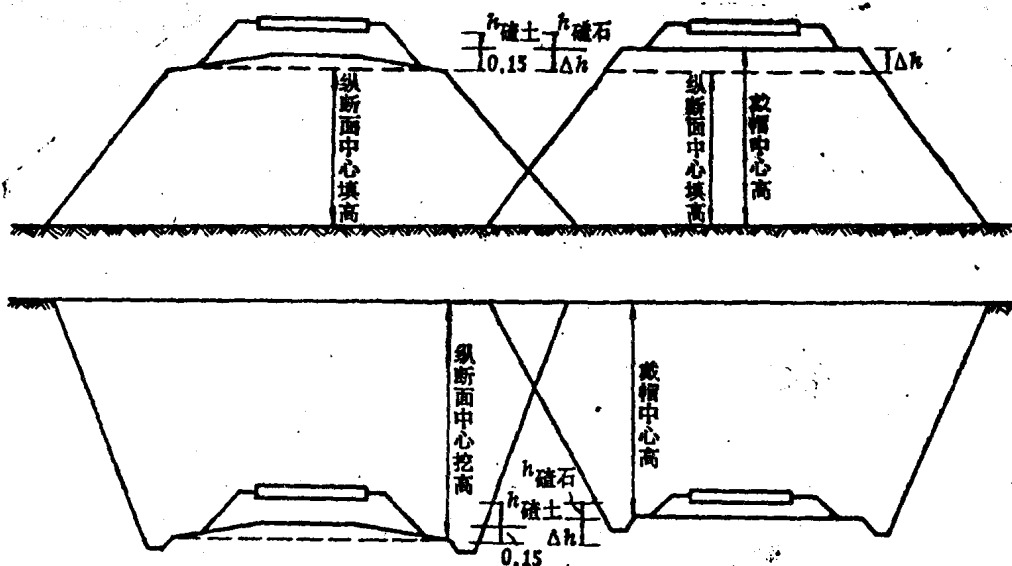


图 2—13 土质、石质路基设计标高调整示意图

路堤边坡的坡率，应根据人工填土边坡或自然山体边坡、边坡土体的物理力学性质、边坡高度、列车荷载等因素而定。对于基底条件良好的路堤边坡，在边坡高度小于20m的条件下可参照《规范》中的下表所列数值（表2—3）。

路堤边坡坡度

表 2—3

| 填 料 名 称                     | 边 坡 高 度 |      |      | 边 坡 坡 度 |       |        |
|-----------------------------|---------|------|------|---------|-------|--------|
|                             | 全部高度    | 上部高度 | 下部高度 | 全部高度    | 上部高度  | 下部高度   |
| 一般细粒土                       | 20      | 8    | 12   | —       | 1:1.5 | 1:1.75 |
| 漂石土、卵石土、碎石土、粗粒土(细砂、粉砂、粘砂除外) | 20      | 12   | 8    | —       | 1:1.5 | 1:1.75 |
| 硬 块 石                       | 8       | —    | —    | 1:1.3   | —     | —      |
|                             | 20      | —    | —    | 1:1.5   | —     | —      |

如有可靠资料和经验时，可不受表2—3限制。当填料采用大于25mm不易风化的硬块石，边坡采用干砌时，其边坡坡度根据具体情况而定。对于软块石的边坡坡度，应根据其胶结物质成份、风化程度等条件确定。

路堑边坡系从自然山体中开挖而成，受边坡土体的工程地质、水文地质条件、土的性质、边坡高度、施工方法等因素的影响很大。一般应采用工程地质比拟法或辅以必要的力学计算最后确定。即结合对自然稳定山坡、人工边坡坡度的调查与其所处的路堑地段进行对比分析。例如对岩石边坡应考虑岩体结构、岩性、风化程度、层理倾向与线路的相对关系等，再结合力学计算最后确定路堑的边坡坡度。

在边坡高度不大于20m的情况下，可参照表2—4确定边坡坡度。

如有可靠资料和经验时，不受表2—4限制。黄土路堑边坡高度大于12m时，可采用阶梯

式，中部设平台，阶梯高度为8~12m。

路堑边坡坡度

表 2-4

| 土 石 名 称          |                    | 边坡坡度         |
|------------------|--------------------|--------------|
| 一般均质粘土、砂粘土、粘砂土   |                    | 1:1~1:1.5    |
| 中密以上的中砂、粗砂、砾砂    |                    | 1:1.5~1:1.75 |
| 黄 土              | 新黄土 ( $Q_4, Q_3$ ) | 1:0.5~1:1.25 |
|                  | 老黄土 ( $Q_2, Q_1$ ) | 1:0.3~1:0.75 |
| 碎石或角砾土<br>卵石或圆砾土 | 胶结和密实              | 1:0.5~1:1    |
|                  | 中 密                | 1:1~1:1.5    |
| 岩 石              |                    | 1:0.1~1:1    |

路堑边坡表所提供的各类土质与石质路堑边坡坡度仅作为参考。因为影响路堑边坡坡度的因素比路堤边坡复杂得多。一般说来，对各类土质路堑，土质坚硬且比较密实的边坡坡度可较陡。相反，则边坡坡度宜较缓。对岩质边坡，应考虑岩层产状、节理发育程度、地貌形态、风化状况及各种地质作用的影响因素来选定路堑边坡的坡度值。在粗砂、中砂、黄土、易风化岩石和其它不良土质路堑中，为防止坍落的土和碎石堵塞侧沟，应设置侧沟平台（图 2-14）。侧沟平台的宽度，视边坡高度和土的性质而定。一般最小为 1m。如边坡较低或已加固，则可不设平台。

由土和风化岩石两种地层组成的较深路堑，土石分界处宜设置带截水沟或挡水墙的平台，其宽度一般不小于 1.5 m。截水沟应予加固。干旱少雨地区，边坡平台可不设截水沟，平台宽度亦可适当减小。

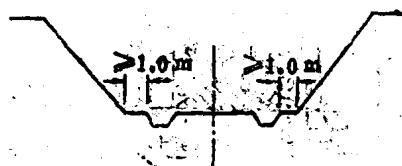


图 2-14 设侧沟平台的路堑横断面图

路基横断面中设计条件与设计内容标准化了的标准设计，具有通用性。为了加快设计速度，保证设计质量，常制成标准图、通用图，以便于设计中运用。

路基标准设计横断面是按照《规范》对路基边坡的高度与坡度、地面排水设备、路堤基底的处理（例如基底横坡较陡的处理等）、路堤的取土坑、路堑的弃土堆位置等内容，作了系统全面考虑后确定的。并制成标准设计横断面图集，以便于作一般路基设计时套用。

#### （一）路堤标准横断面

图2-15表示普通地区的单线直线地段、一般粘性土路堤横断面。图中坡脚以外留有宽度不小于2m的护道，以保护路堤坡脚免受冲刷而危及路堤边坡的稳定性。地质及排水条件良好的地段，或经济作物高产田地，若采取一定措施后足以保证路堤稳定时，可将护道宽度减