

# 铁路工程施工

王 进 编

中 国 铁 道 出 版 社

2 0 0 2 年 · 北 京

(京)新登字 063 号

## 内 容 简 介

本书是为高等院校土木工程专业学生编写的。全书共分 12 章。包括铁路路基工程与挡土墙,铁路轨道工程,铁路桥涵工程和铁路隧道工程等。主要讲述了铁路工程结构的施工方法和主要程序,并对施工中应引起高度重视的注意事项做了较为详细的叙述。本书反映了国内外铁路工程施工技术的新水平,力求体现实用、简明和新颖的特点。

本书除作为普通高等院校、成人院校土木工程类专业的教材外,也可以作为继续教育的培训教材,对从事实际工程的技术人员和管理人员,也是非常有益的专业参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

铁路工程施工/王进编. —北京:中国铁道出版社,2002.5  
ISBN 7-113-04569-3

I. 铁… II. 王… III. 铁路工程-工程施工-高等学校-教材 IV. U215

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 010302 号

书 名:铁路工程施工

著作责任者:王 进

出版·发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:许士杰 编辑部电话:(市)01051873142 (路)02173142

封面设计:冯龙彬

印 刷:北京市燕山印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:22.5 字数:560 千

版 本:2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~3000 册

书 号:ISBN 7-113-04569-3/TU·693

定 价:42.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

发行部电话:(市)01051873169、(路)02173169

# 前 言

随着我国国民经济增长速度的加快,铁路建设事业也得到了迅猛的发展。在铁路新干线的建设过程中,出现了许多新型结构,涌现出很多新技术、新方法。在这种情况下,原有的铁路工程施工教材已逐渐不能适应专业需要及科学技术的发展,因此有必要对教材内容作相应的调整,本书正是为此目的而编写的。书中既有对传统施工方法的介绍和评价,也有对新技术、新方法的详细阐述。本书旨在为铁路高等院校土木工程类学生提供教材,也为施工现场的工程技术人员提供一本比较有参考价值的工具书。

全书共分十二章。第一章主要介绍铁路路基工程的一般施工方法,第二章介绍对路基挡土墙的构造及施工,第三章至第四章对特殊土地区路基以及特殊条件下的路基施工作了较为详细的叙述。第五章介绍了铺轨工程的主要过程,着重介绍了铺轨、铺道岔及铺碴整道的内容。第六章着重介绍了桥梁工程中常用的明挖基础、桩基础以及沉井基础的施工方法,并对近年来逐步得以推广使用的地下连续墙基础施工作了详细的介绍;桥梁墩台施工中主要介绍了目前最为常见的几种施工方法,重点对滑模施工的工艺流程进行了详细的描述;并对近年来铁路桥梁墩台施工中采用的新方法如爬模施工和翻模施工也有简单的介绍。第七章至第九章为桥梁上部结构的施工,主要包括钢筋混凝土简支梁的建造及架设、预应力混凝土连续梁桥的施工以及拱桥、斜拉桥、地道桥等其他桥式的施工,并简要讲述了钢桥的施工,最后对涵洞的施工过程进行了较为深入的阐述。第十章主要介绍了铁路隧道施工的常规施工方法如传统矿山法及新奥法,同时对其他隧道施工方法——掘进机法、盾构法、沉管法、盖挖法、明挖法及顶进法也均有不同程度的简介。第十一章是对不良地质隧道施工的介绍,第十二章是对隧道施工辅助作业的介绍。

在本书的编写过程中,得到了中南大学土木建筑学院工程管理教研室全体教师的大力支持,他们热情地提供资料,积极地提出了很多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,教材中不可避免有谬误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2001年6月

# 目 录

第一章 路基施工	1
第一节 路基施工基本概念	1
第二节 路基施工准备工作	3
第三节 土石方调配	7
第四节 土质路堤施工	11
第五节 土质路堑施工	18
第六节 石质路基施工	21
第七节 土方机械化施工	22
第八节 路基整修、检查验收与维修	32
第九节 季节性施工	34
第二章 挡土墙施工	38
第一节 重力式挡土墙	38
第二节 锚杆挡土墙	41
第三节 锚定板挡土墙	44
第四节 薄壁式挡土墙	45
第五节 加筋土挡土墙	46
第三章 特殊地区的路基施工	48
第一节 泥沼及软土地区路基施工	48
第二节 多年冻土地区路基施工	54
第三节 裂隙黏土地区路基施工	57
第四节 盐渍土地区路基施工	60
第四章 特殊条件下的路基施工	62
第一节 崩塌地段的路基施工	62
第二节 风沙地区的路基施工	66
第三节 滑坡地段的路基施工	70
第四节 泥石流地区的路基施工	74
第五章 轨道铺设	77
第一节 准备工作	77
第二节 轨排组装	81

第三节	轨排运输	84
第四节	轨排铺设	86
第五节	道岔铺设	89
第六节	铺碴整道	94
第六章	桥梁基础及墩台施工	99
第一节	明挖基础施工	99
第二节	桩基础施工	112
第三节	沉井基础施工	130
第四节	地下连续墙基础施工	141
第五节	混凝土墩台、石砌墩台施工	147
第六节	滑动钢模施工	156
第七章	钢筋混凝土简支梁桥施工	162
第一节	钢筋混凝土简支梁制造	162
第二节	预应力钢筋混凝土简支梁制造	170
第三节	简支梁的架设	177
第八章	预应力混凝土连续梁桥施工	186
第一节	就地浇筑施工	186
第二节	逐孔施工法	188
第三节	悬臂法施工	191
第四节	顶推法施工	202
第九章	其他类型桥梁及涵洞施工	208
第一节	拱桥施工	208
第二节	斜拉桥施工	217
第三节	地道桥的顶进法施工	222
第四节	钢梁架设	228
第五节	涵洞施工	229
第十章	隧道施工	233
第一节	概 述	233
第二节	洞口段施工	236
第三节	常规施工方法	239
第四节	开 挖	242
第五节	爆 破	253
第六节	出碴运输	273
第七节	初期支护	284
第八节	开挖面稳定辅助措施	295

第九节	衬砌施工	299
第十节	辅助坑道	305
第十一节	隧道其它施工方法	309
第十一章	不良地质和特殊地质隧道的施工	320
第一节	概 述	320
第二节	坍 方	321
第三节	流 砂	325
第四节	溶 洞	326
第五节	瓦 斯	328
第十二章	隧道施工的辅助作业	333
第一节	通风与防尘	333
第二节	压缩空气的供应	340
第三节	施工供水及排水	343
第四节	施工供电与照明	346

# 第一章 路基施工

## 第一节 路基施工基本概念

铁路路基是以土、石材料为主而建成的一种条形建筑物。在挖方地段,路基是开挖天然地层形成的路堑;在填方地段,则是用压实的土石填筑而成的路堤。它与桥梁、隧道、轨道等组成铁道线路的整体。要保证线路的质量和列车的安全运行,路基必须具有足够的稳定性、坚固性与耐久性,即在其本身静力作用下地基不应发生过大沉陷;在车辆动力作用下不应发生过大的弹性或塑性变形;路基边坡应能长期稳定而不坍塌;同时还要经受各种自然因素的破坏。

所谓路基施工,就是以设计文件和施工技术规范为依据,以工程质量为中心,有组织、有计划地将设计图纸转化成工程实体的建筑活动。路基施工包括路堑、路堤土石方,防排水设施,挡土墙等防护加固构筑物以及为修建路基而作的改移河道、道路等。其中路基土石方工程是最主要的,它包括路堑工程的开挖、路堤工程的填筑以及路基的平整工作,包括平整路基面、整修路堑(路堤)边坡、平整取土坑等,而有关防排水这方面的工程,由于项目众多而较为零星,往往受到忽视,但是防排水是保证路基主体工程得以稳固的根本措施,因此必须妥当安排、保证质量。

路基施工时的基本操作是挖、装、运、填、铺、压,虽然工序比较简单,但通常需要使用大量的劳动力及施工机械,并占用大量的土地,尤其是重点的土方工程往往会成为控制工期的关键工程。修筑路基时常会遇到各种复杂的地形、地质、水文与气象条件,给施工造成很大的困难。因此,路基施工决非一般人所想象的那样简单,相反,对路基的施工不能有任何轻视之意。要得到满意的路基工程施工质量,必须严密组织,精心施工。

### 一、路基施工的特点

概括地说,路基施工具有如下特点:

#### 1. 工程量大

俗话说,路基工程就是“土石方大搬家”,一条新建铁路的路基土石方工程量往往达到千、万立方米。据有关资料表明,每公里新建铁路的路基土石方数量:平原为  $0.8\sim 4.5$  万  $m^3$ ,丘陵、山岳为  $4.5\sim 8.5$  万  $m^3$ ,困难山区为  $8.5\sim 13.5$  万  $m^3$ 。路基工程占总投资的比例很高,占用土地的土地量最多,使用劳动力的数量也较多。以宝成线和鹰厦线为例,见表 1.1.1。

表 1.1.1 线路工程数量表

线 路	路基土石方工程量( $m^3$ )	路基土石方占总造价的百分比(%)	所使用劳动力的数量(人)
宝成线	6 877 万	21.4	113 000
鹰厦线	6 773 万	31.2	84 000

当然,随着技术的发展及施工水平的不断提高,许多高填、深挖的路基工程将逐渐为桥、隧结构物所取代,这样既可提高线路质量,又可减少养护工作,有利于运营。另外,随着机械化施

工水平的日益提高,需要劳动力的绝对数量也会日益下降。

## 2. 地形复杂多变

铁路线路绵延成百上千公里,因此路基工程必然会遇到众多复杂的自然环境。面对各种地形、地质所带来的各种施工困难,如施工中处理不当,就会给日后铁路的运营遗留无穷后患。

## 3. 施工质量难以控制

路基工程是以土、石这种松散体为建筑材料的,材料特性随时随地而有所不同,较难准确掌握,因此施工质量的控制也更为复杂。

## 4. 施工条件差

路基施工是野外操作,特别是边远山区自然条件差,运输不便,物资设备的供应及施工队伍的调度极为困难,加上路基工地分散,工作面狭窄等,这些困难易使一般的技术问题变得复杂化,某些复杂的技术问题,更是难以用一般常规的方法和经验加以解决。

此外,在路基施工中还存在场地布置难、临时排水难、用土处置难、土基压实难等不利的因素。

## 二、路基施工的基本方法

路基施工的基本方法,按其技术特点大致可分为:人力施工、简易机械化施工、综合机械化施工和爆破法施工等。

人力施工是传统的施工方法,使用手工工具、劳动强度大、工效低、进度慢、工程质量亦难以保证,已不适应现代铁路工程施工的要求。但是,在短期内人力施工还将继续存在,它主要适用于某些辅助性工作,是机械化施工的必要补充。

为了加快施工进度,提高劳动生产率,实现高标准高质量施工,有条件时对于劳动强度大和技术要求相对较高的工序,在施工过程中应尽量配以机具或简易机械。但这种施工方法工效有限,只能用于工程量较小、工期要求不严的路基或构造物施工,特别不适宜高速铁路和一级铁路路基的大规模施工。

机械化施工和综合机械化施工是路基施工的发展方向,对于路基土石方工程来说,更具有适用性。机械化施工是通过合理选用施工机械,将各种机械科学地组织成有机的整体,优质、高效地进行路基施工的方法。如果选用专业机械,按路基施工要求对施工的各工序进行既分工又联合的作业,则为综合机械化施工。实践证明,如果给主机配以辅机,相互协调,共同形成主要工序的综合机械化作业,则工效能够大大提高。以挖掘机开挖土质路堑为例,如果没有足够的汽车配合运输土方;或者汽车运土填筑路堤,如果没有相应的摊平和压实机械配合;或者不考虑相应辅助机械为挖掘机松土并创造合适的施工面,整个施工进度就无法协调,难以紧凑工作,工效亦势必达不到应有的要求,所以,对于工程量大、技术要求高、工期紧的高速铁路和一级铁路路基工程,必须实现综合机械化施工,科学地严密组织施工,这是路基施工现代化的重要途径,也是我国路基施工的发展方向。

爆破法是利用炸药爆炸的巨大能量炸松土石或将其移到预定位置,它是石质路基开挖的基本方法。另外,采用钻岩机钻孔,亦是岩石路基机械化施工的必备条件。除石质路堑开挖而外,爆破法还可用于冻土、泥沼等特殊路基施工,以及清除地面、开岩取料与石料加工等。

上述施工方法的选择,应根据工程性质、工期、现有条件等因素而定,而且应因地制宜和各种方法综合使用。

### 三、路基施工的组织原则

1. 集中力量保证重点工程分期分段施工。对于重点工程还应编制个别的实施性施工组织计划,按铁道部规定的建设程序批准后据以施工。对于路基工程来说,这些重点工程包括:①技术复杂和特殊土地区、特殊条件下的路基工程。②一次用药量在 5 t 以上的路基爆破工程。③区段站路基工程;既有线站场改建、扩建工程和改线、改坡线路的路基工程。④控制工期的数量大于  $3 \times 10^5 \text{ m}^3$  的站场土石方工程。

2. 实现机械化施工,推广应用新技术、新材料、新工艺、新机具、新测试方法。在施工中应认真作好原始记录、积累资料,不断总结经验,提高路基施工技术水平。

3. 实现工厂化施工。

4. 全体不间断施工。

5. 流水作业施工。

6. 积极推广经济数学方法的运用。

7. 若在路基上埋设电缆、电杆,应保证路基的完整和稳定。因为在路基上挖槽、埋设电缆、电杆,不论是与基床、路基面同时施工或在其后施工,均可能对路基的外形、排水乃至稳定性产生不良影响。在土质基床上不应有沟槽、坑,以防渗水或其他因素危害路基。

## 第二节 路基施工准备工作

要保证工程项目能够如期高质量地完成,任何一项工程在正式开工前,都必须做好必要的施工准备工作。路基施工前,必须根据工程的实际情况做好组织准备、物资准备和技术准备工作,使各项施工活动能正常进行。在施工过程中,所有的施工活动都必须严格按照有关施工规范进行,以确保工程质量,最后得到质量优良的路基实体。

开工前的组织准备工作主要是建立健全工程管理机构 and 施工队伍,明确各自的施工任务,制定施工过程中必要的规章制度,确定工程应达到的目标等。组织准备是其他准备工作的开始。

路基施工要消耗大量的人工、材料和机具,因此开工前应进行所需材料的购进、采集、加工、调运和储备工作,同时要检修或购置施工机械,作好施工人员的生活、后勤保障准备。劳动力、机械设备和材料的准备工作是路基施工组织计划的重要组成部分。

路基施工前的技术准备工作包括施工调查、核对设计文件、线路复测、清理施工场地以及试验段施工等工作,同时应作好施工防排水工作。此外,路基土石方调配方案,也须在开工前做好。

### 一、进行施工调查

路基工程的施工调查除了调查全线或全段共同需要的项目外,还应根据工程特点着重调查收集下列内容的资料,并写出调查报告。

1. 特殊土地区和特殊条件下路基的地质情况、河道情况、地下水位、冻结深度、风沙或泥石流季节等。

2. 核对土石石的类别及其分布,进行填料初步复查和试验。

3. 大量石方爆破地段的地形、地貌、地质和附近居民、建筑物、交通与通信设施情况。

4. 大型土石方施工机械的运输及组装场地。
5. 农作物收割、播种季节及平均产量和为办理用地、补偿工作所需的资料。
6. 为办理房屋、道路、管线、线路等拆迁补偿工作和清理施工场地所需的资料。
7. 修建各项临时工程和施工防排水的措施。
8. 新技术、新材料等特别需要的资料。

## 二、接受施工图表

施工图表是铁路施工单位进行铁路施工的重要依据,只有在接到施工设计文件和图表后才能照图开始施工。路基工程必须按照批准的设计文件施工;如需变更,应按铁道部现行的变更设计处理办法执行。

路基施工图表的内容见表 1.2.1。

表 1.2.1 路基施工图表

路基 施工 图表	内 容	用 途
	路基横断面图	路基施工应根据横断面进行
	填挖高度、路基面宽度、边坡表	了解路基填筑高度、开挖高度、路基面宽度和路基边坡坡度
	土石方数量表	了解路基土石方量
	加固工程表	了解路基加固地段的地点、加固类型

需要特别指出的是,施工单位接到设计文件后,应组织有关技术人员进行审核,及时到施工现场核对。如发现误差,应与设计人员联系,更正设计错误。必要时,会同设计单位、建设单位(监理单位)进行图纸会审,共同解决设计文件中的差、错、漏等问题。会审会议必须做好相应的会议记要,并尽快发放到参加会议的各方代表手中。会议记要是竣工资料的重要组成部分,具有与施工图表一样的法律效力。

## 三、测量放线

线路中线是线路施工的平面控制系统,也是铁路路基的主轴线,在施工时必须保持定测时的位置。由于定测以后往往要经过一段时间才进行施工,定测时所钉设的桩点不可避免会丢失或被移动。因此,在线路施工开始之前,必须进行一次中线复测,把定测时的中线恢复起来;同时还应检查定测资料的可靠性,这项工作称为线路复测。它包括钉好百米标桩、边桩和加桩,钉好圆曲线和缓和曲线,核对地面标高和原有水准基点,并增设施工时需要的临时水准基点等等。

设置加桩的目的在于施工阶段对土石方的计算要求比设计阶段准确,横断面要求测得密些,所以需要设置加桩。

修筑路基以前,需要在地面上把标志路基的施工界线桩钉出来,作为线路施工的依据,这些标桩称为边桩。测设边桩的工作,称为路基边坡的放样。具体来说就是要沿线路中线桩两侧用桩标志出路堤边坡脚和路堑边坡顶的位置,作为填土或挖土的边界。路基工程的填挖方都是根据边桩起坡的,因此,正确确定边桩的位置对整个施工都十分重要。边坡放样的方法很多,常用的有图解法和逐步接近法。

### (一) 图解法

图解法(图 1.2.1)就是在路基横断面上,按图的比例尺量出路基坡脚或坡顶至中线桩的

距离,并把它填在边桩位置表中(表 1.2.2)。到现场即可根据此表,用方向架、皮尺直接量出边桩的位置,钉上木桩,并在各桩间标出界线(撒石灰或犁出沟槽)作为填挖方起坡的依据。为避免施工中毁坏、丢失,应在边桩外数米处(横断面方向线上)加钉断面控制桩,并注明距边桩的距离。

用图解法放边桩时,要核对表上的数字有无错误,以及横断面与实际地形是否符合。

此法优点是手续简单,速度快,适用于地形变化不大的地段,但当地形变化很大,横断面测量误差较大。

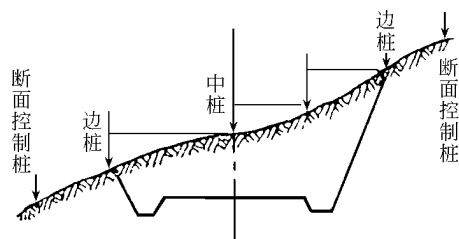


图 1.2.1 路基桩点布置图

表 1.2.2 边 桩 位 置 表

里 程	填挖高(m)		边桩位置(m)		备注
	填	挖	左	右	
DK7+540	1.8		4.8	5.5	
DK7+750		2.2	6.3	5.6	
DK7+900	2.0		5.9	6.7	

## (二) 逐步接近法

1. 平地上放边桩。当地面无横向坡度时,可根据路基面的宽度、边坡坡度、填挖高度,计算边桩距离,如图 1.2.2。其计算公式如下:

$$D_1 = D_2 = \frac{b}{2} + mH \quad (1.2.1)$$

式中  $D_1$ 、 $D_2$ ——线路中心至边桩的距离 (m);

$b$ ——路基顶面宽度 (m);

$m$ ——边坡坡度(%) ;

$H$ ——路堤高度或路堑深度 (m)。

计算出  $D$  值后,用皮尺从线路中心桩,向垂直线路方向量出距离  $D_1$ 、 $D_2$ ,即为边桩位置。

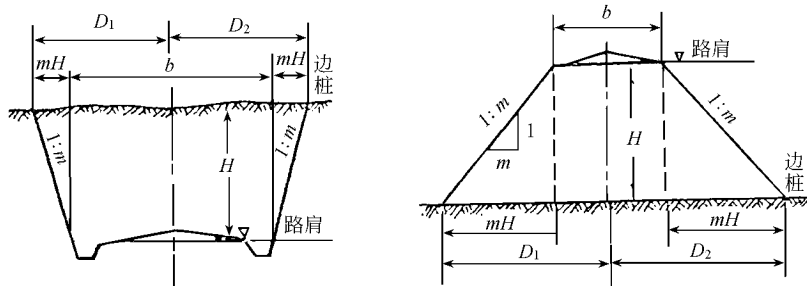


图 1.2.2 平地上放边桩示意图

2. 坡地上放边桩。在有横向坡度的地面上放边桩,其  $D_1$ 、 $D_2$  不等,因而只能采用试算的方法,如图 1.2.3。其计算公式如下:

$$D_1 = \frac{b}{2} + mH - mh_1' \quad (1.2.2)$$

$$D_2 = \frac{b}{2} + mH + mh \quad (1.2.3)$$

式中  $h$ ——路堑中桩与上坡侧边桩试算点的高差 (m);

$h'_1$ ——路堑中桩与下坡侧边桩试算点的高差 (m),其他符号同前。

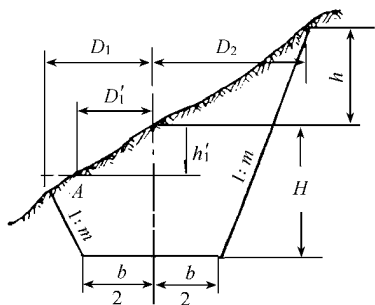


图 1.2.3 坡地上放边桩示意图

此式用于路堤放边桩,则上坡侧用  $D_1$  式,下坡侧用  $D_2$  式。

具体做法是:先在断面图上量取边桩距离,或大致估计边桩位置,如图 1.2.3 中 A 点,测得中桩至 A 点的高差为  $h'_1$ ,水平距离为  $D'_1$ ,用公式 1.2.2 计算  $D_1$ 。若  $D_1$  不等于  $D'_1$  时,则需要重新移动边桩位置,每移动一次 A 点,就有一个新的  $D'_1$ 、 $h'_1$ ,同时算出一个  $D_1$ ,直至  $D_1 = D'_1$ 。一般试算一、两次即可定出边桩位置。

路基工程一旦开工,路基填挖断面以内的桩点将遭到损坏,因此,在复测后,应将中线主要桩移到取土或弃土地

点或者施工机械走行的范围以外,设置护桩,桩上应写明桩号及填挖高度,并在桩侧插立标杆。

总之,标志线路中心位置的中线桩和标志路基施工界线的边桩是铁路施工的重要依据,必须加以妥善保护,以确保工程的顺利完成。

#### 四、清理施工现场

##### (一) 改移线路

对于施工用地范围内的各种管线,如水渠、通讯电缆、电网等,必须在工程开工前与相关部门取得联系,尽快进行线路的改移。

临时运输道路、施工管道等均应满足开工需要。当利用原有公路运输大型机械时,应先实地检查;当其路基、桥梁宽度和载重等级以及最小曲线半径不适应时,应采取临时加宽或加固措施。

##### (二) 拆迁建筑物

新建铁路经过的地区,常常需要对建筑物进行拆迁,如房屋、水井、坟墓等。必须事先明确搬迁、拆除或防护方案的完成期限,以保证在工程开工之前,拆迁工作已全部办妥。同时,对拆迁户应按照国家有关规定给予补偿。

修筑路基可能对当地环境产生不良影响,如取土、弃土、爆破、尘埃、噪声以及开挖填筑涉及原有的灌溉、蓄水系统时,如果不妥善处理,均可能造成不良后果。因此,在修建路基时,应重视农田水利、节约用地,并注意环境保护。

##### (三) 征租土地

铁路用地及界内设施的拆迁、补偿必须遵守现行的《国家建设征用土地条例》有关规定。通常的办法是依据设计规定的路基用地范围与取、弃土用地范围划定用地界限,计算征地数量;同时依施工设备、料场、生产和生活房屋等计算租地数量。向政府土地管理机关报送征、租地计划,经批准后按政府统一定价补偿。

##### (四) 砍伐树木

路堤基底及路堑顶面范围内的树木以及有可能影响行车安全的树木,应在施工前予以砍伐或移植。若路基内留有树木,会因腐朽或发育降低土体密度和强度,对基床的影响尤其大;

在填方地段,树墩还有碍于土的压实作业。

在挖方地段砍伐,应拔出树墩和主根。

在填方地段砍伐:主根以上填筑高度大于基床厚度时(现行规范规定的一级线路基床厚度是 2.5 m),可留置露出地面不大于 0.2 m 且不侵入路基基床部分的树墩;主根以上填筑高度等于小于基床厚度时,应拔除树墩主根。

在森林地带或有风沙、雪害及洪水冲刷的线路上砍伐和移植树木,应根据当地条件进行特殊处理。

### (五) 干燥场地

与湿润土壤相比,干燥土壤更容易挖掘和运送,用它作材料所建造的路基工程其质量也更加稳定。因此,在工程开工之前,应当对施工场地作必要的处理,使之先行干燥。干燥场地最主要是修建良好的排水设备,做到地面排水和地下排水两不误。

通常可以采用如下方法:在路堑地段应开挖天沟。路堤地段,应在取土坑地点挖排水沟。场地内土壤含水过多时,可挖纵横沟网。当路基基底有地下水时:若地下水埋藏浅,可采用明沟、排水槽;若地下水埋藏较深,可采用渗井、渗水隧道等。

## 五、试验段施工

高速铁路、一级铁路、特殊地区铁路以及采用新技术、新工艺、新材料的路基,在正式施工前,应采用不同的施工方案和施工方法,铺筑试验段并进行相关的试验分析,从中选出最佳施工方案和施工方法以指导大面积路基施工。所铺筑的试验段应具有代表性,施工机械和工艺过程要与以后全面施工时相同。通过试验段施工可确定不同压实机械压实各种填料的最佳含水量、适宜的分层厚度、相应的碾压遍数、最佳机械配置和施工组织方法等。

## 第三节 土石方调配

为了有成效地组织路基施工,首先要解决的是土石方的调配问题。所谓土石方调配就是要解决从路堑里挖出来的土应该运到哪里去,路堤上需要的土应该从哪里运来的问题。

### 一、路基横断面面积的计算

计算路基土石方数量必须先求出路基横断面的面积。对于地面比较平坦规则的断面,可将其分成矩形、梯形、三角形分别计算。对于不规则地面的断面,通常采用两脚规量算法,可以较快地求出面积。如图 1.3.1 为按一定比例尺(1:200)绘制的路基横断面。从横断面的中心向两侧每隔 1 m 画一竖线,如图中  $a, b, c, \dots, a_1$

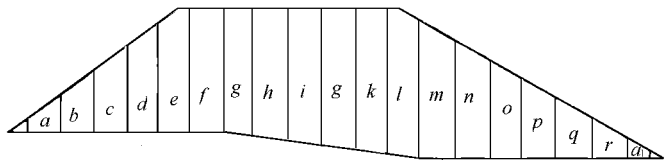


图 1.3.1

等(如用方格纸绘制横断面图,则可利用印好的格线),用两脚规逐次量其纵距并累计起来(可以逐渐张开两脚规的两脚求其总合)即得横断面图的面积。

由图 1.3.1 可知纵距  $a$  及  $a_1$  为左右两侧小三角形的底边,同时  $a, b, c, \dots, a_1$  等为中间各梯形的底边,由于这些纵距的间隔为 1 m,即中间各梯形的高均为 1 m。如两端小三角形的高

均认为它是 1 m(这样取近似值不会产生较大的误差,对于计算土石方数量来说精度已足够),则路基横断面的面积为

$$F = \frac{a}{2} + \frac{a+b}{2} + \frac{b+c}{2} + \dots + \frac{a_1}{2}$$

$$= a + b + c + \dots + a_1 \quad (1.3.1)$$

可见,路基横断面的面积等于相隔 1 m 的纵距之和。

利用两脚规量算路基横断面面积时,一般每个断面应量两次,取其平均值,并且两次数值的差不得超过断面面积的 2%,否则应重新量算。

## 二、土石方工程量计算

计算线路土石方工程量的方法通常有两种,即平均断面法和平均距离法。

### 1. 平均断面法

按照线路测量桩号分段计算。每段土石方的体积等于该段前后两个断面面积的平均数乘上该段的长度。如图 1.3.2 的土石方体积为

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \times l \quad (1.3.2)$$

### 2. 平均距离法

如图 1.3.3,该段土石方的体积为

$$V = F_1 \times \frac{l_1}{2} + F_2 \times \frac{l_1 + l_2}{2} + F_3 \times \frac{l_2}{2} \quad (1.3.3)$$

由于施工现场的地形千变万化,路基横断面的数值也随之不断变化,因此在实际工作中常常采用平均距离法计算土石方工程量。

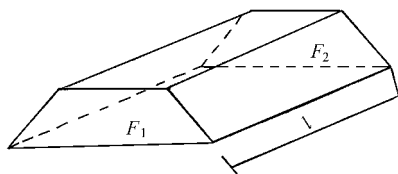


图 1.3.2

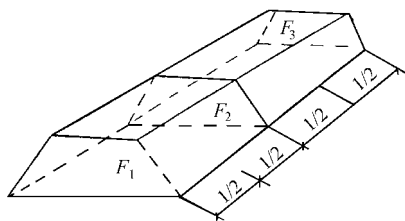


图 1.3.3

## 三、土石方调配原则

从路堑挖出的土壤,一般应尽量利用来填筑路堤,这叫移挖作填。这是路基工程的一个重要特点,在经济比较的前提下,争取最大限度的移挖作填,就能最大限度地降低施工工程量。土石方调配就是解决这一问题的工。

在这里先介绍两个术语:断面方和施工方。设计单位根据测量结果算出来的填挖方数量叫做断面方。例如,某段线路的路堑挖方是 56 000 m<sup>3</sup>,路堤填方是 30 000 m<sup>3</sup>,那么工程量是 86 000 m<sup>3</sup> 断面方。施工时所做的挖运方数叫做施工方。这段线路如果采用横向运土,有 86 000 m<sup>3</sup> 断面方就得做 86 000 m<sup>3</sup> 施工方,即路堑里的 56 000 m<sup>3</sup> 是挖出来弃掉的,而路堤上需要的 30 000 m<sup>3</sup> 则另外从取土坑运来;如果移挖作填,作一方施工方就可以完成两方断面方,所以,如果采用纵向运土移挖作填可以利用 27 000 m<sup>3</sup>,其余 3 000 m<sup>3</sup> 填方取土填筑,那么施工方就只有 29 000(弃土)+27 000(利用)+3 000(取土)=59 000 m<sup>3</sup> 了。

应该特别引起注意的是,路基土石方工程的施工工程数量并不决定于路建筑几何体积的计算,而是决定于路基土石方调配方案。因此在正式开工前做好最优的土石方调配工作,可以大大减少工程造价。

在进行土石方调配的规划时,以下原则是应该加以考虑的:

1. 节约用地,尽量利用荒地、劣地、空地作为取土、弃土的场地,少占耕地,并结合施工改地造田。取土坑的深度与弃土的堆置地点,要考虑排水系统的全面规划,禁止弃土堵塞渠道。取土坑的深度应使坑底标高与桥涵沟底标高相适应,以利排水。

2. 好土应尽量用在回填质量要求较高的地段。

3. 挖方量与运距之和尽可能为最小,即总土方运输量或运输费用为最小。

4. 充分利用移挖作填,减少废方和借方,使挖方和填方基本达到平衡;同时选择恰当的调配方向、运输路线,使土方运输无对流现象。

如果挖方少于填方数量时,可以先横向取土填筑路堤底部,再纵向利用路堑的挖土填筑路堤的上部。如果路堤两侧取土有困难时,可采用放缓路堑边坡或扩大断面的方法取土。当挖方数量大于填方数量时,可先横向将多余土方丢弃,再纵向运输到路堤处填筑。如图 1.3.4。

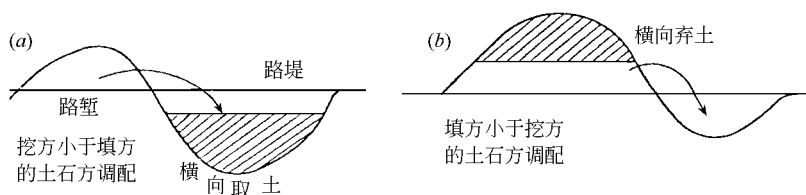


图 1.3.4 土石方调配示意图

5. 在规划土源时也应考虑附近其他余土的利用问题。可充分利用改河、改沟、改移公路等附属工程的土方。隧道开挖出来的坚石、次坚石可充分利用来修建桥涵、挡土墙等建筑物,还可用作线路道碴。预留的复线位置或拟扩建站场的范围,都不应在其挖方上弃土,亦不应在预留填方处取土,最好将挖方上的弃土弃于预留填方处。

6. 在调配土方平衡土源时,还应考虑以下因素:

(1) 土、石方经过挖掘、运输、填筑及压实后,其体积较原来有所变化。有的体积增加,有的却减少,可以用松散率或压缩率表示,其数值的大小与土石成分、性质、夯实密度、含水量和施工方法等有关。在调配时对土石方的数量,应根据其压缩率或松散率的经验数值进行调整。

(2) 路堤基底的沉降量(约为路堤填土高度的 1%~4%)。

(3) 土石的挖、装、运、卸过程中的损耗。

(4) 用机械填筑路堤时,为了保证路基边沿部分的填土压实,施工时须将路堤每侧填宽约 0.2 m。

一般来说,可按填土的断面方数增加 15%来规划取土土源,但计算所完成的工程量时,只能按设计的断面方数计算。

7. 土石方调配与施工方法密切相关。施工方法不同,土石方调配的方数和经济运距也不同。

要做好土石方调配工作,不能单靠设计文件和图纸,必须进行现场调查。只有结合现场的实际情况进行调配,才能使调配的方案具有实际的意义。

#### 四、土石方调配方法

区间的路基是线形土石方建筑物,大型站场的路基是广场型土石方建筑物,在对两者进行土石方调配时,所采用的调配方法是不同的。通常对区间的路基土石方调配采用线法调配,而对大型站场的路基土石方调配采用面法调配。

##### 1. 线法调配

线法调配主要是借助于线路纵断面图和土积图来实现。所谓土积图是指在线路纵断面图下方,按照各桩号处的累计土石方数量(挖方为正、填方为负)所绘制的该段线路的土石方量累计曲线。通过线路纵断面图和土积图,可以确定区间路基土石方调配的最大经济运距,从而得出最合理的移挖作填方案。

采用线法调配通常有两个运土方向:纵向运土和横向运土。纵向运土是指从路堑运土到两端的路堤。横向运土是指从路堑运土到弃土堆或从取土坑运土到路堤。当从路堑挖一方土纵向运到路堤的费用,比起将路堑挖一方土横向运到弃土堆,再从取土坑挖一方土横向运土到路堤的总费用更低时,纵向运土是较为经济的。但随着纵向运土的距离增大,利用方的单价也随之增大。当纵向运土增加到一定的距离,使得从路堑挖运一方土到路堤的费用,比将土运到弃土堆,再从取土坑挖一方土运到路堤的总费用大时,则纵向运土应改为横向运土。这一运距叫做最大经济运距,它可以由下式算出:

$$L_E \leq \frac{a+b(L_c+L_f)+d}{b} \quad (1.3.4)$$

式中  $a$ ——挖装  $1 \text{ m}^3$  土石方的费用,其值随施工方法和土的等级而不同;

$b$ —— $1 \text{ m}^3$  土石方运送  $1 \text{ m}$  距离的费用,其值随运输方法而不同;

$d$ —— $1 \text{ m}^3$  弃土和  $1 \text{ m}^3$  取土所占用土地的地亩费用;

$L_c$ —— $1 \text{ m}^3$  土石方从路堑运送到弃土地点的运送距离;

$L_f$ —— $1 \text{ m}^3$  土石方从取土坑运送到路堤的运送距离。

应当指出,移挖作填的合理运距不能单纯从经济上考虑。在线路穿经城镇、工矿、森林、农田、果园等地区时,必须尽可能压缩取、弃土用地宽度,适当加大移挖作填距离,这不仅在宏观上是合理的,而且随着运土机械的发展,也是可能的。而对于不可避免地必须占地的场合,则需要尽可能地不占好地,或通过施工改地造田,造地还田。

##### 2. 面法调配

面法调配主要用于大型站场和重点高填深挖的大面积土石方调配。其运土方向无一定的规律性,只要能做到在站场范围内将土石方合理分配即可。

采用面法调配时必须同时考虑站场附近其他设施的施工对土石方调配的影响。如果对这些情况不了解,或者对其给土石方调配带来的影响程度估计不足,将使得调配工作复杂化,造成不必要的浪费,增大了工程成本。在考虑填挖方数时,要把同一站场内施工的建筑物基坑、地道及其它可以利用作填方的挖土数量计算进去;在大量修建作为疏干场地用的排水沟及渗沟时,须计算其土方数量,因为这些土方有时数量很大,能影响土方调配;大型编组站施工进度计划中所规定的线群铺设及开通次序对土方工程施工方法的选择及土方调配具有决定性影响;对于附近是否有可以利用的设备、利用的程度等均要全盘考虑。

站场土石方调配应在施工组织设计说明书内说明选定调配方案的主要理由以及所采取的有关施工方法和重要措施的基本内容。

## 第四节 土质路堤施工

为保证路堤具有足够的强度、良好的稳定性及耐久性,应选用符合要求的填料,采用合理的方法来填筑路堤。在土质路堤的施工过程中,尤其要重视对填土的压实。

### 一、路堤基底的处理

路堤填筑前,应先按基底的土壤性质、基底地面所处的自然环境状态,同时结合设计对基底的稳定性要求等,采取相应的方法和措施对基底予以处理,其作用是为了保证路堤的稳定,使之不致产生滑移和过度沉陷等现象。基底处理所涉及到的因素很多,影响最大的是下面 4 个因素:基底土的土质、路堤高度、地下水、坡度。具体的处理方法可视具体情况采取如下措施,见表 1.4.1。

表 1.4.1 路堤基底处理方法

顺序	路基及基底情况	原地面横向坡度	基底处理方法
1	基底土密实	$<1:10$	路堤可直接修筑在天然地面上
2	不填不挖及路堤高度低于 1.2 m 的地段	$<1:10$	应清除地表草皮
3	在稳定的斜坡上	$1:10\sim 1:5$	应清除草皮
		$1:5\sim 1:2.5$	原地面应挖成台阶,台阶宽度不小于 1m
		$>1:2.5$ 或基底下有松软地层时	应检算路堤顺基底软土层滑动的稳定性。当稳定性不够时,应在路堤下方设计支挡建筑物或其他措施。施工中按照设计文件规定办理
4	基底有地下水		采取拦截引排措施将地下水引排至路堤基底范围以外。如果处理有困难,则以渗水或不易风化的岩石填筑在路堤底部
5	基底为耕地或松土	松土厚度不大于 0.3 m	应先将原地面夯实后再行填筑
		松土厚度大于 0.3 m	应将松土翻挖,分层回填压实
6	经过水田、池塘或洼地时		应根据具体情况,采取排水疏干,挖除淤泥、抛填片石或砂、砾石等处理措施,保持基底稳定

### 二、路堤填料的选择及鉴别

#### (一) 土的可松性

天然土体或岩石在施工过程中的变化,一般可以概括为三种状态。即:开挖前的自然状态,挖掘、装运后的松散状态,压实后的密实状态。自然状态下的土,经过开挖以后,其体积因松散而增大,以后虽经回填压实,仍不能恢复成原来的体积,这种性质称为土的可松性。

由于土方工程量是以自然状态下土的体积计算的,所以在计算土方调配、土方施工机械及土方运输工具数量时,应考虑土的可松性。土的可松性程度可用松方系数、压缩系数和沉陷系数来表示,即:

$$\text{松方系数: } K_1 = \frac{\text{土经开挖后的松散体积 } V_2}{\text{土在天然状态下的体积 } V_1} \quad (1.4.1)$$