

公路工程施工技术

孙久民 郝素先 主编

● 土质路基与石质路基施工、稳定土路面、碎(砾)石路面、沥青路面和水泥混凝土路面施工、桥涵的基础、墩台施工、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、拱桥及涵洞施工



黄河水利出版社

公路工程施工技术

孙久民 郝素先 主编

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了公路路基、路面及桥梁、涵洞工程的施工技术。主要内容包括：土质路基与石质路基施工，稳定土路面、碎(砾)石路面、沥青路面和水泥混凝土路面施工，桥涵的基础、墩台施工，钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、拱桥及涵洞的施工等。内容丰富，实用性强，可供从事公路与城市道路施工的技术人员以及公路与城市道路、桥梁工程等专业的师生参考使用。

公路工程施工技术

孙久民 郝素先 主编

责任编辑：荆东亮

责任校对：王才香

责任印制：常红昕

出版发行：黄河水利出版社

地址：河南省郑州市顺河路黄委会综合大楼 12 层

邮编：450003

印 刷：中国人民解放军信息工程学院印刷厂

开 本：850mm×1168mm 1/32

版 别：1997年7月 第1版

印 次：1997年7月郑州第1次印刷

印 张：10.75

印 数：1-1500

字 数：265千字

ISBN 7-80621-146-2/U·1

定 价：18.00 元

前 言

近年来，我国公路建设事业蓬勃发展，公路路基路面、桥梁涵洞施工技术不断更新，总结和推广公路工程施工中的新技术、新方法，对提高公路的使用品质、节约投资、加快我国公路建设步伐，具有十分重要的现实意义。为此，我们依据我国有关公路的最新技术规范，并结合工程实践，以实用为原则，组织编写了《公路工程施工技术》一书。

本书全面系统地介绍了公路路基、路面及桥梁涵洞工程的施工技术，共分三篇十四章。其中，第一、四、五、十四章由王怀民、樊家胜编写；第二、三章由张伟、赵传立编写；第六、七章由郝素先编写；第八、九、十二章由孙久民编写；第十、十一、十三章由姬东方、成小芳编写；第一、二篇由郝素先主编，第三篇由孙久民主编，最后由孙久民对全书进行统稿。河南省交通学校肖启惠审阅了全部书稿，并提出不少宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1997年3月

目 录

第一篇 路基施工

第一章 路基施工的准备工作的准备工作	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 施工前的准备工作	(3)
第二章 土质路基施工	(15)
第一节 土质路基填挖基本方案	(15)
第二节 土质路基的机械化施工	(23)
第三节 土基压实原理	(27)
第四节 土基压实施工	(32)
第三章 石质路基施工	(40)
第一节 爆破作用原理	(40)
第二节 炸药、起爆器材及起爆方法	(46)
第三节 常用的爆破方法	(52)

第二篇 路面施工

第四章 稳定土路面施工	(62)
第一节 概述	(62)
第二节 水泥稳定土	(62)
第三节 石灰稳定土	(80)
第四节 石灰工业废渣稳定土	(89)
第五章 碎(砾)石路面施工	(95)
第一节 碎石路面	(95)
第二节 级配碎(砾)石路面	(101)

第六章	沥青路面施工	(110)
第一节	概述	(110)
第二节	沥青表面处治	(118)
第三节	沥青贯入式路面	(124)
第四节	热拌沥青混合料路面	(129)
第五节	乳化沥青碎石混合料路面	(145)
第六节	透层、粘层与封层	(146)
第七章	水泥混凝土路面施工	(152)
第一节	概述	(152)
第二节	水泥混凝土路面施工	(163)

第三篇 桥涵施工

第八章	施工准备工作和施工测量	(180)
第一节	施工准备工作	(180)
第二节	桥(涵)位施工测量	(181)
第三节	锥坡放样	(187)
第九章	基础施工	(190)
第一节	明挖扩大基础施工	(190)
第二节	桩基础施工	(202)
第三节	沉井基础施工	(222)
第十章	墩台施工	(229)
第一节	石砌墩台施工	(229)
第二节	墩台附属工程施工	(235)
第十一章	钢筋混凝土桥施工	(236)
第一节	模板	(236)
第二节	钢筋	(246)
第三节	混凝土	(257)
第四节	装配式构件的起吊、运输和安装	(271)

第十二章	预应力混凝土桥施工 ·····	(287)
第一节	概述 ·····	(287)
第二节	先张法施工 ·····	(295)
第三节	后张法施工 ·····	(302)
第十三章	拱桥施工 ·····	(307)
第一节	有支架施工 ·····	(307)
第二节	缆索吊装施工 ·····	(317)
第十四章	涵洞施工 ·····	(327)
第一节	钢筋混凝土管涵及倒虹吸施工 ·····	(327)
第二节	拱涵及盖板涵施工 ·····	(330)
第三节	涵洞基础和沉降缝、防水层施工 ·····	(331)

第一篇 路基施工

第一章 路基施工的准备工作的

第一节 概 述

一、路基施工的重要性及施工方法

1. 路基施工的重要性

路基是公路工程的重要组成部分，它既是路线的主体，又是路面的基础，路基施工质量的好坏，直接影响路面的使用效果。因此，提高路基的强度和稳定性，保证路基施工质量，是关系到整个施工质量的关键。

路基土石方工程往往要占总工程量的 60% ~ 70%，路基施工往往成为整个公路施工进展的关键。如若能做好施工准备工作，合理选择施工方法，周密制定施工组织计划，应用并推广先进的技术，切实做好安全生产等，不仅能保证施工质量，而且会缩短工期，获得明显的经济效益。

2. 路基施工方法

公路路基的施工方法大致可分为以下几种：

(1) 人工施工。使用的是手工工具，效率低，劳动强度大，进度慢。

(2) 简易机械化施工。是以人力为主配以简易机械的一种施工方法，可减轻劳动强度，提高工作效率。

(3) 水力机械化施工。用水泵、水枪等水力机械，在有充足的水源和电源的情况下，进行集中土方工程施工。

(4) 爆破法施工。爆破法是石质路基开挖的基本方法，还可用于冻土、泥沼等特殊路基施工，以及清除地面、开采石料等。

(5) 配套机械化施工。使用配套机械，可极大地减轻劳动强度和劳动生产率，显著地加快施工进度，提高工程质量，降低工程造价，保证施工安全，是加速公路建设、实现公路施工现代化的根本途径。

施工方法的选择，应根据工程性质、工程数量、施工期限以及人力和设备条件等因素而定，也可考虑多种方法同时使用。

二、路基施工的一般程序和内容

路基施工过程，包括下列程序与内容：

(1) 施工前的准备工作。作好施工前的准备工作，是保证施工顺利进行的重要前提，必须给予足够的重视并认真做好。详细内容见本章第二节。

(2) 路基土石方工程。该项工程包括开挖路堑、填筑路堤、压实路基、整修边坡、修建排水沟渠及防护加固工程等。

(3) 修建小型人工构造物。小型人工构造物包括小桥、涵洞、挡土墙等，它通常与路基同时施工。

(4) 路基工程的检查与验收。在施工过程中每当一部分工程完成时，特别是隐蔽工程，应按施工技术规范的要求进行检查与验收。中间检查验收的目的在于检查工程施工质量，及时发现存在问题，研究分析采取补救措施。在全部工程完成后，还应由建设单位组织监理、设计、施工等单位进行交工验收。

路基工程竣工验收的质量合格标准和竣工外形检查项目及合格标准见表 1-1、表 1-2。

三、路基土石方施工分类

为了便于选择施工方法和施工机具、确定工作量以及预算和

表 1-1

路基质量合格标准

项 目	检查数量	标 准 值	极限低值
压实度	每 200m 4 处 (灌砂法)	重型压实标准, 二级和二级以下公路 93% 以上, 高速和一级公路不小于 95%	一般公路 88%, 高等级公路 90%
碾压检验	全面、随时	无“弹簧”现象	
弯沉值检验	每一评定段 (不超过 1km) 每车道 40 至 50 个测点	95% 或 97.7% 概率上波动界限不大于计算的容许值	

表 1-2

路基外形的质量合格标准

项目	检查数量	质量标准	
		高速和 级公路	二级和二级以下公路
高程 (mm)	每 200m 4 点	+ 10, - 20	+ 10, - 30
宽度 (mm)	每 200m 4 处	+ 0 以上	+ 0 以上
横坡度 (%)	每 200m 4 个断面	± 0.5	± 0.5
平整度 (mm)	每 200m 2 处, 每处 连续 10 尺 (3m 直尺)	≤ 20	≤ 30

支付工程费用, 通常把路基土石方按其开挖难易程度分成若干类别。具体分类参见表 1-3。

第二节 施工前的准备工作

一、准备工作的内容

施工前的准备工作内容较多, 大致可归纳为组织准备、技术准备和物质准备三个方面。

(1) 组织准备。主要是建立和健全组织管理机构, 制定施工

表 1-3

路基土石方开挖难易程度分类

分 级	分 类	土、石名称	钻 1m 所需 时间			爆破 1m ³ 所需 炮眼深度 (m)		开挖方法
			①	②	双人 打眼 (工日)	路堑	隧道 导坑	
I	松 土	砂类土, 种植土, 中密的砂性土及粘性土, 松散的、水分不大的粘土, 含有 30mm 以下的树根或灌木根的泥炭土						用脚蹬锹下到底
II	普 通 土	水分较大的粘土, 密实的砂性土及粘性土, 半干硬的黄土, 含有 30mm 以上的树根及灌木根的泥炭土, 石质土 (不包括块石及漂石土)						部分须用镐刨松再用锹挖, 或连蹬数次才能挖动
III	硬 土	硬粘土, 密实的硬黄土, 含土较多的块石土及漂石土, 各种风化成土块的岩石						必须全部用镐刨松才能用锹挖
IV	软 石	多种松软岩石, 胶结不紧的砾岩, 泥质页岩, 砂岩, 较坚硬的泥灰岩, 块石土及漂石土, 软而节理较多的石灰岩		<7	<0.2	<0.2	<2.0	部分用撬棍或十字镐及大锤开挖, 部分用爆破法开挖
V	次 坚 岩	硅质页岩, 硅质砂岩, 白云岩, 石灰岩, 坚实的泥灰岩, 软玄武岩, 片麻岩, 正长岩, 花岗岩	<15	7~20	0.2~1.0	0.2~0.4	2~3.5	用爆破法开挖
VI	坚 石	硬玄武岩, 坚实的石灰岩, 白云岩, 大理岩, 石英岩, 闪长岩, 粗粒花岗岩, 正长岩	>15	>20	>1	>0.4	>3.5	用爆破法开挖

注 表中: “①”代表湿式凿岩一字合金钻头净钻时间, min; “②”代表湿式凿岩普通碎火钻头净钻时间, min。

管理制度，明确分工，落实责任。组织准备亦是做好一切准备工作的前提。

(2) 技术准备。主要包括施工现场的勘查，设计文件的核对，编制施工组织设计，恢复定线，清理施工现场和路基放样等。其中，施工组织设计又包括施工进度计划、劳动力安排计划、材料机具供应计划以及施工平面图等内容。编制计划要根据落实的工程数量、工程特点、工期要求、施工设备情况进行，实施性计划应深入、具体、可行。

(3) 物质准备。包括材料和机具设备的购置、调配、运输和储存，施工现场的供水供电，便道、便桥的修建，通讯线路的架设及临时生产生活房屋的搭设等。

二、施工测量

1. 中线的恢复和固定

从路线勘测到施工进场一般要经过一段时间，在这段时间内原钉的桩志可能有部分散失，有的现场发生了移动。所以，在施工前必须首先进行恢复中线测量，核对设计路线，补桩或加桩，使各项中线桩完整无缺，以便依据其进行施工放样。

恢复路线的中线，要依据路线平面图，直线、曲线及转角一览表，固定桩记录等进行核对查找。当交点桩丢失时，可由前后交点定出切线并延长切线，交出丢失的交点桩，并打护桩固定，如图 1-1 所示。图 (a) 中，护桩一般为带钉木桩， l_1 、 l_2 、 l_3 、 l_4 不一定等长，但以 15m~20m 为宜；图 (b) 中，护桩为带钉木桩或牢固岩石等上的点， l_1 、 l_2 、 l_3 、 l_4 可不受长度限制，一般不宜小于 10m。当转点桩丢失时，可由正倒镜延长直线法，重新补设。当曲线主点桩丢失时，可对曲线重新测设补桩。对于施工时难以保留的桩，如加桩、曲线上的桩，应加钉护桩予以保护。

加钉护桩的方法，一般是所需要固定的控制点桩为中心，沿着两条大致互相垂直的方向，将桩点移到路基施工范围以外。在每条方向线上，在相距一定距离处，钉上两个带钉木桩（也可以用牢固建筑物、岩石等上的点），桩（点）上标出相应的桩号和量出的距离，同时绘草图并记入记录簿内，以备查用。

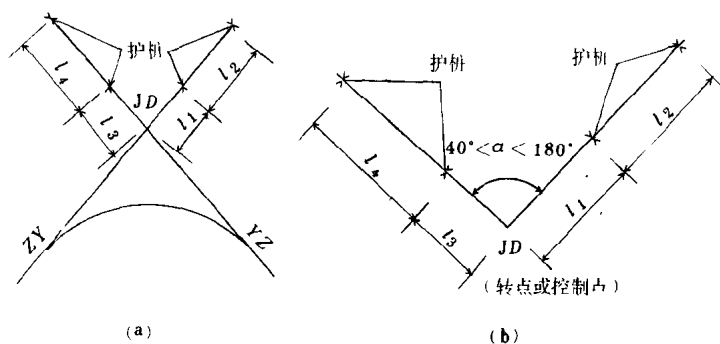


图 1-1 桩点固定法

(a) 延长切线法设置保护桩；(b) 交点法设置保护桩

2. 水准点的复查与增设

根据设计资料对沿线作复核性水平测量，复核水准点一览表中原设水准点高程；根据路线纵断面图，复核有疑问的地面高程。当相邻水准点相距太远时，为便于施工期间引用，应加设一些临时水准点，其位置宜设在一些重点工程（如桥涵、隧道、挡土墙）和集中土石方地段附近，不受施工影响和便于引用的岩石或永久性建筑物上。

3. 横断面的检查与补测

现场核对原测横断面是否符合实际情况，尤应注意位于曲线部分桩号的横断面方向，如有不符应予重测。对于恢复中线时新加设的桩点，应进行横断面补测与设计。此外，应检查路基边坡

设计是否恰当，与有关结构物（如涵洞、挡土墙）的设计是否配合、相称，取土坑、弃土堆的位置是否合理，若设计文件中考虑不周，应重新设计安排；对弃土、取土的运输路线应做出规划。

4. 预留桥涵位置

就施工程序而言，小桥涵应先于路基完工，但由于各种原因，往往桥涵尚未修建，路基即需开工，所以需要预留小桥涵位置。预留桥涵位置时，应先确定桥涵中心桩及其起讫桩，然后，根据桥涵台的型式、照设计图中的尺寸并考虑桥涵台背回填时的施工要求，测定台后应留出的顺路线方向的长度并设立木桩。

三、路基放样

（一）放样的工作内容

路基开始施工前，应根据路基横断面设计图或路基设计表进行放样工作。路基放样的目的是在原地面上标定出路基的轮廓，作为施工的依据，其工作内容有：

（1）在路中线各桩点处标定填挖高度。

（2）确定横断面的方向，通常以方向架进行。

（3）按设计图纸在地面上定出横断面上的各主要点的位置。如路基中心点及边缘点，路堤坡脚及路堑坡顶，半填半挖断面的坡脚与坡顶，以及边沟、取土坑、护坡道及弃土堆等。

（4）边坡放样。即按设计的路基边坡率，把边坡位置标出来。

（5）移桩移点。当所钉木桩的位置在施工中难以保存时，应沿横断面方向将桩点移设于施工影响范围之外。

（二）路基边桩放样

1. 图解法

在有路基横断面设计图时，可根据设计图中所示的尺寸，直接在地面上沿横断面方向量出路肩、坡脚、排水沟或取土坑各特

征点距中桩的距离，定出边桩。

当横断面上有明显的地形特征点（如图 1-2 中的 A、B 点）时，也可以根据这些点确定坡顶或坡脚的位置，但精度稍差。

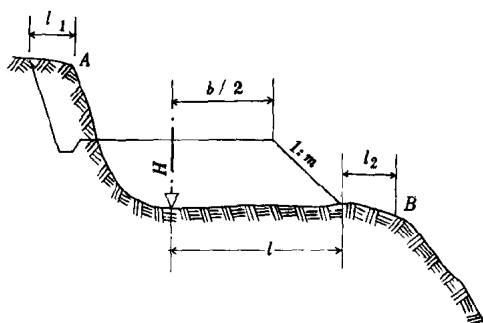


图 1-2 根据地形特征点放边桩

在丈量距离时尺子一定要拉平。当每一个横断面都放出路基宽度的边桩后，再分别将中线两侧的路堤坡脚或路堑坡顶用灰线连接起来，即是路基填挖边界。

2. 计算法

当现场没有横断面设计图，只有填挖高度，且地面平坦或横向坡度均匀一致时，可用计算法放出路基边桩。

(1) 平地上边桩放样。路堤坡脚至中桩的距离：

$$l = \frac{b}{2} + m \cdot H \quad (1-1)$$

路堑坡顶至中桩的距离：

$$l = \frac{b_1}{2} + m \cdot H \quad (1-2)$$

式中： b 为路基设计宽度， m ； b_1 为路基与两侧边沟口宽度之和， m ； m 为边坡设计坡率； H 为路基中心设计填挖高度， m 。

(2) 坡地上边桩放样。如图 1-3 所示，当地面横向倾斜较大时，计算时应考虑横向坡度的影响。

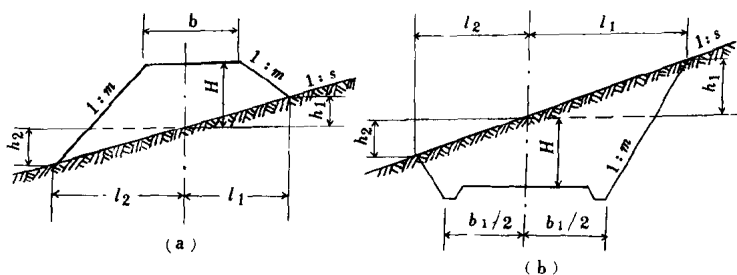


图 1-3 坡地上边桩放样

(a) 路堤; (b) 路堑

路堤坡脚至中桩的距离为：

$$\text{上侧坡脚 } l_1 = \frac{b}{2} + m(H - h_1) \quad (1-3)$$

$$\text{下侧坡脚 } l_2 = \frac{b}{2} + m(H + h_2) \quad (1-4)$$

路堑坡顶至中桩的距离为：

$$\text{上侧坡顶 } l_1 = \frac{b_1}{2} + m(H + h_1) \quad (1-5)$$

$$\text{下侧坡顶 } l_2 = \frac{b_1}{2} + m(H - h_2) \quad (1-6)$$

式中： h_1 为上侧坡脚（坡顶）与中桩的高差， m ； h_2 为下侧坡脚（坡顶）与中桩的高差， m ；其余符号同前。

应当指出，由于上列各式中的 h_1 及 h_2 都是未知数，因此还不能计算出路基边桩至中桩的距离。当地面横坡均匀一致时，放样时可先测得地面横坡度 $1:s$ ； s 为地面横坡率。因 $l_1 = h_1 s$ ，故式(1-3)可转化为：

$$l_1 = h_1 s = \frac{b}{2} + m(H - h_1)$$

消去 h_1 项, 可得

$$l_1 = \left(\frac{b}{2} + mH \right) \frac{s}{s+m} \quad (1-7)$$

同理, 式 (1-4)、(1-5)、(1-6) 可分别转化为式 (1-8)、(1-9)、(1-10), 即

$$l_2 = \left(\frac{b}{2} + mH \right) \frac{s}{s-m} \quad (1-8)$$

$$l_1 = \left(\frac{b_1}{2} + mH \right) \frac{s}{s-m} \quad (1-9)$$

$$l_2 = \left(\frac{b_1}{2} + mH \right) \frac{s}{s+m} \quad (1-10)$$

根据式 (1-7) ~ (1-10) 所算出的距离, 直接丈量定出两侧边桩。

3. 渐近法

当地形复杂, 路基中心填挖高度较大, 而地面横向坡度变化较大时, 单纯依赖横断面设计图所示的距离, 或由“计算法”算出的距离设置边桩是不够精确的, 还须在两坡脚(或坡顶)处做水平测量验证, 如有不符, 就逐步移动边桩, 到正确位置为止, 这就是渐近法。

此法的特点是, 在分段丈量水平距离的同时, 用手水准或其它方法(如抬杆法、钓鱼法)测出该段地面两点的高差, 最后累计出边桩点与中桩点的高差, 即可用公式(1-3)至(1-6)验证其水平距离是否正确, 从而较准确地定出边桩位置。

(1) 用渐近法定路堤坡脚。如图 1-4 所示, 用渐近法定路堤上侧坡脚 A, 其步骤如下:

①通过横断面设计图中或计算求得路堤上侧坡脚 A 至中桩 O 的水平距离 l' , l' 为概值。

②从 O 点沿横断面方向量出水平距离 l' 得 A_1 点, 同时测出 A_1 、O 两点的高差 h' 。