

公路桥梁工程施工技术

冯明硕 薛辉 赵杰◎著

公路桥梁工程施工技术

冯明硕 薛辉 赵杰 著

 延边大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

公路桥梁工程施工技术 / 冯明硕, 薛辉, 赵杰著.

— 延吉 : 延边大学出版社, 2017. 12

ISBN 978-7-5688-2663-1

I. ①公… II. ①冯… ②薛… ③赵… III. ①道路施工②桥梁施工 IV. ①U415②U445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 324416 号

公路桥梁工程施工技术

作者 冯明硕 薛辉 赵杰 著

责任编辑 于衍来

装帧设计 中图时代

出版发行 延边大学出版社

地址 吉林省延吉市公园路 977 号, 133002

网址 <http://www.ydcb.com>

电子邮箱 ydcb@ydcb.com

电话 0433-2732435 0433-2732434(传真)

印刷 廊坊市海涛印刷有限公司

开本 710 mm × 1000 mm 1/16

印张 10.25

字数 200 千字

版次 2017 年 12 月第 1 版

印次 2018 年 11 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5688-2663-1

定 价 40.00 元

目 录

第一章 公路桥梁施工准备与施工放样	1
第一节 公路桥梁施工准备	1
第二节 路线中线施工放样	4
第三节 高程施工放样	13
第二章 路面施工技术	20
第一节 沥青路面施工	20
第四节 水泥混凝土路面施工	71
第五节 路面施工质量评定与验收	120
第三章 交通设施施工	127
第一节 交通标志与标线施工	127
第二节 交通安全设施施工	135
第三节 道路绿化施工	152
参考文献	158

第一章 公路桥梁施工准备与施工放样

第一节 公路桥梁施工准备

施工准备工作是为了保证工程顺利开工和施工活动正常进行而必须事先做好的各项准备工作。它存在于开工之前,贯穿于整个施工的全过程。

现代公路工程施工是一项复杂的生产活动,它既要组织大量的施工人员,又要消耗大量的建筑材料、使用很多的施工机械,还要处理各种技术问题,协调各种协作关系,涉及面广,情况复杂。施工准备工作的好坏直接影响工程的进度、质量和经济效益。因此,高度重视施工准备,严格遵守施工程序,按照客观规律组织施工,是施工顺利进行的重要保证。

公路工程施工准备工作的主要内容一般包括技术的准备、人员和设备的准备、施工临时设施的准备。

一、技术的准备

公路工程施工技术准备是工程顺利实施的基础和保证。由于任何的技术差错都可能引起人身安全和质量事故,造成生产、财产的损失,因此必须认真做好技术准备工作。其内容有:熟悉和审查设计文件,编制施工组织设计,技术、安全交底和施工放样,等等。

(一)熟悉和审查设计文件

设计文件(施工图)是组织施工的主要依据。组织工程技术人员领会设计文件的意图,熟悉设计文件中的各项技术指标,仔细考虑其技术经济的合理性和施工的可行性。对设计文件中有疑问、错误或设计不妥之处,应及时与建设业主、设计单位和监理单位联系,到实地现场调查了解,选择合理的解决办法。对于一些不确定的因素(如阴雨、交通干扰等),技术人员应心中有数,以便对相应的施工环节作充分的考虑。

熟悉和审查施工图纸的程序如下:

(1)施工图纸的阅读预审阶段:当施工单位拿到施工图纸后,应尽快组织技术

人员熟悉和预审图纸,对施工图纸的错误和建议按图标写出记录。

(2)施工图纸的会审:主要由建设单位、设计单位和施工单位三方进行施工图纸会审。首先由设计单位进行图纸交底,然后各方提出问题和建议,经过协调形成图纸会审纪要,由建设单位正式行文,参加会议的各单位盖章,可作为与施工图纸具有同等法律效力的技术文件使用。

(3)施工图纸的现场签证:在施工过程中,如果发现施工条件与设计条件不符,或因为材料质量、规格不能满足设计要求,或图纸中有错误,应对施工图纸进行现场签证。在施工现场进行图纸修改或变更设计资料,都要有设计单位正式发出的文字记录或通知。

(二)编制施工组织设计

公路工程施工组织设计是指导施工现场全部生产活动的技术经济文件。公路工程施工过程是一个很复杂的物质创造过程,为了处理人力、物力、财力以及它们在空间和时间上的排列关系,必须根据工程的规模、结构特点和建设单位的要求,在原始资料调查分析的基础上,编制出一份能切实指导该工程全部施工活动的科学方案,并报工程监理和建设业主批准。

公路工程施工组织设计的编制内容如下:

(1)根据设计路面的类型,进行料场勘察与选择,确定材料供应范围及加工方法。

(2)选择施工方法和设计工序。

(3)计算工作量。

(4)编制流水作业图,布置工地,组织施工队伍。

(5)编制工程进度日程图。

(6)计算所需资源(劳动力、机械、材料)及平衡分期的需要量,编制材料运输日程计划。

(三)技术、安全交底

技术、安全交底的目的是把工程设计的内容、施工计划、施工技术要点和安全等要求,按分项内容或按阶段向施工队、组交代清楚。

技术、安全交底的时间在公路工程开工前进行,以保证工程按施工组织设计、安全操作规程和施工规范等要求进行施工。

技术、安全交底的内容有:公路工程施工进度计划、施工组织设计、质量标准、安全措施、降低成本措施等,采用新技术、新工艺、新材料、新结构的保障措施,有关图纸设计变更和技术核定等事项。交底的方式有书面形式、口头形式和现场示范

形式等。

二、人员和设备的准备

人员和设备的准备是公路工程施工顺利进行的物质保证。施工从准备工作开始,到现场施工,需要投入大量的人力、物力和财力,稍有疏漏,任何一个环节出了问题,不仅要影响施工进度、工程质量,而且可能造成很大的经济损失。因此,必须做好人员和机构及工具设备两方面的充分准备。

(一) 人员准备

人员准备包括建立施工组织机构和组建施工队伍。

1. 建立施工组织机构

施工组织机构是为完成公路工程施工而设置的负责现场指挥、管理工作的组织机构,一般由项目经理部及下设各职能部门组成。

2. 组建施工队伍

根据所承担的工程量大小和工期要求,安排出总进度计划,并进一步估算出全部工程用工人数、平均日出工人数、施工高峰期日出工人数,以及技术工种、机械操作工种、普通工种等用工比例,选择合适的劳动作业队伍,并与之签订劳务合同,实行合同管理。

(二) 机械及工具设备准备

根据工程需要、工程量大小及施工进度要求,确定施工机械及工具的类型、数量、进场时间、供应方法、进场后的安装和存放地点等,编制施工机械及工具需要量计划,充分发挥施工机械及工具的使用性能,保证机械及工具设备的正常操作使用。

三、施工临时设施的准备

施工临时设施的准备工作是给工程的施工创造有利的施工条件和物质保证。为了维护施工期间的场内外交通,保证机具、材料、人员和给养的运送,必须修筑临时道路,并保证行驶安全。

在施工过程中,为保证筑路员工的生活、物质器材的存放,以及木工、钢筋工的室内作业,要修建临时工棚。为满足工程和生活用水的需要,还要修建临时的给水设施。

第二节 路线中线施工放样

路线中线施工放样就是利用测量仪器和设备,按设计图纸中的各项元素(如公路平纵横元素)和控制点坐标(或路线控制桩),将公路的“中心线”准确无误地放到实地,以指导施工作业,习惯上称为“放样”。

路线中线施工放样是保证施工质量的一个重要环节。这是一项严肃认真、精确细致的工作,稍有不慎,就有可能发生错误。一旦发生错误而未能及时发现,就会影响下一步工作,影响工作进度,甚至造成损失。要严格按照有关规范、规程的要求,对测量数据认真复核检查,不合格的成果一定要返工重测,要一丝不苟,树立质量重于泰山的意识。为确保施工测量质量,在施工前必须对导线控制点和路线控制桩(又称固定点)进行复测,在施工过程中要定期检查。放样时应尽量使用精良的测量设备,采用先进的测设方法。

路线中线施工放样又称为恢复中线,一般有两种方法:①用沿线控制点放样;②用路线控制桩(交点、直圆点、圆直点等)放样。

用控制点放样中线,放样精度能得到充分的保证。在测量技术飞速发展的今天,测距仪的使用越来越普遍。现在,几乎所有的施工单位都有测距仪或全站仪,因而这种方法得到了广泛的应用,成为恢复中线的主要手段。《公路路基施工技术规范》(JTG F10—2006)规定,对高速公路、一级公路,应用坐标法恢复路线主要控制桩。

在实际应用中,二级以上的公路勘察设计,均沿路线建有导线控制点,作为首级控制,故可采用控制点放样。

用路线控制桩来恢复中线有两种情况:一种情况是公路两旁没有布设导线控制点,公路中线都是用交点桩号、曲线元素(转角、半径、回旋线长)标定,施工单位只有根据路线控制桩来恢复中线,这种情况在修建低等级公路时是常见的;另外一种情况就是由于施工单位没有测距仪,无法利用控制点,也只好利用路线控制桩恢复中线,但这种方法常用于低等级公路。

一、控制点复测

控制点复测是施工测量前必不可少的准备工作,它包括导线控制点和路线控制桩的复测。另外,由于人为或其他原因,导线控制点和路线控制桩丢失或遭到破坏,要对其进行补测;有的导线点在路基范围以内,需将其移至路基范围以外。只

有当这一切都完成无误时,方能进行施工放样工作。

(一) 导线控制点和路线控制桩的复测

路线勘测设计完成以后,往往要经过一段时间才能施工。在这段时间内,导线控制点或路线控制桩是否移位,精度如何,需对其进行复测。

导线点的复测主要是检查它的坐标和高程是否正确。复测的方法如图 1-1 所示。

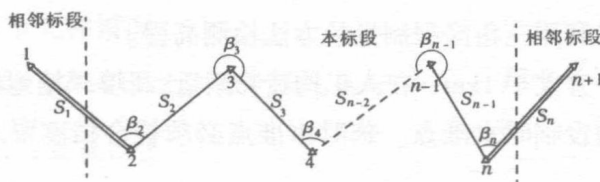


图 1-1 导线点复测

(1) 根据导线点 1~n 的坐标由式(1-1)反算转角(左角) $\beta_2 \sim \beta_{n-1}$ 和导线边长 $S_1 \sim S_{n-1}$ 。

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{i+1,i} &= \arctan \frac{Y_i - Y_{i+1}}{X_i - X_{i+1}} \\ \alpha_{i+1,i+2} &= \arctan \frac{Y_{i+2} - Y_{i+1}}{X_{i+2} - X_{i+1}} \\ \beta_{i+1} &= \alpha_{i+1,i+2} - \alpha_{i+1,i} \\ S_i &= \sqrt{(X_{i+1} - X_i)^2 + (Y_{i+1} - Y_i)^2} \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

(2) 实地观测各转角 $\overline{\beta_{i+1}}$ 导线边长 $\overline{S_i}$ 角度,观测可按一个测回平均值,边长测量可按连续观测 3~4 次的平均值。当观测值与计算值满足式(1-2)时,则认为点的平面坐标和位置是正确的。

$$\left. \begin{aligned} |\beta_{i+1} - \overline{\beta_{i+1}}| &\leq 2m\beta = 16'' \\ \left| \frac{\overline{S_i} - S_i}{S_i} \right| &\leq \frac{1}{15\,000} \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

另外,还要对导线进行检查,检查时可将图 1-1 中 1、2 点和 n、n+1 点作为已知点, $\alpha_{1,2}$ 和 $\alpha_{n,n+1}$ 作为已知坐标方位,按二级导线的方位角闭合差和全长相对闭合差的精度要求进行控制。具体详见导线测量的有关内容。

(3) 水准点高程的检测。

水准点在使用之前应仔细校核,并与国家水准点闭合。水准点高程的检测和水准测量的方法一样。高速公路和一级公路的水准点闭合差按四等水准($20\sqrt{L}$, L 为路线总长, km)控制,二级以下公路水准点闭合差按五等水准($30\sqrt{L}$)控制。大桥附近的水准点闭合差应按《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50—2011)的规定办理。若符合精度要求,则认为点的高程是正确的。

一般情况下,公路两旁布设的导线点,其坐标和高程均在同一点上。因此,在复测坐标的同时可利用三角高程测量的方法检测高程。

水准点间距不宜大于 1km。在人工构造物附近、高填深挖地段、工程量集中及地形复杂地段宜增设临时水准点。临时水准点必须符合精度要求,并与相邻路段水准点闭合。

值得注意的是,有的施工单位在复测导线点时,只检查本标段的点,而忽视了对前后相邻标段点的检查,这样就有可能在标段衔接处出现路中线错位或断高现象。在实际工作中应引起重视,防止这种问题的发生。复测导线时,必须和相邻标段的导线闭合。

(二) 导线控制点的补测与移位

由于人为或其他原因,导线控制点丢失或遭到破坏,如果间断性地丢失,则可利用前方交会、支点等方法补测该点,或采用任意测站方法补测导线点。补测的导线点原则上应在原导线点附近;如果连续丢失数点,则要用导线测量的方法补测。若将路基范围内的导线点移至路基范围以外,则可根据移点的多少分别采用交会法或导线法,也可采用骑马桩法加以保护。导线点的高程用水准测量或三角高程测量测定(前方交会、支点、任意测站等方法请参阅相关测量教材)。

值得注意的是,在补点时应尽量将点位选在路线的一侧且地势较高处,以避免路基填土达到一定高度时影响导线点之间的通视。

施工期间应定期(一般半年)对导线控制点(特别是水准点)进行复测。季节冻融地区,在冻融以后也要进行复测。发现导线控制点丢失后应及时补上,并做好对导线控制点(特别是原始点)的保护工作。

二、用导线控制点恢复中线

用导线控制点恢复中线,实质上就是根据导线点坐标与公路中线坐标之间的关系,借以高精度的测距手段,将公路中线放到实地。因此,也可称之为坐标法。

如图 1-2 所示, P 为公路中线点,坐标为 (X_p, Y_p) ; A 、 B 为导线点,坐标分别为

(X_A, Y_A) 、 (X_B, Y_B) , P 点与 A 点的极坐标关系用 A 点到 P 点的距离 S_{AP} 、坐标方位角 α_{AP} 表示, 即

$$\left. \begin{aligned} S_{AP} &= \sqrt{(X_P - X_A)^2 + (Y_P - Y_A)^2} \\ \alpha_{AP} &= \arctan \frac{X_P - X_A}{Y_P - Y_A} \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

式(1-3)就是两点间距离和坐标方位角的计算公式, 式中导线点的坐标通过控制测量求得。要求得 P 点坐标, 可分为以下几种情况。

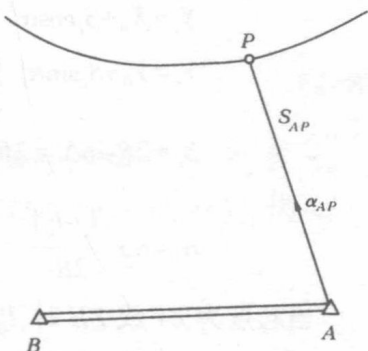


图 1-2 导线点恢复中线

(一) 根据中线上 P 点的里程桩号求算坐标

1. P 点在中线的直线段上

如图 1-3 直线段起点桩号 l_0 , 坐标为 (X_0, Y_0) , 直线段坐标方位角 α , 直线段上一交点 P [桩号 l_i 的坐标 (X_i, Y_i)] 的计算公式为

$$\left. \begin{aligned} X_i &= X_0 + (l_i - l_0) \cos \alpha \\ Y_i &= Y_0 + (l_i - l_0) \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

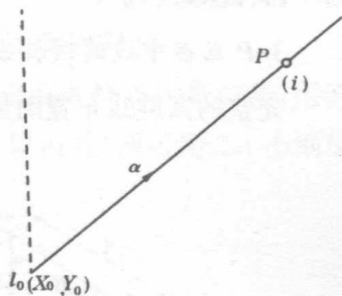


图 1-3 P 点在中线的直线上

路线上直线段起点一般为 JD_n , 如图 1-4 所示, 其 P 点坐标可用式(1-5)求得

$$\left. \begin{aligned} X_P &= X_{JD_n} + \{ T_n + [P_n - HZ_n(YZ_n)] \} \cos \alpha_{JD_n \rightarrow P} \\ Y_P &= Y_{JD_n} + \{ T_n + [P_n - HZ_n(YZ_n)] \} \sin \alpha_{JD_n \rightarrow P} \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

式中 P_n 、 $HZ_n(YZ_n)$ —— P_n 点和 $HZ_n(YZ_n)$ 点的里程桩号;
 T_n —— 切线长。

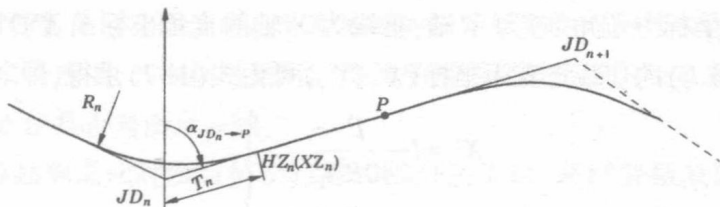


图 1-4 P 点坐标

2. P 点在中线的圆曲线上

如图 1-5 所示, 圆曲线半径 R , 起点桩号 l_0 , 起点坐标 (X_0, Y_0) , 起点的切线坐标方位角 α , 曲线段上一点 P (桩号 l_i) 的坐标用式(1-6)直接求得

$$\left. \begin{aligned} X_i &= X_0 + S_i \cos \alpha_i \\ Y_i &= Y_0 + S_i \sin \alpha_i \\ S_i &= 2R \sin \Delta i = 2R \sin \frac{|l_i - l_0|}{2R} \\ \alpha_i &= \alpha \pm \frac{|l_i - l_0|}{2R} \end{aligned} \right\} (1-6)$$

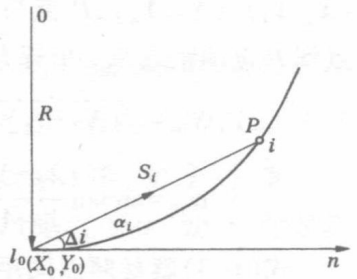


图 1-5 P 点在中线的圆曲线上

当起点为 ZY 或 ZH 时, $l_0 = l_{ZY(ZH)}$, $X_0 = X_{ZY(ZH)}$, $Y_0 = Y_{ZY(ZH)}$, “±”取法:左偏取“-”,右偏取“+”;

当起点为 YZ 或 HZ 时, $l_0 = l_{YZ(HZ)}$, $X_0 = X_{YZ(HZ)}$, $Y_0 = Y_{YZ(HZ)}$, “±”取法:左偏取“+”,右偏取“-”;

3. P 点在中线的回旋线上

完整的回旋线布置图见图 1-6, 为方便计算, 建立一个辅助坐标系。

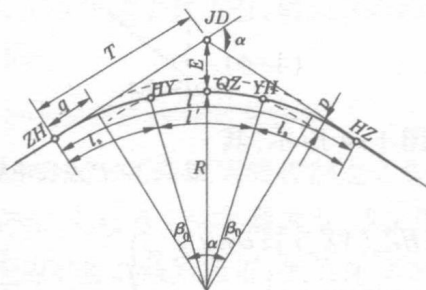


图 1-6 P 点在回旋线上

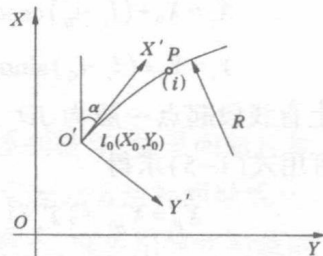


图 1-7 P 点坐标

如图 1-7 所示, 在以回旋线起点 $R = \infty$, 桩号 l_0 , 坐标 (X_0, Y_0) 为坐标原点, 起点切线(切线坐标方位角 α) 为 X' 轴, 垂线为 Y' 轴的直角坐标系 $X'O'Y'$ 中, 曲线段上一点 i (桩号 l_i) 的切线正支距坐标 (X'_i, Y'_i) 可由式(1-7)求得, 即

$$\left. \begin{aligned} X'_i &= l - \frac{l^5}{40R^2 l_s^2} \\ Y'_i &= \frac{l^3}{6R l_s} - \frac{l^7}{336R^3 l_s^3} \end{aligned} \right\} (1-7)$$

式中 l_s ——回旋线长度, m;

R ——平曲线半径, m;

$l = |l_i - l_0|$ 。

利用坐标平移和旋转计算出该点在大地平面直角坐标系 XOY 中的坐标 $(X_i,$

Y_i)为

$$\left. \begin{aligned} X_i &= X_0 + X'_i \cos\alpha - Y'_i \sin\alpha \\ Y_i &= Y_0 + X'_i \sin\alpha - Y'_i \cos\alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-8)$$

当起点为 ZH , $l_0 = l_{ZH}$, $X_0 = X_{ZH}$, $Y_0 = Y_{ZH}$, 曲线为左偏时, 应以 $Y'_i = -Y'_i$ 代入。

当起点为 HZ , $l_0 = l_{HZ}$, $X_0 = X_{HZ}$, $Y_0 = Y_{HZ}$, 曲线为右偏时, 应以 $Y'_i = -Y'_i$ 代入。

(二) 根据求得的 P 点坐标进行放样

(1) 在设站 A 上架设经纬仪、测距仪, 整平对中。

(2) 将导线点坐标、路线有关数据输入计算机, 运行计算机程序。

(3) 后视已知导线点 B , 配置水平度盘读数至后视导线点坐标方位角 α_{AB} 。

(4) 根据待放样点 i 的桩号 l_i , 计算机自动判断(亦可人工判断)该点所处曲线的线段(如直线段、回旋线段、圆曲线段), 计算该点的放样资料 S_i 、 α_i 。

(5) 经纬仪拨方位角 α_i , 指导棱镜操作者沿该方向走到放样点大概位置, 用测距仪进行测距。当所测距离与计算距离 S_i 之差在 $\pm 2\text{m}$ 以内时, 便可用 2m 小钢尺量距定桩, 并在桩的侧面标注上桩号。

(6) 精确对点测距, 用小铁钉确定该点位置。

(7) 检查该点的桩号、方位、距离是否正确。

重复第(4)~(7)步, 放样其他中线点。

三、用路线控制桩恢复中线

(一) 恢复交点

(1) 当原勘测设计时所钉的交点桩保存基本完好, 只有个别交点桩丢失时, 恢复路线中线的测量工作就比较简单, 可用方向交会法。根据前、后两已知点的直线距离, 所量得的转角值和距离应与原勘测时的转角值和距离相符, 其差数应不超过测量误差要求的范围, 并根据勘测时的路线平面图和横断面图与实地对照, 看其新交的交点的点位是否与图示一致。

(2) 当原勘测设计时所钉的交点桩大部分丢失时, 路线要恢复到原来的位置是比较困难的, 一般只能恢复到比较接近原来的位置。恢复时先组织人员根据路线平面图把可能保存下的桩都打出来, 然后从一已知直线段出发, 根据原勘测设计时的直线、曲线转角一览表上的数据, 用放样已知数值的水平角和已知长度直线的方法, 放样出丢失的交点。如图 1-8 所示, JD_{19} 、 ZD 、 JD_{23} 是打出的原桩, JD'_{20} 、 JD'_{21} 、 JD'_{22} 、 JD'_{23} 为用放样的方法获得的已丢失的交点桩。

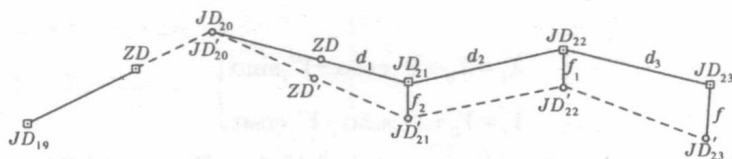


图 1-8 交点恢复

由于放样角度和边长均存在误差,所以通过放样方法得出的交点位置必然和原来位置不一致,使用 JD_{23} 和 JD'_{23} 不重合,在实地的闭合差为 f 。根据附和导线的闭合差与导线边长成比例的原则,在实地量出 f 值后,按直线、曲线转角一览表上所列各交点间的直线长度在实地进行近似的调整,调整的数值如下

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= \frac{f}{(d_1+d_2+d_3)}(d_1+d_2) \\ f_2 &= \frac{f}{(d_1+d_2+d_3)}d_1 \end{aligned} \right\} \quad (1-9)$$

按 f 的方向在 JD'_{22} 上量 f_1 钉出 JD_{22} , 在 JD'_{21} 上量 f_2 钉出 JD_{21} , 然后在 JD'_{20} 、 JD'_{22} 、 JD'_{22} 、 JD'_{23} 上安置经纬仪量角、量边, 看其数值是否符合直线、曲线转角一览表上所列数值。若不超过测量误差要求的范围, 则根据地形和地物判断, 先在直线段恢复几个比较典型的中桩, 并在中桩上测出横断面图, 将测出的横断面图与原来的进行对照, 如果基本一致, 可认为所恢复的交点桩基本正确。否则, 应反复调整交点桩, 直到所测得的横断面与原横断面图出入不大。

(二) 恢复转点

由于在恢复交点的过程中不能一次定下交点的点位, 一般都要经过多次调整, 才能符合要求, 所以用正确倒镜的方法得出的转点往往不能在两交点之间的直线上。因此, 转点的最后恢复都需采用逐渐趋近法。如图 1-9 所示, 用放样的方法得出的 JD_{20} 和 JD'_{21} 中间有一个正倒镜法得出的转点 ZD' , 由于调整了交点 JD'_{21} 后, 使原来的 ZD' 也不再在 JD_{20} 和 JD_{21} 的连线上。假设 JD_{20} 和 ZD' 之间的距离约为 $\frac{2}{3}d_1$, 如图 1-9 所示, 先估算出 ZD' 点应移动的 x 值, $x = \frac{f_2}{d_1} \frac{2}{3}d_1 = \frac{2}{3}f_2$, 在原来的 ZD' 点上用尺量出 x 值, 将经纬仪安置在 ZD' 上, 经对中、整平后, 后视 JD_{20} 倒转望远镜看视线是否通过 JD_{21} , 若视线通过 JD_{21} , 则说明经纬仪的垂球尖即为需求的 ZD 点。如果视线不通过 JD_{21} , 而偏于 JD'_{21} 和 JD_{21} 之间, 则说明 x 值估算小了; 反之, 说明 x 值估算大了。再搬动经纬仪继续趋近, 直到后视 JD_{20} 后, 倒转望远镜视线恰好通过 JD_{21} 。

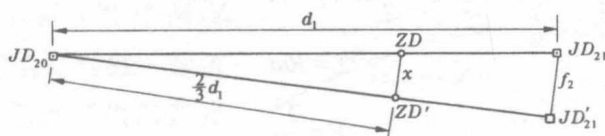


图 1-9 转点恢复

(三) 恢复中桩

当交点和转点恢复后,根据路基设计表上的桩号可直接用钢尺恢复直线段上的中桩。如果在恢复后的交点上量得的转角与原设计表上所列值相差不大,则可根据勘测设计时给定的半径和曲线元素用直角坐标法或偏角法等设置曲线加桩;如果所量得的转角与原来的相差较大,应根据地形并参照原来的切线长,根据改变后的转角改动曲线半径,重新计算曲线元素,并设置曲线上的各加桩,但改变半径值应不影响纵坡设计的规定和要求。

四、竖曲线的施工放样

在设计路线纵坡的变更处,考虑行车的视距要求和行车的平稳,在竖直面内用圆曲线连接起来,这种曲线称为竖曲线。如图 1-10 所示,路线上三条相邻的纵坡 $i_1(+)$ 、 $i_2(-)$ 、 $i_3(+)$,在 i_1 和 i_2 之间设置凸形竖曲线,在 i_2 和 i_3 之间设置凹形竖曲线。

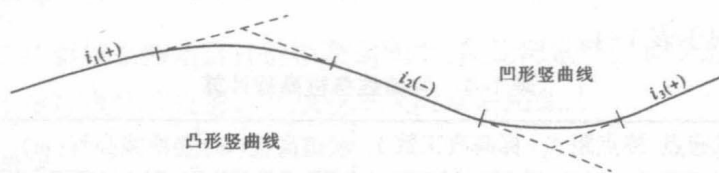


图 1-10 竖曲线

根据路线相邻坡道的纵坡设计 i_1 和 i_2 (见图 1-10),计算竖曲线的坡度转折角 α ,由于 α 角很小,计算时可以作一些简化

$$\alpha = \arctan i_1 - \arctan i_2 \approx (i_1 - i_2) \frac{180^\circ}{\pi} \quad (1-10)$$

竖曲线的设计半径为 R ,竖曲线的计算元素为切线长 T 、曲线长 L 和外距 E 。因此,可以采用与平面圆曲线计算主点测设元素同样的公式。

由于竖曲线的设计半径 R 较大,而 α 角又较小,因此竖曲线测设元素也可以用下列近似公式计算

$$T = \frac{1}{2}R|i_1 - i_2| = \frac{1}{2}R\omega \quad (1-11)$$

$$L = R\omega \quad (1-12)$$

$$E = \frac{T^2}{2R} \quad (1-13)$$

同理,可导出竖曲线中间各点按直角坐标法测设的 Y_i (即竖曲线上的标高改正值)的计算式

$$Y_i = \frac{X_i^2}{2R} \quad (1-14)$$

式中, Y_i 值在凹形竖曲线中为正号,在凸形竖曲线中为负号。

【例 1-1】设 $i_1 = -1.1\%$, $i_2 = +0.2\%$, 为凹形竖曲线,变坡点的桩号为 K1+670, 高程为 48.60m, 欲设置 $R = 5000\text{m}$ 的竖曲线。求各测设元素及起点、终点的桩号和高程、曲线上每 10m 间距里程桩的标高改正数和设计高程。

按式(1-11)~式(1-13)求得 $T = 32.50\text{m}$, $L = 65.00\text{m}$, $E = 0.11\text{m}$, 则竖曲线起点、终点的桩号和高程为

$$\text{起点桩号} = \text{K1} + (670 - 32.50) = \text{K1} + 637.50$$

$$\text{终点桩号} = \text{K1} + (637.50 + 65.00) = \text{K1} + 702.50$$

$$\text{起点坡道高程} = 48.60\text{m} + 32.5\text{m} \times 1.1\% = 48.96\text{m}$$

$$\text{终点坡道高程} = 48.60\text{m} + 32.5\text{m} \times 0.2\% = 48.67\text{m}$$

然后根据 $R = 5000\text{m}$ 和相应的桩距 X_i , 即可求得竖曲线上各桩的标高改正数 Y_i , 计算结果列于表 1-1。

表 1-1 竖曲线各桩高程计算

桩号	至起点、终点距 X_i	标高改正数 Y_i	坡道高程(m)	竖曲线高程(m)	说明
K1+637.50			48.96	48.96	竖曲线起点
K1+650	$X_1 = 12.5$	$Y_1 = 0.02$	48.82	48.84	$i_1 = -1.1\%$
K1+660	$X_2 = 22.5$	$Y_2 = 0.05$	48.71	48.76	
K1+670	$X_3 = 32.5$	$E = 0.11$	48.60	48.71	变坡点
K1+680	$X_4 = 22.5$	$Y_2 = 0.05$	48.62	48.67	$i_2 = +0.2\%$
K1+690	$X_5 = 12.5$	$Y_1 = 0.02$	48.64	48.66	
K1+702.50			48.67	48.67	竖曲线终点

竖曲线起点、终点的测设方法与圆曲线相同,而竖曲线上辅点的测设实质上是

在曲线范围内的里程桩上测出竖曲线的高程。因此,实际工作中测设竖曲线都与测设路面高程桩一起进行。测设时,只需把已算出的各点坡道高程再加上(对于凹形竖曲线)或减去(对于凸形竖曲线)相应点上的标高改正值即可,如图 1-11 所示。

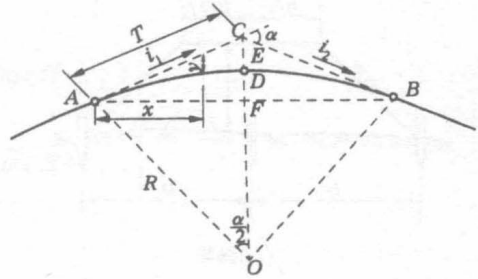


图 1-11 竖曲线测设元素

第三节 高程施工放样

道路从勘测完成到施工阶段,以及在道路施工过程中,部分路线里程桩可能遗失或遭破坏。因此,在施工前应及时检查和核对,必要时还应增设施工控制点,对遗失地段及时恢复控制桩,并在施工范围外设置保护桩。

一、路基边桩的测设

路基边桩的测设就是将每一个横断面的路基两侧的边坡线与地面的交点,用木桩标定在实地上,作为路基施工的依据。常用的有以下几种方法。

(一) 图解法

图解法是指直接在路基设计的横断面图上,按比例量取中桩至边桩的距离,然后到实地上用皮尺量得其位置。在填挖不大时常采用此法。

(二) 解析法

解析法是根据路基填挖高度、路基宽度、边坡率计算路基中桩至边桩的距离。解析法的适用分平坦地面和倾斜地面两种情况。

1. 平坦地面

根据前文介绍,填方路基称为路堤,如图 1-12(a)所示;挖方路基称为路堑,如图 1-12(b)所示。