



GONGLU SHIGONG YINGYONG JISHU

CELIANG SHIYAN JILIANG HE

SHIGONG ZUZHI SHEJI

公路施工应用技术

—— 测量、试验、计量和施工组织设计

主 编：吕应臣

副主编：陈宏伟 张幸伟 丁彦军 邵 平

主 审：梁勇旗 潘 威

中国建筑工业出版社

公路施工应用技术

——测量、试验、计量和施工组织设计

主 编：吕应臣

副主编：陈宏伟 张幸伟 丁彦军 邵 平

主 审：梁勇旗 潘 威

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

公路施工应用技术——测量、试验、计量和施工组织设计/吕应臣主编.
北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 5
ISBN 978-7-112-16377-9

I. ①公… II. ①吕… III. ①道路施工—工程技术 IV. ①U415.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 022959 号

本书全面、系统地讲述了目前道路施工中需要参考的一系列相关内容, 共分为五篇: 前两篇主要介绍道路工程测量中的主要内容, 第三篇为道路材料技术以及试验, 第四篇为计量与支付的有关内容, 第五篇主要介绍施工组织概论及工程实例。

本书具有较强的操作性和实用性, 可供广大从事公路建设、施工、监理单位一线人员以及大中专院校有关师生学习参考。

* * *

责任编辑: 王磊 田启铭

责任设计: 董建平

责任校对: 张颖

公路施工应用技术

——测量、试验、计量和施工组织设计

主 编: 吕应臣

副主编: 陈宏伟 张幸伟 丁彦军 邵平

主 审: 梁勇旗 潘威

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京永峥排版公司制版

北京建筑工业出版社印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 24 字数: 600 千字

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月第一次印刷

定价: 68.00 元

ISBN 978-7-112-16377-9

(25102)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)



本书编写委员会

主任委员：吕应臣

副主任委员：陈宏伟 张幸伟 梁勇旗 邵平

秘书长：潘威

委员：吕应臣 陈宏伟 张幸伟 潘威

梁勇旗 邵平 丁彦军 杨庆

邵晓广 丁岩 王菲菲

前 言

随着公路建设、公路养护事业的发展，仍需要一大批公路建设与管理的一线工作人员，那么他们的知识结构也决定了其管理服务的水平。传统的专业技术资料或教材编写的结构较为单一，常常是针对某一方面的内容进行讲述，比如“公路测量”或者“公路施工管理”，而本资料则立足于实用性、通俗性、普及性、可操作性，深入浅出地将测量、材料、计量与支付、施工组织等系统的组织在一起，可供广大从事公路建设、施工、监理单位以及大中专有关师生在实际工作中学习参考。

限于编著者的学识水平和实践经验，书中难免有疏漏或错误之处，敬请各位读者批评和指正。

编著者

2013 年 10 月

目 录

第一篇 开工前的放样工作

第一章 路基施工放线	3
第一节 资料的准备	3
第二节 路线交点的复测	6
第三节 路线转角的测定和里程桩设置	8
第四节 曲线段施工控制桩的恢复	9
第五节 单圆曲线上施工控制桩的坐标计算	11
第六节 对称式带缓和曲线的圆曲线上施工控制桩的坐标计算	12
第七节 非对称式带缓和曲线的圆曲线上施工控制桩的坐标计算	13
第八节 不带缓和曲线的复曲线	15
第九节 凸曲线	15
第十节 卵形曲线	16
第十一节 回头曲线上施工控制桩的坐标计算	20
第十二节 竖曲线	21
第十三节 放样数据计算	22
第十四节 路线中线恢复与校核	29
第十五节 路基填挖方线的确定	33
第二章 沿线结构物的施工放线	36
第一节 涵洞的施工放样	36
第二节 桥梁施工放样	38
第三节 挡土墙的施工放样	56
第四节 隧道的放样	57
第五节 互通式立交匝道的放样计算	69
第六节 混凝土连续梁桥施工测量放样	76
第七节 大型斜拉桥（悬索桥）的施工放样	83
第八节 锥坡的放样	105

第二篇 公路工程施工过程中的测量放样和控制

第一章 路基施工高度的测量放样	111
第一节 路基抄平资料准备	111
第二节 路基抄平数据计算	111
第三节 路基施工抄平方法	113
第二章 路面施工过程中的测量放样	116
第一节 路面施工前的施工控制桩的恢复和偏位检查	116
第二节 路床的放样	117

第三章 施工过程中结构物的施工测量 122

第三篇 公路工程施工试验

第一章 概论 127

第一节 项目试验工作的目的和意义 127

第二节 项目试验工作的任务 128

第三节 项目试验工作的依据和评定标准 128

第二章 项目试验室 130

第一节 项目试验室类型 130

第二节 项目试验室主任 130

第三节 项目试验室人员配备 131

第四节 项目试验室的主要设备配置 131

第五节 项目试验室的布置 134

第三章 项目试验管理及质量控制 135

第一节 试验管理在项目管理中的地位和作用 135

第二节 工程开工前的试验及管理工作 136

第三节 施工过程中的质量控制及试验管理 137

第四节 工程完工后的试验管理工作 147

第五节 常用材料的试验项目、取样方法、取样品率、取样数量及试验方法 148

第六节 施工过程中工程质量控制试验项目检测频率 150

第七节 试验资料的管理 151

第八节 试验管理规章制度 152

第九节 试验台账 162

第十节 试验数据的统计分析和处理方法 163

第四章 重点试验项目试验方法 167

第一节 钢材试验 167

第二节 水泥混凝土 175

第三节 沥青混合料 194

第四篇 计量与支付

第一章 计量与支付的准备工作 233

第一节 阅读和熟悉设计图 233

第二节 工程数量计算及实用计算公式 248

第二章 计量支付项目划分 258

第一节 工程管理计量与支付 258

第二节 临时工程计量与支付 258

第三节 承包人驻地建设计量与支付 259

第四节 场地清理计量与支付 259

第五节 路基挖方计量与支付 260

第六节 路基填方计量与支付 261

第七节 特殊地区路基处理计量与支付 262

第八节 石灰稳定土计量与支付 264

第九节	水泥稳定土底基层、基层计量与支付	265
第十节	水泥粉煤灰稳定土底基层、基层计量与支付	265
第十一节	级配碎石底基层、基层计量与支付	266
第十二节	透层、粘层和封层计量与支付	267
第十三节	热拌沥青混合料面层计量与支付	267
第十四节	水泥混凝土面板计量与支付	268
第十五节	桥梁通则计量与支付	269
第十六节	钢筋计量与支付	269
第十七节	基础挖方及回填计量与支付	270
第十八节	钻孔灌注桩计量与支付	271
第十九节	挖孔灌注桩计量与支付	272
第二十节	桩的垂直静荷载试验计量与支付	272
第二十一节	结构混凝土工程计量与支付	273
第二十二节	预应力混凝土工程计量与支付	274
第二十三节	预制构件的安装计量与支付	275
第二十四节	砌石工程计量与支付	275
第二十五节	钢结构计量与支付	276
第二十六节	桥梁铺装计量与支付	276
第二十七节	桥梁支座计量与支付	277
第二十八节	桥梁接缝和伸缩缝计量与支付	277
第二十九节	防水处理计量与支付	278
第三十节	坡面排水	278
第三十一节	路面及中央分隔带排水计量与支付	279
第三十二节	圆管涵及倒虹吸计量与支付	279
第三十三节	盖板涵及箱涵计量与支付	280
第三十四节	拱涵计量与支付	281
第三十五节	护坡、护面墙计量与支付	281
第三十六节	挡土墙计量与支付	282
第三十七节	加筋挡土墙计量与支付	283
第三十八节	喷射混凝土和喷浆边坡防护计量与支付	283
第三十九节	抗滑桩计量与支付	284
第四十节	河道防护计量与支付	285
第四十一节	护栏计量与支付	285
第四十二节	隔离栅计量与支付	286
第四十三节	道路交通标志计量与支付	287
第四十四节	道路交通标线计量与支付	287
第四十五节	防眩设施计量与支付	288
第四十六节	通信和电力管道与预埋基础计量与支付	288
第四十七节	收费设施及地下通道计量与支付	289
第四十八节	铺设表土计量与支付	290
第四十九节	播撒草种计量与支付	291
第五十节	种植乔木、灌木、攀缘植物和铺草皮计量与支付	291
第五十一节	声屏障计量与支付	292

第五篇 施工组织

第一章 施工组织设计总论	295
第一节 概述	295
第二节 施工组织设计的基本原则	297
第三节 施工组织设计的阶段和内容	299
第四节 原始资料的调查分析	301
第五节 施工组织的基本方法	303
第二章 施工组织设计示例	308
第一节 施工方案示例	308
第二节 施工组织计划示例	310
第三节 指导性施工组织设计示例	320
第四节 公路大中修与旧桥加固“施工组织设计”示例	349
第五节 实施性施工组织计划示例	364
参考文献	374

第一篇 开工前的放样工作

第一章 路基施工放线

第一节 资料的准备

一、资料准备

(1) 在展开放样工作之前,我们应该广泛收集测区及其附近已有的控制测量成果和地形图资料。

1) 控制测量资料包括成果表、点之记、展点图、路线图、计算说明和技术总结等。收集资料时要查明施测年代、作业单位、依据规范、平高系统、施测等级和成果的精度评定。成果精度指三角网的高程、测角、点位、最弱边、相对点位中误差、水准路线中每公里偶然中误差和水准点的高程中误差等。

2) 收集的地形图资料包括测区范围内及周边地区各种比例尺地形图和专业用图,主要查明地图的比例尺、施测年代、作业单位、依据规范、坐标系统、高程系统和成图质量等。

3) 如果收集到的控制资料的坐标系统、高程系统不一致,则应收集、整理这些不同系统间的换算关系。

(2) 收集合同文件、工程设计文件、业主(监理)文件中有关测量专业的技术要求和规定。

(3) 准备相应的规范:《国家三角测量规范》、《国家一、二等水准测量规范》、《国家三、四等水准测量规范》、《GPS 测量规范》、《水利水电工程施工测量规范》。

(4) 了解测区的行政划分、社会治安、交通运输、物资供应、风俗习惯、气象、地质情况。例如了解冻土深度,用以考虑埋石深度;最大风力,以考虑觇标的结构;雾季、雨季和风季的起止时间,封冻和解冻时间,以确定适宜的作业月份。

二、基本数据的计算

(一) 导线的复测

当路线的线形主要由导线控制时,导线的点位精度及密度直接影响施工放样的质量。因此,路基施工前对导线进行认真的复测是十分重要的。导线点复测的主要内容包括:a. 检查导线(网)是否符合规范及有关规定要求,平差计算是否正确,精度是否经过有关方面的检查和验收。b. 导线点的密度是否满足施工放线要求,必需时应进行加密,以及保证在道路施工的全过程中,相邻导线点必须是相互通视的。c. 检查导线点是否丢失、移动,并进行必要点位恢复工作。

1. 导线外业的复测

导线的复测主要包括水平角测量和距离测量以及导线点的加密等。

(1) 水平角的测量

导线的水平角应使用不低于 DJ₆ 级经纬仪，用测回法进行测量。在测量附和导线中，测量左角和右角，在闭合导线中均测内角。导线起终点应与国家大地点（三角点、导线点）或其他单位不低于 4 等的大地点联测。

(2) 导线边长测量

导线边长一般采用钢尺及经纬仪等工具测量。用全站仪测定导线边长中误差不超过 ±1cm。用钢尺测量时，导线边长应丈量 2 次，如其误差在规定范围之内，取其平均值。用全站仪测量时，距离和竖直角应往返观测各一测回，距离一测回读数 2 次，边长采用往测平距，返测平距仅供参考。

2. 导线测量技术指标

导线测量技术指标见表 1-1-1。

导线测量技术指标 表 1-1-1

等级	导线长度 (km)	平均边长 (km)	测角中误差	测回数		角度闭合差 (")	相对闭合差
				DJ ₆	DJ ₂		
一级	4	0.5	5	4	2	$10\sqrt{n}$	1/15000
二级	2.4	0.25	8	3	1	$16\sqrt{n}$	1/10000
三级	1.2	0.1	12	2	1	$24\sqrt{n}$	1/5000

注：n 为测站数。

3. 导线点的加密

当原有导线点不能满足施工要求时，应进行导线点加密，以保证在道路施工的全过程中，相邻导线点间能互相通视。加密导线点可以采用传统的方法，如线形三角锁、图根导线、交会法等。我们现在介绍全站仪支导线法，如图 1-1-1 所示，K₁、K₂ 已知导线点，待加密点为 K₁₋₁、K₁₋₂……。步骤为：

- (1) 在站点 K₁ 上安置仪器，开机；
- (2) 输入测站 K₁ 的坐标、仪器高、棱镜高；
- (3) 瞄准后视点 K₂，输入 K₂ 的坐标或方位角；

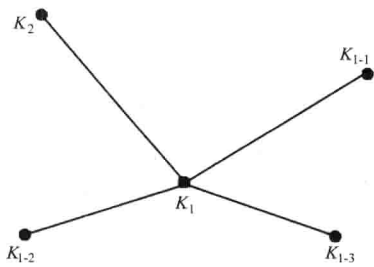


图 1-1-1 全站仪支导线法测定加密点坐标

- (4) 转动望远镜，瞄准待加密点 K₁₋₁ 上的反射棱镜，按下测键，稍候即可得到加密点的坐标。

分别立反射棱镜在 K₁₋₁、……等点，重复上述操作，可得到其他各待加密点坐标。

(二) 导线的外业复测

1. 坐标方位角推算

为了计算各导线点的坐标，首先应推算出导线各边的坐标方位角（以下简称方位角）。导线已与高级控制点联测，因此，导线各边的方位角可由已知边的方位角依次推算出来。如图 1-1-2 所示，A、B、C 为导线点，

若已知 AB 的方位角 α_{AB} 和导线点 B 的偏转角 Δ , 则 BC 边的方位角 $\alpha_{BC} = \alpha_{AB} \pm \Delta$ (Δ 右偏取正, 左偏取负)。也可以用导线点上量测的左角或右角来推算下一条边的方位角。若用 B 点的左角 $\beta_{左}$ 时, 则:

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ + \beta_{左}$$

若用 B 点的右角 $\beta_{右}$ 时, 则:

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ - \beta_{右}$$

2. 坐标增量计算

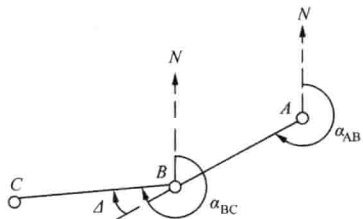


图 1-1-2 坐标方位角推算

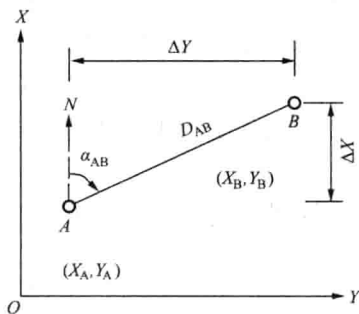


图 1-1-3 坐标增量计算

如图 1-1-3 所示, 在平面直角坐标系中, A 、 B 两点的坐标分别为 (X_A, Y_A) 、 (X_B, Y_B) , 它们相应的坐标差:

$$\Delta X = X_B - X_A \quad (1-1-1)$$

$$\Delta Y = Y_B - Y_A \quad (1-1-2)$$

称为坐标增量。若 AB 的长度为 D_{AB} , 其方位角为 α_{AB} , 则

$$\Delta X = D_{AB} \cos \alpha_{AB} \quad (1-1-3)$$

$$\Delta Y = D_{AB} \sin \alpha_{AB} \quad (1-1-4)$$

可以看出, 当 α_{AB} 在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 时, ΔX 、 ΔY 均为正值; 在 $90^\circ \sim 180^\circ$ 时, ΔX 为负值, ΔY 为正值; 在 $180^\circ \sim 270^\circ$ 时, ΔX 、 ΔY 均为负值; 在 $270^\circ \sim 360^\circ$ 时, ΔX 为正值, ΔY 为负值。

由于方位角是从纵轴的正方向开始并按顺时针计算的, 所以大地坐标把纵轴作为 X 轴, 横轴作为 Y 轴, 这正好与数学上常用的相反。

已知导线边长和方位角, 就可以算出坐标增量; 由已知导线点的坐标, 加上两点间的坐标增量, 就得到另一点的坐标。反之, 若已知 A 、 B 两点的坐标, 就可以求出 AB 边的边长和方位角:

$$D_{AB} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (1-1-5)$$

$$\alpha_{AB} = \arctg \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} \quad (1-1-6)$$

3. 角度闭合差调整

如图 1-1-4 所示, 附和导线从高级控制点 A 出发, 最后附合于高级控制点 C 上。把高级控制边 AB 、 CD 延长相交于 E , 组成

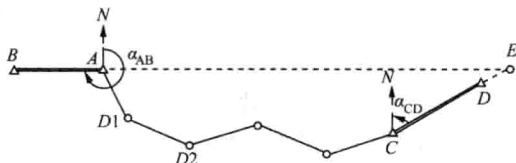


图 1-1-4 角度闭合差调整图

一个闭合多边形。设附和导线点的个数（包括起点 A 和终点 C ）为 n ，则该多边形的内角总和为 $(n-1) \times 180^\circ$ 。而 E 点的内角是 $\alpha_{AB} - \alpha_{CD} - 180^\circ$ ，故附和导线 n 个观测角内角总和的理论值：

$$\sum \beta_{理} = n \cdot 180^\circ - (\alpha_{AB} - \alpha_{CD}) \quad (1-1-7)$$

设附和导线 n 个观测角内角总和的实测值是 $\sum \beta_{测}$ ，则附和导线的角度闭合差：

$$f_\beta = \sum \beta_{测} - n \cdot 180^\circ - (\alpha_{AB} - \alpha_{CD}) \quad (1-1-8)$$

如果 $f_\beta \leq 16\sqrt{n}$ (″)，即测角精度满足要求，则可进行角度闭合差调整。调整的办法是将闭合差按相反的符号平均分摊到每个观测角中去。然后按调整后的内角，从起始边 AB 的方位 α_{AB} 出发，依次推算各导线边的方位角，推算至附和边 CD 的方位角，若恰好等于该边的已知方位角 α_{CD} ，则说明角度闭合差的调整及导线各边方位角的推算都正确无误。

4. 坐标增量闭合差调整

附和导线起终点坐标已知，附和导线坐标增量的代数和，在理论上应等于起终点的坐标增量：

$$\begin{aligned} \sum \Delta X_{理} &= X_{终} - X_{始} \\ \sum \Delta Y_{理} &= Y_{终} - Y_{始} \end{aligned} \quad (1-1-9)$$

由于量角和测距都存在误差，所以用量测值计算而得的坐标增量代数和，往往不等于理论值，其增量闭合差

$$\begin{aligned} f_x &= \sum \Delta X_{测} - \sum \Delta X_{理} \\ f_y &= \sum \Delta Y_{测} - \sum \Delta Y_{理} \end{aligned} \quad (1-1-10)$$

导线全长闭合差

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (1-1-11)$$

设导线全长为 $\sum D$ ，则导线全长的相对闭合差

$$K = \frac{f}{\sum D} \quad (1-1-12)$$

若 $K \leq 1/10000$ ，即测距精度满足要求，则可进行增量闭合差调整。调整的办法是将它们以相反的符号按与边长成正比例分配到各边的坐标增量中去。有了调整后的坐标增量，就可以从导线起点已知坐标，依次推算其他各点的坐标。

第二节 路线交点的复测

在路线测设时，应选定出路线的转折点。这些转折点称为交点，它是中线测量的控制点。交点的测设可采用现场标定的方法，即根据既定的技术标准，结合地形、地质等条件，在现场反复比较，直接定出路线交点的位置。这种方法无需测地形图，比较直观，但只适用于等级较低的公路。对于高等级公路或地形复杂、现场标定困难的地段，应采用纸上定线的方法，先在实地布设导线，测绘大比例尺地形图（通常为 1:2000 或 1:1000），在图上定出路线，再到实地放线，把交点在实地标定下来。一般可用以下两种方法。

1. 放点穿线法

这种方法是利用地形图上的测图导线点与图上定出的路线之间的角度和距离关系，在

实地将路线的直线段测设出来,然后将相邻直线延长相交,定出交点桩的位置。具体测设步骤如下:

第一步:放点

在地面上测设路线中线的直线部分,只需定出直线上若干个点,就可确定这一直线的位置。如图 1-2-1 所示,欲将纸上定线的两直线 $JD_3 \sim JD_4$ 和 $JD_4 \sim JD_5$ 测设于地面,只需在地面上定出 1、2、3、4、5、6 等临时点。这些临时点有选择支距点,也可以选择测图导线边与纸上定线的直线相交的点,如 3 点;或选择能够控制中线位置的任意点,如 5 点,用极坐标法放样。为便于检查,一条直线应选择 3 个以上的临时点。这些点一般选在地势较高、通视良好、距导线点较近、便于测设的地方。临时点选定后,可以在图上用比例尺和量角器取放点所用的距离和角度,如图 1-1-5 中距离 $L_1、L_2 \cdots L_6$ 和角度 β 。然后绘制放点示意图,标明点位和数据作为放点的依据。放点时,在现场找到相应的导线点。临时点如果是支距点,可用支距法放点,用方向架定出垂线方向,再用皮尺量出支距定出点位;如果是任意点,则用极坐标法放点,将经纬仪安置在相应的导线点上,拨角定出临时点方向,再用皮尺量距定出点位。

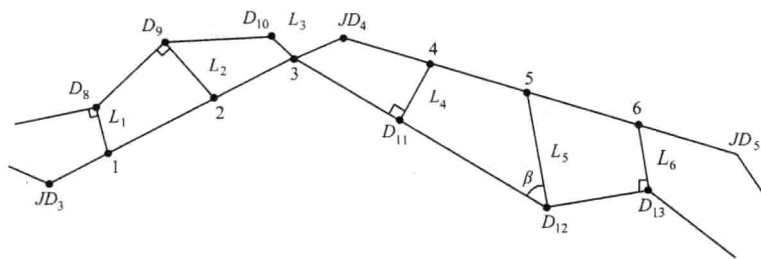


图 1-1-5 放点示意图

第二步:穿线

由于测量仪器、测设数据及放点操作存在误差,同一直线上各点放于地面后,一般均不能准确位于同一条直线上。因此需要通过穿线,定出一条尽可能多的穿过或靠近临时点的直线。穿线可用目估或经纬仪进行。

当相邻两直线在地面定出后,延长直线进行交会定出交点。如图 1-1-6 所示,先将经纬仪置于 ZD_2 ,盘左瞄准转点 ZD_1 ,倒镜在视线方向,于交点 JD 的概略位置前后打下 2 个木桩,并沿视线方向用铅笔在 2 桩顶上分别标出 a_1 和 b_1 点。盘右瞄准 ZD_1 ,倒镜在 2 桩顶上又标出 a_2 和 b_2 点。分别取 a_1 与 a_2 和 b_1 与 b_2 的中点钉上小钉得 a 和 b ,利用细线将 $a、b$ 两点连接。将仪器置于转点 ZD_3 ,瞄准 ZD_4 ,倒镜后视线为 ab 细线相交处打下木桩,然后用正倒镜方法在桩顶上精确定出交点 JD 的位置,钉上小钉。

2. 拨角放线法

这种方法是先在地形图上量出纸上定线的交点坐标,反算相邻交点间的直线长度、坐标方位

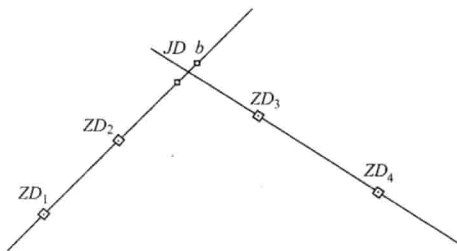


图 1-1-6 穿线示意图

角及转角。然后在野外将仪器置于路线中线起点或已确定的交点上,拨出转角,测设直线长度,依次定出各交点的位置。这种方法工作迅速,但拨角放线的次数越多,误差累积也就越大,所以每隔一定距离应将测设的中线与测图线联测,以检查拨角放线的质量。联测闭合的精度要求与测图导线相同。当闭合差超限时,应检查原因并纠正;当闭合差符合精度要求时,则按具体情况进行调整,使交点位置符合纸上定线的要求。路线测量中,当相邻两交点互不通视时,需要在其连线或延长线上定出一点或数点以供交点、测角、量距或延长直线时瞄准用。

第三节 路线转角的测定和里程桩设置

一、路线转角的测定和分角线的设定

在路线转折处,为了测设曲线,需要测定转角。所谓转角,就是指路线由一个方向偏转至另一个方向时,偏转后的方向与原方向间的夹角,以 α 表示。如图1-1-7所示,当偏转后的方向位于原方向左侧时,为左转角;当位于原方向右侧时,为右转角。在路线测量中,转角通常是通过观测路线的右角 β 计算求得。当右角 $\beta < 180^\circ$,为右转角,此时:

$$\alpha_y = 180^\circ - \beta \quad (1-1-13)$$

当右角 $\beta > 180^\circ$ 时,为左转角:

$$\alpha_z = \beta - 180^\circ \quad (1-1-14)$$

右角 β 的测定,通常用DJ₆级经纬仪以测回法观测一个测回,两个半测回所测角值的不符值视公路等级而定,一般不超过1'。如在容许范围内可取其平均值作为最后结果。

由于测设曲线的需要,在右角测定后,保持水平度盘位置不变,在路线设置曲线的一侧,定出分角线方向。如图1-1-8所示,测角时后视方向水平度盘读数为 α ,前视方向的读数为 b ,则分角线方向的水平度盘读数 c 应为:

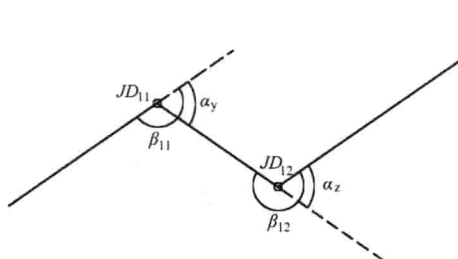


图 1-1-7 路线转角示意图

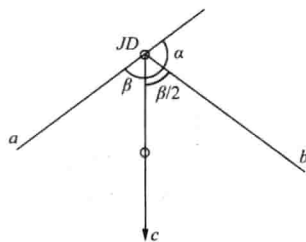


图 1-1-8 分角线的示意图

$$c = b + \beta/2 \quad (1-1-15)$$

因为 $\beta = a - b$, 则

$$c = (a + b)/2 \quad (1-1-16)$$

在实践中,无论是在路线右侧还是左侧设置分角线,均可按上式计算。当转动照准部使水平度盘读数为 c 时,望远镜所指方向有时会指在相反的方向,这时需倒转望远镜,在