

■ 高等学校理工科土木工程类规划教材

# 道路工程测量

ROAD SURVEY

伊晓东 编著



大连理工大学出版社  
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编

道路工程测  
出版社,2008.5  
ISBN 978-

I. 道… II  
IV. U412.24  
中国版本

## 前 言

道路(线路)测量是道路工程施工中重要的组成部分,无论是从前期的勘测、设计,到中期的道路的施工开挖,再到后期的道路运营和维护,都需要测量技术的支持和配合。道路工程测量应用的范围也非常广,从不同等级的公路建设,到不同地域包括陆地、水上、地下的分布,道路测量的技术呈现出多样性并与工程实际结合的特点。

本书以道路测量的理论为基础,以道路从勘测选线到施工、验收为主线,阐述了道路(桥梁)测量的基本理论和应用的基本技能。

近年来,测量新技术、新设备的不断出现,给道路施工测量带来了全新的工作模式。结合工程实际的发展,本书增加了与新设备和新技术紧密结合的内容,如全站仪任意设站、GPS线路设计和定位等,以期用尽量简洁的语言和典型的工程实例,使学生在学习了本课程的基本知识后,在道路工程测量应用领域的学习方面能得到进一步的拓展。

本书是在校内讲义基础上修改增补完成的,适于非测量专业的土木、交通专业学生教学使用,也可供相关行业工程技术人员参考。

由于本人水平有限,错误和不足之处在所难免,望读者给予指正。

地址  
电话:0411-8  
E-mail  
大连理工大学

编者  
2008年5月

幅面尺寸:185mm×260mm  
2008年5月第1版

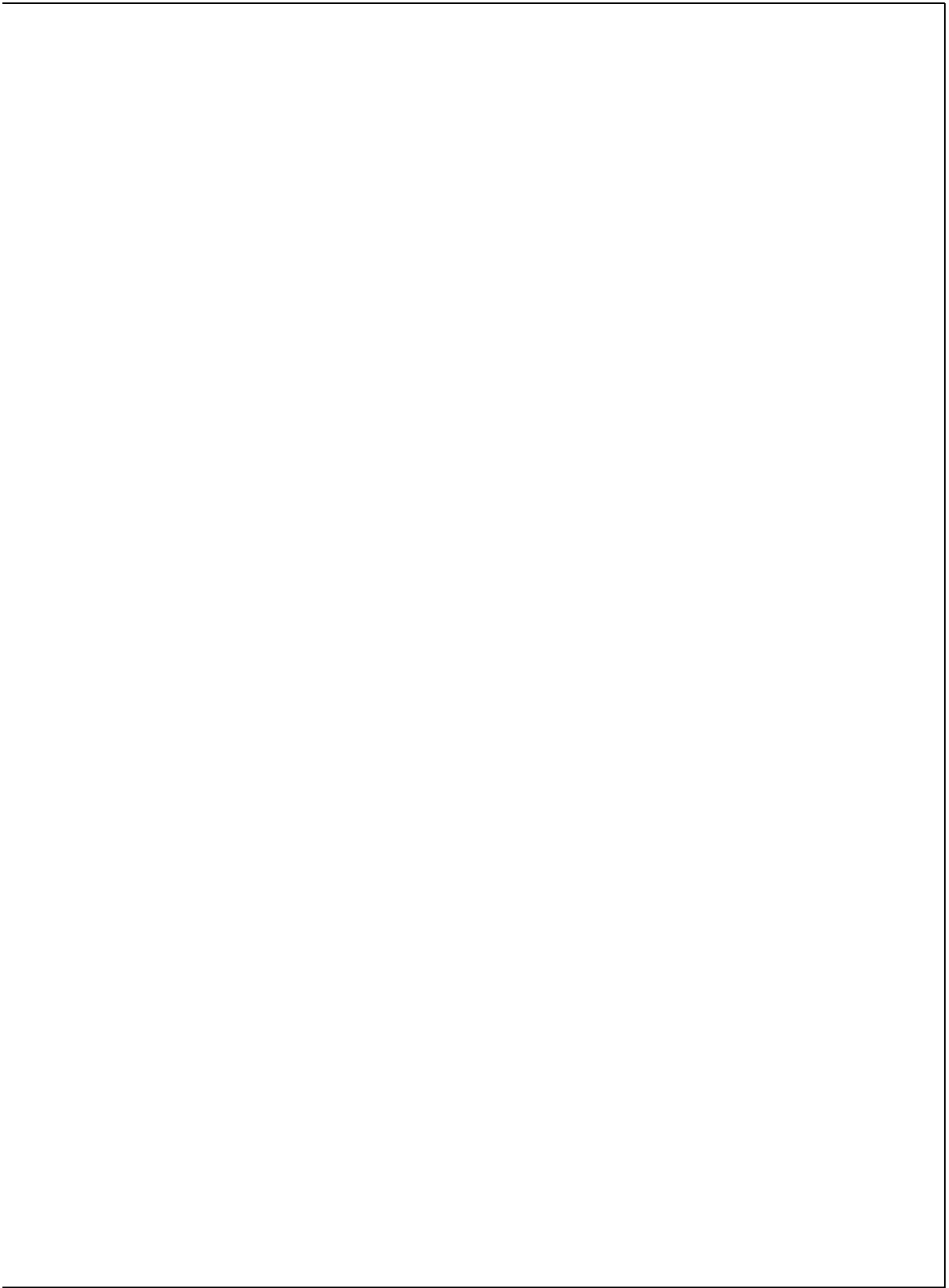
印张:11 字数:243千字  
2008年5月第1次印刷

责任编辑:梁 锋 唐立敏  
封面设计:宋 蕾

责任校对:黎 玉

ISBN 978-7-5611-3883-0

定 价:24.00元



## 道路工程测量

6.2 圆曲线代替竖曲线测设 /75

思考题与习题 /78

## 第7章 道路施工测量 /79

7.1 道路施工测量概述及规范 /79

7.2 施工测量主要方法 /79

7.2.1 路基放线 /80

7.2.2 施工边桩的测设 /81

7.2.3 竖曲线测设 /83

7.2.4 路面放线 /83

7.2.5 涵洞施工测量 /84

7.2.6 道路工程施工特点及注意事项 /85

思考题与习题 /86

## 第8章 桥梁工程施工测量 /87

8.1 桥梁工程测量概述及技术规范 /87

8.2 钢混结构桥梁施工测量方法 /88

8.2.1 小型桥梁的施工测量 /88

8.2.2 中型桥梁的施工测量 /91

8.3 钢结构斜拉桥梁施工测量方法 /94

8.3.1 桥梁施工测量基准与  
施工控制 /95

8.3.2 缆索管精密定位测量 /96

8.3.3 上盖梁施工定位测量 /98

8.4 桥梁竣工测量及营运检测 /98

8.4.1 竣工测量 /98

8.4.2 运营检测 /100

思考题与习题 /102

## 第9章 道路竣工测量 /103

9.1 铁路工程竣工测量 /103

9.2 公路竣工测量 /105

思考题与习题 /109

## 第10章 地下线路工程测量 /110

10.1 隧道施工测量 /110

10.1.1 隧道施工控制 /110

10.1.2 隧道施工测量 /115

10.2 地下管线(沟)测量 /122

10.2.1 管道中线测量 /122

10.2.2 管道纵横断面测量 /123

10.2.3 明挖管道施工测量 /124

10.2.4 顶管施工测量 /128

10.2.5 管道竣工测量 /129

思考题与习题 /131

## 第11章 GPS在线路工程测量中的应用 /132

11.1 GPS原理及方法 /132

11.1.1 GPS系统组成 /132

11.1.2 GPS坐标系统 /132

11.1.3 GPS时间系统 /133

11.1.4 GPS定位基本原理 /134

11.2 GPS静态数据的采集与处理 /141

11.2.1 GPS控制网建立 /141

11.2.2 GPS观测误差来源 /142

11.2.3 GPS基线处理方法 /143

11.2.4 GPS坐标成果解算 /145

11.3 GPS线路设计与测量方法实现 /147

11.3.1 概述 /147

11.3.2 GPS线路设计 /147

11.3.3 用GPS-RTK放样  
线路设计数据 /150

11.4 GPS线路测量实施 /151

11.4.1 概述 /151

11.4.2 线路GPS控制网的建立 /151

11.4.3 隧道工程中GPS控制  
网建立方法 /152

11.4.4 地铁精密导线GPS测量 /153

11.4.5 基于RTK下的GPS道路  
施工测量 /154

11.4.6 GPS用于桥梁施工结构检测 /155

思考题与习题 /156

## 第12章 线路测量实验 /157

实验一 偏角法放样缓和曲线 /157

实验二 弦基线法放样复曲线主点 /159

实验三 GPS-RTK线路中线放样认识 /162

## 附录

附录1 /166

附录2 /167

## 参考文献 /168

# 线路测量实验

## 实验一 偏角法放样缓和曲线

### 一、实验目的与要求

1. 了解偏角法放样缓和曲线的基本方法。
2. 用全站仪完成一条由直线、缓和曲线和圆曲线构成的简单线路的主点放样任务。
3. 了解遇到障碍时缓和曲线放样处理办法。

### 二、设备与实验计划

1. NTS202 全站仪一套,标杆、垂球、棱镜和测钎若干。仪器如图 12-1 所示。

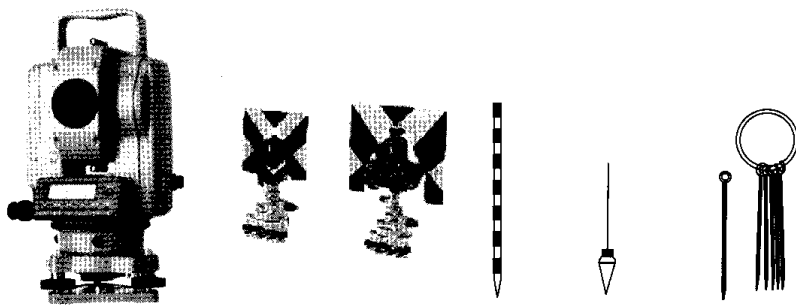


图 12-1 测量设备

2. 准备实验数据并在一块空地上完成一条带缓和曲线主点的放样工作。本例设起点  $P_0$  里程为  $1+100$ ,缓和曲线长  $20\text{ m}$ ,直线段长根据选定场地地形任意取(本例取  $20\text{ m}$ ),圆曲线半径  $40\text{ m}$ 。设计线形和实地位置如图 12-2 所示,线路设计数据见表 12-1。

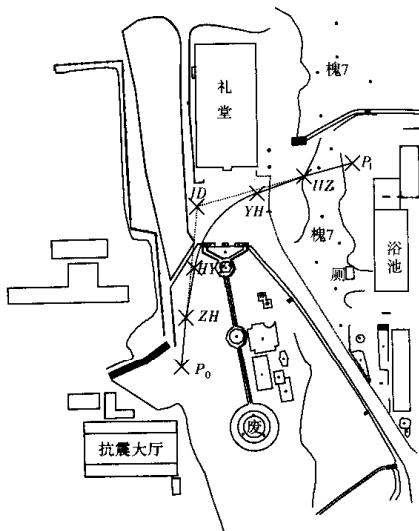


图 12-2 测设线路

表 12-1 缓和曲线测设要素表

元素	北	东	方位角	半径/m	长度/m	偏角 $\alpha_{fi}$	桩号	点
点	1 000.000	1 000.000					100	$P_0$
直线	1 019.924	1 001.743	$5^{\circ}00'00''$		20.000		120.000	ZH
螺旋线	1 039.652	1 004.804			20.000		140.000	HY
曲线	1 069.754	1 029.509		40.000		$45^{\circ}50'12''$	180.000	YH
螺旋线	1 076.603	1 048.262			20.000		200.000	HZ
直线	1 082.198	1 067.464	$73^{\circ}45'18''$		20.000		220.000	$P_1$
	1 064.176	1 005.615						JD

表 12-1 中,圆曲线半径  $R=40\text{ m}$ ,偏角  $\alpha_{fi}=45^{\circ}51'12''$ ,缓和曲线长度  $L_0=20\text{ m}$ ,直线长  $20\text{ m}$ ,交点  $JD$  里程  $DK\ 1+100$ , $\beta_0=14^{\circ}19'52''$

根据上述表格和已知条件,在实验课上完成缓和曲线要素的计算。

3. 实验计划 2 学时。

### 三、方法和步骤

结合图 12-2,利用全站仪放样该曲线,步骤如下:

1. 根据给定的已知条件,在现场选定一条切线,两端应分布  $P_0$  点和  $JD$  点,根据求出的切线长,以  $JD$  点为准,确定出  $P_0$  位置和  $ZH$  位置。
2. 根据上表给定的主点坐标,求出  $ZH$  和  $HY$  之间的极坐标关系,其中  $ZH$  为极点。
3. 在  $ZH$  点设站,利用偏角法放样缓和曲线主点  $HY$ 。
4. 计算出  $QZ$  的桩号,并根据获得的  $HY$  位置,利用偏角法放样  $QZ$  点和  $YH$  点,具体方法:

(1)如图 12-3 所示,在  $A(ZH)$  点设站,后视瞄  $P_0$  点,倒镜拨  $\delta_0\left(=\frac{1}{3}\beta_0\right)$ ,在此方向量

$l_0 = 40 \text{ m}$ , 得  $C(HY)$  点。

(2) 将经纬仪置于  $HY$  点, 先定出  $HY$  点的切线方向。按下式求出总偏角

$$b_0 = \beta_0 - \delta_0 = \frac{2}{3}\beta_0 = \frac{l_0}{3R}$$

由于设计路线为右转角, 则使水平度盘读数为  $360^\circ - b_0$ , 后视  $ZH$  点, 当读数为  $0^\circ 00' 00''$  时的视线方向即是  $HY$  点的切线方向, 倒镜后即得圆曲线切线方向。

(3) 按下式分别计算  $QZ$  点、 $HY$  点与  $YH$  点间的偏角值和弦长

对  $QZ$  点: 偏角  $\delta_{QZ} = \frac{l_{QZ}}{4R}$  弦长  $S = 2R \sin \delta_{QZ}$

对  $YH$  点: 偏角  $\delta_{YH} = \frac{l_{YH}}{2R}$  弦长  $S = 2R \sin \delta_{YH}$

再利用本书 5.2 节介绍的圆曲线偏角法进行  $QZ$ 、 $YH$  放样。

(4) 在  $YH$  点设站, 瞄  $QZ$  点, 拔  $\delta_{QZ}$  后倒镜即得过  $YH$  切线, 再顺拔  $b_0$ , 在此方向量  $l_0$  长, 得  $HZ$  点。

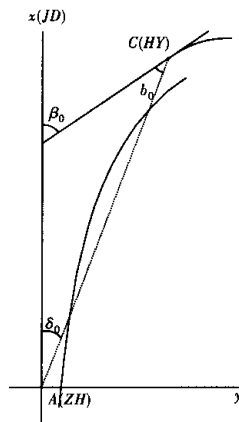


图 12-3 偏角法测设缓和曲线

#### 四、注意事项

1. 测设数据经验算无误后方可使用。
2. 偏角法测设中, 余弦长的实量值与计算值相比, 纵向(切线方向)误差应小于曲线总长的  $1/1000$ , 横向(半径方向)误差应小于  $0.1 \text{ m}$ 。超限应重测。可以用全站仪对测设的主点进行坐标的直接检核。
3. 放样前, 把下表计算的放样数据交由指导教师审阅(以组为单位)。

#### 五、记录表格

放样前, 请完成如下项目(包括表 12-2)的计算。

$R =$

$\alpha =$

$T_H =$

$L_H =$

$E_H =$

$D_H =$

观测者 \_\_\_\_\_ 记录者 \_\_\_\_\_ 班组 \_\_\_\_\_

测量日期 \_\_\_\_\_ 仪器 \_\_\_\_\_

表 12-2 偏角法放样缓和曲线点位计算表

	偏角值(包括 $b_0$ )	弦长	桩号
ZH			
HY			
QZ			
YH			
HZ			

## 实验二 弦基线法放样复曲线主点

### 一、实验目的与要求

1. 了解用弦基线法放样复曲线的基本方法。

2. 完成一条由四个主点构成的复曲线主点的放样任务。
3. 练习根据地形现场选定辅助曲线半径的方法。

## 二、设备与实验计划

1. J<sub>6</sub> 经纬仪一套, 标杆、钢尺和测钎若干, 仪器如图 12-4 所示:

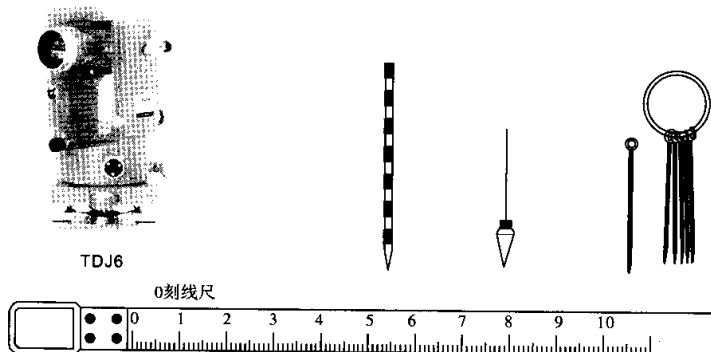


图 12-4 测量设备

2. 准备实验数据并选择适当的空地, 现场选定复曲线并完成主点测设的任务。本例设计了一条复曲线见表 12-3, 图 12-5 为其分布位置。

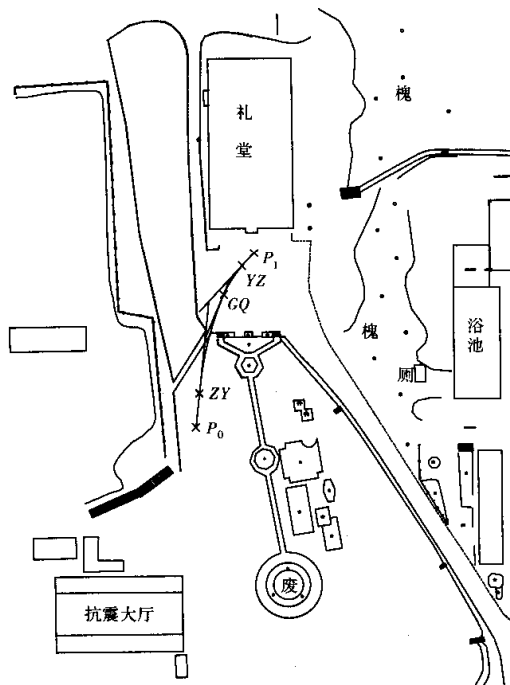


图 12-5 测量线路



表 12-3 水平复曲线测设要素表

元素	北	东	方位角	半径 R/m	长度 l/m	偏角 $\delta$	桩号
点	1 000.000	1 000.000					0.000 P <sub>0</sub>
直线	1 009.962	1 000.872	5°00'00"		10.000		10.000 ZY
曲线	1 039.012	1 007.897		100.000	30.000	17°11'19"	40.000 GQ
直线	1 039.012	1 007.897	22°11'19"		0.000		40.000 GQ
曲线	1 047.478	1 013.133		30.000	10.000	19°05'55"	50.000 YZ
直线	1 051.235	1 016.432	41°17'14"		5.000		55.000

根据已知条件和表格 12-3,可按下式求算两条曲线放样时的弦切角  $\theta_1, \theta_2'$ :

$$\theta_1 = \alpha_1 / 2 = l_1 / (2R_1)$$

$$\theta_2' = \alpha_2 / 2$$

作为实验要求和达到的目的,设定  $R_1$  为主曲线已知,  $R_2$  为现场确定。

3. 实验计划 2 学时。

### 三、方法和步骤

结合图 12-6,实际放样步骤如下:

1. 根据给定的表格和已知条件,在现场选定两条中线方向线(切线),其两端应分布  $P_0$  点和  $JD_1$  点以及  $P_1$  点和  $JD_2$  点,由于  $JD$  为虚交(假设),则以选定的  $P_0$  点为准,沿中线确定出  $ZY$  位置,在另一中线确定  $P_1$  点。

2. 置  $J_0$  经纬仪于  $ZY$  点,由于本线路为右转,瞄  $P_0$  点后,顺拨  $\theta_1 + 180^\circ$ ,沿此方向量出  $S_1 = 2R_1 \sin \theta_1$  则得到  $GQ$  点。

3. 置经纬仪于  $P_1$  点,观测角  $\theta_3$ ,另在  $P_1 JD$  方向线上于  $YZ$  点的预计位置前后标出  $a, b$  两点。

4. 置经纬仪于  $GQ$  点观测角  $\theta_2$ ,则副曲线的偏角  $\alpha_2$

$= (\theta_2 - \theta_1) + \theta_3$ 。使水平度盘读数为  $0^\circ 0' 00''$  后视  $ZY$  点,倒镜拨角  $\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{\theta_1 + \theta_2 + \theta_3}{2}$ ,则视线即为  $GQYZ$  方向线,它与  $a, b$  的连线之交点即为  $YZ$  点。

5. 用钢尺丈量  $\overline{GQYZ}$  长度  $D$ ,并根据  $\alpha_2$  值按  $R_2 = \frac{D}{2 \sin \frac{\alpha_2}{2}}$  计算副曲线半径  $R_2$ ,并与设计

给定的  $R_2$  进行比较。

### 四、注意事项

1. 测设数据经验算无误后方可使用。
2.  $P_1, P_2$  和  $JD$  点由指导教师确定。测设结束后,应比较副曲线半径  $R_2$  给定和选取之差,以验证方法的正确性。
3. 实验结束时每组上交“复曲线主点放样测设记录”(表 12-4),并由指导教师现场检查认可。

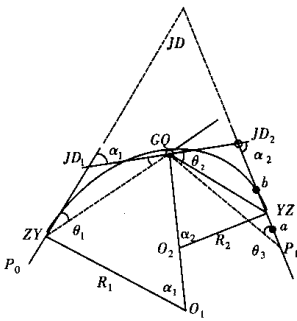


图 12-6

观测者：                      记录者：                      班组：  
 测量日期：                      仪器：

表 12-4                      复曲线主点放样测设记录表

主曲线		副曲线	
设计 $\theta_1$		设计 $\theta_2$	
曲线半径 $R_1$		曲线半径 $R_2$	
$\alpha_1$		$\alpha_2$	
GQ 里程		YZ 里程	
实测 $\theta_2$			
实测 $\theta_3$			
GQYZ 长度			
实测半径 $R_2$			

### 实验三 GPS-RTK 线路中线放样认识

#### 一、实验目的与要求

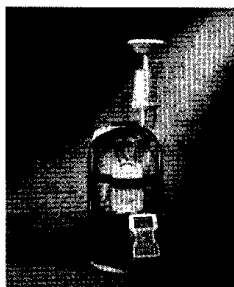
1. 了解 GPS-RTK 动态测量采点的基本原理。
2. 完成 RTK 工作所需的基准站参数配置和启动的过程。
3. 利用 TSC1 控制手簿建立一条直线，并实施放样。

#### 二、设备与实验计划

1. TRIMBLE5700-GPS 仪器一套，如图 12-7 所示。



基准站



流动站

图 12-7 RTK 设备

2. 完成 RTK-GPS 测量从设备安装到数据调入再到现场放样的全过程。

在事先选定的空地上按事先设计的线路进行放样直线，线路位置如图 12-8 所示，而放样的数据从表 12-5 中获取。

设计数据：道路名：01；长度 40 m；方位： $33^{\circ}26'31''$ ；起始桩号：0+100；整桩距离：10 m。

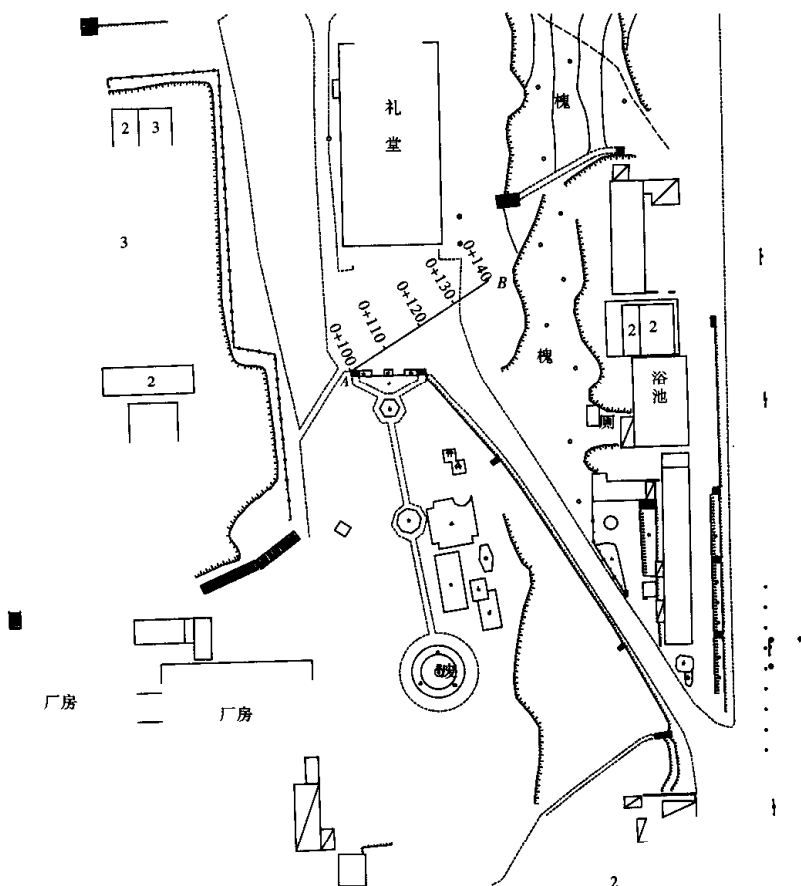


图 12-8 放样直线段

3. 实验计划 2 学时。

### 三、实验主要内容

#### 1. 基准站架设启动

- (1) 将 GPS 接收机与 GPS 天线正确连接并对整平安置到已知控制点  $G_0$  上。
- (2) 将 Trimmark III 电台与 GPS 主机端口连接。
- (3) 把 TSC-1 用连接电缆与基准站主机连接。
- (4) 启动基准站: 打开 TSC-1 测量控制器, 根据菜单提示, 定义好作业参数如坐标系统 (本实验中选择坐标系统为大连城建坐标)、比例因子、坐标显示方式 (本例选择“网格”) 等。把  $G_0$  点三维坐标输入到控制器中, 选择启动基准站  $G$ , 并输入相关信息。

基准站启动完成后, Trimmark III 电台开始数据传输, 屏幕显示“Trans”表示电台开始数据的传输。

## 2. 流动站设置

(1) 将 GPS 天线、流动站电台天线连接到相应的端口。

(2) 将 TSC-1 测量控制器连接到流动站主机，并固定测量控制器 TSC-1 于对中杆上。

## 3. 流动站上进行定义道路的测设

(1) 仪器初始化：也就是进行整周模糊度的固定工作，这个过程需要大约 1 分钟左右。当初始化完成后，控制器提示，“初始化完成”时候，可以进行 RTK 测量或放样。

(2) 放样：Trimble 5700 RTK 的放样功能有放点，放线，DTM 放样，道路放样等。实验要求完成放样事先定义的直线任务，步骤如下：



图 12-9

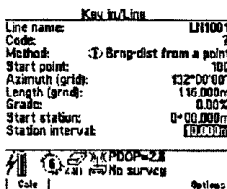


图 12-10

首先进入 TSC-1 手簿放样菜单，选择“直线”后，进入图 12-9 的界面，即放样点的进入方式。按事先定义或需要来选择(图 12-10)。(输入欲放样点坐标时，可以现场输入，也可以在办公室里通过 TGO 软件传输到控制器中，现场直接通过输入点号或代码调用)。选择好放样点后，回车确认，进入放样导航界面。整个导航界面有图形显示和文本显示，用导航到点来指导放样点位的现场寻找。除了右侧的数字提示外，还有左边的图形提示，如果测杆离放样点很远，会有箭头提示方向，当测杆离放样点很近时，会出现牛眼(图 12-11)和十字线。当十字线落入牛眼中时，放样点即确定。如果是按直线定义放样，则出现图 12-12 界面，此时，放样时就会提醒测杆偏离直线多远(offset)，因此此种模式就实现了已知直线上的任意桩位放样。

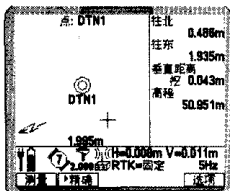


图 12-11

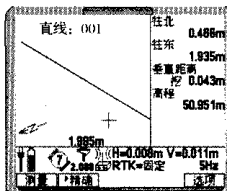


图 12-12

当放样偏差满足限差要求时，就可以在地面定中线点。

## 4. 实验任务

每个同学应独立用 TSC-1 沿指定的线路进行中线放样，并比较建立一个直线条件下如何更便捷地实施放样的方法，学会在 TSC-1 控制器中直接调出或下载点的坐标的方法，并将数据记录在表 12-5 中。

## 四、注意事项

1. 由于仪器是精密设备，要严格按程序进行操作。



图 12-13 RTK 观测中

## 五、记录表格

如表 12-5 所示,观测时填上对应桩号的  $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 。

单位:      级      班      组      天气:  
 观测者:      记录者:      观测日期:      仪器编号:

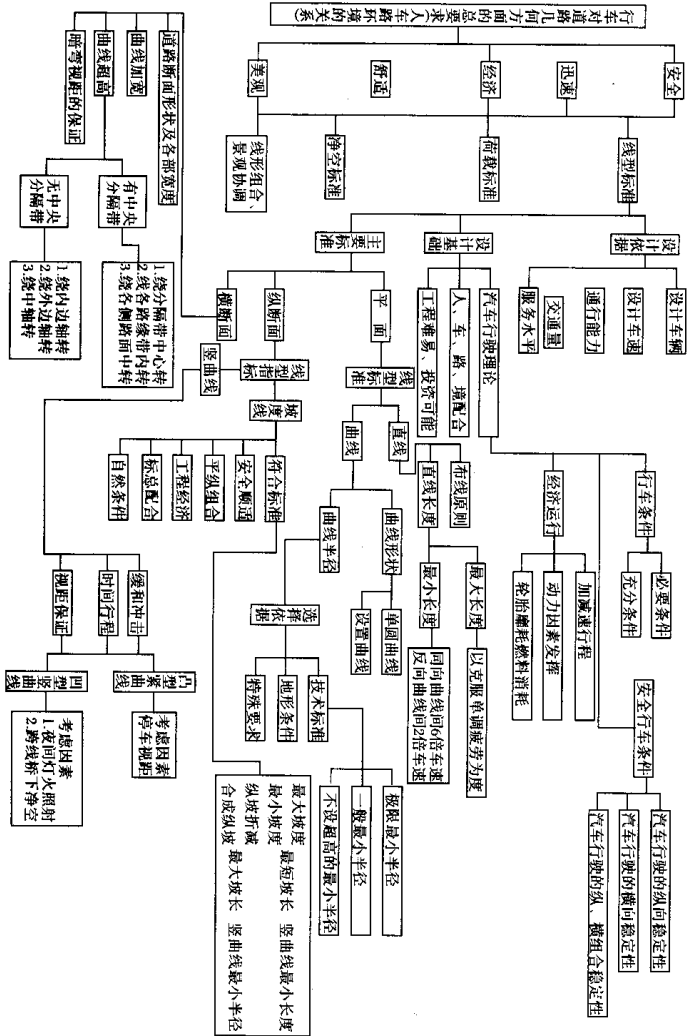
**表 12-5      GPS-RTK 道路中线测设记录表      线路名称:01**

测点点号	里程桩号	设计坐标 $x$	设计坐标 $y$	$\Delta x$	$\Delta y$
1	0+100	4 305 413.034	31 990.333		
2	0+110	4 305 418.519	31 998.695		
3	0+120	4 305 424.004	32 007.056		
4	1+130	4 305 429.489	32 015.418		
5	0+140	4 305 434.973	32 023.779		

表中,设计坐标为大连城建坐标。

# 附录 1

我国现行道路设计主要技术要求



## 附录 2

缓和曲线测设用样表 ( $R=200$ )

$L$	$l_s=70\text{ m}$		$l_s=60\text{ m}$		$l_s=50\text{ m}$	
	$L-X$	$Y$	$L-X$	$Y$	$L-X$	$Y$
10	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
20	0.00	0.10	0.00	0.11	0.00	0.13
30	0.00	0.32	0.00	0.38	0.01	0.45
40	0.01	0.76	0.02	0.89	0.03	1.07
50	0.04	1.49	0.05	1.74	0.08	2.08
60	0.10	2.57	0.14	3.00	0.19	3.57
70	0.21	4.08	0.28	4.74	0.39	5.56
80	0.42	6.06	0.54	6.97	0.70	8.04
90	0.73	8.53	0.92	9.68	1.15	10.99
100	1.18	11.49	1.44	12.88	1.76	14.42
110	1.79	14.92	2.14	16.54	2.55	18.31
120	2.58	18.81	3.03	20.66	3.55	22.66
130	3.57	23.16	4.13	25.23	4.77	27.46
140	4.80	27.95	5.48	30.25	6.25	32.68