

940704

高等学校教材

TB22  
1231A

# 控制测量 实习指导书

岑虹 孙仁心 编



测绘出版社

## 前 言

实习与习题是加强实践性教学环节和进一步理论联系实际、培养独立思考和动手能力的有效措施，本指导书是配合新编的《控制测量学》上、下册（测绘出版社出版）而编写成的。本书是在总结多年教学经验的基础上，紧密结合《控制测量学》上、下册（测绘出版社出版）的内容与要求编写而成。全书分为两大部分：第一部分为控制测量的实习与实验；对各项实习有明确的目的与要求、示例和记录表格，并附有思考题，借以培养独立思考和解决问题的能力。第二部分为习题，练习题经过精选的控制测量的计算和平差问题，对不同类型的习题有示例和说明、明确的要求与计算过程，并附有较多的习题类型可供选择。

本书除高程控制、椭球与高斯投影部分的实习与习题由孙仁心编写外，其余均由岑虹编写。在编写过程中，承武汉测绘科技大学梅是义副教授的热情帮助，大力支持，在此表示感谢。本书承蒙哈尔滨冶金测量专科学校杜永昌副教授、黑龙江省测绘局宋肇疆高级工程师和东北农学院韦兆同教授的初审和复审，他们都提出了宝贵的意见，敬致衷心的感谢。

由于编写水平有限，不足或错误之处恳请读者批评指正。

编 者

1991年1月

CA041/c8

# 目 录

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| <b>第一部分 控制测量实习</b> .....             | ( 1 ) |
| 控制测量实习的一般要求.....                     | ( 1 ) |
| 实习一 T3光学经纬仪认识及读数练习.....              | ( 5 ) |
| 实习二 经纬仪照准部旋转是否正确的检验.....             | ( 6 ) |
| 实习三 经纬仪光学测微器隙动差的测定.....              | ( 9 ) |
| 实习四 T3光学经纬仪光学测微器行差的测定.....           | (11)  |
| 实习五 光学经纬仪水平轴不垂直于垂直轴之差的测定(高低点).....   | (15)  |
| 实习六 按垂直轴倾斜法测定水准器格值.....              | (18)  |
| 实习七 照准部旋转时仪器底座位移而产生的系统误差的检验.....     | (21)  |
| 实习八 水平角观测(方向观测法)练习.....              | (23)  |
| 实习九 图解法测定归心元素.....                   | (26)  |
| 实习十 电磁波测距仪的一般认识.....                 | (82)  |
| 实习十一 电磁波测距仪的测距练习.....                | (29)  |
| 实习十二 经纬仪视准轴和测距仪照准头光轴之间平行性的检验和校正..... | (31)  |
| 实习十三 测距仪周期误差的测定.....                 | (33)  |
| 实习十四 测距仪加常数的测定.....                  | (35)  |
| 实习十五 精密水准仪和水准尺的认识及读数练习.....          | (38)  |
| 实习十六 视准轴与水准轴相互关系正确性的检验与校正.....       | (39)  |
| 实习十七 二等精密水准测量.....                   | (42)  |
| 控制测量教学实习任务书.....                     | (45)  |
| <b>第二部分 控制测量学习题</b> .....            | (50)  |
| 习题一 三角测量精度估算.....                    | (50)  |
| 习题二 觇标高度的确定.....                     | (54)  |
| 习题三 光学测微器行差改正数的计算.....               | (55)  |
| 习题四 分组观测的测站平差.....                   | (56)  |
| 习题五 归心改正与归心改正数计算.....                | (58)  |
| 习题六 电磁波测距仪周期误差的计算.....               | (64)  |
| 习题七 电磁波测距仪加常数的计算.....                | (65)  |
| 习题八 水准测量的概算.....                     | (68)  |
| 习题九 导线网精度估算.....                     | (71)  |
| 习题十 电磁波测距归化到椭球面的计算.....              | (74)  |
| 习题十一 按勃让德尔定理解算球面三角形.....             | (75)  |

|             |                            |       |
|-------------|----------------------------|-------|
| 习题十二        | 高斯投影正、反算和平面子午线收敛角的计算.....  | (76)  |
| 习题十三        | 应用“高斯—克吕格坐标换带表”进行换带计算..... | (80)  |
| 习题十四        | 利用高斯投影正、反算公式进行坐标的换带计算..... | (84)  |
| 习题十五        | 三角测量的概算.....               | (88)  |
| 习题十六        | 非独立三角网条件式组成.....           | (94)  |
| 习题十七        | 测边网按角度闭合法条件平差.....         | (98)  |
| 习题十八        | 非独立三角网按平均分配法则的条件平差.....    | (101) |
| 习题十九        | 单一附和导线按分组平差.....           | (105) |
| 习题二十        | 导线网按带有未知数的条件平差.....        | (112) |
| 习题二十一       | 三角网按方向坐标平差.....            | (119) |
| 习题二十二       | 测边网按间接平差.....              | (128) |
| 附录.....     |                            | (134) |
| 附录 I        | 一、二等水准观测程序.....            | (134) |
| 附录 II       | 高斯投影计算程序.....              | (138) |
| 主要参考文献..... |                            | (142) |

# 第一部分 控制测量实习

## 控制测量实习的一般要求

### 一、测量仪器、工具的正确使用和维护

#### (一)领取仪器时, 必须检查:

1. 仪器箱盖是否关妥、锁好。
2. 背带、提手是否牢固。
3. 脚架与仪器是否相配。脚架各部分是否完好, 要防止因脚架不牢而摔坏仪器, 或因脚架不稳而影响作业生产。

#### (二)仪器的贮藏和搬运:

1. 仪器贮藏室必须保持干燥, 通风良好。
2. 仪器应安置在阳光晒不到的搁板上或柜子里, 仪器箱上不能叠压其它东西。
3. 仪器箱内应放有效的干燥剂。
4. 仪器一般随观测人员在铁路客车上运送, 旅途中不得碰撞, 不得倒放。
5. 若交付铁路行李车运送时, 仪器必须装在内部有软垫的套箱中, 并按精密仪器托运, 不得按普通包裹托运。
6. 仪器由汽车运送时, 要设法防止大的颠簸和震动, 一般最好放置在车头软垫上, 或放在随车人员大腿上甚至直接背在背上。
7. 脚架长途运输要用草绳捆扎结实, 切忌不加捆扎堆压在卡车上作长途运输。

#### (三)仪器的开箱与装箱:

1. 仪器箱应平放在地面上或其它台子上才能开箱, 不要托在手上或抱在怀里开箱, 以免将仪器摔坏。
2. 取出仪器前应先牢固地安放好三角架或底盘, 仪器自箱内取出后不宜用手久抱, 应立即固定在脚架(或底盘)上。
3. 开箱后在未取出仪器前, 要注意仪器安放位置与方向, 以免用毕装箱时, 因安放不正确而损伤仪器。
4. 有些仪器如 JGJ2、010 仪器装箱时要松开各制动螺旋, 只有当放置妥当后再轻轻旋紧制动螺旋, 然后关上箱门。而 T2、T3、N3 等精密仪器放到箱底上后要旋紧制动螺旋, 防止在运输过程中仪器在箱内活动, 然后轻轻加罩壳。
- 关箱门或加罩壳时感到有障碍不得硬压或硬扣, 应查明原因, 排除障碍后再加盖。
5. 要检查箱内的小工具或附件是否都已固定, 防止在运输过程中因没有固定好的工具或附件在箱内活动砸坏仪器,

#### (四)自箱内取出仪器时，应注意：

- 1.不论何种仪器，在取出前一定先放松制动螺旋，以免取出仪器时因强行扭转而损坏微动装置，甚至损坏轴系。
- 2.自箱内取出仪器时，应一手握住照准部支架，另一手扶住基座部分，轻拿轻放，不要用手抓仪器。
- 3.取仪器和使用仪器过程中，要注意避免触摸仪器的目镜、物镜、棱镜，以免沾污，影响成像质量。绝对不允许用手指或手帕等物去擦仪器的目镜、物镜等光学部分。

#### (五)架设仪器时应注意：

- 1.伸缩式脚架三条腿抽出后要把固定螺旋拧紧，亦不可用力过猛而造成螺旋滑丝，防止因螺旋未拧紧使脚架自行收缩而摔坏仪器。三条腿拉出的长度要适中。
- 2.架设脚架时，三条腿分开的跨度要适中。并得太靠拢容易被碰倒，分得太开容易滑开，都会造成事故。若在斜坡地上架设仪器，应使两条腿在坡下（可稍放长），一条腿在坡上（可稍缩短），这样安放比较稳当。如在光滑地面上架设仪器，要用绳子拉住，采取安全措施，防止脚架滑动，摔坏仪器。例如用小细绳将三角架连接起来使脚架不会分开滑倒。
- 3.在脚架安放稳妥并将仪器放到脚架头上后，要立即旋紧仪器和脚架间的中心连接螺旋，预防因忘记拧上连接螺旋或拧得不紧而摔坏仪器。
- 4.自箱内取出仪器后，要随即将仪器箱盖好，以免沙土杂草进入箱内。还要防止搬动仪器时丢失附件。
- 5.仪器箱是保护仪器安全的重要设备，多为薄木板或薄铁皮或塑料制成，不能承重。因此不允许蹬、坐仪器箱，以免使仪器箱受到损害。

#### (六)仪器在使用中的注意事项：

- 1.有太阳时必须张伞，防止烈日曝晒和严防淋雨（包括仪器箱）。
- 2.在任何时候，仪器旁必须有人守护。
- 3.如遇目镜、物镜外表面蒙上水汽而影响观测（在冬季较常见）。应稍等一会或用纸片扇风使水汽蒸发，切勿用硬东西擦拭。
- 4.制动螺旋不宜拧得过紧；微动螺旋和脚螺旋宜使用中段，松紧要调节适当，如感到转动螺旋时有跳动或听到沙沙声，就应及时清洗上油；拨动校正螺旋时注意保护旋口或校正孔，用力要轻、慢，受阻时要查明原因，不得强行旋转。
- 5.操作仪器时，用力要均匀，动作要准确、轻捷。用力过大或动作太猛都会造成对仪器的损伤。
- 6.仪器用毕，装箱前，可用软毛刷轻拂仪器表面的灰土。有物镜盖者要将其盖上，仪器箱内如有尘土，草叶应用毛刷掸干净。
- 7.清点箱内附件，如有缺少，应立即寻找，然后将仪器箱关上，扣紧、锁好。
- 8.工作期间尽量使存放仪器的室温与工作地点的气温相近。当必须把仪器搬到温度差别较大的环境中去时，应先把它关闭在箱中3~4小时，到达测站后宜先取出仪器适温半小时以上才开始正式观测。

#### (七)在工作中仪器发生故障的处理：

1. 仪器在外业测量中, 因受温度、湿度、灰沙、震动等的影响, 以及操作上的不当, 容易产生一些故障, 引起仪器产生故障的原因是多方面的, 故障的种类也很多, 发现仪器出现故障时, 应立即停止使用, 及时进行维修, 若继续勉强使用, 就会损伤零、部件, 甚至损坏到无法修复的程度。

2. 因为测量仪器的结构严密复杂, 且对清洁程度要求很高, 在野外不宜进行仪器的修理。在仪器出现故障时, 应查明原因, 送有关部门进行维修, 绝对禁止擅自拆卸, 更不能勉强“带病”使用, 以免加剧损坏程度。

#### (八) 仪器迁站时应注意:

1. 在长距离迁站或通过行走不便的地区(例如较大的沟渠、山林)时, 应将仪器装入箱内搬迁, 搬迁时切勿跑行, 防止摔坏仪器。

2. 在短距离且平坦地区迁站时, 可先将脚架收拢, 然后一手抱脚架, 一手扶仪器, 保持仪器近直立状态搬迁, 严禁将仪器横扛在肩上迁移。

3. 在迁站搬动仪器前, 对仪器各部的制动螺旋都要稍为上紧, 但又不宜固定太死。

4. 每次迁站都要清点所有仪器、附件、器材, 防止丢失。

#### (九) 其它仪器、器材的使用和维护:

1. 电磁波测距仪是一种光、机、电相结合的电子仪器, 对防震要求较高, 在运输过程中必须有防震措施, 最好就用原来的包装。仪器及其附件要经常保持清洁、干燥。棱镜、透镜不得用手接触或用手巾等物擦拭(必要时可用拭镜纸擦拭)。受潮的仪器要设法吹干, 在未干燥前不得装箱, 在使用过程中, 不允许将仪器全部安装在三脚架上搬动。

电池、电缆线插头要对准插进, 用力不能过猛, 以免折断。

在强烈的阳光下, 要用伞遮住仪器, 因温度太高会降低发射管的功效, 从而影响测程, 决不可把照准头直接对向太阳, 这会毁坏二极管。

2. 各种标尺的完好与否, 直接影响测量工作的进行。扶尺人员要与观测人员紧密配合, 才能使工作更顺利地进行, 要特别注意保护尺子的分划面及尺子底部。立尺时要用双手扶好, 严禁脱开双手。在观测间隙中, 不要将尺子随便往树上、墙下立靠。这样容易滑倒摔坏或磨伤尺面。尺子如放在平地上, 应注意不得有碎石、硬土块等尖锐物体磨伤尺面, 更不准坐在尺子上。水准尺从尺垫上取下后, 要防止底面粘上沙土, 影响测量精度。

3. 钢卷尺性脆易折断, 使用时要倍加小心, 拉出钢卷尺时, 不要在地面上往返拖拽, 防止尺面刻划磨损。钢卷尺注意不要浸入水、泥里, 拉伸在地面上时, 严禁脚踩和各种车辆在上面压过, 用毕后, 应擦去灰沙, 一人收卷, 另一人拉持尺环, 顺序卷入, 防止绞结, 扭断。

## 二、测量资料的记录要求

测量资料的记录是测量成果的原始数据, 十分重要。为保证测量原始数据的绝对可靠, 实习时即应养成良好的职业习惯。记录的要求如下:

1. 实习记录应和正式作业一样必须直接填写在规定的表格上, 不得转抄, 更不得用零散纸张记录, 再行转抄。

2.所有记录与计算均用绘图铅笔(2H或3H)记载。字体应端正清晰,字体只应稍大于格子的一半,以便留出空隙作错误的更正。

3.凡记录表格上规定应填写之项目不得空白。

4.禁止擦拭、涂改与挖补,发现错误应在错误处用横线划去。淘汰某整个部分时可用斜线划去,不得使原字模糊不清。修改局部错误时,则将局部数字划去,将正确数字写在原数上方。

5.所有记录之修改及观测结果之淘汰,必须在备注栏内注明原因。

6.禁止连环更改,即已修改了平均数,则不准再改计算得此平均数之任何一原始读数,改正任一原始读数,则不准再改其平均数。假如两个读数均错误,则应重测重记。

7.原始观测之尾部读数不准更改,如角度读数度、分、秒而秒读数不准涂改,应将该部分观测结果废去重测。

### 三、测量成果的整理、计算及计算作业要求

1.测量成果的整理与计算应用规定的印刷表格或事先画好的计算表格进行。

2.内业计算用钢笔书写,如计算数字有错误,可以用刀刮去重写,或将错字划去另写。

三角测量

表1-1

| 项 目   | 等 级  | 读 数<br>( $^{\circ}$ ) | 一测回中数<br>( $^{\circ}$ ) | 记簿计算<br>( $^{\circ}$ ) |
|-------|------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| 水 平 角 | 一、二等 | 0.1                   | 0.01                    | 0.01                   |
|       | 三、四等 | 1                     | 0.1                     | 0.1                    |
| 垂 直 角 |      | 1                     | 1                       |                        |

精密导线测量

表1-2

| 等 级  | 观测方向值及各项<br>改正数<br>( $^{\circ}$ ) | 边长观测值及各项<br>改正数<br>(m) | 边长与座标<br>(m) | 方位角<br>( $^{\circ}$ ) |
|------|-----------------------------------|------------------------|--------------|-----------------------|
| 二等   | 0.01                              | 0.0001                 | 0.001        | 0.01                  |
| 三、四等 | 0.1                               | 0.001                  | 0.001        | 0.01                  |

水准测量

表1-3

| 等 级 | 往(返)测<br>距离总和<br>(km) | 往返测距<br>离中数<br>(km) | 各测站高差<br>(mm) | 往(返)测<br>高差总和<br>(mm) | 往返测高<br>差中数<br>(mm) | 高程<br>(mm) |
|-----|-----------------------|---------------------|---------------|-----------------------|---------------------|------------|
| 二等  | 0.01                  | 0.1                 | 0.01          | 0.01                  | 0.1                 | 0.1        |
| 三等  | 0.01                  | 0.1                 | 0.1           | 1.0                   | 1.0                 | 1.0        |
| 四等  | 0.01                  | 0.1                 | 0.1           | 1.0                   | 1.0                 | 1.0        |



3. 上交计算成果应是原始计算表格, 所有计算均不许另行抄录。

4. 成果的记录、计算的小数取位要按规定执行。各等级的三角测量、精密导线测量和水准测量的记录和计算的小数位分别列表于1-1, 表1-2和表1-3。

## 实习一 T3光学经纬仪认识及读数练习

### 一、目的

了解T<sub>3</sub>光学经纬仪的基本结构及各螺旋的作用, 初步学会读数的方法。

### 二、要求

1. 将T<sub>3</sub>光学经纬仪与书本上相应图进行对照, 了解仪器的各部分的名称及其作用。
2. 提高整置仪器的熟练程度。
3. 观察了解制、微动机构的关系、构造和原理。
4. 在读数显微镜中观察度盘及测微器成像情况, 学会重合读数方法。

### 三、实习步骤

1. 将经纬仪由箱中取出, 双手握住仪器的支架; 或一手握住支架, 一手握住基座, 严禁单手提取望远镜部分。

3. 整平仪器, 整置方法同普通经纬仪一样, 要体会精密光学经纬仪长水准气泡的灵敏性, 反复整平, 直至仪器转到任何位置时气泡都居中, 或者离开中心位置不超过一格。

3. 熟悉各螺旋的用途, 练习使用。

4. 练习用望远镜精确瞄准远处的目标, 检查有无视差, 如有视差, 则转动对光螺旋消除之。

5. 练习水平度盘的读数。读数举例见图1-1。

说明: 水平度盘每度间隔刻有15个分格, 每格格值为4', 测微盘一周相当于2', 共刻

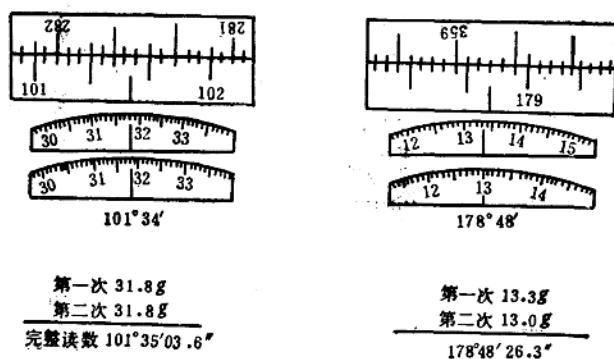


图 1-1

60大格, 600小格, 即每大格之值为 $2''$ , 小格格值为 $0.2''$ 。因此, T3经纬仪可直接读至 $0.2''$  (若以大格为单位, 则为 $0.1$ 格, 一般写成 $0.1g$ )。

6. 练习配置水平度盘的方法。

#### 四、注意事项

1. 实习前要复习课本上有关内容, 了解实习的内容及要求。
2. 严格遵守测量仪器的使用规则。
3. T3光学经纬仪是精密测角仪器, 在使用过程中必须倍加爱护。除了在思想上重视外, 在工作过程中还要采取有效措施, 以确保仪器正常工作, 杜绝损坏仪器的事故发生。

#### 五、仪器及工具

每2~3人为一小组, 每组领用一台T3经纬仪(带脚架), 一块记录板。

#### 六、思考题

1. 顺时针旋转光学测微器测微螺旋时, 秒盘读数是增加还是减少? 水平度盘分划主象(正象)往左还是往右移动?
2. 仔细观察照准部制动机构, 借以理解制动后为什么还能微动? 照准部微动螺旋旋进时, 照准部是顺时针方向还是逆时针方向移动?
3. 水平角观测精确地照准目标时, 要求最后用照准部微动螺旋旋进方向照准目标, 问观测的目标放在十字丝的左侧还是右侧? (指望望远镜目镜视场内所见情景)。

### 实习二 经纬仪照准部旋转是否正确的检验

#### 一、目的

了解经纬仪照准部旋转是否正确的检验方法, 通过此项实习认识什么叫照准部偏心。

#### 二、要求

1. 对所使用的经纬仪作照准部旋转是否正确的检验。
2. 记录、计算检验成果。

#### 三、实习步骤

1. 弄清如何读取水准管气泡的两端读数, 记录者要熟悉记录表格的记录格式。
2. 检验方法
  - (1) 整置仪器, 使垂直轴垂直, 读记照准部水准器气泡两端读数或中间位置读数。
  - (2) 顺时针方向旋转照准部, 每旋转照准部 $45^\circ$ , 读记水准器气泡一次, 连续顺转三周, 每一周要测八个照准部位置。
  - (3) 逆时针方向旋转照准部, 每旋转照准部 $45^\circ$ , 读记水准器气泡一次, 也就是连续

逆转三周。

(4)判断检验结果。若照准部旋转正确,各位置气泡读数互差,对J1型仪器不得超过2格(按气泡两端读数的和计算比较为4格),对J2型仪器不得超过1格(按气泡两端读数的和比较为2格)。若气泡读数变化较大,超出上述限差,并以照准部旋转两周为周期而变化,则照准部旋转不正确,应送厂家进行检修。

#### 四、注意事项

- 1.检验过程中要让照准部旋转 $45^\circ$ ,而不能转动度盘变换钮使度盘转 $45^\circ$ 。
- 2.对水准气泡两端读数要等气泡稳定后读取,因为对于J1型仪器气泡灵敏度较好,当照准部旋转时,气泡也随之移动。
- 3.此项检验若是将仪器置于三脚架上进行,那么对于脚架一定要非常稳固坚实,不得有任何的晃动,否则检验是无效的。

#### 五、上交资料

每个实习小组上交一份合格的照准部旋转是否正确的检验成果。

#### 六、仪器及工具

每2~3人为一组,每组领取J1或J2型经纬仪一台(带脚架)、记录板一块。自备:铅笔、小刀、小三角板或直尺、记录表格。

#### 七、思考题

- 1.什么叫照准部旋转正确?它对测角带来怎样的影响?
- 2.照准部旋转呈什么变化,通过实习仔细观察。

#### 八、示例与记录表格

照准部旋转是否正确的检验记录见表1-4。记录表格见表1-5。

照准部旋转是否正确的检验

表1-4

| 照准部<br>位 置 | 气 泡 读 数 |      |      | 照准部<br>位 置 | 气 泡 读 数 |      |      |
|------------|---------|------|------|------------|---------|------|------|
|            | 左       | 右    | 和或中数 |            | 左       | 右    | 和或中数 |
| 顺转第一周      |         |      |      |            |         |      |      |
| (°)        | (格)     | (格)  | (格)  | (°)        | (格)     | (格)  | (格)  |
| 0          | 06.8    | 13.3 | 20.1 | 180        | 07.0    | 13.4 | 20.4 |
| 45         | 07.0    | 13.4 | 20.4 | 225        | 06.9    | 13.3 | 20.2 |
| 90         | 06.9    | 13.3 | 20.2 | 270        | 07.0    | 13.4 | 20.4 |
| 135        | 07.0    | 13.3 | 20.3 | 315        | 07.1    | 13.5 | 20.6 |
| 顺转第二周      |         |      |      |            |         |      |      |
| 顺转第三周      |         |      |      |            |         |      |      |

续表

| 照准部<br>位置 | 气 泡 读 数 |      |      | 照准部<br>位 置 | 气 泡 读 数 |      |      |
|-----------|---------|------|------|------------|---------|------|------|
|           | 左       | 右    | 和或中数 |            | 左       | 右    | 和或中数 |
| 逆转第一周     |         |      |      |            |         |      |      |
| (°)       | (格)     | (格)  | (格)  | (°)        | (格)     | (格)  | (格)  |
| 315       | 07.2    | 13.2 | 20.4 | 135        | 06.8    | 13.1 | 19.9 |
| 270       | 07.1    | 13.5 | 20.6 | 90         | 06.9    | 13.2 | 20.1 |
| 225       | 06.9    | 13.3 | 20.2 | 45         | 07.1    | 13.5 | 20.6 |
| 180       | 06.8    | 13.2 | 20.0 | 0          | 07.0    | 13.5 | 20.5 |

逆转第二周

逆转第三周

照准部旋转是否正确的检验

表1-5

仪器:

观测者:

日期:

记录者:

| 照准部<br>位 置 | 气 泡 读 数 |     |      | 照准部<br>位 置 | 气 泡 读 数 |     |      |
|------------|---------|-----|------|------------|---------|-----|------|
|            | 左       | 右   | 和或中数 |            | 左       | 右   | 和或中数 |
| 顺 转 第 一 周  |         |     |      |            |         |     |      |
| (°)<br>0   | (格)     | (格) | (格)  | (°)<br>180 | (格)     | (格) | (格)  |
| 45         |         |     |      | 225        |         |     |      |
| 90         |         |     |      | 270        |         |     |      |
| 135        |         |     |      | 315        |         |     |      |
| 顺 转 第 二 周  |         |     |      |            |         |     |      |
| 0          |         |     |      | 180        |         |     |      |
| 45         |         |     |      | 215        |         |     |      |
| 90         |         |     |      | 270        |         |     |      |
| 135        |         |     |      | 315        |         |     |      |
| 顺 转 第 三 周  |         |     |      |            |         |     |      |
| 0          |         |     |      | 180        |         |     |      |
| 45         |         |     |      | 225        |         |     |      |
| 90         |         |     |      | 270        |         |     |      |
| 135        |         |     |      | 315        |         |     |      |
| 逆 转 第 一 周  |         |     |      |            |         |     |      |
| 315        |         |     |      | 135        |         |     |      |
| 270        |         |     |      | 90         |         |     |      |
| 225        |         |     |      | 45         |         |     |      |
| 180        |         |     |      | 0          |         |     |      |

逆 转 第 二 周

|     |  |  |  |     |  |  |  |
|-----|--|--|--|-----|--|--|--|
| 315 |  |  |  | 135 |  |  |  |
| 270 |  |  |  | 90  |  |  |  |
| 225 |  |  |  | 45  |  |  |  |
| 180 |  |  |  | 0   |  |  |  |

逆 转 第 三 周

|     |  |  |  |     |  |  |  |
|-----|--|--|--|-----|--|--|--|
| 315 |  |  |  | 135 |  |  |  |
| 270 |  |  |  | 90  |  |  |  |
| 225 |  |  |  | 45  |  |  |  |
| 180 |  |  |  | 0   |  |  |  |

最大变动      格      中心位置变化      格

## 实习三 经纬仪光学测微器隙动差的测定

### 一、目的

1. 了解光学测微器的构造，掌握光学测微器隙动差的测定方法。
2. 更进一步理解规范规定必须以测微螺旋旋进方向使对径分划线重合的道理。

### 二、要求

1. 对所使用的经纬仪进行光学测微器隙动差的测定。
2. 对所测定的成果进行整理和计算。

### 三、实习步骤

1. 先将经纬仪度盘和测微器整置到 $0^{\circ}00'00''$ ，然后转动度盘变换钮和水平微动螺旋，使应整置的水平度盘位置的对径分划线重合。

2. 旋出测微螺旋少许，然后旋进，使水平度盘对径分划线精密重合并读数。

3. 旋进测微螺旋少许，然后旋出，使水平度盘对径分划线精密重合并读数。

4. 再重复 2、3 款的操作两次，每一个整置位置要测定三次。

5. 以上为一个测定位置的操作步骤，共测定 12 个位置。由前一位置转到下一位置时，对于 DJ<sub>1</sub> 级仪器换置水平度盘和测微器 $15^{\circ}+10''$ ；对于 DJ<sub>2</sub> 级经纬仪换置 $15^{\circ}+50''$ 。

6. 计算每一次旋进减旋出值，设旋进和旋出读数分别为  $a$  和  $b$ ，则隙动差  $d$  为

$$d = a - b$$

并取三次中数，此中数值即为该位置上的隙动差。其绝对值对于 DJ<sub>1</sub> 级仪器应不超过 $1''$ ，DJ<sub>2</sub> 级经纬仪则不应超过 $2''$ 。

### 四、注意事项

1. 实习前要复习课本中有关内容，了解实习目的及要求。

2. 严格遵守测量仪器的使用规则。

3. 此项实习中每次转动测微螺旋要旋出再旋进或者由旋进再旋出使水平度盘的对径分划重合；此重合观察要果断，而且每次动作要一致，以免带来很大的观测误差和重合误差。

4. 初学者由于对重合法读数方法掌握不好，故做此项实习时，更应过细。对于每一个度盘和测微器整置位置要读取三组数，这三组读数之间的较差不应太大，一般取不大于0.5格。

## 五、上交资料

每个实习小组应上交一份合格的光学测微器隙动差测定的成果并计算出该仪器的平均隙动差和隙动差的最大值。

## 六、仪器及工具

每2~3人为一个实习小组，每组领取J1或J2型经纬仪（带脚架）一台、记录板一块。各组自备：铅笔、小刀、尺子及记录表格。

## 七、思考题

1. 隙动差产生原因是什么？采用什么措施来消除或削弱它？
2. 正确理解重合法读数，“测微”的意义及对提高观测结果的重要性？
3. 规范规定对于每次读数时，必须以测微螺旋旋进方向使对径分划线重合，这样做其目的何在？

## 八、示例与记录表格

一个度盘位置测定光学测微器隙动差的记录格式见表1-6，记录表格的格式见表1-7。

表1-6

| 度盘位置 | 测微器读数  |        | 隙动差   |
|------|--------|--------|-------|
|      | 旋进 $a$ | 旋出 $b$ | $d$   |
| (°)  | (格)    | (格)    | (格)   |
| 0    | 02.2   | 02.1   | +0.1  |
|      | 02.3   | 02.1   | +0.2  |
|      | 02.2   | 02.2   | 0.0   |
|      |        |        | +0.10 |

若在度盘的不同位置测定了  $n$  次，则得光学测微器的平均隙动差  $d_0$  为

$$d_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a - b)$$

找出某一度盘位置上的最大隙动差为  $d_{\max}$ 。

光学测微器隙动差的测定

表1-7

仪器:

观测者:

日期:

记录者:

| 度盘位置     | 测微器读数  |        | 隙动差<br>$a-b$ | 度盘位置      | 测微器读数  |        | 隙动差<br>$a-b$ |
|----------|--------|--------|--------------|-----------|--------|--------|--------------|
|          | 旋进 $a$ | 旋出 $b$ |              |           | 旋进 $a$ | 旋出 $b$ |              |
| (°)<br>0 |        |        |              | (°)<br>90 |        |        |              |
| 15       |        |        |              | 105       |        |        |              |
| 30       |        |        |              | 120       |        |        |              |
| 45       |        |        |              | 135       |        |        |              |
| 60       |        |        |              | 150       |        |        |              |
| 75       |        |        |              | 165       |        |        |              |

$$\text{平均隙动差} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a-b)$$

隙动差最大值 =

## 实习四 T3光学经纬仪光学测微器行差的测定

### 一、目的

学会并掌握光学测微器行差测定的方法。

### 二、要求

1. 预习光学测微器行差测定的程序。
2. 正确理解光学测微器行差的表现形式；总结出在不同刻度位置测定行差时，重合刻划线及读取  $a$ 、 $b$ 、 $c$  读数的规律。
3. 掌握行差测定成果的整理和计算方法。

### 三、实习步骤

为减少水平度盘分划系统误差的影响，光学测微器行差的测定，应均匀地在水平度盘各位置上进行，一般应在照准部15个位置上进行行差测定。J1型仪器照准部整置位置见表

1-8. 每一位置的测定程序如下:

表1-8

(1) 将测微器指标对准零分划线, 转动度盘变换钮至整置位置 1, 用水平微动螺旋使整置位置的分划线  $A$  与对径分划线  $A \pm 180^\circ$  重合。示意图见图 1-2。

(2) 按下列顺序, 各精密重合两次, 同时进行测微器读数 (读数可按正负数读, 多于 0 格、60 格的读作正数, 少于 0 格、60 格的读作负数)。

$a$ —— $A$  与  $(A \pm 180^\circ)$  的两分划线重合时的测微器的读数;

$b$ —— $(A - i)$  与  $(A \pm 180^\circ)$  两分划线重合时的读数;

$c$ —— $A$  与  $(A \pm 180^\circ - i)$  两分划线重合时的读数。

$i$  为度盘最小分划格值, 对 T3 仪器而言

$i = 4'$ 。

| 序 号 | 照准部整置位置 |     |
|-----|---------|-----|
| 1   | 0°      | 00' |
| 2   | 24      | 04  |
| 3   | 48      | 08  |
| 4   | 72      | 12  |
| 5   | 96      | 16  |
| 6   | 120     | 20  |
| 7   | 144     | 24  |
| 8   | 168     | 28  |
| 9   | 192     | 32  |
| 10  | 216     | 36  |
| 11  | 240     | 40  |
| 12  | 264     | 44  |
| 13  | 288     | 48  |
| 14  | 312     | 52  |
| 15  | 336     | 56  |

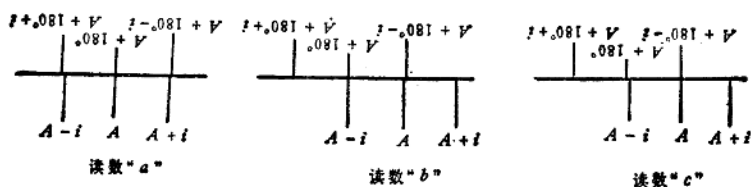


图 1-2

(3) 转动照准部至下一个整置位置, 重合(1)、(2)两步骤操作。

(4) 测微器行差测定的成果整理:

测微器行差的计算:

$$r''_{\text{正}} = (a - b)$$

$$r''_{\text{倒}} = (a - c)$$

$$r'' = \frac{1}{2}(r''_{\text{正}} + r''_{\text{倒}})$$

限差:

$r$  与  $(r_{\text{正}} - r_{\text{倒}})$  的绝对值, 对 J1 型仪器不应超过  $1''$ , 对于 J2 型仪器不应超过  $2''$ 。

经检验, 若  $(r_{\text{正}} - r_{\text{倒}})$  和  $r$  值超限, 应送厂家修理, 调整光具组位置。

在外业观测过程中, 若测微器行差  $r$  值超过上述规定限差, 应在观测结果中加入改正数:



$$\delta_i'' = \frac{2\tau''}{i''} \cdot c''$$

式中,  $\delta_i$  为行差改正数;  $\tau''$  为经测定的行差值;  $i''$  为水平度盘最小间隔分划值,  $c''$  为测微器读数。

#### 四、注意事项

1. 正确理解光学测微器行差的表现形式。总结出在不同刻度位置测定行差时, 重合划线及读取  $a$ 、 $b$ 、 $c$  读数的规律。

2. 注意观察调整读数显微镜的亮度和消除读数显微镜视差对读数有无影响, 有无补救措施。

#### 五、上交资料

每个实习小组应上交一份水平度盘光学测微器行差测定的记录及计算的合格成果。

#### 六、仪器及工具

每3人为一个实习小组, 每组借用 T3 仪器一台(带脚架)、大白伞一把、记录板一块。自备: 铅笔、小刀、小三角板、记录表格。

#### 七、思考题

1. 什么叫行差? 行差测定的基本原理是什么?
2. 在行差测定过程中, 为了读取  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三个读数, 能否用水平度盘微动螺旋使相应分划线重合? 为什么?
3. 设 T3 光学经纬仪水平度盘对径分划线重合一次中误差的限差为  $\pm 0.3''$ , 试求水平度盘读数误差对行差测定值  $\tau$  的影响, 并由此判断国家三角测量规范中  $\tau$  的绝对值不应超过  $1''$  的规定是否合理?
4. 在行差测定过程, 应该将照准部整置成15个位置, 能否用度盘变换钮使度盘整置成15个位置, 为什么?

#### 八、示例与记录表格

表 1-9 表示度盘一个位置的记录格式。水平度盘光学测微器行差的测定记录表格见表 1-10。

一个度盘位置行差测定的记录格式

表1-9

| 度 盘 位 置 | $a$  | $b$  | $c$  | $a-b$ | $a-c$ |
|---------|------|------|------|-------|-------|
| (°) (') | 0.0  | -0.1 | 0.0  |       |       |
| 0    00 | -0.1 | -0.2 | +0.1 |       |       |
|         | -0.1 | -0.3 | +0.1 | +0.2  | -0.2  |