

CELIANGXUE
SHIYAN

测量学 实验

薛迎春 编著



④山西科学技术出版社
SHANXI SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

测量学实验

薛迎春 编著



山西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

测量学实验/薛迎春编著. —太原:山西科学技术出版社,2006.6

ISBN 7-5377-2751-1

I. 测… II. 薛… III. 测量学—实验 IV. P2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 047032 号

测量学实验

薛迎春 编著

*

山西科学技术出版社出版发行 (太原建设南路 15 号)

太原兴晋科技印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:9 字数:195 千字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月太原第 1 次印刷

印数:1—2000 册

*

ISBN 7-5377-2751-1

T·415 定价:20.00 元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与印厂联系调换。

前 言

本书可作为测量学教学的配套实验教材，也可用于测量课间实验和期终的测量教学实习。书中不仅介绍了传统光学测量仪器的使用、检验校正，而且还设置了几个综合性实验，比如实验十七和实验十八，旨在加强学生对测量知识的综合应用。

随着现代科学技术的飞速发展，先进技术在测绘学科中得到了广泛的应用。测绘仪器从原来的以精密机械与几何光学器件的组合为主，逐步增加了物理光学、电子器件以及软件系统，成为光、机、电、软结合的现代电子测量仪器。其功能增加，精度和自动化程度提高，尤其是 GPS 的发展使测量工作发生了巨大的变革。因此，本书详细讲解了电子全站仪和 GPS 定位测量的原理、方法。

本书由阳泉学院薛迎春编写，在编写过程中参考了同济大学顾孝烈等老师编著的《测量学实验》，文登荣等老师编著的《测量实验及实习》，在这里向这些老师表示衷心的感谢！

本书作者诚恳希望使用本教材的师生以及其他读者能提出批评指正！

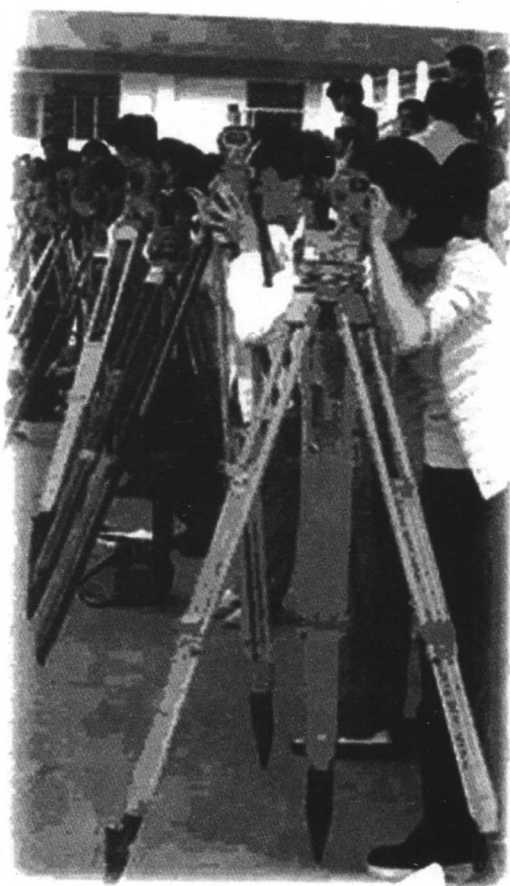
内容简介

本书为测量学的实验指导书，全书共分为两大部分：第一部分为测量学的实验须知，第二部分按照不同的测量仪器和测量方法列出了 31 个实验项目，介绍了各种测量仪器的结构和功能、实验方法以及应达到的要求等，其中还介绍了最新的先进测量仪器及使用方法。

本书可用作土建类、测绘类专业师生的测量学实验课教材，也可供从事测量工作的技术人员参考。

测量实验

测量实验的目的的一方面是为了验证、巩固在课堂上所学的知识；另一方面是熟悉测量仪器的构造和使用方法，培养学生进行测量工作的基本操作技能，使学到的理论与实践紧密结合。



目 录

第一部分 测量实验须知	1
实验的一般规定	1
测量仪器工具的借领与使用规则	1
测量实验记录与计算规则	4
第二部分 测量实验指导	5
实验一 水准仪的认识和使用	6
实验二 普通(等外)水准测量	9
实验三 四等水准测量	11
实验四 水准仪的检验与校正	13
实验五 精密水准仪的认识及使用	16
实验六 电子水准仪的认识及使用	18
实验七 DJ ₆ 型经纬仪的构造与读数	19
实验八 经纬仪测回法测水平角	23
实验九 方向法观测水平角	25
实验十 竖直角观测与竖直指标差的检验与校正	26
实验十一 经纬仪的检验与校正	28
实验十二 DJ ₂ 型经纬仪的认识与使用	32
实验十三 电子经纬仪的认识与使用	35
实验十四 视距测量	37
实验十五 钢尺量距的一般方法和钢尺的检定	39
实验十六 钢尺量距的精密方法	42
实验十七 经纬仪导线法测量的外业观测和内业计算	44
实验十八 一个测站上的碎部测量	46
实验十九 红外测距仪的使用	48
实验二十 全站仪的一般认识与正确使用	50
实验二十一 电子全站仪角度和距离测量	54
实验二十二 电子全站仪坐标测定和测设	59

实验二十三	天宝 4800GPS 接收机的认识和使用	68
实验二十四	GPS 静态定位外业观测	71
实验二十五	GPS 数据处理软件 (TGO) 的平差过程	73
实验二十六	GPS 数据处理成果的计算与输出	81
实验二十七	中海达 8200BGPS 接收机的认识和使用	84
实验二十八	中海达静态数据传输及数据处理流程	93
实验二十九	测设点的平面位置和高程	95
实验三十	建筑物轴线的测设和高程测设	96
实验三十一	圆曲线的测设	98
附录	实验报告	100

第一部分 测量实验须知

《测量学》是一门实践性很强的技术基础课，其实验是教学中必不可少的环节。只有通过实验，才能巩固课堂所学的基本理论，进而掌握仪器操作的基本技能和测量作业的基本方法，因此必须重视测量实验。

本部分的内容包括实验的一般规定、测量仪器工具的借领与使用规则、测量实验记录与计算规则，这些都是进行实验的必备知识。

实验的一般规定

1. 在做实验之前，必须复习教材中的有关内容，认真仔细地预习本书，以明确目的、了解任务、熟悉实验步骤和有关注意事项，并准备好所需文具用品。

2. 实验分小组进行，组长负责组织协调工作，副组长负责办理所用仪器工具的借领和归还手续。

3. 实验应在规定的时间进行，不得无故缺席或迟到早退；应在指定的场地进行，不得擅自改变地点或离开现场。

4. 必须遵守测量仪器工具的借领与使用规则和测量实验记录与计算规则。

5. 应服从教师的指导，严格按照本书的要求认真、按时、独立地完成任务。每项实验都应取得合格的成果，提交书写工整规范的实验报告，经指导教师审阅签字后，才可交还仪器工具、结束工作。

6. 在实验过程中，还应遵守纪律，爱护现场的花草、树木和农作物，爱护周围的公共设施，任意砍折、踩踏或损坏者应承担赔偿责任。

测量仪器工具的借领与使用规则

对测量仪器工具的正确使用、精心爱护和科学保养，是测量人员必须具备和掌握的

技能,也是保证测量成果质量、提高测量工作效率和延长仪器工具使用寿命的必要条件。在仪器工具的借领与使用中,必须严格遵守下列规定。

一、仪器工具的借领

1. 在教师指定的地点凭学生证办理借领手续,以小组为单位领取仪器工具。
2. 借领时应该当场清点检查实物与清单是否相符、仪器工具及附件是否齐全、背带及提手是否牢固、脚架是否完好等。如有缺损,可以补领或更换。
3. 离开借领地点之前,必须锁好仪器箱并捆扎好各种工具;搬运仪器工具时,必须轻取轻放,避免剧烈震动。
4. 借出仪器工具后,不得与其他小组擅自调换或转借。
5. 实验结束,应及时收装仪器工具,送还借领处检查验收,消除借领手续。如有遗失或损坏,应及时写出书面报告说明情况,并按有关规定赔偿。

二、仪器的安装

1. 在三脚架安置稳妥之后,方可打开仪器箱。开箱前应将仪器箱放在平稳处,严禁托在手上或抱在怀里。
2. 打开仪器箱之后,要看清并记住仪器在箱中的安放位置,避免以后装箱困难。
3. 提取仪器之前,应先松开制动螺旋,再用双手握住支架或基座轻轻取出仪器,放在三脚架上,要一手握住仪器,一手拧连接螺旋,最后旋紧连接螺旋使仪器与三脚架连接牢固。
4. 装好仪器之后,注意随即关闭仪器箱盖,防止灰尘和湿气进入箱内,并严禁坐在仪器箱上。

三、仪器的使用

1. 仪器安装好之后,不论是否操作,必须有人看护,防止无关人员搬弄或行人车辆碰撞。
2. 在打开物镜盖时或在观测过程中,如发现灰尘,可用镜头纸或软毛刷轻轻拂去,严禁用手指或手帕等物擦拭,以免损坏镜头上的药膜。观测结束后应及时套好物镜盖。
3. 转动仪器前,应先松开制动螺旋,再平稳转动。使用微动螺旋时,应先旋紧制动螺旋。
4. 制动螺旋应松紧适度,微动螺旋和脚螺旋不要旋到顶端,使用各种螺旋时都应均匀用力,以免损伤螺纹。
5. 在野外使用仪器时,应该撑伞,严防日晒雨淋。
6. 在仪器发生故障时,应及时向指导教师报告,不得擅自处理。

四、仪器的搬迁

1. 在行走不便的地区迁站或远距离迁站时,必须在仪器装箱之后搬迁。
2. 短距离迁站时,可将仪器连同三脚架一起搬迁。其方法是:先取下垂球,检查

并旋紧仪器连接螺旋，松开各制动螺旋使仪器保持初始位置（经纬仪望远镜物镜向着度盘中心，水准仪物镜向后方），再收拢三脚架，左手握住仪器基座或支架放在胸前，右手抱住脚架放在肋下，稳步行走。严禁斜扛仪器，以防碰撞。

3. 搬迁时，小组其他人员应协助观测员带走仪器箱和有关工具。

五、仪器的装箱

1. 每次使用仪器之后，应及时清除仪器上的灰尘及三脚架上的泥土。

2. 仪器拆卸时，应先将仪器脚螺旋调至大致同高的位置，再一手扶住仪器，一手松开连接螺旋双手取下仪器。

3. 仪器装箱时，应先松开各制动螺旋，使仪器就位正确，试关箱盖，确认放妥后再拧制动螺旋，然后关箱上锁。如合不上箱口，切不可强压箱盖，以防压坏仪器。

4. 清点所有附件和工具，防止遗失。

六、测量工具的使用

1. 使用钢尺时，应防止钢尺扭曲、打结或折断，防止行人踩踏或车辆碾压，尽量避免尺身着水。携尺前进时，应将尺身提起，不得沿地面拖行，以防损坏刻画。钢尺用完后，应擦净、涂油，以防生锈。

2. 使用皮尺时，应均匀用力拉伸，避免着水、车压。如皮尺受潮，应及时晾干。

3. 使用各种标尺、花杆时，应注意防水、防潮和防止受横向压力，不能磨损尺面刻画和漆皮，不用时安放稳妥。使用塔尺时，注意接口处要正确连接，用后及时收尺。

4. 使用测图板时，应注意保护板面，不得乱写乱扎，不能施以重压。

5. 使用小件工具如垂球、测钎、尺垫等时，应用完即收，防止遗失。

6. 一切测量工具应保持清洁，由专人保管搬运，不能随意放置，更不能作为捆扎、抬担等工具使用。

七、光电测距仪和全站仪的使用规则

1. 光电测距仪和全站仪为特别贵重的仪器，在使用时必须要有专人负责。

2. 仪器应严格防潮、防尘、防震，雨天及有大风沙时不得使用。长途搬运时，必须将仪器装入减震箱内，且由专人护送。

3. 工作过程中搬移测站时，仪器必须卸下装箱或装入专用背架，不得装在三脚架上搬动。

4. 仪器的光学部分和反光镜严禁手摸，且不得用粗糙物品擦拭。如有灰尘，应用软毛刷刷净；如有油污，应用脱脂棉蘸酒精和乙醚的混合液擦拭。

5. 仪器不用时，应放在通气、干燥、安全的地方。如在野外沾水，应立即擦净、晾干，再装入箱内。

6. 仪器在阳光下使用时必须打伞，以免暴晒而影响仪器性能。

7. 发射及接收物镜严禁对准太阳，以免将管件烧坏。

8. 仪器在不用时应经常通电，以防元件受潮。电池应定时充电，但充电不宜过量，

以免损坏电池。

9. 使用仪器时，操作按钮和开关不要用力过大。

10. 使用仪器前，应检查电池电压和仪器的各种工作状态是否正常，如发现异常，应立即报告指导教师，不得继续使用，更不得随意动手拆修。

11. 仪器的电缆接头在使用前应弄清构造，不得乱拧乱拨。

12. 仪器在不工作时，应立即关闭电源。

13. 学生实验使用仪器时，教师必须在现场指导。

测量实验记录与计算规则

测量实验报告是外业观测成果的记录和内业数据处理的依据。在测量实验报告上记录或计算时，必须严肃认真、一丝不苟，严格遵守下列规则：

1. 在写测量实验报告之前，应准备好硬性（2H 或 3H）铅笔，同时熟悉表中各项内容及填写、计算方法。

2. 记录观测数据之前，应将表头的仪器型号编号、日期、天气、测站、观测者及记录者姓名等填写好。

3. 观测者读数后，记录者应立即在测量表中的相应栏内填写数据，并复述数据核对是否正确。不得将数据先记在别的地方再将其转抄到表内。

4. 记录时要求字体工整清晰、数位对齐、数字齐全。字体的大小一般占格宽的 $1/3 \sim 1/2$ ，字脚靠近底线；表示精度或占位的“0”（例如水准尺读数 1.500 或 0.234，度盘读数 $93^{\circ} 04' 00''$ 中的“0”）均不能省略。

5. 观测数据的尾数不得更改，读错或记错后必须重测重记。例如角度测量时，秒级数字出错应重测该测回；水准测量时，毫米级数字出错应重测该测站；钢尺量距时，毫米级数字出错应重测该尺段。

6. 如观测数据的前几位出错，应用细横线划去错误的数字，并在原数字上方写出正确的数字。注意不得涂擦已记录的数据。禁止连续更改数字，如水准测量中的黑、红面读数，角度测量中的盘左、盘右，距离测量中的往、返测等，均不能同时更改，否则重测。

7. 记录数据修改后或观测成果废去后都应在备注栏内写明原因（如测错、记错或超限等）。

8. 每站观测结束后，必须在现场完成规定的计算和检核，确认无误后方可迁站。

9. 数据运算应根据所取位数，按“4 舍 6 入，5 前单进双舍”的规则凑整。如 1.4244m、1.4236m、1.4235m、1.4245m 这几个数据，若取至毫米位，则均应记为 1.424m。

10. 应该保持测量实验报告的整洁，严禁在实验报告上书写无关的内容，更不得丢失实验报告。

第二部分 测量实验指导

测量实验是课堂教学在讲完某一章节内容后安排的室外实践性教学，是加深学生直观概念的必要途径。本部分共列出 31 项实验，其中 2 项为综合性实验。实验项目应根据专业及实际仪器情况确定。每项实验的时数和小组人数可根据具体情况灵活安排，但每个实验时数不得少于 2 个学时，小组人数不得超过 4 人（演示性实验除外）。使观测成果在限差之内是实验要求，检查是否超限也是必不可少的实验步骤，然而考虑到实验目的主要是练习，所以每项实验的限差均列在注意事项中。进行实验时应找出对应表格随测随记，以便实验结束时上交。

实验一 水准仪的认识和使用

一、目的与要求

1. 了解 DS3 型水准仪各部件及作用。
2. 练习水准仪的安置、瞄准与读数。
3. 测量地面两点间的高差。

二、计划与设备

1. 实验安排 2 学时，实验小组由 2~4 人组成。
2. 实验设备为每组 DS3 型水准仪 1 台，记录板一块，测伞一把。
3. 实验场地中设置不同高度的五根水准尺，各组在练习仪器安置、整平、瞄准、精平、读数的基础上，每人练习观测三根水准尺，分别编号为 A、B、C，记录在实验报告一中。
4. 实验结束时，每人上交一份实验报告。

三、工程水准仪的构造和各部件的名称

DS₃ 工程水准仪如图 1—1 所示。

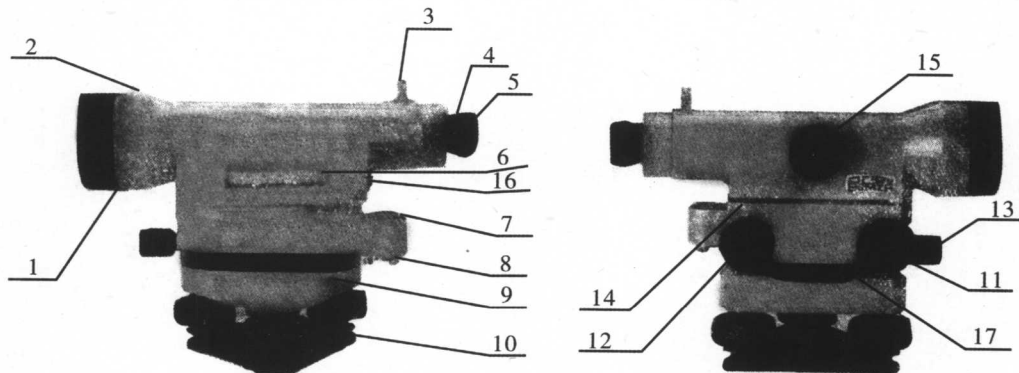


图 1-1 DS₃ 工程水准仪

1. 物镜 2. 瞄准星 3. 瞄准缺口 4. 目镜 5. 长水准器放大镜 6. 长水准器
7. 圆水准器 8. 圆水准器校正螺丝 9. 三角底座 10. 安平螺旋 11. 微动螺旋
12. 微倾螺旋 13. 制动螺旋 14. 拖板部分 15. 调焦螺旋 16. 长水准器校正螺丝 17. 度盘

四、方法与步骤

1. 安置仪器：将三脚架张开，使其高度在胸口附近，架头大致水平，并将脚尖踩

入土中，然后用连接螺旋将仪器连在三脚架上。

2. 认识仪器：了解仪器各部件的名称及其作用，并熟悉其使用方法。同时熟悉水准尺的分划注记。

3. 粗略整平：先对向转动两只脚螺旋，使圆水准器气泡向中间移动，再转动另一脚螺旋，使气泡移至居中位置。

4. 瞄准：转动目镜调焦螺旋，使十字丝清晰；转动仪器，用瞄准星和照门瞄准水准尺，拧紧制动螺旋（手感螺旋有阻力），转动微动螺旋，使水准尺在十字丝交点处成像。当成像不太清晰时，转动对光螺旋，消除视差，使目标清晰。

5. 精平、读数：在水准管气泡窗观察，转动微倾螺旋使符合水准管气泡两端的半影像吻合，此时视线处于精平状态，同时立即用中丝在水准尺上读出四位有效数字。

五、注意事项

1. 不要在没有消除视差的情况下读数。
2. 在水准尺上读数时，符合水准气泡必须居中，不能用脚螺旋调整符合水准气泡居中。

六、自动安平水准仪及其使用

1. S_3BZ 型自动安平水准仪如图 1—2 所示。

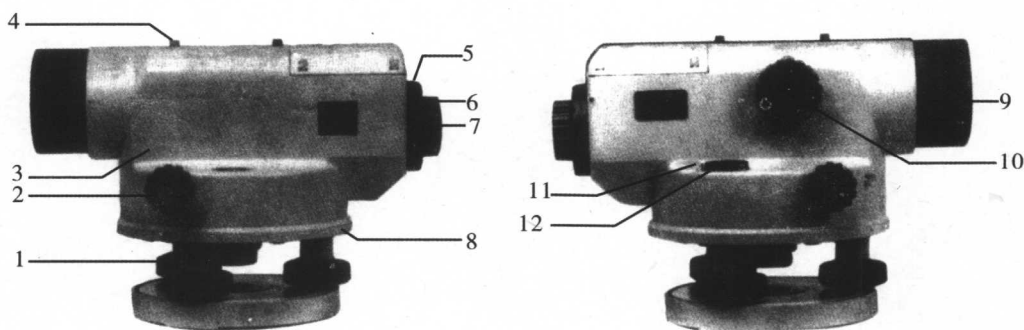


图 1-2 S_3BZ 型自动安平水准仪

1. 脚螺丝 2. 水平微动螺丝 3. 望远镜 4. 粗瞄镜 5. 分划板罩 6. 目镜罩 7. 目镜
8. 水平度盘换盘轮 9. 物镜 10. 调焦手轮 11. 圆水泡改正螺丝 12. 圆水泡

2. 操作方法与步骤：自动安平水准仪中圆水准器粗平仪器的补偿棱镜在地球重力的作用下自动使仪器视准轴水平（精平），操作比一般水准仪简便，又可防止一般水准仪在操作中忘记精平的失误。其操作步骤如下：

(1) 安置脚架和连接仪器：选好测站，安放三脚架，使架头大致水平，用连接螺旋连接水准仪和三脚架。

(2) 粗平：按左手拇指规则旋转仪器脚螺旋，使圆水准器的气泡严格居中，使补偿棱镜在补偿范围内导致视准轴水平。

(3) 瞄准：轻轻地在水平方向转动仪器（该仪器无制动螺旋），使望远镜上的瞄准

器指向水准尺，用水平微动螺旋从望远镜中瞄准目标；旋转目镜使十字丝清晰，旋转物镜调焦螺旋使水准尺分划清晰；检查是否存在视差，如有视差，则再对光调整。

(4) 读数：自动安平水准仪的读数与一般水准仪相同。

思考题

1. 为什么气泡移动方向与左手拇指移动方向一致？
2. 使用一对脚螺旋时，为什么要相对地旋转？
3. 使用望远镜时，为什么一定要先调目镜，再调物镜对光螺旋？
4. 怎样使用微动螺旋？什么情况下微动螺旋会不起作用？
5. 为什么照准标尺的方向改变后，要重新用微倾螺旋使气泡符合要求？
6. 一个测站的水准测量，观测了后视，瞄准前视后是否需要再次粗平、精平？

练习

用脚螺旋粗平，熟练操作后，用两个脚螺旋即可整平，请试一试。

实验二 普通（等外）水准测量

一、目的与要求

1. 掌握普通水准测量的观测、记录和检核方法。
2. 掌握水准测量的闭合差调整及求出待定点高程。

二、计划与设备

1. 实验安排 2~3 学时，实验小组由 4~5 人组成。
2. 实验设备每组为水准仪 1 台，水准尺 2 根，尺垫 2 个，记录板 1 块，测伞 1 把。
3. 实验场地选定一条闭合水准路线，其长度以安置 4~6 个测站为宜，中间设待定点 B。
4. 从已知水准点 A 出发，水准测量至 B、C 点，然后再测至 A 点（或另一个水准点）。根据已知点高程（或假定高程）及各测站的观测高差，计算水准路线的高差闭合差，并检查是否超限。对闭合差进行调整，求出待定点 B、C 的高程。将计算结果记在实验报告二中，每人上交一份实验报告。

三、方法与步骤

1. 背离已知点方向为前进方向，在 A、B、C 点间设若干转点。第 1 站将水准仪安置在 A 点与转点 1（拼音缩写 ZD1、英文缩写 TP1）之间，前后距离大约相等，其距离不超过 100m。

2. 操作程序是后视 A 点上的水准尺，精平，用中丝读取后尺读数，记入实验报告二的表 1 中。前视转点 1 上的水准尺，并精平读数，记入表 1 中，然后计算该站的高差。

3. 迁至第 2 站，继续上述操作程序，至最后回到 A 点（或另一个已知水准点）。

4. 根据已知点高程及各测站高差，计算水准路线的高差闭合差，并检查高差闭合差是否超限，其限差公式为：

$$f_{n容} = \pm 12 \sqrt{n} \text{ (mm)} \text{ 或 } f_{n容} = \pm 40 \sqrt{L} \text{ (mm)}$$

式中：n ——测站数；

L ——水准路线的长度，km。

5. 如高差闭合差在容许范围内，则对高差闭合差进行调整，计算各待定点的高程。

四、注意事项

1. 在每次读数之前，要消除视差，并使符合水准气泡严格居中。
2. 在已知点和待定点上不能放置尺垫，但转点必须用尺垫；在仪器迁站时，前视