

南京工业大学

《大地测量学基础》实习指导书

(测绘工程专业用)

郑国才 编

南京工业大学测绘学院

二〇一二

《大地测量学基础》实习指导书

一、实习目的

大地测量学基础集中实习是课堂教学结束之后在实习场地集中进行的实践性教学，是各项课间实验的综合应用，也是巩固和深化课堂所学知识的必要环节。通过实习，不仅了解控制测量的全过程，系统的掌握精密测量仪器的操作和检校、待定点计算等基本技能，而且可为今后解决实际工程中的有关问题打下基础，还能在业务组织能力和实际工作能力方面得到锻炼。在实习中应具有严格认真的科学态度、踏实求实的工作作风、吃苦耐劳的献身精神和团结协作的集体观念。

本实习的主要内容控制网测量，包括平面控制和高程控制测量。实习时间为 4 周。

二、实习动员与组织

1. 实习动员

由有关领导或指导教师讲明实习的重要性和必要性，介绍实习场地情况，布置实习任务和计划，宣布实习组织机构、实习纪律，说明仪器工具借领办法和损坏赔偿规定，强调实习注意事项等，以保证实习顺利进行。

2. 实习组织

以班级为单位建立测量实习队，分若干小组，三角测量 3~4 人一组，精密水准测量 5~6 人一组，设小组长 1 人，组长负责全组的实习安排及仪器管理工作。

三、实习仪器和工具

三角测量组：J2 经纬仪一套（带脚架），皮尺一把，测伞一把，方向观测记录纸。

精密水准测量组：S1 型精密水准仪一套（带脚架），钢钢水准尺一对，精密水准测记录纸。

四、实习安排与要求

1. 实习安排与要求

项目与内容	时间安排（天）	任务与要求
实习动员、借领仪器工具、仪器检校	0.5	做好出测前的准备工作
三角测量	8	每人观测 3~4 个点，每个测站测 6 测回，(要求满足测站限差)
精密水准测量	8	熟练掌握观测方法、要领 每人观测往返 2~3Km
操作考核	1	抽签考核
实习总结	2.5	整理成果、编写实习报告、归还仪器

2. 实习注意事项

(1) 实习的各项工作以小组为单位进行，组长要认真负责，合理安排，使每人都有练习机会；组员之间应团结合作，密切配合，以确保实习任务顺利完成。

(2) 实习过程中应严格遵守仪器操作中的有关规定。

(3) 每天出工前和收工前都应清点仪器工具，检查是否带齐，晚上应检查当天外业观测数据并进行内业计算，每一阶段性工作完后，要及时收还仪器工具，整理成果资料。

(4) 严格遵守实习纪律，病假需要有医生证明，事假应经教师批准；禁止擅自离开实习岗位、下水游泳、严禁在外夜宿等；尊重当地风俗，搞好群众关系；爱护花木、农作物和公共财产，注意饮食和环境卫生；注意仪器及人身安全。

五、实习技术要求

1. 平面控制测量

开始作业前应对光学经纬仪进行以下项目的检验：

- (1) 照准部旋转正确性的检验；
- (2) 光学测微器行差与隙动差的测定；
- (3) 水平轴不垂直于垂直轴之差的测定；
- (4) 垂直微动螺旋使用正确性的检验。

方向观测要选择一个距离适中、通视良好、成像清晰的方向作为零方向。

为消除或减弱度盘分划长短周期误差、测微器分划误差及行差的影响，应使水平角观测各测回均匀地分配在度盘和测微器的不同位置上。应事先编制观测度盘表。

水平角观测均应在通视良好、成像清晰稳定的有利观测时间段进行。晴天的日出、日落和中午前后，如果成像模糊或跳动剧烈时，不应进行观测。

水平角观测一般在白天进行。二等点上的全部测回，应在两个以上时间段（上午、下午、夜间各为一个时间段）完成。

每个时间段观测的基本测回数不应多于全部基本测回数的 2/3；按全组合测角法观测时，同一角度各测回不得连续观测。二等以下各等级控制点上的全部测回，可以在一个时间段内测完。

水平角观测可采用方向观测法。当方向数不多于 3 个时，可不归零。二等三角点亦可按全组合测角法或三方向法观测。方向观测法一测回的操作程序如下：

- (1) 将仪器照准零方向目标，按观测度盘表对好度盘和测微器。
- (2) 顺时针方向旋转照准部 1~2 周后精确照准零方向目标，进行水平度盘测微器读数（重合对径分划线二次）。
- (3) 顺时针方向旋转照准部，精确照准 2 方向目标，按本条第 2 款方法进行读数；顺时针方向旋转照准部依次进行 3、4、……、n 方向观测，最后闭合至零方向。
- (4) 纵转望远镜，逆时针方向旋转照准部 1~2 周后，精确照准零方向，按本条第 2 款方法进行读数。
- (5) 逆时针方向旋转照准部，按上半测回观测的相反次序依次观测至零方向。

以上操作为一测回。

水平角观测过程中，仪器不应受日光直接照射，气泡中心位置偏离整置中心不应超过一格。气泡位置偏离接近一格时，应在测回间重新整置仪器，使水准气泡居中。有纵轴倾斜传感器校正的电子经纬仪可不受此限。

在观测过程中，如遇某些方向目标暂不清晰时，可先放弃，待清晰时补测。一测回中放弃的方向数不应超过方向总数的 1/3，放弃方向补测时，可只联测零方向。如全部测回已测完，某些方向尚未观测过，对这些方向的观测应按分组观测处理。

各等级三角测量水平角观测技术要求应符合下表的规定。

三角测量水平角观测的技术要求

等级	测角中误差 (")	三角形最大 闭合差 (")	平均边长 (km)	方向观测测回数			全组合测角法方向 权 $P = n_0 \cdot n_d$ DJ_1
				DJ_1	DJ_2	DJ_6	
二等	$\leq \pm 1.0$	$\leq \pm 3.5$	> 9	15	-	-	30 (28、32)
			≤ 9	12		-	24 (25)
三等	$\leq \pm 1.8$	$\leq \pm 7.0$	> 5	9	12	-	-
			≤ 5	6	9		-
四等	$\leq \pm 2.5$	$\leq \pm 9.0$	> 2	6	9		-

			≤ 2	4	6		-
--	--	--	----------	---	---	--	---

注： n_0 为测回数， n_d 为方向数。

方向观测法的各项限差（"）

经纬仪型号	光学测微器两次重合读数差	半测回归零差	一测回内 2C 较差	同一方向值各测回较差
DJ ₁	1	6	9	6
DJ ₂	3	8	13	9
DJ ₆	-	18	-	24

注：当照准点方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 时，该方向的 2C（C 为视准轴误差）较差可按同一观测时间段内的相邻测回进行比较，其差值仍按上表规定。按此方法比较应在手簿中注明。

水平角观测成果的重测和取舍应符合下列规定：

（1）凡超出本规范规定限差的结果，均应进行重测。重测应在基本测回完成并对成果综合分析后再进行。

（2）2C 较差或各测回较差超限时，应重测超限方向并测零方向。因测回较差超限重测时，除明显孤值外，原则上应重测观测结果中最大和最小值的测回。

（3）零方向的 2C 较差或下半测回的归零差超限，该测回应重测。方向观测法一测回中，重测方向数超过所测方向总数的 1/3 时（包括观测三个方向有一个方向重测），该测回应重测。

（4）采用方向观测法时，每站基本测回重测的方向测回数，不应超过全部方向测回总数的 1/3，否则整站重测。

方向观测法重测数的计算，在基本测回观测结果中，重测一个方向算作一个方向测回；因零方向超限而重测的整个测回算作 (n_d-1) 个方向测回。每站全部方向测回总数按 $(n_d-1)n_0$ 计算， n_d 为该站方向总数， n_0 为测回数。

（5）基本测回成果和重测成果，应载入记簿。重测与基本测回结果不取中数，每一测回只取一个符合限差的结果。

（6）因三角形闭合差、极条件、基线条件、方位角条件自由项超限而重测时，应进行认真分析择取有关测站整站重测。

归心元素的测定方法和要求应符合下列规定：

（1）归心元素测定，宜用经纬仪置于三个仪器位置上按盘左、盘右投影，投影面的交角应接近 60° 或 120° 。如因地形限制，也可在交角约为 90° 的两个位置上连续投影两次（两次间须稍变动仪器位置）。投影的示误三角形最长边或示误四边形的长对角线，对于标石、仪器和回光中心的投影应小于 5mm；对于圆筒、标心柱中心的投影应小于 10mm。

（2）投影应在专用投影纸上（如用透明纸需投影后贴在投影纸上）进行，投影完毕应描绘本点的两个观测方向，其中一个宜为零方向。其观测值与描绘值之差，当偏心距小于 0.3m 时，不应超过 2° ；偏心距大于 0.3m 时，不应超过 1° 。偏心距 e 量至毫米，偏心角 θ 量至 $15'$ 。

（3）在不设测站观测的点上进行照准点投影时，描绘方向包括测站点方向，同时用仪器观测两个描绘方向间的夹角记于投影纸上。

2. 高程控制测量

水准测量的等级依次分为二、三、四等，当需布设一等时，应另行设计，经主管部门审批后实施。城市首级高程控制网不应低于三等水准，测区则视需要，各等高程控制网均可作为首级高程控制。光电测距三角高程测量可代替四等水准测量。

在大城市或有地面沉降的城市应建立基岩水准标石作为地方水准原点，应与国家水准点联测。一般城市可选择一个较为稳固并便于长期保存的国家水准点作为城市水准网的起算

点。同时应充分利用测区内的水准点标石。与国家水准点联结时，其联测精度不应低于城市首级水准网的观测精度。

城市高程控制网的布设，首级网应布设成闭合环线，加密网可布设成附合路线、结点网和闭合环。只有在特殊情况下，才允许布设支水准路线。

城市高程控制网布设范围应与城市平面控制网相适应。

一个城市只应建立一个统一的高程系统。城市高程控制网的高程系统，应采用 1985 国家高程基准或沿用 1956 年黄海高程系统。

在远离国家水准点的新设城市或在改造旧有水准网因高程变动而影响使用时，经上级行政主管部门批准后，可暂时建立或沿用地方高程系统，但应争取条件归算到 1985 国家高程基准上来。

各等水准测量的主要技术要求应符合下表的规定。

各等水准测量的主要技术要求 (mm)

等级	每千米高差中数中误差		测段、区段、路线往返测高差不符值	测段、路线的左右路线高差不符值	附合路线或环线闭合差		检测已测测段高差之差
	偶然中误差 M_{Δ}	全中误差 M_W			平原丘陵	山区	
二等	$\leq \pm 1$	$\leq \pm 2$	$\leq \pm 4\sqrt{L_s}$	—	$\leq \pm 4\sqrt{L}$		$\leq \pm 6\sqrt{L_i}$
三等	$\leq \pm 3$	$\leq \pm 6$	$\leq \pm 12\sqrt{L_s}$	$\leq \pm 8\sqrt{L_s}$	$\leq \pm 12\sqrt{L}$	$\leq \pm 15\sqrt{L}$	$\leq \pm 20\sqrt{L_i}$
四等	$\leq \pm 5$	$\leq \pm 10$	$\leq \pm 20\sqrt{L_s}$	$\leq \pm 14\sqrt{L_s}$	$\leq \pm 20\sqrt{L}$	$\leq \pm 25\sqrt{L}$	$\leq \pm 30\sqrt{L_i}$

注：a. L_s 为测段、区段或路线长度， L 为附合路线或环线长度， L_i 为检测测段长度，均以 km 计；

b. 山区指路线中最大高差超过 400m 的地区；

c. 水准环线由不同等级水准路线构成时，闭合差的限差应按各等级路线长度分别计算，然后取其平方和的平方根为限差；

d. 检测已测测段高差之差的限差，对单程及往返检测均适用；检测测段长度小于 1km 时，按 1km 计算。

城市各等级平面控制点的高程，在平坦地区用四等水准精度要求施测，在山区及位于高层建筑上的控制点可采用三角高程测量方法施测。

对于新购置的仪器及水准标尺应进行全面检验，新购仪器以及作业前与跨河水准测量所使用仪器的检验项目、方法和要求应按现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897 与《国家三、四等水准测量规范》GB 12898 中的有关规定执行。进行水准测量所使用的仪器及水准标尺，应符合下列规定：

(1) 水准仪视准轴与水准管轴的夹角 i ，在作业开始的第一周内应每天测定一次， i 角稳定后可每隔 15 天测定一次，用于二等水准测量的仪器不得大于 $15''$ ；用于三、四等水准测量的仪器不得大于 $20''$ 。

(2) 二等水准测量采用补偿式自动安平水准仪施测时，其补偿误差不应大于 $0.2''$ 。

(3) 水准标尺的米间隔平均真长与名义长之差，对于线条式因瓦标尺不应大于 0.10mm ，对于区格式木质标尺不应大于 0.50mm 。

各等水准观测，应在标尺分划线成像清晰而稳定时进行。下列情况不应进行二等水准观测：

(1) 日出后与日落前 30 分钟内。
 (2) 太阳中天前后各约 2 小时内（可根据地区、季节和气象情况，适当增减中午间歇时间）。

- (3) 标尺分划线的影像跳动而难于照准时。
 (4) 气温突变时。
 (5) 风力太大而使标尺与仪器不能稳定时。

水准测量的观测方法应符合下列规定：

(1) 对二等水准测量采用光学测微法，进行往返观测，其观测顺序如下：

- ①往测：奇数站为后—前—前—后；
 偶数站为前—后—后—前。
 ②返测：奇数站为前—后—后—前；
 偶数站为后—前—前—后。

(2) 对于二等水准测量，在两个基本标石之间的区段内，可划分成长度为 20~30km 的几个分段，在每一分段内先连续进行所有测段的往测或返测，随后连续进行该分段的返测或往测。观测时间宜使该分段中每一测段的往测或返测，分别在上午与下午进行，同时段观测的测站数不应超过该分段总测站数的 30%。

(3) 对三等水准测量采用中丝读数法，进行往返观测。当使用 DS₃ 级仪器和因瓦标尺进行观测时，可采用光学测微法进行单程双转点观测。两种方法每站观测顺序为后—前—前—后。

(4) 对四等水准测量采用中丝读数法，直读距离，观测顺序为后—后—前—前。当水准路线为附和路线或闭合环时采用单程测量；当采用单面标尺时，应变动仪器高度，并观测两次。水准支线应进行往返观测或单程双转点法观测。

(5) 使用补偿式自动安平水准仪观测的操作程序与气泡式水准仪相同，观测前圆水准器应精确校正，观测时应严格置平。

(6) 水准观测应符合下列规定：

①观测前，应使仪器与外界气温趋于一致。观测时，应用白色测伞遮蔽阳光。迁站时，宜罩以白色仪器罩；

②在连续各测站上安置水准仪的三角架时，应使其中两脚与水准路线的方向平行，而第三脚轮换置于路线方向的左侧与右侧；

③同一测站上观测时，不得两次调焦；

④观测中不得为了增加标尺读数而把尺桩（台）安置在沟边或壕坑中的方法；

⑤每测段的往测和返测的测站数应为偶数。由往测转向返测时，两根标尺应互换位置，并应重新整置仪器。

(7) 间歇与检测应按现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897 和《国家三、四等水准测量规范》GB 12898 的有关规定执行。

水准测量的转点尺承可以采用尺桩或尺台，用于二等水准测量的尺台重量不应小于 5kg。

各等水准观测的视线长度、前后视距差、视线高度的要求应符合下表的规定。

各等水准观测的视线长度、前后视距差、视线高度的要求（m）

项目等级	标尺类型	视线长度		前后视距差	任一测站上前后视距累积差	视线高度
		仪器类型	视距			
二等	因瓦	DS ₁	≤50	≤1.0	≤3.0	下丝读数 ≥0.3
		DS ₀₅	≤60			

三等	双面	DS ₃	≤65	≤3.0	≤6.0	三丝能读数
	因瓦	DS ₁ DS ₀₅	≤80			
四等	双面单面	DS ₃	≤80	≤5.0	≤10.0	三丝能读数
	因瓦	DS ₁	≤100			

注：当成像清晰、稳定时，三、四等水准观测视线长度可以放长 20%。

各等水准测量的测站观测限差应符合下表的规定。

观测读数和记录的数字取位：使用 DS₀₅ 或 DS₁ 级仪器，应读记至 0.05 或 0.1 mm；使用区格式木尺应读记至 1mm。

水准测量成果的重测和取舍应符合下列规定：

- (1) 凡超出本章第 3.1.7、3.3.5、3.3.6 条规定限差的结果均应进行重测。
- (2) 因测站观测限差超限，在本站观测时发现，应立即重测；迁站后发现，则应从水准点或间歇点（须经检测符合限差）开始重测。

各等水准测量的测站观测限差 (mm)

目 等级	项	上下丝读数平均值与中丝读数的差		基辅分划或黑红面读数的差	基辅分划、黑红面或两次高差的差	单程双转点法观测左右路线转点差	检测间歇点高差的差
		5mm 刻划标尺	10mm 刻划标尺				
二等		1.5	3.0	0.4	0.6	-	1.0
三等	光学测微法	-		1.0	1.5	1.5	3.0
	中丝读数法	-		2.0	3.0	-	
四等		-		3.0	5.0	4.0	5.0

(3) 测段往返测高差不符值超限，应先就可靠性较小的往测或返测进行整测段重测。当重测的高差与同方向原测高差的不符值超过往返测高差不符值的限差，但与另一单程的高差不符值未超出限差时，则取用重测结果；当同方向两高差的不符值未超出限差，且其中数与另一单程原测高差的不符值亦不超出限差时，则取同方向中数作为该单程的高差；当重测高差或同方向两高差中数与另一单程高差的不符值超出限差时，则应重测另一单程；当出现同向不超限，而异向超限的分群现象时，如果同方向高差不符值小于限差之半，则取原测的往返高差中数作往测结果，取重测的往返高差中数作为返测结果。

(4) 单程双转点观测中，当测段的左右路线高差不符值超限时，可只重测一个单线，并与原测结果中符合限差的一个单线取用中数；当重测结果与原测结果均符合限差时，则取三个单线的中数；当重测结果与原测两个单线结果均超限时，则应再重测一个单线。

(5) 当 M_{Δ} 、 M_w 区段往返测高差不符值、附和路线或环线闭合差超限时，应认真分析，先就路线上可靠性较小的一些测段进行重测。

六、实习成果整理、总结与考核

在实习过程中，所有外业观测数据必须记录在测量手簿（规定的表格）上，全部实习结束后，应对成果资料进行整理。

1. 小组应交的资料

- (1) 三角测量和精密水准测量外业记录手簿（包括归心资料）；
- (2) 经纬仪、水准仪检校成果。

2. 个人应交的资料

- (1) 三角测量和精密水准测量外业记录手簿及计算成果；

(2) 实习报告

3. 成绩评定

(1) 考核的依据：实习中的思想表现，出勤情况，对测量学知识的掌握程度，实际作业技能的熟练程度，分析问题和解决问题的能力，任务完成的质量，所交成果资料及仪器工具爱护的情况，操作考核情况，实习报告的编写水平等。

(2) 考核的方法：在实习中了解学生操作情况，进行口试质疑，笔试或操作考核等。

(3) 成绩评定分为优、良、中、及格和不及格。凡违反实习纪律、擅自不参加实习、实习中发生吵架事件、打架事件、损坏仪器工具及其它公物、未交成果资料和实习报告甚至伪造成果等，均作不及格处理。