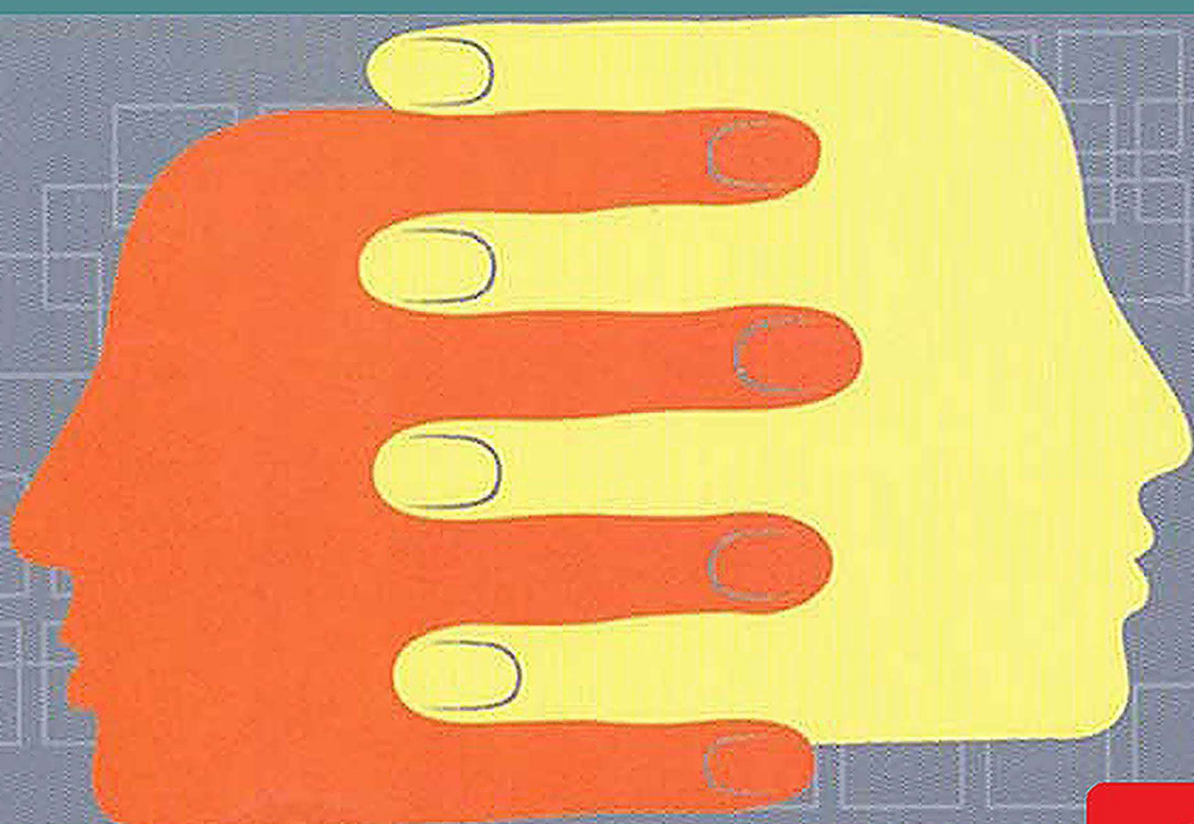


工程测量综合实训

（内附习题集）

杨晶 主编



北京理工大学出版社

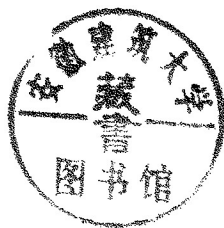


高等职业教育“十三五”规划教材

工程测量综合实训

(内附习题集)

主 编 杨 晶
副主编 陈 晨 张丽军
张 薇 万虹麟
主 审 高永芹



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书根据高职高专院校工程测量专业教学大纲的要求进行编写。全书分为三部分，主要包括测量实验指导书、测量集中实训指导书和工程测量习题等内容。

本书可作为高职高专院校工程测量课程的配套教材，也可作为相关工程施工技术人员的学习参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

工程测量综合实训 / 杨晶主编. —北京：北京理工大学出版社，2017.8

ISBN 978-7-5682-3977-6

I. ①工… II. ①杨… III. ①工程测量—高等学校—教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第086893号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 11

字 数 / 266千字

版 次 / 2017年8月第1版 2017年8月第1次印刷

定 价 / 35.00元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

本书根据高职高专院校专业培养及教学要求，并结合各行业工程测量的特点进行编写。本书可作为高职高专院校工程测量专业的测量课程配套教材，也可作为相关工程技术人员的参考用书。

全书由测量实验指导书、测量集中实训指导书和工程测量习题三部分构成。习题与实验是学生学习巩固测量课程的重要环节，通过习题和实验可加强学生对教材的理解和掌握，实验部分在传统实验的基础上添加了新仪器使用的内容。实训环节注重培养学生综合实践的能力及测量工作的组织协调能力。本书内容丰富，语言简练，便于教师组织教学和学生自学，且有助于提高学生的实践能力。

本书由河北水利电力学院杨晶担任主编，由河北水利电力学院陈晨、张丽军、张薇、万虹麟担任副主编。具体编写分工为：第二部分测量集中实训指导书及各部分规则、须知、注意事项、附录由杨晶编写；第三部分工程测量习题的第4、9、13章和第一部分测量实验指导书的实验七、八、十七和十八由陈晨编写；第三部分工程测量习题的第2、6、11章和第一部分测量实验指导书的实验三、四、十二和十三由张丽军编写；第三部分工程测量习题的第1、5、10章和第一部分测量实验指导书的实验一、二、九、十和十一由张薇编写；第三部分工程测量习题的第3、7、8、12章和第一部分测量实验指导书的实验五、六、十四、十五和十六由万虹麟编写。全书由杨晶统稿，由河北水利电力学院高永芹主审。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，希望各位读者在使用过程中，多提宝贵意见，以便于今后的修订和完善。

编 者

第一部分 测量实验指导书 1

实验须知	2
实验一 水准仪的认识和使用	4
实验二 普通水准路线测量	7
实验三 四等水准路线测量	9
实验四 水准仪的检验和校正	12
实验五 光学经纬仪的认识和使用	16
实验六 用测回法观测水平角	19
实验七 用方向观测法观测水平角	21
实验八 竖直角观测和视距测量	23
实验九 全站仪的认识和使用	25
实验十 经纬仪点位测设	29
实验十一 高程及坡度测设	32
实验十二 全站仪坐标测量	36
实验十三 全站仪坐标放样	42
实验十四 后方交会测量与面积测量	50
实验十五 对边测量与悬高测量	55
实验十六 全站仪的检验	60
实验十七 GNSS 接收机的认识和使用	67
实验十八 GNSS-RTK 的碎部测量与放样	69

第二部分 测量集中实训指导书 71

工程测量集中实训须知及注意事项	72
任务一 小区域控制测量	73
任务二 地形测量	77
任务三 建筑物定位、放线与变形观测	81
任务四 曲线测设	88
任务五 线路纵、横断面测量	93
任务六 土方量测量与计算	98

第三部分 工程测量习题 103

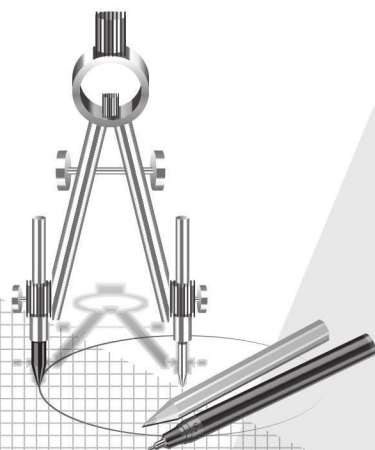
工程测量习题计算中的数字修约规则	104
第 1 章 测量学的基本知识	105
第 2 章 水准测量	108
第 3 章 角度测量	115
第 4 章 距离测量	120
第 5 章 全站仪及 GNSS 测量技术	126
第 6 章 测量误差的基本知识	129
第 7 章 控制测量	134
第 8 章 地形图的测绘及应用	141
第 9 章 测设的基本工作	144
第 10 章 水利工程测量	149
第 11 章 工业与民用建筑测量	154
第 12 章 管道工程测量	160
第 13 章 道路桥梁隧道施工测量	164

附录 工程测量实训报告格式及要求 167

参考文献 170

第一部分

测量实验指导书



实验须知

一、测量实验的规定和要求

(1) 学生在测量实验课之前，必须复习教材中的相关内容，认真预习测量实验指导书，了解本次实验的内容、方法及注意事项，提高实验课的效率。

(2) 实验分小组进行，组长负责组织协调工作，办理实验仪器工具的借领和归还手续，并按要求到仪器室进行仪器的借用。

(3) 实验应在规定的时间和地点进行，不得无故缺席，不得迟到、早退，不得擅自改变实验地点或离开现场。

(4) 遵守“测量仪器工具的借用与使用规则”，在实验过程中或结束时，如发现仪器工具有损坏或遗失的情况，应立即报告教师，并查明原因，根据具体情况进行赔偿或处理。

(5) 记录计算时，必须严格遵守“测量记录与计算规则”，应客观、诚实，绝对禁止为完成任务而凑数、改数及伪造数据。

(6) 每次实验，应分工明确，团结协作，充分利用学时，在规定的课时内，取得合格的成果，并提交工整、规范的实验报告或记录。报告或记录经指导教师审阅同意后，方可结束工作，并上交仪器工具。

(7) 严格按照规定的方法操作仪器，通过训练掌握仪器操作的基本技能及基本方法，为日后正确使用测绘仪器及进行测量作业打下良好的基础。

(8) 在实验中，注意安全的同时应遵守纪律，爱护实验场地的花草树木和农作物，爱护各种公共设施，若损坏实验物品或设施应按规定予以赔偿。

二、测量仪器、工具的使用规则

(1) 学生依教学计划借用、借领仪器时，各组依次由 1~2 人进入仪器室，在指定地点查看工具，然后在登记表上填写班级、组号及日期，确认仪器号无误后，在登记表上签字，方可将仪器带出仪器室，归还时也要放到原借领位置。

(2) 未经教师布置讲解，不得擅自架设仪器，以免损坏仪器。开箱前应将仪器箱放在平稳处，严禁托在手上或抱在怀里开箱。开仪器箱后，先要看清并记住仪器在箱中的安放位置，避免以后装箱困难。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，严禁坐在仪器箱和其他测量设备上。

(3) 仪器安置之后，不论是否操作，必须有人看护，防止无关人员碰动或车辆碰撞，严禁任何人在仪器附近打闹。搬迁时，观测员负责携带仪器，小组其他人员负责清点仪器附件、工具及其他测站物品，并携带搬迁。长距离搬迁时应将仪器装箱。

(4) 仪器装箱时，应使其就位正确，确认放妥后盖箱上锁。若试关箱盖时合不上箱口，说明仪器放置不正确，应重放，切不可强压箱盖，以免损坏仪器。

(5) 钢尺应防止扭曲、打折，防止人踩和车轧，避免尺身着水；携尺前进时，应将尺身

提起，不得沿地面拖行，以免磨损刻划。皮尺应均匀用力拉伸，避免着水、车压。各种标尺、花杆的使用，应注意防水、防潮，防止受横向压力，不能磨损尺面刻划和漆皮，不用时应安放稳妥，切忌靠在树上、墙上，以防摔倒，不得作棍棒使用。测图板应注意保护板面，不得乱写乱扎，不得受潮及施以重压。小件工具如垂球、测钎、尺垫等，应用完即收，防止遗失。

(6)实验过程中，各小组应妥善保管好仪器工具，各组间不得擅自调换仪器工具。实验完毕后，应清点仪器和工具，防止遗失，再将仪器归还到仪器室，由于归还时间集中，两天内(未再次借出)清查，有问题方可算本次责任。

三、测量记录与计算规则

(1)测量手簿是外业观测成果的记录和内业数据处理的依据。在测量手簿上记录或计算时，必须严肃认真、一丝不苟。

(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无一遗漏地填写齐全。

(3)观测者读数后，记录者应立即复诵回报作为检核，并随即在测量手簿上的相应栏内填写，不得另纸记录事后转抄。

(4)记录时要求字体端正清晰，数位对齐，数字齐全。表示精度或占位的“0”(例如，水准尺读数“1.500”，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、记错后必须重测、重记，例如，角度测量时，秒级数字出错，则应重测该测回；水准测量时，毫米级数字出错，应重测该测站。

(6)观测数据的前几位出错时，自左下至右上用细线划去错误的数字(保持原数字清晰可辨)，并在原数字上方写出正确数字。不得涂擦已记录的数据，不得描改已写好的数据。

(7)随着观测读数，必须即时完成相应的计算和检核；待测站观测结束，当场完成测站的计算和检核。不得只记不算、测站测完后再算或事后补算。

(8)测量计算数据的舍入，按“4舍6入，遇5奇进偶不进”规则。

(9)应该保持测量手簿的整洁，严禁在手簿上书写无关的内容，记录手簿不应缺页，更不得丢失。

实验一

水准仪的认识和使用

一、目的与要求

- (1) 了解水准仪的基本构造和性能。
- (2) 练习水准仪的安置、瞄准、读数和高差计算。
- (3) 了解自动安平水准仪的使用方法。

二、设备、人员、学时

- (1) 设备：每组 1 台 DS3 水准仪(附脚架)，实验班合用水准尺若干根，记录表格。
- (2) 人员：每组 2 人，每人轮流操作仪器和记录。
- (3) 学时：2 学时。

三、内容与方法

(一) 认识 DS3 水准仪

观察 DS3 水准仪的外形及各部件，熟悉各个部件的名称和作用，如图 1-1 所示。

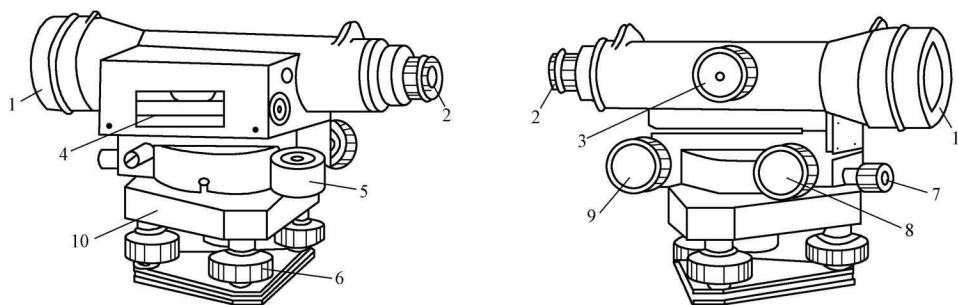


图 1-1 水准仪的构造

- 1—物镜；2—目镜；3—调焦螺旋；4—管水准器；5—圆水准器；6—脚螺旋；
7—制动螺旋；8—微动螺旋；9—微倾螺旋；10—基座

(二) 水准仪的使用

1. 安置

- (1) 水准仪所安置的地点称为测站。在测站上松开脚架伸缩螺旋，按需要调整架腿长度，将螺旋拧紧。安放三脚架时，使三脚架架头大致水平，把三脚架的脚尖踩入土中。
- (2) 把水准仪从箱中取出，放到三脚架架头上，一手握住仪器，一手将三脚架架头的连接螺旋旋入仪器基座内，用力均匀地拧紧，连接牢固方可松手。

2. 粗平

(1) 操作者双手各执一只脚螺旋(第三只脚螺旋居于操作者正前方)。双手同时内向(或外向)旋转脚螺旋。此时圆水准器中的气泡在左右方向移动,移动方向与左手拇指移动脚螺旋的方向一致。保持此操作至气泡移至两脚螺旋连线方向的中点。

(2) 以左手旋转第三只脚螺旋,气泡移动的方向与左手拇指的运动方向一致。

(3) 若气泡仍有偏离,应重复上面的操作至气泡居中。

3. 瞄准

(1) 将望远镜对准明亮背景,进行目镜调焦,使十字丝最清晰。

(2) 松开水平制动螺旋,转动望远镜,通过望远镜上的粗瞄器初步瞄准水准尺,旋紧制动螺旋。

(3) 进行物镜调焦,使水准尺分划十分清晰。

(4) 转动微动螺旋,使水准尺影像的一侧靠近十字丝竖丝(以便于检查水准尺是否竖直);眼睛略作上下移动,检查十字丝与水准尺分划像之间是否有相对移动(视差),如果存在视差,则重新进行目镜调焦与物镜调焦,以消除视差。

4. 精平

转动微倾螺旋,从目镜旁的气泡观察镜中,可以看到气泡两个半边的像,当两端的像符合时,水准管气泡居中,从而使水准仪的视线水平,这是水准测量中关键的一步。

5. 读数

尺上数字以米为单位,最小刻度一般为 1 cm,估读到毫米。以十字丝横丝读数时,读取横丝切准的分划读数,读数取四位,米位、分米位、厘米位读尺上注记,毫米位估读。

本实验任务要求练习三丝读数,做到正确且熟练,将读数记入表 1-1 中。

四、限差及规定

水准尺最小刻度为 1 cm,读数时要估读到毫米位。

五、实验注意事项

(1) 在仪器操作过程中,动作要轻而平稳,不可用力过猛或过快,以免对仪器造成伤害。

(2) 在视差消除过程中,目镜调焦看十字丝和物镜调焦看物像时,不要使眼睛紧张,而要始终放松,使眼睛本身不作调焦。为做到这一点,除放松外,在观测时,另一只眼睛也要睁开且放松。检查有无视差时,眼睛上、下、左、右移动的距离不宜大于 0.5 mm,否则会因观察物象不清楚产生错觉。

(3) 从水准尺上读数必须为四位数:米、分米、厘米、毫米。不到一米的读数,用 0 补齐,一般以米或毫米为单位。

(4) 记录和计算过程,表格中数据不可用橡皮擦。

表 1-1 水准测量读数练习表

仪 器_____

天 气_____

日 期_____

观测者_____

记录者_____

检核员_____

测站	点号	水准尺读数		
		上丝	中丝	下丝

教师批阅意见：

成绩：

日期：

实验二

普通水准路线测量

一、目的与要求

- (1) 进一步熟练水准仪的使用, 练习普通水准路线测量。
- (2) 掌握测站与转点的正确选择及水准尺的扶尺方法。
- (3) 掌握普通水准测量中每个测站的观测、记录及计算的方法。

二、设备、人员、学时

- (1) 设备: 每组 1 台 DS3 水准仪、1 个脚架、1 副水准尺、2 个尺垫、1 把测伞及铅笔、计算器等。
- (2) 人员: 以小组为单位, 每小组 4 人, 其中 1 人观测, 1 人记录计算, 2 人扶尺。
- (3) 学时: 2 学时。

三、内容与方法

(一) 普通闭合水准路线的施测

- (1) 从实验场地的某一水准点出发, 选定一条闭合水准路线, 路线长度以设置 4~8 个测站为宜, 视线长度以 20~30 m 为宜。立尺点可以选择有凸出点的固定地物或安放尺垫。
- (2) 在起始点与第一个立尺点中间(目估使前后视距大致相等)安置水准仪, 观测者按下列顺序观测:
 - 1) 后视立于起始点上的水准尺, 瞄准、精平、读数。
 - 2) 前视立于第一点上的水准尺, 瞄准、精平、读数。
- (3) 观测者的每次读数, 记录者应当场记入记录表; 后视读数、前视读数读完后, 应当场计算高差, 记于记录表格相应栏内, 并作测站检核。
- (4) 依次设站, 用相同的方法进行观测, 直至回到起始的水准点。

(二) 水准测量的成果检核

- (1) 全路线施测完毕后作路线检核, 计算高差之和 $\sum h_{\text{测}}$, 闭合路线的闭合差 $f_h = \sum h_{\text{测}}$ 。判断 f_h 是否小于 $f_{h\text{容}} = 12\sqrt{n}$ (mm) (n 为路线总的测站数) 或 $\pm 40\sqrt{L}$ (mm) (L 为闭合路线的长度, 单位为 km)。若不满足要求, 需要重测。
- (2) 计算前视读数之和 $\sum a_i$ 与后视读数之和 $\sum b_i$ 的差值, 即 $\sum a_i - \sum b_i$ 是否等于 $\sum h_{\text{测}}$ 。

四、限差及规定

- (1) 普通水准路线测量的高差、闭合差应小于 $f_{h\text{容}} = 12\sqrt{n}$ (mm) (n 为路线总的测站数)

五、实验注意事项

(1)当水准仪瞄准、读数时,水准尺必须立直,观测者可以发觉尺子的左右倾斜,但尺子的前后俯仰则不易发觉,立尺者应注意。

(3)搬站时,观测者应将仪器安置于适当位置(目估选定新的前视立尺点点位,使前、后视距大致相等)。

(4)外业数据应当场记入表格,并完成计算(表 1-2),判断数据是否符合要求,以便确定是否需要重测。

仪 器_____ 天 气_____ 日 期_____

观测者_____ 记录者_____ 检核员_____

教师批阅意见：
成绩： 日期：

实验三

四等水准路线测量

一、目的与要求

- (1) 进一步熟悉 DS3 光学水准仪的使用方法。
- (2) 掌握四等水准测量的观测程序、记录和计算方法。
- (3) 掌握四等水准测量的各项限差规定。

二、设备、人员、学时

- (1) 设备：DS3 光学水准仪 1 台、双面水准尺 1 对、三脚架 1 个。
- (2) 人员：4 人一组。轮流分工为：1 人操作仪器，1 人记录计算，2 人立水准尺。
- (3) 学时：2 学时。

三、内容与方法

1. 选定水准路线

一条闭合水准路线，其长度以安置 8 个测站为宜。用木桩标定待测点地面标志。

2. 观测程序

在起点与第一个立尺点之间设站，安置好水准仪之后。按照以下顺序观测：

- (1) 后视水准尺黑面，读取上、下丝和中丝读数，记入表 1-3 中的(1)、(2)和(3)；
- (2) 前视水准尺黑面，读取上、下丝和中丝读数，记入表 1-3 中的(4)、(5)和(6)；
- (3) 前视水准尺红面，读取中丝读数，记入表 1-3 中的(7)；
- (4) 后视水准尺红面，读取中丝读数，记入表 1-3 中的(8)。

3. 测站计算与检核

(1) 视距计算与检核。根据前、后视的上、下丝读数计算前、后视的距离。

后视距离：(9) = $100 \times [(1) - (2)]$ ；

前视距离：(10) = $100 \times [(4) - (5)]$ ；

计算前、后视距差：(11) = (9) - (10)；

计算前、后视距累积差：(12) = 上站(12) + 本站(11)。

(2) 黑、红面读数差检核。黑、红面读数差的计算公式为：

后尺黑、红面读数差(13) = (6) + K_i - (7)；

前尺黑、红面读数差(14) = (3) + K_i - (8)。

K_i 为双面水准尺的红面分划与黑面分划的零点差(A 尺： $K_1 = 4\ 687\text{ mm}$ ；B 尺： $K_2 = 4\ 787\text{ mm}$)。

(3) 高差计算与检核。根据前、后视水准尺，黑、红面中丝读数分别计算该站高差：

黑面高差：(15) = (3) - (6)；

红面高差：(16)=(8)－(7)；

红、黑面高差之差：(17)=(14)－(13)。

黑、红面高差之差在容许范围内时，取其平均值作为该站的观测高差：

(18)=[(15)+(16)±100 mm]/2。

上式计算时，当(15)＞(16)时，100 mm 内取正号计算；当(15)＜(16)时，100 mm 内取负号计算。

经计算，外业数据合格以后，依次设站，以同样的方法施测其他各站。

4. 四等水准测量的成果整理

检验闭合水准路线的高差、闭合差是否在允许范围之内，如果合格，则线路的高差、闭合差需反符号按测段长成比例分配。四等水准测量记录表见表 1-3。

表 1-3 四等水准测量记录表

测站 编号	测点 编号	后 尺	上丝	前 尺	上丝	方向 及 尺号	中丝读数		K+黑 —红 /mm	高差 中数 /m	备注
			下丝		下丝						
		后视距离/m		前视距离/m			黑面/m	红面/m			
		视距差/m		累积差/m							
		(1)		(4)		后	(3)	(8)	(13)	(18)	
		(2)		(5)		前	(6)	(7)	(14)		
		(9)		(10)		后—前	(15)	(16)	(17)		
		(11)		(12)							

四、限差及规定

(1)前视距离、后视距离不得超过 100 m。

(2)前、后视距差不得大于 5 m。

(3)前、后视距累积差不得大于 10 m。

(4)“K+黑—红”不得超过 3 mm。

(5)“ $h_{\text{黑}}-(h_{\text{红}}\pm 0.1)$ ”不得超过 5 mm。

(6)闭合差的允许值为 $f_{h\text{允}}=\pm 6\sqrt{n}$ 或 $f_{h\text{允}}=\pm 20\sqrt{L}$ 。式中， n 为测站数， L 为水准路线长度，以 km 计。

五、实验注意事项

(1)需要满足普通水准测量的注意事项。

(2)在选择测站时，用步测法使前、后视距大致相等。

(3)在同一测站，应尽量减少前、后视距读数的间隔时间。

将读数记入表 1-4。