

铁路科技图书出版基金资助出版

# 桥梁工程实用测量

朱海涛 编著

中国铁道出版社

2000年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书以现行国家标准与行业标准为依据,以丰富的成功实例为基础,阐明了桥梁工程(尤其是大型复杂桥梁工程)测量工作的关键问题和实际解决办法。内容涉及:测量仪器的检验和校正;测量误差的基本知识及其应用;特大桥平面控制网的测设;光电测量仪器的应用及需注意的几个问题;特大桥高程控制测量;大中桥墩建筑过程中的测量与放样;引桥(或旱桥)的施工测量与放样;预应力混凝土梁在制造和架设中的测量内容和方法;钢梁架设中的测量工作。

读者对象:土木工程及桥梁工程科研、设计、施工技术人员,有关专业大专院校师生。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程实用测量/朱海涛编著.—北京:中国铁道出版社,2000

ISBN 7 113 03489 6

. 桥... . 朱... . 桥梁工程 工程测量 .U442

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 49261 号

书 名:桥梁工程实用测量

著作责任者:朱海涛 编著

出版·发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:刘启山

责任编辑:

封面设计:李艳阳

印 刷:北京燕山印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:32.25 字数:805 千

版 本:2000年7月第1版 2000年7月第1次印刷

印 数:1—1 000 册

书 号:ISBN 7-113-03489-6 TU·608

定 价:77.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

谨以本书献给

伟大的中华人民共和国成立五十周年

朱海涛

# 序

朱海涛同志长期从事大桥建设的测量工作，特别是武汉、南京、九江等几座大桥的正桥基础及上部钢梁安装的测量工作。最近，朱海涛同志总结几十年工作实践经验，编著了《桥梁工程实用测量》一书，有些内容已在《桥梁建设》杂志上发表，深得好评。全书颇有新意和实用价值，对工程测量人员和施工人员的工作有很好的参考价值，特向出版社推荐本书出版。

中国工程院院士  
铁道部大桥工程局副总工程师 陈新

1996年3月6日

# 序 言

本书编著者朱海涛同志在筹建中国长江上第一座大桥——武汉长江大桥时，即到大桥工程局工作。直到 1991 年退休，将近 40 年一直从事桥梁工程的测量工作和工程测量的组织和技术领导工作。他参与和组织领导的十几座特大桥工程测量工作中没有出现过差错。由于他严谨的作风和长期实践，积累了丰富的经验，创造了许多开拓性的方法。

作者虽已退休，仍工作不息，将多年积累的资料，结合新的光电仪器的应用，编写了《桥梁工程实用测量》一书。

本书主要特点是介绍桥梁工程实用测量方法，对相关的基本理论也作了一些必要的阐述和推导，并通过大量实例来论证理论与实际相结合的新的实用方法。

书中特别汇集了作者数十年来，在长江、黄河、珠江上几座特大桥遇到的各种不同施工方法和条件，所采用的富有创新的方法。如网络图图上定位法，解决了墩、台基础工程在漂浮晃动状态下的定位问题等。

工程测量最关键的问题，是在施工过程中不允许出现粗差，本书在这方面也介绍了一些成功的经验和防止的办法。

出版此书，对工程测量人员和施工人员，特别是对桥梁工程测量人员，将有很好的参考使用价值。

铁道部原工务局局长 张虹村

1998 年 12 月

# 前 言

“工程测量学”是以研究工程建设中各种测量问题的一门独立的学科。“桥梁工程测量”则是“工程测量学”的一个重要分支,它是桥梁勘测、设计、施工和养护中的一个重要环节。尤其是在施工中的测量和放样工作,允许有误差,不允许有粗差,否则后果不堪设想。因此其成果的精度高低直接关系到桥梁上、下部结构质量的好坏。

随着桥梁科学技术的发展,也必然对测量工作提出了新的更高的要求,这样就促使我们在实践和理论上要研究解决许多新问题。例如快速施工中的测量与放样工作如何配合的问题;浮运基础结构工程在晃动情况下的定位问题;水下基础隐蔽工程的几何尺寸检查问题等等。

电子和激光技术的迅速发展,正在工程测量的领域内不断得到充分的应用。例如红外光电测距仪、全站仪、激光准直仪、激光铅垂仪、超声波井径井斜仪以及90年代以来的GPS卫星定位测量系统等,在一些工程测量中已经得到采用。这些新仪器、新设备的引进和使用,不但节约了时间,提高了工效,给施工带来很大的方便,而且也给施工测量自动化创造了条件。特别是对专用控制网的测设,不仅减轻了劳动强度,而且使操作迅速,简便高效,成果反映及时,精度完全能满足设计要求。

本书采用的规定以现行国家标准(详见参考文献)和铁道部1999年3月颁布的《新建铁路工程测量规范(TB10101—99)》(以下简称《测规》)为依据。以贯彻实用为主,但对一些基本理论或原理也作了一些必要的阐述并用实例来说明,使读者可拿来就用。

由于本人水平有限,错误之处在所难免,诚恳希望读者、专家、学者不吝批评指正。

最后对支持本书出版的领导和同志以及参考文献的编著者和译者表示衷心的感谢。

编著者 朱海涛

1999年6月

# 目 录

第一章 绪 论.....	1
第一节 大桥工程测量的意义.....	1
第二节 大桥工程测量的任务及其基本内容.....	1
第三节 特大桥工程测量的人员组织及仪器工具的配备.....	2
第二章 测量仪器的检验和校正.....	5
第一节 概 述.....	5
第二节 水准仪的检验与校正.....	5
第三节 经纬仪的检验与校正.....	8
第四节 仪器、工具在保管和使用中应注意的事项.....	19
第三章 测量误差的基本知识及其应用 .....	23
第一节 概 述 .....	23
第二节 测量误差的分类 .....	23
第三节 偶然误差的性质 .....	24
第四节 最小二乘法原理的概念 .....	27
第五节 评定测量精度的尺度 .....	29
第六节 误差传播定律和权的概念 .....	34
第七节 距离测量之误差分析 .....	42
第八节 水平角观测的误差分析 .....	48
第九节 水准测量的误差分析 .....	51
第四章 特大桥平面控制网的测设 .....	59
第一节 概 述 .....	59
第二节 特大桥专用三角网必要精度的确定方法 .....	59
第三节 特大桥三角网的图形选择及埋标要求 .....	64
第四节 基线测量 .....	71
第五节 水平角观测与测站平差 .....	88
第六节 归心元素测定及其改正计算.....	100
第七节 桥梁三角网按条件观测平差.....	104
第八节 三角网按条件观测平差的计算步骤及应注意的事项.....	126
第九节 桥梁三角网平差算例.....	128

第十节	边网及边角网的平差计算方法及其实例.....	156
第五章	光电测量仪器的应用及需注意的几个问题.....	200
第一节	概    述.....	200
第二节	光电测距仪测距的基本原理.....	200
第三节	红外光电测距仪的主要部件.....	202
第四节	提高光电测距精度的一般规定和措施.....	203
第五节	光电测距主要误差来源和分析.....	204
第六节	光电测距仪检测的内容和方法.....	211
第七节	光电测距仪测距的成果计算.....	228
第八节	光电测距仪测距的精度问题.....	231
第九节	全站仪的使用和注意事项.....	233
第十节	GPS 测量系统的简介 .....	260
第六章	特大桥高程控制测量.....	265
第一节	概    述.....	265
第二节	一般规定.....	265
第三节	高程控制网的布网、埋标的基本要求 .....	267
第四节	水准测量实施的有关方法和注意事项.....	273
第五节	跨河水准测量.....	283
第六节	三角高程测量.....	301
第七节	水准网的平差计算.....	308
第七章	水中桥墩建筑过程中的测量与放样.....	323
第一节	概    述.....	323
第二节	桥墩定位的各种方法及其特点.....	323
第三节	前方交会法的误差来源及精度估算.....	354
第四节	后方交会法的精度估算.....	368
第五节	筑岛沉井施工中的测量工作.....	380
第六节	浮式沉井基础施工中的测量内容和方法.....	400
第八章	引桥(或旱桥)的施工测量与放样.....	414
第一节	引桥施工测量的特点.....	414
第二节	引桥中线控制点间直接测量或间接测量的方法.....	414
第三节	直线引桥桥墩中心的精确测定及副桩测设.....	415
第四节	长引桥的平面控制网(锁)的测设方法.....	418
第五节	引桥墩、台施工时,放样设计十字线不通视的几种归心测量方法.....	435
第六节	引桥高墩墩顶的高程传递.....	439
第七节	长引桥在曲线上的计算和测设方法.....	441
第八节	引桥的竣工测量内容.....	454

第九章	钢筋混凝土预应力梁在制造和架设中的测量内容和方法.....	456
第一节	概    述.....	456
第二节	预应力简支梁制造场地的控制网测设.....	456
第三节	制梁台座上的测量放样工作.....	459
第四节	箱梁模板检查的内容和检测时所使用的工具.....	463
第五节	箱梁胶拼前后的放线和检测工作.....	467
第六节	钢筋混凝土预应力简支梁的上拱度实测方法.....	468
第七节	预应力简支梁架设前后的测量工作.....	473
第八节	分段悬臂法施工的长跨度预应力混凝土连续梁的测量内容和方法.....	480
第九节	预应力混凝土等高连续箱梁顶推法施工中的测量内容和方法.....	484
第十章	钢梁架设中的测量工作.....	486
第一节	概    述.....	486
第二节	架梁前墩顶应做好的测量准备工作.....	487
第三节	钢梁制造及安装中的有关允许误差及一般规定.....	489
第四节	支座安装中的测量工作.....	493
第五节	用膺架法拼装钢梁时的测量内容和方法.....	495
第六节	悬臂法或半悬臂法拼装钢梁时的测量工作.....	496
参考文献	.....	503

# 第一章 绪 论

## 第一节 大桥工程测量的意义

大桥工程测量是工程测量学中一个重要组成部分,主要是研究和解决大桥施工前后的所有测量和放样工作。因此,也是桥梁修建中不可忽视的重要一环。从实际意义上讲,大桥工程测量是确保工程质量的重要关键之一。为了做好测量工作,客观上要求桥梁建筑的行政和技术领导,应给予足够的重视,例如支持引进新技术的应用;配置必要的仪器、工具及其更新;在工地给予必要的测量条件等等。对每个工程测量人员则要求:在工作上必须具有严肃的高度责任感,互相协作;在业务知识上,必须接受新事物,精益求精,不断学习,以提高操作水平。

从某种意义上来看,测量成果是集体创造的,不论是技术人员或工人,稍有一点疏忽或麻痹大意,往往就会铸成大错,给工程带来严重的质量后果。“失之毫厘,差之千里。”应该是工程测量人员必须牢记的座右铭。

## 第二节 大桥工程测量的任务及其基本内容

大桥工程测量的任务按工程进行的先后步骤来分,则可以分为三个方面:

### (一)施工前的勘测工作

这个阶段的测量工作主要是为选择桥址、确定桥跨方案给设计工作提供所必需的水文资料、跨河长度以及两岸必要的各种比例尺地形图。其基本内容有:

1. 收集和测量各种典型水位的流向平面图。
2. 收集和测量最大船只的航道图。
3. 收集和测量桥位地区冲淤变化的固定断面,垂线流速综合图。
4. 收集和测量桥位地区上下游河流水面坡度变化的水流纵断面图。
5. 收集和测量桥址区域范围的 1 5 000、1 2 000 河床平面图。
6. 收集和测绘历年的水位过程线图及逐年最高洪水位和最大流量图。
7. 桥址两岸 1 5 000、1 2 000 的地形图测绘。
8. 配合工程地质勘探中的测量定位工作。
9. 过江水准测量使两岸的水准点采用统一高程。
10. 平面控制网的初测工作,以供布设桥跨及连接两岸里程或坐标。

### (二)施工过程中的测量放样工作

在初步设计文件经审查并经国家批准后,即进入施工阶段,就要根据施工组织设计的总平面图的布置将建筑物和墩、台的位置在实地进行定线放样,以作为施工的依据。其基本内容有:

1. 对勘测部门移交的平面控制网进行验收及复测,同时根据放样工作的需要,加密施工控制点。

2. 永久性的水准基点的验收、复测及配合施工和变形观测需要加密施工水准点及基岩水准点(或深层标)组成高程控制网。
3. 定期检测平面控制网、高程控制网的成果。
4. 水中桥墩基础(沉井、围笼、管柱等)的测量和放样工作。
5. 桥墩、桥台的平面轴线放样和高程放样;
6. 施工中的水文观测。
7. 架梁过程中的测量放样工作。
8. 施工准备阶段的附属工程(购地、房屋、公路、铁路专用线、电力线路、管路……等)的放样和测量。
9. 引桥的施工测量工作。
10. 竣工测量及墩、台的变形观测。

### (三) 工程竣工后运营期间的测量工作

在大桥建成通车后,为了检查全桥的安全、质量和稳定的情况,并且验证设计是否正确合理,需要定期对全桥各重要部位进行位移、倾斜、沉陷等内容的观测,其基本内容有:

1. 墩、台的沉陷、倾斜、位移观测工作应从施工单位接收累计的观测资料后,长期进行下去,其观测时间的密度视工程稳定的情况而定。
2. 钢梁支座(特别是活动支座)受温度影响的位移观测工作。
3. 水中墩周围河床洪水期受冲刷的观测。
4. 钢梁的预拱度(或下挠度)情况的观测。

## 第三节 特大桥工程测量的人员组织及仪器工具的配备

### (一) 概述

凡全桥长度超过 1000m 的大桥工程测量工作,应成立专门的测量组织来进行专业性的工作,特别是当工程量很大,工程性质艰巨复杂且由两岸同时施工时,更应由一个统一的测量队来统筹安排全桥的测量工作。因此,人员的多寡和仪器、工具的配备很难作标准的规定,必须按照实际的自然地理条件、工程量大小、进度快慢、人员的技术水平和测量设备的状况来具体规划,但必须贯彻技术职责制和岗位责任制这个管理原则,使技术人员有职、有责、有权,充分发挥技术人员的职能作用。然而作为大桥工程测量的技术人员还必须具有桥梁工程的知识,善于识图和读图,要基本了解工程结构的设计意图和施工中的工艺,这样才能根据工程质量的要求,确定应该放样的点和线以及选择相应精度的观测方法和技术措施。使测量放样工作具有针对性,避免或减少盲目性,合理地解决施工过程中的各种测量问题。

根据长江及黄河上几座特大桥的实践来看,仅能提供参考的人员组织和仪器、设备和工具的状况如下:

### (二) 人员组织的构成及组织形式

- |                    |     |
|--------------------|-----|
| 1. 内行或接近内行的领导担任队长  | 1 人 |
| 2. 主任工程师           | 1 人 |
| 3. 管库、材料、考勤兼总务     | 1 人 |
| 4. 内业组: 组长(由工程师担任) | 1 人 |

技术员或助理工程师	1 人
绘图、资料管理兼收发	1 人
5. 水文组: 组长(由技术人员担任)	1 人
助理工程师或技术员	1 人
测量工	若干人
(配有机动测深船时, 不计在内, 另计)	
6. 左岸组 技术人员	1~2 人
测量工	若干人
7. 右岸组 技术人员	1~2 人
测量工	若干人

若两侧引桥全长各超过 2000m 时, 则应另设引桥小组, 每岸可安排技术人员 2 人, 测量工若干人, 若遇工程高峰时期显得人员紧张不足时, 可由队部根据各工点的具体情况加以临时调配, 将左右两岸合并成一个正桥组, 保证工作正常进行。

### (三) 基本的仪器设备

短程红外光电测距仪[标称误差 $\pm(5\text{ mm} + 5 \times 10^{-6}D)$ ]或全站仪	1 台	流速仪(快速、配 100kg 铅鱼一个、 水文绞车 1 台)	2 台
DJ <sub>1</sub> 级(T <sub>3</sub> 型)经纬仪	1 台	流速仪(慢速、配铅鱼 20kg 一个)	2 台
DJ <sub>2</sub> 级(T <sub>2</sub> 型)经纬仪	3 台	小平板仪	2 套
DJ <sub>6</sub> 级(T <sub>1</sub> 型)经纬仪	3 台	激光竖直仪或垂直投影仪	1 台
DS <sub>0.5</sub> 或 DS <sub>1</sub> 级(配因瓦水准尺) 水准仪	1 台	超声波井径井斜仪	1 台
DS <sub>3</sub> 级水准仪或激光水准仪	5 台	双筒望远镜(15 倍~30 倍)	4 架
半导体回声测深仪[配 200 马力 (200 × 0.735kW) 机动船 1 艘]	1 台	固定式觇标架及活动 可调式觇标架	6 套

### (四) 必要的工具

电脑	2 台	水准尺(3m 长、双面读数)	5 对
电子计算器(附三角函数)	10 个	水准坑道尺(箱式、2m 长)	2 对
交、直流两用报话机	4 台	重型尺垫	2 对
半导体点温计	4 个	轻型尺垫	2 对
弹簧秤(30kg)	4 个	花杆(2.5m 长)	10 根
50m 带状毫米刻划钢卷尺	10 把	长花杆(竹杆或合金杆, 6 ~8m 长)	6 根
30m 带状厘米刻划钢卷尺	5 把	红白标志旗	10 面
20m 带状厘米刻划钢卷尺	5 把	8 磅铁锤	2 个
50m 皮尺	2 把	小钉锤	4 个
2m 钢卷尺	30 把	铅丝钳	4 把
100m 线尺	10 根	木工锯	2 把
测钎( 6 × 400mm)	40 根	手锯	2 把
测钎( 12 × 1200mm)	5 根		

斧	2 把	弦线( 1mm)	5 卷
钢冲	5 个	锤球(0.5kg)	20 个
遮阳伞	5 把	其他(如毛笔、红、白油漆、小钉、	
弦线( 2mm)	5 卷	铁丝等)	若干
(五)文具备品			
比例尺	10 根	曲线弯道板(100 件)	1 盒
绘图板(60cm × 90cm)	8 块	号码机	1 个
绘图板(90cm × 120cm)	2 块	钉书机	4 个
三角板(30cm)	2 付	17 档算盘	4 个
三角板(20cm)	8 付	复印机	1 台
绘图仪(15 件)	8 盒	云形板	8 块
丁字尺	8 根	量角器	8 块
各种记录本(经纬仪、水准仪、基线丈量、流速测量、流向测量、 水深、河床测量、交会……)			若干
其他(毫米方格纸、描图纸、绘图铅笔,小刀……)			若干
(六)必备的基本文件及资料			
工地总平面布置设计图(包括墩、台里程图)			1 份
墩、台及各种建筑物的总图及其主体结构尺寸图、预埋件图			1 套
铁路曲线测设用表			2 套
新建铁路工程测量规范(TB10101—99)			10 本
铁路桥涵施工规范(TBJ203—96)			2 本
技术参考书及实用手册			若干本
有关计算定型图表			若干
(七)仪器工具库房的设施要求			
200 干燥箱	1 个	工具存放柜	4 个
恒温恒湿仪	1 台	电动吸尘器	1 个
通风降温用电扇(或冷暖空调器)	3 台	仪器校正台	1 座
储存仪器铁皮箱	4 个	灭火器	2 套

## 第二章 测量仪器的检验和校正

### 第一节 概 述

“工欲善其事，必先利其器。”要确保做好测量放样工作，除发挥人的主观能动性外，还必须要有良好状态的仪器、工具设备提供使用。所以在进行工作前对于所使用的仪器和工具设备应按照国家或有关规程的规定进行检验和校正。对于精密的仪器和工具还应建立检验维修资料档案。

### 第二节 水准仪的检验与校正

#### (一) 水准仪验收的检查项目

对于新购置的或从其他单位调拨来的水准仪，应检查的项目为：

##### 1. 望远镜部分。

(1) 望远镜的物镜、调焦透镜、十字丝分划板和目镜等是否有明显的划痕或裂纹现象。各透镜是否有脱胶或霉污斑迹。

(2) 成像的清晰度、象差以及鉴别率等。

(3) 十字丝分划板的位置是否正确，线条的粗细有无脱色现象。

(4) 调焦透镜活动的灵敏性、松紧度是否正常。

(5) 目镜屈光度环零位是否正确，有无晃动现象。

##### 2. 水准器部分。

(1) 水准器与其框架是否稳固胶结。

(2) 水准器工作面曲率是否正确，它的格值与轴系误差是否适应。

(3) 水准器管壁有无裂纹。（如气泡过长，则说明水准器管已有裂纹，使液体有蒸发现象）

(4) 水准器所设符合棱镜组的呈像是否清晰，有无霉污、位移等现象。

##### 3. 竖轴系部分。

(1) 竖轴在正、反转动时的松紧度是否顺适，有无异常响声，若发现咬住或滞凝时，要分析原因，如缺油或油质不良，或在受震后各零件关系位置的改变，致使旋转工件损伤，或因保管不良受潮使钢珠生锈等。

(2) 有无晃动。晃动的原因有间隙过大、磨损或端面接触不良等所致。

##### 4. 制动、微动和微倾螺旋的部分。

(1) 制动螺旋的作用是否正常有效。

(2) 制、微动环架（或顶环）在仪器旋转时有无不正常的响声或晃动。

(3) 微动螺旋旋进、旋出时，是否平稳，有否跳动现象。

(4) 调焦手轮的松紧是否顺适。

(5) 微倾螺旋转动时，气泡应与其有相应的平稳变动，不能有跳动现象。

(6)当指标水准器居中时,微倾螺旋应位于手轮旋转量的中间位置。

#### 5. 基座的螺旋部分。

(1)旋转时,松紧度是否适当。

(2)基座螺旋有无晃动现象。

(3)旋转基座螺旋时,应感觉平稳、无响声。

#### (二)水准仪内部结构各轴间应保持的几何关系

水准仪各轴间应保持下述的几何关系,见图 2—1。

视准轴( $C—C$ )应平行于水准轴( $L—L$ ),即  $CC \parallel LL$ ;

水准轴( $L—L$ )应垂直于竖轴( $V—V$ ),即  $LL \perp VV$ ;

圆水准器轴( $O—O$ )平行于竖轴( $V—V$ ),即  $OO \parallel VV$ 。

图 2—1

#### (三)圆水准器轴平行于仪器竖轴的检验和校正

1. 检验。转动基座螺旋,使圆水准气泡居中。如果圆水准器轴平行于仪器的竖轴,这时仪器的竖轴应在垂直方向。那么,不论仪器绕竖轴转到任意方向,圆水准的气泡总是保持居中的位置。否则,气泡就会偏离圆水准器的中心。

设圆水准器轴不平行于仪器竖轴,而是如图 2—2 所示,转动基座螺旋使圆水准气泡居中时,也就是圆水准器轴处在竖直方向时(图 2—2 及图 2—3 中,圆水准器轴第一位置),仪器竖轴就偏离了  $\alpha$  角。如果把仪器望远镜绕竖轴旋转  $180^\circ$ ,那么,圆水准器轴就从第一位置变到第二位置(见图 2—2 及图 2—3)。即圆水准器轴相对地从右偏仪器竖轴  $\alpha$  角,变到左偏仪器竖轴又一个  $\alpha$  角,也就是改变了  $2\alpha$  角,因而校正时(见图 2—3),只要使气泡向中心退回  $oe$ (二个位置圆水准气泡的中心距)距离的一半就行了,也就是从  $e$  点退到  $oe$  的平分中间点  $g$  点即可。

2. 校正。在图 2—3 中,  $A$ 、 $B$ 、 $C$  表示圆水准器外壳底部的三个校正螺丝,校正时分二步进行,先用  $A$ 、 $C$  两个校正螺丝中的一个,使气泡在平行于  $AC$  方向退回一半到  $f$  点,然后再用校正螺丝  $C$ ,使气泡垂直于  $AC$  方向退移到  $g$  点。这时圆水准轴就平行于仪器的竖轴了。再用基座螺旋使气泡居中,这时竖轴也就竖直了。此项校正对具有微倾螺旋的水准仪尤为重要,并需反复进行数次,方可达到要求。

#### (四)十字丝倾斜的检验与校正

1. 检验。将被校水准仪安平,在距仪器约 40 ~ 50m 顺光的地方固定一水准尺,使望远镜十字丝的横丝的一端对准水准尺并读一数值(或用细铅笔尖在尺上或墙壁上轻轻点一个固定小点对准之)。然后用望远镜的微动螺旋使望远镜作水平方向转动,若尺上读数有变化(或固定小点与横丝有偏离现象)时,则应校正。

图 2—2

图 2—3

2. 校正。先松开十字丝分划板外罩的护盖,轻轻按等角值拨松各十字丝改正螺丝,使十字丝环旋转一个小角即可。此项校正需反复进行直至适合要求为止。

这项检验与校正,也可在室内进行。在距离仪器约 10m 处,用黑色的细尼龙线悬挂一垂铊,背景最好是粉白墙壁或用白纸衬托,将仪器置平后,使十字丝纵丝与黑细线重合,并检查纵丝上下两端是否与黑细线吻合,若有偏离,则按上法旋转十字丝环,使纵丝与悬挂的黑细线完全重合,校正完后再旋紧校正螺丝,旋紧十字丝分划板外的保护盖。

#### (五)水准管轴平行于视准轴的检验和校正

1. 检验。见图 2—4,选相距约 80m 的两点 A 和 B,置仪于 AB 之中点 C,使  $AC = BC$ , 则  $a = b$ , 所以  $h = a - b = a + a - (b + b) = a_1 - b_1$ , 测出的高差是正确的。然后置仪于 D 点,见图 2—5,读得  $a_2$  与  $b_2$ , 若  $a_2 - b_2 = h$ , 则证明仪器的水准管轴与望远镜视准轴是平行的,若  $a_2 - b_2 \neq h$ , 则需要校正(注: AD 应是仪器技术参数中规定的最短视距)。

图 2—4

2. 校正。设仪器在 C 点处测得的高差  $h = +0.475\text{m}$ (见图 2—4)。 $a_2 = 1.447\text{m}$ (见图 2—5), 则应有的前视读数  $b_2 = a_2 - h = 1.447 - 0.475 = 0.972\text{m}$ 。而实际  $b_2$  的读数是 0.987m, 比  $b_2$  读数大  $b = 0.015\text{m}$ , 说明视线的  $i$  角是仰角。(  $i$  甚小, 校正时不予计及) 校正时, 先转动微倾螺旋, 使 B 点尺上的读数从 0.987m 改变为 0.972m。这时视准轴水平了, 但气泡已偏离中央(或符合气泡不吻合)这时, 先稍稍松开水准管的左、右二个校正螺丝中的一

个,然后松开上、下两个校正螺丝中的一个,拧紧另一个,使气泡居中(或符合气泡吻合)。此时尚须检查一下读数是否仍在 0.972m 上,若读数有变动,则仍需转动微倾螺旋使读数正确,再拧紧上、下校正螺丝使气泡复又居中,随校随观测,直至气泡居中(或吻合)且读数又正确为止,最后拧紧松开的左、右二个校正螺丝。然后再搬动一下仪器,仍在  $D$  点附近,再测  $A$  和  $B$  点的高差,如果和正确的高差(即仪器置在两置尺中间测得的高差)在  $\pm 2\text{mm}$  以内,即可认为已校正好。

图 2—5

#### (六)水准管轴铅垂面与视准管轴铅垂面互相平行的检验和校正

1. 检验。见图 2—6,安平仪器,使视线在一个基座螺旋(3)和另两个基座螺旋(1)、(2)中间的连线垂直平分线上,使气泡居中后,在距仪器 50m 处所立的水准尺上读数。然后将(1)、(2)两个基座螺旋以相反方向各转动整两圈,使尺上读数仍为原数,此时观察气泡是否吻合,若吻合则证明两铅垂面平行,否则需校正。

图 2—6

2. 校正。用水准管的横向校正螺丝,放松一点,拧紧另一只,改正其偏差,使水准气泡居中,这种检验与校正要反复进行多次,直至满足要求为止。

### 第三节 经纬仪的检验与校正

#### (一)经纬仪验收的检查项目

除与本章第二节(一)1.~5.各个部分同水准仪检查的项目相同外,尚须检查的项目还有:

1. 读数系统的检查部分。