

石四军 主编

控制与 建筑工程 施工测量

快速 实施 手册

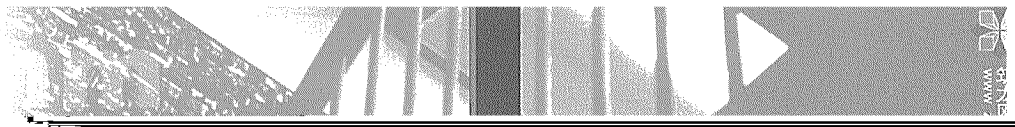
- 最贴近实际的叙述方式
- 可以直接借鉴的测量方案
- 让你轻松搞定商业工作的
计算程序



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



本书携带光盘



本书根据目前的工程测量现状,详细地阐述了工程测量的一般理论和具体实践。为突出实用性,本书主要针对具体问题进行了说明,并对一些常见的测量方法提出了改进措施。

为增强可读性,本书采用了不同于其他图书的分类方法和叙述顺序,并突破了传统意义上的测量定义范围。全书分类说明了控制测量方法和建筑工程、污水处理工程、管道工程、道路桥梁工程的施工测量方法,并重点强调了计算方法和实施手段。随书所赠光盘中已经设置完好的 Excel 计算程序更是可以让你轻轻松松地完成测量内业工作。

本书是广大施工测量人员不可多得的一本指导手册,同时也可以作为相关专业师生的辅导读物。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程控制与施工测量快速实施手册/石四军主编.
北京:中国电力出版社,2006
(筑龙网图书系列)
ISBN 7-5083-4756-0

I. 建... II. 石... III. 建筑工程-工程测量-手册 IV. TU198-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 115158 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑:黄肖 责任印制:陈焊彬 责任校对:崔燕

北京盛通彩色印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2006 年 12 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm 1/16·16 印张·307 千字

定价:68.00 元(1CD)

版权专有 翻印必究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

本社购书热线电话(010-88386685)

编写组成员

主编：石四军

参编：王景虎 李金刚 郭程亮

前 言

本书根据目前的工程测量现状，详细地阐述了工程测量的一般理论和具体实践。为突出实用性，本书主要针对具体问题进行了说明，并对一些常见的测量方法提出了改进措施。

为增强可读性，本书采用了不同于其他图书的分类方法和叙述顺序，首先对测量工具进行了详细介绍，并突破了传统意义上的测量定义范围；然后分类说明了控制测量方法和建筑工程、污水处理工程、管道工程、道路桥梁工程的施工测量方法，并重点强调了计算方法和实施手段。

本书采用了大量的三维配图，可使读者快速地将书中内容与实际结合起来，达到迅速领会、易学和实用的目的。

为适应时代发展的需要，本书最后一章对计算机在工程测量中的应用方法进行了详细说明，对读者会有很大帮助。

本书编制过程中参考了一些专家学者的著作，在此一并表示感谢。由于时间仓促，编者水平有限，书中难免会有不妥不足之处，恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

目 录

前言

第一章 测量工具	1
第一节 概述	1
第二节 尺	4
第三节 水准仪	13
第四节 经纬仪	25
第五节 电子经纬仪	36
第六节 激光垂准仪（经纬仪）	37
第七节 全站仪	40
第八节 全球定位系统	56
第二章 控制测量	60
第一节 控制测量方案	60
第二节 平面控制测量	63
第三节 高程控制测量	72
第四节 变形测量	76
第三章 建筑物施工测量	85
第一节 一般多层建筑	87
第二节 高层建筑	95
第三节 工业厂房	102
第四章 污水处理构筑物施工测量	105
第一节 场地平整	105
第二节 进水构筑物	110
第三节 沉淀构筑物	115
第四节 生物处理构筑物	119
第五节 附属工程	122
第五章 室外管道施工测量	129
第一节 地下管道	129
第二节 架空管道	137
第三节 顶管	138
第四节 检查井	141

第六章 道路及桥梁施工测量	144
第一节 道路	144
第二节 桥梁	183
第七章 施工测量管理	191
第一节 计量管理	191
第二节 建立测量管理制度	192
第三节 测量管理人员的工作职责	193
第四节 测量放线、验线工作的基本准则	193
第五节 测量资料	194
第六节 其他	203
第八章 计算机应用	206
第一节 计算机绘图	206
第二节 Excel 的应用	229
第三节 Word 的应用	244
参考文献	248

第一节 概 述

一、测绘发展史

技术往往是基于需要产生的，测量技术也不例外。随着人口的发展，远古人民需要更大的活动范围，以获得更多的生产、生活物资，于是产生东、南、西、北4个方向，以确定自己和聚居地的位置。后来又发明了星辰精确定位的方法，直到现代GPS、GLONASS等先进的卫星定位技术。我国数千年历史发展进程中，很多技术都曾经世界领先，测绘技术是其中之一。

测绘技术有着悠久的历史，起源于水利和农业。古埃及尼罗河每年洪水泛滥后，需要重新划定土地界线，测量技术开始萌芽。公元前21世纪，大禹使用简单测量工具测量距离和高低。公元前3世纪，亚历山大的埃拉托斯特尼采用在两地观测日影的办法，首次推算出地球子午线的周长，这也是地球弧度大小测量的初始方式。公元724年中国唐代的南宫说等人在张遂（一行图1-1）的指导下，在今河南滑县至上蔡实测了约300km的子午线弧长。并在滑县、开封、扶沟、上蔡测量同一时刻的日影长度，推算出纬度 1° 的子午线弧长，这是世界上第一次地球弧度实测。

1617年荷兰的W. 斯涅耳首创三角测量法进行弧度测量，克服了在地面上直接测量弧长的困难。1687年英国I. 牛顿根据力学理论，提出地球是两极略扁的椭球体，1690年荷兰C. 惠更斯也提出地球是两极略扁的扁球体，后来被法国在南美洲和北欧进行的弧度测量所证明，结束了历时半个世纪的有关地球形状的争论。

1743年法国A. C. 克莱罗发表《地球形状理论》，奠



图1-1 (僧)一行

定了用物理方法研究地球形状的理论基础。1849年英国 Sir G. G. 斯托克斯提出利用地面重力的测量结果研究大地水准面形状的理论。1945年前苏联 M. S. 英洛坚斯基创立了研究地球自然表面形状的理论,并提出“似大地水准面”的概念。

测绘学是应用性技术学科,它的形成和发展在很大程度上依赖测量方法和仪器工具的创造和革新。17世纪以前,人们使用简单的工具,如绳尺、木杆尺等进行测量,以测量距离为主。17世纪初发明了望远镜,1617年创立了三角测量法,开始了角度测量。1730年英国的西森制成第一架经纬仪,促进了三角测量的发展。

1794年德国的 C. F. 高斯发明了最小二乘法,直到1809年才发表。1806年法国的 A. M. 勒让德也提出了同样的观测数据处理方法。1859年法国的 A. 洛斯达首创摄影测量方法。20世纪初,由于航空技术发展,出现了自动连续航空摄影机,可以将航摄像片在立体测图仪上加工成地形图,促进了航空摄影测量的发展。

20世纪50年代起,测绘技术朝着电子化和自动化方向发展。1948年各种电磁波测距仪相继出现,克服了测量的困难,使导线测量得到重视和应用。大约与此同时,电子计算机问世,提高了测量计算速度,改变了测绘仪器,改进了测绘方法,出现了解析测图仪,促进了解析测图技术的发展。1957年第一颗人造地球卫星发射成功后,在测绘学中开辟了卫星大地测量和航天摄影测量新领域。随后发展起来的甚长干涉测量技术、惯性测量技术,使测绘学增添了新的测量手段。

测绘学在发展过程中形成了大地测量学、普通测量学、摄影测量学、工程测量学、海洋测绘和地图制图学等分支学科。

(1) 大地测量学。研究和测定地球的形状、大小和地球重力场以及地面点的几何位置的理论和方法。

(2) 普通测量学。研究地球表面局部区域内控制测量和地形图测绘的理论和方法。局部区域是指在该区域内进行测绘时,可以不顾及地球曲率,把它当作平面处理,而不影响测图精度。

(3) 摄影测量学 研究利用摄影知识其他传感器采集被测物体的图像信息

阶段的重点和要求不同。

1) 规划设计阶段的测量,主要是利用航空摄影测量方法或平板仪测量方法,测制工程设计需要的地形图。

2) 施工阶段的测量,主要是按照设计要求在实地准确地标定出建筑物各部分的平面位置和高程,作为施工和安装的依据。一般是先建立施工控制网,定出主轴线,然后根据现场情况,用坐标法、交会法以及准直的方法对各个细部的平面位置进行放样,用水准测量和其他方法测量高程。

3) 运营管理阶段的测量,主要是进行周期性的重复观测,即变形观测。观测垂直位移和水平位移,并对成果进行整理和分析,变形观测的特点是精度要求高。根据观测结果,可对设计和施工质量作出鉴定,借以改进设计理论和施工方案;也可判断建筑物的稳定性,预测将来的变形,为运营管理提出建议。

(5) 海洋测绘。研究对海洋水体和海底进行测量与制图的理论和技术。为舰船航行安全、海洋工程建设提供保障。

(6) 地图制图学。地图制图学是研究地图及其编制的理论和方法。地图出现于上古时代,那时人类从事生产和军事活动产生了对地图的需要。考古工作者曾发掘到公元前 25 世纪至公元前 3 世纪画在或刻在陶片、铜板或其他材料上的地图。

据文字记载,中国春秋战国时期地图已用于地理、军事和墓葬等方面。公元前 3 世纪亚历山大学者埃拉托斯特尼最先在地图上绘制经纬线。公元 168 年,中国西汉绘制在帛上的地图,已注意到比例和方位。公元 150 年古希腊的 C. 托勒密所著《地理学指南》一书,提出了地图投影法。公元 265 年,中国西晋的裴秀总结出制图六体的制图原则,从此地图制图有了标准,奠定了中国古代制图的理论基础。17 世纪起,西方一些国家用三角测量法进行大地测量,根据实

考虑地球曲率，可以把大地看成平面，这就简化了测量方法和繁琐的计算，叫平面测量。本书介绍的工程测量属于后一种。

工程测量主要任务是测图、用图、放样等，本书主要针对放样工作及相应仪器使用进行详细阐述。

工程测量是测量地面点位的科学，广泛应用于房屋建筑、市政、道桥、水电工程的勘察、设计、施工的各个阶段，是工程建设的基础和依据。目前，我国许多承包商，尤其是比较小的承包商，对工程测量工作还不够重视，测量人员的待遇低、水平普遍不高、经验不足、责任心不强是阻碍我国工程测量事业发展的最大障碍。

第二节 尺

一、卷尺

1. 盒尺

盒尺的长度较短，一般有 2m、3m、4m、5m 等几种，便于随身携带，主要用于小距离的放样和检验工作。

一般盒尺尺端为零点，使用前应检查尺端与尺面连接的牢固性，不应使用尺端活动的盒尺，以保证测量放线的精度。使用时应匀速将尺面抽出尺盒，用锁紧装置卡住尺面。测量时要保证尺面平直，对准测量基准点。用完后应松开锁紧装置，将尺面匀速放入盒中，严禁使尺面疾速卷入盒内。盒尺应有产品合格证，否则不能使用。图 1-2 中黑圈所示范围内是尺端与尺面的连接部分。



2. 钢卷尺

钢卷尺用宽 10~15mm、厚 0.4mm 的低碳薄钢带制成，基本刻划为 1mm 的有数字标记的卷式测量尺。钢卷尺通过手柄卷入尺架，端部有一铜环，供测量时拉尺使用，使用时可从尺架拉出，用完卷入尺架，携带方便，如图 1-3 所示。钢卷尺有 20m、30m、50m 3 种，多为刻线尺。钢卷尺的零点一般不在尺端（图 1-4），而在距离尺端 200~300mm 的位置，使用钢卷尺时要特别注意。

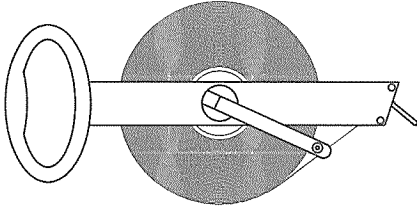


图 1-3 钢卷尺



图 1-4 钢卷尺尺端

钢卷尺测量时，应使用经纬仪、花杆和测钎配合进行测量。钢卷尺因伸缩性小，一般测量精度比较高。钢卷尺用于高精度的测量时，应考虑钢材因温度和尺长而引起的伸缩，即进行温度和尺长改正，有时还应考虑垂曲、拉力和高差等改正。考虑以上各项改正，钢卷尺可用于精密的基线测量，测量时应精确标记起始点，并在钢卷尺两端使用拉力计。

钢卷尺主要用于较长距离和中等精度的距离测量，一般测量相对精度可达到 1/5000，精密测量相对精度可以提高到 1/10000~1/40000，但钢卷尺测量不适用于复杂地形。用钢卷尺进行测量一般需要使用下列工具。

(1) 测钎。如图 1-5 所示，一般用粗钢丝制成，长 300~





表面每隔 20cm 分别涂成红色和白色或黑色和白色，故称花杆。假定地面上有一点，如果从较远处无法看到此点，可在点上立一花杆并使锥尖对准该点，花杆垂直时，从远处看到花杆就相当于看到了该点的平面位置，起到了导引目标的作用。连续在两点上分别立一根花杆，则可进行直线定向，三根以上花杆互相依某直线瞄准，可以大略延伸直线。

(4) 钢卷尺的一般测量。为使测量沿直线前进，需要在直线上标定若干中间点。首先在起点、终点钉好木桩，并在木桩上做好测量起点、终点的标志。立好标杆，目测起点、中间点、终点花杆成一条直线后，做好中间点的标志，相临各点间距应小于一段。测量时应保持钢卷尺水平并对准点位，前尺手和后尺手应同时读数。将各段数据记入测量手簿，见表 1-1。

图 1-7 花杆 尺段。测量时应保持钢卷尺水平并对准点位，前尺手和后尺手应同时读数。将各段数据记入测量手簿，见表 1-1。

表 1-1 钢卷尺一般测量手簿

测点(往)	读数/m	测值/m	测点(返)	读数/m	测值/m	精度	往返平均值/m	备注	
1	0.121	45.025	3	0.333	44.086	1/7426	89.113		
2	45.146		2	44.419					
2	0.218	44.082	2	0.207	45.033				
3	44.300		1	45.240					

一般以往返各测量一次为一测回，在符合精度要求时，取往返测量平均值为测回值。测量用相对精度表示，即往返测量之差的绝对值与往返测量平均值之比，将分子化为 1，分母取整数表示。

$$k = \frac{1}{D_0 / |\Delta D|}$$

式中 D_0 ——往返测量平均值 (m)；

ΔD ——往返测量之差 (m)。

一般情况下，平坦地区的测量精度不应低于 1/2000。

(5) 钢卷尺精密测量。精密测量使用的钢卷尺必须经过检定，具有检定时的拉力、温度条件下的尺长方程，还需要弹簧秤、温度计、经纬仪、水准仪等设备。

1) 定点。首先要清理现场，用经纬仪定线，同时钉桩、标十字线。将经纬

仪置于起点，对中、调平，后视终点，旋紧水平制动螺旋，然后垂直转动望远镜，按照小于一个尺段的距离定点，使点位落在起点和终点确定的直线上。

2) 尺段测量。测量成员应由 5 人组成，两人拉尺，两人读数，一人记录并测温。直接量取桩顶的倾斜距离，测量时后尺持零端并将弹簧秤挂在尺环上，记录员位于尺间，前尺、后尺同时读数，估读至 0.5mm，每尺段要连续测量 3 次，每次要将尺错开 20~30mm。3 次测量的最大值与最小值之差不得超过 2mm，否则重测。最后取 3 次结果的平均值作为此尺段的观测结果。每一尺段应读、计一次温度。往测完毕后，调转尺头，人不换位，立即进行返测，往返各一次为一测回，取往返测平均值作为最终结果。

桩顶高差测量应随后及时进行，并应进行往返测量。

每尺段的观测值都要经过尺长改正、温度改正、倾斜改正，才能转化成该尺段的水平距离。

3) 尺长改正。钢卷尺在标准拉力和标准温度时的实际长与钢卷尺刻度的名义长之差称为整尺段的尺长改正，任意尺段长度的尺长改正可按比例求得

$$\Delta l_i = \frac{\Delta l_0}{l_0} l_i$$

式中 Δl_i ——尺长改正值 (mm)；

Δl_0 ——整尺段尺长改正 (mm)，可从钢卷尺方程式中查出；

l_0 ——钢卷尺刻度名义长 (m)，也可从钢卷尺方程式查出；

l_i ——每尺段观测值 (m)。

在标准拉力下，用上式进行尺长改正即可。如果拉力与标准拉力不同，还需要进行拉力改正。如断面面积为 2.5mm² 的 50m 长钢卷尺在平铺测量时，拉力每增加或减少 10N，尺长产生 1.0mm 的误差，即每测量一整尺需改正 ±1.0mm。

4) 温度改正。由钢卷尺测量时的温度与检定时标准温度不同引起尺长变化而施加的改正称为温度改正

$$\Delta l_t = \alpha(t - t_0) l_i$$

式中 Δl_t ——温度改正值 (mm)；

α ——钢卷尺的膨胀系数，可从钢卷尺方程式中查出；

t ——钢卷尺测量时的温度 (°C)；

t_0 ——检定时标准温度 (°C)；

l_i ——每尺段观测值 (m)。

5) 倾斜改正。由钢卷尺测量的斜距化为平距时所施加的改正，称为倾斜改

$$\Delta l_h = -\frac{h_i^2}{2l_i}$$

式中 Δl_h ——倾斜改正值 (mm);

h_i ——相邻点高差 (m);

l_i ——每尺段观测值 (m)。

最后尺段观测值 $D_i = l_i + \Delta l_i + \Delta l_t + \Delta l_s$, 精度计算与钢卷尺一般测量相同, 见表 1-2。

表 1-2 钢卷尺精密测量手簿

尺段(起止点号)	次数	后尺读数/m	前尺读数/m	尺段长度/m	温度/℃	尺长改正数/mm	温度改正数/mm	高差/m	高差改正数/mm	改正后尺段长度/m	备注
S-1	1	0.1240	33.2010	33.0770	32.5	2	5.0	0.251	-0.952	33.0820	
	2	0.2250	33.3000	33.0750							
	3	0.3890	33.4650	33.0760							
	平均			33.0760							
1-T	1	0.1185	24.3390	24.2205	30.2	1.5	3.0	-0.553	-6.313	24.2194	
	2	0.2010	24.4220	24.2210							
	3	0.3115	24.5335	24.2220							
	平均			24.2212							
T-1	1	0.5670	24.7880	24.2210	33.1	1.5	3.8	0.553	-6.313	24.2200	
	2	0.4415	24.6620	24.2205							
	3	0.2475	24.4690	24.2215							
	平均			24.2210							
1-S	1	0.7790	33.8565	33.0775	31.7	2	4.6	-0.251	-0.952	33.0824	
	2	0.2790	33.3560	33.0770							
	3	0.1195	33.1955	33.0760							
	平均			33.0768							
总长度/m					57.3019						
精度					0.001/57.3019=1/57302						

钢卷尺方程: $50000\text{mm} (50\text{m}) + 3.0\text{mm} + 1.2 \times 10^{-5} \times (t - 20)\text{mm}$ 。

自然环境会影响测量精度, 风力会使尺身产生抖动, 使尺长发生变化。与测量方向垂直的风, 使钢卷尺偏离预定的测量路线, 越到中心偏离越大。在拉力不变的前提下, 风会使测量结果偏大。风力在四级以上时, 最好停止测量工作。

钢卷尺精密测量虽然可以达到较高的精度, 但由于可变因素多, 操作繁琐, 耗时长, 已经少有人使用。现代光学测距技术已经非常成熟, 光学测距一次测量距离远, 测距相对精度可达 1/100000 以上。本书介绍钢尺测量, 是因为它是

测距的基础，且在工程实践中，钢卷尺的一般测量比例还比较大，读者应有所了解。

钢卷尺的标准检定标准温度为 20℃，标准拉力为 50N，也可为 100N，但必须在检定证书中标明。

钢卷尺误差（尺长改正值）有限定范围，超出该范围不允许使用，尺长允许误差：

$$\text{I 级钢卷尺} \quad \Delta = \pm (0.1 + 0.1L)$$

$$\text{II 级钢卷尺} \quad \Delta = \pm (0.3 + 0.2L)$$

式中 Δ ——尺长允许误差（mm）；

L ——尺长（m）。

按该式计算，50m 长 I 级钢卷尺允许误差为 $\pm 5.1\text{mm}$ 。

6) 钢卷尺的保养。

钢卷尺抗拉强度高，质地较脆，容易打结，使用过程中应时刻注意，遇有打结情况，应轻轻将其舒展开，再拉尺。不使用时要将钢尺收起，禁止拖地行走，不得踩、压。为防止钢卷尺沾上泥沙磨损或遇水长锈，应经常擦拭和涂油。

3. 布卷尺

布卷尺又叫皮尺，用强度较高的纤维制品制成，柔韧性好。皮尺最小刻划一般为厘米，端部有一铜环，零点在尺端，主要用于低精度测量。使用时可从尺盒中拉出，用完卷入盒内，携带方便，长度有 20m、30m、50m 3 种。使用皮尺测量时，应用花杆和测钎定向，当测量距离大于尺长或地面起伏较大时，用花杆支撑尺段两端测量，可导引方向和提高测量精度。

皮尺可分为端点尺和刻线尺。端点尺的零点在铜环的端部，刻线尺的零点不是端部。

因皮尺测量时有松弛现象，故测量精度不高，仅限于精度要求较低的放线和附属结构放线。

4. 测绳

测绳是用高强度纤维内夹金属丝制成的细绳，最小刻划 10cm，用于精度很低的距离测量。

二、直尺

1. 钢板尺（图 1-8）

钢板尺强度高、韧性好，一般用于细部放线，钢板尺平端头一侧为零点。为保证钢板尺的精度，严禁弯曲使用。

2. 比例尺（图 1-9）

比例尺主要用于绘制不同比例的图形或在图纸上直接测量。常用比例尺为

三棱比例尺，共有 6 种比例，分别为 1 : 100、1 : 200、1 : 250、1 : 300、1 : 400、1 : 500。

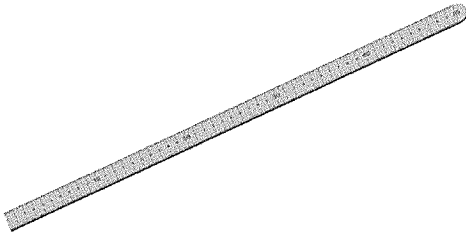


图 1-8 钢板尺

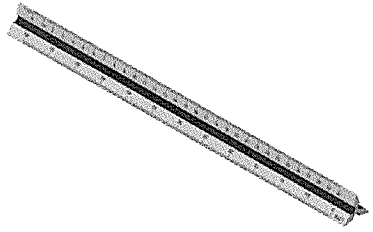
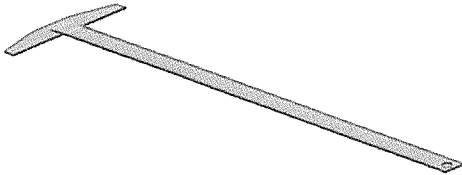


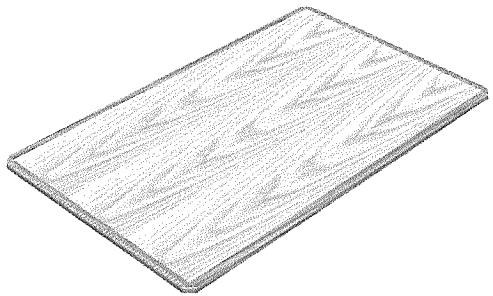
图 1-9 比例尺

3. 丁字尺

由互相垂直的尺头和尺身组成，一般为透明的塑料制品，如图 1-10 所示。主要用于在图板上绘制水平线，左手按住尺头，使其紧靠图板左侧边缘，尺身紧贴在图板上，沿尺身上缘由左至右画水平线，尺头沿图板左侧上下移动，可以画出不同位置的互相平行的直线。不允许将尺头靠在图板的其他三边上。由于计算机和现代绘图软件 CAD 的迅速发展，已经很少有人手工绘图，因此只对手工绘图工具稍作了解即可。



(a)



(b)

图 1-10 绘图工具