

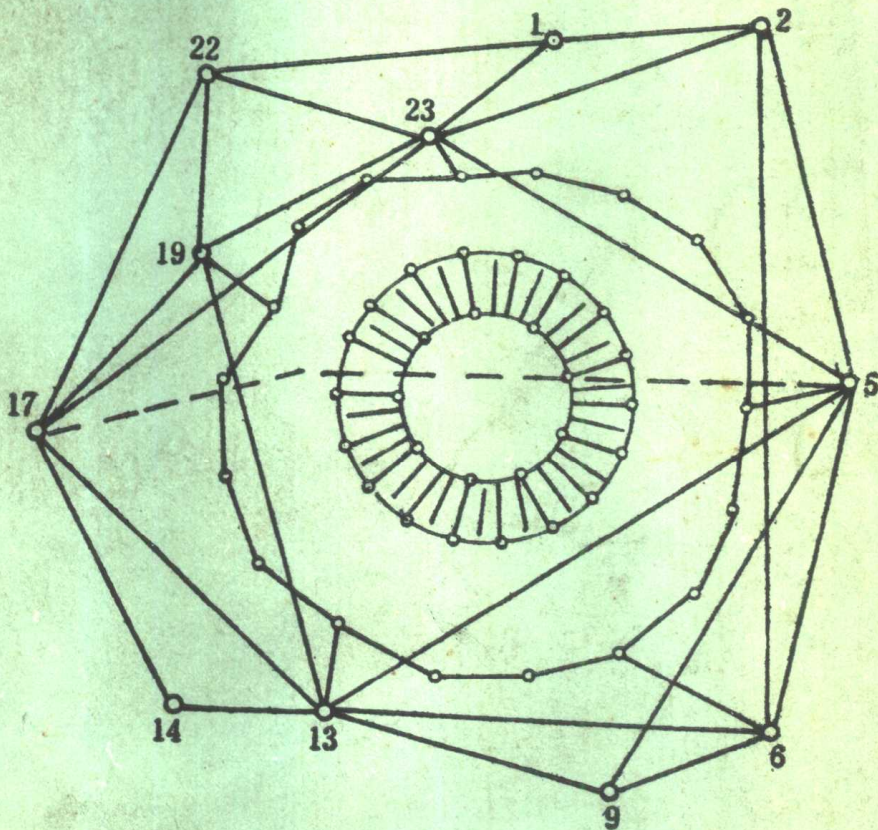
普通高等教育测绘类规划教材

980111

工程测量学

(修订版)

李青岳 陈永奇 主编



测绘出版社

980111

普通高等教育测绘类规划教材

工 程 测 量 学

(修 订 版)

李青岳 陈永奇 主编

测 绘 出 版 社

(京) 新登字 065 号

内 容 提 要

本书主要根据工程建设中的规划设计、建筑施工、运营管理三个阶段的不同要求,结合我国的实践经验和国际上的先进测量技术,系统地叙述了进行测量工作的理论和方法;着重共性部分,并对重点的、有特色的工程对象作为一些例子介绍。

本书为高等学校工程测量专业本科的教材,同时也适合广大工程测量工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量学/陈永奇编著. -2版. -北京:测绘出版社, 1995.6
ISBN 7-5030-0782-6

I.工… II.陈… III.工程测量-测量学 IV.TB22

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第00188号

测绘出版社出版发行

(100045 北京市复外三里河路50号)

大兴星海印刷厂印刷·新华书店总店北京发行所经销

1995年5月第二版·1995年5月第六次印刷

开本: 787×1092 1/16·印张: 27.5

字数: 635千字·印数: 35 501—42 500册

定价: 15.50元

第二版 前 言

李青岳主编的《工程测量学》自1984年第一版以来,经各兄弟院校和我校工程测量和大地测量本科专业多年教学实践,证明了“根据工程建设不同阶段的不同要求,叙述进行测量工作的理论与方法”的教材结构,是符合教学规律的,因此修订版保留了原教材的结构处理原则。然而,随着科学技术的飞速发展,我国的工程测量工作也发生了显著的变化,因此原教材中一些内容就显得陈旧。为了适应当前《工程测量学》教改的形势,使教材更紧密结合教学与生产实际,在征得各方面意见后,对原教材内容作了较大的修改和调整。修订时充分兼顾到教材内容的先进性和实用性,修改的主要内容有:

1. 将原教材的第六、七章合并为一章(施工放样方法和精度分析);
2. 原教材的第二、九、十四、十六章的内容修改量较大,重新调整了章、节,增加了理论分析和先进技术的内容;
3. 原教材的其他章、节内容,在知识面的深度与广度上也作了调整和修改,在兼顾我国生产技术状况不平衡的情况下,较好地处理了先进技术与传统测量方法之间的关系;
4. 本教材结构保留了原教材按工程建设各个阶段的测量内容进行讲解的处理原则(称为“纵向处理”),这次修改时对于重点的、有特色的工程对象作了个别处理(称为“横向处理”)。

本教材修订工作由陈永奇组织,集体讨论,分工负责。参加编写的有李裕忠(绪论、第三、四、九章)、吴子安(第十、十二、十四章)、虞定麒(第一、五、十一章)、张正禄(第八章)、陈永奇(第十三章)、彭先进(第二章)、吴栋材(第六、十五章)、李宝桂(第七章)。各章编写完后,虞定麒负责第一篇初校,李裕忠负责第二篇初校,吴子安负责第三篇初校,张正禄负责第四篇初校。全书由陈永奇负责统一校订。

本书经全国测绘教材委员会审定,蒙卓健成,于来法教授审阅并提出许多宝贵意见,谨此致谢。

由于编者水平有限,教材中难免存在缺点,谨请读者批评和指正。

编 者

1993年10月

2405/175 01

第一版 前 言

按照工程测量专业的教学计划,《工程测量学》是一门专业课程。它是在学习了《测量学》、《控制测量学》以及《摄影测量学》等课程以后,在四年级学习的课程。因而其内容主要在实用方面。也就是说,主要是根据工程建设各个阶段的不同要求,叙述进行测量工作的理论与方法,而对基本理论与基本操作则叙述较少。对于工程测量中的一些专用仪器以及处理某些实际问题所涉及的理论,则作比较详细的叙述。

在编写过程中,我们曾到过一些生产单位进行参观学习,并收集和整理了一些资料,使这份教材能比较多地结合我国的生产实践。此外,还参考了有关院校的一些教材。在此,向这些单位的同志们表示深切的感谢。

本教材由李青岳同志主编。参加编写的还有李裕忠、吴子安、虞定麒、吴栋材、李宝桂、李水清等同志。孙桂芳、徐方等同志参加了绘图与誊写工作。

由于我们的水平所限和收集的资料不够多,教材中一定会有许多缺点,希望同志们给予批评和指正。

编 者

1982年2月

目 录

绪 论	(1)
第一篇 工程建设中地形图的应用与测绘	
第一章 工程建设中地形图的应用与测图比例尺的选择	(7)
§1-1 在工程建设规划设计各阶段中地形图所起的作用	(7)
§1-2 水电站工程设计对库区地形图的要求	(9)
§1-3 工业企业设计对地形图的要求	(12)
§1-4 大比例尺地形图的精度分析	(17)
§1-5 在工业企业设计中测图比例尺的选择	(23)
第二章 工程建设中地形图的测绘	(26)
§2-1 概述	(26)
§2-2 测图控制网的布设	(27)
§2-3 测量控制网优化设计	(30)
§2-4 大比例尺数字化成图	(37)
§2-5 城镇地籍图的测绘	(40)
§2-6 工业场地现状图的测绘	(42)
第三章 线路勘测	(46)
§3-1 线路勘测的任务与内容	(46)
§3-2 新建铁路初测中的测量工作	(47)
§3-3 铁路定测阶段的测量工作	(51)
§3-4 线路纵横断面的测绘	(55)
§3-5 铁路航空勘测	(57)
§3-6 数字地面模型在铁路、公路勘测设计中的应用	(60)
第四章 水下地形和河道纵横断面图的测绘	(67)
§4-1 概述	(67)
§4-2 测深线、测深点的布设和测深工具	(67)
§4-3 水位观测	(71)
§4-4 测深点的定位	(73)
§4-5 水下地形测量内业	(78)
§4-6 横断面测量	(79)
§4-7 纵断面图的编绘	(81)
§4-8 水下地形测量自动化成图方法的简介	(84)
第二篇 工程建设中的定线放样工作	
第五章 施工控制网的建立	(89)

§5-1	工程建筑物放样的程序和要求	(89)
§5-2	施工控制网的布设	(90)
§5-3	施工控制网精度的确定方法	(93)
§5-4	施工控制网机助优化设计	(94)
§5-5	桥梁施工控制网的建立	(99)
§5-6	桥梁三角网必要精度的确定	(102)
§5-7	水利枢纽施工控制网的布设	(105)
§5-8	水利枢纽施工控制网精度的确定	(109)
§5-9	工业企业场地上施工控制网的布设方法	(111)
§5-10	厂房控制网的建立	(117)
第六章	施工放样的方法和精度分析	(127)
§6-1	概述	(127)
§6-2	极坐标法与直角坐标法放样	(129)
§6-3	方向线交会法	(132)
§6-4	轴线交会法	(137)
§6-5	正倒镜投点法	(141)
§6-6	前方交会法放样点位	(144)
§6-7	后方交会法放样点位	(152)
§6-8	高程放样的方法	(155)
§6-9	激光铅直仪和水平扫描仪	(156)
§6-10	放样方法的选择	(159)
第七章	曲线测设	(162)
§7-1	概述	(162)
§7-2	单圆曲线的测设	(163)
§7-3	有缓和曲线的圆曲线要素及其应用公式	(171)
§7-4	有缓和曲线的圆曲线主要点测设	(177)
§7-5	用偏角法测设有缓和曲线的圆曲线的细部	(178)
§7-6	用切线支距法测设有缓和曲线的圆曲线细部	(181)
§7-7	困难地段的曲线测设	(184)
§7-8	其它类型曲线测设	(188)
§7-9	竖曲线	(191)
第八章	地下建筑物的施工测量	(194)
§8-1	概述	(194)
§8-2	隧道贯通误差	(196)
§8-3	隧道控制测量误差对横向贯通精度的影响	(202)
§8-4	地面控制测量	(210)
§8-5	进洞关系数据推算	(216)

§8-6	地下控制测量	(220)
§8-7	隧道施工中的测量工作	(226)
§8-8	新技术在隧道施工中的应用	(229)
§8-9	隧道贯通误差的测定与调整	(232)
第九章	竖井联系测量与陀螺经纬仪测量	(236)
§9-1	竖井联系测量的任务和内容	(236)
§9-2	一井定向	(237)
§9-3	联系三角形最有利的形状	(240)
§9-4	一井定向的精度	(243)
§9-5	两井定向	(245)
§9-6	通过竖井传递高程的方法	(249)
§9-7	陀螺仪指北的原理	(250)
§9-8	陀螺的运动方程	(254)
§9-9	陀螺经纬仪	(260)
§9-10	悬带零位测定、零位校正与零位改正	(264)
§9-11	用陀螺经纬仪观测陀螺北方向的方法	(266)
§9-12	仪器常数测定	(271)
§9-13	用陀螺经纬仪进行地面地下定向测量的观测与实例	(272)
第三篇 工程建筑物的变形观测		
第十章	工程建筑物变形观测的内容与布置方案	(277)
§10-1	工程建筑物变形观测的意义、内容和目的	(277)
§10-2	建筑物变形观测的精度和频率	(279)
§10-3	工业与民用建筑物变形观测的布置	(281)
§10-4	大坝变形观测点的布置方案	(283)
§10-5	基准点的选择与控制网的布设	(287)
§10-6	监测网优化设计的灵敏度约束	(292)
§10-7	监测网的二类优化设计	(296)
第十一章	垂直位移观测	(299)
§11-1	水准基点、观测点的标志构造与埋设	(299)
§11-2	沉降与回弹观测	(303)
§11-3	倾斜观测	(308)
§11-4	液体静力水准测量	(311)
§11-5	水准点稳定性的检验与分析	(318)
第十二章	水平位移观测	(331)
§12-1	基准线法测定水平位移	(331)
§12-2	视准线法观测的精度估算	(333)
§12-3	激光准直	(335)

§12-4	分段基准线观测	(338)
§12-5	引张线法测定水平位移	(342)
§12-6	导线法测定建筑物的位移	(345)
§12-7	前方交会法测定建筑物的位移	(350)
§12-8	工作基点稳定性的检查与其位移的测定	(351)
§12-9	基准点稳定性的统计检验	(354)
§12-10	工作基点位移对变形值的影响	(355)
§12-11	挠度观测	(356)
§12-12	裂缝观测	(359)
第十三章	应用地面摄影测量方法进行变形观测	(361)
§13-1	概述	(361)
§13-2	时间基线法	(362)
§13-3	地面立体摄影测量的解析处理方法	(364)
§13-4	地面立体摄影测量的精度	(367)
§13-5	地面摄影测量作业中几个问题	(369)
§13-6	用地面摄影进行变形观测的实例	(372)
第十四章	变形观测的成果整理	(375)
§14-1	概述	(375)
§14-2	观测资料的整编	(377)
§14-3	观测值的统计规律及其成因分析	(383)
§14-4	一元线性回归分析	(385)
§14-5	多元线性回归分析	(388)
§14-6	逐步回归计算原理	(389)
第四篇 特种工程测量		
第十五章	特种工程测量	(393)
§15-1	概述	(393)
§15-2	高精度测量技术	(395)
§15-3	特种工程测量标志	(401)
§15-4	特种工程测量控制网	(404)
§15-5	精密设备定位	(410)
§15-6	无线电天线建设中的测量工作	(414)
§15-7	工业三维坐标测量系统	(417)
附录	(425)
参考文献	(427)

绪 论

测量学是从人类生产实践中发展起来的一门历史悠久的科学，是人类与大自然作斗争的一种手段。翻开人类历史，在文化最先发达的地区，都有测量工作的史实记载。例如早在公元前 27 世纪，埃及大金字塔的建设，其形状与方向都很准确，这说明当时已有放样的工具和方法。公元前 14 世纪，在幼发拉底河与尼罗河流域，曾进行过土地边界的测定。我国，在汉代司马迁的《史记》中，对夏禹治水，有：“陆行乘车，水行乘船，泥行乘橇，山行乘撵，左准绳，右规矩，载四时，以开九州，通九道，陂九泽，度九山”等勘测情况的记录。这些，实际上都是工程测量的内容。以后随着历史文化的发展，随着科学技术的进步，工程建设的項目愈来愈多，规模愈来愈大，内容愈来愈复杂，其对测量工作的要求也愈来愈高，这就在测绘科学这个领域内渐渐地形成了“工程测量学”这门学科。目前有些国家已把它列入有关专业的教学计划，以培养这方面的人才；有些科研单位把它列为研究的内容，以促进它的发展；国际测量工作者联合会（FIG）中设有工程测量专业委员会（第六委员会），以便在世界范围内交流这门学科的成就，探讨它的发展方向。

工程测量学的内容，如果按照其服务的对象来讲，它包括工业建设测量、铁路公路测量、桥梁测量、隧道及地下工程的测量、水利工程建设测量、输电线路与输油管道测量以及城市建设测量等等。为各项工程建设服务的测量工作，各有其特点与要求，但从其基本原理与基本方法来看，又有很多共同之处。因此，也可以不分工程的种类，而按照工程建设中测量工作进行的次序以及所用的测量理论与作业方法的性质，综合地讲述工程测量学的内容。本教材就是采用这种方式编写的。一般的工程建设，基本上可以分为三个阶段，即规划设计阶段、建筑施工阶段与运营管理阶段。现将各个阶段的测量工作概述如下：

一、工程建设规划设计阶段的测量工作。每项工程建设都必须按照自然条件和预期目的，进行规划设计。在这个阶段中的测量工作，主要是提供各种比例尺的地形图，另外还要为工程地质勘探、水文地质勘探以及水文测验等进行测量。对于重要的工程（例如某些大型特种工程）或在地质条件不良的地区（例如膨胀土地区）进行建设，则还要对地层的稳定性进行观测。

二、工程建设施工阶段的测量工作。每项工程建设的设计，经过讨论、审查和批准之后，即进入施工阶段。这时，首先要将所设计的工程建筑物，按照施工的要求在现场标定出来（即所谓定线放样），作为实地修建的依据。为此，要根据工地的地形、工程的性质以及施工的组织与计划等，建立不同形式的施工控制网，作为定线放样的基础。然后再按照施工的需要，采用各种不同的放样方法，将图纸上所设计的内容转移到实地。所以这一部分就包括了施工控制网的建立和定线放样工作两大部分。此外，有时还要进行一些竣工测量、变形观测以及设备的安装测量。

三、工程建设运营管理阶段的测量工作。在工程建筑物运营期间，为了监视其安全和

稳定的情况，了解其设计是否合理，验证设计理论是否正确，需要定期地对其位移、沉降、倾斜以及摆动等进行观测。这些工作，就是通常所说的工程建筑物的变形观测。对于大型的工业设备，还要进行经常性的检测和调校，以保证其按设计安全运行。

由此可见，工程测量学就是研究各项工程在规划设计、施工建设和运营管理阶段所进行的各种测量工作的学科。它与其它测量学科的关系非常密切。例如，在工程测量专业的教学计划中所设置的“测量学”和“控制测量学”课程，其主要任务就是解决为工程建设的规划设计提供各种比例尺的地形图这个问题的。而在施工放样和变形观测方法的研究中，有很多方面也是建立在测量学和控制测量学的基础上的。此外，用摄影测量方法测绘地形图，现在已广泛地应用于工程建设的规划设计阶段中。目前用航空摄影测量方法除了制作常规的线划地形图以外，还制作影像地图供设计应用。用近景摄影测量的方法，还可以观测水流的形态及工程建筑物的变形（其中包括对于某些建筑物由于动荷载而发生的瞬间变形）。应用航空摄影测量进行铁路勘测选线，是行之有效的方法。航空摄影的资料还可以用来进行森林、土壤、地质等的判读，从而解决工程建设与资源勘察中的问题。用全球定位系统（GPS）进行工程测量，涉及到空间大地测量和重力测量等学科。在大型精密工程测量中，要顾及到重力场的变化，也要用到重力测量学的知识。

因为工程测量是直接为工程建设服务的，所以工程测量工作者还必须具有一定的有关工程建设方面的知识。例如，在为工程建设的规划设计进行勘测时，应该了解该项工程的作用、总体布置的特点以及它与周围环境的关系等等。当为工程的施工进行定线放样时，必须了解工程的结构，掌握其各部分的关系，了解工程施工的步骤和方法与施工场地的布置情况，以便确定在现场应该放样的点和线，找出它们之间的关系，算出它们的平面与高程位置。因为设计图样是工程师的语言，一般的工程结构都是通过各种图纸来表示的，所以工程测量工作者必须善于识图和读图，才能正确执行定线放样任务。当进行变形观测时，为了合理地进行观测点和控制点的布置，确定观测的精度，选择观测的方法，以及合理地进行成果的整理与分析，都需要具有该项工程的构造及其使用情况的知识。所以，在工程建设的三个阶段中进行测量工作时，都需要有关的工程知识。这样，才能使测量工作有针对性，避免盲目性，从而合理地解决工程建设中的测量问题。

近年来，由于微电子学、光电技术和计算机科学技术的迅速发展，大大地促进了工程测量学的发展，极大地改变了该学科的面貌。比较显著的有以下几个方面：

一、电磁波测距和电子测角技术的应用。各种类型的电磁波测距仪近年来发展很快，目前在国际市场上测距仪有近百种，而且新型的仪器不断地出现。高精度测距仪有原瑞士Kern厂（原Kern厂与Wild厂已合并为Leica公司）生产的Meko-meter ME3000，它采用了高频调制“可变光路法”测相，其标称精度为 $(0.3\text{mm} \pm 1\text{ppm} \cdot D)$ 。该厂和英国COMRAD电子仪器公司后来对ME3000进行了改进，分别生产出ME5000与GEeMENSOR CR204/234。它们的测程分别为5km和10km，其标称精度分别提高到 $(0.2\text{mm} \pm 0.2 \sim 1\text{ppm} \cdot D)$ 和 $(0.1\text{mm} \pm 0.1 \sim 1\text{ppm} \cdot D)$ 。为了减弱折光影响TERRAMETER公司生产的双色激光测距仪LDM2，该仪器的测程为20km，标称精度为 $0.1\text{mm} \pm 0.1\text{ppm} \cdot D$ 。上述三种测距仪完全可以代替因瓦基线尺作高精度的测距。电子经纬仪的出现是地面测量技术

的一项显著进步，它最重要的优点是使从野外测量到室内数据处理过程的自动化成为可能。把电子经纬仪、测距仪和数据终端（电子手簿）结合在一起组成所谓的全站式电子速测仪，例如原Wild厂的TC2000，TC1610和数据终端GRE3/GRE4。此外还有原Kern、Opton、Geodimeter(原AGA)、SOKKIA、TOPKON等厂家推出的各种类型的整体式或组合式的电子速测仪。电子速测仪除了用于一维、二维、三维控制测量外，很方便地用于小面积的地形测量和地籍测量以及工业场地的现状图测绘，野外测量结果自动记录在电子手簿上，通过接口设备传输给计算机，对测量结果进行自动处理，实现了成图自动化。把由微处理机控制的跟踪设备加到电子速测仪后，就能对目标进行自动测量。为了实现遥控和数据传输，加上了无线通讯装置，这种系统有人称为测量机器人(Georobot)。第一套系统出现在1983年。现在测量机器人已开始用到工程测量的许多方面，例如Susy30 航道自动测量系统，Geodimeter 140SMS滑坡自动监测系统。电子速测仪的广泛应用，使极坐标法成为施工放样的主要方法。主动定点的放样系统也投入使用，例如原Kern厂生产的系统，放样时仪器照准部跟踪反光镜，实时地将测量结果用无线电传送到RD10接收器，测量放样人员手持反光镜和RD10，他可以从RD10的小光屏上看出所需要移动的方向和距离，这样，测量员与助手之间不必有任何联系，助手就能主动地移至所需放样的点位上。

二、全球定位系统(GPS)测量技术的应用。空间技术的发展为工程测量提供了新的手段和方法。全球定位系统是新的空间无线电定位系统，它有24颗卫星，排列在6个近似圆形的轨道上，卫星高度20200km，运行周期12小时，这种设计方案保证地球上任何地方、任何时刻都能收到至少4颗卫星发出的信号。

全球定位系统的应用是测量技术的一项革命性变革。它具有精度高、观测时间短、测站间不需要通视和全天候作业等优点。它使三维坐标测定变得简单。从目前所做的实验来看，它可以提供1~2ppm的相对定位精度。可以预计，在不久的将来，能达到0.1ppm或更高的精度。GPS已广泛应用到工程测量的各个领域，从一般的控制测量（例如城市控制网，测图控制网）到精密工程测量，都显示了极大的潜力。建设斯坦福直径为1km的对撞机和欧洲核子研究中心直径为9km的加速器，地面控制采用GPS测量，水平和垂直位置的精度分别达到2mm和4mm。目前正在建设的世界上最大的对撞机SSC（直径27km）也用GPS进行测量。此外，GPS还用于50km长的英吉利海底隧道的地面控制，油田地面沉降监测，大坝，地壳变形观测等。正在迅速发展的快速定位技术将会使许多工作（如放样、地籍测量）变得更容易。

三、电子计算机技术的应用。目前，电子计算机已成为测量工作的最优化设计、测量数据处理、自动化成图以及建立各种工程数据库与信息系统的最有效和必不可少的工具。

测量方案的设计以前都是凭经验进行的。随着计算机技术的应用，设计正在向更加科学化的方向发展。优化设计的目标包括精度、可靠性和成本。对于变形监测网还增加了灵敏度准则。在设计方法上，有解析法和模拟法两种，解析法是应用数学规划的原理求目标函数的极大值或极小值，得到设计变量的最优解。模拟法（也有的叫机助法设计）是将计算机的计算能力，判别能力与设计者的实践经验结合起来，通过人机对话，对所设计的方案进行实时地修改，直到满足设计者的要求为止。为了使设计过程更趋于自动化，目前正

在研究把人工智能和专家系统引入到模拟法设计中。

测量数据处理自动化，是近几年有关工程测量的国际科学讨论会上讨论的重点之一。以公路勘测为例，整个处理系统包括三部分：数据获取和处理软件、生成数字地面模型软件、绘图与设计应用软件。后者控制绘图机画出带状地形图和重点地段的立体透视图，纵、横断面图，当设计人员输入线路参数时，应用软件可立即计算出土石方工程量。

建立工程、城市与矿山测量数据库及其信息系统。大型工程的建设，经历了勘测设计、施工、设备安装、竣工运营等各阶段，每个阶段都持续较长的时间，工程测量工作者做了大量的工作，收集了大量的数据。由于大型工程的复杂性和重要性，一般情况下，所有的测量数据与图件至少在竣工验收之前均需要妥善保存，随时备查。有的重要工程，为了扩建、改建、二期工程、安全监测以及事故原因调查等方面的需要，有些测量资料与数据要永久地保存。对于城市测绘，测量人员收集了地形、道路、水系、建筑物、管线等方面的信息。管理与处理这些测量资料与数据最好的方法是建立数据库。目前，工程测量人员对这个问题都很重视，并且正在参与和从事各种信息的收集、传递和管理工作，建立工程信息系统、城市信息系统、矿山信息系统以及土地信息系统等。

四、激光技术的应用。由于激光具有一些优良的特性，因此，激光技术在工程测量领域中已得到了广泛地应用。例如激光经纬仪和激光平面仪在施工场地上的应用，已显示了它的优越性；激光准直仪已成功地用于工业设备的安装测量与变形观测；激光导向仪在隧道的开挖、矿坑的掘进以及市政工程中大型地下管道的施工中正在使用；激光铅直仪用于高大建筑物（例如烟囱、电视塔、桥墩等）的滑模快速施工中，是十分有效的。在矿山测量的竖井定向中，可以利用激光铅直仪进行投点。总之，这些激光仪器的使用，不仅节约了时间，提高了工效，保证了定线放样的精度，给施工放样工作带来很大的方便，而且为施工测量自动化创造了条件。

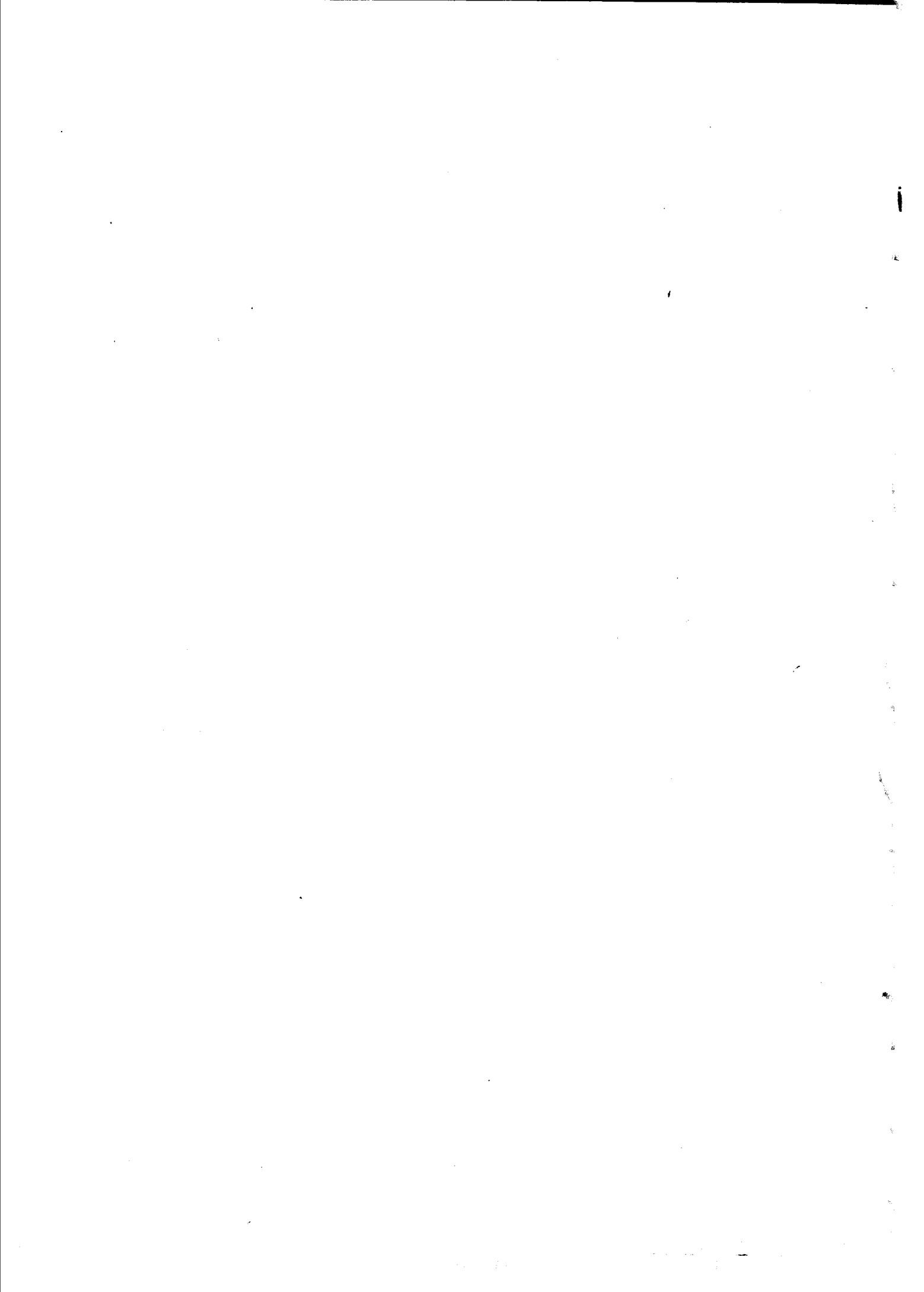
除上述四方面外，随着力学、机械制造与电子技术的发展，陀螺经纬仪定向精度也越来越高，例如德国威斯特法伦采矿联合公司（WBK）矿山测量研究所研制的自动测量的 Gyromat 型陀螺经纬仪，一次定向的时间只需 7 分钟，定向精度可达 $3''$ 。利用它可以精确测定地下导线的起始方向角，控制地下导线中测角误差的累积，提高坑道贯通精度。也可以用于长距离的线路勘测中，测定方位角控制与检核导线测量中测角误差的累积。

科学技术的发展促进了工程测量的发展，同时又在精度方面和速度方面对工程测量不断地提出新的和更高的要求，促使工程测量本身不得不研究解决许多新的课题。例如某些科学实验工程与国防工程的建设以及工业自动化生产设备的安装，它们对测量工作的精度要求很高，有的提出相邻两点相对位置的误差不应超过 0.1mm 。这时，一般的作业方法就无法满足要求，必须将计量技术引用到工程测量领域中来，研究新的专用测量仪器与方法。这一部分通常称为特种工程测量（或精密工程测量）。有些变形观测工作，对于精度与速度也提出了很高的要求，需要工程测量工作者加以解决。此外，近年来随着环境污染与自然生态平衡等问题的提出，工程测量这门学科还需要为环境保护服务，提供必要的资料。例如烟尘在大气中的扩散情况，地面上森林、植被的分布情况等。

工程测量学与其它科学技术的关系，就是这样互相补充、互相促进，不断地向前发展

的。

在过去的 40 年中，全国人民在党的领导下，为了迅速改变我国经济落后面貌，进行了大量的工程建设，在这些工程的规划设计、建筑施工与运营管理中，都进行了大量工程测量工作，积累了丰富的经验。现在，全国上下，正在加快建设具有中国特色的社会主义，为实现我国的工业、农业、国防与科学技术的现代化而努力奋斗。工程建设的项目与日俱增，对测量工作的要求也日益提高。我们应该及时地学习有关的新知识与新技术，研究和解决新的问题，总结生产实践中的经验，不断地丰富工程测量学的内容，把这门学科推向前进。



第一篇 工程建设中地形图的应用与测绘

第一章 工程建设中地形图的应用 与测图比例尺的选择

§ 1-1 在工程建设规划设计各阶段中地形图所起的作用

为了改造自然，必须首先了解自然。各项工程建设在规划设计之前，都要进行勘察测量工作，了解与设计有关的自然现象，而测量工作的成果，在一般情况下，都是以地形图的形式提供使用的。

在我国广阔的大地上，遍布着江河湖泊，蕴藏着极为丰富的水利资源，海岸线曲折蜿蜒，逶迤数千里，有很多的良好港湾和海洋资源。为开发与利用水利资源，必须兴建水工建筑物，例如拦河坝、船闸、水闸、渠道、运河、港口、码头等。对于一条河流或者一个水系而言，首先应该有一个综合开发利用的全面规划，进行梯级开发，合理地选择水利枢纽的位置和分布，以使其在发电、航运、防洪及灌溉等方面都能发挥最大的效益。这时应该有全流域的比例尺为1:50000或1:100000的地形图，以及水面与河底的纵断面图，以便研究河谷地貌的特点，探讨各个梯级中水利枢纽水头的高低、发电量的大小、回水的分布情况以及流域与水库的面积等。并确定各主要水利枢纽的型式和建造的先后次序。

对于某一个河川枢纽工程而言，拦河坝是一项主要工程，坝址的选择，主要决定于地形与地质条件，河谷最窄而岩层良好的河段，是最可能建坝的地方。

建坝以后，即在河流的上游形成水库。水库的库容与淹没面积的大小，决定于地形与壅水高度。为了进行水库的设计，要采用比例尺为1:10000至1:50000的地形图，以解决下述的一些重要问题：确定回水的淹没范围；量测淹没面积；计算总库容与有效库容；设计库岸的防护工程；确定沿库岸落入临时淹没或永久浸没地区的城镇、工矿企业以及重要耕地，并拟定相应的防护工程措施；设计航道及码头的位置；制定库底清理、居民迁移以及交通线改建等的规划。在研究上述各项问题时，对地形图的要求并不完全一致。有些项目（例如计算库容）需要在整个库区范围内施测同一精度的地形图，而另一些项目（例如防护工程的设计）则需要局部地区有较高精度的地形资料。因此，为了满足各种用图项目的需要，测图工作应该有计划有区别地进行。

在初步设计阶段，除了库区的地形图以外，在可能布设枢纽工程的全部地区，也应有比例尺为1:10000的地形图，以便正确地选择坝轴线的位置。坝轴线选定以后，即应在这个划定的枢纽布设地区，提供1:2000或1:5000比例尺地形图，以研究下列各类建筑物的布置方案：

一、主要的永久性建筑物。例如溢流坝段及非溢流坝段、发电厂、船闸以及引水渠的渠首建筑物等。

二、临时性的辅助建筑物，例如施工围堰、施工导流的渠道等。

三、永久性的及临时性的交通运输线路，例如铁路、公路、架空索道等。

四、施工期间的临时工厂。

五、永久性的或临时性的工人住宅区以及其它的辅助建筑物。

在施工设计阶段，对于坝区、厂房地区、船闸闸室、引水渠渠首以及引水隧洞的进口等处，可测绘 1:1000（有时需 1:500）比例尺地形图，以便详细地设计该工程各部分的位置与尺寸。

对于港口码头的设计，一般也是分两个阶段。相对来说，这项工程所占的地区较小。在初步设计阶段，需要比例尺为 1:1000 或 1:2000 的陆上地形图与水下地形图，以便布置铁路枢纽、仓库、码头、船坞、防波堤以及其它的一些附属建筑物，并且进行方案比较。在施工设计阶段应采用 1:500 或 1:1000 比例尺地形图，以便进一步精确地确定建筑物的位置和尺寸。

除了水路交通以外，陆上的交通建设在我国占着极为重要的地位。关于铁路线的勘测方法，将在第三章中详细叙述。伴随着铁路工程而来的就是桥梁与隧道工程。大的桥梁与隧道一般是铁路线上造价很高的关键性工程，要结合考虑地形、地质及水文等条件来确定它们的位置，然后再决定与它连接路线的走向与位置。对于中、小型的桥隧工程，因为它们的造价不高，往往先决定路线的方向及位置，再考虑地形与地质条件以及桥头（或隧道口）土石方的多少，线路的坡度与曲线半径等等因素，然后确定桥梁与隧道的位置。

对于大型桥梁而言，首先是在现有的 1:10000 至 1:50000 比例尺地形图上研究，再到实地进行踏勘，了解地形、地质及水文情况，提出桥址的几个可能的比较方案，进行讨论研究。此为踏勘阶段。经过研究和审批之后，确定少数几个方案，进一步进行比较选择，这称为初步设计阶段。这时除了要施测河流的水下地形、流速及流向以外，还需范围较大、比例尺为 1:2000~1:10000 的桥位方案平面图和范围较小（一般来说，在河流的宽度方面，应测至两岸最高洪水水位高程 2m 以上，在上游大约测到河流平水位时期宽度的 1.5~2 倍，下游大约为 1 倍）、比例尺为 1:500~1:5000 的桥址地形图。前者用以选择桥位和桥头引线，确定导流建筑物的位置以及施工场地的布置。图内应绘出各方案的线路的导线、中线、水文断面、水位点、最高洪水位的泛滥线，洪水时的流向、船筏走行线等等。后者用以设计主体工程及其附属工程（例如导流建筑物等），并估算工程数量与费用。图上应绘出详细地形和地物、线路的导线、中线，以及最高洪水位的泛滥线等。

对于交通建设中的山岭隧道，因为它是整个工程中的一部分，所以它的位置是在线路勘测中选定的。对于城市地下铁道网，在初步设计阶段，系应用比例尺为 1:2000 或 1:5000 的地形图，以选定线路的位置。为了设计车站、进口大厅、竖井以及用明挖法施工的地区，还需要该地区的 1:500 比例尺地形图。为了施工设计，要沿着设计的线路施测 1:500 比例尺带状地形图，带的宽度决定于隧道的深度与地质条件。

城市建设是按照城市的总体规划和详细规划进行的。对于城市总体规划、工程项目规