



The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every sale, purchase, and transfer must be properly documented to ensure compliance with tax laws. The text also mentions the need for regular audits and the use of reliable accounting software to track financial data.

In addition, the document highlights the significance of staying up-to-date with changes in tax regulations. It suggests consulting with a professional advisor to understand the latest developments and how they might affect the business's financial strategy. The text also touches upon the importance of proper record-keeping for long-term financial planning.

Furthermore, the document addresses the issue of tax evasion and the consequences of non-compliance. It stresses that businesses should always operate within the law and pay their taxes on time. The text also mentions the importance of keeping records for a sufficient period to support any claims made during an audit.

The document also discusses the benefits of using tax-efficient structures for business operations. It mentions that certain legal entities and financial arrangements can help minimize the overall tax burden. However, it cautions against aggressive tax avoidance strategies that might lead to penalties.

Finally, the document concludes by reiterating the importance of transparency and honesty in financial reporting. It encourages businesses to maintain open communication with tax authorities and to seek professional advice when needed. The text also mentions the importance of keeping records organized and accessible for easy review.

In summary, the document provides a comprehensive overview of the key aspects of business taxation. It covers the importance of record-keeping, staying informed about tax changes, and operating within the law. The text also discusses the benefits of tax-efficient structures and the consequences of non-compliance.

The document also mentions the importance of consulting with a professional advisor to ensure that the business's financial strategy is optimized for tax efficiency. It also touches upon the importance of proper record-keeping for long-term financial planning.

The document also discusses the benefits of using tax-efficient structures for business operations. It mentions that certain legal entities and financial arrangements can help minimize the overall tax burden. However, it cautions against aggressive tax avoidance strategies that might lead to penalties.

目 录

序	
绪论	1
第一章 工程建筑物的施工测量	5
第一节 施工阶段的测量工作	5
第二节 施工控制网的布设	8
第三节 平面施工控制网精度的确定	17
第四节 工程控制网优化设计的概念	20
第五节 工程控制网可靠性评价	24
第六节 三维控制网的概念	32
第二章 施工放样的方法与精度分析	37
第一节 角度放样及其精度分析	37
第二节 距离放样及其精度分析	42
第三节 高程、倾斜方向及竖直面的放样	44
第四节 用极坐标法和直角坐标法放样时的精度分析	47
第五节 方向线交会法和距离交会法	50
第六节 正倒镜投点法及其精度	52
第七节 轴线交会法及其精度	53
第八节 前方交会法的放样精度	54
第九节 单三角形法和后方交会法的放样精度	57
第十节 归化法放样	59
第十一节 用误差椭圆图解放样点的精度	65
第十二节 放样方法的选择	69
第三章 工业与民用建筑物的测设	71
第一节 建筑区控制网与建筑方格网	71
第二节 轴线的测设	75
第三节 建筑物的细部放样	79
第四节 激光经纬仪及其在放样中的应用	84
第五节 激光铅垂仪在高层建筑施工中的应用	88
第六节 水轮机蜗壳和尾水管的测设	93
第七节 管道施工测量	97
第八节 施工检查和竣工测量	101
第九节 工业坐标检测系统	105
第十节 核电站建设中的测量工作	109
第四章 隧洞与地下工程施工测量	113
第一节 隧洞的贯通误差	113
第二节 隧洞施工的地面控制测量	117

第三节	洞内控制测量及精度计算	123
第四节	洞内施工测量	127
第五节	陀螺经纬仪及其定向原理	132
第六节	陀螺经纬仪定向测量	138
第七节	陀螺经纬仪的定向精度分析	143
第八节	竖井定位测量	146
第五章	水域及港口工程测量	155
第一节	水深测量	155
第二节	测深点的定位	161
第三节	测深点的定位精度	166
第四节	水下地形测量的内业工作	172
第五节	港口工程施工控制的建立	176
第六节	港口工程施工测量	180
第七节	船闸的施测	185
第六章	线路工程施工测量	191
第一节	线路测量的内容和踏勘测量(初测)	191
第二节	线路的详细测量(定测)工作	193
第三节	道路的施工测量	196
第四节	圆曲线的测设	199
第五节	复曲线与反向曲线的测设	205
第六节	缓和曲线的概念及曲线方程式	206
第七节	附有缓和曲线的圆曲线的测设	211
第八节	曲线测设中的特殊问题	216
第九节	回头曲线和竖曲线的测设	219
第十节	架空送电线路测量	222
第十一节	架空线弛度测量	232
第十二节	跨江线缆垂弧测量	239
第七章	工程建筑物安全监测的意义与任务	242
第一节	安全监测的意义及建筑物变形的因素	242
第二节	安全监测的内容、精度要求与观测周期	246
第三节	变形监测系统的设计与布置	251
第八章	建筑物垂直位移监测	256
第一节	基准点、工作点和观测点	256
第二节	高精度几何水准测量	260
第三节	液体静力水准测量	263
第四节	微距水准测量与三角高程测量	267
第五节	地面整直折光的影响	270
第六节	沉降地区水准点稳定性分析	273
第九章	建筑物的水平位移监测	282
第一节	视准线测量及精度分析	282
第二节	用交会法测定水平位移	287
第三节	用精密导线法测定水平位移	292

第四节	引张线在水平位移监测中的应用.....	295
第五节	垂线测量与精度估计.....	299
第六节	激光准直测量.....	304
第七节	滑坡体的水平位移监测.....	310
第八节	建筑物裂缝活动的监测.....	315
第十章	自动化变形监测技术.....	319
第一节	传感器及其特性.....	319
第二节	几种常用传感器的工作原理与应用.....	322
第三节	变形监测的自动化.....	329
第十一章	变形监测资料的分析.....	333
第一节	回归分析方法.....	333
第二节	方差分析与逐步回归原理.....	336
第三节	回归分析在资料分析中的应用.....	342
第四节	确定性模型与混合模型.....	346
参考文献	350

绪 论

测量科学是一门历史悠久的科学，它是人们同大自然作斗争的经验结晶。翻开人类历史，追溯到上古时代，无论是夏禹治水，还是幼发拉底河与尼罗河的边界测定，都有测绘工作的史实记载。随着历史的进展和生产力的发展，特别是军事和民用工程建设的需要，使测绘科学逐步形成一门完整的有许多分支的学科，并在地学中占有重要的地位。近40年来，由于工程建设规模的不断扩大，建设内容日益复杂，对测量工作提出了一些特殊的要求。于是，在测绘科学领域又形成了工程测量这门学科。国际测量工作者联合会（FIG）中专门设有工程测量专业委员会（第六委员会）。我国工程测量工作与国民经济建设事业的发展息息相关。它已成为经济生产全过程中不可缺少的组成部分。

众所周知，工程建设大体可分为三个阶段，即勘察、施工和运营阶段。勘察阶段测量工作主要是为规划设计提供必需的地形、地质、水文及经济调查等基础资料，其中地形资料主要是各种比例尺的地形图。由于地形图有内容丰富的信息，且有较好的量测性，以及清晰易读，设计人员可利用地形图来实现其设计思想和意图，也即将各种设计方案通过一系列设计图件予以表达。下面举例说明地形图在一些工程规划设计中的应用情况。

对于水利枢纽工程的设计来说，确定坝址将涉及枢纽工程的安全与效益。选择坝址首先要考虑地形及地质条件，一般先从比例尺为 $1:10000\sim 1:50000$ 的地形图和以地形图为基础的地质图件上选择地形、地质条件较好的河段，然后再结合其他因素，并经实地勘测等一系列工作，最后才能确定坝址。当从若干比较方案中选出最佳方案后，在枢纽地形图上标定坝轴线位置，在此基础上再考虑枢纽中各类建筑物（如坝体、电站厂房、船闸、引水建筑等）的具体位置以及各类建筑物的详细尺寸。此时需要测制 $1:2000\sim 1:5000$ 比例尺的地形图以及各建筑物所在位置的更大比例尺（ $1:1000$ 或 $1:500$ ）的地形图。通过大比例尺地形图所提供的各建筑物具体位置和个体尺寸及高低等，才能得到合理可靠的结果。在城市规划设计中，首先要利用地形图作功能分区规划。这牵涉到很多与地理分布的有关因素，在处理这类问题时必须利用地形图。分区规划时应合理布置工业区、商业区、居民住宅区、文化及绿化区等。这里应考虑该地区的河流流向、风向等因素，并使工业区与居民区之间布置绿化隔离带。从地形上来看，那些坡度过大、地形破碎的地段可规划为绿化地带；而工业区宜布置在平坦地区，居民区可布置在平坦或略有起伏的地段；同时要考虑各种运输系统的联系。在做宏观规划时可利用较小比例尺的地形图，通常为 $1:10000$ ，进行小区详细规划时要用较大比例尺的地形图，通常为 $1:1000\sim 1:2000$ 。工业场地设计时，应根据地形条件等综合因素安排好各个建筑物之间的相互关系，这就是总平面图设计。设计人员需在大比例尺地形图上，根据工程的工艺流程的相互联系，考察设计建筑物与原有建筑物的关系，反复比较后选出最后方案，并进行合理的设计。所以说，地形图等基础资料的正确与否，将直接影响到工矿企业的设计质量，同时也关系到工程建设的投资、速度和效益。

有关一般大比例尺地形图的测绘已在本专业的《测量学》与《控制测量学》中讲述。有关水下地形测量的作业内容，本教材第四章将有介绍。有关交通及线路工程的勘测工作，第六章中有专门的论述。

工程建设的施工阶段，测量工作主要是将已设计好的生产建筑群和公用建筑物在实地放样，并将工程结构和工艺设备安装到设计位置。还经常遇到将各种机械的部件连接，对设备进行调试。在施工阶段，还须对建筑物基础进行变形观测和对承重建筑物结构的基础及整个工程进行沉降观测。

在运营阶段，应对建筑物整体或设备以及建筑结构的位移作定期观测。本书将着重讨论这两个阶段的内容。

随着科学技术的进步，各国兴建了许多规模宏大、内容复杂、要求精度高的工程，例如拦河大坝、大型联合企业、跨越江河的大型桥梁、几十公里长的隧道和地下铁道、数百米高的电视塔、大型精密设备和科学实验装置，如长距离准直和导弹发射场、高能粒子加速器、射天望远镜、通讯卫星地面接收天线等。所有这些工程的实施，又促进了工程测量学科的发展。

此外，各种应用研究，如滑坡监测、建筑物与基础位移，以及自然与人类活动而引起的变动，都更加广泛地依赖于工程测量工作。

由此可见，工程测量作为测量学用于工程和应用研究的一门科学，在现代已具有越来越大的作用。如果说不久以前测量工程师还只是为国民经济各部门服务的话，那么现在他们和工程主要技术负责人一样要参与所有的工艺过程，这已是客观规律，因为测量工作直接影响到建筑工程的质量和完成期限。例如对建筑安装工作的几何检查，不仅要查明作业进行得是否正确，消除会导致返工的错误，而且最重要的是及时防止可能出现的设计所不允许的偏差。

现在我们来列举工程测量的一些研究课题。

随着电子计算机应用的普及及光电测距仪的发展，使工程测量产生了根本的变化。传统的三角网被测边网、边角网所取代，繁杂的平差工作已由计算机完成，三维网也获得应用。由于控制网形式多样化，研究网中不同类观测元素间权的比例问题已引起普遍关注。同时网的优化设计不仅要考虑到网的精度，还要考虑网的可靠性与经济性。

继光电测距仪之后，又推出了全站型电子速测仪，它实现了角度和距离的自动测量，在数据自动化处理方面显示出极大的优越性。并将逐渐取代常规的测角测距仪器，用它进行控制测量、施工放样、变形观测，无疑将大大提高工作效率。同时应用现代光学——电子学的成就，研制专用的工程测量仪器设备以满足各种大型工程建（构）筑物精密测量的需要，包括应变测量、准直测量和倾斜测量仪器，这类仪器的精度、实用性和自动化程度均有待不断提高。

对装配式构件的安装以及测设和检测工作规定最合理的限差。如果限差规定得过严，设备安装就要更精确；工作人员的技术熟练程度要更高，测量工作要更精密，费用也相应提高，所以用优化方法确定建筑工程施工的限差有许多工作要做。

在施工和运营阶段，建筑物基础的变形观测工作开展得还不够广泛。目前只限于特别

重要或精密的工程如水坝、粒子加速器等项目。但变形观测的重要性是十分明显的。因为根据这些观测结果可以对在某些工程——地质条件下已设计的和正在建造的工程项目作技术经济分析并改进结构处理。

空间定位技术的发展给测量工作带来又一次革命性变革，特别是全球定位系统(GPS)的出现，为工程测量提供了一种崭新的技术方法和手段。由于它能高精度地提供三维坐标信息、作业时间短，且不受时间、气候条件的限制，不需要点之间的通视，使测量工作大为简化和方便。例如在用于变形监测时，可以将参考点布设在远离变形区的地方，因此，不再需要进行参考点的稳定性分析就可以方便地求得变形体的相对变形。在隧道测量中，也只需在洞口处布点，即可求得其相互关系。采用相对式定位法可对变形体（如大坝）上目标点进行变形观测。尽管目前单点精度为10m，但正如上面所述，工程测量感兴趣的是相对定位。两台接收机在两个测点上同时跟踪同一颗卫星发来的信号，可以大大减弱系统误差的影响。在美国斯坦福对撞机施工控制网中，边长为300~400m，用GPS与精密测距比较，结果相差1~2mm。用于欧洲核子研究中心（CERN）的27km周长的电子对撞机的控制网，边长从3.5~8.8km，GPS结果与精密测距比较，差值在4mm以内。由此可见GPS的相对定位精度是很高的。

目前国内已引进一批不同型号的GPS接收机。测量人员对坐标系的转换、GPS观测向量与地面数据联合平差，以及进一步提高相对定位精度问题已进行了研究。不少单位利用GPS定位技术完成了一些城市控制测量，并准备用于滑坡监测和其他精密工程测量。预计，这一新技术将随着空间部分的完善，随着微电子技术的迅速发展和接收机的批量生产，GPS接收机的体积、重量和功耗将不断下降，价格也会下跌。但现在的GPS星座受美国军方控制，要从根本上掌握主动权还必须建立我国自己的导航定位星座，这为我国青年测绘工作者提出了更高的要求。

工程测量与摄影测量相结合，既改造了测量条件，又扩大了测量技术的服务领域。我国已将近景摄影测量应用于文物、考古、园林建筑的测绘，在建筑物变形观测、模型试验、滑坡监测甚至医疗、生物、公安、交通事故等方面均有应用。随着高质量摄影机和解析测图仪的问世，加上软件不断改进，工程摄影测量将会得到不断地发展。

为了更好地使用和管理好测量数据和对采集的数据进行加工处理成为经济建设的宝贵信息，建立工程测量数据库和相应的信息系统是工程测量的又一重要课题。目前正在研究建立地区信息系统、城市规划信息系统、地下管网数据库、大坝变形观测数据库等。目的是把大量数据和信息进行储存，使这些数据与信息的检索、使用和管理更加科学化、现代化和实时化。

测距设备近来有长足发展，因为测距仪 Distiner 的测距在 0.5m 以内，中误差可达 $\pm 0.03\text{mm}$ 。因瓦线尺 Distometer 既可测距，也可测应变，最大测程为 $50\text{m} \pm 100\text{mm}$ ，精度达 $\pm 0.01\text{mm}$ 。Mekometer 3000 和 Mekometer 5000 测距仪，其精度已接近 10^{-6} ，在短距离测量时，完全可以代替因瓦线尺。电子经纬仪 T2000、E2 等的水平角及竖直角测定精度可达 $\pm 0.5''$ 。因此，用 EDM 三角高程测量代替精密水准的研究方兴未艾。目前尚需对大气折射和垂线偏差的影响进行深入的理论研究和试验。国外有制成双色或多色光电测距仪，

如LDM2 Terrameter, 可清除部分折射影响, 也有利用大气湍流模型对观测结果进行改正。

变形观测目前正发展成一门边缘学科, 其数据分析也愈受工程界的重视。国际测量工作者联合会 (FIG) 于1978年成立了“变形观测分析专门委员会”, 每4年要召开一次国际性变形观测学术讨论会。对各种变形观测数据进行综合分析, 实现数据采集、传输和处理的自动化, 将相关学科的理论和方法如有限元、弹性力学和频谱分析等应用到变形分析中, 进行多学科的合作, 建立变形分析专家系统等。

当然还有其他生产和理论问题需要我们去研究解决, 这不仅要求工程测量学科与其他测绘学科如大地测量、重力测量和摄影测量紧密结合, 而且要与更多领域的学科如地质、建筑、施工、光学及电子等学科相互渗透、息息相通。现代的工程测量人员应该有较深的基础理论知识、博览众彩的广泛兴趣而又有实际工作能力的全面人才。

随着我国经济建设的发展, 我国已经建设并将继续建设许多大型工程建筑物, 摆在工程测量人员面前的任务十分光荣和艰巨。我们只有努力学习, 开展科研和实际工作, 为实现祖国四化, 赶超世界先进水平贡献我们的力量。

第一章 工程建筑物的施工测量

第一节 施工阶段的测量工作

工程勘测完成之后，即可进行技术设计[●]，待技术设计批准后，应着手编制各分项工程的施工详图。在进行施工前的准备工作时，要布设施工测量控制网，以便对整个工程的总体布置和施工放样起宏观控制作用。在施工阶段，还要根据各阶段的不同要求，进行建筑物轮廓点的放样及其检查工作；还要提供局部施工布置所需的测绘资料，并根据设计图纸要求，埋设建筑物变形观测设施和负责施工期间的观测工作；此外，还要进行收方测量及工程量的计算。

在工程投入运转之前，必须评定工程的建造质量，这一工作称为验收。竣工测量是验收工作中的主要组成部分，它的目的是查明该建筑物在平面及高程位置上与设计要求的差异，以便确定其合理程度。竣工测量所测得的数据，对查明某些质量事故发生的原因来说，也是一项极为重要的资料；竣工测量还可为工程建成之后的管理、维护，以及考虑到将来可能进行的改建和扩建提供必要的数据与资料。

一、施工阶段的测量工作与勘测设计阶段的测量工作之间的区别

(1) 勘测设计阶段的测量主要是提供地形资料，而施工阶段的测量是直接为施工服务的，其测量工作中任何一点微小差错，将直接影响到工程的质量。

(2) 勘测阶段的测量精度主要是体现在所测地形图比例尺的大小上，而同一比例尺的地形图，其地物、地形元素的精度要求应是一致的。施工测量的精度主要体现在各相邻点的相互位置上，且不同建筑物，或同一建筑物的不同构件，往往有不同的精度要求，甚至相差非常悬殊。一般说来，施工阶段测量工作的精度要求高于勘测阶段，对控制点的数量和所处的位置都有特殊的要求。

(3) 施工阶段的测量工作范围相对地说比较集中（例如在以太坝坝址为中心的枢纽地区），而且各项工程建筑物的总体布置业已就绪。因此，对施工的进程，施工对测量工作的要求以及施工场地地形的特点，基本清楚，在放样工作开始前，已有充分时间供考虑。

(4) 施工阶段测量工作使用控制点的次数较勘测阶段频繁，从施工初期到工程竣工，一个施工控制点可能用到数十次。例如大坝，在不同的高度上，都具有不同形状、尺寸及不同的附属工程，每一层都要进行放样工作，故对施工控制点的稳定性，使用的方便性以及点位在施工期间保存的可能性等的要求较高。因此，控制点常采用观测墩和可以与仪器互换的观测标志。

(5) 现代化工程的施工，常采用同时交叉作业的方法，工地上不同高度均有施工机械、施工材料与穿梭般的施工人员，成为阻挡视线的严重障碍。因此，施工控制点的位置应分布恰当，密度也应较大，以便在工作时可有所选择。

● 为与国际惯例接轨，近年来“技术设计”有被“可行性研究”所取代。

二、建筑物放样的程序

放样工作是将所设计工程建筑物的位置、大小、形状和高程，按设计图纸和技术要求在实地上标定出来。一般可分为三个阶段：首先根据建筑物的总体布置和设计意图所确定各建筑物位置间的相互关系计算出放样数据，由施工控制网和总平面图在实地放样建筑物的主轴线，并标定它们；其次由已放样的主轴线点放样建筑物的纵向和横向轴线或其他辅助曲线，以确定建筑物元素的相对位置，即为细部放样，第三个阶段是根据已完成的建筑基础来放样工艺设备的轴线和位置，如放样工业厂房，应首先放样出厂房主轴线，再确定各生产线或机械设备轴线，然后确定各安装结构物的位置。

采用这种由总体到局部放样的优点，在于能严格保持所放样各元素之间存在的几何关系，保证整个工程和建筑物的整体性，还可避免对施工控制网提出过高的要求等。但是由于工地各种条件的限制，往往不能按上述程序放样，如无法利用主轴线来放样辅助轴线及细部。这时只能由附近的控制点直接放样辅助轴线或细部。这对控制网点的密度及精度要求相应要提高。

三、工程建筑物放样的精度要求

(一) 整个建筑物（即其主轴线）的位置相对于周围物体的精度

所谓建筑物周围物体不外乎两种，一种为建筑物的自然条件；另一种为近旁的其他建筑物。若系新兴建的建筑物，则放样的精度只需考虑建筑区的地形（地面上的自然条件，主要决定于工程量的大小）及地质情况（地下的条件，主要决定于建筑物的稳定性）。例如在放样大坝轴线时，由于地面上其他轴线尚未确定，当然不可能对坝轴线位置有所约束。因此，如实地放样位置与设计稍有不符时，在不影响坝体建成后的稳固及不增加工程量的情况下，可不加改正，这种精度显然是很容易达到的。坝轴线一旦确定以后，水电站厂房等轴线的位置就要受到坝轴线位置的约束，如厂房轴线与坝轴线平行，而船闸轴线则与之垂直。此外，还可能附有其他各种放样时必须遵守的几何关系。但若各建筑物之间没有特殊的联系，则放样主轴线的精度不会太高。

(二) 建筑物各部分之间及其相对于主轴线的精度

建筑物各部分之间及其相对于主轴线而言，都具有一定的几何联系。这是由于连续作业过程的需要，或各部分之间存在着装配关系及从美观的角度出发的要求。这时，对放样的精度往往要求很高，用装配式构件进行施工更是如此。另一方面也可以看出，大部分安装精度要求较高的构件，其位置一般可以主轴线或辅助轴线为依据来进行放样。

由上述可见，第二种放样的精度要求较第一种为高，且其中一部分辅助轴线及个别的细部结构需要由施工控制点直接放样外，大部分放样工作均可以轴线为依据进行放样。

四、工程建筑物放样的精度计算

测图时的测量精度应与测图比例尺相适应，这时应使测量误差 m 不大于相应比例尺的图解精度，也即要遵守

$$m \leq rN \quad (1-1)$$

式中， r 为人眼所能分辨的最小距离，通常取 0.1mm ； N 为测图比例尺分母。测图比例尺愈大，要求测量工作精度愈高。

但是，在建筑物放样时，在地面上标定建筑物每个点的误差与建筑物设计图的比例尺没有关系。如前所述，放样工作的程序也是遵循由总体到局部的原则，但就其精度而言则正好相反。如果说，测定建筑物主轴线的精度为3~5cm，则建筑物细部轴线的放样精度应为2~3mm或更高，而设备安装的精度往往需要1~0.1mm。

建筑物放样的精度取决于建筑物的类型、用途、尺寸、建筑材料、施工方法和工艺生产的特点等。

当设计建筑物时允许误差为 Δ 时，则允许建筑物偏离其轴线的最大误差 δ 为

$$\delta = \frac{\Delta}{2} \quad (1-2)$$

若取允许误差为3倍中误差，也即取概率为0.997，则建筑物偏离的中误差 m 为

$$m = \frac{\delta}{3} = \frac{\Delta}{6} \quad (1-3)$$

若取2倍中误差，即概率为0.954，则

$$m = \frac{\delta}{2} = \frac{\Delta}{4} \quad (1-4)$$

总的说来，工程建筑物的精度取决于测量精度 m_1 、设计工艺计算的精度 m_2 以及建筑安装工作的误差 m_3 。设这些误差是独立的，则建筑物偏离其理论点位的中误差为

$$m^2 = m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 \quad (1-5)$$

式中， m_1 为测量工作中放样角度、距离和高程误差的总和； m_2 包括工艺过程设计计算中的各种误差； m_3 为建筑与安装工作总的误差，包括装配和生产元件的误差。

在设计中通常给出建筑物偏差的允许值。在求得单独误差来源之间的比例关系时，应考虑到实现每一生产过程达到所需精度的可能性，以及完成这一工作的经济效益，从而使总的误差影响不超过建筑物偏差的允许值。

考虑到目前的测量技术，在不很困难的情况下，有可能获得较高精度的测量成果，所以可以将放样工作的误差 m_1 对总的误差影响 m 来说可忽略不计。换句话说，应要求 m_1 等于 $m/2$ 甚至 $m/3$ 。于是，当取3倍中误差为极限误差时

$$m_1 = \frac{m}{2} = \frac{\delta}{6} = 0.17\delta \quad (1-6)$$

取两倍中误差为极限误差时

$$m_1 = \frac{m}{2} = \frac{\delta}{4} = 0.25\delta \quad (1-7)$$

对于个别重要建筑物，可取

$$m_1 = \frac{m}{3} \approx 0.1\delta \quad (1-8)$$

根据式(1-6)或式(1-7)，按 m_1 的数值可计算每一项测量工作中(如放样角度、距离等)的允许误差。正确制定工程建筑物放样的限差是一项重要的研究课题。限差过宽，可能影响工程的质量，反之则浪费人力、时间，而且与现代化施工安装速度不适应。制定的

放样限差还必须小于验收时的允许误差，而成为验收误差的一部分，因为验收误差还包括设计数据误差、施工误差和变形误差等。

工业与民用建筑施工放样应保证建筑物铺砌轮廓、标高以及建筑物各要素对测设中心轴线的精度，同时应根据各种结构件安装对于设计尺寸的允许偏差来规定装配和放样工作的测量允许偏差。我国《工程测量规范》对建筑物放样的主要技术指标均有规定。我国《SL52-93 水利水电工程施工测量规范》中也规定了建筑物施工放样的主要精度指标，见表1-1。表中第3项误差是指相对于建筑物安装轴线和相对水平度，第5项相对于隧道轴线，高程相对于洞口高程控制点外，其余均相对于邻近基本控制点。

表 1-1 施工测量主要精度指标

序号	项 目		精 度 指 标		
			内 容	平面位置中误差 (mm)	高程中误差 (mm)
1	混凝土建筑物		轮廓点放样	$\pm (20 \sim 30)$	$\pm (20 \sim 30)$
2	土石料建筑物		轮廓点放样	$\pm (30 \sim 50)$	± 30
3	机电与金属结构安装		安 装 点	$\pm (1 \sim 10)$	$\pm (0.2 \sim 10)$
4	土石方开挖		轮廓点放样	$\pm (50 \sim 100)$	$\pm (50 \sim 100)$
5	隧 洞 贯 通	相向开挖长度 小于4 km	贯 通 面	横向 ± 50 纵向 ± 100	± 25
		相向开挖长度 4 ~ 8 km	贯 通 面	横向 ± 75 纵向 ± 150	± 38

第二节 施工控制网的布设

勘测设计阶段布设的测图控制网主要是为测图服务的，其点位分布与精度一般不能满足施工放样的要求。布设施工控制网应根据建筑物总平面图设计和施工地区的地形条件采用三角网、三边网或边角网。对于荫蔽地区或扩建、改建原有工业场地，则采用导线测量；而对于建筑物多为矩形。在布置比较规则和密集的工业场地，可布置成规则的矩形格网，即建筑方格网。高程位置多用几何水准测量和三角高程测量方法确定，目前也有同时确定平面和高程位置的三维网。

一、施工控制网的特点

1. 应符合要求的精度与密度

(1) 工程施工的地区相对于测图范围总是比较小的。一般工业场地，多在 1 km^2 以内，但场地各种建筑物的分布错综复杂，为了保证控制网与以后的细部测量易于联系，控制点应有一定的密度。同时，还应保证建筑物轴线的精度，如工业厂房主轴线定位的精度要求为 2 cm 。

(2) 施工控制网点位布设和精度常有特定要求。例如桥梁和隧道轴线两端一定要有

控制点；在精度上，它不像测图网要求精度均匀，而要求保证某一方向或某几个点的相对位置的高精度。例如桥梁施工控制网要求沿桥轴线方向（纵向）的精度要高，以保证桥梁轴线长度及桥墩放样定位的准确性；隧道施工控制网要能保证隧道横向贯通的准确性。

2. 受施工干扰较大 现代化施工通常采用平行交叉作业方法，这样使工地上各种建筑物在不同平面的高度施工，妨碍了控制点之间相互通视；另外，施工机械（如吊车、建筑材料运输机、混凝土搅拌机等）常阻挡视线。因此，布设施工控制网时，应考虑到点位分布以供放样时有较多的选择。

3. 控制网投影到特定的平面 为了使由控制点坐标反算的两点间长度与实地两点间长度之差尽量减小，施工控制网的长度不是投影到平均海平面上，而是指定的平面上。如工业场地施工控制网投影到厂区平均高程面上；桥梁施工控制网投影到桥墩顶平面上等，也有的工程要求将长度投影到放样精度最高的平面上。

4. 采用独立的建筑坐标系 施工控制网的坐标轴常取平行或垂直于建筑物的主轴线，如工业与民用建筑的主轴线，由主要厂房轴线，或由工艺流程方向等决定；而水电站以大坝轴线为主轴线，桥梁则以桥中线为坐标轴线。

当施工控制网与测图控制网联系时，应进行坐标换算，以便于以后的测量工作，换算方法如图1-1所示：设 xoy 为第一坐标系， $x'o'y'$ 为第二坐标系。则 P 点在两个坐标系统的坐标分别为

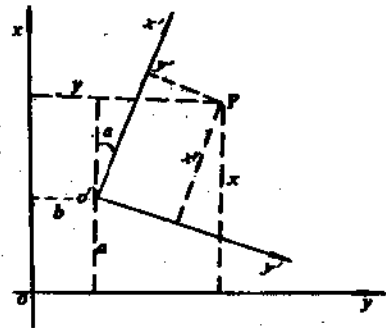


图 1-1 坐标系的换算

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} \quad (1-9)$$

$$\text{或} \quad \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha \\ -\sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-a \\ y-b \end{pmatrix} \quad (1-10)$$

式中， a 和 b 由设计文件中给定。

5. 易于恢复和重测 施工控制点应是稳定的，但由于施工场地的复杂，有可能遭到破坏。重要的是这些点应在短时间内，用较少的工作量可进行恢复和重测。

正因为各工程建筑物轴线相互之间几何关系的要求，比之它们的细部相对于各自轴线的要求精度要低。因此，在布设施工控制网时，一般采用分级（2~3）布网，也即先建立布满整个工地的控制网，目的是放样各建筑物的主轴线。然后根据主轴线进行主要生产设备或厂房的细部放样，通常建立矩形控制网。

二、平面施工控制网

布设测图控制网时，往往不可能提出在哪一个方向要求最高的精度，这时希望布设的点位精度是均匀的。而施工控制网经常希望给出指定方或相邻点之间的点位误差 m 相对，其公式为

$$m_{\text{相对}}^2 = m_s^2 + \frac{m_a^2}{\rho^2} S^2 \quad (1-11)$$

式中, m_s 为最弱边边长中误差; m_a 为由起始边传递至最弱边的坐标方位角误差; S 为边长。

在三角网中, 按图形条件平差, 则边长误差为

$$\frac{m_s}{S} = \frac{m_t}{\rho} \sqrt{\frac{2}{3} \Sigma (\text{ctg}^2 A + \text{ctg}^2 B + \text{ctg} A \text{ctg} B)} \quad (1-12)$$

式中, A, B 为三角网中的传递角。

为了实际计算的方便, 往往要计算边长对数中误差, 因此可利用微分式

$$d \lg S = \mu \frac{dS}{S}$$

$$m_{\lg S} = \mu \frac{m_s}{S} 10^6 \quad (1-13)$$

式中, μ 为常用对数的模, 它等于 0.4343。将 $\frac{\mu \times 10^6}{\rho}$ 乘以根号内的 $\text{ctg} A$ 和 $\text{ctg} B$, 又将它们化为正弦对数秒差 δ_A 和 δ_B , 则式 (1-13) 可得

$$m_{\lg S} = m_p \sqrt{\frac{2}{3} \Sigma (\delta_A^2 + \delta_B^2 + \delta_A \delta_B)} \quad (1-14)$$

式中, $m_{\lg S}, \delta_A, \delta_B$ 以对数第六位为单位。

考虑到各种图形的三角网, 并顾及起始边的对数误差 $m_{\lg b}$, 则式 (1-14) 写成

$$m_{\lg S}^2 = m_{\lg b}^2 + k m_p^2 \Sigma (\delta_A^2 + \delta_B^2 + \delta_A \delta_B) \quad (1-15)$$

对于三角形组成的三角网, $k=2/3$, 而对大地四边形和中心形网, $k=1/2$ 。

当具有两条基线 S_1, S_2 时, 则最弱边 S 的边长对数中误差的计算公式为

$$m_{\lg S} = \frac{m_{\lg S_1} \times m_{\lg S_2}}{\sqrt{m_{\lg S_1}^2 + m_{\lg S_2}^2}} \quad (1-16)$$

而边长相对中误差为

$$\frac{m_s}{S} = \frac{m_{\lg S}}{0.43 \times 10^6} \quad (1-17)$$

由起始坐标方位角 α_0 传递至最弱边方向 a 的误差 m_a 按下式计算

$$m_a^2 = m_{\alpha_0}^2 + \frac{2}{3} m_p^2 n \quad (1-18)$$

式中, n 为由起始边传递至所求边的三角形个数。

求得 m_s 和 m_a 之后, 可由式 (1-12) 计算 $m_{\text{相对}}$, 而此时的 $m_{\text{相对}}$ 不仅是相邻点位的误差也是该级网对低一级控制网的起始数据误差。对于复杂的控制网, 在按式 (1-14) 计算 $m_{\lg S}$ 时, 由于没有考虑到全部对角线的联系, 因而更严密的方法是按联系系数法或参数法进行估算。估算时, 在设计图上量出所有元素 (如角度), 其精度为 $0.5^\circ \sim 1^\circ$, 组成所求点坐标 (边长或方向角) 的目标函数, 利用电子计算机程序求得函数的权倒数 Q_p , 然后计算坐标

(或边长和方向角) 误差。这在以后还将进一步讨论。

在控制网的平差计算中, 权的选择是普遍关心的问题。这里仍以 m_a 表示方向测量中误差, 以 m_s 表示边长测量中误差, 则观测值的权可按式计算

$$\left. \begin{aligned} p_a &= \frac{c}{m_a^2} \\ p_s &= \frac{c}{m_s^2} \end{aligned} \right\} \quad (1-19)$$

式中, c 为常数。

在工程测量中, 常用下述方法来分配角度和边长测量元素的误差, 即单独取一方向, 固定一点, 使另一点产生位移, 也即沿着该方向和垂直于该方向引入平差改正数, 使端点的位移量与角度和边长的测量精度相适应, 这与式 (1-12) 估算相邻点相对位置误差可作一对比, 如果取该式右端的两项相等, 即

$$m_s = \frac{m_a S}{\rho} \quad (1-20)$$

或

$$\frac{m_a}{\rho} = \frac{m_s}{S}$$

则沿着直线方向上点的位移和垂直于该方向点的位移量是相同的。因而, 在测量误差的影响下, 网中所有方向的变形是比较均匀的。

于是, 可得边、角元素共同平差时权的计算公式为
按方向平差时

$$p_a = 1, p_s = \frac{m_a^2}{m_s^2} \quad (1-21)$$

按角度平差时

$$p_a = 1, p_s = \frac{m_a^2}{m_s^2} \quad (1-22)$$

但是, 目前电磁波测距精度提高很快, 而测角精度没有什么提高, 即便是电子经纬仪, 其测角也有 $\pm 0.5''$ 的误差。欲使测量精度保持式 (1-20), 将会对测角提出过高的要求, 这在实际是困难的, 且并非完全必要。

如果对不同图形结构的测边网和边角网, 按间接平差原理编制电算程序, 并绘制出各点的点位中误差椭圆。此时对网中测边与测角的精度赋予不同数值进行模拟计算, 令测边和测角误差的比例系数为

$$K = \frac{m_s}{S} / \frac{m_a}{\rho} \quad (1-23)$$

计算表明, 当 K 值大于 0.5 时, 同时测边测角的控制网, 其点位精度比单独测边或单独测角的控制网精度要高。若 K 值小于 0.3 时, 边角网的精度与测边网精度相当, 但仍高于测角网的精度。

表1-2给出了《水利水电工程施工测量规范》中三角网的主要技术指标,控制网的等级应根据工程建筑物的大小和重要性来确定。

表 1-2 测角网(锁)的技术要求

精度指标	等 级		
	2	3	4
平均边长 (m)	800	600	400
起始边相对中误差	1:230000	1:130000	1:70000
最弱边相对中误差	1:130000	1:70000	1:40000
水平角测角中误差(″)	1	1.8	2.5
三角形闭合差(″)	3.5	7.0	9.0

由于光电测距仪的发展与普及,导线测量已是施工测量常用的手段。确定导线点坐标的精度,不仅取决于导线的形状,而且也取决于导线的长度、转折角的个数,以及测角测边的精度比。

为研究方便,现以等边直伸导线为例,因为直伸导线的测距误差影响各点沿导线的纵向位移;而测角误差影响各点沿导线的横向位移,这样可分开研究这些误差来源的影响。

我们知道,敷设在两坚强点之间的导线,经平差后,中间点的纵向位移为

$$m_{\text{中}} = \frac{m_s \sqrt{n}}{2} \quad (1-24)$$

式中, m_s 为每条边的测距中误差; n 为边数。

如果设计时指定导线中点的纵向位移为某一数值 M_l ,则可利用式(1-24)来计算等边直伸导线的测边精度

$$m_s = \frac{2M_l}{\sqrt{n}} \quad (1-25)$$

当 $M_l = 5\text{mm}$, $n = 8$,可得 $m_s = 3.5\text{mm}$ 。若 $S = 200\text{m}$,则 $m_s/S = 1/57000$ 。

在拟定导线网的主要精度时,应以中等边数或最少边数进行讨论。现仍以等边直伸导线为例来讨论导线测角的主要精度问题。

当角度进行初步调整之后,导线终点的横向位移 m_u 为

$$m_u = \frac{m_\beta}{\rho} [S] \sqrt{\frac{n+3}{12}} \quad (1-26)$$

对于敷设在两坚强点和两坚强坐标方位角之间的直伸导线,经平差后,导线中点的横向位移 M_u 为

$$M_u = \frac{m_u}{4} = \frac{1}{4} \times \frac{m}{\rho} [S] \sqrt{\frac{n+3}{12}} \quad (1-27)$$

和

$$m_\beta = \frac{4M_u \rho}{[S]} \sqrt{\frac{12}{n+3}} \quad (1-28)$$

如设定 $M_u = 5 \text{ mm}$, $n = 8$, $S = 200 \text{ m}$, 于是 $[S] = 1600 \text{ m}$, 则

$$m_\beta = 2.7''$$

如此, 导线中点的总位移可按式计算

$$M^2 = M_i^2 + M_u^2 = \frac{nm_s^2}{4} + \frac{1}{16} \left(\frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 [S]^2 \frac{n+3}{12} \quad (1-29)$$

根据式 (1-29), 倘若设定平差后中点的总位移 M 为某一数值, 设计导线边长 $S = 200 \text{ m}$, $n = 8$ 。如果规定了测角中误差 $m_\beta = \pm 2''$, 则可计算出 $m_s = \pm 2.3 \text{ mm}$, $m_s/S = 1/87000$ 。反之, 若规定了 $m_s = \pm 2 \text{ mm}$, 则可计算出 $m_\beta = \pm 2.1''$ 。

根据研究, 在曲折导线中, 最弱点位置不在中间。其位置取决于导线的形状和测角测边的精度比例关系。但在所有情况下, 直伸导线的测角误差却比同样长度、同样边数的曲线导线影响大 1.2~2.0 倍。

三、建筑方格网

现代化的工业厂房一般都是矩形的, 而且每一个建筑系统中, 其轴线基本是互相平行或垂直。因此, 在建筑场地, 施工控制网布设成矩形的格网, 格网顶点就是控制点。它既是施工放样的主要依据, 又是测绘竣工图和厂房扩建、改建时的控制依据。

布设时应考虑到方格网的主轴线应控制整个建筑场地, 如建筑场地较大, 也可布置多条纵向、横向主轴线, 并将它们组成闭合环。也可分级布设, 即在一级建筑方格网布设二级建筑方格网, 如图 1-2 所示。

测设主轴线之前, 应根据工程规模、精度要求对主轴线测设确定一些基本原则, 其中包括: 主轴线的数量与采用的图形; 方格网的边长与测距相对精度; 由控制点联系主轴线端点时, 其坐标值与设计坐标之差; 确定轴线上定线的偏差值 (如直角为 $180^\circ \pm 5''$, 轴线交角为 $90^\circ \pm 3''$) 等。

方格网测设时, 可以利用轴线法、归化法或导线法等方法测设。轴线法测设方格网时, 先在建筑区主轴线上选定至少 3 个点位, 并把它们测放在实地上, 如图 1-3 中的 WOE 点。然后再测设出另一条与主轴线相垂直的轴线 NOS 。精确测定图中的 β_1 和 β_2 之值, 调整 NOS 使它严格与 WOE 垂直。最后, 整个方格网 $ABCD$ 就可以此两条正交的轴线而进行测设。如果需要建立二级网, 则在主网的基础上加密, 例如图 1-3 中的 aa' , bb' 、 $11'$ 等点, 它们构成了二级方格网点。

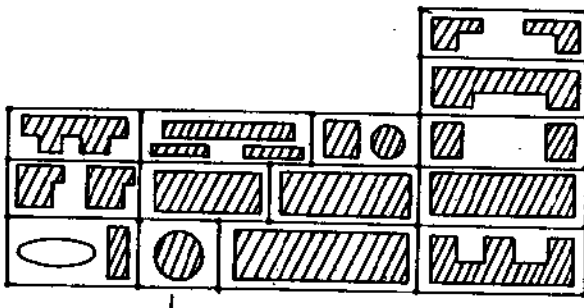


图 1-2 建筑方格网的布设

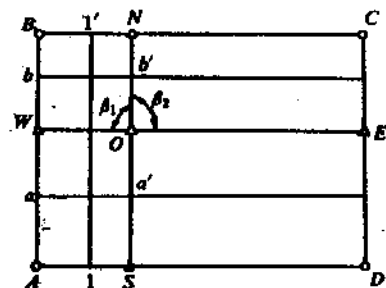


图 1-3 轴线法测设方格网