

**编者按：**此版本为 2.0 基础版，主要是把综合和案例辅导教材内容加以融合和归纳，力求不遗漏知识点，并加以适当拓展和解析，使入门者容易看懂，并节省时间。本版笔记基本可以替代官方教材使用，但读者最好还是把它作为官方教材的辅助资料。

后续加强的版本将以此为蓝本，标注重点，加以颜色注记，内容极大扩展，力求成为注册测绘师考试的王牌资料，敬请期待。

本笔记出自中国注册师论坛，地址：[www.crsforum.com](http://www.crsforum.com)，更多资料请到本论坛查取。读者如有改进笔记建议，请在论坛留言告知，谢谢。

斑点牛

## 第三章工程测量

### 3.1 概要

#### 3.1.1 工程测量分为三个阶段以及主要内容：

- 1、设计阶段：工程勘测、地层稳定性监测。
- 2、施工阶段：施工测量，监理测量，变形监测、安装测量、竣工测量。
- 3、运营阶段：安全监测，工程数据库建设。

#### 3.1.2 工程测量发展

##### 1、发展特点：

- 1) 方案追求科学化、合理化；
- 2) 过程趋向自动化、智能化、集成化、动态化、准实时化；
- 3) 成果呈现可视化、多样化、数字化；
- 4) 应用领域更加广泛。

##### 2、发展热点：

1) 理论方法发展：平差理论，控制网优化设计理论和方法，变形监测数据处理理论，三维景观模型，地面和地下工程信息集成管理等理论研究；

2) 技术手段发展：测量机器人，GPS，三维激光扫描，移动道路测量系统，数字近景摄影测量，传感器测量等技术；

3) 应用服务发展：主要体现在精密大型工程测量，特殊异形建筑变形监测，工业测量，数字城市建设，城市地下管线探测，工程数据库和信息管理系统。

#### 3.1.3 分类：

- 1、按精度分：普通工程测量，精密工程测量；

2、按内容分：工程建设工程测量，设备安装工程测量；

3、按测绘资质分级标准分：控制测量、地形测量、规划测量、市政工程测量、水利工程测量、建筑工程测量、线路与桥隧测量、地下管线测量、矿山测量、变形形变测量与精密测量、工程测量监理（11项）。

### 3.2 工程控制网建立：

#### 3.2.1 概述：

1、作用：具有控制全局，提供基准，控制误差累计作用。

2、分类：

1) 按用途分：测图控制网，专用控制网（施工控制网，安装控制网，变形监测网）。

2) 按测量方法分为：边角网，测边网，测角网，GPS网。

3) 按网点性质分：一维网（水准网），二维网（平面网），三维网。

4) 按网形分为：导线网，三角网，方格网，混合网。

5) 按其他标准分为：首级网，加密网，特殊网，专用网。

6) 按坐标系和基准分：附和网、独立网、经典自由网、自由网。

1 无约束网（自由网）：不受起算数据误差影响的测量控制网。（自由网包括经典自由网和秩亏自由网）

2 最小约束网（经典自由网）：只有必要的已知数据。

3 约束网（附和网）：具有多余的已知数据。

4 独立网：只有必要起算数据的测量控制网。

测图控制网一般为约束网，施工控制网一般为最小约束网，变形监测网一般为无约束网或最小约束网，安装控制网一般为约束网或最小约束网。

例如对于一维网，网中只有一个已知高程，为最小约束网；有两个以上已知高程则为约束网；如没有已知高程则为自由网。

3、工程控制网特点：

（1）测图控制网特点：

具有控制范围较大，点位分布均匀，点位选择取决于地形条件，精度取决于测图比例尺等特点。

（2）施工控制网特点：

1) 不要求精度均匀，某部分相对精度高；

2) 点位分布与工程范围建筑物形状相适应；

3) 遵循按控制点坐标反算的两点间长度与实地长度之差尽量小原则选择投影面；

4) 可采用独立坐标系，坐标轴与建筑物主轴平行或垂直。

5) 与测图控制网相比，精度较高，控制范围较小，点位密度较大，点位使用频繁，受施工干扰大。

6) 与国家控制网相比, 在精度上不遵循“由高级到低级”原则。

7) 选点时要考虑施工和运营阶段变形监测的方便性, 一般要建立观测墩, 并采用强制对中盘。

(3) 变形监测网特点: 除具有施工控制网特点外还具有精度要求高, 重复观测特点。

#### 4、工程控制网建立步骤:

确定网的等级, 确定布网形式, 确定测量仪器和操作规程, 图上选点实地踏勘, 埋石, 野外观测, 内业数据处理, 成果提交。

#### 3.2.2 工程控制网设计:

##### 1、设计流程:

(1) 根据控制网建立目的、要求和控制范围, 经过图上规划和野外踏勘, 确定控制网的图形和起算数据;

(2) 根据测量仪器条件, 拟定观测方法和先验精度;

(3) 根据观测所需的人力、物力, 预算控制网建设成本;

(4) 根据控制网图形和观测值先验精度, 估算控制网成果精度, 改进布设方案;

(5) 根据需要, 进行控制网优化设计。

##### 2、工程控制网坐标系选择:

(1) 当长度变形值不大于  $2.5\text{cm/km}$ , 可直接采用高斯投影的国家统一  $3^\circ$  带平面直角坐标系。

(2) 当长度变形值大于  $2.5\text{ cm/km}$ , 可采用:

1) 投影于参考椭球面的高斯正形投影任意带平面直角坐标系,

2) 投影于抵偿高程面的高斯正形投影  $3^\circ$  带平面直角坐标系;

3) 投影于抵偿高程面上的高斯投影任意带平面直角坐标系;

4) 选择通过测区中心的子午线作为中央子午线, 测区平均高程面作为投影面, 按高斯投影计算的平面直角坐标系;

5) 假定平面直角坐标系;

(3) 面积小于  $25\text{ km}^2$  的小测区工程项目, 可不经投影采用平面直角系统在平面上直接计算。

##### 3、抵偿投影面的确定:

(1) 抵偿投影面的选择是为了抵消长度变形的影响:

1) 地面水平距离投影到参考椭球面, 引起距离变短;

2) 参考椭球面距离投影到高斯平面, 导致距离变长。

(2) 抵偿投影面选择的方法:

1) 中央子午线自行选择, 但投影基准面仍然采用参考椭球面;

2) 中央子午线采用国家  $3^\circ$  带中央子午线, 但投影基准面采用抵偿高程面;

3) 中央子午线采用测区中部的国家 3°带中央子午线, 投影基准面采用测区平均高程面。

### 3.2.3 工程控制网布设原则:

- 1、分级布网, 逐级控制;
- 2、要有足够的精度和可靠性;
- 3、要有足够的点位密度;
- 4、要有统一的规格。

### 3.2.4 工程控制网布设:

#### 1、测图控制网:

平面控制网的精度要能满足 1:500 比例尺地形图测图要求, 四等以下(含四等)平面控制网最弱点的点位中误差不得超过图上 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

#### 2、施工控制网:

通常采取二级布设, 高精度的施工控制网可以布设成由 GPS 和三角形网构成的混合网。精度由工程性质决定, 不必要求精度的均匀性, 而要求具有方向性。

#### 3、安装控制网:

通常一次布设成高精度的全面网, 一般设为数米至百余米边长的微型边角网, 精度由设备关键部位安装定位的容许误差决定, 通常精度、可靠性要求很高, 部分工程的安装控制网也要求精度具有方向性。

#### 4、变形监测网:

变形体的范围较大且形状不规则时, 可基于国家坐标系布设成附合网或独立网; 对于具有明显结构性特征的变形体, 最好基于独立坐标系布设成独立网。

应尽量一次布网, 也可将参考点(含基准点和工作基点)布设成首级网(基准网), 再将工作基点和目标点(变形观测点)布设成次级网(监测网)。精度由变形体的允许变形值决定, 一般要求中误差不超过允许变形值的  $1/10$ - $1/20$  或  $1$ - $2\text{mm}$ 。

### 3.2.5 控制网优化设计: 变形监测网和精密控制网应该进行优化。

#### 1、方法:

(1) 解析法: 根据建立的优化设计数学模型, 选择一种数学上的优化计算方法(常采用线性规划法), 编制相应软件直接求出最优解。

对零类设计采用 S 变换法, 对一类设计采用变量轮换法、梯度法, 对二三类设计采用数学规划法。优点: 理论严密, 计算量小; 缺点: 数学模型难架构, 最优解有时不可行。

(2) 机助模拟法: 根据已设计的初始网, 按照平差原理和所选用的优化内容与质量准则, 利用计算机算出所要求的参数值, 与准则度量值进行比较, 不断进行修改再计算, 直至满足要求为止。

适用于 1-3 类设计, 优点: 模型简单, 易于编程, 操作灵活; 缺点: 计算量大, 可能漏掉最优解。

## 2、控制网优化分类：

(1) 零类优化设计：在控制网的图形和观测值的先验精度已定的情况下，优化参考基准。

分如下四种情况：

- 1) 工程与国家或地方坐标系有关时只需联测国家或地方坐标系。
- 2) 对部分网点有特殊要求的工程专用控制网，应根据工程的实际背景来选择参考系。
- 3) 各网点具有同样重要性的局部工程控制网，参考基准为秩亏自由网平差基准。
- 4) 对于变形监测网，可选秩亏自由网参考基准或拟稳平差基准。

(2) 一类优化设计：在精度要求已知的前提下，优化最优的网形。多用于解决观测元素类型、观测方案的优化设计。

(3) 二类优化设计：在网形和点位精度要求已知的情况下，优化观测值的权阵。

(4) 三类优化设计：在控制网点的精度要求确定的情况下，优化新增点以及其观测元素。

因此，它包括一类、二类两方面的优化设计内容，是混合应用。

### 3.2.6 工程测量网施测：

#### 1、施测方法：

(1) 平面控制测量：GPS，边角网，导线网；按 GPS 网和三角网等级分二三四等和一二级，导线分三四等和一二三级。

等级	平均边长 km	测角中误差 "	相对中误差	最弱边中误差	固定误差 mm	比例误差 mm/km	三角形闭合差 "
二等	9	1	1/25 万	1/12 万	≤10	2	3.5
三等	4.5	1.8	1/15 万	1/7 万	≤10	5	7
四等	2	2.5	1/10 万	1/4 万	≤10	10	9
一级	1	5	1/4 万	1/2 万	≤10	20	15
二级	0.5	10	1/2 万	1/1 万	≤10	40	30

#### 1) GPS 控制网注意点：

1 GPS 首级网布设应联测 2 个以上国家控制点，控制网长边应布成中点多边形或大地四边行；

2 起算点的单点定位观测时间，不宜少于 30min；

3 无约束平差的基线向量改正数的绝对值 不应超过相应等级的基线长度中误差的 3 倍；

4 应在 WGS-84 坐标系中进行无约束平差，在国家坐标系或地方坐标系中进行约束平差。

#### 2) 导线网注意点：

1 导线点选定要求相邻点之间应通视良好，其视线距障碍物的距离，三、四等导线不宜小于 1.5m，四等以下要保证不受旁折光的影响为原则。

2 管水准器气泡或电子水准器长气泡在各位置的读数较差，1"级仪器不应超过 2 格，2"

级仪器不应超过 1 格；

3 导线网中结点与结点、结点与高级点之间的导线长度不应大于相应等级导线长度的 0.7 倍；

(2) 高程控制网：一般采用水准测量、三角高程测量、GPS 拟合高程测量。精度等级划为二三四五等(五等为大地测量中的等外水准)，四等及以下可采用三角高程测量法，五等可以用 GPS 水准测量法。

三角高程测量应注意：

- 1) 视线长度的斜距不大于 1km；
- 2) 选择有利观测时间进行观测，必须往返观测，应尽量用两台仪器进行对向观测；
- 3) 控制点间应形成闭合环；

2、选点埋石：

(1) 平面控制网标石：

普通标石，深埋式标志(用于变形监测网和施工控制网)，带强制对中装置的观测墩(用于安装控制网、变形监测网和施工控制网)。

(2) 高程控制网标石：平面点标石，混凝土水准标石，地表岩石标，平硐岩石标，深埋式钢管标等。

地表岩石标宜作变形监测网工作基点或低等水准点，平硐岩石标宜作变形监测网基准点。

3、工程控制网观测：

变形监测网需要进行重复观测，各期观测方案应保持一致。如果中途改变观测方案，应在该周期同时采用两种方案进行观测，确定方案间差别，便于进行周期观测数据的处理。

4、数据处理：

(1) 平面控制网：数据处理内容包括求定未知数的最佳估值，评定精度。

GPS 测量数据处理一般包括观测数据预处理、平差计算和转换。

1) 数据预处理包括统一数据文件格式，观测数据平滑、滤波，卫星轨道标准化，探测周跳，修复载波相位观测值，对观测值进行各项改正。

2) 平差计算包括基线向量解算，无约束平差，坐标系统转换，与地面网联合平差等。

(2) 高程控制网：数据处理内容包括消除系统误差，平差计算，评定精度。水准网和三角高程(两者定权方法略不同，其他相同)可以使用条件平差，间接平差，等权代替水准网平差法等。

3.2.7 质量控制：

1、评价控制网质量的四个准则：

(1) 精度准则：主要分为总体精度，点位精度，相对点位精度，未知数函数精度，主分量和准则矩阵五类。

(2) 可靠性准则：



1) 内部可靠性是发现粗差的能力,使用多余观测量来定义,越大越容易发现粗差,多余观测量在 0.3-0.5 区间表明内部可靠性好;

2) 外部可靠性是指抵抗尚未发现粗差的影响的能力,使用影响因子表示,越小越好,影响因子在 8-10 区间表明外部可靠性好。

(3) 灵敏度准则:

是指通过对周期观测的平差结果进行统计检验,所能发现的位移向量下界值的能力,只针对变形监测网提出。

(4) 费用准则:优化设计主要考虑造标费用和观测费用,其他费用随设计方案成本变化不大。

2、质量检测:

(1) 基本要求:

1) 平面控制测量以点为单元成果,高程控制测量以测段为单元成果,不便以测段为单元成果的也可以点;

2) 检验方式分为随机抽样和分层随机抽样;

3) 成果质量元素包括:

1 数据质量:数学精度,观测质量,计算质量;

2 点位质量:选点质量,埋石质量;

3 资料质量:整饰质量,资料完整性;

4 检验方法:比对分析、核查分析、实地检查、实地检测。

3、成果归档:

技术设计书和技术总结,观测记录及数据,数据预处理和平差计算资料,控制点成果表、控制网图、点之记,仪器检定资料,检查、验收报告。

### 3.3 工程地形图测绘

1、概述:

(1) 地形图:是指用符号、注记及等高线表示地理要素位置的正射投影图。

(2) 水下地形图:

1) 和陆地地形图的区别:

1 陆地测量和水下测量分别采用不同仪器;

2 在运动载体上测量,不能重复观测;

3 特征点不可见,只能采取散点法或测深线法均匀布设测点;

4 要素单一,一般只用等高线表示水底地貌;

5 和海洋地形图主要区别在于所用基准不同。

2) 主要任务:测绘水下地形图和水下断面图。

(3) 地形测量工程应用:

1) 工程规划阶段：直接利用国家基本比例尺 1:10 万-1:1 万地形图，还需要测绘 1:5000 到 1:2000 比例尺的区域或带状地形图；

2) 工程建设和运营阶段：需要测绘 1:1000 或 1:500，乃至更大的地形图、专题图、断面图。

3) 可以利用 DLG 和 DEM：DEM 优点在于便于储存、更新、传播、计算机自动处理，具有多比例尺特征，适合定量分析和三维建模。在工程建设领域用来查询单点高程、土石方计算、地表面积计算、绘制断面图等。

(4) 地形图测绘流程：

踏勘和设计，图根控制，碎部测量，地形图绘制。

2、工程地形图测绘方案设计：

(1) 比例尺选择：

大型工程可行性研究、总体规划	1:5 万-1:2.5 万
可行性研究、总体规划、厂址选择、初步设计	1:1 万-1:5000
可行性研究、初步设计、矿山总图管理、城镇详细规划	1:2000
初步设计、施工图设计、城镇工矿总图管理、竣工验收、运营管理	1:1000-1:500

(2) 等高距选择：h 为基本等高距

地形	倾角	比例尺				等高线插求点中误差	
		1:500	1:1000	1:2000	1:5000	一般/m	水下/m
平地	$a < 3^\circ$	0.5m	0.5m	1m	2m	1/3h	1/2h
丘陵	$3^\circ \leq a < 10^\circ$	0.5m	1m	2m	5m	1/2h	2/3h
山地	$10^\circ \leq a < 25^\circ$	1m	1m	2m	5m	2/3h	1h
高山	$a \geq 25^\circ$	1m	2m	2m	5m	1h	3/2h

(3) 精度要求：

1) 平面精度：

地物点相对于邻近图根点的点位中误差，城镇或工矿区不大于图上 0.6mm，一般地区不大于图上 0.8mm，水域不大于图上 1.5mm，隐蔽地区或测量困难地区可放宽 50%。

地形图的修测精度，新测地物与原有地物点的间距中误差不超过图上 0.6mm。

2) 高程精度：

等高线插求点精度见上表，隐蔽地区或测量困难地区可放宽 50%。作业困难、水深大于 20m 或精度要求不高时，水域测图可放宽 1 倍。

3、工程地形图测绘：

(1) 测绘方法：



1) 方法分类：分为模拟法，数字法。每种又分地面测图法和摄影测量和遥感测图法。

2) 数字地面测图：

1 全站仪测图：分为数字测记模式（全站仪+电子手簿或储存卡，内业成图）和电子平板模式（全站仪+便携电脑，实地成图）；

2 RTK 测图：方法与全站仪类似，或与全站仪组合使用。

3) 数字摄影测量和遥感测图：

利用航摄影像、遥感影像、机载激光雷达扫描系统 LIDAR 获取的数据编辑生成 4D 产品以及三维景观模型。

4) 车载移动测图系统测图

又称移动道路测量系统（mms），以车辆为平台，集成 GPS 接收机，视频传感器 CCD，惯性导航系统 INS，快速采集道路两边数据成图。

\*\*CCD：电荷耦合元件，是一种半导体器件，能够把光学影像转化为数字信号。\*\*

(2) 图根控制测量：

1) 图根导线控制点：直接用于测图的导线控制点，一般在基本控制网内加密，一般不超过 2 次附和，极端条件不超过 3 次。

图根点相对于基本控制点的点位中误差不超过图上 0.1mm，高程中误差不超过 1/10 基本等高距。图根导线测角中误差首级控制为 20"，一般图根导线测角中误差为 30"，方位角闭合差首级控制为  $40\sqrt{n}$ ，一般图根导线为  $60\sqrt{n}$ 。

2) 图根 RTK 控制点：作业半径不超过 5km，对每个图根点均应进行两次独立测量，其点位较差不应大于图上 0.1mm，高程较差不应大于基本等高距的 1/10。图根高程控制网闭合差山地地区不应超过  $12\sqrt{n}$ ，平地不超过  $40\sqrt{n}$ 。

10Km 为半径的范围内，可以采用水平面代替水准面进行距离测量，高程控制测量不能用水准面代替。

图根点密度按下表（每平方千米图根点数量）：

比例尺	1:2000	1:1000	1:500
模拟法	15	50	150
数字法（50*50 每幅图 4 个点）	4	16	64

(3) 坐标转换：需要坐标转换时，平面转换参数和高程转换参数的确定宜分别进行，重合点的个数不少于 4 个，且应分布在测区的周边和中部；对于面积较大的测区，需要分区求解转换参数时，相邻分区应不少于重合点 2 个。

转换前应检校精度，平面较差不应大于 5cm，高程较差不应大于  $30\sqrt{D}$ （D 为距离，单位 km）。使用 RTK 不同参考站作业时，流动站应检查一定数量的地物重合点，重合点的点位较差不应大于图上 0.6mm。

(4) 碎部测量与绘图：

## 1) 全站仪数字测记模式流程：

### 1 数据采集：

仪器设置：要测定另一已知点检校，平面位置较差不超过图上 0.2mm，高程较差不超过 1/6 基本等高距。

数据采集：采集碎部点三维坐标，每幅图应测出图廓线外 5mm。地形图要素分为：地形要素（地物，地貌，符号），注记要素，数学要素。

数据记录：坐标数据、点号、编码、绘图信号、草图。

### 2 数据预处理：数据导入电脑，检查数据错误，生成图形数据。

3 数据编辑：人机交互编辑图形数据，构建 DTM（数字地面模型），生成等高线，图形拼接（几何接边、逻辑接边）。

### 4 地形图制作：采用矩形分幅，常用 50\*50cm 或 40\*50cm，裁切整饰。

## (5) 等高线的绘制方法：

### 1) 等高线的定义：

等高线是表示地貌的符号之一，它是地表与水准面的交线。等高线的定义就是地面上高程相等的相邻点相互连接的闭合曲线。

### 2) 等高线的绘制：

1 利用高程特征点画出地性线（山谷线一般为虚线，山脊线一般为实线）作为骨架。

2 根据等高距进行线性内插出计曲线通过处（等高线插求点）。

3 勾画计曲线，再内插出首曲线，平滑处理。

4 精度检验，注意地性线与等高线正交。

### 3) 等高线的特性：

1 同一条等高线上的点，其高程必相等。

2 等高线均是闭合曲线。

3 除在悬崖或绝壁处外，等高线在图上不能相交或重合。

4 等高线和山脊线、山谷线成正交。

5 等高线的平距与坡度成反比。

6 等高线不能在图内中断，但遇道路、房屋、河流等地物符号和注记可以局部中断。

### 4) 等高线分类：

1 首曲线：按规定的等高距测绘的细实线；

2 计曲线：每隔 4 个等高距将首曲线加粗为一条粗实线；

3 间曲线：是按 1/2 等高距描绘的细长虚线；

4 助曲线：是按 1/4 等高距描绘的细短虚线。

## (6) 大比例尺测图流程：

资料收集，技术设计，控制测量，图根控制测量，碎部点采集，地形图编绘，检查验收，

技术总结，提交成果。

(7) 其他：高程注记点密度为每 100cm<sup>2</sup> 内 8-20 个。

(8) 数字地形图的编辑检查：应着重检查间距小于图上 0.2mm 的不同属性线段处理是否恰当。检查图与原图比较，点状符号及明显地物点的偏差不大于图上 0.2mm，线状符号误差不得大于图上 0.3mm。

(9) 数字地形图修测：

如修测的面积超过原图总面积的 1/5，应重新进行测绘。

局部修测时，测站点坐标可利用原图已有坐标的地物点按内插法或交会法确定，检核较差不得大于图上 0.2mm。

局部地区少量的高程补点，也可利用 3 个固定的地物高程点作为依据进行补测，其高程较差不得超过基本等高距的 1/5，并应取用平均值。

(10) 地形图质量检查：地形图应经过内业检查、实地的全面对照及实测检查。实测检查量不得少于测图工作量的 10%。

#### 4、水下地形图测绘：

(1) 方法：

1) 传统方法：GPS 数据和测深数据，用瞬时潮位资料进行水位改正；

2) 无验潮模式：用姿态测量来改正，直接成图。

(2) 测量要求：

一般地段每隔 1.5~2.0km 设置一把水尺，山区峡谷、河床复杂、急流滩险河段及海域潮汐变化复杂地段，300~500m 设置一把水尺。河流两岸水位差大于 0.1m 时，应在两岸都设置水尺。水面波动较大时，宜读取峰、谷的平均值，读数精确至 1cm。

(3) 检核：

水深测量结束后，应对测深断面进行检查，检查断面与测深断面宜垂直相交，检查点数不得少于总数的 5%。

#### 5、质量控制和成果归档：

(1) 检验样本以幅为单位，采用随机抽样或分层随机抽样。

(2) 成果质量元素包括：数学精度（数学基础，平面精度，高程精度），地理精度，数据结构正确性，整饰质量，附件质量；

(3) 成果检验：比对分析，检查分析，实地分析，实地检测。

(3) 对于大比例尺数字测图，数学精度的实地检测一般为每幅图选取 20-50 个点，20 条边进行检测，实测检查量不得少于测图工作量的 10%。

(4) 两级检查一级验收：作业组 100%过程检查，项目部检查和单位质检人员检查，用户或其委托单位验收，包括概查和详查 5-10%。

(5) 成果归档：技术设计书和技术总结，图根观测数据、计算资料、成果表，地形图成果、

图幅接合表，仪器检定资料，检查、验收报告。

### 3.4 城乡规划测量与建筑工程测绘

1、城乡规划测量是为了服务城乡建设规划管理而进行的工程测量。

(1) 工作内容：

1) 定线测量：根据城乡建设规划要求测设规划道路红线的测量。

2) 拨地测量：根据土地审批的用地位置，测设用地边界的测量。

3) 日照测量：为规划管理日照分析提供位置数据的测量。

4) 规划监督测量：根据规划许可证件，实地验证建筑物位置、高程等与规划核准数据符合性的测量。包括规划放线测量、规划验线测量和规划验收测量。

2、建筑工程测量：是为工业与民用建筑设计、施工、设备安装等开展的测量。其工作内容包括地形图测绘、施工控制网建立、建筑施工放样和建筑变形监测。

#### 3.4.1 规划定线与拨地测量

1、技术设计：

(1) 依据：应按照规划主管部门下达的设计条件进行。规划用地拨地红线是拨地测量的唯一依据。

(2) 控制测量：在基本控制网上布设三级导线或 GPS 网。

(3) 比例尺：采用 1:500-1:2000 比例尺。

2、测量方法：

(1) 解析法：

1) 解析实钉法：适用于通视条件差或道路没成型的地区，先确定中线位置，再用导线连测中线主要条件点坐标，并计算各分段距离和方位角。

2) 解析拨定法：适用于通视条件好或基本控制点密度较小的地区。先测设指定地物坐标，再推算主要条件点坐标，并计算各分段距离和方位角，然后用导线将中线各主要点及每隔 150-300m 的直线加点测设于实地。

3) 中线点或界址点等条件点测设可采用双极坐标法、前方交会法、导线联测法、RTK。前方交会法时，交会角度宜在 30-150°之间，且交会距离宜小于 100m。

3、实施：

(1) 对于已建的规划道路并已有等级导线点的不实定中线，否则要实定中线，并以后要与等级导线联测。

(2) 未建的规划道路，对于建设急需的道路要实定中线，对不急需且中线点不易保存的只测求中线主要点坐标和各测段方位角。

(3) 规划中线不通视时可用平行移轴法实定轴线，略图上注明轴线与中线的间距，也可直接定出规划道路红线。

(4) 当拨地定桩遇障碍物时，障碍物在边线上的，可平行移轴求得；障碍物在桩位上不能

实钉时，可在用地边线上钉指示桩，指示桩与应钉桩位的距离应在有关资料中注明。

#### 4、质量控制：

(1) 检校测量：包括控制点校检，图形校检，坐标校检。

直接利用的已有控制点应进行角度、边长校核；拨地测量时，利用的规划道路中线转角、交角与边长也应校核，直线上相邻点应验直。

校检限差如下表：

类别		角度较差"	边长较差	点位较差 cm
定线	主干道	30	1/4000	5
	次干道	50		
拨地		60	1/2500	

拨地测量时，若边长小于 50m，实测边长和条件边长较差应在 2cm 内，边长小于 30m 时，实测边长和条件边长较差不应大于 1cm；

测量路中心线、路边线的条件点个数不应少于 3 个；钢尺量距宜采用单程双丈量方法，两次量距较差应在 2cm 之内。

#### 5、成果归档：

定线或拨地条件，外业观测、计算资料，点之记，条件坐标成果表，技术总结及略图。

### 3.4.2 日照测量：

#### 1、技术设计：

(1) 技术要求：

应充分利用已有的大比例尺地形图、竣工验收资料等。控制测量在等级控制网的基础上布设三级导线，或采用 GPS 布设相应等级控制点；高程控制采用水准测量或三角高程测量。

(2) 测量内容：为满足日照分析的三维建模需要，测量内容主要包括：

1) 建筑物平面位置，包括拐点坐标、建筑结构、层数等。

2) 建筑物室内地坪、室外地面高程。

3) 建筑物高度（室内地坪至遮阳点的垂直距离）：包括凸出屋面对日照产生影响的水箱间、电梯间等。

\*\*尖屋顶的遮阳点为屋脊最高点，平屋顶的遮阳点为后屋檐檐口，即与被遮挡邻户之间的屋檐外顶部。 \*\*

4) 建筑层高（室内净高加楼板厚度），一般下只量取 1-3 层。

5) 向阳面窗户及阳台位置和形态。

(3) 作业流程：踏勘设计，控制测量，建筑物测量，数据处理，专题图制作。

#### 2、测量实施：

(1) 常用测量方法如下：

1) 建筑物平面位置：全站仪极坐标法；



- 2) 建筑物室内地坪、室外地面高程：几何水准方法；
- 3) 建筑物及其窗户、阳台高度：三角高程测量、悬高测量；
- 4) 建筑物窗户、阳台宽度、层高：钢尺或手持测距仪测量。

#### 3.4.3 规划监督测量：

##### 1、技术设计：

应依据建设用地规划许可证、建设工程规划许可证及规划管理部门的要求作业。规划管理部门可在规划放线测量和灰线验线测量中选择一种作为规划监督测量。具体方法和要求同规划定线测量。

##### 2、放线测量包括：

(1) 建筑物定位测量：根据规划定位图，测设建筑物角桩和灰线（外轮廓轴线），作为施工放线的依据，是规划放线的主要工作；

(2) 施工放线测量：根据建筑物定位测量和底层平面图，测设出建筑物轴线定位桩，一般由施工单位实施。

(3) 实施流程：前期准备，控制测量，条件点测量，放线桩条件坐标计算，实地钉桩，校检测量。

##### 3、验线测量：

(1) 灰线验线测量：在施工放线完成后，基坑开挖前，对施工放线与规划许可证位置（以经过规划部门审批的建筑施工图和放线附图）的符合度进行检验。

(2)  $\pm 0$  验线测量：在施工至底层设计标高后，并在管线覆土和线路浇筑前，直接测量建筑物基础主要角点和 $\pm 0$ 地坪高程，与经过规划部门审批的建筑施工图进行比对检验。

(3) 规划验线测量流程：条件点测绘，验测点测量，四至距离计算，成果报告编写。

##### 4、验收测量：

内容包括：建筑物外轮廓测量，主要角点距四至距离测量（实量法或解析法），建筑物高度测量（建筑物高度、层数、建筑物室外地坪高程测量，采用三角高程法或实量法）。根据需要可包括地形图测绘、地下管线探测、建筑面积测算等内容。

5、成果归档：规划许可证附件，工程竣工测量成果报告书，技术总结及略图，条件坐标计算资料，外业计算资料，检查报告及附图。

#### 3.4.4 建筑施工测量：

##### 1、技术设计：

(1) 建筑工程施工控制网通常布设为施工坐标系下的独立网。

(2) 平面控制网：

1) 建筑基线：建筑物占地不大、结构简单时采用；

2) 建筑方格网：

1 测设主轴线：在原有的测图控制点下，采取施工坐标系，用极坐标法测设；



2 测设辅轴线：根据主轴线交会出方格网 4 个角点构成主方格网；

3 测设方格网点：用内分点法加密其余方格网点，精度较高时要用归化放样法测设。

3) 当建筑物形状复杂或建立方格网有困难时，通常布设导线作为平面控制。

4) 对于大型工程还要建立厂房控制网或微型控制网作为厂房施工的基本控制。

2、方格网的测设方法：

(1) 布网法：宜增测方格网的对角线；

(2) 轴线法：长轴线的定位点不得少于 3 个，点位偏离直线应在  $180^\circ \pm 5''$  以内，短轴线应根据长轴线定向，其直角偏差应在  $90^\circ \pm 5''$  以内。水平角观测的测角中误差不应大于  $2.5''$ 。轴线起始点的定位误差，不应大于 2cm。高程控制应采用水准测量。水准点个数，不应少于 2 个。

(3) 标石的埋设：要求标石顶面宜低于地面 20-40cm，并加盖保护。

3、高层建筑施工测量内控制流程：

为保证高层建筑物竖直面、几何形状和截面尺寸达到设计要求，建立高精度的施工测量内控制网。就是在建筑物的  $\pm 0$  面内建立控制网，在控制点竖向相应位置预留竖向传递孔，通过传递孔将控制点传递到不同高度的楼层。为了提高功效、防止误差累积，应实施分段投测和分段控制。

(1) 在底层布置矩形或十字控制网转测至建筑物的  $\pm 0$  层；

(2) 用铅垂仪在控制点上做竖向传递；

(3) 玻璃接收靶上做上投点标记；

(4) 为了消除仪器的轴系误差，在  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  四个方位投点取其中点；

(5) 投测完成后，测量投点间的水平距离，不超限的话完成投点，否则重投；

(6) 达到一定高度后用 GPS 联测内控网控制误差累计。

4、建筑施工放样：

(1) 基础放样：

1) 放样基槽开挖边线：以细部轴线为依据，按照基础宽度和放坡要求，放样出基槽开挖边线（用白灰撒线标记）。

2) 控制基槽开挖深度（基坑抄平）：开挖到距离槽底设计值 0.3-0.5m 处时，用水准仪在槽壁上每隔 3-4m 放样 1 个桩（距离设计标高为一固定值）拉线以作为下一步工作的高程依据。

3) 放样基层施工高程：基础施工完成后放样基层高程与设计高程进行比对，允许较差不大于 1cm。

4) 放样基础模板位置：投测主轴线，经闭合检校，用墨线弹出基础模板细部轴线。

(2) 上部结构放样：

1) 将各轴线放样到地下结构顶面和侧面，将标高线放样到地下结构顶部的侧面上。

2) 依据主轴线和标高线放样首层主体结构。

3) 施工层的轴线投测，一般使用激光经纬仪或激光铅直仪进行，闭合校核。

\*\*激光经纬仪：在经纬仪上视准轴上增加了激光指向的功能。

激光铅直仪：具有的对中整平基座，沿铅垂线向天顶发射指向激光的仪器。 \*\*

4) 施工层的高程传递，一般采用悬挂钢尺水准测量。钢尺应加以尺长、温度、拉力改正，多个投递点标高取平均数。

### (3) 高层建筑放样：

#### 1) 主要工作内容：

1 建筑物位置放样，采用直角坐标法测设出定位桩和轴线控制桩。

2 基础放样，开挖过程中用水准仪控制开挖深度，用经纬仪或拉线法检查槽底边线。

3 轴线投测，方法有全站仪或经纬仪法、垂准仪法、吊线坠法、激光经纬仪法等。

竖向相对误差允许值：立柱不大于  $H/2000$ ，偏墙不大于  $H/1000$ 。

4 高程传递，占施工测量的比重最大，方法有皮数杆法（精度低），钢尺丈量法，全站仪天顶测高法，悬挂钢尺法。

5 竖向偏差，是施工测量中最关键的工作，各层面的细部放样，倾斜度确定，高程控制，变形监测。

2) 建筑物按层数分类：4 层以下为一般建筑，5-9 层为多层建筑，10-16 层为小高层建筑，17-40 层为高层建筑，40 层以上为超高层建筑。

### (4) 建筑施工放样：

#### 1) 平面放样方法：

1 直角坐标法：利用已有的直角坐标系和坐标增量来测设，适用于放样点距离控制点不大于 100m，方便快捷；

2 极坐标法：利用点位之间的边长和角度关系进行测设。

3 直接坐标法：根据点位设计坐标直接进行点位测设，与极坐标法的区别是不需事先计算放样元素，RTK 放样也属于直接坐标法。

4 距离交会法：利用点位之间的距离交会进行点位测设。

5 角度交会法：利用点位之间的角度交会进行点位测设。

6 边角交会法：利用点位之间的角度和距离交会进行点位测设。

7 归化放样法：高精密放样法，首先用直接放样法确定放样点临时桩，再对临时桩进行精确测量，比对与设计位置的差，对临时桩位置进行修正并重复测量至符合精度要求。角度放样可采用多测回修正，距离放样加尺长、温度和倾斜改正等。

2) 高程放样方法：一般用水准视线高法来进行高程测设，高差过大时可以用悬挂钢尺法代替水准尺，也可以用钢尺实量法或全站仪三角高程放样法，以及全站仪无仪器高放样法。

#### 3) 空间点位放样方法：

通常采用全站仪极坐标法。测站数据有测站三维坐标、仪器高、目标高和后视方位角，目标点放样数据有方位角、斜距和天顶距。

4) 铅垂线放样：经纬仪(全站仪)+弯管目镜法、光学铅垂仪法、激光铅垂仪法。

建筑物主体日周期摆动测量：测量机器人，数字正垂仪，GPS 法。

5、其他测量工作：施工控制网复测 (GPS, 机器人)，核心筒垂直度测量 (机器人)，主体沉降监测 (水准仪)，首级控制网复测 (GPS)。

### 3.5 线路市政测量

#### 3.5.1 线路测量：

1、特点：全线性，渐进性，阶段性。

2、技术设计：

(1) 必须全线采用统一的基准。

(2) 线路工程测量尽量采用国家坐标系统和高程基准。在不满足测区内高斯投影长度变形要求时，可采用独立坐标系。沿线测绘的带状地形图通常采用数字摄影测量方法测绘。

导线(导线的起点、终点及每间隔不大于 30km 的点上，应与高等级控制点联测检核；当联测有困难时，可分段增设 GPS 控制点)；水准(水准路线应每隔 30km 与高等级水准点联测一次)。

3、设计阶段的勘测：

(1) 初测：

1) 内容包括：平面和高程控制测量，带状地形图测量。

2) 平面控制测量：

1 Gps 方法：点位应选在离线路中线 50-300m、稳固且不易被施工破坏的范围内，每隔 5km 设一对相互通视、间距 500-1000mGPS 点。

2 导线方法：在导线的起、终点以及中间，每隔一定距离应与国家平面控制点联测。当联测有困难时，应进行真北观测或用陀螺经纬仪进行定向检核。

3 初测导线成果应进行两化改正，指的是把导线坐标增量总和先改化到参考椭球面，再改化到高斯平面上。

3) 高程控制测量：基平测量是沿线路布测水准点，中平测量是连测平面控制点及中桩的高程。

4) 带状地形图测量：测图比例尺一般为 1：2000，平坦地区可选用 1：5000，困难地区可选用 1：1000。测图带宽度对于 1：2000 测图，平坦地区宽度约为 400-600m，丘陵地区约为 300-400m。

(2) 定测：

1) 内容包括：纵横断面测量，中线测量。

2) 中线测量：把道路的设计中心线测设在实地上，其主要工作是：放线和中桩测设。

放线方法：穿线放线法，拨角放线法，RTK 法，极坐标法。

中桩测设：测设中线上各交点和转点，量距和钉桩，设置里程桩和加桩，曲线测设。

3) 纵断面测量：利用初测时的水准点，按中平要求测出各里程桩和加桩高程，用直角坐标法绘制，以里程为横坐标，以高程为纵坐标，里程比例尺常采用 1:2000 或 1:1000，高程比例尺通常为水平比例尺的 10-20 倍。

4) 横断面测量：在曲线控制点、里程桩处、横向地形明显变化处，重点工程地段适当加密，于中线两侧各测 15-50m，标定中桩位置和里程，将地面特征点展在图上，即绘出横断面图。其纵横坐标比例尺相同，一般 1:100 或 1:200。横断面的测量方法有花杆皮尺法、水准仪法以及经纬仪法。

(3) 既有线路勘测：

1) 把已建成的线路测绘出来，根据测绘资料反求曲线要素，以便设计新的曲线。

2) 工作内容包括：里程丈量，线路调绘，高程测量，横断面测量，线路及周围建筑物平面测量，地形测绘，铁路站场测绘，绕行线定测，设备调查等。

3) 初测和定测：主要工作属于初测阶段，如纵横断面测绘，平面测绘，地形测绘。定测比初测详细，内容基本一致。

4) 方法：偏角法，矢距法，极坐标法，RTK。

4、线路施工测量：

(1) 复测：施工前必须恢复中线，并对定测资料进行可靠性和完整性检查。

1) 复测前要和设计单位交接主要桩点：直线转点，交点，曲线主要点，平面和高程控制点。

2) 复测的目的是恢复和检查定测质量，尽量按定测桩点进行。

1 若桩点有丢失和损坏，则应予以恢复；

2 若复测和定测成果的误差在允许范围之内，则以定测成果为准；

3 若超出允许范围，应查明原因，确定定测资料错误或桩点位移时，方可采用。

3) 线路复测后，路基施工前，对中线的主要控制桩（如 JD 交点、直线转点及曲线五大桩）应设置护桩。护桩位置应选在施工范围以外。

\*\*曲线五大桩：ZH 直缓，HZ 缓直，HY 缓圆，YH 圆缓，QZ 曲中\*\*

(2) 路基边坡放样：填方叫路堤，挖方叫路堑，高度为零处叫路基施工零点。

边坡放样方法：图解法，解析法，坡脚尺法，逐步趋近法。

路基高程放样通过中桩高程测量。

5、线路施工放样方法：极坐标法，偏角法，切线支距法，坐标法，RTK。

(1) 平曲线测设：

1) 分类：分为圆曲线和缓和曲线。

2) 偏角法：

1 计算曲线各桩点至 ZY 或 YZ 的弦线长及其与切线偏角；

2 在 ZY 或 YZ 上拨角量边。

3 测设主要点，并用偏角进行检核。

4 曲线详细测设：加密桩、百米桩，其他加桩。

**\*\*切线直角坐标系：以 ZH 为原点，ZH 处的半径为 Y 轴，ZH 处切线为 X 轴。\*\***

3) 切线支距法：在切线直角坐标系中算出桩点坐标，再用方向架和钢尺丈量。

4) 曲线详细测设方法：除了测设曲线主要点的方法外还可以用弦线支距法，弦线偏距法，割线法，正矢法。

(2) 竖曲线测设：曲线要素计算，根据纵断面图里程和高程测设置标桩。通常竖曲线设计采用的线形有抛物线或圆曲线。

### 3.5.2 桥梁施工测量：

1、内容：设计阶段的地形图测绘（包含水下地形图测绘），施工阶段的桥墩桥台放样和跨越结构放样，运营阶段的变形监测。

桥梁施工测量内容：桥轴线长度测量，施工控制测量，桥址地形及纵断面测量，墩台中心定位，墩台基础及细部放样。

2、桥梁按轴线长度分类：小于 30m 为小型桥，30-100m 为中型桥，100-500 米为大型桥，大于 500m 为超大型桥。

3、技术方案设计：

对于大桥或特大桥，只用勘测控制网满足不了精度，必须建立施工控制网。

对于中小型桥，可直接丈量桥台与桥墩之间的距离来进行放样，或者利用桥址勘测阶段的测量控制作为放样的依据。

施工平面控制网宜布设成独立网，并根据线路测量控制点定位。

跨河水准，采用精密水准测量。

平面位置放样采用极坐标法，多点交会法，高程放样用水准测量法。

4、桥梁地形测量：桥址地形测量（1:500-1:2000），河床地形测量，桥轴线纵断面测量。

5、桥梁施工控制控制：

(1) 平面控制测量：三角网（主要方式），边角网，精密导线网，GPS 网。三角形网是主要布设方式，分为双三角形，大地四边形，双大地四边形等。当控制网跨越江河时，每岸布设不少于 3 个控制点，其中轴线上每岸宜布设 2 个点；

(2) 高程控制测量：一般采用水准测量法，桥址两岸至少各设 1 个水准点（规范上应大于 3 个），桥位水准点要和线路水准点联测，高程一般采用国家水准点高程，如联测有困难时，可引用桥位附近其他单位的水准点，亦可假定高程基准。

6、桥梁施工放样：墩台中心定位，墩台细部放样，梁部放样。

### 3.5.3 大坝施工测量：



### 1、技术设计：

按坝型可分为土坝、堆石坝、混凝土坝、重力坝、拱坝等；

按功能可分为以农田灌溉、防洪蓄洪为主的土石坝和以水力发电为主的混凝土重力坝。

平面控制网分两级布设，即基本网和定线网。可采用 GPS 网、三角形网、导线网等布设。

### 2、大坝施工测量：

(1) 坝轴线测设：坝轴线即坝顶中心线，在其延伸方向的两岸山坡上各设 1-2 个永久性轴线控制桩以便检查。

(2) 坝身控制线：即定线网，测量分两步，先测设平行于坝轴线的坝身控制线，再测设垂直于坝轴线的坝身控制线。

平行于坝轴线的坝身控制线可布设在坝顶上下游边线处、上下游坡面变化处、下游马道中线处，也可以按间隔 10、20、30m 布设；

垂直于坝轴线的坝身控制线一般按 50、30、20m 的间距以里程来测设。

(3) 高程控制网：由永久水准点组成的基本网和临时水准点两级布设，基本网布设在施工范围外，用三等或四等水准从国家水准点连测高程。临时水准点直接用于坝体高程放样。

### 3、清基开挖与坝体填筑放样：

(1) 清基开挖放样：清基开挖线即坝体与自然地面交线，用套绘断面法（用图解法比对各测次断面和设计断面图差异）求得放样数据，再用极坐标法或 RTK 法放样；

(2) 坡脚线放样：为指导坝体填筑，要测设坝底与清基后地面交线，即坡脚线，可以用套绘断面法、平行线法等；

(3) 边坡线放样：填筑时每当坝体升高 1m 左右，就要用上料桩将边坡的位置标定出来，标定上料桩的工作称为边坡放样。

(4) 修坡桩测设：坡面的修整时标定方格网状护坡桩位置的工作称为护坡桩的测设。

### 3.5.4 立交桥施工测量：

#### 1、技术设计：

桥址地形图一般采用 1:500 比例尺，一般选择独立坐标系，原点设在工地西南角。

#### 2、施工测量：

施工控制网分两级布设，一级控制桥轴线，二级控制桥墩位置，测量方法有边角网、精密导线网、GPS 网等。施工测量的主要工作是桥轴线测设和桥墩台测设。

### 3.5.4 水利工程测量

1、分类：防洪工程、农田水利工程、水力发电工程、航道和港口工程、供水和排水工程、环境水利工程、海涂围垦工程等。

2、内容：施工控制测量、地形（包括水下地形）测量、纵横断面测量、定线和放样测量、变形监测等。



### 3、水利工程测量的任务：

(1) 在规划阶段：主要包括为流域综合利用规划、水利枢纽布置、灌区规划等提供小比例尺地形图；为水利枢纽地区的引水、排水、推估洪水以及了解河道冲淤情况等提供大比例尺地形图(含水下地形图)，还有路线测量、纵横断面测量、库区淹没测量，渠系和堤线、管线测量等。

(2) 在建设阶段：主要包括施工控制测量，各种水工构筑物的施工放样，各种线路的测设，水利枢纽地区的地壳形变、危崖、滑坡体的安全监测，配合地质测绘、钻孔定位，水工建筑物填筑(或开挖)的收方、验方测量，竣工测量，工程监理测量等。

(3) 在运营阶段：主要包括水工建筑物投入运行后的沉降、位移、渗漏、挠度等变形监测，库区淤积测量，电站尾水泄洪、溢洪的冲刷测量等。

### 3.5.5 市政工程测量

#### 1、概述：

市政设施是指在城镇规划区内，由政府投资建设的，为居民提供公共产品和服务的各种城市公共设施。

市政工程可分为道路交通工程、河湖水系工程、地下管线工程、架空杆线工程、街道绿化工程等。

市政工程测量的工作内容一般包括控制测量、地形图测绘、中线测量、纵横断面测量、施工放样、变形监测等。

#### 2、市政工程测量的任务：

(1) 设计测量：对于道路、管线、地下人行通道等带状工程，主要是中线测设，带状地形图和纵横断面图测绘；

对于广场、立交桥、交通枢纽等非带状工程，主要是 1：500 甚至 1：200 比例尺地形图或方格网高程图测绘。

(2) 施工测量：主要是中线桩位恢复和校测，建筑物主要轴线和细部放样。

(3) 竣工测量：主要是细部点测定，竣工图编制。

(4) 变形监测：在建设和运营中，对重要桥梁、堤防和地质条件不良地段的工程建筑物进行变形监测。

### 3.6 矿山与隧道测量：

#### 3.6.1 概述：

1、地下工程分类：地下通道工程，地下建筑物工程，地下采矿工程。施工方法分：明挖法，暗挖法。

#### 2、特点：

(1) 施工环境差，当点位布设在坑道顶部时，需进行点下对中，边长长短不一，测量精度难以提高；

- (2) 不便组织校核, 出现错误不能及时发现, 点位误差容易累积。
- (3) 控制测量形式单一, 大多采用导线测量形式。
- (4) 需随着工程的进展而不间断地进行, 一般先布设低级导线后布设高级导线进行检核。
- (5) 往往采用一些特殊或特定的测量方法和仪器。

### 3、内容：

- (1) 规划阶段：使用各种大中比例尺地形图或专用图, 必要时测绘断面图和地质剖面图；
- (2) 建设阶段：
  - 1) 控制测量：地面控制测量、地下控制测量、联系测量；
  - 2) 定线放样：中线测设、腰线测设（给出开挖方向），断面线放样（指导衬砌），断面测量（核实净空），实际库容测算，竣工测量。
- (3) 运营阶段：安装测量，变形监测（施工前一直到运营阶段）

### 3.6.2 隧道工程测量：

1、隧道施工测量内容：洞外控制，进洞测量，洞内控制，洞内施工测量，贯通误差调整，竣工测量。

矿井施工测量内容：地面控制，竖井定向测量，竖井导入高程测量，竖井贯通测量，井下控制测量，井下施工测量。

工作内容主要包括：

- (1) 矿产勘探阶段的地面控制测量、地形图测绘、勘探点的标定；
- (2) 设计阶段的地形图测绘、工业广场测量、线路测量；
- (3) 建设阶段的井筒和巷道测量、建筑（构）物施工测量、设备安装与线路测量；
- (4) 生产阶段的井巷标定、岩层与地表移动监测、土地复垦测量等。

### 2、技术设计：

洞口应测设不少于 3 个平面控制点，不少于 2 个水准点。洞内埋石顶面要比洞内地面低 20-30cm。先布设短边低等级导线，再布设高等级导线检核，导线的边长宜近似相等，洞内水准要往返测。平面控制宜布设成自由网，并按线路测量的控制点定位和定向。

### 3、贯通测量精度要求：

类别	两开挖洞间距 km	限差 mm
横向	$L < 4$	100
	$4 \leq L < 8$	150
	$8 \leq L < 10$	200
高程	不限	70

### 4、洞外控制测量：

#### (1) 平面控制测量：

- 1) 中线法：形式简单，方向控制较差，只能用于较短隧道（直线隧道短于 1km，曲线

隧道短于 500m )；

2) 精密导线法：布设灵活，地形适应性强；

3) 边角测量法：方向控制精度最高，组织复杂；

4) GPS 定位精度高，选点灵活，无需通视，是目前隧道控制网建立的首选方法。GPS 基线若小于 300-500m，要设强制对中装置。数据处理采用一点一方向约束平差。进出口点要与定位点通视。

(2) 高程控制测量：洞外高程控制测量一般采用二三等水准，困难时也采用四五等和三角高程。

5、联系测量：用进洞点和洞口控制点反算距离和方位角把中线引进洞内。

6、洞内控制测量：

(1) 洞内平面控制测量：

1) 中线法：受干扰大，观测不便，易被破坏，中线点一般以定测精度测设，一般用于较短的隧道。如上述测设的新中线点，辅以高精度测角、量距，和理论坐标比对并修正，这种方法可用于曲线隧道 500m 直线隧道 1000m 以上的较长隧道。中线点的间距，直线段不宜小于 100m，曲线段不宜小于 50m；隧道衬砌前，应对中线点进行复测检查并根据需要适当加密。加密时，中线点间距不宜大于 10m，点位的横向偏差不应大于 5mm。

2) 导线法：比中线法布设灵活，点位易于选择，测量简单，有多种检核方法。组成闭合环时可以控制横向误差，提高精度，适合长隧道。每当掘进 300-500m 要施测高级导线检核，起始边应和低级导线重合。

3) 洞内导线相比洞外导线特点：

1 形状取决于隧道形状，一般布设直伸的长边导线或狭长多环导线，导线的边长宜近似相等，直线段不宜短于 200m，曲线段不宜短于 70m；导线边距离洞内设施不小于 0.2m；

2 不能一次布设完，沿开挖方向延伸；

3 只能重复观测来检核；

4 可对某些边加测陀螺方位角，有时需要点下对中。

7、洞内高程测量：采用水准测量法或三角高程测量法。每隔 200-500m 设立一对高程点以便检核，每隔 100m 在拱部设立一个水准点便于施工使用。

洞内水准相比较洞外水准特点：贯通之前属于水准支线，需往返测检核，需定期复测，常用挂尺传递高程。

8、洞内施工测量：

包括：洞口定线放样，洞内中线测量，洞内腰线测设，开挖断面测量，衬砌放样。

3.6.3 矿井测量：

1、技术要求：

应尽量采用国家 3°带高斯平面直角坐标系，在特殊情况下，可采用任意中央子午线、矿区

平均高程面为投影面的矿区独立坐标系。

## 2、矿区控制测量：

(1) 平面控制测量：三角网，边角网，测边网，导线网。首级网布设在国家一二等平面控制网上，满足精度前提下，可以越级加密。

近井点是设置在坑道、竖井井口附近的控制点。是指导坑道、竖井掘进、施测坑（井）口位置点和坑道内经纬仪导线的起算点。

(2) 高程控制测量：采用水准测量法，三角高程测量法（山区）。

## 3、井下控制测量：

(1) 平面控制测量：可以布设成附和导线，闭合导线，方向附和导线，无定向导线，支导线等。导线起始点坐标由地面控制测量和联系测量测定。低等级导线布设 300-500m 时再敷设高等级导线检查，高等级导线起始边(点)和最终边(点)应与低等级导线边(点)相重合。以高等级导线所测设的最终边为基础，再向前敷设低等级导线和中线。

地下导线要求：

- 1) 尽量沿巷道中线布设，避免长短边相接；
- 2) 延伸时需对以前导线点检核，直线段可只检核角度；
- 3) 边长短，应尽量减少对中误差影响；
- 4) 采用钢尺改悬空丈量边长时要进行尺长、温度、垂曲改正；
- 5) 能闭合的导线网应进行平差；
- 6) 螺旋形巷道每次延伸，都应从洞外复测。

(2) 高程控制测量：水准测量法，三角高程测量法（坡度较大的倾斜巷道）。井下水准点既可设在巷道的顶板、底板或两帮上，也可以设在井下固定设备的基础上。工作内容如下：

- 1) 确定主要巷道内水准点和永久导线点的高程；
- 2) 给定巷道竖直面方向；
- 3) 确定巷道底板高程；
- 4) 检查巷道及运输线路的坡度；
- 5) 测绘运输巷道纵剖面图。

## 4、巷道回采工作面测量（日常测量的主要工作）：

- (1) 标定巷道中线和腰线；
- (2) 测定巷道的位置，检查规格质量和丈量巷道进尺，把巷道填绘在有关图件上。
- (3) 测绘回采工作面的位置，统计产量和储量变动；
- (4) 有关采矿工程、井下钻探、地质特征点、瓦斯突出点和涌水点的测定等。

## 3.6.4 联系测量：

### 1、作用：

- (1) 确保隧道的贯通；

(2) 确定地下工程与地面建(构)筑物相对位置关系, 保证安全。

2、联系测量方法:

(1) 平面联系测量(竖井定向测量): 几何定向法, 陀螺经纬仪定向法;

(2) 高程联系测量: 长钢尺法, 长钢丝法, 光电测距法, 铅直测距法。

3、几何定向法:

(1) 一井定向: 在竖井井筒中悬挂两根垂球线, 在井下通过连接测量把两个垂球坐标以及方位角传递到井下, 包括投点和连接测量两项工作, 连接测量通常采用连接三角。

(2) 两井定向: 在两井筒中各悬挂一根垂球线, 在地上测定两垂球线的坐标及其连线的方位角, 在地下利用导线对两垂球线进行连测, 按假定坐标系计算连线假定方位角, 经坐标闭合差配赋, 计算出所有地下导线点的坐标和导线边的方位角。

4、陀螺经纬仪定向:

陀螺经纬仪(纬度不大于  $75^\circ$ ) 测定的是真北方向和大地方位角。陀螺经纬仪测量分为陀螺经纬仪定向和陀螺方位角测定两个过程。

(1) 定向流程:

- 1) 在已知边上测定仪器常数;
- 2) 在待定边上测定陀螺方位角;
- 3) 在已知边上重新测定仪器常数, 评定精度;
- 4) 求子午线收敛角;
- 5) 求待定边坐标方位角。

(2) 陀螺方位角一次测定流程:

- 1) 以一个测回测定已知边或待定边方向, 仪器大致对北;
- 2) 粗定向, 测定近似陀螺北方向;
- 3) 测前悬带零位观测;
- 4) 精定向, 测定精密陀螺北方向;
- 5) 测后悬带零位观测;
- 6) 以一个测回测定已知边或待定边的方向值, 如互差不超限, 取平均数。

\*\* (3) 原理: 陀螺仪步进测量的目的是减小陀螺在静态摆动下的摆幅, 即粗略指北。陀螺仪在高速旋转时具有进动性、定轴性。悬带零位即陀螺受悬带和导流丝引起的扭力矩为零的位置, 必须在观测前后各测一次。\*\*

3.6.5 贯通测量:

1、分类: 平斜贯通和竖井贯通。

形式: 相向贯通, 追随贯通, 单向贯通。

2、流程:

(1) 根据贯通的容许偏差, 选择合适的测量方案与测量方法。

- (2) 依据选定的测量方案进行施测, 每一施测和计算环节, 均须有独立的检核。
- (3) 计算隧道放样元素, 实地标定隧道的中线和腰线。
- (4) 根据隧道掘进需要, 及时延长中线和腰线, 定期进行检查测量和填图, 并及时调整。
- (5) 隧道贯通后应立即测量实际贯通偏差值, 并将两端的导线连接起来计算各项闭合差。
- (6) 重大贯通工程完成后, 进行精度评定, 编写技术总结。

3、误差分类: 纵向贯通误差, 横向贯通误差(主要), 高程贯通误差。

对于立井贯通, 影响贯通质量的是平面位置偏差。

4、误差控制:

- (1) 注意原始资料可靠性, 起算数据应准确无误。
- (2) 各项测量工作都要有独立检核, 要进行复测复算。
- (3) 对精度要求很高的重大贯通工程, 要采取提高精度的必要技术措施。
  - 1) 适当加测陀螺定向边;
  - 2) 尽可能增大导线边长;
  - 3) 提高仪器和目标的对中精度;
  - 4) 或采用三联脚架法等。
- (4) 及时对观测成果进行精度分析, 必要时返工重测。
- (5) 掘进过程中, 及时进行测量和填图, 根据测量成果及时调整掘进方向和坡度。
- (6) 如采用全断面一次成巷, 则在贯通前的一段巷道内采用临时支护, 铺设临时简易轨道, 以减少巷道贯通后的整修工作量。

### 3.7 地下管线测量:

1、概述:

(1) 归类: 从工程对象上看, 地下管线测量属于线路工程测量; 从业务范围上看, 地下管线测量属于市政工程测量。

(2) 任务: 地下管线测量可分为新建地下管线工程测量和已有地下管线探查测量。

已有地下管线探测是确定地下管线空间位置和属性的工作。目的为查明地下管线的平面位置、埋深(或高程)、走向以及规格、性质、材料、权属等属性。其工作性质是对地下管线工程缺失竣工测量的事后补救。

(3) 内容: 包括地下管线探查和地下管线测绘, 还包括地下管线信息管理系统建立。

(4) 地下管线探测特点:

- 1) 地下管线的环境复杂。
- 2) 地下管线种类繁多, 由管线所形成的物理场的种类和变化较大。
- 3) 要求仪器具有连续追踪及快速定向和定深能力, 同时要求在工作现场准确解释。
- 4) 仪器应具有足够的探测深度(3-5m), 有较高的分辨率和较强的抗干扰能力。

2、分类:



- (1) 市政公用管线探测(城市地下管线普查): 侧重于各种管线及其附属设施的相互关系。
- (2) 厂区或住宅小区管线探测: 需要注意与市政公用管线的衔接。
- (3) 施工场地管线探测: 在工程施工前进行, 防止开挖造成对现有地下管线的破坏。
- (4) 专用管线探测: 探测范围包括管线工程已经敷设和可能敷设的区域。

3、流程: 资料收集和踏勘, 技术设计, 仪器检验, 实地调查, 仪器探查, 控制测量, 管线点测量, 地下管线图编绘, 地下管线数据库建立。

### 3、技术设计:

(1) 收集资料: 已有的各种地下管线图, 各种管线设计图、施工图、竣工图, 已有的相应比例尺地形图, 测区及附近测量控制点成果等。

(2) 坐标系和高程基准: 城市地下管线普查应采用城市坐标系统和高程基准; 厂区或住宅小区管线探测、施工场地管线探测必要时可采用测区的建筑坐标系。比例尺、分幅等指标与城市基本比例尺地形图一致。

### (3) 精度要求:

地下管线隐蔽管线点的探查精度一般为: 位置限差为  $0.1h$ ; 埋深限差为  $1.5h$  ( $h$  为管线中心的埋深, 小于  $1m$  时按  $1m$  计)。

地下管线点的测量精度为: 相对于邻近控制点的点位中误差不超过  $5cm$ , 高程中误差不超过  $3cm$  (注: 工程测量规范和城市地下管线规程都是  $2cm$ )。

### 4、探测方法:

(1) 实地调查法: 适用于明显管线的探测, 实地查清权属、性质、规格(材料、断面尺寸、电缆根数或孔数、电压)、附属设施名称; 测量管线点的平面位置、高程、埋深、偏距。

(2) 物探调查法: 适用于隐蔽管线;

(3) 开挖调查法: 适用于采用物探方法无法查明或为验证物探法精度的情况下。

(4) 分为井中调查与开挖样洞相结合的方法, 仪器探测与井中调查相结合的方法。

### 5、物探方法:

(1) 金属管线: 电磁感应类(频率域电磁法),

具备的前提条件: 地下管线与周围介质有明显的电性差异; 管线长度远大于埋深。

#### 1) 主动源法:

1 直接法: 用导线直接连通探测仪和管线两点, 应首选。

2 夹钳法: 用夹钳夹取管线求得探测数据, 应次选。

3 电偶极感应法: 不接触管线用电偶极感应得到管线磁场从而跟踪和定位管线。

4 磁偶极感应法: 不接触管线用磁偶极感应得到管线磁场从而跟踪和定位管线。

5 示踪法: 在管道中放入电磁信号发射器进行跟踪;

#### 2) 被动源法:

1 工频法: 以工业交流电频率发射电磁波为场源, 通过地下探测场参数变化来定位。

2 甚低频法：利用超长波电台发射电磁波为场源，通过地下探测场参数变化来定位。

(2) 非金属管线：

- 1) 电磁法：地质雷达，发射高频电磁波，接受回波来判断地下结构从而测定管线走向。
- 2) 地震波法：浅层地震仪，人工产生地震波，利用管线与介质不同的波阻来定位管线。
- 3) 直流电法：电阻率仪，利用管线与介质之间电阻差异来定位管线走向。
- 4) 磁法：磁力仪，利用金属管线与周围介质的磁性差异，判断磁异常来定位管线。
- 5) 红外辐射法：红外辐射仪，地下管线与周围土壤有温差，常用于管道漏点定位。
- 6) 声学定位：常用于漏水定位，以及塑料自来水管和煤气管道追踪。

(3) 电力电缆：采用被动源法的工频法初步定位，再用主动源法精确定位；

(4) 电信电缆：采用管线仪主动源法。

(5) 地下管线的种类：

- 1) 由铸铁、钢材构成的金属管线，如给水管、燃气管、供热管。
- 2) 由铜、铝材料构成的电缆，如电力电缆与路灯电缆、通信电缆。
- 3) 由水泥、陶瓷、塑料材料或砖砌的非金属管线，如排水管道、人防通道。

6、管线点标志设置：

管线位置探明后，在地面设置管线点的明显标志、标注编号，并填录探查记录，利用大比例尺地形图标绘探查草图。

管线点包括线路特征点和附属设施中心点。管线点一般设置在管线交叉点、分支点、转折点、变材点、变坡点、变径点、起讫点以及管线上的附属设施中心点。无特征点的长直线段上也应设置管线点。当管线弯曲时，至少应在弧段的起、中、终点上设置管线点。管线直线段的采点间距，宜为图上 10-30cm；隐蔽管线点，应明显标识。

7、地下管线图测绘：

(1) 地下管线图分类：综合管线图（包含所有管线）和专业管线图（只含有专业管线）。

(2) 地下管线图测绘内容：各专业管线，管线上的建筑物，地面上的建筑物，铁路道路桥梁河流，主要地形特征。

(3) 地下管线图移位原则：如图上各管线间距小于 0.2mm，应按压力管线让自流管线，分支管线让主干管线，小管径管线让大管径管线，可弯曲管线让不易弯曲管线的原则移位，绘图间距宜为 0.2mm；同专业管线立体相交时，宜绘出上方的管线，下方的管线两侧各断开 0.2mm；不同专业管线相交时不应断开。

8、地下管线数据库：

地下管线属性描述一般包括类别（性质）、材质、规格（直径或截面尺寸）、载体特征、电缆根数、流向、建设时间、权属单位等。

建设内容：地形图数据库建设、地下管线空间信息数据库建设、地下管线属性信息数据库建设和数据库管理系统开发。

### 9、质量检查和成果归档：

(1) 明显管线点和隐蔽管线点分别随机抽取总数的 5% 进行重复探测。检查管线的属性调查质量和数学精度，隐蔽管线点中再随机抽取 1% 开挖验证，且不应少于 3 个检查点。

### (2) 成果归档：

- 1) 准备阶段：技术设计书，仪器一致性实验报告、仪器检校资料；
- 2) 观测记录：外业原始观测记录；
- 3) 成果图表：控制点成果表、管线点成果表、管线图、断面图；
- 4) 质量相关：成果验收报告及精度统计表；
- 5) 技术总结：技术总结报告；
- 6) 数据入库：综合管线管理信息系统。

## 3.8 竣工测量

### 1、目的和任务：

目的：工程竣工时，为检查施工是否符合设计要求，并为检修和设备安装提供测量数据。竣工测量是规划监管部门实施监督管理的依据，具有一定的法律意义。

任务：对施工过程中设计更改部分、直接在现场指定施工部分、资料不完整无法查对部分进行实测或补测。主要是实测建设工程的现状地形图，建筑物的长度、宽度、高度、建筑面积，在现状地形图上标注建筑物与规划控制条件地物的距离，标注建筑物与道路红线、规划红线、用地界线等的关系。

竣工图包括：竣工总平面图，专业分图，断面图。

### 2、技术设计：

坐标系：使用原有施工测量坐标。

编绘资料：应根据设计和施工资料进行编绘，编绘资料不全时采用数字化成图实测。

竣工总图的坐标系统、比例尺、图幅大小、注记、线条规格应与原设计总平面图一致。

竣工图的精度要求：分为主要建筑物（5cm）、次要建筑物、其他地形地物（同地形测量）。

### 3、测绘内容：

#### (1) 建筑物竣工测量：

1) 包括房角坐标、管线进出口位置和高程，并附房屋编号、结构、层数、层高、建筑总高度、室内外标高、占地面积、建筑面积和竣工时间等资料，核实地下室的面积、层高和停车泊位信息。

2) 测量建筑物之间的间距与设计的差值，以及建筑物与道路红线、用地界线等的距离与审批图纸相关尺寸的差值。

3) 测出与竣工建筑物相关的地物、地貌，竣工建筑物的相对位置关系及与周边建筑物四至关系，建筑材质，竣工建筑物的阳台、雨篷、挑廊、飘窗及地下车库的准确位置。

4) 根据规划许可证规定的内容完成公建配套设施测量、公建配套设施的面积测量、小区

绿地面积测量。

5) 核实建筑立面造型、外墙材料、色彩信息,主要以拍照为主。

(2) 交通线路包括起止点、转折点、交叉点的坐标,曲线要素,桥涵等构筑物位置和高程,人行道、绿化带界线等;

(3) 地下管网包括检修井、转折点、起始点坐标,井盖、井底、沟槽和管顶高程,并附注管道及检修井的编号、名称、管径、管材、间距、坡度和流向;

(4) 架空管网包括转折点、节点、交叉点坐标,支架间距,基础面高程;

(5) 特种构筑物包括沉淀池、污水处理池、烟筒、水塔等的外形、位置及高程;

(6) 绿化环境工程的位置及高程。

#### 4、测绘实施:

##### (1) 建筑竣工测量:

1) 建筑平面位置:外轮廓拐点、悬挑部分投影点、管线检修井、管线点;

2) 四至测量:主要拐点到四至的距离,用地内的其他现状地物;

3) 高程:室外地坪、 $\pm 0$ 、室内地坪、管线检修井、管线点。

4) 高度测量:屋顶楼面到室外地坪的相对高度、地下室地坪比高、檐口比高、女儿墙比高、坡屋脊比高以及屋顶面上水箱间、电梯间、楼梯间的高度。

##### (2) 线路竣工测量:

是在路基土石方工程完工之后,铺轨工作之前进行,目的是最后确定中线位置作为铺轨依据,检查路基施工质量是否符合设计要求。其工作内容包括:

##### 1) 中线测量:

桥梁、隧道的中线竣工测量:检查中线是否与恢复的竣工测量中线相符合。如果不符合,应从桥梁、隧道的中线向两端引测。

对于曲线地段的中线竣工测量:应重新测量交点、转向角以及曲线控制桩,当新观测值与原观测值较差在允许范围内时,仍用原资料和桩点。

中线测量完成后:在中线的直线段每 50m,曲线地段每 20m 测设一桩点。道岔中心、变坡点、桥涵中心等处需加桩。全线里程自起点连续计算,消除因局部改线或假设起始里程而造成的里程“断链”。

2) 高程测量:通过水准测量把高程引测到稳固建筑物上,也可埋设永久性水准点。其间距不应大于 2km,全线高程必须统一,消除因采用不同高程基准而产生的“断高”。

3) 横断面测量:测量检查路基宽度,侧沟、天沟的深度和宽度,路基护道宽度。

##### (3) 桥梁竣工测量:

1) 桥梁墩台竣工测量:各墩台跨度、墩台各部尺寸(支承垫石尺寸、墩台顶面尺寸)、支承垫石顶面高程;

2) 桥梁架设竣工测量:主梁弦杆直线性、梁的拱度、立柱竖直度、梁支点和墩台中心相

对位置。

#### (4) 地下管线竣工测量：

地下管线竣工测量在新建地下管线覆土前进行，内容主要有：

1) 管线点调查：查明管线管材、特征、附属物、管径及断面尺寸、埋深、电缆根数、埋设年代、权属单位、连接方向、电压值等属性，并填写管线点调查表。

2) 管线点测量：对于各种管线的起止点、转折点、分支点、交叉点、变径点、变坡点及每隔适当距离的直线点等，采用导线串联法、极坐标法等解析法采集管线点坐标和高程。

#### 5、竣工总图编绘：

(1) 收集资料：总平面布置图，施工设计图，设计变更文件，施工检测记录，竣工测量资料，其他资料。

##### (2) 编绘原则：

1) 施工中：根据施工情况和设计变更文件及时编绘竣工总图。

2) 单项工程竣工后：应立即进行实测并编绘竣工总图。

3) 设计变更部分：应按实测资料绘制。

4) 地下管道及隐蔽工程：根据回填前的实测数据编绘。

##### (3) 编绘过程：

1) 分为底图处理和总图编绘。应以现场实测为主，资料编绘为辅。

2) 平面位置改变超过图上面积  $1/3$  时，应重新编制。

3) 矩形建（构）筑物的外墙角，应注明两个以上点的坐标；圆形建（构）筑物，应注明中心坐标及接地处半径；

4) 道路的起终点、交叉点，应注明中心点的坐标和高程；弯道处，应注明交角、半径及交点坐标；路面，应注明宽度及铺装材料。

5) 铁路中心线起终点、曲线交点，应注明坐标；曲线上，应注明曲线的半径、切线长、曲线长、外矢矩、偏角等曲线元素；铁路的起终点、变坡点及曲线的内轨轨面应注明高程。

#### 6、竣工地形图：

(1) 除了地理要素外，还要标注建筑物各边的尺寸，建筑外围与邻近建筑物的平面位置关系，竣工建筑物与用地红线、道路红线、电力规划线等的尺寸，小区内部主要道路及车库入口宽度尺寸，楼号(名)，建筑物一层地坪高程，车库地坪高程、地面高程等；

(2) 应标明所有地物的性质、用途，如小区道路、小区主次入口、小区绿化、车库入口、车间、宿舍、办公楼、配电房、物业管理、活动中心、幼儿园、公厕、通透式围墙等，当不同层有不同用途时，应加注记说明；

(3) 将规划路、界址点展绘于图上，并标注建筑物与其相距尺寸。

#### 7、质量控制和成果归档：

(1) 质量检查：竣工总图应经原设计及施工单位技术负责人审核、会签。



(2) 成果归档：

- 1) 技术设计书，技术总结；
- 2) 原始测量数据：外业测量资料，计算资料；
- 3) 成果图表：细部点成果表，竣工总图、专业分图、断面图；
- 4) 仪器检定资料；
- 5) 检查验收报告。

(3) 成果提交：地形图、建筑物各层平面图和各层尺寸校核图、建筑物的平面位置校核图、建筑物的剖面图，成果汇总表、各种计算资料以及相关说明等。

### 3.9 变形监测：

1、概述：

(1) 变形分为：

- 1) 形变：变形体自身的形变，属于物理性质的变化，包括伸缩、错动、弯曲和扭转；
- 2) 变形：变形体的刚体位移，属于几何性质的变化，包括整体平移、整体转动、整体升降和整体倾斜。

(2) 目的：

- 1) 几何分析：获得变形体的空间位置随时间变化的特征。
- 2) 物理解释：解释变形的原因。

(3) 监测：

- 1) 形变监测：地面沉降监测，对地壳或地面的水平和垂直运动所进行的变形监测工作。
- 2) 变形监测：测量位于变形体上变形观测点的变化来描述变形体的变形。
  - 1 静态变形监测，通过周期观测得到；
  - 2 动态变形监测，通过持续监测得到。

(4) 监测对象分为：

- 1) 全球性变形监测：地极移动监测、地球板块运动监测、地球旋转速率变化监测等。
- 2) 区域性变形监测：地壳形变监测、城市地面沉降监测等。
- 3) 局部性变形监测：工程建（构）筑物三维变形监测、滑坡体滑动监测、地下开采区地面移动和沉降监测等。

(5) 变形监测特点：

- 1) 重复观测：每一周期的测量方法要尽量一致，这是变形监测的最重要的特点；
- 2) 高精度：典型精度要求要达到毫米级或相对精度要达到  $10^{-6}$ ；
- 3) 测绘方法综合：采用多种方法和仪器提高可靠性和精度；
- 4) 数据处理要求严密：为了进行合理的几何分析和物理解释需要多学科知识融合。

(5) 变形监测内容：

- 1) 几何量监测：水平位移、垂直位移和偏距、倾斜、挠度、弯曲、扭转、震动、裂缝等



测量。

2) 物理量监测：应力、应变、温度、气压、水位、渗流、渗压、扬压力等测量。

## 2、技术设计：

### (1) 设计要求：

收集地质、水文资料及设计图纸，根据变形体的特点、类型、监测目的、任务要求以及测区条件确定精度等级、监测方法、基准网的精度估算和布设、观测周期、项目预警值、仪器设备等内容。

一般采用国家坐标系统和高程基准，或测区原有的独立坐标系和高程基准，小规模的监测工程也可采用假定坐标系和高程基准。

### (2) 观测要求：

1) 较短时间完成；2) 相同观测路线和观测方法；3) 相同仪器设备；4) 固定观测人员；5) 记录环境因素，括荷载、温度、降水、水位等；6) 采用统一基准处理数据。

### (3) 预警要求：

- 1) 变形量达到预警值或接近允许值；
- 2) 变形量或变形速率出现异常变化；
- 3) 变形体、周边建筑（构）物或地表出现裂缝、快速扩大等异常变化。
- 4) 变形监测的变形量预警值，通常取允许变形值的 75%。

(4) 变形分析：较大工程或重要工程，变形分析一般包括如下内容：( 较小工程至少应包括前 3 项内容 )

1) 可靠性分析；2) 累计变形量和相邻周期相对变形量分析；3) 相关影响因素（荷载、应力应变、气象和地质等）作用分析；4) 回归分析；5) 有限元分析。

## 3、监测等级和精度：

变形监测的等级及精度要求取决于设计变形允许值和监测目的。中误差不超过设计允许值的 1/10-1/20 或 1-2mm。下表单位 mm。

等级	高程中误差	相邻点高差中误差	点位中误差	范围
一等	0.3	0.1	1.5	特别敏感高层建筑
二等	0.5	0.3	3.0	比较敏感高层建筑
三等	1.0	0.5	6.0	一般多高层建筑
四等	2.0	1.0	12.0	精度要求较低建筑

水平位移用向量表示时，向量中误差的精度要求为上表相应等级点位中误差的  $1/\sqrt{2}$  倍。

4、监测网布设：由基准点和工作基点组成基准网，部分基准点和工作基点以及观测点组成监测网。对于大型变形监测项目，水平位移监测网宜布设三角形网、导线网、GPS 网等；对于小型项目，水平位移监测网可布设监测基线（如视准线）。垂直位移监测网一般布设为环形水准网。

(1) 基准点：每个工程至少 3 个基准点，布设在变形影响区域外稳固可靠的位置，作为变形观测的基准。大型工程的水平位移基准点应采用观测墩，垂直位移基准点应采用双金属标或钢管标。

(2) 工作基点：用来直接测定变形观测点的控制点。通视良好的小工程可以不设工作基点。设在工程施工区域内的工作基点，水平位移监测采用观测墩，垂直位移监测采用钢管标。

(3) 变形观测点：布设在变形体能反映变形特征的敏感位置。

#### 5、变形观测周期的确定：

能系统地反映变形体变形过程，且不遗漏其变化时刻为原则，根据变形体的变形特征、变形速率、观测精度及外界影响因素等综合确定。若变形发生显著变化，应及时增加观测频率。

6、监测方法：大型建筑应布设导线网，三角网，GPS 网，小型可以布设基线。垂直监测网布设成环形水准网。对于三等以上的 GPS 监测基准网，采用精密星历进行数据处理。变形监测的频率取决于变形测量的目的、变形值的大小、变形速率。

#### (1) 静态变形监测：

1) 常规大地测量法：用于变形监测网的布设以及周期观测。

2) GPS：用于场地滑坡的三维变形，大坝和桥梁水平位移，地面沉降。

3) 合成孔径雷达干涉测量 INSAR：用于地面形变监测，覆盖范围大，方便迅速；成本低，不需建立监测网；空间分辨率高；全天候，不受云层及昼夜影响。

4) 准直测量：分为水平准直和铅直，来测量偏离基准线的微距。

5) 液体静力水准测量：垂直位移测量，无须通视，还可以将液面的高程变化转化成电感输出，有利于实现自动化。适用于建筑物和混凝土坝基础、廊道和土石坝表面的垂直位移观测。

6) 应变监测：机械法，激光干涉法，传感器法（应力计，应变计）。

#### (2) 动态变形监测：

1) 实时动态 GPS：用于测定各种工程的动态变形（风荷、振动、日照及其他动荷载作用下的变形），具有连续性、实时性、自动化等特点。

2) 近景摄影测量：信息量丰富，外业工作量小，效率高，可用于监测不同形式的变形。

3) 地面三维激光扫描：大量采集点云数据，通过去噪、拟合和建模，获得变形体的变形信息。需要站与站之间拼接时，在变形体周围要布置标靶。

特点：信息全面和丰富，非接触测量，便于对变形体进行整体变形研究。

#### 4) 精度和方法的确定：

动态变形测量的精度：应根据变形速率、变形幅度、测量要求 and 经济因素来确定。

动态变形测量方法的选择：根据变形体的类型、变形速率、变形周期特征和测定精度要求等因素来确定。

1) 精度要求高，变形周期长，变形速率小：全站仪自动跟踪测量，激光测量。

2) 精度要求低，变形周期短，变形速率大：位移传感器，加速度传感器，RTK 法。

3) 变形频率小: 数字近景摄影测量, 经纬仪测角前方交会。

## 7、测量实施:

### (1) 沉降观测:

1) 工用民用建筑: 包括场地沉降观测(范围内的地基沉降和范围外的场地沉降), 基坑回弹沉降观测(标志应埋入基底面下 10-20cm), 路基土分层沉降观测, 建筑物及基础沉降观测(标志应稳固埋设, 高度以高于室内地坪 0.2-0.5m, 观测次数不少于 5 次)。

沉降观测工作在基坑开挖前进行, 贯穿于整个施工过程, 并延续到工程建成后若干年, 直至沉降现象基本停止为止。

2) 桥梁沉降观测: 桥墩、桥面、索塔以及桥梁两岸边坡的沉降观测等。

3) 混凝土坝沉降观测: 主要包括坝体、临时围堰、船闸的沉降观测等。

4) 方法: 一般采用水准测量法或液体静力水准测量法, 电磁波测距三角高程测量法, 绘制时间—荷载—沉降量曲线图和等沉降曲线图。

### (2) 位移观测:

1) 对于工用民用建筑: 支护边坡和建筑主体的水平位移观测。

2) 桥梁沉降观测: 桥面、桥梁两岸边坡的水平位移观测。

3) 混凝土坝沉降观测: 坝体、临时围堰、滑坡等的水平位移观测。

4) 方法: 一般采用地面测量法, 数字近景摄影测量法, GPS 法, 视准线法, 激光准直法。绘制水平位移曲线图。

### 5) 其他位移观测:

1 裂缝观测: 精密测距, 位移计, 伸缩计, 测缝计, 摄影测量。

2 三维位移监测: 数字近景摄影测量, GPS, 全站仪自动跟踪测量法;

3 挠度观测: 观测周期应根据荷载情况, 并考虑设计、施工要求确定。方法有垂线法, 差异沉降法, 位移传感器, 挠度计。

6) 用交会法进行水平位移监测时, 宜采用三点交会法; 角交会法的交会角, 应在  $60^{\circ}$ - $120^{\circ}$  之间, 边交会法的交会角, 宜在  $30^{\circ}$ - $150^{\circ}$  之间; 用极坐标法进行水平位移监测时, 宜采用双测站极坐标法, 其边长应采用电磁波测距仪测定。

### (3) 倾斜观测:

1) 水平倾斜观测: 测定两点间相对沉降来确定倾斜度。一般采用几何水准法, 液体静力水准测量法, 倾斜仪法。

2) 垂直倾斜观测: 测定顶部中心相对于底部中心的水平位移矢量来确定倾斜度。一般采用投点法, 测水平角法, 前方交会法, 激光铅直仪法, 激光位移计法, 正倒垂线法。

(4) 地面形变观测: 包括地面沉降观测, 地震形变观测。方法有水准测量法, GPS 法, INSAR 法。

## 8、数据处理分析:

(1) 观测数据处理：

固定基准的经典平差(间接平差),拟稳点基准的拟稳平差,重心基准的秩亏自由网平差。在此基础上进行变形分析,建立模型,对变形原因进行分析和解释,做出变形趋势预报。

变形观测的数据可分为两种：

1) 周期观测数据：通过周期期间的叠合分析得到目标点的位移；

2) 形成时间序列的监测数据(物理量)：进行回归分析、相关分析、时序分析和统计检验,确定变形过程和趋势。

(2) 几何分析：

1) 基准点稳定性分析：平均间隙法(常用),卡尔曼滤波法；

平均间隙法:先进行两周期图形一致性检验,再采用"尝试法"寻找不稳定点,依次去掉各点来计算图形不一致性减少的程度,使不一致性减少到最大的点就是不稳定点。

2) 观测点变动分析：周期期间叠合分析。

(3) 物理解释：

1) 统计分析法：以回归分析法为主,建立荷载与变形之间的模型。具有后验性质,但应用广泛。

对于沉降观测,当观测值近似呈等时间间隔时,可采用灰色建模法建立沉降量与时间之间的灰色模型；

对于动态变形观测可采用时间序列分析法建模。

2) 确定函数法：以有限元法为主,利用变形体的力学和物理性质,通过应力与应变关系建立荷载与变形之间的模型。该法具有先验性质,但计算量较大。

3) 混合模型法：对与变形关系比较明确的荷载用有限元法计算,对与变形关系不很明确或用物理理论难以确定函数关系的荷载仍用统计法计算,然后用实际值拟合而建立模型。

(4) 观测数据处理：整理、整编观测资料,计算测点坐标和变形量,以及分析变形的显著性、规律和成因等。

(5) 资料分析的方法：

1) 作图分析,即将观测资料绘制成各种曲线图；

2) 统计分析,即用数理统计方法分析计算各种观测物理量的变化规律和变化特征,分析观测物理量的周期性、相关性和发展趋势。；

3) 对比分析；

4) 建模分析：建立数学模型,进行预报和实现安全控制。常用的数学模型有统计模型(统计分析法)、确定性模型(确定函数法)和混合模型(混合模型法)。

9、质量控制和成果归档：

(1) 资料检核：

1) 原始记录和变形值计算校核：不同人员采用不同方法重复计算；

2) 原始资料的统计分析：依据误差理论和统计原理剔除粗差。

3) 原始实测值的逻辑分析：根据变形观测点的物理意义，采用一致性分析、相关性分析等方法分析原始实测值的可靠性。

(2) 资料整理：收集资料，审核资料，数据入库，填表绘图（如变形过程线，测站分布图等），编写成果说明，监测成果表达。

(3) 成果质量检验：

1) 执行技术设计书及技术标准、政策法规情况；

2) 仪器设备及其检定情况；

3) 所用软件系统情况；

4) 基准点和变形观测点的布设及标石、标志情况；

5) 实际观测情况，包括观测周期、观测方法和操作程序的正确性等；

6) 基准点稳定性检测与分析情况；

7) 精度统计情况；

8) 记录的完整准确性；

9) 观测数据的各项改正情况；

10) 计算过程的正确性、资料整理的完整性、精度统计和质量评定的合理性；

11) 变形测量成果分析的合理性；

12) 提交成果的正确性、可靠性、完整性及数据的符合性情况；

13) 技术总结内容的完整性、统计数据的准确性、结论的可靠性及体例的规范性；

14) 成果签署的完整性和符合性情况。

(4) 变形监测成果表达方式：主要采用文字、表格和图形等形式进行表达，也可采用多媒体技术、仿真技术、虚拟现实技术等进行表达。

(5) 成果归档：技术设计书、技术总结，变形监测网点位图，标石规格及埋设图，观测和计算资料，变形分析及预报资料，变形过程和变形分布图表，变形监测、分析和预报的技术报告，平差和质量评定资料，仪器检定资料，检查和验收报告。

### 3.10 精密工程测量：

1、概述：精密工程测量绝对精度达到毫米级，相对精度达到  $10^{-6}$  量级。

主要包括精密工程控制网的建立（如特大型桥梁）、精密施工放样（如超高层建筑物）、精密设备安装与检测（如高能粒子加速器）、精密变形监视（如大型水坝）。

(1) 与普通工程测量相比的特点：

1) 数据获取上有更高的精度要求；

2) 需要研制新仪器和专用设备，提高自动化程度及精度；采取措施改进误差改正方法；研究新的测量技术和数据处理方法，形成成熟的理论。

3) 是服务于各种工程中精度要求最高的那部分，服务范围小，但起着关键性的作用；



4) 所用仪器设备必须具有较高的性能,以保证测量成果的精度、可靠性和有效性。

## 2、技术设计:

- (1) 收集测区资料进行全面分析,
- (2) 确定基准,方案,精度评估;
- (3) 确定技术关键所在,提出数个实施方案;
- (4) 拟定数据处理方法;
- (5) 可行性论证,工作量和经费概算。

## 3、施测方法和仪器:

(1) 精密角度测量:高精度经纬仪,全站仪(徕卡 TPS2000 全站仪,一测回方向标准差  $0.5''$ ),电子经纬仪(TM5100A 电子经纬仪)。此外还需减弱对中误差、目标偏心差、照准误差、竖轴倾斜误差、环境影响。

(2) 精密距离测量:数十米内使用双频激光测距仪(相对精度达到  $5 \times 10^{-7}$ );数百米内使用因瓦基线尺(相对精度高于  $10^{-6}$ );数千米内使用精密光电测距或全站仪。

(3) 精密高程测量:几何水准测量仍是最主要方法。采用自动安平水准仪、电子水准仪、液体静力水准测量。

液体静力水准测量具有高精度、遥测、自动化、可移动和可持续测量等特点,一般不用于建立精密高程控制网,而用于特殊条件下的工程水准测量。

(4) 精密准直测量:即观测基本位于同一水平基准线上的点的偏移。光学测量方法有小角法、活动标牌法;光电测量方法有激光准直法等;机械法有引张线法等。

(5) 精密垂准测量:高精度垂准测量精度通常要求达到亚毫米级。是以过基准点的铅垂线为基准线测定沿垂直基准线分布的目标点相对于铅垂线的水平距离。可以用光学法、光电法或机械法。

4、控制网布设:一般一次布网,分级布设时,其等级一般不具有上级网控制下级网的意义,必须进行优化设计。一般布设成固定基准下的独立网。

(1) 水平控制网:一般由基准线、三角形、大地四边形及中点多边形等基本图形构成,可布设成基准线、三角网、三边网、边角网、GPS。

(2) 高程控制网:布设成附和或闭合结点水准网。

(3) 标石埋设:常采用强制对中装置,绝对位置要求高的平面和高程控制点采用基岩标;软土地区高程控制点常用深埋钢管标,水平控制点用倒锤。

## 5、特殊精密控制网:

(1) 直伸形三角网:在线状设备的安装或直线度、同轴度要求较高的设备安装工程中,如大坝大桥的横向变形监测、火箭发射架的安装、自动化流水线的长轴线或导轨的准直测量;

(2) 环形控制网:环形粒子加速器,隧道;

(3) 三维控制网:为了消除高山区或深切割河谷地带的垂线偏差影响。采用高精度全站



仪或激光跟踪仪可以同时获得精度相匹配的斜距、水平角、天顶距等观测元素，经过三维网整体平差可一次性得到网中待定点的三维坐标。

#### 5、工业设备形位检测：

##### (1) 任务：

- 1) 在工业设备安装时，将设备按规定精度和工艺流程安置到设计位置；
- 2) 在工业设备检修时，对设备位置进行检测；
- 3) 在工业生产过程中，检测生产部件外形，以校核与设计外形差别。

##### (2) 特点：精度要求高，场地条件限制，受到工作时间限制，要用专用仪器。

6、安装控制网：小型安装一般只需要自由设站；大型精密设备安装必须建立安装控制网，一般属于精密微型网，特点是边长短、范围小，其精度与设备安装要求有关，点位中误差一般不超过 1mm。

#### 7、形位检测方法选择：

(1) 形位检测常用方法：全站仪前方交会，全站仪极坐标三维测量，近景摄影测量，激光准直测量。

##### (2) 选择方法的原则：

- 1) 形位检测用的电磁波测距仪或扫描仪其测量精度可达 0.02-2mm。
- 2) 测角仪器的最佳极限高精度是最短视距与仪器测角中误差的乘积。
- 3) 近景摄影测量的极限高精度是像点点位中误差与影像比例尺分母的乘积。
- 4) 对于运动物体的形位检测，传感器的工作频率是重要技术指标。

#### 8、CPⅢ控制网：

1、概述：CPⅢ控制网是沿高铁轨道两侧布设的自由测站边角交会网，并附合在 CPⅠ、CPⅡ 或加密的高级控制点上。采用强制对中装置，标志中心偏差 0.3mm。

2、平面控制：每个 CPⅢ控制网测量分段长度为 4-8km，最小不小于 2km，每段至少联测 3 个高级控制点，连接处设 4-6 对公共点。

CPⅢ控制点布设在轨道两边，每隔 50-60m 布设一对。每隔 2 对之间布设自由测站点，自由测站间距不大于 100-120m，在测站点上对前后各 3 对 CPⅢ 点进行边角观测，这样每个

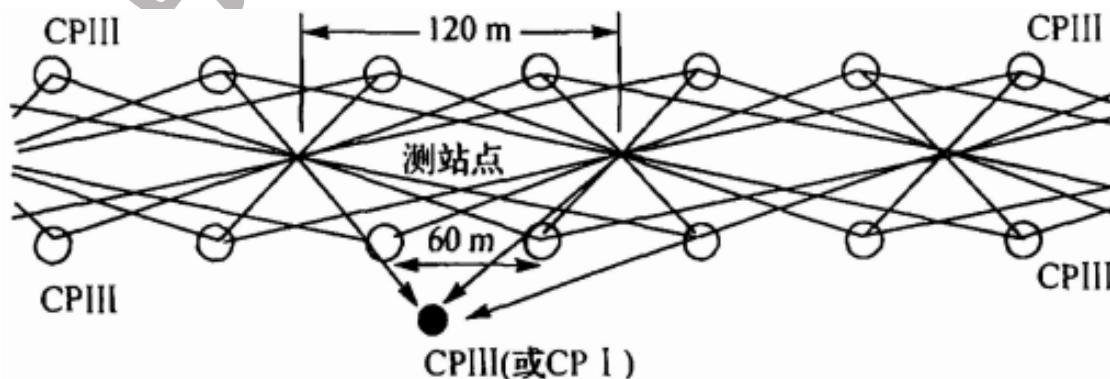


图 3-8-1 CPⅢ平面控制网示意图

CPⅢ控制点都有 3 测站对其进行观测, 600-1000m 在相邻 2-3 个测站上对 2-3 个高级控制点进行边角观测。

3、高程控制: 与平面控制网点位相同, 相邻两对 CPⅢ控制点构成闭合环, 每隔 2-3km 附和到二等水准点上。

4、观测方法:

(1) 水平方向: 采用全圆方向观测法进行观测, 一般观测 2-4 个测回。测站上观测限差为: 半测回归零差不大于  $6''$ , 一测回内  $2C$  较差不大于  $9''$ , 同一方向值两测回较差不大于  $6''$ , 距离和方向同时测量时, 半测回、测回间距离较差不大于 2mm。

(2) 高程观测: 采用高精度数字水准仪 (如天宝的 DiNi12、徕卡的 DNA03 等), 按精密水准测量精度要求观测, 观测路线可按往返路线观测或逐个闭合环观测。